사물인터넷융복합논문지 Vol. 12, No. 5, pp. 35-45, 2026 https://doi.org/10.20465/KIOTS.2026.12.5.035

피지컬AI 역량에 따른 로봇산업의 유형과 글로벌 성장전략

이상호[1], 조광문[2*]
[1]국립목포대학교 AI부트캠프사업단 교수, [2]국립목포대학교 컴퓨터학부 교수

Types of the Robotics Industry Based on Physical AI Capabilities and Global Growth Strategies

Sangho Lee[1], Kwangmoon Cho[2*]
[1]Professor, AI Bootcamp Center, Mokpo National University
[2]Professor, School of Computer Science and Engineering, Mokpo National University

요 약 본 연구는 국내 로봇산업 7대 분야의 피지컬AI 역량과 글로벌 경쟁력을 분석하고 산업유형별 성장전략을 제시하는 데 목적이 있다. 2024년 로봇산업 실태조사 자료를 활용하여 부설연구소 운영비율과 연구개발 전담인력 보유비율을 기반으로 피지컬AI 역량지수(PAI)를 산출하였으며, 수출액, 수출집약도(EI), 무역특화지수(TSI)를 Z-score로 표준화한 값을 산술평균하여 글로벌 경쟁력지수(GCI)를 산출하였다. 분석 결과, 전문서비스용 로봇의 PAI가 가장 높았으며, 제조업용 로봇은 EI와 GCI에서 가장 높은 수준을 보였다. PAI와 EI를 기준으로 제조업용·개인서비스용 로봇은 선도형, 전문서비스용 로봇·로봇임베디드는 성장형, 로봇시스템은 잠재형, 로봇부품 및 소프트웨어·로봇서비스는 취약형으로 분류되었으며, 평균값과 중앙값을 각각 기준으로 적용한 결과에서도 동일한 유형이 확인되었다. 이에 산업유형별 연구개발 지원, 기술사업화 및 글로벌 시장 진출을 위한 차별화된 성장전략이 요구된다. 본 연구는 로봇산업 유형별 맞춤형 정책과 기업의 글로벌 성장전략 수립을 위한 기초자료를 제공함으로써 피지컬AI 기반 로봇산업의 지속가능한 성장과 글로벌 경쟁력 강화에 기여할 것으로 기대된다.

주제어 : 피지컬AI 역량, 로봇산업, 산업유형, 경쟁력, 글로벌 성장전략

Abstract This study aims to analyze Physical AI capability and global competitiveness across seven sectors of the Korean robotics industry and to propose growth strategies tailored to each industry type. Using data from the 2024 Survey on the Korean Robotics Industry, the Physical AI Capability Index (PAI) was calculated based on the proportion of firms operating research institutes and the proportion of firms with dedicated R&D personnel. The Global Competitiveness Index (GCI) was calculated as the arithmetic mean of the Z-score-standardized values of export value, Export Intensity (EI), and the Trade Specialization Index (TSI). The results showed that professional service robots had the highest PAI, while industrial robots ranked highest in both EI and GCI. Based on PAI and EI, industrial robots and personal service robots were classified as the Leading Type, professional service robots and robot embedded systems as the Growth Type, robotic systems as the Potential Type, and robot components and software and robot services as the Vulnerable Type. The same classification was obtained when the mean and median were applied separately as classification criteria. These findings suggest the need for differentiated growth strategies that reflect the characteristics of each industry type, including R&D support, technology commercialization, and global market expansion. This study is expected to contribute to the sustainable growth and enhanced global competitiveness of the Physical AI-based robotics industry by providing a foundation for developing industry-specific policies and corporate global growth strategies.

Key Words : Physical AI Capability, Robotics Industry, Industrial Type, Competitiveness, Global Growth Strategy

*교신저자 : 조광문(ckmoon@mnu.ac.kr)
수정일 2026년 08월 07일 수정일 2026년 09월 14일 심사완료일 2026년 10월 15일

www.kci.go.kr

1. 서론

최근 인공지능(AI)은 단순한 정보처리 기술을 넘어 현실 세계를 인식하고 스스로 판단하여 행동하는 피지컬 AI(Physical AI) 로 빠르게 진화하고 있다. 피지컬AI는 인공지능, 센서, 로봇, 컴퓨터 비전 및 자율제어 기술이 융합된 지능형 시스템으로, 실제 물리적 환경에서 인간과 상호작용하며 자율적으로 문제를 해결하는 기술을 의미한다. 특히 생성형 AI의 발전과 함께 휴머노이드 로봇, 자율주행 로봇, 스마트팩토리, 의료 및 돌봄 로봇 등 다양한 산업 분야에서 피지컬AI의 활용이 확대되면서 로봇산업은 미래 국가경쟁력을 좌우하는 핵심 전략산업으로 주목받고 있다.

전통적인 로봇산업은 자동화와 기계제어 중심의 제조기술에 기반을 두었으나, 최근에는 인공지능 기반의 자율성, 환경인지, 인간-로봇 상호작용(Human-Robot Interaction) 및 소프트웨어 융합 역량이 산업경쟁력을 결정하는 핵심 요소로 변화하고 있다. 인간과 로봇의 상호작용은 로봇기술 발전의 핵심 요인으로 평가되며, 인간과 로봇 간 협업 효율성은 미래 로봇산업의 성과를 결정하는 중요한 변수로 제시되고 있다[1]. 또한 사회적 지능과 감성적 반응 체계는 인간과 자연스럽게 상호작용하는 로봇 개발을 위한 필수 요소이며[2], 협업 환경에서는 단순 자동화보다 인간-로봇 협업 능력이 중요한 경쟁요인으로 평가되고 있다[3]. 최근 피지컬 인간-로봇 상호작용(Physical Human-Robot Interaction) 연구에서도 센서 기반 환경인지와 실시간 AI 의사결정 기술이 미래 로봇산업 경쟁력의 핵심 기반으로 제시되고 있다[4].

최근 Embodied AI의 발전을 위해 인지, 행동, 기억 및 학습의 통합이 중요함을 강조하였고[5], 서비스로봇의 환경인지, 실시간 의사결정 및 자율적 작업 수행 가능성을 제시하였다[6]. 이러한 연구는 피지컬AI 기술이 물리적 환경에 대한 인지와 자율적 행동을 통합하는 방향으로 발전하고 있음을 보여주고 있다. 국내에서도 Physical AI의 주요 기술과 연구동향을 분석하고, 자율로봇 시스템의 학습 및 실제 환경 적용을 위한 발전 방향을 제시하고 있다[7]. 또한 제조현장에 피지컬AI를 적용하기 위한 인지, 판단, 실행, 순환 기반의 기술체계를 제안하여 제조업의 지능형 자동화 확장 가능성을 제시하였다[8].

산업경쟁력 측면에서도 로봇산업의 중요성은 지속적으로 확대되고 있다. 국가와 산업의 경쟁우위는 기술혁신과 생산성 향상을 통해 확보된다고 하였으며[9], 최근 로봇산업은 제조업과 서비스업을 연결하는 핵심 플랫폼 산업으로 성장하고 있다. 특히 로봇부품, 소프트웨어, 로봇시스템 및 서비스로봇 분야는 피지컬AI 생태계의 핵심 구성요소로 평가되며, 연구개발 역량과 기술혁신 수준에 따라 산업 간 경쟁력 차이가 확대되고 있다.

한편 국내 로봇산업은 제조업용 로봇, 전문서비스용 로봇, 개인서비스용 로봇, 로봇부품 및 소프트웨어, 로봇시스템, 로봇임베디드, 로봇서비스 등 다양한 분야로 구성되어 있으며, 분야별 산업구조와 경쟁력 수준에도 상당한 차이가 존재한다.

하지만 기존 연구들은 주로 개별 기술개발, 생산성 향상, 인간-로봇 상호작용 또는 산업혁신에 초점을 맞추고 있으며, 피지컬AI 관점에서 로봇산업 전체를 유형별로 구분하고 글로벌 경쟁력을 비교한 연구는 상대적으로 부족한 실정이다. 피지컬AI 역량과 산업경쟁력을 동시에 고려한 산업유형 연구 역시 제한적으로 수행되고 있다.

[10]은 국내 소셜 로봇 연구동향을 분석하여 연구가 기술개발 중심에서 사회적 상호작용과 서비스 활용 중심으로 확대되고 있음을 제시하였다. [11]은 피지컬AI 관점에서 로봇 사용자경험 연구를 고찰하면서 피지컬AI 시대에는 사용자 중심의 설계와 인간-로봇 상호작용이 더욱 중요해질 것이라고 보고하였다. 또한 [12]는 반려로봇의 사용자 인식과 수용성을 분석하여 로봇 활용의 사회적 확산 가능성을 제시하였다.

이러한 국내 연구들은 대부분 인간-로봇 상호작용, 사용자 경험, 서비스 활용 또는 개별 기술 개발에 초점을 두고 있어 산업 전체의 경쟁력 수준이나 분야별 산업구조를 종합적으로 분석하지 못하였다는 한계를 가진다. 또한 피지컬AI 관점에서 국내 로봇산업을 산업 단위로 유형별 분류하고, 연구개발 역량과 글로벌 경쟁력을 동시에 고려하여 산업 간 차이를 비교한 연구는 매우 제한적인 실정이다. 특히 로봇산업을 구성하는 제조업용 로봇, 전문서비스용 로봇, 개인서비스용 로봇, 로봇부품 및 소프트웨어, 로봇시스템, 로봇임베디드 및 로봇서비스 등 7대 분야를 대상으로 피지컬AI 역량과 글로벌 경쟁력을 통합적으로 분석한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

국내 로봇산업은 분야별로 산업구조와 경쟁력 수준에 상당한 차이를 보이고 있으며, 연구개발 인프라와 전문인력 확보 수준 역시 상이하게 나타난다[13]. 이러한 차이는 향후 피지컬AI 전환 수준과 글로벌 경쟁력에 직접적인 영향을 미칠 것으로 예상된다. 따라서 산업별 특성과 경쟁력을 객관적으로 비교·분석하고, 분야별 발전전략을 제시할 필요가 있다.

본 연구의 목적은 2024년 로봇산업 실태조사 자료[13]를 활용하여 국내 로봇산업 7대 분야의 피지컬AI 역량과 글로벌 경쟁력을 분석하고, 산업유형을 도출하는데 있다. 이를 통해 산업유형별 맞춤형 정책과 기업의 글로벌 성장전략 수립을 위한 기초자료를 제공하여 분야별 경쟁력 특성을 규명하고, 피지컬AI 기반 로봇산업의 지속가능한 성장과 글로벌 경쟁력 강화를 위한 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상

본 연구는 2024년 기준 로봇산업 실태조사[13] 자료를 활용하였다. 연구대상은 국내 로봇산업 사업체이며, 제조업용 로봇, 전문서비스용 로봇, 개인서비스용 로봇, 로봇부품 및 소프트웨어, 로봇시스템, 로봇임베디드, 로봇서비스 등 7대 분야를 포함한다.

〈Table 1〉과 같이 국내 로봇산업 7대 분야의 사업체수, 매출, 부설연구소운영, 전담인력, 생산, 출하, 내수, 수출 및 수입 규모를 비교하였다.

국내 로봇산업 7대 분야의 산업 규모와 주요 특성을 비교한 결과, 사업체 수는 로봇부품 및 소프트웨어 분야가 1,413개로 가장 많았으며, 로봇서비스(1,162개), 로봇시스템(662개) 순으로 나타나 관련 기업의 분포가 부품·소프트웨어 및 서비스 분야에 집중되어 있음을 확인할 수 있었다. 반면 매출(3,107십억원), 생산(2,952십억원), 수출(929십억원) 규모는 제조업용 로봇 분야가 가장 높은 수준을 기록하여 국내 로봇산업의 핵심 생산 및 수출 기반 산업으로 분석되었다. 또한 전문서비스용 로봇과 개인서비스용 로봇은 연구소 운영과 연구개발 기반이 비교적 우수한 것으로 나타났으며, 로봇서비스 분야는 전담인력 보유 사업체 수가 가장 많아 인적자원 측면에서 강점을 보였다.

특히 국내 로봇산업은 사업체 수 측면에서는 로봇부품 및 소프트웨어 산업이 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 하지만, 생산·매출·수출 측면에서는 제조업용 로봇 산업이 핵심 경쟁력을 보유한 분야로 나타났다. 이러한 결과는 국내 로봇산업이 제조 중심 구조에서 서비스·소프트웨어 중심의 피지컬AI 산업생태계로 전환되는 과정에 있음을 보여준다.

〈Table 1〉 Overview of the Korean Robotics Industry in 2024

Category	1	2	3	4	5	6	7
Number of Firms	564	366	166	1,413	662	176	1,162
Sales (KRW billion)	3,107	642	438	1,980	1,760	339	2,218
Firms with In-house Research Institutes	304	233	93	582	298	131	155
Firms with Dedicated R&D Personnel	183	93	54	414	228	16	594
Production (KRW billion)	2,952	603	423	1,965	1,584	304	417
Shipments (KRW billion)	2,990	615	433	2,076	1,795	329	2,190
Domestic Sales (KRW billion)	2,060	547	368	1,881	1,564	328	2,158
Exports (KRW billion)	929	68	64	195	230	1	31
Imports (KRW billion)	467	33	14	173	90	1	572

1. Industrial Robots
2. Professional Service Robots
3. Personal Service Robots
4. Robot Components and Software
5. Robotic Systems
6. Robot Embedded Systems
7. Robot Services

2.2 조작적 정의

본 연구는 피지컬AI 기반 로봇산업의 구조와 글로벌 경쟁력을 분석하기 위해 2024년 로봇산업 7대 분야별 통계자료[13]를 활용하였다.

본 연구에서 피지컬AI 역량은 AI 기반 지능형 로봇기술의 개발·활용을 뒷받침하는 조직적·인적 연구개발 기반을 중심으로 조작적으로 정의하였다. 연구개발 조직과 전문인력의 확보는 AI 및 스마트제조 기술의 개발과 활용을 지원하는 중요한 산업 기반으로 볼 수 있다[14]. 이에 2024년 로봇산업 실태조사에서 제공하는 자료의 범위를 고려하여 부설연구소 운영비율과 연구개발 전담인력 보유비율의 평균으로 피지컬AI 역량지수(PAI)를 산출하였다. 다만 피지컬AI 역량지수(PAI)는 센싱, 인지, 자율제어 및 AI 알고리즘 등 피지컬AI 기술의 실제 구현 수준을 직접 측정하는 지표가 아니라, 피지컬AI 기술개발을 위한 조직적·인적 연구개발 기반을 간접적으로 나타내는 대리지표로 해석하였다.

글로벌 경쟁력지수(GCI)는 해당 산업분야가 해외시장에서 확보한 상대적 경쟁우위 수준으로 정의하였다. 수

www.kci.go.kr

출규모, 수출지향성 및 무역특화 수준을 종합적으로 반영하기 위해 수출액, 수출집약도(EI), 무역특화지수(TSI)를 구성지표로 선정하였다. 각 지표는 측정단위와 값의 범위가 상이한 점을 고려하여 Z-score로 표준화하였으며, 표준화된 값을 동일 가중치로 산술 평균하여 글로벌 경쟁력지수(GCI)를 산출하였다. 수출집약도(EI)는 생산액에서 수출액이 차지하는 비중을 의미하고, 무역특화지수(TSI)는 수출입 구조에 기초한 무역특화 정도를 나타낸다. 글로벌 경쟁력지수(GCI) 값이 높을수록 국내 로봇산업 7대 분야 가운데 상대적인 글로벌 경쟁력이 높은 것으로 해석하였다.

〈Table 2〉와 같이 주요 변수의 조작적 정의와 산출방법을 제시하였다.

〈Table 2〉 Measurement Formulae and Units of Variables

Variable	Formula	Unit
Research Institute Operation Rate	(Number of firms operating in-house research institutes / Total number of firms) × 100	%
Dedicated R&D Personnel Rate	(Number of firms with dedicated R&D personnel / Total number of firms) × 100	%
Physical AI Capability Index (PAI)	(Research Institute Operation Rate + Dedicated R&D Personnel Rate) / 2	%p
Export Intensity (EI)	(Export Value / Production Value) × 100	%
Trade Specialization Index (TSI)	(Export Value − Import Value) / (Export Value + Import Value)	Index
Global Competitiveness Index (GCI)	[Z(Export Value) + Z(EI) + Z(TSI)] / 3	Standardized Score

2.3 선행연구

2.3.1 피지컬AI와 인간-로봇 상호작용 연구

피지컬AI는 인공지능이 물리적 환경을 인식하고 행동하는 능력을 의미하며, 최근 로봇산업 발전의 핵심 개념으로 주목받고 있다. 인간-로봇 상호작용은 인간과 로봇이 정보를 교환하고 협력하는 과정으로 정의되며, 이 과정에서 로봇의 자율성과 인간의 통제 간 균형이 중요하다[1]. 최근 연구에서도 전이학습과 로봇 비전 기술을 결합한 HRI 시스템을 통해 환경 및 객체 인식이 자연스러운 인간-로봇 상호작용을 구현하는 핵심 기반으로 제시하고 있다[15].

인간과 자연스럽게 상호작용하는 로봇 개발을 위해서는 사회적 지능과 감성적 반응 체계가 필요하다[2]. 인간-로봇 협업(Human-Robot Collaboration) 연구에서 로봇의 성능은 단순한 자동화 수준이 아니라 인간과의 협업 효율성에 의해 결정된다고 하였다[3].

최근에는 피지컬 인간-로봇 상호작용 연구가 활발하게 진행되고 있다. 물리적 인간-로봇 상호작용에서 센서 기반 환경인지, 실시간 AI 의사결정 및 자율제어 기술이 핵심 요소임을 제시하였다[4]. 또한 인간이 로봇과 물리적으로 상호작용할 때 인지하는 안전성이 로봇 수용성과 활용도에 중요한 영향을 미친다고 하였다[16]. 국내 연구에서도 감정 인식, 상황 적응형 반응, 공감 및 신뢰를 반영한 상호작용 설계가 AI 소셜 로봇과 인간 간 친밀감 및 지속적인 상호작용을 형성하는 핵심 요소로 제시되었다[17]. 또한 제조환경 연구에서도 작업자와 로봇 간 안정적인 협업을 위해 객체의 이동과 가려짐을 지속적으로 추적할 수 있는 실시간 인지기술의 중요성이 강조되고 있다[18].

2.3.2 산업경쟁력과 글로벌 경쟁력 연구

산업경쟁력은 특정 산업이 국제시장에서 지속적으로 경쟁우위를 확보할 수 있는 능력을 의미한다. 국가와 산업의 경쟁력은 혁신, 생산성, 기술개발을 통해 형성된다고 주장하며, 기술혁신 역량이 경쟁우위 확보의 핵심 요소라고 하였다[5]. 최근 국내 연구에서도 스마트제조 혁신의 성과를 높이기 위해서는 단순한 설비 보급을 넘어 데이터 표준화, 제조AI 전문인력, 조직역량 및 지역 협력형 혁신생태계의 구축이 필요하다고 하였다[14].

로봇산업에서도 연구개발 역량과 기술혁신 수준이 수출성과 및 글로벌 경쟁력 향상에 중요한 영향을 미칠 것이라 예상되고 있다. 특히 AI 융합 수준이 높은 산업일수록 글로벌 시장 진출 가능성이 높으며, 기술혁신 역량이 국제경쟁력의 핵심 결정요인으로 제기되고 있다.

국제무역 분야에서는 특정 산업의 경쟁력을 평가하기 위하여 무역특화지수(Trade Specialization Index)가 널리 활용되고 있다. 최근 수출경쟁력 평가는 무역특화지수를 적용하여 한국, 중국 및 일본의 산업을 대상으로 국가별 수출경쟁력을 비교·분석하였다[19]. 세계시장에서 해당 산업의 발전을 위한 연구에서도 무역특화지수(TSI), 세계시장점유율 등을 활용하여 산업 및 품목별 수출경쟁력의 변화와 비교우위를 분석하고 있다[20]. 또한 무역특화지수(TSI)와 시장점유율 등의 지표를 활용하여 산업의 수출특화 수준과 국제경쟁력을 분석하고 있다[21].

2.3.3 산업유형과 사분면 분석 연구

산업유형(Industrial Type)은 산업 간 구조적 차이를 파악하고 전략적 특성을 설명하기 위해 활용되는 대표적

인 분석방법이다. 산업유형 연구가 산업 및 조직의 이질성을 설명하는 데 효과적이며[22], 산업유형은 산업별 경쟁전략과 성장 가능성을 분석하는 데 유용한 방법이다[23].

최근 연구에서도 지역문화 관련 통계자료를 이용하여 지역 간 문화정책 여건을 확인하고, 정책 투입의 우선순위 설정 및 군집 유형별 전략을 수립하였다[24]. 농촌 청년이 행복한 지역의 특성을 분석하고자 지역 특성자료를 이용하여 유형별 차이를 규명하고, 청년을 통한 농촌의 지속 가능성 제고를 위한 방향과 시사점을 도출하였다[25]. 디지털 전환의 시장 수요와 기술의 중요성 평가를 위하여 중요도-성과분석(Importance-Performance Analysis; IPA)를 기업역량 분석에 적용하여 기업의 역량 수준을 유형별로 구분하고, 유형별 성장지원 방향과 정책적 우선순위를 제시하였다[26].

산업의 상대적 위치와 전략적 우선순위를 도출할 수 있어 사분면 분석 방법으로 확장되어 활용되고 있다.

2.4 연구 문제

본 연구는 선행연구를 기반으로 피지컬AI 역량지수(Physical AI Capability Index; PAI), 수출집약도(Export Intensity; EI) 및 무역특화지수(Trade Specialization Index; TSI)를 활용하여 국내 로봇산업의 글로벌 경쟁력(Global Competitiveness Index; GCI)을 분석하였다. 또한 국내 로봇산업을 유형별 구분하여 산업별 특성과 발전방향을 제시한다는 점에서 기존 연구와 차별성을 가진다. 다음의 연구문제를 설정하였다.

- 연구문제 1. 국내 로봇산업 7대 분야의 피지컬AI 역량 수준은 어떠한 차이를 보이는가?
- 연구문제 2. 국내 로봇산업 7대 분야의 글로벌 경쟁력 수준은 어떠한 차이를 보이는가?
- 연구문제 3. 국내 로봇산업 7대 분야의 수출집약도는 어떠한 차이를 보이는가?
- 연구문제 4. 피지컬AI 역량과 수출집약도를 기준으로 분류된 산업유형은 어떠한 특성을 가지며, 산업유형별 글로벌 성장전략은 무엇인가?

2.5 연구 방법

본 연구의 분석단위는 국내 로봇산업의 7대 산업분야이며, 2024년 로봇산업 실태조사에서 제공하는 산업별 집계자료를 활용하였다. 주요 변수의 기술통계와 지수 산출, 상관분석 및 산업유형 분석을 수행하였다. 글로벌 경쟁력지수의 산출에는 표준화 방식을 적용하였으며, 산업유형의 안정성을 검토하기 위해 평균값과 중앙값을 기준으로 민감도 분석을 실시하였다. 자료의 통계분석은 IBM SPSS Version 21.0과 Microsoft Excel을 활용하였다. 구체적인 연구방법 절차는 다음과 같다.

첫째, 피지컬AI 역량지수(PAI)를 산출하기 위하여 지수분석(Index Analysis)을 실시하였다. 피지컬AI 역량은 산업별 연구개발 기반을 나타내는 지표로서 부설연구소 운영비율과 전담인력 보유비율을 활용하여 산출하였다. 이를 통해 산업별 피지컬AI 전환 수준과 내부 혁신역량을 비교·평가하였다.

둘째, 글로벌 경쟁력을 분석하기 위하여 글로벌 경쟁력지수를 산출하였다. GCI는 수출액, 수출집약도, 무역특화지수를 Z-score로 표준화한 후 산술평균하여 산출하였으며, 이를 통해 산업별 글로벌 시장에서의 상대적인 경쟁우위 수준을 평가하였다.

셋째, 수출집약도를 활용하여 산업별 수출경쟁력을 분석하였다. 수출집약도는 생산액 대비 수출액의 비율로 산출하였으며, 산업별 해외시장 의존도와 글로벌 시장 진출 수준을 비교·분석하였다. 또한 무역특화지수를 함께 고려하여 수출특화 정도와 수입 의존성을 종합적으로 평가하였다.

넷째, 산업유형(Industrial Type) 분석을 수행하였다. 산업유형 분석은 피지컬AI 역량지수와 수출집약도를 기준으로 산업의 전략적 위치를 도출하기 위한 분석방법이다. 본 연구에서는 전통적인 중요도-성과분석의 분석 틀을 응용하여 PAI를 X축, EI를 Y축으로 설정한 사분면 분석을 실시하였다. 이를 통해 국내 로봇산업을 선도형(Leading Type), 성장형(Growth Type), 잠재형(Potential Type), 취약형(Vulnerable Type)의 네 가지 산업유형으로 분류하고, 유형별 경쟁력 특성을 분석하여 정책적 시사점과 글로벌 성장전략을 제시하였다.

3. 연구 결과

3.1 주요 변수의 기술통계 분석

〈Table 3〉과 같이 주요 변수에 대한 기술통계 결과를 제시하였다. 기술통계 분석 결과, 피지컬AI 역량을 구성하는 연구소운영비율은 평균 49.652%, 전담인력보유비율은 평균 30.620%로 나타났다. 이는 전체 사업체 중 약 절반 정도가 연구소를 운영하고 있으며, 약 30% 정도가 전담인력을 보유하고 있음을 의미한다.

피지컬AI 역량지수(PAI)는 평균 40.136%p로 나타났고, 최소 32.229%p에서 최대 44.536%p까지 분포하였다.

글로벌 경쟁력 측면에서 수출액은 평균 217.361십억원으로 나타났으나 표준편차가 325.284십억원으로 높게 나타나 특정 분야에 수출이 집중된 것으로 분석되었다.

수출집약도는 평균 12.935%로 나타나 생산액의 약 13%가 해외시장으로 수출되는 것으로 확인되었다. 그러나 최소 0.391%에서 최대 31.493%까지 차이가 크게 나타나 분야별 수출경쟁력 격차가 존재하였다.

무역특화지수는 평균 0.099로 나타나 전체적으로는 약한 수출특화 구조를 보이고 있으나, 최소 -0.895에서 최대 0.626까지 분포하여 일부 분야는 수입 의존적이고 일부 분야는 수출 특화된 산업구조를 확인하였다.

글로벌 경쟁력지수는 평균 0.000, 표준편차 0.845로 나타났으며, 최소 -1.101에서 최대 1.649까지 분포하였다. 이는 국내 로봇산업 7대 분야 간 상대적인 글로벌 경쟁력 수준에 차이가 있음을 보여주며, 평균 0.000은 경쟁력의 부재가 아닌 산업 간 상대적 비교를 위한 기준점을 의미한다.

〈Table 3〉 Descriptive Statistics of Major Variables

Variable	M	SD	Min	Max
Number of Firms	644.143	481.526	166.000	1,413.000
Sales Revenue (KRW billion)	1,498.325	1,049.557	339.197	3,107.478
Research Institute Operation Rate (%)	49.652	19.497	13.339	74.432
Dedicated R&D Personnel Rate (%)	30.620	12.478	9.091	51.119
Physical AI Capability Index (PAI) (%p)	40.136	4.743	32.229	44.536
Export Value (KRW billion)	217.361	325.284	1.190	929.699
Export Intensity (EI) (%)	12.935	9.575	0.391	31.493
Trade Specialization Index (TSI) ($-1 \leq TSI \leq 1$)	0.099	0.515	-0.895	0.626
Global Competitiveness Index (GCI)	0.000	0.845	-1.101	1.649

3.2 피지컬AI 역량지수와 글로벌 경쟁력의 상관관계

피지컬AI 역량과 수출 및 글로벌 경쟁력 간의 연관성을 확인하기 위해 Pearson 상관관계분석을 실시하였으며, 그 결과는 〈Table 4〉와 같다.

분석 결과, 피지컬AI 역량지수는 수출집약도와 정(+)의 상관관계(r=.347)를 보였으며, 무역특화지수와도 정(+)의 상관관계(r=.778, p<.05)를 나타냈다. 또한 피지컬AI 역량지수와 글로벌 경쟁력지수 간에도 정(+)의 상관관계(r=.533)가 확인되었다. 특히 피지컬AI 역량지수와 무역특화지수 간의 관계는 통계적으로 유의하게 나타나 피지컬AI 연구개발 기반이 높은 산업일수록 수출특화 수준도 높은 경향이 있음을 보여주었다.

한편 수출집약도는 무역특화지수와 정(+)의 상관관계(r=.714)를 보였으며, 글로벌 경쟁력지수와는 높은 정(+)의 상관관계(r=.956, p<.01)를 나타냈다. 무역특화지수 역시 글로벌 경쟁력지수와 유의한 정(+)의 상관관계(r=.785, p<.05)를 보였다.

이러한 결과를 종합하면 피지컬AI 역량은 수출집약도, 무역특화 수준 및 글로벌 경쟁력과 전반적으로 정(+)의 연관성을 보였으며, 특히 무역특화 수준과의 연관성이 상대적으로 높은 것으로 확인되었다.

〈Table 4〉 Correlation Analysis between PAI and Global Competitiveness

Variables	①	②	③	④
① PAI	1	.347	.778*	.533
② EI	.347	1	.714	.956**
③ TSI	.778*	.714	1	.785*
④ GCI	.533	.956**	.785*	1

*p<.05, **p<.01, ***p<.001.
①=Physical AI Capability Index (PAI),
②=Export Intensity (EI),
③=Trade Specialization Index (TSI),
④=Global Competitiveness Index (GCI)

3.3 피지컬AI 역량지수(PAI) 분석

〈Table 5〉와 같이 전문서비스용 로봇 분야가 피지컬AI 역량지수 44.536으로 가장 높게 나타나 국내 로봇산업 중 피지컬AI 역량 수준이 가장 높은 분야로 분석되었다. 이는 높은 연구소운영비율(63.661%)을 바탕으로 연구개발 역량이 우수하게 구축되어 있음을 의미한다.

분석결과, 개인서비스용 로봇(PAI=44.277)과 제조업용 로봇(PAI=43.174) 역시 높은 수준의 피지컬AI 역량을 보이는 것으로 나타났다. 특히 제조업용 로봇은 연구개발 인프라와 전문인력 확보가 비교적 균형적으로 이루어져 있어 기술혁신 역량이 높은 분야로 평가된다.

로봇임베디드(PAI=41.761)는 비교적 높은 수준이었으나, 연구소 운영비율은 가장 높고 전담인력 보유비율은 가장 낮아 연구개발 기반의 불균형을 보였다.

하지만 로봇서비스(PAI=32.229)와 로봇부품 및 소프

www.kci.go.kr

트웨어(PAI=35.244)는 상대적으로 낮은 수준을 보여주고 있는 것으로 확인되었다.

국내 로봇산업의 피지컬AI 역량은 전문서비스용 로봇, 개인서비스용 로봇, 제조업용 로봇 분야에서 상대적으로 높게 나타났으며, 로봇서비스와 로봇부품·소프트웨어 분야는 연구개발 기반 또는 전문인력 확보 측면에서 보완이 필요한 것으로 확인되었다.

이러한 결과는 국내 로봇산업의 피지컬AI 역량이 산업 분야별로 차이를 보이며, 향후 산업경쟁력 제고를 위해서는 연구개발 인프라와 전문인력 확보를 중심으로 한 차별화된 지원전략의 필요성을 시사한다.

〈Table 5〉 Results of Physical AI Capability Index (PAI) Analysis

Sector	Research Institute Operation Rate (%)	Dedicated R&D Personnel Rate (%)	Physical AI Capability Index (PAI) (%p)	Rank
Professional Service Robots	63.661	25.410	44.536	1
Personal Service Robots	56.024	32.530	44.277	2
Industrial Robots	53.901	32.447	43.174	3
Robot Embedded Systems	74.432	9.091	41.761	4
Robotic Systems	45.015	34.441	39.728	5
Robot Components and Software	41.189	29.299	35.244	6
Robot Services	13.339	51.119	32.229	7

3.4 수출 집약도(EI) 분석

〈Table 6〉과 같이 제조업용 로봇이 수출집약도(EI=31.493%)에서 가장 높게 나타났다. 이는 생산액의 약 31.5%가 해외시장으로 수출되고 있음을 의미하며, 국내 로봇산업 중 글로벌 시장 의존도와 수출지향성이 가장 높은 분야임을 보여준다.

분석결과, 개인서비스용 로봇(EI=15.281%)과 로봇시스템(EI=14.568%)은 제조업용 로봇 다음으로 높은 수출집약도를 나타냈다. 특히 개인서비스용 로봇은 생산 규모는 상대적으로 작지만 생산 대비 수출 비중이 높아 해외시장 진출 가능성이 높은 성장 분야로 평가된다.

전문서비스용 로봇(EI=11.274%)은 피지컬AI 역량지수에서는 가장 높은 수준을 보였으나 수출집약도는 평균 이하로 나타났다. 이는 기술개발 역량은 우수하지만 글로벌 사업화 및 해외시장 확장 수준은 제한적인 단계임을 의미한다.

국내 로봇산업의 수출경쟁력은 제조업용 로봇이 주도하고 있으며, 개인서비스용 로봇과 로봇시스템 분야가 차세대 수출 성장산업으로 발전할 가능성이 높은 것으로 나타났다. 반면 전문서비스용 로봇은 높은 피지컬AI 역량에도 불구하고 수출성과가 상대적으로 낮게 나타났다.

이러한 결과는 로봇산업의 수출경쟁력이 차이를 보이며, 제조업용 로봇 중심의 수출구조를 다변화하기 위한 기술사업화 및 해외시장 진출 지원 필요성을 시사한다.

〈Table 6〉 Results of Export Intensity (EI) Analysis

Sector	Export Value (KRW billion)	Production Value (KRW billion)	Export Intensity (EI) (%)	Rank
Industrial Robots	929.699	2,952.14	31.493	1
Personal Service Robots	64.765	423.825	15.281	2
Robotic Systems	230.820	1,584.420	14.568	3
Professional Service Robots	68.035	603.483	11.274	4
Robot Components and Software	195.270	1,965.250	9.936	5
Robot Services	31.751	417.516	7.605	6
Robot Embedded Systems	1.190	304.706	0.391	7

3.5 글로벌 경쟁력(GCI) 분석

〈Table 7〉과 같이 제조업용 로봇은 글로벌 경쟁력지수(GCI=1.649)가 가장 높은 것으로 확인되었다. 제조업용 로봇은 수출액이 929.699십억원으로 가장 크고 수출집약도(EI=31.493%) 역시 가장 높은 것으로 확인되어 국내 로봇산업의 대표적인 수출 주력 분야임을 알 수 있었다. 이는 높은 수출규모와 생산 대비 수출 비중이 종합적으로 반영된 결과로 볼 수 있다.

로봇시스템(GCI=0.311)은 수출액 230.820십억원, 수출집약도(EI=14.568%), 무역특화지수(TSI=0.435)를 보여 국내 로봇산업 7대 분야 가운데 상대적으로 높은 글로벌 경쟁력을 보유한 것으로 확인되었다. 개인서비스용 로봇(GCI=0.287)은 수출규모가 상대적으로 크지 않지만 무역특화지수(TSI=0.625)가 가장 높은 것으로 확인되어 수입보다 수출 비중이 높은 수출특화 분야로 분석되었다. 이는 글로벌 경쟁력을 평가할 때 단순한 수출규모뿐만 아니라 생산 대비 수출성과와 수출입 구조를 함께 고려할 필요가 있음을 보여준다.

전문서비스용 로봇(GCI=-0.055)과 로봇부품 및 소프

www.kci.go.kr

트웨어(GCI=-0.165)는 상대적으로 낮은 글로벌 경쟁력을 보이는 것으로 확인되었다. 특히 로봇부품 및 소프트웨어는 수출액이 195.270십억원으로 비교적 큰 반면 수출집약도(EI=9.936%)와 무역특화지수(TSI=0.059)는 상대적으로 낮은 것으로 확인되었다. 따라서 일정한 수출규모를 확보하고 있더라도 생산 대비 수출 비중과 무역특화 수준이 충분히 뒷받침되지 않을 경우 종합적인 글로벌 경쟁력은 제한될 수 있음을 확인할 수 있다.

하지만, 로봇임베디드(GCI=-0.926)와 로봇서비스(GCI=-1.101)는 상대적으로 낮은 글로벌 경쟁력을 보이는 것으로 확인되었다. 로봇임베디드는 수출집약도(EI=0.391%)가 가장 낮았으며, 로봇서비스는 무역특화지수(TSI=-0.895)가 가장 낮은 것으로 확인되었다. 특히 로봇서비스의 음(-)의 TSI는 수출보다 수입 비중이 상대적으로 높은 무역구조를 의미하므로 수출기반 확대와 글로벌 경쟁력 강화가 필요한 분야로 볼 수 있다.

GCI가 양(+)의 값을 보인 제조업용 로봇, 로봇시스템 및 개인서비스용 로봇은 국내 로봇산업 7대 분야의 경쟁력 수준보다 상대적으로 높은 것으로 확인되었다.

〈Table 7〉 Results of Global Competitiveness Index (GCI) Analysis

Sector	Export Value (KRW billion)	Export Intensity (EI) (%)	Trade Specialization Index (TSI)	Global Competitiveness Index (GCI)	Rank
Industrial Robots	929.699	31.493	0.331	1.649	1
Robotic Systems	230.820	14.568	0.435	0.311	2
Personal Service Robots	64.765	15.280	0.625	0.287	3
Professional Service Robots	68.035	11.274	0.346	-0.055	4
Robot Components and Software	195.270	9.936	0.059	-0.165	5
Robot Embedded Systems	1.190	0.391	-0.209	-0.926	6
Robot Services	31.751	7.605	-0.895	-1.101	7

3.6 피지컬AI 기반 로봇산업 유형 분석

〈Table 8〉과 같이 피지컬AI 역량지수와 수출집약도를 기준으로 국내 로봇산업을 네 가지 유형으로 분류하였다. 먼저 평균값을 기준으로 PAI 40.136과 EI 12.935를 유형의 기준점으로 설정하였다. 또한 평균값이 특정 산업의 극단적인 값에 영향을 받을 가능성을 고려하여 유형별 결과의 안정성을 검토하고자 중앙값(PAI=41.761, EI=11.274)을 적용한 민감도 분석을 추가로 실시하였다. 중앙값과 동일한 경우는 높은 수준(High)에 포함하였다. 분석 결과, 평균값과 중앙값 기준에서 7대 산업분야의 유형이 모두 동일하게 나타나 분류 결과가 기준값의 선택에 따라 크게 변화하지 않는 것으로 확인되었다.

제조업용 로봇과 개인서비스용 로봇은 두 기준 모두에서 피지컬AI 역량과 수출집약도가 높은 '선도형'으로 분류되었다. 이들 분야는 상대적으로 높은 연구개발 기반과 수출지향성을 동시에 갖춘 산업으로 나타났다.

전문서비스용 로봇과 로봇임베디드는 '성장형'으로 분류되었으며, 피지컬AI 역량은 높지만 수출집약도는 상대적으로 낮아 해외시장 진출과 기술사업화 확대가 필요한 분야로 분석되었다.

로봇시스템은 두 기준 모두에서 '잠재형'으로 분류되었다. 피지컬AI 역량은 상대적으로 낮은 반면 수출집약도는 높은 특성을 보여, 연구개발 기반을 강화하면서 기존 수출성과를 지속할 필요가 있는 분야로 나타났다.

로봇부품 및 소프트웨어와 로봇서비스는 피지컬AI 역량과 수출집약도가 모두 상대적으로 낮은 '취약형'으로 분류되어 연구개발 기반 강화와 수출경쟁력 제고가 필요한 것으로 분석되었다.

평균값과 중앙값을 각각 기준으로 적용한 결과 산업유형의 분류가 동일하게 나타났다는 점은 본 연구의 유형별 결과가 특정 산업의 극단적인 값이나 기준값의 선택에 의해 크게 좌우되지 않음을 보여준다. 다만 분석대상이 7대 산업분야로 제한되어 있으므로 이를 통계적 안정성이 완전히 검증된 결과로 해석하기보다는 유형분류의 강건성을 확인하기 위한 탐색적 민감도 분석 결과로 해석할 필요가 있다.

〈Table 8〉 Results of Industrial Type Based on Physical AI Capability and Export Intensity

Type	Criteria	Mean Criterion	Median Criterion
Leading Type	High PAI · High EI	Industrial Robots, Personal Service Robots	Industrial Robots, Personal Service Robots
Growth Type	High PAI · Low EI	Professional Service Robots, Robot Embedded Systems	Professional Service Robots, Robot Embedded Systems
Potential Type	Low PAI · High EI	Robotic Systems	Robotic Systems
Vulnerable Type	Low PAI · Low EI	Robot Components and Software, Robot Services	Robot Components and Software, Robot Services
Mean criterion: PAI=40.136, EI=12.935 Median criterion: PAI=41.761, EI=11.274 Values equal to the median were classified as High (≥ median).			

이러한 결과는 국내 로봇산업이 피지컬AI 역량과 수출 지향성에 따라 서로 다른 특성을 보이고 있음을 나타내며, 산업유형별 특성을 고려한 차별화된 연구개발 지원, 기술사업화 및 글로벌 시장 진출전략이 필요함을 시사한다.

4. 결론

4.1 결론

본 연구는 2024년 로봇산업 실태조사 자료를 활용하여 국내 로봇산업 7대 분야를 대상으로 피지컬AI 역량과 글로벌 경쟁력을 분석하고, 이를 기반으로 산업유형을 분류하였다. 연구결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 국내 로봇산업의 피지컬AI 역량은 산업 분야별로 뚜렷한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 전문서비스용 로봇이 가장 높은 피지컬AI 역량을 보였으며, 개인서비스용 로봇과 제조업용 로봇이 뒤를 이었다. 반면 로봇서비스와 로봇부품 및 소프트웨어 분야는 상대적으로 낮은 수준을 보여 연구개발 조직과 전문인력 확보를 위한 지속적인 지원이 필요한 것으로 분석되었다. 이는 국내 로봇산업의 피지컬AI 역량 수준이 산업 분야별로 상이하며, 연구개발 기반이 산업경쟁력의 핵심 요소임을 시사한다.

둘째, 글로벌 경쟁력은 제조업용 로봇 분야가 가장 높은 것으로 나타났다. 제조업용 로봇은 수출 규모와 글로벌 경쟁력지수에서 가장 높은 수준을 보여 국내 로봇산업의 핵심 수출산업으로 확인되었다. 로봇시스템과 개인서비스용 로봇도 상대적으로 높은 글로벌 경쟁력을 보였으며, 특히 로봇시스템은 수출규모와 수출집약도 및 무역특화 수준을 바탕으로 높은 경쟁력을 나타냈다. 개인서비스용 로봇은 수출규모는 상대적으로 작지만 무역특화 수준이 가장 높아 수출특화 산업으로서의 특성을 보였다. 반면 로봇임베디드와 로봇서비스는 글로벌 경쟁력이 상대적으로 낮아 수출기반 확대와 글로벌 경쟁력 개선을 위한 지원이 필요한 것으로 분석되었다.

셋째, 수출집약도 분석 결과, 제조업용 로봇이 생산대비 수출 비중이 가장 높은 것으로 나타났으며, 개인서비스용 로봇과 로봇시스템도 높은 수출집약도를 보였다. 반면 전문서비스용 로봇은 높은 피지컬AI 역량에도 불구하고 수출집약도는 상대적으로 낮게 나타나 기술역량이 글로벌 시장성과로 충분히 연결되지 못하고 있음을 확인하였다. 이는 향후 기술사업화와 해외시장 진출을 위한 정책적 지원이 병행되어야 함을 의미한다.

넷째, 피지컬AI 역량과 수출집약도를 기반으로 산업유형을 분류한 결과, 국내 로봇산업은 선도형, 성장형, 잠재형 및 취약형의 네 가지 유형으로 구분되었다. 제조업용 로봇과 개인서비스용 로봇은 피지컬AI 역량과 수출집약도가 모두 높은 선도형으로 나타났으며, 전문서비스용 로봇과 로봇임베디드는 성장형, 로봇시스템은 잠재형, 로봇부품 및 소프트웨어와 로봇서비스는 취약형으로 분류되었다. 또한 평균값에 따른 유형별 결과의 안정성을 검토하기 위해 중앙값을 기준으로 추가 분석한 결과에서도 모든 산업분야의 유형이 동일하게 나타났다. 이는 유형분류가 기준값의 변화에 따라 크게 달라지지 않음을 보여주며, 국내 로봇산업의 특성에 따라 차별화된 발전전략이 필요함을 시사한다.

이처럼 본 연구를 통하여 국내 로봇산업은 피지컬AI 기술개발을 위한 연구개발 기반과 글로벌 경쟁력 수준에서 산업분야별 차이를 보이는 것으로 나타났다. 특히 제조업용 로봇은 높은 피지컬AI 역량과 수출성과를 바탕으로 글로벌 경쟁력을 확보한 반면, 전문서비스용 로봇과 로봇임베디드는 상대적으로 높은 연구개발 기반에도 불구하고 수출성과가 충분히 뒷받침되지 않는 특성을 보였다. 또한 평균값과 중앙값을 기준으로 한 유형별 결과가 동일하게 나타나 산업유형 분류의 강건성을 탐색적으로 확인하였다. 따라서 향후 로봇산업 정책은 산업유형별 특성을 고려한 차별화된 연구개발 지원, 전문인력 양성, 기술사업화 촉진 및 글로벌 시장 진출전략을 추진함으로써 피지컬AI 기반 로봇산업의 지속가능한 성장과 글로벌 경쟁력 강화를 도모할 필요가 있다.

4.2 제언

본 연구는 국내 로봇산업 7대 분야의 피지컬AI 역량과 글로벌 경쟁력을 분석하고 산업유형을 도출함으로써 향후 로봇산업의 글로벌 성장전략을 제시하였다.

연구결과를 바탕으로 다음의 제언을 하고자 한다.

첫째, 산업유형별 맞춤형 지원정책을 추진할 필요가 있다. 현재 국내 로봇산업은 피지컬AI 역량과 글로벌 경쟁력 수준에 따라 서로 다른 특성을 보이고 있으므로 모든 산업에 동일한 정책을 적용하기보다는 유형별 차별화된 지원체계를 구축해야 한다. 선도형 산업은 글로벌 시장 확대와 해외 네트워크 구축을 중심으로 지원하고, 성장형 산업은 기술사업화와 해외 실증 및 인증 지원을 강화할 필요가 있다. 또한 잠재형 산업은 연구개발 투자와 AI 융합기술 고도화를 확대하고, 취약형 산업은 전문인력 양성, 연구개발 기반 확충 및 산업생태계 조성을 우선

www.kci.go.kr

적으로 추진해야 한다.

둘째, 피지컬AI 역량 강화를 위한 연구개발과 전문인력 투자를 확대할 필요가 있다. 피지컬AI 시대의 산업경쟁력은 단순한 생산 규모보다 AI 기술, 센서, 소프트웨어, 자율제어 기술을 융합할 수 있는 연구개발 역량과 전문인력 확보 수준에 의해 결정된다. 따라서 정부와 기업은 연구소 운영 확대, AI 전문인력 양성, 산학연 협력 강화 및 디지털 혁신 기반 구축을 지속적으로 추진하여 피지컬AI 역량을 강화해야 한다.

셋째, 글로벌 시장 진출을 위한 기술사업화와 수출지원 정책을 강화할 필요가 있다. 연구결과에서는 일부 분야가 높은 기술역량을 보유하고 있음에도 수출성과는 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 이에 따라 국제 인증 획득, 해외 실증사업, 글로벌 공동연구, 해외 전시회 및 마케팅 지원 등을 확대하여 기술혁신이 실제 글로벌 경쟁력으로 연결될 수 있는 정책적 기반을 마련해야 한다.

넷째, 피지컬AI 중심의 로봇산업 생태계를 구축할 필요가 있다. 앞으로 로봇산업은 제조 중심에서 AI·소프트웨어·데이터 중심 산업으로 빠르게 전환될 것으로 예상된다. 이에 따라 로봇기업, AI 기업, 대학, 연구기관 및 정부가 협력하는 개방형 혁신생태계를 조성하고, AI 반도체, 컴퓨터비전, 디지털트윈, 클라우드, 데이터 플랫폼 등 핵심 기반기술과 연계한 산업생태계를 구축해야 한다. 이러한 생태계는 국내 로봇산업의 지속가능한 성장과 글로벌 경쟁력 제고의 핵심 기반이 될 것이다.

다섯째, 국내 로봇산업의 글로벌 경쟁력 강화를 위해서는 산업유형별 특성을 고려한 차별화된 성장전략이 필요하다. 선도형 산업은 기술 고도화와 해외시장 다변화를 통해 기존 경쟁우위를 강화하고, 성장형 산업은 연구개발 기반을 수출성과로 연결하기 위한 기술사업화와 글로벌 공급망 진입을 확대할 필요가 있다. 잠재형 산업은 AI 전문인력과 연구개발 조직을 강화하여 수출성과와 기술역량 간 균형을 확보해야 한다. 취약형 산업은 연구개발 기반 확충과 핵심부품·AI 소프트웨어 기술개발을 통해 수출경쟁력을 높여야 한다. 이를 통해 산업별 피지컬AI 역량과 글로벌 경쟁력 수준에 부합하는 맞춤형 지원체계를 구축할 필요가 있다.

마지막으로, 향후 연구에서는 기업 수준의 피지컬AI 역량과 경영성과 간의 관계를 실증적으로 분석할 필요가 있다. 본 연구는 산업 분야별 통계자료를 활용하여 산업 수준의 경쟁력을 분석하였다는 점에서 의의가 있으나, 개별 기업의 역량과 혁신역량, 글로벌 성장전략을 직접 분석하지는 못하였다. 따라서 향후에는 로봇기업을 대상으로 설문조사와 군집분석, 구조방정식 모형 등을 활용하여 기업유형을 도출하고, 유형별 글로벌 성장전략과 정책지원 방안을 보다 구체적으로 제시하는 연구가 이루어진다면 피지컬AI 시대 로봇산업 발전을 위한 실질적인 정책 근거를 제공할 수 있을 것이다.

본 연구는 피지컬AI 관점에서 국내 로봇산업의 경쟁력을 종합적으로 진단하고 산업유형을 제시함으로써 로봇산업 연구의 학술적 기반을 확장할 것으로 기대된다. 또한 산업유형별 경쟁력 특성을 바탕으로 연구개발 투자, 기술사업화 및 글로벌 시장 진출 전략 수립을 위한 기초자료를 제공하여, 국내 로봇산업의 지속가능한 성장과 글로벌 경쟁력 강화에 기여할 것으로 기대된다.

REFERENCES

[1] M.A.Goodrich and A.C.Schultz, "Human-Robot Interaction: A survey," Foundations and Trends in Human-Computer Interaction, Vol.1, No.3, pp.203-275, 2007.

[2] K.Dautenhahn, "Socially Intelligent Robots: Dimensions of Human-Robot Interaction," Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, Vol.362, No.1480, pp.679-704, 2007.

[3] A.Bauer, D.Wollherr and M.Buss, "Human-Robot Collaboration: A Survey," International Journal of Humanoid Robotics, Vol.5, No.1, pp.47-66, 2008.

[4] M.Farajtabar and M.Charbonneau, "The Path Towards Contact-Based Physical Human-Robot Interaction," Robotics and Autonomous Systems, Vol.181, Article 104813, 2024.

[5] G.Paolo, J.Gonzalez-Billandon and B.Kégl, "Position: A Call for Embodied AI," Proceedings of the 41st International Conference on Machine Learning, PMLR, Vol.235, pp.39493-39508, 2024.

[6] M.Lisondra, B.Benhabib and G.Nejat, "Embodied AI with Foundation Models for Mobile Service Robots: A Systematic Review," Robotics, Vol.15, No.3, Article 55, 2026.

[7] J.H.Kim, E.J.Kim and D.W.Kim, "A Study on Recent Research Trends and Future Directions in Physical AI," Journal of The Korea Internet of Things Society, Vol.11, No.4, pp.107-116, 2025.

[8] K.H.Lee, "A Study on a Physical AI Application Model for Extending Manufacturing AX: Focusing on the Cheonan-Asan Manufacturing Sites," Journal of The Korea Internet of Things Society, Vol.12, No.4, pp.63-71, 2026.

[9] M.E.Porter, The Competitive Advantage of Nations, Free Press, 1990.

[10] J.J.Kwon, "An Analysis of Research Trends on Social Robots in Korea using Keyword Network Analysis and

CONCOR Analysis," The Journal of Korea Robotics Society, Vol.20, No.1, pp.21-31, 2025.

[11] B.Y.Lee, "KCI-Based Literature Review on the Research Landscape of Robot User Experience from a Physical AI Perspective," The Korean Society of Science & Art, Vol.44, No.2, pp.301-315, 2026.

[12] J.H.Lee, "Development of an Assessment Instrument for Evaluating User Perceptions of Companion Robots," Journal of Communication Design, Vol.86, pp.510-523, 2024.

[13] Korea Institute for Robot Industry Advancement, 2024 Robot Industry Survey Report, KIRIA, 2025.

[14] R.Lee, "Strategic Fit Analysis of Smart Manufacturing Innovation Policies for Small and Medium-sized Enterprises," Studies on Humanities and Social Sciences, Vol.7, No.6, pp.19-36, 2025.

[15] W.Kim, "A Study on the Transfer Learning-based Humanoid Robot HRI-Vision System," Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol.18, No.6, pp.1729-1738, 2023.

[16] M.Rubagotti, I.Tusseyeva, S.Baltabayeva, D.Summers and A.Sandygulova, "Perceived Safety in Physical Human-Robot Interaction: A survey," Robotics and Autonomous Systems, Vol.143, Article 103819, 2021.

[17] E.J.Shin, "Human-Robot Interaction Design for Intimacy Building in AI Social Robots: Focused on an Integrated Approach Combining Interpersonal Theory and AI Technologies," Korea Design Forum, Vol.30, No.3, pp.201-214, 2025.

[18] D.K.Hwang, Y.K.Kim, Y.J.Lee, M.G.Kim and E.J.Jung, "TCAT: A Temporal Consistency-based Adaptive Object Tracking Method for Human-Robot Collaboration in Manufacturing Environments," Journal of Korea Robotics Society, Vol.20, No.3, pp.396-407, 2025.

[19] G.Y.Hwang and J.H.Lee, "A Study on Export Competitiveness of the Construction Machinery Industry Using the Trade Specialization Index (TSI): Focusing on the U.S. Market of Korea, China, and Japan," Journal of International Trade and Insurance, Vol.26, No.4, pp.159-173, 2025.

[20] J.W.Yoo and S.R.Shim, "An Analysis of the Export Competitiveness of the Korean Arms and Ammunition Industry: Focusing on IMS, TSI, and RCA Indices," Journal of International Trade and Insurance, Vol.24, No.5, pp.129-147, 2023.

[21] J.E.Seo, M.H.Ha and C.S.Kim, "Analysis of South Korea's Seafood Export Competitiveness: Comparative Analysis with Major Seafood Exporting Countries," Korea International Commercial Review, Vol.39, No.4, pp.61-80, 2024.

[22] D.J.Ketchen and C.L.Shook, "The Application of Cluster Analysis in Strategic Management Research: An Analysis and Critique," Strategic Management Journal, Vol.17, No.6, pp.441-458, 1996.

[23] G.Punj and D.W.Stewart, "Cluster Analysis in Marketing Research: Review and Suggestions for Application," Journal of Marketing Research, Vol.20, No.2, pp.134-148. 1983.

[24] J.H.Park, H.S.Jo and K.J.Lee, "Regional Typology and Cluster Transition Analysis Based on the Statistics on Environments and Policies of Regional Culture: A Comparison of 2020 and 2023," Journal of the Korean Urban Geographical Society, Vol.28, No.2, pp.131-148, 2025.

[25] S.J.Ma and N.H.Kim, "Analysis of Youth Revitalization Rural Areas Characteristics using Cluster Analysis," Journal of Agricultural Education and Human Resource Development, Vol.56, No.3, pp.1-23, 2024.

[26] J.H.Moon, "A Study on Capability Position Analysis and Growth Support Direction of IT Companies Using IPA Techniques," Management & Information Systems Review, Vol.43, No.3, pp.53-77, 2024.

이 상 호(Sangho Lee) [정회원]



- 2015년 2월 : 목포대학교 금융보험학과 금융전공(경영학박사)
- 2015년 4월 ~ 2018년 3월 : 송원대학교 인재개발원 산학협력중점교수
- 2019년 9월 ~ 2026년 4월 : 목포대학교 스마트비즈니스학과 산학협력중점교수
- 2026년 5월 ~ 현재 : 국립목포대학교 AI부트캠프사업단 산학협력중점교수

〈관심분야〉

사물인터넷, 인공지능, 피지컬AI, 국제금융, 금융제도, 서비스마케팅

조 광 문(Kwangmoon Cho) [종신회원]



- 1995년 8월 : 고려대학교 전산과학과(이학박사)
- 1995년 9월 ~ 2000년 2월 : 삼성전자 통신연구소 선임연구원
- 2000년 3월 ~ 2005년 2월 : 백석대학교 정보통신학부 교수
- 2005년 3월 ~ 현재 : 국립목포대학교 컴퓨터학부 교수

〈관심분야〉

사물인터넷, 통신 소프트웨어, 인공지능, 피지컬 AI, 모바일 콘텐츠, 웹 서비스

www.kci.go.kr