

インフラメンテナンスにおける 多様な計測・ビッグデータの活用

東京都市大学 工学部 都市工学科
今井龍一

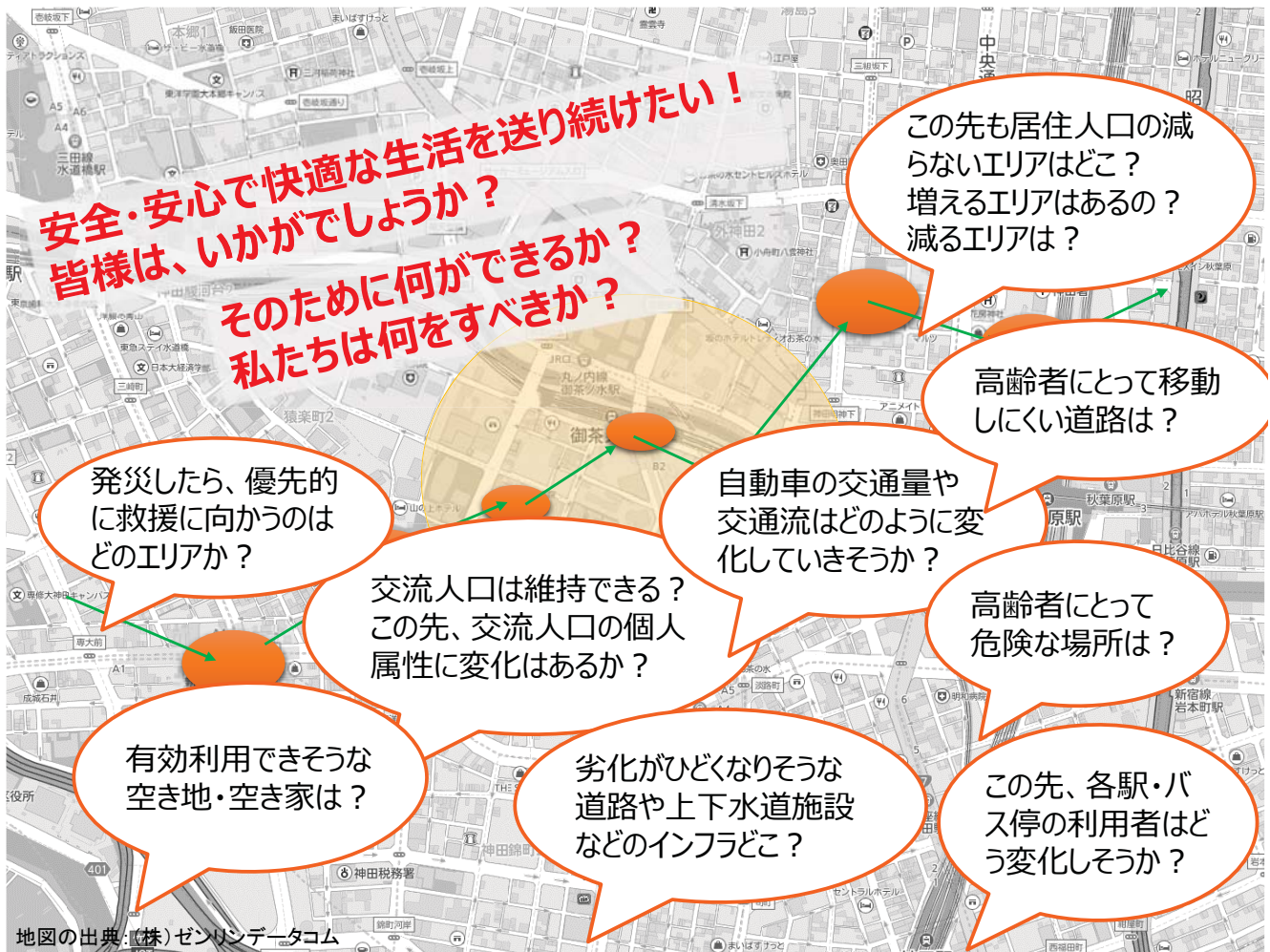


2

皆様と共有したいこと

- **ヒトの動きを把握する、そして予測する**
 - 皆様にとっては異分野の取り組み？
 - でも、そこにはヒントが潜在しているかもしれない！
- **私たちの活動領域の認識**
 - ICT・IoTが鍵になりそうだ！は、関係者の共通認識であるはず。でも・・・
 - 技術開発と併せて制度設計や運用策の推進が重要
- **上流工程の成果を取り込む、さらに要件を提示していくことを目論む**
 - 多様かつコンピューターダブルなビッグデータが存在
 - どのようにしたら賢く使えるか？を考える
- **データの特長を活かす**
- **人の動き・インフラ施設の両者のデータを駆使して都市経営を推進する**
コンピューターダブルなデータの充実による今後の方向性
- **私たちの挑戦 「都市研究の都市大」**





ヒトの動きを把握する、そして予測する

～聴講者の皆様にとっては異分野の取り組み？でも、そこにはヒントが・・・～

交通データ

理想的な交通データ：どのようなヒトが、何の目的で、いつ、どこからどこへ、どのような手段で移動したかがわかる

質

統計調査データ … 都市交通のためのもの

- 道路交通センサス、パーソントリップ調査など
- 動きを詳細（特に目的・手段）に把握できる
- 調査頻度は5年や10年に1度→鮮度に課題有
- サンプル調査

量

交通ビッグデータ（動線データ）



東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

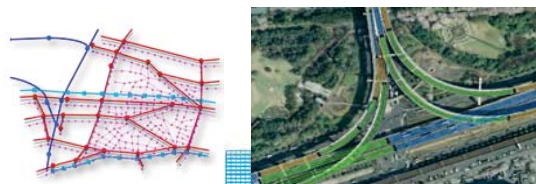
交通ビッグデータ

量

- 必ずしも都市交通のためのデータセットではない→ここが重要！
- 24時間365日取得可能
 - 携帯電話、カーナビゲーションシステム
 - 交通系ICカード、WiFi、カメラ
 - カウンター、SNS など多様・・・
 - 量が多くて鮮度はよいが、データによっては移動の目的や手段が把握できない
- 地図の高度化も日進月歩
 - GoogleMap、Yahoo!地図・・・
 - 道路ネットワークデータ
 - 大縮尺地図（ダイナミックマップなど）



【出典】国土交通省、NTTドコモ、ホンダ、Twitter、nimoca、福岡市、JR九州



【出典】国土交通省

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

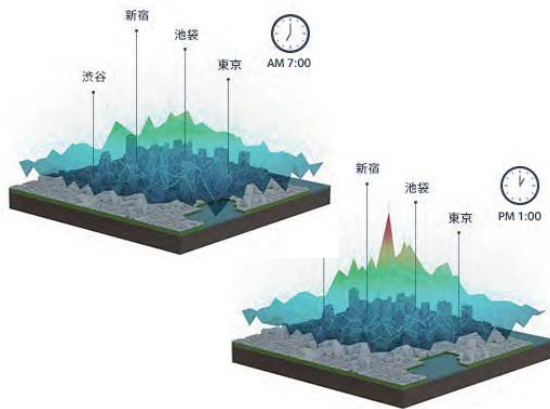


人口や流動の総量がわかる！

～パーソントリップ調査との照合分析も実施し、精度特性も把握～

人口分布統計

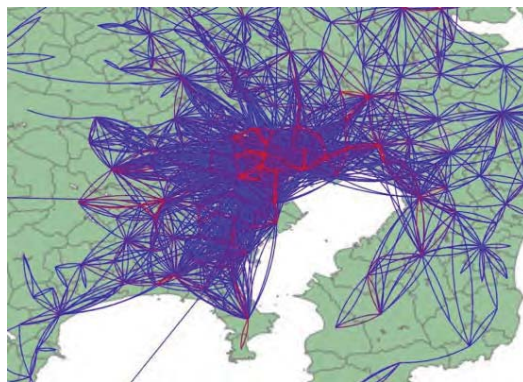
「ある時間のあるエリアの人口」



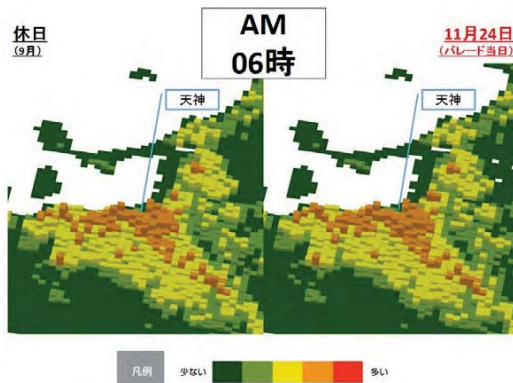
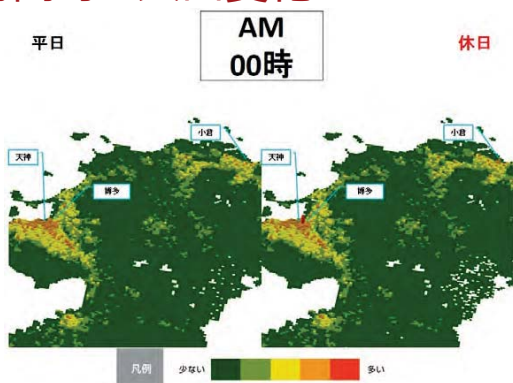
出典：モバイル空間統計 (NTTドコモ ドコモ・インサイトマーケティング)

人口流動統計

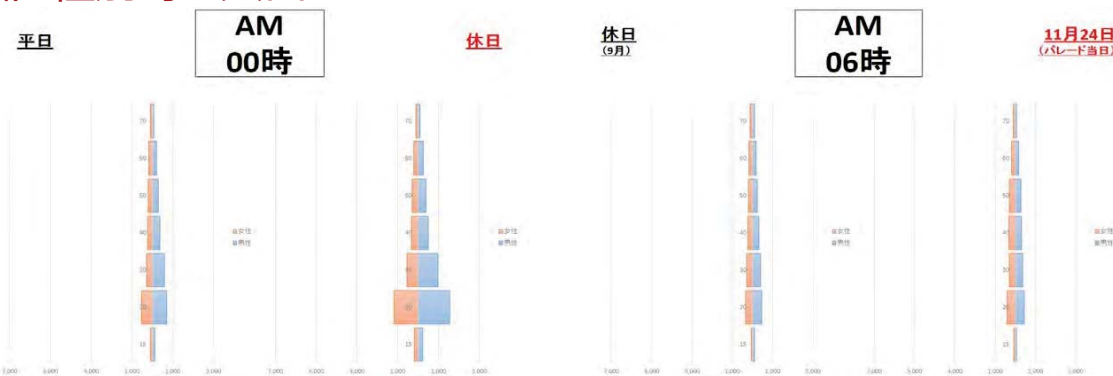
「あるエリアから他エリアへの移動人口」
「あるエリア内に滞留する人口」



1時間毎の人口変化



年齢・性別毎の人口



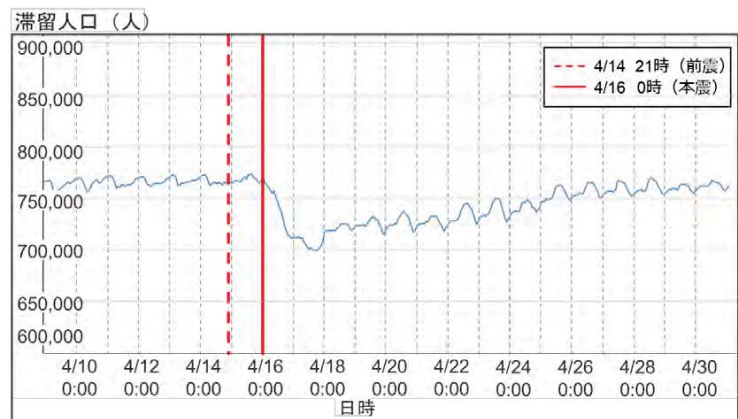
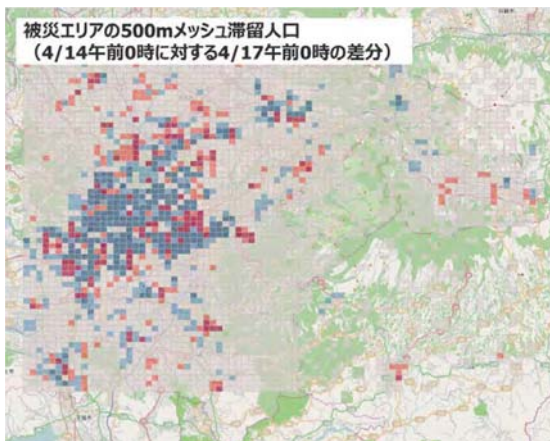
出典：モバイル空間統計 (NTTドコモ ドコモ・インサイトマーケティング)

熊本地震前後の人口推移

【出典】池田大造, 渋谷大介, 今井龍一, 太田勝也, 金井翔哉, 新階寛恭, 円山琢也: 携帯電話網の運用データに基づく人口統計を用いた熊本地震における避難者およびボランティアの行動に関する考察, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.55, 土木学会, 2017.6

● 滞留人口（全数）の推移

- 4月14日の前震直後は前日までと比較して滞留人口が少ない
- 周辺エリアもしくは県外に避難していたことがうかがえる

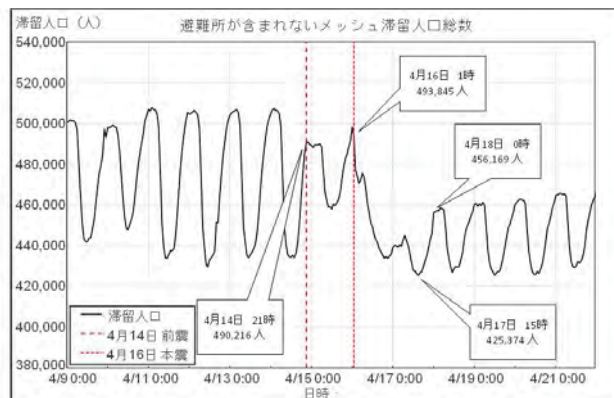
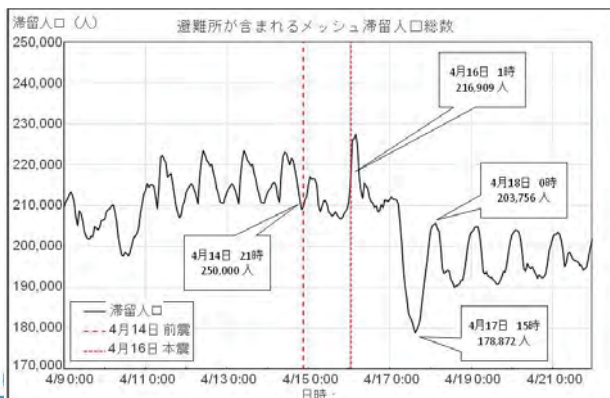
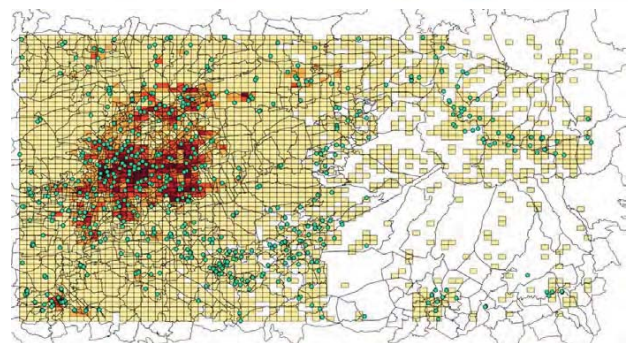


熊本地震前後の人口推移

【出典】池田大造, 渋谷大介, 今井龍一, 太田勝也, 金井翔哉, 新階寛恭, 円山琢也: 携帯電話網の運用データに基づく人口統計を用いた熊本地震における避難者およびボランティアの行動に関する考察, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.55, 土木学会, 2017.6

● 避難所周辺の滞留人口

- 4月16日の本震直後、避難所が含まれないメッシュは地震発生前に比べて大幅に減少
- 避難所が含まれるメッシュは本震直後の1時には人口が急増しており、住民が避難所に押し寄せた様子がうかがえる



Rank 2 太田窪（さいたま市南区）

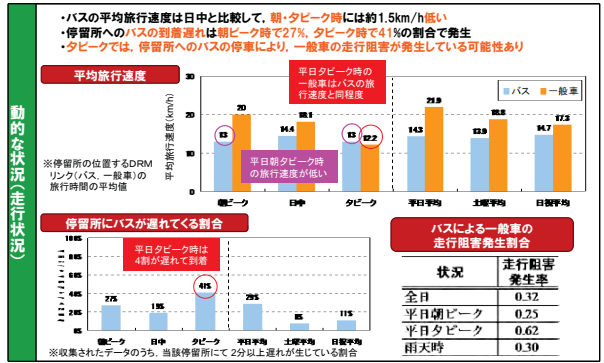
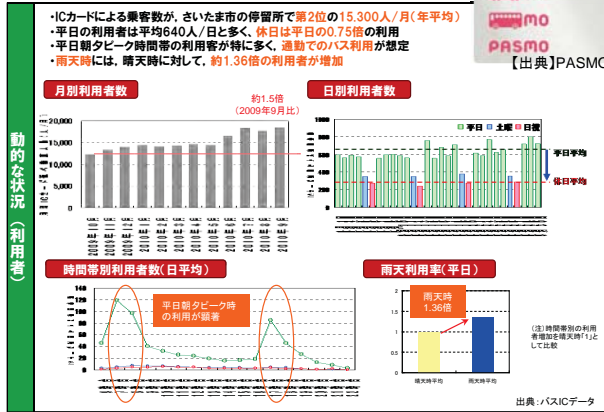
利用者が多く、バスの停車による走行阻害が夕方によく発生！

停留所名	太田窪
住所	埼玉県さいたま市南区
緯度	35.86377194
経度	139.6708247
停留所ID	791108686



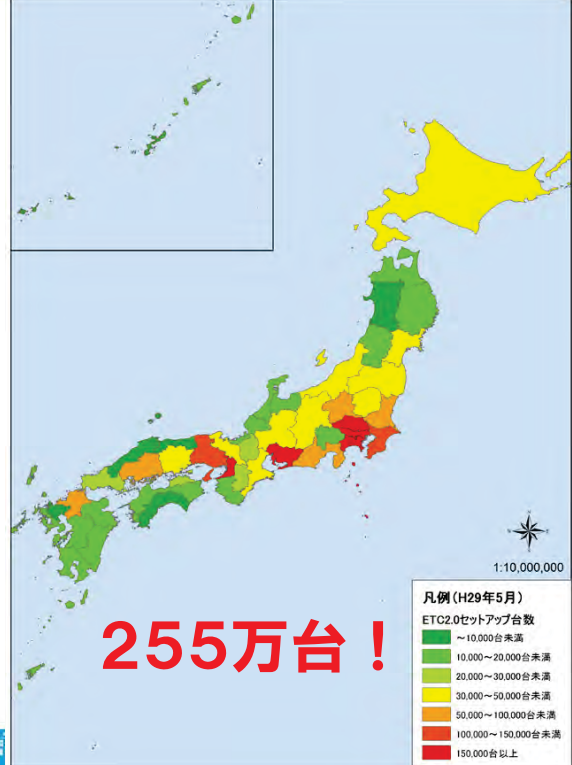
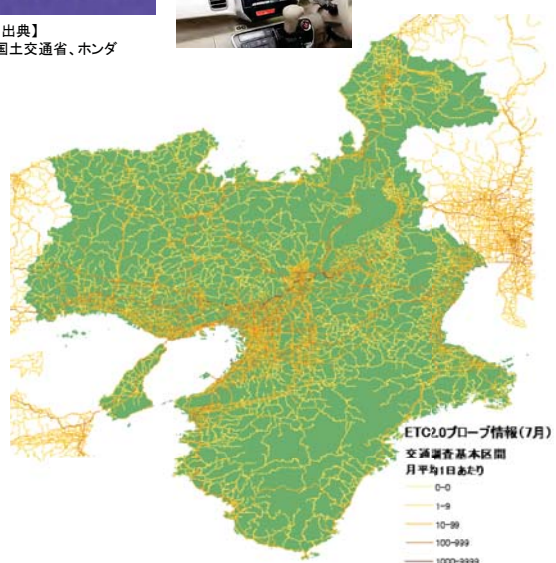
事業者	国際興業株式会社		
系統数	9系統		
運行系統数	系統	起点・終点	運行本数(2010年10月時点)
			平日 土曜 休日
	浦50	浦和駅東口～南浦和駅西口	65 52 47
	浦50-2	浦和駅東口～二十三夜坂下	4 3 2
	浦51	浦和駅東口～北浦和駅東口	28 25 24
	浦51-2	浦和駅東口～北浦和駅東口	6 6 6
	浦51-3	浦和駅東口～北浦和駅ターミナル	12 12 12
	浦04	浦和駅西口～北浦和駅	58 32 32
	浦04-2	浦和駅西口～馬場折返場	58 50 56
	浦04-3	浦和駅西口～さいたま東営業所	20 15 15
浦05	浦和駅西口～明花	9 3 2	

バスの走行環境	車線数	片側1車線	PTPS対象	○
	バスベイ整備	×	優先(専用)レーン	×
	上屋の整備	×	公共交通幹線軸	×
	椅子の整備	×		



● 停留所は片側1車線の道路に位置しており、一般車がバスを追い抜くことができず、バスの停車により走行阻害が発生しており、交差点付近の停留所位置変更等が考えられる
 ● 歩道の狭い箇所(停留所が位置している)もあり、バス待ちの際に自転車、自動車との接触の危険あり、バス待ちスペースの確保が望まれる

自動車交通



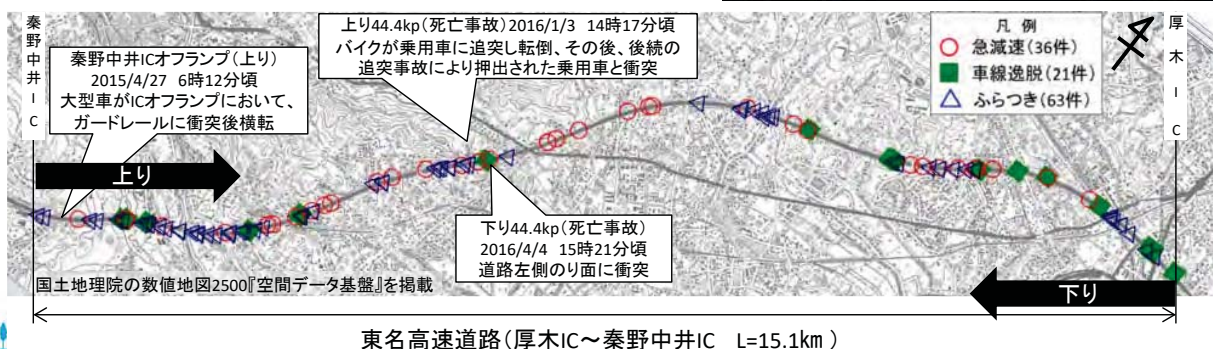
【主な出典】和田翔，中矢昌希，松島敏和，田中文彬，今井龍一，金井翔哉，大森卓哉，奥山健一，奥田善之：ETC2.0プローブ情報の基本特性及び交通流動総量の分析に関する取り組み，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.55，土木学会，2017.6

潜在的事故危険箇所

- 危険な交通挙動の抽出
 - 急ブレーキ
いわゆる「ヒヤリハット箇所」
 - ふらつき（車線逸脱）
 - 速度超過

【主な出典】仲条仁, 田中準二, 今井龍一: 商用車プローブデータの車線逸脱・ふらつき・車間距離等の挙動を用いた道路交通分析, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.54, 土木学会, 2016.11

▼ふらつき警報（指標）▼



SNSの活用

阪神高速グループ、東京都市大学、関西大学、大阪経済大学で研究開発中

- 交通管制システムなどの既存の情報収集手段を補完・拡充すること目的にTwitterクローリングシステムを開発中
- 阪神高速に係わるツイートが投稿されると、30秒以内に収集してシステム画面に表示
 - 危険事象の可能性のあるツイートはハイライト表示（動画も収集）
 - 位置に係わる用語が含まれている場合はジオコーディングして地図に表示
 - 2014年8月以降のツイートを蓄積
(2016年1月12日時点、近畿圏内の高速道路に係わるツイート367万件を蓄積)
- ツイートから移動目的や移動経路を算出する機能等も実装



万能薬？

- 携帯電話
 - どのエリアから、どのエリアに移動したか？どこに滞留したかの総量
 - どの手段を使ったか？どの経路を使ったか？は・・・
- 交通系ICカード
 - 電車・バスの乗降の悉皆データ
 - どこからどのように来て乗車したか？降車後や乗換中の回遊は？どこに行ったのか？は・・・
- 何の目的で移動・滞留したのか？どう感じていたのか？は・・・
- 都市経営、エリアマネジメント、マーケティング・・・などの用途によっては単一データで満足させることが難しい・・・限界がある！



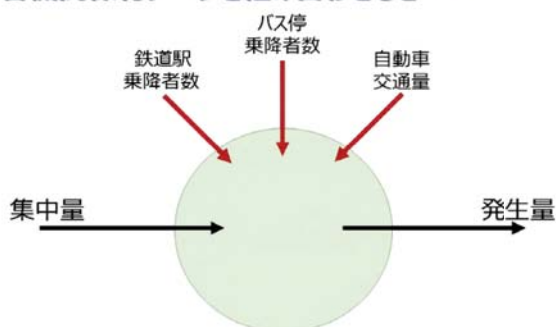
交通データ



多様な交通データの**特長**を活かして**組合せ**都市活動を把握

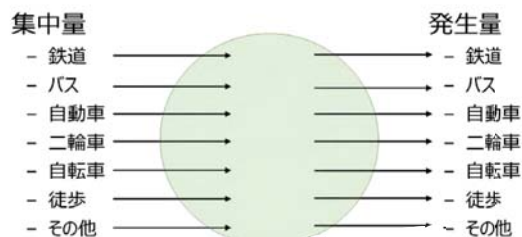
- 統計調査の補完
- 複数の動線データの組合せ利用

各機関保有データを組み合わせると・・・



交通手段分担率に分解できるかも？

プローブデータを組合せると、経路付きODの生成も・・・



相互作用・交流が必要では？
交通ビッグデータ・インフラメンテナンスデータの組合せ



私たちの活動領域の認識



21

平成26年4月 道路の老朽化対策の本格実施に関する提言

- 社会資本整備審議会 道路分科会の家田仁分科会長から国土交通大臣に「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」が手交
- 写真中央は道路技術小委員会の三木千壽委員長

★技術★

「産学官によるメンテナンス技術の戦略的な技術開発を推進」

が明示！



【出典】http://www.mlit.go.jp/page/kanbo01_hy_003328.html

賢い道具を賢く使う！

- 賢い道具
 - ICTによる計測技術、設計や施工支援の技術・・・“**複合技術**”が鍵！
 - そのまま適用できる道具
 - 当該分野に適応した道具へ磨きをかける
 - 当該分野に適応した道具を作り上げる
- 「賢く使う」には、とにかく、仕組みづくり！が重要
 - 技術開発：道具
 - 制度の再設計
 - 業務プロセスの再設計
・・・全体最適の観点からの情報の流通や高次利用の仕組み
 - 技術者の育成
- 「賢い道具」づくりは日進月歩
- 一方、賢く使う仕組みづくりは・・・



私たちの活動領域の風土

- **自分たちに必要なものは、自分たちで揃える！**
 - 交通データ（交通調査、道路交通センサス、PT調査、ETC2.0・・・）
 - 構造物は単品受注生産、そして長期供用
 - 成熟した技術の導入（とくにハード系には慎重に！）
 - 官民二者構造、産官学の合議制
- 財政状況や技術革新の社会情勢からICT／IoTが注目されて情報化が推進・・・
- でも風土の抜本的改革はそんな直ぐにはできない・・・



ジレンマ

目的・総論の共通認識は概ね問題なし、
でも、どうしても行き詰まってしまうことが・・・

新技術ではカバーできない領域で、
ここに重要事項が含まれている場
合もある。

新技術により既知にない知見が得
られる領域であるが、その特長を活
かす確固たる術と併せて確立するの
が難しい場合がある。

既存

新技術

固定観念からの脱却？
先例に倣う文化との闘い？

成果
例：2次元

<

成果
例：3次元

どっちがリッチコンテンツが明白なことが多いけど、
その活かす場面が・・・となることも往々にしてあるのが現状

ジレンマ

- 既存基準は、目的達成のため、その当時の計測技術を基に必要最小限の労力で最大の効果を享受できる計測・検査方法を規定
- つまり、計測技術と検査基準との均衡を図っている
- 基準を一度策定すると、技術革新があっても・・・
 - どうしても既存基準を基軸とした精度確保の議論が展開
 - 各事業の目的達成の観点から新技術の特長を活かした制度設計！！
という流れには一足飛びになりにくい
- 結果、変革の強い思いがあっても既存基準を満足できなければ、新技術は不採用、あるいは時宜に即した採用ができないことがある
- しかし、この点に関しても昨今は克服の潮流が現れつつある！

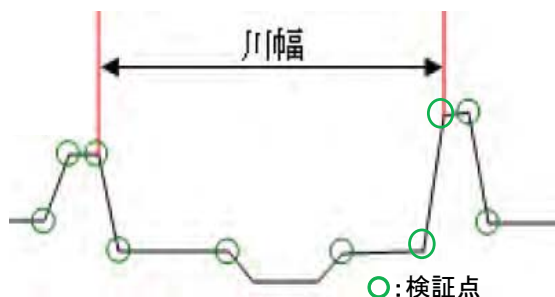
具体例～河川定期横断測量～

- 「計測方法」および「データ特性」が明らかに違うもの同士

点



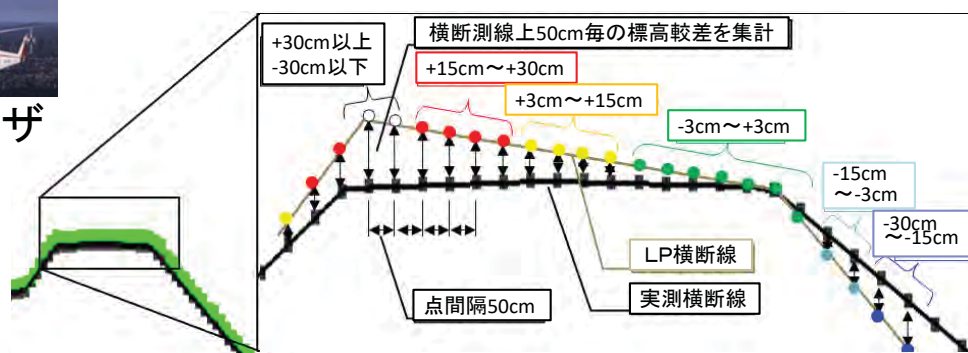
TS



線



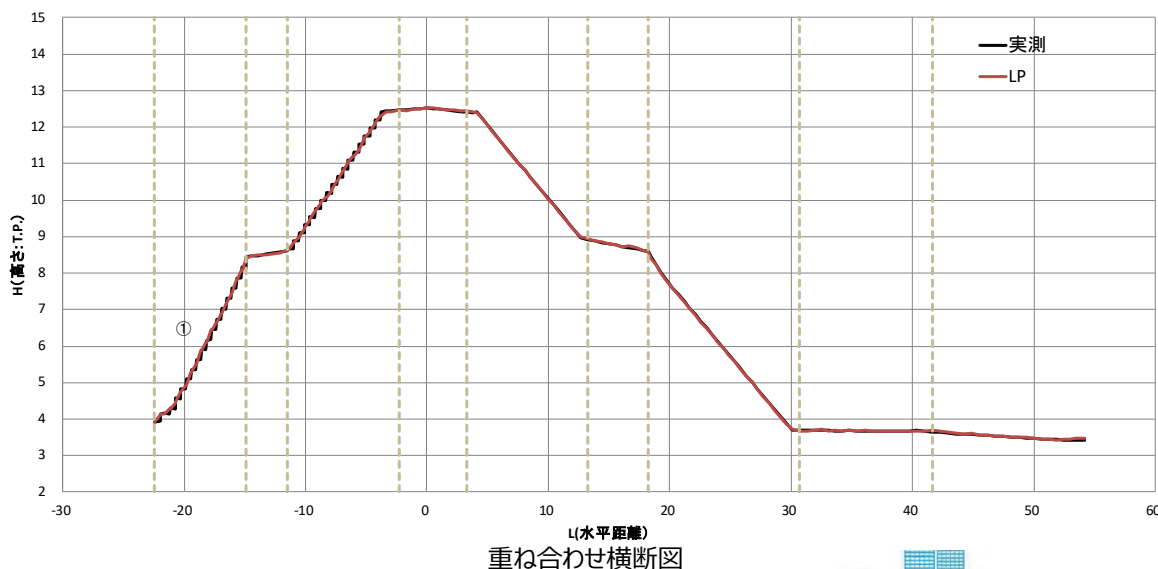
レーザ



出典: 今井龍一, 松井晋, 中村圭吾, 重高浩一: 河川定期横断測量へのレーザプロファイラの適用可能性と今後の展望, 土木技術資料, Vol.57 No.7, pp.26-29, 土木研究センター, 2015.7

具体例～河川定期横断測量～

- レーザプロファイラデータの特長を活かした規程を定めて、現在、17条申請にて測量を実施中



重ね合わせ横断面図

出典: 公益財団法人 日本測量調査技術協会

工事施工のi-Constructionでも・・・

文化との闘いにも果敢に挑戦されている！

点

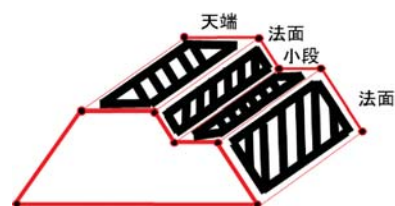
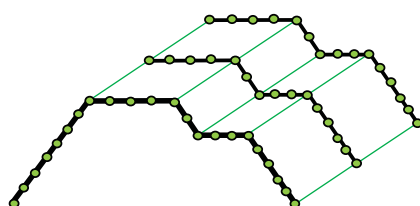
TS

線

LS
UAV

面

LS
UAV

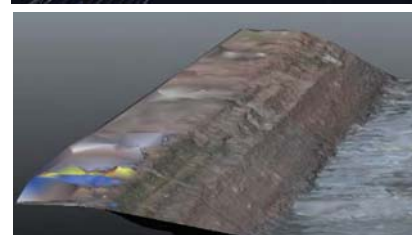
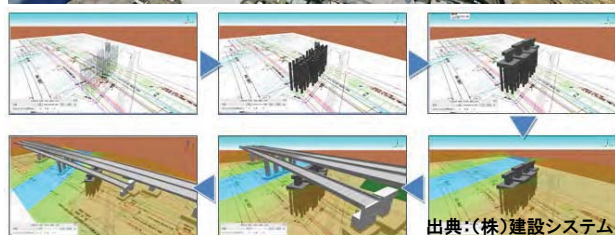
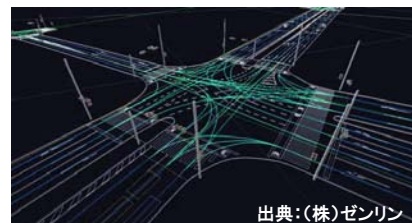


上流工程の成果を取り込む、
さらに要件を提示していくことを目論む



潮流と3次元データの捉え方

- CIM・i-Construction等により情報化は着実に進む
- 専門学校や大学での教育カリキュラムにも組み込まれようとしている
- そもそも3次元データは・・・ヒトのため？コンピュータ（ソフトウェア）のため？
- 双方で共通認識を持つためですよね？



よくある活用方策の話

- 上流工程の成果をそのまま使う方策を検討！
 - 統合型データベースの構築
私見：これにもあれにも使えるが売りのシステムは絶対に使われない
 - 3次元モデルに既存の資料と関連付けた環境を構築！
そして、これらを維持管理に活用していく！
新しい活用シーンの提案も漏れなくついている・・・
 - 構造物等の解析
 - シミュレーション
- 総論賛成でも実際は・・・
・・・改めて考えてみる、本当に必要ですか？と。なぜならば・・・



よくある活用方策の話

- たとえ事業の高度化が期待できても現行の業務プロセスに“追加作業”や“二重作業”が伴うと、現場には浸透・定着しにくい
 - これは2次元図面、これは3次元モデルを使って管理・・・
 - 少なくとも私は強い抵抗感を覚える
- 徹底的に下流工程で使うならば、レガシーデータも含めた取扱いを定めた仕組みづくりが必要！でも、言うは易し行うは難し！
- 既設構造物の2次元図面のすべてを3次元モデル化する環境構築のような正攻法では進まない・・・

2D ↔ 3D



活用方策の考え方

- 現実的な運用には、レガシーデータとの相互運用性が重要なので、3次元から2次元へのダウンサイジングも視野に入れる
- つまり、上流工程の成果をそのまま使うだけでなく、“**分解**”して使う、“**組み合わせ**”て使う観点も含めて展開方策を議論
- 例えば・・・河川・道路管理者の使っている資料に取り込む
 - 台帳の図面や各調書の調製・更新
 - 形状の数値を初期値として、点検結果との差分（経年変化）を見る
 - 地図の調製・更新
 - 解析・シミュレーションの境界条件の数値読取り、計画系への活用
- **維持管理フェーズから上流工程に要件を提案！！！！**
 - 上流工程の関係者は、維持管理での活用を切望
 - 維持管理側から積極的に要望していくのは大歓迎！のはず

データの特長を活かす



点群データの活用例

道路(都市部)



- 人工構造物が主体であるため、断面変化点・線（ブレイクライン）が明確
- 人工構造物と地表面との分離は、法線ベクトルを見ることである程度は可能

河川

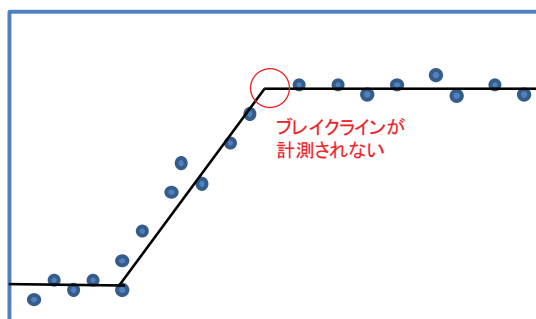


- 人工構造物と自然物が混在しており、断面変化点・線（ブレイクライン）が曖昧
- 地表面は、河川の構造的な特徴を加味して、判断する必要がある

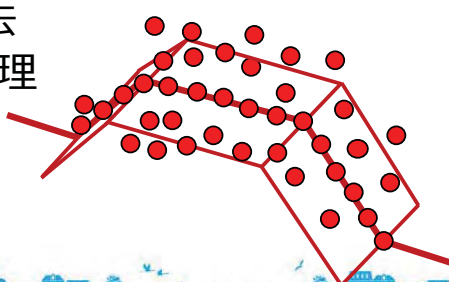


点群データの活用例

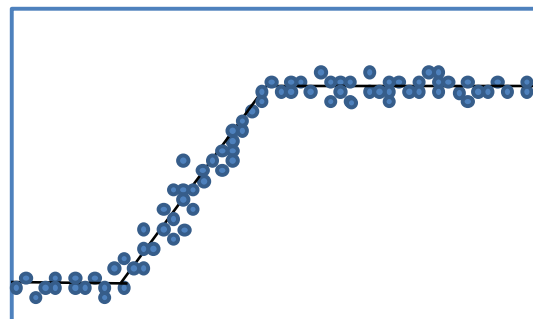
• MMS以外の例



- ノイズ除去
- バッファ処理
- 調製



• MMSの典型例



- ノイズ除去
- 不要な点群の除去 (点密度を下げる)
- 調製

コンピューターリーダブル

• これまで・・・

- どちらかという「人が見る・触る」
- 人が見るための計測・・・ 現行のUAVの写真測量は典型例
- 人が図化するのに必要な計測、そして人による図化
- 人は構造物と理解できるが、コンピュータは理解できないモデル・図面

• 賢い道具になるには・・・

- コンピュータにとってモデリング（図化）しやすい計測
- 計測データの特長を活かしたモデリングと基準
- 人・コンピュータの双方で構造物の空間・主題属性がわかるモデル

人は道路、
コンピュータは点
と理解



• 現行はデファクトツールを利用、データフォーマットまで依存して大丈夫？

- **長期的な話になりますが、維持管理のプロダクトモデルを開発していく必要はないでしょうか？**

ヒト・モノ・コトの動き・インフラ施設の両者のデータを駆使して都市経営を推進する

コンピューターダブルなデータの充実による今後の方向性



センシング技術の多様化！

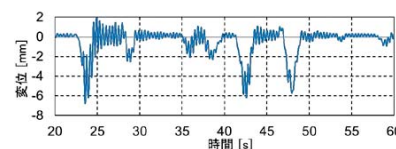
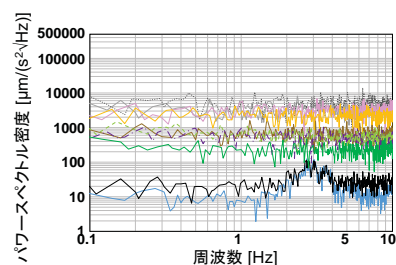
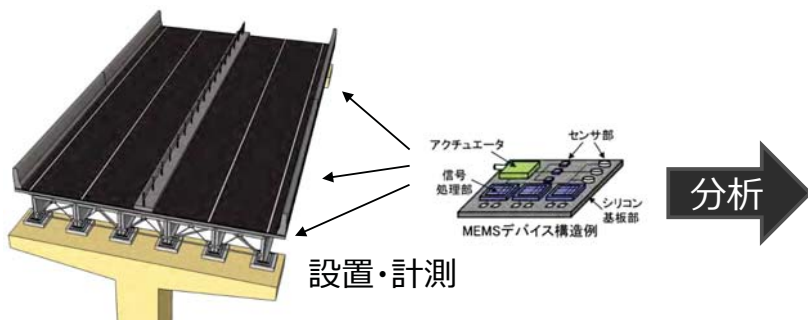
- 極論、国民一人ひとりがセンサーになる世の中
- ヒト・モノ・コトの動きのみならず、インフラ施設等の状態までわかる
- コンピューターダブルなデータがますます充実！
- どう組み合わせるかを賢く使うか？が勘所

わかること	計測の仕方	多分野の例
精密・用途に合致 <small>(私たちの文化に馴染んでいる)</small>	<ul style="list-style-type: none"> • 明確な目的の下で定期計測 • プロ仕様 • 精度は高、鮮度・網羅性は？ 	人間ドック 精密検査
互いの領域を繋ぐ手法の開発も活発		
大体・なんとなく <small>(私たちが使いこなす必要あり)</small>	<ul style="list-style-type: none"> • 目的は様々で、日常計測 • 一般向け・汎用的 • 精度は？、鮮度・網羅性は高 	バイタル機器

橋梁の維持管理

～センサそのもの、分析手法の両方を開発した事例～

- 安価・小型・設置が容易MEMSセンサを用いて橋梁の**変位**を常時計測
- その計測データから、**車両の重量、走行車線や交通量**まで把握できる！
→橋梁変位道路交通の計画分野でも活用できる！
- 計測データを別の用途に拡大ができる！



【各図の出典】東京都市大学 関屋英彦先生

【本研究成果の主な出典】

- 関屋英彦ら：橋梁の加速度記録を用いた変位応答算出法の提案，土木学会論文集A1，Vol.72，2016.
- 関屋英彦ら：MEMS加速度センサを用いた変位計測に基づくPortable-Weigh-In-Motionシステムの提案，土木学会論文集A1，Vol.72，2016.



車両搭載センシング技術検証に関する公募のポイント

(参考2)

個別の要素技術の組合せ

GNSS/IMU (イメージ)



カメラ (イメージ)



レーザー(イメージ)



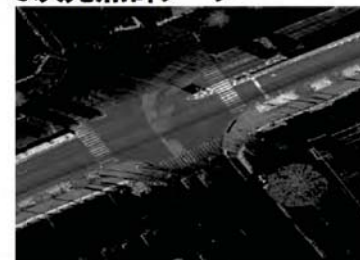
GNSS: Global Navigation Satellite System(s)(汎地球測位航法衛星システム)
衛星を用いた測位システムの総称

IMU: Inertial Measurement Unit(慣性計測装置) 機体の姿勢や傾きの観測が可能

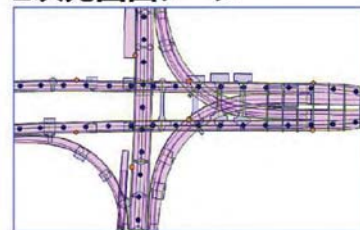
カメラ: 取得した画像から絶対位置を表す情報の作成が可能

レーザー: 物体による反射を用いて座標点群データの取得が可能

3次元点群データ



2次元図面データ



①特車の通行の審査の迅速化

②区画線、標識等の道路地物管理の効率化

③運転支援の高度化や自動走行への活用等

【出典】国土交通省

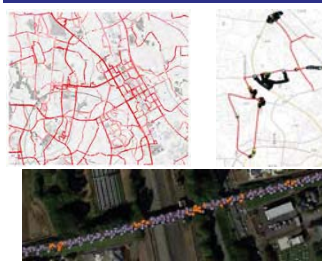
舗装の劣化診断

～計画系・管理系データの組合せ～

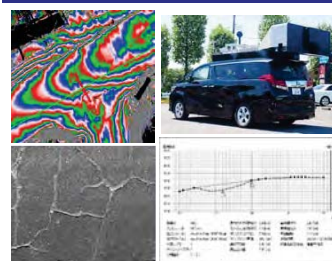
日々計測・蓄積



簡易診断



精密検査



修繕・補修



●実施内容

- 公用車にセンサを搭載して走行・挙動履歴を計測し、サーバに蓄積
- 挙動履歴（加速度等）から路面の経年劣化を簡易診断→精密検査の計画立案
- MMSを使って精密検査（MCI、IRI、段彩図等）
- 結果に基づき、修繕・補修の計画と実行

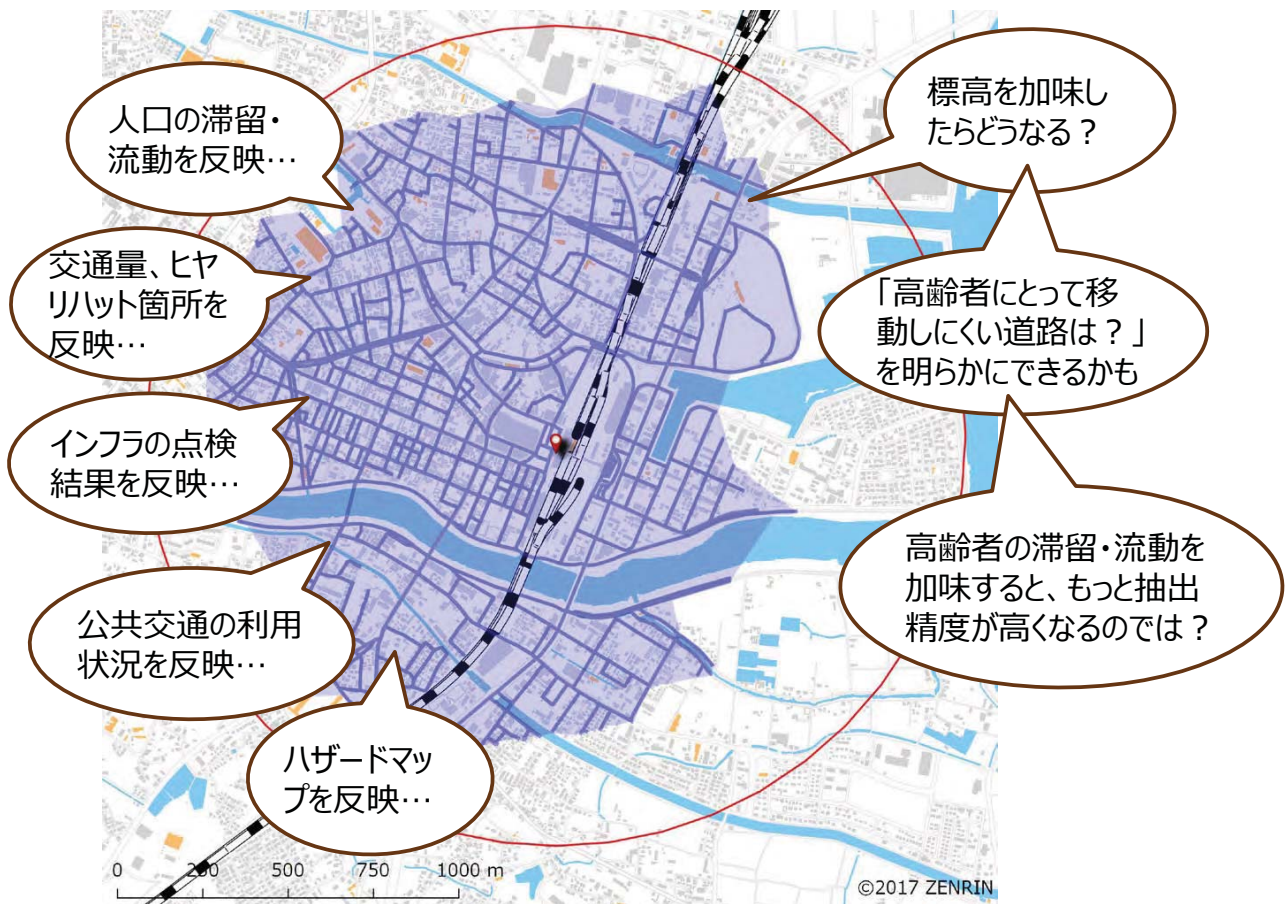
●実施体制：つくばモビリティ・交通研究会のご協力の下で遂行

- つくば市、国土交通省国土技術政策総合研究所、アジア航測、中央復建コンサルタンツ、ゼンリンデータコム、構造計画研究所、東京都市大学 等



私たちの挑戦 「都市研究の都市大」





着眼点

- 技術革新による鮮度・精度・網羅性を確保した「ヒト・モノ・コトの活動」および「インフラ施設」の実態把握や将来予測が可能に！
- 超高齢者社会の都市経営の観点で見ると…
ソフト・ハードの多様なデータを組合せて駆使すると…
 - 高齢者率の高くなるエリアは？
 - 居住者の減るエリアは？逆に増える・維持のエリアは？
 - この先も一定の交通量が見込まれる道路は？
 - 利用者の減る電車・バスの路線は？その逆は？
 - 経年劣化がひどくなりそうな道路や各施設は？
 - 要は、優先度をあげて重点的に提供するサービスを強化するエリアはどこか？の抽出、さらに、その強化策の推進によるPDCAサイクルの確立
 といったことができるのでは？すなわち…

シニアライフマーケティング

【研究概要】

交通ビッグデータ等を活用した都市構造・地形を踏まえた高齢者の回遊特性、潜在・将来需要（居住分布）の分析手法となる「都市活動のモニタリングシステム」の確立

【効果】

- ・スマートエイジング施策立案の支援
- 例：バリアフリー化を優先的に推進するエリア候補の抽出
- ・施策の発現効果の分析やPDCAサイクルのCheck支援



皆様との交流を深化し、
餅は餅屋の体制を構築して体現
していくことを強く祈念して...

平成28年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 表彰式



平成28年度科学技術分野の文部科学大臣表彰
科学技術賞(科学技術振興部門)
3次元情報の利活用のための社会基盤技術の振興

共同受賞者(写真右から)
関西大学 田中成典 教授
大阪経済大学 中村健二 准教授
関西大学 窪田 諭 准教授

今井龍一
imair@tcu.ac.jp

終