

本講義資料のご利用にあたって

本講義資料内には、東京大学が第三者より許諾を得て利用している画像等や、各種ライセンスによって提供されている画像等が含まれています。個々の画像等の利用については、それぞれの権利者の定めるところに従ってください。

著作権が東京大学の教員等に帰属する著作物については、非営利かつ教育的な目的に限り複製および再配布することができます。

ご利用にあたっては、以下のクレジットを明記してください。

クレジット：

UTokyo Online Education 学術フロンティア講義「流れ」 2025A 関本義秀



人の流れプロジェクトの これまでの歩みとこれから

空間情報科学研究センター長・教授
デジタル空間社会連携研究機構・機構長
関本義秀

今日の内容

1. 人の流れPJの前史～初期
2. スマートフォンの登場
3. 手法論の進展
4. 人流データの利用
5. 法律と技術の兼ね合い
6. 全国擬似人流データの開発

関本研究室 空間情報科学研究センタ × +

↓ ← → ↻ 🏠 📑 ☆ 🔒 https://sekilab.iis.u-tokyo 80% ... 🛡️ ☆ 🔍 検索 📄 🌐 📦 他のブックマーク

🌐 Firefox を使いこなそう 🌐 ホーム | スタディサプリ EN... 🧯 新しいタブ

関本研究室 東京大学空間情報科学研究センター 東京大学生産技術研究所

Sekimoto Lab Center for Spatial Information Science, University of Tokyo
Institute of Industrial Science, University of Tokyo



- 概要 OVERVIEW
- ニュース NEWS
- 研究活動 RESEARCH
- メンバー MEMBER
- 業績 ARCHIEVEMENT
- リンク LINKS
- アクセス ACCESS

最近の研究結果 Recent research



2018-02-03
[My City Forecastの紹介ムービーを公開しました](#)
[An introduction video of My City Forecast is published](#)

人間都市情報学 Human Centered Urban Informatics



関本研究室は、都市の情報を扱う研究室で、2013年4月に、生産技術研究所人間・社会系部門にできたものです。その後、2020年12月に空間情報科学研究センターを本務として、全学のデジタル空間社会連携機構なども担当しています。

近年のダイナミックに変動する都市の課題は複雑・多様化していて、ある特定の権力、お金だけで簡単に解決できるものではありません。そうした中で、様々な人の持つ多様な力、想いを結集させる、つないでいくのは情報の力です。逆に言えば、情報技術をうまく使えば、ほんの少しの力で社会を動かすこともできるようになってきています。そんな、社会の基

簡単な自己紹介

- 2002
 - 東京大学社会基盤工学専攻博士課程修了
- 2002-2007
 - 国土交通省国土技術政策総合研究所・研究官
 - 道路基盤地図情報、道路工事完成図等作成要領、道路基準点、道路区間ID、動線解析プラットフォーム等
- 2007-2013
 - 東京大学空間情報科学センター（CSIS）
- 2013-
 - 東京大学生産技術研究所（IIS）
- 2020-

広がる社会基盤の裾野

～情報の力で自ら社会を少し動かしてみる

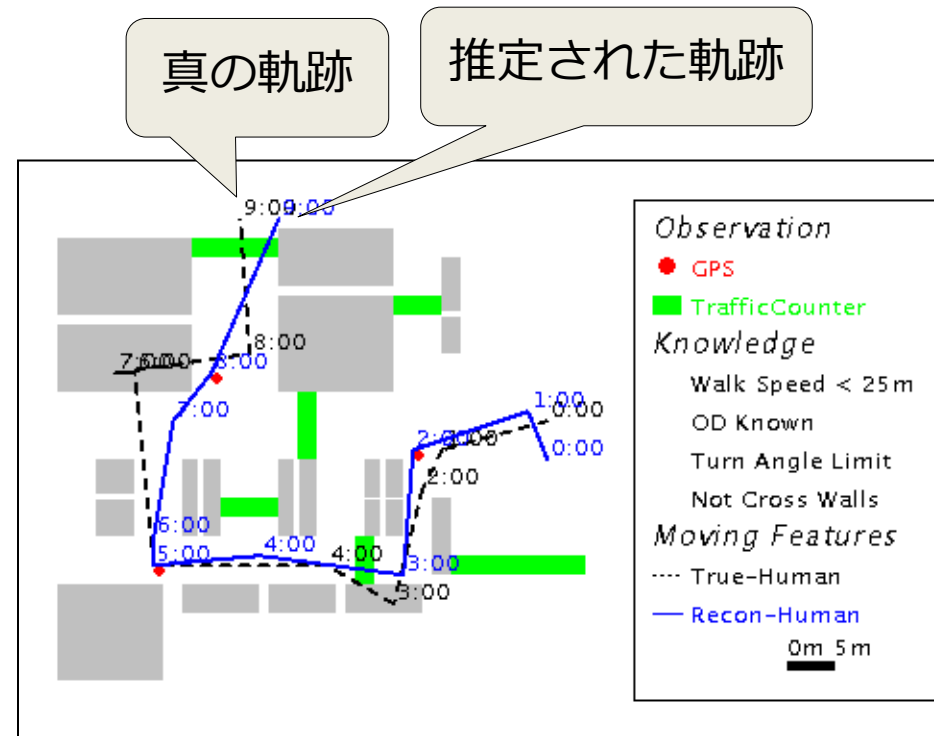


1. 人の流れPJ前史～初期

もともと社会のダイナミクスに興味 (とくに人を中心とした大規模なもの)

- 博士論文 (2002年) 「多様なデータを用いた実世界変化の再構成手法に関する基礎的研究」
- この頃は計算機や規模も小さく・・・

第 5 章	再構成の精度向上と計算時間の効率化	40
5.1	再構成問題にマッピングする際の精度・効率向上方法	41
5.1.1	地物の表現の工夫	41
5.1.2	観測の表現の工夫	43
5.1.3	知識による地物の表現	50
5.2	GA による最適化問題にマッピングする際の精度・効率向上方法	59
5.2.1	GA のパラメータの比較	59
5.2.2	遺伝子表現における解像度の比較	61
5.2.3	知識を利用した遺伝子の初期生成	63
5.2.4	知識を利用した遺伝子の交叉	63
5.3	計算機処理時の精度・効率向上方法	66
5.3.1	プログラム実行環境の検討	66
5.3.2	並列化による分散処理の検討	67
第 6 章	大規模問題への適用に関する考察と試算	68
6.1	概要	68
6.2	規模の定義	69
6.3	問題の規模と収束に必要な観測オブジェクト数と世代数との関係	70
6.4	展示会場を想定した人の流動再現	70
6.5	都市圏における人々の一日の行動再現への適用可能性の検討	74
第 7 章	結論と今後の課題	75
7.1	結論	75
7.2	今後の課題	76
付録 A	四次元ライブラリの構築	77
A.1	時間に関する研究の流れ	77
A.2	地理情報における標準化活動の現状	80
A.3	四次元ライブラリパッケージの構築	80
A.3.1	空間における幾何形状パッケージ	80



動線解析プラットフォームを考える！ (国総研時代)

出典 国土技術政策総合研究所

都市空間における動線解析プラットフォーム研究会

研究会について

研究テーマ

実施経緯

動線解析プラットフォームとは

基本的な考え方

閲覧サービス

APIサービス

社会実験

社会実験計画

社会実験結果報告 (工事中)

研究会テーマ

「IT新改革戦略(平成18年1月)」では、ITを活用して仕事の形や生活のあり方を変えていく構造改革とそのための基盤整備についての方策がまとめられ、ITによる防災・治安の確保等国民の安全・安心に関するものが柱のひとつとなっています。

近年の都市構造の複雑化、国民生活の多様化により、都市空間における利便性・快適性の充実や、安全性確保が求められており、その実現のために人の移動・潜在状況について把握することが必要です。

人の移動や滞在は、従来からの交通調査に加え、個人レベルでは様々なIT機器を用いた計測や、経路探索プログラム(鉄道経路時刻表等)、デジタル地図による位置・滞在の精緻化が可能になっています。

今後、国民の安全・安心という視点から、多くの人の移動・滞在状況を迅速かつ効率的に処理し、俯瞰・把握するためには、様々な技術を視野に入れた動線解析のための共通的な情報基盤が必要です。



以上の背景のもと、平成18年度に産官学の関係団体からなる「動線解析プラットフォーム研究会」(委員長: 東京大学 空間情報科学研究センター長 柴崎教授)を設立しました(委員名簿)。18年度は4回の研究会を開催し、関連する技術(情報収集・処理)・情報活用(ニーズ・制度面の課題など)の範囲に渡る活発な議論を行って

パーソントリップ調査の活用のアイデアなどもこの時

空間情報は動くものへ ～「人の流れプロジェクト」

東京大学 空間情報科学研究センター 人の流れプロジェクト



人の流れプロジェクト Person Flow Project

HOME SITEMAP

▶ 本サイトについて

本サイトは、東京大学空間情報科学研究センター「人の流れプロジェクト」に関するサイトです。「人の流れプロジェクト」は、交通・防災・観光・マーケティングの分野などにおいて近年見られる、都市空間でダイナミックに変化する人々の流れを俯瞰したいというニーズに対応するために進めている様々な技術やデータを取り扱うものです。現在は以下のプロジェクトを行っています。

- 時空間データクリーニングサービス
- 時空間データ提供サービス

サービスのご利用は、ユーザ登録を行っていただく必要がございます。詳細は、「[ご利用手続き](#)」をご確認ください。

メインメニュー

- ホーム
- ニュース
- プロジェクト概要
- ご利用手続き
- お問い合わせ

検索



検索

高度な検索

これらのサービスは、現在、[動線解析プラットフォーム](#)のWebAPIを通じて行われて、[システムの構築にあたっては一部、国土交通省国土技術政策総合研究所の技術協力をいただ](#)

▶ 最新のお知らせ

- [ご利用手続き方法を変更しました](#) (2008-09-08)
- [サイト構成を変更しました](#) (2008-09-08)
- [「時空間データクリーニングサービス」を開始しました](#) (8/8現在関東地方のみ。今後順次拡大予定) (2008-08-08)
- [WebAPI仕様書Ver1.10を公開しました](#) (2008-08-08)
- [「時空間データクリーニングサービス」開始予定について](#) (2008-07-31)

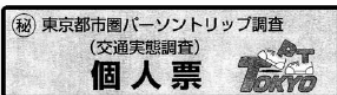
CSISでは2008年7月に、[人の流れプロジェクト](#) (<http://pflow.csis.u-tokyo.ac.jp>) を立ち上げ、人の行動データを処理し、人の流れに関するデータを提供。

パーソントリップデータの活用

- 現在は各地域で行われているPT調査データを主に活用。
- 時空間位置が断片的だが偏りのない多数のサンプルが魅力。

この調査は、総務庁の承認を得た統計調査です。
承認番号：212121
承認期間：平成11年1月31日まで

この調査は、毎様の1日のトリップを教えたいただき、将来の交通計画をたてる基礎資料を得るために行うものです。この調査票に記入されたことは、この目的以外に使用いたしません。



■ 記入についてのお願
 ・記入はなるべく黒の筆記具でお願します。
 ・自答は、の部分(自答欄)に記入して下さい。
 ・自答欄に番号がついている場合は、該当する番号を○で囲んで下さい。
 ・自答欄に〔 〕がついている場合は、具体的に数字や文字で記入して下さい。

建設省
茨城県 埼玉県
千葉県 東京都
神奈川県 横浜市
川崎市 千葉市

ゾーン	バス	地下鉄	その他
1	2	1	2
トリップ		トリップ	

① 世帯票でのあなたの個人番号をお答え下さい
個人番号 []番

スタート

1日のはじめにいたところ

施設の種類は [] 左の表1から選択

② 施設の種類は [] 左の表1から選択

③ 施設の種類は [] 左の表1から選択

④ 施設の種類は [] 左の表1から選択

⑤ そこに行かれた目的は [] 左の表2から選択

⑥ 移動の際、荷物を運びましたか []

⑦ 移動の際、荷物を運びましたか []

⑧ 移動の際、荷物を運びましたか []

⑨ 移動の際、荷物を運びましたか []

⑩ 移動の際、荷物を運びましたか []

⑪ 移動の際、荷物を運びましたか []

⑫ 移動の際、荷物を運びましたか []

⑬ 移動の際、荷物を運びましたか []

⑭ 移動の際、荷物を運びましたか []

⑮ 移動の際、荷物を運びましたか []

⑯ 移動の際、荷物を運びましたか []

⑰ 移動の際、荷物を運びましたか []

⑱ 移動の際、荷物を運びましたか []

⑲ 移動の際、荷物を運びましたか []

⑳ 移動の際、荷物を運びましたか []

㉑ 移動の際、荷物を運びましたか []

㉒ 移動の際、荷物を運びましたか []

㉓ 移動の際、荷物を運びましたか []

㉔ 移動の際、荷物を運びましたか []

㉕ 移動の際、荷物を運びましたか []

㉖ 移動の際、荷物を運びましたか []

㉗ 移動の際、荷物を運びましたか []

㉘ 移動の際、荷物を運びましたか []

㉙ 移動の際、荷物を運びましたか []

㉚ 移動の際、荷物を運びましたか []

㉛ 移動の際、荷物を運びましたか []

㉜ 移動の際、荷物を運びましたか []

㉝ 移動の際、荷物を運びましたか []

㉞ 移動の際、荷物を運びましたか []

㉟ 移動の際、荷物を運びましたか []

㊱ 移動の際、荷物を運びましたか []

㊲ 移動の際、荷物を運びましたか []

㊳ 移動の際、荷物を運びましたか []

㊴ 移動の際、荷物を運びましたか []

㊵ 移動の際、荷物を運びましたか []

㊶ 移動の際、荷物を運びましたか []

㊷ 移動の際、荷物を運びましたか []

㊸ 移動の際、荷物を運びましたか []

㊹ 移動の際、荷物を運びましたか []

㊺ 移動の際、荷物を運びましたか []

㊻ 移動の際、荷物を運びましたか []

㊼ 移動の際、荷物を運びましたか []

㊽ 移動の際、荷物を運びましたか []

㊾ 移動の際、荷物を運びましたか []

㊿ 移動の際、荷物を運びましたか []

① 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

② 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

③ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

④ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑤ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑥ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑦ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑧ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑨ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑩ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑪ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑫ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑬ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑭ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑮ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑯ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑰ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑱ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑲ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

⑳ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㉑ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㉒ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㉓ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㉔ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㉕ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㉖ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㉗ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㉘ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㉙ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㉚ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㉛ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㉜ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㉝ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㉞ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㉟ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㊱ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㊲ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㊳ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㊴ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㊵ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㊶ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㊷ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㊸ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㊹ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㊺ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㊻ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

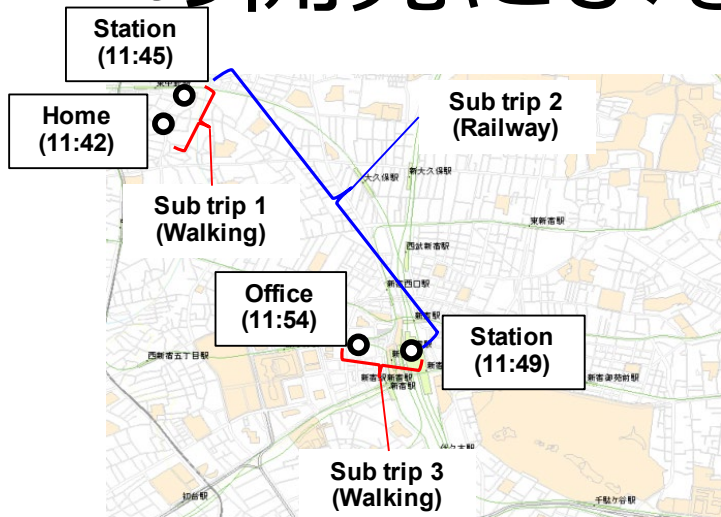
㊼ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㊽ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

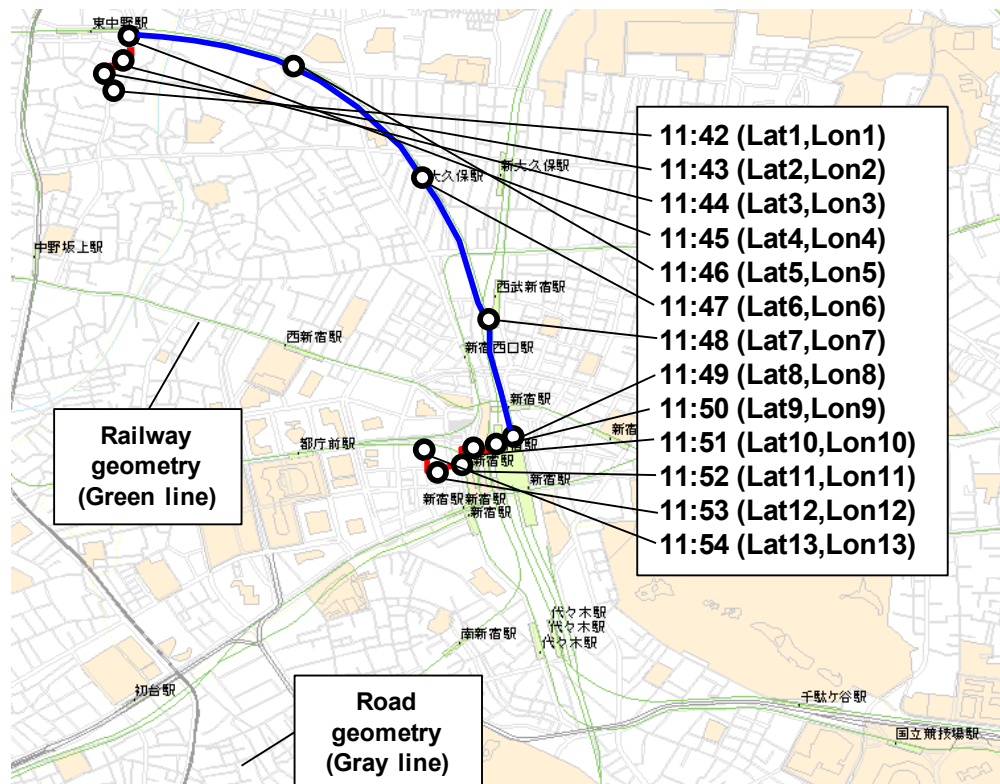
㊾ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

㊿ 世帯票の個人番号 [] 2. 家族以外 [] 人

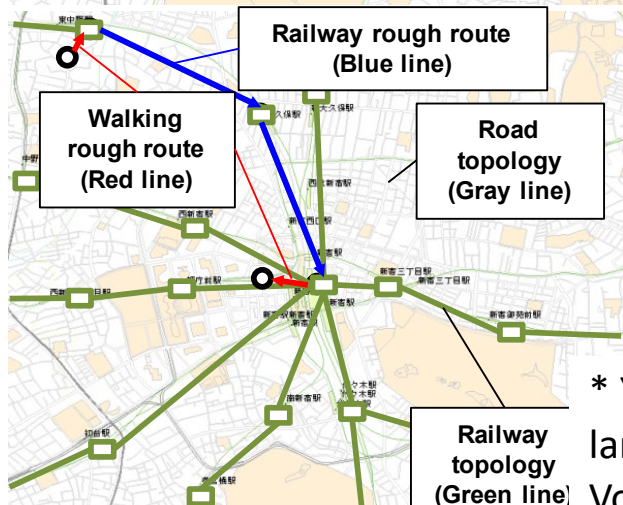
断片的なデータからの時空間内挿技術 の開発による「人の流れデータ」



Step1. 各トリップデータのジオコーディング



Step3. ネットワークの地理形状に基づく
1分間隔の時空間位置の内挿



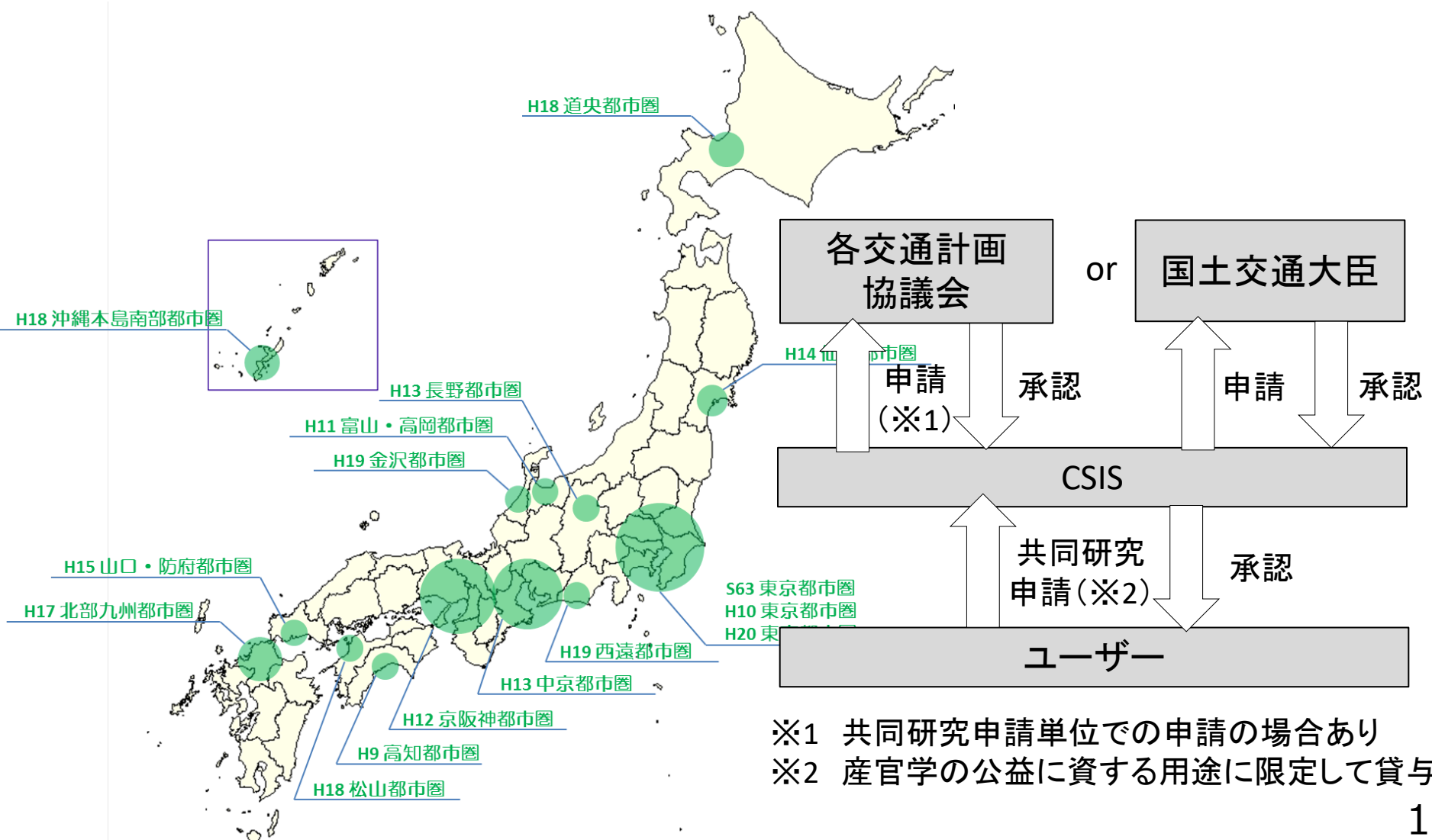
Step2. 各トリップの経路探索

* Y. Sekimoto et al. "PFLOW: Reconstruction of people flow by recycling large-scale fragmentary social survey data", *IEEE Pervasive Computing* Vol.10, No.4, pp.27-35, Oct.-Dec. 2011.

首都圏人流の三次元可視化

3D visualization with 1-km² mesh

人の流れデータのアーカイブ化 (現在36都市圏述べ600万人分提供中)



社会インフラとしての可能性

(PTデータ・プラットフォームの利用例：共同研究事例より)

- 「人の行動特性に応じた購買ポテンシャルの可視化とマーケティング活動への影響(No.197)」 (東大CSIS-i)
- 「商業集積に於けるロジットモデルを用いた個人選択行動に関する研究 (No.312)」 (東大生産技術研究所)
- 「可搬型パーソナルモビリティによる都市交通体系の効率化に関する研究(No.204)」 (東大生産技術研究所)
- 「**新型コロナウイルス伝播モデルに関する研究(No.216)」** (東大生産技術研究所)
- 「動線解析プラットフォームを用いた仙台都市圏における旅客流動再現(No.223)」 (中央大学)
- 「個人情報の匿名化とその2次利用について (情報大航海プロジェクト) (No.244)」 (日本情報処理開発協会等)
- 「GISを用いた都内分娩施設のアクセス評価(No.246)」 (東大医学系研究科)
- 「統合システム解析による空間詳細な排出・土地利用変化シナリオの開発(No.253)」 (国立環境研究所)
- 「パーソントリップデータを用いた消費者吸引モデルの検討(No.256)」 (合併会社ファインアナリシス)
- 「GISによる時空間行動分析のための時空間データモデルの開発(No.258)」 (首都大学東京)
- 「GISを用いた災害リスク調査(No.261)」 (愛知工業大学)
- 「都市交通計画における統計情報の活用(No.267)」 (立命館アジア太平洋大学)
- 「位置情報と移動時間を考慮した移動軌跡からのパターン検出(No.268)」 (神戸大学)

共同研究 約300件

など

文部科学省科学研究費 若手(A)「社会インフラとしての「人の流れ」データの効率的な再現技術の構築」, 2009-2011

2. スマートフォンの登場

例1) 多くの人々の流動を把握する

非公開のため削除します。

14:46:40

例2) 一人の長期データを蓄積する (定時通勤型?)

非公開のため削除します。

例3) 一人の長期データを蓄積する (忙しい営業型??)



非公開のため削除します。

00:00:00

15年ほど前からNatureにも

著作権の都合により書影を削除しました

nature

Volume 505 Issue 7483,
16 January 2014

<https://www.nature.com/nature/volumes/505/issues/7483>

- Understanding individual human mobility patterns (2008)
- Predicting human activity (2010)
- Understanding mobility in a social petri dish (2012)
- Unraveling the origin of exponential law in intra-urban human mobility (2012)
- Understanding Road Usage Patterns in Urban Areas (2012)
- A universal model for mobility and migration patterns (2013)
- Approaching the Limit of Predictability in Human Mobility (2013)
- Diversity of individual mobility patterns and emergence of aggregated scaling laws (2013)

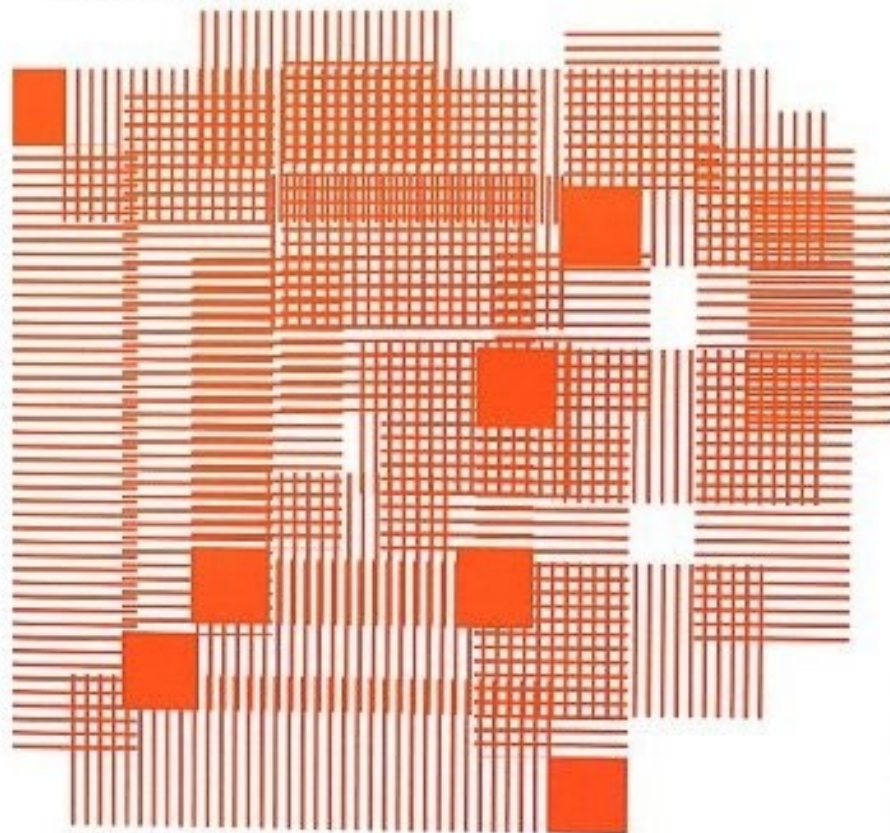
バースト! 人間行動を
支配するパターン

BURSTS

The hidden pattern behind everything we do

アルバート=ラズロ・バラバシ [著] 香木麻 [監訳] 堀原通緒 [訳]

Albert-László Barabási



アルバート=ラズロ・バラバシ

『バースト! 人間行動を支配するパターン』NHK出版(2012)

災害時の避難行動分析（地震）

- Cross-comparative analysis of evacuation behavior after earthquakes using mobilephone data, *PLoS ONE* 14(2):e0211375, 2019, Takahiro Yabe, Yoshihide Sekimoto, Kota Tsubouchi, Satoshi Ikemoto
- 日本の主要な地震時の避難率をGPSデータから求めたもの。

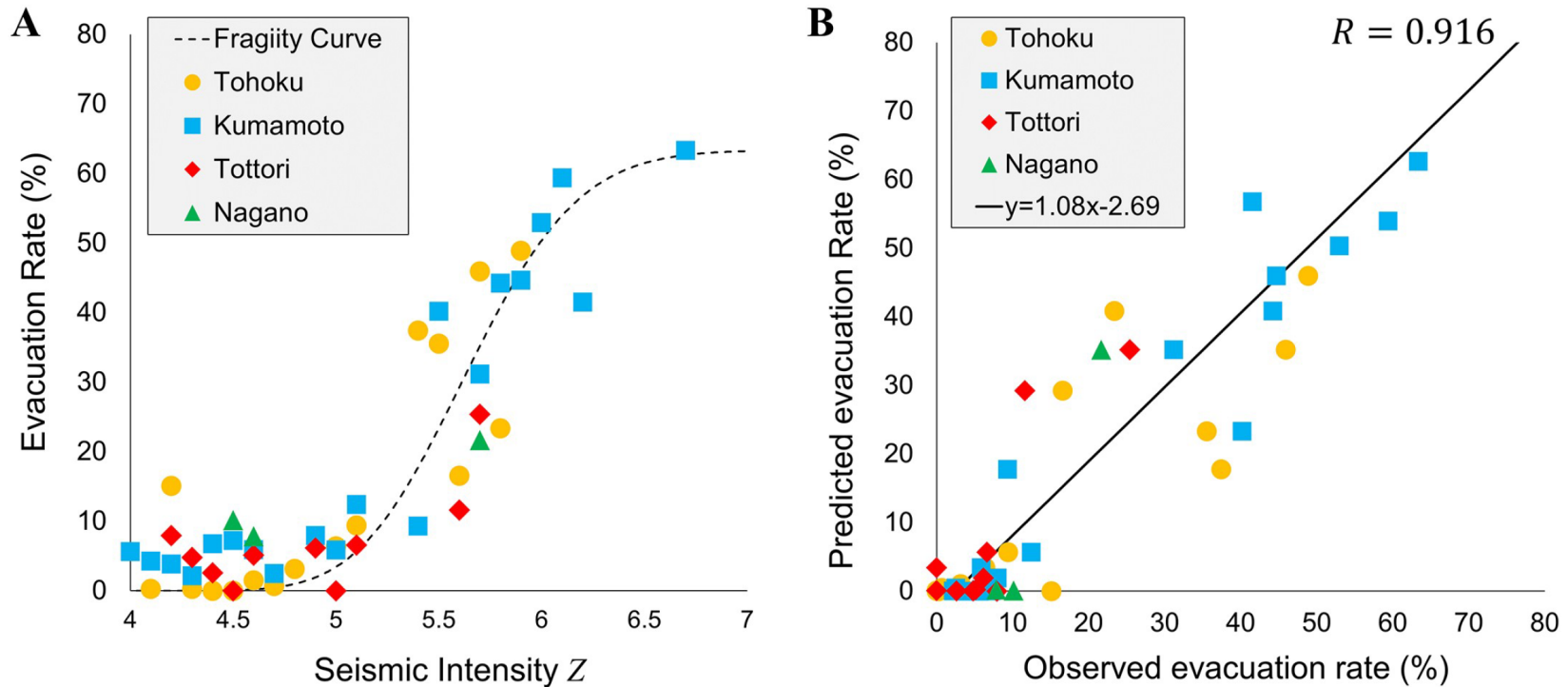
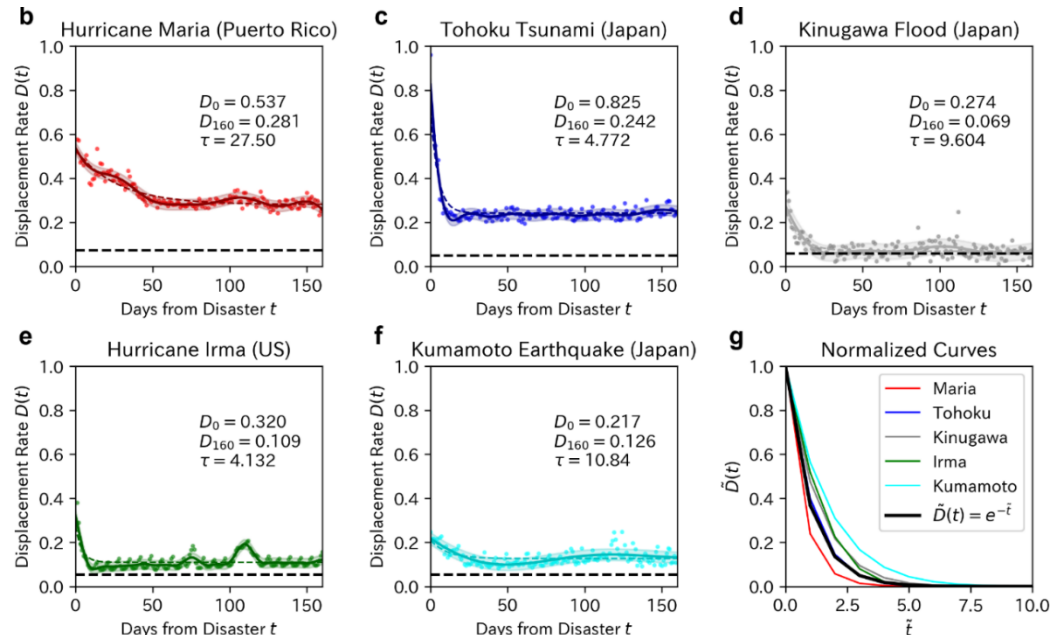
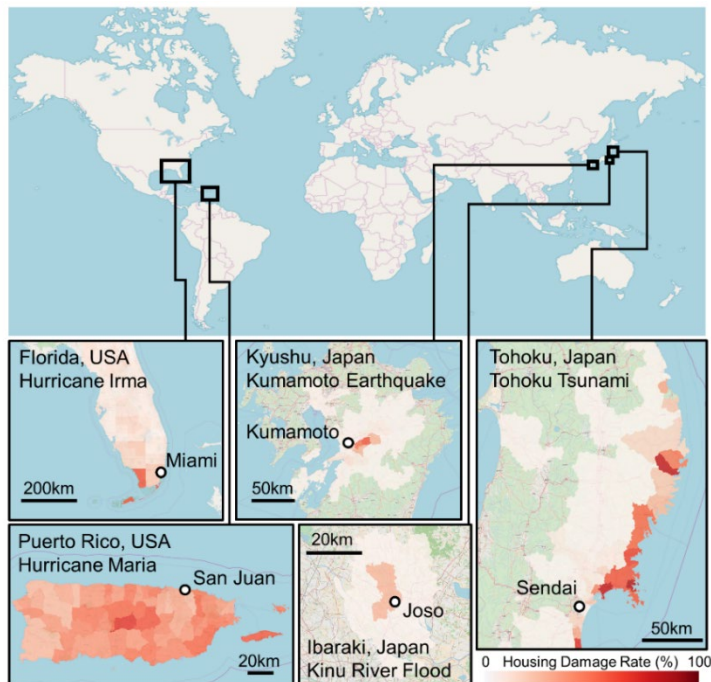


Fig 3. Fragility curves for evacuation rates. A: evacuation rates for each of the four earthquakes plotted against seismic intensities for all affected LGUs, along with the estimated fragility curve. Colors indicate earthquake incident. B: scatter plot of estimated and true evacuation rates.

大規模災害（地震、台風、洪水時）の都市のレジリエンスの日米比較

- 人々の流動から大規模災害後の日米の都市のレジリエンスを比較したもの（米国パデュー大との共同研究）
- Takahiro Yabe, Kota Tsubouchi, Naoya Fujiwara, Yoshihide Sekimoto, Satish V. Ukkusuri, Universal patterns of population recovery after disasters, *Journal of the Royal Society Interface*, Vol. 17, Issue 163, Feb. 2020.



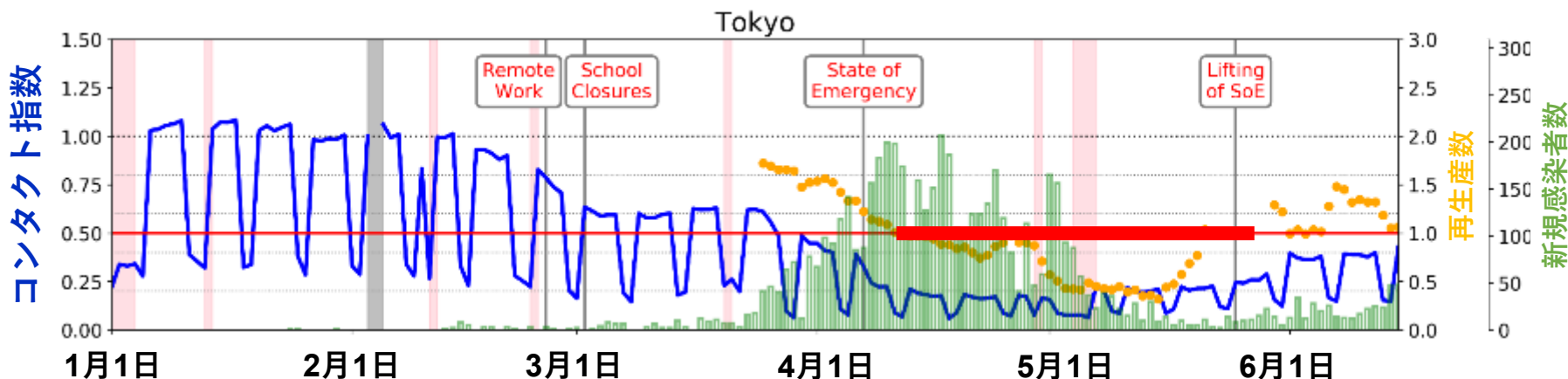
位置情報を用いたCOVID-19流行時の 行動自粛と再生産数の解析結果

・コンタクト指数 0.25 を超えると、 $R(t) > 1$ となっていることが分かる

①人々の総コンタクト
(GPSを使って計測)

②東京都内の新規感染者数

③東京都内の再生産数

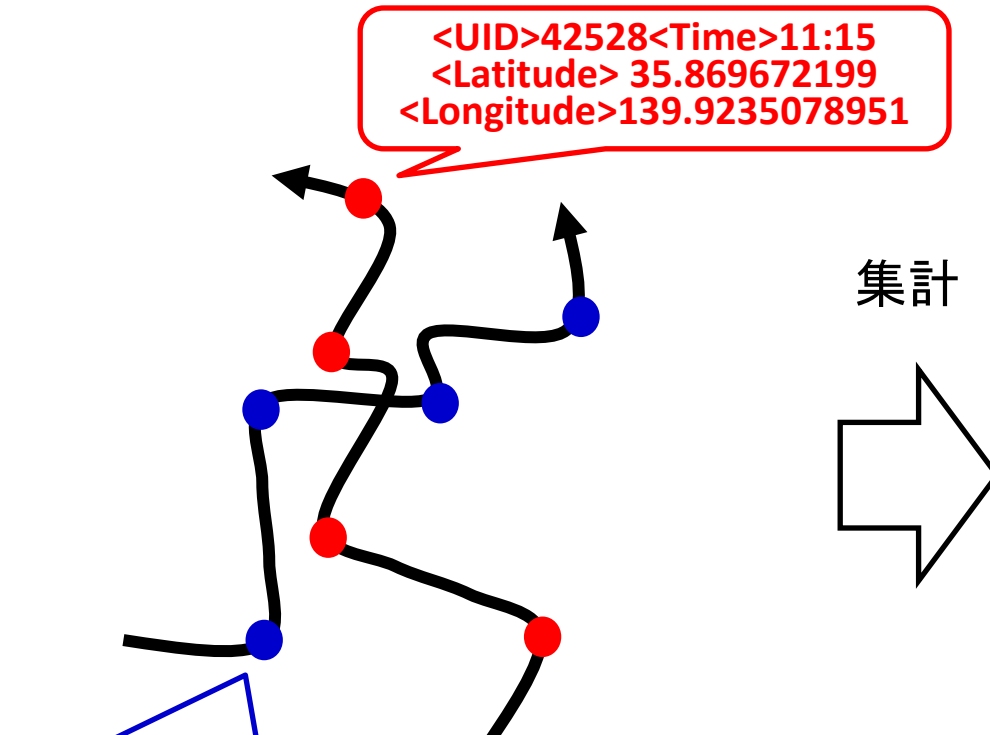


Yabe, T., Tsubouchi, K., Fujiwara, N., Wada, T., Sekimoto, Y., & Ukkusuri, S. V., Non-Compulsory Measures Sufficiently Reduced Human Mobility in Japan during the COVID-19 Epidemic. Scientific Report, 10, 18053, Nature, 2020.

3. 手法論の進展

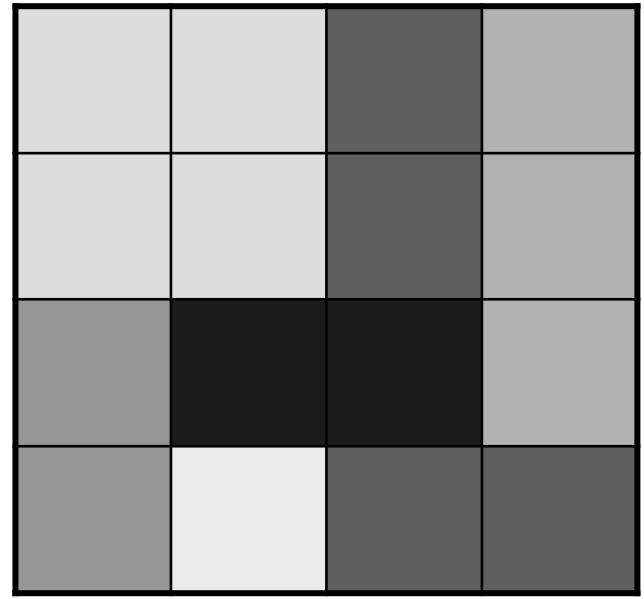
軌跡とは？

- 軌跡は時空間的な位置といくつかの属性を伴ったもの



軌跡
(非集計情報)

集計
→



時空間的な分布
(集計情報)

典型的なデータ構造

属性データをどの程度含むかは
データの性質による

Person ID	Time	Longitude	Latitude	Sex	Age	Work	Purpose	Transportation
.....
5	1998/01/01 8:15:00	139.88325	35.66349	2	4	9	1	40
5	1998/01/01 8:16:00	139.87834	35.66334	2	4	9	1	40
5	1998/01/01 8:17:00	139.87342	35.66354	2	4	9	1	40
5	1998/01/01 8:18:00	139.86851	35.66385	2	4	9	1	40
5	1998/01/01 8:19:00	139.86360	35.66421	2	4	9	1	40
.....

次はどのようにデータを集めるか？

- 各ユーザーにGPSを配る？
- 公的調査の一環で調査票で聞く？
- 携帯電話会社から通話ログ（会話内容は含まない）を提供してもらう？

著作権の都合により削除しました

IEEE Pervasive Computing
Large-Scale Opportunistic Sensing

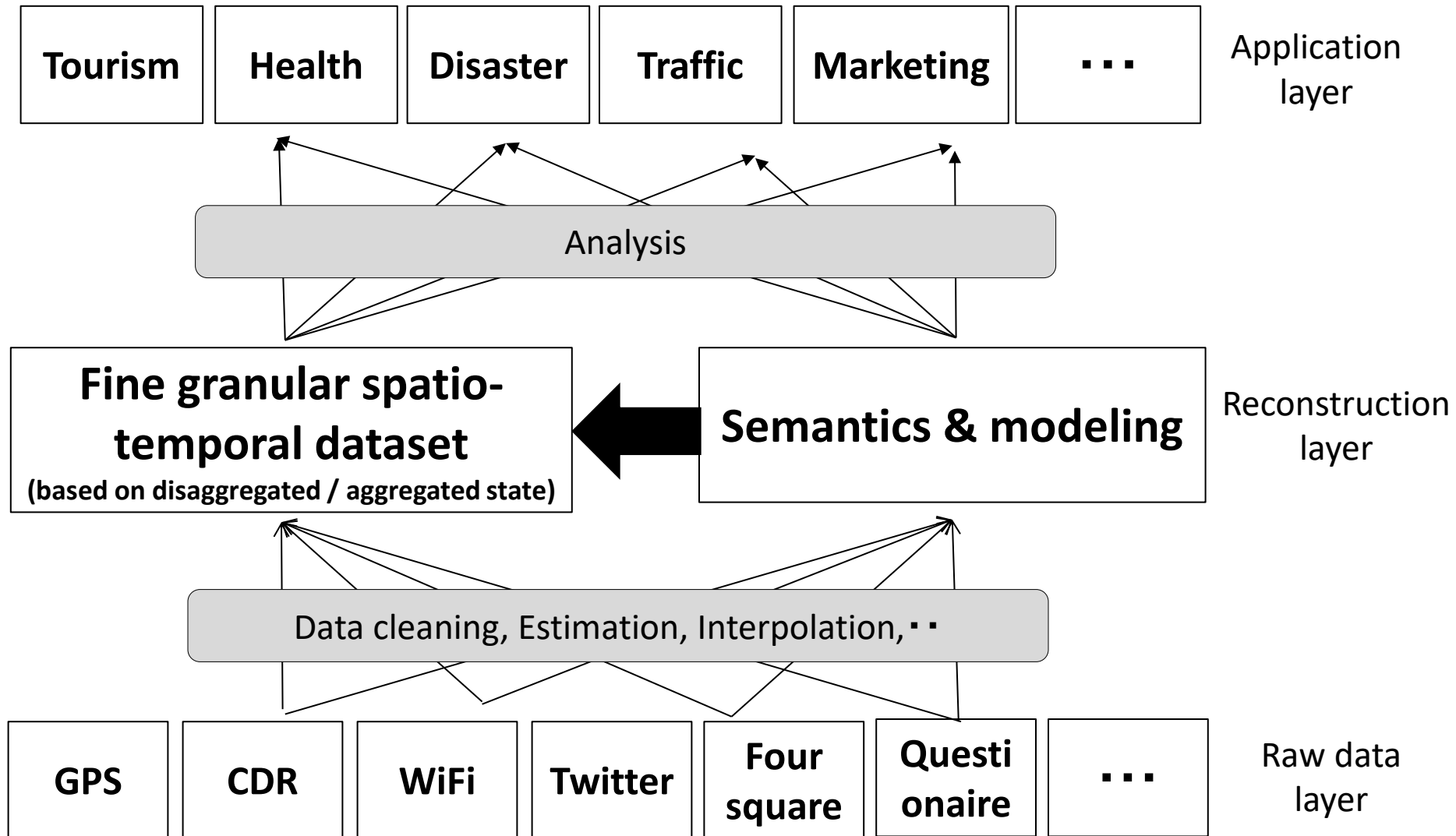
Oct.-Dec. 2011, pp. 54-58, vol. 10

<https://www.computer.org/csdl/magazine/pc/2011/04/mpc2011040054/13rRUxCRFPy>

様々なデータソース

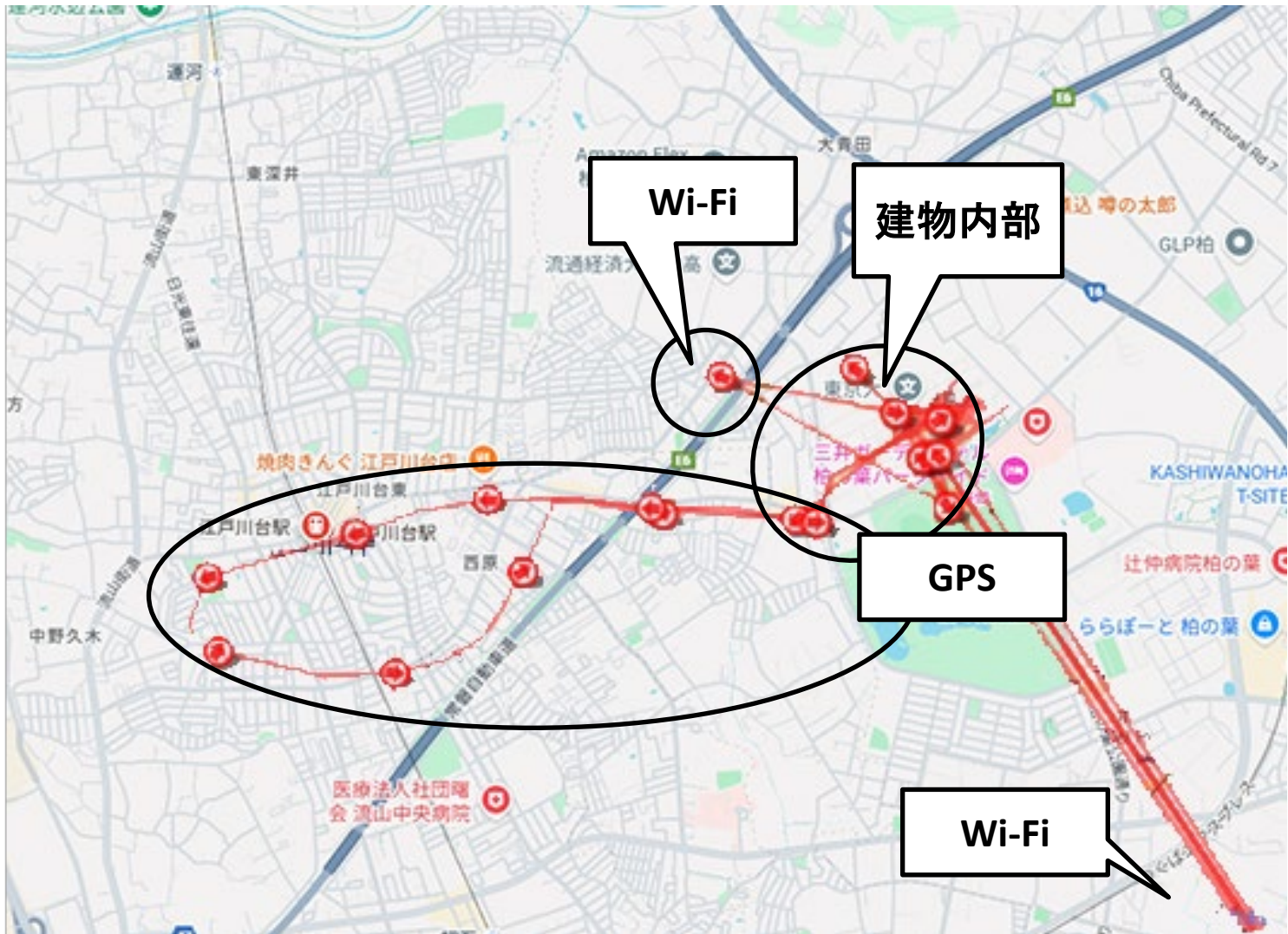
- GPS
- Questionnaire (調査票)
- WiFi
- CDR (Call Detail Record : 通話情報)
- Twitter
- Foursquare
- Laser (レーザー)
- ...

Basic framework of flow analysis



GPS & WiFi (無線LAN)

Map data ©2025 Google



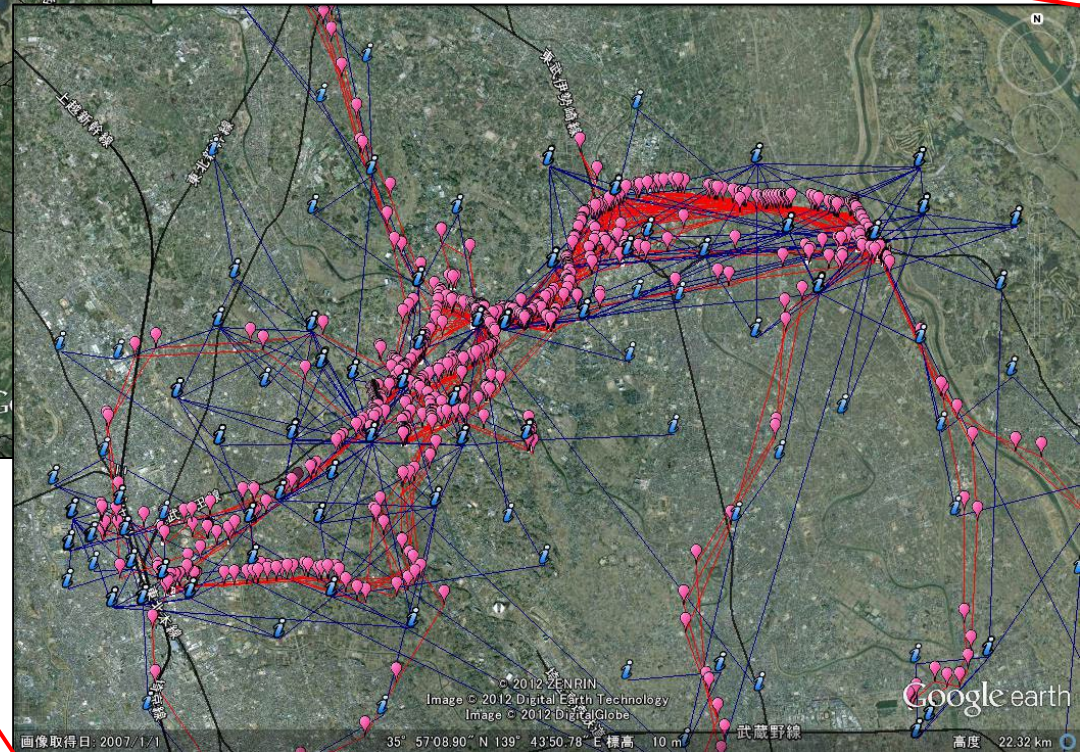
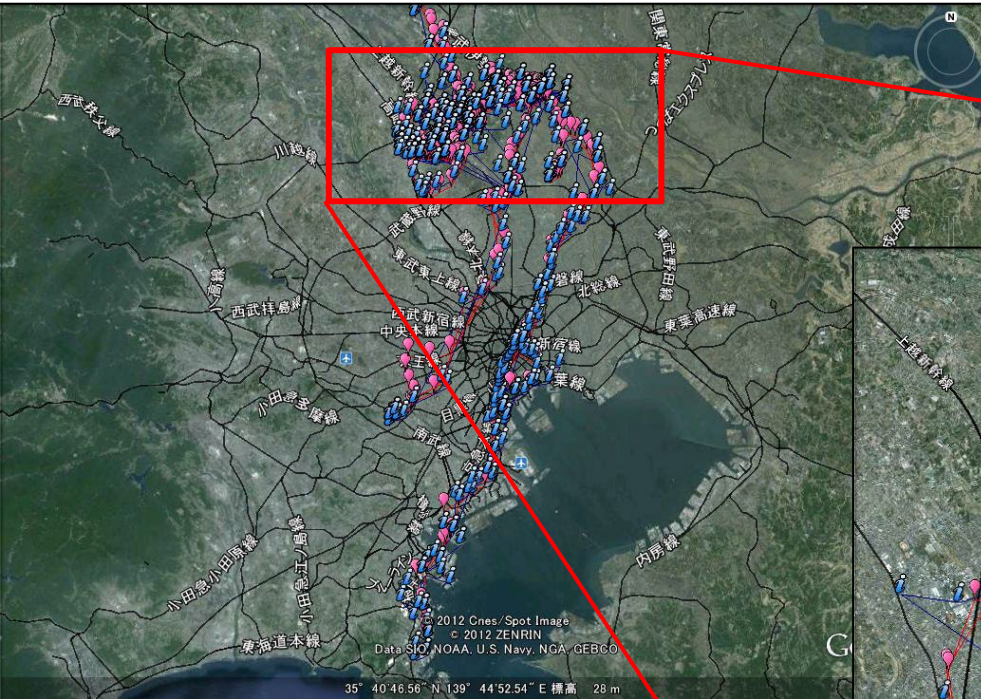
携帯のGPSデータから作った 混雑度マップ

著作権の都合により削除しました。
いつでもNAVIラボ 混雑度マップ
<http://lab.its-mo.com/densitymap/>

携帯基地局ベースの通話情報 Call Detail Record (CDR)

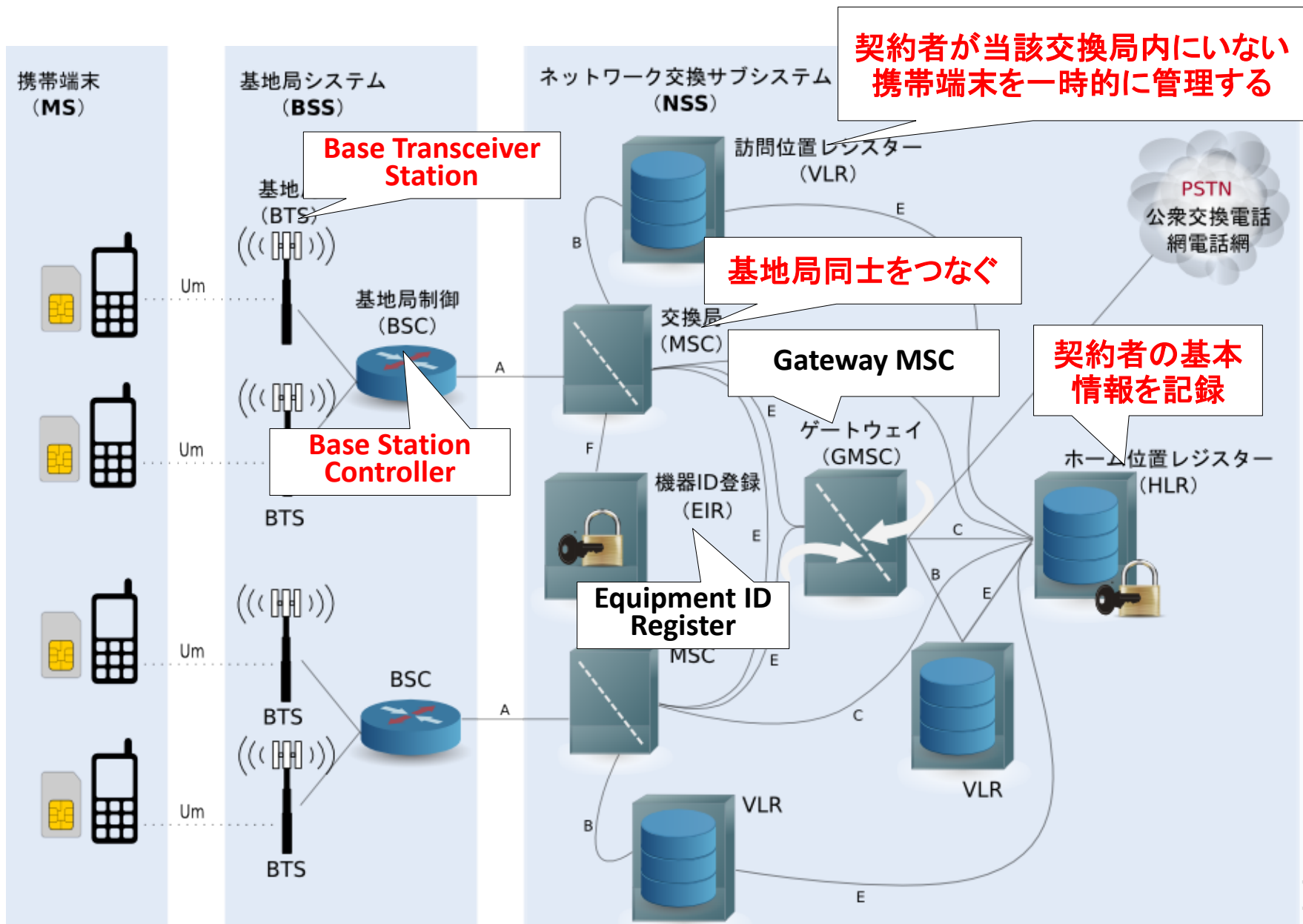
Pink: GPS, Blue: CDR

Map data ©2012 Google



GPS&CDR data of one person for 25 days

携帯基地局のメカニズム



携帯基地局から取得されるデータ

匿名化された非集計レベルのCDRデータ

pid	time	lat	lon	err1	err2	method	code
f00d09160971f089c928242e195c1d5c	2009-10-01 03:38:50	-71.7971	42.26691	330	185	2	800
f00d09160971f089c928242e195c1d5c	2009-10-01 03:39:34	-71.7975	42.26697	318	158	2	508
f00d09160971f089c928242e195c1d5c	2009-10-01 03:39:52	-71.7979	42.26625	394	152	2	508
f00d09160971f089c928242e195c1d5c	2009-10-01 03:40:17	-71.7951	42.26833	298	310	1	508
f00d09160971f089c928242e195c1d5c	2009-10-01 03:41:20	-71.7963	42.2668	367	212	2	508
f00d09160971f089c928242e195c1d5c	2009-10-01 05:26:18	-71.8037	42.27411	549	252	3	508
f00d09160971f089c928242e195c1d5c	2009-10-01 05:36:01	-71.8463	42.18137	460	350	1	508
f00d09160971f089c928242e195c1d5c	2009-10-01 05:36:43	-71.8398	42.17625	1144	428	1	508
f00d09160971f089c928242e195c1d5c	2009-10-01 05:48:05	-71.8618	42.05578	2164	417	1	508
f00d09160971f089c928242e195c1d5c	2009-10-01 05:49:25	-71.8772	42.05683	2568	575	1	508

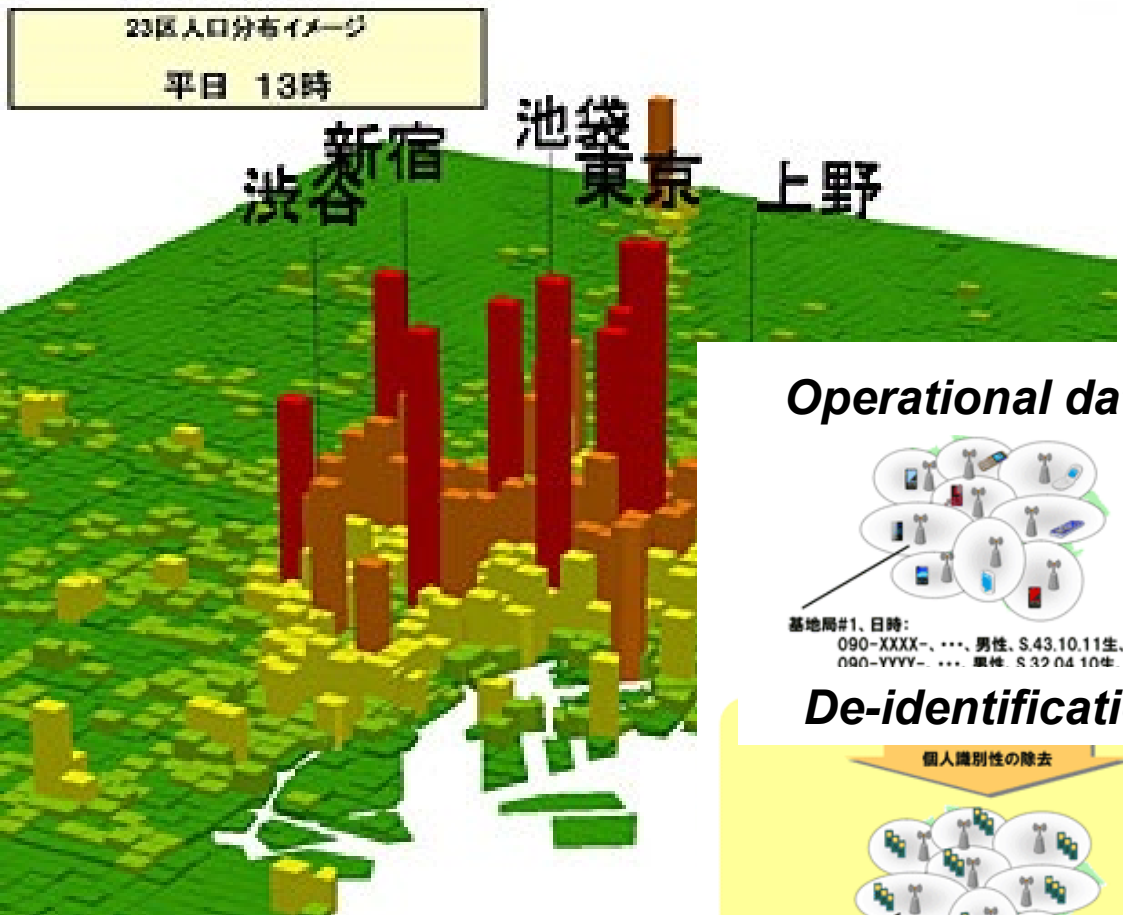
基地局のセルステーションごとに各時間帯別に使われた通信量(集計量)

Erlang は当該時間内に使われた通信量を表す

cellid	lat	lon	Start time	erl
BKCC1	13.75697	100.5594	2008/03/01 9:00	33.98
BKCC2	13.75697	100.5594	2008/03/01 9:00	18.93
BKCC3	13.75697	100.5594	2008/03/01 9:00	33.17
PTWA1	13.75138	100.5402	2008/03/01 9:00	20.75
PTWA2	13.75138	100.5402	2008/03/01 9:00	17.93
PTWA3	13.75138	100.5402	2008/03/01 9:00	33.07

実際に通信会社が作成した「モバイル空間統計」

モバイル空間統計イメージ：東京23区周辺の人口分布



©2019 DOCOMO InsightMarketing,INC

Operational data



基地局#1、日時:
090-XXXX-, ..., 男性, S.43.10.11生,
090-YYYY-, ..., 男性, S.32.04.10生,

De-identification

個人識別性の除去



基地局#1、日時:
男性, 40歳台,
男性, 50歳台,
....

個人識別性のないデータ

Aggregation

Mobile Spatial Statistics

(40歳台男性)

75人	120人	30人
90人	135人	105人
45人	60人	データ無し

秘匿処理

Privilege

(40歳台男性)

75人	120人	30人
90人	135人	105人
45人	60人	6人

Aggregated population

Mobile Spatial Statistics (From NTTDocomo web site:
http://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/)

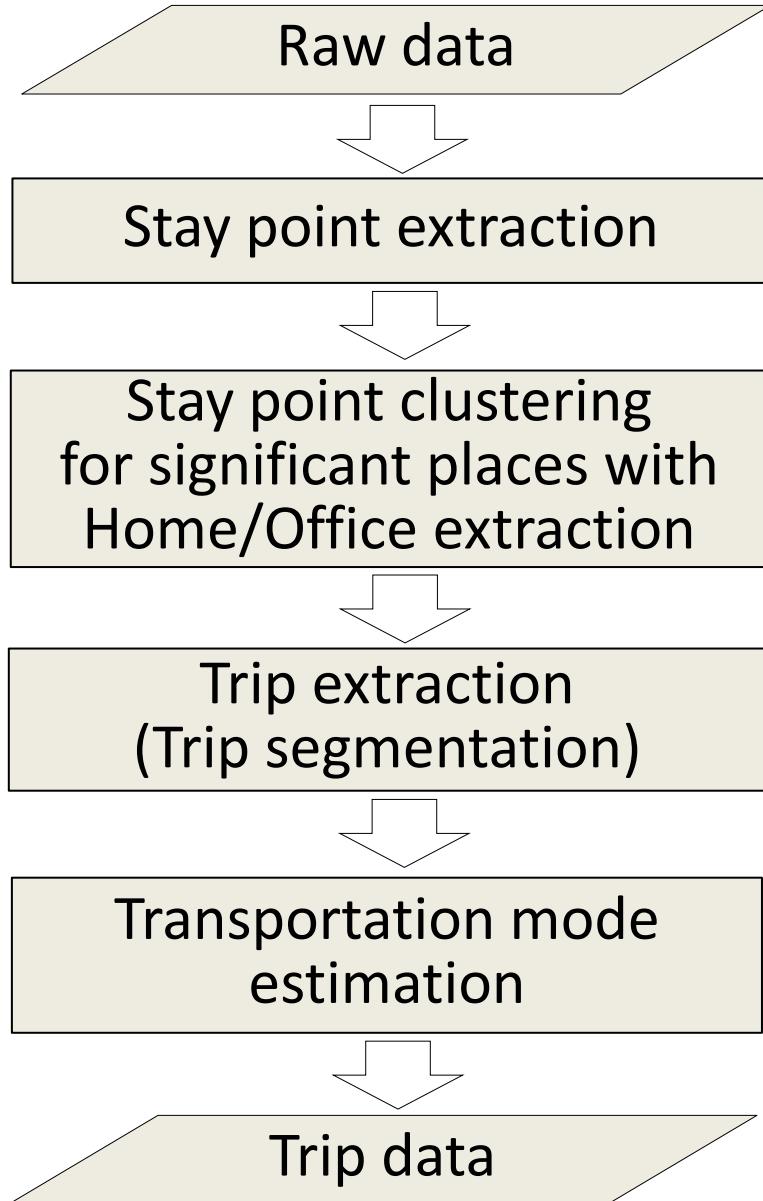
とても大きいデータは毎回生データから分析する訳にはいかない

- Main Dataset: Large scale GPS data from mobile phone
 - 1.5 million users, in one year
 - Total size 600GB in CSV
 - 9.2 billion records.
 - Using Auto GPS function
 - 5 minute interval
 - No movement, No Data
 - Average 37 points/day



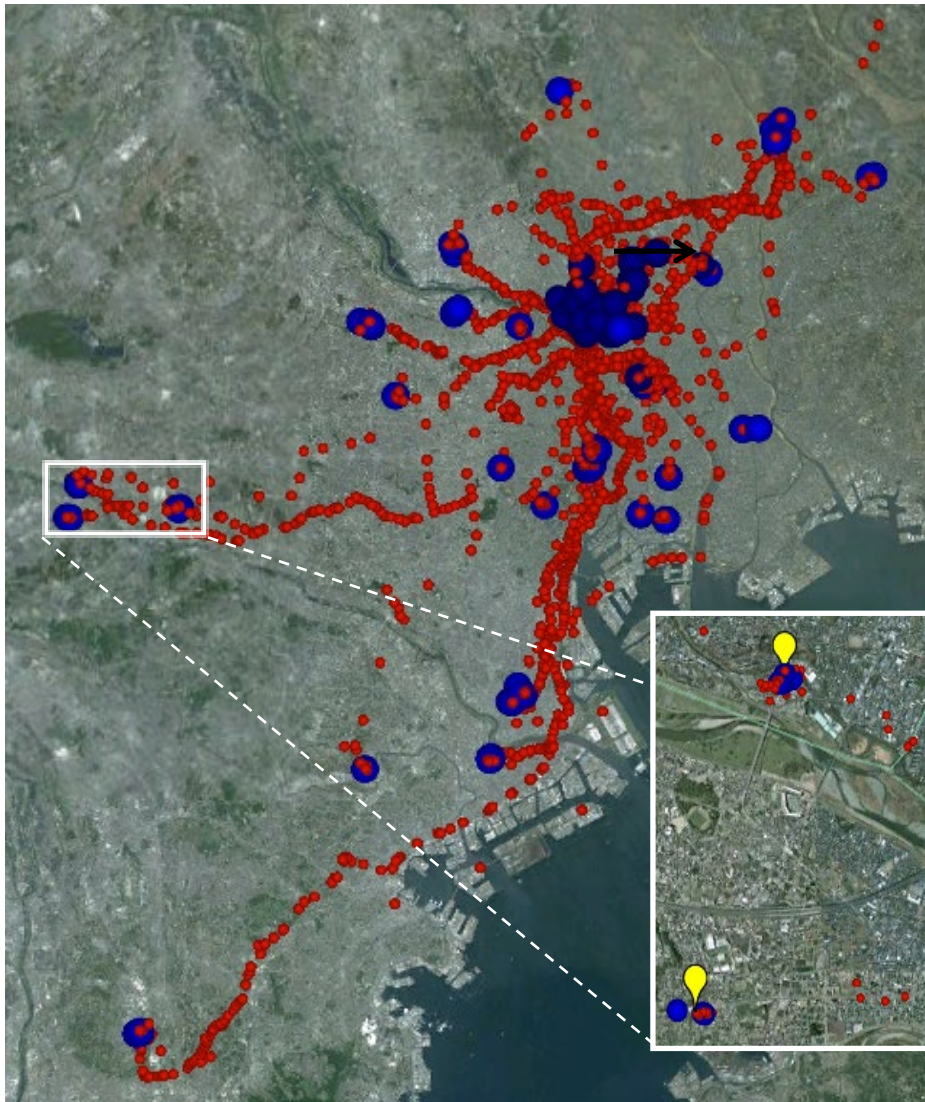
Map data ©Google

データの処理フロー



1人分の処理事例

Ex) In case of GPS data of a person per one year

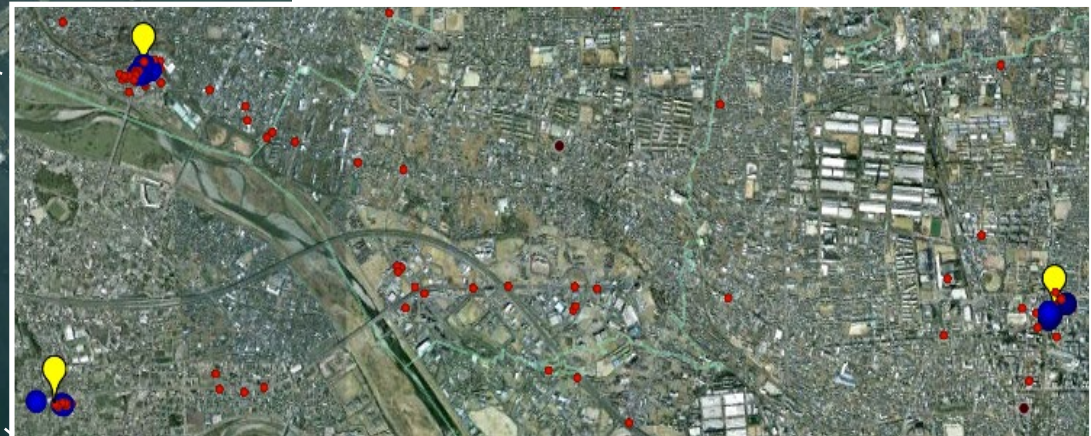


←(1) Extraction of stay points

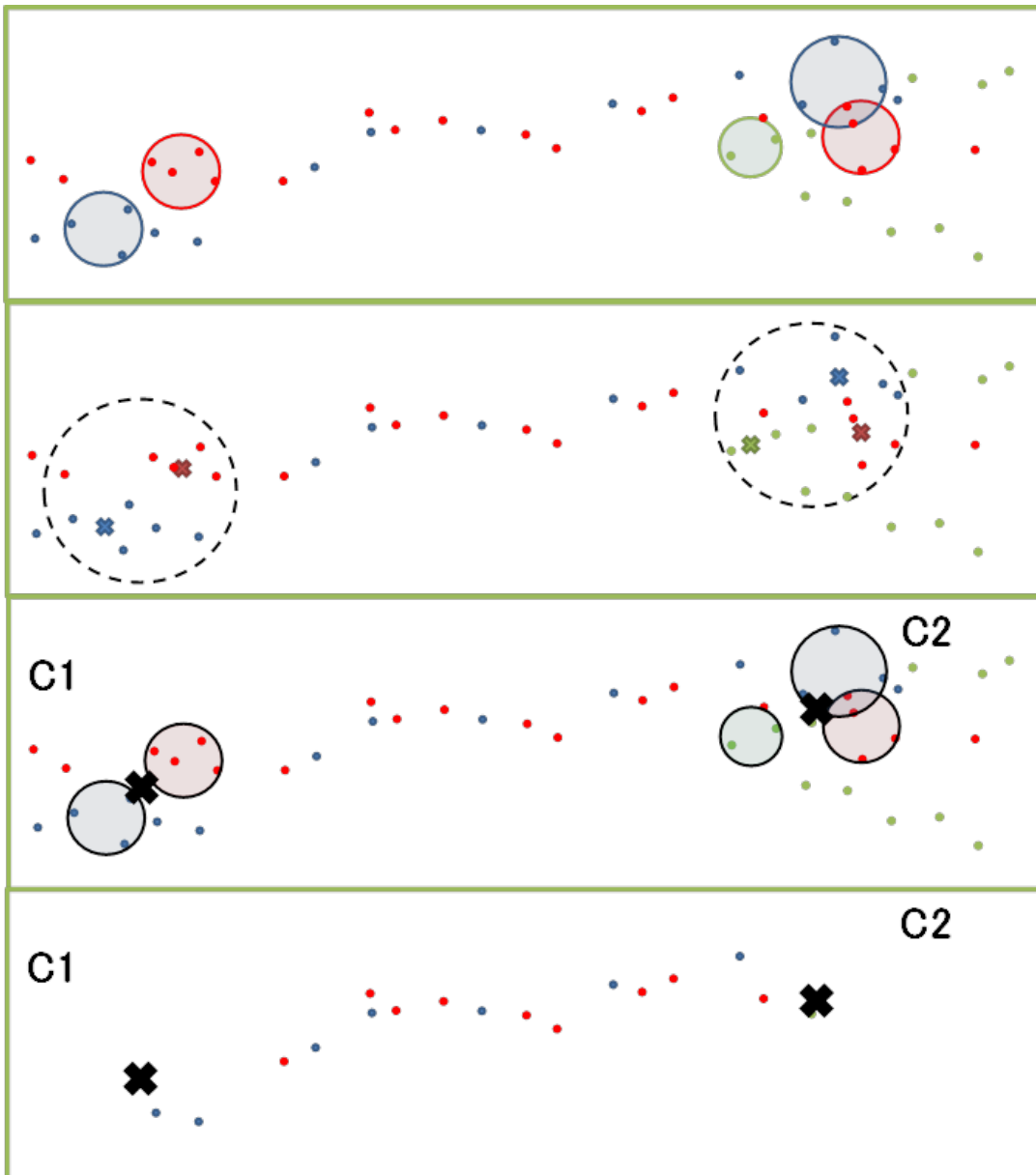
- **Total GPS data (12327)**
- **Stay points (864)**

↓(2) Cluster of stay points

- **Cluster of stay points (53)**
(Significant places)



Stay point extraction (cont.)



1. Extraction of stay points

Extract GPS logs located within distance d of each other for time t or longer
($d = 150$ meters, $t = 20$ minutes)

2. Clustering of stay points

Cluster stay points within their centroids to extract similar trips
(e.g. canopy clustering, $r = 500$ meters)

Other clustering methods:

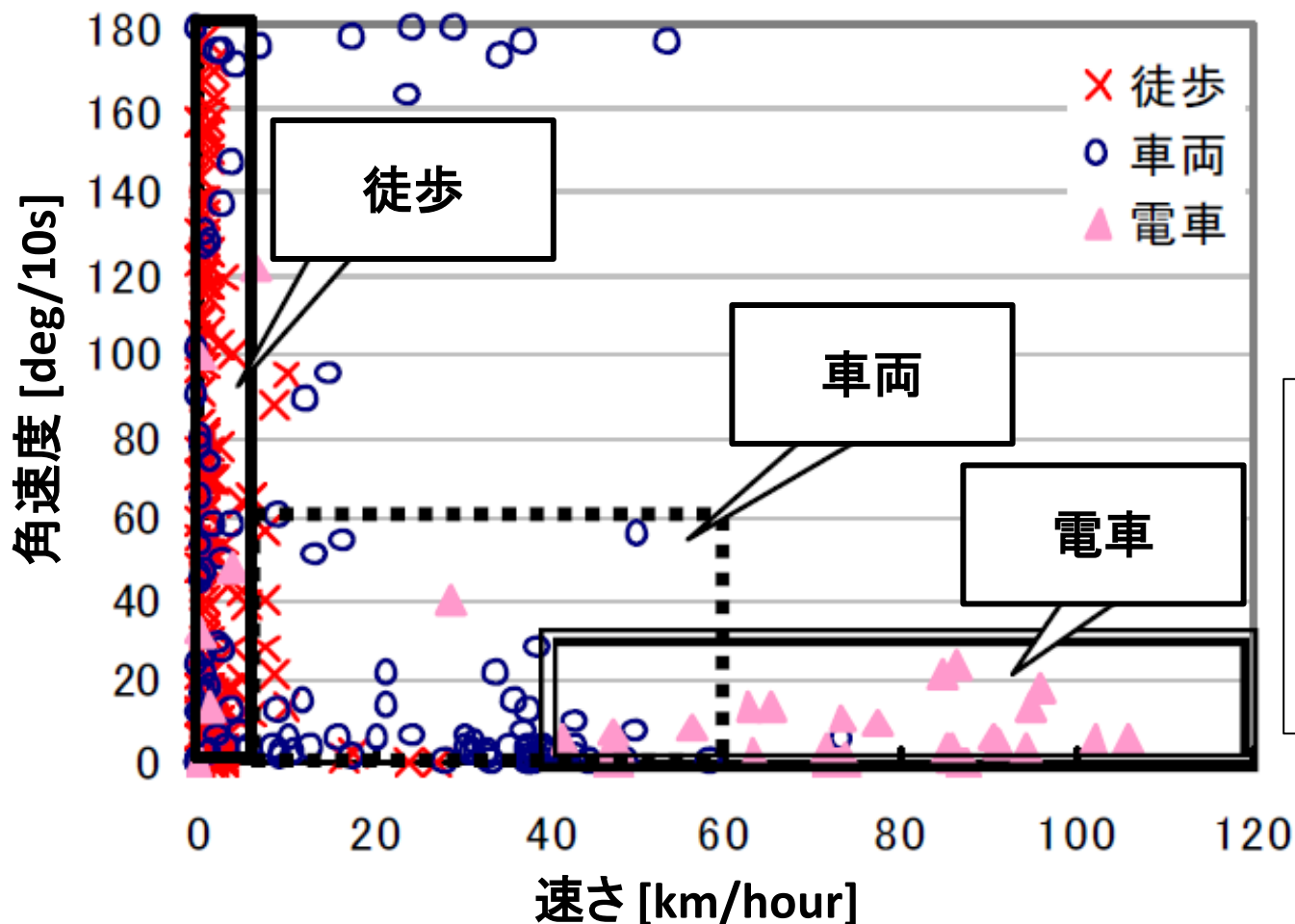
- OPTICS/DBSCAN
- K-means
- Variant of K-means

3. Extraction of trips

Extract non-stay points as trip data
identifying by origin/destination cluster

Transportation mode estimation

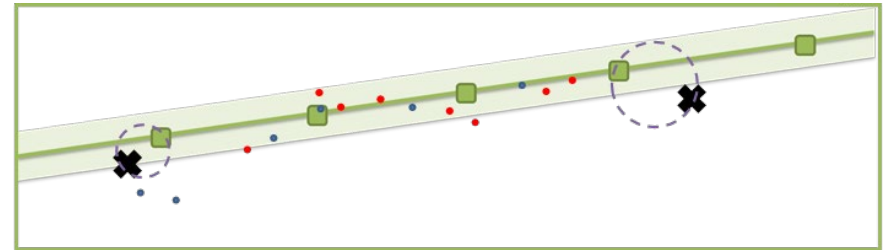
- いくつかの特徴量から判別する。
 - 速さ、加速度、ネットワークからの離れ具合等々



Source: Horiguchi., et al., (2005), "Development of a method for estimating transportation modes with handy GPS equipment".

Transportation mode estimation (Cont.)

- 最近のトレンドは機械学習を用いた手法



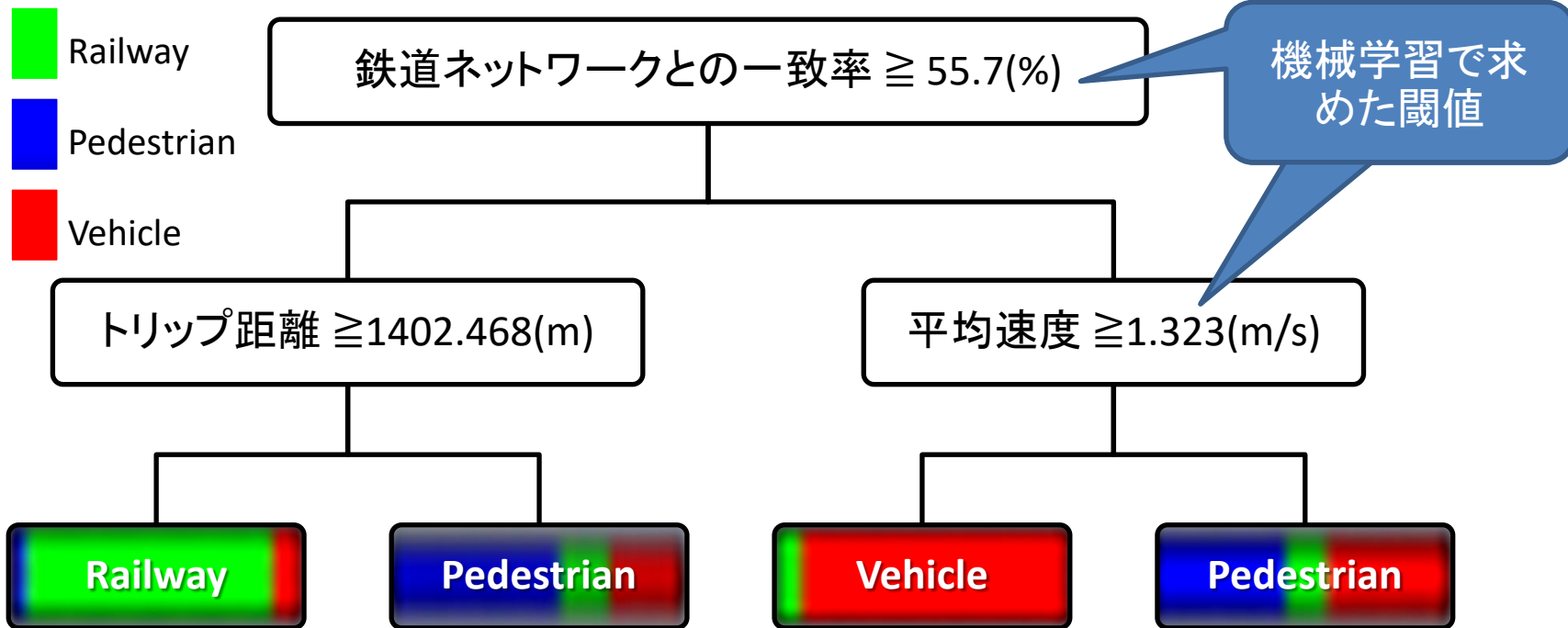
トリップ距離
(OD間の距離)

全GPSデータの中で鉄道ネットワーク
付近(100mバッファ)内に入る確率

教師データ
(トレーニング
データ)

trip	Transportation mode	Average velocity	Trip distance	Correspondence ratio within railway network
1	Train	〇〇.〇 m/s	〇〇m	〇〇%
2	Vehicle	〇〇.〇 m/s	〇〇m	〇〇%
3	「〇〇」	〇〇.〇 m/s	〇〇m	〇〇%
4	「〇〇」	〇〇.〇 m/s	〇〇m	〇〇%
...

Transportation mode estimation (Cont.)



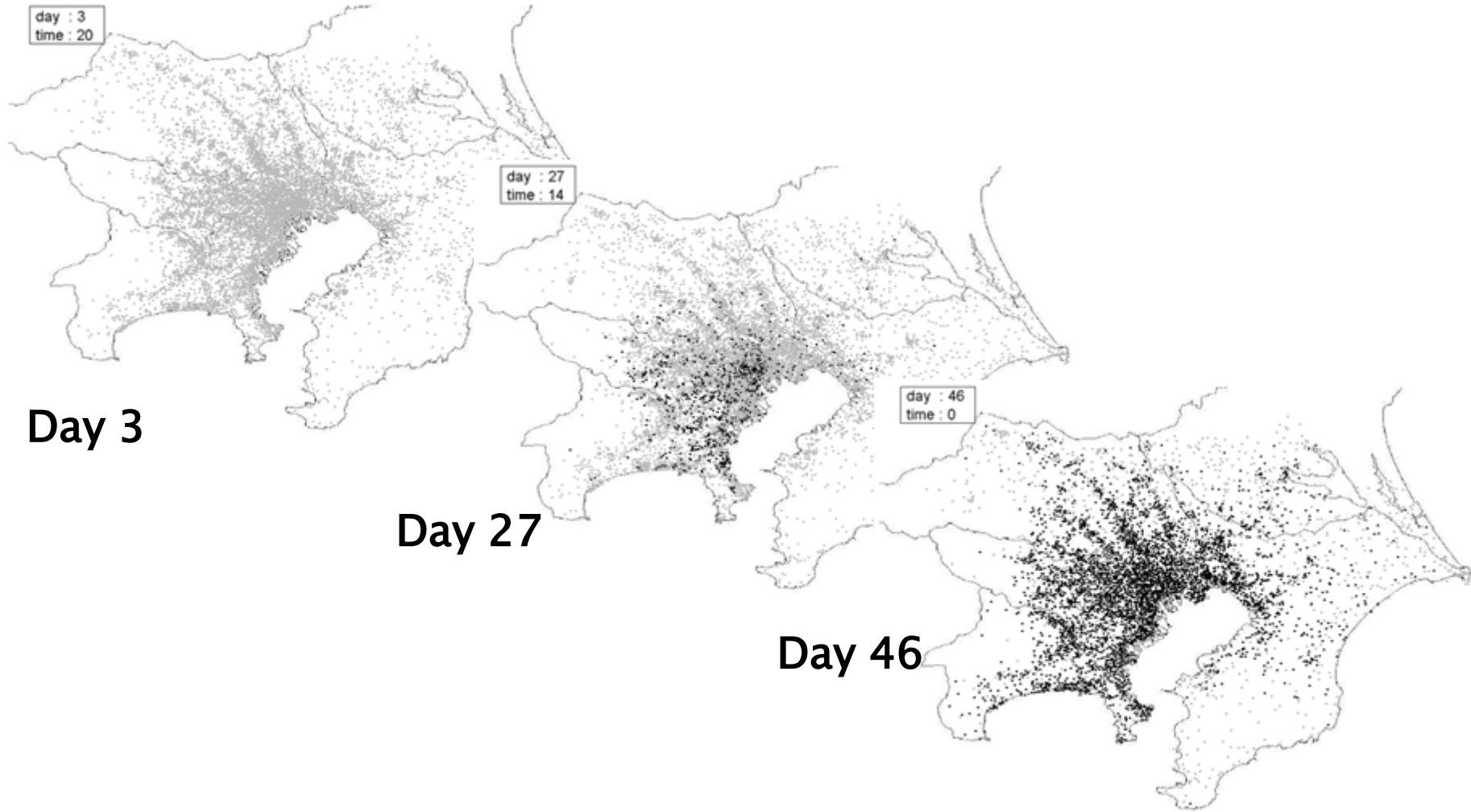
Accuracy: 80.63%

予測値\真値	Walk	Rail	Car	Precision
Walk	427	129	312	49.19%
Rail	83	1160	138	84.00%
Car	67	188	2229	89.73%
Recall	74.00%	78.54%	83.20%	

大野夏海、関本義秀、Apichon Witayangkurn、Teerayut Horanont、柴崎亮介「携帯電話による大規模・長時間のGPSデータを用いた、東京都市圏における交通モードの推定およびモビリティの分析」(2014)

4. 人流データの利用

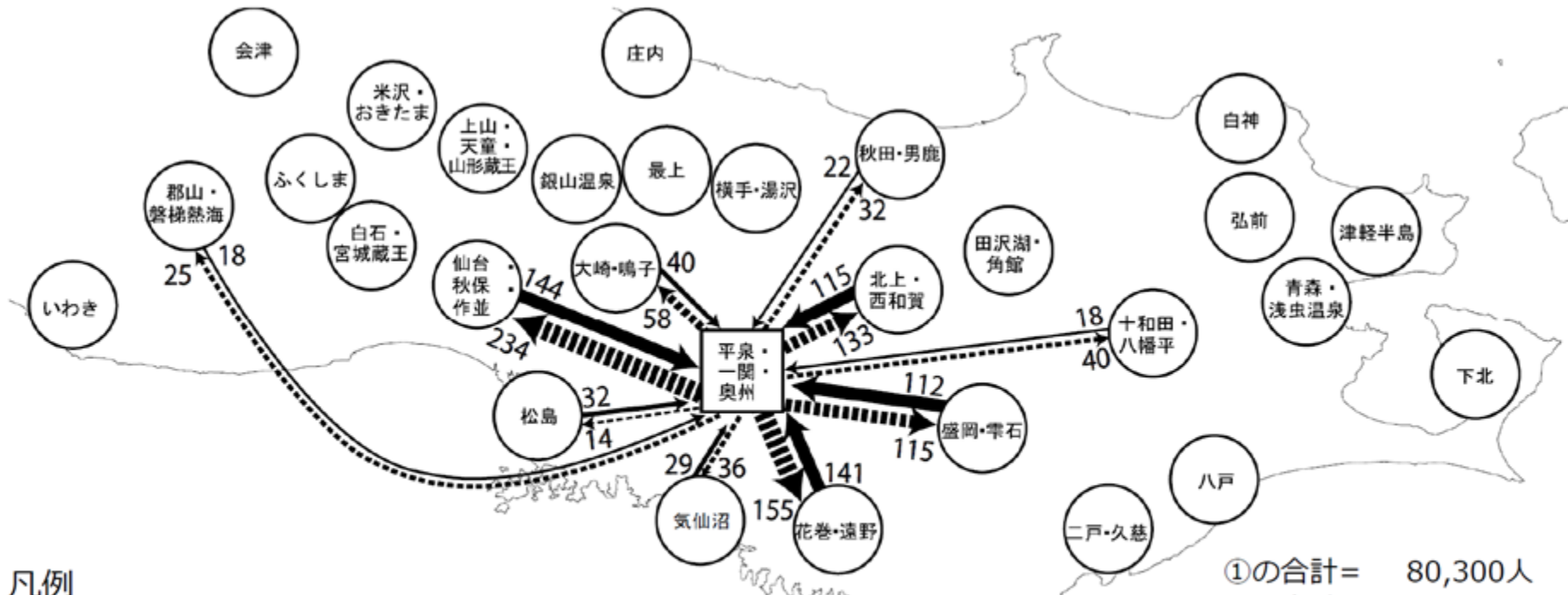
例：パンデミックシミュレーション



Aihara & Suzuki lab in IIS, Univ. of Tokyo

例：観光客の流動

- How can we extract tourist ??

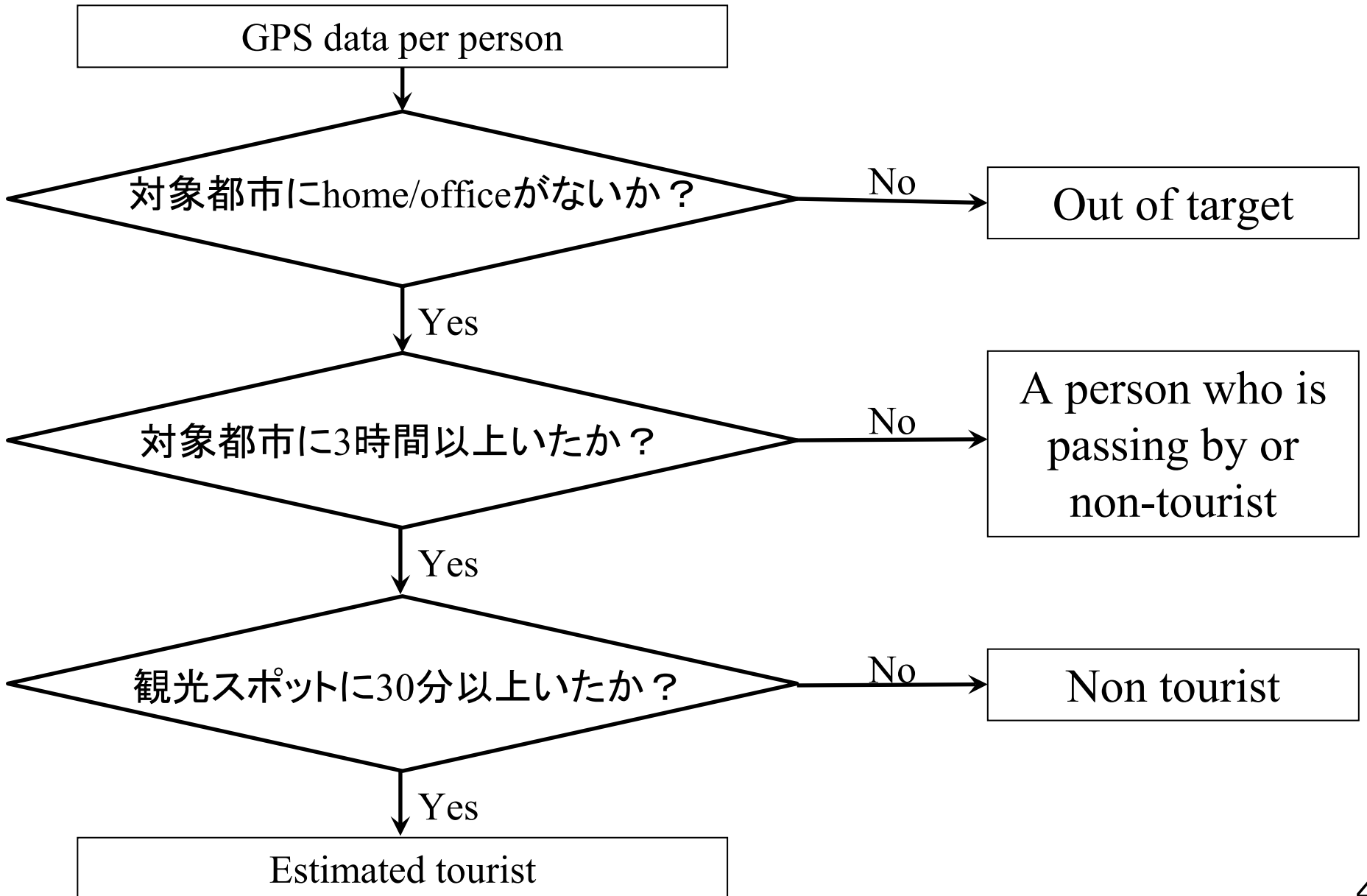


凡例

- ← : ①当該ゾーンに立ち寄る前に宿泊したゾーンからの移動
- : ②当該ゾーンに立ち寄った後に宿泊したゾーンへの移動
- 29 : 入込客数 (百人)

①の合計 = 80,300人
②の合計 = 104,400人

観光客の抽出方法（つづき）



例：避難行動

データセット一覧 | 復興支援調査アーカイブ - Mozilla Firefox

ファイル(E) 編集(E) 表示(V) 履歴(S) ブックマーク(B) ツール(I) ヘルプ(H)

データセット一覧 | 復興支援調査ア... +

fukkou.csis.u-tokyo.ac.jp/dataset/list_all

東北の被災自治体の現地調査を行ったアーカイブ

http://fukkou.csis.u-tokyo.ac.jp

検索 AND

本サイトは、国土交通省都市局の「東日本大震災津波被災市街地復興支援調査」の成果をアーカイブで提供するものです。
アーカイブの概要については「アーカイブデータ概要一覧」をご参照ください。

- ▶ 復興調査事業データ
 - GIS定義書
 - 過去の復興計画
 - 浸水区域
 - 浸水深
 - 被災状況
 - 浸水痕跡
 - 建物被災状況
 - 建物被災エリア
 - 避難方法(個人)
 - 被災者状況
 - 防災施設被害(河川)
 - 防災施設被害(海岸)
 - 防災施設被害(急傾斜法面)
 - 防災施設被害(砂防)
 - 防災施設被害(防風林・防潮林)
 - インフラ被害(道路)
 - インフラ被害(港湾)
 - インフラ被害(下水道)
 - インフラ被害(公園)
 - インフラ被害(緑地)
 - ライフライン被害(上水道)
 - ライフライン被害(ガス)
 - 公益施設被害(バス)
 - 公益施設被害(病院・福祉)
 - 文教施設被害
 - 避難方法(個人) (9月末~10月に順次掲載予定)
 - 避難方法(事業所) (9月末~10月に順次掲載予定)

建物被災状況の詳細 | 復興支援調査アーカイブ - Mozilla Firefox

ファイル(E) 編集(E) 表示(V) 履歴(S) ブックマーク(B) ツール(I) ヘルプ(H)

建物被災状況の詳細 | 復興支援... +

fukkou.csis.u-tokyo.ac.jp/ds ☆ Google

復興支援調査アーカイブ

ログアウト データセット WebGIS アカウント情報 管理者に連絡 このサイトについて

トップ > データセット一覧 > 建物被災状況の詳細

'sekimoto' がログイン中

- 建物被災状況の詳細
- サンプル画像
 - このデータセットに含まれるデータのサンプル
 - 
 - WebGIS ...
 - 画像一覧
- データセット名称
 - 建物被災状況
- 提供機関
 - 国土交通省-都市局
- 概要
 - 現地調査に基づき、被災した建物を6区分に分類した。区分の判定は原則として目視調査により面的に判定しており、権限証明と必ずしも一致していない。
- データ一覧
 - リンクをクリックするとファイルをダウンロードできます。

フィルタ	地域: 全都道府県	全市区町村	ファイル種別: 全て	設定
ID	状態	データ名称	ファイル名	サイズ
11400220300001	マイデータ登録	八戸市-建物被災エリア (SHP) (-WebGIS)	02203_B-4_SHP_2.zip	182.62 KB
11400220300002	マイデータ登録	【限定】八戸市-建物被災状況 (SHP) (-WebGIS)	02203_B-4_SHP_3.zip	511.60 KB
11400220700001	マイデータ登録	三沢市-建物被災エリア (SHP) (-WebGIS)	02207_B-4_SHP_2.zip	62.37 KB

インタビューで生存者に避難ルートをヒアリング (各自治体数百人レベル)

The screenshot displays a GIS application interface. On the left, a layer list under '地図レイヤ' includes various disaster-related data layers such as building damage status, evacuation routes, and public facility damage. The main map area shows a street map of Gakko City with evacuation routes highlighted in red and orange. On the right, a '属性情報' (Attribute Information) window is open for a specific evacuation route, displaying a table of metadata.

B5_02: 避難実態(避難経路) / b5_02_03	
県名 / ID	岩手県 / 2
市区町村ID	212
市町村CODE	32107
市区町村名	陸前高田市
対象番号	49
対象者ID	陸前高田市0049
経路番号	1
経路ID	陸前高田市0049-01
滞留時間	27
出発時	15
出発分	13
到着時	15
到着分	18
所要時間	5
移動手段	10
手段その他	-
移動目的	5
目的その他	-
契機01	1



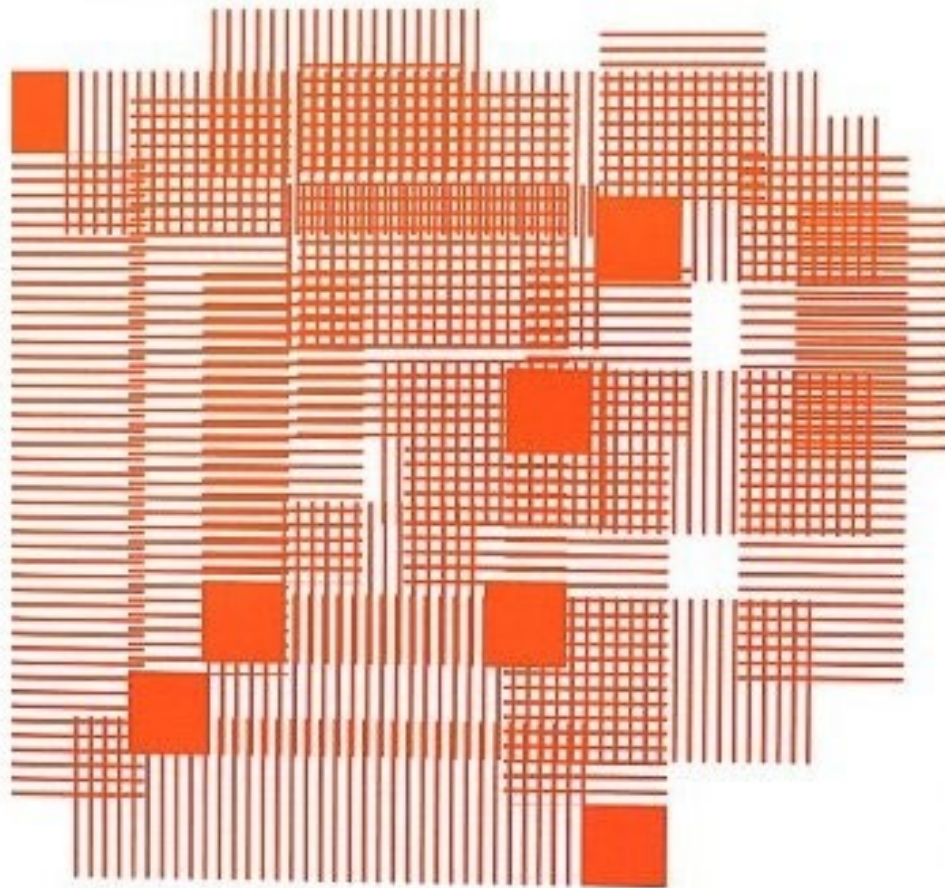
バースト! 人間行動を
支配するパターン

BURSTS

The hidden pattern behind everything we do

アルバート=ラズロ・バラバシ [著] 青木薫 [監訳] 塩原通緒 [訳]

Albert-László Barabási

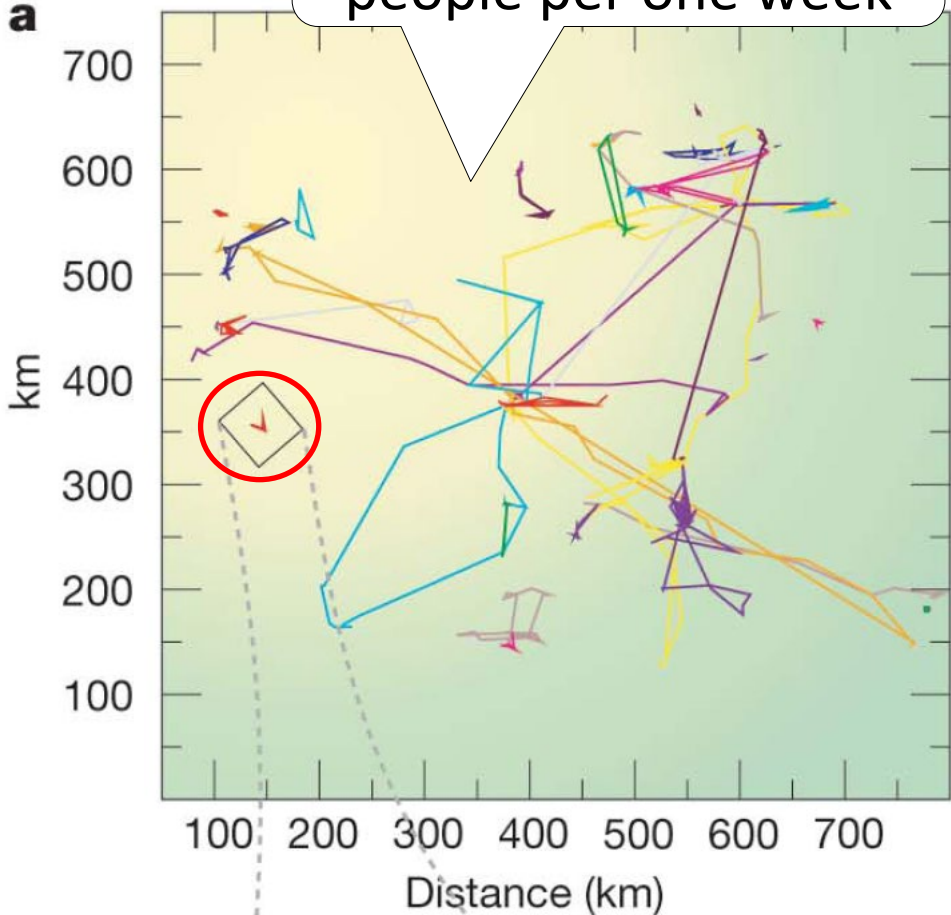


アルバート=ラズロ・バラバシ

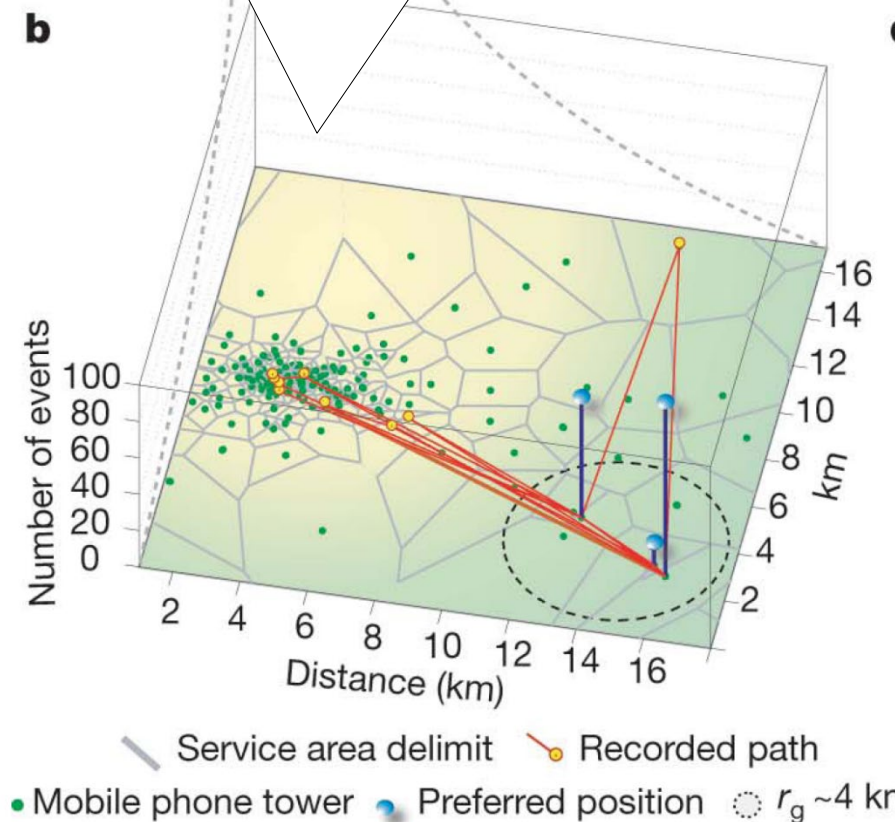
『バースト! 人間行動を支配するパターン』NHK出版(2012)

Mobility pattern of almost all the people are monotonous

Trajectory of 40 people per one week



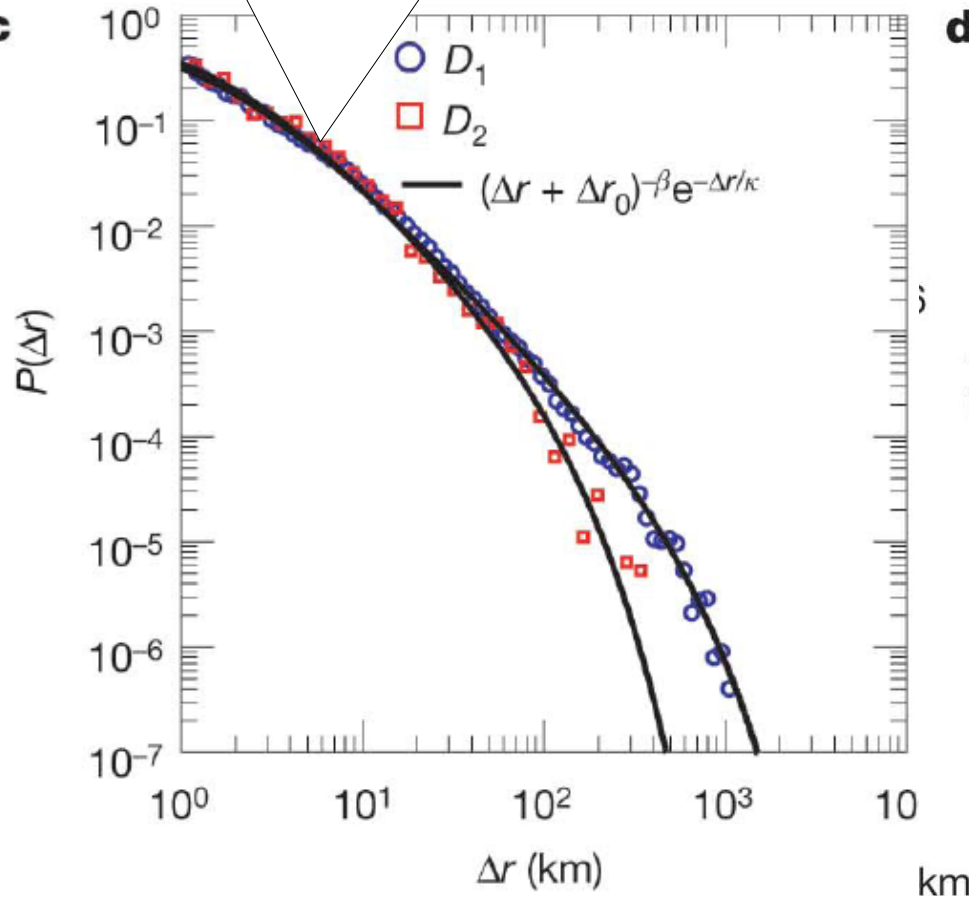
Detail of one person out of 40 people



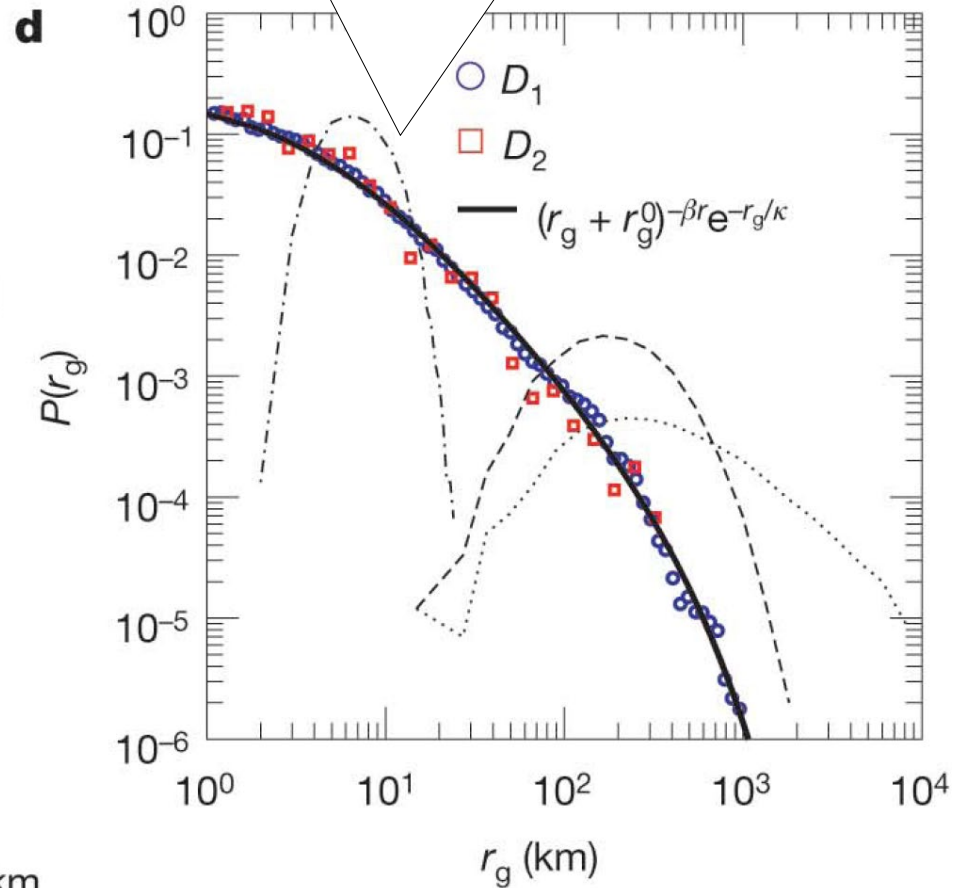
M. Gonzalez, C. Hidalgo, and A. Barabasi, "Understanding Individual Human Mobility Patterns," *Nature*, no. 453, 2008, pp. 779–782.

Property of moving distance and range

Probabilistic distribution of moving distance

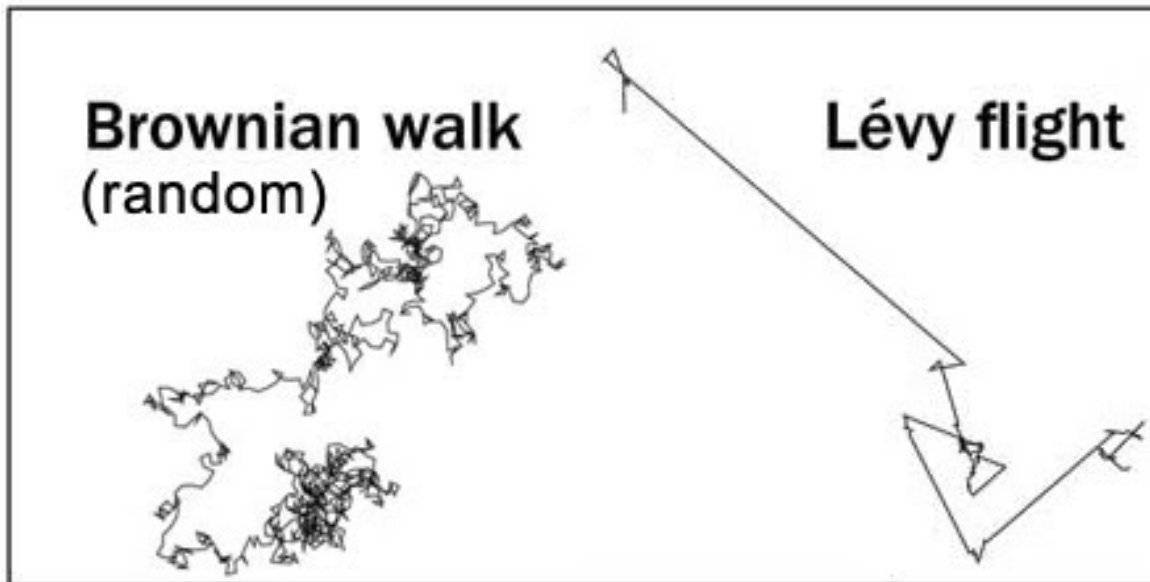


Probabilistic distribution of moving range



Levy flight pattern

- is a random walk in which the step-lengths have a probability distribution that is heavy-tailed.
- Many kinds of animals are under Levy flight pattern with hunting behavior.
- People mobility pattern is little bit different from Levy flight pattern, because they have social constraint such as daily routine returning home every day.



<https://seeingcomplexity.wordpress.com/2011/02/16/sharks-the-sp-500-and-levy-flights/>

History of discussion about mobility pattern for animal and people

- Sergei published Albatross flies under Levy Flight in "Nature" in 1996.
- Various groups published various animals moves as well.
- Sergei corrected Albatross flies under random walk verifying data again in "Nature" in 2007.
- David produced counterevidence animals moves under Levy Flight pattern in 2008.
- Marta & Barabasi published people movement are usually under constraint and not under Levy Flight pattern in "Nature" in 2008. They also said far-distance movement such as president and business man are just outlier.

アルバート=ラズロ・バラバシ 著
『バースト! 人間行動を支配するパターン』NHK出版

How many patterns can long-term activity be represented (Eigenbehavior)

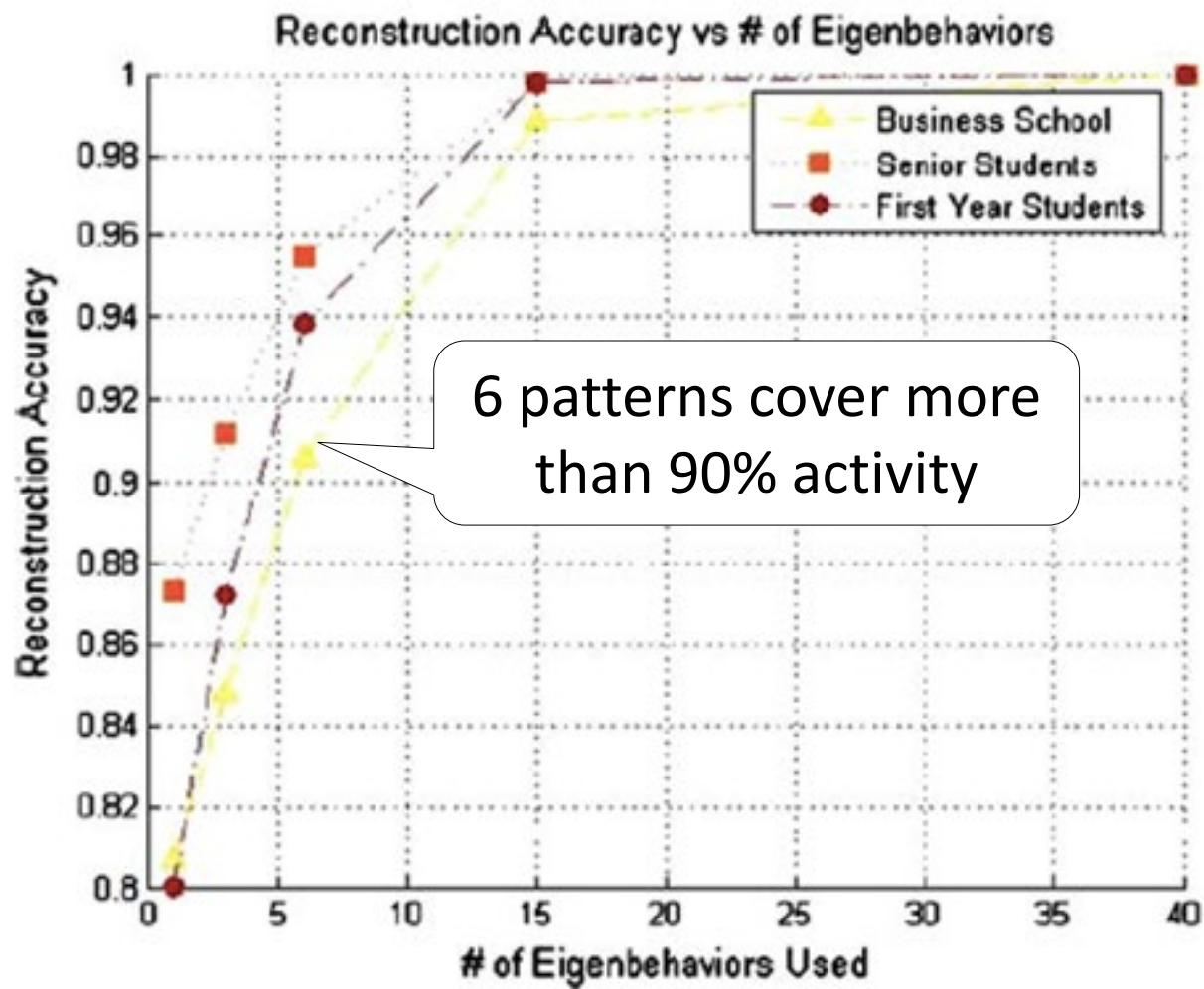
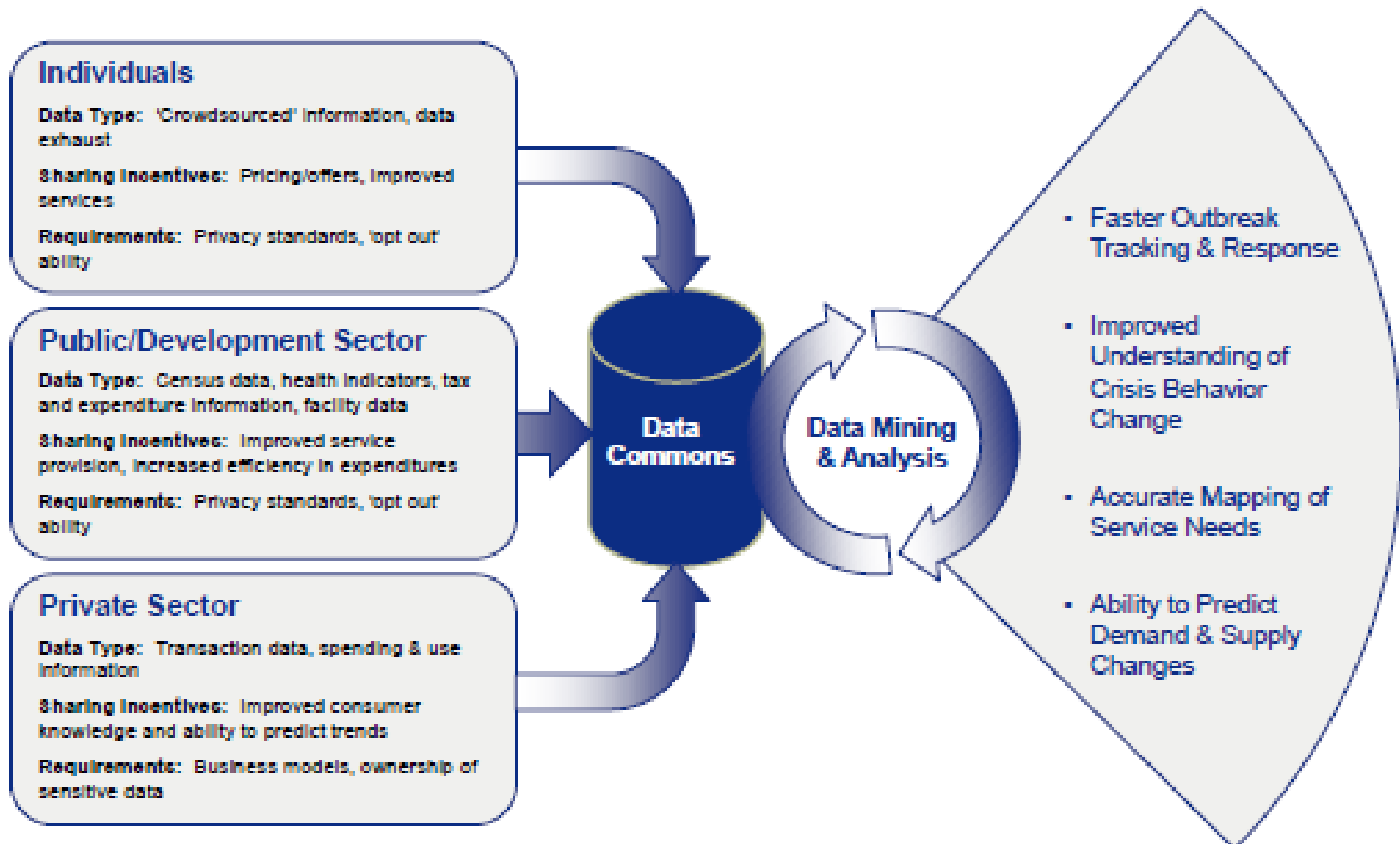


Fig. 4 Approximation error (y-axis) for the different subject groups as a function of the number of eigenbehaviors used (x-axis) with the states off and no signal removed

Nathan Eagle & Alex Sandy Pentland, Eigenbehaviors: identifying structure in routine, Behavioral Ecological Sociobiology, Vol.63, 1057-1066, 2009.

世界の動向

• ダボス会議 (in Jan. 2012)



5. 法律と技術の兼ね合い

Suicaは？



位置情報も基本的には
個人情報であり、安全
に扱われる必要あり

『日経コンピュータ』no.845
2013年10月17日号

街のカメラは？

ニュース

日経コンピュータ
NIKKEI COMPUTER

JR大阪駅ビルの「顔識別」実証実験、プライバシー侵害の懸念から延期

2014/03/11

清嶋 直樹 = 日経コンピュータ (筆者執筆記事一覧)

記事一覧へ >>



シェア



ツイート



ブックマーク

情報通信研究機構 (NICT) は2014年3月11日、JR大阪駅一帯にある商業ビル・公共空間の「大阪ステーションシティ」で実施する計画の「ICT技術の利用実証実験」について、4月から2年間を予定していた実施を延期すると発表した。監視カメラから取得する画像データと顔識別技術を基に人の流れを解析する計画だったが、プライバシー侵害に関する懸念が高まり、延期に追い込まれた格好だ。



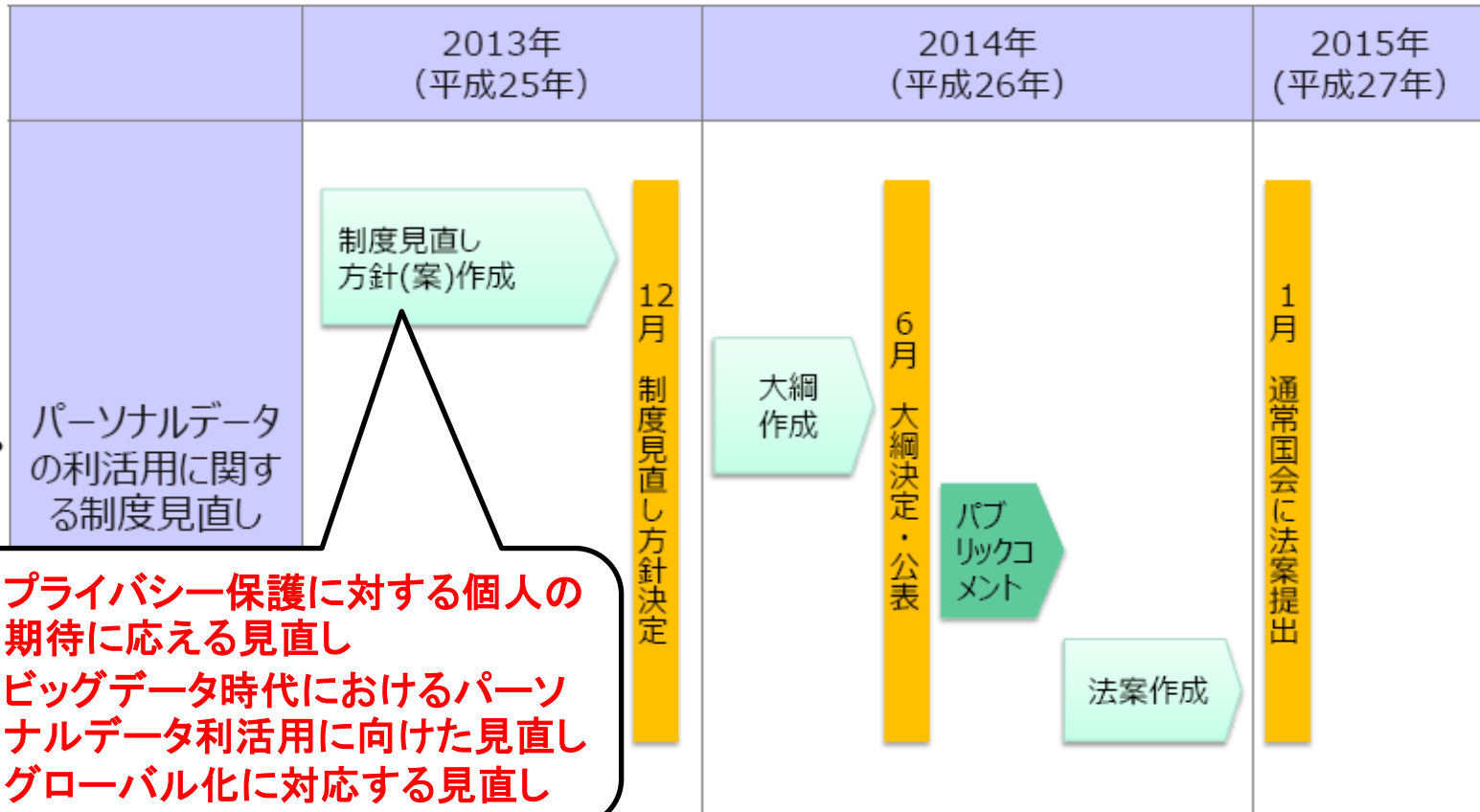
図●情報通信研究機構 (NICT) が延期を発表した大阪ステーションシティにおける実証実験の概念図
[画像のクリックで拡大表示]

NICTは2013年11月に、一帯を管理する西日本旅客鉄道 (JR西日本) や大阪ターミナルビルの協力を得て実証実験を行う計画を発

<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20140311/542723/>

明るいまし

パーソナルデータの利活用に関する制度見直し ロードマップ



※ 欧米を含めた諸外国の制度についても現在変更に向けた作業が行われているため、これらとの整合性を取るためにある程度の時間が必要となる。

(例：EUデータ保護規則案 2014年4月に欧州議会本会議で採択の見込み)

6. 擬似人流の開発

擬似人流データの概要

- 2008年からCSISで「人の流れプロジェクト」を立ち上げ、約**25**都市圏の人の流れデータを提供し、約**300**件の共同研究を実施。
- キャリアの携帯人流もいいが、価格が高止まり気味。海外でも最近Syntheticな人流データ作成の動きが出始めている。
- パーソントリップ調査等がない地域でも、オープンな統計データや、共通の学習パラメータによるエージェントモデルに基づき、携帯電話データとの**0.81**の高い相関を持つ、国レベルでは世界初の**1.3億**人分の擬似人流を再現し、2022年4月から提供開始。

国勢調査 (2015)

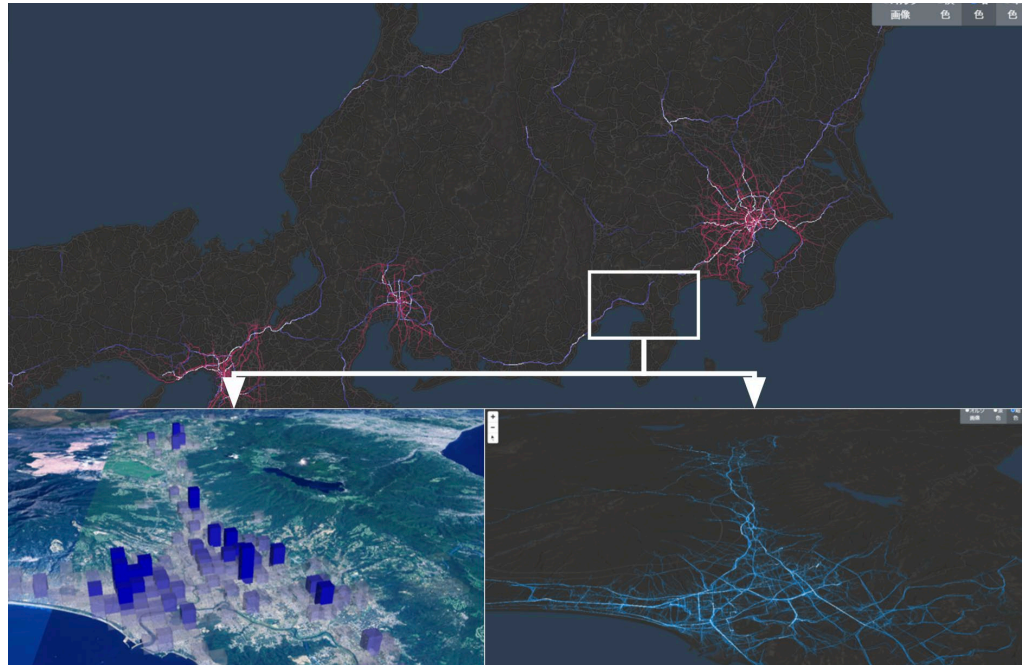
パーソントリップ調査

経済センサス

労働力調査

住宅・建物データ

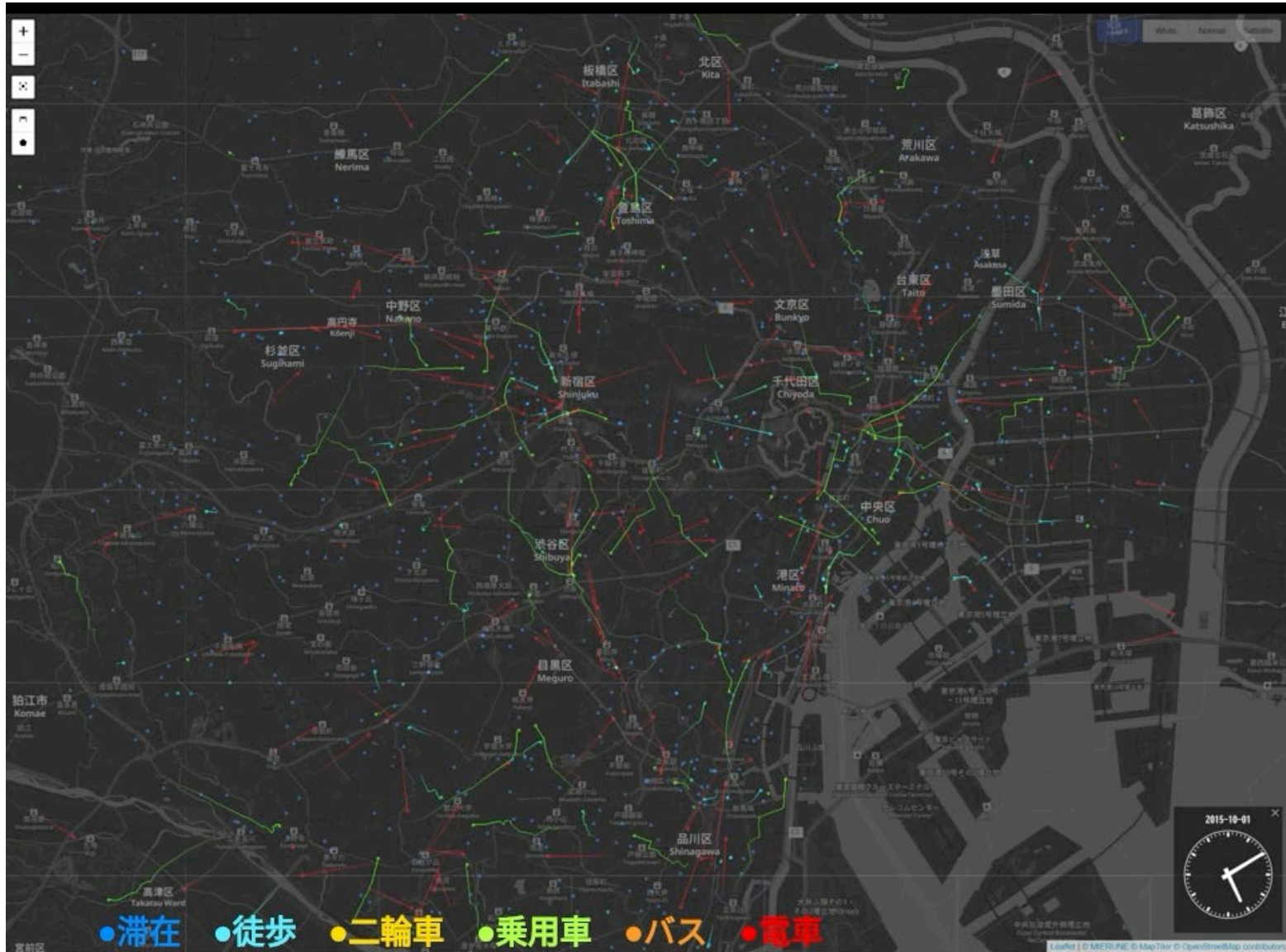
道路ネットワーク



オープンな統計情報等を活用した日本全国の擬似人流再現

擬似人流データの可視化

擬似人流の軌跡データは、GPSデータと同様に、より密な点の集合として表現（ブラウザーの性能制限のため、動画は約1%分の人口）



神戸はまちどりミニバス増便への適用実証

- 神戸市でコミュニティミニバスの増便可否を判断するため、擬似人流データを活用し、短期的な意思決定を迅速かつ効果的に進めるための新たな可能性を示している。

1. 現状設定

- 運行時間：9時～17時
- 運行頻度：ミニバス1台で1時間に1便

2. 増便設定

- ミニバス1台を追加し、30分ごとに1便運行

3. 利用状況の考慮

- 須磨駅から山上への利用が最も多い
- 坂道の多い地形を考慮し、徒歩負担を一般利用者と1.2倍、高齢者と1.5倍に設定

4. 地域特性の考慮

- 須磨区の車所有率を0.42として設定

5. 交通手段選択の基準

- 各交通手段（車、徒歩、バス、その他交通機関）の利用コストを比較し、コストが最小の選択肢を選定。
- 利用コストは： $\text{移動時間} \times \text{時間価値}$
(1,000円/時間) + 乗車料 + 体力の負担

はまちどり運行線路と現地住民分布

擬似人流x生成系AIについて

- 都市圏ごとのパーソントリップ調査データを用いて、オープンソースLLMモデル（Llama3 8B）をファインチューニングし、エージェントの属性（年齢、性別、職業、住所）プロンプトとして活用。
- 試作した擬似人流では、同じ属性を持つ100人の1日分の行動を再現し、軌跡のリアリティと多様性を示した。

プロンプト: 武蔵野市に住む40-44歳の男性
通勤者の1日の行動を生成する。



まとめ

- 擬似人流は全国の作成・提供を始めているが、様々なシミュレーションによる政策のbefore/after検討等、活用は幅広くポテンシャルは大きいと考えている。
- ただし、いくつかの精度ラベルを示していく必要がある。
- また、利活用環境の充実や再計算時間の短縮等も重要。
- また、GPS等、リアルデータとの融合（Few shot learning等）のような商業的価値向上にもポテンシャルが大きい。