

# 次世代エッジAI半導体・ フィジカルインテリジェンスの統合的研究開発

研究振興局 基礎・基盤研究課  
研究開発局 環境エネルギー課

令和6年9月

# 次世代エッジAI半導体・フィジカルインテリジェンスの 統合的研究開発

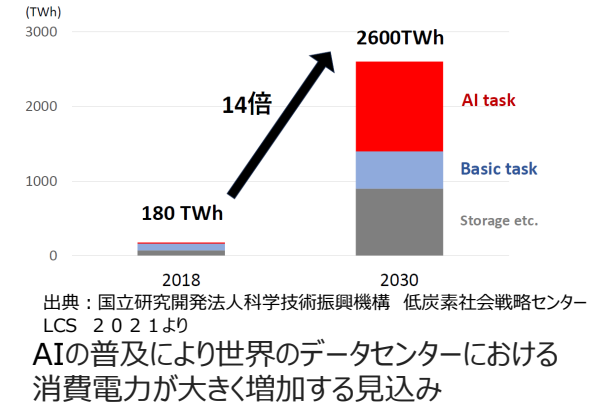
令和7年度要求・要望額

42億円  
(新規)



## 背景・課題

- ◆ 2030年代以降、AIを搭載したロボットなどの**フィジカルインテリジェンス※が普及・拡大し、様々な社会・産業分野の自動化・高度化が進展**する一方で、**AIの普及により全クラウドシステムの消費電力が全世界の発電エネルギーを超過**する恐れ。
- ◆ フィジカルインテリジェンスの加速により、エネルギー問題などの地球規模課題や日本が直面する労働力不足を解決することに貢献するが、**その実現にはエネルギー効率を抜本的に向上する次世代のエッジ用AI半導体やエコなフィジカル・インテリジェンスが必要**。
- ◆ AIロボット等が普及する未来社会を見据え、次世代エッジAI半導体のユースケースを日本から生み出すことを目指し、**次世代エッジAI半導体開発とユースケース開発（フィジカル・インテリジェンス研究）を一体的に実施**。  
※エッジ（末端機器）の知能化等により、AI（知能システム）と機械（ロボット、IoT等）が高度に融合することで実現する、AIが物理的動作を行うためのシステム。これにより、AIの利活用が現実世界（Real World）に広がることで、リアルタイムに高付加価値を還元することを目指す。



## 事業内容

- 単に要素技術の研究に留まらず、**革新的AIロボティクス用AI等のユースケース研究、半導体設計、デバイス、材料開発、評価解析技術・メカニズム解明等を統合的に研究開発するチーム型研究**を推進。
- 文科省や経産省等の関係省庁／アカデミア／産業界が緊密に連携し、**タイムリーに成果を受け渡し**。経済安全保障上の重要性なども踏まえた**戦略的な産学／国際連携**など、成果を最大化する仕組みを導入。

### （事業規模等）

#### ○フィジカルインテリジェンスの研究開発

- 実施内容：
  - ✓ 革新的な知能コアシステム開発、知能と身体機能の融合技術等に関する共通基盤技術の研究開発を 実施
  - ✓ 自動運転技術をベースにしたAIロボット開発、産業用ロボットの知能化等の個別ユースケースに関する技術開発を実施 等
- 公募テーマ：共通基盤技術 3テーマ程度、ユースケース3テーマ程度

#### ○次世代エッジAI半導体の研究開発

- 実施内容：
  - ✓ 高効率システム設計、超低消費電力なAI回路、Beyond 1 ナノ世代チップに向けた新材料・デバイス・プロセス・集積化技術、環境負荷の少ない製造技術等の研究開発を統合的に推進。
  - ✓ フィジカルインテリジェンスの研究開発と連携しつつ将来のユースケースを想定した研究開発を推進。
- 公募テーマ：6テーマ程度

## 【事業スキーム】



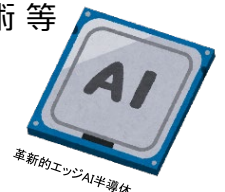
- ✓ 支援対象機関：大学、国立研究開発法人等
- ✓ 事業期間：令和7～16年度（10年間）

知能と身体機能のリアルタイム性とマルチタスクを兼ね備えたフィジカル・インテリジェンスの実現



（出典）五神理事長説明資料（次世代半導体のアカデミアにおける研究開発等に関する検討会 2回資料）

- 半導体システムのAIによる高効率設計
- 次世代要素デバイスと製造技術
- 次世代AI回路技術 等



（担当：研究開発局環境エネルギー課、研究振興局基礎・基盤研究課）

# 次世代半導体のアカデミアにおける研究開発等に関する検討会



文部科学省

## 背景

- 令和5年6月に半導体・デジタル産業戦略が改定されたことを受け、文部科学省が推進すべき研究開発や人材育成について検討を行うもの。
- 地球規模課題の解決や未来社会の創造に資する半導体技術の創出に向けて、産学官の現在の取組、課題、文部科学省への要望事項等を確認し、技術的ボトルネックや必要な人材像などについて議論。

## 検討事項

- 国内外の施策動向、優先的に取り組むべき課題
- 未来社会での先端半導体の活用領域
- 産業界のニーズ
- アカデミアの強みを活かして、重点的に取り組むべき技術課題
- 研究基盤、高度人材育成、産学連携施策 **等**

## 委員一覧

### 石内 秀美

元 先端ナノプロセス基盤開発センター 代表取締役社長

### 石丸 一成

Rapidus株式会社 専務執行役員

### 大森 達夫

三菱電機株式会社 開発本部主席技監

### 黒田 忠広

東京大学 教授

### 五神 真

理化学研究所 理事長

### 橋本 和仁

科学技術振興機構 理事長、内閣官房 科学技術顧問

### 林 喜宏

応用物理学会システムデバイスロードマップ産学連携委員会（SDRJ） 委員長、慶應義塾大学 訪問教授、産業技術総合研究所先端半導体研究センター 招聘研究員

### 東 哲郎

技術研究組合最先端半導体技術センター（LSTC） 理事長

### 日高 秀人

ルネサスエレクトロニクス株式会社 フェロー

### 平本 俊郎 ※主査

応用物理学会 前会長、東京大学 教授

### 宝野 和博

物質・材料研究機構 理事長

### 三井 豊興

一般社団法人電子情報技術産業協会半導体部会政策提言TF主査

### 渡部 潔

一般社団法人日本半導体製造装置協会 専務理事

# 検討会での主な意見（今後重点的に取り組むべき研究開発課題）

- 今後10年以上にわたり半導体は国家戦略上重要な技術分野。先端ロジック半導体はラピダスが2027年に量産を開始することを計画しているが、その後も先端半導体分野で日本が持続的に成長するためには、10年後を見据えて今から基礎的・基盤的な研究開発や人材育成に着手することが必要。
- 未来社会を予測しつつ今後進展する地球規模課題や日本の課題の解決に必要な技術を特定し、集中して国として取り組むことが必要。その際、日本の弱みを補いつつ強みを活かす戦略が必要。

未来社会	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <u>AIを搭載したロボティクスの活用が拡大。エッジの知能化（フィジカルインテリジェンス）により、科学研究を含む様々な産業分野を自動化しGXを推進することが可能。</u>半導体分野では、半導体の研究開発や設計、製造をAIにより自動化・高度化・省エネ化することが可能。</li> <li>✓ AIを搭載するエッジ側の半導体の重要性が高まる中、一部の半導体は水平分業型から日本が得意とする垂直統合型に移行する可能性。既にTesla、マイクロソフトなど非半導体企業が半導体設計を開始。</li> </ul>
地球規模課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 人類の活動により、地球の温暖化、生物多様性の破壊、化学物質による汚染が進展。今後AIの利用拡大等によりコンピューティングに必要な電力が増加し、<u>2030年代には全クラウドシステムの消費電力が全世界の発電エネルギーを超える恐れがあり、エッジAI半導体の性能向上が必要。</u></li> </ul>
日本の課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2030年には、人口の約1/3が高齢者になり、労働力人口が減少する見込み。<u>特にサービス、医療・福祉、製造、運輸などの労働力が不足するためロボティクス等による自動化が必要。</u></li> </ul>
日本の弱み	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 設計、先端ロジックの研究開発力やアプリケーションから半導体まで落とし込むシステム化が弱い。</li> <li>✓ <u>2030年以降（Rapidusが量産に成功した後）に必要な次世代の先端ロジック技術を支えるアカデミアの研究開発や人材育成体制を国内に整備できていない。</u></li> </ul>
日本の強み	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <u>装置・材料メーカーやメモリ・センサ等の分野において国際的な競争力を保持。材料や分析技術等、アカデミアの強みを活かせる分野もある。</u></li> <li>✓ <u>自動車・ロボット産業が一定の世界シェアを保持。</u>全体としてAIの研究開発力は米国に劣後しているものの、少数のAIスタートアップ（PFN等）が存在。</li> </ul>



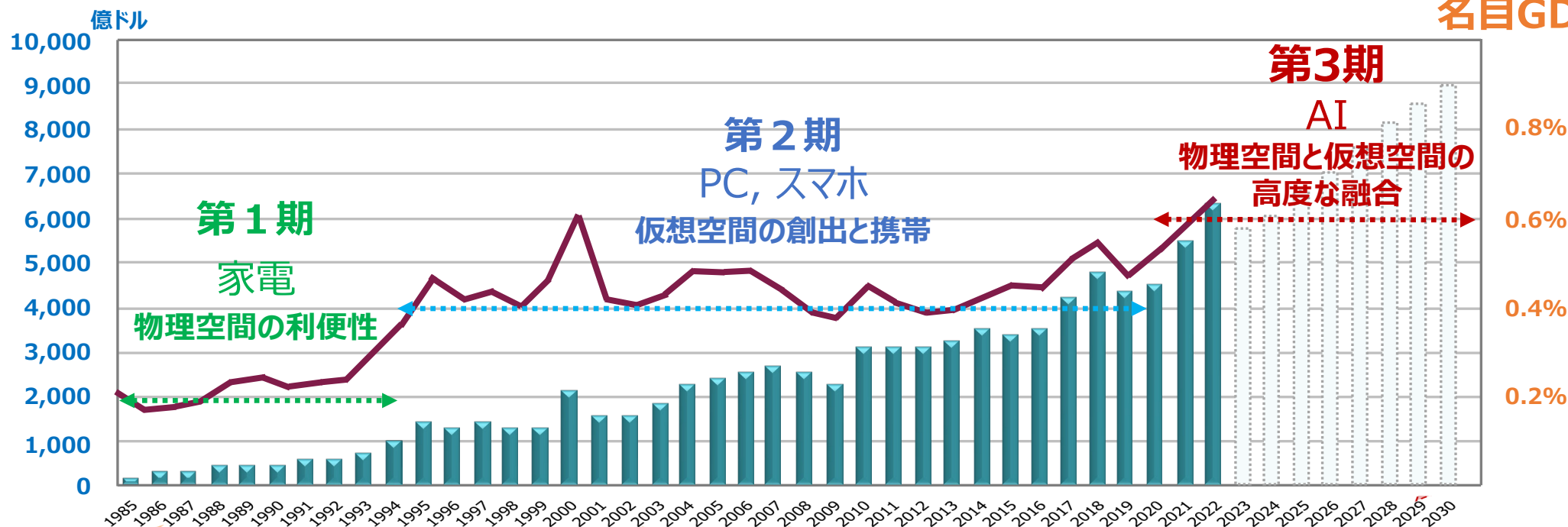
# AIが半導体需要を生むと共にエネルギー危機を招く

- 第3期成長期を迎え、物理空間と仮想空間の高度な融合で価値を創る
- AIが半導体の需要を創出し、2030年には市場の70%(760B\$)がAI半導体になる<sup>(1)</sup>
- 2030年には現在の総電力の2倍、2050年には200倍もの電力をIT機器だけで消費<sup>(2)</sup>
- 大型火力発電換算で2030年に28基、2050年に4,500基が必要<sup>(3)</sup>

出典 (1) IBS Inc.  
 (2) 経済産業省『半導体・デジタル産業戦略』  
 (3) 経済産業省第5回半導体・デジタル産業戦略からSoftBankが試算

## 半導体市場

## 半導体市場 名目GDP



出典：WSTS他

# デバイスとアプリの相乗的发展

- 新デバイスが新アプリを生み、新市場が发展
- AIチップによってロボティクスの再发明  
孫正義: ガラボからスマホへの転換
- AI搭載ロボティクスが新市場を牽引
- データセンタ分野はNVIDIAなど米勢強い

クラウド  
データセンタ

ロボティクス

AIチップ

スマホ

SoC

PC

マイコン

家電品

トランジスタ・IC

軍需・コンピュータ

トランジスタ・IC

半導体

アプリなければ  
タダの石

<半導体は中間生産物>

1960

1970

1980

1990

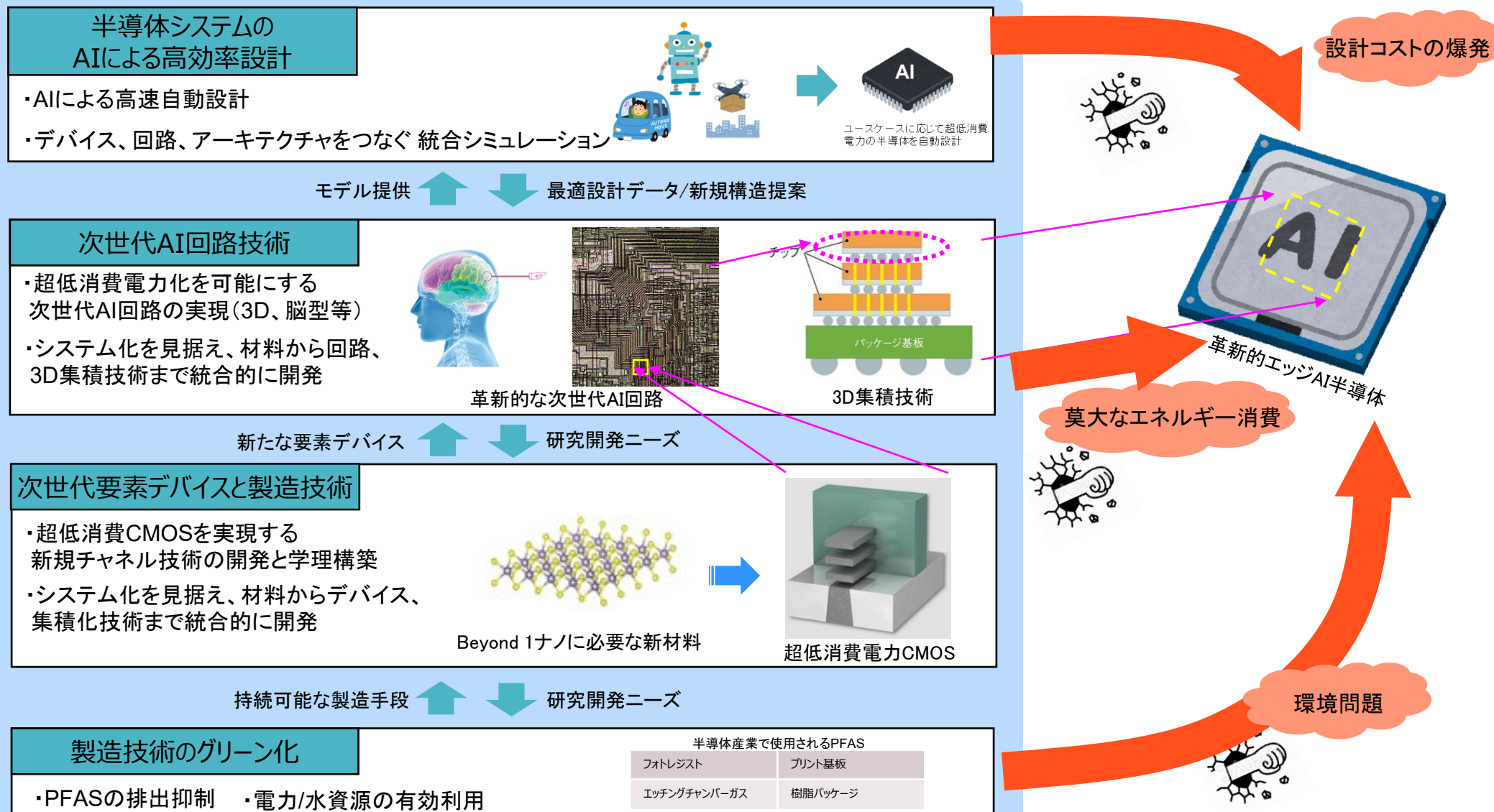
2000

2010

2020

# 次世代エッジAI半導体研究開発の全体像

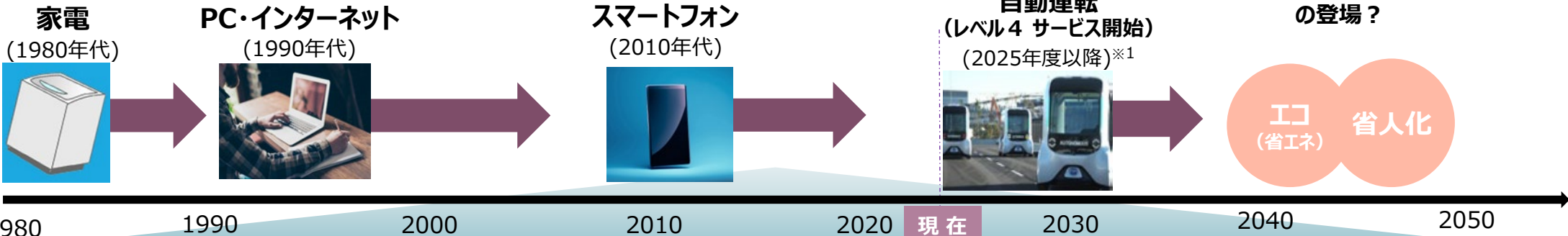
2030年代後半には1ナノ以下の次世代半導体技術が必要となると考えられており、将来技術の獲得に向けて文部科学省がアカデミアの研究開発を支援することが必要。他方、経済産業省では、半導体の国内製造基盤を整備するためリピダス等半導体企業を支援し、2027年にリピダスが2ナノ相当のロジック半導体を量産開始することを計画。



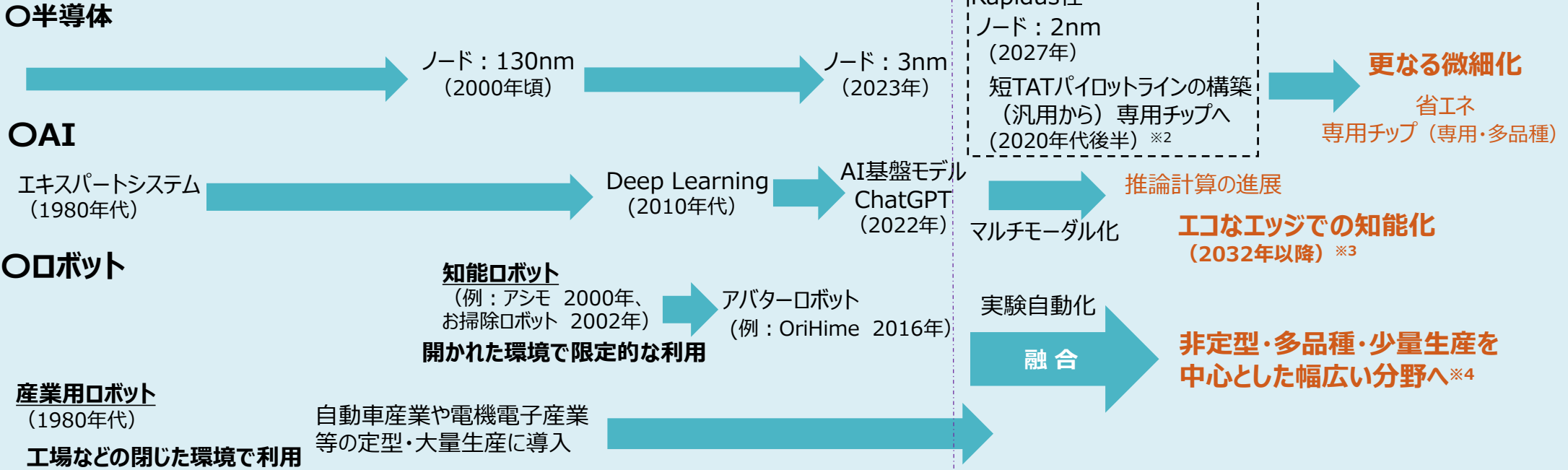
# 技術シナリオ と 今後の社会経済イノベーション（概観）

- 半導体、AI、ロボットの技術進展により知能と身体機能システムの融合が進み、**エコ（省エネ）**で省人化可能な**“フィジカル・インテリジェンス”**が登場。どのような社会経済環境から導入され、破壊的イノベーションをもたらすか。

## 【社会経済のイノベーション・シナリオ】



## 【技術シナリオ】



※1 (出典) 自動走行の実現及び普及に向けた取組報告と方針 version7.0 参考資料 (2023年4月28日 自動走行ビジネス検討会事務局)  
 ※2 (出典) 半導体・デジタル産業戦略 (改定案) (令和5年5月 経済産業省 商務情報政策局)  
 ※3 (出典) 省エネAI半導体及びシステムに関する技術開発事業/革新的AI半導体・システムの開発 基本計画 (NEDO事業) (2023年)  
 ※4 (出典) ロボット分野における研究開発の社会実装の大局的なアクションプラン (ロボットアクションプラン) (2023年4月 NEDO)



# フィジカル・インテリジェンス構想

- AI推論計算が今後技術的に進展することで知能と身体機能システムが融合し、**研究の潮目が大きく変わる。**
- これまでのロボット研究は**社会的受容性が課題**。知能と身体機能システムの融合により、社会的受容性が高く、エコ（省エネ）で省人化可能な**“フィジカル・インテリジェンス”が破壊的イノベーションをもたらす。**

## 知能と身体機能システムの融合

- エコ（省エネ）なエッジの知能化
- 知能と身体機能のリアルタイム性
- 適応・発達する知能

高い社会受容性※2をもつ  
フィジカル・インテリジェンス  
の実現



限界突破  
開かれた環境に対応

## 知能ロボットとして発展

### 情報科学的なアプローチ

知能ロボットとして活用  
開かれた環境※1で限定的な利用

柔軟性  
機能性

しかし・・・  
開かれた環境での高速性、信頼性  
などに懸念  
大幅な利用拡大につながらない

推論計算が今後進展  
研究の潮目が変わる！

半導体の微細化、3Dチップレット、  
十分なデータ取得、  
AI基盤モデルの登場

## 産業用ロボットとして発展

### 機械工学的なアプローチ

産業用ロボットとして活用  
工場などの閉じた環境で利用

高速性  
完全性

しかし・・・  
開かれた環境への対応が困難  
閉じた環境どまり



※1 開かれた環境とは、多様性や動的な環境

※2 社会受容性とは、信頼性、確実性、ELSI、安全性などの観点を踏まえ、ヒト・社会が受容すること