

컨테이너 해상물동량 예측 모형 연구 - 베이지안 방법론을 중심으로

Research on Forecasting Model of Container Seaborne Flows
- Using Bayesian Methodology

2018. 12.

고병욱 | 윤희성 | 김은수 | 최건우



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

연구진

고병욱 한국해양수산개발원 해운해사연구본부 부연구위원
윤희성 한국해양수산개발원 해운해사연구본부 부연구위원
김은수 한국해양수산개발원 해운해사연구본부 부연구위원
최건우 한국해양수산개발원 해운해사연구본부 전문연구원

보고서 집필 내역

연구책임자

고병욱 연구총괄, 제1장, 제2장 제1절~제2절 일부, 제3장, 제4장 제1절 일부, 제2절, 제5장, 제6장

연구진

윤희성 제2장 제1절 일부
김은수 제2장 제2절 일부
최건우 제2장 제2절 일부, 제4장 제1절 일부

산·학·연·정 연구자문위원

심승식 전남대학교 교수
이건우 중앙대학교 교수
이민규 부경대학교 교수
이태희 계명대학교 교수
최장원 해양수산부 사무관

※ 순서는 산·학·연·정 순임

연구 감리자

강규호 고려대학교 교수
정봉민 한국해양대학교 전(前) 교수

※ 순서는 가나다 순임

발간사

우리나라는 한진해운 파산으로 컨테이너 해운산업이 크게 위축된 상황에서, 정부의 '해운재건 5개년 계획'을 포함하여 다방면에서 해운산업 재건을 위해 노력하고 있다. 이 같은 노력이 화주, 해운기업 모두가 상생하고 국제물류 서비스의 향상으로 이어지기 위해서는 수요 측 요인인 해상물동량의 움직임에 대한 과학적 이해가 우선될 필요가 있다. 즉 컨테이너 해상물동량의 미래 움직임을 미리 예측하고 이에 맞게 화주의 물류최적화, 선사의 선대배치 및 항로계획 등이 마련될 필요가 있다.

본 연구는 이러한 컨테이너 해상물동량 예측에 대한 과학적 방법론을 제시하는 데 그 목적이 있다. 하지만 익히 알려진 바와 같이, 컨테이너 해상물동량을 예측하는 데 요구되는 충분한 크기의 표본을 확보하기 어려워 지금까지는 이러한 예측이 임시방편적(ad hoc) 방법론에 의해 이루어져 왔다. 즉 고전적 접근법에서는 충분한 크기의 표본을 확보할 수 없어, 다양한 계량경제학적 문제점을 안고 이러한 예측을 수행할 수밖에 없었다.

그러나 20세기 말 PC의 보급과 함께 연산혁명(computational revolution)으로 인해 과거에 활용하기 어려웠던 베이지안 방법론이 광범위하게 사용되기 시작하면서 이러한 문제가 해결될 수 있는 기반이 조성되었다. 즉 소표본 상황에서도 일관된 통계적 또는 확률적 추론이 가능한

베이지안 방법론의 적용을 통해 컨테이너 해상물동량의 예측을 수행할 수 있는 환경이 마련되었다. 본 연구는 이러한 조건 속에서 베이지안 방법론을 컨테이너 해상물동량 예측에 적용한 최초의 시도로 평가할 수 있을 것이다.

특히 본 연구는 13개 국가의 100개 항로에 대해 베이지안 예측 모형을 적용하여 그 타당성을 검증했다는 점에서 매우 의의가 크다. 실증분석 결과, 본 연구에서 제시한 예측모형의 현실 타당성이 높고, 아울러 기존의 단순 계량모형에 비해 베이지안 예측 모형의 예측 정확도가 높은 것을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구를 기초로 하여 한국해양수산개발원 등의 연구기관이 지속적으로 컨테이너 해상물동량 전망에 대한 서비스를 업계에 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

아울러 본 보고서에서 상세하게 제시된 베이지안 방법론에 대한 설명은 국내외의 고전적 교과서와 논문을 검토하여 연구진이 새롭게 정리한 것이다. 이 내용은 국내외의 베이지안 학자들에게는 공유된 기초 지식(common knowledge)이지만, 베이지안을 처음으로 공부하고자 하는 학자나 학생들에게는 진입장벽으로 여겨졌던 내용들이다. 본 보고서에서 상세하게 기술된 수식의 전개와 참고문헌 소개는 이들 초입자들에게 큰 도움이 될 것으로 기대된다. 이를 기반으로 해운뿐 아니라 항만, 물류, 수산, 해양 등 해양수산 전반에 베이지안 방법론을 활용한 실증분석이 활성화되길 기대한다.

본 연구는 고병욱 부연구위원이 연구책임을 맡고 윤희성 부연구위원, 김은수 부연구위원, 최건우 전문연구원과 공동으로 수행했다. 그러나 본 연구보고서가 간행되기까지 많은 분들의 도움이 있었다. 특히 강규호 교수는 베이지안 방법론을 연구진에게 상세하게 설명해 주고, 본 연구에서 활용한 매틀랩(MATLAB) 코드의 초기 버전도 제공해 주었다. 또한 연구심의 등을 통해 본 연구의 부족한 부분에 대한 친절한 조언도

해주었다. 신승식 전남대학교 교수, 이건우 중앙대학교 교수, 이민규 부경대학교 교수, 이태희 계명대학교 교수는 해운을 연구하는 학자적 관점에서 본 연구의 학술적 논의를 엄밀히 하는 데 큰 도움을 주었다. 아울러 최장원 해양수산부 사무관은 우리나라 컨테이너 해운산업의 정책 전반을 주관하는 정책 당국의 관점에서 본 연구의 실용성을 높이는 방향에서 유익한 자문을 해주었다. 정봉민 박사와 본원의 황진희 본부장은 연구 방향과 내용에 대해 조언을 아끼지 않아, 본 연구의 내용이 한층 개선될 수 있는 계기를 주었다. 또한 본 보고서가 출판되도록 행정 지원을 수행한 이승진 사무원의 역할도 매우 컸다. 아울러 위에서 언급하지 못했지만 이 연구보고서가 출판되기까지 많은 도움을 주신 모든 분들께 이 자리를 빌려 심심한 감사를 드린다.

2018년 12월
한국해양수산개발원
원장 양 창 호

목차



요 약 • i



Executive Summary • vii

제 1 장

서론 • 1

| | |
|-----------------------|---|
| 제1절 연구 배경 및 목적 | 1 |
| 제2절 연구 내용 및 방법 | 2 |
| 1. 연구 범위 | 2 |
| 2. 연구 방법 | 4 |
| 제3절 연구의 기대효과 | 5 |
| 제4절 보고서의 구성과 내용 | 7 |

제 2 장

기존 물동량 예측 모형 검토 • 9

| | |
|---------------------------------|----|
| 제1절 해상물동량 예측 모형 | 9 |
| 제2절 항만물동량 예측 모형 | 12 |
| 1. KMI 항만수요예측센터 예측 사례 | 12 |
| 2. 연구문헌에서의 항만물동량 예측 모형 사례 | 16 |

제 3 장

컨테이너 해상물동량 예측 방법론 • 23

| | |
|----------------------------------|----|
| 제1절 통계적 방법을 통한 해상물동량 예측 모형 | 24 |
| 제2절 고전적 접근법과 베이지안 접근법 비교 | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 1. 확률(確率, Probability)의 정의 | 27 |
| 2. 확률에 대한 고전적 입장과 베이지안 입장의 차이 | 28 |
| 3. 베이즈 정리와 해석 | 31 |
| 4. 선형회귀모형에서의 고전적 접근법과 베이지안 접근법의 차이 | 33 |
| 5. 깁스 샘플링(Gibbs Sampling) | 42 |
| 6. 고전적 접근법과 베이지안 접근법의 상보성 | 43 |
| 제3절 실증분석 방법론 | 49 |
| 1. 베이지안 단순 회귀분석 | 49 |
| 2. 확률적 탐색을 통한 변수 선정(SSVS) 방법 | 51 |
| 3. 확률계수모형 | 56 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| 제 4 장 | 컨테이너 해상물동량 예측을 위한 실증분석 결과 · 59 |
| 제1절 자료의 설명 | 59 |
| 1. 자료 개요 | 59 |
| 2. 자료 설명 | 62 |
| 제2절 실증분석 결과 | 63 |
| 1. 베이지안 단순회귀모형의 추정 결과 | 63 |
| 2. 변수 선택의 확률적 탐색(SSVS) 모형의 추정 결과 | 67 |
| 3. 확률계수모형의 추정 결과 | 70 |

| | |
|-----------------------------|------------------------------|
| 제 5장 | 실증 모형의 예측 정확도 검증 · 73 |
| 제1절 표본 내 예측 정확도 평가 결과 | 74 |
| 제2절 표본 외 예측 정확도 평가 결과 | 78 |

| | |
|---------------------------|----------------|
| 제 6장 | 결론 · 85 |
| 제1절 연구의 요약 | 85 |
| 제2절 연구결과의 활용 방안 | 87 |
| 제3절 연구의 한계와 향후 연구과제 | 88 |



참고문헌 · 91



부록 · 97

| | |
|---|-----|
| 부록 1. 베이지안 단순회귀 및 고전적 OLS 추정 결과 | 98 |
| 부록 2. 변수 선택의 확률적 탐색(SSVS) 모형 추정 결과 | 118 |
| 부록 3. 확률계수모형의 추정 결과 | 138 |
| 부록 4. 베이지안 단순회귀모형 코드(MATLAB 코드) | 155 |
| 부록 5. SSVS 모형 코드(MATLAB 코드): 회귀모형 추정 및 전망치 추정 코드 | 162 |
| 부록 6. 확률계수모형(GAUSS 코드) | 171 |

표 목차



| | |
|---|----|
| 〈표 2-1〉 항만물동량 예측 관련 선행연구 | 16 |
| 〈표 4-1〉 분석대상 국가 | 59 |
| 〈표 4-2〉 실증분석 항로 | 60 |
| 〈표 4-3〉 변수 및 출처 | 61 |
| 〈표 4-4〉 실증분석에 사용된 변수 목록 | 62 |
| 〈표 4-5〉 한국-대만 항로의 변수 간 상관계수 | 62 |
| 〈표 4-6〉 한국-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 66 |
| 〈표 4-7〉 한국-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 67 |
| 〈표 4-8〉 한국-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 67 |
| 〈표 4-9〉 한국-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 67 |
| 〈표 4-10〉 한국-독일의 SSVS 추정 결과 | 69 |
| 〈표 4-11〉 한국-미국의 SSVS 추정 결과 | 69 |
| 〈표 4-12〉 한국-일본의 SSVS 추정 결과 | 69 |
| 〈표 4-13〉 한국-중국의 SSVS 추정 결과 | 70 |
| 〈표 4-14〉 한국-독일의 확률계수모형 추정결과 | 71 |
| 〈표 4-15〉 한국-미국의 확률계수모형 추정결과 | 72 |
| 〈표 4-16〉 한국-일본의 확률계수모형 추정결과 | 72 |
| 〈표 4-17〉 한국-중국의 확률계수모형 추정결과 | 72 |
| 〈표 5-1〉 표본 내 예측 시 RMSE | 75 |
| 〈표 5-2〉 표본 외 예측 시 RMSE | 80 |
| 〈표 부록 1-1〉 한국-대만의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 98 |
| 〈표 부록 1-2〉 한국-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 98 |
| 〈표 부록 1-3〉 한국-말레이시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 98 |
| 〈표 부록 1-4〉 한국-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 98 |

| | |
|--|-----|
| 〈표 부록 1-5〉 한국-베트남의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 98 |
| 〈표 부록 1-6〉 한국-싱가포르의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 99 |
| 〈표 부록 1-7〉 한국-인도네시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 99 |
| 〈표 부록 1-8〉 한국-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 99 |
| 〈표 부록 1-9〉 한국-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 99 |
| 〈표 부록 1-10〉 한국-태국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 99 |
| 〈표 부록 1-11〉 한국-필리핀의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 100 |
| 〈표 부록 1-12〉 한국-홍콩의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 100 |
| 〈표 부록 1-13〉 중국-대만의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 100 |
| 〈표 부록 1-14〉 중국-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 100 |
| 〈표 부록 1-15〉 중국-말레이시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 100 |
| 〈표 부록 1-16〉 중국-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 101 |
| 〈표 부록 1-17〉 중국-베트남의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 101 |
| 〈표 부록 1-18〉 중국-싱가포르의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 101 |
| 〈표 부록 1-19〉 중국-인도네시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 101 |
| 〈표 부록 1-20〉 중국-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 101 |
| 〈표 부록 1-21〉 중국-태국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 102 |
| 〈표 부록 1-22〉 중국-필리핀의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 102 |
| 〈표 부록 1-23〉 중국-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 102 |
| 〈표 부록 1-24〉 중국-홍콩의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 102 |
| 〈표 부록 1-25〉 일본-대만의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 102 |
| 〈표 부록 1-26〉 일본-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 103 |
| 〈표 부록 1-27〉 일본-말레이시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 103 |
| 〈표 부록 1-28〉 일본-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 103 |
| 〈표 부록 1-29〉 일본-베트남의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 103 |
| 〈표 부록 1-30〉 일본-싱가포르의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 103 |
| 〈표 부록 1-31〉 일본-인도네시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 104 |
| 〈표 부록 1-32〉 일본-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 104 |
| 〈표 부록 1-33〉 일본-태국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 104 |
| 〈표 부록 1-34〉 일본-필리핀의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 104 |

| | |
|--|-----|
| 〈표 부록 1-35〉 일본-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 104 |
| 〈표 부록 1-36〉 일본-홍콩의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 105 |
| 〈표 부록 1-37〉 베트남-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 105 |
| 〈표 부록 1-38〉 베트남-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 105 |
| 〈표 부록 1-39〉 베트남-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 105 |
| 〈표 부록 1-40〉 베트남-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 105 |
| 〈표 부록 1-41〉 베트남-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 106 |
| 〈표 부록 1-42〉 대만-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 106 |
| 〈표 부록 1-43〉 대만-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 106 |
| 〈표 부록 1-44〉 대만-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 106 |
| 〈표 부록 1-45〉 대만-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 106 |
| 〈표 부록 1-46〉 대만-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 107 |
| 〈표 부록 1-47〉 홍콩-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 107 |
| 〈표 부록 1-48〉 홍콩-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 107 |
| 〈표 부록 1-49〉 홍콩-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 107 |
| 〈표 부록 1-50〉 홍콩-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 107 |
| 〈표 부록 1-51〉 홍콩-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 108 |
| 〈표 부록 1-52〉 인도네시아-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 108 |
| 〈표 부록 1-53〉 인도네시아-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 108 |
| 〈표 부록 1-54〉 인도네시아-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 108 |
| 〈표 부록 1-55〉 인도네시아-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 108 |
| 〈표 부록 1-56〉 인도네시아-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 109 |
| 〈표 부록 1-57〉 말레이시아-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 109 |
| 〈표 부록 1-58〉 말레이시아-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 109 |
| 〈표 부록 1-59〉 말레이시아-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 109 |
| 〈표 부록 1-60〉 말레이시아-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 109 |
| 〈표 부록 1-61〉 말레이시아-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 110 |
| 〈표 부록 1-62〉 필리핀-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 110 |
| 〈표 부록 1-63〉 필리핀-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 110 |
| 〈표 부록 1-64〉 필리핀-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 110 |

| | |
|--|-----|
| 〈표 부록 1-65〉 필리핀-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 110 |
| 〈표 부록 1-66〉 필리핀-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 111 |
| 〈표 부록 1-67〉 싱가포르-독일 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 111 |
| 〈표 부록 1-68〉 싱가포르-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 111 |
| 〈표 부록 1-69〉 싱가포르-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 111 |
| 〈표 부록 1-70〉 싱가포르-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 111 |
| 〈표 부록 1-71〉 싱가포르-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 112 |
| 〈표 부록 1-72〉 태국-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 112 |
| 〈표 부록 1-73〉 태국-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 112 |
| 〈표 부록 1-74〉 태국-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 112 |
| 〈표 부록 1-75〉 태국-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 112 |
| 〈표 부록 1-76〉 태국-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 113 |
| 〈표 부록 1-77〉 독일-대만의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 113 |
| 〈표 부록 1-78〉 독일-말레이시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 113 |
| 〈표 부록 1-79〉 독일-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 113 |
| 〈표 부록 1-80〉 독일-베트남의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 113 |
| 〈표 부록 1-81〉 독일-싱가포르의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 114 |
| 〈표 부록 1-82〉 독일-인도네시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 114 |
| 〈표 부록 1-83〉 독일-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 114 |
| 〈표 부록 1-84〉 독일-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 114 |
| 〈표 부록 1-85〉 독일-태국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 114 |
| 〈표 부록 1-86〉 독일-필리핀의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 115 |
| 〈표 부록 1-87〉 독일-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 115 |
| 〈표 부록 1-88〉 독일-홍콩 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 115 |
| 〈표 부록 1-89〉 미국-대만의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 115 |
| 〈표 부록 1-90〉 미국-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 115 |
| 〈표 부록 1-91〉 미국-말레이시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 116 |
| 〈표 부록 1-92〉 미국-베트남의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 116 |
| 〈표 부록 1-93〉 미국-싱가포르의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 116 |
| 〈표 부록 1-94〉 미국-인도네시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 116 |

| | |
|--|-----|
| 〈표 부록 1-95〉 미국-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 116 |
| 〈표 부록 1-96〉 미국-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 117 |
| 〈표 부록 1-97〉 미국-태국 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 117 |
| 〈표 부록 1-98〉 미국-필리핀의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 117 |
| 〈표 부록 1-99〉 미국-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 117 |
| 〈표 부록 1-100〉 미국-홍콩의 베이지안 및 OLS 추정 결과 | 117 |
| 〈표 부록 2-1〉 한국-대만의 SSVS 추정 결과 | 118 |
| 〈표 부록 2-2〉 한국-독일의 SSVS 추정 결과 | 118 |
| 〈표 부록 2-3〉 한국-말레이시아의 SSVS 추정 결과 | 118 |
| 〈표 부록 2-4〉 한국-미국의 SSVS 추정 결과 | 118 |
| 〈표 부록 2-5〉 한국-베트남의 SSVS 추정 결과 | 118 |
| 〈표 부록 2-6〉 한국-싱가포르의 SSVS 추정 결과 | 119 |
| 〈표 부록 2-7〉 한국-인도네시아의 SSVS 추정 결과 | 119 |
| 〈표 부록 2-8〉 한국-일본의 SSVS 추정 결과 | 119 |
| 〈표 부록 2-9〉 한국-중국의 SSVS 추정 결과 | 119 |
| 〈표 부록 2-10〉 한국-태국의 SSVS 추정 결과 | 119 |
| 〈표 부록 2-11〉 한국-필리핀의 SSVS 추정 결과 | 120 |
| 〈표 부록 2-12〉 한국-홍콩의 SSVS 추정 결과 | 120 |
| 〈표 부록 2-13〉 중국-대만의 SSVS 추정 결과 | 120 |
| 〈표 부록 2-14〉 중국-독일의 SSVS 추정 결과 | 120 |
| 〈표 부록 2-15〉 중국-말레이시아의 SSVS 추정 결과 | 120 |
| 〈표 부록 2-16〉 중국-미국의 SSVS 추정 결과 | 121 |
| 〈표 부록 2-17〉 중국-베트남의 SSVS 추정 결과 | 121 |
| 〈표 부록 2-18〉 중국-싱가포르의 SSVS 추정 결과 | 121 |
| 〈표 부록 2-19〉 중국-인도네시아의 SSVS 추정 결과 | 121 |
| 〈표 부록 2-20〉 중국-일본의 SSVS 추정 결과 | 121 |
| 〈표 부록 2-21〉 중국-태국의 SSVS 추정 결과 | 122 |
| 〈표 부록 2-22〉 중국-필리핀의 SSVS 추정 결과 | 122 |
| 〈표 부록 2-23〉 중국-한국의 SSVS 추정 결과 | 122 |
| 〈표 부록 2-24〉 중국-홍콩의 SSVS 추정 결과 | 122 |

| | |
|--|-----|
| 〈표 부록 2-25〉 일본-대만의 SSVS 추정 결과 | 122 |
| 〈표 부록 2-26〉 일본-독일의 SSVS 추정 결과 | 123 |
| 〈표 부록 2-27〉 일본-말레이시아의 SSVS 추정 결과 | 123 |
| 〈표 부록 2-28〉 본-미국의 SSVS 추정 결과 | 123 |
| 〈표 부록 2-29〉 일본-베트남의 SSVS 추정 결과 | 123 |
| 〈표 부록 2-30〉 일본-싱가포르의 SSVS 추정 결과 | 123 |
| 〈표 부록 2-31〉 일본-인도네시아의 SSVS 추정 결과 | 124 |
| 〈표 부록 2-32〉 일본-중국의 SSVS 추정 결과 | 124 |
| 〈표 부록 2-33〉 일본-태국의 SSVS 추정 결과 | 124 |
| 〈표 부록 2-34〉 일본-필리핀의 SSVS 추정 결과 | 124 |
| 〈표 부록 2-35〉 일본-한국의 SSVS 추정 결과 | 124 |
| 〈표 부록 2-36〉 일본-홍콩의 SSVS 추정 결과 | 125 |
| 〈표 부록 2-37〉 베트남-독일의 SSVS 추정 결과 | 125 |
| 〈표 부록 2-38〉 베트남-미국의 SSVS 추정 결과 | 125 |
| 〈표 부록 2-39〉 베트남-일본의 SSVS 추정 결과 | 125 |
| 〈표 부록 2-40〉 베트남-중국의 SSVS 추정 결과 | 125 |
| 〈표 부록 2-41〉 베트남-한국의 SSVS 추정 결과 | 126 |
| 〈표 부록 2-42〉 대만-독일의 SSVS 추정 결과 | 126 |
| 〈표 부록 2-43〉 대만-미국의 SSVS 추정 결과 | 126 |
| 〈표 부록 2-44〉 대만-일본의 SSVS 추정 결과 | 126 |
| 〈표 부록 2-45〉 대만-중국의 SSVS 추정 결과 | 126 |
| 〈표 부록 2-46〉 대만-한국의 SSVS 추정 결과 | 127 |
| 〈표 부록 2-47〉 홍콩-독일의 SSVS 추정 결과 | 127 |
| 〈표 부록 2-48〉 홍콩-미국의 SSVS 추정 결과 | 127 |
| 〈표 부록 2-49〉 홍콩-일본의 SSVS 추정 결과 | 127 |
| 〈표 부록 2-50〉 홍콩-중국의 SSVS 추정 결과 | 127 |
| 〈표 부록 2-51〉 홍콩-한국의 SSVS 추정 결과 | 128 |
| 〈표 부록 2-52〉 인도네시아-독일의 SSVS 추정 결과 | 128 |
| 〈표 부록 2-53〉 인도네시아-미국의 SSVS 추정 결과 | 128 |
| 〈표 부록 2-54〉 인도네시아-일본의 SSVS 추정 결과 | 128 |

| | |
|--|-----|
| 〈표 부록 2-55〉 인도네시아-중국의 SSVS 추정 결과 | 128 |
| 〈표 부록 2-56〉 인도네시아-한국의 SSVS 추정 결과 | 129 |
| 〈표 부록 2-57〉 말레이시아-독일의 SSVS 추정 결과 | 129 |
| 〈표 부록 2-58〉 말레이시아-미국의 SSVS 추정 결과 | 129 |
| 〈표 부록 2-59〉 말레이시아-일본의 SSVS 추정 결과 | 129 |
| 〈표 부록 2-60〉 말레이시아-중국의 SSVS 추정 결과 | 129 |
| 〈표 부록 2-61〉 말레이시아-한국의 SSVS 추정 결과 | 130 |
| 〈표 부록 2-62〉 필리핀-독일의 SSVS 추정 결과 | 130 |
| 〈표 부록 2-63〉 필리핀-미국의 SSVS 추정 결과 | 130 |
| 〈표 부록 2-64〉 필리핀-일본의 SSVS 추정 결과 | 130 |
| 〈표 부록 2-65〉 필리핀-중국의 SSVS 추정 결과 | 130 |
| 〈표 부록 2-66〉 필리핀-한국의 SSVS 추정 결과 | 131 |
| 〈표 부록 2-67〉 싱가포르-독일의 SSVS 추정 결과 | 131 |
| 〈표 부록 2-68〉 싱가포르-미국의 SSVS 추정 결과 | 131 |
| 〈표 부록 2-69〉 싱가포르-일본의 SSVS 추정 결과 | 131 |
| 〈표 부록 2-70〉 싱가포르-중국의 SSVS 추정 결과 | 131 |
| 〈표 부록 2-71〉 싱가포르-한국의 SSVS 추정 결과 | 132 |
| 〈표 부록 2-72〉 태국-독일의 SSVS 추정 결과 | 132 |
| 〈표 부록 2-73〉 태국-미국의 SSVS 추정 결과 | 132 |
| 〈표 부록 2-74〉 태국-일본의 SSVS 추정 결과 | 132 |
| 〈표 부록 2-75〉 태국-중국의 SSVS 추정 결과 | 132 |
| 〈표 부록 2-76〉 태국-한국의 SSVS 추정 결과 | 133 |
| 〈표 부록 2-77〉 독일-대만의 SSVS 추정 결과 | 133 |
| 〈표 부록 2-78〉 독일-말레이시아의 SSVS 추정 결과 | 133 |
| 〈표 부록 2-79〉 독일-미국의 SSVS 추정 결과 | 133 |
| 〈표 부록 2-80〉 독일-베트남의 SSVS 추정 결과 | 133 |
| 〈표 부록 2-81〉 독일-싱가포르의 SSVS 추정 결과 | 134 |
| 〈표 부록 2-82〉 독일-인도네시아의 SSVS 추정 결과 | 134 |
| 〈표 부록 2-83〉 독일-일본의 SSVS 추정 결과 | 134 |
| 〈표 부록 2-84〉 독일-중국의 SSVS 추정 결과 | 134 |

| | |
|--|-----|
| 〈표 부록 2-85〉 독일-태국의 SSVS 추정 결과 | 134 |
| 〈표 부록 2-86〉 독일-필리핀의 SSVS 추정 결과 | 135 |
| 〈표 부록 2-87〉 독일-한국의 SSVS 추정 결과 | 135 |
| 〈표 부록 2-88〉 독일-홍콩의 SSVS 추정 결과 | 135 |
| 〈표 부록 2-89〉 미국-대만의 SSVS 추정 결과 | 135 |
| 〈표 부록 2-90〉 미국-독일의 SSVS 추정 결과 | 135 |
| 〈표 부록 2-91〉 미국-말레이시아의 SSVS 추정 결과 | 136 |
| 〈표 부록 2-92〉 미국-베트남의 SSVS 추정 결과 | 136 |
| 〈표 부록 2-93〉 미국-싱가포르의 SSVS 추정 결과 | 136 |
| 〈표 부록 2-94〉 미국-인도네시아의 SSVS 추정 결과 | 136 |
| 〈표 부록 2-95〉 미국-일본의 SSVS 추정 결과 | 136 |
| 〈표 부록 2-96〉 미국-중국의 SSVS 추정 결과 | 137 |
| 〈표 부록 2-97〉 미국-태국의 SSVS 추정 결과 | 137 |
| 〈표 부록 2-98〉 미국-필리핀의 SSVS 추정 결과 | 137 |
| 〈표 부록 2-99〉 미국-한국의 SSVS 추정 결과 | 137 |
| 〈표 부록 2-100〉 미국-홍콩의 SSVS 추정 결과 | 137 |
| 〈표 부록 3-1〉 한국-대만의 확률계수모형 추정결과 | 138 |
| 〈표 부록 3-2〉 한국-독일의 확률계수모형 추정결과 | 138 |
| 〈표 부록 3-3〉 한국-말레이시아의 확률계수모형 추정결과 | 138 |
| 〈표 부록 3-4〉 한국-미국의 확률계수모형 추정결과 | 138 |
| 〈표 부록 3-5〉 한국-베트남의 확률계수모형 추정결과 | 138 |
| 〈표 부록 3-6〉 한국-싱가포르의 확률계수모형 추정결과 | 138 |
| 〈표 부록 3-7〉 한국-인도네시아의 확률계수모형 추정결과 | 139 |
| 〈표 부록 3-8〉 한국-일본의 확률계수모형 추정결과 | 139 |
| 〈표 부록 3-9〉 한국-중국의 확률계수모형 추정결과 | 139 |
| 〈표 부록 3-10〉 한국-태국의 확률계수모형 추정결과 | 139 |
| 〈표 부록 3-11〉 한국-필리핀의 확률계수모형 추정결과 | 139 |
| 〈표 부록 3-12〉 한국-홍콩의 확률계수모형 추정결과 | 139 |
| 〈표 부록 3-13〉 중국-대만의 확률계수모형 추정결과 | 140 |
| 〈표 부록 3-14〉 중국-독일의 확률계수모형 추정결과 | 140 |

| | |
|---|-----|
| 〈표 부록 3-15〉 중국-말레이시아의 확률계수모형 추정결과 | 140 |
| 〈표 부록 3-16〉 중국-미국의 확률계수모형 추정결과 | 140 |
| 〈표 부록 3-17〉 중국-베트남의 확률계수모형 추정결과 | 140 |
| 〈표 부록 3-18〉 중국-싱가포르의 확률계수모형 추정결과 | 140 |
| 〈표 부록 3-19〉 중국-인도네시아의 확률계수모형 추정결과 | 141 |
| 〈표 부록 3-20〉 중국-일본의 확률계수모형 추정결과 | 141 |
| 〈표 부록 3-21〉 중국-태국의 확률계수모형 추정결과 | 141 |
| 〈표 부록 3-22〉 중국-필리핀의 확률계수모형 추정결과 | 141 |
| 〈표 부록 3-23〉 중국-한국의 확률계수모형 추정결과 | 141 |
| 〈표 부록 3-24〉 중국-홍콩의 확률계수모형 추정결과 | 141 |
| 〈표 부록 3-25〉 일본-대만의 확률계수모형 추정결과 | 142 |
| 〈표 부록 3-26〉 일본-독일의 확률계수모형 추정결과 | 142 |
| 〈표 부록 3-27〉 일본-말레이시아의 확률계수모형 추정결과 | 142 |
| 〈표 부록 3-28〉 일본-미국의 확률계수모형 추정결과 | 142 |
| 〈표 부록 3-29〉 일본-베트남의 확률계수모형 추정결과 | 142 |
| 〈표 부록 3-30〉 일본-싱가포르의 확률계수모형 추정결과 | 142 |
| 〈표 부록 3-31〉 일본-인도네시아의 확률계수모형 추정결과 | 143 |
| 〈표 부록 3-32〉 일본-중국의 확률계수모형 추정결과 | 143 |
| 〈표 부록 3-33〉 일본-태국의 확률계수모형 추정결과 | 143 |
| 〈표 부록 3-34〉 일본-필리핀의 확률계수모형 추정결과 | 143 |
| 〈표 부록 3-35〉 일본-한국의 확률계수모형 추정결과 | 143 |
| 〈표 부록 3-36〉 일본-홍콩의 확률계수모형 추정결과 | 143 |
| 〈표 부록 3-37〉 베트남-독일의 확률계수모형 추정결과 | 144 |
| 〈표 부록 3-38〉 베트남-미국의 확률계수모형 추정결과 | 144 |
| 〈표 부록 3-39〉 베트남-일본의 확률계수모형 추정결과 | 144 |
| 〈표 부록 3-40〉 베트남-중국의 확률계수모형 추정결과 | 144 |
| 〈표 부록 3-41〉 베트남-한국의 확률계수모형 추정결과 | 144 |
| 〈표 부록 3-42〉 대만-독일의 확률계수모형 추정결과 | 144 |
| 〈표 부록 3-43〉 대만-미국의 확률계수모형 추정결과 | 145 |
| 〈표 부록 3-44〉 대만-일본의 확률계수모형 추정결과 | 145 |

| | |
|---|-----|
| 〈표 부록 3-45〉 대만-중국의 확률계수모형 추정결과 | 145 |
| 〈표 부록 3-46〉 대만-한국의 확률계수모형 추정결과 | 145 |
| 〈표 부록 3-47〉 홍콩-독일의 확률계수모형 추정결과 | 145 |
| 〈표 부록 3-48〉 홍콩-미국의 확률계수모형 추정결과 | 145 |
| 〈표 부록 3-49〉 홍콩-일본의 확률계수모형 추정결과 | 146 |
| 〈표 부록 3-50〉 홍콩-중국의 확률계수모형 추정결과 | 146 |
| 〈표 부록 3-51〉 홍콩-한국의 확률계수모형 추정결과 | 146 |
| 〈표 부록 3-52〉 인도네시아-독일의 확률계수모형 추정결과 | 146 |
| 〈표 부록 3-53〉 인도네시아-미국의 확률계수모형 추정결과 | 146 |
| 〈표 부록 3-54〉 인도네시아-일본의 확률계수모형 추정결과 | 146 |
| 〈표 부록 3-55〉 인도네시아-중국의 확률계수모형 추정결과 | 147 |
| 〈표 부록 3-56〉 인도네시아-한국의 확률계수모형 추정결과 | 147 |
| 〈표 부록 3-57〉 말레이시아-독일의 확률계수모형 추정결과 | 147 |
| 〈표 부록 3-58〉 말레이시아-미국의 확률계수모형 추정결과 | 147 |
| 〈표 부록 3-59〉 말레이시아-일본의 확률계수모형 추정결과 | 147 |
| 〈표 부록 3-60〉 말레이시아-중국의 확률계수모형 추정결과 | 147 |
| 〈표 부록 3-61〉 말레이시아-한국의 확률계수모형 추정결과 | 148 |
| 〈표 부록 3-62〉 필리핀-독일의 확률계수모형 추정결과 | 148 |
| 〈표 부록 3-63〉 필리핀-미국의 확률계수모형 추정결과 | 148 |
| 〈표 부록 3-64〉 필리핀-일본의 확률계수모형 추정결과 | 148 |
| 〈표 부록 3-65〉 필리핀-중국의 확률계수모형 추정결과 | 148 |
| 〈표 부록 3-66〉 필리핀-한국의 확률계수모형 추정결과 | 148 |
| 〈표 부록 3-67〉 싱가포르-독일의 확률계수모형 추정결과 | 149 |
| 〈표 부록 3-68〉 싱가포르-미국의 확률계수모형 추정결과 | 149 |
| 〈표 부록 3-69〉 싱가포르-일본의 확률계수모형 추정결과 | 149 |
| 〈표 부록 3-70〉 싱가포르-중국의 확률계수모형 추정결과 | 149 |
| 〈표 부록 3-71〉 싱가포르-한국의 확률계수모형 추정결과 | 149 |
| 〈표 부록 3-72〉 태국-독일의 확률계수모형 추정결과 | 149 |
| 〈표 부록 3-73〉 태국-미국의 확률계수모형 추정결과 | 150 |
| 〈표 부록 3-74〉 태국-일본의 확률계수모형 추정결과 | 150 |

| | |
|---|-----|
| 〈표 부록 3-75〉 태국-중국의 확률계수모형 추정결과 | 150 |
| 〈표 부록 3-76〉 태국-한국의 확률계수모형 추정결과 | 150 |
| 〈표 부록 3-77〉 독일-대만의 확률계수모형 추정결과 | 150 |
| 〈표 부록 3-78〉 독일-말레이시아의 확률계수모형 추정결과 | 150 |
| 〈표 부록 3-79〉 독일-미국의 확률계수모형 추정결과 | 151 |
| 〈표 부록 3-80〉 독일-베트남의 확률계수모형 추정결과 | 151 |
| 〈표 부록 3-81〉 독일-싱가포르의 확률계수모형 추정결과 | 151 |
| 〈표 부록 3-82〉 독일-인도네시아의 확률계수모형 추정결과 | 151 |
| 〈표 부록 3-83〉 독일-일본의 확률계수모형 추정결과 | 151 |
| 〈표 부록 3-84〉 독일-중국의 확률계수모형 추정결과 | 151 |
| 〈표 부록 3-85〉 독일-태국의 확률계수모형 추정결과 | 152 |
| 〈표 부록 3-86〉 독일-필리핀의 확률계수모형 추정결과 | 152 |
| 〈표 부록 3-87〉 독일-한국의 확률계수모형 추정결과 | 152 |
| 〈표 부록 3-88〉 독일-홍콩의 확률계수모형 추정결과 | 152 |
| 〈표 부록 3-89〉 미국-대만의 확률계수모형 추정결과 | 152 |
| 〈표 부록 3-90〉 미국-독일의 확률계수모형 추정결과 | 152 |
| 〈표 부록 3-91〉 미국-말레이시아의 확률계수모형 추정결과 | 153 |
| 〈표 부록 3-92〉 미국-베트남의 확률계수모형 추정결과 | 153 |
| 〈표 부록 3-93〉 미국-싱가포르의 확률계수모형 추정결과 | 153 |
| 〈표 부록 3-94〉 미국-인도네시아의 확률계수모형 추정결과 | 153 |
| 〈표 부록 3-95〉 미국-일본의 확률계수모형 추정결과 | 153 |
| 〈표 부록 3-96〉 미국-중국의 확률계수모형 추정결과 | 153 |
| 〈표 부록 3-97〉 미국-태국의 확률계수모형 추정결과 | 154 |
| 〈표 부록 3-98〉 미국-필리핀의 확률계수모형 추정결과 | 154 |
| 〈표 부록 3-99〉 미국-한국의 확률계수모형 추정결과 | 154 |
| 〈표 부록 3-100〉 미국-홍콩의 확률계수모형 추정결과 | 154 |

그림 목차



| | |
|--|----|
| 〈그림 1-1〉 ‘일본 → 독일’ 및 ‘대만 → 미국’ 컨테이너 물동량 변화율 | 6 |
| 〈그림 1-2〉 ‘일본 → 독일’ 및 ‘대만 → 미국’ 컨테이너 물동량 변화율 예측 사례 | 6 |
| 〈그림 2-1〉 수출입 컨테이너 예측 프로세스 | 14 |
| 〈그림 2-2〉 수출입 컨테이너 배분 프로세스 | 14 |
| 〈그림 2-3〉 환적 컨테이너 물동량 예측 | 15 |
| 〈그림 4-1〉 한국-대만 항로의 종속변수와 설명변수 간의 추이 | 63 |
| 〈그림 4-2〉 베이지안 단순회귀모형의 계수의 부호 일치성 경우의 수 | 66 |
| 〈그림 4-3〉 SSVS 모형의 계수의 부호 일치성 경우의 수 | 68 |
| 〈그림 4-4〉 확률계수모형의 계수의 부호 일치성 경우의 수 | 71 |

컨테이너 해상물동량 예측 모형 연구

- 베이지안 방법론을 중심으로

1. 연구의 목적

- ▶ 우리나라는 2016년 8월 한진해운의 법정관리와 그에 이은 서비스 중단과 최종적 파산결정으로 컨테이너 해운산업의 위기를 겪고 있음
 - ▶ 이에 정부는 「해운조선 상생을 통한 해운강국 건설」을 국정과제로 제시하고, 2018년 4월 ‘해운재건 5개년 계획’을 발표하며, 컨테이너 해운산업을 포함한 해운산업 발전 정책을 추진하고 있음
 - ▶ 이 같은 우리나라의 컨테이너 해운산업의 발전을 위해서는 수요 측인 물동량의 결정요인을 이해하고, 합리적인 예측을 통해 다양한 경영 의사결정의 정확성을 제고할 필요가 있음
- 선사, 화주, 금융기관 및 정부 등의 시장 관련 주체들이 미래의 컨

- 테이너 물동량의 움직임을 과학적 방법을 통해 예측할 필요가 있음
- ▶ 따라서 본 연구를 통해 글로벌 컨테이너 해상물동량 예측 모형을 제시하고자 함
 - 전통적으로 컨테이너 해상물동량 예측에는 표본의 크기가 작은 소표본 문제가 있어, 일관된 통계적 분석에 어려움이 있었음
 - 그러나 본 연구에서는 소표본 상황에서도 일관된 통계적 또는 확률적 추론을 가능하게 하는 베이지안 접근법을 사용하여 이 같은 문제를 해소하고자 하였음

2. 연구의 방법 및 특징

1) 연구의 방법

- ▶ 컨테이너 해상물동량 예측을 위해 본 연구에서는 다음과 같은 선형 회귀방정식을 활용했음

$$y_t = \beta_1 \times x_{1,t} + \beta_2 \times x_{2,t} + \beta_3 \times x_{3,t} + \beta_4 \times x_{4,t} + e_t,$$

여기서 y_t 는 컨테이너 해상물동량의 지수 성장률(exponential growth rate),

$x_{1,t}$ 는 수입 국가의 GDP의 지수 성장률,

$x_{2,t}$ 는 해당 항로의 총 수출의 지수 성장률,

$x_{3,t}$ 는 수입 국가의 이자율,

$x_{4,t}$ 는 환율의 지수 성장률,

e_t 는 잔차항.

- ▶ 고전적 접근법에서는 β_i 를 미지의 상수로 취급하지만, 베이지안 접근법에서는 정확히 알 수 없는 확률 변수로 인식함
 - 본 연구에서는 이 같은 베이지안 접근법으로서 i) 베이지안 단순회귀모형, ii) 변수 선택의 확률적 탐색 방법(SSVS), iii) 확률 계수모형 등을 활용했음

2) 연구의 특징

- ▶ 본 연구는 13개 국가를 대상으로 100개의 컨테이너선 항로의 연간 컨테이너 물동량의 결정요인으로 i) 수입국의 GDP, ii) 수출액, iii) 수입국의 이자율, iv) 환율 등을 고려했음
 - 이들 거시적 결정요인이 각 항로별로 컨테이너 해상물동량에 미치는 영향을 베이지안의 세 가지 모형을 통해 검토했음
 - 활용된 자료는 2000년부터 2017년까지 18년간에 걸침

3. 연구의 결과

1) 연구 결과 요약

- ▶ 베이지안 세 가지 모형 모두에서 약 60개 정도의 항로에서 이러한 거시경제적 설명요인이 컨테이너 해상물동량을 잘 설명하는 것(4개 계수 중 3개 이상의 계수가 이론적 기대와 부합하는 추정치를 보였음)으로 나타났음

- 또한 본 연구에서는 무정보적 사전 정보를 사용했기 때문에 고전적 방법론에서 추정되는 계수에 대한 정보와 유사한 베이지안 추론 결과가 도출되는 것을 확인할 수 있었음
- ▶ 예를 들어, 한국→미국 항로의 경우 아래와 같은 추정 결과를 얻었음

〈한국-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과〉

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.00 | 1.68 | 1.19 | 2.23 | 1.59 | 1.40 |
| 수출 | 0.19 | 0.14 | 1.33 | 0.18 | 0.14 | 1.26 |
| 이자율 | -1.35 | 1.32 | -1.02 | -1.47 | 1.28 | -1.15 |
| 환율 | 0.58 | 0.33 | 1.77 | 0.54 | 0.31 | 1.74 |

- 표에서 보는 바와 같이, 이론적 기대와 동일하게 수입국의 GDP와 동 항로에서의 수출액, 환율은 컨테이너 해상물동량에 긍정적 효과를, 수입국의 이자율은 부정적 효과를 미치는 것을 확인할 수 있음
- ▶ 이 같은 예측 모형을 활용할 경우, 표본 내 예측 및 표본외 예측 모두에서 준거모형인 AR(1) 모형보다 제시된 예측모형이 예측 정확도가 높은 것으로 나타났음
- 표본 내 예측에서는 세 가지 베이지안 예측모형이 모두 AR(1) 모형보다 예측 정확도가 높은 것으로 평가됨
- 표본 외 예측에서는 변수 선택의 확률적 탐색 방법(SSVS)이 AR(1) 모형보다 우수한 것으로 나타났으나, 나머지 두 가지 베이지안 모형은 AR(1) 모형보다 우수하지 않은 것으로 나타났음

2) 정책대안 제시내용 및 정책화 활동

- ▶ 본 연구를 통해 베이지안 예측모형이 컨테이너 해상물동량 예측에 효과적으로 활용될 수 있음을 확인할 수 있었음
 - 즉 선사, 화주, 금융기관 및 정부 등의 시장 관련 주체들이 미래의 컨테이너 물동량의 움직임을 과학적 방법을 통해 예측할 수 있는 기반을 마련했다고 평가할 수 있음

3) 정책적 기여 등 기대효과

- ▶ 본 연구에서 제시한 방법론을 활용하여 한국해양수산개발원 등의 연구기관이 매년 말 또는 초에 각 항로별 컨테이너 해상물동량 전망치를 업계 관계자에게 제공할 수 있을 것으로 기대됨
 - 이를 통해 업계 관계자는 물류 최적화, 선대 계획, 운송 계획 등의 업무를 개선할 수 있을 것으로 예상됨
- ▶ 해운, 항만 산업계에서 본 연구에서 설명하고 제시된 베이지안 접근법을 활용하여 소표본 상황에서도 일관된 통계적 또는 확률적 추론을 수행할 수 있을 것으로 기대됨
 - 특히 과거에는 자료의 한계로 인해 연구에 어려움이 있었던바, 대학원생 또는 학부생, 그리고 업계 종사자 및 연구자들이 베이지안 방법론을 활용할 수 있는 기초 연구자료로서 본 연구의 의미가 크다고 판단됨

EXECUTIVE SUMMARY

Research on Forecasting Model of Container Seaborne Flows - Using Bayesian Methodology -

1. Purpose

- ▶ After the bankruptcy of Hanjin Shipping, Korean shipping industry including container shipping has been undergoing an industrial crisis.
- ▶ Responding to this crisis, the Korean government announced a 5-year plan to reconstruct the shipping industry.
- ▶ In order for the shipping industry to develop, it is necessary to understand the determinants of container seaborne traffics and then to enhance the precision of the related decision makings.
 - Particularly, it is necessary for the carriers, shippers, financiers, and government to forecast the traffics by the scientific methods.

- Based on these demands, this study aims to suggest some forecasting models of container seaborne flows.
- Traditionally, it is difficult to infer on or forecast statistically the container traffics by some consistent methodology owing to the small-sample problems.
- However, this study tries to resolve this small-sample problems by using the Bayesian methodology, which is expected to help to infer on or forecast the traffics by some consistent methodology.

2. Methodologies and Features

1) Methodologies

- For forecasting the container traffic, this study uses the following linear regression model:

$$y_t = \beta_1 \times x_{1,t} + \beta_2 \times x_{2,t} + \beta_3 \times x_{3,t} + \beta_4 \times x_{4,t} + e_t,$$

where y_t is the exponential growth rate of container traffic,

$x_{1,t}$ is the exponential growth rate of importing country's GDP,

$x_{2,t}$ is the exponential growth rate of exporting volume,

$x_{3,t}$ is the interest rate of importing country,

$x_{4,t}$ is the exponential growth rate of exchange rate,

e_t is the error term.

- ▶ While the classical approach treats β_i as an unknown constant, the Bayesian approach perceives it as a random variable that is not known in advance.
 - Particularly, this study utilizes the following three models as Bayesian ones: i) Bayesian simple regression model ii) Stochastic search variable selection model, iii) Random coefficient model.

2) Features

- ▶ This study analyses the total of 100 country-pair routes from 13 countries.
 - The considered determinants are i) GDP of importing country, ii) export volume, iii) interest rate of importing country, iv) exchange rate.
 - The sample period is from 2000 to 2017.

3. Results

1) Summary

- ▶ In all the three Bayesian methods, about 60 cases show some well-explained results, which means that among the 4 determinants, at least 3 shows the expected signs.

- Also, because this study uses the so-called uninformative prior information, the Bayesian methods produce the very similar results with those of classical OLS's.

► For example, the Korea-US route shows the following ones:

〈Inference results for Korea-US routes of Bayesian and OLS〉

| - | Bayesian | | | OLS | | |
|---------------|--------------------|--------------------|---------|----------|--------------------|---------|
| | average of β | standard deviation | t-ratio | estimate | standard deviation | t-value |
| GDP | 2.00 | 1.68 | 1.19 | 2.23 | 1.59 | 1.40 |
| Export | 0.19 | 0.14 | 1.33 | 0.18 | 0.14 | 1.26 |
| Interest rate | -1.35 | 1.32 | -1.02 | -1.47 | 1.28 | -1.15 |
| Exchange rate | 0.58 | 0.33 | 1.77 | 0.54 | 0.31 | 1.74 |

- As shown in the above table, the empirical results show that the effects of GDP, export, and exchange rate are positive but the effect of interest rate is negative, which is the same as the theoretically-expected signs.

► When we uses these forecasting models, the forecasting accuracy is better than that of the reference model, AR(1) model, in both of in-sample and out-of-sample cases.

2) Policy contribution

► This study shows that we can use the Bayesian methods as a forecasting tool of container seaborne traffic.

- In other words, this study provides the basic scientific methods to the carriers, shippers, financiers, and government for forecasting the future container traffic.

3) Expected benefits

- ▶ Korea Maritime Institute as a public knowledge service provider, can provide the forecast information in the end or beginning of the year via some dissemination channels.
 - This information service can improve the businesses of carriers, shippers, etc., in the areas of logistics planning, ship deployment, transportation planning, and so on.
- ▶ Also, the participants of shipping and port markets will be able to infer on or forecast some important economic variables in the small-sample situations by using the Bayesian methods.
 - Particularly, although in the past time, there is a serious obstacle in using the small sample information via the classical method, the Bayesian method, which is suggested by this study, will help the researchers such as professors, graduate students, etc., to utilize the small sample information by some consistent methodology.

제 1 장

서 론

제1절 연구 배경 및 목적

2016년 8월 31일 한진해운의 법정관리 신청은 세계 7위 컨테이너 선사인 선사사 사망을 의미했다. 이 같은 큰 충격을 딛고 우리나라 컨테이너 해운산업은 국가 수출입 물류의 기간산업으로 다시 성장해 나가고자 다양한 노력을 기울이고 있다. 특히 문재인 정부는 「해운·조선 상생을 통한 해운강국 건설」을 100대 국정과제 중 하나로 제시하고, 2018년 4월 ‘해운재건 5개년 계획’을 발표한 바 있다.

이 같은 관심 속에서 글로벌 컨테이너 해운시장에서 수요 축인 컨테이너 해상물동량의 동태적 움직임을 이해하는 것은 매우 중요한 의미를 지닌다. 첫째, 선사사 서비스 항로 기획 및 이에 따른 선박 투자에 있어 컨테이너 해상물동량의 결정요인 분석과 그에 기초한 예측은 필수적으로 요구된다. 둘째, 화주가 해상운송 서비스를 어떻게 조달할지를 결정하는 데에도 이 같은 정보는 매우 중요한 요소가 된

다. 셋째, 컨테이너 해상물동량의 동태적 특징에 대한 이해는 금융기관 및 정부 등의 컨테이너 해운산업 유관 기관들의 보다 합리적인 의사결정을 위해 필요하다.

바로 이와 같은 배경과 필요성에서 본 연구는 기획되었다. 따라서 연구의 목적은 글로벌 컨테이너 해상물동량을 예측할 수 있는 모형을 제시하는 것이다. 특히 소표본(small sample) 상황¹⁾에서 고전적 방법론이 적용되기가 어렵기 때문에, 대안적 방법론으로 베이지안 방법론을 활용한다. 이 같은 베이지안 방법론은 소표본에서도 일관된 확률적 설명을 제공하는 장점이 있다.

제2절 연구 내용 및 방법

1. 연구 범위

글로벌 컨테이너 해상물동량이 측정되는 항로는 대상 국가가 100개가 넘으며 항로의 경우의 수는 10,000개가 넘게 된다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 선사와 화주와 관련이 깊은 다음과 같은 총 13개 국가에 국한하여 분석을 수행했다: 한국, 중국, 일본, 미국, 독일, 대만, 말레이시아, 베트남, 싱가포르, 인도네시아, 태국, 필리핀, 홍콩. 그리고 예측모형의 실제적 구축에 앞서 컨테이너 해상물동량의 결정요인 분석보다는 예측모형의 구축에 강조점을 두었다.

1) 본 연구에서 사용된 자료는 2000년부터 2017년까지 18개 관측치로 고전적 방법론에서는 일관성(consistency) 등의 바람직한 통계적 특성을 기대하기가 어렵다.

특히 본 연구는 컨테이너 해상물동량의 결정요인이 모든 항로에서 동일하다고 보기보다는 항로별 특성이 존재할 것으로 간주했다. 따라서 모든 항로에 걸친 평균적 결정요인을 분석하기보다는 각 항로별 결정요인 분석을 실시했다. 그리고 이러한 결정요인의 영향력에도 차이가 존재할 것으로 간주했다.

한편 본 연구가 다루지 못한 매우 중요한 향후 연구과제가 있다. 본 연구에서는 각 국가 간 항로(예를 들어, 한국-미국 수출 항로)의 컨테이너 해상물동량의 결정요인으로 수입국의 GDP, 해당 항로의 수출 총액, 수입국가의 이자율, 해당 항로의 환율 등을 사용했다. 따라서 이들 요인이 결정되는 메커니즘에 대한 이해가 전제되어야 함에도 불구하고, 본 보고서에선 이들 결정요인에 대한 전망치가 주어진다고 가정하고 있다.

이 같은 설명변수의 결정을 다루는 데에는 크게 두 가지 대안적 방법을 검토할 수 있다. 첫째, 이들 결정요인의 결정 메커니즘을 모형화할 수 있을 것이다. 사실 본 연구의 초기 기획단계에서는 이러한 결정요인 모형화 문제를 검토할 수 있을 것으로 기대되었다. 그러나 연구기간 제약 등의 이유로 이러한 결정요인 모형화 과제는 후속연구 주제로 남겨두었다. 다만, 여기서는 벡터자기회귀모형(VAR: Vector-AutoRegressive Model), 동태적 확률 일반 균형(DSGE: Dynamic Stochastic General Equilibrium) 모형 등을 통해 이 같은 연구가 진행될 수 있음을 밝히고자 한다.

둘째, 예측을 위해서 실증분석 모형 자체를 과거의 관측치들만 이용할 수 있도록 설계할 수 있다. 이 같은 방법의 대표적 모형이 자기회귀 분포 시차(ADL: Autoregressive Distributed Lag) 모형이다. 그러나 이 방법은 첫째 방법과 달리 물동량 설명요인의 결정방식이 단

순 자기회귀모형으로 제한된다는 점에서 현실성이 약하다는 단점이 있다. 즉 GDP, 수출 총액, 이자율, 환율 등의 전망치에 대한 보다 상세한 전망이 현실에서는 가능한데, 자기회귀 분포 시차 모형은 이 같은 정보를 활용하는 것을 선형적으로 제약하게 된다. 따라서 본 연구에서는 주요 결정요인의 전망치가 정확하게 주어지는 경우를 가정하여 예측 정확도를 평가했다. 다만, 첫째로 언급된 대안적 모형을 통해 이렇게 정확한 전망치를 도출하는 것이 가능할 것으로 기대했다.

2. 연구 방법

본 연구는 문헌연구와 수리통계 모형 구축의 방법을 통해 수행되었다.

먼저, 컨테이너 해상물동량 예측과 관련된 선행연구를 해운·항만 전문 국내외 학술지에서 검색하여 분석했다. 컨테이너 해상물동량은 앞서 언급한 중요성에 비례하여 많은 선행연구가 있었다. 특히 국가 기간 인프라인 컨테이너항만의 개발 및 운영을 위해 컨테이너 항만물동량(throughput) 예측과 관련된 선행연구가 해상물동량(traffic) 예측에 비해 더 많은 것으로 나타났다. 본 연구에서는 해상물동량과 더불어 항만물동량 예측 연구에 대해서도 심도 깊은 문헌연구를 수행했다.

둘째, 중력 모형(gravity model)에 기초한 선형회귀모형을 구축하여 이에 기초한 컨테이너 해상물동량 결정요인 분석 및 예측 연구를 수행했다. 특히 표본의 크기가 제한되어 있어, 고전적 분석 방법론의 활용에 한계가 있어, 작은 표본에서도 일관성 있는 확률적 추론이 가능한 베이지안 방법론을 적극적으로 사용했다.

제3절 연구의 기대효과

앞서 소개한 연구를 통해 해운산업계 종사자들은 어떤 편익을 얻을 수 있는가에 대해 답할 필요가 있다. 가장 먼저 언급해야 하는 사실은 고전적 방법론이 아닌 베이지안 방법론을 채택하여, 소표본 상황에서도 일관된 확률적 설명, 즉 통계적 추론을 할 수 있다. 이러한 베이지안 접근법의 활용은 본 연구가 새로운 모형을 개발했기 때문에 가능한 것이 아니라, 기존에 계량경제학자들이 개발해놓은 모형과 방법론을 본 연구에서 차용해서 적용했기 때문에 가능한 것이다. 따라서 본 연구의 실천적 기여는 베이지안 방법론의 해운산업에 대한 적용에 있다고 말할 수 있다.

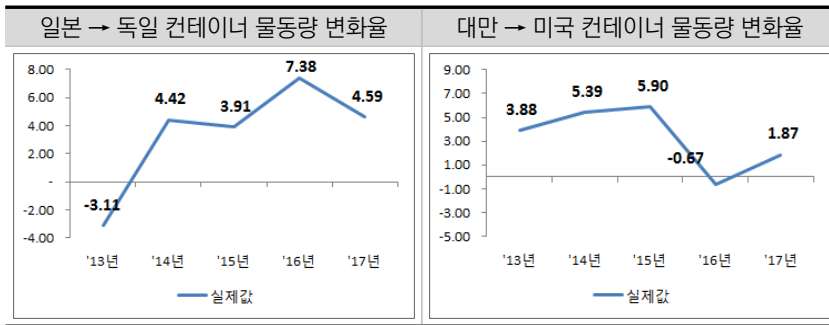
둘째, 본 연구는 다양한 경제 변수(GDP, 수출액, 이자율, 환율)가 컨테이너 해상물동량에 미치는 영향을 분석할 수 있는 실증적 기반을 제공한다. 예를 들어, 미국의 GDP가 1%²⁾ 증가하면 한국의 미국 수출 컨테이너 해상물동량은 몇 % 증가할 것인가? 또는 미국의 이자율이 1%p 상승하면 미국으로 수출되는 각 국가의 컨테이너 물동량은 몇 %p 감소할 것인가? 이와 같은 질문에 답하기 위해서는 먼저 과거의 경험적 자료에서 도출되는 탄성치 또는 계수를 알아야 한다. 본 연구는 과거의 경험적 사실에 기반하여 이 같은 정보를 제공할 수 있는 방법론을 제시하고 있다. 또한 앞서 언급한 바와 같이, 소표본에서도 통계적 추론이 가능한 베이지안 방법론을 사용하고 있기 때문에 이러한 통계적 추론이 이론적으로도 문제가 없다는 장점이 있다.

예를 들어, 아래 그림은 ‘일본 → 독일’ 및 ‘대만 → 미국’ 컨테이너 물동량의 5년 동안의 변화율을 보여주고 있다. ‘일본 → 독일’의 변동

2) 1%p가 아니라, 변화율 1%를 말하고 있다.

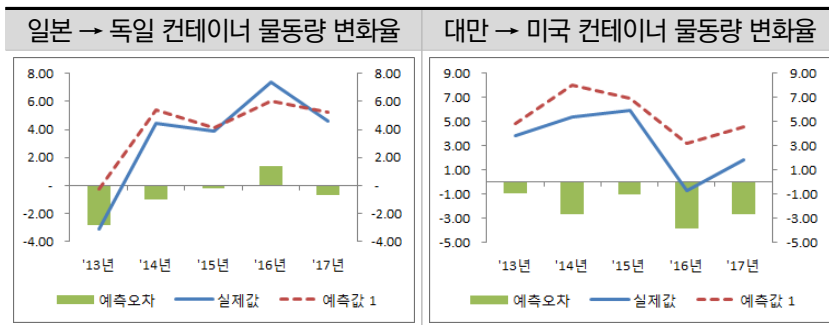
성은 7.80%이고 ‘대만 → 미국’의 변동성은 5.41%이다. 이를 자기회귀모형을 통해 예측할 경우, ‘일본 → 독일’의 예측오차는 4.92%이고 ‘대만 → 미국’의 예측오차는 5.58%이다.

〈그림 1-1〉 ‘일본 → 독일’ 및 ‘대만 → 미국’ 컨테이너 물동량 변화율



그러나 이들 두 항로에 대해 본 연구의 예측모형 중 하나를 적용하게 되면, 아래와 같이 ‘일본 → 독일’의 예측오차는 1.52%, ‘대만 → 미국’의 예측오차는 2.49%가 된다. 즉 보다 효율적인 물동량 전망을 할 수 있는 가능성을 확인할 수 있다.

〈그림 1-2〉 ‘일본 → 독일’ 및 ‘대만 → 미국’ 컨테이너 물동량 변화율
예측 사례



위의 예와 같이, 독자들은 본 보고서의 부록에서 제공되는 각 모형의 모수에 대한 정보를 이용하여 각자가 관심 있는 항로의 컨테이너 물동량을 예측할 수 있을 것이다. 즉 본 연구는 IMF, 한국은행 등의 거시 경제변수의 예측치를 이용하여 자신의 관심 항로의 컨테이너 물동량 전망을 할 수 있는 정보를 제공할 수 있는 실증적 기반을 마련하는 데 기여할 수 있는 것이다.

제4절 보고서의 구성과 내용

여기서는 보고서의 내용을 간략히 소개하여 독자들이 보고서를 보다 효과적으로 활용할 수 있도록 도움을 주고자 한다.

제2장에서는 기존의 해상물동량 및 항만물동량 예측 모형을 간단히 살펴본다.

제3장에서는 본격적으로 컨테이너 해상물동량 예측 방법론을 설명하고 있다. 본 연구의 해상물동량 결정함수가 선형 함수로서 나타나기 위해 이론 모형이 중력모형의 형태를 띠 수밖에 없는데, 이 장에서 구체적으로 이를 수식으로 보여주고 있다. 아울러 도출된 선형 회귀방정식에 대한 고전적 방법론과 베이지안 방법론의 접근 방식에 대해 이들의 차이점과 함께 아울러 상보적 관점에서 해석하는 내용을 담고 있다. 독자들은 이들 방법론의 세세한 수식적 전개에 초점을 맞추기보다는 고전적 입장과 베이지안 입장이 모수(parameter)에 대해 취하는 각각의 방법론의 차이가 확률적 추론에서 어떤 차이를 보이는지를 중심으로 이해하면 보다 용이하게 보고서의 내용을 이해할 수 있을 것으로 기대된다.

다음으로 제4장에서는 제3장에서 제안한 세 가지 베이지안 방법론의 실증분석 결과를 정리해서 보여주고 있다. 대체적으로 세 가지 방법론의 추정결과는 크게 다르지 않으며, 고전적 방법론인 OLS 추정과도 맥을 같이하고 있음을 확인할 수 있다. 특히 고전적 방법론의 결과와 베이지안 방법론의 결과가 유사하게 나타나는 것은, 본 연구에서 무정보적 사전 분포를 사용했기 때문이다. 그럼에도 불구하고, 본 연구에서 제시한 베이지안 접근법의 우수성은 이러한 소표본 상황에서도 일관된 확률적 추론을 가능하게 해주는 데 있다고 평가할 수 있다.

제5장에서는 베이지안 입장의 세 가지 방법론이 준거 모형보다 우수한 예측력을 보여주고 있음을 검증하고 그 결과를 제시하고 있다. 마지막으로 제6장 결론에서는 연구를 요약하고 활용방안을 제시하고 있다.

특히 부록의 300개 실증분석 결과표는 해당 항로에서 영업하고 있는 선사와 화주가 미래 물동량 예측에 사용할 수 있는 실증분석 결과를 담고 있어, 이용자들에게 유익할 정보가 될 것으로 기대된다.

제 2 장

기존 물동량 예측 모형 검토

제1절 해상물동량 예측 모형

Kepapsoglou, Karlaftis and Tsambooulas(2010)은 중력 모형(gravity equation)을 사용하여 국제 무역과 무역 협정의 효과에 대해 분석한 경제학 연구 문헌을 검토하고 있다.³⁾ 이 논문에서 소개하는 바와 같이, 통상적인 중력 모형은 다음과 같은 방정식으로 나타난다.

$$F_{ij} = O_i \times D_j \times R_{ij},$$

여기서 F_{ij} 는 i-j 간의 무역량,

O_i 는 수출국의 변수,

D_j 는 수입국의 변수,

R_{ij} 는 양 국간의 무역에 장애가 되는 변수

3) 보다 최근의 중력 모형에 대한 연구 문헌으로서 Bergstrand, Egger, and Larch(2013)를 참고할 수 있다.

예를 들어, 각 국가의 경제규모, 1인당 소득 수준, 인구 규모, 국토 면적 등은 O_i 와 D_j 에 속할 수 있는 변수이고, 이들은 F_{ij} 에 긍정적인 영향을 미칠 것이다. 한편 R_{ij} 는 운송비용, 거리(distance), 관세, 물류인프라의 열악성 등이 해당되고, 이들은 양국 간의 무역에 부정적인 영향을 미칠 것이다.

Sou and Ong(2016)는 아시아, 유럽, 북미, 호주 등의 국가들을 대상으로 무역과 운송부문을 통합하는 컨테이너 해상물동량 예측 모형을 제시하고 있다. 이들의 통합 모형은 크게 세 가지 하위 부분으로 구성된다. 첫 번째 부분은 먼저 무역 규모가 GTAP(Global Trade Analysis Project)의 연산일반균형(CGE: Computable General Equilibrium) 모형을 통해 도출된다. 두 번째 부분은 첫 번째 단계에서 도출된 무역 규모를 해운 또는 항공 운송 모드(mode)로 배분한다. 여기서 사용되는 모형은 이항 로짓 모형(binary logit model)이다. 마지막으로 세 번째 부분에서는 가격-중량 전환을 이용해, 컨테이너 해상교역액을 컨테이너 물동량으로 전환하게 된다.

Shibasaki and Watanabe(2012)도 Sou and Ong(2016)와 유사하게 무역-물류 통합 예측 모형을 제시하고 있다. Shibasaki and Watanabe(2012)가 제안한 'Trade and Logistics Forecasting System for the APEC region' 모형은 크게 세 가지 하위 부분으로 구성된다. 먼저 각 국가 간의 무역 규모가 금액 기준으로 추정된다. 이 단계에서 사용되는 모형은 GTAP 모형이다. 다음으로 두 번째 부분에서는 첫 단계의 무역규모를 해운 운송 수요로 전환한다. 마지막 세 번째 단계에서는 해상과 육상에서 일어나는 화물 흐름을 예측한다.

Brocker, Korzhenevych, and Riekhof(2011)는 유럽 지역을 대상으로 중력 모형 등을 활용하여 운송 물동량을 예측하는 방법론을 제

시하고 있다. 이들은 중력 모형을 이용하고 있는데, 경제성장, 세계화, 상품구성의 변화 등이 운송 물동량의 변화에 미치는 영향을 분석하고 있다. 특히 주목되는 것은 경제발전 과정에서 경제가 소프트화되면서 물동량이 감소하는 측면이 있다는 것이다. 즉 같은 수준의 경제성장도 경제가 고도화되면서 물동량 창출효과가 줄어들 수 있다. 한편, 경제성장과 세계화는 물동량 증가에 긍정적 효과를 미친다. 이들의 연구는 매우 광범위한 자료를 활용하고 있다는 점에서 본 연구와 유사한 측면이 있다.

Chou, Chu, and Liang(2008)는 대만의 수입 컨테이너 물동량의 전망과 관련하여 기존의 회귀식이 경제의 소프트화를 반영하지 못하고 있음을 비판하고 있다. 즉 단위 수입액이 창출하는 컨테이너 물동량이 시간이 지남에 따라 감소하는데, 기존의 회귀식은 이를 반영하지 않고 전체 기간의 평균적 관계를 추정하여 예측에 사용함으로써 경제성장 변수가 수입 컨테이너 물동량에 미치는 영향을 과대평가하고 있다는 것이다. 이들은 이 같은 시계열적 특성에 기초해, 앞서 언급한 경제의 소프트화를 반영할 수 있는 수정된 회귀식을 대안으로 제시하고 있다.

Coto-Millan, Banos-Pino, and Castro(2005)는 스페인의 수입 및 수출 일반화물(general cargo)의 수요 함수를 이론적 모형을 기반으로 통계적으로 추정하고 있다. 이들은 수입 및 수출 수요 함수를 분석하기 위해 공적분(cointegration) 분석을 수행하고 있다. 분석 결과, 수입 수요는 국민소득, 수입물가, 해운서비스 가격(운임)의 영향을 받고, 수출수요도 국민소득, 수출 물가, 해운서비스 가격의 영향을 받는 것으로 나타났다. 또한 수입 및 수출 수요 모두 가격 탄력성이 1보다 작은 것으로 나타났으며, 소득 탄력성 또한 1보다 작은 것으로 나타났다.

Veenstra and Haralambides(2001)는 1962년부터 1995년까지 34년간의 원유, 철광석, 곡물, 석탄의 항로별 물동량을 이용하여 다변량 시계열 모형의 예측력을 평가하고 있다. 이들이 사용한 다변량 시계열 모형은 벡터오차수정 모형(VECM: Vector Error Correction Model)으로 공적분 모형(Cointegration Model)을 이용해 화물의 항로별 장기적 균형관계를 추정한 후, 단기적 변동을 분석했다. 이들에 따르면, 벡터오차수정 모형이 4개 화물의 장기 예측력이 뛰어난 것으로 평가된다.

제2절 항만물동량 예측 모형

1. KMI 항만수요예측센터 예측 사례

우리나라 컨테이너 물동량은 국가 기반시설인 항만 개발을 위해 항만물동량을 중심으로 예측을 실시한다. 상시적인 항만물동량 예측을 위해 2010년 항만법 개정을 통해 예측 전담기관의 법적 근거를 마련하였으며 한국해양수산개발원 산하 항만수요예측센터에서 예측을 담당하고 있다.

1) 컨테이너 항만물동량 예측 개요

컨테이너 항만물동량(throughput) 실적은 우리나라 해운항만물류정보시스템(Port-Mis)에 집계된 실적을 이용한다. 해운항만물류정보시스템의 자료는 1994년부터 제공되며 항만별 수출·입/환적 자료와

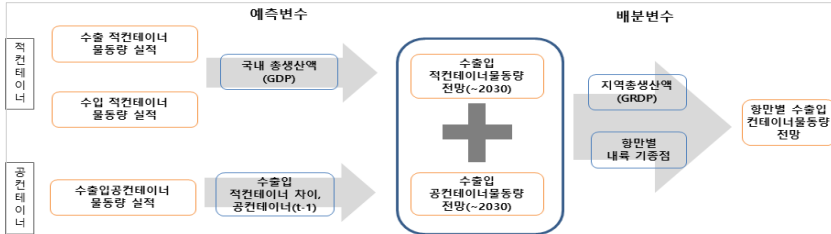
함께 적/공 컨테이너 자료도 함께 제공된다. 또한, 국내 컨테이너 물동량의 주요 수출입 국가 자료도 조회 가능하며 항만공사에서는 터미널별 처리 실적도 함께 제공한다.

항만수요예측센터에서는 해운항만물류정보시스템에서 제공되는 항만별 컨테이너 물동량 자료를 기반으로 수출, 수입, 환적, 연안으로 나누어 예측한다. 국내 30개 무역항 중 실질적으로 컨테이너 화물이 발생하는 12개 항만(부산, 인천, 광양, 울산, 평택 등)에 대해서만 예측을 실시하며 예측 기간은 무역항 기본계획 기간과 동일하게 한다.

2) 컨테이너 항만물동량 예측 방법

국내 컨테이너 항만물동량은 크게 수출입, 환적, 연안으로 구분하여 예측을 실시한다. 수출입 컨테이너 물동량 예측은 하향식(Top-Down) 방식으로 예측하여 총 수출입량을 예측한 후 지역별로 배분한다. 수출입 컨테이너 물동량은 적컨테이너와 공컨테이너로 구분하여 예측을 실시하는데 그 추정방식은 하단과 같다. 2016년 이전까지 수출입 적컨테이너 물동량 예측의 주요 설명변수는 우리나라 국내총생산액(GDP)과 수출입액을 사용하였으나 두 변수 간의 다중공선성 문제가 발생하여 2017년 예측부터는 수출입액을 제외한 국내총생산액만을 이용한다. 국내총생산액 자료는 한국은행에서 산출한 자료와 함께 IHS가 제공하는 장기 전망치를 사용한다. 공컨테이너는 수출입 적컨테이너 물동량 차이와 함께 전기($t-1$)의 공컨테이너 물동량을 독립(또는 설명) 변수로 사용하여 예측한다.

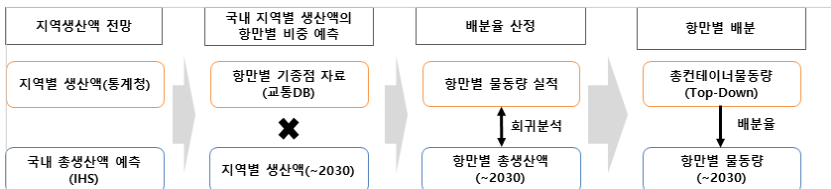
〈그림 2-1〉 수출입 컨테이너 예측 프로세스



자료: 항만수요예측센터(2017), 「2017 품목별항만물동량 예측보고서」, p. 107 수정

적/공 컨테이너 예측 후 항만별 배분을 실시하기 위해 통계청에서 발표하는 지역총생산액과 교통DB센터에서 제공하는 항만별 내륙 기종점 자료를 이용한다. 특히 장기 국내총생산액 예측치를 이용하여 장기 지역총생산액(GRDP)을 전망한다. 전망된 지역총생산액 자료와 국내 컨테이너 물동량 내륙 기종점 자료를 연결하여 컨테이너 처리 항만의 장기 성장변수가 생성된다. 생성된 장기 성장변수는 항만물동량 간의 회귀분석을 이용한 상향식(Bottom-up) 예측을 실시하여 항만별 배분율을 산정하게 된다. 상향식(Bottom-up) 방법에서 산출된 배분율과 하향식(Top-down)에서 예측된 자료를 이용하여 항만별 수출입 물동량을 확정한다. 이와 같이 하향식과 상향식 방식을 동시에 활용하는 이유는 과대 추청으로 인한 오류를 최소화하기 위해서다. 다만 인천항과 같이 신항 개장의 효과가 나타나 일시적으로 급증하는 항만은 별도의 개입모형을 통해 보정한다.

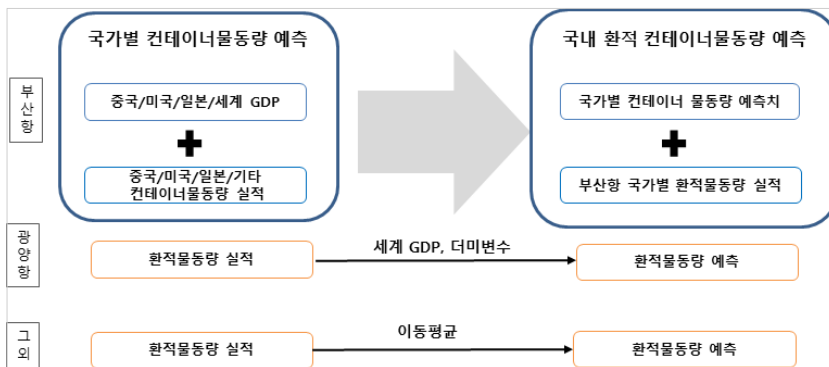
〈그림 2-2〉 수출입 컨테이너 배분 프로세스



자료: 항만수요예측센터(2017), 「2017 품목별항만물동량 예측보고서」, p. 107 수정

환적 컨테이너 항만물동량은 전체 환적화물의 95.0%를 처리하는 부산항을 중심으로 예측을 실시한다. 국내에서 환적되는 컨테이너 물동량의 60~70%는 중국, 일본 및 미국을 기종점으로 하므로, 이들 국가의 국내총생산액을 이용하여 예측을 실시한다. 다시 말해 중국 환적물동량 예측은 부산항에서 환적되는 물동량 중 중국을 기종점으로 하는 환적화물과 중국 국내총생산액을 이용하여 예측한다. 그리고 중국, 미국, 일본에 포함되지 않은 환적화물은 세계 국내총생산액을 이용하여 예측을 실시한다. 광양항은 세계 총생산액을 이용하며 한진해운 사태로 인한 물동량 감소 효과를 반영하기 위해 더미(dummy) 변수를 포함하여 예측한다. 그 외 인천항과 같이 환적물동량이 1만TEU 내외인 항만은 이동평균을 이용하여 예측을 실시한다.

〈그림 2-3〉 환적 컨테이너 물동량 예측



자료: 항만수요예측센터(2017), 「2017 품목별항만물동량 예측보고서」, p. 107 수정

연안 컨테이너 물동량은 소형 컨테이너선과 카페리선을 이용한 내륙도서 간 화물로 인천, 목포, 제주를 중심으로 발생하며 변동성이 적어 이동평균을 이용하여 예측을 실시한다.

2. 연구문헌에서의 항만물동량 예측 모형 사례

항만물동량 예측에 관한 선행연구는 국내외적으로 다수가 존재한다. 대부분이 항만의 컨테이너 물동량에 대한 예측 연구이며, 일부는 수출입 컨테이너 물동량을 제외한 순수 환적 컨테이너 물동량에 대한 예측과 관련된 것이다. <표 2-1>은 다수의 선행연구 중 비교적 최근의 연구를 소개하고 있다.

<표 2-1> 항만물동량 예측 관련 선행연구

| | 저자 | 방법론(모형) | 독립변수 | 적용 항만 | 자료 유형 |
|---|-------------------------|--|------------------------|---------------|-----------------|
| 1 | Schulze and Prinz(2009) | SARIMA, Holt-Winters Exponential smoothing | 환적 컨테이너 물동량 | 독일 항만 | 1989~2006 분기 자료 |
| 2 | Peng and Chu (2009) | Genetic Programming, X-11, and SARIMA | 컨테이너 물동량 | 대만 주요 항만 | 1978~2006 월간 자료 |
| 3 | Chen and Chen (2010) | Genetic Programming, X-11, SARIMA | 컨테이너 물동량 | 대만 주요 항만 | 1978~2006 월간 자료 |
| 4 | 이병철·김윤배 (2011) | Lotka-Volterra model | 환적 컨테이너 물동량 | 한·중·일 항만 | 1995~2005 연간 자료 |
| 5 | 여기태·정현재 (2011) | System Dynamics | 환적 컨테이너 물동량 | 한·중·일 항만 | 2001~2009 연간 자료 |
| 6 | Wang et al. (2013) | System dynamics | 컨테이너 물동량 | 대만 및 우리나라 항만 | 1990~2008 연간 자료 |
| 7 | Panchoe (2015) | SARIMA | 컨테이너 물동량 | 부산항 | 2002~2014 월간 자료 |
| 8 | Kim and Lu (2016) | SARIMA | 컨테이너 물동량 및 환적 컨테이너 물동량 | 우리나라 전체 및 부산항 | 2000~2014 월간 자료 |

자료 : KMI 분석.

Schulze and Prinz(2009)는 독일 항만을 대상으로 환적 컨테이너 물동량을 예측하였다. 예측을 위해 활용한 방법론은 시계열모형 중 독립변수의 계절성 또는 주기성을 반영하는 데 유용한 SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) 모형과 지수평활법(Exponential smoothing) 중 하나인 Holt-Winters 모형이다. 저자들은 1989년부터 2006년까지의 분기 자료를 활용하여 모형을 구축했고, 2007년에서 2008년까지의 분기별 환적 컨테이너 물동량을 예측하였다. 두 모형의 예측 오류 비교 결과, SARIMA 모형이 Holt- Winters 모형보다 우월하다는 것을 밝히고 있다.

Peng and Chu(2009)는 대만의 주요 3개 항만의 컨테이너 물동량 예측을 위해 여섯 가지 단변량(univariate) 예측 모형을 제시했다. 즉 6 가지는 전통적 분할 모형(classical decomposition model), 삼각 회귀모형(trigonometric regression model), 계절 더미 변수를 활용한 회귀모형(regression model with seasonal dummy variables), 그레이 모형(grey model), 하이브리드 그레이 모형(hybrid grey model) 및 SARIMA 모형이다. 동 논문의 목적은 보다 정확한 컨테이너 물동량 예측 모형을 제시하는 것이었다. 여섯 가지 모형 중 전통적 분할 모형이 가장 예측 오류가 적은 최적 모형이라고 주장하였다. 또한 향후 인공지능망(neural networks), 인공지능(artificial intelligence) 또는 고급 데이터마이닝(advanced data mining) 기법 등을 활용하여 컨테이너 물동량 예측모형을 탐구할 필요가 있음을 언급하였다.

Chen and Chen(2010)은 유전알고리즘모형(genetic programming, GP), 시계열의 X-11 분해기법(X-11 decomposition model) 및 SARIMA 모형을 활용하여 항만의 컨테이너 물동량 예측을 위한 최적 모델을 찾고자 시도하였다. 대만 주요 항만을 대상으로 21년간의 자

료를 활용하여 각각의 모델을 구축하였다. 동 연구에서는 유전알고리즘모형이 최적 모형으로 제시되었다.

이병철·김운배(2011)는 진화경제학 이론에 근거한 집단 게임모형인 Lotka- Volterra(L-V) 모형을 활용하여 동북아시아 3개 국가인 우리나라, 중국, 일본의 항만 16개를 대상으로 환적물동량 예측을 시도하였다.⁴⁾ 저자들은 L-V 모형이 복잡한 경제문제를 비교적 명확하게 반영하기 때문에 활용 가치가 높은 예측 모형이라 설명하고 있다. 이 모형의 특징은 우리나라 환적 컨테이너 물동량의 장기 예측을 하는데 주변국인 중국과 일본과의 경쟁 관계를 반영할 수 있다는 것이다. 1995년부터 2005년까지의 연간 자료를 활용하여 2015년까지의 비교적 장기간의 예측치를 제시하였고, 2006년에서 2010년까지의 추정치와 실적치를 비교한 결과, 2006년은 3.8%, 2007년은 1.8%의 낮은 예측 오차가 발생했고 2008년, 2009년, 2010년은 금융위기 변수에 따라 예측 오차가 높았다고 설명하고 있다. 또한 우리나라와 중국 항만은 포식자-피식자(Predator-prey)의 경쟁 관계가 있음을 주장하였다. 여기태·정현재(2011)는 시스템다이나믹스(System Dynamics, SD) 기법을 활용하여 한중일 각 국가의 항만 경쟁력을 분석하여 동태적인 관점에서 환적 컨테이너 물동량 예측 모형을 구축하고 예측치를 제시하고자 하였다. 하지만 동 연구는 실제 중국 항만의 환적 컨테이너 물동량 자료를 활용하지 못하고, 환적 비중을 사용한 한계가 있다고 밝히고 있다. 또한 외생변수로 활용되는 국가별 항만 비용 자료 역시 정확성이 낮음을 밝히면서 향후 모형의 보완 및 확장 연구의 필요성을 언급하였다.

4) 즉 16개 항만의 환적 컨테이너 물동량 자료를 활용하되, 분석의 편의를 위해 3개의 집단(우리나라, 중국, 일본)으로 그룹화하였음.

Wang et al.(2013)은 대만의 컨테이너 물동량 예측의 정확도를 높이기 위해 SD 모형을 활용하였다. 회귀모형과 SD 모형을 구축한 후 예측 오류를 검정한 결과, SD 모형이 더 높은 예측력을 가지고 있다고 주장하였다. 또한 1990년부터 2009년 자료를 활용하여 대만과 우리나라의 2016년 컨테이너 물동량 예측을 시도하였다. 입력 변수로 활용한 자료는 총 컨테이너 물동량과 수출입 컨테이너 물동량 두 가지로 구분하여 모형을 구축했고,⁵⁾ 그 결과 SD 모형의 예측력을 더욱 개선할 수 있었다고 주장하였다.

Panchoe(2015)는 부산항 컨테이너터미널을 대상으로 하여 계절성과 피크 패턴을 반영한 장래 월간 컨테이너 물동량 처리 규모를 보다 정확하게 예측하여, 그에 맞는 최적의 컨테이너터미널을 설계하고자 시도하였다. 특히 월간 컨테이너 물동량 예측을 위해 SARIMA 모형과 터미 변수가 포함된 선형회귀모형(Linear regression model with dummy variable)을 사용하였다. SARIMA (1,1,0) (0,1,1) 12 모형이 최적의 모형으로 제시되었다.

Kim and Lu(2016)는 2001년부터 2014년까지의 월간 우리나라 및 부산항의 컨테이너 물동량 자료를 활용하여 SARIMA 모형을 구축하였다. 그리고 향후 5년까지의, 즉 2015년부터 2020년까지의 월간 우리나라 총컨테이너 물동량, 총 환적 컨테이너 물동량 및 부산항의 총 컨테이너 물동량과 환적 컨테이너 물동량을 예측하였다.

상기 항만 물동량 예측 사례를 간략히 종합하면, 가장 많이 활용된 기법은 시계열모형인 SARIMA 모형임을 알 수 있다. 또한 경쟁관계를 파악할 수 있는 L-V 모형, 동태적 관점에서 파악하는 시스템다이

5) 왜냐하면, 항만의 총 컨테이너 물동량은 크게 수출입과 환적으로 구분되기 때문에 입력변수를 총 물동량과 수출입 물동량으로 구분한 것임.

나믹스 모형, 유전알고리즘 모형, 그레이 모형 등이 종종 활용되었고, 대부분이 예측력 비교를 위해 회귀모형을 활용하고 있다. 또한 인공신경망, 인공지능 및 고급 데이터마이닝 기법에 활용하여 컨테이너 물동량을 예측해 보는 것이 필요함을 파악할 수 있었다.

이 외에도 다음과 같은 선행연구들이 항만 물동량 예측방법론을 검토하고 있다.

Hwang et al.(2015)은 중국 칭다오항의 컨테이너 처리량을 예측하기 위해 구간 지식 기반 예측(IKBF: Interval Knowledge Based Forecasting) 패러다임을 적용하였다. IKBF는 벤치마크가 되는 통계 모델, 델파이 기반의 전문가 시스템 그리고 전문가 예측성과 검증 알고리즘의 세 부분으로 구성된다. 이 연구에서는 통계모델로 ARIMA가 사용되었다.

데이터로는 2004년 1월부터 2015년 3월까지 135개의 관측치가 사용되었고 마지막 12개 관측치는 테스트 데이터로 사용되었다. 전문가 패널에는 계량경제모델링 전문가, 칭다오항 컨테이너 운영 일선 직원, 칭다오항 경영직원이 각각 1/3씩 포함되었다.

RMSE와 방향성을 측정하는 통계량으로 예측성과를 측정한 결과 IKBF 패러다임이 벤치마크 모델을 크게 능가하는 것으로 나타났다. 이 연구는 통계적 분석에 전문가 의견을 추가하는데 그치지 않고 이를 검증 후 통합하는 알고리즘을 적용했다는 점에서 다른 연구와 차별성을 갖는다. 하지만 통계적 기법의 적용에 있어 ARIMA에 국한했다는 점이 외생변수를 다양하게 적용한 본 논문과는 차이를 보인다.

항만별 처리량을 예측한 연구는 다수 있으나 해상물동량 자체에 대한 연구는 제한적이다. 김창범(2015)은 해양수산부의 해상 수출입

물동량(traffic)에 개입 승법 계절 ARIMA와 인공신경망을 적용하여 물동량 예측을 시도하였다. 데이터는 1994년 1월부터 2014년 12월 까지 월별 관측치가 사용되었으며 예측 구간은 2015년부터 2019년까지다.

ME, MAE, RMSE, MSE로 예측 성과를 측정한 결과 ARIMA (2,1,0) (1,0,1)의 예측 오류가 가장 낮은 것으로 나타났다.

이 연구에서도 단변량 모델인 ARIMA가 사용되었고, 입력변수의 설정이 논문에 기술되지는 않았지만 인공신경망에 대해서도 자기 값이 사용된 것으로 추정되어 다변량 모델을 시도한 본 연구와는 차이를 보이고 있다.

Mo et al.(2018)은 중국 샤먼항과 상하이항을 대상으로 컨테이너 처리량 예측에 대한 연구를 진행하였다. 데이터 처리 그룹화에 기초한 하이브리드 예측 모델(HFMG: Hybrid Forecasting Model based on GMDH(Group Method of Data Handling))을 적용한 이 연구는 다음의 3단계로 구성된다.

1단계로 컨테이너 처리량 시계열 자료로부터 선형추세를 추출하고 이를 예측하기 위해 SARIMA를 적용한다. 2단계는 선형추세가 제거된 비선형 하위시리즈에 대하여 역전사 인공신경망, 지지벡터회귀(SVR: Support Vector Regression), 유전자 프로그래밍을 적용한다. 그 후 GMDH 신경망을 적용하여 결합 예측 모델을 구성하고 최종 예측 결과를 도출한다. 데이터는 2001년 1월부터 2015년 12월까지 15년의 월간 관측치가 사용되었고 2015년의 관측치는 테스트 세트로 활용되었다.

이 연구는 자기 조직적(self-organizing) 방법으로 입력변수, 구조

및 파라미터를 결정하는 자기 조직적 데이터 마이닝을 사용한 것이 특징이다. 연구 결과 HFMG의 성과가 SARIMA나 다른 하이브리드 예측 모델을 능가하는 것으로 나타났다. 성과의 측정에는 RMSE, MAPE, MASE 및 방향성을 측정하는 Dstat이 사용되었다.

제 3 장

컨테이너 해상물동량 예측 방법론

여기서는 본 연구에서 검토한 실증적 컨테이너 해상물동량 예측 방법론을 상술하고 있다. 우선적으로 컨테이너 해상물동량을 결정하는 선형 회귀방정식이 유도되는 일종의 중력 모형 형태의 이론 모형을 제시하고 있다.

다음으로 이러한 선형회귀모형에 대한 확률적 또는 통계적 추론 방법을 고전적 방법론과 베이지안 방법론으로 구분하여 설명하고 있다. 이 두 방법의 결정적 차이는 추론해야 하는 모수를 어떻게 인식하느냐에 따라 달라진다. 즉 고전적 방법론은 추정해야 하는 모수를 미지의 상수(常數)로 취급하는 반면, 베이지안 방법론은 연구자가 이 모수를 정확히 알지 못하므로 확률 변수로 취급한다. 베이지안 입장을 지지하는 논자(論者)들은 고전적 입장을 학습한 많은 실무자들이 부지불식(不知不識)간에 그 결과를 베이지안 방식으로 해석하고 있다는 점을 강조하고 있다.

베이지안 입장의 두 번째 방법인 변수 선택의 확률적 탐색 모형 이

외의 두 가지 모형에서는 전통적인 주관적 베이지안 방법론과는 달리 무정보적 사전 분포를 사용하고 있어, 베이지안 추정결과와 고전적 추정결과가 큰 차이가 없었다. 그러나 이러한 결과는 본 연구에서 검토한 선형회귀 분석의 독특한 형태에 기인하기 때문에, 향후에 본 연구를 기초로 보다 복잡한 베이지안 모형을 개발하는 경우에는 고전적 입장에 비해 베이지안 입장이 가지는 다양한 장점들이 보다 쉽게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 장을 읽는 독자들은 세세한 수식의 전개를 모두 이해하기 위해 노력하기 보다는 고전적 입장과 베이지안 입장의 근본적 차이가 가설검정과 모수에 대한 통계적 추론의 방식을 어떻게 변화시키는지를 중심으로 이해를 집중하면 도움이 될 것이다. 또한 세세한 수식 전개와 참고 문헌의 기록은 계량 이론적으로 접근하는 독자에게 유용한 지침이 될 것으로 기대한다.

제1절 통계적 방법을 통한 해상물동량 예측 모형

운송수요는 경제 활동의 결과로 나타나는 유발수요(derived demand)이다. 해상물동량 역시 유발수요로서 주요 경제 변수에 의해 결정된다. 따라서 항로 ($i-j$)의 컨테이너 해상물동량은 세계 물동량, 국가 (i)의 국가 (j)에 대한 수출, 수입국 (j)의 GDP, 수입국 (j)의 이자율, 국가 (i) 통화의 국가 (j) 통화에 대한 환율 등에 의해 결정되는 것으로 볼 수 있다. 이 같은 항로별 컨테이너 해상물동량 결정방식을 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$y_{i-j,t} = \beta_1 \times x_{1,t} + \beta_2 \times x_{2,t} + \beta_3 \times x_{3,t} + \beta_4 \times x_{4,t} + e_{i-j,t} \quad \text{식 3-1)}$$

여기서 $y_{i-j,t}$ 는 국가 (i)의 국가 (j)에 대한 컨테이너 수출 물동량,

$x_{1,t}$ 는 수입국 (j)의 GDP,

$x_{2,t}$ 는 국가 (i)의 국가 (j)에 대한 수출,

$x_{3,t}$ 는 수입국 (j)의 이자율,

$x_{4,t}$ 는 환율(국가 (i)의 통화/국가 (j)의 통화).

실증분석을 위한 선형회귀모형을 행렬 표기법을 사용해 다시 쓰면 다음과 같다.

$$Y = X\beta + E, \quad \text{식 3-2)}$$

$$\text{여기서 } Y = [y_1 y_2 \cdots y_T]' , \quad X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{T1} & x_{T2} & \cdots & x_{Tk} \end{pmatrix},$$

$$E = [e_1 e_2 \cdots e_T]'$$

$$E \sim N(0_{T \times 1}, \sigma^2 I_{T \times T})$$

상품 무역의 운송은 크게 해상운송, 항공운송, 육상운송 등으로 이루어진다. 즉 컨테이너 해상운송 수요는 교역 국가 간 무역활동의 결과인 바, 앞에서 제시된 회귀모형의 변수를 보다 구체적으로 정의하여 다음과 같은 중력모형(gravity model)이 사용될 수 있다.

$$Y_t = X_{1,t}^{\beta_1} \times X_{2,t}^{\beta_2} \times \exp(X_{3,t})^{\beta_3} \times X_{4,t}^{\beta_4} \times E_t, \quad \text{식 3-3)}$$

여기서 Y_t 는 컨테이너 해상물동량의 전년 대비 비율($\frac{CC_t}{CC_{t-1}}$),

$X_{1,t}$ 는 수입 국가의 GDP의 전년 대비 비율($\frac{GDP_t}{GDP_{t-1}}$),

$X_{2,t}$ 는 해당 항로의 총 수출의 전년 대비 비율($\frac{EX_t}{EX_{t-1}}$),

$X_{3,t}$ 는 수입 국가의 이자율,

$X_{4,t}$ 는 환율의 전년 대비 비율($\frac{EXCH_t}{EXCH_{t-1}}$),

E_t 는 잔차항.

식 3-3)의 중력모형에 로그변환을 하면 다음과 같은 회귀식이 도출된다.

$$\ln Y_t = \beta_1 \times \ln X_{1,t} + \beta_2 \times \ln X_{2,t} + \beta_3 \times X_{3,t} + \beta_4 \times \ln X_{4,t} + \ln E_t. \quad \text{식 3-4}$$

식 3-4)를 보다 간단히 표현하면 다음과 같다.

$$y_t = \beta_1 \times x_{1,t} + \beta_2 \times x_{2,t} + \beta_3 \times x_{3,t} + \beta_4 \times x_{4,t} + e_t, \quad \text{식 3-5}$$

여기서 y_t 는 컨테이너 해상물동량의 지수 성장률(exponential growth rate),

$x_{1,t}$ 는 수입 국가의 GDP의 지수 성장률,

$x_{2,t}$ 는 해당 항로의 총 수출의 지수 성장률,

$x_{3,t}$ 는 수입 국가의 이자율,

$x_{4,t}$ 는 환율의 지수 성장률,

e_t 는 잔차항.

제2절 고전적 접근법과 베이지안 접근법 비교

여기서는 해외 및 국내 문헌에서 소개된 고전적 접근법과 베이지안 접근법 간의 공통점과 차이점을 살펴본다. 특별히 자료의 출처가 필요한 경우에는 해당 부분에서 각주를 이용해 관심 있는 독자가 원문을 찾아볼 수 있도록 했다. 참고한 문헌은 다음과 같다: 강규호(2016), 차머스(2003), Berger(1985), Casella and George(1992), Greenberg(2013), Judge et al.(1988), Koop(2003), Tanner(1991), Zellner(1971)

1. 확률(確率, Probability)의 정의

확률(確率)의 사전적 의미는 어떤 사건이 일어날 수 있는 가능성을 수로 나타낸 것이다.⁶⁾ 한자말로는 ‘굳다, 단단하다, 확실하다’를 뜻하는 확(確)과 ‘비율’을 뜻하는 률(率)이 합쳐진 말이다. 즉 우리말로는 어떤 사건이 확실히 일어날 가능성을 비율로 표시한 것으로 해석된다. 한편 영어로 확률은 probability인데, 원래의 형용사 probable은 ‘어떤 사건이 일어날 가능성이 있다’라는 뜻을 가지고 있다. 따라서 어떤 사건의 확률이란 그 사건이 일어날 가능성을 말한다. 결론적으로 확률이란 용어는 어떤 특정 사건이 일어날 가능성을 수치로 표현한 것으로 이해할 수 있다.

이 같은 이해를 바탕으로 확률을 수학적으로 정의해 보자. 먼저 확률이란, 어떤 사건(event) ‘A’에 부여된 하나의 수(number)다. 이러한 확률은 다음 4개의 공리(公理, axioms)를 만족한다.⁷⁾

6) 인터넷 두산백과(검색일: 2018. 6. 6). <https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1155366&cid=40942&categoryId=32214>

1. $0 \leq \Pr(A) \leq 1$.
2. $\Pr(S) = 1$, 여기서 S 는 가능한 모든 사건의 집합.
3. A 와 B 사건이 동시에 일어날 수 없을 때,

$$\Pr(A \cup B) = \Pr(A) + \Pr(B).$$
4. B 가 일어났을 때, A 가 일어날 확률인 조건부 확률 $\Pr(A|B)$ 는 다음과 같다.

$$\Pr(A|B) = \frac{\Pr(A \cap B)}{\Pr(B)}.$$

2. 확률에 대한 고전적 입장과 베이지안 입장의 차이

1) 직접적 확률과 거꾸로 된 확률

확률과 관련해서 부딪히는 문제와 관련하여 ‘직접적 확률(direct probability)’ 문제와 ‘거꾸로 된 확률(inverse probability)’ 문제를 구분하는 것이 통계학에서 다루는 확률의 문제를 이해하는 데 큰 도움이 된다.⁸⁾ 많은 도박이나 게임은 참여자가 확률을 만들어 내는 기계나 게임에 대해 명백한 정보(또는 지식)를 가지고, 앞으로 일어날 사건에 대해 확률적 추론을 한다. 예를 들어, 아주 평평한 동전을 가지고 던질 경우, 앞면이 나올 확률을 $1/2$ 로 예측한다는 것이다. 바로 이 같은 문제가 바로 ‘직접적 확률’ 문제다.

그러나 통계학에서 다루어지는 많은 문제에서는 자료(data, 데이터)는 있지만, 이러한 자료를 생성한 상황이나 기계에 대한 정보(또는 지식)는 불충분하다. 따라서 자료를 통해 이러한 자료를 만들어 내는 확률 사건(event) 또는 과정(process)에 대한 정보(또는 지

7) Greenberg(2013), pp. 7-8. 참조

8) Zellner(1971), p. 130에 있는 각주 1을 참조.

식)를 얻어야 한다. 즉 자료를 만든 메커니즘에 대해 확률적 추론을 해야 하는 것이다. 즉 ‘거꾸로 된 확률’ 문제를 풀어야 한다.

2) 확률에 대한 고전적 입장과 베이지안 입장의 차이

다음과 같은 확률에 대한 문제를 생각해 보자.⁹⁾

문제1) 동전을 세 번 던졌을 때 앞면이 한 번 나오는 사건(사건 A1)의 확률은 얼마인가?

문제2) 내일 인천공항에 비가 오는 사건(A2)의 확률은 얼마인가?

문제1)과 문제2)는 일상생활에서 흔히 볼 수 있는 확률 문제다. 문제1)에서의 확률은 우리가 던지는 동전의 물리적 성격에 좌우되기 때문에(평평한 동전은 한 번 던졌을 때 앞면이 나올 확률이 0.5다), 동전의 물리적 성격이 바뀌지 않는 한 매우 많은 동전 던지기를 하게 되면 알 수 있다. 이를 수학적으로 표현하면 다음과 같다.

$$\Pr(A1) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\text{세 번 던져 앞면이 1번 나온 수}}{n},$$

여기서 n 은 동전 던지기를 세 번하는 실험의 반복 횟수.

이와 같이 실험을 무한히 반복할 수 있는 상황 또는 표본의 크기가 매우 큰 상황에서 확률에 대한 추론이 가능하다는 입장이 고전적(classical) 접근법의 관점이다.¹⁰⁾ 고전적 입장에 대해서는 정의상(by definition) 실험을 무한히 반복하거나, 무한히 큰 표본을 가질 수 없

9) Greenberg(2013), pp.7-9를 참조하여 일부 내용은 첨언하여 작성했다.

10) 이 같은 고전적 이론을 빈도주의(frequentalist) 또는 샘플링 이론(sampling theory)라고도 부른다.

다는 점에서 확률 이론으로서 비판이 제기되고 있다. 그러나 자연과학에서는 근사적으로(approximation) 많은 실험을 할 수 있고, 충분히 큰 표본을 확보할 수 있기 때문에 자연과학에 대해서는 이런 비판의 유효성은 크지 않다고 판단된다.

그러나 문제2)의 경우에는 고전적 입장의 확률 이론이 큰 문제에 봉착하게 된다. 인천공항에 내일 비가 오는지에 대한 여부는 반복 실험이 되지 않기 때문에 고전적 입장의 확률에 대한 해석이 적용 자체가 되지 않기 때문이다.¹¹⁾ 물론 고전적 입장에서조차 확률에 대한 해석을 ad hoc하게(필요에 맞게) 수정하여 이러한 예측을 할 수는 있다. 그럼에도 불구하고, 고전적 입장에서의 날씨 예측 문제는 확률적 추론의 설명이 매우 복잡해진다는 단점이 있다.

고전적 입장에서 설명이 복잡해지는 이유를 직관적으로 이해하기 위해 간단한 예를 들어 보자. 먼저 고전적 입장에서 사용한 예측 모형에서 활용된 모수(parameter)를 θ 라고 하자.¹²⁾

고전적 입장에서 이 θ 는 정의상(by definition) 그 값이 알려져 있지 않은 어떤 상수가 된다. 그러나 우리가 사용하는 θ 의 추정식($\hat{\theta}$)에 불확실성이 있기 때문에 예측에 불확실성이 생기게 된다. 즉 θ 의 추정식($\hat{\theta}$)이 확률변수가 된다. 그리고 주어진 표본을 이용해 계산한 $\hat{\theta}$ 의 값이 보이지 않는 진실된 값일 때, 내일 날씨에 대한 확률적 추론이 가능한 것이다. 결국 우리가 알지 못하지만 객관적으로¹³⁾ 정해진 어떤 θ 에 의존하여 확률적 추론을 해야 하는 상황이 된다. 논의가 복잡해질 수밖에 없고, 이해하기도 어려워진다.

11) Berger(1985), p.74를 참조했다.

12) 앞의 동전 던지기 예에서 $\Pr(A1)$ 이 θ 라고 볼 수 있고, 이는 특정의 상수로 취급할 수 있다.

13) 이 같은 맥락에서 고전적 입장은 확률에 대해 객관적(objective) 관점을 지닌 것으로 평가된다.

반면에 베이지안(Bayesian)의 입장은 우리가 θ 의 값을 모르기 때문에 이를 분포를 가지는 확률변수로 취급하자는 것이다. 즉 θ 의 추정식($\hat{\theta}$)이 아닌, θ 자체가 확률변수라는 것이다. 따라서 주어진 표본과 ‘표본 관찰 이전의 정보’(사전 정보, prior information)를 이용해서 내일 날씨에 대한 확률적 추론을 할 수 있다는 것이다. 여기서 확률적 추론 과정에 예측하는 사람의 사전 정보를 명시적으로 반영한다는 점에서 베이지안 입장은 주관적(subjective) 관점으로 해석된다. 이 같은 추론에서 베이지안은 미지의 모수(parameter) 자체를 확률 변수로 간주하기 때문에 이어지는 확률적 추론도 우리가 일상생활에서 쓰는 확률의 용법(usage)과 일관성을 가지게 된다. 즉 우리가 알지 못하는 어떤 θ 를 확률변수로 간주하기 때문에 자연스러운 확률적 추론이 가능하고 논의가 복잡해지지 않는다. 이 같은 편의성과 일관성은 단순히 우리가 특정한 값으로 알지 못하는 θ 를 확률변수로 취급했기 때문에 가능한 것이다.

이 절의 마지막에서 다시 언급하겠지만, 우리가 통계적 문제를 푸는 데 있어, 이 같은 고전적 입장과 베이지안 입장의 차이에 대해 서로를 배타적인 이론으로 보기보다는 서로 보완적인 것으로 보아야 할 것이다.

3. 베이즈 정리와 해석¹⁴⁾

확률의 네 번째 공리, 즉 조건부 확률의 정의는 다음과 같다.

$$\Pr(A|B) = \frac{\Pr(A \cap B)}{\Pr(B)}.$$

14) 여기서 다루는 베이즈 정리의 해석은 차머스(2003)를 참조했다.

따라서 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$\Pr(A \cap B) = \Pr(A|B) \times \Pr(B) = \Pr(B|A) \times \Pr(A).$$

위의 관계식에서 $\Pr(A|B)$ 를 다시 쓰면 다음과 같은 베이즈 정리(Bayes Theorem)가 도출된다.

$$\Pr(A|B) = \frac{\Pr(B|A) \times \Pr(A)}{\Pr(B)}.$$

베이즈 정리가 검토되고 있는 가설(hypothesis)이 참일 확률에 대한 추론에 어떻게 사용되는지를 살펴보기 위해, 위에서 언급한 사건 A와 사건 B를 다음과 같이 바꾸어 보자. 먼저 사건 A는 가설 h가 참일 경우이다. 그리고 사건 B는 증거(evidence) e가 나타날 경우다. 따라서 베이즈 정리는 다음과 같이 표현된다.

$$\Pr(h|e) = \Pr(h) \times \frac{\Pr(e|h)}{\Pr(e)}$$

여기서 $\Pr(h)$ 는 증거 e가 나타나기 전에 가설 h가 참일 확률로서, 사전 확률(prior probability)이다. 그리고 $\Pr(h|e)$ 는 증거 e가 나타난 것을 관찰한 이후에 가설 h가 참일 확률, 즉 사후 확률(posterior probability)이다. 따라서 위의 베이즈 정리는 우리가 특정한 증거 e에 비추어 새롭게 가설 h가 참일 확률을 수정하는 방법을 알려준다.

먼저 분자에 있는 요소, $\Pr(e|h)$ 는 가설 h가 주어졌을 때 증거 e가 나타날 가능성에 대한 척도이다. 이는 증거 e와 가설 h 간의 관계를 말해 주는데, 주어진 가설 h가 증거 e를 많이 예측할수록 큰 값을 지닌다. 한편, 분모에 있는 요소, $\Pr(e)$ 는 가설 h와 상관없이 증거 e가 존재할 가능성을 나타낸다. 만약 가설 h와 상관없이 증거 e가 존재할 가능성이 크다면, 증거 e가 나타난 것이 가설 h가 참일 확률을

증가시키지는 않을 것이다. 반면에 증거 e 가 존재할 가능성이 낮은데, 증거 e 가 나타난다면 가설 h 가 참일 확률을 높일 것이다.

따라서 주어진 $\Pr(h)$ 에서 $\Pr(e|h)$ 가 크고(즉 가설 h 가 증거 e 를 많이 예측하고), $\Pr(e)$ 가 적을수록(증거 e 가 나타날 가능성이 작고) 우리는 $\Pr(h|e)$, 즉 증거 e 를 보고 판단하는 가설 h 가 참일 확률을 상대적으로 크게 증가시킬 것이다. 여기서 $\Pr(h)$ 를 객관적으로 얻을 수 있다면, 객관적(objective) 베이지주의가 되고, $\Pr(h)$ 를 주관적으로 부여하게 되면, 주관적(subjective) 베이지주의가 된다.

4. 선형회귀모형에서의 고전적 접근법과 베이지안 접근법의 차이

1) 선형회귀모형

다음과 같은 다변량 선형회귀모형을 가정한다.

$$y_t = \beta_1 x_{1,t} + \beta_2 x_{2,t} + \cdots + \beta_k x_{k,t} + e_t, \quad \text{식 3-6}$$

$$\text{여기서 } e_t | x_{1,t}, x_{2,t}, \dots, x_{k,t} \sim N(0, \sigma^2)$$

종속변수 y_t 는 설명변수 $x_{i,t}$ 와 충격 e_t 에 의해 결정된다. 그리고 $x_{i,t}$ 와 e_t 간에는 상관관계가 없다. 지금 단계에서는 β_i 의 결정방법에 대해서는 특별한 가정이 없다.

따라서

$$y_t | x_t, \beta \sim N(x_t' \beta, \sigma^2), \quad \text{식 3-7}$$

$$\text{여기서 } x_t = [x_{1,t} \ x_{2,t} \ \cdots \ x_{k,t}]' \text{ 그리고 } \beta = [\beta_1 \ \beta_2 \ \cdots \ \beta_k]'$$

앞에서 가정한 e_t 의 분포는 β_i 에 대한 조건부 분포가 아니었지만, y_t 의 조건부 분포에서는 β_i 가 주어진 것으로 가정하는 조건부 분포임을 유념할 필요가 있다. 위의 모형을 행렬을 이용해서 표현하면 다음과 같다.

$$Y = X\beta + E, \quad \text{식 3-8}$$

$$\text{여기서 } Y = [y_1 y_2 \cdots y_T]',$$

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{T1} & x_{T2} & \cdots & x_{Tk} \end{pmatrix},$$

$$E = [e_1 e_2 \cdots e_T]' \sim N(0_{T \times 1}, \sigma^2 I_{T \times T}).$$

2) 고전적 선형회귀모형 분석방법론

선형회귀모형을 다시 쓰면 다음과 같다.

$$Y = X\beta + E, \quad \text{식 3-9}$$

$$\text{여기서 } Y = [y_1 y_2 \cdots y_T]', \quad X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{T1} & x_{T2} & \cdots & x_{Tk} \end{pmatrix},$$

$$E = [e_1 e_2 \cdots e_T]'$$

$$E \sim N(0_{T \times 1}, \sigma^2 I_{T \times T})$$

고전적 접근법은 β 를 미지의 상수로 취급한다. 여기서는 이러한 미지의 상수를 추정하는 고전적 방법론을 검토한다. 위의 모형에 적

용되는 고전적 최우추정법(Maximum Likelihood Estimation, MLE)이 적용되는 우도함수(likelihood function), $l(\beta, \sigma^2 | Y, X)$ 와 (자연)로그우도함수, $\ln l(\beta, \sigma^2 | Y, X)$ 는 다음과 같다.

$$l(\beta, \sigma^2 | Y, X) = (2\pi\sigma^2)^{-T/2} \exp\left[-\frac{(Y - X\beta)'(Y - X\beta)}{2\sigma^2}\right],$$

$$\ln l(\beta, \sigma^2 | Y, X) = -\frac{T}{2} \ln 2\pi - \frac{T}{2} \ln \sigma^2 - \frac{(Y - X\beta)'(Y - X\beta)}{2\sigma^2}$$

위의 우도함수(또는 로그우도함수)를 극대화하는 최우추정법(MLE)의 β 의 추정량은 다음과 같다.¹⁵⁾

$$\hat{\beta}_{MLE} = (X'X)^{-1}X'Y.$$

여기서 $\hat{\beta}_{MLE}$ 은 확률 변수가 되고, 평균과 분산은 다음과 같다.

$$\hat{\beta}_{MLE} \sim N(\beta, \sigma^2(X'X)^{-1}).$$

위와 같은 최우추정법의 β 의 추정량, $\hat{\beta}_{MLE}$ 은 평균이 미지의 상수 β 와 같다. 이를 $\hat{\beta}_{MLE}$ 의 불편성(unbiasedness)이라고 한다. 또한 $\hat{\beta}_{MLE}$ 은 다음과 같은 일관성(consistency)도 보인다.

$$\text{plim} \hat{\beta}_{MLE} = \beta.$$

즉 표본의 크기를 매우 크게 하면 $\hat{\beta}_{MLE}$ 의 값이 미지의 상수 β 와 같아진다.

15) Judge et al.(1988), pp.223-224 참조.

한편, $\hat{\sigma}_{MLE}^2$ 은 다음과 같다.

$$\hat{\sigma}_{MLE}^2 = \frac{(Y - X\beta)'(Y - X\beta)}{T}$$

그러나 $E[\hat{\sigma}_{MLE}^2] = \sigma^2 \frac{T-k}{T}$ 이기 때문에 불편의(unbiased) σ^2 의 추정량, $\hat{\sigma}^2$ 은 다음과 같다.

$$\hat{\sigma}^2 = \hat{\sigma}_{MLE}^2 \times \frac{T}{T-k}.$$

여기서 유념해야 하는 것은 $\hat{\beta}_{MLE}$ 과 $\hat{\sigma}^2$ 의 추정량에 대한 확률적 추론은 표본이 무한히 반복하여 확보되거나 표본 크기가 무한히 커지는 상황에서 사용할 수 있다는 것이다. 즉 불편성(unbiasedness)은 최우추정법의 추정량을 사용했을 때 이 추정량의 평균이 미지의 상수인 모수(parameter)와 같아진다는 것이다. 일관성(consistency)은 표본의 크기가 무한히 크면 최우추정법의 추정량이 미지의 상수인 모수와 같아진다는 것이다. 따라서 자연과학처럼 통제된 실험을 매우 많이 반복할 수 있거나,¹⁶⁾ 표본의 크기가 매우 큰 경우에 고전적 방법 중 하나인 최우추정법을 사용할 수 있다.

마지막으로 이러한 고전적 방법론적 한계를 지적하면 크게 두 가지의 문제점이 있다. 첫째, Y 와 X 라는 자료(data)에 들어 있는 정보와 분석을 위해 사용한 모형(model) 이외의 정보, 예를 들어 연구자가 자료와 모형에 반영하지 못한 사전적 정보(prior information)가 반영될 수 있는 여지가 부족하다. 이 같은 사전적 정보를 반영하는 방법으로서 베이지안 방법론이 사용될 수 있다. 둘째, 표본의 크기가

16) 컴퓨터를 이용해 가상의 모형을 구축하여 샘플링하는 경우에도 매우 많은 실험을 반복할 수 있다.

작거나 같은 환경 속에서 실험을 여러 번 할 수 없는 경우에 통계적 추론을 얘기하기가 곤란하다는 것이다. 이 같은 한계는 고전적 방법론이 확률에 대한 객관적(objective) 입장을 취하는 데서 기인하는 것이라 매우 근본적인 문제가 된다. 이 같이 표본의 크기가 작거나 실험이 여러 번 수행되기 힘든 경우에도 베이지안 접근법은 확률적 추론을 가능하게 한다는 점에서 큰 장점이 있다.

3) 베이지안 선형회귀모형 분석방법론

선형회귀모형을 다시 쓰면 다음과 같다.

$$Y = X\beta + E, \quad \text{식 3-10)}$$

$$\text{여기서 } Y = [y_1 y_2 \cdots y_T]' , \quad X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{T1} & x_{T2} & \cdots & x_{Tk} \end{pmatrix},$$

$$E = [e_1 e_2 \cdots e_T]'.$$

$$E \sim N(0_{T \times 1}, \sigma^2 I_{T \times T})$$

베이지안 접근법이 고전적 접근법과 구분되는 가장 중요한 요소 중 하나는 베이지안은 β 를 미지의 상수가 아니라 확률 변수로 간주한다는 것이다. 특히 β 를 확률변수로 간주한다는 것은 매 관찰(observation) 때마다 β 가 어떤 ‘실현 값’(realization)을 가진다는 것이 아니라, 우리가 모르는 β 에 대해 주관적 확률 분포를 부여한다는 의미이다.¹⁷⁾ 따라서 베이지안의 방법에 따라 위의 선형회귀모형을 다시 쓰면 다음과 같다.

17) Judge et al.(1988), p.118을 참조했다.

$$Y \sim N(X\beta, \sigma^2 I_{T \times T}),$$

$$\beta \sim N(\beta_0, B_0),$$

$$\sigma^2 \sim IG(\frac{\alpha_0}{2}, \frac{\delta_0}{2}),$$

여기서 B_0 , α_0 , δ_0 는 연구자가 새로운 자료(data)를 관찰하기 전에 알고 있는 정보로서 하이퍼 파라미터(hyper-parameter), 그리고 IG 는 역감마 분포(Inverse Gamma distribution)를 의미¹⁸⁾ 베이지안 접근법에서는 주어진 자료(Y 와 X)를 바탕으로 이들 자료를 생성하는 파라미터 β 와 σ^2 에 대해 확률적 추론을 하고자 한다. 즉 $\pi(\beta, \sigma^2 | Y, X)$ 로 표현되는 사후 밀도를 구하여 β 와 σ^2 의 분포의 특성을 파악하는 것이 베이지안 접근법의 중요 목표다.

위의 주어진 베이지안 모형에서 $\pi(\beta, \sigma^2 | Y, X)$ 를 베이지 정리(Bayes Theorem)를 이용해 도출하면 다음과 같다.¹⁹⁾

$$\pi(\beta, \sigma^2 | Y, X) = \frac{\pi(Y | \beta, \sigma^2, X) \times \pi(\beta, \sigma^2 | X)}{\pi(Y | X)}$$

$$\text{여기서 } \pi(Y | X) = \iint \pi(Y | \beta, \sigma^2, X) \pi(\beta, \sigma^2 | X) d\beta d\sigma^2.$$

$\pi(Y | X)$ 는 정규화 상수이기 때문에, β 와 σ^2 에 대해 ‘정규-역감마 절레 사전 분포’(normal-inverse gamma conjugate prior distribution)를 가정하면,²⁰⁾ 다음과 같은 식의 유도가 가능하다.

18) 역감마 분포를 가지는 확률변수는 정의상(by definition) 모두 양의 값을 가진다. 역감마 분포에 대한 정의는 강규호(2016)의 pp. 243~245 또는 Greenberg(2013)의 pp. 225~226을 참조하기 바란다. 이 외에도 다양한 통계학 또는 베이지안 계량경제학 교재에 역감마 분포에 대한 설명이 제시되어 있다.

19) 특히 Greenberg(2013), pp.47~49를 참조하기 바란다.

$$\begin{aligned}
\pi(\beta, \sigma^2 | Y, X) &\propto \pi(Y | \beta, \sigma^2, X) \times \pi(\beta, \sigma^2 | X) \\
&= \pi(Y | \beta, \sigma^2, X) \times \pi(\beta | \sigma^2, X) \times \pi(\sigma^2 | X) \\
&= \pi(Y | \beta, \sigma^2, X) \times N(\beta | \beta_0, \sigma^2 B_0) \times IG(\sigma^2 | \frac{\alpha_0}{2}, \frac{\delta_0}{2}) \\
&= (\frac{1}{\alpha^2})^{k/2} \times \exp[-\frac{1}{2\sigma^2}(\beta - \beta_1)' B_1^{-1}(\beta - \beta_1)] \\
&\quad \times (\frac{1}{\sigma^2})^{\frac{\alpha_1}{2}+1} \times \exp[-\frac{\delta_1}{2\sigma^2}],
\end{aligned}$$

여기서 $B_1 = (X'X + B_0^{-1})^{-1}$, $\beta_1 = B_1(X'Y + B_0^{-1}\beta_0)$,

$\alpha_1 = \alpha_0 + T$, 그리고 $\delta_1 = \delta_0 + Y'Y + \beta_0' B_0^{-1} \beta_0 - \beta_1' B_1^{-1} \beta_1$.

위와 같은 도출과정을 통해 우리는 사후 밀도 함수, $\pi(\beta, \sigma^2 | Y, X)$ 를 분석적으로(analytically) 도출하였다. 나아가 $\beta | Y, X$ 와 $\sigma^2 | Y, X$ 의 분포가 다음과 같음을 알 수 있다.

$$\beta | Y, X \sim St(\alpha_1, \beta_1, (\frac{\delta_1}{\alpha_1})B_1),$$

$$\sigma^2 | Y, X \sim IG(\frac{\alpha_1}{2}, \frac{\delta_1}{2}).$$

결론적으로, β 와 σ^2 에 대해 ‘정규-역감마 켄레 사전 분포’를 가정하는 경우, 우리는 스튜던트 t 분포와 역감마 분포를 활용하여 β 와 σ^2 의 분포에 대한 정보를 알게 되고, 다양한 통계적 추론(가설검정,

20) 켄레 사전 분포(conjugate prior distribution)란 연구자가 새로운 자료의 관찰 이전에 모수(parameter)에 대해 알고 있는 분포인 사전 분포인데, 사후 분포가 사전 분포와 같거나 학부 통계학 교과서에서 다루어지고 있는 분포로 도출되는 사전 분포를 의미한다.

신용구간²¹⁾ 추정 등)을 할 수 있다.

이와 같이 ' β 와 σ^2 의 결합 확률 밀도 함수에 대한 사전 분포'(정규-역감마 켄레 사전 분포) 설정보다 통계적 분석을 용이하게 하는 사전 분포 설정 방법이 있다. 바로 '조건부 켄레(conditionally conjugate or semi-conjugate) 사전 분포'를 설정하는 것이다. 예를 들어, 앞서 살펴본 β 와 σ^2 에 대해 '정규-역감마 켄레 사전 분포'를 가정한 모형에서와 달리, β 와 σ^2 가 서로 독립인 확률 변수인 경우에는 '정규-역감마 켄레 사전 분포'와 같은 켄레 사전 분포를 찾기가 곤란하다. 즉 학부 통계학 수준에서 알려진 분포 함수를 분석적으로(analytically) 사용할 수 없다. 따라서 보다 유연한 방법으로 β 와 σ^2 에 대해 통계적 추론을 할 수 있는 가정이 필요한데, 이 방법 중에 하나가 '조건부 켄레 사전 분포'를 가정하는 것이다.

이 같은 '조건부 켄레 사전 분포'는 '완전 조건부 사후 분포'를 학부 통계학 수준의 분포로 만들어 주기 때문에 깁스 샘플링(Gibbs sampling)²²⁾을 통해 β 와 σ^2 와 같은 모수(parameter)의 분포를 추정할 수 있도록 해 준다. 앞의 베이지안 선형회귀모형에서 β 와 σ^2 에 대해 각각 '조건부 켄레 사전 분포'를 가정하면 다음과 같이 완전 조건부 사후 분포($\beta|\sigma^2, Y, X$ 의 분포 및 $\sigma^2|\beta, Y, X$ 의 분포)를 도출할 수 있다.

$$\beta|\sigma^2, Y, X \sim N(\beta_1, B_1)$$

$$\text{여기서 } \beta_1 = B_1 A, B_1 = (\sigma^{-2} X'X + B_0^{-1})^{-1}, A = \sigma^{-2} X'Y + B_0^{-1} \beta_0,$$

21) 고전적 통계 추론에서 신뢰구간(confidence interval)을 추정하는데, 이와 유사한 개념으로 베이지안 통계 추론에서는 신용구간(credibility interval)을 추정한다.

22) 깁스 샘플링에 대해서는 아래 '5. 깁스 샘플링'을 참조하기 바란다.

$$\sigma^2 | \beta, Y, X \sim IG\left(\frac{\alpha_1}{2}, \frac{\delta_1}{2}\right)$$

여기서 $\alpha_1 = \alpha_0 + T$, $\delta_1 = \delta_0 + (Y - X\beta)'(Y - X\beta)$.

이 같이 도출된 완전 조건부 사후 분포를 활용하여 깃스 샘플링하면 시뮬레이션된 주변 사후 분포(marginal posterior distribution, 여기서는 $\beta | Y, X$ 의 분포 및 $\sigma^2 | Y, X$ 의 분포)를 도출할 수 있다. 따라서 β 와 σ^2 와 관련된 확률적 정보를 알게 되고, 다양한 통계적 추론(가설검정, 신용구간²³⁾ 추정 등)을 할 수 있다.

4) 고전적 접근법과 베이지안 접근법의 차이

고전적 접근법(여기서는 최우추정법)은 우도함수, $l(\beta, \sigma^2 | Y, X)$ 를 극대화하는 β 와 σ^2 을 도출하는 것을 목표로 한다.

반면 베이지안 접근법은 “ $\pi(\beta, \sigma^2 | Y, X) \propto \pi(Y | \beta, \sigma^2, X) \times \pi(\beta, \sigma^2 | X)$ ”를 이용해 β 와 σ^2 의 사후 분포, $\pi(\beta, \sigma^2 | Y, X)$ 를 도출하는 것을 목표로 한다. 따라서 $l(\beta, \sigma^2 | Y, X)$ 와 베이지안에서 사용하는 $\pi(Y | \beta, \sigma^2, X)$ 가 자료(Y, X)에 담겨 있는 동일한 정보를 활용하는 가운데, 베이지안은 추가적으로 $\pi(\beta, \sigma^2 | X)$ 라는 사전적 정보를 이용하고 있다. 결론적으로 고전적 접근법은 자료(Y, X)에만 의존하는 객관적 입장으로 평가되고, 베이지안은 자료(Y, X)에 담긴 정보와 사전적 정보를 모두 사용하는 주관적 입장으로 평가할 수 있을 것이다.

23) 고전적 통계 추론에서 신뢰구간(confidence interval)을 추정하는데, 이와 유사한 개념으로 베이지안 통계 추론에서는 신용구간(credibility interval)을 추정한다.

5. 깃스 샘플링(Gibbs Sampling)

깃스 샘플링(Gibbs sampling)은 완전 조건부 분포(예를 들어, $\beta | Y, X, \sigma^2$ 의 분포와 $\sigma^2 | Y, X, \beta$ 의 분포)가 학부 통계학 수준에서 알려진 분포로 주어지면, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 주변 분포(예를 들어, $\beta | Y, X$ 의 분포와 $\sigma^2 | Y, X$ 의 분포)를 추정할 있도록 해준다. 이러한 깃스 샘플링이 베이지안에서 광범위하게 사용되고 있지만, 개념적으로 완전 조건부 분포를 이용하여 주변 분포를 알아내는 것은 고전적 접근법에서도 유용하게 활용될 수 있다.²⁴⁾

아래 그림은 깃스 샘플링을 통해 확률변수 $z_i (i = 1, \dots, k)$ 의 표본을 추출하는 알고리즘을 보여준다. 이 표본, $z_i^{(g)} (i = 1, \dots, k, g = 1, \dots, L+M)$ 에서 L 개의 $z_i^{(g)}$ 를 제외한²⁵⁾ M 개의 $z_i^{(g)}$ 는 결합밀도함수, $\pi(z_1, z_2, \dots, z_k)$ 에서 추출된 것으로 간주된다. 따라서 M 개의 $z_i^{(g)} (i = 1, \dots, k, g = L+1, \dots, L+M)$ 를 통해 (z_1, z_2, \dots, z_k) 의 결합 분포와 주변 분포를 근사적으로(approximately) 알 수 있다.

깃스 샘플링 알고리즘

정의 : (z_1, z_2, \dots, z_k) 는 k 개의 확률변수

1) 시작 단계

- 임의의 초기값 (z_1^0, \dots, z_k^0) 을 부여
- 버려야 할 초기 샘플 수(size of burn-in sample) L 과 파라미터 분포 추정에 사용할 샘플 수 M 을 결정

24) Tanner(1991) 참조 ; Casella and George(1992)의 p.167에서 재인용.

25) 깃스 샘플러(Gibbs sampler)가 L 번째 샘플링까지는 결합밀도함수 $\pi(z_1, z_2, \dots, z_k)$ 로 수렴하지 않았다고 판단되어 L 개의 시뮬레이션 표본은 버리는 것이다. 깃스 샘플러가 지속적으로 $\pi(z_1, z_2, \dots, z_k)$ 에 수렴한다는 것은 German and German(1984)에 의해 보여졌다.

깁스 샘플링 알고리즘

플 수 M 을 설정

2) $L + M$ 번의 알고리즘 시작

1단계 : z_1^1 을 $\pi(z_1 | z_2^0, \dots, z_k^0)$ 로부터 샘플링

2단계 : z_2^1 을 $\pi(z_2 | z_1^1, z_3^0, \dots, z_k^0)$ 로부터 샘플링

3단계 : z_3^1 을 $\pi(z_3 | z_1^1, z_2^1, z_4^0, \dots, z_k^0)$ 로부터 샘플링

:

k 단계 : z_k^1 을 $\pi(z_k | z_1^1, \dots, z_{k-1}^1)$ 로부터 샘플링

6. 고전적 접근법과 베이지안 접근법의 상보성

고전적 접근법과 베이지안 접근법은 서로 배타적으로 대체하는 방법론이 아니라 서로 보완하는 방법론으로 이해할 필요가 있다.²⁶⁾

1) 고전적 접근법의 장점

우선 고전적 접근법의 장점은 특정한 메커니즘, 예를 들어, 특정한 주어진 모수(parameter)에 의해 어떤 관찰(observation)이 이루어질 때, 이러한 관찰에 대한 계량경제학적(고전적 또는 베이지안) 이해도를 제고할 수 있다는 데 있다. 특히 최근에는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 이러한 가상 실험을 매우 많이, 그리고 표본의 크기를 매우 크게 하여 실험을 수행할 수 있다. 특히 뉴턴 역학 등이 적용될 수 있는 거시적 물리세계에 대해서는 이 같은 고전적 접근이 유효할 수 있을 것이다. 또한 베이지안 추론이 반복 실험의 상황에서 어떤 특성을 보이는지를 밝히기 위해서도 고전적 접근법이 사용될 수 있다.

26) Zellner(1971)는 서문(p. viii)에서 Lindley의 논의를 언급하며 이 같은 입장을 밝히고 있다.

2) 베이지안 접근법의 장점

이 같은 고전적 접근법의 장점에도 불구하고 베이지안 접근법이 상대적으로 가지는 장점은 다음과 같이 생각된다.

첫째, 베이지안 접근법은 일상에서 흔히 부딪히는 거의 모든 불확실한 상황에 대한 확률적 추론이 가능하다는 장점이 있다. 고전적 접근법은 앞에서 설명한 바 있는 날씨의 예측을 포함하여 우리가 반복 실험을 못하거나 표본의 크기가 작은 경우 적용하기가 어렵다.²⁷⁾ 적용이 가능하더라도, 고전적 접근법에 따른 확률적 추론은 이해하기가 매우 어렵다.²⁸⁾ 그러나 베이지안 접근법은 고전적 접근법이 적용되는 대부분의 확률 문제에도 적용이 가능할 뿐 아니라, 고전적 접근법의 확률 해석이 어려운 경우에도 일관된 확률적 추론을 가능하게 해주는 장점이 있다.

둘째, 베이지안 접근법은 새로운 자료의 관찰 이전에 알게 된 정보, 즉 사전적 정보(prior information)를 통계적 추론에 사용할 수 있는 방법을 제공해 준다.²⁹⁾ 아래에서는 베이지안 업데이트 개념을 중심으로 사전적 정보가 어떻게 활용되는지를 살펴본다.

앞서 선형회귀모형에서 베이즈 정리(Bayes Theorem)가 적용되는 방식을 아래와 같이 살펴보았다.

$$\pi(\beta, \sigma^2 | Y, X) = \frac{\pi(Y | \beta, \sigma^2, X) \times \pi(\beta, \sigma^2 | X)}{\pi(Y | X)}$$

27) 고전적 접근법에서도 표본의 크기가 작은 경우에 대해 추정량이 불편성(unbiasedness)을 가지거나 최소분산을 가진다(효율성)는 특성이 증명되어 있음을 유념할 필요가 있다.

28) Berger(1985)의 pp. 119-120에서도 이와 유사한 언급을 하고 있는데, 많은 사람들이 고전적 입장의 확률적 추론을 부지불식(不知) 베이지안 입장에서 해석하고 있다는 것이다.

29) 자료 (Y, X) 에 주어진 정보가 베이지안 추론의 중심적 역할을 할 수 있도록 하는 사전 분포를 레퍼런스 사전 분포(reference prior)라고 한다(Koop, 2003, p.290).

$$\text{여기서 } \pi(Y|X) = \iint \pi(Y|\beta, \sigma^2, X) \pi(\beta, \sigma^2|X) d\beta d\sigma^2.$$

사실 가장 간단한 형태의 베이즈 정리는 다음과 같다.³⁰⁾

$$\Pr(A|B) = \frac{\Pr(B|A)\Pr(A)}{\Pr(B)}.$$

논의의 편의를 위해 X 변수를 표기에서 제외하고, 선형회귀모형의 사후 밀도 함수, $\pi(\beta, \sigma^2|Y)$ 를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\pi(\beta, \sigma^2|Y) \propto \pi(Y|\beta, \sigma^2) \times \pi(\beta, \sigma^2)$$

즉 사후밀도는 $\pi(Y|\beta, \sigma^2)$ 와 $\pi(\beta, \sigma^2)$ 의 곱에 비례한다는 것이다. 여기서 $\pi(Y|\beta, \sigma^2)$ 는 연구자가 확보한 새로운 자료(Y)에 포함된 정보를 의미하고, $\pi(\beta, \sigma^2)$ 는 새로운 자료(Y)를 확보하기 전에 알게 된 정보를 의미한다. 즉 이와 같이 연구자의 모수(parameter, 여기서는 β, σ^2)에 대한 사전 지식, $\pi(\beta, \sigma^2)$ 가 새로운 정보 $\pi(Y|\beta, \sigma^2)$ 에 의해 $\pi(\beta, \sigma^2|Y)$ 로 업데이트(update)된다. 이러한 업데이트를 베이지안 업데이트(Bayesian update)라고 한다.

베이즈 정리로부터 예전의 자료(Y_1)에 대해 다음 비례식이 성립한다.

$$\pi(\beta, \sigma^2|Y_1) \propto \pi(Y_1|\beta, \sigma^2) \times \pi(\beta, \sigma^2).$$

또한 베이즈 정리로부터 새로운 자료(Y_2)에 대해 다음과 같은 비례식이 성립한다.

$$\pi(\beta, \sigma^2|Y_2, Y_1) \propto \pi(Y_2, Y_1|\beta, \sigma^2) \times \pi(\beta, \sigma^2)$$

30) 앞에서 언급한 확률의 4개의 공리 중에서 네 번째 공리인 조건부 확률의 정의식을 이용해 베이즈 정리를 도출할 수 있다.

$$= \pi(Y_2 | Y_1, \beta, \sigma^2) \times \pi(Y_1 | \beta, \sigma^2) \times \pi(\beta, \sigma^2)$$

$$\propto \pi(Y_2 | Y_1, \beta, \sigma^2) \times \pi(\beta, \sigma^2 | Y_1).$$

위의 마지막 비례식으로부터 $\pi(\beta, \sigma^2 | Y_1)$ 가 새로운 자료(Y_2)를 보기 전 예전 자료(Y_1)에 근거한 사전적 정보(prior information)가 되고 $\pi(Y_2 | Y_1, \beta, \sigma^2)$ 가 베이지안 업데이트에 사용되는 새로운 정보를 알 수 있다. 이와 같은 방식으로 베이지안 접근법은 새로운 자료를 통해 불확실성에 대한 정보를 업데이트하는 방법을 명시적으로 제공하고 있다는 점에서 큰 장점이 있다.

셋째, 위와 같은 사전적 정보를 이용한 베이지안 업데이트 과정은 고전적 접근법의 확률적 추론을 대부분 설명할 수 있는 일반적(general) 방법이라고 평가할 수 있다. 즉 첫 번째 장점에서 언급했듯이, 고전적 접근법은 특수한(special) 상황에서만 일관된 확률적 추론이 가능하지만, 베이지안 접근법은 고전적 입장이 적용되는 상황은 물론이고, 고전적 접근법의 적용이 곤란한 상황에서도 확률적 추론이 가능하다는 장점이 있다.

특히 이러한 베이지안의 고전적 입장의 수용 능력은 ‘무정보적 사전 분포’ (noninformative³¹⁾ prior distribution)의 사용으로 뒷받침된다.³²⁾ 예를 들어, 앞에서 살펴본 선형회귀모형에서 σ^2 이 알려진 경우에 고전적 접근법과 ‘무정보적 사전 분포’를 가정한 베이지안 접근법을 비교해 보자.³³⁾

31) uninformative라는 표현도 사용되고 있다.

32) ‘무정보적 사전 분포’가 사용되는 이유는 크게 세 가지로 볼 수 있다. 첫째, 연구자가 사전 분포에 대한 정보가 실제로 없는 경우다. 둘째, 사전 분포를 가정하여 논란의 소지가 있는 편향(bias) 문제를 일으키지 않기 위해서다. 셋째, 사전 정보를 정확하게 사전 분포 정보로 바꾸기 때문이다 (Judge et al., 1988, pp.126-127).

고전적 접근법에서는 β 에 대한 추정량, $\hat{\beta}_{MLE}$ 이 다음과 같다.

$$\hat{\beta}_{MLE} = (X'X)^{-1}X'Y \sim N(\beta, \sigma^2(X'X)^{-1}).$$

즉 $\hat{\beta}_{MLE}$ 는 매우 많이 반복되는 실험에서 또는 매우 큰 표본 크기에서 미지의 모수값에 대한 정보를 가지고 있다는 것이다. 이와 대비되게, ‘무정보적 사전 분포’, ‘ $\pi(\beta_i) \propto \text{constant}$ ’를 가정한³⁴⁾ 베이지안 접근법에서는 β 의 사후 분포, $\beta|Y, X$ 가 다음과 같은 정규분포를 따른다.

$$\beta|Y, X \sim N(b, \sigma^2(X'X)^{-1}).$$

여기서 $b = (X'X)^{-1}X'Y$.

$\beta|Y, X$ 은 고전적 접근법의 추정치와 같은 값의 평균을 가지게 된다. 따라서 ‘무정보적 사전 분포’를 활용해 베이지안 접근법에서도 고전적 접근법과 동일한 결과를 얻을 수 있다. 그러나 많은 경우에 있어, ‘무정보적 사전 분포’를 이용한 베이지안 결과가 고전적 결과와 다르게 나타날 수 있음에 유의해야 한다.³⁵⁾ 그러나 베이지안 접근법에서는 $\hat{\beta}_{MLE}$ 이 아닌 β 자체가 확률변수로 취급되기 때문에 주어진 정보를 가지고 확률적 추론을 함에 있어 보다 명확하고 일관된 설명을 할 수 있다. 예를 들어, 충분히 많이 반복될 수 없고, 표본이 작더라도 확률적 추론이 가능하다는 장점이 있다. 요약하면, 베이지

33) Judge et al.(1988)의 pp.287-288을 참조했다.

34) 이러한 ‘무정보적 사전 분포’는 β_i 가 어떤 값을 가지는지 전혀 정보가 없다는 것을 표현하고 있다. 이러한 ‘무정보적 사전 분포’는 확률 밀도 함수가 적분되지 않는 ‘바람직하지 않은 사전 분포’(improper prior distribution)가 된다. ‘바람직하지 않은 사전 분포’는 베이지안 모형 비교 등에 문제를 일으키는 단점이 있다.

35) Judge et al.(1988), p. 151.

안 접근법은 ‘무정보적 사전 분포’를 이용해 고전적 접근법과 동일한 추정치를 제공할 수 있다.

나아가 베이지안 업데이트 논리와 ‘무정보적 사전 분포’의 논리를 결합하여 ‘트레이닝 표본’(training sample) 접근법을 사용할 수 있다.³⁶⁾ 비교적 큰 자료(Y)를 가지고 있는 경우, 임의의 사전 분포를 도출할 초기 표본(Y_1)과 그 이후의 최신 표본(Y_2)를 구분하는 것이다. 이렇게 자료를 나누어, Y_1 을 이용해 $\pi(\beta, \sigma^2 | Y_1)$ 를 도출하여 사전 정보(prior information)로 사용하는 것이다. 이렇게 도출된 사전 정보를 ‘트레이닝 표본 사전 분포(training sample prior distribution)’라고 한다. 나아가 ‘무정보적 사전 분포’를 사용하여 도출된 ‘트레이닝 표본 사전 분포’는 바람직한 사전 분포(proper prior distribution)이기 때문에, 최종적으로 사용되는 $\pi(\beta, \sigma^2 | Y_2, Y_1)$ 도 바람직한 분포가 되어 베이지안 모형 비교 등의 연구를 수행할 수 있다.

넷째, 본 연구(예: 변수 선택의 확률적 탐색 모형 등)에서와 같이 베이지안 계량경제학은, 고전적 입장에서는 확률적 추론이 어려운 문제에 대해서도 비교적 쉽게 확률적 추론을 할 수 있는 대안을 제시하고 있다. 이는 20세기 후반 들어 일어나기 시작한 컴퓨터의 연산(또는 계산) 혁명(computational revolution)으로 인해, 기존에 베이지안 접근법이 계산하기 어렵다는 한계점이 근본적으로 바뀌어 오히려 컴퓨터를 이용한 베이지안 추론이 용이해졌기 때문이다.

앞서 살펴본 바와 같이, 분석적으로(analytically)으로 $\beta | Y, X$ 의 분포와 $\sigma^2 | Y, X$ 의 분포를 어렵게 도출하는 것보다, ‘조건부 켈레 사전

36) Greenberg(2013)을 참조했다.

분포'를 가정하고 깃스 샘플링을 이용하여 $\beta|Y, X$ 의 분포와 $\sigma^2|Y, X$ 의 분포를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 도출하는 것이 보다 용이하다. 특히 이러한 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 '주변 사후 분포'의 도출에, '사후 결합 밀도 함수', $\pi(\beta, \sigma^2|Y, X)$ 를 사용할 필요가 없다는 점은 베이지안 접근법이 최근에 광범위하게 활용되는 중요 요인 중 하나다.

또한 깃스 샘플링은 Markov chain Monte Carlo(MCMC) 시뮬레이션 기법 중 하나인데, '조건부 컬레 사전 분포'를 가정하지 않더라도, MCMC 기법 중 하나인 Metropolis-Hastings(M-H) 알고리즘을 이용해 사후 분포를 샘플링할 수 있다. 즉 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 베이지안 접근법을 적용할 수 있는 범위가 매우 커져가고 있다.

제3절 실증분석 방법론

1. 베이지안 단순 회귀분석

베이지안의 방법에 따라 위의 선형회귀모형을 다시 쓰면 다음과 같다.

$$Y \sim N(X\beta, \sigma^2 I_{T \times T}), \quad \text{식 3-11)}$$

$$\beta \sim N(\beta_0, B_0), \quad \sigma^2 \sim IG\left(\frac{\alpha_0}{2}, \frac{\delta_0}{2}\right),$$

여기서 $\beta_0, B_0, \alpha_0, \delta_0$ 는 연구자가 새로운 자료(data)를 관찰하기 전에 알고 있는 사전 정보(prior information)로서 하이퍼 파라미터

(hyper-parameter), 그리고 IG 는 역감마 분포(Inverse Gamma distribution)를 의미³⁷⁾

위의 베이저안 모형에 ‘조건부 켈레 사전 분포’를 가정하면 다음과 같이 완전 조건부 사후 분포($\beta|\sigma^2, Y, X$ 의 분포 및 $\sigma^2|\beta, Y, X$ 의 분포)를 도출할 수 있다.

$$\beta|\sigma^2, Y, X \sim N(\beta_1, B_1)$$

$$\text{여기서 } \beta_1 = B_1 A, \quad B_1 = (\sigma^{-2} X' X + B_0^{-1})^{-1},$$

$$A = \sigma^{-2} X' Y + B_0^{-1} \beta_0, \quad \sigma^2|\beta, Y, X \sim IG(\frac{\alpha_1}{2}, \frac{\delta_1}{2})$$

$$\text{여기서 } \alpha_1 = \alpha_0 + T, \quad \delta_1 = \delta_0 + (Y - X\beta)'(Y - X\beta).$$

이와 같이 도출된 사후 완전 조건부 분포를 이용하여 다음과 같은 깃스 샘플링을 수행하여 β, σ^2 의 분포를 도출할 수 있다.

컨테이너 해상물동량 선형회귀모형의 깃스 샘플링 알고리즘

1) 시작 단계

- 하이퍼 파라미터인 $\beta_0, B_0, \alpha_0, \delta_0$ 에 대한 초기값을 부여
- 버려야 할 초기 샘플 수(size of burn-in sample) n_0 와 파라미터 분포 추정에 사용할 샘플 수 n_1 을 설정

2) $n_0 + n_1$ 번의 알고리즘 시작

$$1\text{단계} : \beta | Y, X, \sigma^2 \sim N(B_1 A, B_1)$$

$$2\text{단계} : \sigma^2 | Y, X, \beta \sim IG(\frac{\alpha_1}{2}, \frac{\delta_1}{2})$$

37) 역감마 분포를 가지는 확률변수는 정의상(by definition) 모두 양의 값을 가진다. 역감마 분포에 대한 정의는 강규호(2016)의 pp. 243~245 또는 Greenberg(2013)의 pp. 225~226을 참조하기 바란다. 이 외에도 다양한 통계학 또는 베이저안 계량경제학 교재에 역감마 분포에 대한 설명이 제시되어 있다.

앞의 베이지안 모형에서 사전 정보인 β_0 , B_0 , α_0 , δ_0 를 설정해야 한다. 본 연구에서는 ‘무정보적 사전 분포(noninformative prior distribution)’를 이용한 ‘트레이닝 표본(training sample)’을 이용해 이 같은 사전 정보를 확보한다. 즉 자료(Y 와 X)를 트레이닝 표본에 해당하는 표본(Y_1 와 X_1)과 새로운 표본(Y_2 와 X_2)으로 나누어 분석한다.

이 같은 ‘무정보적 사전 분포’를 활용한 ‘트레이닝 표본’의 사후 분포(posterior distribution)는 다음과 같은 식을 이용해 도출했다.³⁸⁾

$$\beta|\sigma^2, Y_1, X_1 \sim N(\beta_0, B_0)$$

$$\text{여기서 } \beta_0 = (X_1'X_1)^{-1}X_1'Y_1, B_0 = \sigma^2(X_1'X_1)^{-1},$$

$$\sigma^2|\beta, Y_1, X_1 \sim IG\left(\frac{\alpha_0}{2}, \frac{\delta_0}{2}\right)$$

$$\text{여기서 } \alpha_0 = T_1 - k, \delta_0 = (Y_1 - X_1\beta_0)'(Y_1 - X_1\beta_0).$$

2. 확률적 탐색을 통한 변수 선정(SSVS) 방법

1) 변수 선택의 확률적 탐색 방법(SSVS Method)의 개요

잠재적 설명변수가 k 개일 때, 통상적인 모형 비교를 통해 유의미한 설명변수를 식별하기 위해서는 총 2^k 개의 모형을 비교해야 한다. 이러한 비교를 통해 최적 모형을 선택하기에는 고려해야 하는 경우의 수가 너무 많다. 따라서 본 연구에서는 베이지안의 관점에서 β_i ($i = 1, \dots, k$)의 유의성을 알아보는 방법을 통해 잠재적 설명변수에서 유의한 설명변수를 선택하고자 한다. 구체적으로는 연구문헌에서

38) Greenberg(2013)의 pp. 55-56를 참조했다.

SSVS(Stochastic Search Variable Selection, 변수 선택의 확률적 탐색) 방법으로 알려져 있는 통계적 기법을 활용하고자 한다.

SSVS는 George and McCulloch(1993)가 최초로 제안하였다.³⁹⁾ SSVS 방법은 회귀계수 β_i 가 평균은 0으로 동일하지만, 분산이 서로 다른 정규 분포들의 혼합 분포(normal mixture)를 지닌다고 가정한다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\beta_i | \gamma_i \sim (1 - \gamma_i)N(0, \sigma_0^2) + \gamma_i N(0, \sigma_1^2) \quad \text{식 3-12}$$

여기서 γ_i 는 0 또는 1 이고 $\sigma_0^2 \ll \sigma_1^2$.

이 모형에서 γ_i 의 분포를 추정할 수 있는데, $\gamma_i = 0$ 인 확률(상대적 빈도 수)이 크면 $\beta_i = 0$ 일 확률이 크다고 추정할 수 있다. 즉 x_i 는 유의미한 설명변수가 아닌 것이다. 반대로 $\gamma_i = 1$ 인 확률이 크면 x_i 는 유의미한 설명변수라고 보는 것이다. 즉 β_i 의 분산이 평균 0을 기준으로 크다는 것은 실제 β_i 의 값이 0이 아닐 가능성이 높다는 것이다.

2) 변수 선택의 확률적 탐색 방법을 통한 컨테이너 해상물동량 결정 요인 선택 모형

본 연구에서는 George and McCulloch(1993)에서 제시된 SSVS 방법을 일부 수정하여 다음과 같은 모형을 분석한다.

[컨테이너 해상물동량 결정요인 선택의 사전적 모형]

$$Y | X, \beta, \sigma^2 \sim N(X\beta, \sigma^2 I_{T \times T}), \quad \text{식 3-13}$$

39) George and McCulloch(1993)의 업데이트 버전인 George and McCulloch(1997)도 있다.

$$\pi(\gamma_i = 0) = \pi(\gamma_i = 1) = 1/2, i = 1, 2, \dots, k \text{ 그리고 } \gamma_i = 0 \text{ 또는 } 1, \quad \text{식 3-14}$$

$$\beta_i | \gamma_i \sim (1 - \gamma_i)N(0, \sigma_0^2) + \gamma_i N(0, \sigma_1^2), \quad \text{식 3-15}$$

$$\sigma^2 \sim IG\left(\frac{\alpha_0}{2}, \frac{\delta_0}{2}\right), \quad \text{식 3-16}$$

$$\sigma_0^2 \sim IG\left(\frac{v_{00}}{2}, \frac{d_{00}}{2}\right), \quad \text{식 3-17}$$

$$\sigma_1^2 \sim IG\left(\frac{v_{10}}{2}, \frac{d_{10}}{2}\right). \quad \text{식 3-18}$$

여기서 주어지는 하이퍼 파라미터(hyper-parameters)는 β_i 들의 평균 $0_{k \times 1}$, 그리고 $\alpha_0, \delta_0, v_{00}, d_{00}, v_{10}, d_{10}$ 이다. 이 모형에서 사후적 분포를 추정하고자 하는 파라미터는 $\beta_i, \gamma_i, \sigma^2, \sigma_0^2, \sigma_1^2$ 이다. 특히 유의미한 설명변수의 선택을 위해 필요로 하는 정보는 γ_i 의 평균이다. γ_i 는 0 또는 1의 값만을 가지기 때문에 γ_i 의 평균은 γ_i 가 1일 확률 ($\Pr(\gamma_i = 1)$)이 된다. 따라서 $\Pr(\gamma_i = 1)$ 가 특정한 임계점을 넘을 경우 해당되는 x_i 는 유의미한 설명변수로 간주될 수 있다.

“식 3-13) ~ 식 3-18)”의 6 개의 식으로 설정된 [컨테이너 해상물동량 결정요인 선택의 사전적 모형]에서 자료(data)를 관찰한 후의 완전 조건부 분포를 도출하면 다음과 같다.

[깁스 샘플링을 위한 파라미터의 사후 완전 조건부 분포 도출]

표기의 정의 : $\gamma \equiv [\gamma_1 \gamma_2 \dots \gamma_k]'$

① β 의 사후 완전 조건부 분포

$$\beta | Y, X, \sigma^2, \sigma_0^2, \sigma_1^2, \gamma \sim N(B_1 A, B_1),$$

여기서 $B_1 = (\sigma^{-2} X' X + B_0^{-1})^{-1}$ 과 $A = \sigma^{-2} X' Y$,

$$\text{그리고 } B_0 = \text{diag}((1 - \gamma') \sigma_0^2 I_{k \times k} + \gamma' \sigma_1^2 I_{k \times k})$$

② σ^2 의 사후 완전 조건부 분포

$$\sigma^2 | Y, X, \beta, \sigma_0^2, \sigma_1^2, \gamma \sim IG(\frac{\alpha_1}{2}, \frac{\delta_1}{2}),$$

여기서 $\alpha_1 = \alpha_0 + T$ 과 $\delta_1 = \delta_0 + (Y - X\beta)'(Y - X\beta)$

③ γ 의 사후 완전 조건부 분포

각 $j = 1, 2, \dots, k$ 에 대해

$$\pi(\gamma_j = 1 | Y, X, \beta, \sigma_0^2, \sigma_1^2) = \frac{N(\beta_j | 0, \sigma_1^2)}{N(\beta_j | 0, \sigma_0^2) + N(\beta_j | 0, \sigma_1^2)}$$

④ σ_0^2 와 σ_1^2 의 사후 완전 조건부 분포

주어진 γ 에 대해 $\gamma_i = 0$ 인 m 개의 β_i 를 모아서 β^0 열 벡터 (colume vector)로 정의하고, $\gamma_i = 1$ 인 나머지 $k - m$ 개의 β_i 를 모아서 β^1 열 벡터(colume vector)로 정의하면, 다음과 같은 사후 완전 조건부 분포가 도출된다.

$$\sigma_0^2 | Y, X, \beta, \sigma^2, \sigma_1^2, \gamma \sim IG(\frac{v_{00} + m}{2}, \frac{d_{00} + \sum_j^m (\beta_j^0)^2}{2})$$

$$\sigma_1^2 | Y, X, \beta, \sigma^2, \sigma_0^2, \gamma \sim IG\left(\frac{v_{10} + (k-m)}{2}, \frac{d_{00} + \sum_j^{(k-m)} (\beta_j^1)^2}{2}\right)$$

이와 같이 도출된 사후 완전 조건부 분포를 이용하여 다음과 같은 깃스 샘플링을 수행하여 $\beta, \sigma^2, \gamma, \sigma_0^2, \sigma_1^2$ 의 분포를 도출할 수 있다.

컨테이너 해상물동량 결정요인의 확률적 탐색 선택 모형의 깃스 샘플링 알고리즘

1) 시작 단계

- 하이퍼 파라미터인 β_i 들의 평균 $0_{k \times 1}$ 그리고 $\alpha_0, \delta_0, v_{00}, d_{00}, v_{10}, d_{10}$ 의 값과 γ 에 대한 초기값을 부여
- 버려야 할 초기 샘플 수(size of burn-in sample) n_0 와 파라미터 분포 추정에 사용할 샘플 수 n_1 를 설정

2) $n_0 + n_1$ 번의 알고리즘 시작

1단계 : $\beta | Y, X, \sigma^2, \sigma_0^2, \sigma_1^2, \gamma \sim N(B_1 A, B_1)$

2단계 : $\sigma^2 | Y, X, \beta, \sigma_0^2, \sigma_1^2, \gamma \sim IG\left(\frac{\alpha_1}{2}, \frac{\delta_1}{2}\right)$

3단계 : $\pi(\gamma_j = 1 | Y, X, \beta, \sigma_0^2, \sigma_1^2) = \frac{N(\beta_j | 0, \sigma_1^2)}{N(\beta_j | 0, \sigma_0^2) + N(\beta_j | 0, \sigma_1^2)}$ 를 이용해

0과 1사이의 균일분포에서 임의 추출한 값이

$\pi(\gamma_j = 1 | Y, X, \beta, \sigma_0^2, \sigma_1^2)$ 보다 작으면 $\gamma_j = 1$, 아니면 $\gamma_j = 0$.

(If $rndu(1,1) < \pi(\gamma_j = 1)$, then $\gamma_j = 1$ and

If $rndu(1,1) > \pi(\gamma_j = 1)$, then $\gamma_j = 0$).

4단계 : $\sigma_0^2 | Y, X, \beta, \sigma^2, \sigma_1^2, \gamma \sim IG\left(\frac{v_{00} + m}{2}, \frac{d_{00} + \sum_j^m (\beta_j^0)^2}{2}\right)$

$$\sigma_1^2 | Y, X, \beta, \sigma^2, \sigma_0^2, \gamma \sim IG\left(\frac{v_{10} + (k-m)}{2}, \frac{d_{00} + \sum_j^{(k-m)} (\beta_j^1)^2}{2}\right)$$

3. 확률계수모형

확률계수모형(Random Coefficient Model)은 주로 다음과 같은 선형회귀식으로 표현된다.

$$y_{i,t} = \sum_{k=1}^K \beta_{kit} \times x_{kit} + u_{i,t}, \quad i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T. \quad \text{식 3-19}$$

식 3-19)에서 β_{kit} 에 특별한 제약이 부가되지 않으면, 이 모형은 예측에 도움이 되지 않는다.⁴⁰⁾ 한편, Swamy and Mehta(1975)는 회귀식의 잔차항을 없앤 다음과 같은 모형을 고려한다.⁴¹⁾

$$y_{i,t} = \sum_{k=1}^K \beta_{kit} \times x_{kit}, \quad i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T. \quad \text{식 3-20}$$

이 모형에서 k개의 β 로 구성된 β_{it} 를 다음과 같이 확률변수로 취급할 수 있다.

$$\beta = \bar{\beta} + \alpha_i + \xi_{it} \quad \text{식 3-21)}$$

기존 문헌에서는 위와 같이 계수 β 가 확률변수가 되기 때문에 이 같은 모형을 확률계수모형으로 부르고 있다. 앞서 설명한 베이지안 선형회귀모형에서는 계수(coefficient)에 대해 연구자가 가지는 불확

40) Balestra(1996); Hsiao and Pesaran(2008), p.186에서 재인용.

41) Swamy, Conway, and LeBlanc(1988)에서는 케인즈(Keynes)의 언급을 들며, 계량모형에서의 계수가 항상 일정하지 않고 변화함을 강조하고 있다.

실성을 반영하여 확률이라는 개념이 도입되었지만, 확률계수모형에서는 자료 생성 과정(data generating process)의 일부로서 확률 계수가 도입되었다는 점에서 차이가 있다.⁴²⁾⁴³⁾⁴⁴⁾

본 연구에서는 각 항로 $i(i = 1, \dots, 100)$ 에 대해 다음과 같은 확률계수모형을 가정한다.

$$y_t = (\bar{\beta}_1 + e_{1t}) \times x_{1t} + (\bar{\beta}_2 + e_{2t}) \times x_{2t} + (\bar{\beta}_3 + e_{3t}) \times x_{3t} + (\bar{\beta}_4 + e_{4t}) \times x_{4t}, \quad \text{식 3-22}$$

여기서 $\beta_1 = \bar{\beta}_1 + e_{1t}$, $\beta_2 = \bar{\beta}_2 + e_{2t}$, $\beta_3 = \bar{\beta}_3 + e_{3t}$, $\beta_4 = \bar{\beta}_4 + e_{4t}$,

$\bar{\beta}_k$ 는 상수,

$$e_{kt} \sim iid. N(0, \sigma_k^2).$$

위의 식을 다시 쓰면 다음과 같다.

$$y_t = \sum_{k=1}^4 \bar{\beta}_k \times x_{kt} + \sum_{k=1}^4 e_{kt} \times x_{kt}. \quad \text{식 3-23}$$

따라서 오차항에 대한 다음과 같은 분포가 도출된다.

$$y_t - \sum_{k=1}^4 \bar{\beta}_k \times x_{kt} = \sum_{k=1}^4 e_{kt} \times x_{kt} \sim N(0, \sum_{k=1}^4 \sigma_k^2 \times x_{kt}^2). \quad \text{식 3-24}$$

42) Swamy and Mehta(1975)의 p.594와 Swamy and Mehta(1977)를 참조.

43) Swamy and Tavlas(1995)는 확률계수모형 또한 베이저안 접근법의 하나라고 강조하고 있다.

44) Swamy의 계량경제학에 대한 기여는 Hall et al.(2010)을 참조.

위의 식에 의해 다음과 같은 우도함수가 도출된다.

$$L(\overline{\beta}_k, \sigma_k^2 | y_t, x_t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \times \sigma_t^2}} \times \exp \left[-\frac{(y_t - \sum_{k=1}^4 \overline{\beta}_k \times x_{kt})^2}{2 \times \sigma_t^2} \right],$$

식 3-25)

여기서 $\sigma_t^2 \equiv \sum_{k=1}^4 \sigma_k^2 \times x_{kt}^2$.

위의 우도함수의 합을 최대화하는 계수 $\overline{\beta}_k$ 와 분산 σ_k^2 를 구하면 최우추정법(MLE)의 추정치가 도출된다.

제 4 장

컨테이너 해상물동량 예측을 위한 실증분석 결과

제1절 자료의 설명

1. 자료 개요

본 연구의 실증분석에는 다음과 같은 총 13개 국가를 분석대상으로 설정했다. 중심국 5개 국가는 다른 중심국 4개 국가와 주변국 8개 국가와의 수출입 항로를 검토했으며, 주변국 8개 국가는 중심국 5개 국가와의 수출입 항로를 검토했다. 따라서 중심국에서의 수출항로는 모두 $5 \times 12 = 60$, 주변국에서의 수출항로는 모두 $8 \times 5 = 40$ 개가 되어 총 100개의 수출항로를 분석대상 항로로 설정했다.

〈표 4-1〉 분석대상 국가

| 중심국(5개국) | 주변국(8개국) |
|--------------------|---|
| 한국, 중국, 일본, 미국, 독일 | 대만, 말레이시아, 베트남, 싱가포르, 인도네시아, 태국, 필리핀, 홍콩 |

이와 같은 100개의 항로는 다음 표와 같다.

〈표 4-2〉 실증분석 항로

| 순번 | 항로 | 순번 | 항로 | 순번 | 6항로 |
|----|----------|----|----------|----|----------|
| 1 | 한국-대만 | 41 | 베트남-한국 | 71 | 싱가포르-한국 |
| 2 | 한국-독일 | 42 | 대만-독일 | 72 | 태국-독일 |
| 3 | 한국-말레이시아 | 43 | 대만-미국 | 73 | 태국-미국 |
| 4 | 한국-미국 | 44 | 대만-일본 | 74 | 태국-일본 |
| 5 | 한국-베트남 | 45 | 대만-중국 | 75 | 태국-중국 |
| 6 | 한국-싱가포르 | 46 | 대만-한국 | 76 | 태국-한국 |
| 7 | 한국-인도네시아 | 47 | 홍콩-독일 | 77 | 독일-대만 |
| 8 | 한국-일본 | 48 | 홍콩-미국 | 78 | 독일-말레이시아 |
| 9 | 한국-중국 | 49 | 홍콩-일본 | 79 | 독일-미국 |
| 10 | 한국-태국 | 50 | 홍콩-중국 | 80 | 독일-베트남 |
| 11 | 한국-필리핀 | 51 | 홍콩-한국 | 81 | 독일-싱가포르 |
| 12 | 한국-홍콩 | 52 | 인도네시아-독일 | 82 | 독일-인도네시아 |
| 13 | 중국-대만 | 53 | 인도네시아-미국 | 83 | 독일-일본 |
| 14 | 중국-독일 | 54 | 인도네시아-일본 | 84 | 독일-중국 |
| 15 | 중국-말레이시아 | 55 | 인도네시아-중국 | 85 | 독일-태국 |
| 16 | 중국-미국 | 56 | 인도네시아-한국 | 86 | 독일-필리핀 |
| 17 | 중국-베트남 | 57 | 말레이시아-독일 | 87 | 독일-한국 |
| 18 | 중국-싱가포르 | 58 | 말레이시아-미국 | 88 | 독일-홍콩 |
| 19 | 중국-인도네시아 | 59 | 말레이시아-일본 | 89 | 미국-대만 |
| 20 | 중국-일본 | 60 | 말레이시아-중국 | 90 | 미국-독일 |
| 21 | 중국-태국 | 61 | 말레이시아-한국 | 91 | 미국-말레이시아 |
| 22 | 중국-필리핀 | 62 | 필리핀-독일 | 92 | 미국-베트남 |
| 23 | 중국-한국 | 63 | 필리핀-미국 | 93 | 미국-싱가포르 |
| 24 | 중국-홍콩 | 64 | 필리핀-일본 | 94 | 미국-인도네시아 |
| 25 | 일본-대만 | 65 | 필리핀-중국 | 95 | 미국-일본 |
| 26 | 일본-독일 | 66 | 필리핀-한국 | 96 | 미국-중국 |
| 27 | 일본-말레이시아 | 67 | 싱가포르-독일 | 97 | 미국-태국 |
| 28 | 일본-미국 | 68 | 싱가포르-미국 | 98 | 미국-필리핀 |

| 순번 | 항로 | 순번 | 항로 | 순번 | 6항로 |
|----|----------|----|---------|-----|-------|
| 29 | 일본-베트남 | 69 | 싱가포르-일본 | 99 | 미국-한국 |
| 30 | 일본-싱가포르 | 70 | 싱가포르-중국 | 100 | 미국-홍콩 |
| 31 | 일본-인도네시아 | | | | |
| 32 | 일본-중국 | | | | |
| 33 | 일본-태국 | | | | |
| 34 | 일본-필리핀 | | | | |
| 35 | 일본-한국 | | | | |
| 36 | 일본-홍콩 | | | | |
| 37 | 베트남-독일 | | | | |
| 38 | 베트남-미국 | | | | |
| 39 | 베트남-일본 | | | | |
| 40 | 베트남-중국 | | | | |

자료의 기간은 IHS의 WTS(World Trade Service)에서 제공하는 2000~2017년이나 증가율로 분석을 실시함에 따라 2001~2017년으로 한정한다. WTS에서는 국가 간 총교역량을 비롯하여 컨테이너, 교역액 등 다양한 자료를 제공하고 있어 이번 연구에서는 국가 간 컨테이너 교역 자료를 중심으로 자료를 구성하여 분석한다. 각 국가의 이자율과 환율은 WES, 국내총생산액 증가율은 국제통화기금에서 발표되는 자료를 사용하였다.

〈표 4-3〉 변수 및 출처

| 구분 | 자료 | 출처 | 비고(자료설명) |
|-------|-------------------|----------------------------------|--|
| 종속 변수 | 국가별 컨테이너 물동량(TEU) | IHS_WTS (World Trade Service) | 12개국 국가 간 교역량 수출입 해상 물동량 환적/공 컨테이너는 제외 |
| 독립 변수 | 국가별 국내총생산 증가율 | 국제통화기금(IMF) | 실질GDP |
| | 수출액 | 국가 간 교역액 중 수출국가의 총 수출총액(IHS) | 실질금액 |

| 구분 | 자료 | 출처 | 비고(자료설명) |
|----------|--------|--|-------------|
| 독립 변수 | 이자율(%) | IMF, IHS_WES (World Economic Service) | 연간 통화시장 이자율 |
| | 환율 | IHS_WES (World Economic Service) | 연평균 환율 |

회귀식에 사용된 변수의 정의는 다음과 같다.

〈표 4-4〉 실증분석에 사용된 변수 목록

| 구분 | 자료 설명 |
|-------|------------------------|
| y_1 | 항로의 전체 컨테이너 물동량 지수 성장률 |
| x_1 | 수입국 GDP 지수 성장률 |
| x_2 | 수출 총액 지수 성장률 |
| x_3 | 수입국 이자율 |
| x_4 | 환율 지수 성장률 |

2. 자료 설명

종속변수인 물동량 증가율과 설명변수인 수입국 GDP 증가율, 항로의 전체 수출액 증가율, 수입국 이자율, 항로의 환율 증가율의 상관관계를 살펴보기 위해 한국-대만 항로의 상관계수를 구해 보면 다음과 같다.

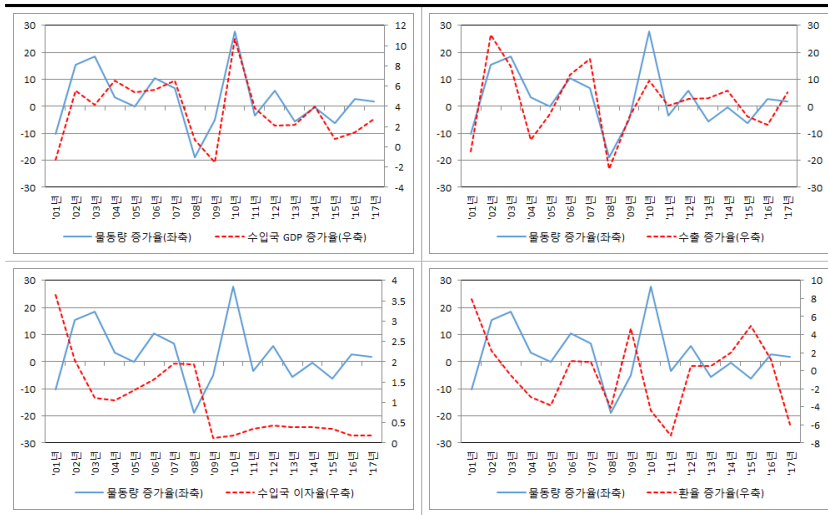
〈표 4-5〉 한국-대만 항로의 변수 간 상관계수

| | 물동량 증가율 | 수입국 GDP 증가율 | 수출액 증가율 | 수입국 이자율 | 환율 증가율 |
|-------------|------------|----------------|------------|------------|-----------|
| 물동량 증가율 | 1 | 0.77 | 0.76 | -0.17 | -0.17 |
| 수입국 GDP 증가율 | 0.77 | 1 | 0.56 | -0.09 | -0.50 |
| 수출액 증가율 | 0.76 | 0.56 | 1 | -0.11 | -0.01 |

| | 물동량 증가율 | 수입국 GDP 증가율 | 수출액 증가율 | 수입국 이자율 | 환율 증가율 |
|---------|------------|----------------|------------|------------|-----------|
| 수입국 이자율 | -0.17 | -0.09 | -0.11 | 1 | 0.36 |
| 환율 증가율 | -0.17 | -0.50 | -0.01 | 0.36 | 1 |

이들 변수 간의 관계를 그래프로 나타내면 다음과 같다.

〈그림 4-1〉 한국-대만 항로의 종속변수와 설명변수 간의 추이



제2절 실증분석 결과

1. 베이지안 단순회귀모형의 추정 결과

베이지안의 방법에 따라 위의 선형회귀모형을 다시 쓰면 다음과 같다.

$$Y \sim N(X\beta, \sigma^2 I_{T \times T}),$$

$$\beta \sim N(\beta_0, B_0),$$

$$\sigma^2 \sim IG(\frac{\alpha_0}{2}, \frac{\delta_0}{2}),$$

여기서 $\beta_0, B_0, \alpha_0, \delta_0$ 는 연구자가 새로운 자료(data)를 관찰하기 전에 알고 있는 사전 정보(prior information)로서 하이퍼 파라미터(hyper-parameter), 그리고 IG 는 역감마 분포(Inverse Gamma distribution)를 의미

베이지안 모형에서 사전 정보인 $\beta_0, B_0, \alpha_0, \delta_0$ 를 설정해야 한다. 본 연구에서는 ‘무정보적 사전 분포(noninformative prior distribution)’를 이용한 ‘트레이닝 표본(training sample)’을 이용해 이 같은 사전 정보를 확보한다. 즉 자료(Y 와 X)를 트레이닝 표본에 해당하는 표본(Y_1 와 X_1)과 새로운 표본(Y_2 와 X_2)으로 나누어 분석한다.

이 같은 ‘무정보적 사전 분포’를 활용한 ‘트레이닝 표본’의 사후 분포(posterior distribution)는 다음과 같은 식을 이용해 도출했다.⁴⁵⁾

$$\beta | \sigma^2, Y_1, X_1 \sim N(\beta_0, B_0)$$

$$\text{여기서 } \beta_0 = (X_1' X_1)^{-1} X_1' Y_1, B_0 = \sigma^2 (X_1' X_1)^{-1},$$

$$\sigma^2 | \beta, Y_1, X_1 \sim IG(\frac{\alpha_0}{2}, \frac{\delta_0}{2})$$

$$\text{여기서 } \alpha_0 = T_1 - k, \delta_0 = (Y_1 - X_1 \beta_0)' (Y_1 - X_1 \beta_0).$$

트레이닝 표본의 β 분포에서 β_0 와 B_0 를 도출하고, σ^2 의 분포에서

45) Greenberg(2013)의 pp. 55-56를 참조했다.

α_0 와 δ_0 를 도출하여, 다음과 같이 최종적으로 완전 조건부 사후 분포 ($\beta|\sigma^2, Y, X$ 의 분포 및 $\sigma^2|\beta, Y, X$ 의 분포)를 도출할 수 있다.

$$\beta|\sigma^2, Y_2, X_2 \sim N(\beta_1, B_1)$$

$$\text{여기서 } \beta_1 = B_1 A, \quad B_1 = (\sigma^{-2} X_2' X_2 + B_0^{-1})^{-1},$$

$$A = \sigma^{-2} X_2' Y_2 + B_0^{-1} \beta_0,$$

$$\sigma^2|\beta, Y_2, X_2 \sim IG\left(\frac{\alpha_1}{2}, \frac{\delta_1}{2}\right)$$

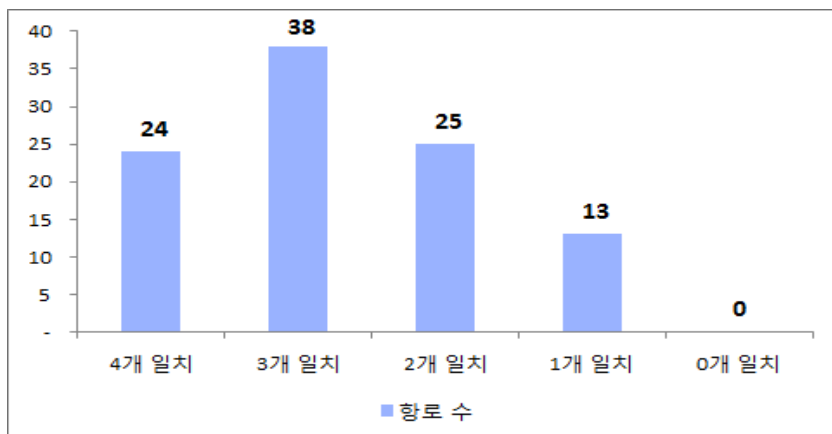
$$\text{여기서 } \alpha_1 = \alpha_0 + T_2, \quad \delta_1 = \delta_0 + (Y_2 - X_2 \beta)'(Y_2 - X_2 \beta).$$

부록 1에서 제시한 100개의 표는 단순회귀모형의 베이지안 추정 및 최소자승법(OLS: Ordinary Least Squares) 추정 결과를 나타낸 것이다. 베이지안 추정 결과 t-비율은 β 의 평균값을 표준편차로 나눈 값을 의미한다.⁴⁶⁾ 100개 항로 중 5개 항로에서 베이지안 및 최소자승법의 추정 결과가 다소 차이가 난다. 이러한 차이의 대부분은 추정 계수의 값이 거의 0에 가까운 경우로서 큰 의미를 지니지는 않는다.

한편, 경제 이론적으로 기대되는 부호와 일치하는 계수의 개수를 구하여 100개 항로 중에 해당되는 경우를 표시하면 다음 그림과 같다. 대체로 베이지안 단순회귀모형을 통해 컨테이너 해상물동량 움직임을 잘 설명한다고 판단된다. 그러나 기대 부호와 일치하지 않은 계수가 나타나는 문제는 다중공선성, 소표본, 중요 변수의 누락 등의 이유에서 기인하는 것으로 보인다.

46) 베이지안 접근법에서는 t-비율이라는 값을 사용하지 않는다. 대신에 $\Pr(\beta > 0)$ 을 보고하여 이 값이 0.05보다 작으면 음의 값, 0.95보다 크면 양의 값을 가질 가능성이 높다고 추론한다. 그러나 본 보고서에서는 t-비율이 확률론적으로 관심 있는 β 에 대한 정보를 전달하는 방식으로 유용하다고 판단하여, t-비율을 사용하기로 한다.

〈그림 4-2〉 베이지안 단순회귀모형의 계수의 부호 일치성 경우의 수



아래 4개의 표는 우리나라가 유럽(독일), 북미(미국), 일본, 중국으로 수출하는 항로의 실증분석 결과를 보여주고 있다. 대체로 GDP와 수출은 컨테이너 물동량에 긍정적인 영향을 미치고 수입국 이자율은 부정적 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다. 그러나 환율의 경우에는 이론적으로 기대하는 부호는 양수(+)이지만, 항로에 따라 양수 또는 음수를 보이기도 한다.

〈표 4-6〉 한국-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.31 | 0.84 | 1.56 | 1.56 | 0.94 | 1.66 |
| 수출 | 0.18 | 0.09 | 1.88 | 0.17 | 0.11 | 1.56 |
| 이자율 | -0.59 | 0.85 | -0.70 | -0.65 | 1.04 | -0.63 |
| 환율 | 0.45 | 0.23 | 1.93 | 0.40 | 0.28 | 1.45 |

〈표 4-7〉 한국-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.00 | 1.68 | 1.19 | 2.23 | 1.59 | 1.40 |
| 수출 | 0.19 | 0.14 | 1.33 | 0.18 | 0.14 | 1.26 |
| 이자율 | -1.35 | 1.32 | -1.02 | -1.47 | 1.28 | -1.15 |
| 환율 | 0.58 | 0.33 | 1.77 | 0.54 | 0.31 | 1.74 |

〈표 4-8〉 한국-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|-------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 3.24 | 1.13 | 2.87 | 1.38 | 1.36 | 1.01 |
| 수출 | 0.20 | 0.21 | 0.97 | 0.32 | 0.25 | 1.29 |
| 이자율 | -12.57 | 7.30 | -1.72 | -6.79 | 12.49 | -0.54 |
| 환율 | -0.53 | 0.24 | -2.19 | -0.18 | 0.36 | -0.50 |

〈표 4-9〉 한국-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.58 | 0.75 | 0.77 | 0.55 | 0.62 | 0.88 |
| 수출 | 0.44 | 0.14 | 3.17 | 0.46 | 0.11 | 4.19 |
| 이자율 | -1.61 | 2.67 | -0.60 | -1.63 | 2.26 | -0.72 |
| 환율 | -0.47 | 0.22 | -2.11 | -0.49 | 0.17 | -2.89 |

2. 변수 선택의 확률적 탐색(SSVS) 모형의 추정 결과

본 연구에서는 다음과 같은 변수 선택의 확률적 탐색 모형을 활용했다.

$$Y|X, \beta, \sigma^2 \sim N(X\beta, \sigma^2 I_{T \times T}),$$

$$\pi(\gamma_i = 0) = \pi(\gamma_i = 1) = 1/2, i = 1, 2, \dots, k \text{ 그리고 } \gamma_i = 0 \text{ 또는 } 1,$$

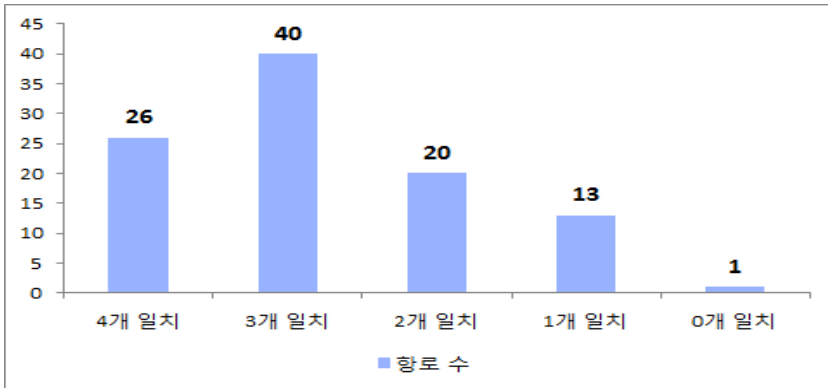
$$\beta_i | \gamma_i \sim (1 - \gamma_i) N(0, \sigma_0^2) + \gamma_i N(0, \sigma_1^2),$$

$$\sigma^2 \sim IG(\frac{\alpha_0}{2}, \frac{\delta_0}{2}), \quad \sigma_0^2 \sim IG(\frac{v_{00}}{2}, \frac{d_{00}}{2}), \quad \sigma_1^2 \sim IG(\frac{v_{10}}{2}, \frac{d_{10}}{2}),$$

$$\sigma_0^2 \ll \sigma_1^2.$$

부록 2에서 제시한 100개의 표는 변수 선택의 확률적 탐색 방법(SSVS)의 추정 결과를 나타낸 것이다. t-비율은 β 의 평균값을 표준편차로 나눈 값을 의미한다.⁴⁷⁾ 경제 이론적으로 기대되는 부호와 일치하는 계수의 개수를 구하여 100개 항로 중에 해당되는 경우를 표시하면 다음 그림과 같다. 대체로 변수 선택의 확률적 탐색 방법을 통해 컨테이너 해상물동량 움직임을 잘 설명한다고 판단된다. 그러나 기대 부호와 일치하지 않은 계수가 나타나는 문제는 다중공선성, 소표본, 중요 변수의 누락 등의 이유에서 기인하는 것으로 보인다.

〈그림 4-3〉 SSVS 모형의 계수의 부호 일치성 경우의 수



47) 베이지안 접근법에서는 t-비율이라는 값을 사용하지 않는다. 대신에 $\Pr(\beta)0$ 을 보고하여 이 값이 0.05보다 작으면 음의 값, 0.95보다 크면 양의 값을 가질 가능성이 높다고 추론한다. 그러나 본 보고서에서는 t-비율이 확률론적으로 관심 있는 β 에 대한 정보를 전달하는 방식으로 유용하다고 판단하여, t-비율을 사용하기로 한다.

이 모형에서 $\Pr(\gamma_1 = 1)$, 즉 β_i 가 0이 아닌 경우는 $\sigma_0^2 = 0.25$ 와 $\sigma_1^2 = 4$ 로 분산을 정의하여 구분했다.

아래 4개의 표는 우리나라가 유럽(독일), 북미(미국), 일본, 중국으로 수출하는 항로의 실증분석 결과를 보여주고 있다. 대체로 GDP와 수출은 컨테이너 물동량에 긍정적인 영향을 미치고 수입국 이자율은 부정적 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다. 그러나 환율의 경우에는 이론적으로 기대하는 부호는 양수(+)이지만, 항로에 따라 양수 또는 음수를 보이기도 한다.

〈표 4-10〉 한국-독일의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.52 | 0.85 | 1.79 | 0.77 |
| 수출 | 0.18 | 0.10 | 1.78 | 0.24 |
| 이자율 | -0.79 | 0.92 | -0.85 | 0.55 |
| 환율 | 0.39 | 0.25 | 1.60 | 0.29 |

〈표 4-11〉 한국-미국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.08 | 1.45 | 1.44 | 0.82 |
| 수출 | 0.19 | 0.13 | 1.45 | 0.21 |
| 이자율 | -1.50 | 1.17 | -1.28 | 0.73 |
| 환율 | 0.55 | 0.28 | 1.95 | 0.33 |

〈표 4-12〉 한국-일본의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.34 | 1.22 | 1.10 | 0.67 |
| 수출 | 0.29 | 0.21 | 1.39 | 0.20 |
| 이자율 | -2.42 | 4.76 | -0.51 | 0.85 |
| 환율 | -0.11 | 0.28 | -0.40 | 0.19 |

〈표 4-13〉 한국-중국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.45 | 0.48 | 0.93 | 0.36 |
| 수출 | 0.46 | 0.10 | 4.62 | 0.28 |
| 이자율 | -1.23 | 1.71 | -0.72 | 0.71 |
| 환율 | -0.48 | 0.15 | -3.20 | 0.28 |

3. 확률계수모형의 추정 결과

본 연구에서는 다음과 같은 확률계수모형을 활용했다.

$$y_t = (\bar{\beta}_1 + e_{1t}) \times x_{1t} + (\bar{\beta}_2 + e_{2t}) \times x_{2t} + (\bar{\beta}_3 + e_{3t}) \times x_{3t} + (\bar{\beta}_4 + e_{4t}) \times x_{4t},$$

식 3-22)

여기서 $\beta_1 = \bar{\beta}_1 + e_{1t}$, $\beta_2 = \bar{\beta}_2 + e_{2t}$, $\beta_3 = \bar{\beta}_3 + e_{3t}$,

$$\beta_4 = \bar{\beta}_4 + e_{4t},$$

$\bar{\beta}_k$ 는 상수,

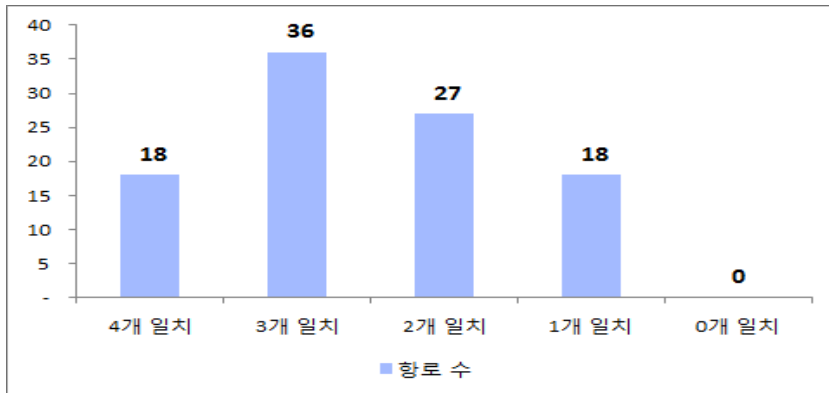
$$e_{kt} \sim iid. N(0, \sigma_k^2).$$

부록 3에서 제시한 100개의 표는 확률계수모형(Random Coefficient Model)의 추정 결과를 나타낸 것이다. t-비율은 β 의 평균값을 표준편차로 나눈 값을 의미한다.⁴⁸⁾ 경제 이론적으로 기대되는 부호와 일치하는 계수의 개수를 구하여 100개 항로 중에 해당되는 경우를 표시하면 다음 그림과 같다. 대체로 확률계수모형을 통해

48) 베이지안 접근법에서는 t-비율이라는 값을 사용하지 않는다. 대신에 $\Pr(\beta > 0)$ 을 보고하여 이 값이 0.05보다 작으면 음의 값, 0.95보다 크면 양의 값을 가질 가능성이 높다고 추론한다. 그러나 본 보고서에서는 t-비율이 확률론적으로 관심 있는 β 에 대한 정보를 전달하는 방식으로 유용하다고 판단하여, t-비율을 사용하기로 한다.

컨테이너 해상물동량 움직임을 잘 설명한다고 판단된다. 그러나 기대 부호와 일치하지 않은 계수가 나타나는 문제는 다중공선성, 소표본, 중요 변수의 누락 등의 이유에서 기인하는 것으로 보인다.

〈그림 4-4〉 확률계수모형의 계수의 부호 일치성 경우의 수



아래 4개의 표는 우리나라가 유럽(독일), 북미(미국), 일본, 중국으로 수출하는 항로의 실증분석 결과를 보여주고 있다. 대체로 수출은 컨테이너 물동량에 긍정적인 영향을 미치고 수입국 이자율은 부정적 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다. 그러나 수출과 환율의 경우에는 이론적으로 기대하는 부호는 양수(+)이지만, 항로에 따라 양수 또는 음수를 보이기도 한다.

〈표 4-14〉 한국-독일의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 2.84 | 2.50 | 1.14 |
| 수출 | 0.08 | 0.37 | 0.21 |
| 이자율 | -1.46 | 0.00 | -18,481.28 |
| 환율 | 0.10 | 0.00 | 20,371.36 |

〈표 4-15〉 한국-미국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 0.26 | 0.00 | 55,783.15 |
| 수출 | 0.44 | 0.00 | 943,740.59 |
| 이자율 | -1.24 | 1.35 | -0.91 |
| 환율 | 0.94 | 0.93 | 1.01 |

〈표 4-16〉 한국-일본의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | -0.41 | 0.00 | -5,331.32 |
| 수출 | 0.35 | 0.28 | 1.28 |
| 이자율 | -15.86 | 0.00 | -25,918.05 |
| 환율 | 0.25 | 1.06 | 0.24 |

〈표 4-17〉 한국-중국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|---------------|
| GDP | 0.90 | 0.00 | 48,616,336.00 |
| 수출 | 0.38 | 0.13 | 2.97 |
| 이자율 | -2.45 | 0.00 | -786,954.08 |
| 환율 | -0.46 | 0.50 | -0.91 |

제 5 장

실증 모형의 예측 정확도 검증

본 연구에서 제시한 실증분석 모형을 이용하여 실제 컨테이너 물동량의 증가율을 예측하는 경우, 어느 모형이 가장 정확한지를 평가하고자 한다. 실제의 예측 수행에 있어 접근 가능한 자료는 보통 예측 대상이 되는 해당 연도가 시작되는 시점에, 지난해의 GDP 잠정치, 수출 잠정치, 이자율 실제 값, 환율 실제 값이 주어진다. 이 시점에 실제로 이루어질 수 있는 예측에 근거하여 평가하는 것을 표본 외 예측(out-of-sample forecast)이라고 한다. 여기서는 표본 외 예측뿐 아니라, 모든 자료가 주어졌을 경우 어느 모형이 자료를 가장 잘 설명하는지를 나타내는 표본 내 예측(in-sample forecast) 또한 검토하고자 한다. 이 같은 표본 내 예측은 주요 설명변수의 정확한 예측치를 알고 있을 때 어떤 모형을 사용하는 것이 바람직한지를 나타내줄 수 있다.

한편 이러한 예측 정확도를 비교 평가하기 위해 다음과 같은 단일 변수 자기회귀모형(AR(1))을 준거 모형(reference model)으로 사용한다.

$$y_t = \mu + \phi \times y_{t-1} + e_t$$

여기서, y 는 종속변수인 컨테이너 물동량 증가율

예측 정확도는 다음과 같은 평균 제곱근 오차(RMSE: Root Mean Squared Error)를 판단 기준(decision criterion)으로 사용한다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T error_t^2}$$

여기서 error는 해당 모형의 예측 오차.

베이지안 접근법의 예측 오차는 베이지안 추정으로 도출된 β 의 분포를 이용하여 y 의 분포를 유도하고, 이 y 의 분포로부터 평균값을 계산해서 실제치에서 차감하여 계산했다. 예측 기간은 2013년부터 2017년까지 5년 기간이다.

제1절 표본 내 예측 정확도 평가 결과

표본 내 예측의 정확도 평가는 자료(data)가 모두 정확하게 주어진 상황에서 각 모형의 예측 정확도를 평가하는 것이다. 이러한 가정은 비현실적이지만, 컨테이너 해상물동량의 변화를 가장 잘 설명하는 통계적 회귀식의 식별에 도움이 된다.

아래 표에서 볼 수 있는 바와 같이, 단순 평균으로 예측하는 경우에 평균 오차(표준편차)는 14.87%이지만, 베이지안 단순회귀모형은 7.13%(52% 평균 오차 감소), 변수 선택의 확률적 탐색 모형은 7.24%(51% 평균 오차 감소), 확률계수모형은 6.91%(54% 평균 오차

감소)로 나타났다. 즉 베이지안 각 모형이 약 50% 수준의 예측오차 감소 성과가 있는 것으로 나타났다.

그러나 예측 시에 고전적 AR(1) 모형(준거 모형)을 사용하는 경우 평균 오차(RMSE)가 7.90%이지만, 단순회귀모형은 10% 평균 예측오차 감소, 변수 선택의 확률적 탐색 모형은 8% 평균 예측오차 감소, 확률계수모형은 13% 평균 예측오차 감소가 나타났다. 즉 준거 모형에 비해서도 베이지안 모형이 표본 내 예측 정확도가 더 큰 것으로 나타났다.

종합하면, 베이지안 접근법의 3개 모형이 표본 내 예측에서 모두 기존의 비교 대상 방법에 비해 예측 정확도가 높은 것으로 나타났다. 이는 GDP, 수출액, 이자율, 환율 등의 정보를 바탕으로 컨테이너 해상물동량을 전망하는 것이 기존의 단순 모형에 비해 우수할 수 있음을 보여주는 것으로 이해된다.

〈표 5-1〉 표본 내 예측 시 RMSE

| 항목 | 표준편차 | AR(1) | 베이지안 단순회귀 | 변수 선택의 확률적 탐색 모형 | 확률계수 모형 |
|----------|-------|-------|--------------|------------------------|------------|
| 평균 | 14.87 | 7.90 | 7.13 | 7.24 | 6.91 |
| 1위 개수 | 1 | 19 | 21 | 26 | 33 |
| 한국-대만 | 8.27 | 6.19 | 7.03 | 5.57 | 6.08 |
| 한국-독일 | 19.21 | 9.53 | 8.49 | 9.01 | 9.10 |
| 한국-말레이시아 | 15.44 | 6.52 | 7.44 | 6.68 | 7.49 |
| 한국-미국 | 10.58 | 4.26 | 6.40 | 5.48 | 6.53 |
| 한국-베트남 | 7.63 | 3.52 | 4.79 | 9.54 | 4.84 |
| 한국-싱가포르 | 17.52 | 10.18 | 3.65 | 6.48 | 5.62 |
| 한국-인도네시아 | 22.99 | 11.25 | 9.03 | 10.21 | 9.54 |
| 한국-일본 | 12.07 | 5.53 | 8.50 | 5.92 | 5.24 |
| 한국-중국 | 3.59 | 2.65 | 2.24 | 2.49 | 1.87 |
| 한국-태국 | 11.60 | 8.76 | 5.48 | 4.66 | 5.32 |

| 항로 | 표준편차 | AR(1) | 베이지안 단순회귀 | 변수 선택의 확률적 탐색 모형 | 확률계수 모형 |
|----------|-------|-------|--------------|------------------------|------------|
| 한국-필리핀 | 14.20 | 7.01 | 5.29 | 6.15 | 4.77 |
| 한국-홍콩 | 9.82 | 4.69 | 4.42 | 4.95 | 4.23 |
| 중국-대만 | 8.40 | 4.21 | 3.87 | 3.66 | 3.67 |
| 중국-독일 | 9.74 | 6.38 | 4.92 | 4.17 | 5.69 |
| 중국-말레이시아 | 27.47 | 9.98 | 11.72 | 13.54 | 12.63 |
| 중국-미국 | 4.33 | 2.42 | 4.07 | 1.85 | 3.93 |
| 중국-베트남 | 11.21 | 6.98 | 9.99 | 7.94 | 8.46 |
| 중국-싱가포르 | 18.74 | 12.38 | 9.19 | 7.75 | 12.93 |
| 중국-인도네시아 | 11.84 | 10.01 | 5.94 | 5.19 | 6.13 |
| 중국-일본 | 7.21 | 4.53 | 3.49 | 4.04 | 4.90 |
| 중국-태국 | 13.42 | 10.41 | 7.08 | 5.33 | 5.97 |
| 중국-필리핀 | 37.05 | 15.97 | 15.29 | 19.50 | 16.09 |
| 중국-한국 | 6.15 | 3.79 | 4.98 | 3.17 | 3.62 |
| 중국-홍콩 | 14.60 | 5.28 | 6.70 | 6.68 | 6.46 |
| 일본-대만 | 6.15 | 2.69 | 3.71 | 3.42 | 2.67 |
| 일본-독일 | 7.80 | 5.17 | 3.61 | 1.54 | 3.63 |
| 일본-말레이시아 | 8.46 | 5.45 | 2.64 | 2.96 | 2.46 |
| 일본-미국 | 10.26 | 4.60 | 7.62 | 5.98 | 7.39 |
| 일본-베트남 | 8.36 | 4.92 | 3.97 | 4.41 | 3.50 |
| 일본-싱가포르 | 9.06 | 3.67 | 5.79 | 4.44 | 5.23 |
| 일본-인도네시아 | 12.33 | 10.57 | 7.30 | 5.74 | 6.31 |
| 일본-중국 | 7.89 | 5.18 | 3.96 | 3.74 | 2.26 |
| 일본-태국 | 7.07 | 7.66 | 5.79 | 5.39 | 5.52 |
| 일본-필리핀 | 13.94 | 8.37 | 5.07 | 7.29 | 5.19 |
| 일본-한국 | 6.18 | 3.48 | 7.57 | 8.01 | 4.22 |
| 일본-홍콩 | 10.34 | 5.78 | 2.92 | 3.06 | 1.66 |
| 베트남-독일 | 14.16 | 6.07 | 5.74 | 6.45 | 5.63 |
| 베트남-미국 | 3.36 | 4.54 | 9.95 | 2.23 | 3.64 |
| 베트남-일본 | 11.20 | 5.09 | 4.48 | 7.47 | 3.76 |
| 베트남-중국 | 14.34 | 8.81 | 6.31 | 5.46 | 6.12 |
| 베트남-한국 | 19.47 | 6.73 | 13.53 | 13.80 | 10.64 |
| 대만-독일 | 17.09 | 7.74 | 2.01 | 5.47 | 2.96 |
| 대만-미국 | 5.41 | 4.38 | 2.57 | 2.12 | 2.42 |
| 대만-일본 | 7.45 | 3.33 | 2.25 | 1.82 | 1.83 |
| 대만-중국 | 7.90 | 4.40 | 2.82 | 3.51 | 1.58 |

| 항로 | 표준편차 | AR(1) | 베이지안 단순회귀 | 변수 선택의 확률적 탐색 모형 | 확률계수 모형 |
|----------|-------|-------|--------------|------------------------|------------|
| 대만-한국 | 9.23 | 3.77 | 3.81 | 4.26 | 3.53 |
| 홍콩-독일 | 6.32 | 5.67 | 10.80 | 7.84 | 10.85 |
| 홍콩-미국 | 6.90 | 10.66 | 8.80 | 3.57 | 7.03 |
| 홍콩-일본 | 55.35 | 26.72 | 12.98 | 26.86 | 14.23 |
| 홍콩-중국 | 8.98 | 5.71 | 3.85 | 3.18 | 3.69 |
| 홍콩-한국 | 19.91 | 11.62 | 11.45 | 11.43 | 8.90 |
| 인도네시아-독일 | 14.71 | 8.87 | 6.84 | 6.88 | 6.91 |
| 인도네시아-미국 | 18.10 | 6.88 | 7.30 | 7.33 | 8.66 |
| 인도네시아-일본 | 16.09 | 8.20 | 7.35 | 7.23 | 6.96 |
| 인도네시아-중국 | 25.68 | 11.73 | 7.14 | 9.74 | 7.31 |
| 인도네시아-한국 | 20.41 | 10.73 | 7.55 | 10.04 | 8.10 |
| 말레이시아-독일 | 6.07 | 4.26 | 3.47 | 1.69 | 3.85 |
| 말레이시아-미국 | 12.15 | 5.83 | 3.95 | 5.23 | 4.74 |
| 말레이시아-일본 | 21.88 | 9.12 | 8.72 | 8.72 | 19.08 |
| 말레이시아-중국 | 19.36 | 9.52 | 5.73 | 7.96 | 5.25 |
| 말레이시아-한국 | 11.99 | 5.39 | 4.53 | 5.12 | 10.69 |
| 필리핀-독일 | 24.22 | 11.77 | 13.68 | 11.68 | 10.80 |
| 필리핀-미국 | 4.48 | 2.51 | 3.03 | 4.04 | 2.99 |
| 필리핀-일본 | 23.84 | 10.63 | 9.98 | 10.01 | 9.08 |
| 필리핀-중국 | 29.57 | 13.94 | 13.27 | 13.54 | 12.00 |
| 필리핀-한국 | 26.38 | 11.56 | 10.19 | 11.74 | 9.84 |
| 싱가포르-독일 | 17.38 | 7.48 | 9.21 | 9.30 | 7.63 |
| 싱가포르-미국 | 15.20 | 9.29 | 5.97 | 6.83 | 6.71 |
| 싱가포르-일본 | 7.03 | 4.70 | 4.66 | 5.24 | 4.22 |
| 싱가포르-중국 | 7.21 | 3.84 | 3.46 | 3.67 | 3.57 |
| 싱가포르-한국 | 10.71 | 9.88 | 8.66 | 8.05 | 8.68 |
| 태국-독일 | 14.85 | 6.85 | 2.43 | 6.72 | 2.06 |
| 태국-미국 | 10.07 | 5.53 | 2.47 | 4.77 | 2.41 |
| 태국-일본 | 4.31 | 4.29 | 5.60 | 3.45 | 3.40 |
| 태국-중국 | 14.97 | 7.66 | 11.28 | 11.36 | 8.03 |
| 태국-한국 | 6.64 | 9.13 | 6.57 | 6.75 | 5.19 |
| 독일-대만 | 15.37 | 7.20 | 4.12 | 5.80 | 3.26 |
| 독일-말레이시아 | 5.55 | 8.93 | 6.83 | 7.71 | 6.05 |
| 독일-미국 | 12.66 | 6.07 | 2.40 | 3.25 | 2.07 |
| 독일-베트남 | 29.04 | 12.88 | 10.68 | 12.68 | 11.38 |

| 항로 | 표준편차 | AR(1) | 베이지안 단순회귀 | 변수 선택의 확률적 탐색 모형 | 확률계수 모형 |
|----------|-------|-------|--------------|------------------------|------------|
| 독일-싱가포르 | 48.12 | 21.74 | 21.50 | 21.62 | 23.00 |
| 독일-인도네시아 | 15.50 | 8.84 | 6.83 | 8.35 | 11.45 |
| 독일-일본 | 11.48 | 6.50 | 7.74 | 6.75 | 11.41 |
| 독일-중국 | 9.16 | 6.74 | 4.54 | 2.94 | 4.84 |
| 독일-태국 | 14.76 | 10.61 | 8.39 | 8.85 | 3.73 |
| 독일-필리핀 | 13.26 | 7.29 | 7.28 | 6.10 | 6.57 |
| 독일-한국 | 11.52 | 5.61 | 2.43 | 4.46 | 1.63 |
| 독일-홍콩 | 16.54 | 8.84 | 8.81 | 8.11 | 8.25 |
| 미국-대만 | 10.94 | 5.77 | 4.31 | 3.97 | 4.44 |
| 미국-독일 | 20.91 | 10.35 | 8.33 | 7.47 | 7.29 |
| 미국-말레이시아 | 13.00 | 6.02 | 5.44 | 4.75 | 5.90 |
| 미국-베트남 | 24.70 | 12.06 | 10.60 | 11.36 | 16.09 |
| 미국-싱가포르 | 20.23 | 8.84 | 4.35 | 5.65 | 5.37 |
| 미국-인도네시아 | 22.62 | 10.96 | 11.15 | 9.97 | 9.71 |
| 미국-일본 | 33.32 | 14.73 | 15.48 | 16.67 | 15.16 |
| 미국-중국 | 8.18 | 5.32 | 14.50 | 9.44 | 7.89 |
| 미국-태국 | 31.71 | 14.83 | 13.72 | 13.54 | 13.49 |
| 미국-필리핀 | 29.88 | 12.80 | 14.38 | 14.75 | 13.89 |
| 미국-한국 | 23.41 | 9.99 | 10.00 | 10.15 | 9.61 |
| 미국-홍콩 | 23.99 | 11.89 | 14.41 | 11.37 | 12.31 |

제2절 표본 외 예측 정확도 평가 결과

표본 외 예측의 정확도 평가는 시점 $t+1$ 기의 예측을 위해 시점 t 기까지의 자료(data)를 활용하여 예측하는 경우를 의미한다. 보다 엄밀한 의미에서 표본 외 예측을 하기 위해서는 설명요인도 시점 t 기까지만 주어졌다고 가정해야 한다. 따라서 이러한 엄밀한 의미에서의 표본 외 예측을 하기 위해서는 서론에서 언급한 바와 같이 자기회귀 분포 시차(ADL, Autoregressive Distributed Lag) 모형을 이용하는 것이

통상적인 방법이다.

그러나 각 경제 예측 기관(IMF 등 국제기구, Economist Intelligence Unit과 같은 민간 전문 기관 등)을 통해 해당 전망 년도의 GDP, 수출액, 이자율, 환율 등에 대한 전망치가 주어질 수 있다. 이러한 전망치는 통상적으로 단일 변수 자기 모형(univariate autoregressive model)보다 매우 폭넓은 자료를 활용하여 경제변수를 예측한다. 따라서 본 연구에서는 GDP, 수출액, 이자율 및 환율이 매우 정확한 수준에서 예측되는 상황을 가정하여, 시점 t 기까지의 자료만을 이용해 추정된 모수(parameters)와 정확히 예측된 설명요인을 사용하여 시점 $t+1$ 기의 각 항로별 컨테이너 해상물동량을 전망했을 때의 예측 정확도를 평가하고자 한다.

아래 표에서 볼 수 있는 바와 같이, 단순 평균으로 예측하는 경우에 평균 오차(표준편차)는 14.87%이지만, 베이지안 단순회귀모형은 9.65%(35% 평균 오차 감소), 변수 선택의 확률적 탐색 모형은 8.55%(43% 평균 오차 감소), 확률계수모형은 9.64%(35% 평균 오차 감소)로 나타났다. 즉 베이지안 각 모형이 약 40% 내외의 오차 감소 성과가 있는 것으로 나타났다.

그러나 예측 시에 고전적 AR(1) 모형(준거 모형)을 사용하는 경우 평균 예측오차(RMSE)가 9.14%이지만, 단순회귀모형은 6% 평균 예측오차 증가, 변수 선택의 확률적 탐색 모형은 6% 평균 예측오차 감소, 확률계수모형은 5% 평균 예측오차 증가가 나타났다. 즉 준거 모형에 비해서 변수 선택의 확률적 탐색 모형만이 우수한 예측 정확도를 보이는 것으로 나타났다.

종합하면, 베이지안 접근법 중에서 변수 선택의 확률적 탐색 모형을 사용하는 것이 전체적으로 가장 바람직한 것으로 이해된다.

〈표 5-2〉 표본 외 예측 시 RMSE

| 항로 | 표준편차 | AR(1) | 베이지안 단순회귀 | 변수 선택의 확률적 탐색 모형 | 확률계수 모형 |
|----------|-------|-------|--------------|------------------------|------------|
| 평균 | 14.87 | 9.14 | 9.65 | 8.55 | 9.64 |
| 1위 개수 | 3 | 25 | 20 | 36 | 16 |
| 한국-대만 | 8.27 | 7.48 | 7.91 | 7.29 | 7.77 |
| 한국-독일 | 19.21 | 10.58 | 8.58 | 9.57 | 10.24 |
| 한국-말레이시아 | 15.44 | 6.87 | 9.17 | 7.51 | 8.55 |
| 한국-미국 | 10.58 | 5.00 | 14.63 | 9.04 | 11.70 |
| 한국-베트남 | 7.63 | 3.75 | 7.18 | 10.94 | 5.99 |
| 한국-싱가포르 | 17.52 | 14.54 | 5.31 | 7.13 | 7.29 |
| 한국-인도네시아 | 22.99 | 13.23 | 12.45 | 12.48 | 12.90 |
| 한국-일본 | 12.07 | 6.04 | 10.51 | 6.81 | 9.70 |
| 한국-중국 | 3.59 | 3.38 | 3.17 | 2.41 | 3.01 |
| 한국-태국 | 11.60 | 11.22 | 5.63 | 4.75 | 6.96 |
| 한국-필리핀 | 14.20 | 7.59 | 6.54 | 6.80 | 7.11 |
| 한국-홍콩 | 9.82 | 5.00 | 5.27 | 5.00 | 4.72 |
| 중국-대만 | 8.40 | 4.58 | 4.28 | 3.67 | 5.16 |
| 중국-독일 | 9.74 | 7.34 | 6.40 | 4.86 | 7.32 |
| 중국-말레이시아 | 27.47 | 10.58 | 20.80 | 17.94 | 19.81 |
| 중국-미국 | 4.33 | 2.62 | 6.62 | 4.18 | 4.42 |
| 중국-베트남 | 11.21 | 7.58 | 1.19 | 10.16 | 10.86 |
| 중국-싱가포르 | 18.74 | 15.34 | 10.68 | 8.76 | 13.96 |
| 중국-인도네시아 | 11.84 | 12.55 | 7.57 | 5.50 | 9.67 |
| 중국-일본 | 7.21 | 5.45 | 8.61 | 5.50 | 6.18 |
| 중국-태국 | 13.42 | 13.05 | 8.13 | 5.82 | 6.97 |
| 중국-필리핀 | 37.05 | 17.86 | 19.98 | 21.11 | 17.27 |
| 중국-한국 | 6.15 | 4.35 | 5.69 | 3.70 | 4.91 |
| 중국-홍콩 | 14.60 | 5.60 | 7.07 | 3.70 | 7.73 |
| 일본-대만 | 6.15 | 2.88 | 5.84 | 4.42 | 5.51 |
| 일본-독일 | 7.80 | 5.95 | 4.02 | 1.52 | 5.64 |
| 일본-말레이시아 | 8.46 | 6.46 | 8.82 | 4.16 | 5.22 |

| 항로 | 표준편차 | AR(1) | 베이지안 단순회귀 | 변수 선택의 확률적 탐색 모형 | 확률계수 모형 |
|----------|-------|-------|--------------|------------------------|------------|
| 일본-미국 | 10.26 | 4.92 | 8.31 | 7.09 | 8.69 |
| 일본-베트남 | 8.36 | 5.52 | 4.86 | 4.41 | 4.29 |
| 일본-싱가포르 | 9.06 | 3.90 | 6.70 | 4.41 | 8.03 |
| 일본-인도네시아 | 12.33 | 12.95 | 10.30 | 6.10 | 8.13 |
| 일본-중국 | 7.89 | 5.83 | 12.16 | 5.59 | 3.73 |
| 일본-태국 | 7.07 | 9.70 | 8.31 | 6.31 | 9.23 |
| 일본-필리핀 | 13.94 | 10.26 | 6.36 | 7.26 | 6.84 |
| 일본-한국 | 6.18 | 3.95 | 9.83 | 9.51 | 7.52 |
| 일본-홍콩 | 10.34 | 6.63 | 3.23 | 3.12 | 4.49 |
| 베트남-독일 | 14.16 | 6.64 | 6.57 | 6.57 | 8.02 |
| 베트남-미국 | 3.36 | 5.87 | 13.13 | 4.27 | 7.55 |
| 베트남-일본 | 11.20 | 5.37 | 5.74 | 7.91 | 4.41 |
| 베트남-중국 | 14.34 | 10.13 | 9.28 | 6.11 | 9.59 |
| 베트남-한국 | 19.47 | 7.24 | 15.88 | 15.22 | 14.56 |
| 대만-독일 | 17.09 | 8.18 | 3.57 | 5.27 | 5.33 |
| 대만-미국 | 5.41 | 5.58 | 4.05 | 2.49 | 2.72 |
| 대만-일본 | 7.45 | 3.47 | 2.60 | 1.75 | 1.86 |
| 대만-중국 | 7.90 | 4.69 | 5.56 | 4.08 | 2.91 |
| 대만-한국 | 9.23 | 4.20 | 4.31 | 4.45 | 4.54 |
| 홍콩-독일 | 6.32 | 6.39 | 12.66 | 8.97 | 12.25 |
| 홍콩-미국 | 6.90 | 14.49 | 12.83 | 4.69 | 8.52 |
| 홍콩-일본 | 55.35 | 30.91 | 19.95 | 27.79 | 18.41 |
| 홍콩-중국 | 8.98 | 7.36 | 7.77 | 4.10 | 4.99 |
| 홍콩-한국 | 19.91 | 14.05 | 12.26 | 12.27 | 11.75 |
| 인도네시아-독일 | 14.71 | 10.22 | 8.07 | 6.89 | 8.62 |
| 인도네시아-미국 | 18.10 | 7.63 | 8.36 | 7.71 | 8.63 |
| 인도네시아-일본 | 16.09 | 9.39 | 7.87 | 7.53 | 9.53 |
| 인도네시아-중국 | 25.68 | 13.13 | 12.81 | 12.92 | 12.05 |
| 인도네시아-한국 | 20.41 | 11.71 | 10.71 | 11.15 | 12.38 |
| 말레이시아-독일 | 6.07 | 5.11 | 17.43 | 12.90 | 13.96 |
| 말레이시아-미국 | 12.15 | 6.42 | 6.94 | 6.04 | 6.06 |

| 항로 | 표준편차 | AR(1) | 베이지안 단순회귀 | 변수 선택의 확률적 탐색 모형 | 확률계수 모형 |
|----------|-------|-------|--------------|------------------------|------------|
| 말레이시아-일본 | 21.88 | 9.98 | 6.94 | 11.86 | 26.18 |
| 말레이시아-중국 | 19.36 | 10.42 | 13.03 | 9.74 | 11.44 |
| 말레이시아-한국 | 11.99 | 5.64 | 7.25 | 10.93 | 13.53 |
| 필리핀-독일 | 24.22 | 12.61 | 14.37 | 12.77 | 22.51 |
| 필리핀-미국 | 4.48 | 2.88 | 4.58 | 4.42 | 3.99 |
| 필리핀-일본 | 23.84 | 11.46 | 10.56 | 10.38 | 9.70 |
| 필리핀-중국 | 29.57 | 15.60 | 13.70 | 14.65 | 15.06 |
| 필리핀-한국 | 26.38 | 12.43 | 10.75 | 12.46 | 12.02 |
| 싱가포르-독일 | 17.38 | 7.77 | 11.48 | 10.90 | 11.92 |
| 싱가포르-미국 | 15.20 | 11.25 | 10.39 | 8.60 | 9.28 |
| 싱가포르-일본 | 7.03 | 5.48 | 5.62 | 5.69 | 5.24 |
| 싱가포르-중국 | 7.21 | 4.12 | 6.93 | 5.20 | 5.24 |
| 싱가포르-한국 | 10.71 | 14.31 | 10.16 | 9.51 | 11.32 |
| 태국-독일 | 14.85 | 7.19 | 3.62 | 6.84 | 2.48 |
| 태국-미국 | 10.07 | 7.00 | 4.00 | 5.11 | 6.78 |
| 태국-일본 | 4.31 | 5.55 | 8.22 | 4.18 | 4.98 |
| 태국-중국 | 14.97 | 8.47 | 17.08 | 14.23 | 15.02 |
| 태국-한국 | 6.64 | 11.62 | 10.75 | 10.05 | 9.39 |
| 독일-대만 | 15.37 | 7.73 | 5.44 | 6.17 | 5.14 |
| 독일-말레이시아 | 5.55 | 14.06 | 12.29 | 9.51 | 9.05 |
| 독일-미국 | 12.66 | 6.57 | 3.90 | 4.46 | 3.92 |
| 독일-베트남 | 29.04 | 13.41 | 13.00 | 14.69 | 19.36 |
| 독일-싱가포르 | 48.12 | 23.06 | 21.49 | 22.38 | 21.88 |
| 독일-인도네시아 | 15.50 | 10.21 | 11.18 | 9.96 | 11.01 |
| 독일-일본 | 11.48 | 7.46 | 10.66 | 7.86 | 14.78 |
| 독일-중국 | 9.16 | 9.13 | 10.66 | 6.41 | 6.41 |
| 독일-태국 | 14.76 | 13.23 | 11.68 | 10.23 | 10.64 |
| 독일-필리핀 | 13.26 | 8.34 | 11.23 | 7.16 | 12.20 |
| 독일-한국 | 11.52 | 6.09 | 3.81 | 4.72 | 4.08 |
| 독일-홍콩 | 16.54 | 9.64 | 9.34 | 8.37 | 8.97 |
| 미국-대만 | 10.94 | 6.51 | 5.41 | 4.11 | 9.40 |

| 항로 | 표준편차 | AR(1) | 베이지안 단순회귀 | 변수 선택의 확률적 탐색 모형 | 확률계수 모형 |
|----------|-------|-------|--------------|------------------------|------------|
| 미국-독일 | 20.91 | 11.86 | 9.77 | 8.50 | 12.05 |
| 미국-말레이시아 | 13.00 | 6.38 | 15.51 | 12.78 | 14.48 |
| 미국-베트남 | 24.70 | 13.35 | 13.88 | 13.02 | 17.90 |
| 미국-싱가포르 | 20.23 | 9.78 | 4.20 | 5.90 | 6.44 |
| 미국-인도네시아 | 22.62 | 13.01 | 13.01 | 10.18 | 10.60 |
| 미국-일본 | 33.32 | 16.58 | 19.33 | 17.56 | 16.10 |
| 미국-중국 | 8.18 | 6.05 | 23.90 | 16.43 | 15.02 |
| 미국-태국 | 31.71 | 16.44 | 14.71 | 15.02 | 15.82 |
| 미국-필리핀 | 29.88 | 13.39 | 21.12 | 19.71 | 22.10 |
| 미국-한국 | 23.41 | 15.60 | 10.00 | 10.31 | 10.44 |
| 미국-홍콩 | 23.99 | 13.22 | 19.77 | 12.20 | 14.27 |

제 6 장

결론

제1절 연구의 요약

본 연구는 국가 간 컨테이너 항로의 물동량을 전망하는 예측모형을 제시하고자 기획되었다. 이를 위해 총 13개 국가의 100개 항로를 대상으로 컨테이너 물동량, GDP, 수출액, 이자율, 환율 등의 자료를 2000년부터 2017년까지 총 18개 관측치를 확보했다. 각 항로별로 18개의 시계열 자료가 소표본이기 때문에, 소표본 상황에서 일관된 통계적 추론을 할 수 있는 베이지안 방법론을 사용했다.

크게 세 가지의 베이지안 모형을 활용했다. 즉 i) 단순 선형 회귀모형, ii) 변수 선택을 위한 확률적 탐색모형, iii) 확률계수모형 등을 이용했다. 여기에서 사용된 선형 회귀식은 국제 무역의 분석에 광범위하게 사용되는 중력 모형을 이용해 도출했다. 이론적으로 국가 i 에서 국가 j 로 수출하는 컨테이너 해상물동량은 수입국의 GDP(+), 국가 i 의 국가 j 에 대한 수출액(+), 수입국의 이자율(-), i - j 간의 환율(+)의 영향을 받을 것으로 기대된다.

본 연구는 기존의 고전적 방법론을 대신하여 베이지안 방법론을 적용한 첫 번째 사례로 평가할 수 있다. 따라서 고전적 접근법과 베이지안 접근법의 차이점과 상보성을 설명하기 위해 많은 지면을 할애했다. 특히 베이지안 방법론이 주어진 자료(data)로부터 우리가 알지 못하는 모수(parameter)에 대해 추론하는 ‘거꾸로 된 확률’ 문제를 푸는 일관된 방법론임을 살펴보았다. 또한 사전적 정보(prior)가 부족하기 때문에 무정보적 사전 분포를 활용하여 트레이닝 표본으로부터 조건부 결레 사전분포를 확보하고, 다시 깃스 샘플링을 통해 완전 조건부 사후분포를 도출하는 것을 상세하게 살펴보았다.

실증분석 결과, i) 단순 선형 회귀모형, ii) 변수 선택을 위한 확률적 탐색 모형, iii) 확률계수모형 모두 비슷한 수준에서 각 항로의 컨테이너 해상물동량의 결정요인에 대한 통계적 정보를 산출했다. 추정된 4개의 계수 중에서 이론적으로 기대되는 부호를 적어도 2개 이상 보인 경우가 100개 항로 중 80% 이상을 차지하는 것으로 나타났다. 이는 컨테이너 해상물동량의 전망에 있어 앞서 언급한 GDP, 수출액, 이자율, 환율 등이 유용하게 활용될 수 있음을 시사하는 것이다.

이 같은 베이지안 모형을 이용해 표본 내 예측 정확도를 평가해 보면, 단순 예측에 비해서는 약 50% 수준으로 예측 오차가 감소하는 것으로 나타났다. 준거 모형인 고전적 AR(1) 모형에 대해서도 약 10% 내외로 예측 오차를 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 또한 설명요인이 정확하게 주어진다는 가정하에 실시된 표본 외 예측 정확도 평가에서도 단순 예측에 비해 약 40% 내외의 예측 오차 감소가 나타났다. 다만 고전적 AR(1) 모형에 대해서는 변수 선택의 확률적 탐색 방법만이 6% 정도 예측 오차를 줄일 수 있는 것으로 평가된다.

이 같은 실증분석 결과를 기초로 하여, 선사, 화주, 금융권, 정부 등의 관련 경제주체들은 각 항로별 컨테이너 물동량을 결정요인인 GDP, 수출액, 이자율, 환율 등을 이용해 전망할 수 있을 것으로 기대된다. 예를 들어, GDP 성장 전망이 컨테이너 물동량에 얼마만큼 영향을 미칠지를 계산해 볼 수 있는 실증적 기반을 마련할 수 있을 것이다.

제2절 연구결과의 활용 방안

연구결과는 크게 두 가지 방향에서 활용방안을 찾을 수 있다.

첫째, 한국해양수산개발원 등의 연구기관에서 본 보고서에서 제시된 방법론을 기초로 매년 말 또는 초에 각 항로별 물동량 전망치를 업계 관계자에게 제공할 수 있을 것이다. 보고서의 부록에서 수록한 바와 같이, 대상 항로별로 각 거시경제적 요인의 영향력을 가늠할 수 있는 계수(coefficient)에 대한 정보를 제공하고, 아울러 전망치의 결정요인까지 제시하면서 미래 물동량 전망을 제시할 수 있을 것이다. 이를 통해 업계 관계자는 선대 계획, 운송 계획 등의 업무를 개선할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 예를 들어, 보호무역주의 확대와 같은 비계량적 정책 요인이 발생하면, 이들 변화가 거시경제적 요인에 미치는 영향을 파악하여, 본 보고서에서 제시한 모형에 이를 적용하면 이 같은 비계량적 정책 요인이 컨테이너 해상물동량에 미치는 영향을 파악할 수 있을 것이다.

둘째, 본 보고서의 제3장에 담고 있는 베이지안 방법론 소개 내용

은 우리나라 해운항만 산업계에는 거의 알려지지 않은 것인바, 소표본 상황에서 일관된 확률적 또는 통계적 추론이 가능한 베이지안을 소개했다는 점에서 큰 활용 가치가 있을 것으로 기대된다. 해운항만 산업계에는 연간, 월간, 주간, 일일 단위의 많은 자료(data)가 존재한다. 특히 그중에 연간, 월간 단위의 분석에 있어 소표본 문제로 인해 많은 계량경제학적 분석이 적용되는 데 곤란을 겪어 왔다. 제3장의 내용을 기반으로 소표본 상황에서도 다양한 계량경제학적 분석이 가능해질 뿐 아니라, 대학원생 또는 학부생의 활발한 베이지안 적용 연구가 이어질 수 있을 것으로 기대된다.

특히 베이지안은 사전적 정보(prior information)를 자료에 의해 업데이트(update)하는 방법론을 일관되게 활용할 수 있는 장점이 있다. 본 연구의 변수 선택의 확률적 탐색 방법과 같이, 다양한 베이지안 모형을 통해 연구대상인 경제 구조에 대한 세밀한 실증 분석이 가능할 것으로 기대된다.

제3절 연구의 한계와 향후 연구과제

본 연구는 컨테이너 해상물동량의 예측 모형을 구축하는 데 목적이 있다. 이를 위해 소표본 상황에서 활용할 수 있는 베이지안 방법론을 제시했다. 부분적으로 본 연구에서 제안한 모형이 기존의 방법론에 비해 우수한 예측 정확도를 보였음에도 불구하고, 다양한 측면에서 향후 보완되어야 하는 문제점이 나타났다. 이를 네 가지 측면에서 정리하면 다음과 같다.

첫째, 컨테이너 물동량 예측모형으로서 완결성을 가지기 위해서는

설명요인으로 사용한 거시 경제변수에 대한 모형화가 필요하다. 이러한 거시 경제변수의 예측을 위해 VAR, DSGE 모형과 같은 계량경제 모형을 활용할 수 있을 것이다. 그러나 글로벌 차원에서 이러한 모형을 구축하는 것 자체가 매우 방대한 노력을 요구한다. 따라서 IMF 등의 국제기구가 제시하는 자료를 활용하는 것이 현실적인 대안이 될 수 있을 것이다.

둘째, 모형에서 사용하는 결정요인, 즉 설명변수를 확장하는 것이 필요하다. 우선적으로 본 연구에서 다루지 못한 다른 국가 간의 향로에 대해 결정요인 분석과 예측 정확도 평가가 이루어질 필요가 있다. 또한 본 연구에서 제시한 거시경제적 요인 이외에 미시 경제적 요인, 예들 들어 품목별 수출입 규모(거래액 또는 물동량) 등의 설명 변수를 추가로 고려하는 것을 검토할 필요가 있다.

셋째, 본 연구를 통해 거시적 요인이 물동량에 미치는 효과가 각 향로별로 상이하게 나타나는 것을 관찰할 수 있었다. 왜 어떤 향로에서는 이러한 효과가 이론에서 예측되는 것과 같은 방향에서 관측되고, 다른 향로에서는 서로 상이한 결과가 나타나는지를 본 연구에서 다루지 못하고 있다. 이러한 실증분석의 차이는 향후 연구에서 해답을 찾아야 하는 문제 상황을 제시한다고 이해된다. 보다 미시적인 구조분석을 통해 이와 같은 차이점을 설명할 수 있을 것으로 기대된다.

넷째, 본 연구에서 다룬 확률계수모형은 시간에 따라 변화하는 계수의 동태적 움직임을 반영할 수 있는 방법이 없었다. 따라서 향후 연구에서는 이와 같은 시변 계수(time-varying coefficient)의 움직임을 보다 체계적으로 이해할 수 있는 방향에서 연구가 이루어질 필요가 있다.

참고문헌

〈국내 문헌〉

강규호, 「베이지안 계량경제학」, 2016.

김창범, 「개입 승법 계절 ARIMA와 인공신경망 모형을 이용한 해상운송 물동량의 예측」, 『한국항만경제학회지』, 제31집, 제1호, 2015.

여기태·정현재, 「SD 기법에 의한 한중일 환적물동량 변화량 추정에 관한 연구」, 『한국항만경제학회지』, 제27집, 제4호, 2011. 12, 165-185.

이병철·김윤배, 「동북아시아 환적물동량 예측모델 연구」, 『대한산업공학회지』, 제37권, 제4호, 2011. 12, 297-303.

차머스, A. F., 『과학이란 무엇인가?』(신중섭·이상원 옮김), 서광사, 2003.

항만수요예측센터, 「2017 품목별 항만물동량 예측보고서」, 2017.

〈국외 문헌〉

Balestra, P., "Introduction to Linear Models for Panel Data", in Matyas, L. and P. Sevestre eds., *The Econometrics of Panel Data: A Handbook of the Theory with Applications*, 1996.

Berger, J. O., *Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis*, 1985.

Bergstrand, J. H., P. Egger, and M. Larch, "Gravity Redux: Estimation of Gravity-Equation Coefficients, Elasticities of Substitution, and General Equilibrium Comparative Statics under Asymmetric Bilateral Trade Costs", *Journal of International Economics*, 89, 2010, pp.110-121.

Brocker, J., A. Korzhenevych, and M.-C. Riekhof, "Predicting Freight Flows in a Globalising World", *Research in Transportation Economics*, 31, 2011, pp. 37-44.

Casella, G. and E. George, "Explaining the Gibbs Sampler", *The American Statistician*, Vol. 46, No. 3, 1992, pp.167-174.

Chen, Shih-Huang and Jun-Nan Chen, "Forecasting container throughputs at por

- ts using genetic programming”, *Expert Systems with Applications*, 37, 2010, 2054-2058.
- Chou, C.-C., C.-W. Chu and G.-S. Liang, “A Modified Regression Model for Forecasting the Volumes of Taiwan’s Import Containers”, *Mathematical and Computer Modelling*, 47, 2008, pp.797-807.
- Coto-Millan, P., J. Banos-Pino, and J. V. Castro, “Determinants of the Demand for Maritime Imports and Exports”, *Transportation Research Part E*, 41, 2005, pp.357-372.
- George, E. I. and R. E. McCulloch, “Variable Selection Via Gibbs Sampling”, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 88, No. 423, 1993, pp.881-889.
- _____, “Variable Selection Via Gibbs Sampling”, *Statistica Sinica*, 1997, pp.339-373.
- German, S. and D. German, “Stochastic Relaxation, Gibbs Distributions and the Bayesian Restoration of Images”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1984, pp.721-741
- Greenberg, E., *Introduction to Bayesian Econometrics*, 2013.
- Hall, S. G., L. R. Klein, G. S. Tavlás, and A. Zellner, “Introduction: P.A.V.B. Swamy’s Contribution to Econometrics”, *Economic Modelling*, 27, 2010, pp.1338-1344.
- Hsiao, Cheng and M. H. Pesaran, “Chapter 6. Random Coefficient Models”, in Matyas, L and P. Sevestre eds., *The Econometrics of Panel Data*, 2008, pp.185-213.
- Hwang, Anqiang, K. K. Lai, H. Qiao, S. Wang, and Z. Zhang, “An interval knowledge based forecasting paradigm for container throughput prediction”, *Procedia Computer Science*, Vol. 55, 2015.
- Judge, G. G., R. C. Hill, W. E. Griffiths, H. Lutkepohl, and T. Lee, *Introduction to the Theory and Practice of Econometrics*, 1988.
- Kepapsoglou, K., M. G. Karlaftis, and D. Tsambooulas, “The Gravity Model Specifi

- cation for Modeling International Trade Flows and Free Trade Agreement Effect: A 10-Year Review of Empirical Studies", *The Open Economics Journal*, 3, 2010, pp.1-13.
- Kim, C. and C. R. Nelson, *State-Space Models with Regime Switching*, 1999.
- Koop, G., *Bayesian Econometrics*, 2003.
- Koop, G., D. J. Poirier, and J. L. Tobias, *Bayesian Econometric Methods*, 2007.
- Kim, A-Rom and Jing Lu, "A Study on Estimating Container Throughput in Korean Ports using Time Series Data", *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 40, No.2, April 2016, pp. 57-65.
- Mo, Lili, L. Xie, X. Jiang, G. Teng, L. Xu, and J. Xiao, "GMDH-based hybrid model for container throughput forecasting: Selective combination forecasting in nonlinear subseries", *Applied Soft Computing*, Vol. 62, 2018.
- Panchoe, Bryan Vishay, "Assessing forecasted container throughput demand on optimal terminal design: a case study of the Port of Busan", Master Thesis, ERASMUS University Rotterdam, August 2015.
- Peng Wen-Yi and Ching-Wu Chu, "A comparison of univariate methods for forecasting container throughput volumes", *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 50, 2009, pp. 1045-1057.
- Schulze, Peter M. and Alexander Prinz, "Forecasting container transshipment in Germany", *Applied Economy*, Vol.41, No.22, 2009, pp. 2809-2815.
- Shibasaki, R. and T. Watanabe, "Future Forecast of Trade Amount and International Cargo Flow in the APEC Region: An Application of Trade-Logistics Forecasting Model", *Asian Transport Studies*, Vol. 2, Issue 2, 2012, pp.194-208.
- Sou, W. S. and G. P. Ong, "Forecasting Global Maritime Container Demand with Integrated Trade-Transportation Modeling Framework", *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, 2016, pp.64-77.
- Swamy, P. A. V. B., R. K. Conway, and M. R. LeBlanc, "The Stochastic Coefficients Approach to Econometric Modeling Part I : A Critique of Fixed Coefficients Models", *The Journal of Agricultural Economics Research*, Vol. 40, No.

2, 1988, pp.2-10.

Swamy, P. A. V. B. and J. S. Mehta, "Bayesian and Non-Bayesian Analysis of Switching Regressions and of Random Coefficient Regression Models", *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 70, No. 351, 1975, pp.593-602.

_____, "Estimation of Linear Models with Time and Cross-Sectionally Varying Coefficients", *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 72, No. 360, 1977, pp.890-898.

Swamy, P. A. V. B. and G. S. Tavlas, "Random Coefficient Models: Theory and Applications", *Journal of Economic Surveys*, Vol. 9, No. 2, 1995, pp.165-196.

Tanner, M. A., *Tools for Statistical Inference*, 1991.

Veenstra, A. W. and H. E. Haralambides, "Multivariate Autoregressive Models for Forecasting Seaborne Trade Flows", *Transportation Research Part E*, 37, 2001, pp.311-319.

Wang, Ying, Chien-Chang Chou and Gi-Tae Yeo, "Application and Improvement of a System Dynamics Model to Forecast the Volume of Containers", *Journal of Applied Science and Engineering*, Vol. 16, No. 2, 2013, pp. 187-196.

Zellner, A., *An Introduction to Bayesian Inference in Econometrics*, 1971.

〈인터넷 자료〉

인터넷 두산백과(검색일: 2018. 6. 6).

<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1155366&cid=40942&categoryId=32214>

부록

부록 1. 베이지안 단순회귀 및 고전적 OLS 추정 결과

〈표 부록 1-1〉 한국-대만의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | 추정치 | OLS | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.71 | 0.60 | 2.86 | 1.64 | 0.60 | 2.74 |
| 수출 | 0.41 | 0.15 | 2.66 | 0.41 | 0.16 | 2.61 |
| 이자율 | -2.83 | 1.60 | -1.76 | -2.73 | 1.67 | -1.63 |
| 환율 | 0.48 | 0.53 | 0.91 | 0.43 | 0.52 | 0.83 |

〈표 부록 1-2〉 한국-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | 추정치 | OLS | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.31 | 0.84 | 1.56 | 1.56 | 0.94 | 1.66 |
| 수출 | 0.18 | 0.09 | 1.88 | 0.17 | 0.11 | 1.56 |
| 이자율 | -0.59 | 0.85 | -0.70 | -0.65 | 1.04 | -0.63 |
| 환율 | 0.45 | 0.23 | 1.93 | 0.40 | 0.28 | 1.45 |

〈표 부록 1-3〉 한국-말레이시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | 추정치 | OLS | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -0.59 | 1.21 | -0.49 | -0.56 | 1.09 | -0.52 |
| 수출 | 0.27 | 0.09 | 2.85 | 0.27 | 0.08 | 3.20 |
| 이자율 | 2.79 | 2.13 | 1.31 | 2.73 | 1.92 | 1.42 |
| 환율 | -0.51 | 0.39 | -1.32 | -0.51 | 0.35 | -1.45 |

〈표 부록 1-4〉 한국-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | 추정치 | OLS | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.00 | 1.68 | 1.19 | 2.23 | 1.59 | 1.40 |
| 수출 | 0.19 | 0.14 | 1.33 | 0.18 | 0.14 | 1.26 |
| 이자율 | -1.35 | 1.32 | -1.02 | -1.47 | 1.28 | -1.15 |
| 환율 | 0.58 | 0.33 | 1.77 | 0.54 | 0.31 | 1.74 |

〈표 부록 1-5〉 한국-베트남의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | 추정치 | OLS | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -0.28 | 0.69 | -0.40 | -0.30 | 0.62 | -0.48 |
| 수출 | 0.51 | 0.10 | 4.97 | 0.51 | 0.10 | 4.94 |
| 이자율 | 0.31 | 0.54 | 0.57 | 0.32 | 0.50 | 0.63 |
| 환율 | 0.24 | 0.57 | 0.43 | 0.24 | 0.58 | 0.41 |

〈표 부록 1-6〉 한국-싱가포르의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -1.15 | 0.58 | -1.97 | -1.14 | 0.49 | -2.32 |
| 수출 | 0.30 | 0.21 | 1.44 | 0.27 | 0.17 | 1.54 |
| 이자율 | 1.39 | 2.13 | 0.65 | 1.41 | 1.69 | 0.84 |
| 환율 | -1.44 | 0.62 | -2.34 | -1.50 | 0.53 | -2.84 |

〈표 부록 1-7〉 한국-인도네시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.78 | 0.93 | 0.83 | 0.88 | 0.95 | 0.93 |
| 수출 | -0.03 | 0.16 | -0.16 | -0.01 | 0.16 | -0.04 |
| 이자율 | 0.10 | 0.60 | 0.17 | 0.04 | 0.64 | 0.06 |
| 환율 | -0.40 | 0.26 | -1.54 | -0.44 | 0.27 | -1.59 |

〈표 부록 1-8〉 한국-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|-------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 3.24 | 1.13 | 2.87 | 1.38 | 1.36 | 1.01 |
| 수출 | 0.20 | 0.21 | 0.97 | 0.32 | 0.25 | 1.29 |
| 이자율 | -12.57 | 7.30 | -1.72 | -6.79 | 12.49 | -0.54 |
| 환율 | -0.53 | 0.24 | -2.19 | -0.18 | 0.36 | -0.50 |

〈표 부록 1-9〉 한국-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.58 | 0.75 | 0.77 | 0.55 | 0.62 | 0.88 |
| 수출 | 0.44 | 0.14 | 3.17 | 0.46 | 0.11 | 4.19 |
| 이자율 | -1.61 | 2.67 | -0.60 | -1.63 | 2.26 | -0.72 |
| 환율 | -0.47 | 0.22 | -2.11 | -0.49 | 0.17 | -2.89 |

〈표 부록 1-10〉 한국-태국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.13 | 0.65 | 1.75 | 1.13 | 0.65 | 1.73 |
| 수출 | 0.41 | 0.12 | 3.51 | 0.41 | 0.12 | 3.38 |
| 이자율 | -0.61 | 0.97 | -0.63 | -0.53 | 1.00 | -0.53 |
| 환율 | 0.07 | 0.32 | 0.21 | 0.08 | 0.33 | 0.23 |

〈표 부록 1-11〉 한국-필리핀의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.35 | 0.89 | 0.39 | 0.34 | 0.80 | 0.43 |
| 수출 | 0.16 | 0.16 | 1.01 | 0.16 | 0.15 | 1.12 |
| 이자율 | 0.44 | 0.86 | 0.51 | 0.40 | 0.76 | 0.52 |
| 환율 | -0.23 | 0.51 | -0.46 | -0.19 | 0.45 | -0.43 |

〈표 부록 1-12〉 한국-홍콩의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -0.42 | 0.51 | -0.82 | -0.35 | 0.44 | -0.78 |
| 수출 | 0.03 | 0.11 | 0.25 | 0.03 | 0.09 | 0.32 |
| 이자율 | -1.37 | 1.30 | -1.05 | -1.53 | 1.09 | -1.40 |
| 환율 | 7.42 | 7.58 | 0.98 | 6.65 | 6.69 | 0.99 |

〈표 부록 1-13〉 중국-대만의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.34 | 0.61 | 2.19 | 1.35 | 0.56 | 2.39 |
| 수출 | 0.13 | 0.08 | 1.57 | 0.13 | 0.08 | 1.71 |
| 이자율 | 0.76 | 1.89 | 0.40 | 0.78 | 1.73 | 0.45 |
| 환율 | -0.18 | 0.60 | -0.31 | -0.20 | 0.55 | -0.36 |

〈표 부록 1-14〉 중국-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.32 | 0.88 | 0.36 | 0.30 | 0.80 | 0.38 |
| 수출 | 0.76 | 0.21 | 3.55 | 0.77 | 0.19 | 4.03 |
| 이자율 | 0.09 | 1.74 | 0.05 | 0.07 | 1.56 | 0.05 |
| 환율 | -0.36 | 0.74 | -0.48 | -0.42 | 0.67 | -0.63 |

〈표 부록 1-15〉 중국-말레이시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -0.76 | 4.99 | -0.15 | -1.05 | 3.90 | -0.27 |
| 수출 | 0.56 | 0.63 | 0.89 | 0.57 | 0.50 | 1.15 |
| 이자율 | 2.83 | 8.19 | 0.35 | 3.39 | 6.28 | 0.54 |
| 환율 | -0.10 | 1.40 | -0.07 | -0.23 | 1.19 | -0.20 |

〈표 부록 1-16〉 중국-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.41 | 0.82 | 2.92 | 2.15 | 0.79 | 2.73 |
| 수출 | 0.46 | 0.13 | 3.55 | 0.49 | 0.15 | 3.34 |
| 이자율 | -0.37 | 0.63 | -0.59 | -0.35 | 0.74 | -0.47 |
| 환율 | -0.60 | 0.34 | -1.74 | -0.57 | 0.37 | -1.52 |

〈표 부록 1-17〉 중국-베트남의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 4.41 | 0.69 | 6.36 | 3.96 | 0.84 | 4.74 |
| 수출 | 0.10 | 0.07 | 1.40 | 0.11 | 0.10 | 1.09 |
| 이자율 | -1.37 | 0.57 | -2.39 | -1.13 | 0.72 | -1.56 |
| 환율 | 0.26 | 0.65 | 0.40 | -0.06 | 0.84 | -0.07 |

〈표 부록 1-18〉 중국-싱가포르의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.76 | 0.99 | 0.77 | 0.70 | 0.88 | 0.80 |
| 수출 | 0.35 | 0.18 | 1.93 | 0.36 | 0.16 | 2.23 |
| 이자율 | 1.66 | 3.40 | 0.49 | 1.88 | 3.02 | 0.62 |
| 환율 | -0.88 | 1.01 | -0.87 | -0.88 | 0.93 | -0.96 |

〈표 부록 1-19〉 중국-인도네시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -0.23 | 1.78 | -0.13 | -0.28 | 1.44 | -0.19 |
| 수출 | 0.64 | 0.32 | 2.03 | 0.65 | 0.25 | 2.60 |
| 이자율 | 0.81 | 0.92 | 0.88 | 0.84 | 0.73 | 1.15 |
| 환율 | -0.09 | 0.39 | -0.23 | -0.06 | 0.31 | -0.19 |

〈표 부록 1-20〉 중국-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.71 | 0.74 | 0.96 | 0.78 | 0.79 | 0.99 |
| 수출 | 0.37 | 0.11 | 3.30 | 0.37 | 0.12 | 3.06 |
| 이자율 | -3.36 | 6.92 | -0.49 | -2.98 | 7.26 | -0.41 |
| 환율 | -0.18 | 0.14 | -1.29 | -0.16 | 0.14 | -1.17 |

〈표 부록 1-21〉 중국-태국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.18 | 1.08 | 1.09 | 1.19 | 1.00 | 1.19 |
| 수출 | 0.52 | 0.18 | 2.89 | 0.52 | 0.18 | 2.97 |
| 이자율 | -0.16 | 1.45 | -0.11 | -0.20 | 1.39 | -0.14 |
| 환율 | -0.18 | 0.49 | -0.37 | -0.19 | 0.48 | -0.39 |

〈표 부록 1-22〉 중국-필리핀의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|------|------|------|------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.39 | 0.97 | 0.41 | 0.32 | 1.00 | 0.32 |
| 수출 | 0.48 | 0.13 | 3.56 | 0.48 | 0.16 | 3.07 |
| 이자율 | 1.22 | 0.85 | 1.42 | 1.25 | 0.90 | 1.39 |
| 환율 | 0.01 | 0.43 | 0.03 | 0.02 | 0.48 | 0.04 |

〈표 부록 1-23〉 중국-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.98 | 1.33 | 1.49 | 2.01 | 1.26 | 1.60 |
| 수출 | 0.43 | 0.19 | 2.26 | 0.43 | 0.18 | 2.36 |
| 이자율 | -0.51 | 1.57 | -0.33 | -0.48 | 1.50 | -0.32 |
| 환율 | -0.02 | 0.29 | -0.07 | -0.02 | 0.28 | -0.07 |

〈표 부록 1-24〉 중국-홍콩의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|-------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -0.74 | 0.89 | -0.83 | -0.75 | 0.75 | -1.00 |
| 수출 | 0.66 | 0.38 | 1.74 | 0.67 | 0.32 | 2.08 |
| 이자율 | -0.77 | 2.06 | -0.37 | -0.81 | 1.72 | -0.47 |
| 환율 | 10.39 | 10.66 | 0.97 | 10.88 | 9.04 | 1.20 |

〈표 부록 1-25〉 일본-대만의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|------|------|------|------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.31 | 1.15 | 0.27 | 0.53 | 0.90 | 0.58 |
| 수출 | 0.12 | 0.24 | 0.52 | 0.10 | 0.19 | 0.55 |
| 이자율 | 0.68 | 3.48 | 0.20 | 0.27 | 2.64 | 0.10 |
| 환율 | 0.18 | 0.86 | 0.21 | 0.36 | 0.71 | 0.50 |

〈표 부록 1-26〉 일본-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.57 | 0.65 | 2.41 | 1.55 | 0.70 | 2.21 |
| 수출 | 0.53 | 0.07 | 7.51 | 0.53 | 0.08 | 6.79 |
| 이자율 | -0.37 | 0.66 | -0.56 | -0.33 | 0.74 | -0.45 |
| 환율 | 0.22 | 0.16 | 1.32 | 0.24 | 0.16 | 1.47 |

〈표 부록 1-27〉 일본-말레이시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.97 | 1.67 | 1.18 | 2.09 | 1.37 | 1.52 |
| 수출 | 0.01 | 0.19 | 0.04 | -0.01 | 0.16 | -0.04 |
| 이자율 | -2.52 | 3.03 | -0.83 | -2.68 | 2.50 | -1.07 |
| 환율 | -0.63 | 0.35 | -1.81 | -0.69 | 0.30 | -2.28 |

〈표 부록 1-28〉 일본-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -1.52 | 1.02 | -1.50 | -1.56 | 1.10 | -1.42 |
| 수출 | 1.02 | 0.13 | 8.16 | 1.02 | 0.15 | 6.97 |
| 이자율 | 0.89 | 0.83 | 1.07 | 0.93 | 0.96 | 0.97 |
| 환율 | 0.05 | 0.16 | 0.31 | 0.08 | 0.17 | 0.44 |

〈표 부록 1-29〉 일본-베트남의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.51 | 1.78 | 1.41 | 2.66 | 1.37 | 1.95 |
| 수출 | 0.26 | 0.36 | 0.73 | 0.26 | 0.26 | 0.98 |
| 이자율 | -1.48 | 1.53 | -0.97 | -1.62 | 1.20 | -1.35 |
| 환율 | 1.03 | 1.93 | 0.53 | 1.20 | 1.46 | 0.82 |

〈표 부록 1-30〉 일본-싱가포르의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -1.17 | 0.65 | -1.81 | -0.77 | 0.66 | -1.16 |
| 수출 | 0.51 | 0.15 | 3.37 | 0.41 | 0.15 | 2.66 |
| 이자율 | 6.08 | 2.49 | 2.44 | 4.63 | 2.65 | 1.74 |
| 환율 | -0.63 | 0.56 | -1.12 | -0.49 | 0.61 | -0.81 |

〈표 부록 1-31〉 일본-인도네시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -0.56 | 1.23 | -0.46 | -0.70 | 1.09 | -0.64 |
| 수출 | 0.77 | 0.20 | 3.79 | 0.82 | 0.17 | 4.73 |
| 이자율 | 1.01 | 0.85 | 1.18 | 1.09 | 0.73 | 1.48 |
| 환율 | -0.14 | 0.36 | -0.38 | -0.07 | 0.31 | -0.22 |

〈표 부록 1-32〉 일본-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.93 | 1.32 | 0.70 | 0.88 | 1.19 | 0.73 |
| 수출 | 0.66 | 0.23 | 2.86 | 0.65 | 0.19 | 3.33 |
| 이자율 | -3.26 | 4.69 | -0.69 | -3.01 | 4.31 | -0.70 |
| 환율 | -0.17 | 0.31 | -0.55 | -0.24 | 0.28 | -0.87 |

〈표 부록 1-33〉 일본-태국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.91 | 1.17 | 1.63 | 1.95 | 1.01 | 1.93 |
| 수출 | 0.49 | 0.22 | 2.23 | 0.51 | 0.18 | 2.75 |
| 이자율 | -1.39 | 2.01 | -0.69 | -1.22 | 1.75 | -0.70 |
| 환율 | 0.42 | 0.60 | 0.70 | 0.52 | 0.52 | 0.99 |

〈표 부록 1-34〉 일본-필리핀의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|------|------|------|------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.20 | 0.95 | 0.21 | 0.27 | 0.81 | 0.34 |
| 수출 | 0.57 | 0.27 | 2.14 | 0.54 | 0.22 | 2.41 |
| 이자율 | 0.72 | 1.03 | 0.70 | 0.68 | 0.85 | 0.80 |
| 환율 | 0.17 | 0.45 | 0.39 | 0.15 | 0.36 | 0.42 |

〈표 부록 1-35〉 일본-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 4.49 | 2.06 | 2.17 | 4.57 | 1.97 | 2.32 |
| 수출 | -0.17 | 0.34 | -0.51 | -0.18 | 0.33 | -0.53 |
| 이자율 | -3.50 | 2.39 | -1.47 | -3.56 | 2.35 | -1.51 |
| 환율 | 0.14 | 0.41 | 0.34 | 0.14 | 0.41 | 0.35 |

〈표 부록 1-36〉 일본-홍콩의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -1.00 | 0.48 | -2.08 | -0.94 | 0.42 | -2.24 |
| 수출 | 0.65 | 0.13 | 5.22 | 0.65 | 0.12 | 5.55 |
| 이자율 | 1.99 | 1.21 | 1.64 | 1.88 | 1.08 | 1.74 |
| 환율 | 8.43 | 6.39 | 1.32 | 8.12 | 5.97 | 1.36 |

〈표 부록 1-37〉 베트남-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|------|------|------|------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.02 | 1.04 | 1.94 | 1.89 | 0.92 | 2.07 |
| 수출 | 0.13 | 0.14 | 0.94 | 0.15 | 0.12 | 1.22 |
| 이자율 | 1.55 | 1.12 | 1.38 | 1.57 | 0.99 | 1.59 |
| 환율 | 0.09 | 0.82 | 0.11 | 0.13 | 0.75 | 0.17 |

〈표 부록 1-38〉 베트남-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|------|------|------|------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 5.85 | 1.28 | 4.58 | 5.67 | 1.36 | 4.17 |
| 수출 | 0.62 | 0.12 | 5.30 | 0.59 | 0.12 | 5.12 |
| 이자율 | 0.41 | 1.32 | 0.31 | 0.57 | 1.44 | 0.40 |
| 환율 | 1.08 | 0.82 | 1.32 | 0.92 | 0.82 | 1.13 |

〈표 부록 1-39〉 베트남-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.78 | 1.18 | 2.36 | 2.68 | 0.95 | 2.82 |
| 수출 | 0.14 | 0.09 | 1.50 | 0.14 | 0.08 | 1.77 |
| 이자율 | 16.80 | 13.82 | 1.22 | 16.11 | 10.76 | 1.50 |
| 환율 | -1.75 | 0.58 | -3.00 | -1.72 | 0.48 | -3.57 |

〈표 부록 1-40〉 베트남-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.11 | 3.78 | 0.29 | 1.27 | 2.94 | 0.43 |
| 수출 | 0.23 | 0.46 | 0.50 | 0.20 | 0.36 | 0.55 |
| 이자율 | -0.22 | 14.44 | -0.02 | -0.62 | 11.59 | -0.05 |
| 환율 | -1.85 | 3.29 | -0.56 | -2.01 | 2.60 | -0.77 |

〈표 부록 1-41〉 베트남-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -4.20 | 2.40 | -1.75 | -4.26 | 2.24 | -1.90 |
| 수출 | 0.04 | 0.09 | 0.38 | 0.04 | 0.09 | 0.41 |
| 이자율 | 6.20 | 2.57 | 2.42 | 6.25 | 2.47 | 2.53 |
| 환율 | -2.07 | 1.25 | -1.66 | -2.08 | 1.20 | -1.73 |

〈표 부록 1-42〉 대만-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.06 | 0.65 | 1.64 | 1.10 | 0.52 | 2.10 |
| 수출 | 0.32 | 0.08 | 3.98 | 0.33 | 0.07 | 4.84 |
| 이자율 | -1.18 | 0.71 | -1.66 | -1.22 | 0.54 | -2.25 |
| 환율 | 0.97 | 0.36 | 2.70 | 0.91 | 0.30 | 3.04 |

〈표 부록 1-43〉 대만-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.58 | 1.04 | 2.48 | 2.75 | 0.91 | 3.01 |
| 수출 | 0.08 | 0.13 | 0.63 | 0.08 | 0.12 | 0.73 |
| 이자율 | -2.40 | 1.02 | -2.36 | -2.46 | 0.85 | -2.90 |
| 환율 | 0.08 | 0.49 | 0.16 | 0.14 | 0.42 | 0.33 |

〈표 부록 1-44〉 대만-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.98 | 0.62 | 1.59 | 1.00 | 0.52 | 1.92 |
| 수출 | 0.05 | 0.08 | 0.58 | 0.05 | 0.07 | 0.68 |
| 이자율 | -8.23 | 6.21 | -1.33 | -8.58 | 5.15 | -1.67 |
| 환율 | 1.00 | 0.28 | 3.57 | 1.00 | 0.24 | 4.09 |

〈표 부록 1-45〉 대만-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -0.05 | 0.80 | -0.06 | -0.07 | 0.72 | -0.10 |
| 수출 | 0.32 | 0.13 | 2.44 | 0.32 | 0.11 | 2.80 |
| 이자율 | -0.49 | 2.80 | -0.18 | -0.41 | 2.58 | -0.16 |
| 환율 | -0.36 | 0.44 | -0.81 | -0.47 | 0.37 | -1.26 |

〈표 부록 1-46〉 대만-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.87 | 0.76 | 1.14 | 0.88 | 0.77 | 1.15 |
| 수출 | 0.08 | 0.08 | 1.07 | 0.08 | 0.08 | 1.09 |
| 이자율 | 0.57 | 0.93 | 0.62 | 0.54 | 0.94 | 0.58 |
| 환율 | -0.37 | 0.37 | -1.02 | -0.37 | 0.35 | -1.04 |

〈표 부록 1-47〉 홍콩-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -0.13 | 1.47 | -0.09 | -0.19 | 1.56 | -0.12 |
| 수출 | 0.52 | 0.21 | 2.47 | 0.47 | 0.22 | 2.17 |
| 이자율 | -0.13 | 1.08 | -0.12 | -0.11 | 1.20 | -0.09 |
| 환율 | -2.31 | 13.56 | -0.17 | -2.93 | 14.37 | -0.20 |

〈표 부록 1-48〉 홍콩-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.42 | 1.56 | 1.55 | 2.46 | 1.48 | 1.66 |
| 수출 | 0.55 | 0.23 | 2.39 | 0.56 | 0.21 | 2.62 |
| 이자율 | -3.07 | 1.82 | -1.68 | -3.05 | 1.69 | -1.81 |
| 환율 | -5.00 | 17.48 | -0.29 | -6.25 | 16.34 | -0.38 |

〈표 부록 1-49〉 홍콩-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.36 | 3.78 | 0.10 | 0.83 | 3.06 | 0.27 |
| 수출 | 0.63 | 0.24 | 2.57 | 0.59 | 0.21 | 2.88 |
| 이자율 | 32.38 | 42.26 | 0.77 | 31.40 | 33.65 | 0.93 |
| 환율 | -11.99 | 31.32 | -0.38 | -10.24 | 26.61 | -0.38 |

〈표 부록 1-50〉 홍콩-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.98 | 1.02 | 0.96 | 0.99 | 0.87 | 1.14 |
| 수출 | 0.17 | 0.23 | 0.74 | 0.18 | 0.19 | 0.91 |
| 이자율 | -4.88 | 3.58 | -1.36 | -4.87 | 3.11 | -1.57 |
| 환율 | -4.36 | 9.31 | -0.47 | -4.54 | 7.88 | -0.58 |

〈표 부록 1-51〉 홍콩-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.89 | 2.11 | 1.37 | 2.91 | 2.02 | 1.44 |
| 수출 | 0.07 | 0.12 | 0.58 | 0.07 | 0.12 | 0.59 |
| 이자율 | -3.41 | 2.55 | -1.34 | -3.45 | 2.46 | -1.40 |
| 환율 | 1.64 | 14.44 | 0.11 | 1.89 | 14.18 | 0.13 |

〈표 부록 1-52〉 인도네시아-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -1.25 | 1.51 | -0.83 | -1.34 | 1.21 | -1.11 |
| 수출 | 0.00 | 0.31 | -0.01 | -0.01 | 0.25 | -0.05 |
| 이자율 | 2.44 | 1.91 | 1.28 | 2.52 | 1.45 | 1.74 |
| 환율 | 0.35 | 0.39 | 0.89 | 0.37 | 0.32 | 1.16 |

〈표 부록 1-53〉 인도네시아-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|------|------|------|------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.32 | 1.05 | 2.21 | 2.36 | 1.10 | 2.14 |
| 수출 | 0.02 | 0.13 | 0.15 | 0.01 | 0.14 | 0.06 |
| 이자율 | 0.48 | 1.10 | 0.44 | 0.47 | 1.20 | 0.39 |
| 환율 | 0.03 | 0.21 | 0.13 | 0.05 | 0.23 | 0.21 |

〈표 부록 1-54〉 인도네시아-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 3.00 | 1.02 | 2.96 | 3.00 | 0.94 | 3.18 |
| 수출 | 0.13 | 0.24 | 0.54 | 0.13 | 0.22 | 0.58 |
| 이자율 | -5.34 | 12.95 | -0.41 | -5.21 | 11.91 | -0.44 |
| 환율 | -0.23 | 0.23 | -0.97 | -0.23 | 0.22 | -1.05 |

〈표 부록 1-55〉 인도네시아-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -1.15 | 1.32 | -0.87 | -1.03 | 1.20 | -0.86 |
| 수출 | -0.07 | 0.08 | -0.89 | -0.07 | 0.08 | -0.89 |
| 이자율 | 8.15 | 5.15 | 1.58 | 7.64 | 4.68 | 1.63 |
| 환율 | 0.03 | 0.34 | 0.09 | 0.01 | 0.31 | 0.04 |

〈표 부록 1-56〉 인도네시아-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.90 | 1.70 | 1.12 | 1.88 | 1.56 | 1.21 |
| 수출 | 0.18 | 0.19 | 0.93 | 0.16 | 0.17 | 0.92 |
| 이자율 | -1.25 | 2.22 | -0.56 | -1.25 | 2.03 | -0.61 |
| 환율 | -0.35 | 0.29 | -1.21 | -0.33 | 0.26 | -1.26 |

〈표 부록 1-57〉 말레이시아-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|------|------|------|------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.71 | 1.24 | 0.57 | 0.79 | 1.11 | 0.71 |
| 수출 | 0.22 | 0.14 | 1.52 | 0.25 | 0.13 | 1.91 |
| 이자율 | 0.79 | 1.51 | 0.52 | 0.77 | 1.24 | 0.62 |
| 환율 | 0.13 | 0.49 | 0.26 | 0.18 | 0.46 | 0.39 |

〈표 부록 1-58〉 말레이시아-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.31 | 0.70 | 3.31 | 2.28 | 0.72 | 3.17 |
| 수출 | 0.17 | 0.06 | 2.66 | 0.16 | 0.06 | 2.54 |
| 이자율 | -0.74 | 0.72 | -1.03 | -0.72 | 0.77 | -0.93 |
| 환율 | 0.08 | 0.22 | 0.38 | 0.04 | 0.21 | 0.21 |

〈표 부록 1-59〉 말레이시아-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.59 | 2.11 | 1.23 | 2.58 | 1.96 | 1.31 |
| 수출 | 0.19 | 0.47 | 0.40 | 0.19 | 0.44 | 0.43 |
| 이자율 | 7.09 | 23.20 | 0.31 | 7.12 | 21.62 | 0.33 |
| 환율 | -0.11 | 0.65 | -0.17 | -0.10 | 0.57 | -0.18 |

〈표 부록 1-60〉 말레이시아-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.44 | 1.32 | 1.09 | 1.37 | 1.17 | 1.17 |
| 수출 | 0.24 | 0.12 | 2.06 | 0.23 | 0.10 | 2.27 |
| 이자율 | -2.68 | 4.87 | -0.55 | -2.35 | 4.36 | -0.54 |
| 환율 | 0.25 | 0.49 | 0.50 | 0.20 | 0.44 | 0.47 |

〈표 부록 1-61〉 말레이시아-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -1.54 | 1.72 | -0.89 | -1.63 | 1.91 | -0.85 |
| 수출 | 0.39 | 0.19 | 2.06 | 0.39 | 0.21 | 1.85 |
| 이자율 | 3.54 | 2.19 | 1.61 | 3.53 | 2.46 | 1.43 |
| 환율 | -0.15 | 0.35 | -0.42 | -0.12 | 0.34 | -0.36 |

〈표 부록 1-62〉 필리핀-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -0.27 | 3.26 | -0.08 | 0.00 | 2.67 | 0.00 |
| 수출 | 0.52 | 0.29 | 1.78 | 0.53 | 0.22 | 2.40 |
| 이자율 | -0.45 | 3.78 | -0.12 | -0.63 | 2.83 | -0.22 |
| 환율 | 0.30 | 1.34 | 0.23 | 0.28 | 1.06 | 0.26 |

〈표 부록 1-63〉 필리핀-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.55 | 0.85 | 3.00 | 2.72 | 0.69 | 3.94 |
| 수출 | -0.06 | 0.07 | -0.79 | -0.07 | 0.06 | -1.06 |
| 이자율 | -1.64 | 0.94 | -1.75 | -1.76 | 0.73 | -2.42 |
| 환율 | 0.46 | 0.28 | 1.61 | 0.46 | 0.22 | 2.04 |

〈표 부록 1-64〉 필리핀-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.65 | 0.97 | 2.74 | 2.84 | 1.20 | 2.38 |
| 수출 | 0.03 | 0.14 | 0.20 | 0.04 | 0.16 | 0.24 |
| 이자율 | 2.00 | 10.12 | 0.20 | 1.89 | 12.51 | 0.15 |
| 환율 | -0.07 | 0.31 | -0.21 | -0.10 | 0.37 | -0.27 |

〈표 부록 1-65〉 필리핀-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.55 | 1.78 | 1.43 | 2.59 | 1.58 | 1.63 |
| 수출 | 0.07 | 0.18 | 0.39 | 0.07 | 0.16 | 0.42 |
| 이자율 | -6.16 | 7.10 | -0.87 | -6.23 | 6.35 | -0.98 |
| 환율 | -0.51 | 0.65 | -0.78 | -0.49 | 0.59 | -0.83 |

〈표 부록 1-66〉 필리핀-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -1.12 | 1.95 | -0.57 | -1.12 | 1.69 | -0.67 |
| 수출 | 0.26 | 0.13 | 1.99 | 0.25 | 0.11 | 2.26 |
| 이자율 | 2.32 | 2.48 | 0.94 | 2.33 | 2.15 | 1.08 |
| 환율 | 0.06 | 0.52 | 0.12 | 0.04 | 0.45 | 0.09 |

〈표 부록 1-67〉 싱가포르-독일 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 3.04 | 1.13 | 2.70 | 2.80 | 1.15 | 2.44 |
| 수출 | 0.24 | 0.08 | 2.99 | 0.23 | 0.09 | 2.68 |
| 이자율 | -2.32 | 1.09 | -2.13 | -2.21 | 1.21 | -1.83 |
| 환율 | 0.40 | 0.64 | 0.62 | 0.41 | 0.67 | 0.62 |

〈표 부록 1-68〉 싱가포르-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.36 | 1.55 | 1.53 | 2.49 | 1.34 | 1.86 |
| 수출 | 0.13 | 0.14 | 0.97 | 0.15 | 0.12 | 1.25 |
| 이자율 | -2.15 | 1.65 | -1.30 | -2.35 | 1.37 | -1.72 |
| 환율 | 0.27 | 0.93 | 0.29 | 0.43 | 0.78 | 0.56 |

〈표 부록 1-69〉 싱가포르-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.30 | 1.70 | 1.36 | 2.45 | 1.32 | 1.86 |
| 수출 | 0.01 | 0.20 | 0.06 | 0.02 | 0.16 | 0.11 |
| 이자율 | -14.63 | 20.43 | -0.72 | -13.95 | 15.87 | -0.88 |
| 환율 | 0.73 | 0.82 | 0.89 | 0.79 | 0.69 | 1.16 |

〈표 부록 1-70〉 싱가포르-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|--------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.40 | 1.39 | 0.29 | 0.30 | 1.17 | 0.26 |
| 수출 | 0.15 | 0.18 | 0.84 | 0.15 | 0.14 | 1.11 |
| 이자율 | 1.91 | 5.08 | 0.38 | 2.42 | 4.34 | 0.56 |
| 환율 | -0.27 | 0.79 | -0.34 | -0.41 | 0.66 | 5-0.62 |

〈표 부록 1-71〉 싱가포르-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.30 | 1.14 | 2.01 | 1.86 | 1.28 | 1.45 |
| 수출 | 0.15 | 0.16 | 0.94 | 0.14 | 0.18 | 0.79 |
| 이자율 | -1.47 | 1.46 | -1.01 | -1.05 | 1.69 | -0.62 |
| 환율 | 0.87 | 0.46 | 1.90 | 0.96 | 0.49 | 1.96 |

〈표 부록 1-72〉 태국-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.15 | 0.70 | 0.21 | 0.08 | 0.64 | 0.12 |
| 수출 | 0.40 | 0.05 | 7.70 | 0.40 | 0.05 | 7.93 |
| 이자율 | -0.27 | 0.54 | -0.51 | -0.26 | 0.53 | -0.49 |
| 환율 | 0.51 | 0.25 | 2.07 | 0.50 | 0.25 | 2.04 |

〈표 부록 1-73〉 태국-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.98 | 0.80 | 2.48 | 1.91 | 0.76 | 2.52 |
| 수출 | 0.45 | 0.18 | 2.56 | 0.46 | 0.17 | 2.71 |
| 이자율 | -1.01 | 0.71 | -1.43 | -0.98 | 0.71 | -1.38 |
| 환율 | -0.17 | 0.25 | -0.66 | -0.16 | 0.25 | -0.63 |

〈표 부록 1-74〉 태국-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.48 | 1.13 | 1.32 | 0.81 | 1.14 | 0.70 |
| 수출 | 0.16 | 0.19 | 0.85 | 0.24 | 0.22 | 1.11 |
| 이자율 | 11.54 | 7.89 | 1.46 | 9.64 | 9.81 | 0.98 |
| 환율 | -0.20 | 0.33 | -0.61 | -0.03 | 0.36 | -0.08 |

〈표 부록 1-75〉 태국-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -1.43 | 2.01 | -0.71 | -1.49 | 1.83 | -0.81 |
| 수출 | 1.55 | 0.40 | 3.85 | 1.60 | 0.35 | 4.52 |
| 이자율 | 4.27 | 7.00 | 0.61 | 4.42 | 6.43 | 0.69 |
| 환율 | -2.58 | 0.92 | -2.81 | -2.78 | 0.79 | -3.54 |

〈표 부록 1-76〉 태국-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -3.17 | 2.75 | -1.15 | -3.01 | 2.55 | -1.18 |
| 수출 | 0.74 | 0.41 | 1.83 | 0.84 | 0.37 | 2.24 |
| 이자율 | 5.66 | 3.32 | 1.70 | 5.62 | 3.04 | 1.85 |
| 환율 | -0.81 | 0.93 | -0.87 | -0.98 | 0.84 | -1.16 |

〈표 부록 1-77〉 독일-대만의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.18 | 1.00 | 1.17 | 1.24 | 0.79 | 1.57 |
| 수출 | 0.35 | 0.29 | 1.23 | 0.35 | 0.24 | 1.45 |
| 이자율 | -4.99 | 2.85 | -1.75 | -5.08 | 2.15 | -2.36 |
| 환율 | 0.19 | 0.81 | 0.23 | 0.27 | 0.67 | 0.40 |

〈표 부록 1-78〉 독일-말레이시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.05 | 1.86 | 0.03 | 0.03 | 1.65 | 0.02 |
| 수출 | 0.10 | 0.19 | 0.54 | 0.11 | 0.17 | 0.63 |
| 이자율 | 1.93 | 3.41 | 0.57 | 2.25 | 2.99 | 0.75 |
| 환율 | -0.80 | 0.60 | -1.32 | -0.85 | 0.56 | -1.51 |

〈표 부록 1-79〉 독일-미국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.92 | 0.79 | 2.44 | 1.97 | 0.69 | 2.86 |
| 수출 | 0.73 | 0.14 | 5.29 | 0.74 | 0.12 | 6.10 |
| 이자율 | -1.35 | 0.66 | -2.05 | -1.41 | 0.53 | -2.65 |
| 환율 | 0.36 | 0.15 | 2.35 | 0.38 | 0.13 | 2.98 |

〈표 부록 1-80〉 독일-베트남의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.77 | 1.57 | 1.76 | 2.82 | 1.39 | 2.02 |
| 수출 | 0.23 | 0.14 | 1.64 | 0.22 | 0.12 | 1.84 |
| 이자율 | -0.82 | 1.48 | -0.56 | -0.83 | 1.30 | -0.64 |
| 환율 | -0.80 | 1.72 | -0.47 | -0.78 | 1.51 | -0.51 |

〈표 부록 1-81〉 독일-싱가포르의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.60 | 0.48 | 1.25 | 0.46 | 1.08 | 0.43 |
| 수출 | 0.20 | 0.10 | 2.03 | 0.20 | 0.24 | 0.86 |
| 이자율 | -1.63 | 1.38 | -1.18 | -0.22 | 3.56 | -0.06 |
| 환율 | -1.02 | 0.62 | -1.65 | -0.89 | 1.06 | -0.84 |

〈표 부록 1-82〉 독일-인도네시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.15 | 0.98 | 0.16 | 0.23 | 0.91 | 0.25 |
| 수출 | 0.21 | 0.18 | 1.14 | 0.18 | 0.16 | 1.08 |
| 이자율 | -0.03 | 0.67 | -0.04 | -0.05 | 0.62 | -0.08 |
| 환율 | -0.18 | 0.28 | -0.63 | -0.20 | 0.26 | -0.76 |

〈표 부록 1-83〉 독일-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 3.50 | 2.13 | 1.64 | 3.64 | 1.78 | 2.04 |
| 수출 | 0.21 | 0.29 | 0.75 | 0.23 | 0.25 | 0.90 |
| 이자율 | -11.09 | 22.14 | -0.50 | -11.91 | 17.74 | -0.67 |
| 환율 | -0.34 | 0.40 | -0.83 | -0.38 | 0.35 | -1.09 |

〈표 부록 1-84〉 독일-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.43 | 1.71 | 0.25 | 0.50 | 1.45 | 0.34 |
| 수출 | 0.69 | 0.32 | 2.15 | 0.67 | 0.27 | 2.52 |
| 이자율 | -1.06 | 5.73 | -0.18 | -0.93 | 4.96 | -0.19 |
| 환율 | 0.34 | 1.13 | 0.31 | 0.58 | 0.95 | 0.62 |

〈표 부록 1-85〉 독일-태국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.47 | 0.95 | 2.60 | 2.46 | 0.90 | 2.73 |
| 수출 | 0.31 | 0.11 | 2.92 | 0.31 | 0.10 | 3.04 |
| 이자율 | -2.95 | 1.80 | -1.64 | -2.99 | 1.70 | -1.75 |
| 환율 | -1.17 | 0.61 | -1.91 | -1.23 | 0.56 | -2.22 |

〈표 부록 1-86〉 독일-필리핀의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.46 | 1.04 | 1.40 | 1.45 | 0.93 | 1.57 |
| 수출 | 0.08 | 0.10 | 0.79 | 0.09 | 0.09 | 0.98 |
| 이자율 | -0.45 | 1.06 | -0.43 | -0.42 | 0.92 | -0.46 |
| 환율 | 0.49 | 0.57 | 0.85 | 0.50 | 0.50 | 1.00 |

〈표 부록 1-87〉 독일-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.53 | 1.65 | 0.32 | 0.47 | 1.34 | 0.35 |
| 수출 | 0.22 | 0.17 | 1.30 | 0.24 | 0.14 | 1.67 |
| 이자율 | 1.15 | 1.92 | 0.60 | 1.14 | 1.51 | 0.76 |
| 환율 | -0.35 | 0.32 | -1.09 | -0.35 | 0.25 | -1.44 |

〈표 부록 1-88〉 독일-홍콩 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.81 | 0.68 | 1.20 | 0.65 | 0.71 | 0.90 |
| 수출 | -0.22 | 0.17 | -1.30 | -0.21 | 0.18 | -1.14 |
| 이자율 | 0.86 | 1.70 | 0.51 | 1.06 | 1.88 | 0.56 |
| 환율 | -2.01 | 10.56 | -0.19 | -1.10 | 11.22 | -0.10 |

〈표 부록 1-89〉 미국-대만의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|------|------|------|------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.28 | 0.95 | 0.29 | 0.23 | 0.75 | 0.31 |
| 수출 | 0.06 | 0.30 | 0.21 | 0.06 | 0.24 | 0.26 |
| 이자율 | 2.49 | 2.95 | 0.84 | 2.66 | 2.25 | 1.18 |
| 환율 | 1.26 | 0.86 | 1.48 | 1.35 | 0.72 | 1.88 |

〈표 부록 1-90〉 미국-독일의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 3.10 | 1.22 | 2.54 | 3.10 | 1.14 | 2.73 |
| 수출 | 0.20 | 0.22 | 0.92 | 0.21 | 0.20 | 1.02 |
| 이자율 | -1.10 | 1.48 | -0.75 | -1.11 | 1.36 | -0.82 |
| 환율 | -0.67 | 0.35 | -1.90 | -0.68 | 0.32 | -2.11 |

〈표 부록 1-91〉 미국-말레이시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 3.09 | 1.31 | 2.36 | 3.11 | 1.27 | 2.44 |
| 수출 | -0.01 | 0.14 | -0.07 | -0.02 | 0.14 | -0.13 |
| 이자율 | -5.82 | 2.35 | -2.48 | -5.85 | 2.29 | -2.56 |
| 환율 | 0.28 | 0.43 | 0.65 | 0.28 | 0.42 | 0.68 |

〈표 부록 1-92〉 미국-베트남의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.85 | 1.54 | 1.20 | 1.70 | 1.34 | 1.27 |
| 수출 | 0.07 | 0.17 | 0.38 | 0.06 | 0.15 | 0.40 |
| 이자율 | -0.26 | 1.54 | -0.17 | -0.13 | 1.33 | -0.10 |
| 환율 | -1.51 | 1.73 | -0.87 | -1.57 | 1.52 | -1.03 |

〈표 부록 1-93〉 미국-싱가포르의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.44 | 0.66 | 2.17 | 1.46 | 0.61 | 2.39 |
| 수출 | -0.29 | 0.15 | -1.94 | -0.29 | 0.14 | -2.11 |
| 이자율 | -3.96 | 2.46 | -1.61 | -4.03 | 2.30 | -1.75 |
| 환율 | 1.42 | 0.75 | 1.90 | 1.43 | 0.71 | 2.01 |

〈표 부록 1-94〉 미국-인도네시아의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|------|-------|-------|------|--------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 1.87 | 0.76 | 2.47 | 0.25 | 1.06 | 0.24 |
| 수출 | -0.05 | 0.09 | -0.53 | 0.05 | 0.15 | 0.32 |
| 이자율 | -0.74 | 0.43 | -1.74 | 0.02 | 0.72 | 0.03 |
| 환율 | -0.18 | 0.19 | -0.95 | -0.38 | 0.31 | 5-1.23 |

〈표 부록 1-95〉 미국-일본의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -0.29 | 2.92 | -0.10 | -0.44 | 2.66 | -0.17 |
| 수출 | 0.43 | 0.43 | 1.01 | 0.40 | 0.40 | 1.07 |
| 이자율 | 45.59 | 28.60 | 1.59 | 47.07 | 25.62 | 1.84 |
| 환율 | 0.07 | 0.53 | 0.13 | 0.03 | 0.48 | 0.07 |

〈표 부록 1-96〉 미국-중국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 4.48 | 1.38 | 3.26 | 3.44 | 1.36 | 2.53 |
| 수출 | 0.08 | 0.21 | 0.37 | 0.17 | 0.27 | 0.63 |
| 이자율 | -12.61 | 4.90 | -2.57 | -9.75 | 4.90 | -1.99 |
| 환율 | 1.36 | 0.85 | 1.59 | 0.51 | 0.96 | 0.53 |

〈표 부록 1-97〉 미국-태국 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -0.24 | 1.03 | -0.23 | -0.36 | 1.07 | -0.33 |
| 수출 | 0.14 | 0.17 | 0.82 | 0.15 | 0.18 | 0.83 |
| 이자율 | 0.36 | 1.88 | 0.19 | 0.47 | 1.98 | 0.24 |
| 환율 | 1.91 | 0.60 | 3.16 | 1.92 | 0.63 | 3.05 |

〈표 부록 1-98〉 미국-필리핀의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|------|------|------|------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 0.60 | 2.57 | 0.23 | 0.55 | 2.18 | 0.25 |
| 수출 | 0.09 | 0.57 | 0.16 | 0.14 | 0.44 | 0.31 |
| 이자율 | 0.54 | 2.68 | 0.20 | 0.59 | 2.13 | 0.28 |
| 환율 | 0.41 | 1.47 | 0.28 | 0.55 | 1.15 | 0.48 |

〈표 부록 1-99〉 미국-한국의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|------|-------|-------|------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | -0.24 | 2.67 | -0.09 | -0.16 | 2.71 | -0.06 |
| 수출 | 0.40 | 0.26 | 1.51 | 0.41 | 0.27 | 1.52 |
| 이자율 | 0.50 | 3.16 | 0.16 | 0.34 | 3.19 | 0.11 |
| 환율 | 0.08 | 0.49 | 0.17 | 0.07 | 0.50 | 0.14 |

〈표 부록 1-100〉 미국-홍콩의 베이지안 및 OLS 추정 결과

| 구분 | 베이지안 | | | OLS | | |
|-----|--------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | β 의평균값 | 표준편차 | t-비율 | 추정치 | 표준편차 | t-값 |
| GDP | 2.51 | 1.02 | 2.45 | 2.14 | 1.13 | 1.90 |
| 수출 | -0.32 | 0.17 | -1.91 | -0.25 | 0.18 | -1.39 |
| 이자율 | -0.02 | 2.68 | -0.01 | 0.88 | 3.04 | 0.29 |
| 환율 | -19.47 | 15.07 | -1.29 | -12.62 | 15.43 | -0.82 |

부록 2. 변수 선택의 확률적 탐색(SSVS) 모형 추정 결과

〈표 부록 2-1〉 한국-대만의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.64 | 0.53 | 3.08 | 0.84 |
| 수출 | 0.41 | 0.14 | 2.95 | 0.25 |
| 이자율 | -2.71 | 1.45 | -1.87 | 0.89 |
| 환율 | 0.43 | 0.46 | 0.93 | 0.33 |

〈표 부록 2-2〉 한국-독일의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.52 | 0.85 | 1.79 | 0.77 |
| 수출 | 0.18 | 0.10 | 1.78 | 0.24 |
| 이자율 | -0.79 | 0.92 | -0.85 | 0.55 |
| 환율 | 0.39 | 0.25 | 1.60 | 0.29 |

〈표 부록 2-3〉 한국-말레이시아의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -0.44 | 0.99 | -0.45 | 0.49 |
| 수출 | 0.26 | 0.07 | 3.53 | 0.21 |
| 이자율 | 2.45 | 1.72 | 1.43 | 0.85 |
| 환율 | -0.51 | 0.31 | -1.64 | 0.31 |

〈표 부록 2-4〉 한국-미국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.08 | 1.45 | 1.44 | 0.82 |
| 수출 | 0.19 | 0.13 | 1.45 | 0.21 |
| 이자율 | -1.50 | 1.17 | -1.28 | 0.73 |
| 환율 | 0.55 | 0.28 | 1.95 | 0.33 |

〈표 부록 2-5〉 한국-베트남의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -0.33 | 0.55 | -0.60 | 0.36 |
| 수출 | 0.51 | 0.09 | 5.50 | 0.31 |
| 이자율 | 0.35 | 0.45 | 0.78 | 0.34 |
| 환율 | 0.18 | 0.51 | 0.36 | 0.31 |

〈표 부록 2-6〉 한국-싱가포르의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -1.17 | 0.43 | -2.74 | 0.64 |
| 수출 | 0.28 | 0.15 | 1.86 | 0.24 |
| 이자율 | 1.62 | 1.38 | 1.17 | 0.74 |
| 환율 | -1.47 | 0.45 | -3.24 | 0.77 |

〈표 부록 2-7〉 한국-인도네시아의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.84 | 0.85 | 0.99 | 0.56 |
| 수출 | 0.00 | 0.15 | -0.02 | 0.23 |
| 이자율 | 0.05 | 0.58 | 0.08 | 0.33 |
| 환율 | -0.44 | 0.24 | -1.81 | 0.29 |

〈표 부록 2-8〉 한국-일본의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.34 | 1.22 | 1.10 | 0.67 |
| 수출 | 0.29 | 0.21 | 1.39 | 0.20 |
| 이자율 | -2.42 | 4.76 | -0.51 | 0.85 |
| 환율 | -0.11 | 0.28 | -0.40 | 0.19 |

〈표 부록 2-9〉 한국-중국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.45 | 0.48 | 0.93 | 0.36 |
| 수출 | 0.46 | 0.10 | 4.62 | 0.28 |
| 이자율 | -1.23 | 1.71 | -0.72 | 0.71 |
| 환율 | -0.48 | 0.15 | -3.20 | 0.28 |

〈표 부록 2-10〉 한국-태국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.14 | 0.59 | 1.95 | 0.65 |
| 수출 | 0.41 | 0.11 | 3.78 | 0.28 |
| 이자율 | -0.63 | 0.88 | -0.72 | 0.51 |
| 환율 | 0.05 | 0.30 | 0.17 | 0.25 |

〈표 부록 2-11〉 한국-필리핀의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.33 | 0.72 | 0.46 | 0.42 |
| 수출 | 0.16 | 0.13 | 1.22 | 0.22 |
| 이자율 | 0.39 | 0.69 | 0.56 | 0.42 |
| 환율 | -0.22 | 0.39 | -0.57 | 0.30 |

〈표 부록 2-12〉 한국-홍콩의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -0.26 | 0.37 | -0.71 | 0.23 |
| 수출 | 0.02 | 0.08 | 0.22 | 0.16 |
| 이자율 | -1.67 | 0.92 | -1.81 | 0.78 |
| 환율 | 3.77 | 3.71 | 1.01 | 0.88 |

〈표 부록 2-13〉 중국-대만의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.36 | 0.52 | 2.63 | 0.76 |
| 수출 | 0.14 | 0.07 | 1.94 | 0.23 |
| 이자율 | 0.43 | 1.46 | 0.29 | 0.61 |
| 환율 | -0.22 | 0.50 | -0.44 | 0.32 |

〈표 부록 2-14〉 중국-독일의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.26 | 0.69 | 0.38 | 0.39 |
| 수출 | 0.78 | 0.16 | 4.95 | 0.46 |
| 이자율 | -0.05 | 1.30 | -0.04 | 0.57 |
| 환율 | -0.42 | 0.60 | -0.71 | 0.39 |

〈표 부록 2-15〉 중국-말레이시아의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -0.61 | 3.41 | -0.18 | 0.78 |
| 수출 | 0.60 | 0.44 | 1.37 | 0.34 |
| 이자율 | 2.17 | 5.16 | 0.42 | 0.86 |
| 환율 | -0.27 | 1.06 | -0.26 | 0.44 |

〈표 부록 2-16〉 중국-미국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.06 | 0.70 | 2.92 | 0.90 |
| 수출 | 0.50 | 0.13 | 3.86 | 0.30 |
| 이자율 | -0.41 | 0.67 | -0.62 | 0.40 |
| 환율 | -0.58 | 0.34 | -1.71 | 0.38 |

〈표 부록 2-17〉 중국-베트남의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 3.89 | 0.76 | 5.11 | 1.00 |
| 수출 | 0.12 | 0.09 | 1.23 | 0.18 |
| 이자율 | -1.06 | 0.65 | -1.64 | 0.59 |
| 환율 | -0.14 | 0.75 | -0.19 | 0.35 |

〈표 부록 2-18〉 중국-싱가포르의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.75 | 0.78 | 0.96 | 0.51 |
| 수출 | 0.37 | 0.14 | 2.53 | 0.26 |
| 이자율 | 1.13 | 2.32 | 0.49 | 0.74 |
| 환율 | -0.95 | 0.82 | -1.16 | 0.56 |

〈표 부록 2-19〉 중국-인도네시아의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -0.43 | 1.29 | -0.33 | 0.57 |
| 수출 | 0.66 | 0.23 | 2.92 | 0.39 |
| 이자율 | 0.89 | 0.66 | 1.35 | 0.56 |
| 환율 | -0.05 | 0.29 | -0.19 | 0.26 |

〈표 부록 2-20〉 중국-일본의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.78 | 0.68 | 1.14 | 0.49 |
| 수출 | 0.36 | 0.11 | 3.43 | 0.23 |
| 이자율 | -1.50 | 3.10 | -0.48 | 0.79 |
| 환율 | -0.16 | 0.12 | -1.27 | 0.20 |

〈표 부록 2-21〉 중국-태국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.18 | 0.92 | 1.29 | 0.66 |
| 수출 | 0.53 | 0.16 | 3.35 | 0.33 |
| 이자율 | -0.40 | 1.20 | -0.34 | 0.55 |
| 환율 | -0.22 | 0.44 | -0.51 | 0.31 |

〈표 부록 2-22〉 중국-필리핀의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.17 | 0.90 | 0.19 | 0.46 |
| 수출 | 0.50 | 0.14 | 3.66 | 0.31 |
| 이자율 | 1.21 | 0.82 | 1.48 | 0.68 |
| 환율 | -0.05 | 0.43 | -0.12 | 0.28 |

〈표 부록 2-23〉 중국-한국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.98 | 1.13 | 1.75 | 0.84 |
| 수출 | 0.45 | 0.16 | 2.76 | 0.28 |
| 이자율 | -0.59 | 1.35 | -0.44 | 0.59 |
| 환율 | -0.01 | 0.25 | -0.03 | 0.22 |

〈표 부록 2-24〉 중국-홍콩의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -0.64 | 0.68 | -0.95 | 0.40 |
| 수출 | 0.70 | 0.29 | 2.41 | 0.33 |
| 이자율 | -1.22 | 1.51 | -0.81 | 0.63 |
| 환율 | 4.20 | 5.05 | 0.83 | 0.87 |

〈표 부록 2-25〉 일본-대만의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.62 | 0.79 | 0.79 | 0.50 |
| 수출 | 0.08 | 0.16 | 0.52 | 0.22 |
| 이자율 | -0.25 | 2.09 | -0.12 | 0.69 |
| 환율 | 0.37 | 0.64 | 0.58 | 0.38 |

〈표 부록 2-26〉 일본-독일의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.47 | 0.63 | 2.32 | 0.78 |
| 수출 | 0.53 | 0.07 | 7.55 | 0.32 |
| 이자율 | -0.44 | 0.67 | -0.66 | 0.42 |
| 환율 | 0.23 | 0.15 | 1.52 | 0.24 |

〈표 부록 2-27〉 일본-말레이시아의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.94 | 1.19 | 1.63 | 0.82 |
| 수출 | 0.01 | 0.14 | 0.08 | 0.20 |
| 이자율 | -2.38 | 2.14 | -1.11 | 0.83 |
| 환율 | -0.69 | 0.27 | -2.53 | 0.39 |

〈표 부록 2-28〉 본-미국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -1.56 | 0.98 | -1.60 | 0.75 |
| 수출 | 1.02 | 0.13 | 7.77 | 0.59 |
| 이자율 | 0.90 | 0.87 | 1.04 | 0.57 |
| 환율 | 0.08 | 0.16 | 0.48 | 0.23 |

〈표 부록 2-29〉 일본-베트남의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.55 | 1.22 | 2.09 | 0.91 |
| 수출 | 0.25 | 0.23 | 1.07 | 0.24 |
| 이자율 | -1.46 | 1.07 | -1.37 | 0.72 |
| 환율 | 0.96 | 1.31 | 0.73 | 0.62 |

〈표 부록 2-30〉 일본-싱가포르의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -0.60 | 0.58 | -1.03 | 0.40 |
| 수출 | 0.37 | 0.13 | 2.71 | 0.22 |
| 이자율 | 3.48 | 2.21 | 1.57 | 0.91 |
| 환율 | -0.53 | 0.55 | -0.96 | 0.35 |

〈표 부록 2-31〉 일본-인도네시아의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -0.78 | 0.98 | -0.79 | 0.55 |
| 수출 | 0.82 | 0.16 | 5.22 | 0.46 |
| 이자율 | 1.11 | 0.66 | 1.68 | 0.63 |
| 환율 | -0.08 | 0.28 | -0.27 | 0.25 |

〈표 부록 2-32〉 일본-중국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.60 | 0.79 | 0.76 | 0.45 |
| 수출 | 0.66 | 0.17 | 3.96 | 0.36 |
| 이자율 | -1.95 | 2.78 | -0.70 | 0.80 |
| 환율 | -0.22 | 0.24 | -0.90 | 0.23 |

〈표 부록 2-33〉 일본-태국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.03 | 0.88 | 2.31 | 0.86 |
| 수출 | 0.49 | 0.16 | 3.06 | 0.28 |
| 이자율 | -1.47 | 1.48 | -0.99 | 0.72 |
| 환율 | 0.45 | 0.45 | 1.00 | 0.34 |

〈표 부록 2-34〉 일본-필리핀의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|------|---------------------|
| GDP | 0.26 | 0.73 | 0.36 | 0.40 |
| 수출 | 0.52 | 0.20 | 2.58 | 0.33 |
| 이자율 | 0.62 | 0.76 | 0.82 | 0.50 |
| 환율 | 0.12 | 0.33 | 0.36 | 0.27 |

〈표 부록 2-35〉 일본-한국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 4.64 | 1.82 | 2.55 | 0.97 |
| 수출 | -0.19 | 0.30 | -0.63 | 0.18 |
| 이자율 | -3.66 | 2.16 | -1.69 | 0.92 |
| 환율 | 0.13 | 0.37 | 0.35 | 0.19 |

〈표 부록 2-36〉 일본-홍콩의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -0.83 | 0.38 | -2.17 | 0.44 |
| 수출 | 0.66 | 0.11 | 6.13 | 0.32 |
| 이자율 | 1.66 | 0.99 | 1.68 | 0.75 |
| 환율 | 2.35 | 4.05 | 0.58 | 0.82 |

〈표 부록 2-37〉 베트남-독일의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.69 | 0.82 | 2.06 | 0.81 |
| 수출 | 0.13 | 0.11 | 1.21 | 0.22 |
| 이자율 | 1.27 | 0.86 | 1.48 | 0.68 |
| 환율 | -0.15 | 0.65 | -0.23 | 50.36 |

〈표 부록 2-38〉 베트남-미국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|------|---------------------|
| GDP | 5.25 | 1.27 | 4.12 | 1.00 |
| 수출 | 0.60 | 0.11 | 5.66 | 0.25 |
| 이자율 | 0.33 | 1.34 | 0.24 | 0.50 |
| 환율 | 0.65 | 0.76 | 0.86 | 0.42 |

〈표 부록 2-39〉 베트남-일본의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.43 | 0.87 | 2.78 | 0.92 |
| 수출 | 0.17 | 0.07 | 2.43 | 0.16 |
| 이자율 | 4.59 | 6.47 | 0.71 | 0.88 |
| 환율 | -1.89 | 0.44 | -4.35 | 0.89 |

〈표 부록 2-40〉 베트남-중국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.11 | 1.91 | 0.58 | 0.66 |
| 수출 | 0.20 | 0.31 | 0.64 | 0.19 |
| 이자율 | 0.08 | 6.35 | 0.01 | 0.88 |
| 환율 | -1.92 | 2.04 | -0.94 | 0.76 |

〈표 부록 2-41〉 베트남-한국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -4.27 | 1.95 | -2.19 | 0.95 |
| 수출 | 0.04 | 0.08 | 0.48 | 0.12 |
| 이자율 | 6.29 | 2.18 | 2.88 | 0.99 |
| 환율 | -2.06 | 1.02 | -2.01 | 0.84 |

〈표 부록 2-42〉 대만-독일의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.07 | 0.47 | 2.30 | 0.60 |
| 수출 | 0.33 | 0.06 | 5.37 | 0.27 |
| 이자율 | -1.24 | 0.49 | -2.55 | 0.69 |
| 환율 | 0.90 | 0.27 | 3.37 | 0.51 |

〈표 부록 2-43〉 대만-미국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.74 | 0.82 | 3.36 | 0.97 |
| 수출 | 0.08 | 0.10 | 0.81 | 0.17 |
| 이자율 | -2.46 | 0.76 | -3.24 | 0.96 |
| 환율 | 0.14 | 0.38 | 0.38 | 0.24 |

〈표 부록 2-44〉 대만-일본의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.99 | 0.48 | 2.08 | 0.50 |
| 수출 | 0.05 | 0.07 | 0.77 | 0.16 |
| 이자율 | -5.52 | 3.69 | -1.49 | 0.93 |
| 환율 | 0.99 | 0.22 | 4.44 | 0.47 |

〈표 부록 2-45〉 대만-중국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -0.14 | 0.54 | -0.26 | 0.32 |
| 수출 | 0.32 | 0.10 | 3.17 | 0.24 |
| 이자율 | -0.13 | 1.87 | -0.07 | 0.66 |
| 환율 | -0.46 | 0.34 | -1.37 | 0.33 |

〈표 부록 2-46〉 대만-한국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.92 | 0.71 | 1.29 | 0.57 |
| 수출 | 0.09 | 0.07 | 1.28 | 0.22 |
| 이자율 | 0.47 | 0.87 | 0.54 | 0.49 |
| 환율 | -0.40 | 0.32 | -1.25 | 0.31 |

〈표 부록 2-47〉 홍콩-독일의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.00 | 0.94 | 0.00 | 0.42 |
| 수출 | 0.46 | 0.17 | 2.71 | 0.27 |
| 이자율 | -0.20 | 0.96 | -0.20 | 0.45 |
| 환율 | -0.56 | 3.98 | -0.14 | 0.78 |

〈표 부록 2-48〉 홍콩-미국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.43 | 1.32 | 1.84 | 0.85 |
| 수출 | 0.60 | 0.15 | 4.09 | 0.26 |
| 이자율 | -2.84 | 1.37 | -2.07 | 0.89 |
| 환율 | -1.29 | 5.68 | -0.23 | 0.83 |

〈표 부록 2-49〉 홍콩-일본의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|-------|-------|---------------------|
| GDP | 0.62 | 2.65 | 0.23 | 0.61 |
| 수출 | 0.58 | 0.18 | 3.17 | 0.08 |
| 이자율 | 23.00 | 24.29 | 0.95 | 0.97 |
| 환율 | -15.33 | 20.44 | -0.75 | 0.96 |

〈표 부록 2-50〉 홍콩-중국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.76 | 0.74 | 1.02 | 0.45 |
| 수출 | 0.21 | 0.17 | 1.27 | 0.17 |
| 이자율 | -4.03 | 2.64 | -1.53 | 0.91 |
| 환율 | 0.09 | 4.70 | 0.02 | 0.84 |

〈표 부록 2-51〉 홍콩-한국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.80 | 1.55 | 1.80 | 0.89 |
| 수출 | 0.07 | 0.10 | 0.64 | 0.14 |
| 이자율 | -3.31 | 1.93 | -1.71 | 0.90 |
| 환율 | 0.76 | 6.05 | 0.12 | 0.85 |

〈표 부록 2-52〉 인도네시아-독일의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -1.41 | 1.07 | -1.32 | 0.71 |
| 수출 | -0.03 | 0.22 | -0.15 | 0.20 |
| 이자율 | 2.32 | 1.23 | 1.88 | 0.87 |
| 환율 | 0.35 | 0.29 | 1.22 | 0.25 |

〈표 부록 2-53〉 인도네시아-미국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|------|---------------------|
| GDP | 2.24 | 0.98 | 2.30 | 0.90 |
| 수출 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | 0.20 |
| 이자율 | 0.25 | 1.06 | 0.23 | 0.50 |
| 환율 | 0.02 | 0.21 | 0.09 | 0.20 |

〈표 부록 2-54〉 인도네시아-일본의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.98 | 0.84 | 3.55 | 0.98 |
| 수출 | 0.14 | 0.19 | 0.76 | 0.15 |
| 이자율 | -3.50 | 5.22 | -0.67 | 0.89 |
| 환율 | -0.22 | 0.19 | -1.17 | 0.16 |

〈표 부록 2-55〉 인도네시아-중국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -0.15 | 1.01 | -0.14 | 0.44 |
| 수출 | -0.06 | 0.07 | -0.77 | 0.17 |
| 이자율 | 4.02 | 3.88 | 1.04 | 0.89 |
| 환율 | -0.09 | 0.28 | -0.32 | 0.18 |

〈표 부록 2-56〉 인도네시아-한국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.91 | 1.37 | 1.39 | 0.80 |
| 수출 | 0.15 | 0.15 | 1.00 | 0.22 |
| 이자율 | -1.32 | 1.77 | -0.75 | 0.72 |
| 환율 | -0.34 | 0.24 | -1.44 | 0.26 |

〈표 부록 2-57〉 말레이시아-독일의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|------|---------------------|
| GDP | 0.60 | 0.99 | 0.61 | 0.53 |
| 수출 | 0.24 | 0.12 | 2.11 | 0.23 |
| 이자율 | 0.51 | 1.10 | 0.46 | 0.54 |
| 환율 | 0.18 | 0.40 | 0.45 | 0.29 |

〈표 부록 2-58〉 말레이시아-미국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.26 | 0.66 | 3.44 | 0.95 |
| 수출 | 0.16 | 0.06 | 2.76 | 0.20 |
| 이자율 | -0.76 | 0.70 | -1.09 | 0.51 |
| 환율 | 0.04 | 0.19 | 0.20 | 0.21 |

〈표 부록 2-59〉 말레이시아-일본의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.87 | 1.65 | 1.73 | 0.88 |
| 수출 | 0.10 | 0.34 | 0.30 | 0.18 |
| 이자율 | -1.82 | 6.72 | -0.27 | 0.88 |
| 환율 | -0.03 | 0.47 | -0.06 | 0.22 |

〈표 부록 2-60〉 말레이시아-중국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.30 | 0.80 | 1.62 | 0.69 |
| 수출 | 0.23 | 0.09 | 2.52 | 0.20 |
| 이자율 | -2.09 | 2.91 | -0.72 | 0.81 |
| 환율 | 0.21 | 0.38 | 0.55 | 0.24 |

〈표 부록 2-61〉 말레이시아-한국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -1.40 | 1.69 | -0.83 | 0.72 |
| 수출 | 0.37 | 0.19 | 1.94 | 0.23 |
| 이자율 | 3.19 | 2.19 | 1.46 | 0.89 |
| 환율 | -0.14 | 0.30 | -0.46 | 0.21 |

〈표 부록 2-62〉 필리핀-독일의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.02 | 2.30 | 0.01 | 0.71 |
| 수출 | 0.53 | 0.20 | 2.69 | 0.30 |
| 이자율 | -0.67 | 2.30 | -0.29 | 0.72 |
| 환율 | 0.27 | 0.94 | 0.29 | 0.45 |

〈표 부록 2-63〉 필리핀-미국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.72 | 0.61 | 4.43 | 0.98 |
| 수출 | -0.07 | 0.06 | -1.15 | 0.20 |
| 이자율 | -1.79 | 0.65 | -2.74 | 0.86 |
| 환율 | 0.46 | 0.20 | 2.28 | 0.27 |

〈표 부록 2-64〉 필리핀-일본의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.80 | 1.07 | 2.62 | 0.94 |
| 수출 | 0.05 | 0.14 | 0.33 | 0.16 |
| 이자율 | -1.97 | 4.91 | -0.40 | 0.86 |
| 환율 | -0.06 | 0.31 | -0.19 | 0.18 |

〈표 부록 2-65〉 필리핀-중국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.01 | 1.12 | 1.78 | 0.82 |
| 수출 | 0.04 | 0.14 | 0.31 | 0.18 |
| 이자율 | -3.69 | 4.27 | -0.86 | 0.87 |
| 환율 | -0.51 | 0.52 | -0.97 | 0.34 |

〈표 부록 2-66〉 필리핀-한국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -1.02 | 1.51 | -0.68 | 0.68 |
| 수출 | 0.26 | 0.10 | 2.53 | 0.20 |
| 이자율 | 2.09 | 1.91 | 1.10 | 0.80 |
| 환율 | 0.01 | 0.40 | 0.03 | 0.25 |

〈표 부록 2-67〉 싱가포르-독일의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.77 | 1.00 | 2.78 | 0.95 |
| 수출 | 0.23 | 0.08 | 3.00 | 0.19 |
| 이자율 | -2.31 | 1.05 | -2.20 | 0.89 |
| 환율 | 0.41 | 0.59 | 0.69 | 0.36 |

〈표 부록 2-68〉 싱가포르-미국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.44 | 1.20 | 2.04 | 0.89 |
| 수출 | 0.15 | 0.11 | 1.39 | 0.19 |
| 이자율 | -2.40 | 1.24 | -1.94 | 0.87 |
| 환율 | 0.45 | 0.71 | 0.64 | 0.40 |

〈표 부록 2-69〉 싱가포르-일본의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.53 | 1.17 | 2.17 | 0.89 |
| 수출 | 0.02 | 0.14 | 0.14 | 0.14 |
| 이자율 | -5.60 | 6.83 | -0.82 | 0.91 |
| 환율 | 0.63 | 0.56 | 1.12 | 0.34 |

〈표 부록 2-70〉 싱가포르-중국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.70 | 0.80 | 0.88 | 0.51 |
| 수출 | 0.14 | 0.12 | 1.19 | 0.22 |
| 이자율 | 0.92 | 2.88 | 0.32 | 0.77 |
| 환율 | -0.43 | 0.59 | -0.73 | 0.37 |

〈표 부록 2-71〉 싱가포르-한국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.92 | 1.13 | 1.70 | 0.82 |
| 수출 | 0.15 | 0.16 | 0.94 | 0.21 |
| 이자율 | -1.19 | 1.50 | -0.80 | 0.68 |
| 환율 | 0.95 | 0.44 | 2.17 | 0.56 |

〈표 부록 2-72〉 태국-독일의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.01 | 0.57 | 0.01 | 0.34 |
| 수출 | 0.40 | 0.04 | 9.06 | 0.28 |
| 이자율 | -0.29 | 0.47 | -0.60 | 0.33 |
| 환율 | 0.50 | 0.22 | 2.26 | 0.32 |

〈표 부록 2-73〉 태국-미국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.88 | 0.68 | 2.75 | 0.88 |
| 수출 | 0.46 | 0.16 | 2.98 | 0.29 |
| 이자율 | -1.01 | 0.65 | -1.56 | 0.59 |
| 환율 | -0.17 | 0.23 | -0.72 | 0.23 |

〈표 부록 2-74〉 태국-일본의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|------|---------------------|
| GDP | 0.64 | 1.03 | 0.63 | 0.52 |
| 수출 | 0.25 | 0.20 | 1.28 | 0.22 |
| 이자율 | 0.79 | 4.02 | 0.20 | 0.78 |
| 환율 | 0.11 | 0.31 | 0.34 | 0.21 |

〈표 부록 2-75〉 태국-중국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -1.19 | 1.31 | -0.91 | 0.62 |
| 수출 | 1.58 | 0.31 | 5.06 | 0.81 |
| 이자율 | 3.37 | 4.38 | 0.77 | 0.86 |
| 환율 | -2.80 | 0.68 | -4.12 | 0.97 |

〈표 부록 2-76〉 태국-한국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -2.90 | 2.35 | -1.23 | 0.84 |
| 수출 | 0.85 | 0.34 | 2.52 | 0.40 |
| 이자율 | 5.38 | 2.76 | 1.95 | 0.95 |
| 환율 | -1.04 | 0.76 | -1.37 | 0.53 |

〈표 부록 2-77〉 독일-대만의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.19 | 0.71 | 1.66 | 0.62 |
| 수출 | 0.36 | 0.22 | 1.63 | 0.21 |
| 이자율 | -4.57 | 1.90 | -2.41 | 0.97 |
| 환율 | 0.27 | 0.61 | 0.44 | 0.29 |

〈표 부록 2-78〉 독일-말레이시아의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.22 | 1.38 | 0.16 | 0.56 |
| 수출 | 0.10 | 0.15 | 0.65 | 0.20 |
| 이자율 | 1.78 | 2.43 | 0.73 | 0.78 |
| 환율 | -0.87 | 0.50 | -1.74 | 0.51 |

〈표 부록 2-79〉 독일-미국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.92 | 0.63 | 3.07 | 0.88 |
| 수출 | 0.74 | 0.11 | 6.73 | 0.43 |
| 이자율 | -1.42 | 0.48 | -2.93 | 0.76 |
| 환율 | 0.39 | 0.12 | 3.33 | 0.27 |

〈표 부록 2-80〉 독일-베트남의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.73 | 1.23 | 2.22 | 0.92 |
| 수출 | 0.22 | 0.10 | 2.11 | 0.21 |
| 이자율 | -0.73 | 1.12 | -0.65 | 0.55 |
| 환율 | -0.95 | 1.31 | -0.72 | 0.62 |

〈표 부록 2-81〉 독일-싱가포르의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.44 | 0.96 | 0.46 | 0.49 |
| 수출 | 0.21 | 0.21 | 0.98 | 0.24 |
| 이자율 | -0.01 | 2.52 | 0.00 | 0.74 |
| 환율 | -0.88 | 0.95 | -0.93 | 0.57 |

〈표 부록 2-82〉 독일-인도네시아의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.23 | 0.79 | 0.29 | 0.43 |
| 수출 | 0.18 | 0.15 | 1.21 | 0.23 |
| 이자율 | -0.06 | 0.55 | -0.11 | 0.32 |
| 환율 | -0.20 | 0.23 | -0.88 | 0.24 |

〈표 부록 2-83〉 독일-일본의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 3.61 | 1.58 | 2.29 | 0.94 |
| 수출 | 0.23 | 0.23 | 1.02 | 0.14 |
| 이자율 | -5.14 | 7.27 | -0.71 | 0.91 |
| 환율 | -0.36 | 0.31 | -1.18 | 0.18 |

〈표 부록 2-84〉 독일-중국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.62 | 1.06 | 0.58 | 0.50 |
| 수출 | 0.67 | 0.24 | 2.79 | 0.35 |
| 이자율 | -1.41 | 3.22 | -0.44 | 0.79 |
| 환율 | 0.54 | 0.79 | 0.69 | 0.43 |

〈표 부록 2-85〉 독일-태국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.43 | 0.80 | 3.04 | 0.94 |
| 수출 | 0.30 | 0.09 | 3.38 | 0.22 |
| 이자율 | -2.83 | 1.48 | -1.91 | 0.90 |
| 환율 | -1.20 | 0.49 | -2.45 | 0.64 |

〈표 부록 2-86〉 독일-필리핀의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.40 | 0.82 | 1.69 | 0.73 |
| 수출 | 0.09 | 0.08 | 1.07 | 0.22 |
| 이자율 | -0.44 | 0.82 | -0.54 | 0.47 |
| 환율 | 0.43 | 0.44 | 0.97 | 0.34 |

〈표 부록 2-87〉 독일-한국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.48 | 1.21 | 0.39 | 0.56 |
| 수출 | 0.25 | 0.13 | 1.86 | 0.23 |
| 이자율 | 1.05 | 1.36 | 0.77 | 0.66 |
| 환율 | -0.36 | 0.22 | -1.62 | 0.27 |

〈표 부록 2-88〉 독일-홍콩의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.65 | 0.62 | 1.04 | 0.41 |
| 수출 | -0.21 | 0.16 | -1.29 | 0.20 |
| 이자율 | 1.04 | 1.56 | 0.66 | 0.66 |
| 환율 | -1.40 | 4.34 | -0.32 | 0.83 |

〈표 부록 2-89〉 미국-대만의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|------|---------------------|
| GDP | 0.48 | 0.66 | 0.72 | 0.42 |
| 수출 | 0.05 | 0.22 | 0.25 | 0.23 |
| 이자율 | 1.22 | 1.81 | 0.67 | 0.73 |
| 환율 | 1.07 | 0.63 | 1.69 | 0.63 |

〈표 부록 2-90〉 미국-독일의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.99 | 1.00 | 2.99 | 0.96 |
| 수출 | 0.23 | 0.18 | 1.24 | 0.22 |
| 이자율 | -1.28 | 1.15 | -1.11 | 0.67 |
| 환율 | -0.70 | 0.29 | -2.43 | 0.39 |

〈표 부록 2-91〉 미국-말레이시아의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 2.97 | 1.13 | 2.63 | 0.95 |
| 수출 | -0.01 | 0.12 | -0.07 | 0.13 |
| 이자율 | -5.56 | 2.01 | -2.76 | 0.99 |
| 환율 | 0.31 | 0.37 | 0.83 | 0.21 |

〈표 부록 2-92〉 미국-베트남의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.69 | 1.19 | 1.43 | 0.77 |
| 수출 | 0.07 | 0.14 | 0.47 | 0.20 |
| 이자율 | -0.13 | 1.18 | -0.11 | 0.52 |
| 환율 | -1.58 | 1.32 | -1.19 | 0.74 |

〈표 부록 2-93〉 미국-싱가포르의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.43 | 0.53 | 2.70 | 0.73 |
| 수출 | -0.29 | 0.12 | -2.36 | 0.21 |
| 이자율 | -3.74 | 1.85 | -2.02 | 0.93 |
| 환율 | 1.47 | 0.62 | 2.36 | 0.72 |

〈표 부록 2-94〉 미국-인도네시아의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 0.26 | 0.93 | 0.28 | 0.47 |
| 수출 | 0.04 | 0.13 | 0.32 | 0.23 |
| 이자율 | 0.03 | 0.64 | 0.05 | 0.37 |
| 환율 | -0.38 | 0.28 | -1.38 | 0.30 |

〈표 부록 2-95〉 미국-일본의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|-------|------|---------------------|
| GDP | 0.34 | 2.53 | 0.13 | 0.70 |
| 수출 | 0.28 | 0.38 | 0.73 | 0.20 |
| 이자율 | 5.28 | 12.83 | 0.41 | 0.88 |
| 환율 | 0.16 | 0.46 | 0.35 | 0.21 |

〈표 부록 2-96〉 미국-중국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 3.03 | 1.12 | 2.71 | 0.95 |
| 수출 | 0.20 | 0.24 | 0.82 | 0.13 |
| 이자율 | -8.12 | 3.92 | -2.07 | 0.98 |
| 환율 | 0.70 | 0.85 | 0.82 | 0.41 |

〈표 부록 2-97〉 미국-태국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -0.25 | 0.94 | -0.27 | 0.46 |
| 수출 | 0.15 | 0.17 | 0.91 | 0.22 |
| 이자율 | 0.10 | 1.65 | 0.06 | 0.61 |
| 환율 | 1.86 | 0.57 | 3.27 | 0.89 |

〈표 부록 2-98〉 미국-필리핀의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|------|---------------------|
| GDP | 0.50 | 1.96 | 0.25 | 0.67 |
| 수출 | 0.13 | 0.40 | 0.33 | 0.27 |
| 이자율 | 0.40 | 1.91 | 0.21 | 0.67 |
| 환율 | 0.37 | 0.96 | 0.38 | 0.48 |

〈표 부록 2-99〉 미국-한국의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | -0.08 | 2.41 | -0.03 | 0.71 |
| 수출 | 0.41 | 0.24 | 1.71 | 0.27 |
| 이자율 | 0.19 | 2.75 | 0.07 | 0.75 |
| 환율 | 0.04 | 0.44 | 0.09 | 0.26 |

〈표 부록 2-100〉 미국-홍콩의 SSVS 추정 결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 | $\Pr(\gamma_1 = 1)$ |
|-----|---------------|------|-------|---------------------|
| GDP | 1.91 | 0.90 | 2.11 | 0.82 |
| 수출 | -0.23 | 0.15 | -1.50 | 0.15 |
| 이자율 | 1.42 | 2.52 | 0.56 | 0.74 |
| 환율 | -5.27 | 6.66 | -0.79 | 0.91 |

부록 3. 확률계수모형의 추정 결과

〈표 부록 3-1〉 한국-대만의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 0.90 | 1.83 | 0.49 |
| 수출 | 0.55 | 0.00 | 315,045.13 |
| 이자율 | -1.84 | 0.00 | -25,324.77 |
| 환율 | 0.28 | 0.62 | 0.45 |

〈표 부록 3-2〉 한국-독일의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 2.84 | 2.50 | 1.14 |
| 수출 | 0.08 | 0.37 | 0.21 |
| 이자율 | -1.46 | 0.00 | -18,481.28 |
| 환율 | 0.10 | 0.00 | 20,371.36 |

〈표 부록 3-3〉 한국-말레이시아의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|--------------|
| GDP | -0.20 | 0.00 | -33,311.99 |
| 수출 | 0.26 | 0.00 | 1,965,527.70 |
| 이자율 | 2.19 | 2.23 | 0.98 |
| 환율 | -0.55 | 0.00 | -37,689.49 |

〈표 부록 3-4〉 한국-미국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 0.26 | 0.00 | 55,783.15 |
| 수출 | 0.44 | 0.00 | 943,740.59 |
| 이자율 | -1.24 | 1.35 | -0.91 |
| 환율 | 0.94 | 0.93 | 1.01 |

〈표 부록 3-5〉 한국-베트남의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-----------|
| GDP | -0.42 | 0.58 | -0.72 |
| 수출 | 0.57 | 0.12 | 4.85 |
| 이자율 | 0.44 | 0.00 | 55,866.40 |
| 환율 | -0.01 | 0.00 | -5,952.14 |

〈표 부록 3-6〉 한국-싱가포르의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|---------------|
| GDP | -0.04 | 0.00 | -62,988.22 |
| 수출 | 0.14 | 0.43 | 0.33 |
| 이자율 | -1.30 | 0.00 | -1,666,064.10 |
| 환율 | -1.29 | 0.10 | -13.42 |

〈표 부록 3-7〉 한국-인도네시아의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 1.42 | 0.72 | 1.98 |
| 수출 | -0.03 | 0.33 | -0.09 |
| 이자율 | -0.39 | 0.00 | -26,069.32 |
| 환율 | -0.33 | 0.60 | -0.54 |

〈표 부록 3-8〉 한국-일본의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | -0.41 | 0.00 | -5,331.32 |
| 수출 | 0.35 | 0.28 | 1.28 |
| 이자율 | -15.86 | 0.00 | -25,918.05 |
| 환율 | 0.25 | 1.06 | 0.24 |

〈표 부록 3-9〉 한국-중국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|---------------|
| GDP | 0.90 | 0.00 | 48,616,336.00 |
| 수출 | 0.38 | 0.13 | 2.97 |
| 이자율 | -2.45 | 0.00 | -786,954.08 |
| 환율 | -0.46 | 0.50 | -0.91 |

〈표 부록 3-10〉 한국-태국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 1.45 | 0.00 | 126,764.99 |
| 수출 | 0.34 | 0.00 | 39,986.01 |
| 이자율 | -0.83 | 1.48 | -0.56 |
| 환율 | -0.02 | 1.33 | -0.01 |

〈표 부록 3-11〉 한국-필리핀의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|--------------|
| GDP | 0.79 | 0.00 | 2,396,235.30 |
| 수출 | 0.31 | 0.00 | 105,148.48 |
| 이자율 | -0.30 | 1.19 | -0.25 |
| 환율 | -0.77 | 1.12 | -0.69 |

〈표 부록 3-12〉 한국-홍콩의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | -0.97 | 1.61 | -0.60 |
| 수출 | 0.01 | 0.00 | 74,609.77 |
| 이자율 | -1.64 | 0.00 | -373,673.55 |
| 환율 | 10.05 | 0.00 | 10,675.61 |

〈표 부록 3-13〉 중국-대만의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|----------|
| GDP | 1.31 | 2.22 | 0.59 |
| 수출 | 0.09 | 0.00 | 6,920.08 |
| 이자율 | 0.06 | 0.00 | 2,304.43 |
| 환율 | -0.13 | 0.85 | -0.16 |

〈표 부록 3-14〉 중국-독일의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 0.51 | 0.00 | 10,535.57 |
| 수출 | 0.98 | 0.35 | 2.83 |
| 이자율 | -1.38 | 0.00 | -10,461.31 |
| 환율 | -0.27 | 2.33 | -0.12 |

〈표 부록 3-15〉 중국-말레이시아의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | -1.41 | 0.00 | -183,685.30 |
| 수출 | 0.46 | 0.85 | 0.55 |
| 이자율 | 4.49 | 5.33 | 0.84 |
| 환율 | -0.52 | 0.00 | -132,130.13 |

〈표 부록 3-16〉 중국-미국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 1.75 | 1.55 | 1.13 |
| 수출 | 0.52 | 0.00 | 692,546.54 |
| 이자율 | 0.22 | 0.00 | 48,120.47 |
| 환율 | -0.71 | 0.55 | -1.31 |

〈표 부록 3-17〉 중국-베트남의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 3.93 | 0.99 | 3.96 |
| 수출 | 0.13 | 0.00 | 227,911.39 |
| 이자율 | -1.22 | 0.00 | -67,673.01 |
| 환율 | 0.04 | 0.12 | 0.36 |

〈표 부록 3-18〉 중국-싱가포르의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|--------------|
| GDP | 0.78 | 2.95 | 0.26 |
| 수출 | 0.81 | 0.00 | 1,005,520.40 |
| 이자율 | -3.46 | 0.00 | -104,433.77 |
| 환율 | -0.61 | 0.00 | -63,245.67 |

〈표 부록 3-19〉 중국-인도네시아의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|---------------|
| GDP | -1.22 | 0.00 | -1,572,232.30 |
| 수출 | 1.01 | 0.54 | 1.88 |
| 이자율 | 0.72 | 0.00 | 261,640.91 |
| 환율 | 0.12 | 0.00 | 1,085,950.10 |

〈표 부록 3-20〉 중국-일본의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|----------------|
| GDP | 0.04 | 0.53 | 0.08 |
| 수출 | 0.44 | 0.00 | 149,411,700.00 |
| 이자율 | 3.51 | 0.00 | 390,661.43 |
| 환율 | -0.05 | 0.51 | -0.10 |

〈표 부록 3-21〉 중국-태국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | 0.50 | 1.11 | 0.45 |
| 수출 | 0.47 | 0.23 | 2.06 |
| 이자율 | 1.27 | 0.00 | 5,791.96 |
| 환율 | -0.04 | 0.00 | -112,373.09 |

〈표 부록 3-22〉 중국-필리핀의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|----------------|
| GDP | 1.06 | 0.00 | 107,739,710.00 |
| 수출 | 0.19 | 0.34 | 0.57 |
| 이자율 | 1.16 | 0.00 | 33,635,656.00 |
| 환율 | 0.11 | 0.00 | 34,860,468.00 |

〈표 부록 3-23〉 중국-한국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | 0.99 | 1.01 | 0.98 |
| 수출 | 0.35 | 0.00 | 662,387.30 |
| 이자율 | 0.38 | 1.25 | 0.30 |
| 환율 | -0.21 | 0.00 | -144,495.10 |

〈표 부록 3-24〉 중국-홍콩의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | -0.09 | 1.79 | -0.05 |
| 수출 | 0.48 | 0.57 | 0.84 |
| 이자율 | -1.90 | 0.00 | -11,273.32 |
| 환율 | 14.73 | 0.01 | 1,231.97 |

〈표 부록 3-25〉 일본-대만의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|---------------|
| GDP | 0.16 | 0.62 | 0.25 |
| 수출 | 0.15 | 0.00 | 1,508,074.60 |
| 이자율 | -2.43 | 6.83 | -0.36 |
| 환율 | -0.28 | 0.00 | -1,489,765.80 |

〈표 부록 3-26〉 일본-독일의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|----------------|
| GDP | 1.98 | 0.00 | 21,162,359.00 |
| 수출 | 0.43 | 0.49 | 0.88 |
| 이자율 | -2.30 | 0.00 | -62,477,782.00 |
| 환율 | 0.20 | 0.00 | 180,163,120.00 |

〈표 부록 3-27〉 일본-말레이시아의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | 1.54 | 0.00 | 104,729.77 |
| 수출 | 0.10 | 0.24 | 0.41 |
| 이자율 | -1.93 | 1.56 | -1.24 |
| 환율 | -0.53 | 0.00 | -152,452.89 |

〈표 부록 3-28〉 일본-미국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | -0.48 | 0.00 | -23,774.51 |
| 수출 | 0.77 | 0.45 | 1.72 |
| 이자율 | 0.79 | 0.00 | 301,318.54 |
| 환율 | 0.09 | 0.32 | 0.30 |

〈표 부록 3-29〉 일본-베트남의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 1.84 | 1.00 | 1.84 |
| 수출 | 0.27 | 0.51 | 0.54 |
| 이자율 | -1.00 | 0.00 | -29,830.77 |
| 환율 | 0.57 | 0.00 | 63,393.56 |

〈표 부록 3-30〉 일본-싱가포르의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|----------|
| GDP | -0.26 | 0.83 | -0.31 |
| 수출 | 0.30 | 0.45 | 0.67 |
| 이자율 | 2.89 | 0.00 | 3,711.48 |
| 환율 | -0.20 | 0.55 | -0.37 |

〈표 부록 3-31〉 일본-인도네시아의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | 0.43 | 0.00 | 7,694.07 |
| 수출 | 0.69 | 0.00 | 102,437.76 |
| 이자율 | 0.29 | 1.21 | 0.24 |
| 환율 | -0.44 | 0.00 | -133,887.60 |

〈표 부록 3-32〉 일본-중국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|----------------|
| GDP | 1.18 | 0.50 | 2.37 |
| 수출 | 0.67 | 0.46 | 1.45 |
| 이자율 | -3.96 | 0.00 | -25,108,355.00 |
| 환율 | 0.02 | 0.00 | 809.15 |

〈표 부록 3-33〉 일본-태국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|--------------|
| GDP | 1.50 | 1.28 | 1.18 |
| 수출 | 0.64 | 0.00 | 1,322,615.80 |
| 이자율 | -1.23 | 0.00 | -213,087.47 |
| 환율 | 0.28 | 0.91 | 0.31 |

〈표 부록 3-34〉 일본-필리핀의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | -0.12 | 0.00 | -9,309.84 |
| 수출 | 0.71 | 0.00 | 262,494.10 |
| 이자율 | 1.08 | 1.12 | 0.96 |
| 환율 | 0.22 | 0.89 | 0.24 |

〈표 부록 3-35〉 일본-한국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | 1.91 | 1.96 | 0.98 |
| 수출 | 0.07 | 0.00 | 108,829.81 |
| 이자율 | -1.51 | 0.00 | -418,205.50 |
| 환율 | -0.13 | 0.00 | -65,620.03 |

〈표 부록 3-36〉 일본-홍콩의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|--------------|
| GDP | -1.43 | 0.78 | -1.84 |
| 수출 | 0.60 | 0.00 | 1,658,921.10 |
| 이자율 | 3.15 | 2.89 | 1.09 |
| 환율 | 12.41 | 0.00 | 4,283,434.50 |

〈표 부록 3-37〉 베트남-독일의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 2.22 | 2.74 | 0.81 |
| 수출 | 0.01 | 0.25 | 0.04 |
| 이자율 | 2.14 | 2.26 | 0.94 |
| 환율 | -0.47 | 0.00 | -17,617.19 |

〈표 부록 3-38〉 베트남-미국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|---------------|
| GDP | 5.12 | 0.00 | 91,684,404.00 |
| 수출 | 0.20 | 0.32 | 0.61 |
| 이자율 | 3.51 | 1.99 | 1.76 |
| 환율 | 0.48 | 0.00 | 729,962.56 |

〈표 부록 3-39〉 베트남-일본의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|--------------|
| GDP | 3.39 | 2.15 | 1.57 |
| 수출 | 0.16 | 0.00 | 8,678,567.40 |
| 이자율 | 12.52 | 0.00 | 140,083.29 |
| 환율 | -2.58 | 1.38 | -1.87 |

〈표 부록 3-40〉 베트남-중국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 0.50 | 2.54 | 0.20 |
| 수출 | 0.24 | 0.00 | 233,285.65 |
| 이자율 | 1.20 | 0.00 | 853.53 |
| 환율 | -2.54 | 0.00 | -27,191.73 |

〈표 부록 3-41〉 베트남-한국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|--------------|
| GDP | -2.75 | 0.00 | -319,956.36 |
| 수출 | 0.04 | 0.38 | 0.10 |
| 이자율 | 6.93 | 0.00 | 2,367,197.40 |
| 환율 | -1.17 | 0.00 | -916,245.87 |

〈표 부록 3-42〉 대만-독일의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|--------------|
| GDP | 1.12 | 0.00 | 924,437.64 |
| 수출 | 0.43 | 0.26 | 1.64 |
| 이자율 | -1.52 | 1.44 | -1.05 |
| 환율 | 1.08 | 0.00 | 4,499,309.10 |

〈표 부록 3-43〉 대만-미국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 1.88 | 0.80 | 2.37 |
| 수출 | 0.08 | 0.00 | 47,838.38 |
| 이자율 | -1.74 | 0.00 | -63,012.26 |
| 환율 | 0.24 | 1.43 | 0.17 |

〈표 부록 3-44〉 대만-일본의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|----------------|
| GDP | 0.63 | 2.03 | 0.31 |
| 수출 | -0.04 | 0.00 | -48,691,757.00 |
| 이자율 | -4.79 | 0.00 | -6,447,862.90 |
| 환율 | 1.16 | 0.00 | 484,403,400.00 |

〈표 부록 3-45〉 대만-중국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|---------------|
| GDP | 0.28 | 0.38 | 0.73 |
| 수출 | 0.41 | 0.27 | 1.50 |
| 이자율 | -1.52 | 0.00 | -1,027,084.10 |
| 환율 | -0.06 | 0.00 | -318,434.92 |

〈표 부록 3-46〉 대만-한국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 0.75 | 0.85 | 0.89 |
| 수출 | 0.13 | 0.00 | 71,818.89 |
| 이자율 | 0.41 | 1.03 | 0.40 |
| 환율 | -0.28 | 0.00 | -38,302.32 |

〈표 부록 3-47〉 홍콩-독일의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 0.11 | 0.00 | 18,763.84 |
| 수출 | 0.50 | 0.70 | 0.71 |
| 이자율 | 0.41 | 0.00 | 268,789.62 |
| 환율 | -0.20 | 0.00 | -88.34 |

〈표 부록 3-48〉 홍콩-미국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|---------------|
| GDP | 0.58 | 0.00 | 90,570.73 |
| 수출 | 0.42 | 0.52 | 0.80 |
| 이자율 | -1.81 | 0.00 | -3,708,899.30 |
| 환율 | -3.03 | 0.00 | -1,190.44 |

〈표 부록 3-49〉 홍콩-일본의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-----------|
| GDP | -1.54 | 6.29 | -0.25 |
| 수출 | 1.00 | 1.24 | 0.81 |
| 이자율 | 47.58 | 0.01 | 6,394.04 |
| 환율 | -3.07 | 0.00 | -1,150.87 |

〈표 부록 3-50〉 홍콩-중국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | 0.86 | 0.56 | 1.54 |
| 수출 | 0.20 | 0.35 | 0.58 |
| 이자율 | -4.78 | 0.00 | -272,617.74 |
| 환율 | -2.06 | 0.00 | -2,473.56 |

〈표 부록 3-51〉 홍콩-한국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | -0.68 | 2.92 | -0.23 |
| 수출 | 0.09 | 0.00 | 62,179.77 |
| 이자율 | 0.20 | 0.00 | 15,074.28 |
| 환율 | -19.54 | 0.00 | -500,154.80 |

〈표 부록 3-52〉 인도네시아-독일의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | -0.86 | 0.00 | -35,854.48 |
| 수출 | 0.16 | 0.57 | 0.28 |
| 이자율 | 3.25 | 4.18 | 0.78 |
| 환율 | 0.33 | 0.00 | 24,339.86 |

〈표 부록 3-53〉 인도네시아-미국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 1.09 | 3.95 | 0.28 |
| 수출 | -0.08 | 0.00 | -78,169.40 |
| 이자율 | 1.70 | 0.00 | 49,843.80 |
| 환율 | 0.11 | 0.00 | 5,251.18 |

〈표 부록 3-54〉 인도네시아-일본의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|-------|------------|
| GDP | 3.05 | 0.00 | 382,479.15 |
| 수출 | -0.04 | 0.34 | -0.13 |
| 이자율 | -11.94 | 19.53 | -0.61 |
| 환율 | -0.13 | 0.64 | -0.20 |

〈표 부록 3-55〉 인도네시아-중국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-----------|
| GDP | -0.58 | 0.81 | -0.72 |
| 수출 | -0.09 | 0.14 | -0.66 |
| 이자율 | 6.14 | 0.00 | 90,065.66 |
| 환율 | 0.03 | 0.00 | 4,963.90 |

〈표 부록 3-56〉 인도네시아-한국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 1.79 | 1.60 | 1.12 |
| 수출 | 0.13 | 0.20 | 0.67 |
| 이자율 | -1.15 | 0.00 | -51,986.87 |
| 환율 | -0.31 | 0.32 | -0.97 |

〈표 부록 3-57〉 말레이시아-독일의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 1.04 | 0.00 | 334,372.54 |
| 수출 | 0.12 | 0.00 | 160,033.75 |
| 이자율 | 0.34 | 5.07 | 0.07 |
| 환율 | 0.49 | 0.52 | 0.96 |

〈표 부록 3-58〉 말레이시아-미국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|--------------|
| GDP | 2.74 | 2.07 | 1.32 |
| 수출 | 0.07 | 0.00 | 4,983,876.70 |
| 이자율 | -1.29 | 0.00 | -860,997.38 |
| 환율 | -0.04 | 0.00 | -46,928.84 |

〈표 부록 3-59〉 말레이시아-일본의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-----------|
| GDP | 5.20 | 0.00 | 37,401.26 |
| 수출 | 0.00 | 1.10 | 0.00 |
| 이자율 | 25.88 | 1.45 | 17.86 |
| 환율 | -1.51 | 2.49 | -0.61 |

〈표 부록 3-60〉 말레이시아-중국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 1.81 | 1.00 | 1.81 |
| 수출 | 0.25 | 0.00 | 199,873.65 |
| 이자율 | -3.68 | 0.00 | -5,278.31 |
| 환율 | 0.37 | 0.00 | 69,873.33 |

〈표 부록 3-61〉 말레이시아-한국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | -2.91 | 0.00 | -190,808.41 |
| 수출 | 0.43 | 0.00 | 70,771.50 |
| 이자율 | 5.35 | 0.91 | 5.86 |
| 환율 | -1.02 | 1.38 | -0.74 |

〈표 부록 3-62〉 필리핀-독일의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-----------|
| GDP | -1.27 | 0.00 | -2,635.90 |
| 수출 | 0.00 | 0.63 | 0.00 |
| 이자율 | 1.77 | 0.00 | 7,301.94 |
| 환율 | -1.12 | 4.21 | -0.27 |

〈표 부록 3-63〉 필리핀-미국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|----------------|
| GDP | 2.21 | 0.00 | 21,071,307.00 |
| 수출 | -0.04 | 0.00 | -46,023,789.00 |
| 이자율 | -2.10 | 0.00 | -39,770,176.00 |
| 환율 | 0.76 | 0.76 | 0.99 |

〈표 부록 3-64〉 필리핀-일본의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|--------------|
| GDP | 4.11 | 0.00 | 1,319,550.90 |
| 수출 | 0.17 | 0.67 | 0.25 |
| 이자율 | 4.92 | 0.00 | 17,555.63 |
| 환율 | 0.04 | 0.00 | 1,083,556.30 |

〈표 부록 3-65〉 필리핀-중국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|---------------|
| GDP | 2.27 | 1.43 | 1.59 |
| 수출 | 0.17 | 0.00 | 84,923.99 |
| 이자율 | -6.10 | 0.00 | -1,652,549.90 |
| 환율 | -0.41 | 0.00 | -17,478.22 |

〈표 부록 3-66〉 필리핀-한국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | -2.58 | 0.00 | -103,824.27 |
| 수출 | 0.39 | 0.30 | 1.27 |
| 이자율 | 3.96 | 1.94 | 2.04 |
| 환율 | 0.82 | 0.89 | 0.91 |

〈표 부록 3-67〉 싱가포르-독일의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 1.96 | 1.90 | 1.03 |
| 수출 | 0.21 | 0.21 | 1.01 |
| 이자율 | -2.33 | 2.08 | -1.12 |
| 환율 | 0.94 | 0.00 | 224,581.66 |

〈표 부록 3-68〉 싱가포르-미국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|---------------|
| GDP | 2.83 | 3.68 | 0.77 |
| 수출 | 0.18 | 0.00 | 35,117,725.00 |
| 이자율 | -3.07 | 0.00 | -1,187,827.40 |
| 환율 | 0.51 | 0.00 | 51,204,766.00 |

〈표 부록 3-69〉 싱가포르-일본의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-----------|
| GDP | 0.66 | 0.00 | 43,323.44 |
| 수출 | 0.08 | 0.71 | 0.11 |
| 이자율 | -3.80 | 0.01 | -625.84 |
| 환율 | 0.63 | 0.00 | 28,216.51 |

〈표 부록 3-70〉 싱가포르-중국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | 0.71 | 0.96 | 0.74 |
| 수출 | 0.14 | 0.00 | 39,356.22 |
| 이자율 | 1.08 | 0.00 | 236,331.67 |
| 환율 | -0.23 | 0.00 | -290,607.22 |

〈표 부록 3-71〉 싱가포르-한국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | 2.17 | 0.62 | 3.48 |
| 수출 | 0.16 | 0.65 | 0.24 |
| 이자율 | -1.25 | 0.00 | -118,039.34 |
| 환율 | 0.82 | 0.00 | 131,148.39 |

〈표 부록 3-72〉 태국-독일의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | -0.83 | 0.00 | -236,045.42 |
| 수출 | 0.64 | 0.24 | 2.69 |
| 이자율 | -0.32 | 0.79 | -0.41 |
| 환율 | 0.55 | 0.00 | 920,556.71 |

〈표 부록 3-73〉 태국-미국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 1.55 | 1.89 | 0.82 |
| 수출 | 0.52 | 0.29 | 1.79 |
| 이자율 | -0.43 | 0.00 | -89,679.55 |
| 환율 | -0.26 | 0.00 | -67,006.08 |

〈표 부록 3-74〉 태국-일본의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|----------|
| GDP | -0.35 | 1.70 | -0.20 |
| 수출 | 0.19 | 0.16 | 1.16 |
| 이자율 | 13.78 | 0.01 | 2,138.43 |
| 환율 | 0.37 | 1.03 | 0.36 |

〈표 부록 3-75〉 태국-중국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|--------------------|
| GDP | -1.49 | 0.00 | -20,890,296,000.00 |
| 수출 | 1.33 | 0.00 | 2,260,269,000.00 |
| 이자율 | 5.08 | 0.00 | 7,118,670,600.00 |
| 환율 | -1.81 | 3.22 | -0.56 |

〈표 부록 3-76〉 태국-한국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | -3.52 | 0.00 | -379,645.37 |
| 수출 | 0.96 | 0.96 | 1.00 |
| 이자율 | 5.42 | 0.00 | 117,019.55 |
| 환율 | -0.50 | 1.51 | -0.33 |

〈표 부록 3-77〉 독일-대만의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|--------------|
| GDP | 1.13 | 1.44 | 0.78 |
| 수출 | 0.33 | 0.00 | 9,711,397.00 |
| 이자율 | -4.66 | 0.00 | -611,640.83 |
| 환율 | -0.09 | 1.11 | -0.08 |

〈표 부록 3-78〉 독일-말레이시아의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|---------------|
| GDP | -1.92 | 1.20 | -1.60 |
| 수출 | 0.32 | 0.41 | 0.79 |
| 이자율 | 5.01 | 0.00 | 1,422,527.50 |
| 환율 | -0.74 | 0.00 | -1,268,327.20 |

〈표 부록 3-79〉 독일-미국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|---------------|
| GDP | 1.64 | 1.02 | 1.61 |
| 수출 | 0.78 | 0.12 | 6.54 |
| 이자율 | -0.84 | 1.32 | -0.64 |
| 환율 | 0.33 | 0.00 | 29,323,324.00 |

〈표 부록 3-80〉 독일-베트남의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | 3.23 | 1.60 | 2.02 |
| 수출 | 0.22 | 0.18 | 1.22 |
| 이자율 | -1.20 | 0.00 | -410,196.52 |
| 환율 | -0.57 | 0.00 | -490,267.33 |

〈표 부록 3-81〉 독일-싱가포르의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | -0.33 | 1.17 | -0.28 |
| 수출 | 0.75 | 1.40 | 0.53 |
| 이자율 | 0.14 | 0.00 | 307.53 |
| 환율 | -1.49 | 0.00 | -61,106.40 |

〈표 부록 3-82〉 독일-인도네시아의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | -0.15 | 0.00 | -22,324.29 |
| 수출 | -0.38 | 0.86 | -0.44 |
| 이자율 | -0.10 | 0.00 | -23,291.84 |
| 환율 | -0.08 | 0.00 | -14,639.84 |

〈표 부록 3-83〉 독일-일본의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-----------------|
| GDP | 1.08 | 0.00 | 339,865,880.00 |
| 수출 | 0.10 | 0.00 | 571,134,630.00 |
| 이자율 | -13.74 | 0.00 | -314,487,020.00 |
| 환율 | -0.70 | 1.88 | -0.37 |

〈표 부록 3-84〉 독일-중국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|---------------|
| GDP | -0.47 | 0.00 | -5,097,996.80 |
| 수출 | 1.00 | 0.53 | 1.89 |
| 이자율 | 0.65 | 0.00 | 430,150.09 |
| 환율 | -0.14 | 0.00 | -193,561.10 |

〈표 부록 3-85〉 독일-태국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|--------------|
| GDP | 1.83 | 0.00 | 1,359,459.30 |
| 수출 | 0.59 | 0.34 | 1.73 |
| 이자율 | -1.98 | 0.00 | -129,505.08 |
| 환율 | -0.07 | 0.84 | -0.08 |

〈표 부록 3-86〉 독일-필리핀의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-----------|
| GDP | 1.20 | 0.56 | 2.14 |
| 수출 | 0.04 | 0.00 | 58,026.47 |
| 이자율 | -0.14 | 1.98 | -0.07 |
| 환율 | 0.46 | 0.00 | 92,441.90 |

〈표 부록 3-87〉 독일-한국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 0.18 | 0.62 | 0.29 |
| 수출 | 0.17 | 0.00 | 315,507.10 |
| 이자율 | 2.29 | 0.00 | 357,081.51 |
| 환율 | -0.42 | 0.66 | -0.63 |

〈표 부록 3-88〉 독일-홍콩의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|-------|------------|
| GDP | 0.82 | 2.81 | 0.29 |
| 수출 | -0.05 | 0.14 | -0.33 |
| 이자율 | -0.62 | 0.00 | -16,157.94 |
| 환율 | -6.30 | 24.50 | -0.26 |

〈표 부록 3-89〉 미국-대만의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | -0.05 | 2.34 | -0.02 |
| 수출 | 0.32 | 0.00 | 229,790.10 |
| 이자율 | 4.38 | 3.86 | 1.13 |
| 환율 | 1.14 | 0.00 | 57,171.55 |

〈표 부록 3-90〉 미국-독일의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|---------------|
| GDP | 4.86 | 0.00 | 93,337,458.00 |
| 수출 | 0.08 | 0.39 | 0.21 |
| 이자율 | -1.42 | 0.00 | -28,960.40 |
| 환율 | -0.08 | 1.77 | -0.05 |

〈표 부록 3-91〉 미국-말레이시아의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|----------------|
| GDP | 3.85 | 1.56 | 2.47 |
| 수출 | -0.06 | 0.00 | -35,046.86 |
| 이자율 | -6.78 | 0.00 | -56,531,892.00 |
| 환율 | 0.45 | 0.00 | 205,629.78 |

〈표 부록 3-92〉 미국-베트남의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|--------------|
| GDP | 2.34 | 0.00 | 4,756,220.80 |
| 수출 | -0.42 | 0.74 | -0.57 |
| 이자율 | 0.02 | 0.00 | 20,347.48 |
| 환율 | -2.25 | 0.00 | -213,154.79 |

〈표 부록 3-93〉 미국-싱가포르의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-------------|
| GDP | 0.91 | 1.72 | 0.53 |
| 수출 | -0.09 | 0.00 | -49,525.24 |
| 이자율 | -3.77 | 0.00 | -278,289.46 |
| 환율 | 1.71 | 0.00 | 330,470.79 |

〈표 부록 3-94〉 미국-인도네시아의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 0.54 | 1.70 | 0.32 |
| 수출 | 0.01 | 0.00 | 1,250.18 |
| 이자율 | -0.21 | 0.00 | -27,682.40 |
| 환율 | -0.31 | 0.00 | -16,256.64 |

〈표 부록 3-95〉 미국-일본의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 0.47 | 0.00 | 84,609.28 |
| 수출 | 1.23 | 2.38 | 0.52 |
| 이자율 | 24.88 | 0.00 | 111,663.73 |
| 환율 | -0.10 | 0.00 | -37,734.13 |

〈표 부록 3-96〉 미국-중국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|------------|
| GDP | 3.36 | 1.05 | 3.21 |
| 수출 | 0.13 | 0.00 | 18,413.89 |
| 이자율 | -9.75 | 0.00 | -67,737.48 |
| 환율 | -0.29 | 0.96 | -0.30 |

〈표 부록 3-97〉 미국-태국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|--------------|
| GDP | -0.49 | 0.00 | -186,401.00 |
| 수출 | 0.25 | 0.21 | 1.21 |
| 이자율 | 0.90 | 5.46 | 0.17 |
| 환율 | 1.63 | 0.00 | 4,376,920.90 |

〈표 부록 3-98〉 미국-필리핀의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-----------|
| GDP | 1.33 | 0.00 | 17,361.47 |
| 수출 | -0.16 | 0.82 | -0.19 |
| 이자율 | -0.78 | 2.13 | -0.37 |
| 환율 | 0.51 | 3.45 | 0.15 |

〈표 부록 3-99〉 미국-한국의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|-----------|
| GDP | 0.66 | 0.00 | 60,804.11 |
| 수출 | 0.31 | 0.00 | 59,192.19 |
| 이자율 | -0.82 | 3.65 | -0.22 |
| 환율 | -0.01 | 0.00 | -383.05 |

〈표 부록 3-100〉 미국-홍콩의 확률계수모형 추정결과

| 구분 | β 의 평균값 | 표준편차 | t-비율 |
|-----|---------------|------|---------------|
| GDP | 0.79 | 4.26 | 0.19 |
| 수출 | -0.18 | 0.00 | -1,111,258.20 |
| 이자율 | 7.64 | 0.00 | 460,952.43 |
| 환율 | -2.79 | 1.80 | -1.55 |

부록 4. 베이지안 단순회귀모형 코드(MATLAB 코드)

1. 회귀모형 추정 코드

```
% Bayesian Regression Model
% Deriving Distributions of Coefficients

clear;
clc;
addpath('D:\Matlab');

ts = 10;
data = xlsread('dataset(181101)','2','A1:E17')
T = rows(data);
Y = data(:,1);
X = data(:, 2:5);
Y1 = data(1:ts,1);
Y2 = data(ts+1:T,1);
X1 = data(1:ts,2:5);
X2 = data(ts+1:T,2:5);

k = cols(X1);

b0 = inv(X1'*X1)*X1'*Y1;
a0 = ts - k;
ehat = Y1 - X1*b0;
S2 = ehat'*ehat;
d0 = S2;
sig2j = d0/a0;
B0 = sig2j*inv(X1'*X1);
```

```

n0 = 10000;
n1 = 40000;
n = n0 + n1;

bm = zeros(n,k);
sig2m = zeros(n,1);

XX = X2'*X2;
XY = X2'*Y2;

B0inv = inv(B0);
T = rows(Y2);

for iter = 1:n

    B1inv = inv(sig2j)*XX + B0inv;
    B1 = inv(B1inv);
    A = inv(sig2j)*XY + B0inv*b0;
    beta1 = B1*A;
    betaj = beta1 + chol(B1)'*randn(k,1);
    bm(iter,:) = betaj';

    a1 = a0 + T;
    ee_hat = Y2 - X2*betaj;
    d1 = ee_hat'*ee_hat + d0;
    sig2j = randig(a1/2, d1/2, 1, 1);
    sig2m(iter) = sig2j;

end

bm = bm(n0+1:end,:);

```

```
sig2m = sig2m(n0+1:end,:);

postmean = meanc(bm);
postvar = var(bm)';
postsd = sqrt(postvar);
B_t = postmean./sqrt(postvar);
B_est = [postmean postsd B_t];

bhat = inv(X'*X)*X'*Y;
ehatols = Y - X*bhat;
sig2ols = ehatols'*ehatols/(rows(Y) - k);
varhat = diag(sig2ols*inv(X'*X));
sdhat = sqrt(varhat);
OLS_t = bhat./sqrt(varhat);
OLS_est = [bhat sdhat OLS_t];

Result = [B_est OLS_est]

save A0_Result_002.txt Result -ascii;
```

2. 전망치 추정 코드

```
% Bayesian Regression Model
% Forecasting

clear;
clc;
addpath('D:\Matlab');

ts = 10;
alpha = 0.1;
s_1 = 1.28;

data = xlsread('dataset(181101)','2','A1:E17')
T = rows(data);
Y = data(:,1);
X = data(:, 2:5);
Y1 = data(1:ts,1);
Y2 = data(ts+1:T,1);
X1 = data(1:ts,2:5);
X2 = data(ts+1:T,2:5);

X_1 = X2(7, :);
X_2 = X2(6, :);
X_3 = X2(5, :);
X_4 = X2(4, :);
X_5 = X2(3, :);

k = cols(X1);

b0 = inv(X1'*X1)*X1'*Y1;
```

```

a0 = ts-k;
ehat = Y1-X1*b0;
S2 = ehat'*ehat;
d0 = S2;
sig2j = d0/a0;
B0 = sig2j*inv(X1'*X1);
n0 = 10000;
n1 = 40000;
n = n0 + n1;

bm = zeros(n,k);
sig2m = zeros(n,1);

Y_1 = zeros(n,1);
Y_2 = zeros(n,1);
Y_3 = zeros(n,1);
Y_4 = zeros(n,1);
Y_5 = zeros(n,1);

XX = X2'*X2;
XY = X2'*Y2;

B0inv = inv(B0);
T = rows(Y2);

for iter = 1:n

    B1inv = inv(sig2j)*XX + B0inv;
    B1 = inv(B1inv);
    A = inv(sig2j)*XY + B0inv*b0;
    beta1 = B1*A;

```

```

    betaj = beta1 + chol(B1)'*randn(k,1);
    bm(iter,:) = betaj';

    Y_1(iter,:)= X_1*betaj + sqrt(sig2j)*randn(1,1);
    Y_2(iter,:)= X_2*betaj + sqrt(sig2j)*randn(1,1);
    Y_3(iter,:)= X_3*betaj + sqrt(sig2j)*randn(1,1);
    Y_4(iter,:)= X_4*betaj + sqrt(sig2j)*randn(1,1);
    Y_5(iter,:)= X_5*betaj + sqrt(sig2j)*randn(1,1);

    a1 = a0 + T;
    eehat = Y2 - X2*betaj;
    d1 = eehat'*eehat + d0;
    sig2j = randig(a1/2, d1/2, 1, 1);
    sig2m(iter) = sig2j;

end

bm = bm(n0+1:end,:);
sig2m = sig2m(n0+1:end,:);

Y_1_m = Y_1(n0+1:end,:);
Y_2_m = Y_2(n0+1:end,:);
Y_3_m = Y_3(n0+1:end,:);
Y_4_m = Y_4(n0+1:end,:);
Y_5_m = Y_5(n0+1:end,:);

m_Y_1 = mean(Y_1_m);
m_Y_2 = mean(Y_2_m);
m_Y_3 = mean(Y_3_m);
m_Y_4 = mean(Y_4_m);
m_Y_5 = mean(Y_5_m);

```



```
f_Y = [m_Y_5; m_Y_4; m_Y_3; m_Y_2; m_Y_1]
```

```
Y_1 = Y2(7, :);
```

```
Y_2 = Y2(6, :);
```

```
Y_3 = Y2(5, :);
```

```
Y_4 = Y2(4, :);
```

```
Y_5 = Y2(3, :);
```

```
Y_5_1 = [Y_5; Y_4; Y_3; Y_2; Y_1]
```

```
f_error = Y_5_1 - f_Y;
```

```
f_e2 = (f_error).^2;
```

```
f_e2_mean = mean(f_e2);
```

```
RMSE = sqrt(f_e2_mean)
```

```
postmean = mean(bm);
```

```
postvar = var(bm)';
```

```
postst = sqrt(postvar);
```

```
B_t = postmean./sqrt(postvar);
```

```
B_est = [postmean postst B_t];
```

```
save F_Y_002.txt f_Y -ascii;
```

```
save RMSE_002.txt RMSE -ascii;
```

부록 5. SSVS 모형 코드(MATLAB 코드): 회귀모형 추정 및 전망치 추정 코드

```
% Stochastic Search Variable Selection
% Deriving Parameters' Distribution and Forecasting

clear;
clc;
addpath('D:\Matlab');

%% DGP
data = xlsread('dataset(181101)','2','A1:E17')
Y = data(:,1);
X = data(:,2:5);
k = cols(X);

x_f1 = X(13,:);
x_f2 = X(14,:);
x_f3 = X(15,:);
x_f4 = X(16,:);
x_f5 = X(17,:);
x_f = [x_f1; x_f2; x_f3; x_f4; x_f5];

%% Sampling

%% 사전분포
% beta의 사전분포
beta0 = zeros(k, 1);
beta1 = beta0;
```

```

%% B0, B1의 사전분포
IG0 = [10; 2.5]; % B0, E(B0) = IG0(2)/IG0(1)
IG1 = [2; 8]; % B1, E(B1) = IG1(2)/IG1(1)

n0 = 200;
n1 = 5000;

% sig21, sig22의 사전분포
alpha0 = 5;
delta0 = 5;

[betam, sig2m, Gam, yfm, postmom_beta, postmom_sig2,
postmom_Gam, postmom_yfm] = Vari_Selection_Ko(Y, X, n0, n1,
beta0, beta1, alpha0, delta0, IG0, IG1, x_f);

y_f = meanc(yfm)

Y_1 = Y(17, :);
Y_2 = Y(16, :);
Y_3 = Y(15, :);
Y_4 = Y(14, :);
Y_5 = Y(13, :);

Y_5_1 = [Y_5; Y_4; Y_3; Y_2; Y_1];

f_error = Y_5_1 - y_f;
f_e2 = (f_error).^2;
f_e2_mean = meanc(f_e2);
RMSE = sqrt(f_e2_mean)

%% 그림 그리기

```

```

Gam_hat = postmom_Gam(:, 2);
y = Gam_hat;
figure
x = 1:length(Gam_hat);
ylim([-0.1 1.1])
xlim([0 length(x)+1])
a = 40;
scatter(x, y, a, 'MarkerEdgeColor',[0 .2 .2],...
        'MarkerFaceColor',[0 .8 .8],...
        'LineWidth',1.5)
xlabel('variable')
ylabel('Prob. of inclusion')
betahat = postmom_beta(:,2:3);
t_beta = betahat(:,1)./betahat(:,2);
beta = [betahat t_beta]
gamma = Gam_hat

```

```

Output = [beta gamma]

```

```

save Output.txt Output -ascii;

```

```

save f_point_002.txt y_f -ascii;
save RMSE_002.txt RMSE -ascii;

```

```

function [betam, sig2m, Gam, yfm, postmom_beta,
postmom_sig2, postmom_Gam, postmom_yfm] = Vari_Selection(Y,
X, n0, n1, beta0, beta1, alpha0, delta0, IG0, IG1, x_f)

```

```

n = n0 + n1;
k = cols(X);

```

```

if nargin > 10
    Is_forecasting = 1; % 예측하기
else
    Is_forecasting = 0; % 예측 안하기
end
%% 초기값 설정
if alpha0 > 2
    sig2 = delta0/alpha0;
else
    sig2 = stdc(Y)^2;
end

B0 = (IG0(2)/IG0(1))*eye(k);
B1 = (IG1(2)/IG1(1))*eye(k);

gam = ones(k, 1);

%% 저장할 방
Gam = zeros(n, k);
betam = zeros(n, k);
sig2m = zeros(n, 1);
yf1_m = zeros(n, 1);
yf2_m = zeros(n, 1);
yf3_m = zeros(n, 1);
yf4_m = zeros(n, 1);
yf5_m = zeros(n, 1);

%% MCMC 시작
for iter = 1:n

```

```

% Step 1 : beta 샘플링
beta = Gen_beta_VS(Y, X, sig2, gam, beta0, B0, beta1, B1);
betam(iter, :) = beta';

% Step 2 : sig2 샘플링
sig2 = Gen_Sigma(Y, X, beta, alpha0, delta0);
sig2m(iter, :) = sig2;

% Step 3 : gam 샘플링
gam = Gen_gam(beta, beta0, B0, beta1, B1);
Gam(iter, :) = gam';

% Step 4 : B0, B1 샘플링
beta_0m = beta(gam == 0);
b0 = Gen_Sigma_B(beta_0m, IG0(1), IG0(2));
B0 = b0*eye(k);

beta_1m = beta(gam == 1);
b1 = Gen_Sigma_B(beta_1m, IG1(1), IG1(2));
B1 = b1*eye(k);

% Step 5 : 예측하기

beta_gam = beta .* gam;
yf1 = x_f(1,1:4)*beta_gam + sqrt(sig2)*randn(1, 1);
yf1_m(iter, 1) = yf1;
yf2 = x_f(2,1:4)*beta_gam + sqrt(sig2)*randn(1, 1);
yf2_m(iter, 1) = yf2;
yf3 = x_f(3,1:4)*beta_gam + sqrt(sig2)*randn(1, 1);
yf3_m(iter, 1) = yf3;
yf4 = x_f(4,1:4)*beta_gam + sqrt(sig2)*randn(1, 1);

```

```

        yf4_m(iter, 1) = yf4;
        yf5 = x_f(5,1:4)*beta_gam + sqrt(sig2)*randn(1, 1);
        yf5_m(iter, 1) = yf5;

    end

    betam = betam(n0+1:n, :); % 변인 버리기
    sig2m = sig2m(n0+1:n, :); % 변인 버리기
    Gam = Gam(n0+1:n, :); % 변인 버리기
    yf1_m = yf1_m(n0+1:n, :);
    yf2_m = yf2_m(n0+1:n, :);
    yf3_m = yf3_m(n0+1:n, :);
    yf4_m = yf4_m(n0+1:n, :);
    yf5_m = yf5_m(n0+1:n, :);
    yfm = [yf1_m yf2_m yf3_m yf4_m yf5_m];

    alpha = 0.05;
    maxac = 200;
    postmom_beta = MHout(betam,alpha,maxac, 0);
    postmom_sig2 = MHout(sig2m,alpha,maxac, 0);
    postmom_Gam = MHout(Gam,alpha,maxac, 0);
    postmom_yfm = MHout(yfm,alpha,maxac, 0);
    end

%%
function beta = Gen_beta_VS(Y, X, sig2, gam, beta0, B0,
beta1, B1)

B_ = diag((1 - gam')*diag(B0) + gam'*diag(B1));
beta_ = (1 - gam')*beta0 + gam'*beta1;

```

```

B_inv = inv(B_);
k = cols(X);

%% 레짐 1
sig2inv = 1/sig2;
B1inv = sig2inv*(X'*X) + B_inv;
B1 = inv(B1inv);
A = sig2inv*X'*Y + B_inv*beta_;
beta = B1*A + chol(B1)*randn(k, 1);

end

%%
function gam = Gen_gam(beta, beta0, B0, beta1, B1)

k = rows(beta);
gam = zeros(k, 1);
for j = 1:k

    p0j = exp(lnpdfn(beta(j), beta0(j), B0(j,j)));
    p1j = exp(lnpdfn(beta(j), beta1(j), B1(j,j)));
    p1 = p1j/(p0j + p1j);
    gam(j) = rand(1,1) < p1;
end

end

%%
function sig2 = Gen_Sigma_B(Y, alpha0, delta0)

```



```

%% 레짐 1
ehat = Y;
d1 = delta0 + ehat'*ehat;
a1 = alpha0 + rows(Y);
sig2 = randig(a1/2,d1/2,1,1);

end

%%
function sig2 = Gen_Sigma(Y, X, beta, alpha0, delta0)

%% 레짐 1
ehat = Y - X*beta;
d1 = delta0 + ehat'*ehat;
a1 = alpha0 + rows(X);
sig2 = randig(a1/2,d1/2,1,1);

end

% This proc summarizes posterior distribution
% It gives posterior mean, SD, alpha, 0.5 and (1-alpha)
quantiles,
% and inefficiency factor
function [postmom] = MHout(Mhm, alpha, maxac, is_postplot)

if nargin < 4
    is_postplot = 0;
end

```

```

n = rows(Mhm);

if nargin < 3
    maxac = min(100, round(0.2*n));
    is_postplot = 0;
end

maxac = min(maxac, round(0.2*n));
ql = [alpha;0.5;(1-alpha)]; % level
credb = quantile(Mhm,ql)'; % alpha, 0.5 and (1-alpha)
credibility interval
inef = ineff(Mhm,maxac); % inefficiency factor
postm = meanc(Mhm); % posterior mean
sd = stdc(Mhm); % standard deviation
index = 1:cols(Mhm);

n1 = round(0.4*n);
n2 = floor(0.4*n);
M1 = Mhm(1:n1,:);
M2 = Mhm(n2:n,:);
theta_ = meanc(M1) - meanc(M2);
var_ = var(M1)' - var(M2)';
z = theta_/sqrt(var_);
p_val = 2*(1-cdfn(abs(z))); % k by 1, p value
postmom = [index',postm,sd,credb,inef,p_val];

if is_postplot == 1
    post_plot(Mhm, maxac);
end

end

```

부록 6. 확률계수모형(GAUSS 코드)

1. 회귀모형 추정 코드

```

/* Random Coefficient Regression */
@=====
@ Estimation of Parameters @
@=====

new;
library optmum;

T = 17;
k = 5;

/* Data Loading */
load data[T,K] = d:\Empirics\RC\Data\002.txt;

/* Defining the Variables */
ymat = data;
y = ymat[,1];
x = ymat[:,2:5];

b_ols = inv(x'x)*x'*y;

bsig2_1_in = 1;
bsig2_2_in = 1;
bsig2_3_in = 1;
bsig2_4_in = 1;
prm_in = b_ols|bsig2_1_in|bsig2_2_in|bsig2_3_in|bsig2_4_in;
{fout,fout,cout,gout} = optmum(&lnlik, prm_in);

```

```

para_m = trans(xout);
b_mle = para_m[1:4,.];
sig2_mle = para_m[5:8,.];
sig_mle = sqrt(sig2_mle);
RC_t = b_mle./sig_mle;

/* Output */
output file = d:\Empirics\RC\Output\RC_002.out reset;
b_mle~sig_mle~RC_t;
output off;

@ Procedure 1 @

proc lnlik(prm0);
    local prm_new, bb, ssig2_1, ssig2_2, ssig2_3, ssig2_4, lnL,
itr, xssig2, ehat, ehat2, A;

    prm_new = trans(prm0);
    bb = prm_new[1:4,.];
    ssig2_1 = prm_new[5,.];
    ssig2_2 = prm_new[6,.];
    ssig2_3 = prm_new[7,.];
    ssig2_4 = prm_new[8,.];

    lnL = 0;

    itr = 1;
    do until itr > T;

        xssig2

```

=

```

(x[litr,.])*((ssig2_1~0~0~0)|(0~ssig2_2~0~0)|(0~0~ssig2_3~0)|(0~0~
0~ssig2_4))*x[litr,.]';
ehat = y[litr,.] - x[litr,.]*bb;
ehat2 = ehat'ehat;
A = -0.5*ln((2*pi)*xssig2) - 0.5*inv(xssig2)*ehat2;
lnL = lnL + A;

itr = itr + 1;
endo;

retp(-lnL);
endp;

@ Procedure 2 @
proc trans(prm0);
    local prm_new;

    prm_new = prm0;
    prm_new[5:8,.] = (prm0[5:8,.])^2;

    retp(prm_new);

endp;

```

2. 전망치 추정 코드

```
/* Random Coefficient Regression */
@=====
@ Forecasting @
@=====

new;
library optmum;

T = 17;
k = 5;

/* Data Loading */
load data[T,K] = d:\Empirics\RC\Data\002.txt;

/* Defining the Variables */
ymat = data;
y = ymat[,1];
x = ymat[:,2:5];

b_ols = inv(x'x)*x'*y;

bsig2_1_in = 1;
bsig2_2_in = 1;
bsig2_3_in = 1;
bsig2_4_in = 1;
prm_in = b_ols|bsig2_1_in|bsig2_2_in|bsig2_3_in|bsig2_4_in;
{xout,fout,cout,gout} = optmum(&lnlik, prm_in);
para_m = trans(xout);
b_mle = para_m[1:4,.];sig2_mle = para_m[5:8,.];
```

```

x_1 = x[17,:];
x_2 = x[16,:];
x_3 = x[15,:];
x_4 = x[14,:];
x_5 = x[13,:];

yf_1 = x_1*b_mle;
yf_2 = x_2*b_mle;
yf_3 = x_3*b_mle;
yf_4 = x_4*b_mle;
yf_5 = x_5*b_mle;

yf = yf_5|yf_4|yf_3|yf_2|yf_1;

y_1 = y[17,:];
y_2 = y[16,:];
y_3 = y[15,:];
y_4 = y[14,:];
y_5 = y[13,:];

y_5_1 = y_5|y_4|y_3|y_2|y_1;

f_error = y_5_1 - yf;
f_e2 = (f_error)^2;
f_e2_mean = meanc(f_e2);
RMSE = sqrt(f_e2_mean);

/* Output */
output file = d:\Empirics\RC\Output\f_point_002.out reset;
yf;

```

```

output off;
output file = d:\Empirics\RC\Output\RMSE_002.out reset;
RMSE;
output off;

@ Procedure 1 @

proc lnlik(prm0);
  local prm_new, bb, ssig2_1, ssig2_2, ssig2_3, ssig2_4, lnL,
itr, xssig2, ehat, ehat2, A;

  prm_new = trans(prm0);
  bb = prm_new[1:4,.];
  ssig2_1 = prm_new[5,.];
  ssig2_2 = prm_new[6,.];
  ssig2_3 = prm_new[7,.];
  ssig2_4 = prm_new[8,.];

  lnL = 0;

  itr = 1;
  do until itr > T;

    xssig2 =
(x[itr,.])*((ssig2_1~0~0~0)|(0~ssig2_2~0~0)|(0~0~ssig2_3~0)|(0~0~
0~ssig2_4))*x[itr,.]';
    ehat = y[itr,.] - x[itr,.]*bb;
    ehat2 = ehat'ehat;
    A = -0.5*ln((2*pi)*xssig2) - 0.5*inv(xssig2)*ehat2;
    lnL = lnL + A;
  end;
end;

```



```
itr = itr + 1;
endo;

retp(-lnL);
endp;

@ Procedure 2 @
proc trans(prm0);
    local prm_new;

    prm_new = prm0;
    prm_new[5:8,.] = (prm0[5:8,.])^2;

    retp(prm_new);

endp;
```


기본연구보고서 발간목록

2018년

| | | |
|----|---|------|
| 01 | 해양환경영향평가제도의 실효성 확보를 위한 개선 연구 | 박수진 |
| 02 | 공유수면매립 정책의 개선과 전환에 관한 연구 | 윤성순 |
| 03 | 도서지역 해양관광 발전전략 연구 - 관광행태 분석을 통한 수요 대응을 중심으로 - | 홍장원 |
| 04 | 양식장 해양쓰레기 자원순환 방안 연구 | 김경신 |
| 05 | 수산업 전망모형 「KMI-FOSIM」 구축연구 - 양식산업 전망모형 구축을 중심으로 - | 이현동 |
| 06 | 수산업 주요 연관산업의 글로벌 경쟁력에 관한 연구 | 임경희 |
| 07 | 인구소멸 시대의 어촌사회 정책 연구 | 박상우 |
| 08 | 국내 가두리 양식장 어장환경개선 방안 | 마창모 |
| 09 | 어업여건 변화에 대응한 연근해 어업의 허가제도 개선 방안 | 엄선희 |
| 10 | 과학적 해양사고조사체계 도입 및 구축기반 연구 | 박한선 |
| 11 | 컨테이너 해상물동량 예측 모형 구축방안 연구 | 고병욱 |
| 12 | 해운기업의 경영성과에 미치는 영향분석 연구 | 황진희 |
| 13 | 건설용 모래 공급사슬관리(SCM) 방안 - 바다모래 가치 재산정을 중심으로 - | 이연경 |
| 14 | 항만산업 종합통계 연구 | 하태영 |
| 15 | 항만 위험물 컨테이너 공급사슬 관리방안 연구 | 최나영환 |
| 16 | 국내 컨테이너항만의 비용 함수 추정 및 효율성 연구 | 최석우 |
| 17 | 신규 해사산업 진흥을 위한 법제도 개선방안 | 박한선 |
| 18 | 환동해권 물류 및 지역개발 기업진출 사례 분석 및 추진전략 | 이기열 |

2017년

| | | |
|----|----------------------------------|-----|
| 01 | 미래 수산업·어촌 발전을 위한 정책방향 연구 | 김대영 |
| 02 | 연안침식 대응정책의 개선방안 연구 | 윤성순 |
| 03 | 해양준조세 산정체계 개선방안 | 장정인 |
| 04 | 해역의 효과적 관리를 위한 도서 활용 방안 연구 | 최지연 |
| 05 | 반려동물산업 성장에 따른 수산분야 펫푸드 산업 활성화 방안 | 장홍석 |

| | | |
|----|---|-----|
| 06 | 강마을 지역경제 활성화를 위한 전략 | 박상우 |
| 07 | Post-2020 국제기후변화 규범체계에 대응한 해양정책 개선방안 연구 | 박수진 |
| 08 | 한국 수산식품 세계화 전략 수립 연구 -수산물 수출을 중심으로- | 임경희 |
| 09 | 양식산업 재난 위기관리에 관한 연구 | 마창모 |
| 10 | 해운기업의 선박투자 행태 분석과 대응방안 | 김태일 |
| 11 | IMO 지속발전 전략계획(SP) 대응방안 연구 | 박한선 |
| 12 | 컨테이너 해운산업 구조개선을 통한 경쟁력 제고 방안 연구 | 고병욱 |
| 13 | 동북아 전자상거래 해상운송 전환수요 분석 | 이기열 |
| 14 | 컨테이너 해운기업의 환적 패턴 분석과 항만의 대응방안 | 김은수 |
| 15 | 현장수요기반 IoT/빅데이터 항만하역 안전시스템 구축방안 연구 | 전형모 |
| 16 | 지진에 대비한 항만기능 유지의 필요성과 추진방안 | 김우선 |

수시연구보고서 발간목록

2018년

| | | |
|----|--|-----|
| 01 | 선화주 상생발전을 위한 해운산업투자 확대방안 연구 | 윤재웅 |
| 02 | 새로운 어선등록제 도입을 위한 제도 개선방안 연구 | 엄선희 |
| 03 | 낚시관리 실행력 제고 방안 연구 | 이정삼 |
| 04 | 해양생태도의 정책 활용도 제고방안 연구 | 박수진 |
| 05 | 국내 항만 대기오염물질 배출 저감조치의 운영실태 조사 및 개선방안연구 | 안용성 |
| 06 | 농축산물 등의 관세행정 제도개선을 통한 항만배후단지 내 FTZ활성화 방안연구 | 조지성 |
| 07 | 최저임금상승이 항만연관산업에 미치는 영향 및 대응방안 | 이기열 |
| 08 | 수산업·어촌분야 공익적 가치 평가체계 수립 및 사회적 경제 도입방안 연구 | 류정곤 |

2017년

| | | |
|----|--------------------------------|-----|
| 01 | 파나마운하 확장에 따른 해운물류환경변화와 정책대응 방안 | 박용안 |
| 02 | 해양문화정책 방향에 관한 연구 | 홍장원 |
| 03 | 4차 산업혁명과 해운산업 정책방향 | 황진희 |
| 04 | 제주도 항만거버넌스 개선방안 연구 | 김근섭 |

| | | |
|----|---|-----|
| 05 | 수산물 산지경매사 직무 및 시험체계 개발 | 장홍석 |
| 06 | 한·중·일 신선물류산업 활성화 방안 | 장홍석 |
| 07 | 연안항 지정기준 개선방안 연구 | 김근섭 |
| 08 | 지속가능한 갯벌어업을 위한 로드맵 마련 연구 - 갯벌어업 패류양식을 중심으로 - | 마창모 |
| 09 | 해양수산 공공부문 인재육성 정책 방향 | 홍현표 |

현안연구보고서 발간목록

2018년

| | | |
|----|---|-----|
| 01 | 미안마 국립수산대학 설립 추진 방안 연구 | 정명화 |
| 02 | 연안여객 해상교통의 대중교통체계 구축 방안 연구 | 김태일 |
| 03 | 해조류 국제양식규범확산에 따른 국내 김산업 수용태세 분석 -ASC인증을 중심으로- | 이상철 |
| 04 | 청년일자리 창출을 위한 해양수산 인력양성 방안 연구 - 국제물류 청년인력을 중심으로 - | 박광서 |
| 05 | 컨테이너 화물 해상운송계약 개선방안 연구 | 윤재웅 |
| 06 | 청년 물류인력 해외진출 정주 지원사업 구상 연구 | 김은수 |
| 07 | 자율운행선박 도입 관련 대응정책 방향 연구 | 박혜리 |
| 08 | 연안토지매입 동향과 도입 가능성 검토 | 윤성순 |
| 09 | 강릉선 KTX 개통에 따른 해양관광 수용태세 개선방안 연구 | 최일선 |
| 10 | 선박관리산업 육성을 통한 청년 일자리 창출 방안 연구 | 최영석 |
| 11 | 시민 참여형 연안·해양정보 생산·활용방안 | 정지호 |
| 12 | 부산항 배후지 부가가치활동 확대를 통한 일자리 창출 연구 | 하태영 |
| 13 | 해양바이오 산업화를 위한 국가연구개발사업 추진 방향 연구 | 한기원 |
| 14 | 근로시간 단축제도 시행에 따른 해양수산업 고용영향 분석 | 장정인 |
| 15 | 어린물고기 남획실태 및 보호정책 연구 | 이정삼 |
| 16 | 남북관계 개선에 따른 항만물류 부문의 협력사업 발굴 | 이기열 |
| 17 | 한국 제조기업의 SCM 역량 강화 방안에 관한 연구 | 신수용 |
| 18 | 제3자 물류산업 발전방향 연구- 대기업 물류자회사의 역할을 중심으로 | 고병욱 |
| 19 | 신남방정책 이행을 위한 한-베트남 수산식품·가공분야 개발협력 방안 연구 | 정명화 |

2017년

| | | |
|----|---|------|
| 01 | 우리나라 해운금융의 한계 및 발전방향 | 전형진 |
| 02 | 한투발루 협력 증진을 위한 참다랑어 외해양식 투자의 타당성 분석 | 마창모 |
| 03 | AMP 설치 수요조사 및 추진과제 연구 | 이연경 |
| 04 | 해외 진출 무역업체의 한국인 포워더 수요 추정 연구 | 신수용 |
| 05 | 선박교통관제(VTS) 운영효율화 방안 연구 | 박한선 |
| 06 | 부산 영도구·중구 도시재생사업 추진방안 -한진중공업·자갈치시장 사례 중심- | 최나영환 |
| 07 | 수산시장의 소비자 신뢰 제고를 위한 정책 지원방안 연구 | 이현동 |
| 08 | 산업정책적 관점에서의 주요국 해운정책 분석 및 정책방향 연구 | 고병욱 |
| 09 | 연안형 도시재생 기본구상 -부산 원도심 및 영도지역 사례 분석- | 최지연 |
| 10 | 갯벌 복원 수요 확대에 따른 복원 표준모형 개발 방향 | 육근형 |
| 11 | 항만보안 관리체계 효율화 방안 연구 | 김찬호 |
| 12 | 전자상거래 기반 상업항 개발전략 | 최상희 |
| 13 | 항만 내 여항구 개발과 관리제도 개선방안에 관한 연구 | 한광석 |
| 14 | 해운 얼라이언스 개편과 부산항 신항 환적 운영 개선 방향 연구 | 김은수 |
| 15 | PA관할 항만 항계 확장에 따른 어업피해보상비 분담기준 마련 | 김근섭 |
| 16 | 페루 수산시장 현황 및 진출방안 | 정명화 |
| 17 | 러·일 간 남쿠릴 열도 분쟁의 최근 동향 | 현대송 |
| 18 | 부산항 신항 혼합형 전용터미널(Hybrid liner terminal) 시스템 도입방안 연구 | 김근섭 |
| 19 | 해양경비 여건 분석과 역량 강화 방안 | 윤성순 |
| 20 | 바닷모래의 이용실태와 관리 개선방향 | 윤성순 |
| 21 | 우리나라 구조조정 정책사례 및 시사점 -한진해운을 중심으로- | 황진희 |
| 22 | 한국 컨테이너선대 육성의 필요성 | 김태일 |
| 23 | 어촌지역 고용지표 통계생산을 위한 기초연구 | 한광석 |
| 24 | 우리나라 항만산업 고용통계 조사 연구 | 하태영 |
| 25 | 뉴질랜드·노르웨이의 양식 수산물 수출 전략 | 임경희 |
| 26 | 빅데이터 적용 해운항만산업 연구분석 우선순위 연구 | 최종희 |
| 27 | 해양수산 생명자원정책의 개선방향에 관한 연구 | 박수진 |
| 28 | 미·중 수산물 수출 비관세장벽 동향 및 대응 방안 | 임경희 |
| 29 | 도시-어촌 상생협력 인식도 조사 | 이상철 |

| | | |
|----|---|-----|
| 30 | 크루즈산업의 일자리 창출 규모와 정책과제 | 황진희 |
| 31 | 내항여객운송사업 운영체계 개선방안 | 김태일 |
| 32 | 우리나라의 배출규제해역(ECA) 도입 방안 연구 | 이기열 |
| 33 | 친환경에너지 정책 추진강화에 따른 항만의 신재생에너지 확대방안 | 심기섭 |
| 34 | 해양수산 일자리 창출분야 및 고용효과 분석 | 박광서 |
| 35 | 선박에 의한 대기오염물질 배출량 산정체계 개선 방안 | 안용성 |
| 36 | 해양휴양복지 활성화 정책방안 연구 | 홍장원 |
| 37 | G20 해양쓰레기 실행계획의 국내 이행 방안 | 김경신 |
| 38 | 물류기업 해외진출 지원사업 평가 및 실효성 제고 방안 | 신수용 |
| 39 | 2018 국내 물류기술 수요조사 및 분석 | 최상희 |
| 40 | 도시청년 일자리 창출을 위한 도시형 어촌 개발 콘텐츠 발굴 연구 | 박상우 |
| 41 | 4차 산업혁명시대 항만물류산업 고도화 방안 연구 | 이연경 |
| 42 | 원양어선 승무 선원의 스트레스 분석에 관한 연구 | 이승우 |
| 43 | 일자리 창출을 위한 우리나라 항만 경제특구 발전 방향 | 박성준 |
| 44 | 해양주권 강화를 위한 무인도서 기초정보 개선 연구 | 정지호 |
| 45 | 세계경쟁을 위한 해외 터미널 및 물류시설 투자방안 | 박주동 |
| 46 | 연안 소규모 하·폐수 처리시설의 관리 문제점 및 개선방향 | 장원근 |
| 47 | 거대선사의 시장지배력 확대에 대한 국적선사의 대응 방향 | 전형진 |
| 48 | 해양법 관련 최근 판례 및 동향 분석 - 남중국해 분쟁 등 해양법 판례 중심 - | 최지현 |
| 49 | 화주 관점의 항만배후단지 역할 제고 방향 | 김은수 |

일반연구보고서 발간목록

2018년

| | | |
|----|---|-----|
| 01 | 전라남도 작은 SOC사업 활성화 방안 - 소규모 항·포구 개선사업 - | 김근섭 |
| 02 | 2019 국내 물류기술 수요조사 및 분석 | 최상희 |
| 03 | 러시아 ARCTIC LNG-2 사업 참여 방안 연구 | 김민수 |
| 04 | 물류기술 R&D 추진동향 분석 연구 | 강무홍 |

| | | |
|----|---------------------------------|-----|
| 05 | 우리나라 기업의 일대일로 물류분야 협력방안 연구 | 김형근 |
| 06 | 북한 동해 해양관광 활성화 방안 | 윤인주 |
| 07 | 해양수산 분야 북극권 4차 산업기술 수요조사 및 분석연구 | 김민수 |
| 08 | 경상북도 논 생태양식 육성 방안 | 이상철 |
| 09 | 남북관계 변화에 따른 해운협력 기반 구축 방안 | 황진희 |

컨테이너 해상물동량 예측 모형 연구
- 베이지안 방법론을 중심으로

인 쇄 | 2018년 12월 29일 인쇄

발 행 | 2018년 12월 31일 발행

발 행 인 | 양 창 호

발 행 처 | 한국해양수산개발원

49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연 락 처 | 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등 록 | 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 | 애드원플러스

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel : 394-0337
정가 15,000원

