

エネルギーの情報化とSmart Grid

2009年7月29日

京都大学大学院 情報学研究科

エネルギーの情報化WG 主査

NICT プロジェクト・アドバイザー

NEDO 「次世代高効率エネルギー利用型住宅システム技術開発・実証事業」技術委員会委員長

松山 隆司

ICTの目的

便利さ・楽しさ → 社会基盤デザイン

ICT1.0

ICT2.0

21世紀社会の構造

情報ネットワーク社会

計算・情報モデル

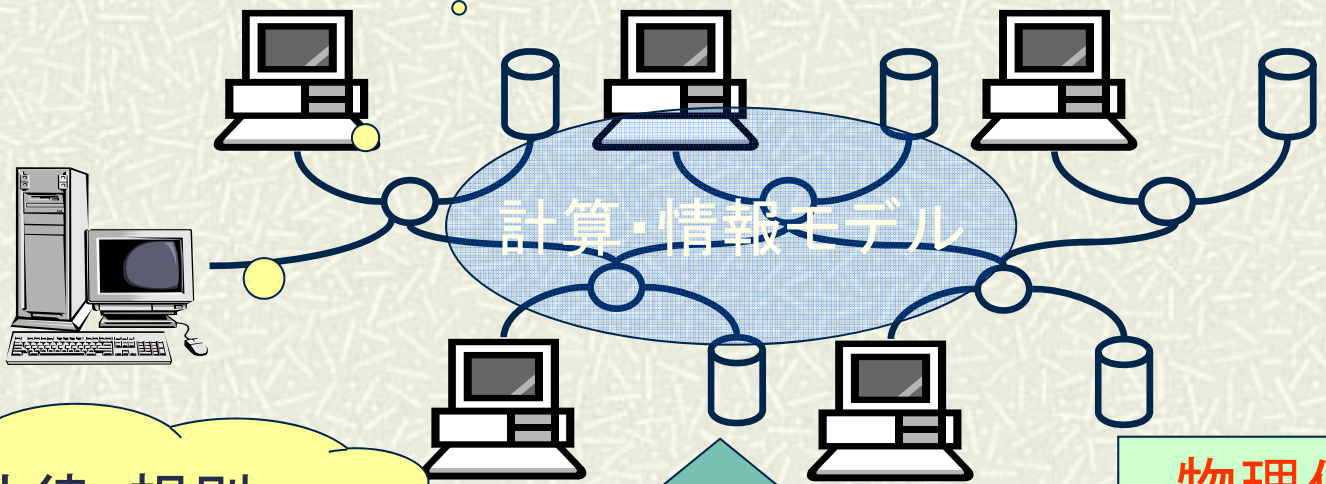
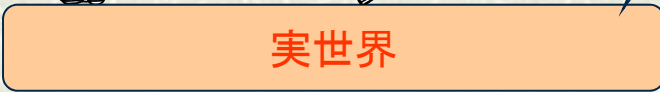
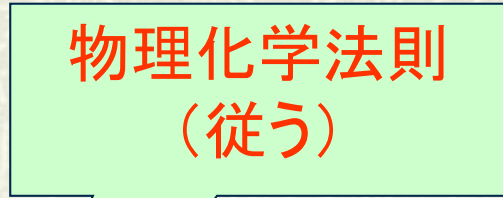
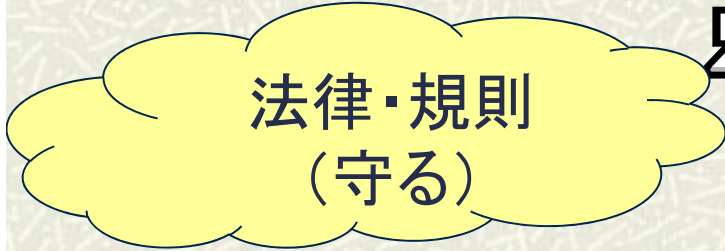
法律・規則
(守る)

物理化学法則
(従う)

実世界

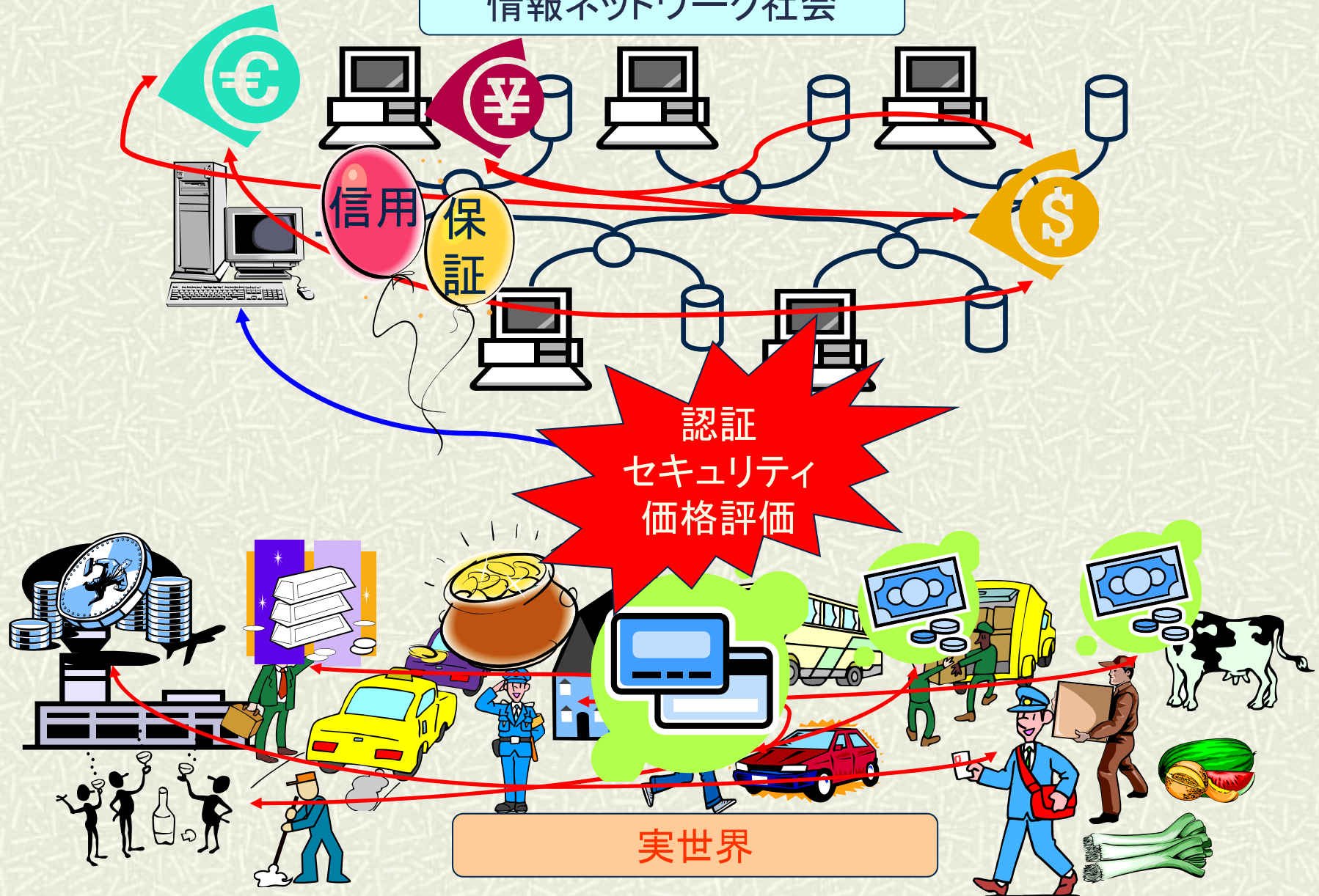
物理・化学モデル

?



(1) 貨幣・証券の電子化による電子経済の発展

情報ネットワーク社会



(2) IC・RFタグによる物流・交通・人流のモニタリング

情報ネットワーク社会

ID	役職	氏名	意見	日時
11	部長	中村	賛成	7月
12	課長	山本	?	8月

ナンバ	種別	色
京都500 あ1234	ワゴン	黒
大阪300 い6789	セダン	白

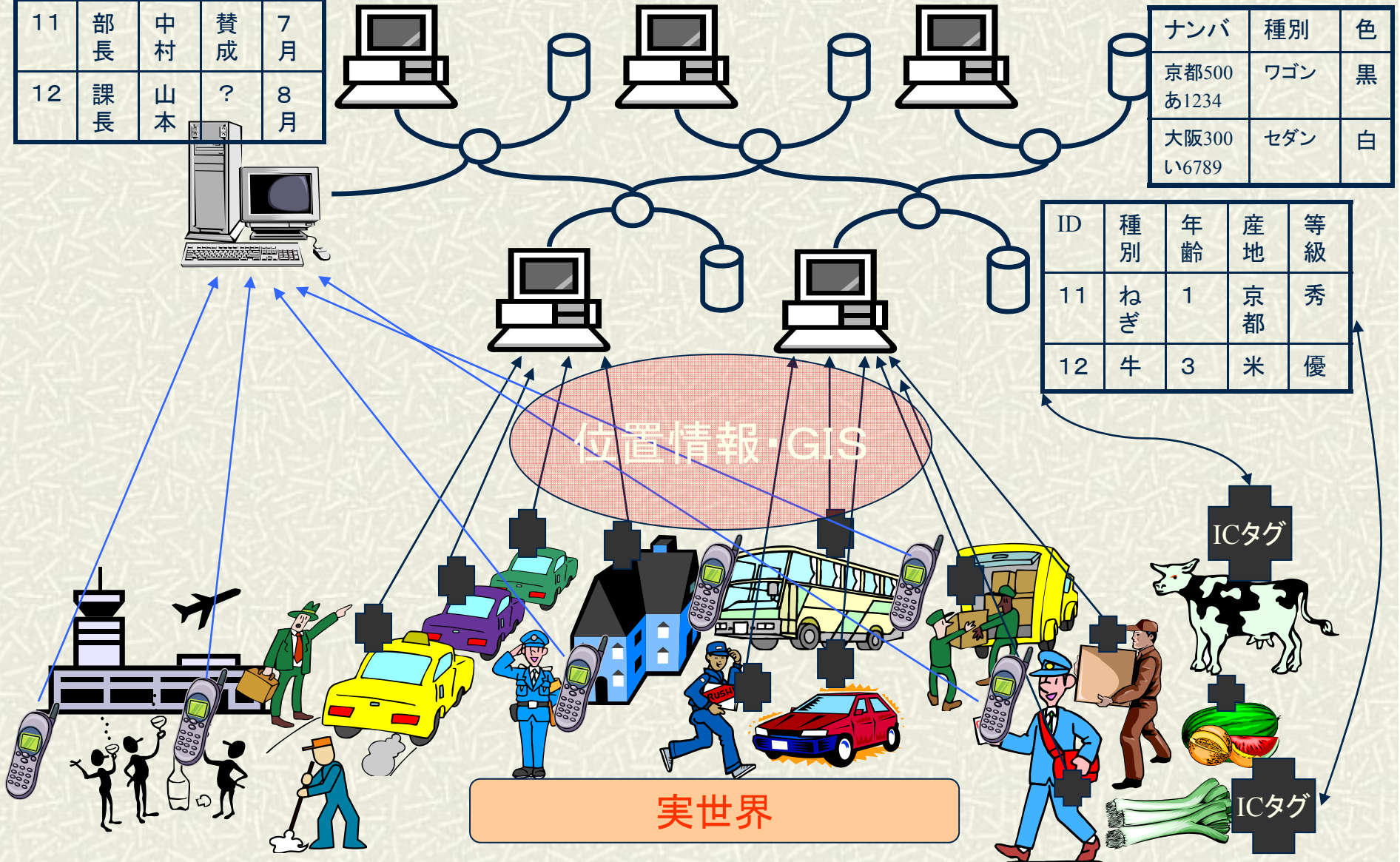
ID	種別	年齢	産地	等級
11	ねぎ	1	京都	秀
12	牛	3	米	優

位置情報・GIS

実世界

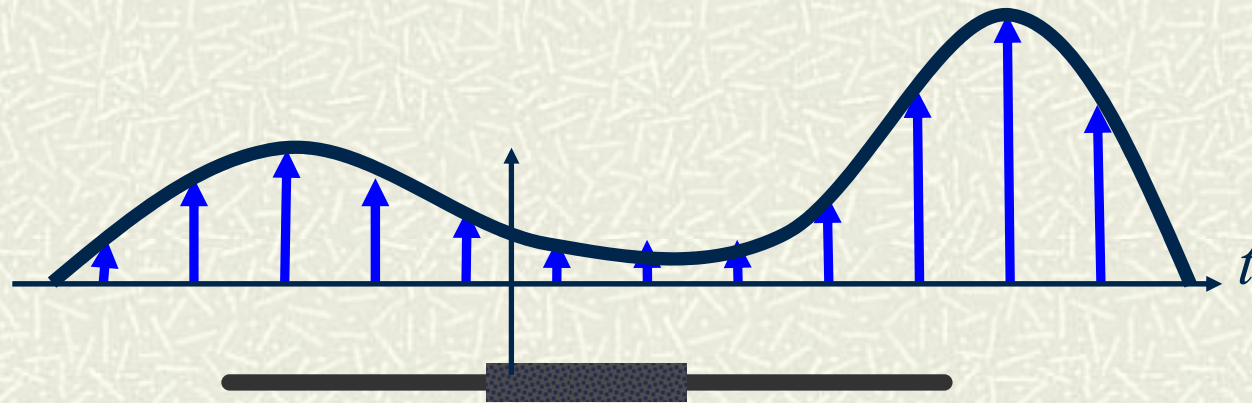
ICタグ

ICタグ



情報化とは？

デジタル化 = 情報化ではない！！



情報ネットワーク社会

計算・情報処理の基本
・モジュール化
・構造化(合成・分解)

ID付与
認証
対象認識

エネルギーに
IDを付与できるのか?

計算・処理

関係・相互作用

情報世界対象

数値
文字
図形
グラフ
木構造

変化のモデル化
シミュレーション
予測

実世界対象

人
自動車
犬
猫
不動産

実世界

エネルギーは「モノ」か？

盗電

財物とは、有体物(固体・液体・気体)を指す(有体物説)。電気は形を持たないが、刑法245条により特別に財物とみなされている(なお、旧刑法では刑法245条に相当する規定がなかったが、大審院判例は可動性及び管理可能性があれば財物に当たるとして電気窃盗の成立を認めていた。

情報窃盗

2006年6月現在、日本において電子的に記録されたデータを盗むこと全般に対する刑事的な罰則は存在しない。これは日本の刑法が伝統的に窃盗罪の対象として財物のみを想定しているためで(詳しくは財物及び有体物を参照のこと)、情報窃盗に関する過去の判例でも、法的には「データそのものを盗んだこと」ではなく「データを記録した電子媒体(=有体物)を持ち出したこと」や、「データを盗むための前段階として不正にシステムにログインしたこと」(不正アクセス禁止法違反)、または「データを盗む目的をもって建造物に侵入した事」(住居侵入罪)を犯罪の構成要件として有罪判決を言い渡している例が多い。つまり情報を盗み出した事それ自体に対しては不可罰である。

(ウィキペディアより抜粋)

エネルギーの情報化



地球温暖化防止とICT

⌘ Green of ICT

- 省エネルギーICT機器の開発
- 省エネルギーソフトウェアの開発
- データセンターの省エネルギー化

⌘ Green by ICT

- 間接的省エネルギー化
 - 電子新聞、遠隔会議、在宅勤務
- 直接的省エネルギー化

情報・エネルギー統合ネットワーク

情報ネットワーク社会

- ・分散化
- ・双方向化
- ・個人化

パワー・周波数・位相の
コントロール

双方向
実時間結合

パワー・周波数・位相
センシング



グローバルな活動が必要！

地球規模で考えながら、自分の地域で活動する
(Think globally, act locally)

身近で実現容易な所から始める！
家庭内から地域、国へ広げる

【Smart Grid】
電力系統制御
電力事業者
Micro Grid

【i-Energy(エネルギーの情報化)】
家庭内、地域内ネットワーク
世帯、コミュニティ
Nano Grid

情報・エネルギー統合ネットワーク

情報ネットワーク社会

- ・分散化
- ・双方向化
- ・個人化

エネルギーの情報化

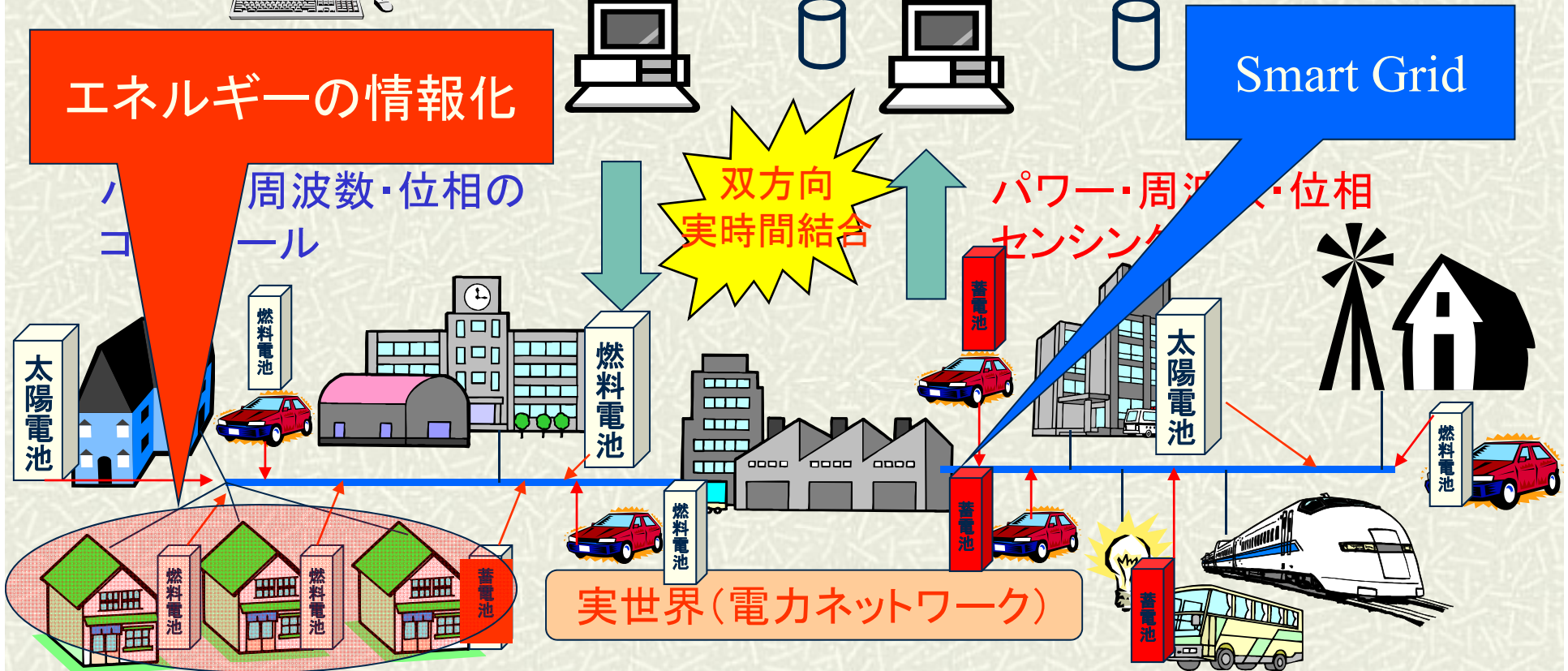
Smart Grid

双方向
実時間結合

パワー・周波数・位相
センシング

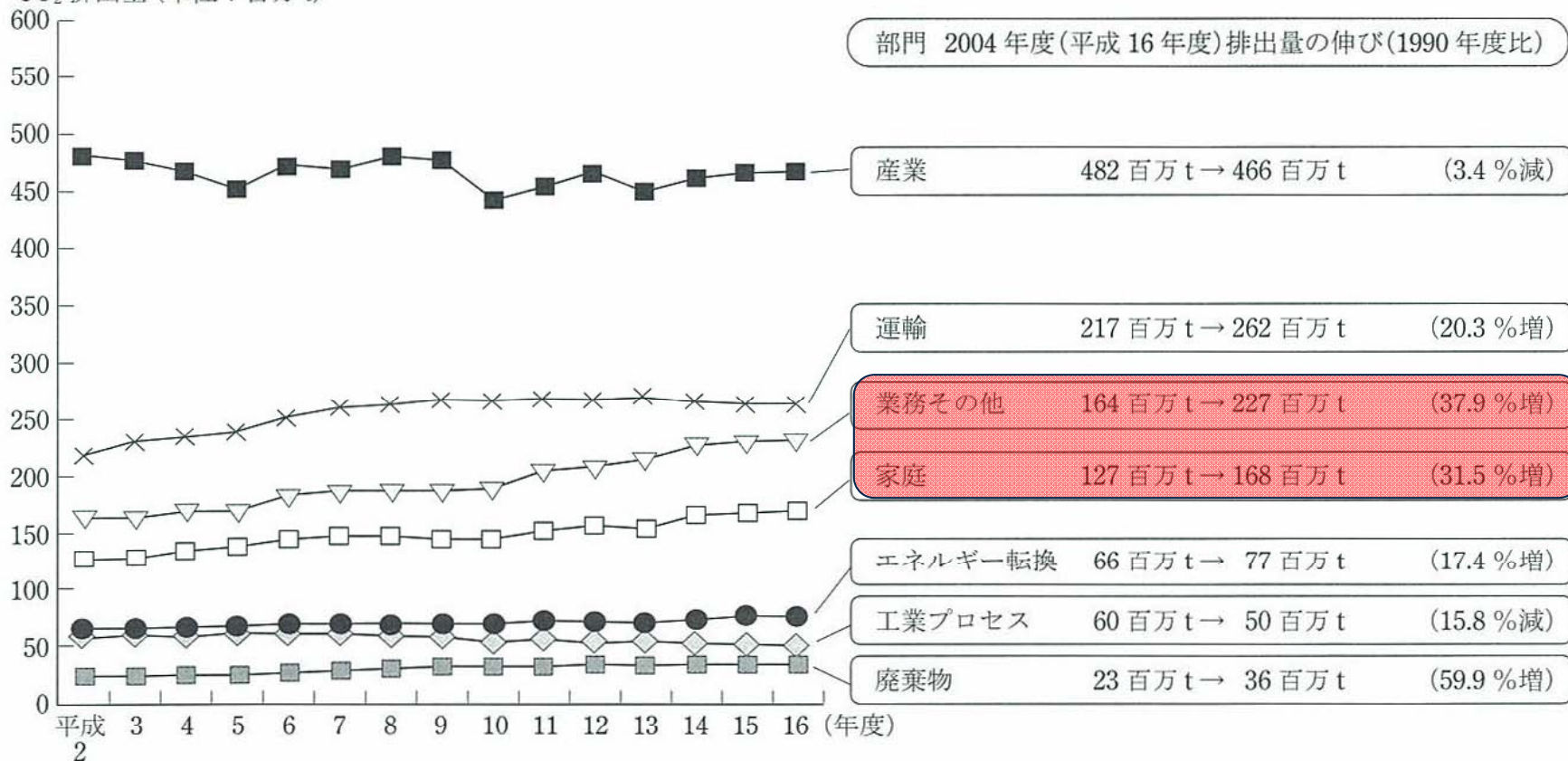
周波数・位相の
ルール

実世界(電力ネットワーク)



CO2排出量の年次変化

CO₂ 排出量 (単位: 百万 t)

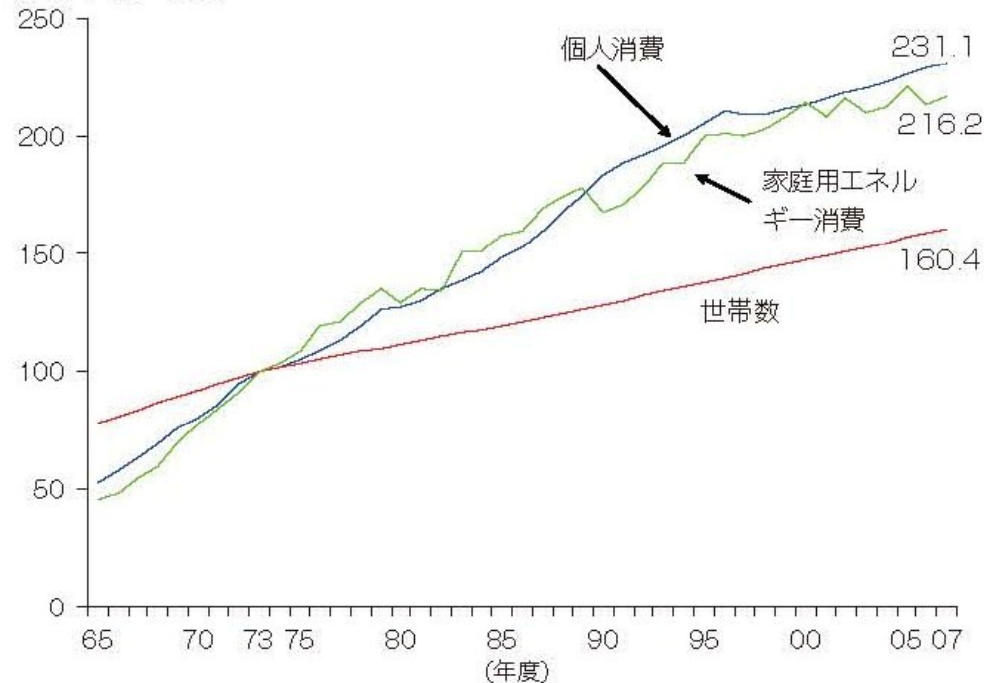


(出典: 環境省 平成18年度環境白書)

歯止めが効かない家庭のエネルギー消費

第 212-2-2 家庭部門におけるエネルギー消費の推移

(1973年度=100)



(注) 「総合エネルギー統計」では、1990年度以降、数値の算出方法が変更されている。

(出所) 内閣府「国民経済計算年報」、(財)日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」、資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」をもとに作成

エネルギー白書2009より



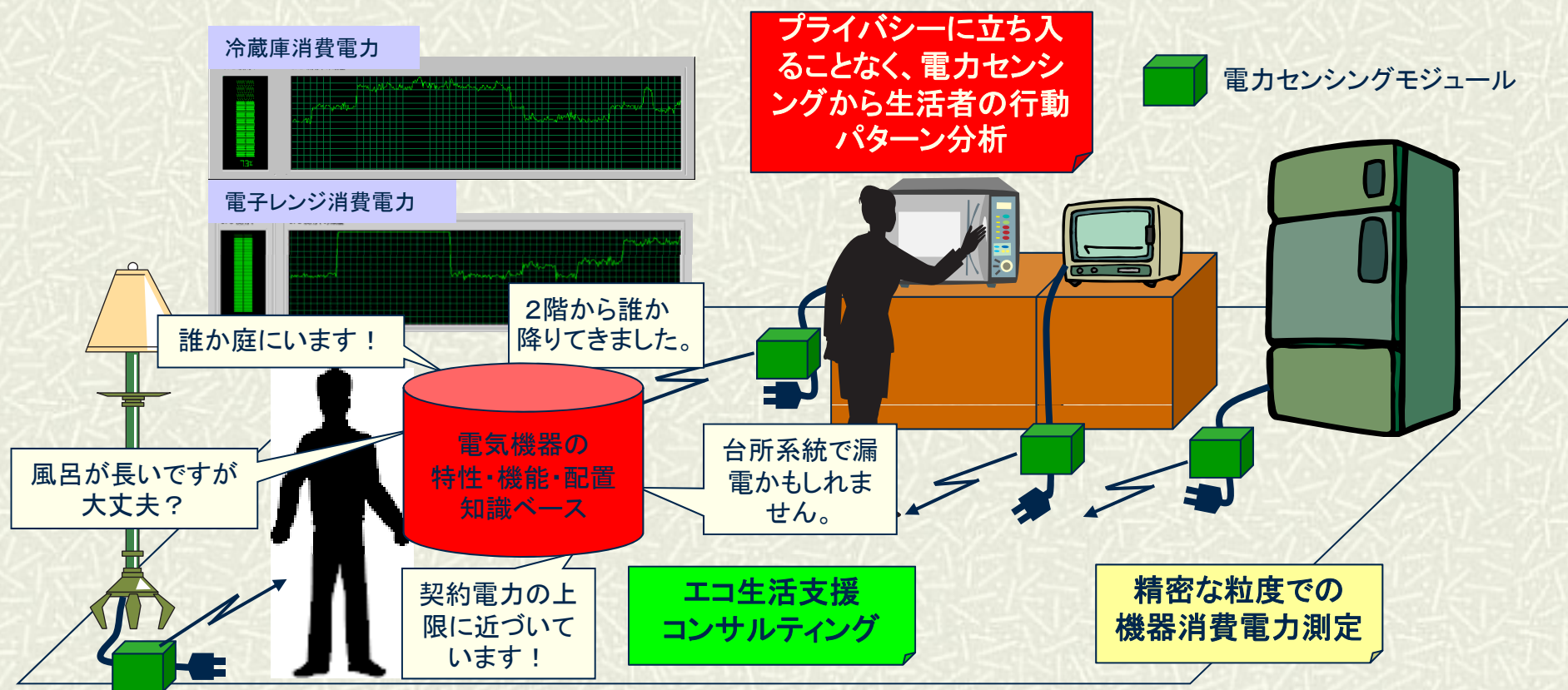
エネルギーの情報化

エネルギーを意識した持続可能な暮らしの実現

(1) 電力センシングを通じた人間行動の見守り

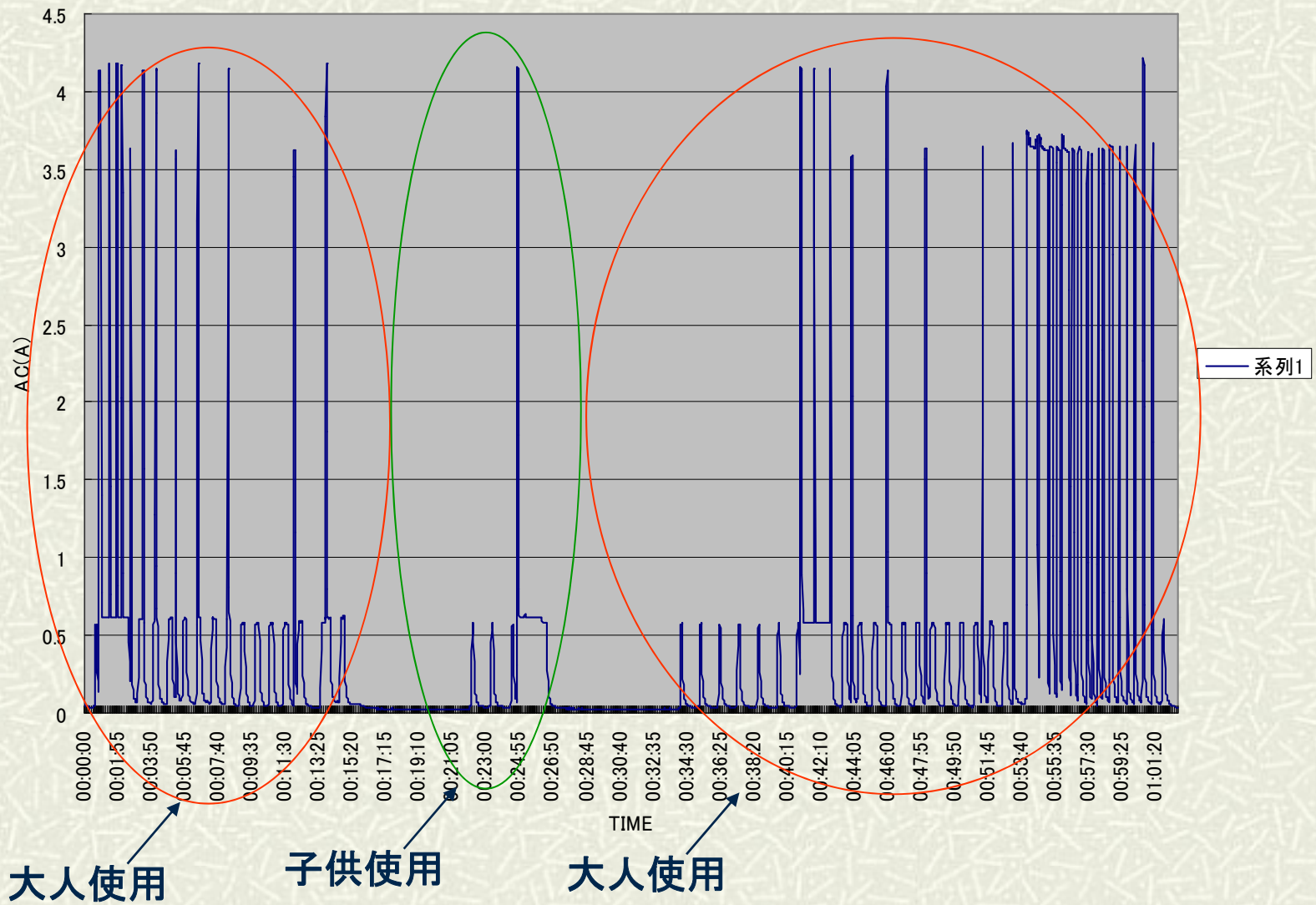
【フェーズ1】短期的課題(3~5年後実用化)

あらゆる電気機器に、電力センサと通信装置からなるコンセント差込型センシング器具を取り付け、各機器の電力使用状況をリアルタイムに計測・分析し、生活者の行動パターンのモニタリングや省エネ生活のコンサルティングを行う。オール電化のバリューアップ



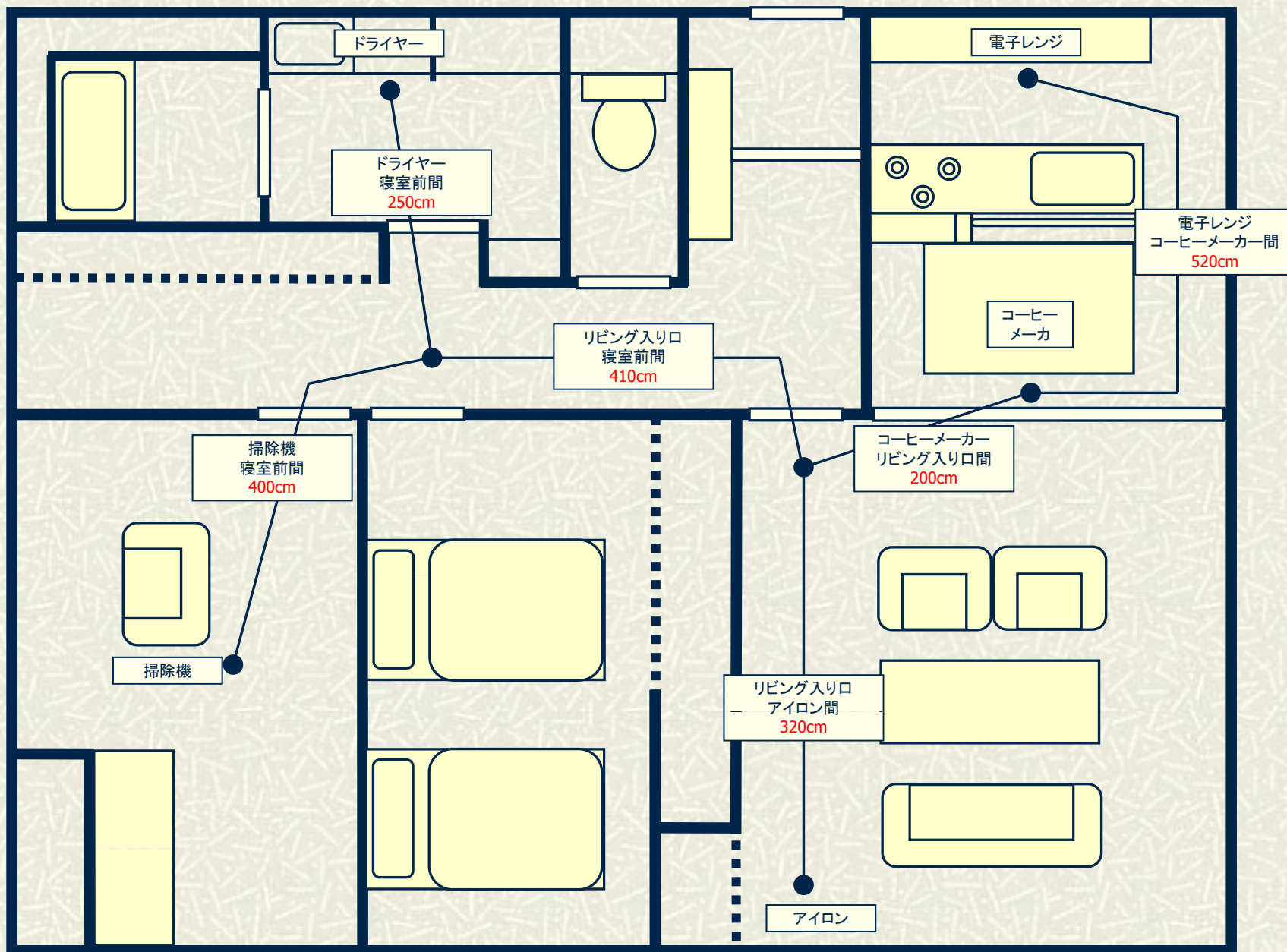
電気機器の消費電力測定の実例

ウォッシュレット

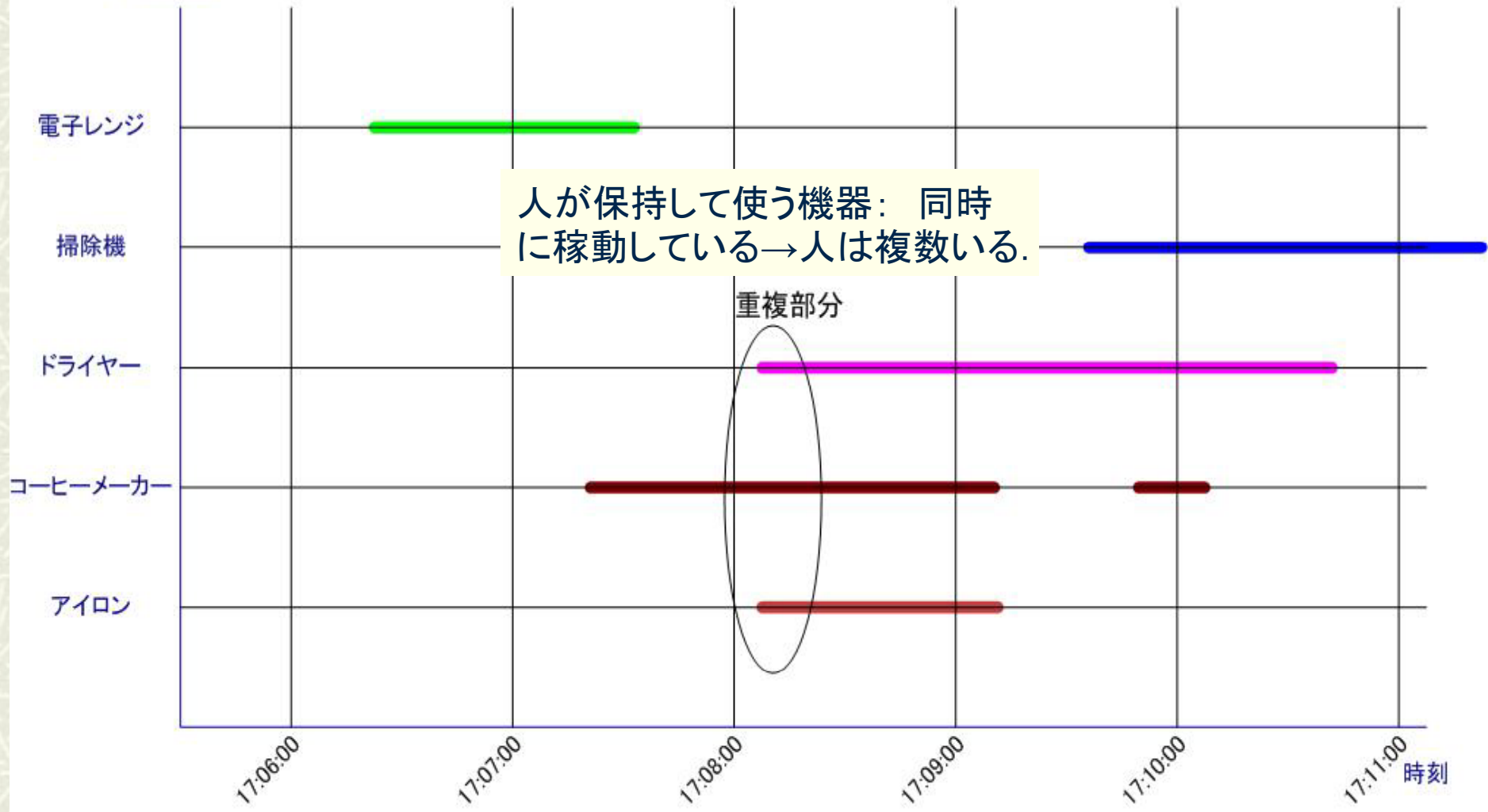


人間の行動のセンシング

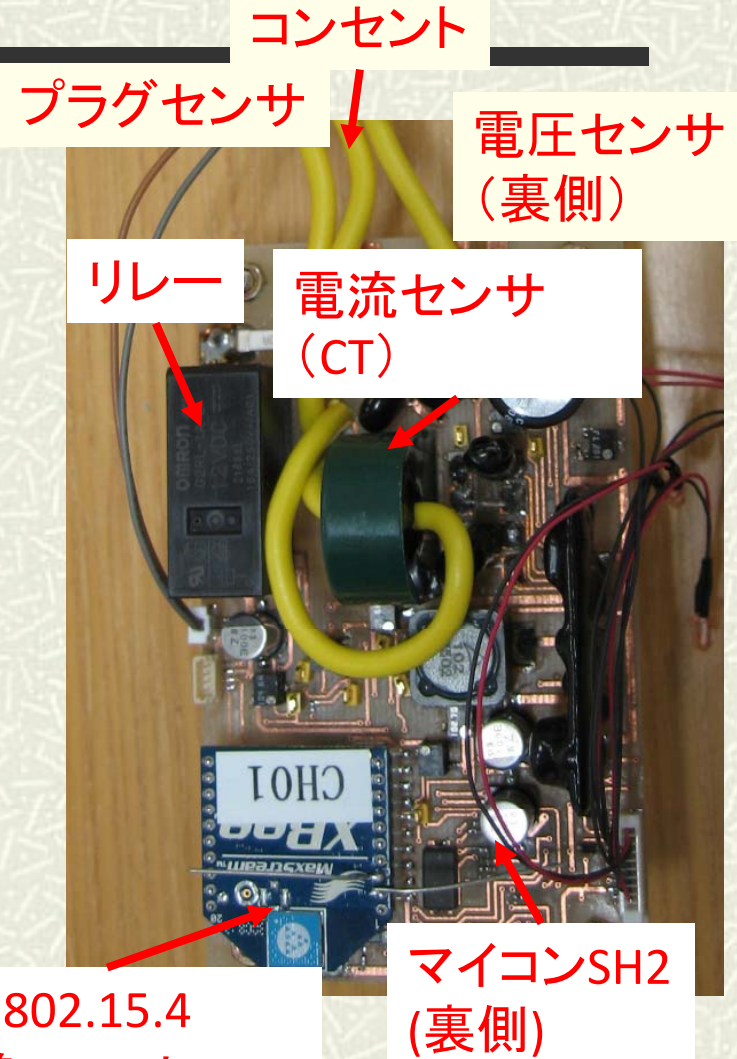
各部屋の機器に測定装置をつなぎ、データ収集



家電機器



スマート・タップ (NICT制作)



センサ部の仕様

センサ	取得する値	分解能	測定範囲	サンプリングレート
電流センサ	電流値 (瞬時値)	10bit	4段階レンジきりかえ -21A ~ 21A (Irms=15A) -7A ~ 7A (Irms=5A) -2.1A ~ 2.1A (Irms=1.5A) -0.21A ~ 0.21A (Irms=0.15A)	20,000 サンプル/秒 333 / 1cycle (60Hz) 400 / 1cycle (50Hz)
電圧センサ	電圧値 (瞬時値)	10bit	-160V ~ 160V (Vrms=113V)	20,000 サンプル/秒
プラグセンサ	コンセント 挿入状態	1bit	挿入・未挿入	随時

■ その他

- マイコン: SH2 core 20MHz (A/D変換、電力計算、特徴抽出)
- データ通信: IEEE802.15.4 (Zigbeeと同じ、ただしプロトコルは独自)
- 家電制御: リレーによる電力供給のオン・オフ

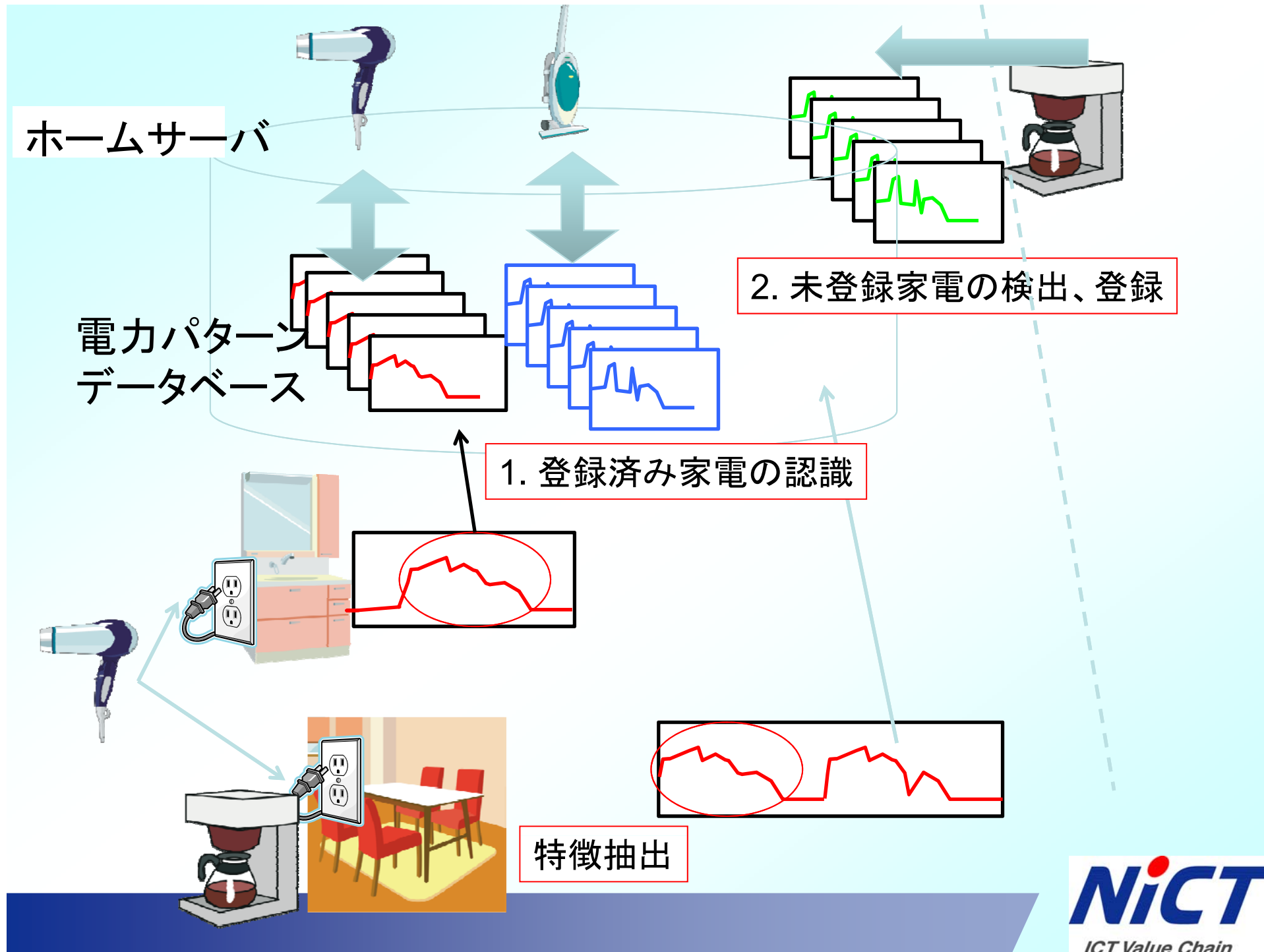
ホームサーバ

電力パターン
データベース

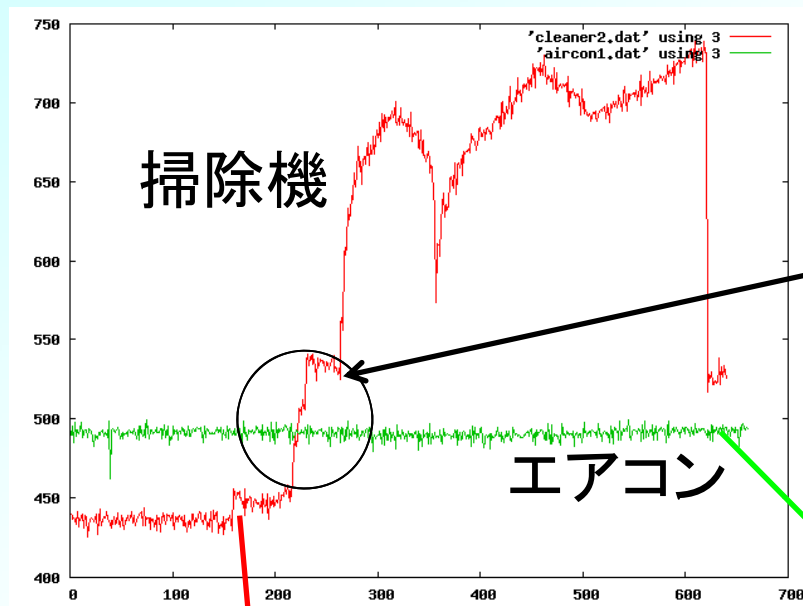
2. 未登録家電の検出、登録

1. 登録済み家電の認識

特徴抽出



消費電力



掃除機

エアコン

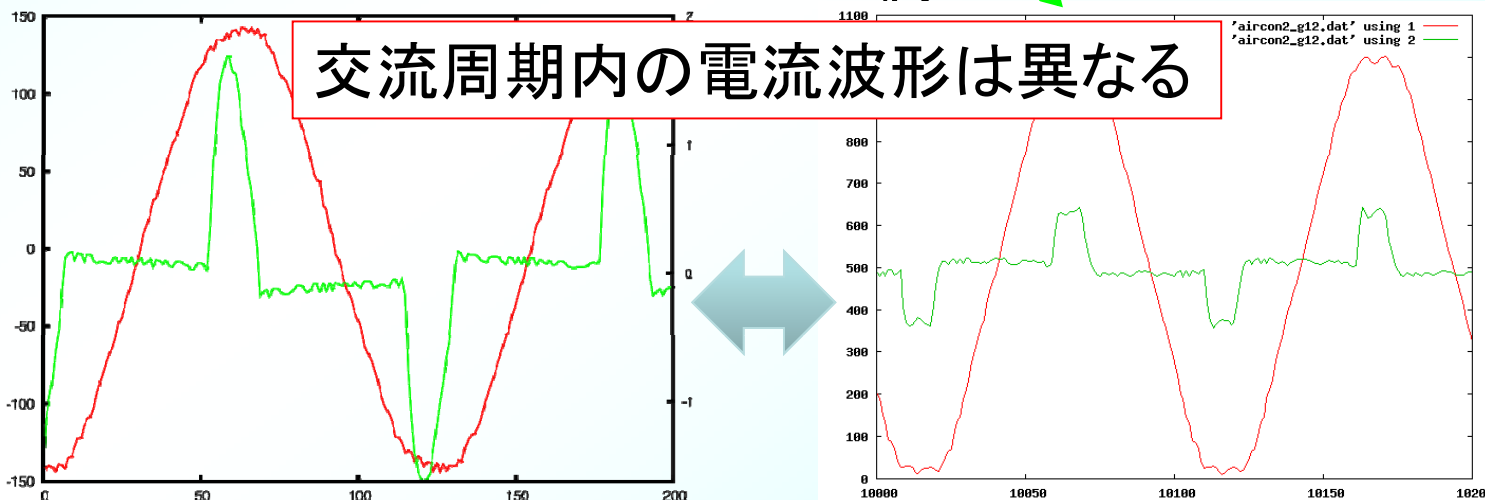
負荷によって消費電力が変化

消費電力が近い家電

電力などで認識するのは難しい

秒

電流・電圧



交流周期内の電流波形は異なる

電流波形を比較して認識

認識実験

学習データ: 100サンプル×25種類(16種類)

テストデータ: 450サンプル×25種類(16種類)

	従来法 (5次元)	提案手法 (4次元)	計測データ (100次元)
16種類	85.5%	99.9%	99.9%
25種類	78.0%	95.8%	95.6%

従来手法: 下記の5特徴を使って認識

平均電流、平均電流/ピーク電流、電流電圧のピーク時間差、通電時間、
電流立ち上がりからピークまでの時間

未登録家電を含めた場合:(登録済みか未登録かを識別)

未登録家電の検出率97.7%

オンデマンド型電力ネットワーク

EoD: Energy on Demand

1. 電気機器のスイッチを入れると機器の電力要求・機器特性パケットが飛ぶ。(スイッチを入れても電気が来るとは限らない！)
2. 電力マネージャーが現在、今後の需給状態を基に調整を行い、当該機器に利用可能な電力使用量、時間を割り当てる。(Best Effort)
3. 給電開始許可のパケットを受け、機器の電気が通じる。
4. 他の電気機器の利用状況、重要度に応じて電力をオンライン制御。
(Cap制)

Smart Grid 対 EoD (i-Energy)

Smart Grid (Smart Meter)

- 既存の電力ネットワークの効率的運用法
- 主として世帯、事業所を単位とする地域ネットワークを対象 (Micro-Grid)
- 効果は変動的

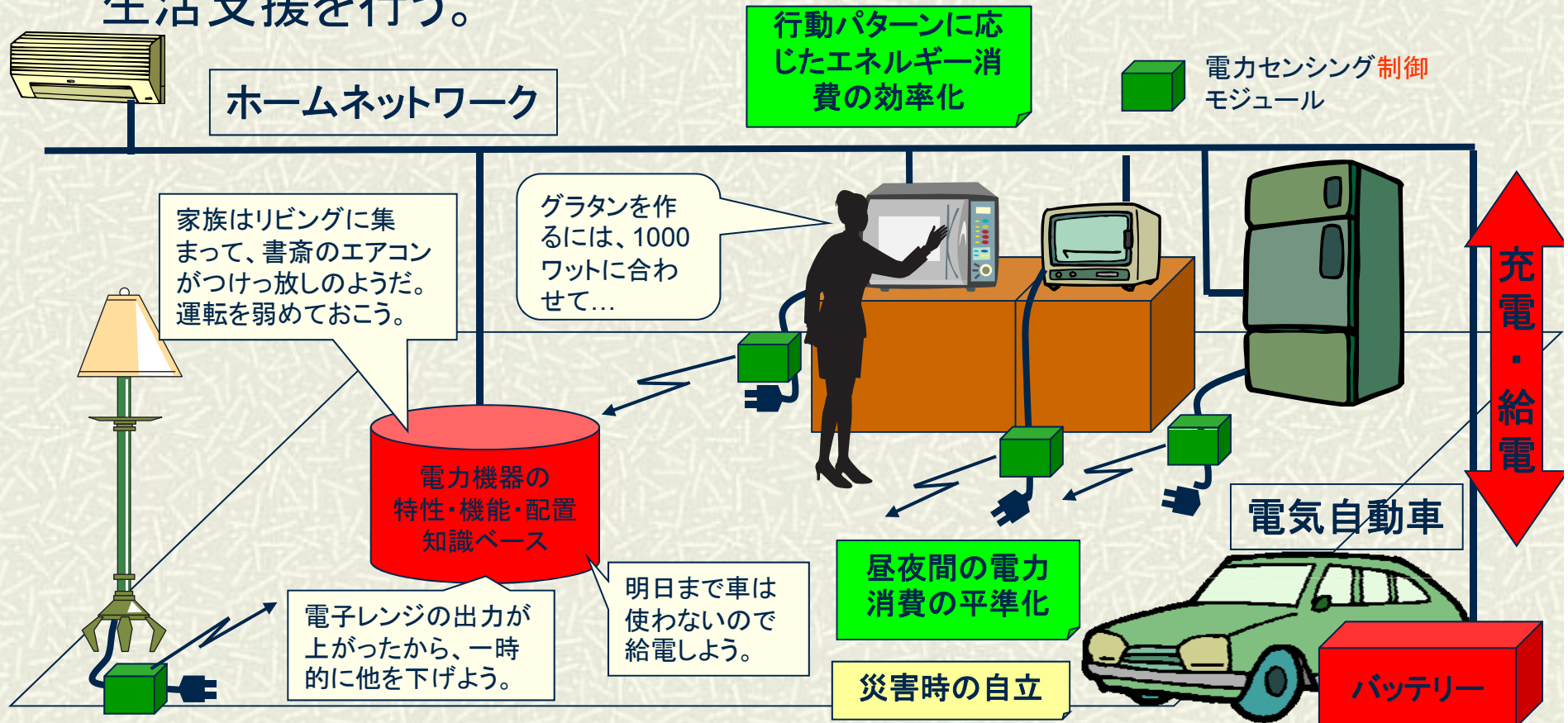
Energy on Demand (i-Energy)

- 電力ネットワークにBest Effortの概念を導入
- 個々の家電製品や蓄電・発電装置を単位とするホーム (マンション) ネットワーク (Nano-Grid)
- CAP制によって大幅な省エネが100%確実に可能
- 電力の由来別制御 (電力カラーリング)

(2) オンデマンド型電力ネットワークによる電力マネージメント

【フェーズ2】中期的課題(5~10年後実用化)

上記の器具に電力制御機能を付加し、蓄・給電も含め、各電気機器をネットワーク経由で制御する。漏電検知や**災害時の自立**生活支援による安心・安全な生活、**電力消費平準化**によるエコ生活支援を行う。



オフィスにおけるICTを活用した電力マネジメント

キーボード、マウス入力情報
CPU稼働状況
(入力内容には関知しない)

シンクライアントの使用
状況データを収集

情報
ネットワーク

電力
ネットワーク

電力使用情報

電力制御

夜間電力でUPSを
充電し、昼間の電
力消費に利用

サーバ - UPSライン

オフィスサーバ

UPS

母線へ

キーボード、マウス
操作がありません。
デスクのライトを消
していいですか

Yes

No

シンクライアントの使用状況に
より、空席周辺の電気機器の
節電、空調制御を実現

蓄・給電による電力マネジメントの経済的効果

ある家庭の実際の使用電力をもとに、夜間電力を電気自動車に蓄電して昼間にその電力を放電して使うことで、どれだけ経済的にコストが削減できるかを試算。

総電力量 16kWh の電池を積んだ電気自動車が家にあり、電池の充放電効率、およびA/D・D/Aの変換効率を90%(最悪)~95%(最良)の間と想定。

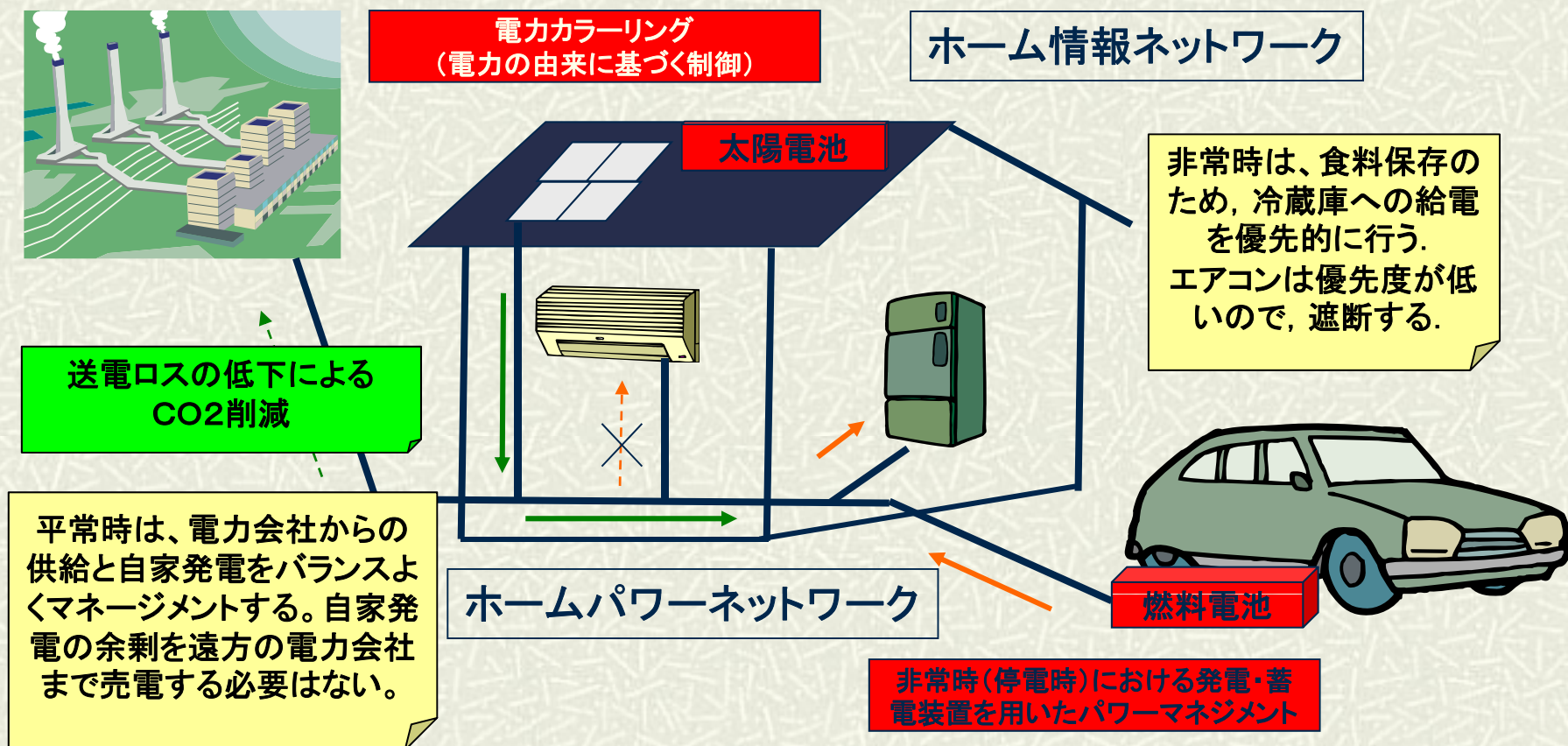
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
総消費電力量 (kWh)	328	346	391	366	343	380	442	583	341	323	375	348	
一日当たり消費電力量 (kWh)	10.9	11.5	13.0	12.2	11.4	12.7	14.7	19.4	11.4	10.8	12.5	11.6	
最良 提案 (従来) 差額	4218 (7318) 3100	4218 (7720) 3502	4218 (8724) 4506	4218 (8166) 3948	4218 (7653) 3435	4218 (8478) 4260	4360 (9861) 501	7370 (13007) 5637	4218 (7608) 3390	4218 (7207) 2989	4218 (8367) 4149	4218 (7764) 3546	年間で 47,963円 の削減
最悪 提案 (従来) 差額	4681 (7318) 2637	4681 (7720) 3039	4717 (8724) 4007	4681 (8166) 3485	4681 (7653) 2972	4681 (8478) 3797	5535 (9861) 4326	8767 (13007) 4240	4681 (7608) 2927	4681 (7207) 2526	4681 (8367) 3686	4681 (7764) 3083	年間で 40,725円 の削減

最良95%時 発電 17.7kWh (4218円/月) 放電 14.44kWh使用可
 最悪90%時 発電 19.8kWh (4681円/月) 放電 12.96kWh使用可
 東京電力の昼間料金と夜間料金の設定を利用

(3) 家庭内ナノ・グリッド

【フェーズ3】中期的課題(5~10年後に実用化)

個々の家庭に配置される**発電装置**および蓄電装置を利用し、家庭内のトータルな電力マネージメントシステムを構築する。停電時における電力使用の優先制御を実現する。



EoDのためのQoEn (Quality of Energy)

- 必要な瞬時エネルギー (min, max, average)
- エネルギー消費の動的パターン(連続/断続、即時/遅れ時間、時間指定、停止条件、**生活モニタリングによる学習**)
- 可制御性(連続保障、中断可能性、減量可能性)
- 重要度(常時必須、平常時必須・緊急時遮断可、快適性レベル依存)

All Japanによる国際標準化が必要！

EoDとQoL (Quality of Life)

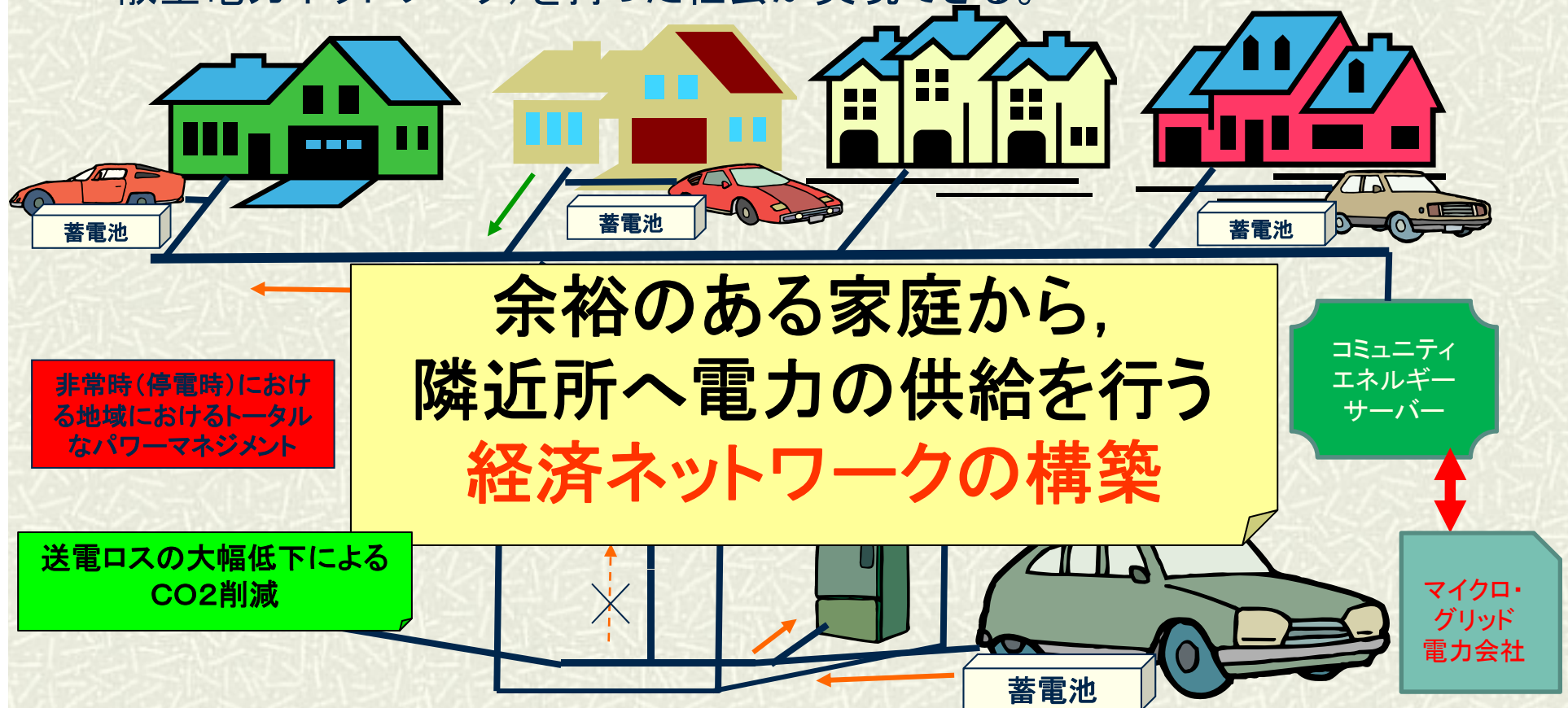
1. EoDでは、各世帯で最大利用可能電力エネルギー値を設定→100%エネルギーカットも可能
2. エネルギーカットによる生活の利便性、快適性の低下
3. 生活の質 (Quality of Life) の評価指標の設定とその評価方式の標準化
4. QoL指標に基づいたEoD方式の性能評価

All Japanによる国際標準化が必要！

(4) 地域ナノ・グリッド

【フェーズ4】長期的課題(20~30年後実用化)

地域内の家庭間をネットワークで結び、個々の電力マネージメントシステムを統合し、相互に電力のやり取りを可能にする地域エネルギーマネージメントシステムを構築する。これによって**効率的かつ災害に強い**エネルギー基盤(超分散型電力ネットワーク)を持った社会が実現できる。



自動車・家電を超える新たな産業の振興

- i-Energy機能を設備として備えた住宅の商品化
- i-Energy機能を備えた家電製品・自動車(PHV, EV)の商品化



自動車と並ぶ輸出製品としての商品化・世界展開
自動車・家電と一体化した住宅産業の世界展開を目指す

研究開発プロジェクト



中央省庁のプロジェクト

1. NICT委託研究
情報通信・エネルギー統合技術の研究開発
2. 総務省通信企画課
消費エネルギー抑制ホームネットワーク技術の研究開発
3. 総務省技術政策課
PREDICT
4. NEDO
次世代高効率エネルギー利用型住宅システム技術開発
・実証事業

エネルギーの情報化WG

- 関西経済連合会の下のけいはんな情報通信オープンラボ研究推進協議会(<http://www.khn-openlab.jp/>)にエネルギーの情報化WGを設置(2009.5)
 - 主査:松山隆司 京都大学教授(tm@i.kyoto-u.ac.jp)
 - WG事務局:長山 博幸(nagayama@mri.co.jp)
(株)三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 宇宙情報Gr.
- HP(<http://i-energy.jp> 日英)の立ち上げ
- 海外での研究開発、標準化活動調査
- 関連プロジェクト間の組織的連携体制の構築
 - NICTおよびNEDOプロジェクト
- 新プロジェクトの立ち上げ

Save the Earth
with
ICT Technologies!