



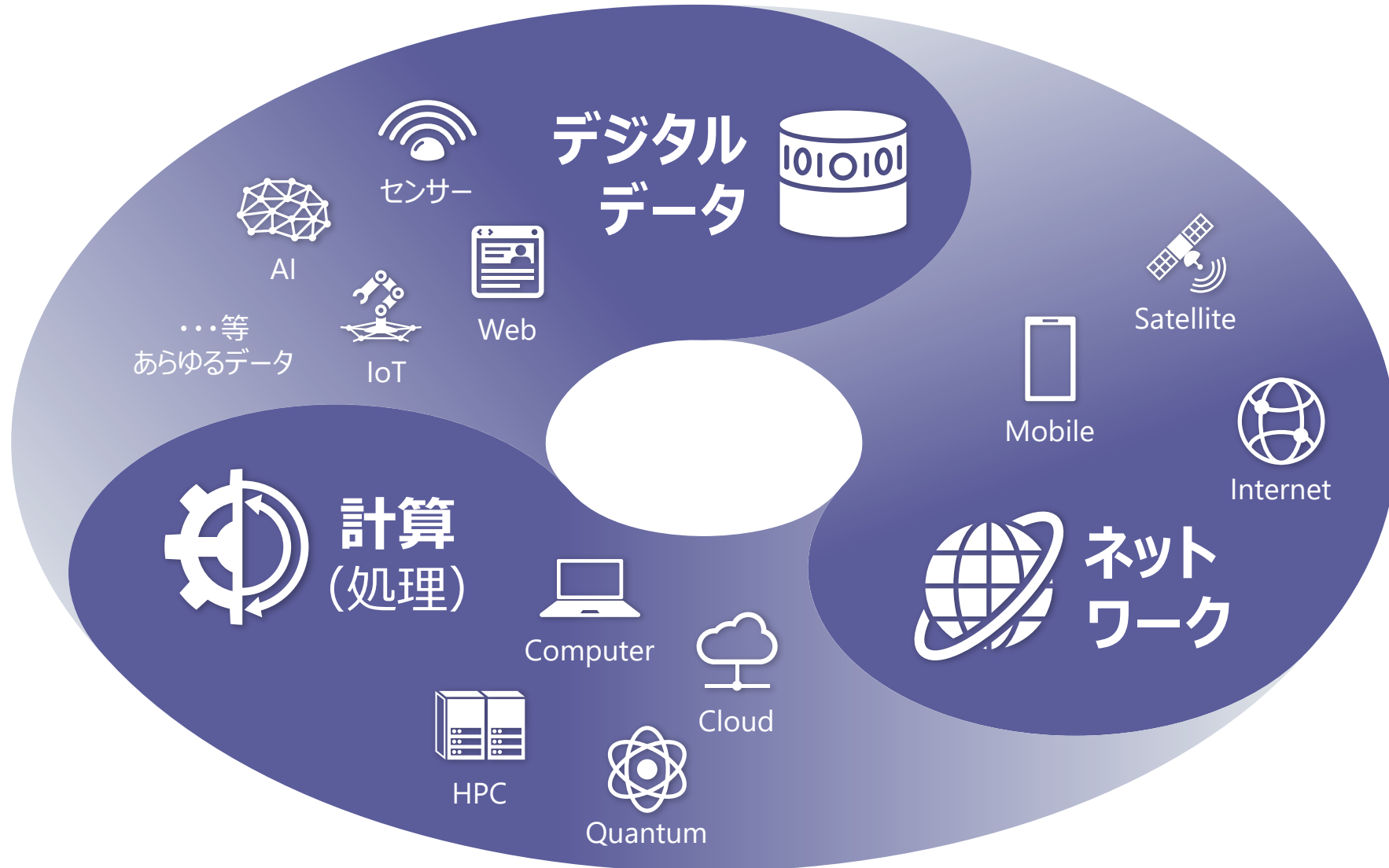
未来の デジタル社会インフラ

村井 純

慶應義塾大学

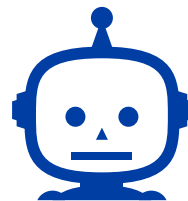


デジタル
社会インフラ

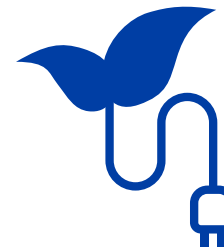




理想を叶える



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



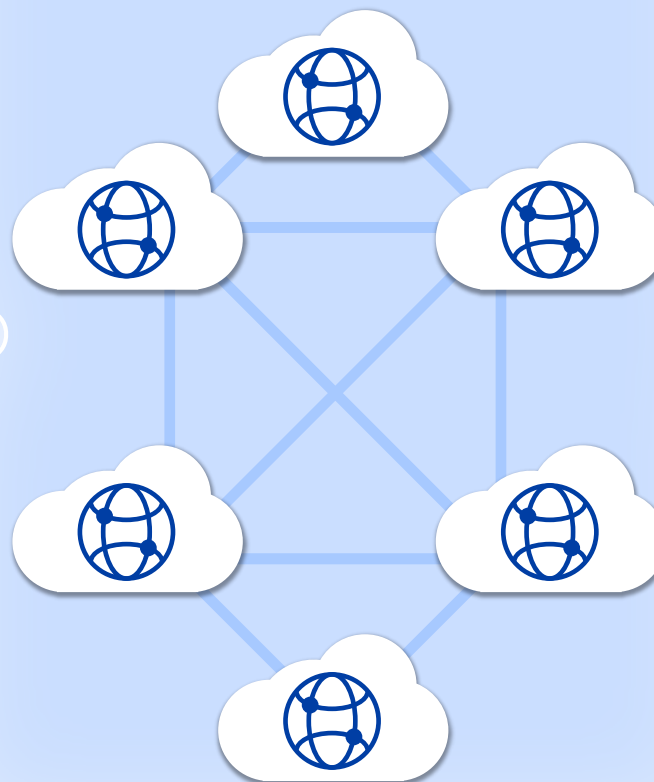
新しい
サービスの
創出

普遍的
になる

インターネットインフラ

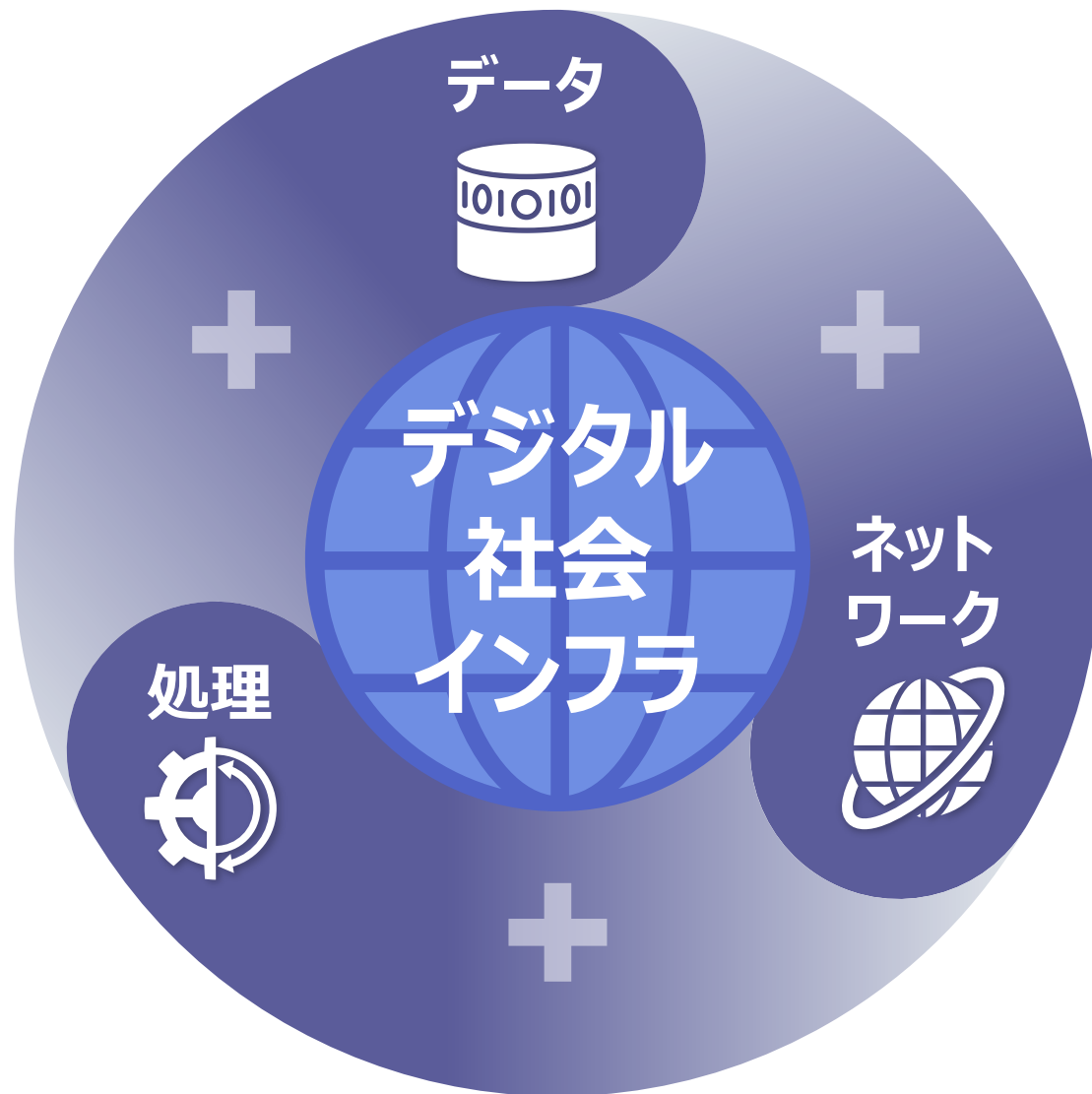
多様な通信メディア

分散処理

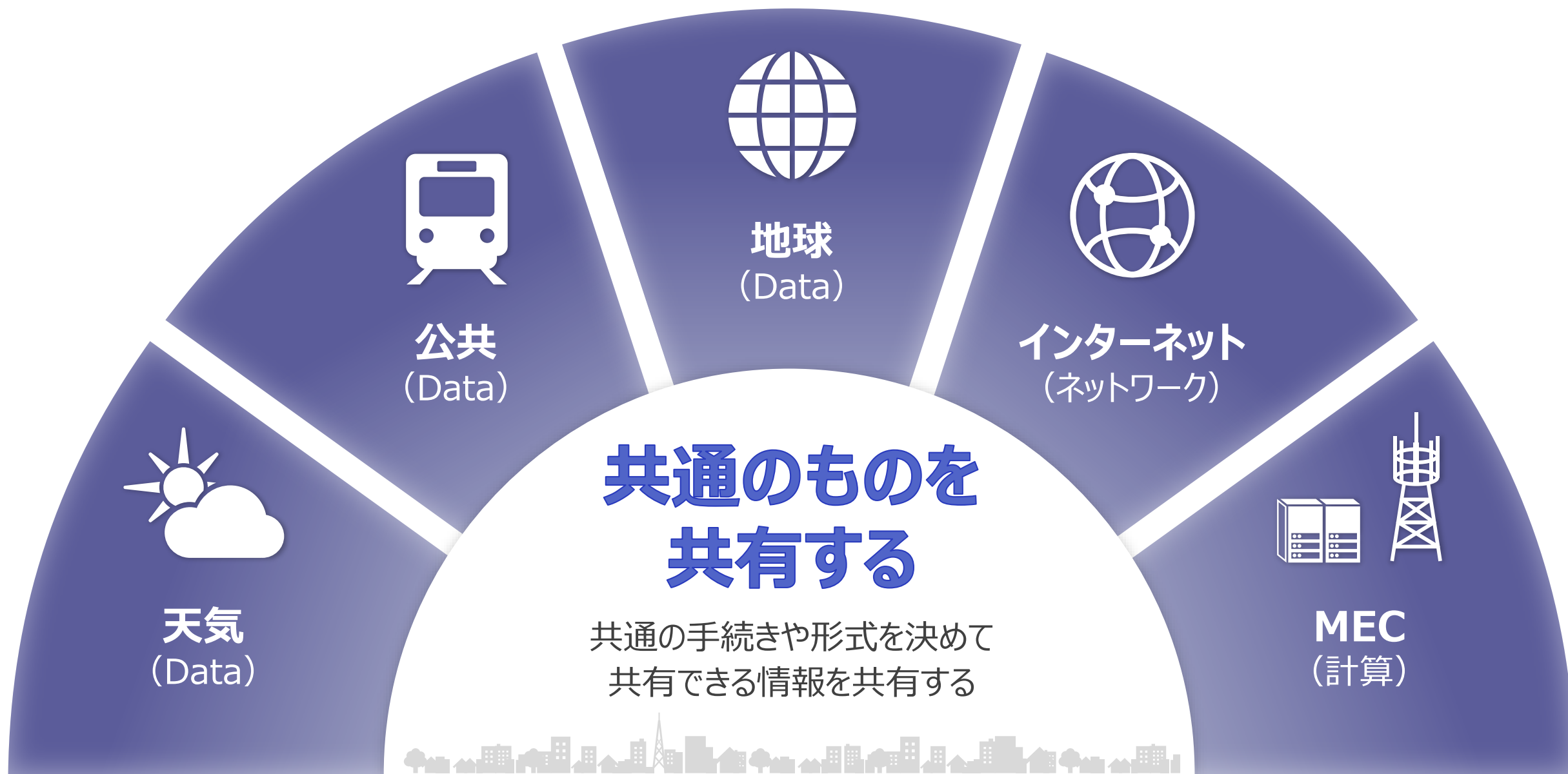


グローバルガバナンス



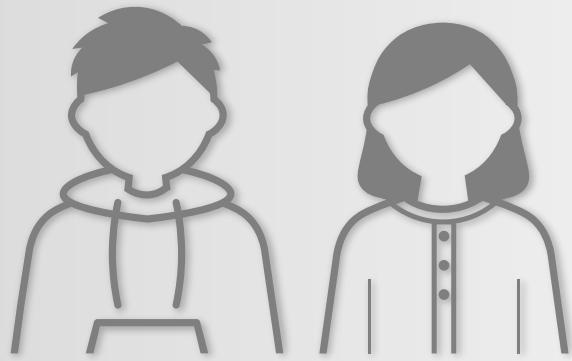


自律分散
処理インフラ

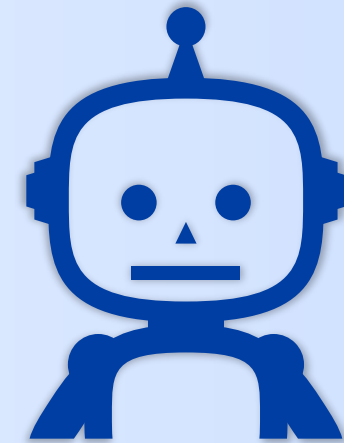
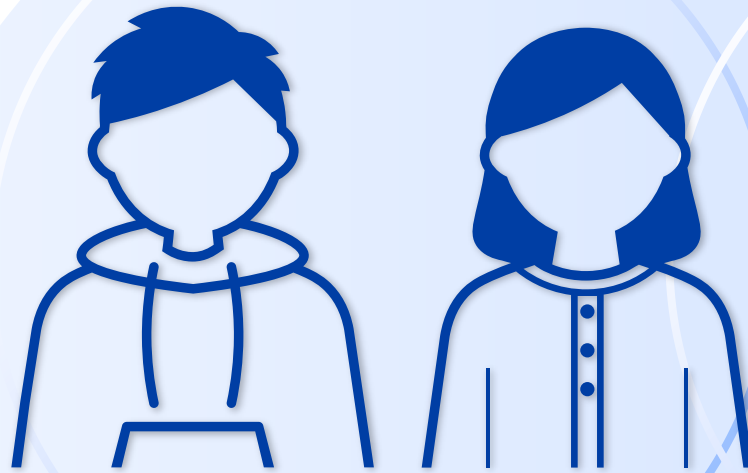




デジタル社会インフラの 用途と必要な エリア・ネットワーク



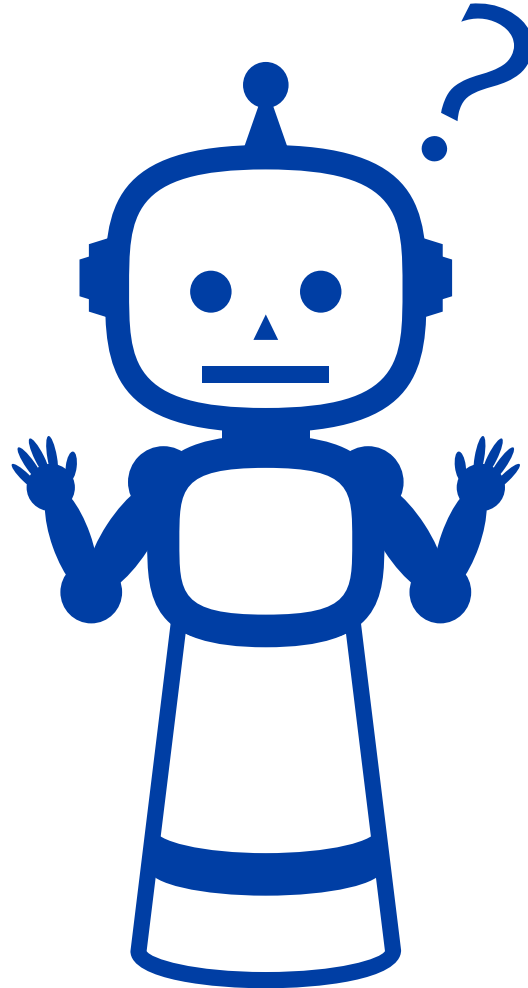
人



人とロボット



What are



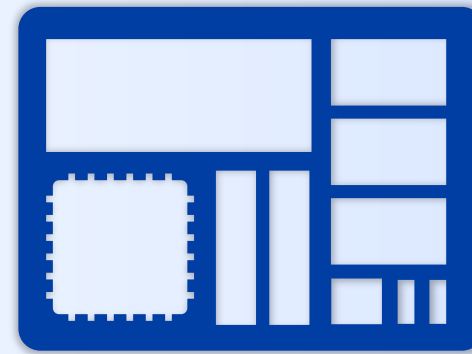
Robots?

IoT $\doteq$ Robot Device



(No Battery)

進化



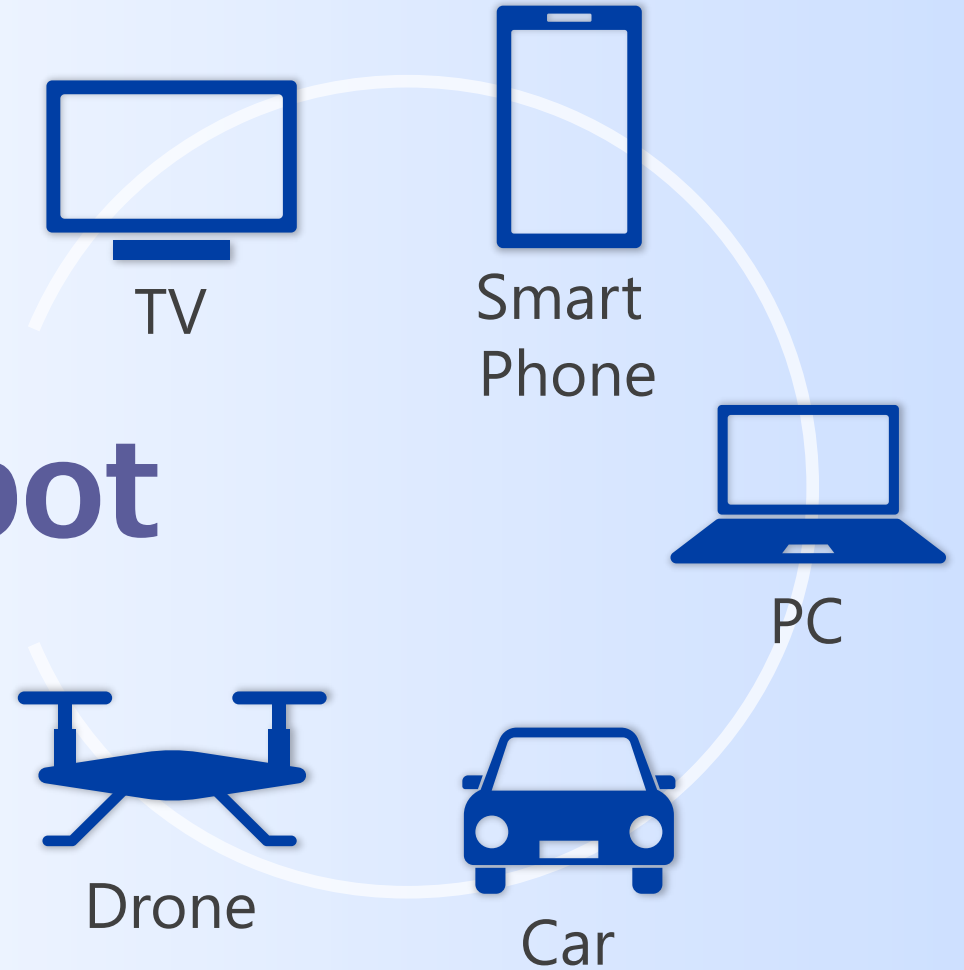
- < Sensor
- < CPU
- < メモリ
- < Battery...

Full Stuck (TCPIP)

RFID

IoT

Robot

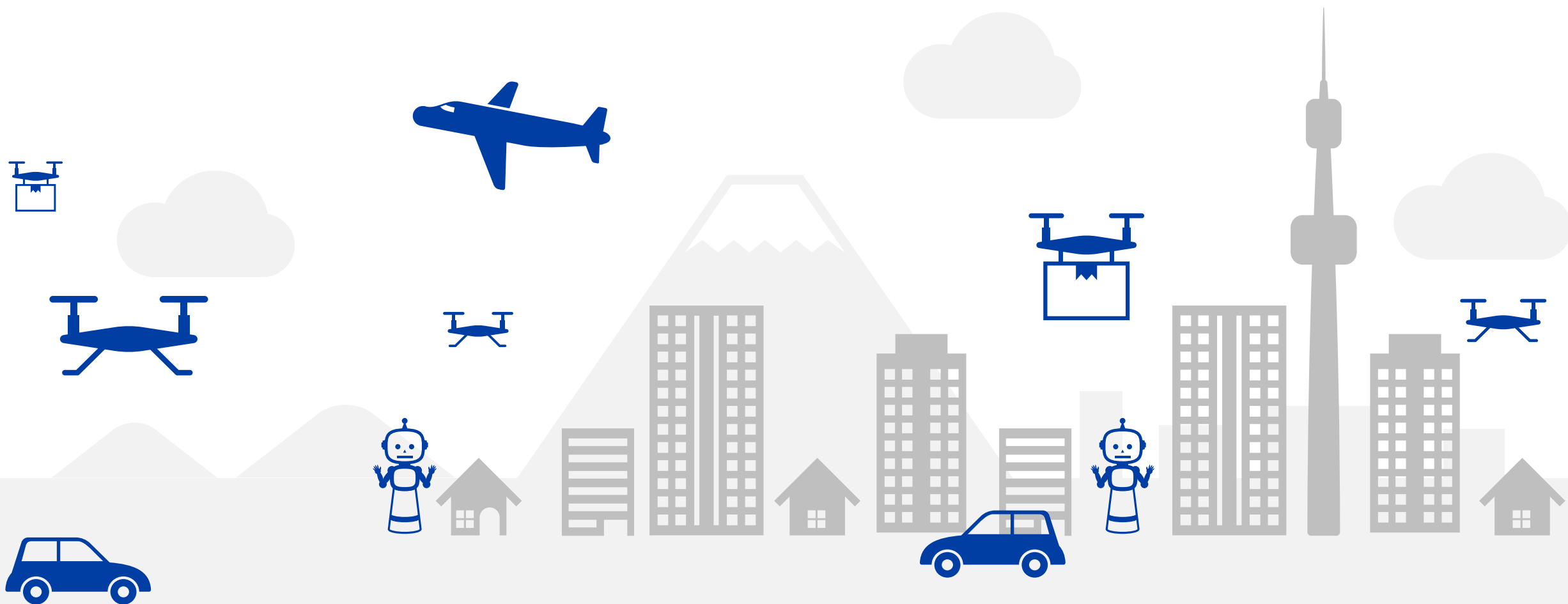


ロボット共存インフラにおけるロボットのセキュリティとは

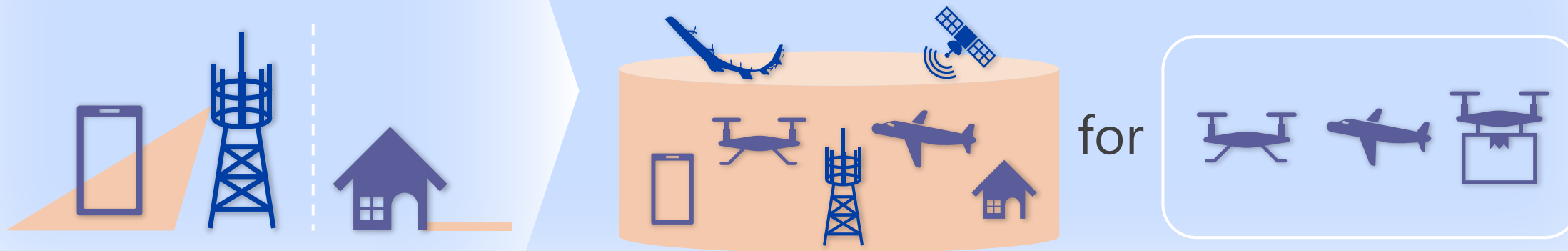


ロボットやIoTの安全を確立できる自律システム

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

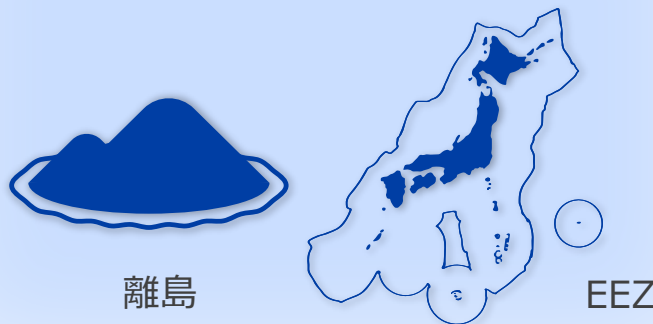
現在の国土カバー率
約**60%**程度



100%へ



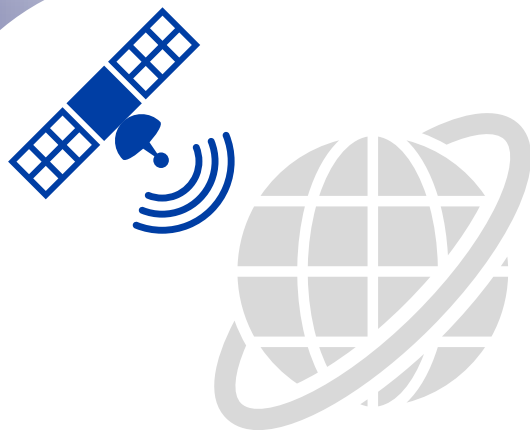
国土カバー率のさらに先へ



地球全体や月へ



宇宙
- GEO/LEO -



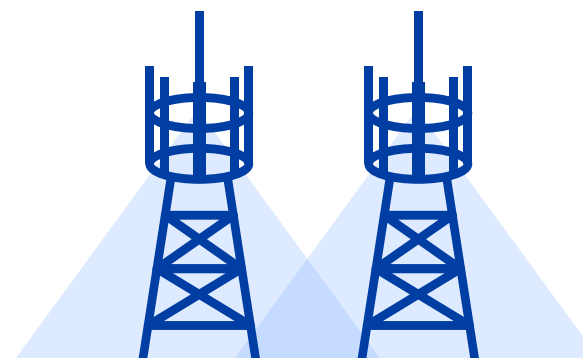
管制空域
(航空)



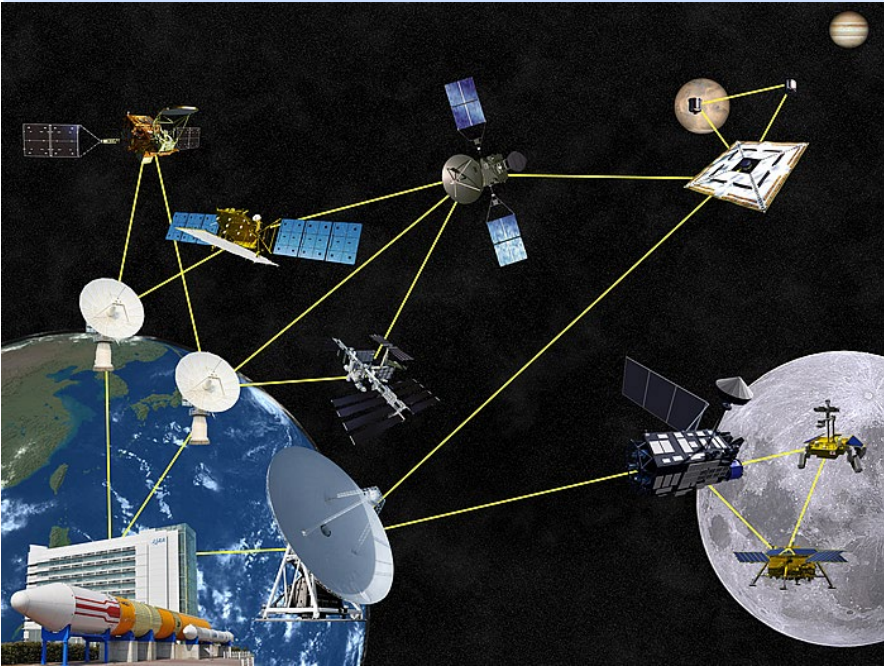
成層圏
- HAPS -



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

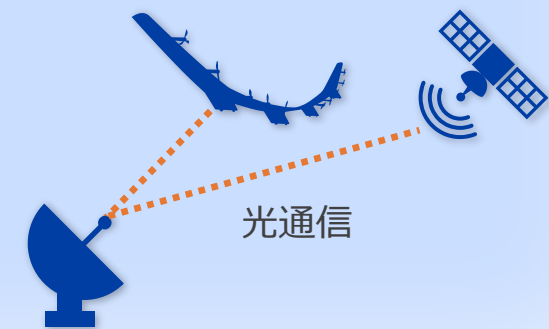


SoftBank

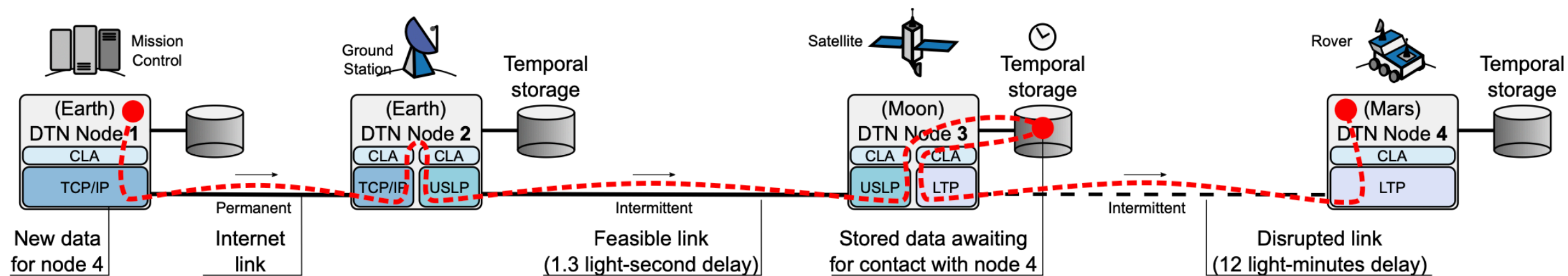
低軌道衛星



光通信

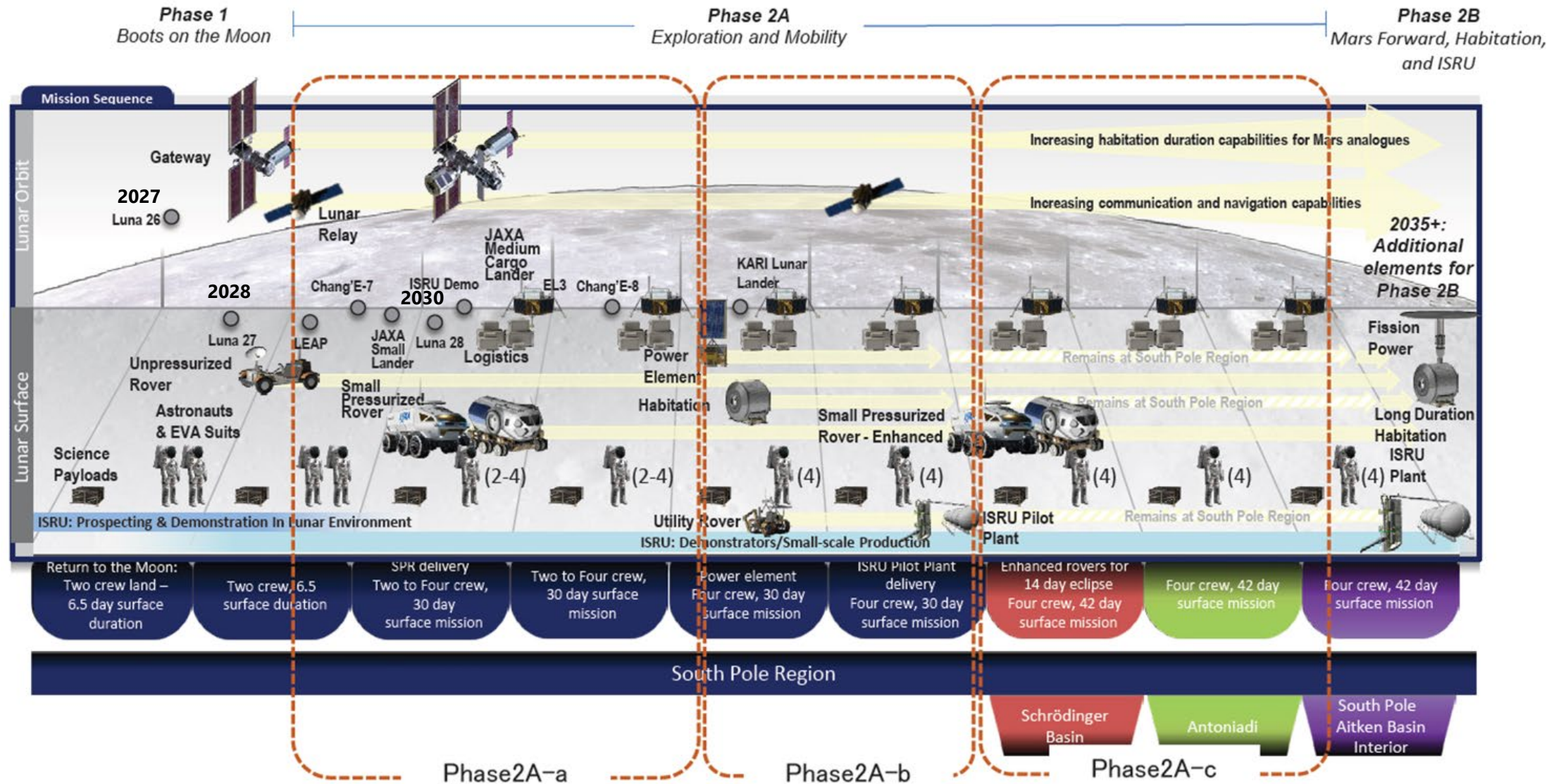


USLP : Unified Space Data Link Protocol
LTP : Licklider Transmission Protocol
CLA : Convergence Layer Adapter



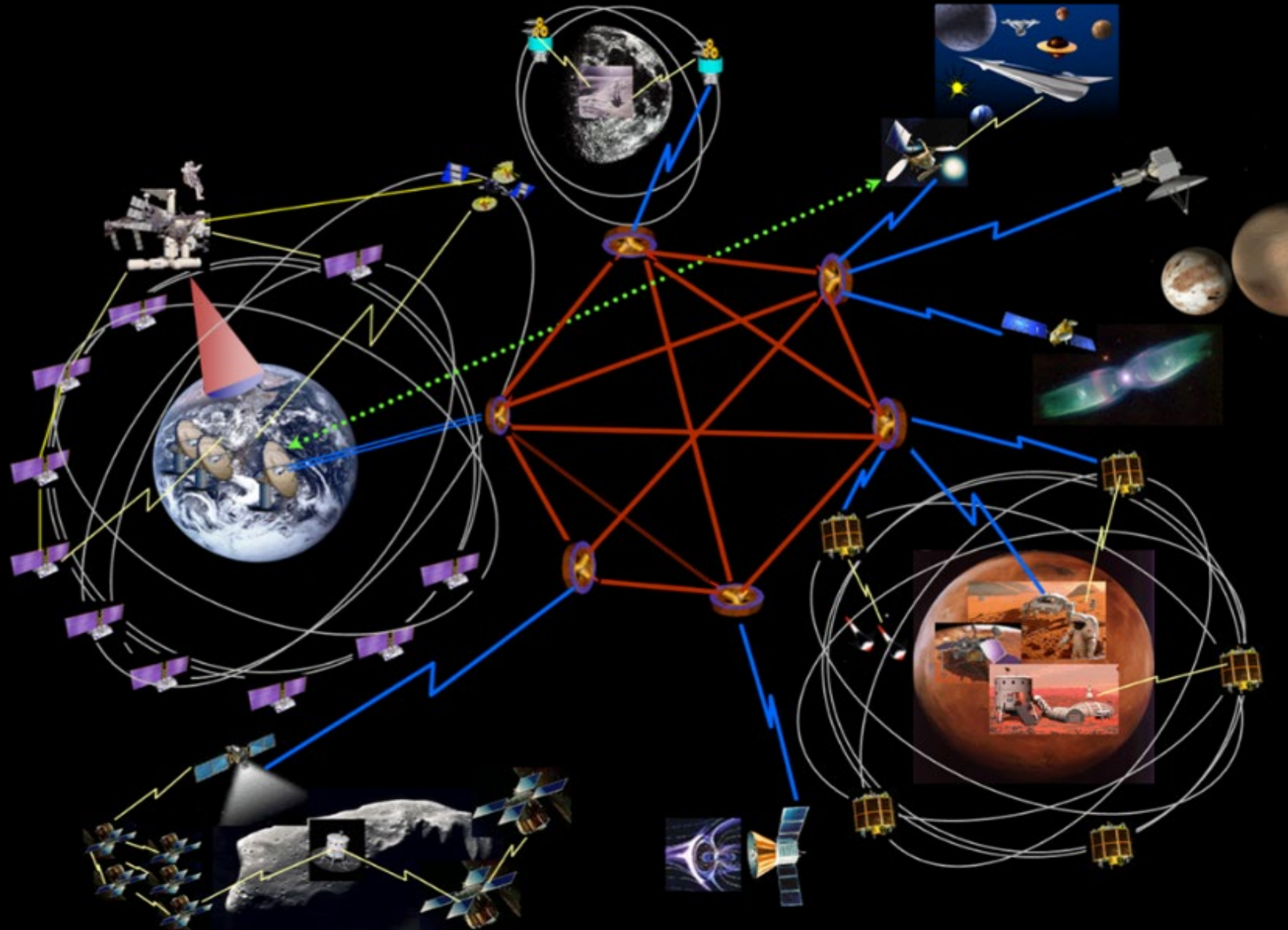
	Mercury	Venus	Earth	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptune
Avg. Distance to Sun (AU)	0,38	0.72	1.00	1.52	5.21	9.54	19.18	30.11
Latency	3 min	6 min	8 min	12 min	43 min	1h20	2h40	4h10

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



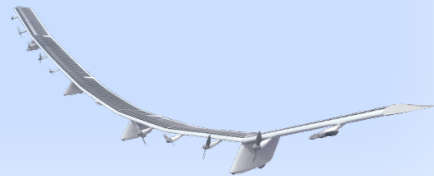
HAPSとは

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

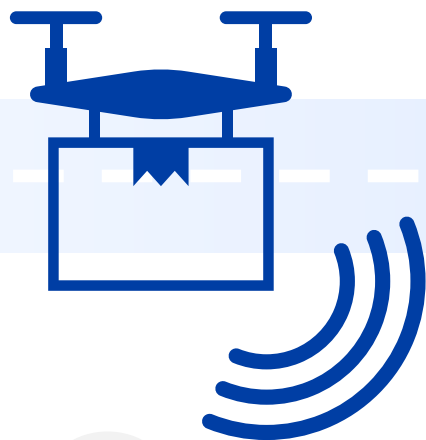


HAPS通信サービスの事業化をすすめている。
Zephyrを用いて日本国内で
世界初の商用化を2025年度中にめざしている

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

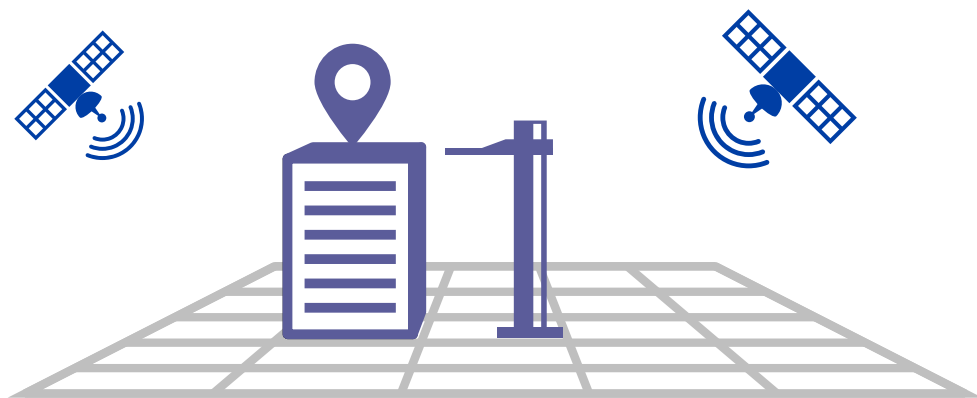




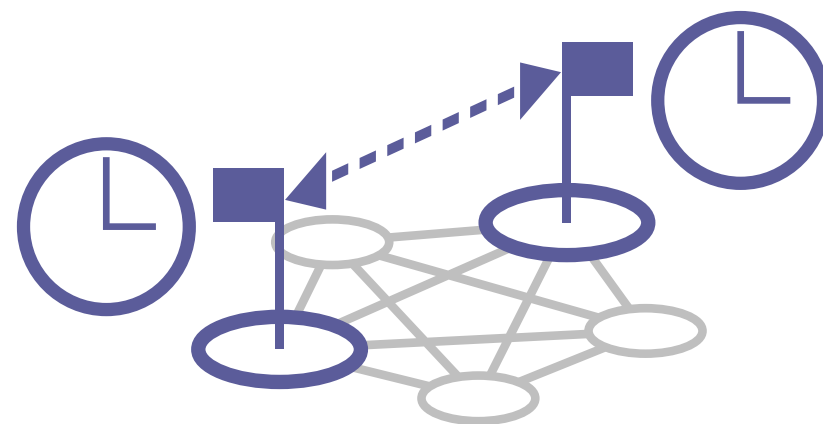
デジタル社会インフラ におけるPNT

(Positioning, Navigation and Timing)

精密な位置測位



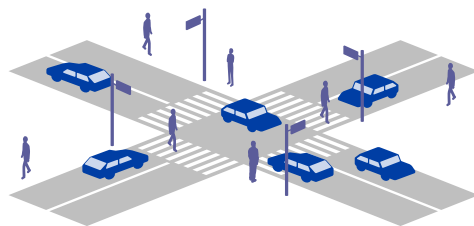
正確な時刻同期



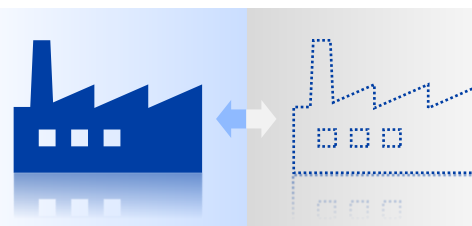
ファイナンス取引



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

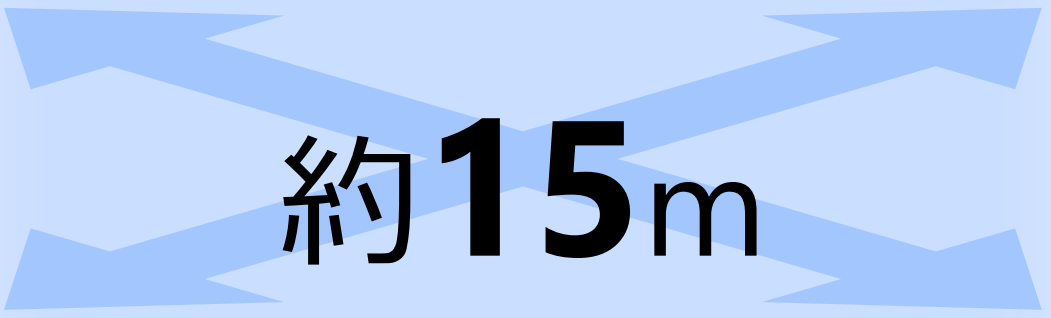
準天頂衛星

原子時計

PTP

ネットワークを用いた
時刻配布

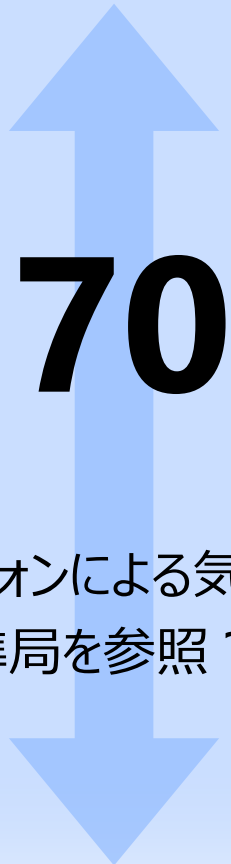
位置測位



約**15m**

- 地上基準を使うことで2cmまで向上

高さの測位

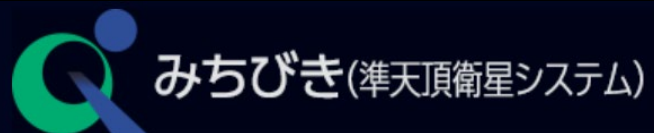


約**70m**

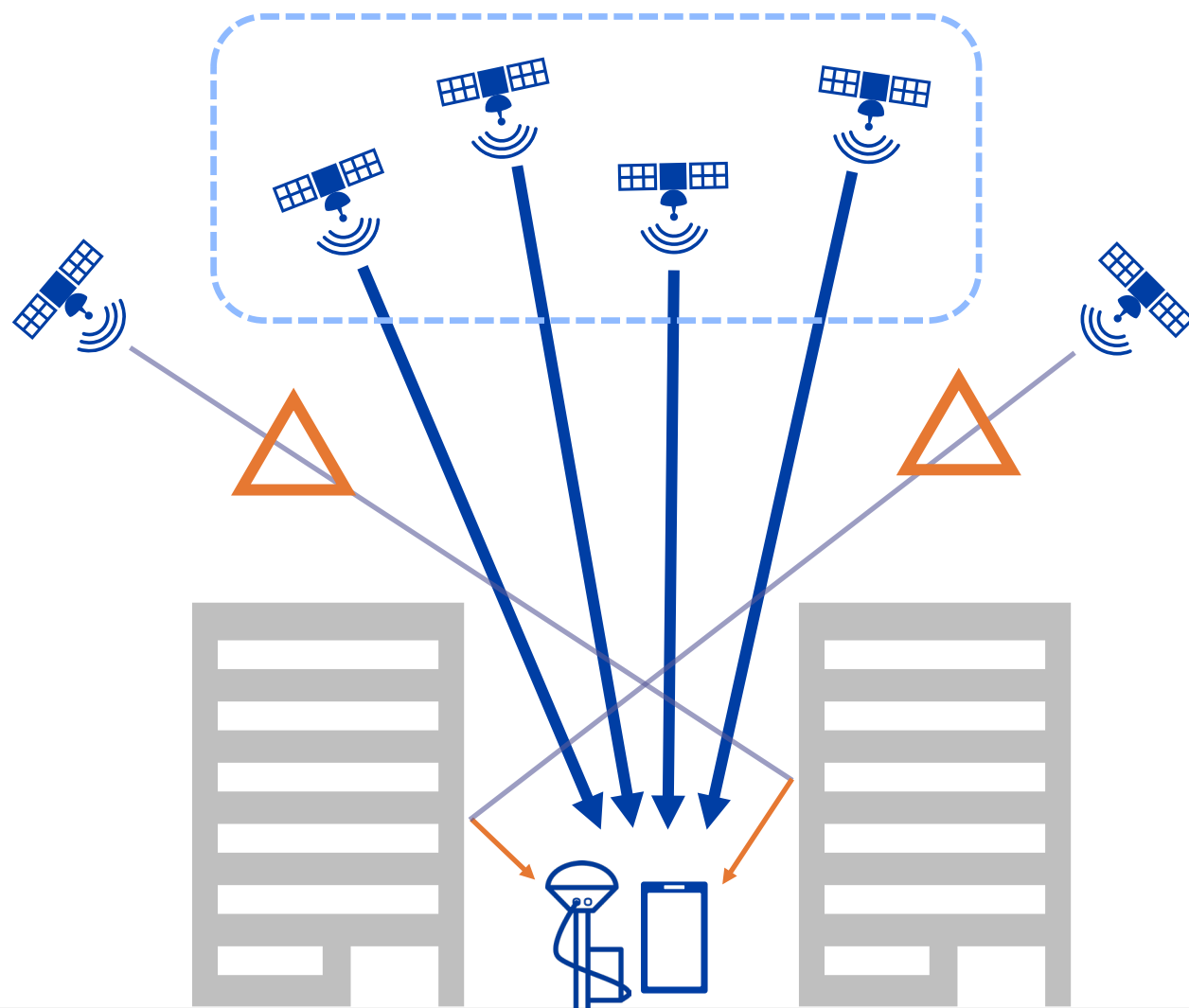
- スマートフォンによる気圧センサー
- 地上基準局を参照？



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

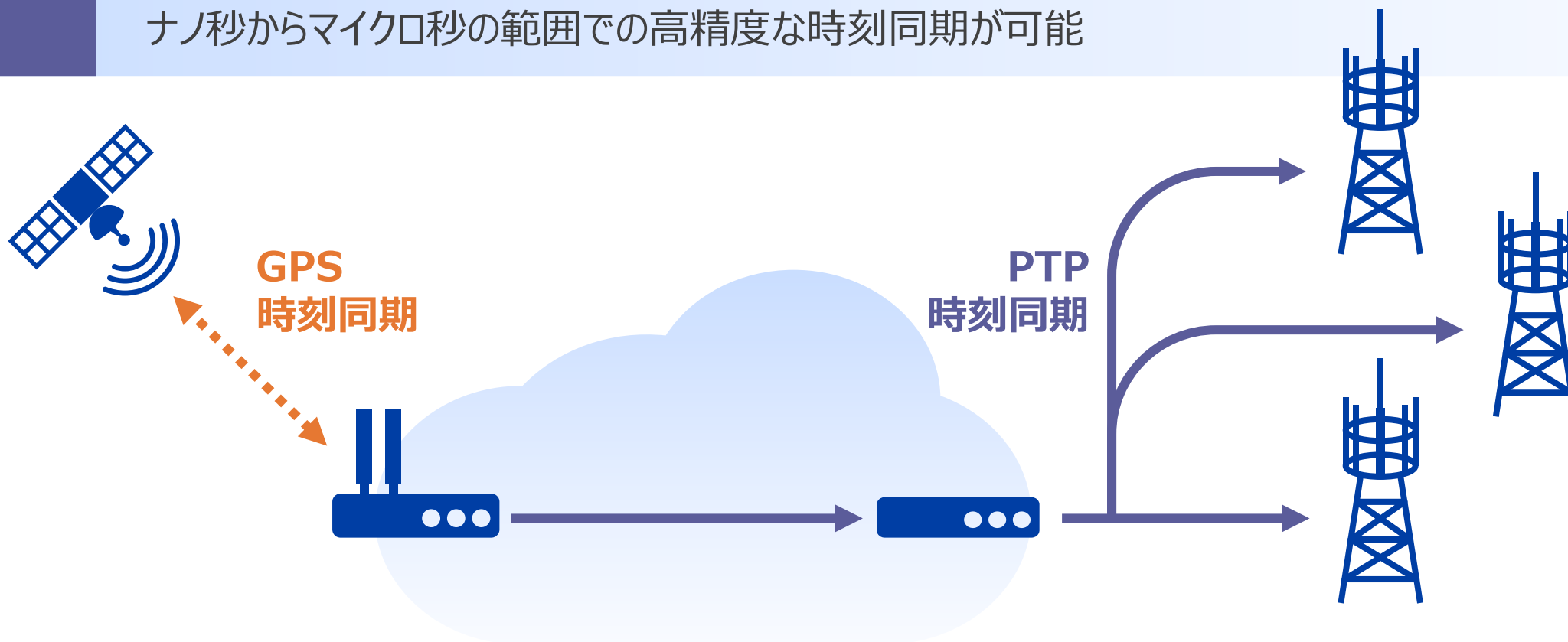
など、タイミング要件の厳しい応用に利用

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

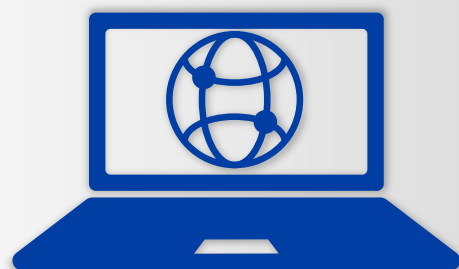


アナログ時代



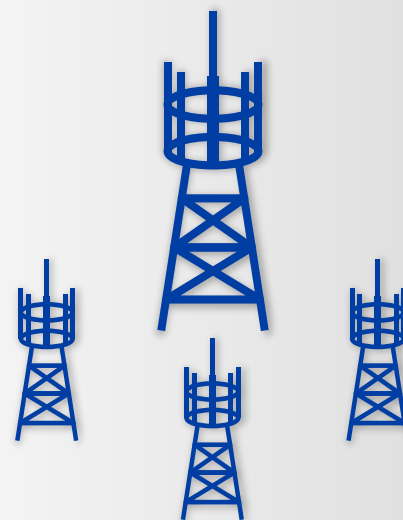
時報

インターネット時代



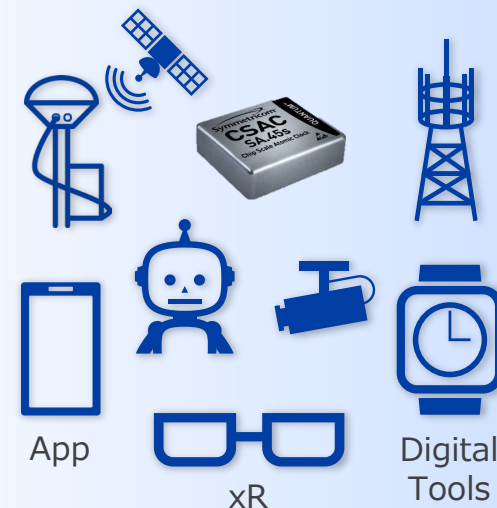
NTP

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

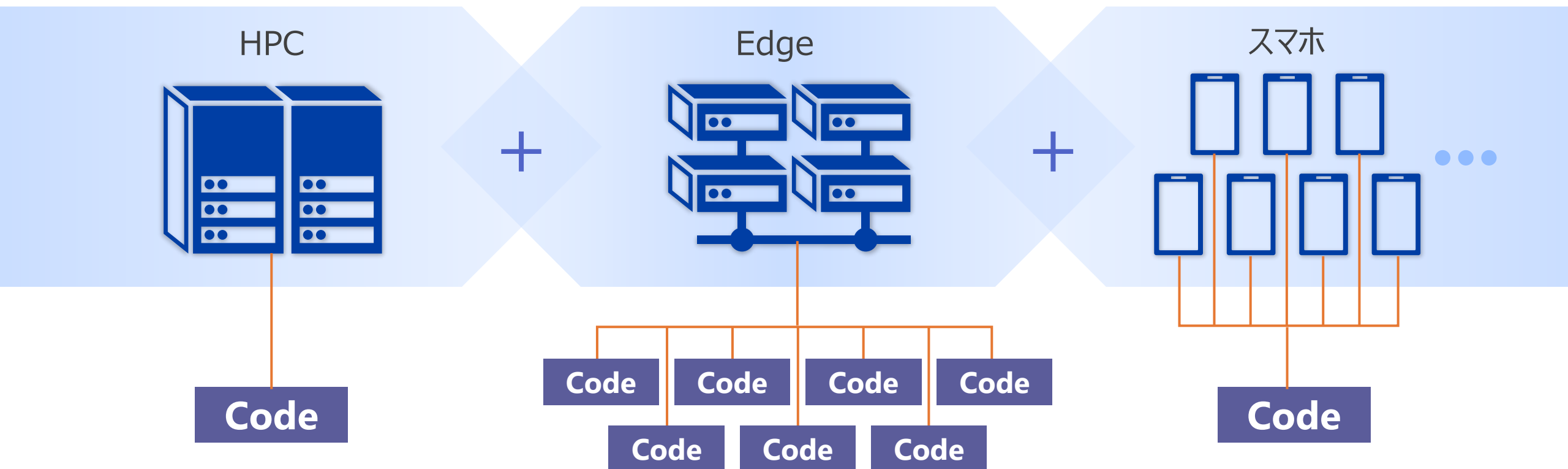
Quantum

処理性能

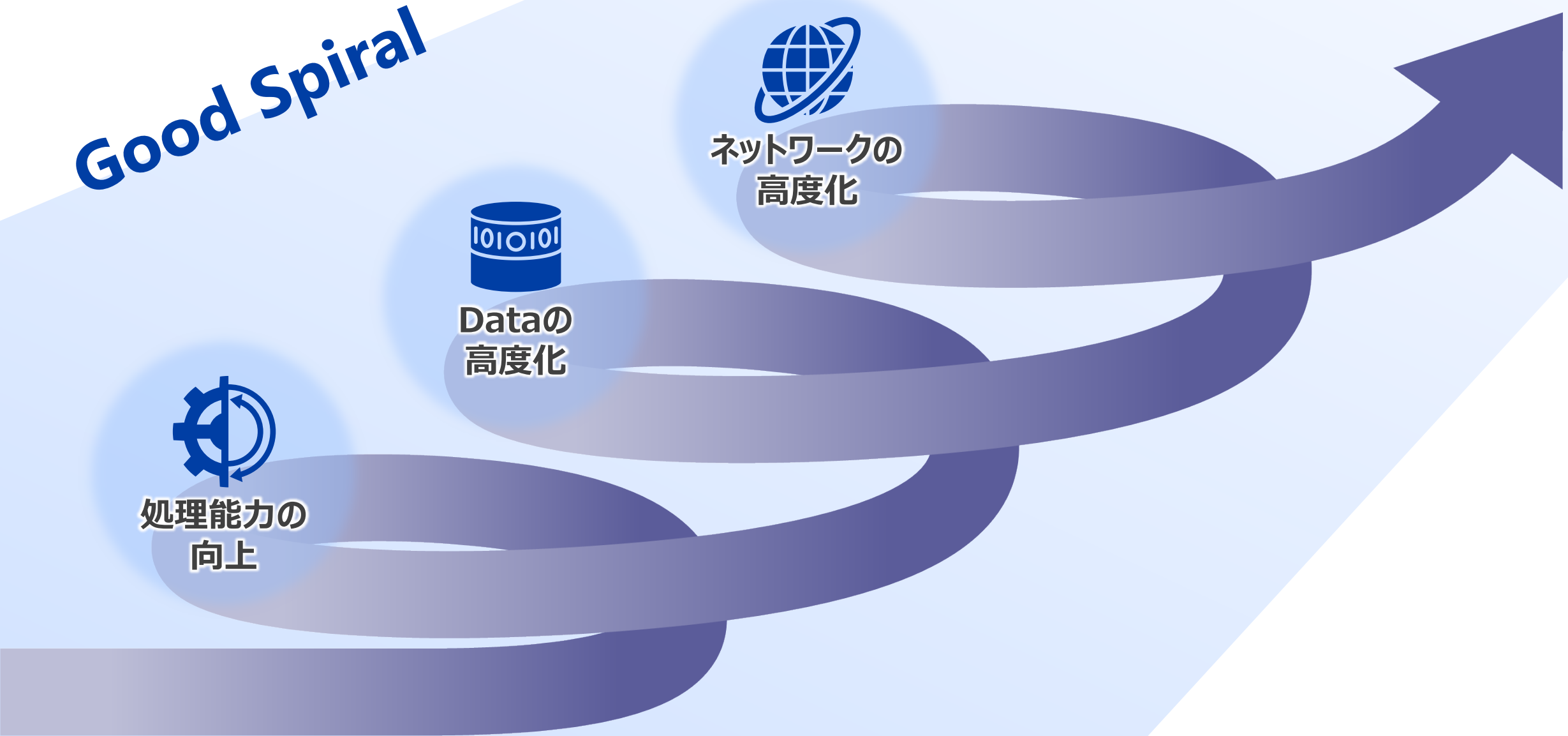
どちらも必要

分散

スマホ × 100 ≐ HPC ?



Good Spiral







デジタル社会インフラ と電力

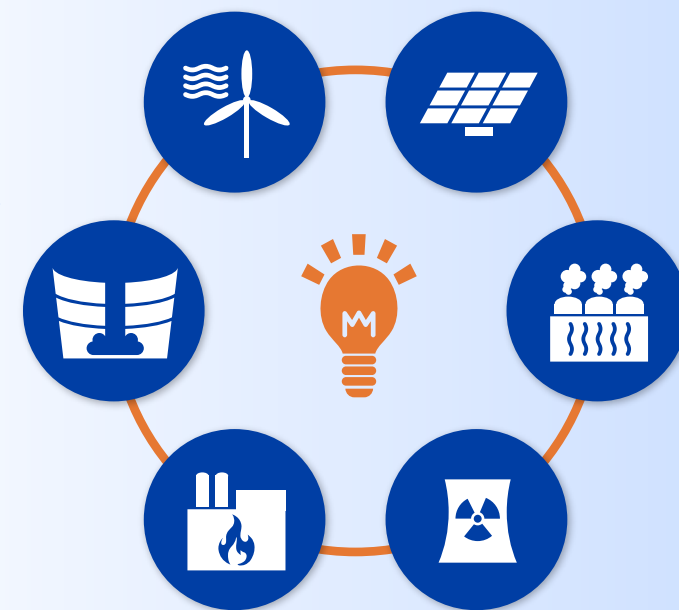
データ量の増加

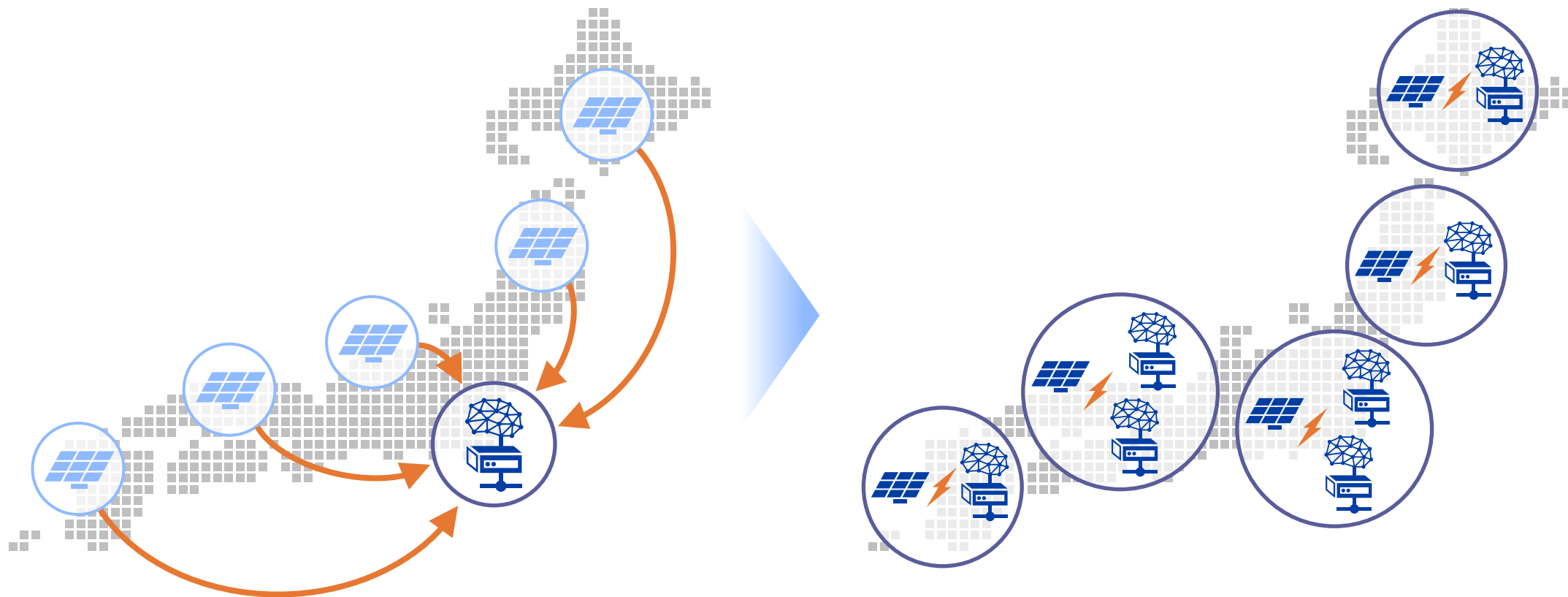


処理能力の需要増



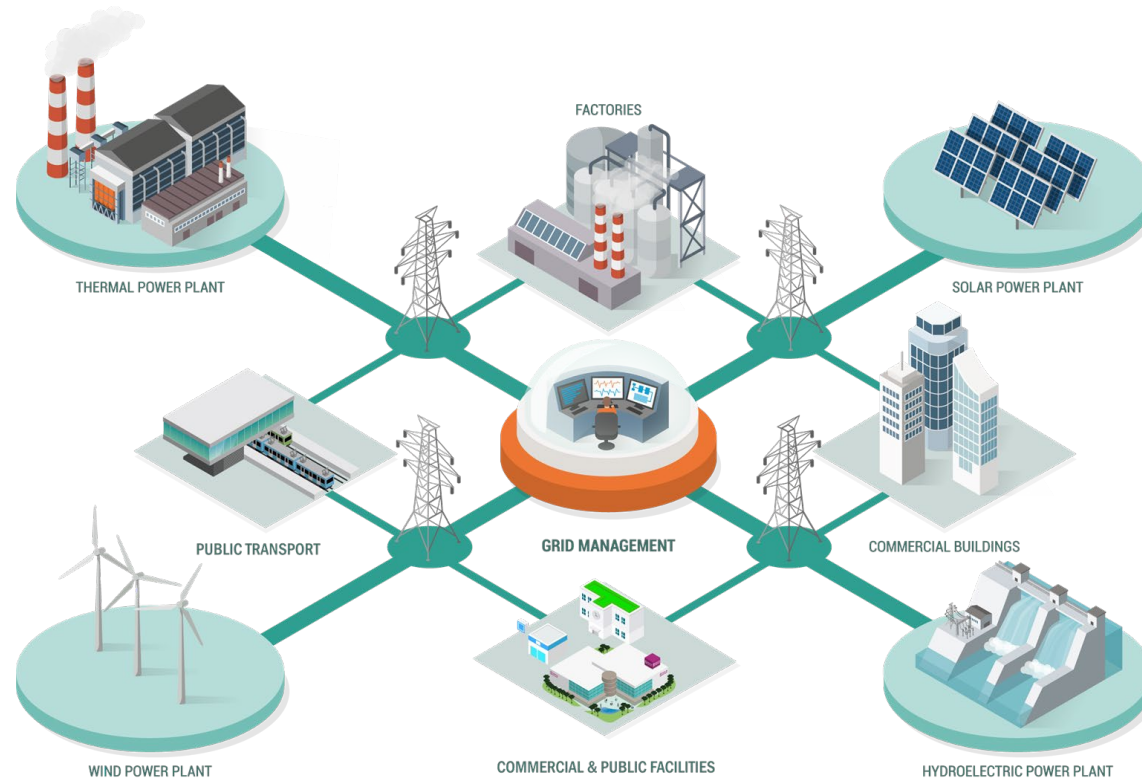
電力の需要増



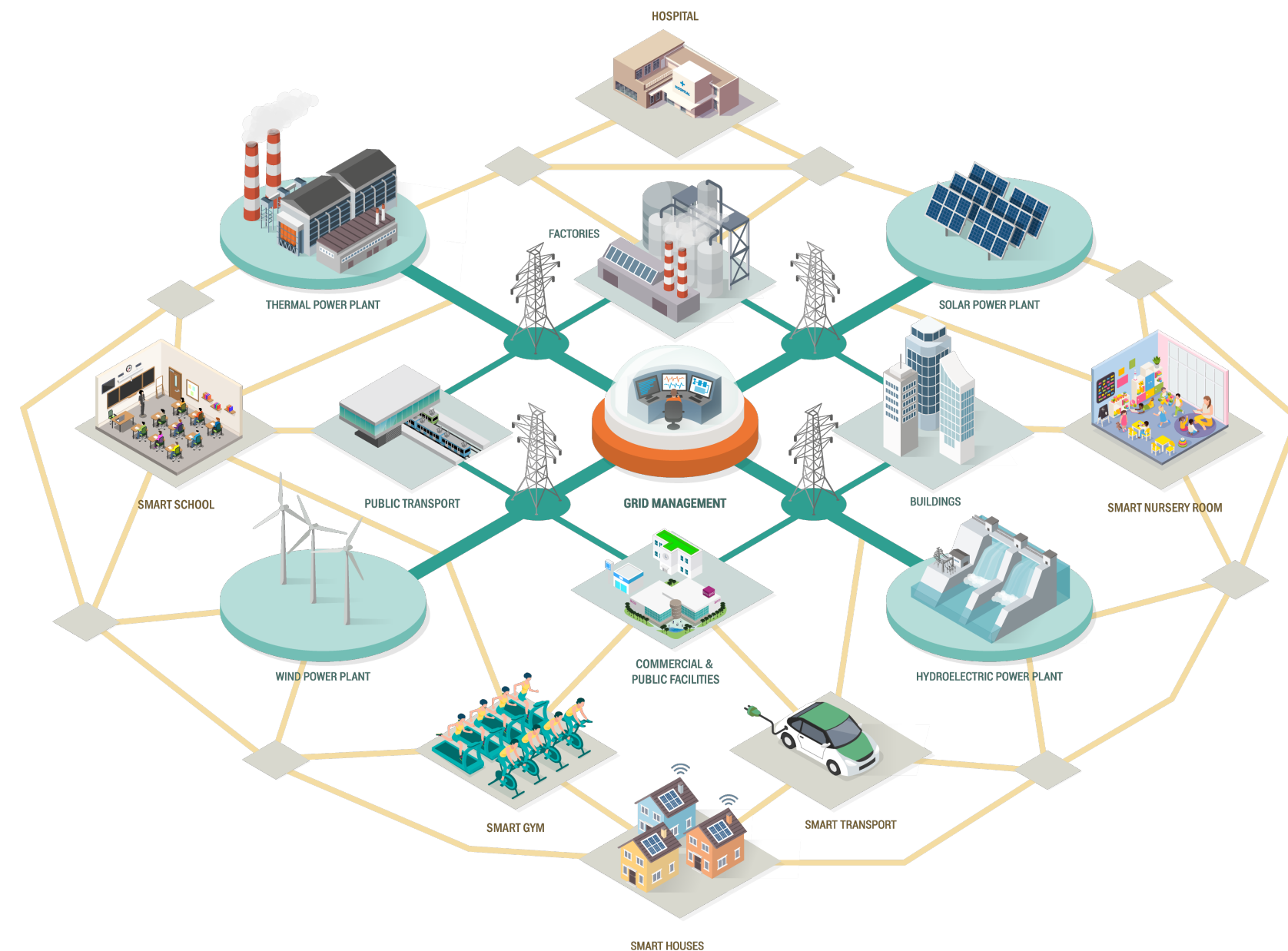


処理能力を分散することにより、電力の地産地消が可能に

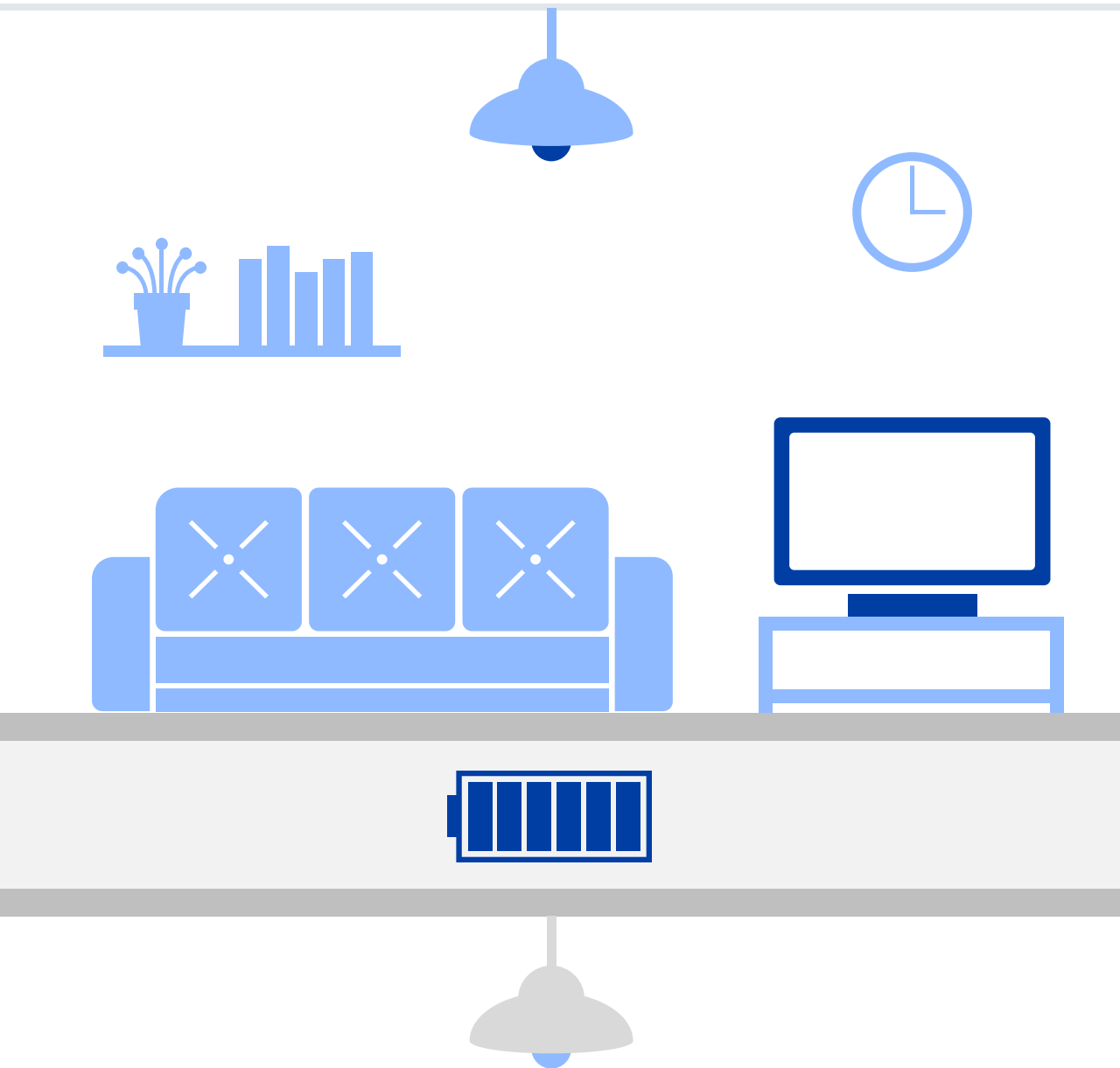
発電とデータ処理を**セットにして**インフラを設計する必要がある



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 )

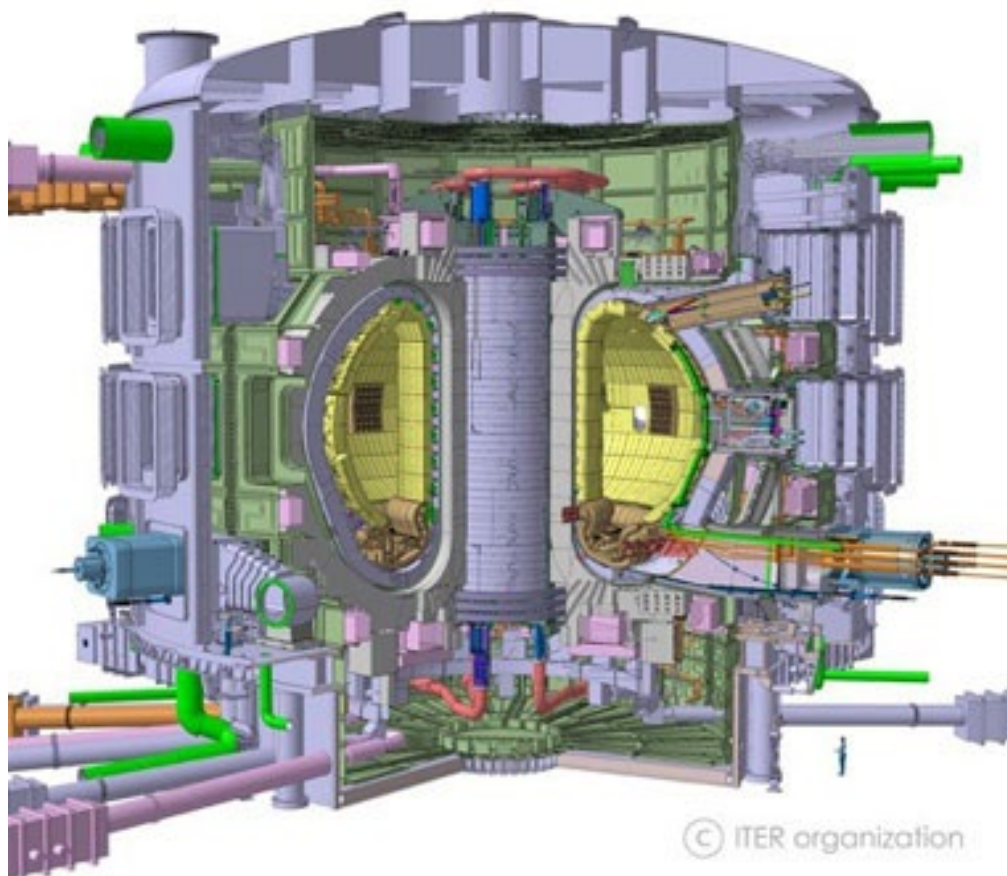


デジタル社会
インフラ

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**



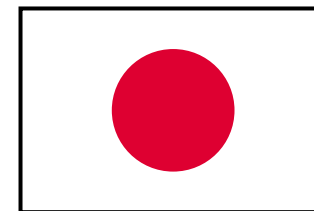
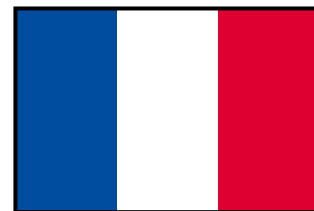
© ITER organization



イーター
核融合実験炉ITER
ITER日本国内機関

核融合発電

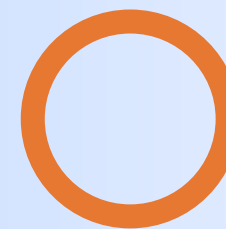
水素同士の核融合を利用しエネルギーを生成する
新たなエネルギー技術



フランスと日本が
主導して研究開発



節電



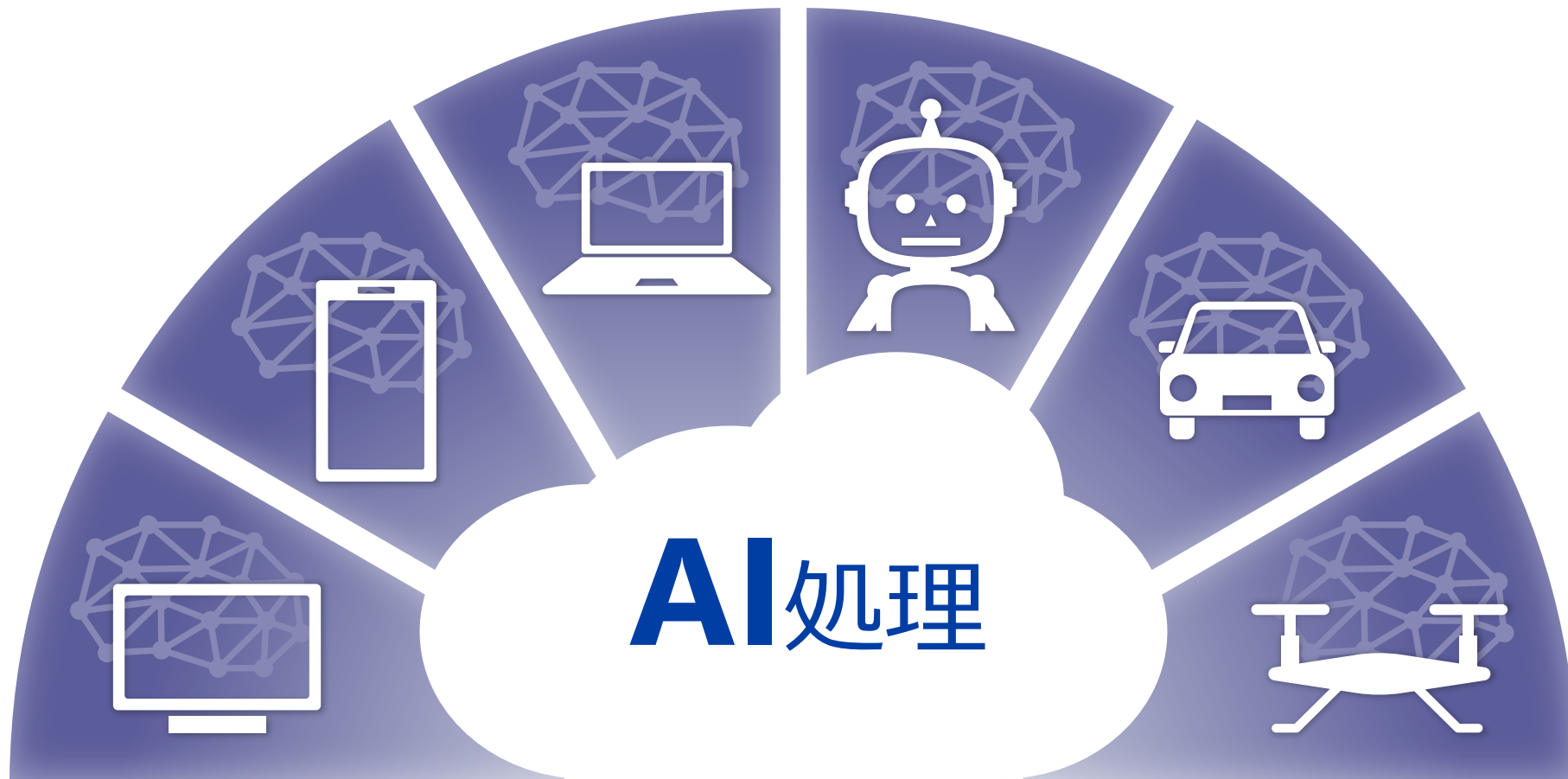
効率的に使う

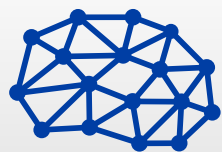




デジタル社会インフラ におけるAIとデータ

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



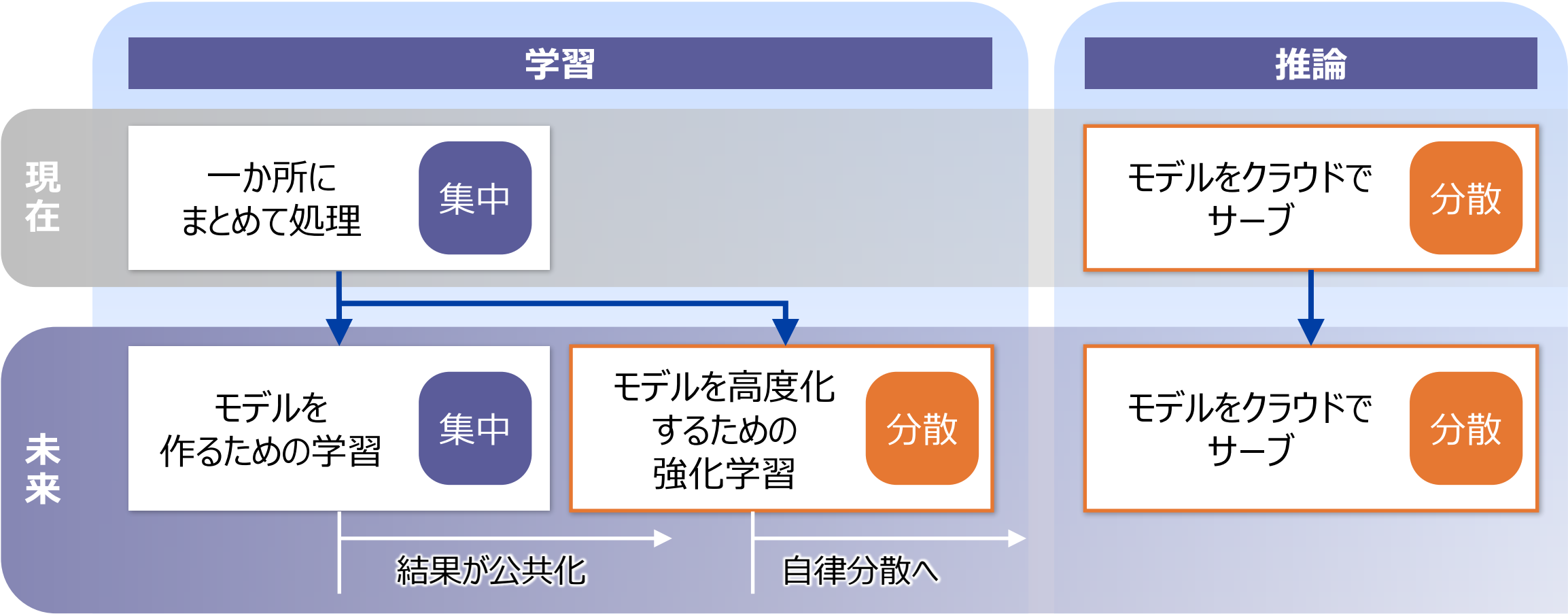
領域ごとに定義

局所的に計算がしやすくなる

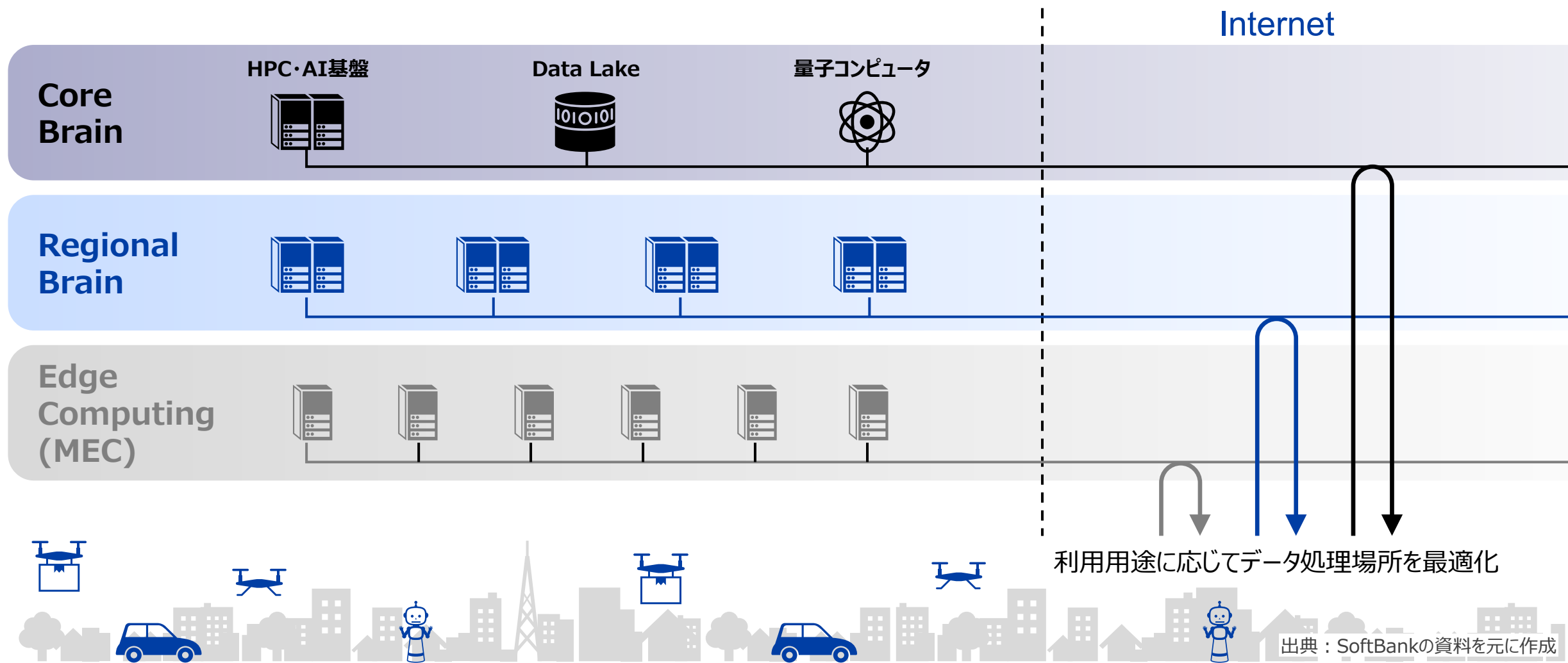


**目的別（領域別）のAIモデルが
自律分散的に発展していく可能性がある**

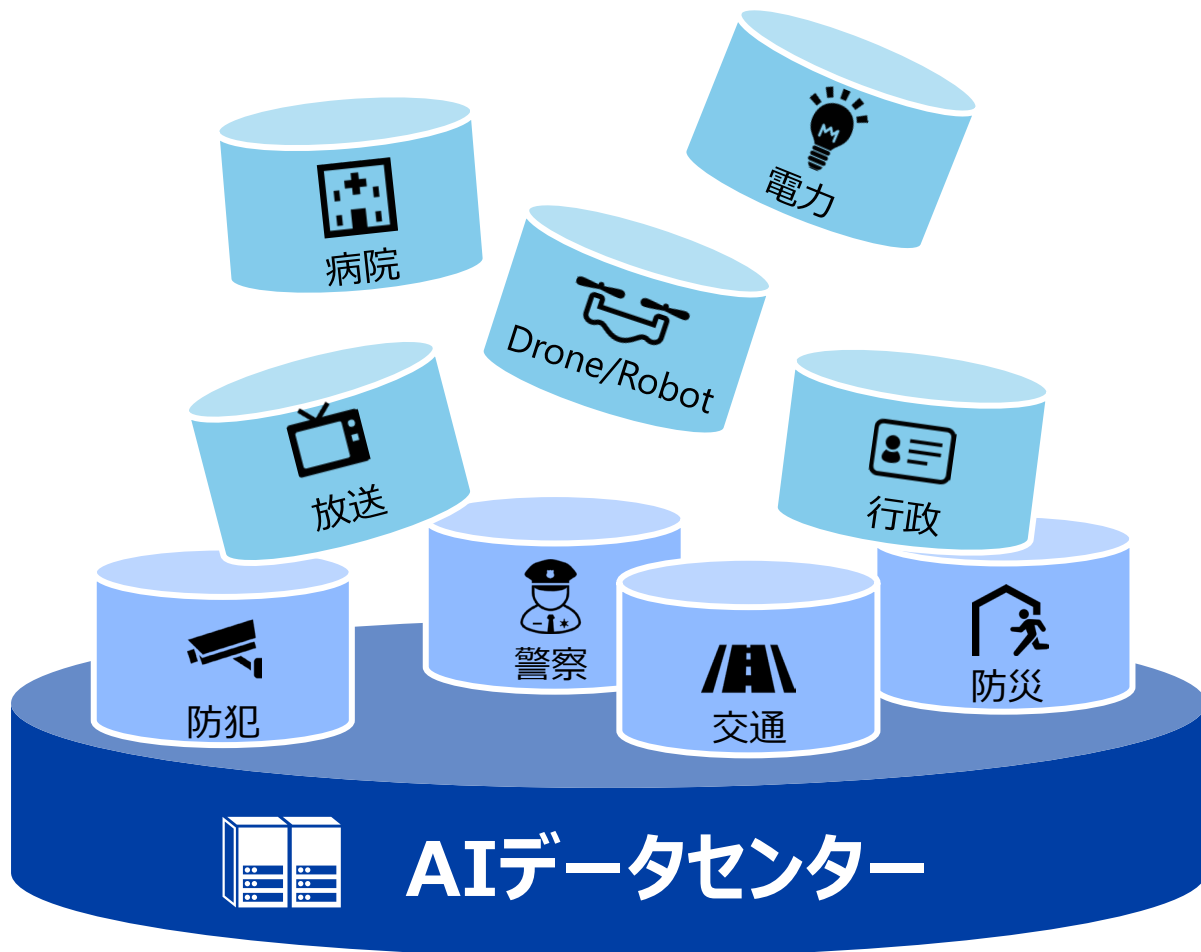
インターネットはAIを提供するのに十分なインフラを備える



WIDE Widely Integrated Distributed Network

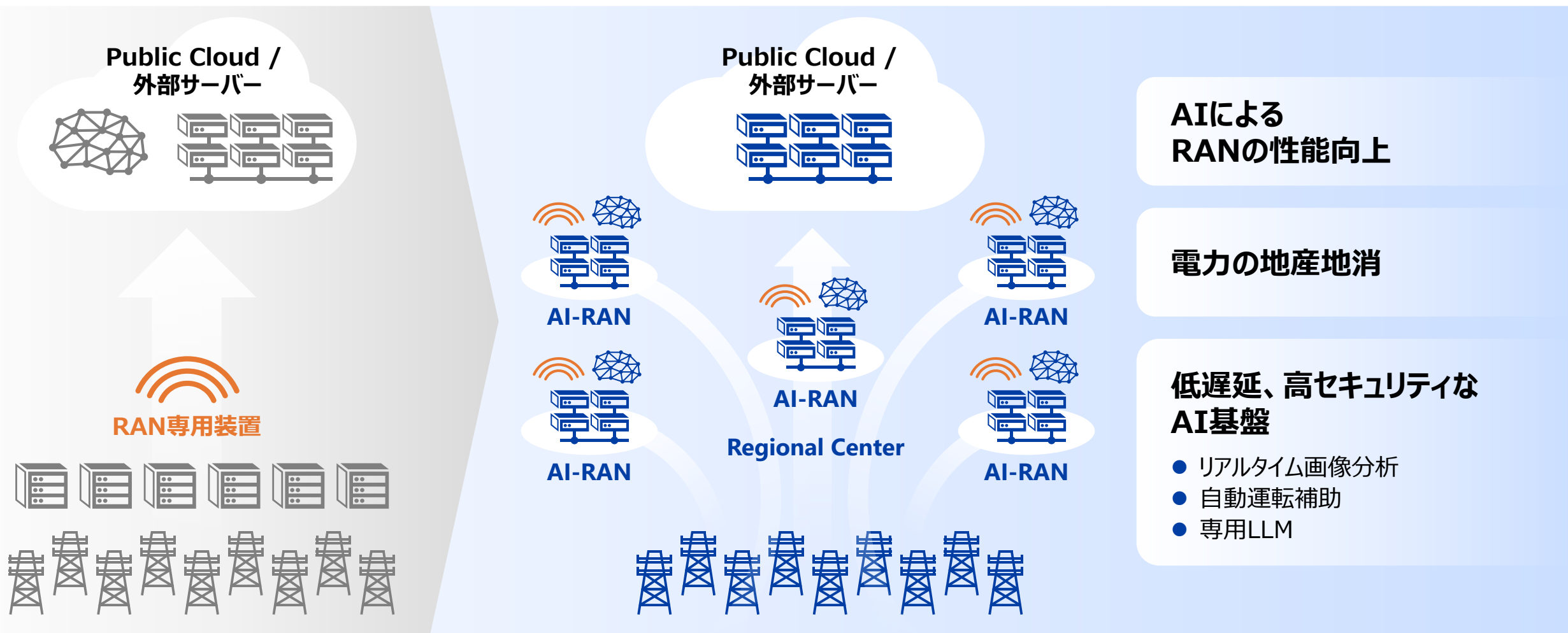


あらゆるサービスがAI化



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



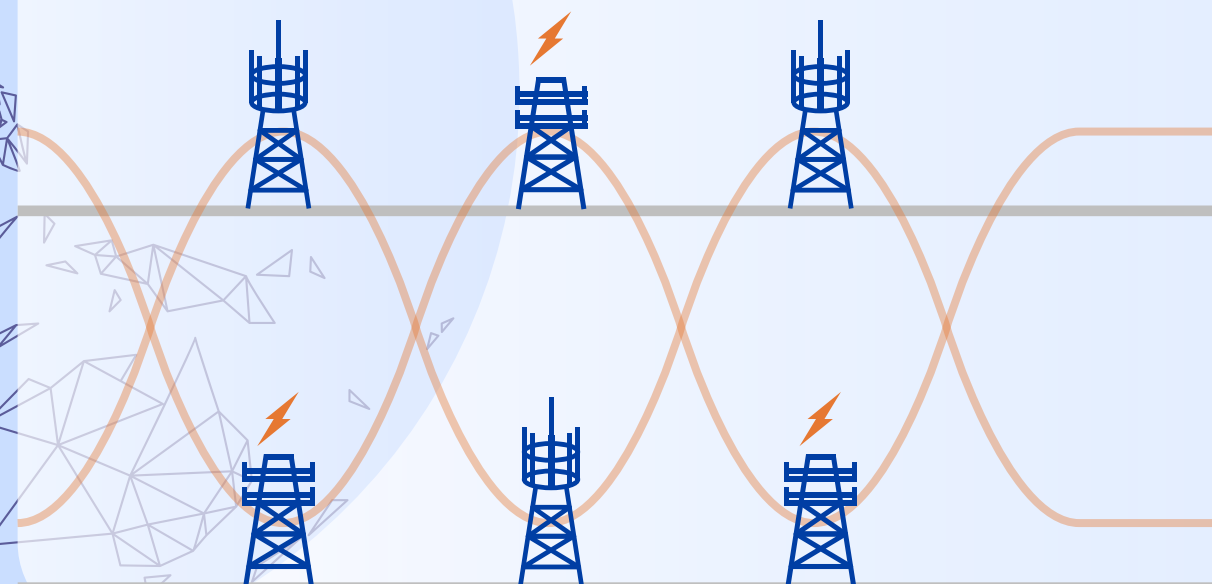
安全保障に関する情報共有と
知見の蓄積が必要



知見の蓄積

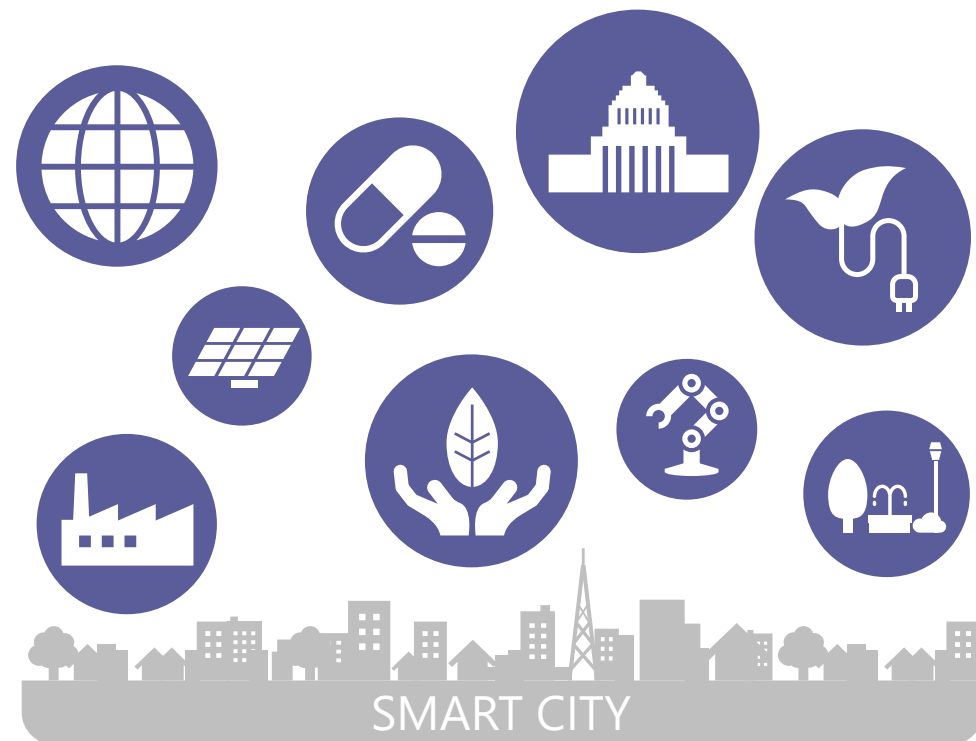
情報共有

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