

아디다스 스피드팩토리 종료를 통해 살펴본 대량 맞춤 스마트 팩토리 발전 방향

윤영석*, 이준희*, 오현우*, 박광로*

Development Direction of Smart Factory for Mass Customization Based On Investigating Adidas SpeedFactory Closure

Young Seog Yoon*, Junhee Lee*, Hyun-Woo Oh*, Kwangroh Park*

요 약

아디다스 스피드팩토리가 공식 폐쇄되었으나, 그 원인과 배경에 대해서는 알려진 바가 극히 적다. 본 연구는 이론적 고찰을 통해 스마트 팩토리 분석 프레임워크를 제안하고, 이를 스피드팩토리에 적용하여 스마트 팩토리 정책 방향을 제안하였다. 스피드팩토리는 대량 맞춤 체계를 적용하고자 하였고, 그 과정에서 희생되는 생산 효율성의 저하를 생산 인력 감축과 물류비용 절감으로 상쇄하겠다고 밝혔다. 그러나, 실상 스피드팩토리에서는 맞춤형 신발은 전혀 생산하지 않았다. 이는 생산자, 소비자, 공급 사슬 측면의 대량 맞춤을 위한 조건이 갖춰지지 않았기 때문이다. 분석을 통해 얻을 수 있는 정책적 시사점은 다음과 같다. 첫째, 스마트 팩토리는 맞춤형 생산과 효율성 향상을 별개의 목표로 설정해야 한다. 둘째, 중장기적 관점에서 대량 맞춤을 위한 기반 기술들을 조화롭고 균형 있게 육성해야 한다. 셋째, 생산 반영 가능 맞춤형 디자인에 대한 투자와 연구개발이 필요하다.

키워드 : 스마트 팩토리, 아디다스, 스피드팩토리, 대량 맞춤, 정책, 분석

Key Words : Smart factory, Adidas, SpeedFactory, Mass Customization, Policy, Analysis

ABSTRACT

Adidas SpeedFactory was officially closed on April in 2020. However, little is known about the cause and background. This study aims at providing an analysis framework for smart factory based on previous literatures. Then, current study applies the proposed framework to SpeedFactory to suggest smart factory policy directions. Adidas SpeedFactory announced that it would offset the reduction in production efficiency sacrificed from adoption of mass customization by reducing production manpower and logistics cost. However, only two factories were established, and they never produced customized shoes because requirements for mass customization in terms of producer, consumer, and supply chain were not met. Based on the analysis, following implications are obtained. First, the smart factory should set customized production and efficiency improvement as separate goals. Second, enabling technologies for mass customization should be fostered in a harmonious and balanced manner. Third, investment and R&D in customization design for manufacturing is required.

※ 본 연구는 2018년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (20001798, 지능형 신발공장을 위한 통합관리시스템 개발)

•° First Author : Electronics and Telecommunications Research Institute, isay@etri.re.kr, 선임연구원(박사), 종신회원

* Electronics and Telecommunications Research Institute, jhlee401@etri.re.kr; hyunwoo@etri.re.kr, 정회원; krpark@etri.re.kr, 종신회원
논문번호 : 202007-155-0-SE, Received July 7, 2020, Revised September 1, 2020, Accepted September 1, 2020

1. 서 론

4차 산업 혁명이 국가 제조업 혁신의 핵심 동력으로 떠오르면서 스마트 팩토리에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. 2011년 독일이 하이테크 전략의 이니셔티브 중 하나로 4차 산업 혁명(industry 4.0)을 소개한 후 표 1과 같이 미국, 중국, 프랑스, 영국, 일본, 한국 등은 자국의 제조 산업 경쟁력 강화를 위한 4차 산업 정책과 전략을 속속들이 마련하여 국가적 현안으로 중점 추진하고 있다¹⁰⁾.

정부 주도의 산업 정책이 전개됨에 따라 민간 영역의 스마트 팩토리에 관한 관심과 투자도 활발히 진행되고 있다. 대표적으로 2015년 독일 아디다스 그룹은 로봇, 3D 프린터를 이용한 제품 생산과 물류 흐름을 대폭 간소화한 스피드팩토리(SpeedFactory)를 소개하였고, 이는 전 세계적으로 큰 반향을 일으켰다. 아디다스는 수요처 현지에서 구축된 스피드팩토리에서 고유한 디자인의 고사양 신발을 생산하겠다고 밝혔고, 이 공장은 자동화(Automation), 탈중앙화(Decentralization), 유연성(Flexibility) 등 차별적 특징을 가진다고 발표하였다¹¹⁾. 2016년 아디다스는 3단계로 구성된 보다 구체적인 스피드팩토리 구축 및 생산 계획을 발표하였다¹²⁾(표 2).

아디다스는 2016년 스피드팩토리 구축 계획을 소개하며 수요의 다양한 요구에 대한 신속한 대응, 맞춤형 신발 생산, 수요처 현지 공장 설립을 스피드팩토리의 핵심특징으로 설명하였다¹³⁾. 이러한 접근은 저임금 국가에 설립된 신발 공장에서 생산된 신발을 후판매하는 방식에서 탈피하여 수요처 현지 공장 구축 및 주문 생산으로의 패러다임의 전환을 시사하는 것이다. 즉, 기존의 대량 생산 체계에서 대량 맞춤 체계로 전환을 의미하며, 대량 맞춤 도입으로 인해 발생하는 생산 효율성의 저하를 상쇄시키기 위해 로봇의 적극적 활용과 현지 원재료 수급 및 공급 사슬 단순화(그림

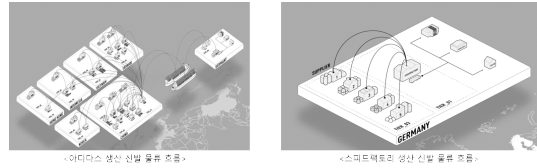


그림 1. 스피드팩토리 물류 프로세스 단순화 개념도 [3]
Fig. 1. Concept of the simplified logistics proposed by Adidas SpeedFactory[3]

표 2. 아디다스 스피드팩토리 구축 및 생산 계획[3]
Table 2. Adidas SpeedFactory production and operation plan[3]

구분	2016년	2017년	2018년	2019년 이후
	1단계	2단계		3단계
실행 목표	PoC (Proof of Concept)	Proof of Volume Scalability	Proof of model Scalability	Commercialization & Individualization
생산 수량 목표	500족	십 만족	백 만족	이백만 족 이상
구축 일정	연구개발 테스트 랩 및 생산 공장 구축 (독일 안스바흐)	생산 공장 구축 (미국 아틀란타)		수요처

1)를 보완책으로 제시하였다¹³⁾.

다만, 일부 언론에서는 스피드팩토리가 로봇 및 3D 프린터 등을 이용하여 생산 속도의 비약적 향상을 이루어 냈다고 보도하였으나, 이는 사실과 다르다. 일부 언론에서는 과거 몇 주가 걸리던 신발 생산 시간을 아디다스 스피드팩토리는 5시간 이내로 단축했다는 특장점을 주요 차별성으로 설명하였다. 그러나, 대량 생산 체계가 접목된 신발의 순수 생산 시간은 대부분 2시간 내외로 스피드팩토리 생산 신발보다 확연히 짧다. 스피드 팩토리의 “스피드”는 시장 상황 변화와 수요 트렌드 변화에 대한 빠르고 유연한 대응을 의미한다. 아디다스 스피드팩토리 신발은 AM4 (Adidas Made For)라는 별도의 제품군으로 코드 네임이 부여되었다. 기존 아디다스 제품과 스피드팩토리 생산 신발의 가장 큰 차별성은 중창의 소재에서 찾을 수 있다. 아디다스는 스피드팩토리에서 생산되는 신발의 중창은 기존의 제품과 달리 3D 프린터로 출력하거나 부스트 폼

표 1. 주요국의 4차 산업 정책[10]
Table 1. Major countries' Industry 4.0 policies [10]

국가	4차 산업 정책
독일	High-Tech Strategy 2020 [22]
프랑스	The New Industrial France [26]
영국	Future of Manufacturing [19]
미국	Advances Manufacturing Partnership [40]
일본	Society 5.0 [42]
중국	Made in China 2025 [46]
한국	I-KOREA 4.0 [49]

(Boost Foam)을 적용하겠다고 밝혔다. 아디다스 스피드 팩토리는 독일 오슬러(Oechsler)와 미국 카본(Carbon)와의 협업을 통해 3D 프린터 기반 창 생산을 시도하였으나⁶⁾, 3D 프린터를 이용한 중창 적용 신발은 스피드팩토리와는 관계없이 소량의 시제품만이만 들어졌다. 스피드팩토리 생산 신발 6종은 3D 프린터 출력 중창이 아닌 부스트 폼 중창만이 적용되었다.

한편, 부스트 폼 기반 중창은 열가소성 폴리우레탄(E-TPU)를 소재로 하며 독일의 BASF사와 아디다스가 3년간 공동 연구 개발한 결과물이다¹¹⁾. 그림 2와 같이 부스트 폼은 기존의 금형에 가압성형하는 창 생산 방식에서 탈피하여, 몰드에 발포 비드를 넣고 열압착하는 공정을 통해 생산된다. 부스트 폼은 반발력이 우수하고 회복력이 높은 특성으로 인해 스피드팩토리뿐 아니라 아디다스의 다른 신발 라인에도 적용이 점차 확대되고 있다.

아디다스는 스피드팩토리를 소개함으로써 혁신의 아이콘으로 자리매김하였고, 스피드팩토리는 신발 산업뿐 아니라 제조 산업 전반에 거대한 파장을 불러일으켰다. 제조 기업들은 생산성 혁신, 실시간 데이터 수집 및 분석, 원격 자원 관리 및 제어를 주축으로 하는 미래지향적 형태의 공장 청사진을 앞다투어 발표하였다.

그러나, 정작 아디다스는 독일 안스바흐와 미국 아틀란타 2개소에만 스피드팩토리를 구축하였으며 다양한 수요처 공장 구축이라는 계획은 실천하지 않았다. 또한, 구축 스피드팩토리에서는 맞춤 제작 요소가 전혀 반영되지 않은 6종의 신발만을 생산하였다. 최종적으로 갑작스러운 폐쇄 계획을 2019년 11월 발표하였다^{6,7)}. 또한, 아디다스는 CNN, Wired 언론시^{21,24)}를 제외하고 스피드팩토리 내부를 투명하게 공개한 사례가 전혀 없다.

한편 아디다스는 지난 20년간 유지해온 신발 맞춤



그림 2. 부스트 중창 적용 아디다스 스피드팩토리 생산 신발 [11]
Fig. 2. Adidas SpeedFactory manufacturing shoes with boost foam midsole [11]

생산 서비스 MiAdidas를 2019년 11월 공식 종료하였다. 당시 성명을 통해 MiAdidas 서비스 종료는 전략적 판단에 근거한 것임을 밝혔으며, 생산자-소비자간 협업 생산 (co-creation)은 후속 디지털 서비스를 통해 지속하겠다고 하였으나 현재까지 후속 계획이 공식적으로 발표된 바는 없다.

아디다스 스피드팩토리 도입 당시의 폭발적 관심과 달리 스피드팩토리의 종료 원인과 배경에 대해서는 알려진 바가 거의 없다. 이에 대한 분석 자체로도 흥미로운 주제가 될 수 있으나, 보다 넓은 관점으로 바라보면 4차 산업 혁명으로 촉발된 스마트 팩토리의 목적과 전략의 설정 방안 도출을 위한 산업적 실증 사례로 볼 수 있다. 본 연구는 스마트 팩토리의 발전 방향을 모색하기 위해 아디다스 스피드팩토리 종료 원인과 배경을 선행 연구를 통해 도출한 분석 프레임워크를 토대로 고찰해보고, 국가 및 민간 차원에서 스마트 팩토리의 추진 정책 및 접근 전략을 제언하는 것을 목적으로 한다.

II. 이론적 고찰

2.1 스마트 팩토리 (Smart Factory)

스마트 팩토리를 바라보는 시각은 매우 다양하며, 이에 대한 정의는 현재까지 완전히 합치되지 않았다¹⁰⁾. 스마트 제조(smart manufacturing), 4차 산업 혁명 (industry 4.0), 산업용 사물 인터넷 (Industrial IoT), 사이버 물리 시스템 (Cyber Physical System), 사이버 물리 제조 시스템 (Cyber Physical Production System) 등 다양한 유사 용어들이 혼용되어 사용되고 있으나, 각각의 목적과 개념 간에 어떠한 차이가 있는지는 분명하지 않다. 스마트 팩토리를 4차 산업혁명의 구체적인 형상으로 보는 시각이 지배적이나⁴⁸⁾, 이에 대한 정의는 매우 다양하다. 따라서, 스마트 팩토리 전략 방안 도출을 위해서는 먼저 스마트 팩토리의 개념을 조망하고 본 연구에서 다루는 스마트 팩토리의 범위를 명료히 규정할 필요가 있다.

먼저 학술영역에서 스마트 팩토리에 대한 정의를 살펴본다. 스마트 팩토리는 “상황 인지 기술을 이용하여 작업자와 기계가 협업하여 업무 수행에 도움을 주는 공장²⁹⁾”, “센서가 장착되었고 사람과 기계가 작업 수행을 위해 지원하는 스마트하고 독립적인 공장³³⁾”, “다양한 요구, 공급망의 상황 및 고객 요구 사항에 실시간 대응 가능한 통합되고 상호 운용 가능한 시스템의 집합¹³⁾” 등으로 정의된다. 이들 정의를 통해 스마트 팩토리는 기존 공장과 달리 기계-작업자 협업, 센

싱 데이터, 실시간 수요 대응, 공급 사슬 전체의 정보 공유 등이 강조되고 있음을 알 수 있다.

한편 실무적 관점에서는 스마트 팩토리를 보다 구체적인 기술 특징을 포함하여 정의하고 있다. 한국의 경우 주무 부처에 따라 스마트 팩토리에 대한 정의가 조금씩 다르다. 산업통상자원부는 스마트 팩토리를 “정보 기술, 소프트웨어, 입체 프린팅 등 첨단 제조기술을 생산현장에 맞춤형으로 결합하여 생산 전반의 효율을 극대화한 공장”으로 정의하고 있다⁵⁴⁾. 한편, 과학기술정보통신부는 스마트 팩토리를 “외부환경변화에 공장 내 기기들이 즉각 반응해 자율적으로 최적 솔루션을 제안하는 사이버 물리 시스템”으로 정의하고 있다⁵¹⁾. 한편, 민관합동 스마트제조혁신 추진단은 “제품의 기획부터 판매까지 모든 생산과정을 정보통신 기술로 통합해 최소 비용과 시간으로 고객 맞춤형 제품을 생산하는 사람 중심의 첨단 지능형 공장⁵⁶⁾”으로 규정하고 있다.

이상의 정의를 종합하면 스마트 팩토리의 목적은 크게 생산 효율성 (production efficiency) 향상과 대량 맞춤 (Mass customization)으로 압축됨을 알 수 있다. 먼저 생산 효율성의 맥락에서는 사물 인터넷, 빅데이터, 클라우드, 로봇, AI 기술을 접목하여 제품 품질 향상, 생산 비용 절감, 최적 자재 수급 및 물류 흐름 제어를 실행하여 효율성을 높이겠다는 것이다. 이를 위해서는 실시간 데이터 수집 및 분석이 이루어져야 하고 나아가 신뢰할 수 있는 예측이 가능해야 한다. 현재까지 대부분의 연구는 스마트 팩토리의 목적을 생산 효율성으로 상정하고 있다. 일례로 사이버 물리 시스템 (CPS) 기반 스마트 팩토리 5C 레벨 아키텍처²⁸⁾는 연결(Connection) 레벨, 데이터-정보 변환(Conversion) 레벨, 사이버(Cyber) 레벨, 인지(Cognition) 레벨, 자동 구성(Configuration) 레벨로 구분하고 있다. 즉, 효율성을 갖도록 공장 운영 및 관리 최적화 달성을 위한 수준별 아키텍처를 정의하고 있으며, 이 아키텍처에는 대량 맞춤을 위한 요소는 반영되어 있지 않다. 대부분의 스마트 팩토리 관련 선행 연구들은 스마트 팩토리 핵심 요소기술로 IoT, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 인공지능을 제시하고 있으며^{130, 48)}, 이는 실시간 제조 데이터의 제어-수집-분석-피드백 과정을 반복하여 생산 및 공장 운영 효율을 높일 것이라는 것이다. 즉, 스마트 팩토리의 핵심 목표를 생산성 향상에 두고 있다는 의미이다.

반면, 대량 맞춤은 생산 효율성 증진과는 상이한 맥락을 내포하고 있다. 기본적으로 다양한 소비자 기호를 충족시키는 주문 생산 방식은 생산 효율을 극대화

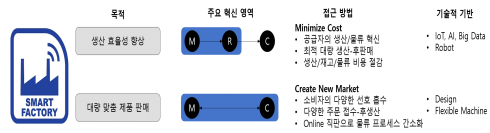


그림 3. 스마트 팩토리 목적에 따른 접근 방법의 차이
Fig. 3. Different approaches on the purpose of smart factory

하는 대량 생산과는 완전히 대비되는 개념이다. 대량 맞춤은 대량 생산과 주문 생산의 장점만을 흡수하고자 하는 생산체계이다. 대량 맞춤은 다양하고 이질적인 니즈를 맞춤형 제품을 통해 충족시키고 이 과정에서 발생하는 생산 효율성의 희생을 최소화하겠다는 접근이다. 따라서, 대량 맞춤은 다양하고 이질적인 수요의 요구를 충족시키기 위해 유연성(flexibility)의 개념이 제품과 생산 프로세스에 반드시 투영되어야 하며 적정 수준의 생산 효율성과 경제성을 담보해야 한다. 스마트 팩토리를 단일화된 개념으로 보지 않고 생산 수량 및 가치 지향점(개인 맞춤 생산 vs. 생산 효율성)에 따라 구분한 최근의 연구²⁰⁾는 본 연구와 궤를 같이하고 있다 할 수 있다. 이상의 논의를 정리하면 그림 3과 같다.

2.2 대량 맞춤 (Mass Customization)

대량 맞춤(Mass-Customization)에 대한 개념과 정의는 이미 30여 년 전 제시되었다¹⁷⁾. 대량 맞춤은 “개별적인 소비자의 니즈를 충족시키고, 대량 생산에 근접하는 효율성을 담보로 제품이나 서비스를 제공하는 것”으로 정의할 수 있다. 대량 맞춤에 관한 선행 연구를 체계적으로 종합 정리한 연구는 대량 맞춤을 “운영 수준의 제조 및 조립 단계에서 회사와 고객의 상호작용을 통해 가치를 창출하여 대량 생산 제품과 유사한 생산 비용 및 가격으로 맞춤형 제품을 만드는 전략”으로 정의하였다²³⁾. 즉, 대량 맞춤은 대량 생산의 특징인 규모의 경제, 신속 생산, 저가 생산이라는 장점과 주문 생산의 특징인 고품질, 맞춤 생산이라는 장점을 모두 흡수한 생산체계와 전략을 의미하는 것이다.

대량 맞춤에서 맞춤의 대상은 크게 사이즈 (size/fit), 기능성 (functionality), 디자인 (design/style)이라는 3개의 차원으로 구분된다³⁶⁾. 일례로 신발 생산에 있어 소비자들의 족형 특징을 반영한다면 사이즈 차원이 맞춤의 대상인 것이고, 소비자들이 원하는 외적 형상(예: 색상, 재질 등)을 스스로 디자인 또는 선택할 수 있을 때 디자인 차원이 만족되는 것이다. 마지막으로, 중창의 쿠션, 경량성 등은 기능성에 관련된 요소로 볼 수 있다.

그러나 맞춤의 범위와 깊이에 대한 소비자 반응을 연구한 연구는 일관된 결과를 보이지 않는다. 대량 맞춤에 있어 주요 요인은 이 3가지 차원의 맞춤이 다양하고 조화롭게 제공될 때 수요를 견인할 수 있다³⁷⁾. 한편, 소비자에게 너무 많은 선택권을 제공하는 것은 구매 저하의 원인으로 구동되기도 한다³⁹⁾. 유사한 맥락에서 특징 피로(feature fatigue)는 너무 많은 제품 특징으로 인해 제품의 만족도를 낮추고 구매 결정을 저해하는 요소로 작용한다⁴⁵⁾. 따라서 맞춤의 범위와 깊이에 결정은 간단하지 않으며, 적정 수준 도출을 위해서 탐색 비용이 발생할 수밖에 없다.

대량 맞춤의 성공적 사례는 쉽게 찾아보기 어렵다. 이는 설계 및 제조 비용의 증가로 인한 위험과 불확실성으로 인해 제조 기업들의 도입 동기가 충분치 않기 때문이다⁵⁰⁾. 선행 연구³⁷⁾는 대량 맞춤 적용 기업 종사자와의 심층 인터뷰를 통해 대량 맞춤 체계를 접목한 비즈니스가 성공하기 어려운 다양한 원인을 제조사, 소비자 측면에서 논하였으며 가장 중요한 실패 원인으로 대량 맞춤에 대한 명료한 정의와 이해의 부재에 있음을 단적으로 지적하였다.

한편 대량 맞춤의 성공 요인을 분석한 연구들은^{116, 38)}는 대량 맞춤의 성공적 사업화를 위해서는 다양성과 맞춤형 제품에 대한 시장의 니즈 뿐 아니라 기술적 성숙도, 모듈화된 제품 디자인, 공급 사슬 구성원간의 적극적 정보 공유 등이 필요함을 주장한다. 특히 다양한 니즈를 흡수/반영할 수 있는 모듈화된 제품 디자인과 이를 제품으로 형상화하기 위한 유연한 제품 생산 프로세스는 대량 맞춤 사업화의 필수 조건이 된다. 대량 맞춤을 달성하기 위한 실행 전략은 다양한 니즈 반영이 가능한 제품 차별화, 저렴한 생산 비용, 공급자와 생산자의 우호적 관계, 소비자와의 적극적인 커뮤니케이션, 5) 물류 네트워크 통합, 유연하고 수평적인 조직 구조로 정리할 수 있다³⁸⁾.

경제학적 관점에서 대량 맞춤 전략과 최적화에 대한 다각적인 분석이 이루어져 왔다. 경제학을 근간으로 한 대량 맞춤 관련 연구의 주요 발견은 1) 대량 맞춤은 지원 기술(Supporting technology)의 경제성이 담보되지 않으면 적합한 생산 전략이 될 수 없고, 2) 고객 선호 비용이 과도한 경우 대량 맞춤은 적합한 생산체계가 될 수 없고, 3) 최적의 커스터마이징 전략은 몇 가지 상품만을 제한된 수준에서 다양성을 제공하는 것이다^{12,18)}.

경제학적 시각을 토대로 수행한 연구들은 대량 맞춤으로 인한 자가 잠식(Cannibalization) 문제에도 관심을 가졌다. 구체적으로는 기존 기업이 대량 맞춤 제

품을 신규 출시하는 경우 자가 잠식의 위험은 존재하지만 자사 제품 간 가격 경쟁은 발생하지 않음을 증명하였다¹²⁾. 대량 맞춤의 전제 조건은 맞춤 제작을 위한 제반 비용이 과도하지 않아야 하며, 이 조건을 위배하는 경우 단일 제품을 제공할 때보다 더 많은 이윤 창출할 수 없다¹²⁾. 이는 대량 맞춤이 오히려 기업의 수익성을 악화시킨다는 실증 연구⁴⁷⁾와 일치하는 것이다.

한편 앞서 소개한 바와 같이 스마트 팩토리의 핵심 목적을 대량 맞춤을 겨냥한 지능형 생산 공장의 맥락에서 조망한 연구들^{30, 33, 44, 50)}은 복잡하고 다양한 수요에 즉각적으로 대응하기 위한 유연 생산을 강조하고 있다. 소비자들이 가진 다양한 니즈를 흡수하여 제품에 반영하기 위해서는 증강/가상 현실(AR/VR)의 활용, 프로토타입 제품의 신속한 생산, 제품 디자인-생산 연계를 위한 지식베이스 엔지니어링, 다양한 종류의 제품 생산에 적용 가능한 자동화된 정보 흐름, 그리고 동적 자원 할당 및 생산 스케줄링 등이 필요하다⁵⁰⁾. 유사한 맥락에서 소비자들의 다양한 요구에 대한 즉각적 반영과 생산 최적화를 위해서는 실시간 동적 생산 계획이 요구된다⁴³⁾. 대량 맞춤 체계의 핵심인 생산자-소비자 협업을 지탱하기 위해서는 적합한 의사교환 시스템 및 유연 생산 시스템이 필요하다⁴⁴⁾.

2.3 스마트 팩토리 목적별 분석 프레임워크

문헌 연구에서 고찰한 바와 같이 스마트 팩토리의 목적은 생산 효율성 향상과 대량 맞춤이라는 이원화된 목표로 구분된다. 그런데, 이 두 가지 목적은 동시에 달성되기 난해하며, 각각의 목적에 따라 생산자-공급 사슬-소비자로 구성되는 스마트 팩토리의 핵심 성공 요인과 추진 방향은 차이를 가진다. 이론적 논의를 종합하여 스마트 팩토리 목적별 분석 프레임워크를 도식화하면 그림 4와 같다.

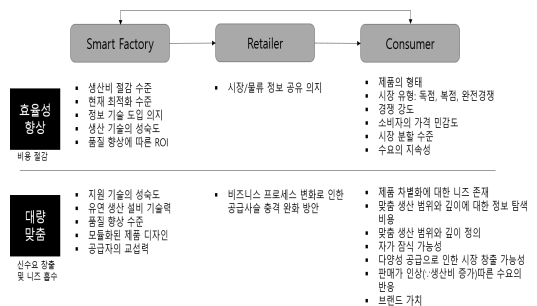


그림 4. 스마트 팩토리 목적별 분석 프레임워크
 Fig. 4. Analysis framework for each purpose of smart factory

III. 아디다스 스피드팩토리 종료 원인 고찰

이 장에서는 2장에서 도출된 스마트 팩토리 목적별 분석 프레임워크를 통해 아디다스 스피드팩토리 종료의 원인을 분석한다.

3.1 스마트 팩토리 구축 목적의 일관성 결여

스피드팩토리 도입 목적을 분명하게 정의하는 것은 분석의 출발점이 된다. 아디다스 스피드팩토리는 개념적으로 대량 맞춤을 목적으로 하고 있다³¹. 스피드팩토리는 개인화(Personalization), 맞춤 제작(Customization)을 핵심 가치로 제시하였으나^{1, 31}, 맞춤형 제품을 생산한 바가 없다.

아디다스는 대량 맞춤으로 발생한 생산 효율성을 상쇄시키기 위해 로봇 중심 자동 생산설비를 통해 생산 인력 감축 및 현지 공장 수립을 통한 물류 흐름 단순화와 이를 통한 비용 절감을 제안하였으나, 이는 어디까지나 청사진 수준에서만 제안된 것이다.

스피드팩토리에 대한 아디다스 내부의 시선 변화는 아디다스 연차 보고서에 기재된 스피드팩토리의 정의에서 찾아볼 수 있으며, 시간이 갈수록 오히려 구체성은 떨어지고 있다(표3). 2018년 이전에는 대량 맞춤의 맥락에서 스피드팩토리를 정의하고 있다고 볼 수 있다. 그러나, 2019년 종료 시점에는 대량 맞춤과 상응하는 키워드가 관찰되지 않아 2016년에 비해 오히려 모호한 정의를 내리고 있다. 이를 통해 아디다스 내부에서도 스피드팩토리에 대한 의견이 충돌해왔고 결과적으로 회의적인 시각이 주류를 이루었다고 가늠할 수 있다. 정리하면, 아디다스 스피드팩토리는 대량 맞춤이라는 일관된 방향성을 유지하지 못했다.

표 3. 아디다스 스피드팩토리 정의
Table 3. Adidas SpeedFactory definition

년도	정의	핵심 키워드
2016	수요 현지에서 스마트, 분권화, 유연 생산 프로세스를 위한 로봇 기술을 이용하여 생산하는 공장 ^[2]	로봇 생산, 스마트, 분산, 유연 생산, 수요처 현지 생산
2017	디지털 기반 자동 생산 및 유연 생산이 가능한 전세계 어디에나 위치할 수 있는 신발 생산 공장 ^[4, 5]	디지털, 자동화, 유연 생산, 수요처 현지 공장
2019	최신 제조 기술을 이용하여 고품질 스포츠 신발을 만드는 생산 공장 ^[6]	고품질, 최신 제조 기술

3.2 지원 기술의 미성숙

아디다스 스피드팩토리 생산 상용 제품에는 3D 프린터를 이용한 중창 적용 모델이 빠져있으나, 개념 모델에서 3D 프린터는 핵심 요소로 늘 강조되어왔다. 미국 아디다스 홈페이지에는 3D 프린팅 중창 모델이 판매되고 있으며, 이는 독일 오슬러(Oechsler)와 미국 카본(Carbon)과 아디다스가 합작한 3D 프린팅 기술을 근간으로 한다. 오슬러 사는 신소재 부품 제조 전문 독일 소재 기업으로 부스트 폼, 3D 프린팅 등 아디다스 신발 중창에 기술이 적용된다³⁴.

그러나, 현재 시점에서 3D 프린팅 기술은 상업적 기준과는 괴리가 있다. 3D 프린팅 결과물 불량률은 약 20% 수준으로 보고되고 있으며^[27], 아디다스 퓨처 크래프트 4D 모델과 같이 복잡한 구조체 생산은 불량률이 높을 수밖에 없다. 즉, 중창 생산을 위한 지원 기술로서 3D 프린터는 개선될 여지가 남아 있다고 할 수 있다. 아디다스의 스피드팩토리 종료 선언문에 오슬러와의 4D 프린팅 협력 관계의 존속과 유지를 언급하고 있는 점^[7] 역설적으로 현재 3D 프린팅 기술이 상업적 제품 생산 활용에 부족함을 시사하는 것으로 해석할 수 있다.

또한, 현재 로봇 기술은 인간의 정교한 손놀림과 순간 상황 판단을 따라가기 어렵고 로봇 장비 설치 및 운영비의 관점에서 저임금 국가 생산보다 효율성이 높다고 단언하기 어렵다. 신발 생산 공정의 흐름을 간단히 도식화하면 그림 5와 같으며 대부분의 세부 공정들은 완전 자동화가 아니라 반자동화 형태인 인간-로봇 협업을 통해 진행된다.

현재까지의 기술력으로는 일부 공정 (예: 재봉 공정, 풀칠 공정, 신끈 삽입 공정)에서 로봇이 인간의 작업 속도와 정밀도를 따라갈 수 없다. 아디다스 역시 노동비 절감과 품질 개선을 위해 재단, 재봉, 접착, 포장을 주요 개선 대상 공정으로 명시하고 있다⁵. 즉,

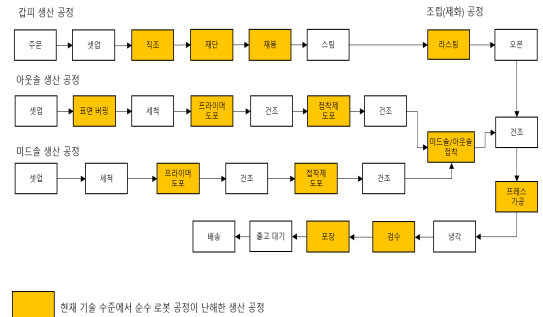


그림 5. 신발 생산 공정 흐름
Fig. 5. Shoe manufacturing process

신발 생산을 위한 로봇 기술력은 인간 노동력을 대체 하기에는 부족한 수준이며 기술적 완성도는 개선될 여지가 많다. 반복 작업을 대상으로 로봇 기술 적용이 난해한 현재의 기술 수준에서 유연 생산을 추진하겠다는 것은 어불성설이라 할 수 있다. 정리하면, 신발 산업 적용 지원 기술로서 3D 프린팅과 로봇 기술은 기술적 성숙도가 시장의 요구수준보다 아래에 있다고 할 수 있다.

3.3 맞춤형 생산의 범위와 깊이 부족

2장에서 살펴본 바와 같이 대량 맞춤의 범위는 사이즈(size/fit), 기능성(functionality), 디자인(design/style)이라는 3개의 차원으로 구분된다^[36]. 아디다스 스피드팩토리 생산 신발은 규격 제품으로 맞춤형 제품과는 거리가 있다.

지난 수십 년간 신발 산업 종사들은 소비자들의 족형에 부합하는 신발을 어떻게 생산 및 판매할 수 있을 지 고민해 왔으나 명료한 해답을 찾지 못한 상태이다. 아디다스를 포함한 대부분의 신발 제조사는 신발 길이만으로 사이즈를 규격화하여 생산하고 있다.

족형에 부합하는 맞춤형 신발 생산에 있어 가장 큰 문제는 경제성이다. 사람마다 다른 발의 형태를 신발 생산에 반영하기 위해서는 개인화된 라스트(신발의 형태와 사이즈를 규격화한 신발 틀)가 필요한데, 개인별 라스트 생산 비용은 결코 저렴하지 않다. 또한, 사람마다 다른 발의 특징을 경제적으로 수집할 수 있는 수단도 현재까지는 요원하다. 대표적으로 3D 스캐너를 이용한 족형 측정이 정밀도 측면에서는 가장 우수 한데, 이 방법은 장비의 가격, 설치 및 운영, 수집 데이터의 생산 연계 문제로 경제성이 매우 낮다. 모바일 단말 카메라를 이용한 족형 측정은 그 정확도가 문제가 된다.

한편 종료된 MiAdidas 서비스는 디자인 측면에서의 맞춤 주문 생산은 가능하였다. MiAdidas 서비스는 공정에 변화를 주지 않은 요소들(예: 갑피 표지 색상, 신발끈 색상) 만을 선택할 수 있도록 하였다. 소비자 들이 선택적 주문 요소를 결합하여 주문을 완료하면, 중국 소재 공장에서 이를 생산하여 사용자에게 배송 하는 방식이었다. 그러나, 이러한 디자인 차원의 맞춤 생산조차 스피드팩토리에서는 제공하지 않았다. 또한, 아디다스 스피드팩토리는 개념적으로 로봇 중심의 생산을 지향하고 있어 소재와 재질(예: 가죽)의 변화 등 다양한 디자인과 재질에 대한 요구를 생산에 자동 반영할 수 있을 만큼 생산 유연성이 높지 않다.

요약하면 스피드팩토리의 맞춤 신발 생산 계획과

달리 사이즈, 기능성, 디자인 측면에서 맞춤형 생산은 전혀 반영되지 않았다.

3.4 제한된 제품 모듈화 디자인

맞춤형 생산을 배제하더라도 모듈화된 제품 디자인은 생산 효율성 측면에서 중요한 의미가 있다. 주요 부품의 표준화 및 모듈화를 통해 다양한 최종 생산물에 적용 가능하다면 생산과 유통의 효율성을 높일 수 있다. 맞춤생산의 맥락에서 모듈화된 제품 디자인은 모듈화된 부속 제품을 통해 수요의 변동성이 공급 사슬에 미치는 충격을 완화시킬 수 있어, 수요 변동성 대응 및 비용 절감을 가능케 하는 핵심 요소가 된다^[15,25].

아디다스 스피드팩토리 생산 신발은 모듈화 구조를 가지고 있는 것으로 보인다. 아디다스 공식 홈페이지에는 6종의 스피드팩토리 생산 신발이 소개되어 있는데, 지역을 상징화하는 모델명으로 치차라 가지고 출시되었을 뿐 그 외적 형상과 특징은 대동소이하다(그림 6). 생산 제품만을 근거로 유연 생산설비 적용 여부는 쉽게 판단할 수 없지만, 적어도 AM4 모델은 모듈화된 구조로 설계된 것으로 보인다. 즉, 모듈별로 분리될 수 있는 신발 디자인 1종을 토대로 다양한 파생 제품을 만들어 내는 형태라 볼 수 있다. 그러나, 맞춤 주문 옵션은 제공하지 않았기 때문에, 어디까지나 제한된 수준의 제품 디자인 모듈화를 이루었다고 볼 수 있다.



그림 6. 아디다스 스피드팩토리 생산 신발 6종
Fig. 6. Six models manufactured by Adidas SpeedFactory

3.5 유연생산 설비의 기술적 한계

신발 산업은 지난 수십 년간 대량 생산 체계를 근간으로 성장해 왔다. 따라서 유연성보다는 견고성, 안정성, 반복성을 중심으로 생산설비 기술은 발전해 왔다. 신발은 생산은 크게 갑피 생산, 창 생산, 조립 공정으로 구성되며(그림 5), 유연 생산의 맥락에서는 갑피 생산이 문제가 된다. 갑피는 재질과 디자인에 따라 공정의 변동 폭이 매우 넓다. 갑피 생산 세부 공정인

재봉 공정은 신발에 따라 약 30~60개로 구성되며 신발 모델에 따라 달라진다.

재봉 공정은 생산 효율을 극대화하기 위해 반복 작업이 가능하도록 생산 라인을 구성하는 것이 일반적이며, 한번 구성된 라인은 생산 모델의 변경이 없으면 유지된다. 즉 유연 생산과는 매우 거리가 멀다.

일례로 재봉 공정은 모델에 따라 1본침 재봉기, 2본침, 3본침 재봉기 적용 공정 순서와 횟수가 다르다(그림 7). 또한, 모델에 따라 사용되는 실의 색상도 다르므로 감피 공정에서 유연성 확보는 매우 힘들다. 나아가, 감피 재질의 변화(예: 자카드, 니트, 매쉬 등)가 발생하는 경우 재단 공정에서 사용되는 원단, 기계, 프로세스가 완전히 달라진다. 따라서, 현재의 기술력에서 다양한 재질의 신발 생산을 가능케 하는 유연 생산은 한계가 있다고 할 수 있다.

한편, 스피드팩토리는 그림 6에서 살펴볼 수 있듯이 단일 소재, 유사 디자인을 가진 AM4 모델 6종을 시차를 가지고 출시하여, 생산설비의 유연성이 높다고 말하긴 어렵다. 또한, 스피드팩토리는 개념적으로 로봇 중심의 생산을 지향하고 있으나, 현재의 신발 생산 장비 기술 수준에서는 인간의 개입 없이 소재와 재질을 변경하는 것은 불가능하다. 이러한 이유로 아디다스 역시 재단, 재봉, 접착, 포장 공정을 주요 혁신 대상 공정으로 직시하고 있다^[5]. 이는 공정 자동화의 맥락에서도 기술 개선의 여지가 남아 있음을 의미하는 것이다.

현재의 기술적 수준을 토대로 유추해보면 이중 신발 모델을 단일 생산 라인에서 생산하는 것은 매우 어렵다. 요컨대, 유연 생산에 필요한 유연한 신발 생산 라인 구성, 비반복적 복합 작업 수행, 신발 모델별로 상이한 생산 공정 등은 신발 생산의 현실과는 큰 괴리가 있다. 만일 스피드팩토리에 이러한 문제를 극복한 유연 생산설비가 구축되어 운영되고 있다면 맞춤형 신발 생산 서비스를 제공하지 않을 이유가 없다. 따라서, 기술성장 몇 단계를 한꺼번에 뛰어넘는 신발 생산 특화 유연 설비를 개발하여 아디다스 스피드팩토리에 접목하였을 가능성은 매우 낮다.

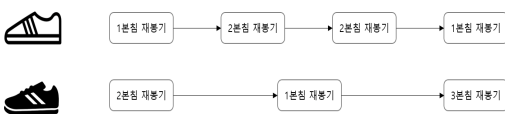


그림 7. 신발 모델에 따른 재봉 공정 변화
Fig. 7. Sewing process changes according to shoes

3.6 비즈니스 프로세스 혁신으로 인한 공급 사슬 변화 충격 완화책 부재

아디다스는 신발 생산 전량을 위탁하여 생산하고 있다^[5]. 그런데, 스피드팩토리의 등장은 공급 사슬에 참여하고 있는 협력사 입장에서는 급격한 변화를 의미하는 것이며, 이는 공급 사슬의 근간을 흔드는 것이다. 아디다스는 동남 아시아 소재 공장 선생산-후공급 체계에서 탈피하여 현지 수요처에 스피드팩토리를 설립-운용하겠다는 비전을 제시하였다(그림 8).

2020년 기준 아디다스는 동남 아시아 소재 55개국 800여 개 주요 OEM, ODM 제조사에게 제품 생산을 전량 위탁하고 있으며 공급 사슬 내 협력사를 표 4와 같이 크게 4종으로 분류하고 있다^[5,9]. OEM 기반의 아디다스가 글로벌 기업으로 성장한 근간은 밀접한



그림 8. 아디다스 수요처 현지 생산 비전 [3]
Fig. 8. Adidas vision for manufacturing the place, in where demand exists[3]

표 4. 아디다스 공급 사슬 내 협력사 분류 [9]
Table 4. Participants in Adidas supply chain [9]

구분	역할	비고
Primary suppliers (Tier 1-Primary)	수출 또는 국내 시장 소비와 관계없이 제품 공급을 위해 직계약 소싱 관계(direct contractual sourcing relationship)를 유지하는 공장	498개 공장
Subcontractors (Tier 1-Subcontractor)	Primary Supplier와 계약하여 부품 생산을 담당하는 제조사(예: 특수 프린팅, 몰드 생산, 자수)	133개 공장
Licensees	특정 제품의 디자인, 생산, 공급까지 전담하는 독립적 사업체	372개 공장
Wet process supplier	Primary supplier와 subcontractor의 원자재 처리	148개 업체

협력 관계로 구성된 공급 사슬에 있다고 해도 과언이 아니다.

그런데, 스피드팩토리의 출현은 비즈니스 프로세스와 공급 사슬내 협력사의 관계의 급격한 변화를 의미하는 것이다. 소비자-생산자 간 협업의 강도가 높아지면, 도매상-소매상을 경유할 필요 없이 생산 직배송 모델의 적용이 가능하다. 또한, 원자재 공급 업체는 맞춤형 신발 생산을 위해 다양한 원자재를 스피드팩토리에 공급해야 하며, 공급 원자재는 스피드팩토리 생산 신발 모델을 위한 것으로 변경되어야 한다. 즉, 비즈니스 프로세스와 공급 사슬에 강한 충격이 발생할 개연성이 매우 높음을 의미한다. 따라서, 스피드팩토리 등장으로 인한 공급 사슬 재편 가능성은 아디다스가 몇십 년간 축적해온 공급 사슬 내의 질서와 신뢰를 일순간 무너뜨릴 위험을 내포하고 있다.

3.7 시장 창출 가능성에 대한 내부의 비판적 시각과 다양한 구매 대안

아디다스 스피드팩토리는 고가격-고품질 중심의 하이엔드 마켓(High-End Market)을 겨냥하겠다고 밝혔다^{3, 4}. 아디다스는 스피드팩토리에서 2018년 기준 100만 켤의 신발 생산을 하겠다는 계획을 발표하였으나³, 이는 동년 아디다스 신발 생산량 4억 켤⁵ 대비 0.25%에도 미치지 못하는 미미한 수준이다. 즉, 아디다스 내부에서조차 스피드팩토리를 통한 신규 수요 창출 가능성을 비판적으로 바라보고 있음을 의미한다. 이는 대기업이 성과 창출 기대치가 과도하게 높아 파괴적 혁신기술에 투자할 유인이 부족하다는 혁신 이론의 맥락과도 부합하는 것이다¹⁴.

스피드팩토리가 제안한 가치를 충족시키기 위해서는 스피드팩토리 생산 신발만의 고유한 가치를 제공해야 한다. 그러나, 구매자 관점에서 살펴보면, 시장에는 수많은 구매 대안이 존재할 뿐 아니라 스피드팩토리 신발만의 특성과 가치를 제공하고 있다고 보기는 어렵다. 서론에서 소개한 바와 같이 부스트 폼 중창은 스피드팩토리의 전유물이 아니다. 또한, 대부분의 구매 대안은 스피드팩토리 생산 신발보다 저렴하다.

3.8 자가 잠식 가능성에 대한 우려

아디다스뿐 아니라 대량 맞춤을 시도하는 제조사들은 자가 잠식(Cannibalization)을 염두에 두고 접근한다. 자가 잠식은 출시 제품 간의 기능성 차별이 적고 판매 가격이 유사한 경우 매우 심각한 위협으로 다가올 수 있다.

자가 잠식을 회피하기 위한 기본 전략은 시장 분할

(Market Segmentation)을 통해 고가-고기능 제품 시장과 저가-저기능 제품 시장으로 시장을 분할하는 것이다. 자가 잠식 가능성이 존재하는 경우 순차 출시를 통해 고품질 제품을 먼저 출시하고 저품질 제품을 후 출시 하는 것이 자가 잠식 효과를 최소화하는 일반적인 전략이다¹¹. 또한, 대량 맞춤 시도 기업의 자가 잠식 위험 회피 최적 전략은 몇 개의 제품만을 대상으로 맞춤 서비스를 제공하는 것이 최적 전략이다^{12, 18}. 즉, 자가 잠식의 가능성이 존재하는 경우 대량 맞춤 기반 별도 제품 생산 및 판매에 대한 유인이 매우 축소되므로, 대량 맞춤에 대해 기존 사업자는 매우 보수적인 접근을 취하는 것이 일반적이다. 따라서, 신발 몇 종만을 스피드팩토리에서 출시한 아디다스의 전략은 자가 잠식 대응의 관점에서는 적합하지만, 대량 맞춤의 목적과는 괴리가 발생할 수밖에 없다.

3.9 논의의 요약과 정책적 시사점

이상의 논의를 토대로 아디다스 스피드팩토리를 스마트 팩토리 분석 프레임워크에 적용하여 분석한 결과를 정리하면 표 5와 같이 정리될 수 있다.

아디다스는 미래지향적인 스피드팩토리의 개념을 제시하며 혁신 기업의 이미지를 얻었으나, 스피드팩토

표 5. 제안 분석 프레임워크 기반 아디다스 스피드팩토리 평가
Table 5. Evaluation of Adidas SpeedFactory based on the proposed analysis framework

구분	주요 논의 사항	분석 및 평가 결과
목적	효율성 향상 또는 대량 맞춤	개념적으로는 대량 맞춤이나 실제 단 6종의 유사 디자인 신발만을 출시
스피드팩토리 측면	지원 기술 성숙도	3D 프린터 및 로봇 기술 미흡
	유연 생산설비 기술력	작업자 개입 없이 수행되기 난해한 일부 공정 존재하며, 현 유연 생산 기술력은 제한적
	모듈화된 제품 디자인	한정된 제품 디자인 모듈화
공급 사슬 측면	공급 사슬 재편	비즈니스 프로세스 혁신으로 인한 공급 사슬 변화 충격 완화책 부재
소비자 측면	제품 차별화에 대한 니즈 및 시장의 반응	수요 견인 증거 부재
	맞춤 생산의 범위와 깊이	맞춤 생산 미제공
	신시장 창출 가능성에 대한 내부의 시각	스피드팩토리 기반 신규 수요 창출에 대한 내부의 비판적 시각

리는 개념 모델의 수준에서 벗어나지 못했다. 아디다스 스피드팩토리는 맞춤형 신발 생산을 배제하고, 규격화된 6종의 신발만을 출시하였다. 생산량의 관점에서 도 스피드팩토리 생산 신발은 전체 아디다스 생산 물량에서 1%에도 미치지 못하는 수준이다. 이는 표 5에서 정리된 바와 같이 다양한 원인이 복합적으로 결부되어 있기 때문이다. 무엇보다도 아디다스 스피드팩토리 구축 목적이 효율성 향상에 있는지 대량 맞춤에 있는지 매우 흐릿하여, 아디다스 내부의 의견 조율과 수행에 실패한 것으로 보인다. 또한, 지원 기술 및 유연 생산 기술의 한계, 스피드팩토리 제품만의 고유한 차별성 부재, 맞춤 제조 요소의 부재 등 직접적인 요소뿐 아니라 공급 사슬 구성원의 관계 재정립 및 공급 사슬 재편에 따른 위험, 자가 잠식 가능성 등은 스피드팩토리에 대한 동기를 약화시키는 주요 원인으로 구동되었을 것이다.

이상의 논의를 국가 단위의 스마트 팩토리 정책으로 확장하면 다음과 같은 시사점을 도출할 수 있다. 첫째, 스마트 팩토리의 도입 목표를 효율성 향상 또는 대량 맞춤으로 양분하고 각각에 대한 정책 방안을 수립하는 것이 타당하며 정책 일관성을 유지해야 한다. 생산 효율성 향상과 맞춤형 생산은 양극단에 위치하는 개념이며, 이 둘의 장점만을 흡수하고자 하는 대량 맞춤은 현재까지는 요원한 것이 현실이다.

한편, 텔, 휴렛팩커드 등 대량 맞춤 성공 사례는 제품 모듈화를 성공적으로 이루어 냈다는 공통점이 있다⁴¹⁾. 그러나, 제품의 형태에 따라 표준화와 모듈화의 난이도는 편차는 매우 크다. 나아가 스마트 팩토리 목적에 따른 비즈니스 모델은 완전히 다르며, 대량 맞춤의 경우 비즈니스 모델의 변화와 공급 사슬의 충격을 내포하고 있다. 따라서, 비즈니스 모델 관점의 연구 및 정책 마련이 병행되어야 한다.

둘째, 스마트 팩토리 지원 기술과 지식이 축적될 수 있도록 중장기 연구개발이 이루어져야 한다. 아디다스 스피드팩토리 역시 3D 프린팅과 생산 로봇 기술의 미성숙으로 인해 비전을 실현시킬 수 없었다. 3D 프린팅 분야는 미래 제조 경쟁력을 좌우할 핵심기술이라는 측면에서는 이견이 없으나, 단기간의 성과보다는 연관 산업 및 융합 산업 촉진을 위한 뿌리 기술육성이라는 관점에서 중장기적 연구개발이 필요하다. 아디다스 스피드팩토리 종료 선언문에 4D 프린터에 대한 투자와 협력을 언급하고 있음은 매우 시사하는 바가 크다. 3D 프린팅 기술의 상업적 활용을 위해서는 지식의 축적과 기술 혁신을 위해 중장기적 연구개발이 요구된다.

한국의 경우 ‘14년 3D 프린팅 산업 발전전략⁵³⁾ 수립 이후 지속적인 육성 및 진흥 정책을 시행하고 있으나, 단기간 성과 창출 및 확인에 매몰되고 있어 정책 방향의 선회가 필요하다. ‘19년 3D 프린팅 산업 진흥 기본 계획⁵²⁾은 장비, 소재, 소프트웨어 분야 등 글로벌 선도 기업 육성 (2015년 1개→2019년 5개), 글로벌 시장 점유율 제고 (2015년 4.0%→2019년 6.0%), 내외 특허출원 등 독자 기술력 확보(2015년 9.9%→2019년 20%) 등 수치 중심적 목표치가 명시되어 있다. 이는 가시적이고 단기적인 성과를 기대하는 정책 목표가 반영되어 있음을 의미한다. 따라서, 제조 산업의 기술 토양을 마련하기 위해서는 중장기적 관점에서 기술과 지식의 축적을 위한 산업 정책이 마련되어야 한다.

셋째, 맞춤 생산 범위와 깊이 탐색을 위한 수요 견인 요소 탐색 통합 빅데이터 플랫폼 개발 및 활용이 필요하다. 대량 맞춤을 목표로 하는 스마트 팩토리는 반드시 사이즈, 디자인, 기능성 차원에서 맞춤 제작 요소의 범위와 깊이가 명료히 정의하고, 소비자의 다양한 니즈를 흡수할 수 있어야 한다. 그런데 적정 수준의 범위와 깊이 판단은 단순하지 않다. 따라서, 빅데이터 및 인공지능을 이용한 소비자 정보 수집 및 분석 통합 관리 플랫폼의 개발과 활용이 요구된다.

시장별로 파편화된 데이터와 정보를 통합, 연동하여 분석할 수 있는 빅데이터 분석 플랫폼은 소비자와 시장에 대한 이해 증진, 맞춤 생산의 기회 포착과 근거 마련에 활용될 수 있을 것이다. 또한, 빅데이터 분석 결과는 생산 효율성을 확보하기 위해 모듈화 디자인과 생산 프로세스 개선에 반영될 수 있다. 한편, 디자인 역량 분야는 한국의 경쟁력이 매우 부족한 수준으로⁵⁵⁾, 심미적 차원의 디자인뿐 아니라 생산 연계 모듈화 구조 정립, 기술개발과 디자인 연계 등 관련 연구개발 정책 지원이 보다 강화되어야 한다.

넷째, IT 기술과 제조 산업의 접점을 효과적으로 탐색하기 위해 그 범위를 좁힐 필요가 있다. 예를 들어 현재 불편과 불합리가 존재하는 제품과 서비스로 한정하면 더욱 구체적으로 정리할 수 있다. 일례로 나옴은 최근 Nike Fit이라는 앱의 출시를 준비하고 있으며, 이는 신발이 소비자들의 족형과 일치하지 않는 불편을 새로운 사업기회로 인지한 결과로 볼 수 있다. Nike Fit 앱은 휴대폰 카메라를 이용하여 발 형상을 판단할 수 있는 13개 지점 데이터를 이용하여 발의 형상을 측정하는 앱이며, 이 앱에는 가상 현실, 인공지능 등 IT 기술이 접목되어 있다³²⁾.

다섯째, 모듈화된 제품 디자인을 생산에 반영할 수

있는 유연 생산 기술에 대한 육성과 지원이 필요하다. 모듈화된 제품 디자인은 설계는 유연 생산설비의 공정 수행 역량에 제약을 받을 수밖에 없기 때문에 유연 생산 설비에 대한 투자는 반드시 필요하다. 국내 산업 로봇 및 제조 장비 기술력은 매우 낮은 수준으로 정부에서도 집중적으로 육성하고 있는 분야이며, 유연 생산 기술에 대한 연구개발이 함께 이루어져야 한다³⁵⁾. 또한, 유연 생산을 위해서는 모듈화 디자인, 유연 생산 설비뿐 아니라 유연 생산 프로세스가 조직 차원에서 마련되어야 한다. 즉, 생산 프로세스의 단순화와 비즈니스 프로세스 리엔지니어링과 같은 민간의 노력과 투자가 함께 이루어져야 할 것이다.

여섯째, 대량 맞춤을 겨냥한 스마트 팩토리 등장은 공급 사슬 내부의 신뢰와 협업을 약화시킬 가능성을 내포하고 있으므로 이에 대한 안배가 필요하다. 생산자-소비자 협업 기반 대량 맞춤 제품 생산은 공급 사슬의 단순화가 본격적으로 실현될 수 있음을 의미하며, 공급 사슬이 재편될 수 있음을 시사하는 것이다. 따라서, 기업 상생 촉진 및 공급 사슬에 가해지는 충격을 단계적으로 완화시킬 수 있는 정책이 마련되어야 할 것이다.

일곱째, 대량 맞춤 체계를 지원하는 통합운영관리 플랫폼의 개발이 요원하다. 현재 상용 공장 운영관리 시스템 (MES)은 대부분 대량 생산 체계를 지원하기 위한 것으로 다양한 주문, 이질적 제품 수율을 흡수하기 위한 자원 관리 및 할당, 동적 스케줄러, 다양한 원자재 관리 및 자재관리 등이 대량 맞춤 체계를 위한 통합운영관리 플랫폼의 기능에 반영되어야 한다.

마지막으로, 대량 맞춤의 생태계에 소비자를 더욱 깊이 끌어들이는 필요가 있다. 대량 맞춤을 겨냥하는 스마트 팩토리는 생산자-소비자 간의 협업을 토대로 제품이 설계되고 생산된다. 협업을 촉진하기 위해 보다 강화된 유인을 제공해야 할 것이다. 일례로 다양한 선택적 요소를 조합한 제품 디자인의 지적권 인정 및 일정 수익 배분은 유의미한 시도가 될 것이다.

IV. 결 론

4차 산업 혁명이 국가 제조업 혁신의 핵심 동력으로 떠오르면서 스마트 팩토리에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. 그런데, 현재까지 스마트 팩토리에 대한 정의는 다양하며, 국내의 경우 정부 부처에 따라 그 맥락이 조금씩 다르다. 일관된 정의의 부재는 자칫 정책 실패로 연결될 수 있다.

본 연구는 이론적 고찰을 통해 생산자, 공급 사슬,

소비자 측면의 스마트 팩토리 분석 프레임워크를 제시하고, 스마트 팩토리의 진화 방향과 정책 방향을 고찰하였다. 또한, 스마트 팩토리의 대표적 사례로 빈번히 회자되는 아디다스 스피드팩토리를 대상으로 제안 프레임워크를 적용하여 분석하여 보았다.

분석 결과, 스마트 팩토리의 목적을 생산성 향상 또는 대량 맞춤으로 양분하고 개별적인 정책 마련이 필요하다. 또한, 부처별로 조금씩 다른 스마트 팩토리 정의를 합치시키고 일관된 방향성을 유지하도록 해야 한다. 3D 프린팅, 로봇 등 전방위적 산업에 영향을 미칠 미래 원천 기술은 단기적 성과 창출보다는 중장기 뿌리 산업 육성이라는 관점에서 인내를 가지고 육성하는 것이 타당하다. 또한, 대량 맞춤을 위한 맞춤 제조 요소의 적정 범위와 깊이에 대한 의사결정과 정보 수집을 위해 소비자와 시장을 대상으로 분석할 수 있는 빅데이터 및 인공지능 기반 통합 분석 플랫폼 개발이 필요하다. 이를 바탕으로 정제된 맞춤 생산 요소를 제조에 반영할 수 있는 유연 생산 기술을 함께 육성해야 하며 제품 생산 반영을 위한 모듈화 디자인 연구가 이루어져야 한다. 그리고 소비자의 제품 디자인 개발 참여를 촉진하기 위해서 생산자로서 소비자의 권리와 동기 부여도 제도적 차원에서 안배될 필요가 있다. 마지막으로 대량 맞춤 목표 스마트 팩토리는 비즈니스 프로세스와 공급 사슬의 변화를 의미하는 것으로 비즈니스 모델 연구개발 및 정책 지원이 동반되어야 할 것이다.

References

- [1] Adidas, *ADIDAS' FIRST SPEEDFACTORY LANDS IN GERMANY*(2015), Retrieved Jun., 26, 2020, from <https://www.adidas-group.com/en/media/news-archive/press-releases/2015/adidas-first-speedfactory-lands-germany>
- [2] Adidas, *Adidas 2016 Annual Report*, 2016a.
- [3] Adidas, *Adidas - TECHNOLOGY INNOVATION SPEEDFACTORY* (2016 IR Tutorial), 2016b.
- [4] Adidas, *Adidas 2017 Annual Report*, 2017.
- [5] Adidas, *Adidas 2018 Annual Report*, 2018.
- [6] Adidas, *Adidas 2019 Annual Report*, 2019a.
- [7] Adidas, *ADIDAS DEPLOYS SPEEDFACTORY TECHNOLOGY AT ASIAN SUPPLIERS BY END OF 2019*(2019), Retrieved Nov., 20, 2019, from <https://www.adidas-group.com/en/media/news-archive/press-releases/2019/adidas->

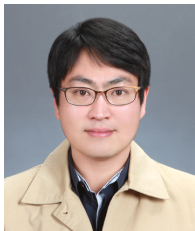
- deploys-speedfactory-technology-at-asian-suppliers-by-end-2019
- [8] Adidas, *SPEEDFACTORY*(2019), Retrieved 10, Feb., 2020, from <https://www.adidas.com/us/speed-factory>
- [9] Adidas, *GLOBAL FACTORY LISTS*(2020), Retrieved Jun., 12, 2020, from <https://www.adidas-group.com/en/sustainability/managing-sustainability/human-rights/supply-chain-structure>
- [10] G. Büchi, M. Cugno, and R. Castagnoli, "Smart factory performance and Industry 4.0," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 150, pp. 119790, 2020.
- [11] BASF, *As stretchy as rubber but also light and springy*(2014), Retrieved Jun., 26, 2019, from <https://www.basf.com/at/de/media/science-around-us/small-beads-for-long-distances>
- [12] H. Cavusoglu, H. Cavusoglu, and S. Raghunathan, "Selecting a customization strategy under competition: mass customization, targeted mass customization, and product proliferation," *IEEE Trans. Eng. Management*, vol. 54, no. 1, pp. 12-28, 2007.
- [13] C.-F. Chien, T.-Y. Hong, and H.-Z. Guo, "An empirical study for smart production for TFT-LCD to empower Industry 3.5," *J. Ch. Inst. Eng.*, vol. 40, no. 7, pp. 552-561, 2017.
- [14] C. M. Christensen, "The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail," *Harvard Busin. Rev. Press*, 2013.
- [15] C. Da Cunha, B. Agard, and A. Kusiak, "Design for cost: module-based mass customization," *IEEE Trans. Automat. Sci. and Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 350-359, 2007.
- [16] G. Da Silveira, D. Borenstein, and F. S. Fogliatto, "Mass customization: Literature review and research directions," *Int. J. Production Econ.*, vol. 72, no. 1, pp. 1-13, 2001.
- [17] S. M. Davis, "Future perfect. In human resource management in international firms," *Springer*, pp. 18-28, 1990.
- [18] R., Dewan, B., Jing, and A. Seidmann, "Product customization and price competition on the Internet," *Management Sci.*, vol. 49, no. 8, pp. 1055-1070, 2003.
- [19] U. Foresight, "*The future of manufacturing: a new era of opportunity and challenge for the UK*," Summary Report, The Government Office for Science, London, 2013.
- [20] S. Grabowska, "Smart factories in the age of industry 4.0," *Management Syst. in Production Eng.*, vol. 28, no. 2, pp. 90-96, 2020.
- [21] Wired, *Inside Adidas' Robot-Powered, on-demand sneaker factory*(2017), Retrieved Feb., 12, 2020, from <https://www.wired.com/story/inside-speedfactory-adidas-robot-powered-sneaker-factory>
- [22] H. Kagermann, W. Wahlster, and J. Helbig, "*Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*," Final Report of the Industrie, vol. 4, pp. 257-267, 2013.
- [23] A. M. Kaplan and M. Haenlein, "Toward a parsimonious definition of traditional and electronic mass customization," *J. Product Innovation Management*, vol. 23, no. 2, pp. 168-182, 2006.
- [24] CNN, *Adidas' vision for the future: Personalization, fast*(2018), Retrieved Mar., 6, 2020, from <https://money.cnn.com/2018/07/06/technology/adidas-speedfactory>
- [25] A. Kumar, "Mass customization: metrics and modularity," *Int. J. Flexible Manufacturing Syst.*, vol. 16, no. 4, pp. 287-311, 2004.
- [26] C. n. d., l'Industrie, *Conseil national de l'industrie*, Rapport Annuel, 2013.
- [27] A. Laplume, G. C. Anzalone, and J. M. Pearce, "Open-source, self-replicating 3-D printer factory for small-business manufacturing," *Int. J. Advanced Manufacturing Technol.*, vol. 85, no. 1-4, pp. 633-642, 2016.
- [28] J. Lee, B. Bagheri, and H.-A. Kao, "A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems," *Manufacturing Lett.*, vol. 3, pp. 18-23, 2015.
- [29] D. Lucke, C. Constantinescu, and E. Westkämper, "Smart factory - A step towards the next generation of manufacturing," *Paper*

- presented at the *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier*, London, 2008.
- [30] M. M. Mabkhot, A. M. Al-Ahmari, B. Salah, and H. Alkhalefah, "Requirements of the smart factory system: a survey and perspective," *Machines*, vol. 6, no. 2, pp. 1-23, 2018.
- [31] K. S. Moorthy and I. P. Png, "Market segmentation, cannibalization, and the timing of product introductions," *Manag. Sci.*, vol. 38, no. 3, pp. 345-359, 1992.
- [32] Nike, *What is Nike Fit?*, Retrieved 2020, 7, Jun., from <https://news.nike.com/news/nike-fit-digital-foot-measurement-tool>, 2019.
- [33] F. Odważny, O. Szymańska, and P. Cyplik, "Smart factory: The requirements for implementation of the Industry 4.0 solutions in FMCG environment-case study," *LogForum*, vol. 14, no. 2, 2018.
- [34] Oechsler, *Oechsler Sporting goods*, Retrieved 20, Jun. 2020, from <https://www.oechsler.com/en/products/sporting-goods/>, 2020.
- [35] H. W. Park, "Trend of smart factory and manufacturing technologies," *J. KICS*, vol. 33, no. 1, pp. 24-29, 2015.
- [36] F. Piller, P. Schubert, M. Koch, and K. Moesleim, "From mass customization to collaborative customer codesign," *Paper Presented at the ECIS 2004 Proc.*, 2004.
- [37] F. T. Piller, "Mass customization: Reflections on the state of the concept," *Int. J. Flexible Manufacturing Syst.*, vol. 16, no. 4, pp. 313-334, 2004.
- [38] D. Pollard, S. Chuo, and B. Lee, "Strategies for mass customization," *JBER*, vol. 6, no. 7, pp. 77-86, 2008.
- [39] B. Schwartz, *The paradox of choice: Why more is less*, Harper Perennial, 2004.
- [40] *Report to the President, Accelerating US Advanced Manufacturing*. Executive Office of the President, President's Council of Advisors on Science and Technology, 2014.
- [41] R. S. Selladurai, "Mass customization in operations management: Oxymoron or reality?," *Omega*, vol. 32, no. 4, pp. 295-300, 2004.
- [42] Y. Shiroishi, K. Uchiyama, and N. Suzuki, "Society 5.0: For human security and well-being," *Computer*, vol. 51, no. 7, pp. 91-95, 2018.
- [43] S. Suginochi, D. Kokuryo, and T. Kaihara, "Value co-creative manufacturing system for mass customization: Concept of smart factory and operation method using autonomous negotiation mechanism," *Procedia Cirp*, vol. 63, pp. 727-732, 2017.
- [44] K.-D. Thoben, S. Wiesner, and T. Wuest, "'Industrie 4.0" and smart manufacturing-a review of research issues and application examples," *Int. J. Automat. Technol.*, vol. 11, no. 1, pp. 4-16, 2017.
- [45] D. V. Thompson, R. W. Hamilton, and R. T. Rust, "Feature fatigue: When product capabilities become too much of a good thing," *J. Marketing Res.*, vol. 42, no. 4, pp. 431-442, 2005.
- [46] J. Wübbeke, M. Meissner, M. J. Zenglein, J. Ives, and B. Conrad, "Made in china 2025," *Mercator Institute for China Studies. Papers on China*, vol. 2, p. 74, 2016.
- [47] A. Wakoya and Y. Takele, "The effect of mass customization on competitive strategy," *J. Manag. Policies and Practices*, vol. 3, 2015.
- [48] S. Wang, J. Wan, D. Zhang, D. Li, and C. Zhang, "Towards smart factory for industry 4.0: A self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination," *Comput. Netw.*, vol. 101, pp. 158-168, 2016.
- [49] H. Yang, S. Y. Kim, and S. Yim, "A case study of the Korean government's preparation for the fourth industrial revolution: public program to support business model innovation," *J. Open Innovation: Technol., Market, and Complexity*, vol. 5, no. 2, p. 35, 2019.
- [50] P. Zawadzki and K. Żywicki, "Smart product design and production control for effective mass customization in the Industry 4.0

concept,” *Manag. and Production Eng. Rev.*, pp. 105-112, 2016.

- [51] Korea Ministry of Science and ICT, *CSF (Connected Smart Factory) Basic Plan*, 2014.
- [52] Korea Ministry of Science and ICT, Korea Ministry of Trade, Industry and Energy, Korea Small and Medium Venture Business Department, *2019 3D printing industry encouragement implementation plan*, 2019.
- [53] Korea Ministry of Science and ICT & Korea Ministry of Trade, Industry and Energy, *3D printing industry development strategy*, 2014.
- [54] Korea Ministry of Trade, Industry and Energy, *Industry innovation 3.0 smart factory business explanation report*, 2014.
- [55] Y. Y. Sung, S. H. Kim, Y. A. CHo, and M. J. Kim, KIET Research Report, *The Impact of Design-driven R&D on Firm Performances and Policy Implications*, 2017.
- [56] Smart Manufacturing Innovation Agency, *Introduction of Smart Factory*(2020), Retrieved 12, May, from <https://www.smart-factory.kr/smartFactoryIntro>

윤 영 석 (Young Seog Yoon)



2003년 2월 : 부산대학교 산업공학 졸업 (학사)
 2005년 2월 : 한국과학기술원 IT 경영학 석사
 2018년 2월 : 한국과학기술원 IT 경영학 박사
 2015~현재 : 한국전자통신연구원 지능화융합연구소 스마트ICT융합연구단 지능제조융합연구실 선임연구원

<관심분야> 빅데이터 분석, 스마트 팩토리, 제조 데이터, 인공지능, 소비자 행동, 기술경영
 [ORCID:0000-0003-3796-8480]

이 준 희 (Junhee Lee)



2011년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 학사 졸업
 2013년 2월 : UST 이동통신및디지털방송공학과 석사 졸업
 2019년 2월 : UST 통신미디어공학과 박사 졸업

<관심분야> IoT, 무선네트워크, 최적화 알고리즘, 스마트팩토리

오 현 우 (Hyun-Woo Oh)



1999년 2월 : 아주대학교 정보통신공학부 학사
 2001년 2월 : 아주대학교 정보통신대학원 컴퓨터공학과 석사
 2011년 2월 : 충남대학교 컴퓨터공학과 박사

2001년 1월~현재 : 한국전자통신연구원 지능화융합연구소 스마트ICT융합연구단 지능제조융합연구실 책임연구원, Project Leader
 <관심분야> 스마트제조, 생산운영 최적화 알고리즘, 웨어러블 스마트디바이스, 소프트센서, 상황인지 플랫폼, 실감미디어 서비스 플랫폼, Giga Korea 서비스 플랫폼, 홈네트워크 시스템, 임베디드 시스템

[ORCID:0000-0002-4887-2356]

박 광 로 (Kwangroh Park)



1982년 2월 : 경북대학교 전자공학 학사 졸업
 1985년 2월 : 경북대학교 전자공학 석사 졸업
 2002년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 박사 졸업

1984년~현재 : 한국전자통신연구원 지능화융합연구소 스마트ICT융합연구단 지능제조융합연구실 책임연구원, Project Leader
 <관심분야> IoT, 무선네트워크, 홈네트워크, 실감미디어, 기가코리아, 스마트 제조