



인공지능의 혁신 특성과 글로벌 경쟁구조 - 미·중 AI 경쟁의 동향과 시사점

The Innovation & Competition Dynamics of Generative AI
- U.S.-China AI Competition Dynamics and Implications

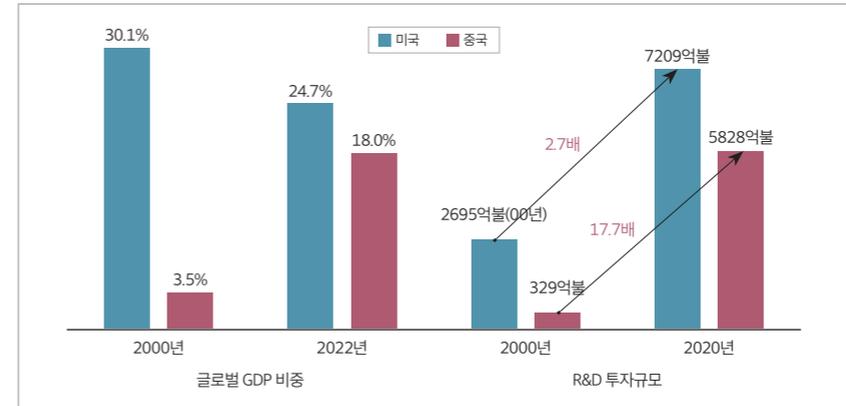
김준연 책임연구원 | catchup@spri.kr
박강민 선임연구원 | gangmin.park@spri.kr

I AI 기술을 둘러싸고 전개되는 미·중 패권경쟁

최근 생성형 AI와 같은 핵심 기술이 부상하며 강대국 간의 경쟁구조를 한층 복잡화 시키는 상황인데, 본 연구는 AI를 둘러싼 경쟁이 기존 기술경쟁과 달리 개별 기술과 산업을 넘어 안보 및 글로벌 통상의 영역으로까지 영향을 미치고 있음에 주목하고 기술-산업-국가와 글로벌을 연결한 다층차적 시각에서 강대국의 AI 경쟁구조를 분석하고 우리에게에의 전략적 시사점 몇 가지를 도출하고자 기획

- 2000년 글로벌 GDP에서 미국과 중국 비중은 각각 30.1%, 3.5%였으나 2022년 24.7%, 18.0%까지 격차 축소 ⇒ 세계 경제에서 중국의 위상은 미국을 위협할 만큼 증가

[그림 1] 미·중 GDP 및 R&D 투자규모 변화



* 미국 R&D 지출 규모(PPP 달러 기준)도 2,695억 불(00년) → 7,209억 불(20년)로 2.7배 증가한 반면 중국은 동기간 329억 불 → 5,828억 달러로 17.7배 증가

- 중국의 기술추격과 경제적 부상을 견제하기 위해 트럼프-바이든 정부로 이어지는 미국의 대중국 압력은 관세인상과 상무부의 수출규제 Entity List와 재무부의 투자규제 블랙 리스트를 통해 진행됐고, 최근에는 AI, 반도체 등 핵심 기술통제에까지 확산
- 2022년 말까지 Entity List에 687개의 중국 기업이 대상으로 올라왔고, 반도체법, 「인플레이션감축법(IRA)」 등 첨단기술 분야의 중국의 부상을 통제하고 있으며, 미국 중심의 기술 생태계를 구축하는 [핵심·신흥기술 국가표준전략], 대중국 패키지 법안인 [중국경쟁법안 2.0] 이 추진되고 있는 상황
- 반도체와 소재장비 등 인프라와 틱톡과 같은 디지털 서비스까지 확대된 미국의 대중국 기술견제와 중국의 대응은 시간이 갈수록 더욱 격화되고 있으며, 한국, 일본을 포함한 주변 협력 국가와의 글로벌 기술협력 네트워크 구성에도 반영되는 양상
 - (23.03) 미국 외국인투자위원회(CFIUS)는 틱톡의 금지 또는 매각을 권고했고, 미국 몬태나주는 24년 1월 1일부터 틱톡의 전면적인 사용금지를 선언한 상황
 - (23.04.26) 한·미 간 차세대 핵심·신흥기술대화를 신설하기로 합의
 - * 바이오, 배터리, 반도체, 디지털경제, 양자 및 인력 등 분야에서 양국의 상호이익과 안보 강화를 위해 양국 안보실장급 협의체로 출범했으며, 미국은 데이터보안, 국제규범개발, 데이터의 자유로운 이동에 대한 협력을 요구

- (23.05.17) G7 회의 중, 한·미·일 산업 및 안보협력 강화 필요성 부상
 - * 일본도 3월 반도체 관련 3개 품목의 한국 수출규제 철회 및 '화이트리스트' 수출심사 우대국으로 재지정
 - * 주요국(G7) 정상 선언(5.20)의 주요 내용으로 [히로시마 AI 프로세스] 연내 발족을 합의
- (23.05.17) 미국은 사모펀드와 벤처 캐피탈 등 미국 자본이 중국 첨단 반도체와 양자 컴퓨팅, 인공지능(AI) 등 3개 분야에 대해 투자하는 것을 규제하는 행정명령 발표

[표 1] 최근 3년간 미·중 관련 기술규제 정책 동향(2020~2023)

일자	내용
20.05.28	인공지능을 위한 국제 협의체(GPAI)의 설립 2년 만에 미국도 가입(중국 견제에 필요)
21.09.29	미국과 EU는 불공정 무역관행, 반도체, AI 협력강화를 위한 무역기술위원회(TTC) 출범
22.03.27	미국바이든 행정부는 한국, 일본, 대만과 '칩4(Chip4) 동맹' 제안하고 중국 고립화 추진
22.07.06	미국 네덜란드 ASML의 EUV 장비 중국 수출금지 요청 → 반도체 기술망에서 중국 고립
22.08.09	바이든 대통령은 「반도체칩과학법(CHIPS and Science Act, 이하 반도체지원법)에 서명
22.10.10	미국은 일본에게 중국이 군사 및 감시 분야에서 AI 시스템을 훈련하고 고급 애플리케이션을 강화하는 데 사용할 수 있는 특정 고급 반도체 칩에 대해 전면 수출통제 요청
22.12.22	미국 상무부는 수출관리규정을 개정해 36개 중국 기업을 수출통제 명단에 추가했고, AI 칩 개발 관련 21개 기업에 '해외직접생산품규칙'을 적용해 미국 외 다른 나라 제품이라도 미국산 SW나 장비, 기술 등을 사용하면 수출 금지
23.03.10	미 행정부는 중국의 37개 기업을 수출규제 목록에 추가(AI 서버 기업인 인스퍼 포함)
23.05.04	바이든 대통령, 해리스 부통령 등은 OpenAI 샘 올트만, 앤스로프 다리오 아모데이, MS 사티아나델라, 구글 순다르피차이 CEO 등과 회담 AI의 위험성과 국익 우선 강조(중국 견제)
23.05.04	'핵심 및 신흥 기술(CET)에 대한 미 정부 국가 표준전략' 보고서를 발표하고, "민간 부문과 협력해 같은 한국, 일본 등 협력국과 공조를 통해 국제 표준을 마련하겠다"고 강조했고, 인도-태평양 및 쿼드(QUAD) 국가들과 표준 부문에서 우선 협력
23.05.11	미국은 「중국 경쟁 법안 2.0」을 준비 중
23.05.23	중국 인터넷 안보심사판공실(CAC)은 안보심사를 통과 못 한 마이크론 제품 구매 중단
23.08.09	미국 자본이 중국 첨단 반도체와 양자컴퓨팅, AI 등 3개 분야 투자를 규제하는 행정명령 발표

출처: 보도자료를 바탕으로 저자가 재구성

■ 중국도 미 마이크론社 반도체 구매 중단 및 자국 거대 언어모델 R&D 지원 대폭 확대

- (23.05.22) 미국의 견제에 대응으로 중국은 마이크론에 '보안'을 사유로 구매 중단 발표
 - * 중국은 약 40조 원/년의 반도체를 수입하고 있어 장기적으로 시장수요의 무기화 가능성도 존재

- * 미국 마이크론테크놀러지의 대중국 수출액은 총매출액의 11%(33억 달러) 수준인 것으로 파악
- * 미국은 마이크론의 공백을 한국기업이 채우지 말도록 압박하는 상황인데, 현재 삼성 전자는 중국 시안에서 전체 낸드의 40%, SK하이닉스는 중국 우시에서 D램의 40%를 생산 중에 있음
- 바이두는 23년 3월 어니봇(Ernie Bot)을 공개하며 뉴스레터 등의 작문과 드로잉, 수학문제도 풀 수 있는 기술 등을 시현했고, 알리바바도 23년 4월 '통이첸원(Tongyi Qianwen)'을 발표하면서 향후 알리바바 등 모든 App에 서비스 추가 계획 발표

- 중국은 우회 수출 경로를 개척하면서 희귀 천연광물자원의 수출규제도 병행
 - (23.02) 2월 중국 최대 통신장비업체 화웨이가 멕시코에서 스타트업 기업들의 클라우드 접근성 확대를 위한 160만 달러(약 20억 원) 규모 프로그램을 추진
 - * 멕시코는 중국 기업과 투자자들이 미국 규제를 우회하면서 북미 시장을 유지할 수 있는 기회를 제공하는데, 멕시코에서 완성된 제품은 미국·멕시코·캐나다 협정(USMCA) 아래 육로를 통해 미국으로 쉽게 수출
 - * 중국의 니어쇼어링(인접국으로의 생산기지 이전)은 디커플링으로부터 스스로를 보호하기 위한 전략
 - (23.07.04) 중국 상무부와 세관총국은 23년 8월 1일부터 갈륨 관련 8개 품목과 게르마늄 관련 6개 품목이 수출 통제 대상이라고 발표하고 이 제품을 수출하려면 구체적인 해외 구매자 정보를 보고해 상무부 허가를 받아야 함을 강조
 - * 갈륨은 첨단 반도체와 태양광 패널용 태양전지 등에 쓰이고 게르마늄은 광섬유 통신, 적외선 카메라 렌즈 등에 필수. 2021년 기준 중국은 전 세계 갈륨 생산의 97.7%, 게르마늄 생산의 67.9%를 차지(미국 지질조사국)

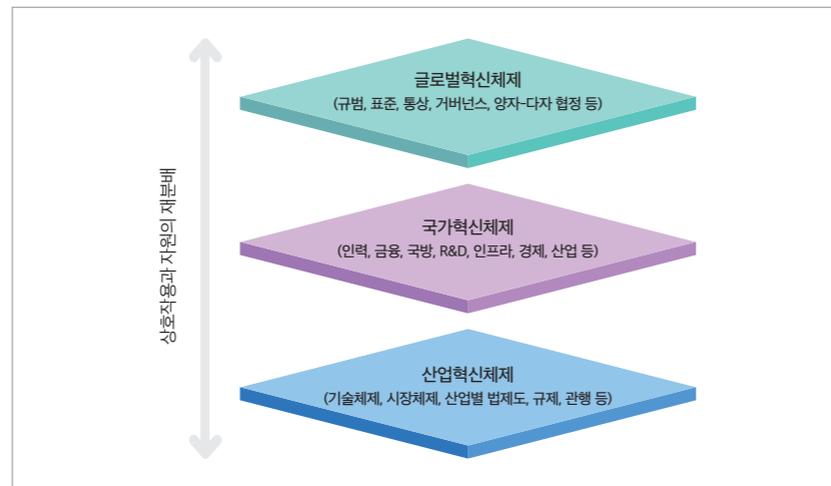
■ 최근 챗GPT와 같은 생성형 AI의 등장은 기존 AI에 대한 인식의 수준과 산업적 적용의 가능 범위를 한 단계 더 확장시키고 있으며, 글로벌 질서를 재편할 '게임 체인저'로서의 AI기술을 둘러싼 강대국간 경쟁은 더욱 심화되고 복잡하게 전개되는 양상

- OECD의 국제산업연관표를 활용한 분석에 따르면 미·중 갈등이 확대되고, 미국의 대중국 수출통제가 전산업으로 확산될 경우, 미국의 부가가치 감소액이 1,474억 달러로 가장 크고 다음으로 한국이 1,144억 달러로 분석돼 일본 1,098억 달러, 대만 578억 달러보다 영향이 클 것으로 전망(현대경제연구원, 2022)

■ 따라서 본 연구는 최근 등장한 생성형 AI가 미국과 중국의 견제와 추격을 더욱 가속시키는 요인으로 보고 이들의 경쟁 구조를 기술, 국가, 글로벌 등 다양한 층차로 분석하고 주목해야 할 이슈와 시사점을 도출하고자 기획

- 핵심기술을 둘러싼 경쟁이 R&D, 성능구현과 생산기술 확보의 경쟁으로 보이겠지만, 넓게 보면 산업혁신-국가혁신-글로벌혁신이 상호작용으로 연결된 복층 구조의 시스템으로 구성 및 전개되고 있다는 점에 착안해 기술과 시장특성, 인력, 표준과 규범, 글로벌 네트워크 및 통상 등 다양한 차원에서 미국과 중국의 입장을 서술

[그림 2] 인공지능 기술혁신체제의 연결된 다층구조



출처: 국제통상환경의 변화와 디지털 기술패권 경쟁(SW정책연구소)

II AI 기술역량에 대한 측정 지표

■ 통상 기술 능력의 측정은 특허, 생산성, 혁신기업 규모 등 양적지표로 분석 하는데, 이러한 양적지표만으로는 학습의 수준과 단계, 구현수준, 시장능력과 글로벌 규범과 표준 선도성 등 다양한 측면을 반영하지 못하는 한계가 존재

[표 2] 기술역량 측정에 대한 기존의 양적 지표들

구분	내용
양적지표	특허, 생산성, 혁신기업의 숫자, 투자규모, 저널출판건수, 인력
학습단계	모방학습(복제적 모방, 창조적 모방), 자체 탐색, 창조적 학습
구현수준	단순조립, 요소기술개발, 새로운 컨셉, 독자 설계와 신제품 창조
시장능력	매출과 시장점유율, 독·과점성, 시장크기, 사용자 기반 등
글로벌 역량	규범과 표준 선도성, 국제얼라이언스 통제역량

- 따라서 기술능력의 측정에서 기존 양적지표를 포함하되 학습수준과 단계, 구현수준, 시장능력과 글로벌 규범과 표준 선도성 등으로 확장하고, 개별 요인과 요인 간의 상호작용을 함께 고려하며, 기술과 시장특성은 고정불변의 조건으로 인식하기보다, 행위자의 결정과 전략에 의해서 유동적이라는 점을 비판적으로 해석하는 것이 필요

[표 3] 기술과 시장체제의 개념 설명

기술/시장특성	개념 설명
기술기회	새로운 기술의 출현빈도
기술 전유성과 누적성	기술혁신 이득의 보호수준(전유), 전세대 기술의 참조 수준(누적)
지식기반	단순, 복잡, 융합 등 기술지식 특성
기술진보 궤적의 가변성	기술진보와 혁신의 방향성
지식접근성	외부와의 학습, 모방, 협력 가능성
기술다양성 정도	기술적 다양성은 진화경로의 유동성과 관련
산학연 연계성	산-학-연간 기술지식의 창출과 확산협력 정도
기술의존 및 보완성	관련 기술과 서비스가 진행되기에 필요한 주변 기술과 인프라
초기투자자와 자본의 회임주기	초기에 소요되는 예산규모와 수익창출 기간
시스템경쟁 수준	유관 분야 기술지식의 창출 역량(시스템 점성)
플랫폼 경쟁정도	양면시장 효과와 생태계 경쟁의 특성 발현
국가의 개입정도	글로벌 통상규범, 네트워크, 제재, 보조금 등

■ (보고서 순서) 이 보고서에서는 3장에서 거대 언어모델을 포함한 AI 관련 기술과 시장 등 다층적 특성을 분석하고, 4장에서 미국과 중국의 유관 정책의 흐름을 상호비교하며 살펴본 후, 5장에서는 요약과 결론의 순서로 작성

III 미·중 AI 경쟁의 다층적 특성

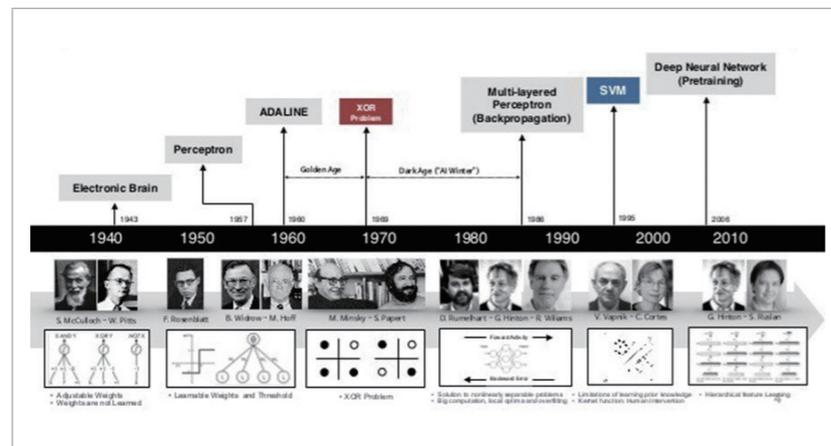
1 AI 기술 진화의 경로 다양성

■ 1956년에 님스 회에서 존 맥카시가 인공지능이란 용어를 처음 사용했고, 초기의 단순 논리 및 수학적 규칙에 따라 작동하는 시스템이었으나 1960년대와 1970년대에는 패턴 인식 알고리즘 등이 발전했고, 1980년대와 1990년대에는 머신러닝 및 신경망 알고리즘으로 이어졌으며 최근에는 딥러닝과 챗GPT의 등장으로 진화

- 기술의 장주기성(기술진보 패적의 낮은 가변성)과 높은 누적성은 인공지능 관련 분야 기술진보를 견인하는 선발자에게 보다 유리하게 작용할 가능성이 높음

* 기술 누적성은 이미 관련 기술을 확보한 선발자에게 유리한 조건이나, AI에 공개SW 생태계가 작동하고 있는 특성은 후발자에게도 기술학습의 가능성이 열려있음을 의미하기에 복잡 요인을 종합한 해석이 필요

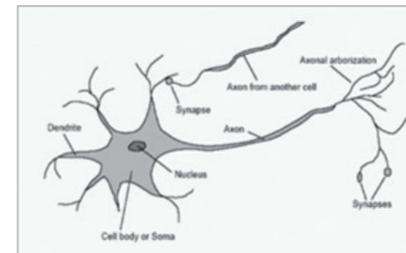
[그림 3] 시대별 AI 기술 진화의 흐름



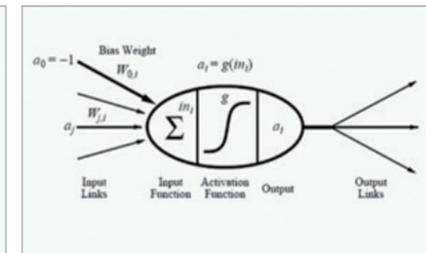
출처: <https://medium.com/ibm-data-science-experience/deep-learning-with-data-science-experience-8478cc0f81ac>

■ AI는 크게 분석형 AI와 생성형 AI로 구분되며, 생성형 AI는 다시 대규모 언어모델(LLM, Large Language Model)과 이미지/음악 생성형 모델로 나뉜다. OpenAI의 챗GPT, 구글의 Bard 등은 대규모 언어모델에 해당

[그림 4] 뉴런과 시냅스의 네트워크

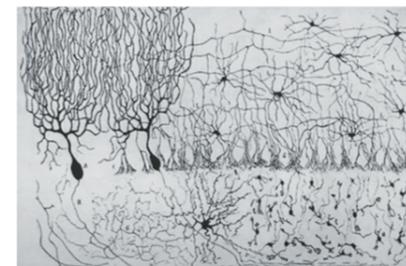


[그림 5] 가중치 값을 가진 논리적 연산구조

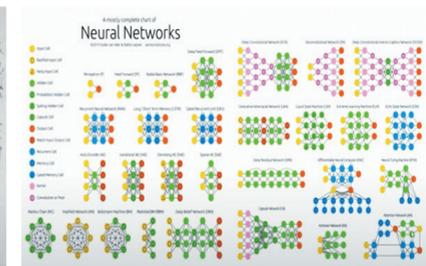


- 다만, 인간의 뇌구조가 아직 많은 것이 밝혀지지 않은 것처럼, AI에 대한 논리적 연산모델 자체가 다양하게 진화할 가능성은 충분⇒후발 추격 가능성은 여전히 존재
- 아래는 산티아고 카말이 발견한 인간 뇌 구조로, 부분별 상이한 신경망 구조를 볼 수 있으며, 인간 뇌를 모방해서 개발한 다양한 신경망 아키텍처 모델(우측)도 현재 챗GPT와 같은 거대 언어모델(LLM)을 넘어 다양한 감각과 결합한 멀티모달의 형태로 진화가 가능할 수 있기에 기술진보의 다양성은 높다고 전망⇒혁신의 포화성이 낮기 때문에, 후발자의 추격 가능성도 열려있다고 추론 가능

[그림 6] 뉴런과 시냅스의 다양성



[그림 7] 다양한 신경망 아키텍처 모델



출처: Lejnen, S., & Veen, F. V. (2020, May). The neural network zoo. In Proceedings (Vol. 47, No. 1, p. 9). MDPI. García-López, P., García-Marín, V., & Freire, M. (2007). The discovery of dendritic spines by Cajal in 1888 and its relevance in the present neuroscience. Progress in neurobiology, 83(2), 110-130.

[그림 8] 최근 10년간 등장한 다양한 AI의 모델



2 생성형 AI 기술발전의 누적성(Technological Cumulativeness)

■ 기술 누적성(Technological accumulativeness)은 기술의 발전과 혁신이 이전 기술지식과 성과에 의존적으로 진보하는 것을 의미 ⇒ 즉, 기존 지식과 경험을 토대로 발전된 연구 결과, 실험, 개발 경험, 설계 지식, 기술적인 노하우 등이 새로운 기술의 개발과 혁신의 창출을 지원하는 특성

* 기술누적성이 높으면 기존 기술지식의 장악력이 높은 선발자가 후발자보다 시장에서의 위상이 더욱 공고함

■ 챗GPT 이전에도 Siri, Alexa, IBM Wason, Exobrain 등 다양한 서비스가 등장 하면서 장주기에 걸쳐 규칙기반→대화기반→질의응답 기반 등 점진적으로 발전

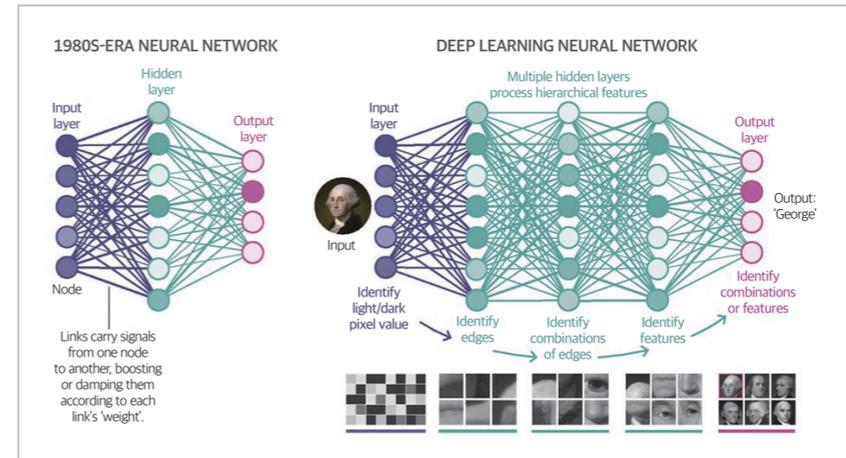
• AI 모델과 데이터 측면에서 보면, 80년대 단층 신경망에서 폭(Layer) x 깊이(Depth)를 확대해 진화이거나 학습용 데이터의 크기를 늘리며 성능을 제고하는 특성

• AI 분야 후발국은 적절한 AI 모델과 학습에 필요한 데이터를 확보해야 하는 과제가 있음 ⇒ 다양한 진화경로(낮은 혁신의 포화도)는 후발자 추격에 유리한 기회지만², 혁신적 모델 개발과 데이터의 누적성은 반대로 선발자에게 유리하게 작동할 수 있는 조건

[그림 9] AI 혁신모델의 등장과 진화경로



[그림 10] 신경망 아키텍처의 누적적 진화



1 최근 OpenLLM Leaderboard에서 높은 성능을 보인 Falcon, StableLM, Llama의 경우, 모델의 사이즈는 40B-70B이지만, 학습 데이터는 1500B 토큰 이상으로, 120B 이상의 사이즈를 갖고 있는 Galactica나 BLOOM, PaLM 보다 더 많은 데이터를 학습시키며 더 높은 성능을 구현

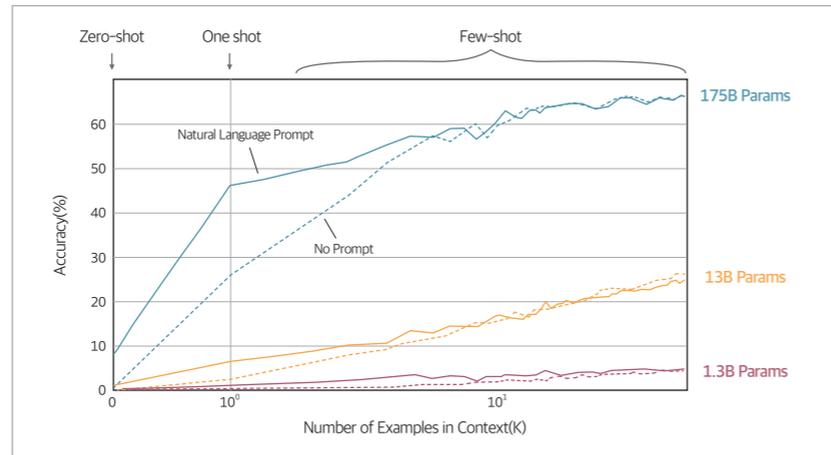
2 HW 사양이 고도화되면서 AI 매개변수는 과거보다 증가하는 추세인데, 알리바바 Tongyi Qianwen 매개변수는 10조 개로 현재까지 거대 언어모델 중 규모가 가장 큰 반면, 구글의 PaLM2의 매개변수는 3,400억 개로 PaLM1에 비해 매개변수가 2,000억 개 감소했으나 성능 구현에서 더 뛰어나다고 하는 보고서도 있어서 매개변수의 규모가 절대적인 것은 아님

3 AI 혁신의 초기 투자규모와 자본의 회임주기

■ 혁신을 위한 초기 투자규모와 수익을 기대할 수 있는 기간(자본의 회임주기)은 혁신 참여와 지속가능성을 결정하는 변수인데, 일반적으로 초기 투자 크고, 독점이 발생하며 자본의 회임주기가 길면, 후발자의 시장 진입은 쉽지 않은 측면이 존재

- 마이크로소프트는 2019년 OpenAI에 약 10억 달러(1조 2,000억 원)를 투자하며 챗GPT 개발을 지원했는데, GPT4에 개당 약 4,000만 원이 소요되는 A100, H100급 GPU 약 1만 개가 투입됐을 것으로 추정 (GPU만 약 4,000억 원 소요 추정)
* 앤비디아 H100은 A100 대비 학습 속도가 9배, 언어 추론 속도가 30배 이상 빠름

[그림 11] 언어모델의 파라미터 규모별 정확성



출처: Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J. D., Dhariwal, P., & Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. Advances in neural information processing systems, 33, 1877-1901.

- 경제적 수익측면에서, 현재 OpenAI의 챗GPT4 유료 서비스가 20불 수준의 비용을 부과하고 있는데, 유료회원 규모를 1억 명으로 산정하더라도 약 20조/월 매출 규모
- 챗GPT와 DALL·E 제작사 OpenAI를 비롯해 MS 등 빅테크 기업 대다수가 AI 알고리즘 훈련에 딥러닝 방식을 사용하는데 이 과정에서 막대한 양의 전력 소요
* 챗GPT가 아직 상용화되기 전 훈련 과정에서만 쓴 전력량을 추산하면 챗GPT 학습에 1.287GWh(기가와트시)의 전기가 소모되며 이는 미국 가정 120곳이 1년 동안 쓰는

전기량과 맞먹으며 이산화탄소 배출량으로 환산하면 502톤으로 미국 자동차 110대가 1년에 배출하는 양과 비슷한 수준이라고 함.³

- 수십억 건 이상의 질문이 쏟아지면서 막대한 양의 연산을 수행하는 현재와 같은 상황은 어느 정도로 전력을 사용할지 외부인은 추산하기 불가능할 정도
- 보다 큰 수익성 창출을 위해, 플러그인 서비스(OpenAI), 서드파티 앱 통합(구글) 등 다양한 비즈니스 모델 및 플랫폼 생태계 조성 추진 중 ⇒ 투입자본의 회임기간이 예상외로 길 것으로 전망되며, 선발 플랫폼의 독점성이 강하게 작동할 가능성이 있어서 시장 장악과 자원 열위에 있는 후발자는 추격이 만만치 않음을 시사
* 인프라와 성능의 한계를 극복하고자 새로운 혁신적 GPT 모델로 20Billion 규모의 모델 개발에 대한 논의도 있으나, 이는 선도 혹은 추격 전략이라기보다, 경량화와 니치 공략을 목표로 혁신하는 모델로 추정되기도 함

4 생성형 AI 기술의 전유가능성(Technology Appropriability)⁴

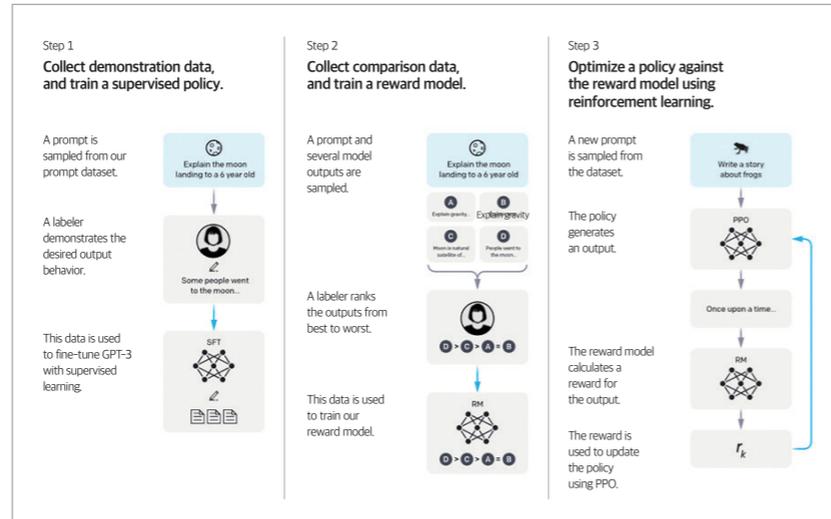
■ GPT-3.5는 1차(Step 1)로 강화학습(Reinforcement Learning)과 지도학습(Supervised Learning)을 사용했고, 데이터 수집은 지도학습인 SFT(Supervised Fine-Tuning)를 활용했으며, 2차(Step 2)에서는 인간 AI교육자(Human AI Trainers, 라벨러)가 사용자와 챗봇의 대화를 연기해 가며 사전 훈련을 진행했고 이어 강화 학습인 RLHF(Reinforcement Learning from Human Feedback)과 PPO(Proximal Policy Optimization)를 사용해서 최적화

- PPO는 OpenAI가 2017년에 공개한 알고리즘이며, 특허의 관점에서는 실용적 애플리케이션에 관한 것이므로 USPTO의 특허 적격성은 긍정할 수는 있겠으나 신경망 모델, 학습 데이터 수집, 최적화 방식 등이 공개된 것들이라 특허 출원의 핵심인 기술 진보성 여부를 긍정하기 어려움 ⇒ 특허 출원 가능성은 낮을 것으로 판단

³ Business Post(2023.3.10.) 챗GPT는 전기 먹는 하마, 초거대 인공지능 이산화탄소 배출량 공개 필요
⁴ 기술의 전유가능성은 특정 기술과 지식을 보호하고, 이 기술과 지식으로 획득한 혁신의 성과를 온전히 향유할 수 있는 가능성을 의미하는데, 특허, 사.비밀 등이 대표적으로 전유성을 높이는 제도적 장치 및 전략에 해당

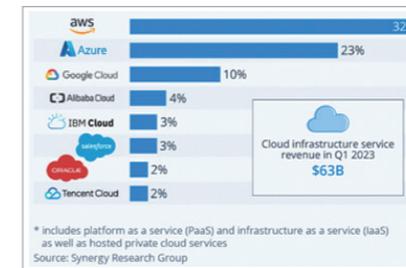
- 특히로서 기술지식의 보호가 되지 않고, 이미 개방형 지식생태계에 편입된 영역에서는 후발자의 지식접근성이 높아 역공학적 학습이나 모방학습의 가능성이 존재

[그림 12] OpenAI의 챗GPT 개발의 단계별 설명 자료

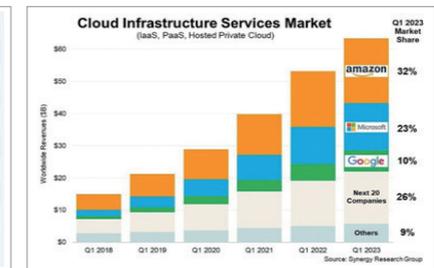


(1) (Cloud Computing) 챗GPT가 MS 클라우드 인프라에서 작동했듯이 고성능컴퓨팅(HPC)이 필수적인 AI 특성상 클라우드 기반의 서비스형 인프라(iaas)에서 구동

[그림 13] 글로벌 클라우드 점유율(23.1Q)



[그림 14] 연도별 글로벌 클라우드 점유율



(2) (GPU) AI를 지탱하는 하드웨어는 기존 CPU 기반의 선형적 직렬연산체제에서 부동소수점연산(Floating-Point Operations)으로 대규모 병렬처리가 가능한 GPU 체제로 전환됐고, 이후 고성능 컴퓨팅이 가능한 GPGPU(General-Purpose computing on Graphics Processing Units)와 그래픽 연산을 기반으로 탄생한 GPU의 단점(발열, 가격) 극복을 위해 AI 연산 전용 NPU(Neural Processing Unit) 등장

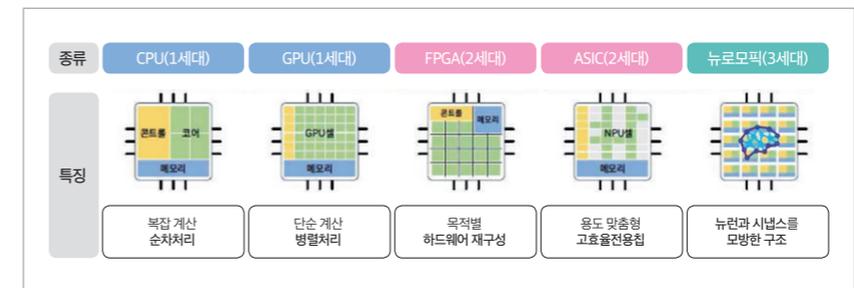
- GPU, NPU 등은 기술누적성이 매우 높아 AI 엔비디아의 시장위상은 매우 공고

5 생성형 AI의 보완성(Cloud Computing, Super Computing, GPU 등)

■ OECD는 SW의 속성을 비체화성, 누적성, 짧은 기술주기와 보완성으로 규정하고 있는데, 보완성의 속성을 갖는 기술영역에서는 관련 제품(서비스) 혹은 인프라가 혁신과 경쟁의 성패를 좌우하는 결정변수가 되며, 이들과의 공진화(Co-Evolution)을 통해 혁신의 지속성을 확보 ⇒ Katz와 Shapiro (1994)는 이러한 SW의 속성을 시스템 경쟁으로 개념화⁵

⇒ AI도 SW라서 SW의 일반적 속성을 대부분 반영하고 있어서 클라우드, GPU, 슈퍼컴퓨터, 플랫폼 등 분야에서 시장우위를 장악한 선발자가 혁신을 견인하고 지속하는데 유리

[그림 15] AI를 지원하는 하드웨어 기술의 진화경로



(3) (Super Computing) GPT는 현재 세계 5위 수준의 슈퍼컴퓨터에서 작동 중이라고 하는데, 반도체 등 미국 견제로 중국 Tianhe, Sunway 등은 최근 5위 내에도 속하지 못하는 상황

⁵ Katz, L. Michael, and Shapiro, "Systems Competition and Network Effects," J.Economic Perspectives, vol. 8, no. 2, 1994

- 최근 발표된 전 세계 슈퍼컴퓨터 순위에서 미국 오크리지 국립연구소(ORNL)의 '프론티어'가 초당 110.2경 번의 연산⁶을 해내며 1위를 차지했는데, 2위와 3위는 일본 이화학연구소(RIKEN)와 후지쯔(Fujitsu)가 공동 개발한 '후가쿠(Fugaku)', 핀란드 과학IT센터(CSC)의 '루미(LUMI)'가 각각 차지

[표 4] Global SuperComputer Ranking(2015-2022)

2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Tianhe	Sunway	Sunway	Summit	Summit	Fugaku	Fugaku	Frontier
Titan	Tienhe	Tianhe	Sierra	Sierra	Summit	Summit	Fugaku
Sequoia	Titan	Piz Daint	Sunway	Sunway	Sierra	Sierra	Lumi
K Computer	Sekwaia	Gyoukou	Tienhe	Tianhe	Sunway	Sunway	Summit
Mira	K Computer	Titan	Piz Daint	Prontera	Selene	Perimutter	Sierra

출처: 각종 언론 보도자료를 저자가 재조합해 작성했으며, 단일 컴퓨팅을 활용해 학습이나 수행에 활용하지 않기 때문에 Super-Computing에 대한 논의는 AI 모델 성능과는 꼭 같다고 보기는 어려울 수 있음

(4) (Platform Ecosystem) 챗GPT는 단일 App이라기보다, 다양한 Third Party App과의 연동이 가능한 플러그인 서비스를 출시하며 디지털 플랫폼 생태계로 진화 중

- OpenAI는 GPT3 → 3.5 → 4 → Plugin(23.5.15)으로 고도화하면서 다양한 유료화 서비스 제공 중이며, 특히 챗GPT Plug-in Store에는 400개 사의 플러그인 입점해 애플 앱스토어, 구글 플레이스토어 같은 플랫폼으로 생태계 조성 중(23.7.10 현재)
- 중국은 칭화대의 GLM-130B(1,300억 매개변수), 화웨이의 PanGu-Alpha(2,000억 매개변수), 베이징 AI 아카데미의 Wu Dao 2.0(1만 7,500억 매개변수)이 발표됐지만 기술 구현 및 테스트 단계로서 아직 플랫폼 생성과 확장으로 나아가지는 못한 것으로 파악

⁶ 슈퍼컴퓨터 연산 능력은 보통 페타플롭스(PetaFLOPS)로 표시하는데 초당 1,000조 번의 연산을 하면 1페타플롭스다.

[표 5] 플랫폼의 성장단계 모델로 본 美 OpenAI의 챗GPT 성장경로

구분	플랫폼 형성 (Platform Formation)	플랫폼 자원창출 (Resource Creation)	보완자산 통합 (Complementor Integration)	생태계 조성 (Ecosystem Orchestration)
경로	- 20.06. GPT-2 - 21.01.05. DALL-E - 22.04.06 DALL-E 2 - 22.01.01. GPT-3 - 23.03.15 GPT-4 - 23.02.02. GPT 유료화 - 23.08.02. GPT 5 출시	- 23.02.26. 1억 User - 23.04.11. GPT Plug-In - 23.05.19. IOS APP	- 23.07.10. GPT Plug-In 400여개 APP 입점되며 확장	- 23.05.19. IOS APP 출시

[표 6] 중국 AI 기업의 개발 단계와 동향

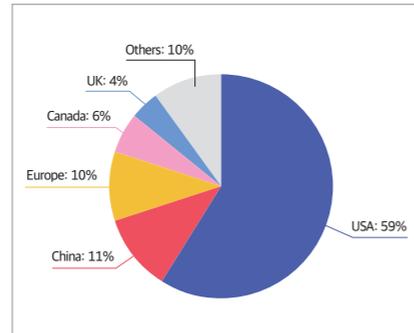
일정	기업명	제품명	개발단계
2023.02.03	YuanyuAI	元语智能ChatYuan	게시된 지 3일 만에 콘텐츠 위반으로 서비스 중단
2023.03.16	Baidu	ERNIE Bot	기업 사용자를 위한 내부 테스트
2023.04.07	Alibaba	通义千问	기업 사용자를 위한 내부 테스트
2023.04.08	Huawei	盘古大模型	AI for Industry를 중심으로 B2B 사업에 집중
2023.04.09	Qihu360	360智脑	기업 사용자를 위한 내부 테스트
2023.04.10	Sense Time	SenseNova	정부 및 기업 고객을 위해 다양한API 및 서비스 제공
2023.04.11	Feishu	My AI	제품 개발은 진행 중이며 공개 테스트 및 출시 예정
2023.05.06	iFlytek	iFlytekSpark	등록 후 체험가능

6 AI 핵심 인력 확보와 활용의 효율성 측면

■ AI의 연구개발은 주로 고급 인력을 중심으로 진행되는데, 글로벌 핵심 인력 (상위 1%)은 미국에 집중되고 있어, 중국 보다 미국의 인력확보 효율성이 높음

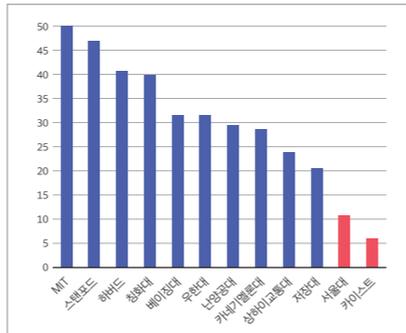
- AI 분야 상위 1%에 해당하는 논문의 건수로 보면 MIT, 스탠포드 등 미국 대학이 선도 하고, 칭화대, 북경대 등 중국 대학이 근소한 차이로 추격하는 상황
 - 생성형 AI의 경우, MIT, 스탠포드 등 미국 대학보다는 기업으로 혁신의 주체가 넘어간 상태로 추정됨

[그림 16] 글로벌 핵심 AI 인력의 근무지



출처: <https://macropolo.org>(검색일 : 23.2월)

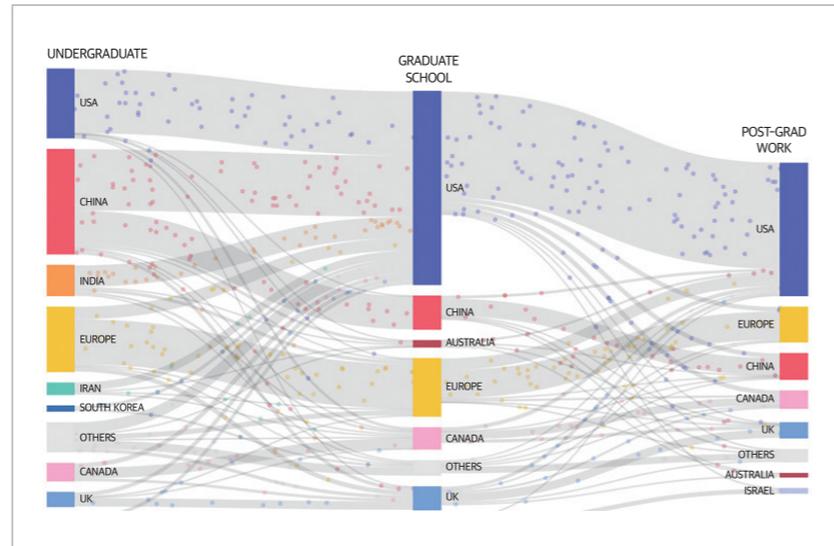
[그림 17] AI 상위 1% 논문 건수(대학)



출처: 국가과학기술심의회(2023)

- 글로벌 핵심 AI 인력의 국가별 이동을 보면, 미국은 자체 육성인력의 약 2배에 달하는 인재(전체의 2/3)가 유입되는 반면, 중국은 최대 AI 인력양성 국가지만(29%), 이들 중 56%가 미국에서 근무하고 있어, 미국이 AI 인력확보와 활용의 효율이 높은 것으로 파악

[그림 18] 핵심 AI 인력의 국가별 이동 경로(MacroPolo Global AI Talent Tracker)

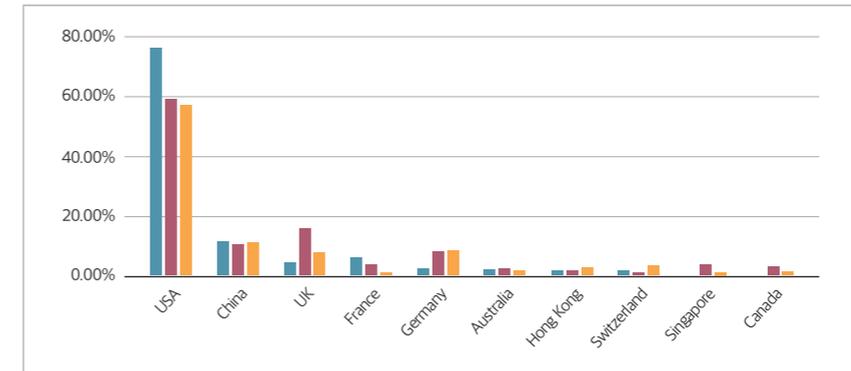


출처: <https://macropolo.org/digital-projects/the-global-ai-talent-tracker/> (검색일 : 23.2월)

- 2020년부터 2022년까지 3년간의 글로벌 100대 연구논문의 출시 규모로 보면, 선도국 미국이 국가별 및 기업별 수치에서 압도적인 위상을 유지하고 있는 것으로 파악

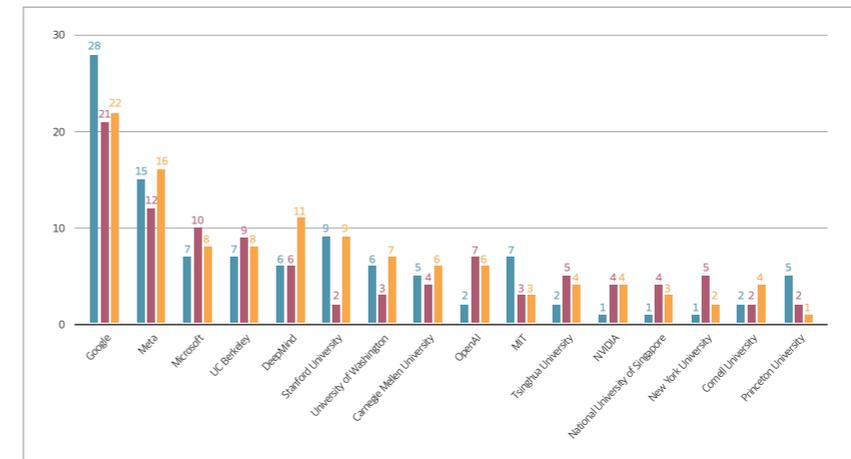
- 중국이 기술추격을 하고는 있으나 핵심 연구논문의 성과(품질) 측면에서 국가 및 기업의 역량 격차가 상당히 존재하는 것으로 파악됨

[그림 19] 글로벌 100대 AI 논문의 숫자(20-22)



출처: <https://www.zeta-alpha.com/post/must-read-the-100-most-cited-ai-papers-in-2022>

[그림 20] 기업별 글로벌 100대 연구논문 규모(20-22)



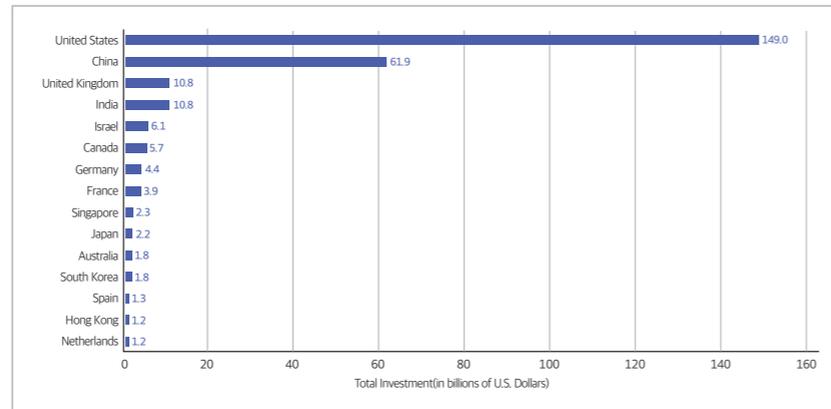
출처: <https://www.zeta-alpha.com/post/must-read-the-100-most-cited-ai-papers-in-2022>

7 AI 기술개발과 민간 금융투자의 연계 측면

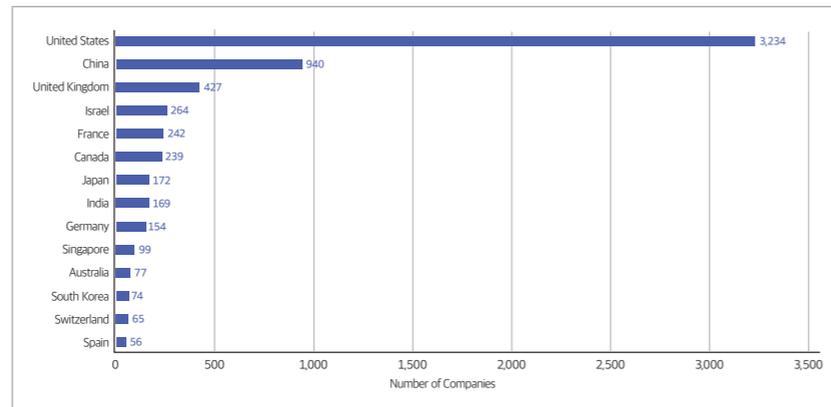
Stanford AI Index에 따르면, 민간투자측면에서 선도국 미국의 위상은 공고하게 유지

- 중국이 최대 AI 핵심 인력양성 국가이며, 미국과 근소한 차이를 보이는 대학의 AI 연구수준을 보유한 반면, 민간 역량과 투자규모는 상대적으로 격차가 큰데, 이는 산-학-연의 상호 연결고리가 미국에 비해 상대적으로 취약하기 때문으로 파악

[그림 21] 국가별 AI 분야 민간투자 동향(13-21)



[그림 22] 국가별 신규 투자된 AI 기업 규모(13-21)



출처: Stanford AI Index

8 AI 진흥정책과 규제 측면

미국의 인공지능 진흥정책과 규제 가이드라인

- 국가 AI 이니셔티브(‘20), 25% 법인세 감면과 10년간 중국 수출금지를 내용으로 하는 반도체 및 과학법(‘22)을 발동했으며, 네덜란드, 일본, EU 등 국제 연대를 통한 중국 견제의 수준을 높이는 전략 추진
- 또한 23년 5월, CET (Critical Emerging Technology)의 8가지 표준 전략을 제시(이중 3번째가 「AI and Machine Learning」) ⇒ 그간 AI는 민간 개발을 강조했으나 국가 표준전략으로 제시하는 것은 이번이 처음
- 미국은 2020년 1월 AI 적용 규제 가이드라인을 발표하고, 민간부분 AI 활용을 위한 규칙을 만들 경우, 고려해야 할 10가지 원칙을 제시했고, 20년 2월에는 미국 국방부가 AI 5대 원칙을 발표하면서 책임성, 형평성, 추적가능성, 신뢰성, 통제가능성을 추가

[표 7] 미국 AI 규제 가이드라인의 10대 원칙

원칙	내용
AI에 대한 대중의 신뢰	• AI가 실질적인 도움을 제공하는 동시에 프라이버시, 개인의 권리와 자율성, 시민의 자유를 침해하지 않도록 조치를 취함으로써 대중의 신뢰를 구축
시민의 참여	• AI 규제원칙 제정과정에 시민이 의견을 제시할 수 있는 충분한 기회를 제공
과학적 고결성과 정보 품질	• AI 규제는 엄밀한 과학적 근거와 양질의 데이터에 근거하여 마련
위험측정과 관리	• AI가 야기하는 위험의 유형과 수준을 측정하고 수용하기 어려운 위험을 중심으로 규제를 시행
비용편익분석	• AI가 경제, 환경, 공공 건강, 안전, 분배와 형평 등 다양한 분야에 미치는 편익과 비용을 종합적으로 고려하여 순이익을 극대화하는 규제 수준을 결정
유연성	• 급변하는 AI 기술에 효과적으로 대응할 수 있도록 유연한 규제 체계 마련
공정성과 차별금지	• AI가 기존의 차별을 없앨 뿐만 아니라 새로운 차별을 만들지 않아야 함
공개와 투명성	• AI가 언제 사용되고 어떻게 인간에게 영향을 미치는지에 대한 정보공개
안전과 보안	• AI가 의도치 않은 문제를 야기하지 않도록 설계, 개발, 보급, 활용과정에서 안전 및 보안 장치를 마련
기관간 협력	• 정부 기관 간 협력을 강화하여 규제 경험을 공유하고 규제의 일관성 제고

출처: 미국 데이터혁신센터(CFD)의 AI 혁신을 해치지 않는 10대 규제 원칙 보고서(2023.2.)

- 2020. 12월 연방정부의 신뢰할 수 있는 인공지능 사용을 도모하기 위한 행정명령 (Executive Order on Promoting the Use of Trustworthy Artificial Intelligence in the Federal Government)을 발표했고, 2022년 2월에 알고리즘 책임법안(Algorithmic Accountability Act of 2022)을 상하의원이 각각 발의

■ 중국의 인공지능 진흥정책과 규제 가이드라인

- 중국은 2014년부터 인터넷+(互联网+), AI3년행동실시방안(人工智能三年行动实施方案), 1035국가과학기술혁신규획(国家科技创新规划)등을 시작으로 국무원이 차세대AI발전계획(17.7)을 수립하고 2030년 AI 세계 1등 국가 구현을 목표로 설정
- 특히 <차세대 인공지능발전계획>에서 AI 인력양성의 백년대계를 제시하고, 초등학교 교과과정에 AI 관련 커리큘럼을 도입하고, AI 단과대학 설립 및 인공지능융합서비스(인공지능+X)와 같은 융·복합전공을 확대하고 AI 전문 석·박사과정 개설을 강조
- AI 규제에 대해서 중국도 2019년 5월 베이징 AI 원칙을 발표하면서 15개 원칙을 제시했고, 2019년 6월에는 국가 차세대 AI 관리 원칙을 발표했으며, 2023년 5월 10일 중국 국무원은 「생성형 인공지능서비스 관리방법」을 입법절차에 따라 중국 전국인민대표대회 상무위원회가 검토
 - 총 25개 조항으로 구성된 AI 규제의 핵심 내용 중 미국과의 차이가 나는 부분은 사회주의 가치 준수, 개인 데이터 및 개인정보 보호, 지식재산권 및 영업 비밀 보호, 알고리즘 설계/학습 데이터 선택/컴퓨팅 모델 개발 시 차별 방지, 독점 및 반경쟁 지양한다는 점으로 플랫폼 제공업체가 보안 검토를 수행하고 정부에 서비스를 등록해야 한다는 요구사항을 포함하고 있으며 23년 8월 15일부터 적용⁷
- 또한 중국은 2009년 구글, 페이스북, 아마존과 같은 글로벌 웹사이트와 앱 사용을 제한하는 디지털 보호주의 기조하에 자국 기술기업이 성장하는 토대를 제공했는데, 이번에 챗GPT 사용 금지 조치 역시 중국적 디지털 보호주의의 기조하에 추진 중⁸

⁷ Digital Today(2023.7.14.), 중국 공식 생성 AI 가이드라인 발표
⁸ 시타임즈(2023.2.24.) 中, '챗GPT' 완전 차단 조치

■ 미·중 양국의 AI규제가이드라인 비교

- 개방성, 투명성, 공정성 등 명분적으로 크게 다르지 않지만, 체제, 정권, 인권과 개인정보의 보호수준, 안보에 대한 상호 해석의 차이 발생 가능성 큼
 ⇒ 개방성, 투명성, 신뢰성 등에 대한 국가별 해석이 국제사회의 수용 가능성과 확산의 범위를 결정
 - * 예컨대 안면인식을 통한 신원파악, 신장 위그루 자치지역의 인권탄압 등이 대표적 영역
 - * 미국은 센스타입(안면인식), 메그비(답러닝), 이투(이미지인식) 등을 제재대상 기업리스트(Entity List)에 포함

IV 미국의 선도 견제와 중국의 추격 대응

- 미국의 중국에 대한 견제는 트럼프 행정부에서부터 본격화됐으며, 바이든 행정부는 대중국 압박 전선을 더욱 확대하고 있는 상황이며, 중국도 미국의 기술견제에 대응해 경량화, 데이터자원화와 자원수출통제 등으로 대응 중
- 미·중 갈등은 무역분쟁에서 출발했지만, 최근 AI, 반도체 등 첨단기술 견제, 글로벌 협력거버넌스, 신통상규범(디지털 무역, 노동, 환경)으로 확대 추세

1 미국의 對중국 기술수출 통제와 견제

첨단기술 견제와 글로벌 협력네트워크 : 핵심 신흥기술대화과 다자, 양자 협력강화

- 미국은 2022년 8월 반도체법 「CHIPS and Science Act」을 통해 약 50조 원 규모의 자금을 투자해 반도체 제조 부문을 집중 육성하고 중국을 견제하겠다고 발표

* 반도체법 보조금은 527억 불(약 67조 원), 설비투자의 25% 세액공제, 수혜기업은 향후 10년간 중국 수출금지

■ 미국은 23년 5월 4일 미래 산업영역에서 추격국 중국을 견제하고, 미국의 글로벌 리더십을 강화를 위해 ‘핵심·신흥 기술(Critical & Emerging Technology)’에 대한 미 정부 국가 표준 전략’ 보고서를 발표 ⇒ 미국 역사상 최초의 국가 표준 전략 발표

- 美 국가표준전략은 ▶ 표준 개발을 위한 연구·개발 자금 지원 증대 ▶ 민간 부문의 참여를 방해하는 장벽 제거 ▶ 국제 표준 거버넌스와 리더십에서 미국과 같은 생각을 가진 국가의 대표성과 영향력 강화 ▶ 새로운 표준 인력 교육과 역량 강화 ▶ 강력한 표준 거버넌스 절차를 지원하기 위해 동맹·파트너와 표준 협력 심화로 구성

[표 8] 美 국가표준전략과 같은 생각을 가진 국가 간 네트워크 구성

대상국가	추진시기	대중국 견제와 기술협력 내용
미국-인도	2023.01.31	쿼드, 인도-태평양 경제 프레임워크(IPEF) 등에 인도의 적극 참여를 유도하고, 23년 1월 31일 핵심신흥기술 구상 발표 ⁹
미국-한국	2023.04.27	2023년 4월 26일 한·미 공동 핵심신흥기술 구상 발표
미국-일본	2021.01.10 2022.10 2023.05.26	2021년 오스트레일리아, 영국, 미국 군사협력체(AUKUS)에 일본 참여 2021년 10월 인도태평양경제프레임워크(IPEF) 참여 2022년 10월 미국과 보조는 맞춰 중국의 반도체 생산기업에 첨단반도체 장비 판매를 금지하는 등의 조치를 결정 2023년 5월 26일 미·일 상무·산업 파트너십(JUCIP) 공동성명 발표로, 반도체 분야 대중국견제 체제 공고화
미국-EU	2023.05.31	제4차 미·EU 무역기술협의회(TTC) 종료 후 대중국 기술견제를 목표로 무역·투자를 제한하는 ‘경제적 위협’에 공동으로 대응 발표 AI, 양자컴퓨터, 바이오 등 신기술이 중국 전역에 걸쳐 군사 및 시민감시 등에 사용되는 것을 막기 위해 협력 AI 표준 및 위협관리 등을 위한 도구 마련을 위한 협력 진행 ¹⁰

출처: 보도자료를 바탕으로 저자가 재구성

9 경향신문(23.2.1.) 미-인도, 중국견제 본격화, 첨단기술, 국방 협력강화
10 머니투데이(23.6.1.) 움직이는 미-EU, 중국의 경제위협 공동대응, AI대책도 서두른다

글로벌 AI 협의체(Global Partnership on AI)

■ 미국은 2019년부터 국가안보를 저해한다는 이유로 중국 AI 기업에 대한 제재를 강화하기 시작했으며, 2020년 6월 GPAI(인공지능 글로벌파트너십(Global Partnership on AI, GPAI))에 합류하면서 중국을 배제한 새로운 글로벌 표준 구축을 시도 중

- 2018년 GPAI 설립이 추진될 당시 주요 7개국(G7) 중 유일하게 미국만 동참하지 않았는데 2년 뒤인 2020년 미국과 중국의 무역 전쟁이 최고조에 이른 시점에서 미국이 가입 ⇒ 단순히 미국이 AI 사용에 관한 윤리지침 마련을 글로벌 네트워크에 동참하면서 추진한다는 해석보다는 추후 중국의 기술 굴기에 대응한 국제 협력네트워크 구축의 필요에서 가입의 동기를 찾을 수도 있음

AI 국제표준화회의(ISO/IEC JTC1/SC42)

■ 2017년 출범한 AI 국제표준화회의는 매년 4월과 10월 총 2회 회의를 개최하며, 회원국은 참여멤버(P멤버 : Participating Members) 31개국과 관찰멤버(O멤버 : Observing Members) 14개국으로 구성

- P멤버는 AI 표준제정 관련 발언권과 투표권을 행사하며, 한국, 미국과 캐나다, 중국 등이 참여 중 ⇒ 현재 5개 ISO 표준을 공식 발표했고 12개 ISO 표준 개발
- 특히 국제표준화회의에서 캐나다, 미국, 아일랜드, 일본, 중국 5개국이 SC42 워킹그룹을 주도하고 있는데 캐나다는 ‘AI 기초용어 정리’, 미국은 ‘빅데이터’, 아일랜드는 ‘AI 신뢰성’, 일본은 ‘AI 사용자례’, 중국은 ‘지식공학’ 관련 표준안을 담당
- 안보와 통상이슈에 민감한 빅데이터 워킹그룹은 미국이 주도(명칭 변경 : 데이터)

AI와 반도체 등 디지털 인프라에 대한 통상환경

■ 미국 외국인투자심의위원회(CFIUS)는 기존 5세대 통신(5G) 분야에서 시행되던 제재 강도를 높여 4세대(4G) 분야에서도 퀄컴·인텔·엔비디아 등 미국 반도체 기업들이 화웨이에 수출을 하지 못하도록 기존의 수출 허가를 취소하는 방안을 검토 중

* 美의 對中 기술수출 통제는 1차 2019년 EUV 리소그래피 장비 통제 → 2차 2022년 반도체 공정 장비 수출 통제 → 3차 GPU(그래픽카드)의 대중 수출을 통제

- 2022년 8월 AI 반도체 대중국 수출통제
- 2022년 10월 7일 미국 상무부는 대중국 기술수출통제조치 발표
- 2023년 3월 반도체, 인공지능 분야 민간 투자 제한

2 중국의 기술추격과 전략적 대응

모델 경량화와 산업특화 AI로 추격의 돌파구 마련

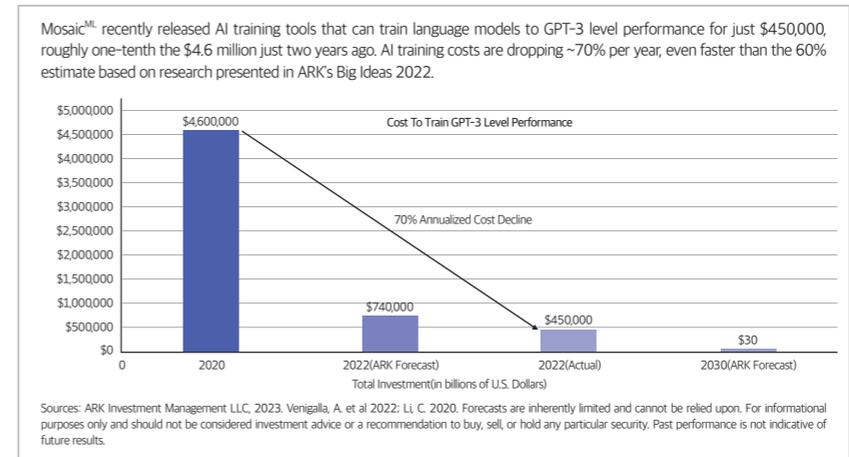
■ 일부 GPT 모델의 경량화 성공 사례는 미국의 견제에 대응한 중국의 우회 혁신의 가능성 높여주고 추격의 돌파구가 될 수 있을 것으로 전망

- 최근 중국 칭화대학이 중국어와 영어로 구성된 4,000억 개 이상의 텍스트 토큰으로 훈련한 1,300억 개의 매개변수를 가진 개방형 이중 언어 모델 'GLM-130B'를 공개했고, 화웨이(Huawei)가 22년 11테라바이트 용량의 중국어 데이터를 훈련한 2,000억 매개변수 언어모델인 'PanGu-Alpha'를 발표했으며 베이징 AI 아카데미(BAAI)는 1조 7,500억 개의 매개변수 모델인 <Wu Dao 2.0>을 발표했지만, 산업특화용 혹은 경량화 모델의 GPT도 속속 등장하는 추세
 - 예를 들어 텐센트가 출시한 산업특화용 중국 LLM 서비스는 산업·기업별로 적합한 언어모델을 구축해 서비스형 클라우드(SaaS) 형태로 제공하는데 이러한 유사 모델로 센스타임, 텐센트, 푸단대학교, 넷이즈, JD닷컴, 콰이쇼우, 차이나 텔레콤 등

지난 3년간 중국 내에서 출시된 산업특화 LLM만 79개에 달함¹¹

- 유사한 사례로 최근 오스트리아 연구팀이 추진한 GPT-3 파라미터 1,750억 개의 60%를 활용해 유사 성능 달성에 성공한 사례가 이에 해당 (23.01.24. ZDNet)하고, 노믹시가 개발한 GPT4All은 GPT3.5와 Github에 공개된 LLaMa(META)로 데이터학습 4일, GPU 800불, API비용 500불 소요 (23.04.25, ZDNet)
 - 한편 Microsoft Research의 AI 연구팀도 Transformer 기반 모델 phi-1을 발표했는데, 이 모델은 파라미터 수가 GPT-3.5의 1/100 이하인 13억 밖에 안 되는데도 테스트용 데이터 세트(HumanEval)에서 GPT-3.5를 웃도는 성적을 획득¹²
- 그리고 GPT 훈련비용의 지속적 하락 추세는 후발주자의 추격에 유리하게 작용하는 요인인데, ARK Invest Big Ideas 2023 보고서에 따르면 GPT-3 수준 성과와 유사한 대규모 언어 모델의 교육 비용은 2020년 460만 달러에서 2022년 45만 달러로 연간 70% 감소했으며, 이러한 추세로 볼 때, 2022년 45만 달러가 소요된 GPT-3 수준 모델의 교육 비용은 2030년에는 30달러로 떨어질 수 있다고 전망

[그림 23] AI 훈련비용(Training Cost)의 하락화 경향



출처: ARK Invest Big Ideas 2023 (<http://www.ainet.link/10156>)

¹¹ ZDNet(2023.6.26.) 생성 AI 개발 확장 중...성능도 키웠다
¹² Gunasekar, S., Zhang, Y., Aneja, J., Mendes, C. C. T., Del Giorno, A., Gopi, S., ... & Li, Y. (2023). Textbooks Are All You Need. arXiv preprint arXiv:2306.11644. phi-1은 프로그래밍 능력을 평가하기 위한 데이터 세트인 HumanEval에서 50.6%, MBPP에서 55.5%로 높은 정확도를 보였는데 GPT-4의 67%에 이르지 못했지만, 파라미터 수가 1,750억 개인 GPT-3.5를 상회하는 수준

데이터 자원화

■ 중국의 데이터 자원화는 1996년 9월 국무원의 <국가정보화 9차 5개년 계획 및 2010년 장기목표>¹³에서 출발했고, 2022년 1월 발표된 <제14차 5개년 디지털경제발전계획>이 중국 디지털 경제발전을 위한 최상위 개발 목표 라면, 2023년 2월 <디지털차이나건설종합계획>¹⁴은 경제적 차원에서 사회, 문화, 정부서비스, 생태 문명 등 국가 전 분야로 데이터 자원화를 확산시키는 그랜드 디자인이라 할 수 있음

[표 9] 시기별 데이터 자원화 관련 정책 추진 추이

시기	데이터 자원화 관련 정책 추진의 추이
2020년 4월	국무원은 <요소시장화 배치체제와 메커니즘 완비 강화 관련 의견>을 발표하면서 '데이터'를 다섯 번째 생산요소로 공식화하
2021년 7월	공업화신식화부는 <신형데이터센터발전3개년행동계획>을 통해 신인프라 투자의 일환으로 중국 전역에 IDC구축
2021년 12월	국무원은 <14차 5개년 디지털경제계획>을 통해 데이터 요소 역할을 8대 임무 중 두 번째로 강조
2022년 12월	국무원은 <데이터 기초제도 구축과 데이터 요소의 역할 강화 의견>을 발표. 중국의 데이터 기본체계를 구축하기 위한 20가지 정책 조치를 제기
2023년 2월	국무원은 <디지털중국건설종합계획>을 발표. 데이터 자원의 대순환을 원활하게 하고 데이터 자원의 통합 공유와 개발 이용을 위한 종합정책 추진
2023년 3월	전인대에서 <당과 국가기구개혁방안>이 통과되면서 당중앙과기위원회 신설, 과학기술부 기능 조정, 국가데이터국(디지털중국 건설의 중앙 컨트롤타워) 신설

출처: 한중과학기술센터 이슈리포트 2023.2 Vol.2를 참조해 저자가 편집

13 國務院, <國家信息化“九五”和2010年遠景規劃>, 1996년 9월
 14 中共中央國務院, <數字中國建設整體布局規劃>, 2023년 2월

미국의 기술통제와 견제에 대한 전략 대응

■ 2022년 중국은 본토에 상장된 반도체 회사 190곳에 2조 3,000억 원 규모의 보조금을 지급하고 있으며, 2023년 4월 중국 정치국회의는 AI 발전에 대한 중요성을 인식하고, 관련 산업 육성 및 환경 조성을 발표했고, 베이징시도 후속 정책으로 <범용AI혁신발전조치>를 발표

⇒ 중국 AI 반도체 기업들도 미국의 기술통제를 우회하는 전략을 추진 중

* 미국의 규제를 받고 있는 화웨이는 규제 우회의 차원에서 본사가 있는 광둥성 선전에 위치한 '핑신웨이(PXW)IC'라는 스타트업을 통해서 2025년까지 웨이퍼 2만 개 규모의 자동차·스마트폰용 등 반도체 생산능력을 갖출 계획을 추진 중, PXW는 특히 화웨이 출신 임원이 경영을 맡고 있는 중¹⁵

* 중국 상하이마이크로는 2.5D 및 3D 반도체 패키징 장비를 고객사에 공급하는 데 성공했으며 첨단 패키징 기술을 통해 14나노 공정 기반 반도체로 해당 미세공정 기술과 비슷한 수준의 반도체 성능을 구현할 수 있고 생산 원가는 훨씬 절감¹⁶

V 요약과 시사

인공지능을 둘러싼 미·중 경쟁이 기존 기술↔산업측면에서 점차 글로벌 혁신체제의 다층적이며 복잡한 상호작용으로 증폭되면서 표준, 통상, 규제, 반도체, 융복합산업, 안보와 국방으로까지 확산 중

■ 챗GPT의 등장으로 알파고 이후 인공지능 기술이 다시 주목받고 있는 상황에서, 미국의 빅테크 기업들이 생성형 AI의 혁신을 주도하며 새로운 가치를 창출 중

15 연합뉴스(2022.10.06.) "중화웨이, 무명 스타트업 이용해 미국 반도체 규제 우회 시도"
 16 Business Post(2022.7.15.) 중국 반도체 패키징 기술로 미국 규제 우회, 삼성전자 3나노 공정에 도전장

* 최근 테슬라도 범용인공지능 개발을 위해 xAI를 설립하며 인공지능 혁신 생태계에 참여 (2023.07.16.)

- 중국은 BAT(Baidu, Alibaba, Tencent)와 다양한 스타트업이 자체 개발한 생성형 AI 모델을 출시하고 있지만 아직은 복제학습 혹은 테스트 단계에 머물고 있는 것으로 평가되고 있으며, 미국의 기술통제를 우회하려는 차원에서 경량화, 산업특화 AI로 혁신의 돌파구를 모색하려는 중국의 전략적 움직임이 포착됨

⇒ 같은 AI 후발국의 입장에서 한국도 경량화 및 산업특화 AI에 대한 중국의 전략을 예의주시할 필요가 있음을 시사

■ **중국이 경량화, 데이터 자원화 등 미국형 혁신모델을 벗어나 독창적인 혁신 생태계를 구축하고 있는 것으로 파악되는데, 향후 이러한 독자 모델이 글로벌 확산으로 연결될지의 여부가, 중국 AI 추격의 성패를 결정짓는 핵심이 될 것으로 전망**

⇒ 최근 미국이 GPT4 이후 기술 공개전략에서 폐쇄전략으로 전환했는데, 이는 중국을 비롯한 후발 주자들이 미국 주도의 공개 SW 생태계에만 의존하면 AI 기술의 효과적인 학습과 독창적 혁신의 돌파구를 찾는 것이 어렵다는 점을 시사

■ **양국이 참여한 대립각을 세우는 부분이 데이터 개방, AI 신뢰와 보안에 대한 부분으로 보안과 안보 이슈와 연관돼 근본적인 변화 없이 장기화될 가능성이 높음**

- AI 경쟁의 핵심이 되는 데이터의 유통과 활용에 대해 미국은 초국적 유통과 개방을 강조하는 입장인 반면, 중국은 데이터를 주권의 차원에서 다루기 때문에 단순 기술과 시장 보호 차원을 넘어 국가 안보를 결정하고 국제 데이터 규범을 새롭게 설정하는 이슈를 중시하는 상황

⇒ 미국의 공개, 중국의 주권과 안보, 유럽의 역내 주권을 강조하는 글로벌 데이터 거버넌스의 대립과 공존의 장기화는 우리의 데이터 거버넌스를 미국형 개방 혹은

중국이나 유럽형 안보 모델 중에 어느 하나를 성급하게 선택하기보다 국내외 상황 변화에 맞춰 탄력적으로 운영하는 것이 바람직함을 시사

■ **OpenAI의 챗GPT Plug-in Store는 현재 400개 사의 다양한 서비스를 통합된 디지털 플랫폼 생태계로 진화 중인데, 구글, MS, 테슬라 등이 생성형 AI 경쟁에 참여하면서 산업 간 구분이 없는 플랫폼 경쟁의 특성이 더욱 발현될 추세**

- 미국은 2020년 10월 <디지털시장의 경쟁조사>와 2021년 6월 플랫폼 반독점법을 초당적 합의로 발의했었는데, 최근 미·중 시패권 갈등이 고조되면서 플랫폼 규제법안 6개 중 5개가 의회를 통과되지 못한 상황

⇒ 미국이 플랫폼 규제 법안을 폐기한 배경에는 중국 패권견제론 이외에도 플랫폼이 소비자들의 후생을 침해했다는 근거가 분명하지 않다는 부분도 존재하는데, 유럽과 같이 불법 콘텐츠 유통제한이나 공정거래환경을 위한 자율 조정의 기능은 필요하겠으나, 자칫 성급한 독점규제론을 강조하다가 혁신견인, 사회인프라적 역할, 패권대응 등 디지털 플랫폼의 다방면적 역할을 간과할 수있어 이에 대한 심도있는 논의가 필요하고, 자국의 토종 플랫폼이 없이는 디지털 주권과 플랫폼 혁신을 효과적으로 지켜내기 어려울 수 있기에 AI 시대에 자국 플랫폼이 가지는 강점을 극대화할 수있도록 先혁신, 後규제 등 탄력적 전략선택 방안도 고려 필요¹⁷⁾

■ **총론적으로 AI와 디지털 패러다임의 심화와 미·중 갈등이라는 구조적 대치 국면, 그리고 WTO 체제를 대체하는 국제통상의 자국 이익우선주의의 확산 등은 단기적 대응 과제라기보다 중장기적으로 그 변화의 양상을 추적하며 대응해야 하는 이슈**

¹⁷⁾ 21년 6월 미국 하원이 5개 플랫폼 반독점 패키지 법안을 발의했고, 상원은 대형 앱마켓 사업자를 규제하기 위한 법안 「Open App Market Act」 등을 추가로 발의했으나, 발의된 법안 중 기업결합 신고비용 현대화 법률 「Merger Filing Fee Modernization Act」만 통과됐고, 나머지는 폐기된 상황임. 특히 EU DMA의 미국판이라고 불리는 법안인 「The American Innovation and Choice Online Act(AICOA)」와 대형 앱마켓 사업자가 자사 앱마켓 및 자사 앱마켓의 결제시스템 이용을 강제하는 행위 등을 금지하는 법안인 「The Open App Market Act(OAMA)」, 빅테크의 잠재적 경쟁자 인수 행위를 규제하는 「Platform Competition and Opportunity Act(PCOA)」 등은 이번 117대 미 의회가 회기 내에 통과시키지 않음(출처: 美 플랫폼 규제서 U턴...한국은 온플법 러쉬, 서울경제, 2023.1.23)

- GPU 등 핵심 반도체 기술과 AI 기술의 대중국 수출통제 등 최근 추세로 볼 때, 추격국 중국의 AI 기술 역량이 높아지면, 선도국 미국의 정책적, 기술적 견제 수위도 한층 더 높아질 것으로 예상되는데 이는 디지털 분야의 기술혁신에서 그간 크게 주목받지 못했던 글로벌 통상과 양자, 다자간 협력거버넌스의 중요성에 대해서 새롭게 접근 필요

⇒ 디지털경제동반자협정(DEPA), 인도태평양경제프레임워크(IPEF), 글로벌AI협의체(GPAI), OECD, 국제AI표준화기구 등 다양하게 형성된 글로벌 거버넌스의 변화와 재편은 우리에게도 긍정, 부정적 영향을 주는데, 특히 주요국이 WTO의 Ruling-making의 실패(Single-undertaking 거버넌스, 이슈의 다양화, 비시장경제: 중국식 이단적 시장주의)를 반면교사로 규범(Rule-based)과 시장지향적 회복력을 강조하는 국제경제질서로의 재편을 강조하고는 있으나, 미·중 분쟁의 지속으로 미국의 온전한 다자주의 경제질서 회복은 당분간 어려울 것으로 전망하고 있어서 우리도 양자택일형 전략을 선택하기 보다는, 디지털 생태계의 지정학적 입지 확보와 자국 플랫폼의 글로벌 확장을 위한 전략을 탄력적으로 추진하는 것이 유리한데, 예컨대 미국의 AI 기술패권과 경제안보에 편승하되, 중국과는 핵심 자원 등 섹터전략과 지역안보주의(데이터 주권 등)를 협조하는 병행으로 현실적 자구책과 돌파구를 마련하는 전략이 가능

■ 참고문헌

- Leijnen, S., & Veen, F. V. (2020, May). The neural network zoo. In *Proceedings* (Vol. 47, No. 1, p. 9). MDPI.
- García-López, P., García-Marín, V., & Freire, M. (2007). The discovery of dendritic spines by Cajal in 1888 and its relevance in the present neuroscience. *Progress in neurobiology*, 83(2), 110-130.
- Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J. D., Dhariwal, P., & Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in neural information processing systems*, 33, 1877-1901.
- Katz, L. Michael, and Shapiro, "Systems Competition and Network Effects," *J.Economic Perspectives*, vol. 8, no. 2, 1994.
- Gunasekar, S., Zhang, Y., Aneja, J., Mendes, C. C. T., Del Giorno, A., Gopi, S., ... & Li, Y. (2023).
國務院, <国家信息化“九五”和2010远景规划>, 1996年 9月
中共中央国务院, <数字中国建设整体布局规划>, 2023年 2月
SW정책연구소(2022.5.24.) 국제통상환경의 변화와 디지털 기술패권 경쟁
국가과학기술심의회(2023), AI 상위 1% 논문 건수

연합뉴스(2022.10.06.) “중화웨이, 무명 스타트업 이용해 미국 반도체 규제 우회 시도”

Digital Today(2023.7.14.), 중국 공식 생성 AI 가이드라인 발표

AI타임즈(2023.2.24.) 中, '챗GPT' 완전 차단 조치

경향신문(23.2.1.) 미-안도, 중국견제 본격화, 첨단기술, 국방 협력강화

머니투데이(23.6.1) 뭉치는 미-EU, 중국의 경제위험 공동대응, AI대책도 서두른다

ZDNet(2023.6.26.) 생성 AI 개발 확장한 中...성능도 키웠다

Business Post(2022.7.15.) 중국 반도체 패키징기술로 미국 규제 우회, 삼성전자 3나노 공정에 도전장

Business Post(2023.3.10.) 챗GPT는 전기 먹는 하마, 초거대 인공지능 이산화탄소 배출량 공개 필요

<https://macropolo.org> (검색일 : 2023. 8.2)

Deep Learning with Data Science Experience (검색일 : 2023.8.2.)

ARK Invest Big Ideas 2023 (<http://www.ainet.link/10156>) (검색일 : 2023.8.2.)

<https://medium.com/ibm-data-science-experience/deep-learning-with-data-science-experience-8478cc0f81ac>

<https://macropolo.org/digital-projects/the-global-ai-talent-tracker/> (검색일 : 2023. 8.2)

<https://www.zeta-alpha.com/post/must-read-the-100-most-cited-ai-papers-in-2022> (검색일 : 2023.8.2.)