



耐災害ICT研究シンポジウム2021  
～耐災害ICTからレジリエントICTに向けて～

# 電力と情報通信のネットワーク基盤融合 による超スマート社会の創出に向けて

尾辻 泰一

東北大学

電気通信研究所 電気通信研究機構

WEB Online, March 24, 2021.



# 発表の内容

- はじめに
- 社会・経済を取り巻く動向
- 超スマート社会 (Society5.0) の未来像と課題
- 電力と情報通信のネットワーク基盤融合
- むすび

# 発表の内容

- はじめに
- 社会・経済を取り巻く動向
- 超スマート社会 (Society5.0) の未来像と課題
- 電力と情報通信のネットワーク基盤融合
- むすび

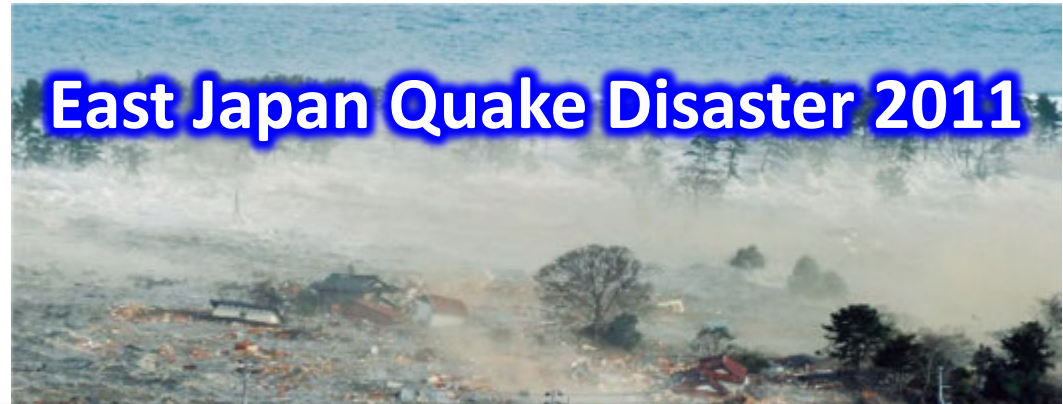
# 脱炭素化による地球温暖化抑止は喫緊の課題



  
Paylessimages/Afro

D. Lubin et al., Thomson Reuter 2017.

# 頻発する大規模災害と社会インフラの脆弱性



East Japan Quake Disaster 2011



Black-Out in Hokkaido 2018

**First Priority Urgent Issue is Drastic Reforms to Resilient & Sustainable Social**

**Infrastructure!**  
**Communication NV DOWN MAKES E-Power Outrage!!**  
**E-Power Outrage Cuts off Communication!!**



Power Outage in Chiba Due to Strong Down Burst in 2019



Broad Floods in Typhoon 19 in 2018

# 東日本大震災を契機とした東北大学の取り組み

## 災害復興新生研究機構を中核として

Priority Projects of the Institute

Tohoku University  
Reconstruction Action100



Research for reconstruction /  
regeneration of the region

Creation of comprehensive COE

IRIDeS: International Research institute  
of Disaster Science



Project for the Reconstruction of Community Health Care

Project for environmental energy

**Resilient ICT Reconstruction Project**



Tohoku Marine Science project

Radioactive Decontamination Project

Regional Industries Restoration Support Project

Industry University Collaboration Development Project for Reconstruction

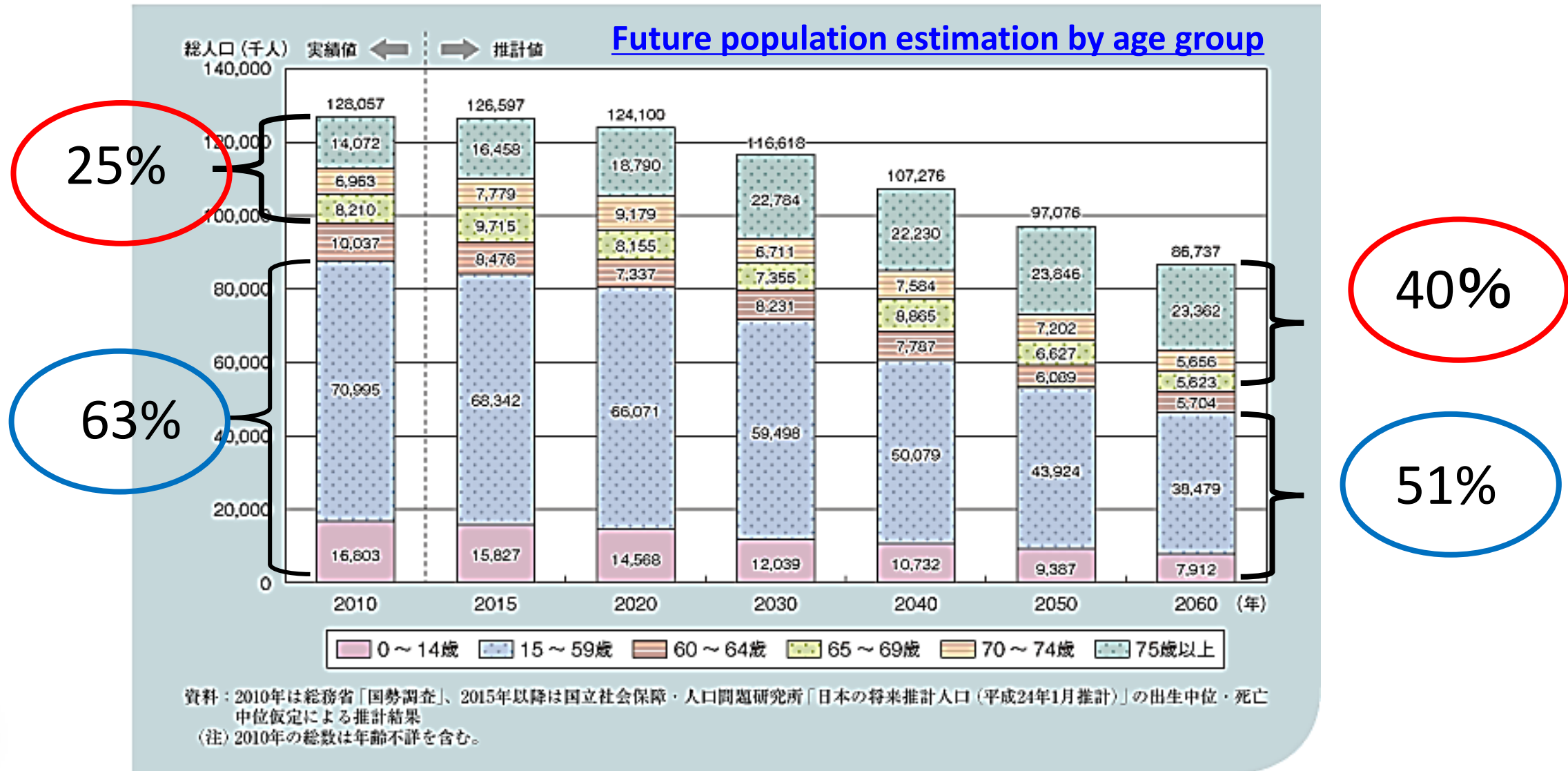


Regeneration of  
community-based society and life

World-leading advanced  
science and technology

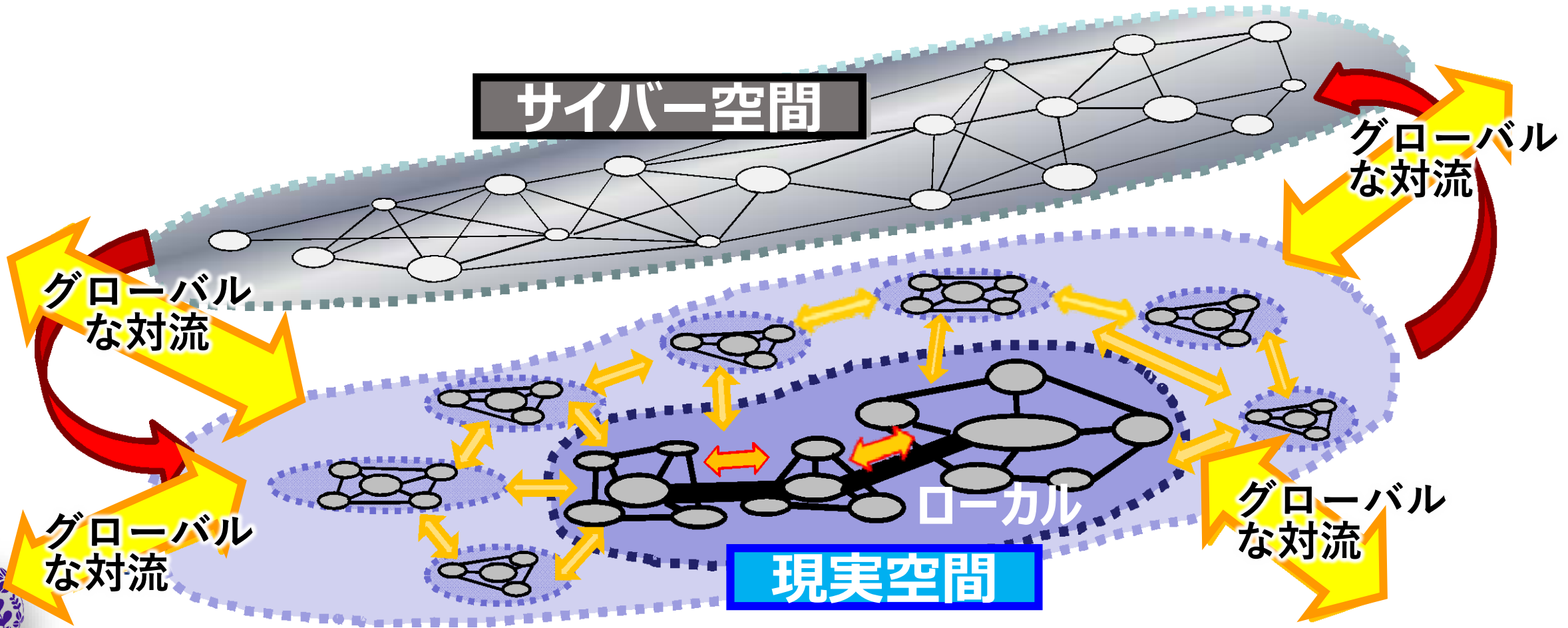
**Resilient ICT  
Research Center**

# 少子高齢化社会が加速する地域の過疎化



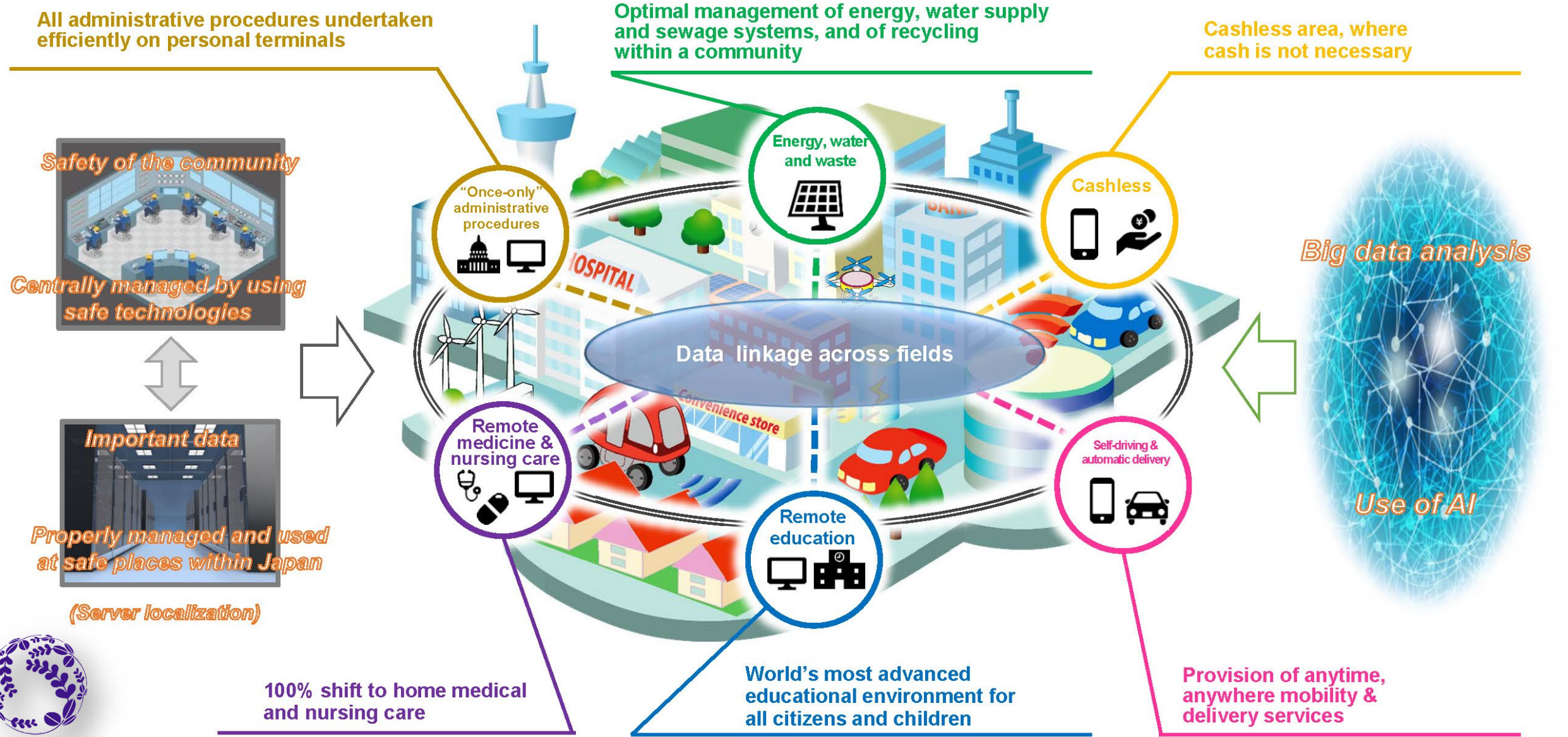
# 国土のグランドデザイン2050【国交省】

## キーワードはコンパクト+ネットワーク



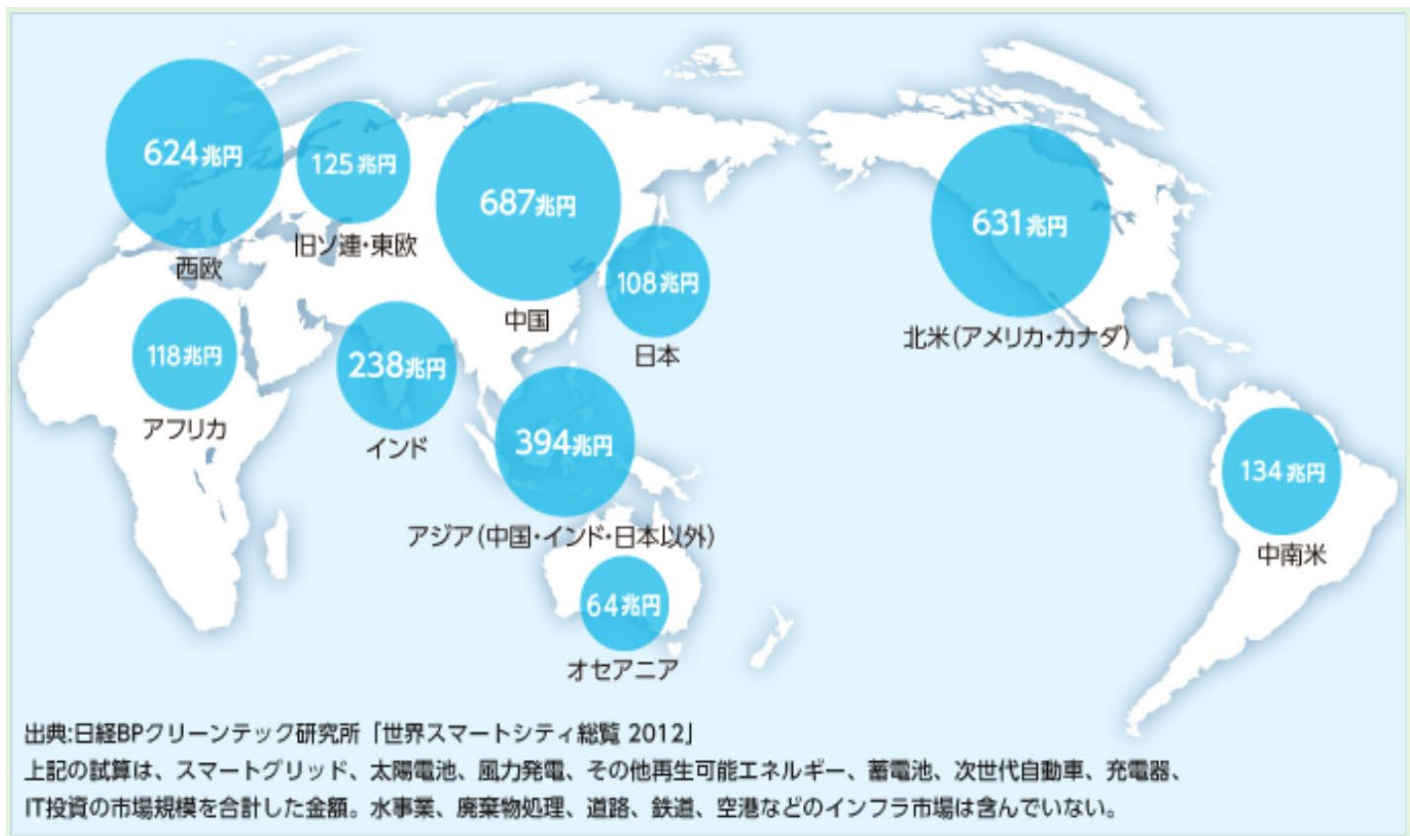
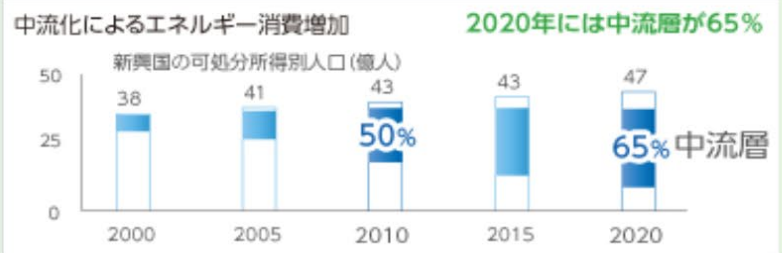
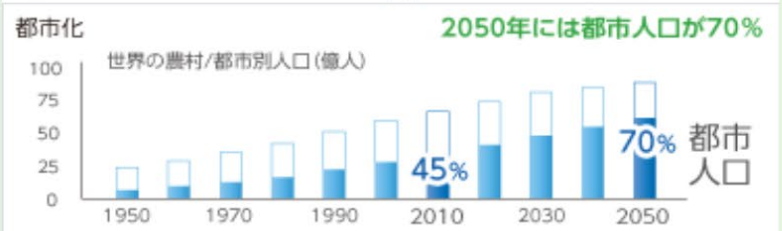


# スーパーシティ構想



# スマートシティの市場規模

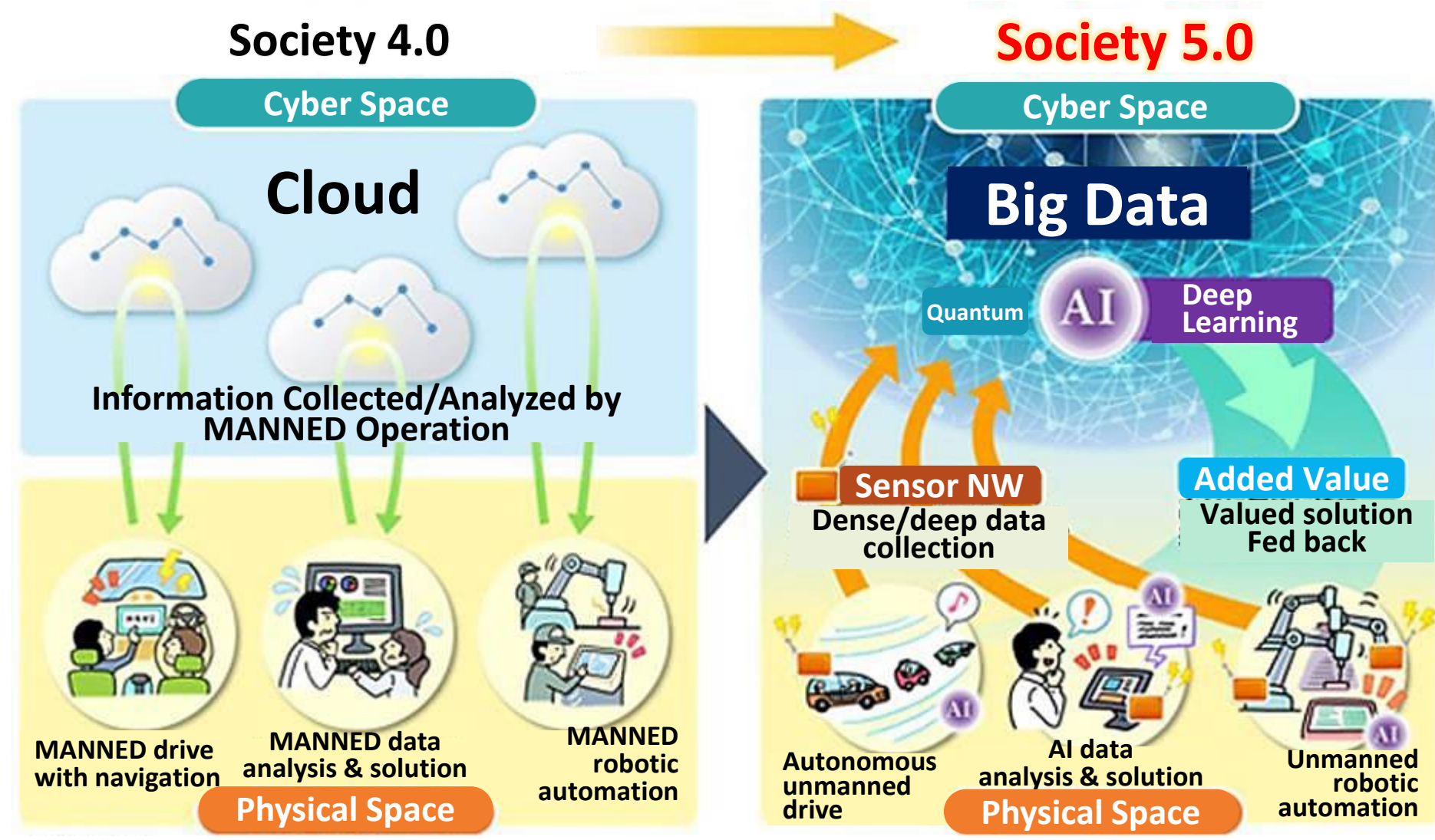
- 世界の人口は2011年に70億人を突破し、2050年には93億人を超えると予想。都市への人口流入が進み、都市部の人口が70%にも上るなど、都市化が進展。更に、新興国における中流化により、エネルギー消費が増加し、世界のエネルギー消費は今後爆発的に増加することが懸念（Smart city projectから抜粋）。
- 環境に配慮した低炭素都市への変革（スマートシティ化）が喫緊の課題。世界のスマートシティ市場は、2010年から2030年の20年間の累計で3100兆円の規模（日経BPグリーンテック研究所、日経産業新聞2010.9.28）にも達する巨大市場。世界各国はこの市場を自国の基幹産業として成長させるべく、最重要国家戦略として位置付けている（Smart city projectから抜粋）。
- スマートシティの中核となるエネルギー関連市場では、2010年から2030年の20年間の累計で、スマートグリッドの設備で約720兆円、EV等の次世代自動車で約310兆円、再エネで約380兆円。



# 発表の内容

- はじめに
- 社会・経済を取り巻く動向
- **超スマート社会 (Society5.0) の未来像と課題**
- 電力と情報通信のネットワーク基盤融合
- むすび

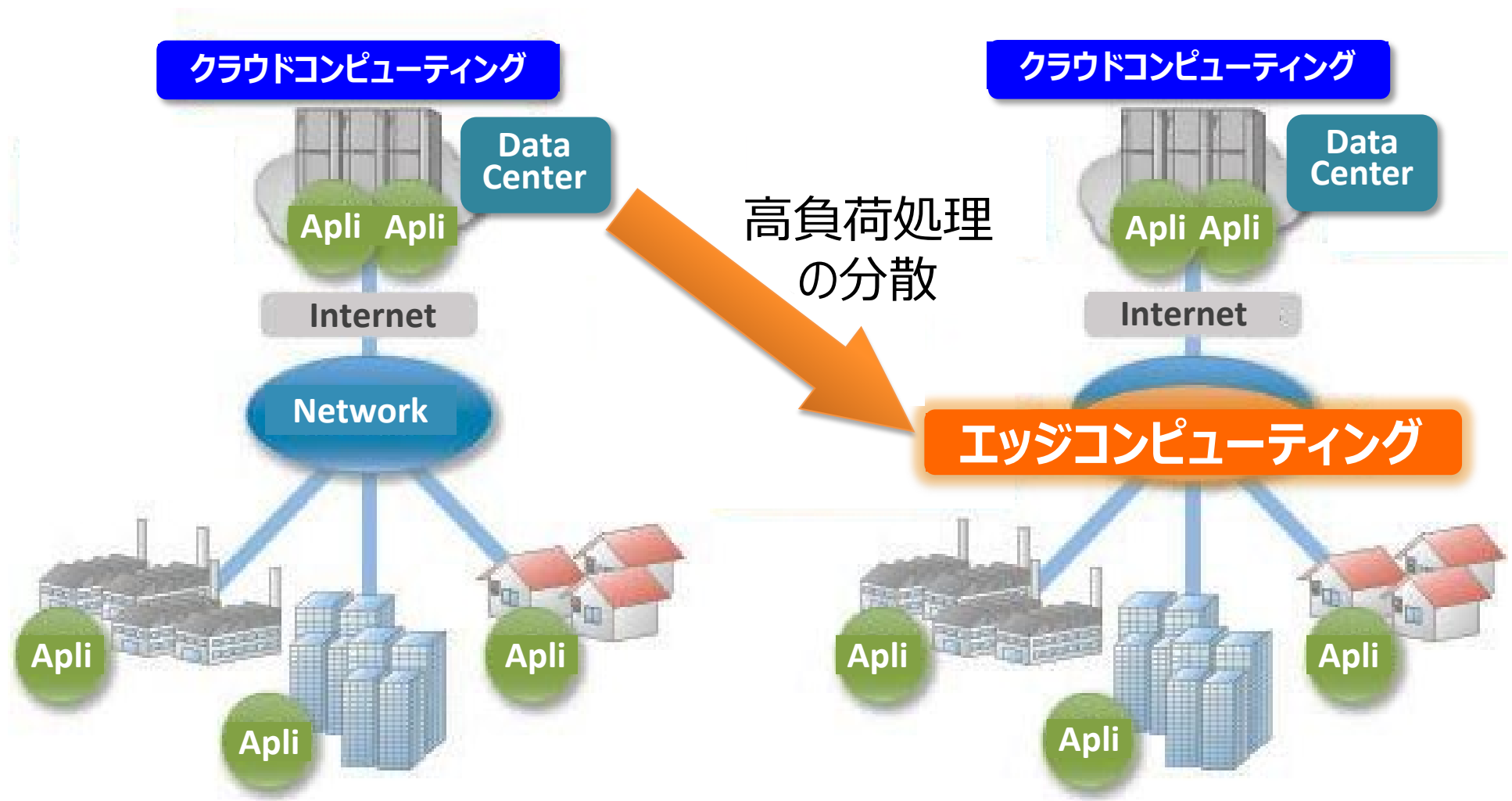
# 超スマート社会 (Society 5.0) とは



# CPS (Cyber Physical System) と デジタルツイン

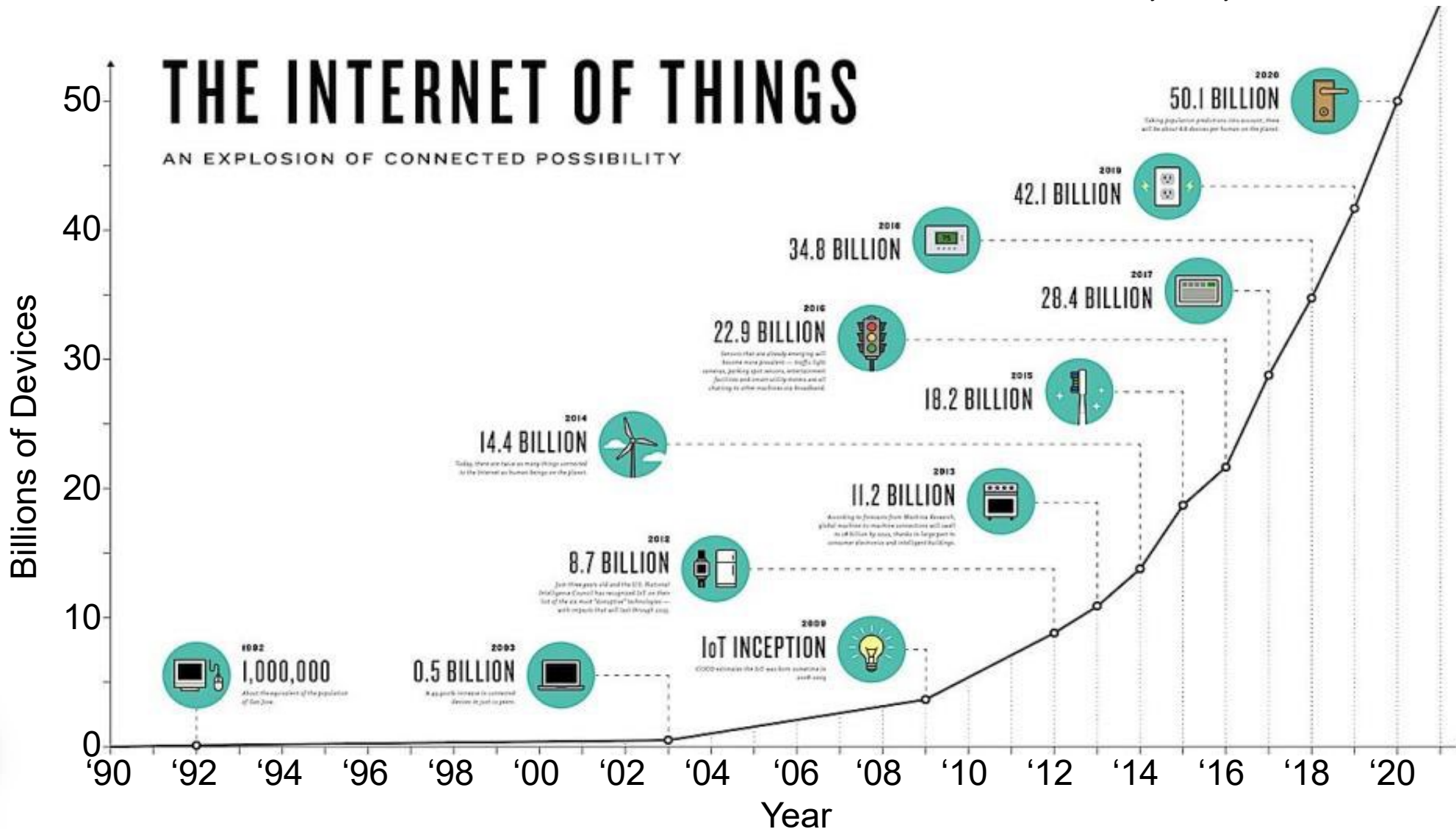


# 情報通信ネットワークの高度化と コンピューティング処理の超分散化



# 爆発的に増大するIoT機器数

Jim Harris on Twitter, "IoT's predicted to explode to 50 billion connected devices by 2020 profoundly changing the way society works," Jan. 2017.



# 6Gが拓く超スマートシティビジョンの例

<https://medium.com/@augusto.tomas/its-5g-it-s-6g-it-s-qq-the-quantum-generation-c65771042b08> Finland's 6G visions for 2030.

MACHINE LEARNING  
CYBER-SECURITY  
EDGE ANALYTICS  
SENSOR FUSION  
BLOCKCHAIN

**AUTONOMOUS HEALTH**  
BLOOD SAMPLE

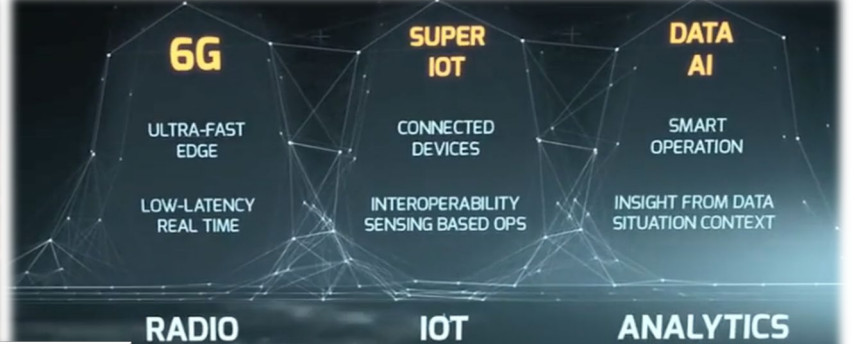
DATE	TEST	RESULT	UNIT	REF.	DATE	TEST	RESULT	UNIT	REF.
2024/1/15	HbA1c	5.8	%	5.7-6.4	2024/1/15	WBC	12,000	/mm <sup>3</sup>	4,800-10,800
2024/1/15	Glucose	100	mg/dL	70-100	2024/1/15	RBC	4.5	million/mm <sup>3</sup>	4.3-5.8
2024/1/15	Cholesterol	180	mg/dL	<200	2024/1/15	Hemoglobin	15	g/dL	12-16
2024/1/15	Triglycerides	150	mg/dL	<150	2024/1/15	Hematocrit	42	%	37-47
2024/1/15	Blood Pressure	120/80	mmHg	<120/80	2024/1/15	Platelets	250,000	/mm <sup>3</sup>	150,000-400,000

**SENSOR TO AI FUSION**  
AMBIENT SENSING INTELLIGENCE  
SCANNING HEALTH INDICATORS  
SMART CLOTHING AND ENVIRONMENT

VERIFYING SENDER IDENTITY  
**BIOMETRIC FACE SCAN**  
45%

CONTEXT  
MACHINE LEARNING  
CYBER-IDENTITY  
BIOMETRICS

**BIO-CYBERNETIC IDENTITY**  
IDENTITY CRITICAL SERVICE ARCHITECTURES  
SENSING BASED MACHINE LEARNING



WIRELESS INTERNET OF THINGS  
SYSTEM INTEROPERABILITY  
DATA PATTERNS ANALYTICS  
STREAM ANALYTICS

**AUTONOMOUS PORT**

**AUTONOMOUS LOGISTICS OF PEOPLE AND CARGO**  
SWARM-BASED OPERATIONS  
COLLABORATIVE MOBILITY



NOTIFICATION: REMOTE MEETING

MP 8 - 9 PM  
25 NOVEMBER 2024

**PERSONALIZED SURFACES**  
PRINTED ELECTRONICS FUSED WITH IOT AND WIRELESS SERVICES OFFERING CONTEXTUAL APPLICATIONS

DECLINE      ACCEPT

CONSENT MANAGEMENT  
CONTEXT PROCESSING  
EDGE COMPUTING  
SMART SURFACE



**MOBILITY AS A SERVICE**  
OBJECTS AND INFRASTRUCTURE COMMUNICATION  
AUTONOMOUS SAFETY MANAGEMENT  
LOGISTICS GUIDANCE

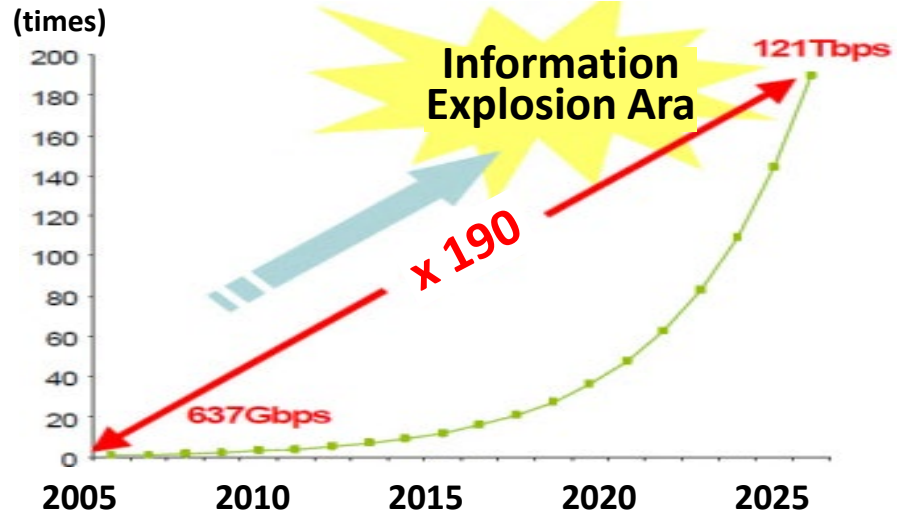
**SMART MATERIALS**  
PRINTED ELECTRONICS PRODUCTS  
CUSTOMIZABLE UIs AND SENSORS  
PERSONALIZATION

IN THIS BOTTLE  
MADE OF 100% BIODEGRADABLE  
WATER  
24%  
101%

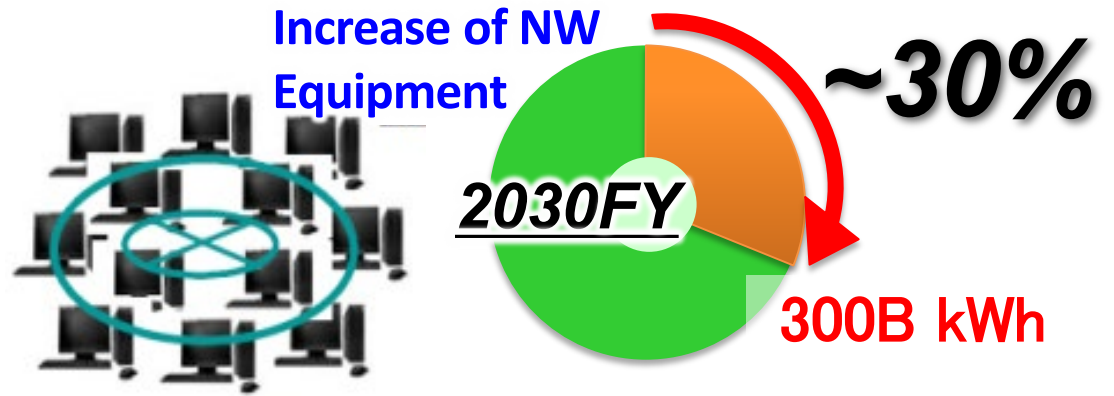


# 情報爆発とIT機器消費電力の増大

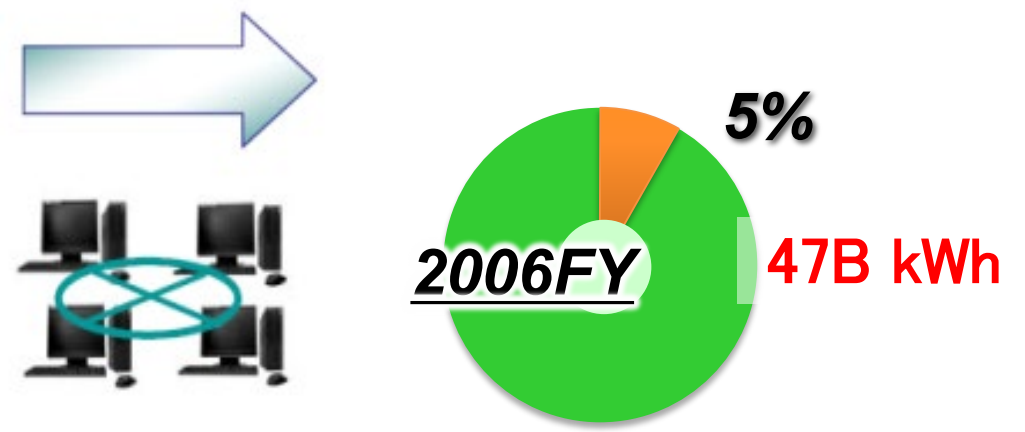
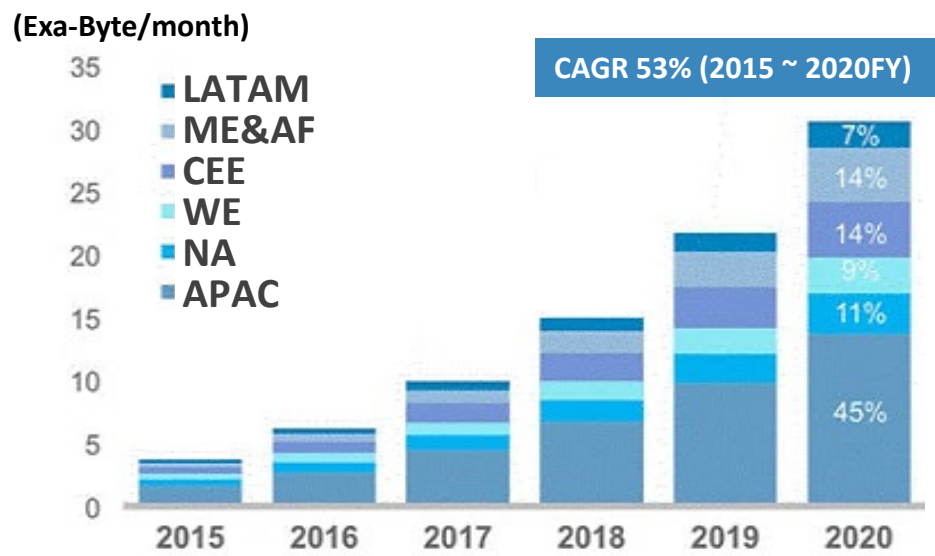
Domestic Internet Traffic



国内総発電量に占めるIT機器の割合



World Mobile Data Traffic

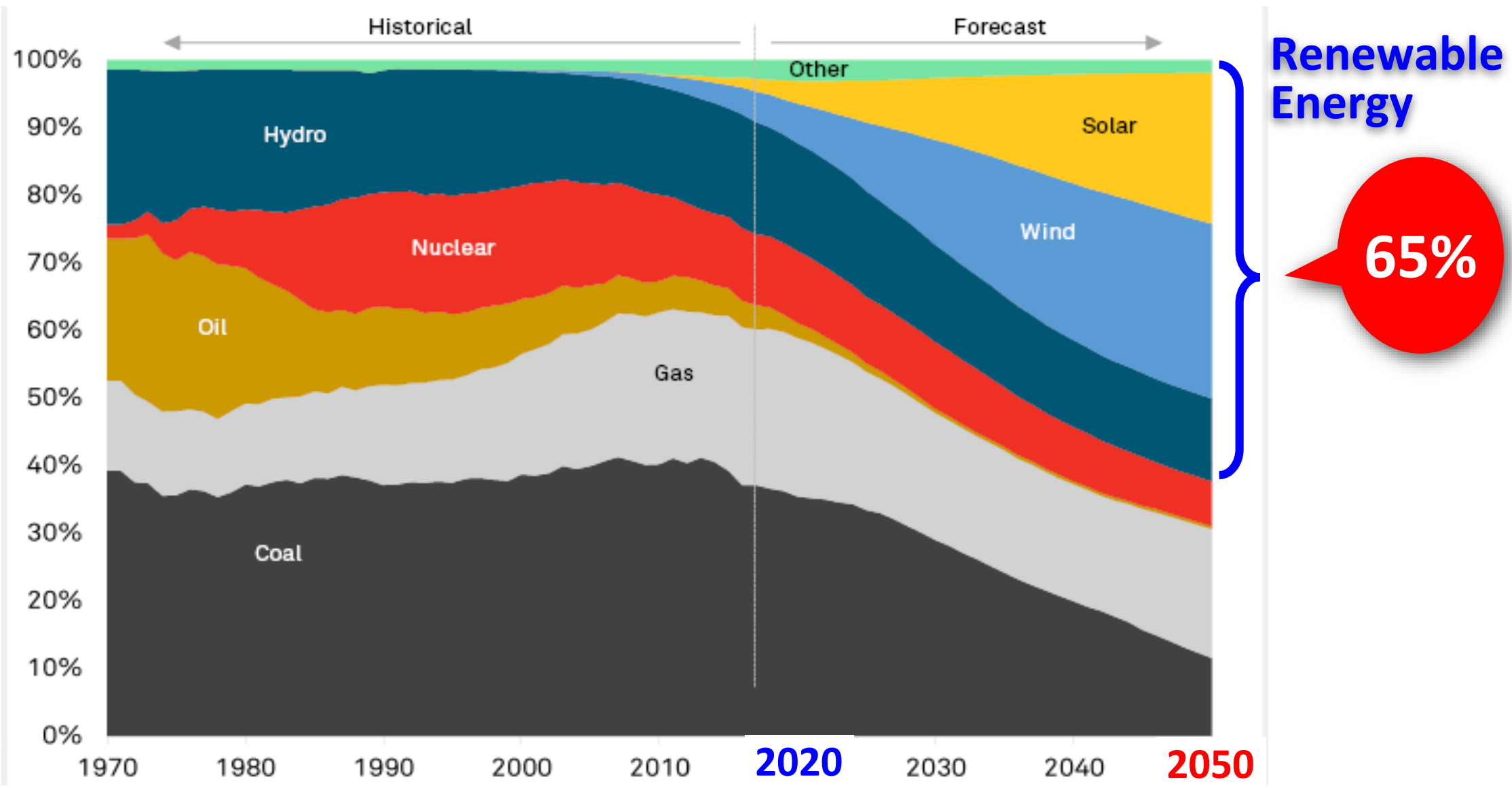


CAGR: Compound Annual Growth Rate.

(Courtesy: Cisco VNI Mobile, 2016.)

(Courtesy: METI, Green IT Initiative, 2008.)

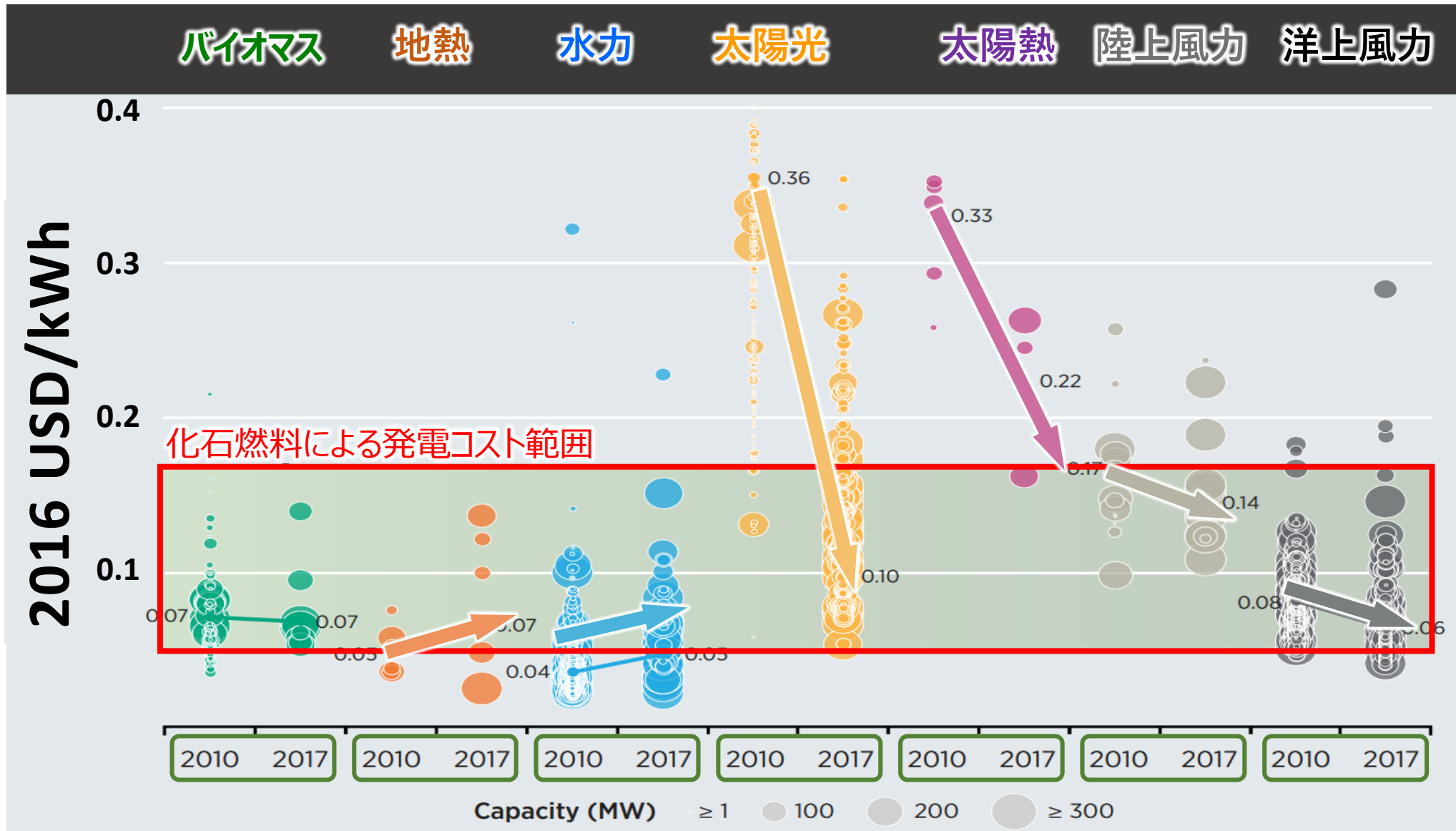
# 電力エネルギー資源は再生可能エネルギーが主役に！



(Source: Bloomberg NEF, Jun 18, 2019.)



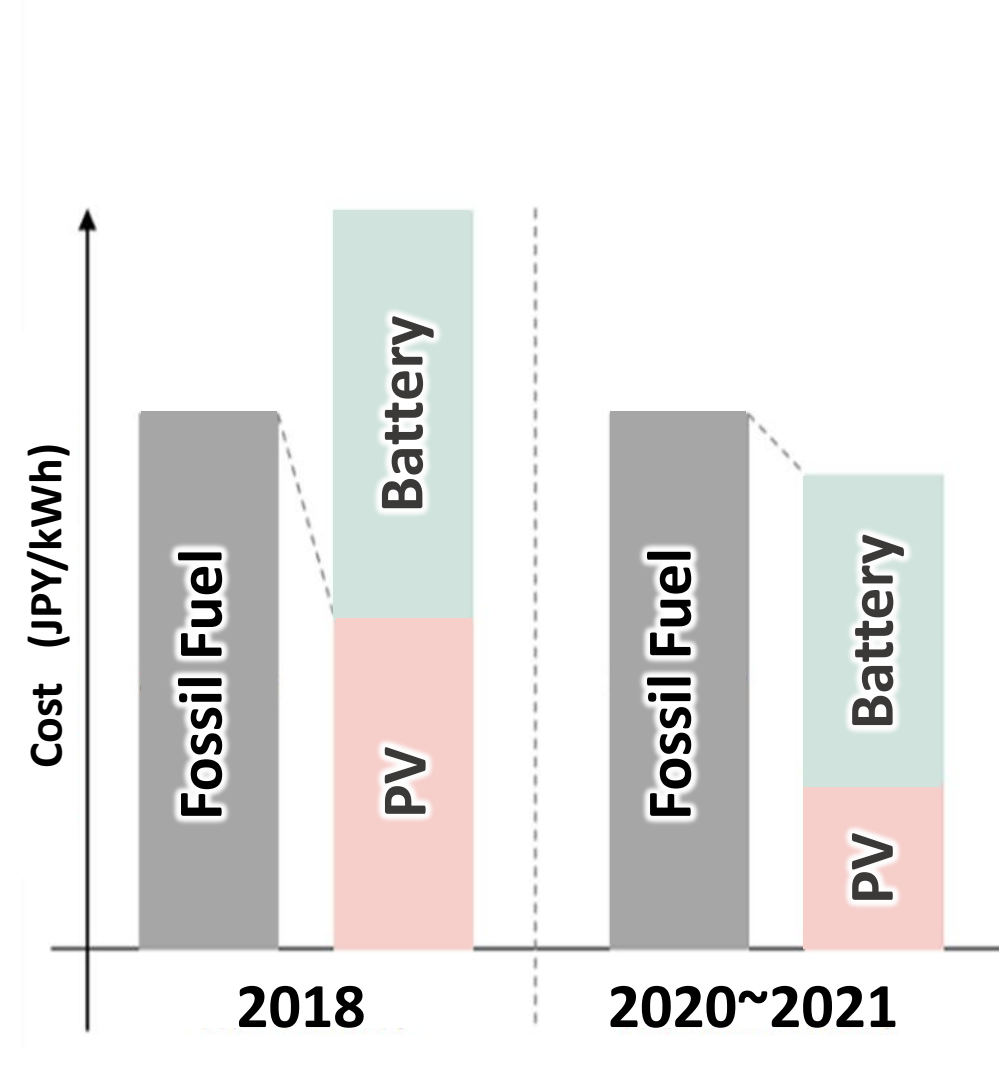
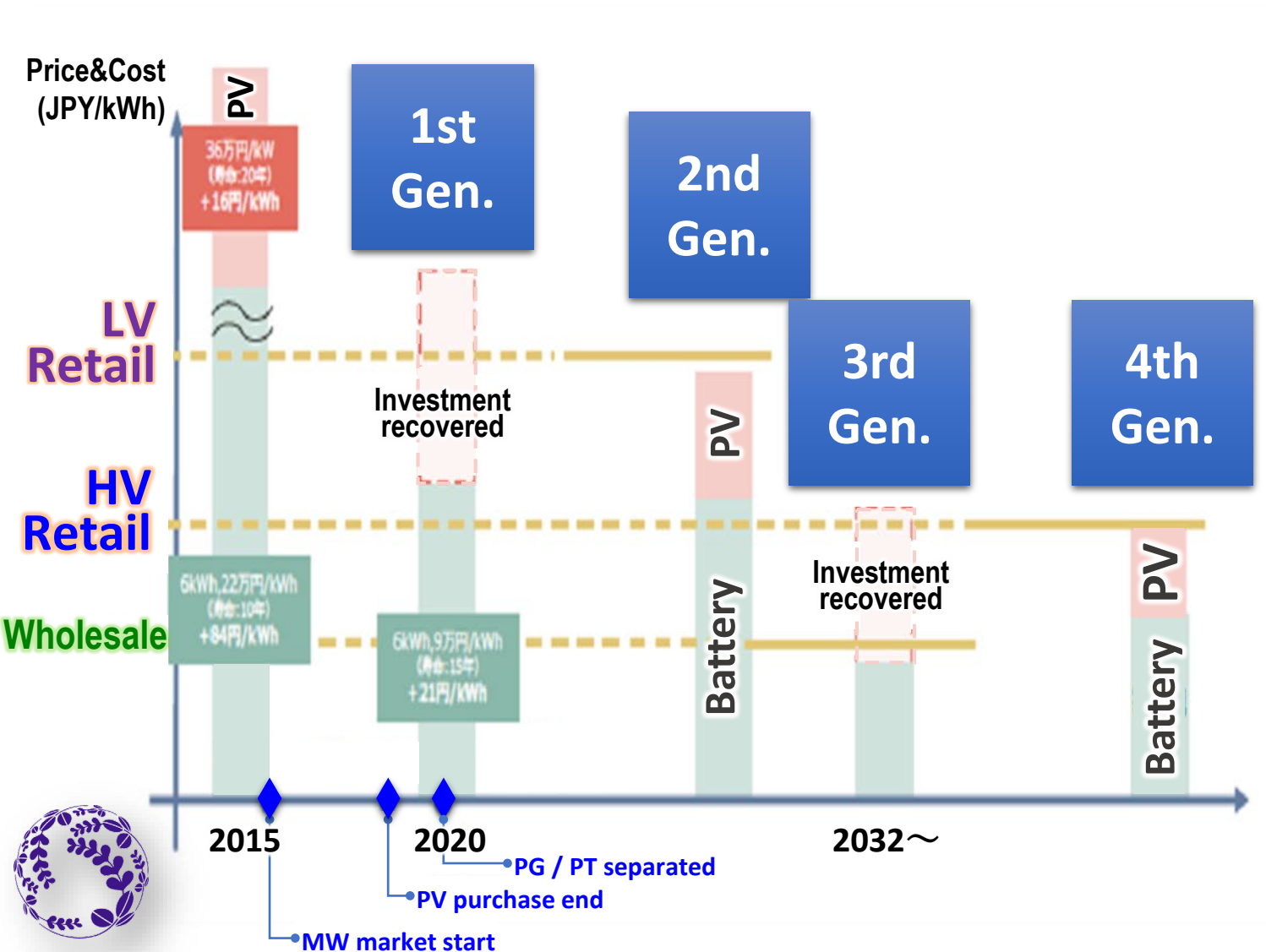
# 再生エネルギーの発電コスト



Courtesy: IRENA, Renewable Power Generation Costs in 2017.

# 蓄電池の損益分岐点

## ソーラーシミュラリティ & ストレージパリティ



(Courtesy: METI, ANRE Report, Feb. 28, 2018.)

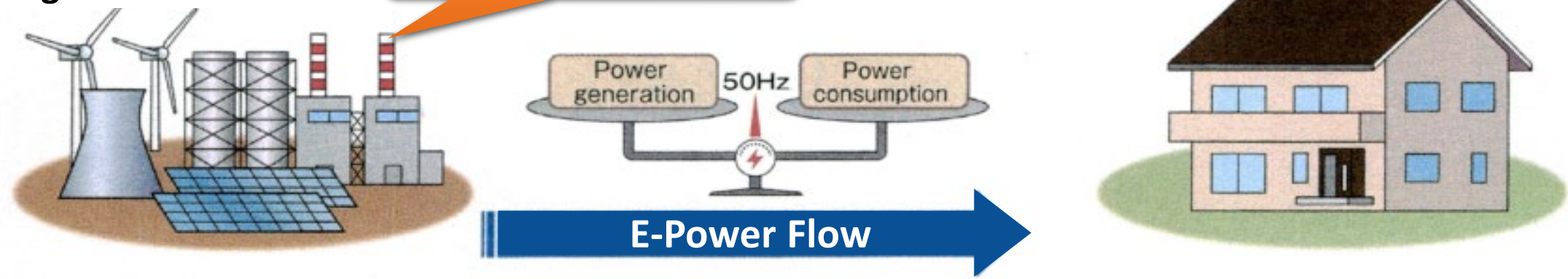
# レベル 1 電力システムから電力ネットワークへ

## 従来

Giga-Power Generation

Centralized Resources Control the Flow

E-Consumers



## 現在

Decentralized Consumers Controls Consumption

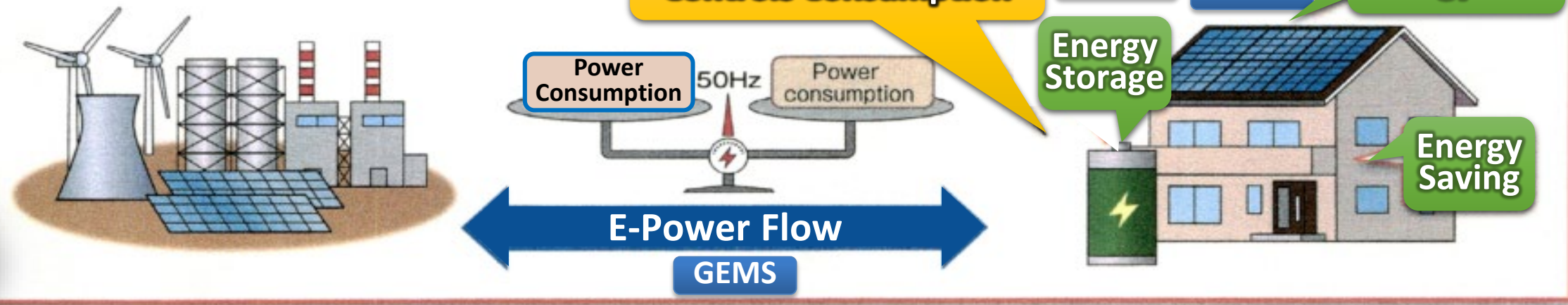
BEMS

HEMS

Renewable Energy Gen

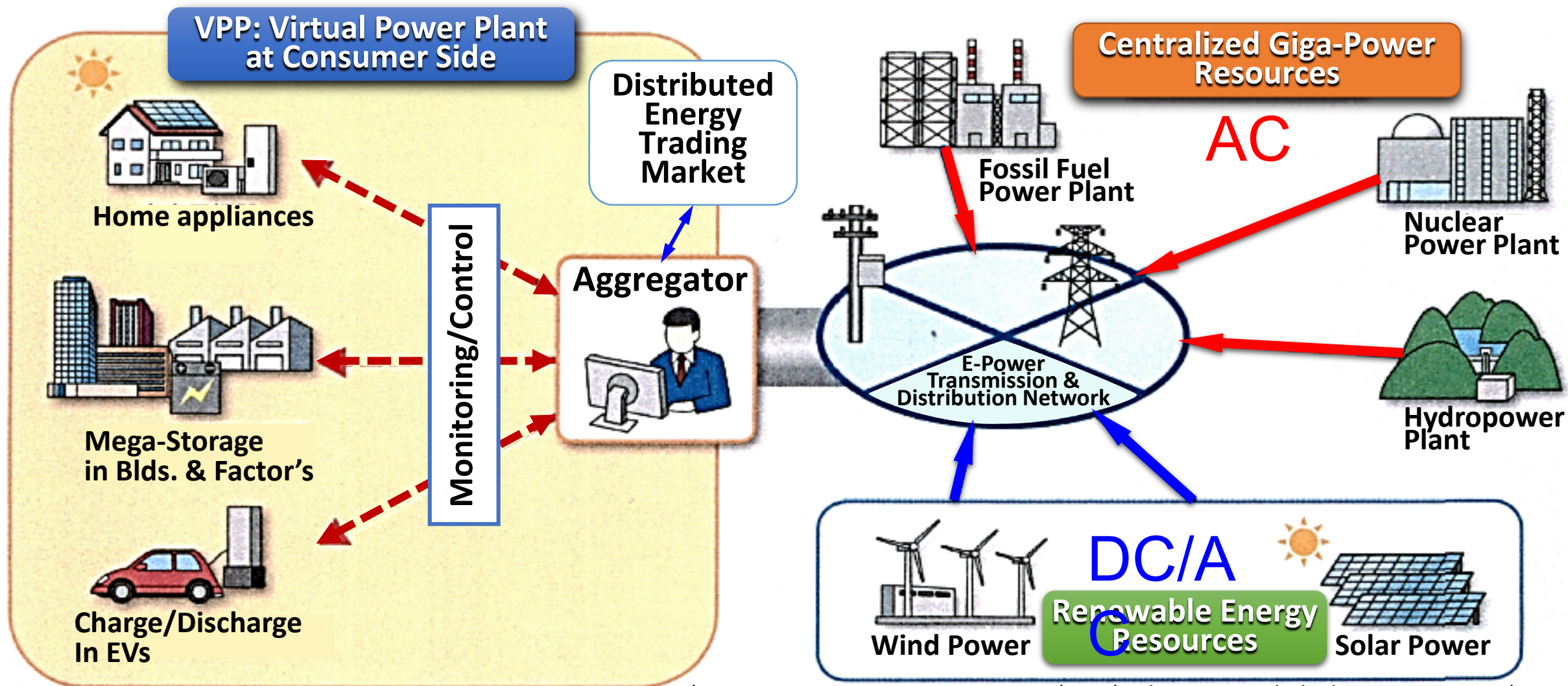
Energy Storage

Energy Saving



# VPP(仮想電力プラント)による電力ネットワークの限界

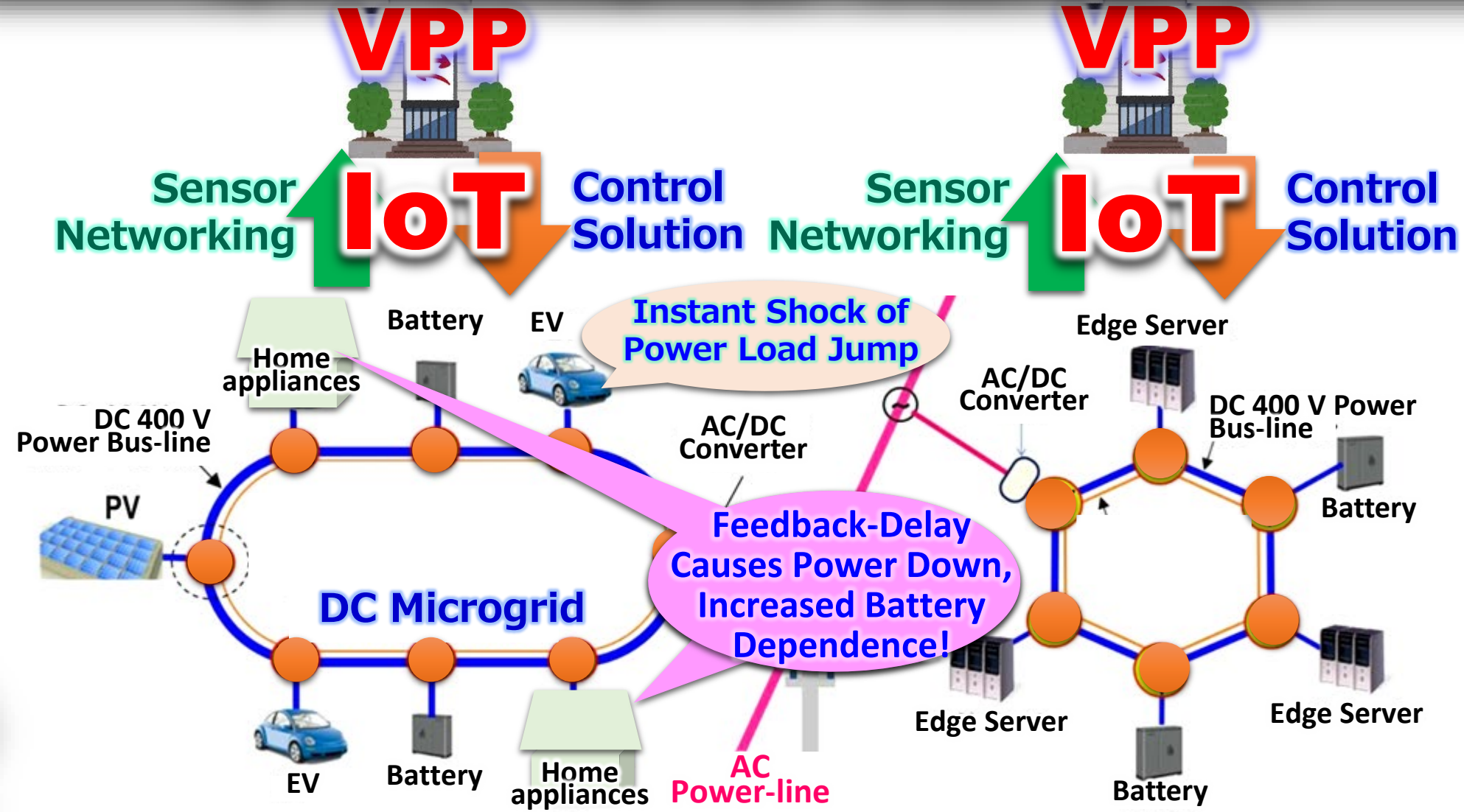
再生可能エネルギーの大量導入は極めて困難!!



(Courtesy: Matsumoto, OHM 104, 29 (2017); Okamoto, Denkishinbun, Nov. 6, 2017.)

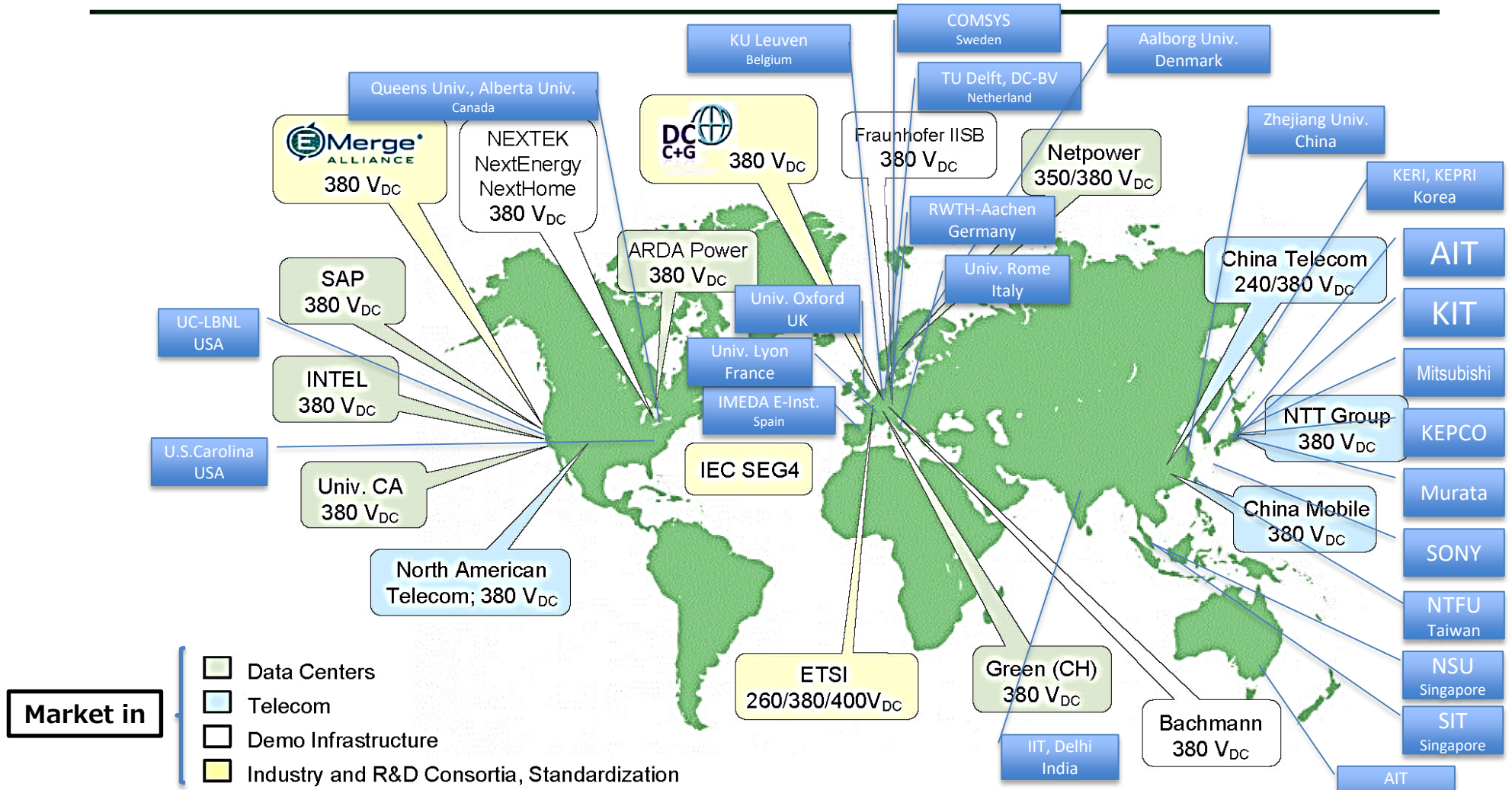
# レベル2 スマートグリッドへの期待と限界

ベストエフォート型IoTでは 急激な電力負荷変動に即応できない！  
スケジューリング管理によるサービス低下が顕在化！



# 世界のDCグリッド導入 & 実証事例

全ての事例がベストエフォート型のIoT制御に依存！



DC Microgrids Scoping Study, Los Alamos Laboratory, USA, 2015.3.  
 J. Kaiser, DC-microgrids worldwide, 2017. <http://www.iisb.fraunhofer.de/dc-grids>  
 The 3rd IEEE ICDCM 2019: Int. Conf. DC Microgrids, Matsue, Japan, May 20–23, 2019.

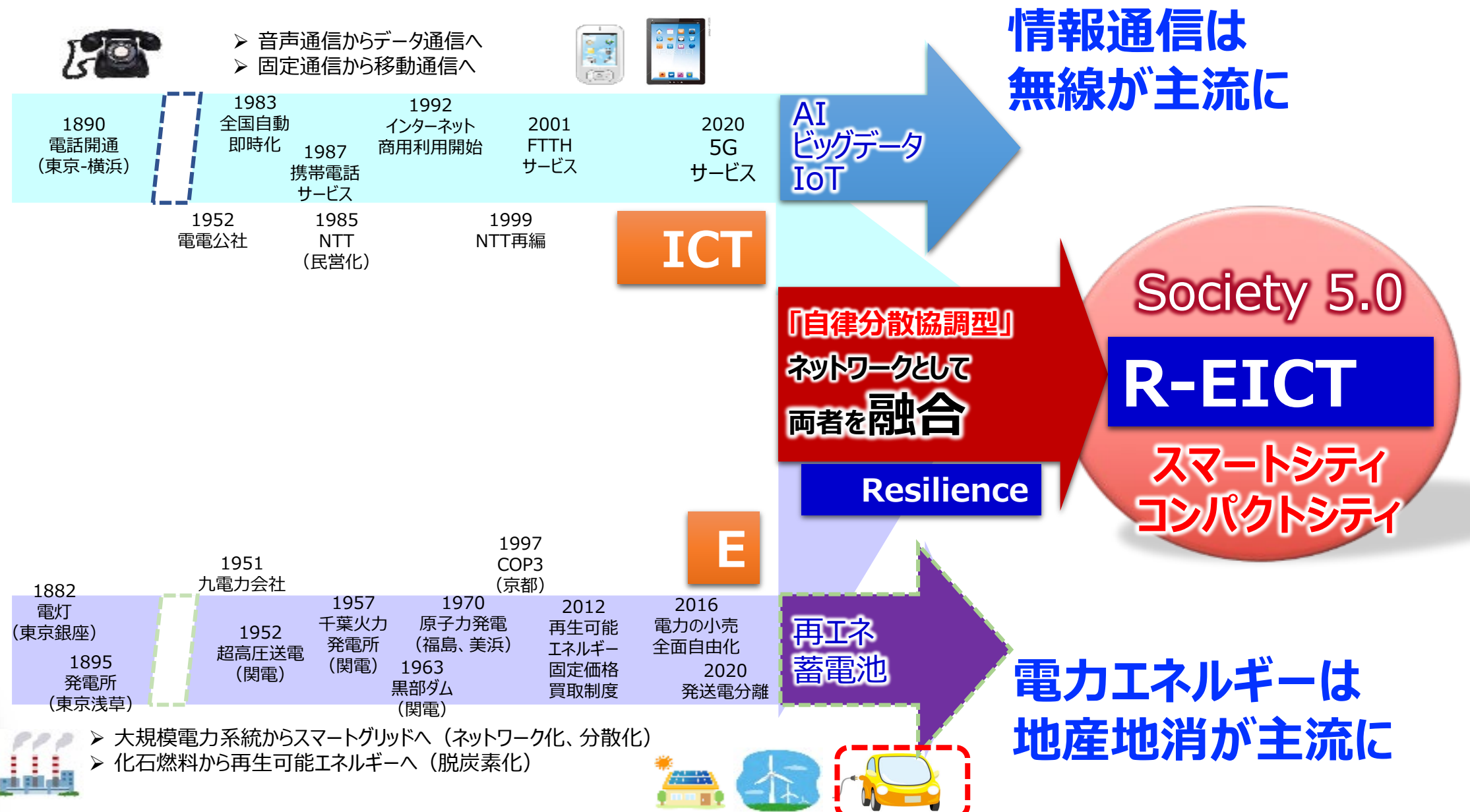




# 発表の内容

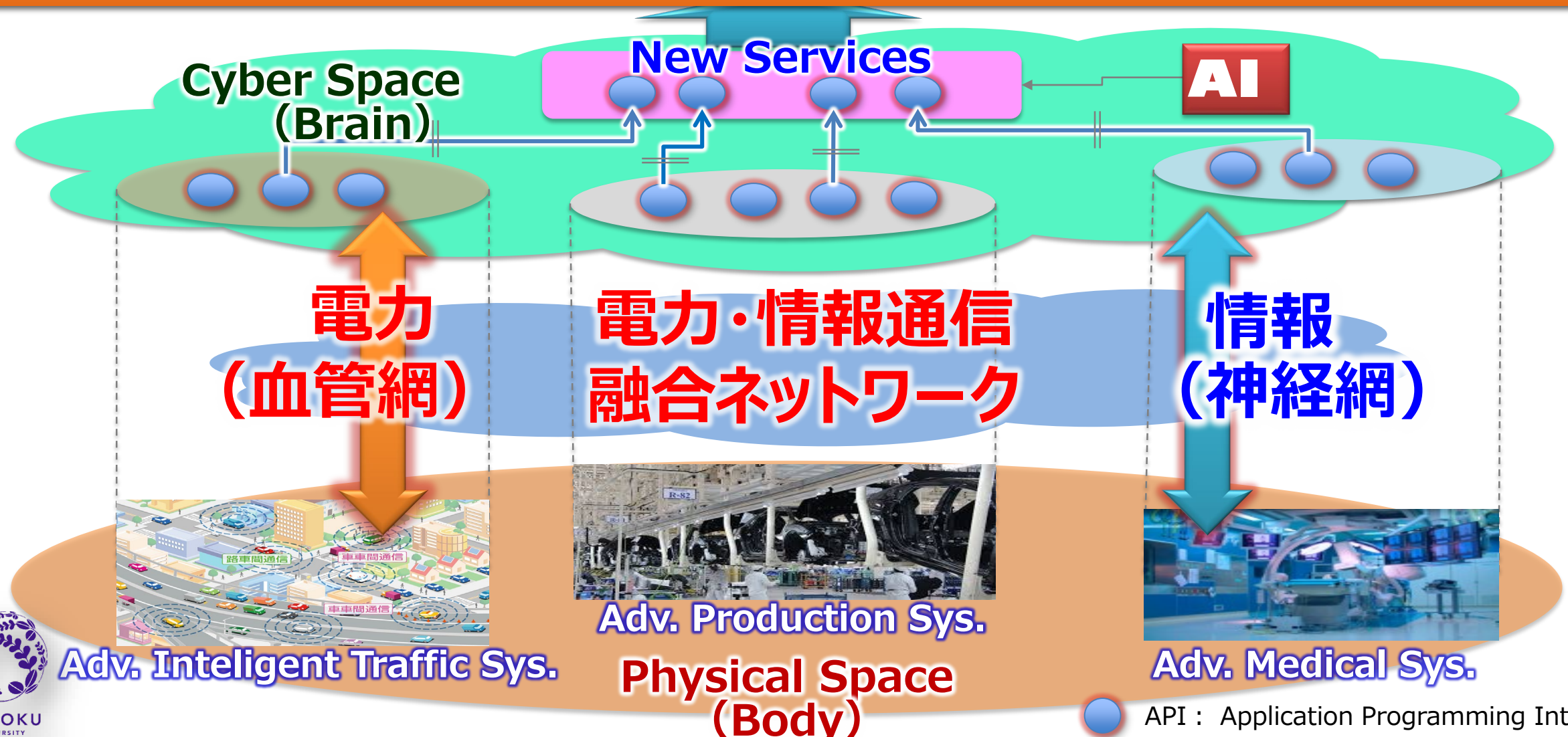
- はじめに
- 社会・経済を取り巻く動向
- 超スマート社会 (Society5.0) の未来像と課題
- **電力と情報通信のネットワーク基盤融合**
- むすび

# 電力と情報通信ネットワークの技術的潮流



# 電力と情報通信のネットワーク融合

## Resilient – Energy & Info. Comm. Technology



# R-EICT : レジリエント-Energy & ICT 新コンセプト

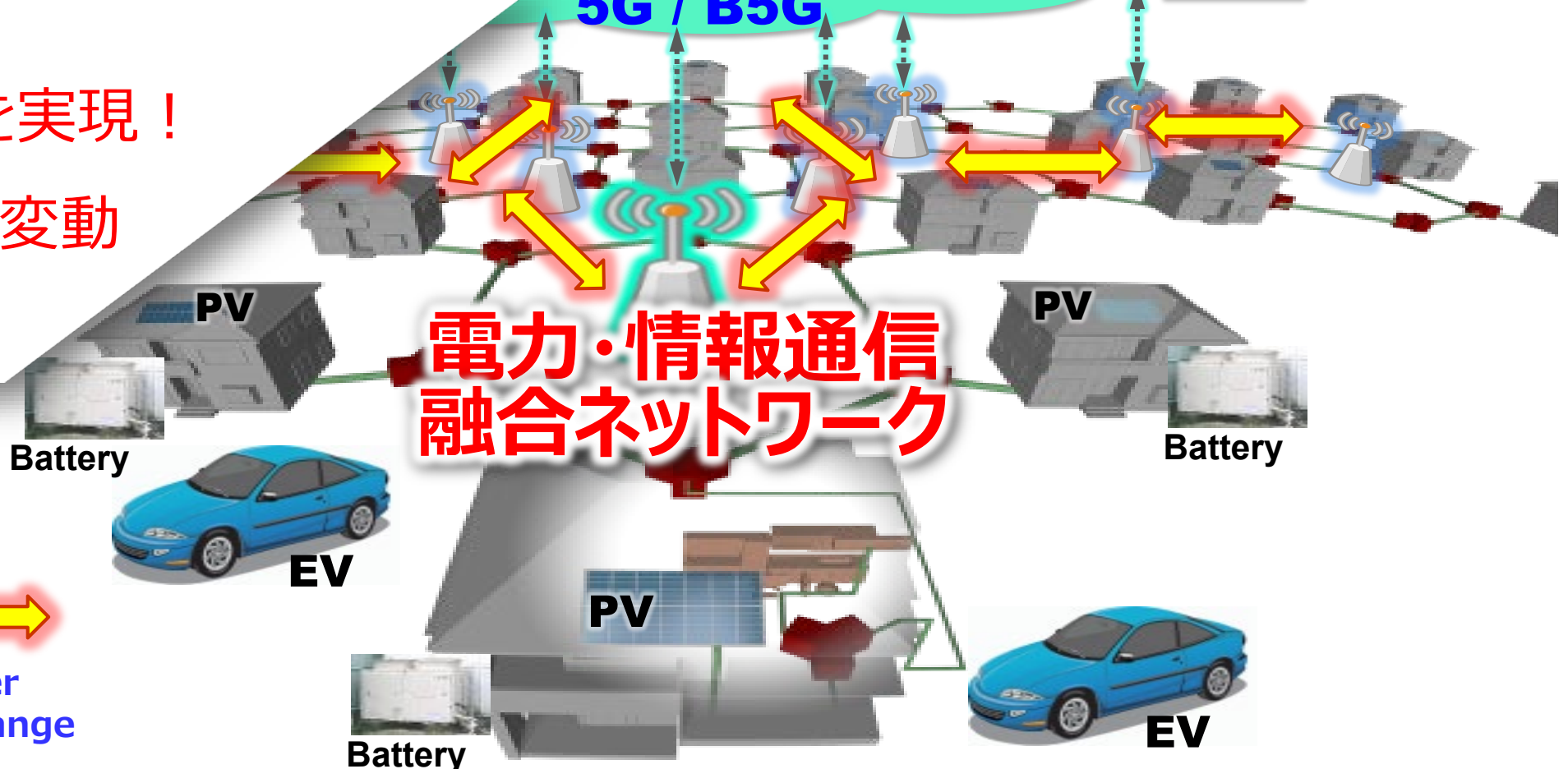
自律分散協調制御によるリアルタイム電力融通制御

モバイルエッジコンピューティング

AI

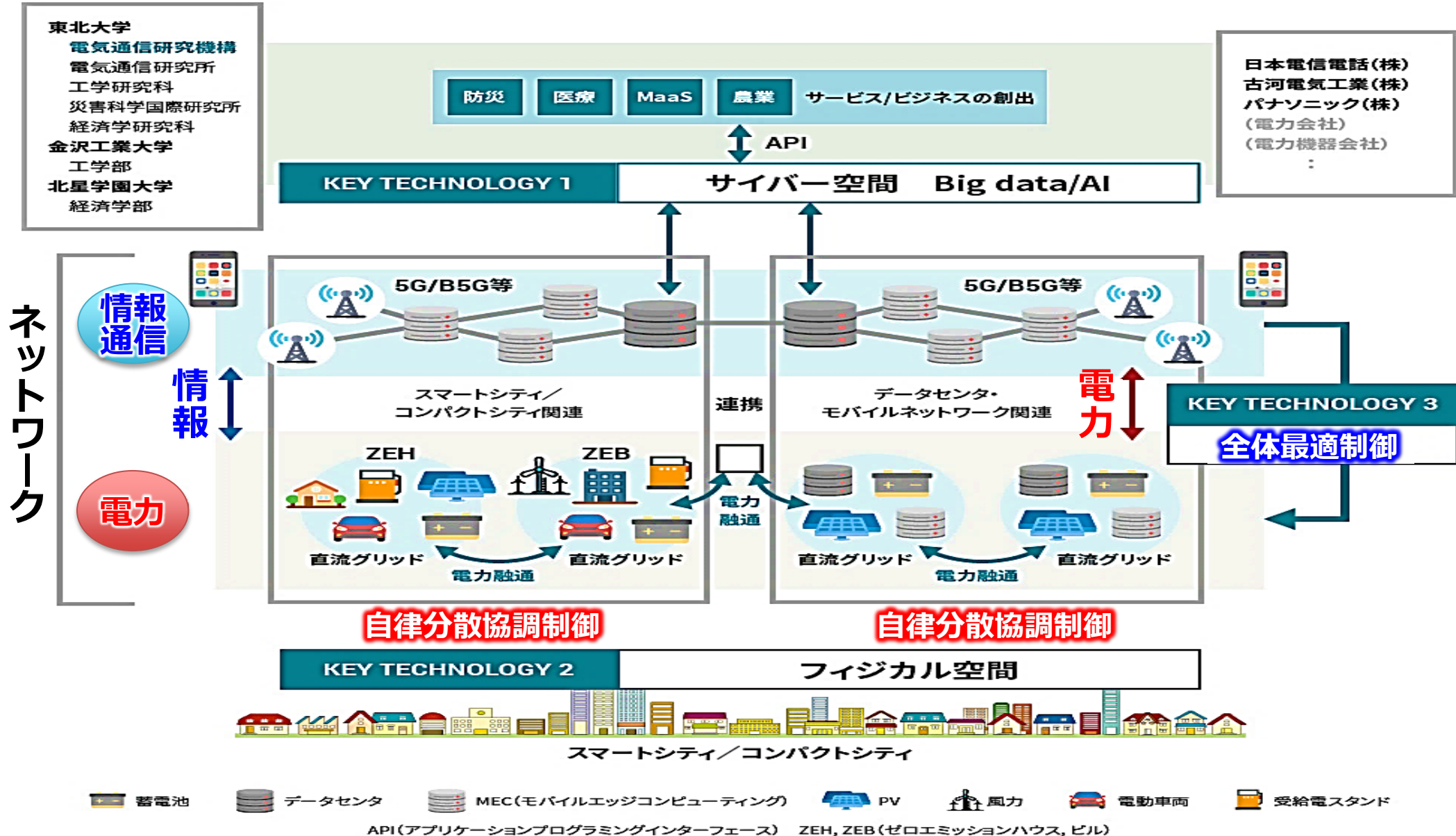
5G / B5G

5G, B5Gにより  
リアルタイム制御を実現！  
急激な電力負荷変動  
にも対応可能！



Power Interchange

# 自律分散協調型直流マイクログリッドの全体最適化を実現する電力・通信融合ネットワーク基盤技術の創出





# 自律分散協調型直流マイクログリッドの全体最適化を実現する 電力・通信融合ネットワーク基盤技術の創出



# OPERA



Program on Open Innovation Platform with Enterprises,  
Research Institute and Academia



<http://web.tohoku.ac.jp/opera/en/>

# 既存システムと本提案システムの比較

- 集中制御： すべてのサブシステムの状態を観測して、一箇所で制御。
- 自律分散協調制御： サブシステム自身はそれぞれの制御則に従って制御。すべてのサブシステムは近隣のサブシステムシステムの状態を共有し、近隣のサブシステムの状態に応じて、サブシステム自身の状態をその制御則に従って制御する。

	既存システム (集中制御)	本提案のシステム (自律分散協調制御)
拡張性	✗ システムを拡張するため、システム全体の稼働停止	○ 既存システムと並行して本システムを運用。本システムの拡張性を活かしながら、システム全体を止めることなく、サブシステムを導入
マイグレーション	✗ 新規システムへの移行のため、既存システム全体の稼働停止	○ 新システム導入は、システム全体を止めることなく、サブシステムを順次、新規のサブシステムに置換
耐障害性	✗ 故障対応のため、システム全体の稼働停止	○ システム全体を止めることなく、故障したサブシステムを修理
耐災害性	✗ 復旧のための臨時サブシステム導入のため、システム全体の稼働停止	○ システム全体を止めることなく、復旧のための臨時サブシステムを導入

# 電力通信融合社会インフラ技術の標準化戦略

## スマートシティ・防災都市標準化の核として

団体名		ISO	ITU	IEC	ISO/IEC JTC1
団体の位置づけ		<ul style="list-style-type: none"> <li>電気通信を除く全分野の標準化検討 (産業機械、自動車、環境負荷物質の測定方法、品質管理システムなど)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信分野の標準化検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気技術分野の標準化検討 (家庭用電気機器、蓄電池、半導体デバイスなど)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO、IEC共同での標準化検討 (ISO/IEC JTC1は、ISOとIECの第一合同技術委員会。情報技術分野の標準化を行うための組織)</li> </ul>
スマートシティ 関連標準	概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>サステナブルな都市のマネジメントシステムと、Smart community infrastructuresの要件を定義。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Internet of things and smart cities and communitiesとして、IoTの要素をスマートシティの要素と位置付け、情報通信の観点から国際標準が策定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>都市システムの統合、効率性、相互運用性を確保するため、電気工学の分野の標準を定義</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>スマートシティの体系的な構築を促進するために、スマートシティにおけるICTに焦点をあてたフレームワークや標準評価手法を策定。</li> </ul>
	検討組織 (議長)	<p><b>ISO/TC268</b> Mr Bernard Gindroz (仏) <b>ISO/TC268/SC 1 (インフラ)</b> 市川芳明 (日本)</p>	<p><b>ITU-T SG20</b> Nasser Saleh AL MARZOUQI (UAE)</p>	<p><b>IEC/SEG1 SyC*1 Smart Cities</b> Mr Michael John Mulquin (英)</p>	<p><b>ISO/IEC/JTC1 WG11</b> Mr Heng Quian (中)</p>
勧告	スマートシティに係るフレームワーク	<p><b>[ISO CD 37101]</b> サステナブルな都市のマネジメントシステム <b>[ISO CD 37156]</b> 都市におけるデータ流通のフレームワーク (ガイドライン) の位置づけ</p>	<p><b>[Y.4201]</b> スマートシティプラットフォーム(SCP)の要件と参照フレームワークを定義</p>	<p>[SyC Smart Cities/42/NP] 多様なスマートシティを比較するためのアーキテクチャとして "SCRA" (Smart Cities Reference Architecture) というアーキテクチャを定義。</p>	<p><b>[ISO/IEC CD 30145-1]</b> <b>[ISO/IEC CD 30145-2]</b> <b>[ISO/IEC CD 30145-3]</b> ビジネスプロセス、ナレッジマネジメント、エンジニアリングの3層のフレームワークを定義</p>
	スマートシティに関する指標	<p><b>[ISO/DIS 37122]</b> スマートシティの指標として、経済、教育、エネルギー等の20の項目を定義</p>	<p><b>[Y.4900]</b> スマートサステナブルシティ(SSC)におけるKPIを定義</p>	(記載なし)	<p><b>[ISO/IEC DIS 30146]</b> ICT活用のスマートシティ分類指標として「内容指標」と「機能指標」を定義</p>
	都市インフラに関する指標	<p><b>[ISO 37120]</b> 経済、環境、交通、都市計画、下水処理など17のテーマに分類された100の指標で都市を評価。</p>	<p><b>[Y.4900]</b> 水道、電気、交通など、都市の物理インフラに関わる11のテーマのKPIを定義</p>	(記載なし)	(記載なし)
	<b>セキュリティ・レジリエンスに関する指標</b>	<p><b>[ISO 22320:2013]</b> 社会セキュリティ緊急事態管理・危機対応 <b>[ISO 22319:2017]</b> コミュニティレジリエンス－自発的ボランティアの関与を計画 <b>[ISO 22395:TBR]</b> コミュニティレジリエンス－災害時要援護者対応</p>	(記載なし)	(記載なし)	(記載なし)



# 防災に関する国際標準化（防災ISO）への参加

- 今村文彦 東北大学災害科学国際研究所長（本OPERA担当者）がけん引。
- 防災ISO関連委員会に本OPERA関係者5名がオブザーバとして今年度より参画。

事業名；  
Smart Community Infrastructure 活用  
した防災に関する国際標準化

- 経済産業省 戦略的国際標準化加速事業（産業基盤分野に係る国際標準開発活動）
- 一般財団法人日本規格協会
- 令和2年3月公募  
[https://webdesk.jsa.or.jp/pdf/dev/md\\_4833.pdf](https://webdesk.jsa.or.jp/pdf/dev/md_4833.pdf)
- 令和2年から3年間の実施予定

## 2. 防災ISO関連委員会（特に、タスクグループTG）

SWG1 概念規格\*

三菱総合研究所

SWG2 地震計規格

SWG3 個別規格2

SWG4 個別規格3

SWG5 個別規格4

SWG6 個別規格5

SWG7 個別規格6

外注

東北大学  
災害科学国際研究所  
(全体統括)

事務局

TG1 運営TG

TG2 起草TG

TG3 広報・地域連携TG

TG4 国際連携TG

- ✓ TG1（運営TG）：全体運営企画・調整
- ✓ TG2（起草TG）：各委員会や国際会議での提出資料の起草・準備
- ✓ TG3（広報・地域連携TG）：メディアなどを通じて、広報活動を推進し、本事業の目的や内容の理解向上を図る。
- ✓ TG4（国際連携TG）：国連防災機関などの関係のある国際機関との連携を図る
- ✓ 概念委員会事務局：委員会等の運営事務

\*\* 全てをTC268/SC1で扱うのではなく、中身によって他の適切なISO Committeeにて日本主導で規格化。

（出展：今村文彦所長、BOSAI-TECH事業ウェビナー説明会資料より）

# DCグリッドのスケールラビリティと技術開発ロードマップ

OPERA → Post-OPERA

2020

2025

2030

2035

2040

2045

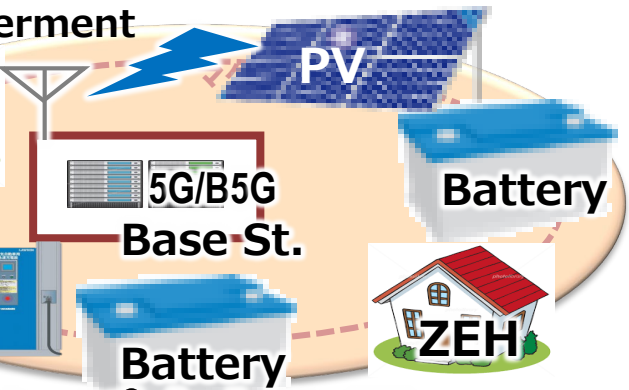


ZEB

Local Government



ZEH



PV

5G/B5G Base St.

Battery

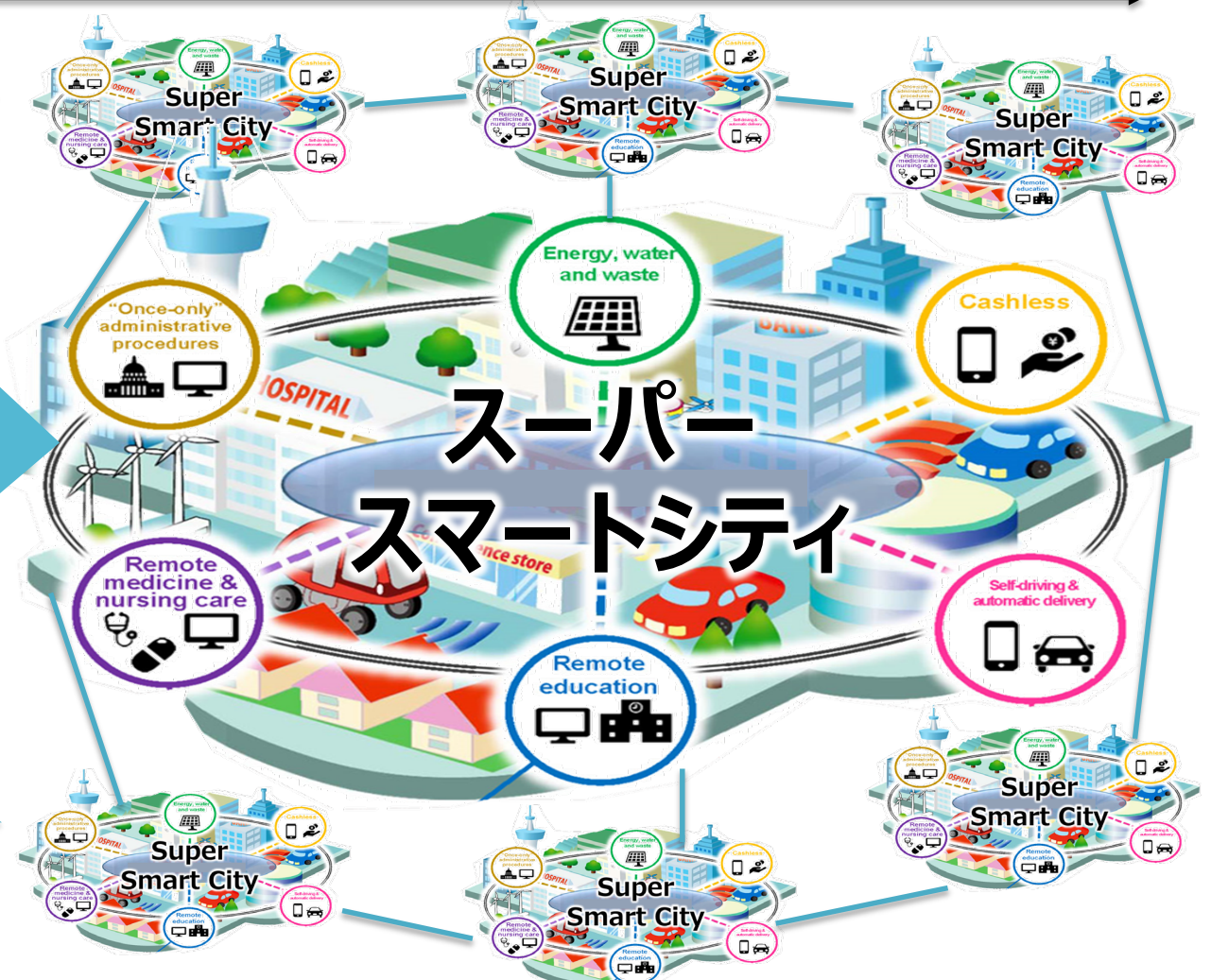
Battery



ZEH

コンパクトシティ

データセンター



Super Smart City

Super Smart City

Super Smart City

スーパー  
スマートシティ

Energy, water and waste

"Once-only" administrative procedures

Cashless

Remote medicine & nursing care

Remote education

Self-driving & automatic delivery

Super Smart City

Super Smart City

Super Smart City



# 産学協力・共創の新しい潮流



独立行政法人  
**JSPS** 日本学術振興会  
Japan Society for the Promotion of Science

電力通信ネットワーク融合研究開発専門委員会

Home

Objective

Committee

Materials

JSPS

日本学術振興会

E-Power & IC Network Convergence towards Super Smart Society

「電力と情報通信のネットワーク基盤の融合による超スマート社会」

Research & Development Committee

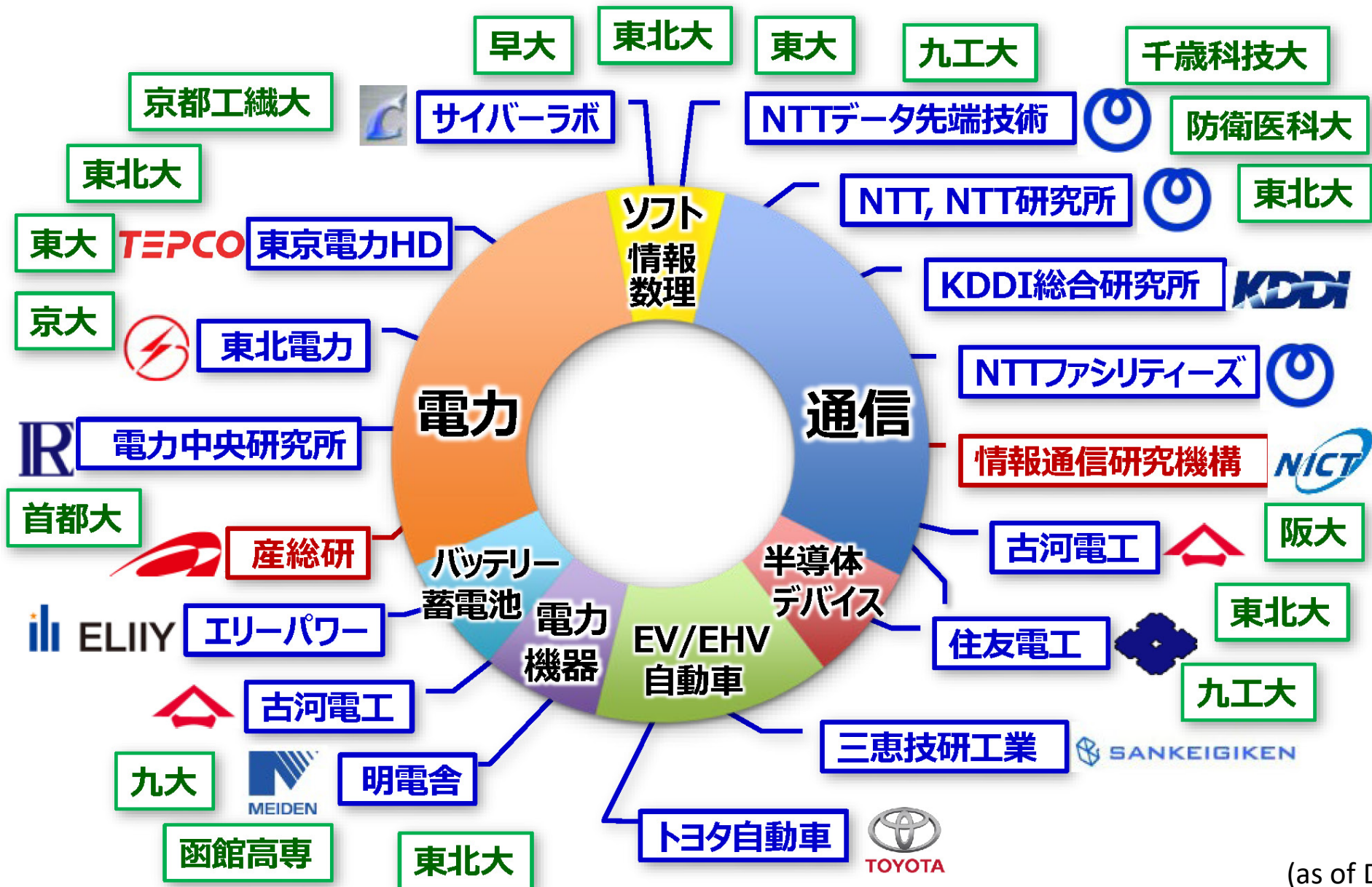
研究開発専門委員会

Established on Oct. 1, 2018.

<https://www.jspselinfonw.riec.tohoku.ac.jp>



# 委員会組織構成の分野別マップ





# むすび



- 超スマート社会実現の鍵となる 電力エネルギーと情報通信 の新しいネットワーク基盤インフラの在り方について、これまでの歴史的経緯と地球環境を取り巻く現状と課題をふまえつつ、あるべき姿を論じた。
- 再生可能エネルギー利用の促進による脱炭素化とエネルギー利用効率の向上、および情報通信技術の高度化とを、同時に実現することが、持続可能でレジリエントな未来社会の実現に必須である。
- 電力と情報通信のネットワーク基盤の融合化は、その実現に有効と考えられる。
- ネットワークの階層化・仮想化と、その自律分散制御が求められる。
- サイバーフィジカル空間の広い領域と階層において格段の技術革新が求められる。

## 謝辞：

- ・日頃協働いただく JST-OPERA「電力通信融合ネットワーク基盤」領域参画者に深謝する。
- ・日頃協働いただく日本学術振興会「電力通信ネットワーク基盤融合」研究開発専門委員会委員に深謝する。
- ・本講演で公表した多くのデータを調査・提供いただいた東北大学特任教授岩月勝美博士に深謝する。



# ISGT-NA 2021

The 12th Conference on Innovative Smart Grid Technologies North America

Washington D.C., USA (WEB Online), February 17, 2021.



IEEE Xplore®

DOI: [10.1109/ISGT49243.2021.9372169](https://doi.org/10.1109/ISGT49243.2021.9372169)



*Presented at the ISGT-NA: Conference on Innovative Smart Grid Technologies North America 2021, online, Washington D.C., USA, Feb. 2021.*

## Concept of Resilient Electric Power and Information Communication Technology (R-EICT) Converged Network Systems Based on Overall Optimization of Autonomous Decentralized Cooperative Control of DC Microgrids

Taiichi Otsuji  
*RIEC: Research Institute of  
Electrical Communication  
Tohoku University  
Sendai, Japan  
otsuji@riec.tohoku.ac.jp*

Katsumi Iwatsuki  
*ROEC: Research Organization of  
Electrical Communication  
Tohoku University  
Sendai, Japan  
iwatuki@riec.tohoku.ac.jp*

Hirohito Yamada  
*Dept. of Communications,  
Graduate School of Engineering  
Tohoku University  
Sendai, Japan  
yamada@ecei.tohoku.ac.jp*

Masafumi Yashima  
*Dept. of Electrical Engineering,  
Graduate School of Engineering  
Tohoku University  
Sendai, Japan  
masafumi.yashima.b5@tohoku.ac.jp*

# 皆様のご参画・ご協働をお待ち申し上げます！

<http://web.tohoku.ac.jp/opera/>

The screenshot shows the top portion of the OPERA website. At the top right, there are four navigation buttons: 'メンバー限定' (Member Only), '学内限定' (Intra-university Only), 'お問い合わせ' (Contact Us) with an envelope icon, and 'ENGLISH'. Below these is a horizontal menu with the text '産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム' (Industry-Academia Co-creation Platform Joint Research Promotion Program) and '電力・通信融合ネットワーク共創コンソーシアム' (Power and Communication Convergence Network Co-creation Consortium). The main banner features a cityscape at night with a blue-toned network overlay. The word 'OPERA' is written in large white letters, with the subtitle 'Program on Open Innovation Platform with Enterprises, Research Institute and Academia' below it. At the bottom of the banner are two circular icons: one with a radio tower and signal waves, and another with a stylized 'A' and 'U' symbol.