

IoTの本質と市場技術動向

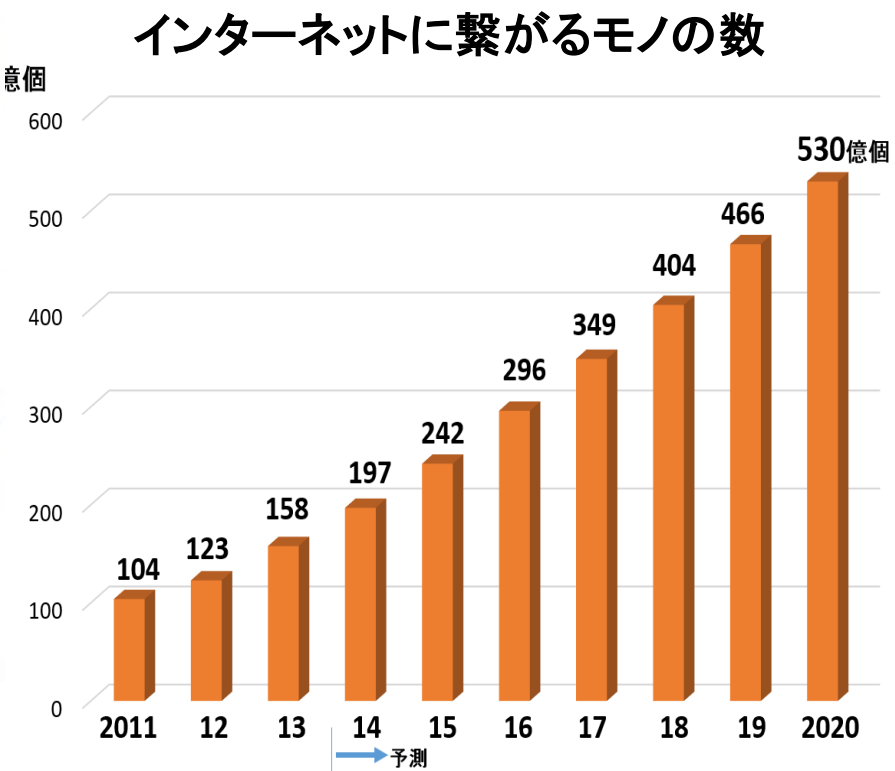
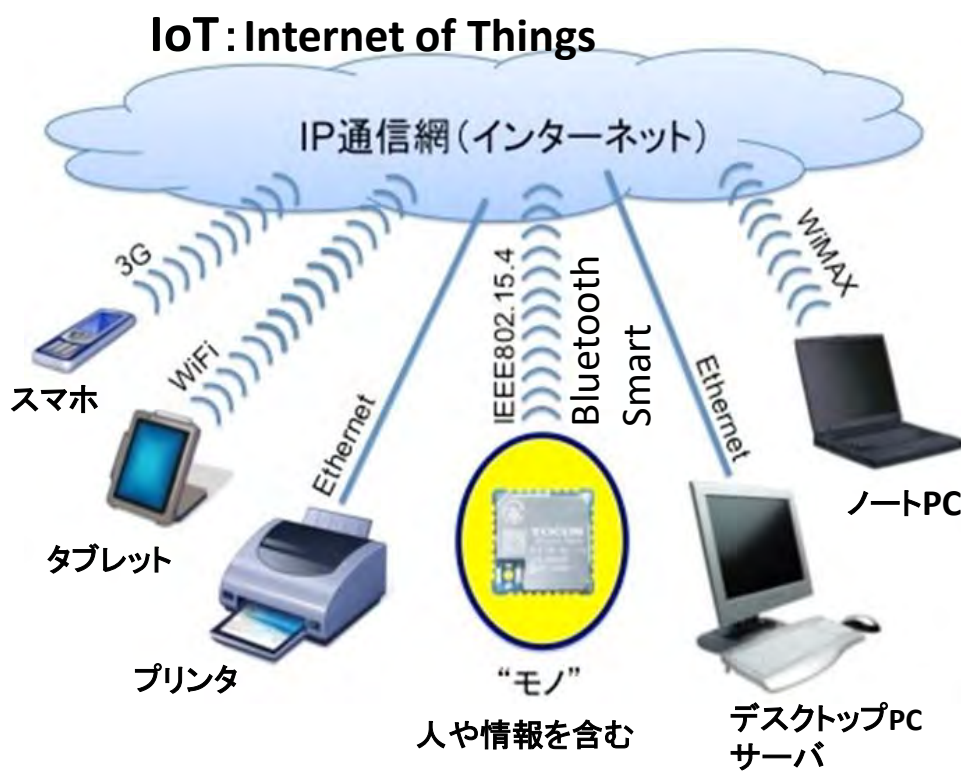
2018年7月30日
群馬大学協力研究員
東京電機大学非常勤講師
中谷 隆之

本日の内容

- ・IoTとは何か
- ・IoTの要素技術
- ・IoT先進企業の実例
- ・興味深いIoTデバイスを見る
- ・まとめ

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“人や情報”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



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、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

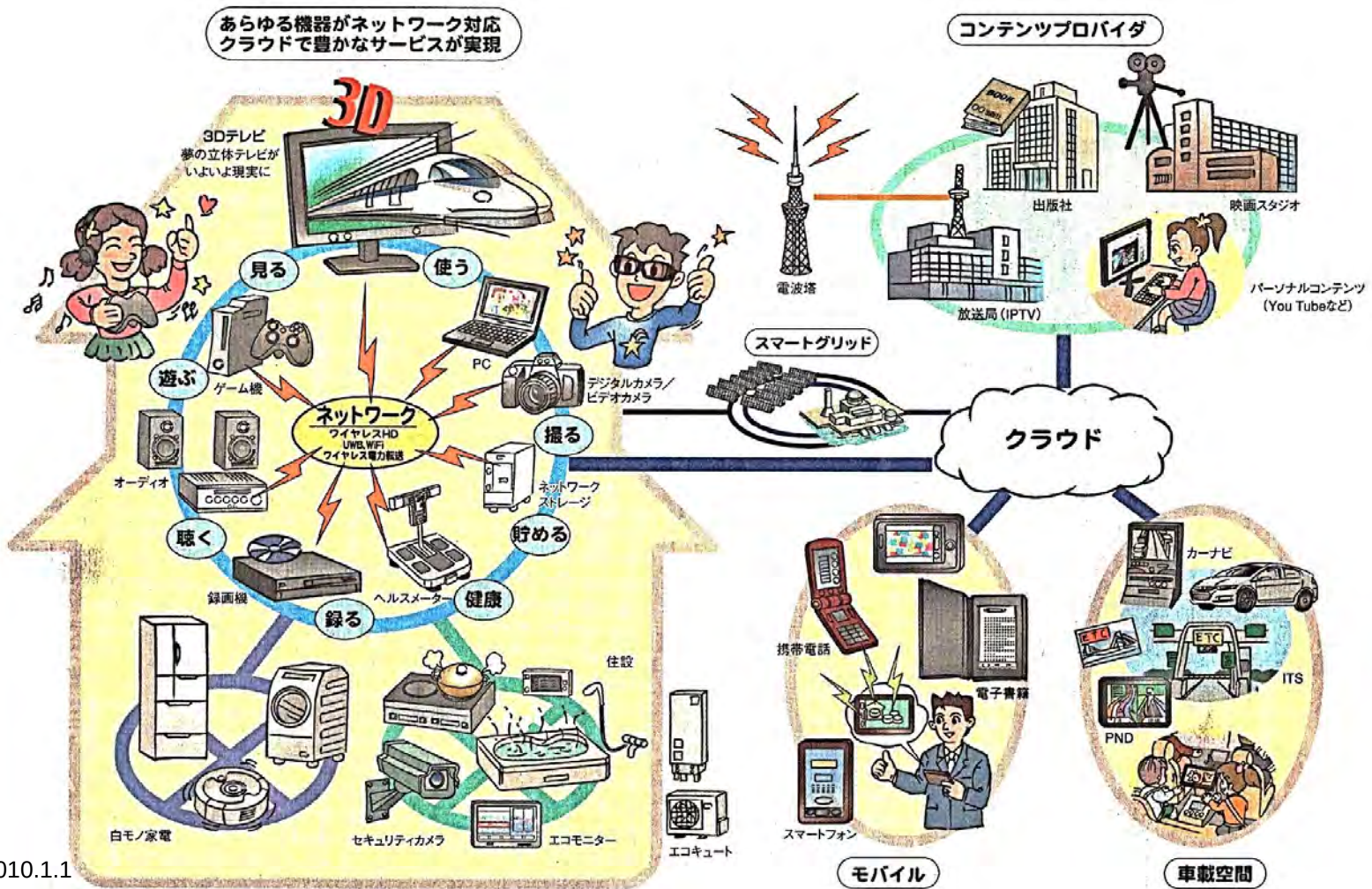
- ・「便利」を極限まで追求しつくした実験住宅
- ・「技術者の夢」の一つの完成形

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ーが用いられた。この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。

 自動換気	 自動水栓	 自動調光	 センサーネットワーク	 人工土壌
 放射冷却の利用	 集中制御パネル	 音響システム	 収納システム	
 インテリジェントトイレ	 インテリジェントキッチン			

時代は、あらゆるものがネットに繋がる世界へ

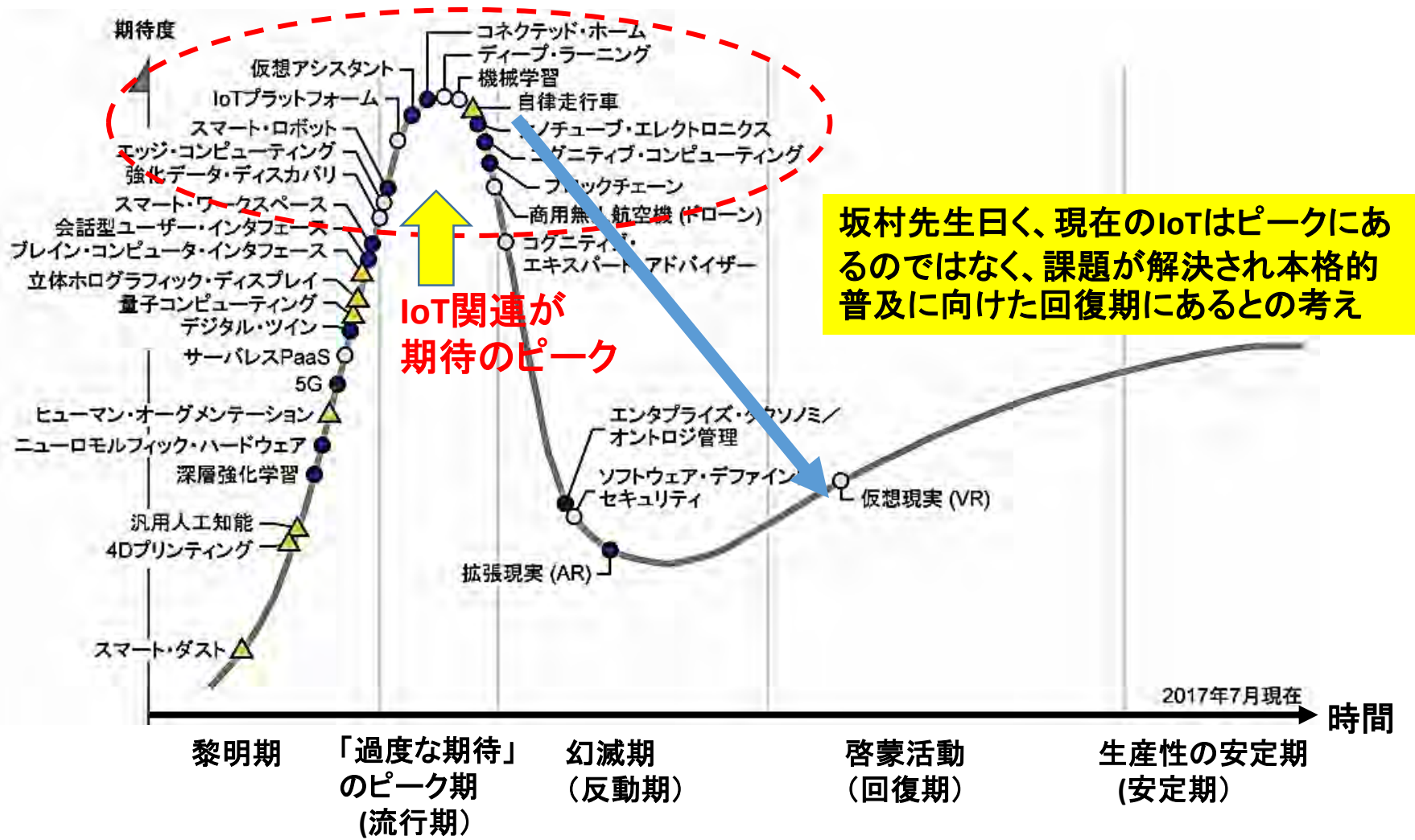
IoTの概念(ネットに様々な物が繋がる)は昔から存在する、今普及する環境が整ったことがポイント
ユビキタス>>デジタルコンバージェンス>>クラウド>>IoTへ呼称は変化
「IoT」という言葉は1999年MITのケビン・アシュトン氏が使用。2010年以降に再浮上



先進テクノロジーのハイプサイクル2017年版

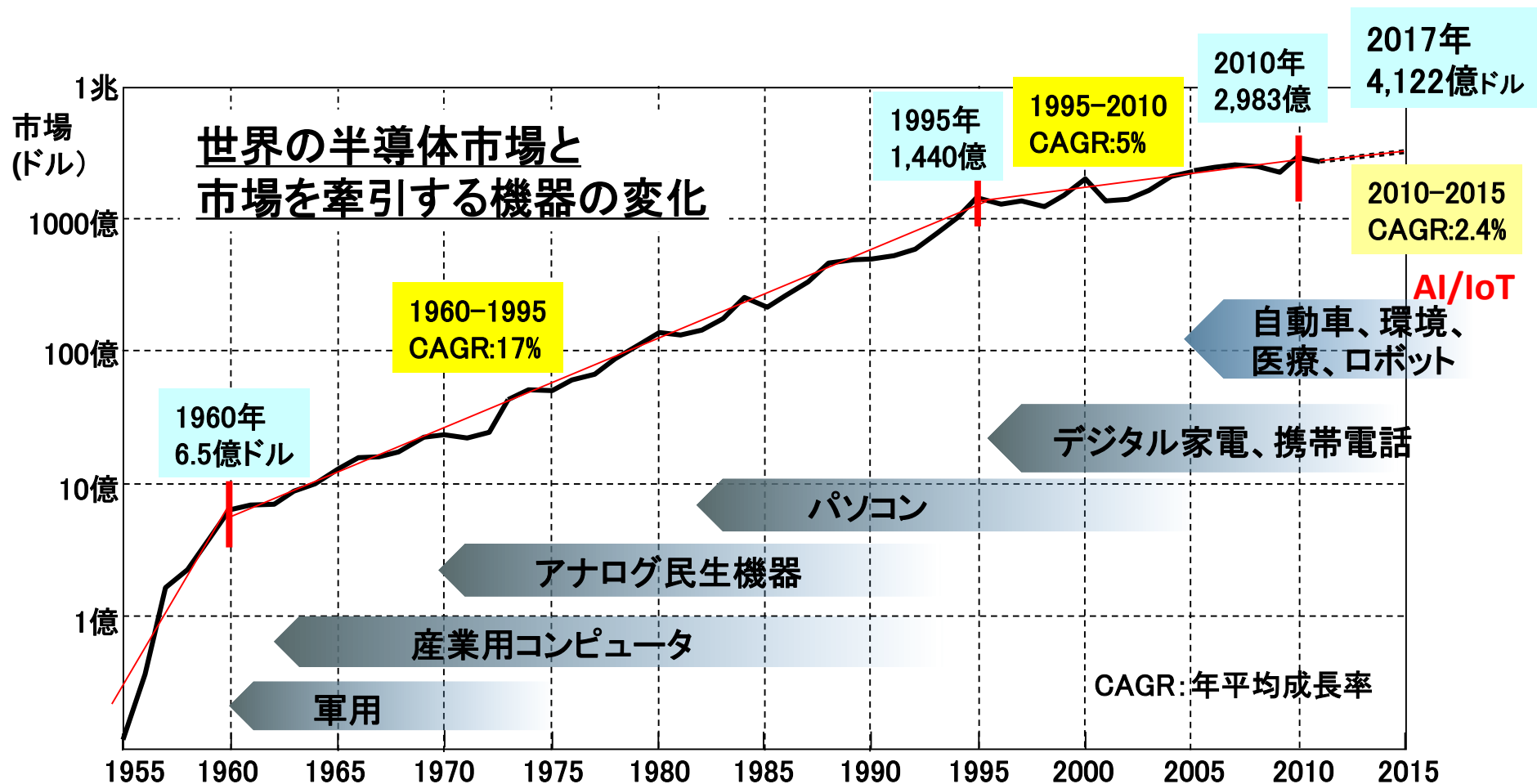
2017年7月

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



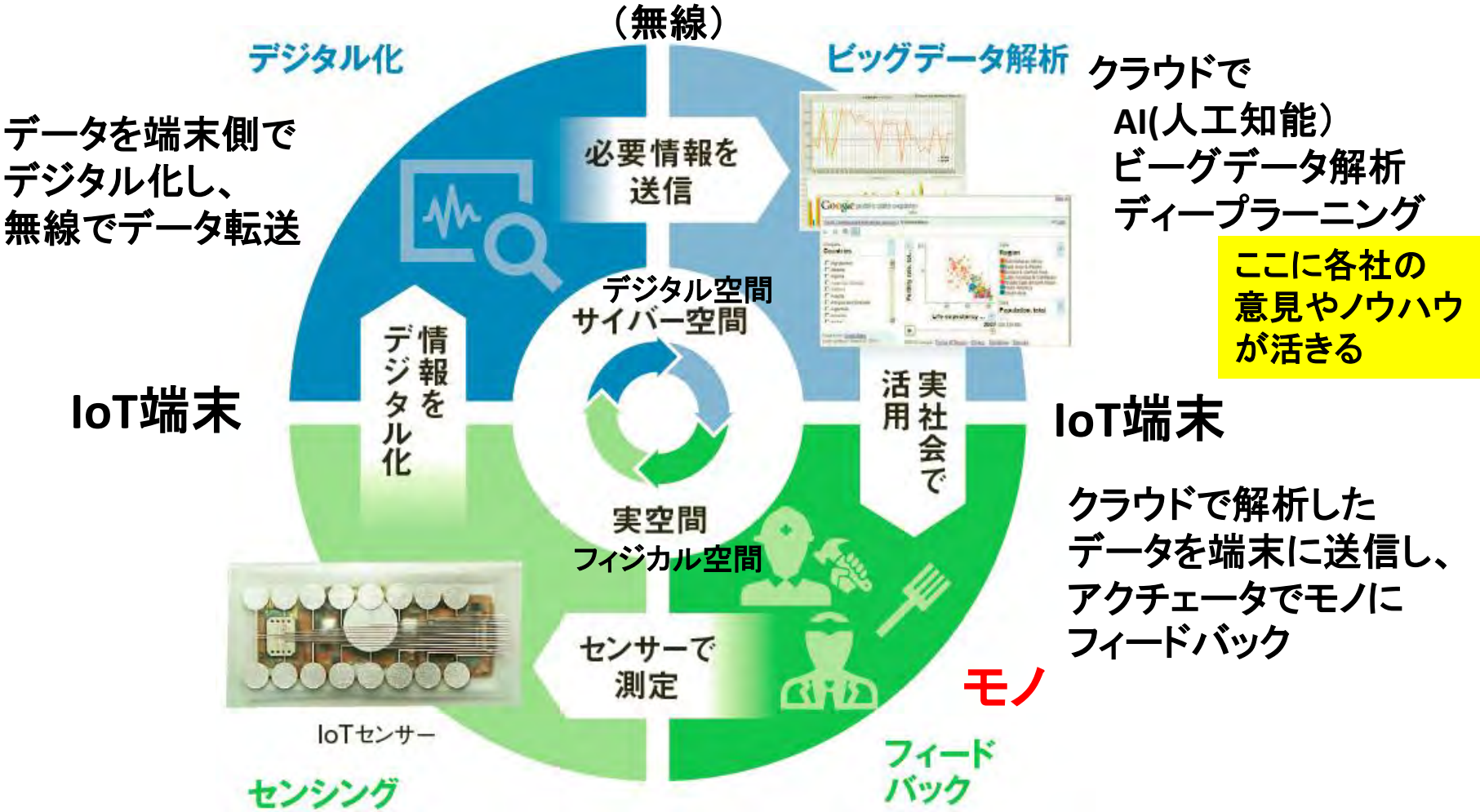
世界の半導体市場推移と牽引する市場

- ・2017年の世界半導体市場は4122億ドル(約41兆円)
 - ・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
- ポストスマホ半導体市場としても、IoTが2013年頃から注目**



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



「モノ」の状態をモニター、センス

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

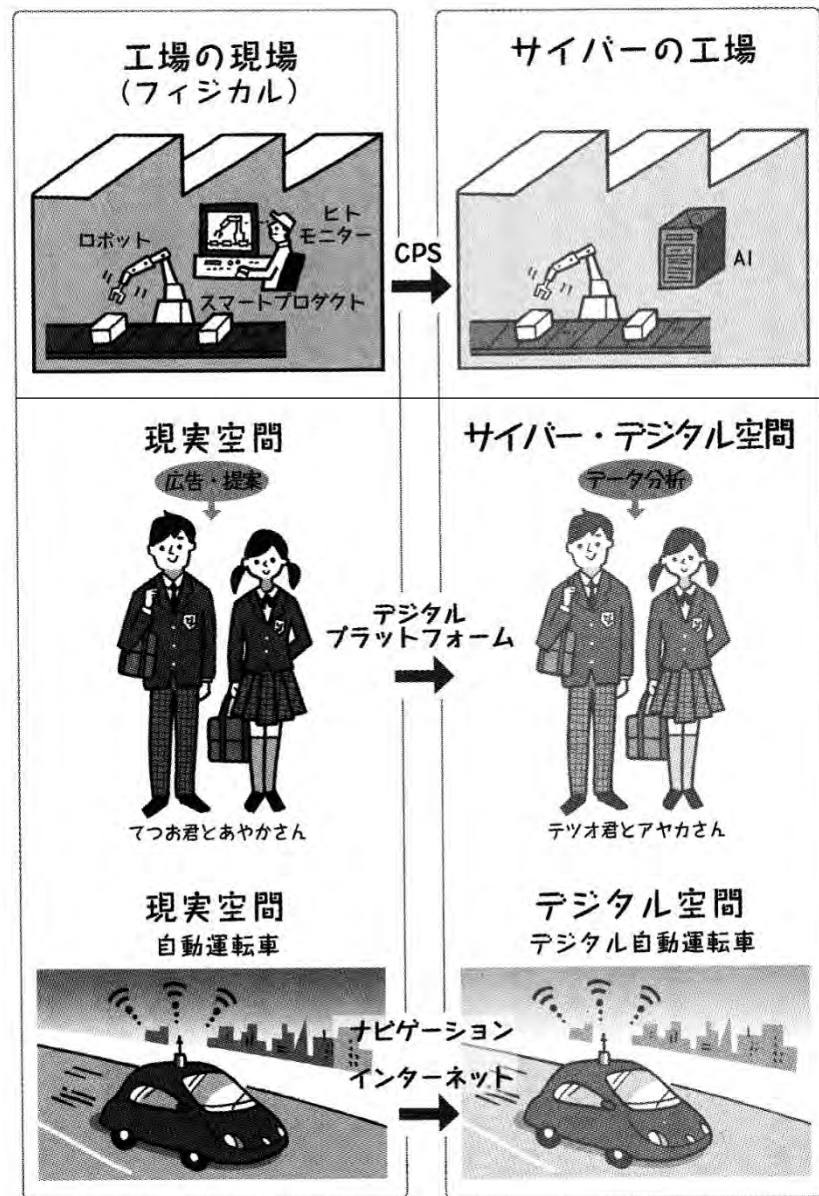
工場と自動運転車の例

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

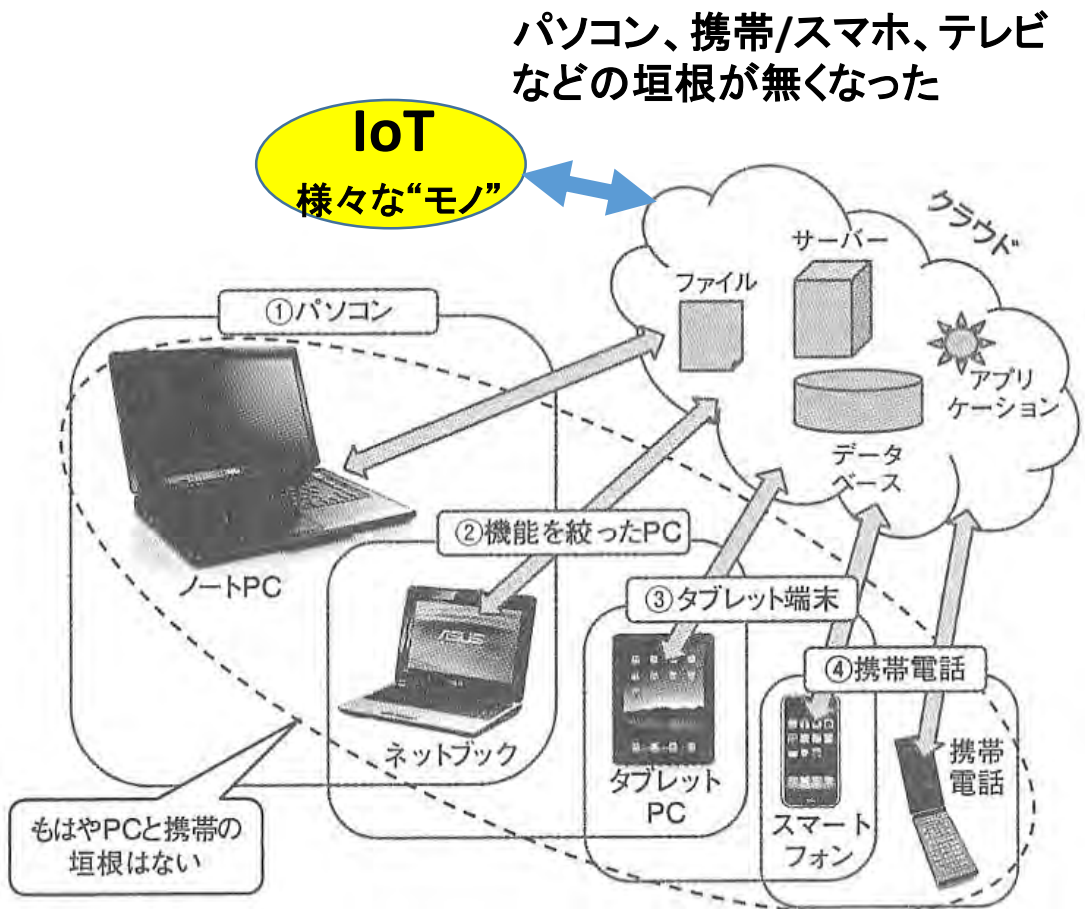
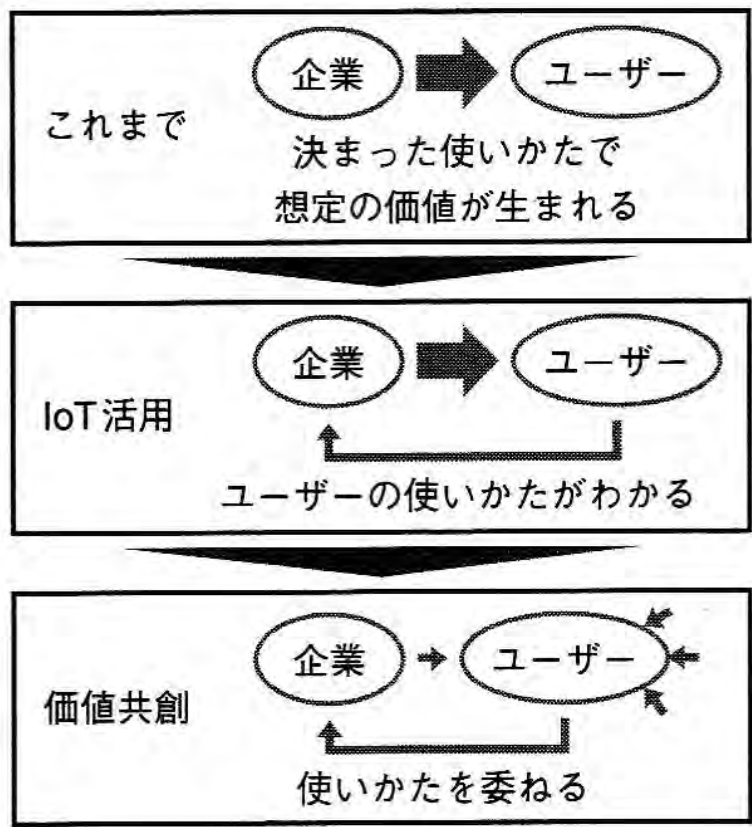
自動運転車: GoogleやAppleの狙い

- ・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



日米独のIoT戦略違い

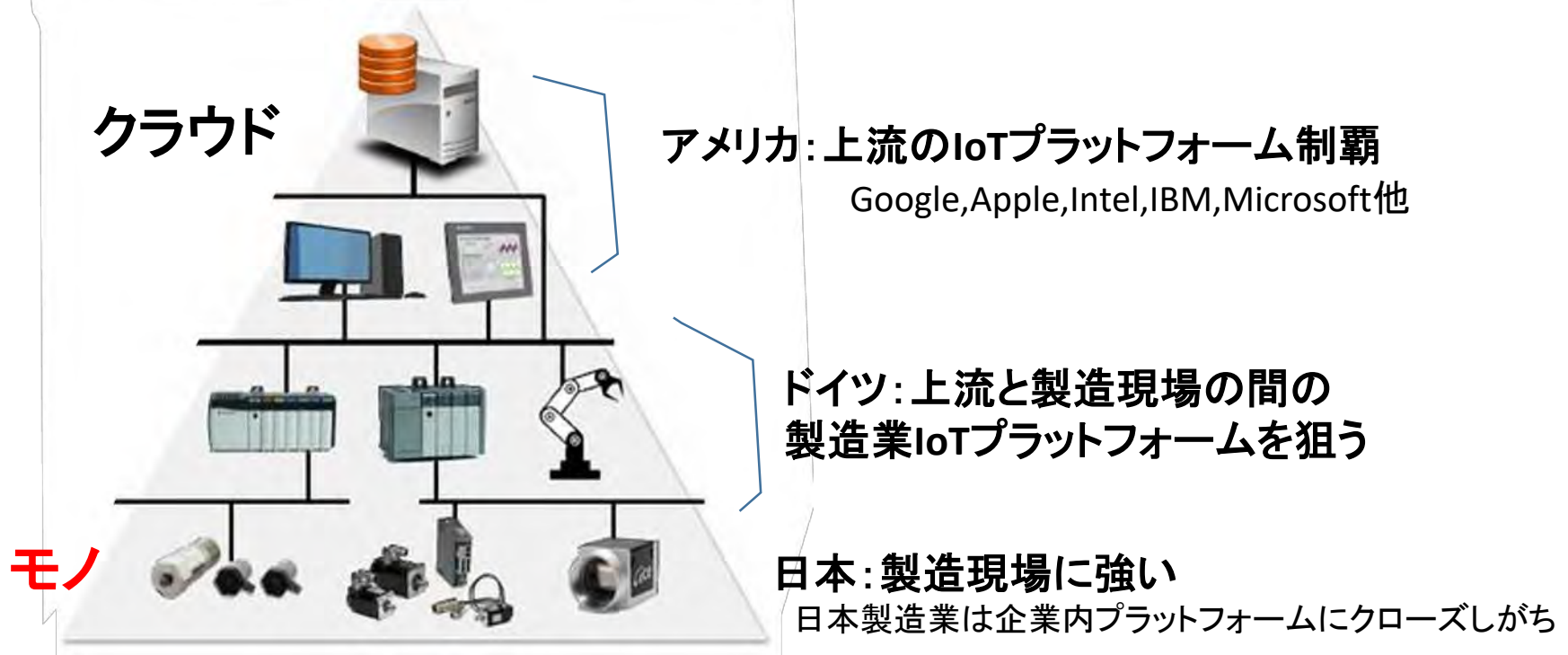
オープンIoTとクローズIoT

- ・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、日本酒獺祭他多数)

欧米はIoT上流(プラットフォームやAIなど)を制覇し、日本はIoT下流の現場に強み



インダストリー4.0:ドイツ

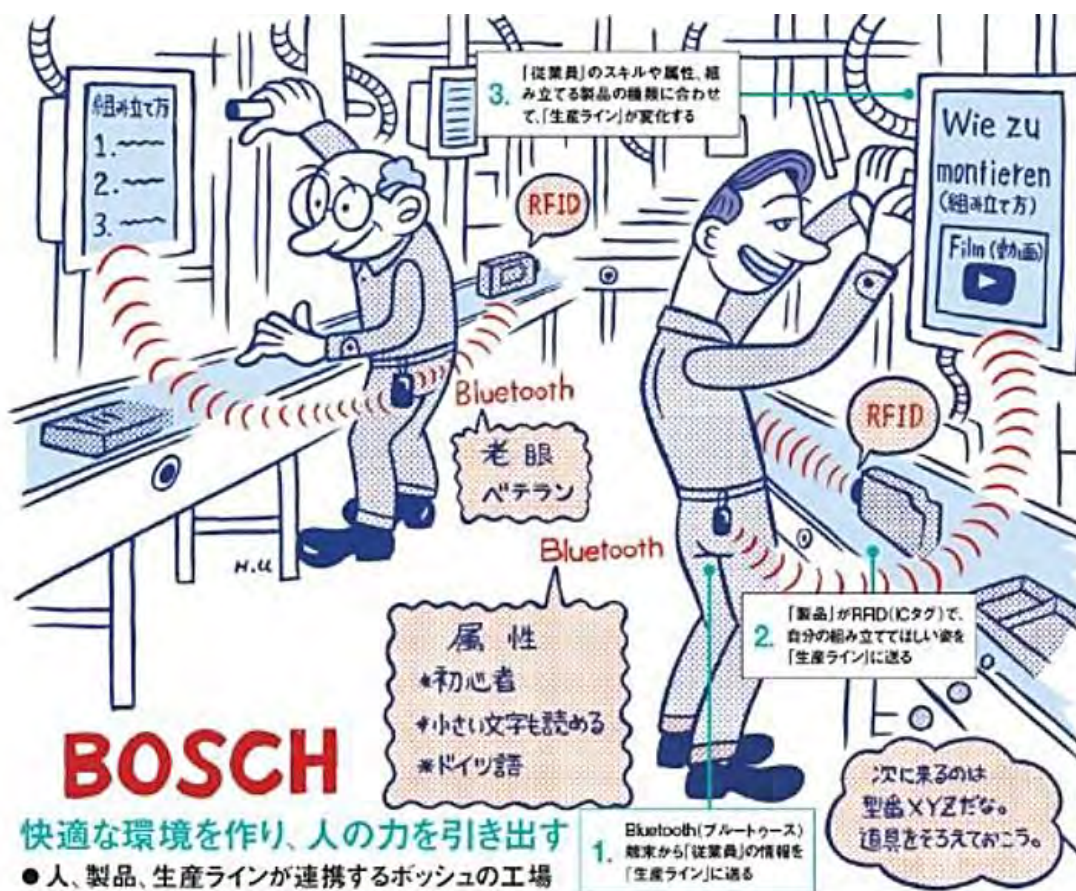
- ・インダストリー4.0は大量生産システムではなく、IoTを活用した「**1個生産システム**」
- ・センサ、ソフトウェア、ソリューションサービスの3Sを上手く使いこなすことで、今まではコスト的に成立しなかったテーラード生産の実現を目指す。

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。

インダストリー4.0を活用した製造現場

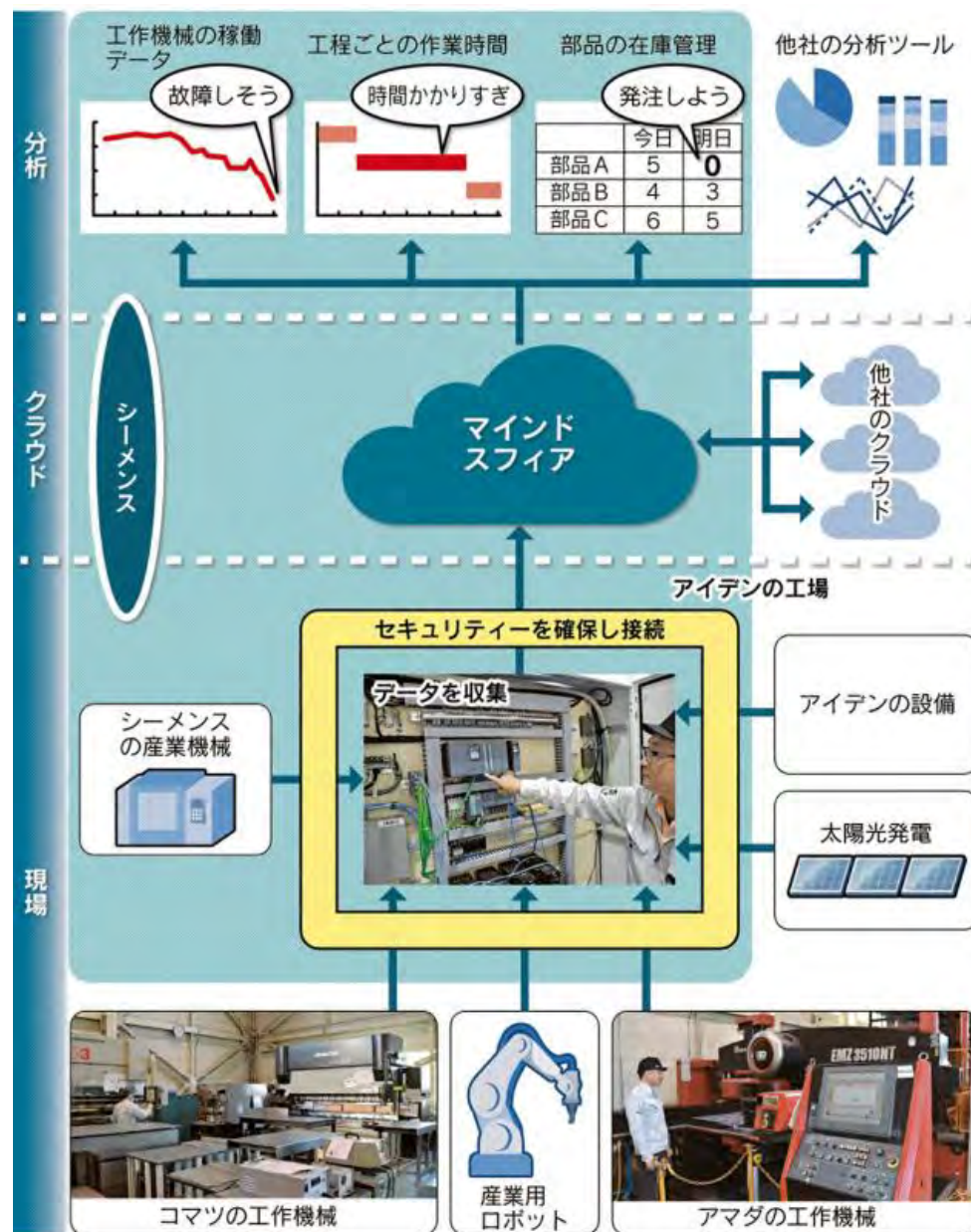


独シーメンスが狙う「工場IoT」: マインドスフィア

2017.12

IoTプラットフォーム「マインドスフィア」は、IoT技術などを活用した生産革新システム。工作機械などに設置したセンサーから振動や温度などのデータを大量に集め、分析して故障予知や生産性改善につなげ、工場の稼働状況をデジタル化し管理するIoTサービス。

「マインドスフィア」システムの特徴
 初期の導入コストはゼロ。利用料は独自の通貨単位「マインドスフィア ユニット(MSU)」があり1MSUあたり15円でサービスを提供。
 データの取得設定によってMSUの必要数は変わるが、機械1台の稼働状況は数千円もかければ「見える化」できる。
 大手だけではなく中小企業も顧客対象。



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

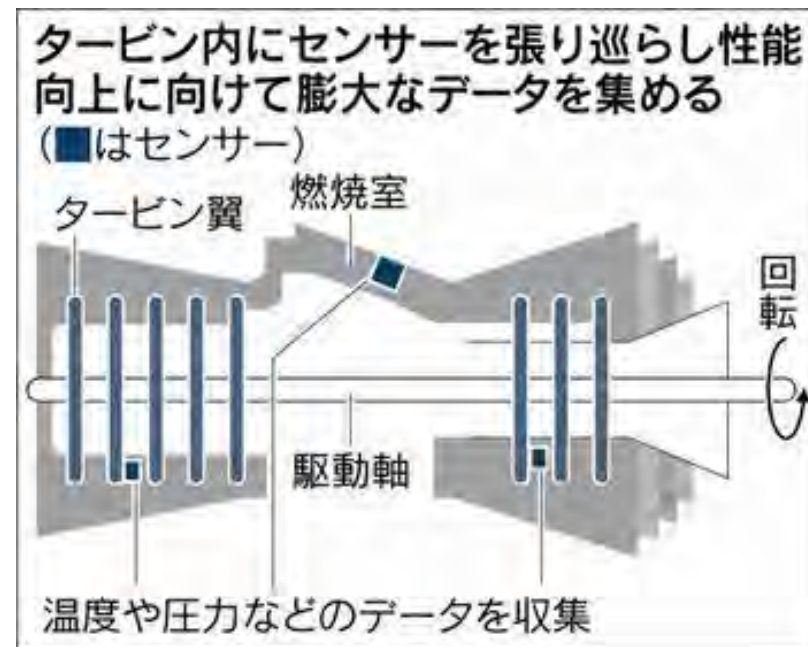
IoTの本質的価値: 新たなビジネスの創出

・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

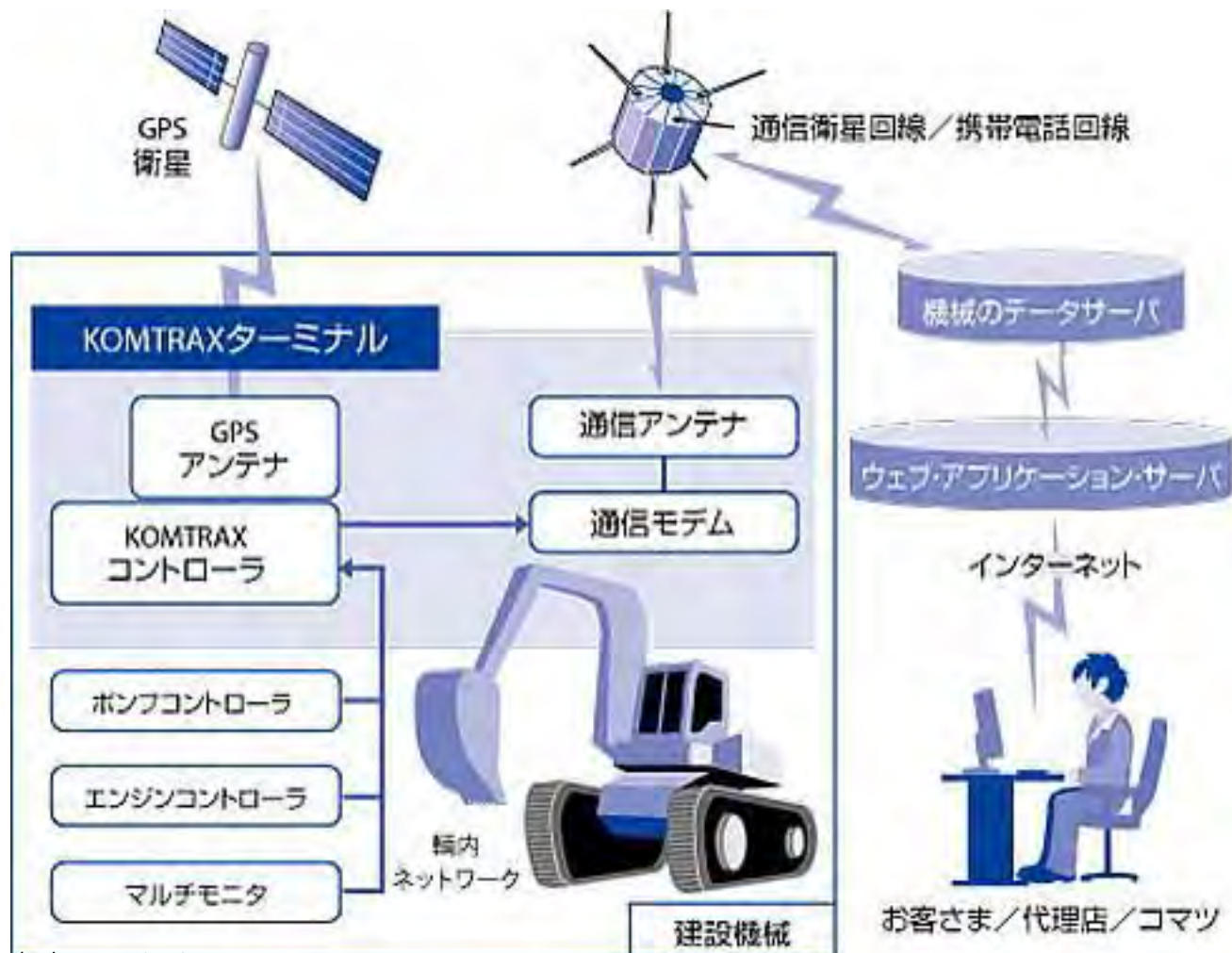


建設機械のIoT:コマツ「KOMTRAX」

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

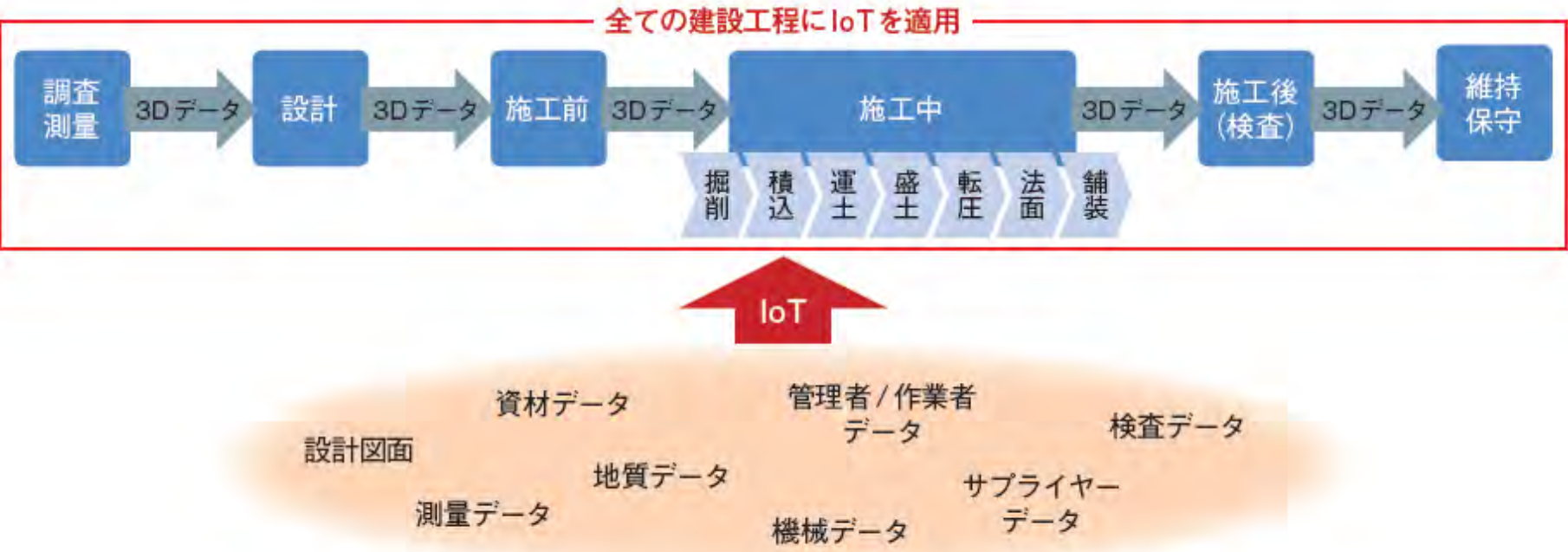


土木工事全体のIoTプラットフォーム: LANDLOG

クローズIoT「KOMTRAX」や「KomConnect」から土木全体IoT化を目指すオープンIoT「LANDLOG」へ進化
コマツ単体で進めてきたクローズIoTにより、建機の生産性は向上したが土木工事全体の生産性向上にあまり寄与しなかった。

LANDLOGによる他社との連携

- コマツ:「地形測量ノウハウや土木工事への投下資本の可視化ノウハウ
- NTTドコモ: LTE,5G,LPWAなどの通信ノウハウとIoT基板構築のデータ収集、可視化、分析
- SAPジャパン: デザイン思考とそのフレームワーク
- オプティム: AIやIoT基盤 (OPTIM Cloud IoT OS) 活用ノウハウ

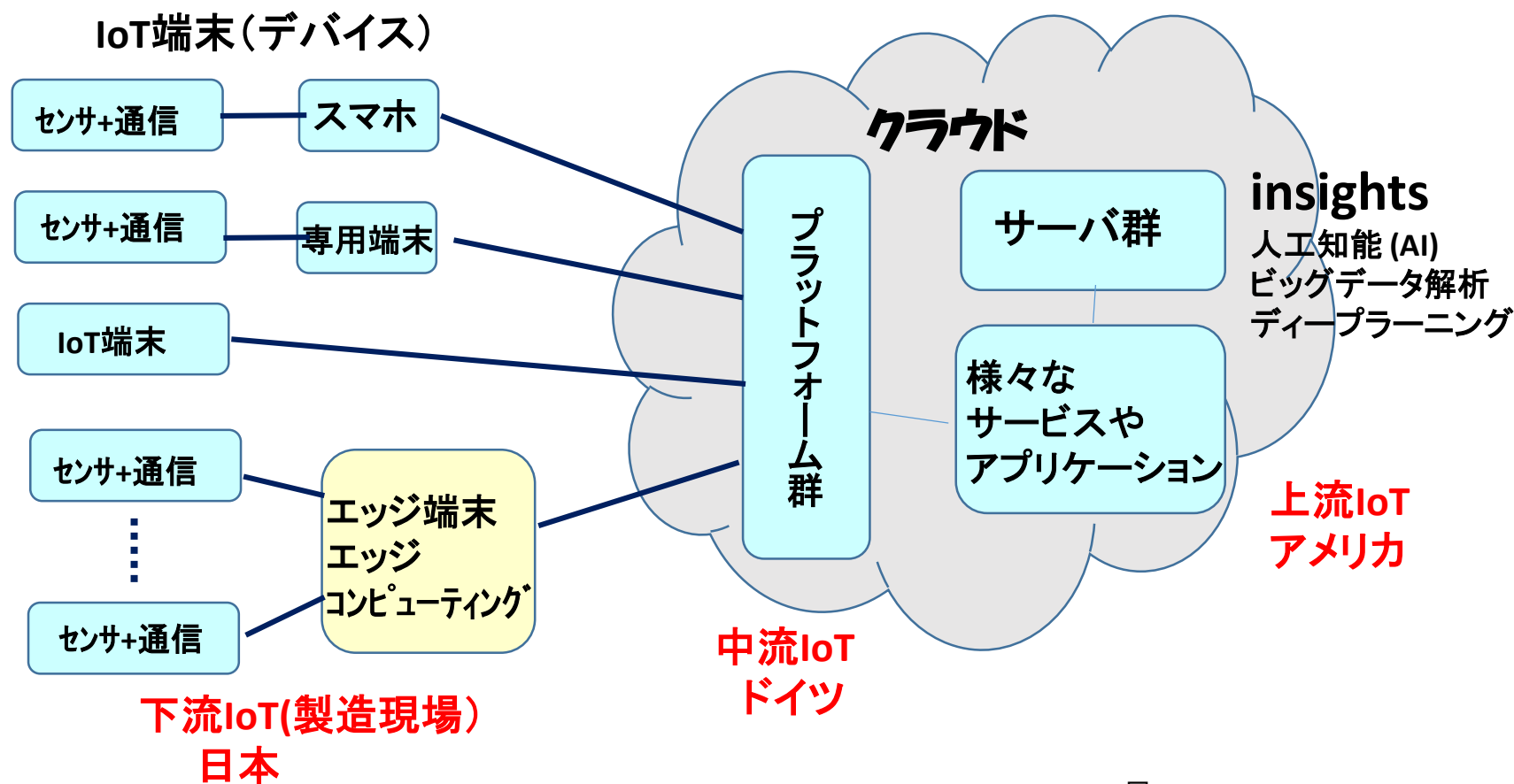


IoTの要素技術

IoT技術要素

IoTの要素技術:

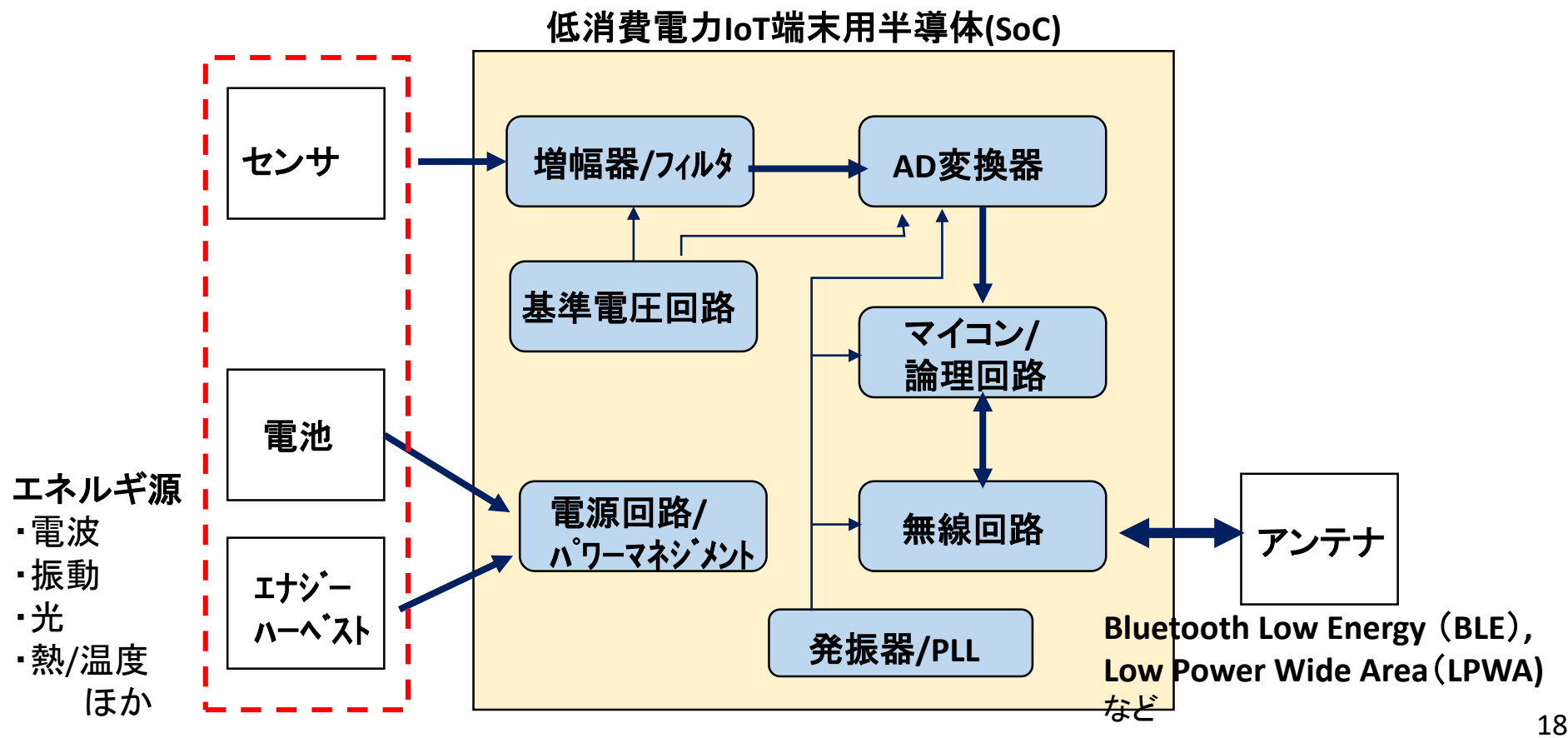
- ・IoT端末側: 多様なセンサ、低消費電力無線通信 & コンピュータ機能
- ・クラウド側: プラットフォーム、ビッグデータ解析コンピュータ機能、
様々なサービス & アプリケーション



IoT端末: センサ、電源、半導体

IoT端末用技術

- IoTでは様々なセンサが必要とされる
- IoT端末用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



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、状態を監視しセンサするために、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

スマホはIoTデバイス

すでに多数のセンサが搭載されている

- ・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



センサにはMEMS技術
が多用

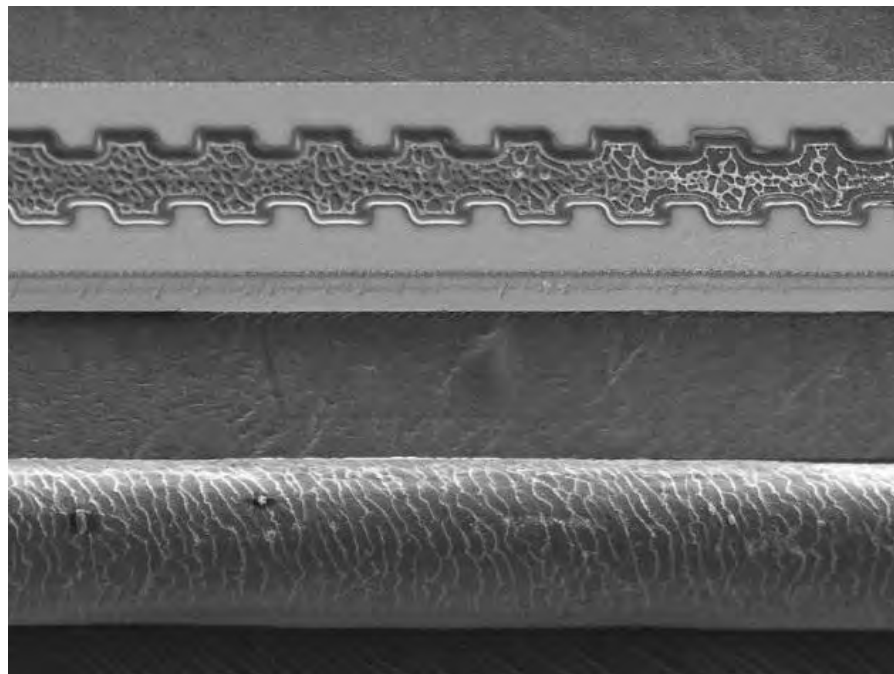
金属と樹脂を複合化した微細IoTセンサ材料

長野の官民グループ
2018.4

- ・金属と樹脂を複合化し、髪の毛より細い線に加工しても強度を保ち、センサを1/1010以下に小型化出来る製造技術を開発。微細な電子素子と機械的な部品を組み合わせるMEMS技術を応用
- ・複合材料は樹脂を金属でサンドイッチした微細構造。髪の毛(0.08mm)以下の加工も可能
- ・開発した技術で細線を並べて圧力を検出すれば、人間のようにモノに触った複雑な感覚を再現できるロボット用センサーの実現も可能

毛髪(下)よりも細く丈夫な複合素材(上)は
ギザギザの樹脂を金属で挟み込んだ構造

開発した
金属と樹脂の複合材料



IoTを活用した
他分野技術の融合による
新たな新素材の開発の例

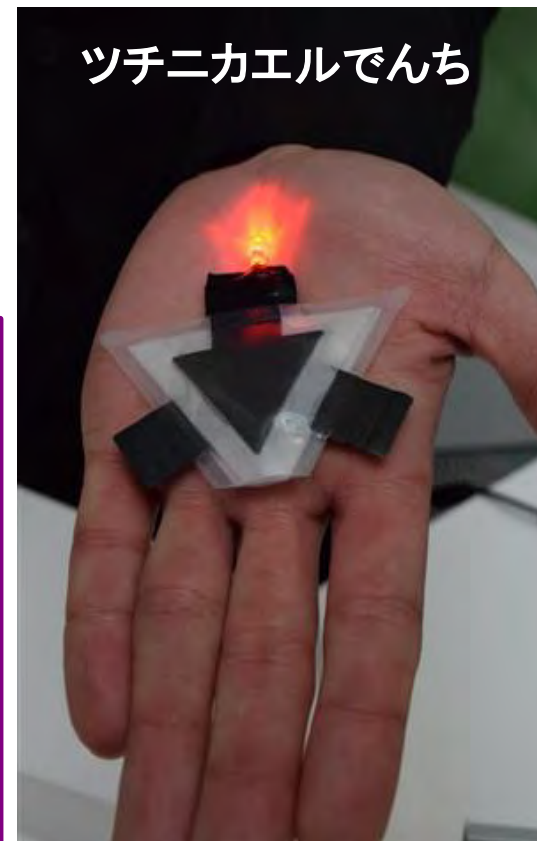
髪の毛

「土に戻る電池」開発 生物由来の素材

NTTが開発したのは「ツチニカエルでんち」

- ・ **本格的IoT時代、小型センサーなどに使われた大量の電池が回収困難になる**と想定し開発。
- ・ 電池を回収しなくても土に戻り、自然環境を汚染しないのが特徴。
通常電池は亜鉛合金やレアメタル、一部有害な物質を使っているが、新たな電池は生物由来の素材などを使用
- ・ この電池を土にまぜて野菜の発育状況を調べたところ、悪影響が出なかった
- ・ ただ電池の容量が少なく、今後実用化に向け研究を進める

回収困難なセンサと、その解決イメージ



IoT端末用電源: エナジーハーベスト

エナジーハーベストの発電能力

エナジ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。
各エナジ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>

キネティックエナジーハーベスト (運動エネルギー発電)

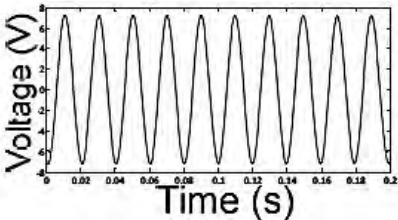
- ・振動: 1Hz~500Hz(機械振動)
- ・動き: <2Hz(ウォーキング)
- ・ショック: 1g~10g(ウォーキング)
- ・水流: 1ℓ/分~50ℓ/分

発電波形

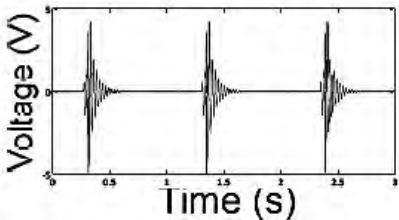
Periodic
(machine vibrations)



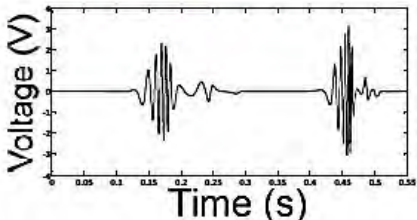
[Reintjes]



Shock
(heel strike)



Non-resonant
(leg swing motion)



エネルギーハーベスト用パワーマネジメント

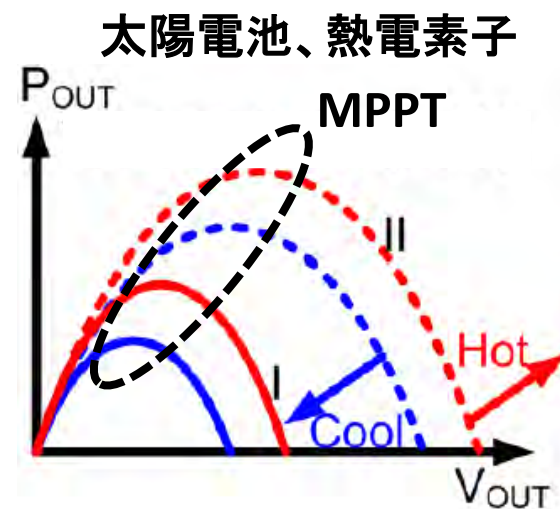
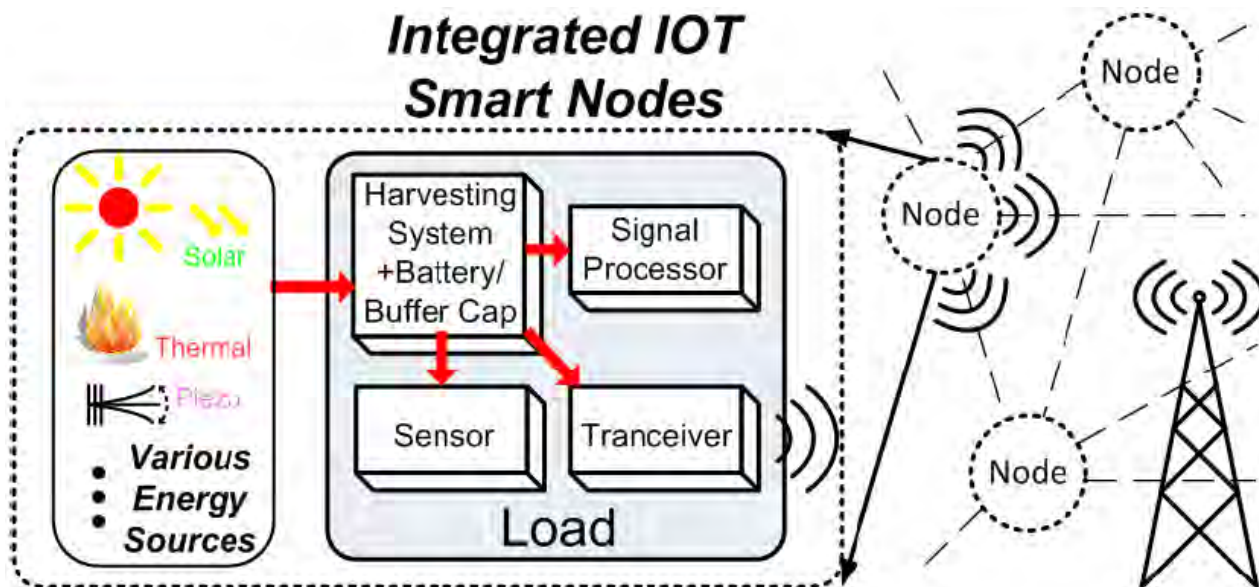
IoT端末用電源として、バッテリーレスとするエネルギーハーベスト技術が注目

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

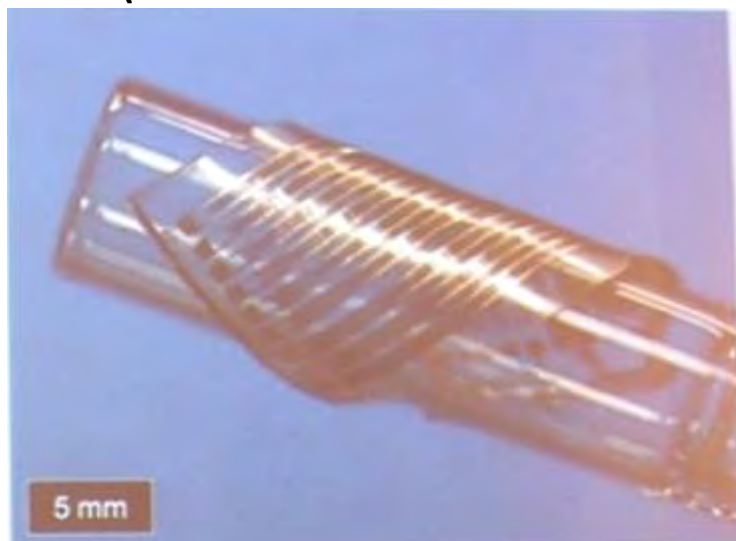
SC:スイッチドキャパシタ
CP:チャージポンプ



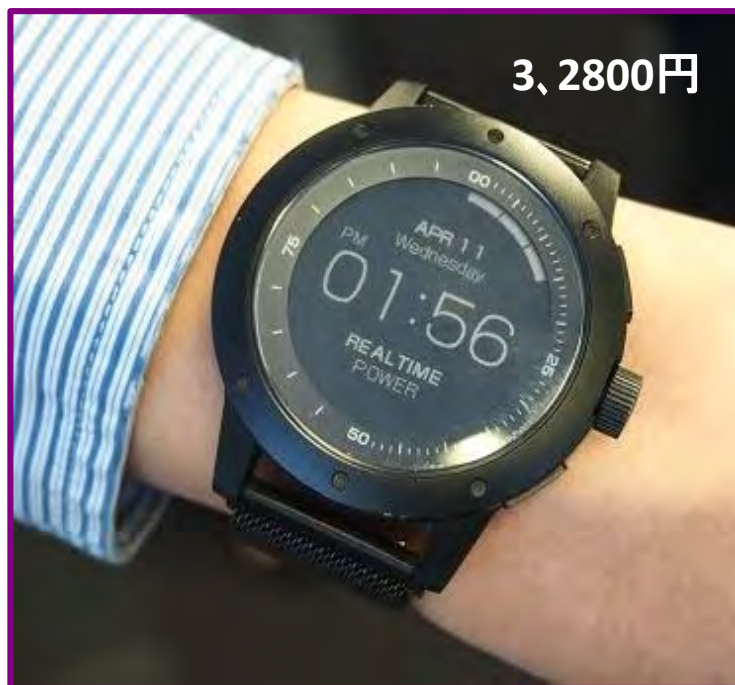
体温で発電するスマートウォッチ「MATRIX PowerWatch」 2018.4

- ・MATRIX PowerWatchは、**熱電変換(TEG Thermoelectric Generator)**によって発電
- ・スマートウォッチ本体の表面温度と、体温(手首皮膚の表面温度)との温度差を電圧に変換専用の昇圧コンバーター(ASIC)で昇圧し、内蔵のLilon電池を充電
- ・「MATRIX PowerWatch装着中は体温によって常に充電され、内蔵のLilon電池寿命は10年以上
- ・TEGには複数の化合物から製造されて、TEGの大きさを変えることでmWからkWまで発電可能
人の体から発せられる熱量は、100W相当

熱電ジェネレーター
(TEG:Thermoelectric Generator)



スマートウォッチ「MATRIX PowerWatch」



ウェアラブルやIoT用SoCモジュールIntel“Curie”

2015年1月

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 (BLE)**
- ・加速度計とジャイロ스코プを備えた 6 軸コンボセンサ
- ・バッテリー充電回路 (PMIC)

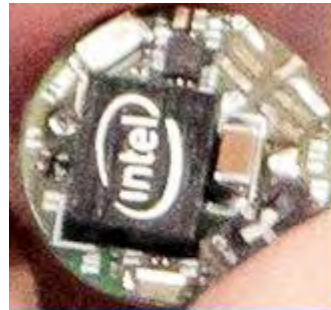


写真 Intel

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Apple 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。

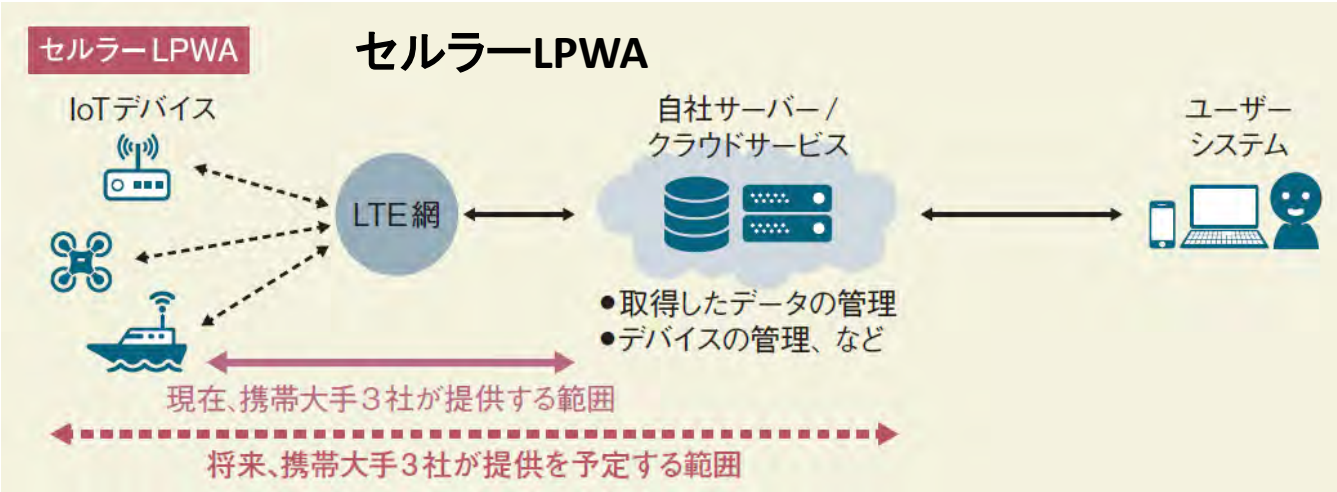


全国規模のIoT化を可能とするセルラーLPWA

低消費電力で数k～数十kmをカバーするIoT向け無線通信方式LPWAサービス
注目はSONYのLPWA。80bpsと伝送容量は極めて低いが100kmの伝送距離を有する

LPWA通信規格例

- LTE-M
- NB-IoT
- Sigfox
- LoRa
- Wi-SUNFAN
- SONY独自 LPWA



日本でのIoT無線通信

	LTE-M (Cat.M1)	NB-IoT	Sigfox	LoRa	Wi-SUN FAN	ソニーのLPWA
周波数	ライセンスバンド (LTEバンド)	ライセンスバンド (LTEバンド)	アンライセンスバンド (920MHz帯)	アンライセンスバンド (920MHz帯)	アンライセンスバンド (920MHz帯)	アンライセンスバンド (920MHz帯)
上り/下りのデータ伝送速度 (ビット/秒)	1M/1M	62.5k/27.2k	100/600*1	0.3～50k/0.3～50k	50kまたは100k/50kまたは100k	80/なし
伝送距離 (セル半径)	10km	15km	10km	5km	数百～1km	100km以上
ハンドオーバー	あり	なし	なし	なし	条件付きであり	開発中
遠隔アップデート	あり	なし	なし	なし	あり	なし
通信サービス料金 (事業者)	月額100円～ (KDDI*2、ソフトバンク*3)	月額100円～ (ソフトバンク*3)	年額100円～ (KCCS)	—	—	未定
主なトピック	KDDIが商用サービスを開始 (2018年1月)	ソフトバンクが商用サービスを開始 (2018年4月)	サービスエリアが日本の人口の65%をカバー (2018年3月末時点)	携帯大手3社がLoRaWANの構築サービスを展開中	Wi-SUNの対応デバイスが8900万台を突破	サービス開始を検討中

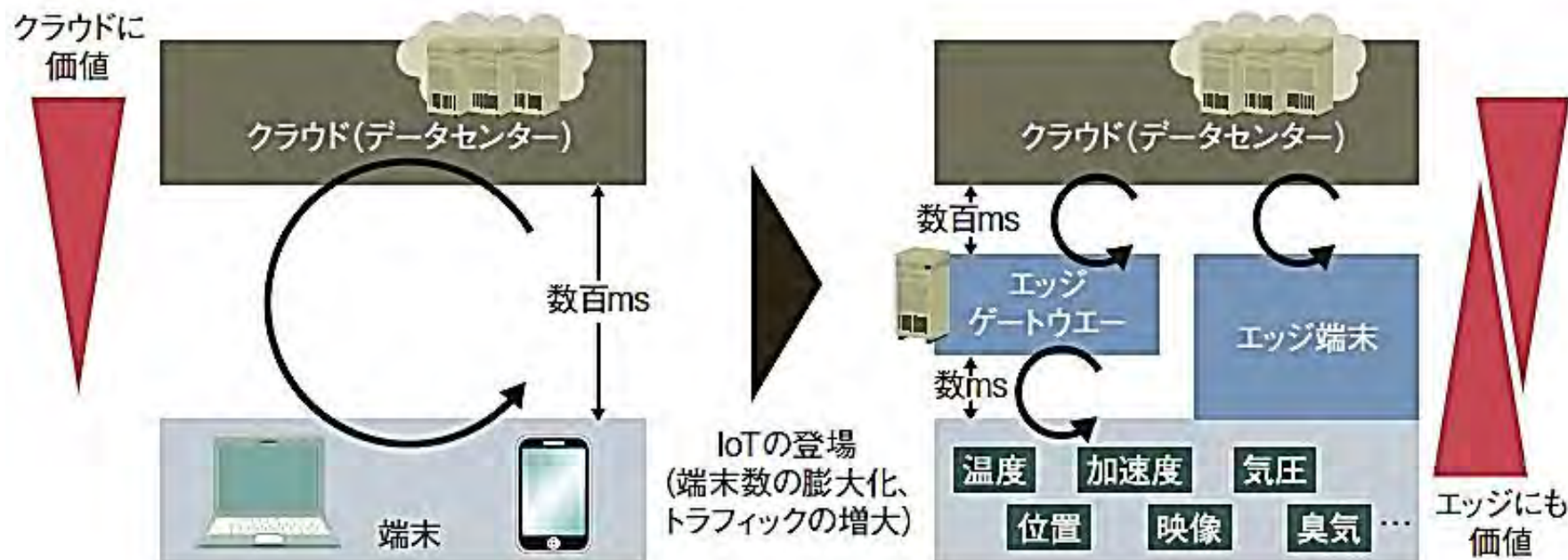
エッジコンピューティング

2020年に530億の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

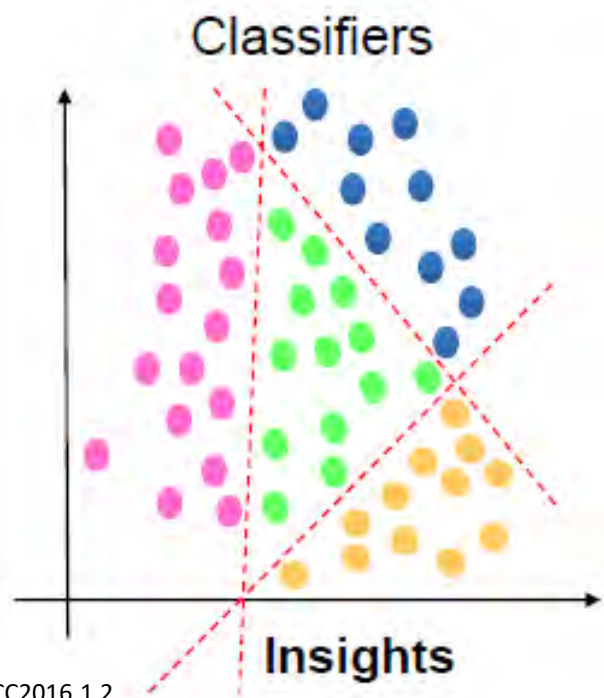
自動運転車では極めて重要



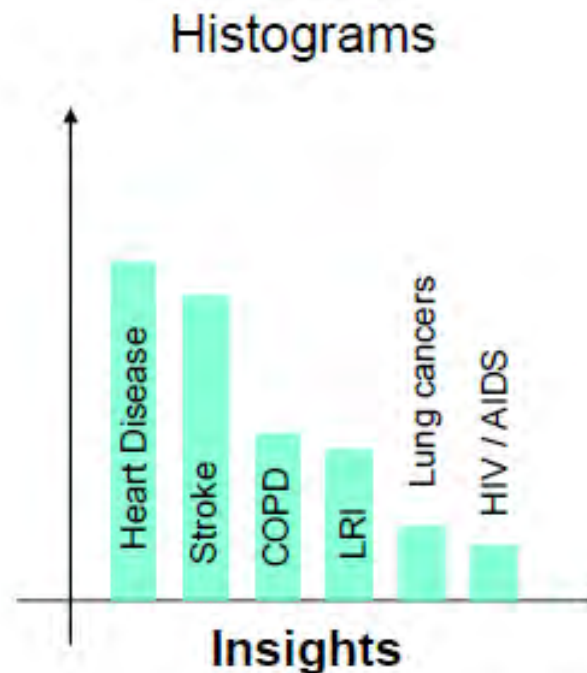
Insights: ビッグデータ分析

- ・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
- ・**他社に容易に真似られない自社の知見やノウハウを活かすことがビジネス的に重要**

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



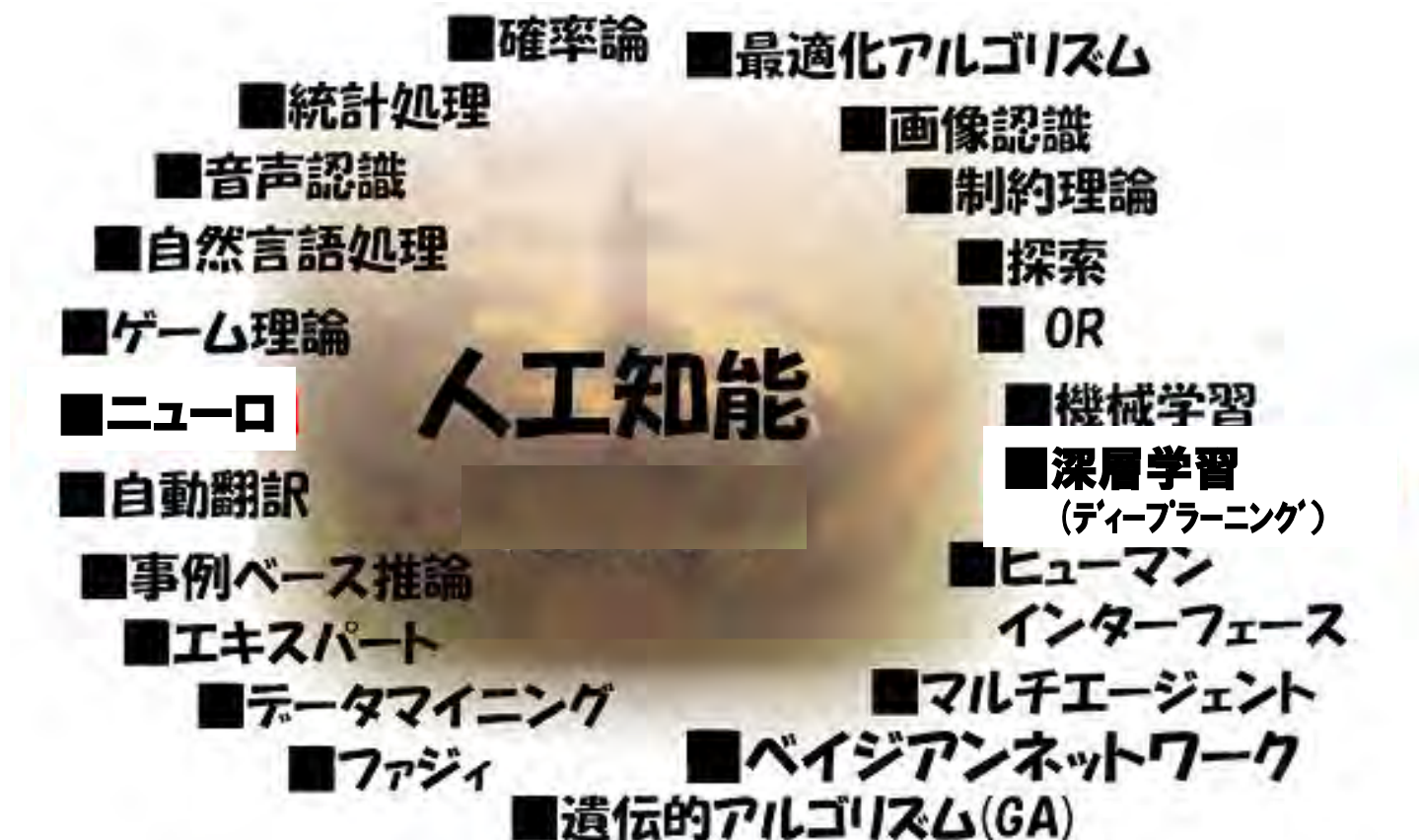
ISSCC2016 1.2



COPD: Chronic Obstruction Pulmonary Disease
LRI: Lower Respiratory Infection

人工知能(AI)は様々な技術の総称

- ・人工知能(AI)は、人間の脳が行っている知的な作業をコンピュータで模倣したソフトウェアやシステム
- ・具体的には、人間の使う自然言語を理解したり、論理的な推論を行ったり、経験から学習したりするコンピュータプログラムなどのことをいう
- ・人工知能研究の歴史は、「ブーム」と「冬の時代」の繰り返し。第1次ブームは1956年～1960年代、第2次ブームは1980年代、2010年以降に第3次ブームが起こり現在も続いている



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



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。

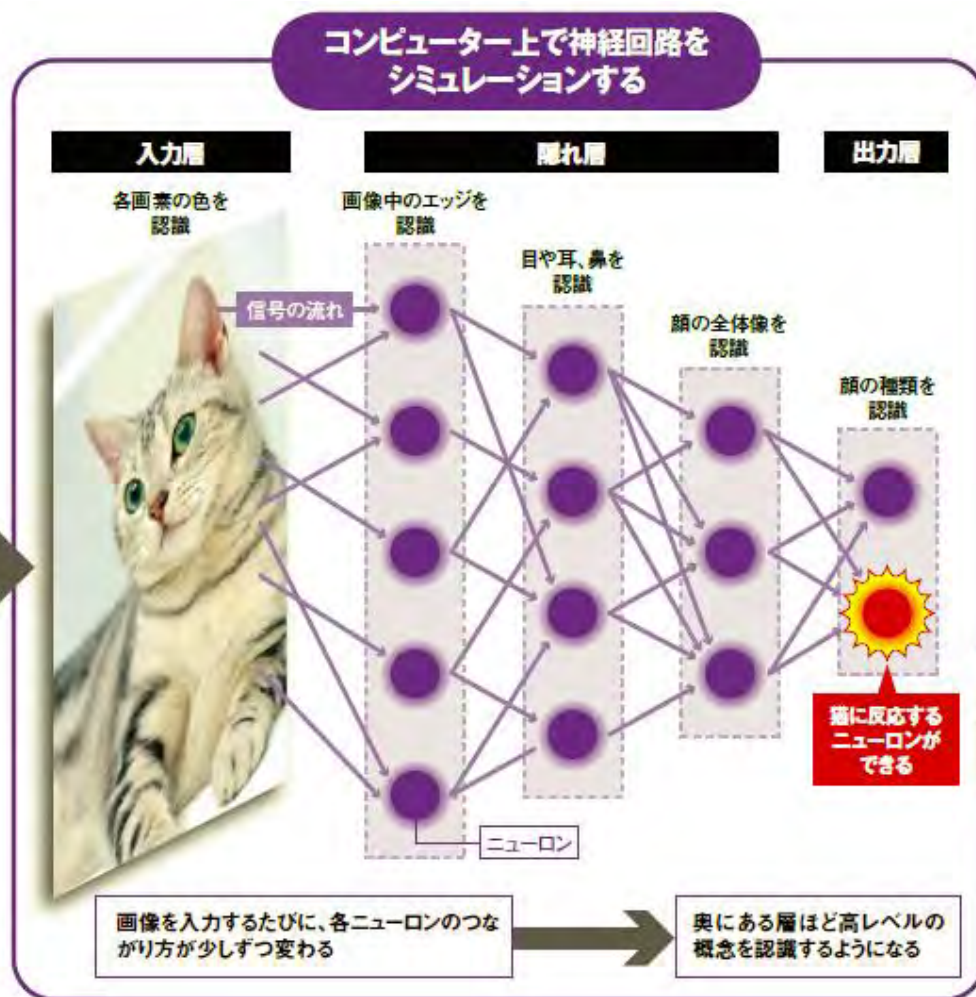
2012年Googleは猫の多数の画像を
学習させ、高位層に猫の概念を
認識させた。

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

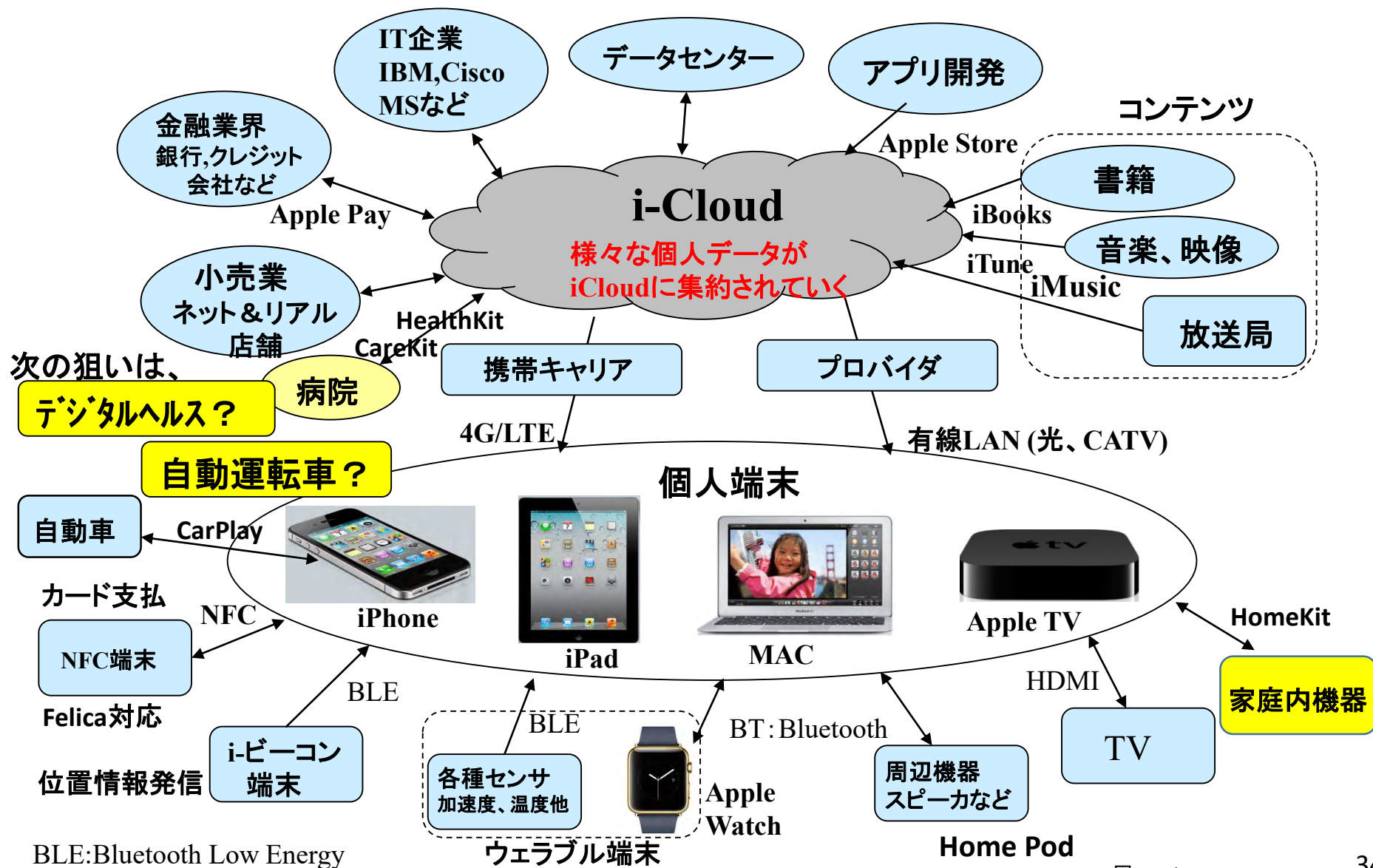
Googleは2016.3
AlphaGoでTop
プロ棋士に勝利



IoT先進企業の実例と 最近の興味深いIoTデバイスを見る

Apple: i-CloudをベースとしたIoT戦略

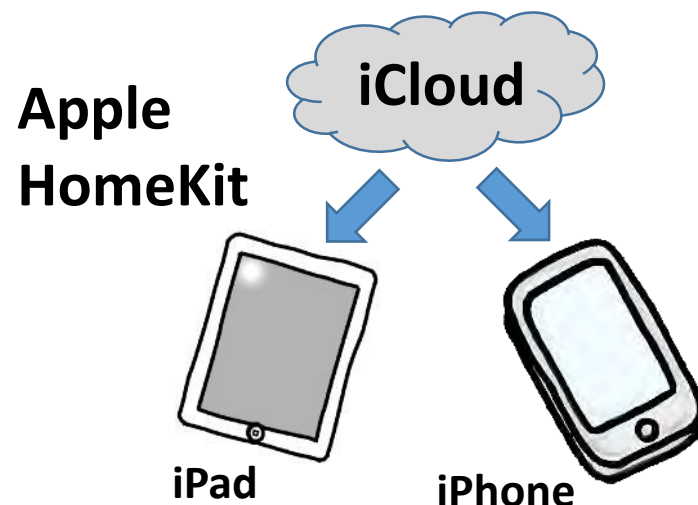
IoT時代、セキュリティが益々重要。全てをコントロールできるAppleの優位性が高い



Apple のIoT端末: Apple Home Pod, Home Kit

- Appleの家庭内機器をつなぐサービスがHomeKit
- HomeKit対応機器は、iOS機器(iPhone他)からコントロール可能
- HomeKit対応機器には、専用チップ搭載が必要。
機器メーカーはAppleに認証(有料)得る必要がある。
- 対応機器の製造企業以外でも、HomeKitを利用したアプリケーション開発と販売が可能

AIスピーカもIoT端末 Apple Home Pod



GoogleのIoT戦略

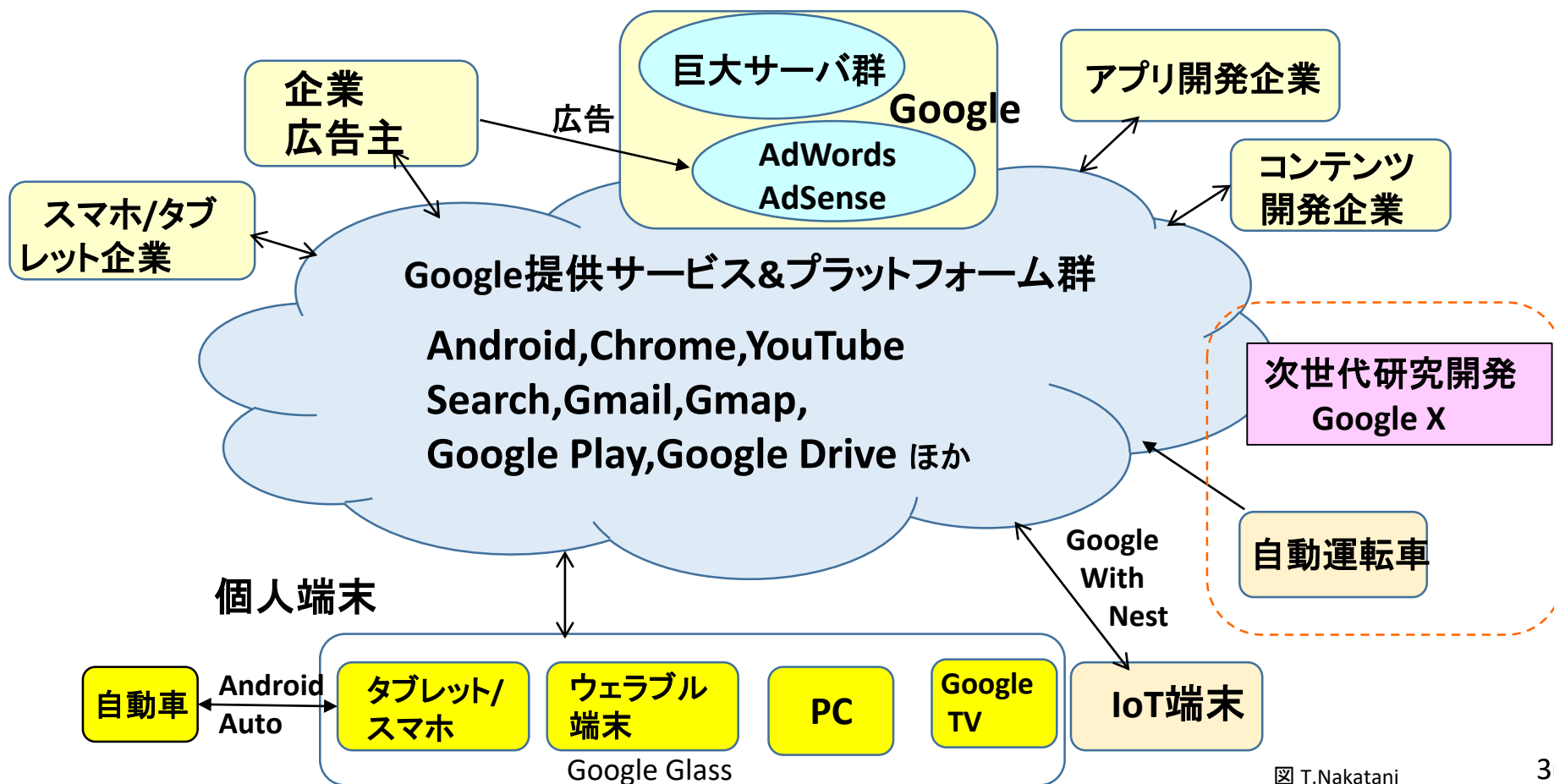
・Googleの稼ぎは検索連動広告収入。無料各種サービスはこのためのtoolにすぎない

・**Googleの次なる戦略はIoT+AI(人工知能)**

これまではユーザが主体的に各種情報や関連広告にアクセスするプル型

これからは、ユーザの置かれた状況により、必要な情報や関連広告を提示するプッシュ型

このためにはIoTによるセンシングと人工知能によるビッグデータ解析が重要



ディープラーニング専用AIチップ:TPU

初代2016.5
第3世代2018.5

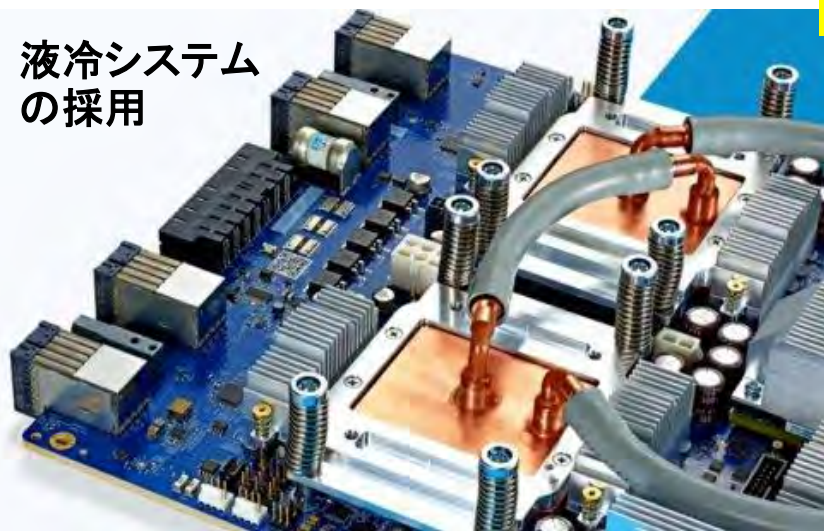
「**テンソル処理ユニット(TPU)**」と呼ぶチップで、極秘裏に設計を進め量産を開始し2016年に自社のデータセンターに配備を公表。

初代TPU1の特徴は、AIの機械学習をより効率的に実行することに特化しており、消費電力当たりの処理性能は、ディープラーニング(深層学習)と呼ばれるAI技術で広く使われている「GPU (Graphics Processing Unit)」チップと比較して10倍も優れている、とされた。

以後バージョンアップがなされ、2018年にTPU3.0を発表。全世代の8倍のパフォーマンスを有し、100ペタFLOPS以上に向上。

2018年下期にはCloud TPUベースの機械学習インフラをクラウドサービスとして提供予定

液冷システム
の採用



グーグルが開発したAI専用チップ「TPU3.0」

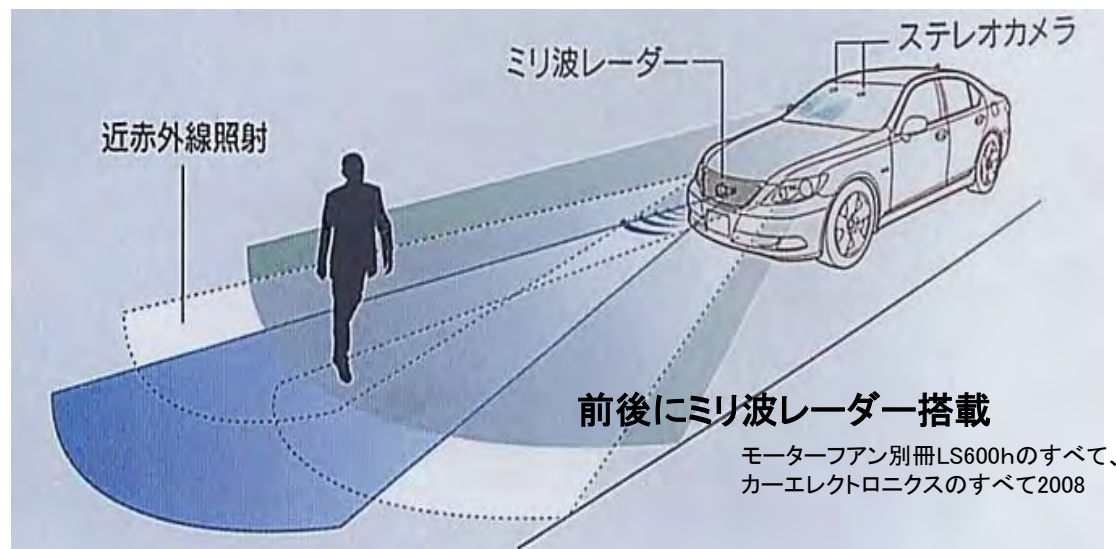


TPU3.0を搭載したシステム

自動運転車は走るIoT端末

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、**様々な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/>



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

Googleは2016年9月プロジェクト中断決定、メンバはFacebookに移り継続模様



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

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年一般販売としたが
結局中止

IoT端末として注目のスマートウォッチ

Apple Watch 2015.4

竜頭をUI化



電子回路をモジュール化



各種センサ搭載



加速度センサ
心拍センサ
赤外線/白色
LED
GPS

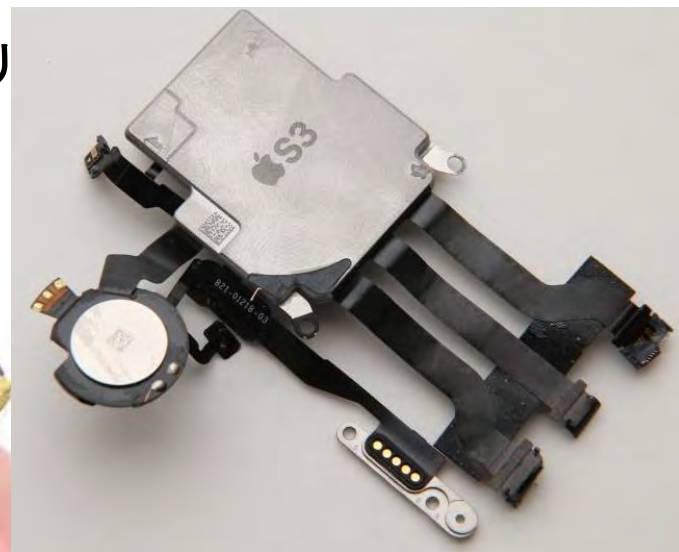
ワイヤレス充電



Apple Watch Series3 2017.9

サイズや外観は既存の
Apple Watchとほぼ同じだが、
スマホ使用の
高速通信技術LTEを内蔵。
スマホ介さず直接通信可能。
プロセッサも性能向上
問題はバッテリーの持ち

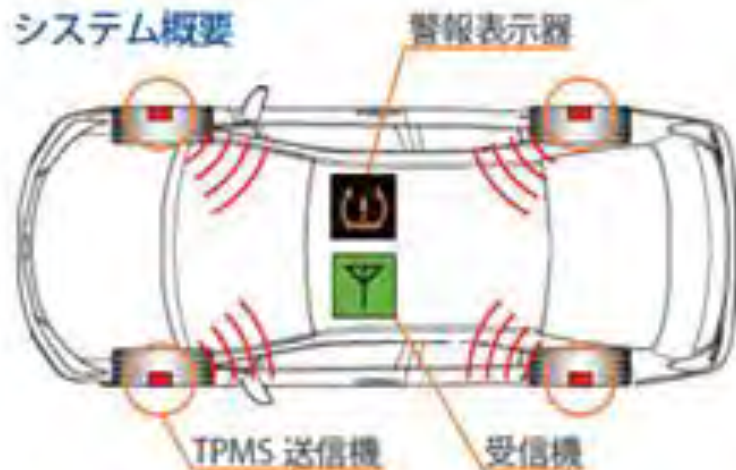
内部は複雑な作り



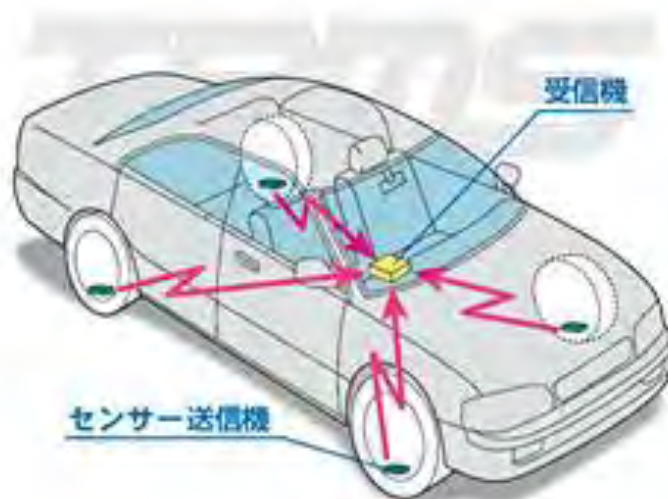
分解写真iFixit

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。

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

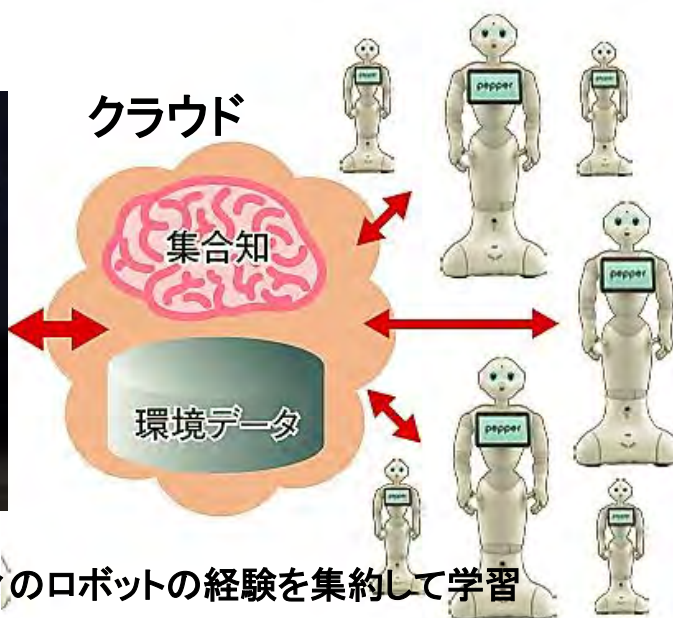
・Pepper「感情エンジン+クラウドAI」、集合知で加速度的に感情認識度を向上

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!!

Pepper



「変なホテル」が導入したロボット

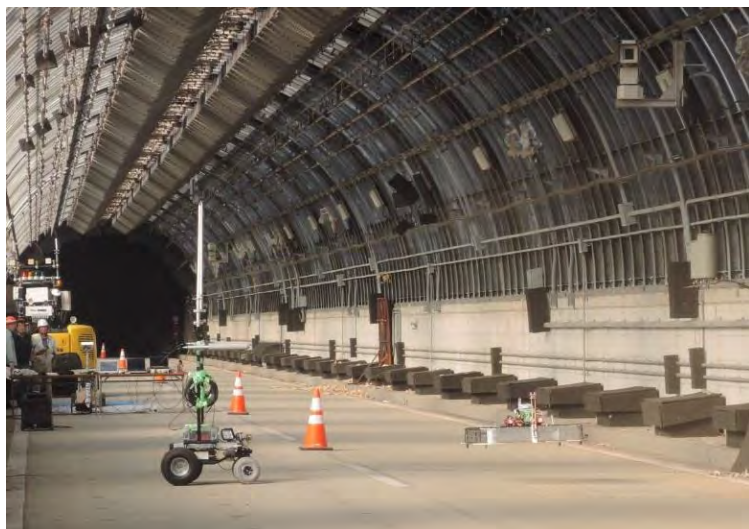


ドローンは「IoTデバイス」

インフラ点検にドローン活用



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

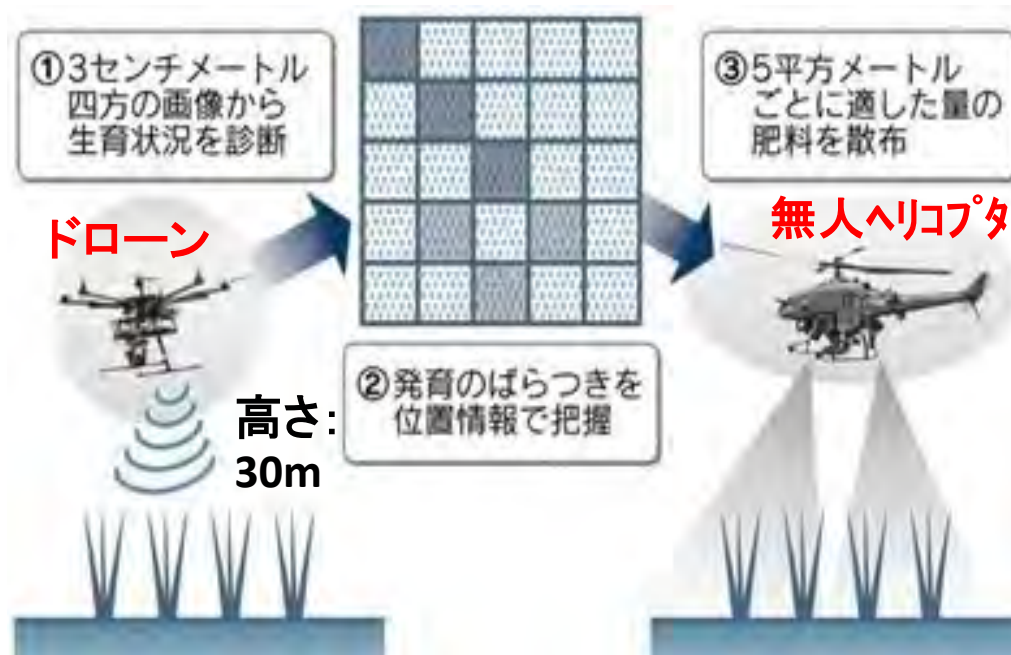


<http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/feature/15/120900013/010500021/?ST=tomict&P=4>

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>

IoT活用による「精密農業」:ドローンやGPSの農機活用

衛星画像やITを駆使して農地をきめ細かく管理し生産性を高める「精密農業」が農業改革の決め手。窒素肥料の加減が難しく、これまでは勘と経験依存。クライメート(米)の土壌中の窒素量判定サービスは、土の粒子の質、有機物量、酸性度、降水量、農産物の生育状況から、独自の計算モデルにより窒素量を割り出し地図上に色分け表示。

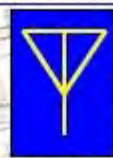
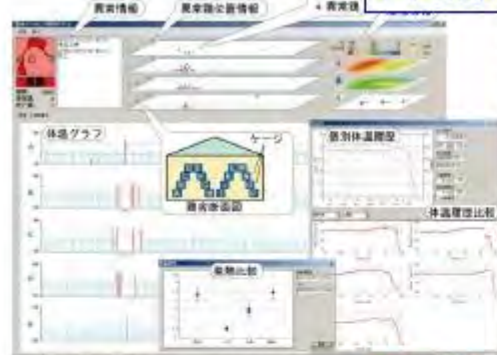


ハイテク畜産、鳥インフルも口蹄疫も防ぐ

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



• 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**

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

2億羽

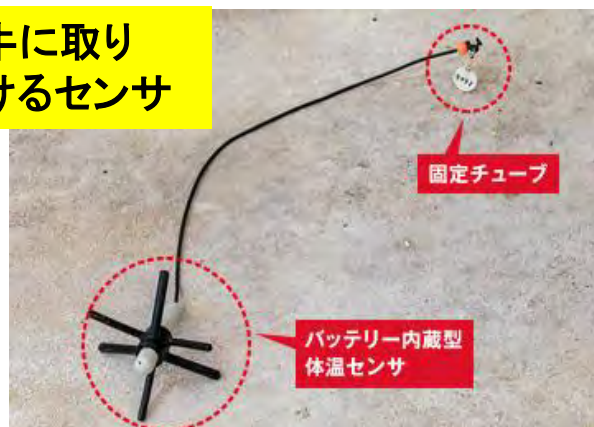
畜産へのIoT活用で和牛の分娩事故ゼロ

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

ドコモ

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

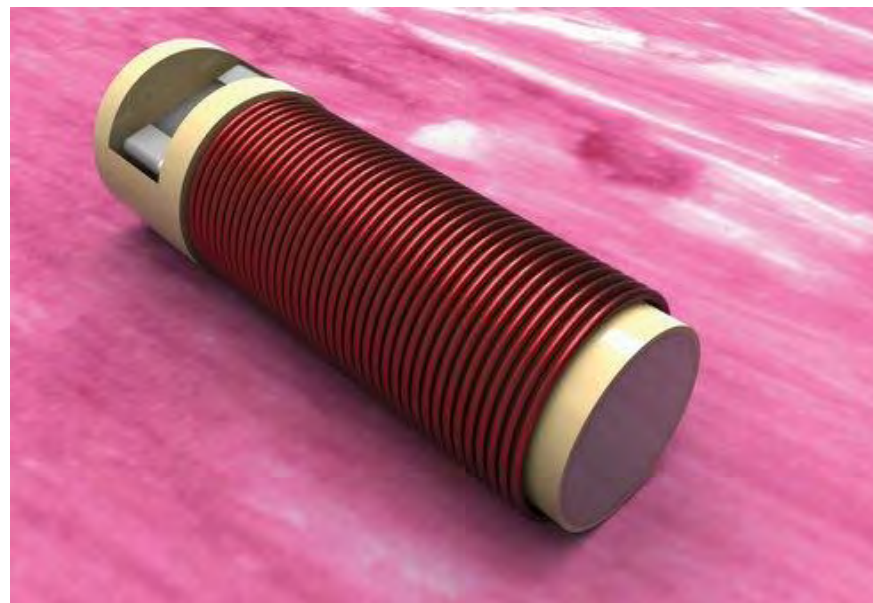
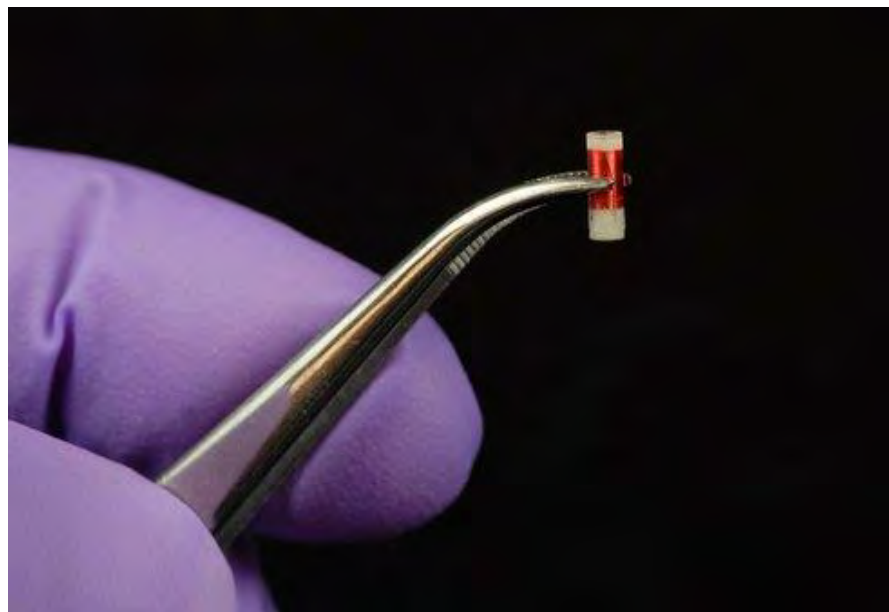


がん組織に埋め込むセンサ、無線でデータ送信

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、個々人に最適な薬の処方が行えるようになる」

2017年11月に米食品医薬品局（FDA）から製造販売承認を取得、2018年春にも米国で発売



乳がんを見つけるIoTブラジャー「EVA」

2018.5

- ・EVAには**200のがん検出用バイオセンサー**が組み込まれた2つのパッチを埋め込み
- ・初期の乳がんに見られる乳房の体温変化のパターンや皮下組織の柔軟性を検出
- ・乳がんは腫瘍が発生する際、その部分に血液が大量に送られることで感触が変化し、体温も上昇。
- ・EVAのアルゴリズムは、これらの変化に敏感に反応、同じ状況が継続すれば、乳がんリスクが高いとしてユーザーに病院での診察をアドバイス
- ・EVAの**装着は1週間に1度、1時間**のみ。EVAはこの装着時間内でユーザーの乳房のデータを収集し、そのデータは、スマホやタブレットにBluetoothを介して送信され、人工知能(AI)を搭載したアルゴリズムにより乳がんリスクを分析

乳がん発見ブラジャー「EVA」
1着120ドル(約1万3千円)

TISSUE
ELASTICITY

TEMPERATURE

TEXTURE

ウェアラブルIoT企業に変貌した繊維会社

ミツフジ(京都)
2018.4

- ・これまでミツフジは銀メッキ繊維と応用商品に取り組み、この繊維を使ったニオイ効果のある抗菌防止靴下や電磁波防止のOAエプロンを商品化
- ・IoT時代、スポーツウエアや介護服、作業服などに銀メッキ繊維を使うニーズを捉え素材としての開発を進める一方、健康管理などに生かす方法を考案
- ・具体的には、スポーツウエアなどの服に電極やセンサ、トランスミッターなどを取り付けて、トランスミッターを経由してクラウドに生体情報のデータを送り、分析、管理する仕組み。これらを実現する繊維からクラウドサービスなど商品やツールを一通りそろえて提供

銀メッキ繊維に電極やセンサ、トランスミッターなどを取り付け

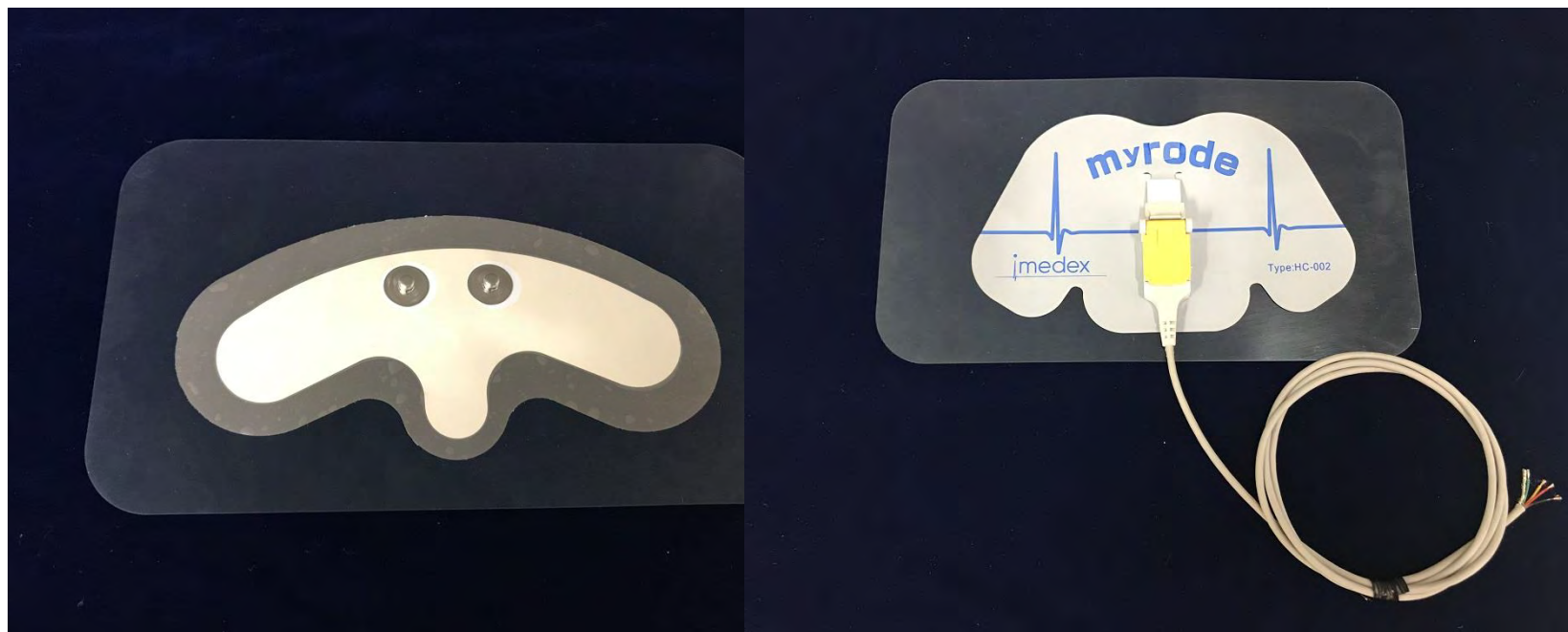


2週間かぶれない「生体電極」

アイ・メデックス(千葉)
2018.5

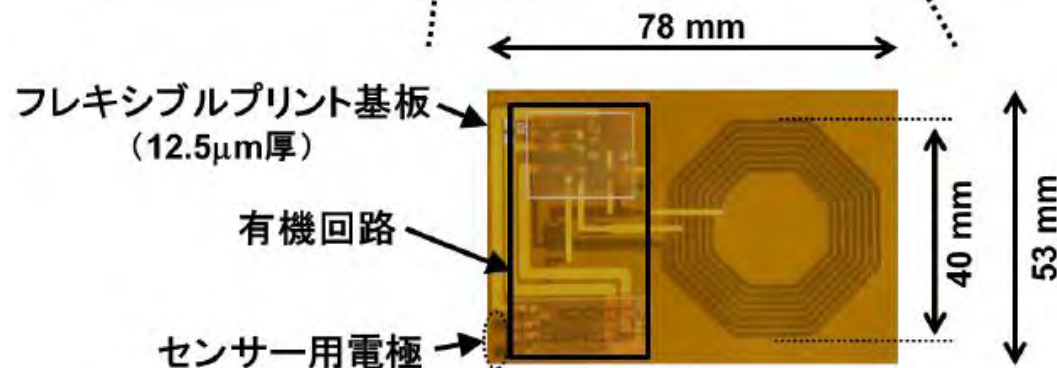
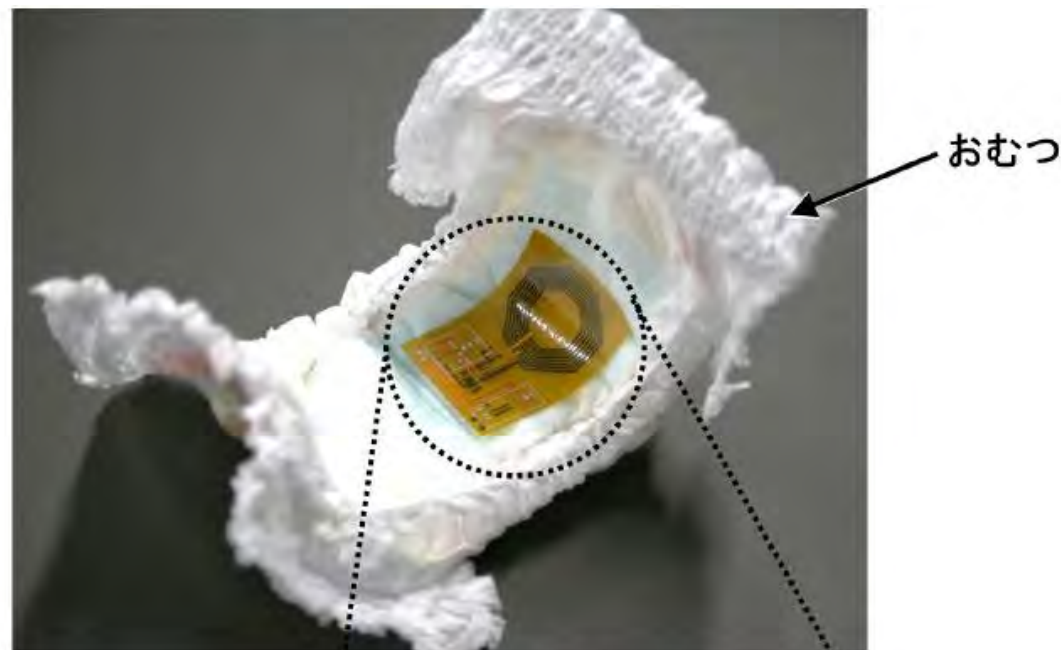
- ・脈拍や体温、血圧などのビッグデータ取得用に、2週間はがれず皮膚もかぶれない生体電極を開発
 - ・密着性が高く、透過性に優れた素材を自社開発することで実現
 - ・この生体電極は防水性で、大きさは横90mm×縦50mm、厚さは60μmと、従来商品と比べて1/3以下
 - ・生体電極と計測装置を接続する防水タイプのコネクタも開発。
- 今回の生体電極と併用すれば、水中でのデータ取得やワイヤレス化が可能。

密着性が高い生体電極マイローデ(myrode)」と防水タイプのコネクター



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 $1.4\mu\text{W}$



同研究室ではフィルム基板上に測定感度 0.02°C を有する温度センサも開発 (2016年)

排尿、排便予知ウェアラブル「DFree」

2016年
トリプル・ダブリュー・ジャパン

DFreeは内蔵された超音波センサで排尿、排便のタイミングを予測

DFreeは、**超音波センサで体内の動きをモニタ**し分析、排尿や排便のタイミングを予知

専用ゲルパッド/専用テープ / ベルト型装着補助具を使って下腹部に装着

「DFree」はBluetooth接続でスマホアプリと連携。「現在、〇〇%溜まっています。〇〇分後にトイレの時間がきます」と、排泄のタイミングを事前に知らせる。

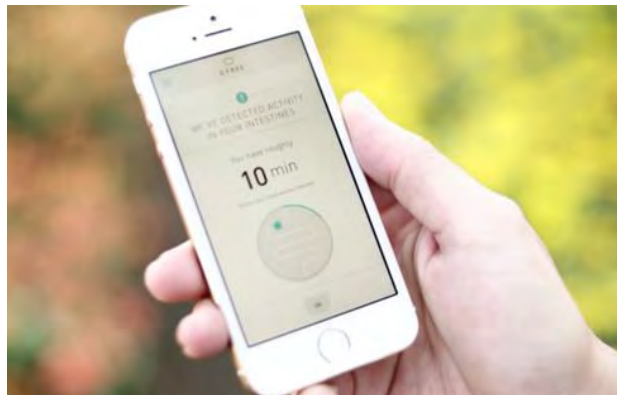
----- DFree 製品仕様(予定) -----

- 寸法: 35 × 53 × 8mm
- 重さ: 20g
- 素材: プラスチックなど(生体適合が認められた素材)
- 連続稼働時間: 約60時間
- 充電方法: USBケーブルを用いて充電
- 通信: スマホとBluetooth(BLE)接続

アプリ

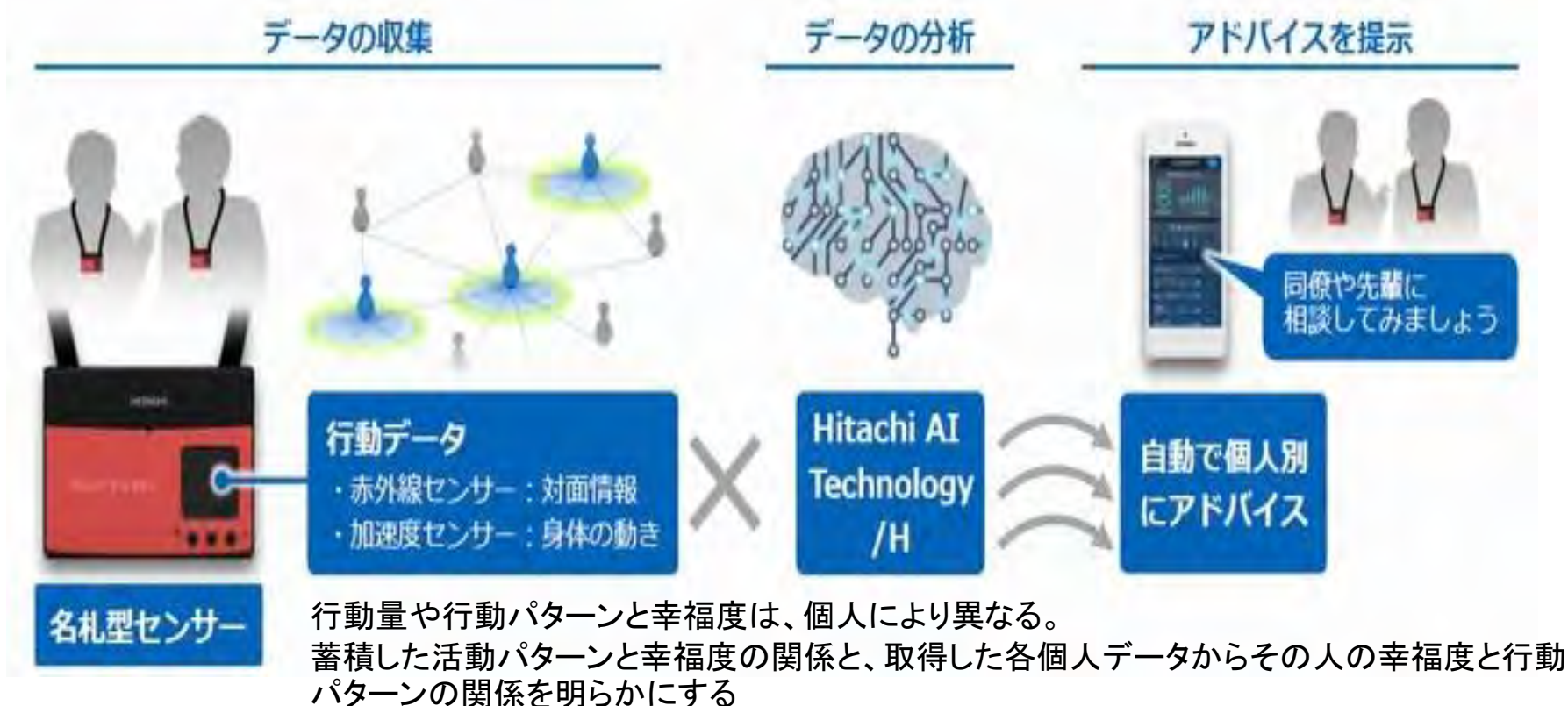
- App Store、Google playから無償ダウンロード
- 対応機種: BLE対応のAndroid, iOS搭載機種
 - * 尿意、便意のタイミングには個人差があるため、事前の個別の調整(アプリ上)が必要
 - * 目安として1週間程度の初期学習期間が必要

トリプル・ダブリュー・ジャパンは2014年
日本人起業による米国発ベンチャ
日本でも2016年クラウドファンディングで資金調達



個人の活動量からハピネス度(幸福度)を計測

- ・日立製作所は2016年6月、AI技術を活用し、働く人の幸福感向上に有効なアドバイスを、各個人の行動データから自動で作成する技術を発表。
- ・各個人の大量行動データを名札型ウェアラブルセンサで所得し、人工知能(AI)でビッグデータ分析し、職場でのコミュニケーションや時間の使い方など、一人ひとりの幸福度の向上につながる行動についてのアドバイスを自動的に作成し各個人スマホに配信



まとめ

ビジネス面：

- ・IoTはアプリケーション分野および品種が極めて多種多様
- ・IoTは本格的に普及していくことは確か。まずは産業界からか
- ・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
- ・IoT活用によるビジネス創出は他分野との連携によるオープンIoTが重要

技術面：

- ・多種多様な技術が必要。異分野技術の融合が重要
- ・端末側では低価格低消費電力センサ/アクチュエータ、半導体、電池/エネルギーハーベスト、
低消費電力無線(LPWA)/高速大容量無線技術(5Gなど)
- ・AI人工知能用の高度プロセッサとソフトウェア技術

ご清聴ありがとうございました