

상품공간에 의한 동태적 산업분류 및 상품공간 중력모형*

김 인 무** · 김 대 용*** · 이 용 주**** · 이 성 로*****

논문 초록

본 논문은 상품공간의 관점에서 상품 중심성과 그 추세를 분석하고, 상품 중심성 추세에 따른 동태적 산업분류를 제시하였다. 이어서 국제무역의 중력모형에 상품공간의 상품 중심성 개념을 도입한 상품공간 중력모형을 제시하고, 한·중·일 3국에 대하여 실증 분석하였다. 국제무역에서의 개별 산업이 차지하는 중요도를 나타내는 상품 중심성이 1991년부터 2014년까지 24년 간 어떻게 변해왔는지를 261개 품목에 대하여 실증 분석한 결과 약 30% 정도 품목에서 상품 중심성의 장기적 추세에 큰 변화가 있었던 것으로 나타났다. 또한 한·중·일 3국에 대한 상품공간 중력모형의 실증분석을 통하여 상품 중심성의 증가가 수출 증가에 통계적으로 유의하게 양(+)의 영향을 미친다는 것을 보임으로써 상품공간 구조가 국제무역흐름이나 산업구조를 결정하는데 있어서 중요한 요인임을 보였다. 특히 한국의 산업구조는 중국이나 일본에 비하여 상품 중심성을 높이는 방향으로 산업구조 변화가 진행되어 온 것으로 나타났다.

핵심 주제어: 상품공간, 동태적 산업분류, 상품공간 중력모형

경제학문헌목록 주제분류: F14, F61, L16, L60, O12

투고 일자: 2016. 10. 20. 심사 및 수정 일자: 2016. 12. 13. 게재 확정 일자: 2017. 1. 6.

* 이 연구는 2016학년도 영남대학교 학술연구조성비에 의한 것임.

** 제1저자, 성균관대학교 경제학과 교수, e-mail: inmookim@skku.edu

*** 제2저자, 한국개발연구원 전문위원, e-mail: dykim@kdi.re.kr

**** 제3저자, 교신저자, 영남대학교 경제금융학부 조교수, e-mail: yongjulee@ynu.ac.kr

***** 제4저자, 한국가스공사 경영연구소 선임연구원, e-mail: sungro@kogas.or.kr

I. 서 론

개방경제체제 하의 국제분업체제는 산업 간 혹은 산업 내 전문화 혹은 특화 구조를 반영하기 때문에 산업구조와 밀접한 관계를 맺고 있으며, 이러한 점에서 산업구조의 선진화 혹은 고도화는 국제 분업의 선진화와 맥락을 같이 한다. Hausmann and Klinger (2006)는 상품공간(product space)의 관점에서 주변부에 속한 후진국형 상품을 생산하는 산업에서 중심부에 속한 선진국형 상품을 생산하는 산업으로 변화하는 산업구조 변화(structural transformation)가 경제성장을 촉진시키는 역할을 한다고 주장하였다. 이러한 주장에 따르면 국제 분업의 선진화 추세를 파악하고 그것에 맞추어 산업구조의 변화를 이룩하는 것이 경제성장의 원동력이 될 수 있다는 것이다. 따라서 상품공간 관점에서 국제 분업의 선진화 추세를 파악하는 것은 수출구조 고도화 전략을 수립하거나 수출경쟁력을 갖는 유망산업을 육성하여 궁극적으로 경제성장에 이르는데 매우 중요한 의미를 갖게 된다.

본 논문은 상품들 혹은 산업 간 네트워크 구조를 상품공간이라는 개념에 입각하여 분석하고 기존의 산업분류체계를 동태적인 관점에서 재분류한다. 또한 ‘상품공간에서의 거리’라는 개념을 중력모형(gravity model)에 도입하여 상품공간 네트워크와 수출 간의 관계를 분석한다.

상품공간의 개념은 Hidalgo et al. (2007)가 글로벌 생산 네트워크 및 산업구조를 분석하기 위해 현시비교우위에 기반을 둔 네트워크 이론을 도입하여 모형화한 것이다. 그리고 경제성장 또는 발전이 상품공간에서의 산업구조 변화를 어떻게 정량적으로 설명할 수 있는지에 대해 제시하였다. 1962년에서 2000년까지의 각 국가 간 상품별 수출 데이터를 분석하여 약 775개 품목을 대상으로 한 상품공간을 제시하고 글로벌 생산 네트워크 및 산업구조를 표현하였다. 동 연구에서는 금속, 기계, 화학제품군 등의 2차 산업에 속한 상품들이 중심부(핵심부)에 묻쳐 있는 반면 곡물, 어류 등 1차 산업에 속한 상품들은 주변부에 속한다는 것을 보여주었다.

상품공간의 개념은 수출고도화가 경제성장에 결정적인 영향을 미친다는 수출고도화 가설에 대해서도 새로운 관점을 제공하였다. 아담 스미스나 쉘페터가 주장하는 산업구조 변화를 경제발전과정과 연관 지어 분석한 이론을 계승하여 수많은 경제학자들이 경제 혹은 산업구조의 변화가 경제성장을 이끄는 원동력으로 보고 이를 분석하기 위한 노력을 지속하고 있다. Silva and Texeira (2008)은 산업구조의 변화

를 분석하는 것이 경제이론의 중요한 부분을 차지하고 있다는 점을 강조하고 있으며, 최근 Rodrik (2011)은 산업구조 선진화를 위한 구조변화에 있어서의 정부의 개입과 적극적인 산업정책 추진이 중요한 요소임을 강조하고 있다. 따라서 국제분업 체제 하에서의 산업구조 고도화에 대한 연구는 앞서 살펴본 상품공간 구조에 대한 방법론이나 관련 연구와 밀접하게 연관되어 있다.

한편 상품공간의 관점에서 Hausmann, Hwang and Rodrik (2005)은 상품공간에서 측정된 수출 경쟁력이 소득수준과 1인당 GDP 증가 간의 양의 상관관계를 도출하여 수출고도화 가설을 입증하였다. Hausman and Klinger (2006)은 수출 경쟁력에 기반을 둔 ‘상품공간에서의 품목 간 연계성 (Export connectedness)’과 관련된 다양한 측정치를 제시하고 이를 추정하였다. 상품 간의 집적이나 네트워크적인 특성은 물론, 이에 따른 산업구조 변화가 경제성장에 미치는 영향 및 요인에 대해서도 분석하였다.

이 외에도 상품공간을 분석한 실증연구도 많이 있다. Abdon and Felipe (2011)는 사하라 이남 지역 국가의 저성장의 탓에 관한 문제를 상품공간 개념을 활용하여 분석하였다. 또한 Boschma, Minondo and Navarro (2010)은 상품공간에서의 측도를 활용하여 스페인 지역성장 요인에 대한 분석하였고, Kadochnikov and Fedyunina (2013)는 러시아를 대상으로 수출구조와 경제성장의 관계를 규명하였다. Kali et al. (2013)는 상품공간에서 상품들이 짧은 경로구간(short path length)을 나타나는 이른바, Watts and Strogatz (1998)가 제시한 ‘작은 세상(small world)’라는 네트워크의 특성을 가질 수 있다는 점에 주목하였다. 시간의 흐름에 따라 상품공간에서의 산업구조 변화가 증폭되고 누적되면서 상품공간은 ‘작은 세상’의 특성을 갖게 되며, 이를 통해 고도성장을 달성할 수 있다는 시사점을 도출하였다.

본 논문이 상품공간 개념의 관점에서 행하는 연구는 크게 두 가지이다. 첫 번째는 상품공간의 주요 개념인 상품 중심성(centrality)과 그 추세를 분석하고, 분석된 상품 중심성 추세에 따라 새로운 산업분류체계를 제시하는 것이다. 이러한 산업분류체계의 필요성은 경제·사회적 발전, 기술 진보 혹은 융·복합을 통한 혁신 등으로 새로운 상품의 종류와 비중이 증가함에 따라 상품 또는 산업을 비슷한 그룹으로 구분하여 모든 산업을 일목요연하게 파악하기 위함이다. 또한 무역상품 거래가 복잡해지고 나아가서는 그러한 무역상품의 통계 집계 상 해석과 통관 상 주석이 제각기 달라 세계적으로 통일된 상품분류기준이 필요하게 되었다(통계청, 2008). 즉,

국제무역환경 하에서 경제·사회적 여건이나 환경 등의 차이에 따라 국가별로 상품이나 산업에 대한 시각의 차이가 발생할 수 있기 때문에 산업 간의 경제분석 및 국제비교 등이 용이하도록 하기 위해서는 국제적으로 통용될 수 있는 산업분류체계가 필요하게 된다. 기존 산업분류체계의 경우 대부분 국가에서 2011년 유엔통계처(UN Statistics Division, UNSD)¹⁾에서 권고한 바에 따라 5년 안팎의 주기로 분류의 개념 및 구조 변화에 맞게 포괄적 개정을 실시하고 있다. 한국의 경우 최근 통계청이 발간한 한국표준산업분류(9차 개정)에 따르면 생산단위가 주로 수행하고 있는 산업 활동을 그 유사성에 따라 유형화하여 산업을 분류한다. 상품 또는 산업의 분류기준은 1) 산출물(생산된 재화 또는 제공된 서비스)의 특성, 2) 투입물(원재료, 생산 공정, 생산기술 및 시설 등)의 특성, 3) 생산 활동의 일반적인 결합형태의 세 가지이다. 그러나 이러한 산업분류체계는 국내외 경제사회 구조 변화를 민감하게 반영하지 못할 뿐 아니라, 산업의 현황 및 발전 속도에 맞추어 정책 입안, 집행 또는 평가에 시의적절한 정보를 제공하기 힘들기 때문에 개정주기별로 주어진 시점에서의 분류 기준이나 정보를 제공하는 수준에 그치고 있다.

하지만 기존의 산업분류가 아닌 상품공간의 상품 중심성, 즉 각 상품이 속한 산업이 세계 상품시장에서 중심부 혹은 주변부에 속하는지를 측정하는 지표의 개념에 따라 산업을 분류하게 되면 특정 산업이 글로벌 생산 네트워크에서 어떠한 위치를 차지하게 되는지를 일목요연하게 파악할 수 있게 된다. 따라서 산업을 상품 중심성 추세에 따라 재분류하면 기존의 산업분류가 정태적인 산업분류에 머문 것에 비해 시간의 흐름에 따라 상품공간에서 중심부로의 이동 및 퇴출을 보여주는 동태적인 산업분류 즉, 산업구조 변화를 반영한 산업분류체계를 보여준다.

두 번째로 행하는 연구는, Hausman and Klinger(2006)와 Hidalgo et al. (2007) 등에 기반을 두어, 기존의 중력모형에 상품공간에서의 상품 중심성 개념을 포함시킨 모형을 제시하고 이에 대한 실증분석을 수행하는 것이다. 본 논문에서는 상품공간에서 상품 중심성이 실제 공간에서의 거리 개념과 유사하다는 점에 착안하여, 상품공간 상 산업 간의 거리를 포함시킨 ‘상품공간 중력모형’을 제시하고 이를 통하여 한 국가에서 세계시장으로의 산업별 무역흐름을 분석한다. 본 연구에서는 기존의 중력모형이 간과하였던 개별 산업의 이질성을 상품 중심성이라는 상품 간 거리 개

1) 「2011년 UNSD 국제경제사회분류 전문가회의 최종보고서」 참조.

념으로 중력모형 내에 도입하고 이를 한·중·일 3국에 대하여 실증적으로 분석한다. 특히 한·중·일 3국은 세계상품시장에 미치는 영향력이 큰 반면, 각기 다른 산업구조의 변화와 경제성장 경로를 나타내고 있어 한·중·일 3국을 대상으로 한 실증분석은 국제무역이나 경제성장 측면에서 갖는 함의가 크다. 특히 본 연구는 한·중·일 3국의 산업구조 변화 과정을 분석함에 있어 기존의 거시적인 접근이 아니라 미시적 관점에서 상품공간 내 구조적 특징을 구체화하여 국제무역흐름을 분석하는 상품공간 중력모형으로 제시하여 기존 연구를 보완한다는 점에서 의의가 있다.

이상의 연구를 수행함에 있어 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제Ⅱ절에서는 본 연구에서 사용된 상품공간에 대한 이해를 돕기 위해 상품 근접성, 상품 중심성 등의 주요 개념을 설명하고, 이에 기초하여 상품공간 내 산업별 특징을 설명한다. 그리고 상품 중심성과 그 변화속도에 따라 동태적 산업분류 기준으로 산업체계를 재분류한다. 제Ⅲ절에서는 상품 중심성의 변화가 수출에 미치는 영향을 분석하기 위하여 산업 간의 거리를 상품 근접성으로 활용한 상품공간 중력모형을 제시하고 한·중·일 3국의 상품공간 중력모형을 추정한다. 추정결과를 토대로 국제분업체제 하에서 상품 중심성 변화가 한·중·일 3국의 교역에 미치는 영향을 분석한다. 마지막으로 제Ⅳ절에서 본 논문의 결론 및 시사점을 논의한다.

Ⅱ. 상품공간과 동태적 산업분류

1. 상품공간

상품 간 유사성이나 연관관계, 더 나아가 산업 구조를 네트워크 구조로 파악하는 상품공간 모형은 기존의 경제성장론이나 발전경제학과 달리, 산업구조 고도화에 따른 파급효과가 경제성장에 미치는 영향을 네트워크 구조적 관점에서 파악할 수 있는 새로운 시각을 제시한다. 우선 이론적 기반이 되는 Hidalgo et al. (2007)의 상품공간에 대한 주요 개념과 의미를 살펴보자.

상품공간은 상품들이 존재하는 공간이다. 상품공간 분석에서는 상품공간 내 존재하는 모든 상품들 간의 유사성이나 연관성을 상품 근접성(proximity)이라는 거리 개념으로 나타낸다. 이러한 개념을 사용하게 되면, 상품공간을 유사성이나 연관관계

가 높은, 즉 상품 근접성이 높은 상품들이 촘촘하게 모여 있는 부분인 중심부(core)와 상품들 간 거리가 멀어 상대적으로 듥성듬성한 부분인 주변부(periphery)로 구분할 수 있다. 이러한 관계가 전체적인 상품공간 구조를 결정하게 되는데, 이때 특정 국가 혹은 경제주체의 산업구조는 상품공간에서 어디에 위치하는 지를 알려주는 위상구조로 파악된다. 그리고 단순하고 수준이 낮은 후진국형인 상품공간의 주변부에서 복잡하고 고도화된 선진국형인 상품공간의 중심부로 이동하는 과정을 산업구조 변화 혹은 산업 고도화로 정의한다(Hausmann and Klinger, 2006).

(1) 상품 근접성

상품공간 분석에서 사용하는 상품 근접성과 상품 경로(paths)에 대한 정의를 살펴보자.²⁾ 상품 근접성은 상품공간에서 상품들 간의 연관성 또는 거리를 측정하는 개념이다. 먼저 세계 시장에서의 수출을 기준으로 각각의 상품 경쟁력을 나타내는 현시비교우위(revealed comparative advantage, 이하 RCA)는 다음과 같이 정의된다.

$$RCA_{c,i,t} = (EXP_{c,i,t} / \sum_i EXP_{c,i,t}) / (\sum_c EXP_{c,i,t} / \sum_{c,t} EXP_{c,i,t})$$

여기서 $EXP_{c,i,t}$ 는 c 국가의 t 기의 i 상품에 대한 수출액을 나타낸다. $RCA_{c,i,t}$ 는 분모인 세계 전체 상품 수출액 중 i 상품 수출액 비중에 대하여 분자인 c 국 수출액 중 i 상품 수출액 비중의 비율로 측정된다. 따라서 $RCA_{c,i,t} > 1$ 이면 c 국이 “평균” 국가들보다 i 상품을 총 수출 대비 더 많이 수출함을 의미하는데, 이때 c 국은 i 상품을 수출하는 것에 대하여 비교우위에 있다고 한다.

두 상품 i, j 간의 상품 근접성 $\phi_{i,j,t}$ 는 현시비교우위에 기초하여 두 상품 i 와 j 간의 모든 국가별 RCA를 고려한 조건부 확률의 최소값으로 다음과 같은 식을 통해 계산된다.

2) 현재 c 국가에 주어진 생산여건 하에서 잠재적 신상품 j 에 대한 평균적인 상품 근접성을 측정하는 지표인 상품밀도(density)라는 개념도 있다. 즉, 주어진 상품이 잠재적인 상품 군들과 얼마나 가까운 관계성을 갖는지를 알려주는 것이다. 본 연구대상에 포함되지 않아 자세한 설명을 제외하였다. 상품공간 분석과 관련된 보다 구체적인 내용은 Hausman and Klinger (2006)와 Hidalgo et al. (2007) 등을 참조하길 바란다.

$$\phi_{i,j,t} = \min\{P(x_{c,i,t} = 1|x_{c,j,t} = 1), P(x_{c,j,t} = 1|x_{c,i,t} = 1)\}$$

for all countries c

여기서 $x_{c,i,t}$ 는 RCA의 값에 따른 인덱스(index) 변수로 다음과 같다.

$$x_{c,i,t} = \begin{cases} 1 & \text{if } RCA_{c,i,t} > 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

즉, 상품 근접성은 한 상품이 비교우위를 갖고 수출된다는 조건 하에서 다른 경쟁력 있는 상품을 수출하는 조건부 확률의 쌍 중 작은 값을 의미한다. 따라서 $RCA_{c,i,t}$ 는 국가별 특정 상품 i 의 수출 경쟁력에 대한 비교우위의 개념이며, 상품 근접성 $\phi_{i,j,t}$ 는 세계 전체로 측정되는 상품 i 와 j 간의 상품공간에서의 거리 개념이 된다. 상품 근접성은 네트워크이론에서 노드(node)가 각각의 상품이라고 할 때, 이러한 노드 간의 거리, 관계성, 연결 정도 혹은 응집성으로 해석된다. 또한 국제 분업체제 하에서 어떠한 상품을 중심으로 특화되는지 혹은 어떠한 상품을 기반으로 다른 신상품이 개발되는지 등 산업구조 변화의 중심축이 되는지에 대한 기준이 된다. 비록, 상품 근접성 측정치가 현시비교우위에서 출발하여 경쟁력 있는 상품 인지의 여부를 확률변수로 나타내어 상품 경쟁력을 조건부 확률로 나타낸 것이지만, 세계 전체의 상품시장을 대상으로 정의되기 때문에 개별 국가의 산업구조나 무역흐름을 보여주는 측정치가 아님을 유의할 필요가 있다.

상품 근접성의 예를 들어 보면, ‘액체펌프와 액체엘리베이터(742)’와 ‘액체용 이외의 펌프, 공기 또는 가스압축기 및 선풍기(743)’ 간의 상품 근접성은 1992년 0.833이라는 값을 나타냈다. 이는 세계시장에서 경쟁력을 갖고 있는 두 품목 간의 유사성이나 연결된 정도가 80% 이상이라고 해석될 수 있다. 따라서 한정된 자원이거나 기술 조건 하에서 이러한 유사성이나 응집성이 높은 두 품목을 상품 조합으로 하여 특화된 생산 조합이 이루어질 가능성이 높다. 반면에 ‘신발(851)’와 ‘철강봉, 앵글, 형강(쉬이트파일링 포함)(676)’ 간의 상품 근접성 값이 2014년 기준 0.020로 나타났다. 두 품목 간의 유사성이나 연결 정도가 현저하게 낮은 품목의 쌍이기 때문에 두 품목이 포함된 조합을 이루어 생산하거나 수출이 이루어질 확률이 낮다.

(2) 상품 중심성

상품 경로는 상품 i 와 이웃 상품들과의 상품 근접성의 합으로 정의된다.

$$PA_{i,t} = \sum_j \phi_{i,j,t}$$

이 지표는 상품공간에서 주어진 상품이 중심부에 속하는지, 아니면 주변부에 속하는지 판단하는 기준이 된다. 또한, 상품공간에서 지식이나 기술의 전파 혹은 정보 흐름이 어떤 상품을 중심으로 흘러가는지 알려주는 값으로, 세계 시장에서의 잠재적 파급효과를 측정할 수 있는 지표이다.

예를 들어, ‘승용 자동차 및 기타의 차량(781)’의 경우 1991년 상품경로 값이 0.199였다가 2014년 0.214로 증가하였다. 이러한 변화는 동 품목이 세계시장에서의 잠재적 파급효과가 약 7.5% 증가 (= $(0.214 - 0.199) / 0.199$) 하였기 때문에 시간의 흐름에 따라 상품공간의 중심부로의 역할이 잠재적으로 증대되었다고 해석할 수 있다.

상품 근접성 측정치의 합, 즉 상품경로를 비교대상인 전체 상품의 개수인 J 로 나눈 평균값이 네트워크 이론에서의 중심성 지표가 된다(Kali et al., 2013).

$$CL_{i,t} = \frac{\sum_j \phi_{i,j,t}}{J}$$

따라서 상품 중심성 지표는 시간의 흐름에 따라 상품공간에 포함되는 상품의 개수가 변하더라도 상품공간에서의 근접한 정도 혹은 거리를 나타내는 평균 개념으로 상품경로의 기간별 비교가 가능하도록 해주는 개념이다. 본 논문에서는 상품 중심성으로 측정된 상품 간의 연관성 또는 응집된 정도를 중심으로 하여 산업구조와 무역흐름을 파악한다.³⁾

3) 상품 중심성은 세계 전체 시장에서의 상품공간 구조, 즉 국제분업체제 하에서의 시장구조를 반영하는 변수이다. 상품 중심성을 대표하는 상품 근접성 측정치는 현시비교우위에서 출발하여 경쟁력 있는 상품 인지의 여부를 확률변수로 나타내어 상품 경쟁력을 조건부 확률로 나타낸 것이다. 따라서 상품 근접성은 세계 시장에서의 시장구조를 나타내는 측정치이며 개별 국가의 산업구조나 무역흐름을 보여주는 측정치는 아니다. 하지만 상품 근접성에 의한 세계 전

2. 상품공간 내 산업별 특징 및 변화

상품공간의 실증분석에는 UN이 발표하는 상품 무역데이터인 UN Comtrade database⁴⁾에 수록된 SITC rev.3(Standard International Trade Classification, Revision 3)라는 상품코드로 분류된 세 자리 단위(3-digit) 무역통계를 이용한다. 분석기간은 1991년부터 2014년까지이며, 분석에 사용된 국가는 총 202개국이다. 분석대상이 되는 상품의 수는 SITC rev.3로 분류된 3-digit인 경우 총 261개이다. 각각의 상품에 대해 국가별 RCA를 계산하고, 모든 국가의 RCA 정보를 통해 조건부 확률을 구하는 과정을 거쳐 261×261 상품 근접성 행렬을 연도별로 계산하였다. 이러한 근접성 행렬을 통해 261개의 상품 근접성과 중심성 지표를 연도별로 계산하였다.

상품 중심성은 어떤 상품이 글로벌 상품 네트워크의 중심부를 이루면서 시장을 선도해 가는지 판단하는 기준이 된다. <Table 1>은 현재 널리 사용되는 산업분류⁵⁾를 이용하여 상품 중심성의 요약 통계량을 나타낸 것이다. <Table 1>을 보면 정밀 기계와 IT 산업의 상품 중심성이 가장 낮고, 금속·비금속 상품의 중심성이 가장 높은 것으로 나타났다. 정밀기계나 IT 상품의 경우 상품 특성상 최첨단 또는 고급 기술 상품으로 현재 다른 상품들과의 거리 또는 근접성이 낮은 값을 가졌다. 예를 들어 정밀기계인 최첨단 의료장비 상품은 음식료, 1차 산품, 경공업, 석유화학, 수송기계 등에 속하는 다른 상품들과는 근접성이 낮을 것으로 추정할 수 있다. 반면 금속·비금속, 석유화학, 기계류 산업 등 중심성이 높은 상품들은 상품공간의 중심부를 이루면서 기존 여타 상품으로의 잠재적 파급효과가 큰 것으로 나타났다. 한편 음식료 및 1차 산품, 기타 산업에 속하는 상품은 주변부를 이루는 것으로 나타났다.

체 시장의 구조 분석은 개별 국가의 산업구조나 무역흐름 등이 세계 시장구조와 비교하여 어떠한 특징을 가지는 지를 파악할 수 있는 근거를 제공하여 준다.

4) <http://comtrade.un.org/db>(접속일 : 2016. 10. 18).

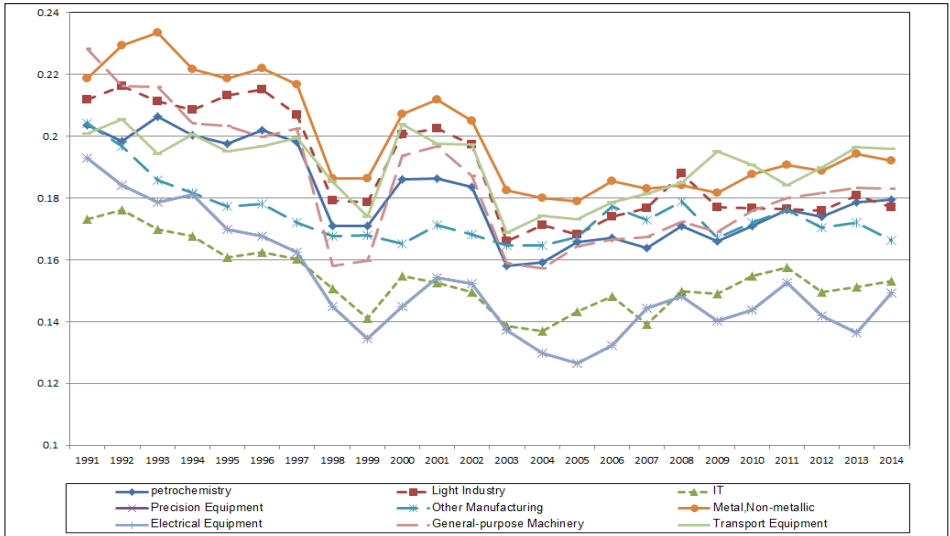
5) 제조업 내 산업분류에 따라 상품공간의 구조변화 추이를 살펴보기 위해 전체 상품뿐만 아니라, 제조업 수출상품을 10대 산업 군으로 분류하여 자료를 가공하였다. 이러한 자료 가공 및 분류는 ‘강두용, 『중국의 부상이 한국 산업 성장에 미치는 영향』, KIET 연구보고서, 산업연구원, 2011’, ‘한상완·이용화·한재진, “한중 간 상호 수입침투를 특징과 시사점 - 한중 FTA, 중국산 제품의 수입침투 확대 우려,” 통권 636호, 경제주평 15-15, 현대경제연구원, 2015’를 참조하였다.

〈Table 1〉 Summary statistics of product centrality in manufacturing sectors

		Number of Observations	Mean	Median	Standard error	Minimum	Maximum
Product Centrality	1. Food & Beverage, Raw Material	2, 112	0. 170	0. 179	0. 051	0. 013	0. 285
	2. Light Industry	432	0. 190	0. 192	0. 035	0. 054	0. 281
	3. Petrochemistry	1, 128	0. 181	0. 188	0. 046	0. 044	0. 270
	4. Metal · Non-metallic	768	0. 199	0. 204	0. 044	0. 087	0. 287
	5. IT	240	0. 154	0. 146	0. 036	0. 086	0. 240
	6. Precision Equipment	240	0. 152	0. 148	0. 040	0. 074	0. 250
	7. Electrical Equipment	72	0. 184	0. 181	0. 045	0. 115	0. 278
	8. General-purpose Machinery	648	0. 184	0. 184	0. 040	0. 086	0. 290
	9. Transport Equipment	192	0. 190	0. 194	0. 034	0. 104	0. 274
	10. Other Manufacturing	418	0. 174	0. 167	0. 054	0	0. 292

음식료·1차 산품을 제외한 제조업 상품 중심성의 연도별 추이를 살펴보면 〈Figure 1〉과 같다. 제조업 부문의 상품 중심성은 거의 유사한 추세를 보이고 있는데 1991년부터 2003-2005년까지 감소하는 추세를 보이다가 그 이후 완만하게 증가하거나 그 수준을 유지하는 패턴을 보여준다. 특히 1997-1998년 아시아 금융위기 때 전 산업에서 전년 대비 10% 이상의 마이너스 증가율을 기록하였다. 이는 수출 주도형 산업구조를 갖고 있던 아시아 국가들의 경제 위기 여파로 인해 해당 국가들이 가지고 있던 비교우위나 경쟁력이 상대적으로 떨어졌기 때문으로 추정된다. 전기기계나 일반기계 등의 기계류의 상품 중심성이 동 기간 중 전년 대비 30% 이상 큰 폭으로 하락한 것도 이러한 주장을 뒷받침한다. 상품중심성의 변동성을 시기별로 살펴보면, 1990년대에 비해 2000년대 이후 상품 중심성의 변동성이 상대적으로 줄어들었음을 알 수 있다. 즉, 1990년대 부문별 상품 중심성의 표준오차가 0.008-0.039인 반면에, 2000년대에 들어서 0.005-0.028로 감소한 것으로 추정되었다.

〈Figure 1〉 Structural changes of the manufacturing sectors in product space



3. 상품 중심성 시계열에 대한 추세분석

상품 중심성은 각 품목이 속한 산업이 세계 상품시장의 중심부 혹은 주변부를 이루는지 알려주기 때문에 특정 산업이 국제무역 관점에서 비교우위에 있는 주요 산업인지를 일목요연하게 보여주는 특징을 갖게 된다. 따라서 기존의 산업분류체계 대신에 상품 중심성 추세에 따라 산업을 재분류하게 되면, 국제무역에서의 중요도 관점에서 산업구조가 어떻게 변해 왔는지를 동태적으로 분류할 수 있게 된다. 또한, 이러한 상품 중심성 추세의 변화속도를 세분함에 따라 산업을 재분류하게 되면, 주어진 산업이 국제무역에서의 중요도 관점에서 장기적인 변화가 있었는지, 이러한 변화가 세계 상품시장에서의 상품공간 구조 변화에 어느 정도의 영향을 미쳤는지를 기준으로 한 분류가 가능하다.

국제무역에서의 특정 산업이 차지하는 중요도가 1991년부터 2014년까지 24년 간 어떻게 변해 왔는지에 대해 261개 품목에 대한 상품 중심성의 장기적 변화과정으로 파악하기 위하여 추세분석 모형을 설정하여 추정한다. 상품 중심성의 장기적 추세 분석은 다음의 네 단계 과정으로 진행한다.

(1) 각 품목별로 상품 중심성 시계열 자료의 증감과 그 속도를 반영한 네 가지

추세함수를 설정한다.

- (2) 각 품목에 대해 네 가지의 추세모형을 추정한다. 주어진 261개 상품을 대상으로 네 가지의 추세함수를 고려한 회귀분석을 실시한다.
- (3) 각 품목에 대해 추정된 네 개의 회귀식 중에서 가장 높은 결정계수(R^2)를 보여주는 회귀식을 품목별 추세모형으로 판정한다.
- (4) 가장 적합한 것으로 식별된 추세모형의 추정치가 갖는 부호를 토대로 상품 중심성이 증가, 감소, 유지되는 세 개의 산업으로 분류한 다음, 증가 혹은 감소 산업의 경우 추세함수의 기울기에 따라 빠른 증가(감소), 느린 증가(감소) 산업으로 세분한다. 여기서, 추세향의 추정치가 통계적으로 유의하지 않은 경우를 상품 중심성 유지 산업으로 분류한다.

첫 번째 단계로 개별 상품의 상품 중심성의 추세를 분석하기 위해 상품 중심성을 다음과 같은 추세를 갖는 회귀모형으로 표현될 수 있다고 가정한다.

$$y_t = f(t) + \epsilon_t, \quad \epsilon_t \sim i.i.d N(0, \sigma_\epsilon) \quad (1)$$

여기서 상품 중심성의 변화속도를 구분하여 분석하기 위해 빠른 속도의 추세변화의 경우 선형함수와 이차함수를, 느린 속도의 추세변화를 파악하기 위해 로그함수와 제곱근 함수를 이용하여 아래와 같은 구체적인 회귀모형을 설정한다.

$$\begin{aligned} y_t &= \alpha + \beta t + \epsilon_t \\ y_t &= \alpha + \beta t^2 + \epsilon_t \\ y_t &= \alpha + \beta \ln(t) + \epsilon_t \\ y_t &= \alpha + \beta \sqrt{t} + \epsilon_t \end{aligned} \quad (2)$$

또한 <Figure 3>에서 확연히 드러나는 바와 같이, 1997년과 1998년 아시아 금융 위기 기간 동안 발생한 시계열의 구조변화를 고려하기 위해 더미(D)를 설명변수로 포함한 아래와 같은 추세 회귀식도 고려하여 함께 분석한다.

$$y_t = \alpha + \delta D + \beta t + \epsilon_t$$

$$\begin{aligned}
 y_t &= \alpha + \delta D + \beta t^2 + \epsilon_t \\
 y_t &= \alpha + \delta D + \beta \ln(t) + \epsilon_t \\
 y_t &= \alpha + \delta D + \beta \sqrt{t} + \epsilon_t
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

요약하면, 아시아 금융위기 기간에 발생한 시계열 구조변화를 고려한 경우와 그렇지 않은 경우로 나누어 개별 상품의 상품 중심성 추세를 추정하되, 상품 중심성의 변화속도가 빠른 그룹(단순선형함수, 이차함수)와 변화속도가 느린 그룹(로그함수, 제곱근 함수)으로 구분하여 상품 중심성 추세를 추정한다는 것이다.

〈Table 2〉 Empirical results on the trend analysis of product centrality

Dependent Variable : Product Centrality, Estimation period : 1991~2014					
Financial Crisis	Trend	Number of items	increasing ($\hat{\beta} > 0$)	decreasing ($\hat{\beta} < 0$)	invariant ($\hat{\beta} = 0, H_0 : \beta = 0$)
Not Considered	linear	40	5 (37)	30 (151)	5 (73)
	quadratic	51	28 (41)	5 (132)	18 (88)
	logarithmic	108	10 (33)	74 (162)	24 (66)
	square root	62	2 (35)	55 (157)	5 (69)
Considered	linear	41	5 (37)	32 (152)	4 (72)
	quadratic	49	28 (42)	5 (136)	16 (83)
	logarithmic	106	9 (34)	71 (163)	26 (64)
	square root	65	3 (38)	58 (160)	4 (63)

Notes: 1) Numbers in parentheses are the numbers of items classified into centrality-increasing, centrality-decreasing and centrality-invariant industries based on the estimation results.

2) For the estimate $\hat{\beta}$, if the hypothesis $H_0 : \beta = 0$ is accepted, the items are classified into the centrality-invariant industry. Otherwise, they are classified into the centrality-increasing if $\hat{\beta} > 0$, and into the centrality-decreasing if $\hat{\beta} < 0$.

상품 중심성 시계열에 대한 추세를 분석한 결과를 정리하면 <Table 2>와 같다. 표에서 제시된 수치는 결정계수의 평균값과 추정회귀식의 결정계수를 기준으로 추세함수로 적합한 것으로 선택된 품목의 수이다. 여기서 통계적으로 유의하지 않은 경우는 유지 품목으로 분류한다. 금융위기를 고려하지 않은 경우를 살펴보면, 모든 추세함수에 대해 추세항의 추정치는 통계적으로 유의한 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 약 2배 정도 많았다. 상품 중심성 추세로 단순선형함수가 적합한 것으로 판단된 품목은 40개로 이 중 상품 중심성이 증가하는 추세를 갖는 품목의 수는 5개, 감소하는 추세를 갖는 품목은 30개, 추세가 유지되는 품목의 수는 5개이다. 이차함수가 적합한 것으로 판단된 품목은 51개로 그 중 28개 품목의 추세가 증가하고, 5개 품목이 감소, 18개 품목의 추세가 유지되었다. 나머지 경우도 유사하게 해석될 수 있다. 앞선 결과들과 일치하게 상품 중심성 추세가 감소하는 품목이 훨씬 더 많다. 1997-1998년의 시계열의 구조변화를 고려하기 위해 동 기간 더미변수를 설명변수로 추가하여 분석을 실시한 결과도 함께 제시하였는데, 시계열의 구조변화를 고려하지 않은 경우와 유사함을 알 수 있다.

4. 상품 중심성 추세에 따른 산업분류

본 논문에서 제시하는 동태적 산업분류는 상품 중심성의 장기적 추세를 분석한 결과에 입각하여 산업을 분류하게 된다. 우선 추세항에 대한 회귀계수가 통계적으로 유의한 양의 값을 갖는지 아니면 통계적으로 유의한 음의 값을 갖는지에 따라 각각 상품 중심성 증가 산업과 상품 중심성 감소 산업으로 분류한다. 통계적으로 유의하지 않은 경우는 상품 중심성 유지 산업으로 구분한다. 이어서 구분된 증가산업과 감소산업에 대하여 추정한 회귀모형이 추세의 선형함수와 이차함수의 결과이면 상품 중심성이 빠른 속도로 증가한 산업과 감소한 산업으로 재분류한다. 만약 추정된 회귀모형의 결과가 추세의 로그함수와 제곱근 함수에 의한 것이면 상품 중심성이 느린 속도로 증가한 산업과 감소한 산업으로 분류한다.

본 논문이 제시한 동태적 산업분류에 의한 결과가 <Table 3>과 <Table 4>에 나타나 있다. <Table 3>은 앞서 제시된 아시아 금융위기를 고려하지 않은 추세모형을 기반으로 한 동태적 산업분류이고, <Table 4>는 아시아 금융위기의 구조변화를 고려한 추세모형을 기반으로 분류한 결과이다. 상품 중심성의 장기적 추세에 따라 상

품 중심성의 증가 산업, 감소 산업, 유지 산업으로 분류하고 또한 증감 속도를 함께 고려함에 따라 특정 산업이 시간의 경과에 따라 상품공간에서 어떠한 역할을 하며 변해 왔는지를 살펴 볼 수 있다.

〈Table 3〉에서 동태적 산업분류를 적용할 경우 상품 중심성 증가 산업은 45개 품목, 감소 산업은 164개 품목, 유지 산업은 52개 품목으로 구성되어 상품 중심성 감소 산업에 포함된 품목 수가 월등히 높은 수치임을 알 수 있다. 〈Table 4〉의 경우 즉 아시아 금융위기를 고려한 경우에도 상품 중심성 증가 산업은 46개 품목, 감소 산업은 166개 품목, 유지 산업은 49개 품목으로 구성되어 〈Table 3〉과 유사하다는 것을 알 수 있다. 즉 상품 중심성 감소 산업의 품목 수가 상품 중심성 증가 산업의 품목 수의 약 3배 이상인 것으로 나타났다. 한편 상품 중심성 유지 산업의 품목 수는 상품 중심성 증가 산업의 품목 수와 거의 유사했다. 음식료 및 1차 산품, 기타 산업을 제외한 대다수 산업에서 상품 중심성 감소 품목이 전체에서 차지하는 비중이 월등히 높았다.

상품 중심성 추세의 변화속도에 따라 산업을 세분하여 보면 상품 중심성 증가 산업과 감소 산업의 경우 증감 속도에서 차이가 난다는 것을 알 수 있다. 상품 중심성 증가 산업의 경우 빠른 속도로 증가한 품목이 약 73.3%로 높은 반면, 상품 중심성 감소 산업의 경우에는 느린 속도로 감소한 품목이 약 78.7%로 높았다. 즉, 상품 중심성이 증가할 때는 빠른 속도로 증가하는 경향이 있고, 상품 중심성이 감소할 때는 느린 속도로 감소하는 경향이 있다는 것을 알 수 있다. 상품 중심성 증가 산업의 경우 느린 속도로 증가한 품목의 대부분이 음식료 및 1차 산품으로 구성되어 있었다. 반면 상품 중심성 감소 산업의 경우 음식료 및 1차 산품, 경공업업을 제외한 대부분의 품목에서 느린 속도로 감소하는 품목의 비중이 월등히 높게 나타났다. 또한 아시아 금융위기를 고려한 추세모형의 추정결과에 의한 〈Table 4〉의 결과도 〈Table 3〉의 결과가 큰 차이가 없었다.

〈Table 3〉과 〈Table 4〉의 결과를 통하여 보면 상품 중심성의 변화속도를 고려하지 않을 경우 상품 중심성 감소 품목의 비율이 월등히 높은 것으로 나타났다. 그러나 상품 중심성 추세가 느린 속도로 변하거나 유지되는 품목은 장기적인 패턴이 크게 변하지 않았다는 특성을 고려하여 느린 속도로 증가하거나 감소한 품목을 상품 중심성 유지 산업으로 분류하여 보면, 〈Table 3〉에서 상품 중심성이 증가하는 품목이 33개, 감소하는 품목이 35개, 크게 변하지 않는 품목이 193개(=12+129+52)로

〈Table 3〉 Industrial classification based on the trend of centrality (I):
without consideration on Asian financial crisis

Trend Speed Sectors	Increasing (45 items)		Decreasing (164 items)		Invariant (52 items)
	High Speed (33 items)	Low Speed (12 items)	High Speed (35 items)	Low Speed (129 items)	
1. Food & Beverage, Raw Material (21 / 46 items)	016, 047, 057, 061, 071, 081, 098, 122, 244, 246, 272, 633, 634	022, 025, 035, 058, 247, 274, 612, 641	023, 073, 222, 251, 277, 281, 282, 422, 431, 611, 613	011, 012, 024, 037, 042, 043, 054, 059, 062, 072, 211, 212, 223, 231, 232, 245, 248, 261, 263, 265, 266, 267, 269, 273, 278, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 291, 292, 411	001, 017, 034, 036, 041, 044, 045, 046, 048, 056, 074, 075, 091, 111, 112, 121, 264, 268, 421, 635, 642
2. Light Industry (2 / 14 items)	656, 659		652, 654, 658, 842, 843, 846, 851	651, 653, 655, 844, 845, 848, 892	657, 841
3. Petrochemistry (8 / 34 items)	351, 553, 554, 575, 579, 597	531, 583	321, 322, 333, 342, 511, 512, 514, 562	325, 343, 344, 345, 513, 515, 516, 522, 523, 524, 525, 532, 533, 541, 542, 551, 571, 573, 581, 582, 591, 592, 593, 621, 625, 629	334, 335, 572, 574, 598
4. Metal · Non-metallic (1 / 23 items)	675		661, 665, 676, 686	662, 663, 666, 667, 671, 672, 673, 674, 678, 679, 682, 685, 687, 691, 692, 693, 694, 695, 699	664, 677, 681, 683, 684, 689, 696, 697
5. IT (2 / 6 items)	772, 776		752	751, 759, 761, 762, 764	763, 778
6. Precision Equipment (1 / 7 items)	885		881	871, 873, 874, 882, 883, 884	774, 872
7. Electrical Equipment (- / 2 items)				773, 775	771
8. General-purpose Machinery (3 / 22 items)	714, 724, 726		733	711, 712, 713, 716, 721, 722, 723, 725, 727, 728, 731, 735, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749	718, 737
9. Transport Equipment (2 / 2 items)	781	793		786, 791	782, 783, 784, 792
10. Other Manufacturing (5 / 8 items)	831, 891, 894, 899	785	812, 821	813, 893, 895, 897, 911, 931	811, 896, 898, 961, 971

Note: Numbers in parentheses are the numbers of items classified into centrality-increasing, centrality-decreasing by sectors.

〈Table 4〉 Industrial classification based on the trend of centrality (II):

With consideration on Asian financial crisis

Trend Speed Sectors	Increasing (46 items)		Decreasing (166 items)		Invariant (49 items)
	High Speed (34 items)	Low Speed (12 items)	High Speed (37 items)	Low Speed (129 items)	
1. Food & Beverage, Raw Material (22 / 47 items)	016, 017, 047, 057, 061, 071, 081, 098, 122, 244, 246, 272, 633, 634	022, 025, 035, 058, 247, 274, 612, 641	023, 222, 251, 277, 281, 282, 422, 431, 611, 613	011, 012, 024, 037, 042, 043, 045, 054, 059, 062, 072, 073, 211, 212, 223, 231, 232, 245, 248, 261, 263, 265, 266, 267, 269, 273, 278, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 291, 292, 411	001, 034, 036, 041, 044, 046, 048, 056, 074, 075, 091, 111, 112, 121, 264, 268, 421, 635, 642
2. Light Industry (2 / 14 items)	656, 659		652, 654, 658, 842, 843, 846, 851	651, 653, 655, 844, 845, 848, 892	657, 841
3. Petrochemistry (8 / 34 items)	351, 553, 554, 575, 579, 597	531, 583	321, 322, 333, 342, 343, 511, 512, 514, 625	325, 344, 345, 513, 515, 516, 522, 523, 524, 525, 532, 533, 541, 542, 551, 562, 571, 573, 581, 582, 591, 592, 593, 621, 629	334, 335, 572, 574, 598
4. Metal · Non-metallic (2 / 23 items)	675	677	661, 665, 676, 686, 693	662, 663, 666, 667, 671, 672, 673, 674, 678, 679, 682, 685, 687, 691, 692, 694, 695, 699	664, 681, 683, 684, 689, 696, 697
5. IT (2 / 6 items)	772, 776		752	751, 759, 761, 762, 764	763, 778
6. Precision Equipment (1 / 7 items)	885		881	871, 873, 874, 882, 883, 884	774, 872
7. Electrical Equipment (- / 2 items)				773, 775	771
8. General-purpose Machinery (2 / 22 items)	714, 726		733	711, 712, 713, 716, 721, 722, 723, 725, 727, 728, 731, 735, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749	718, 724, 737
9. Transport Equipment (2 / 2 items)	781, 793		791	786	782, 783, 784, 792
10. Other Manufacturing (5 / 9 items)	831, 891, 894, 899	785	812, 821	813, 893, 895, 897, 898, 911, 931	811, 896, 961, 971

Note: Numbers in parentheses are the numbers of items classified into centrality-increasing, centrality-decreasing by sectors.

볼 수 있다. 이러한 실증 결과로 볼 때 지난 24년 간 261개 상품 중에서 약 30%에 해당되는 상품이 상품공간에서 큰 폭의 위상 변화가 있었다고 추론할 수 있다. 그 중에서 절반인 약 15%는 상품 중심성이 증가하여 상품공간의 중심부로 변화하였으며, 나머지 15%는 상품 중심성이 감소하여 상품공간의 주변부로 변화하였다는 추론을 할 수 있다. 이러한 분석결과는 시간의 흐름에 따라 상품공간에서 산업구조 변화가 동태적으로 발생하고 있음을 보여주고 있으며 이러한 실증분석 결과는 비록 분석 모형은 다르지만 Hausman and Klinger (2006) 과 Hidalgo et al. (2007) 의 연구 결과와도 일관성을 갖는다고 할 수 있다.

Ⅲ. 상품공간 중력모형 분석

상품 중심성의 변화에 따라 세계 시장의 상품공간에서 중심부와 주변부를 구성하는 상품 조합이 변화하기 때문에 이러한 상품 중심성의 변화가 수출과 경제 성장에 영향을 미칠 것으로 예측할 수 있다. 본 논문은 상품 중심성의 변화가 수출에 미치는 영향을 분석하기 위하여 상품공간의 상품 중심성을 중력모형에서의 산업간 거리 개념으로 포함시킨 ‘상품공간 중력모형’을 제시한다. 기존의 중력모형을 상품공간으로 확장시킨 상품공간 중력모형은 상품공간의 특성을 반영하는 한 국가에서 세계시장으로의 무역흐름을 대상으로 하는 산업별 중력모형이 된다. 본 연구가 제시하는 상품공간 중력모형은 기존 중력모형이 간과한 개별 산업의 이질성을 상품 중심성이라는 산업 간 거리로 개념화하여 중력모형에 포함시켜 실증적으로 분석 가능하게 해준다는데 특색이 있다.

1. 산업별 중력모형

본 연구에서 제시하고자 하는 상품공간 중력모형은 비교우위에 입각한 국제무역흐름을 설명하는 데에 널리 사용되는 Anderson (1979) 의 미시적 기초에 근간을 두고 Harrigan (1996) 과 Harrigan and Vanjani (2003) 이 제시한 중력모형을 확장한 것이다. 이러한 중력모형의 출발점은 세계는 N개의 국가로 구성되어 있고, 국가 간에는 무역장벽이 없다고 가정이다. 또한 중력모형에서 기본적으로 가정하는 바와 같이 N개 국가들은 모두 동일하고 동조적인 선호체계 (identical homothetic

preference) 를 가지고 있다는 가정을 유지한다.

모든 국가의 무역수지는 균형을 이루어 각 국가에서 생산액 혹은 출하액과 지출액은 같다는 항등식이 성립한다고 가정하자. X_k^i 는 국가 k 에서 세계시장으로 이동한 상품 i 의 가치를, X_{kw} 는 세계시장으로 이동한 모든 상품의 가치를 나타낸다. Y_k^i 는 국가 k 에서 생산 혹은 출하된 상품 i 의 가치를, Y_k 는 국가 k 의 총생산액 혹은 출하액으로 정의한다. θ_i 가 각 국가 총지출에서 상품 i 에 대한 지출이 차지하는 비율이라고 할 때, 앞서 가정한 동일하고 동질적인 선호체계와 무역장벽이 없기 때문에 이 비율은 모든 국가에서 일정한 값을 갖게 된다($Y_w^i = \theta_i Y_w$). 이러한 가정 하에 무역수지가 균형을 이룬다고 하면 다음과 같은 식이 성립한다.

$$X_k = \sum_i X_k^i, \quad Y_k = \sum_i Y_k^i \quad (4)$$

앞서 정의한 변수들을 통해 비율변수를 정의한 후 다음과 같은 국가별 세계 시장으로의 무역흐름에 대한 중력방정식을 도출할 수 있다.

$$X_k^i = \left(\frac{\sigma_{kw}^i}{\sigma_k^i} \frac{1}{\theta_i} \right) \frac{Y_k^i Y_w^i}{Y_w} \quad \text{단, } \sigma_k^i > 0, \quad \sum_k \sigma_k \frac{\sigma_{kw}^i}{\sigma_k^i} = 1 \quad (5)$$

여기서 $\sigma_{kw}^i = X_{kw}^i / \theta_i Y_w$, $\sigma_k^i = Y_k^i / \theta_i Y_w$, $\sigma_k = \sigma_{kw} = Y_k / Y_w$ 이고, 괄호 안에 표시된 부분이 중력계수이다. 소문자로 표시된 경우 앞서 정의한 변수의 로그 값이라고 할 때, 식 (5)의 양변에 로그를 씌운 후에 국별 전체 및 산업별 시장 크기로 분해하고 오차항을 변형하면 아래와 같다.

$$x_k^i - y_k = \alpha + \beta(y_k - y_w) + \epsilon_k^i \quad \text{단, } \epsilon_k^i = \rho_i(\lambda_k^i + \lambda_w^i) + \delta_k^i \quad (6)$$

여기서 중력계수 $G = (\sigma_{kw}^i / \sigma_k^i) \cdot (1 / \theta_i) = 1 + \delta_k^i$ 에 로그 값을 씌우면 $\ln G \approx \delta_k^i$ 가 된다. 엄밀한 의미에서의 중력계수는 $G = (\sigma_{kw}^i / \sigma_k^i) \cdot (1 / \theta_i Y_w)$ 가 되어야 하지만 편의 상 중력계수를 위의 식과 같이 정의한다. 이 계수는 국가 k 가 세계 상품

i 시장에서의 평균 점유율이 세계 시장 전체 점유율에 비해 얼마나 큰 지에 비례하고, 전 세계 상품 시장에서의 점유율로 가중한 중력계수의 평균은 1이 되어야 한다. 중력계수에 로그를 취한 값인 δ_k^i 는 국별로 상품 i 무역에 있어서 해당 상품 시장 평균 점유율이 전체 시장 점유율에서 이탈한 정도를 측정할 수 있다. $\lambda_k^i (= y_k^i - y_k)$ 와 $\lambda_w^i (= y_w^i - y_k)$ 는 국가 k 의 총생산량 대비 해당 국가 또는 세계시장의 품목별 생산량 비중의 로그 값을 각각 의미한다.

2. 상품공간 중력모형

본 논문이 제시하는 상품공간 중력모형은 Harrigan (1996)의 차별적 재화에 따른 국내 시장편향 현상을 반영한 이론적 모형에 기반을 두고 Harrigan and Vanjani (2003)과 같이 상품의 이질성을 상수항의 차이로 해석한 모형이다. 중력모형에 소득 외에 무역흐름에 영향을 미치는 요인으로 가격 요인(p_i)을 도입하면 식 (7)이 되고, 산업 간의 거리(d_i)를 추가하면 식 (8)이 된다.

$$x_{kw}^i = \alpha_i + \beta(y_k - y_w) + \gamma p_i + e_{kw}^i$$

단, $e_{kw}^i = \rho_i(\lambda_k^i + \lambda_w^i) + (\delta_{kw}^i - \gamma p_i)$ (7)

$$x_{kw}^i = \alpha_i + \beta(y_k - y_w) + \gamma p_i + \psi d_i + e_{kw}^i$$

단, $e_{kw}^i = \rho_i(\lambda_k^i + \lambda_w^i) + (\delta_{kw}^i - \gamma p_i - \psi d_i)$ (8)

중력모형의 오차항은 국가 특성은 물론, 산업 특성, 시계열 특성에 의해 영향을 받게 된다. 필요한 경우 국가 간의 무역 흐름에 영향을 주는 설명요인으로 앞서 언급되었던 운송비용, 무역장벽 등을 주어진 중력모형 내 추가적인 변수로 반영할 수 있다.

본 논문에서는 상품공간에서 상품간의 거리 즉 상품간의 연결 정도를 나타내는 상품 중심성을 식 (8)의 거리(d_i) 변수로 사용하는 상품공간 중력모형을 제시한다. 상품공간 중력모형을 통하여 국제 분업체제 하에서 어떠한 상품을 중심으로 특화되는지 혹은 어떠한 상품을 기반으로 다른 신상품이 개발되는지 등 산업구조 변화 과정을 상품 중심성 변수를 통하여 파악할 수 있게 된다.

상품공간 중력모형을 한·중·일 3국 자료를 이용하여 추정하고 비교 분석하기 위하여 다음과 같은 실증분석 모형으로 구체화한다.

$$\log\left(\frac{X_{it}}{GDP_t}\right) = \alpha + \beta_1 \log\left(\frac{GDP_t}{GDP_t^w}\right) + \beta_2 \log\left(\frac{P_{it}^x}{P_{it}^w}\right) + \epsilon_{it} \quad (9)$$

$$\log\left(\frac{X_{it}}{GDP_t}\right) = \alpha + \beta_1 \log\left(\frac{GDP_t}{GDP_t^w}\right) + \beta_2 \log\left(\frac{P_{it}^x}{P_{it}^w}\right) + \beta_3 \log(CL_{it}) + \epsilon_{it} \quad (10)$$

X_{it}/GDP_t : i 상품의 t 기 GDP 대비 수출비중 (= 상품 수출액 / 자국 GDP)

GDP_t/GDP_t^w : t 기의 세계 GDP 대비 각국 GDP 비중 (= 국별 GDP / 세계 GDP)

P_{it}^x/P_{it}^w : t 기 i 상품의 상대가격 (= 국별 수출가격 / 세계 시장가격)

CL_{it} : t 기, i 상품의 상품 중심성 지표,

$\epsilon_{it} \sim_{i.i.d} N(0, \sigma_\epsilon^2)$: 오차항

여기서 총출하량 혹은 총생산량의 대리변수인 GDP는 World Development Indicator를 통해 구하였고, 각 국가별 수출가격, 세계 시장가격, 상품 중심성 지표는 UN Comtrade database에 수록된 SITC rev.3라는 상품코드로 분류된 3자리 단위(이하 3-digit) 수출통계를 통해 구하였다. 명목변수의 비율 변수인 GDP 대비 수출비중과 전 세계 GDP 대비 자국 GDP 비율 등을 설명변수로 적용⁶⁾하였다. 또한 가격요인을 고려하기 위해 상대가격 변수로 세계 시장가격 대비 각 국가의 품목별 가격 비중을 추가로 적용하였고, 앞서 측정하였던 261개 품목별 상품 중심성을 설명변수로 도입하였다.

위에서 제시된 실증모형 방정식에서 식 (9)가 기존의 연구에서 제시된 산업별 중력모형을 나타내며, 식 (10)이 본 논문에서 제시한 상품공간 중력모형이 된다. 두

6) 중력모형 추정 시 물가지수나 PPP 환율로 조정된 금액을 기준으로 하면 앞서 고려한 회계항등식이 성립하지 않게 되므로 추정계수의 편의가 발생한다. 하지만 명목금액을 기준으로 하는 경우 물가가 상승하거나 환율이 변동함에 따라 모형 내의 명목변수들이 함께 움직이게 되는 문제가 발생하며, 또한 수출국의 크기가 커질수록 중력방정식 내 수출액의 분산이 커지기 때문에 오차항의 이분산성 문제도 제기된다.

가지 중력모형을 한·중·일 3국에 대하여 추정하여 비교분석할 것이다.

중력모형의 추정은 통합회귀(pooled regression) 모형을 일반최소자승법(OLS)으로 추정⁷⁾한 다음에 패널 자료의 특성에 의한 오차항의 자기상관과 이분산성 문제⁸⁾를 극복하기 위하여 HAC(heteroscedasticity and autocorrelation consistent) 추정법을 이용하여 잔차항의 표준오차를 수정하는 방식을 채택하였다. 표본크기가 충분히 크다는 가정 하에 Newey and West(1987)가 제시한 HAC 방법을 이용하여 OLS 추정방법에 의한 회귀계수 추정치의 표준오차를 교정하였다. 이렇게 오차항의 이분산성과 자기상관관계가 교정되는 표준오차를 HAC 표준오차⁹⁾라 한다.

추정 결과 분석에 앞서, 중력모형에서 보여주게 될 실증분석 결과에 대해 이론적으로 추측해 보자. 먼저, 상대소득의 효과에 관한 것이다. 중력모형에서 전 세계 대비 자국 GDP 비율 변수의 계수는 소득 탄력성을 의미하게 된다. 소득의 크기가 클수록 공급능력이 증대하므로 이론적으로 양(+)이 예측된다.

다음으로 상대가격의 효과에 관한 것이다. 가격 요인을 고려한 식 (10)을 추정함에 있어 상품 i 시장에서의 상대가격은 상품 i 에 대한 세계 시장가격 대비 국별 수출단가의 비율로 정의하며, 세계 시장가격은 모든 국가의 상품 i 에 대한 평균 수출단가를 적용한다. 이러한 가격 탄력성의 추정계수는 이론상 음(-)의 값을 갖게 된다.

마지막으로 상품 중심성의 효과에 관한 것이다. 상품공간 중력모형에서 산업 간의 거리에 상품 중심성이라는 변수를 사용하게 되는데, 상품 중심성의 값이 높을수록 산업 간의 거리는 줄어들게 되어 상품 중심성과 중력 간에는 비례관계가 성립한다. 따라서 상품 중심성 탄력성의 추정계수는 양(+)의 값을 갖는 것이 이론적으로 합당하다. 또한 상품 중심성이 증가하는 추세를 가질 때 수출의 상품 중심성 탄력

7) 동일한 중력모형에 대하여 고정효과(fixed effect) 모형을 이용하여 추정한 결과는 통합회귀모형 결과와 비교하여, 대부분의 추정 계수가 통계적으로 유의하지 않게 나왔으며, 추정계수의 부호 또한 이론적으로 예상했던 부호와 반대로 나타난 경우가 다수 발생하였다. 이러한 추정 결과를 통하여 산업별 중력모형과 상품공간 중력모형을 한·중·일 자료에 적용하는 경우에는 고정효과 모형 보다는 통합회귀분석 모형이 추정에 보다 적합하다고 판단하게 되었다. 고정효과 모형에 의한 추정 결과는 지면 제약으로 수록되지 않았으나 저자에게 요청 시 제공될 수 있다.

8) 회귀모형 추정 시 오차항에 이분산성이나 자기상관관계가 존재할 때 일반최소자승법(OLS) 추정치 시 표준오차는 일치추정량(consistent estimator)이 될 수 없다(White, 1980).

9) 일반적으로 오차항에 자기상관이 존재할 경우, HAC 표준오차는 OLS 표준오차에 비해 더 큰 것으로 알려져 있다.

성이 증가하게 될 것이므로, 상품 중심성 증가 산업에서 상품 중심성 감소 산업에 비해 상품 중심성의 탄력성이 크게 나타날 것이다. 한편 변화속도에 따라서도 상품 중심성의 탄력성이 다르게 나타날 수 있어서 상품 중심성이 증가, 감소, 유지되는 산업으로 구분하여 모형식을 추정하고 변화속도에 따른 추정결과도 제시하였다.

3. 상품공간 중력모형 추정 결과

한·중·일 3국에 대하여 중력모형을 추정한 결과가 <Table 5>와 <Table 6>에 제시되어 있다. <Table 5>는 동태적 산업분류에 의하여 상품 중심성 증가 산업과 감소 산업 그리고 유지 산업으로 구분한 경우의 중력모형 추정결과이다. 한편 <Table 6>는 상품 중심성의 증가 혹은 감소 속도 차이로 산업을 세분화하여 추정한 결과이다.

<Table 5>에 나타난 동태적 산업분류에 의한 중력모형 추정 결과를 살펴보자. 첫 번째로 상대소득의 효과 즉 소득 탄력성 결과를 보면, 세계 GDP 대비 자국 GDP 비율의 회귀계수 추정치를 보면 전체 상품을 대상을 분석했을 때 한국과 중국은 양(+)의 부호를 가지고 통계적으로 유의한 것으로 나타난 것을 알 수 있다. 이는 소득 혹은 시장의 크기라는 요인이 수출 산업구조를 결정하는 주요 요인이라는 기존의 연구 결과를 재확인시켜주는 것이라 할 수 있다. 한국과 중국의 경우 산업별 중력모형의 소득 탄력성 추정치(한국 1.086, 중국 0.800)에 비해 상품공간 중력모형에서의 소득 탄력성 추정치(한국 2.620, 중국 1.020)이 높은 수치를 보였다. 또한, 한국의 소득 탄력성이 중국에 비해 2배 이상 높게 나타났다. 반면에 일본의 경우 소득 탄력성이 음(-)의 부호를 보이는데 이는 이론과 부합되지 않은 결과이다.

동태적 산업분류 기준에 의하여 구분한 그룹의 중력모형 추정치를 살펴보면, 중국의 산업별 중력모형의 경우를 제외하고는 상품 중심성 증가 산업의 소득 탄력성은 통계적으로 유의하지 않거나 음(-)으로 나타났다. 한편 상품 중심성 감소 산업의 소득 탄력성의 경우 한국과 중국은 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 나타냈다. 다만 일본의 소득 탄력성은 통계적으로 유의하였으나 이론적으로 부합되지 않은 음(-)의 부호를 보였다. 상품 중심성 유지 산업의 소득 탄력성은 상품 중심성 감소 산업의 추정결과와 동일한 부호를 보였지만 중국의 경우 통계적으로 유의하지 않게 추정되었다. 한국과 중국의 경우 상품 중심성 감소 산업의 소득 탄력성

(3.920, 1,447)이 가장 높았다. 일본의 경우 상품 중심성 추세에 따라 구분하여 분석하였을 때 대체로 소득 탄력성이 음의 값을 보였다.

두 번째로 상대가격 효과를 세계시장가격 대비 산업별 수출가격의 비율의 계수에 대한 추정치를 통하여 살펴보자. 전체 상품을 대상으로 중력모형을 추정하였을 때, 한국의 경우 통계적으로 유의하고 이론과도 부합되게 음(-)의 값을 나타냈으나, 중국이나 일본의 경우 통계적으로 유의하지 않거나 통계적으로 유의하더라도 이론과 달리 양(+)의 값을 보였다. 동태적 산업분류에 의한 그룹별 중력모형 추정치를 살펴보면, 상품 중심성 증가 산업의 가격 탄력성은 한국이나 일본이 통계적으로 유의한 음(-)의 부호를 나타낸 반면, 중국은 통계적으로 유의하였으나 이론과는 부합하지 않는 양(+)의 부호를 보였다. 또한, 한국의 가격 탄력성(-0.435, -0.471)은 일본의 가격 탄력성(-0.216, -0.321)에 비해 절대 값이 크게 나타났다. 상품 중심성 감소 산업의 가격 탄력성은 모두 양(+)의 부호를 보였기에 이론적으로 부합하지 않았다. 상품 중심성 유지 산업의 가격 탄력성은 한국의 경우 음(-)의 부호를 나타낸 반면 중국과 일본의 경우 반대로 양(+)의 부호를 보였다. 한국의 경우 상품 중심성 증가 산업의 가격 탄력성이 가장 높았다.

세 번째로 상품 중심성의 효과를 상품공간 중력모형의 상품 중심성 계수 추정치를 통하여 보면 한국, 중국, 일본 3국 모두 통계적으로 유의하고, 이론과 부합되게 양의 값을 가짐을 알 수 있다. 이러한 결과는 전체 상품을 대상으로 분석한 경우 뿐만 아니라 동태적 산업분류를 통한 그룹에 대한 상품공간 중력모형의 상품 중심성 계수 추정치에 대해서도 마찬가지로의 추론을 할 수 있다. 전체 산업을 대상으로 할 때 한국의 상품 중심성 탄력성 추정치(3.574)가 일본의 상품 중심성 탄력성 추정치(3.096)이나 중국의 상품 중심성 탄력성 추정치(2.476)보다 높게 나타났다. 상품 중심성 탄력성이 상품 중심성 변화에 따른 산업구조가 수출비중의 변화에 미치는 영향의 정도를 나타낸다는 점에서 한국이 일본이나 중국에 비해 상품 중심성 증가에 따른 산업구조 변화의 폭이 상대적으로 컸다는 추론이 가능하다. 즉, 한국의 산업구조 변화가 일본이나 중국에 비해 상품공간 구조의 변화에 보다 민감하게 반응하였고 이러한 변화가 수출에 더 큰 영향을 미쳤다고 추론할 수 있다. 이는 상품 중심성이 국제시장에서의 산업 간 거리 혹은 고도화 수준을 의미하기 때문에 한국의 산업구조가 중국이나 일본에 비해 국제 분업체제에 비교적 순응하는 형태로 산업구조의 변화가 이루어졌다는 점을 시사한다.

〈Table 5〉 Estimation of the industrial vs. product-space gravity model (I):
Sampling from the dynamic industrial classification

Dependent variable : Export/GDP, Estimation period : 1991-2014							
Group	Explanatory variable	Korea		China		Japan	
		Industrial Gravity Model	Product -Space Gravity Model	Industrial Gravity Model	Product -Space Gravity Model	Industrial Gravity Model	Product -Space Gravity Model
Total	Relative Income (GDP ratio)	1.086*** (0.362)	2.620*** (0.349)	0.800*** (0.095)	1.020*** (0.089)	-1.357*** (0.295)	-2.274*** (0.288)
	Relative Price	-0.071* (0.039)	-0.118*** (0.029)	0.210*** (0.033)	0.137*** (0.026)	0.073*** (0.032)	-0.012 (0.027)
	Product Centrality		3.574*** (0.132)		2.476*** (0.115)		3.096*** (0.027)
	R^2	0.0027	0.1147	0.0294	0.1187	0.0049	0.0906
	Goodness of Fit (F-test)	6.91**	248.70***	57.69***	205.68***	12.80***	176.75***
	N	5,760		4,585		5,324	
Centrality-increasing group	Relative Income (GDP ratio)	1.079 (0.915)	-0.996 (0.870)	0.532*** (0.202)	-0.101 (0.172)	-1.500** (0.714)	0.400 (0.705)
	Relative Price	-0.435*** (0.087)	-0.471*** (0.074)	0.491*** (0.087)	0.160** (0.068)	-0.216*** (0.071)	-0.321*** (0.063)
	Product Centrality		4.028*** (0.348)		3.511*** (0.240)		3.569*** (0.348)
	R^2	0.0320	0.1452	0.0633	0.2586	0.0186	0.1186
	Goodness of Fit (F-test)	14.02***	57.41***	20.05***	94.53***	7.66***	41.60***
	N	1,018		817		931	
Centrality-decreasing group	Relative Income (GDP ratio)	1.076** (0.450)	3.920*** (0.444)	1.032*** (0.121)	1.447*** (0.120)	-1.281*** (0.365)	-3.092*** (0.366)
	Relative Price	0.075 (0.047)	0.023 (0.034)	0.120*** (0.039)	0.062* (0.033)	0.155*** (0.036)	0.062 (0.032)
	Product Centrality		3.560*** (0.163)		2.138*** (0.151)		3.008*** (0.169)
	R^2	0.0025	0.1180	0.0297	0.0921	0.0093	0.0936
	Goodness of Fit (F-test)	3.69*	162.41***	42.06***	98.65***	15.39***	117.24***
	N	3,647		2,923		3,410	
Centrality-invariant group	Relative Income (GDP ratio)	1.341* (0.790)	1.629** (0.771)	0.255 (0.232)	0.211 (0.187)	-1.323** (0.671)	-1.361** (0.657)
	Relative Price	-0.346*** (0.079)	-0.342*** (0.070)	0.371*** (0.074)	0.349*** (0.051)	0.079 (0.100)	0.056 (0.069)
	Product Centrality		4.070*** (0.323)		4.042*** (0.261)		4.302*** (0.367)
	R^2	0.0212	0.1459	0.0490	0.2603	0.0045	0.1268
	Goodness of Fit (F-test)	11.70***	62.11***	14.00***	98.66***	2.05	47.39***
	N	1,095		845		983	

Notes: 1) (1), (3), (5) are the estimation results of the model (9) and (2), (4), (6) are the estimation results of the model (10).

2) Numbers in parentheses are standard error, and **, *** are significant at the 5%, 1% levels respectively.

3) All the explanatory variables are logarithmic values.

한편 동태적 산업분류에 의한 그룹별 상품공간 중력모형 추정 결과를 살펴보면, 한·중·일 모두 상품 중심성 증가 산업에서의 상품 중심성 탄력성 추정치가 상품 중심성 감소 산업에서의 탄력성 추정치보다 높게 나타났다. 한국의 경우 상품 중심성 증가 산업의 탄력성은 4.028인 반면, 상품 중심성 감소산업의 탄력성은 3.560로 추정되었다. 중국의 경우 중심성 증가산업의 탄력성 추정치 3.511는 감소산업의 탄력성 2.138에 비해 높게 나타났다.

이러한 분석결과를 통해 동태적 산업분류에 의한 그룹별로 수출에 대한 상품 중심성의 탄력성이 다르다는 점을 알 수 있으며, 또한 상품 중심성 증가 산업에서 상품 중심성이 수출에 대하여 감소 산업에 비해 보다 탄력적이라는 것을 알 수 있다. 요약하면 한국, 중국, 일본의 경우 동태적 산업분류에 의한 그룹별로 상품공간 중력모형의 추정 결과를 보면 상품 중심성 탄력성이 다르게 나타나 산업구조의 변화가 국가별로 다른 양상으로 나타났음을 알 수 있다. 이는 상품공간에서 산업 간 거리를 나타내는 상품 중심성이 산업별 무역흐름이나 수출 산업구조를 결정하는 주요 요인이라는 점이 실증적으로 보여 주는 것이라 할 수 있다.

〈Table 6〉은 상품 중심성 증가 산업과 감소 산업을 빠른 속도와 느린 속도의 추세를 갖는 그룹으로 세분하여 한·중·일 3국에 대한 중력모형을 추정한 결과를 보여주고 있다. 상품공간 중력모형의 상품 중심성 탄력성 추정치를 보면, 상품 중심성 탄력성 추정치 대부분이 통계적으로 유의하고 이론과 부합되는 양의 값을 가짐을 알 수 있다. 다만 일본의 느린 속도로 중심성이 증가하는 그룹과 중국의 빠른 속도로 감소하는 그룹의 경우 추정결과가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 한편 상품 중심성 증감속도에 따라 그룹을 세분화하더라도 통계적으로 유의한 추정결과와 경우 상품 중심성 증가 산업의 탄력성이 감소 산업의 탄력성보다 대체로 높게 나타나 〈Table 5〉에 나타난 추정 결과와 일관된 추정치를 보였다. 또한 상품 중심성 탄력성 크기도 한국, 일본, 중국의 순서로 일관되게 나타났다.

동태적 산업분류와 함께 상품 중심성의 증감 속도에 따라 구분하여 추정한 상품 중심성의 수출에 대한 탄력성 추정치는 국가별로 차이가 나타났다. 우선 상품 중심성 증가 산업의 상품 중심성 탄력성의 추정결과를 살펴보면, 한국의 경우 상품 중심성이 빠른 속도로 증가하는 그룹의 탄력성 추정치가 느린 속도로 증가하는 그룹의 탄력치보다 큰 반면, 중국의 경우 느린 속도 그룹의 탄력성 추정치가 빠른 속도 그룹의 탄력성 추정치보다 크게 나타났다. 한국의 경우 상품 중심성이 빠르게 증가

〈Table 6〉 Estimation of the industrial vs. product-space gravity model (II):
Sampling from the dynamic industrial classification and speed of change

Dependent variable : Export/GDP, Estimation period : 1991-2014							
Group	Explanatory variable	Korea		China		Japan	
		Industrial Gravity Model	Product -Space Gravity Model	Industrial Gravity Model	Product -Space Gravity Model	Industrial Gravity Model	Product -Space Gravity Model
Centrality-increasing group (High Speed of change)	Relative Income (GDP ratio)	0.884 (1.142)	-2.023* (1.042)	0.498* (0.271)	-0.367 (0.246)	-1.728* (0.927)	1.123 (0.875)
	Relative Price	-0.366*** (0.122)	-0.336*** (0.106)	0.412*** (0.109)	0.019 (0.089)	-0.016 (0.121)	-0.135 (0.109)
	Product Centrality		5.080*** (0.329)		3.710*** (0.261)		4.442*** (0.316)
	R^2	0.0172	0.2147	0.0402	0.2664	0.0059	0.1650
	Goodness of Fit (F-test)	5.31***	84.00***	8.80***	81.73***	1.91	75.46***
	N	719		548		662	
Centrality-increasing group (Low Speed of change)	Relative Income (GDP ratio)	1.800 (1.542)	0.991 (1.592)	0.490 (0.318)	0.137 (0.296)	-1.787 (1.155)	-1.592 (1.151)
	Relative Price	-0.757*** (0.127)	-0.858*** (0.133)	0.680*** (0.149)	0.376*** (0.131)	-0.407*** (0.088)	-0.440 (0.105)
	Product Centrality		2.029** (0.787)		3.861*** (0.473)		0.670 (0.800)
	R^2	0.1406	0.1546	0.1308	0.2694	0.0979	0.1001
	Goodness of Fit (F-test)	19.10***	14.78***	13.23***	45.57***	12.45***	8.82***
	N	276		229		245	
Centrality-decreasing group (High Speed of change)	Relative Income (GDP ratio)	-0.280 (1.128)	2.975** (1.209)	1.623*** (0.290)	1.715*** (0.336)	-0.929 (0.850)	-4.187*** (0.932)
	Relative Price	0.206** (0.108)	0.127 (0.098)	0.084 (0.076)	0.067 (0.079)	0.100 (0.064)	0.001 (0.058)
	Product Centrality		3.221*** (0.470)		0.311 (0.425)		3.986*** (0.429)
	R^2	0.0088	0.0818	0.0551	0.0561	0.0052	0.1267
	Goodness of Fit (F-test)	1.93	16.96***	17.18***	11.50***	1.89	30.69***
	N	770		617		729	
Centrality-decreasing group (Low Speed of change)	Relative Income (GDP ratio)	1.541*** (0.482)	4.228*** (0.451)	0.891*** (0.132)	1.336*** (0.129)	-1.408*** (0.382)	-2.825*** (0.376)
	Relative Price	0.067 (0.046)	0.028 (0.040)	0.130*** (0.046)	0.083* (0.043)	0.139*** (0.041)	0.053 (0.038)
	Product Centrality		3.573*** (0.187)		2.631*** (0.197)		2.575*** (0.183)
	R^2	0.0042	0.1345	0.0246	0.1262	0.0093	0.0833
	Goodness of Fit (F-test)	5.60***	133.96***	26.58***	76.26***	12.68***	74.09***
	N	2,831		2,281		2,643	

Notes: 1) (1), (3), (5) are the estimation results of the model (9) and (2), (4), (6) are the estimation results of the model (10).

2) Numbers in parentheses are standard error, and **, *** are significant at the 5%, 1% levels respectively.

3) All the explanatory variables are logarithmic values.

했던 산업이 느리게 증가했던 산업에 비해 상품 중심성에 대해 보다 민감하게 반응하나, 중국의 경우 상품 중심성이 느리게 증가했던 산업이 빠르게 증가했던 산업에 비해 상품 중심성에 대해 보다 민감하게 반응한 것으로 나타났다. 한국과 중국의 이러한 패턴은 상품 중심성 감소 산업의 경우 서로 바뀌어 나타났다. 한편, 일본의 경우 한국과 중국과는 다른 패턴을 보이는데 대체적으로 상품 중심성이 빠르게 증가하는 그룹의 경우 추정된 상품 중심성의 탄력성이 높은 것으로 나타났다. 요약하면 중력모형의 추정결과가 보여주는 것은 상품 중심성이 수출에 미치는 영향은 양의 값으로 유의하게 나타나나 효과의 크기는 국가별로 다르게 나타나며, 이를 통하여 상품 중심성 변화에 대응하는 산업정책이 국가별로 차이가 있었음을 추론해 볼 수 있다.

IV. 결론 및 시사점

본 연구는 상품공간의 주요 개념인 상품 중심성에 초점을 두고, 상품 중심성의 장기적인 추세와 증감 속도를 분석하여 상품 중심성 추세에 따른 동태적 산업분류 체계를 제시하였다. 또한 국제무역 분석에서 일반적으로 사용되는 기존의 산업별 중력모형에 상품공간의 상품 중심성 개념을 설명변수로 포함시킨 상품공간 중력모형을 제시하고 한·중·일 3국을 대상으로 실증분석을 실시하였다.

실증분석 결과 1991년부터 2014년까지 24년 간 261개 상품 중에서 약 30%에 해당되는 상품이 상품공간에서 상당한 변화가 있었던 것으로 나타났다. 절반인 약 15%의 상품은 상품 중심성이 증가하여 중심부로 변화된 것으로 나타났으며, 나머지 15%의 상품은 상품 중심성이 감소하여 중심부로 변화된 것으로 나타났다. 한편 상품공간 중력모형 추정결과에 따르면 상품 중심성은 수출에 통계적으로 유의하게 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 상품 중심성 증가 산업에서의 상품 중심성 탄력성이 감소 산업에서의 탄력성에 비해 높게 나타났다. 또한 상품 중심성이 미치는 효과가 국가별로 다르게 나타났는데, 이는 상품공간 구조의 위상변화에 대응이 국가별로 차이가 있었음을 의미한다.

본 논문의 가장 큰 의의는 상품공간 이론을 무역이론에 접목한 것이다. 상품공간 분석의 주요 개념인 상품 중심성과 그 추세를 기준으로 한 동태적 산업분류는 기존의 산업분류가 정태적인 산업분류에 머문 것에 비해 상품공간에서 중심부로의 이동

및 퇴출을 보여주는 동태적인 산업분류라는 점에서 의미를 부여할 수 있다. 즉, 주어진 기간 동안의 상품 중심성 추세의 동태적인 변화에 대해 시간 가변적 정보를 반영한 산업분류를 제시하였다. 기존 산업분류가 고정된 시점에서의 상품 조합의 변화만을 감안할 수 있는 반면, 이러한 동태적 산업분류는 과거의 추세를 파악하여 각 시점별로 산업재분류와 이러한 분류체계에 대해 비교할 수 있기 때문에 현행 산업분류 체계를 보완할 수 있는 정보를 제공할 수 있다. 특히 상품 중심성 추세의 변화속도에 따른 산업분류는 상품공간 위상구조의 장기적인 균형이 존재하는지를 기준으로 한 분류이기 때문에 신상품 개발 등에 있어서의 잠재적 파급효과가 큰 산업을 발굴하거나 육성할 수 있는 산업을 구분하거나 이에 대한 기준을 제시할 수 있다. 다만, 이러한 산업분류체계를 현실에 적용하는 문제에 대해서는 현장에서의 실용적인 검토가 필요할 것으로 보인다.

또한, 상품공간의 주요 개념인 상품 중심성이 산업별 무역흐름이나 수출 산업구조를 결정하는 주요 요인이라는 점을 실증적으로 보였다는 점에서 의의가 있다. 즉, 국제무역에서 생각하는 거리의 개념을 상품간의 근접성의 개념으로 치환하여 무역흐름 및 수출 산업구조를 분석했다는 점에서 기존의 연구와 차별성을 갖는다.

마지막으로, 본문에서 분석된 상품공간의 변화와 한국의 산업구조 변환을 연관지어 해석하면 다음과 같은 해석이 가능하다. 제조업 위주의 수출주도형 산업구조를 채택하였던 한국의 산업구조는 1990년대 반도체, 정보통신, 자동차, 조선, 석유화학, 철강·금속 등이, 2000년대 반도체, 무선이동통신, 디지털 및 소프트웨어, 콘텐츠, 바이오, 정밀부품 등이 주력산업을 이루면서 구조적으로 변화되어 왔다. 본 연구에서 제시한 바와 같이 세계시장에서의 상품공간은 금속·비금속, 석유화학, 기계류 등이 중심부를 이루는 구조를 보이고 있으며 2010년 이후 IT나 정밀기기 등이 중심부로 편입되는 추세를 보이고 있다. 이러한 국제분업체제의 고도화 추세는 IT 등의 기술 진보가 급속히 진행되고 기술 경쟁이 심화됨에 따른 국제분업체제의 재편에 따른 것이다. 또한, 최첨단 산업에서의 기술진보나 혁신이 각 부문별 산업 분야에까지 확산됨으로써 산업여건이 크게 변화되고 국가 차원에서의 첨단 산업에 대한 지원이나 지적재산권 보호를 위한 국제규범 강화 등의 복합적인 요인에 기인한다. 분석결과에 따르면 한국의 산업구조가 이러한 국제분업체제 고도화 추세에 부응하여 시의 적절하게 진행되었다고 평가할 수 있다.

한·중·일 3국을 비교한 결과에 따르면 한국의 상품 중심성 탄력성이 일본이나

중국에 비해 높게 나타났다. 이러한 분석결과도 한국이 국제분업체제 하에서의 상품공간 구조에 순응하는 형태로 산업구조 변화가 진행되어 왔다는 점을 뒷받침한다. 특히 한국의 경우 상품 중심성이 증가하는 산업의 비중 추이가 국별 수출구조에서 차지하는 비중의 경우에도 2014년 약 32.4%로 나타나 중국(27.9%)이나 일본(15.4%)에 비해 높은 값을 나타냈고, 철강·금속, 기계류, IT 및 정밀기기 등 세계 시장에서 비교우위를 갖는, 경쟁력 있는 상품 중에서 상품중심성이 빠른 속도로 증가하는 산업이 품목 수를 기준으로 할 때 전체 상품 중에서 약 13.7% 수준으로 나타나 중국(12.1%), 일본(13.2%)에 비해 상대적으로 높은 비중을 보였다는 점도 이러한 순응하는 형태의 산업구조 변화를 잘 설명하고 있다. 결국 한국처럼 수출주도형 산업구조로 인해 제조업 기반의 특화가 절실한 국가들은 국제분업체제의 추세를 파악하여 시의 적절하게 산업구조 변화를 이룩해 내는 것이 경제성장의 원동력이 될 수 있다는 정책적 시사점을 제공한다.

■ 참 고 문 헌

1. Abdon, A., and J. Felipe, "The Product Space: What does it Say about the Opportunities for Growth and Structural Transformation of Sub-Saharan Africa?," *Working Paper*, No. 670, Levy Economics Institute of Bard College, 2011.
2. Anderson, J., "A Theoretical Foundation of the Gravity Equation," *American Economic Review*, Vol. 69, 1979, pp.106-116.
3. Balassa, B., "The Purchasing Power Parity Doctrine: A Reappraisal," *Journal of Political Economy*, Vol. 72, No. 6, 1964, pp.584-596.
4. Boschma, R., A. Minondo, and M. Navarro, "Related Variety and Regional Growth in Spain," *Working Paper*, 2010.
5. Feenstra, R. C., *Advanced International Trade: Theory and Evidence*, Princeton University Press, 2004.
6. Harrigan, J., "Openness to Trade in Manufactures in the OECD," *The Journal of International Economics*, Vol. 40, No. 1, 1996, pp.23-39.
7. Harrigan, J. and R. Vanjani, "Is Japan's Trade (Still) Different?," *NBER Working Paper* #10058, 2003.

8. Hausmann, R., J. Hwang, and D. Rodrik, "What you Export Matters?," *Journal of Economic Growth*, Vol. 12, No. 1, 2007, pp.1-25.
9. Hausmann, R. and B. Klinger, "The Structure of the Product Space and the Evolution of Comparative Advantage," *CID Working Paper*. 128, Kennedy School, Harvard University, 2007.
10. Hidalgo, C. and R. Hausmann, "The Building Blocks of Economic Complexity," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26) : 0570-10575, 2009.
11. Hidalgo, C. A., B. Klinger, A. L. Barabasi and R. Hausmann, "The Product Space Conditions the Development of Nations," *Science*. 27, Vol. 317, 2007, pp.482-487.
12. Kadochnikov, S., and A. Fedyunina, "Export Diversification in the Product Space and Regional Growth: Evidence from Russia," *Working Paper*, 2013.
13. Kali, R., J. Reyes, J. McGee, and S. Shirrell, "Growth Networks," *Journal of Development Economics*, Vol. 101, 2013, pp.216-227.
14. Newey, W. K., and K. D. West, "A Simple, Positive Semi-definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix," *Econometrica*, Vol. 55, 1987, pp.703-708.
15. Rodrik, D., "Perspectives on the New Industrial Policy," International Conference Proceedings, Seoul : Korea Institute for Industrial Economics & Trade, 2011.
16. Silva, E. G. and A. A. C. Teixeira, "Surveying Structural Change: Seminal Contributions and a Bibliometric Account," *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 19, 2008, pp.273-300.
17. Song, E. Y., "Further Observations on Gravity, Specialization and Intra-industry Trade," Mimeo, 2004.
18. Watts, D. J. and S. H. Strogatz, "Collective Dynamics of 'Small-World' Networks," *Nature*, Vol. 393, 1998, pp.440-442.
19. White, H. L., Jr., "A Heteroskedasticity-consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity," *Econometrica*, Vol. 48, 1980, pp.817-838.

부록. 무역통계 분류체계: 표준국제무역분류(SITC)

본 연구에서 실증분석 시 사용하였던 UN이 발표하는 상품 무역데이터, 즉, UN Comtrade를 분류하는 SITC 상품코드에 대해 좀 더 살펴보도록 하자. SITC는 UN에서 지정한 가공 수준에 따른 기준에 의거한 상품분류로서 무역통계의 국제적 비교를 위해 제정하였고 주로 학술적인 연구나 조사 분야에 널리 사용되어 왔다. SITC는 1937년 1차 개정 완료된 제네바품목분류표를 기초자료로 하여 제정되었고, 1950년 7월에 UN 경제사회이사회(ECOSOC)에서 모든 국가가 국제무역통계분류에는 SITC를 사용할 것을 권고하는 결의안을 공포하였다. 이후 세 차례에 걸친 개정을 통해 만들어진 SITC rev. 3는 UN 권고에 따라 각국이 1988년부터 무역통계를 작성할 때 기준으로 삼고 있다.

<Table A.1> International Trade Classification Code

	SITC Code (Standard International Trade Classification)	HS Code (Harmonized Commodity Description and Coding System)	BEC Code (Broad Economic Categories)
Superintendent Institute	UN	WCO (World Customs Organization)	UN
Objectives	Economic Analysis	Tariff & Trade Statistics	Economic Analysis & SNA Measurment
Subjects	Goods (Traded goods)	Goods (Traded goods)	Goods (Traded goods)
Categories	Commodity characteristics	Commodity characteristics and industry origin	Economic and end-use categories
Process	5 Steps	6 Steps	3 Steps
Items	2,970	12,000	19
Heading	0. Food and live animals 1. Beverages and tobacco 2. Crude materials, inedible, except fuels 3. Mineral fuels, lubricants and related materials 4. Animal and vegetable oils, fats and waxes : : : : 9. Commodities and transactions not classified elsewhere in the SITC	1. Live animals; animal products 2. Vegetable products 3. Animal or vegetable fats and oil and their cleavage products 4. Prepared foodstuffs 5. Mineral products : : : : : 21. Work of art, collectors' pieces and antiques	1. Food and beverage 2. Industrial supplies not elsewhere specified 3. Fuel and lubricants 4. Capital goods (except transport equipment), and parts and accessories thereof 5. Transport equipment and parts and accessories thereof 6. Consumer goods not elsewhere specified 7. Goods not elsewhere specified

Source: The Statistics Korea (KOSTAT), 『KCPC Manual (Final Report)』, 2012. 10. 23.

SITC는 상품의 종류별(식료품, 원료품, 가공품, 기계류 등), 산업구조별 교역량의 크기를 기준으로 세분화된다. HS 코드의 통칙을 원용한 SITC 분류구조는 대분류(Section, 1자리) 10개, 중분류(Division, 2자리) 67개, 소분류(Group, 3자리) 261개, 세분류(Heading, 4자리) 1,033개와 세세분류(Heading, 5자리) 3,121개 등 총 5단계의 계층구조로 이루어져 있다. 예를 들어, 대분류 항목을 기준으로 할 때 0-4 코드는 자원집약형 산업에 속하는 품목, 6와 8 코드는 노동집약형 산업에 속하는 품목, 그리고 5와 7 코드는 기술·자본 집약형 산업에 속하는 품목으로 해당한다. 이러한 SITC rev.3의 1자리와 2자리 분류코드를 정리하면 부표 2와 같다.

〈Table A.2〉 SITC rev.3 Classification (1-digits, 2-digits)

1-digits Code					
Code	Commodity Description				
0	Food and live animals				
1	Beverages and tobacco				
2	Crude materials, inedible, except fuels				
3	Mineral fuels, lubricants and related materials				
4	Animal and vegetable oils, fats and waxes · 41 - Animal oils and fats				
5	Chemicals and related products, n. e. s.				
6	Manufactured goods classified chiefly by material				
7	Machinery and transport equipment				
8	Miscellaneous manufactured articles				
9	Commodities and transactions not classified elsewhere in the SITC				
2-digits Code					
Code	Commodity Description		Code	Commodity Description	
00	Live animals other than animals of division 03		57	Plastics in primary forms	
01	Meat and meat preparations		58	Plastics in non-primary forms	
02	Dairy products and birds' eggs		59	Chemical materials and products, n. e. s.	
03	Fish (not marine mammals), crustaceans, molluscs and aquatic invertebrates, and preparations thereof		61	Leather, leather manufactures, n. e. s., and dressed furskins	
04	Cereals and cereal preparations		62	Rubber manufactures, n. e. s.	
05	Vegetables and fruit		63	Cork and wood manufactures (excluding furniture)	
06	Sugars, sugar preparations and honey		64	Paper, paperboard and articles of paper pulp, of paper or of paperboard	

07	Coffee, tea, cocoa, spices, and manufactures thereof	65	Textile yarn, fabrics, made-up articles, n. e. s. , and related products
08	Feeding stuff for animals (not including unmilled cereals)	66	Non-metallic mineral manufactures, n. e. s.
09	Miscellaneous edible products and preparations	67	Iron and steel
11	Beverages	68	Non-ferrous metals
12	Tobacco and tobacco manufactures	69	Manufactures of metals, n. e. s.
21	Hides, skins and furskins, raw	71	Power-generating machinery and equipment
22	Oil-seeds and oleaginous fruits	72	Machinery specialized for particular industries
23	Crude rubber (including synthetic and reclaimed)	73	Metalworking machinery
24	Cork and wood	74	General industrial machinery and equipment, n. e. s. , and machine parts, n. e. s.
25	Pulp and waste paper	75	Office machines and automatic data-processing machines
26	Textile fibres (other than wool tops and other combed wool) and their wastes (not manufactured into yarn or fabric)	76	Phonecommunications and sound-recording and reproducing apparatus and equipment
27	Crude fertilizers, other than those of division 56, and crude minerals (excluding coal, petroleum and precious stones)	77	Electrical machinery, apparatus and appliances, n. e. s. , and electrical parts thereof (including non-electrical counterparts, n. e. s. , of electrical household-type equipment)
28	Metalliferous ores and metal scrap	78	Road vehicles (including air-cushion vehicles)
29	Crude animal and vegetable materials, n. e. s.	79	Other transport equipment
32	Coal, coke and briquettes	81	Prefabricated buildings; sanitary, plumbing, heating and lighting fixtures and fittings, n. e. s.
33	Petroleum, petroleum products and related materials	82	Furniture, and parts thereof; bedding, mattresses, mattress supports, cushions and similar stuffed furnishings
34	Gas, natural and manufactured	83	Travel goods, handbags and similar containers
35	Electric current	84	Articles of apparel and clothing accessories
42	Fixed vegetable fats and oils, crude, refined or fractionated	85	Footwear

43	Animal or vegetable fats and oils, processed	87	Professional, scientific and controlling instruments and apparatus, n. e. s.
51	Organic chemicals	88	Photographic apparatus, equipment and supplies and optical goods, n. e. s. ; watches and clocks
52	Inorganic chemicals	89	Miscellaneous manufactured articles, n. e. s.
53	Dyeing, tanning and colouring materials	91	Postal packages not classified according to kind
54	Medicinal and pharmaceutical products	93	Special transactions and commodities not classified according to kind
55	Essential oils and resinoids and perfume materials; toilet, polishing and cleansing preparations	96	Coin (other than gold coin), not being legal tender
56	Fertilizers (other than those of group 272)	97	Gold, non-monetary (excluding gold ores and concentrates)

Source: K-stat Homepage (KITA), <http://stat.kita.net>, 2016. 10. 18.

Dynamic Industrial Classification and the Gravity Model in Product Space*

In-Moo Kim** · Daeyong Kim*** ·
Yong-Ju Lee**** · Sungro Lee*****

Abstract

This paper investigates the global trend of centrality measure in product space and develops dynamic industrial classification based on this measure. In addition, the paper analyzes the gravity model with product-level heterogeneity which originates from centrality measure in product space and examines how much the centrality measure explains the export structure of Korea, China and Japan. Empirical results show that over 30% of products in product space have significantly changed their centrality in the past 24 years. Also, the empirical results based on the gravity model in product space illustrates that the estimated elasticity of centrality measure, the major concept of product space, is significantly positive in all of the model specifications as theoretically expected and plays an important role in determining trade flows in global market and the export structure in the country level. These evidence illustrates that Korea has successfully achieved the structural transformation in

Received: Oct. 20, 2016. Revised: Dec. 13, 2016. Accepted: Jan. 6, 2017.

* This work was supported by the 2016 Yeungnam University Research Grant.

** First Author, Professor, Department of Economics, Sungkyunkwan University, Seoul 03063, Korea. Phone:+82-2-760-0433, e-mail: inmookim@skku.edu

*** Second Author, Research Fellow, Korea Development Institute, Sejong 30149, Korea, Phone:+82-44-550-4165, e-mail: dykim@kdi.re.kr

**** Third Author, Corresponding Author, Assistant Professor, School of Economics and Finance, Yeungnam University, Gyeongsan 38541, Korea. Phone:+82-53-810-2847, e-mail: yongjulee@ynu.ac.kr

***** Fourth Author, Research Fellow, Korea Gas Corporation, Daegu 41062, Korea. Phone:+82-53-670-0093 e-mail: sungro@kogas.or.kr

manufacturing industries more timely than China and Japan as the global trend of export sophistication in product space has changed. Also, with these results, we carefully predict that the structural transformation in product space play a key role in economic growth of the manufacturing countries.

Key Words: product space, dynamic industrial classification, gravity model

JEL Classification: F14, F61, L16, L60, O12