スマートグリッドの全貌

俯瞰工学研究所 2010俯瞰ゼミ 編集 鄭賢錦

目次

- □ スマートグリッドとは
- □ スマートシティーの実験
- □ スマートメータとは
- □ スマートメータ ZigBee
- □ 電気自動車への展開
- □ スマートグリッドの標準化動向
- □ 経済学的な議論

スマートグリッドとは?

A smart grid would employ real-time, two-way communication technologies to allow users to connect directly with power suppliers. The development of the grid will create jobs and spur the development of innovative products that can be exported.

Report to NIST on the Smart Grid Interoperability Standards Roadmap

June 17, 2009

スマートグリッドという概念ができた背景

- 電力システムの老朽化(日本では当てはまらない)
- □ 環境対策による再生可能エネルギーの普及



- □ 2003年から欧米でスマートグリッドが検討されてきた。
- □ オバマ政権のグリーンニューディール政策により、2009年に 入って世界中の注目が集まるようになった。

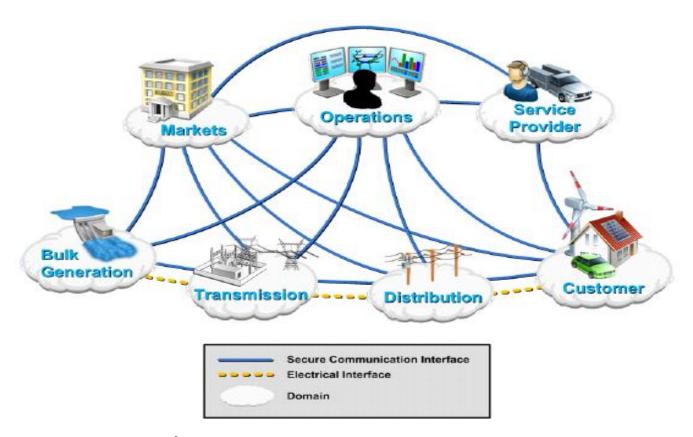
米国の状況---今までの取り組み

- ・2003年、米エネルギー省は「Grid2030」という送配電網の近 代化に関するレポートを発表した。
- ・2007年、「スマートグリッド」関連の投資資金補助や試験プロジェクトの予算に1億ドルを拠出することに法律で決めた。
- ・2009年、オバマ大統領が就任後、景気刺激策である「米国再生・再投資法」の一部として、「スマートグリッド」関連分野に110億ドルを拠出することを決めた。

コンセプトモデル

Smart Gridはインターネットと同様、ネットワーク間の双方向通信を可能とする「ネットワークのネットワーク」。

Conceptual Model



出典: NIST ロードマップ

http://www.nist.gov/smartgrid/InterimSmartGridRoadmapNISTRestructure.pdf

スマートグリッドのイメージ

分散

双方向

オープン

電力 ------- 情報 電力系統 分散型発電所 既存の発電所の発電・ 太陽光、風力、バイオマ 変電・送電・配電を ス、地熱などの再生可能 統合したシステム エネルギーによる発電所 例えば家庭内では 例えば企業内では 電気自動車の充電ステーション 支社 再生可能 余剰電力や夜間用 エネルギー の電力をためてお

*制御システムやスマートメーターは、ネットワークを通じて機器の電力管理と制御を行う。

出典 大和総研 http://www.dir.co.jp/souken/green/keyword/12_smart_grid.html

スマートグリッドのレイヤ

スマートグリッドは主に電力レイヤ、通信レイヤとアプリケーションレイヤといった三つのレイヤに分けることができる。
"End-to-End" Smart Grid

(High-Level Taxonomy) Integrated Enterprise-Wide Consumer Energy Management Systems **Advanced Control Systems** Utility control and End-user data for application n nanagement system Application n for Application n Application 3 EMS, DMS, GIS Distributed generation and storage data (Ex: Distributed generation) Application 2 **DR Control System** Home appliance data and control (Ex: Demand Response) Application 1 AMI, MDM Meter data (Ex: AMI) LAN WAN FAN/AMI HAN Local Area Network Wide Area Network Field Area Network Home Area Network (Utility enterprise (Cellular (2G/3G), private wireless, (RF mesh, RF point to multipoint, (WiFi , ZigBee, HomePlug, backhaul, satellite, BPL, WiMaxi WIMAX, fiber, BPL/PLC) 6LoWPAN, Z-Wave) network) Network Gateway Smart Meter Generation. Substation Distribution Transmission Home/Building Distributed Generation and Storage

Infrastructure

Consumer

Smart Grid Applications Layer

Communications Layer

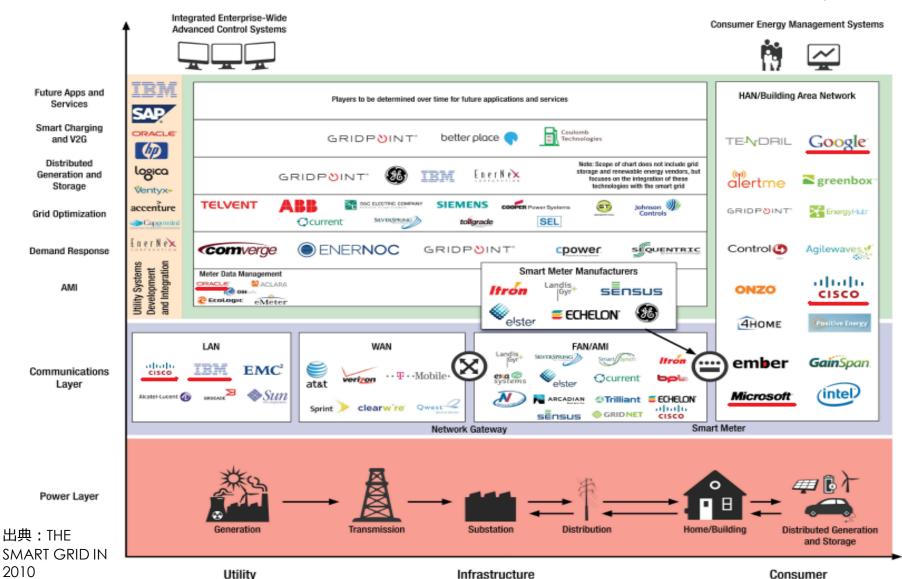
Power Layer

出典:THE SMART GRID IN 2010

Utility

各レイヤのプレイヤー

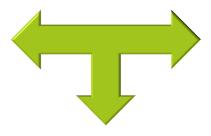
各レイヤにはぞれぞれのプレイヤーが存在している。サービスを提供しているIT企業が多い。



技術の視点から見たSGとは?

電力版インターネット

従来の電力システム **集中・単方向・クローズ**



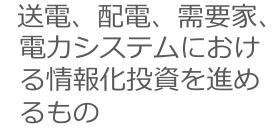
SG化した電力システム **分散・双方向・<u>オープン</u>**

インターネットの登場時にも似た産業 構造の変化をもたらす可能性がある

SGに対する意識の違い

- □ 米国(経済学者の理想を追う)電力市場の安定化と拡大
- □ 欧州(社会科学者の理想を追う)
 エネルギー需給システム最適化
- □ 日本(エンジニアの理想を追う) 技術者を中心とする配電自動化

共通点:







インフラシステムのイノベーションの方向性を示した 政策用語

出典: NEDO海外レポート NO.1054 2009.11.4

日本の状況---今までの取り組み

- ・2009年、経済産業省は、日本でもスマートグリッドで送電網を しっかりする必要があると示した。
- ・2009年、東京工業大学、東京電力、東芝などが共同で「日本版 スマートグリッド」実験を東工大キャンパスで2010年度から 行うことが報道された。

米国と日本の状況の比較

米国

多様な企業がスマートグ リッドビジネスに参入する 傾向

電力監視センサのネット ワークが充実していない

日本

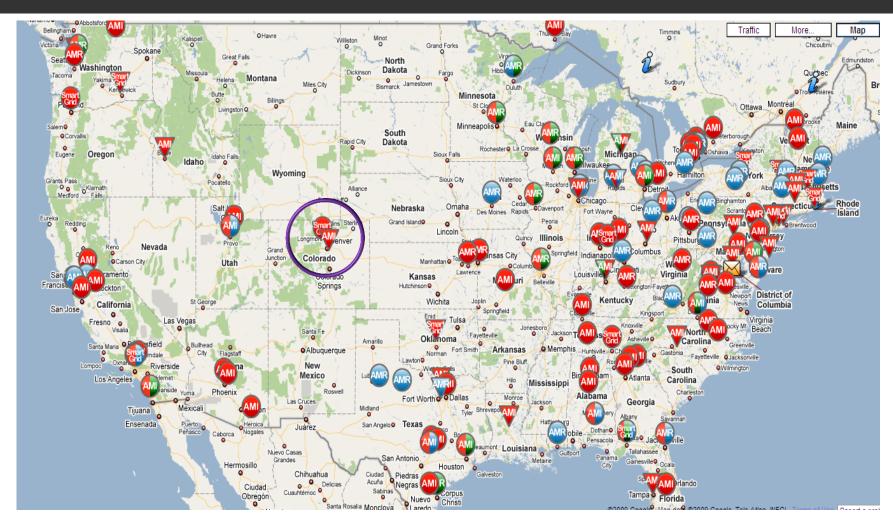
家庭内通信まで踏み込んだ 改革を目指す計画ではなく、 家庭内発電での取り組みが まず進められている

電力監視のネットワークで 随時捕まえて細かな対応を 行ってきた。

スマートシティーの実験

スマートグリッドとは、人工知能や通信機能を搭載した計測機器等を設置して電力需給を自動的に調整する機能を持たせる事により、電力供給を人の手を介さず最適化できるようにした電力網である。もっとも、具体的な内容は確定したものではなく、バズワードとして用いられることも多い。 ウィキペディア

Google smart grid map



Key: red=electricity, green=gas, blue=water triangle=trial or pilot, circle=project

AMI: Advanced Metering Infrastructure

Smart Grid city

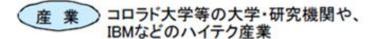
- Smart Grid cityとは
 - スマートグリッドの新技術をテストする場所
 - 2008 年3 月にXcel Energy 社は、コロラド州ボルダー (Boulder, Colorado)をアメリカで最初の完全に統合された「スマートグリッド・シティ」にするという計画を発表して、主導権を握った。
- □ パートナー
 - Google
 - Goldman Sachs
 - Current Group
 - Accenture
 - Gridpoint etc...

Smart grid city概要

ボルダー市概要

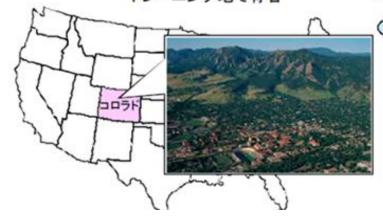


面積)約65平方キロメートル



特 徴 全米で最も住みやすいと言われている環境都市

● 日本では、マラソンの高地トレーニング地で有名



"スマートグリッドシティ" 構想の概要

目 的 スマートグリッドを軸とした環境技術の ショールーム都市作り

様々な技術を複合的に利用した際の影響を街レベルで実験

地元電力会社Xcel Energyをリーダーとする8社

- Xcel Energyは九州電力程度
- 国、自治体も支援

事業総額 約1億ドル

開始時期) 2008年~ ● 導入は、2009年に終了予定

町全体を使って、様々な技術を集めて テストする、世界初の試み。

"エジソンの世界とビルゲイツの世界と の融合。" (Xcel Energy)

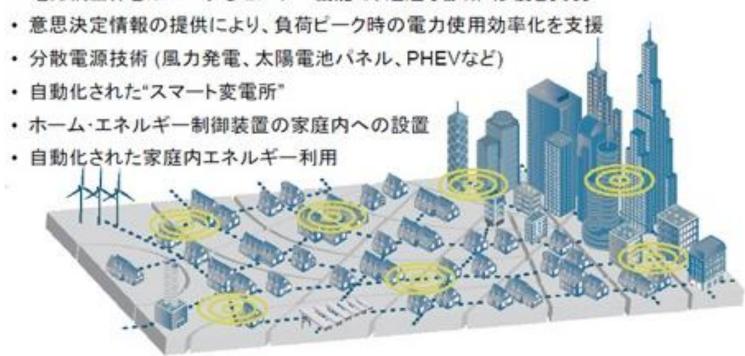
出所: コロラド州ボルダー市資料 (GRA 2007 Research Conference August 7, 2007 (写真等))

実験ステップ

- ステップ 1ボルダーの限定した地域にスマートメーターを設置し、運用試験を 行う。
- □ ステップ2
 - ボルダー地域の全需要家庭に展開する。
 - 電気自動車や分散電源(風力・太陽光など)をグリッドに接続する。
- 2008年から開始され、現在ステップ2の効果を測定しているところである。

都市規模のスマートグリッド実験

- 情報技術を最大限に利用したダイナミックなシステム
- リアルタイムの高速な双方向通信
- 電力網全体をカバーするセンサー機能で、迅速な診断・修復を実現



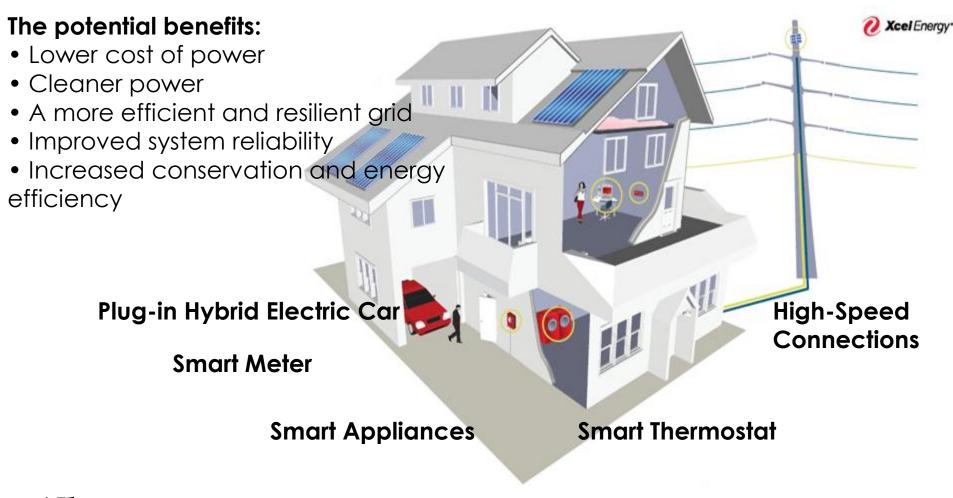
出所: Xcel Energy Smart grid city HP

様々な技術を集め、複合的にテスト



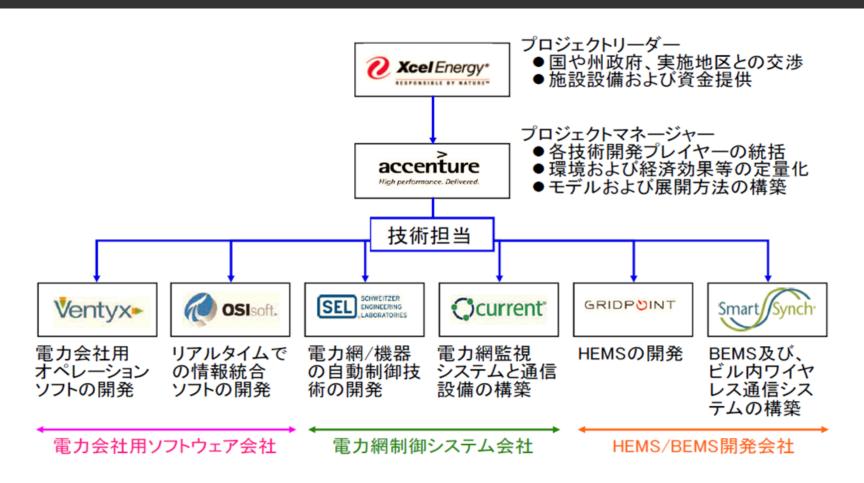
出所: Xcel Energy HP, Current technologies International GmbH, Smart Synch, OSI soft, THE WALL STREET JOURNAL HP

Smart Houseのイメージ



出所: Xcel Energy Smart grid city HP

Smart Grid Cityの参加企業の役割



出所: Xcel Energy, Accenture, Ventyx, OSI soft, Schweitzer Engineering Laboratories, Inc, CURRENT Group, GridPoint, Smart Synch 各社HP

さらに、ボルダーの構想を世界に展開する計画も実施中

組織概要



電力会社と行政機関を対象としたスマートグリッドの情報交換



スマートグリッドのコンサルティングを アクセンチュアがメンバーに提供

- 導入計画の立案
- 効果の評価・定量化
- テスト・実施に関わる技術提供
 - マネジメントシステムのみならず独自開発中のソフト・センサも販売予定

参加メンバー

参加企業/自治体	業種	地域
Xcel Energy	電力会社	米国 ← 顧客
MRSK of Centre *	都市計画	ロシア
ア <mark>ム</mark> ステルダム市	自治体	オランダ ト構想を
Alliander N.V.	電力会社	」計画中
East China Grid Co	送電会社	中国

" 今後、25都市までメンバーを拡大予定。" (アクセンチュア プレスリリースより)

IBM、Cisco、Oracle、Googleなど他の米国IT巨人も同様の動きを世界各国で展開開始している

出所: Accenture HP

スマートメータとは

A smart grid delivers electricity from suppliers to consumers using two-way digital technology to control appliances at consumers' homes to save energy, reduce cost and increase reliability and transparency. It overlays the electricity distribution grid with an information and net metering system. Wikipedia

Smart Meter



- Smart Meter
 - 情報をネットワークを介 して施設が把握
 - 電気メーターと混同され がちだが、最近はガスと 水道消費も確認できるも のを意味することが多い
 - A Mix of
 - Real-time sensors
 - Power outage notification
 - Power quality monitoring

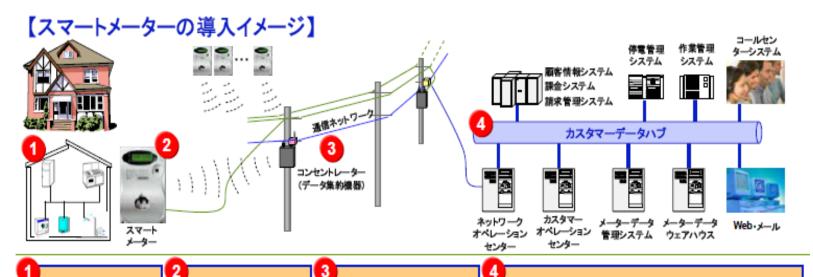
スマートメーターのコンセプト

- 単に電力量計の電子化や機能の高度化を指すだけではなく、それに付随して発生するメーター・事業者間における双方向通信の仕組みや、電力会社における業務改善、顧客サービスの多様化など、スマートメーターの導入を契機としたあらゆる仕組みの変革のことを指す。
- スマートメーターは、デマンドコントロールを可能にするために 必要な要素として各国で注目されている。

スマートメーターの基本機能

- □ プレゼンス機能
 - 電力消費量、発電量をリアルタイムにデータ化、外部アプリケーションや電力事業者に提供
 - Google PowerMeter(非公開ベータ版提供中)
- □ 電力負荷調整機能
 - 住宅内の家電機器(照明、クーラー、テレビ、給湯システムなど)と無線通信でつながり、電力会社からの指令で、家電機器のON/OFFやエアコンなどの温度設定を調整し、送電網(スマートグリッド)に適切な電力負荷を調整する

スマートメーターの機能



顧客向けのサービスとして、家庭・個人商店・小規模工場内の電力利用状況情報の提供や家電等の機器の遠隔操作、宅内監視などを提供

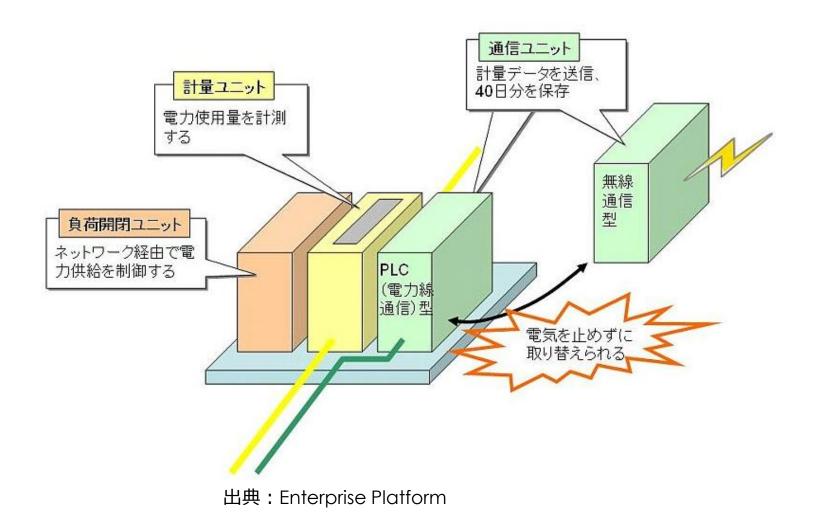
スマートメーターにより、短い間隔(例: 15 分間隔)で検針を実施、また、遠隔での 開停・供給量制限等 を行えるようになる。

コンセントレーター(データ集約機器)は複数のメーターから集めたデータを集約し、通信ネットワークを経由して送信する。

集められたデータは課金システムで活用されると同時に、メーターデータウェアハウスでプロファイル分析される。カスタマーオペレーションセンターでは、コールセンターやWebを通じて申し込まれた依頼への対応や、不払い顧客に対する供給制限などの処理を行う。また、停電情報は停電管理システムにインプットされ、より詳細な停電状況を把握可能になる。

スマートメーターのモジュール構造

モジュール構造で最新IT技術の採用を容易になった。



スマートメーターの導入による期待効果

- □ 顧客
 - 消費電力のモリタリング
 - 契約変更などの問い合わせ対応の迅速化
- □ 電力会社
 - ピークコントロールによる負荷均等化
 - 検針にかかるオペレーションコスト削減
- □ 社会全体
 - ピークコントロールによる環境負荷の軽減
 - 需要・供給データ管理による供給信頼性の向上

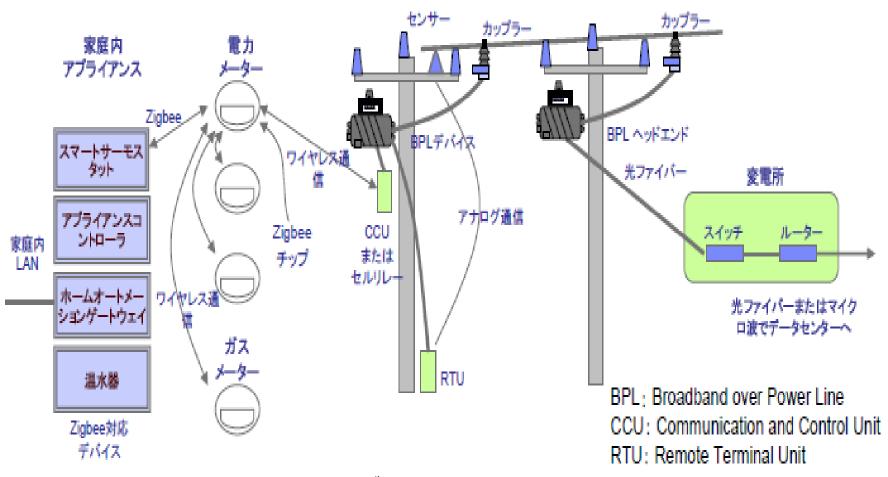
スマートメーターによるサービス

スマートメーターの双方向通信による可能となるサービスである

- □ ①需要応答(Demand Response)
 - 需要が多い時には値段が高くなり、供給が多い時には値段が安く
 - 例えば風力発電供給時間帯に自動的に電気自動車を充電可能
- **□** ②負荷制御(Load Control)
 - 電力供給不足時に任意で優先度の低い機器への電力供給止める等
- □ ③知的装置 (Smart Appliance)
 - 宅内の電気の使用状況や電力会社の提供する価格情報を解析して 使用電力量や電力料金が低減されるように制御する装置

スマートメーターに関する実験

IBMはCenterPoint Energy社と連携し、スマートメーターに関する実験を行った。



出典:IBM スマートグリッドへの取り組みに関する報告

試験内容及び結果

- □ 内容:メーター管理(電力会社向け)
 - □ 遠隔操作による接続・停止
 - □ 遠隔検針
 - 家庭内の機器のコントロール(供給逼迫時の家電停止)

□ 結果

約1万程度の顧客に対してパイロット適用を実施しており、規制 当局の認可を待っている段階であるが、本格展開を見越して、顧 客への情報提供やサービス提供のWebサイトを開発している。

Intelligent Utility Network Coalition

- Intelligent Utility Network Coalitionとは?
 - IBMとテキサス州ヒューストンを拠点とする電力会社CenterPoint Energyは2008年に4月にスマートグリッドの実現を目指すグループ「Intelligent Utility Network Coalition」を設立した。
 - Intelligent Utility Network Coalitionでは、電力会社が利用者に電力使用に関する詳しい情報を提供できるようにするとともに、電力供給網の信頼性を向上させるための技術のテストを実施する。
 - CenterPointは、電力計、スイッチ、変電設備などの装置を改良する。
 - IBMは、情報収集のためのソフトウェアのほか、電力使用パターンの測定などに関する分析ツールを提供する。

CenterPoint Energy社

- □ 企業プロフィール
 - 米国テキサス州ヒューストンに拠点を置くデュアル・エネルギー (電力・ガス)企業(NYSE上場企業)。
 - テキサス州都市部への電力供給(送配電のみ。発電と小売は持たない)のほか、周辺州へのガス供給も行う。
 - 顧客数は電力・ガス合わせて約500万。(電力約200万、ガス約300万)
 - 2004年度の売上高は約85億ドル(約9,775億円\$=¥115)。従業員数は約9,000人。

最近のスマートメーター事情①

- NTT, 東京ガス, 大阪ガス, 東邦ガス, パナソニック, 東芝など9社は2009年4月24日, センターから無線を使ってガスや水道などのメーターと通信して利用量を計測する通信システム「ユビキタスメータリングシステム」を開発したことをプライベート・セミナーで公表
- □ 米国の電力事業者(PG&E、SCE、American Electric Power、Detroit Edisonなど)は、2008年前半に家庭内の機器を電力メーターから制御するための標準仕様「OpenHAN(home area network)」を策定しており、無線ネットワーク技術は、低速で転送距離が短い代わりに、安価で消費電力が少ないという特徴を持つ「ZigBee(じぐびー)」が注目されている。

最近のスマートメーター事情②

- □ スマートメーターがハッキングされる可能性がある
 - IOActive (Seattle) は、「我々が90年代、2000年代初頭にデスクトップコンピュータに見たのと同じように、スマートメーターがハッキングされる」可能性を示唆した。
 - これからのハッカーはおもしろ半分にこのようなことはせず、単純にお金を狙ってくる。電力供給業者は大金を保有しているため、このようなハッキングウィルスをもとに金を要求してくる可能性がある

(The Sun Bernardino and The Inland Emire; 01/12/2010 09:06:54 PM PST)

スマートメータ

ZigBee

ZigBeeとは?

- □ ZigBee (じぐびー)とは、家電向けの<u>短距離無線通信規格</u>の一つ。低速で転送距離が短い代わりに、<u>安価で消費電力が少ない</u>という特徴を持つ。
- 基礎部分の(電気的な)仕様はIEEE 802.15.4として規格化されている。論理層以上の機器間の通信プロトコルについては ZigBee Allianceが仕様の策定を行っている。

※ZigBee Alliance:短距離無線通信規格「ZigBee」の標準化団体

ZigBeeという名前の由来

□ ZigBee = Zig + Bee → ミツバチがジグザグに動く

ミツバチはフィールドを飛び回ることで、どこに美味しいミツがあるのかをお互い情報交換し合っているが、ZigBeeもノード同士が連携しあって動作できることから、その振る舞いがミツバチのこうした行動に類似している。現在、ZigBeeはKoninklijke Philips Electronics N.V.の商標になっている。



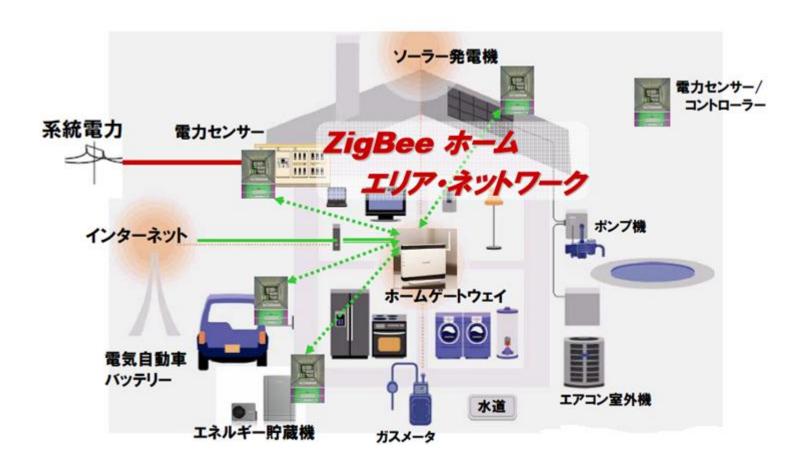
データ転送速度

- □ データ転送速度: 20Kbps~250kbps (Kilobit per second)
- □ 使用する無線周波数帯によって異なる
 - 2.4GHz-----250kbps 日本国内で利用
 - 902~928MHz-----40kbps 米国向け
 - 868~870MHz-----20kbps 欧州向け

ZigBeeの特徴

- □ 中継を繰り返すことでZigBee同士が通信を行い、情報を伝達する。
- □ 乾電池の電力で100日~数年間稼働する。(送受信頻度によって違う)
- □ 電源も含め、完全に無配線で家電ネットワークを構築できる。
- 理論上では、ひとつのZigBeeネットワークには、最大で65,528 個(アドレスで0x0000~0xFFF7)のZigBee端末を接続することが 出来る。(実際には通信頻度に依存する)

ZigBee技術がSmart Gridでの利用



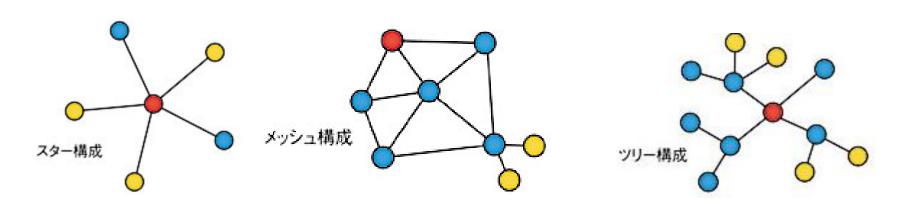
出所: Ad-sol Nissin Corp. 通信技術とソリューション展開

http://www2.ric.co.jp/wj2009/n/pdf/N-10.pdf

ZigBeeがSmart Gridで実現した機能

- ZigBeeは主に家庭内におけるエアコン、ヒートポンプなどの家 電機器や検針メータに取り付けられ、家庭内でZigBeeによるセンサネットワークを構成し、電力会社の所有するユーティリティネットワークと接続して、家庭内の各機器と電力会社の間の双方向通信機能を提供する。
 - Demand Response (需要応答)機能
 - In-premise Display(宅内組込ディスプレイ)
 - Load Control (負荷制御)
 - Smart Appliance (知的装置)
 - □ 拡張予定の機能(電力のプリペイド機能や高度な検針機能、未定)
 - 主に電力の検針、制御機能を提供しているが、そのほかに水道、ガスの検針結果やCO2排出量などの情報の伝達機能も提供している。

ZigBeeネットワーク構成



- PANコーディネータ
- 🔵 フル機能デバイス
- 機能を削減したデバイス

PAN coordinator:ネットワーク内に1台存在し、ネットワークの制御を行う端末。(ZigBee coordinator, ZC)

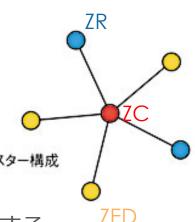
Full-function device:データ中継機能を含む ZigBee端末。(ZigBee Router, ZR)

Reduced-function device:データ中継機能を持たないZigBee端末。(ZigBee End Device, ZED)

PAN: Personal Area Network

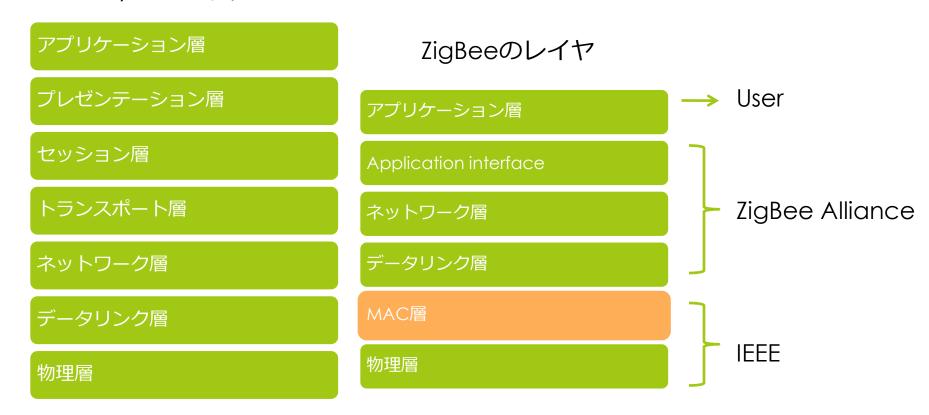
接続手順

- ZCがNLME-NETWORK-FORMATIONを発行し、PANを開始する
- ZRやZEDがNLME-NETWORK-DISCOVERYを発行し、 AssociationPermit=TRUEのPANを探す
- ZCはNLME-PERMIT-JOININGを発行することで AssociationPermit=TRUEの状態にして他デバイスの参加を受けれる
- ZRやZEDはNLME-JOINを発行し、PANに参加する
- ZRが中継機能を動作させる場合にはNLME-START-ROUTERを発行する
- ZRが他デバイスの参加を受け付ける場合には中継機能を動作させた 上で、NLME-PERMIT-JOININGを発行する



ZigBeeのレイヤ構造

TCP/IPのレイヤ

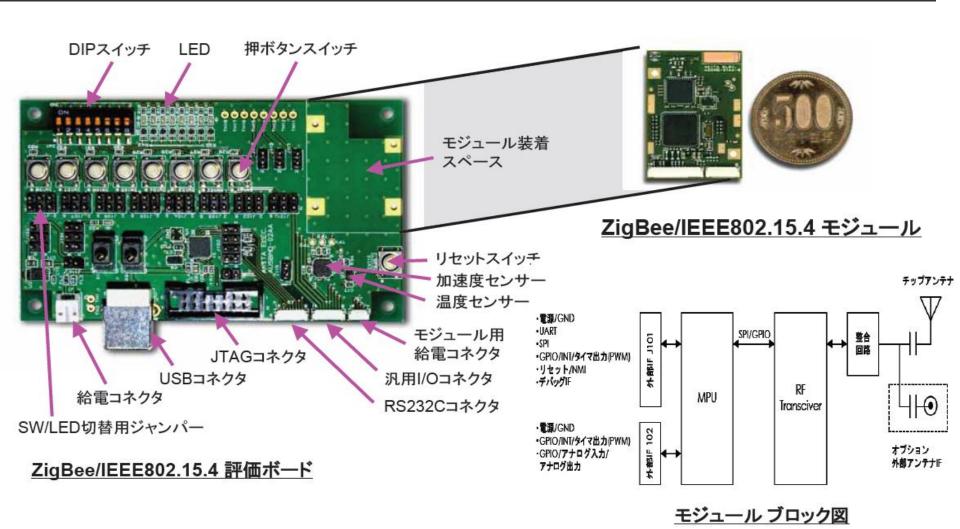


代表的なWPANの種類と仕様

表1 代表的なWPANの種類と仕様			
	Bluetooth	UWB	ZigBee
準拠仕様	IEEE802.15.1	IEEE802.15.3a	IEEE802.15.4
通信速度	1Mb/s	480Mb/s	250kb/s
周波数帯域	2.4GHz	3.1-10.6GHz	2.4GHz、868MHz、915MHz
通信距離	10m-100m	10m(110Mbps) 4m(200Mbps)	10m - 75m
消費電力	120mW	100mW	60mW

出所: 総務省東海通信局 報道資料

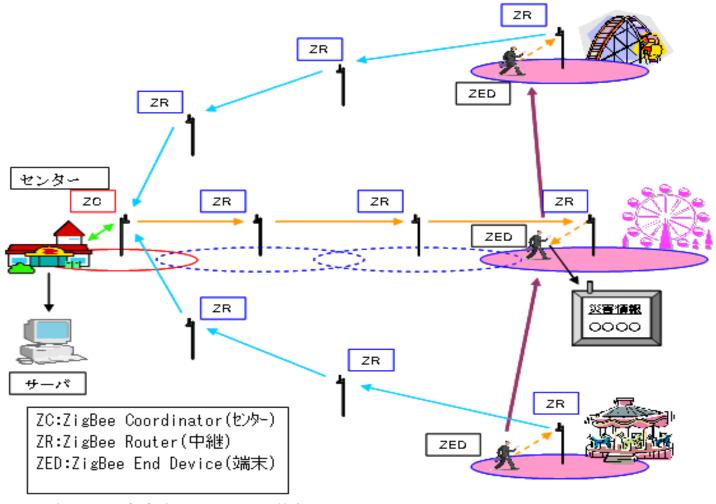
ZigBeeモジュールと評価ボード



出所: Micro Research Laboratory, ZigBee/IEEE802.15.4 Sensor System Solution

http://www.mrl.co.jp/product/catalog/ZB-PR-Diagram-Sep21.pdf

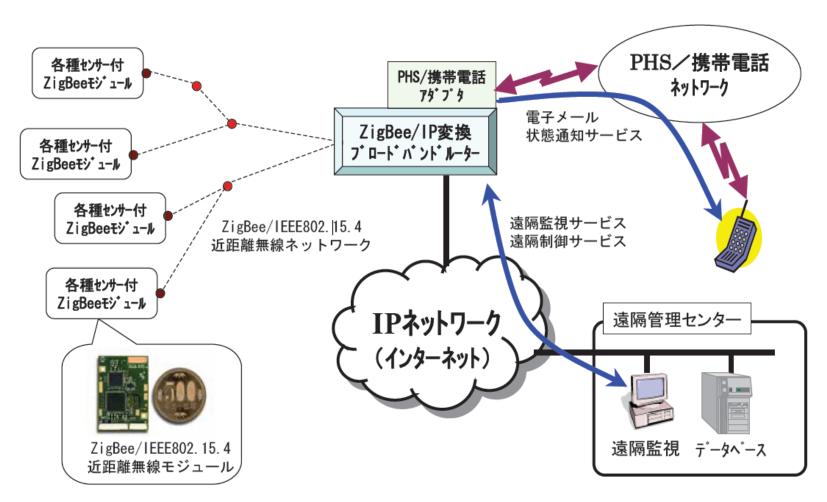
ネットワーク構成の実例



出所: 総務省東海通信局 報道資料

http://www.soumu.go.jp/soutsu/tokai/tool/kohosiryo/hodo/18/11/1114.htm

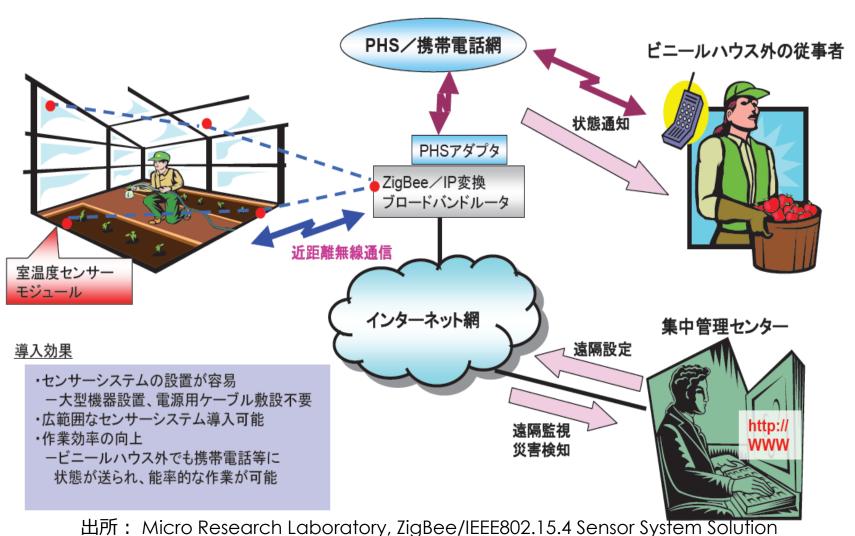
ZigBeeセンサーシステム構成例



出所: Micro Research Laboratory, ZigBee/IEEE802.15.4 Sensor System Solution

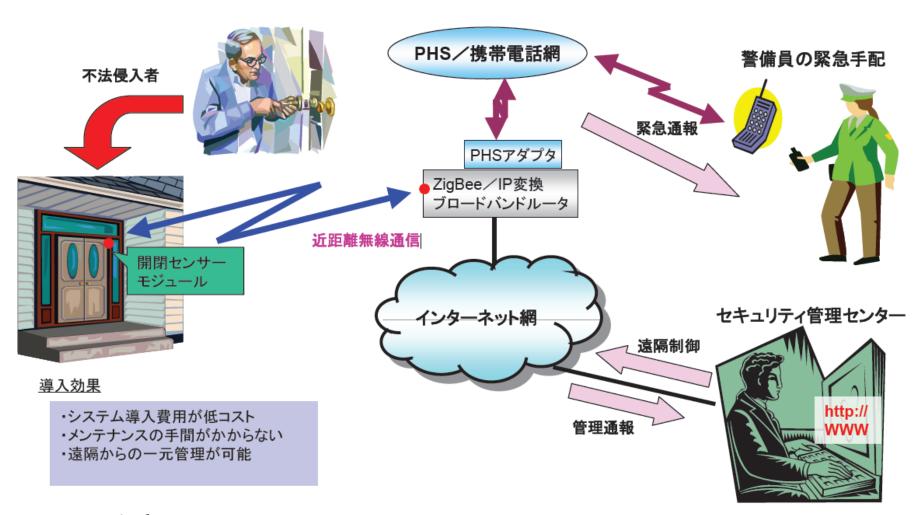
http://www.mrl.co.jp/product/catalog/ZB-PR-Diagram-Sep21.pdf

システム事例① ビニールハウス栽培管理システム



http://www.mrl.co.ip/product/catalog/ZB-PR-Diagram-Sep21.pdf

システム事例② ホーム/オフィス防犯セキュリティ システム



出所: Micro Research Laboratory, ZigBee/IEEE802.15.4 Sensor System Solution

http://www.mrl.co.jp/product/catalog/ZB-PR-Diagram-Sep21.pdf

電気自動車への展開

電気自動車は普及していく傾向

■ 電動自動車パイプライン(新車候補)も充実してきた

発売年(計画)	メーカー	車種名	種類	特 徵
2009年	三菱自動車	i MiEV	電気自動車	テレビCMも流れ認知度高い。郵便事業やローソンによる試行配備も
	富士重工業	プラグイン・ステラ		実用走行距離を80kmに設定。首都圏中心に年間100台目標
	ダイムラー	スマートフォーツー		初代フォーツーEVは100台規模で英国内の実用化試験を終えた
	トヨタ自動車	未定(ブリウスがベース)	ブラグイン・ハイブリッド車	日米欧で500台程度販売、法人向け中心
	タタ・モーターズ(インド)	未定	電気自動車	小型車インディカベースで航統距離は200km!と言われる
2010年	ゼネラル・モーターズ	シボレー・ボルト等	ブラグイン・ハイブリッド車	走行距離64km。韓国LG化学製電池。サターン・ヴュー、オベル・アンベラブランドも
	日産自動車・ルノー	未定	電気自動車	新デザインの専用車になる予定。日米で投入後、12年には世界で量販計画
	クライスラー	ダッジEV		2人乗りのスポーツカータイプ。110ポルト8時間充電で航統距離240km以上目指す
		クライスラーEV、ジープEV	ブラグイン・ハイブリッド車	いずれもバッテリーのみで65kmの走行が可能
	フォード	トランジットコネクトBEV		商用車バンがベース。Bはバッテリーの略。走行距離160km。11年に小型EVも発売
2012年	トヨタ自動車	未定	電気自動車	10年代早期に投入。09年デトロイトショーでは4人乗り小型モデル「FT-EV」を出展
	フォード	未定(エスケーブがベースか)	ブラグイン・ハイブリッド車	米大手電力会社サザン・カリフォルニア・エジソン社などと研究中
未定	フォルクス・ワーゲン	ゴルフ・ツインドライブ		電気駆動を主な走行モードに設定。バッテリーのみで50km走行が可能だ
		アップ!	電気自動車	東芝と協力し、新しい小型車「New Small Family」や次世代EV向け電池開発へ

(出所)各社ホームページ等を基に本誌作成

注目は、HEMSやプラグインハイブリッド自動車

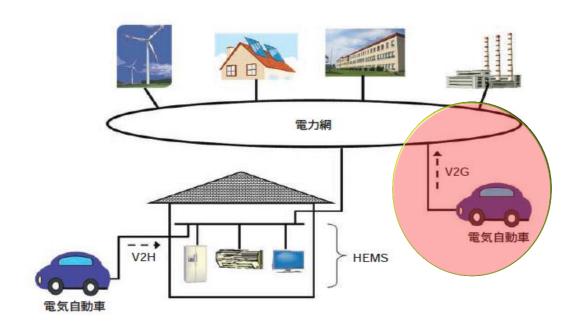
ホームエネルギーマネジメント(HEMS) プラグインハイブリッド自動車 技術 双方向通信制御システム エネルギー管理ソフト Vehicle to Grid Power (V2G) ハイブリッド自動車を家庭用 蓄電池として利用 GridPoint社 ● 米国発ベンチャー GridPoint ● 自動車は、Ford製HEV アクセンチュア等も協力 最終的には、約500台で実証 市全域5万戸に導入予定 現在は、1.5万戸に導入済み 2008年は、6台で実験 約1億ドル

出所: GridPoint HP (写真(左・中央)等)、ASC Designs 3003-522-0066 (写真(右))、Xcel Energy HP

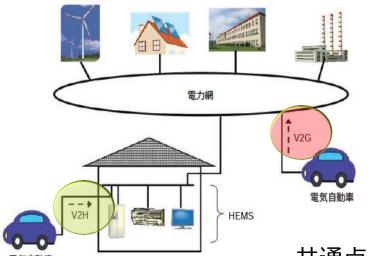
●Xcel Energy社が全体統括

Vehicle to Gridとは?

- 電気自動車を商用電源に接続して、商用電源と電気自動車の電源をお互いに融通しあうシステム のこと。
- □ 電気自動車が走行していない時には、電気自動車の電源(燃料電池、太陽電池)から商用電源側へ電力を供給し、走行後には、商用電源から電気自動車の蓄電池へ充電を行う。



V2HとV2Gの違い

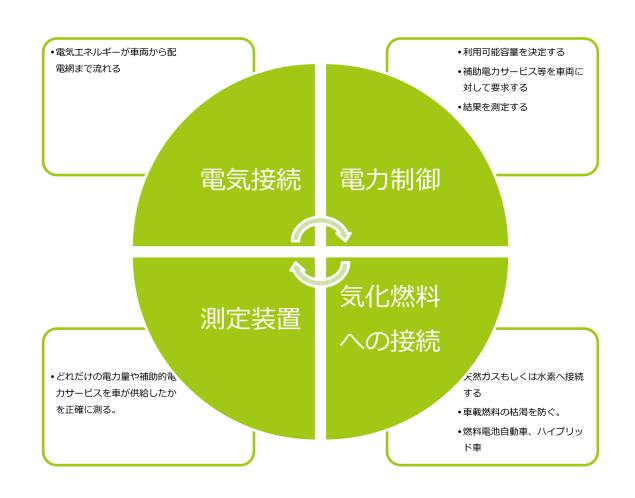


V2H: Vehicle to Home 電気自動車に搭載された蓄電池のエネルギー を宅内で利用すること。

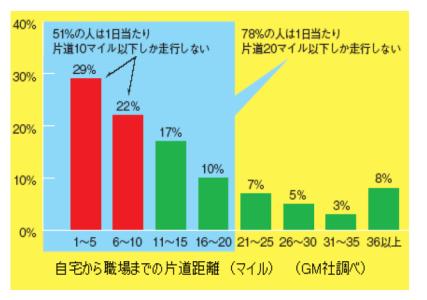
共通点:電気自動車を移動手段として使わない時に、 車に搭載された大容量の蓄電池を電力貯蔵設備として 利用すること。



V2Gの仕組み(必要要素)



V2Gが実現できる背景





車がガレージにある時間は、 95.2%で1日のうち20時間以 上は停車している。

出所:株式会社ユニバーサルエネルギー研究所 アメリカ国内におけるV2G、

PHEV導入・普及についてのとりまとめ

自動車はどんどん普及していく傾向にある。



V2Gはかなり有力視されている。

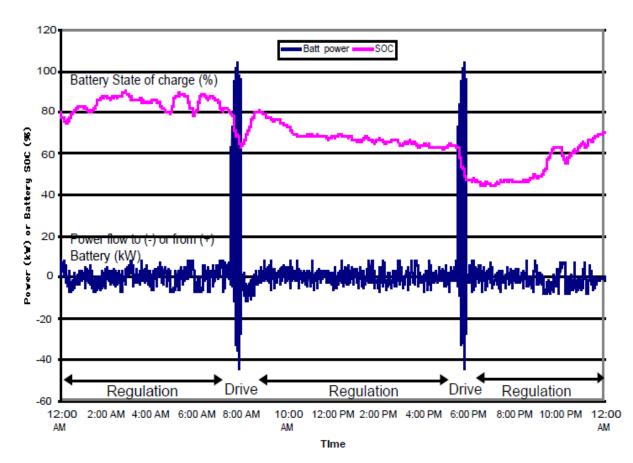
V2Gの経済価値

□ 価値

■ 電気を保存し、電力需要の低い時には充電し、そして電力が不足して料金が高い時に放電することができる。

□ 潜在価値

■ 補助電力サービス、 つまり上り下りの 調整と瞬時予備電 力を供給できるこ と。



出所: Brooks and Gage

V2Gの経済価値に関する結果

車両所有者がV2Gから得る年間純利益

	Peak power	Spinning reserves	Regulation services
Battery, full function	\$267	\$720	\$3,162
Battery, city car	\$75	\$311	\$2,537
Fuel cell	\$-50~\$1,226	\$2,430~\$2,685	\$-2,984~\$811
Hybrid, gasoline	\$322	\$1,581	\$-759 (loss)

利益を得たり、失ったりする可能性がある中で、車の種類を電力市場に合わせることは重要である。

企業のV2Gに関する動き

- 米フォードモーターは2009年8月18日、プラグイン・ハイブリッド電気自動車(PHEV)向けのV2G(Vehicle To Grid)システムとデバイスを開発し、テストを行っていると発表した。このシステムにより、消費者は時間帯毎の電気料金単価に応じてPHEVの充電時刻(時間帯)と充電時間を制御することが可能となる。今後数年以内の市販化を目指す。テストパートナーとしてカリフォルニア州の電力会社SCE社のほか米国電力研究所(EPRI)も参加している。
- □ Gridpointはバッテリーを介して制御するノウハウを構築し、 そのソフトウェアを電力会社に提供する「スマートグリッド・プラットフォーム」を提供している。インターネットの 世界のサービスプロバイダーのようなビジネスモデルをエネ ルギの世界で構築しようとする。 GridpointがHEMSとV 2 G をつなぐさまざまな試みを開始している。

実例ーFordのV2Gシステム①



出所: Ford HP

実例ーFordのV2Gシステム②



FORD'S PHEV USER INTERFACE



スマートグリッドの標準化動向

スマートグリッドは、広範な技術々事業を包含するシステムであり、それらが相互に「つながる」ためのルールとしての標準作りは極めて重要であると言える。米国においてはスマートグリッドに関する標準化ロードマップが先日公表されたところであり、また、IEC(国際電気標準会議)においても今後の対応の議論が鋭意進められているところである。 経済産業省

Smart Gridの標準化はなぜ必要なのか?

□ 各社各自の標準が導入されれば、全国で地域によって、異なる製品・サービスを利用するしかない。



製品・サービスの市 場が混乱する



全国統一の電力システムの運用が困難



標準(相互運用可能性)の確立は緊急な課題となっている。

標準第1版の内容

- □目的と範囲
- □ ビジョン
- □ コンセプトモデル
- □ アプリケーションと要件
- Cyber Securityの考慮
- □ 優先課題
- □ 定義
- References & Appendix

標準第1版の概要①

■ 概要(需要部分と電力システム部分)セキュリティ 5件 + その他 11件 = 16件

		標準	応用分野
需要部分	家庭用	ZigBee/HomePlug Smart Energy Profile	ホームネットワーク(HAN)に係る機器間通信 と情報モデル
		OpenHAN	HANに係る機器間通信、測定、制御
		ANSI C12.19/MC1219	収益に係るメーター情報モデル(電力業界による末端機器のデータテーブル)
	ビル用	Open Automated Demand Response	価格反応と直接負荷制御(商業ビルにおける需要対応に係る標準)
		BACnet ANSI ASHRAE 135-2008/ISO 16484-5	ビルの自動化(ビル関連システム(暖房、空調、 冷凍など)の監視、管理に利用されるデータ通 信サービスとプロトコル)
	セキュ リティ	AMI-SEC System Security Requirements	AMIとSmart Grid全体に係るセキュリティ

標準第1版の概要②

□ 概要(需要部分と電力システム部分)

		標準	応用分野
電力シ	マネジメント	IEC 61968/61970	アプリケーションレベルのエネルギーマネジメント システムのインターフェース
	通信制御	Distributed Network Protocol	変電所と給電線に係る機器の自動化
		IEC 60870-6 / TASE.2	管制室間の通信
ス		IEC 61850102	変電所の自動化と保護
テム部分	物理的	IEEE C37.118	位相測定ユニット(PMU)の通信
		IEEE 1547	電力会社と分散発電(DG)間の物理的、電気的接 続
	セキュリティ	NIST SP 800-82	連邦政府の情報システム
		NERC CIP 002-009	大型電力システムのサイバー・セキュリティ標準
		IEEE 1686-2007107	インテリジェントな電子機器(IEDs)のセキュリティ
		IEC 62351 Parts 1-8	電力システムの管制制御の情報セキュリティ

Smart Gridの標準化に関わる組織

- □ 米国国立標準技術研究所(NIST)
 - National Institute of Standards and Technology
 - 連邦政府の機関で、工業技術の標準化を支援している。
- □ 米国エネルギー省傘下の連邦エネルギー規制委員会(FERC)
 - Federal Energy Regulatory Commission
 - 電力業界に対する規制機関である、そのため各種標準の策定を行っている。
- □ 米国電気電子学会 (IEEE)
 - Institute of Electrical and Electronic Engineers
 - 電気・電子分野における世界最大の学会。エレクトロニクスに関する学会を開いたり、論文誌を発行したり、専門委員会を開いて技術標準を定めたりしている。
- □ 国際電気標準委員会 (IEC)
 - International Electrotechnical Commission
 - 電気、通信などの分野で各国の規格・標準の調整を行なう国際機関。

今までの取り組み---NIST

■ NIST

- Smart Gridに係るホームページを立ち上げるともに、以下6つのグループに分けてSmart Gridの相互接続性に関する標準を検討している。
 - 送電と配電(Transmission and Distribution)
 - □ 建築物と電力網(Building to Grid:B2G)
 - □ 家庭と電力網(Home to Grid:H2G)
 - 産業と電力網 (Industrial to Grid)
 - □ ビジネスと政策 (Business and Policy)
 - サイバー・セキュリティ(Cyber Security)
- 標準第一版を作成(DOEから10百万ドルの予算で)

今までの取り組み---FERC

FERC

- NISTが調整した標準・プロトコルを踏まえて、全米の電力市場でその Smart Gridが機能し、相互運用性が確保できるようにすることが求められている。
- 特に、Cyber Securityに関して、従来より重要インフラの保護の観点から、セキュリティ・信頼性確保の標準に取り組んでいる。
- 以下4つのガイダンスを確立している。
 - サイバーセキュリティ (Cyber Security)
 - 地域〜電力〜サービスプロバイダー〜消費者などシステム間の通信 (Inter-System Communications)
 - □ 広域状況把握(Wide-Area Situational Awareness)
 - □ 大量電力システムと新エネルギーとの調整 (Coordination of the Bulk Power Systems with New and Emerging Technologies)

全体の長期的戦略とスケジュール

フェーズ	内容
第一段階 (2009年夏 まで)	利害関係者とのSmart Gridに関するコンセンサスの構築(標準第一版) ・Smart Gridのアーキテクチャー ・相互運用可能性とCyber Securityに係るプライオリティ・実行に関わる標準の初期のセット
第二段階	パートナーシップの構築 ・ギャップを埋め、新たな技術と統合するための、追加的標準を作成 ・引き続きの調整 ・実行に向けた民間団体の運営
第三段階	試験、認証方法の計画の開発 ・Smart Gridに係る機器、システムがセキュリティ、相互 運用可能性に適合するかどうかの手法 ・2009年末までに計画策定、2010年から運用開始

Smart Meterに巡る主な標準----ZigBee

- ZigBee Allianceが本規格の標準化団体として、製品の認証を 行っている。
- □ 各機器間の接続を図る規格であり、WiFiやBluetoothなどと比較して、低速ではあるものの、消費電力は圧倒的に少なく、また多くのメッシュを構成することが特徴である。

Smart Meterに巡る主な標準---HomePlug

- HomePlug Power Allianceは、家庭内の電力線を利用した通信の標準の規格化を進めている団体であり、Cisco、Intelを始めとする9社がスポンサーになるとともに、その他参加者等として26社が参加している。
- ZigBeeと連携して、Smart Energy Initiativeを立ち上げ、両規格間の連携を進めている。

Smart Meterに巡る主な標準---OpenHAN

- □ OpenHANは、UCA International Users Group (UCAlug) の Open Smart Grid 小委員会が作成した標準であり、HAN 関連 機器と電力企業をつなぐインターフェースである。
- UCAlug とは、オープンスタンダードの利用を通じた電力業界の統合・連携の促進を目的として、電力業界が主導して設立した非営利機関であり、電力業界とベンダー等の約130の機関がメンバーとなっている。
- □ OpenHAN は、ZigBee Alliance とも連携をしつつ、標準化の作業を進めており、WiFi やBluetooth などの上でも利用できるが、やはりZigBee との親和性が高いとの指摘もある

Smart Meterに巡る主な標準---ANSIC12.19

- ANSI C12.191は、電力業界による末端デバイスのデータテーブルであり、データ交換をする際のフォーマットである。
- 具体的には、基礎構成に加え、データソース、利用時間、負荷プロファイルなどの16分野に係る164のテーブルが規定されている。

経済学的な議論

スマートグリッドとは、一般的には、「電源・流通設備・需要家設備にICT(通信技術、制御技術、計測技術)を活用し、より環境性・品質性・効率性を高める電力供給システム」と言われています。

欧米では、「再生可能エネルギー導入拡大」、「電力品質向上 (流通高度化)」、「需要家の省エネ・低炭素化」が主な目的と なっています。 東京電力

スマートグリッド導入の経済要因

□ 「スマートグリッド」との言葉自体は10年以上の歴史

□ オバマ大統領の大統領選挙にの主張で急に一般化

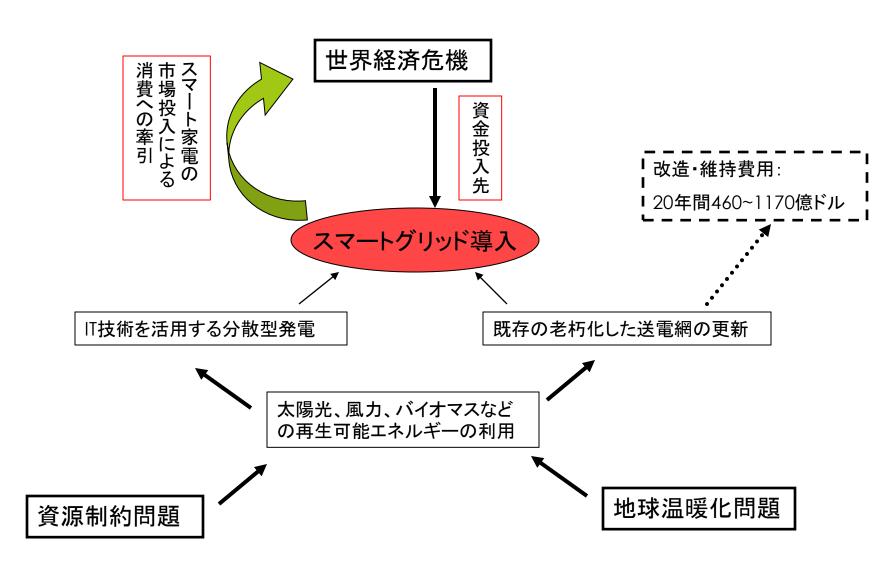
策

自然エネルギーやスマートグリッドへの投資を含めた政府主導の景気対

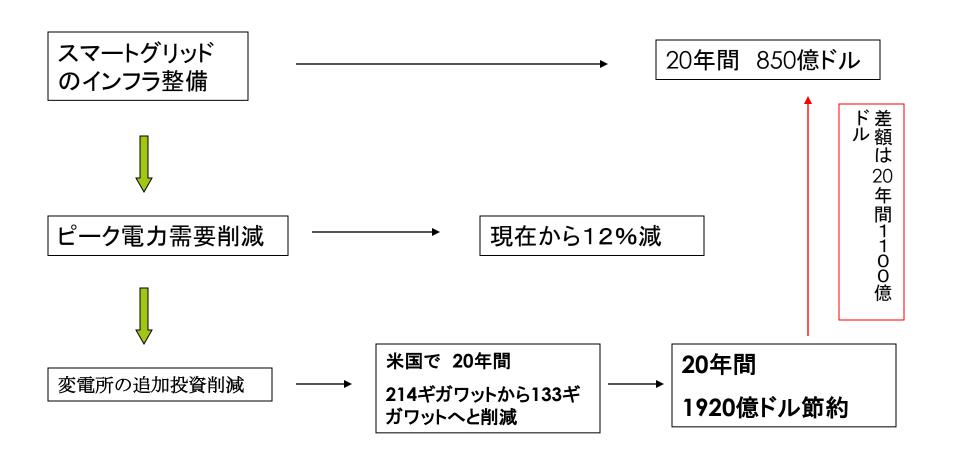
「アメリカ景気回復・再投資法」 (オバマ就任後の2009年2月)

なぜ投資先をスマートグリッドに選定したのか?

アメリカのトリプルクランチ



スマートグリッドの直接経済価値



スマートグリッドによるビジネスチャンス

エネルギー供給サイド:

再生可能エネルギーの 新たなビジネスチャンス 分散且つ不安定なのエ ネルギーが利用可能



風力・太陽光発電・ バイオマスの利用

単位:ギガワット	バイオマス	風力発電	太陽光発電
現在	0. 3	4 0	8 0
2020年	1. 8	?	6
2030年	2	?	?

インフラ供給:

スマートメーター;端末;

送電網更新(送電ロスを削減)

超電導 ケーブルなど

需要サイド: スマートグリッド関連製品

 家庭用小型 発電設備
 スマート住宅

 スマート家電
 スマート家電

 オフィス・工場の スマートグリッド設備
 交通関連

スマートグリッド関連の市場規模予測

□ 米国SBI社:

米国:2009年60億ドル、2014年170億ドル

世界:2009年700億ドル、2014年1710億ドル

□ シスコ (Cisco Smart Grid Solutions):

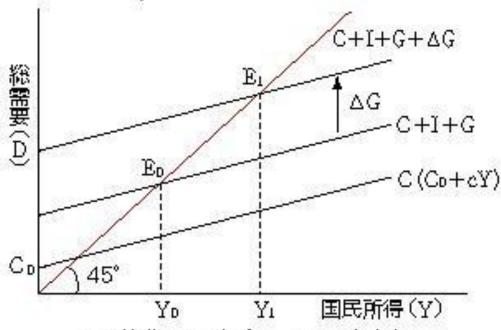
米国のコミュニケーション産業分野だけで、2014年までに年間200億ドルの規模に達する可能性がある。

■ BBCリサーチ社:

「米国のスマートグリッド市場規模は2008年に173億ドルであった。今後年15%のペースで成長し、2014年に、400億ドルに達する」

スマートグリッド導入の経済要因

45度線モデルでみた財政政策の効果



C:消費、 I:投資、 G:政府支出

45°線は総需要D=総供給(国民所得)Yとなる 均衡条件を示す。 は歴史の! 検の を需待要 つ創 必要が、 あの る有効性

日経エレクトロニクス雑誌ブログ <u>「日本にスマートグリッド</u>は不要」と言われる理由

2009/06/01 09:30蓬田 宏樹 = 日経エレクトロニクス

□ 米国の目指すものは何か

米国政府は,スマートグリッド関連分野に総額1兆円以上の予算を投じ る予定を明らかにしていますが、そこには「この機会に電力網の信頼 性向上と, さらなる高機能化を同時に行ってしまおう」という狙いが 垣間見えます。太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーを もっと導入しやすい電力網に変貌させることができれば、関連する産 業の成長にも貢献できます。スマートグリッドでは通信技術を積極的 に活用しますが、同分野は米国企業の競争力を発揮できるところです。 再生可能エネルギーの導入と米国産業の競争力強化を同時に遂行する プロジェクトとして, スマートグリッドに戦略的に取り組んでいると 考えられます。「米国の電力網が日本に比べて劣っているからといっ て,見下してばかりはいられない。劣等生が急に優等生になることも ある。米国の狙いをよく理解しなければならない」(資源エネルギー 庁の担当者)と、日本政府も米国の取り組みを注視しています。