

マルチエージェント社会シミュレーション とその実応用

産業技術総合研究所

野田五十樹

まとめ

- シミュレーションによる社会システム設計の事例
 - ▶ オンデマンド型交通: SAVS
 - ▶ 大規模人流制御: CrowdWalk

- HPCによる社会設計支援の可能性
 - ▶ 例: MaaS

オンデマンド交通サービス

●Smart Access Vehicle(SAV) System

- ▶ 主目的: 都市生活者へのモビリティの提供
 - 公共交通の充実
- ▶ 特徴
 - バス+タクシー(乗り合いタクシー or オンデマンドバス)
 - 全自動
 - シミュレーションと連動
- ▶ 共同研究
 - はこだて未来大学
 - 産業技術総合研究所
 - 名古屋大学

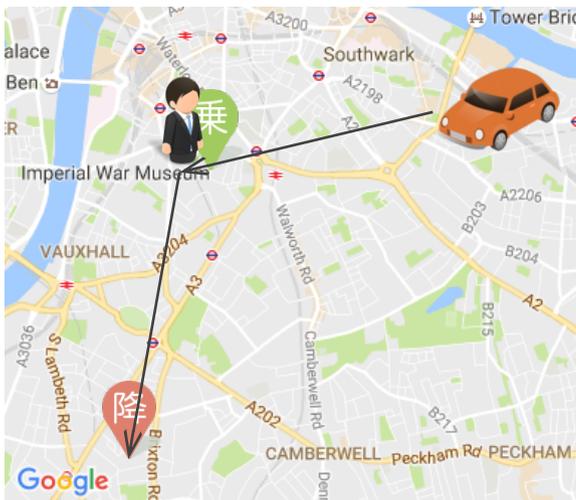


Smart Access Vehicle Service

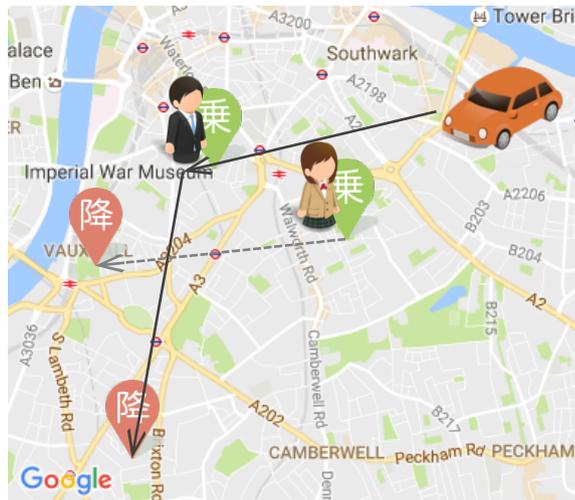
SAVのオンデマンド・リアルタイム乗合い配車

乗客はできるだけ多くの希望を事前に申告しておく

1. 乗車要求に即してSAVが乗車地点へ走行
2. SAV走行中に別の乗車要求が発生
3. 走行距離や乗客の予想待ち時間を考慮し、最適な乗合い配車をリアルタイムに決定



1. 乗車要求に対しSAVが走行



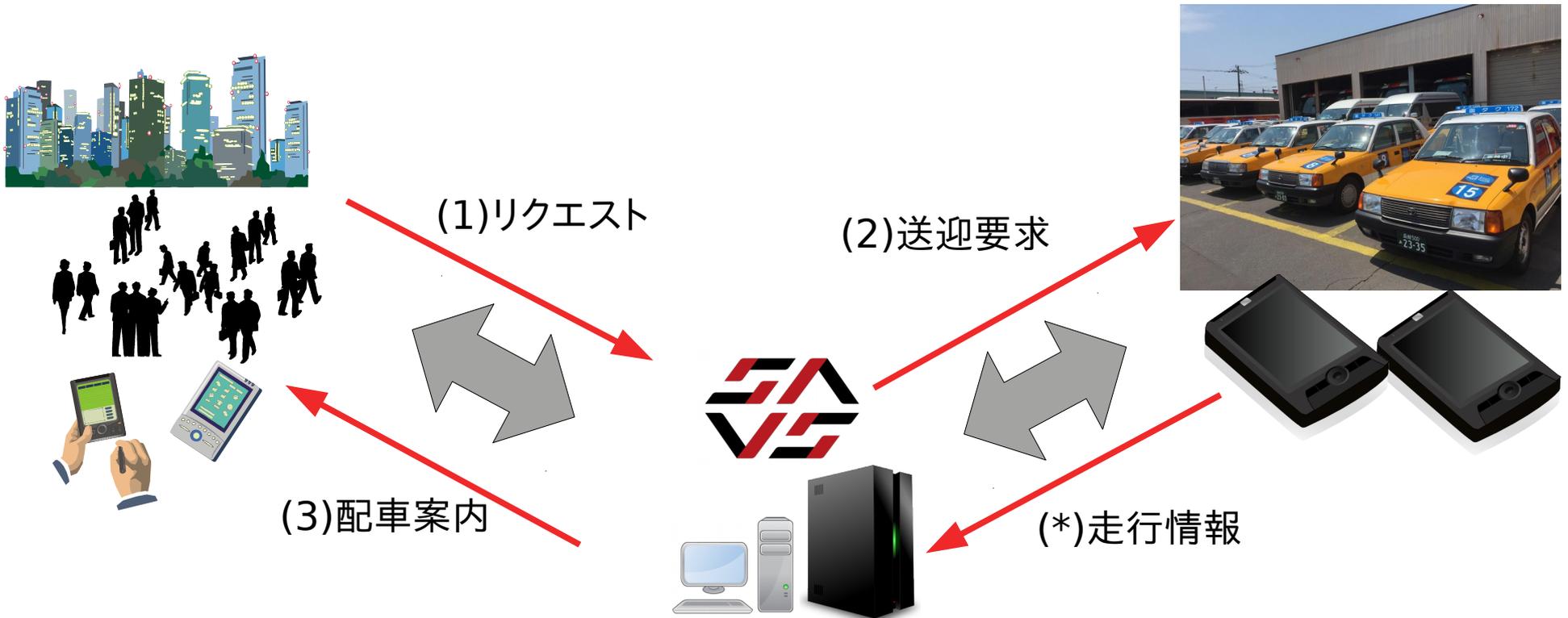
2. 異なる乗車要求が発生



3. リアルタイムにルート再計算

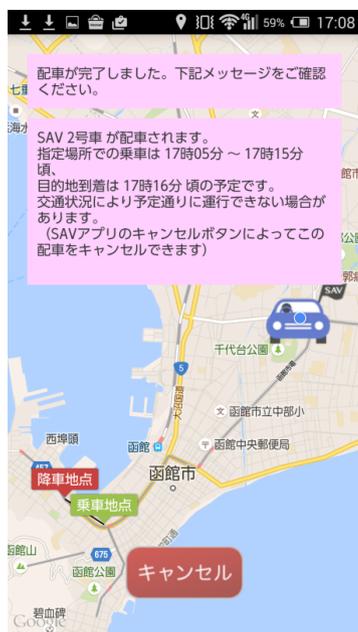
システム概要

- (1) リクエスト (乗降地・希望時刻・人数)
- (2) 送迎要求 (経由点リスト、利用者リスト)
- (3) 配車案内 (予定時刻・号車)
- (*) 走行情報 (現在地等)



SAVのアプリケーション画面イメージ

- 乗客用アプリ：乗車位置，降車位置，人数，到着希望時刻等を送信，配車決定後，迎車車両の情報を表示
- ドライバ用アプリ：乗客の要求を元に，クラウドにて決定された走行ルートを地図上に表示



SAV乗客用アプリ



SAVドライバ用アプリ

SAVの空車走行・客待ち時間の減少

比較

- 路線バス：需要に応じて走行
(需要のない路線，区間は走行をスキップ)
- タクシー（流し）：実要求に即して最短経路で迎車
- タクシー（順番待ち）：需要に応じた迎車，1台で複数組を移送



空車のまま走行する公共交通



SAV導入



実要求に則した新型公共交通

これまでの実験および実証サービス

- 2013年10月@未来大周辺

- ▶5台×11時間×1週間

- 2014年4月@サービス学会
(in 函館)

- ▶16台×6時間半×1日

- 2015年5月@人工知能学会
(in 函館)

- ▶20-30台×7時間×4日

- 2016年7月 (株)未来シェア設立**

- 2017年

- ▶ 3月@お台場20台×3時間
- ▶ 3月@上諏訪、10台×6時間
- ▶ 7月～空港送迎乗り合い
- ▶ 10月@境港、6台×5時間

- 2018年

- ▶ 2月@名古屋市東部、30台×2週間
- ▶ 7,8月@境港、5台×5時間
- ▶ 9月@浜田、4台×4時間
- ▶ 9月～12月@長久手市、10台
- ▶ 9月～@太田市、福祉送迎
- ▶ 10月～12月@横浜、15台×2ヶ月
- ▶ 11月@伊那

- 2019年

- ▶ 1月～2月@荒尾市
- ▶ 1月～3月@多摩プラーザ with 東急
- ▶ 1月～2月@札幌
- ▶ 1月～3月@石垣
- ▶ 2月@清水港
- ▶ 2月@静岡市
- ▶ 3月@伊那
- ▶ 4月@山口
- ▶ 4月@伊豆下田
- ▶ 4月@九州大学伊都キャンパス
- ▶ 9月@荒尾市
- ▶ 9月～@長久手 Nタク
- ▶ 10月@金沢
- ▶ 10月@志摩MaaS
- ▶ 10月@岩手紫波町
- ▶ 11月静岡MaaS
- ▶ ...

株式会社 未来シェア 設立

未来大発ベンチャー第1号 2016, 7/21設立

- 代表取締役社長：松原 仁（公立はこだて未来大学 副理事長・教授）
- 取締役会長：中島 秀之（公立はこだて未来大学 名誉学長）
- 代表取締役：松舘 渉（株式会社アットウェア 取締役）
- 取締役：金森 亮（名古屋大学 特任准教授 博士(工学)）
- 取締役：岩村 龍一（株式会社コミュニティタクシー 取締役会長）
- 取締役：野田五十樹（産業技術総合研究所 総括研究主幹）
- 監査役：牧野 隆志（株式会社アットウェア 代表取締役）

業務内容：

- 各種交通車両への走行ルート中央制御システムの研究，開発
- 自動運転車両，乗り合い車両，オンデマンド交通車両，物流車両への走行ルート提供
- インターネット上の各種サービスと連携するシステムの構築とサービスの提供



Mirai Share

Share the Future with SAV
～移動格差のない社会を目指して～

公立はこだて未来大学発のIT技術で未来の公共交通を創造します



MIRAI SHARE

<http://www.miraishare.co.jp/>

SAV研究開発の経緯

- ❑ 2001年：産業技術総合研究所にてデマンドバス配車シミュレーションの研究に着手，その後公立はこだて未来大学にて研究を継続
- ❑ 2011年：「NPO法人スマートシティはこだて」発足，社会実証実験を推進
- ❑ 2013年：函館市内において，実道路交通網，実車両を用いた実証実験を開始
- ❑ 2015年：4日間に及ぶ完全自動配車の実証実験を実施，最大30台のSAV車両にて述べ300人以上の乗客（500件以上のリクエスト）の自動処理に成功
- ❑ 2018年：名古屋市街，セダン型タクシー30台による3週間以上に及ぶ有償サービス



書籍紹介

●スマートモビリティ革命 未来型AI公共交通サービスSAVS



中島秀之（編著）, 松原仁（編著）, 田柳恵美子（編著）, スマートシティはこだてラボ+株式会社未来シェア（著）

未来大出版

オンデマンド型交通を成立させるために シミュレーション評価の活用

Traffic Simulation

SAVSで解くべき問題

- 最適配車

???????

- そもそも、オンデマンド型交通サービスは成り立つのか？

- ▶ どういう場合にメリットがあるのか？

- メリットを最大化する条件は？

- ▶ 何台、運行すべきか？

- 採算性とサービスの質の関係は？

- ▶ どれくらいの範囲をカバーすべきか？

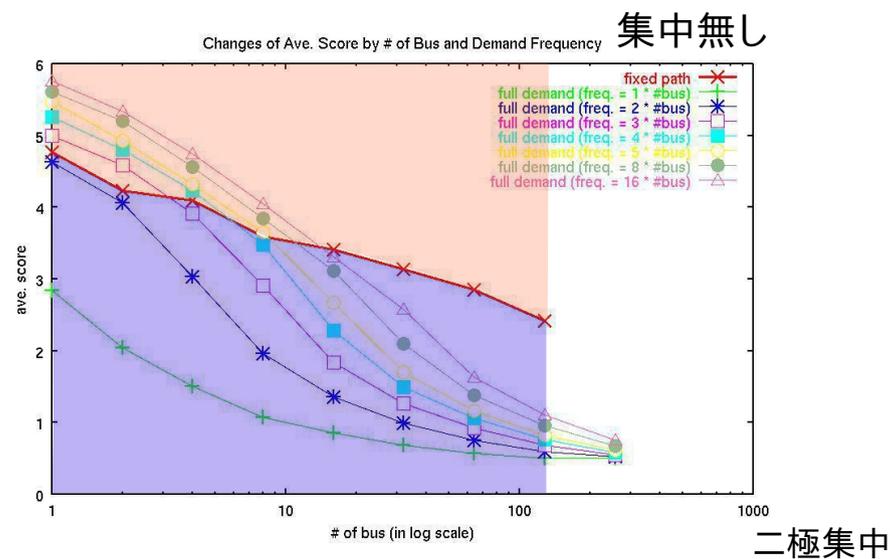
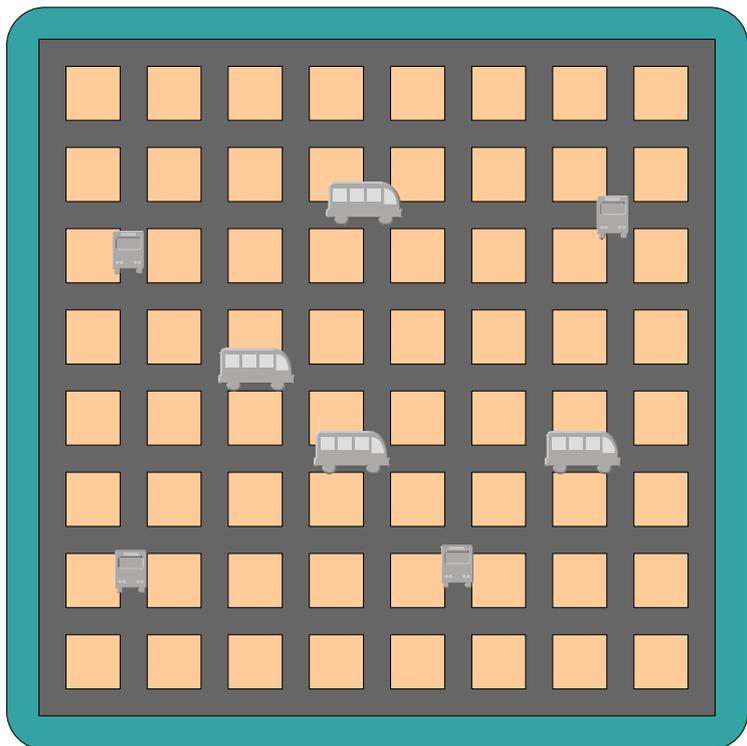
- どれくらいの地域と人を対象とするのか？

成立条件・有効条件分析 …… 計算社会科学での共通の視点

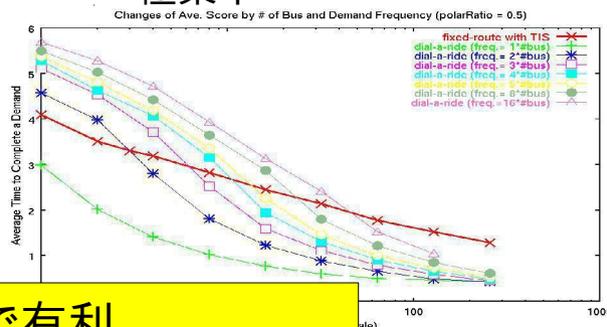
相対比較によるオンデマンド交通の 利便性評価

●オンデマンド交通システムを、固定路線バスと比べる

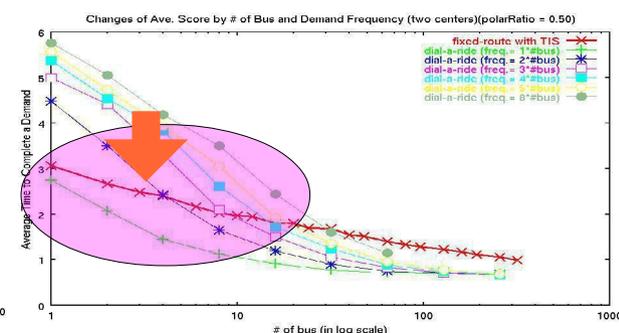
- ▶ 運行規模によりどう変化？
- ▶ 都市のタイプでどう変化？



一極集中



二極集中



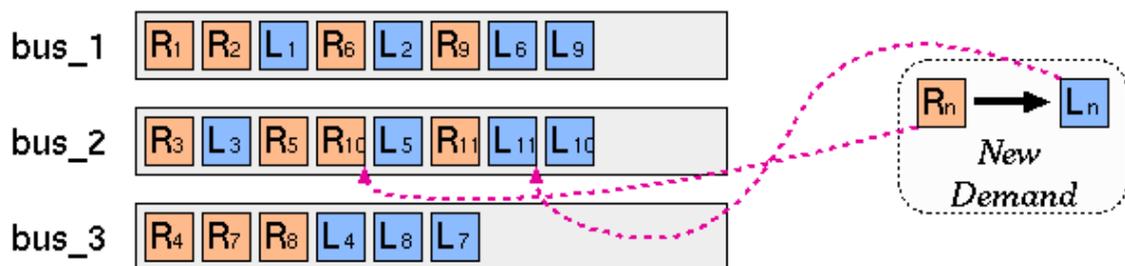
オンデマンド型は規模拡大で有利。
一極集中ではオンデマンド、二極集中では固定路線。

最適化を用いた相対比較

● オンデマンドバス

▶ 逐次最適挿入法

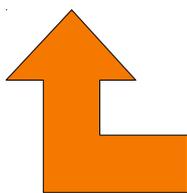
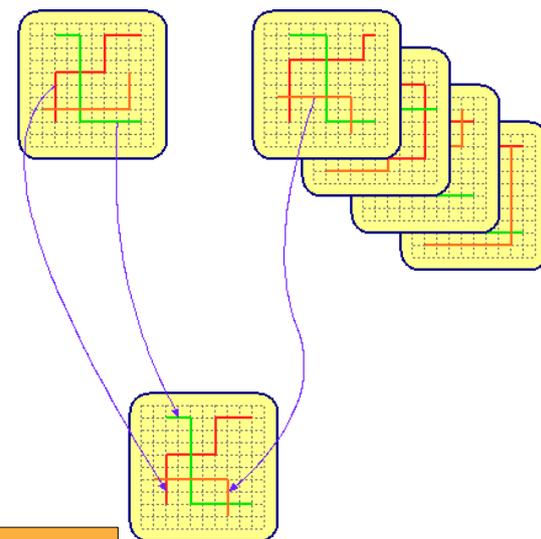
- 最適な配車を逐次的に探索



● 固定路線バス

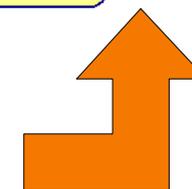
▶ 遺伝的アルゴリズム

- 最適路線配置



同条件で平均旅行時間を比較

- 運行台数
- 利用状況



デマンドバスの特質

●スケールメリット

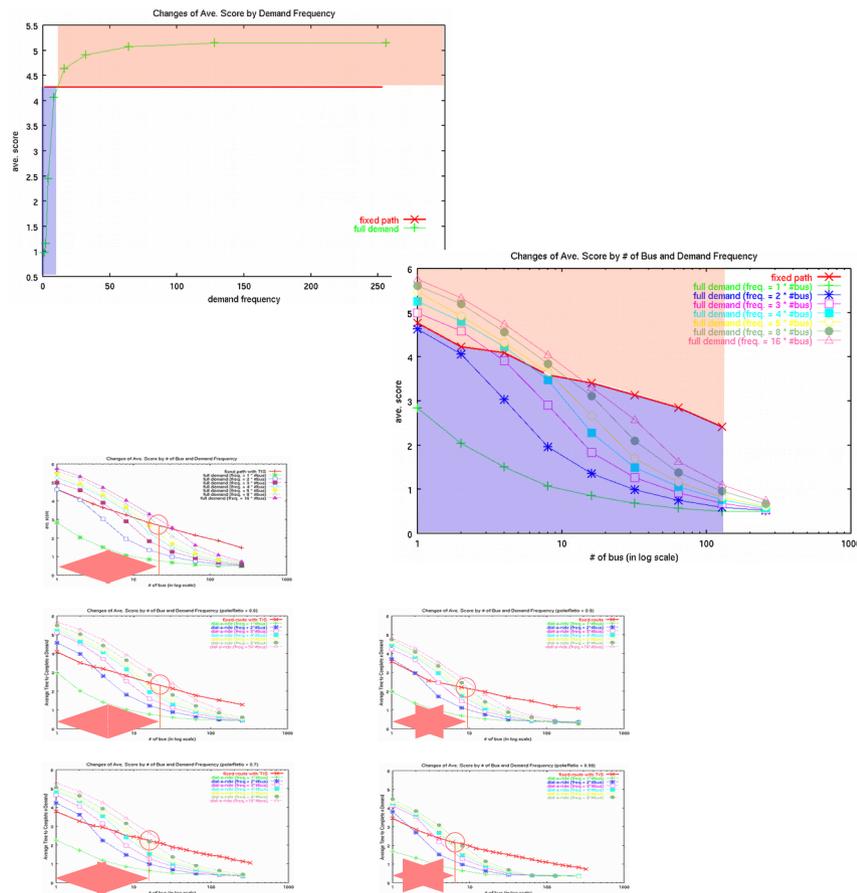
- ▶ 固定台数での運行では、利便性は急速に悪化。
 - 多数の要求を捌ききれない。
- ▶ 利用者数に比例させると、デマンドバスの利便性は路線バスに比べ急速に改善。
 - 営業規模を大きくできれば、収益性を保ったまま利便性改善。

●一極集中では有利

- 利用者の出発・目的地が集中する場合、両バスシステムは利便性を改善できる。
- ▶ 利便性の改善はデマンドバスの方が有利。

●二極集中では不利

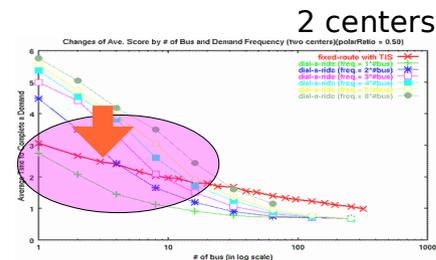
- ▶ 二極集中の効果は路線バスの方に強く現れる。



計算量

グラフ1枚につき

2core 4 thread WS * 16台 * 1ヶ月



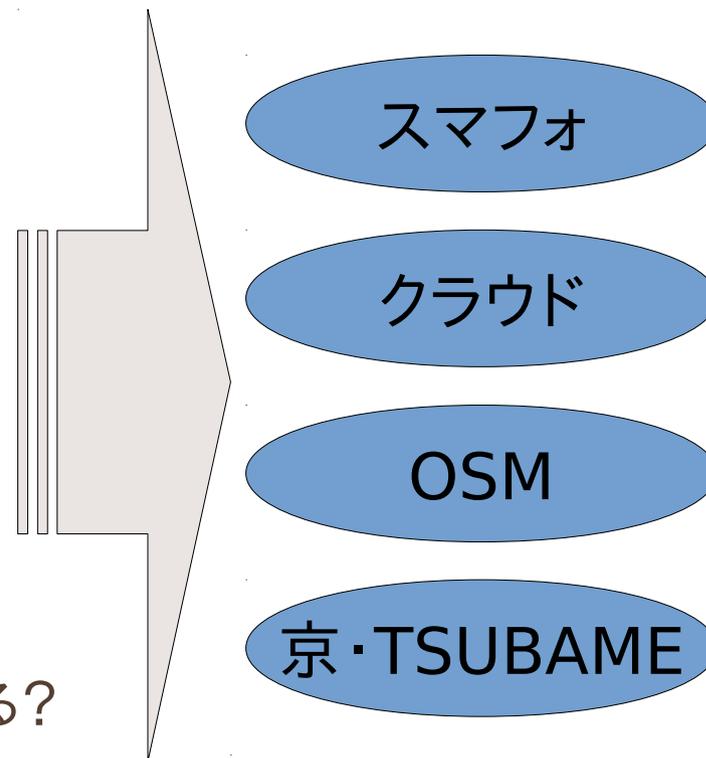
実用化？

●かなり早期の成果

- ▶ 2002年には最初の成果。
- ▶ 2008年にまとめ論文。

●しかし、世の中は、、、

- ▶ 携帯は、**ガラホ (i-mode)**
 - どうやってデマンド集める？
- ▶ インターネットに**サーバ**つなぐ？
 - どうやってサービス提供する？
- ▶ **Google Map** なんて、使えんのか？
 - そもそも地図データない。
- ▶ スパコン=**地球シミュレータ** (初代)
 - 複雑な実都市でのシミュレーション評価どうする？

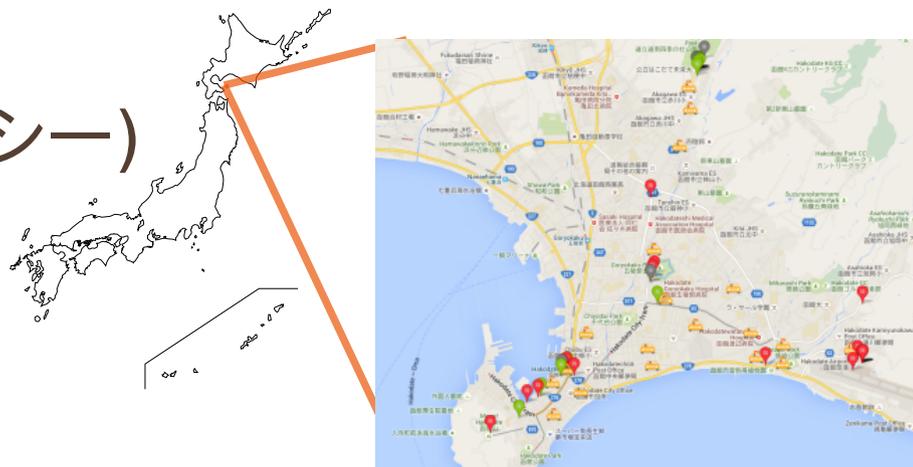


函館スマートシティプロジェクト

はこだて未来大・産総研・名大
since 2012

●SAVS (Smart Access Vehicle Service)

- ▶ オンデマンドバス (乗り合いタクシー)
- ▶ サービス連携も可能
 - ◆ 病院
 - ◆ ショッピングモール
 - ◆ 観光



●シミュレーションによる利便性総合評価

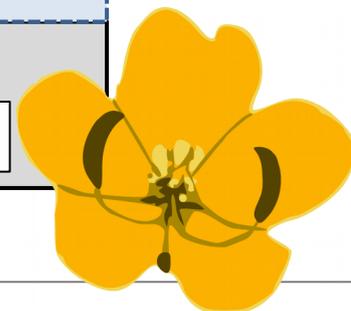
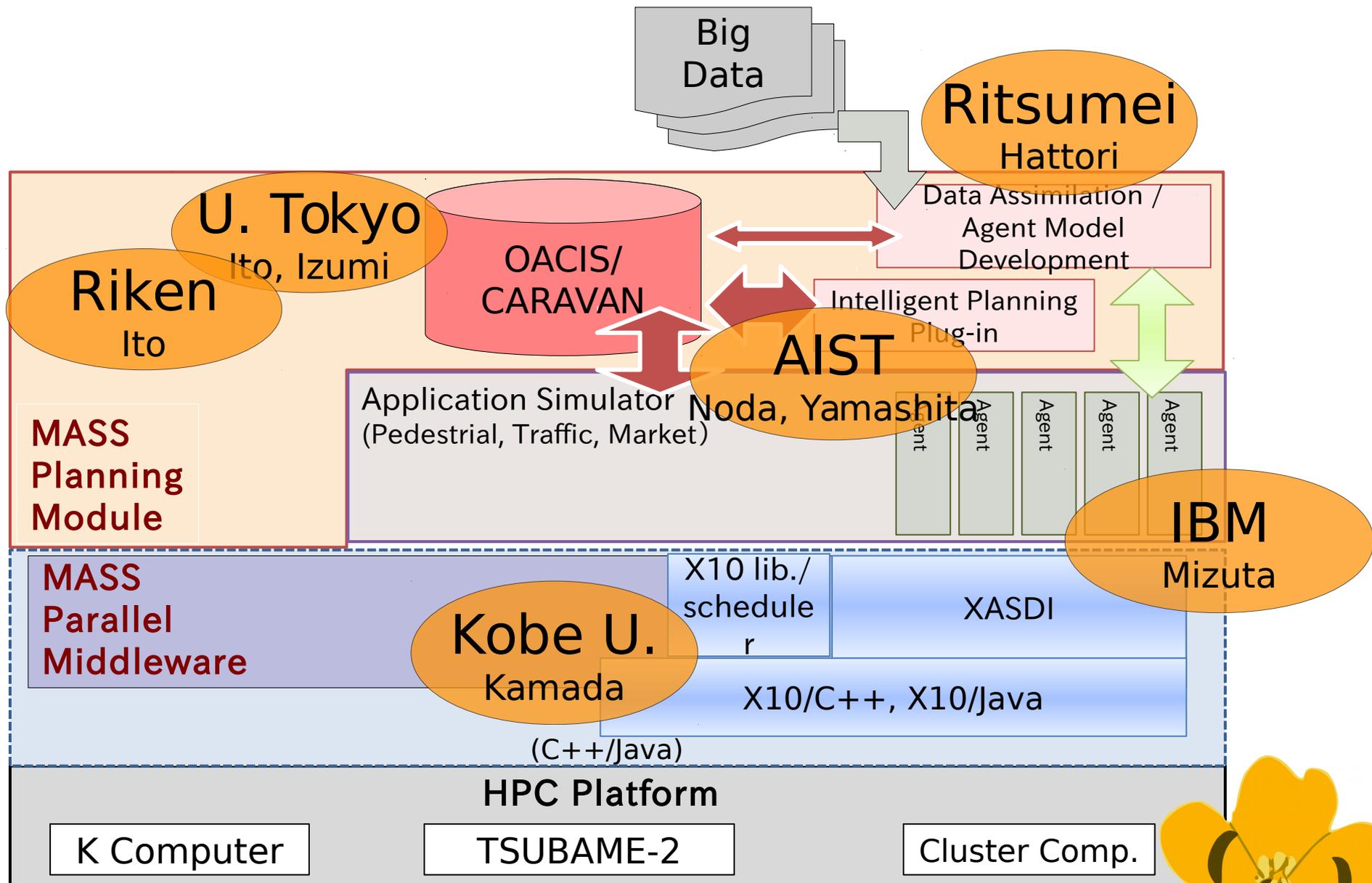
- ▶ 多様な状況での評価
- ▶ 普及過程も評価



JST RISTEX問題解決型サービス科学研究開発プログラム
「ITが可能にする新しい社会サービスのデザイン」

[2012 -- 2015]

Project CASSIA



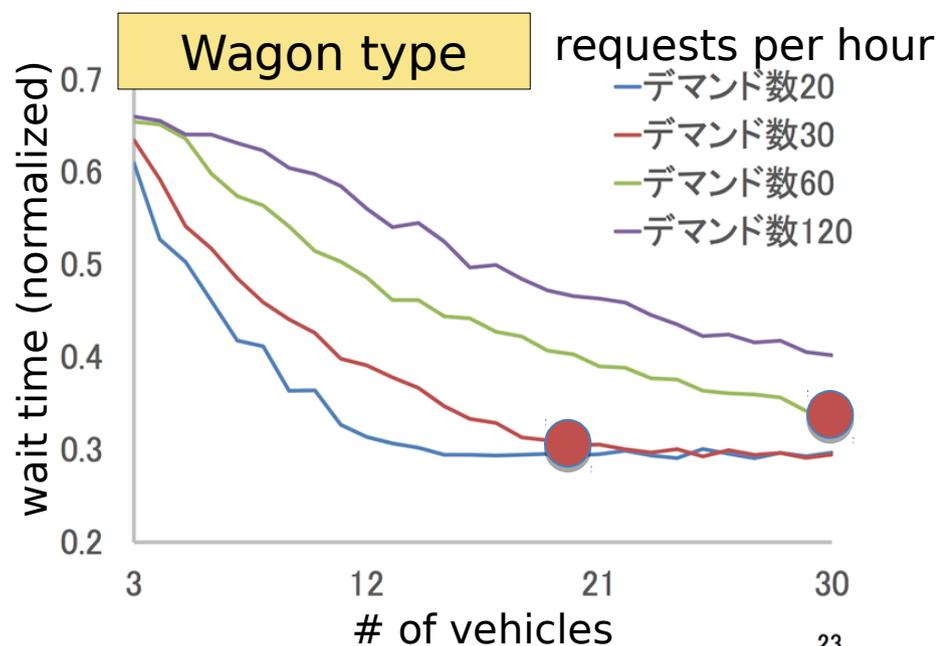
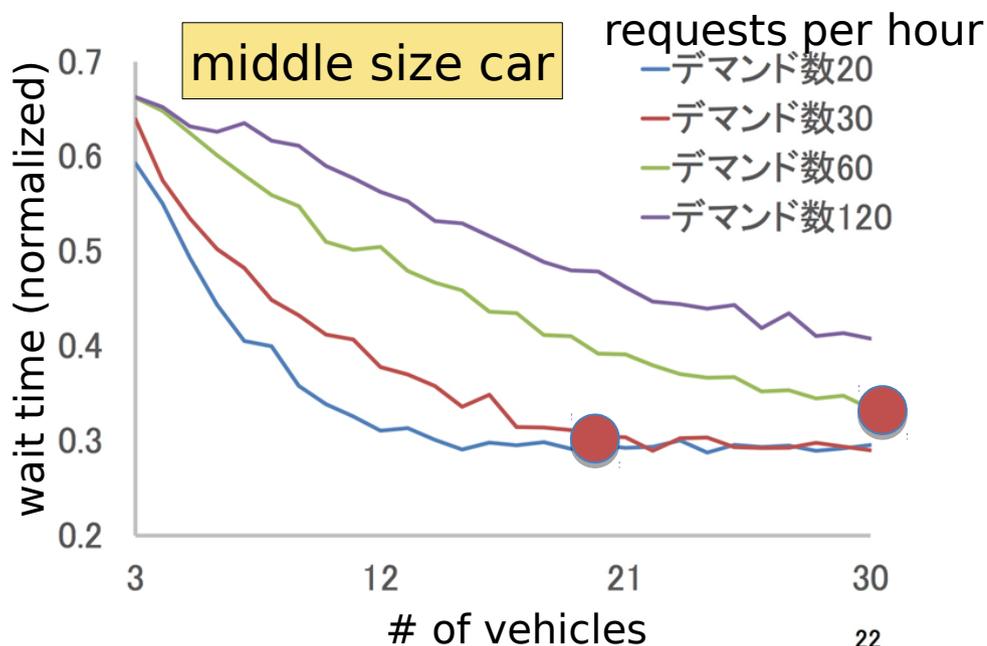
シミュレーション評価と運用規模の決定

●人工知能学会@函館にむけて

▶ 1000人の参加者に何台必要か？

■ いろいろな条件でシミュレーション評価 (待ち時間評価)

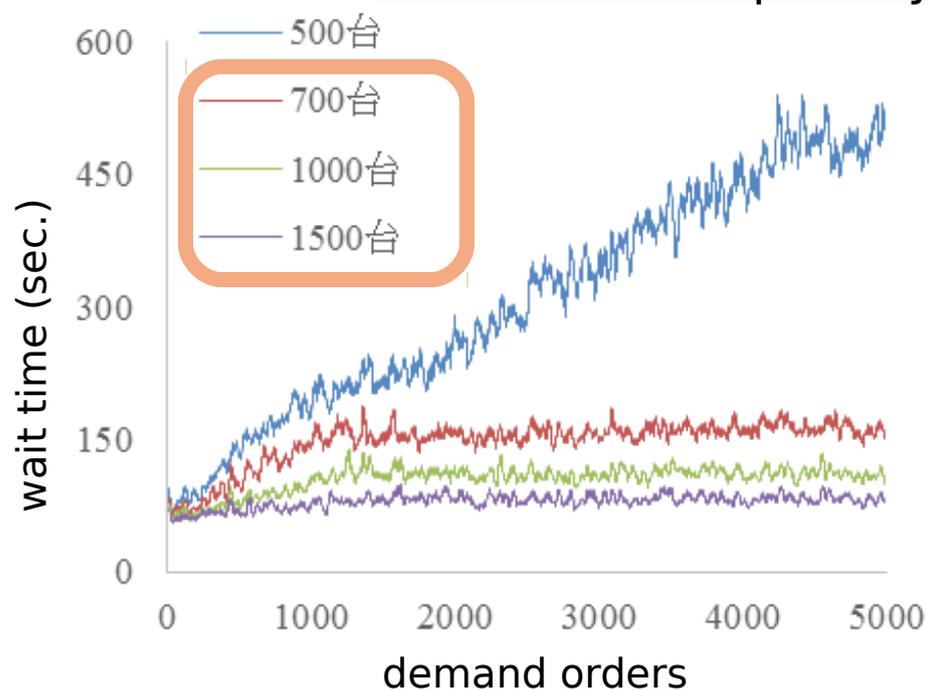
- ◆ 結果：通常日で20台、繁忙日で30台。
- ◆ 実データと比較：ほぼシミュレーションと同等の結果。



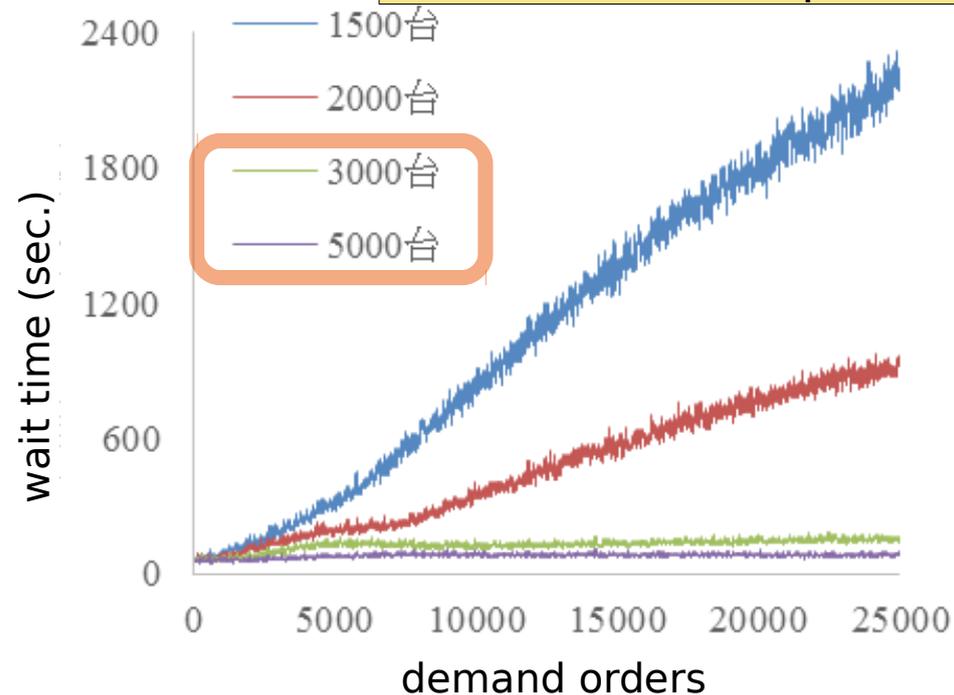
市民全員がSAVSを使うと？

- 全函館市民が自家用車を捨て、SAVSを利用すると、何台必要か？

5000 demands per day

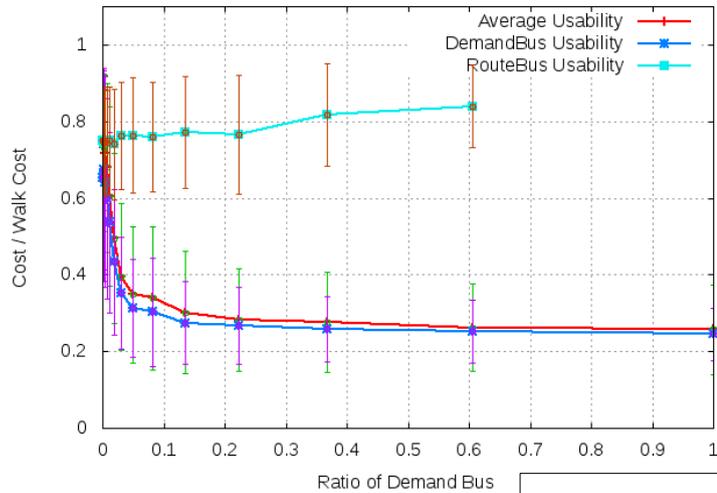


25000 demands per day



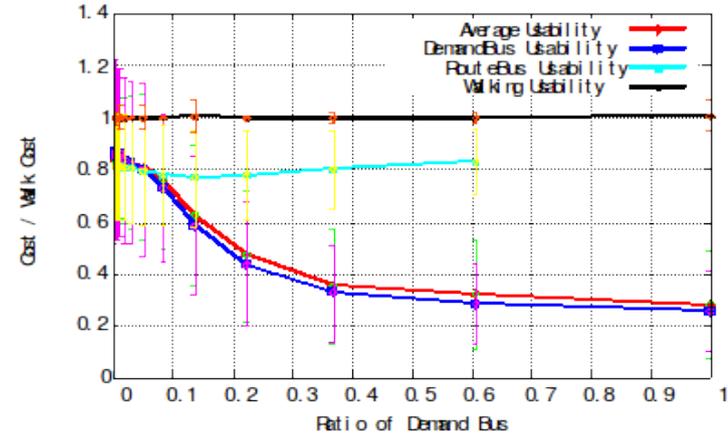
漸近的普及と利便性

Average Usability of Passengers(300 demands/day)



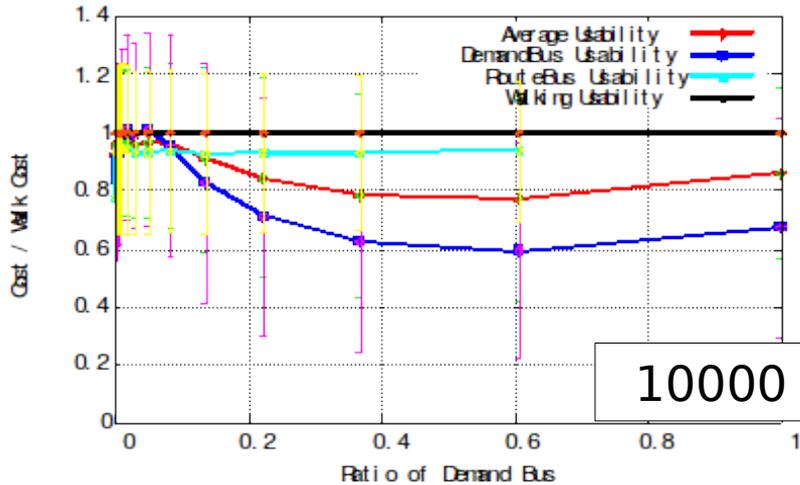
300 trip / day

Average Usability of Passengers (3000 [demands/day])



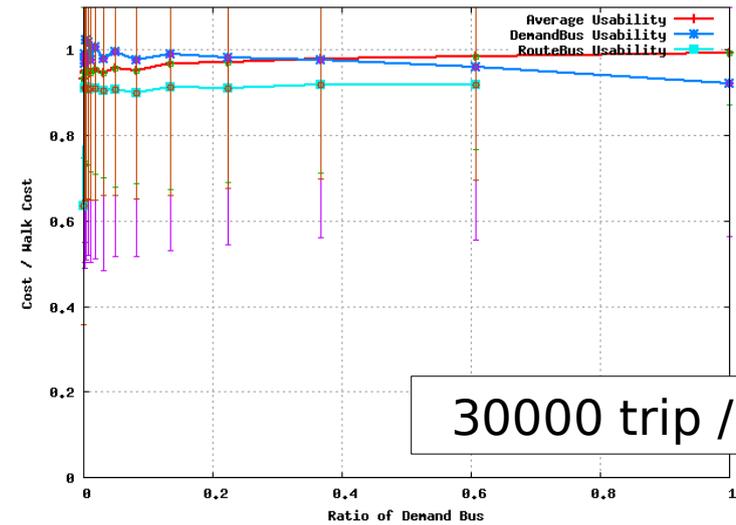
3000 trip / day

Average Usability of Passengers (10000 [demands/day])



10000 trip / day

Average Usability of Passengers(30000 demands/day)

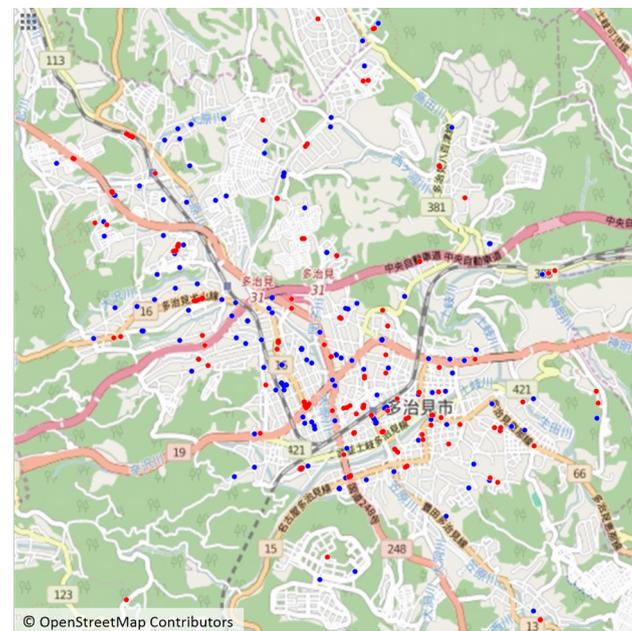
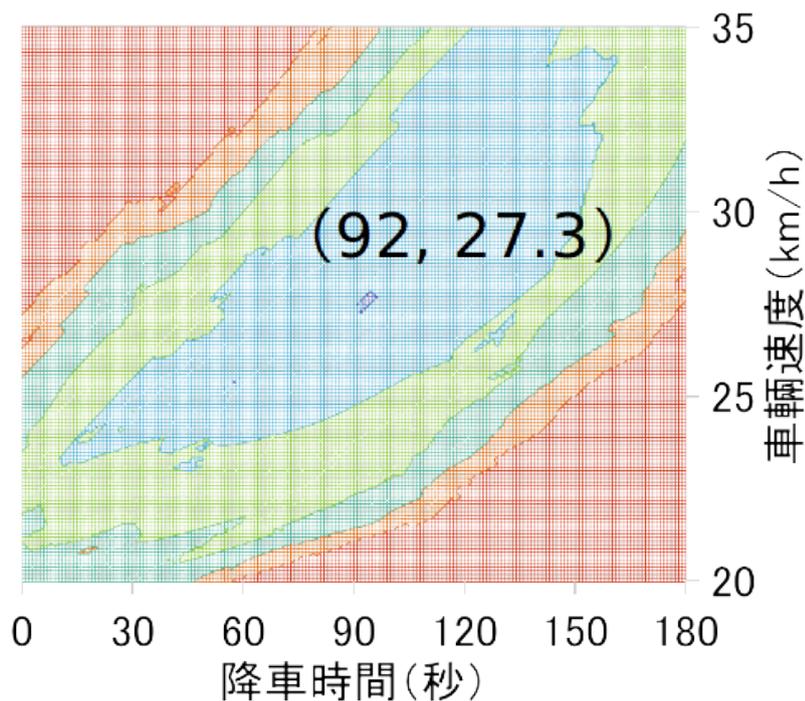
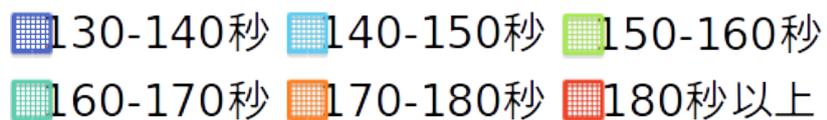


30000 trip / day

実データによるパラメータの同化

●タクシーの実車データから平均速度と乗降時間を推定

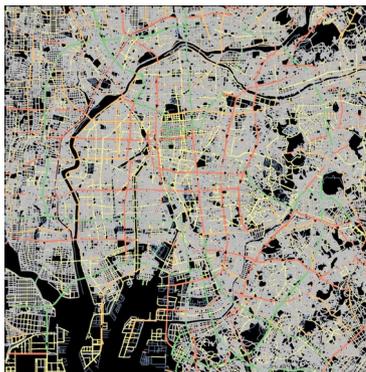
▶ 多治見市のデータ



Taujimi City

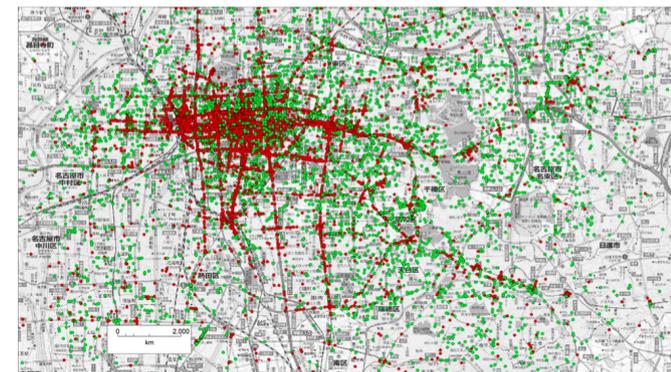
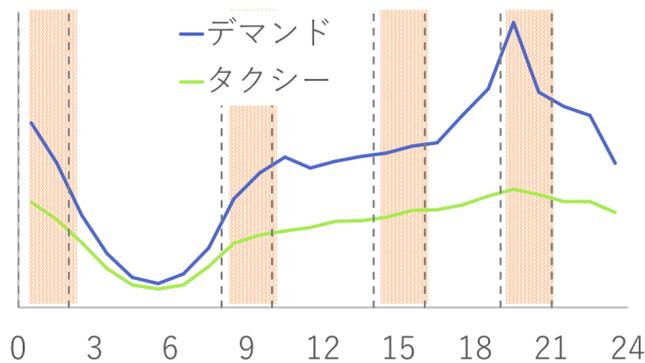
名古屋市全域 タクシー配車データ シミュレーション

□ エリア



名古屋市全域
22km四方

□ 配車データ分布 (協力: つばめタクシーグループ)



□ 車両平均待ち時間 (分)

車両数	14:00 - 16:00		19:00 - 21:00	
	タクシー	SAV	タクシー	SAV
100	125	41	259	118
150	43	11	133	39
200	12	7	69	16
250	6	6	36	10
300	5	6	22	8
400	4	4	10	6
500	4	4	7	6

□ 平均乗り合い数 (組)

車両数	14:00 - 16:00		19:00 - 21:00	
	タクシー	SAV	タクシー	SAV
100	0.00	1.68	0.00	2.02
150	0.00	1.00	0.00	2.03
200	0.00	0.50	0.00	1.74
250	0.00	0.29	0.00	1.34
300	0.00	0.26	0.00	1.12
400	0.00	0.13	0.00	0.81
500	0.00	0.11	0.00	0.64

人流シミュレーション

●都市設計と社会のシミュレーション

- ▶ 都市設計:時代の変化に合わせた都市・地域の再構成
- ▶ なぜ今、「シミュレーション」なのか?
 - 道具建てが揃ってきた。
 - ◆ コンピュータの能力・都市を把握するデータ・シミュレーション技術
 - IT・ビッグデータ・人工知能
 - 20世紀的手法の行き詰まり。
 - ◆ 人口・経済の右肩あがりに頼れない。

●事例紹介

- ▶ 人流・避難シミュレーション

人流シミュレータ

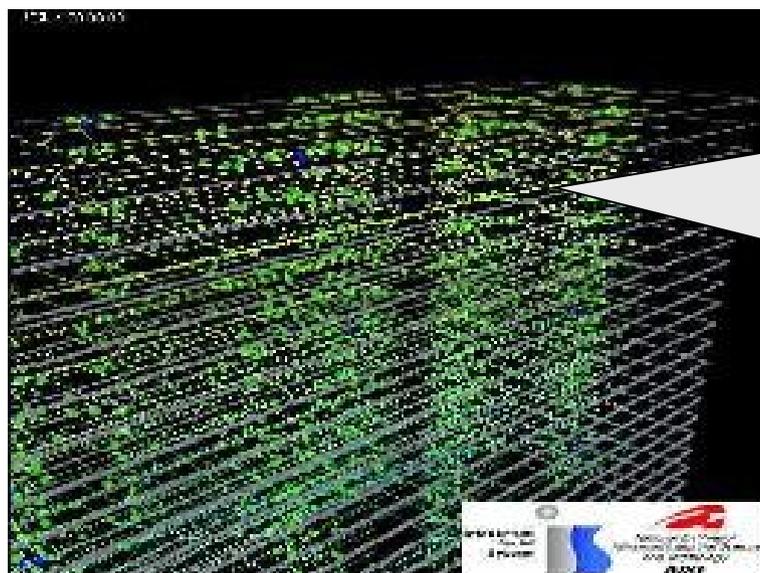
●CrowdWalk

■ Multiagent Evacuation Simulator

▶ 特徴

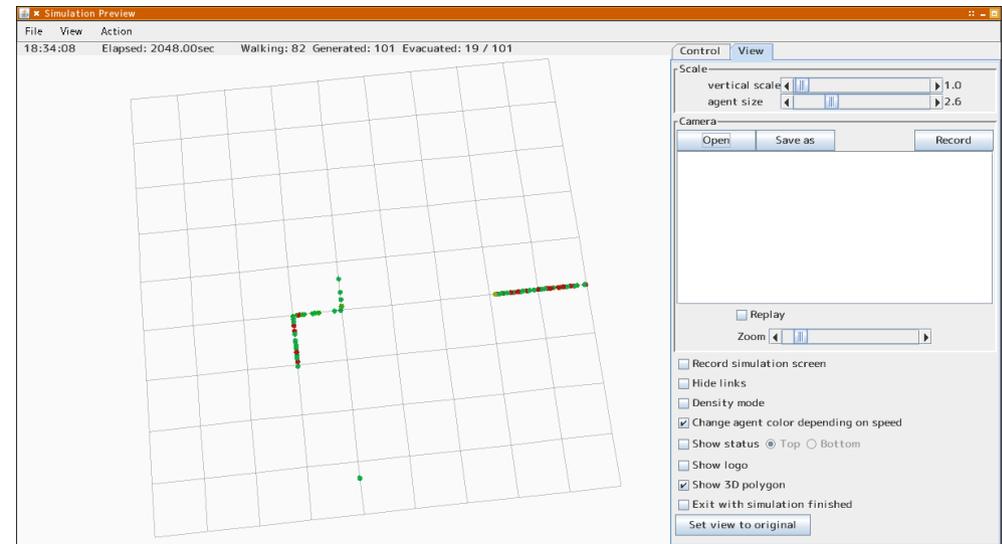
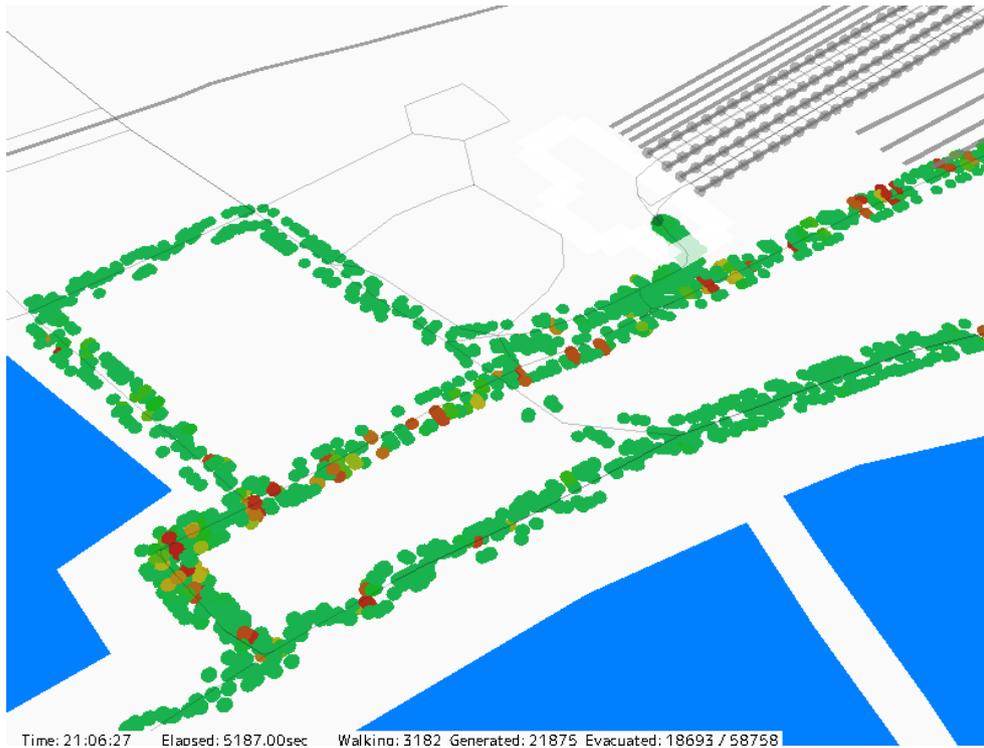
■ 大規模広域の群衆行動 (~100万人規模、~数キロ四方)

■ エージェント(人)は各々独立行動



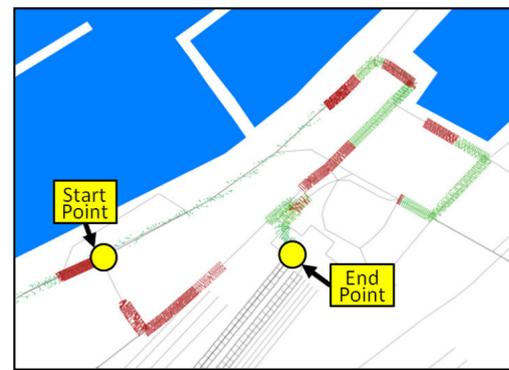
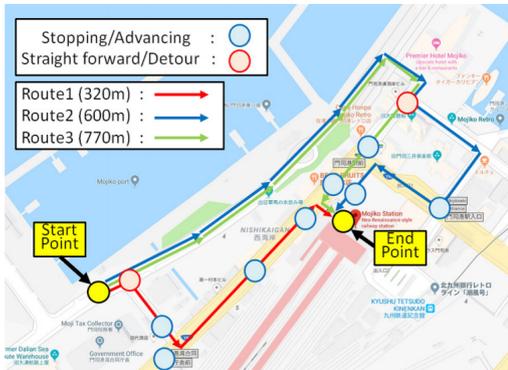
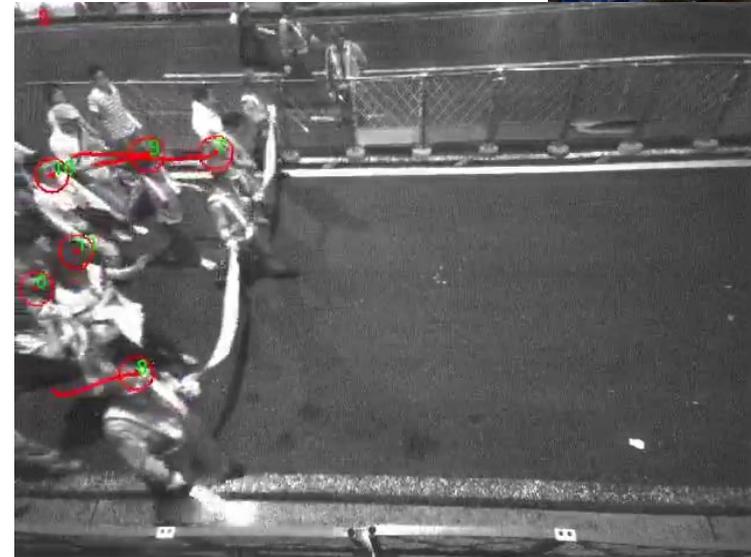
by T. Yamashita, I.Noda (AIST)

シミュレーションの様子

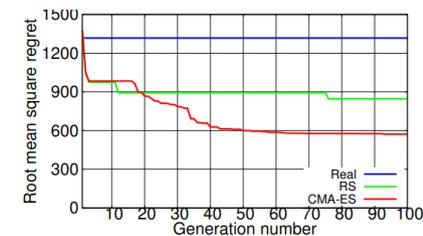


イベント人流の センシングとシミュレーション

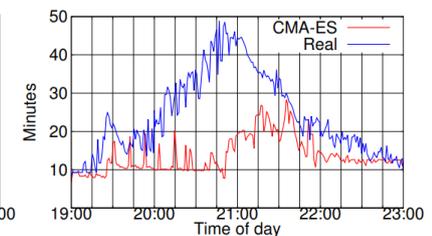
- 北九州市関門海峡花火大会
 - ▶ 円滑なイベント運営に向けた支援
- センシング
 - ▶ 動画 (RGB-D) ⇒ 人の歩行認識
 - ▶ GPS ログによる大域サンプリング
- データ同化とシミュレーション評価
 - ▶ シミュレーションの実データへのフィッティング
 - AIを使った最適化
 - 人の行動規則の推定
 - ▶ シミュレーションによる人流制御計画評価



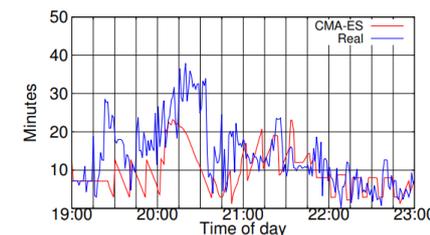
(a) Guidance control locations in 2016 (b) Simulation after the fireworks display.



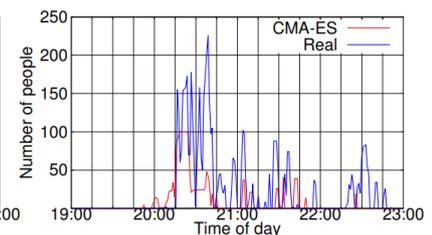
(a) Optimization results



(b) Average time



(c) Difference time



(d) People in crowded

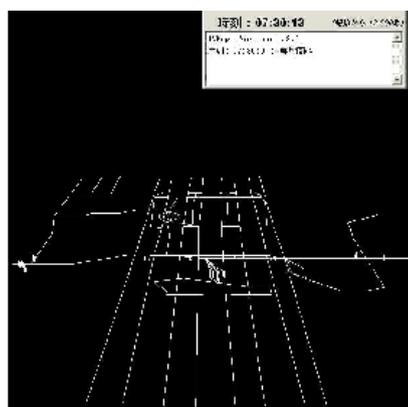
網羅的シミュレーションによる訓練設計支援

[山下・野田]

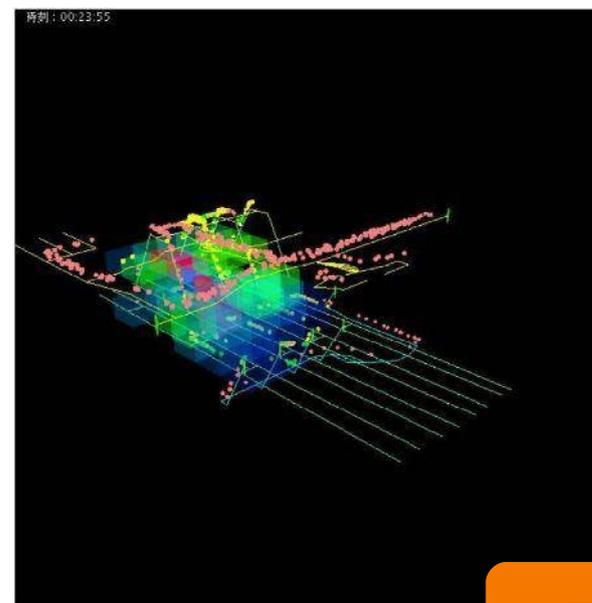
- ターミナル駅における有害物質からの避難
 - ▶ 複合施設であるため、複雑な指示・情報伝達系統
 - 訓練設計の難しさ
 - ▶ 担当者ヒアリングにより、10箇所の重要な判断ポイントを選定
 - 1024ケースについて網羅的に分析



Quick Operations # of Damaged
 light: 1822
 middle: 112
 serious: 0
 Total : 38 min.



Slow Operations # of Damaged
 light: 2544
 middle: 343
 serious: 87
 Total : 56 min.



デモ

判断ポイント

●鉄道A

- ▶ 有毒物質の覚知
- ▶ 他組織への連絡
- ▶ 避難誘導開始
- ▶ 列車運行停止

●鉄道B

- ▶ 避難誘導開始
- ▶ 列車運行停止

●鉄道C

- ▶ 避難誘導開始
- ▶ 列車運行停止

●消防対応

- ▶ 連絡・出動

各ポイントで 拙速 vs 巧遅

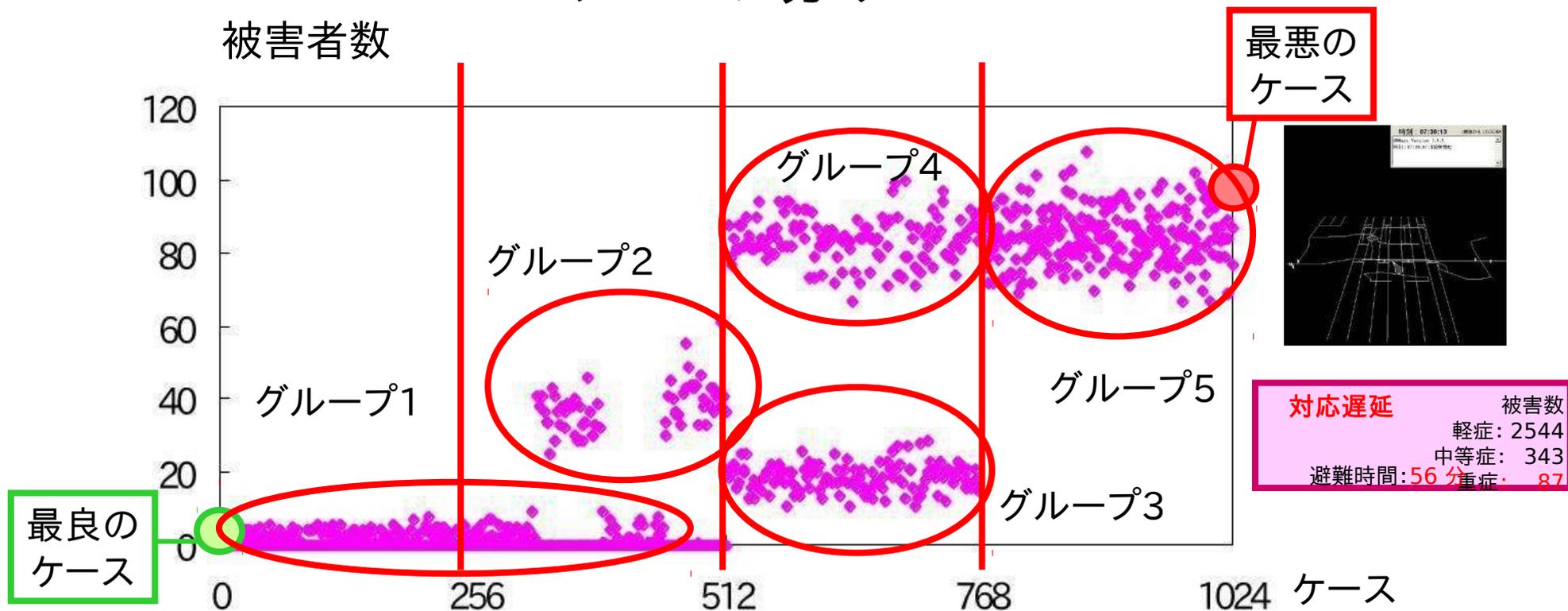
拙速: 不十分な情報でも判断

巧遅: 確認等を行い確実な判断

「巧速」が良いのはわかっているが、完璧はありえない。

1024通りのケースの網羅的分析

被害状況による グループ分け



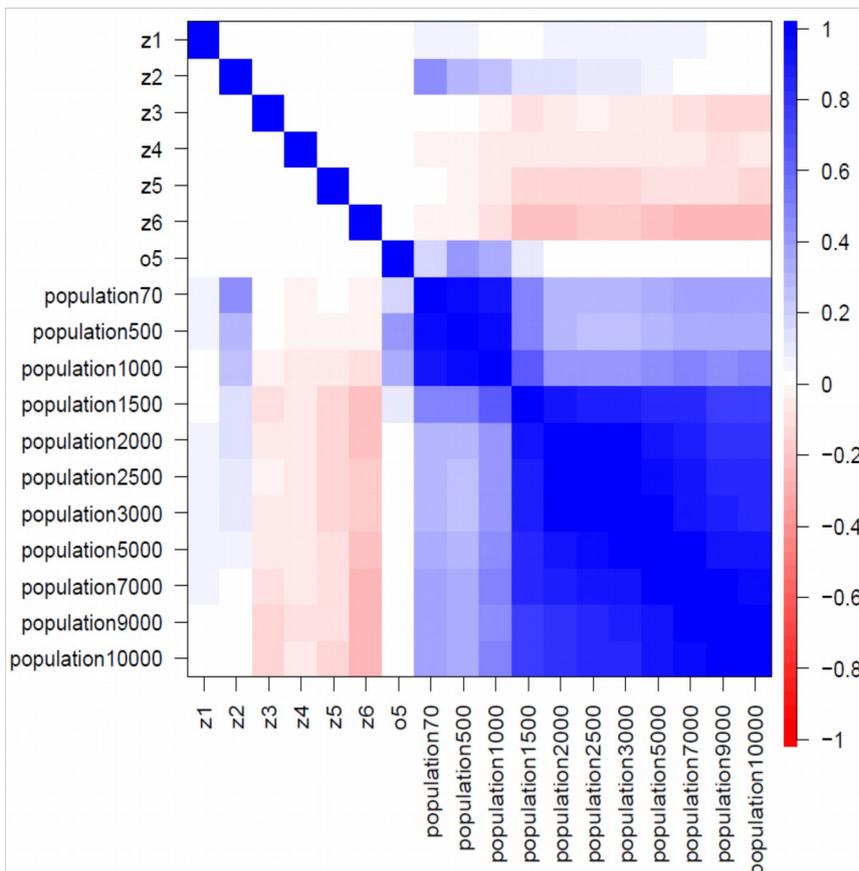
訓練の重点化選択の指標

消防への連絡
列車運行停止

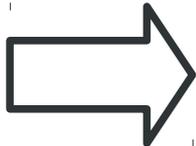
避難人口相互の避難効率の相関

by Yamashita, Matsushima(AIST), Uchitane (Riken)

目的地選択 2187通り×避難者数12通り = **26,244通り**



各方策の効果は、
避難人口によってかなり異なる

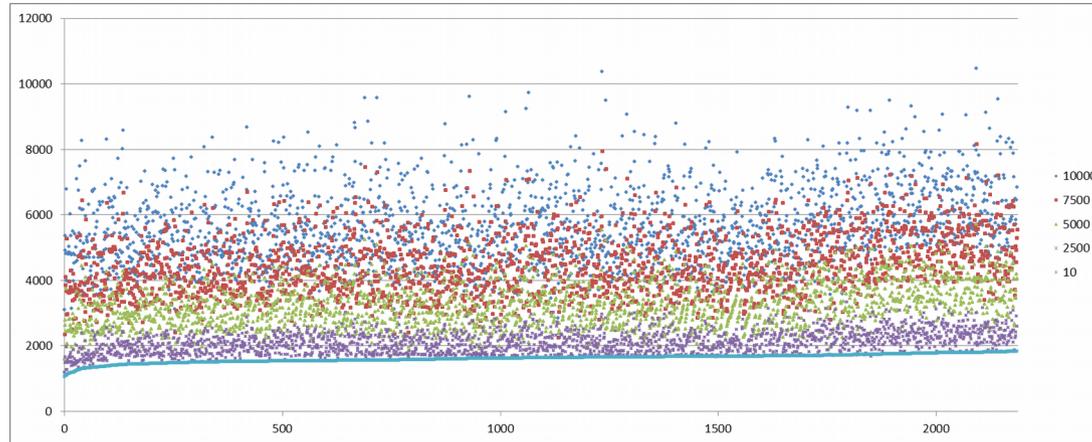


避難規模により、
複数の方策の準備が必要

避難時間で並べ替え

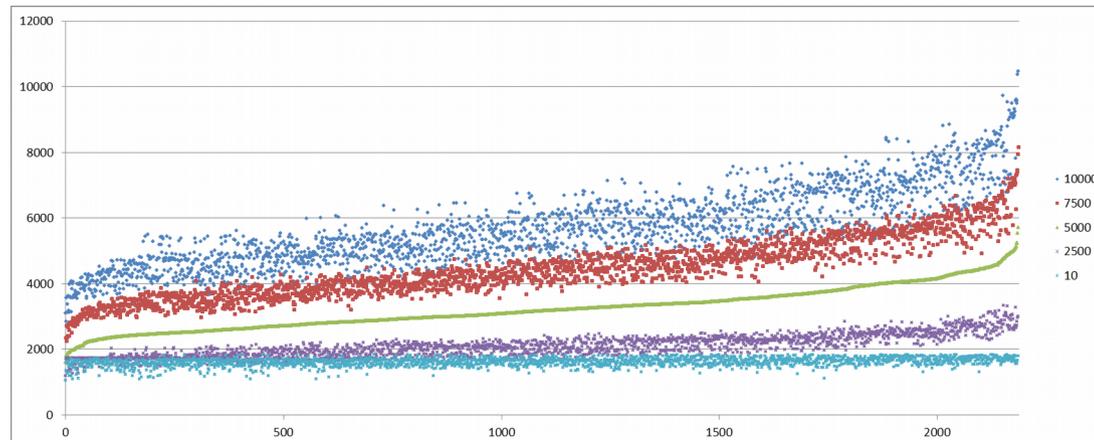
by T. Yamashita(AIST)

人口=10人でケースを整理



人口=5000人でケースを整理

Yamashita Method



金沢市大野町周辺の津波避難

● 背景

- 日本海沖地震による津波のリスク
- 避難経路の閉塞の危険性
- 逃げ地図プロジェクトとの連動
 - 金沢21世紀美術館への出展

● 目的

- 地震に対する備え
 - 道路(橋)閉塞候補の事前補強
 - 除雪箇所
- 避難完了時間への影響？

● 概要

- 金沢市大野町周辺の5,781人
- 海拔2m以上の場所に避難



シミュレーションの条件設定

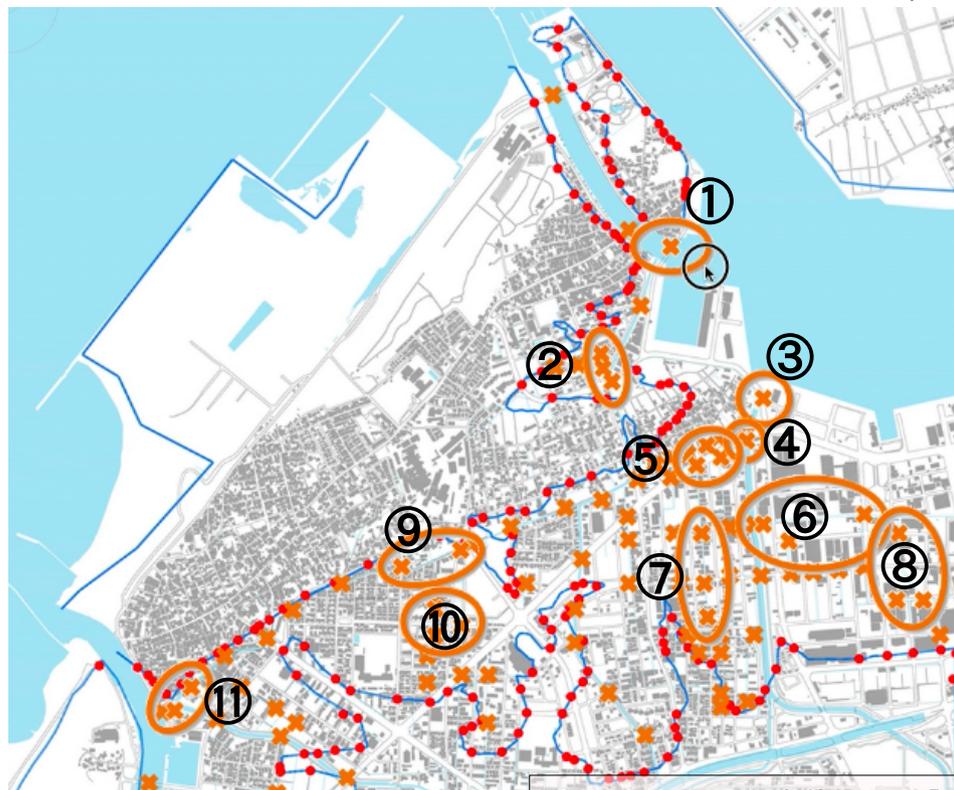
条件1:橋の補強

河川・暗渠にかかる橋 11箇所から補強対象となる3箇所を選択
($11C3=165$ 通り)

条件2:除雪

除雪対象道路11箇所から除雪対象となる3箇所を選択
($11C3=165$ 通り)

→ 165 通り × 165 通り = 27,225通り
更に全組み合わせ 4,194,304 通り

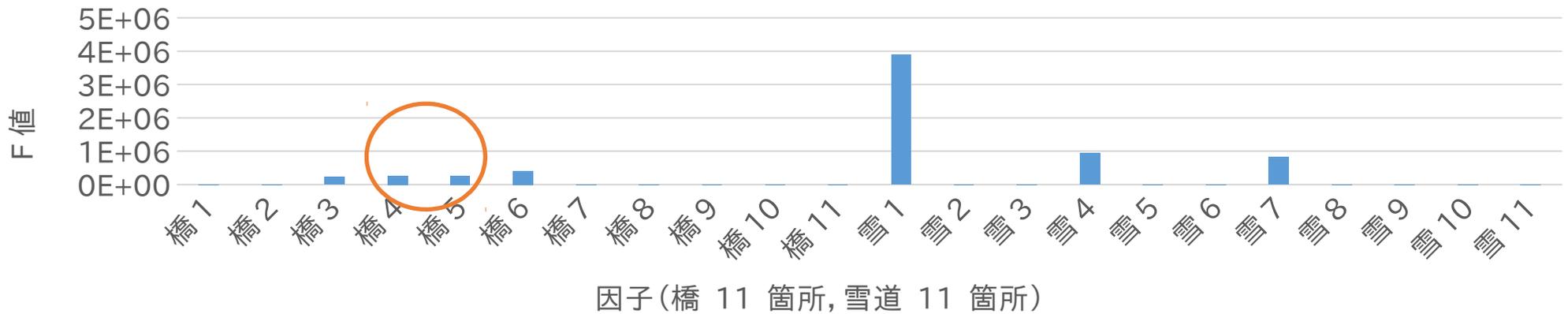


金沢市大野町で実施された「逃げ地図ワークショップ」で決定

結果

- 全組み合わせ 4,194,304 通りの実行結果
 - 320 CPU コア (産総研・理研・東大)
 - 約1ヶ月

主効果のみを考慮した避難時間データの分散分析 (N=4,194,304)



多目的最適化による 避難計画評価

産業技術総合研究所

松島裕康・野田五十樹

大阪西淀川区津波避難

(ネットワークフロー最大化(藤沢チーム)との比較を目指して。)

●スケール

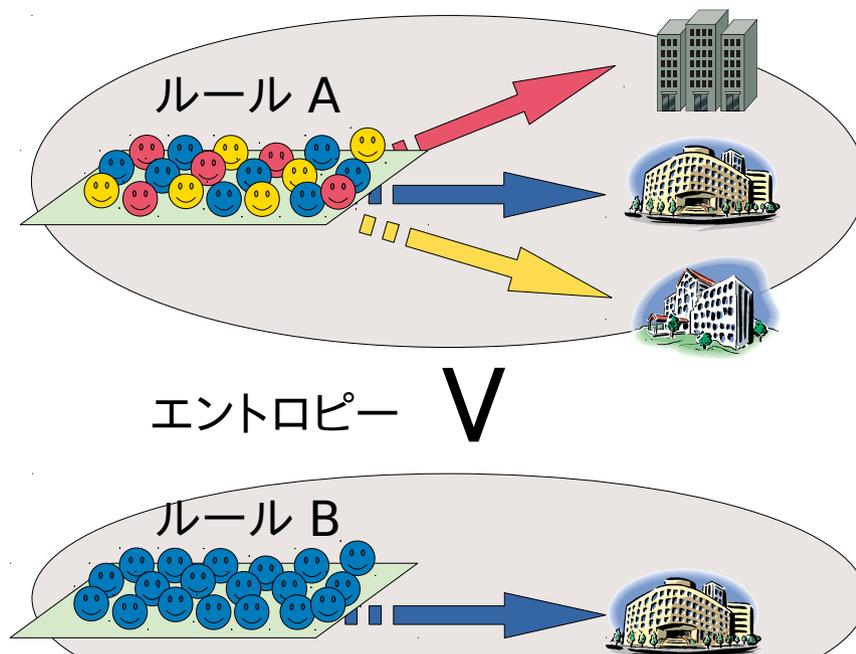
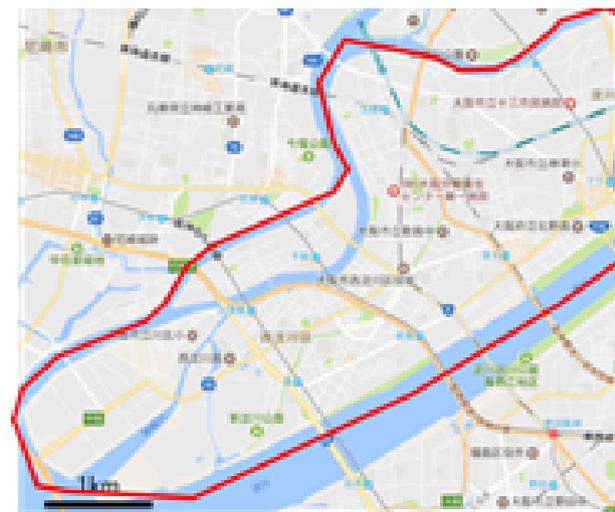
- ▶ 地図: 2933ノード、8924リンク
- ▶ 避難者: 49276人
- ▶ OD: 73の町丁目から経由点(533箇所から1つ)を経て86か所の避難場所へ。
 - 1町丁目につき、2つのグループに分割。

●全パラメータ数: 365

- ▶ 探索空間は $R^{73} \times 533^{146} \times 86^{146}$

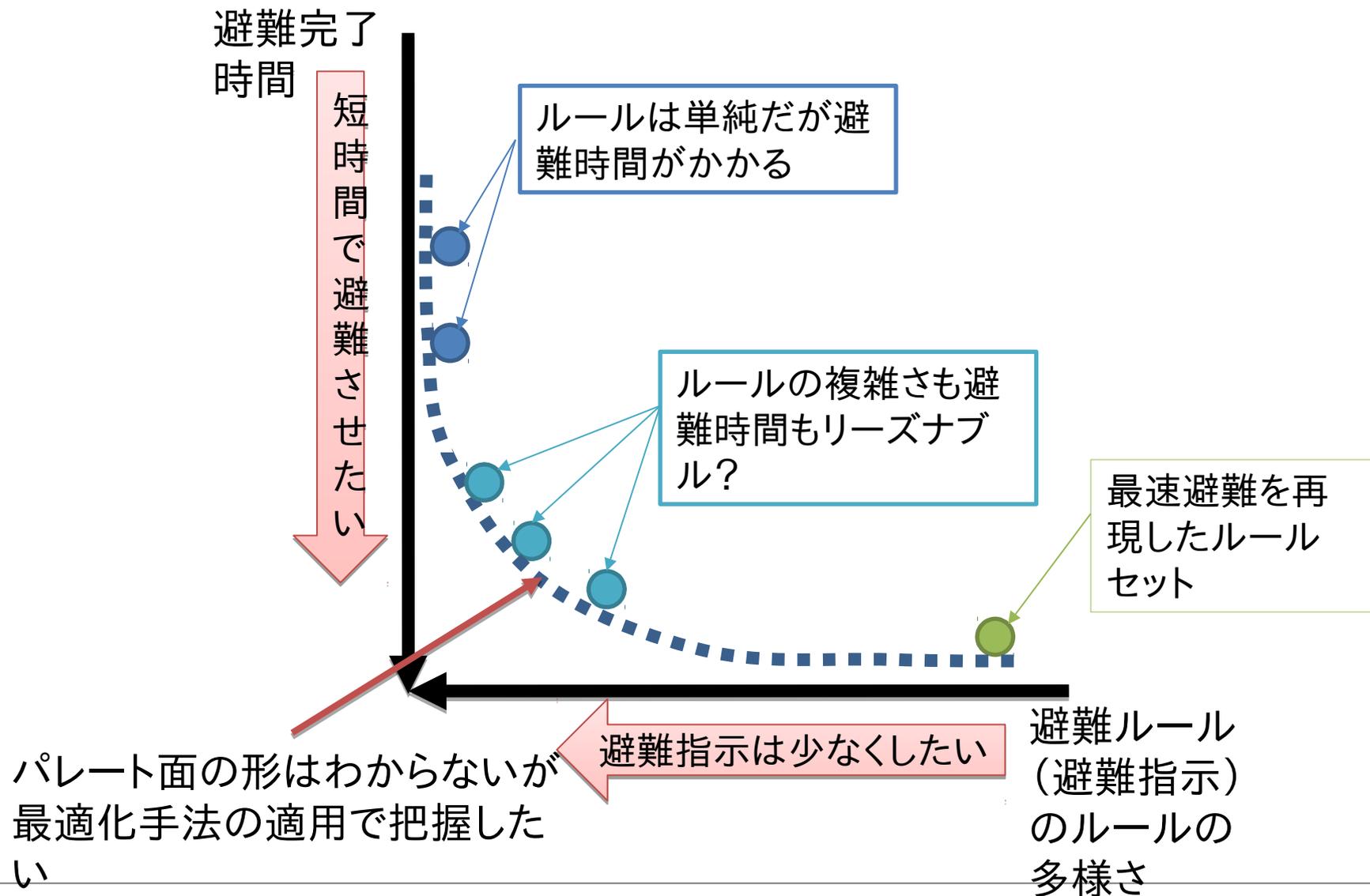
●評価軸:

- ▶ 避難時間
- ▶ 避難誘導ルールの複雑さ
 - = 同じ地区の逃げ方のバリエーションの多さ
 - = 同じ地区からの異なる逃げ方の人数比の情報エントロピー



避難時間と避難指示

- パレート最適なトレードオフ面を探したい



改良型NSGA-IIモジュール

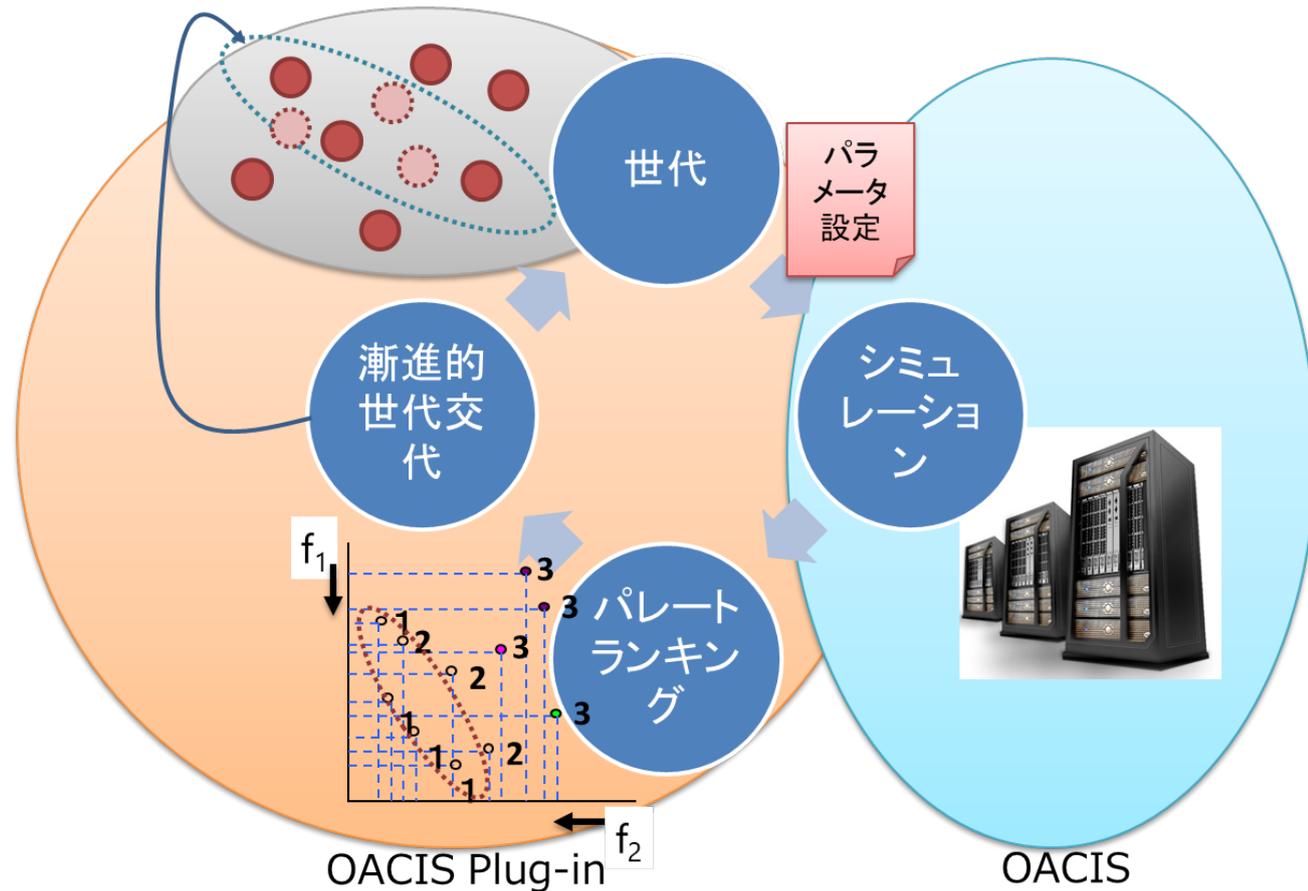
●NSGA-II:

▶ 遺伝的アルゴリズムによる多目的最適化手法

- パレートランキング
- 混雑度による子孫選択

●部分的世代交代:

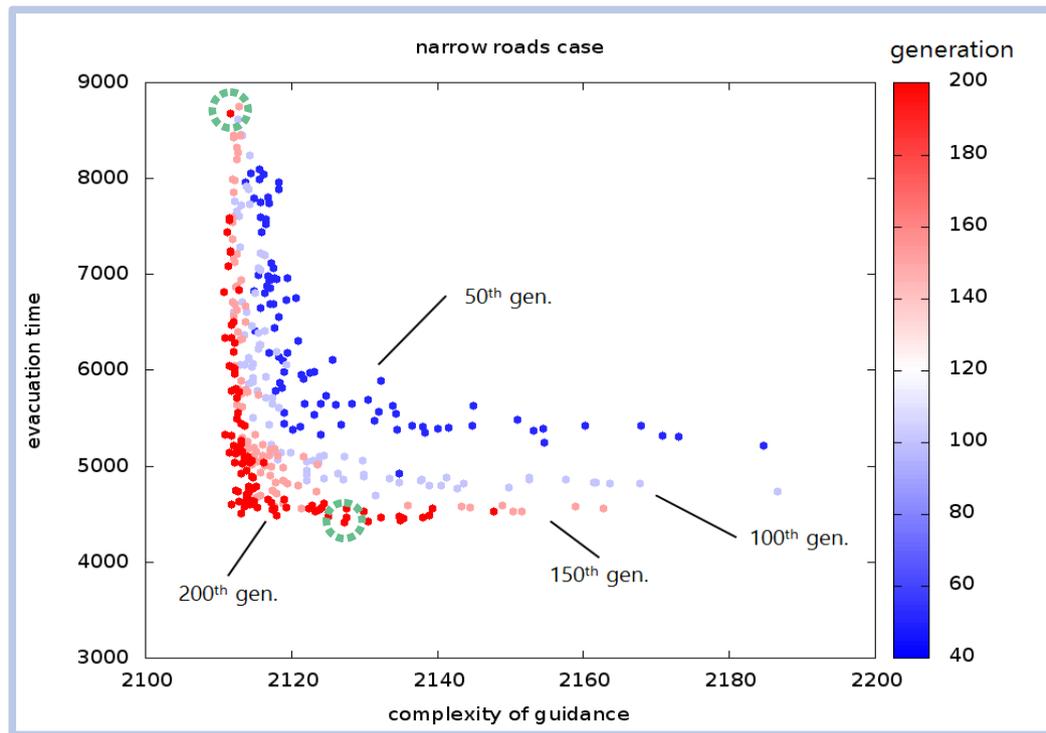
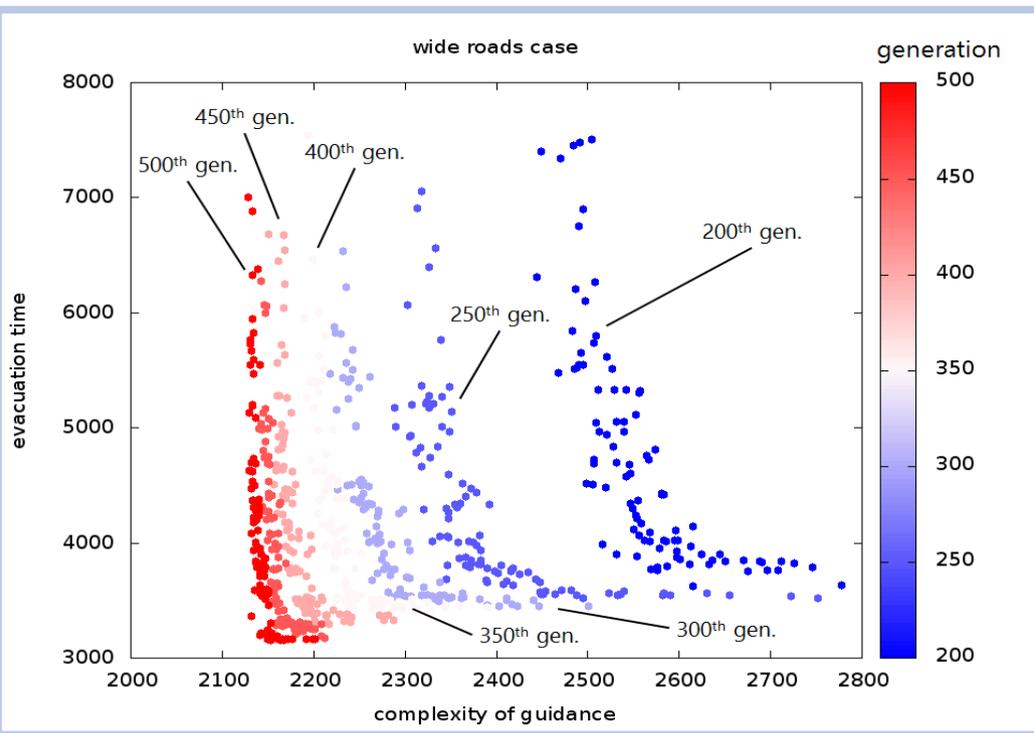
▶ HPCの並列性の有効活用



世代交代とパレート解

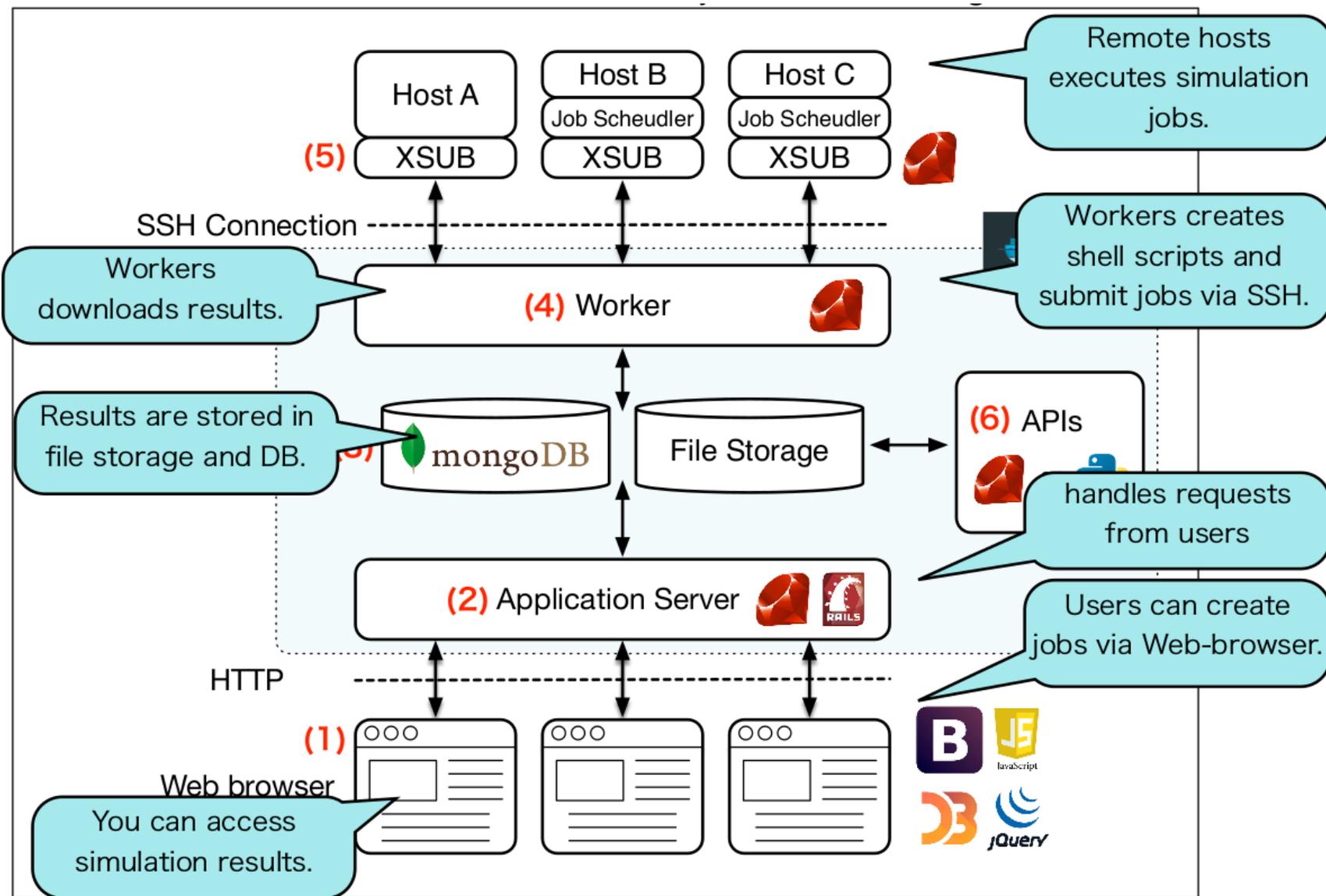
●大阪市淀川区での避難

- ▶ 車道も使ったシミュレーション(wide)
- ▶ 歩道だけのシミュレーション(narrow)



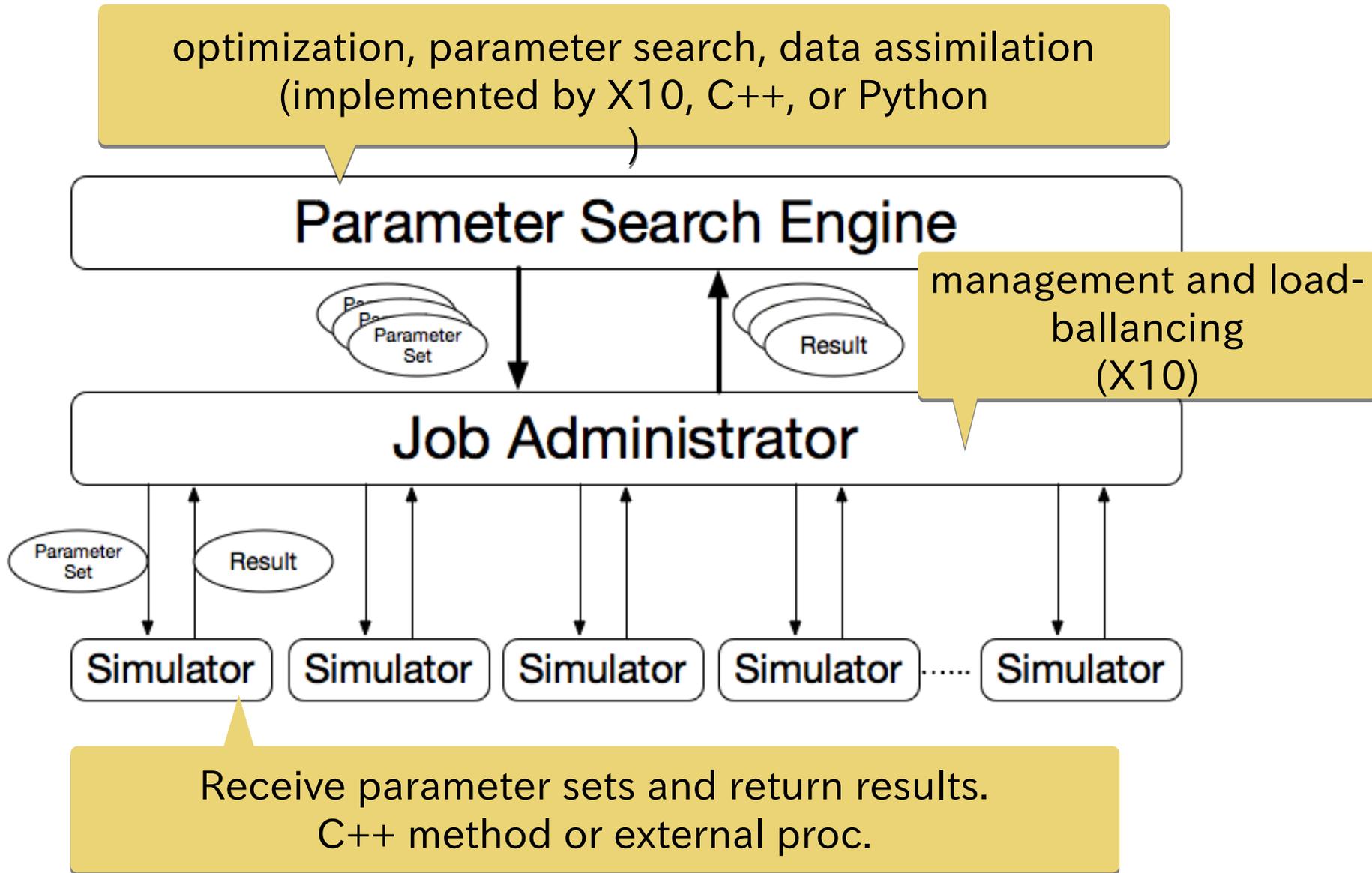
OACIS

Organizing Assistant for Comprehensive and Interactive Simulations



● Ruby on Rails + MongoDB, Unix-based OS

CARAVAN



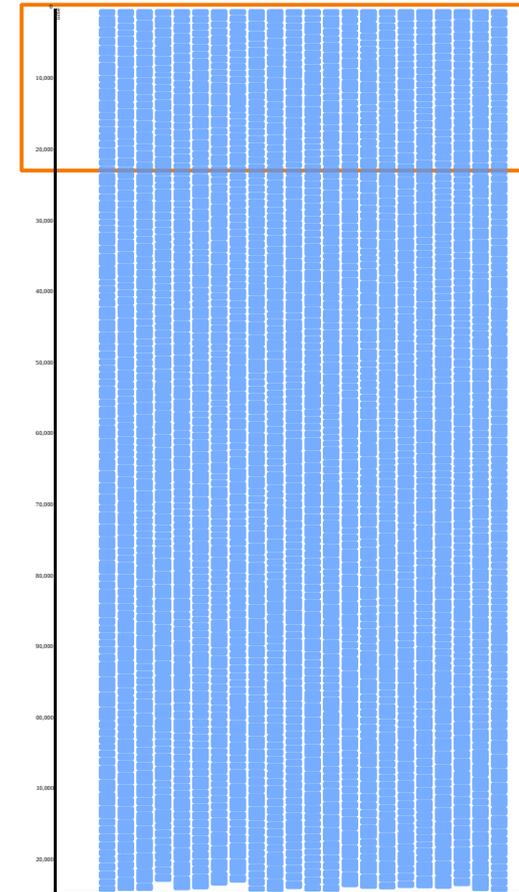
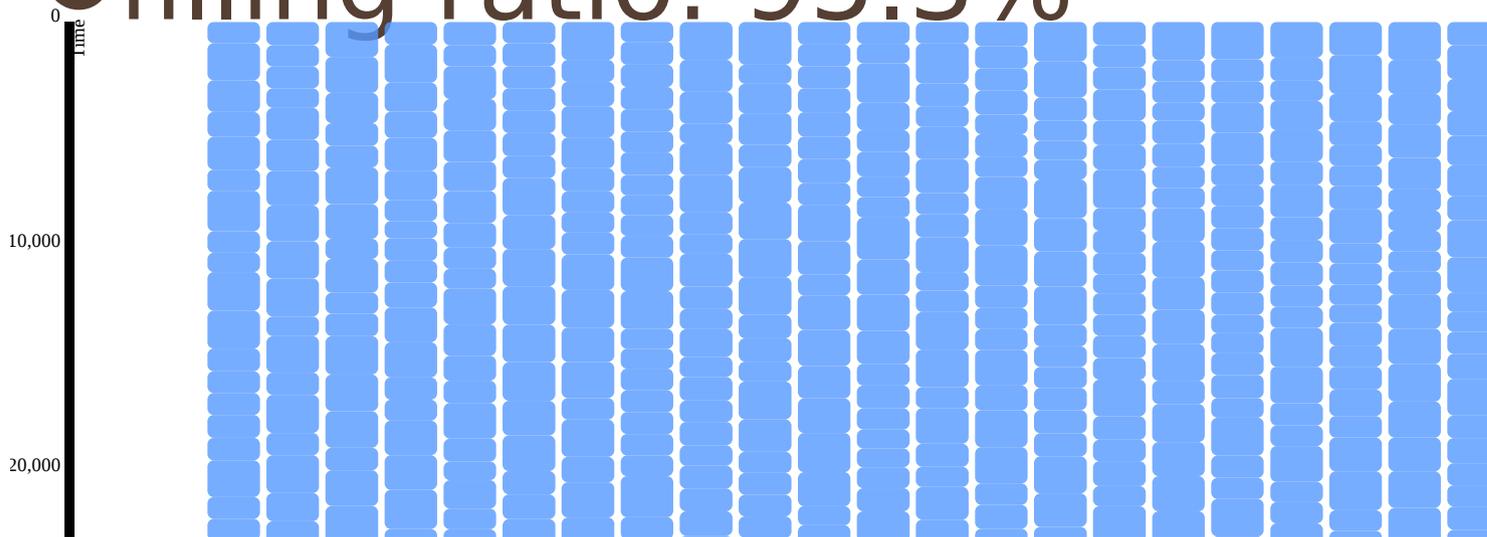
Performance of CARAVAN

- CARAVAN+NSGA-II+incremental alternation

- run CrowdWalk sessions

- 1 session: 10min – 30 min

- filling ratio: 95.3%



知識・技術・技能の伝承支援研究会
大規模に実行した避難訓練の知見をどう伝えるか？

人の流れの計測とシミュレーションによる 避難誘導方法の伝承

—新国立劇場における避難体験オペラコンサートを例に—

大西 正輝 † 山下 倫央 † 佐藤 和人 ‡ 星川 哲也 ‡

† 産業技術総合研究所 人工知能研究センター

‡ 新国立劇場運営財団

大規模避難訓練の知見を抽出・伝承する技術

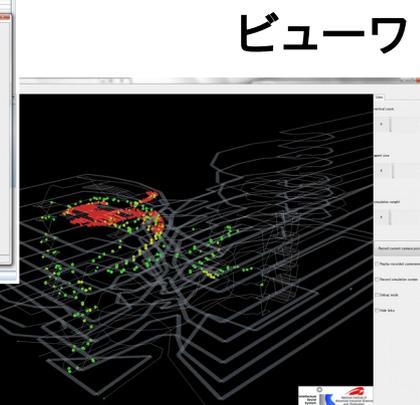
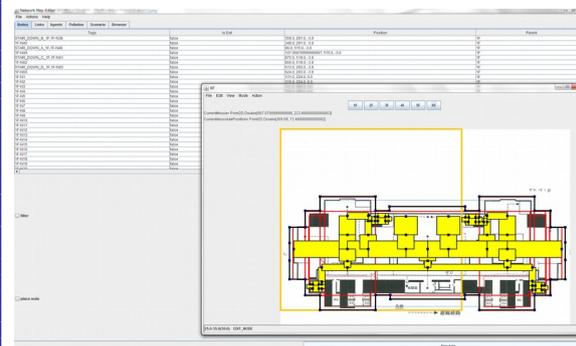
● 人の流れを計測する技術



Xtion (Kinect 相当)

- 画像認識
- 二段階ファジークラスタリングを用いた頭部のトラッキング
- 混雑環境においても三次元の人の流れを正確に計測

■ 人の流れを予測する技術



- 歩行者シミュレーション
- 一次元歩行者モデルで高速群集流動計算
- 複合施設や街区において 数千から数十万規模の人の流れを予測

避難体験オペラコンサート(募集)

- 日程：2014年8月31日(日)11:30開演
- 会場：新国立劇場オペラパレス
- 料金：無料
- 往復はがきやインターネットで応募・抽選
- プログラム

■ 新国立劇場オペラ研修所修了生による
オペラアリア、重唱など

■ コンサート中に震度5の地震によって
火災が発生する想定

■ 避難完了に再びコンサートの続きを鑑賞

● 出演

- 鈴木愛美(Sp)、後藤春馬(Bs-Br)、西村圭市(Br)、山田大智(Br)、伊藤達人(Tn)、今野沙知恵(Sp)、林よう子(Sp)、日浦真矩(Tn)、村松恒矢(Br)
- ピアノ：石野真穂、高田絢子



あっ!その時どうする

新国立劇場
避難体験
オペラコンサート

入場無料

日時：平成26年8月31日(日) 11:00開場 11:30開演(終了予定13:00頃)

会場：新国立劇場オペラパレス

出演：新国立劇場オペラ研修所修了生

【7期修了】鈴木愛美(Sp)
【12期修了】後藤春馬(Bs-Br)、西村圭市(Br)、山田大智(Br)
【14期修了】伊藤達人(Tn)、今野沙知恵(Sp)、林よう子(Sp)、
日浦真矩(Tn)、村松恒矢(Br)
【ピアノ】石野真穂、高田絢子
(Sp:ソプラノ、Br:バリトン、Tn:テノール、Bs-Br:バス/バリトン)

曲目：オペラアリア、重唱 他

有事の際にそなえて
～地震はいつ起きるかわからない～

「その時」に備え、今回、実際にお客様がご鑑賞中のコンサートでの地震発生を想定し、避難体験会を開催いたします。ついでには、その参加者(お客様)を募集いたします。コンサートを楽しむ一方で、災害時の劇場での避難行動をぜひご体験ください。

<お申し込み> 往復はがきまたはインターネットでお申し込みください

①お申し込み方法

- *往復はがき
 - 往復 (お客様⇒新国立劇場)
 - 宛先記入面：〒151-0071 渋谷区本町1-1-1 新国立劇場営業部「避難コンサート」係
 - 通信文記入面：お客様住所、氏名、電話番号、参加希望人数(4名まで)
 - 返信 (新国立劇場⇒お客様)
 - 宛先記入面：お客様住所
- *インターネット
 - <http://www.nntt.jac.go.jp/apply/drill.html>
 - 上記URLのフォームからお申し込みください。右のQRコードからもアクセスできます

②締切：平成26年7月31日(水)

往復はがきは当日消印有効、インターネットは7月31日23:59までの申し込み有効

③定員：1000名様。応募者多数の場合には抽選とさせていただきます

④入場可能年齢：就学前のお子様のご同伴・ご入場はご遠慮ください

⑤座席指定：ご参加される皆様は、当日、事前に指定させていただいたお席またはエリアにお座りいただきます(催しの性質上、上層席にお座りいただく場合もございます)

⑥詳細：ご参加いただく皆様には、8月中旬までに当日の参加方法等のご案内いたします。

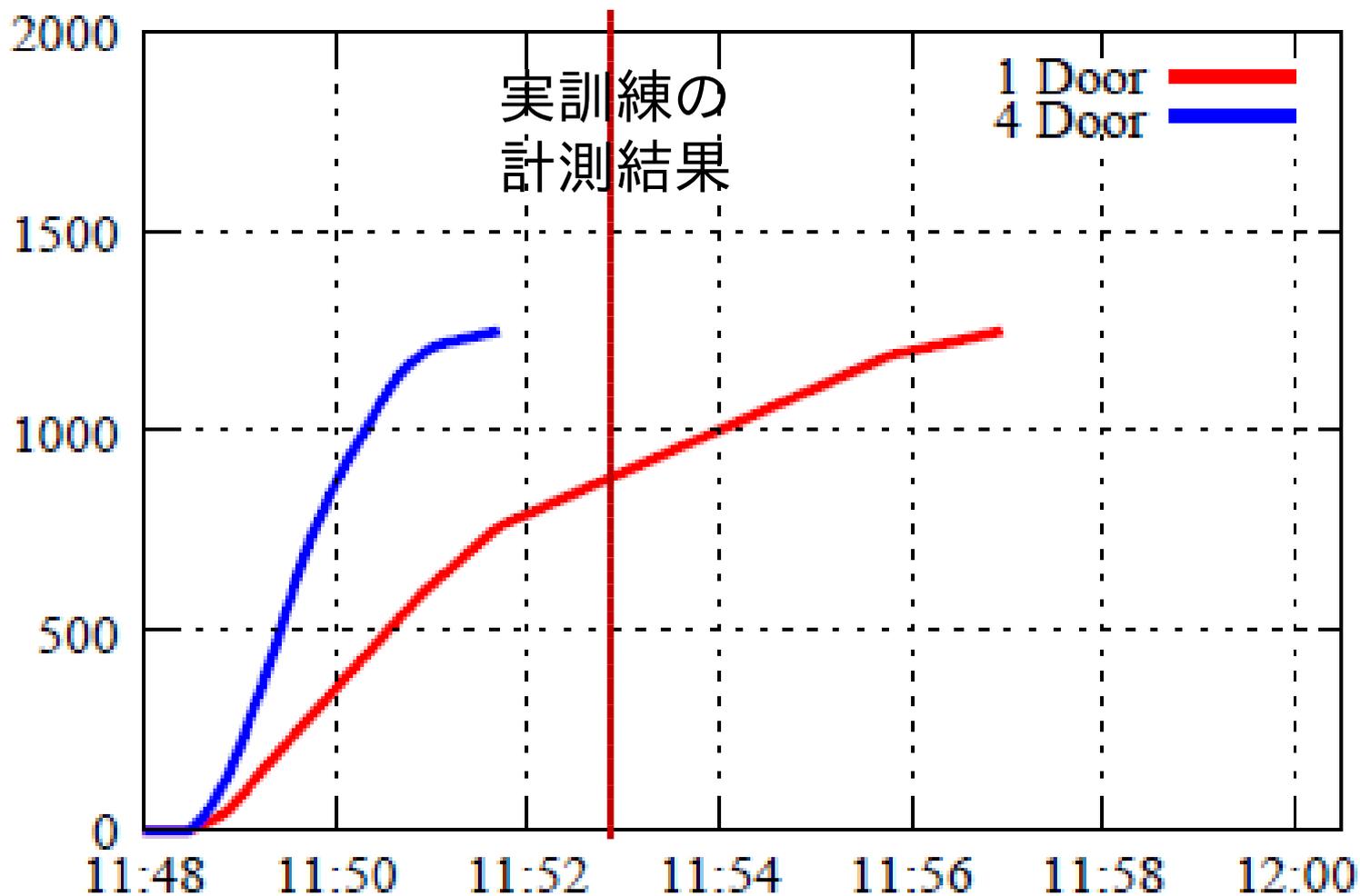
【協力：公益社団法人全国公立文化施設協会／東京都公立文化施設協議会／公共劇場舞台技術者連絡会】

<お問い合わせ> (公財)新国立劇場運営財団 営業部 公演事業課
Tel: 03-5351-3011(代) Fax: 03-5352-5744



人の流れのシミュレーション結果・評価

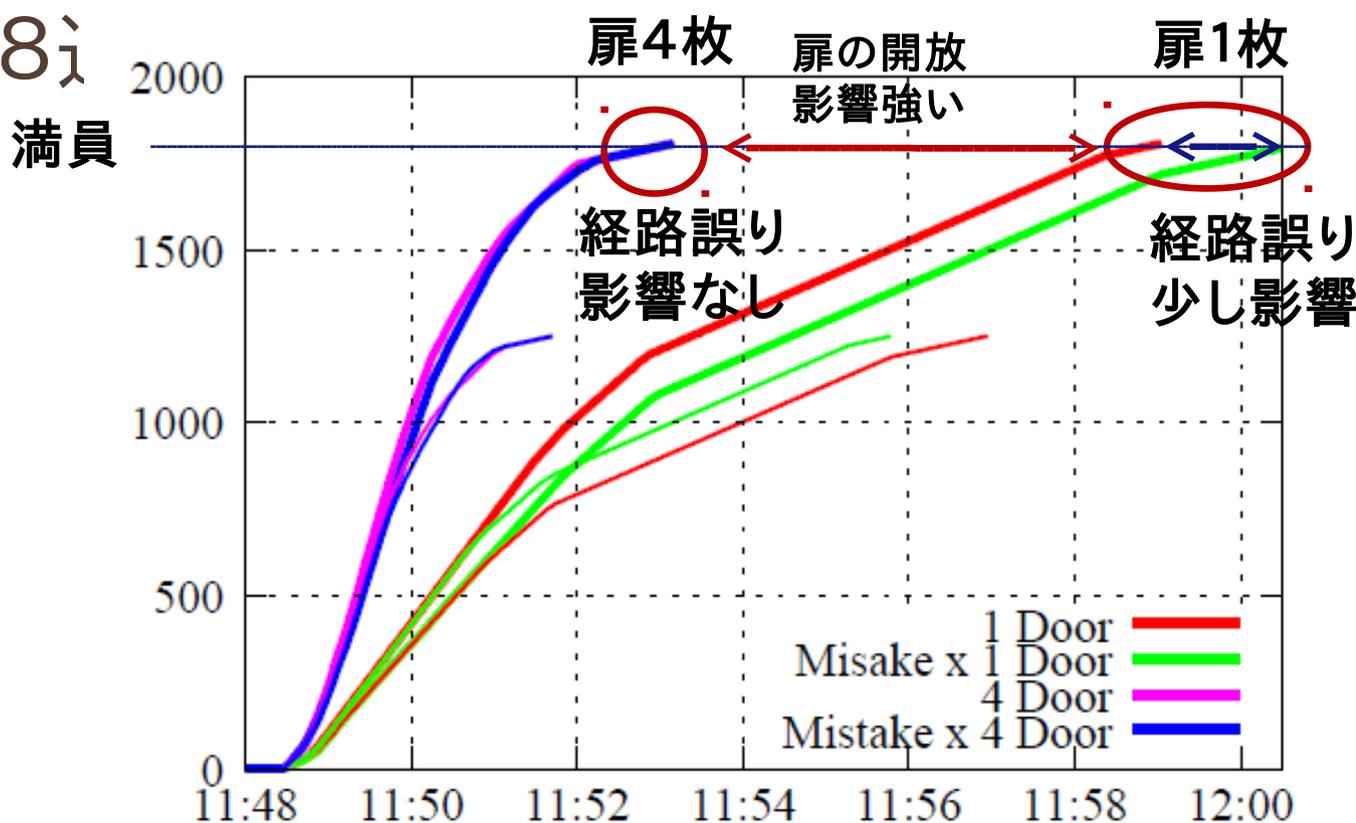
- 扉の開閉状況を現実と全く同じ状態にするのは困難



① 避難経路選択の誤りの影響

- 経路 (正解/誤り) × 扉 (1枚/4枚) × 人数 (実験/満員) 1300 / 1800

- 合計8回



失敗の組み合わせ方によって避難時間が大きく変化

HPCによる社会システム設計支援の可能性

●社会システム

▶ 様々な要素の複合体

■ 複数事象

- ◆ 事象別シミュレーションの連成

■ 複数の多様なステークホルダ

- ◆ 多目的最適化

▶ 不明確な境界条件

■ 境界条件の振れ幅が大きい

■ そもそも境界がはっきりしない

HPCによる社会システム設計支援の可能性

●社会システム

- ▶ モデルが未確定
 - 人間行動や思考のモデルは開発途上
 - 数値化・定量化の難しさ
 - 場合の数によるデータ同化
- ▶ 多数のステークホルダ
 - 目的関数が多様
- ▶ 曖昧な現象境界
 - 非独立事象・相互依存
 - 規模効果
 - 経年変化
- ▶ 不完全なビッグデータ
 - 不均一・不定形・不正確なデータ
 - ◆ データの不備を計算で補完する必要。
 - ◆ シンボル+パターン

複数事象連成

多目的最適化

網羅的評価

試行錯誤・
インタラクティブな
分析

例えば、
数時間～数週間の
turn-around time

計算社会科学のためのHPC

●開発環境

- ▶ 言語: java, ruby, python, ...
 - Fortran は使わない。
- ▶ テスト環境 = 実行環境
 - docker 機能のサポート
- ▶ 超並列クラウド計算機環境
 - MPI より ssh
 - 1コアあたりのメモリが多数。(知識や学習に必要)

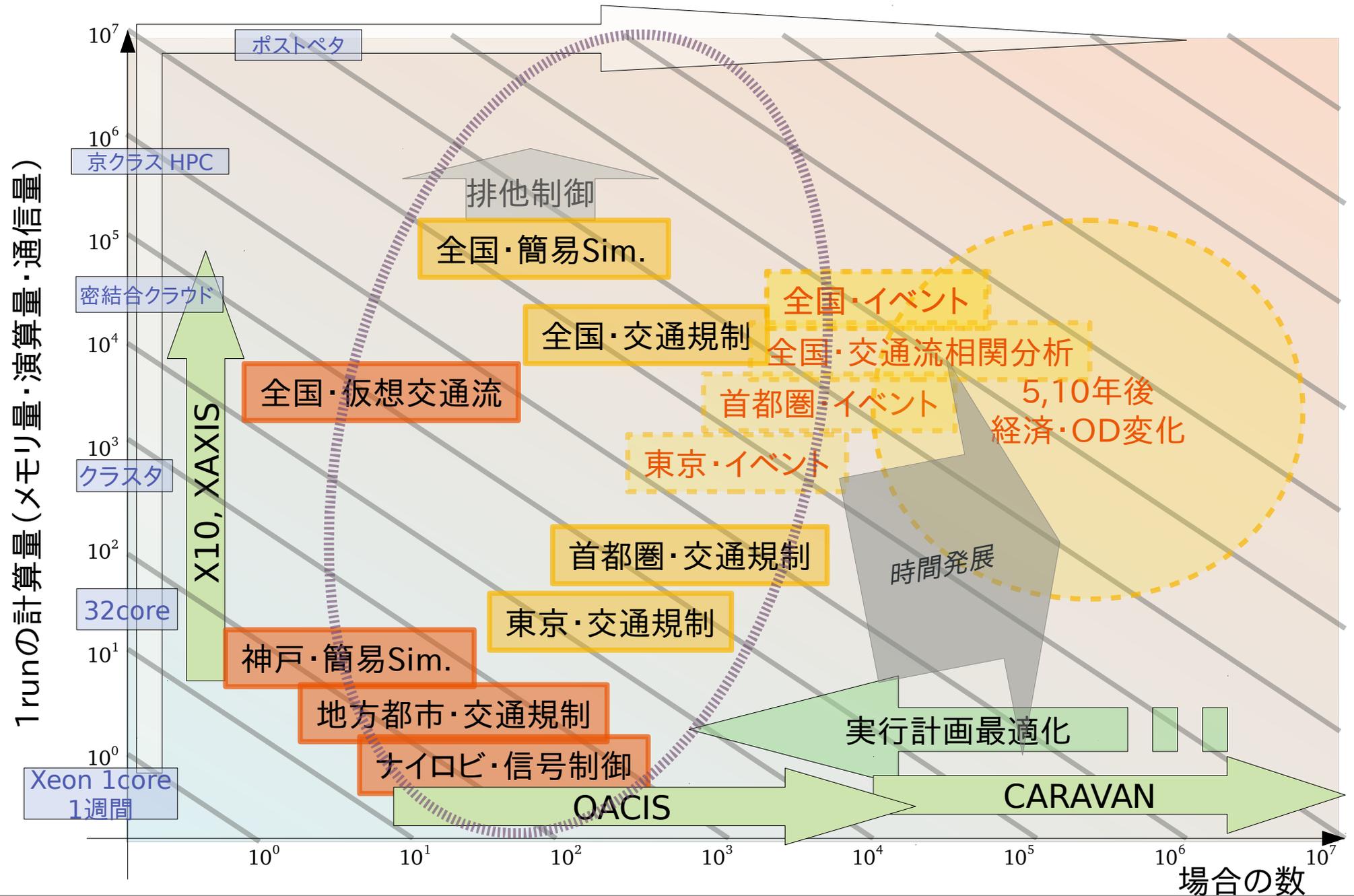
●並列性

- ▶ 必要なのは、バカパラ的性能。
 - ある意味、性能の無駄遣いかもしれない。
 - HPC の専門家は、フルスペック性能ばかり求める。
 - ◆ メモリ効率・CPU効率・通信効率
- ▶ 計算社会科学では、計算モデル探求が目的。
 - モデルの変更が研究そのもの。
 - ◆ モデルを固定して最適化する時間がない。

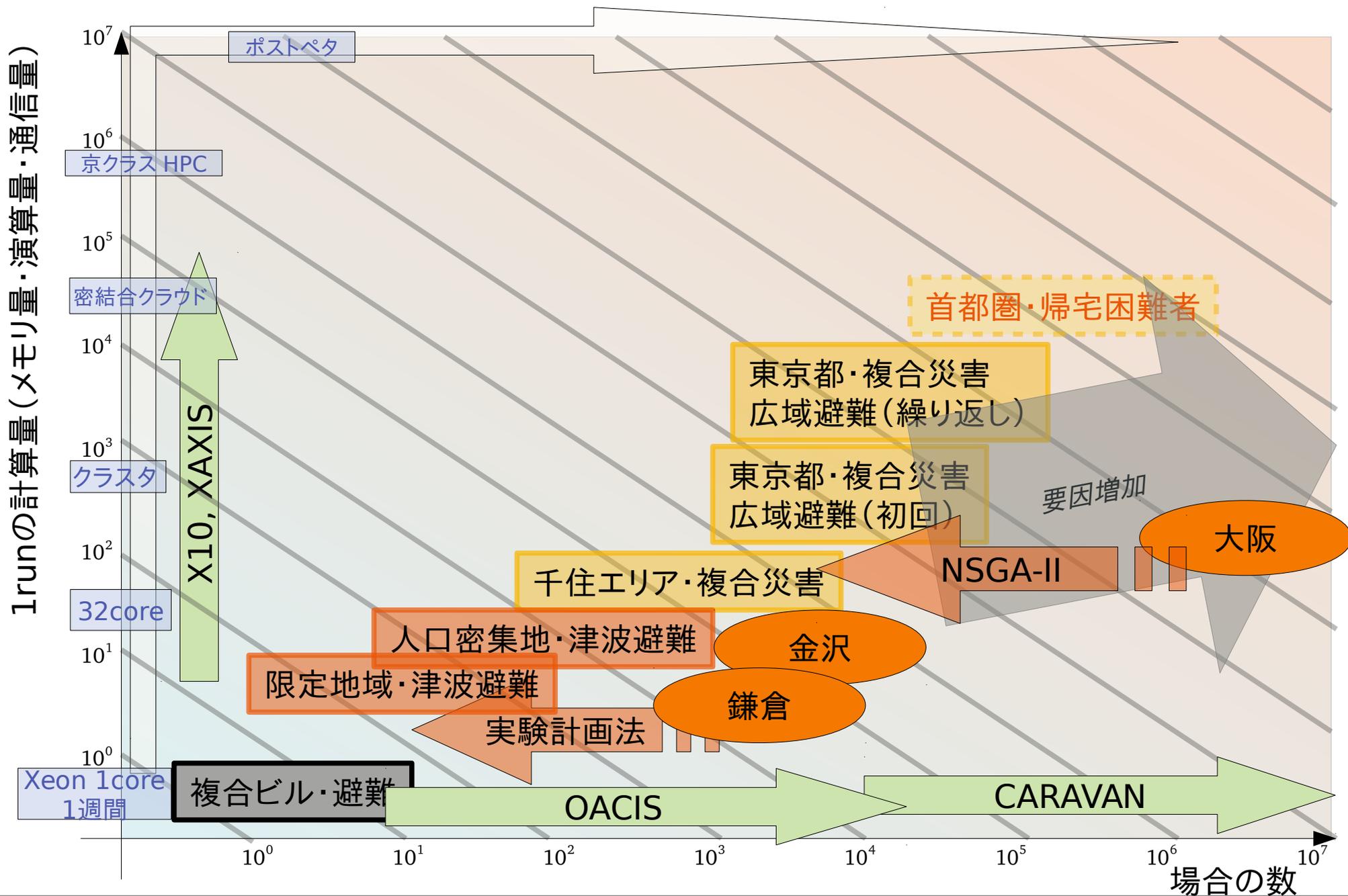
●運用面

- ▶ ジョブのタイプの自由度
 - コア数の動的配分、長時間実行

計算量ロードマップ(交通制御・分析)



人流・避難誘導



まとめ

- シミュレーションによる社会システム設計の事例
 - ▶オンデマンド型交通:SAVS
 - ▶大規模人流制御: CrowdWalk

- HPCによる社会設計支援の可能性
 - ▶例: MaaS

