



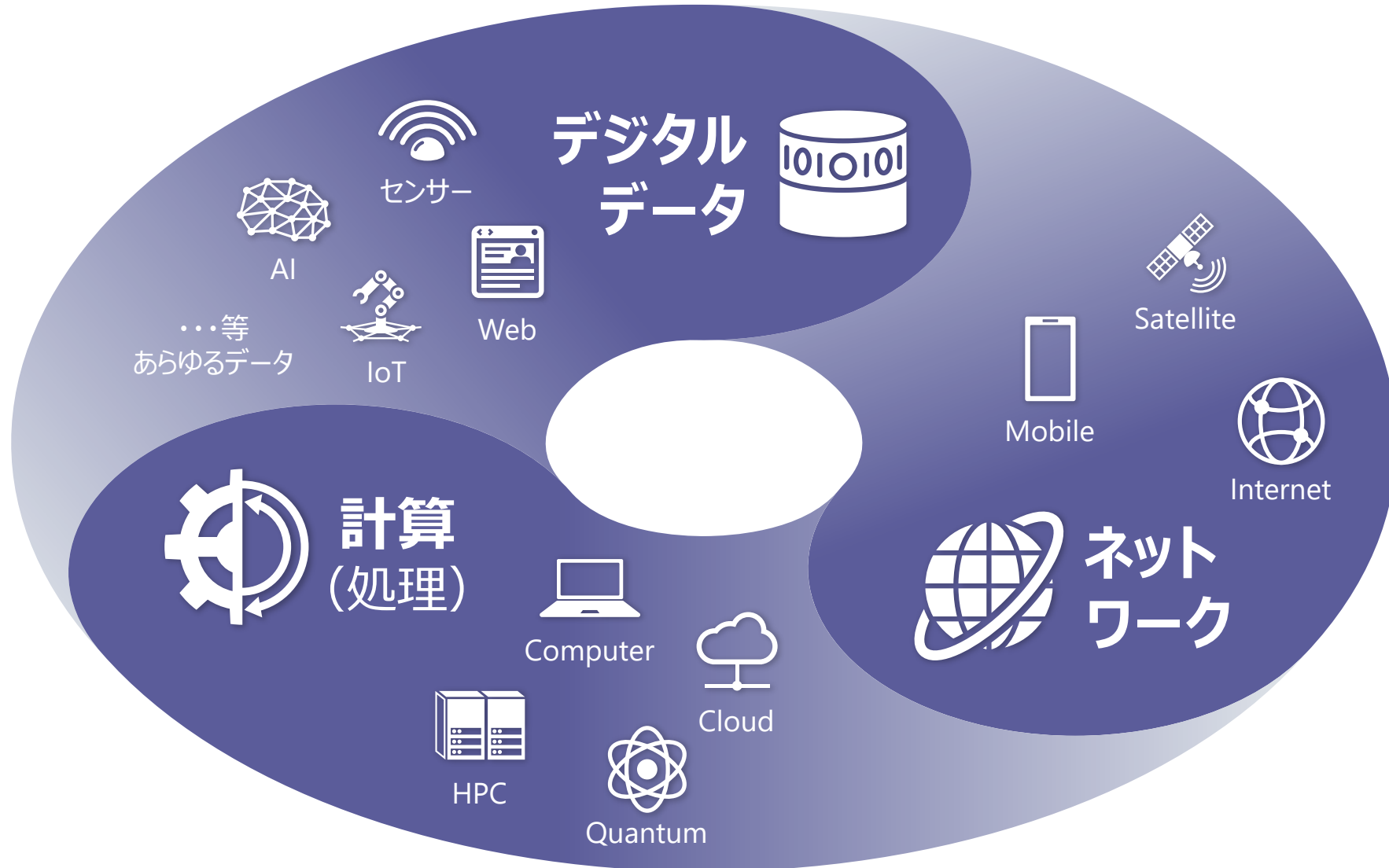
未来の デジタル社会インフラ

村井 純

慶應義塾大学

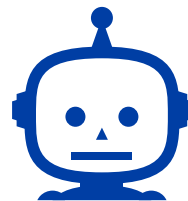


デジタル
社会インフラ

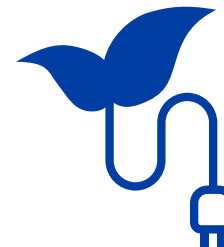




理想を叶える



新しい産業



Green

様々な課題の
発見・解決

+

理想の実現

(社会的・個人的な課題・理想)



地球としてのMission



Monitoring



Environment

低OPEX／低CAPEX

高事業性



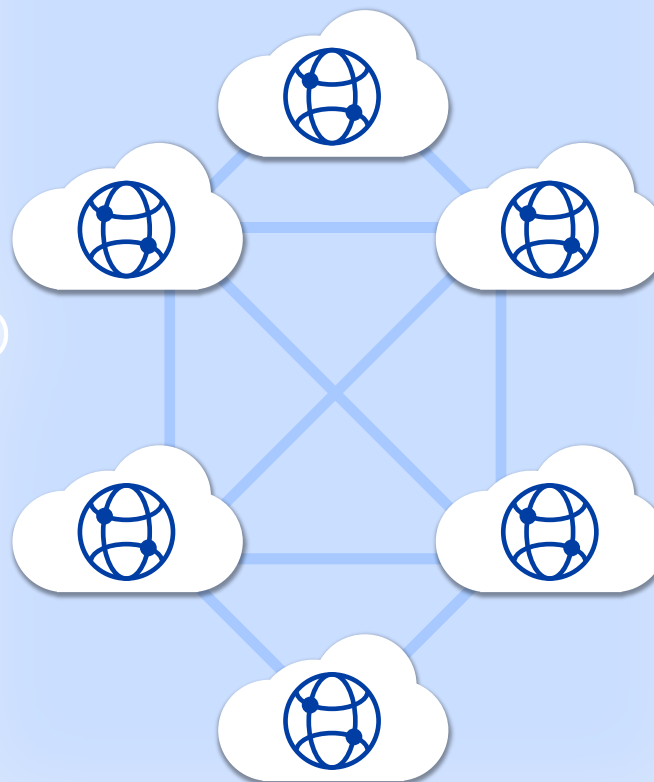
新しい
サービスの
創出

普遍的
になる

インターネットインフラ

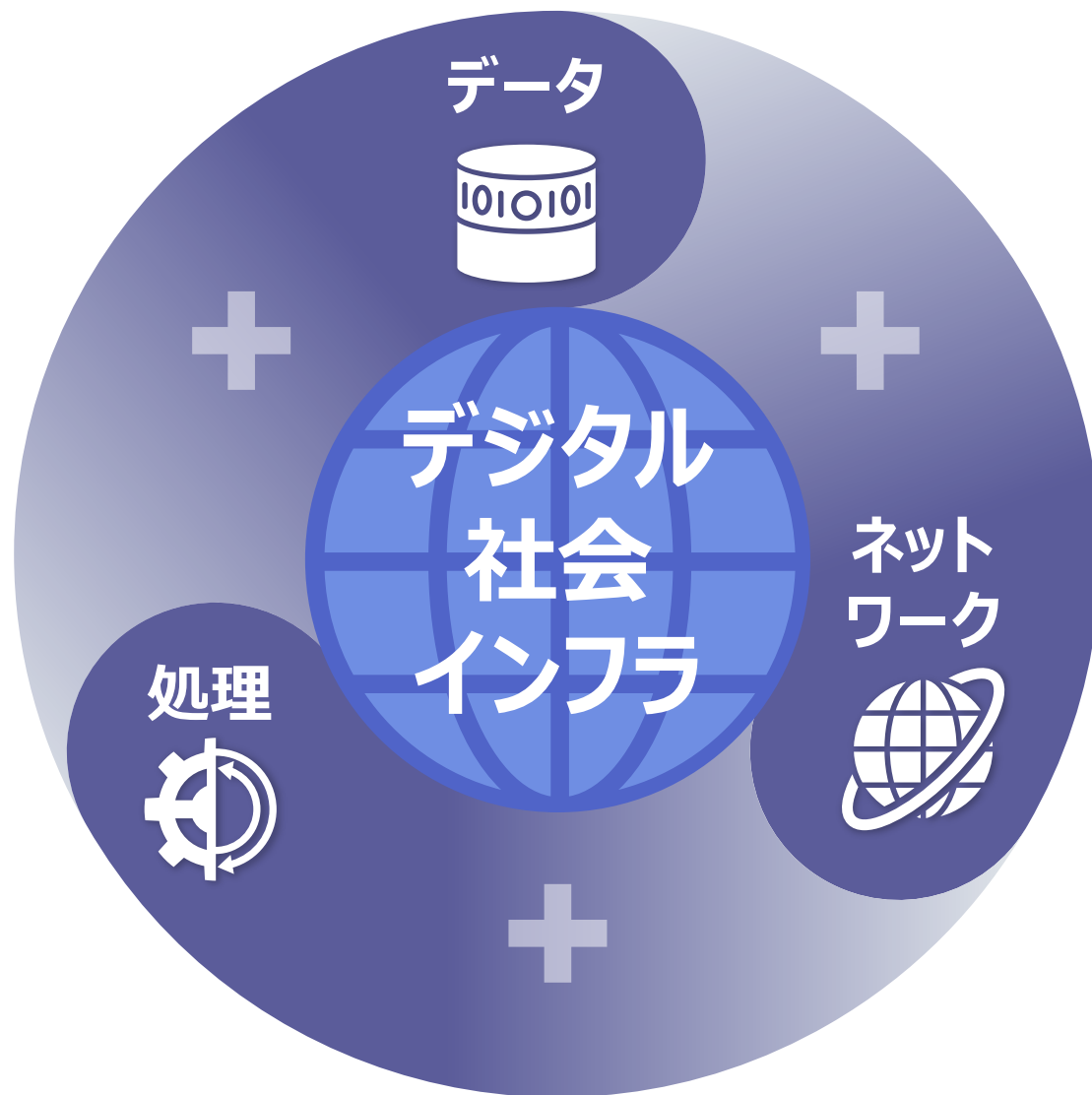
多様な通信メディア

分散処理

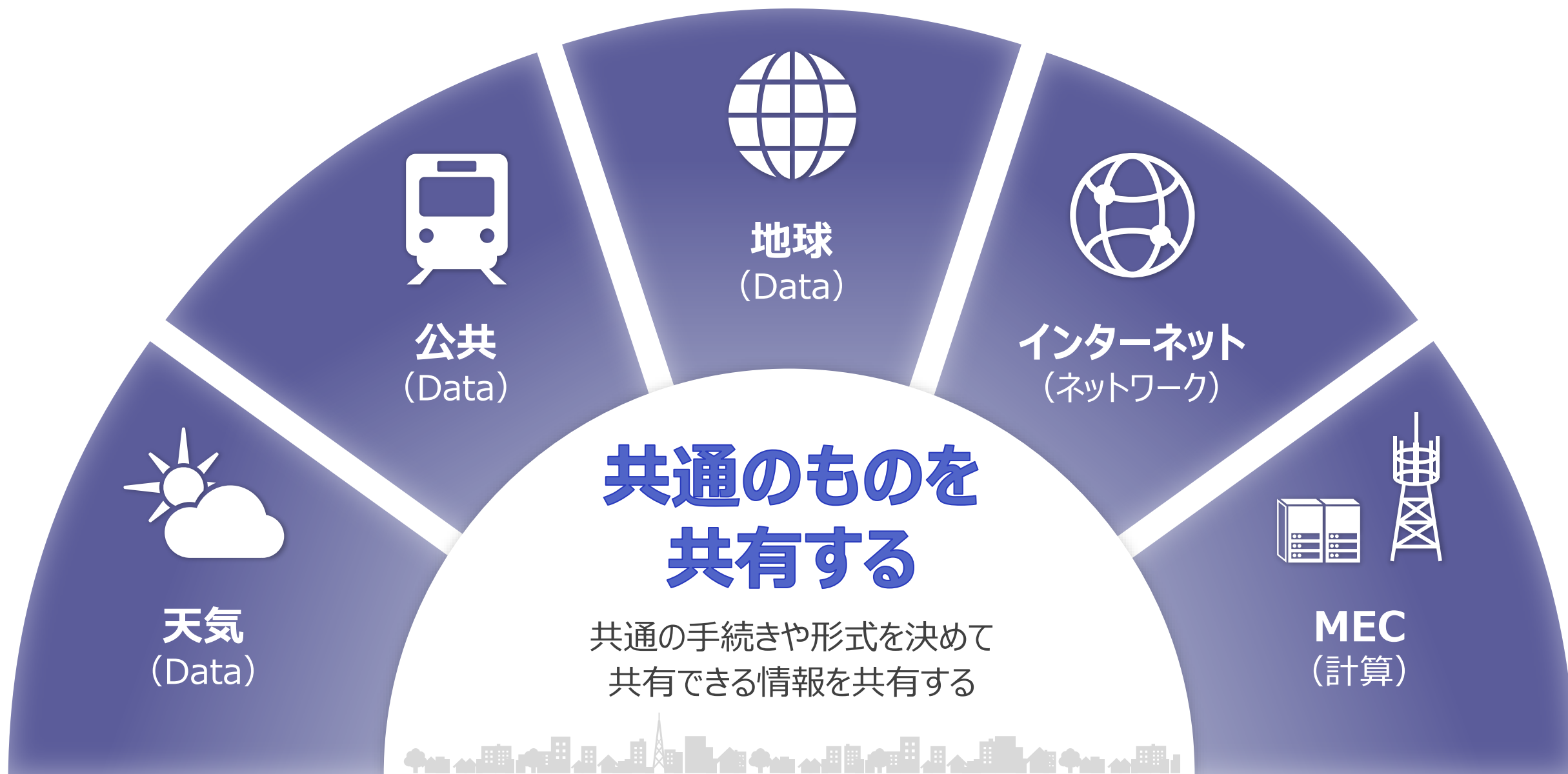


グローバルガバナンス



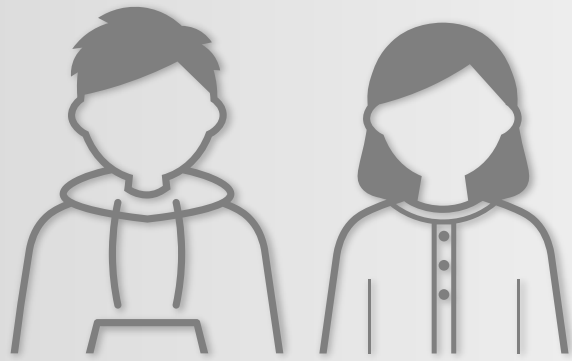


自律分散
処理インフラ

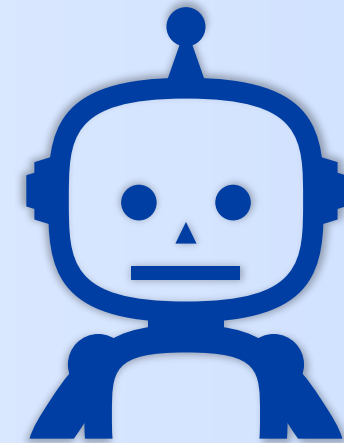
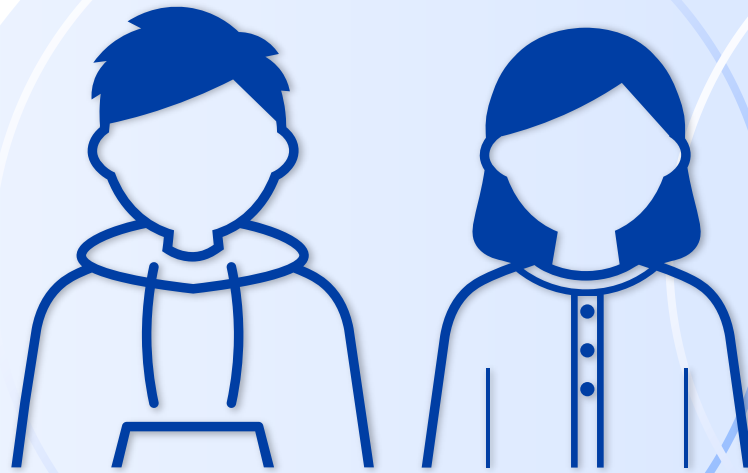




デジタル社会インフラの 用途と必要な エリア・ネットワーク



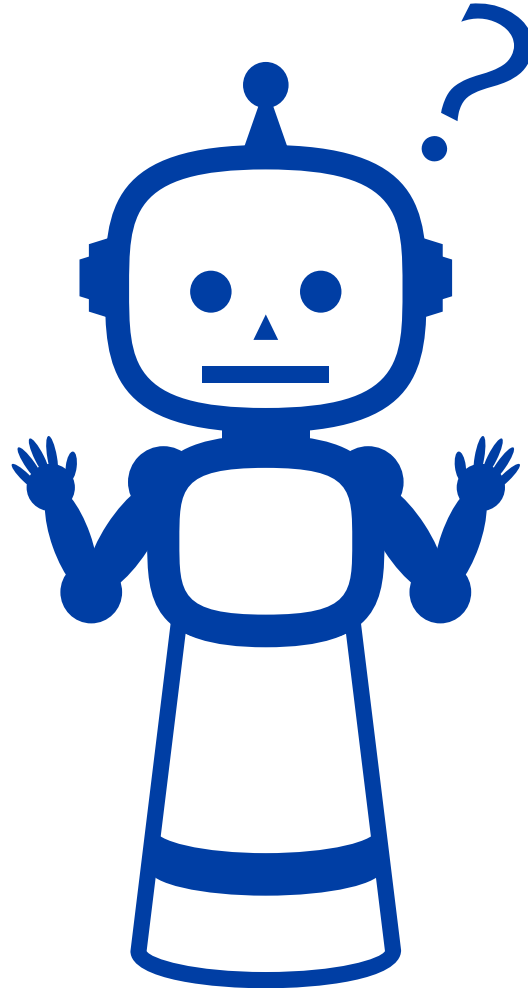
人



人とロボット



What are

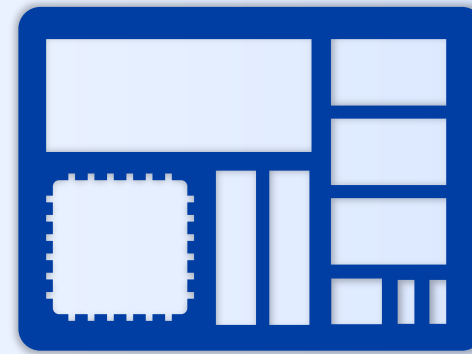


Robots?

IoT $\doteq$ Robot Device



進化



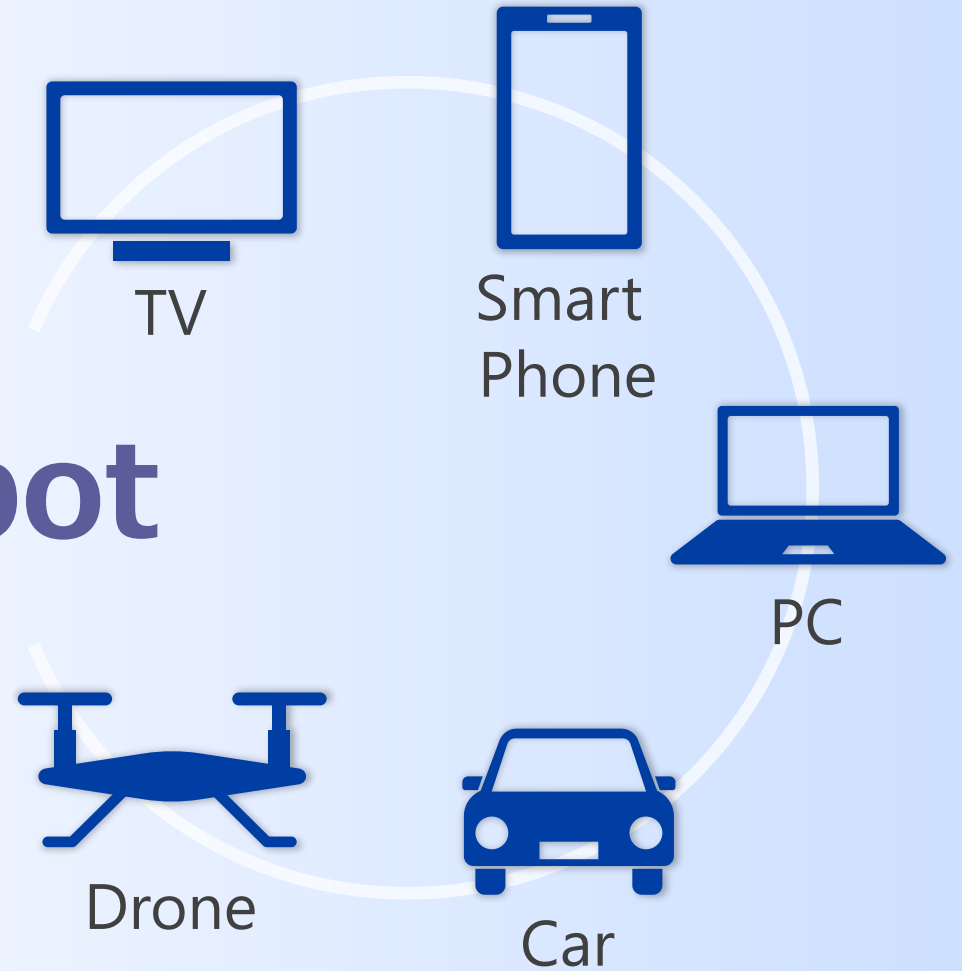
- < Sensor
- < CPU
- < メモリ
- < Battery...

Full Stuck (TCPIP)

RFID

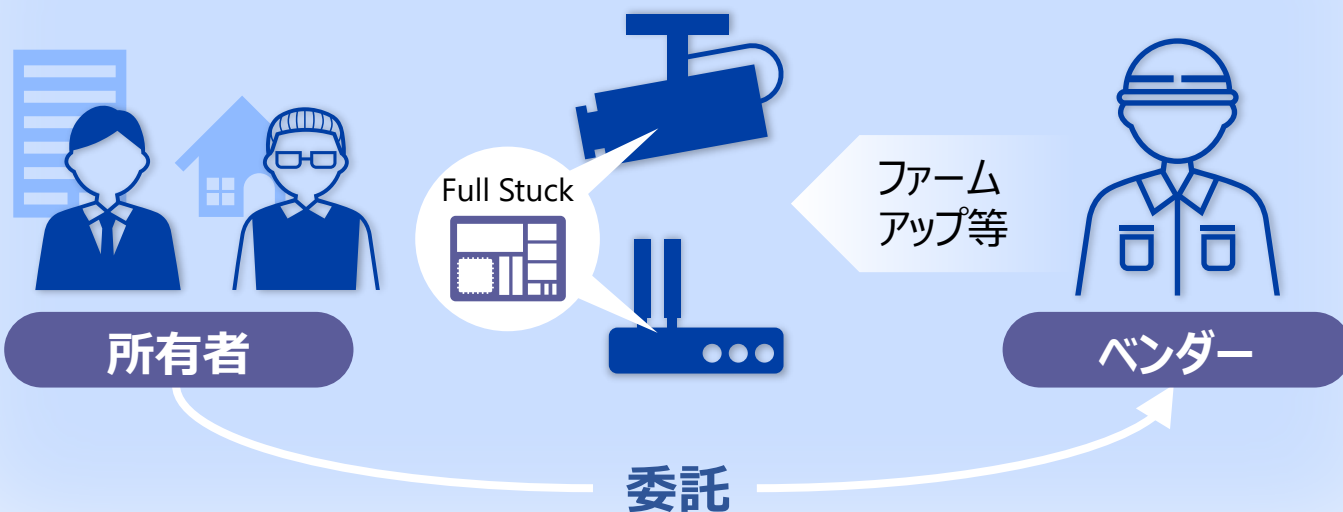
IoT

Robot

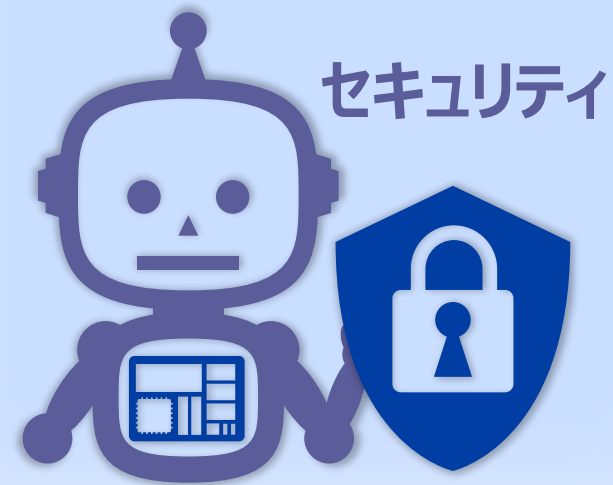


ロボット共存インフラにおけるロボットのセキュリティとは

ロボットの責任者とは

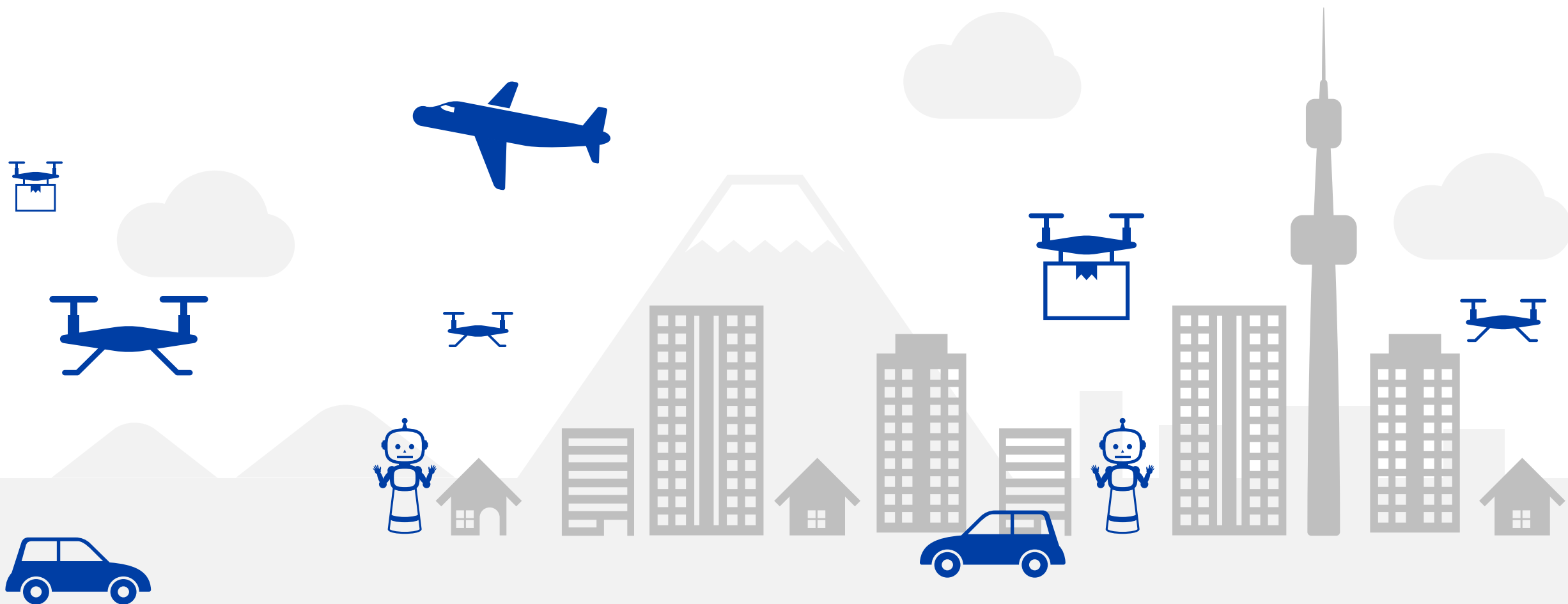


ロボットの定義に必要なもの

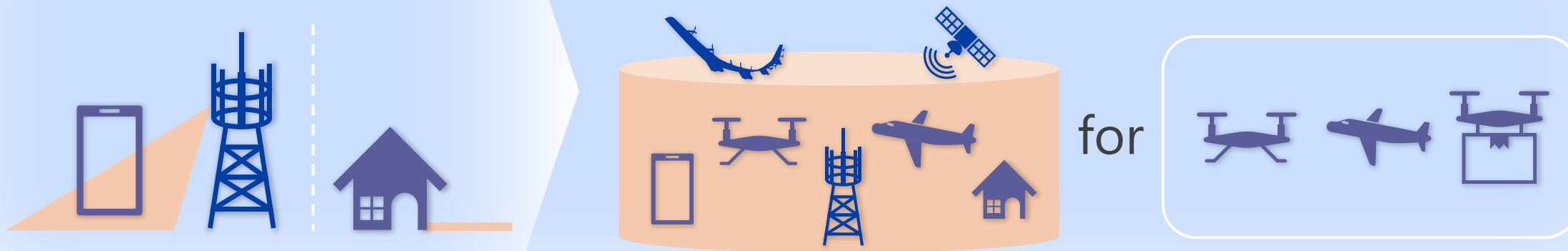


ロボットやIoTの安全を確立できる自律システム

Robotが100%活躍できる国を目指す



2次元ではなく3次元空間のエリアが必要



人口カバー率から国土カバー率へ

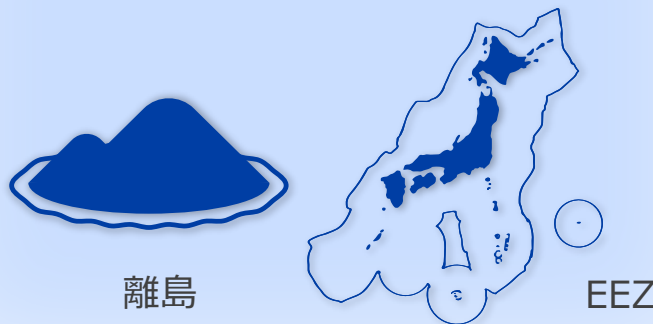
現在の国土カバー率
約**60%**程度



100%へ



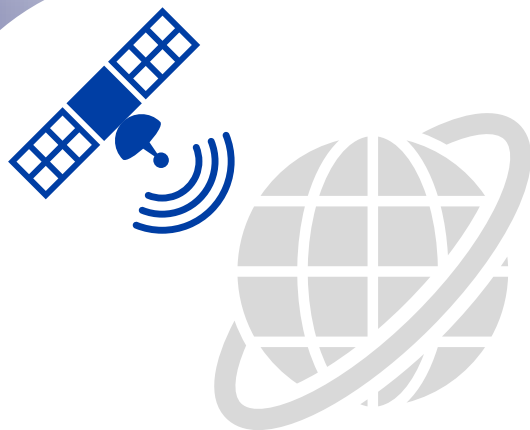
国土カバー率のさらに先へ



地球全体や月へ



宇宙
- GEO/LEO -



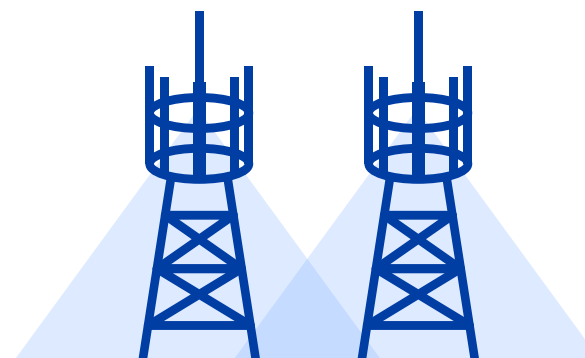
管制空域
(航空)



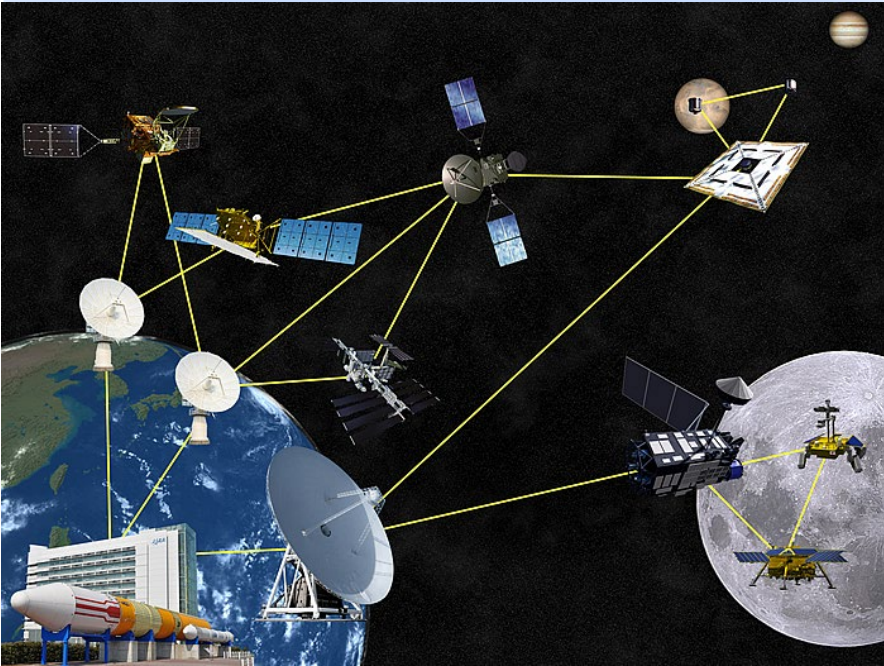
成層圏
- HAPS -



地表
- 5G/ケーブル -



DTN (遅延耐性ネットワーク) 技術



宇宙統合コンピューティング・ネットワーク事業

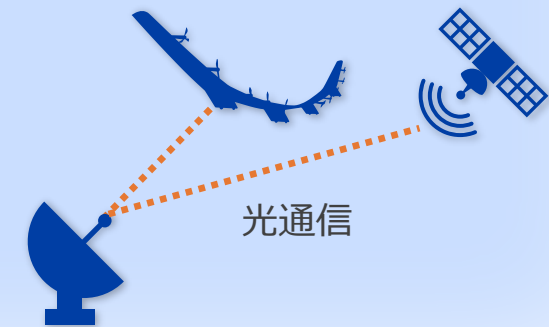


SoftBank

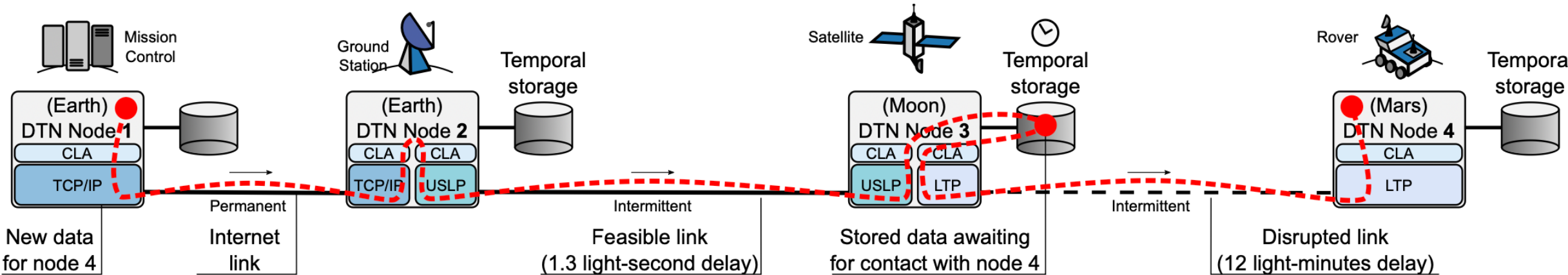
低軌道衛星



光通信

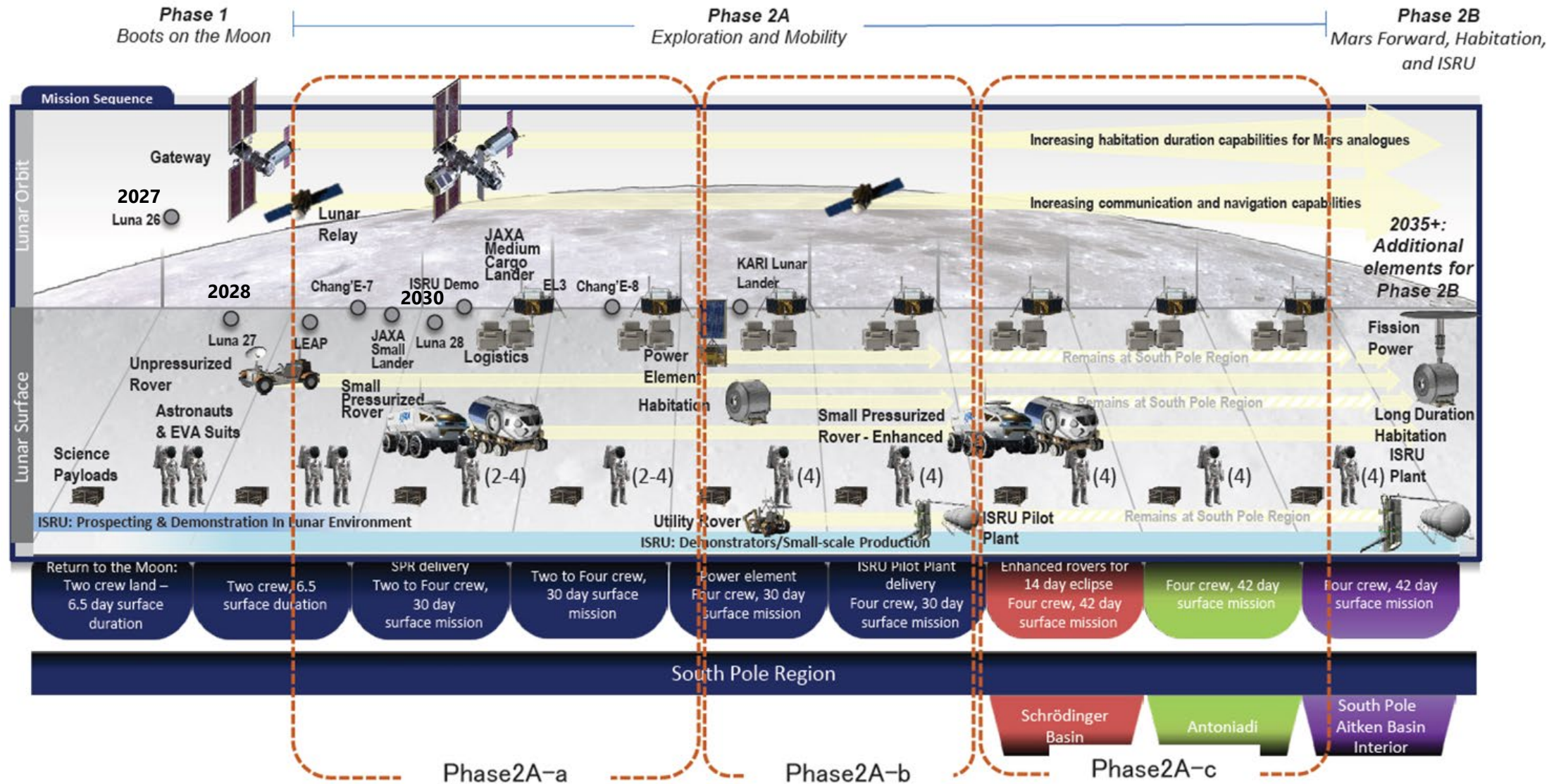


USLP : Unified Space Data Link Protocol
LTP : Licklider Transmission Protocol
CLA : Convergence Layer Adapter



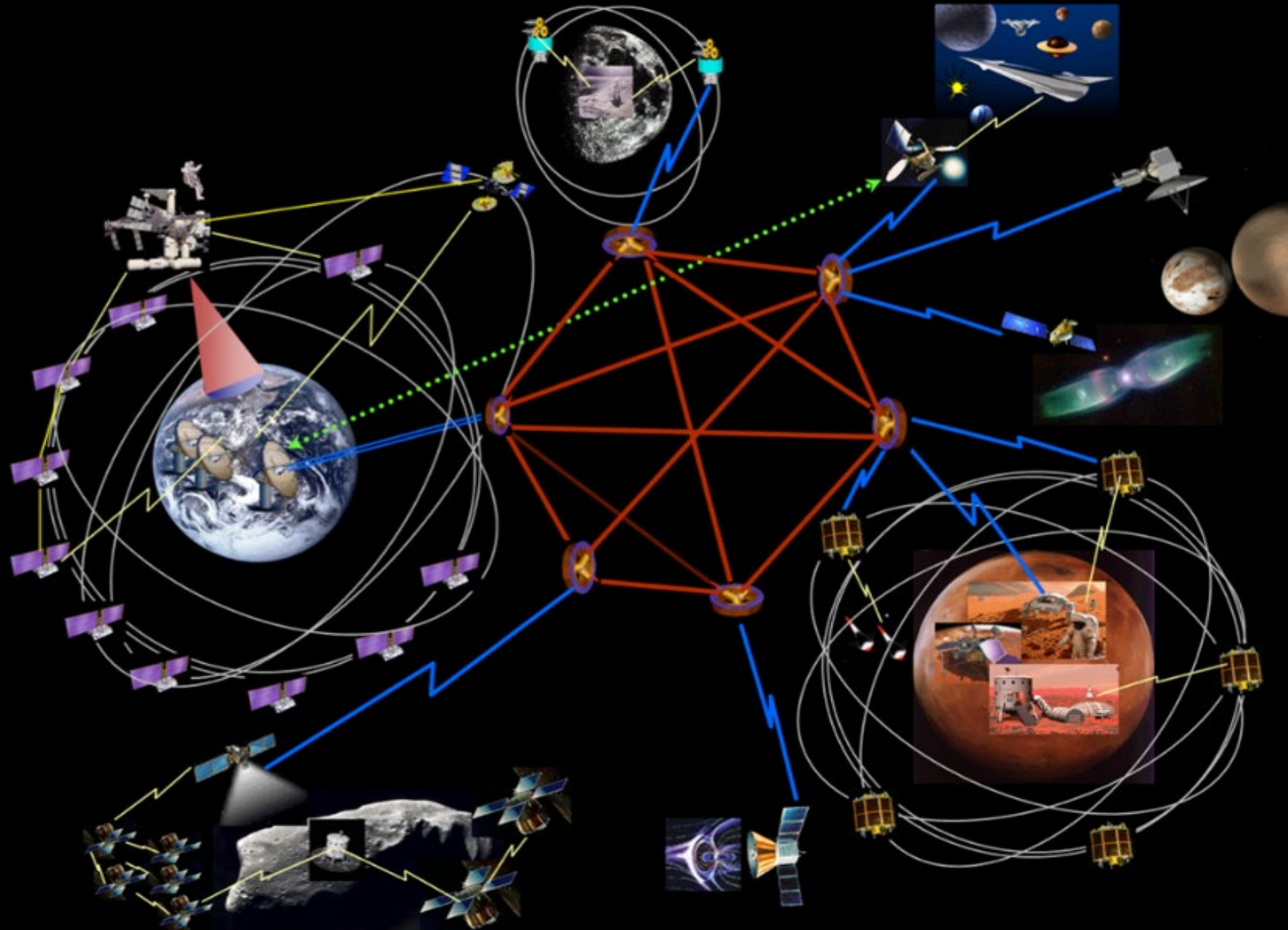
	Mercury	Venus	Earth	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptune
Avg. Distance to Sun (AU)	0,38	0.72	1.00	1.52	5.21	9.54	19.18	30.11
Latency	3 min	6 min	8 min	12 min	43 min	1h20	2h40	4h10

Juan Andrés A Fraire, Olivier de Jonckère, Scott C Burleigh. Routing in the Space Internet: A contact graph routing tutorial. Journal of Network and Computer Applications (JNCA), 2021, 174, pp.102884. 10.1016/j.jnca.2020.102884 . hal-03494106



Interplanetary Network (IPN)

20



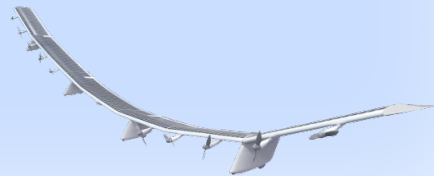
HAPSとは

成層圏に通信基地局を打ち上げ、
そこからモバイル通信を提供する地上に近い位置のため、
衛星とは違いLTEや5Gなどのモバイル通信を
そのまま利用できるとされている

SoftBank

大きな無線機を搭載でき、エリアのコントロールがしやすい
大型航空機のHAPSを企画・開発中

2023年、成層圏から
5G通信を行う実証実験に成功



AIRBUS

小型航空機のHAPS「Zephyr」を用いたHAPS事業を企



提供

- モバイル接続
- 地球観測サービス

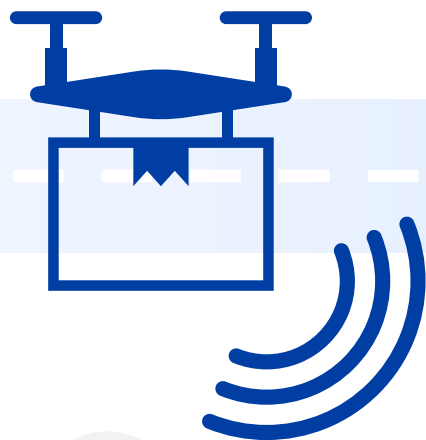


HAPS通信サービスの事業化をすすめている。
Zephyrを用いて日本国内で
世界初の商用化を2025年度中にめざしている

ドローンを用いた
配送や遭難者探索などには
空中のエリア化が必須



5Gが活躍

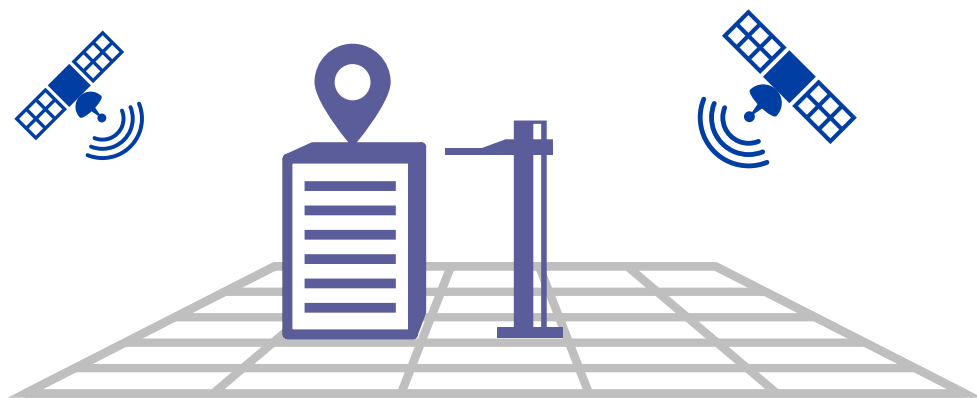




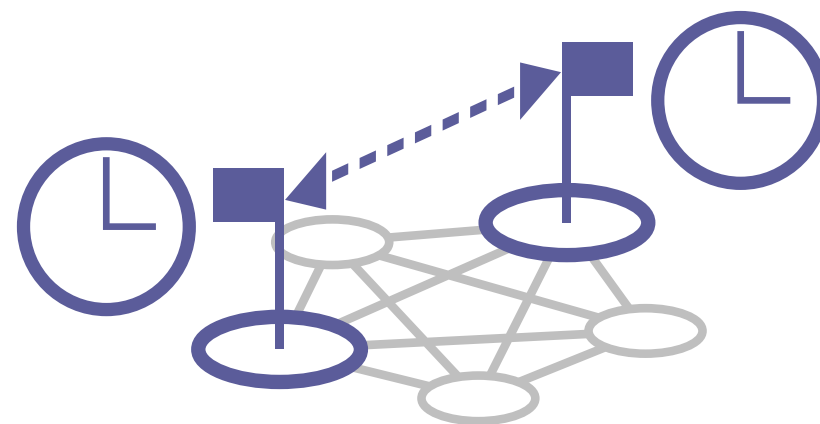
デジタル社会インフラ におけるPNT

(Positioning, Navigation and Timing)

精密な位置測位



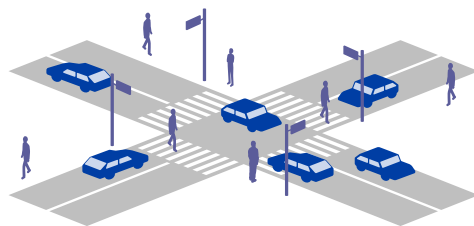
正確な時刻同期



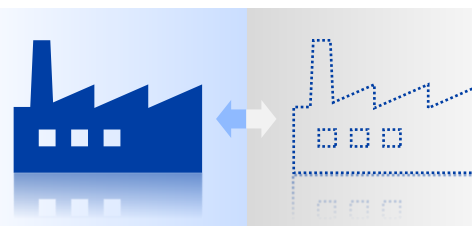
ファイナンス取引



交通管理システム



デジタルツイン



他拠点との同期



GPSをインフラの時刻同期や位置同期に用いるには精度が不足



3つの解決策

GNSS

準天頂衛星

原子時計

PTP

ネットワークを用いた
時刻配布

位置測位

約**15m**

- 地上基準を使うことで2cmまで向上

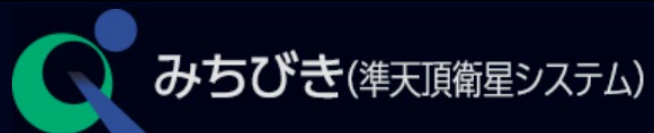
高さの測位

約**70m**

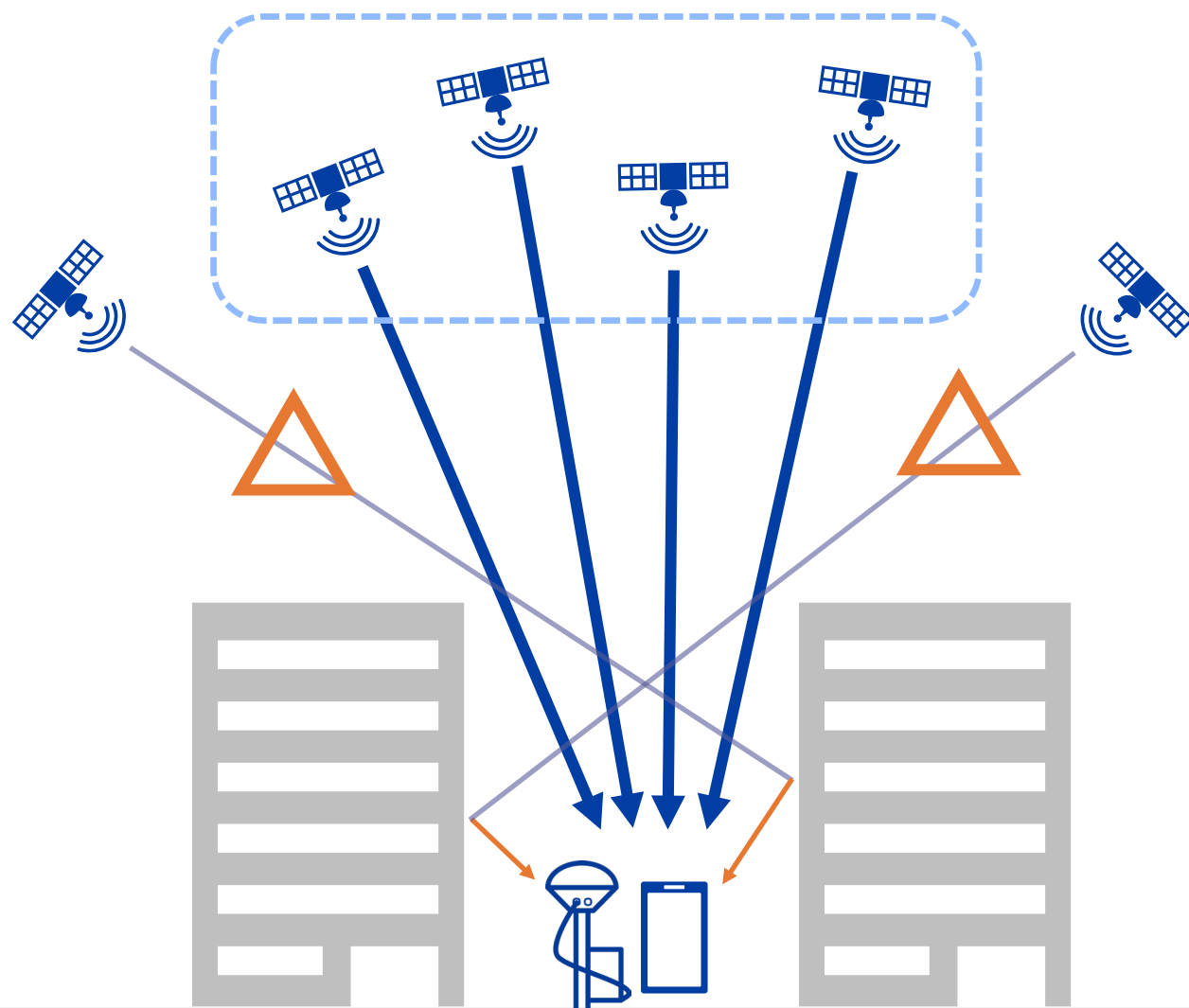
- スマートフォンによる気圧センサー
- 地上基準局を参照？



日本の衛星測位システム



- 2018年4機体制でサービス開始、7機体制構築に向けて、開発・整備中
- 11基体制がゴール（常に日本上空に4基見えるようになる）
- GPS補完性あり（GPS識別番号を取得している）



常に**4基**
みえるように

例

センチメートル級測位サービス

(ichimill / ALES)

観測データで補正情報を生成し
GNSS受信機へ配信

この補正情報を活用すると
誤差数cmの高精度な測位が
リアルタイムで可能となる



地上基準局などの地上インフラ整備

地上基準局



補正情報生成設備



チップスケールの原子時計は、
半導体製造技術を用いた微小なチップ上に実装され、
非常に小型で低消費電力ながら高い精度を提供することが可能



- GPSナビゲーション
- 通信システム
- 無線通信
- ネットワーク同期

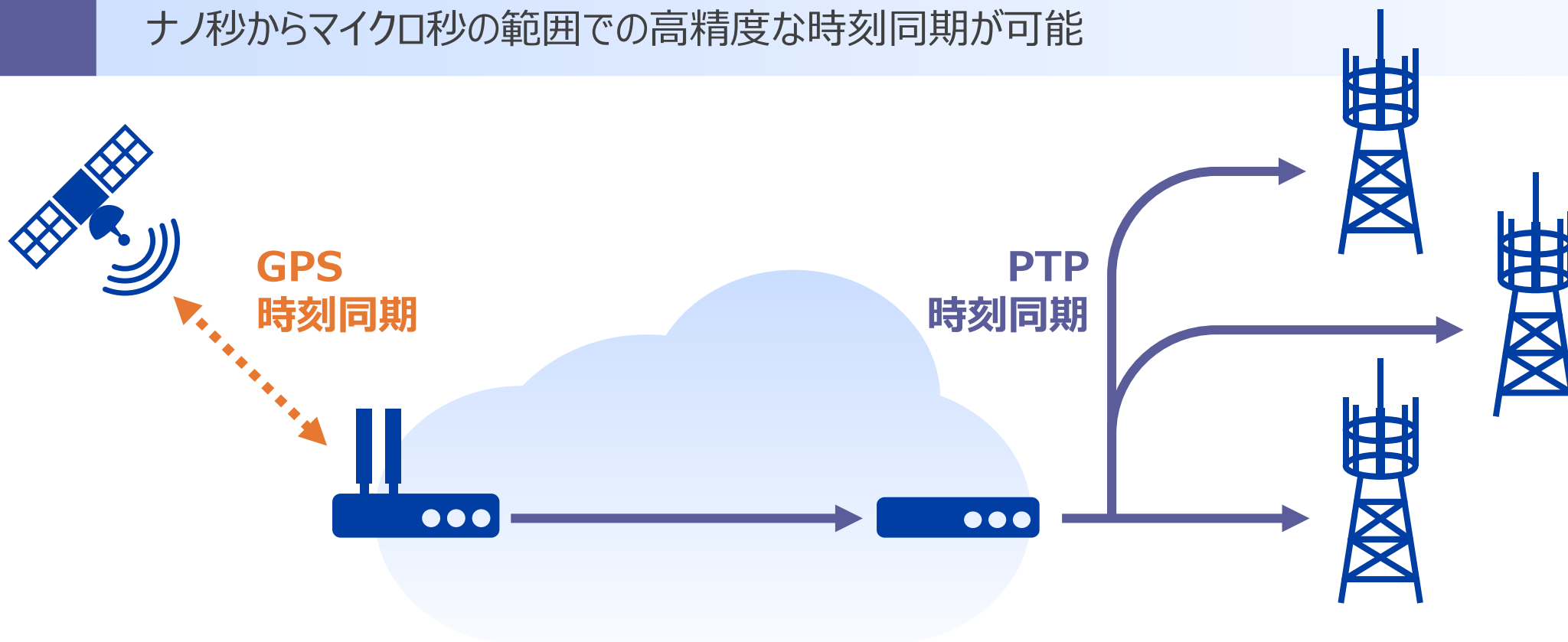
など、タイミング要件の厳しい応用に利用

Symmetricom社のチップスケール原子時計

PTP

PTP (Precision Time Protocol) はNTP (数ミリ秒から数十ミリ秒の範囲で時刻同期) に似た方法でより精度の高い時刻同期を提供するしくみ (IEEE 1588で標準化)

ナノ秒からマイクロ秒の範囲での高精度な時刻同期が可能

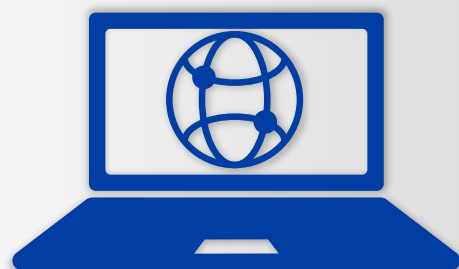


アナログ時代



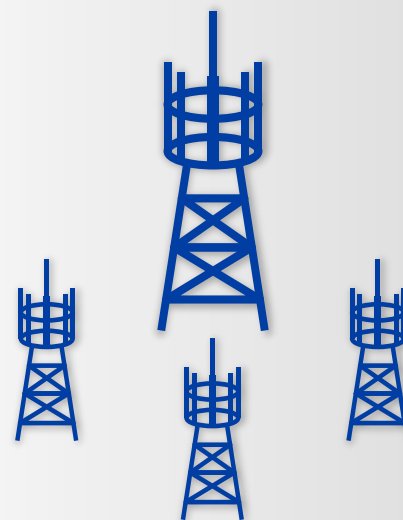
時報

インターネット時代



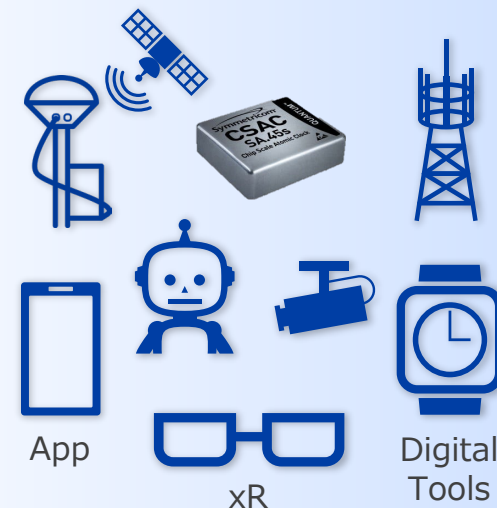
NTP

モバイル時代



PTP
GPS

ロボット共存時代



GNSS
原子時計
PTP



デジタル社会インフラ における計算（処理）

Legacy

- Server
- PC

**Smart
Phone**

Cloud

HPC

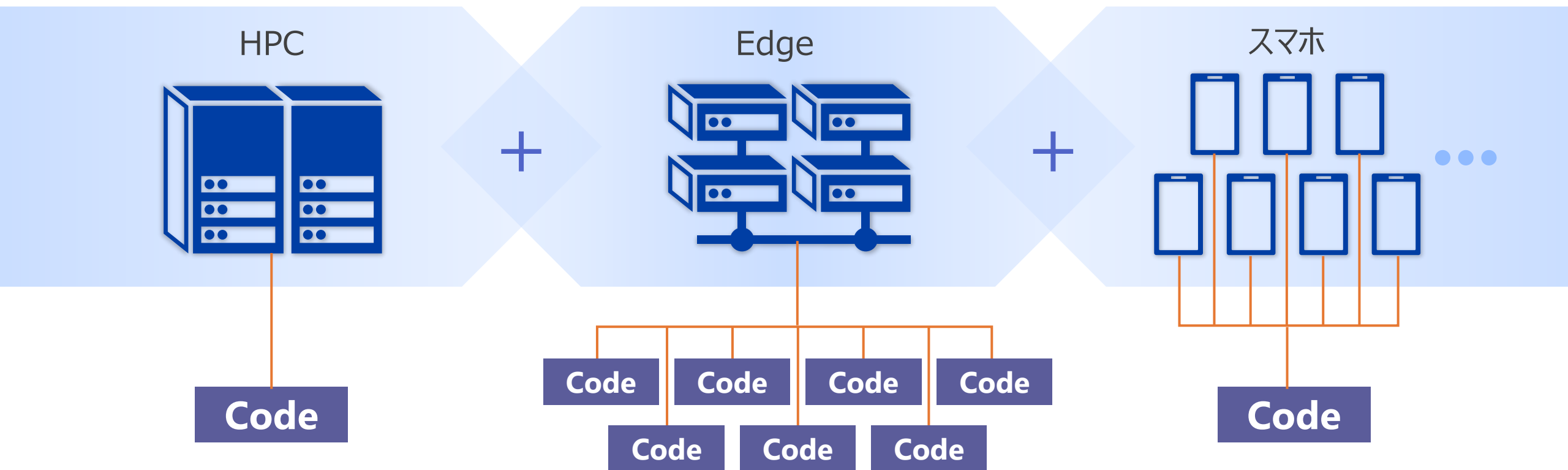
Quantum

処理性能

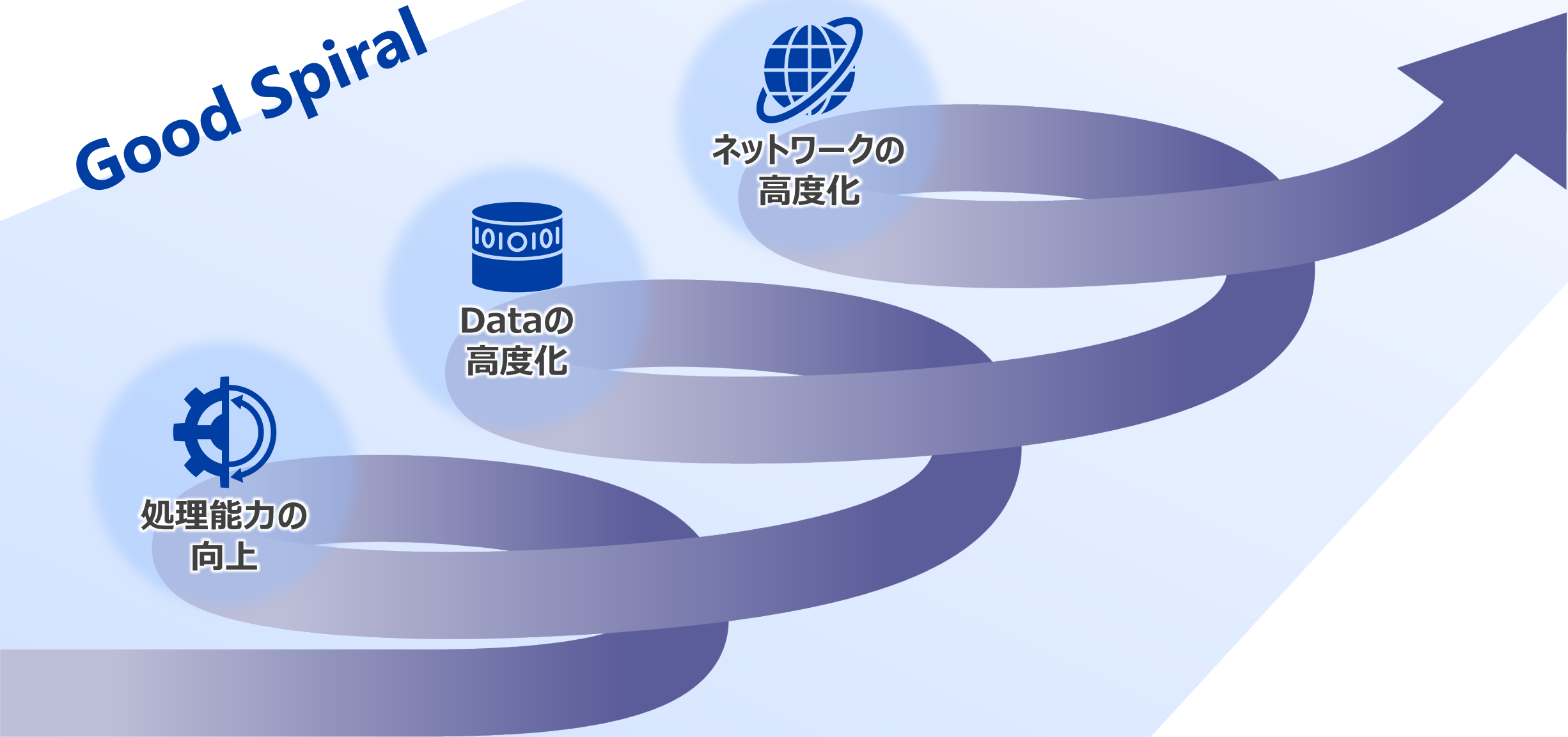
どちらも必要

分散

スマホ × 100 ≐ HPC ?



Good Spiral







デジタル社会インフラ と電力

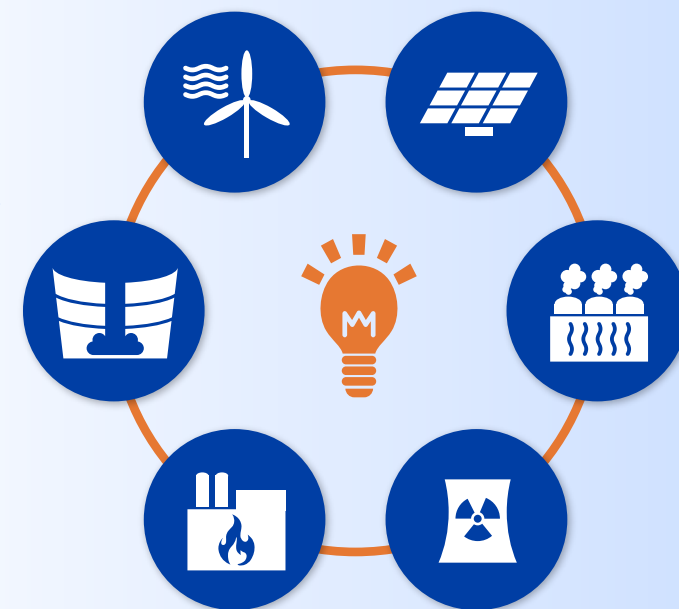
データ量の増加

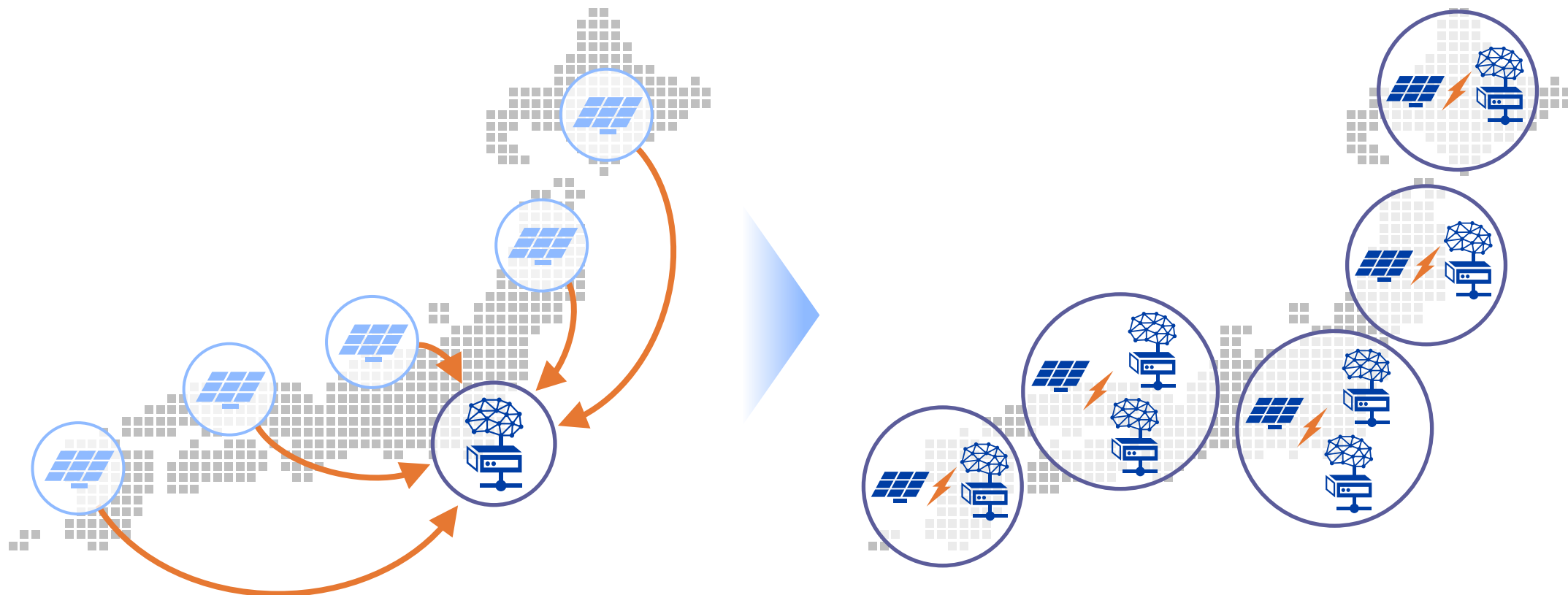


処理能力の需要増



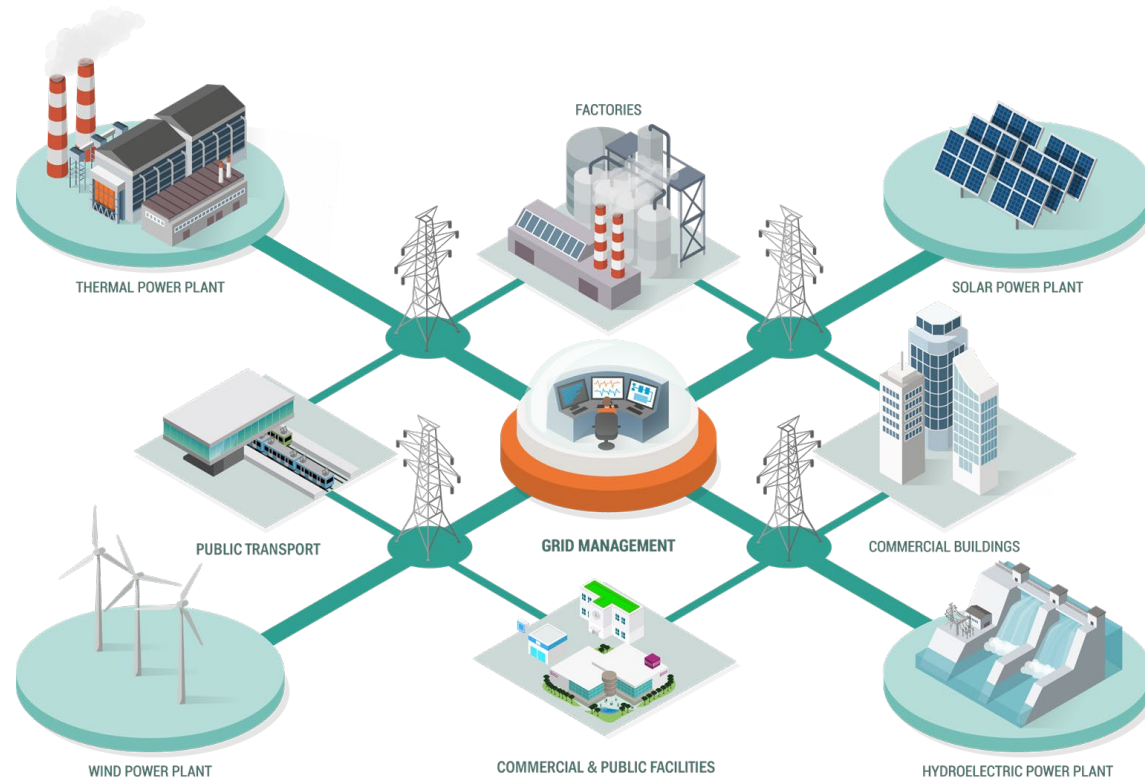
電力の需要増



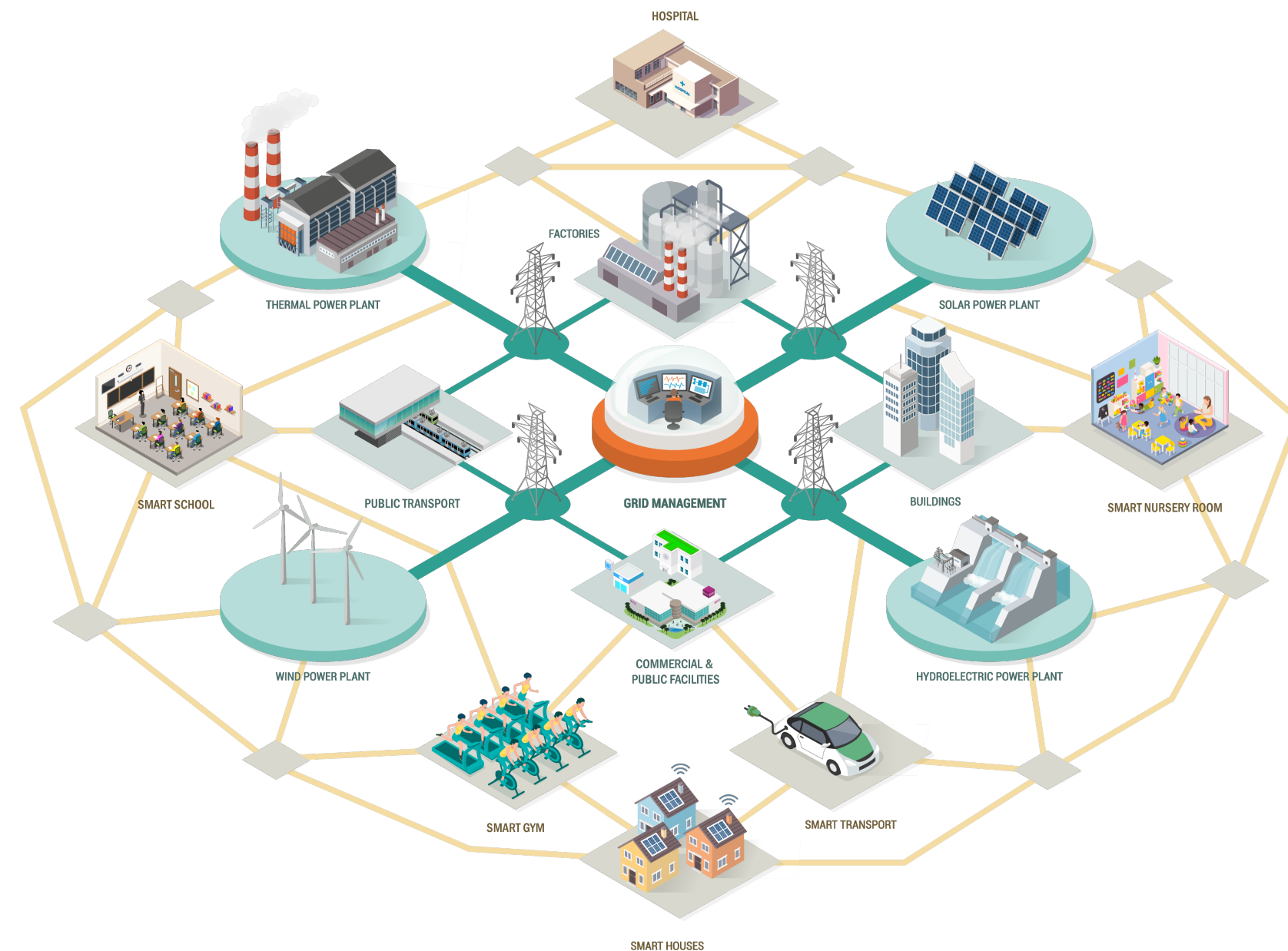


処理能力を分散することにより、電力の地産地消が可能に

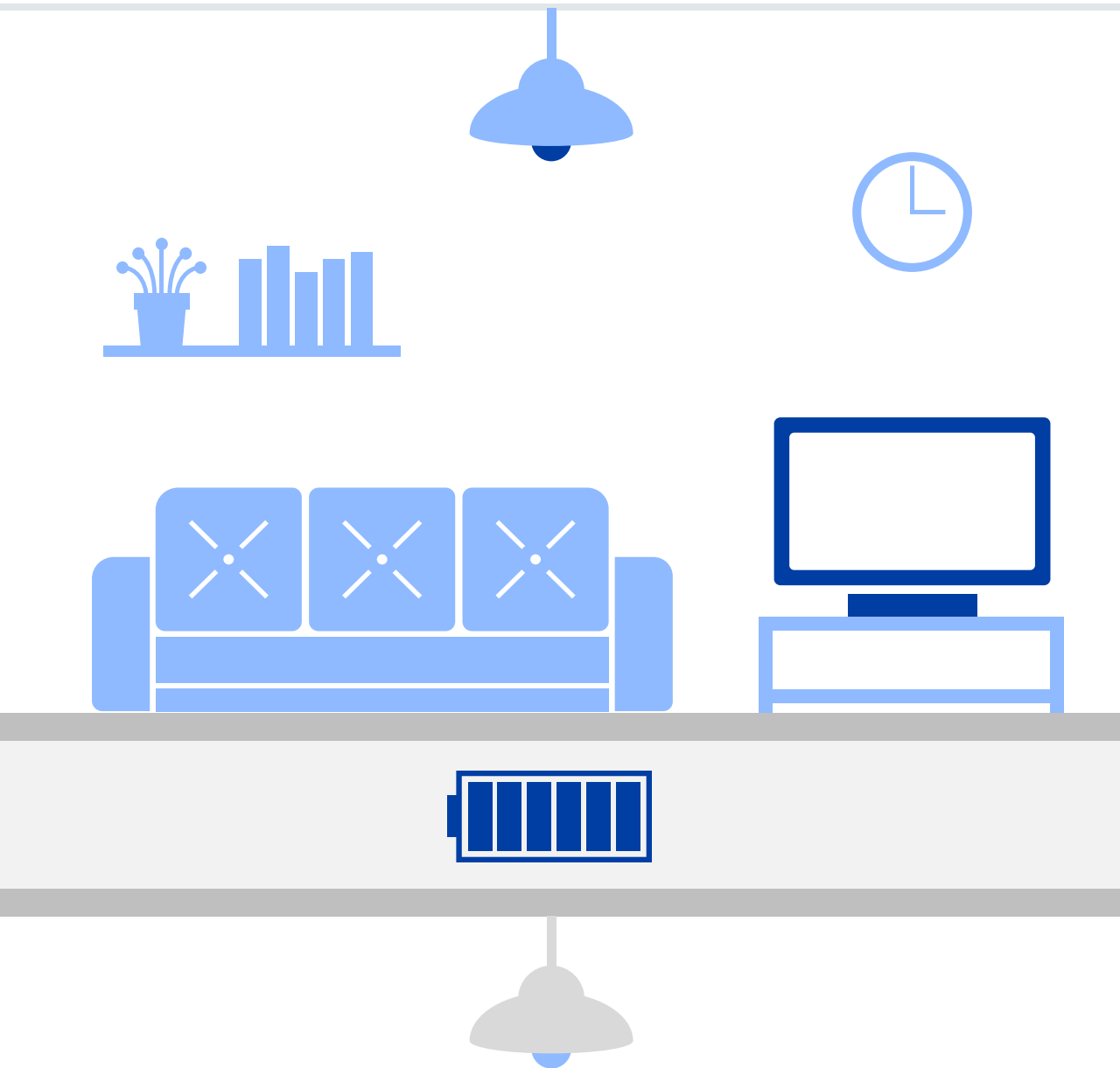
発電とデータ処理を**セットにして**インフラを設計する必要がある



コアグリッド



コアグリッド
×
マイクログリッド
×
野良グリッド
stray grid



バッテリーの進化や
EV車の普及に伴い
自宅管理できる電力が増加



**電力が必要なところへ
電力を提供**

(マイクロペイメント )

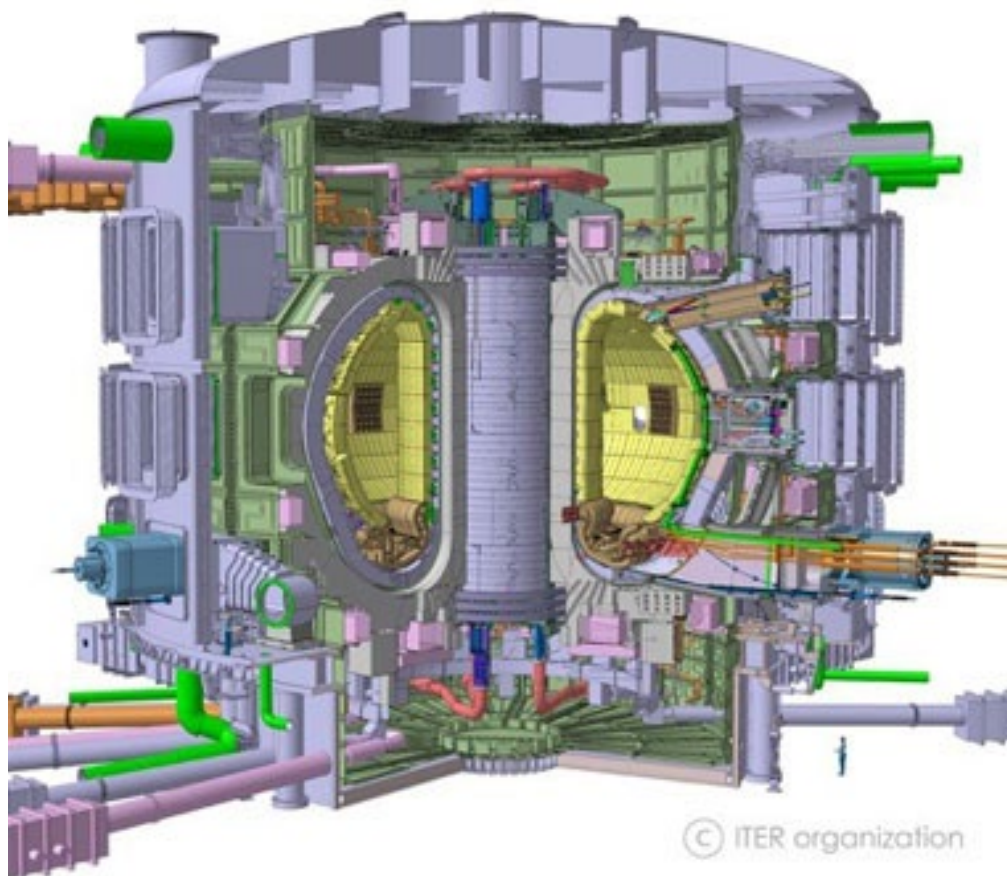


デジタル社会
インフラ

DemandとSupplyを最適化

ネットワークを活用し処理する時間と場所を日本全体でマッチング

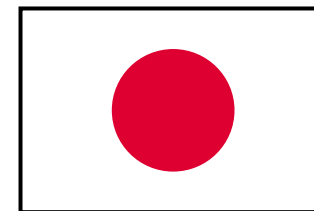
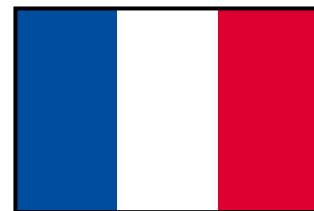
電力不足
を**解消**



イーター
核融合実験炉ITER
ITER日本国内機関

核融合発電

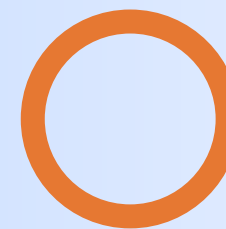
水素同士の核融合を利用しエネルギーを生成する
新たなエネルギー技術



フランスと日本が
主導して研究開発



節電



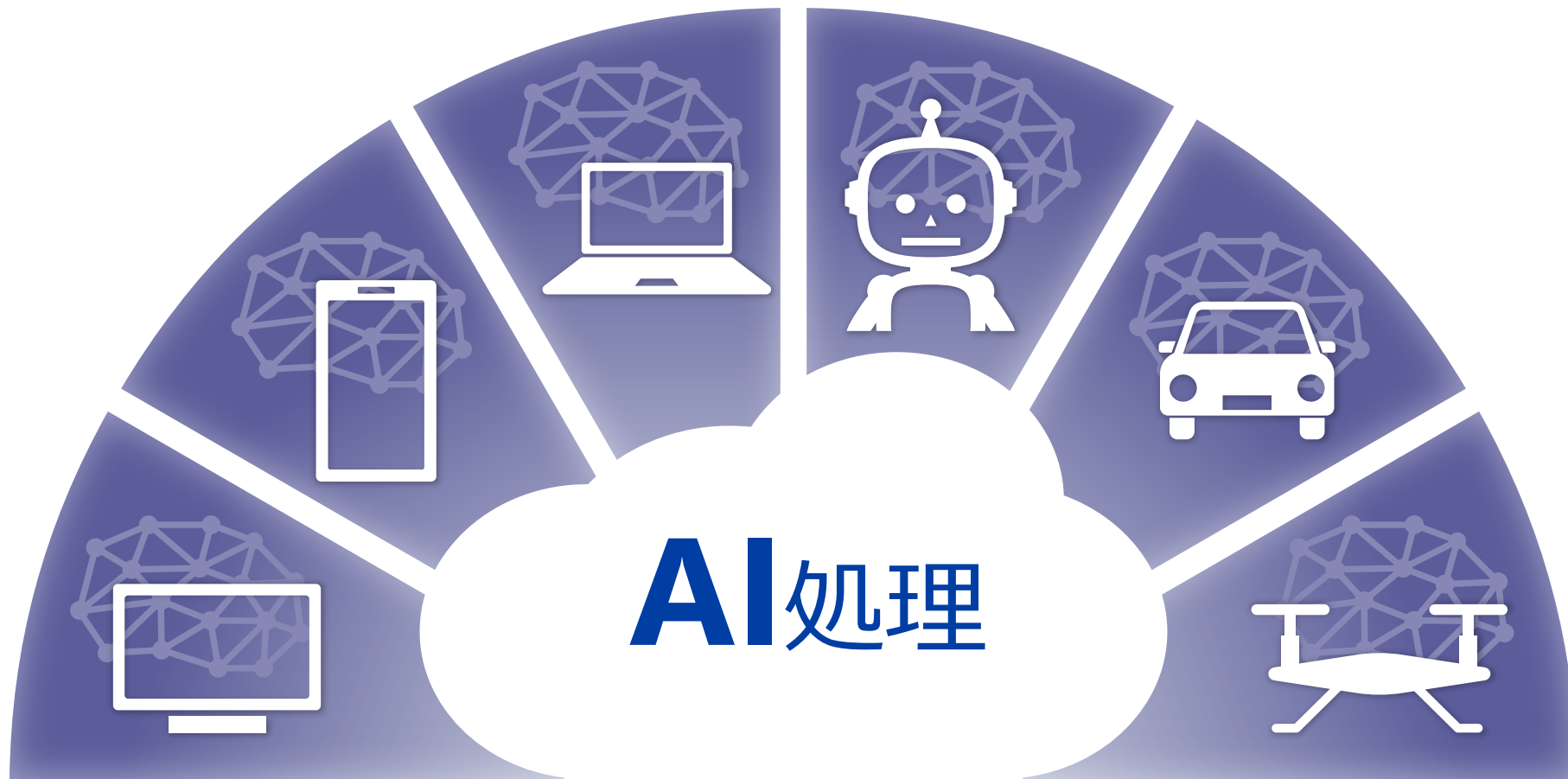
効率的に使う

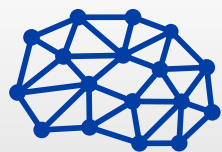




デジタル社会インフラ におけるAIとデータ

デジタル社会インフラにおいて
AIに使用する大量のデータをどこでどう処理していくべきか





AIのアルゴリズムのモデル



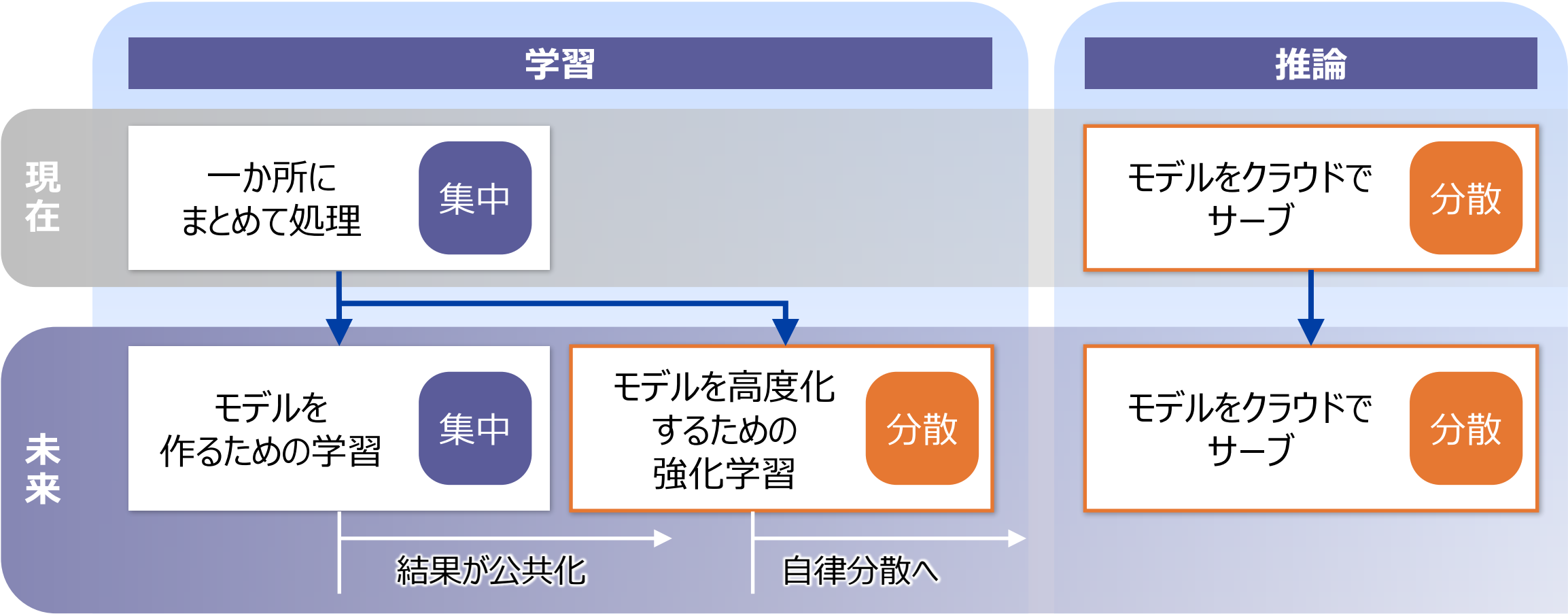
領域ごとに定義

局所的に計算がしやすくなる

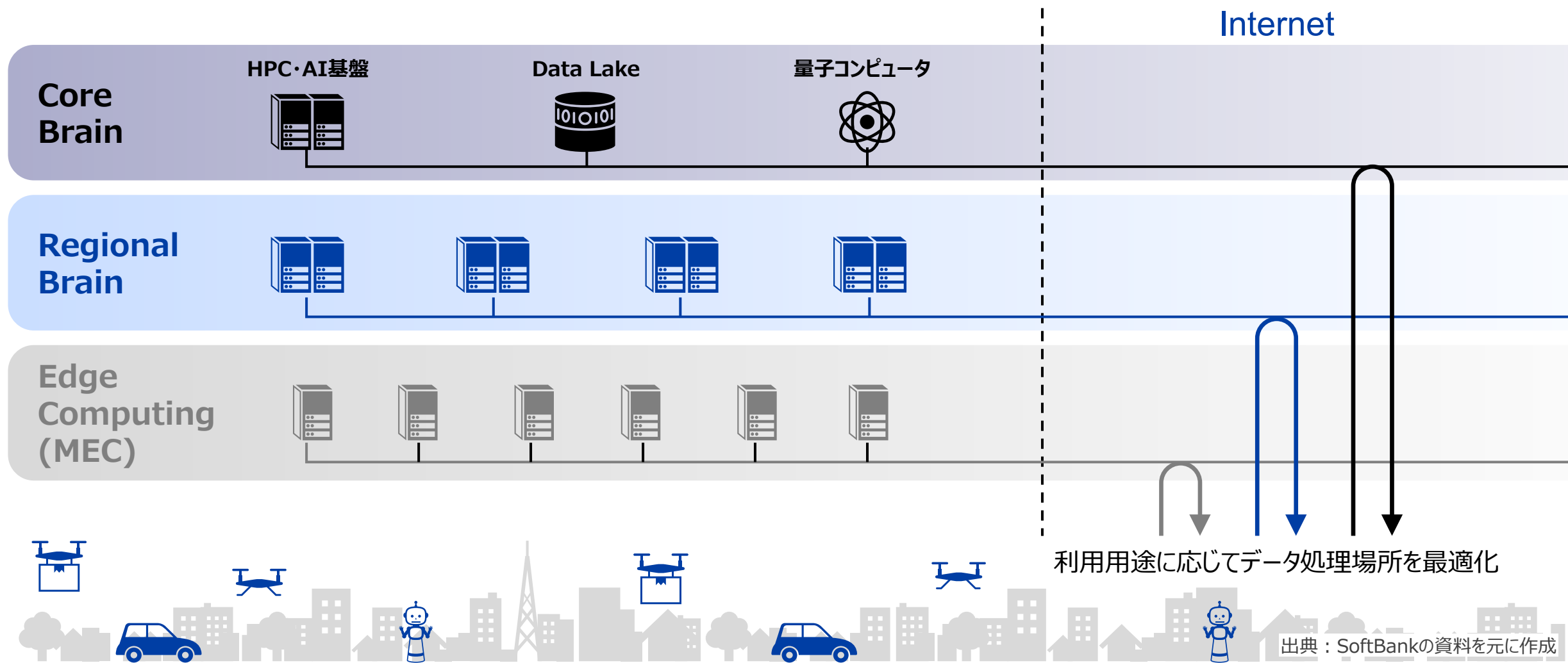


**目的別（領域別）のAIモデルが
自律分散的に発展していく可能性がある**

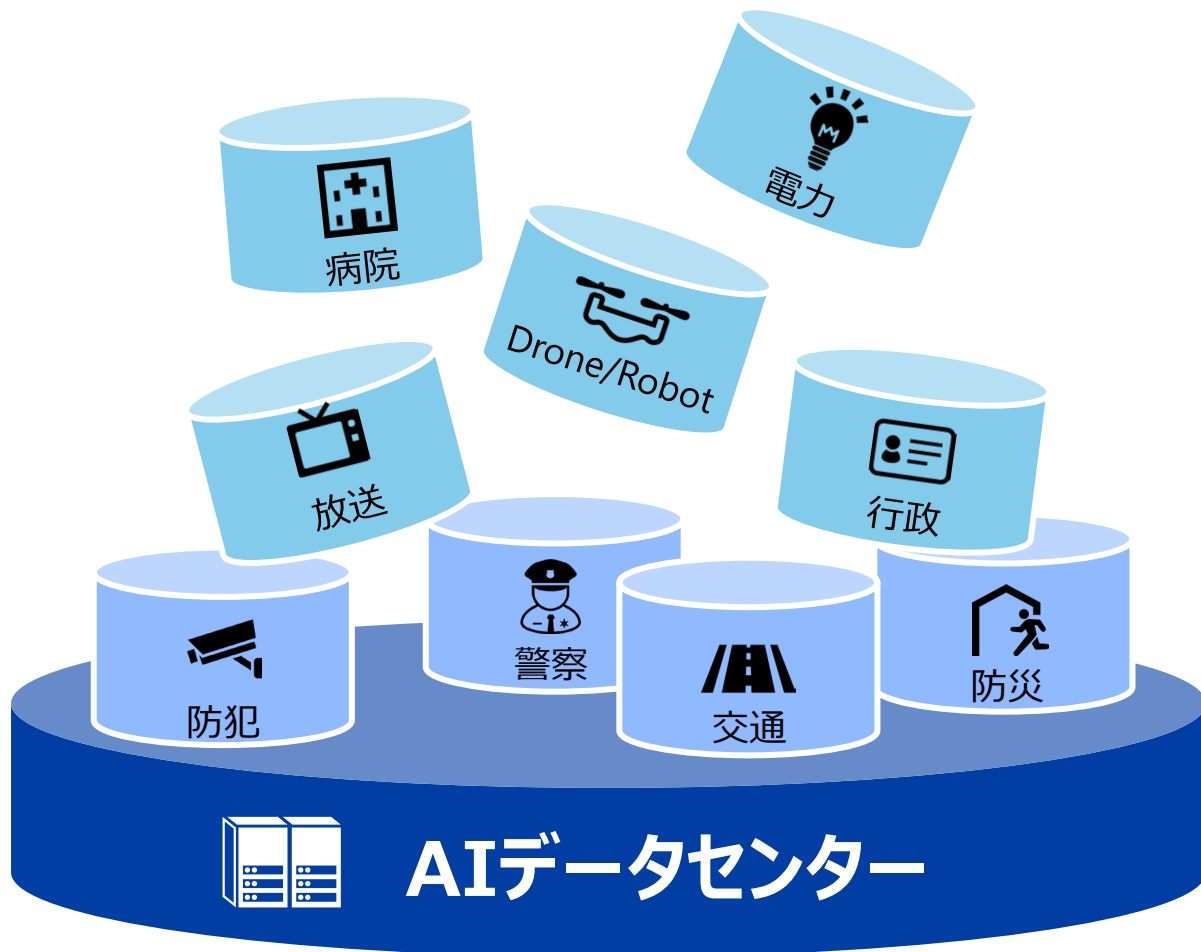
インターネットはAIを提供するのに十分なインフラを備える



WIDE Widely Integrated Distributed Network

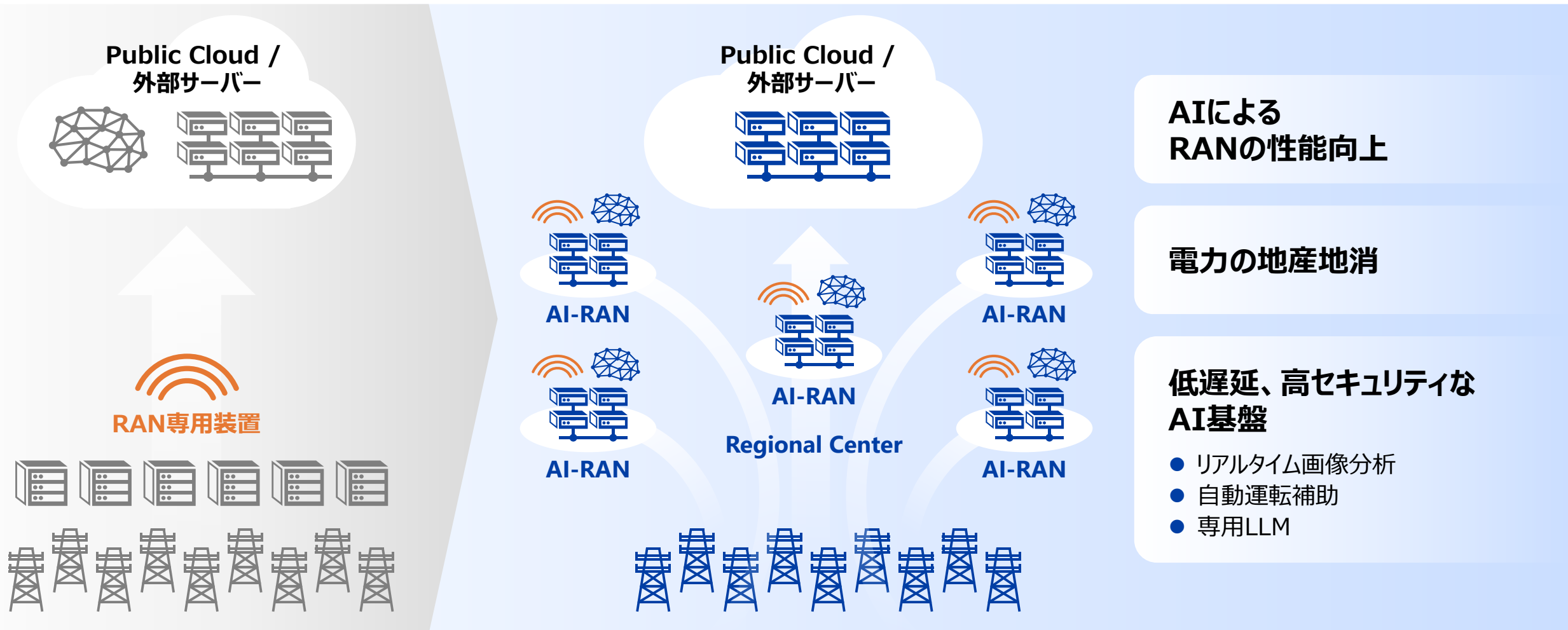


あらゆるサービスがAI化



ニーズに応じた分散設計

- ・東西（2）
- ・地方区分（8）
- ・政令指定都市（20）
- ・都道府県（47）
- ・市区町村（数百～数千）



増加し
続ける
データ



公共データ



民間データ



オープンデータ

集約

様々な組織が持っているデータを
まとめるアーキテクチャが必要

活用

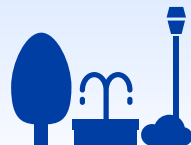
自由にアクセスできて活用できる世界へ
(オープン以外のデータや個人データなども活用できる方向へ)



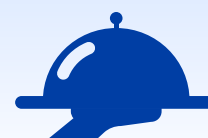
創薬



AIの
高度化



よりよい
街づくり



よりよい
サービス



発展する
経済

など



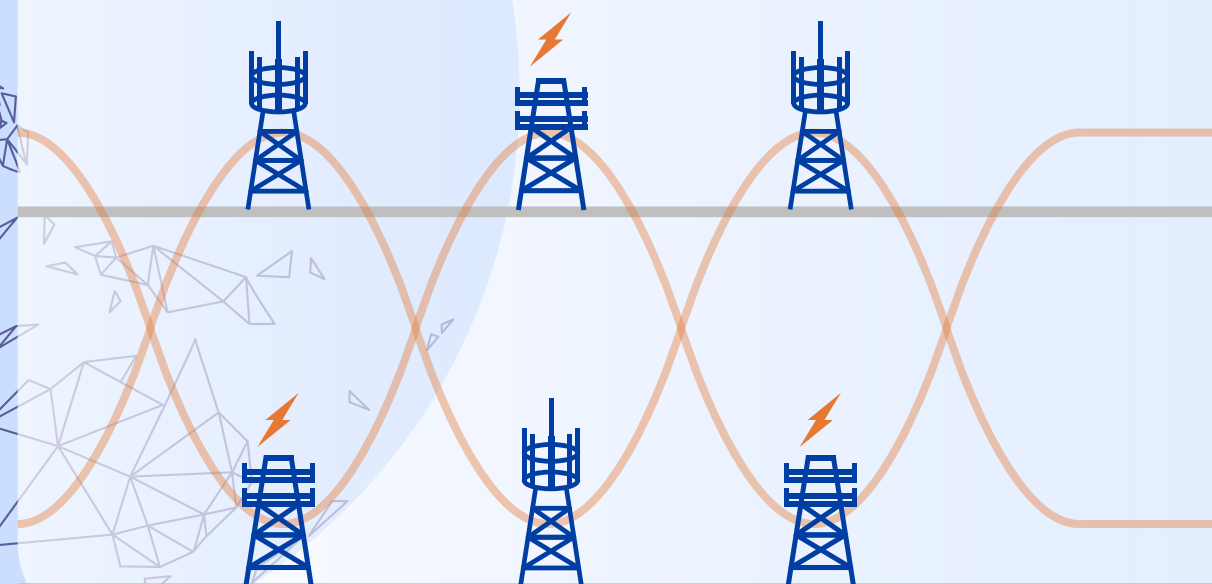
電力とインターネットが重要



安全保障に関する情報共有と
知見の蓄積が必要

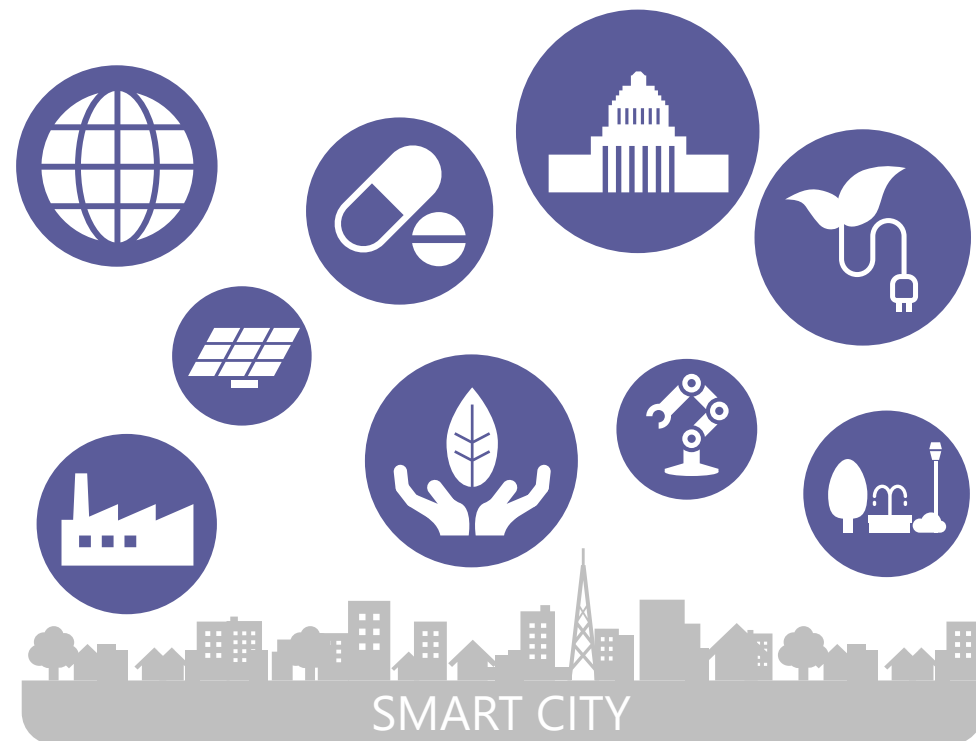


電力やネットワークの
冗長性の確保が重要





デジタル 社会インフラ





END