

ホームネットワークでの経緯からみる IoTの今後の課題と標準化

新世代ネットワーク推進フォーラム レジデンシャルICT SWG リーダ
スマートIoT推進フォーラム 技術・標準化分科会長
情報通信技術委員会(TTC) 特別委員
宅内直流給電アライアンス 議長
ECHONETコンソーシアム アドバイザリフェロー
スマートコミュニティアライアンス 通信インタフェース SWG 座長
ITU-T アカデミアメンバ コンタクトパーソン
IEC TC100 62608 expert / JEITA 客員
電気学会SGTEC 委員 (IEC TC57 国内委員)
総務省 情報通信審議会 専門委員
北陸先端科学技術大学院大学/情報通信研究機構

丹 康雄 ytan@jaist.ac.jp

2016.04.22

ホームネットワーク開発の大まかな経緯

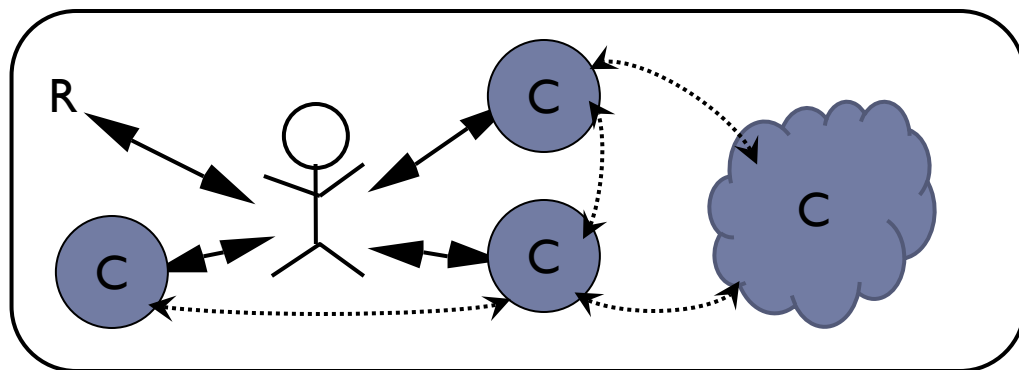
- ▶ 1970-1980年代
 - ▶ マイコン内蔵家電の出現とほぼ同時に家電間接続の話が始まる
 - ▶ ISDN、ホームバス時代 ホームネットワークは歴史のあるテーマ
- ▶ 1990年代
 - ▶ IEEE1394、POFといった新技術 家電のデジタル化
 - ▶ 担当エンジニアの代替わり UNIXとIP使いが就職し始める
 - ▶ ECHONET、HAViといったフォーラム標準 オブジェクト指向のようなソフトウェア工学の成果が活用される
- ▶ 2000年代
 - ▶ DLNA、IPTV、NGN 世の中のインフラにTCP/IPが入り込む 常時接続Internet
 - ▶ HDMIやZigBee 新規の"特定領域プロトコル"
 - ▶ サービス実現方法の変化、"家電版集合知" Web2.0、クラウド、その後のビッグデータに
- ▶ 2010年代、今後
 - ▶ 健康関連機器、セキュリティ、センサネットワーク、ロボット 新しい機器やサービス
 - ▶ 新世代のOTT、NHK HybridCastのような統合サービス 放送系の新展開
 - ▶ 急に巻き起こった感のあるスマートグリッドブームと日本の震災
 - ▶ 創エネ蓄エネの実用化 エネルギーマネジメント系は新たな段階に

現在に至る情報システムの発展の流れ

- ▶ 1980年代後半からの実世界指向コンピューティング
 - ▶ ユビキタスコンピューティングへの流れ
 - ▶ 1990年代には実現
 - ▶ 物理世界と計算機世界(仮想世界)との関係の変化
- ▶ 2000年前後からの(ローカル/グローバル)ネットワークの浸透
 - ▶ 接続技術の進展と、組み込みシステムの高度化
 - ▶ インターネットのコモディティ化
 - ▶ 複合的なシステムにならざるを得ない状況に
- ▶ Web2.0(2005年)以降のネット内の大きなインテリジェンス
 - ▶ 現在のビッグデータ解析に至る急速な流れ
- ▶ 上記3つが組み合わされた スマート なシステムへの注目
 - ▶ 社会システムの見直し、第一次産業など既存産業の再定義
- ▶ Industrie 4.0に代表される、国をあげての取り組み
 - ▶ 仕事のしかたや社会的な制度の見直しといったメタなところまでも

「スマートIoT」なシステム

- ▶ 従来型の計算機(IT)システムとも、組み込み計算機(ET)システムとも異なる
- ▶ その二つの融合した形態に近い
 - ▶ 実世界とのやりとりがあること
 - ▶ センサ アンド アクチュエータ
 - ▶ CPS(Cyber Physical Systems)
 - ▶ ネットワークを利用し、個々の要素が連携すること
 - ▶ M2M(Machine to Machine), IoT(Internet of Things), IoE(Internet of Everything)
 - ▶ SoS(System of Systems)
 - ▶ インテリジェンスがネットワークのどこかにあること
 - ▶ クラウド
 - ▶ ビッグデータ



「スマート」なシステム実現の5要素

1. つなげる

- ▶ 使える道具(情報)を確保する [コネクティビティの確保]

2. 感じる

- ▶ 様子を見る、空気を読む [センシング、物理情報の取得]

3. 判断する

- ▶ 知識に基づいて何をするか決める [制御、ビッグデータ]

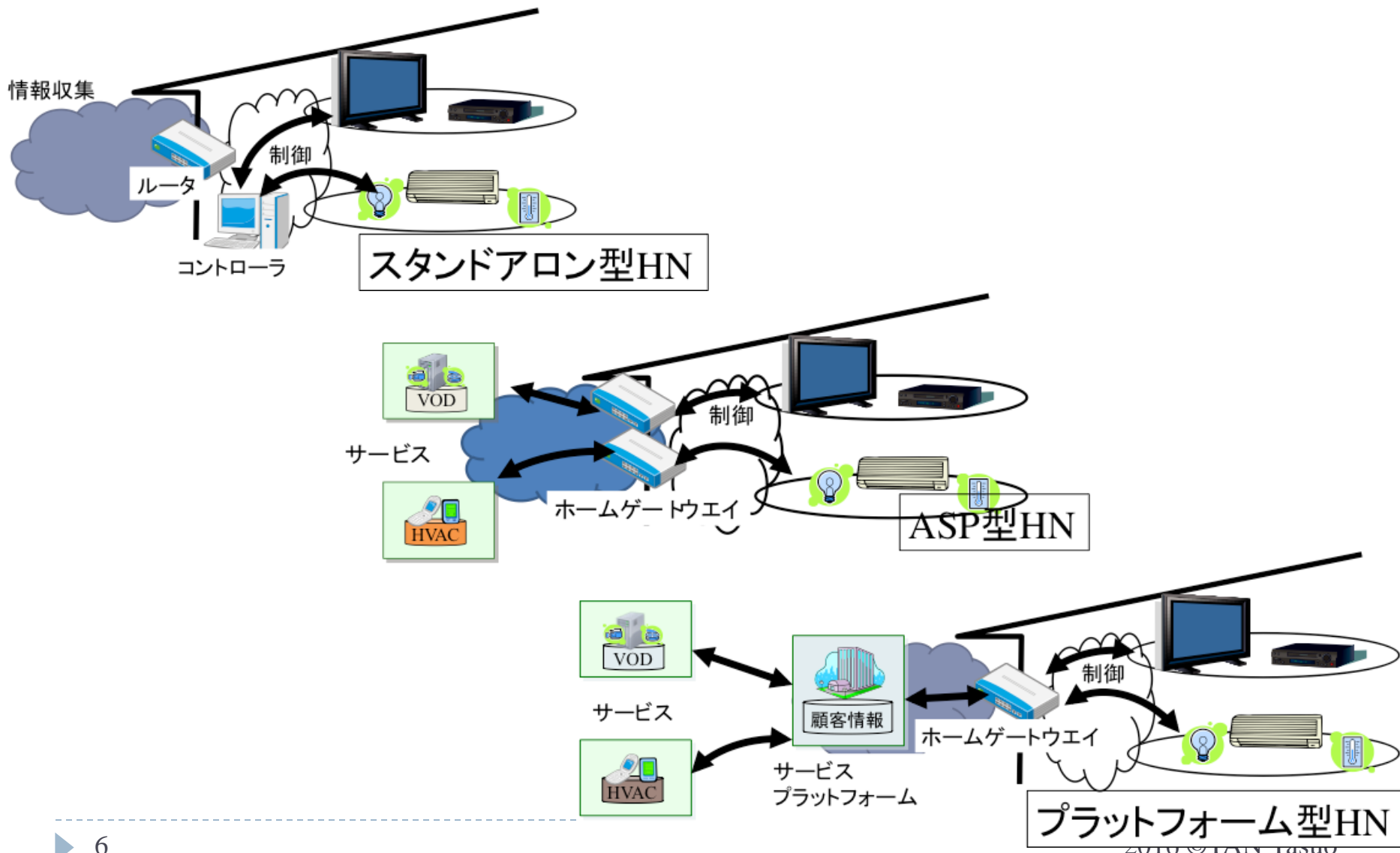
4. 動かす

- ▶ 手を出す、働きかける [アクチュエーション、物理的な作用]

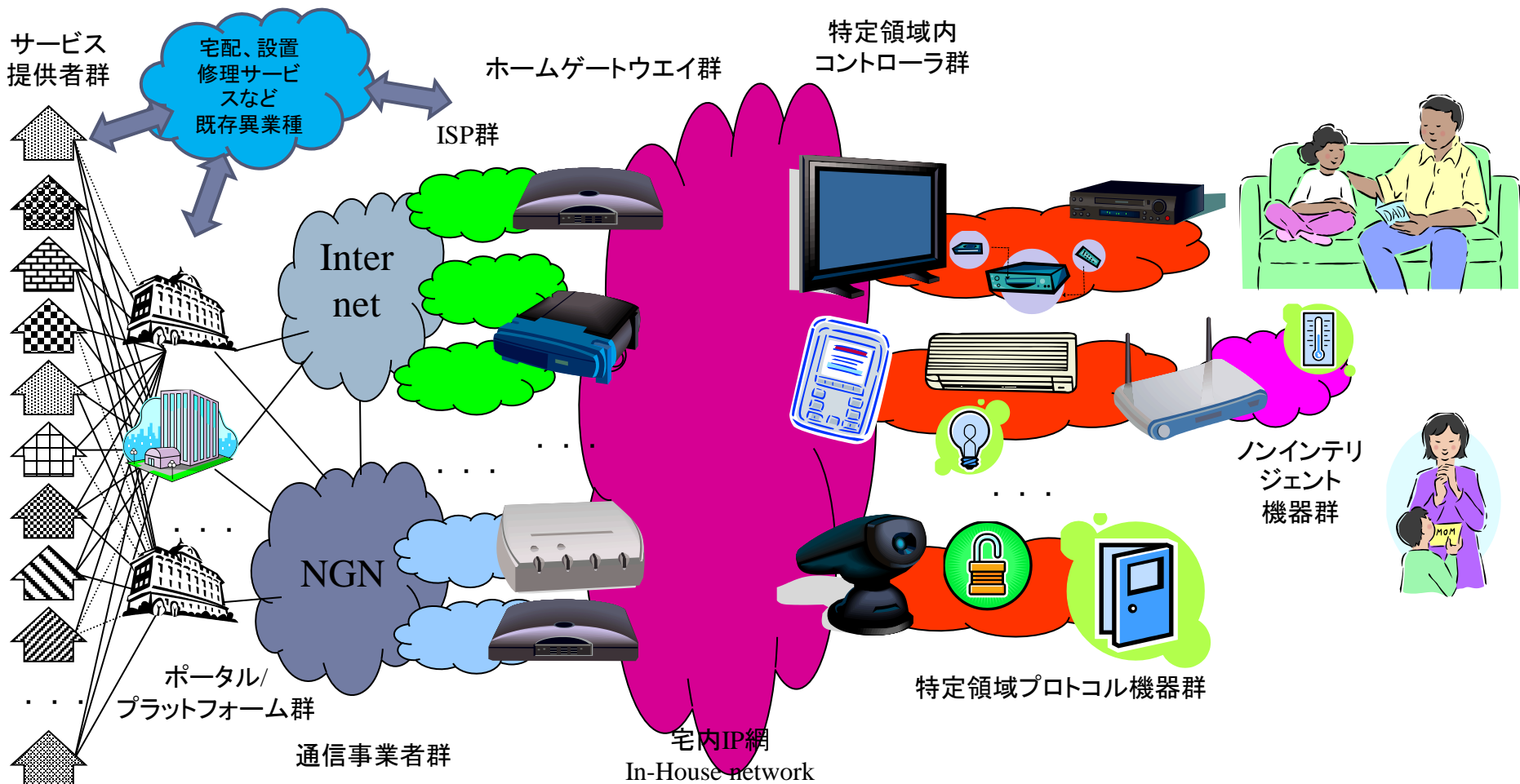
5. 記憶する

- ▶ 知識を蓄える [データベース化]

サービス実現方法 - 制御とビッグデータ収集 -



次世代ホームネットワーク = 家電を端末としたクラウド(2007年当時の構想)



現在の状況

- ▶ 特定の分野、たとえばホームネットワークという分野では
 - ▶ HEMSのような特定のサービスについて、基礎的な要件は満たされつつある
 - ▶ クラウドの中のサービスインタフェースや、パーソナルデータ、セキュリティなどの難しい問題や、遠隔管理運用などの直近の課題に直面
 - ▶ 同じ住宅内で様々なサービスを受けるので、統合的なプラットフォームが有効
- ▶ しかし、一般的な「スマートIoT」ということでは
 - ▶ 新たな機器が次々と出現 これから標準化する状況に戻った感あり
 - ▶ 新規の通信技術がこれからも続々出現 BLE, ZigBee3.0, LoRa, SIGFOX, Ingenu, NB-IoT(3GPP), etc. いわゆるLPWA
 - ▶ 爆発的に増えつつあるミドルウェア規格 OneM2M, W3C WoT, IIC, AllSeen(AllJoyn), OIC/OCF(IoTivity, UPnP), Thread, IPSO, HomeKit, Amazon Echo, OMA GotAPI, ECHONET, ZigBee, KNX, etc.
 - ▶ クラウドサービスの使われ方も必ずしも明確ではない

ホームネットワークに分野での残課題

▶ 管理運用技術

- ▶ OAM: Operations, Administration, and Management

▶ サービスAPI

- ▶ 高次概念を持つAPI
- ▶ 機器を複数のサービスで使えるためのしくみ

▶ パーソナルデータの活用

- ▶ ビッグデータ解析の活用による新サービス

▶ セキュリティ

- ▶ 情報セキュリティ、サイバーセキュリティ、IoTセキュリティ

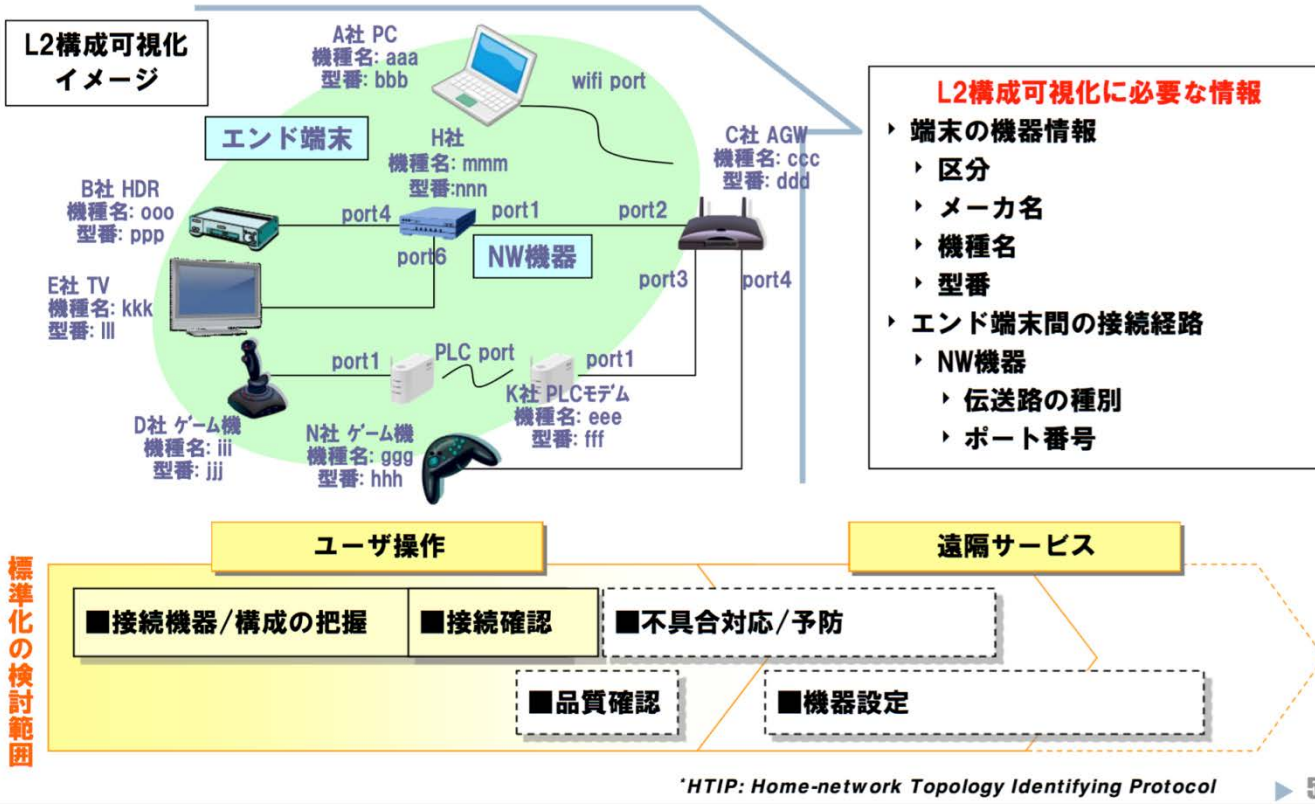
遠隔管理運用技術の重要性

- ▶ 「スマートIoT」システムの特徴の一つは、あるサービスに対し、関わっているネットワークノードの数が爆発的に大きくなること
- ▶ IoT化したからといってサービスから上がる収益が爆発的に増えるとは考えられないことから、もし、ネットワークノード数分だけ管理運用コストがかかるとすれば、コストの伸びの方が大きくなってしまう
- ▶ ホームネットワークにおいては片手未満の数のネットワークノードでも「一般客」に対して売るとどれだけ管理運用コストがかかってしまうかは経験済みで、サービスマンの派遣を必要としないための検討が進展
 - ▶ 決め打ち構成のシステム販売
 - ▶ HTIP (TTC JJ-300.00&01 / ITU-T G.9973)のような取り組みが継続
 - ▶ TTC TR-1053, TR-1057, TR-1061, TR-1062などのテクニカルレポート

TTC JJ-300.00 / ITU-T G.9973

ホームNW構成特定プロトコル“HTIP”の標準化

まずは、接続機器とホームNW構成の把握（L2構成の可視化）と、接続性の確認を行い、ユーザ自身の手で不具合発生箇所の切り分けができる仕組みを提供することを目的とし、標準化の検討範囲とする。また、ホームNW内に接続された任意の端末においても、ホームNW構成を確認できるようにする。



サービスAPI -1

- ▶ ハードウェア資源を抽象化、仮想化してアプリケーション・プログラマに提供するという観点からみたAPIの成熟度の議論が必要
 - ▶ 現状、データ構造とアクセスプロトコルの共通化程度のところ
が関の山。「機器」が直接アプリケーションから見えている
 - ▶ サービス開発の生産性向上、信頼性の向上を考えればより
抽象度の高い記述ができるしくみを提供する必要がある
 - ▶ 「温度を25度に設定する」「室温を高めにする」「軽く発汗するよ
うな環境にする」
 - ▶ 機器(物理デバイス)からサービスへ
 - ▶ 抽象度の異なるインターフェース間の接続/連携のしくみが必要
だが、そもそも、抽象度が異なっているということを認識するこ
とがまずは必要

サービスAPI -2

- ▶ ある境界面でのAPIで構成されている複数のアプリケーションが互いに保護されつつ同時に稼働できるしくみが必要
 - ▶ 一つのアプリケーションしか稼働しない → 一つのアプリケーションが全ての機能を持つ
 - ▶ 機能が限られれば現実的な解
 - ▶ プリエンプティブな「OSのようなもの」のもとで、複数のアプリケーションが稼働する
 - ▶ 単に時分割で資源割り当てと排他制御を行えば良いのではない
 - ▶ 物理的作用に注目した「物理環境管理」のような概念が必要
 - ▶ 安全性や効率の観点から物理デバイスのアプリケーションの割り当て方が変化する

ワープロ型

パソコン型

パーソナルデータ

- ▶ クラウド型の「スマート」なシステムがうまくゆくのはデータが集約できるから
 - ▶ 誰かが目的を持って集めたデータではなく、それぞれの利用者が自分のための活動をした結果、そこにたまってゆくデータ。これはWeb2.0以降のクラウドデータそのもの
 - ▶ IoTではテキストデータや画像データではなく、センサデータや操作/動作履歴データといった、抽象度の低い生データ
- ▶ 複数のデータを加工すると様々なことがわかる
 - ▶ これが今までにないサービスや使い勝手を生む
 - ▶ 一方で、プライバシーの侵害となりうることも
 - ▶ 単体では匿名化されているデータを複数集めると、個人が特定できてしまう可能性も
 - ▶ 「目的外」利用に関する国民の視線が厳しくなりつつある
 - ▶ 産業競争力という点では規制が前面に出てしまうのは問題
 - ▶ 目的外利用を如何に可能とするか
 - ▶ 技術的な解決
 - ▶ 社会的コンセンサスの醸成
 - ▶ データの権利関係の明確化

サイバーセキュリティとIoTセキュリティ

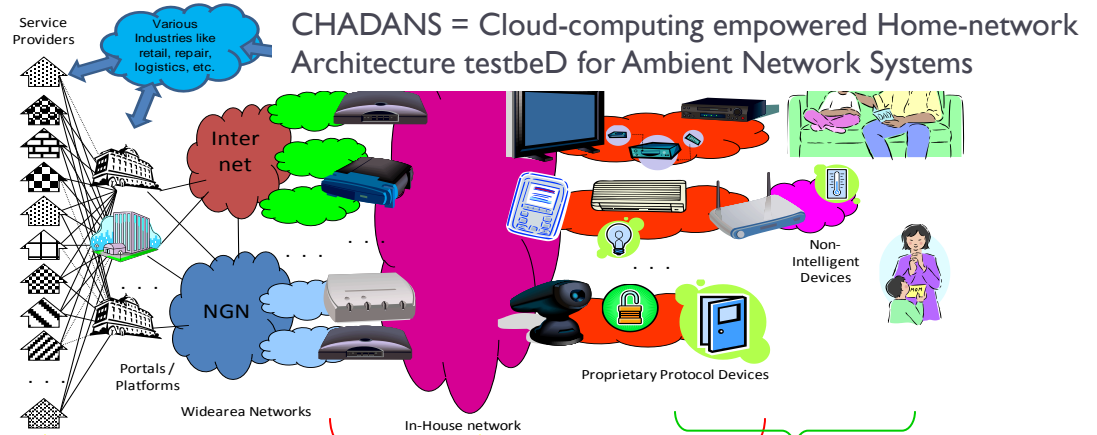
- ▶ IoTセキュリティには大きくわけて二つの観点がある
 - ▶ ネットワークにつながるノード(=サイバーセキュリティの対象)が極めて多くなる
 - ▶ ノードが多すぎて管理の手が回らない
 - ▶ ノードの多くがリソース不足で十分なセキュリティ対策が行われない
 - ▶ IoTシステムのノードは、実世界とのインタラクションを有する
 - ▶ 物理的に危害を加えることができる
 - ▶ 意図的に使っていないときを含め、物理的な情報を取得、収集することができる
 - ▶ この観点からの「出口対策」とはどのようなものになるか
- ▶ これらとは別に、システムとしてみたときのIoTシステムの特徴も
 - ▶ 設置される場所の広がり
 - ▶ 複合型、統合型のシステム

我が国としての今後の方向性

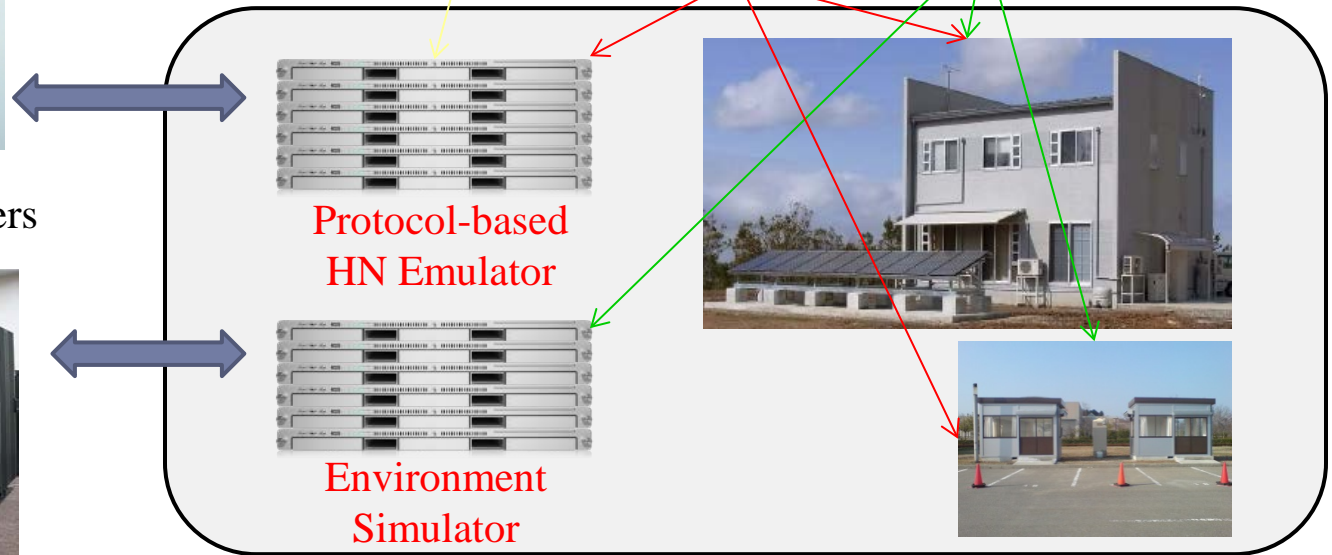
- ▶ **高品質高信頼なIoTシステム実現技術の開発**
 - ▶ 管理運用技術の充実、ホームネットワーク分野の技術の展開
 - ▶ 安全とディペンダビリティとセキュリティの融合
 - ▶ 匠のためのIoTシステムとは
- ▶ **「抜け」を埋める技術の開発**
 - ▶ たとえば、DC給電と通信が同時にできる有線伝送技術をバス型、二線式、無極性、かつローコストで実現など
- ▶ **System of Systemsとしての「すりあわせ」**
 - ▶ 一強に従うのではない標準化とすり合わせ
 - ▶ 一人勝ちしないIoTエコシステムとは
- ▶ **仮想社会実験までを可能とするシミュレーション**
 - ▶ "Digital Twin"的な概念。デジタル箱庭、デジタル盆栽
 - ▶ NICTのIoTテストベッドも方向的にはかなり近い

クラウド・実世界連携の ホームネットワーク研究環境 (2009-)

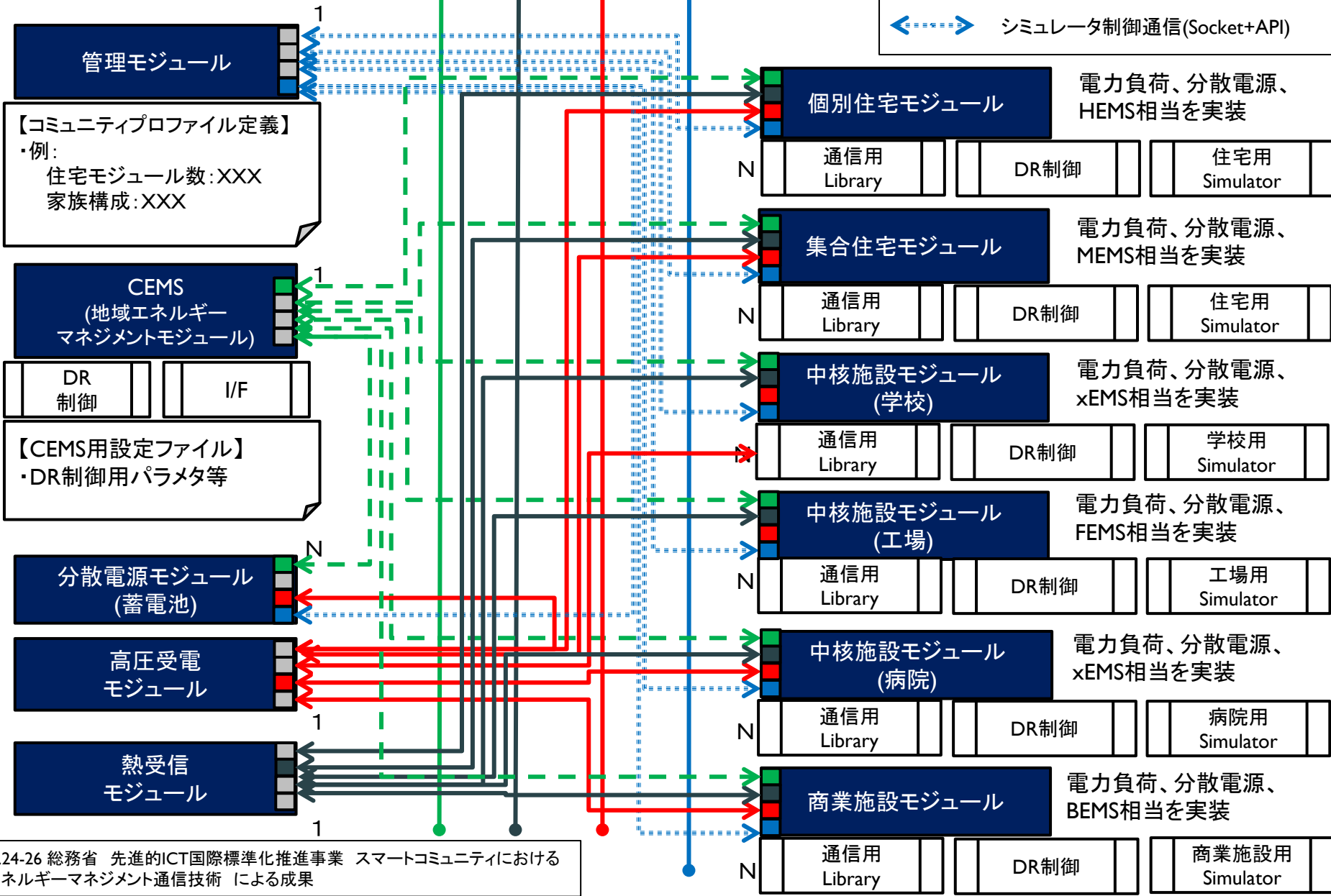
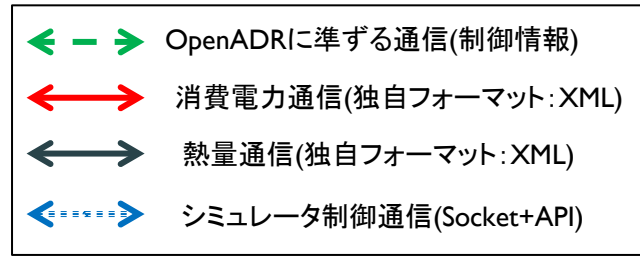
StarBED



JAIST Super Computers



スマートハウスから スマートコミュニティへの展開



まとめ

- ▶ ホームネットワーク分野はいわばIoTの尖兵のような形で長年開発を繰り返してきたが、いくつかの問題に直面している
 - ▶ ビジネスを立ち上げられるための遠隔運用管理の課題は、直近の問題として迅速に対応すべき
 - ▶ APIの問題は技術開発と表裏一体であり、リーダーシップを取りたいのであれば適切なタイミングで動くことが必要
 - ▶ パーソナルデータの問題は社会的なコンセンサスも含めて中長期で考える問題ながらも一定の範囲での試行を続けることが重要
 - ▶ セキュリティの問題は、直近のサイバーセキュリティ的な側面とともに、IoTセキュリティという新しい課題にも直面
- ▶ 我が国の独自性、優位性が出せる今後の方向性はいくつもあるはず

参考スライド

プロトコルスタックの概観

5-7	ECHONET Lite							Layer2の フレーム上 に ECHONET Lite
4	UDP / TCP							
3	IPv4 IPv6		IPv6 6LoWPAN	IPv4 IPv6		IPv6 6LoWPAN		
2	IEEE802.3 ファミリ	G.9961 G.9972	IEEE1901	ITU-T G.9903	IEEE802.11 ファミリ	IEEE802.15.1 ファミリ PANプロファイル	IEEE802.15.4 IEEE802.15.4e	
1	IEEE802.3 ファミリ	G.9960 G.9963 G.9964 G.9972	IEEE1901	ITU-T G.9903	IEEE802.11 ファミリ	IEEE802.15.1 ファミリ	IEEE802.15.4 IEEE802.15.4g	
媒体	UTP 光ファイバ	電力線			電波 (2.4/5G)	電波 (2.4G)	電波 (2.4G/920M) (※)	

Ethernet

ITU-T G.hn

IEEE1901
JJ-300.20
JJ-300.21
HD-PLC

ITU-T G.hnem
JJ-300.11
G3-PLC

Wi-Fi

Bluetooth

IEEE802.15.4/4e/4g
JJ.300-10
Wi-SUN
ZigBee IP / ZigBee 920IP

「スマートIoT」システムのセキュリティ-1

- ▶ 物理的なやりとり(センシング/アクチュエーション)を有し、人命に直結する
 - ▶ ホームネットワークシステムの初期のころの冗談だった、「冷蔵庫の設定温度をこっそり上げて、食べ物を腐らせてしまうテロ」は、離島のような環境下や、インスリン製剤をはじめとする医薬品を保存している場合には直接人命に関わる可能性がある
 - ▶ 自宅の室内で熱中症で亡くなる高齢者の例をみても、スマートハウスを悪意をもって制御すると人命に関わる事件に発展する可能性も
 - ▶ 太陽光、風力など再生可能エネルギーが系統連携している例では大停電も
- ▶ スマートメーターの例をみてもわかるように、侵入できる入り口が極めて多く、かつ様々な場所に設置される可能性がある
- ▶ 従来型の制御システムや、組込みシステムとは異なるオープン型、あるいはSystem of Systemという性質をもつ
 - ▶ システム全体の構造を誰も把握していない
- ▶ 対象となるシステムの具体例もはっきりしていないことがほとんど
 - ▶ 一部の、例えばスマートグリッドのように仕組みの標準化が進んでいるものについてのみNIST IR 7628のような文書が作成できるが一般論的には曖昧に

「スマートIoT」システムのセキュリティ-2

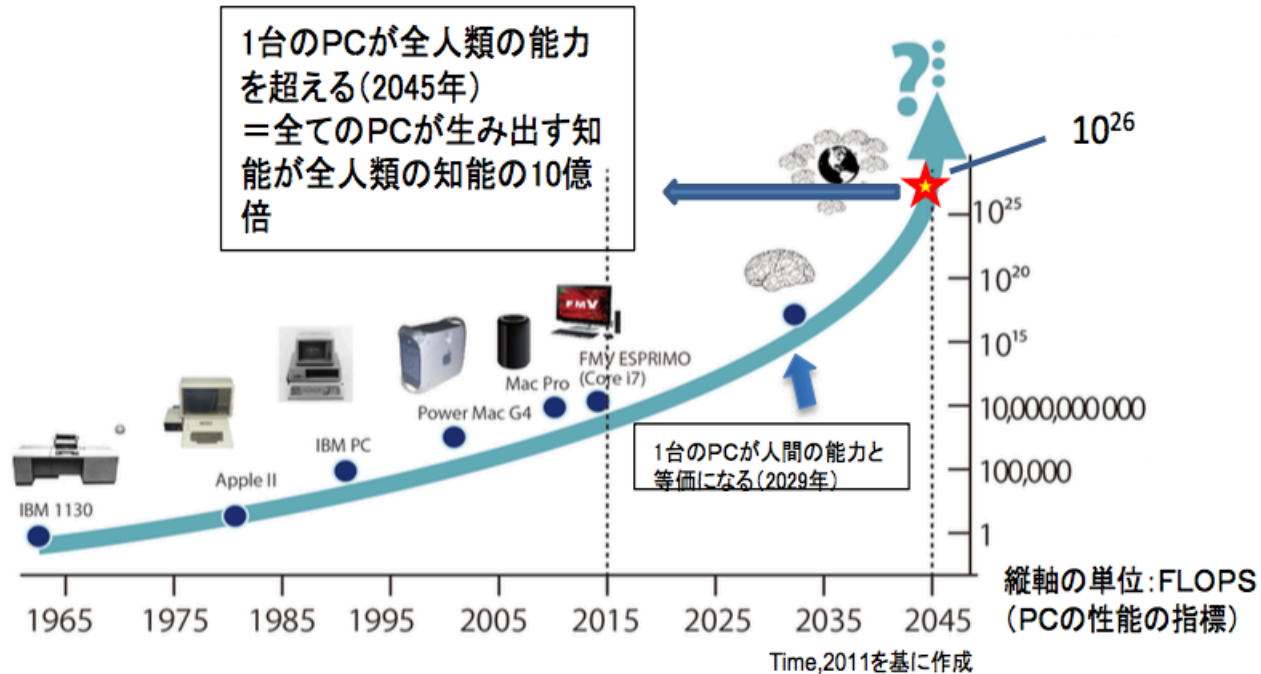
- ▶ セキュリティとプライバシーの関係?
 - ▶ セキュリティとプライバシーには密接な関連はあるものの、集めたデータがどういった目的まで利用可能なのかという観点でプライバシーを考えると、プライバシーの方が一段メタなレベルであるとみなすことができる
 - ▶ プライバシを実現するための一技術としてのセキュリティ
 - ▶ プライバシ問題は最終的には社会的コンセンサス（事故がなくせなくても自動車はなくなる）
- ▶ 時代の変遷による落としどころの変化
 - ▶ 社会的コンセンサスの変化（酔っぱらい運転の例）
 - ▶ コスト見合いでの妥当性の変化（対策にかかるコストの変化）
- ▶ この分野における「出口対策」とは?
 - ▶ エンタープライズ系のセキュリティで当然のこととなっている出口対策のIoT版は何に当たるか
 - ▶ アクチュエーションした結果が事故(accident)を起こさなければ良しとするのであれば、情報システム内というよりも、物理空間内での防止という観点も出てくる
 - ▶ 機能安全とセキュリティとの関係に関する検討が重要
 - ▶ 安全性を担保するための専門のシステムの必要性和、「OSのようなもの」への組み込み

Ray Kurzweilのいうシンギュラリティは、人工知能、バイオテクノロジー、ナノテクノロジーの三位一体で起こる

昨年の映画 <http://transcendence.jp/>

シンギュラリティ

図表 11 シンギュラリティへの展望

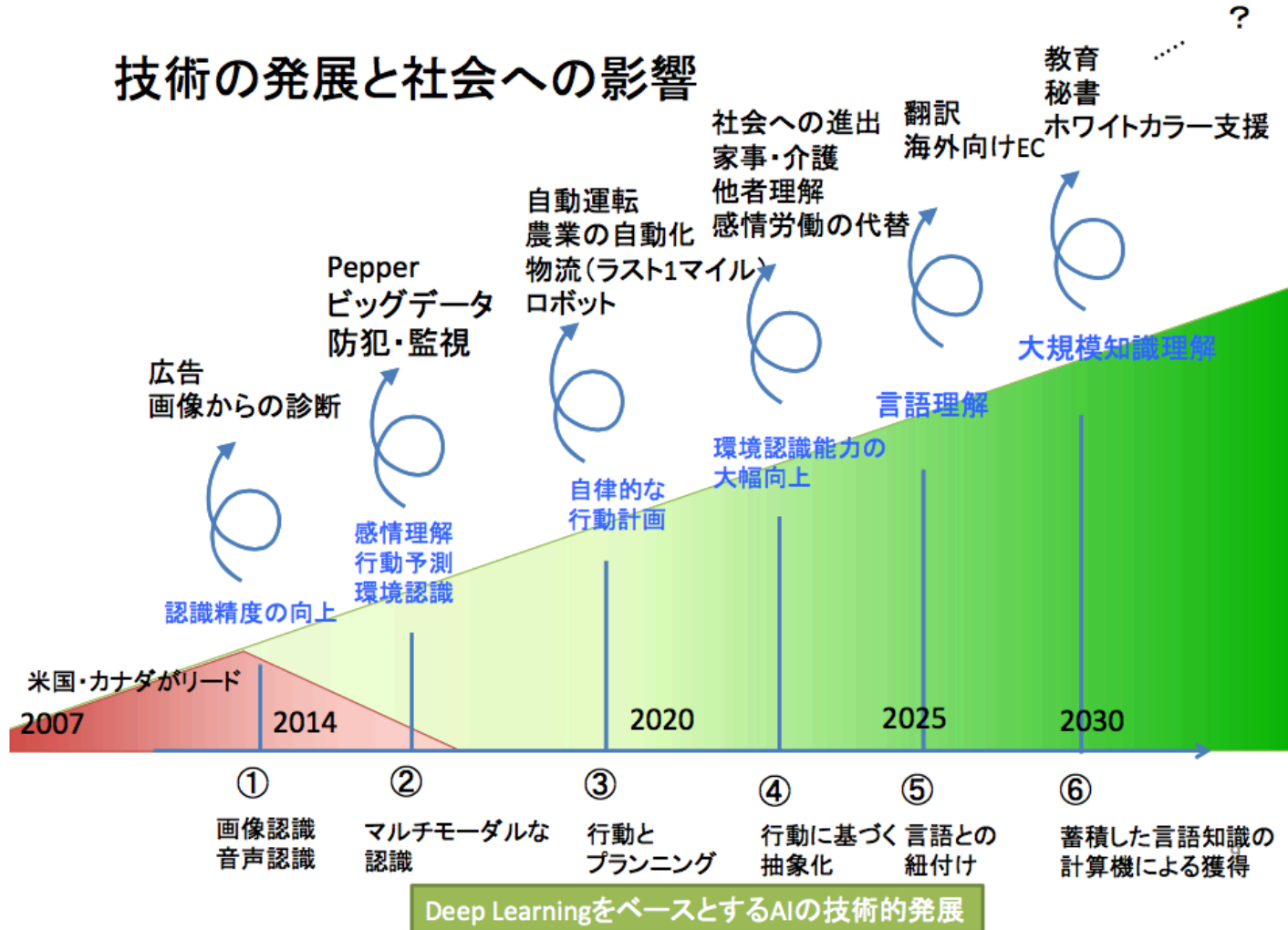


(補論①) ロボットは意識を持ち得るか？

(補論②) 人工知能は自分で目的を設定できるか？

人工知能の社会的な影響

技術の発展と社会への影響



今後起こるであろうこと

1. 電源を周囲のエネルギーから集めて動作し、周囲と無線通信することのできるゴマ粒大の計算機システムが市場に出回る
2. 窓やドア、カーテンなどの住宅設備の自動化とネットワーク化が普及
3. 我々の生活の全ての記録が可能になり、クラウドによる解析で様々なことがわかるようになる。そのデータは我々個人が管理するものとなり、会社はそれを有償で使うような形になる
4. 全く新しい原理に基づく量子コンピュータが実現し、コンピュータと人間の「得意分野」が変わる (cf. D-Wave Systems)
5. 既存型コンピュータによる人工知能の進展も継続的に進み、2045年くらいにコンピュータの能力は人間を超える"2045年問題" (cf. Googleの猫、Deep Learning)
6. コンピュータがコンピュータや機械を設計して製造し、人間がかかわらなくても新型が開発されて増えてゆくようになる。そこにナノテクノロジーとバイオテクノロジーも絡む
 - ▶ レイ・カーツワイル (Ray Kurzweil) のいう特異点 (singularity: シングュラリティ)
7. これらに伴い、多くの職業で人間の役割が大きく変わり、従来は人間の仕事として最上位とされてきた医者と弁護士の大部分は要らなくなるかもしれない
8. 人間だけでは解決できない深刻な社会問題を解決できるようになるかもしれない
9. 人間は肉体労働から頭脳労働へ、更に感情労働へと移行。就職という概念もひょっとしたらなくなるかもしれない

30年後の将来(まさに2045年)からの バックキャストイング

- ▶ 一部の「シンギュラリティ脅威論者」の心配を払拭するしくみづくりは、これもまたひとつの「セキュリティ」
 - ▶ 原理的に最終決定権を人類側が民主的に持てるような仕組みを作りこんでいくことが必要
- ▶ 先の見えないシステムに対して、解析型ではなく構成型のセキュリティ技術が有望
- ▶ ビッグデータ処理で必要とされるセキュリティ技術、プライバシー保護技術は既に現実の問題として求められている
 - ▶ 軽量暗号、k-匿名化、秘密計算、等
- ▶ 数学的な正しさではなく、法解釈的(社会的)な正しさを実現できる理論と技術が必要になるはず
 - ▶ 例: 法令工学 = 形式的手法 + 自然言語処理 × データマイニング等による世論反映
 - ▶ ELSI: Ethical, Legal, and Social Issues 倫理的・法的・社会的課題