

산업의 경제 성장과 IT 투자: 경제 성장은 IT 투자의 효과인가, 아니면 IT 투자 결정의 요인인가?

Industrial Economic Growth and IT Investment: Is Economic Growth an Effect of IT Investment, or a Determinant of Decision-making for IT Investment

이 상 호 (Sangho Lee) 선문대학교 IT경영학과
유 영 옥 (Young U. Ryu) University of Texas at Dallas, 교신저자

요 약

생산함수이론을 이용하는 대부분의 연구는 IT활용의 결과로 경제 성장을 보고 있다. 그러나 몇몇 연구들은 경제 성장을 IT 투자의 결정요인으로 보고 있다. 이러한 결과가 산업 수준에서도 유효한지를 조사하기 위하여, 이 연구는 미국의 1997년부터 2007년까지의 산업 자료를 이용하여 양방향 인과성 분석이 가능한 그래인저 인과성 분석을 수행하였다. 많은 산업에서 IT 투자는 경제 성장에 영향을 주었으며, 몇몇 산업에서 경제 성장이 IT 투자에 영향을 주었으며, 몇몇 산업에서는 IT 투자와 경제 성장은 아무런 영향 관계가 없었다. 산업 수준의 IT자본과 산업총생산을 국가 수준으로 합산한 시계열 자료를 이용한 분석에서는 IT 투자와 경제 성장은 어떠한 영향 관계가 없었으나, 산업 특성과 시간 특성을 고려하는 산업 수준의 패널 자료를 이용한 분석에서는 양방향 인과 관계가 발견되었다. 이러한 결과는 IT 생산성 역설의 이유였을 수도 있다.

키워드 : IT 투자, 경제 성장, 그래인저 인과성, IT 생산성 역설, 패널 회귀분석

I. 서 론

IT에 의한 원격회의 시스템은 다른 지역의 회의에 참석해야 하는 직원들의 인건비와 출장비를 줄일 수 있는 기회를 기업들에게 준다. 원격회의 시스템의 제조, 유통, 설치, 유지보수, 교육과 같

은 관련된 산업의 기업들은 매출을 증가시킬 수 있었다. 그러나 원격회의 시스템을 사용하는 기업들의 출장의 수요가 감소하면서 수송업, 숙박업의 기업들의 매출을 축소시킬 수 있다. 원격회의가 너무나 보편화되어 출장의 수요가 의미있게 줄어들었다면, 장기적으로는 축소된 출장 수요는 항공기나 자동차와 같은 수송 장비의 제조업, 수송 장비의 연료를 공급하는 정유업, 출장 중에 머물게 되는 호텔과 같은 건물을 짓는 건설업 등의 매출을 축소시킬 수 있다. 원격회의 시스템은 기

† 이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음 (NRF-2013S1A5A8022579).

업의 비용을 절감시킬 수 있었지만, 다른 산업의 총생산을 축소시킬 수 있다. 즉, IT가 국가의 총생산을 축소시킬 수도 있게 된다. 원격회의 시스템을 도입한 기업들은 IT를 이용하여 비용 절감의 효과를 얻게 되지만, 산업이나 국가의 총생산은 감소될 수 있으므로 산업이나 국가의 총생산에서는 IT의 효과를 찾지 못할 수도 있게 된다.

많은 연구들은 IT와 경제적 성과와의 관계에는 긍정적인 영향 관계가 있다고 보고하고 있다. IT가 경제적 성과에 영향을 준다는 연구(예: Brynjolfsson and Hitt, 2003; Cheng and Nault, 2007)에서는 생산함수(production function) 이론에 따라 자본(capital)과 노동(labor)은 생산함수의 투입 요인이고, 경제적 성과(예: 매출액, 산업 부가가치, 국내총생산 등)는 생산함수의 결과 변수로 이용된다. 생산함수의 투입 요인들 중의 하나인 자본을 IT자본(IT capital)과 전통적인 비IT자본(non-IT capital)으로 세분하여 IT자본의 효과를 측정하면, IT가 경제적 성과에 주는 영향을 파악할 수 있다. 그렇지만, 생산함수에서의 영향 관계와 반대로, 좋은 경제적 성과를 창출하여 투자할 여력이 충분한 주체가 IT와 같은 자본에 더 많이 투자할 수 있다는 추론도 가능하다(Baily and Hall, 2002). 또는 확대/팽창된 경제(즉, 더 좋은 성과를 창출한 경제)가 규모가 커져 복잡해진 경제의 조정과 통제를 위하여 더 많은 IT를 필요로 할 수도 있다(Dutta, 2003). IT와 경제적 성과에서의 영향 관계의 방향이 아니라 연구방법이나 연구모형 측면에서 IT의 경제적 효과나 IT의 수요를 분석한 기존의 연구들이 인과(causality) 관계 분석이 아니라 연관(association) 관계 분석에 의한 연구라면, IT 투자와 경제적 성과와의 관계에서 연관성이 발견되는 것이지 인과성이 발견되는 것은 아닐 수 있다(Gefen et al., 2000; Granger, 1969).

이 연구는 “더 많은 IT 투자가 더 좋은 경제적 성과를 창출하는가? 아니면 더 좋은 경제적 성과를 달성한 산업/국가가 더 많은 IT 투자를 결정하는 것인가”를 분석한다.2) 연구의 결과인 인과성의 방향에 따라 국가의 산업 IT정책의 방향이 결정될

필요가 있다. 기업 수준의 연구에서 IT가 기업의 생산성이나 경제적 성장에 영향을 준다고 발견되었지만 산업이나 국가의 경제 성장에는 영향을 주지 못한다면, 전체 산업을 위한 국가의 IT 기반구조 투자는 산업이나 국가 경제가 아니라 특정 조직/기업/산업을 위한 투자로 간주될 수 있다.

연관성 분석의 방법을 이용한 연구들은 한쪽 방향의 영향만을 고려하면서 분석되고 있다. IT 투자의 성과/효과/사업 가치의 측정과 관련된 대부분의 연구들이 이러한 연구이다. IT 투자에 의한 IT자본의 증가가 경제 성장에 영향을 준다는 연구 결과(예: Brynjolfsson and Hitt, 2003)와 경제 성장이 IT 투자 의사결정에 영향을 주어 더 많은 IT자본의 축적을 만든다는 연구 결과(예: Shih et al., 2007)가 동시에 보고되고 있다. 따라서 양쪽의 주장을 동시에 고려할 수 있는 양방향 인과관계 연구모형을 이용하는 검증이 필요하다.

제II장에서는 관련 연구를 고찰한다. 제III장은 연구방법, 실증분석을 위한 수식, 자료원 등을 서술한다. 제IV장은 분석 결과를 서술하는데, 기술 통계량, 최적모형의 결정, 인과성 분석 결과, 결과의 의미 등이 포함된다. 마지막으로 제V장은 결론으로, 연구의 요약, 의의, 한계점 및 미래연구의 방향 등이 제시된다.

II. 관련 연구

2.1 경제 성장은 IT 투자의 효과

IT 투자의 효과 측정은 많은 연구들의 주제였다(Dedrick et al., 2003). IT 도입, IT 사용, IT 투자, IT자본의 축적 등과 같이 IT에 의하여 경제적 성과를 창출(business value of IT)한다는 발견이다. IT

2) IT자본은 시간이 흐름에 따라 가치가 줄기 때문에, IT자본이 증가하기 위해서는 IT자본의 감가상각 금액보다 더 큰 금액의 투자가 있어야 한다. 따라서 이 연구에서는 IT자본의 증가와 IT 투자를 동일한 의미로 사용한다.

투자의 성과 창출 여부는 기업이나 국가 경영에서 중요한 문제이기에 이 주제는 많은 관심을 받아왔다. IT가 널리 보급되고 확산되면서 IT 투자는 기업 경영자들이나 학자들의 큰 관심사항이 되었다. 이들 IT 투자의 성과 측정에 관련된 연구들은 IT 투자가 기업/산업/국가에 긍정적인 효과를 창출하는지에 대하여 연구의 초점이 맞추어져 왔다.

관련된 연구들은 풍부한 자료와 엄격한(rigorous) 분석방법을 이용하여 대부분의 연구들이 IT 투자의 긍정적인 성과를 발견하고 있다. 첫째, IT 투자의 성과를 찾는 연구 분야에서 초기의 연구들은 주로 사례 연구(case study)를 이용하였다. 사례 연구는 선진 기업들이 정보시스템을 이용하여 어떤 성과를 달성할 수 있었는지에 대한 서술적인 분석이며, 아메리칸항공(American Airline)의 SABRE, 박스터(Baxter)의 Analytic Systems Automatic Purchasing(ASAP) 시스템, 페덱스(FedEx)의 화물 추적 시스템(package tracking systems), 월마트의 재고관리시스템, 아마존(Amazon)의 자동화 창고 등이 있다. 이러한 사례 연구들은 실패 사례보다는 주로 드라마틱한 성공 이야기를 다루었기 때문에 IT 투자가 기업이나 산업에 긍정적인 성과를 제공하는 것으로 보였으나, 특정한 기업/산업/국가의 사례에 국한되는 경우가 많아 연구 결과의 일반화에는 한계점이 있을 수 있다. 둘째, 상대적으로 간단한 통계적 방법인 상관분석(correlation analysis)과 평균차이 분석(mean difference test) 등의 방법이 사용되었다. IT를 이용하는 기업들이 많아지고 IT 투자 금액이 확대되면서, 정량적 자료를 이용하는 통계적 기법이 도입되기 시작하였다. IT 투자와 성과의 관계를 상관분석(correlation analysis)을 이용하여 분석하고(예: Mahmood and Mann, 1993; Prattipati and Mensah, 1997), IT에 투자를 많이 한 집단(group)과 상대적으로 적게 한 집단을 나누어 집단 간의 성과 차이를 분석하였다(예: Bharadwaj, 2000). 셋째, 많은 연구들은 회귀분석(regression analysis) 기법을 이용하여 IT 투자의 성과를 측정하고자 시도하였고, 회귀분석은 실증

연구에서 가장 일반적인 방법이 되었다(Gordon, 2000). 많은 연구들은 기업 수준(Kohli *et al.*, 2012)부터 산업 수준(Cheng and Nault, 2007), 국가 수준(Dewan and Kraemer, 2000; Park *et al.*, 2007)까지의 다양한 분석 수준, 다양한 분석 방법, 풍부한 데이터를 이용하여 IT 투자의 긍정적인 성과를 찾게 되었다. IT 투자의 성과 측정 분야의 연구의 요약은 Dedrick *et al.*(2003), Lee and Kim(2006), Melville *et al.*(2004)을 참조할 수 있다. IT자본뿐만 아니라 무형자산(예: 광고비, 연구개발비)과 같은 기업의 다른 요인들을 고려하며 IT의 가치를 측정(Saunders and Brynjolfsson, 2016)하여 IT자본의 실질적인 효과를 실증적으로 제시하기도 한다. 또는 IT전략적 초점(비용, 수익, 또는 비용과 수익을 동시에 초점)을 고려하면서 IT 투자의 효과를 찾는다(Mithas and Rust, 2016). 오늘날에는 IT효과 측정 분야의 많은 연구들이 발견한 결과와 같이 기업 경영자를 비롯한 많은 사람들은 IT 투자가 조직/기업/산업/국가에 긍정적인 성과를 가져올 것이라 느끼고 있다. 또한 미국과 같은 선진국뿐만 아니라 중국과 같은 비선진국에서도 IT 투자는 기업 성과에 주는 긍정적인 영향(Kim *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2011; 이상호 등, 2009)이 발견되었다.

IT의 긍정적인 효과를 찾은 연구가 대다수이었다. 그러나 IT가 일용품이 되면서 더 이상 경쟁우위의 수단이 될 수 없다는 주장(예: Carr, 2003)이 있었으며, IT가 경제적 성과에 의미있는 영향을 주지 못한다는 주장(예: Gordon, 2000)의 실증적 발견(예: Chae *et al.*, 2014)이 최근에도 있었다.

2.2 경제 성장은 IT 투자 의사결정의 요인

좋은 경제적 성과를 얻은 기업이나 국가들이 더 많은 IT 투자를 결정할 수 있다(Shih *et al.*, 2007). 소비자의 선호를 반영하는 혁신적인 신제품을 출시(예: 애플(Apple))하거나 세계 경제 환경에 의해 좋은 성과를 얻은 기업(예: 최근 유가는 하락하였지만 생산된 유휴제품의 판매가격을

〈표 1〉 IT 투자의 결정요인으로서의 경제 성장

분석 수준	기존 연구
기업	- Hu and Quan(2006): NS - Kobelsky, Richardson, Smith and Zmud(2008): P - Mitra(2005): 고성장 기업에서는 P, 저성장 기업에서는 NS
산업	- Gurbaxani(1992): P
국가	- Gurbaxani(1992): P - Shih, Kraemer, and Dedrick(2007): P

참고사항: ‘P’는 경제적 성과가 IT 투자의 긍정적인 결정요인임을 실증적으로 발견한 경우이다. ‘NS’는 경제적 성과가 IT 투자에 어떠한 영향도 주지 않음을 의미한다.

고정시킨 석유화학업종의 기업들은 적극적인 IT 투자를 고려할 수 있다(Kobelsky *et al.*, 2008). 이는 우수한 회계적인 성과를 창출한 기업이 IT 투자에 필요한 재원이나 여력이 있기 때문이다(Baily and Hall, 2002; Brynjolfsson and Hitt, 2000). IT 투자도 기업의 다른 투자와 마찬가지로 투자 계획 프로세스(capital planning process)를 따를 것이다(Kobelsky *et al.*, 2008).

몇몇 선행연구들은 경제적 성과가 IT 투자의 결정요인중의 하나임을 제시하고 있다(<표 1> 참조). 1990년대 초기에 Gurbaxani(1992)는 S형 곡선 모형을 이용하여 IT 투자에 영향을 줄 수 있는 IT의 가격, 혁신의 확산, 경제 성장률과 같은 결정요인들을 고려하는 연구를 수행하여 경제 성장률이 IT의 수요에 긍정적인 효과를 주는 것을 발견하였다. Shih *et al.*(2007)은 국가의 경제 수준이 IT 투자의 결정요인으로 작용한다는 사실을 발견하였다. Kobelsky *et al.*(2008)은 기업의 좋은 성과가 더 많은 IT 투자를 이끄는 것을 발견하였다. Mitra(2005)는 고성장기업들에서는 좋은 성과가 IT 투자를 유도하지만 저성장기업들에서는 좋은 성과에도 불구하고 IT 투자를 유도하지 못하는 것을 발견하였다.

2.3 IT분야의 그레인저 인과성 연구

IT가 경제적 성과에 영향을 준다는 연구 결과와 경제적 성과가 IT 투자를 유도한다는 연구 결

과를 보았을 때, IT 투자와 경제적 성과 간에는 양방향 인과성이 존재하는 것일 수 있다. 그러나 이 문제는 아직 제한적으로만 실증되었다. 두 요인간의 연관성과 달리 인과관계는 다음의 특성을 가져야 한다(Gefen *et al.*, 2000). (1) 연관(association): 두 요인은 연관되어 있어야 한다. (2) 시간적 선행(temporal precedence): 원인은 결과보다 시간적으로 앞서서 발생되어야 한다. (3) 독립(isolation): 두 요인 사이에는 제3의 다른 요인의 관여가 없어야 한다. Gefen *et al.*(2000)의 기준에서 보면, 앞에서 설명한 기존 연구(예: Brynjolfsson and Hitt, 2000; Lee *et al.*, 2011; Shih *et al.*, 2007)는 두 요인간의 시간적 선행을 고려하지 않았기에 인과(causality) 관계보다는 연관(association) 관계를 분석한 경향이 있다.

IT 투자와 경제 성장과의 관계에서 인과관계의 특성을 고려할 수 있는 통계적 방법 중의 하나는 그레인저(Granger) 인과모형이다(Granger, 1969; Sims, 1972)(모형에 대한 설명은 제Ⅲ장 참조). 경제학 분야에서 다양하고 폭넓게 이용되어온 인과성 분석모형인 그레인저 인과모형을 경영정보학(information systems) 분야에서는 제한적으로만 수용하고 있다. 다음의 이유로 IT 투자와 관련된 연구에 응용이 확산되지 못한 것일 수 있다: (1) 연구자들이 설문지를 이용하여 수집한 자료를 이용하는 기업 수준의 미시적(micro)인 분석을 선호하는 경향이 있다. 설문지를 이용하는 미시적인 연구는 설문자의 인지에 기초한다는 한계점에도

불구하고 연구자가 원하는 연구모형과 변수들을 이용할 수 있기에 이론의 개발이 용이하다는 장점이 있다. (2) 신뢰할 수 있는 자료원이 부족하다. IT 투자의 효과 측정 연구의 역사가 상대적으로 짧아 그레인저 인과모형을 위한 시계열(time series) 자료의 축적이나 이차 자료(secondary data)의 자료원 발견이 어려웠다.

IT 영역에서도 그레인저 인과모형을 이용한 시도는 있었다(<표 2>). 기업, 산업, 국가 수준의 IT 투자와 경제적 성과의 인과성을 고찰하였다. 기업 성과가 IT 투자를 증가시키는 영향을 발견(Hu and Plant, 2001)하였다. IT와 산업 성과사이의 시간 차이를 1년으로 고정시킨 모형을 이용하여, 광업, 제조업, 수송, 서비스산업에서는 산업의 IT 투자가

산업 성과에 단방향으로 영향을 주고, 건설업과 금융업에서는 산업 성과가 IT 투자에 단방향으로 영향을 주고, 도매업과 소매업에서는 IT 투자와 산업 성과에 순환관계의 양방향 인과관계를 발견(Hu and Quan, 2005)되었다. IT 투자와 고용 간의 관계도 분석되었다(김수경, 이상용, 2014).

장기간의 시계열 자료의 획득이 상대적으로 손쉬운 정보통신기술(information communication technology)과 경제적 성과와의 인과성 분석도 시도되었다. 통신 기반구조(communication infrastructure)에서 경제적 성과로의 인과성이 발견되었고(Dutta, 2001), 통신기술과 경제적 성과간의 인과성 관계는 국가간에 상이하게 발견되기도 하였다(Lee et al., 2005). 한국에서 통신기술과 경제 성장 간에는 통

<표 2> IT관련 영역에서 그레인저 인과성을 이용한 기존 연구

영역	기존 연구	분석 수준/ 자료 유형	주요 발견
IT 투자와 경제적 성과(EP)	Hu and Plant(2001)	기업/패널	증가된 기업 성과는 IT 투자의 증가에 기여(EP-to-IT 인과 순서).
	Hu and Quan(2005)	산업/시계열	연구는 IT 투자와 경제적 성과 사이의 1년의 시차를 이용하여 분석. 산업별로 인과성의 방향이 다른 혼합된 결과를 보임. - IT-to-EP 인과 순서: 광업, 제조, 수송, 서비스 - EP-to-IT 인과 순서: 건설, 금융 - 양방향 인과성: 도매, 소매
	이상호, 김성희(2006)	국가/시계열	미국의 IT 투자와 경제적 성과 사이에는 양방향 인과성
	Lee et al. (2008)	국가/패널	일반적으로 IT-to-EP 인과성이 보임. IT 투자를 적게 하는 국가 집단에서는 IT는 경제적 성과에 영향을 주지 못함
	현재 연구 (2017)	산업, 국가/시계열, 패널	- 산업별로 인과성의 방향이 다른 혼합된 결과를 보임 - 산업별 자료를 합한 국가 수준의 시계열 자료로 만들어진 IT 투자와 경제적 성과에서는 인과성이 없음 - 산업과 연도를 통제하는 산업별 패널 자료를 이용한 분석에서는 양방향 인과성이 발견
통신기술(CT, communication technology)투자와 경제적 성과	Dutta(2001)	국가 / 시계열	통신 기반구조에서 경제적 성과로의 인과적 증거 발견
	Lee et al. (2005)	국가/시계열	국가별 인과성의 방향이 다른 혼합된 결과 - CT-to-EP 인과 순서: 오스트리아, 한국 - EP-to-CT 인과 순서: 미국, 덴마크 - 양방향 인과성: 오스트레일리아 - 인과성 없음: 일본, 이탈리아, 영국
	Yoo and Kwak(2004)	국가/시계열	한국의 통신 기술과 경제적 성과에서는 양방향 인과성 발견

신기술이 경제 성장에 인과적 영향을 주고, 경제 성장은 통신기술에 인과적 영향을 주는 양방향 인과성, 즉 순환관계의 인과성이 발견되었다(Yoo and Kwak, 2004).

선행연구 분석 결과, 이 연구의 주제인 IT와 경제적 성과와의 인과성에 대하여 가변적인 시차(variable time lag)를 이용하는 산업 수준의 패널 분석은 필요하지만 아직 수행되지 못한 것을 알 수 있다. Gefen *et al.*(2000)의 인과 관계 기준에서 (1) 연관, (2) 시간적 선행을 만족시킬 수 있는 그레인저 인과모형이 다양한 분야(특히 경제학)에서 활용되었지만, 산업 IT자본 증가와 경제 성장의 인과관계 분석에는 제한적으로만 활용(예: Hu and Quan, 2005)되었다. 제한적인 활용에서도 투자와 성과의 시간 차이를 1년으로 고정시킨 한계점이 있었다. 그리고 시계열 자료를 이용한 분석(예: Hu and Quan, 2005)으로는 산업별 결과만을 얻을 수 있기에 산업과 연도의 특성을 통제하는 패널 회귀분석의 이용이 필요하다.

특히 농림수산업, 제조업, 도소매업, 금융업과 같이 산업 특성(예: 정보 집약도)에 따라 인과성의 방향이 달라질 수 있으며, 산업 특성을 가진 산업별 자료를 국가 수준의 자료로 통합한 시계열 자료를 이용하여 인과성을 분석하면 인과성이 발견되지 못할 수 있다. 그리고 관련된 연구가 부족하여 분석된 결과의 일반화에 어려움이 있으며, IT 투자의 가치와 관련된 결과의 일반화는 이론의 개발에 기여할 수 있다.

III. 연구방법

이 연구는 그레인저(Granger) 인과모형을 이용한다. 물리학, 화학, 생명과학, 의학과 같은 자연과학 분야에서는 통제된 환경하에서 반복된 실험을 통하여 두 변수(X와 Y) 사이에 인과관계를 증명할 수 있었다. 그러나 경제학을 비롯한 사회과학 분야에서는 통제된 환경이나 반복된 실험을 수행하기에는 제약이 많아 두 변수 사이의 인과

관계는 실증하기 어려운 문제이다(Dutta, 2001). 경제적 성과가 IT의 결정요인인지를 확인하기 위하여 경제적 성과를 변동시키기는 어렵다. 결국 과거의 자료를 사용하는 통계적 방법을 이용하여 인과성을 실증해야 한다(Granger, 1969). 이러한 방법들중의 하나가 그레인저 인과모형이며, 이 인과모형은 정부 재정활동과 국가총생산(GNP: Gross National Product), 인구와 경제 성장, 무역과 경제 성장, 관광과 경제 성장(Tang and Tan, 2015) 등 경제학의 다양한 분야에서 활용되고 있는 모형이다(Lee *et al.*, 2008; 이상호, 김성희, 2006).

이 연구는 그레인저 인과모형을 이용하여 미국의 산업별 IT자본 증가와 경제 성장의 인과성을 분석한다. 그레인저 인과모형은 두 시계열(패널) 자료를 이용하여 시간 흐름에 따른 상대적인 움직임을 파악하는 방법이다(Granger, 1969; Sims, 1972). 횡단면적인 산업의 IT자본 증가가 산업의 경제 성장에 시계열적(time-series)으로 인과적인 영향을 주는지는 다음 식을 이용한다:

$$gY(i, t) = \sum_{j=1}^k \alpha(j)gY(i, t-j) \tag{1}$$

$$+ \sum_{j=1}^l \beta(j)gIT(i, t-j) + D1(i) + D5(t) + \epsilon1(i, t)$$

$$gY(i, t) = \sum_{j=1}^k \alpha(j)gY(i, t-j) \tag{2}$$

$$+ D2(i) + D6(t) + \epsilon3(i, t)$$

여기서 gY 는 산업총생산의 증가율, gIT 는 IT자본 증가율, i 는 산업, t 는 연도, k 와 l 은 시차, $D1(i)$ 와 $D2(i)$ 는 산업 효과를 통제하기 위한 더미변수, $D5(t)$ 와 $D6(t)$ 는 시간 효과를 통제하기 위한 더미변수, 그리고 $\epsilon1(i, t)$ 와 $\epsilon3(i, t)$ 는 결합된 시계열과 횡단면 오류항이다.³⁾ 더미변수들은 패널 자료를

3) 이 식에서 IT와 경제적 성과 자체가 아니라 증가율이 사용되는데, IT와 경제적 성과 자료가 단위근(unit root)을 갖기(즉, 자료가 안정적(stationary)이지 않기) 때문이다. 이 장의 중간부분에서 설명된다.

이용하여 분석할 때만 사용된다.

식 (2)는 과거의 산업총생산에 의하여 현재의 산업총생산이 결정됨을 보인다. 이는 현재까지의 과거 자료를 이용하여 미래의 값을 예측할 때 사용되는 수식이다(Gujarati, 2003). 식 (1)과 식 (2)의 차이는 gIT 의 포함 여부이다. gIT 변수를 포함한 식 (1)과 포함하지 않은 식 (2)를 비교하여 gIT 변수가 추가된 식 (1)이 식 (2)보다 통계적으로 유의하게 우수하면, IT자본 증가(gIT)는 경제 성장에 그레인저 인과적인 영향을 준다고 할 수 있다 (Granger, 1969). 두 식의 통계적인 유의성 비교는 다음 식 (3)을 이용한다(Gujarati, 2003).

$$F = \frac{(RSS_r - RSS_u)/w}{RSS_u/(T-s)} \quad (3)$$

이 식의 값은 분자 w 와 분모 $T-s$ 자유도를 갖는 F -분포를 따른다. 여기서 T 는 관측 수, s 는 제약되지 않은 버전(즉, 식 (1))에서의 회귀변수의 수, w 는 제약의 수(= 식 (1)의 회귀변수의 수-식 (2)의 회귀변수의 수), RSS_r 은 제약된 버전(식 (2))의 에러제곱합이고, 그리고 RSS_u 은 제약되지 않은 버전(식 (1))의 에러제곱합이다.

식 (3)의 F 값이 특정 F 값보다 크면, IT 변수가 추가된 식 (1)이 IT 변수가 없는 식 (2)보다 통계적으로 우수하기(residual sum of squares가 작기) 때문에, IT 변수는 통계적으로 유의한 변수이다. 이는 산업 IT자본의 증가가 산업총생산의 증가에 그레인저 인과적인 영향을 주는 것을 의미한다.

반대 방향의 인과성을 분석하는 산업총생산 증가가 산업의 IT자본 증가에 인과적인 영향을 주는지는 다음 식을 이용한다:

$$gIT(i, t) = \sum_{j=1}^m \gamma(j)gIT(i, t-j) \quad (4)$$

$$+ \sum_{j=1}^n \delta(j)gY(i, t-j) + DB(i) + DT(t) + e2(i, t)$$

$$gIT(i, t) = \sum_{j=1}^m \gamma(j)gIT(i, t-j) \quad (5)$$

$$+ D4(i) + D8(t) + e4(i, t)$$

여기서 gIT 는 IT자본 증가율, gY 는 산업총생산의 증가율, i 는 산업, t 는 연도, m 과 n 은 시차, $D3(i)$ 와 $D4(i)$ 는 산업 효과를 통제하기 위한 더미변수, $D7(t)$ 와 $D8(t)$ 는 시간 효과를 통제하기 위한 더미변수, 그리고 $e2(i, t)$ 와 $e4(i, t)$ 는 결합된 시계열과 횡단면 오류항이다. 앞에서와 마찬가지로 더미변수들은 패널 자료를 이용하여 분석할 때만 사용된다.

IT가 산업총생산에 영향을 주는 지를 분석할 때와 마찬가지로, 산업총생산이 IT자본에 영향을 주는 지는 두 식(식 (4)와 식 (5))의 통계적 유의성 비교를 위한 식 (3)을 이용한다.

시계열이나 패널 자료를 이용한 그레인저 인과모형 분석을 위해서는 자료의 안정성(stationarity)을 확인해야 한다. 안정되지 않은 시계열이나 패널 자료(non-stationary panel data)를 이용하여 분석하는 것은 분석 결과를 오도할 수 있기 때문에(Gujarati, 2003), 패널 자료의 분석을 위해서는 자료의 안정성(stationary) 여부를 확인해야 한다. 본 연구에서 시계열 자료의 안정성 확인은 ADF (Augmented Dickey-Fuller) 단위근 검정을 이용한다. 패널 자료의 안정성 확인은 Levin-Lin-Chu(LLC) t -statistic, Breitung t -statistic, Im-Pesaran-Shin(IPS) W -statistic, Augmented Dickey-Fuller(ADF) Fisher χ^2 , and Philips-Perron(PP) Fisher χ^2 와 같은 패널 단위근(panel unit root) 검정을 이용한다.

현재의 IT가 미래의 경제 성장에 어느 정도의 기간 동안 영향을 주는지는 아직 이론적으로 정립되지 못하였다. 정확한 시차(time lag)는 알 수 없으나, 일정 기간의 시차가 있으며, 즉시적인 효과(immediate effect)보다는 지연된 효과(lagged effect)가 크다(Lee and Kim, 2006)는 것은 발견되었다. 마찬가지로 산업의 현재 경제 성장이 미래의 IT 투자 의사결정에 어느 정도의 기간 동안 영향을 주는지에 대한 이론적 정립도 없다. IT와 경제적 성과 사이의 시차 크기와 관련된 선행연구나

이론이 거의 없으므로, 회귀 분석을 위하여 필요한 가정사항을 위배하지 않는 최장 기간에서 통계적 실무방법에 의하여 최적 시차(best lag)를 찾는다. 이 방법은 최소의 아카이크 정보기준(AIC: Akaike Information Criterion)을 보이는 회귀모형을 최적으로 간주한다(Gujarati, 2003; Hair *et al.*, 1998). 이는 자료 스스로가 우리에게 말하는 최적 시차를 받아들이는 방법이다.

실증연구에서 적절한 자료원은 중요하다. 특히 시차를 고려한 인과성 분석을 위하여 충분히 긴 기간을 동일한 산업분류체계로 분류하고 있는 자료는 찾기가 쉽지 않다. 경제학 분야에서 다양한 연구가 진행되어 신뢰할 수 있는 자료원인 EU KLEMS(<http://www.euklems.net>)로부터 자료를 구한다. 1977년도부터 다양한 국가의 산업 수준의 자료를 제공하고 있는데, 횡단면 특성과 시계열 특성을 동시에 만족할 수 있는 적절한 패널 자료를 구성하기 위하여 미국을 대상으로 한 1977년부터 2007년까지의 산업별 자료를 이용한다.

특정 산업이 아니라 모든 산업의 산업별 분석을 위하여 산업 IT자본과 산업총생산간의 인과성 방향을 분석한다. EU KLEMS의 분류에 따라 산업을 농림수산, 광업, 제조, 전기/가스/수도, 건설, 도소매, 숙박, 수송/저장/통신, 금융, 부동산, 공공 및 국방, 교육, 보건 및 사회사업, 기타 커뮤니티/사회 및 개인 서비스로 분류하여 각 산업 차원에서 분석한다.

본 연구는 패널 자료의 단위근 검정과 그레인저 인과모형의 체계적인 분석을 위하여 Eviews 9.0을 이용하였다. 패널 자료의 분석을 위하여 고정효과(fixed effect) 모형과 무작위효과(random effect) 모형을 허스만(Hausman) 검정을 통하여 고정효과 모형을 사용하였다.

연구는 산업 수준의 IT자본 증가와 경제 성장간의 인과성 방향을 분석한다. 먼저 자료원으로부터 산업별 IT자본과 산업총생산을 분석 형태에 맞게 가공하고, 단위근 검정을 이용하여 시계열 자료와 패널 자료의 안정성을 확인하고, 연구방

법에서 서술한 그레인저 인과모형을 이용하여 인과성의 방향을 분석한다. 그레인저 인과성 분석은 (1) 산업별 시계열 자료의 회귀분석(ordinary least squares) 수행, (2) 산업별 IT자본과 생산량으로부터 국가 수준의 시계열 자료를 구한 후, 회귀분석 수행, (3) 최적 시차의 결정을 위한 통계적 방법 적용(Gujarati, 2003; Lee and Kim, 2006), (4) 수식의 차이 비교를 위한 F검정 실시, (5) 적절한 더미 변수(dummy variable)의 결정, (6) 패널 자료의 분석을 위하여 고정효과 모형과 무작위효과 모형을 비교하여 적합 모형(고정효과 모형) 결정, (7) 패널 회귀분석 수행, (8) 최적 시차의 결정을 위한 통계적 실무방법 적용(Gujarati, 2003; Lee and Kim, 2006), (9) F검정 실시, (10) 그레인저 인과성 분석 결과의 해석 등으로 진행된다.

IV. 연구결과

시간의 흐름에 따라 증가하는 시계열 자료들은 일반적으로 단위근을 갖고 있는데, IT자본과 산업총생산은 단위근 검정에서 단위근을 갖고 있는 것으로 판단되어 자료의 변환이 필요하다. 각 변수의 증가율인 IT자본의 증가율(gIT)과 산업총생산의 증가율(gY) 자료는 단위근을 갖지 않기에 이 연구는 증가율 자료를 이용하여 분석하였다. <표 3>은 1977년부터 2007년까지 미국의 IT자본, 산업총생산, IT자본 증가율, 산업총생산 증가율의 기술통계량이다. IT자본은 연평균 약 12.72%씩 증가하였고, 산업총생산은 연평균 2.93%씩 증가하였다.

<표 4>는 그레인저 인과성 분석에서 전체 산업의 최적 시차를 찾는 과정이다. 산업별 분석도 동일한 과정으로 그레인저 인과성 분석에 사용할 최적 시차를 찾는다. 다양한 회귀모형에서 가장 작은 AIC를 보이는 회귀모형이 가장 적합한 모형이다. 먼저 경제 성장에 대한 IT자본의 인과성 분석을 위하여 식 (2)를 이용하는데, 시차 1의 모형의 AIC는 4.531이고, 시차 2까지의 모형의 AIC는 4.635이

〈표 3〉 전체 산업의 기술통계량(1977~2007)

변수	설명	평균	중앙값	표준편차	최소값	최대값
IT	전체 산업의 IT자본	79,740	18,420	150,672	10	126,282
Y	전체 산업의 총생산	896,833	581,823	900,472	126,282	4,357,653
gIT	IT의 증가율(%)	12.72	11.30	4.50	8.15	25.39
gY	Y의 증가율(%)	2.93	3.11	2.19	-2.03	6.65

참고사항: 화폐 단위는 1995년 미국 백만 달러이고, 증가율의 단위는 퍼센트임.

고, 시차 1부터 3까지의 모형의 AIC는 4.555, 시차 1부터 4까지의 모형의 AIC는 4.633, 시차 1부터 5까지의 모형의 AIC는 4.467이다. 이 회귀모형들 중 가장 작은 AIC는 4.467로, 시차 1부터 시차 5까지를 모두 포함하는 회귀모형이 최적($k^*=5$)이다(<표 4>의 첫째 행). 이렇게 결정된 gY의 최적 시차(k^*)를 결정하고, 식 (1)에서 gIT의 최적 시차(l^*)를 동일한 방법으로 가변적으로 결정(<표 5>의 마지막 줄)하여 최적 회귀모형을 결정($l^*=3$)한다(공간의 절약을 위하여 AIC는 생략되었다).

동일한 방법으로 IT자본 증가에 대한 경제 성장의 인과성 분석을 위하여 제약이 있는 식 (5)에서 gIT자본에 대한 최적 시차를 결정($m^*=3$)하고(<표 4>의 둘째 행), 결정된 m^* 와 제약이 없는 식 (4)에서 gY의 최적 시차(n^*)를 결정(<표 6>의 마지막 줄)하여 최적 회귀모형을 결정한다($n^*=1$). 패널 자료의 경우, gY의 최적 시차는 3이고, gIT의 최적 시차는 5이다(<표 4>의 아랫부분).

<표 5>는 산업 수준의 IT 투자가 경제 성장을 이끌었는지를 그래인저 인과모형으로 분석한 결

과이다. 둘째 열에 있는 gY의 최적 시차(k^*)는 <표 4>와 같이 식 (2)를 이용하여 구한다. 표의 첫줄에 보이는 농림수산업의 경우, 식 (2)에서 최소의 AIC를 보이는 gY의 시차(k^*)는 5였다. gY의 시차는 5로 결정하고, 식 (1)에서 최소의 AIC를 보이는 gIT의 시차는 4이다($k^*=5, l^*=4$). 이 때의 식 (3)을 이용하는 F값은 8.04이며, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의하다. 따라서 IT는 산업총생산에 그래인저 인과적인 영향을 주는 것으로 해석된다. 농림수산업의 경우, IT의 다른 시차의 경우에도 F값들이 통계적으로 유의하기에 모든 시차의 모형에서 동일한 결과를 보이고 있음을 알 수 있다. 다른 산업도 농림수산업의 경우와 동일한 방법으로 해석한다.

농림수산업, 광업, 제조업, 도소매업, 숙박업, 금융업, 공공 및 국방, 교육, 기타 커뮤니티/사회 및 개인 서비스업에서는 IT자본의 증가가 산업의 경제 성장을 이끌었다. 그러나 전기/가스/수도업, 건설업, 수송/저장/통신업, 부동산업, 보건 및 사회사업에서는 IT자본이 경제 성장에 인과적인 영

〈표 4〉 식 (2)와 식 (5)에서의 최적 시차의 결정

집단	k 또는 m	시차별 AIC					최적 시차 (k^* 또는 m^*)
		1	2	3	4	5	
전체 산업 (시계열)	식 (2)에서의 산업총생산 k	4.531	4.635	4.555	4.633	4.467	5
	식 (5)에서의 IT m	4.760	4.374	4.255	4.374	4.400	3
전체 산업 (패널)	식 (2)에서의 산업총생산 k	5.106	5.104	5.077	5.090	5.092	3
	식 (5)에서의 IT m	6.817	6.736	6.688	6.711	6.620	5

참고사항: 진하게 표시된 AIC값이 최소의 AIC이며 최적 모형을 나타냄. 각 시차는 시차 1부터 그 시차까지의 모든 시차를 포함함. 예를 들면, 시차 3은 시차 1부터 3까지의 모든 시차들을 포함함.

향을 주지 못하였다. 그리고 산업별 IT자본과 산업총생산을 합산하여 국가 IT자본과 국내총생산을 계산하고, 그 자료에 그래인저 인과모형을 적용한 결과, IT자본의 증가는 경제 성장에 영향을 주지 못하는 것으로 분석된다. IT자본이 경제 성

장에 영향을 주는 산업과 주지 않는 산업의 효과가 섞여서 국가 수준에서 영향을 주지 못하는 것으로 나타나는 것일 수 있다.

<표 6>은 산업의 경제 성장이 IT 투자를 유도하였는지를 그래인저 인과모형으로 분석한 결과

<표 5> IT로부터 경제적 성과로의 인과성(gIT -to- gY)

산업	gY 의 최적 시차(k^*)	gIT 의 시차(l)별 F 값					gIT 의 최적 시차(l^*)	그래인저 인과성
		1	2	3	4	5		
농림수산	5	21.00 ^{***} (0.000)	11.05 ^{***} (0.001)	8.52 ^{***} (0.001)	8.04 ^{***} (0.001)	6.03 ^{***} (0.003)	4	Y
광업	3	0.12 (0.729)	2.56 (0.100)	1.72 (0.194)	2.65 [*] (0.065)	2.47 [*] (0.074)	4	Y
제조	1	0.73 (0.399)	3.66 ^{**} (0.041)	4.49 ^{**} (0.013)	3.80 ^{**} (0.018)	4.15 ^{**} (0.010)	5	Y
전기/가스/수도	2	0.13 (0.726)	1.21 (0.316)	1.58 (0.222)	1.11 (0.381)	1.38 (0.280)	2	
건설	3	0.42 (0.522)	0.22 (0.802)	1.56 (0.228)	1.38 (0.279)	1.36 (0.289)	3	
도소매	5	14.25 ^{***} (0.001)	7.00 ^{***} (0.006)	5.09 ^{**} (0.011)	3.75 ^{**} (0.024)	3.87 ^{**} (0.019)	1	Y
숙식	2	0.06 (0.399)	0.03 (0.399)	1.95 (0.399)	1.75 (0.399)	2.76 [*] (0.051)	5	Y
수송/저장/통신	5	1.63 (0.218)	1.44 (0.263)	1.03 (0.403)	1.00 (0.436)	0.76 (0.590)	1	
금융	1	3.77 [*] (0.063)	4.28 ^{**} (0.025)	2.79 [*] (0.063)	3.12 ^{**} (0.037)	3.27 ^{**} (0.027)	2	Y
부동산	4	2.84 (0.107)	2.01 (0.161)	1.40 (0.273)	2.01 (0.136)	2.04 (0.128)	4	
공공 및 국방	1	4.81 ^{**} (0.037)	2.30 (0.121)	1.64 (0.207)	1.86 (0.155)	1.35 (0.288)	1	Y
교육	1	10.15 ^{***} (0.004)	4.86 ^{**} (0.016)	3.02 [*] (0.051)	2.39 [*] (0.083)	2.84 ^{**} (0.045)	1	Y
보건 및 사회사업	2	1.81 (0.191)	0.87 (0.432)	1.91 (0.158)	1.77 (0.174)	1.92 (0.141)	1	
기타 커뮤니티/사회 및 개인 서비스	2	1.31 (0.264)	0.74 (0.487)	4.21 ^{**} (0.017)	4.43 ^{**} (0.010)	3.24 ^{**} (0.029)	4	Y
전체 산업(시계열)	5	3.17 (0.091)	1.61 (0.227)	2.30 (0.114)	1.76 (0.187)	1.50 (0.247)	3	

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

참고사항: 식 (3)을 이용하여 F 값을 산출함. 진하게 표시된 값의 시차가 최소의 AIC에 의한 최적 시차(l^*)임. 괄호안의 값은 F 값의 통계적 유의성을 나타내는 p -값임. 각 시차는 시차 1부터 그 시차까지의 모든 시차를 포함함.

이다. 도소매업, 수송/저장/통신업, 교육업, 기타 커뮤니티/사회 및 개인 서비스업에서 산업의 경제 성장이 IT 투자를 유도하였다. 그러나 각 산업별 총생산을 모두 더하여 국내총생산으로 전환하

여 시계열 그래인저 인과모형을 적용한 결과, 국가의 경제 성장은 IT 투자를 이끌지 못하는 것으로 분석된다. 이러한 결과는 산업의 특성을 고려하지 않아서 나타나는 현상일 수 있기에 산업의

〈표 6〉 경제적 성과로부터 IT로의 인과성(gY -to- gI T)

산업	gIT 의 최적 시차(m^*)	gY 의 시차(n)별 F 값					gY 의 최적 시차(n^*)	그래인저 인과성
		1	2	3	4	5		
농림수산	5	1.10 (0.308)	1.03 (0.379)	0.68 (0.577)	0.48 (0.750)	0.37 (0.859)	1	
광업	5	0.16 (0.690)	1.50 (0.249)	0.95 (0.441)	1.04 (0.419)	1.93 (0.149)	5	
제조	5	0.96 (0.341)	0.47 (0.633)	0.30 (0.828)	0.46 (0.767)	0.36 (0.870)	1	
전기/가스/수도	2	1.06 (0.313)	0.56 (0.579)	0.50 (0.688)	0.78 (0.549)	1.48 (0.246)	1	
건설	1	0.23 (0.635)	0.72 (0.495)	0.76 (0.531)	1.43 (0.261)	1.61 (0.206)	1	
도소매	3	0.001 (0.981)	0.10 (0.908)	2.58* (0.080)	2.01 (0.134)	2.50* (0.071)	3	Y
숙식	5	0.04 (0.835)	0.55 (0.589)	0.38 (0.769)	0.27 (0.894)	0.54 (0.740)	1	
수송/저장/통신	3	3.44* (0.077)	1.65 (0.216)	1.41 (0.268)	1.38 (0.279)	1.11 (0.390)	1	Y
금융	2	0.01 (0.941)	0.53 (0.595)	1.45 (0.255)	1.07 (0.397)	1.40 (0.272)	1	
부동산	5	0.30 (0.592)	0.20 (0.822)	0.88 (0.471)	0.70 (0.602)	0.72 (0.617)	1	
공공 및 국방	5	0.40 (0.533)	0.28 (0.758)	0.18 (0.908)	0.23 (0.920)	0.63 (0.683)	1	
교육	5	2.20 (0.155)	1.05 (0.371)	0.98 (0.425)	0.69 (0.608)	3.42** (0.029)	5	Y
보건 및 사회사업	1	1.13 (0.297)	1.14 (0.336)	0.96 (0.427)	0.75 (0.567)	0.58 (0.714)	1	
기타 커뮤니티/사회 및 개인 서비스	1	1.14 (0.296)	3.37* (0.051)	2.48* (0.087)	1.88 (0.151)	2.68* (0.054)	2	Y
전체 산업 (시계열)	3	0.02 (0.883)	0.09 (0.917)	0.13 (0.941)	0.24 (0.913)	0.28 (0.920)	1	

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

참고사항: 식 (3)을 이용하여 F 값을 산출함. 진하게 표시된 값의 시차가 최소의 AIC에 의한 최적 시차(n^*)임. 괄호안의 값은 F 값의 통계적 유의성을 나타내는 p -값임. 각 시차는 시차 1부터 그 시차까지의 모든 시차를 포함함.

〈표 7〉 패널 자료를 이용한 전체 산업의 그레인저 인과성

인과성 방향	최적 시차 (k^* 또는 m^*)	통계량	시차(식 (1)에서의 l 또는 식 (4)에서의 n)					최적 시차 (l^* 또는 n^*)	그레인저 인과성
			1	2	3	4	5		
$gIT \rightarrow gY$	3	AIC	5.044	5.049	5.048	5.065	5.069	1	
		F	15.04^{***} (0.000)	7.55 ^{***} (0.001)	5.84 ^{***} (0.001)	6.95 ^{***} (0.000)	8.76 ^{***} (0.000)		Y
$gY \rightarrow gIT$	5	AIC	6.615	6.620	6.602	6.580	6.568	5	
		F	3.60 [*] (0.059)	2.04 (0.132)	4.13 ^{***} (0.007)	5.50 ^{***} (0.000)	5.70^{***} (0.000)		Y

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

참고사항: 화살표(\rightarrow)는 인과성의 방향임. 식 (3)을 이용하여 F 값을 산출함. 밑줄친 값의 시차가 최소의 AIC에 의한 최적 시차(l^* 또는 n^*)임. 괄호안의 값은 F 값의 통계적 유의성을 나타내는 p -값. 각 시차는 시차 1부터 그 시차까지의 모든 시차를 포함함.

특성을 고려하는 모형이 필요할 수 있다.

<표 7>은 IT자본의 증가와 산업총생산의 증가와의 관계를 산업의 패널 데이터를 이용하여 그레인저 인과모형으로 분석한 결과이다. IT 투자가 산업총생산의 증가에 영향을 주는 실증모형들에서 가장 작은 AIC(= 5.044)를 보이는 모형은 시차가 1인 모형이다. 즉, 과거 3년까지의 산업총생산 증가뿐만 아니라 1년 전의 IT자본의 증가는 현재의 산업총생산의 증가에 기여하는 것을 알 수 있다. 물론 <표 7>을 보면 모든 시차의 F 값이 통계적으로 유의하므로 어떤 시차를 이용하든 그레인저 인과성 여부는 달라지지 않는다. IT 투자와 경제 성장 사이의 시차와 관련된 이론은 부족하지만 여러 시차의 실증모형들 중 시차 1이 최적이라고 자료가 통계적으로 보고하고 있다.

산업총생산 증가가 IT자본 증가에 영향을 주는 실증모형들에서 가장 작은 AIC(= 6.568)를 보이는 모형은 시차가 5인 모형이므로, 산업총생산 증가에서 IT자본 증가로의 인과성의 최적 시차는 5이다. 과거 5년까지의 산업총생산 증가뿐만 아니라 과거 5년까지의 IT자본 증가는 현재의 IT자본의 증가에 영향을 주고 있다. IT자본의 증가와 경제 성장에서 어떠한 인과성이 발견되지 않은 시계열 자료의 분석 결과와 달리 패널 자료를 이용한 경우에는 IT자본 증가와 경제 성장에서 양방

향 그레인저 인과성이 발견된다.

V. 결론

<표 8>은 그레인저 인과성 분석 결과의 요약이다. 도소매업, 교육업, 기타 커뮤니티/사회 및 개인 서비스업에서는 산업의 IT자본의 증가와 경제 성장이 동시에 서로 인과적인 영향을 주는 양방향 그레인저 인과성을 보이고 있다. 전기/가스/수도업, 건설업, 수송/저장/통신업, 부동산업, 보건 및 사회사업에서는 인과성이 발견되지 않아, IT가 산업총생산에 영향을 주지도 않고, 산업총생산이 IT자본에 영향을 주지도 않는 관계이다. 이들 산업에서는 몇몇 기업들에서 발견되는 IT의 긍정적인 효과가 보고되고는 있지만, 장치 산업, 법적 계약 등의 산업의 특성상 IT의 영향이 크지 않은 산업으로 보인다. 전기/가스/수도업이나 수송/저장/통신업은 장치 산업이고, 건설업이나 부동산업은 법적 계약 문제로 IT의 영향이 제한적일 수 있다. 보건 및 사회사업에서 병원의 경우에 IT가 활용된다고 하여 병원의 매출액이 증가하기는 쉽지 않을 수 있다. 물론 건강보험이 적용되지 않는 과도한 건강 검진(예: 경동맥 초음파)을 유도하여 매출을 올리는 수익지향 병원은 예외적이다. 아니면 IT가 경제적 성과에 영향을 줄 때 필요한 보

〈표 8〉 인과성 요약

산업	분류 코드	인과성을 최적 시차		그레인저 인과성
		$IT \rightarrow EP (k, l)$	$EP \rightarrow IT (m, n)$	
농림수산	A, B	5, 2		$IT \rightarrow EP$
광업	C	3, 4		$IT \rightarrow EP$
제조	D	1, 5		$IT \rightarrow EP$
전기/가스/수도	E			×
건설	F			×
도소매	G	5, 1	3, 3	양방향
숙식	H	2, 5		$IT \rightarrow EP$
수송/저장/통신	I		3, 1	$EP \rightarrow IT$
금융	J	1, 2		$IT \rightarrow EP$
부동산	K			×
공공 및 국방	L	1, 1		$IT \rightarrow EP$
교육	M	1, 1	5, 5	양방향
보건 및 사회사업	N			x
기타 커뮤니티/사회 및 개인 서비스	O	2, 4	1, 2	양방향
전체 산업(시계열)				x
전체 산업(패널)		3, 1	5, 5	양방향

참고사항: EP는 경제적 성과이고, 화살표(→)는 인과성의 방향임.

완적 자산이 부족한 산업일 수 있다(Laudon and Laudon, 2016). 현재의 연구는 IT가 비용 절감과 같은 운영 효율성에 영향을 주었는지를 분석하지는 않기에 IT의 효과가 없다는 결론을 도출하지는 않는다. IT가 매출액의 증가와 같은 산업총생산의 증가, 즉 경제 성장에 영향을 주었는지를 분석하였다.

대부분의 산업에서는 경제적 성과와는 관련없이 IT 투자 의사결정이 진행되었다. 그러나 도소매업, 수송/저장/통신업, 교육업, 기타 커뮤니티/사회 및 개인 서비스업에서는 산업총생산이 증가한 경우에 IT자본이 증가되었다. 이들 산업의 경영자들이 다른 산업의 경영자들에 비하여 경제적 성과를 고려하는 보수적인 투자 경향을 가지고 있을 수도 있다. 아니면 이들 산업에서는 IT기업들의 마케팅 활동이 부족하였을 수도 있다. 그렇지만 이러한 설명은 연구모형에서 산업의 특성으로 고려되지 못하였기에 추론일 수밖에 없으며

미래의 연구로 남게 된다.

각 산업별 자료를 합산하여 국가 수준의 시계열 자료로 전환하여 그레인저 인과성 분석을 수행하면, IT자본의 증가와 산업총생산의 증가는 인과성이 없다는 결론에 이른다. 그러나 각 산업별 특성과 시간 특성을 고려하는 패널 자료를 이용하여 그레인저 인과성 분석을 수행하면, IT자본의 증가와 산업총생산의 증가는 양방향의 인과성을 보이고 있다. 이는 IT자본의 증가는 산업총생산을 증가시키고, 증가된 산업총생산은 다시 IT 투자를 유도하는 관계이다. 또는 증가된 산업총생산이 IT의 수요를 증가시켜 IT 투자를 유도하고, 증가된 IT자본은 산업의 총생산량을 증가시키는 관계이다.

시계열 자료와 패널 자료를 이용한 분석 결과가 다를 때, 어떤 결과를 받아들여야 하는가? 산업의 특성이나 시간의 특성을 반영하는 패널 자료의 결과가 의미가 더 있을 수 있다. 우리는 과

거의 IT 생산성 역설(IT productivity paradox)을 기억하고 있다. IT에 투자를 하여도 생산성은 증가하지 않는 현상이다. 혹시 IT 생산성 역설을 주장하였던 몇몇 연구들이 패널 자료가 아닌 시계열 자료를 이용하여 분석하였다면, IT 생산성 역설이 아니라 시계열 자료의 오류였을 가능성을 조심스럽게 유추할 수 있다.

이 연구는 제한적으로 수행된 산업 수준의 IT 투자와 경제 성장과의 연관 관계가 아닌 인과 관계를 분석하여 IT와 성과와의 관계에 관련된 이론의 개발에 기여(Dedrick et al., 2003)할 수 있다. IT 투자가 경제 성장에 영향을 주는 것인지 아니면 경제 성장이 IT 투자를 유인하는 것인지에 대한 의문을 미국 자료를 이용하여 부분적으로 해결하였다. 그리고 시계열 자료와 패널 자료의 그레인저 인과성 분석 결과를 비교하여 IT 생산성 역설의 가능한 원인을 탐색하였다.

이 연구는 국가의 IT 투자 정책 수립에 기여할 수 있다. IT와 경제 성장과의 관계를 개별적인 사례 연구에 의한 IT 효과의 설파가 아닌 일반화가 가능한 통계적 방법에 의하여 효과를 입증하였다. 대다수의 기업과 국민을 위한 IT 기반구조(infrastructure)를 위한 투자를 하면 산업이나 국가의 경제 성장을 이룰 수 있음을 찾았다. 확장된 경제는 기업들의 IT자본의 수요를 증가시킬 수 있다. 기업들이 과감하게 IT에 투자하도록 유도하도록 적절한 유인책을 제공하는 것도 필요하다.

이 연구에는 한계점들이 있다. 첫째, 인과성 관계에서 두 변수에 영향을 주는 요인(Gefen et al., 2000)에 대한 통제의 부족이다. IT자본과 경제적 성과에 동시에 영향을 주는 제3의 요인이 있다면, 이에 대한 적절한 통제가 필요하지만 대부분의 기존 연구들과 같이 고려할 수 없었다. 둘째, 산업의 특성을 더미변수로 처리하였기에 산업의 정보 집약도, 경영자의 투자 성향 등과 같이 산업 특성을 상세하게 고려하지 못하였다. 생산함수를 이용하는 많은 기존 연구들과 같이 현재의 연구도 이자율, 교육 수준, 노동비용과 같은 추가적인 영향 요

인을 통제할 수 없었다. 마지막으로, 급격한 IT변화 속도 측면에서 보았을 때, 조금 더 최신 자료를 이용하였다면 최근의 모습을 설명할 수 있을 것이다. 미래의 연구로는 위와 같은 한계점들을 극복할 수 있는 연구, 미국이외의 다른 국가에서의 인과성 연구, 그리고 IT 투자와 경제적 성과간의 시차에 대한 연구가 추가적으로 필요하다.

참고 문헌

- [1] 김수경, 이상용, “한국의 ICT산업의 발전과 고용 간의 인과관계에 관한 실증적 분석”, *Information Systems Review*, 제16권, 제2호, 2014, pp. 77-95.
- [2] 이상호, 김성희, “미국의 정보기술 투자와 경제적 성과 사이의 인과성 연구”, *경영정보학연구*, 제16권, 제2호, 2006, pp. 111-122.
- [3] 이상호, J. Y. Xiang, 김재경, “중국과 한국 기업의 정보기술 투자와 기업 성과의 관계에 대한 실증 연구”, *Information Systems Review*, 제11권, 제3호, 2009, pp. 169-189.
- [4] Baily, M. N. and R. E. Hall, “Comments and discussion”, *Brookings Paper on Economic Activity*, Vol.2002, No.1, 2002, pp. 182-193.
- [5] Bharadwaj, A. S., “A Resource-based perspective on information technology capability and firm performance: An empirical investigation”, *MIS Quarterly*, Vol.24, No.1, 2000, pp. 169-196.
- [6] Brynjolfsson, E. and L. M. Hitt, “Computing productivity: Firm-level evidence”, *Review of Economics and Statistics*, Vol.85, No.4, 2003, pp. 793-808.
- [7] Brynjolfsson, E. and L. M. Hitt, “Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business performance”, *Journal of Economic Perspective*, Vol.14, No.4, 2000, pp. 23-48.
- [8] Carr, N. G., “IT doesn’t matter”, *Harvard Busi-*

- ness Review, Vol.81, No.5, 2003, pp. 41-49.
- [9] Chae, H. -C., C. E. Koh, and V. R. Prybutok, "Information technology capability and firm performance: Contradictory findings and their possible causes", *MIS Quarterly*, Vol.38, No.1, 2014, pp. 305-326.
- [10] Cheng, Z. J. and B. R. Nault, "Industry level supplier-driven IT spillovers", *Management Science*, Vol.53, No.8, 2007, pp. 1199-1216.
- [11] Dedrick, J., V. Gurbaxani, and K. L. Kraemer, "Information technology and economic performance: A critical review of the empirical evidence", *ACM Computing Survey*, Vol.35, No.1, 2003, pp. 1-28.
- [12] Dewan, S. and K. L. Kraemer, "Information technology and productivity: Evidence from country-level data", *Management Science*, Vol.46, No.4, 2000, pp. 548-562.
- [13] Dutta, A., "Telecommunications and economic activity: An analysis of Granger causality", *Journal of Management Information Systems*, Vol.17, No.4, 2001, pp. 71-95.
- [14] Gefen, D., D. W. Straub, and M.-C. Boudreau, "Structural equation modeling and regression: Guidelines for research practice", *Communications of the Association for Information Systems*, Vol.4, No.7, 2000, pp. 1-77.
- [15] Gordon, R. J., "Does the 'New Economy' measure up to the great inventions of the past?", *Journal of Economic Perspectives*, Vol.14, No.4, 2000, pp. 49-74.
- [16] Granger, C. W. J., "Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods", *Econometrica*, Vol.37, No.3, 1969, pp. 424-438.
- [17] Gujarati, D. N., *Basic Econometrics*, 4th ed., McGraw-Hill, New York, NY, 2003.
- [18] Gurbaxani, V., "The demand for information technology capital: An empirical analysis", *Decision Support Systems*, Vol.8, No.5, 1992, pp. 387-403.
- [19] Hair, J. F., Jr., R. E. Anderson, R. L. Tatham, and W. C. Black, *Multivariate Data Analysis*, 5th ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1998.
- [20] Hu, Q. and J. J. Quan, "Evaluating the impact of IT investments on productivity: A causal analysis of industry level", *International Journal of Information Management*, Vol.25, No.1, 2005, pp. 39-53.
- [21] Hu, Q. and J. J. Quan, "The institutionalization of IT budgeting: Empirical evidence from the financial sector", *Information Resources Management Journal*, Vol.19, No.1, 2006, pp. 84-97.
- [22] Hu, Q. and R. Plant, "An empirical study of the casual relationship between IT investment and firm performance", *Information Resources Management Journal*, Vol.14, No.3, 2001, pp. 15-26.
- [23] Kim, J. K., J. Y. Xiang, and S. Lee, "The impact of IT investment on firm performance in China: An empirical investigation of the Chinese electronics industry", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.76, No.5, 2009, pp. 678-687.
- [24] Kobelsky, K., V. J. Richardson, R. E. Smith, and R. W. Zmud, "Determinants and consequences of firm information technology budgets", *Accounting Review*, Vol.83, No.4, 2008, pp. 957-995.
- [25] Kohli, R., S. Devaraj, and T. T. Ow, "Does information technology influence a firm's market value? A case of non-publicly traded healthcare firms", *MIS Quarterly*, Vol.36, No.4, 2012, pp. 1145-1163.
- [26] Laudon, K. C. and J. P. Laudon, *Management Information Systems*, 14th ed, Pearson Education Limited, Harlow, Essex, England, 2016.

- [27] Lee, S. and S. H. Kim, "A lag effect of IT investment on firm performance", *Information Resources Management Journal*, Vol.19, No.1, 2006, pp. 43-69.
- [28] Lee, S. Y. T., R. Gholami, and T. Y. Tong, "Time series analysis in the assessment of ICT impact at the aggregate level: Lessons and implications for the new economy", *Information and Management*, Vol.42, No.7, 2005, pp. 1009-1022.
- [29] Lee, S., J. Y. Xiang, and J. K. Kim, "Information technology and productivity: Empirical evidence from the Chinese electronics industry", *Information and Management*, Vol.48, No.2-3, 2011, pp. 79-87.
- [30] Lee, S., Y. U. Ryu, and J. K. Kim, "IT investment and economic performance growth: A causality analysis over multiple countries", *2008 Workshop on Information Technologies and Systems (WITS 2008)*, pp. 230-235.
- [31] Mahmood, M. A. and G. J. Mann, "Measuring the organizational impact of information technology investment: An exploratory study", *Journal of Management Information Systems*, Vol.10, No.1, 1993, pp. 97-122.
- [32] Melville, N., K. L. Kraemer, and V. Gurbaxani, "Review: Information technology and organizational performance: An integrative model of IT business value", *MIS Quarterly*, Vol.28, No.2, 2004, pp. 283-322.
- [33] Mithas, S. and R. T. Rust, "How information technology strategy and investments influence firm performance: Conjecture and empirical evidence", *MIS Quarterly*, Vol.40, No.1, 2016, pp. 223-245.
- [34] Mitra, S., "Information technology as an enabler of growth in firms: An empirical assessment", *Journal of Management Information Systems*, Vol.22, No.2, 2005, pp. 279-300.
- [35] Park, J., H.-H. Shin, and S. K. Shin, "The intensity and externality effects of information technology investments on national productivity growth", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol.54, No.4, 2007, pp. 716-728.
- [36] Prattipati, S. N. and M. O. Mensah, "Information systems variables and management productivity", *Information and Management*, Vol.33, No.1, 1997, pp. 33-43.
- [37] Saunders, A. and E. Brynjolfsson, "Valuing information technology related intangible assets", *MIS Quarterly*, Vol.40, No.1, 2016, pp. 83-110.
- [38] Shih, E., K. L. Kraemer, and J. Dedrick, "Determinants of country-level investment in information technology", *Management Science*, Vol.53, No.3, 2007, pp. 521-528.
- [39] Sims, C. A., "Money, income, and causality", *American Economic Review*, Vol.62, No.4, 1972, 540-552.
- [40] Tang, C. F. and E. C. Tan, "Does tourism effectively stimulate Malaysia's economic growth?", *Tourism Management*, Vol.46, 2015, pp. 158-163.
- [41] Yoo, S.-H. and S.-J. Kwak, "Information technology and economic development in Korea: A causal study", *International Journal of Technology Management*, Vol.27, No.1, 2004, pp. 57-67.

Industrial Economic Growth and IT Investment: Is Economic Growth an Effect of IT Investment, or a Determinant of Decision-making for IT Investment

Sangho Lee* · Young U. Ryu**

Abstract

Most studies based on production function theory have concluded that economic growth is a result of information technology (IT) capital use. However, some studies have indicated that economic growth is a determinant of IT investment. To determine if these results also hold at the industry level, we use the Granger causality test to analyze bidirectional causality with industry-level data for 1977~2007 from the United States. The results generally reveal that IT investment causes economic growth in many industries under the concept of Granger causality, that economic growth causes IT investment in some industries, and that IT investment is not associated with economic growth in some industries. In the country-level time-series data made by summing up the IT capital and gross output for each industry, the results do not show any causality between IT investment and economic growth. However, they show bi-directional causality between IT investment and economic growth in the panel data. These results may be a source of IT productivity paradox.

Keywords: *IT Investment, Economic Growth, Granger Causality, IT Productivity Paradox, Panel Least Squares*

* Department of IT Management, Sun Moon University

** Corresponding Author, Jindal School of Management, University of Texas at Dallas

◎ 저 자 소 개 ◎



이 상 호 (slee@sunmoon.ac.kr)

선문대학교 IT경영학과 부교수이며, 국방과학연구소 선임연구원과 한국국방연구원 선임연구원을 역임하였다. 성균관대학교 경영학과에서 학사 및 석사를, 한국과학기술원(KAIST) 경영대학에서 경영공학박사(MIS)를 취득하였다. 주요 관심분야는 정보기술 투자의 성과 측정, S/W개발 프로젝트관리, S/W 프로세스 개선, 인과성 분석 등이다.



유 영 욱 (ryoung@utdallas.edu)

He is Associate Professor of Information Systems at the Jindal School of Management, The University of Texas at Dallas. He holds a Ph.D. degree in Management Science and Information Systems from the McCombs Graduate School of Business, The University of Texas at Austin. He has studied applications of data mining & artificial intelligence technologies and decision science methods to the modeling & analysis of information systems. He currently works on data separation as information classification and machine learning, computer security, and social network analysis.

논문접수일 : 2016년 10월 31일

게재확정일 : 2017년 3월 31일

1차 수정일 : 2017년 03월 31일