



제조업의 미래

木村 文彦

Fumihiko Kimura
도쿄 대학 명예 교수

표준화의 중요성

다양한 분야의 첨단 기술은 사회에 커다란 영향을 끼쳐왔습니다. 그러나 이 기술들이 서로 상호 작용하기 때문에 각 분야의 전문가들조차 그 효과를 정확하게 평가하는 것이 점점 더 어려워지고 있습니다. 사회가 감당해야 할 주요 과제는 부정적인 영향을 최소화하면서 범 세계적 삶의 질 (QoL) 을 향상시키기 위해 기술의 이점을 어떻게 활용하는가 하는 것입니다.

이 문제를 극복하기 위해서는 첨단 기술에 대한 지식의 중요성과 내용을 시각화 할 필요가 있는데, 이 지식은 다양한 분야로 세분화되어 그들 간의 관계는 점점 더 이해하기 어려워지고 있습니다. 과학 기술이 뒷받침하는 사회에 대한 미래 비전에 대해서도 공감대를 형성할 필요가 있습니다. 표준화는 그러한 활동에 있어서 중요한 역할을 하게 될 것이며, 이는 대체로 공통의 기본 지식을 축적하고 체계화하여 이를 효율적으로 사용할 수 있도록 하는 것을 의미합니다.

미래 사회를 위한 과제

사회의 가장 시급하고 중요한 문제는 전 세계적 지속 가능성을 어떻게 회복하고 유지할 것인가 하는 것입니다. 최근의 인구, 인간 활동 및 산업화의 성장은 지구 온난화를 초래하였을 뿐만 아니라, 자원의 고갈 및 환경 오염과 같은 문제를 야기시켰습니다. 이러한 문제는 복잡하고 상호 연관성이 있기 때문에 지속 가능성 훼손의 원인을 파악하고 해결책을 강구하는 것은 쉬운 일이 아닙니다. 2021년 발간된 기후 변화에 관한 정부간 협의체 (IPCC) 의 제6차 평가 보고서에 따르면, “인간의 영향이 대기, 해양 및 육지의 표면 온도를 상승시켰다는 것은 명백한 일이며,” “인간이 유발하는 지구 온난화를 특정 수준으로 제한하기 위해서는 누적 CO₂ 배출량을 제한하여, 다른 온실 가스 배출량의 강력한 감소와 함께 최소한 순 CO₂ 배출량 제로(0) 에 도달해야 합니다.”⁽¹⁾ 이 보고서는 확고한 학술적 연구 결과를 바탕으로 하고 있지만, 그 범위가 너무나 방대하고 복잡하여 비전문가들이 정확히 이해하기는 어렵습니다. 이 사례를 통해 전문화된 학술적 지식이 사회적 문제를 명확히 하는 데는 얼마나 필수적인지, 그러나 대중들에게는 얼마나 쉽게 받아들여지지 않는지를 알 수 있습니다.

과학 기술이 발전함에 따라, 현대 사회는 정교한 네트워크 활동에 의해 뒷받침됩니다. 물리적 자원, 인적 자원 및 제품 시장은 어디

에나 있지만 균등하게 분포되어 있지 않기 때문에 그 네트워크는 작은 영역에서 자급 자족할 수 없으며, 불가피하게 글로벌화되고 국가적 경계를 넘어서야 합니다. 그러나 이러한 네트워크는 평화로운 상태를 가정하여 효율성 및 최적화를 과도하게 추구함으로써 빚어지는 변화 및 비정상적 상황에 취약합니다. 이러한 취약성은 최근 몇 년 동안 지구 온난화로 인한 극한 기후, 대지진, 전염병, 국제적 테러, 국가 간 패권 다툼 등의 다양한 사건에 의해 표출되어 왔습니다. 이러한 어려운 환경에서 변화 및 비정상적 상황에 유연하게 대응하기 위해 회복 탄력성 (resilience) 이 점점 더 중요해지고 있습니다. 이러한 유연성을 보장하기 위해, 네트워크는 개방적이고 체계화된 지식을 기반으로 구축되어야 합니다.

첨단 과학 기술을 갖춘 사회에서 인간은 어떻게 살아야 할까요? 인간과 기계의 공생은 특히 고용 측면에서 매우 중요합니다. 비용을 우선 순위로 하여 기술을 도입할 때, 부가가치가 낮은 단조로운 일자리만 사람들에게 남겨집니다. 높은 수준의 기술과 창의력을 필요로 하는 일자리는 여전히 존재하기는 하지만 극히 드뭅니다. 우리는 기술이 자유롭게 발전하도록 내버려두어서는 안 되며, 다양한 지식과 능력을 갖춘 인간의 다양성을 적극적으로 활용하는 사회를 설계해야 합니다.

자원 생산성의 증대

글로벌 지속 가능성은 미래 사회에 대한 기본적인 요건입니다. 이 목표에 집중하게 되면 에너지 및 다른 자원들을 보존하고 환경 오염을 감축하는 것으로 이어지며, 장기적으로 경제적 측면에서도 합리적입니다. 그러나 상황에 따라 글로벌 지속 가능성에 반하는 조치가 필요할 수도 있는데, 이는 경제적 합리성 추구할 뿐만 아니라 회복 탄력성 및 인간-기계 공생을 확보하기 위해 새로운 관점에 기반한 사회 활동을 설계할 필요가 있기 때문입니다. 그러한 예외적 조치가 취해질 수 있도록 하기 위해 우리는 대부분의 상황에서 글로벌 지속 가능성을 추구해야 합니다. 우리는 자원 생산성 (투입되는 자원 (에너지, 소재, 인적 자원 등) 대비 활동에 의한 부가 가치의 비율)을 어떻게 증대시킬 수 있을지 생각해야 합니다.

일본은 글로벌 지속 가능성 증대를 위해 여러 해 동안 에너지 보존 및 폐기물 감축에 힘써 왔으며, 그동안 확실한 성과를 거두었습니다. 예를 들어, 단위 실질 GDP 당 1차 에너지 소비는 지난 20년 동안

25% 감소했습니다. 같은 기간 실질 GDP는 약 15% 증가했지만 최종 폐기물의 양은 80%가 감소했습니다. 해당 산업 부문에서 추가적인 개선을 위한 여지는 거의 없어 보입니다.

그러나 우리는 상황이 어떻게 되어야 하는지에 대한 이상적인 상태를 추구해야 합니다. 우리가 이러한 관점에서 산업 활동을 분석하고 이를 재구성할 경우, 여전히 많은 자원이 낭비되고 있음을 깨닫게 될 것입니다. 예를 들면,

- 불필요한 활동이 수행되고 있다.
- 자원이 적절하게 할당되고 있지 않다.
- 자원이 불필요하게 유지되거나 소모된다.
- 자원이 불필요하게 폐기된다.

이러한 낭비에는 다양한 원인이 있습니다. 대부분의 사람들은 자신의 활동이 낭비적이라고 생각하지 않는데, 이는 항상 자연스럽게 해 온 활동이기 때문입니다. 이러한 상황은 활동 및 필요한 자원을 지식으로 명확하게 기술하고 각 목표에 따라 유연하게 결합되도록 할 수 있는 시스템을 만들어 개선할 수 있습니다. 이러한 접근 방법을 사용하면 한정된 개별 영역이 아니라 영역 간 지식을 공유할 수 있으며, 영역의 경계를 넘어 활동을 합리화 할 수 있습니다. 이러한 시스템의 경우, 표준화가 매우 중요합니다.

이러한 시스템은 글로벌 지속 가능성 증대와 더불어 회복 탄력성과 인간-기계 공생을 확보할 수 있어 적절한 활동 계획을 가능하게 해줍니다.

제조업에서의 디지털화 및 표준화

두 번째 섹션에서 설명한 과제에 대응하여, 제조 및 필요한 자원에 대한 지식은 그 앞 섹션에서 설명한 바와 같이 제조업 내에서 그동안 명확히 제시되어 왔습니다. 제조업의 기술 운영은 복잡하기 때문에 모델링은 그 의미를 포착하는 데 있어서 특히 중요합니다. 디지털화 및 표준화는 이 모델링을 기반으로 촉진되고 있습니다.

제조 활동 및 필요한 자원을 모델링하는 방법과 그 지식을 표현하는 방법은 설계/생산 엔지니어링 및 정보 과학의 관점에서 흥미로운 문제입니다. 모델 기반 엔지니어링과 같은 기초 연구 외에도 실용적 CAD 시스템 및 생산 시스템이 구축되었습니다. 2010년경부터 시스템 통합, 자원 데이터의 표현 및 그 표준화에 대한 작업이 다시 시작되었습니다. 여러 유럽 국가, 미국, 중국, 일본 등은 각 국가의 상황에 따라 독일의 Industrie 4.0을 포함한 다양한 기술을 개발하고 있습니다.

제조업은 자동차, 항공 우주 산업, 산업용 기계, 정밀 기계, 정보 기계 및 전자 장비 등 다양한 부문을 포괄하고 있습니다. 각 부문에는 고유의 정교한 모델이 있으나 이 중에는 포괄적인 지식 표현을 기반으로 하는 것은 거의 없습니다. 오늘날에는 공통 지식의 표현(common knowledge representation) 및 모델이 매우 필요한데, 이는 최신 제품 및 서비스 중에는 서로 다른 부문 및 산업의 기능을 사용하는 경우가 많기 때문입니다.

기업들이 경쟁력을 유지하기 위해 자사의 기술을 지속적으로 향상시키기 때문에, 첨단 기술을 표준화 하는 것은 어렵습니다. 그러나 기본적인 기술 지식, 제품 표현, 기술 지식 모듈 간의 인터페이스, 제품 데이터 표현 등을 표준화 하는 것은 가능합니다. 우리는 기업이 협력할 수 있는 곳을 파악하여 이들 분야에 대해 표준화 노력을 집중할

필요가 있습니다.

제조업체가 해당 제조업 내 다른 부문 뿐만 아니라 다른 산업과의 협력을 통해 서비스를 제공할 수 있도록 하기 위해 특정 부문 및 산업의 경계를 초월하는 표준 사전도 개발되고 있습니다.

제품 모델 데이터 및 부품 라이브러리는 특히 항공 우주 및 자동차 산업에 있어서 체계적인 접근 방법으로 축적되었습니다. “디지털 트윈(digital twin)”이라는 용어 하에 데이터 중심 개념 또한 폭넓게 받아들여져 왔습니다. 이 개념은 각 제품의 용도와 무관하게 라이프 사이클 및 서비스 데이터를 제품과 연계하여 새로운 가치를 창출하는 것을 목표로 합니다. 부문 간(cross-sectoral) 및 지역 간(cross-regional) 데이터 인프라도 그동안 구축되어 왔습니다.

제조업의 미래

사람들은 제품을 통해 통신, 교통, 유통, 의료, 복지, 식품, 농업, 주택 및 도시 개발 등 다양한 산업의 서비스를 이용합니다. 제조업은 이러한 산업들에 제품과 그 제반 기능, 그리고 정보를 제공합니다.

제조업의 핵심 역할이 제품을 제공하는 것이긴 하지만, 사회적 인프라 산업, 즉 다른 산업들과 협력하고 그 산업의 서비스를 위해 필요한 정보를 제공하는 산업으로 탈바꿈할 것으로 기대됩니다. 공장은 도시 기능과 통합되어 에너지 관리 및 자원 재활용에 하나의 역할을 수행할 수 있습니다.

한편, 사이버 물리 시스템(cyber-physical system, CPS)이 주목을 받고 있습니다. 이는 혁신적인 사회적 요구에 대처하기 위해 사이버 세계와 물리적 세계가 역동적으로 협력하는 하나의 새로운 사회입니다. 일본에서는 Society 5.0의 기치 아래 CPS에 대한 다양한 연구 개발 프로젝트가 진행되고 있습니다.

제품과 그 기능에 관한 정보는 CPS의 핵심 요소입니다. 공업에서 사회 인프라로 그 초점을 바꿔 나가고 있는 제조업도 CPS를 지원할 예정입니다. 이러한 변화에 있어서, 앞 섹션에서 기술한 디지털화 및 표준화가 매우 중요한 역할을 하게 될 것입니다.

전 세계에서 서비스 이용이 가능하도록 하기 위해서는 사회적 인프라 환경을 전 세계적으로 표준화 하는 것이 필수적입니다. 이러한 국제 협력은 기업과 국가 모두에게 의무적인 것이며, 자사 또는 자국의 고유한 지식 및 자산을 활용하여 경쟁할 수 있게 해줍니다.

기술이나 규모 측면에서, 개별 기업이나 조직이 이 메커니즘을 구축하는 것은 현실적이지 않습니다. 표준화는 매우 유연하면서 글로벌 자원의 생산성을 증대 시키고 또한 인간의 다양성에 대응할 수 있는 시스템을 구축하는 데 도움이 될 것입니다.

참고문헌

- (1) Headline Statements from the Summary for Policymakers, Sixth Assessment Report: Working Group I The Physical Science Basis, Intergovernmental Panel on Climate Change, 9 August 2021