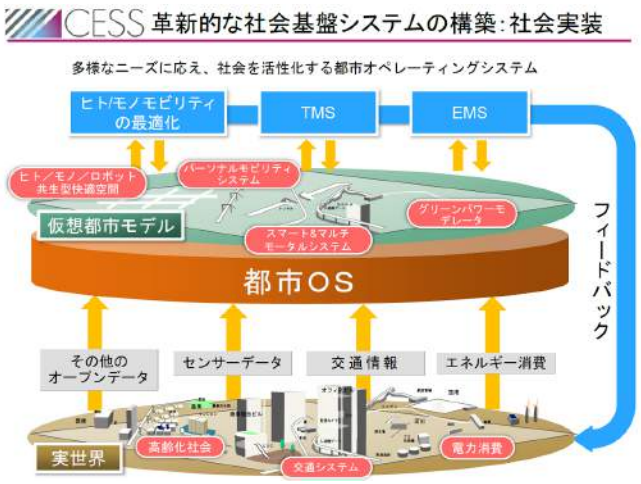
グラフ解析と最適化技術で実現する都市OS

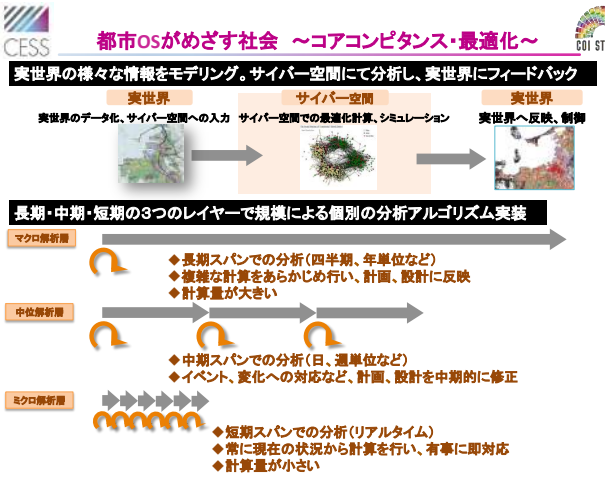
九州大学 センター・オブ・イノベーション（COI）プログラム
産業数学ユニット

九大 COI における先進的かつ中核となる研究構想

- 都市 OS 最適化エンジン: グラフ探索及び数理最適化ライブラリによる大規模グラフ処理基盤
- 最先端理論 (Theory & Algorithm) + 大規模実データ (Big Data) + 最新計算技術 (Computation) の有機的組み合わせ

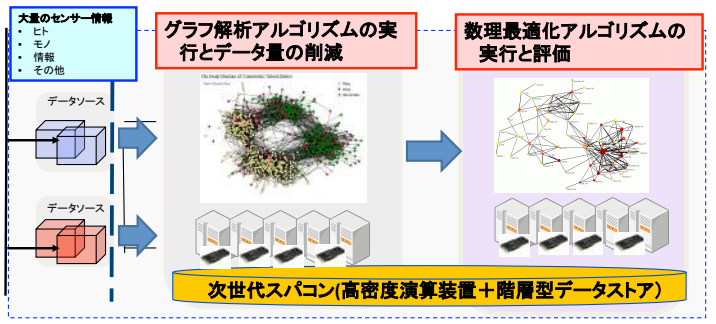
都市OS構想、都市OSが目指す社会





グラフ探索及び数理最適化ライブラリによる大規模グラフ処理基盤

- 大規模センサーから到着するストリーミングデータに対して精緻な解析を実現する大規模グラフ処理基盤を開発
- 大規模グラフ処理基盤は以下の処理系から構成される
  - **グラフ解析アルゴリズムの実行：** 最短路計算、ネットワーク内での各点の重要度を推定。各点の周辺、及び広域内における影響（情報の伝播力)を計算 → 重要な要素を失うことなくデータ量を削減する
  - **数理最適化アルゴリズムの実行：** 施設配置問題、集合被覆（分割）問題、スケジューリング、配送計画問題などの数理最適化問題 → モビリティに関する改善提案
  - 大規模なセンサーデータを**高速かつ重要性を失うことなく縮約する**ことよって、精緻な解析を実現
- 計算及びデータ蓄積の基盤となる次世代スパコン
  - 並列数の爆発的増大、不均質化、高密度化 & 記憶装置の多階層化・大容量化



中心性探索 （中位解析層）

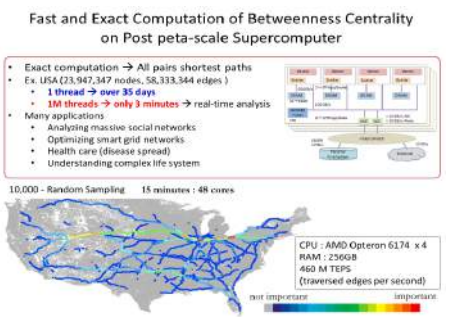
アルゴリズム　中心性指標 (重心・次数・最短路)

- グラフ化されたネットワークの中心性

応用　交通網解析、電力網解析、SNS解析、脳解析

応用例：道路の重要度解析

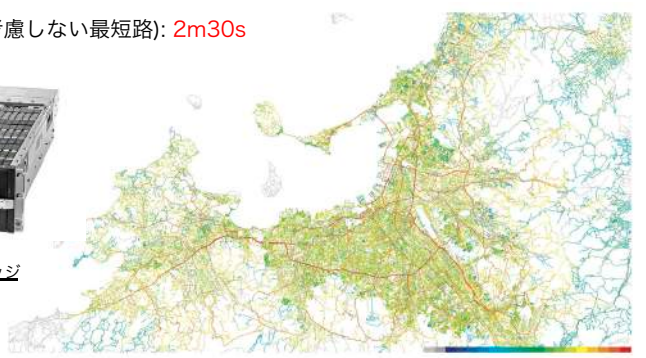
- 道路のトポロジー情報を表したグラフ
- 全対全の最短経路で使用頻度の高い道路を探索
- 高頻度の道路がボトルネックになる可能性が高い
- ボトルネック解消の施策を都市計画に反映



福岡市交通ネットワーク (有向グラフ: 点数 314,571, 枝数 694,906) 上での
媒介中心性 (Betweenness centrality; BC) の高速計算

厳密解 (枝長を考慮しない最短路): 2m30s

HP ProLiant m710
サーバーカートリッジ



ネットワーク・フロー （ミクロ解析層）

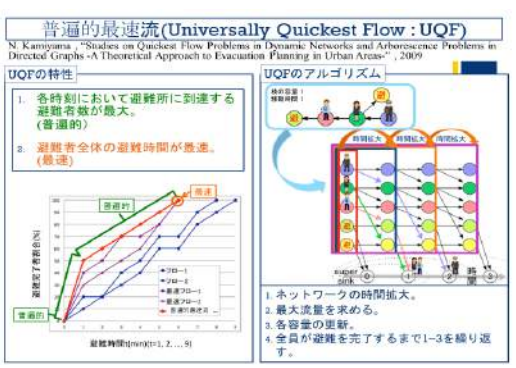
アルゴリズム　最大流・最小費用流

- 容量制約を考慮した流量が最大 (費用が最小) となるフロー

応用　交通計画、電力網、輸送計画、避難計画

応用例：普遍的最速流による避難計画

- 避難者の避難所に避難行動をフローとして捉える
- ネットワークフローベースのアルゴリズム
- どの時点でも到達避難者数が最大
- 最速の避難完了を達成



数理計画問題 （マクロ解析層）

アルゴリズム　凸及び非凸整数計画問題

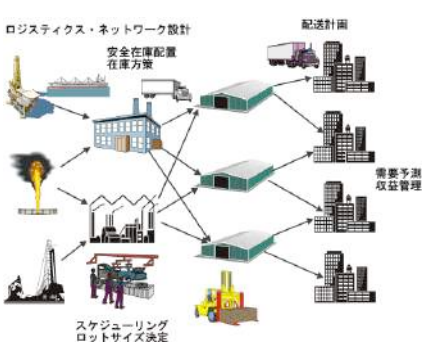
- 膨大な組合せ条件の中から最適解の算出

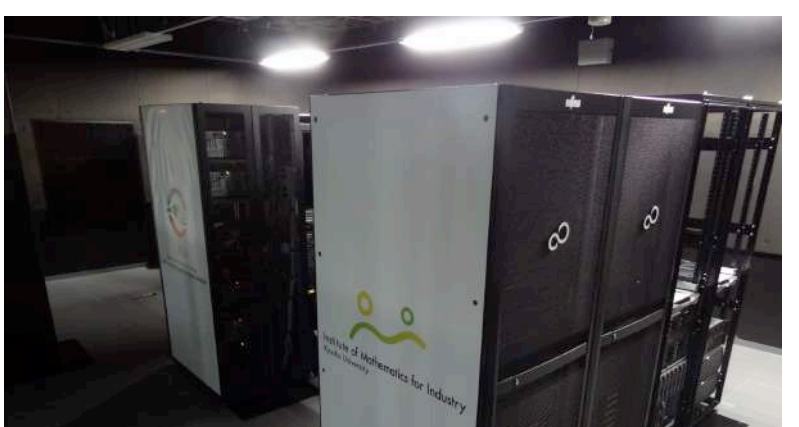
応用　施設配置問題、集合被覆（分割）問題、スケジューリング、配送計画問題などの数理最適化問題

特徴

実世界 ⟷ サイバー空間

実世界（この世）のデータからサイバー空間（あの世）を次世代スーパーコンピュータ上に再現（構築）。最終的には実世界（この世）の都市計画策定やネットワーク構築などに反映させる。
例：福岡市 152万市民の朝から夜まで一日分のモビリティの把握及び移動＆行動モデルの構築





大規模グラフデータの一括並列処理	超大規模グラフデータに関する並列処理 (CPU + GPU)	大規模不揮発性メモリを利用した超大規模グラフ処理
HP Moonshot ProLiant m710 45 カートリッジ CPU: Intel Xeon E3-1284 (47W) Memory: 32GB NIC: Dual 10GbE SSD: 480GB	Huawei RH5885H V3 CPU: Intel Xeon E7-4890 v2 x 4 GPU: NVIDIA Tesla K40m x 4 Memory: 2.0TB (32GB LRDIMM x 64 DIMMs) SSD: ES3000 2.4TB x 2 + 2.5-inch 800GB SSD x 8	CPU: Intel Xeon E5-4640 x 4 Memory: 512GB Fusion IO 1.2TB (SSD 1.2TB x 1) SSD SATA SSD 600GB x 3 HDD Enterprize 3.5" 3TB SATA HDD 3TB x 1

お問合せ先：uoo@coi.kyushu-u.ac.jp