



国土交通省 交通政策審議会 気象分科会
気象データの利活用とIoT

越塚 登
気象ビジネス推進コンソーシアム会長
東京大学大学院情報学環・教授
東京大学情報学環オープンデータセンター長

PART 1
IoTとは？

Internet of things (IoT): 定義

- A global infrastructure for the information society, enabling advanced services by interconnecting (physical and virtual) things based on existing and evolving interoperable information and communication technologies.
 - ▶ NOTE 1: Through the exploitation of identification, data capture, processing and communication capabilities, the IoT makes full use of things to offer services to all kinds of applications, whilst ensuring that security and privacy requirements are fulfilled.
 - ▶ NOTE 2: From a broader perspective, the IoT can be perceived as a vision with technological and societal implications.
 - ▶ thing: With regard to the Internet of things, this is an object of the physical world (physical things) or the information world (virtual things), which is capable of being identified and integrated into communication networks.

ITU-T Rec. Y.2060 (June, 2012)より

3

History of IoT: TRON Project since 1984

- TRON Project since 1984
 - ▶ I have Joined since 1988
- ↓
- Ultimate goal is to realize IoT /Ubiquitous Computing
 - ▶ “Highly Functionally Distributed System”
 - ▶ “MTRON” (Macro TRON)
 - ▶ “Computer Everywhere Environment”

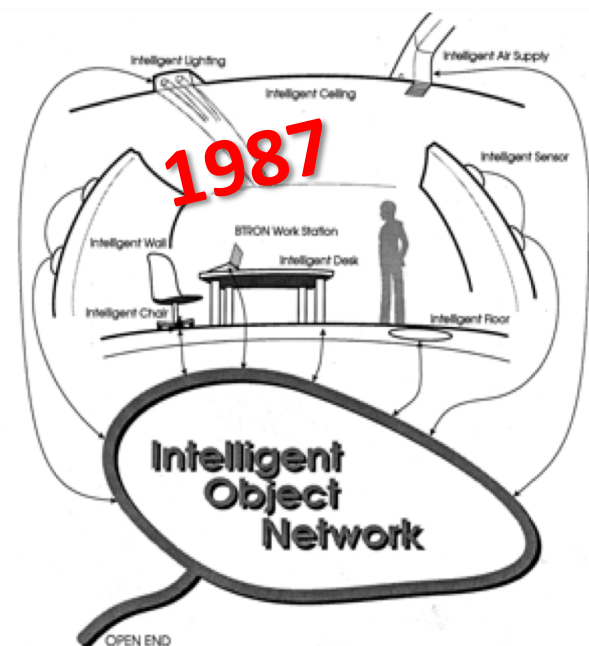


Figure 1. Highly Functionally Distributed System Environment

1st TRON Smart House (1989)

- More than 1,000 computers, sensors, and actuators are embedded in a house of width of 333m²



PART 2 技術視点からみたIoT

Internet + PCの次の Computing パラダイム

時代的必然でありICTの中核に位置づけ

7

8

20年以上にわたり、異なる言葉で長期間継続的に取り組まれてきた

- どこでもコンピュータ (Everywhere Computing)
- Ubiquitous Computing (遍在するコンピュータ)
- Pervasive Computing (染込んだコンピュータ)
- Invisible Computing (見えないコンピュータ)
- Ambient Intelligence (環境的な知性)
- Tangible Computing (触れるコンピュータ)
- IoT (Internet of Things) (モノのインターネット)
- M2M (Machine-to-Machine communication)
- CPS (Cyber Physical System)
- 物聯網
- 感知中国
- Smarter Planet
- Industrial Internet
- Industrie 4.0

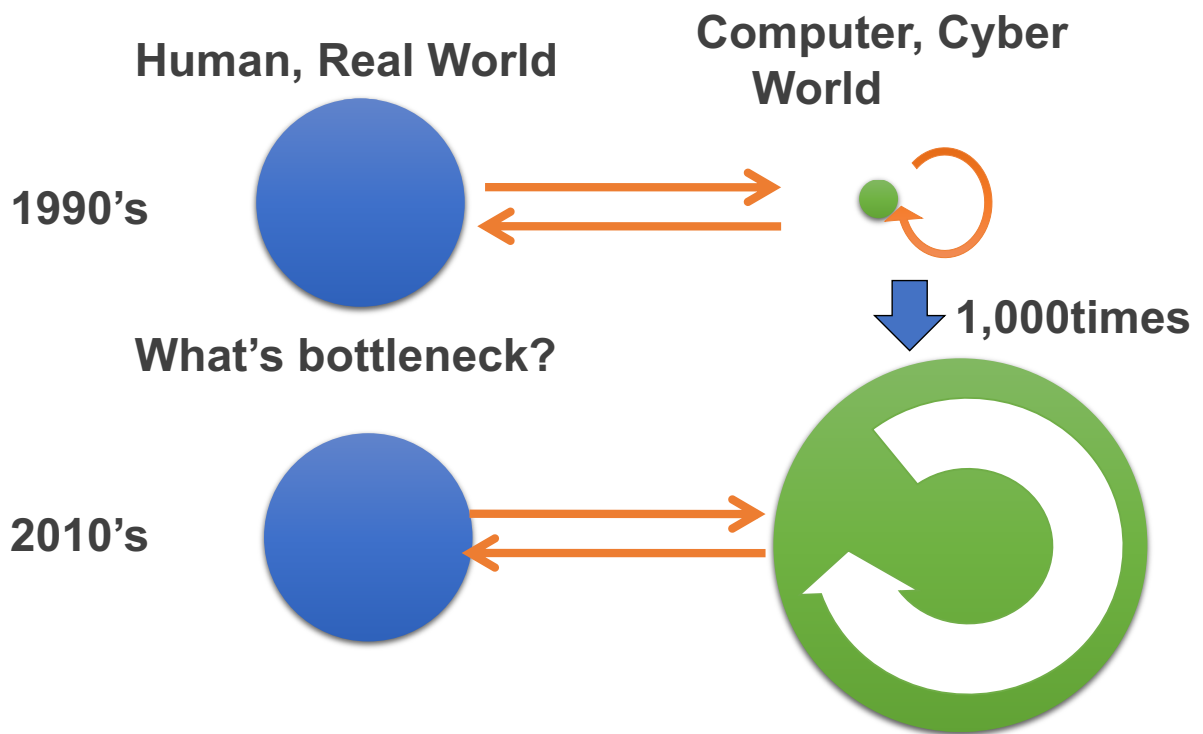
No. of computers and users

- Central Computing (~1980's)
 - ▶ Multiple users share one computer (N:1)
 - ▶ Key technology = TSS (Time Sharing System)
- Personal Computing (1980's~2000's)
 - ▶ Single user manages his/her own computer (1:1)
 - ▶ Key technology = GUI and Internet
- IoT/Ubiquitous Computing (2000's~)
 - ▶ Single user uses multiple computers at the same time (1:M)
 - ▶ Key technology = IoT, Ubiquitous Computing

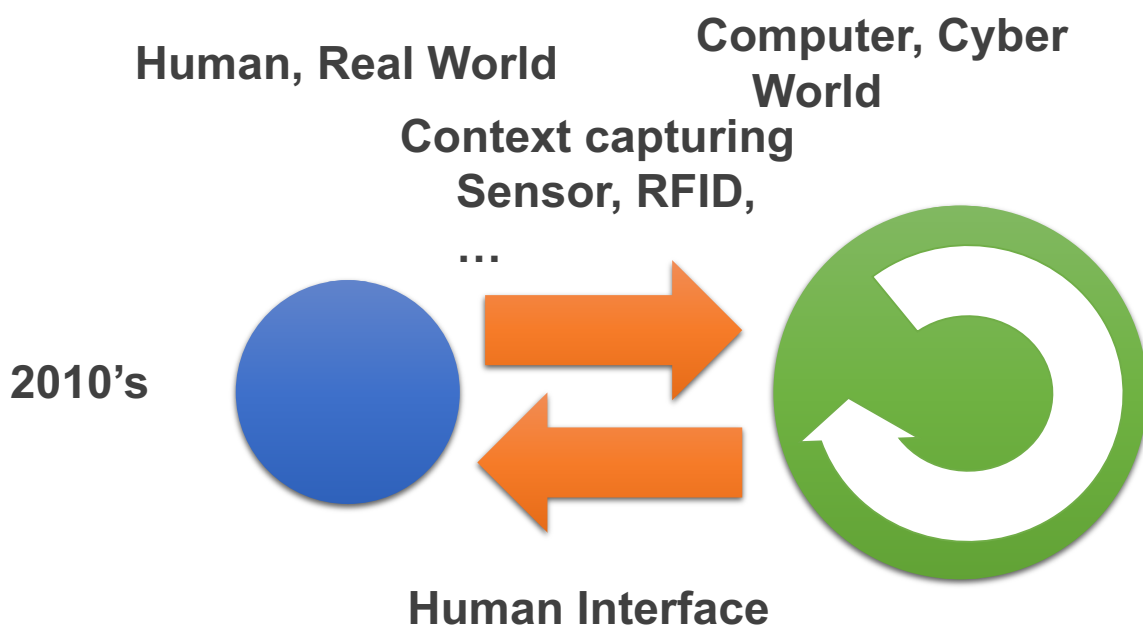
Speed of computers and users

- Batch Computing
 - ▶ Users >> Computers
 - ▶ Users prepare everything for computers, and wait for them.
- Real-time Computing
 - ▶ Users \approx Computers
 - ▶ Computer can respond to users operation in real-time.
- Proactive Computing (先行処理)
 - ▶ Users << Computers
 - ▶ Computers wait for users.
 - ▶ Computers guess what the user want to do next.

Historical View: What is the bottleneck !?



IoT / Ubiquitous Computing



Moor's Law Slowing Down (D. Patterson, 2015)

<http://sigops.org/sosp/sosp15/history/07-patterson-slides.pdf>



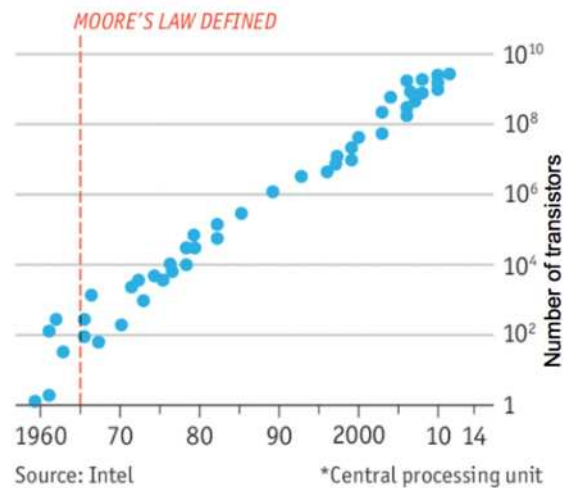
Moore's Law Slowing Down

- Stated 50 years ago by Gordon Moore

- Number of transistors on microchip double every **1-2 years**
- Today **2.5-3? years**

A persevering prediction

Number of transistors in CPU*
Log scale



Economist.com

Moor's Law Slowing Down (D. Patterson, 2015)

<http://sigops.org/sosp/sosp15/history/07-patterson-slides.pdf>



CPU Performance Improvement

- Number of cores: +18-20%
- Per core performance: +10%
- Aggregate improvement: +30-32%

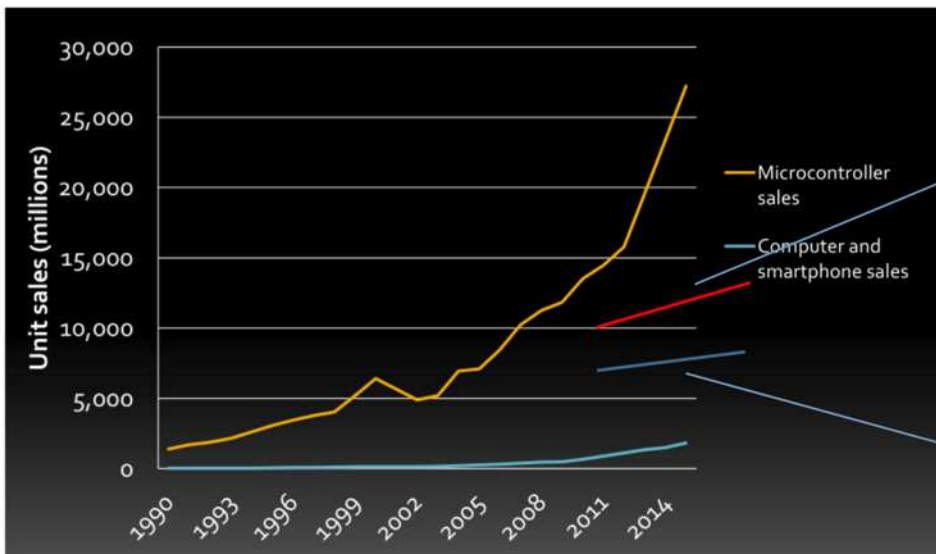


Memory Price/Byte Evolution

- 1990-2000: -54% per year
- 2000-2010: -51% per year
- 2010-2015: -32% per year

(<http://www.jcmit.com/memoryprice.htm>)

Shipment of Microcontrollers and computers



Source: Thanki/ICSS 2013

Electric Motors
9.8bn 2010
12bn 2018

Population
6.9bn 2010
7.7bn 2020

歴史は繰り返す

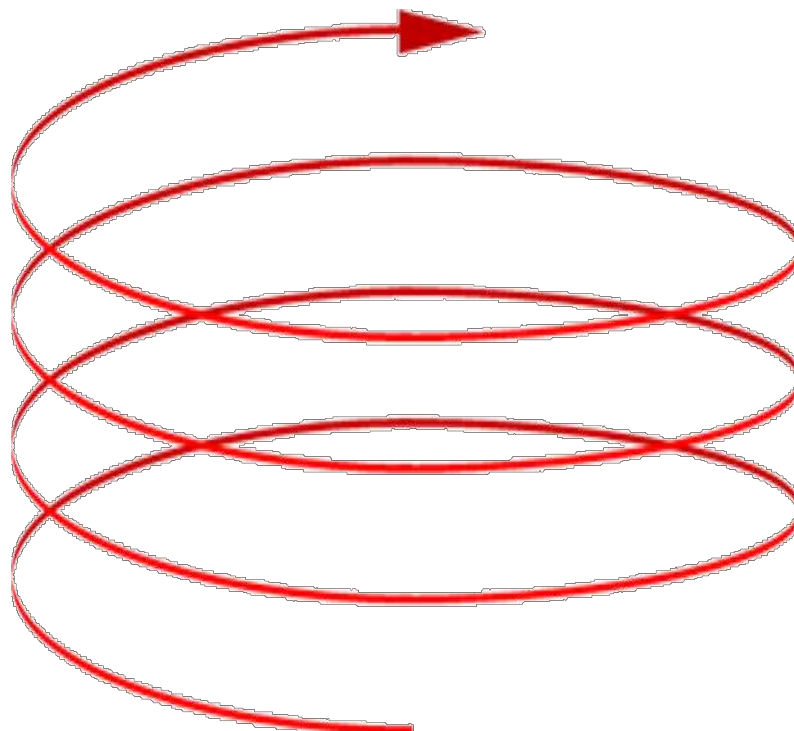
Edge Heavy

Tiny Nodes

**IoT:
Edge Computing
Fog Computing**

P2P

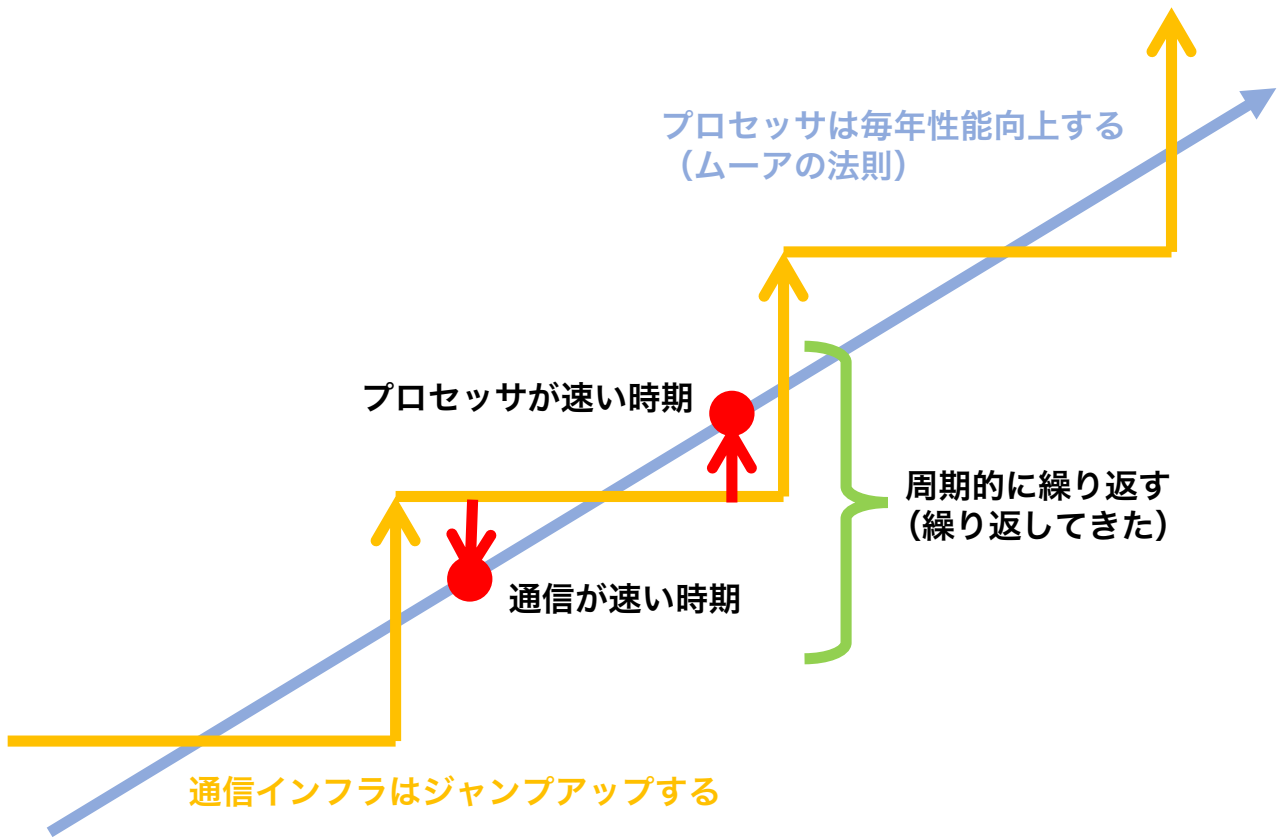
**Distributed
Computing**



**Cloud
Computing**

Server-Client

通信の技術革新とプロセッサの技術革新



17

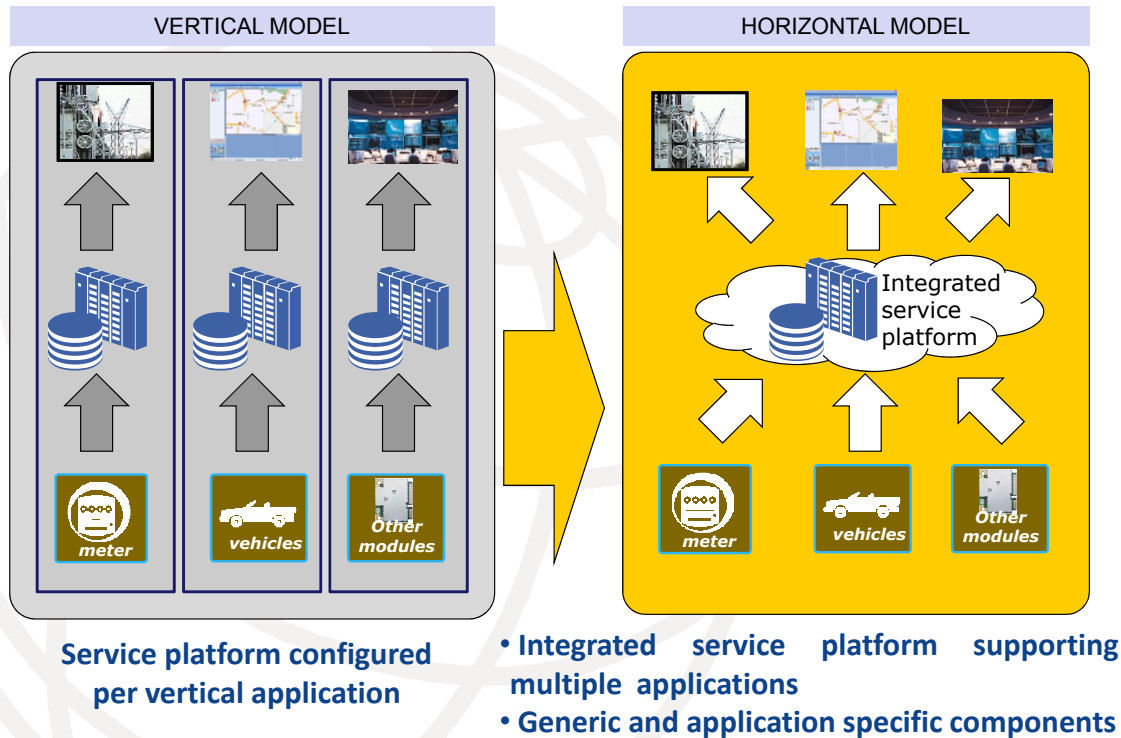
Ubiquitous Computing → IoT

最大の違いは、"Open Architecture"

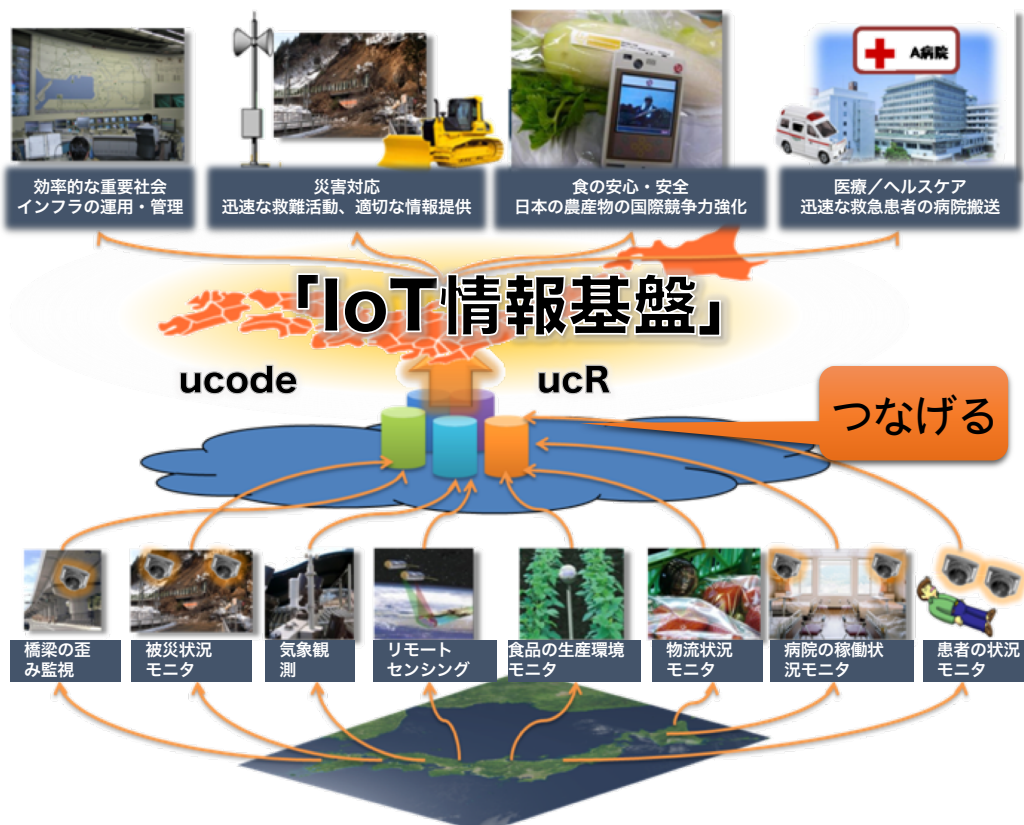
18

Vertical to horizontal integration model

From vertical to horizontal integration model



IoTによる情報基盤と、社会課題解決



IoT情報基盤を用いた課題解決

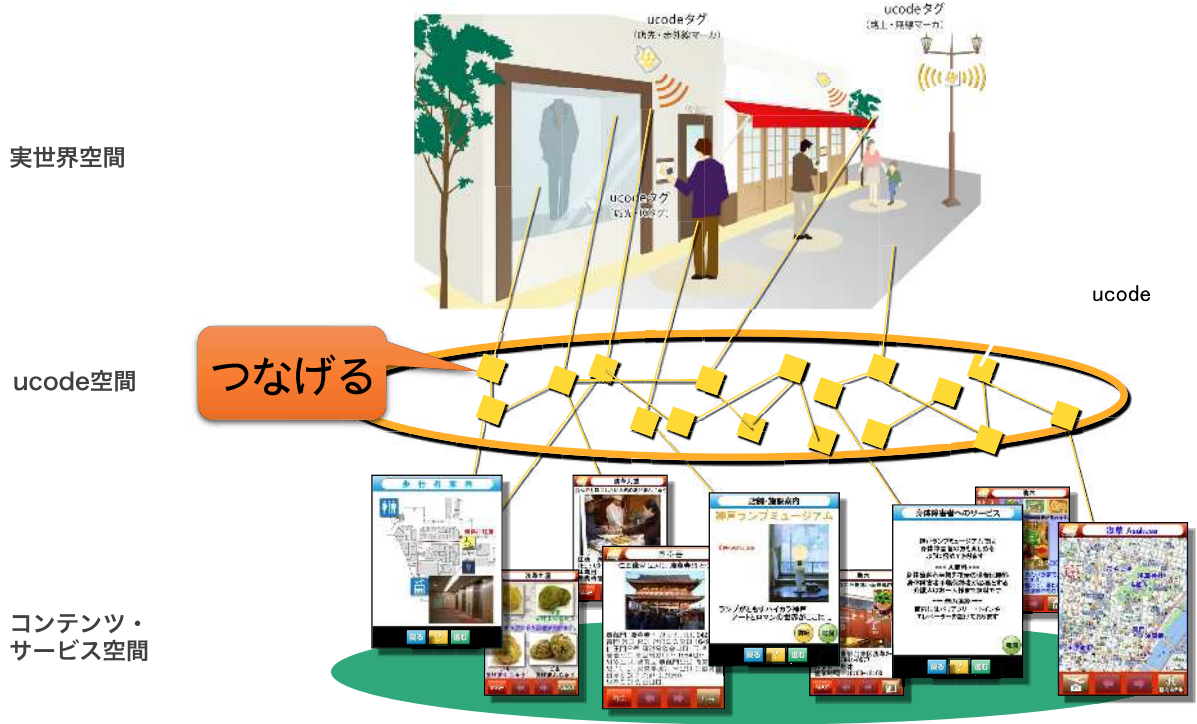
政府および国民がそれぞれのレベルに必要な情報を得ることにより、迅速な行動を可能とし、社会インフラを継続的に維持することができる。

IoT情報基盤の確立

実空間情報を統合するための「実空間情報モデル」標準化された実空間モデルに基づく状況情報インフラは、誰でもがセキュリティーポリシーに基づき使えるようにオープンにされることで社会全体の効率をトータルに向上できる

電子国土情報収集

ユビキタス技術、リモートセンシング技術、等を使い多角的視点で複合的な情報を取得する。



PART 3 IoTの事例

ダイワユビキタス学術研究館 (東大本郷キャンパス, 2014)



24

Every Facility is controlled by RESTful API via Intranet



館内のすべてをモニタリング／館内のすべてをネットから操作

ゲスト

3F
2F
1F
B1F
B2F

A301	15.1 °C	47.0 %	0.22 kW
A302	unknown	unknown	0.3 kW
A303	16.6 °C	41.9 %	0.31 kW
A304	18.9 °C	36.5 %	0.6 kW
A305	24.7 °C	24.1 %	0.1 kW
A306	16.5 °C	38.3 %	0 kW

303 越塚教授室 **ゲスト**

ON OFF

16.6 °C

41.9 %

0.31 kW

ON OFF

26°C 弱

冷房
暖房
ドライ

熊本地震、通れた道マップ（HONDA, YAHOO版）

YAHOO! JAPAN 地図

地図から探す ルート探索 お気に入り

住所選択 ジャンル選択

道路通行実績情報

地図上の青い線が通行実績のある道路です。

熊本地震による災害支援のため、「道路通行実績情報」を公開しています。地図上の青い線が通行実績のある道路です。

表示例

通行してきた道路 (2016/4/15 9:00 更新)
(過去4時間分の通行実績情報を表示しています)

表示エリア
熊本

熊本県周辺の道路通行実績

除雪車IoT（米国シカゴ市）

CLEAR STREETS

Jan 20, 2012 storm

Home About Past storms

On Jan 20, 2012 the Chicago area got 6 to 8" of snow. See what streets got plowed and when.

Which streets were plowed and when?

from to

Search for an address:

within ...

Last updated: Jan 21, 2012 8:19 PM

NOTE This is a work in progress. Some plowed streets may be missing.

On January 3rd 2012, the City of Chicago launched **Plow Tracker**, an app that tracks the city's snow plows in real time. This app uses the same data. By knowing where the plows are, we've figured which streets have been plowed. [More »](#)

Built overnight by Derek Eder and Forest Gregg. [Send us feedback](#)

Disclaimer: Map may not be accurate. Do not use to make decisions.

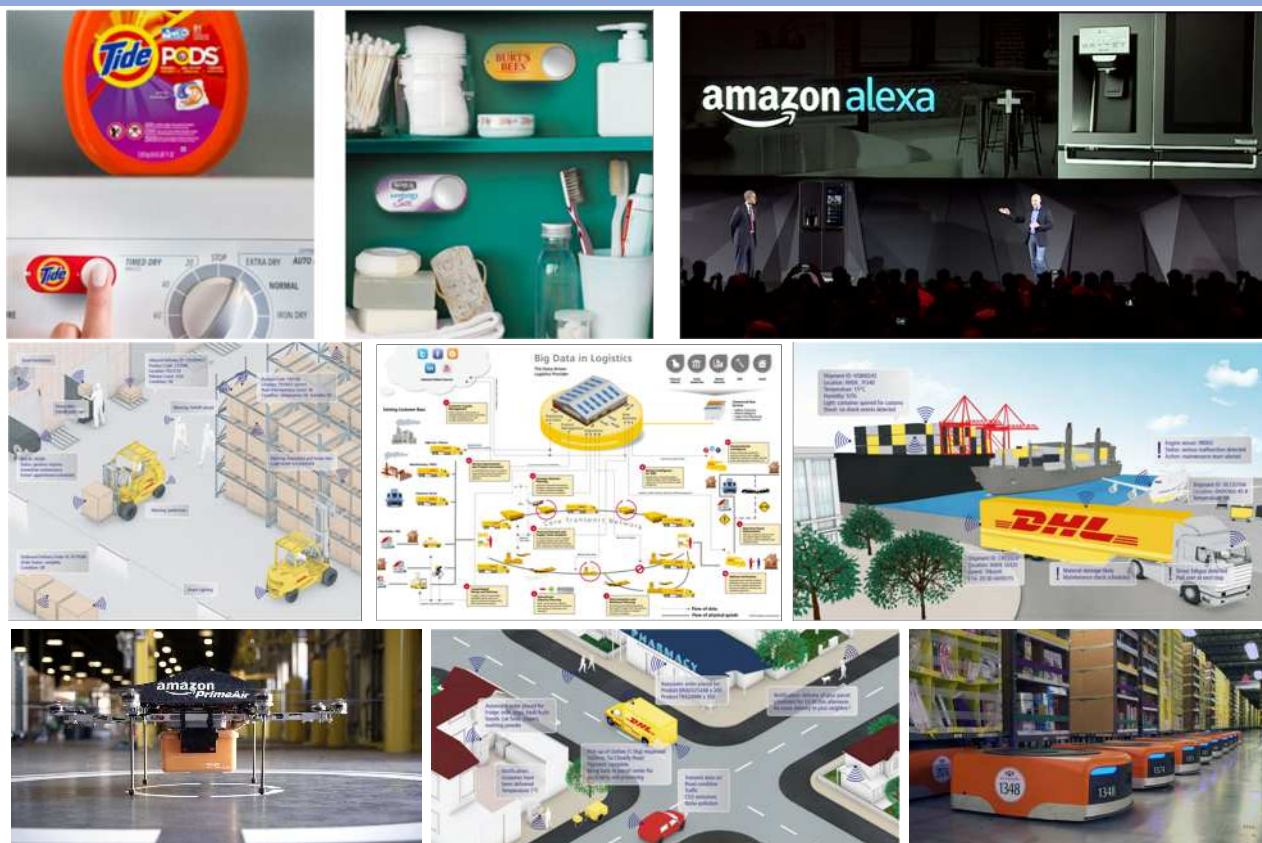


道路管理コクピットによるインフラ点検・評価・診断業務

The interface shows a top-down view of a road network with various bridges and structures. Below the map, there are several panels:

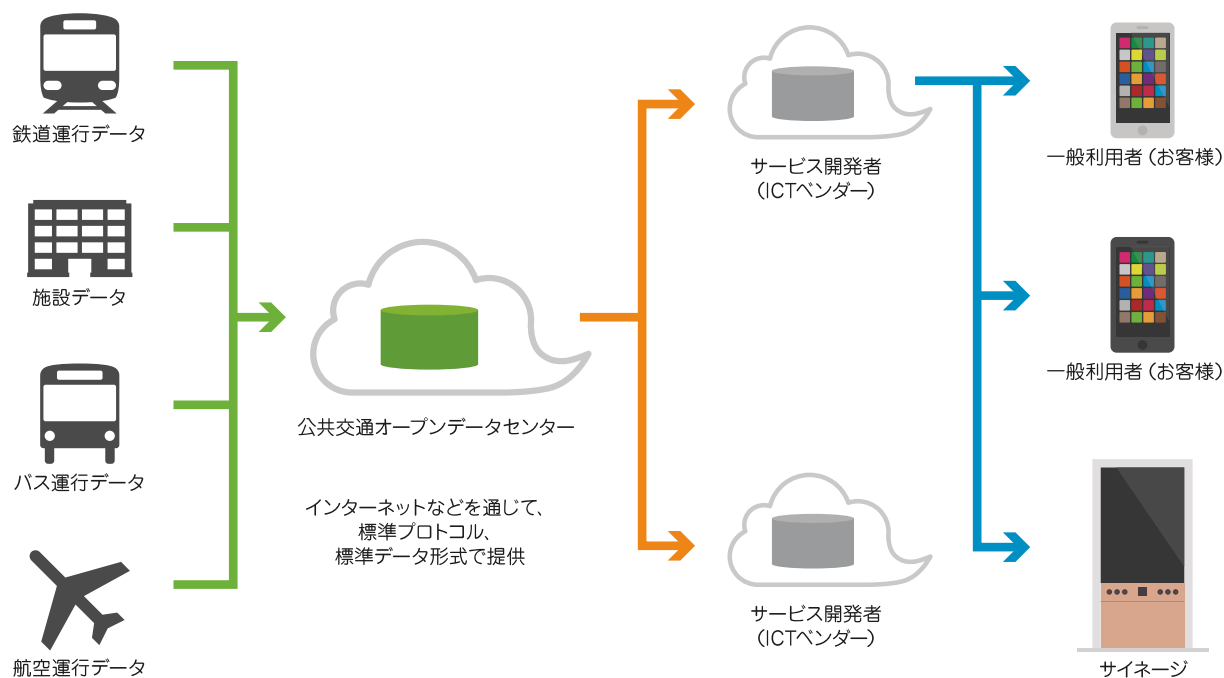
- 橋梁情報 (Bridge Information):** Lists bridges such as 赤羽根橋 (Akabane Bridge), 上之原橋 (Ue-no-hara Bridge), 西丸山橋 (Seimaru-yama Bridge), 弥津町屋橋 (Yatsushiroya Bridge), 野行田一号橋 (Nohikida Ichigo Bridge), 富山橋 (Tomiyama Bridge), and 赤羽根橋 (Akabane Bridge). Each entry includes a photo, bridge name, and technical details like span length and construction type.
- 点検情報 (Inspection Information):** Displays inspection reports for specific bridges, including photos of the bridge structure and inspection results.
- 図面情報 (Drawing Information):** Shows technical drawings and diagrams related to the bridge structures.

物流分野のIoT

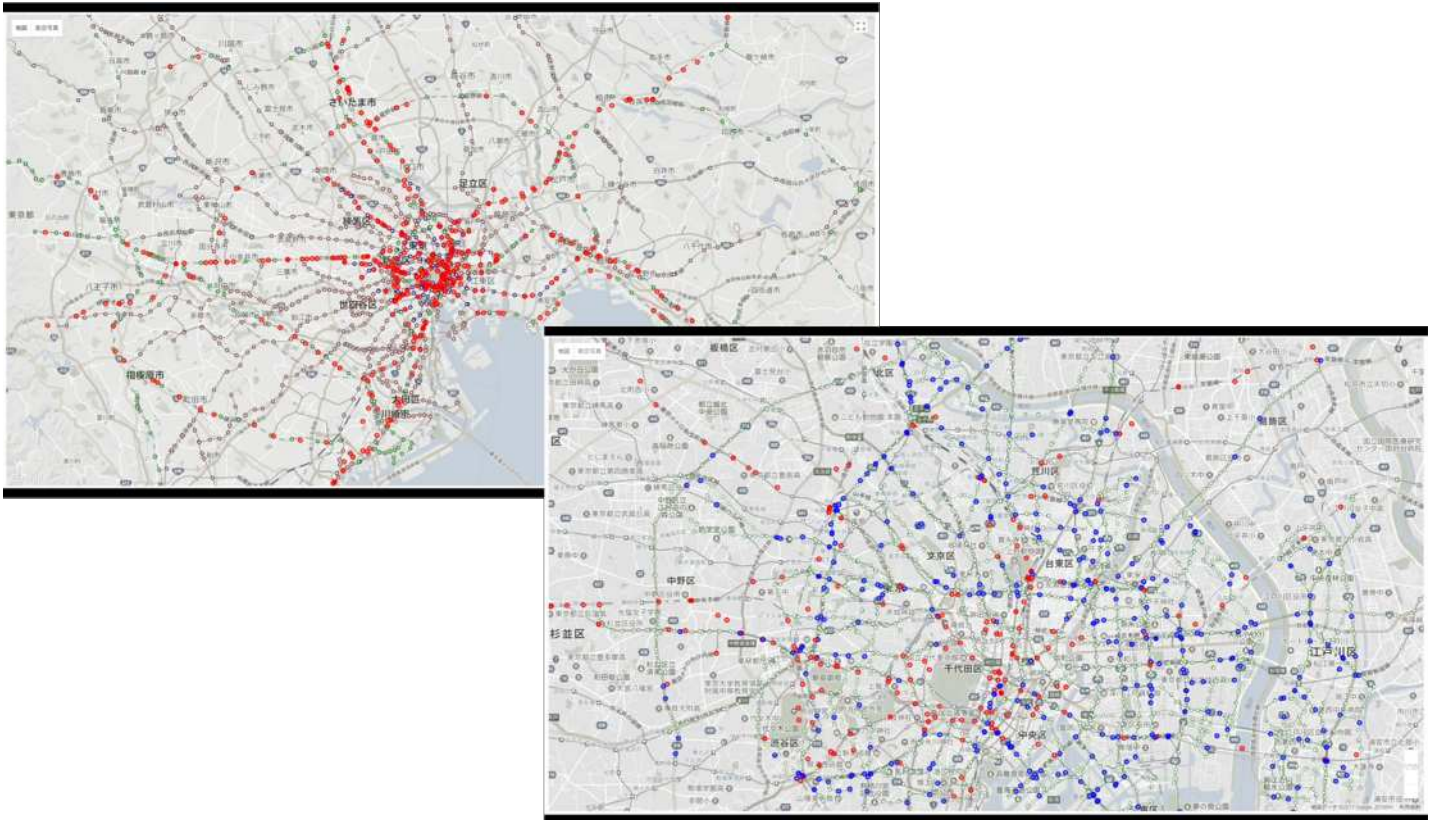


公共交通オープンデータセンター

- 鉄道、バス、航空などの交通事業者の提供する公共交通データを集約し、標準化されたデータ形式でサービス開発者であるICTベンダーに提供するセンターの立ち上げを目指す



鉄道・バス関連データの表示例 (JR東日本、東京メトロ、東京都交通局)



London City Dashboard

London

51.51 N, 0.13 W Thu 23 Apr @ 18:31:43

[Go to Map](#) - [Go to Grid](#) - [Change City](#)

WEATHER STATION (CASA TEAM)				WEATHER (METAR) London City Airport		FORECAST (YAHOO! Wth)				
STATION	WIND SPEED	WIND GUARS	DIRECTION	TEMPERATURE	HUMIDITY	RAIN TODAY	PRESSURE	FORECAST	Thu	Fri
CASA Office: Bloomsbury W1	4.0 mph	4.0 mph	NE ✓	14.9 °C	59%	0.0 mm	1029.97 mbar	Clear Night	17 °C	20 °C
SJG Weather: Pinner HAS	0.0 mph	2.7 mph	W →	9.2 °C	73%	0.0 mm	1021.3 mbar	Sunny	Partly Cloudy	Mostly Cloudy

TUBE LINE STATUS (TfL) Bakerloo Good Service Central Good Service Circle Good Service District Good Service H & C Good Service Jubilee Good Service Metropolitan Good Service Northern Good Service Piccadilly Good Service Victoria Good Service W & C Good Service Overground Minor Delays more DLR Good Service	LONDON CYCLE HIRE (TfL) <div style="text-align: center;"> 4.9 % Stations Full 5.3 % Stations Empty 9430 Bikes Available 398 Bikes or Docks Faulty </div> Available Bikes (last 24h)	IN SERVICE (TfL) <div style="text-align: center;"> 6775 London Buses 386 Underground Trains </div>	AIR POLLUTION (DEFRA) µg/m ³ The AQI Bloomsbury Marylebone N Kensington
--	--	---	---

TRAFFIC CAMERAS (TWO AT RANDOM) (TfL) A3 Clapham Rd/Albert Square Walworth Rd/Haygate St	BBC LONDON NEWS (BBC) Council sued over voter access Exercise 'not key to obesity fight' Radcliffe 'unprepared' for marathon Women becoming nuns hits 25-year high Woman released over preacher murder Rochdale 1-0 Leyton Orient	OPENSTREETMAP UPDATES (OSM) Construction site in central London POI changing: Nor Bar destroyed by fire in 2014 Add Local Addresses Add Local Addresses material -> colour material -> colour trees Greenify the highway access
---	---	---

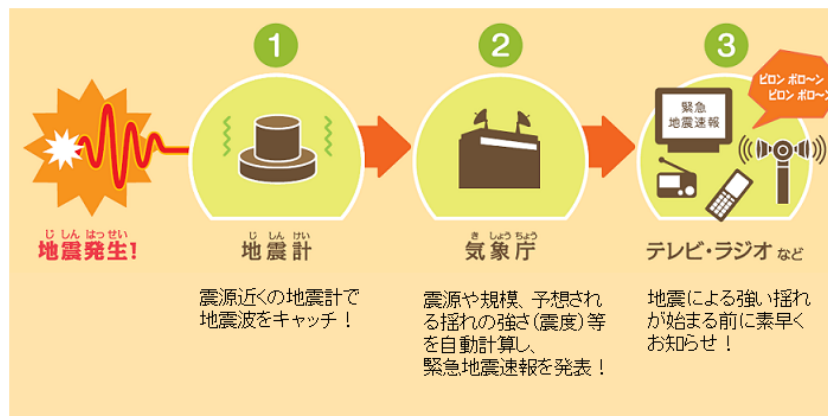
ELECTRICITY (N.Grid) Demand (Great Britain) 40129 MW	MOOD (LSE MAPPINESS) 7% unhappier than the long term average for here 6% happier than the whole country right now	TWITTER TRENDS FOR LONDON #StGeorgesDay #ProudToBeEnglish #WorldBookDay #LiamisARoleModel David Starkey Ian Jack Chile Lee Byrne Fanny Burney
--	--	--

LONDON NEWS AND EVENTS (TWITTER) Visit London: Which #scarymovie would you want to watch in the @AndazLondon masonic temple? http://t.co/1bDcVPLNp8 @EastEndFilmFest http://t.co/z91OVqjZ5	LONDON UNIVERSITIES (TWITTER) UCL News: RT @uclispp: Another Hung Parliament - What Next? - by Professor Robert Hazell - @ConUnit_UCL https://t.co/xj2By7780s @uclnews #uclGE2015
--	---

PART 4

気象データとIoTとビジネス利活用

緊急地震速報 = 世界最高峰のIoTシステム



■ 特質

- ▶ 日本の国土全体を覆う規模（膨大なセンサーとデータと計算量）
- ▶ 速報性、リアルタイム性
- ▶ 複数の組織（気象庁、民間企業、等）が連携した仕組み
- ▶ 機器にも直結
- ▶ 緊急時にしか利用されない非常時システムが、ここまで整備
 - ◆ 通常は、経済的にペイせず実現しないこと

■ 会長

- ▶ 越塚登 (東京大学教授)

■ 副会長

- ▶ 木本昌秀 (東京大学教授)

■ 人材育成WG

- ▶ 座長： 田原春美 (先端IT活用推進コンソーシアム副会長)
- ▶ 副座長：岩田 修 (一般社団法人日本気象予報士会)

■ 新規気象ビジネス創出WG

- ▶ 座長： 村上文洋 (三菱総合研究所)
- ▶ 副座長：菅波 潤 (富士通株式会社)

■ 事務局

- ▶ 気象庁総務部企画課



第2回気象ビジネスフォーラム



Umbrella stand by au (KDDI)



<http://trendy.nikkeibp.co.jp/atcl/pickup/15/1003590/010400088/>

自動販売機での気象データ利活用の可能性 (大塚製薬) (第1回気象ビジネスフォーラム資料より)

http://www.data.jma.go.jp/developer/consortium/20170307_forum/04.pdf



自動販売機でも気象データが活用

**通常時
飲料自販機**

通常時は、
健康飲料の
自動販売機として
稼働します。

**災害時
備蓄倉庫**

震災時は、
飲料・食料を
「人命の救助」のために
無償で提供
(手動で排出可能)

気象予報から
清涼飲料水
Hot/Coolの
商品切替時期
を分析する

Hot/Cool需要の境界気温
は、22~23℃である。
(製品により多少のバラつきあり)

**WBGTの利用等
これからニーズは
益々高まる**

Lawson社の発注システム（第1回気象ビジネスフォーラム資料より）

http://www.data.jma.go.jp/developer/consortium/20170307_forum/03.pdf

ローソンをささえる発注システム

LAWSON



顧客属性・商品特性・販売実績・気象予報データetc.に基づきシステムで発注をサポートしている

Copyright (c) 2017 Lawson, Inc. All rights reserved.

1

(C) 2017 Noboru Koshizuka, All Rights Reserved.

2018/2/24

AIタクシー（NTT DoCoMo）（第2回気象ビジネスフォーラムより）

https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2018/02/14_00.html



気象データ×観光 (WAmazing) (第2回気象ビジネスフォーラムより)

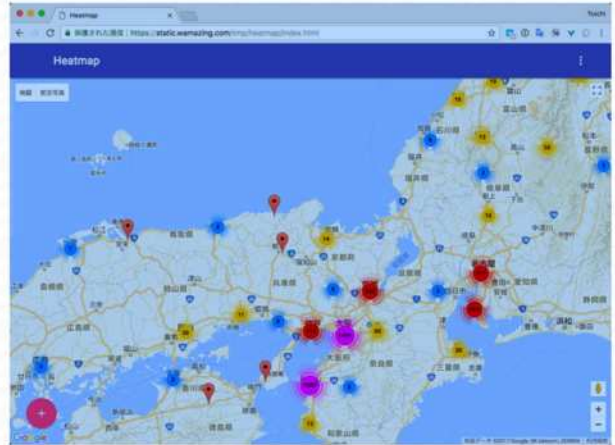
<https://info.wamazing.jp>

気象データと観光経営

気象予測に基づいたダイナミックプライシング
・アクティビティキャンセルなどのユーザー 事業者保証
・人員配置、柔軟な働き方による生産性向上



アプリで位置情報を取得し
現在地の天気データを表示中



41

気象データ×ゲーム (リアルワールドゲームズ) (第2回気象ビジネスフォーラムより)

<http://realworldgames.co.jp>



何故ゲーム会社が気象データを扱う？

- ・ ※現実世界と仮想世界を融合する鍵だから
- ・ 外の天気とゲーム内の状況が違っていると萎える
- ・ 一致しているとリアリティを感じる！
- ・ ※安全の為に必要だから
- ・ 東北の海岸でレアなモンスターが出る
- ・ →観光客が沢山東北の海岸へ
- ・ →地震で津波の危険があった為、速やかにイベントを終了

42

IoT農業（高知県四万十町）：温湿度・CO2・日照等のIoTセンサー



IoT農業（高知県四万十町）：コンピュータ制御の水耕栽培





PART 5

IoTで変わること

45



5-1

Best Effort型品質への移行

46

Best Effort型品質への移行

IoTによるオープン化

■ 皆がセンサーをもち、皆が情報発信を始める (データ提供の**洞元**がない)

- ▶ プロブカー
- ▶ センサーネットワーク

■ データの品質管理が大きな課題

- ▶ 不正確・低精度のデータによる、社会混乱
- ▶ どこまで混乱するかは国民のデータリテラシーに依存

■ 過去の例

- ▶ 携帯電話やインターネットのBest Effort Qualityは認知された
- ▶ SNSやBlogコンテンツデータのいい加減さ (Best Effort Quality) の許容されるようになった

■ 今後の課題

- ▶ きちんとした組織が出すデータは、最大限精度向上の努力はするが、誤りが含まれているかもしれないが、それを許容できるかどうか

経営ひと言／東京大学・越塚登教授「不完全認めて」

「データに完璧を求めてはいけない」と指摘するのは、東京大学教授の越塚登さん。自治体が行政データなどを公開するオープンデータについてだ。

プログラムを公開するオープンソースやインターネットの通信品質は不完全だが、広く使われている。「データも不完全な部分がある。間違っていたら直す方式で進めないと責任問題を恐れデータが公開されない」という。

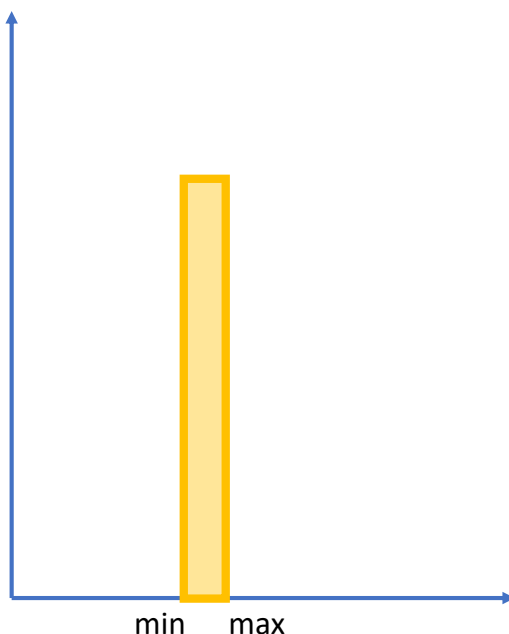
オープンソースをビジネスに使うなら、そのバグは事業者の責任だ。「不完全性を認め、試して改良する社会でないと前進しない」とクギを刺す。

日刊工業新聞 電子版, 2018/2/19

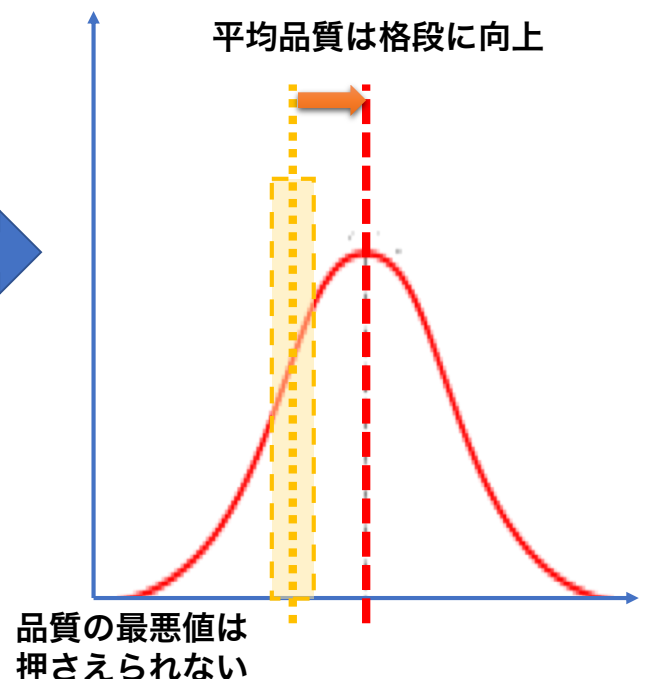
47

品質保証型から、ベストエフォート型へ

品質保証型サービス (固定電話)



ベストエフォート型サービス (携帯電話、インターネット)



48

**品質保証型サービス
と
Best Effort型サービス
領域をきちんとわける**

49

**5-2
標準化による相互運用性から
オープンによる相互運用性への移行**

50

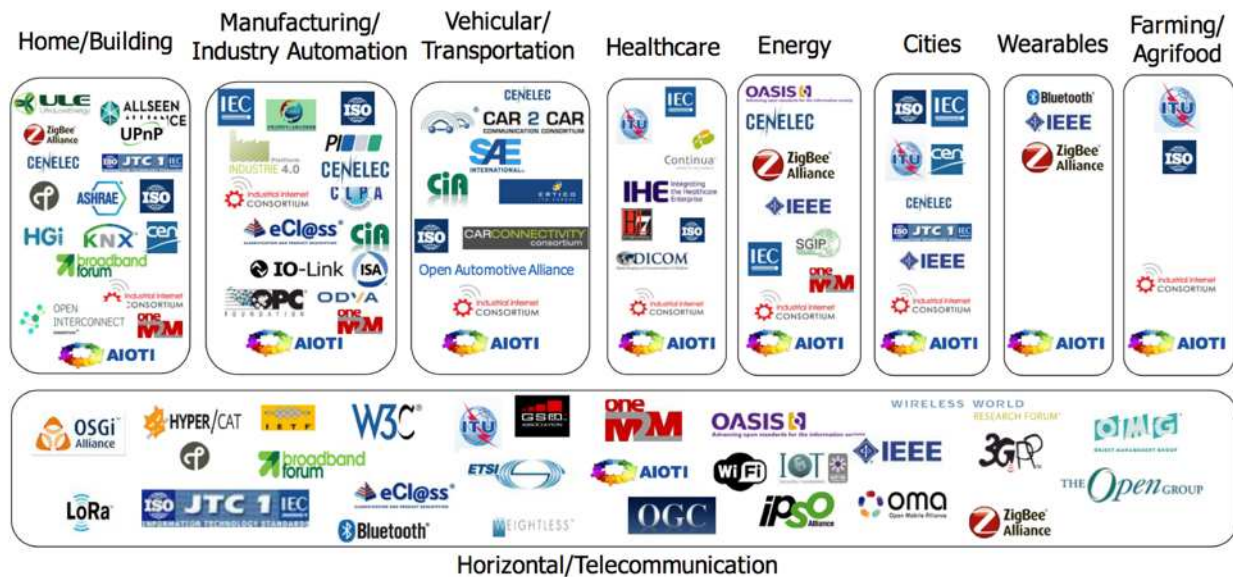
IoT Standardization Landscape

Juergen Heiles: "AIOTI Alliance for Internet of Things Innovation", The workshop "Platforms for connected Factories of the Future", Brussel, Oct. 5~6, 2015.
http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2015-44/11_heiles_11948.pdf



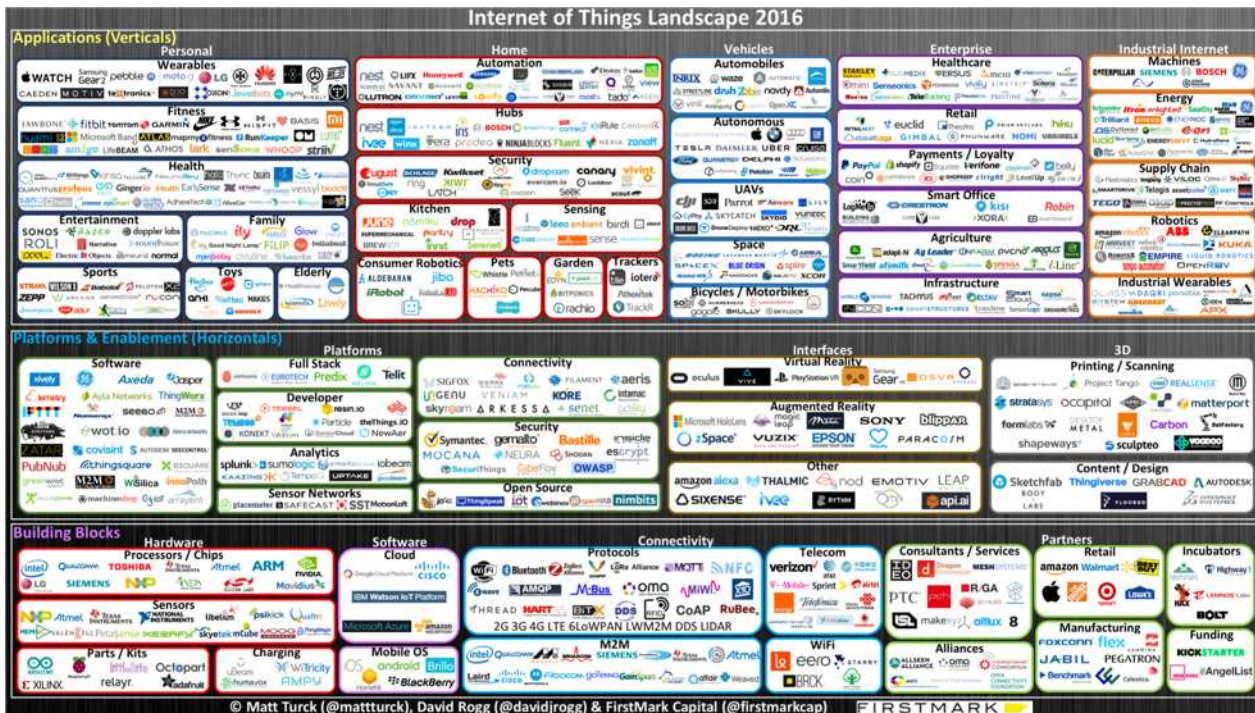
Many related vertical and horizontal activities

Juergen Heiles: "AIOTI Alliance for Internet of Things Innovation", The workshop "Platforms for connected Factories of the Future", Brussel, Oct. 5~6, 2015.
http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2015-44/11_heiles_11948.pdf

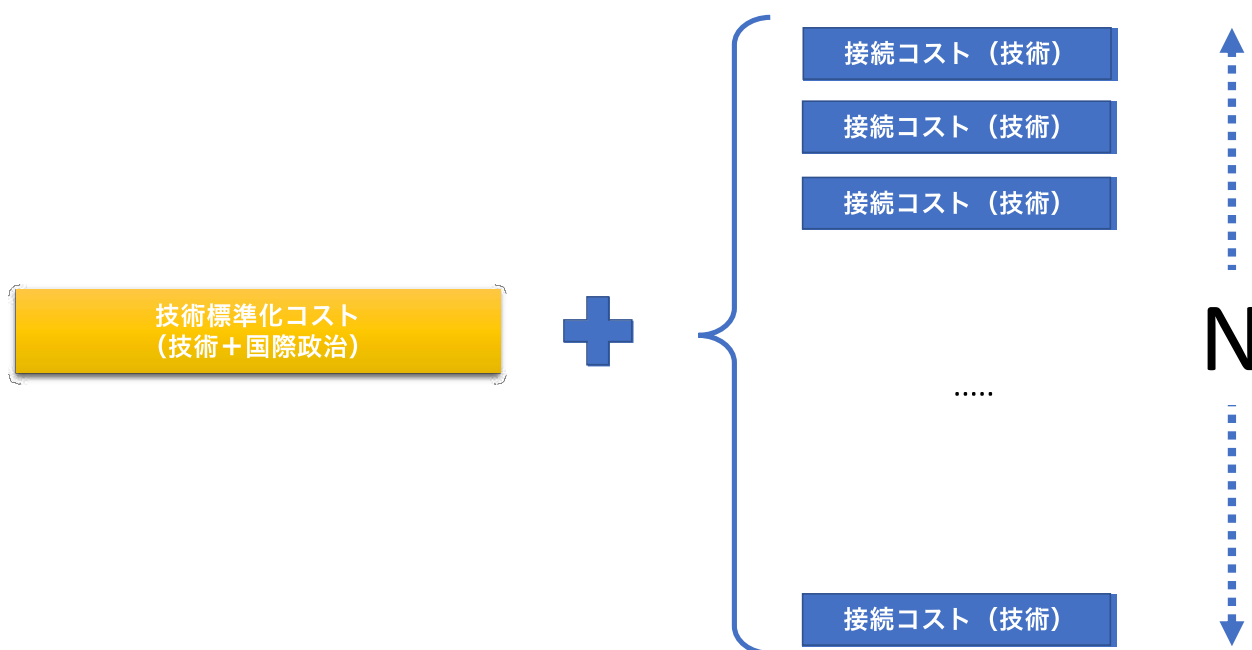


Internet of Things Landscape 2016

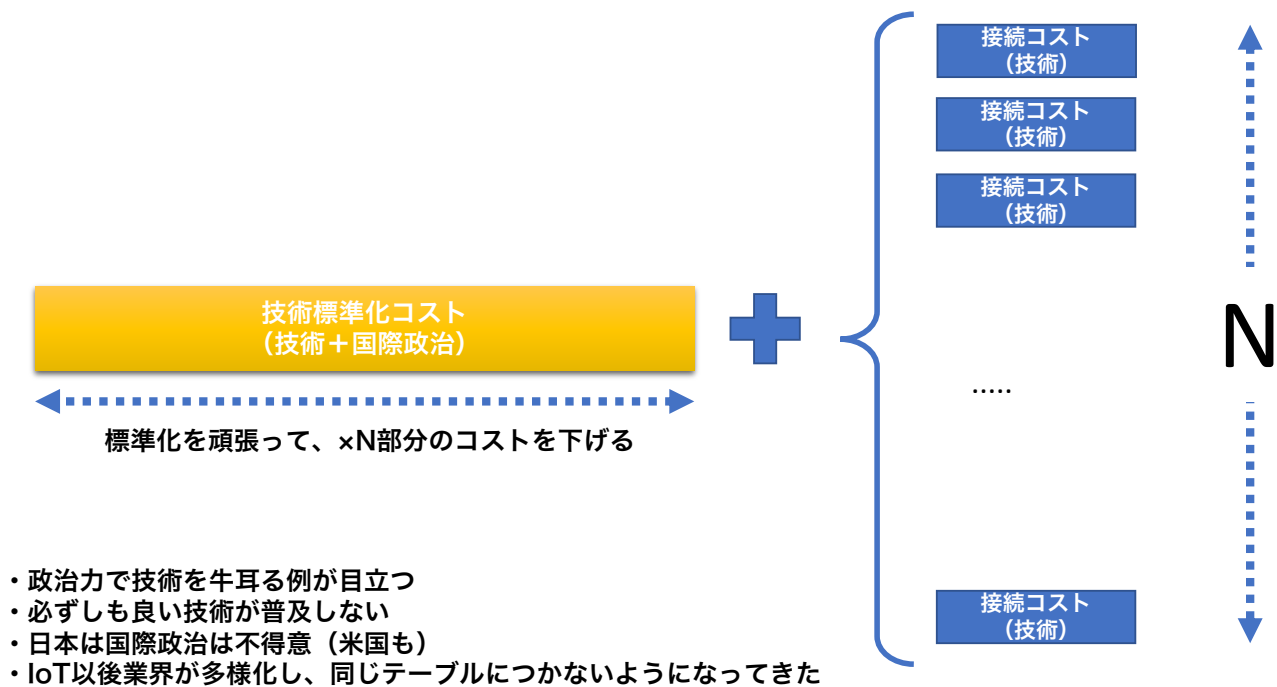
Matt Turck: "Internet of Things: Are We There Yet? (The 2016 IoT Landscape)", Mar. 28, 2016.
<http://mattturck.com/2016/03/28/2016-iot-landscape/>



相互接続性 (Interoperability) のためのコスト

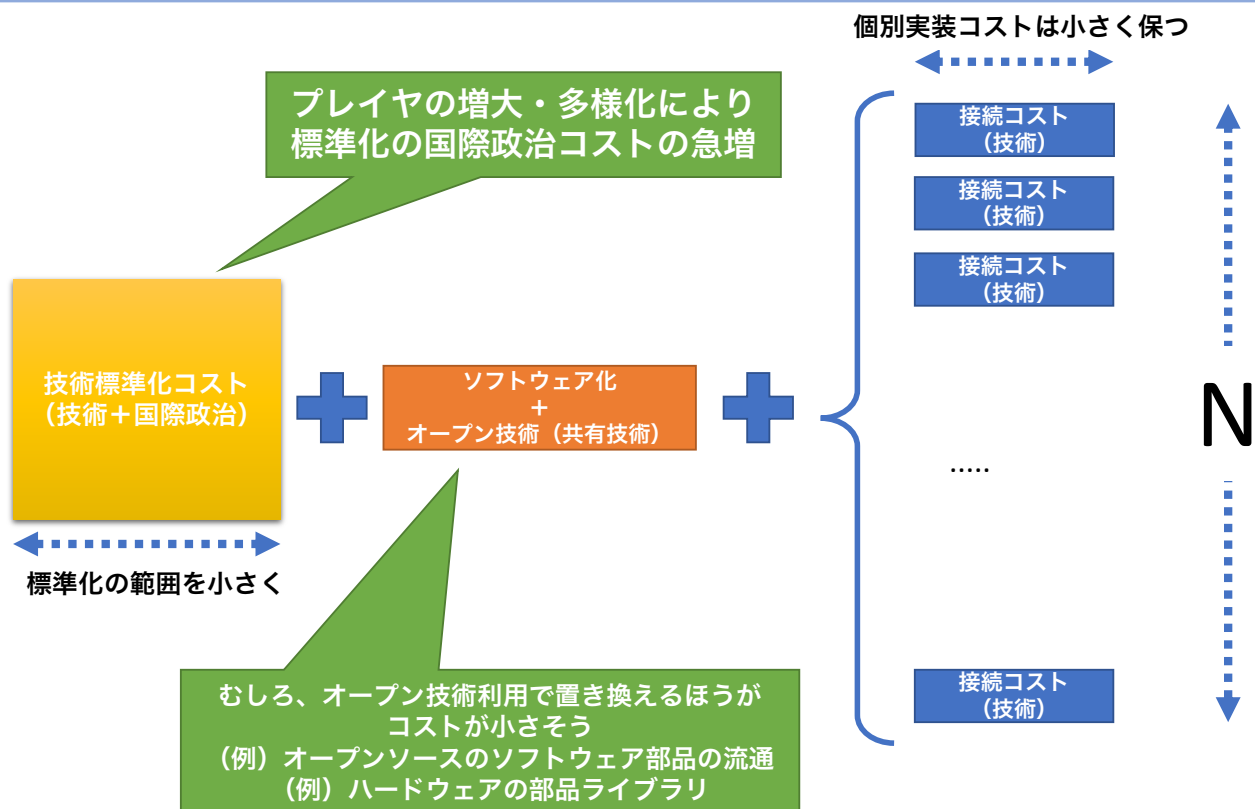


これまでは接続実装コストを下げるために標準化を頑張った (IoT以前)



55

相互接続性 (Interoperability) のためのコスト (IoT以後)



56

標準化の役割の縮小

プレイヤーが多すぎて、標準化コストが大きすぎる
ICTベンダーが主導権をとれない、誰も主導権をとれない
ソフトウェア開発効率の向上によって、
オープンになった技術仕様から個別開発するコストのほうが小さい

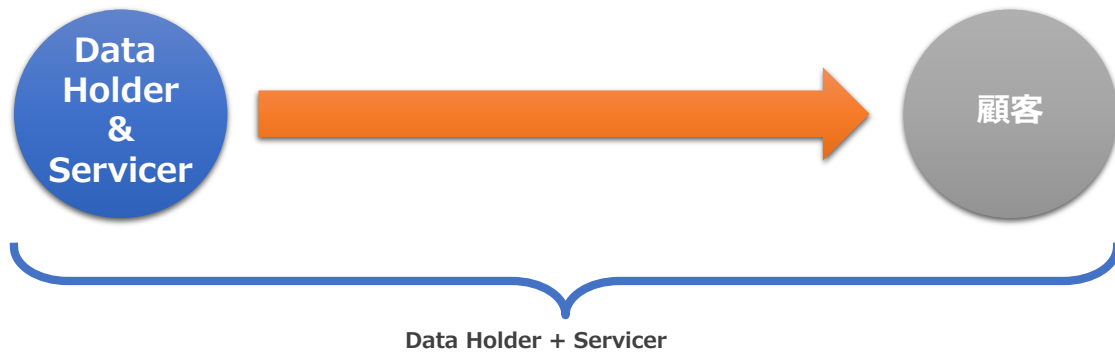
57

5-3 ネットサービスの垂直統合から 分業化への移行

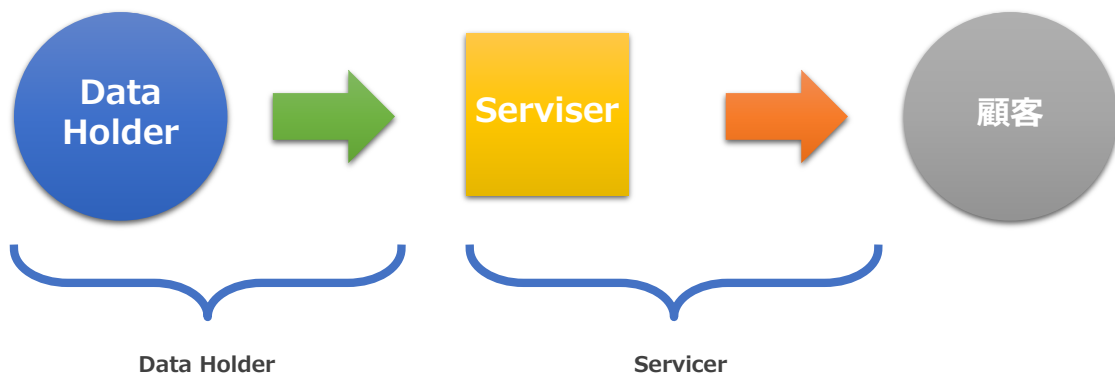
APIエコノミーへの進展

58

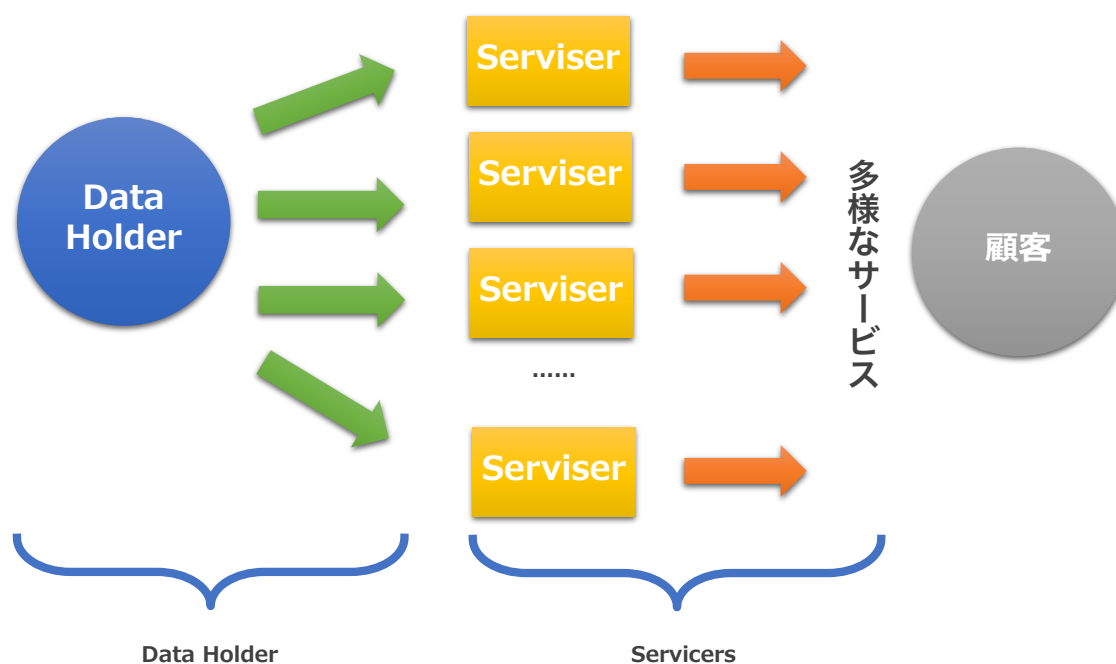
通常の情報サービスの提供



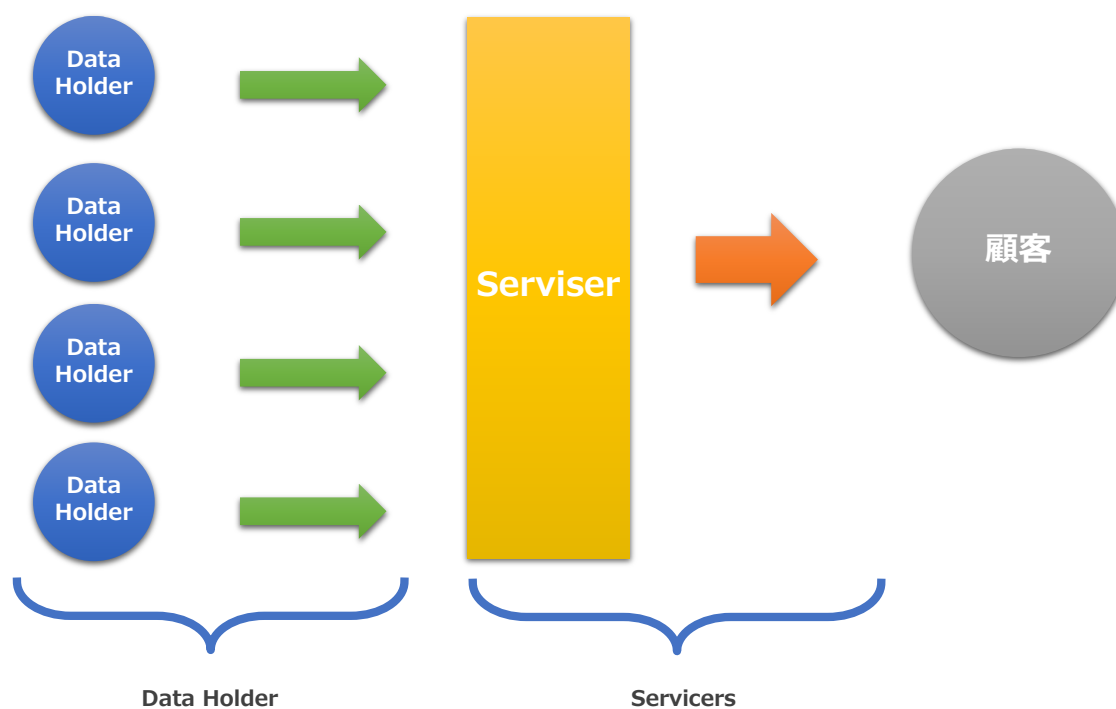
オープンデータ w/t APIによる情報サービスの提供



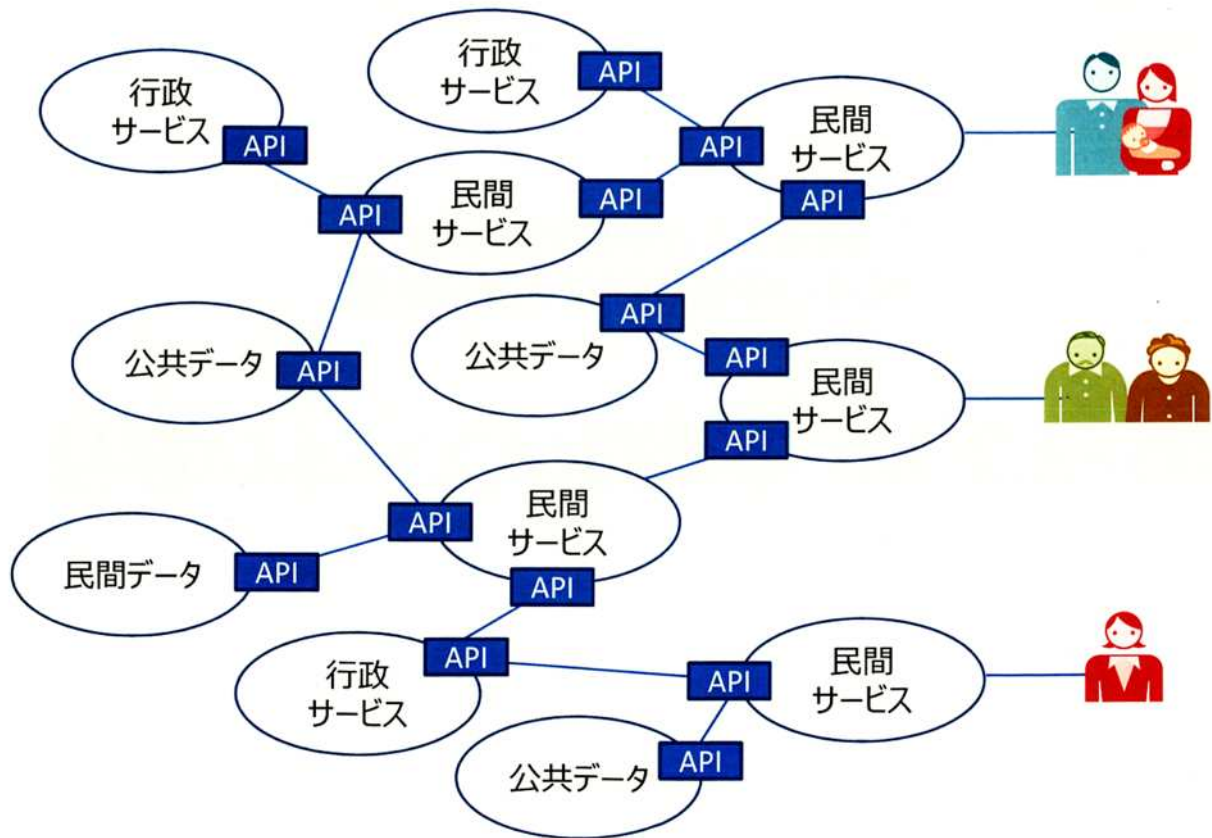
【Open Dataの発展】サービスの多様化、付加価値化



【Open Dataの発展】おまとめ、統合サービス（サービサーの横展開）



APIエコノミー（MRI村上氏資料より）

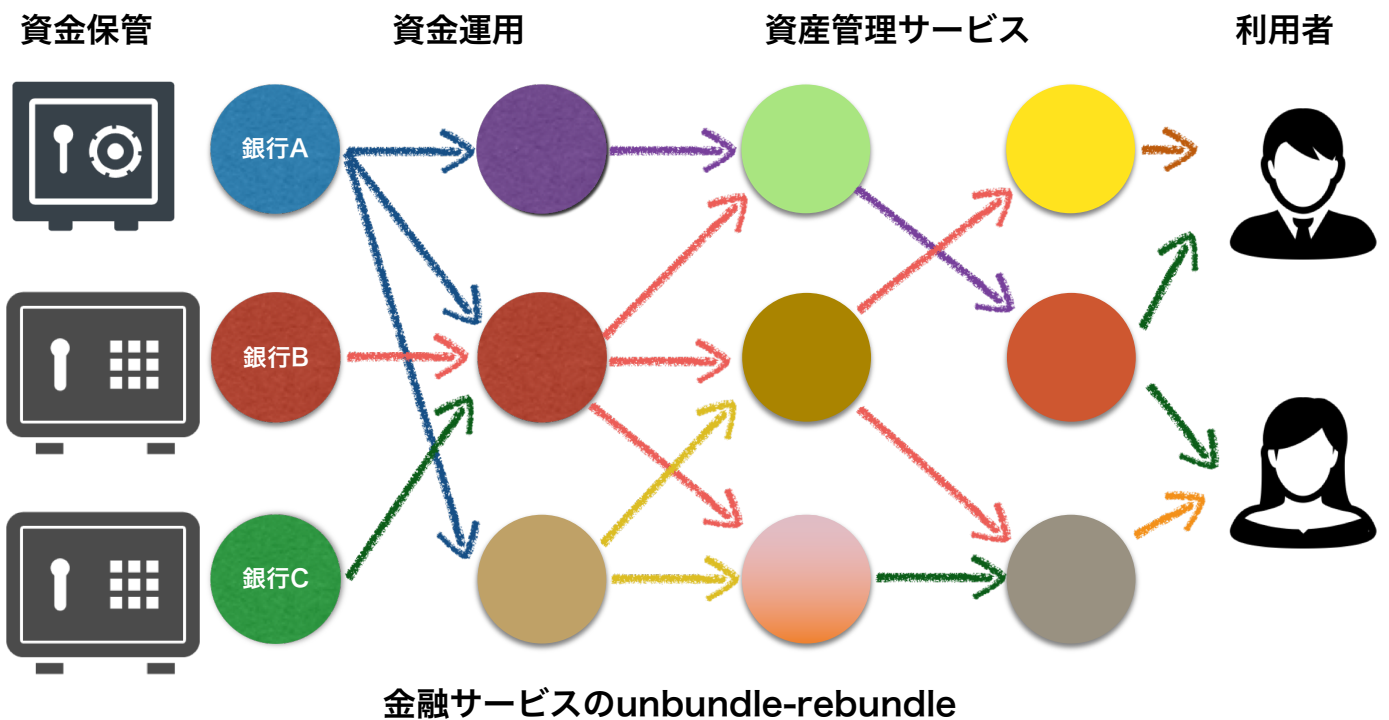


API Economy...例えばFintech

これまでの個人資金管理・運用サービス



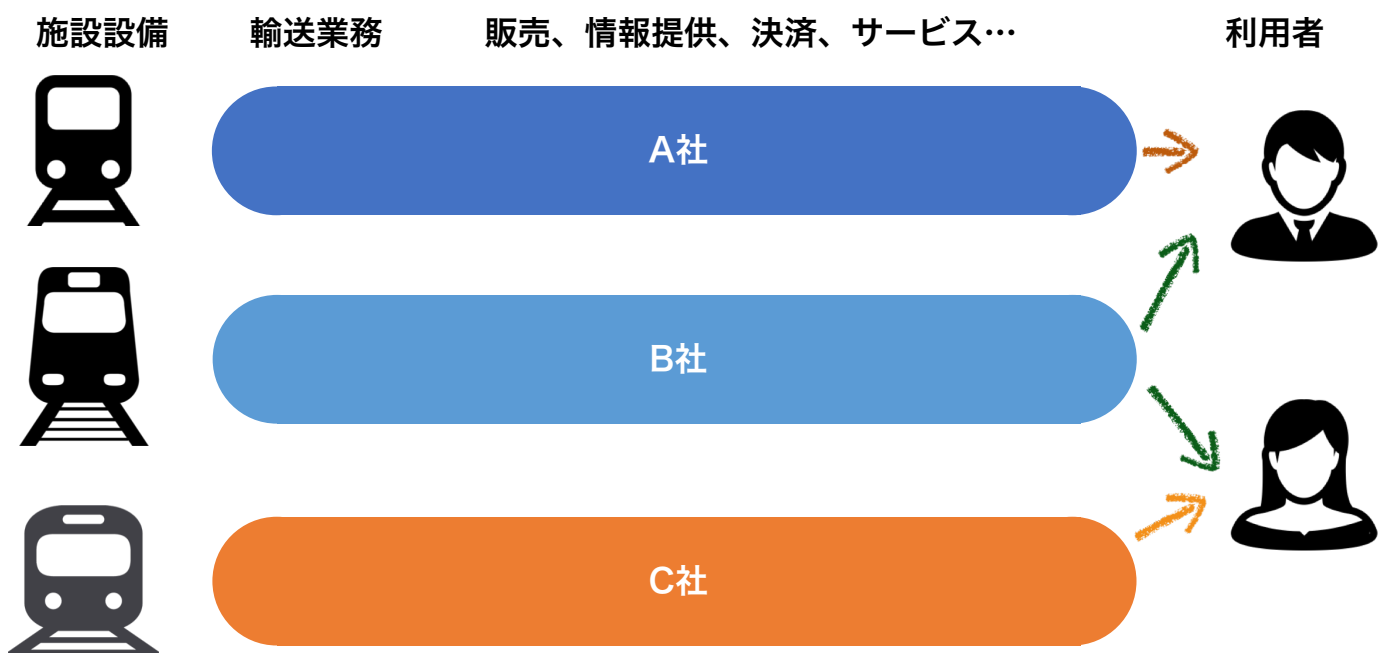
Fintech以後のUnbundle-Rebundleされた世界



API Economy...例えば公共交通

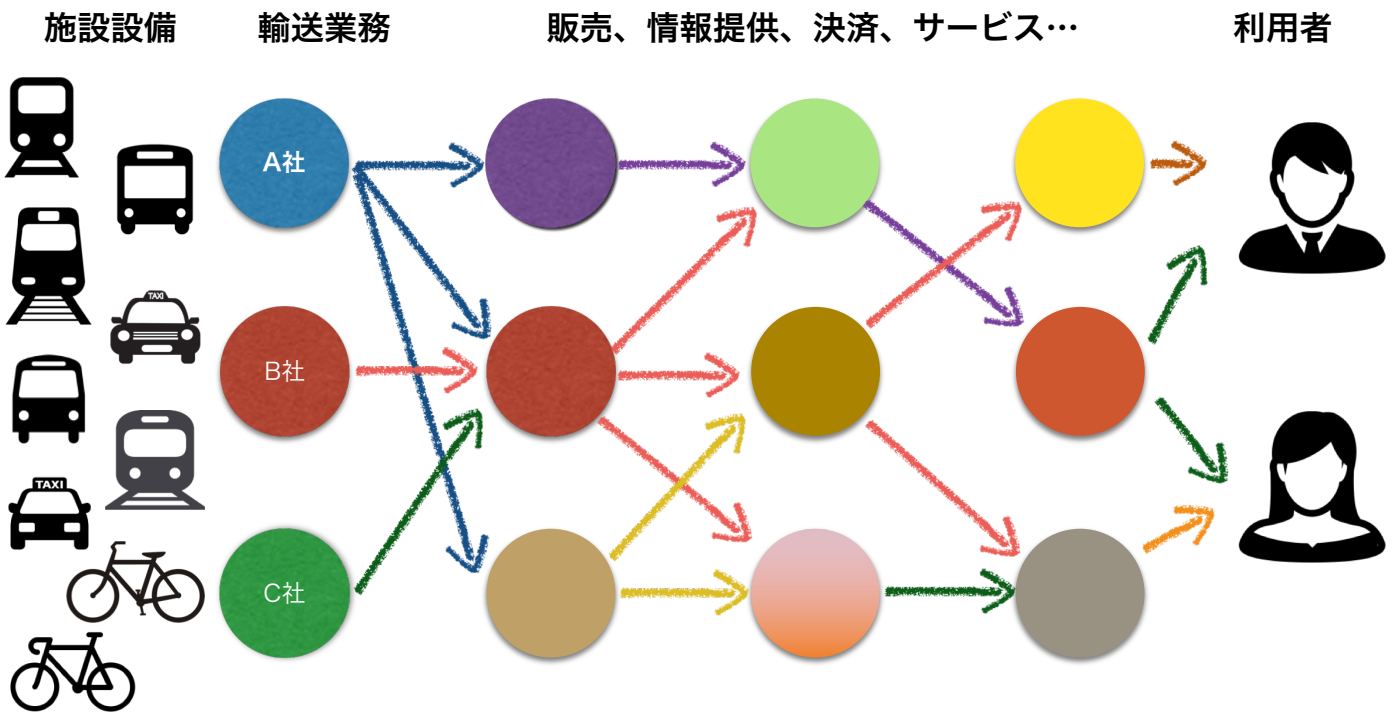
Mobility as a Service

これまでの統合化された公共交通サービス



統合化ビジネスモデル

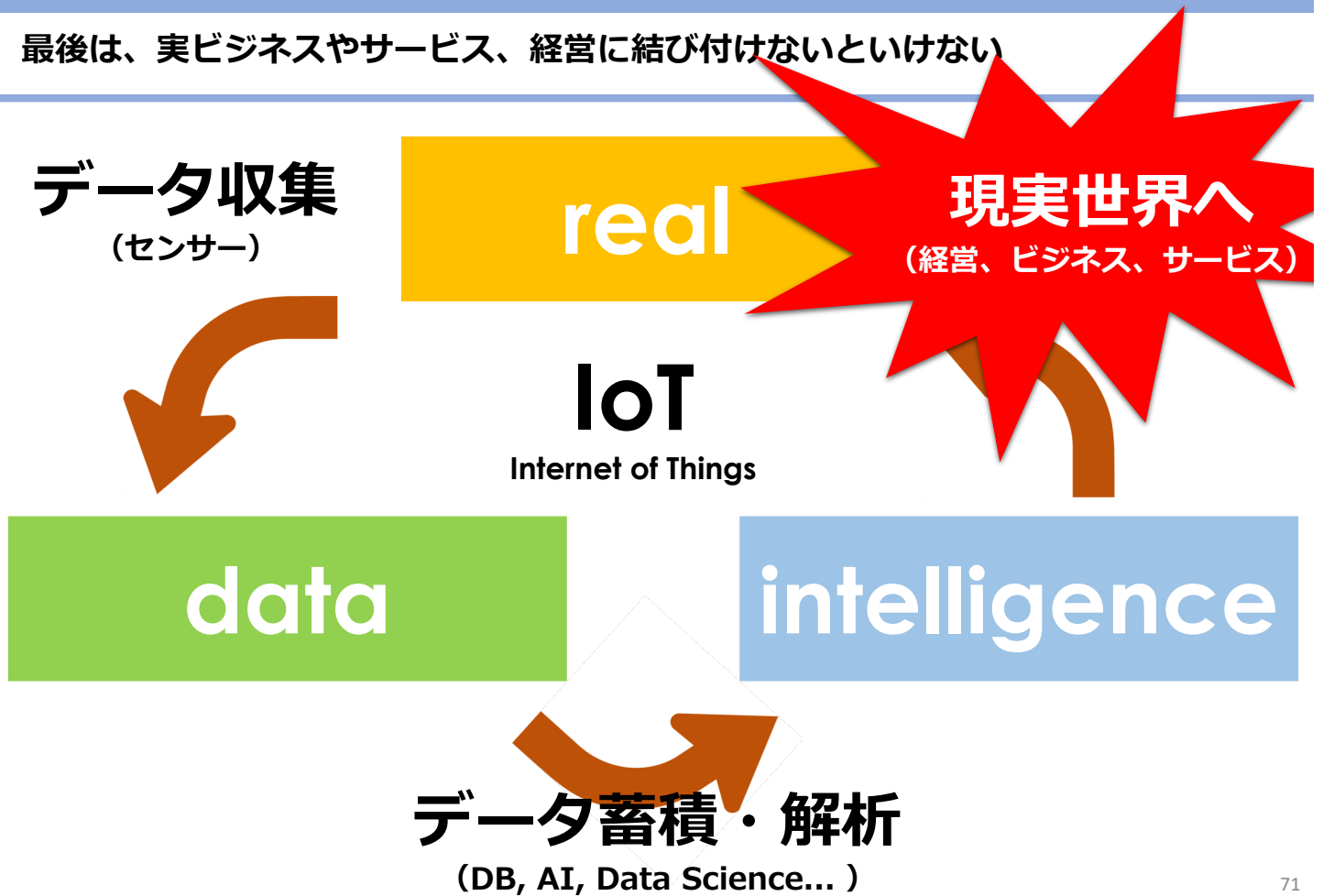
Mobility as a Service



公共交通事業の分業化、Unbundle-Rebundleによるネットワーク化

5-4
データ利活用では、
PDCAサイクルを回すことが
本質的に重要

最後は、実ビジネスやサービス、経営に結び付けないといけない



71

PART 6 ビジネス視点からのお願い

72

気象技術の進展の見込みの公表

**10年後の天気予報の精度は？
今以上に、気象予報の確率情報は見込めるのか？**

73

それによって、未来のサービスモデルを設計

74

Noboru Koshizuka
UTODC, The University of Tokyo