

H29年度 群馬大学工学部 電気電子工学科「先端計測制御工学」
および「第327回群馬大学アナログ集積回路研究会」講演

IoTビジネス戦略と技術動向

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

2017年4月14日

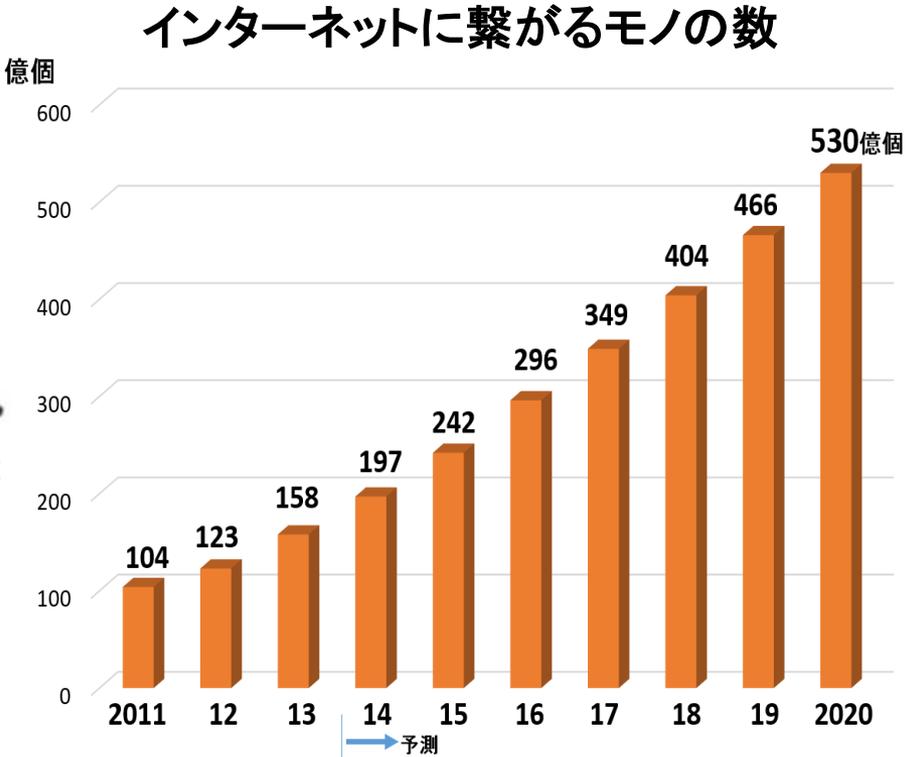
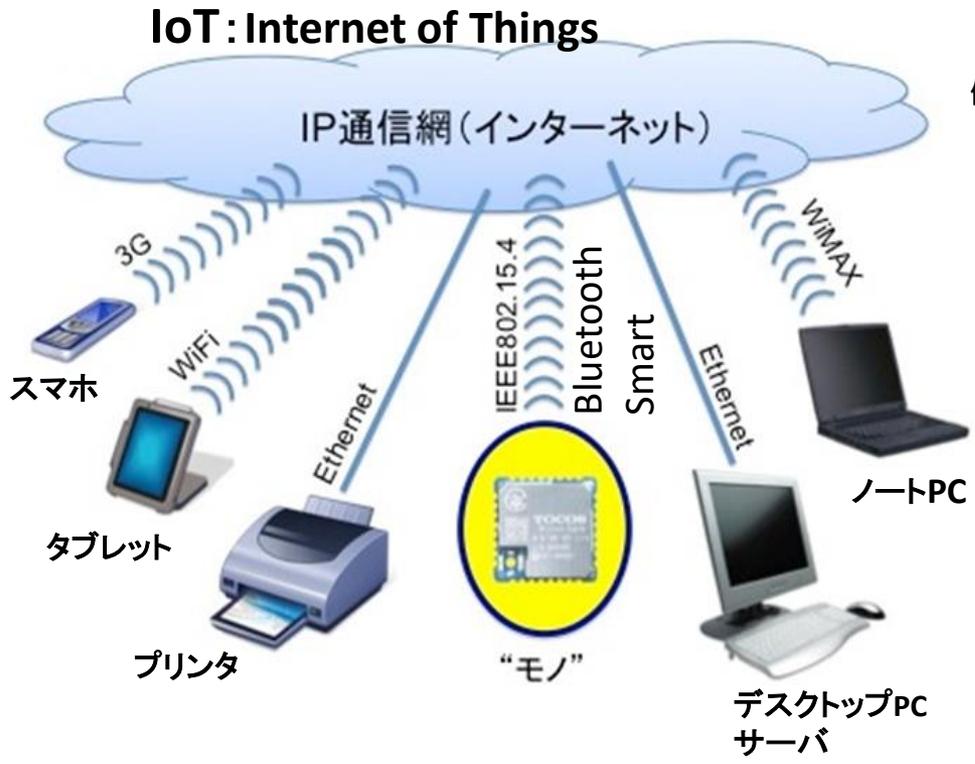
群馬大学非常勤講師

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“人”を含む様々な“モノ”を接続する技術
- ・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530億個のモノがインターネットに繋がる」と予測**

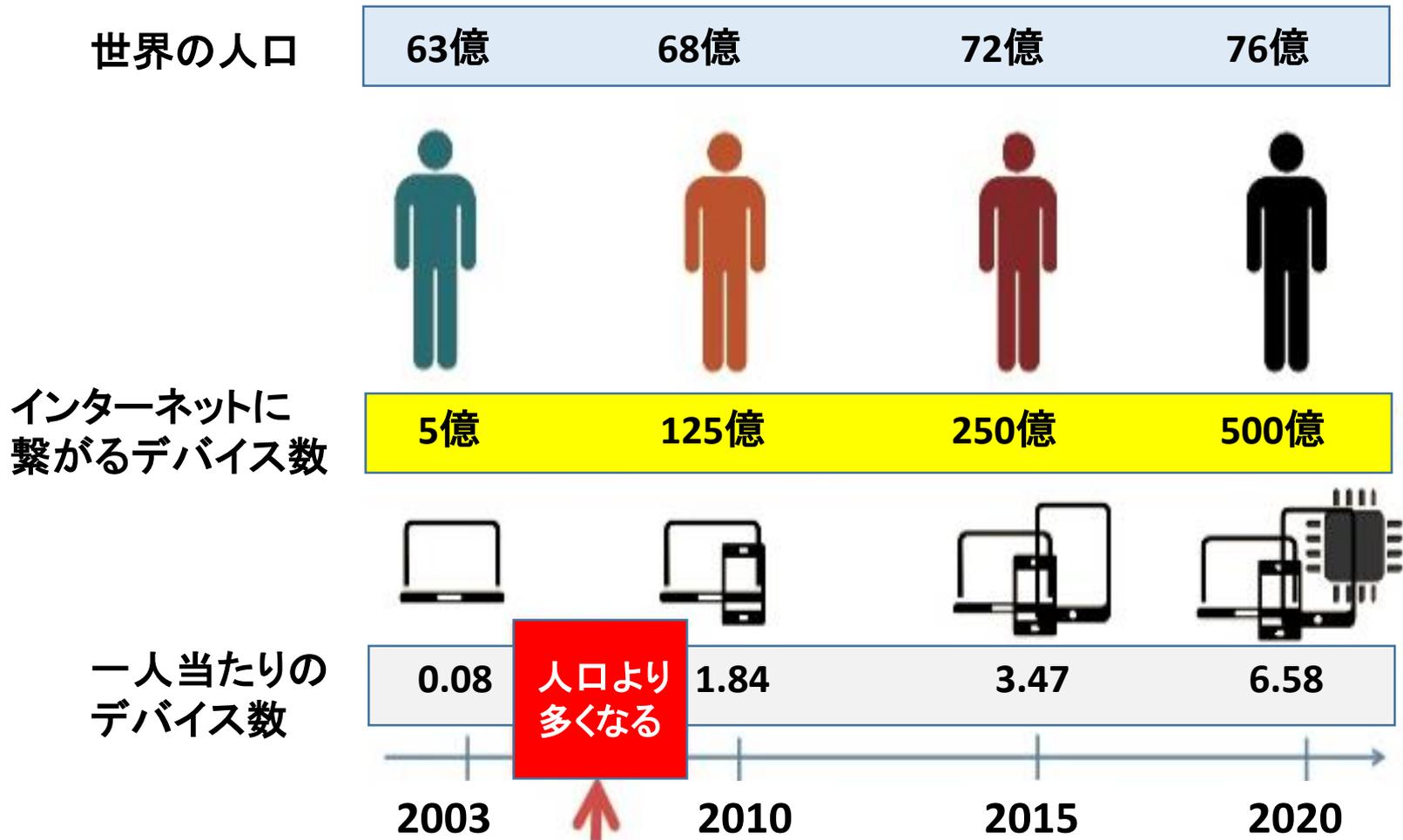


図http://tocos-wireless.com/jp/tech/Internet_of_Things.html

データ 日経2016.7.26(もとデータはHIS)

2020年 一人当たり6.6個のモノがインターネットに繋がる

2020年の世界人口は76億人、インターネットに繋がるデバイス数(モノ)は500億個、一人当たり6.6個のデバイスがインターネットに繋がる勘定

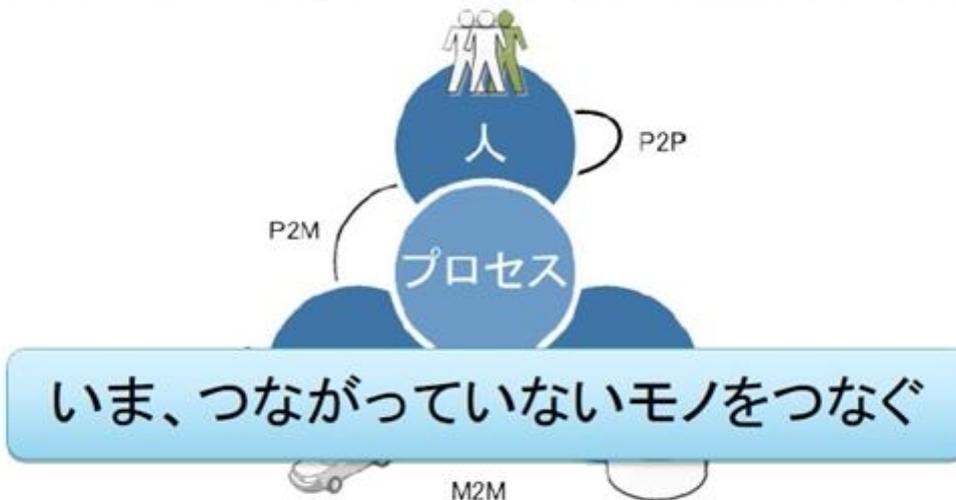


IoTの最終段階がIoE(Internet of Everything)

- ・IoEとは、「**全てのインターネット**」 IoTの最終的な段階を指すニュアンス
- ・IoTを基盤にして、その上で**全ての人間と情報システム、データがネットワークで繋がる**
- ・IoEではあらゆるモノが接続され、**そこで行き交うデータとそのデータの扱いが主役**となる。
- ・様々なタイプのデータが解析、最適化され、アプリケーションやサービスとして出力される

Internet of Everythingとは

- ▶ Internet of Everything : (IoE)
 - 人、プロセス、データをひとまとめにする
 - これまで以上に密接なつながりを通して価値を生み出す



P2P: People to People

P2M: People to Machine

M2M: Machine to Machine

トロン電腦住宅はIoTの先駆け

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

スマートハウスの原型

TRON電腦住宅 1989



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。

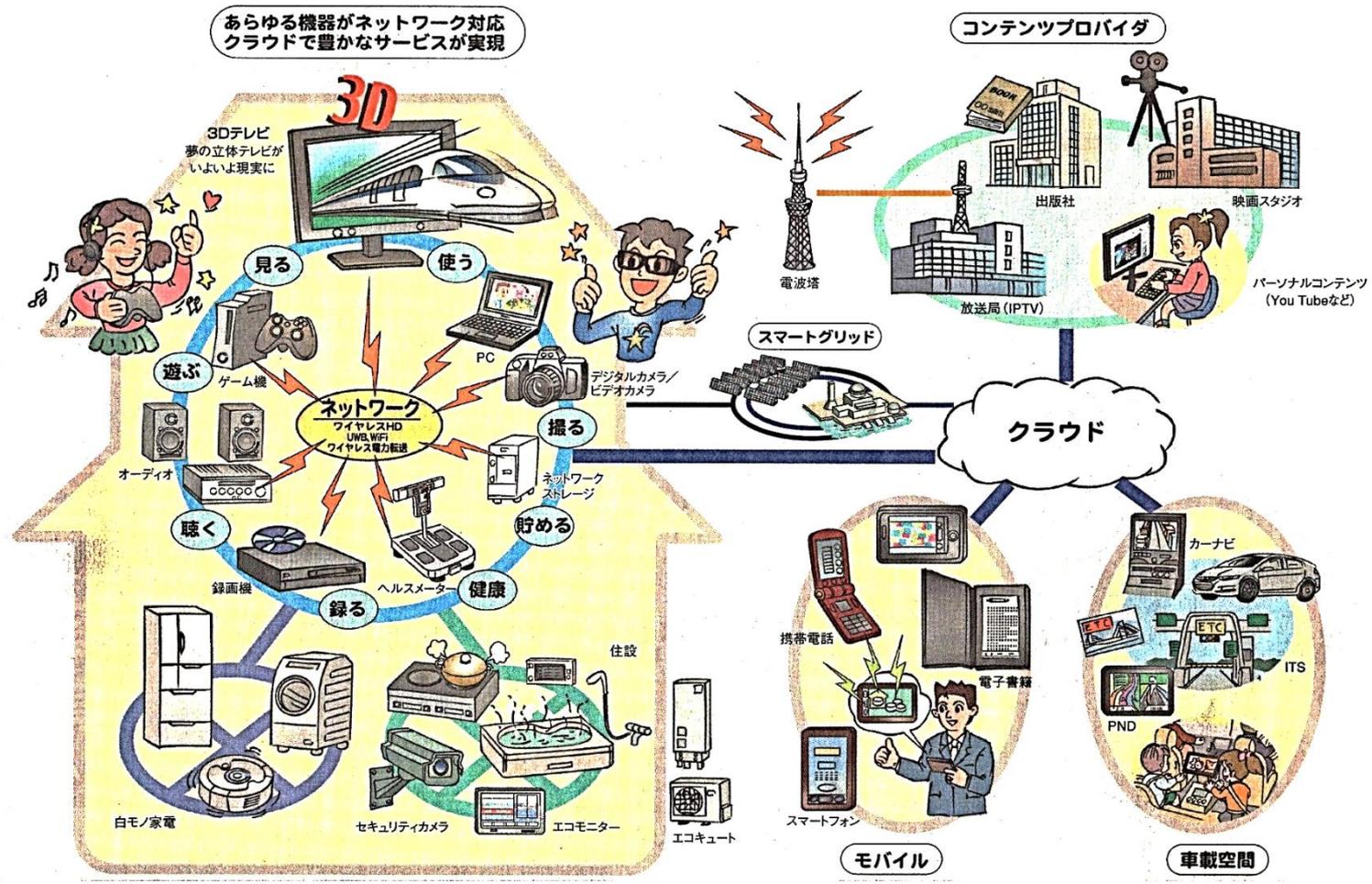
- 「便利」を極限まで追求しつくした実験住宅
- 「技術者の夢」の一つの完成形

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**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。



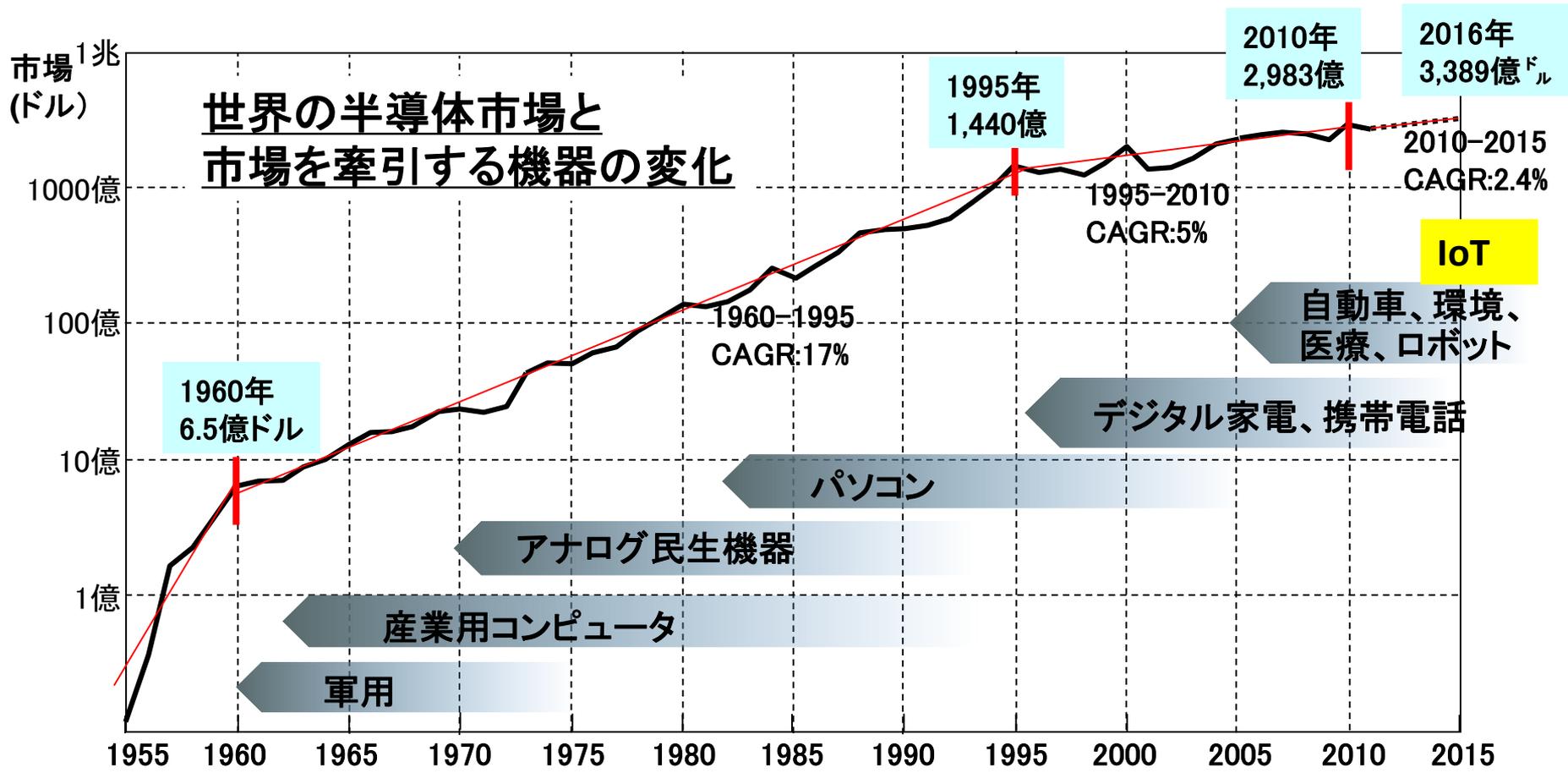
ユビキタスからクラウドへ、そしてIoTへ

- 1990年代の「トロン電腦住宅」は、当時の環境が不十分で普及に至らなかったが、近年、普及する環境(ハード、ソフト、サービス、コスト面など)が整ってきた
- ユビキタス>>デジタルコンバージョン>>クラウド>>IoT 呼称は変化



世界の半導体市場推移と牽引する市場

- ・2016年の世界半導体市場は3389億ドル(前年比+1.1%)
 - ・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**

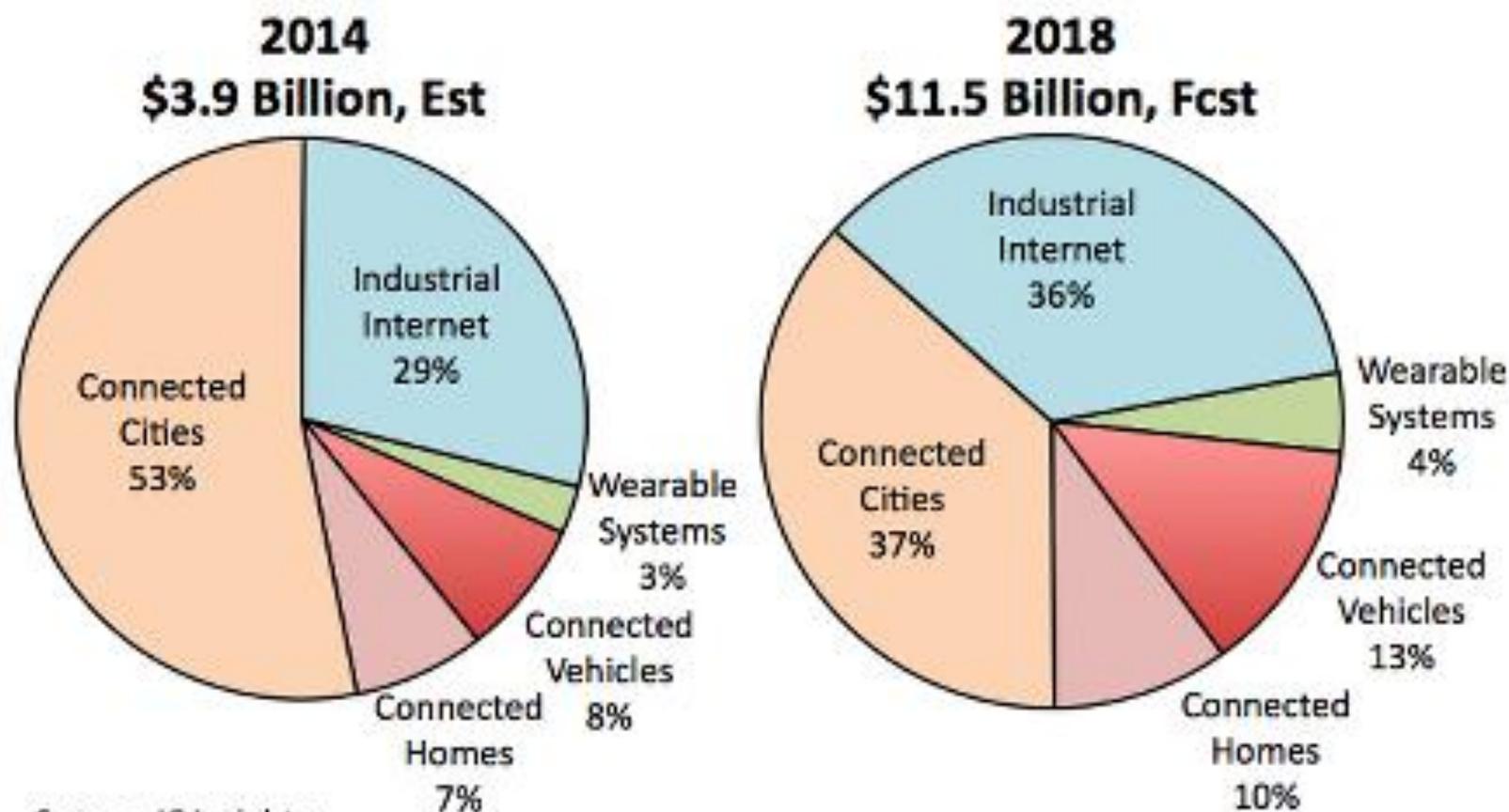


市場額データはSIA,WSTSデータ

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

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)とデジタル空間(サイバー空間)を、
4つの工程--**センシング**、**デジタル化**、**ビッグデータ解析**、**フィードバック**--で繋ぐ

(無線)

デジタル化

ビッグデータ解析

データを端末側で
デジタル化し、
無線でデータ転送

クラウドで
AI(人工知能)
ビッグデータ解析
ディープラーニング

情報
を
デジタル
化

デジタル空間
サイバー空間

活用
実社会
で

IoT端末

IoT端末

実空間
フィジカル空間

クラウドで解析した
データを端末に送信し、
アクチュエータでモノに
フィードバック

センサーで
測定

モノ



IoTセンサー

センシング

フィード
バック

「モノ」の状態をモニター、センス

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

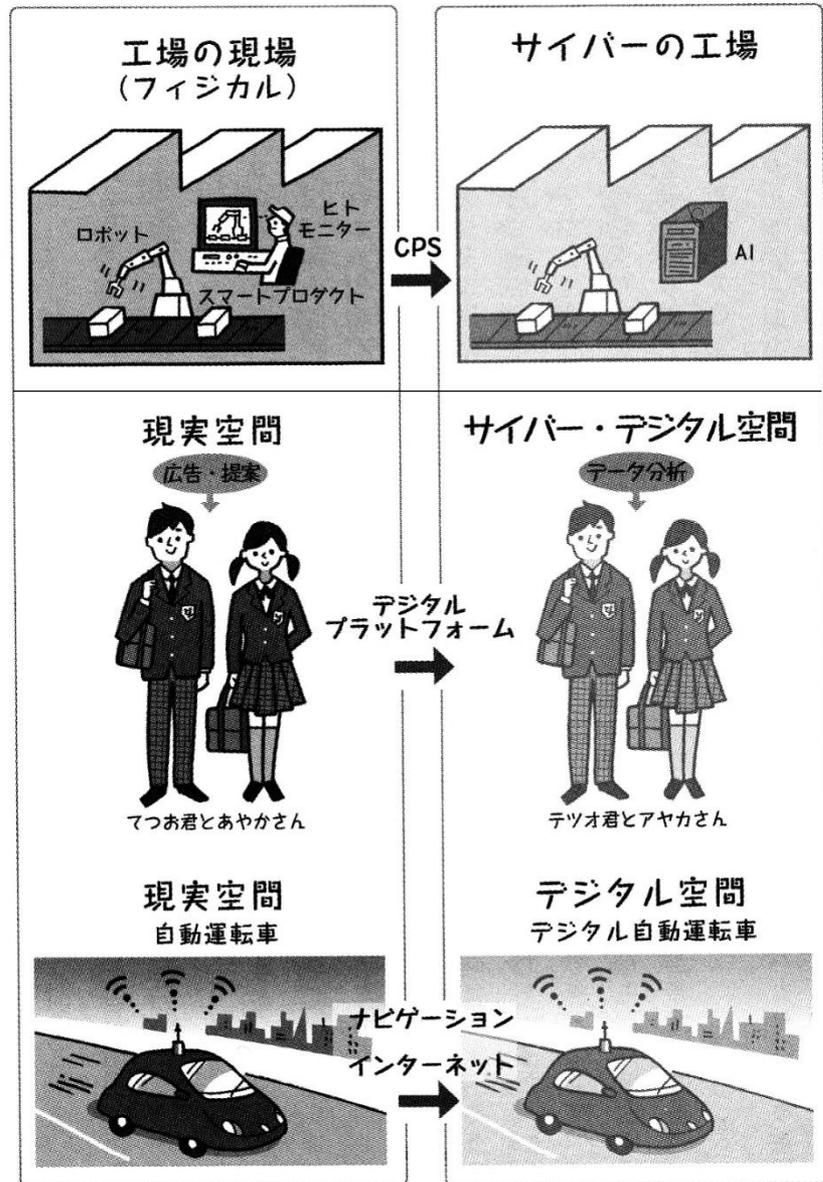
工場と自動運転車の例

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(個別大量)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

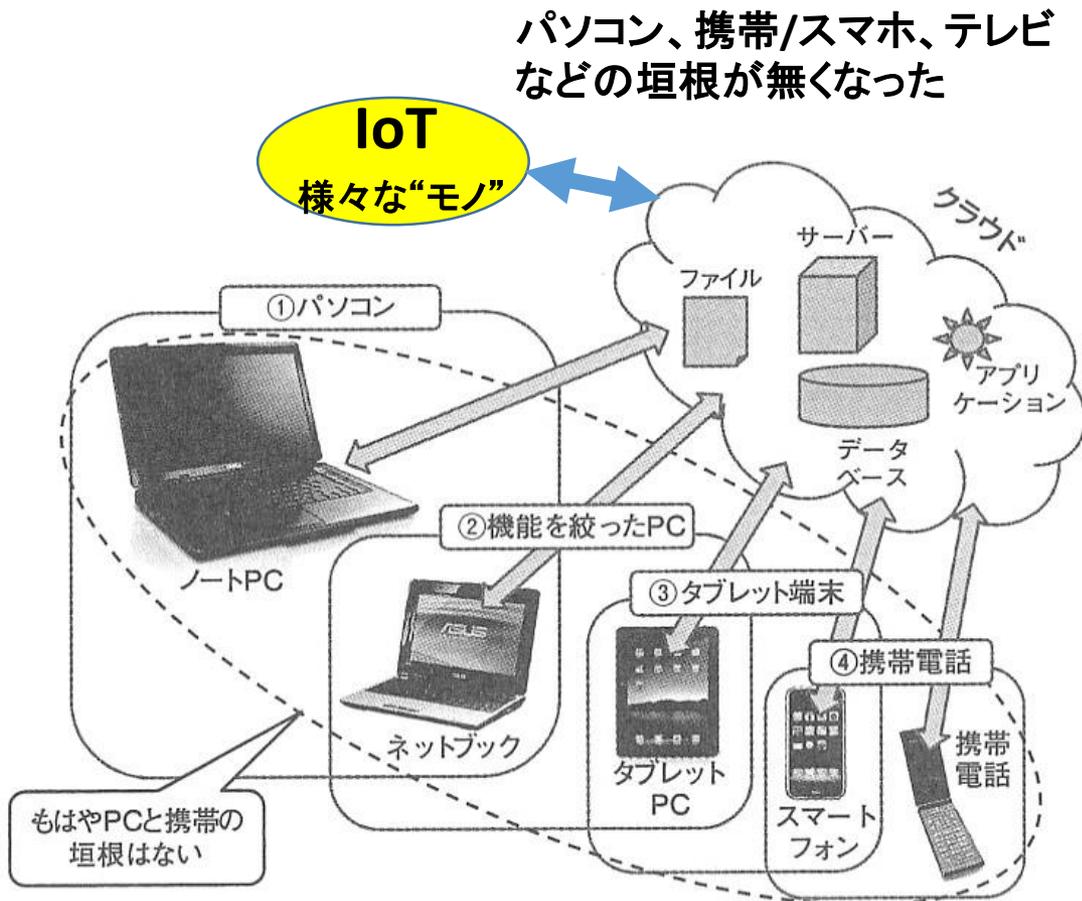
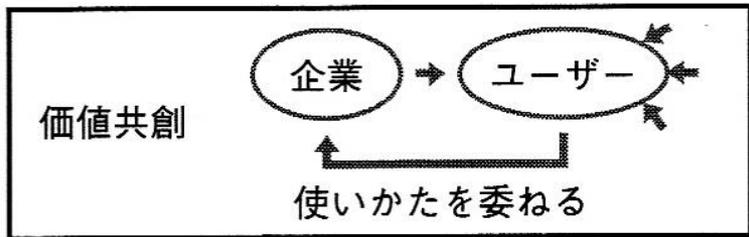
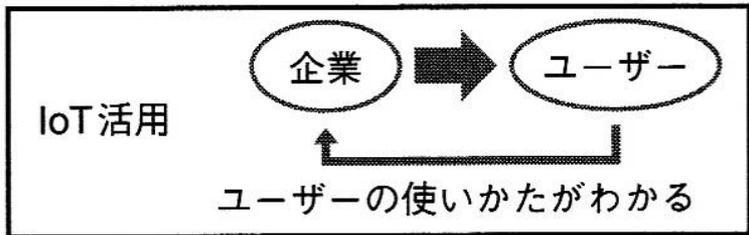
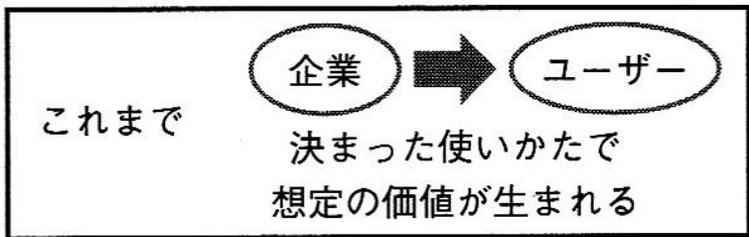
自動運転車: GoogleやAppleの狙い

- ・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らる情報を予測して提供



IoTの本質は、新しい価値の創造にある

- ・IoT本質は「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時代、従来の事業や製品カテゴリーが破壊され、「**事業の再定義**」が新しい価値とビジネスを産む



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、日本酒瀨祭他多数)
- ・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を活用した製造現場

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収集して分析し、**Insights(洞察)**を導く。解析結果を現場にてすぐに使える情報に加工し現場にフィードバックする。
- ・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。フィードバック情報で現場は先回りして対処可能

GE航空機エンジンサービスに学ぶ

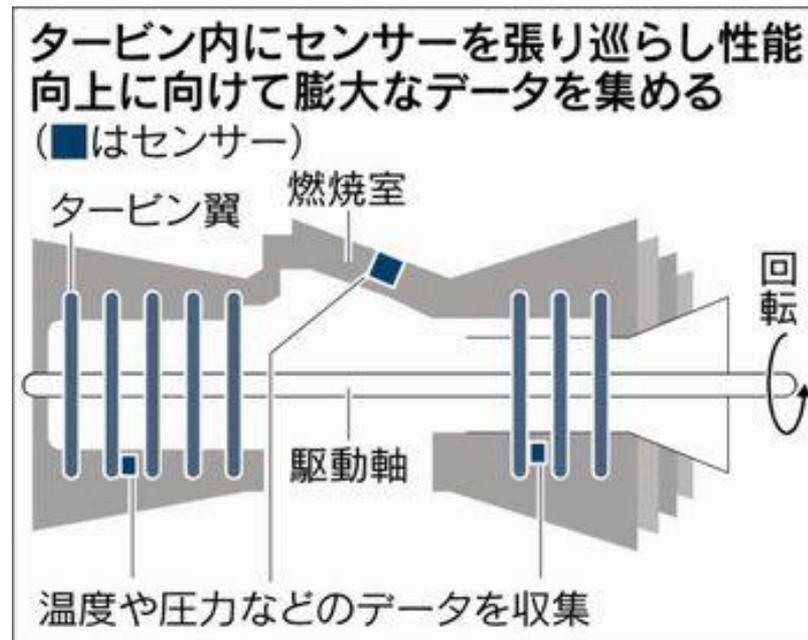
IoTの本質的価値: 新たなビジネスの創出

・第1Step:

エンジンに多数のセンサを取り付け、障害検出や予防メンテナンスに活用

・第2Step:

エンジン以外に航空機各部にセンサを取り付け、取得データのビッグデータ解析により、効率的な運航情報(燃料消費を下げる飛行条件など)を契約エアラインに提供するサービスへ発展



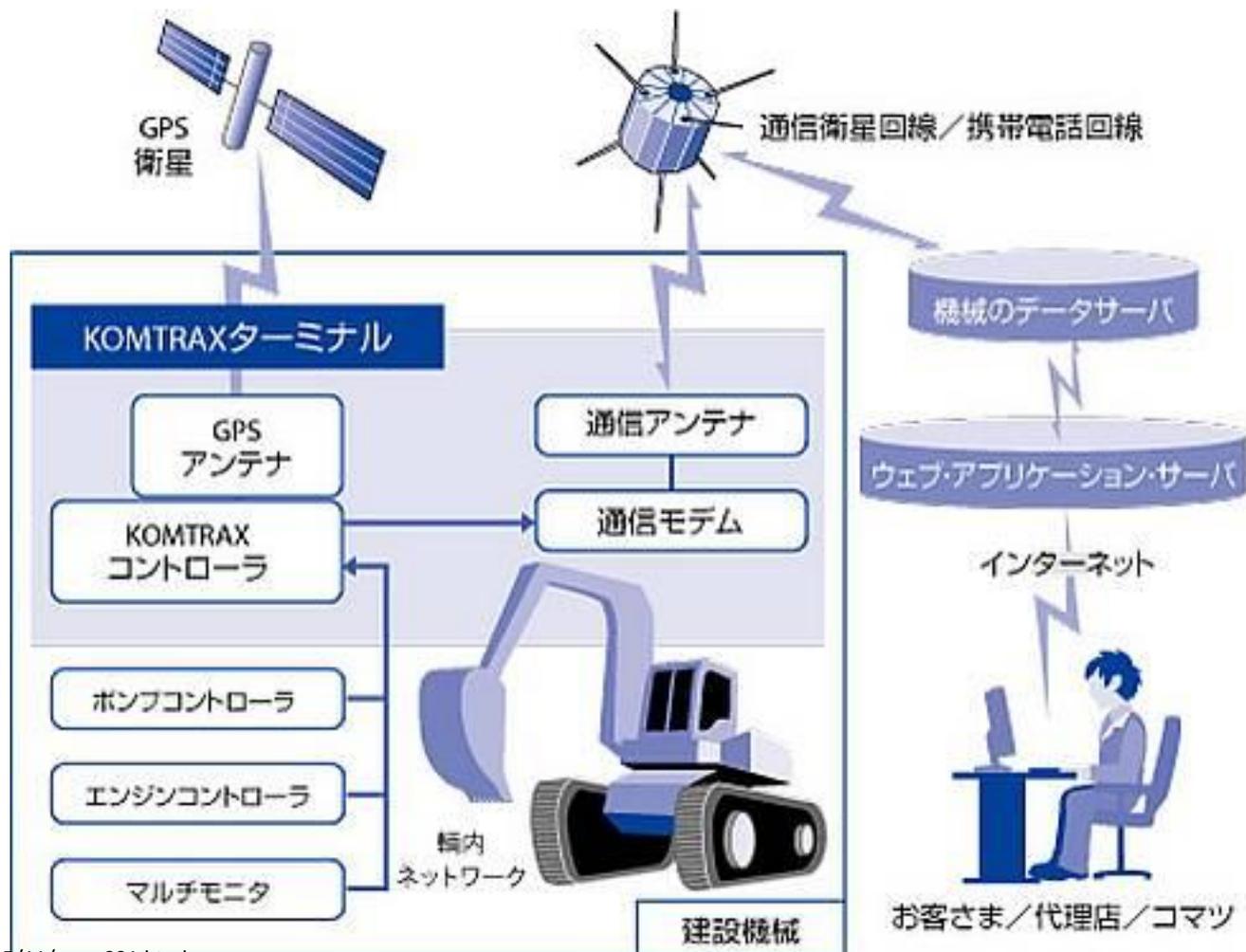
航空機に多数のセンサを取り付けデータ取得



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

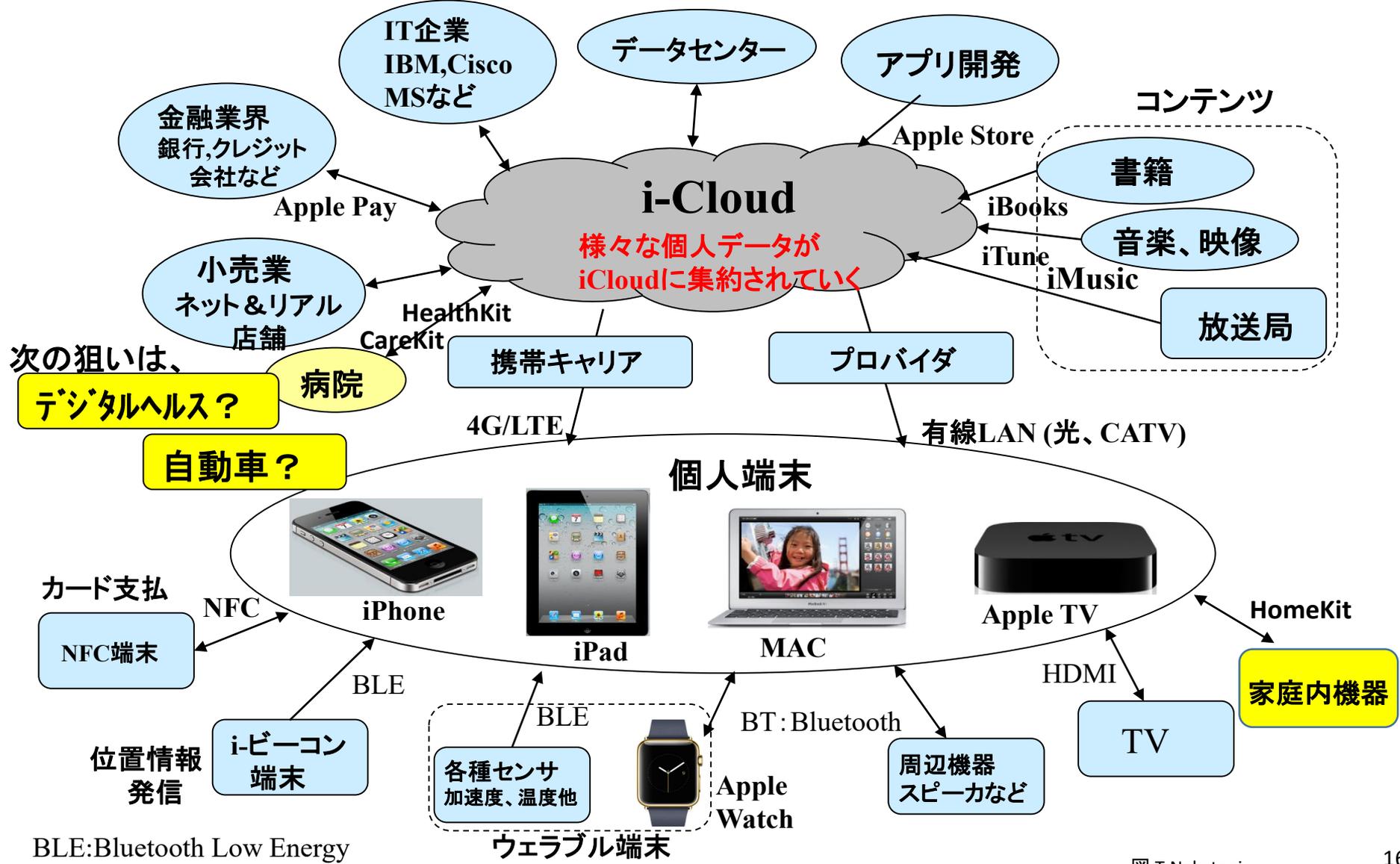
建設機械に各種センサ
や通信機能を搭載



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

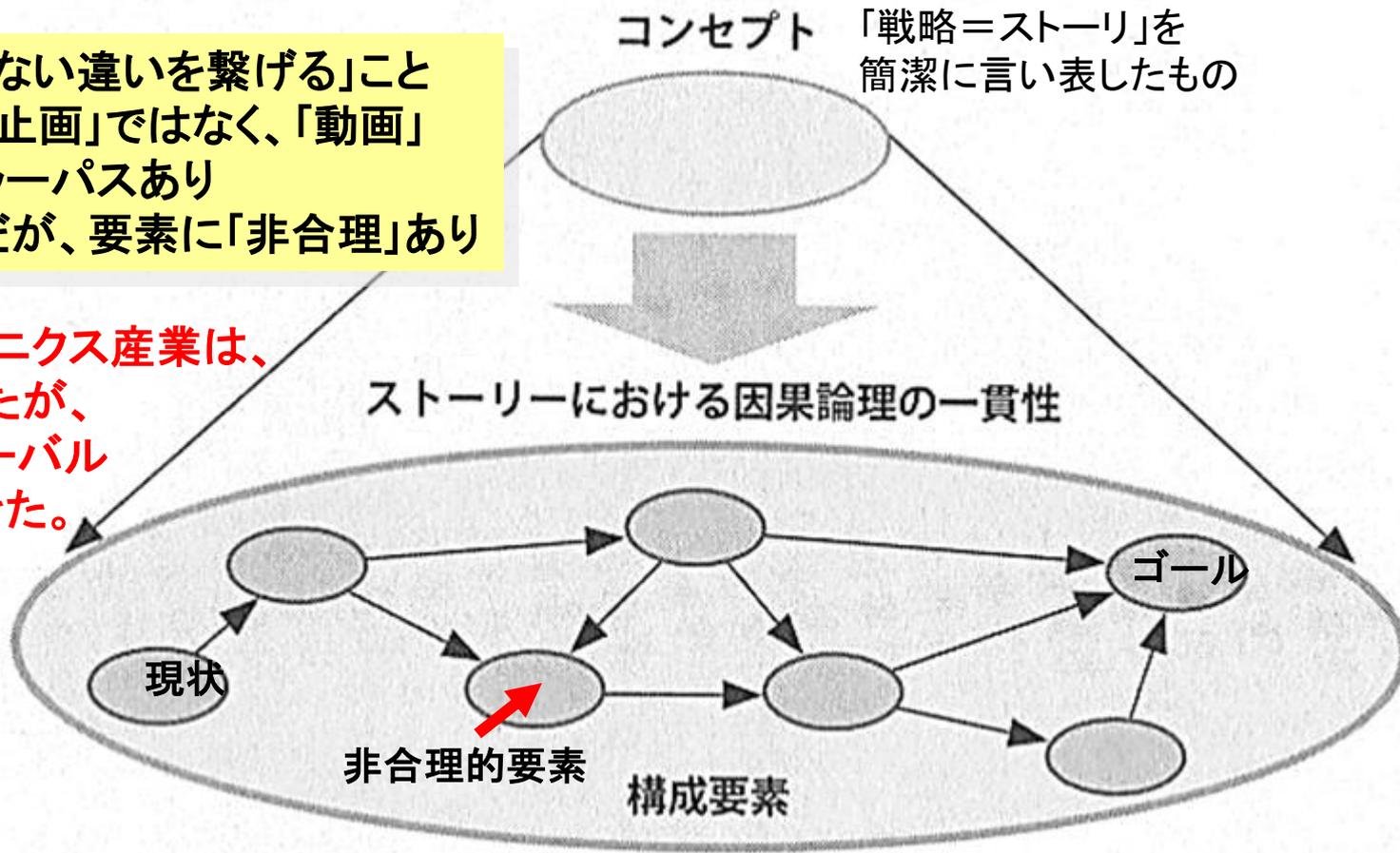
IoT時代を勝ち抜くには、

ビジネス戦略が重要

- ・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”を構築が重要

- ・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

日本のエレクトロニクス産業は、
技術は優れていたが、
戦略欠如でグローバル
市場で敗退してきた。

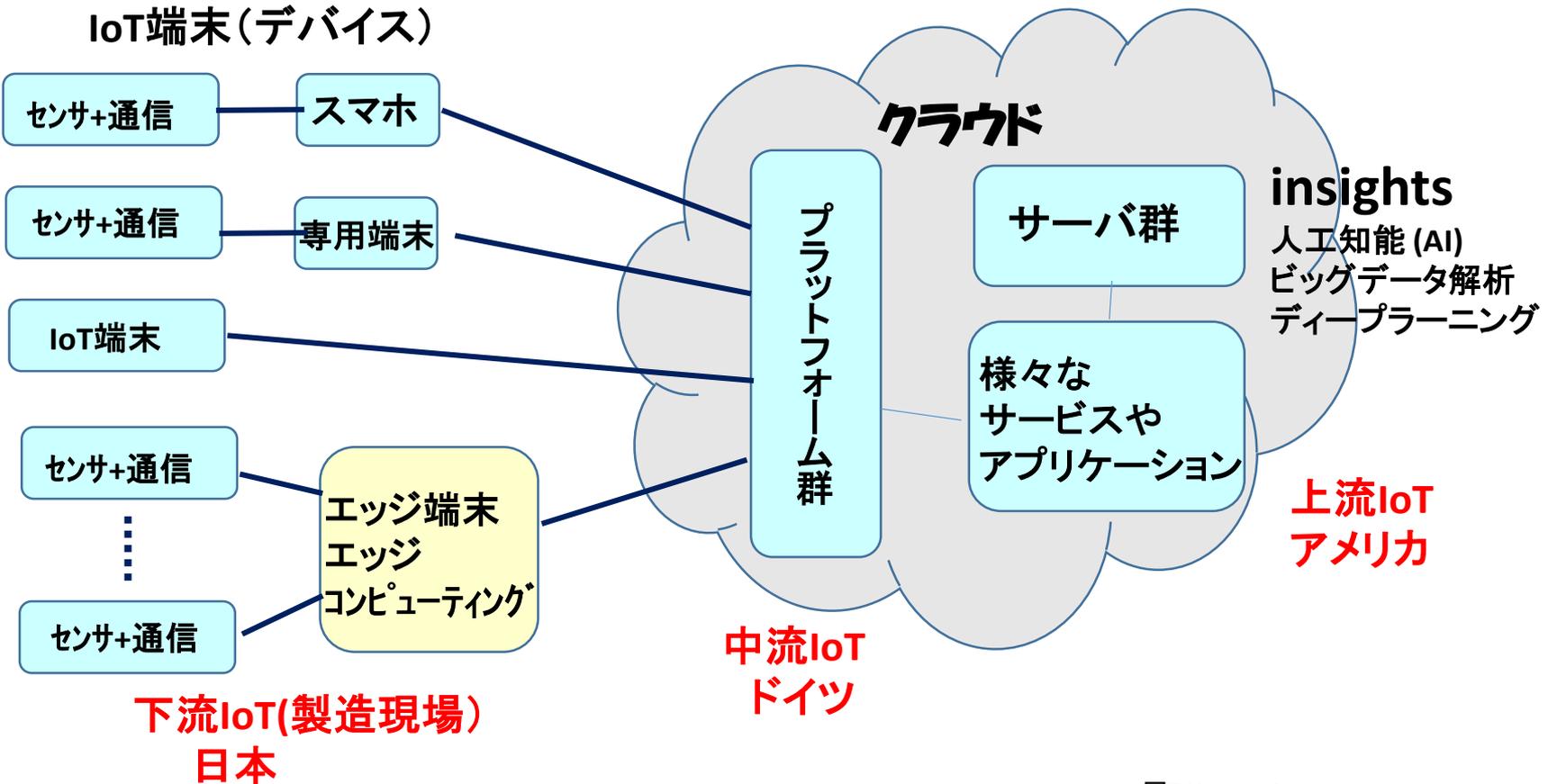


IoTの要素技術と 最近のIoT端末/デバイス

IoT技術要素

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

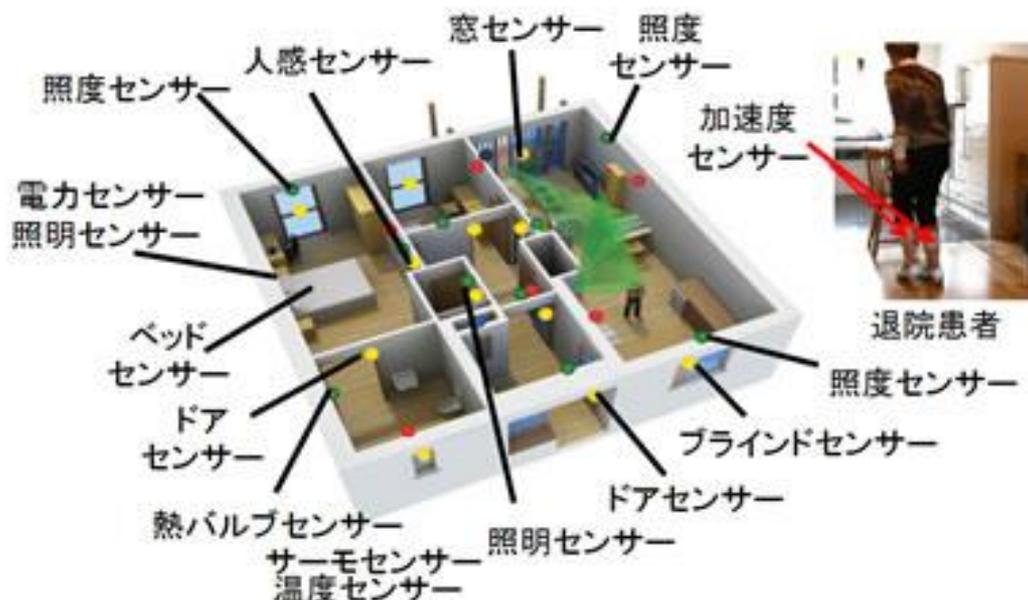
- ・IoTではあらゆるモノの位置、状態を監視しセンスするために、様々なセンサが必要
- ・センサでは半導体技術を用いたMEMS（微小機械電気システム）デバイスが多い
- ・IoT端末用のセンサや半導体製造に印刷技術(プリンテッドエレクトロニクス)活用が注目

IoTでは様々なセンサが必要



図 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

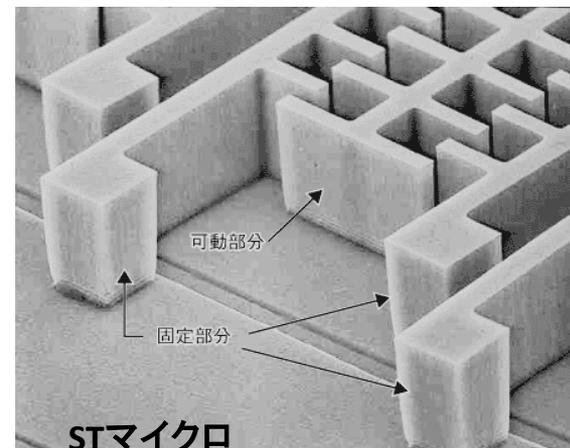
スマホ搭載センサ群:

- ・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
- ・温度センサ
- ・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

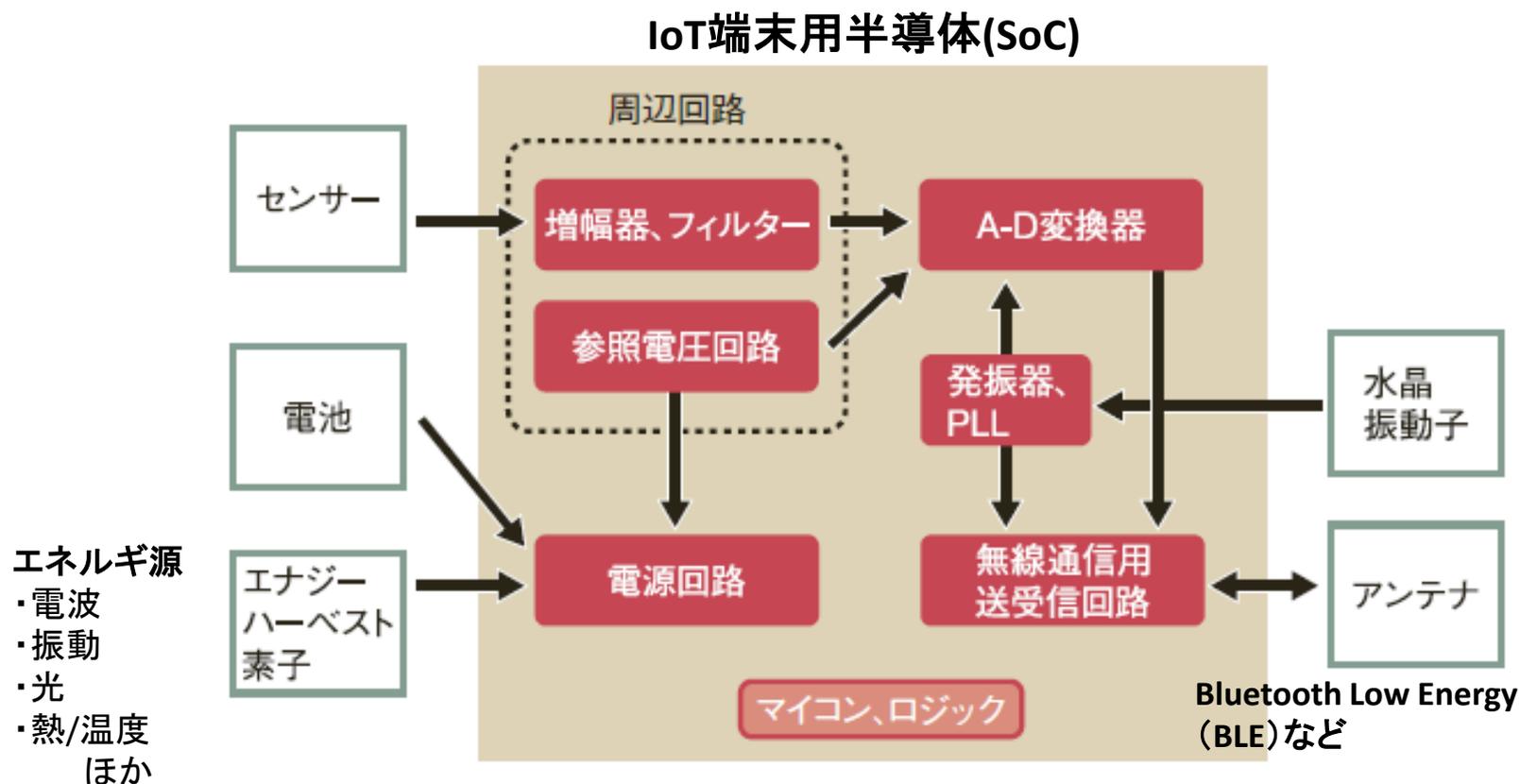
加速度センサはMEMSデバイス



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(エナジー)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年以上の稼働が求められる



IoT端末用電源：エネルギーハーベスト

エネルギーハーベストの発電能力

エネルギーハーベスト源により得られる発電電圧や波形は、DC、AC、離散AC（パルス）と様々。
各エネルギーハーベストにあったパワーマネジメント（電源制御）が必要

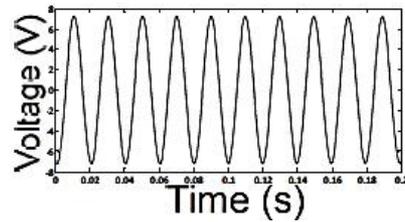
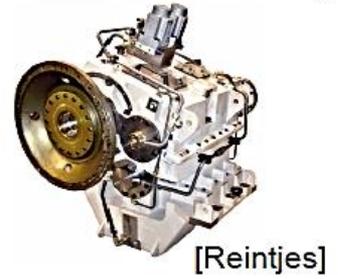
エネルギー源	特長	発電能力
光	屋外	100 mW/cm ²
	屋内	100 μW/cm ²
熱	人体	60 μW/cm ²
	インダストリアル	~1-10 mW/cm ²
振動	~Hz-人体	~4 μW/cm ³
	~kHz-機械	~800 μW/cm ³
RF	GSM 900 MHz	0.1 μW/cm ²
	WiFi	0.001 μW/cm ²

<http://ednjournal.com/edn/articles/1312/02/news007.html>

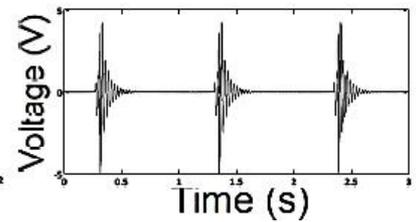
キネティックエネルギーハーベスト

- ・振動：1Hz～500Hz（機械振動）
- ・動き：<2Hz（ウォーキング）
- ・ショック：1g～10g（ウォーキング）
- ・水流：1ℓ/分～50ℓ/分

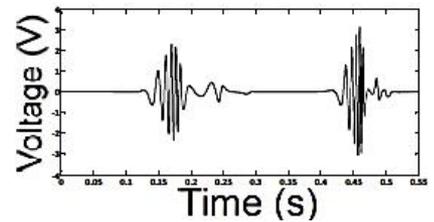
Periodic (machine vibrations)



Shock (heel strike)



Non-resonant (leg swing motion)



発電波形

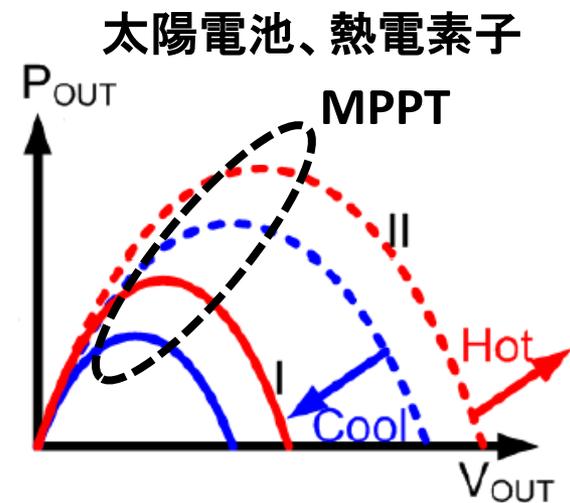
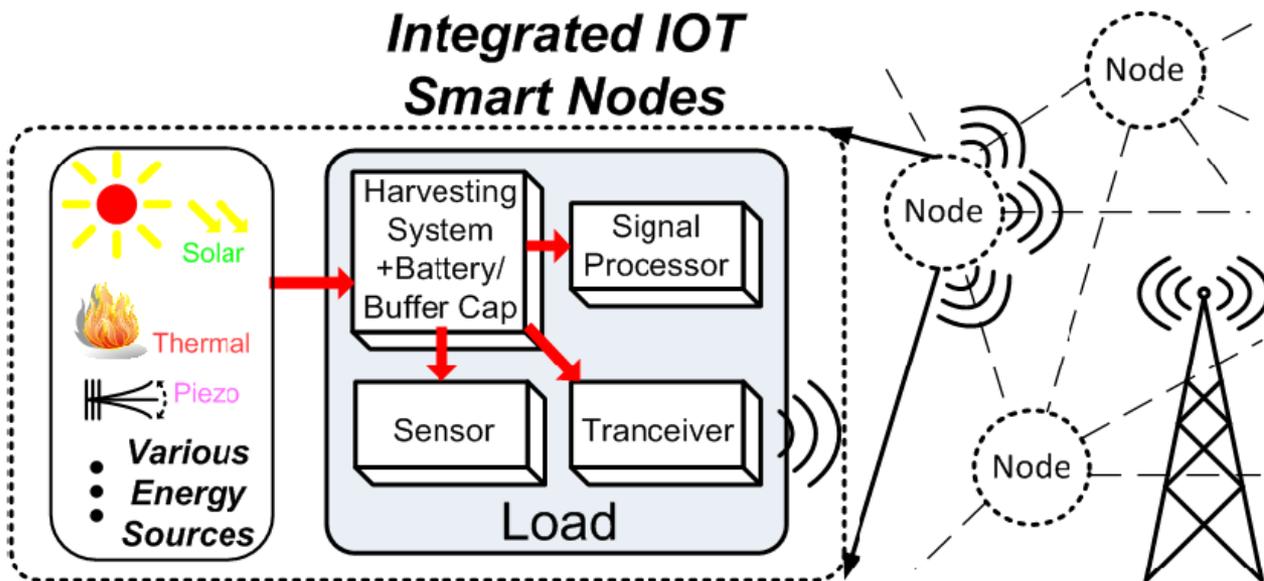
エネルギーハーベスト用パワーマネジメント

IoT端末用電源として、バッテリーレスとするエネルギーハーベスト技術が注目されている
エネルギーハーベストでは、エネルギー源(変換センサ)以外にもパワーマネジメント技術が重要

最近のISSCCエネルギーハーベスト関連論文での研究開発フォーカスポイント

- ・幅広い入力電圧レンジに対して、高い変換効率と低い待機電力化の実現
- ・外付け部品(インダクタやキャパシタ)低減やオンチップ化
- ・昇圧回路にインダクタ使用せず、キャパシタ回路(SCやCP回路など)による昇圧回路技術
- ・低いコールドスタート電圧化(バッテリーレスでエネルギーハーベストからの低電圧で動作開始)
- ・MPPT(Maximum Power Point Tracking:最大電力点追従)の最適化

SC:スイッチドキャパシタ
CP:チャージポンプ



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

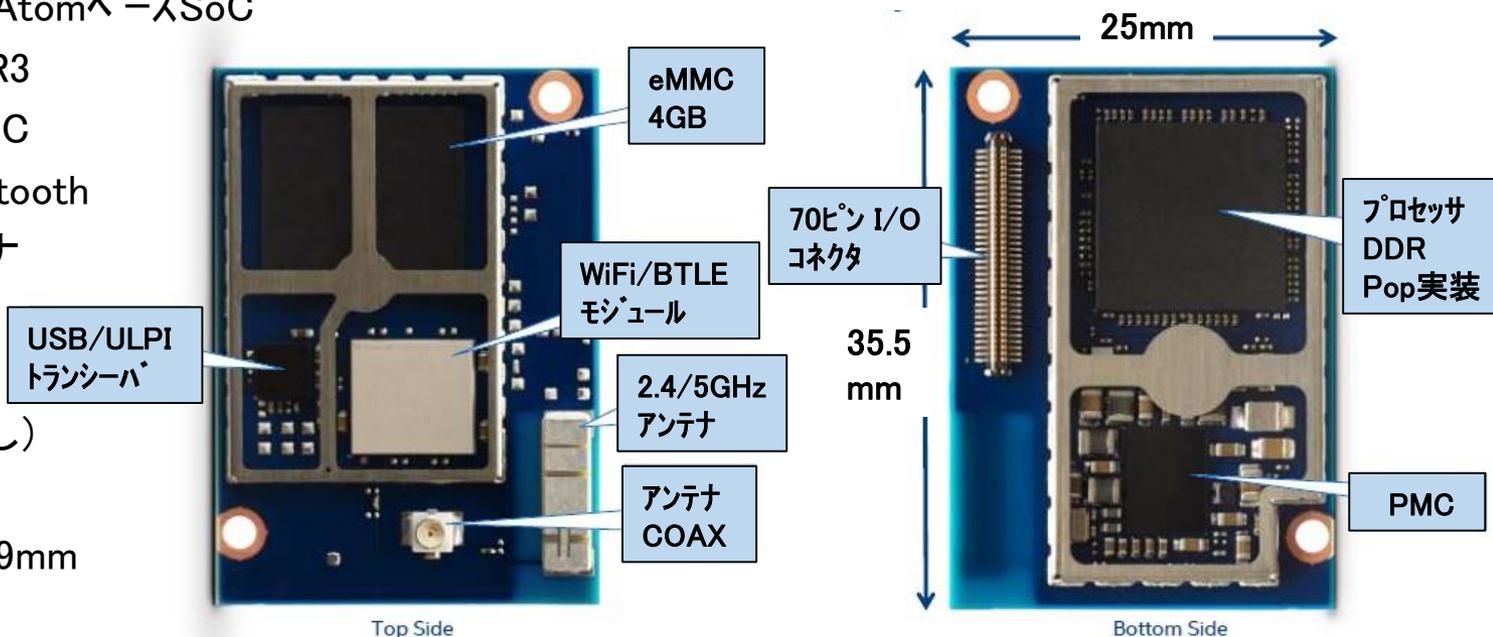
スタンバイ電力：

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。

Intelボタン型コンピュータ ウェアラブルやIoT用SoCモジュール“Curie”

2015年1月発表

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スコープを備えた 6 軸コンボセンサ
- ・バッテリー充電回路 (PMIC)

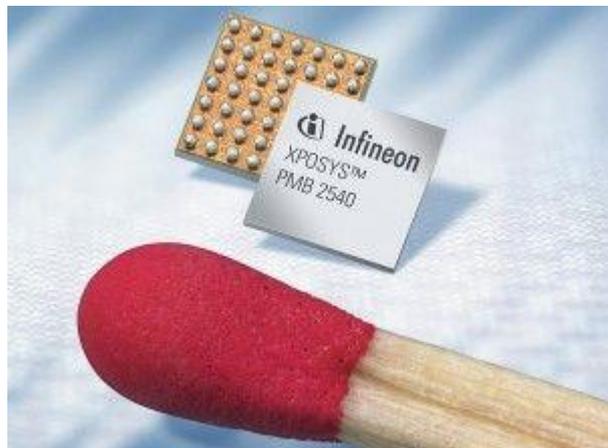


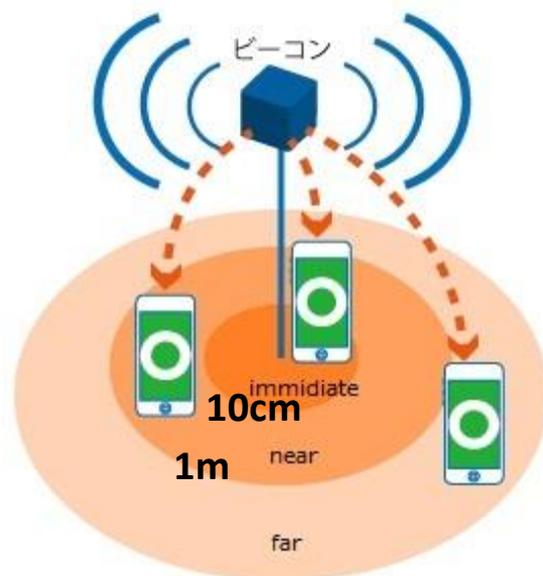
写真 Intel

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

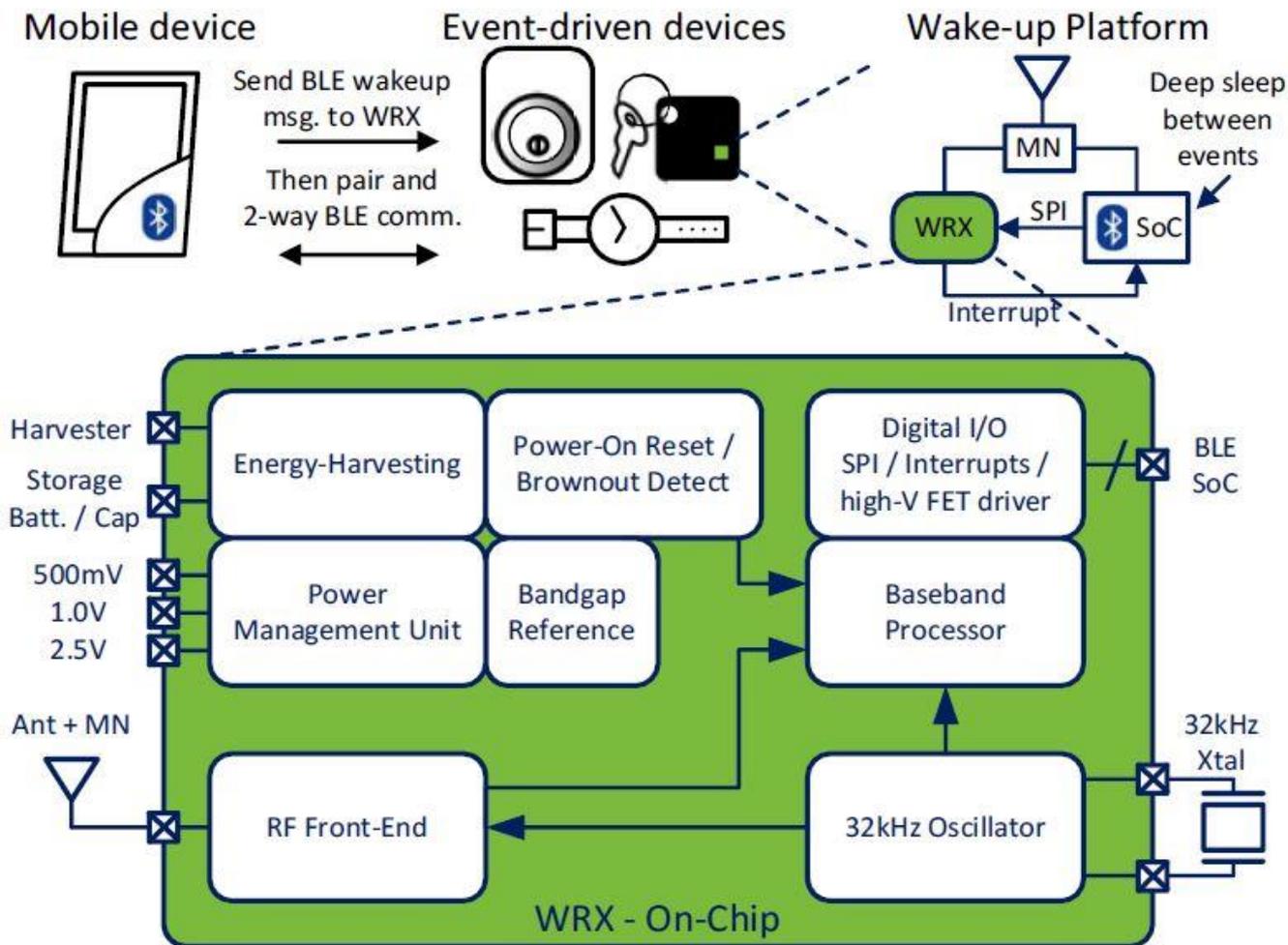
BLEを利用したiBeacon

(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。



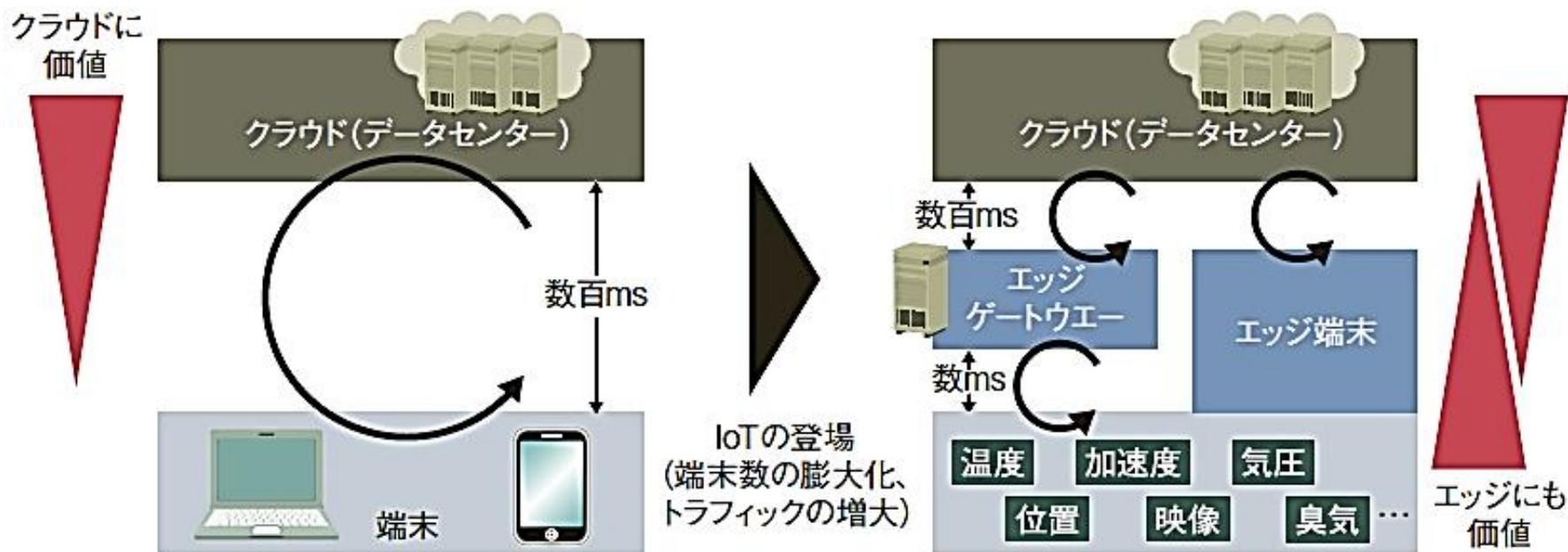
受信電波を電源に起動、ビーコンIoTに革命

- ・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**さらに**エッジコンピューティングはセキュリティ面でも有効**



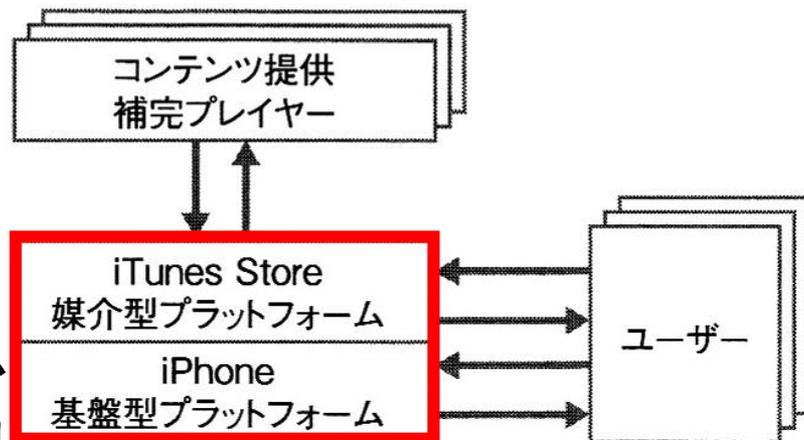
プラットフォーム

Google, Apple, IBM, MS, Intel, ARMなど

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」

ARMコアもIoT時代の
重要なプラットフォーム

Apple iPhone
プラットフォーム

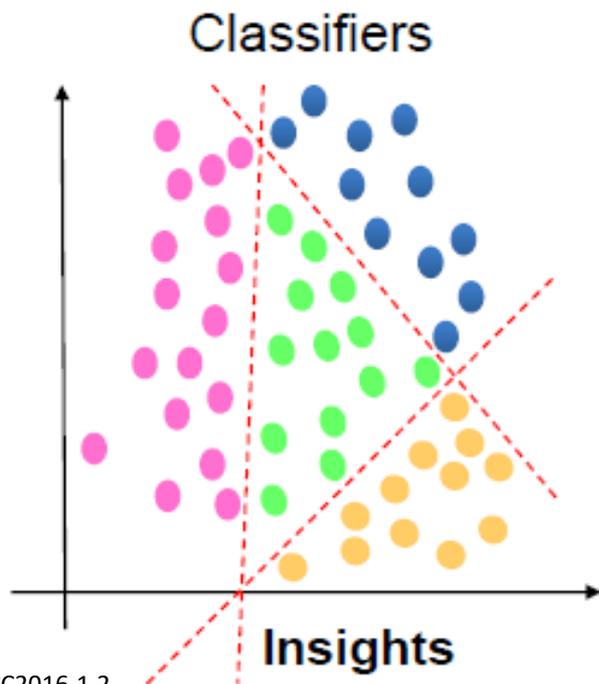


種類	プラットフォーム	製品例	補完製品	媒介機能
ソフト	パソコン OS	Windows、OS X、Linux	アプリケーション：アクロバット、Quicken、スターオフィス ハードウェア：デル、ソニーバイオ、iMac 周辺機器：テレビチューナーカード、CD-ROM	
	スマートフォン OS	Windows Phone、iOS、symbian Android	アプリケーション：オーガナイザー、ゲーム 端末：ノキア、ソニーモバイル、サムソン 周辺機器：カーキット、ヘッドセット、カバー	利用者同士のコミュニケーション
ハード	チップ	Intel Core、AMD	ソフト：OS特にBIOS ハード：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

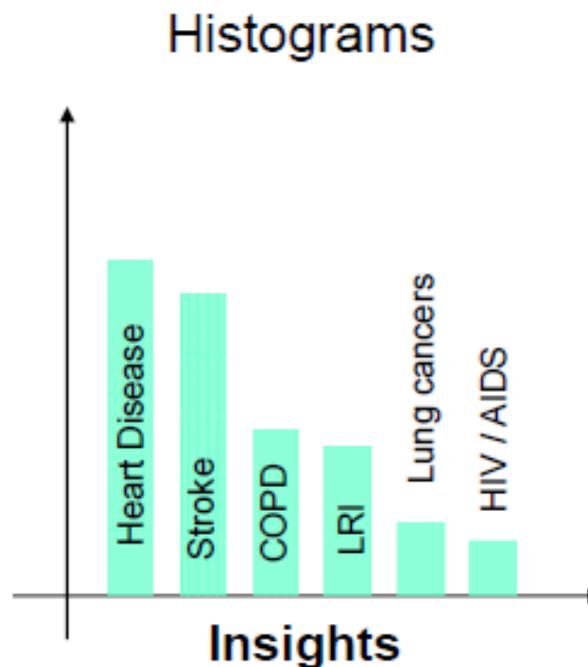
insights: ビッグデータ分析

- ・ビッグデータ分析では、**多量のデータに内在されたinsights“本質は何か”**を得る
例えば、多量データをクラス分けしたり、ヒストグラム化して、様々な現象や状況を解析
- ・ビッグデータ分析を行うには、クラウドコンピュータに膨大な演算パワーとストレージが必要

データそのものを見るのではなく、データから洞察(insights)を得る



ISSCC2016 1.2



COPD: Chronic Obstruction Pulmonary Disease
LRI: Lower Respiratory Infection

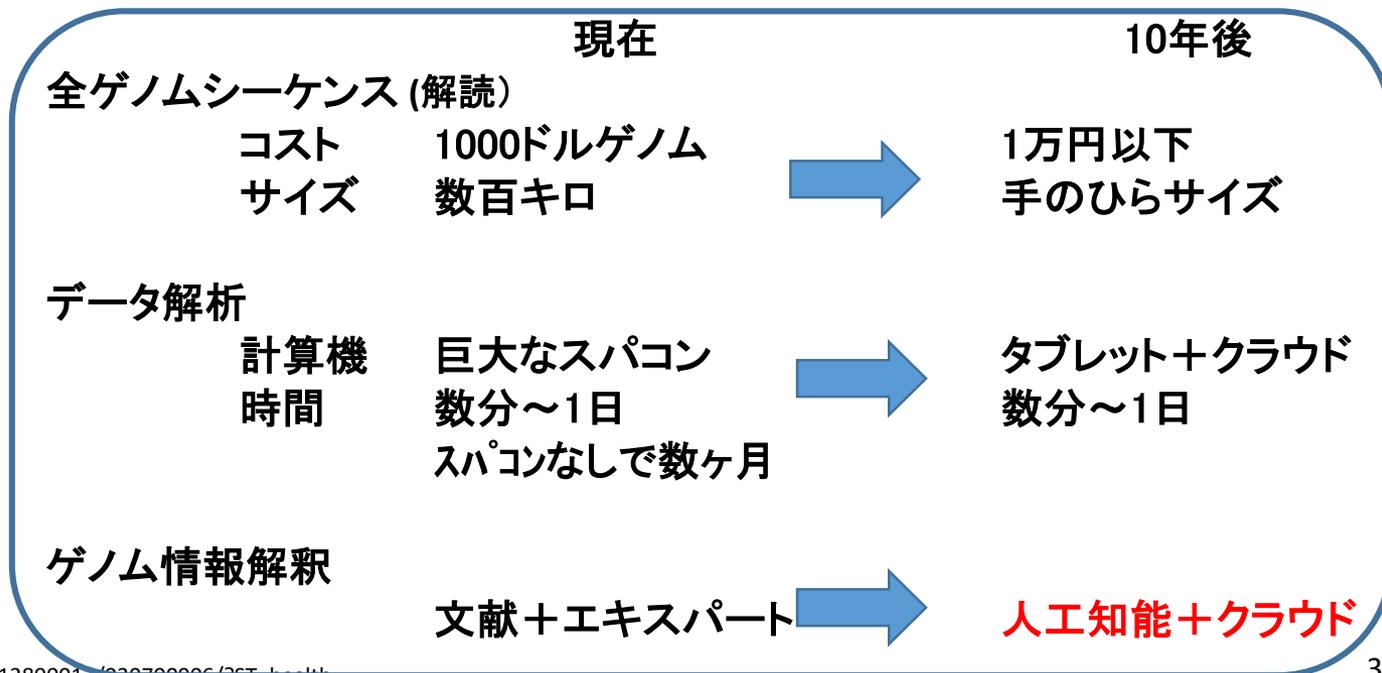
人工知能(AI): IBM Watson

WatsonはIBMが開発した質問応答し、人間の意思、判断を支援するAIシステム

Watsonの医療分野での活用例:

- ・積み上げれば成層圏超えの膨大な医学論文、これらを読むのがWatson
- ・Watsonは、癌のゲノム(全遺伝子)情報を解釈し、効果が期待される治療薬を根拠となる文献とともに提示
- ・2016年8月4日、Watsonが60代患者の正確な白血病の病名をわずか10分で見抜き、さらに病名から割り出した適切な治療法を膨大な論文から医師に提示し、患者の命を救ったと、東京大学医科学研究所が発表

全ゲノム(全遺伝子情報) 解析の今後 高度人工知能が不可欠



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。

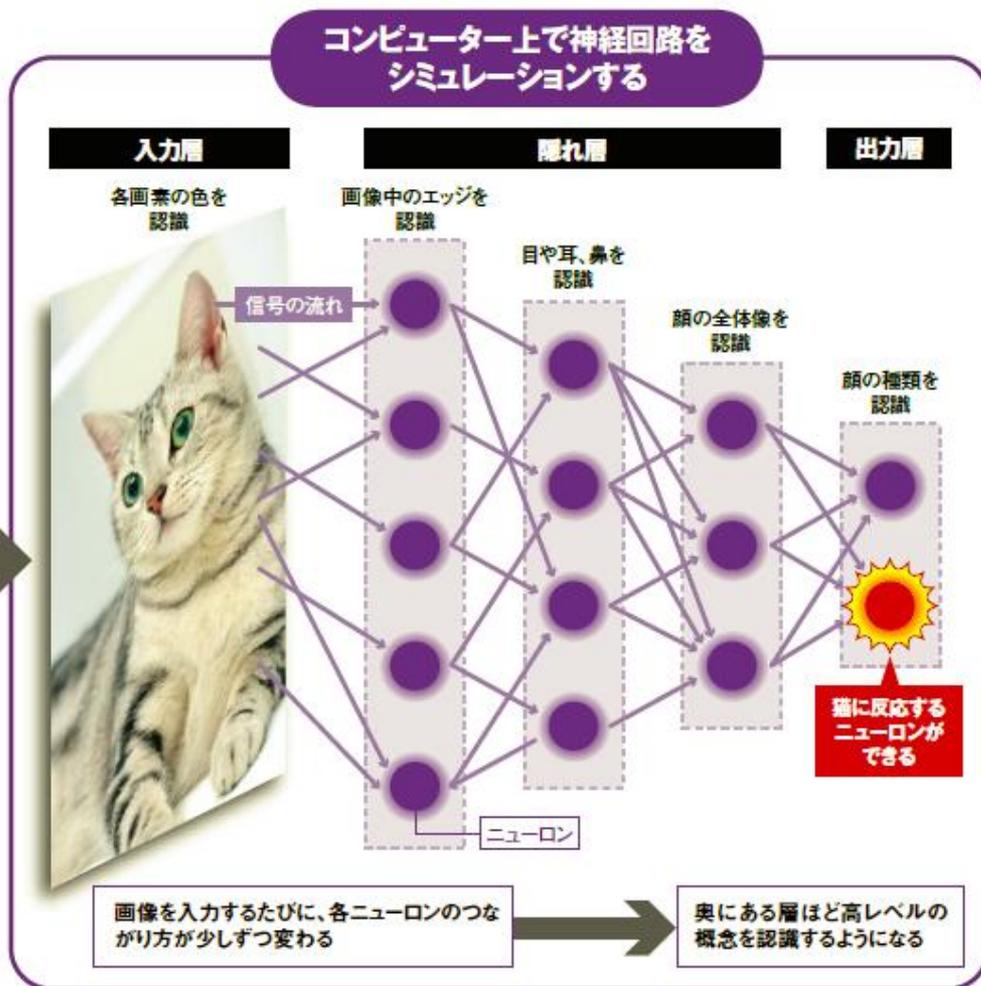
Deep Learningはこれが契機となり、以後急速に技術進歩している

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。

人の神経回路

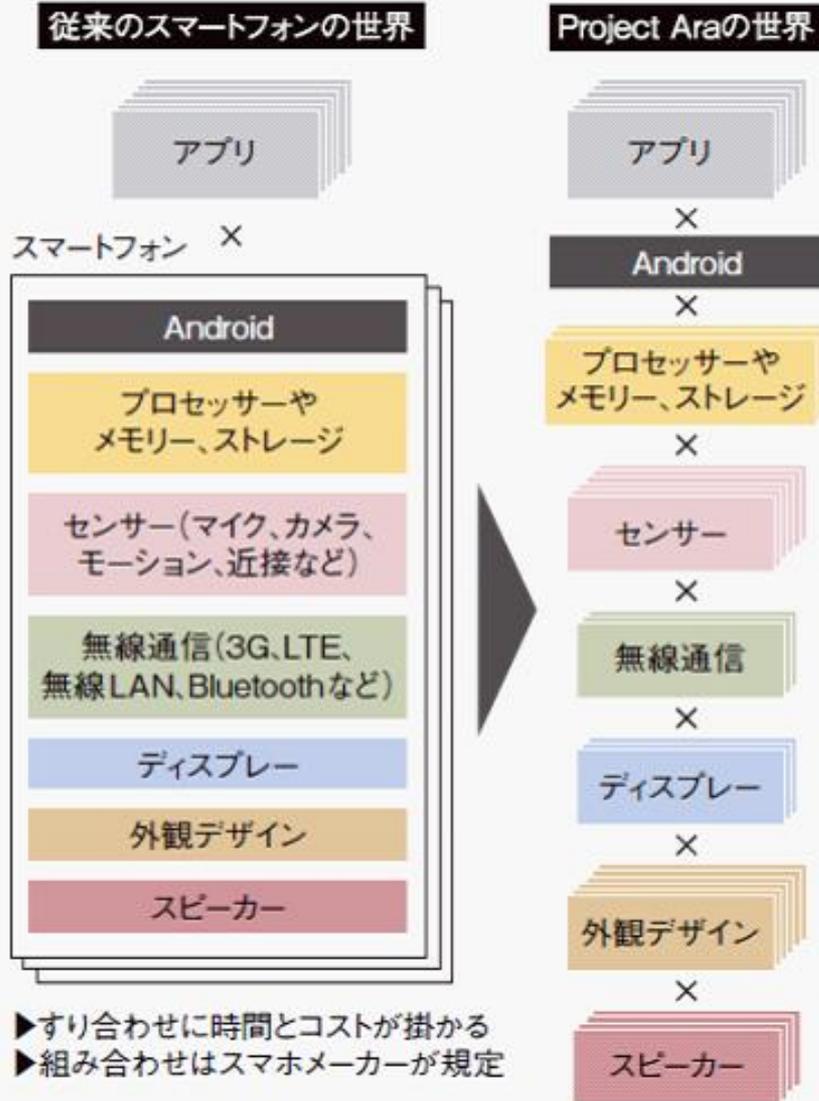
Googleは2016.3
AlphaGoでTop
プロ棋士に勝利

コンピュータ上で神経回路を
シミュレーションする



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



2016年5月発表によると、
ディスプレイ・プロセッサ・
RAMは交換不可能



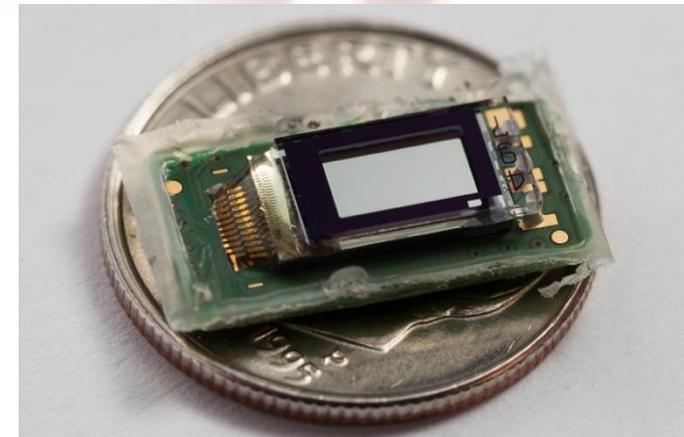
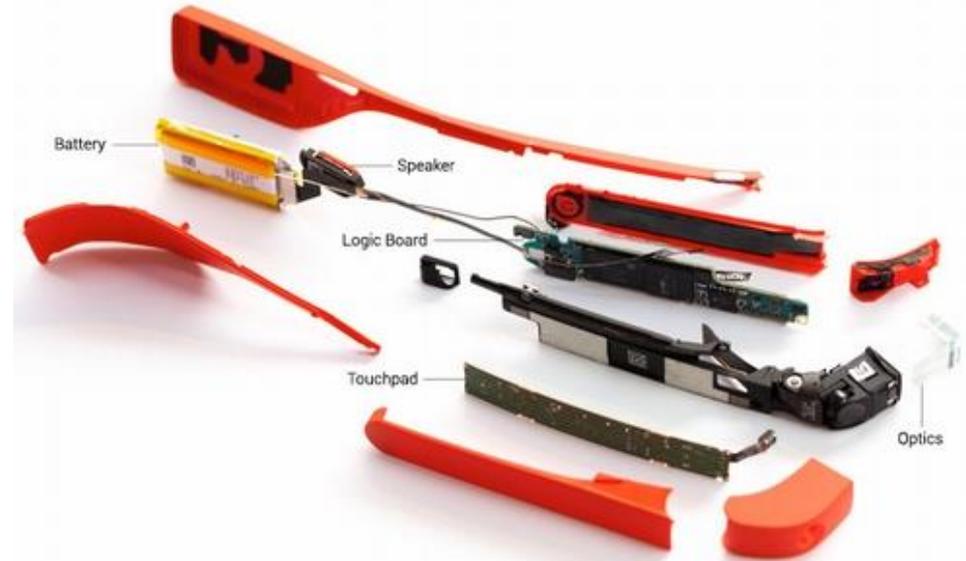
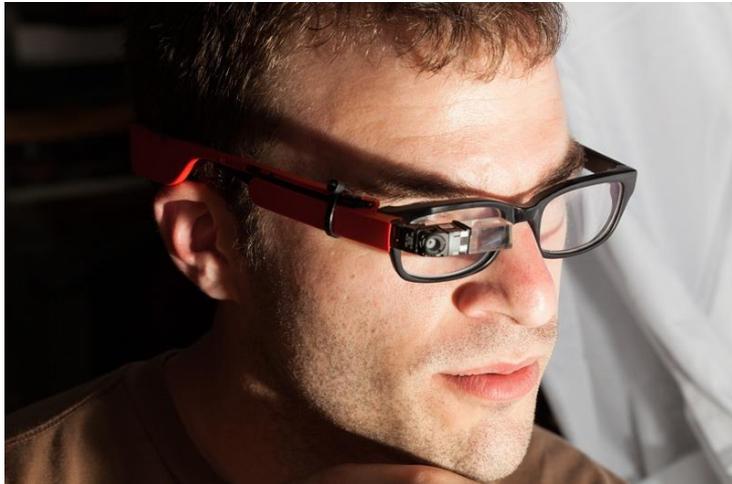
IoT専用端末に最適

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

デリバリ時期: 1年以上の遅れ
当初2015年1月予定が
2016年4Qに開発者向け
2017年一般販売予定

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(工場の製造現場)



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

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

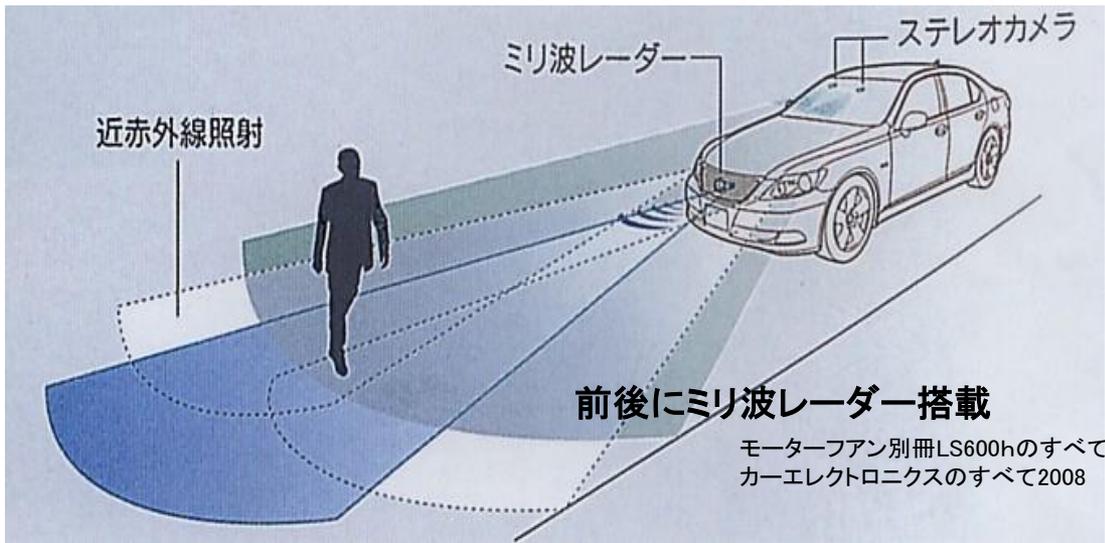


2015年の腕時計型端末世界出荷台数は全体で2130万台
その内、Apple Watchが1300万台でシェア60%
2019年には9000万台に市場拡大を予測。USA調査会社IDC

自動運転車はIoTデバイス

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、標識や白線、自転車、歩行者を検知する。

自動運転には各種センサ以外に、AI人工知能技術が不可欠



Google Car自動運転車



<http://gigazine.net/news/20160203-google-self-driving-simulation/>

(a)

- 360度検知可能な赤外線レーザースカナー(自社開発中)
- 複数のカメラ
- 複数のミリ波レーダー(Bosch社製)
- 前後に赤外線レーザースカナー
- LEDヘッドランプ
- 公道実験用のステアリングとアクセルペダル、ブレーキペダル
- 2重系のブレーキ
- 2重系の転舵用モーター
- LinuxベースのOS
- NVIDIA社製プロセッサー
- 高精度な地図データ
- 柔らかいフロントウインドー
- 前面ボディは発泡プラスチック材
- 広域無線通信機能
- 駆動用モーター(Bosch社製)
- リチウムイオン電池(LG Electronics社製)
- 製造はRoush社

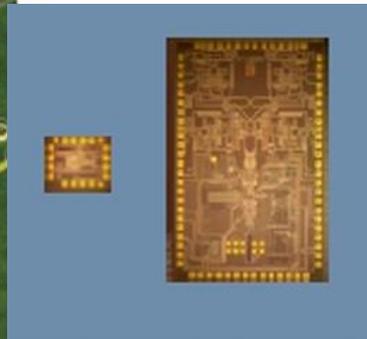
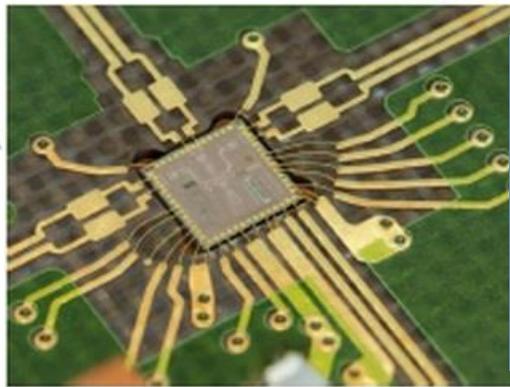
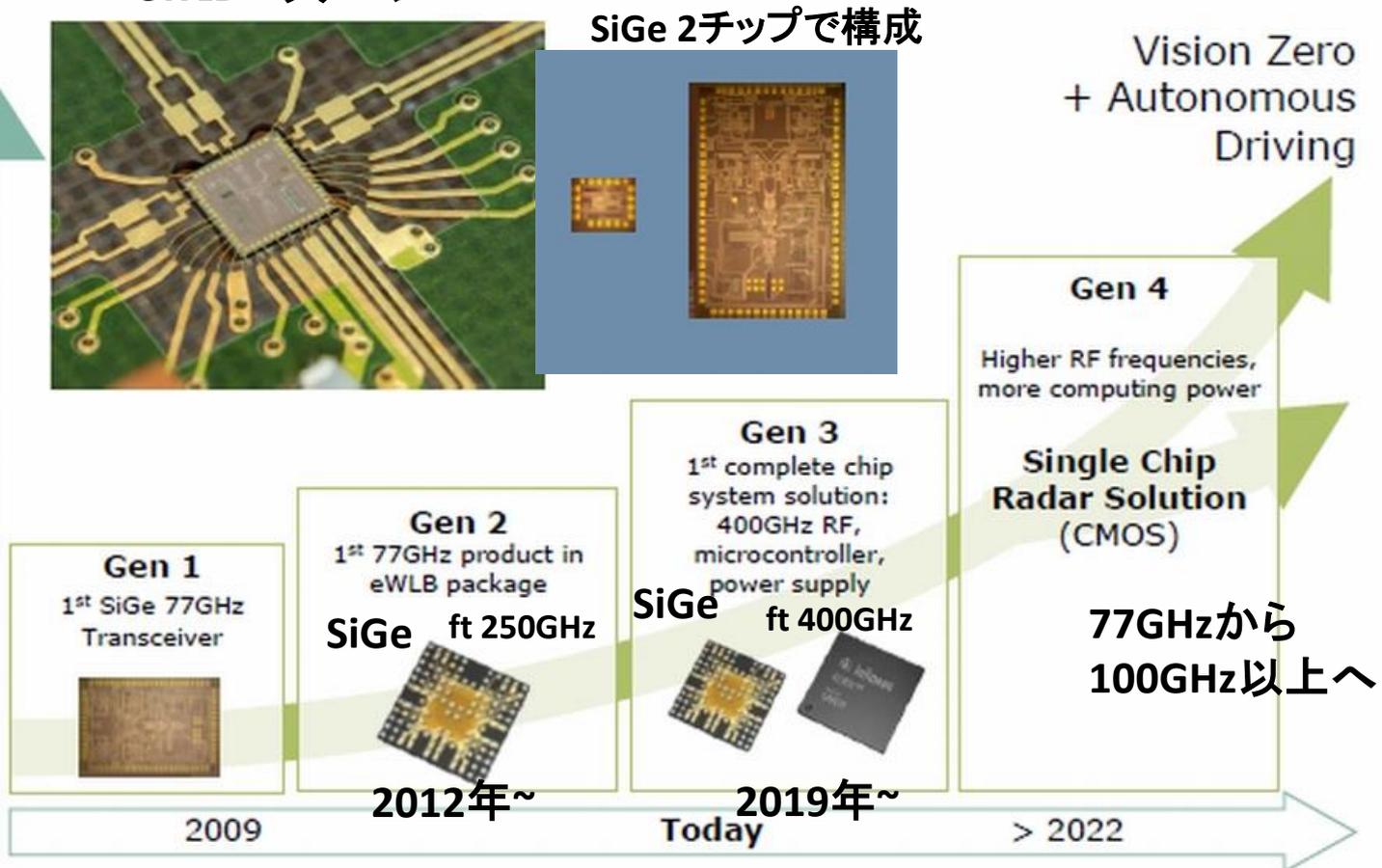
次世代ミリ波レーダー用IC

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

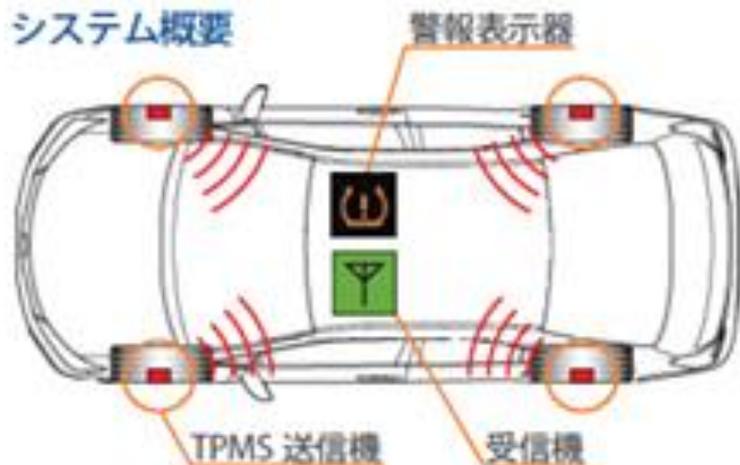
eWLBパッケージ

SiGe 2チップで構成

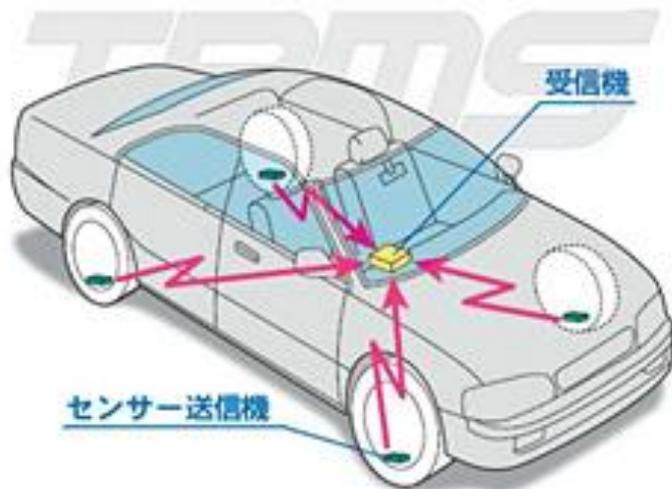
Vision Zero
+ Autonomous
DrivingInnovations for driver, road and
pedestrian safety

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。

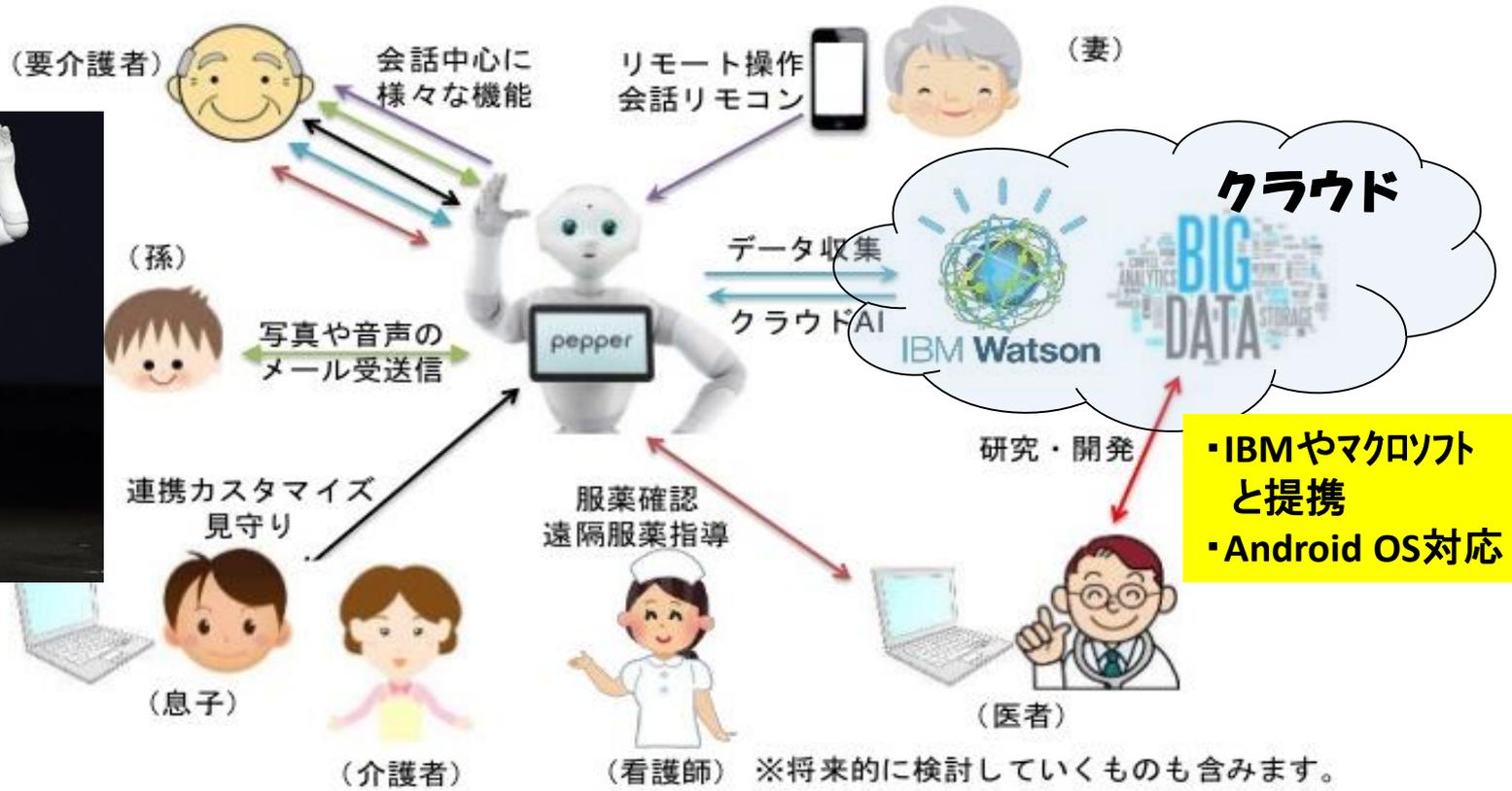
ロボットはIoT時代、サイバー空間とフィジカル空間の重要なインターフェース

・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

・ハウステンボスは“変なホテル”で人間に替えて、多数の接客ロボットを採用

現在、客室数144室に対して、ロボット182台、従業員は10人!!



- ・IBMやマイクロソフトと提携
- ・Android OS対応

ドローンは「IoTデバイス」

インフラ点検にドローン活用



<http://www.saga-s.co.jp/news/saga/10103/143626>

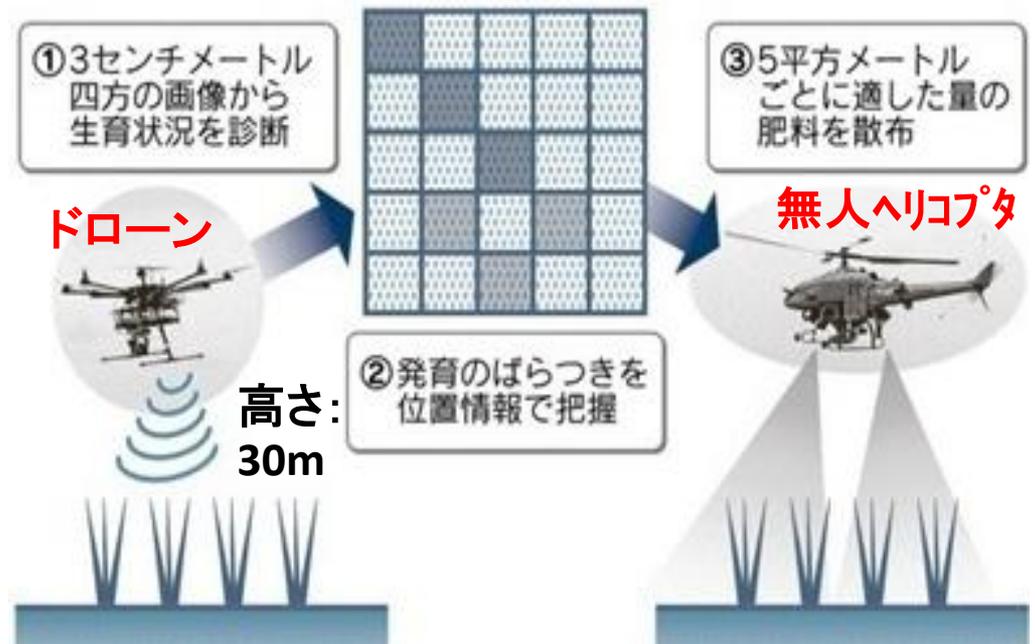


<http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/feature/15/120900013/010500021/?ST=tomic&P=4>

ドローンで効率的な米作り: ヤンマー+コニカミノルタ

ドローン搭載カメラで地上30mから3cm²単位で稲の画像を収集。光学分析技術で稲の茎の数や葉の色を高解像度で測定。生育状態や食味、収穫時期の目安を数値化。

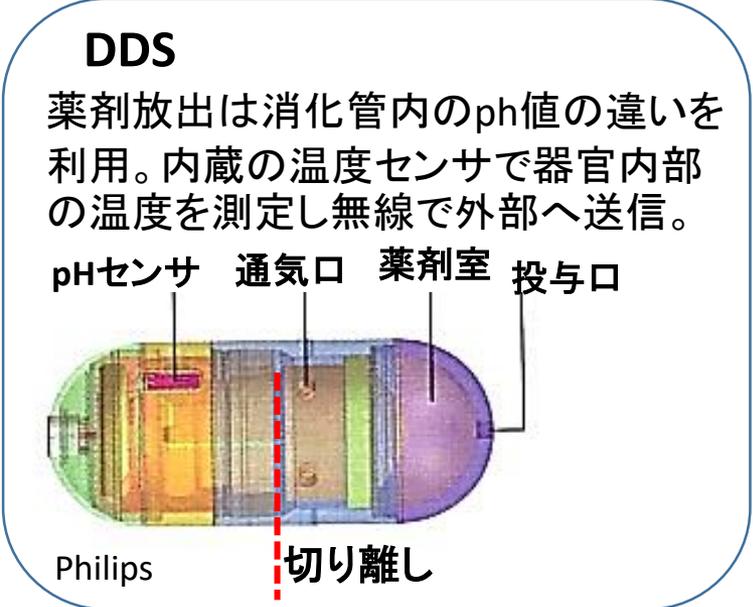
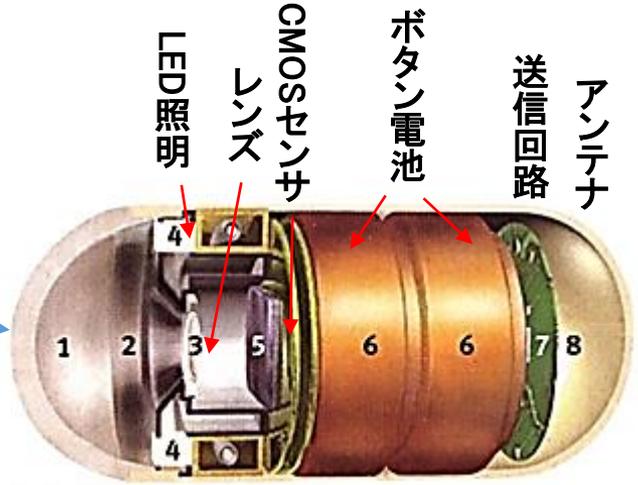
ヤンマーは無人ヘリで5m²単位で肥料の量を調整して散布。位置計測はGPSを活用。



<http://buckyardofssl.seesaa.net/article/433472499.html>

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

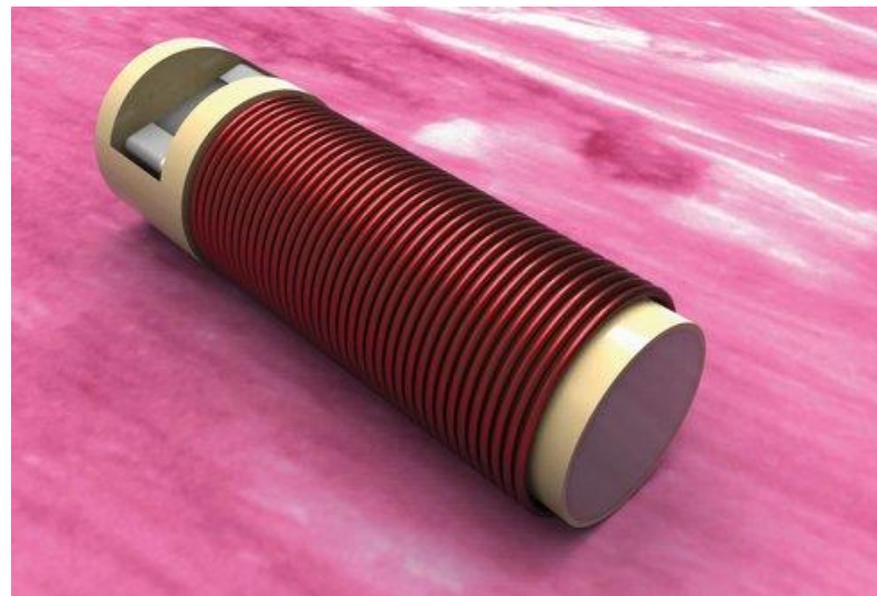
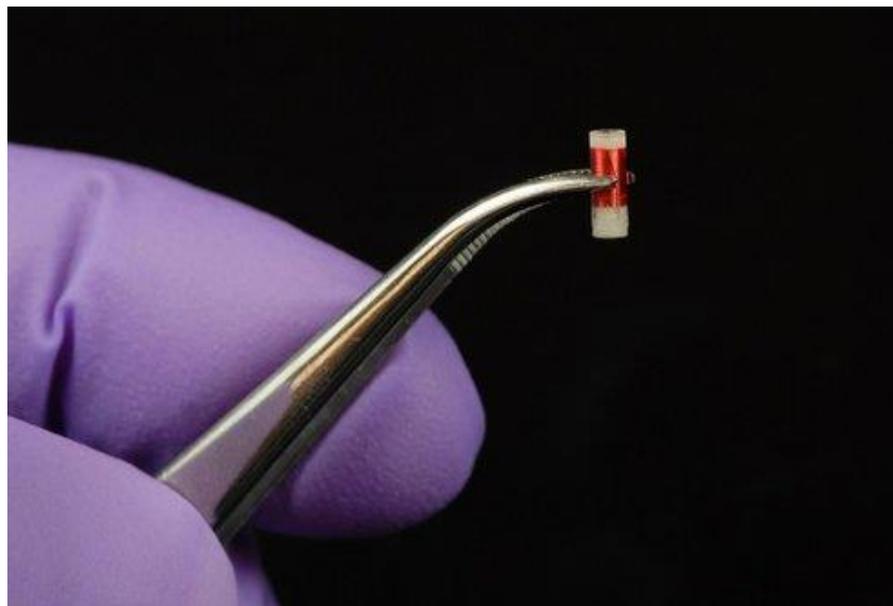


がん組織に埋め込むセンサ、無線でデータ送信

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」

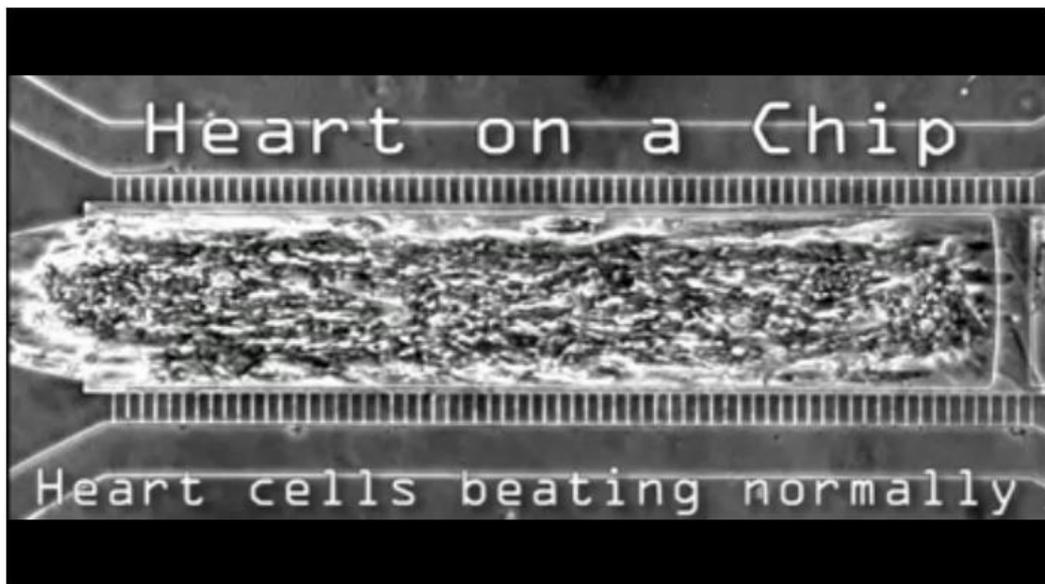


半導体チップ上に人工心臓を作る——iPS細胞を利用

2015.3

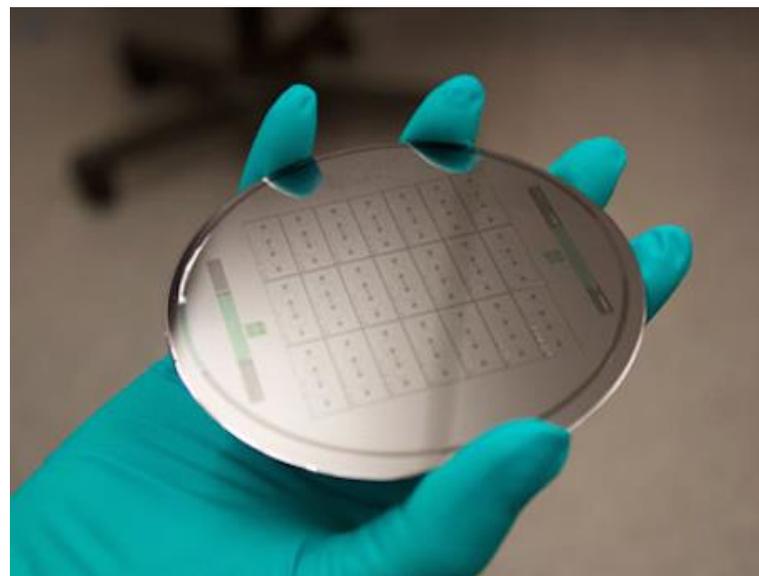
米国の大学が、**iPS細胞**（人工多能性幹細胞）を使って、**半導体チップ上に人工の心臓**を作ること
に成功したという。他の人工臓器をチップ上に形成し、マイクロ流路で接続すれば、薬剤が各臓器に与
える影響などを研究できる可能性がある。

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

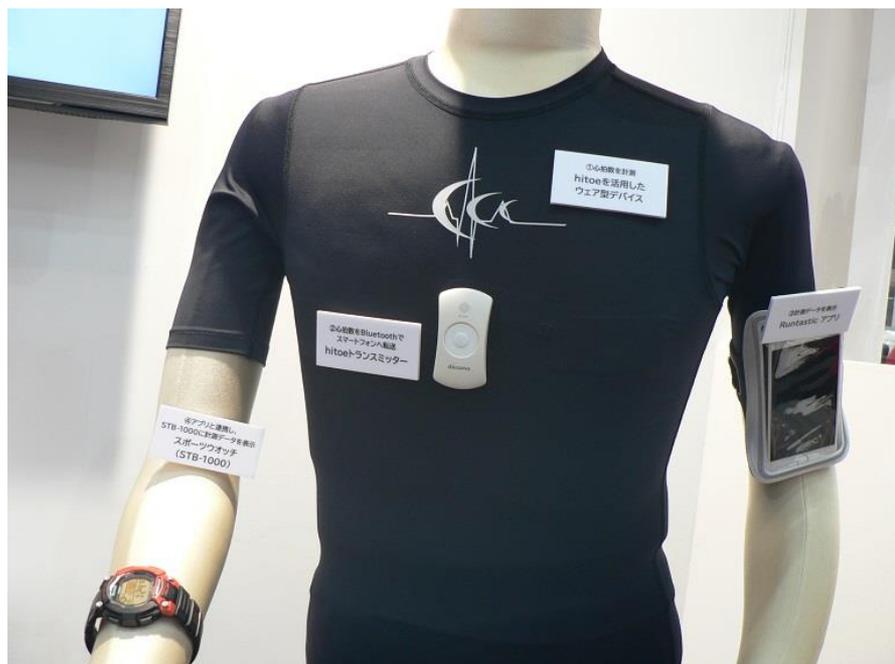
“心臓”を形成した4インチウエハ
University of California at Berkeley



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」。

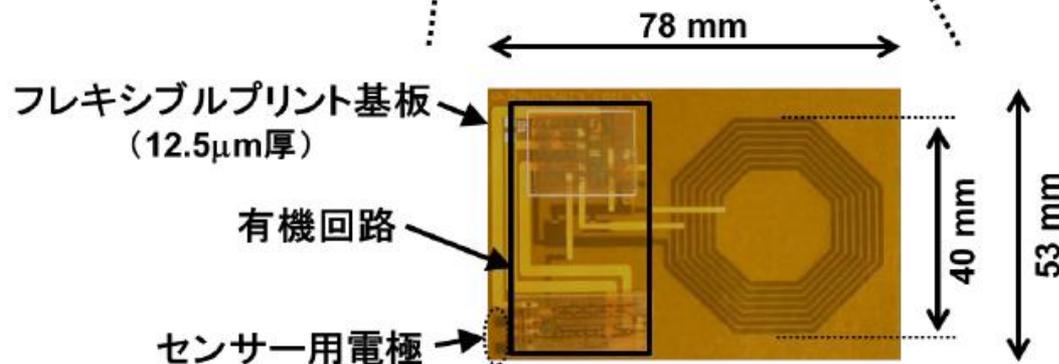
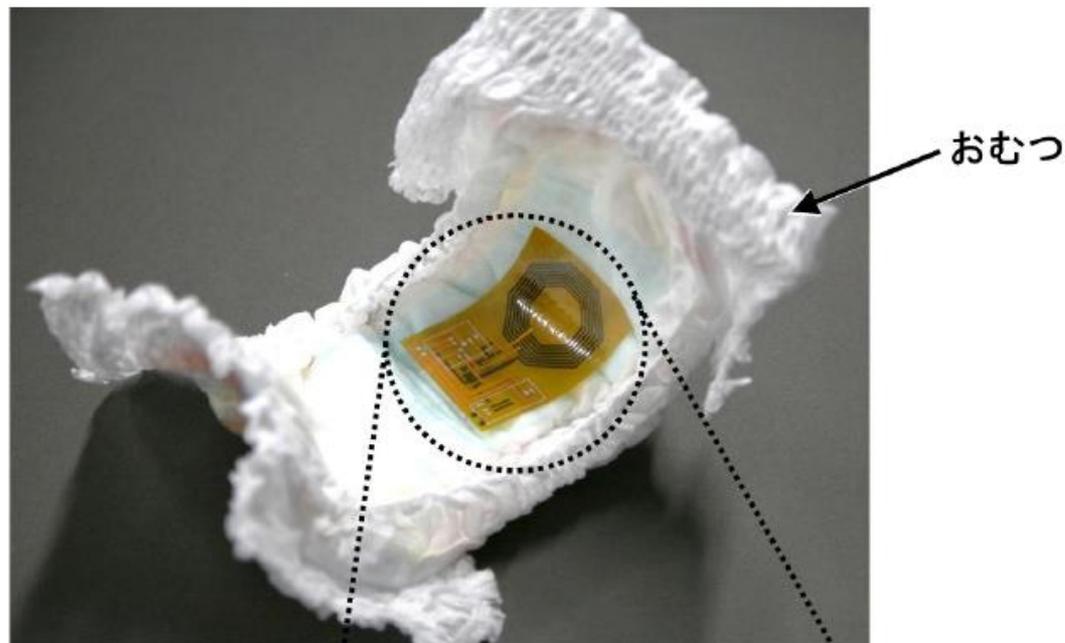


生体情報計測用ウェアは、ウェアの裏側、具体的には胸の左右と左胸の下側辺りに、電極となるhitoe製の四角い布地を貼り付け。左肩には専用の無線通信装置を取り付けるコネクタを組み込み、同コネクタと前述の電極をつなぐ配線となる導電性の糸(表面を被覆して絶縁性を持たせたもの)を縫い込むことで実現



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 13.56MHz 帯において、 10V の低駆動電圧で 20mA 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 Hz の信号を出力する。周波数が 3Hz の時、センサの消費電力は $1.4\mu\text{W}$



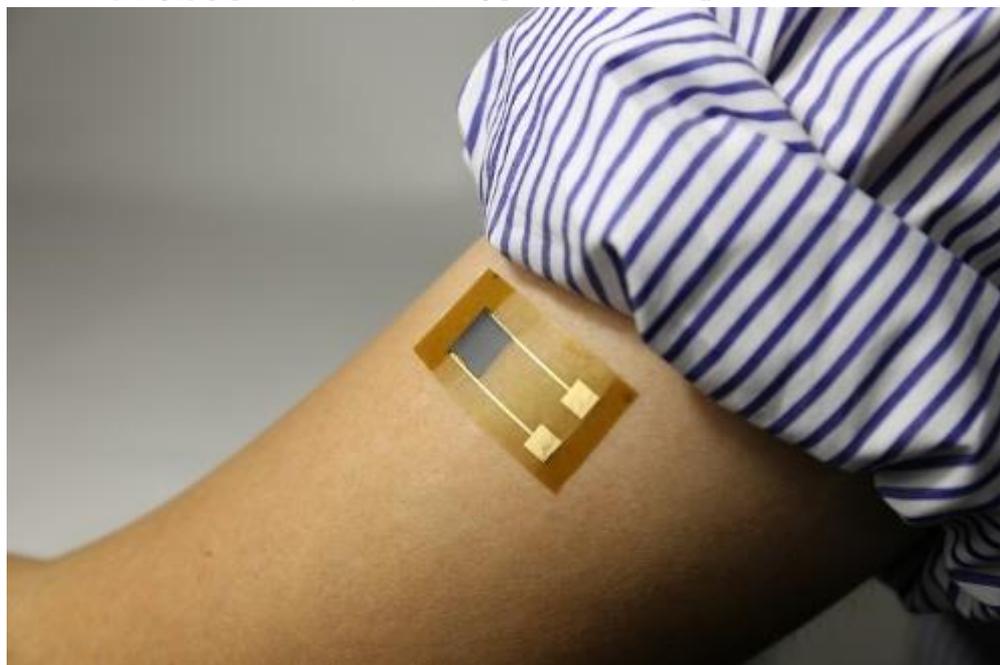
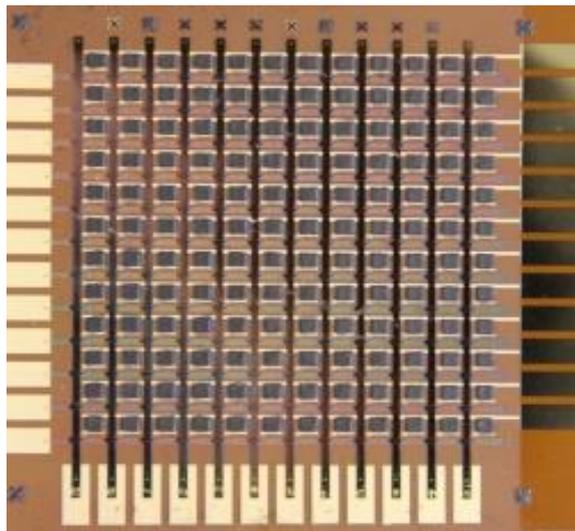
絆創膏のように貼って使える「フレキシブル体温計」

- ・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 μ 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



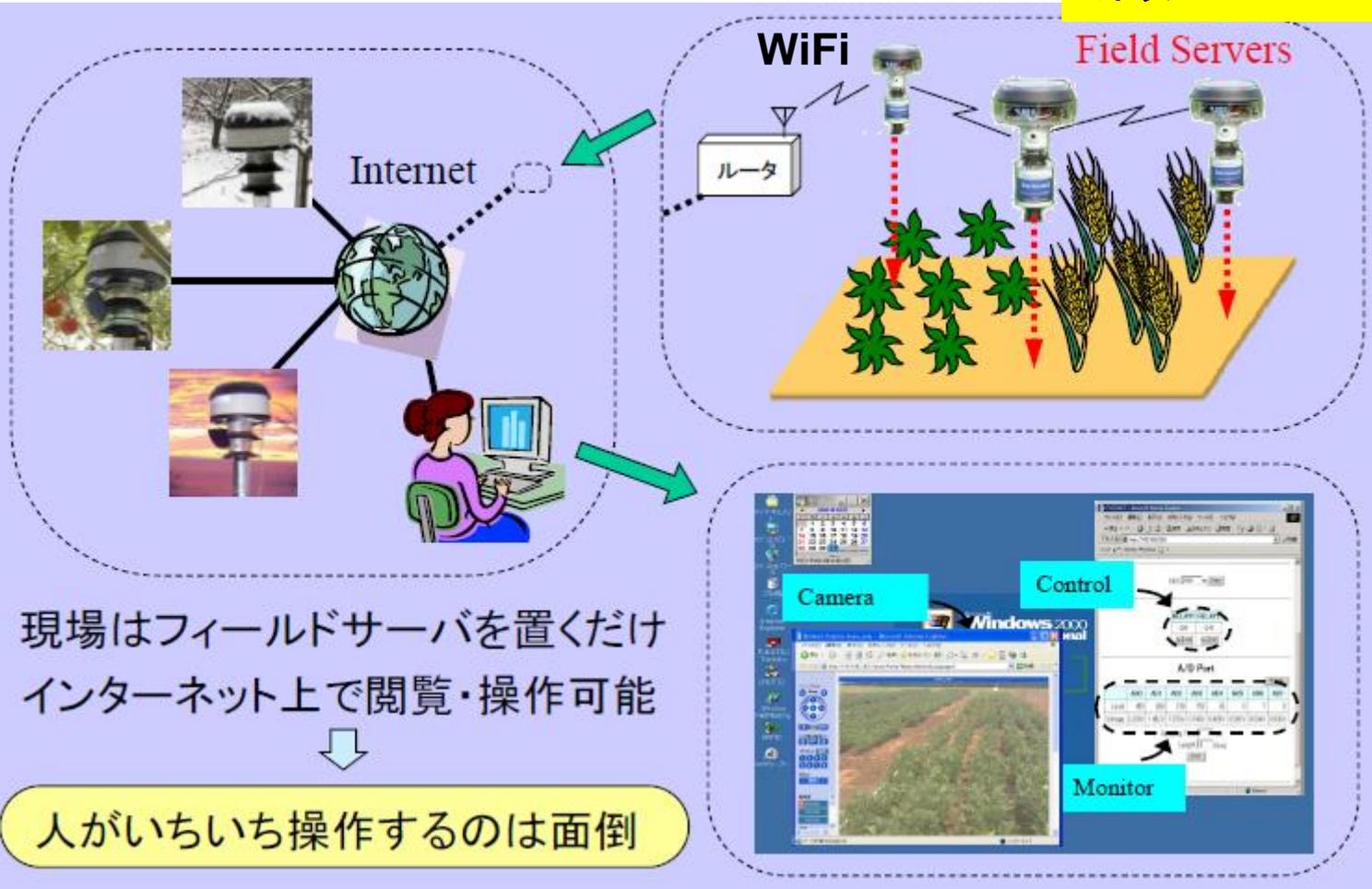
農業：フィールドサーバー

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(EC)、PH、ミネラル・・・



現場はフィールドサーバを置くだけ
インターネット上で閲覧・操作可能

人がいちいち操作するのは面倒

生育状況、病虫害発生状況などを常時監視し最適な対応

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 mm³, 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

牛の分娩では5%を超える確率で事故が発生、

畜産へのIoT活用で和牛の分娩事故ゼロ

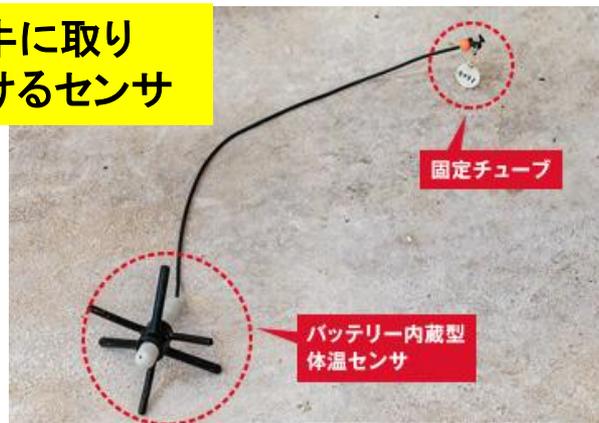
ドコモ

年間3万頭の仔牛が命を落とす分娩事故を防ぎ、農家の莫大な損害を低減

母牛に体温センサ＋通信機能を取り付け、0.1℃精度で5分毎に精密に体温監視。出産がはじまる体温変化パターンが表れた場合(分娩約24時間前の段取り通報)と、体温センサが一次破水で腔外に脱出した場合(駆けつけ通報)、スマートフォンに通知



母牛に取り付けるセンサ



牛舎に設置した親機



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