

Title	生成系AIとチップレット時代のビジネスモデル
Author(s)	若林, 秀樹
Citation	年次学術大会講演要旨集, 39: 586-591
Issue Date	2024-10-26
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/19445
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

生成系 AI とチップレット時代のビジネスモデル

○若林秀樹(東京理科大 MOT)
wakabayashi.hideki@rs.tus.ac.jp

1. はじめに

これまで、半導体のビジネスモデルは、製造はムーア法則の微細化、設計ではノイマン型¹思想の元でハードとソフトに分化、成長率がプラスマイナス 10~30%という激しいシリコンサイクルの中で長期的に発展を続けてきた。それは同時に激しい技術革新競争と先行投資を必要とする。昨今、競争の舞台は、民間企業から国家レベルに移り国家間の設備投資競争にもなっている。半導体産業は 2030 年に 1 兆ドルレベルになる中で、これまで同様の振幅では市場が数十兆円レベルで増減することになる。これは民間どころか国家財政にも影響が及ぶ。シリコンサイクルを通じて累積黒字でも、単年度会計では赤字になることもあるが、赤字にこそ先行投資できるか否かが、経営の決断も難しくジレンマである。

半導体産業を巡る環境変化は、米中摩擦や国家安全保障だけでない。ムーア則も 60 年近く転換点にあり、チップレットが注目される。また、非ノイマン型思想への流れもある。技術トレンドでは大きな転換点である。大変革期にこそ大規模先行投資や過剰量産競争といった「高血圧」体質的戦略から脱する好機であり、新たな半導体ビジネスモデルを考えなければならない。

2. 生成系 AI とチップレット時代の半導体ビジネスモデル

チップレットは製造と設計を変え、生成系 AI は設計を変え、ノイマン型を超える。新たな業界構造変化の中でビジネスモデルを構築しなければならない。半導体ユーザーは、これまで、メインフレームから PC、スマホと移り変わり、今、データセンタ(以下、DC)が大きなユーザーになりつつある。時価総額上位も、IBM から、Wintel、GAFA、そして NVIDIA 等と変遷した。生成 AI はウィンドウズ 95、インターネットに続く大きな影響を及ぼす。コンテンツの提供者も変わり、専門家から一般、社内から社外、OSS²と「民主化」が進んでいる。その中で、ビジネスモデルは垂直統合から水平分業、プラットフォーム、今は CUDA³に象徴される新エコシステムが鍵だ。NVIDIA の GPU 等のアーキテクチャは非ノイマン的であり、チップレットを使っている。しかし、NVIDIA とて、熱問題など死角があり、汎用チップでは限界がある。生成系 AI とチップレットの本格到来、真のビジネスモデルはこれからだ。

図表 1 テクノロジー変化で変る業界構造変化 (出所)筆者

	メインフレーム	PC		スマホ		DC	
コンテンツ	アプリ by ソフトウェアエンジニア⇒プログラマ⇒OSS⇒一般ユーザ 民主化						
アプリケーション	IBM	MS	Windows	GAFA	インターネット	NVIDIA	生成AI
OS・ミドルウェア					PF		CUDA
ハード		インテル	CPU	ファブレス Qcomなど			GPU
製造			ファウンドリ TSMC				
ビジネスモデル	垂直統合	水平分業		プラットフォーム		新エコシステム	

3. 先行研究

半導体のビジネスモデルについては、業界経営者のムーア等の著作 [1]、アナリストレポート等も含め、色々な視点から多くの先行研究がある。ファブレス/ファウンドリや水平分業モデルについて、TSMC の興隆につれ特にファウンドリ中心に 2005 年頃から岸本千佳司等の数多くの研究 [2] がある。日本の半導体の敗因や過去を総括したものは極めて多い。

しかし新技術やイノベーションからビジネスモデルを変えるという未来志向の論文は意外と少なく、チップレットや生成系 AI が業界やビジネスモデルに与える影響という視点での報告は少ない。

¹ ノイマンによるコンピュータ設計思想、プログラムをデータとしてメモリ格納、順に読み込んで実行

² Open Source Software ソースコードが公開され誰でも無償または廉価で改変再配布できるソフト

³ NVIDIA 社の GPU のアプリケーションの開発基盤

4. ビジネスモデル

半導体のビジネスモデルは大規模先行投資をイメージしがちだが、歴史的かつ各国別に再整理すると、各国の事情や成長段階で異なる [3]。日本は欧米に学び政府支援それから大規模先行投資という、第一フェーズでのビジネスモデルは、他の産業でも同様でありかつ韓国台湾などでもみられる。肝心なのは第二フェーズだが、日本は米との摩擦の後で同じパターンを小ぶりに続け、独自戦略あるいは日本ならではのビジョンがなかった。ソ連は技術だけをコピー、肝心なエコシステムや市場創造体制、軍需中心の B2G から B2B、更に B2C への発展であり、共産主義国家ゆえコピーできなかった。中国も当初は、ソ連と同様だったが、鄧小平の近代化で発展した。しかし 2010 年以降、不動産投資モデルの強みが災いし更に米中摩擦があった。台湾は強国を隣国に持つというイスラエルやウクライナと同様の宿命もあり、ハイテクシールド政策に沿い、米と両輪補完関係である。米はハイテク覇権で先行逃げ切りから、プラットフォーム、ロードマップ提示、さらに、M&A や金融も含めた総動員ビジネスモデルだ。

図表 2 半導体ビジネスモデルの各国比較 (出所)クリスミラー「半導体戦争」や対談を元に筆者作成

	日本 70年代	日本 80年代	日本90-2015	日本 これから	ソ連	米90年代	米2000年代	台湾	中国	中国2010年以降	
戦略	米学び 品質+量産 政府支援	大型先行投資 による コストダウン	戦略不在	①TSMC誘致、 ②ラピダス、 ③IOWN、 国際連携、安全保障 短TAT+チップレット	丸ごと コピー	先行逃げ切り +インテル ロードマップ	チック・タック戦略 (Intel Tick-Tock)	高株価+M&A 水平分業 ファブレスは WLと両輪	ファウンドリ OSAT、EMS ハイテクシールド 米と両輪、水平分業を 支える	ハイテク 導入	不動産投資 モデル
補足	通産省+電電 通研	低金利と低期 待ROE	日米摩擦、 バブル崩壊	日米連携、台湾	社会主義国 家の限界	ハイテク覇権軍事、DARPA		米と補完	知財等 何でも	工場投資は政府 工場都市で地価 アップ政府資金 回収	

5. 生成系 AI とチップレットがビジネスモデルを変える

チップレットは、前後工程の融合や異種チップ接合、設計と後工程の融合等が起こる。ファブレス/ファウンドリモデル以来の構造変化を起こす可能性がある。チップレットでは、基板上に先端ロジックやメモリ等のシリコン半導体だけでなく日本が強いパワー半導体や光半導体も搭載でき、広い裾野を持つ日本に機会が広がる。チップレットに関連するパッケージングや基板技術、後工程装置等は、日本が優位であり、チップレットが進めば、微細化で遅れた日本には相対的にプラスだ。

生成系 AI は、DC のあり方を変えていく。ソフトバンクによれば、2000 年以降、Web 閲覧やメールを処理するインターネット DC、2020 年からのクラウド処理のハイパースケーラーDC、そして 2025 年以降には、生成系 AI 時代の AI 学習推論の AI-DC になる⁴という。

図表 3 AI 社会における DC の役割変化(出所)デジタルインフラ整備に関する有識者会合資料より抜粋

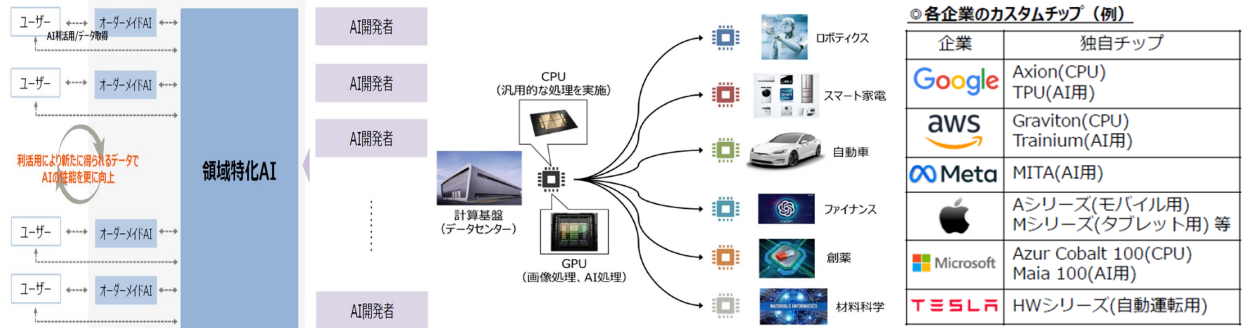


これまでは、受電容量も数十 MW 級で東京大阪集中だったが、AI-DC は GW 級になり、学習と推論を分け、地方分散を促進し再エネ活用が不可避となる。学習と推論を行うクラウド対応の GW 級 DC は東京大阪、北海道/九州などに遅延が鍵でユーザーに近いことが必要な「推論+ストレージ」の中型分散 DC は 47 都道府県に 1 つ以上配置、更に市町村単位に設置すべきだとの意見もある。それが交通渋滞制御、河川管理、防犯監視、防災、医療等の自治体の多様な業務を生成系 AI が担い解決する。企業の DC の使い方も変わる。デジタル時代においては多様な構造のデータが経営の鍵であり、それゆえ DC を社内に持つことが重要になる。

4 総務省 | デジタルインフラ (DC 等) 整備に関する有識者会合 | デジタルインフラ (DC 等) 整備に関する有識者会合 (第 8 回) 配布資料 (soumu.go.jp)

カスタマイズされた AI 計算基盤を持ち、それがエッジ分散型の推論 DC となる。オンプレの再来である。いわば、DCは「AI ファクトリー」となる。既に小売りなども含め、最終ユーザーが、DC を内製するため、自身に GPU を開発する動きもある⁵。

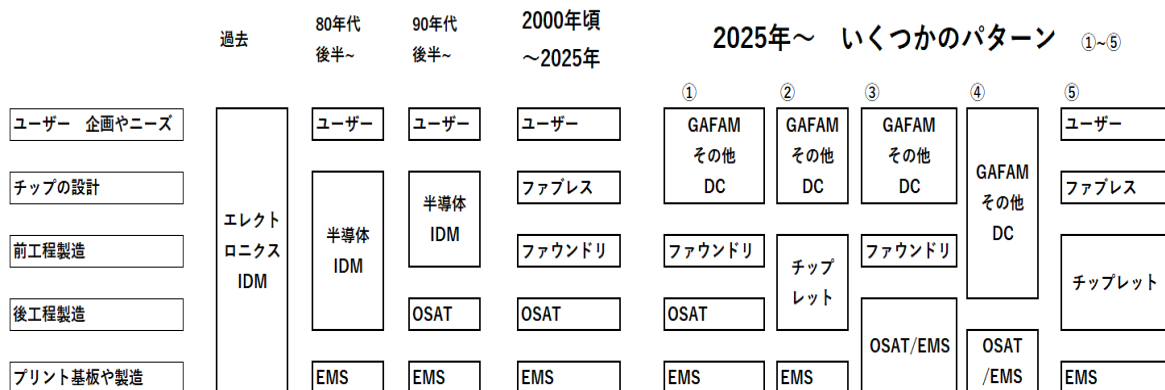
図表 4 領域特化 AI とカスタムチップ (出所)経産省 半導体デジタル会議資料より抜粋



生成系 AI 時代には、自由に半導体設計を容易にできる「設計の民主化」が起きる。最終ユーザーがファブレスを飛びこえ、ファウンドリとコミュニケーションをして多様な AI プロセッサを搭載できる。いわば「My 専用 AI チップ」を持てる時代が来る。既に GAFAM はファブレスを使わず、自社向けプロセッサを設計するようになっている。しかし、現在のファブレスやファウンドリは、スマホやゲーム等の大量生産向け汎用チップだ。熱やデータ構造も含め必ずしも、ユーザーのカスタム要求に対応できない。しかし、これからは、基板やパッケージまで含めチップレットの設計まで含めた専用チップが求められる。熱問題を重視していない GPU のファブレス企業では難しい。

四半世紀もわたり、半導体業界は、ロジック半導体を中心に、ファブレスとファウンドリが牛耳ってきたが、チップレットと生成系 AI により、これらが中抜きされる構造変化が始まりつつある。半導体の大きなユーザーである DC 業界も変わってくる。その構造変化は、下記に示すように、例えば①～⑤はじめ、多くのパターンがあろう。GAFAM 自身が DC 保有、自身のカスタム GPU/CPU を既存のファブレスに頼らず設計し、ファウンドリに依頼する。あるいは、チップレットがファウンドリと統合され、そこに、ユーザーが製造を依頼するパターンもあるだろう。ビジネスモデルの競争、アプリケーションによるだろう。

図表 5 生成系 AI とチップレットで変る業界構造変化 (出所)筆者



チップレット時代には、最先端ロジックチップだけに価値があるだけではなく、多様なロジックチップや、HBM⁶や CXL⁷などのメモリ、光電チップやセンサにも価値が広がる。電子部品やプリント基板も調達しなければならない。

⁵ https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/semicon_digital.html

⁶ High Bandwidth Memory、広帯域メモリ

⁷ Compute Express Link 多数の CPU や GPU や装置と各種メモリの高速インターフェース

チップレットでは、他からチップを買えば、設備投資負担が少ないことから、スタートアップ自身が、チップレットを使い、それを DC 業者や最終ユーザーが使う可能性も増えるだろう。ロングテールの新たな市場が離陸する。最終ユーザーが、ファブレスを飛びこえ、ファウンドリとコミュニケーションをし、多様な AI プロセッサを搭載した、いわば「My 専用 AI チップ」を製造できる。そうしたチップではメモリのアーキテクチャも変える必要がある。そうであれば、設計段階からメモリ側とロジック側、センサ側、さらに、後工程の基板等についてまで十分にコミュニケーションをとって設計する必要がある。

チップレットのビジネスモデルは多様であり、自社が先端ロジック、レガシーなロジック、メモリ、アナログ、センサ、プリント基板や電子部品まで含めどのようなチップを保有しているかで異なる。これまでは、先端ロジックを保有していた企業がエコシステムの頂点だったが、カスタマイズ対応の結果、メモリやセンサ、特殊なアナログが重要になる場合もあるだろう。自社内でどこまで、設計生産をするか、ファウンドリに依存するか、どこから調達するか、システム構築力が鍵になる。顧客要求で、基板やインターポーザにつき、円形のウェハをベースにするか、四角のパネルをベースにするかも違ってくる。自社にチップが無くても、基板から、OSAT⁸や EMS⁹からのアプローチもあるだろう。

チップレットは狭義では、先端ロジックだが、基板全体やシステムまで広げられる。業界もデバイスから材料、装置、EDA¹⁰と広く、それぞれが連携の対象となる。

どの選択をするかで、コスト構造も異なる。自社のチップが中心となる場合は、これまで通り、Dep が重い、他社チップ調達が多ければ、変動費が多くなる。しかし、これまでと異なり、先端ロジックも自社だけのチップというわけにいかず、減価償却費(Dep)は少なく調達費が増える。いずれにせよ、全体的な統合設計が重要になる。下図では色塗りした部分が自社調達となるケースである。ASRA¹¹連合はカバー範囲が広い。サムスンやインテルも、調達が鍵になる。ファブレス/ファウンドリは先端ロジックが中心であり、広く調達できるか設計できるかが課題である。商社や EMS が参入を狙っているが、調達力やサプライチェーン構築力を生かすのであろう。日本勢が連携すれば電子部品や基板や材料も含め、カバー範囲は最も広い。

図表 6 チップレット×生成系 AI 時代の業界構造とビジネスモデルのシナリオ (出所)筆者

	チップレットの構成	基板/ パッケージ	電子部品	パワー	センサ	光電	メモリ	ロジック 40nm以下	ロジック FIN-FET10nm級	ロジック GAA2nm級
半導体プロセス	付加価値	国内	国内	国内	国内	国内	国内	国内	JASM 他	ラビダス 他
半導体設計		国内	国内	国内	国内	国内	国内	国内	国内	?
ユーザー		国内	国内	国内	国内	国内	国内	国内	国内	グローバル
基板/インターポーザ 円形 四角 Si/ガラス/有機		どれを選ぶか								
統合設計		どこまでカバーするか?								
チップレットビジネスモデル										
インテル	ロジック中心									
サムスン	メモリも									
ASRA	クルマ目線で新アーキ									
NTT IOWN	ディスアグリゲーション									
ラビダス	先端+パッケージ									
ラビダス/キオクシア/MU	先端とメモリで新アーキ									
日本 強み 連合	バランス									
米 強み 連合										
欧州 連合										
中国 将来?										
TSMC	先端+パッケージ									
GF	光電ファウンダリ									
ソニー	センサ目線で新アーキ									
設計/ユーザー系	設計など									
OSAT系	調達と設計 テストや装置									
商社その他	調達と設計									

⁸ Outsourced Semiconductor Assembly & Test、半導体の後工程を担う業者 台湾に多い

⁹ Electronics Manufacturing Service、電子機器の製造受託の業者

¹⁰ Electronic Design Automation ; 電子設計自動化ツール、米ケイデンス社やシノプシス社がトップ

¹¹ 自動車用先端 SoC 技術組合 <https://asra.jp/>

6. 日本の勝ち筋

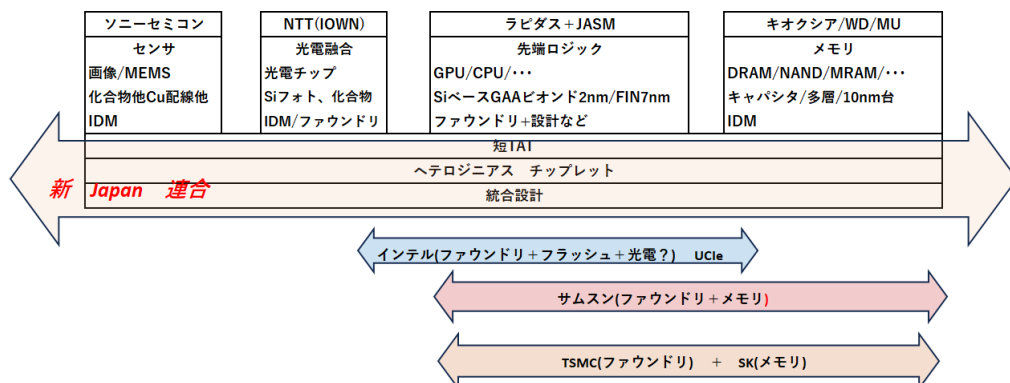
「チップレット×生成系 AI」時代のあるべきビジネスモデルは、1人のユーザーからカスタマイズする顧客満足度が高く多様な半導体を詰め込んだ、いわば My お好み「幕の内弁当」の提供であり、日本の勝機もここにある。顧客の多様でロングテールの要求に応えるためには、チップレットが有効だが、ここでは、先端ロジックだけでなく、レガシーなロジック、メモリ、アナログ、パワー、センサ、電子部品も、基板も含め、多様な品揃えがある日本が付加価値を提供し易い。例えば、ASRA をベースに、EV 向け自動運転用に、GPU/CPU と各種センサ、パワー半導体を統合したチップを冷却構造も含めて考えた、「三段重ね幕の内弁当」チップ、国内だけでチップができる。ヘテロジニアスであれば、8φ SiC チップ、基板にパワー半導体電源供給、6φ 化合物半導体¹²、メインは、AI 専用チップといったチップも、チップレットと生成系 AI だからこそ可能になる。

図表 7 日本の勝ち筋は「三段幕の内弁当」モデル (出所)筆者

3段	センサ	イメージセンサ	光電チップ	化合物半導体 6-8φ 数十nm
2段	HBM	先端ロジック	CXL-NAND	Si半導体 12φより 数nm
1段	パワー半導体/基板など			SiC, GaN 8φより 数十nm

こうしたチップの開発では、トヨタ、デンソーに加え、ラピダス、ソニーやキオクシア、ルネサスやソシオネクストも巻き込み、統合設計アーキテクチャ、短納期など共有できる部分価値は共有、設計や工場も連携、いわば、「バーチャル ONE」カンパニー的な対応もあるだろう。豊富な種類の半導体を持たない海外だけの連携やエコシステムでは対応が難しい。

図表 8 バーチャル ONE カンパニー 新 Japan 連合を (出所)筆者



7. 考察

TSMC は、地政学リスクだけでなく、台湾「5 欠問題」(水、電力、土地、ワーカー、技術者が不足)がある。これからは海外で更なる工場を拡大する必要がある。その場合にビオンド 2nm 級なら 5 兆円規模の投資が必要だが既にあるラピダスと連携すれば良いのではないかと。JASM¹³のように、ラピダス千歳工場に国内ユーザーや TSMC も出資し、JV を作るのである。TSMC からビオンド 2nm を学び、他方、ラピダスからは、後工程も含め、短 TAT 技術を give すればよい。TSMC が参画すれば、ラピダスの懸念は、技術面でもビジネス面でも全て解消される。

ラピダスの勝機もここにある。これまで、ラピダスの付加価値は、2nmGAA と短 TAT と考えられてきたが、エッジ側で重要な専用の省エネチップや、お好み My チップを作ることにも広がる。多品種少量もできるが、中には、カスタムでも中量品もあるだろう。

TSMC は「汎用最先端の大量生産・エネルギー消費大・後工程無し」に対しラピダスは「専用最先端の変量・エネルギー消費少・後工程あり・設計から一気通貫」である。そこでは、両者はライバルではなく、パートナーであり補完しあえる。その時代は、半世紀以上続いた巨額投資と過当競争のビジネスモデルも過去のものとなるだろう。

¹² SiC はパワー半導体、光向けは GaAs や InP 等、化合物半導体でウェハーが異なる

¹³ Japan Advanced Semiconductor Manufacturing TSMC が過半、ソニー、デンソー、トヨタも出資

なお、ラピダスに関しビオンド 2nm が導入できても、巨大な TSMC に伍していけるのかとの懸念がある。ラピダスの多品種少量・短 TAT のビジネスモデルが成り立つ一つの背景ケースは、沖電気の EMS である。EMS という調達でも生産規模でもスケール効果が大きい分野で、世界の巨人 Foxconn 鴻海に対し規模は 1/200 だが収益性は上である¹⁴。これは「経済学・経営学」の「理論」ではあり得ないが話だが、事実であり、いわば特別解は存在し、その条件を分析すれば、解はある。

ファウンドリも EMS に近くスケール効果が利く分野であり、世界の TSMC に対し、棲み分けができることは可能な筈だろう。

図表 9 スケールメリットからスマートメリット型ビジネスモデルを (出所)筆者

	スケールメリット型	スマートメリット型
顧客	B2C スマホ、PC、ビットコイン	B2B/G：サーバー、デジタルインフラ、クルマ
価格	低下、需給で急落	徐々に低下
稼働率	変動	安定にできる（全体として）
TAT	長い	短くできる（全体として）
ボリューム	多い	中、小
品種	中	多
品質	良品交換でも可：一元的品質が中心	故障許さない：当たり前品質が多い
寿命サイクル	短い	長い
需要見通し	不透明	透明
ユーザーとの会話	片方向	双方向 設計やメンテもフォロー
ファウンドリ	TSMC (売上9兆円、営業利益率40%)	ラピダス(売上1兆円？、営業利益率20%??)
EMS	鴻海(売上25兆円、営業利益率2.5%)	沖電気(売上750億円、営業利益率3%)

一つの鍵は、価格変動の安定と稼働率のコントロールである。TSMC が対象とする市場は、スマホ等の B2C であり、需要変動も価格変動も激しく稼働率が変動するため生産が非効率になる。また、顧客とのコミュニケーションが片方向で、製品寿命も不明である。

これに対し、B2B や B2G が多い沖電気 EMS は故障が許されない品質を要求される上¹⁵、それ故に、コミュニケーションは双方向である。変種変動でも、コントロール可能で、価格変動も少ない。これはラピダスが想定する顧客と同様であろう。

いわば、スケールメリットでなく、スマートメリットを生かすのである。これは、GX や DX の方向性ともマッチしている。生成系 AI 時代とチップレット時代には、このメリットを生かせる機会が一層増えるであろう。

8. おわりに

時代 1 兆円時代を迎える半導体産業だが、チップレットや生成系 AI が業界構造を変え、これまでのビジネスモデルを一新、日本が復活する好機である。それは日本の強みを生かし世界と棲み分けられる、1人1人にカスタマイズされた「早い安い旨い」日の丸「幕の内弁当」ビジネスモデルではないか。

参考文献 URL は 2024 年 9 月 21 日アクセス

- [1] ムーア「インテルとともに: ゴードン・ムーア私の半導体人生」1995 日経
- [2] 岸本「台湾半導体企業の競争戦略---戦略の進化と能力構築」2017 日本評論社
- [3] クリスマラー「半導体戦争」ダイヤモンド 2023 年
- [4] [総務省 | デジタルインフラ \(DC 等\) 整備に関する有識者会合 | デジタルインフラ \(DC 等\) 整備に関する有識者会合 \(soumu.go.jp\)](https://www.soumu.go.jp/)
- [5] [半導体・デジタル産業戦略検討会議 \(METI/経済産業省\)](https://www.meti.go.jp/press/20230914/20230914001.html)

¹⁴ 鴻海や沖電気の業績は 2022-2023 年度、ラピダスは 2030 年代にあるべき期待

¹⁵ <https://www.oki.com/jp/Advanced-ems/index.html>