

2020年4月15日(木)

知能社会創成序論

Introduction to Cyber Physical Society

April 15, 2020

# 新しい材料が創る未来のディスプレイ ～シリコンから酸化物半導体へ～

Future displays created by new materials  
～ From silicon to oxide semiconductor ～

奈良先端科学技術大学院大学

浦岡行治

NAIST Y.Uraoka



サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、  
人間中心の社会(Society)

A system that highly fuses cyber space (virtual space) and physical space (real space) to achieve both economic development and the resolution of social issues.  
Human-centered society (Society)

新たな社会  
"Society 5.0"

5.0



1.0  
Society 1.0 狩猟

2.0  
Society 2.0 農耕

3.0  
Society 3.0 工業

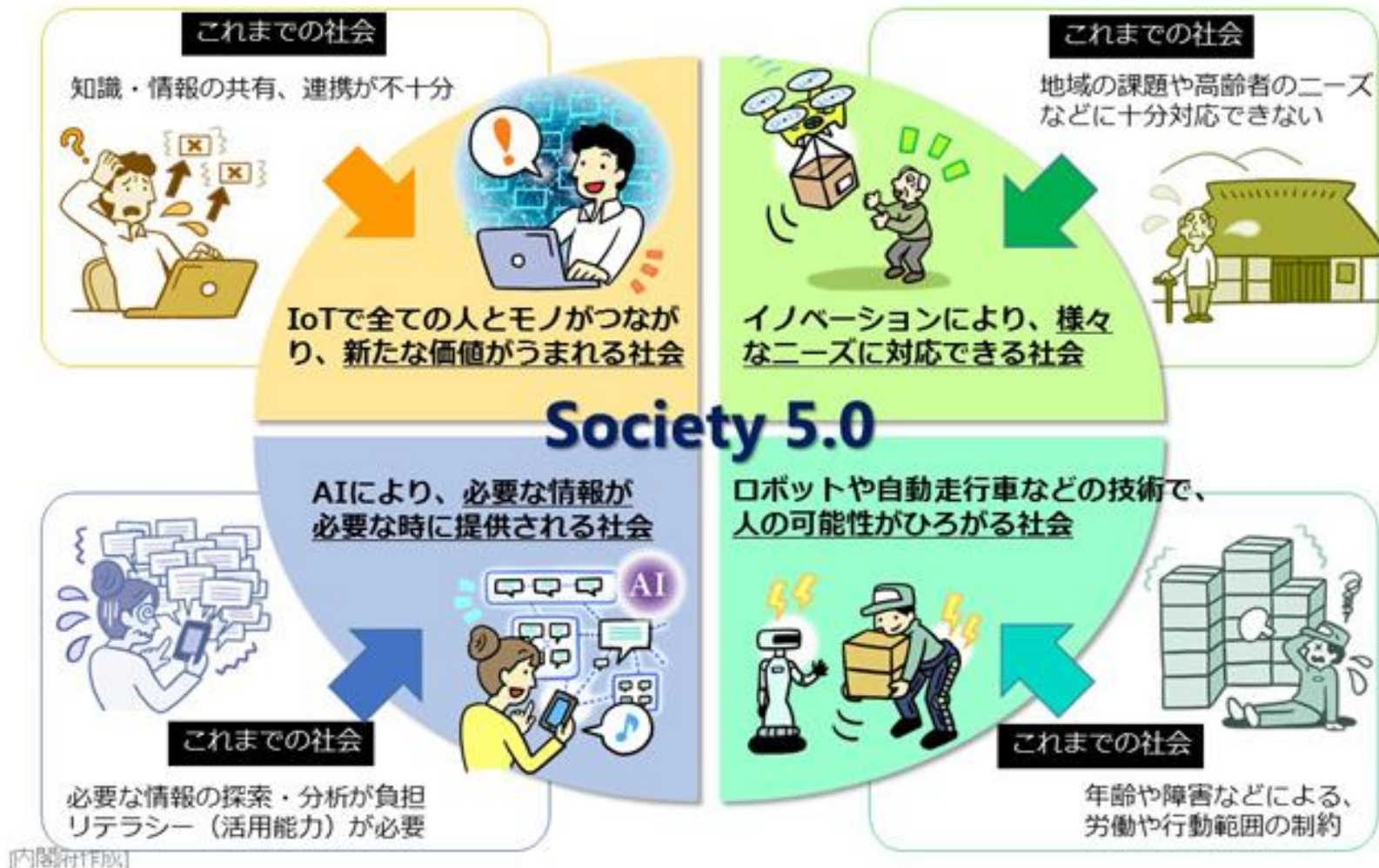
4.0

Society 4.0 情報

[内閣府作成]

**Society 5.0**で実現する社会は、**IoT (Internet of Things)**で全ての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない**新たな価値**を生み出すことで、これらの**課題や困難を克服**します。

Society 5.0 realizes these challenges and difficulties by connecting all people and things through the Internet of Things (IoT), sharing various knowledge and information, and creating new value that has never existed before.

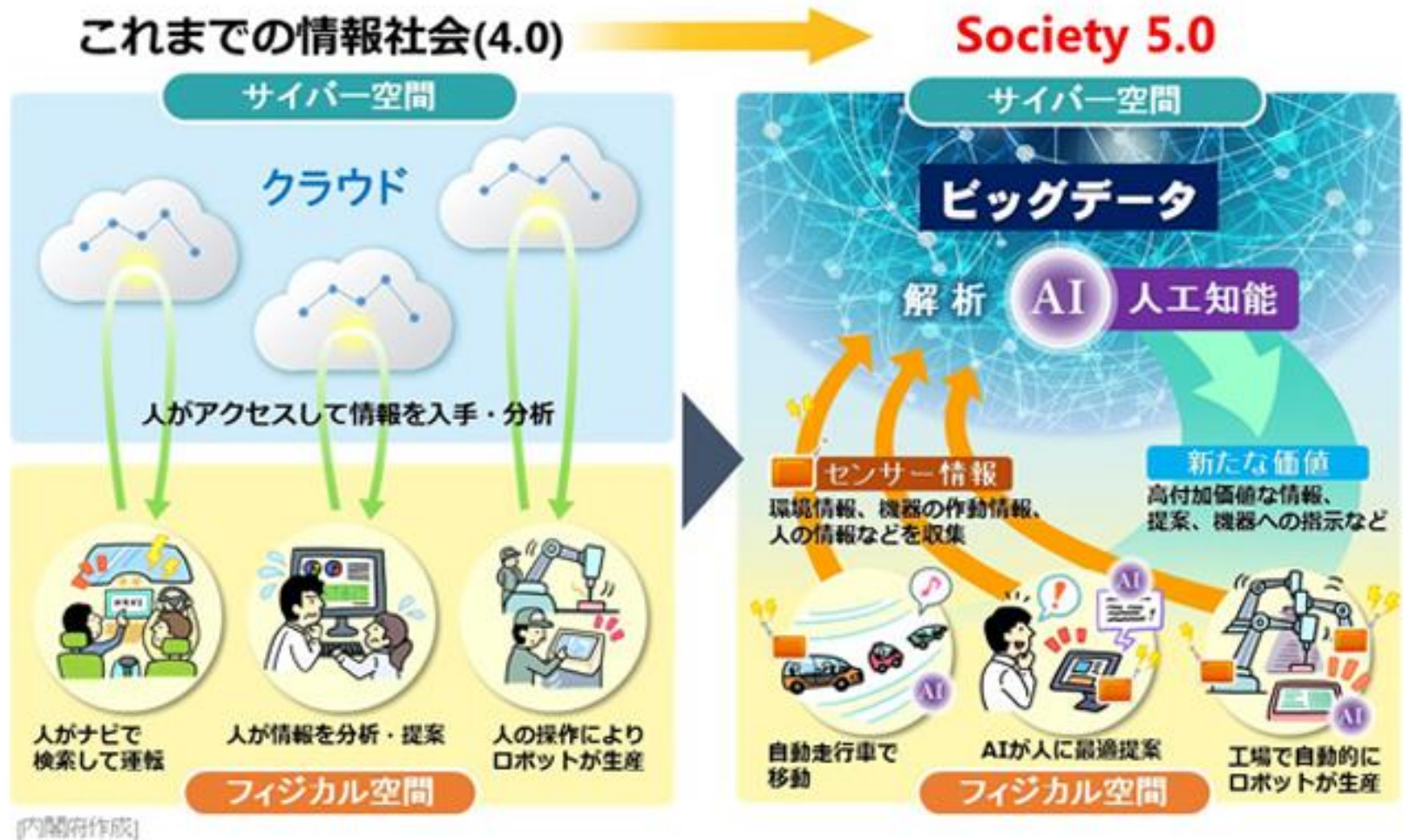




# Society 5.0のしくみ

## How Society 5.0 works

[https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/)



Society 5.0では、フィジカル空間のセンサーからの膨大な情報がサイバー空間に集積されます。サイバー空間では、このビッグデータを人工知能(AI)が解析し、その解析結果がフィジカル空間の人間に様々な形でフィードバックされます。今までの情報社会では、人間が情報を解析することで価値が生まれてきました。Society 5.0では、膨大なビッグデータを人間の能力を超えたAIが解析し、その結果がロボットなどを通して人間にフィードバックされることで、これまでには出来なかった新たな価値が産業や社会にもたらされることとなります。

## Coexistence of economic development and resolution of social issues

### 経済発展

- エネルギーの需要増加
- 食料の需要増加
- 寿命延伸、高齢化
- 国際的な競争の激化
- 富の集中や地域間の不平等

### 社会的課題の解決

- 温室効果ガス（GHG）排出削減
- 食料の増産やロスの削減
- 社会コストの抑制
- 持続可能な産業化
- 富の再配分や地域間の格差是正

IoT、ロボット、AI等の先端技術をあらゆる産業や社会生活に取り入れ、格差なく、多様なニーズにきめ細かに対応したモノやサービスを提供

「Society 5.0」へ

経済発展と社会的課題の解決を両立

内閣府作成



# 新たな価値で経済発展と社会的課題の解決を両立

Coexistence of economic development and resolution of social issues with new value



[内閣府作成]

# Society 5.0による人間中心の社会

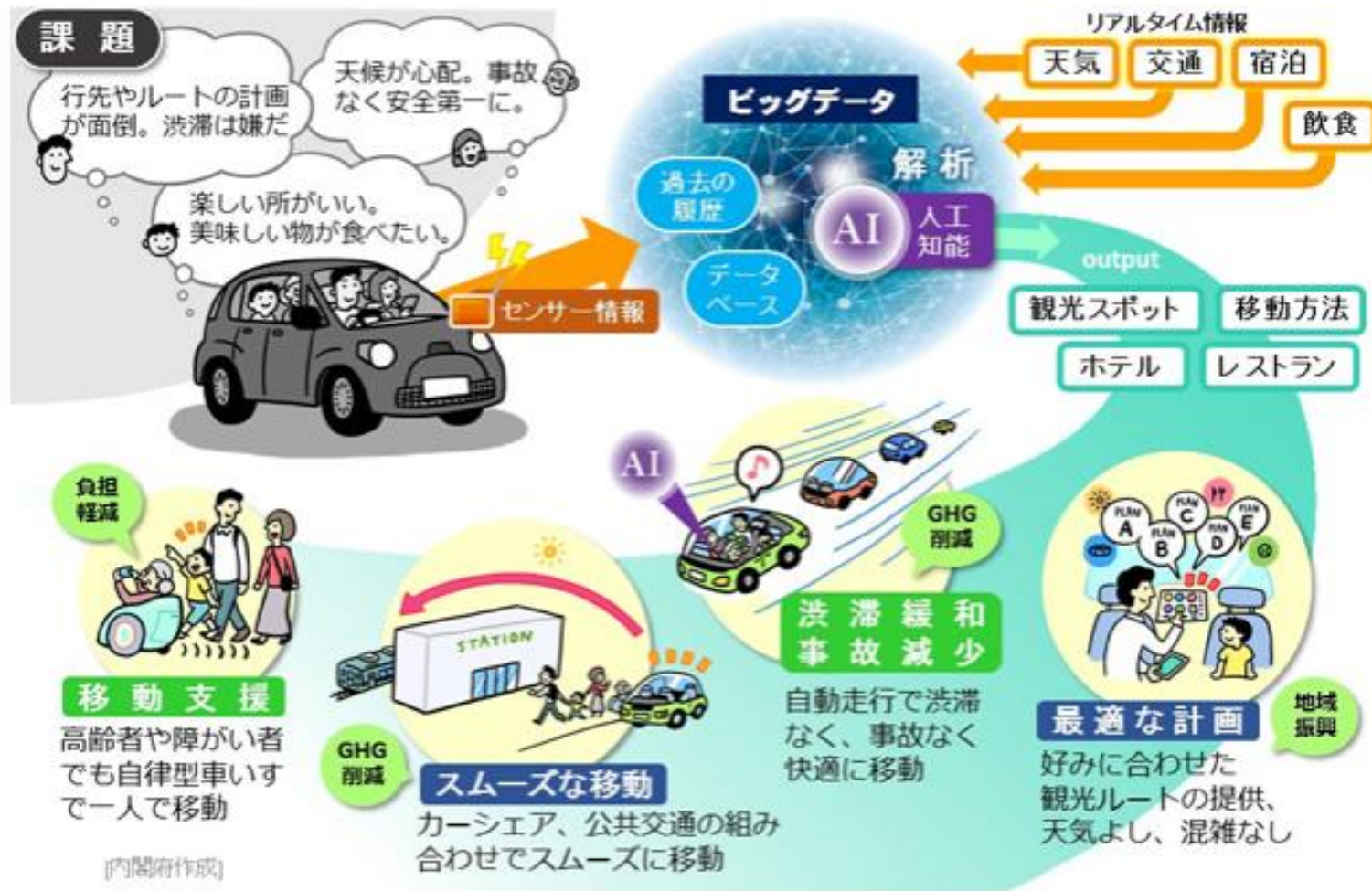
## Human-Centered Society by Society 5.0





# 新たな価値の事例(交通)

## Examples of new value (transportation)

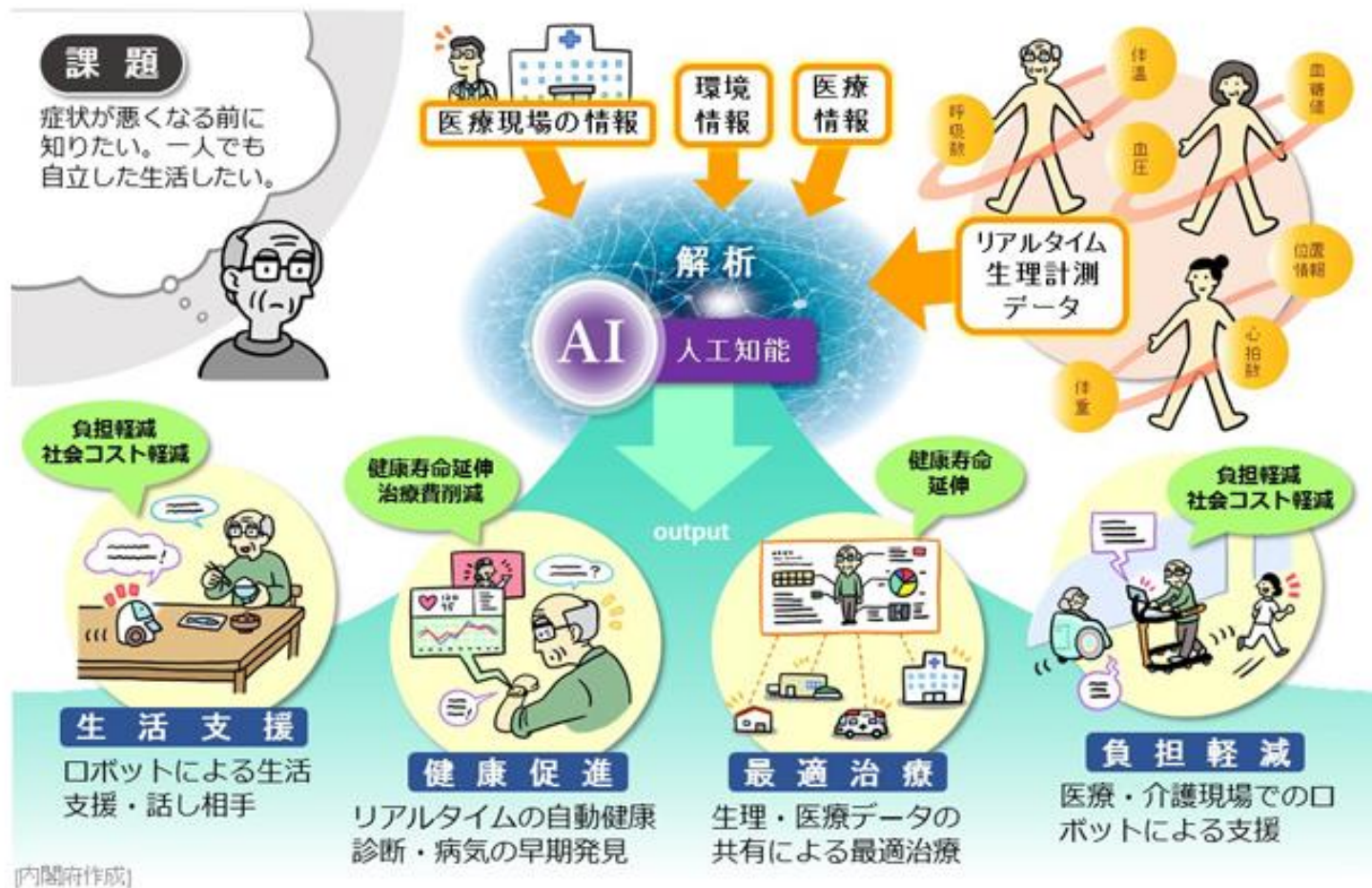


Society 5.0では、各自動車からのセンサ情報、天気、交通、宿泊、飲食といったリアルタイムの情報、過去の履歴などのデータベースといった様々な情報を含むビッグデータをAIで解析することにより、「好みに合わせた観光ルートの提供や天気や混雑を考慮した最適な計画が提案され、旅行や観光がしやすくなること」「自動走行で渋滞なく、事故なく、快適に移動すること」「カーシェアや公共交通の組み合わせでスムーズに移動すること」「高齢者や障がい者でも自律型車いすで一人で移動すること」といったことができるようになるとともに、社会全体としても交通機関からのCO2排出が削減され、地方の活性化や消費の拡大にもつながることになります。



# 新たな価値の事例(医療・介護)

## Cases of new value (medical care / nursing care)



Society 5.0では、各個人のリアルタイムの生理計測データ、医療現場の情報、医療・感染情報、環境情報といった様々な情報を含むビッグデータをAIで解析することにより、「ロボットによる生活支援・話し相手などにより一人でも快適な生活を送ること」「リアルタイムの自動健康診断などでの健康促進や病気を早期発見すること」「整理・医療データの共有によりどこでも最適な治療を受けること」「医療・介護現場でのロボットによる支援で負担を軽減すること」といったことができるようになるとともに、社会全体としても医療費や介護費などの社会的コストの削減や医療現場等での人手不足の問題を解決することが可能となります。

# 新たな価値の事例(ものづくり)

## Cases of new value (manufacturing)

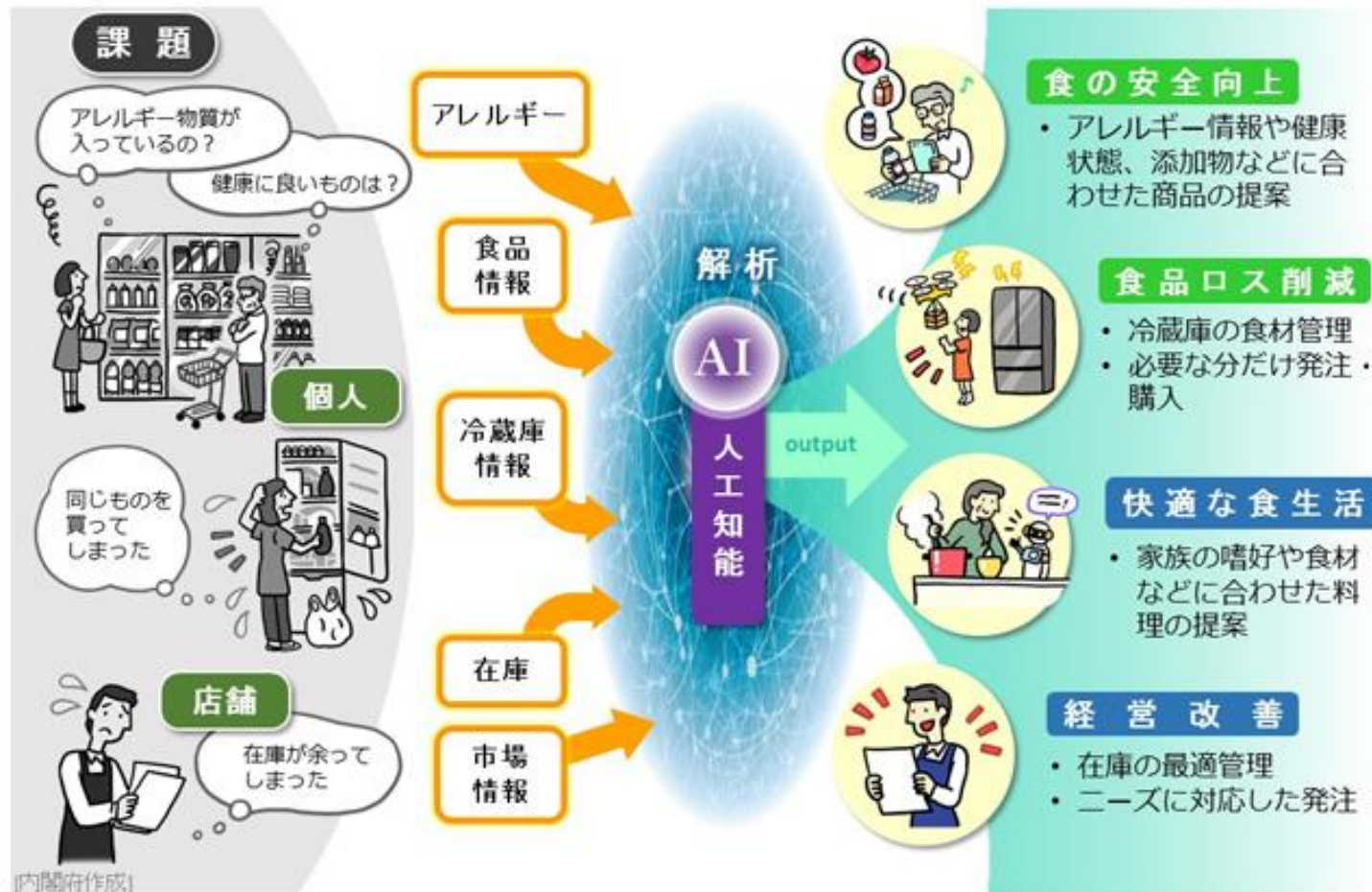


Society 5.0では、顧客や消費者の需要、各サプライヤーの在庫情報、配送情報といった様々な情報を含むビッグデータをAIで解析することにより、「これまで取引のない他分野や系列のサプライヤーを連携させ、ニーズに対応したフレキシブルな生産計画・在庫管理すること」「AIやロボット活用、工場間連携による生産の効率化、省人化、熟練技術の継承(匠の技のモデル化)、多品種少量生産」「異業種協調配送やトラックの隊列走行などによる物流の効率化を図ること」「顧客や消費者においてもニーズに合った安価な品物を納期遅れなく入手できる」といったことができるようになるとともに、社会全体としても産業の競争力強化、災害時の対応、人手不足の解消、多様なニーズの対応、GHG排出や経費の削減、顧客満足度の向上や消費の活性化を図ることが可能となります。



# 新たな価値の事例（食品）

## Examples of new value (food)



Society 5.0では、個人のアレルギー情報、食品情報、各家庭の冷蔵庫内の食品情報、店舗の在庫情報、市場情報といった様々な情報を含むビッグデータをAIで解析することにより、「アレルギー情報や個人の嗜好に合わせた食品を提案してもらえるようになり、購入の利便性を向上すること」「冷蔵庫の食材管理が自動でなされ、必要な分だけ発注・購入することができ、食品ロスを削減すること」「家族の嗜好や日々の健康状態などに合わせた料理の提案を受けることができ、快適に食事を取ること」「生産者や店舗としても顧客ニーズに合った生産や発注、在庫管理を行うこと」といったことができるようになるとともに、社会全体としても食料ロスの軽減や食品産業の競争力強化を図ることが可能となります。



# 新たな価値の事例(防災)

## Case of new value (disaster prevention)



Society 5.0では、人工衛星、地上の気象レーダー、ドローンによる被災地観測、建物センサーからの被害情報、車からの道路の被害情報といった様々な情報を含むビッグデータをAIで解析することにより、「被害状況を踏まえ、個人のスマホ等を通じて一人一人へ避難情報が提供され、安全に避難所まで移動すること」「アシストスーツや救助ロボットにより被災者の早急な発見と被災した建物からの迅速な救助」「ドローンや自動配送車などによる救援物資の最適配送を行うこと」といったことができるようになるとともに、社会全体としても被害の軽減や早期復興を図ることが可能となります。

# 新たな価値の事例(エネルギー)

## Examples of new value (energy)

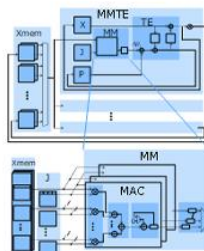
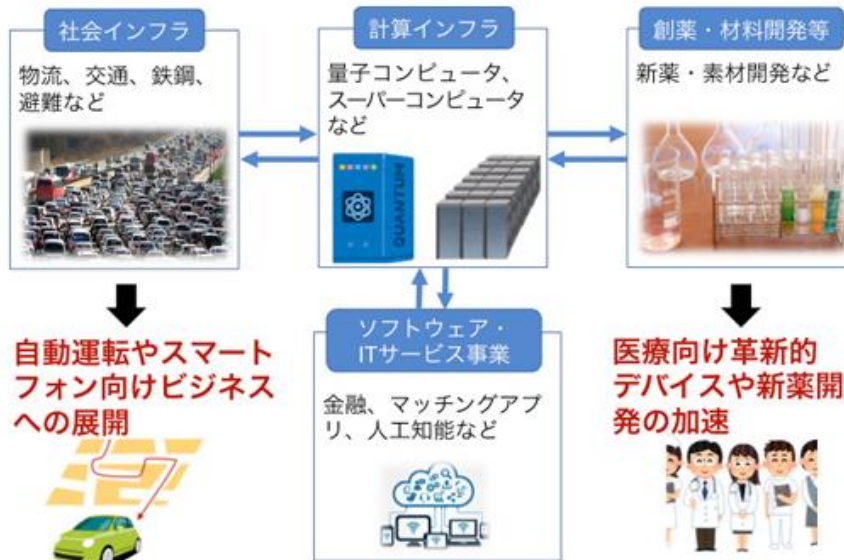


Society 5.0では、気象情報、発電所の稼働状況、EVの充放電、各家庭での使用状況といった様々な情報を含むビッグデータをAIで解析することにより、「的確な需要予測や気象予測を踏まえた多様なエネルギーによって安定的にエネルギーを供給すること」「水素製造や電気自動車（EV）等を活用したエネルギーの地産地消、地域間で融通すること」「供給予測による使用の最適提案などによる各家庭での省エネを図ること」といったことができるようになるとともに、社会全体としてもエネルギーの安定供給やGHG排出の削減などの環境負荷の軽減を図ることが可能となります。

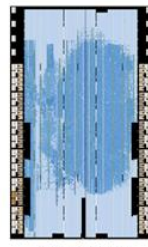


# Future society created by quantum computers

## 量子コンピュータが作る未来の社会



SBアルゴリズムの専用大規模並列処理回路



FPGAチップ  
濃い青い部分がSB専用処理回路として使用されている部分



FPGAボード



FPGAボード搭載のサーバ

### 量子コンピュータの方式別開発競争



(出所)産総研

### 量子コンピュータの二つの方式

| 量子ゲート方式                                     | 量子アニーリング (イジングモデル) 方式  |
|---|--|
| 量子ビットで計算回路を作る                               | 仕組み  |
| 暗号の解析、創薬や新素材開発のためのシミュレーションなど、汎用計算機では計算困難な問題 | 適用先  |
|   | 相互作用を持つ量子ビット列の変化を使い解を得る (組み合わせ最適化問題専用の計算機)                       |
|   | 類似画像の検索や顧客属性の分類、経路探索、ポートフォリオ計算など、最適化問題が適用できる分野 (機械学習やAIでの適用も研究中) |



## 第5世代移動通信システム（5G）とは

### <5Gの主要性能>

超高速  
超低遅延  
多数同時接続



最高伝送速度 10Gbps  
1ミリ秒程度の遅延  
100万台/km<sup>2</sup>の接続機器数

### 5Gは、AI/IoT時代のICT基盤

低遅延

移動体無線技術の  
高速・大容量化路線

2G

3G

4G

5G

同時接続

#### 超高速

現在の移動通信システムより  
100倍速いブロードバンドサー  
ビスを提供



⇒ 2時間の映画を3秒でダウンロード(LTEは5分)

#### 超低遅延

利用者が遅延(タイムラグ)を  
意識することなく、リアルタイム  
に遠隔地のロボット等を操作・  
制御

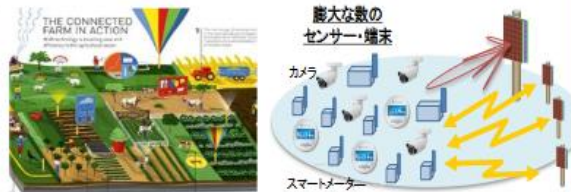


ロボットを遠隔制御

⇒ ロボット等の精緻な操作(LTEの10倍の精度)をリアルタイム通信で実現

#### 多数同時接続

スマホ、PCをはじめ、身の回り  
のあらゆる機器がネットに接続



⇒ 自宅屋内の約100個の端末・センサーがネットに接続  
(LTEではスマホ、PCなど数個)

社会的なインパクト大

12

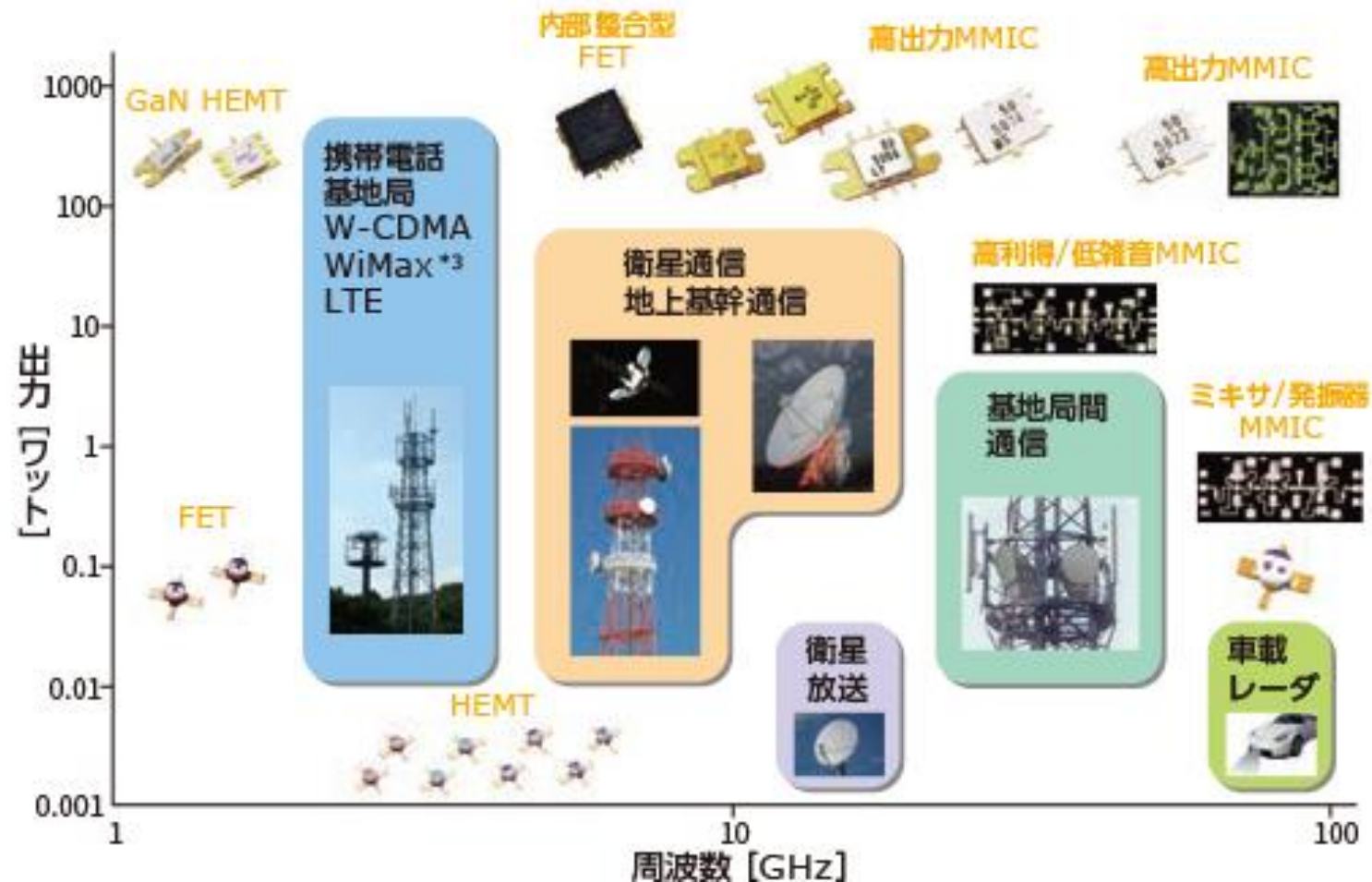
# 5Gで加速するスマート社会化

5G accelerates smart society



# 無線通信用デバイス

Wireless communication device





# 化合物半導体とその応用分野

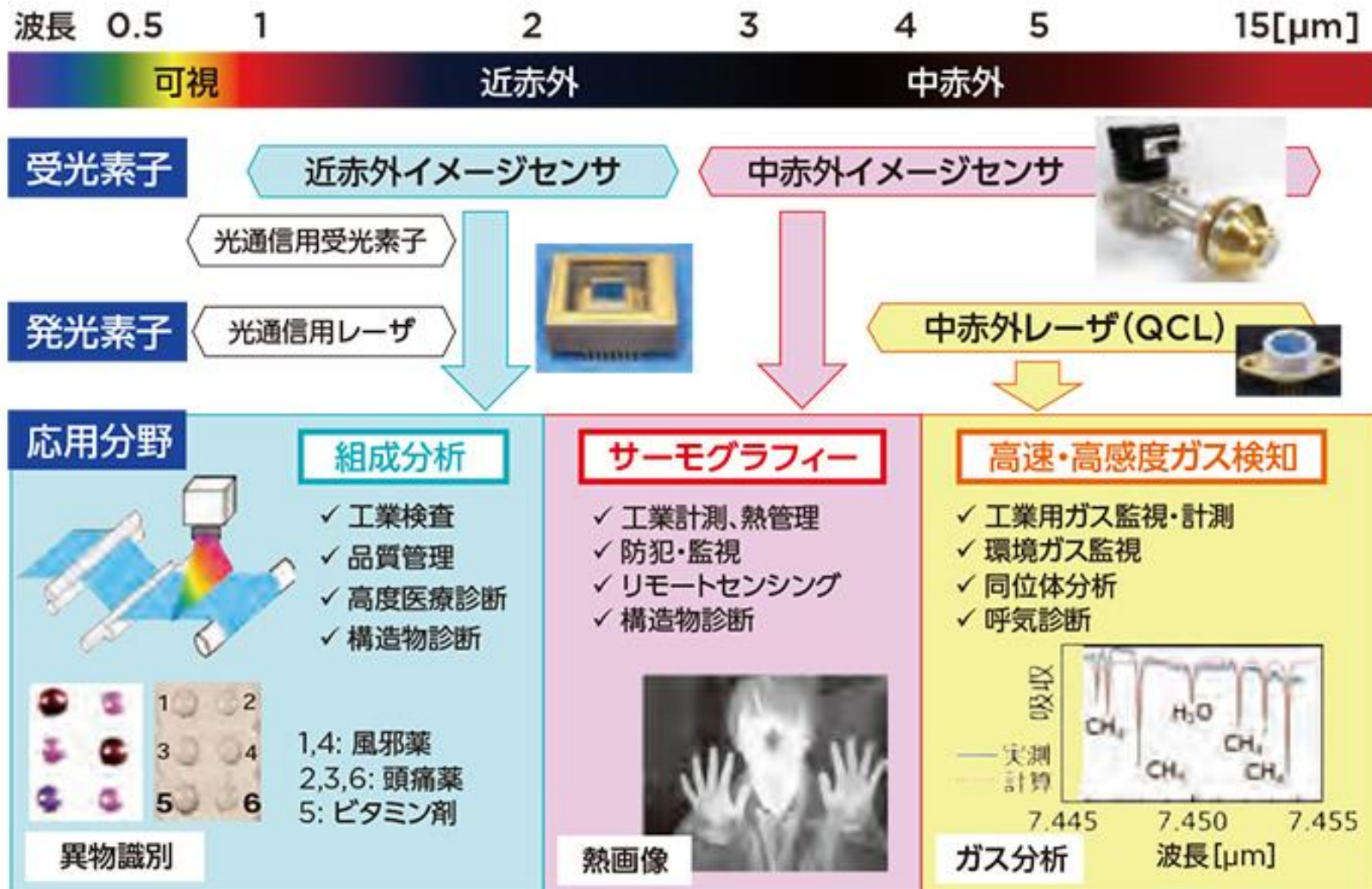
Compound semiconductors and their application fields



| 材料   | 発光デバイス  | 電子デバイス   |
|------|---|--|
| GaAs | 赤色レーザ<br>可視・赤外LED<br>(DVD、パソコン、<br>自動車、屋外表示)            | 高周波IC<br>パワーアンプ<br>(携帯電話、無線通信<br>基地局、衛星通信)               |
| InP  | 赤外レーザ・受光素子<br>(光通信)                                     |  |
| GaN  | 青紫レーザ<br>青色・白色LED<br>(Blu-ray、<br>液晶バックライト、<br>屋外表示、照明) | 高周波パワーデバイス<br>大電力低損失デバイス<br>(無線基地局、<br>電力制御機器、<br>電気自動車) |
| AlN  | 紫外発光素子<br>(殺菌、洗浄、加工)                                    | 次世代パワーデバイス<br>(高周波・電力機器)                                 |

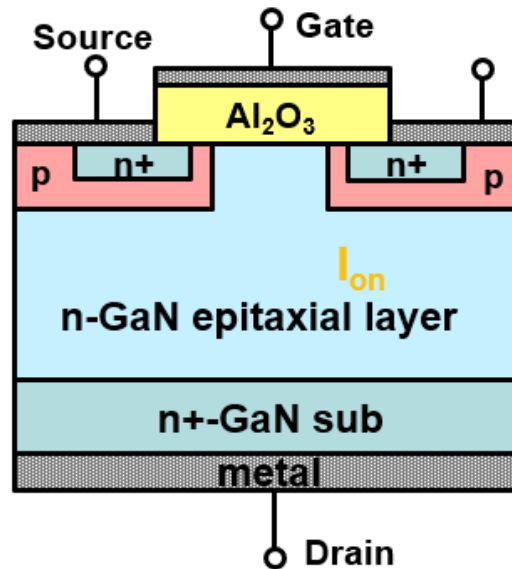
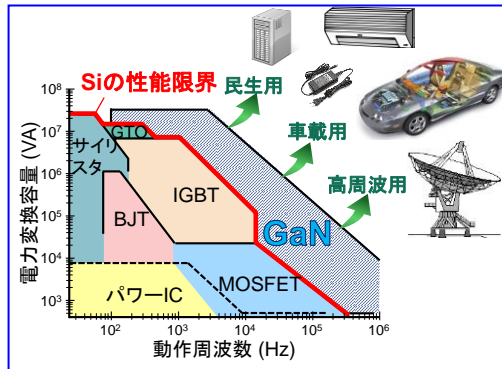
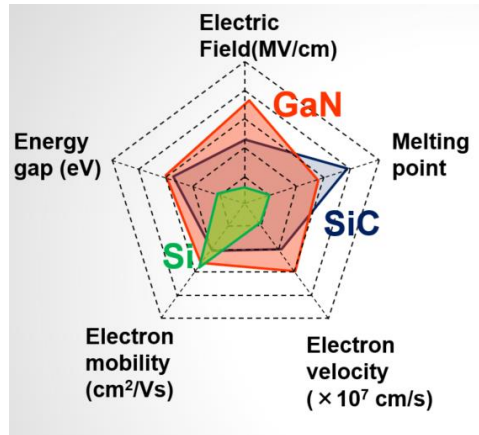
# 赤外センシングデバイス

## Compound semiconductors and their application fields

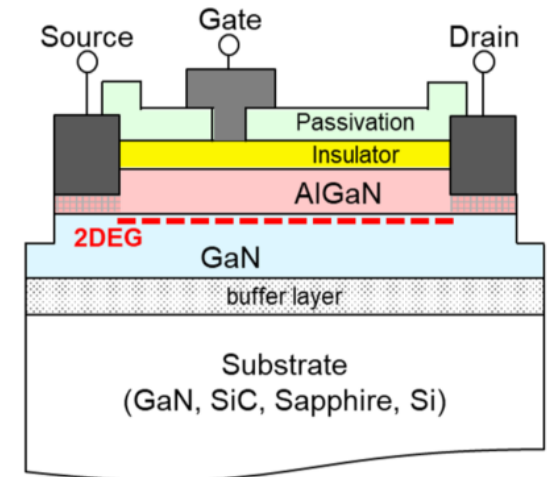


# パワー/通信用GaNデバイス

## Power / communication GaN devices



Vertical GaN MOSFET

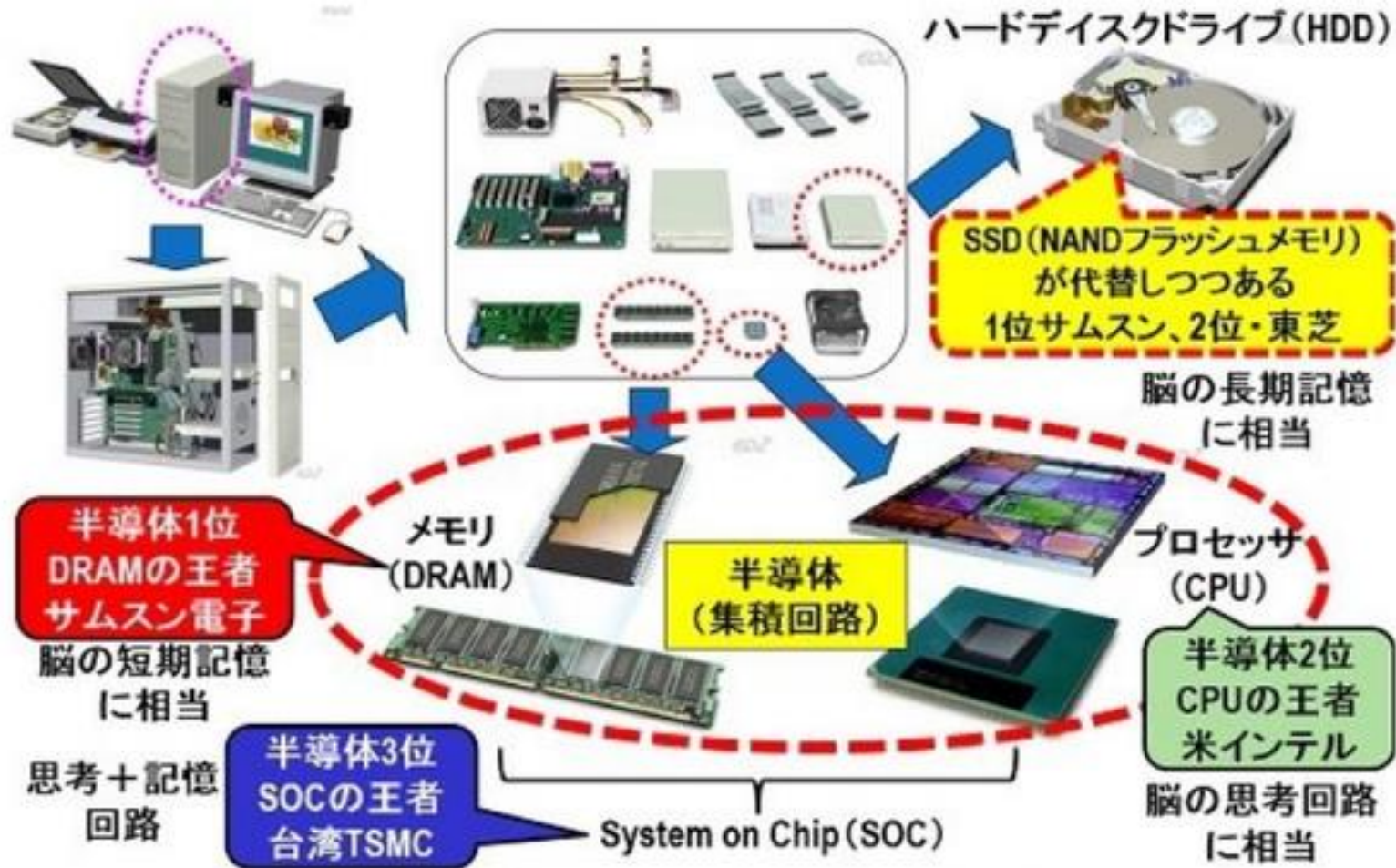


GaN MOS HEMT



# コンピュータに使われる半導体製品

## Semiconductor products used in computers



## Trend of semiconductor miniaturization and future forecast

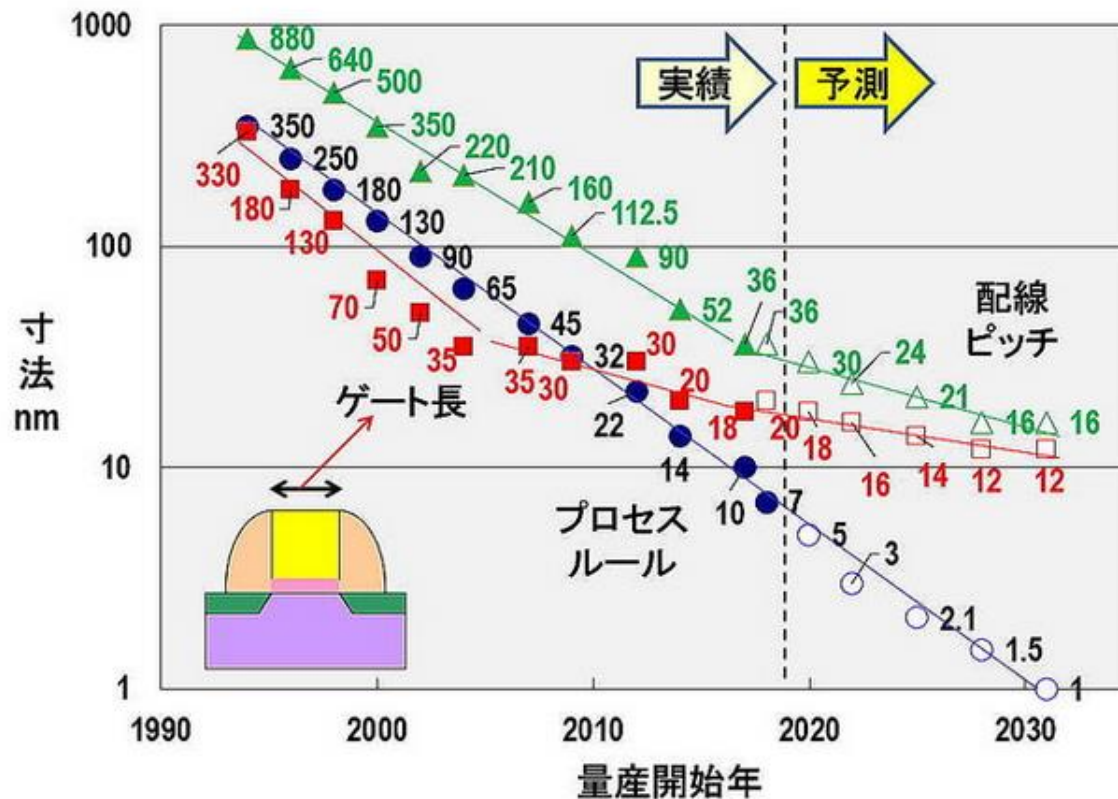
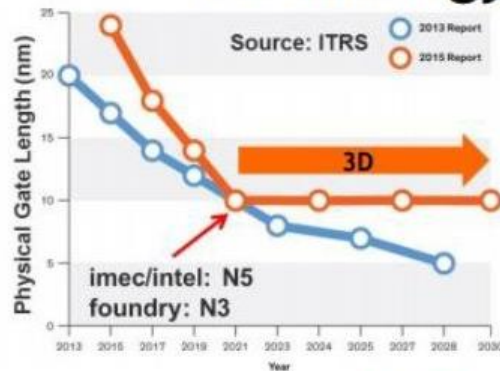


図1 半導体微細化の推移と将来予測

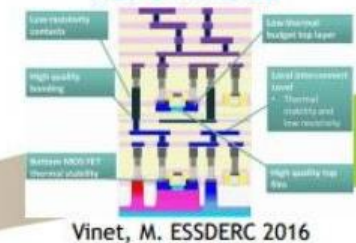
出所：平本俊郎（東京大学生産技術研究所）『日経新聞「経済教室」』（7月18日）

# Technology Trend: Going Vertical

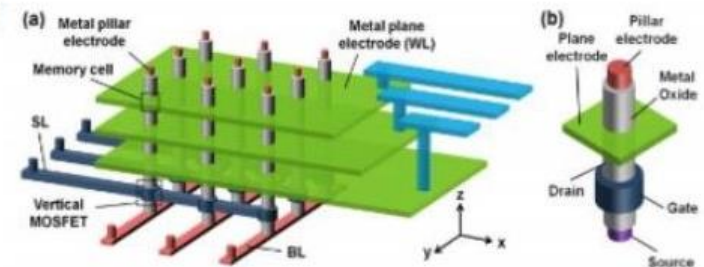
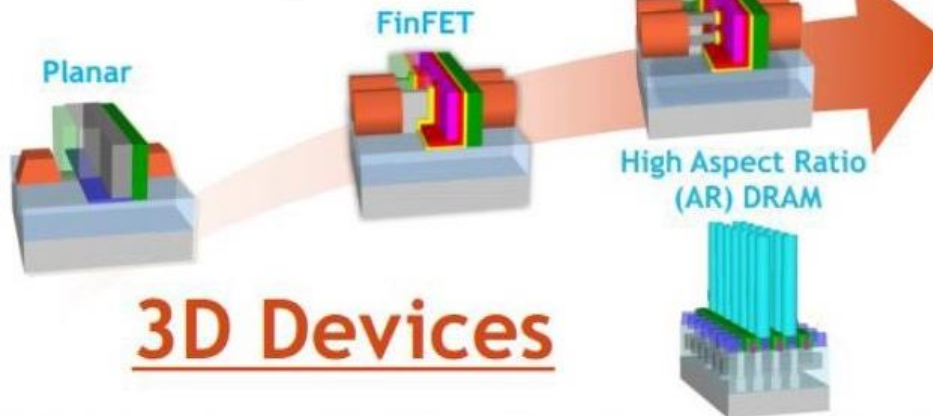


3D NAND large stack

Monolithic 3D



## 3D Architectures



2016 IRDS More Moore

Vertical utilization is the key approach to future Moore's Law Style Scaling



## Possible silicon CMOS roadmap

<https://community.arm.com/developer/research/b/articles/posts/three-dimensions-in-3dic---part-iii>

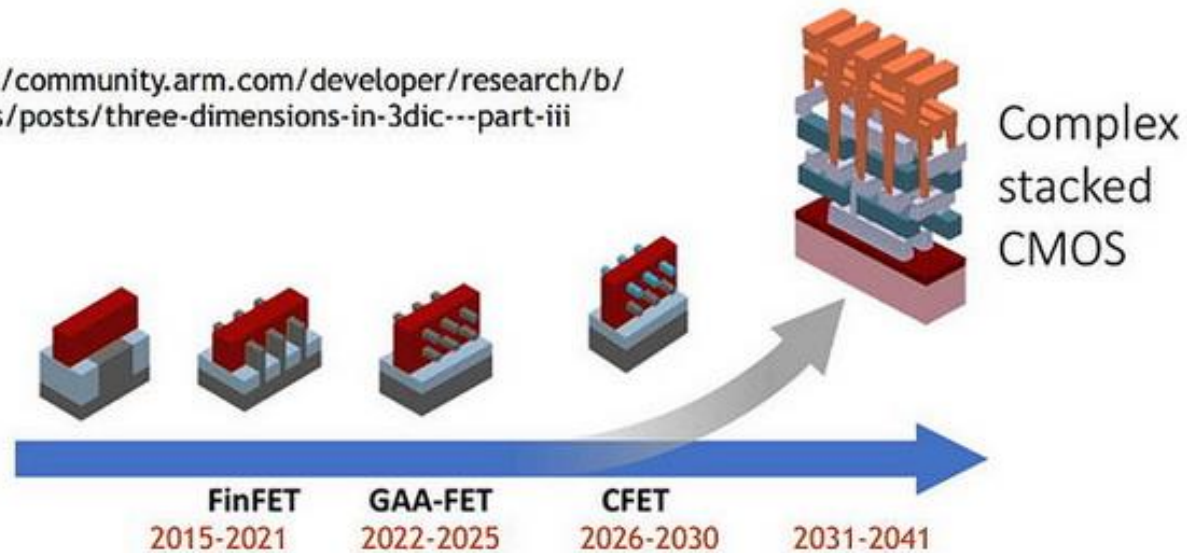


Figure 2: Possible transistor-level scaling path includes 3D transistors (Image source: IMEC)

図4 3次元化するトランジスタ構造

出所 : B. Cline and D. Prasad, Arm Ltd., "DTCO in 2019: The Precious Metal Stack and the Route to Better Designs", Short Course 1, VLSI2019より

## 3D Integration for More Moore and More than Moore

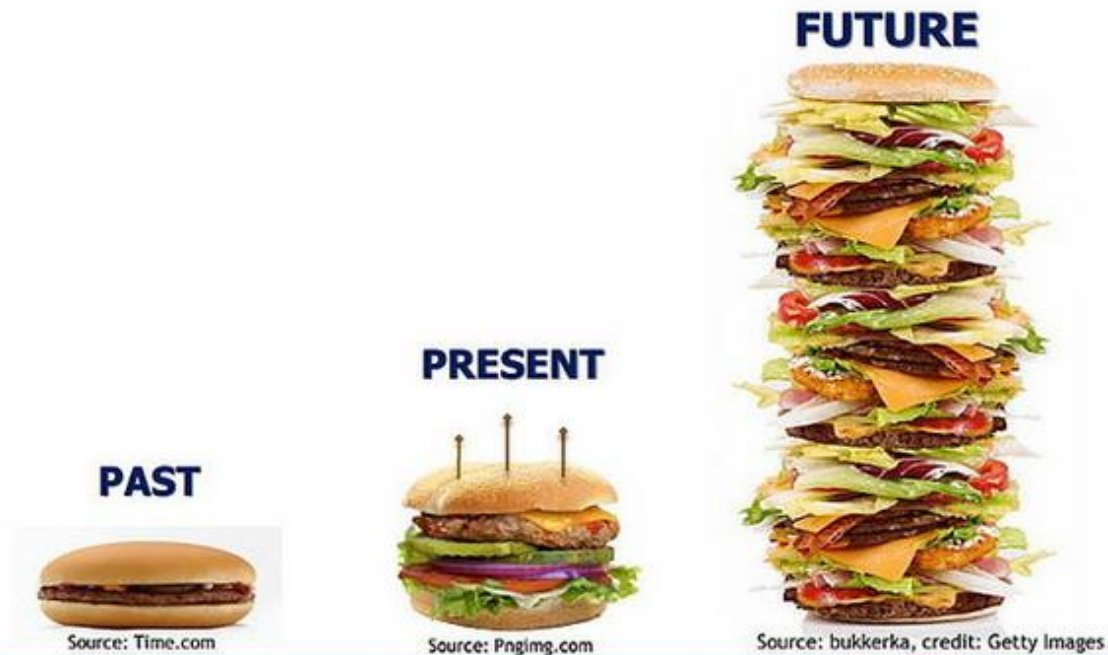


図5 3次元方向にチップを積層すれば集積度が上がる！

出所：C. H. Tung, TSMC, "3D Integration for More-Moore and More-than", Short Course 1, VLSI2019より

## Materials used in Semiconductor Process

