

# Robot Insights

## #1

**로봇을 넘어 플랫폼으로:  
피지컬 AI가 재편하는 산업 주권 지도**

**피지컬 AI 시대의 산업 생태계 변화와 시사점  
– 제조·물류·서비스 산업을 중심으로**

대한상공회의소 김용미 연구위원

**피지컬 AI – 플랫폼으로서의 로봇**

케이앤랩 유찬용 전문위원

**피지컬 AI 시대, 미들파워 가교국가 도약을 위한  
한국의 AI 주권 전략**

과학기술정책연구원 최종화 연구위원

# 들어가며

편집자 주

[그림 01]

CES 2026에서 공개된 휴머노이드  
<https://interestingengineering.com/ai-robotics/9-humanoid-robots-at-ces-2026>



CES 2026에서 휴머노이드 로봇들이 크게 주목받으며 피지컬 AI는 더 이상 미래가 아닌 현재가 되었다. 로봇·자율주행차·드론 등은 단순 자동화를 넘어 산업의 운영 방식과 경쟁 구도를 재편하는 전환적 기술이지만 기술 우위만으로는 피지컬 AI가 확산 되지는 않는다. 본 보고서는 ‘현장의 현실’에서 출발해 ‘확산의 조건’, 나아가 ‘국가 전략의 설계’로 논의를 확장한다. 1부는 제조·물류·서비스 산업을 중심으로 피지컬 AI의 유형과 활용 양상을 정리하고, 피지컬 AI의 도입이 가치사슬과 업무 구조를 어떻게 바꾸는지 사례 기반으로 보여준다. 2부는 기술 성능보다 ‘도입 이후’를 결정하는 안전·검증(TEVV)·거버넌스가 확산의 관문임을 강조하며, 로봇이 단품 장비를 넘어 플랫폼으로 전환되기 위한 운영 체계의 조건을 제시한다. 3부는 이러한 요구를 주권 시 관점으로 재해석하여, 한국의 강점(제조·하드웨어·실증)을 기반으로 중견국 연대를 통한 표준·인증·테스트베드·인재 협력 방안을 설계해야 할 필요성에 대해 논한다.

# 피지컬 AI 시대의 산업 생태계 변화와 시사점

## – 제조·물류·서비스 산업을 중심으로

김용미  
(대한상공회의소 SGI 연구위원)

### 1. 서론

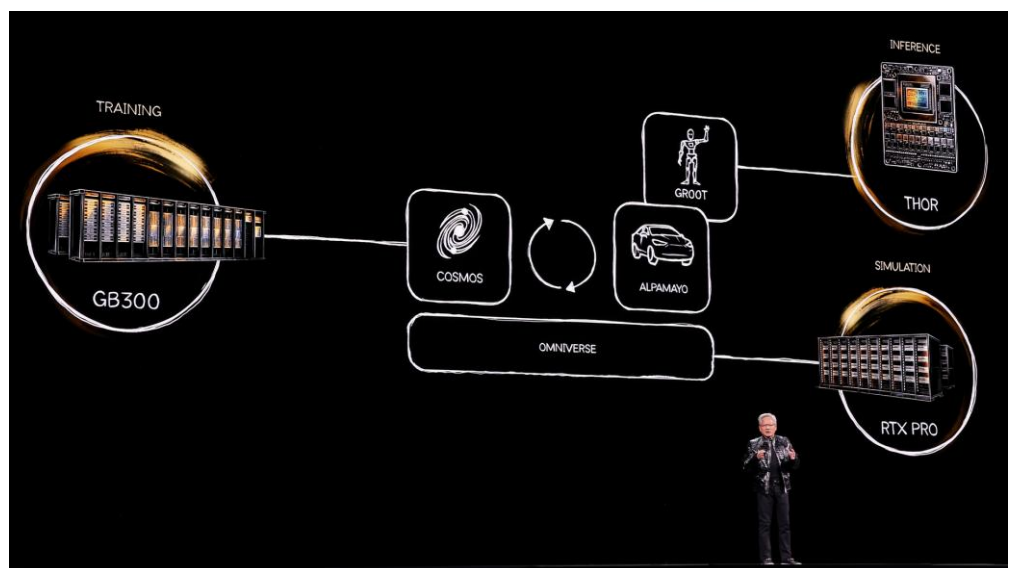
최근 인공지능(AI)과 로봇 기술의 융합은 산업의 자동화 수준을 한 단계 끌어올리는 것을 넘어, 가치사슬의 구조와 산업 경쟁 구도 자체를 재편하는 핵심 요인으로 작용하고 있다. 과거 산업용 로봇이 반복적·정형적 작업의 효율화를 중심으로 도입되었다면, 최근에는 피지컬 AI의 부상으로 로봇이 인식·판단·학습 기능을 바탕으로, 보다 복합적인 업무 수행이 가능해지면서 각 산업 분야에 구조적 변화를 야기하고 있다.

젠슨 황(엔비디아 CEO)은 CES 2025 기조연설에서 AI가 단순한 소프트웨어를 넘어 현실 세계를 인식하고 상호작용하는 ‘피지컬 AI(Physical AI)’의 시대가 도래했음을 강조했다. 또한 올해 CES 2026에서는 아틀라스(Atlas), G1, H2, 클로이드(CloiD) 등 다양한 휴머노이드 로봇이 글로벌 기업들에 의해 공개되며, 피지컬 AI 기술이 산업과 일상 전반으로 확산될 가능성이 가시화되고 있다. 이러한 흐름은 피지컬 AI가 더 이상 미래 기술에 머무르지 않고, 산업 현장의 구조를 실제로 변화시키는 단계에 진입했음을 보여준다.

본 글에서는 피지컬 AI의 개념과 주요 유형을 정리하고, 피지컬 AI 기반 로봇이 주요 산업 현장에서 어떻게 활용되며 어떤 변화를 만들어내고 있는지를 사례를 통해 살펴본다. 아울러 이러한 변화에 대응하기 위한 산업·정책적 시사점을 제시하고자 한다.

[그림 01]

CES 2026에서 연설하는 젠슨 황  
[참고1]



## II. 피지컬 AI의 유형 및 주요 산업에서의 활용

### 1. 피지컬 AI의 유형

피지컬 AI는 물리적 실체에 구현되어 센서와 액추에이터 등을 통해 현실 세계를 인식하고, 자율적으로 판단·행동함으로써 환경과 유기적으로 상호작용할 수 있는 시스템으로 정의된다.<sup>2)</sup> 즉, 기존 산업용 로봇이 정해진 공정에서 반복 작업을 수행하는 자동화 장비였다면, 피지컬 AI는 현실 환경을 인식하고 스스로 판단·적응하며 복잡한 업무까지 수행하는 지능형 시스템이며, 이는 로봇, 자율주행차, 드론 등 다양한 형태로 구현될 수 있다. 피지컬 AI 기반의 로봇 시장은 급속한 성장세를 보일 것으로 전망되고 있다. Citi에 따르면 AI 로봇 보급 대수는 2035년까지 약 13억 대, 2050년까지 약 41억 대에 이를 것으로 예상되고,<sup>3)</sup> 시장 규모 측면에서도, 삼일PwC는 글로벌 산업용 로봇 시장이 2024년 약 23억 달러에서 2033년 약 235억 달러로 약 10배 이상 성장할 것이라는 전망을 인용하고 있다.<sup>4)</sup>

피지컬 AI의 세부 유형을 살펴보면, Citi는 휴머노이드형, 자율주행차형, 드론형, AGV·AMR, 서비스형 로봇(청소, 돌봄 등)을 포함한 총 9가지로 세분화하고 있다.<sup>3)</sup> 한편 이해수와 동료 연구자는 다양한 선행 연구를 종합적으로 검토하여 피지컬 AI의 주요 유형을 다음 표와 같이 4개 범주로 재구성하고 있다.<sup>2)</sup>

| 유형       | 기술수준 및 형태                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 휴머노이드형   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기반모델, 컴퓨터 비전, 엣지 컴퓨팅, 자율 제어 기술이 고도로 통합된 형태</li> <li>- 인간의 외형과 유사한 구조를 통해 걷고, 보고, 듣고, 말하며 스스로 판단하고 행동하는 최고 수준의 지능형 물리 에이전트</li> </ul>                                                                                                                                                                    |
| AGV·AMR형 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- AGV(Automated Guided Vehicle): 자기유도선, 마그네틱, QR코드 등 사전 정의된 경로를 따라 자재를 운반하는 정형 환경 특화형 자동화 차량, 최근에는 제한적 AI 기능(환경 인식, 충돌 회피, 속도 자동 조절 등)을 일부 갖추며 지능형으로 진화</li> <li>- AMR(Autonomous Mobile Robot): SLAM(Simultaneous Localization and Mapping), 컴퓨터 비전, LiDAR 기반 자율 경로 생성 및 장애물 회피 기능을 갖춘 피지컬 AI</li> </ul> |
| 자율주행차형   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로 환경에 특화된 감지·판단 시스템과 AI 기반의 경로 해석, 고속 비전 처리, 정밀 제어 기술이 융합되어 고도로 복잡한 주행 시나리오를 자율적으로 수행할 수 있는 차량 기반 물리 시스템</li> </ul>                                                                                                                                                                                    |
| 드론형      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공중 이동에 최적화된 경량 AI와 실시간 공간 인식 능력을 바탕으로, 장애물 회피·위치 추적·자율 비행 기능을 수행하며 지정된 임무를 고효율로 수행할 수 있는 비행형 피지컬 AI</li> </ul>                                                                                                                                                                                          |

[표 01]

#### 피지컬 AI의 유형

[참고2]

이해수 외(2025)의 표 2-2를  
활용해 재구성



## 2. 제조·물류·서비스 산업 등 주요 산업별 활용

최근 피지컬 AI기반 로봇이 제조업, 물류 산업을 중심으로 도입이 확대되면서, 산업 현장의 운영 방식과 업무 구조에 점진적인 변화를 가져오고 있다.

제조업에서는 공정 자동화와 디지털 전환(DX)을 넘어, 인공지능 기반 전환(AX)이 빠르게 진행되고 있다. 품질 검사, 공정 제어, 예지보전, 불량 분석, 공정 시뮬레이션 등 다양한 영역에서 AI 기반 로봇과 시스템이 활용되면서, 생산 현장에서 생성되는 대규모 데이터가 설계·공정·유지보수 단계로 실시간 환류되는 구조가 형성되고 있다. 이를 통해 제조 프로세스 전반이 하나의 지능형 생태계로 통합되고 있다. 기존 제조 현장은 숙련 인력의 경험과 직관에 크게 의존해 왔다. 그러나 AI 시스템은 센서 데이터와 영상 정보를 기반으로 공정 이상을 실시간 탐지하고, 최적의 작업 조건을 스스로 학습하며, 품질 편차를 최소화하는 역할을 수행한다. 이로 인해 생산성 향상과 품질 안정성이 동시에 개선되고 있으며, 불량을 감소, 설비 가동률 증가, 유지보수 비용 절감 등 실질적인 성과가 나타나고 있다. 일부 사례를 보면, AI 도입 시 제품 결함 검사 효율이 대폭 개선되고 매출이 30% 이상 증가하는 등<sup>5)</sup>의 성과가 나타나고 있다.

향후 제조 현장에서 피지컬 AI의 역할은 점차 확대될 것으로 전망된다. 현재는 인간이 설계와 운영을 주도하고 AI가 보조하는 구조지만, 앞으로는 AI가 실시간 데이터를 기반으로 공정 최적화를 주도하고, 사람은 전략적 의사결정과 창의적 설계에 집중하는 방향으로 변화할 것이다.<sup>6)</sup> 궁극적으로는 공장 전체가 자율적으로 학습 및 최적화하는 하나의 통합된 지능형 시스템으로 진화할 가능성이 높다.

[표 02]

피지컬 AI 도입으로 공장을 하나의 거대한 로봇으로 전환하는 사례  
[참고6]  
이승환(2025)의 p.iii, 표 2를 인용

| 구분                 | 피지컬 AI 기대효과                                                                                                                                                                                                |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 다크 팩토리<br>: 샤오미    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 피지컬 AI 기반 무인 자동화 공장</li> <li>• 완전 자동화를 통한 '3무(三無)' 시스템을 구현</li> <li>• 사람이 없으므로 조명이 불필요하고, 사람의 근무환경 조성을 위한 냉난방 시설도 필요 없으며, 궁극적으로는 사람의 개입 자체가 배제된 생산 시스템</li> </ul> |
| 로봇이 로봇을 만드는 곳 : 화낙 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 일본 오시노에 있는 본사에서 무인 생산(lights-out production) 체제를 운영</li> <li>• 로봇이 로봇을 생산하는 완전 자동화 시스템을 운영</li> <li>• 하루에 최첨단 제조 로봇 50대 제작 가능</li> </ul>                          |
| 디지털 트윈 공장<br>: 폭스콘 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 가상공간에서 디지털 공장을 먼저 제작</li> <li>• 수많은 시뮬레이션을 통해 문제를 해결한 후에 실제 공장을 건설</li> <li>• 제조공장 운영에 특화된 Factory GPT를 운영</li> </ul>                                             |
| 전기 면도기 공장<br>: 필립스 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 128대의 로봇이 있으며 품질 보증을 담당하는 직원은 단 9명뿐</li> <li>• 예측 유지보수를 통해 최대 72시간 전에 고장을 감지하여 가동 중단 시간을 단축</li> </ul>                                                            |

물류 산업은 피지컬 AI 도입 효과가 가장 빠르게 가시화되는 영역 중 하나다. AGV·AMR과 같은 자율 이동 로봇은 창고 내부에서 상품을 자동으로 운반하고, AI 비전 시스템은 상품 인식과 분류 작업을 수행하며, 운영 데이터는 실시간으로 물류 계획과 재고 전략에 반영되는 구조가 형성되고 있다. 이를 통해 물류 프로세스 전반이 하나의 통합된 지능형 네트워크로 연결되고 있다.

기존 물류 현장은 인력 중심의 반복 작업과 경험 기반 운영에 크게 의존해 왔다. 그러나 AI 기반 물류 시스템은 센서와 카메라, 운영 데이터를 활용해 작업 흐름을 실시간으로 분석하고, 최적의 동선과 작업 순서를 자동으로 설계하며, 병목 구간을 사전에 예측·조정한다. 그 결과 물류 처리 속도와 정확성이 동시에 개선되고 있으며, 인건비

절감, 오배송 감소, 재고 회전율 향상 등 실질적인 성과가 나타나고 있다. 일부 글로벌 물류·유통 기업들은 AI 기반 자동화 도입 이후 주문 처리 시간이 크게 단축되고 운영 비용이 유의미하게 감소하는 효과를 보고하고 있다.<sup>7)</sup> 대표적인 사례로, 아마존 물류 센터(Amazon Fulfillment Center)는 최근 생성형 AI 기반 로봇 시스템을 도입하고 2025년 기준 전 세계적으로 100만 대 이상의 로봇을 물류 작업에 활용<sup>8)</sup>하고 있고, 국내에서도 이러한 흐름이 가속화되고 있다. 쿠팡은 김천, 곤지암, 대구<sup>9)</sup> 등 주요 물류센터에 자율주행 로봇과 자동화 시스템을 배치해 운영하고 있으며, CJ대한통운은 리얼월드와 전략적 협업을 체결<sup>10)</sup>하고 피지컬 AI 기반 물류 혁신 체계 구축에 착수했다.

서비스 산업에서의 피지컬 AI는 제조·물류보다 더 복합적인 사회·경제적 영향을 수반한다. 서빙, 청소, 안내, 돌봄, 보안, 의료 보조 등 다양한 서비스 영역에서 로봇 활용이 확대되면서, 기존에 인간 노동에 의존하던 업무들이 점진적으로 자동화되고 있다. 2024년 전문 서비스 로봇 판매량은 전년 대비 9% 증가한 19만 9,000대를 기록했으며, 특히 의료 로봇은 1만 6,700대가 판매되어 전년 대비 91%라는 폭발적 증가세를 보였다.<sup>11)</sup> 국내에서도 한림대성심병원과 같은 의료기관이 물류·배송·안내 로봇을 대규모로 도입하여 업무 효율화와 의료 서비스 만족도 개선을 경험하고 있다.<sup>12)</sup> 향후 기술이 성숙하고 범용 휴머노이드 로봇이 상용화되면 서비스 산업의 로봇 도입은 더욱 가속화될 것으로 전망된다.

이러한 변화는 고령화와 노동력 부족 문제가 심화되면서 더욱 가속화될 전망이다. 향후 범용 휴머노이드 로봇이 상용화되면 호텔, 외식, 의료, 가정 서비스 등 노동 집약적 산업 전반에서 로봇 의존도가 크게 높아질 것으로 예상되며, 이는 서비스 제공 방식의 근본적 재편을 초래할 것으로 보인다.

### III. 결론 및 시사점

피지컬 AI는 더 이상 미래 기술이 아닌, 산업 현장을 실질적으로 재편하고 있는 현재 진행형 혁신이다. 제조업에서는 공정 전반이 지능형 생태계로 통합되고 있으며, 물류 산업에서는 자율 이동 로봇과 생성형 AI 시스템이 운영 효율을 극대화하고 있다. 서비스 산업에서는 의료, 돌봄, 안내 등 인간 노동 중심 영역까지 로봇이 진입하며 업무 방식의 변화가 시작되었다. 이러한 변화는 고령화 및 저출생에 따른 생산가능 인구 감소와 맞물리면서 더욱 가속화될 것으로 예상된다. 특히 범용 휴머노이드 로봇이 상용화되면 산업 현장뿐 아니라 일상 전반에서 인간-로봇 협업이 보편화될 것이다.

우리나라 기업과 정책 당국은 이러한 변화에 선제적으로 대응해야 한다. 첫째, 기술 주권 확보를 위한 핵심 역량 강화가 시급하다. 현재 글로벌 시장은 미국과 중국을 중심으로 선도 기업들이 기술 표준과 생태계를 주도하고 있다. 국내 기업들이 글로벌 가치사슬에서 기술 주도자로 자리매김할 수 있도록 대기업-중소기업-스타트업-연구기관이 협력하는 피지컬 AI 생태계를 구축하고, 부품·소프트웨어·플랫폼 등 핵심 분야에서 경쟁력을 확보해야 한다. 산업통상자원부와 대한상공회의소가 공동 출범한 '제조 AX 얼라이언스'<sup>13)</sup>는 이러한 협력 생태계 구축의 긍정적 사례이다. 업종별 대표 제조 기업, AI 개발기업, 반도체·배터리 등 부품·소재 기업, 대학, 연구기관 등이 참여하여 글로벌 경쟁력을 갖춘 AI 기업 육성을 목표로 하고 있다.

둘째, 정부는 장기적 관점의 전략적 R&D 투자와 함께 실증·테스트베드를 확대할 필요가 있다. 피지컬 AI 도입은 초기 투자비용이 크고 기술 장벽이 높아 대기업과 중소기업 간 격차가 확대될 우려가 존재한다. 정부는 산업별·규모별 특성을 고려한 맞춤형 가이드라인을 제공하고, 중소기업이 AI 로봇을 시범 도입할 수 있는 실증 지원 프로그램을 확대해야 한다. 공동 활용 가능한 플랫폼 구축이나 리스·렌탈 방식의 도입 모델 지원을 통해 초기 투자 부담을 경감하고, 실질적인 데이터 수집·분석 역량을 갖추 수 있도록 컨설팅 및 교육 프로그램을 병행해야 한다.

동시에 피지컬 AI 도입으로 인한 노동 시장 변화에 대비해, 재교육 프로그램 확대, 새로운 직무 설계, 사회안전망 강화 등 인적 자원 전환 정책도 함께 추진되어야 한다. 아울러 윤리·안전·규제 체계의 정비도 필요하다. 피지컬 AI 기반 로봇은 물리적 환경에서 자율적으로 행동하므로 오작동이 인명 피해로 직결될 수 있다. 특히 의료, 돌봄, 자율주행 등 사람과 직접 상호작용하는 분야에서는 안전성과 윤리적 기준 확립이 중요하다.

피지컬 AI는 경제·사회 구조 전반을 재편하는 전환적 기술이다. 글로벌 경쟁이 치열한 만큼, 정부, 산업계, 학계의 긴밀한 협력을 통해 기술 경쟁력을 조기에 확보하는 것이 중요하다. 기술 개발, 산업 현장 지원, 인력 양성, 안전 체계 마련 등을 체계적으로 추진함으로써, 한국은 피지컬 AI 시대에 새로운 성장 동력을 확보할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] NVIDIA, NVIDIA Rubin Platform, Open Models, Autonomous Driving: NVIDIA Presents Blueprint for the Future at CES, 2026.01.05.
- [2] 이해수외, “피지컬 AI의 현황과 시사점”, 소프트웨어정책연구소 ISSUE REPORT, 2025.05.13.
- [3] Citi, The rise of AI Robots: Physical AI is Coming for You., 2024.
- [4] 삼일PwC, 산업용 로봇시장의 미래전망과 M&A, 2025.
- [5] 조선비즈, [AX, 낡은 공장을 깨우다]① 숙련공 떠난 빈자리, AI가 채우자 불량률 뚝·매출 33% 꺾춤, 2026.1.14.
- [6] 이승환, 「피지컬 AI시대, 제조업 혁신 방안」, 국회미래연구원 연구보고서 25-13호. 2025.
- [7] McKinsey & Company, Beyond automation: How gen AI is reshaping supply chains, 2025.
- [8] 아마존뉴스, Amazon launches a new AI foundation model to power its robotic fleet and deploys its 1 millionth robot, 2025.06.30.  
[https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-million-robots-ai-foundation-model?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-million-robots-ai-foundation-model?utm_source=chatgpt.com)

[9] 쿠팡뉴스룸, [보도자료] 쿠팡, 아시아권 최대 규모 '물류 혁신 허브' 대구 풀필먼트 센터 공개, 2023.02.07.

[10] CJ 대한통운, [보도자료] CJ대한통운, 리얼월드와 전략적 협업 체결...물류 AI 휴머노이드 연합 본격 확대, 2025.11.24.

[11] 로봇신문, 2024년 전문 서비스 로봇 판매 20만대 육박, 2025.10.08.

[12] 메디포뉴스, 한림대성심병원, 국내 의료기관 최초 의료서비스로봇 사용 5만건 돌파, 2025.01.21.

[13] 대한민국정책브리핑, '제조 AX 얼라이언스' 출범...기업·연구기관·학계 등 1000여 곳 참여, 2025.09.10.



# 피지컬 AI

## – 플랫폼으로서의 로봇

유찬용  
(케이엔랩 전문위원)

### 서론: 로봇의 패러다임 전환과 지능형 플랫폼화의 조건

피지컬 AI가 제조, 물류 및 서비스 산업에서 눈에 보이는 성과를 내기 시작했다. 물류 현장의 자율 이동 로봇, 제조 현장의 AI 기반 품질 검사, 의료·돌봄 영역의 서비스 로봇 도입은 피지컬 AI가 먼 미래가 아니라 눈 앞의 기술로 다가왔음을 보여준다.

다만, 이러한 제조 AX의 흐름 속에서 많은 기업들이 파일럿 단계를 넘어 본격적인 스케일업을 하기 위해서는 기술 성능을 넘어선 실질적 확산 조건이 필요하다. 기술 주권이나 투자 확대 같은 원론적인 과제만으로는 현장의 실질적인 확산 병목을 해소하기 어렵기 때문이다.

피지컬 AI 확산을 좌우하는 핵심은 기술 성능 자체가 아니라, '도입 이후'를 결정하는 운영 규칙(Operating Rules)이다. 세계경제포럼(WEF)은 피지컬 AI를 산업 운영의 새로운 단계로 정의하며, 로봇과 물리 시스템이 현실 세계에서 작동하려면 기존 자동화와는 근본적으로 다른 데이터, 운영, 안전, 검증 역량을 갖추어야 한다고 강조했다.<sup>1\*)</sup>

로봇이 단품 장비에서 플랫폼으로 전환된다는 것은, 도입 사례가 늘어날수록 데이터와 검증 증거가 쌓이고 그것이 다시 성능 개선으로 돌아오는 구조를 만드는 것이다. 이 전환의 핵심 조건이 바로 운영 규칙이다. 이 글은 안전(표준), 검증(TEVV<sup>2\*)</sup>), 거버넌스(운영 책임)로 구성되는 운영 규칙에 초점을 맞춘다.

피지컬 AI를 운영 관점에서 다시 보면, 핵심은 지각, 추론, 행동, 피드백이 하나의 폐루프(closed loop)로 결합되는 시스템 지능에 있다. 이 지능이 산업 환경에서 작동할 때, 출력은 텍스트나 분류 결과가 아니라 힘, 토크, 속도, 궤적을 결정하는 물리적 행동이다. 바로 이 지점에서 피지컬 AI는 소프트웨어 중심 AI와 구분된다. 물리적 행동의 오류는 안전사고, 설비 손상, 공정 중단으로 곧바로 이어지므로, 기술의 성패는 모델 성능보다 안전, 검증, 책임을 통합한 운영 체계 구축에 달려게 된다.

검증(TEVV)은 출시 전 한 번의 시험에 머물지 않는다. 검증은 설계, 개발, 배포, 운영 전 단계에서 AI 위험을 관리하는 반복적 증거 파이프라인이다. NIST는 AI 위험관리 프레임워크(AI RMF)에서 라이프사이클 전반에 걸친 검증의 중요성을 강조하며, 테스트베드, 도구, 가이드라인 개발을 위해 별도 프로그램을 추진한다.<sup>3\*)</sup> 운영 규칙은 단순한 체크리스트가 아니라, 로봇을 지속적인 업데이트가 가능한 시스템으로 바꾸는 핵심 장치다. 표준을 기반으로 검증 증거가 쌓이고, 이는 다시 업데이트의 반복 가능성으로 이어진다.

아래 표는 전통적 로봇 자동화, 소프트웨어 중심 AI, 피지컬 AI의 차이를 운영 관점에서 정리한 것이다.

[표 01]

전통 로봇 자동화 - 소프트웨어 중심 AI - 피지컬 AI 비교

주: WEF(Physical AI, 2025), NIST(AI RMF 1.0, 2023), ISO(10218-1/2, ISO/TS 15066, ISO 3691-4), SCC StandardsDB(ISO/IEC 42001, ISO/IEC 23894), European Commission(AI Act)로 재구성

| 구분     | 전통 로봇 자동화<br>(규칙·티칭 중심) | 소프트웨어 중심 AI<br>(클라우드/앱) | 체화된 인공지능 - 피지컬 AI         |
|--------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 출력의 형태 | 반복 동작<br>(프로그램된 궤적)     | 텍스트·추천·분류               | 물리 행동(이동·조작) + 안전 제약      |
| 핵심 데이터 | 레시파·티칭                  | 웹·로그 정적 데이터             | 상호작용·시계열·현장 예외 데이터        |
| 필수 프레임 | 로봇 안전 표준 중심             | AI 리스크·거버넌스 중심          | 로봇 안전 + AI 거버넌스 + 규제 적합   |
| 실패 비용  | 중~상(설비/공정)              | 중(품질/신뢰)                | 상<br>(안전·설비·품질·생산차질)      |
| 경쟁의 축  | 장비 성능·SI 통합             | 모델·데이터·배포               | 플랫폼(데이터 플라이휠·운영 SW·검증 체계) |

표에서 알 수 있듯이 피지컬 AI의 핵심 경쟁 지점은 단품 하드웨어나 개별 모델의 성능이 아니라, 세 관문(안전, 검증, 운영 책임)을 더 빠르고 더 낮은 비용으로 반복 통과하는 능력이다. 이를 위해 이 글은 세 가지 질문에 답한다. 첫째, 피지컬 AI의 시스템 아키텍처는 무엇으로 구성되는가. 둘째, 이 시스템을 산업 환경에서 운영하기 위한 규칙(안전, 검증, 거버넌스 체계)은 어떻게 설계해야 하는가. 셋째, 기업이 플랫폼 역량으로 무엇을 먼저 갖추어야 파일럿 단계를 넘어 스케일업으로 이어지는가.

## 피지컬 AI의 시스템 아키텍처

피지컬 AI를 산업 환경에서 구현하려면 '로봇 본체와 AI 모델'의 단순 결합을 넘어, 하드웨어, 소프트웨어, 운영 프로세스가 하나의 목적(안전한 성능) 아래 유기적으로 엮인 아키텍처가 필요하다. 이를 운영 관점에서 나누면, 최소한 네 가지 계층으로 구성된다.

첫 번째 계층은 물리 세계를 읽어내는 지각(Perception)이다. 카메라, 라이다, 깊이 센서 등 여러 센서의 신호를 합쳐 현재 상태를 추정한다. 여기서 성패를 가르는 것은 연구실 벤치마크의 정밀도보다 조명 변화, 먼지, 진동, 가림 현상 등 가혹한 조건에서도 성능이 유지되는 강건성이다. NIST AI RMF가 신뢰할 수 있는 AI의 조건으로 측정, 모니터링, 리스크 관리를 강조하는 이유도 이런 성능 변동을 운영 리스크로 다루라는 뜻이다.

두 번째 계층은 인식한 상황을 바탕으로 무엇을 할지 결정하는 추론 및 계획(Reasoning & Planning)이다. 최근에는 비전-언어-행동(VLA) 계열 접근이 떠오르며, 웹에서 학습된 표현과 지식을 로봇 제어에 적용하려는 시도가 확산되고 있다. 구글 딥마인드의 RT-2는 비전-언어 모델을 로봇 행동으로 연결하는 접근을 보여준다.<sup>4\*)</sup> 다만 이 단계의 지능화는 곧바로 운영 부담을 증가시킨다. 계획과 행동 생성이 더 유연해질수록, 허용되지 않는 행동을 걸러내기 위한 안전 경계 조건과 검증 범위가 넓어지기 때문이다.

세 번째 계층은 AI의 판단을 물리적 움직임으로 바꾸는 제어 및 안전 레이어(Control & Safety Layer)다. 피지컬 AI의 안전은 펜스 설치 같은 외부 조치만으로는 충분하지 않다. 안전 레이어는 허용 가능한 속도, 힘, 영역, 정지 조건을 명확히 정의하고, 그 준수 여부를 지속적으로 감시하며, 위반 시 안전 동작으로 넘어가는 체계를 갖추어야 한다. 이때 시스템의 신뢰성은 시간 특성(time behavior)까지 포함한다. 로봇 제어는 센서 입력, 추정, 계획, 제어 명령이 일정한 주기로 반복되는 폐루프다. 지연(latency), 지터(jitter), 연산 스파이크는 제어 품질과 안전에 직접 영향을 준다. 산업 환경에서 실시간 성능을 강조하는 로봇 소프트웨어나 운영체제 논의가 나오는 이유도, 미세한 지연이 정밀도와 안전 여유(safety margin)를 감소시킬 수 있기 때문이다.

네 번째 계층은 배포 이후에도 이어지는 운영, 검증 및 업데이트 라이프라인이다. 피지컬 AI는 배포 후에도 업데이트가 계속되며, 적용 환경도 달라진다. 검증은 한 번의 인증이 아니라 상시 운영 과제가 된다. 이 라이프라인은 보통 다음과 같은 단계로 구성된다: 사전 시험(시뮬레이션 및 리그 테스트), 제한된 범위의 파일럿 운영, 배포 후 모니터링 및 사고 관리(아차사고 포함), 그리고 업데이트 승인 및 롤백 체계. 핵심은 업데이트가 가능하면서도, 안전이 유지된다는 것을 객관적 증거로 제시할 수 있어야 한다는 점이다.

## 피지컬 AI의 운용 규칙: 실패 비용이 만드는 관문

물리 세계에서 피지컬 AI의 오류는 안전사고, 설비 손상, 품질 불량, 생산 차질로 즉각 이어지며 막대한 비용을 발생시킨다. 이처럼 높은 실패 비용 구조가 운영 규칙의 내재화를 선택이 아닌 필수로 만든다.

그 결과 피지컬 AI의 성능 정의 자체가 달라진다. 성능 평가는 단순 정답률을 넘어, 안전 제약 아래서의 성공적 작동, 예외 상황 대응, 반복 강건성까지 포함한다. 모든 리스크를 제어할 수 있는 운영의 신뢰성이 기술의 핵심이 되며, 운영 규칙 구축 역량의 부족은 곧 산업 확산의 주요 장애 요인이 된다.

이러한 실패 비용을 제도적으로 관리하는 1차 장치가 국제 안전 표준이다. ISO 10218-2는 산업용 로봇의 응용 및 로봇 셀 수준에서 안전 요구사항을 다루며,<sup>5\*)</sup> 사람과 로봇의 협동을 전제로 하는 경우 ISO/TS 15066 같은 협동로봇 안전 가이드가 참조된다.<sup>6\*)</sup> 이동형(AMR이나 무인지게차 등)에서는 ISO 3691-4가 무인 산업용 트럭 및 시스템의 안전 요구와 검증을 다룬다.<sup>7\*)</sup> 핵심은 "로봇이 안전하다"는 선언이 아니라, 어떤 사용 조건과 통합 조건에서 안전이 확보되는지를 표준 언어로 명확히 기록하고 입증해야 시장에 진입할 수 있다는 것이다.

데이터 관점의 경쟁 방식도 근본적으로 다르다. 웹이나 로그처럼 복제 가능한 정적 데이터가 아니라, 물리적 상호작용을 통해 축적되는 경험적 시계열 데이터(성공 사례, 실패 사례, 환경 변화, 예외 상황)가 핵심이 된다. 이 데이터는 수집 과정에서 작업 정지, 안전 리스크, 생산 영향 등으로 인해 비용이 크며, 보안이나 영업비밀 이슈로 공유가 어렵다. 경쟁력은 모델 자체의 우수성을 넘어, 적용 사례를 통해 데이터가 순환하며 쌓이는 구조를 설계할 수 있느냐에 달렸다. 도입 사례가 많아질수록 데이터가 쌓이고, 그 데이터로 성능이 개선되며, 개선된 성능이 다시 도입을 가속하는 순환을 만들어야 한다. 이것이 이른바 데이터 플라이휠(Data Flywheel) 효과다.

산업 환경에서 피지컬 AI는 로봇 안전뿐 아니라 AI 리스크 관리와 거버넌스를 동시에 충족해야 한다. NIST AI RMF는 조직이 AI 리스크를 관리하기 위한 프레임워크를 제공하며, ISO/IEC 42001은 AI 관리시스템(AIMS) 표준으로서 정책, 목표, 프로세스, 지속 개선의 관리체계 접근을 제시했다.<sup>8\*)</sup> ISO/IEC 23894는 AI 리스크 관리에 대한 가이드를 제공한다.<sup>9\*)</sup> 이러한 프레임워크와 표준 준수는 피지컬 AI의 시장 진입과 확산을 좌우하는 핵심 요건이 되었다. 피지컬 AI는 기술 우위가 곧바로 확산으로 이어지지 않는다. 운영 규칙, 즉 표준과 검증 및 책임 체계의 품질이 확산 속도를 결정하는 시스템 기술로 자리 잡는다.

## 로보틱스 트렌드: 규칙에서 맥락으로의 진화

WEF는 산업 운영에서 로봇과 자율 시스템이 규칙 기반, 훈련 기반, 맥락 기반의 세 층위로 공존한다고 설명한다. 이 구분은 단순히 성능의 차이가 아니라, 불확실성을 관리하는 방식이 근본적으로 어떻게 달라지는지를 보여준다.

규칙 기반은 통제된 환경에서 사전에 입력된 좌표와 로직으로 움직이는 전통적 자동화다. 강점은 예측 가능성이고, 약점은 환경 변화에 대한 취약성이다. 훈련 기반은 데이터 학습을 통해 범용성을 확보하지만, 학습 데이터의 분포를 벗어난 상황에서는 성능 저하가 발생할 수 있어 여전히 운영과 검증 부담이 남는다. 맥락 기반은 의미론적 이해를 바탕으로 상황에 적응하는 단계로, 유연성이 커지는 만큼 허용 가능한 행동의 경계를 규칙, 안전 레이어, TEVV로 더욱 정밀하게 정의해야 한다.

이러한 전환은 투자수익률(ROI) 계산의 비용 구조를 바꾼다. 과거에는 환경 통제를 위한 지그나 정렬 설비 등 초기 투자 비용이 컸으나, 맥락 기반 접근을 통해 비정형 환경에 적응함으로써 설비 개조 비용은 절감되는 대신, 안전, 검증, 책임 관련 운영 비용은 증가한다.

선도 기업 사례는 시스템으로서의 로봇이 무엇인지 구체적으로 보여준다. 아마존은 창고 내 개별 상품을 인식하고 선별하며 다루는 로봇 시스템 스파로우(Sparrow)를 소개하며, 통합 로봇 시스템인 세쿼이아(Sequoia)와 휴머노이드 계열 로봇인 디짓(Digit)을 포함한 솔루션을 발표했다.<sup>10\*)</sup> 이는 로봇이 특정 위치에 끼워넣는 식의 단순한 단품 기계가 아니라, 창고 운영 전체의 재설계를 요구하는 통합 솔루션으로 진화했음을 보여준다. 도입 사례가 늘수록 물류 작업 데이터가 축적되고, 이 데이터는 다시 로봇 시스템의 효율 개선으로 이어진다.



[그림 01]

아마존 휴머노이드 로봇 Digit  
[사진=아마존]



제조 환경에서도 운영 체계의 통합이 진행된다. NVIDIA는 폭스콘의 디지털 트윈 기반 스마트 팩토리 사례에서 옴니버스(Omniverse)와 오픈USD(OpenUSD) 기반의 디지털 트윈 자산을 통해 공장 설계, 배포, 운영을 연결하고, 아이작 심(Isaac Sim)으로 배포 전에 로봇 설계를 평가하는 접근을 소개한다.<sup>11\*)</sup> 이는 피지컬 AI가 단지 로봇의 지능 향상이 아니라, 시뮬레이션, 운영 데이터, 검증, 배포가 유기적으로 연결된 운영 체계로 확장되었음을 보여준다.

데이터 수집의 장애를 완화하기 위해, 시뮬레이션 기반 합성데이터와 검증 체계가 중요해진다. NVIDIA는 아이작 심과 리플리케이터(Replicator)를 활용한 sim2real 접근(시뮬레이션과 현실의 간극 축소)을 기술 블로그에서 다루고 있다.<sup>12\*)</sup> 이런 시뮬레이션 기반 검증은 위험을 통제된 상태에서 실패 케이스를 대량으로 생성하고, TEVV 커버리지를 넓히며, 현장 투입 리스크를 낮추는 방식으로 운용 규칙에 통합된다.

## 확산의 관문: 안전·거버넌스·규제

운영 규칙의 필요성이 분명해졌다면, 다음 질문은 그 규칙이 어떤 제도적 장벽이 되느냐다. 피지컬 AI가 시장에 들어가려면 안전 표준, AI 거버넌스 프레임워크, 그리고 규제 적합성이라는 세 겹의 관문을 통과해야 한다.

로봇 안전은 적용 환경에 따라 세 가지 차원의 복합적 대응을 요구한다. 첫째는 단품(Unit)과 통합(Integration)의 차이다. 로봇 자체의 안전을 넘어 실제 공정에 투입되어 주변 설비 및 작업자 동선과 결합될 때의 안전성이 핵심이다. 적용 환경에서는 기계 자체의 안전성만큼이나 로봇을 전체 공정에 어떻게 안전하게 통합했는가가 시스템의 최종 성능을 좌우한다.

둘째는 분리(Separation)와 협동(Collaboration)의 차이다. 전통적 자동화가 펜스를 통해 사람과 로봇을 물리적으로 격리했다면, 피지컬 AI가 지향하는 협동 작업은 물리적 차단벽을 없애고 그 자리를 센서와 제어 알고리즘이라는 무형의 안전벽으로 대체한다. 이는 펜스 없는 공정의 실현 가능성을 보여주는 기술적 전환점이다.

셋째는 고정(Fixed)과 이동(Mobile)의 수준이다. 정해진 셀 안에서만 움직이는 고정형 로봇과 달리, 사람이 다니는 통로를 주행하는 무인지게차나 물류 로봇(AMR)은 돌발 상황이 상시 발생하는 비정형 환경에 노출된다. 이동형 피지컬 AI는 실시간 위험 감지 및 회피 성능을 필수로 갖추어야 한다.

이러한 물리적 안전 표준 위에 AI 거버넌스 프레임워크가 더해지면 진입 장벽은 더욱 견고해진다. 앞서 언급한 NIST AI RMF, ISO/IEC 42001, ISO/IEC 23894가 강조하는 것은 결과가 아니라 과정이다. 시장 진입의 핵심요건이 기술 스펙에서 절차 준수로 바뀐다. 관리체계는 문서화를 넘어, 모델 변경, 데이터 변경, 배포 변경을 체계적으로 통제하는 운영 규칙의 기반이 된다.

글로벌 시장 진출에서는 규제가 사실상 비관세 장벽이 된다. EU AI Act(EU 인공지능법, 규정 (EU) 2024/1689)는 고위험 AI 시스템의 분류, 요구사항, 적합성 평가, 사후 모니터링 등을 포함한 조화된 규칙을 규정했다.<sup>13\*)</sup> 고위험 분류 규칙,<sup>14\*)</sup> 적합성 평가, CE 마킹 같은 조항들<sup>15\*)</sup>은 기능적 우월성만으로는 시장에 진입할 수 없고, 요구된 프로세스와 증거를 갖추어야 함을 뜻한다. 또한 고위험 AI에 대해 사후 모니터링과 중대 사건 보고 체계를 요구하는 조항은, 피지컬 AI가 배포 이후에도 운영 책임과 검증 체계를 계속 유지해야 한다는 점을 제도적으로 강화한다. 피지컬 AI의 확산 속도는 기술 개발의 속도만큼이나, 설계 단계부터 안전 표준, AI 거버넌스, 규제 적합성을 엔지니어링 원칙으로 깊이 내재화하는 운영 역량에 달렸을 가능성이 높다.

## 파일럿을 넘어: 확산의 다섯 가지 조건

앞에서 살펴본 안전, 검증, 운영 책임이라는 세 가지 관문이 시장 진입의 필요조건이라면, 아래 다섯 가지는 이를 전제로 파일럿을 스케일업으로 전환하는 확산 메커니즘이다. 핵심은 이 다섯 가지가 체크리스트에 그칠 것이 아니라, 서로 결합될 때 확산을 가속하는 운영 구조로 구현해야 한다는 점이다.

첫째, 안전의 템플릿화다. 피지컬 AI의 출력값이 물리적 행동으로 구현되므로, 안전은 부가적인 선택 사항이 아니라 성능 자체의 일부다. 사람과 공간을 공유하는 협동 작업이 보편화될수록 안전 요구는 단순히 펜스를 설치하는 수준을 넘어 위험 평가, 속도 및 힘의 제한, 비상 정지, 접근 관리 등과 같은 정교한 운영 설계로 확장된다. 스케일업을 위해서는 적용 사례마다 새로 안전 체계를 만드는 방식이 아니라, 재사용 가능한 안전 규칙(작업구역, 속도와 힘 제한, 정지 조건, 운영 절차)을 템플릿화해서 반복적으로 적용할 수 있어야 한다. 반복 가능성이 곧 확산 속도를 결정한다.

둘째, 리스크 관리의 상시화다. 피지컬 AI는 배포 이후에도 업데이트가 이어지며 적용 환경의 위험 구성이 실시간으로 바뀔 수 있다. NIST AI RMF가 지향하듯 리스크 식별과 관리가 운영과 유기적으로 통합되어야 한다. 위험 식별(환경 변경, 설비 변경, 작업 변경), 위험 측정(성능 드리프트, 센서 이상, 아차사고), 위험 대응(룰 변경, 배포 제한, 롤백)을 운영 체계에 통합하는 것이다. ISO/IEC 42001이 관리체계로 요구하는 지속 개선과도 맞닿는다. 이러한 운영 단계의 리스크 관리가 뒷받침될 때 비로소 기업 내부에 신뢰가 쌓이고 도입 범위가 넓어진다.

셋째, 검증(TEVV)의 파이프라인화다. 환경이 조금만 바뀌어도 실패의 양상이 완전히 달라지는 피지컬 AI의 특성상, 적용 환경에서는 단순히 작동한다는 사실보다 '어떤 조건에서 어떻게 안전하게 작동하는가'를 객관적으로 설명할 수 있어야 한다. NIST는 검증을 AI 평가의 핵심 활동으로 정의하며, 테스트베드, 도구, 가이드라인 개발을 강조한다. 스케일업을 위해서는 릴리즈별 시험 기준(합격/불합격), 조건별 커버리지(조명, 속도, 하중, 장애물, 인접 작업자), 업데이트 영향 분석(회귀 테스트 등) 같은 운영 단계의 검증 체계가 필요하다. 업데이트 이후에도 성능과 안전의 일관성을 즉각 확인할 수 있는 검증 체계를 시스템 내부에 구축하는 것이 확산의 핵심이다.

넷째, 가상-현장 연계 학습의 제도화다. 물리적 상호작용 데이터는 수집 비용과 위험이 매우 크기 때문에 개별 기업이 독자적으로 충분한 양을 확보하기란 사실상 불가능하다. NVIDIA의 sim2real 접근이나, 폭스콘 사례에서 보듯 배포 전 시뮬레이션 기반 설계와 평가를 운영에 연결하는 방식은 확산의 비용과 리스크를 낮추는 수단으로 제시된다. 스케일업을 위해서는 시뮬레이션에서 위험을 통제하며 실패 사례를 만들고, 그 결과를 검증 증거로 쌓은 뒤, 제한된 적용 환경 투입으로 검증하는 하이브리드형 파이프라인이 필요하다. 이러한 가상-현장 결합 방식이 피지컬 AI 확산의 결정적 전제 조건이다.

다섯째, 로봇의 플랫폼화다. 피지컬 AI가 실질적인 비즈니스 가치로 이어지려면 설치 사례가 늘어날수록 데이터와 운영 경험이 쌓이고, 그 쌓인 자산이 다시 성능 개선으로 돌아오는 구조가 필요하다. 앞서 본 선도 기업 사례처럼, 로봇 시스템은 개별 장비를 넘어 운영 전체를 최적화하는 통합 솔루션으로 진화한다. 시스템으로서의 로봇이란 다음과 같은 구조를 뜻한다. 설치 사례가 늘어날수록 운영 데이터와 검증 증거가 축적되고, 그 자산이 다시 성능 개선과 배포 속도 향상으로 환류되며, 안전, 검증, 거버넌스가 업데이트 가능한 형태로 내장되어 있다. 이러한 구조가 NIST AI RMF의 리스크 관리 반복과 ISO/IEC 42001의 지속 개선을 통합할 때, 비로소 실질적 확산이 가능

해진다. 이 순환 구조가 빠진 도입은 결국 단발성 파일럿에 머물기 쉽다. 반면 하드웨어와 운영 소프트웨어, 그리고 지속적인 업데이트가 결합된 체계가 갖추어질 때 도입의 규모가 커질수록 개선이 가속화되는 스케일업이 가능해진다.

## 결론: 플랫폼 전환의 전제 – 운용 규칙

피지컬 AI의 확산 여부는 '로봇과 모델'의 기술적 결합이 아니라, 안전, 검증, 운영 책임을 하나로 묶어 반복 가능한 운영 규칙으로 만들었느냐에 달렸다. 이 운영 규칙이 갖추어질 때 비로소 로봇은 단품 장비에서 시스템으로 전환된다.

물리 세계에서 오류는 바로 사고, 설비 손상, 공정 중단으로 이어진다. 실패 비용이 높은 산업일수록, 표준 기반 안전 설계와 리스크 관리는 외부 규제 대응이 아닌 생존을 위한 필수 요건이 된다. 이러한 필요성은 로봇틱스가 규칙 기반에서 훈련 기반을 거쳐 맥락 기반으로 진화할수록 더욱 강화된다. 자율성이 커지는 만큼 예외 사례와 책임 경계가 확장되기 때문이다. 그 결과 운영 규칙(안전 경계, 검증 증거, 변경 통제)의 품질이 곧 확산 속도를 결정한다.

기업이 파일럿을 스케일업으로 전환하려면, 안전을 템플릿화하고, 리스크 관리를 상시화하며, 검증을 파이프라인화하고, 가상 환경과 현장을 연계한 학습을 제도화하며, 로봇을 시스템으로 운영해야 한다. 이 다섯 가지는 별개의 과제가 아니라, 서로 결합될 때 데이터 순환과 검증 순환이 함께 돌면서 도입이 늘수록 더 안전하고 더 빠르게 확산되는 구조를 만든다.

글로벌 시장 관점에서, EU AI Act가 고위험 AI에 대해 적합성 평가, CE 마킹, 사후 모니터링을 요구하는 흐름은 피지컬 AI가 배포 이후 운영 책임과 검증 체계까지 포함해서 경쟁하는 국면으로 진입했음을 보여준다. 이제 피지컬 AI의 경쟁은 기술만이 아니라 표준, 검증, 책임을 제대로 담을 수 있는 운영 인프라의 경쟁이다. 그 인프라를 누가 설계하고 국제적으로 상호 인정 가능한 형태로 확장하느냐가 핵심 전략 변수가 된다.

한국은 세계 최고 수준의 로봇 도입 밀도와 제조·물류 분야의 실증 기반을 갖추고 있어, 운영 규칙을 산업 환경에서 빠르게 검증하고 고도화할 수 있는 최적의 조건을 갖췄다. 그러나 이러한 역량이 국제 표준과 인증 체계에서의 주도권으로 이어지려면, 안전, 검증, 거버넌스의 언어를 국제적으로 통용 가능한 형태로 설계하고 확산하는 전략적 접근이 필요하다. 피지컬 AI 확산의 핵심은 기술 우위를 넘어 운영 규칙의 설계 역량에 있다. 이러한 설계 역량은 개별 기업의 성장을 넘어, 글로벌 시장에서 기술 주도권을 선점하고 국가적 AI 주권을 확보하는 실질적인 토대가 될 것이다



## 참고문헌

- [1] WEF, Physical AI: Powering the New Age of Industrial Operations, 2025.09.
- [2] NIST, AI Test, Evaluation, Validation and Verification (TEVV) Test and Evaluation, Verification and Validation. AI 신뢰성과 안정성을 보장하기 위한 시험평가 검증확인 프레임워크
- [3] NIST, Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0), 2023.01.
- [4] Google DeepMind, RT-2: Vision-Language-Action Models Transfer Web Knowledge to Robotic Control, 2023.07.28.
- [5] ISO, ISO 10218-2:2025 Robotics — Safety requirements Part 2: Industrial robot applications and robot cells.
- [6] ISO, ISO/TS 15066:2016 Robots and robotic devices — Collaborative robots (Abstract).
- [7] ISO, ISO 3691-4:2023 Industrial trucks — Safety requirements and verification Part 4: Driverless industrial trucks and their systems.
- [8] ISO, ISO/IEC 42001:2023 Information technology — Artificial intelligence — Management system.
- [9] ISO, ISO/IEC 23894:2023 Information technology — Artificial intelligence — Guidance on risk management.
- [10] Amazon News, "Amazon introduces Sparrow, a state-of-the-art robot that handles millions of diverse products," 2022.10.11.
- [11] NVIDIA Case Study, Foxconn Develops Physical AI-Enabled Smart Factories with Digital Twins.
- [12] NVIDIA Technical Blog, Closing the Sim2Real Gap with NVIDIA Isaac Sim and NVIDIA Isaac Replicator, 2022.07.27.
- [13] European Commission, Regulation (EU) 2024/1689 on Artificial Intelligence (AI Act), 2024.
- [14] EC, AI Act Explorer Chapter III, Section 1, Article 6: Classification rules for high-risk AI systems.
- [15] EC, AI Act Explorer Chapter III, Section 5, Article 48: CE marking.



# 피지컬 AI 시대, 미들파워 가교국가(Middle-Power Bridge State) 도약을 위한 한국의 AI 주권 전략

최종화  
(과학기술정책연구원(STEPI) 연구위원)

## 피지컬 AI의 부상과 중요성

### 주1

본 고는 과학기술정책연구원 (2025) 글로벌 전략기술 인텔리전스 구축사업의 일환으로 영국 앨런튜링연구소(Alan Turing Institute)와 공동으로 연구한 “피지컬 AI 시대에 대응한 한영 주권 AI 협력 전략 [Intelligence report: Enhancing South Korea-UK sovereign AI strategies in response to the era of physical AI]”의 연구내용을 토대로 작성되었음을 밝힘

피지컬 AI(Physical AI 혹은 PAI)는 인공지능이 로봇, 센서, 자율제어 시스템 등 물리적 플랫폼과 결합해 현실 세계에서 인지하고 판단하며 행동하는 체계를 의미한다.\*1) 소프트웨어 중심 AI가 디지털 공간에서 분석과 생성에 주로 머물렀다면, 피지컬 AI는 실제 물리적 환경에서 안전하고 지속적으로 작동해야 하며 다양한 분야에서 생산성 혁신과 공공가치 창출에 활용될 수 있다. 피지컬 AI가 어려운 이유는 물리 세계가 불완전하고, 예외 상황이 많으며, 안전이 필수적이기 때문이다. 이에 따라 현실 환경에서의 자율성과 일반화를 위해 “월드모델(WM:World Model)” 개념이 제시되었다. 이는 에이전트가 물리법칙(Physical Laws of Nature) 대한 알고리즘을 구축해 학습하고 실행하는 방식으로, 생성형 AI에서 언어모델(LLM:Large Language Model)이 수행한 역할을 물리 영역으로 확장하는 기술이다.\*2) 이것은 피지컬 AI를 단순히 소프트웨어가 아니라 기계 구조와 재료, 센서와 구동까지 포함한 전체 시스템 지능으로 이해한다는 뜻이다. 즉 지능은 “디지털 두뇌”에만 있지 않고, 구조와 재료가 만들어내는 적응성과 결합해 복잡한 환경에서의 자율 행동을 가능하게 한다는 점에서 기존과는 다르다고 할 수 있다.

## 피지컬 AI의 기술적 구성

앞서 살펴본 바와 같이 피지컬 AI는 전통적 디지털 AI가 주로 계산적 구현에 집중했다면, 지능의 일부를 로봇 또는 물리 시스템에 “구현”하려는 패러다임이다. 이 과정에서 소프트웨어와 하드웨어가 유기적으로 통합되는 다음과 같은 기술 생태계를 형성한다.\*3)

첫째, 스마트 소재 및 구조는 물리적 몸의 안전성, 유연성, 내구성을 만든다.  
둘째, 제어 및 구동은 정밀한 행동과 적응적 움직임을 가능하게 한다.  
셋째, 센싱 및 인지는 물리 환경을 실시간으로 감지하고 해석한다.  
넷째, 뉴로모픽 및 엣지 컴퓨팅은 저지연, 저전력의 온디바이스 지능을 제공한다.  
다섯째, 사이버 물리 통합은 네트워크, 분산 제어를 통해 협업과 운영을 구현한다.

(스마트 소재 및 구조) 피지컬 AI는 물리 세계에서 안전하고 자율적으로 작동하기 위해 소재와 구조, 구동과 제어, 감지와 인지, 계산과 네트워크가 유기적으로 결합된 통합 시스템 지능을 요구한다. 먼저 환경 자극에 반응하는 스마트 소재와 구조는 피지컬 AI의 물리적 몸을 구성하는 핵심 요소로, 자가 치유와 자가 조립 기능을 포함한 기능성 소재는 로봇이 가벼우면서도 안전하고, 유연하게 변형하며 동시에 내구성을 확보하도록 하는 기반기술로 작동한다. 형태기억합금, 액정 탄성체, 메타물질, 오리가미

및 텐세그리티 구조는 이러한 요구를 충족시키는 대표적 사례로, 차세대 로봇 설계의 핵심 축으로 논의되고 있다.

**(제어 및 구동)** 이러한 물리적 몸이 실제 환경에서 의미 있는 행동을 수행하기 위해서는 정밀한 제어와 구동 기술이 필수적이다. 액추에이터와 하이브리드 구동 시스템, 제어 최적화 알고리즘은 로봇의 움직임을 정교하게 조율하며, 강화학습과 같은 학습 기반 제어 기법은 환경 변화와 예외 상황에 대한 적응력을 높이는 역할을 수행한다.

**(센싱 및 인지)** 동시에 피지컬 AI는 외부 환경을 실시간으로 인식하고 해석해야 하므로, 시각 인식과 촉각 및 압력 감지, 위치 추정과 자율 내비게이션을 포함한 센싱 및 인지 기술이 중요해진다. 특히 멀티모달 센서와 센서 융합을 기반으로 한 SLAM 방법은 복잡하고 불확실한 환경에서 자율 이동을 가능하게 하는 대표적 기술로 자리잡고 있다.

**(뉴로모픽 및 엣지 컴퓨팅)** 이와 같은 인지와 제어가 지연 없이 작동하기 위해서는 계산 구조 역시 물리 시스템의 요구에 맞게 설계되어야 한다. 피지컬 AI는 많은 상황에서 실시간성이 요구되므로, 저지연과 저전력을 동시에 만족하는 온디바이스 학습과 제어가 중요해진다. 이를 위해 뉴로모픽 칩과 스파이킹 신경망, 엣지 컴퓨팅, 신경망 처리 장치와 같은 기술이 활용되며, 이는 중앙 서버 의존도를 낮추고 현장 대응 능력을 강화하는 방향으로 발전하고 있다.

**(사이버 물리 통합)** 나아가 개별 시스템의 지능을 넘어, 디지털 트윈과 네트워크, 분산 제어를 통해 여러 물리 시스템이 협력하도록 만드는 사이버 물리 통합 역시 핵심 요소라고 할 수 있다. 산업 현장에서는 분산 제어와 실시간 협업, AI 사물인터넷이 결합되며, 피지컬 AI는 단일 로봇을 넘어 복합 시스템 차원의 지능으로 확장되고 있다.

## 한국의 피지컬 AI 전략

한국은 피지컬 AI 가치사슬에서 하드웨어와 제조 실행력 측면의 강점을 가지고 있다. 세계 최고 수준의 로봇 도입 밀도와 대규모 제조 현장은 로봇 제어, 센서 융합, 공정 최적화, 현장 데이터 축적 등에 유리한 환경을 제공할 수 있다.<sup>\*4)</sup> 정책 측면에서도 정부 주도의 대규모 투자, 부처 간 조정, 실증 중심 확산 전략이 결합되어 빠른 도입과 스케일업이 가능하다. 2025년에 발표된 ‘AI 기본법’은 고영향 AI의 투명성, 안전성, 책임성을 제도화하고 국가 차원의 AI 계획 수립을 뒷받침하도록 설계되었다. 이는 피지컬 AI처럼 실제 환경에서 작동하는 시스템에 요구되는 안전성과 책임성의 제도적 토대를 마련한다는 점에서 의미가 크다.

다만 한국이 상대적으로 취약한 분야는 소프트웨어와 기초 연구, 알고리즘 경쟁력이다. 최근 과학기술정책연구원<sup>\*5)</sup>의 분석에서도, 한국이 하드웨어와 산업 적용에서 강점이 크지만 알고리즘, 기초연구, 안전성 평가 생태계 등 일부 영역에서는 보완이 필요하다고 지적하고 있다. 이는 국내 투자 확대만으로 해결되기보다 신뢰할 수 있는 파트너와의 공동 연구, 인재 교류, 상호 인증과 표준 연대를 통해 보완하는 편이 효율적일 수 있다는 것을 시사한다.

## 피지컬 AI 주요 적용분야와 기회

피지컬 AI는 우리사회 전반에 적용이 가능한 범용적 기술이며, 혁신적 변화를 야기하는 게임체인저이기도 하다. 그 중 우리나라의 강점분야와 연계하여 우선적으로 살펴볼 필요가 있는 몇몇의 피지컬 AI관점의 산업현황과 의미를 살펴보면 다음과 같다.

**(제조 분야)** 피지컬 AI와 관련하여 한국의 제조업 역량은 스마트 제조와 산업 로봇의 초격차 기반으로서의 의미가 크다고 할 수 있다. 한국은 제조업 비중이 높고 대규모 공장을 기반으로 자동차 및 전자 산업에서 로봇이 광범위하게 배치되어 있다. 이러한 현황은 피지컬 AI의 초기 확산에 유리하기 때문이다. 특히 한국은 종업원 1만 명당 로봇 1,220대로 세계 최고 로봇 밀도를 달성한 국가이며 이는 글로벌 평균 177대의 약 7배 가까운 수준\*<sup>6)</sup>이라는 점에서 한국의 제조업은 피지컬 AI관련 혁신을 지속하는데 좋은 토대가 될 수 있다.

**(교통 분야)** 피지컬 AI의 대표 응용인 자율주행에서 한국은 2027년 레벨4 상용화를 국가 전략으로 설정하고, 2023년 이후 세종과 서울에서 자율주행 셔틀과 로봇택시 실증 서비스를 운영하고 있다. 특히 글로벌 최상위 수준의 대규모 자동차 그룹을 보유한 한국의 구조는 관련된 다양한 모빌리티 혁신기업을 파생시키는 원천으로 동작하면서 이 분야의 혁신에 크게 기여하고 있다. 특히 현대자동차는 AI 기반 자율주행을 가속하고 있으며, 애플티브와의 합작사 모셔널(Motional)을 통해 미국에서 로봇택시 서비스를 추진한 사례, 보스턴 다이내믹스 인수 이후 차량과 로봇의 융합 및 도심항공모빌리티 등 확장 등에 많은 노력을 투입하고 있는 상황임을 눈여겨 볼 필요가 있다.



[그림 01]

피지컬 AI 주요 적용분야  
[참고14] [참고15]  
[참고16] [참고17]

**(물류 분야)** 물류는 창고, 공장 내 운송, 라스트마일 등에서 자율이동로봇과 무인운반차, 드론 도입이 빠르게 확산하며 “다크 웨어하우스” 개념이 확장되는 영역이다. 한국은 전자상거래 급성장과 함께 물류 자동화를 빠르게 추진하고 있는 국가라고 볼 수 있다. 몇가지 사례를 살펴보면 쿠팡은 물류센터에서 자동 분류 및 운송을 위해 수천 대의 로봇을 배치하며 혁신적으로 물류 리드타임 단축을 이루어 냈으며 롯데는 영국의 오카도와 협력해 2025년 부산에 고도 자동화 물류센터를 구축하며, 오카도 스마트 플랫폼을 도입하고 3차원 그리드에서 1100대 이상의 로봇이 운영되는 구조를 구현하였다. 이는 한영 협력의 상징적 사례이자, 피지컬 시가 물류 전 과정을 재구성하는 방향을 보여주는 사례다.\*<sup>7)</sup>

**(의료 분야)** 의료에서 피지컬 시는 수술, 재활, 돌봄 로봇 형태로 구현되며 의료 서비스의 질과 접근성을 개선하는 방향으로 활용이 확대되고 있다. 한국은 아직 초기 단계로 평가되지만 정부와 민간의 투자 확대가 진행 중이다. 대표적으로 미어 컴퍼니의 복강경 수술 로봇 레보아이는 2018년 식품의약품안전처 승인을 받은 국내 최초 수술 로봇으로 제시되며, 이후 해외 시장으로 확장한 사례가 포함된다. 특히 정책 측면에서 지능형 로봇 기본계획에서 밝힌 바와 같이 2030년까지 돌봄 및 재활로봇 30만 대 이상 보급 목표를 포함\*<sup>8)</sup>하고 있어, 고령화와 의료 인력 부족을 고려할 때 잠재 수요에 대응하기 위한 시장의 확장을 주시할 필요가 있다.

**(국방 분야)** 국방에서 피지컬 시는 자율 드론, 무인 전투 차량, 로봇 체계, 그리고 대규모 센서 데이터 분석 기반 지휘통제 시 등에서 활용될 수 있다. 한국은 2018년 세계 최초의 드론봇 전투단 창설을 시작으로 육해공 전 군에 무인체계 추진을 확대해 왔다. 일 예로 비무장지대 감시 및 경계 로봇 등 일부는 이미 배치되어 운영 중이며, 한화, 현대로템, 엘아이지넥스원 등 주요 기업이 지상, 해상, 공중 무인 플랫폼을 개발이 빠르게 진행되고 있는 중이다.\*<sup>9)</sup> 또한 2023년 방위사업청의 전담 프로젝트 그룹 설치, 2030년대 무인체계 비중 확대 계획, 인간 통제 원칙의 재확인 등이 화두가 되었는데 이는 기술 경쟁력 확보와 함께 규범 및 안전성 확보가 병행되어야 함을 의미하므로 국방 분야의 피지컬 시 혁신은 시스템 관점에서의 종합적 접근이 필요함을 시사한다.\*<sup>10)</sup>

**(서비스 분야)** 피지컬 시는 호텔, 음식점, 청소, 보안, 농업, 공공서비스 등으로 확장될 수 있다. 서비스는 대면 상호작용과 감정 노동의 비중이 커 기술 수용성, 윤리, 안전 설계가 특히 중요하다. 한국은 코로나19 이후 비대면 수요 급증을 계기로 주문·서빙·청소·안내 로봇이 음식점, 카페, 호텔 등 서비스 현장으로 빠르게 확산되었다.\*<sup>11)</sup> 이러한 환경은 서비스 분야의 로봇활용에 대한 사회의 수용성을 높여 빠른 시장의 개화를 가능케 할 수 있다는 점에서 매우 중요한 요소이다. 또한 정부는 2023년 서비스 로봇 보급 전략을 통해 8개 서비스 분야 확산을 지원하고, 5년 내 서비스 로봇 1만 대 이상 보급을 목표로 하며 공공부문 도입을 통해 민간 확산을 촉진하는 방향을 강조\*<sup>12)</sup>하고 있어 정책적 지원 확대 또한 기대할 수 있다.



## AI 주권 개념과 미들파워 국가로서의 전략적 함의

AI 주권(Sovereignty)은 한 국가가 반도체, 데이터, SW모델, 인재, 규제 및 평가까지 AI 생태계 전 구성요소를 자국 가치와 전략에 맞춰 통제하고 활용할 수 있는 능력을 의미한다.\*<sup>5)</sup> 이러한 다양한 주권요소들을 한 국가가 독자적으로 자급자족하는 데에는 한계가 있다. 이러한 의미에서 AI주권의 실제적 의미는 ‘모든 것을 자급자족하는 것이 아니라, 필요한 때에 사용할 수 있는 체계를 구축하는 것’이라고 정의하는 것이 바람직하다.

여기서 핵심은 완전한 자급이 아니라, 필수 요소의 통제력을 확보하면서도 일부 요소는 동맹과의 협력으로 안정적 접근권을 확보하는 균형이다. 미국과 중국과 상당한 격차를 가지고 추격중인 중견국들에게 AI 주권은 이러한 관점에서 더욱 중요한 과제라고 할 수 있다. 미국이나 중국처럼 전 영역을 자급하여 구현하기 어렵기 때문에, 특정 강점 분야에서의 지렛대를 확보하고 같은 가치와 이해를 공유하는 중견국들과 연합해 규범과 표준을 공동 설계함으로써 집단적 경쟁력을 확보하는 전략이 유효할 수 있다. 특히 피지컬 AI는 인공지능 분야와 더불어 로봇틱스 분야까지 아우르는 등, 공급망이 길고 복잡하며 실증 데이터와 안전 인증이 필수이므로, 미들파워 협력의 실익이 더 크게 나타날 수 있다.

따라서 한국의 AI 주권 전략은 국내 역량 강화와 중견국 연대라는 두 축을 동시에 추진할 필요가 있다. 이러한 관점에서 국내적으로는 반도체, 로봇 핵심부품, 데이터 인프라, 실증 기반을 강화하고, 대외적으로는 인증, 표준, 테스트베드, 인재, 공공조달과 시장 창출을 연결하는 종합적인 협력체계를 구축해야 한다.

## 한국-중견국의 AI주권 연대 기회

앞서 살펴본 피지컬 AI 적용 주요 분야별 한국의 현황을 종합하면, 한국은 반도체와 로봇 하드웨어, 대규모 제조 현장과 실증 인프라, 빠른 제도화와 확산 역량을 동시에 보유한 국가로 정리될 수 있다. 이러한 특성은 피지컬 AI가 요구하는 칩, 센서, 로봇, 자율 시스템을 실제 환경에서 빠르게 시험하고 확산할 수 있는 구조적 강점에 해당하며, 각기 다른 강점을 지닌 AI 중견국과의 연대를 통해 상호보완적 협력 기회를 설계할 수 있는 토대가 된다.

먼저 독일은 제조업과 산업 자동화, 기계공학 기반이 강하고, 유럽 차원의 산업 표준과 규제 논의에서도 높은 영향력을 보유한 국가로 평가된다.\*<sup>13)</sup> 반면 한국은 세계 최고 수준의 로봇 밀도와 대규모 스마트 제조 현장을 기반으로 피지컬 AI를 빠르게 실증하고 확산할 수 있는 여건을 갖추고 있다. 이 두 강점을 연결할 경우, 한국의 대규모 현장 실증 역량을 독일의 엄격한 산업 안전 요구와 품질 기준, 표준화 경험과 결합해 제조 현장용 로봇 안전 시험 시나리오나 산업용 AI 품질 지표를 공동 설계하고, 이를 국제 표준화 기구에 공동 제안하는 접근이 가능하다. 이는 기술 성능 경쟁을 넘어 시장 채택을 좌우하는 규격과 평가의 언어를 선점한다는 점에서 전략적 의미를 가진다.

영국은 소프트웨어, 알고리즘, AI 거버넌스와 안전성 평가에서 국제적 영향력을 보유한 국가로, 최근에는 자율 시스템과 로봇을 포함한 AI 안전 논의를 선도하고 있다. 이러한 영국의 강점은 자율주행과 물류 자동화, 로봇 실증에서 빠른 실행력을 보이고 있는 한국의 상황과 보완적 관계를 이룬다. 에너지 효율과 실시간성이 피지컬 AI의 핵심 난제로 지적되는 상황에서, 한국의 칩과 하드웨어 기반 자율 시스템에 영국의 제어 소프트웨어와 알고리즘, 안전 평가 역량을 결합한 공동 연구개발과 실증 프로젝트를 추진할 수 있다. 나아가 자율주행과 물류 로봇에 적용 가능한 공통 안전 지표와 테스트 시나리오를 공동 개발해 국제 규범과 표준 논의로 확장하는 방식은 한영 협력의 실효성을 높이는 방향이 될 수 있다.

캐나다는 기초 연구와 인재 풀, 그리고 책임 있는 AI 담론에서 세계적으로 높은 신뢰를 확보한 국가로 평가된다. 이에 비해 한국은 의료 로봇과 서비스 로봇, 물류 로봇 등에서 산업 적용과 제도 실행, 실증 경험이 빠르게 축적되고 있다. 이러한 차이를 고려할 때, 캐나다의 기초 연구 역량과 윤리, 신뢰성 중심의 담론을 한국의 산업 적용 역량과 결합하는 협력 구상이 가능하다. 물류 로봇이나 의료 로봇, 인간 중심 서비스 로봇을 대상으로 연구자 교류와 공동 펀딩을 확대하고, 데이터와 알고리즘을 공동 활용하는 연구를 추진하는 한편, 평가와 인증의 국제적 상호운용성을 높이기 위한 신뢰성 지표를 공동 개발하고 확산시키는 노력은 양국의 강점을 효과적으로 연결하는 접점이 될 수 있다.

호주는 핵심 광물과 원자재 공급망에서 전략적 중요성이 크며, 인도 태평양 지역의 기술안보 협력에서도 중요한 파트너로 인식된다.<sup>\*13)</sup> 피지컬 AI가 센서와 모터, 배터리, 반도체 소재 등 안정적 공급망을 전제로 한다는 점을 고려하면, 이러한 호주의 강점은 제조와 하드웨어 중심의 피지컬 AI 생태계를 구축해 온 한국의 상황과 맞물린다. 원료와 부품 공급망 다변화, 품목별 위험 평가, 공동 비축 협력과 같은 의제는 한국의 피지컬 AI 확산을 중장기적으로 뒷받침하는 기반 협력으로 발전할 수 있다.

[표 01]

우리나라와 주요국 간  
상호보완적 협력 기회

|                                                                                     |                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|  | 한국의 제조 현장 실증 역량과 독일의 표준·규제 영향력을 결합하여 산업용 AI의 국제 표준을 선점              |
|  | 한국의 하드웨어·실행력과 영국의 소프트웨어·안전성 평가 기술을 연계하여 자율 시스템의 글로벌 안전 규범을 주도       |
|  | 캐나다의 기초 연구·AI 윤리를 한국의 산업 적용·서비스 로봇 실증 경험과 접목해 신뢰성 기반의 글로벌 인증 체계를 구축 |
|  | 호주의 핵심 광물 공급망을 확보함으로써 한국 제조·하드웨어 중심의 피지컬 AI 생태계 안정성을 강화             |
|  | 이스라엘의 고난도 혁신 기술과 한국의 제조 기반을 결합해 무인 시스템 등 고부가가치 기술의 상용화 간극을 해소       |

이스라엘은 국방과 보안, 사이버 분야에서 강점을 보유하고 있으며, 스타트업 중심의 혁신 생태계를 통해 고난도 기술의 상용화를 빠르게 추진해 온 경험을 축적하고 있다.\*<sup>13)</sup> 이에 비해 한국은 무인체계의 제도화와 제조 기반 확대에서 경쟁력을 갖추고 있으나, 기술 검증과 상용화 과정에서 부담이 큰 영역에서는 외부 협력의 필요성이 제기된다. 무인 시스템이나 센서 기반 자율 제어처럼 기술 난도가 높고 검증 비용이 큰 분야에서 공동 연구와 제품화 협력을 확대하는 방식은 한국의 제조 역량과 이스라엘의 혁신 역량을 결합해 기술 개발과 시장 투입 사이의 간극을 줄이는 데 기여할 수 있다.

### 중견국 협력을 통한 AI 주권 확보 전략

지금까지의 논의를 종합하면, 피지컬 AI는 단순한 차세대 기술이 아니라 디지털 인공지능과 물리 세계를 연결하며 산업 구조와 국가 경쟁력의 작동 방식을 재편하는 전환적 기술로 정리될 수 있다. 제조, 모빌리티, 물류, 의료, 국방, 서비스 전반에서 피지컬 AI는 생산성 향상과 안전성 제고, 공공가치 창출을 동시에 요구하며, 기술 경쟁은 알고리즘 성능을 넘어 실증 환경, 안전 기준, 책임성, 공급망 안정성까지 포괄하는 방향으로 확장되고 있다. 이러한 변화 속에서 피지컬 AI는 기술 그 자체보다 이를 구현하고 운영하며 신뢰를 부여하는 국가와 생태계의 역량이 핵심 경쟁요소로 부상하고 있다.

한국은 이 전환기에서 독특한 위치를 점하고 있다. 세계 최고 수준의 제조 기반과 로봇 도입 밀도, 반도체와 하드웨어 역량, 대규모 실증이 가능한 산업 현장, 그리고 빠른 제도화와 정책 집행 능력은 피지컬 AI 확산에 있어 분명한 구조적 강점이다. 동시에 알고리즘과 기초 연구, 글로벌 규범과 평가 체계 주도 측면에서는 여전히 보완이 필요한 영역이 존재한다. 이는 한국이 모든 주권 요소를 자급자족하는 전략을 추구하기보다 보완이 필요한 영역에서 글로벌 연대와 전략적 보완 관계를 구축하는 것이 현실적인 대안이 될 수 있음을 시사한다.

이러한 맥락에서 한국은 글로벌 AI 경쟁에서 슈퍼파워를 지향하기보다, 미들파워 가교국가로서의 전략적 포지션을 고려할 필요가 있다. 이는 기술 패권 경쟁에서 어느 한 쪽의 승리를 목표로 하기보다, 서로 다른 강점과 이해를 가진 중견국들을 연결하고 조정하며, 규범과 표준, 실증과 인증의 접점을 설계하는 역할을 수행하는 국가적 위상을 의미한다. 과거 타고르가 한국을 동방의 등불에 비유했던 것과 같이, 한국을 단순한 기술 우위가 아니라 주변을 비추고 연결하는 역할에 대한 은유로 재해석될 수 있다.

결국 피지컬 AI 시대 한국의 AI 주권 전략은 국내 역량 강화와 국제 연대를 이분법적으로 선택하는 문제가 아니다. 반도체, 로봇 핵심부품, 데이터와 실증 인프라를 강화하는 내부 기반 위에, 중견국 연대를 통해 표준과 규범, 평가와 신뢰를 공동으로 구축하는 외연 전략이 결합될 때, 한국은 글로벌 경쟁 환경 속에서 과도한 부담 없이도 지속 가능한 영향력을 확보할 수 있다. 슈퍼파워가 아닌 미들파워 가교국가로서, 기술과 국가, 산업과 규범을 연결하는 위치를 선점하는 것. 이것이 피지컬 AI 시대 한국이 선택할 수 있는 가장 현실적이면서도 전략적인 길이라 할 수 있다.

**최종화 연구위원**  
(과학기술정책연구원 혁신성장연구본부)



최종화 박사는 대한민국 과학기술정책연구원(STEPI)의 연구위원으로, 기술혁신정책과 공공행정정책의 교차 영역을 전문으로 연구하고 있다.

공공조달을 활용한 신기술 초기시장 창출에 관한 연구를 수행한 한국조달연구원을 시작으로, 분석 연구와 국가 차원의 정책 설계를 아우르는 경력을 쌓아왔다. 이후 STEPI에서 미래혁신전략본부장, 기획조정본부장을 역임하며 혁신조달 정책과 융합기술 전략을 총괄하고 국가과학기술기본계획을 주도하였다.

2023년부터 전략기술 글로벌 인텔리전스 네트워크 책임연구자로 활동하면서 글로벌 첨단기술분야의 싱크탱크와 공동연구를 진행하며 유사입장국간 가치동맹강화에 노력하고 있다.

## 참고문헌

- [1] World Economic Forum, Artificial Intelligence and the Future of Work, 2024.
- [2] LeCun, Y., "A Path Towards Autonomous Machine Intelligence," Meta AI Research, 2022.
- [3] Li, Y., Zhang, H., & Wang, J., "Distributed physical artificial intelligence: Architectures and applications," Robotics and Autonomous Systems, 2023
- [4] International Federation of Robotics, World Robotics 2023, 2023.
- [5] 과학기술정책연구원, 피지컬 AI 시대에 대응한 한영 주권 AI 협력 전략, 2025.
- [6] International Federation of Robotics, World Robotics 2025, 2025.
- [7] Ocado Group, Ocado Smart Platform: Robotics and AI-Driven Automated Warehousing Systems, 2025.
- [8] 산업통상자원부, 제4차 지능형 로봇 기본계획(2024-2028), 2024.
- [9] 국방부, 국방 인공지능(AI) 추진전략, 2022.
- [10] REAIM Summit, Call to Action on Responsible Artificial Intelligence in the Military Domain, 2023.
- [11] 산업연구원, 글로벌 로봇산업 동향과 한국 로봇산업 경쟁력 분석, 2024.



[12] 산업통상자원부, 온디바이스 AI 반도체 개발 추진전략, 2025.

[13] OECD, Artificial Intelligence, Robotics and the Future of Work, 2024.

[14] 시선AI, 피지컬 AI, 현실과 디지털의 경계를 허물다 (3) – Expected Effect, 2025.11.11.

[15] 뉴스1, K2 전차 끌고 장갑차·무인차 밀고…현대로템, 글로벌 수출 저변 확대, 2025.10.17.

[16] 인공지능신문, 엔비디아, 세계 최초 개방형 휴머노이드 로봇 파운데이션 모델 발표...아이작 GR00T N1'와 시뮬레이션 프레임워크 공개, 2025.03.19.

[17] 뉴스1, 피지컬 AI 시대, 제조업 기반 탄탄 韓에 찾아온 새로운 기회, 2026.01.04.



| 2026. 03. |

**발행** 한국로봇산업진흥원 산업정책팀

**문의** 김민성 선임(053-210-9938, kms0322@kiria.org)

**주소** (41496) 대구광역시 북구 노원로 77

※ 본 보고서의 내용 및 견해는 한국로봇산업진흥원의 공식 입장이 아닙니다.

본 보고서를 인용하실 경우 반드시 원문출처를 명시하여야 합니다.

『Robot Insights』는 KIRIA 홈페이지([www.kiria.org](http://www.kiria.org))를 통해서도 보실 수 있습니다.