

•サイバーフィジカル
データ管理基盤

•スマート・フェデレー
ション統合環境

国立情報学
研究所

北海道大学

実証実験

九州大学

大阪大学

•パーベイシブ・センシ
ング機構

•マルチストリーム
データ分析基盤

研究期間: H24(2012)年9月～H29(2017)年3月

機動的センシングネットワークシステム

目標：機動的センシングネットワークシステムの構築

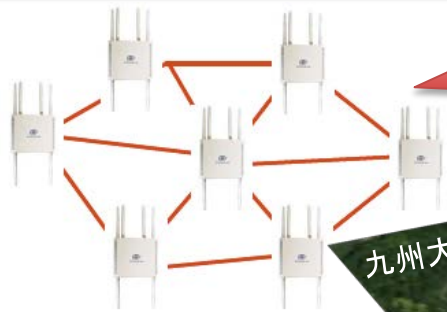
課題：

- ❖ 屋内外をシームレスに接続するハイブリッドネットワーキングの開発
- ❖ 完全ワイヤフリーなブロードバンド型多段中継システムの実現
- ❖ 各センサノードを外部から自由にアクセス可能にするクラウドノード管理システムの開発

成果：

- ❖ PicoMESH技術によるアドホックセンサネットワーク
- ❖ 屋内外ハイブリッドセンサネットワークノードの開発
- ❖ センサノードのクラウド管理システムの開発

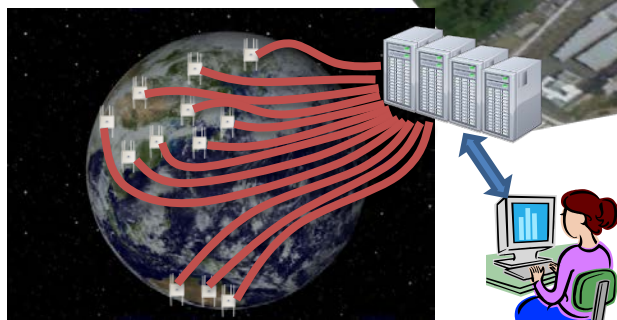
PicoMesh技術によるキャンパス内 センサネットワークの構築



センシングエリアをアドホックに拡張可能
高スループットな多段中継を実現

九州大学伊都キャンパス

自己発電システム搭載
外部電源不要で長期間連続動作
通信距離数百メートルの条件下で6Mbpsを確保



クラウドノード管理システム



屋内外ハイブリッド
センサネットワークノード

リアルタイムソーシャルセンシング

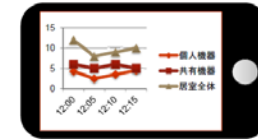
目標 :リアルタイムソーシャルセンシングシステムの構築

課題:

- ❖ カメラセンサ、無線AP、ICカードリーダ、消費電力計、温度計等の多様なセンサを用いた実社会の観測
- ❖ センシングデータの統合による人々の活動状況の把握
- ❖ センシングデータの分析による人々の行動支援

成果 :移動軌跡のリアルタイム抽出、センサ間人物同定

受賞 :1st place of Background Models Challenge 2012



可視化
マイニング
フィードバック



個人の移動軌跡

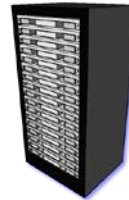
複数センサの位置情報の統合



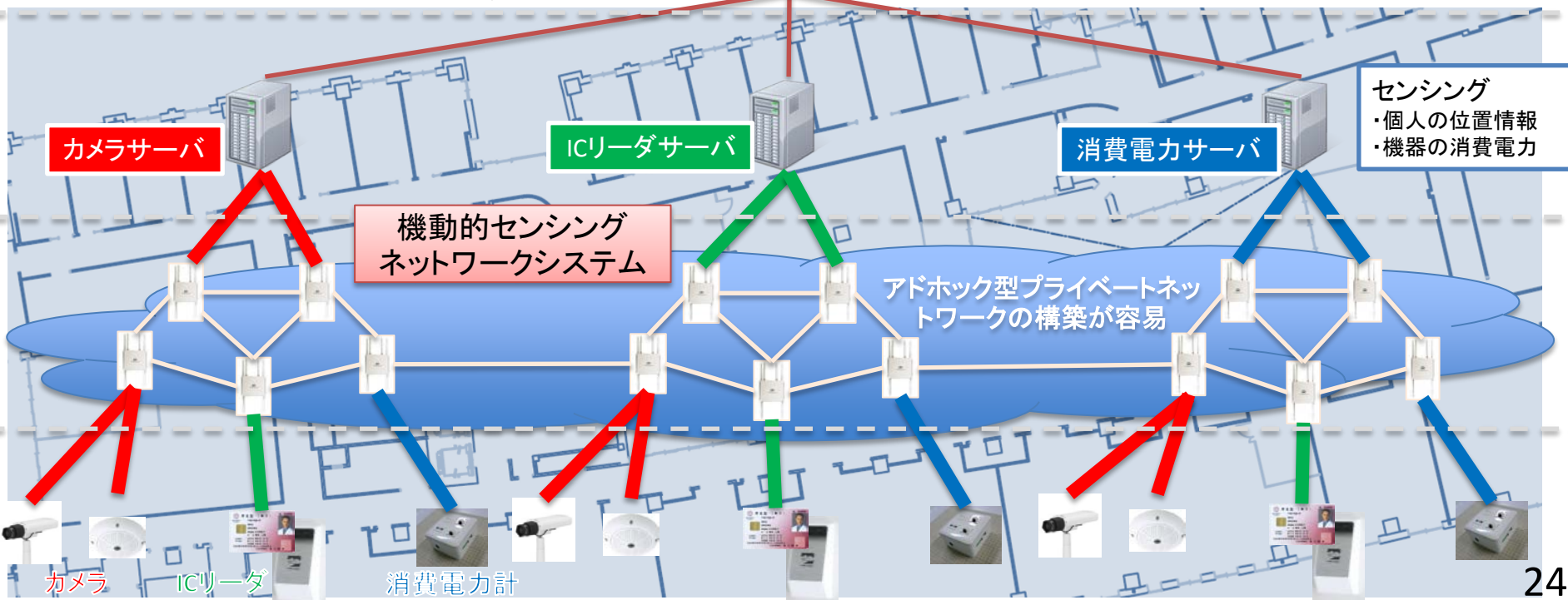
消費電力の個人化

個人と電力消費の紐付け

統合サーバ



センサデータ統合
・個人の移動軌跡
・個人の消費電力



独創性・優位性

■ データ管理基盤

- 大規模DBの構築手法
- データ可視化による検証方式
- データアクセス機構の提案



- 10~100倍の高速クラスタリング、サイズ1/10のマッピング用圧縮索引
- LODチャレンジ最優秀賞
- IT総合戦略本部「パーソナルデータに関する検討会」技術検討WGに反映、制度設計にも貢献

■ スマートフェデレーション統合環境

- 知識メディア技術, 知識フェデレーション技術を基盤とした探索的可視化分析環境
- 5種の実時間配信を含む15種以上の多種多様なデータソースを管理・運用
- 高速群れパターン発見アルゴリズムの開発



- 10種類程度のサービス連携を10分以内で構築可能
- 国内外でも類を見ない規模のデータソース
- 既存のアルゴリズムBFE(Vieira et al., ACM GIS'09)と比較して約10倍から100倍の高速化

■ マルチストリームデータ分析基盤

- マルチパラメータ統合データ収集・解析
- リアルタイムフィードバック技術
- 都市シミュレーション技術



- 多種多様なセンシングデータを集約するためのプラットフォームを構築
- センサー連携によるリアルタイム群衆トラッキングを実現
- ネットワーク内分散処理により、サーバー負荷を回避しながらフィードバックを実現
- 人、車のモビリティやセンサー特性、消費エネルギーを考慮したシミュレーションを開発

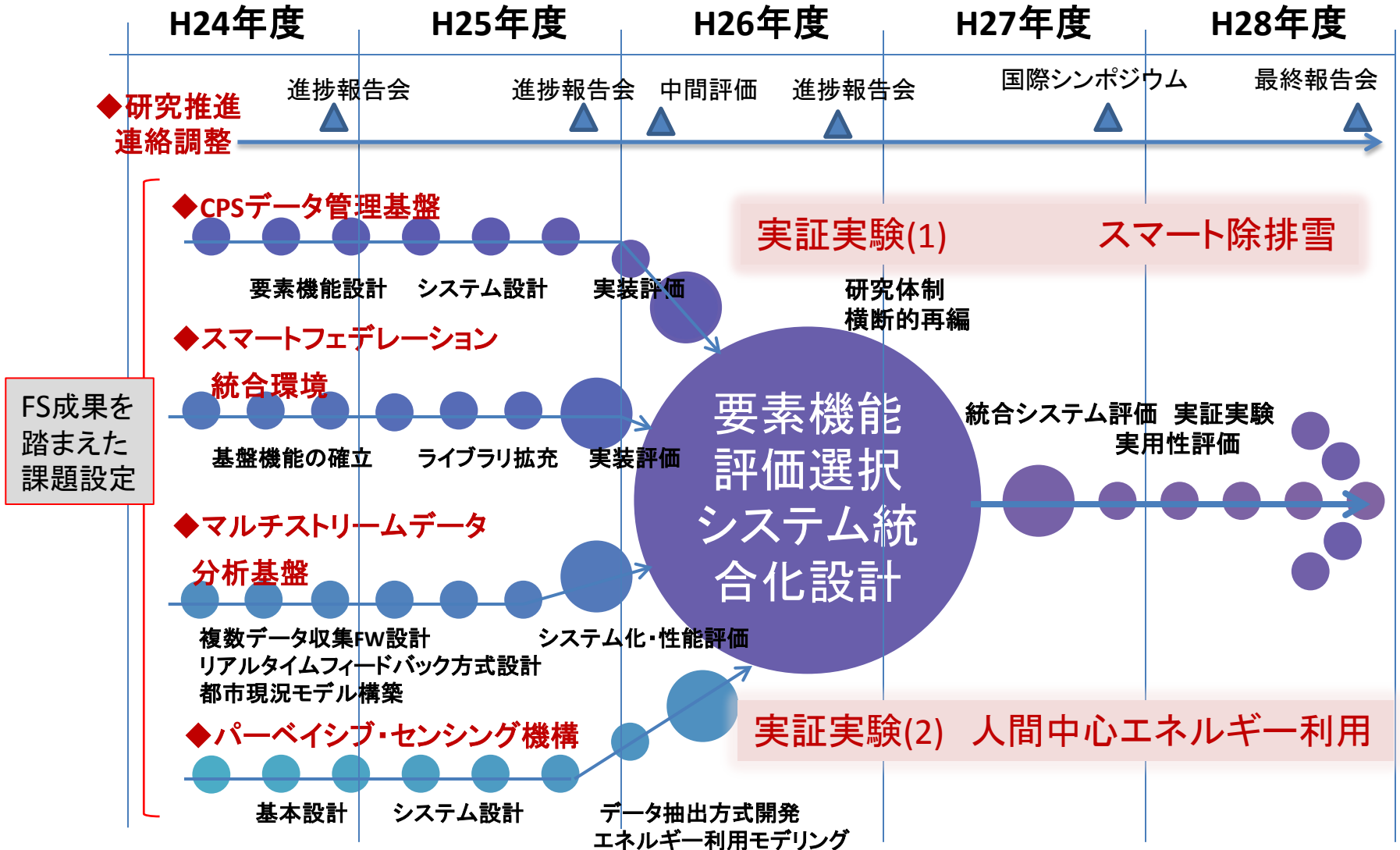
■ パーベイシブ・センシング機構

- センシングエリアをアドホックに拡張可能な高スループット多段中継機構を持つセンサネット
- 移動物体のリアルタイム抽出、センサ間人物同定
- 個人の行動履歴に基づく個人電力消費モデル



- 自己発電システム搭載外部電源不要で長期間連続動作通信距離数百メートルの条件下で6Mbpsを確保
- 1st place of Background Models Challenge 2012
- 個人の推定使用電力の見える化を実現

今後の研究開発計画



• サイバーフィジカル
データ管理基盤

• 知識創成HCPS
スマート・フェデレー
ション統合環境

国立情報学
研究所

北海道大学

実証実験

スマート除排雪

九州大学

大阪大学

• パーベイシブ・センシ
ング機構

• マルチストリーム
データ分析基盤

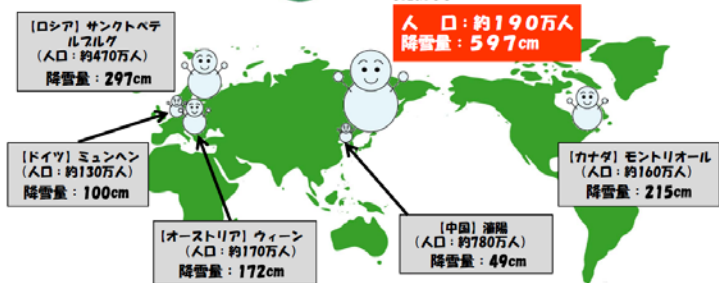
研究期間: H24(2012)年9月～H29(2017)年3月

【スマート除排雪】 札幌市の除排雪の効率化・最適化

【目的】 札幌市における除排雪の効率化・最適化を目指す実証実験に適用し、Social CPS基盤技術の有効性を検証する。

制御ループ中に人を組み込み、人による分析・意思決定に基づく最適制御を目指すHuman CPS基盤技術の確立を目指す。

- 人口: 1,920,739
- 平均年間降雪: 597cm (百万都市で世界1位)
- 年間除雪予算 : 約150億円 (1.2億/日)
- ※H24年度実績 : 212億円
- クレーム・要望 : 4万1877件 (H24年度)
- 一晩の除排雪総距離 : 5,328km
(作業員約3000人/日, 除雪機械約1000台/日)



道路狭窄, 路面凍結により交通状況が悪化

実世界への貢献

- ① 渋滞道路の平均旅行速度の向上
- ② 路線バスの平均遅れ時間を改善
- ③ 緊急車両の平均現場到着時間および平均搬送時間改善
- ④ 交通渋滞時CO2排出増加分を削減
- ⑤ 降雪による交通障害の定量的実証的評価
- ⑥ 除排雪効果の定量的評価
- ⑦ 年間150億円におよぶ除排雪コストの削減
- ⑧ 冬期道路管理に関する市民と行政の情報交換共有サービス
- ⑨ 交差点付近の路面凍結の定量指標確立
- ⑩ 冬型交通事故発生件数の低減

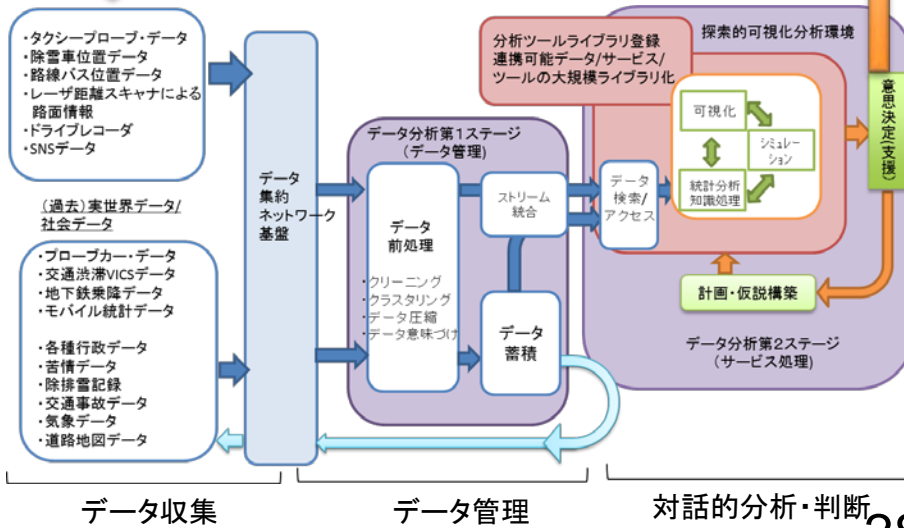


除雪関連情報発信

除排雪車オペレーション

データ取得

アクション



【スマート除排雪】

収集・作成するデータと産官との協力

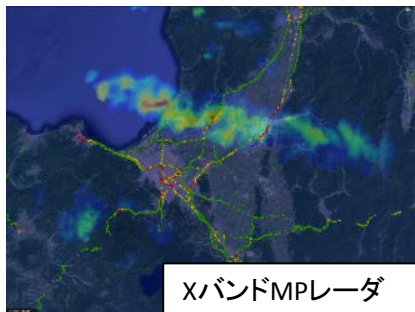
□ 道路交通データ

- 一般車プローブ
- タクシー・プローブ
5分毎(富士通)
- ABS作動位置情報
(トヨタ自動車)
- 渋滞データ
(道路交通情報センター)



□ 気象データ

- 北海道メッシュ降雪量
: 日本気象協会(6年分)
- XバンドMPLレーダ
(5分毎): 河川情報センター
- マルチセンサーデータ
: 札幌総合情報センター(10年分)

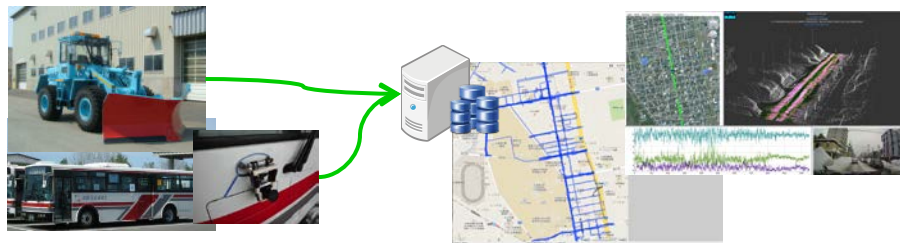


□ 行政データ

- 地下鉄旅客数データ: 札幌市交通局(9年分)
- 除排雪実施記録, 除排雪に関する苦情電話記録
: 札幌市雪対策室(5年分)
- 交通事故情報
: 北海道警察本部

□ 独自取得

- 除排雪作業車(H25年度:25台): 札幌市雪対策室
実時間作業位置情報取得実験協力
- 北海道中央バス(H25年度:20台)
実時間センサ情報, 実時間3D道路計測実験協力



産官協力組織との合同セミナーの定期開催



- 第1回ソーシャルCPSセミナー
(2013/11/14 参加者:62名, 16団体)
- 第2回ソーシャルCPSセミナー
(2014/3/26 参加者:40名, 20団体)

- 札幌市市長企画室、建設局雪対策室 ・ 北海道警察
- 札幌総合情報センター株式会社
- 一般社団法人 河川情報センター ・ 日本気象協会
- 北海道リージョナルリサーチ
- 公益財団法人日本道路交通情報センター
- 本田技研工業 ・ 富士通 ・ ゼンリンデータコム
- 北海道中央バス株式会社
- 株式会社工房 ・ 株式会社昭文社
- トヨタ自動車 ・ トヨタメディアサービス
- 株式会社日本データウェブ ・ 日本信号
- インテリジェントパッドコンソーシアム

【スマート除排雪】 知識創成HCPSスマート・フェデレーション統合環境

H24, 25, 26年度目標

定量的評価分析

- 降雪・除雪・排雪の交通や事故への影響
- 路面凍結・吹き溜まり、有効車線数推定

行動誘導 (移動ルート/移動時間帯)

緊急車両ルートの探索・提示

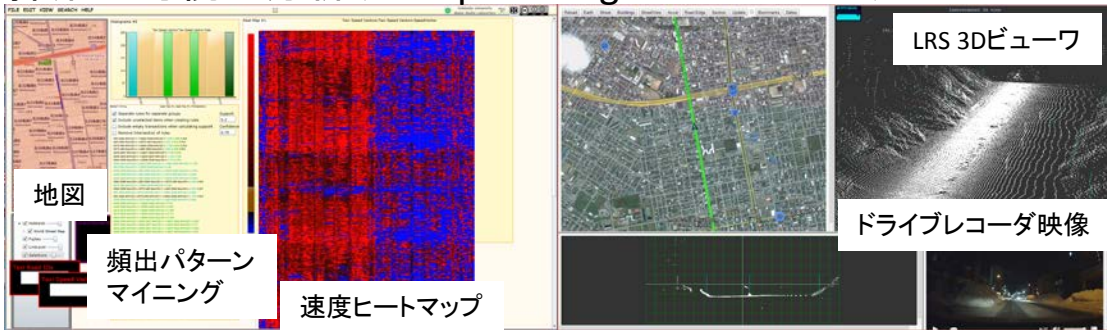
SNSを用いた市民との情報共有と分析

H27, H28年度目標

- マルチパラメータ分析を行い、路面状況、道路状況、事故に対応したパターンをマイニングにより発見

- 発見されたパターンを実時間プローブ・カーデータに適用し、路面・道路状況の実時間検出と除排雪実施制御

探索的可視化分析 (Geospatial Digital Dashboard)

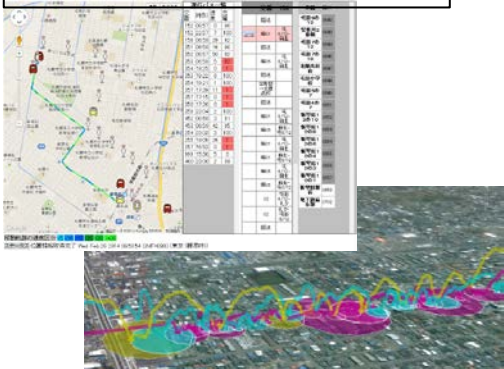


Geospatial Digital Dashboardによる渋滞発生要因の分析

渋滞起点に雪堆積による道路狭窄箇所を確認

バスの走行・滞留・渋滞状況の可視化分析

バス実時間走行状況取得・可視化



降雪前

麻生(北端)

20cm降雪後

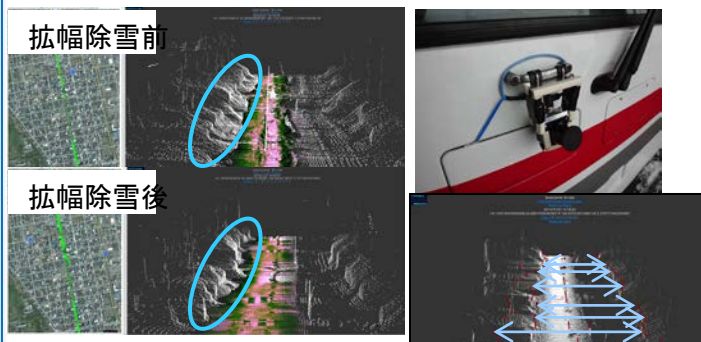
北24条交差点

札幌駅(南端)

時刻 →

渋滞地点の伸長

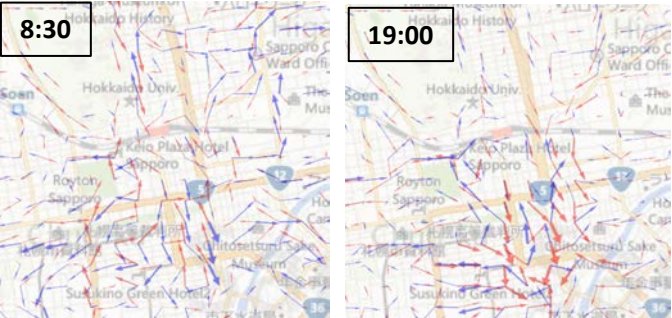
LRSによる道路周辺形状の継続的計測



幅員, 路面, 雪堆積の日常的測定

道路幅員の推定

統計プローブデータの流動解析



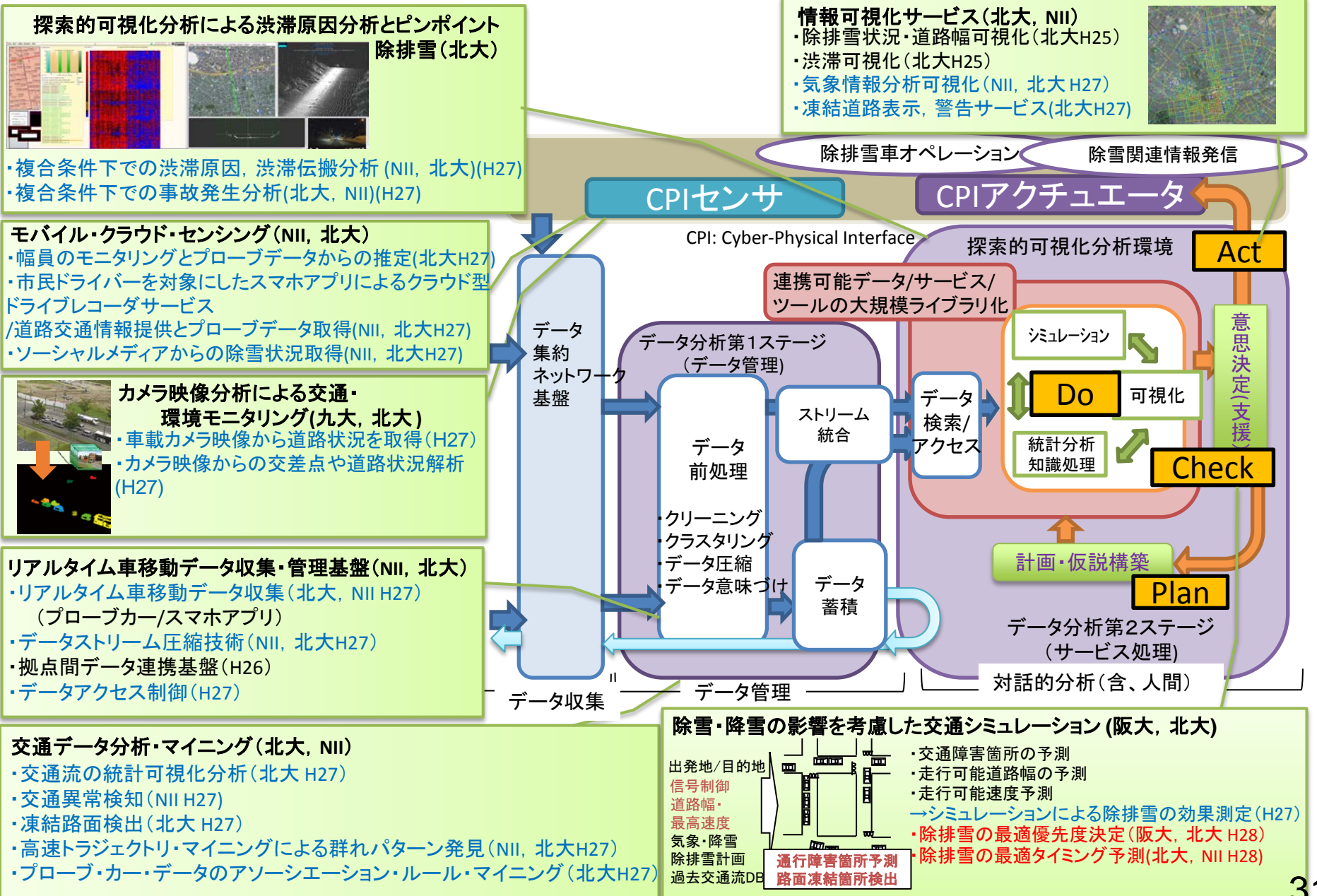
匿名化統計データからの流量推定

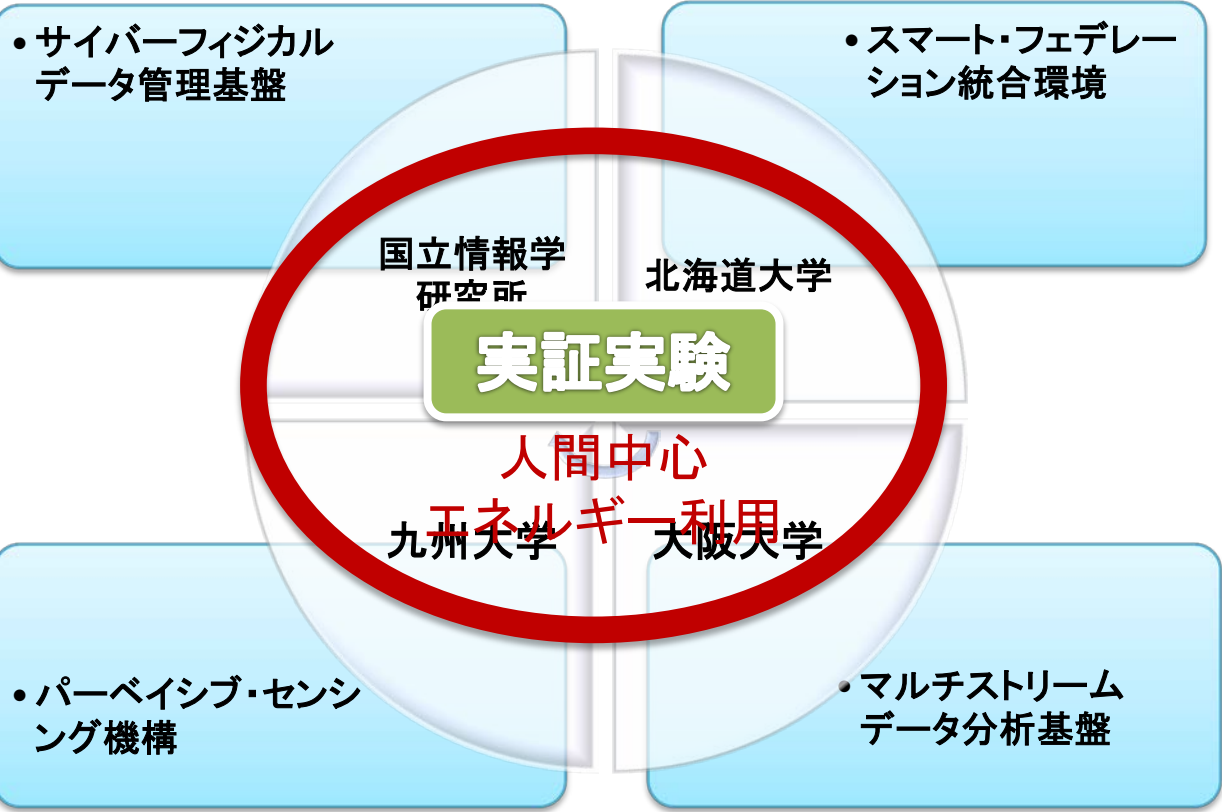
2014年4月18日 NHK総合 18:10~
ほっとニュース北海道にて特集



【スマート除排雪】

実証実験の進め方



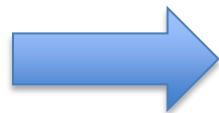


研究期間: H24(2012)年9月～H29(2017)年3月

エネルギー利用効率化の課題

建物におけるアクティビティの拡散

- 在宅勤務、勤務時間の自由度大
- 総量として空間×利用時間の増だが、空間あたりアクティビティは減
- **空間あたりアクティビティを増やす必要**
- 例えば、クールシェアリング
フリーアドレス



課題解決に向けて

効率化のための新しい指標が必要

- 生産性、快適性などを意識した指標
→ **人間中心のアプローチ**

$$\frac{\text{人間} \times \text{時間} \times \text{サービスのレベル}}{\text{エネルギー消費量}}$$

サービスのレベル：
熱環境や光環境等の快適性

今までの効率化：
機械の稼働を観測して不具合、
非効率な部分を感じて改善

サービス水準
の調整

不要なサービス
提供量の調整

サービス製造
エネルギー効率

執務者
行動

要求

サービス

変換

建築設備・機器

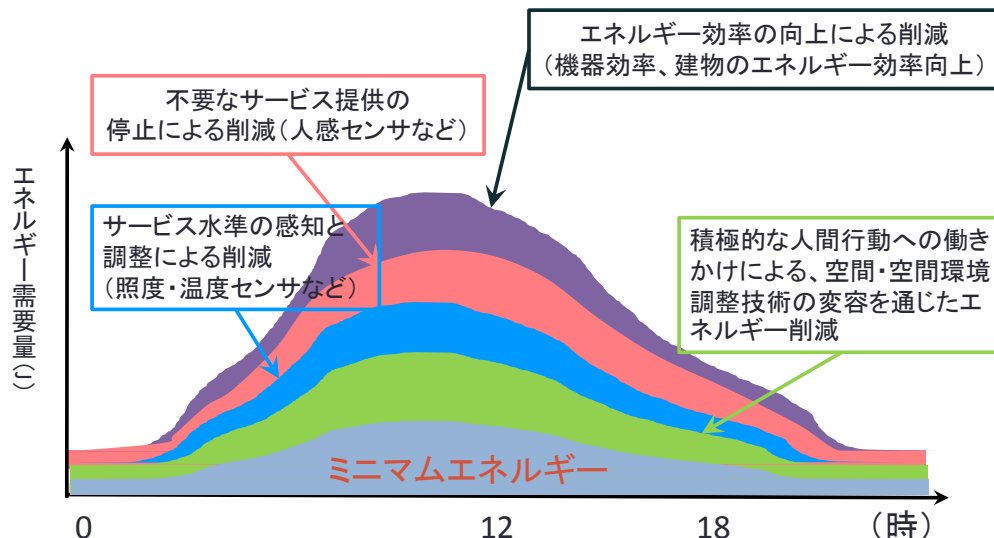
変換

エネルギー

これからの効率化

- 人の動きに対応
- 提供するサービスで評価
- 人の行動に働きかける

CPS-IIPのセンシング技術
や可視化技術により、新
しい指標でのエネルギー
利用効率化を目指す



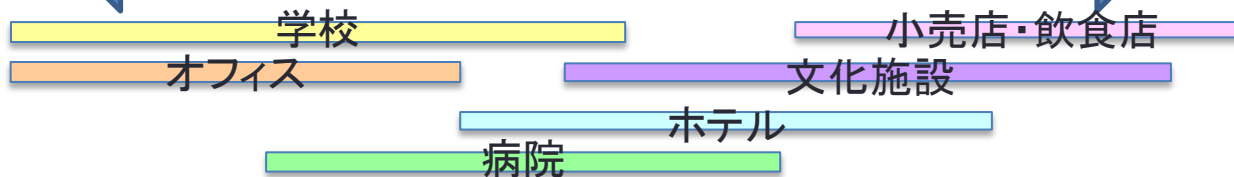
【人間中心エネルギー利用】

実証実験のコンセプトと環境

パーソナルな空間
パーソナルな
サービス



公共的な空間
不特定多数に
サービス



学校・病院

九州大学伊都キャンパス

消費電力量

個人の行動パターンとエネルギーの利用状況との関連づけ

オフィスビル・大規模商業施設(地下街)

梅田北ヤード地区 (グランドフロント)

大阪地下街 (ディアモール/クリスタ)

大型商業施設の電力使用量は膨大(約66000m²の地下街の1月平均電力使用量は2.2GWh) (※クリスタ長堀は約81000m²)

オフィスビルエネルギーの約80%は排気・空調照明で消費

センシング

- スマートフォンセンシング (加速度/位置/つぶやき/気温)
- インフラストラクチャセンシング (無線/カメラ/気温/CO2/各種センサ)
- ヒトの活動情報 (歩行者導線・アクティビティ)
- ヒト・環境センシング情報 (平均皮膚温, 周辺気温など)



活用

- エネルギー・CO2排出量抑制
 - デマンドレスポンス(需要応答)と行動情報を利用した空調照明機器制御
 - 共用スペース(通路やEVホール)の人密度に応じた空調照明機器制御
 - 時間・人密度に応じたゾーン毎の排気・熱循環制御
- 行動支援
 - 熱中症防止ナビゲーション(木陰やアーケードの移動経路を指示)
 - 電力ピークシフトのための行動レコメンデーション(出勤/外出)
 - 歩行者導線を捉えた効果的な都市計画(街路樹やアーケード, ドライミストの効果的設置、効率的な輸送・公共交通)

【人間中心エネルギー利用】 公共空間での実証実験

大規模商業施設における来場者を対象としたテストベッド



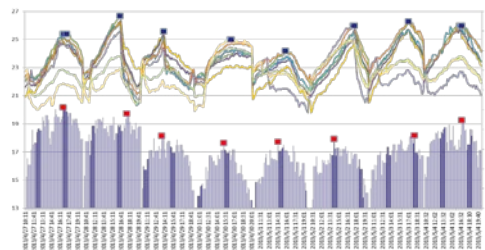
【群衆センシング】 公共空間である大阪駅前の商業施設“グランフロント大阪”で、複数のセンシングデバイスを用いて来場者を複数階でリアルタイムトラッキングすることで、商業施設内の人間の動きや滞在状況を高精度に把握する。

【環境センシング】 最新鋭のBEMSにより数百のテナント毎・ゾーン毎に計測された空調用熱・照明・コンセントの電力消費量(およそ6万点、1時間毎)などの環境情報を集計・分析する。

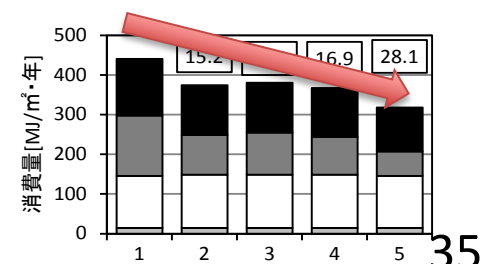
【省エネ評価】 人および環境のセンシング情報をもとに、群衆行動モデルと環境条件評価シミュレータを併用し、センサ導入によるBEMSエネルギーの削減量や都市センシングシステムの最適性を検証する。

【群衆・環境センシングの統合による次世代省エネ技術の検討】 滞在人数などを考慮した新しいエネルギー消費効率の指標の提案、先端的なBEMS技術の開発、建築計画・建築設備のあり方に対する示唆などを計画(阪大、九大 2015)。

一日の滞在者数と温湿度の相関



センサー導入によるBEMSエネルギー削減量の検証例



【人間中心エネルギー利用】 大学キャンパスでの実証実験

スマートタップ & 電力計

学内共通ICカード



機動的センシング
ネットワークシステム

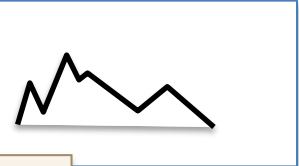


ビジュアル・トラッキング & 広域異種センサー統合による個人行動履歴の計測



ネットワークカメラ

(九大、NII 2015)



個人電力消費の見える化
データマイニング等による
エコ行動ルールの発見

個人電力消費モデルに基づく
キャンパスライフにおける
個人の消費電力量を推定

(九大、阪大 2015)

エコ行動ナビゲーション(フィードバック)

成果の利活用

- ソーシャルCPSの実証実験の成果は、協力企業や自治体と共有し、完成度を向上し、実用化につなげる。
 - 除排雪実証実験については、実用化を視野に協力企業および札幌市との定期的な会合を含む緊密な連携体制を構築。道路維持除雪担当者、バス営業所への実時間データ配信を試行中。
 - エネルギー利用については、実証実験を通じ、人の行動と消費エネルギーの関係で新しいコンセプトを提言し、他分野で建築計画・設備のあり方に対する示唆につなげる。
 - 本プロジェクトで培ったCPSのコンセプトを協力企業等と共有しコンソーシアム的な活動に拡大したい。
- 集積した様々なデータベースの研究目的での共有を図る。
 - 成果の公益データに関して関連府庁、自治体の進めるオープンデータ戦略との連携
 - 測域センサ、アンビエント環境センサ、スマートフォン内蔵センサ等の 群衆センシング向けセンシングデータ
- 様々なソフトウェアツールはオープンに公開していく。
 - スマート・フェデレーション・フレームワーク上での分析ツール
 - 都市環境とセンサー特性・エネルギー消費モデルを考慮したシミュレータ

人材の育成

- 今までに、若手研究員10人、大学院生33人がプロジェクトに参加。今後実証実験を通じ課題解決能力を涵養。
- 協力企業等の現場技術者への先端手法の技術移転が期待される。
- 機関の枠組みを超えた研究交流を促進し、幅広い知識を持った若手人材を育成しつつある。期間後半には国際的な連携を強化することにより、若手研究者等のグローバルな活躍を推進。