



# 자동화가 노동시장에 미치는 영향 : 프랑스 사례

International Labor Trends

국제노동동향 ③ - 프랑스

이태훈 (스위스 제네바 국제개발대학원 개발경제학 박사과정)

## ■ 머리말

자동화(automation)는 18세기의 증기기관, 20세기 초의 연소기관, 그리고 1970년대와 80년대 사이의 반도체와 정보통신기술(Information Technology, IT) 등 여러 가지 형태로 국가 전반의 산업과 경제 그리고 더 나아가 실생활에 영향을 미쳐 왔다. 이러한 자동화가 경제성장에 미치는 영향에 대해서는 많은 연구가 이루어졌지만 그 영향의 방향과 정도에 대해서는 아직까지 의견이 분분하다. 이 글에서는 자동화가 프랑스의 경제성장과 고용에 특별히 어떠한 영향을 미쳤는지 로봇 데이터<sup>1)</sup>를 이용한 최신 연구 결과를 통해 대략적으로 살펴본다.

## ■ 선행연구

광범위한 의미에서의 자동화가 고용에 미치는 영향을 우선적으로 소개한다. 초창기의 연구들은 자동화에 초점을 맞추지 않은 채 거시경제적인 균형분석을 통해 기술적 진보에 의한 실업 증가를 연구했다(Keynes, 1930; Leontief, 1952; Lucas and Prescott, 1974; Davis

1) 이 글의 바탕이 된 선행연구들은 자동화(automation)의 정도를 로봇의 수(국제로봇연맹, International Federation of Robotics: IFR)를 통해 측정했다.

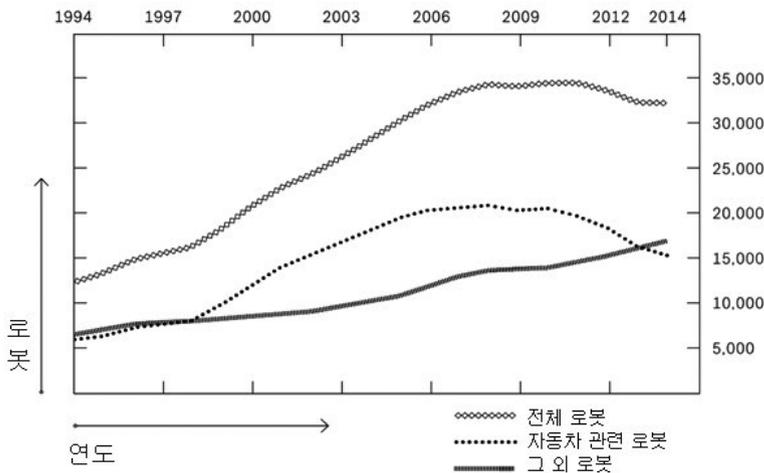
and Haltiwanger, 1992; Pissarides, 2000). 하지만 1990년대의 IT와 컴퓨터 기술혁명 후에는 노동시장의 양극화에 대한 연구들이 주를 이루기 시작했다. 이 연구들은 숙련편향적 기술진보(skill-biased technological change) 가설을 바탕으로 숙련노동에 대한 높아진 수요를 통해 더 높은 교육회수율(return on education)과 임금격차를 설명할 수 있다고 주장했다(Katz and Murphy, 1992; Krueger, 1993; Autor et al., 1998; Bresnahan et al., 2002; Acemoglu, 2002; Autor and Dorn, 2013). 이 가설은 기술이 자본으로서 노동을 대체한다기보다 기술과 숙련된(high-skilled) 노동자들 사이의 상호보완성을 지지한다고 볼 수 있다. 뒤이어 등장한 루틴화(routinization) 가설은 반복적이고 규칙적인 직업들은 전통적인 자동화로 대체되고 기계에 의해 대체될 수 없는 비정형적(non-routine)인 직업들에 대한 수요가 창출되었다고 말한다. 이와 관련하여 실증연구들은 노동시장의 구조적인 변화를 숙련직업과 비숙련직업이 증가하고 제조업과 정형화된 직업들이 사라진 것을 통해 보여주었다(Goos and Manning, 2007; Jaimovich and Siu, 2012; Autor and Dorn, 2013). 이후의 연구들은 한층 더 나아가 자동화가 비정형적인 직업들까지 대체할 수 있는지 여부를 알아보기 시작했지만 루틴화 가설에 바탕을 둔 자동화에 대한 이제까지의 연구들은 자동화 정도의 측정에 큰 관심을 갖지 않았다고 볼 수 있다. 하지만 자동화의 영향을 분석하기 위해서는 자동화의 정도를 보다 정확하게 측정하는 것이 매우 중요하다. 이와 관련하여 초기의 연구들은 컴퓨터나 정보통신기술을, 최근의 연구들은 자동화와 관련된 특허나 로봇 수 등을 이용해왔다. 이하에서는 프랑스 로봇 데이터를 사용하여 자동화의 영향을 측정한 최신 연구결과를 소개한다.

## ■ 프랑스의 사례

국제로봇연맹은 지능형 로봇 데이터를 산업용과 서비스 로봇으로 구분하여 제공하는데 산업용 로봇 데이터의 경우 국제표준화기구(International Organization for Standardization: ISO)의 정의에 따라 분류되어 있어 국가와 산업별 로봇의 수를 비교하기 매우 용이하다. 이 로봇 데이터에는 현금자동지급기 등 인간의 노동을 단순히 대체할 수 있는 기계들은 포함되

지는 않으며 ISO: 8373<sup>2)</sup>에서 정의된 산업 로봇(공업용 자동화 작업을 목적으로 3개 이상의 축으로 구성된 자동적으로 조작가능하고, 재프로그램할 수 있고, 다목적으로 조작가능한 프로그램을 할 수 있는)만을 포함한다. [그림 1]은 1994년부터 2014년까지 국제로봇연맹(International Federation of Robotics: IFR)의 자료를 바탕으로 한 프랑스 내 로봇 수의 추이를 보여준다. 전체 로봇 수는 1994년에서 2007년 사이에 꾸준히 증가한 이후 2007년에서 2011년 사이에 정체되어 2012년에서 2014년 사이에 약간 감소했음을 알 수 있다.

[그림 1] 프랑스 내 로봇 수 추이(1994~2014)



자료 : Aghion et al.(2019), 국제로봇연맹(International Federation of Robotics).

지역/산업별 로봇에 의한 노동시장 여파를 측정하기 위해 다음의 지수가 이용되었다.

$$\text{로봇 노출도 } c = \sum_{i \in I} \frac{L_{ic,1994}}{L_{c,1994}} \left( \frac{R_{i,2014}}{L_{i,1994}} - \frac{R_{i,1994}}{L_{i,1994}} \right)$$

$L_{ic,1994}$ 는 1994년 산업  $i$ 의 고용 구역(employment zone)  $c$  내의 고용,<sup>3)</sup>  $L_{c,1994}$ 는 1994년

2) <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en>

3) 고용 관련 데이터는 프랑스 행정자료 데이터베이스(DADS)에서 취합함.

고용 구역  $c$  내의 고용,  $L_{i,1994}$ 는 1994년 산업  $i$ 의 고용(1,000명), 그리고  $R_{i,1994}$ 와  $R_{i,2014}$ 는 각각 1994년과 2014년 산업  $i$ 의 총 로봇 수를 나타낸다.

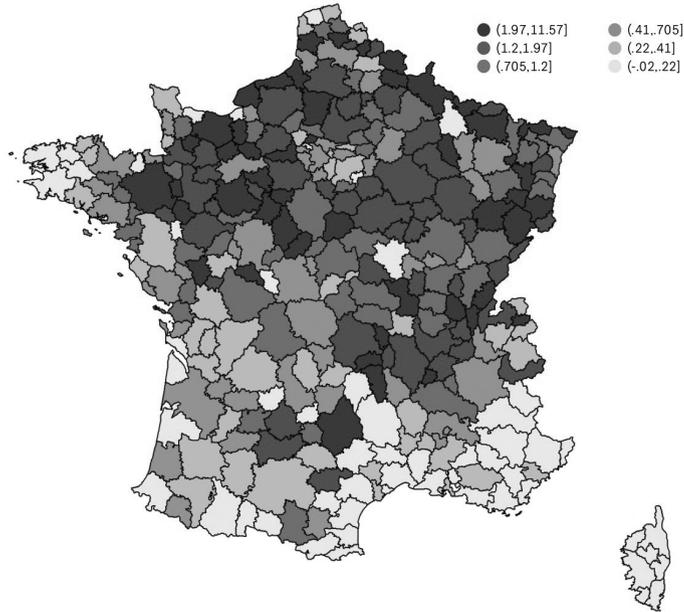
즉 한 고용 구역  $c$ 의 로봇 노출도는 그 구역 내 모든 산업  $i$  별 1994년 고용( $L_{i,1994}$ )을 기준으로 로봇 대비 고용( $\frac{R_i}{L_i}$ )의 2014년도와 1994년도 사이의 변화( $\frac{R_{i,2014}}{L_{i,1994}} - \frac{R_{i,1994}}{L_{i,1994}}$ )를 구역 내 산업 별 고용( $\frac{L_{i,1994}}{L_{c,1994}}$ )으로 가중하여 합한 값이다.

따라서 이 지수는 1994년과 2014년 사이에 1,000명당 로봇에 대한 노출을 수치화한 것으로 [그림 2]를 통해 로봇 노출도의 지역별 차이를 알 수 있다. 프랑스의 평균 로봇 노출도는 1994년과 2014년 사이 1.16이며, 같은 기간 독일의 값인 4.64보다 훨씬 낮다. 또한 독일(6.92)보다 낮은 표준편차 값(1.42)을 통해 로봇 노출도가 프랑스에서 지역적으로 더 균일함을 알 수 있다. [그림 2]는 또한 프랑스 내 상당히 뚜렷한 북/남 격차를 보여준다. 실제로 노출도는 북부지방에서 훨씬 높고 대부분의 남부지방의 값은 0에 가깝다. 산업화의 영향을 많이 받은 북동부와 서부지역(노르망디 및 동부 브리타니) 또한 로봇 노출도가 높은 지역에 속하고 노출도가 가장 낮은 지역은 대서양 연안 전체와 남부 프렌치 리비에라(French Riviera)이다.

앞서 산출된 로봇 노출도의 지역 노동시장에 대한 영향을 측정하기 위해 1990년과 2014년 사이의 고용률(employment-to-population ratio) 자료가 이용되었다. 이 변수를 종속변수로 하고 로봇 노출도와 정보통신기술 노출도, 무역노출도 그리고 지역별 인구통계적 특성을 설명변수로 갖는 계량모형을 통해 OLS 선형회귀분석을 한 결과, 로봇 노출도와 고용률 사이에 역의 상관관계가 발견되었다. 마지막으로 교육수준별로 상이한 영향을 확인하기 위해 고용률을 4가지 교육 그룹별로 산출하여 동일한 회귀분석을 실시한 결과, 전반적으로 교육수준이 낮을수록 로봇 노출의 고용률에 대한 부정적인 영향이 크다는 사실과 로봇 노출도는 고졸자의 고용률에는 미미한 영향을, 그리고 대졸자의 고용률에는 오히려 긍정적인 영향을 미친다는 사실을 발견했다(그림 3 참조). 이러한 결과는 자동화가 고용에 미치는 부정적인 영향을 제한하기 위해 교육수준을 높이고 지속적인 교육을 촉진하는 것을 목표로 하는 공공정책의 재고를 촉구한다.

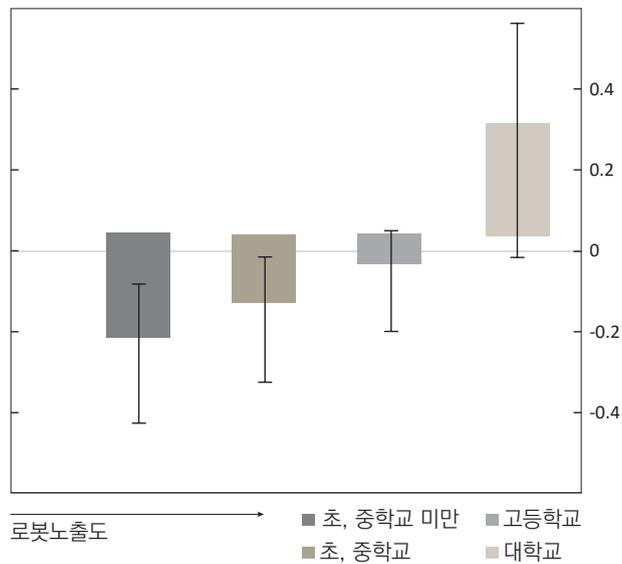
지금까지는 국제로봇연맹의 로봇 데이터를 사용해 지역과 산업을 기준으로 프랑스 내 자동화의 영향을 살펴본 연구를 다루었다. 이제는 보다 미시적으로 프랑스 공장 및 회사 단위 패

[그림 2] 프랑스 내 지역별 로봇 노출도(1994~2014)



자료 : Aghion et al.(2019).

[그림3] 교육수준에 따른 로봇 노출도의 영향



자료 : Aghion et al.(2019).

널 데이터를 사용한 연구를 살펴보자. 이들은 자동화의 정도를 한 공장당 전력소비(난방 및 에너지 소비를 구성하는 기타 고정 비용 요소는 배제)를 통해 측정하고 다음과 같은 결론을 찾아냈다. 첫째, 오늘날 높은 수준의 자동화는 단기 및 장기적으로 공장 단위의 고용 수준을 증가시킨다. 둘째, 고용 증가의 효과는 중급 및 고숙련 노동자(엔지니어 등)에게 보다 더 크게 나타나며 저숙련 노동자에게는 자동화로 인한 고용효과가 크게 나타나지 않는다. 셋째, 덜 자동화된 공장들은 향후 시장에서 철수하게 될 가능성이 높다. 따라서 공장 및 회사 단위의 연구는 앞서 언급된 연구의 결과인 산업 및 지역 전체의 단위에서의 자동화와 고용 간의 역의 상관관계가 자동화된 기업이 불필요한 노동자를 해고함에 따라 나타난 것이 아니라 자동화된 기업이 덜 자동화된 회사를 시장에서 몰아낸 효과를 반영하는 것이라고 설명한다.

## ■ 맺음말

앞서 1994년부터 2014년 사이 프랑스 내 로봇화의 고용에 대한 영향을 간단히 살펴보았다. Aghion et al.(2019)의 프랑스 데이터를 사용한 계량분석에 따르면, 로봇화는 고용 구역 기준 총고용을 감소시키고 로봇화의 영향은 교육수준이 높은 노동자들 보다 낮은 노동자들에게 더욱 부정적인 영향을 미친다. 때문에 보다 적절한 노동시장 정책과 교육 정책을 통해 자동화가 고용에 미치는 영향을 바람직한 방향으로 이끌어야 할 것이다.

국제로봇연맹이 최근 공개한 소식<sup>4)</sup>에 따르면, 최근 5년간 국내 가용 산업용 로봇 수는 2배 증가하여 최초로 30만 대를 기록했다. 우리나라는 산업용 로봇 밀도(Robot Density, 종업원 10,000명당 로봇 수) 또한 774로 싱가포르(831)에 이은 세계 2위 수준이다. 이처럼 세계적으로 로봇산업이 발달한 우리나라 또한 자동화의 영향을 알아보는 실증연구를 바탕으로 자동화의 효과를 가장 효율적으로 반영할 수 있는 노동시장 정책과 교육 정책 수립이 필요하다.

**KLI**

4) <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/korea-hits-new-record>

---

---

## 참고문헌

---

---

- Aghion, Philippe, Céline Antonin, Simon Bunel(2019), “Artificial Intelligence, Growth and Employment: The Role of Policy,” *Economie et Statistique / Economics and Statistics*, Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE), issue 510-511-5, pp.149-164.
- Aghion, Philippe, Céline Antonin, Simon Bunel and Xavier Jaravel(2020), “What Are the Labor and Product Market Effects of Automation? New Evidence from France.” *Sciences Po OFCE Working Paper*, n° 01/2020.