

# 주요국 AI 로봇 경쟁력 분석과 시사점

## AI Robotics Industry Competitiveness and Its Implications in Major Countries

김문구 (M.K. Kim, mkkim@etri.re.kr)

기술경제연구실 책임연구원

### ABSTRACT

Driven by demographic shifts, escalating technological rivalry, and breakthroughs in embodied intelligence, artificial intelligence (AI) robotics has emerged as a pivotal strategic industry. This study employs the political, economic, social, and technological framework to analyze the structural drivers of the global AI robot market and utilizes Porter's diamond model to conduct a comparative analysis of the competitive advantages among the United States, China, Japan, the EU, and Korea. Our findings reveal that although the US dominates AI software platforms and China excels in terms of manufacturing scale, Korea possesses strengths in terms of high-precision manufacturing and robot density. However, Korea faces critical challenges, including limited vision-language-action model capabilities, reliance on imported core components, and a nascent startup ecosystem. To secure global competitiveness, this paper proposes five strategic pillars: establishing a national data infrastructure, accelerating semiconductor-robotics integration, developing proprietary robot foundation models, fostering a robust startup ecosystem, and spearheading international safety standardization.

**KEYWORDS** AI 로봇, PEST 분석, 산업경쟁력, 산업전략, 생태계 분석

## I. 서론

2025년 전후를 기점으로 AI 로봇은 연구 개발 단계를 벗어나 제조·물류 중심의 산업 현장 실증 단계로 진입하기 시작했다. 비용 하락과 기술 성숙에 따라 테슬라·유니트리 등 주요 기업이 휴머노이드 로봇의 양산 체계를 갖추면서 글로벌 출하량도 빠

르게 늘고 있다. 이처럼 AI 로봇이 산업 현장으로 확산되는 시점에서, 주요국은 이를 차세대 제조 경쟁력의 핵심 변수로 인식하고 기술 확보와 공급망 내재화에 속도를 내고 있다.

이러한 전환의 기술적 토대는 시각·언어·행동(VLA: Vision-Language-Action) 통합 모델의 등장과 고도화에 있다. AI 로봇은 비정형 환경 인식, 자연어

\* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2026.J.410304>

\* 본 연구는 한국전자통신연구원 기본사업의 일환으로 수행되었음[26ZF1110, ICT 기술전략 및 기술정책 연구].



기반 명령 이해, 상황 적응적 행동 수행 기능을 통합한 지능형 물리 시스템으로, 디지털 공간의 AI가 실제 물리 세계와 실시간으로 상호작용을 하며 과업을 수행하는 피지컬 AI(Physical AI)의 핵심 구현체로 주목받고 있다. 이는 사전 프로그래밍된 규칙 기반의 기존 산업용 로봇과 기능 범위 및 자율성 수준에서 구별되는 특성을 갖는다[1,2]. 적용 형태 역시 휴머노이드에 한정되지 않고 바퀴형·다족형·고정형 매니퓰레이터로 확장되고 있으며, 디지털 트윈 기반 합성 데이터 생성 기술의 발전이 학습 데이터 확보의 병목을 완화하며 이러한 전환을 가속화하고 있다[1,3].

기술 전환과 함께 수요 측면에서도 구조적 변화가 맞물리고 있다. 고령화에 따른 노동력 부족은 제조·물류·의료·돌봄 전반에서 자동화에 대한 지속적 수요 압력으로 작용하고 있으며[3-5], 비정형 환경 작업의 증가는 기존 자동화 설비로는 대응하기 어려운 새로운 수요 영역을 형성하고 있다. 기술 공급과 사회적 수요가 상호 강화하는 이 구조는 AI 로봇 시장의 중장기적 성장을 뒷받침하는 동시에, 이 분야를 선점하는 국가와 기업이 향후 제조업 경

쟁력의 판도를 좌우하는 핵심 변수로 작용한다.

이에 주요국은 각자의 산업 기반에 따라 서로 다른 경쟁 축을 형성하고 있다. 미국은 AI·SW 플랫폼과 반도체 역량을, 중국은 양산 규모와 가격 경쟁력을, 일본은 감속기 등 정밀 부품 경쟁력을, EU는 산업자동화 SW와 안전 규제 선도를 각각의 강점으로 삼고 있다. 그러나 이러한 국가별 접근 방식의 차이와 한국의 상대적 위치에 대한 체계적 분석은 아직 충분하지 않다. 이에 정책·경제·사회·기술(PEST) 분석을 통해 AI 로봇 부상의 구조적 동인을 파악하고, 포터 다이아몬드 모델을 적용하여 미국·중국·일본·EU·한국의 경쟁우위 요소를 비교함으로써 한국의 전략적 대응 방향을 도출하고자 한다.

## II. AI 로봇 부상의 주요 동인

AI 로봇의 부상은 정책·경제·사회·기술 네 영역의 동인이 동시에 작동하며 서로를 강화하는 구조에서 비롯된다. PEST 프레임워크를 적용하여 이를 분석하며, 주요 동인은 표 1과 같이 종합된다.

표 1 AI 로봇 부상의 정책·경제·사회·기술적 동인

구분	동인	주요 내용
정책(P)	기술패권 경쟁에 따른 전략 분야화 압력	<ul style="list-style-type: none"> <li>미·중 기술패권 경쟁으로 AI 로봇 공급망 자국화 압력 심화</li> <li>반도체 수출통제 등 기술 접근 제약이 독자 역량 확보 필요성 강화</li> <li>AI 로봇의 국가 전략 분야 지정 확산</li> </ul>
경제(E)	투자·기술·비용의 선순환에 따른 경제성 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>정부·민간 투자 확대가 기술 발전과 비용 하락 견인</li> <li>부품 표준화·학습곡선 효과로 제조원가 하락 가속</li> <li>도입 가능 기업·분야 범위 확대로 시장 성장 가속</li> </ul>
사회(S)	고령화·노동력 부족에 따른 자동화 수요 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>고령화·저출산에 따른 돌봄·제조·물류 인력 감소</li> <li>비정형 환경 작업 증가로 기존 자동화 설비의 한계 노출</li> <li>고위험 작업 대체 및 비대면 서비스 수요 확대</li> </ul>
기술(T)	로봇 지능의 빠른 진화와 정밀공학 기술의 발전	<ul style="list-style-type: none"> <li>LLM·VLA 모델 등으로 비정형 환경대응 로봇 지능 향상</li> <li>합성 데이터·디지털 트윈 기술로 지능 고도화 가속</li> <li>모터·감속기·센서 등 핵심부품의 소형화·고성능화로 물리적 구현 향상</li> </ul>

출처 본문을 참고하여 저자 직접 작성

## 1. 정책(P): 기술패권 경쟁과 전략분야화 압력

미·중 기술패권 경쟁이 심화되면서 반도체·센서·SW 등 AI 로봇 핵심 구성 요소의 공급망 자국화 여부가 경제안보의 핵심 변수로 부상하고 있다. 특히 미국의 대중 반도체 수출통제는 고성능 AI 연산 자원에 대한 접근을 제약함으로써 각국이 독자적인 AI 로봇 역량을 확보해야 한다는 압력을 강화하고 있다[6-8]. 이러한 지정학적 압력이 배경이 되어 주요국은 AI 로봇을 단순한 산업 장비가 아닌 기술 주권·산업경쟁력·사회문제 대응이 결합된 전략 분야로 지정하고 정책 지원을 집중하고 있다. 그 결과 미국의 민간 혁신 생태계 육성, 중국의 거국체제, EU의 규제·표준 선점, 일본과 한국의 정책 구체화 등 접근 방식은 다르지만, AI 로봇을 전략 대상으로 다루고 있다는 점은 주요국에서 공통으로 나타나며[2,9-12], 이는 AI 로봇 산업의 성장을 정책적으로 뒷받침하는 기반이 되고 있다. 한편, 비정형 환경에서의 로봇 학습 데이터 수집을 둘러싼 개인정보보호 규범과 규제 방식의 정비 역시 주요국 공통의 정책 과제로 부상하고 있다.

## 2. 경제(E): 투자확대-비용하락의 선순환 구조

AI 로봇에 대한 정부와 민간 투자가 최근 수년간 큰 폭으로 증가하면서[13], 기술 발전이 가속화되고 부품 표준화와 생산 효율화를 통한 제조비용 하락이 동시에 진행되고 있다. 로봇 산업에는 누적 생산량이 늘어날수록 단위비용이 하락하는 학습곡선 효과가 나타나며[14], 액추에이터·센서 등 핵심 부품의 대량 생산과 표준화가 이 하락을 이끄는 주된 경로로 작용하고 있다[15]. 비용 하락은 AI 로봇 도

입의 경제적 타당성을 높여 적용 가능한 기업과 분야의 범위를 넓히고, 이는 다시 수요 확대와 추가 투자로 연결된다. 이처럼 투자 확대가 기술 발전과 비용 하락을 이끌고, 비용 하락이 다시 수요 확대와 투자로 이어지는 선순환 구조가 형성되면서 AI 로봇의 진화와 상용화가 빠르게 앞당겨지고 있다[3,13].

## 3. 사회(S): 고령화와 노동력 부족 대응 수요

고령화와 저출산으로 인한 노동력 감소는 AI 로봇에 대한 수요를 일시적 현상이 아닌 구조적 흐름으로 만드는 핵심 사회적 배경이다. 일본은 전체 인구의 30% 가까이가 고령층이며, 한국의 합계출산율은 OECD 최저 수준으로 생산가능인구 감소가 빠르게 진행되고 있다[10]. 미국·독일·중국 역시 제조·물류 현장의 구인난과 기피 업종 확대가 심화되고 있다[3,4]. 이러한 인력 공백이 확대될수록 기존 자동화 설비로는 대응하기 어려운 비정형 작업 영역이 넓어지면서, AI 기반 로봇에 대한 현실적 수요가 구체화되고 있다[3,4]. 여기에 고위험 작업 환경에서의 안전 확보 필요성과 비대면 서비스 수요 확대가 더해지면서, AI 로봇의 적용 영역은 제조 현장을 넘어 돌봄·서비스·물류 등 다양한 분야로 확장되고 있다[15].

## 4. 기술(T): 로봇지능과 정밀공학의 발전

AI 로봇의 부상을 가능하게 한 기술적 배경은 SW와 HW 양면에서 동시에 진행되고 있다.

SW 측면에서는 AI 기술의 빠른 진화가 로봇 지능 수준을 임계점 수준으로 끌어올리고 있다. 기존 로봇은 사전 프로그래밍된 규칙에 따라 작동했기 때

문에 환경 변화에 대한 적응이 어려웠다. 그러나 거대언어모델(LLM) 기반 기술이 로봇 제어에 접목되면서 자연어 이해와 상황 판단 능력이 빠르게 향상되었고, VLA 모델은 단순 동작 정확성을 넘어 비정형 환경 적응성과 다양한 로봇 형태로의 범용화 방향으로 빠르게 진화하고 있다[1,12]. 이는 정해진 작업만 반복하던 로봇이 비정형 환경에서도 스스로 판단하고 대응할 수 있는 수준으로 진화하고 있음을 의미한다. 아울러 가상환경에서 학습한 결과를 실제 로봇에 적용하는 기술과 디지털 트윈 기반 합성 데이터 생성 기술의 발전이 학습 데이터 확보의 병목을 완화하며 로봇지능 고도화를 뒷받침하고 있다[1,3].

HW 측면에서는 정밀공학 기술의 발전이 AI 지능을 물리 세계에서 구현하는 기반을 강화하고 있다. 로봇의 물리적 동작 수준은 구동 부품의 성능에 직결되는데, 모터 · 감속기 · 센서 등 핵심 부품의 소형화 · 경량화 · 고성능화가 빠르게 진행되면서 로봇의 동작 정밀도와 에너지 효율이 높아지고 있다[13]. 특히 산업용 로봇 분야에서 수십 년간 축적된 정밀 제조 기술이 휴머노이드 로봇으로 이전되면서 상용화에 필요한 신뢰성과 내구성 확보가 빨라지고 있다.

SW 지능의 빠른 진화와 HW 정밀공학의 발전이 결합되면서, AI 로봇은 실험실 수준의 시연을 넘어 실제 산업 현장에 투입 가능한 수준으로 발전하고 있다.

### III. 주요국의 AI 로봇 정책 및 산업 전략

AI 로봇 분야에서 주요국의 지향과 접근 전략은 각국의 산업 기반, 정책 방향, 사회 · 경제적 환경에 따라 뚜렷하게 구별된다.

## 1. 미국: 민간주도 혁신과 SW 플랫폼 선점

미국은 정부가 기초연구 지원과 전략적 조정자 역할을 담당하고, 민간 빅테크가 혁신을 주도하는 구조를 유지하고 있다. 국가 로보틱스 이니셔티브(NRI 3.0)와 DARPA 프로그램이 기초 역량 형성을 지원하는 가운데[11], NVIDIA · Tesla · Figure AI · Google DeepMind · Boston Dynamics 등 빅테크와 스타트업이 치열하게 경쟁하며 기술 발전을 이끌고 있다[1,17]. 특히 ROS와 NVIDIA Isaac 플랫폼이 글로벌 개발자 커뮤니티를 흡수하는 구조는 로봇 산업에서도 SW 플랫폼 중심의 시장 지배 구조가 형성될 가능성을 시사하며, 이는 독자적 플랫폼을 보유하지 못한 국가에 구조적 종속 위험으로 작용할 수 있다[11]. 일부 선도 기업들(Tesla, Figure AI 등)은 산업 현장 실증을 AI 학습 데이터 확보의 전략적 경로로 활용하며, 현장 데이터가 모델 고도화와 시장 지배력 강화로 순환하는 데이터 플라이휠 구조를 형성하고 있다[11,12]. NVIDIA는 칩 · 시뮬레이션 · 파운데이션 모델을 결합한 통합 인프라로 개발자 커뮤니티를 플랫폼 안으로 흡수하며 SW 계층의 고부가가치 독점 구조를 선제적으로 구축하고 있다[11]. 이러한 SW와 플랫폼 지배력을 핵심 경쟁 축으로 삼는 전략은 제조 공급망을 앞세우는 중국, 규제 · 표준 선점을 경쟁 수단으로 삼는 EU와 본질적으로 구별된다.

## 2. 중국: 국가주도 육성과 제조 공급망 활용

중국은 정부 주도의 거국체제(學國體制)를 통해 AI 로봇 분야를 집중적으로 육성하고 있다. 2023년 ‘휴머노이드 혁신발전 지도의견’ 발표에 이어 2026년 확정된 15차 5개년 계획에 체화지능을 6대 핵심 산업으로 포함하면서 육성 의지를 재확인했다

[6,18,19]. 중국 내 개발·제조기업이 140개를 상회하고[19], 2025년 신규 출시 모델의 약 70%가 중국 기업 제품이었다[20]. 중국 기업들은 EV·배터리 분야에서 축적된 모터·전력전자 기술을 로봇 구동계로 이식하며 원가 경쟁력을 확보하는 한편[6,16], AgiBot 등 일부 기업은 대규모 실제 작업 시나리오를 오픈소스로 공개하며 학습 데이터 선점에도 나서고 있다[16]. 이는 미국의 SW 플랫폼 중심 전략과 달리 HW 공급망 기반 경쟁에 무게를 둔 접근이다. 다만, 중국산 로봇의 보안 취약점 문제가 제기되면서[21] 글로벌 시장 진입에 구조적 제약으로 작용할 가능성이 있다.

### 3. 일본: 사회문제 해결과 핵심부품 경쟁력

일본은 고령화·인구 감소 문제 해결을 정책의 핵심 방향으로 설정하고, 문샷 R&D 프로그램을 통해 인간-로봇 공생 사회 구현을 중장기 목표로 추진하고 있다[22]. Harmonic Drive Systems의 정밀 감속기, Fanuc·Yaskawa 등 주요 기업의 산업용 로봇 경쟁력은 여전히 세계 최고 수준이며[4], 수십 년에 걸쳐 축적된 제조 신뢰성은 핵심 자산으로 기능하고 있다. 다만, 완제품 경쟁력 측면에서는 미·중에 비해 고전하는 양상이 나타나고 있다. 부품 기술력 유지와 투자 효율성을 고려해 범용 휴머노이드 경쟁보다 재난 대응·소량 생산 공정 등 특화 영역으로 선회하는 전략을 취하고 있으며[22], 이는 정밀 부품 공급자로서의 위치를 강화하는 방향으로 귀결될 가능성이 크다.

### 4. EU: 규제·표준 선점과 정밀공학 기반

EU는 ‘로봇이 인간을 대체가 아닌 보완해야 한다’라는 철학을 바탕으로 윤리적·법적 기준 마련

을 선도하고 있다. AI Act 발효는 세계 최초의 포괄적 AI 규제로 위험도 분류에 따른 단계별 의무를 부과하며[23], 기계류 규정은 로봇을 포함한 기계류 안전 프레임워크를 재정비하고 있다. ‘호라이즌 유럽’을 통해 2021~2027년간 935억 유로 규모의 R&D를 지원하며, 독일은 Robotics Institute Germany(RIG) 출범을 통해 산학 협력 기반을 강화하고 있다[5]. 유럽 기업들은 협동 로봇(Cobot) 시장에서 강세를 보이고 있으며, 규제 프레임 선점이 글로벌 시장에서의 기술 기준으로 작용하는 구조가 형성되고 있다.

## 5. 한국: 제조 기반을 바탕으로 산업 전환

한국은 제조업 로봇 밀도 세계 1위라는 독보적 활용 역량을 기반으로 AI 로봇 분야로의 전환을 추진하고 있다[4]. 반도체·디스플레이 등 정밀 공정에서 축적되는 고품질 실증 데이터는 단순 규모 중심의 데이터와 구별되는 자산으로 VLA 모델 학습에 전략적으로 활용될 가능성이 있다[1]. ‘제4차 지능형 로봇 기본계획’(2024~2028)과 K-휴머노이드 연합 출범을 통해 공용 AI 모델 개발, AI 반도체·배터리 연계, 스타트업 양성 등 5대 과제를 추진하고 있다[10]. 현대차그룹의 구글 딥마인드와의 AI 파운데이션 모델 파트너십 체결, 삼성전자의 레인보우로보틱스 지분 투자 등 대기업 진입이 가속화되고 있다[24,25]. 다만, 대기업 중심 구조는 빠른 자원 투입에는 유리하지만 기술 다양성과 혁신 속도 측면에서는 제약으로 작용할 수 있어, 스타트업 생태계 조성 중요한 과제로 남아 있다[25].

이상의 분석을 종합하면, 주요국의 AI 로봇 전략은 산업 기반과 정책 환경에 따라 상이한 경쟁 경로를 형성하고 있으며, SW·제조·부품·규제·실증 중심으로 분화된 다극적 경쟁 구조가 나타나고 있다. 이를 정책 거버넌스·정책 수단·AI 로봇 산업

표 2 주요국 AI 로봇 정책·산업 전략 비교

구분	미국	중국	일본	EU	한국
정책 거버넌스	민간 주도·정부 전략적 조정	국가 주도 거국체제	고령화 대응 사회문제 해결형	규제·표준 선점형	민관 협력 기본계획
정책 수단	NRI 3.0, DARPA 로봇 프로그램	정책금융·지방 정부 클러스터 지원	문샷 R&D, 중장기 로드맵	AI Act, 호라이즌 유럽, RIG(독일)	4차 지능형 로봇 기본계획, K-휴머노이드 연합
AI 로봇 산업전략	AI 파운데이션 모델·SW 플랫폼 선점	공급망 내재화·EV 기술 이식	핵심 구동 부품 경쟁력 유지	협동 로봇·글로벌 안전 표준 주도	제조 기반 수직계열화·AI 모델·부품 자립화
대표 기업	NVIDIA, Tesla, Figure AI, Boston Dynamics	Unitree, UBTEch, AgiBot	Fanuc, Yaskawa, Harmonic Drive	KUKA, Universal Robots, ABB	현대차+Boston Dynamics, 삼성+레茵보우 로보틱스

출처: 본문을 참고하여 저자 직접 작성

전략·대표 기업 축으로 요약하면 표 2와 같다.

#### IV. 주요국 AI 로봇 산업경쟁력 분석

마이클 포터(Michael Porter)의 다이아몬드 모델은 요소 조건, 수요 조건, 관련·지원 산업, 기업 전략·구조·경쟁의 네 가지 결정 요인과 정부 역할을 통해 국가 산업경쟁력을 분석하는 프레임워크이다[26]. 기술·정책·산업이 복합적으로 얽혀 있는 AI 로봇 분야의 경쟁력 구조를 파악하는 데 유용한 분석 틀을 제공한다. 이 장에서는 동 모델을 적용하여 5개국의 AI 로봇 경쟁력 결정 요인을 비교 분석한다.

##### 1. 요소 조건

요소 조건은 인적 자원, 기술 인프라, 자본 등 산업 경쟁력의 기초가 되는 생산 요소를 의미한다. AI 로봇 분야에서는 AI SW 인재, 핵심 부품 기술, 학습 데이터, 반도체·배터리 등 HW 역량이 핵심 요소 조건으로 작용한다. 중요한 것은 이러한 요소 자산이 단독으로 존재하는 것이 아니라, 어떻게 AI 로봇

경쟁력으로 전환되느냐에 있다.

미국은 스탠퍼드·MIT·카네기멜론 등 세계 수준의 연구대학과 실리콘밸리 생태계가 결합하여 AI 파운데이션 모델 분야의 최고급 인재 공급 기반을 형성하고 있다. 주목할 점은 NVIDIA가 칩 공급자를 넘어 로봇 개발 전 주기를 관통하는 플랫폼 사업자로 진화하고 있다는 것으로[11], 이미 다수의 로봇 기업이 NVIDIA 인프라 없이는 개발 자체가 어려운 구조적 의존 관계가 형성되고 있다. 이는 가치 사슬에서 SW·플랫폼 계층이 고부가가치를 독점하고, HW 제조 역량만을 보유한 국가의 부가가치가 구조적으로 낮아지는 위험으로 이어질 수 있다. 다만, 현장 데이터 확보 측면에서는 한국·일본·독일 등에 비해 상대적으로 불리한 조건에 있다[4].

중국은 세계 최대 규모의 제조 현장과 실증 환경을 데이터 자산으로 보유하고 있으며, EV·배터리 산업에서 축적된 부품 내재화 역량이 로봇 구동계로 이식되면서 핵심 부품의 가격 경쟁력을 빠르게 확보하고 있다[6,12]. 다만, 미국의 첨단 반도체 수출통제로 인한 AI 연산 자원 접근 제약은 파운데이션 모델 고도화에 구조적 제한 요인으로 작용하고 있다.

일본은 Harmonic Drive Systems의 정밀 감속기, Nabtesco의 사이클로이드 감속기, 야스카와 등의 서보모터 분야에서 강한 경쟁우위를 보유하고 있으며, 수십 년에 걸쳐 축적된 제조 신뢰성과 품질 표준이 핵심 무형 자산으로 기능한다. 다만, AI SW · VLA 모델 역량 축적이 상대적으로 제한적이며, SW 중심으로 재편되는 AI 로봇 시대에 이 간극이 경쟁력 약화 요인으로 이어질 가능성이 있다[1,2].

EU는 Infineon · STMicroelectronics · NXP 등 유럽계 반도체 · 센서 기업과 정밀공학 전통을 기반으로 안전하고 정밀한 로봇 시스템 구현에 유리한 조건을 갖추고 있으나[5,23], AI SW 분야에서의 상대적 열위는 지능 SW와 HW의 통합 역량 측면에서 보완이 필요한 지점이다.

한국은 삼성전자 · SK하이닉스의 HBM · AI 반도체 제조 역량과 LG에너지솔루션 · 삼성SDI의 배터리 기술이 AI 로봇과의 수직 통합 측면에서 높은 잠재력을 지닌다[10]. 국내 팹리스 기업들이 로봇 구동에 특화된 저전력 고성능 NPU 개발을 본격화하고 있다는 점은[12,25], HBM · 배터리로 이어지는 국내 HW 수직계열화 경로가 AI 로봇 전용 칩 영역까지 확장될 가능성을 시사한다. 반면 AI SW · VLA 모델 개발을 이끌 전문 인재 부족과 핵심 구동 부품의 해외 의존은 구조적 과제로 남아 있다[1,10]. 미국의 SW 중심 요소 구조와 중국의 제조 · 데이터 중심 구조가 상이한 경쟁 경로를 형성하는 가운데, 한국은 반도체 · 배터리라는 HW 강점을 AI 로봇 역량으로 전환하는 것이 요소 조건 측면의 핵심 과제다.

## 2. 수요 조건

수요 조건은 국내 시장의 규모와 질적 수준이 산업 경쟁력에 미치는 영향을 의미한다. AI 로봇 분야

에서는 단순한 시장 규모보다 수요의 다양성과 기술적 요구 수준이 혁신의 방향과 속도를 결정하는 핵심 변수로 작용한다.

미국은 물류 · 제조 · 항공우주 산업의 고도화된 기술 요구가 기술 발전을 유도하는 중요한 요인으로 작용하고 있다. 산업 현장의 높은 기술 요구 수준은 미국 AI 로봇 기업들이 지속적으로 성능을 개선하는 환경을 형성하며, 이는 SW 중심의 혁신과 맞물려 기술 선도 구조를 강화하는 기반이 된다.

중국은 세계 최대 제조 시장을 기반으로 압도적인 내수 규모를 실현하고 있다[4,6]. 전 세계 신규 로봇 설치의 50%를 상회하며[4], 방대한 제조 현장은 AI 로봇의 대규모 실증 환경으로 기능하고 있다. 다만, 이 데이터 자산의 가치는 규모에 있으며, 공정의 정밀도와 품질 측면에서는 별도의 평가가 필요하다.

일본은 고령화 · 돌봄 위기라는 구체적인 사회적 수요가 서비스 로봇 시장을 지속적으로 견인하고 있다[22]. 이러한 수요는 서비스 로봇 분야에서의 기술 특화를 가속화하는 동인으로 기능하며, 사회적 필요와 기술 개발이 긴밀하게 연결되는 구조를 형성하고 있다.

EU는 안전 · 윤리 기준을 충족하는 고품질 로봇에 대한 수요가 강한 시장 환경을 형성하고 있다. 이러한 까다로운 수요 구조는 유럽 기업들이 글로벌 안전 기준 형성에 영향을 미치는 데 유리한 조건을 제공하며, AI Act 등 규제 환경과 시장 수요가 상호 강화하는 구조를 이루고 있다[5,23].

한국은 세계 최고 수준의 로봇 밀도에서 확인되듯 산업 현장의 로봇 수용성이 높고, 자동차 · 반도체 · 디스플레이 등 첨단 산업의 고도화된 수요가 기술 발전을 자극하는 환경이 조성되어 있다[4,10]. 특히 반도체 클린룸과 같이 이물질 오염을 최소화해야 하는 극도로 정밀한 환경의 수요는 로봇의 신

뢰성과 정밀도를 높은 수준으로 끌어올리는 요인으로 작용한다[12]. 이 과정에서 축적되는 고정밀·고품질 실증 데이터는 단순한 규모 중심의 데이터와 구별되는 차별적 자산으로, VLA 모델 학습에 활용될 가능성이 높은 자원이다[1].

### 3. 관련·지원 산업

관련·지원 산업은 해당 산업과 연계된 후방 산업 및 생태계의 수준을 의미한다. AI 로봇은 반도체·SW·배터리·정밀기계 등 다양한 산업이 교차하는 융합 분야로, 후방 산업 간 연계의 긴밀성이 경쟁력의 질을 결정한다.

미국은 NVIDIA·Google·Amazon·Microsoft 등 세계 최고 수준의 빅테크 SW 생태계와 활발한 VC 투자가 AI 로봇 개발의 강력한 지원 기반을 형성한다[1,17]. ROS와 NVIDIA Isaac 플랫폼이 오픈소스 기반으로 전 세계 개발자 커뮤니티를 흡수하는 구조는 플랫폼 중심으로 글로벌 개발 역량이 집결되는 구조로 이어질 가능성이 있다.

중국은 EV·배터리 산업에서 축적된 모터·배터리·전력전자 기술이 로봇 구동계로 연결되는 구조를 형성해 가고 있다[6]. 서보모터·감속기·다관절 핸드 등 핵심 부품의 자체 생산과 EV용 기성 부품의 로봇 전용화를 통해 원가 경쟁력을 높이고 있으며[6,12], 부품부터 완성품까지 클러스터 내에서 해결하는 수직 통합이 빠르게 진행되고 있다.

일본은 Harmonic Drive·Nabtesco 등 정밀 부품 기업과 Fanuc·Yaskawa·Epson·Kawasaki 등 주요 로봇 제조사가 강한 산업 클러스터를 형성하고 있어, 부품-로봇 간 기술 연계와 품질 관리가 원활하게 이루어지는 구조적 강점을 보유하고 있다.

EU는 KUKA·Universal Robots 등 유럽 기업군 이 협동 로봇 시장에서 강세를 보이고 있으나[5], 자

동차 산업 중심의 생태계 구조로 인해 휴머노이드 전용 생태계는 아직 형성 초기 단계에 머물러 있다[12]. 안전 규제와 시장 수요가 상호 강화하는 구조 속에서 인간-로봇 협업 환경에 특화된 생태계를 갖추어 가고 있다.

한국은 AI 반도체·배터리·자동차 분야의 세계 수준 후방 산업이 AI 로봇과의 수직 통합 잠재력을 시사한다. 특히 HBM 등 고성능 메모리와 로봇 전용 NPU, 그리고 로봇 시스템으로 이어지는 HW 수직 계열화 경로는 AI 로봇의 실시간 온디바이스 처리 역량을 확보하는 차별적 강점이 될 수 있다[12,25]. 전장·모바일 부품 분야에서 축적된 감속기·액추에이터 기술을 보유한 국내 중견 부품기업들이 로봇용 부품 시장에 진입하고 있다는 점도 이 생태계를 구체화하는 흐름이다[25]. 다만, 이 잠재력이 실현되기 위해서는 핵심 구동 부품의 국산화라는 연결고리를 완성하는 것이 중요한 과제로 남아 있다.

### 4. 기업 전략·구조·경쟁

기업 전략·구조·경쟁은 국내 기업들이 어떤 전략 아래 경쟁하며 혁신을 창출하는가를 의미한다. AI 로봇 분야에서는 SW와 HW가 동시에 빠르게 진화하는 구조상, 대기업과 스타트업이 상호 보완적으로 경쟁하는 생태계가 효과적인 혁신 환경을 형성하는 경향이 있다.

미국은 빅테크와 스타트업 간 치열한 경쟁이 기술 발전을 가속화하고 있으며[1,17], 커뮤니티 중심의 오픈 모델과 기업 전용 플랫폼이 공존하는 구조는 기술 표준화와 생태계 다양성을 동시에 뒷받침하고 있다.

중국을 거국체제 아래 규모 기반 전략을 추진하며, 전 세계 신규 로봇 설치의 50%를 차지하고 4년

연속 과반을 유지하는 등 HW 시장에서 강력한 경쟁 압력으로 작용하고 있다[4,6,7]. 미국과 중국이 각각 SW 플랫폼과 제조 공급망을 핵심 경쟁 축으로 삼는 반면, 일본은 고신뢰성 산업용 분야에 특화하고[4], EU는 인간 중심 안전 원칙을 차별화 요소로 활용하는[5] 점진적 전략을 취하고 있다. 다만, 일본과 EU 모두 스타트업 생태계가 상대적으로 약해 기술 변화 대응 속도가 제한될 수 있다.

한국은 현대차그룹·삼성전자 등 대기업의 M&A와 직접 투자가 주도하는 구조로, 빠른 자원 집중과 글로벌 네트워크 확보 면에서 강점이 있다[24]. 보스턴 다이내믹스를 통한 휴머노이드 실증이 아직 제한적 수준이며[11], 스타트업 생태계가 미흡해 기술 혁신의 다양성과 속도 면에서 보완이 필요하다. 다만, 최근 대기업들이 개방형 혁신을 통해 스타트업과의 협업을 확대하려는 시도가 늘고 있다는 점은 이 구조적 한계를 완화하는 흐름으로 볼 수 있다[25].

## 5. 정부 역할

정부 역할은 네 가지 결정 요인 전반에 영향을 미치는 촉진자 또는 조정자로서의 기능을 의미한다. AI 로봇과 같이 기술 개발 초기 단계에 있는 분야에서는 정부 개입의 방식과 성격이 산업 경쟁력 형성에 중요한 변수로 작용한다.

미국은 민간 혁신 생태계에 대한 간접 지원 방식을 취하고 있다. 정부가 기초연구와 전략적 방향 설정에 집중하고 실질적 혁신은 민간에 위임하는 이 구조는 빠른 기술 발전과 다양한 혁신 시도를 가능하게 하는 동력으로 작용한다. 동시에 수출통제를 자국 기술 우위를 유지하는 전략적 수단으로 활용하고, 동맹 중심의 공급망 재편을 추진하고 있다.

중국은 중앙정부의 전략·표준·금융 지원과 지방정부의 실증·클러스터 조성이 유기적으로 연계된 직접 개입 방식을 취한다[6,7]. 이 이원적 추진 구조는 기술 자립화와 대규모 상용화를 동시에 추진

표 3 다이아몬드 모델 기반 AI 로봇 주요국 경쟁력 비교

요인	미국	중국	일본	EU	한국
요소 조건	AI·SW 인재, SW 플랫폼 자산	제조 현장 데이터, 부품 조달 및 내재화 역량	정밀 구동 부품 기술 자산	정밀공학 전통, 반도체·센서 산업 기반	HBM·AI 반도체·배터리, 고정밀 실증 데이터 잠재력
수요 조건	물류·제조·항공우주 고도화 수요	대규모 제조 현장 중심 수요	고령화 기반 서비스 로봇 수요	안전·윤리 기준 중심 수요	고정밀 첨단 공정 중심 수요
관련·지원 산업	빅테크·오픈 소스 SW 생태계	EV·배터리 기반 구동계 기술 연계 구조	정밀 부품·로봇 제조사 클러스터	협동 로봇 중심 유럽 산업 생태계	반도체·배터리·자동차 후방 산업 연계 잠재력
기업 전략·경쟁	민간·스타트업 혁신 창출 구조	거국체제 기반 규모 경쟁 전략	고신뢰성 전문용 분야 특화 전략	인간·로봇 협업 중심 안전 표준 선도	대기업 M&A 주도·스타트업 연계 구조 미흡
정부 역할	간접 지원·기술 우위 수출통제·동맹 공급망 재편	직접 개입·정책금융·중앙·지방 이원 추진	장기 로드맵 제시·R&D 지원·정책 일관성 유지	규제 프레임 선도·R&D 지원·표준화 주도	민관 합동 투자·실증 인프라 구축·공용 모델 개발
상대적 강점 영역	Brain (AI·SW)	Scale (제조·공급망)	Body (핵심 부품)	Regulation (규제·표준)	Usage (활용·실증)

출처 본문을 참고하여 저자 직접 작성

할 수 있는 조건을 형성하고 있으나, 시장 자율성보다 정책 의존도가 높아지는 구조적 리스크도 내재하고 있다.

일본은 중장기 로드맵과 문샷 R&D 프로그램을 통해 정책의 일관성을 유지하며[2], 산업 생태계의 안정적 발전을 지원하고 있다. EU는 AI Act와 호라이즌 유럽을 통해 규제 프레임에 경쟁 요소로 활용하는 구조를 형성하고 있으며[5,23], 이는 글로벌 시장에서 기술 진입장벽으로 작용할 가능성이 있다.

한국은 제4차 지능형 로봇 기본계획(2024~2028)을 통해 민관 합동 투자와 인프라 구축을 추진하며, K-휴머노이드 연합 출범을 통해 공용 AI 모델 개발에 나서고 있다[10]. 규제 샌드박스를 활용한 실외 주행·배송 로봇 실증 확대도 병행되고 있어, 세계 최고 수준의 제조 기반이 AI 로봇 실증 환경으로 연결되는 구조가 형성되고 있다. 다만, 이러한 강점이 실질적 경쟁우위로 전환되기 위해서는 민간 생태계와의 연계를 지속적으로 강화하는 것이 핵심 과제로 제기된다.

이상의 주요국은 AI 로봇 분야에서 각자의 강점이 뚜렷하게 구별된다. 미국은 AI·SW(Brain), 중국은 제조·공급망(Scale), 일본은 핵심 부품(Body), EU는 규제·표준(Regulation), 한국은 산업 활용·실증(Usage) 측면에서 상대적으로 앞서 있으며, 이상의 내용을 요약하면 표 3과 같다.

## V. 국내 대응 방향 및 시사점

포터 다이아몬드 모델을 적용하여 분석한 바와 같이, 국내는 세계 최고 수준의 로봇 활용 밀도, 반도체·배터리 분야의 글로벌 제조 역량, 첨단 공정 기반의 고품질 실증 데이터 잠재력이라는 고유한 자산을 보유하고 있다. 여기에 인구 감소에 따른 자동화 수요의 구조적 확대와 미국이 공급망에서 제조 협력

동맹국을 필요로 하는 지정학적 환경은 국내에 유리한 기회 조건을 형성하고 있다[8,9]. 그러나 이러한 강점이 AI 로봇 분야의 실질적 경쟁우위로 전환되기 위해서는 VLA 기반 SW 역량 부족, 핵심 구동 부품의 해외 의존, 스타트업 생태계 미성숙이라는 구조적 취약점의 보완이 필요하다. 이상의 분석을 바탕으로 대응 방향을 제시하면 다음과 같다.

### 1. 국가 로봇 실증 데이터 자산의 전략적 구축

VLA 모델 고도화의 핵심 요소 중 하나는 대규모 고품질 학습 데이터의 확보이다. 국내는 세계 최고 수준의 로봇 밀도를 바탕으로 자동차·반도체·물류·의료 등 다양한 산업 현장에서 고정밀 실증 데이터를 축적할 수 있는 유리한 위치에 있다[1]. 특히 반도체·디스플레이 공정과 같이 극도로 정밀하고 청정한 환경에서 생성되는 데이터는 중국의 양적 규모 중심 데이터와 구별되는 차별적 자산이다. 그러나 이 잠재력이 실질적 경쟁력으로 전환되기 위해서는 두 가지 선결 조건이 충족되어야 한다. 하나는 비정형 환경 데이터 수집을 가로막는 제도적 제약의 완화이며, 다른 하나는 산업별 데이터 형식·품질 기준의 표준화와 저작권·개인정보보호 가이드라인의 조기 정비이다[10,12]. 이를 기반으로 국가로봇테스트필드를 단순 성능 검증 공간이 아닌 실증 데이터 생산·공유의 개방형 인프라로 전환하는 것이 이 전략의 핵심 실행 수단이 된다[10].

### 2. 반도체-로봇 수직계열화 및 핵심부품 자립화

국내의 가장 차별화된 잠재력은 세계 최고 수준의 반도체 기술력을 AI 로봇과 연결하는 수직계열

화 경로에 있다. HBM·NPU 기술을 로봇 전용 AI 칩으로 확장하고 VLA 모델에 최적화된 HW 가속기를 국내 로봇 제조사에 공급하는 것은, NVIDIA 중심 플랫폼 종속에 대응하는 동시에 HW 단가 경쟁력을 확보하는 이중 효과를 가진다[11,25]. 이는 미국 파운데이션 모델 플랫폼에 대한 구조적 종속 가능성을 완화하는 동시에, 국내 반도체 역량이 AI 로봇 가치사슬에서 실질적 경쟁우위로 전환되는 경로이기도 하다.

핵심 구동 부품의 국산화는 이 수직계열화 경로를 완성하는 연결고리다. 특히 제어 시스템은 시장 성장성과 공급망 리스크 측면에서 국산화 우선순위가 가장 높은 품목으로[20], 전장·모바일 부품 분야에서 축적된 국내 중견 부품기업들의 기술 역량을 로봇 전용으로 전환하는 것이 현실적인 접근 경로가 된다. 아울러 로봇 구동 시간을 결정하는 전용 배터리 기술 확보도 중요한 과제로, 세계 수준의 배터리 역량을 로봇 전원 요구 사항에 최적화하는 기술 전환이 요구된다[25]. 한편, 감속기용 희토류 등 핵심 원자재의 중국·일본 편중 의존도가 높다는 점은 공급망 리스크로 남아 있으며, 원자재 조달 다변화와 대체 소재 개발을 병행하는 전략이 필요하다[10].

### 3. 로봇 파운데이션 모델 개발과 AI SW 역량 확충

국내의 가장 심각한 구조적 취약점은 VLA 기반 AI SW 역량의 부족이다. 미국이 로봇 파운데이션 모델을 주도하고 중국이 빠르게 추격하는 가운데, 독자적 모델을 보유하지 못할 경우 글로벌 AI 로봇 개발 생태계에서 플랫폼 종속 가능성이 현실화될 수 있다[11,25]. 이에 대한 대응은 단기와 중장기로 구분하여 접근하는 것이 현실적이다.

단기적으로는 국내 HW 역량을 레버리지로 활용하여 해외 원천 연구기관과의 협력 모델을 구축하는 것이 기술 격차를 단기간에 좁히는 현실적 경로다[12]. 이 과정에서 국내 기업이 HW 공급자가 아닌 공동 개발 파트너로 참여하는 구조를 확보하는 것이 단순 제휴와의 핵심 차이점이 된다. 중장기적으로는 K-휴머노이드 연합을 구심점으로 국내 연구기관·대기업·스타트업이 협력하는 공용 AI 모델 개발을 추진하되, 투자 규모와 추진 속도의 대폭 강화가 필요하다[24]. 다만, 막대한 투자 비용과 글로벌 빅테크와의 경쟁을 고려할 때 전략적 선택과 집중이 요구된다.

인력 측면에서는 단순한 SW 전공자 양성을 넘어, HW와 SW를 동시에 이해하는 융합형 아키텍트 육성이 시급하다. AI 로봇은 두 영역의 긴밀한 결합이 성능을 결정하는 분야인 만큼, 이러한 인재 양성을 위한 체계적 교육 프로그램 구축이 병행되어야 한다[1,10].

### 4. AI로봇스타트업생태계조성과개방형 혁신 플랫폼 구축

현재 국내 AI 로봇 분야는 대기업의 M&A와 직접 투자가 주도하는 구조로, 다양한 혁신 시도와 빠른 기술 검증이 가능한 스타트업 생태계가 상대적으로 미흡하다. 스타트업 생태계의 성숙도는 기술 다양성과 혁신 속도를 결정하는 핵심 요소로, 미국이 스타트업의 역동적 경쟁을 통해 기술 혁신을 가속화하는 것과 대조적이다[1]. 이를 해소하기 위해 로봇 전문 CVC(기업주도형 벤처캐피탈) 활성화와 함께 대기업이 보유한 제조 인프라·실증 데이터·유통망을 스타트업에 개방하는 협업 구조를 제도적으로 뒷받침해야 한다.

AI 로봇은 초기 개발 비용과 현장 투입 리스크가

높아 자본력이 부족한 스타트업에 구조적으로 불리한 산업 특성을 갖는다. 이를 완화하기 위해 로봇 도입 시 발생하는 초기 비용과 사고 위험 책임을 분담하는 로봇 전용 보험 및 세제 혜택 등 입체적 지원 정책이 필요하다. K-휴머노이드 연합의 공용 AI 모델 개발 성과를 스타트업에 공유하고, 국가 로봇테스트필드를 민간 실증의 개방 인프라로 운영하는 방안도 생태계 활성화의 중요한 수단이 된다 [10,24].

## 5. 글로벌 안전 표준 주도 및 인증 체계 수립

포터 다이아몬드 분석에서 확인했듯, EU는 규제·표준 선점을 독립적인 산업 경쟁력의 축으로 활용하고 있다. 이는 기술력이나 제조 역량과 무관하게 표준을 먼저 설계하는 국가가 글로벌 시장의 진입 조건 자체를 규정할 수 있음을 보여준다. 한국이 세계 최고 수준의 로봇 활용 밀도와 첨단 제조 기반을 보유하고 있음에도 표준화 논의에서 수동적 위치에 머문다면, 기술 경쟁력이 시장 경쟁력으로 전환되는 경로가 제도적으로 차단될 수 있다.

이러한 맥락에서 국제 표준 개정 과정에 대한 능동적 참여는 단순한 규범 준수를 넘어 수출 시장 진입 조건을 선제적으로 관리하는 전략적 행위로 해석되어야 한다[5,23]. 특히 중국산 로봇의 데이터 보안 취약점이 글로벌 시장에서 신뢰 리스크로 부각되는 현시점은, 한국이 안전성과 신뢰성을 차별적 브랜드로 구축할 수 있는 전략적 기회 창으로 기능

한다[21]. 국내형 안전 기준의 국제 표준 부합화, 로봇 사고 책임소재의 법적 명문화, 전용 보험 체계 마련은 이 전략의 제도적 실행 수단이 되며[12,23], 국가로봇테스트필드를 국제 수준의 안전 인증 인프라로 육성하는 것이 국내 기업의 글로벌 시장 진출을 뒷받침하는 핵심 인프라가 된다[10].

이상을 종합하면, 다섯 가지 전략은 개별 과제가 아닌 상호 연계된 산업 생태계 구축의 관점에서 통합적으로 추진될 필요가 있다. 데이터 인프라가 모델 학습의 기반이 되고, 반도체·부품 역량이 HW 경쟁력을 뒷받침하며, 파운데이션 모델과 스타트업 생태계가 SW 혁신을 이끄는 구조가 갖춰질 때 글로벌 안전 표준 주도도 실질적 산업 효과로 이어질 수 있다. 주요국이 AI 로봇을 차세대 제조 경쟁력의 핵심 변수로 인식하고 전략 자산화를 서두르는 시점에서, 국내가 보유한 제조 기반과 반도체 역량을 AI 로봇 경쟁력으로 전환하는 것, 그리고 SW와 핵심 부품이라는 구조적 취약점을 보완하는 것은 우리나라 AI 로봇 산업의 독자적 경쟁 경로를 확보하기 위한 필수 과제가 된다.

### 용어해설

AI 로봇 비정형 환경 인식, 자연어 명령 이해, 상황 적응적 행동 수행을 통합한 지능형 로봇 시스템

VLA 모델(Vision-Language-Action Model) 시각 언어-행동을 통합적으로 처리하는 로봇 제어 모델로, 규칙 기반 제어에서 학습 기반 범용 제어로의 전환을 가능하게 하는 AI 로봇의 핵심 기술

피지컬 AI(Physical AI) 디지털 공간의 인공지능이 실제 물리 세계와 실시간으로 상호작용하며 과업을 수행하는 기술개념을 의미

## 참고문헌

\* 본 글 작성을 위해 자료 수집 및 분석, 보고서 작성은 저자가 직접 수행하였으며 보고서 문장 개선을 위해 생성형 AI인 클로드 4.6 버전을 활용하였다.

- [1] 이해수 외, “피지컬 AI의 현황과 시사점,” 이슈리포트 IS-202, 소프트웨어정책연구소, 2025.
- [2] 한병욱 외, “인간-로봇 공존을 위한 휴머노이드 인공지능 기술 동향,” 전자통신동향분석, 제40권 제6호, 2025, pp. 55-65.
- [3] A. Saeed et al., “Will embodied AI create robotic coworkers?,” McKinsey & Company, 2025. 6.
- [4] International Federation of Robotics, “World Robotics 2025,” 2025, IFR Press.
- [5] 이정아, “AI 입은 로봇, 신체화 AI(Embodied AI) 현황과 전망,” The AI Report 2025-2, 한국지능정보사회진흥원, 2025.
- [6] 김문구, “중국 AI 로봇 기술 생태계 분석과 시사점,” 전자통신동향분석, 제40권 제6호, 2025, pp. 117-128.
- [7] 대외경제정책연구원 북경사무소. “중국 휴머노이드 로봇 발전 동향 및 평가,” KIEP 북경사무소 브리핑, 27(1), 2025.
- [8] 조은교, 심우중, “글로벌 AI 경쟁에 대응하는 중국의 전략과 시사점,” 이슈페이퍼 2025-01, 산업연구원, 2025.
- [9] 서행아, 주경원, “글로벌 AI 패권 경쟁: 중국 동향과 시사점,” KISTEP 브리프, 175, 2025.
- [10] 관계부처 합동. K-로봇경제 실현을 위한 제4차 지능형 로봇 기본계획(2024~2028), 2025.
- [11] 김שמ, “미국 AI로봇 생태계 분석: 로봇AI 기술 중심으로,” 전자통신동향분석, 제40권 제6호, 2025, pp. 88-101.
- [12] 김희태 외, “휴머노이드 로봇 상용화 원년, 글로벌 동향과 정책 과제,” 기계기술정책, No.122. 한국기계연구원, 2025.
- [13] Goldman Sachs Research, “Humanoid robots: The AI accelerant,” Goldman Sachs, 2024. 2. 26.
- [14] T.P. Wright, “Factors affecting the cost of airplanes,” J. Aeronaut. Sci., vol. 3, no. 4, 1936, pp. 122-128.
- [15] Morgan Stanley, “The Humanoid 100: Mapping the Humanoid Robot Value Chain,” Morgan Stanley Research, 2025.
- [16] Counterpoint Research, “Chinese Enterprises Leading Global Commercialization Wave of Humanoid Robots,” Counterpoint Research, 2026.
- [17] J. Bjorck et al., “GR00T N1: An open foundation model for generalist humanoid robots,” arXiv preprint, 2025. doi: 10.48550/arXiv.2503.14734
- [18] 中国工业和信息化部. 人形机器人创新发展指导意见. 中国 공업정보화부, 2023.
- [19] 中国工业和信息化部. 2025年工业和信息化发展成效新闻发布会 [张云明 副部长 发言]. 国务院新闻办公室, 2026. 1. 21.
- [20] iM증권, “All in on Physical AI: CES 2026, 기술이 몸을 갖게 된 순간,” iM증권 리서치센터, 2026.
- [21] E. Ackerman, “Exploit Allows for Takeover of Fleets of Unitree Robots: Security researchers find a wormable vulnerability,” IEEE Spectrum, 2025. 9. 25.
- [22] 일본기계공업연합회, “로봇 산업·기술 진흥에 관한 조사 연구 보고서,” 2026.
- [23] European Parliament and Council of the European Union. Regulation (EU) 2024/1689 on artificial intelligence (AI Act). Official Journal of the European Union, 2024.
- [24] 현대자동차그룹, “AI 로보틱스, 실험실을 넘어 삶으로,” 미디어데이, 2026.
- [25] 원용숙, “휴머노이드 중심의 한국 AI로봇 생태계 분석,” 전자통신동향분석, 제40권 제6호, 2025, pp. 102-116.
- [26] M.E. Porter, “The competitive advantage of nations,” Free Press, 1990.