



CESS
Center for Co-Evolutional Social System

共進化社会システム創成拠点

都市OS4E: エネルギー需給最適化編

都市OSの創り方6

谷口倫一郎

COI プラットフォームユニット

大学院システム情報科学研究所 (ISEE)

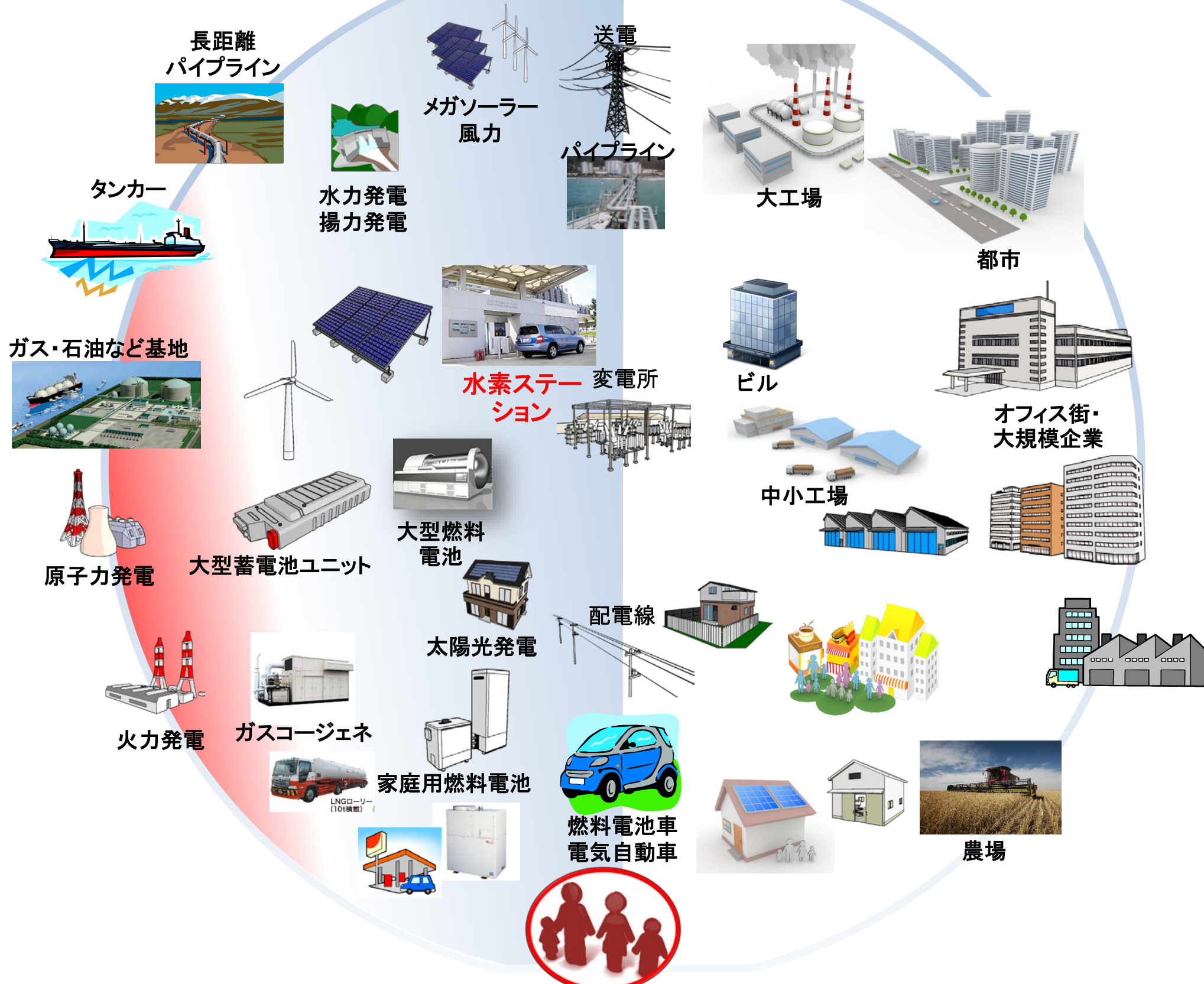
画像メディア理解研究室 (LIMU)

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**

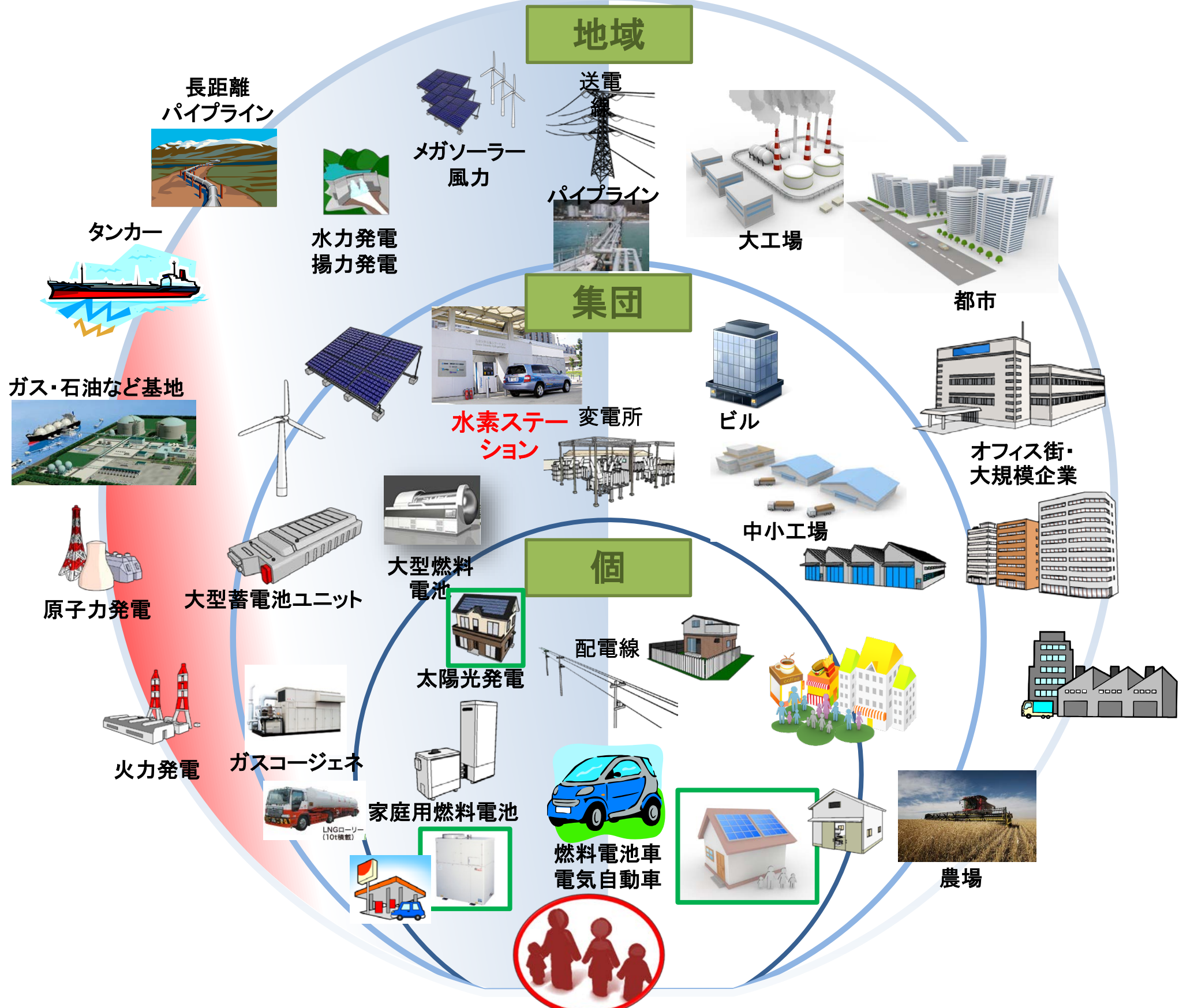
- 人間: 快適な生活をおくりたい
 - ✓ 快適性: 個人によって異なってくる
- **全体最適性と個人快適性の両立**
 - ✓ **トップダウンとボトムアップ**

どう実現する？

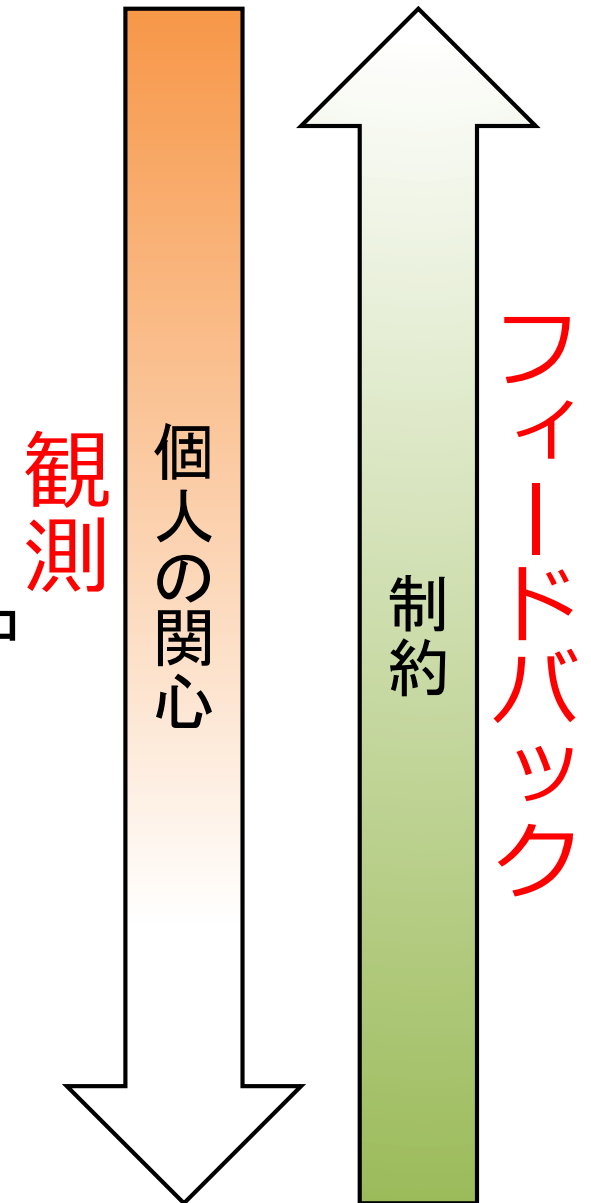
社会的な活動が活発であることが前提

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

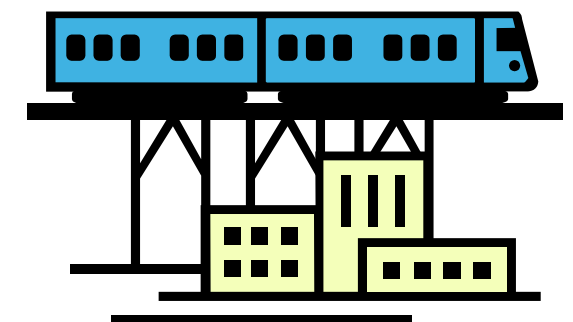
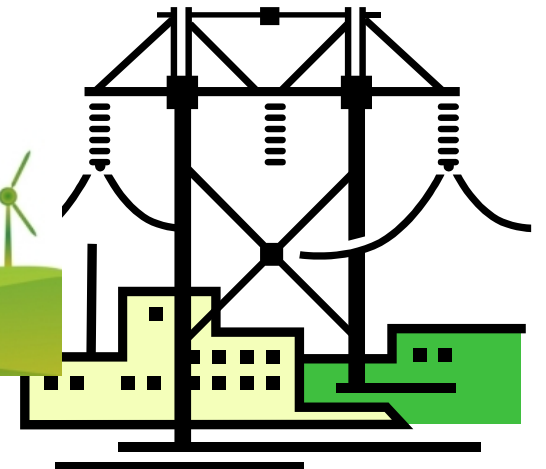
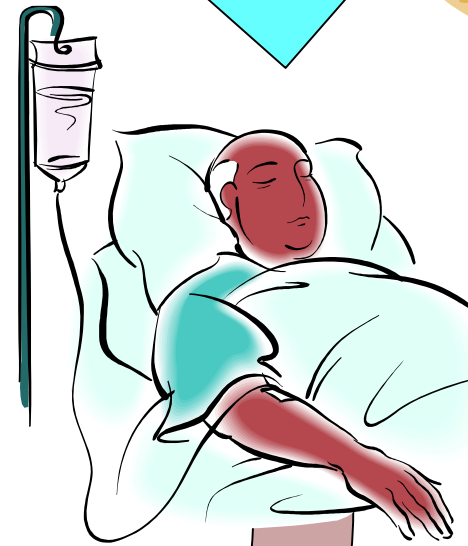
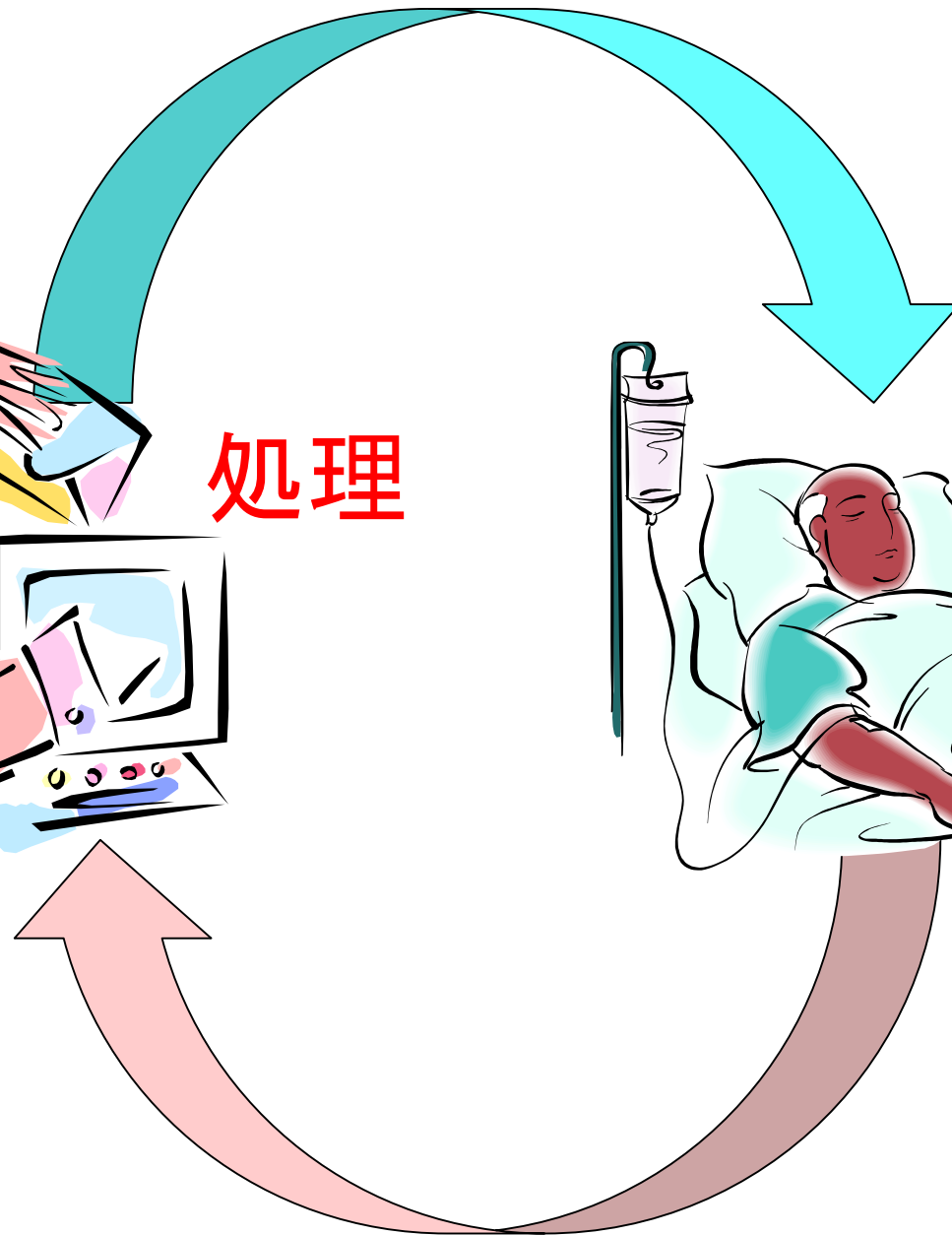
フィードバック

処理

観測



コンピュータ



実世界 社会

～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

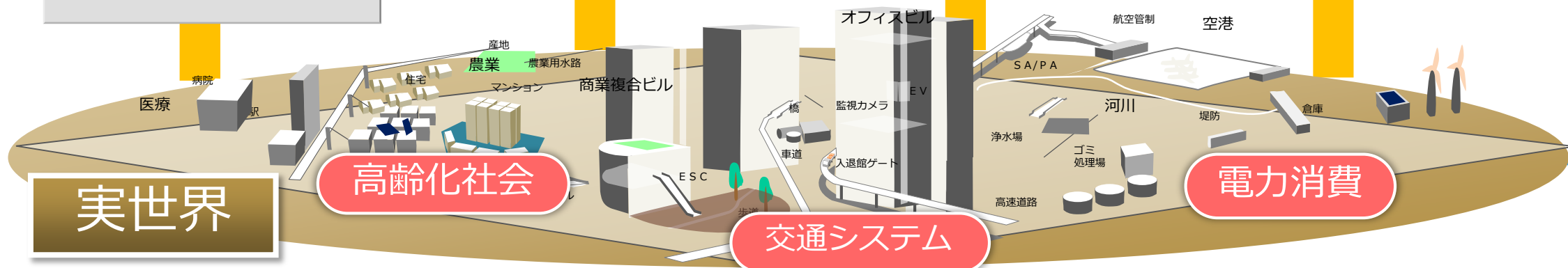
エネルギー消費

実世界

高齢化社会

交通システム

電力消費

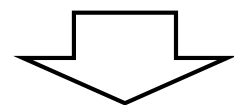
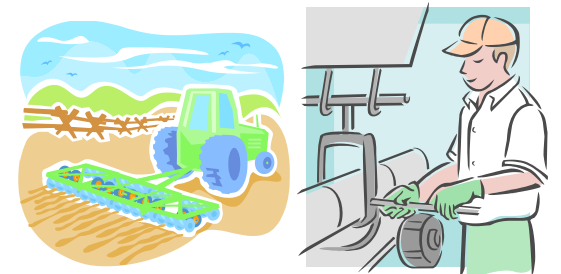


社会サービスシステムのアプリケーションとしてみたEMS

■人間中心的な見方の必要性

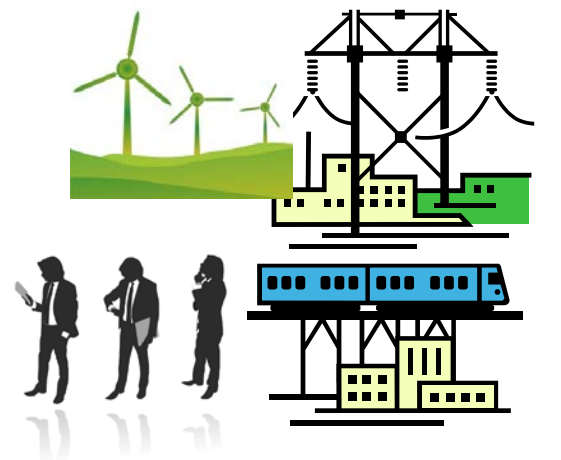
快適性と最適性のバランス

- 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変えるだけでなく, **人の行動を変える**
 - ✓ 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

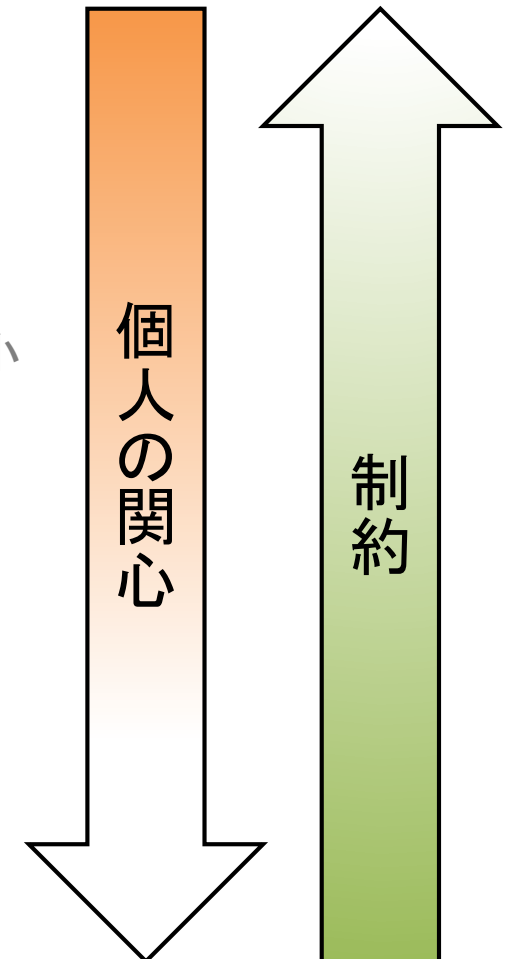
- 集団(比較的非均質)へのアプローチが必要. 空間的には中程度, 時定数中

■ 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リダクションする枠組みの提供
- ✓ 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に応じて柔軟に制御

- 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

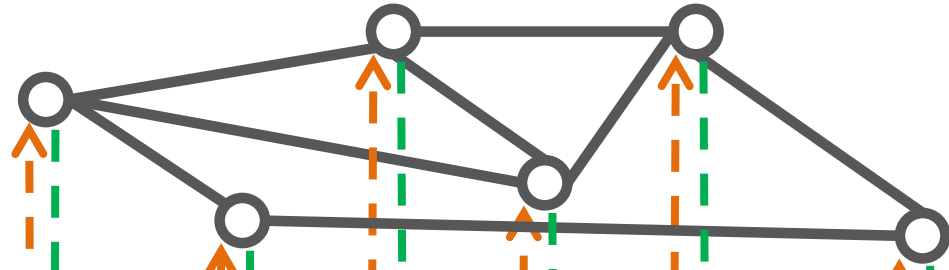
- 電力価格（ダイナミックプライシング），可能なエネルギー供給量など

■ 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

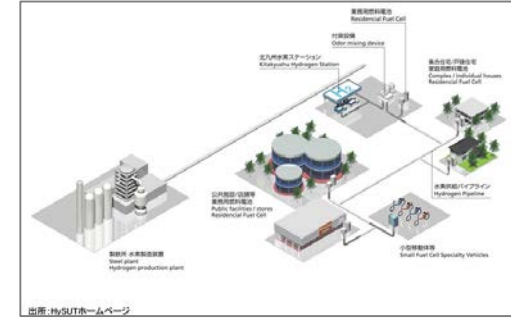
- 上位層は，得られた情報を分析して制約条件を修正

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

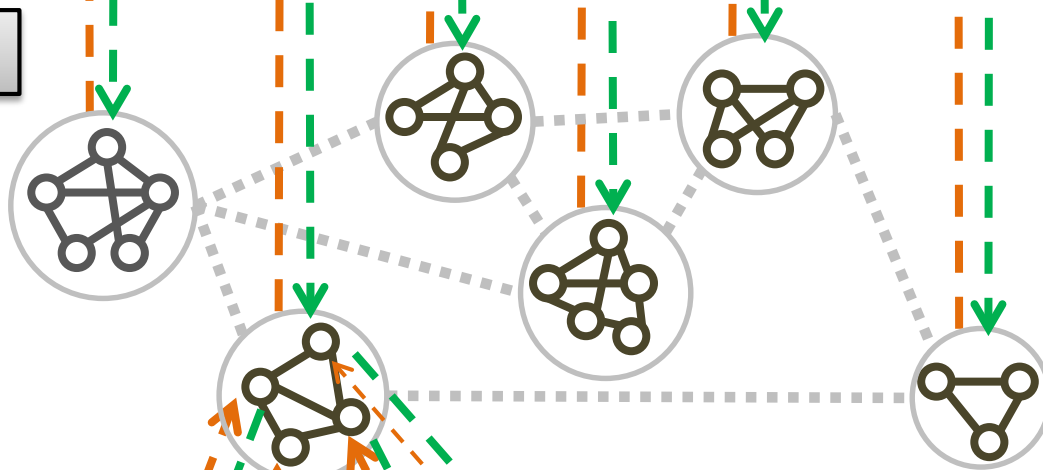
地域/インフラ



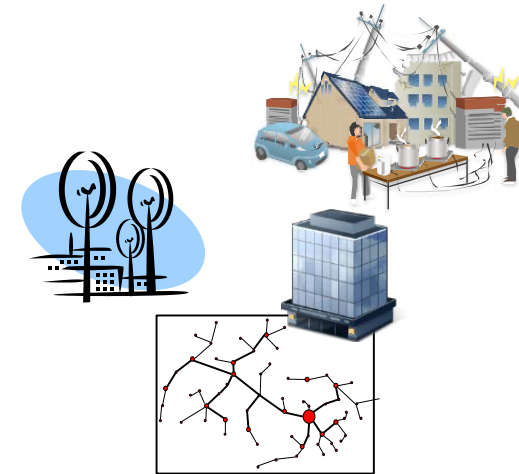
- ◆ 地域レベルでの長期軸解析、知見の蓄積
- ◆ 解析結果はコミュニティレベルに展開



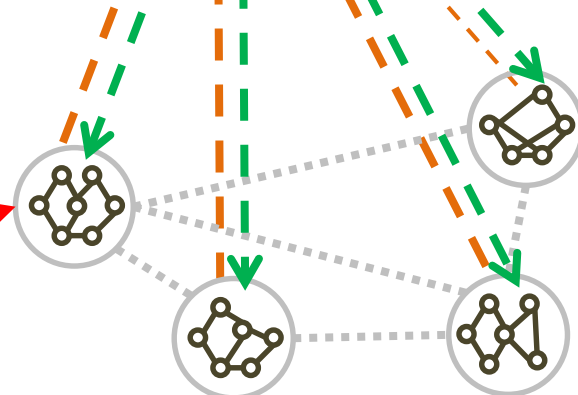
組織/コミュニティ



- ◆ 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



■ 人間の行動知能(行動予測)

- ミクロレベル
- 行動や生活
- プライバシー
 - ✓ エネルギー
 - ✓ 社会的なコンセンサス

**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

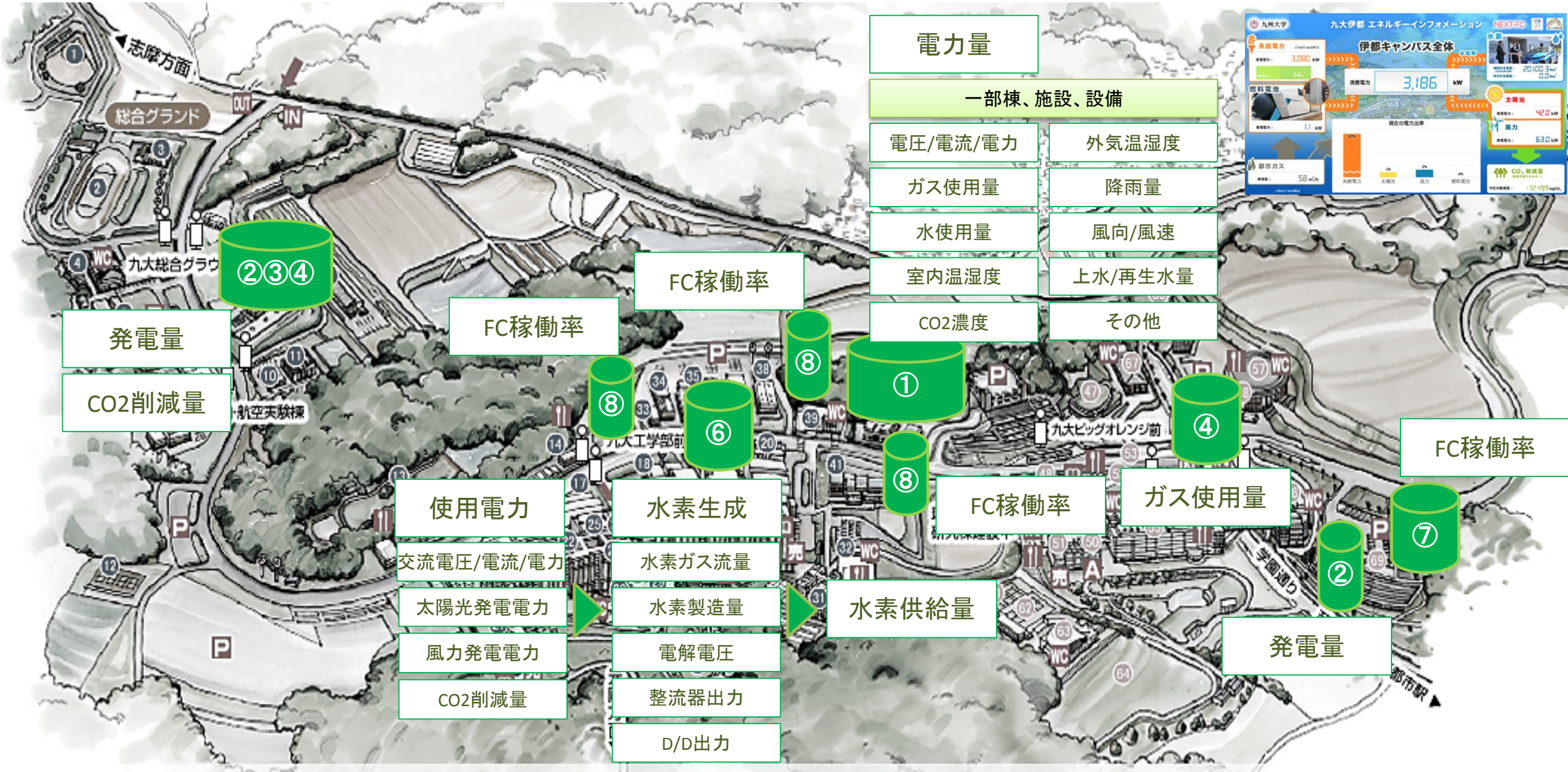
- 公共の場
- 会社のビル内
- 地域レベル
- 災害時



pixta.jp - 8714562



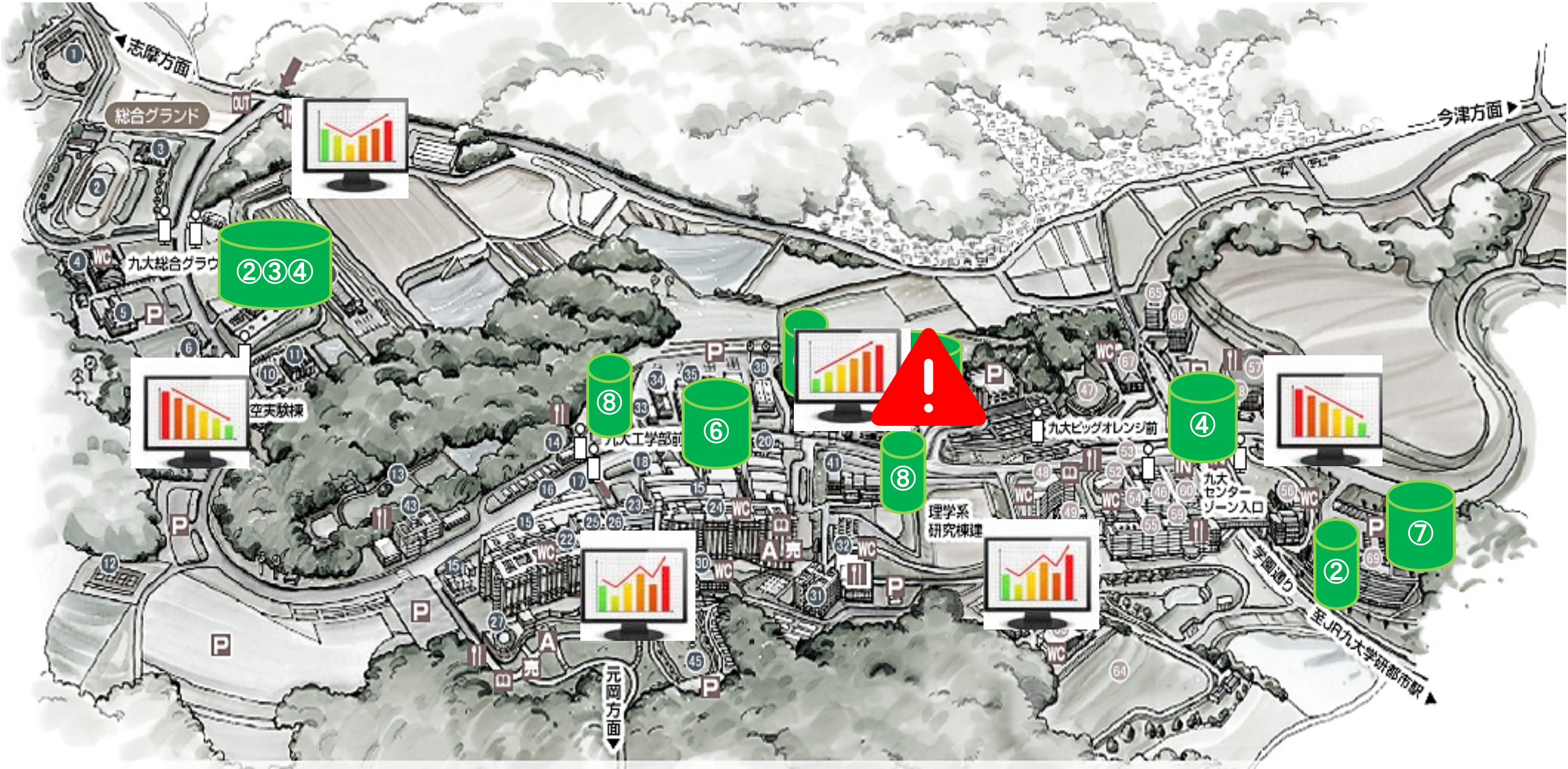
状況に応じて観測レベルやフィードバックの仕組みをコントロール



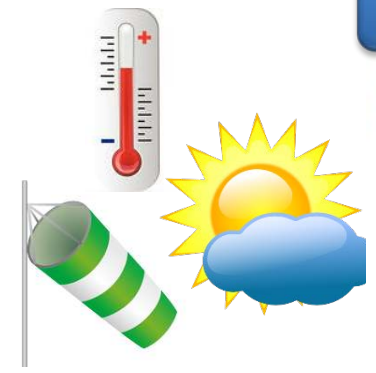
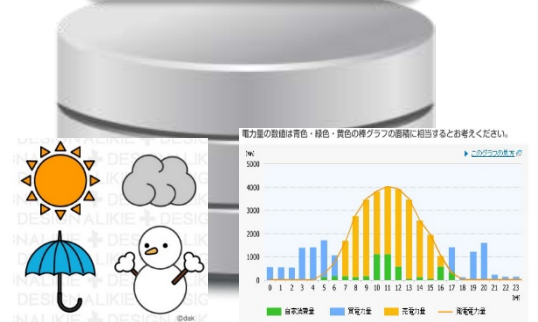
- ①キャンパス全体の系統電力(計測ポイント:エネルギーセンター)
- ②太陽光発電(次世代エネルギー実証センター、I2CNER)
- ③風力発電(次世代エネルギー実証センター)
- ④都市ガス(キャンパス入口)
- ⑤本日のCO2削減量(太陽光、風力から換算)
- ⑥水素ステーション水素製造・供給
- ⑦250kW燃料電池(NEXT-FC)
- ⑧1kW×3台(稲盛、アカデミックランタン、HY30)

水電解システムによる水素製造

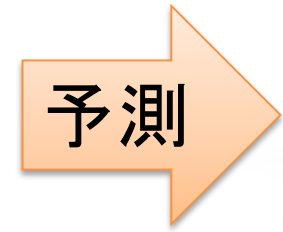
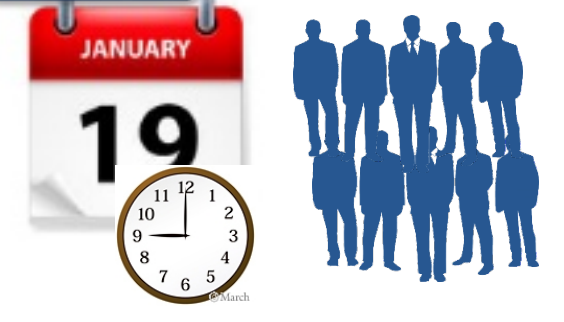
- 系統電力からの水素製造
- 太陽光・風力発電からの水素製造



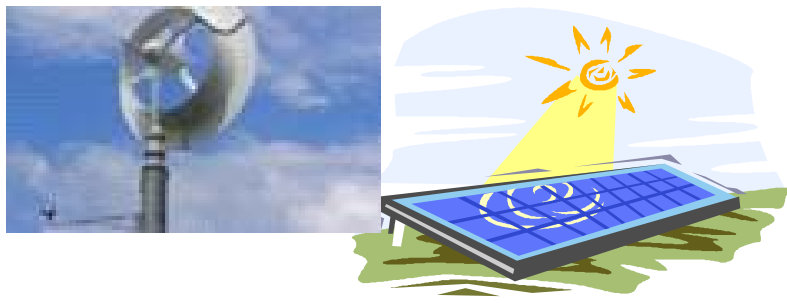
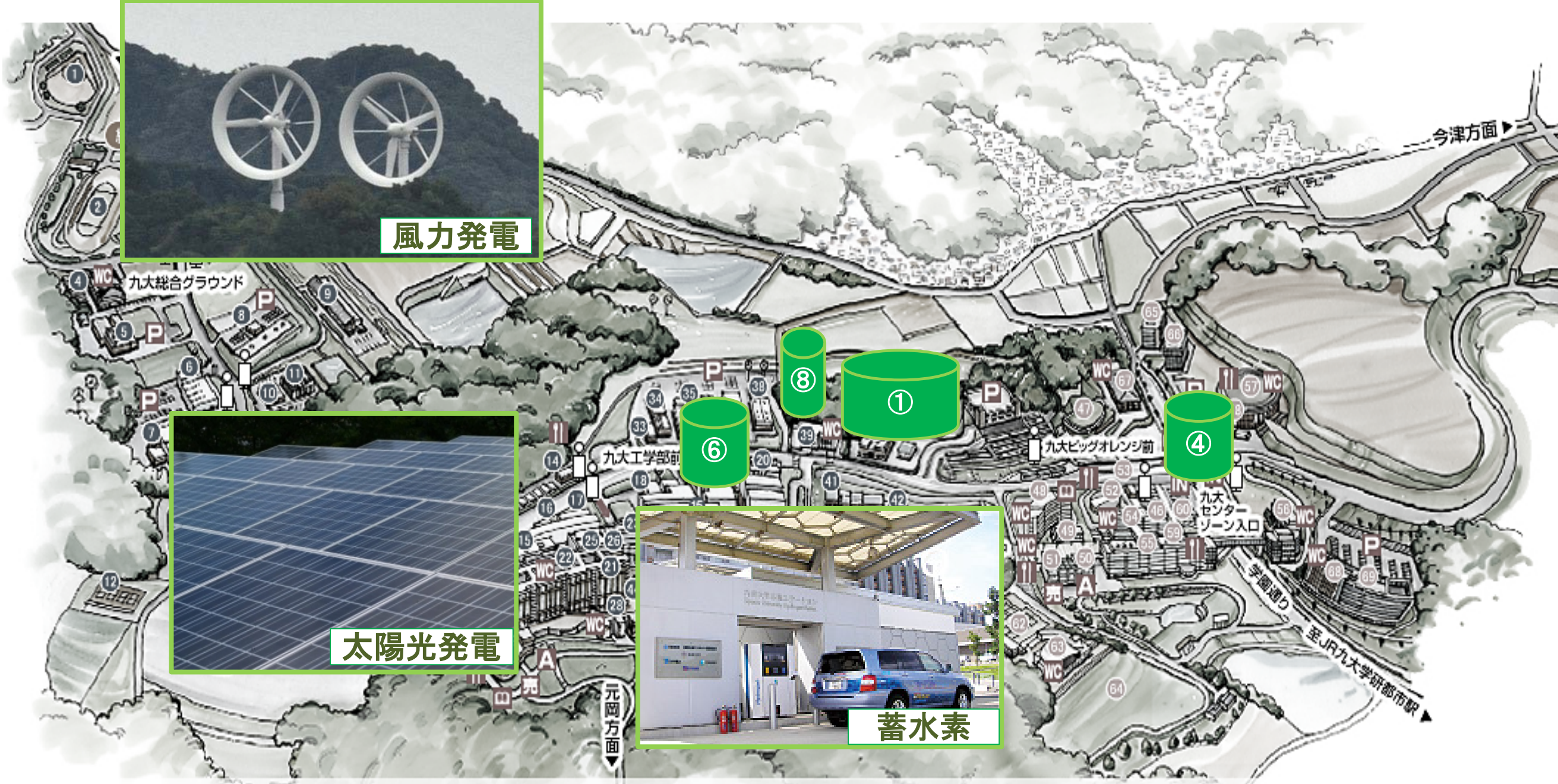
事例・履歴



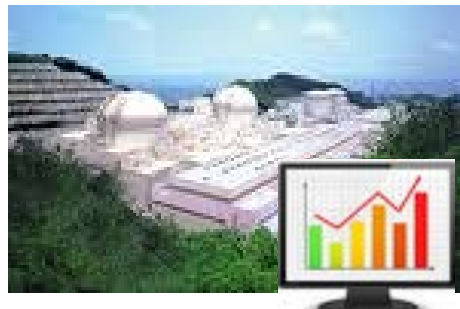
観測



再生工不発電予測，蓄電計画



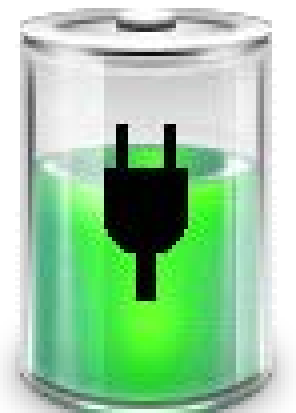
再生工不発電量予測

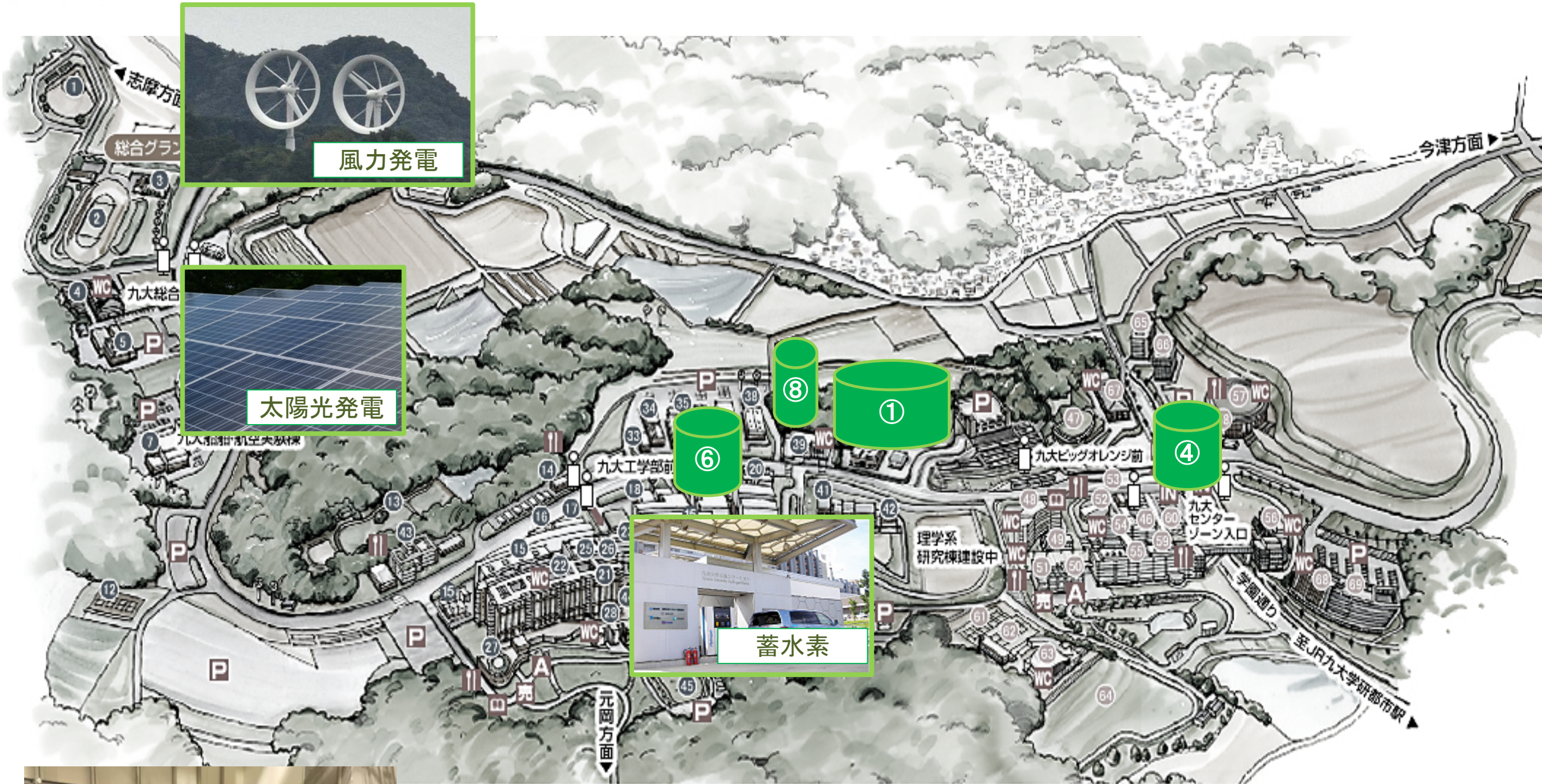


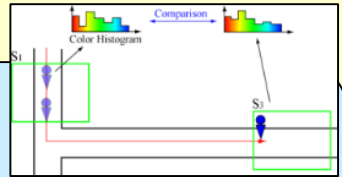
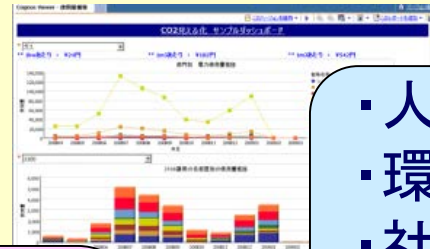
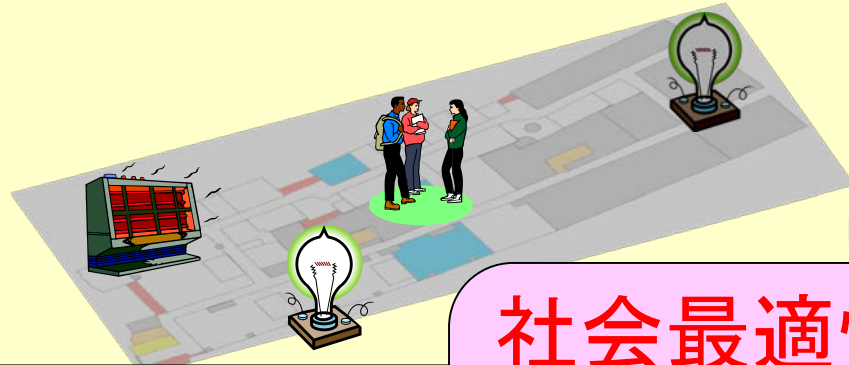
電力使用予測



基幹系







- ・人物行動モデリング
- ・環境モデリング
- ・社会状況モデリング
- ・エネルギー消費・生成モデリング

社会最適性(環境負荷減少)と個人快適性の調和

- ・エネルギー利用の適応的制御
- ・超分散型ナノグリッド構築技術

- ・エネルギー消費・生成の詳細推定
- ・モデル生成, データマイニング

- ・電力の個人消費等の見える化
- ・電力器機制御

- ・ビジュアルセンサ
- ・エネルギー消費センサ
- ・環境センサ
- ・Web/マイクロブログ/SNS

実時間実世界マルチセンシング

- ・個人行動, 環境情報, 社会状況
- ・プライバシー保護の適応的制御

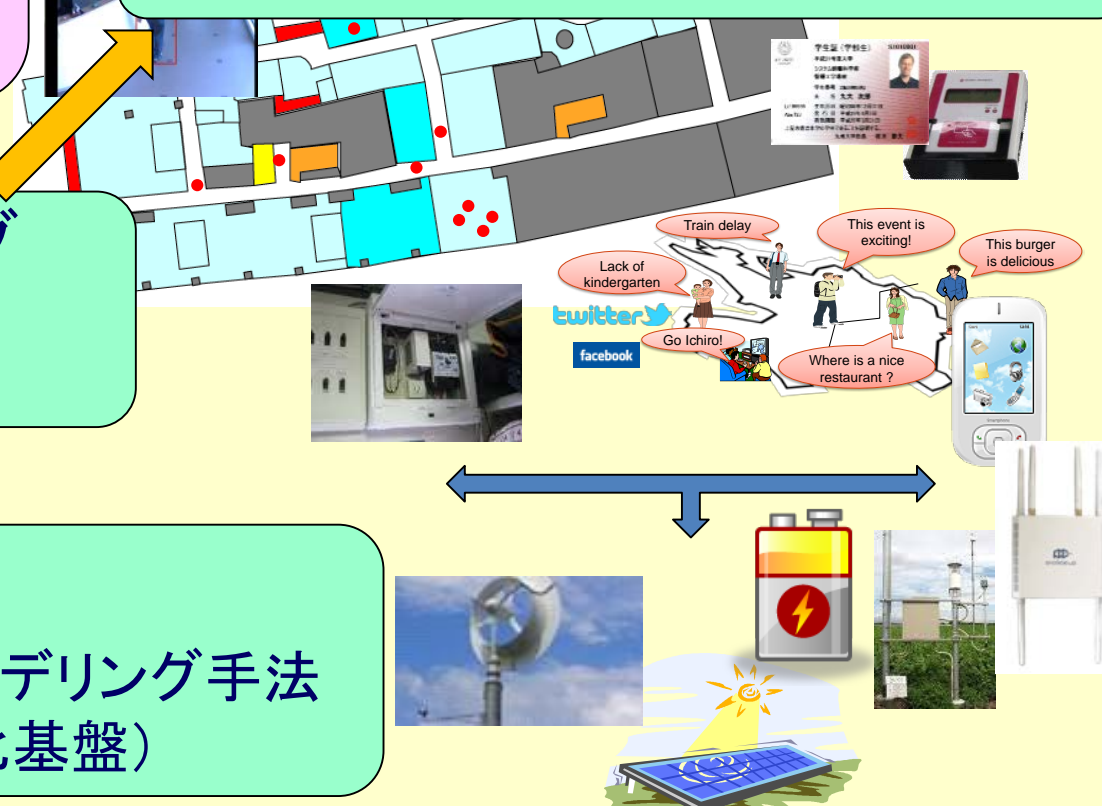
ソフトウェア基盤: BODIC

- ・超分散型ナノグリッド構築のためモデリング手法
- ・分散システム開発基盤(オープン化基盤)

超分散型ナノグリッド構築のための情報インフラ

- ・ICカード・スマートフォン情報インフラ
- ・大規模センサーネットワークのための無線インフラ

都市OS

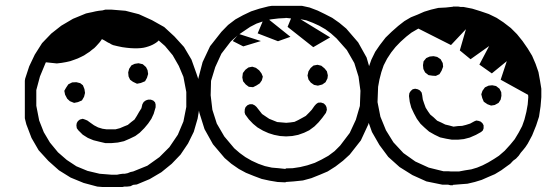


■エネルギーシステムの複雑化・大規模化に対応した最適化が不可欠

- IT技術の出番, CPS 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のエネルギー・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)
計測結果と体感のずれ?
- 状況依存性

■ 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



ご質問, ご意見は rin@kyudai.jp まで
お待ちしております!