



日本機会学会 生産システム部門  
インターネットを活用した「つながる工場」における  
生産技術と生産管理のイノベーション研究分科会

# 新しい情報通信基盤としての IoT (Internet of Things) とその産業利用

越塚 登 (Koshizuka, Noboru)

東京大学 大学院情報学環

YRPユビキタス・ネットワークング研究所

TRON Forum



# **PART 1**

## **自己紹介とこれまでの取組**





# 自己紹介

## ■ 越塚登

- ▶ 東京大学大学院情報学環・教授
- ▶ YRPユビキタス・ネットワーキング研究所・副所長
- ▶ T-Engine Forum、ユビキタスIDセンター
- ▶ 公共交通オープンデータ研究会
- ▶ 一般社団法人 オープン&ビッグデータ活用・地方創生推進機構 (VLED), 理事・技術委員会 委員 (主査) ・オープンデータシティ推進委員会 委員 (共同主査)
- ▶ 内閣官房 電子行政オープンデータ実務者会合, 委員
- ▶ 内閣官房 電子行政オープンデータ実務者会合, 公開支援ワーキング・グループ, 委員 (主査)
- ▶ 総務省 ICT新産業創出推進会議, 委員
- ▶ 総務省 地方発の放送コンテンツ発信力強化に向けた懇談会 (ローカルコンテンツ懇談会), 委員
- ▶ 総務省 地方のポテンシャルを引き出すテレワークやWi-Fi等の活用に関する研究会 Wi-Fi整備推進ワーキング・グループ, 委員
- ▶ 国土交通省, ICTを活用した歩行者移動支援の普及促進検討委員会, 委員
- ▶ 国土地理院, 地理空間情報の共通・相互利用促進に関する専門部会, 委員.
- ▶ 独立行政法人情報処理推進機構 (IPA), 共通語彙基盤ワーキング・グループ, 委員.
- ▶ 独立行政法人情報処理推進機構 (IPA), 共通語彙基盤ワーキング・グループ, 移動・交通ドメイン語彙検討会, 委員 (座長) .
- ▶ 独立行政法人情報処理推進機構 (IPA), 語彙データベース検討会, 委員.
- ▶ 経済産業省 ITダイバーシティ研究会 主査

■ E-mail: [koshizuka@sakamura-lab.org](mailto:koshizuka@sakamura-lab.org)

■ Web: <http://www.utacs.org/koshizuka/>



# **PART 2**

## **History of Ubiquitous Computing and IoT**



# Who proposed the concept of Ubiquitous Computing?

---

- Many computer scientists have sought a new paradigm of “Post-PC” and “Post-Internet” between 1980’s and 1990’s
  
- Similar concepts were proposed all over the world at the same time.
  - ▶ どこでもコンピュータ/”Dokodemo” Computer (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)



## Recently, other new concepts have emerged

---

- Internet of things (IoT)
- Cyber Physical System (CPS)
- M2M (Machine to Machine)
- Smarter Planet
- 物聯網
- 感知中国

# トロンプロジェクト



## ■ 1984年に設立

- ▶ プロジェクトリーダー：坂村 健（東京大学教授）

## ■ プロジェクトの目標

- ▶ ユビキタスコンピューティングの実現

## ■ プロジェクトの手法

- ▶ オープンアーキテクチャ
- ▶ Closed ArchitectureからOpen Architecture への歴史的転換
- ▶ ロイヤリティフリー

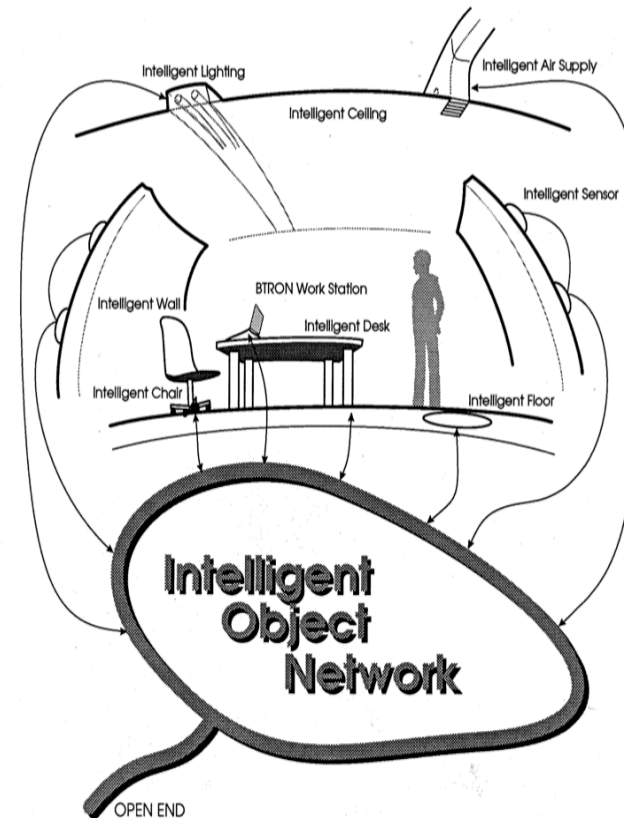


Figure 1. Highly Functionally Distributed System Environment

In a real implementation of HFDS, a room with hundred computers is likely, and buildings will have several thousand computers. Assuming that buildings will be grouped into HFDS, a city will have several million computers, and the nation or the HFDS that span the whole globe will have billion computers in it. We need a philosophy to handle such large loosely coupled computer network.



# Ultimate goal of the TRON Project

---

- “...most machines in our surrounding environment including pieces of furniture will use computers. It is conceivable that 100 computers for a man will exist.” ...
  - ▶ Ken Sakamura: “The Objectives of the TRON Project”, in TRON Project 1987, Springer-Verlag, 1987, pp. 3~16.



- We called this...
  - ▶ HFDS: Highly Functionally Distributed System
  - ▶ MTRON (Macro TRON)
  - ▶ どこでもコンピュータ、Computer Everywhere Environment
  - ▶ etc...



# TRON電腦住宅 [1989年]

- 333m<sup>2</sup>の住宅に、1000個のコンピュータとセンサーとアクチュエータを組み込んだ

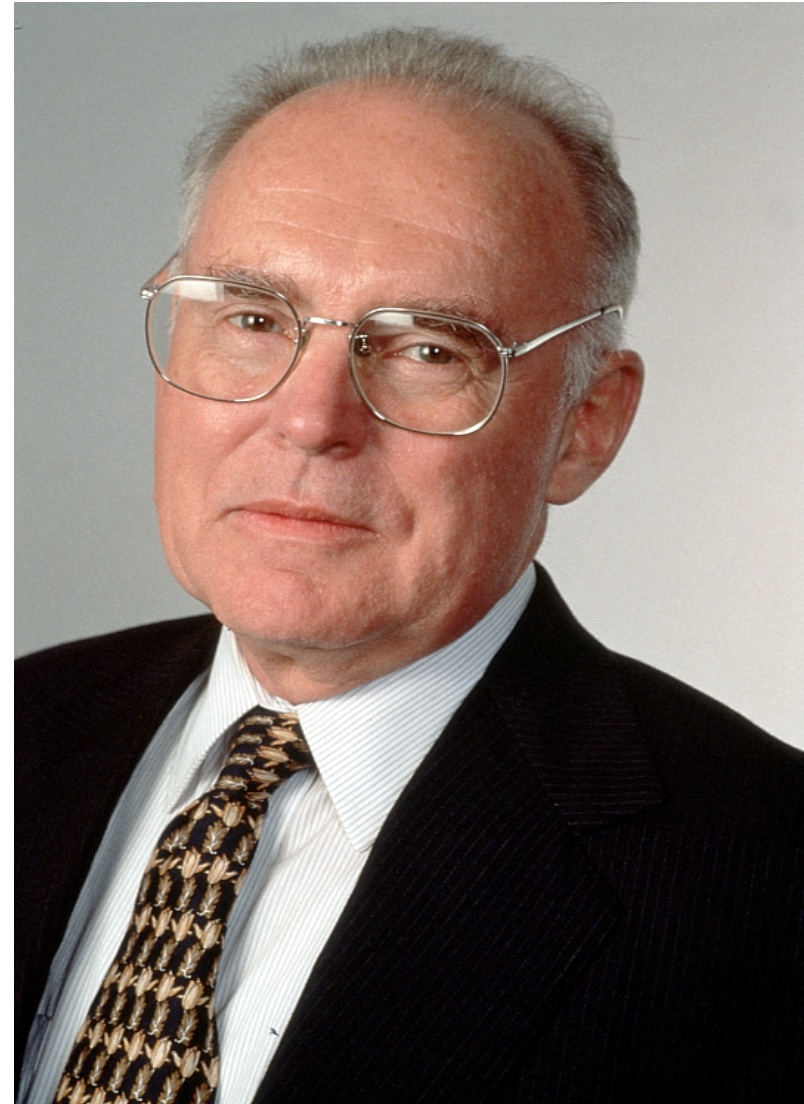






# Mooreの法則 (Moore's Law)

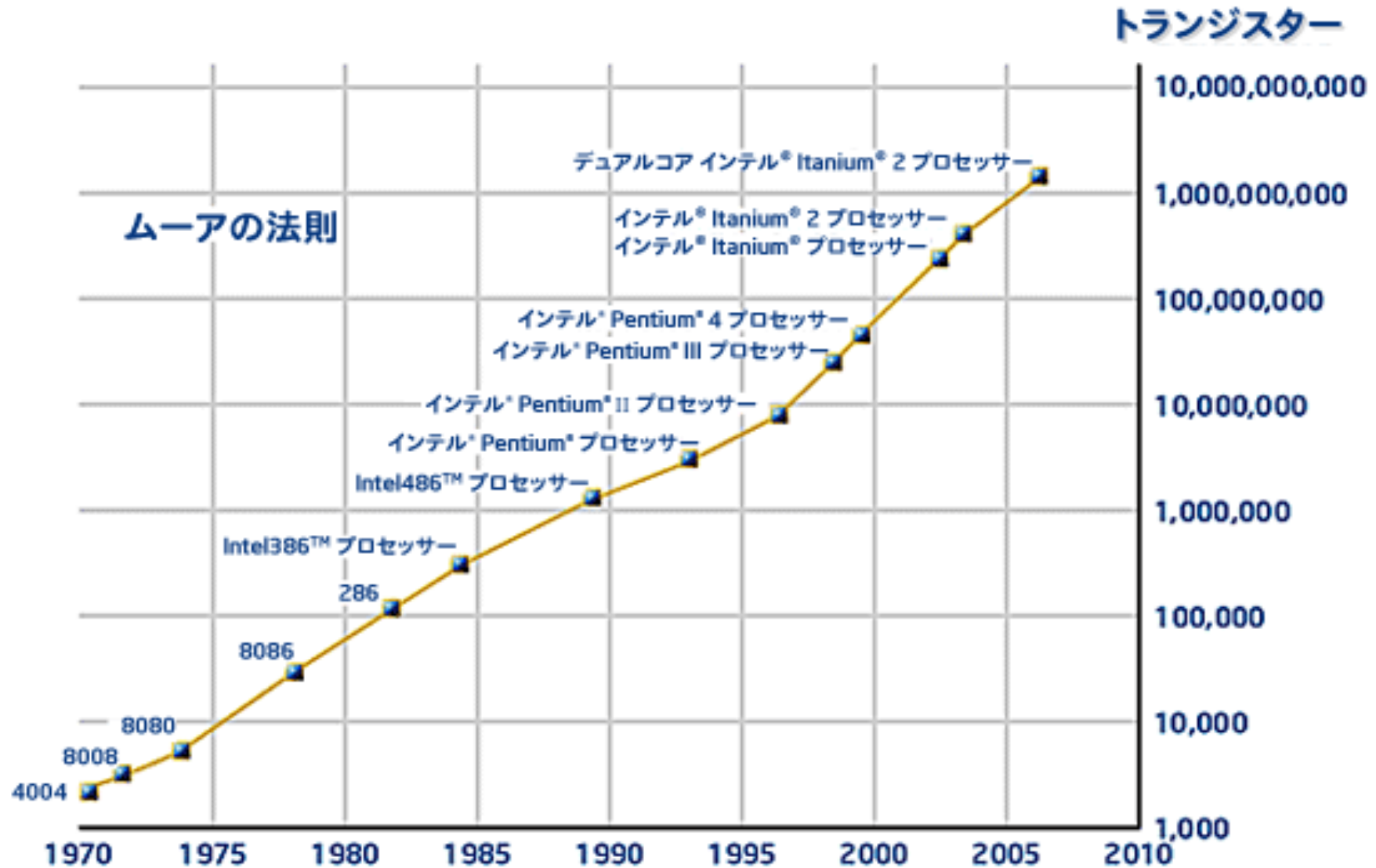
- 「半導体の集積密度は18～24ヶ月で倍増する」という法則。
  - ▶ 実際には、集積密度の向上ペースはこれより鈍化
  - ▶ 「集積密度」を「性能向上」に置き換えて考えても成立。
- ムーアの法則は半導体の微細加工技術の発展を根拠としており、理論的には、微細化が原子レベルにまで到達して終焉する。



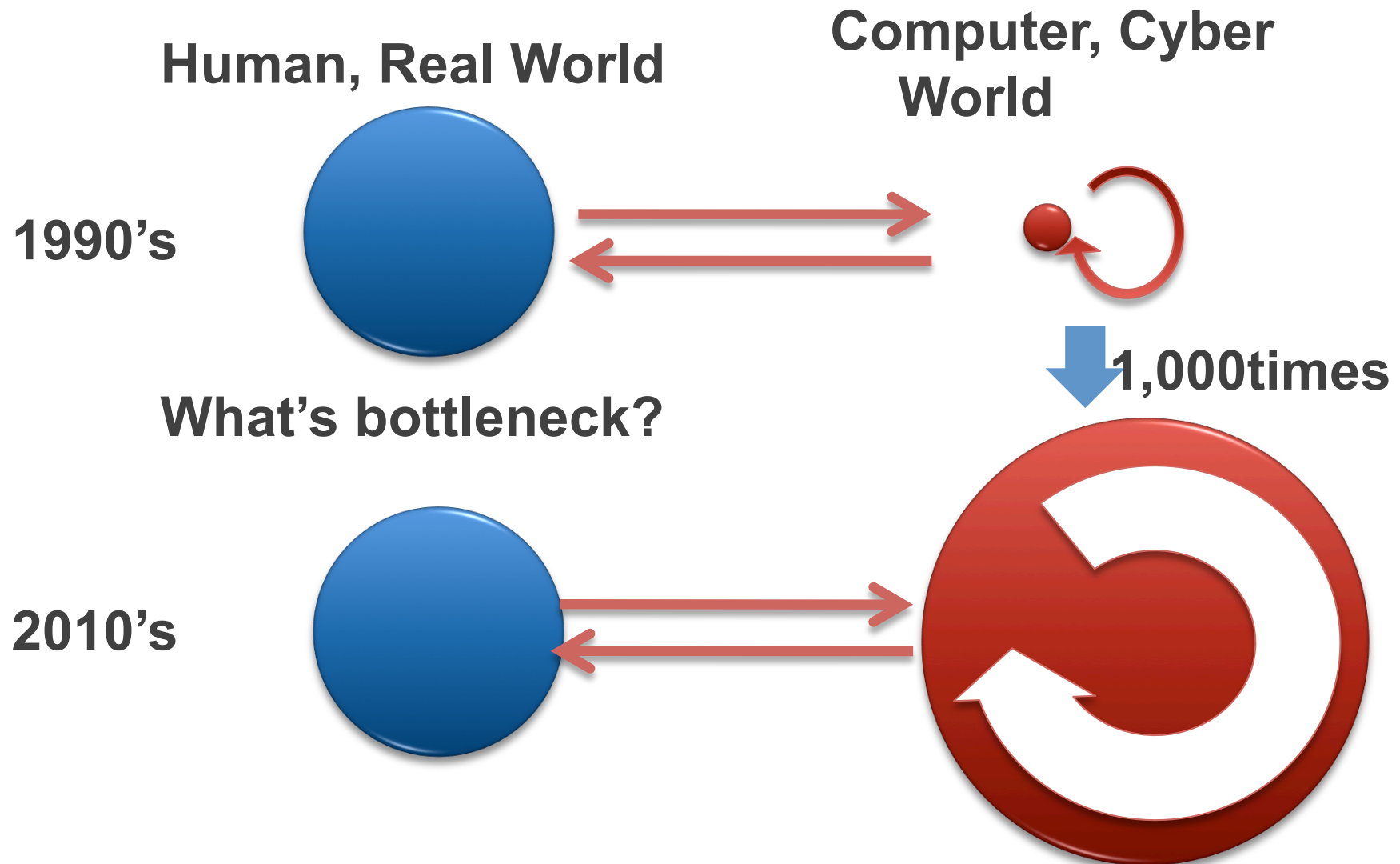


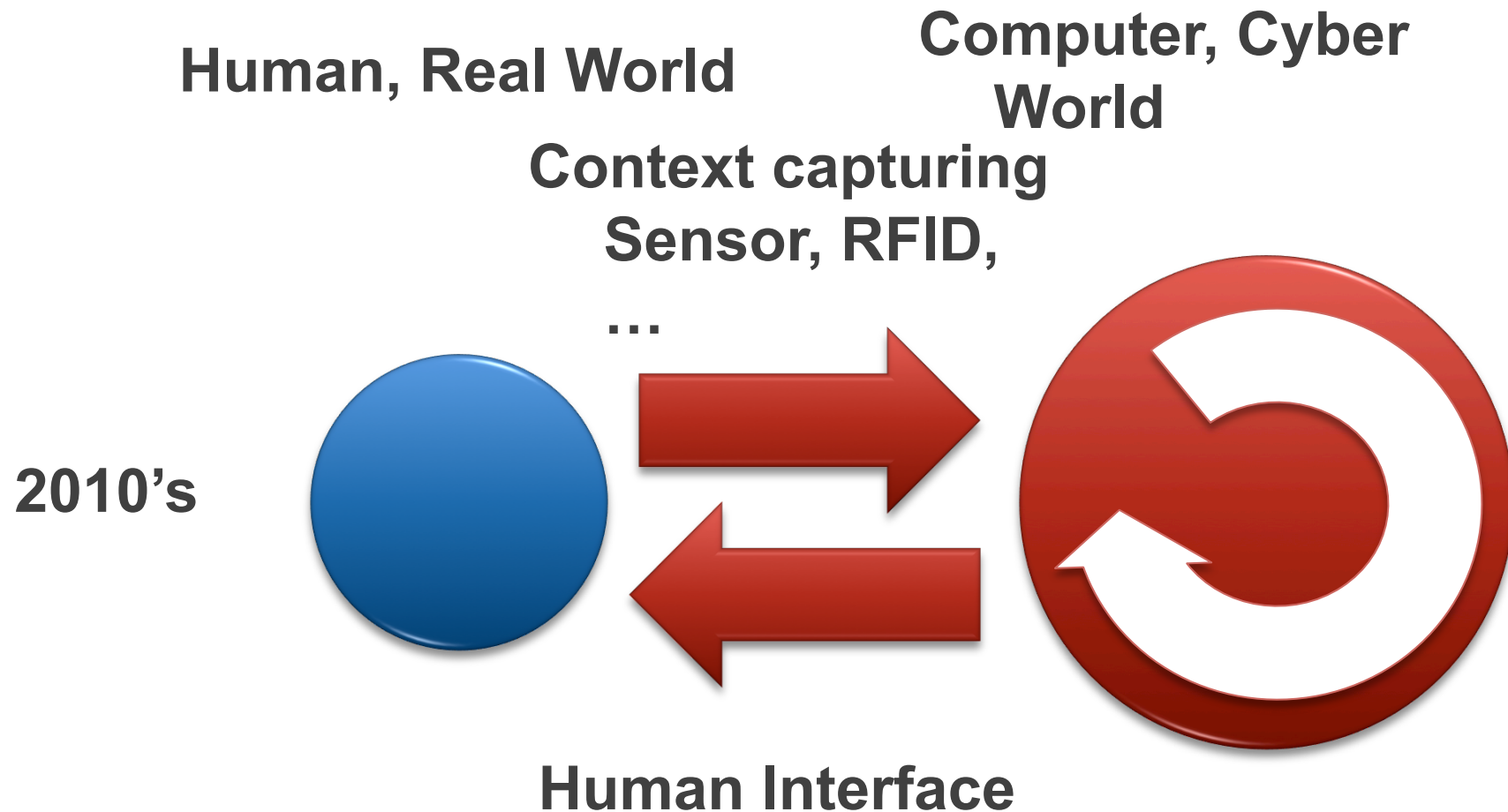


# ムーアの法則がもたらすパフォーマンスの向上



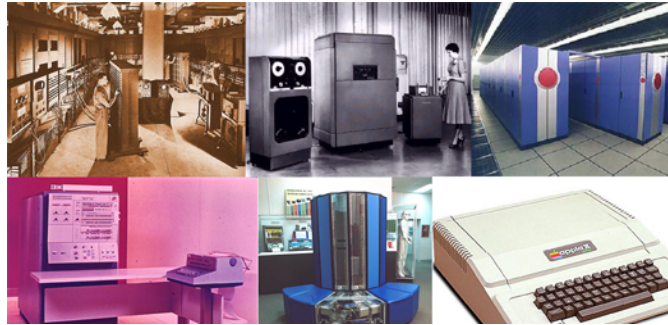
# Human vs. Computer







# Classification of computers



→ *Computers for  
Information Processing*



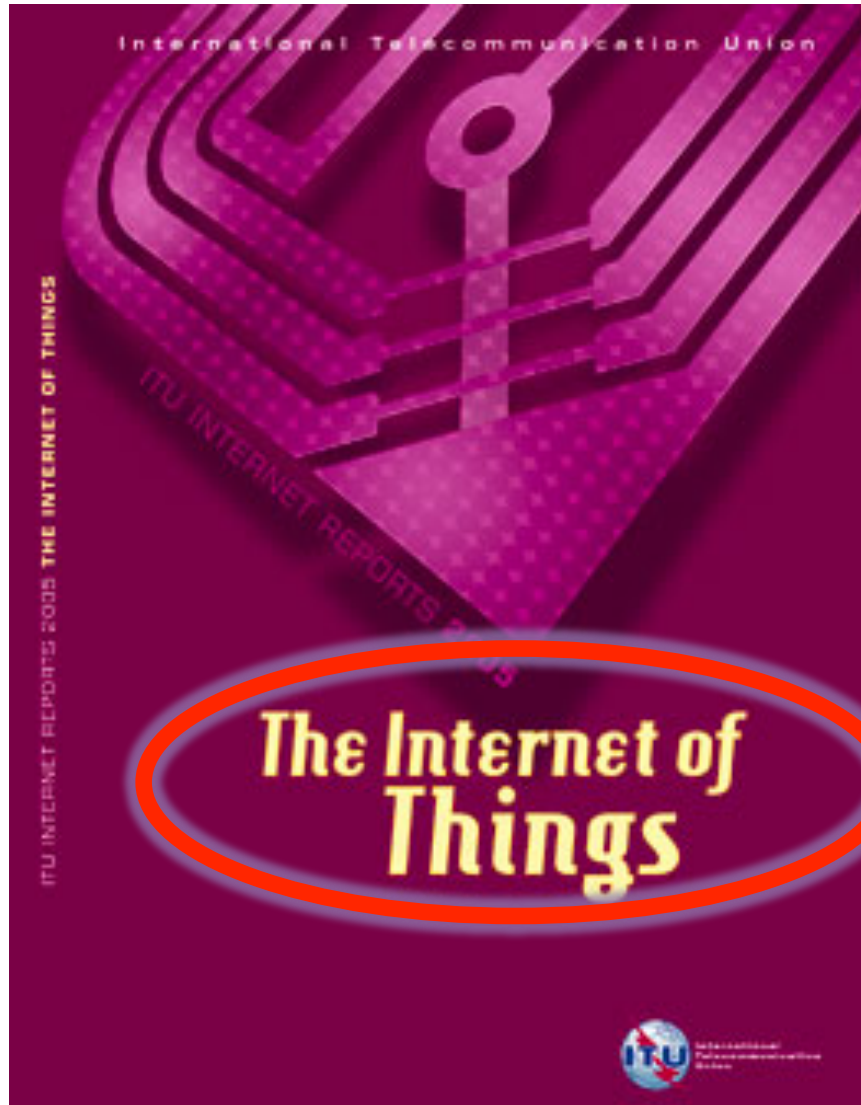
→ *Embedded Computers*



→ *Ubiquitous Computing*



# ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things



- <http://www.itu.int/publications/folderdetails.aspx?lang=e&folder=S-POL-IR.IT-2005&menu=categories>







# CASAGRAS Final Report 2009, EU



■ <http://www.rfidglobal.eu/userfiles/documents/FinalReport.pdf>





# 物聯網 (Wu Lian Wang)







# **PART 3**

## **Current Status of Ubiquitous Computing and IoT**



**一兆個の機器がネットワークに  
つながる時代に  
Trillions of Connected Devices**



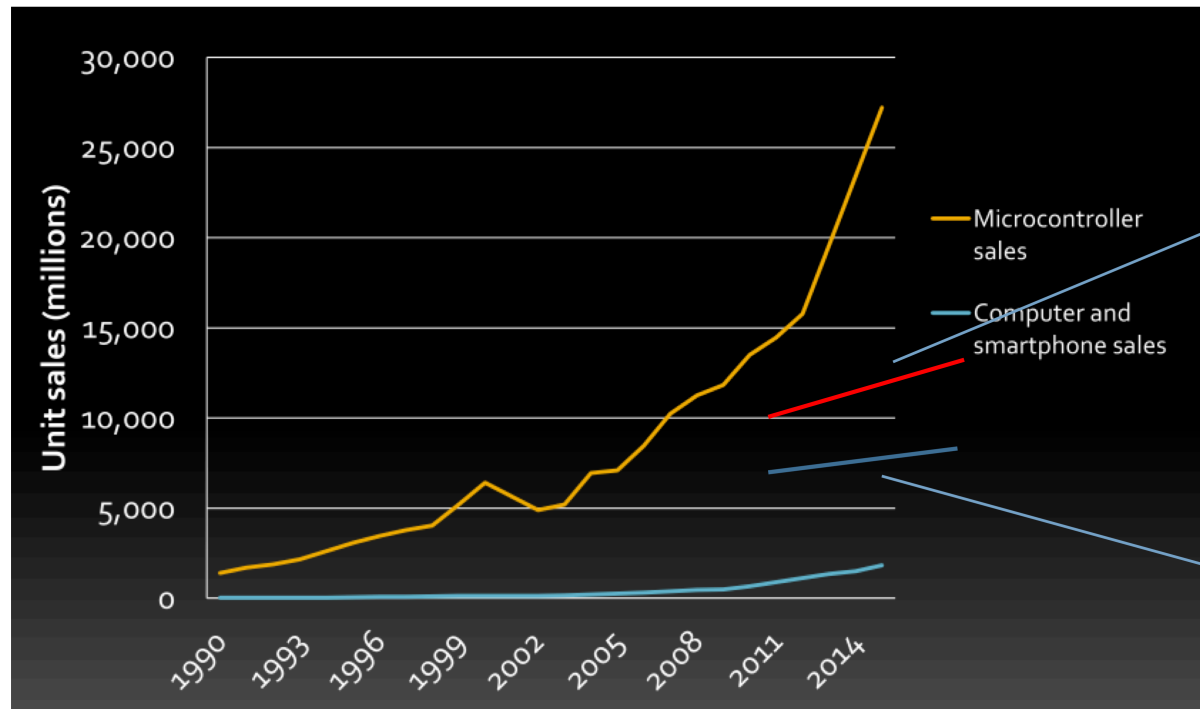
**ガートナー社試算：2020年までに260億個**

**シスコ社試算：2020年までに500億個**

**IDC社試算：2020年までに2,120億個**



# Shipment of Microcontrollers and computers



Source: Thanki/ICSS 2013

## Electric Motors

9.8bn 2010  
12bn 2018

## Population

6.9bn 2010  
7.7bn 2020



## マーケット比較（出荷数、2012）

		2012 (Units)	
MCU Market	4~8bit	6,343 M	
	16bit	7,227 M	
	32bit	3,700 M	
	Sub Total	17,271 M	組込系
Computing Market	PC	355 M	
	Smartphone	712 M	
	Sub Total	1,067 M	非組込系

IC Insights: “Research Bulletin: MCU Market on Migration Path to 32-bit and ARM-based Devices”, April 25, 2013

<http://www.icinsights.com/data/articles/documents/541.pdf>

IDC: “Soft PC Shipment in Fourth Quarter Lead to Annual Decline as HP Holds Top Spot, According to IDC”

<http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS23903013#.UO9hyW9QWSq>

IDC: “Strong Demand for Smartphones and Heated Vendor Competition Characterize the Worldwide Mobile Phone Market at the End of 2012, IDC says”

<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS23916413>



- **"The Internet of Things will include 26 billion units installed by 2020.**
- **IoT product and service suppliers will generate incremental revenue exceeding \$300 billion, mostly in services, in 2020.**
- **It will result in \$1.9 trillion in global economic value-add through sales into diverse end markets."**



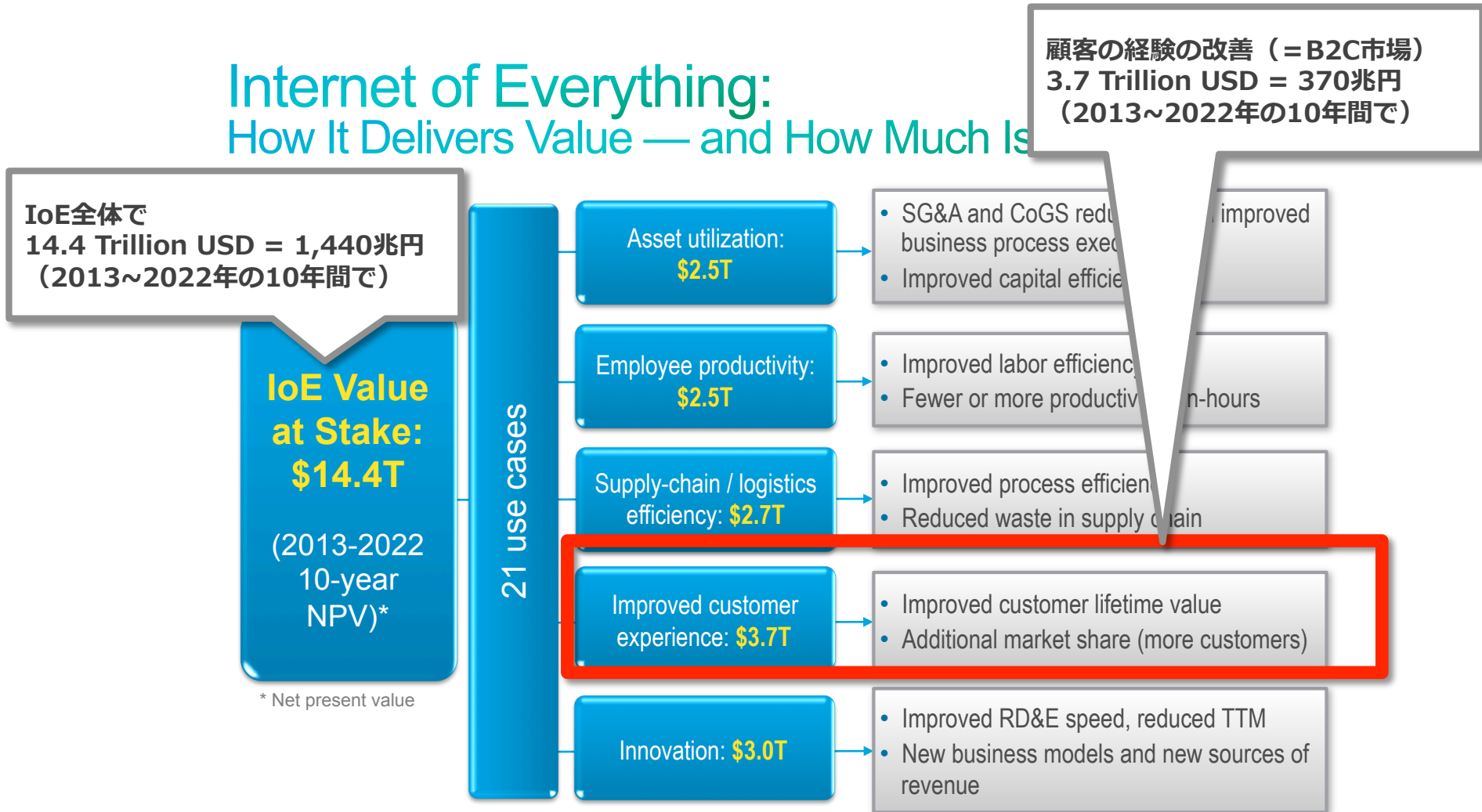
- **2020年 300 Billion USD (= 30兆円)**
- **最終的には、 1.9 Trillion USD (= 190兆円)**

# Cisco社の試算 = IoE: Internet of Everything

"Embracing the Internet of Everything To Capture Your Share of \$14.4 Trillion: More Relevant, Valuable Connections Will Improve Innovation, Productivity, Efficiency & Customer Experience", 2013.



## Internet of Everything: How It Delivers Value — and How Much Is





- "IDC has looked at the components, processes, and IT support for IoT and expects the technology and services revenue to expand from \$4.8 trillion in 2012 to \$7.3 trillion by 2017 .....



- 2012年
  - ▶ 4.8 Trillion USD = 480兆円
- 2017年
  - ▶ 7.3 Trillion USD = 730兆円

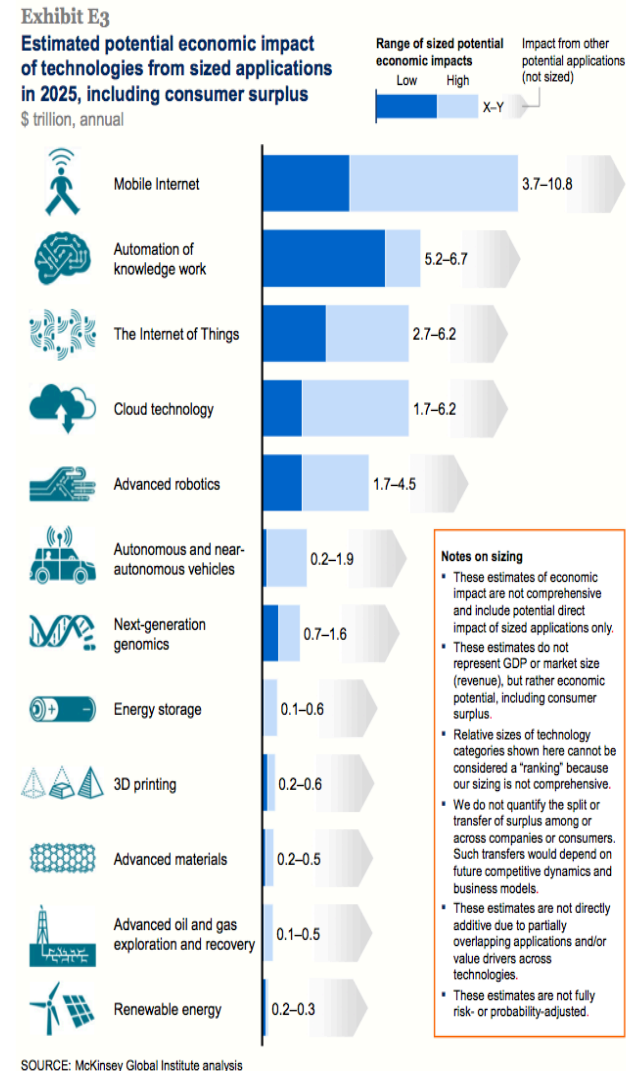


■ ...they have the potential to drive direct economic impact on the order of \$14 trillion to \$33 trillion per year in 2025.

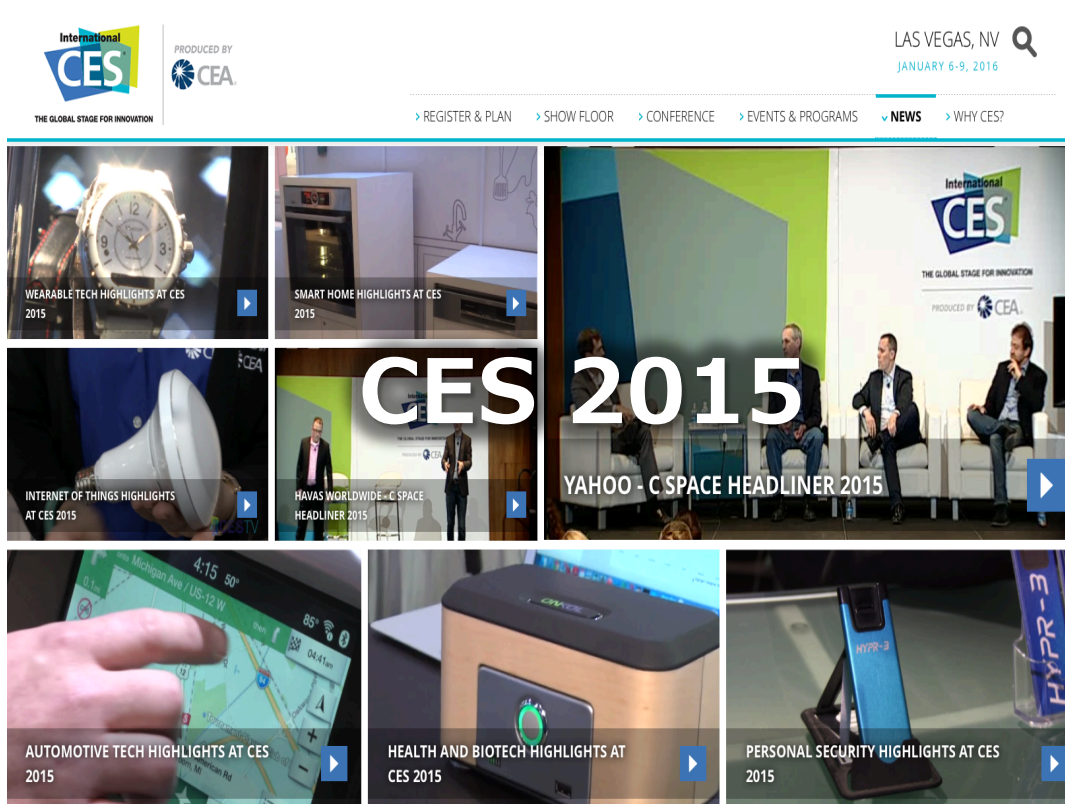


■ 2025年、直接的な経済効果

- ▶ 14~33 Trillion USD/Year
- ▶ 1,400~3,300兆円/年







**CES 2015はもはや家電製品ショーではない。**

## 2015 Highlights

*IoT, Wearable, Health & Biotech, Fitness & Sports, Sensors, Unmanned Systems (Drone, etc...), 3D Printing, Security, Automotive,...*

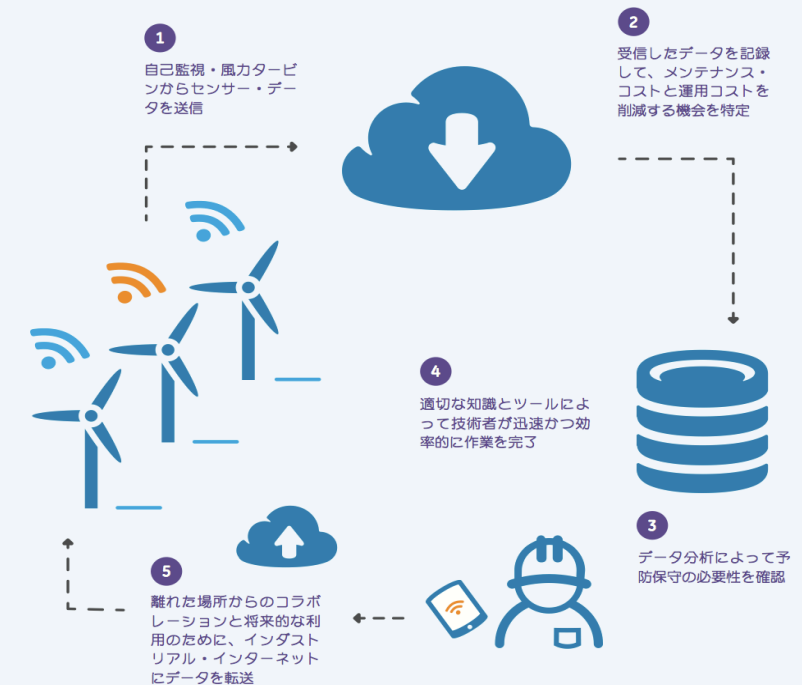


# Industrial Internet (GE)

## ■ Marco Annunziata and Peter C. Evans: “The Industrial Internet@Work”, General Electronics Company, 2013.

▶ [http://www.ge.com/jp/docs/1389000498785\\_Japan\\_IndustrialInternetatWork\\_0106s.pdf](http://www.ge.com/jp/docs/1389000498785_Japan_IndustrialInternetatWork_0106s.pdf)

インダストリアル・インターネットは、業務用機器、医療機器をはじめとする機械のサービスとメンテナンスのあり方を変革します。



### インテリジェント機器

インテリジェント機器の自己監視とセンサー・データ転送の機能によって予防措置が可能になり、「予想外のダウンタイムのゼロ化」の目標達成に近づけることができます。



### 価値あるデータの転送

個々の機器の状態に関するリアルタイムの情報によって、高コストの燃料供給スケジュールの必要性が低減されます。



### 運用の最適化

オペレーション・センターはデータを分類およびフィルタリングし、カスタマイズした「フラット」の表示を使用して、履歴分析、リアルタイム分析、予測が行えます。



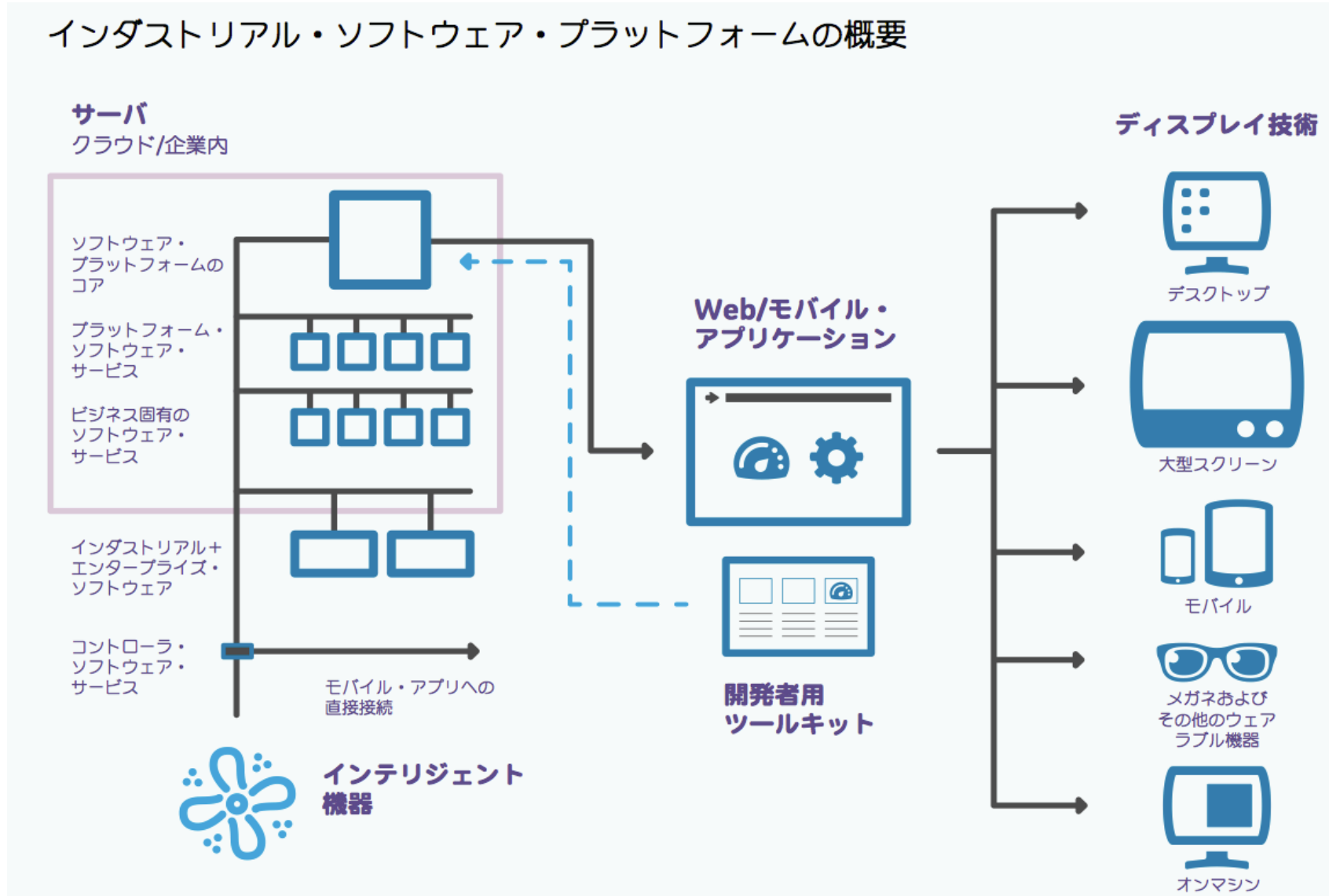
### 技術者の強化

インダストリアル・インターネットによって、技術者にはリアルタイムで情報とリソースが提供されるため、生産性が向上し、作業が効率化します。



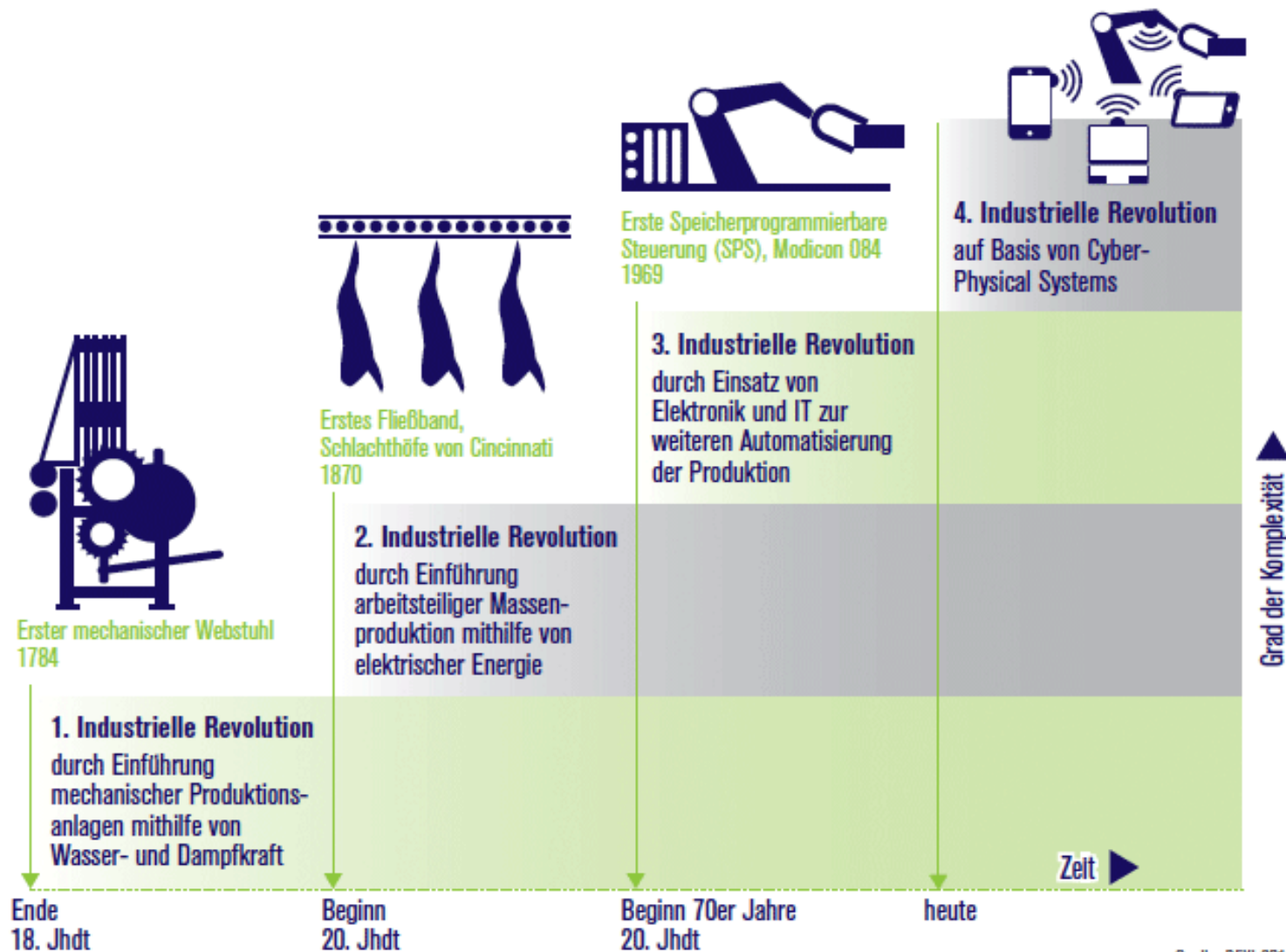
# Industrial Internet (GE)

## インダストリアル・ソフトウェア・プラットフォームの概要





# Industrie 4.0 (German Government)



Quelle: DFKI 2011

# Industrie 4.0





# **PART 4**

## **Conventional Applications of ucode + IoT**



# 物流管理効率化新技術確立事業／農水省

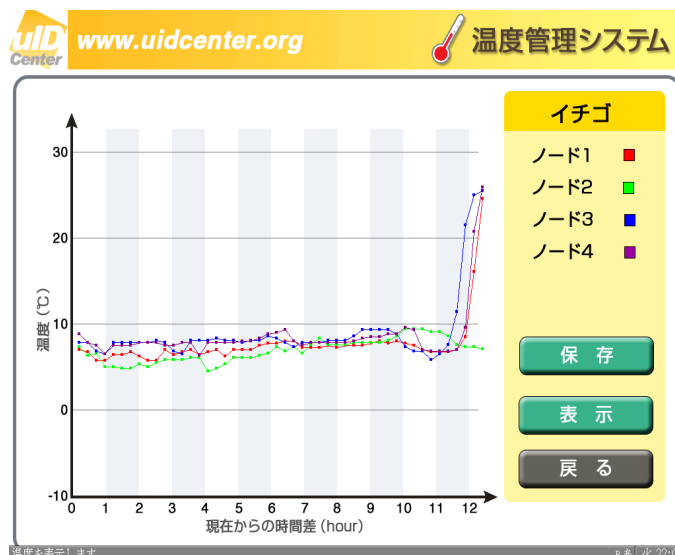


## ■ 概要

- ▶ 電子タグ等、最新のユビキタス技術を活用して、食品物流を効率化する。
- ▶ 電子タグを使った一括検品、置き場管理、センサータグを使った温度管理、などを実施。

## ■ 事業主体

- ▶ 農林水産省、財団法人食品流通構造改善促進機構、YRPUNL、東京都築地市場、東京都大田市場、他、農協・卸・中卸・小売店、各社 など







# 食品トレーサビリティ







# アパレル国際物流／青山商事



## ■ 概要

- ▶ 中国で生産されたスーツ個品にRFIDの ucodeタグを装着。
- ▶ 流通管理、販売支援、顧客に対するスーツに関する情報提供サービスを実施。

## ■ 事業主体

- ▶ 青山商事
- ▶ YRP-UNL
- ▶ ※ 「平成17年度 総務省 アジアユビキタスプラットフォームの研究開発」の一環として実施



# 光るタグ／東邦薬品



## ■ 概要

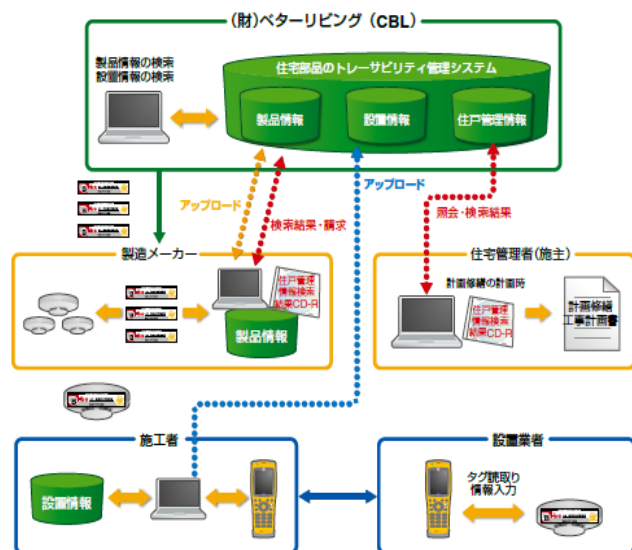
- ▶ アクティブタグを活用した物流業務用フラッシングICタグとICタグ管理基地局、タグID情報管理サーバを含めた、ピッキング業務支援システム「光るタグ」。
- ▶ 関東圏の主幹となる新物流センター「TBC東京」（2006年11月オープン）に導入し、本格運用を開始。

## ■ 事業主体

- ▶ 東邦薬品株式会社
- ▶ YRP-UNL



# 住宅備品のトレーサビリティ／ベターリビング



## ■ 概要

- ▶ メーカーが認定部品を販売する際、住宅部品ひとつひとつにucodeタグ（電子タグ）付きの証紙が貼られて出荷。
- ▶ 各認定部品の個品がどの家屋に設置されたかの管理を少ない手間で実施可能
  - ◆ 既に、トラブル時の回収を効率化する実績
- ▶ 設置業者は、RFID上のucodeと設置・保全・廃棄等の作業情報を自動的に紐付けし、ベターリビングが運営するサーバに送信・登録し、トレーサビリティ情報を管理。

## ■ 事業主体

- ▶ 一般財団法人ベターリビング



# 住宅履歴管理「いえがるて」



## ■ 概要

- ▶ 住宅の長期にわたる設備更新、修繕・リフォーム、売買などの局面で、その住宅の過去の諸情報（住宅履歴情報）を記録・活用する
- ▶ 個々の住宅を唯一識別すると共に個人情報やプライバシーを保護する目的で「共通ID」と呼ばれる個体識別番号（ucode）の配布
- ▶ 135 万戸分のucodeを発行済

## ■ 事業主体

- ▶ 一般社団法人住宅履歴情報蓄積・活用推進協議会





# 電腦コンクリート／住友大阪セメント



## ■ 概要

- ▶ 供試体（きょうしたい）トレーサビリティシステム
- ▶ 大量の供試体の固体管理と試験の効率化・正確性の向上
- ▶ 供試体とは
  - ◆ 練り混ぜ直後のコンクリートから取ったサンプル
  - ◆ 多数作り、28日後に圧縮力を加えて目標強度が得られているかどうかをテストする
  - ◆ 従来、固化後に表面に手書きで情報を書き込んできた
- ▶ コンクリート製品トレーサビリティシステム
  - ◆ 「品質」、「製造方法」、「生産年月日」など、各製品固有のデータを購入者も確認
  - ◆ 建築物のユーザの方々の品質に関する不安を解消し、知りたい情報をいつでも提供できる「建築物トレーサビリティシステム」へと発展予定

## ■ 事業主体

- ▶ 住友大阪セメント株式会社
- ▶ YRP-UNL







# 桜島火山爆発総合防災訓練



## ■ 訓練概要

- ▶ 開催日 2008年1月11日
- ▶ 主催：鹿児島市、鹿児島県
- ▶ 参加機関：県警本部、気象台、自衛隊など127機関

## ■ 避難報告

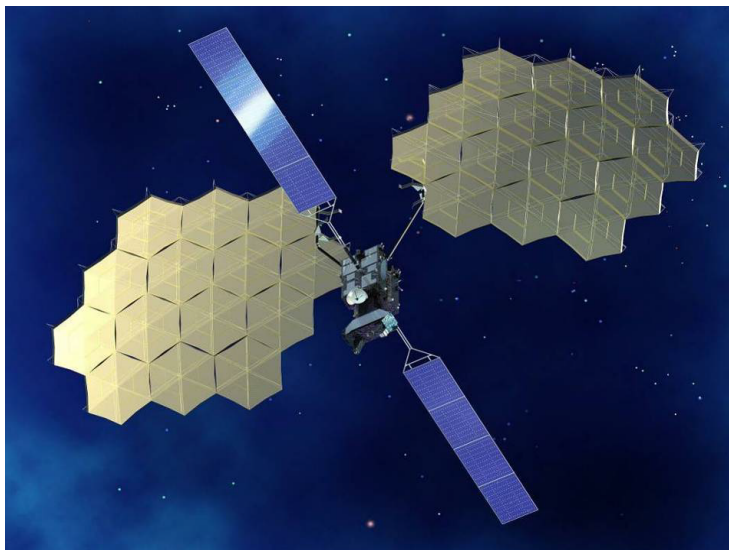
- ▶ 住民はucodeの入ったIC住民カードを持って避難
- ▶ 避難所入り口、フェリー乗船、鹿児島避難所でUCで読み込む
- ▶ 衛星で本部へ通信
- ▶ 本部では自動的に集計される

## ■ 衛星通信端末による緊急被害報告

- ▶ 衛星（きく8号）に直接通信できる通信ユニットを搭載
- ▶ 基地局からの指示で周辺の被害収集
- ▶ 被害状況を本部へ衛星経由で通信
- ▶ 端末はGPSを搭載するので場所が地図上に表示される



# 衛星を使った災害情報収集/JAXA



## ■ サービス概要

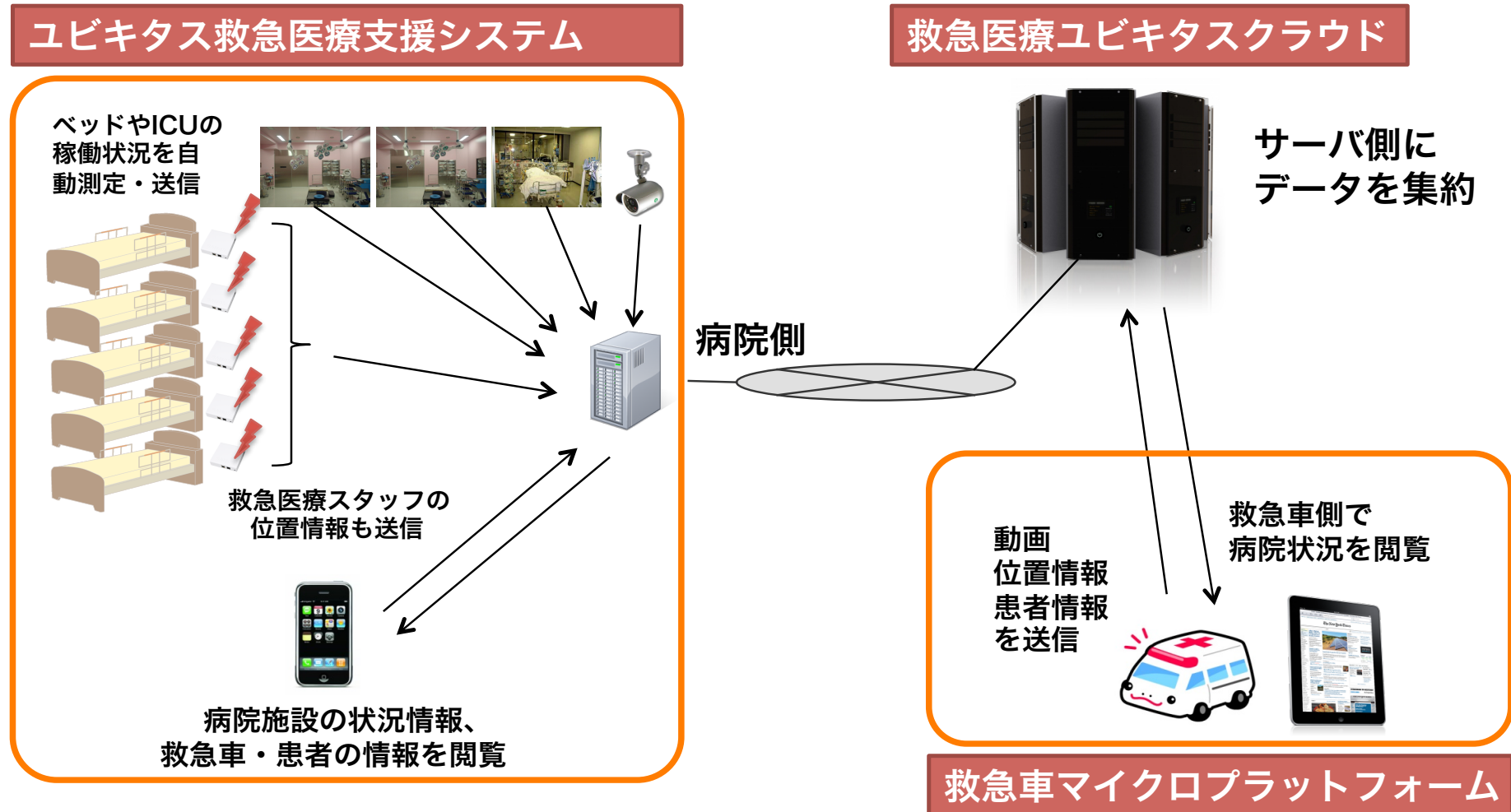
- ▶ 避難所では避難住民人数、必要物資などを災害対策本部に報告。
- ▶ 被災地では建物被害状況や通行遮断、土砂災害、けが人などを災害対策本部に報告。
- ▶ 複数の端末からのからの報告を受け、端末に集計結果を表示。

## ■ 事業主体

- ▶ JAXA
- ▶ YRP UNL



# ユビキタス救急支援システム（全体構成）





# 救急医療の施設コンテキストをIoT, M2Mで取得

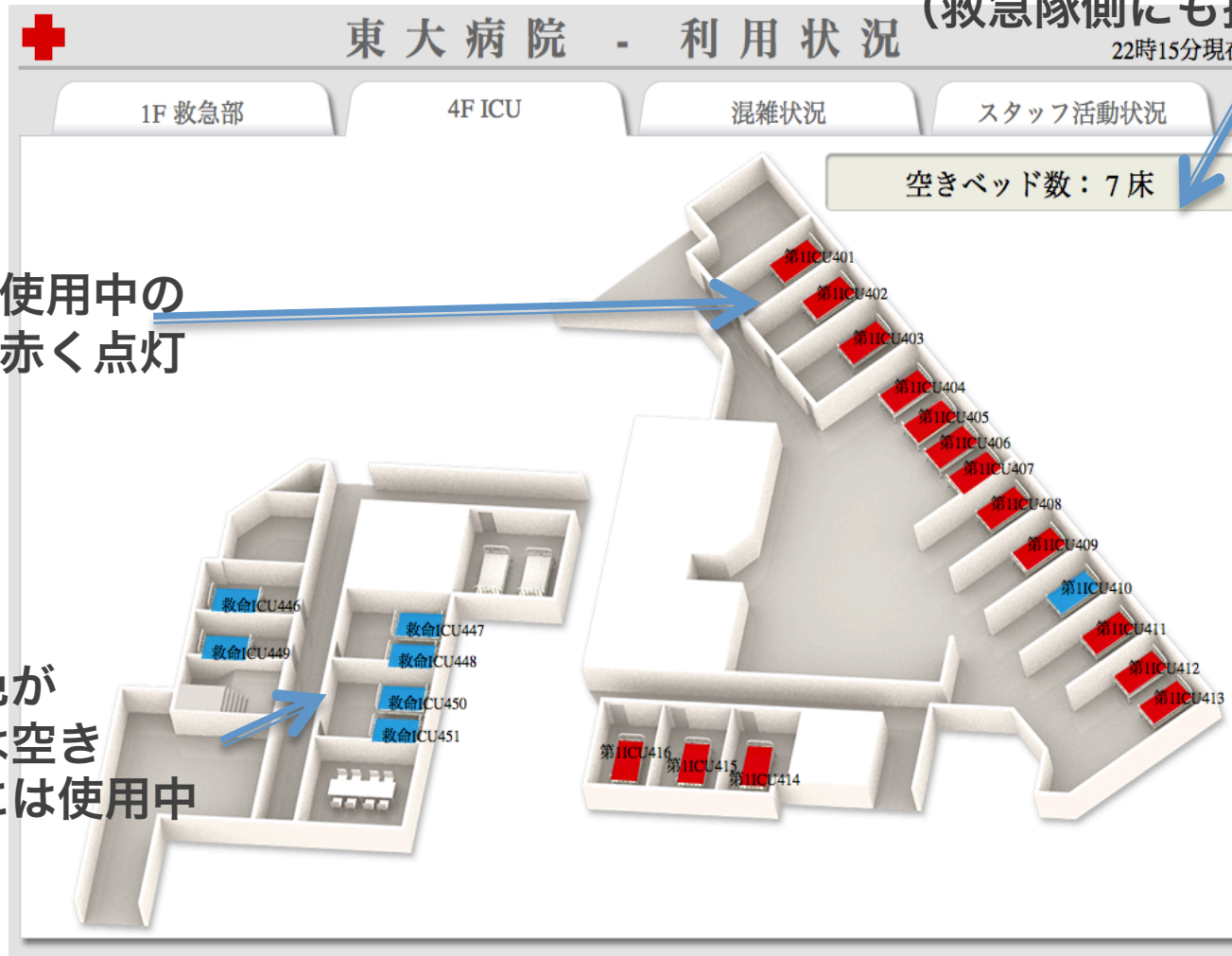






# 施設利用状況

空きベッド数の状況  
(救急隊側にも提供している情報)



# 公共交通オープンデータ：列車・バスのリアルタイム位置情報







<まとめ>

**タグ**が重要なのではない

モノや場所に“**共通ID**”をつけること  
モノや場所の“**情報**”をクラウドに置くこと  
双方を“**インターネット**”でつなぐこと

この汎用原理が、様々な応用・サービスにつながる  
ことがわかった



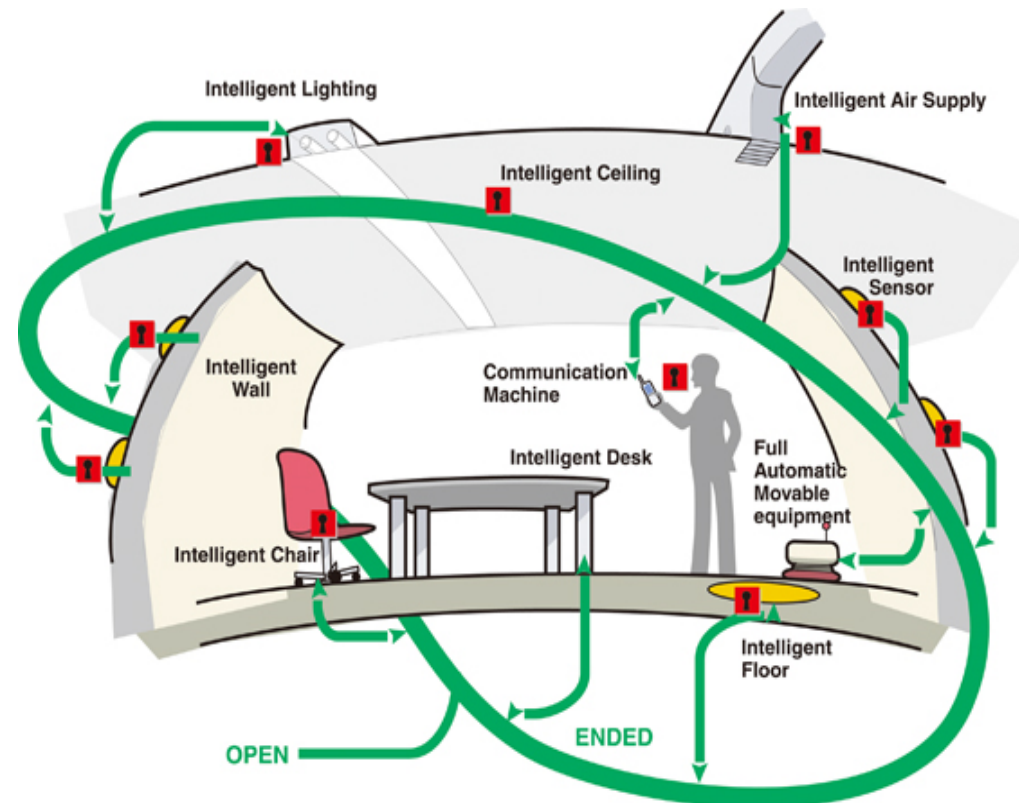
# **PART 5**

## **IoT, Ubiquitous Computing Platform/ Infrastructure**



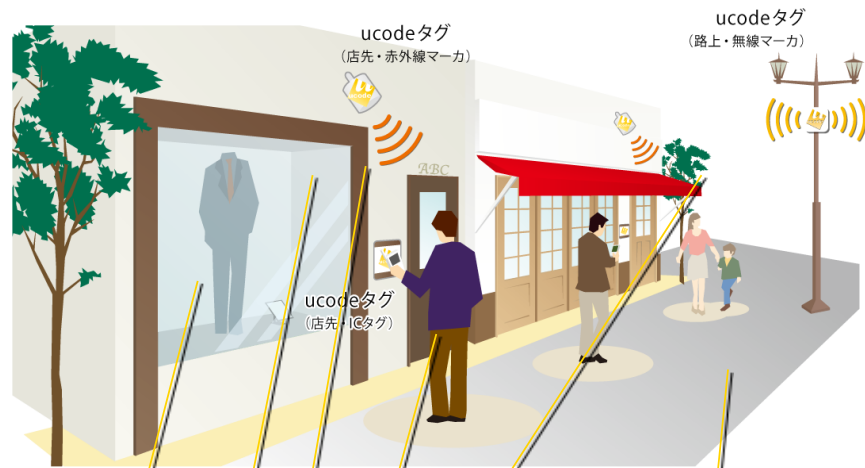
# ユビキタスコンピューティング環境へ...

- センサーノード、アクチュエーターノード、ユーザインタフェースノード、サーバーノードが相互に接続されて協調動作する姿に
- 研究を超えて、産業的に...



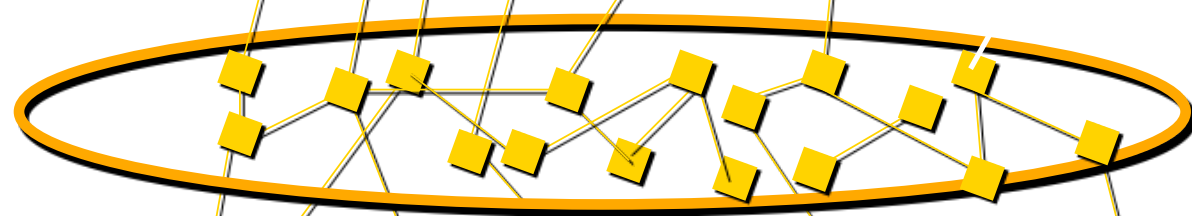
# ユビキタス場所情報システムのイメージ

実世界空間



ucode

ucode空間



コンテンツ・サービス空間





# 実世界情報基盤



観光情報サービス



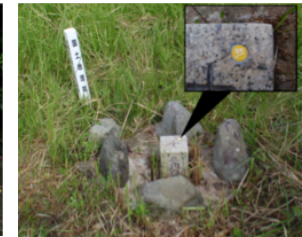
教育支援情報サービス



施設管理情報サービス



障害者支援情報サービス



土地管理情報サービス

ucR Data



ucR Data



ucR Data



ucR Data



ucR Data



ucR Data



Internet



農園・圃場センサー  
(フィールドサーバー)



スマート  
フィットネス機器



スマート  
体重計

センサー系情報



スマート  
万歩計



スマートメーター  
(電気、ガス、水道)

エネルギー情報



RFID R/W  
物流、トレーサ  
ビリティ情報



SNS投稿情報

社会事象情報



電話通報



作業往訪

人的情報

## 実空間と関連する多様で膨大な情報





# 「電子国土」：実空間型情報基盤の確立と、社会課題解決

			
効率的な重要社会 インフラの運用・管理	災害対応 迅速な救難活動、適切な情報提供	食の安心・安全 日本の農産物の国際競争力強化	医療／ヘルスケア 迅速な救急患者の病院搬送

## 実空間型情報基盤を用いた課題解決

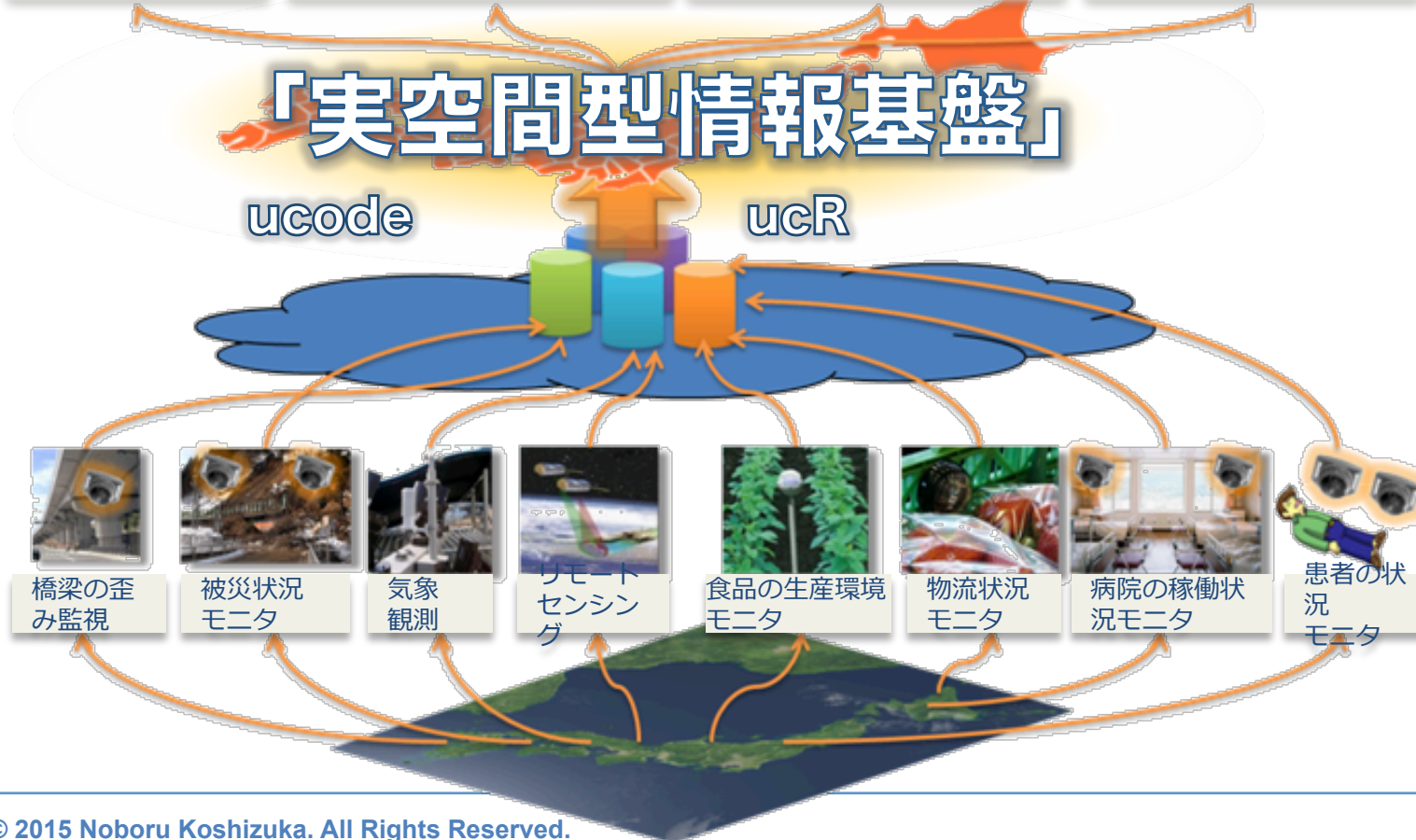
政府および国民がそれぞれのレベルで必要な情報を得ることにより、迅速な行動を可能とし、社会インフラを継続的に維持することができる。

## 実空間型情報基盤の確立

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 6**

## **unicode, uID Architecture**




**「ゆるやかにつなぐ」ために**

**Loosely Coupled Architecture**



何を決めて、何を決めないか？

最低限の標準化と、多様性を許すアーキテクチャ



# Internetの基本原則

## IPアドレスによるノードの指定

## IPアドレスを使ったメッセージの 到達可能性の提供

それがIP = Internet Protocol  
その上位層、下位層は自由でよい  
インターネットがOSIに勝った技術的理由



# Ubiquitous computingの基盤

- ノードをucodeで識別
- 識別された対象に応じた情報サービスを提供 (Context awareness)

- 重要なポイント

- ▶ 個別性
- ▶ すべてのノードが違うことが前提



- ucode + ucRを用いたContext-awarenessの機能を提供する基盤



汎用的に論理的な場所を  
指定できる「場所ID」が必要

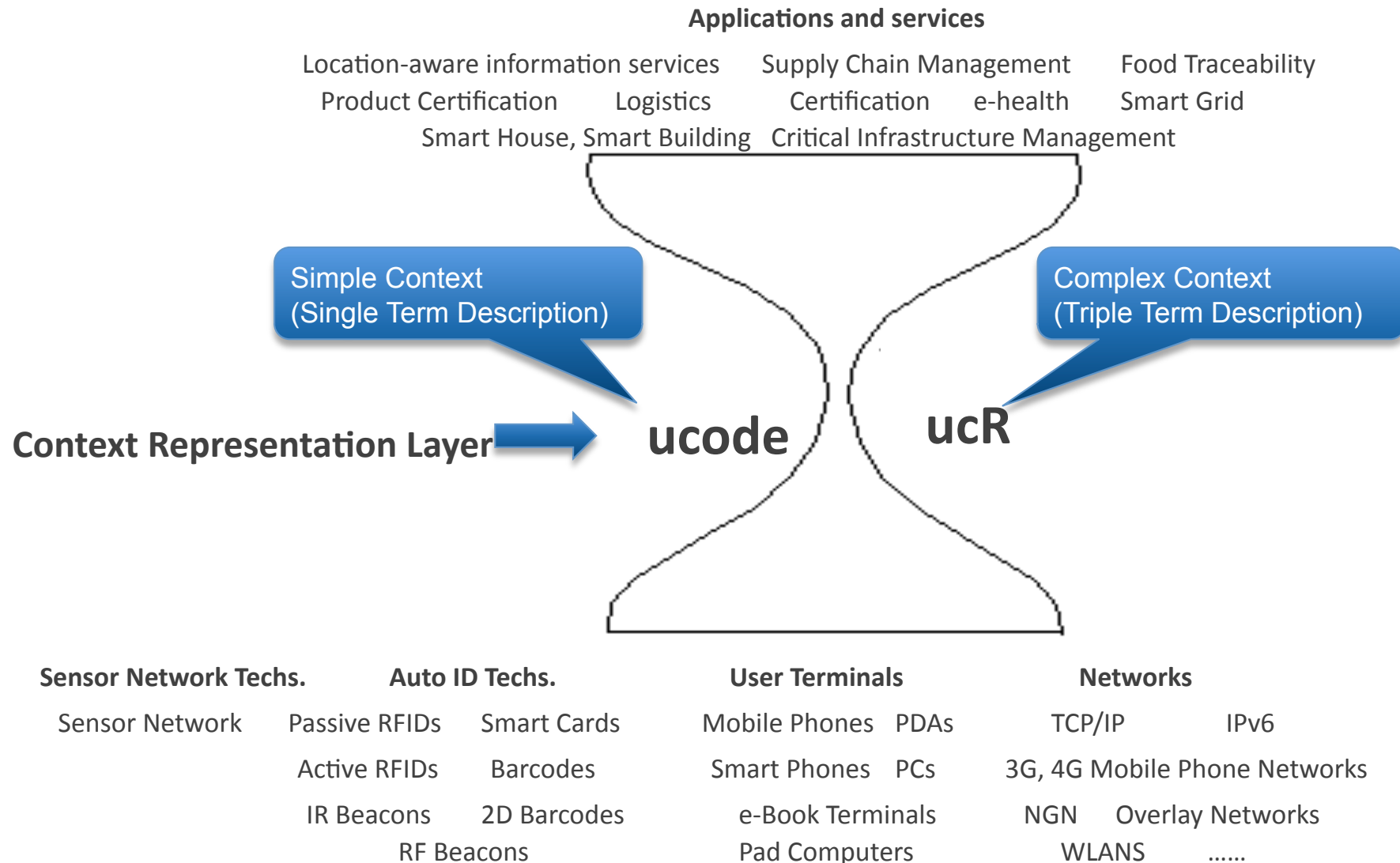


**ucode**

モノや場所の性質、緯度・経度は  
“ID”ではなく“属性”として扱う

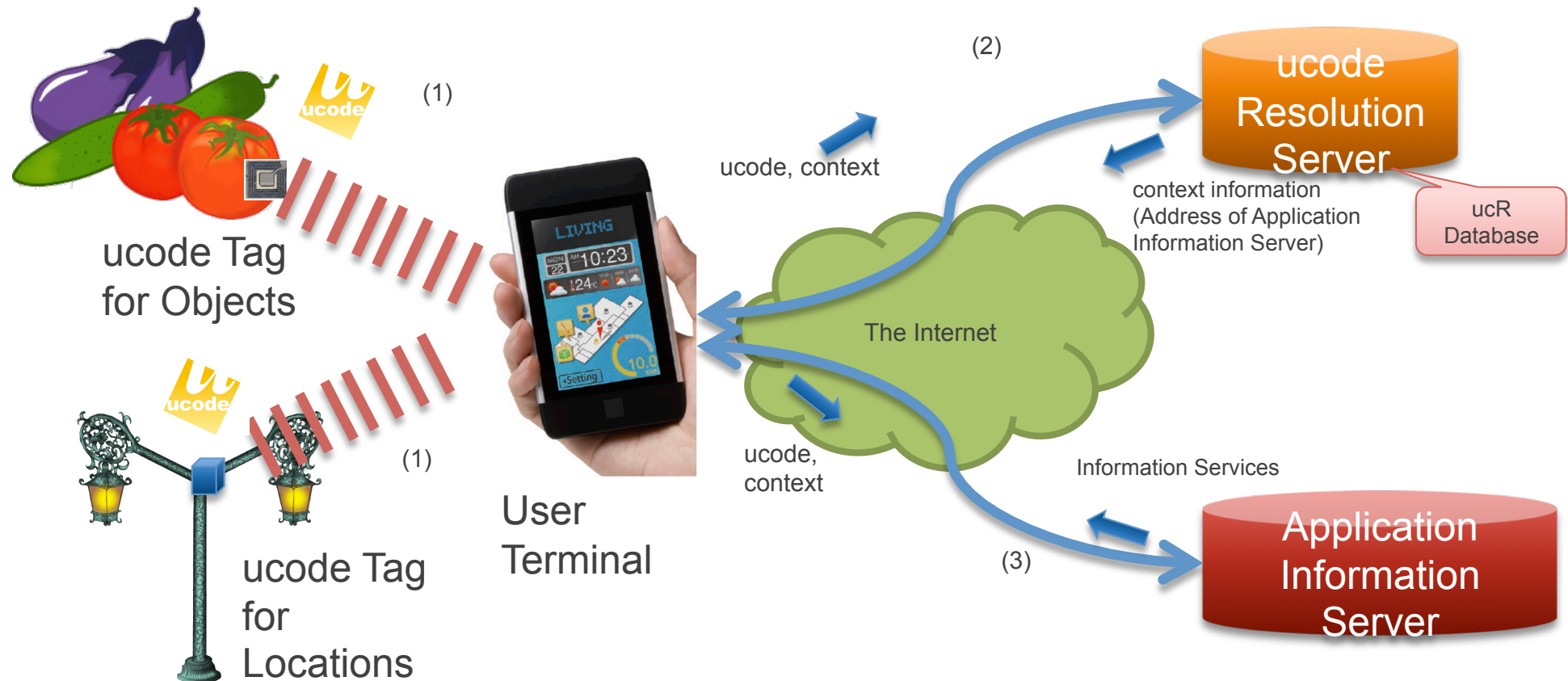


# IoT/Ubiquitous Architectureの砂時計モデル





# Ubiquitous ID Architecture



## Workflow

- (1) User terminal obtains ucode from ucode tags
- (2) User terminal retrieves context-information including address information of Application Information Server
- (3) User terminal receives context-aware information services from application information servers



# ucodeとは何か？

## ■ 「全世界共通の物品番号／場所番号」

- ▶ ubiquitousのための…
- ▶ universalに使える…
- ▶ uniformで…
- ▶ uniqueな…
- ▶ code

## ■ モノや場所に振る事ができる、唯一無二の「通し番号」

- ▶ ICT分野では、「通し番号」のことを、識別子 (ID, Identifier) と呼ぶ。



# unicodeの技術的特徴

- 固定長: 128bit長コード
  - ▶  $2^{128} \approx 3.4 \times 10^{38}$ 個からなる  
(340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456個)
  - ▶ 128bit単位で拡張できる枠組みも用意
- 個体識別可能な番号体系
- 組織（団体）でも個人でも発行可能
- 既存のコードを包含可能
- 番号自体に意味を持たない
- さまざまなものに格納可能（unicodeタグ）



unicodeを表す  
ロゴマーク





# ITU-T SG16における国際標準成立

## ■ 概要

- ▶ ucodeが国際標準に採用される

## ■ 勧告化項目

### ▶ ITU-T H.642.1

- ◆ Multimedia information access triggered by tag-based identification-Part 1: Identification scheme

### ▶ ITU-T H.642.2

- ◆ Multimedia information access triggered by tag-based identification-Part 2: Registration procedures for identifier

## ■ 手続き

- ▶ 2012年5月29日 AAP最終コメント締切、成立

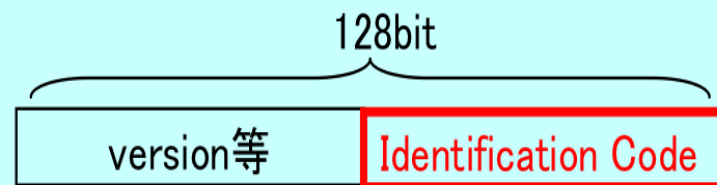


# 国土地理院：「場所情報コード」

## 場所情報コードとは

「場所」を識別するために、ユニーク(唯一無二)なID方式で場所に対して一意に与えるコード。  
0.1秒位の緯度、経度と高さ(階層)の位置情報等をコード化する。

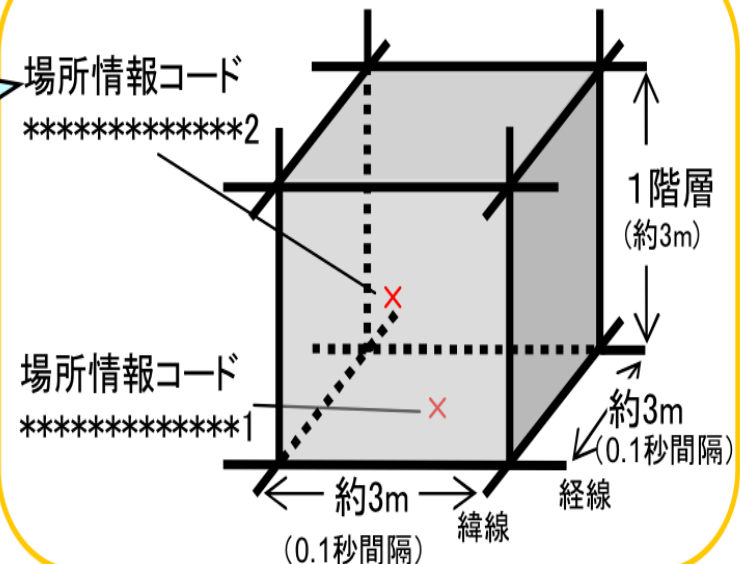
### 場所情報コードの構造



Identification Codeに、位置情報(緯度、経度、高さ)とその精度を組み込む

- ・ucodeに準拠し記述
- ・同じメッシュ内の点は連番で区別し、一意性を確保

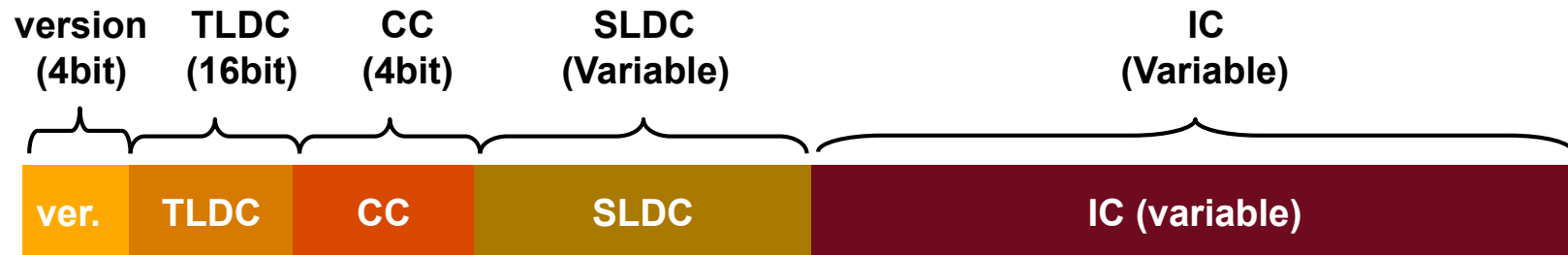
### 場所情報コードのイメージ図



国土地理院：「場所情報コードを活用した位置情報サービスの実現」  
<http://www.gsi.go.jp/common/000055759.pdf>より



# unicodeの構造



記号	名称
TLD	Top Level Domain Code
CC	Class Code (クラスコード)
SLDC	Second Level Domain Code (領域コード)
IC	Identification Code (識別コード)



# ucode

Class	version (4bit)	TLDC (16bit)	CC (4bit)	SLDC	IC
A	ver.	TLDC	1 001	SLDC (8bit)	ic (96 bit)
B	ver.	TLDC	1 010	SLDC (24bit)	ic (80 bit)
C	ver.	TLDC	1 011	SLDC (40bit)	ic (64 bit)
D	ver.	TLDC	1 100	SLDC (56bit)	ic (48 bit)
E	ver.	TLDC	1 101	SLDC (72bit)	ic (32 bit)
F	ver.	TLDC	1 110	SLDC (88bit)	ic (16 bit)



# ucodeをモノのIDとして使った場合の利点

## 何にでもふるることができる（応用に依存しない）

- 工業製品だけでなく、食品（大根やトマト、魚、…）、道路上の設置物、街のインフラ、自動車、洋服、家具、食器、…
- 未来の未知の対象物にも適用可能
- cf. 「EPC」は、物流用のID。

## 使い捨てIDなので、再利用することはない

- 数十年にわたって、番号の唯一性が保証される。
  - ▶ 特に、数十年も使い続けるインフラや資産の「モノ」を管理する時に有効
- cf. 「IPアドレス」は、ずっと再利用し続ける（IPv6）。
- cf. 「JANコード」は、再利用可能という運用をとっている。

## 誰でも発行できる

- 特定の組織しか発行できないとか、大企業しか発行できないといったことがない。



# unicodeを場所のIDとして使った場合の利点

## 論理的な場所を表す「場所ID」体系

- cf. 緯度経度は、物理的な場所に依存。

## 誰でも自分で振る事が可能

- cf. 「郵便番号」や「住所」は、自分で勝手にふることはできない。

## どんな場所にも振ることが可能

- cf. 「住所」（＝「郵便番号」）は人が住んでいるところしか振られたいない。山林や田畑には振られない。
- cf. GLN (Global Location Number) は基本的には、事務所・事業所を識別するための場所ID

## どの規模の場所にも振ることが可能

- 国、都道府県、市区町村、ビル、部屋、棚、机の上、道、どの規模、形状にもふる事が可能
- cf. 「郵便番号」はある決まった規模のエリアに振る





# その他

## 抽象的な対象にふることもできる

- (例) 領収書番号 (証書番号)
- (例) 銀行口座番号
- (例) 苦情問い合わせ番号
  - ▶ 苦情電話を受け付けると、トラブルチケットに通し番号を振る
- (例) 取引番号
  - ▶ ECでの取引があると、それ一つ一つを識別
- (例) コンテンツ番号 (音楽、動画、写真、…)

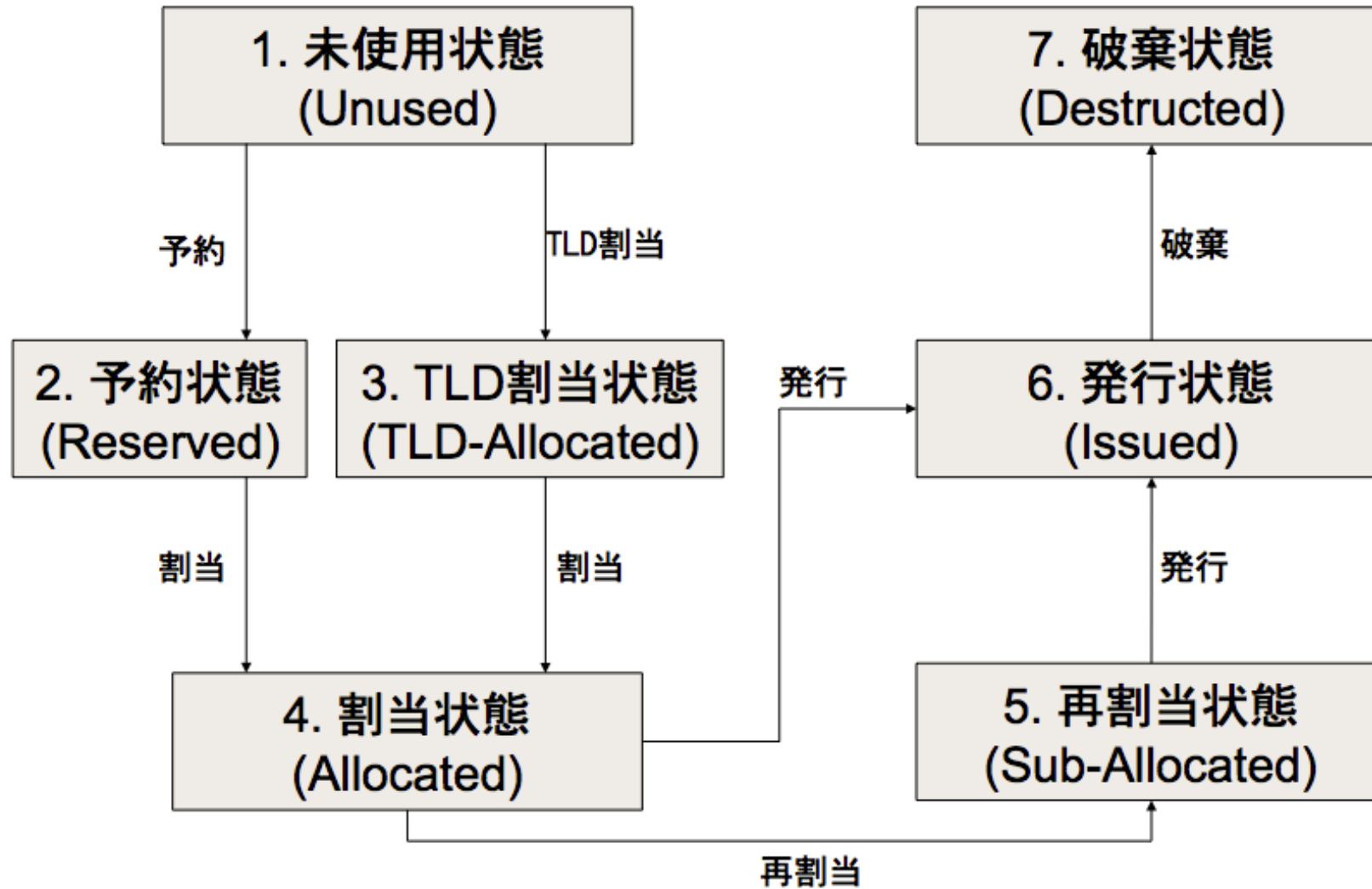


# ID体系の比較

	汎用性	永続性	ユビキタス, IoT向き
unicode	◎	◎	◎ (固定長、128bit)
URI	◎	× (namespace = ドメイン名 が非永続)	× (可変長、長い)
URN (URIの一部)	△ (対応分野が狭い、 新分野はRFC作成して IANA登録が必要)	○ (個々のIDの永続性は、 Namespace割当先に 任される)	× (可変長、長い)
Persistent IDs (各種)	△ (Digital Documentが中 心)	○ (個々のIDの永続性は、 Namespace割当先に 任される)	× (可変長、長い)
EPC	× (物流のみ)	× (namespace = 企業コード が非永続)	○ (固定長、96bit、 タグに制約有)



# unicodeのライフサイクル





# タグミニマムの原則

## タグは “ID = ucode” だけを格納・発信 情報はクラウドに集約

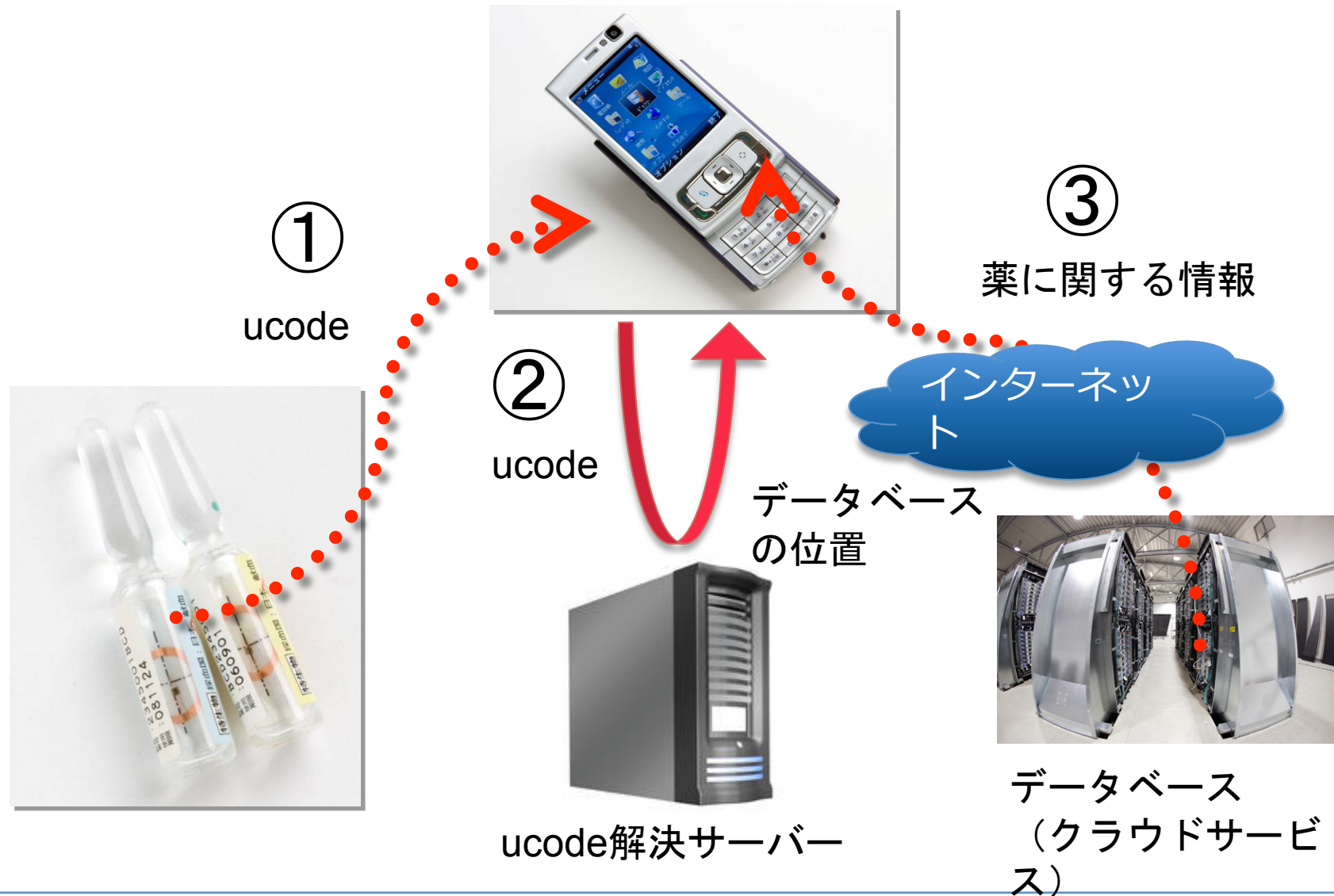
間はインターネットでつなぐ  
まさに、IoT



# IDと情報の紐付けをどうするのか？ —ゆるやかに「つなぐ」仕組み—

## ID Resolution Service

# タグとクラウドの関連付けシステム (ID Resolution System)







# タグとクラウドの関連付けシステム (Resolution System)

## タグに格納されているucodeが設置される

- ucodeはそれを識別する番号のみ
- ucodeから、そのモノや場所の「属性」、「性質」、「意味」といったものはわからない。

## データベース

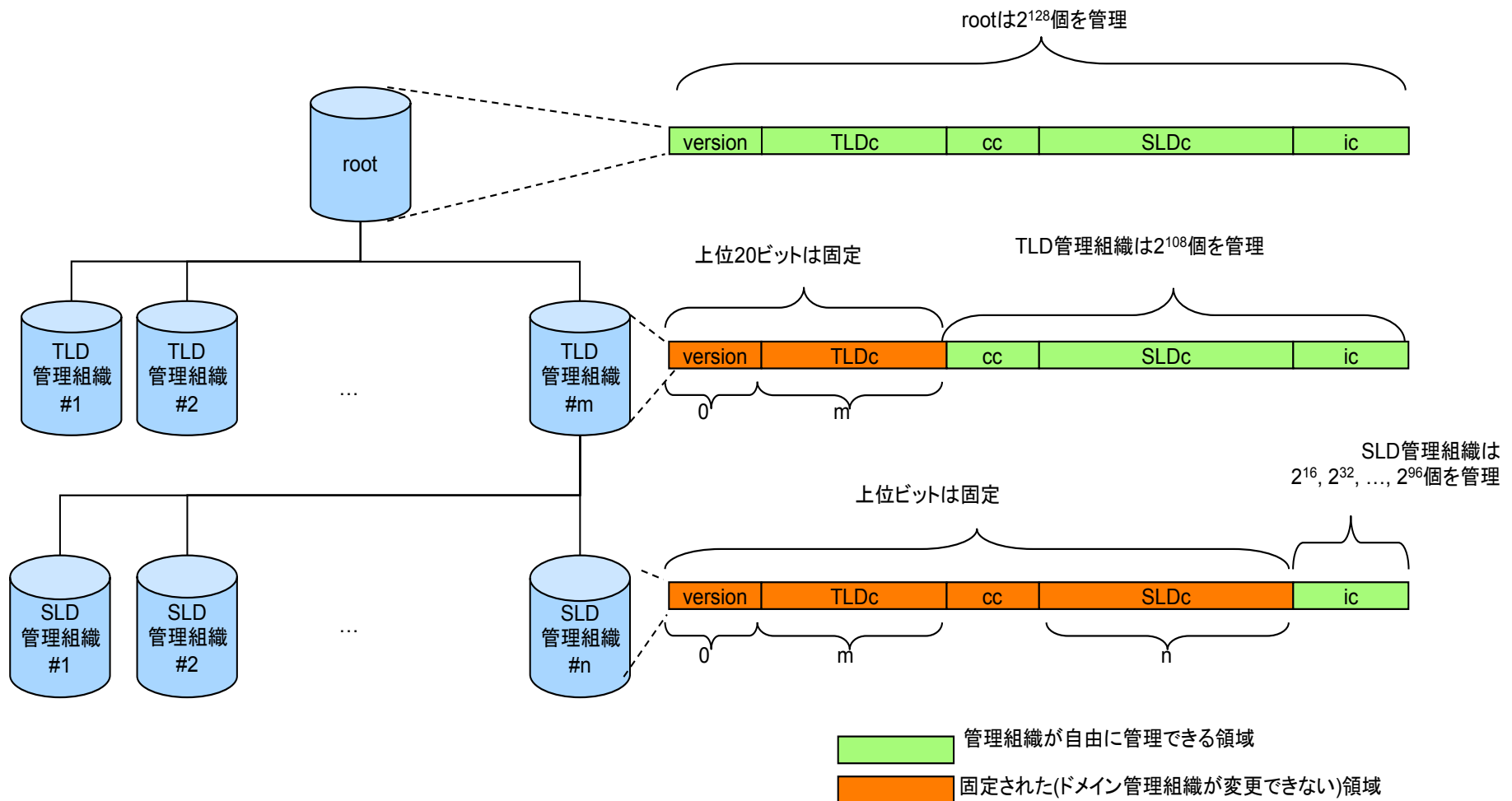
- モノや場所の「属性」、「性質」、「意味」は、クラウドに格納されている。
- ucodeをキーとして、そのクラウドを検索して情報を取り出すことができる。

## ucode解決サーバー

- そのモノや場所 (ucode) の情報が、クラウドのどこに格納されているかという、ucodeとデータベースアドレスのペアを保有しているサーバーが、「ucode解決サーバー」

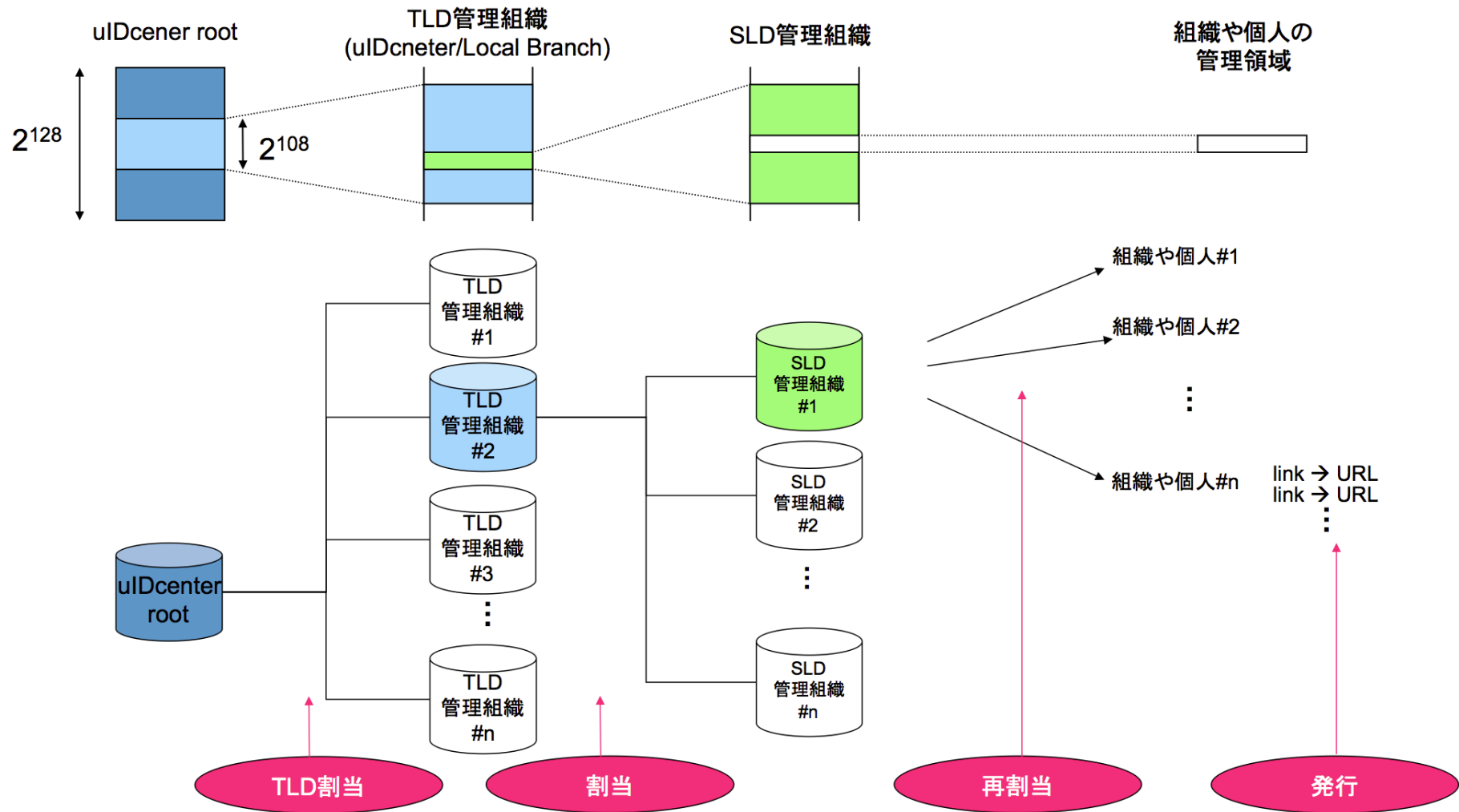


# unicodeの階層型／分散管理



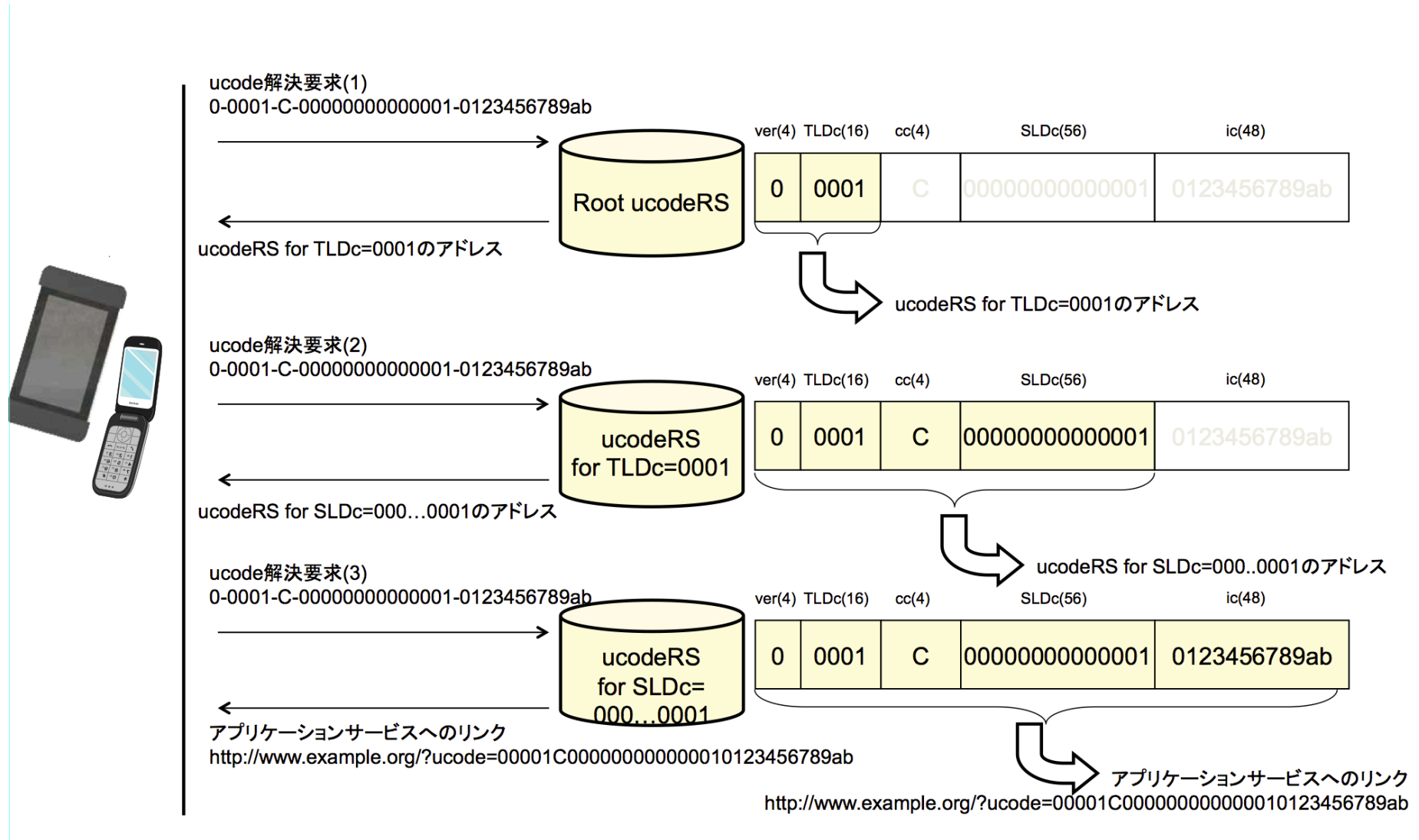


# unicode空間の分割管理方式





# 分散管理された索引データの解決 (resolution)





# UCRによる実世界記述



# 実世界を記述する汎用データ形式

## 「モノ」や「場所」、「ひと？」にEucode (ID) をふる

- 物理的には、電子タグ/RFIDを使って対象にIDをくくりつける
- RFID R/Wを使って、自動的に対象のIDを読み出せる
- 読み出したIDを使って情報処理を行なう
  
- ここで...

## モノや場所の属性、性質、状況をどのようなデータにするのか？

- RDB? XML? HTML? ...





**unicode + RDF = ucR**

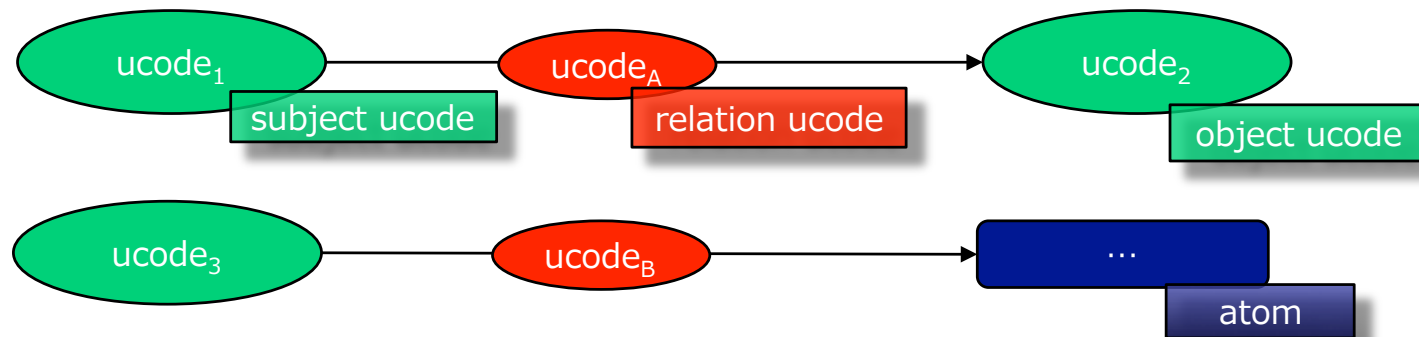


# ucR unit (定義)

## ucodeを使ったRDFデータ形式

### 定義

- (ucode, 関係ucode, ucode) または (ucode, 関係ucode, atom) の3つ組
- ucode関係モデルの基本単位
- 現実世界を表現する最小ユニット





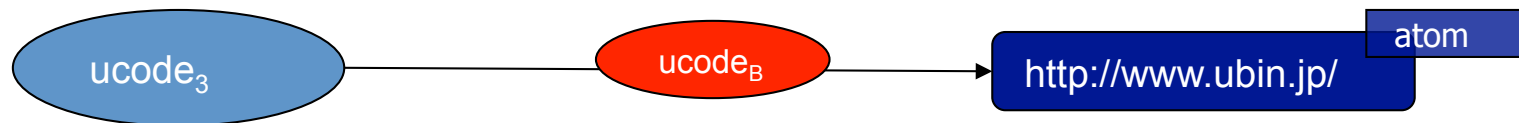
# ucR unit (定義) ...cntn'd

- ucode1はucode2に隣接している。

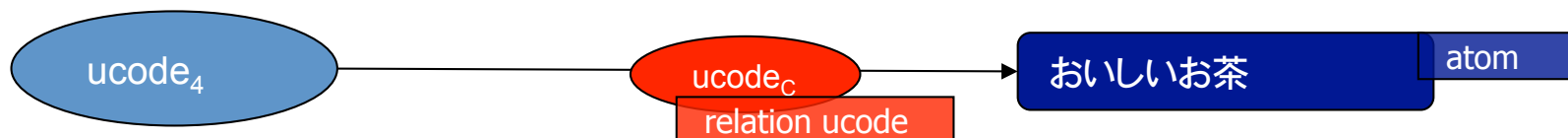


- ucode 隣接
- ucode 説明
- ucode 名前

- ucode3は <http://www.ubin.jp/> に説明されている。



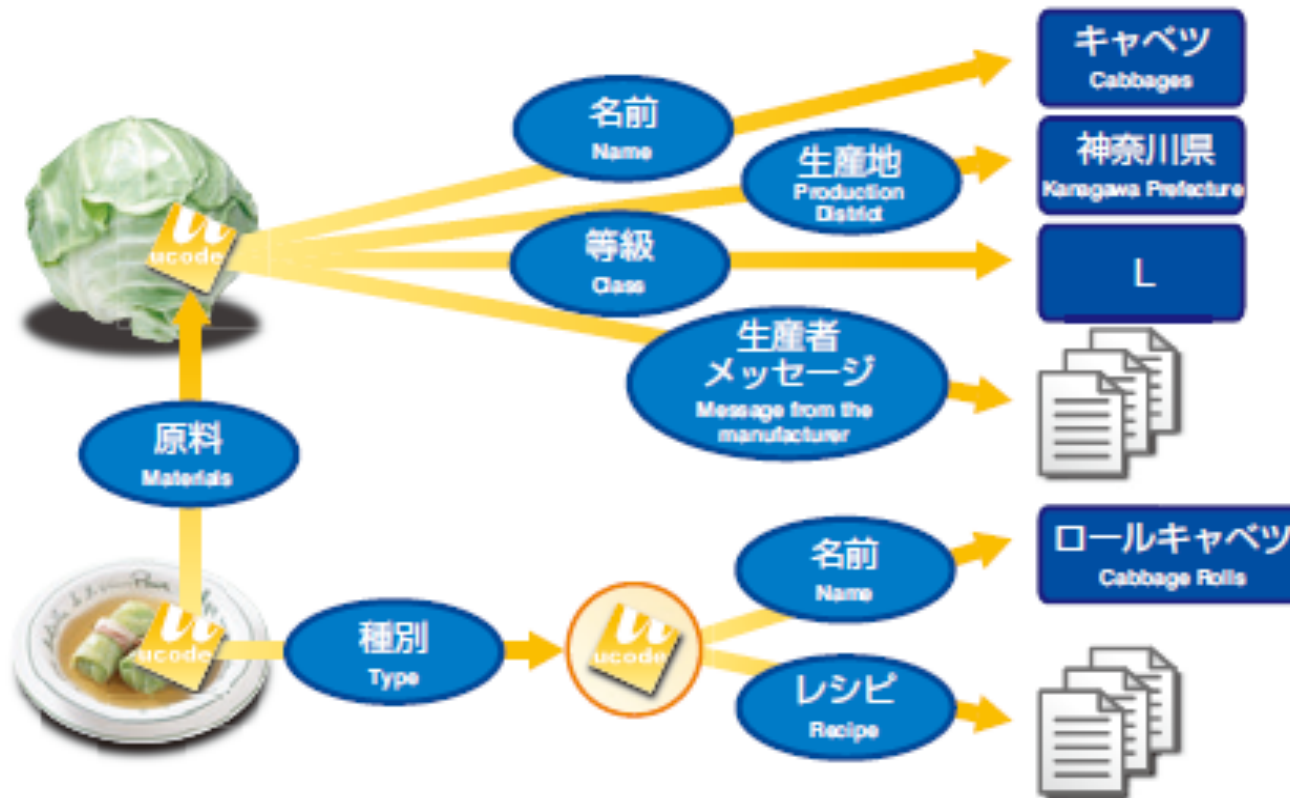
- ucode4の名前は「おいしいお茶」である。





# UCR Graph

複数個のUCR Unitによってモノや場所の意味を表す  
グラフ構造になる → UCR Graphと呼ぶ





# UCRを構成する3種類のucode

## 物理ucode (Physical ucode)

- 有形物を識別するucode
- 個体に物理的に関連づけられたデバイスに格納して利用される

## 論理ucode (Logical ucode)

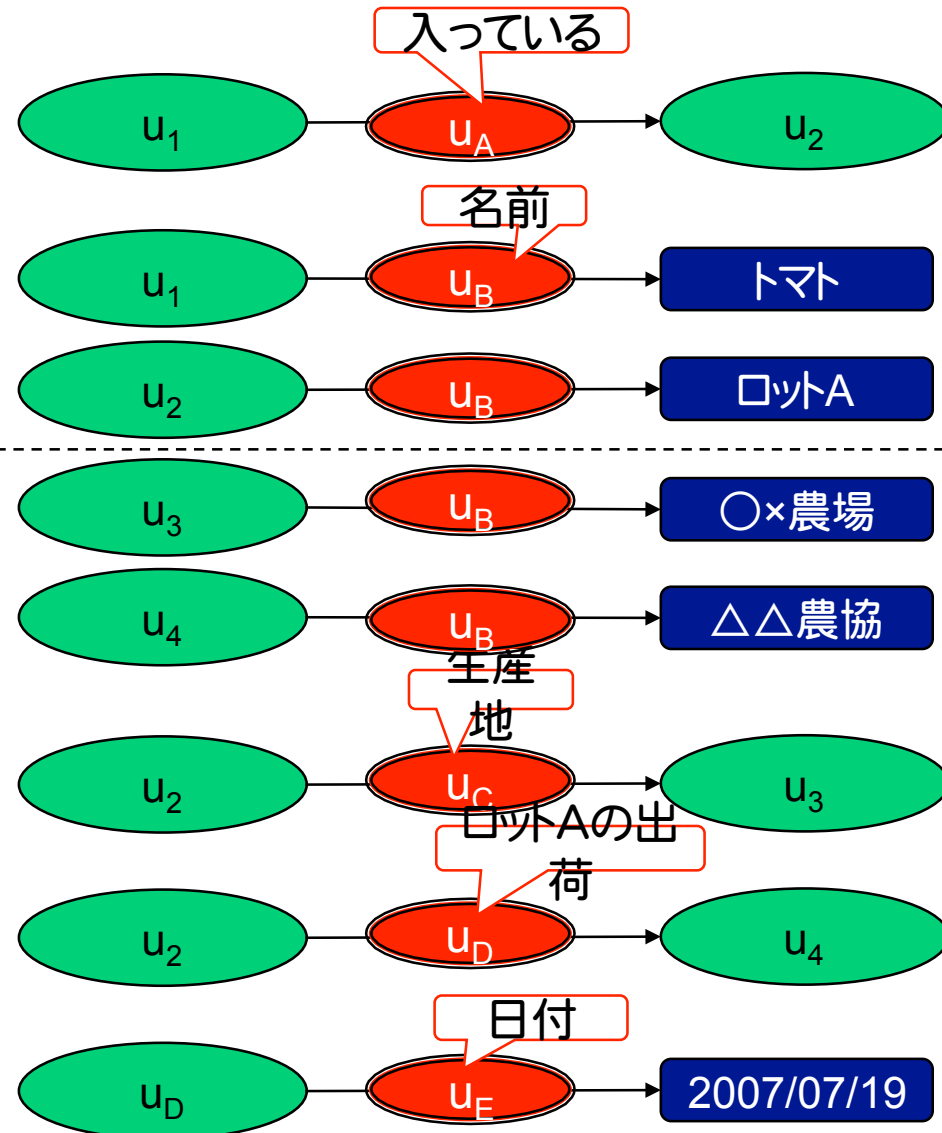
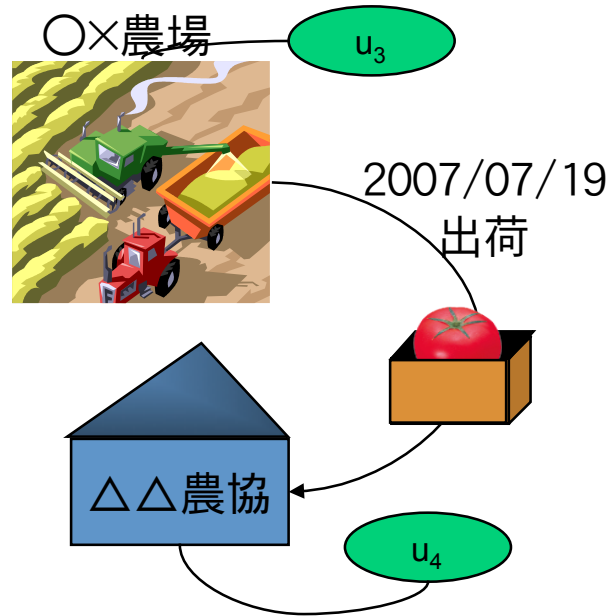
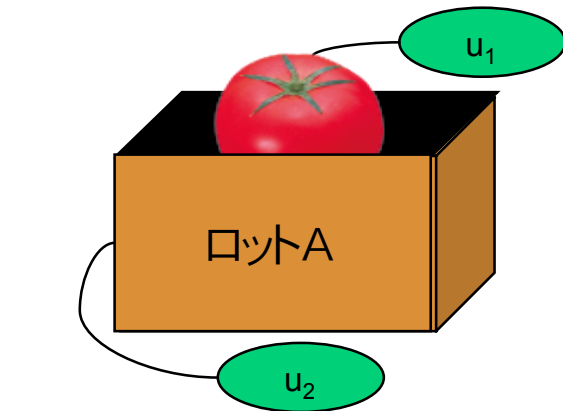
- 無形物を識別するucode
- 個体に物理的に関連づけられていない

## 関係ucode (Relation ucode)

- 論理ucodeの一部
- ucodeとucodeの関係を表現する。



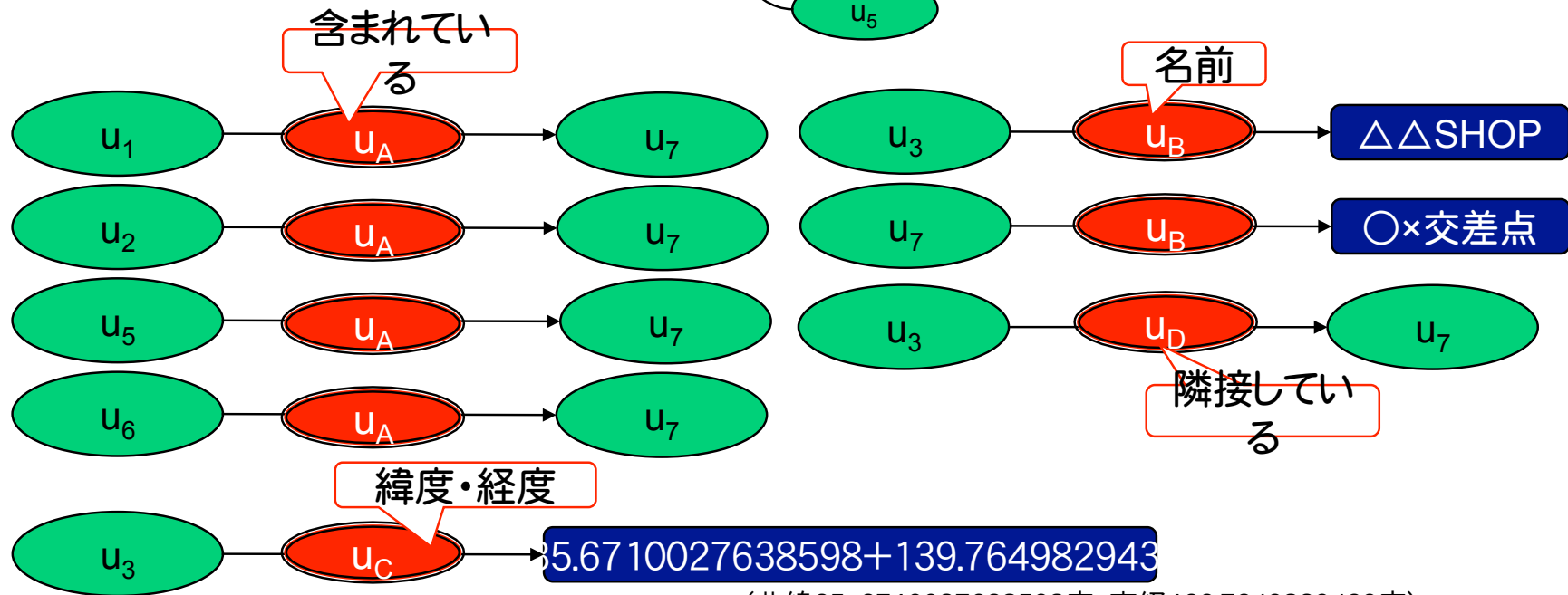
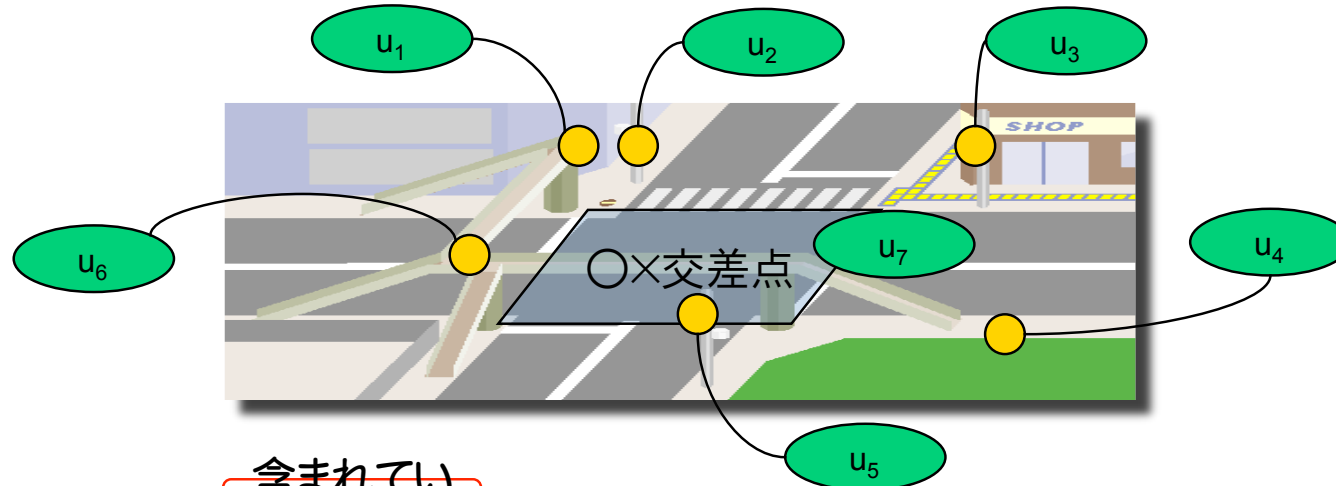
# ucR unit (例 1)







# ucR unit (例 2)



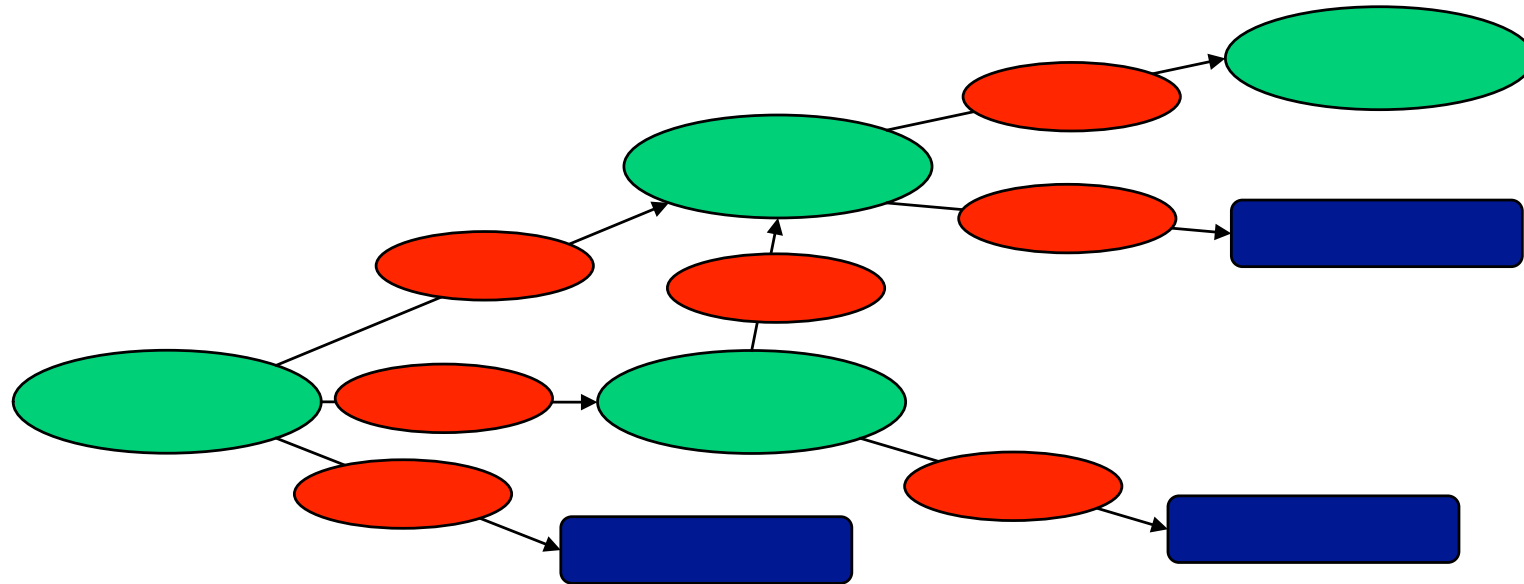
(北緯35.6710027638598度・東経139.7649829439度)



# ucR graph

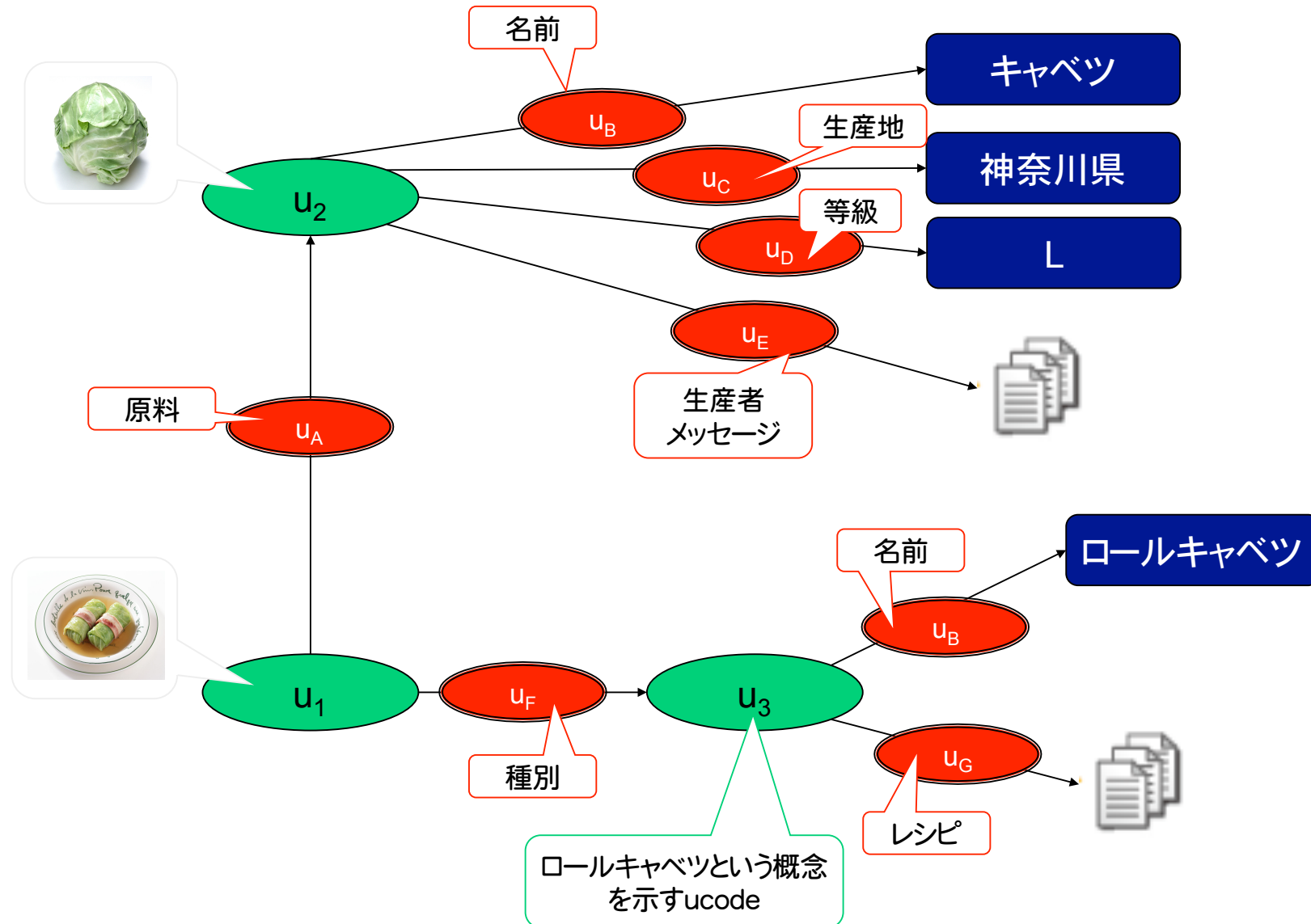
## 定義

- 0個以上のucR unitからなる有向グラフ
- ucode同士が関係で結ばれ, また各ucodeに情報がぶら下がった有向グラフ構造





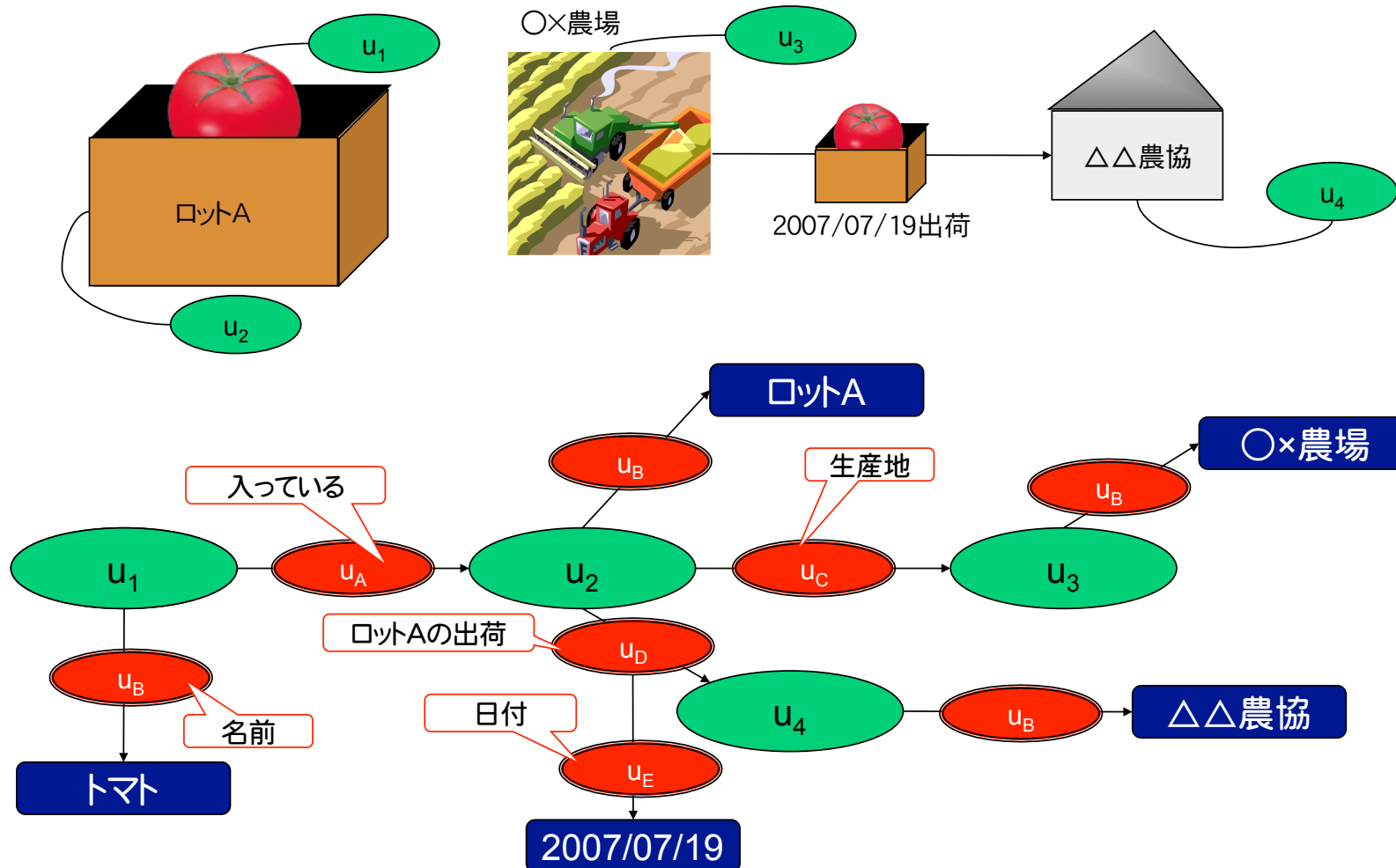
# ucR graphの例 (1)





# ucR graphの例 (2)

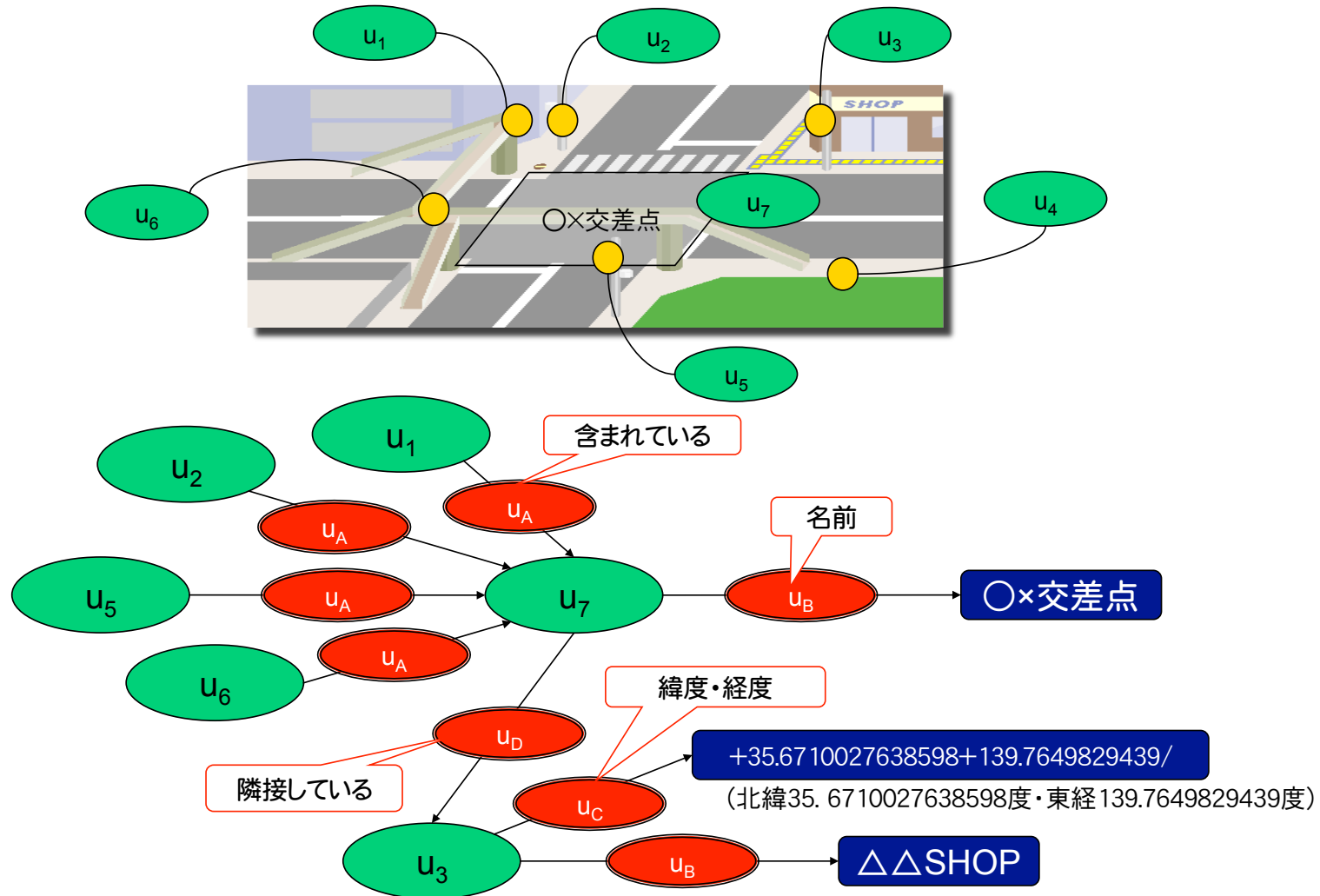
※UCR unitの例(1)を  
UCR graphで表現したもの





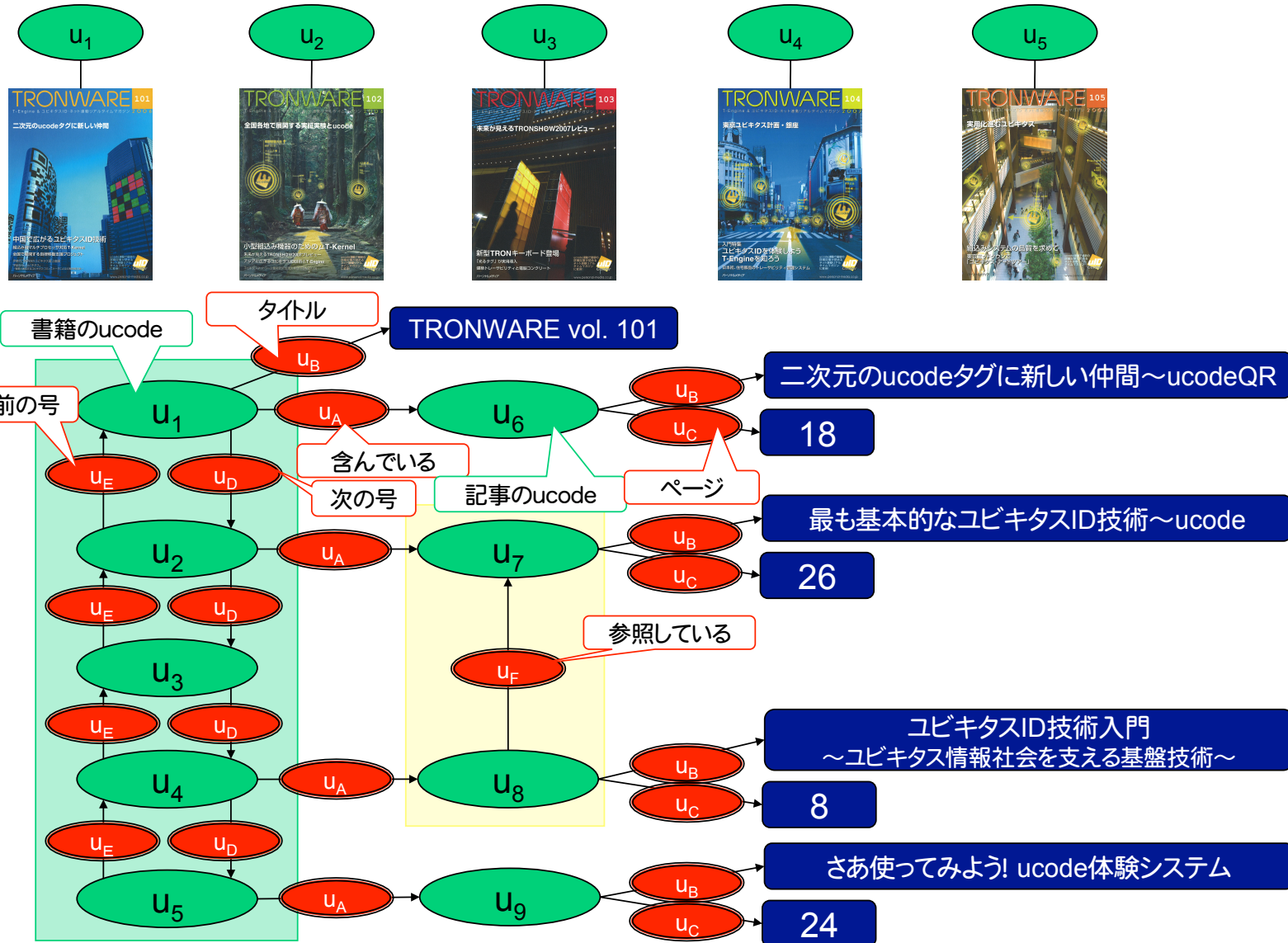
# ucR graphの例 (3)

※UCR unitの例(2)を  
UCR graphで表現したもの



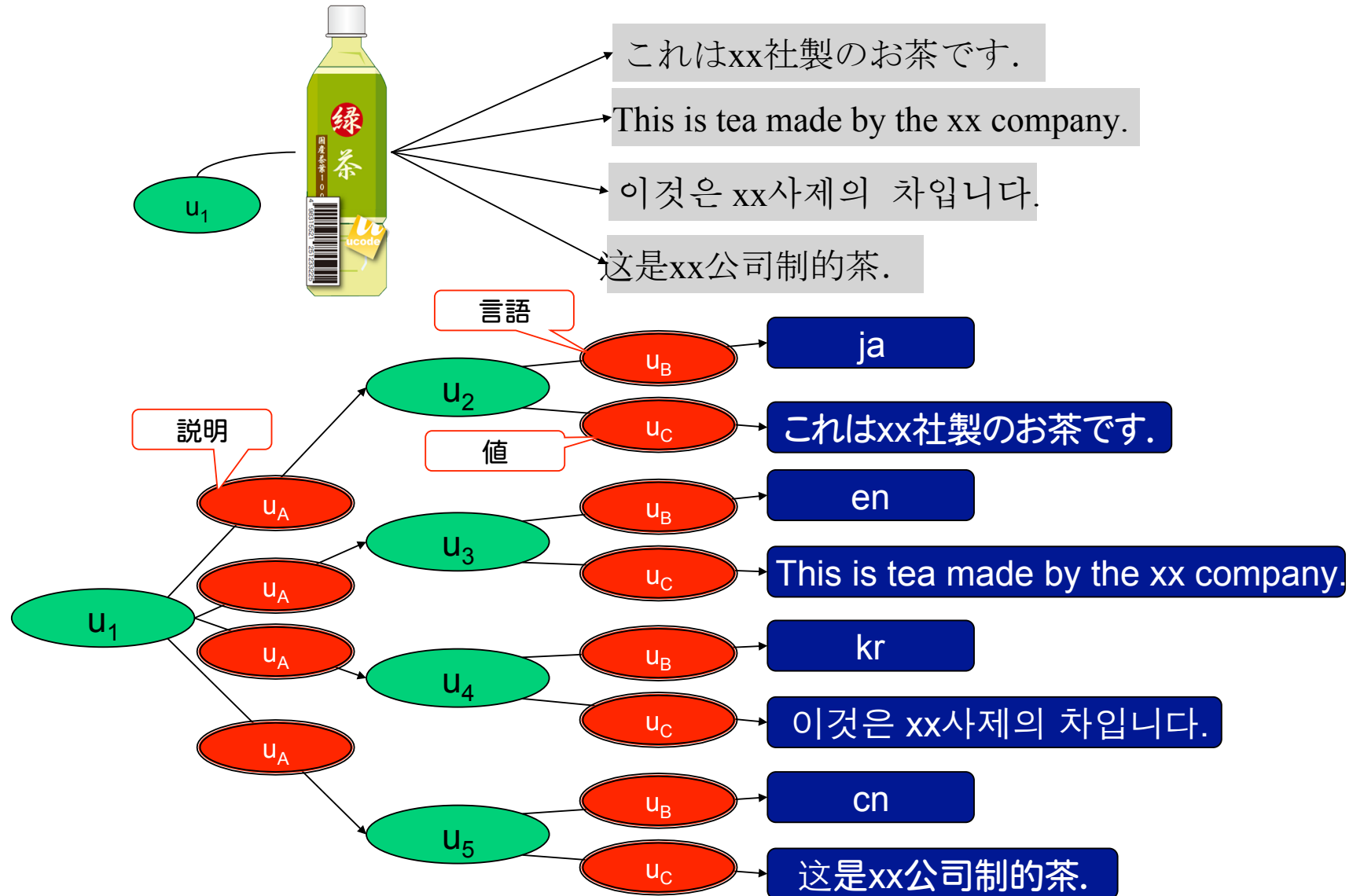


# ucR graphの例 (4)





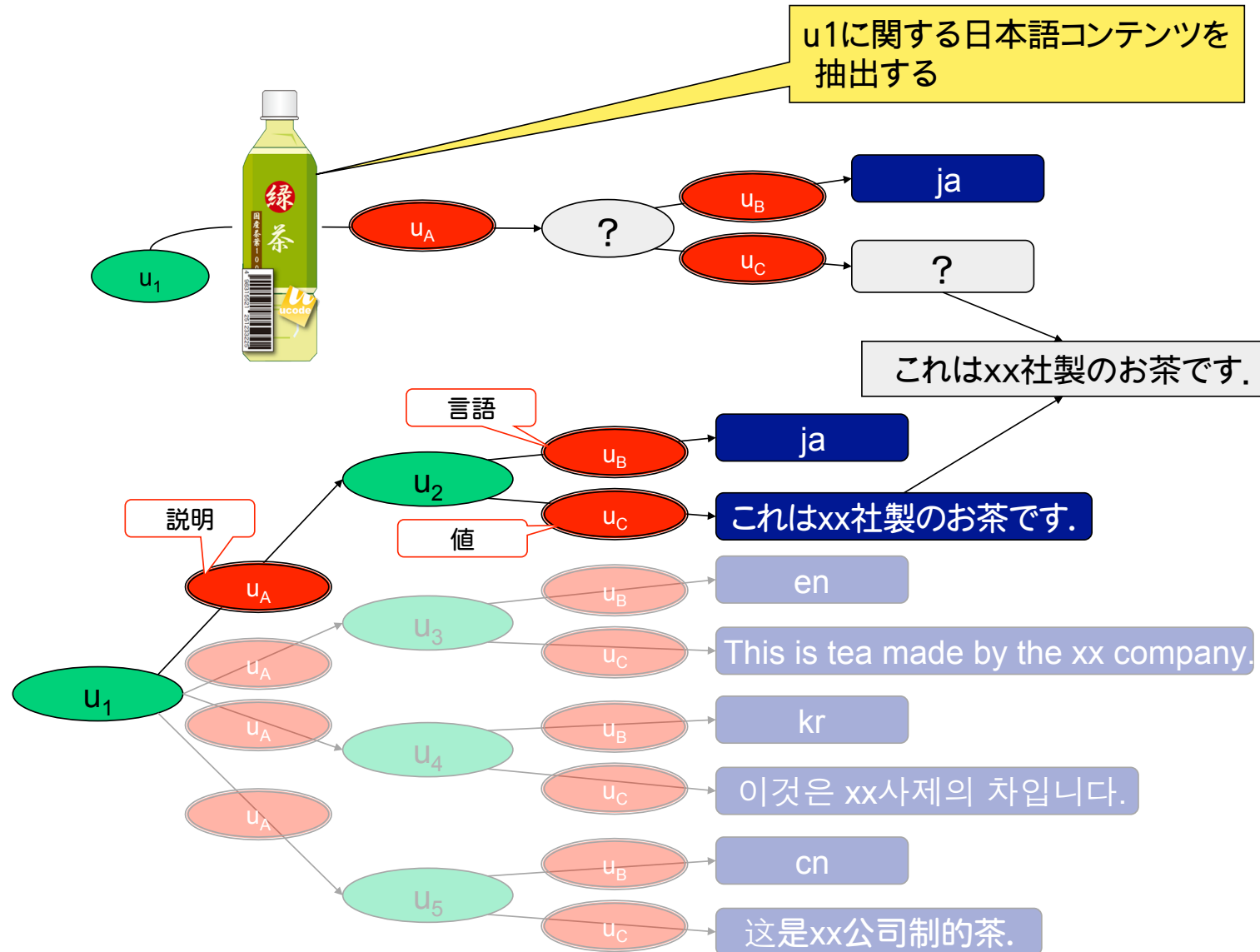
# ucR graphの例（5）





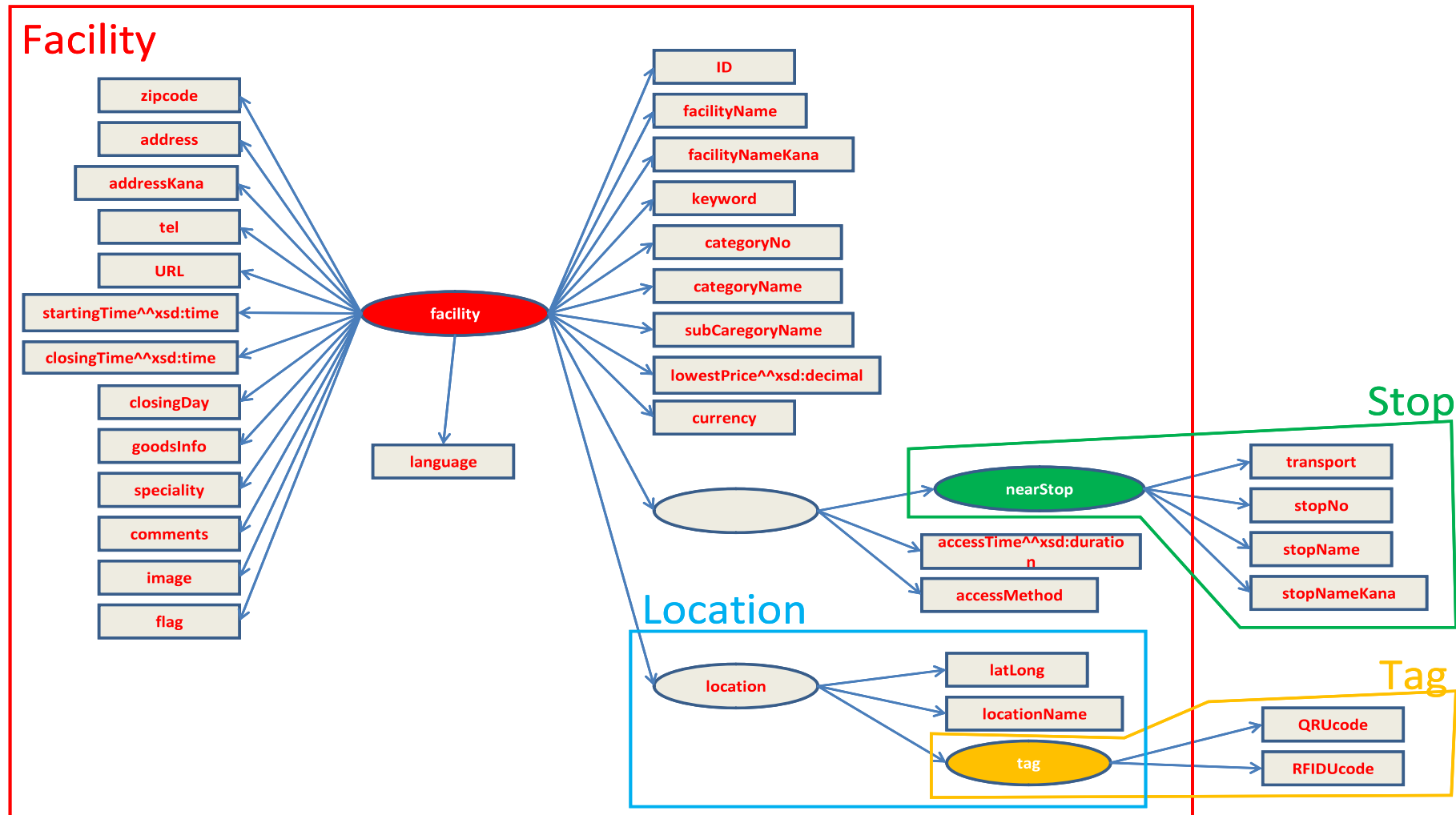


# ucR graphからの情報抽出例





# より大規模なucR Graphの例






# PART 7

## IoT-Japanの課題



# 【現状分析】 IoT: Internet of Thingsとは？



**表面的には、  
センサーを使う、工場をモニタリング、  
瞬時に見える工場、スマートな工場、  
SCM最適化、機械学習・ビッグデータ解析**

**近年のトレンドのICTを利活用すること...**



# IoTには何種類がある

現状では混同すると議論が混乱  
別々に考えたほうがよさそうだ



# - Class 1 - Consumer Market向けのIoT (B2C)

家電、医療・健康機器、住宅設備機器、自動車、Drone...

CES 2015などに代表

本来、日本は家電などで強いはずだが...





## **- Class 2 -**

# **社会インフラの管理、運用支援 (B2B)**

**公共交通、電気ガス水道等生活インフラ、防災、 ...**  
**GE Industrial Internet, IBM Smarter Planetなど**  
**日本もこの分野は取組が進む**



**- Class 3-**  
**業務現場支援のためのIoT**  
**(B2B)**

**Industrie 4.0、「つながる工場」**



# 様々な現場で取り組まれる様々なIoT

- 通常の工業製品生産 → Smart Factory, Industrie 4.0
- 土木建築分野 → BIM (Building Information Management), ...
- 農林水産業 → IT農業...
- 食品工場 → ユビキタス食品トレーサビリティ、...
- サービス産業 → ビッグデータ解析による最適化、顧客分析...



- 分野によっては、既に日本でも一部取組が進められてきた



# Industrie 4.0の肝は？



**Mass Production**



**Mass Customization**

**大量生産による薄利多売戦略から、  
少量多品種生産による高付加価値戦略**



# Mass-Customization

工程が単純な製品のMass-CustomizationはIoT以前にできている



税込7,000円以上お買い上げて  
**10色から選べる**  
カラフルトートプレゼント!

※数量限定あり

スマホでデザイン、君だけのUT

きかんしゃトーマスとなかまたち

映画公開記念スタンプ登場!  
期間限定 3月20日(金)～5月10日(日)

今後は、より製造工程が複雑、いわば、組み込みコンピュータの制御が不可欠な程度に複雑な製品のMass-Customizationか？





# 日本で実現する時の課題は何か？



# 課題 1

## 日本の品質管理（品管）手法の見直し





# 日本の品質管理（品管）手法の見直し

## ■ 日本は、モノづくりの国といわれるが...

- ▶ 安価に大量にモノづくりをする国は、むしろ日本ではない。

## ■ 日本はむしろ、「品質管理」の国ではないか？

- ▶ それはモノづくりだけでなく、サービスやインフラ、社会システム全体など、あらゆる分野で...




## ■ 現代の日本の課題の一つに、インターネット時代の新しい品質管理への対応

- ▶ モノに閉じた品質管理ではなく、社会制度（例えば、保険、ビジネスモデル）をも含めた品質管理



## ■ これからのIoT時代に、新しい品質管理がどうなるのか？

- ▶ 機械（人工知能、ビッグデータ解析）による品質管理 vs. 人間系による品質管理 ???
- ▶ いつまでも人間系に固執する日本??



# 課題 2

## 日本の組織の特注ソフト指向



# 日本の組織の特注ソフト指向

## ■ パッケージソフトウェアを使わない日本社会、常にカスタムソフトウェア

- ▶ SAPのようなパッケージソフトは使わない。
- ▶ ソフトウェア（つまりICT）にあわせて、組織を変える、ルールを変えることを日本はやらない
- ▶ 根には、文系優位の社会構造がある



## ■ 工場の生産管理を行うシステムをIoTも、工場毎にカスタムメイドになるのか？



# 課題 3

## 組み込みソフトウェアの Mass-Customizationを どうするのか？

What's Industrie 4.0 for Software??



# 組込みソフトウェアのMass-Customizationをどうするのか？

## ■ 今の製品の殆どは、コンピュータが組み込まれ、ソフトウェアで制御される

- ▶ 「モノ」作りには、「魂」作りも必要。
- ▶ むしろ、モノより魂の工程の方が大きいのではないか？
- ▶ 自動車のエンジン制御ソフトは、1億行もの巨大ソフトウェア（Windowsに匹敵）
- ▶ 3Dプリンタは箱は作ってくれるし、工場は電子機器ボードまでは作ってくれる。
- ▶ ソフトウェアは自動合成できないので、その生産はどうしても手工業にならざるをえない。
- ▶ ソフトウェアはハードウェアとくらべて、短期間に段階的改良（バージョンアップ）は得意だが、多様なバージョンを同時に管理することが得意なわけではない
  - ◆ 例：Apple社は古いOSバージョンのサポートコストが膨大であるがために、OSを最新バージョン化させるため、OSを無償化した



## ■ Smart Factoryでは、（組込み）ソフトウェアの生産工程を、どう扱うのか？



# Smart Factoryの鍵の一つは 組み込みソフトウェアの Mass-Customization手法の確立

TRONアーキテクチャをベースとした  
日本版の取組が可能



# 方法 1

## Pre-Mass-Customization

### 多品種少量生産して、工場から出荷



## 方法 2

# User-Mass-Customization

## ユーザ側が現場でカスタマイズする

Prosumerアプローチ、“Do It Ourselves”

IoT家電はこの方向性





# 組込みソフトウェア工学研究が必要 Open Standard + Modularization

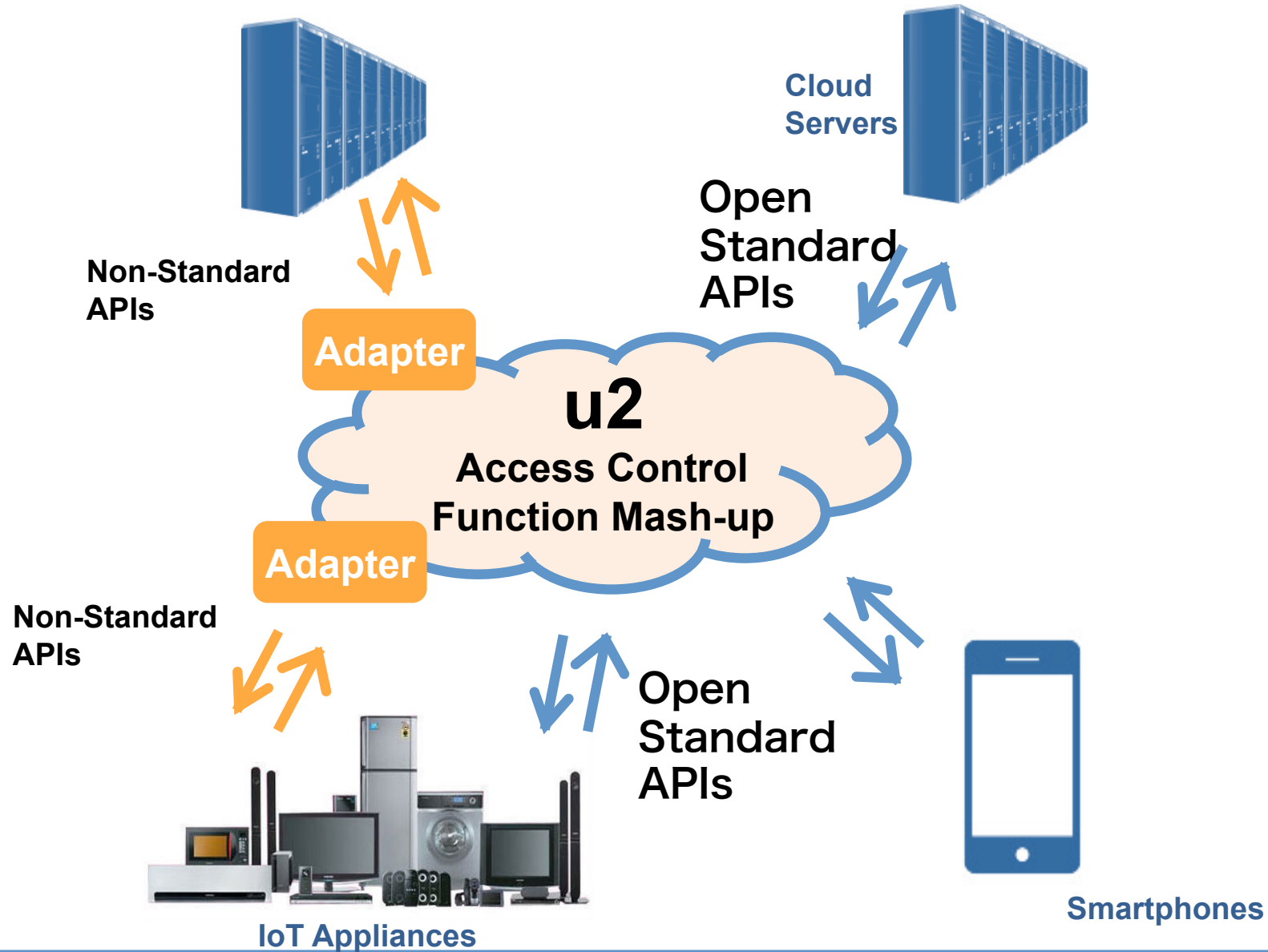


**技術的には**  
**Open Standard Architecture**  
**Open API**

**制度的には**  
**User-Customizeしたモノの製造物責任の明確化**



# TRON Forum IoT Architecture





# **PART 8**

## **TRON, T-Kernel**



# トロンプロジェクト Since 1984

Ubiquitous Computing研究の先駆け  
TRON=The Real-time Operating system Nucleus

# 技術プロジェクト

## ■ ITRON

- ▶ 組み込み機器用リアルタイムOS開発

## ■ BTRON

- ▶ コミュニケーション・マシン用OS開発

## ■ CTRON

- ▶ サーバー用リアルタイムOS開発

## ■ TRON Chip

- ▶ 32bit CPUのための独自標準CPUの開発

## ■ MTRON

- ▶ 「どこでもコンピュータ」全体のためのシステム開発

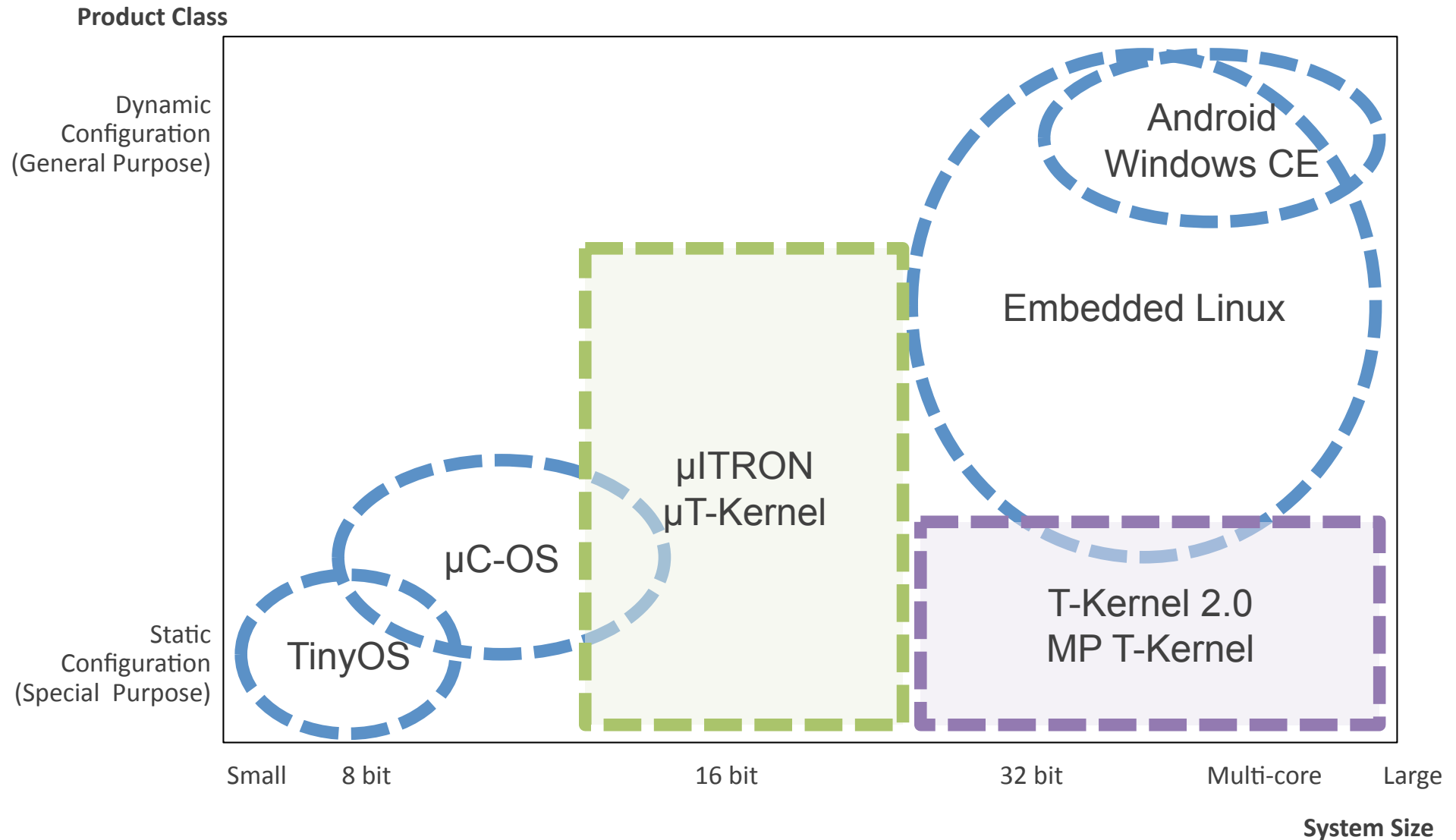
## ■ ユーザインタフェース標準化

- ▶ 「誰でも使える」を重視
- ▶ 画面上のGUIだけでなく物理的なスイッチまでを対象



# TRON, T-Kernelが目指すターゲット領域

123



# T0 T1

1984

2002

# T2

2011

2012

2013

2014~

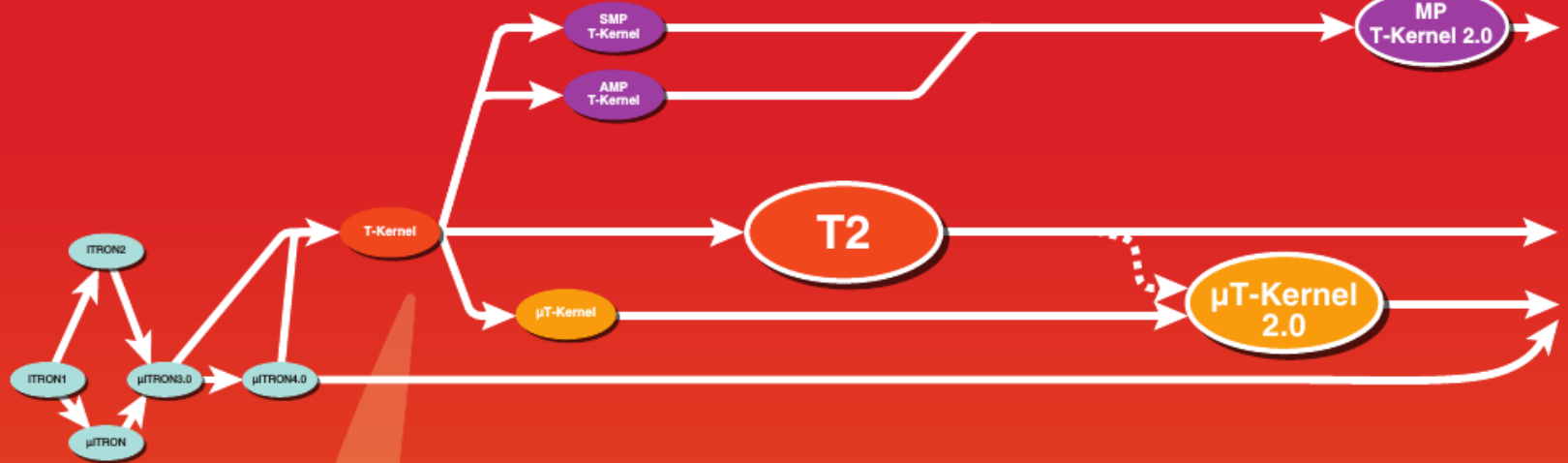
## T-Kernel Extension

Multicore/ Multiprocessors	Process-based Programming
32-bit Processors	Task-based Programming
8/16-bit Processors	



## T-Kernel

Multicore/ Multiprocessors
32-bit Processors
8/16-bit Single Chip



## Development Environment







# T-Kernel + ITRON 国内RTOSシェア61%

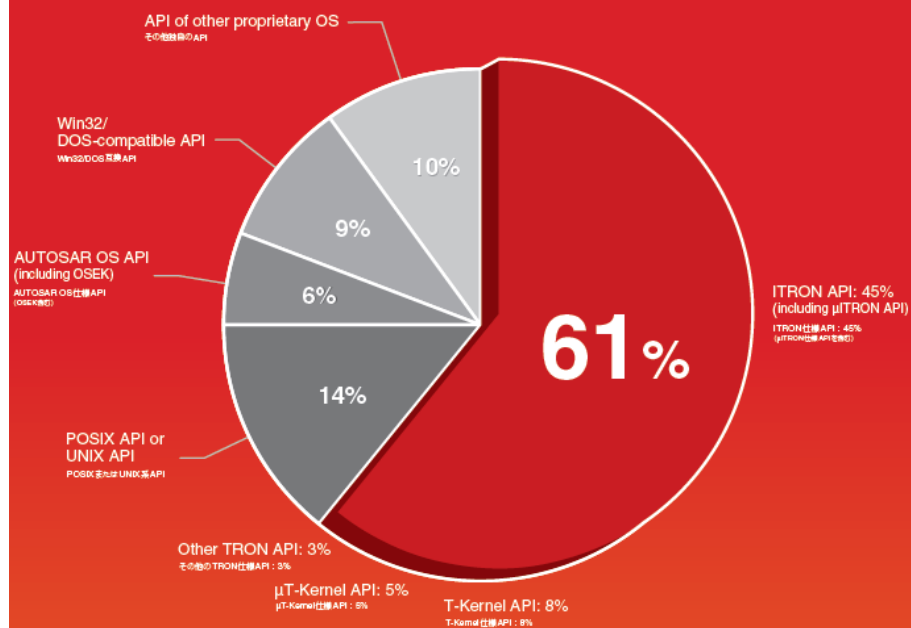
組込みリアルタイムOS 2013年調査  
ITRON APIとT-Kernel APIの合計値



# 組み込みリアルタイムOS: T-Kernelの展開状況

## Usage in the **RTOS** field of TRON operating systems

RTOS分野での利用実績



Source: Result of the Survey on Embedded Real-time OS Usage Trends at Embedded Technology Exhibitions in November, 2013 (Tentative result)

組込み総合情報展 (E2013) / 「組込みシステムにおけるリアルタイムOSの活用動向」に関するアンケート調査より (資料集)

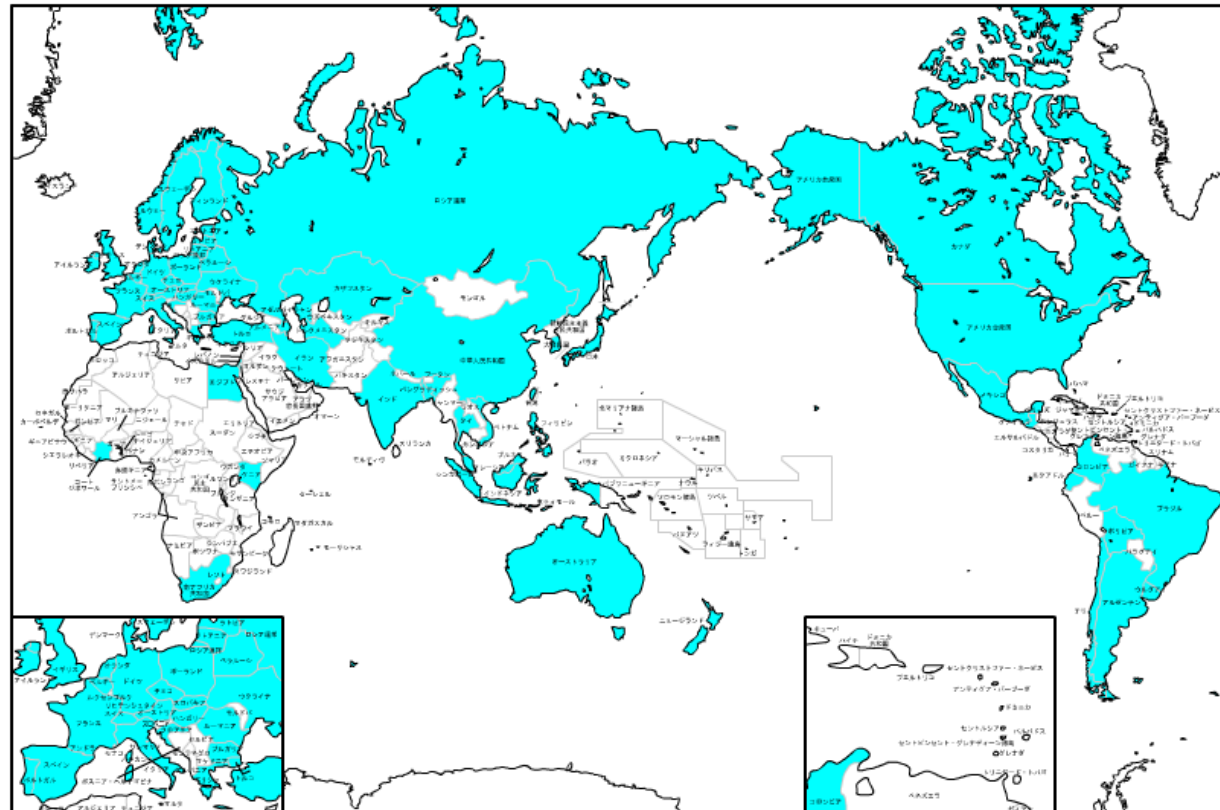
2013年組み込み総合技術展での  
利用者アンケートによる

T-Kernel APIとITRON APIの  
シェアは全体の61%



# 組み込みリアルタイムOS: T-Kernelの展開状況

## ■ 世界中の多くの地域でダウンロード





# List of companies and laboratory for collaboration

## Member Organization List

(January 31, 2011: 295 members)

### Executive Committee members 17

Aplix Corporation  
 DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.  
 DENSO CORPORATION  
 eSOL Co., Ltd.  
 FUJITSU LIMITED  
 Fujitsu Semiconductor Limited  
 Hitachi, Ltd.  
 Hitachi ULSI Systems Co., Ltd.  
 NEC Corporation  
 Nihon Unisys, Ltd.  
 NTT DoCoMo, Inc.  
 Oki Electric Industry Co., Ltd.  
 Personal Media Corporation  
 Renesas Electronics Corporation  
 SATO CORPORATION  
 TOPPAN PRINTING CO., LTD.  
 Yokosuka Telecom Research Park, Inc.

### A-members 19

Advanced Driver Information Technology GmbH (Germany)  
 AISIN AW CO., LTD.  
 Alpine Electronics, Inc.  
 CORE CORPORATION  
 GAIA System Solutions Inc.  
 Hitachi Information & Control Solutions, Ltd.  
 ITOCHU Corporation  
 Japan Traceability Association  
 Kyoto Micro Computer Co., Ltd.  
 Microsoft Corporation (USA)  
 NEC Soft, Ltd.  
 NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION  
 PASCO CORPORATION  
 TOSHIBA CORPORATION  
 TOSTEM CORPORATION  
 Ubiquitous Computing Technology Corporation  
 UNION MACHINERY CO., LTD.  
 YAMAHA CORPORATION  
 YAZAKI CORPORATION

### B-members 96

Advanced Polytechnic Center

AI CORPORATION  
 Altera Corporation (USA)  
 ARM Ltd.  
 Audio-Technica Corporation  
 AXELL CORPORATION  
 BIP SYSTEMS CORPORATION  
 China Household Electric Appliance Research Institute (China)  
 Chuo Engineering Co., Ltd.  
 Computex Co., Ltd.  
 CRESCOD, LTD.  
 CSI Co., Ltd.  
 Custommedia Sdn. Bhd. (Malaysia)  
 Dalian uComSoft Co., Ltd. (China)  
 Dalian uLoong C&S Co., Ltd. (China)  
 DENSO CREATE INC.  
 E. D. Technology Corporation  
 EMPRESS SOFTWARE JAPAN INC.  
 Fuji Electric Holdings Co., Ltd.  
 Fuji Xerox Co., Ltd.  
 Fujitsu Computer Technologies Limited  
 Fujitsu Microelectronics Solutions Limited  
 Fujitsu Software Technologies Limited  
 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD.  
 Genesys Corporation  
 Geographical Survey Institute  
 Grape Systems Inc.  
 HASHIBA GRAND CO., LTD.  
 Hitachi Advanced Digital, Inc.  
 Hitachi Solutions, Ltd.  
 IAnywhere Solutions K.K.  
 IAR Systems K.K.  
 Ibaraki Hitachi Information Service Co., Ltd.  
 Intel Microelectronics (M) Sdn. Bhd. (Malaysia)  
 ITTO SOFTWARE INC.  
 Japan Radio Co., Ltd.  
 JRC ENGINEERING CO., LTD.  
 JTEC Corporation  
 JANOME/CREDIA Co., LTD.  
 JUSTSYSTEM Corporation  
 KINKEI SYSTEM CORPORATION  
 Koyo System Corporation  
 Kyoto Software Research, Inc.



MATO Corporation  
 Matsutame Co., Ltd.  
 MIPS Technologies, Inc.  
 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.  
 MITSUI-SOKO CO., LTD.  
 MITSUI ZOSEN SYSTEMS RESEARCH INC.  
 Naito Densel Machida Mfg. Co., Ltd.  
 Nebit Co., Ltd.  
 NEC Aerospace Systems, LTD.  
 NEC Communication Systems, Ltd.  
 NEC Engineering, Ltd.  
 NEC TOSHIBA Space Systems, Ltd.  
 Nissin Systems Co., Ltd.  
 NTT COMMWARE CORPORATION  
 OMRON Corporation  
 OMRON SOFTWARE Co., Ltd.  
 Open Kernel Labs, Inc. (Australia)  
 Peking Ubiquitous IC Tag Technology Co., Ltd. (China)  
 PIONEER CORPORATION  
 Planners Land Co., Ltd.  
 RICOH Company, Ltd.  
 RIGEL CO., LTD.  
 Ring coco co., ltd.  
 Robert Bosch Car Multimedia GmbH (Germany)  
 SANEI CO., LTD.  
 Saxe Inc.  
 Seiko Instruments Inc.  
 SEIKO Precision Inc.  
 Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.  
 Semiconductor Technology Academic Research Center  
 Sennet, Inc.  
 SHARP CORPORATION  
 SHIMAFUJI ELECTRIC CO., LTD.  
 SILVER ELECTRONIC RESEARCH Co., Ltd.  
 SoftBrain Inc.  
 SoftSirius Co., Ltd.  
 Sony Corporation  
 Sophia Systems Co., Ltd.  
 TANBAC Co., Ltd.  
 TechMatrix Corporation  
 TEPCO UQUEST, LTD.  
 TOPCON CORPORATION  
 Toshiba Information Systems (Japan) Corporation  
 TOSHIBA MACHINE CO., LTD.  
 TOSHIBA TEC CORPORATION  
 TOSHIN ELECTRIC CO., LTD.  
 UNITEC CO., LTD.

Upwind Technology, Inc.  
 Viometrix Private Limited (Singapore)  
 Xilinx, Inc.  
 Yagi Antenna Inc.  
 Yokogawa Digital Computer Corporation  
 ZUKEN ELMIC, INC.

### e-members 73

AJIS CO., LTD.  
 ADMORI PREFECTURAL GOVERNMENT  
 Brain Forum, Inc.  
 Boardwalk Inc.  
 CASTNET TOKYO Corporation  
 CENTER FOR BETTER LIVING  
 Central Research Institute of Electric Power Industry  
 ColorZip Inc.  
 CTI Engineering Co., Ltd.  
 Custommedia Sdn. Bhd. (Malaysia)  
 ESM, Inc.  
 Foundation Of River & Basin Integrated Communications  
 Fugaku Express Ltd.  
 Fuji Electric Retail Systems Co., Ltd.  
 Fuji Seal, INC.  
 Geospatial Information Authority of Japan  
 GOV CO., LTD.  
 HANEX Co., Ltd.  
 Hangzhou Homewell Intelligence Control Co., Ltd. (China)  
 HASHIBA GRAND CO., LTD.  
 Hitachi Information Systems, Ltd.  
 Hitachi Solutions, Ltd.  
 Humeia Corporation  
 The Impossible Dream, Inc.  
 INTAGE Inc.  
 Japan Association for International Racing and Stud Book  
 KAKUMARU CORPORATION  
 Kamiina Wide Area Union  
 Kanazawa Institute of Technology  
 KDDI CORPORATION  
 Kobayashi Waven Labels Co., Ltd.  
 KYOSEMI CORPORATION  
 Kyoto egg and chicken safety promotion conference  
 LINGREA CORPORATION  
 MARS TECHNO SCIENCE Corporation  
 MARUJI CONCRETE INDUSTRY CO., LTD.  
 MENOX Co, Ltd.  
 Mitsubishi Tanabe Pharma



# cntn'd

Mitsui Fudosan Co., Ltd.  
 NEC Engineering, Ltd.  
 NEWJEC Inc.  
 Nexco-East Engineering Company Limited  
 NIHON DEMPYA KOGYO CO., LTD.  
 NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE EAST CORPORATION  
 Nippon Yusen Kabushiki Kaisha  
 NISSIN UNYU KOGYO CO., LTD.  
 Nomura Research Institute, Ltd.  
 NTT COMWARE CORPORATION  
 NTT DATA CORPORATION  
 OMRON SOFTWARE Co., Ltd.  
 Peking Ubiquitous IC Tag Technology Co., Ltd. (China)  
 Ring coco co., Ltd.  
 RIPRO Corporation, Japan  
 SANDEN Corporation  
 Sealex Corporation  
 SHARP CORPORATION  
 SPC.Co., Ltd.  
 Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.  
 TAD Co., Ltd.  
 TAIHEIYO CEMENT CORPORATION  
 TAMURA Corporation  
 TECHNOLOGY CENTER HERMIA Oy (Finland)  
 Tekes-Finnish Funding Agency for Technology and Innovation (Finland)  
 Toko Kagaku CO., LTD.  
 TOPPAN FORMS CO., LTD.  
 Toyo Seikan Kaisha, Ltd.  
 TSUBAKIMOTO CHAIN CO.  
 UNIADEX, Ltd.  
 Village Nishiawakura  
 Yamato Packing Co., Ltd.  
 YAZAKI RESOURCES CO., LTD  
 WindSpring, Inc. (USA)

#### Supporting members 1

Panasonic System Networks Co., Ltd.

#### Academic members 68

Araki Laboratory, Department of Electronics and Photonic Systems Engineering, Faculty of Engineering, Hiroshima Institute of Technology  
 Aso Business Computer College  
 Centre for High Performance Embedded Systems, Nanyang Technological University, Singapore (Singapore)  
 Cybermedia Center, Osaka University

Dalian Maritime University (China)  
 Department of Civil Engineering, HanYang University (Korea)  
 Department of Computer Science, University of Yamanashi  
 Department of Control and Computer Engineering, Numazu College of Technology  
 Department of Electrical and Electronics Engineering, Kokushikan University  
 Department of Electrical and Electronic Engineering, School of Electrical and Computer Engineering, National Defense Academy of Japan  
 Department of Information Science, Osaka Institute of Technology  
 EHIME ELECTRONIC BUSINESS COLLEGE  
 Electronics Design Lab., Hanoi University of Technology (Vietnam)  
 Employment and Human Resources Development Organization of Japan Tochigi  
 Environmental Design and Information Technology Laboratory, Division of Sustainable Energy and Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University  
 Faculty of Information Technology, Ho Chi Minh City University of Technology (Vietnam)  
 Farm Management, Division of Natural Resource Economics, Graduate School of Agriculture, Kyoto University  
 Field Monitoring Research Team, National Agricultural Research Center, National Agriculture and Food Research Organization  
 Fu Jen Catholic University (Taiwan)  
 Fukuda Laboratory, Department of Micro-Nano Systems Engineering, Nagoya University  
 Fukuyama University  
 Furukawa Laboratory, GRADUATE SCHOOL OF MEDIA DESIGN, KEIO UNIVERSITY  
 Future Robotics Technology Center, Chiba Institute of Technology  
 Graduate School, Gunma University, Shiraishi Laboratory  
 Haruyama Laboratory, The Graduate School of System Design and Management, Keio University  
 Hiroshima City University  
 Hong Kong R&D Centre for Logistics and Supply Chain Management Enabling Technologies (China)  
 Hongo Laboratory, Department of Frontier Information Engineering, Faculty of Advanced Engineering, Hokkaido Institute of Technology  
 HOSHI Lab., TOKAI Univ.  
 Hunan University, School of Computer and Communication, Embedded Systems Laboratory (China)  
 Iijima Laboratory, Faculty of Science and Technology, Keio University  
 Inaba-Inamura laboratory, Dept. of Mechano-Informatics, Faculty of Engineering, Univ. of Tokyo  
 Industrial Technology Research Institute/Identification and Security Technology Center (ISTC)(Taiwan)



Information-technology Promotion Agency, Japan  
 Inha University (Korea)  
 Institute for Information Industry (Taiwan)  
 Integrated System Design Lab. (IMAI Lab.), Osaka University  
 Intelligent robot laboratory, University of Tsukuba  
 Japan Electronics College (Nihon Denshi Senmon Gakko)  
 Kanagawa Prefectural Fujisawa Vocational Training School  
 Kasetsart University (Thailand)  
 Koshizuka Laboratory, The University of Tokyo  
 Kuninaka Labo, Institute of Space and Astronautical Science  
 Kyung-Pook National Univ. (Korea)  
 Minoru KUBOTA Laboratory, Chiba Institute of Technology  
 Miyana Lab., Tokyo University of Science MOT  
 Mizuno Labo, Institute of Space and Astronautical Science  
 Mizusawa Laboratory, Aoyama Gakuin University  
 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)  
 Niigata Institute of Technology  
 Oporto University-Faculty of Science (Portugal)  
 Oya Laboratory, Information Science, Shonan Institute of Technology  
 Peking University & Renesas T-Engine Joint Lab (China)  
 Pukyong National University (Korea)  
 Pusan National University (Korea)  
 Republic Polytechnic (Singapore)  
 Research Collaboration Center, Kochi University of Technology  
 Research Initiative for Advanced Infrastructure with ICT  
 Research Institute of Computer Applications, South China University of Technology (China)  
 Research Institute of Management and Information Science, Shikoku University  
 RFID CENTER in Aju University (Korea)  
 RFID Center, Head of the Business Informations Systems Institute, Haute Ecole Valaisanne (Switzerland)  
 Ryukoku University, Faculty of Science and Technology, Department of Media Informatics  
 Semyung University (Korea)  
 Sakamura Laboratory, The University of Tokyo  
 School of Computer Science and Information Systems, Birkbeck College (UK)  
 School of Computing University of Tasmania, Australia (Australia)  
 School of communication, Xidian (China)  
 School of Science, Nagoya University  
 Shanghai Institute of Computing Technology (China)  
 Shigesada Laboratory, Hosei University

Software School of Fudan University, China (China)  
 Southern Taiwan University of Technology (Taiwan)  
 Takahashi Laboratory, Graduate School, Chuo Gakuin University  
 THAMMASAT UNIVERSITY (Thailand)  
 The Department of Computer Science, The Hebrew University, Jerusalem, Israel (Israel)  
 The Japan Forest Engineering Society  
 The University of Aizu  
 The University of Seoul (Korea)  
 Tokyo Denki University  
 Tokyo Metropolitan University  
 Tokyo University of Technology, School of Computer Science  
 University of Electronic Sci.& Tech. of China (China)  
 University Politehnica of Bucharest (Romania)  
 Urban and Architectural Design Lab.  
 Yashiro Lab., Institute of Industrial Science, The University of Tokyo  
 Yokohama National University Kuramitsu Lab  
 Yoshidome Laboratory, Department of Robotics and Mechatronics, Faculty of Creative Engineering, Kanagawa Institute of Technology

#### Liaison members 1

Japan Electric Measuring Instruments Manufacturers' Association



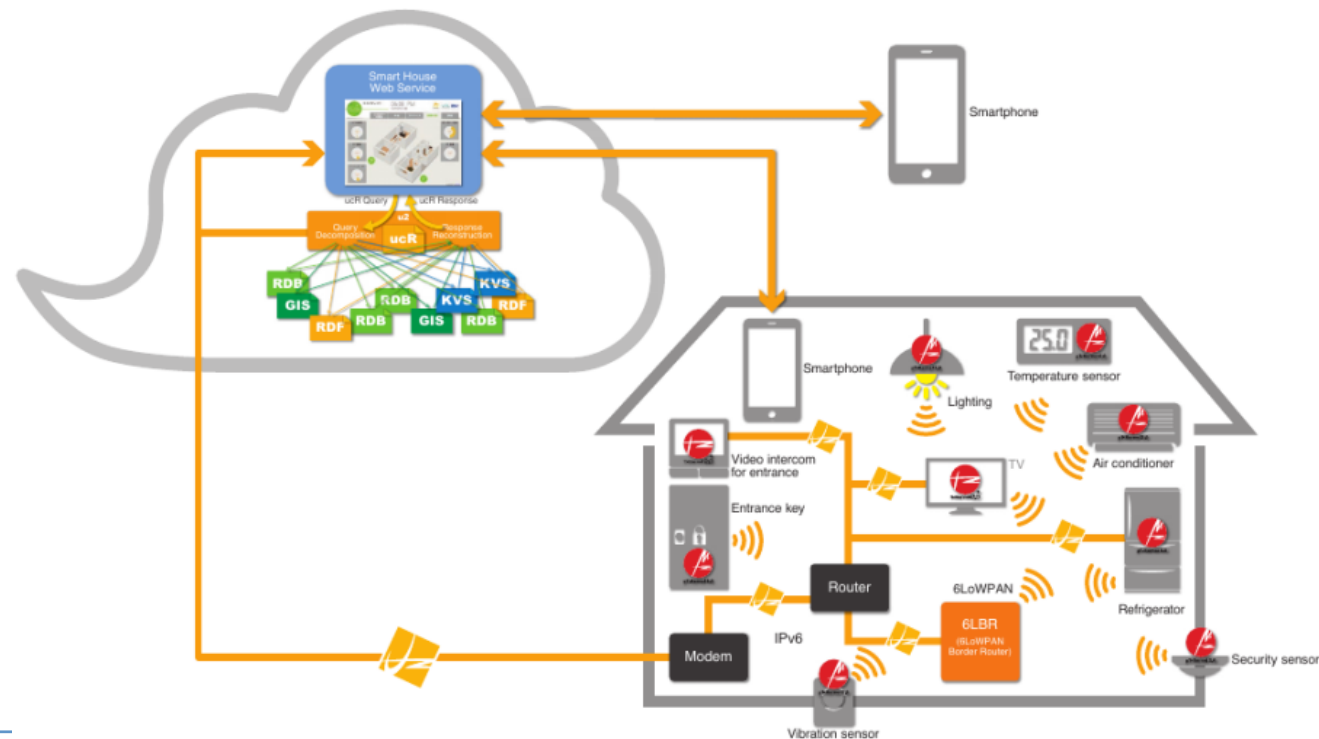
# ITRON T-Kernel をめぐる動向



# μT-Kernel 2.0

## ■ T2全体コンセプト

- ▶ 1984年に開始したTRONプロジェクトの目標である HFDS（超機能分散システム）を実現するための全体アーキテクチャの要素としてデザイン
- ▶ èネットワーク機能の強化と、それに基づく徹底した機能分散のためのリアルタイムOS







# μT-Kernel 2.0

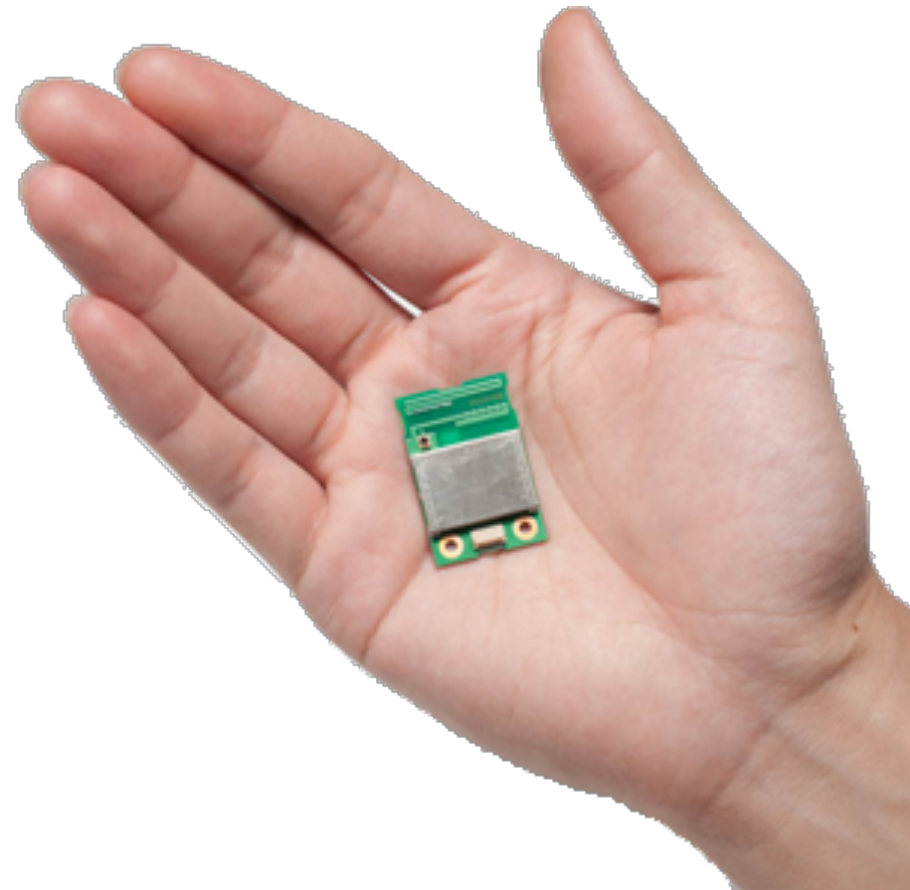
## ■ μT-Kernel 2.0の位置づけ

- ▶ M2M, IoTノード（小規模家電を含む）のためのリアルタイムOS



## ■ そのための機能を凝縮

- ▶ ネットワーク通信機能を含むIoTの為のミドルウェアが必要
  - ◆ 開発効率向上のためにはミドルウェア流通が可能なように
- ▶ 省資源・省電力は必須
  - ◆ （例）バッテリーだけで10年以上動作するセンサーノード





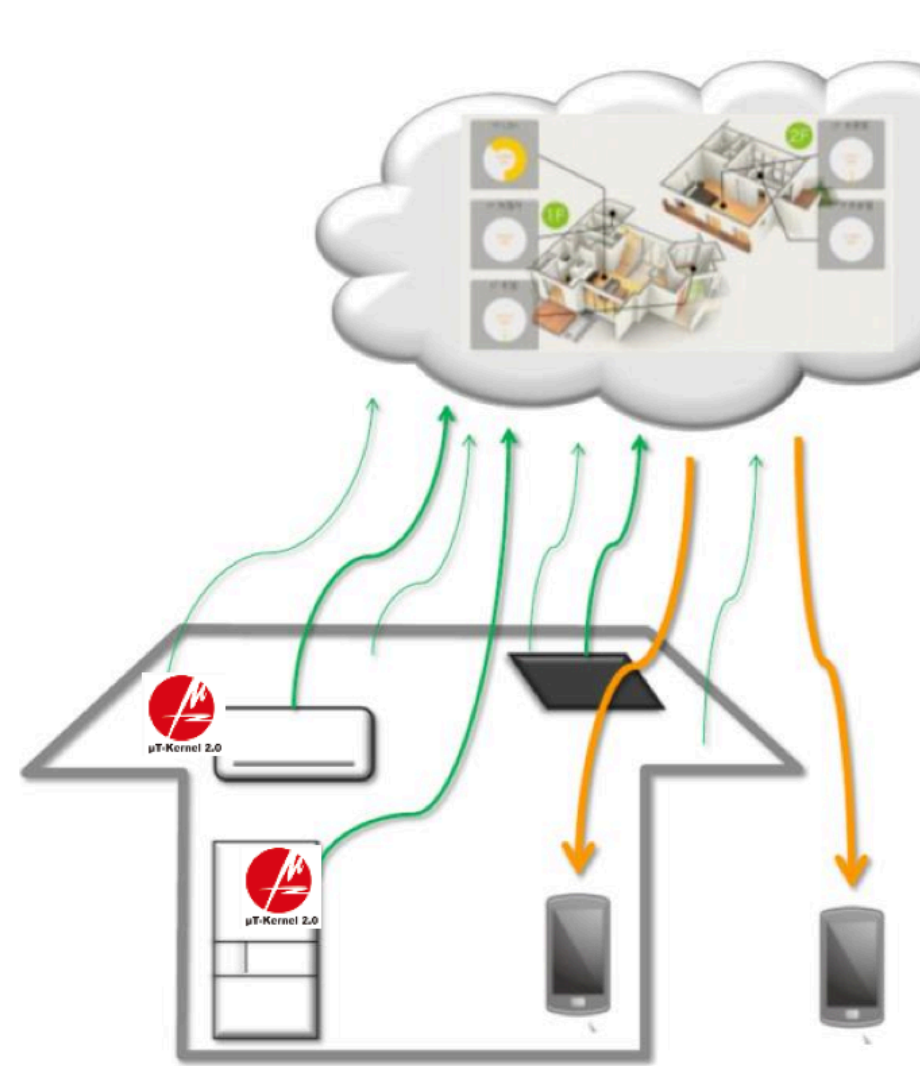


# IoTのためのネットワーク

- いままでよりはるかに多くのモノがオープンネットワークからクラウドに接続
  - ▶ 配線の手間を考えると、無線が有望
- 数が多く通信エネルギー消費が拡大
  - ▶ エネルギー消費が少ない無線通信で
  - ▶ クラウド直結が望ましい

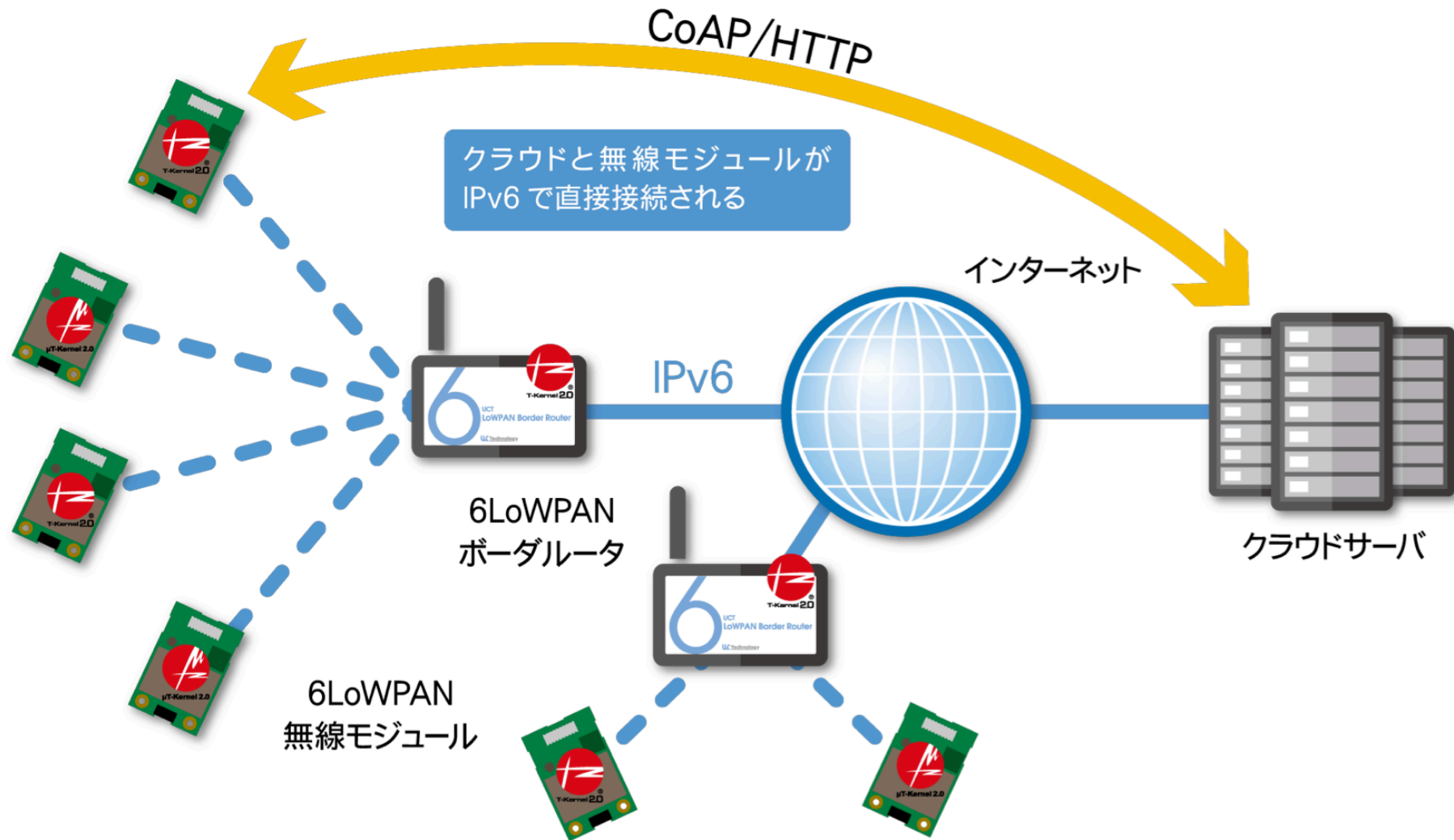


- 6 LoWPANに着目





# 6LoWPANフレームワーク



# TRON Forum (www.tron.org)



The screenshot shows the TRON Forum website homepage. At the top, there is a navigation bar with the TRON Forum logo on the left and a search icon on the right. Below the navigation bar, there is a main banner area. On the left side of the banner is a large TRON logo. On the right side of the banner is a news article titled "T-Engine Forum will change its name ..." dated March 24, 2015. Below the banner is a "New Topics" section with a "PRESS RELEASES" button and a link to the news article. The main content area is divided into three columns. The left column contains three download links: "Download SourceCode", "Download Specification", and "TRON Project 30th Anniversary Since 1984". The middle column is titled "NEWS" and contains two news items: "TRON Forum will start!" dated April 1, 2015, and "2014 TRON Symposium -TRONSHOW- was successfully executed, ..." dated December 15, 2014. The right column is titled "E-mail Magazine" and contains a link to "About E-mail Magazine", a link to "E-mail Magazine Subscription", an input field for "E-mail address \*", and a "Subscribe" button. At the bottom of the page, there is a footer with the copyright notice "© 2015 Noboru Koshizuka. All Rights Reserved." and a page number "5".



**© 2015 Noboru Koshizuka, The University of Tokyo  
All Rights Reserved**