

H28年度 群馬大学工学部 電気電子工学科「集積回路システム工学」  
および「アナログ集積回路研究会」講演

# IoT時代のビジネス戦略とIoTデバイス

## 本日の内容

- ・IoTとは何か
- ・IoT歴史と市場動向
- ・IoTの本質とビジネス戦略の重要性
- ・IoTの要素技術
- ・様々なIoTデバイスを見る

2016年5月24日

群馬大学非常勤講師

東京電機大学非常勤講師

中谷 隆之

# IoT: Internet of Things モノのインターネット

IoTは、従来おもにパソコンやサーバ、プリンタ等のIT関連機器が接続されていたインターネットに、それ以外の様々な"モノ"を接続する技術。

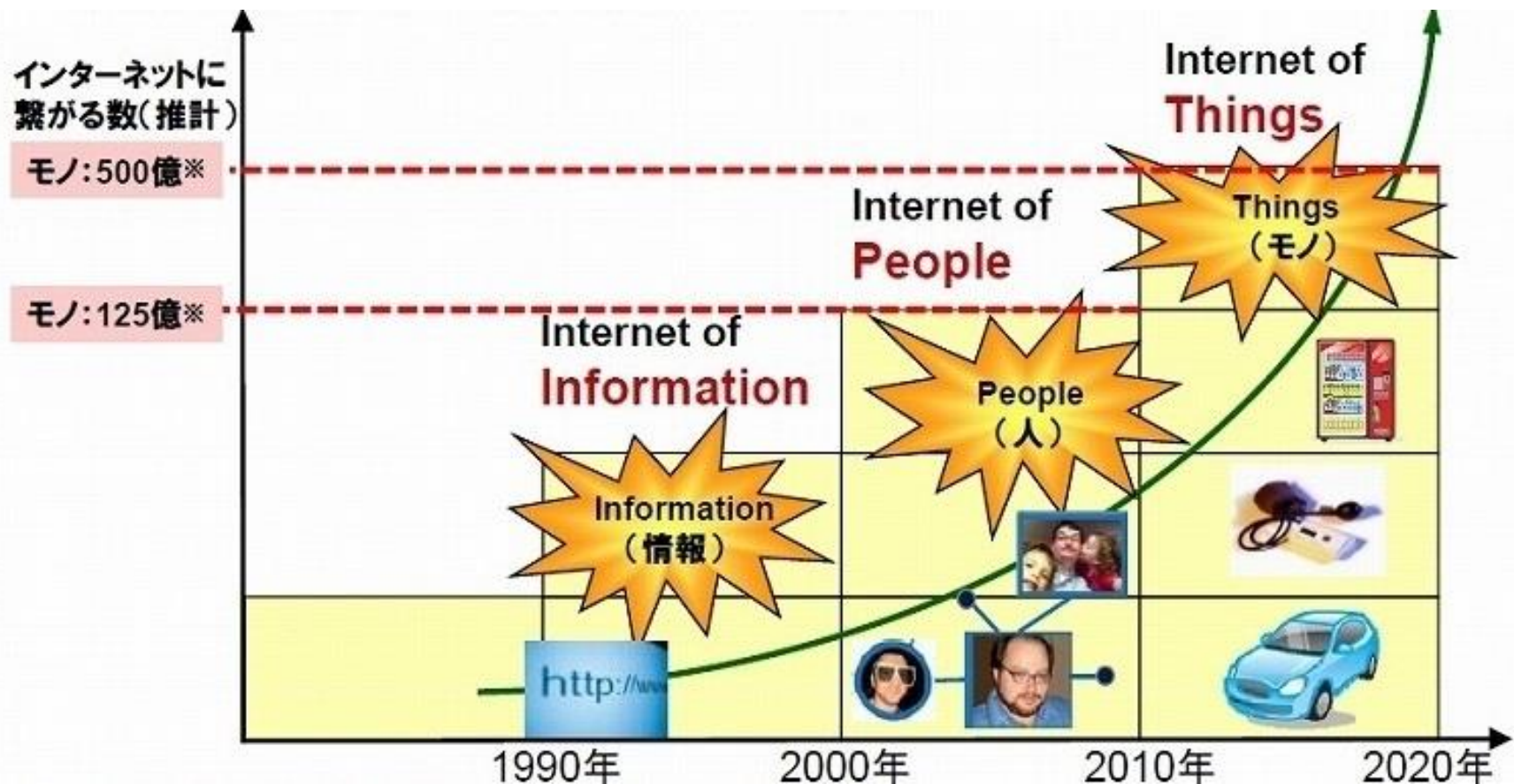
## Internet of Things : IoT



# IoT: 情報、人、モノがインターネットに繋がる

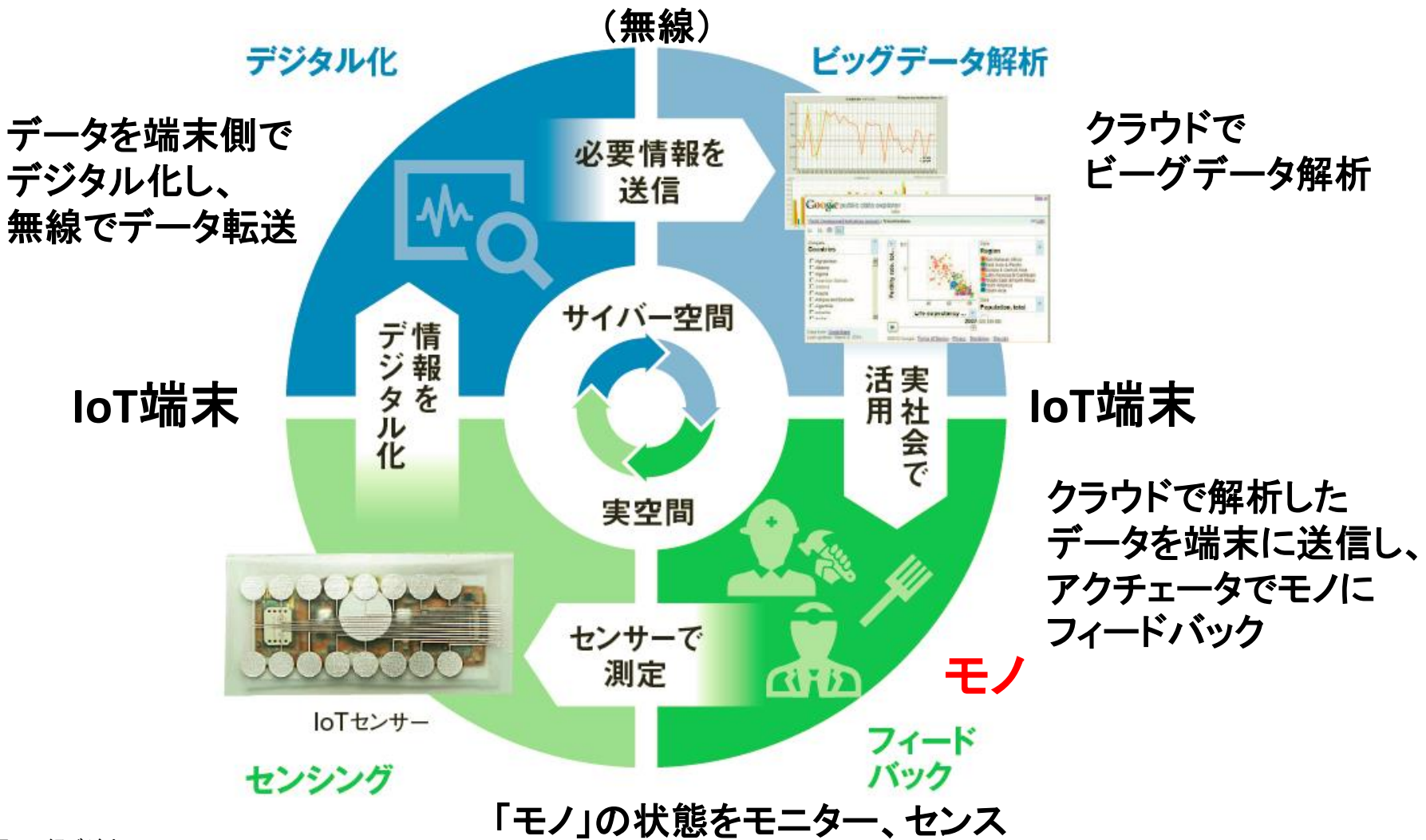
IoTは、これまでのPCやスマホだけではなく、日用品・家電・自動車・機械・建物・食品など身の回りの様々なモノが、各種センサ、RFIDや無線LANなどによりインターネットに接続し、識別したり、位置を特定したり、状態を監視したり、コントロール可能とするビジョン

**「2020年には500億個のモノがインターネットに繋がる」と予測**



# IoTは、フィジカル空間とサイバー空間を繋ぐ

IoTは、実空間(フィジカル空間)とサイバー空間を4つの工程で繋ぐ。  
センシング工程、デジタル化工程、ビッグデータ解析工程、フィードバック工程



# トロン電腦住宅はIoTの先駆け 1990年頃

家庭内のあらゆる物をインターネットに繋げるコンセプトは日本でも古くから存在。  
例えば1990年代の「トロン電腦住宅」など。ただ当時は環境が不十分だった  
ハード、ソフト、サービスなど

## TRON電腦住宅 1989



- 「便利」を極限まで追求しつくした実験住宅
- 「技術者の夢」の一つの完成形

東京大学坂村氏が主導されたトロンプロジェクトの実証実験。  
住宅内の各所に埋め込まれた、制御用マイクロコンピュータ間の協調分散によって、住宅に居住する住人の希望にあわせた環境調整が行える近未来型の実験住宅。

TRON電腦住宅では、1000個に達するマイクロプロセッサやセンサーが用いられているため、完全な形での協調分散システムとしての構築は、当時のマイクロプロセッサの性能では実現出来なかった。



# IoTは、注目のピーク

## テクノロジーのハイプ・サイクル2015年版

2015年7月現在

ハイプサイクルとは、話題や評判が先行する新技術が実際に普及するまでの間、その期待度が時間経過とともに、どのように変化するかを示した図(調査会社Gartnerが提唱) 典型的なハイプサイクルには、「黎明期」「流行期」「反動期」「回復期」「安定期」の5段階がある

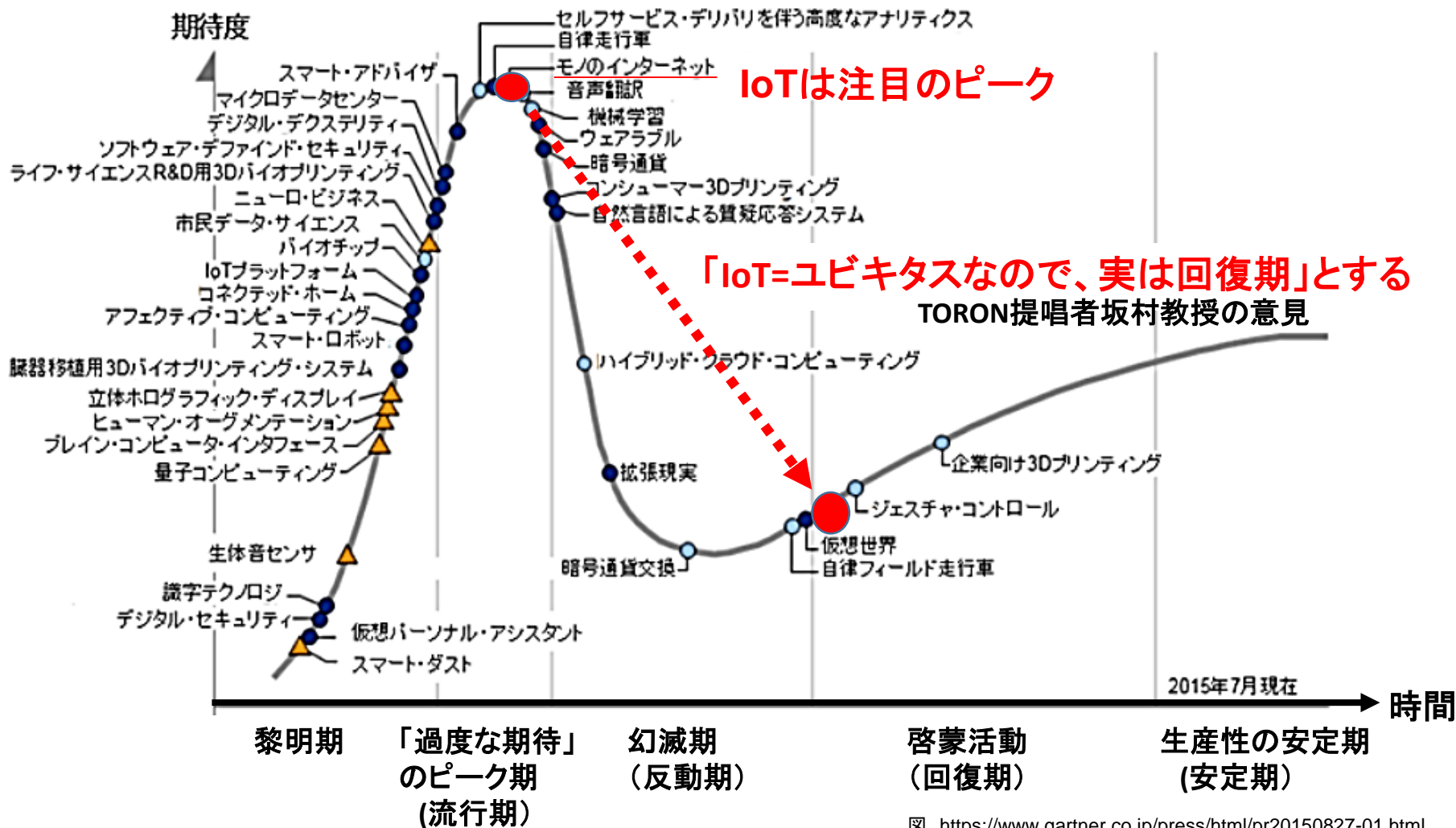
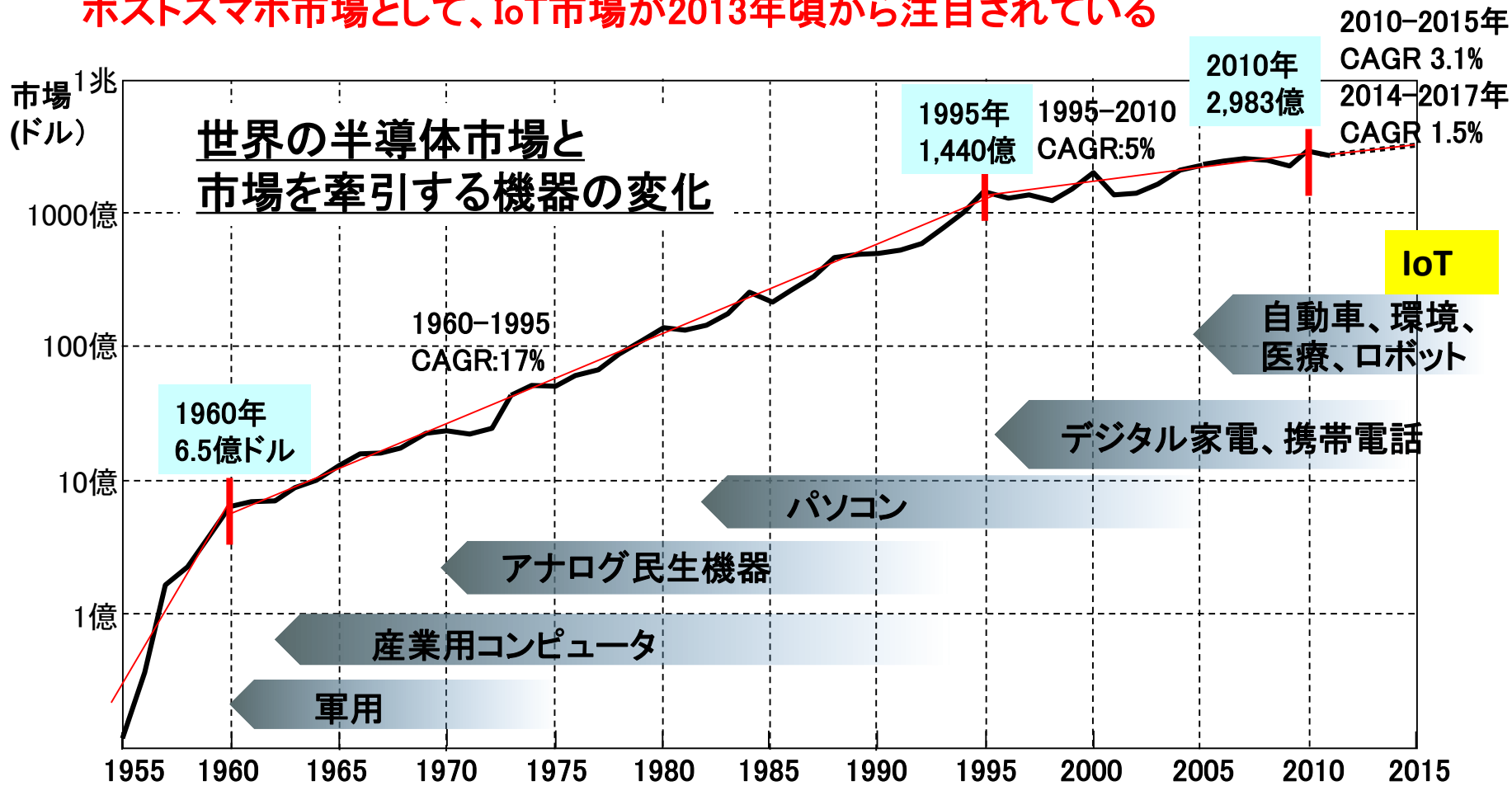


図 <https://www.gartner.co.jp/press/html/pr20150827-01.html>

# 世界の半導体市場推移と牽引する市場

- ・2015年の世界半導体市場は3363億ドル(約37兆8000億円)  
2015年は前年比+0.1%成長、2016年は3410億ドルで前年比+1.4%成長見込み
- ・年代とともに、半導体市場を牽引するアプリケーションが変化してきた

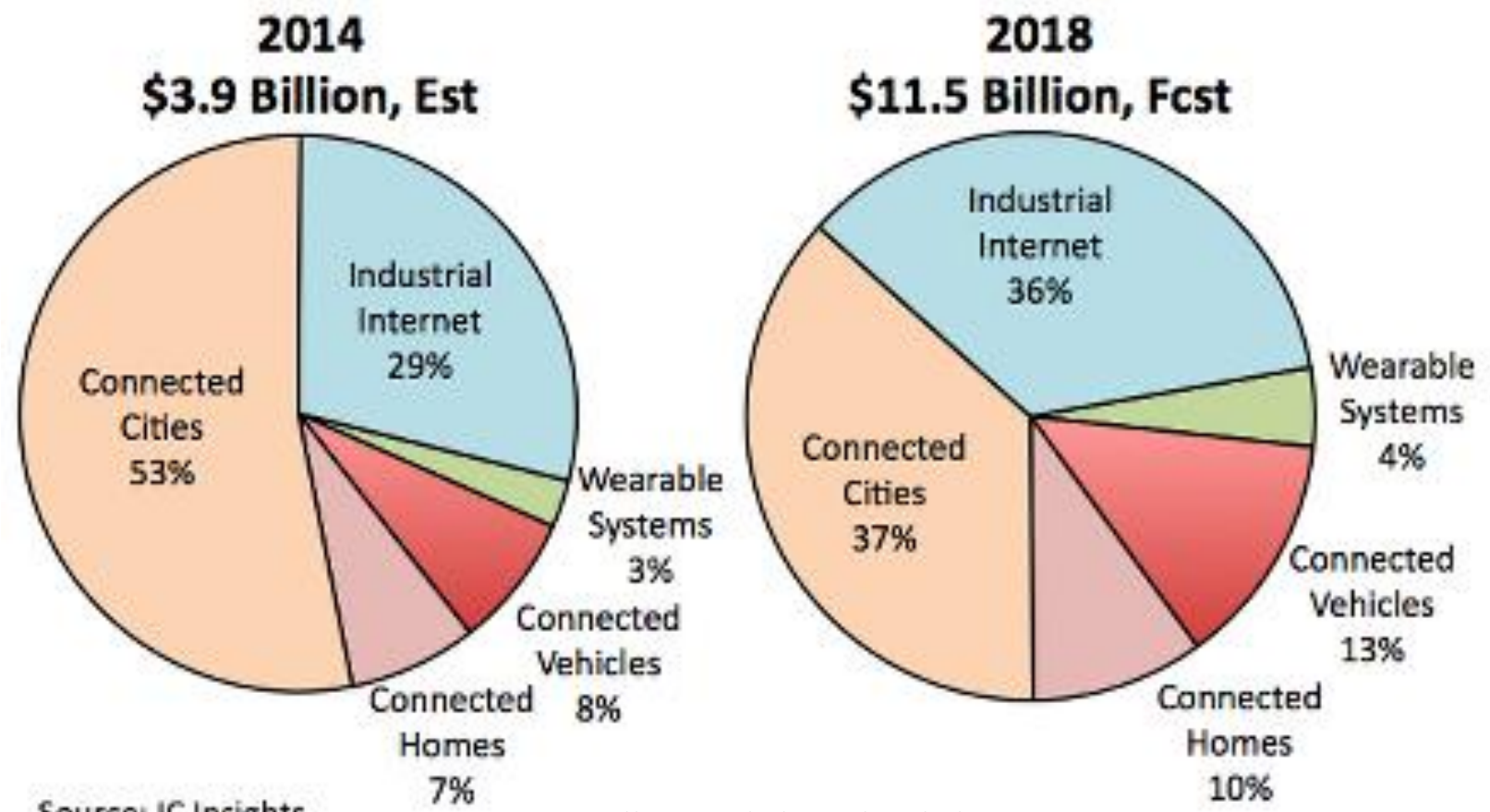
ポストスマホ市場として、IoT市場が2013年頃から注目されている



# IoT半導体市場動向：まずは環境インフラや産業界から

- ・今後最も大きく伸びるIoT半導体分野は、スマートシティ(Connected Cities)との見込み  
スマートシティは、電力網や道路、街灯などの公共インフラアプリケーションのスマート化を実現
- ・次に大きいのが産業用インターネット。主に工場や物流、医療などのシステムアプリケーションが高い成長を遂げるとみられる。

## IoT向け半導体の売上高(用途別)



Source: IC Insights

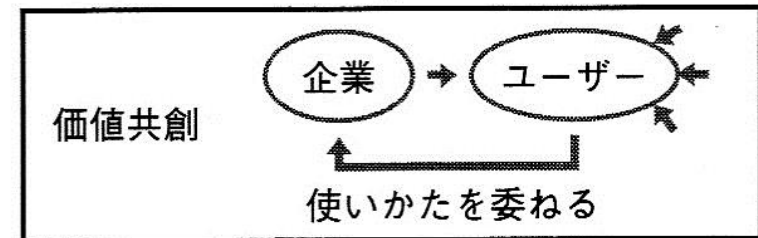
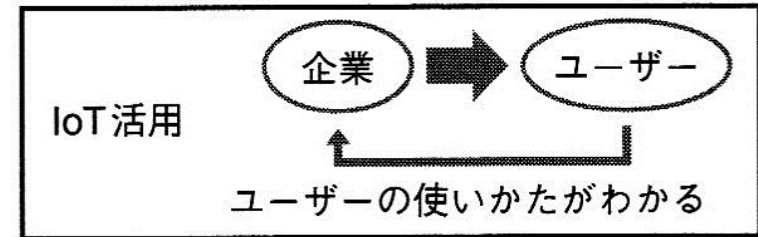
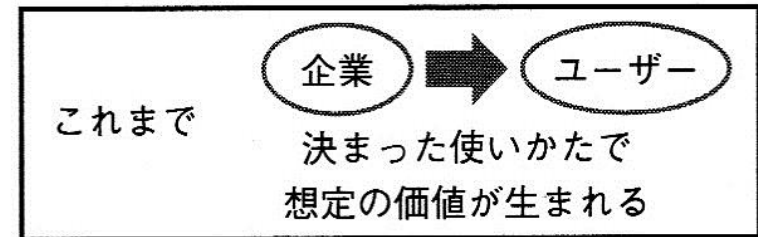
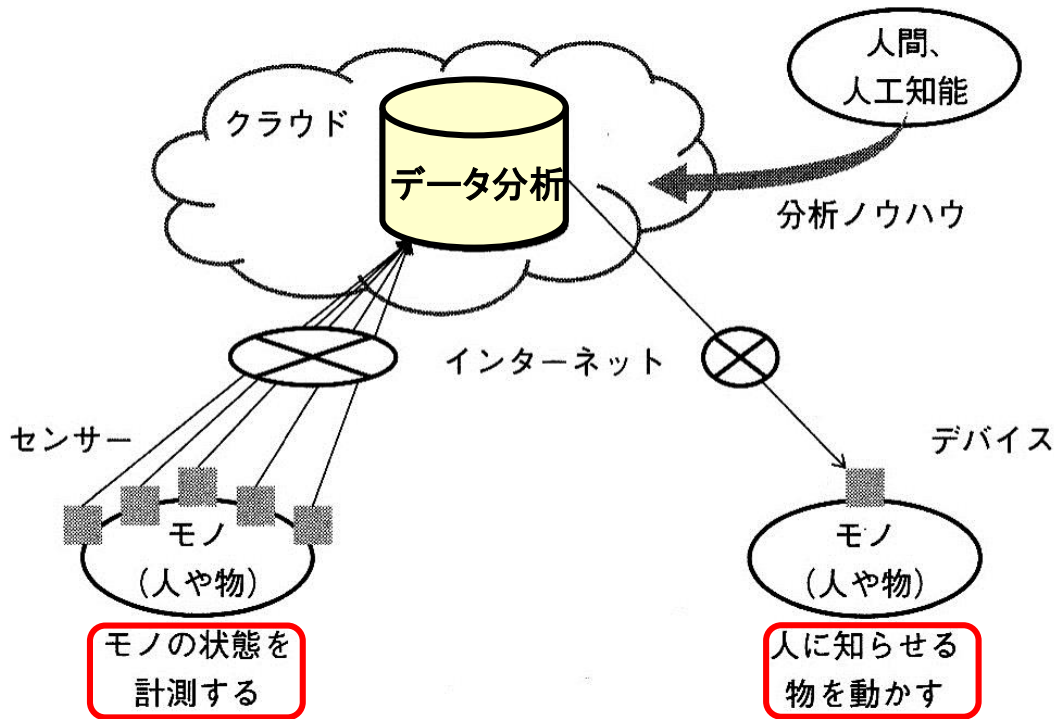
[http://eetimes.jp/ee/articles/1412/18/news055\\_2.html](http://eetimes.jp/ee/articles/1412/18/news055_2.html)



# IoTの本質とは何か

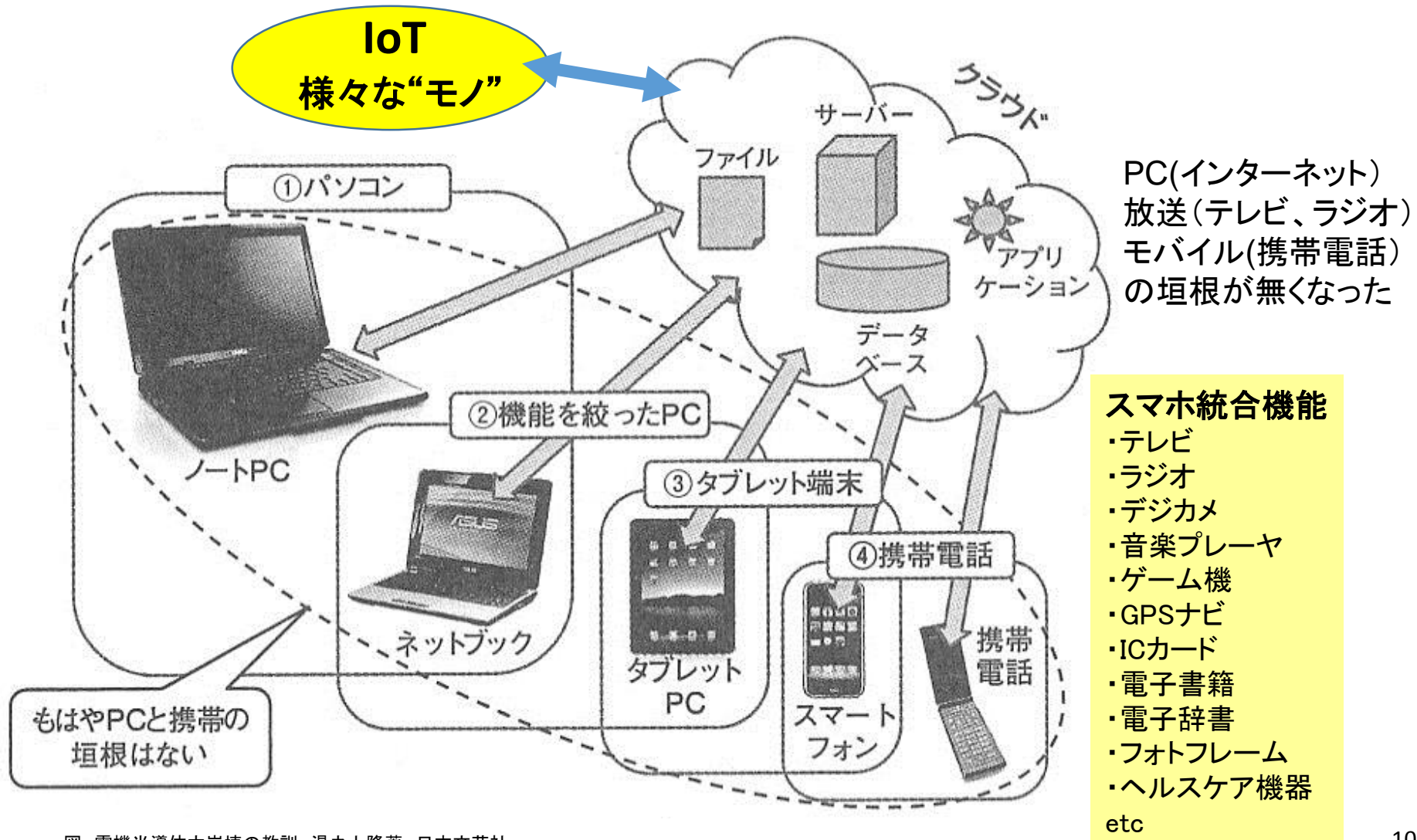
- ・IoTとは「モノがインターネットに繋がる」ことにより、**新しい価値を生み出す**こと
- ・IoTでのモノ(Things)とは、形ある物全て、人間も含む
- ・IoTは、モノが繋がることによる「**スマート化**」&「**ネットとリアルの同期**」にある  
(サイバー空間とフィジカル空間)

## IoTによる価値創造



# 従来の事業 & 製品カテゴリーが破壊される

IoT時代、「**事業の再定義**」が新しい価値とビジネスを産む



PC(インターネット)  
放送(テレビ、ラジオ)  
モバイル(携帯電話)  
の垣根が無くなった

- スマホ統合機能**
- ・テレビ
  - ・ラジオ
  - ・デジカメ
  - ・音楽プレーヤ
  - ・ゲーム機
  - ・GPSナビ
  - ・ICカード
  - ・電子書籍
  - ・電子辞書
  - ・フォトフレーム
  - ・ヘルスケア機器
  - etc

# IoTはサイバー・フィジカル・システム(CPS)

## サイバーフィジカルシステム(CPS)

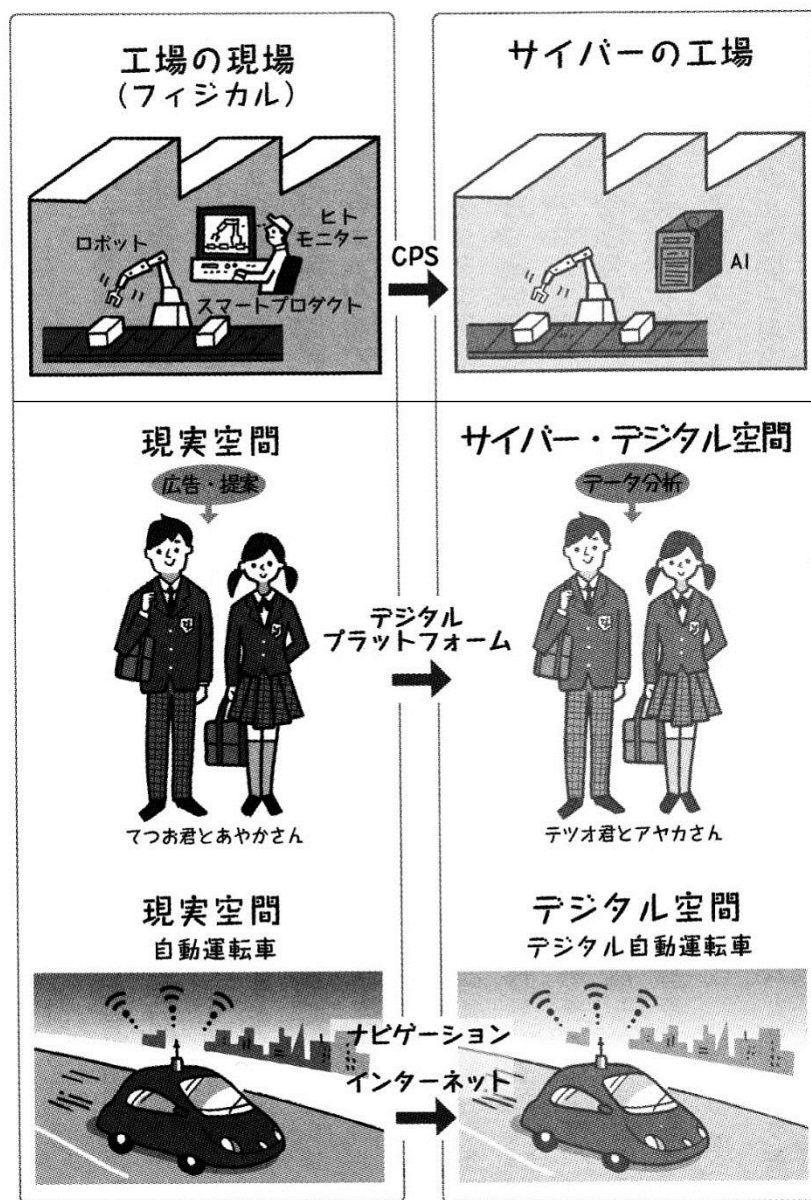
### 工場と自動運転車の例

#### 工場の現場:

- ・現場工場のデータを吸い上げ、サイバー空間に仮想工場を作る
- ・ソフトやAIを活用して最も効率的なマスカスタマイゼーション生産を実現
- ・これがサイバーフィジカルシステム
- ・現場データとサイバー上の仮想工場がほぼ一致する状態が完成形

#### 自動運転車:

- ・各種センサで得た車の状況や乗車している人の様々な情報から、サイバー空間に仮想自動車を作る。
- ・これら情報からソフトやAIを使って、最適な車の制御と乗っている人が欲しがる情報を予測して提供



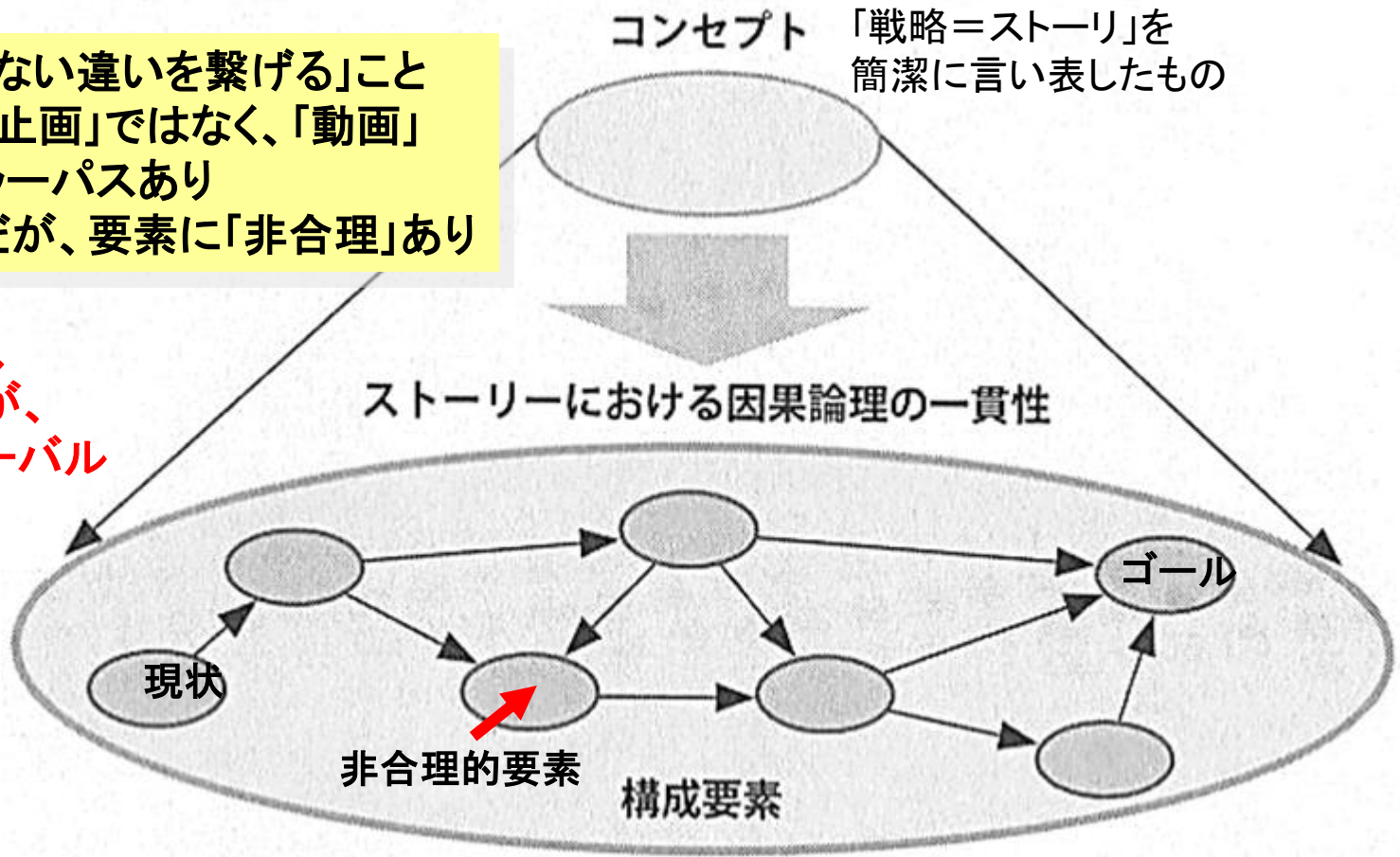
IoT時代を勝ち抜く、

# ビジネス戦略の重要性

- ・戦略とは、現状からゴール(目標)に至るシナリオまたはストーリー
- ・戦略を実行するための個別の方法、手段が戦術。戦術を戦略と勘違いする例が多い。
- ・IoTを活用し、各社の強みを活かした、他社にない“勝てる戦略”を構築しよう

- ・戦略は「他社にない違いを繋げる」こと
- ・勝つ戦略は「静止画」ではなく、「動画」
- ・構成要素にキラーパスあり
- ・全体「合理的」だが、要素に「非合理」あり

日本電機産業は、  
技術優れていたが、  
戦略欠如でグローバル  
で敗退してきた。



# オープンIoTとクローズIoT

- ・オープンIoT: インターネットの様に、所与の公的ルールに従えば誰でも参加し利用可能
- ・クローズIoT: 特定の組織や分野のみで利用可能
- ・IoTはオープンIoTがあるべき姿。日本はオープンIoTが苦手
  - 欧米はオープンIoT目指す(ドイツ: インダストリー4.0、アメリカ: インダストリアルインターネット)
  - 日本はクローズIoT先駆者(トヨタ、建設機械コマツ、繊維セーレン、日本酒瀬祭他多数)
- ・オープンIoTが社会にイノベーションを興す

## オープンIoTを阻む問題

セキュリティ/プライバシー

ガバナンス(責任の所在)---データのガバナンスと制御のガバナンス

既得権益(組織の壁)



## SuicaもクローズIoTの典型

個人特定可能とするプライバシーデータを除き、利用履歴などのデータがオープン化されれば、様々なサービスへの応用が可能となる。

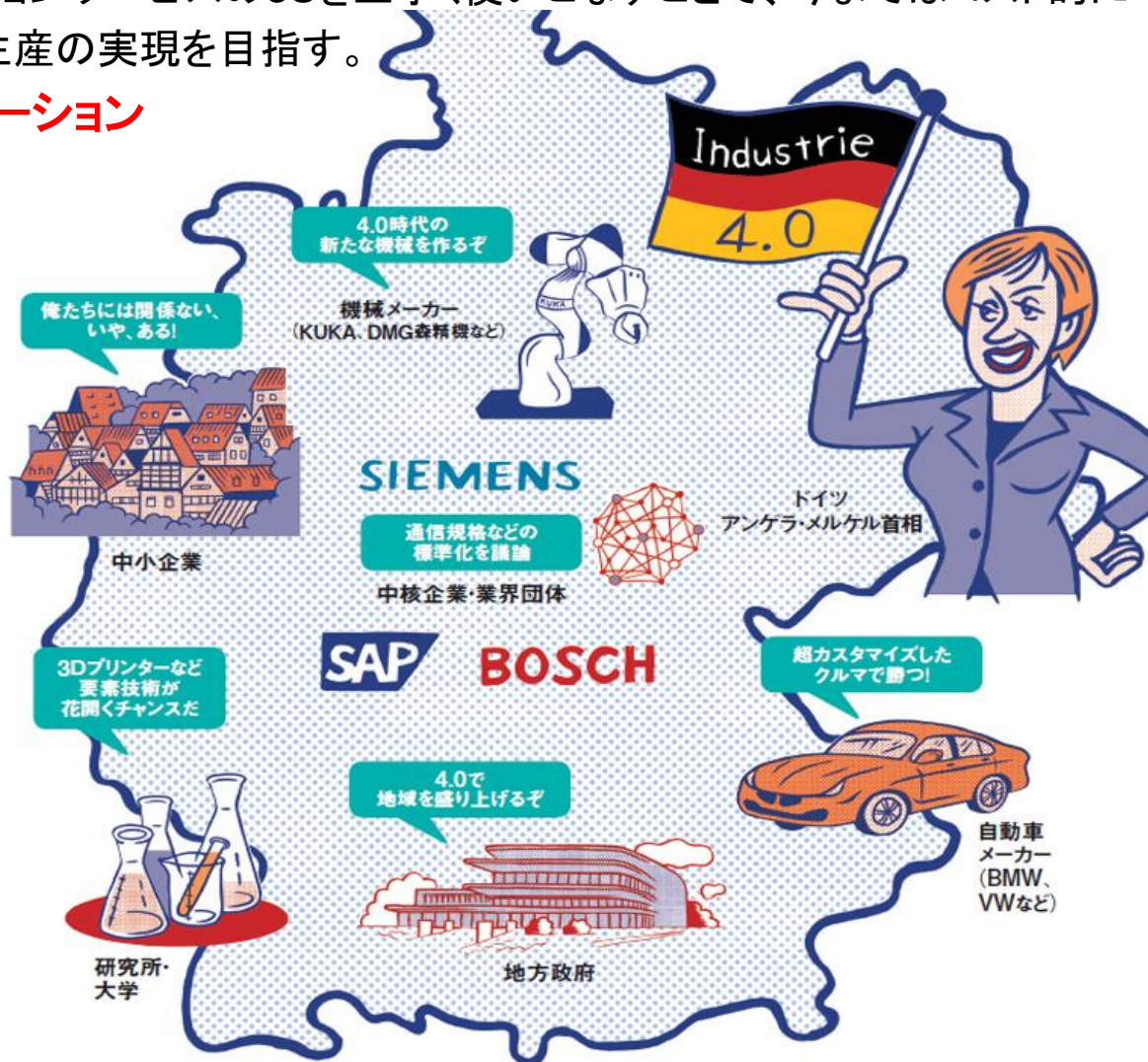
# インダストリー4.0:ドイツ

- ・インダストリー4.0は大量生産システムではなく、IoTを活用した「**1個生産システム**」
- ・センサ、ソフトウェア、ソリューションサービスの3Sを上手く使いこなすことで、今まではコスト的に成立しなかったテーラード生産の実現を目指す。

ドイツでは「**マスカスタマイゼーション**（個別大量生産）」と呼ぶ。

## インダストリー4.0は、ドイツが積極的に推進

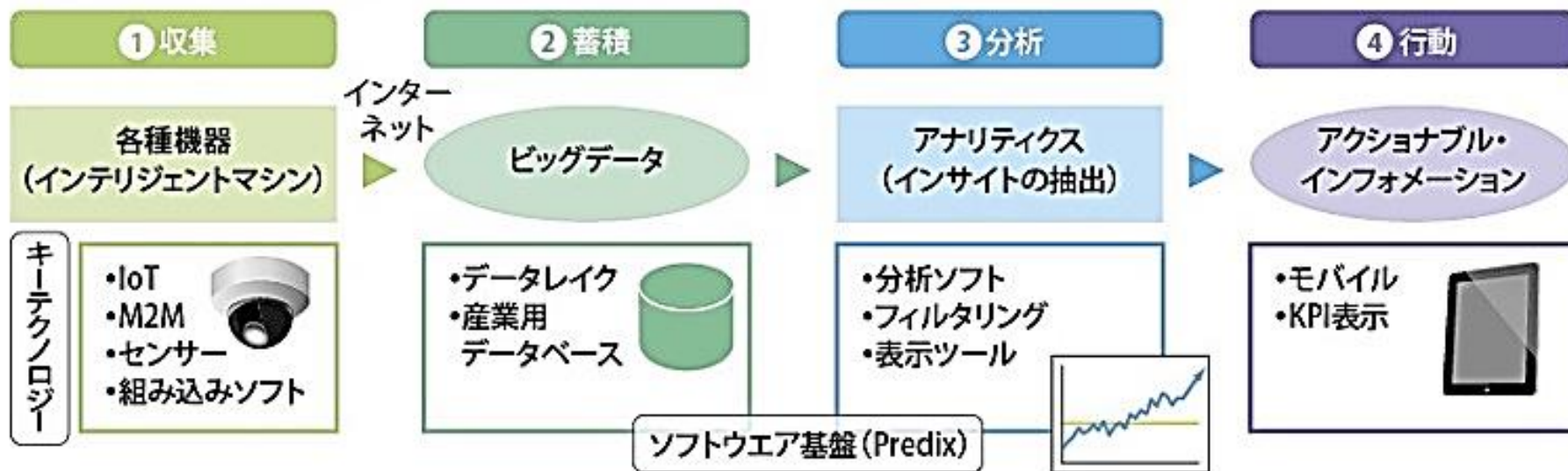
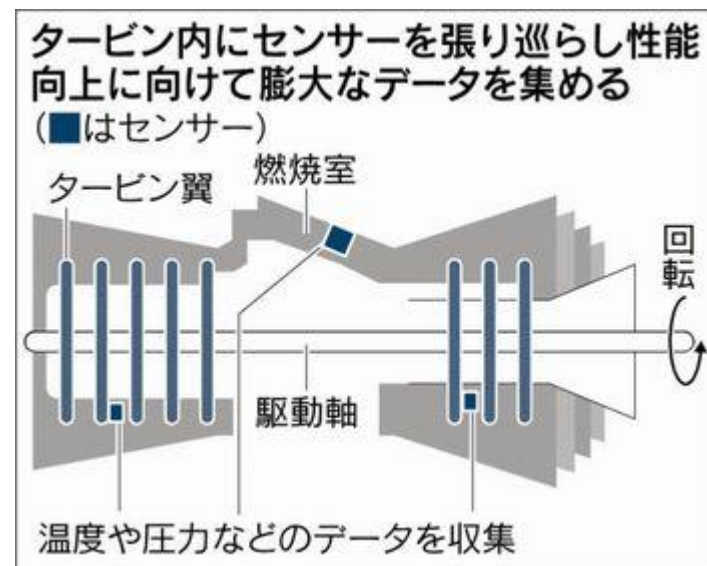
インダストリー4.0の中核であるスマート工場では、**センサと人工知能**が、決定的な役割を果たす。この生産工程に関わる企業群は、ネットを介して伝達される情報に対して、生産・供給活動を即時、自動的に行う。



# インダストリアル・インターネット: GE

## GEが掲げるインダストリアル・インターネット

- ・センサを埋め込んだ各種機器からネット経由で様々なビッグデータを安価に収集して分析し、洞察を導く。  
それを現場ごとにすぐに使える「アクションナブル・インフォメーション」に加工し、行動の変化を促す。
- ・典型例は発電システムで、タービンの動きをネット経由でリアルタイムに監視し、故障の予兆を事前に見極めるといふもの。オペレーターは先回りして対処に当たる。



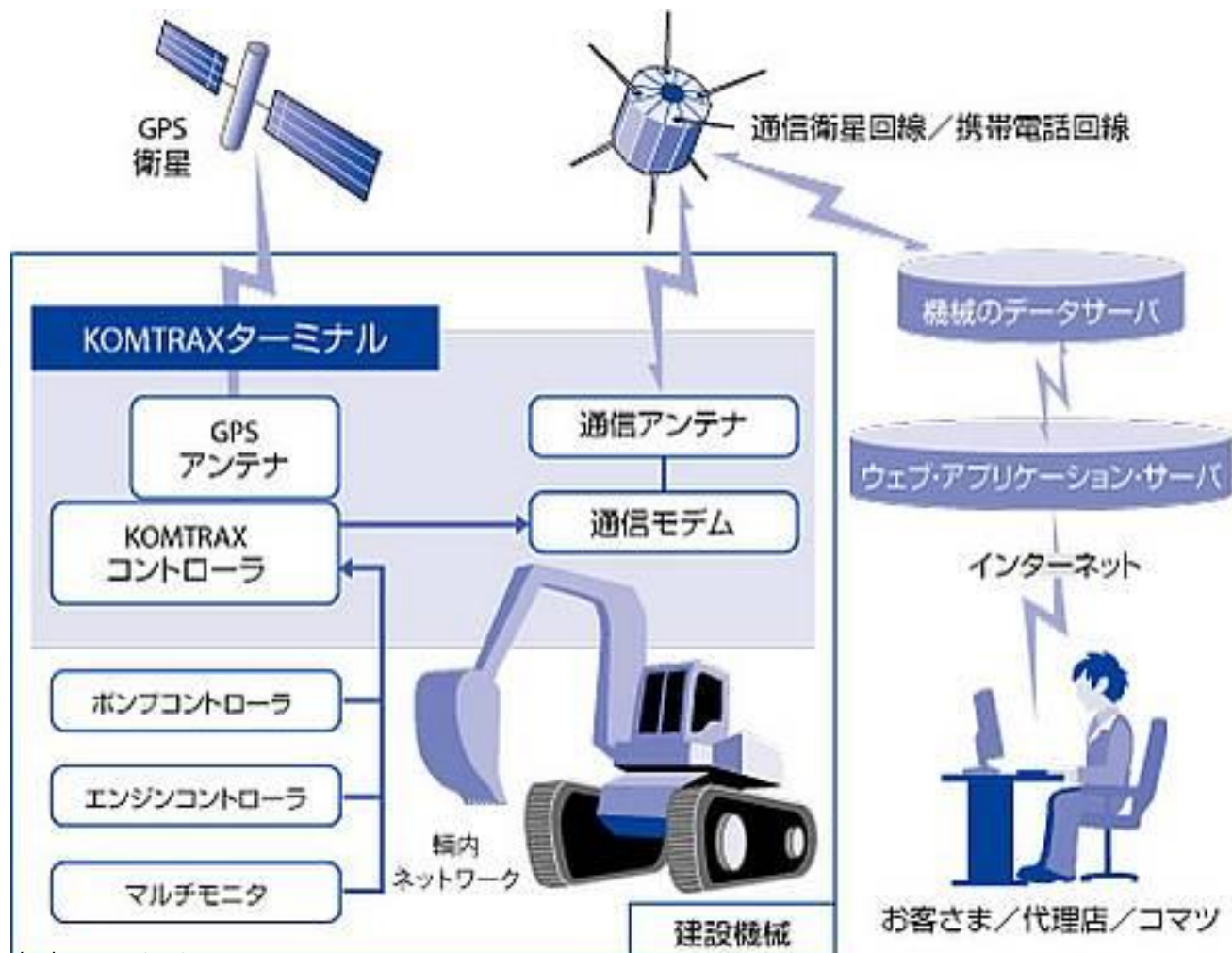
日本企業はクローズIoT概念を実践してきた

## 建設機械のIoT:コマツ「KOMTRAX」

コマツは、隠れたIoT&ビッグデータ活用先進企業。KOMTRAXとして1999年から実践

- ・当初は建設機械のサービス向上のため。故障対応や迅速なメンテナンス対応
- ・次に稼働状況のモニターや盗難予防にも活用。さらにGPSを用いて自動運転まで進化

建設機械に各種センサ  
や通信機能を搭載

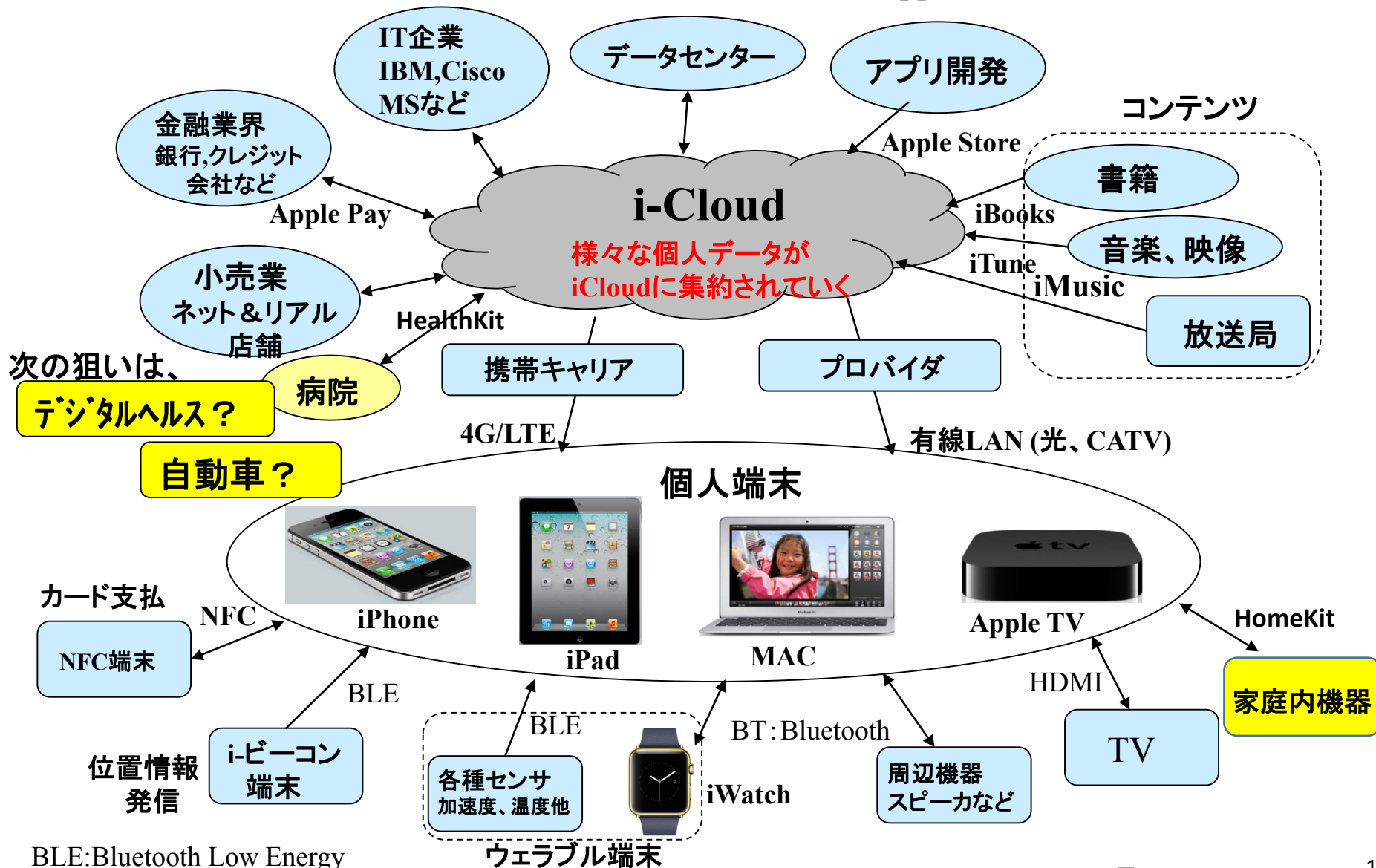




Appleはオープン&クローズIoTをうまく使い分け

# Apple:i-CloudをベースとしたIoT戦略

IoT時代、セキュリティが益々重要。全てをコントロールできるAppleの優位性が高い



BLE:Bluetooth Low Energy

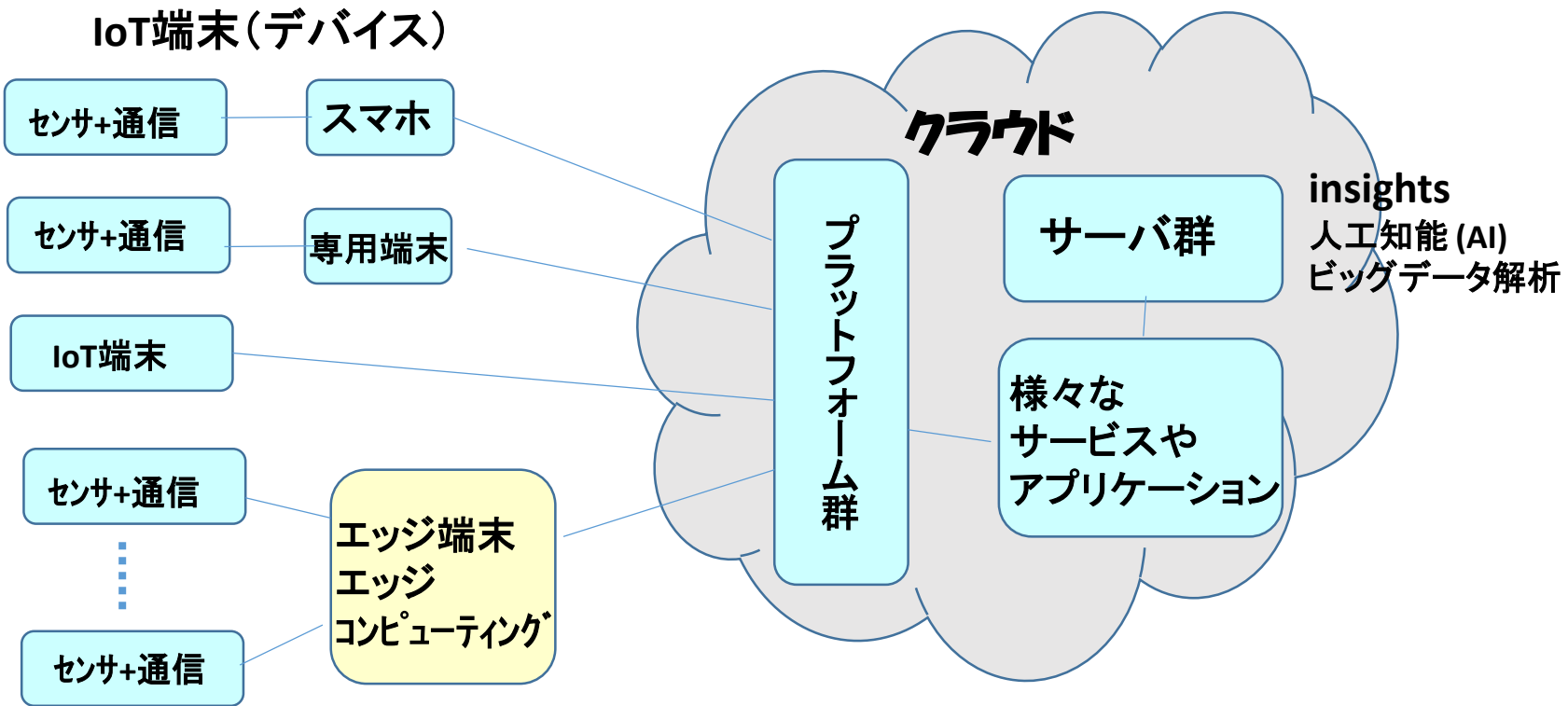
---

# IoTの要素技術

# IoT技術の概要

## IoTの要素技術:

- IoT端末側: 多様なセンサ、低消費電力無線通信 & コンピュータ機能
- クラウド側: プラットフォーム、ビッグデータ解析コンピュータ機能、  
様々なサービス & アプリケーション



# IoT端末では各種センサが不可欠

IoTでは多様なモノの位置、状態を監視しセンスするためには様々なセンサが必要  
センサでは半導体技術を用いたMEMSデバイスが多用。  
またセンサ製造に印刷技術活用が注目されている。



日経ビジネス2016.4.25

## スマートホーム実現に必要なセンサー群



<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1503/12/news025.html>

# スマホには多数のセンサが搭載

スマートフォン/タブレットやウェアラブル端末には多数のセンサが搭載

- ・3軸(X,Y,Z)方向の加速度を計測する加速度センサと角速度を計測するジャイロセンサ
- ・3軸方向の磁気変化を測定する磁気センサ(電子コンパス)
- ・GPSデータと磁気センサデータから詳細な位置データを計算
- ・画像を捉えるCMOSイメージセンサも高解像度化
- ・センサは、半導体プロセスをもちいたMEMS(微小機械電気システム)デバイスが多い

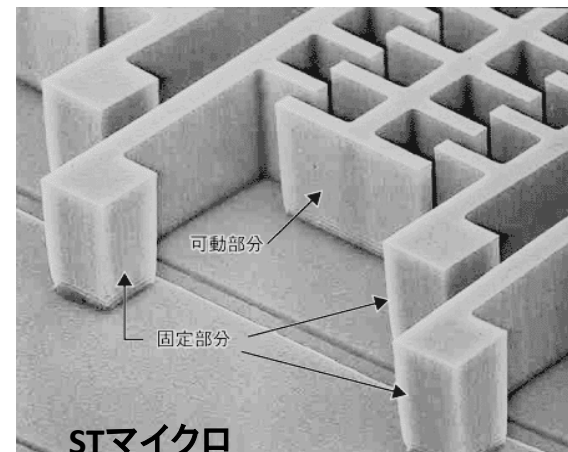
## スマホ搭載センサ群:

- ・加速度センサ
- ・ジャイロセンサ
- ・電子コンパス(磁気センサ)
- ・カメラ(CMOSイメージセンサ)
- ・マイク(シリコンマイク)
- ・GPS
- ・気圧センサ
- ・感圧センサ(タッチパネル)
- ・指紋センサ
- ・近接センサ
- ・照度センサ



加速度センサーの軸

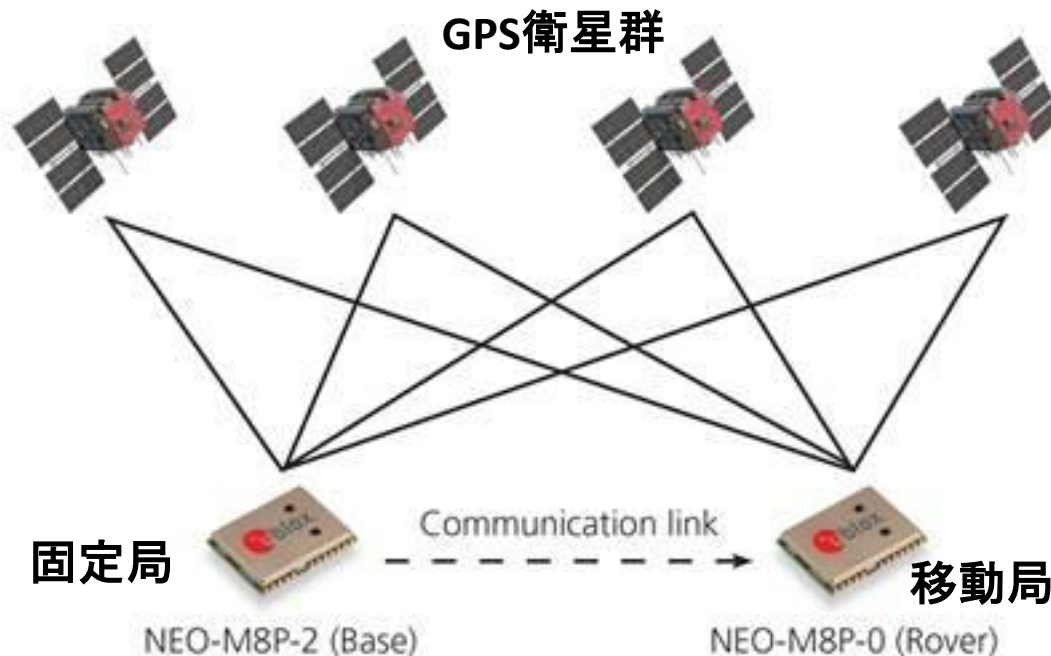
## 加速度センサはMEMSデバイス



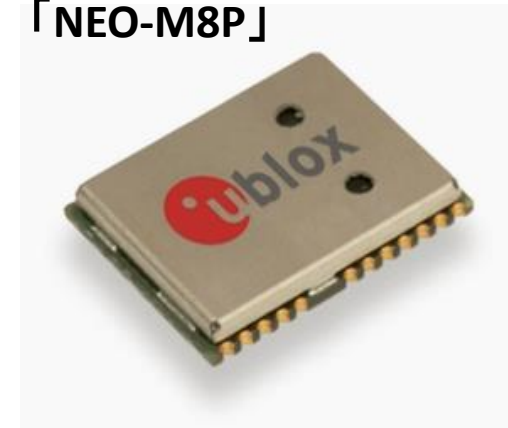
# 誤差わずか数センチ！高精度測位モジュール

GNSS(衛星測位システム)レシーバーモジュール「NEO-M8P」

固定局と移動局間で通信し補正を行うGNSS RTK(リアルタイム・キネマティック)で高精度測位を実現。GNSSレシーバーは通常、単独で使用され測位誤差が数メートル生じる。GNSS RTKではあらかじめ設置位置を特定している固定局で、誤差を含む衛星からの測位情報と実際の位置から差分(補正データ)を割り出し、その差分を基に移動局が測位情報を補正する。これにより、測位誤差数センチレベルの高精度測位を可能にする。



GNSSレシーバーモジュール「NEO-M8P」

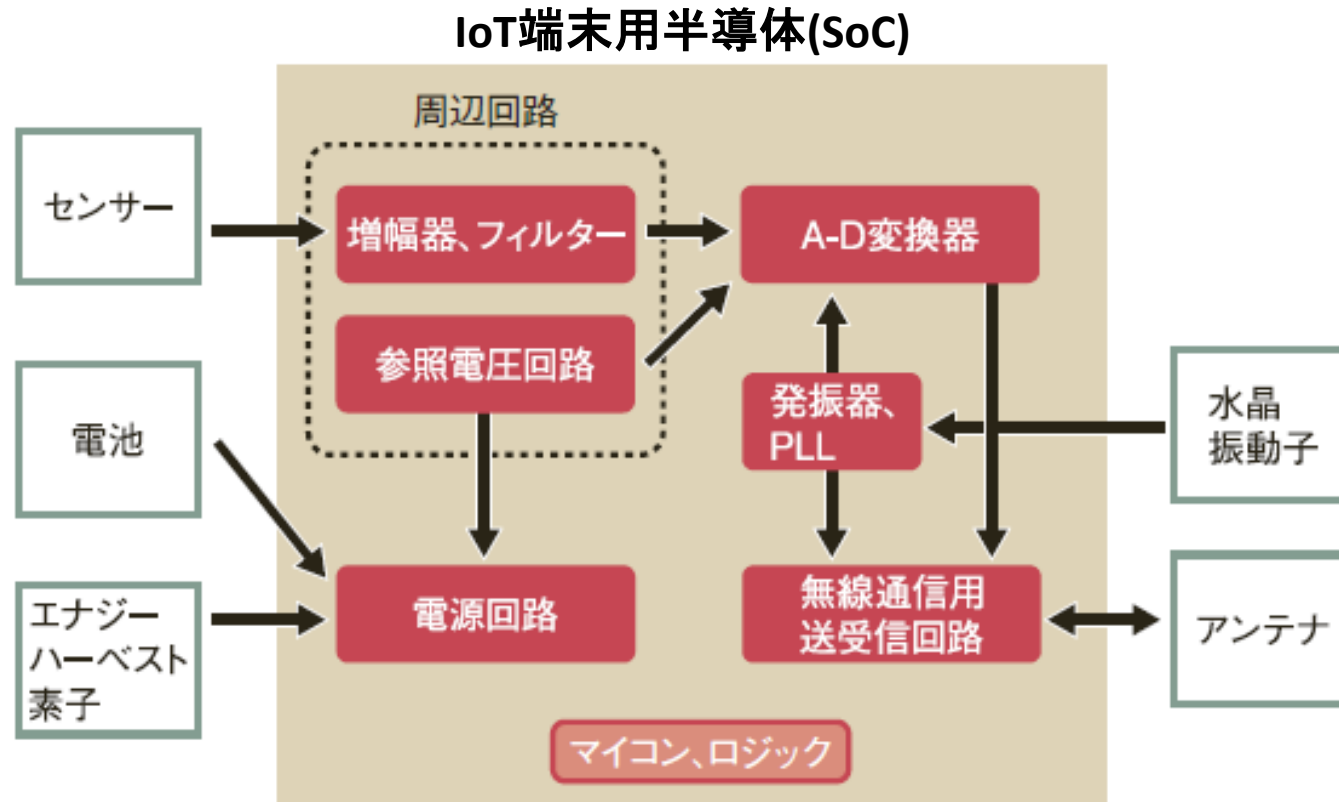


サイズ12.2×16×2.4mmのモジュール

# IoT端末用半導体

## IoT端末用半導体SoC

- ・SoC(アナログ回路+マイコン+通信機能搭載)は、低消費電力/低価格が重要
- ・電源は電池、エネルギーハーベスト(電池なしで振動、電波、光などを電源とする)
- ・ボタン電池1個で1年以上の稼動が求められる

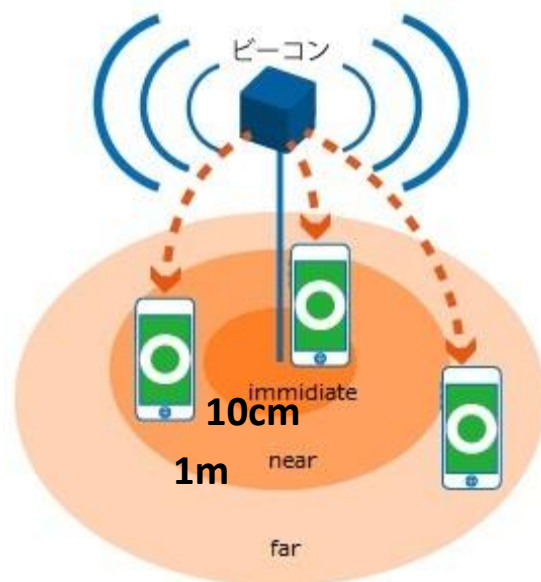


## Bluetooth Low Energy (BLE)

- ・IoT時代のキーとなる無線通信規格の一つがBLE
- ・BLEは、Bluetoothと同じ2.4GHzを使用し、半径10m内で伝送容量1Mbps
- ・低消費電力0.1mWで、電池寿命が数ヶ月以上

### BLEを利用したiBeacon

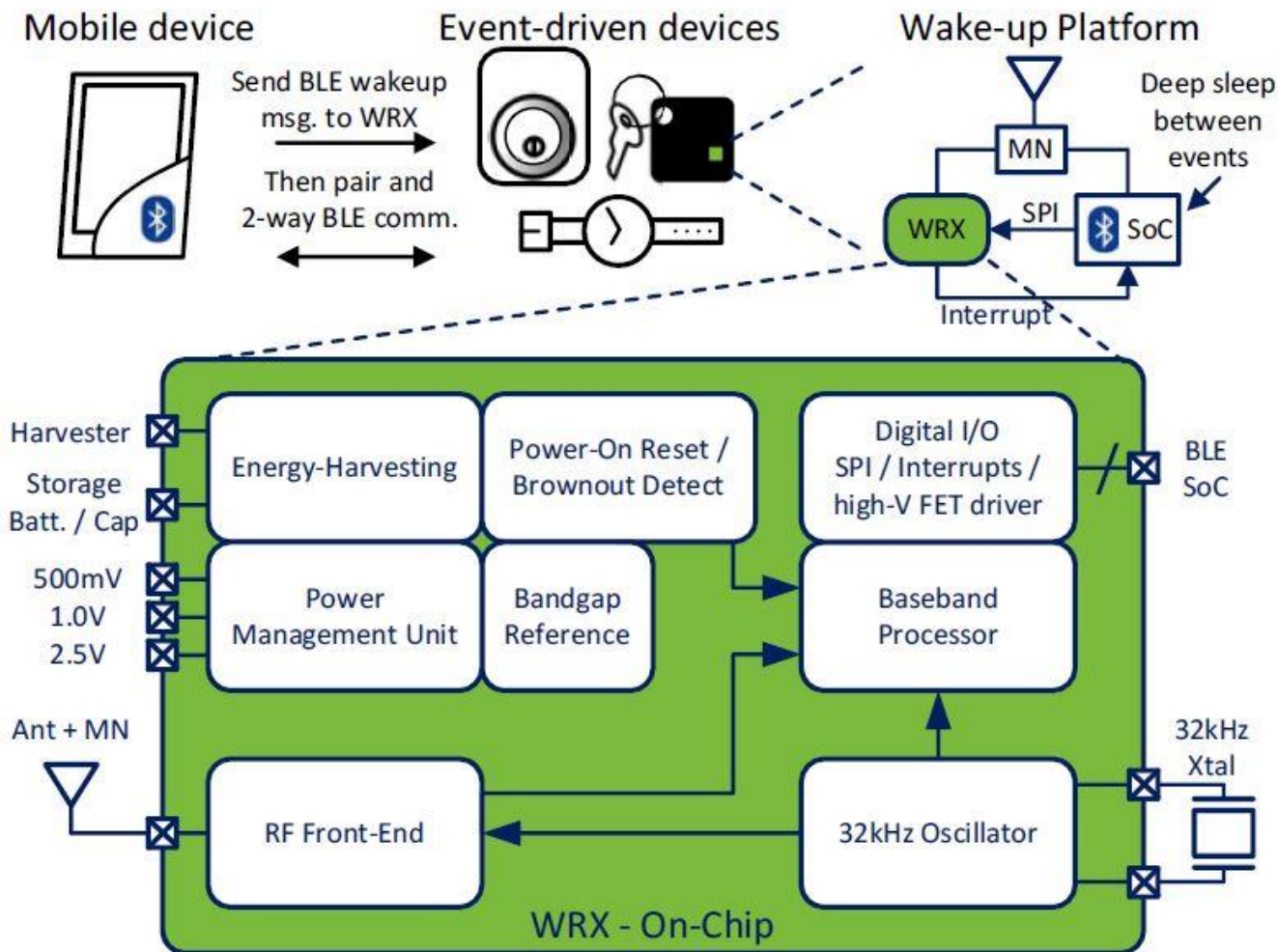
(1)ビーコン端末、(2)iOSデバイス、(3)iBeacon対応アプリ  
 ビーコンは電波に以下のようなID情報を付与できる。  
 アプリは、これらを識別して事前に登録されたIDを持つ電波のみをキャッチする。





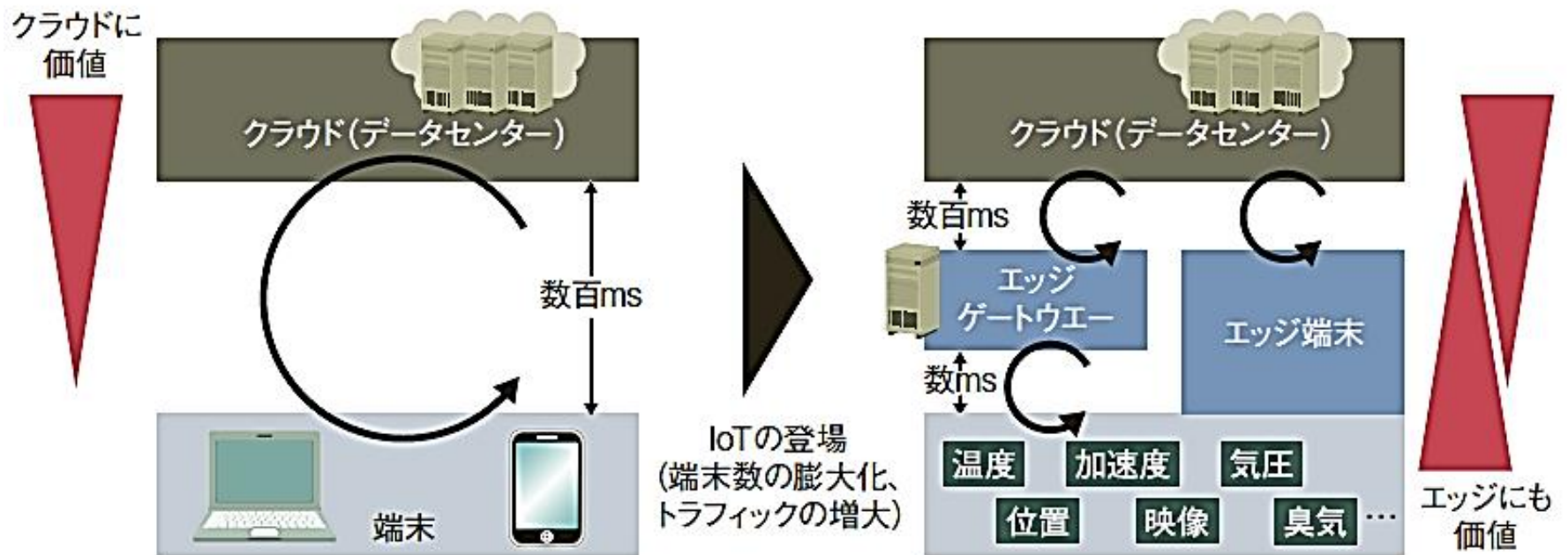
# 受信電波を電源に起動、ビーコンIoTに革命

- ・受信した電波を電力に変換して無電源で起動するIC。スマホとセンサー信号などをやり取りするIoT端末のビーコンへの応用を想定。
- ・BLEの無線通信規格による。起動に使う電力変換用信号も規格に準拠。消費電力は僅か236nW



# エッジコンピューティング

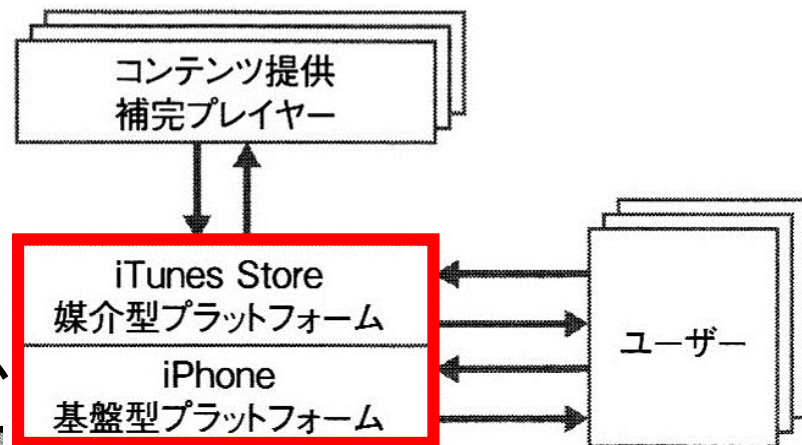
2020年に500億のIoT端末をすべてクラウドで管理するのは現実的ではない。端末側(エッジ側)で分散管理するほうが効率的。全てのデータをクラウドに集め処理するのではなく、その一部あるいは全部を端末やや端末に近いサーバで処理することで、クラウドへの**データ集中に伴う諸問題を解決**しようとする情報処理の枠組み。ユーザーの近くにエッジサーバを分散させ、距離を短縮することで**通信遅延を短縮**



# プラットフォーム

プラットフォームとは  
「コンピュータシステムの基盤となる  
ハードウェア、ソフトウェアあるいはサービス」

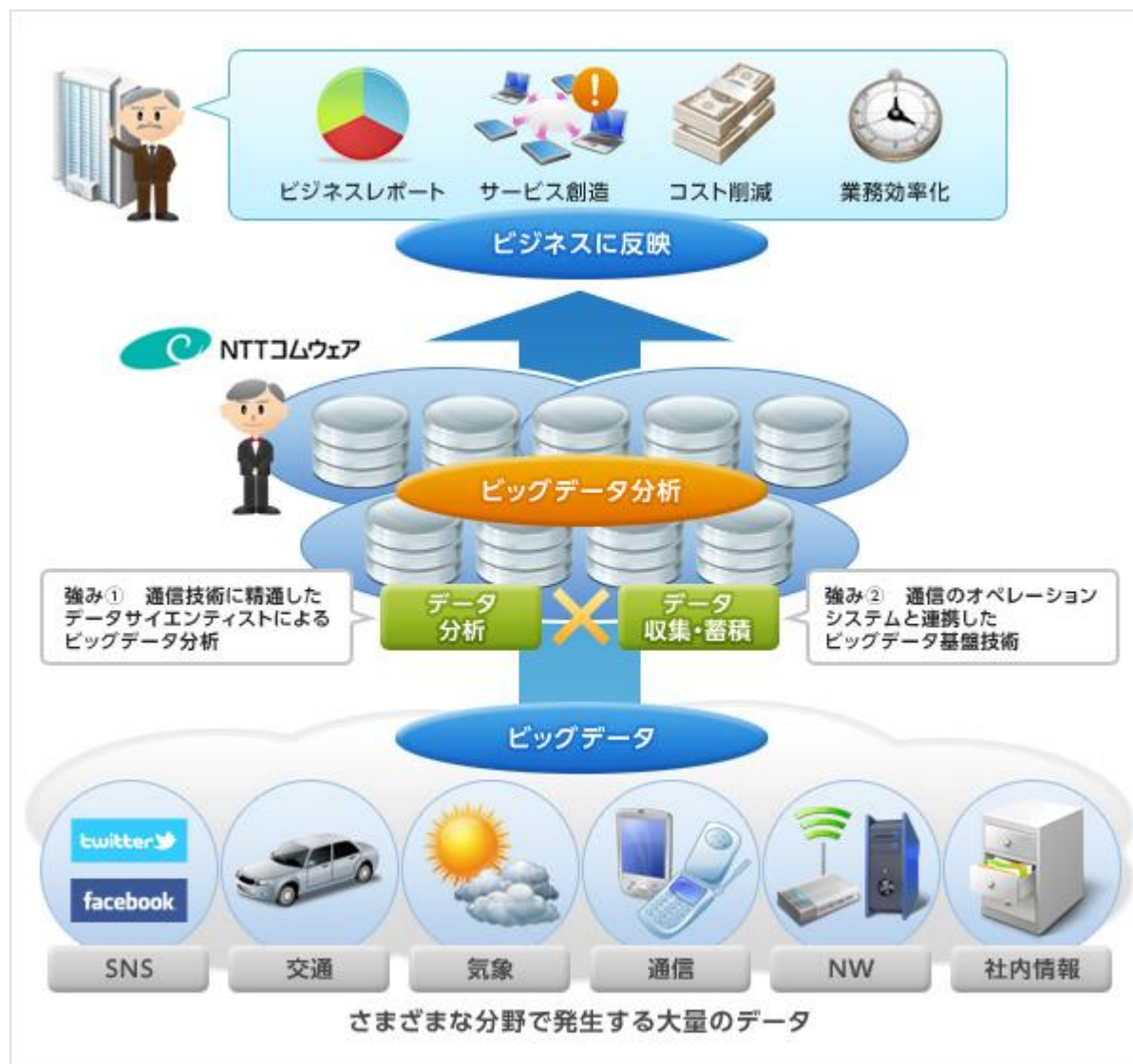
Apple iPhone  
プラットフォーム



種類	プラットフォーム	製品例	補完製品	媒介機能
ソフト	パソコン OS	Windows、OS X、Linux	アプリケーション：アクロバット、Quicken、スターオフィス ハードウェア：デル、ソニーバイオ、iMac 周辺機器：テレビチューナーカード、CD-ROM	
	スマートフォン OS	Windows Phone、iOS、symbian <b>Android</b>	アプリケーション：オーガナイザー、ゲーム 端末：ノキア、ソニーモバイル、サムソン 周辺機器：カーキット、ヘッドセット、カバー	利用者同士のコミュニケーション
ハード	チップ	Intel Core、AMD	ソフト：OS特にBIOS ハード：他部品	
	ゲーム	PlayStation、Xbox、Wii	ゲームソフト：ファイナルファンタジー、スーパーマリオ、Halo 周辺機器：ジョイスティック、メモリーカード	対戦ゲーム RPGでの共同チーム
サービス	IaaS	Amazon Web Services、rackspace	ユーザー開発システム： 拡張ツール：AWS向けの「Chaos Monkey」 「Chaos Gorilla」など	SaaSサービス業者とユーザー（企業）とのマッチング
	SNS	Facebook、mixi	ソーシャルアプリ ブラウザー	ソーシャル コミュニケーション

## ビッグデータ分析

- ・ビッグデータ技術は、大量のデータを分析し、サービスへの付加価値を見つけるための技術。
- ・一般的にビッグデータは、常に発生している多種多様な大量のデータを指す
- ・具体的には、「SNSやTwitterなどのソーシャルメディアのデータ」、「車や携帯のGPSや、気温・雨量などのセンサーデータ」、「オンラインショッピングなどの検索、購入履歴のログデータ」など。
- ・これらのデータを分析し活用することで、新しいサービスに生かそうとする取り組みがさまざまな業界で積極的に行われている。



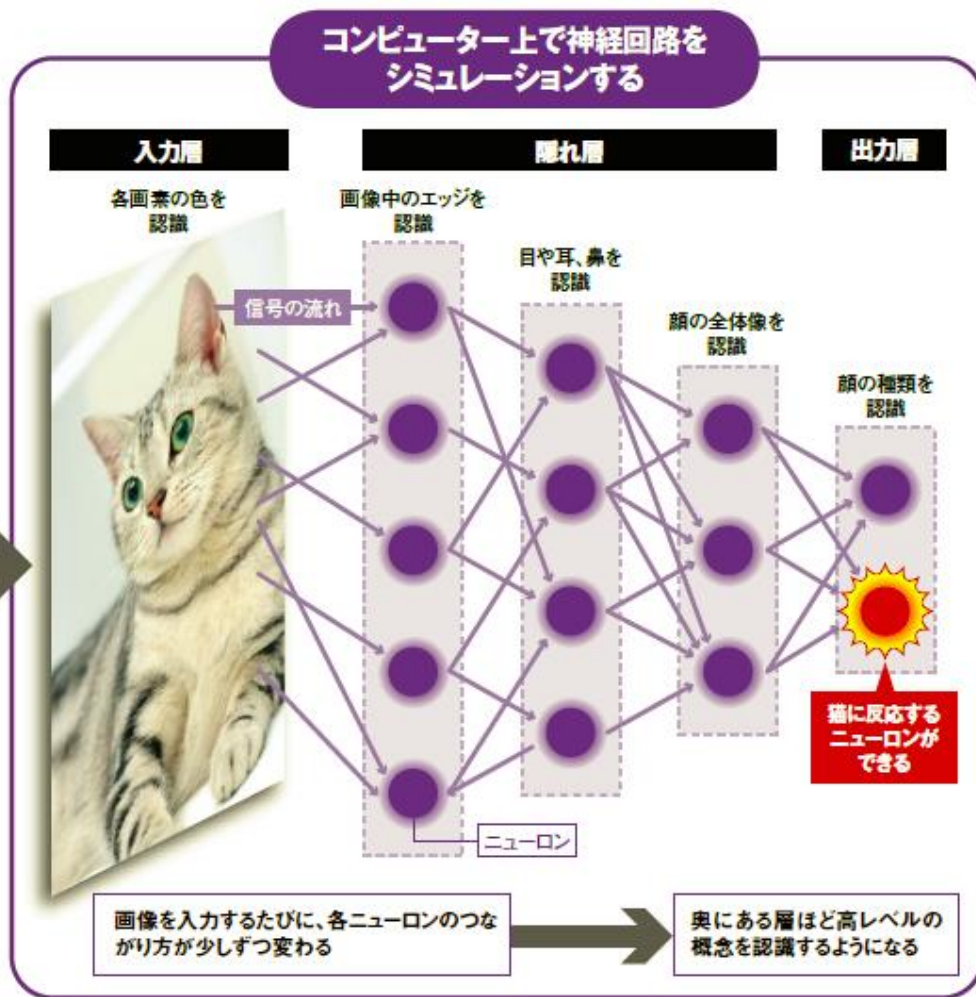
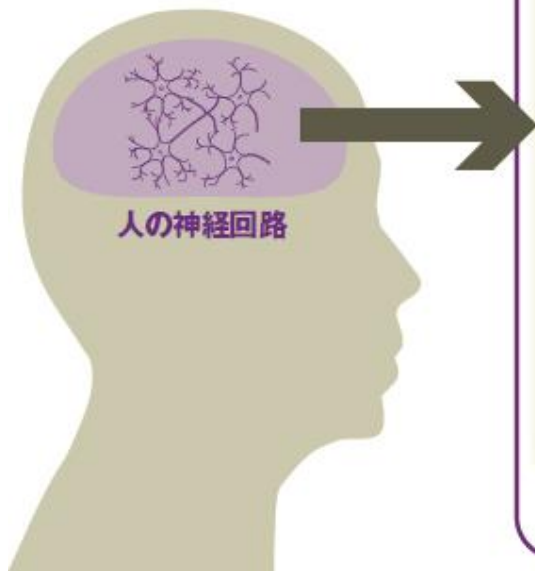
# ディープラーニング(深層学習)

ディープラーニングでは、コンピュータ上に人間の脳と同じ多層構造の神経回路を形成。大量の画像や文字情報を入力しトレーニングすることで、そこに含まれる高度な概念が引き出される。低位の層では特徴(エッジ情報など)が認識され、高位層に行くほど高レベル概念が認識される。

2012年Googleは猫の多数の画像を学習させ、高位層に猫の概念を認識させた。

Deep Learningはこれが契機となり、以後急速に技術進歩している

人間の脳は階層的に情報を処理。  
Deep Learningではそれをコンピュータ上で模倣。



---

# 最近の様々なIoTデバイスを見る

# IntelのIoT戦略: 超小型コンピュータ「Edison」

アーキテクチャ: X86 AtomベースSoC

主メモリ: 1GB LPDDR3

ストレージ: 4GB eMMC

通信機能: WiFi、Bluetooth

オンボードアンテナ

電源: +3.3~4.5V

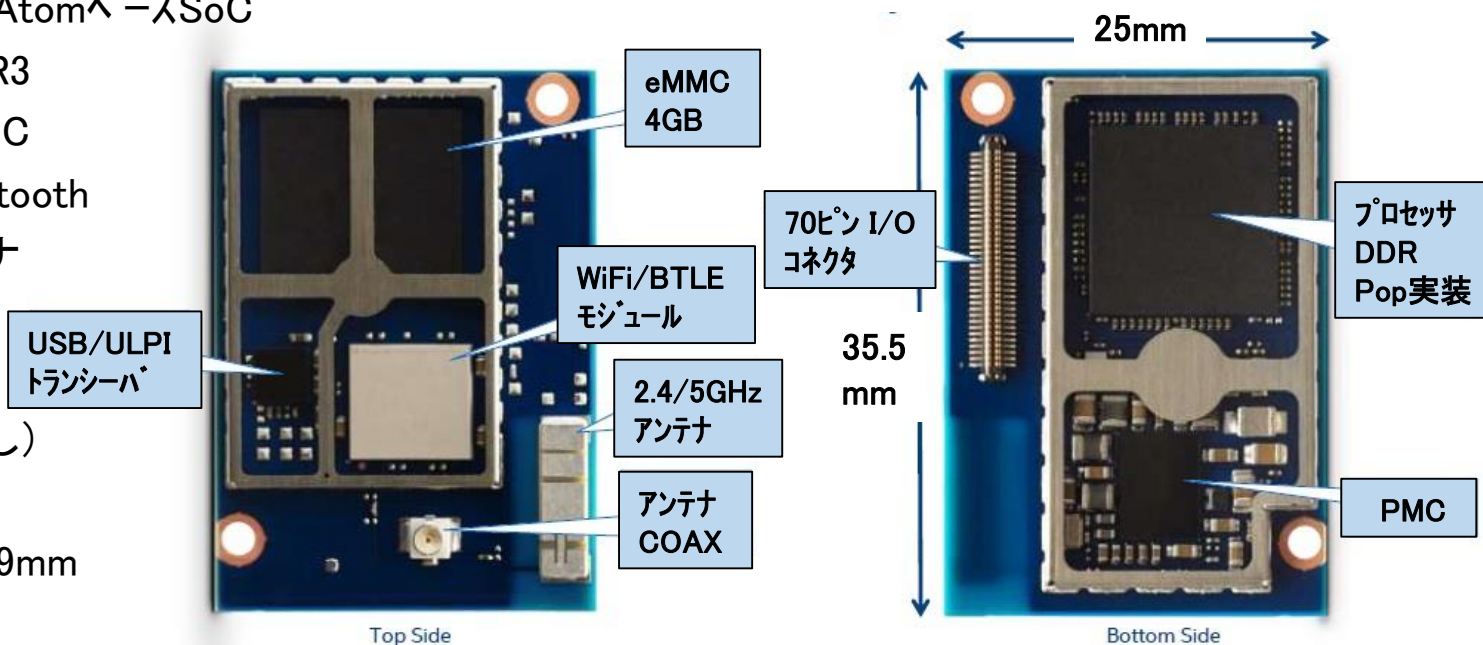
スタンバイ電力:

13mW(無線通信なし)

40mW(WiFiオン)

サイズ: 25 × 35.5 × 3.9mm

価格: 約50米ドル



## Edison使用例: Mimo Baby Monitor

- Kimono (ワンピース型の就寝用衣類) に組み込まれたセンサ
- 赤ちゃんの手のひらほどの大きさのカメに、Edison 開発ボード搭載のミニ PC が内蔵
- Edisonにてバイタル情報の監視とデータ分析が行われ、スマホにデータ送信。

## 主な機能

- ・低消費電力、32ビットのインテルQuark™ SE SoC
- ・384kB フラッシュメモリ、80kB SRAM
- ・パターンマッチングアクセラレータを備えた低消費電力の統合 DSP センサハブ
- ・通信は、**Bluetooth Low Energy**
- ・加速度計とジャイロ스코ープを備えた 6 軸コンボセンサ
- ・バッテリー充電回路 (PMIC)

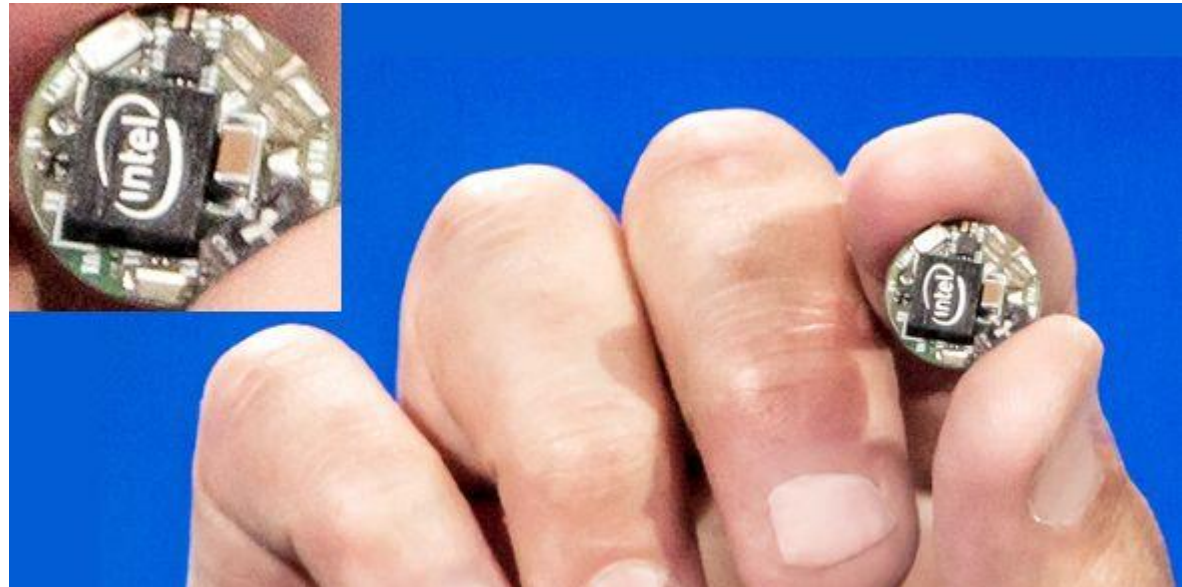
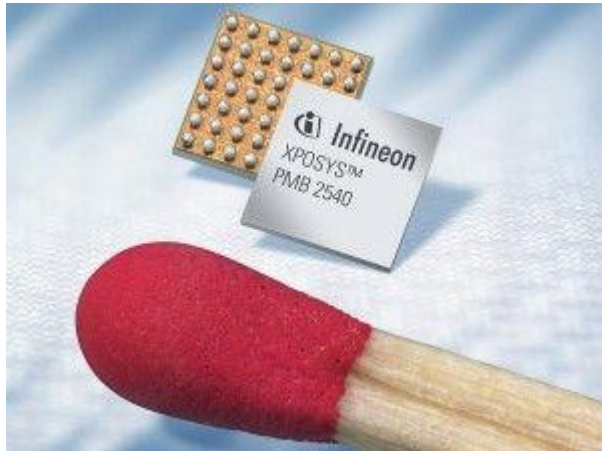


写真 Intel

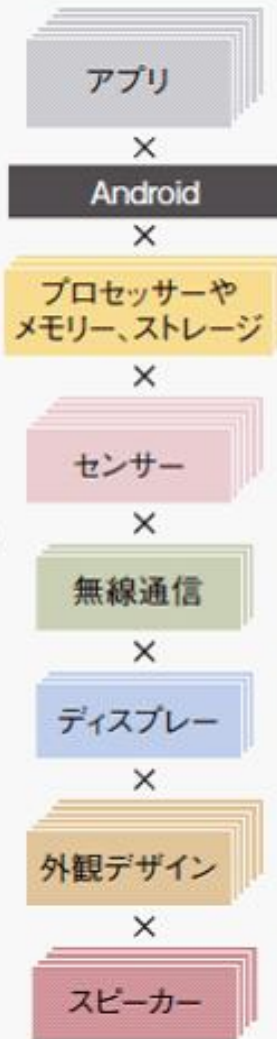


# LEGOスマホ: Google Project Ara

あたかもLEGO(レゴ)ブロックのように部品を組み替えて、所望のスマホを実現

### 従来のスマートフォンの世界

### Project Araの世界



### Project Ara

専用モジュール



デリバリ時期:  
当初2015年1月予定が  
2016年にシフト

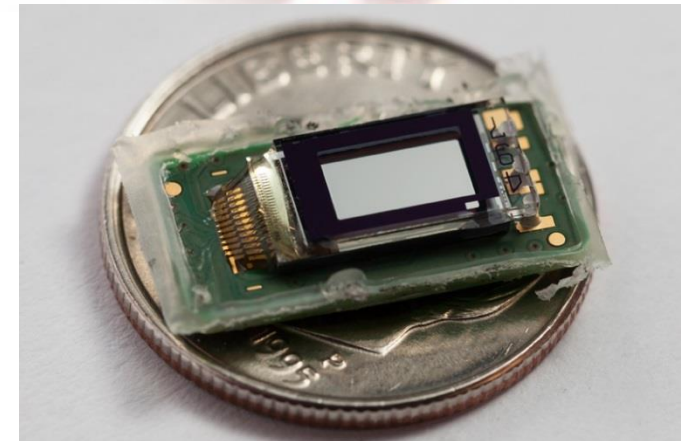
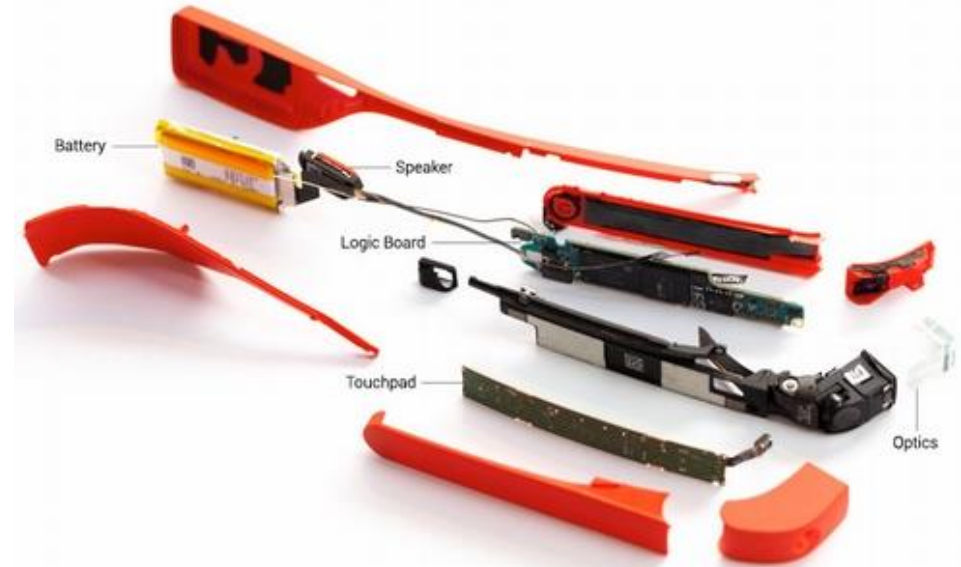
**IoT時代の  
専用端末に有効**

- ▶ゲーム機
- ▶ヘルスケア端末
- ▶店舗管理用端末
- ▶運送業用端末
- ▶危険検知端末
- ▶HEMSコントローラーなど

- ▶すり合わせに時間とコストが掛かる
- ▶組み合わせはスマホメーカーが規定

# メガネ型ウェアラブル端末: Google Glass

B2C応用はプライバシー問題などで挫折、B2Bへの応用が期待される



ディスプレイ基板  
大きさは米国の10セントコインほど  
解像度は640×360ピクセル

## 注目の

# Apple Watch: IoT端末として今後どのような進化をするか

**新ユーザーインターフェース**  
時計の竜頭をUI化



**サブシステムモジュール**  
主要半導体や電子部品  
を樹脂モールドにて  
超薄型化

**各種センサー**  
加速度センサ  
心拍センサ  
赤外線/白色LED  
GPS



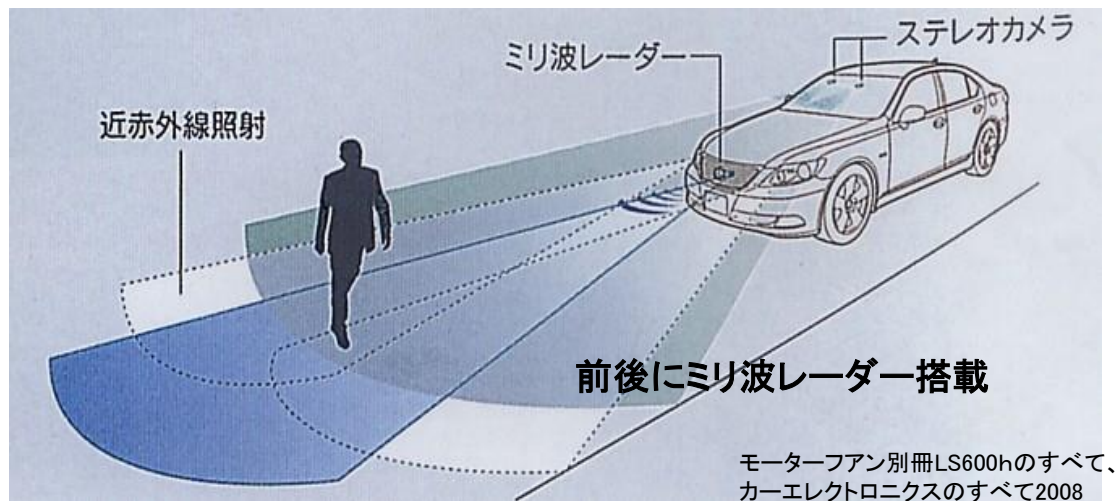
**ワイヤレス充電**  
本体裏側にマグネット  
で吸着し、電磁誘導で  
充電



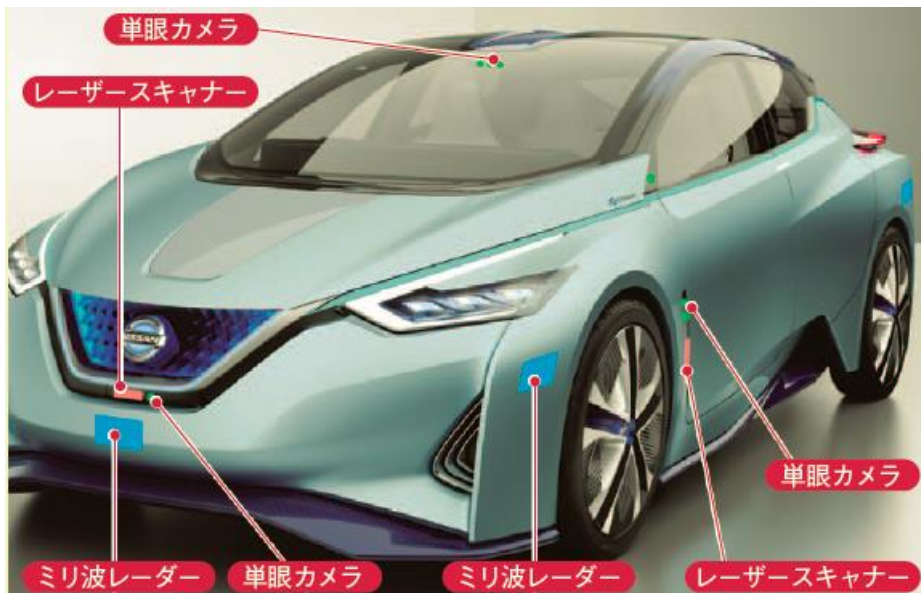
2015年の腕時計型端末世界出荷台数は全体で2130万台  
その内、Apple Watchが1300万台でシェア60%  
2019年には9000万台に市場拡大を予測。USA調査会社IDC

# 自動運転車：各種センサ＋画像処理がKey

ミリ波レーダー、赤外線レーザー、カメラ(単眼やステレオカメラ)および画像処理技術により、周囲の車だけではなく、標識や自転車、歩行者を検知する



## 自動運転車の各種センサ搭載位置(日産IDSコンセプト)



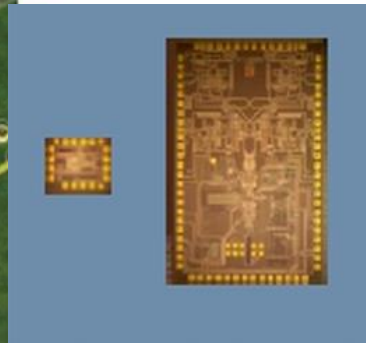
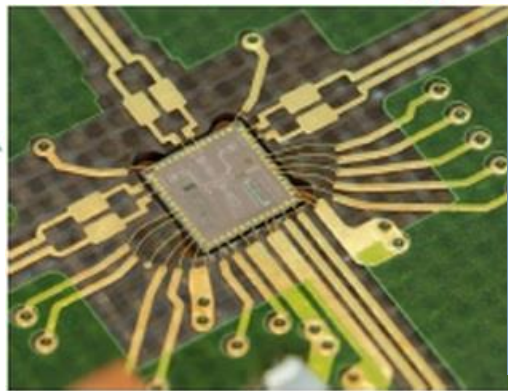
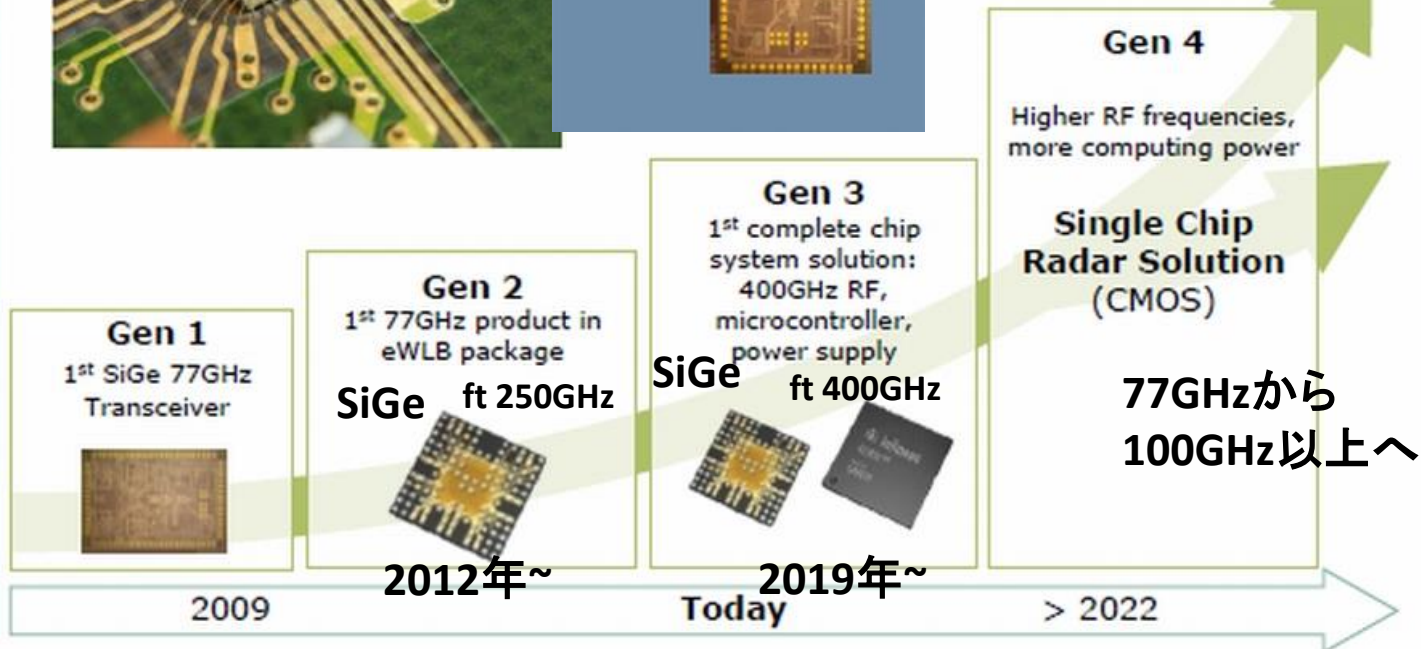
## 次世代ミリ波レーダー用IC

インフィニオン

- ・ADAS(先進運転支援システム)向けに77GHzのミリ波レーダーチップセット
- ・将来的にはショートレンジ、ミドルレンジ、ロングレンジをカバーするため、一台当たり最大10ユニットのレーダーシステムが搭載される可能性がある

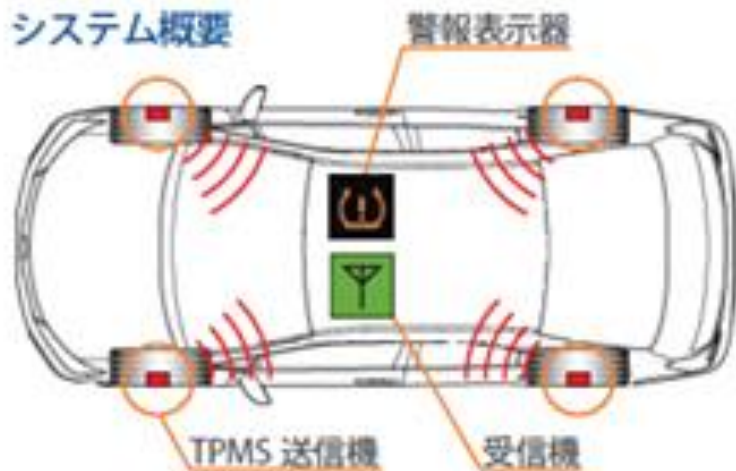
eWLBパッケージ

SiGe 2チップで構成

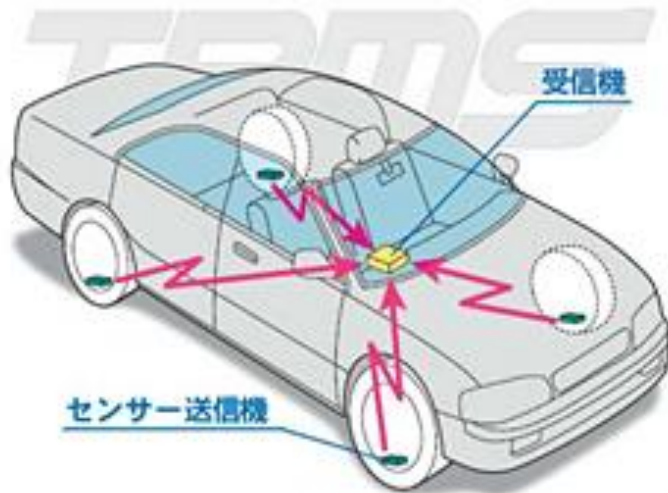
Vision Zero  
+ Autonomous  
DrivingInnovations for driver, road and  
pedestrian safety

# タイヤ空気圧モニタリングシステム(TPMS)

システム概要



TPMS 送信機



## 発信機:

各タイヤのタイヤバルブの代わりに、TPMSセンサ送信機を取り付け。センサ送信機には加速度センサが搭載されており、約40km/h以上で走行した時及び急激な減圧時にタイヤ内の空気圧を測定し、無線で受信機へデータを送信。

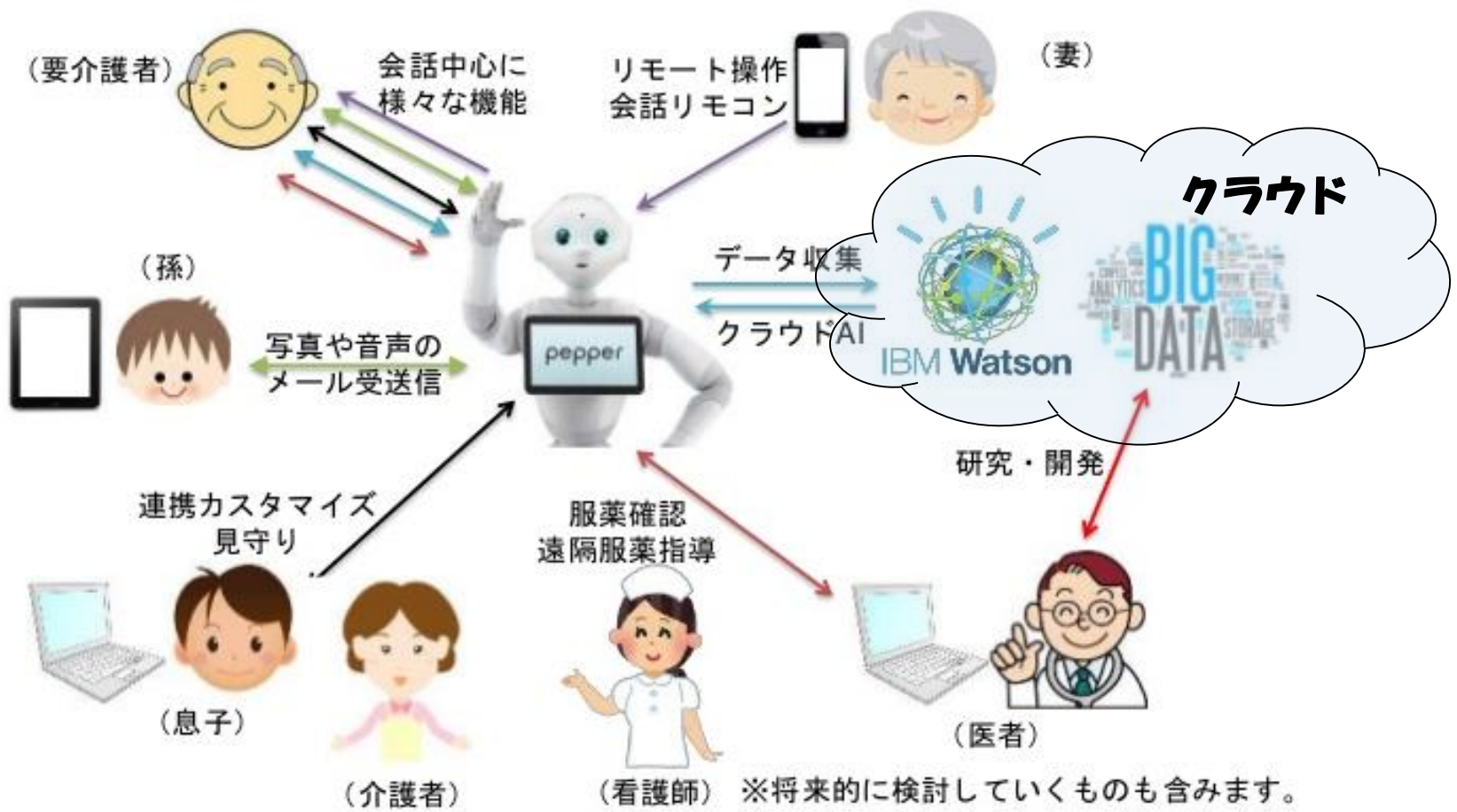
## 受信機:

内蔵された受信アンテナで、センサ送信機からのタイヤ空気圧データを受信して、運転者にLED表示で情報を知らせる。

# ロボット:IoT時代、人と機械の新しいインターフェース

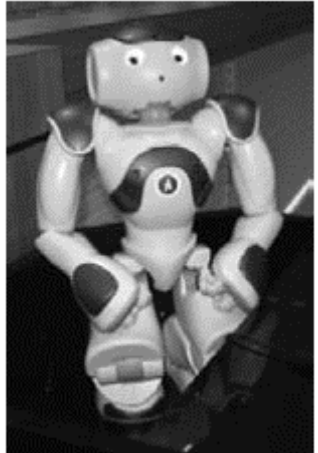
## Pepper「感情エンジン+クラウドAI」、集合知で加速度的に感情認識度を向上

センサ(カメラ、音声など)で感情データを取得し、クラウドAIで多数のPepperからの集合知+Big Data解析で感情認識度を高め、アクチュエータ(音声、腕や手の動作、顔の表情など)でコミュニケーション



# ロボット:IoT時代、人と機械の新しいインターフェース

## ハウステンボス“変なホテル”接客ロボット群



NIKKEI Robotics 2015.10

Pepper  
(ソフトバンク)



ロボホン(シャープ)

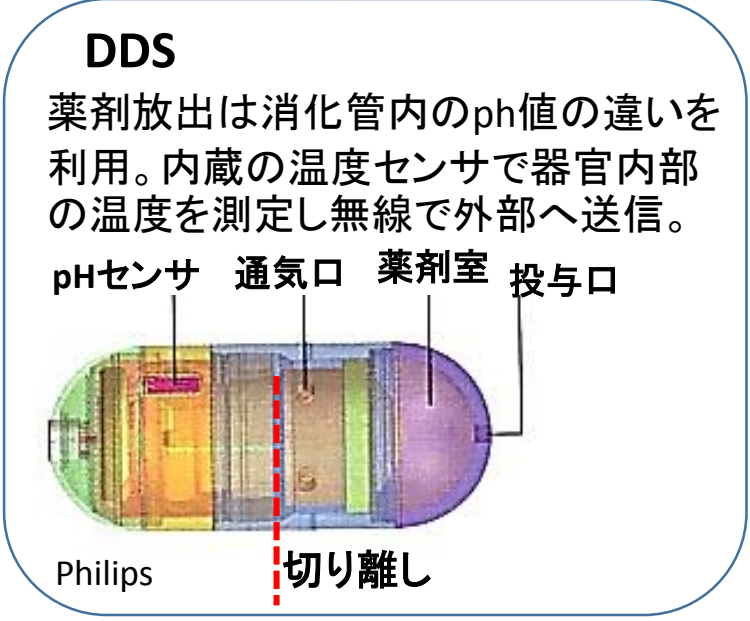
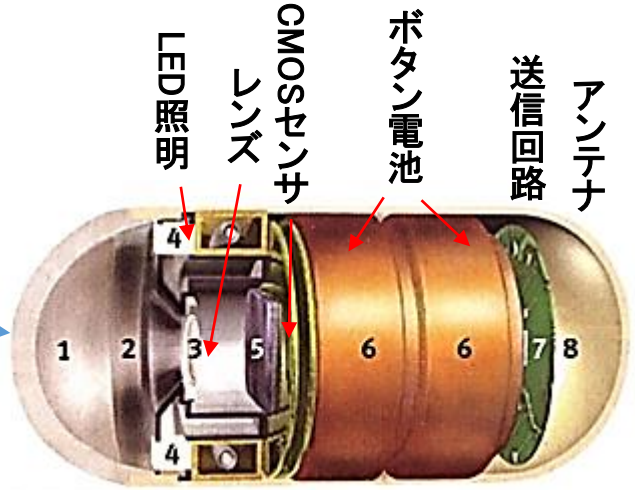


日経ビジネスオンライン



# カプセル内視鏡とDDS(ドラッグ・デリバリー・システム)

カプセル内視鏡では従来の内視鏡では難しかった小腸などの病変を観察できる。  
今後カプセル内視鏡にDDS機能搭載に進化

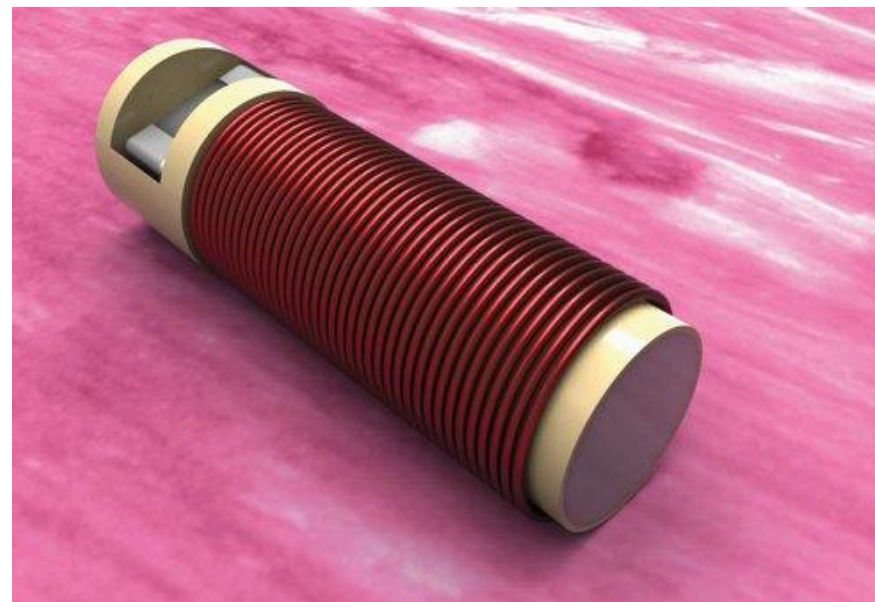
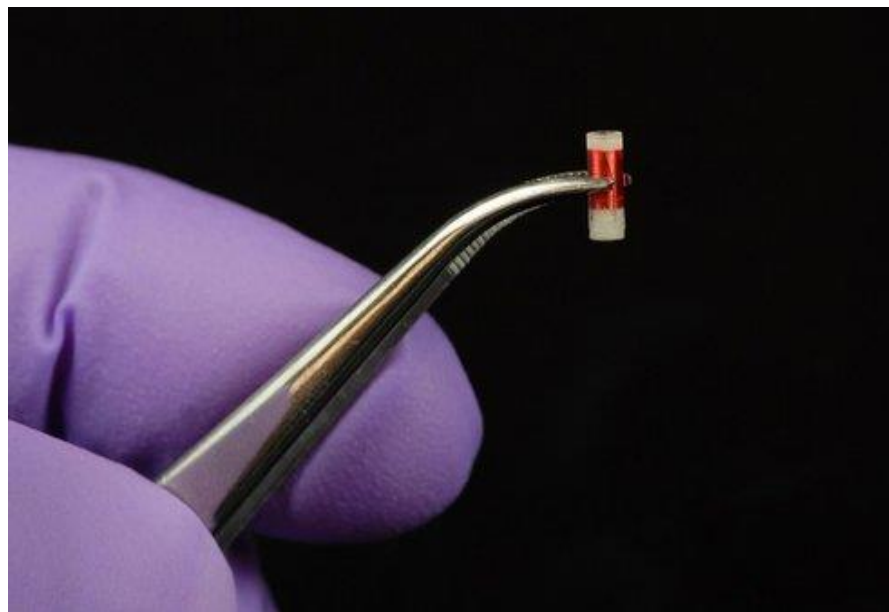


# がん組織に埋め込むセンサ、無線でデータ送信

2015.8

- ・米国のがん研究機関Koch Institute for Integrative Cancer Researchは、**がん組織に直接埋め込み、バイオマーカのデータを無線でリアルタイムに送信**するセンサを開発
- ・本センサは、生体適合性のある医療用プラスチックで作られていて、生体検査用の針先でつまめるほど小さい。pHと溶存酸素のデータをリアルタイムに外部リーダ端末に送信
- ・pHと溶存酸素は、抗がん剤などに対するがん組織の反応を見るバイオマーカ
- ・センサは、最初の生体検査の時に埋め込み、後はデータをモニタリングするだけ
- ・**センサとリーダ端末の両方にコイルを搭載しワイヤレス給電**によって、センサを充電

がん組織は治療薬に反応すると、より酸性になる。また、がん組織の内部環境は低酸素なので、酸素レベルを知ることは、医師が放射線治療や薬物療法で、適切や照射量・投薬量を判断するために役立つ。



# センサ内蔵の錠剤「デジタルメディスン」

2015.9

- ・シリコン製のセンサチップを内蔵した錠剤の新薬承認申請を、米国FDAが2015年9月8日に受理
- ・大塚製薬の抗精神病薬「エビリファイ錠」に、米Proteus Digital Health社のセンサを内蔵
- ・**薬が胃に到達すると、患者の体に貼り付けたパッチ型検出器に対し、内蔵したセンサが信号送信**
- ・このパッチはセンサから送られる服薬時刻などの情報に加え、体の傾きや活動量などの身体情報を集め、時間と併せて記録する。
- ・収集したデータはスマートフォンやタブレット端末にBluetooth Low Energyで転送
- ・あらかじめ錠剤の中に埋め込んでおく
- ・チップは寸法約1mm角のSi製IC
- ・Siチップの重さは0.02g
- ・**薬を飲んだときに胃酸と反応して発電**  
胃酸を電解質として利用する発電方式
- ・チップが信号を送信できる時間は10分程度
- ・飲み込んだチップは、「砂粒を飲み込んだ時のように体外に排出される」

## 使用目的と効果：

「患者の服薬状況や身体状態を正確に把握でき、薬効がより確実に発揮される。

個人の服薬パターンやライフスタイル、日頃の活動を知ることによって、個々人に最適な薬の処方が行えるようになる」

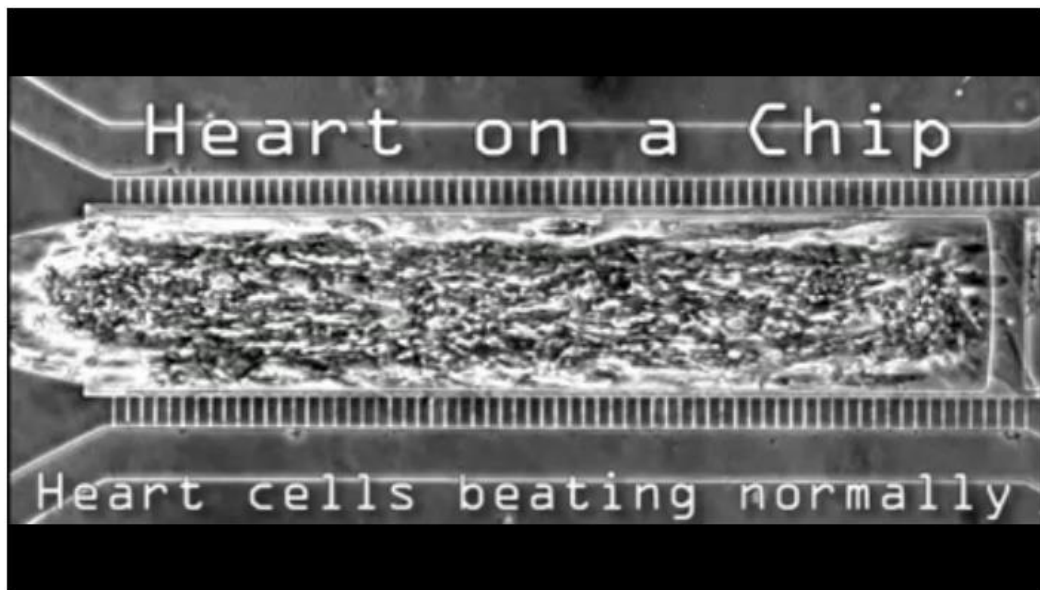


# 半導体チップ上に人工心臓を作る——iPS細胞を利用

2015.3

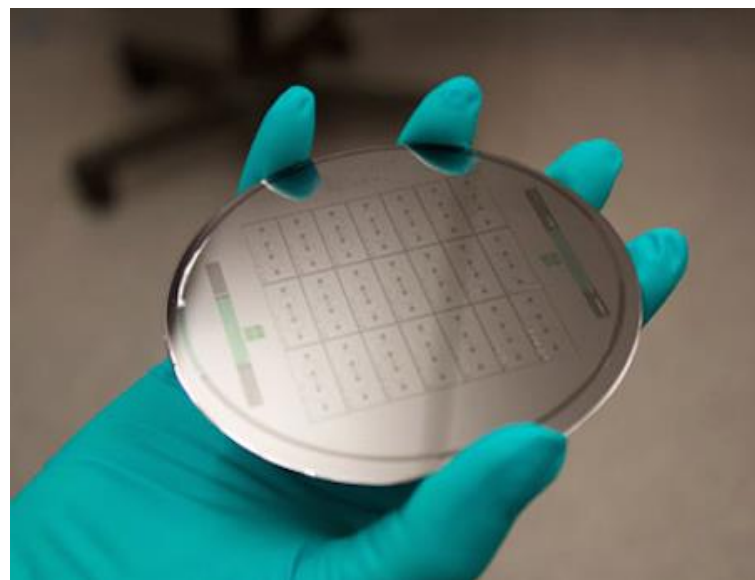
米国の大学が、**iPS細胞**（人工多能性幹細胞）を使って、**半導体チップ上に人工の心臓**を作ること  
に成功したという。他の人工臓器をチップ上に形成し、マイクロ流路で接続すれば、薬剤が各臓器に与  
える影響などを研究できる可能性がある。

また、**マイクロ流路を使って各臓器を接続し、血液や生体液を運ぶことから、ウエハ上に人間のシス  
テムを構築**することによって、さまざまな臓器間における薬物の相互作用についても研究できるよう  
になると考えられる。



University of California at Berkeleyが公開した、チップ上に形成した心臓のデモ。  
“鼓動を打っている”様子がよく分かる 出典：University of California at Berkeley

“心臓”を形成した4インチウエハ  
University of California at Berkeley



# 着るだけで心電を測れる「hitoe」 NTTドコモ

生体情報計測用ウェアは、専用の無線通信装置とスマートフォンを組み合わせる  
使うもので、これにより**心拍数や心電波形のリアルタイムでの把握**が可能となる。

hitoeを用いたウェア型の心拍計測デバイス。  
素材は東レが開発。  
胸部に装着しているのが「hitoeトランスミッタ」。

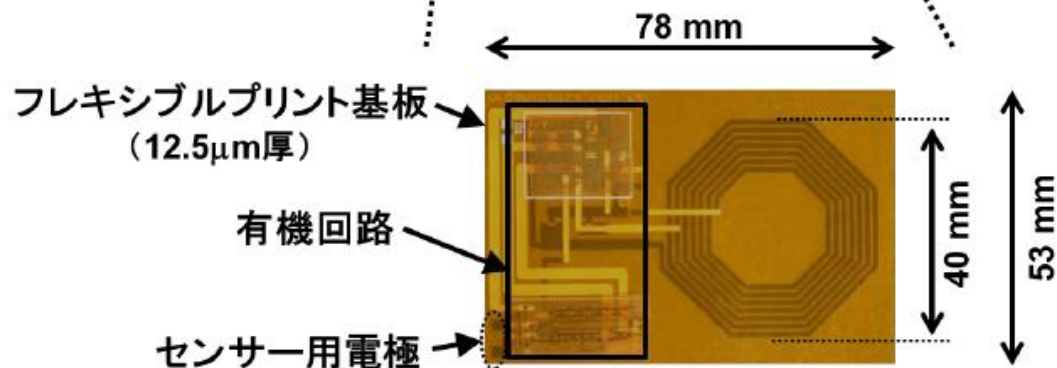
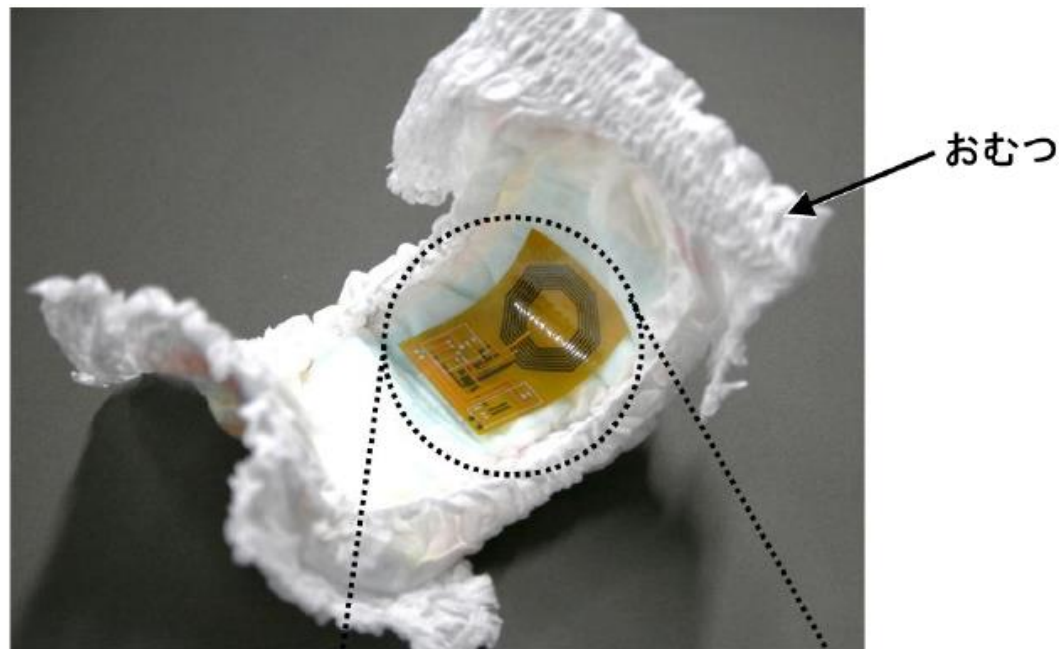


生体情報計測用ウェアは、ウェアの裏側、具体的には胸の左右と左胸の下側辺りに、電極となるhitoe製の四角い布地を貼り付け。左肩には専用の無線通信装置を取り付けるコネクタを組み込み、同コネクタと前述の電極をつなぐ配線となる導電性の糸(表面を被覆して絶縁性を持たせたもの)を縫い込むことで実現



厚さ $12.5\mu\text{m}$ の高分子フィルム上にセンサや集積回路(有機トランジスタや有機ダイオードなどの有機デバイス)を作製。電力はワイヤレス給電にて供給。無線タグで広く使われている周波数 $13.56\text{MHz}$ 帯において、 $10\text{V}$ の低駆動電圧で $20\text{mA}$ の大電流を流すことができる。

ワイヤレスで電力とデータを伝送できるフレキシブルな水分検出センサシートを開発した。センサは、水分を検出すると、数 $\text{Hz}$ の信号を出力する。周波数が $3\text{Hz}$ の時、センサの消費電力は $1.4\mu\text{W}$



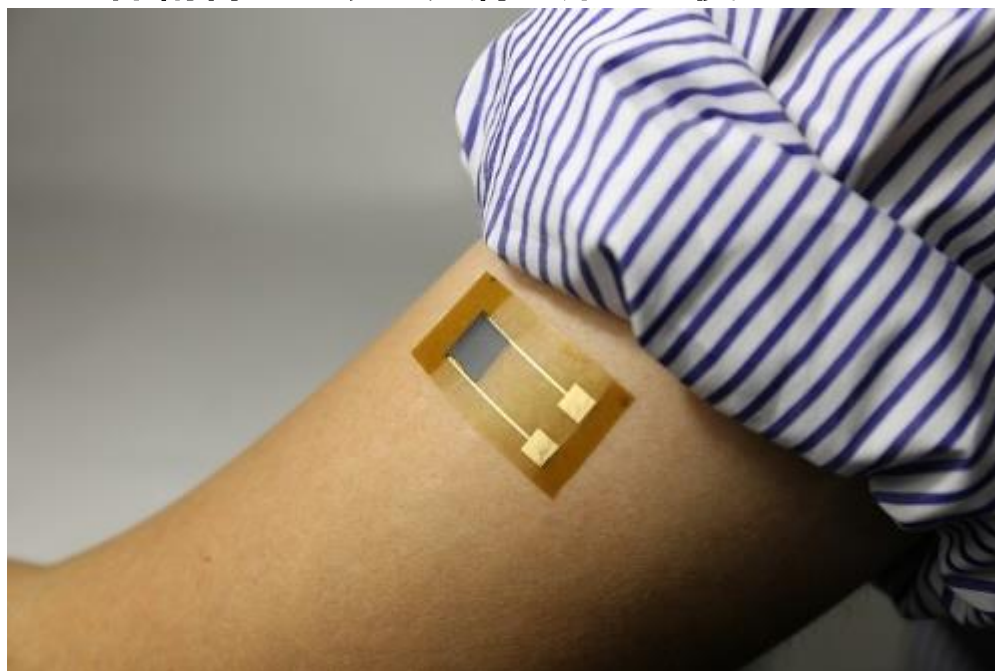
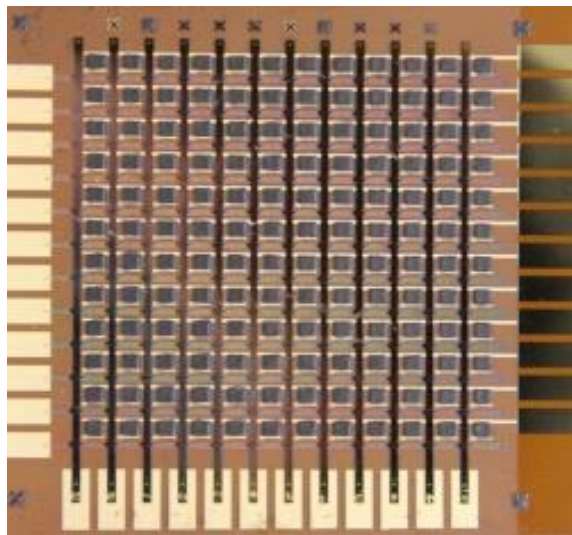
## 絆創膏のように貼って使える「フレキシブル体温計」

- ・フレキシブル体温計を、フィルム基板の上に印刷プロセスで作製
- ・厚さ約15 $\mu\text{m}$ と薄く、しなやかに曲がる。測定感度は0.02°Cと高く、応答速度も100ms
- ・2000回近く測定を繰り返しても再現性が失われないことも確認
- ・温度センサ材料は、温度上昇に伴って電気抵抗が増加するポリマーPTC(正の温度係数)  
5°Cの温度変化に対し、電気抵抗は5~6桁変化
- ・電源回路や読み出し回路は集積していないが、研究グループにて開発済み技術でOK

### 絆創膏のように皮膚に貼って使える

#### 12点×12点多点温度センサ

印刷プロセスで作製



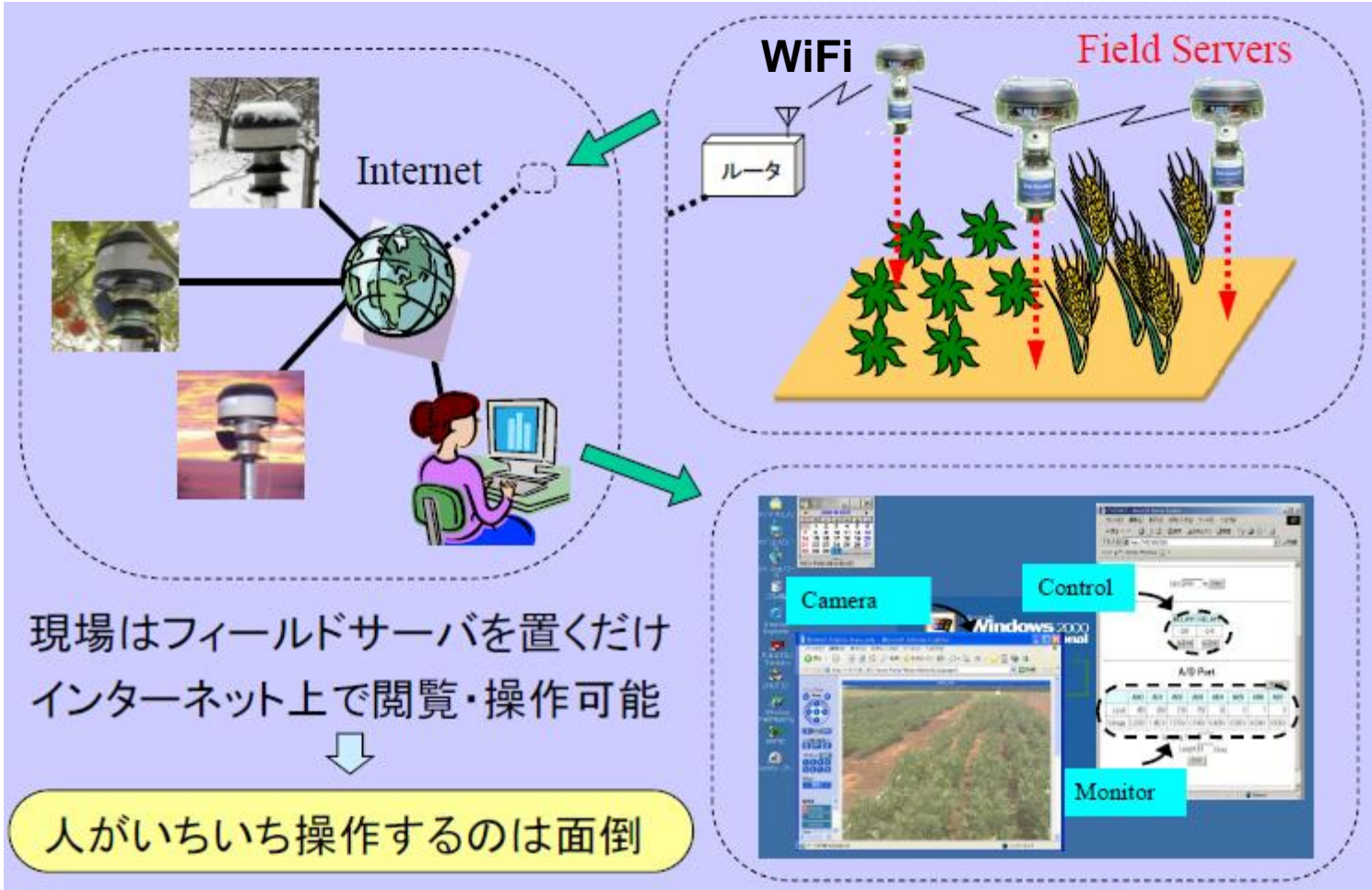
# 農業：フィールドサーバー

## Field Servers

様々なセンサーでデータ収集

田畑に複数のField Serverを配置。Field Serverには各種センサ、制御電子回路および無線機能(WiFi)を搭載。Field Server間を無線でネットワーク接続し、インターネット接続

温度, 湿度, 日射量, CO2...  
降水量, 風速, 害虫カウント, 葉の濡れ...  
土壌水分, 土壌電気伝導度...

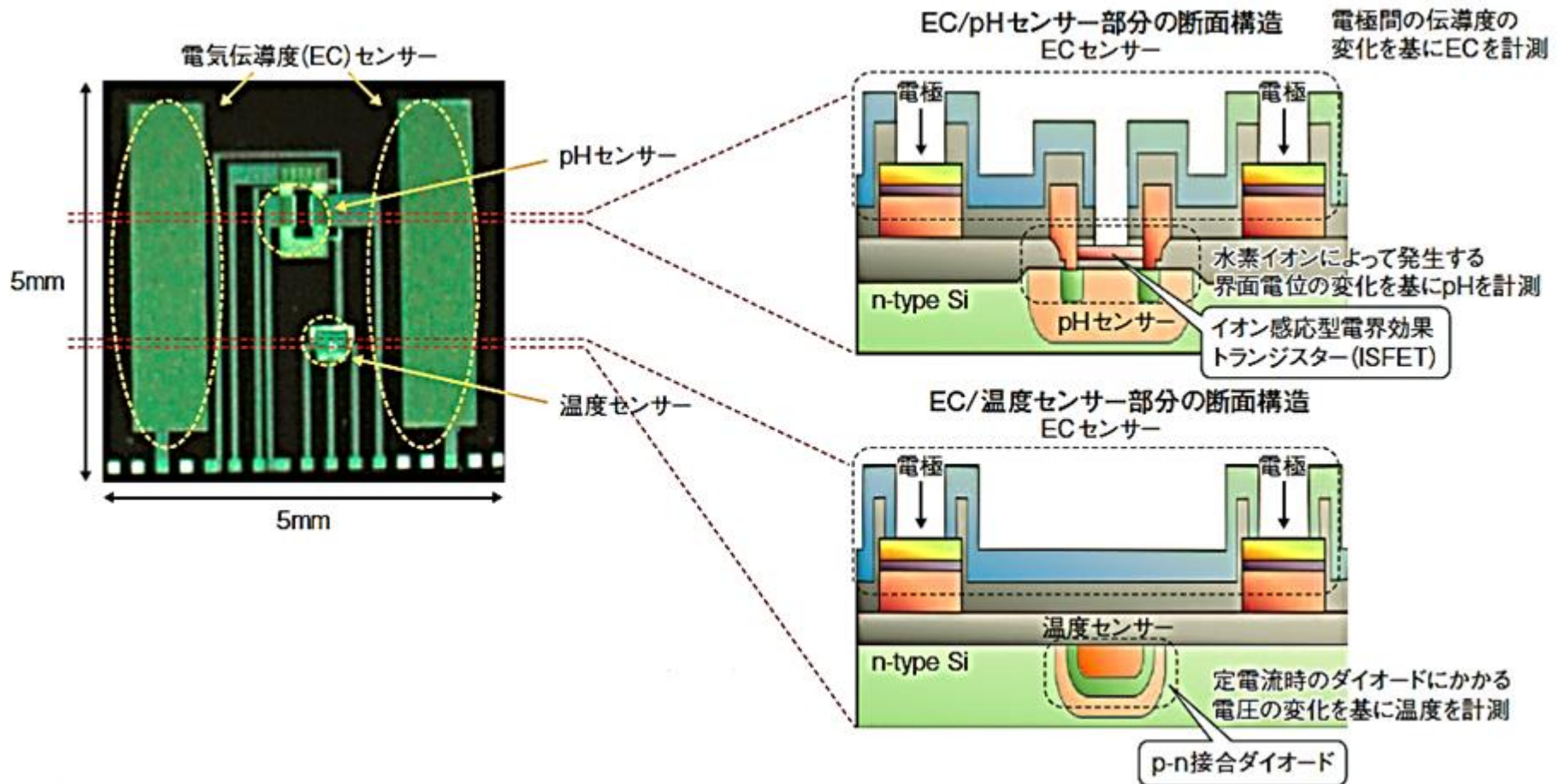




# センサ技術: 3つのセンサ素子を1チップ化

豊橋技術科学大学

- ・ 土壤や培養液の温度、pH、電気伝導度(EC)を測定するセンサを低価格で1チップ化(500円以下目標)
- ・ 第2弾として、土壤や培養液のK,Na,Mgイオン濃度を測定するミネラルセンサを開発中



# ハイテク畜産、鳥インフルも口蹄疫も防ぐ：鶏にワイヤレスセンサ取り付け

## 長さ100mで3万羽を飼育する規模の養鶏場での応用を想定

人工知能監視システム

AI Surveillance System

< Film-type Wireless Sensor Node >

"Wing Band"

- 6 x 30 x 0.1 mm<sup>3</sup>, 1 g
- 2 years (Chicken's Life Time)
- 315MHz, Distance:10 m
- Power Consumption < 5 μW (Target -1 μW)

Digital Activity Sensor

鶏の活動や体温などをモニタリング

Custom RF-IC

Small Battery



• Nodes : 3~5 % of Chickens (30 thousands/house)

- Number of Farm Chickens in Japan Layer(1 year): ~100 million Broiler(50 days): ~100 million (600 million/year)
- World Wide: 25 billion **250億羽**

2億羽

群ごとにセンサを取り付け、全体の3~5%の鶏をモニタリング

# まとめ

---

## ビジネス

- ・IoTは本格的に普及していくことは確か。まずは産業界から
- ・IoTは何で儲けるか、自社の強みを活かしたビジネス戦略が極めて重要。
- ・利益が期待できる上流(プラットフォーム、ビッグデータ分析など)は欧米が牛耳る
- ・デバイス(センサや端末用半導体)だけで継続したビジネス成り立つか疑問  
デバイス+ソリューション融合が価値(利益)をもたらす

## 技術(特にデバイス面)

- ・IoTはアプリケーション分野および品種が極めて多様  
車、医療/ヘルスケア、農業、インフラ監視、機械装置監視ほか様々
- ・IoTデバイスのキー技術  
センサ(MEMS)、ローパワー化(アナログ回路、無線、マイコン)、電力供給
- ・B2C用途ではローコスト、B2B用途では信頼性
- ・デバイス多様性への対応  
LSIやセンサの設計、製造およびテストのフレキシビリティが重要。さらに低コストで
- ・テスト面ではシステムテスト。アプリケーションオリエンテッドなテストが求められる
- ・多様なセンサのテスト。センサー一体型デバイスのテストをどうするか