



CESS

Center for Co-Evolutional Social System

共進化社会システム創成拠点

都市OSが変える未来のエネルギー事情

明るい未来を目指して

谷口倫一郎

COI CPS-MPユニット

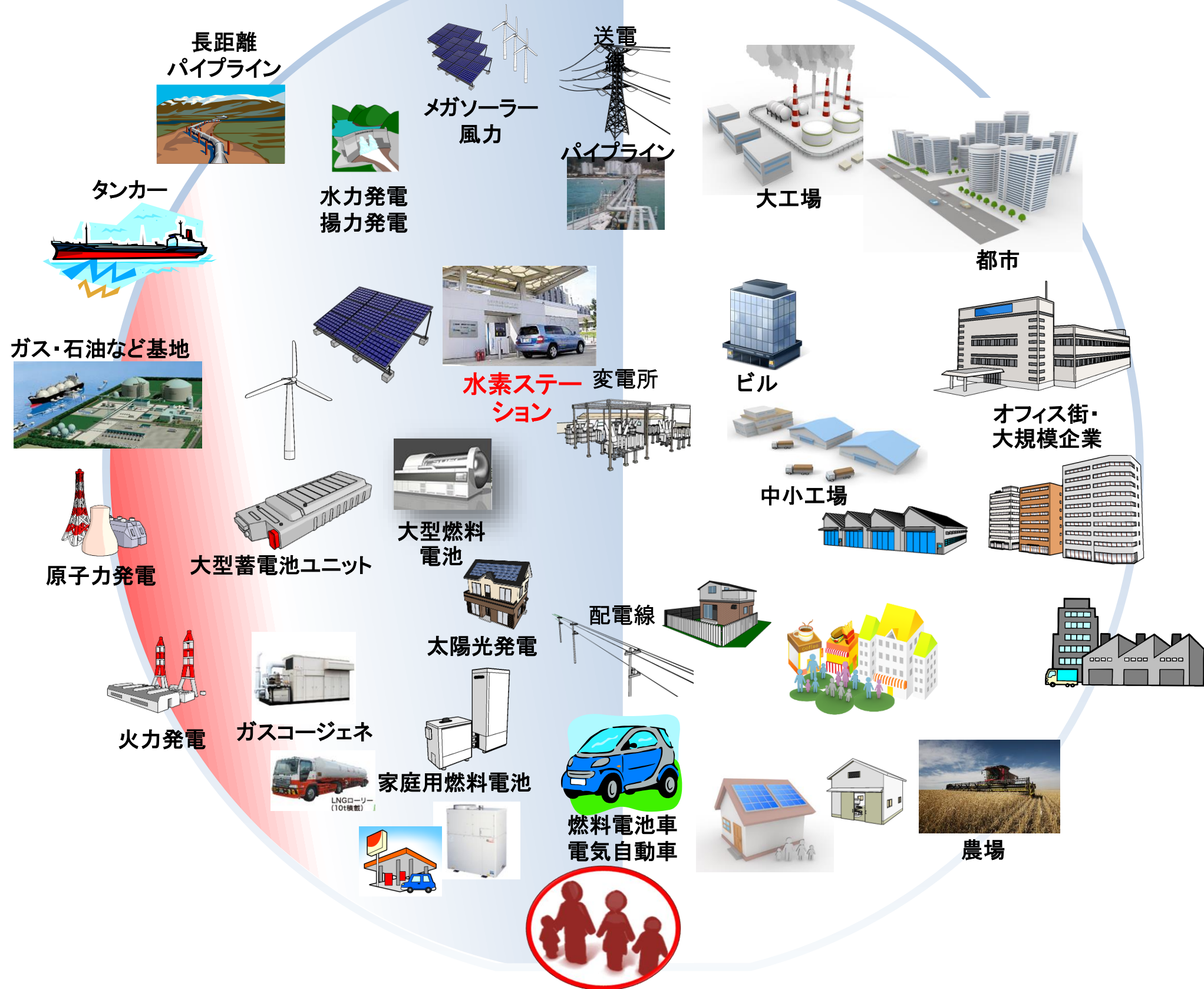
大学院システム情報科学研究院

九州大学

私たちを取り巻くエネルギー

エネルギー生成

エネルギー消費



「環境負荷を押さえて持続可能な社会を構築」

■エネルギー問題の解決

- エネルギーの生成, 消費等に関する基本技術
- それを支える情報基盤技術も重要
 - ✓ 現在の電力系統: 多くの多様なシステムが接続→複雑な大規模システム
 - ✓ 最新の情報技術を用いて複雑なシステムを最適に制御
→より効果的なエネルギー利用

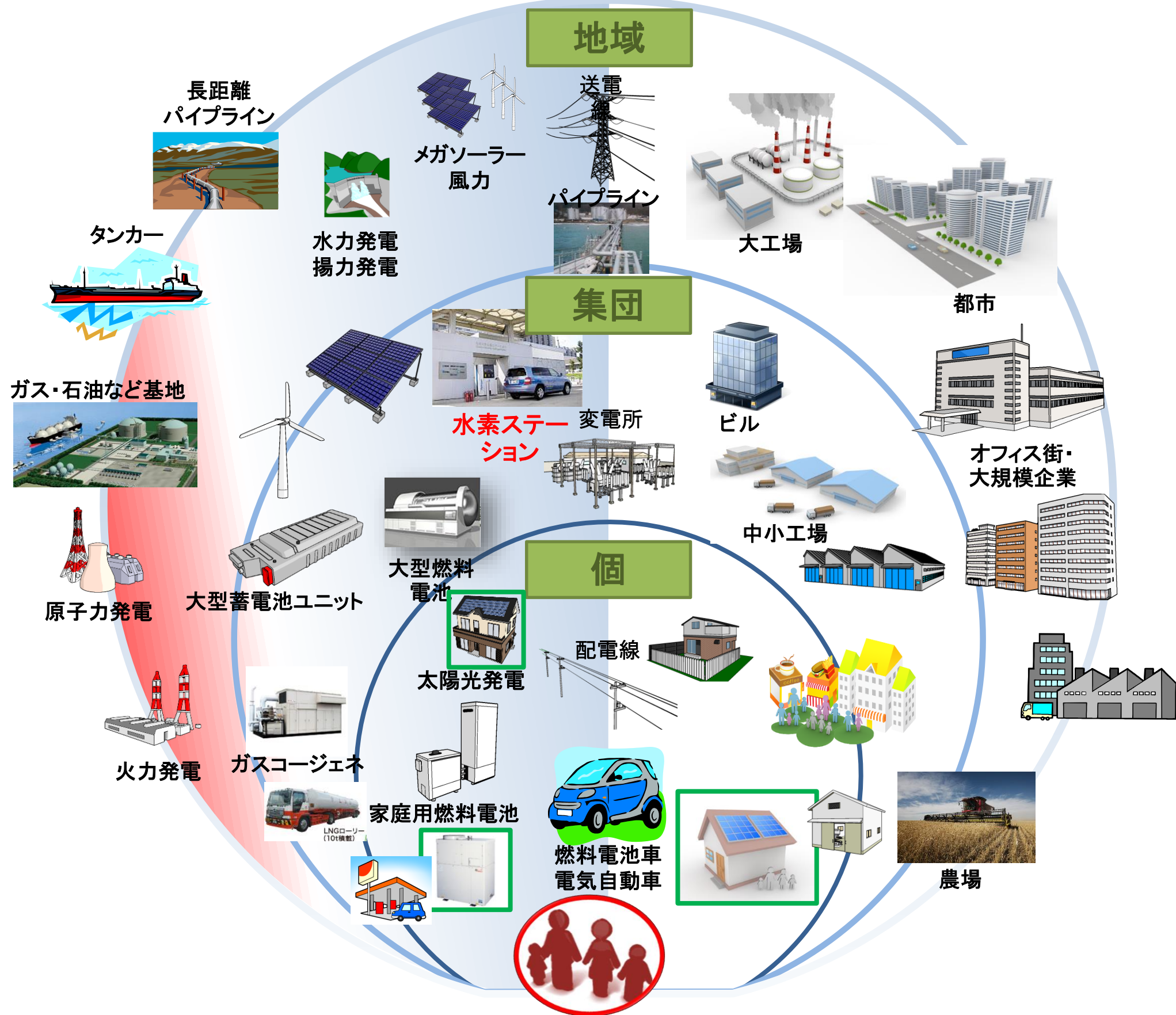
■忘れてならないのは **Human-Centric**

- 人間: 快適な生活をおくりたい
 - ✓ 快適性: 個人によって異なってくる
 - **全体最適性と個人快適性の両立**
 - ✓ **トップダウンとボトムアップ**
- 社会的な活動が活発であることが前提

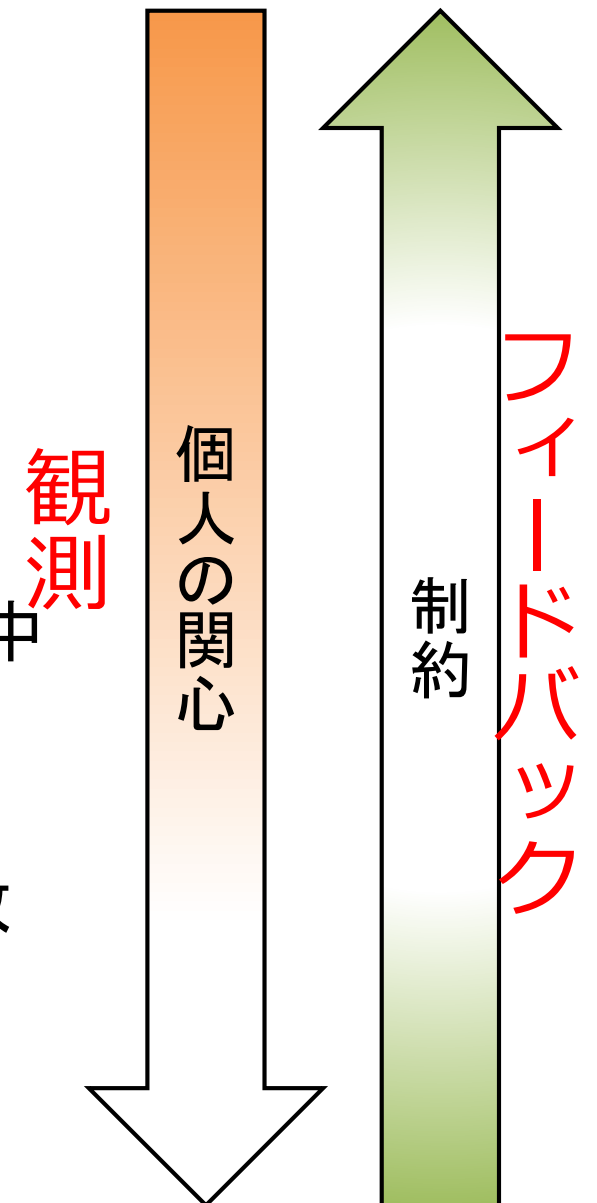
私たちを取り巻くエネルギー（再）

エネルギー生成

エネルギー消費



- 個の周辺: ex HEMS
 - 個の影響力大, 空間的に小, 反応速度速い
- 組織レベル: ex BEMS
 - 個より集団. 集団(比較的均質)へのアプローチが必要. 空間的には小, 反応速度比較的速い
- コミュニティレベル: ex CEMS
 - 集団(比較的非均質)へのアプローチが必要. 空間的には中程度, 反応速度中程度
- 地域レベル
 - 集団(非均質)であり, 空間的には大, 反応速度ゆっくり. 政策的なアプローチの影響を受ける.
- 国レベル: ほとんど政策的なアプローチ
 - 収集され, 分析された情報を元に意思決定



Cyber Physical System

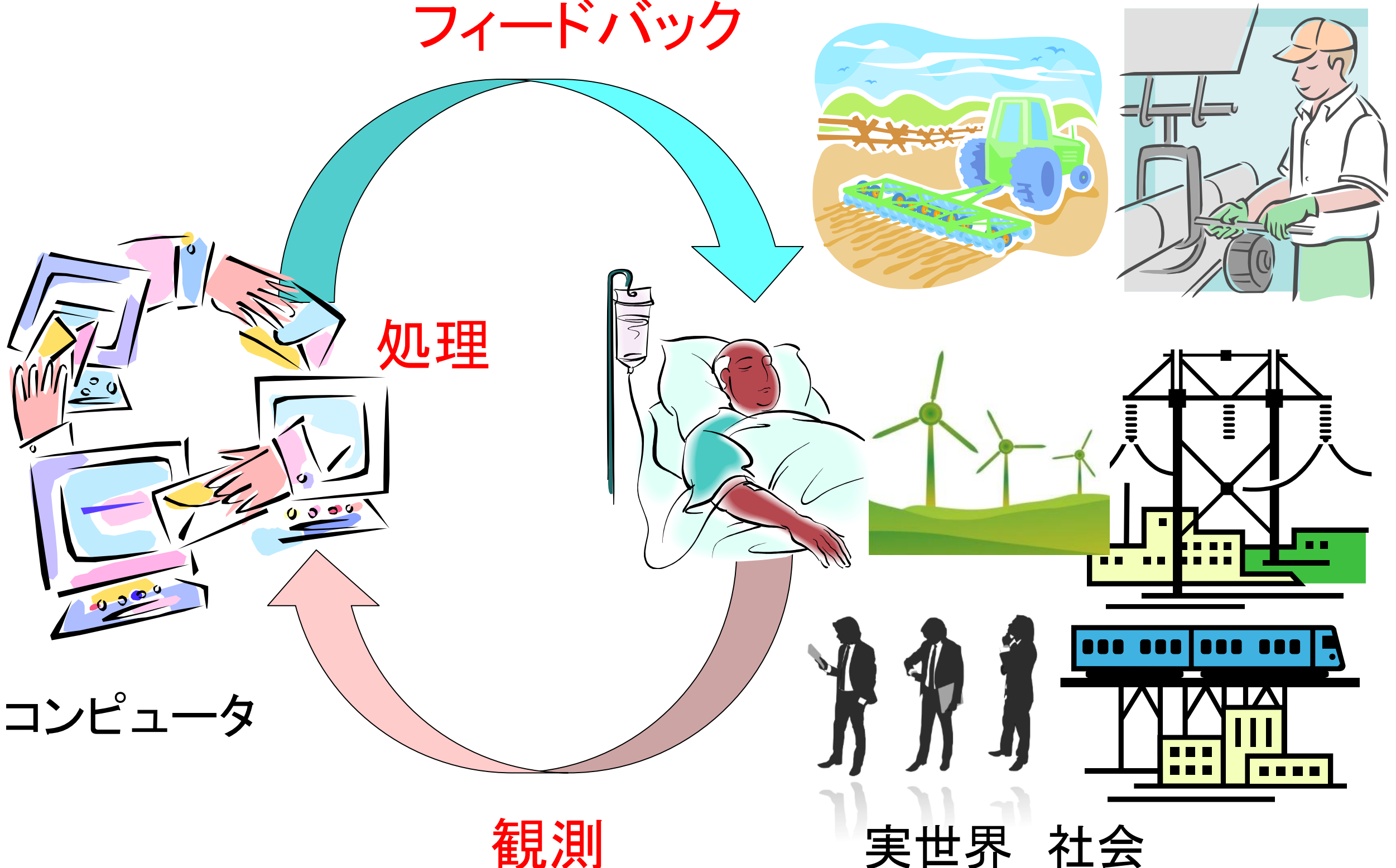
フィードバック

処理

コンピュータ

観測

実世界 社会



- コンピュータ (Cyber world) と実世界 (Physical world) がネットワーク等を介して結合したもの

観測 → 処理 → フィードバック の循環構造

- 各種組み込みシステム
- 自動車, ITS, 飛行機
- 医療装置, ヘルスケア機器
- 製造ライン, 農業システム
- 電力網, スマートグリッド

様々なシステムを対象とした広い概念

- システムの中に人間を含む社会システムも対象

- 処理結果を人間にフィードバックし, 人間がシステムを制御
 - ✓ 人間: 意思決定のプロセスを担当
- Cyber Physical Social System / Social CPS

社会インフラとしてきわめて重要な概念

従来の社会/生活システム構築法の課題

■ アプリ/システム毎にad hocにシステム構築

- 「OS」と呼べるものがない
- 開発コスト/期間の増大
- 検証が困難

■ アプリ/システム間連携が困難

- 新しい価値の創出が困難

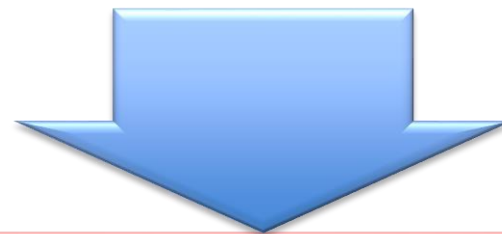
天候と水素利用量マップ

気象協会

水素ステーション

■ システムのパッケージ化もほぼ不可能

- 他アプリ/システムへのマイグレーションや他国への輸出も困難



様々な都市アプリケーションを支え、かつ、新たなアプリケーションが創出できるよう、
共通基盤となる汎用的な「都市OS」
 を導入することで上記課題/限界を解決！

～多様なニーズに応え、社会を活性化する都市OS～

ヒト/モノモビリティ
の最適化

TMS

EMS

ヒト/モノ/ロボット
共生型快適空間

パーソナルモビリティ
システム

グリーンパワーモ
デレータ

仮想都市モデル

スマート&マルチ
モータルシステム

都市OS

フィードバック

その他の
オープンデータ

センサーデータ

交通情報

エネルギー消費

実世界

高齢化社会

交通システム

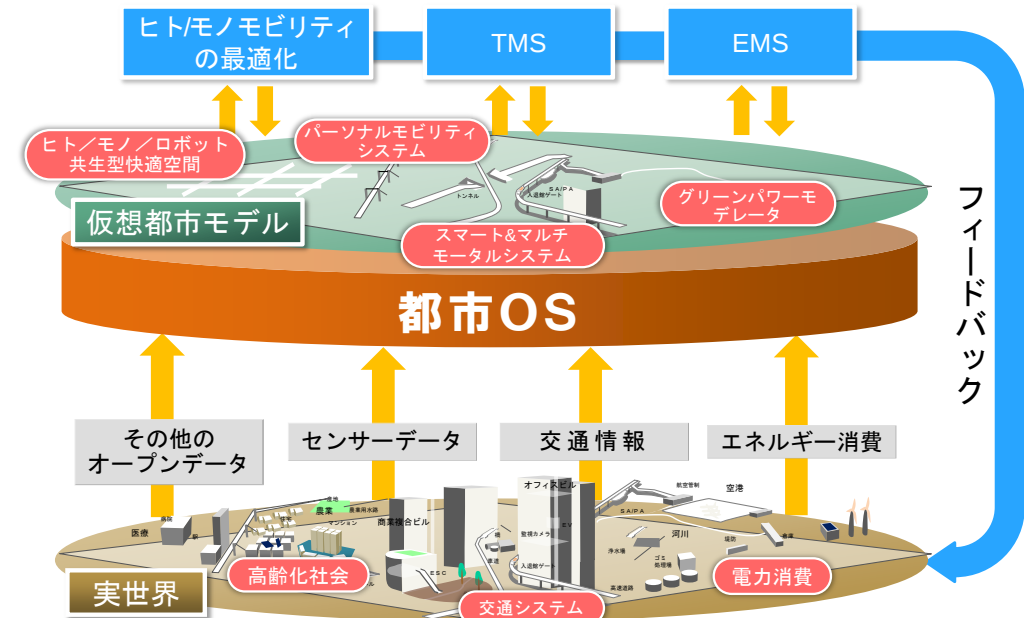
電力消費



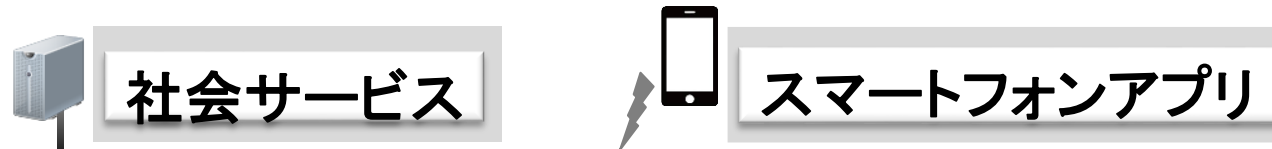
社会サービスシステム実装に必要な

- ハードウェアの抽象化,
- リソース管理
- アプリケーションプログラミングインタフェース (API)
- 様々なモビリティ基盤情報プラットフォーム

- ✓ 分散型OS
- ✓ 高効率センサーインタフェース機構
 - ・ センサーネットワークング
 - ・ センシングデータ特徴抽出/圧縮
 - ・ セキュリティ&プライバシー制御
- ✓ 大規模実時間データ管理機構
- ✓ 空間・環境知能化機構
 - ・ センサー統合機構
 - ・ ビッグデータとセンサーデータの融合
 - ・ オンライン機械学習
- ✓ 可視化/インタラクション機構
- ✓ 様々なアプリ向けAPI(アプリケーションプログラミングインタフェース)
 - ・ 個人適応型サービス実装のためのToolbox



アプリケーション



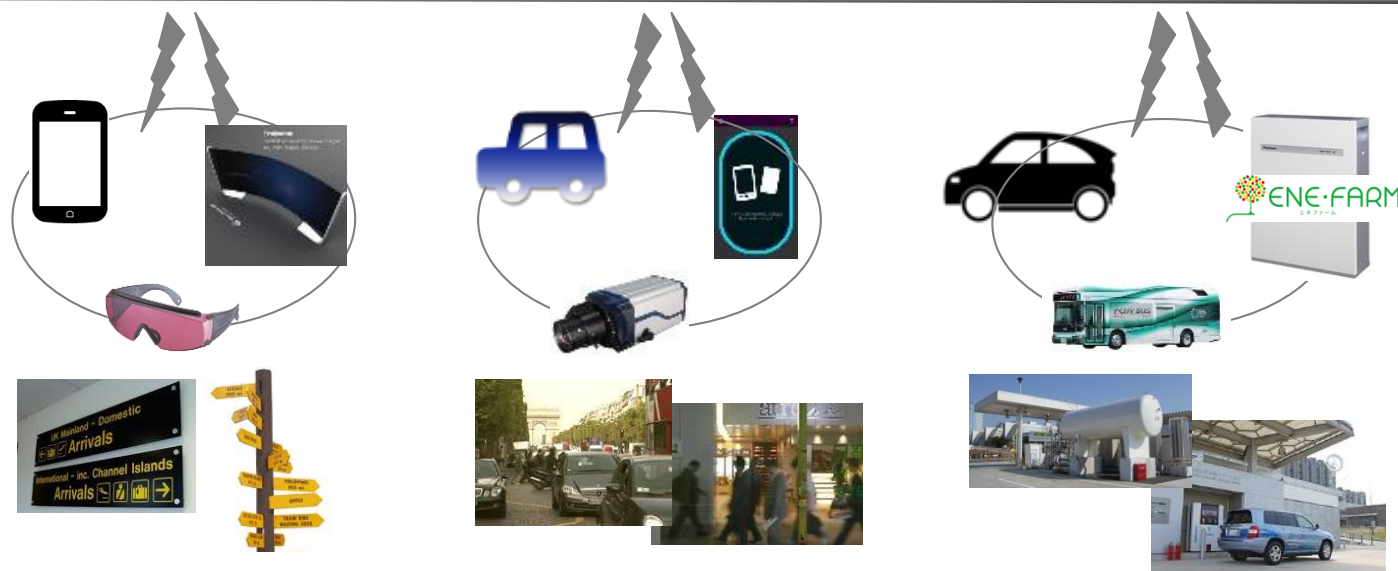
サービス・ネットワーク

都市OS



デバイス・ネットワーク

デバイス・ゲートウェイ

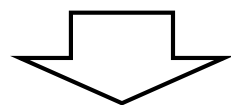


社会サービスシステムのアプリケーションとしてみたEMS

■人間中心的な見方の必要性

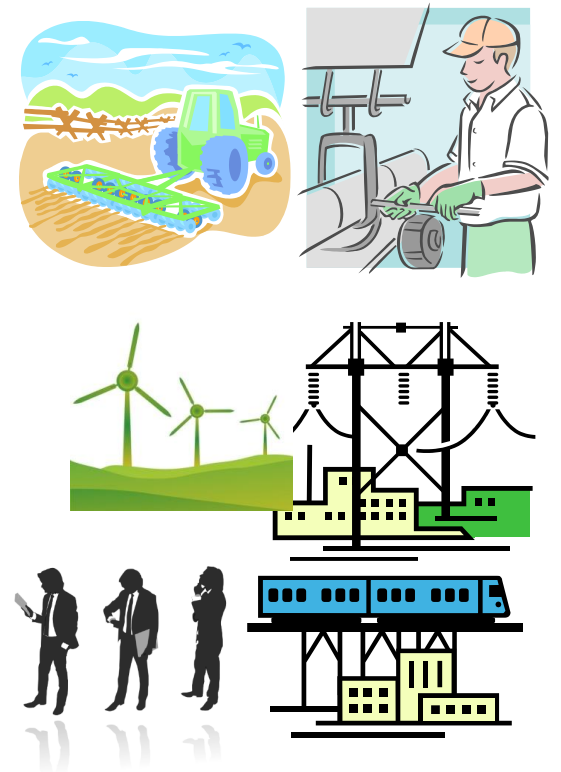
快適性と最適性のバランス

- 人間の行動を反映(予測)して, システムの振る舞いを決定
 - ✓ 様々なチャネルを通して総合的に観測することで正確な観測
- エネルギーシステムの振る舞いを变えるだけでなく, 人の行動を变える
 - ✓ 多様なフィードバックの仕方
 - ✓ 各種の情報サービスなどへの埋め込み



■様々な機能連携が必要不可欠

- 都市OSで初めて実現できる



■ 個の周辺: ex. HEMS

- 個の影響力大, 空間的に小, 時定数小

■ 組織レベル: ex. BEMS

- 個より集団. 集団(比較的均質)へのアプローチが必要. 空間的には小, 時定数比較的小

■ コミュニティレベル: ex. CEMS

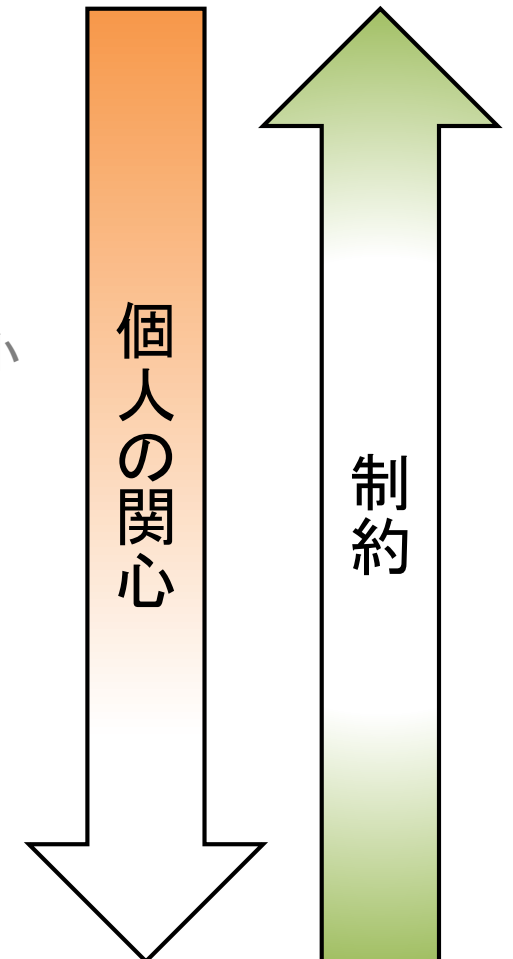
- 集団(比較的非均質)へのアプローチが必要. 空間的には中程度, 時定数中

■ 地域レベル:

- 集団(非均質)であり, 空間的には大, 時定数大. 政策的なアプローチの影響

■ 国レベル: ほとんど政策的なアプローチ

- 収集され, 分析された情報が意思決定に利用される



都市OSの役割

- ✓ 粒度の大きなレベルを個のレベルへ徐々に分解・変換する枠組みの提供
- ✓ 個の情報を粒度の大きなレベルに統合する枠組み
- ✓ 個の意識(関心)を高める仕組みのための基盤提供
- ✓ 最後は個が決定し, 行動する

■ 個＝市民、オフィス、企業

- 我慢するユーザをどう快適にするか
- 電気代高騰による企業の苦しさ（その結果の他国への流出）

■ 本当に不要な部分を動的に削減する仕組み

- 行動パターンに応じた細粒度のエネルギー削減
 - ✓ 部屋ごとに，機器ごとに細かく調整

■ 行動を変えることで快適になる仕組み（エネルギーナビ・快適ナビ）

- クールシェア（ウォームシェア）をはじめとする行動様式の調整

■ これらを上位層からの制約条件応じて柔軟に制御

- 電力価格（ダイナミックプライシング），可能なエネルギー供給量など

■ エネルギー利用形態（予測）と行動様式をセンシングして上位層へ伝達

- 個レベルでも発電が行われる→発電状況等も反映
- 上位層は，得られた情報を分析して制約条件を修正

■ コミュニティレベル

- 再生エネルギーの変動吸収
- モビリティ型発電デバイスの利活用
- 災害時のエネルギー配分

■ 再生エネルギーの発電予測

- 気象情報等からのモデルベース予測，学習ベース予測

■ 下位からのエネルギー利用情報に基づく蓄電計画

■ 供給可能エネルギー予測とそれに基づく配分計画

- どこにどれだけの量といった空間的な情報を計算

■ 下位層へのエネルギー供給制約条件の提示

- 電力価格（ダイナミックプライシング），可能なエネルギー供給量など

■ 上位層へエネルギー利用形態と行動様式の統合結果を伝達

- 上位層は，得られた情報を分析して制約条件を修正

■ 地域レベル

- スケールを除けばコミュニティレベルと同様
 - ✓ 規模に応じて階層は増減

■ 再生エネルギーの発電予測

- 大型発電装置：気象情報等からのモデルベース予測，学習ベース予測

■ 下位のエネルギー利用・発電情報に基づく大規模な蓄電計画

■ 供給可能エネルギー予測とそれに基づく配分計画

- どこにどれだけの量といった空間的な情報を計算

■ 下位層へのエネルギー供給制約条件の提示

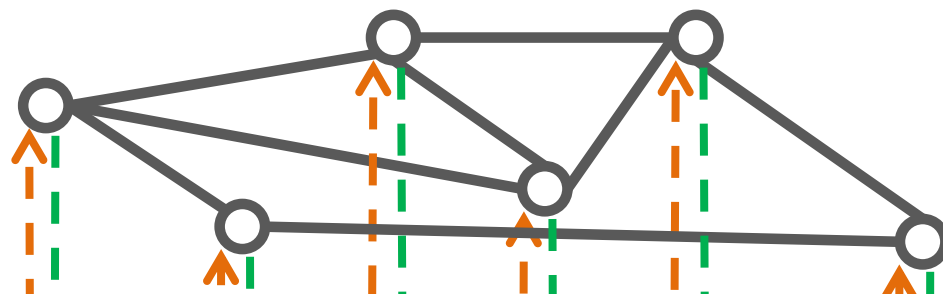
- 電力価格（ダイナミックプライシング），可能なエネルギー供給量など

■ 上位層（意思決定層）へエネルギー利用形態と行動様式の統合結果を伝達

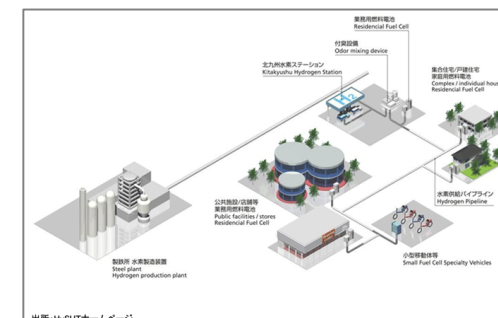
- 上位層は，得られた情報を分析して制約条件を修正

地域・コミュニティ・個の複数レイヤーで解析・最適化，分散コンピューティング

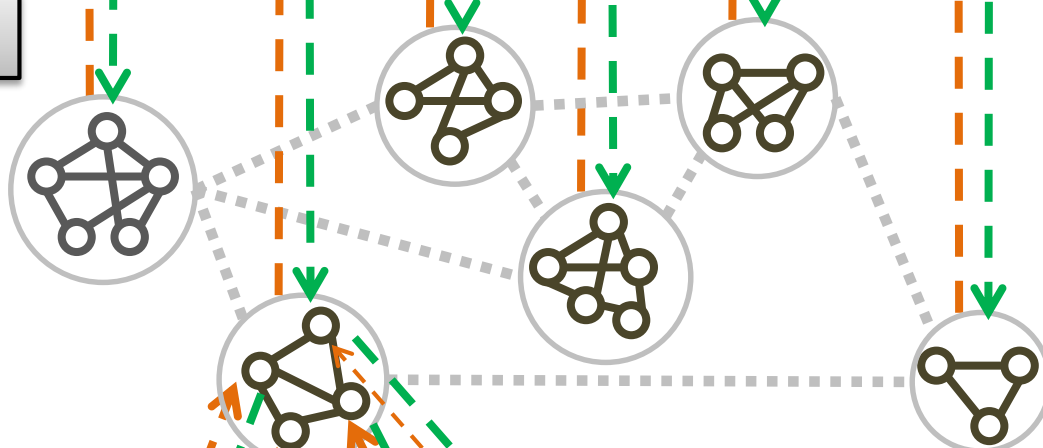
地域/インフラ



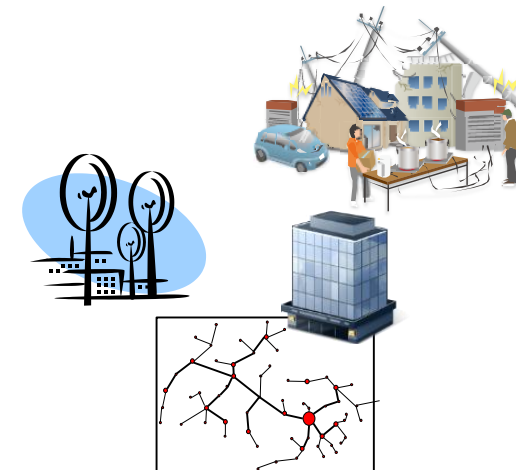
- ◆ 地域レベルでの長期軸解析、知見の蓄積
- ◆ 解析結果はコミュニティレベルに展開



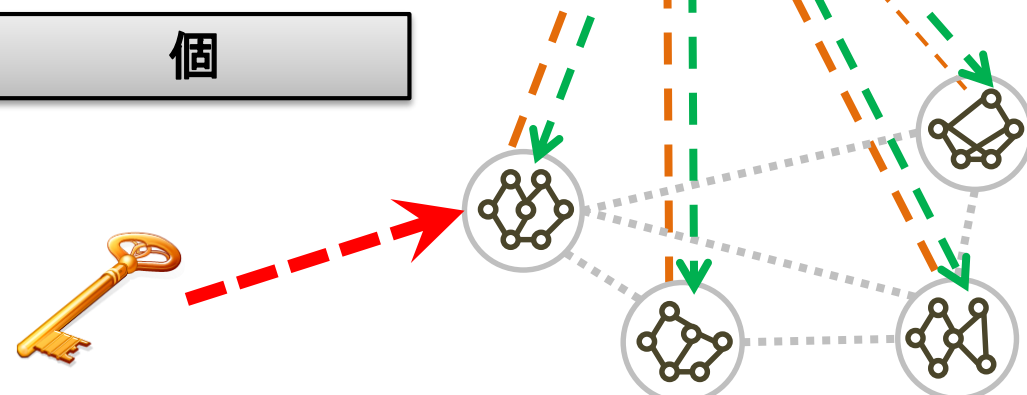
組織/コミュニティ



- ◆ コミュニティレベルでの中期時間軸解析(日、週単位など)、知見の蓄積
- ◆ 解析結果は個レベルに展開



個



- ◆ 個レベルでの短期時間軸解析(リアルタイム)
- ◆ 地域、コミュニティレベルの解析結果を使って計算



個々の目標・好みなどのプロフィールを
カギとして計算に反映(Personalized)

人間中心性を実現するための情報技術の確立

■ システムとのインタラクション技術

- 個人の好み・嗜好 (Preference) の獲得
- 個人への適切な情報提示(エネルギーナビ)
 - ✓ グローバルからローカルまで



■ 人間の行動観測／行動予測

- ミクロレベルからマクロレベルまで
- 行動や活動の観測
- プライバシーの確保
 - ✓ エネルギー消費
 - ✓ 社会的行動
- COI「ヒト」の観測技術

**都市OSによって
実装！**



立のためには不可避

■ 状況依存制御の実現

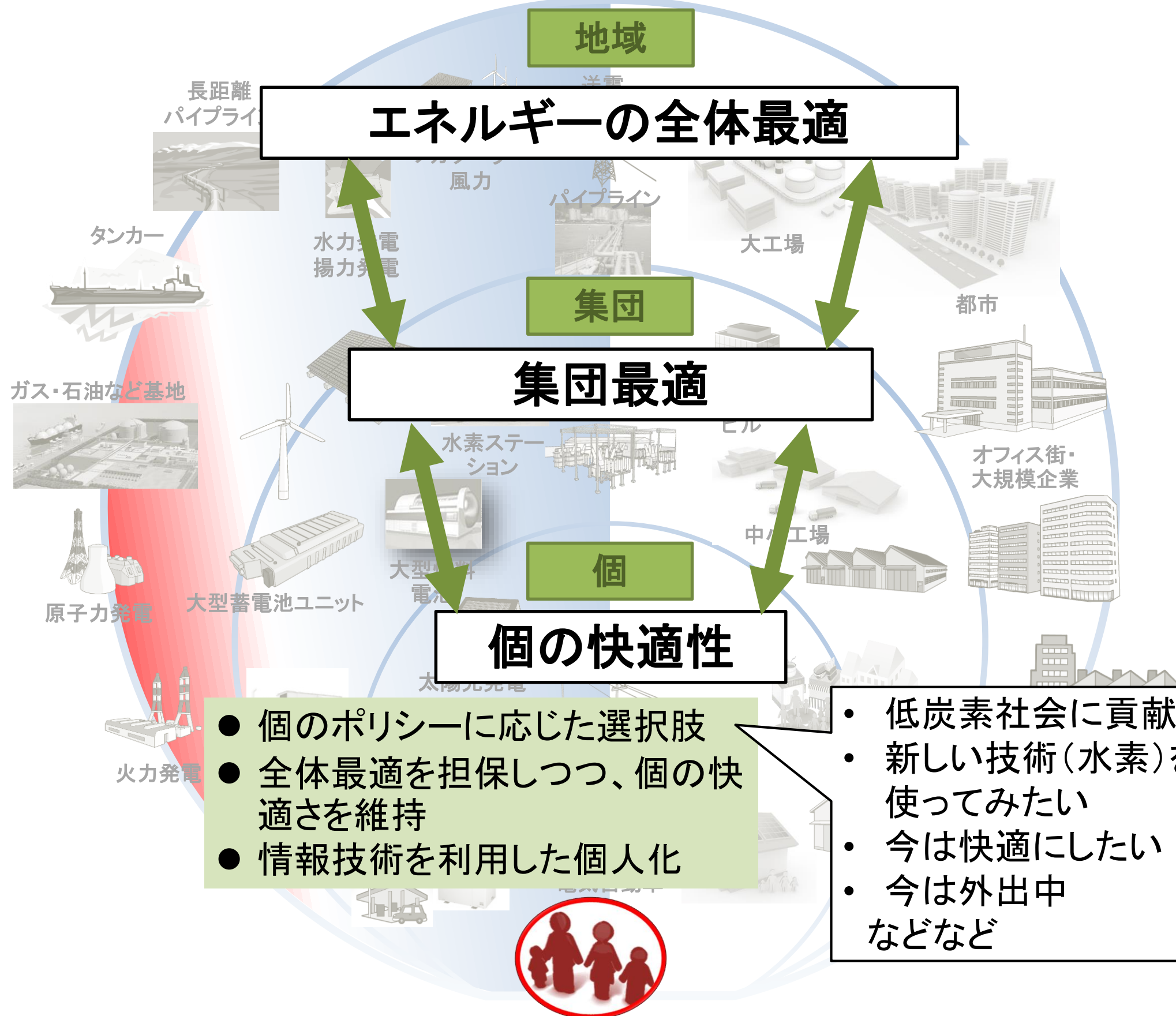
- 公共の場
- 会社のビル内
- 地域レベル
- 災害時



状況に応じて観測レベルやフィードバックの仕組みをコントロール

エネルギー生成

エネルギー消費



- 個のポリシーに応じた選択肢
- 全体最適を担保しつつ、個の快適さを維持
- 情報技術を利用した個人化

- ・ 低炭素社会に貢献したい
- ・ 新しい技術(水素)を使ってみたい
- ・ 今は快適にしたい
- ・ 今は外出中 などなど

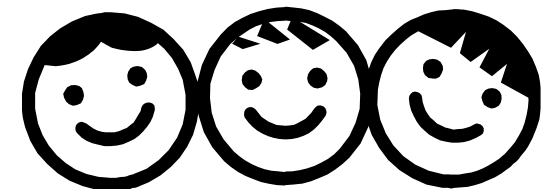


■エネルギーシステムの複雑化・大規模化に対応した最適化が不可欠

- IT技術の出番, CPS (Social CPS) の枠組みが重要

■一方で, 個人の快適性も忘れてはならない

- **Human-Centric** であること
- 社会最適性と個人快適性のバランスを



■実現のためには個のレベルから地域レベルまでを網羅できるシステムの枠組みが必要

- 都市OSに基づく, 様々な機能連携が不可欠

■これからの取り組み

- COI「エネルギー・モビリティユニット」と連携して大学キャンパスレベルでのフィージビリティスタディから
 - ✓水素利活用技術への応用検討

各種の評価指標をどう設定するか

■ 快適性

- 各種の快適性指標が考えられるが、状況に応じて使い分ける必要も
 - ✓ 予測平均温冷感 (PMV(Predicted Mean Vote)), 不快指数, 標準新有効温度
 - ✓ 明るさ(作業, 非作業などによっても異なる)
 - ✓ 安価, 安定性

■ 最適性

- CO2排出量, コストなど

■ 社会的なアクティビティ

- 物理的な行動様式から社会的アクティビティがどの程度推定されるか？
- 物理的な行動に表出されないアクティビティをどう捉えるか？

■ 様々な観点からの議論が必要



CESS

Center for Co-Evolutional Social System

共進化社会システム創成拠点

ご清聴ありがとうございました (((A small, stylized cartoon character with orange skin, black hair, and a blue shirt, standing with one arm raised in a gesture of thanks or acknowledgment.

ご質問, ご意見は rin@kyudai.jp まで
お待ちしております！