

ITRS 2.0へ向けた取り組み ～IoTセンサノードの調査～

2015年 3月 6日

JEITA半導体技術ロードマップ専門委員会 (STRJ)
設計ワーキンググループ (WG1)

目次

◆はじめに

- ワーキングメンバ、ミッション

◆ITRS 2.0へ向けた取り組み

- IoT動向調査
- 健康医療分野へのIoT応用
- 自動運転へのIoT応用
- ヒアリング活動

◆まとめ

用語集

IoT	<u>I</u> nternet <u>o</u> f <u>T</u> hings	SPI	<u>S</u> erial <u>P</u> eripheral <u>I</u> nterface
M2M	<u>M</u> achine <u>t</u> o <u>M</u> achine	UART	<u>U</u> niversal <u>A</u> synchronous <u>R</u> eceiver <u>T</u> ransmitter
MtM	<u>M</u> ore <u>t</u> han <u>M</u> oore	ECC	<u>E</u> rror <u>C</u> orrecting <u>C</u> ode
MAC	<u>M</u> edia <u>A</u> ccess <u>C</u> ontrol 媒体アクセス制御	SoC	<u>S</u> ystem <u>o</u> n a <u>C</u> hip
LSI	<u>L</u> arge <u>S</u> cale <u>I</u> ntegrated Circuits 大規模集積回路	QVGA	<u>Q</u> uarter <u>V</u> ideo <u>G</u> raphics <u>A</u> rray
MEMS	<u>M</u> icro <u>e</u> lectro <u>m</u> echanical <u>S</u> ystem	SXGA	<u>S</u> uper <u>e</u> Xtended <u>G</u> raphics <u>A</u> rray
HEMS	<u>H</u> ome <u>E</u> nergy <u>M</u> anagement <u>S</u> ystem	FPS	<u>F</u> rame <u>P</u> er <u>S</u> econd
BEMS	<u>B</u> uilding <u>E</u> nergy <u>M</u> anagement <u>S</u> ystem	H265	High Efficiency Video Coding
AD	<u>A</u> nalog <u>D</u> igital Converter	USB	<u>U</u> niversal <u>S</u> erial <u>B</u> us
CPU	<u>C</u> entral <u>P</u> rocessing <u>U</u> nit 中央演算処理装置	HDMI	<u>H</u> igh <u>D</u> efinition <u>M</u> ultimedia <u>I</u> nterface
GPU	<u>G</u> raphics <u>P</u> rocessing <u>U</u> nit	HDCP	<u>H</u> igh-bandwidth <u>D</u> igital <u>C</u> ontent <u>P</u> rotection system
LPDDR	<u>L</u> ow <u>P</u> ower <u>D</u> DR (DDR=Double Data Rate)	MIPI	<u>M</u> obile <u>I</u> ndustry <u>P</u> rocessor <u>I</u> nterface
SOTB	<u>S</u> ilicon <u>o</u> n <u>T</u> hin <u>B</u> uried Oxide	DSI	<u>D</u> isplay <u>S</u> erial <u>I</u> nterface
SRAM	<u>S</u> tatic <u>R</u> andom <u>A</u> ccess <u>M</u> emory	eDP	<u>E</u> MBEDDED <u>D</u> isplay <u>P</u> ort
		e-MMC	<u>e</u> MBEDDED <u>M</u> ulti <u>M</u> edia <u>C</u> ard
		SDIO	<u>S</u> ecure <u>D</u> igital <u>I</u> /O
		CSI-2	MIPI <u>C</u> amera <u>S</u> erial <u>I</u> nterface
		ISP	<u>I</u> mage <u>S</u> ignal <u>P</u> rocessor

目次

◆はじめに

- ワーキングメンバ、ミッション

◆ITRS 2.0へ向けた取り組み

- IoT動向調査
- 健康医療分野へのIoT応用
- 自動運転へのIoT応用
- ヒアリング活動

◆まとめ

設計WG(WG1)メンバー

斎藤 利忠 (リーダー)	東芝
山本 一郎 (サブリーダー)	ローム
中山 勝敏 (サブリーダー)	ルネサス エレクトロニクス(9月まで)
柿本 勝 (国際担当)	ソニー
小野 信任 (幹事)	ジーダット
松崎 正己	富士通セミコンダクター
尾崎 靖	ルネサス システムデザイン
今井 正治	大阪大学
石橋 孝一郎	電気通信大学
瀬戸 謙修	東京都市大学
計9名(3月現在)	

設計WGのミッション

◆国際活動：ITRSのSystem Drivers章とDesign章を担当

－ System Drivers章

- ・ ITRSの技術分野をドライブする各応用分野で使用される中核デバイスの要求仕様を定義

－ Design章

- ・ 設計技術に対する将来課題と課題解決策を提示

◆国内活動

- － SOC構造・規模を時間軸で定量化し、技術開発の指標として提示
- － 「設計生産性」「消費電力」「性能」を切り口として設計課題を時間軸で定量評価し、解決策を提案



◆ITRS2.0に向けた取り組み

- － System Integration White Paperレビューとフィードバック
- － 次期ドライバ候補の調査

2014年度の設計WG活動

◆国際活動

- System Integration白書(ドラフト@ '14/10 ITRS韓国会議)
 - ・ More Mooreドライバで定量化
 - マーケットをリードするアプリとしてのスマートフォン
 - Cloud/Data centerのためのマイクロサーバ
 - ・ More than Mooreドライバ(これから)
 - IoT (Internet of Things)

◆国内活動

- 他WGヒアリング陪席で先端技術情報収集(MtM検討)
- IoT応用分野として2つの領域で動向を調査
 - ・ 健康医療分野…低電力要求の視点で調査
 - ・ 自動運転…高精度/高速処理要求の視点で調査

目次

◆はじめに

– ワーキングメンバ、ミッション

◆ITRS 2.0へ向けた取り組み

– IoT動向調査

– 健康医療分野へのIoT応用

– 自動運転へのIoT応用

– ヒアリング活動

◆まとめ

IoT動向調査

- 背景と目的
 - ITRS2.0 System Integrationの次期ドライバ候補としてIoTとAutonomous Carがあげられた
(‘14/10 ITRSパブリックカンファレンス@韓国)
 - System Integrationの次期ドライバ候補としてIoT動向調査を実施
- 取り組み
 - IoTは応用分野が広範にわたるため、市場が拡大している健康医療分野と自動車分野に絞って調査
 - 半導体応用として以下の観点で調査
 - 健康医療分野: 低電力化
 - 自動車分野 : 高性能(高精度/高速処理)

IoTの全体構成

- IoT: M2M (Machine to Machine)通信,
Cyber-Physical System と呼ばれる

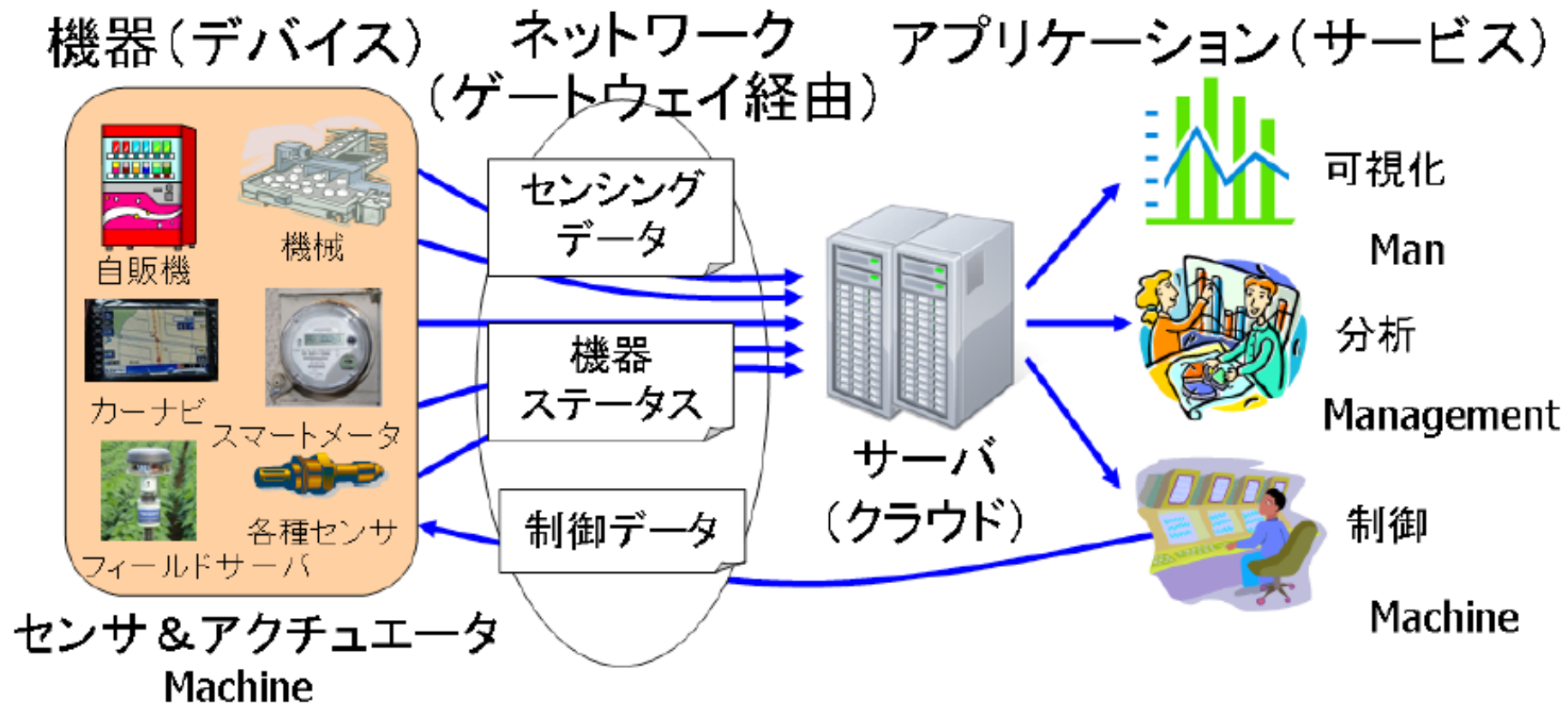


図1 M2Mシステムのイメージ

M2M技術の動向と応用事例 (サイバー大学 清尾克彦, 2013)

IoTの要素技術



ミドルウェア	センサデータの処理, センサデータ管理・マイニング, セキュリティ
システム運用	センサノード管理, ネットワークの遠隔保守運用
アプリケーション開発	アプリケーションの開発環境・開発ツール, アプリケーション間の連携, クラウド・コンピューティング
センサノード制御	センサノードの位置検出, センサノード間時刻同期, 最適ノード配置, 大規模ノード管理
ネットワーク制御	無線制御, アドホックマルチホップネットワーク制御 (MAC層制御, ルーティング制御)
センサ技術, プロセッサ技術	多様な使用目的に対応した高感度化・高精度化, 認識率向上. 微細加工・高密度実装 (LSI, MEMS), 自動キャリブレーション, リアルタイム処理, 耐環境, 自己メンテナンス
電源	電源効率化, 省電力化 (スリープ制御, 動作クロック制御等), 環境発電 (エネルギー・ハーベスティング)
無線	センサ間通信, 相互干渉・無駄な電力使用の防止

ユビキタスセンサーネットワークの実現に向けて, ユビキタスセンサーネットワーク技術に関する調査研究会, 平成16年7月, 最終報告http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/258151/www.soumu.go.jp/s-news/2004/pdf/040606_4_b2_5.pdfより引用・修正

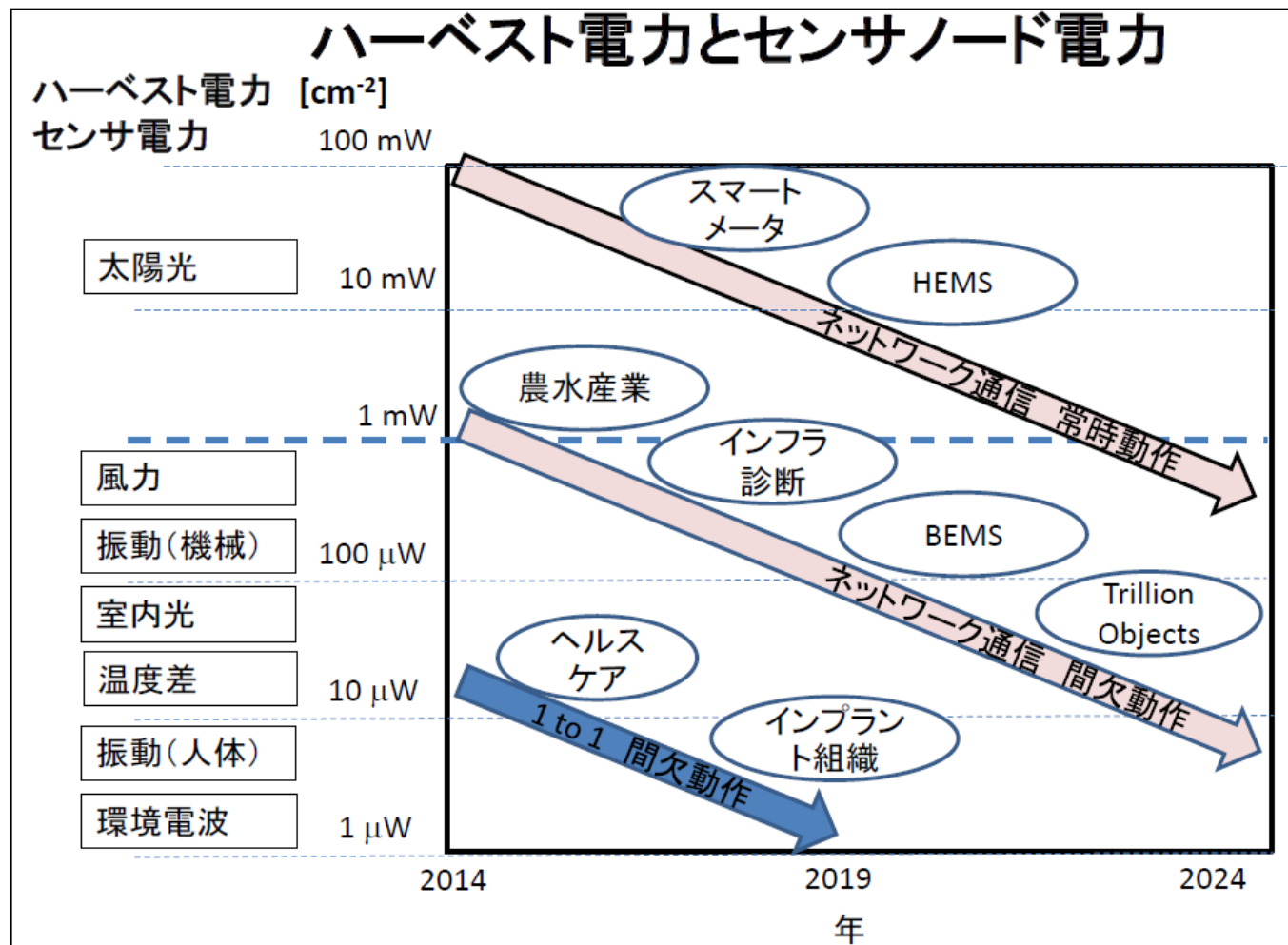
図3 ユビキタスセンサーネットワークの要素技術⁵⁾

M2M技術の動向と応用事例 (サイバー大学 清尾克彦, 2013)

- 半導体の低電力化にフォーカスして調査
 - ウェアラブル生体情報モニタへの応用を調査
 - 低電力、エネルギーハーベスティング、通信、データ蓄積
- 医療/健康における生体情報の長時間モニタ
 - ビッグデータ解析による健康管理基準の策定
 - 健康管理による医療費の削減
 - 個人に合った健康維持/治療

低電力への要請

- 生体情報モニタは小型 & 超低消費電力が必須

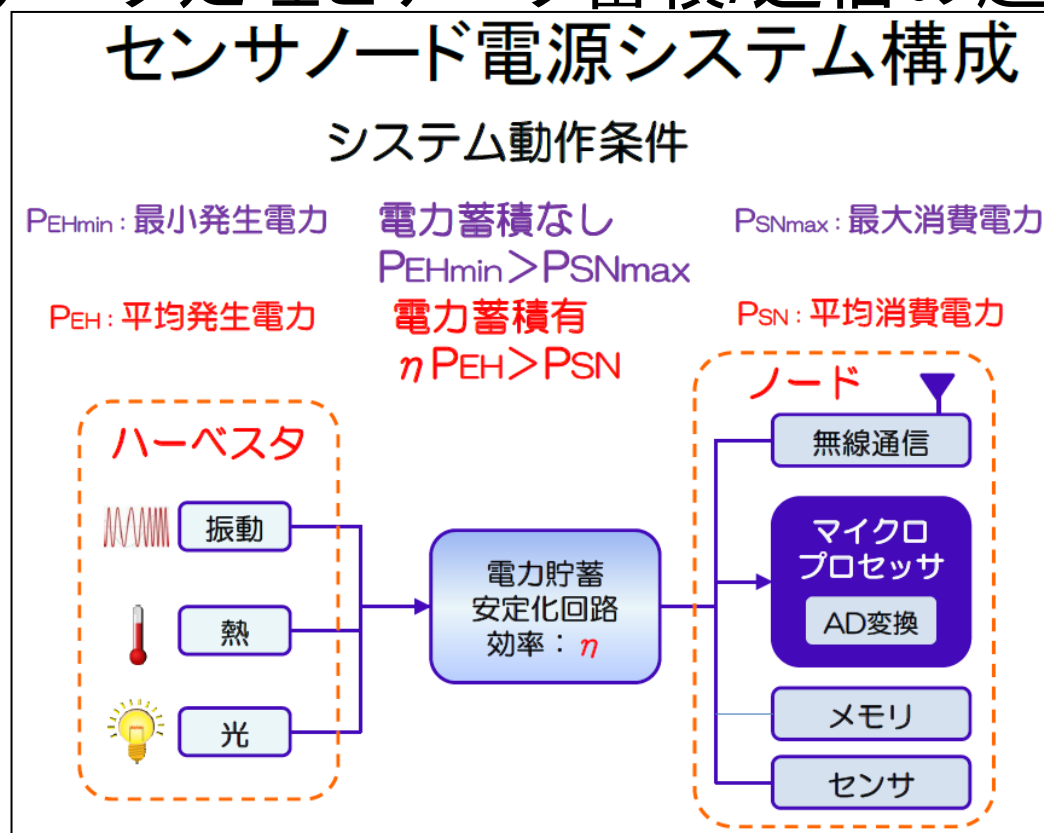


資料提供: 電気通信大学 石橋教授 (WG1特別委員)

STRJ WS: March 6, 2015, WG1 Design 13

センサノードの構成

- センサノードの構成例と電力の関係
 - ハーベスト電力による駆動 > 長期継続モニタ
 - センサデータ処理とデータ蓄積/通信の超低電力化

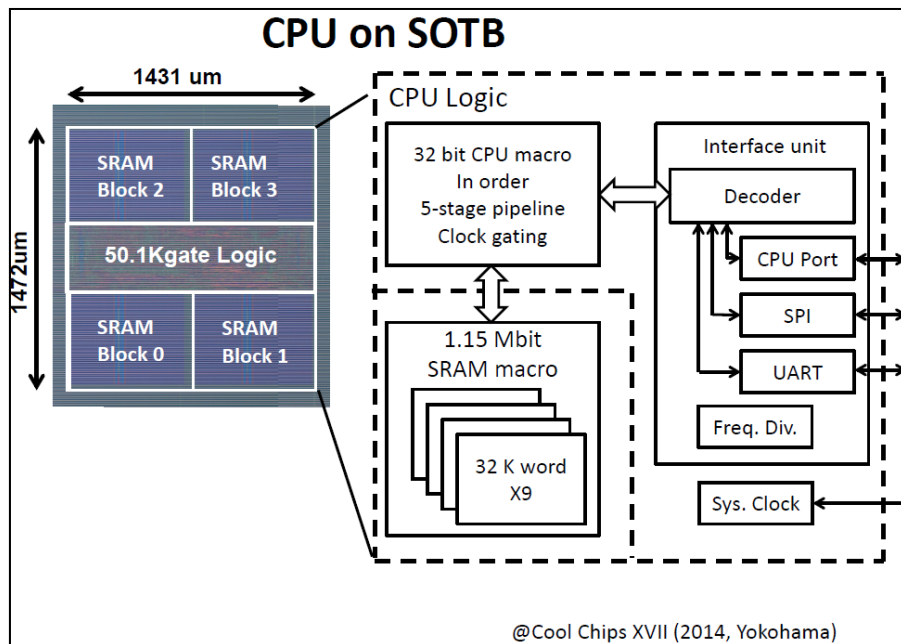


資料提供: 電気通信大学 石橋教授 (WG1特別委員)

STRJ WS: March 6, 2015, WG1 Design 14

センサノードのCPU電力

- ハーベスト電力でのCPU動作
 - 体温/振動による $100\mu\text{W}$ 以上の電力確保でデータ取得が可能



Eternally Operating CPU Conditions

Operation time/ Sleep Time	Average Current (μA)	610 mAH Battery Life (Year)	Capable Harvest Power (cm^{-2})
100ms/100s	0.52	134	Ambient Light In door ($10\mu\text{W}$)
100ms/10s	3.94	17.6	Thermal Energy ($30\mu\text{W}$)
100ms/1s	38.1	1.8	Vibration ($100\mu\text{W}$)
Always in operation	380	0.18	Ambient light Out door ($10000\mu\text{W}$)

@ 380 μA active current at 10MHz, 0.14 μA sleep current

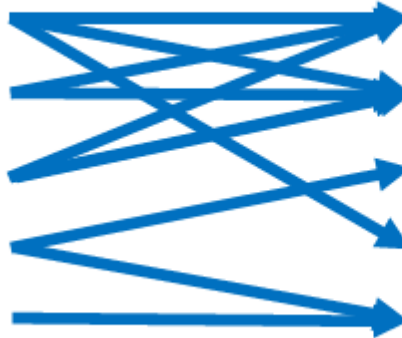
@Cool Chips XVII (2014, Yokohama)

生体情報とセンサノードへの要求

生体情報 (Biological Information)	範囲 (Range)	センサーデバイス (Sensor Device)
血圧 (Blood Pressure)	10 ~ 300 [mmHg]	Pressure Sensor
脈拍 (Pulse Count)	10 ~ 250 [bpm]	Phototransistor Pressure Sensor
飽和酸素濃度 (SpO ₂)	50 ~ 100 [%]	Phototransistor
呼吸 (Respiration)	5 ~ 60 [bpm]	Pressure Sensor
心電 (Electrocardiogram) (ECG)	0.5 ~ 4 [mV]	Electrode
筋電 (Electromyogram) (EMG)	50 ~ 1,000 [μ V]	Electrode
皮膚温度 (Skin Temperature)	0 ~ 50 [C]	Temperature Sensor

□ 医師からの要請

- 低侵襲
- 無拘束
- 無自覚
- 長時間
- 実時間



□ 工学的仕様

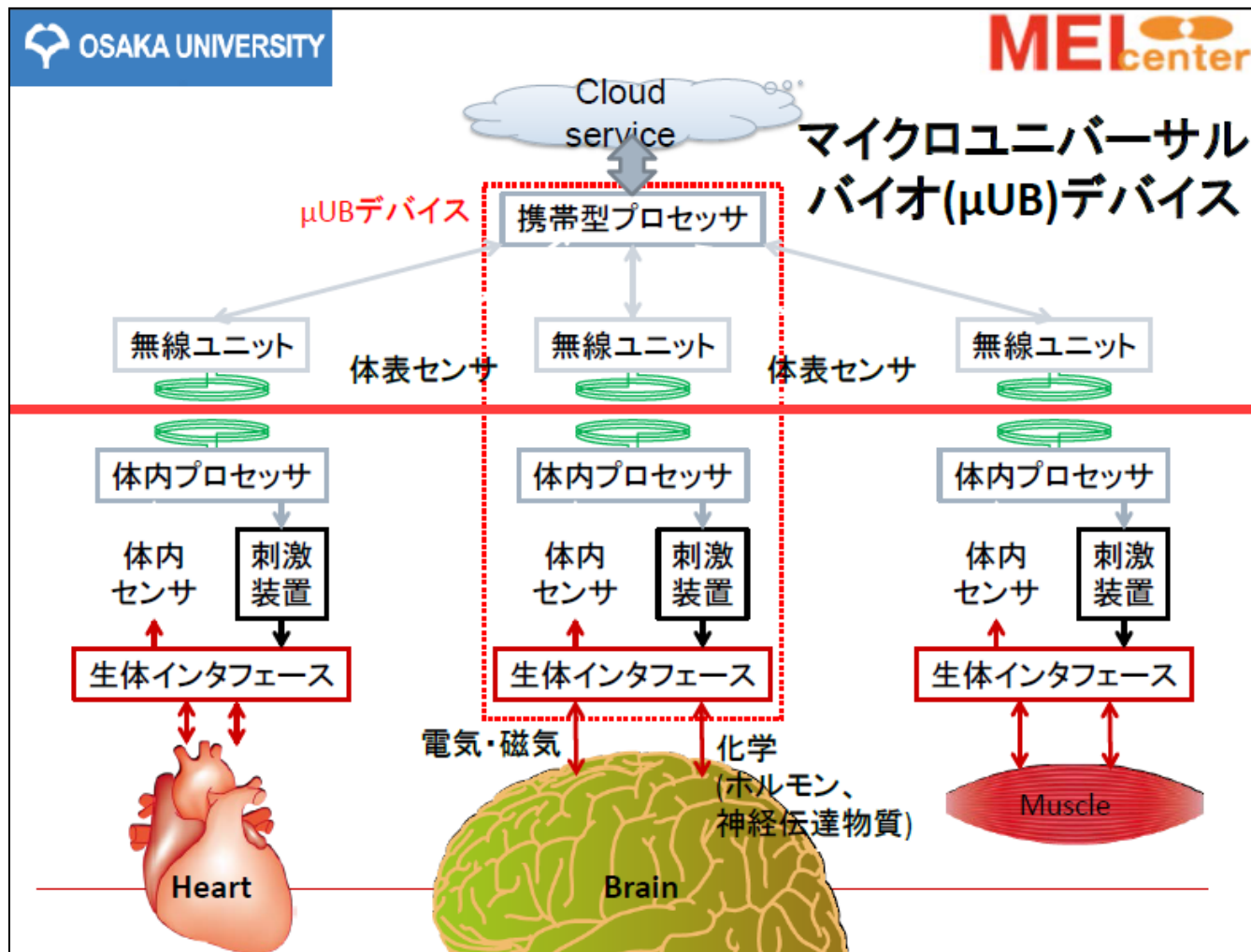
- 小型
- 軽量
- 低消費電力
- 低発熱
- ディペンダビリティ
(高信頼性+頑強性)

資料提供: 大阪大学 今井教授(WG1特別委員)

STRJ WS: March 6, 2015, WG1 Design

生体計測システム例

- 大阪大学で構築中のシステム



資料提供: 大阪大学 今井教授 (WG1特別委員)

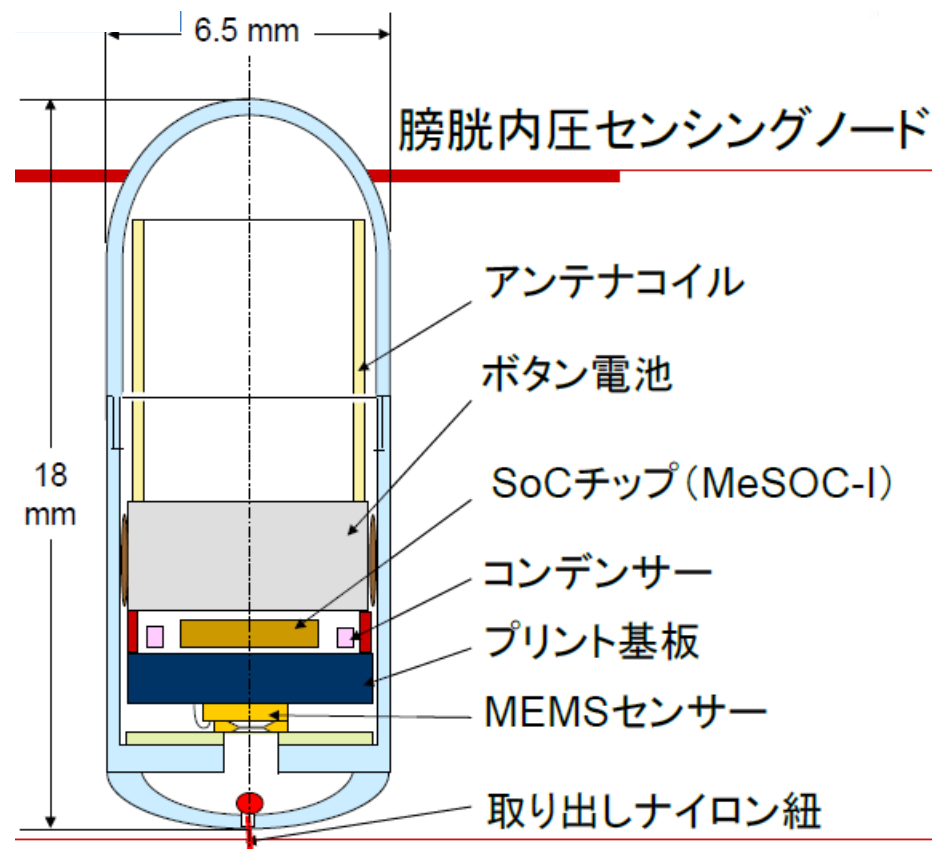
STRJ WS: March 6, 2015, WG1 Design

センサノード開発事例-膀胱内圧

・今井研究室の膀胱内圧センシングノード開発

仕様

- ・電源 ボタン電池 SR421SW 1個 1.55V
- ・センサ MEMS圧力センサ
- ・内圧計測 30回/秒-72時間連続
1計測当たり32サンプルの平均値取得
- ・通信 電磁誘導通信 & ECCエラー訂正



資料提供: 大阪大学 今井教授 (WG1特別委員)

STRJ WS: March 6, 2015, WG1 Design

動向例: Medical Tricorder

●Policy Horizons Canada ^[1]による報告^[2]

- ▶ 医療用Tricorderは、将来実現しえる携帯型生命活動計測機器であり、一般消費者が自分の健康状況を自ら短時間で把握する目的で使用する。
- ▶ 一般的には、医療用Tricorderは、血圧、体温、血流量などのバイタルサインを体組織に影響を与えない(非観血な)方法で測定する機器を意味する。



※補足: Tricorderとは、

Tricorderはスタートレックに登場する多目的の携帯デバイスであり、宇宙艦隊士官に支給される。

探知、分析、記録ができ、地理、気象、生物等のあらゆる分野に対応できる。医療に特化したTricorderもある。

▶ 未来予測

- ~ 2019年: Scientifically viable (Google, 政府, 大学などで開発)
- ~ 2022年: Mainstream (開発の取り組みが、ベンチャーキャピタルやスタートアップ企業に広まる)
- ~ 2025年: Financially viable

補足: Policy Horizons Canadaはカナダ政府の組織で、横断的課題に対して今後10~15年間で実行可能な公共政策を公務員に通知

[1] <http://www.horizons.gc.ca>

[2] <http://www.businessinsider.com/14-emerging-health-technologies-2014-4>

自動運転へのIoT応用

■ 半導体のデータ処理能力向上にフォーカス

- ▶ データ処理能力向上の半導体ドライバとして、自動運転への応用を調査

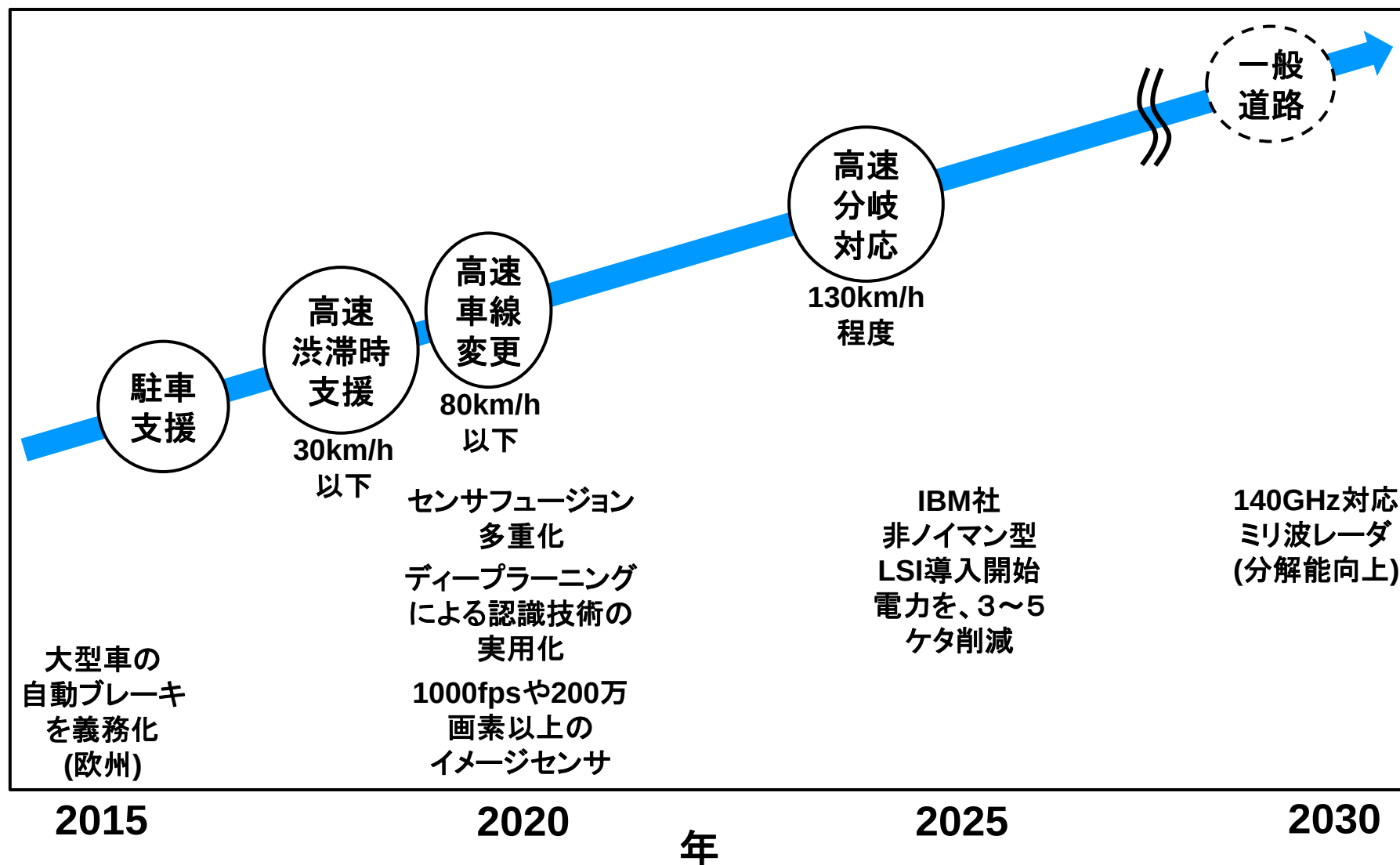
■ 自動運転におけるデータ処理

- ▶ 画像データからの障害物認識(種別、位置・速度)、情報認識(信号、標識)
 - 〜 高度に複雑な状況に対応するには、障害物認識の自動学習が必須
- ▶ 地図上での自己位置認識、走行ルート決定(ルート、車線)



出典: <http://international.download.nvidia.com/pdf/tegra/Tegra-X1-whitepaper-v1.0.pdf>

自動運転ロードマップ



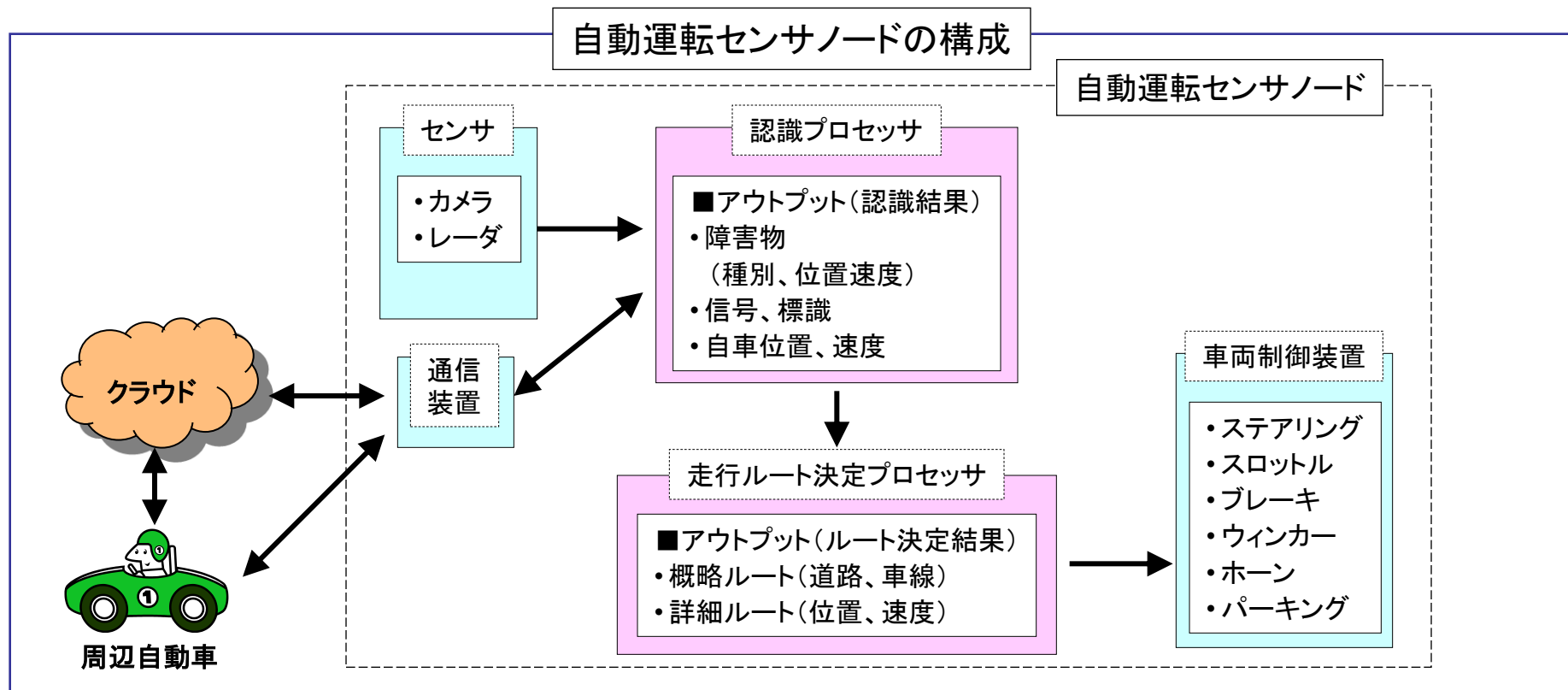
自動車、車載機器メーカーの情報、日経オートモーティブ 2015年2月の情報をベースに作成

自動運転センサノードの構成

■ 自動運転センサノードの構成例とデータ処理能力の関係

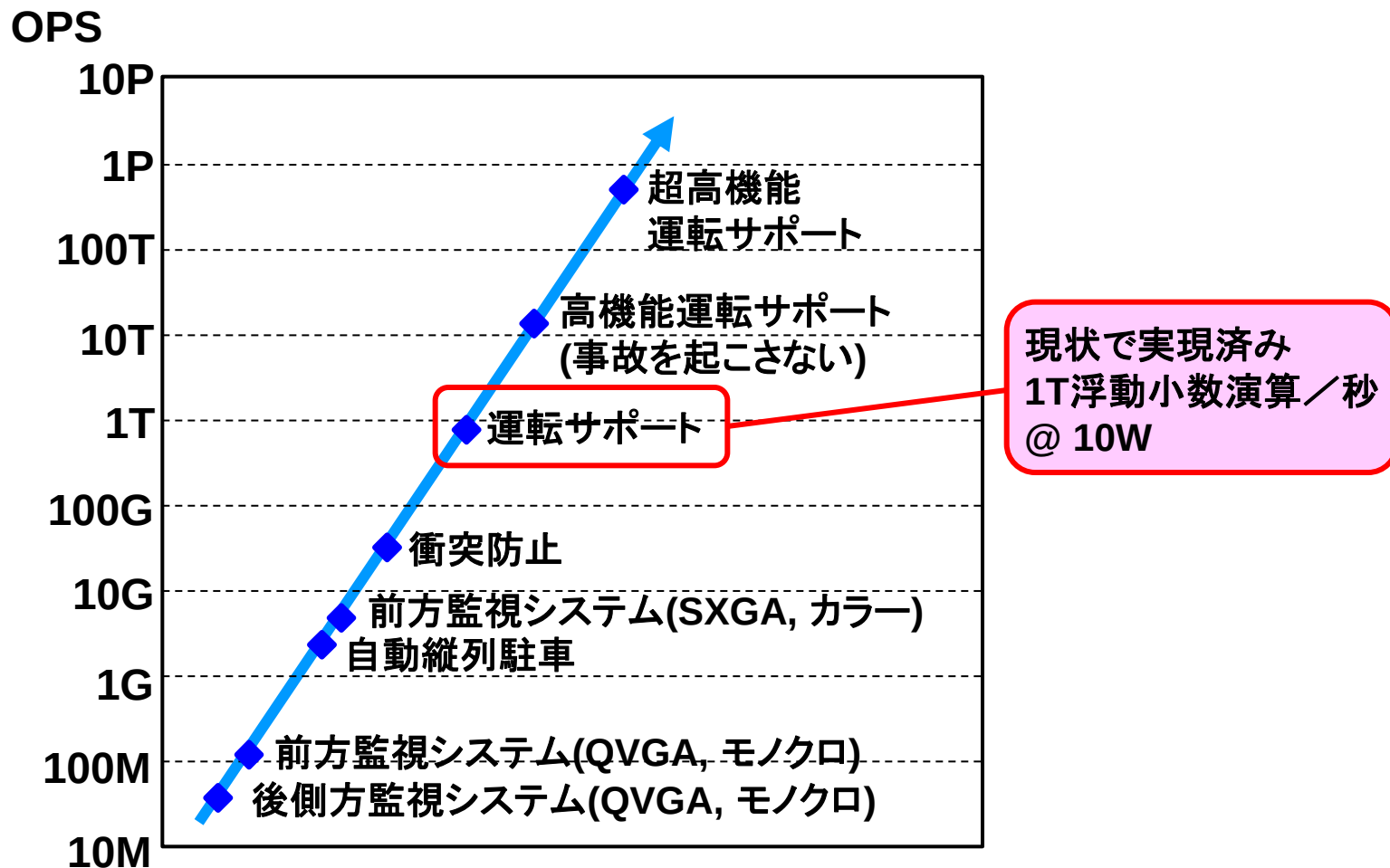
- ▶ 運転速度、周辺状況の複雑化に伴い
認識対象物の量が増大するのみならず、認識精度の高度化が必要

例： 駐車支援 ⇒ 高速渋滞時支援 ⇒ 高速車線変更 ⇒ 高速分岐対応 ⇒ 一般道路



高性能への要請

- 自動運転の鍵となる認識処理では、高性能 & 低消費電力が必須



出典: NEDO 電子・情報技術分野の技術ロードマップ2009, I-48項

自動運転向けチップの例

■ NVIDIA Tegra X1

- ▶ 認識処理に必要な大量の積和演算を高速実行

■ 仕様

- ▶ CPU 8コア, GPU 256コア (積和演算ユニット)
- ▶ 演算性能 1T FLOPS (16bit 浮動小数)
- ▶ 電力消費 最大10W程度
- ▶ 製造プロセス 20nm

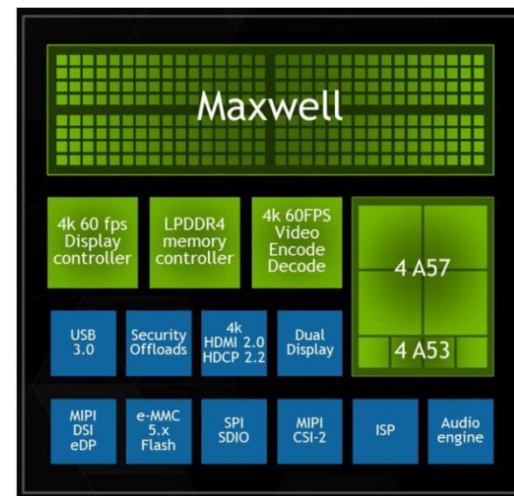
■ 自動運転開発プラットフォームDRIVE PX

- ▶ Tegra X1 2個搭載
- ▶ 自動車自身が空スペースを見つけて
駐車する全自動駐車が可能

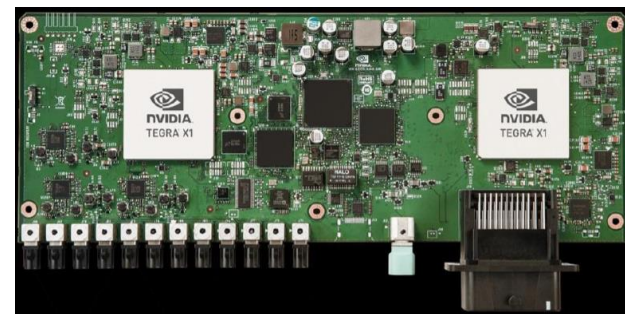
■ 他にも、ルネサス エレクトロニクスR-Car V2H, 東芝 Visconti™4, TI TDA3x, Freescale SCP220x などのチップが開発されている

- ▶ 想定用途: 障害物認識、自動緊急ブレーキ、車線維持・変更支援等

出典: PC Watch, 2015年1月、各社ホームページ



Tegra X1



DRIVE PX

■ 認識の流れ

前処理

特徴量抽出

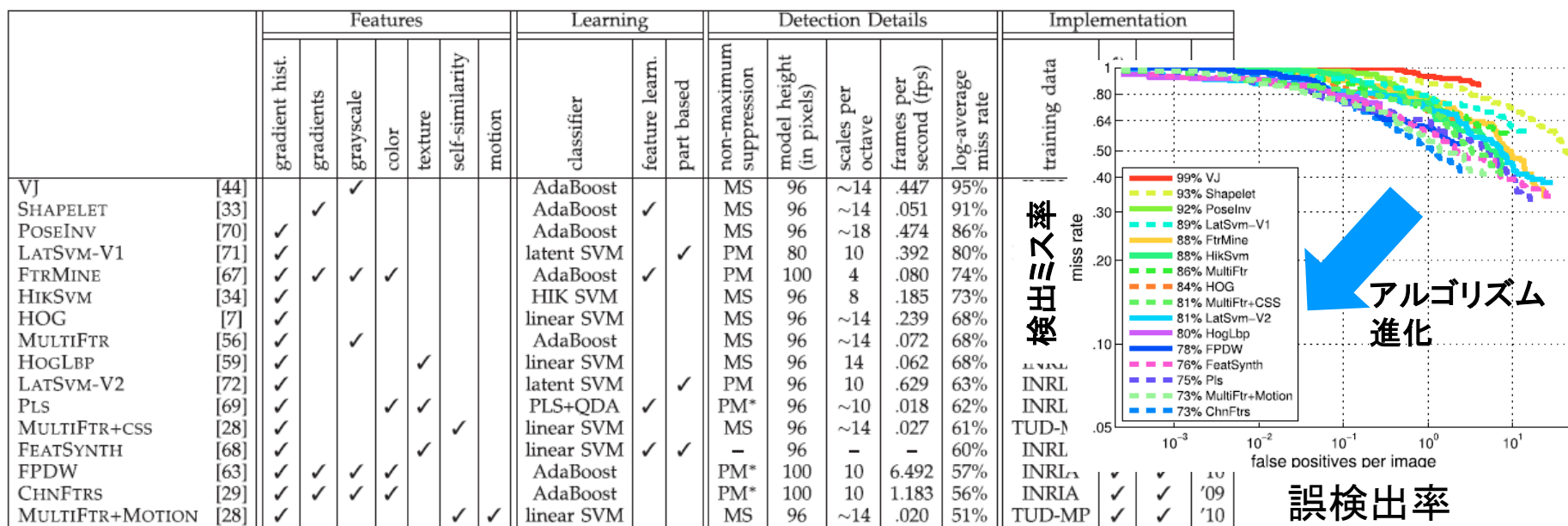
認識処理

deep learningによる
性能向上が進展中

■ 複雑な状況での、検出ミス率、誤検出率の一層の抑制が必須

▶ deep learning, クラウドの組合せに期待

Comparison of Evaluated Pedestrian Detectors (See Section 4.2 for Details)



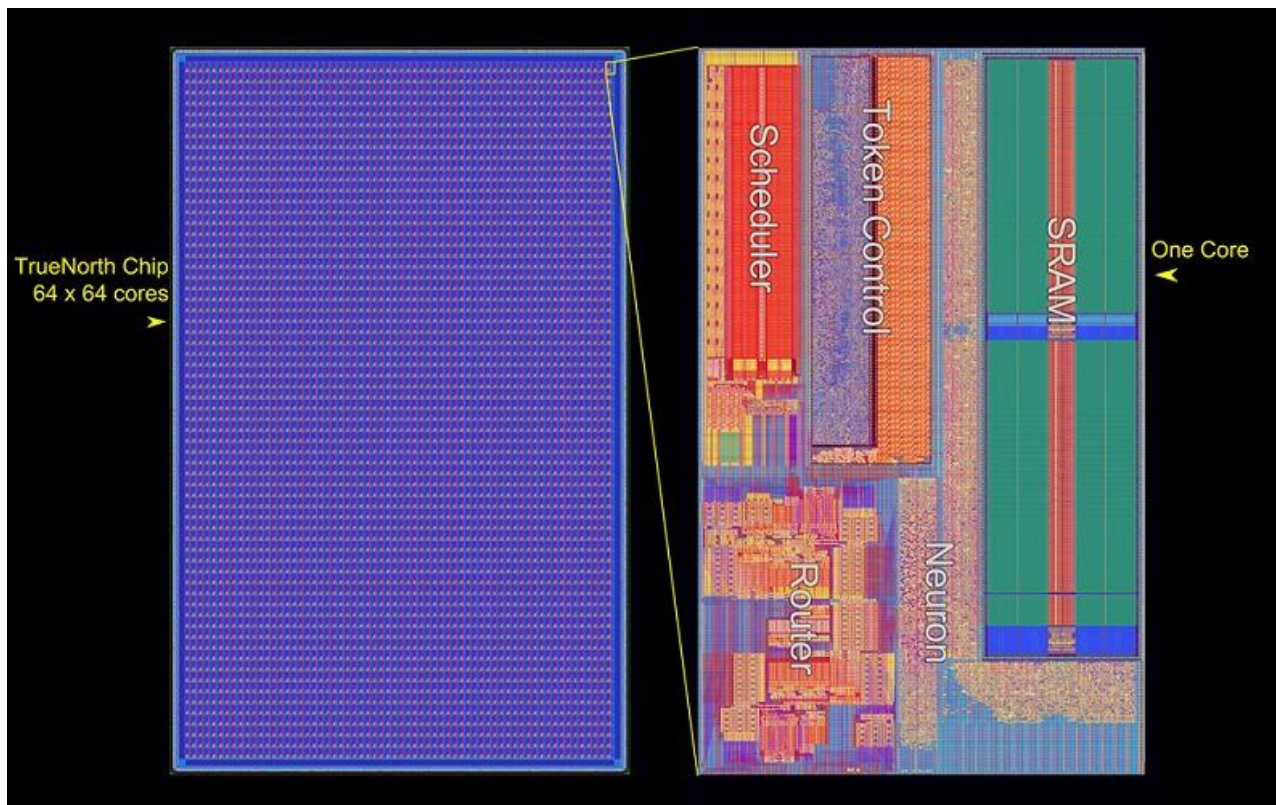
出典: "Pedestrian Detection: An Evaluation of the State of the Art"

IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 34, No. 4, 2012

非ノイマン型プロセッサによる動画認識

■ IBM社 TrueNorth

- ▶ 54億トランジスタ、100万のニューロン、2億5600万のシナプスを実現
- ▶ 動画中の、歩行者5人、自転車1台のリアルタイム追跡に成功
- ▶ 63mW (GPUと比べ、消費電力は10分の1以下)



出典: 日経コンピュータ

自動運転車の例: Google



自動運転車のプロトタイプ、
2015年に公道で実験予定

写真: [https://plus.google.com/
+GoogleSelfDrivingCars/photos](https://plus.google.com/+GoogleSelfDrivingCars/photos)

- 事故無く**70万マイル以上**を走行
 - ▶ 障害物発見の場合、悲観的に停止
 - ▶ 予期せぬ標識等は、クラウドに送信

- 半導体とソフトが協調して**解決すべき課題**
 - ▶ 事前に、センサー付き車両を様々な経路で走行させ、取得したデータをコンピュータと人間により慎重に解析することが必要
 - ▶ 自動駐車、雪、大雨、逆光での走行が不可能
 - ▶ 空いたマンホールや工事の認識が不十分
 - ▶ 全方向一時停止の十字路では事故防止のため、運転が遅くなる
 - ▶ 人間は円柱として認識(移動予測が難しい)
 - ▶ 交差点で直進車が多い場合の右折が難しい

出典: "Hidden Obstacles for Google's Self-Driving Cars",
MIT Technology Review (2014/8/28)

ヒアリング活動

講演者	講演タイトル	WG
東芝 手塚勉様	Ge-on-insulatorデバイス技術とその応用	WG12,13
理化学研究所 于秀珍様	スキルミオン -ナノスケール磁気渦-	WG12,13
Xintec社(台湾)	MEMS・イメージセンサ向けWLPの技術動向	WG7
東京理科大学 市原学様	ナノテクノロジーの安全性と産業衛生学	WG12,13
東京理科大学 中嶋宇史様	強誘電性ポリマー薄膜の極限物性とメモリデバイスへの応用展開	WG12,13
アトムニクス 畑田賢造様	自然科学に学ぶ	WG7
九州大学 吾郷浩樹様	二次元素材の合成と応用	WG12,13
東京工業大学 原祐子様	組込みシステム上流設計の研究動向について(アーキテクチャとEDA)	WG12,13
産総研 森貴洋様	TFETにおけるオン電流向上策	WG3
東芝 後藤正和様	Si CMOSプロセス互換Tunnel FET(TFET)開発	WG3
東京医科歯科大学 三林浩二様	デバイス技術を用いたバイオセンサと生体計測応用	WG7
Amkor Technology 谷口潤様	OSATの考える半導体パッケージロードマップ	WG7
東芝ナノアナリシス 佐々木智一様	3次元アトムプローブによる先端半導体材料の微細構造解析	WG12,13
東京工業大学 西森秀稔様	量子アニーリングと量子計算	WG12,13
東北大学 遠藤哲郎様	スピントロニクス低電力Logic/MRAM技術	WG3
慶應義塾大学 津田裕之様	ネットワークの大容量化と省電力化を目指す光通信用デバイスの研究動向	WG12,13
LEAP 高浦則克様	ストレージクラスメモリの展望と抵抗変化型不揮発メモリによる低電圧化限界への挑戦	WG12,13
東京工業大学 益一哉様	IoT/IOE時代のデバイス技術を考える	WG6
慶應義塾大学 安藤和也様	固体中の角運動量変換	WG12,13
富士通研究所 岩井大介様	通信用高周波デバイスの現状・課題と展望	WG12,13

ITRS 2.0へ向けた情報収集のため、他WGで開催されるヒアリング活動へ
陪席させて頂きました。

ありがとうございます!

目次

◆はじめに

- ワーキングメンバ、ミッション

◆ITRS 2.0へ向けた取り組み

- IoT動向調査
- 健康医療分野へのIoT応用
- 自動運転へのIoT応用
- ヒアリング活動

◆まとめ

まとめ

MtMからITRS 2.0へ

- MtM検討として、他WG開催のヒアリングに参加
 - ◆ 幅広く先端技術に関する情報収集を行った
- System Integration次期ドライバ候補としてIoT動向調査を実施
 - 健康医療：
 - ・ 低電力化にフォーカスしてセンサノードを調査
 - ・ 消費電力トレンド、センサノードへの要求仕様を調査
 - ・ デバイス開発事例で動向を確認
 - 自動運転：
 - ・ 要求性能にフォーカスして開発動向を調査
 - ・ 自動運転ロードマップ、高性能化への要請を調査
 - ・ 自動認識アルゴリズムの現状と自動運転の開発状況を確認
- ◆ IoTは低電力化と高性能化へ高い要求がある
 - => デバイスへの要求は高く実現のロードマップが必要

END