

# 米中半導体戦争の行方 ―半導体産業のエコシステムと微細化競争

小林 哲也

## はじめに

2025年1月27日、世界の半導体関連産業で最大の時価総額を持つ米NVIDIA社の株価が、一日で17%下落した。中国のAI開発企業が1月20日にリリースした生成AIモデルDeepSeekR1が、低コストでの開発にもかかわらず先行するOpenAI社のChatGPTを脅かすような性能を示したというニュースが駆け巡ったためである<sup>1</sup>。米国の株式市場ではハイテク関連株も多くが下落したため、この日の株価急落は「DeepSeekショック」と呼ばれることになった。NVIDIAの時価総額は一時、約6000億ドル（約91兆円）もの価値が吹き飛んだのである。

米中間では、2018年以来主として通信機器をめぐる通商上および安全保障上の対立が続いている。中国の官民が進める通信機器開発が、貿易赤字だけでなくアメリカの安全保障面でも脅威となりつつあるとして、アメリカは中国への技術流出に歯止めをかけるべく、多くの中国の企業を禁輸リスト（エンティティ・リスト）に載せはじめた。そのリストは範囲を広げ、中国にアメリカのハイテクへのアクセスそのものを禁じる様相を呈している。通信技術および人工知能（AI：Artificial Intelligence）における優位が、安全保障に直結するものであるからである。現在の生成AIモデルを開発する際には膨大な計算能力が必要であり、その機械学習を進めるために高性能なGPU（Graphic Processing Unit：画像処理プロセッサ）が大量に必要とされる。このGPUの供給をほぼ独占しているのが米NVIDIA社で、その高価なGPUをどれだけ入手出来るかが、生成AIの性能を左右する。このGPUユニットは1台2.5-4万ドルと高価なもので、AIのデータセンターはこのユニッ

トを数万台並列に稼働させていることから、大変なコストがかかることがわかる。しかしDeepSeekは、高性能なGPUユニットの調達をアメリカから制限されていることもあり、計算能力には限界がある。そこでAIモデルをオープンソースとして開発し、学習や推論に必要な計算資源を相当削減したといわれている。すなわち超高価なNVIDIAのGPUをそれほど揃えなくても、性能面でChat-GPTにさほど見劣りしない性能を発揮できるのであれば、もはや大量のGPUは必要でなくなるのかもしれない。おおよそこのような連想のために、株式市場でNVIDIA社の株が売り込まれ、「DeepSeekショック」がもたらされたのである。

本稿は、「半導体戦争」<sup>2</sup>とも言われる最先端の半導体テクノロジーを巡る世界的な競争を分析し、世界の半導体産業の技術的な現在地を確認する。そして、アメリカ企業による技術の独占と中国に対する技術的な封じ込め政策が機能するものなのかどうかを最後に検討する。まずは、米中摩擦の起点を確認し、その後の技術的な封じ込めにいたる経緯を見ていく。

## 1. 米中経済摩擦の背景

米中の経済対立は、2018年3月の通商拡大法232条適用による鉄鋼・アルミに対する制裁関税の段階から、2018年8月の国防権限法制定を経て、「安全保障」を理由とする中国企業の排除に向かうようになった。1970年代から90年代初頭にかけての日米摩擦では、家電製品から自動車・半導体にいたる主要産業を巡る、対日貿易赤字が争点となった。確かに日本異質論などの論調や「日米構造協議」など、日本の文化や制度に至るまでの干渉が

1 あるAIとスーパーコンピュータの専門家は、AIの性能の参考となるパラメーター数でChatGPT3の1750億個に対し、DeepSeekは6700億個と巨大なシステムだが、「学習コストがだいたい1/20でできている」とインタビューで答えている（岡野原 2025）。

2 Chris Millerの2022年のベストセラーのタイトル（Miller 2022）だが、「半導体戦争Chip War」という呼び方は、実は1980年代の日本に対して一度用いられていた（牧本 2024: 84）。

あったのは事実である。1986年には、通商法301条により、日本市場における外国製半導体の市場シェアを20%以上とすることを盛り込む日米半導体協定が定められた。実際、以後の日本半導体産業失墜のきっかけとなった事件であった。

アメリカによる対中貿易関税引き上げも、通商法301条に基づく、中国の知的財産権侵害に対する報復から始まった。さらに、2018年10月のペンス副大統領（当時）の演説は、米中の貿易不均衡にとどまらず、中国の人権侵害・債務外交・米国への干渉への批判にまで言及しており、事実上の対中「冷戦」宣言<sup>3</sup>と言われるほど厳しいもので、米中関係の決定的な転換を感じさせるものだった。

さらに米中対立が、次世代の技術的覇権を巡るものでもあることをはっきりさせたのは、国防総省のイノベーション委員会報告の「第5世代無線通信のエコシステム」<sup>4</sup>である。

同報告は、アメリカが5G技術の利用で中国に遅れをとっていることに警鐘を鳴らし、中国による通信エコシステムの排除を勧告した。5Gとは、第5世代無線（移動）通信規格のことで、周波数帯域を拡大することで、より大量の情報を「超高速」・「低遅延」しかも「多数同時接続」の条件で転送することができるようになる<sup>5</sup>。5Gの扱う周波数帯は6GHz以下のsub-6と呼ばれる低周波数帯と、24GHz以上のmmWave（ミリ波）と呼ばれる高周波数帯とに分かれる。周波数が高くなれば大量の情報を転送できるが、電波の直進性が強く到達範囲が短くなるので、より多くの基地局が必要となる。報告書が強調したのは、アメリカは、mmWaveに注力してきたために、sub-6帯域は基地局の展開や5Gの実用化で相対的に中国に遅れを取っており、今後sub-6帯域の実用化に注力しなければならないということであった。その実用化で先行し世界標準となりそうだったのが、ファーウェイ（Huawei）のサーバー・基地局・端末による中国製造の無線通信エコシステムなのであった。

その後アメリカ商務省は、ファーウェイ等をエンティティリスト（貿易制限リスト）に載せ、さら

なる輸出管理に乗り出した。5Gの通信基地局の売上高首位（2019年時点）のファーウェイに対して、米国技術を使った半導体の供給を禁止するなど、「中国製造2025」を牽制する政策を取りはじめた<sup>6</sup>。

実際にファーウェイがアメリカの安全保障にとって危険な存在なのかどうかについては、確証を得るのは難しい。その製品群に、モバイル・ネットワークに侵入できる「バックドア」（機械やソフトの保守用に設けられる点検口）が設けられていて、基地局のオペレータの同意なくネットワークにアクセス出来るようになっていてとアメリカ政府は主張している。この件については、カリフォルニアのBusiness Efficiency Solutions（BES）社が、ファーウェイを訴えている。共同でパキスタン政府の公安から情報管理システムを共同受注した際（2016年）に、「バックドア」を設定され企業情報を盗まれたと、カリフォルニア地裁で訴訟を起こしたのである（*WSJ*, Aug.14, 2021）。この情報管理システムは、同時にパキスタン政府の公安情報にも、当局の許可なくアクセス出来るものでもあったとも主張している。

実際のサーバーや端末にそうした「バックドア」や何らかのチップが組み込まれていたのかどうかについては、明確な結論は出ていない。チップ内部の配線まで精査する専門業者によるファーウェイ携帯の分解記事があるが、「余計な」チップは発見されなかったともいう<sup>7</sup>。しかし、チップに書き込まれたすべての回路情報を解析したとしても、ソフトの挙動でどのような「送信」が行われるかを検証することは難しいだろう。実際2014年に中国国営のZTE社のモデムにバックドアが発見され、認証なくアクセス可能になることがBroadcom社のセキュリティ・アラームやアメリカ政府のデータベースに登録されてもいることから、中国製品に対して要注意であることは間違いない<sup>8</sup>。国防総省による5G通信システムに関する警告は、中国製の通信機器を利用することが、アメリカの安全保障上の問題となり得ることから、アメリカおよび同盟国の通信エコシステムから中国製品を排除することが目的であった。

3 *Financial Times*, “China and the US: trade war or cold war?” Dec 7 2018

4 US Department of Defence, “The 5G Ecosystem : Risks & Opportunities for DoD” (April 2019)

5 (森川 2020: 20)

6 ただしファーウェイには中国政府の持ち株関与はない (遠藤 2019: 163)

7 *EETimes*, 2019年6月12日号

8 アメリカ政府のVulnerability Database: CVE-2024-22067など。

通信機器で高周波を扱う半導体には、低コストで大量に使われるシリコンSi系半導体から、高出力を可能とする窒化ガリウムGaN系半導体、高周波特性に優れたガリウムヒ素GaAs系半導体など、さまざまな種類がある。通信機器のエコシステムでは、携帯電話基地局や衛星通信・レーダー機器など、その実装される半導体の機能により性能が規定される。したがって、中国製の通信機器を排除するだけでなく、それら高性能な半導体の情報や製品自体を相手側に渡さないことが安全保障上重要となる。対米外国投資委員会（CFIUS）がトランプ政権のもとで中国による戦略的分野への投資を制限する覚え書きの中で、中国などへの脅威を次のようにまとめている<sup>9</sup>。「(中国は)われわれの資本と創意工夫を悪用して、軍事、情報、安全保障活動を資金援助し、近代化しており、米国の安全補法に直接的な脅威をもたらしている」。そこで、半導体、人工知能（AI）、量子コンピュータ、バイオテクノロジー、航空宇宙などの機密情報に関する米国の対中投資についても、あらたな規制を検討するとしている。

半導体産業は2015年策定の「中国製造2025」にとって最重要の産業と位置付けられ、2030年までに半導体の国産化率を75%まで高めることをうたった。しかし2021年段階でも、中国の国産化率は16.7%にとどまっており、外資系による生産を除くと、6.6%程度とみられている（IC Insights, 20230427）。それでもアメリカによる対中半導体関連規制（第3弾）は、2024年12月31日に発表され、「一段と強力かつ

広範な規制内容」<sup>10</sup>を中国に課すものとなっている。

主な規制項目は以下の通りである。

1. 中国の140企業のEntity List新規掲載
2. 21の半導体製造装置の規制追加
3. 4種類のソフトウェアツールの規制追加
4. 広帯域幅メモリ（HBM）の規制追加など

こうした規制や対抗策は、中国半導体産業のどのような実情に対応したものなのだろうか。次に、現在の世界的な半導体産業のエコシステムを概観しながら、中国半導体および半導体製造産業の実像を見ていくことにする。

## 2. 「半導体戦争」とは何か

半導体産業は、広い裾野を持つ関連産業から構成されている。まずは、メモリやCPUなどの半導体を製造する半導体メーカーがあり、サムスン（韓国）、インテル（米国）など設計から製造に至るまでを一貫して手がける企業群がある。こうした垂直的に統合されたIDM（Integrated Device Manufacturer）型の企業は、今や少数であり、製造装置、部品・材料、組み立てなどの分野に広がる専門的水平分業が一般的となっている。半導体の設計専門のファブレス、製造工程のみを請け負うファウンドリー、さらに回路の設計に関する知財を供給するIPプロバイダーや設計ツールであるEDA（Electronic Design Automation）ベンダーなど、半導体製造業のバリューチェーンは専門的メーカーで構成されている（参照図1）。

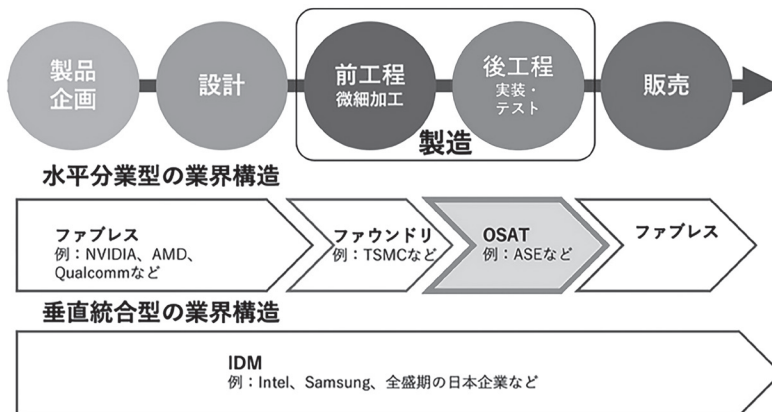


図1（出所：東京エレクトロン“Telescopemagazine”2024.08.07）

9 Steve Holland「トランプ氏、中国による戦略的分野への投資を制限」Reuters, 20250223

10 安全保障貿易情報センター『輸出管理NEWS』2025年1月

このようなファブレスからファウンドリーに至るまでの半導体産業に、どのような企業が関わっているかを図示したものが、図2である。著名な半導体企業が登場しているが、中国企業の名前はほぼ皆無

である。さらに図3で見ると、半導体製造装置や主要半導体の部・素材シェアでも、中国は半導体製造装置シェアで9%程度の存在感である。

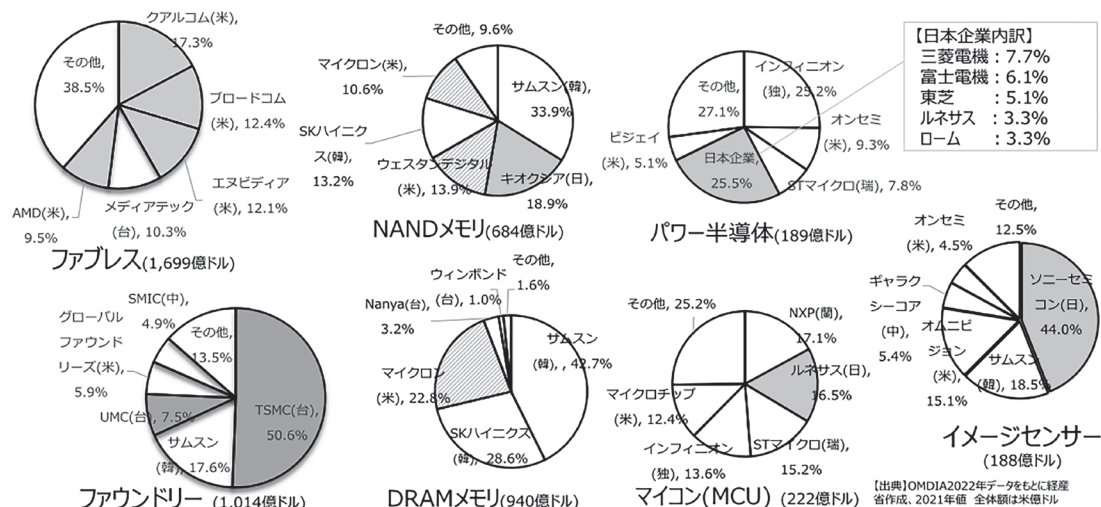


図2 (出所：経済産業省「半導体・デジタル産業戦略」20230606より)

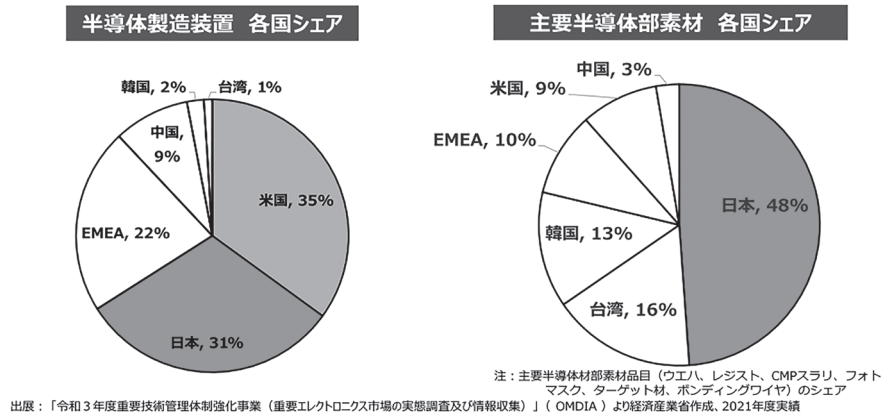


図3 (出所：経済産業省「半導体・デジタル産業戦略」20230606より)

しかし回路の微細化が28nm程度の成熟プロセスと呼ばれる半導体に関しては、2023年で世界の31%の生産量を達成しており、さらにその増産トレンドは続いていくと見られている<sup>11</sup>。さらに半導体製造装置市場でも、フォトレジスト膜の除去装置な

どの分野で国産化が進んでいることも報告されている<sup>12</sup>。中国のNAURA社などは、複数の領域に広がる技術を備えたプラットフォーム型の企業とも評価されつつある。ただアメリカによる強力な技術的規制状態の中での特定の成熟プロセスに限られた開

11 Trendforce“China's ICs Imports Decrease in 2023, Chinese Manufacturers Focus on Mature Processes”, 20240116.

12 Trendforce“China's Semiconductor Equipment Industry Booming, Self-Sufficiency to Reach 50% by 2025?”, 20250214.



発・投資となるだけに、中国国内は「絶望的なまでに非現実的な半導体プロジェクト」<sup>13</sup>が乱立した状態であることは、否定できない。アメリカは、2022年8月に米国内での半導体製造を促進するいわゆるCHIPS法（CHIPS and Science Act）を成立させ、TSMC、サムスン、SKハイニックスなどの外資を含めて、アメリカ国内に投資する企業に対し527億ドルの補助金支出を決定した。CHIPS法には、米国半導体産業の競争力を高めるために、「補助金を受ける企業はその後10年間、中国の最先端のチップ製造施設に投資すること」を禁じる条項が付帯している。上記に掲げた企業は、すべて中国国内にメモリおよびロジックの工場を稼働させている。補助金が支給された場合、これら中国工場に投資することが不可能とならざるを得ない。さらに2022年10月には、半導体製造に関する輸出規制が追加された<sup>14</sup>。そこでは、中国のスーパーコンピュータやAIに使われる高性能半導体の輸出を禁止すること、米国製の製造装置の輸出を禁止し米国人が関わることを禁止する、半導体成膜装置を輸出するときには米政府の許可が必要、中国の半導体製造装置メーカー向けに米国製の部品や材料等を輸出することを禁じるなど、包括的な規制が盛り込まれている。もしこの規制が実行された場合には、「中国半導体産業の息の根が止まる」<sup>15</sup>とみる半導体技術者もいる。すなわち「半導体戦争」とは、中国に最先端の製造設備や技術を渡さないことによる技術的封じ込め政策ということになる。

2018年の国防権限法以降、アメリカによる制裁を受けたHuawei社は、2020年第4四半期に世界スマートフォン市場でシェアでトップに立ったものの、2021年以降トップ5の地位から滑り落ちた<sup>16</sup>。しかし、2023年8月29日にHuawei社が発表した新機種Mate 60Proは、そのプロセッサにHuawei傘下のHisiliconが設計しSMIC（Semiconductor Manufacturing International Corporation）社が製造したKirin 9000sチップを搭載していたことで注目を集めた。Mate 60Proを分析したTechinsights社によると、そのプ

ロセッサは7nmルールで作られていたのである（Allen 2023: 1）。この7nmルールの技術は、アメリカの半導体製造装置の輸出規制でいう「先端半導体」にあたる14nm以降の技術で加工されたことになる。規制前にSMICに輸出された深紫外線（Deep Ultraviolet：DUV）のリソグラフィ装置は、ArF（フッ化アルゴン）エキシマレーザーを用いて、193nmの波長のDUVを発生させて加工する装置であるが、通常の最小加工寸法は30-40nmとされている。おそらくMultiplePatterning多重パターンニングと呼ばれる、複数回の露光とエッチング処理を組み合わせ、通常の分解能以上の微細なパターンを形成する技術を使ったものと推測されている（長内 2024: 35）。技術者の派遣や部品の供給も制限されている中で、Mate 60Proは、製品レベルで1200-300万台を出荷したとされている<sup>17</sup>。加工技術も機器のメンテナンスもかなりのレベルで装置を運用していることがうかがえる台数である。もっとも、1年後に発表されたMate 70でも、搭載されているチップは同じKirin 9000sだったので、やはりDUVレベルの装置での加工では7nmが限界なのかもしれない。それでも、5G通信規格のスマホが主となる市場に戻ってきて、中国国内市場でトップ5に入る売り上げを達成してHuaweiの復活を見せつけている。処理速度・発熱・バッテリーの持ちなどで、3nm級のプロセッサを実装したiPhoneシリーズや、中国以外のAndroid機器には性能は及ばないのかもしれないが、4-5年前のプロセッサールールでのスマホでも、実用性についてはほぼ問題もないだろう。

### 3. 微細化戦争

ここで半導体の微細化には、どんな意味があるのかを確認しておきたい。半導体チップは、1965年にインテル共同創業者のGordon Mooreがある論文の中で言及した「ムーアの法則」に従って集積度を高めてきた。すなわち半導体チップに搭載されるト

13 (Miller 2022: 435)

14 Bureau of Industry and Security (BIS), "Implementation of Additional Export Controls", 10/13/2022.

15 (湯之上 2023: 33) の節見出し。

16 東洋経済オンライン「ファーウェイ、スマホ世界トップ5からの陥落の衝撃」2021・05/21.

17 Reuters"Huawei sees excitement for Mate 70 phone wane, analysts say" November 25, 2024.

ランジスタ数は、ほぼ18ヶ月ごとに2倍になるという経験則である。実際には、すでにメモリなどでは微細化の限界から面積あたりのトランジスタ数は飽和しつつある（図4参照）。半導体の微細化には、もうひとつ「デナード則」というものがあり、「電源電圧を下げると動作速度がはやくなり、消費電力

も抑えられる」というものであった。この両者の「法則」に導かれて半導体の微細化は進んできたが、デナード則の方も2005年頃から限界に達しつつあるとされている。微細化が進む中で、リーク電流や熱が発生し、処理速度の頭打ちなどが顕在化してきているのである<sup>18</sup>。

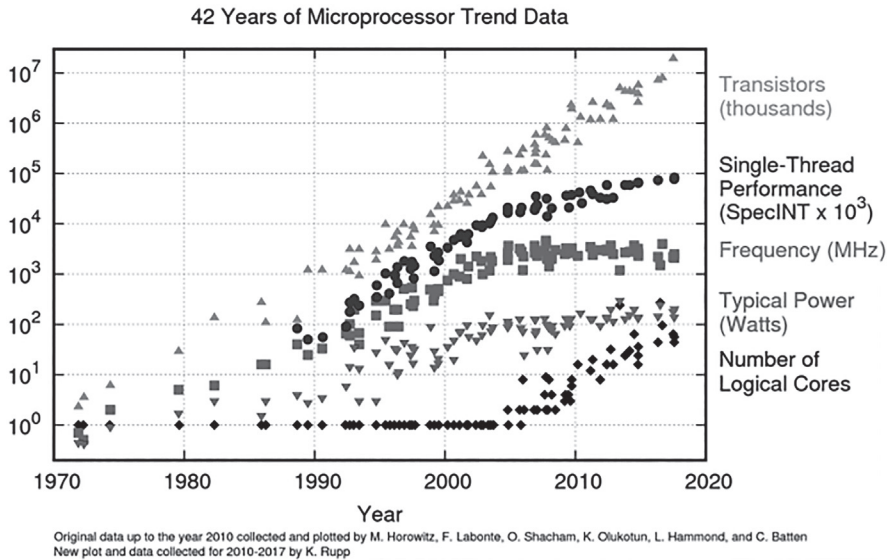


図4 (出所: [www.kurlrupp.net](http://www.kurlrupp.net))

半導体装置製造や材料に関する規制があったとしても、かなり進んだ微細加工の7nmルールによるプロセッサ生産を実現し、Mate 60Proが5G規格のスマホ市場で復活したのだから、アメリカの中国半導体封じ込めは成功とは言えないかもしれない。少なくとも中国の半導体産業が「石器時代」(*Financial Times*, Oct22 2022) にたたき込まれるという予想は、現状からほど遠いといわざるを得ない。

しかし安全保障上、半導体の性能が問題となる技術分野がもう一つある。それは、スーパーコンピュータを使った人工知能開発である。2022年11月に登場した人工知能ChatGPTは、高い対話能力と問題解決能力でたちまちのうちに多くの利用者を引きつけることとなった。その能力を実現する技術が、大規模言語能力モデルである。大規模言語モデ

ルは、大規模な言語データベースを事前学習し、膨大な計算量をこなす。やっていることは、「世の中に存在する膨大な文章をもとに、入力されたプロンプトを文脈として、その後に続く単語を予測することである。そして生成した単語のさらに後に続く単語を予測する、これをくりかえすだけである」<sup>19</sup>。こうした大規模言語モデルを開発していく中で、OpenAIの研究者たちは、言語モデルにおけるあらたな「べき乗則」を発見した。訓練データを増やすほど、モデルサイズを大きくするほど、学習時の学習投入量を増やすほど、言語モデルの性能は改善されるというものである<sup>20</sup>。すなわち性能向上に関する新たなスケーリング則の発見である。べき乗則がなぜ成り立つかについて、まだ解明されていないことがあるが、データと計算量があれば知能が獲得で

18 (菊地 2024: 104) および(黒田 2023: 54) などの指摘による。

19 (岡野原 2023: 14)

20 (岡野原 2023: 75)

きるという手法が、AI研究グループでの共通理解となった。モデルを大きくすると問題が急に解けるようになるのは事実であるが、学習も推論もどんどんコストが大きくなって経済合理性がなくなってしまう。どれくらい投資すればどのような結果が期待できるかがある程度わかるようになってくると、大規模なデータ量、モデルサイズ、投入計算量を大きくしていく競争がはじまった。ここにGoogleのPaLMやChatGPT-4などをはじめとした大規模モデルが登場することになる。

大規模言語モデルの機械学習で使われるプロセッサは、汎用のCPU（Central Processing Unit）と異なり、グラフィック表示の処理に使われるもので、GPU（Graphic Processing Unit）と呼ばれている。ゲームのような動きのある3Dグラフィックスを2次元のディスプレイに表示するためには、大量の座標変換の計算が必要となる。そのための積和演算に特化したプロセッサがGPUである。大量の計算を処理するために、微細化・並列化を極限にまで進めたが、デナード則の一つである計算速度に関しては2005年あたりで上限に達して、プロセッサのコア数は増えるけれども、クロック周波数はほぼ頭打ちとなっている<sup>21</sup>。消費電力と処理速度両面から、極限までの微細化が要請されるのが現在のGPUの課題ということになる。データセンターのサーバーや、大規模言語モデルのエンジンでは、大量のGPUが並列に実装されるので、処理速度もさることながら消費電力と熱処理が大きな問題となる。したがって、消費電力と熱処理の制約から競争力のある大規模言語モデルを構築するためには、もっとも微細化の進んだGPUプロセッサであるNVIDIAのチップが必須となるのである。

NVIDIA社は、もともとゲーム機用のGPU開発を行ってきた企業で、1993年に創立された。創業者の一人ジェンスン・ファン氏は、AMDとLSIロジックで半導体エンジニアとしての経験を積んでいたが、創業時には工場を持たない設計専門のファブレス企業としてスタートした。GPUは、先述のようにグラフィックスの描画のために大量の座標計算と並列処理をこなすプロセッサである。この積和演算

器はAIのニューラルネットワークのモデルでも利用できる<sup>22</sup>。NVIDIAは、こうした先端GPU製造のすべてをTSMC（台湾半導体製造）に委託している。つまり半導体のエコシステムではファブレス企業ということになる。NVIDIAにおいてゲーム機用のGPUの売り上げを、データセンター用のGPUの売り上げが超えたのは、2021年と比較的最近であるが、データセンター用GPUプロセッサ市場でのNVIDIAのシェアが92%を超えているだけでなく、10nm以下の最先端半導体市場でのTSMCのシェアも9割を超えている。つまりAIに関する最先端半導体の生産は、現時点ではほぼNVIDIAとTSMCに集約されているということである。サムスンも3nmルールの半導体生産に乗り出しているが、歩留まりや顧客の確保という点でTSMCの後塵を拝している段階と言ってよい。

半導体の製造プロセスは数百の工程にわたり、しかもその中で蒸着・露光・エッチング・洗浄などが繰り返される複雑なプロセスである。図1の「業界構造」で説明したように、設計・前工程・後工程と製造工程は流れてゆく。SoC（System on a Chip）と呼ばれるロジック半導体の場合は、ファブレスという設計専門のメーカーが設計した回路を、シリコンウエハ上に半導体として作り込むまでが「前工程」である。直径12インチ（300mm）のウエハに回路を転写して半導体回路を形成する。「後工程」は、この12インチウエハあたり1000個程度となるチップを切り出して回路上の接点に足を半田付けし、最終的に樹脂あるいはセラミックのパッケージに封印する。

高速に動作するトランジスタを集積したチップの性能は、前述のとおり微細化と集積度によって規定される。一番重要なのは、露光工程における微細な回路の焼き付けである。微細化の程度は、露光装置の光源の波長によって決まる。21世紀に入ってからArF（フッ化アルゴン）エキシマレーザーを光源に用いて、193nmの波長で回路が形成されてきた。回路描画の微細化のブレイクスルーは、波長13.5nmの極端紫外線（EUV）と呼ばれる光源を用いることで達成された。EUV光源は非常に精密で

21 （Ando 2011: 350）

22 （津田 2024: 144）

複雑な機構で射出される。まず高温高压で液化したスズZnを高速で滴下させ、そこに強力なレーザー光を2度照射して発生したプラズマが、波長13.5nmの紫外線を生み出すのである。この極端紫外線はDUVまで使用していたレンズ系では吸収されてしまうので、精密な反射鏡を10数枚組み合わせた反射系で、シリコンウエハと回路マスクに光を導く。このEUV光源はアメリカのサイマー社（現ASMLに吸収）と日本のギガフォトン社のみが開発に成功したが、露光装置として完成させたのはオランダのASMLただ1社である。確かにキヤノン（日本）が、ナノインプリント方式というnmスケールの微細な回路パターンを、EUV光源を使わずスタンプのような型をウエハ上の感光材に押しつけることで半導体回路を形成する方式も出荷している。しかし、EUVによる回路形成装置と同等の「露光」装置として代替候補になるにはまだ時間が必要と言われている。ASML社による技術独占は、しばらく続くものと思われる。ASMLのEUVリソグラフィ装置がなければ、高効率のGPUチップというAIの計算エンジンを構築することは難しいというのが、半導体技術の現段階である。

#### 4. 中国「封じ込め」の可能性

アメリカが仕掛けた「微細化戦争」とは、中国では当面キャッチアップできない半導体製造装置関連の技術を封じ込めることで、中国の半導体性能の向上を押しとどめ、高性能なプロセッサ作製を難しくするという戦略であった。半導体の製造工程は長く複雑で、そのプロセスの一カ所でも不具合があれば完成品を出荷することはできない。例えば2019年に日本政府が半導体材料（フッ化ポリイミド、レジスト、フッ化水素）の輸出について、韓国をいわゆるホワイト国から除外して取引を厳格化したとき、韓国に激震が走った。洗浄工程で重要な高純度で複雑なレシピのフッ化水素の供給が途絶えたら、最先端メモリの最大生産国である韓国でも半導体はほとんど作れなくなってしまうからである。この措置は韓国の半導体企業が直接のターゲットになったものではなく、ワッセナー・アレンジメントによる安全

保障上の懸念から輸出管理を厳しくした、という名目ではあった。しかし半導体のサプライチェーンが一部でも切れる時の問題点を浮き彫りにした事件であった。

中国に対する技術的封じ込めは、果たして機能するのか。「DeepSeekショック」は、半導体技術の封じ込めという障壁を築いたとしてもアメリカのAIやIT産業での優位が盤石とは限らないことを証明した。中国人工知能基盤モデルマップ研究報告書によると、10億以上のパラメーター数のAI基盤モデルは、2023年時点ですでに79種類登場しているという<sup>23</sup>。DeepSeekの実像については、中国輸出用として性能を落とされたH800型GPUではなく、シンガポール経由で入手したH100型を使用したのではないかとの疑惑も指摘されている。しかし、アメリカの制裁のために高性能なGPUユニットを入手出来ないがゆえに、Multihead Latent Attention (MLA) メカニズムやDeepSeek Mixture of Experts (MoE) アーキテクチャなどを工夫して、モデルの推論速度を向上させ、訓練コストを削減する方法を編み出したのである。現時点での機械学習の知見は、データ量、モデルサイズ、投入計算量の増大が問題解決能力の向上につながるというものである。しかし人間によるフィードバックや修正、DeepSeekに見るような生成AIのモデル公開なども、ハードウェアの性能だけでないAI基盤を形成するものかもしれない。そもそも半導体産業の幅広い裾野がなく、TSMCの工場建設にも遅れが出ているアメリカが、「半導体戦争」の勝者となり得るのか。翻って日本の半導体産業の復興を考えてみても、最大の半導体市場である中国を除外して成功するのか。日本半導体産業の凋落は、電子機器産業と半導体デバイス産業との連動が「弱体化」（牧本2024: 47）し、成長する市場を取り込む「ビジネスモデルで負けた」（佐野2012: 146）という事実を振り返らなければならない。

世界最大の半導体と電子機器市場である中国に対する半導体技術封じ込めが、アメリカの「安全保障」上の政策として行われている。しかしその政策効果に対する反証が次々と登場している。さらにアメリカの通商政策も、無差別・多角・自由な原則か

23（李2024: 75）



ら大きく外れようとしている。半導体の世界的なサプライチェーンを揺るがすアメリカの政策は、「リアリズム」（カー 1966: 164）の観点から検証されなければならない。

## 参考文献

遠藤誉『米中貿易戦争の裏側—東アジアの地殻変動を読み解く』毎日新聞出版、2019年  
岡野原大輔『大規模言語モデルは新たな知能か ChatGPTが変えた世界』岩波書店、2023年  
岡野原大輔「ディープシークの衝撃」ダイヤモンド・オンライン、2025年2月11日  
長内厚『半導体逆転戦略—日本復活に必要な経営を問う』日本経済新聞出版、2024年  
菊地正典『半導体工場のすべて—設備・材料・プロセスから復活の処方箋まで』ダイヤモンド社、2012年  
菊地正典『教養としての「半導体」』日本実業出版社、2024年  
黒田忠広『半導体超進化論—世界を制する技術の未来』日本経済新聞出版、2023年  
経済産業省『半導体・デジタル産業戦略』2023年6月  
佐野昌『半導体衰退の原因と生き残りの鍵』日刊工業新聞社、2012年  
津田建二『NVIDIA—半導体の覇者が作り出す2040年の世界』PHP研究所、2024年  
津田建二『半導体ニッポン』フォレスト出版、2024年  
西川徹・岡野原大輔『Learn or Die—死ぬ気で学べ プリファードネットワークスの挑戦』KADOKAWA、2020年  
牧本次生『日本半導体物語—パイオニアの証言』筑摩書房、2024年  
森川博之『5G—次世代移動通信規格の可能性』岩波書店、2020年  
湯之上隆『半導体有事』文藝春秋、2023年  
李智慧『チャイナ・イノベーションは死なない』日経BP、2024年  
Ando, Hisa『プロセッサを支える技術—果てしなくスピードを追求する世界』技術評論社、2011年  
Carr, Edward H. *The Twenty Years' Crisis 1919-1939*,

1939. E. H. カー『危機の20年 1919-1939』岩波書店、1996年

Allen, Gregory, "In Chip Race, China Gives Huawei the Steering Wheel: Huawei's New Smartphone and the Future of Semiconductor Export Controls", CICS, October 6, 2023

Miller, Chris, *Chip War—The Fight for the World's Most Critical Technology*, Simon & Schuster, 2022（クリス・ミラー『半導体戦争—世界最重要テクノロジーをめぐる国家間の攻防』ダイヤモンド社、2023年）

