2017年11月7日(火) 統計数理研究所・公開講演会

空から眺める未来都市: 空間ビッグデータと統計数理

ビッグデータで将来の都市システムをデザインする

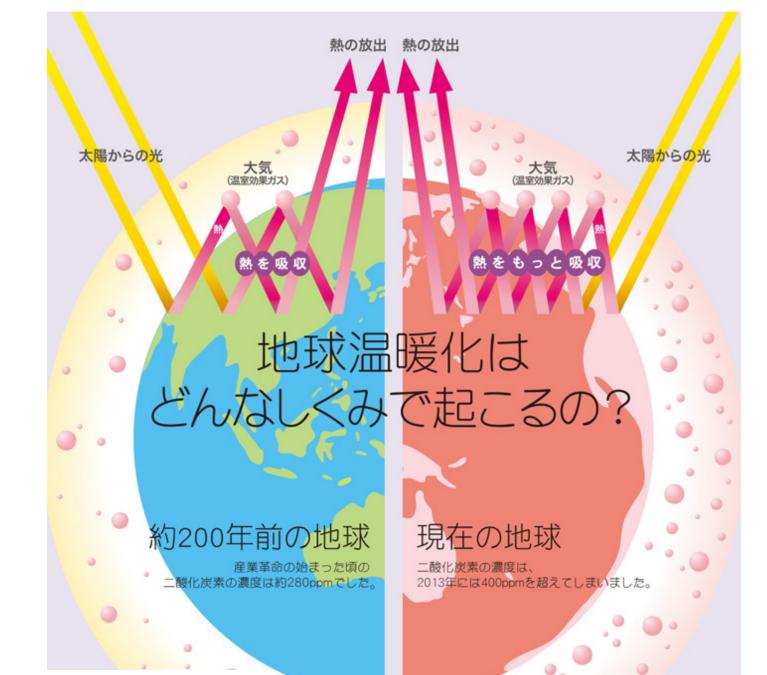
山形 与志樹

国立環境研究所・地球環境研究センター 主席研究員 グローバル・カーボン・プロジェクト国際オフィス 代表 (統計数理研究所・統計的機械学習研究センター 客員教授)



地球環境研究センター

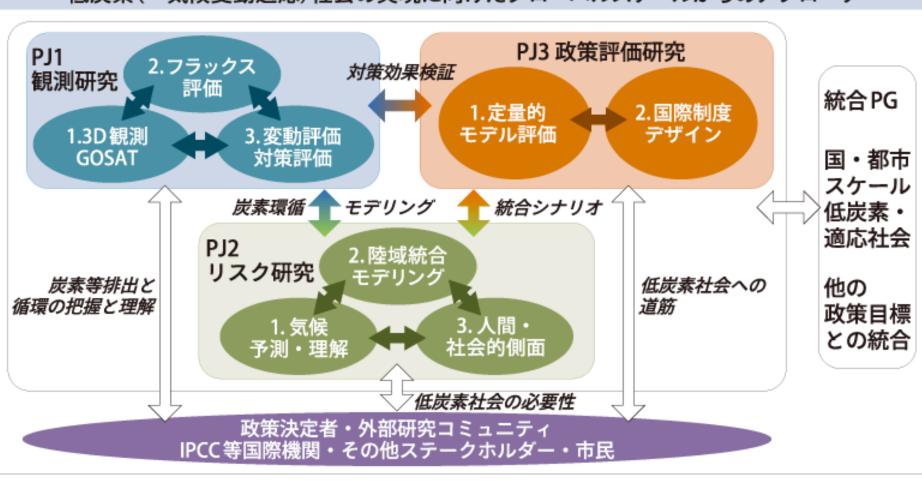




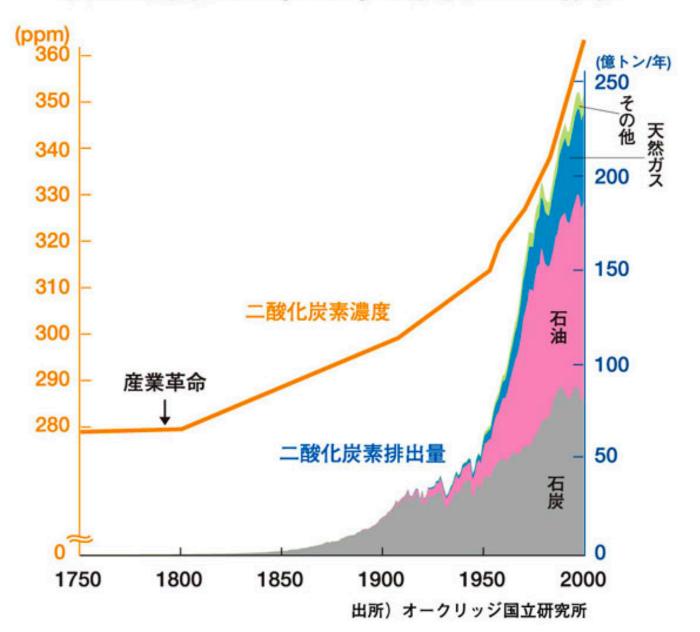


低炭素研究プログラム

低炭素(・気候変動適応)社会の実現に向けたグローバルスケールからのアプローチ

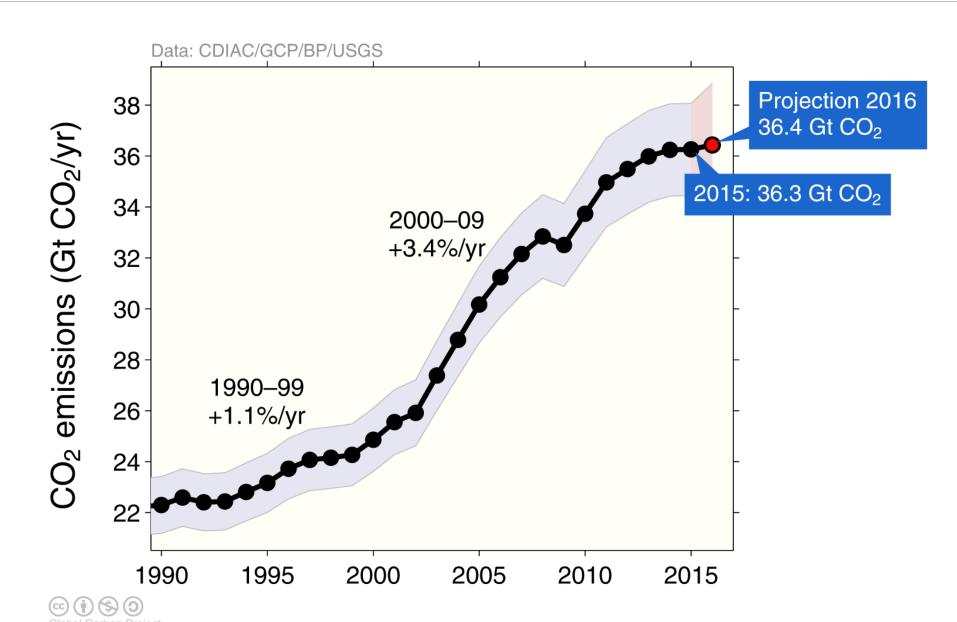


◆温室効果ガス (CO2) の濃度と量の推移





化石燃料の燃焼による世界の年間CO2排出量(10億トン)

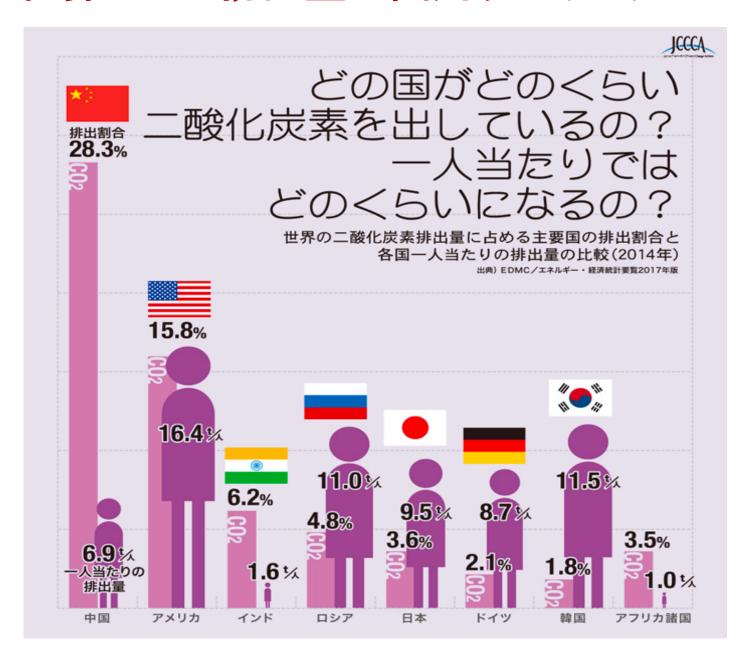


世界のCO2排出量の国別マッピング



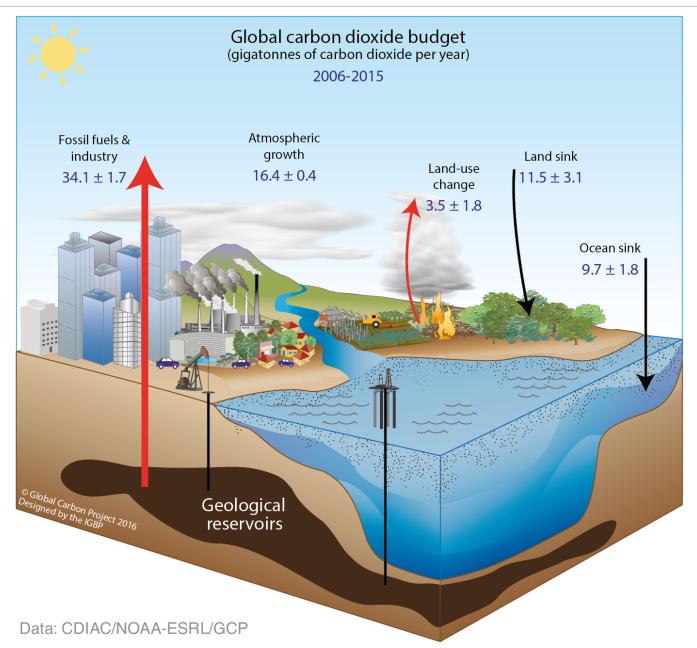
Global Carbon Projectによる推定

世界のCO2排出量の国別ランキング

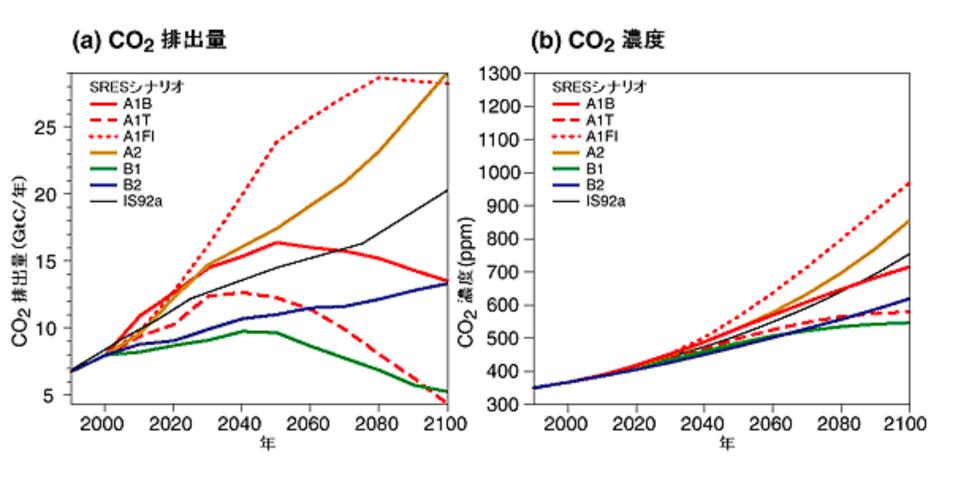




グローバルな炭素収支(排出と吸収のバランス)

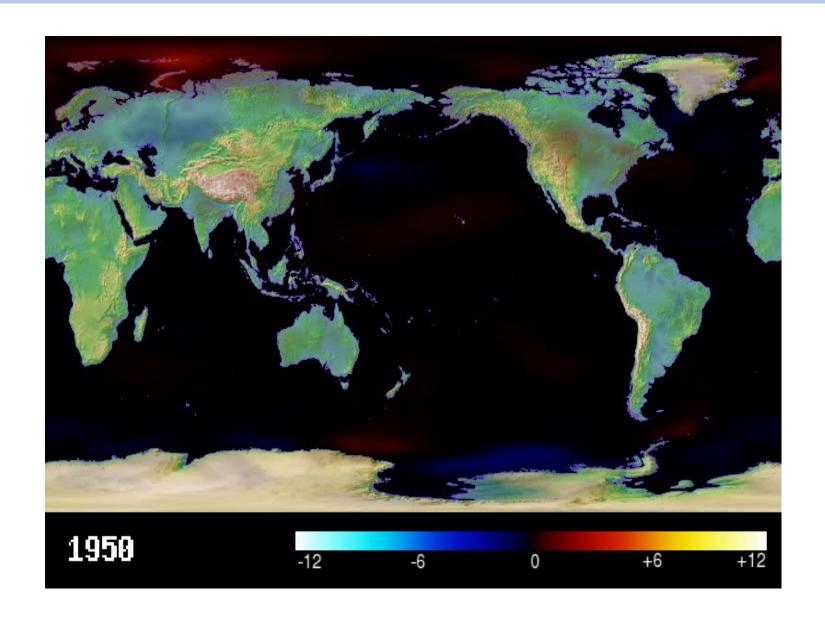


グローバルなCO2排出量とCO2濃度の増大の予測



IPCCの第4次評価報告書のシナリオ毎の予測を示しており、 A1Bでは世界の平均気温が産業革命前に比較して4℃上昇

スーパーコンピュータを利用した地球温暖化の予測



IPCC(国連気候変動に関する政府間パネル)



関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、1988年に国連環境計画(UNEP)と世界気象機関(WMO)により設立された組織

2013

気候変動(第5次評価報告書)



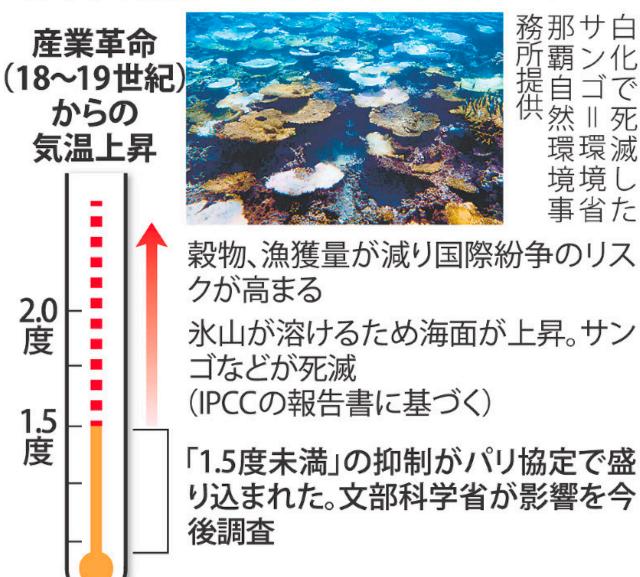








地球温暖化によるリスクのイメージ



毎日新聞2016年11月28日 東京夕刊

パリ協定の概要(2015年に国際合意)

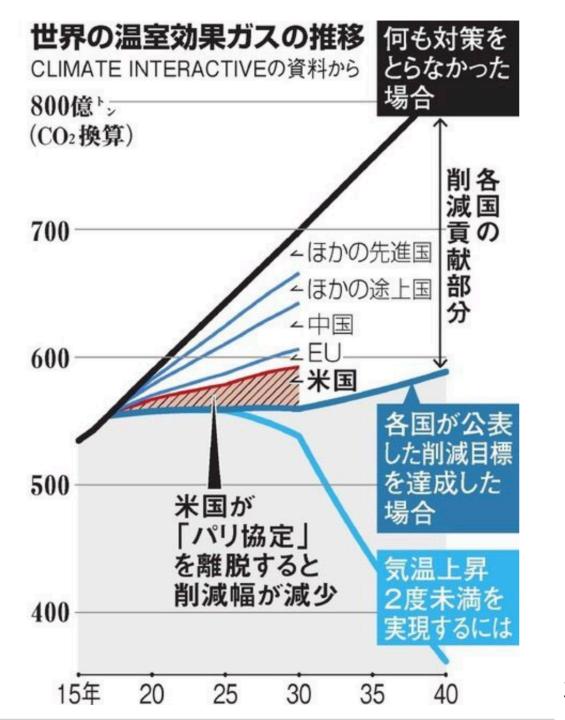
目的	世界共通の <u>長期目標として、産業革命前からの平均気温の上</u> 昇を2℃より十分下方に保持。1.5℃に抑える努力を追求。
目標	上記の目的を達するため、 <u>今世紀後半に温室効果ガスの人為</u> <u>的な排出と吸収のバランスを達成</u> できるよう、排出ピークを できるだけ早期に抑え、最新の科学に従って <u>急激に削減</u> 。
各国の目標	各国は、貢献(削減目標)を作成・提出・維持する。各国の 貢献(削減目標)の目的を達成するための国内対策をとる。 各国の貢献(削減目標)は、5年ごとに提出・更新し、従来 より前進を示す。
長期低排出 発展戦略	全ての国が長期低排出発展戦略を策定・提出するよう努めるべき。(COP決定で、2020年までの提出を招請)
グローバル・ ストックテイ ク(世界全体 での棚卸ろし)	5年ごとに全体進捗を評価するため、協定の実施状況を定期 的に検討する。世界全体としての実施状況の検討結果は、各 国が行動及び支援を更新する際の情報となる。



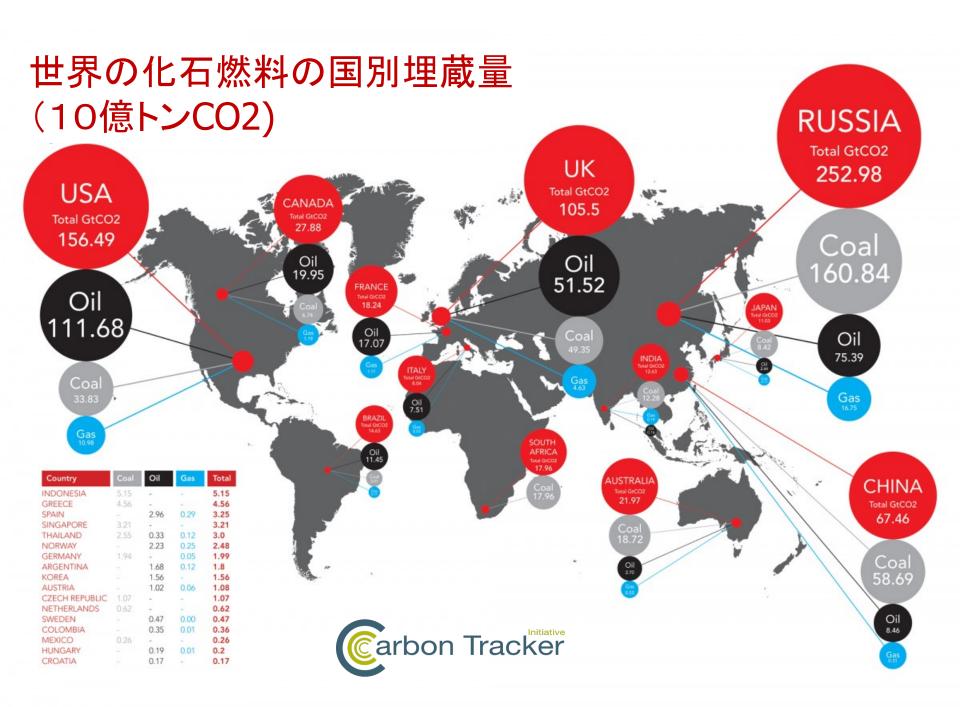
各国の削減目標

国連気候変動枠組条約に提出された約束草案より抜粋

国名	削減目標			
★***	GDP当たりのCO2排出を 2030 年までに 60 - 65 % 削減	2005年比		
**** * * EU ***	2030年までに 40% 削減	1990年比		
() インド	GDP当たりのCO2排出を 33 - 35 % 削減	2005年比		
日本	2030 年までに 26 % 削減 ※2005年比では25.4%削減	2013年比		
ロシア	2030年までに 70-75% に抑制	1990年比		
アメリカ	2025年までに 26 - 28% 削減	2005年比		
		平成 27 年 10 月 1 日現在		



朝日新聞17.06.03



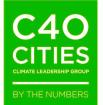
今後は先進的都市がリードする温暖化対策に期待



- C40都市だけでGDPの25%をカバー
- 対策を実際に実施する可能性が3倍
- 都市間連携で対策が加速
- データに基づいた対策をサポート
- 海面上昇で都市の壊滅的被害も予想
- ・ 米国政府は温暖化を否定、科学研究 や対策予算を大幅に削減したが、都 市ではむしろ対策強化の動き
- 日本からは東京、横浜が参加

C40 is a data-driven organization

Our mayors know firsthand that if you can't measure it, you can't manage it and you can't fix it, and we adhere to that philosophy. 2017 marks the 12-year anniversary of C40 Cities Climate Leadership Group, and below you will find some of our most important metrics, as well as the results we have achieved in this time



90+ megacities

C40's global network consists of 90+ megacities and our chair, Mayor Anne Hidalgo, is committed to including more cities



650+ million people

C40 represents more than 650 million urban citizens around the world, and this number is set to grow. By 2050, more than two-thirds of the world's population is expected to live in cities.

25%

The combined economies of the C40 cities network account for one-quarter of global GDP

3 times more likely

When it comes to climate change, cities are 3 times more likely to take action if a goal or target has been established.



30%

of all climate actions in C40 cities are now being delivered through city-to-city

14,000 climate actions

are required from 2016 to 2020 across C40 cities to determine if it is possible for cities to get on the trajectory required to meet the ambition of the Paris Agreement

70%

of C40 cities report that they are already experiencing the effects of climate change

17 networks

for peer-to-peer exchange on key mitigation and adaptation topics

2.4 Gt of CO₂e

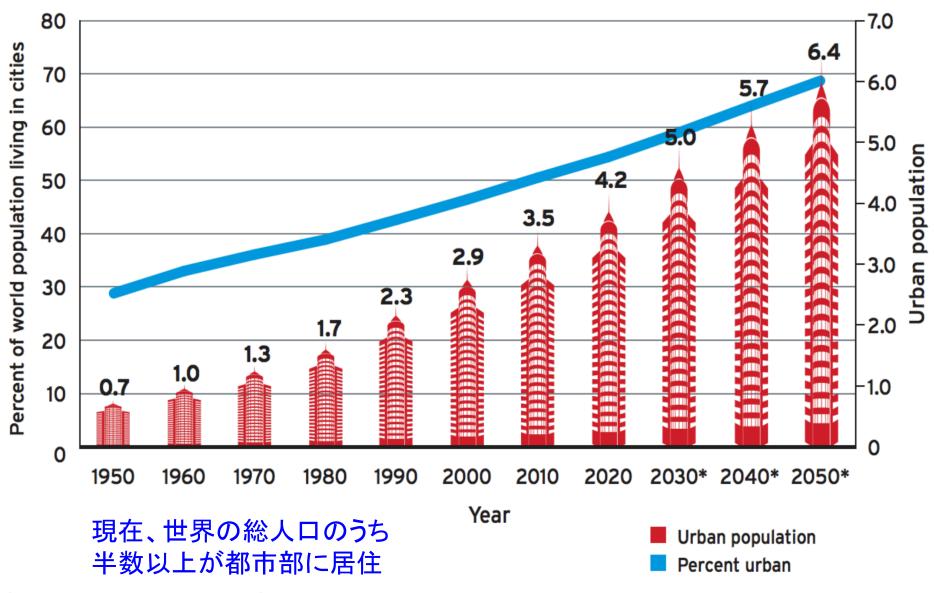
C40 cities are taking actions that reduces global greenhouse gas emissions - together C40 member cities combined community emissions represent 2.4 Gt of CO_ce

1.5°C

C4O cities are required to have a plan to deliver their contribution towards the goal of constraining global temperature rise to no more than 1.5 degrees Celsius above the preindustrial average Agreement

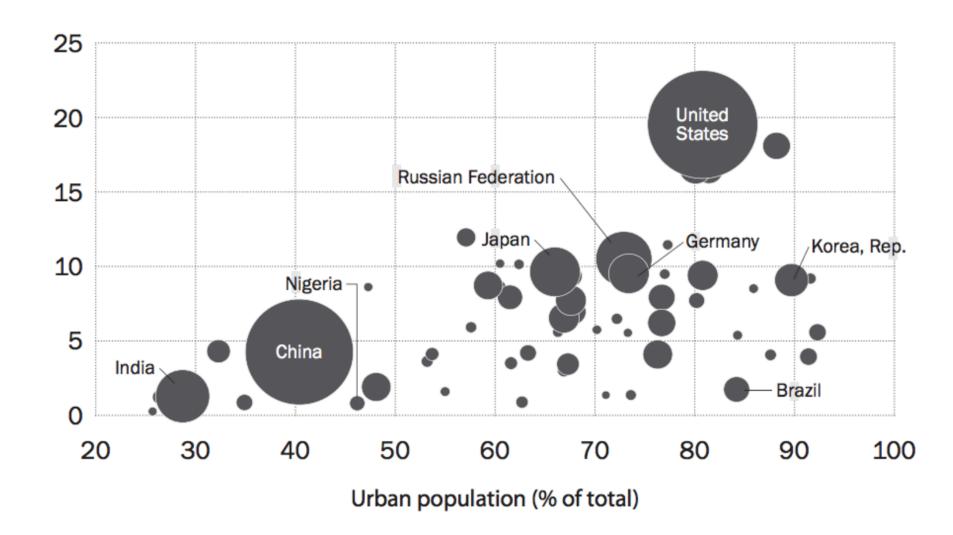
Read more about our achievements at: www.c40.org

100年間の都市人口増大と都市化率の関係



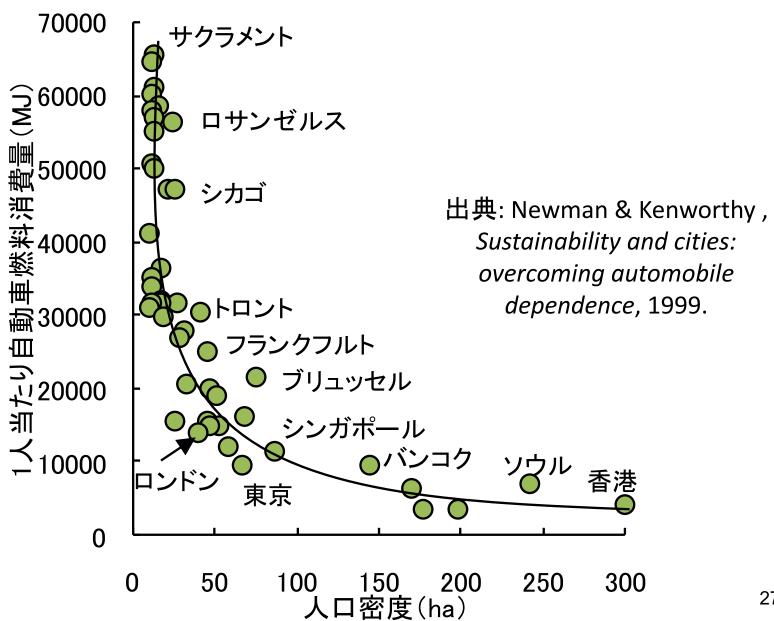
Source: UN, Department of Economic & Social Affairs, Population Division.

都市化率とCO2排出量の関係(一人あたりCO2トン)

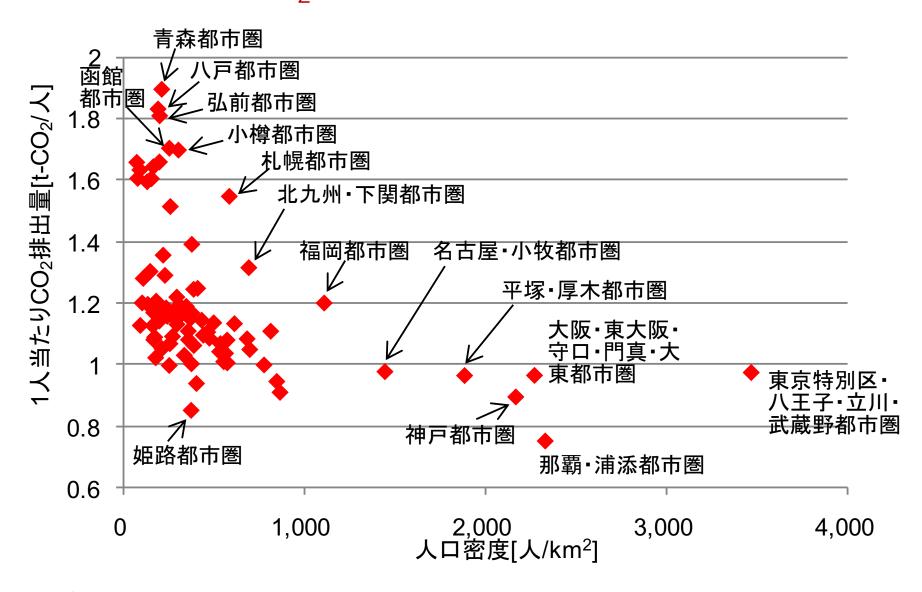


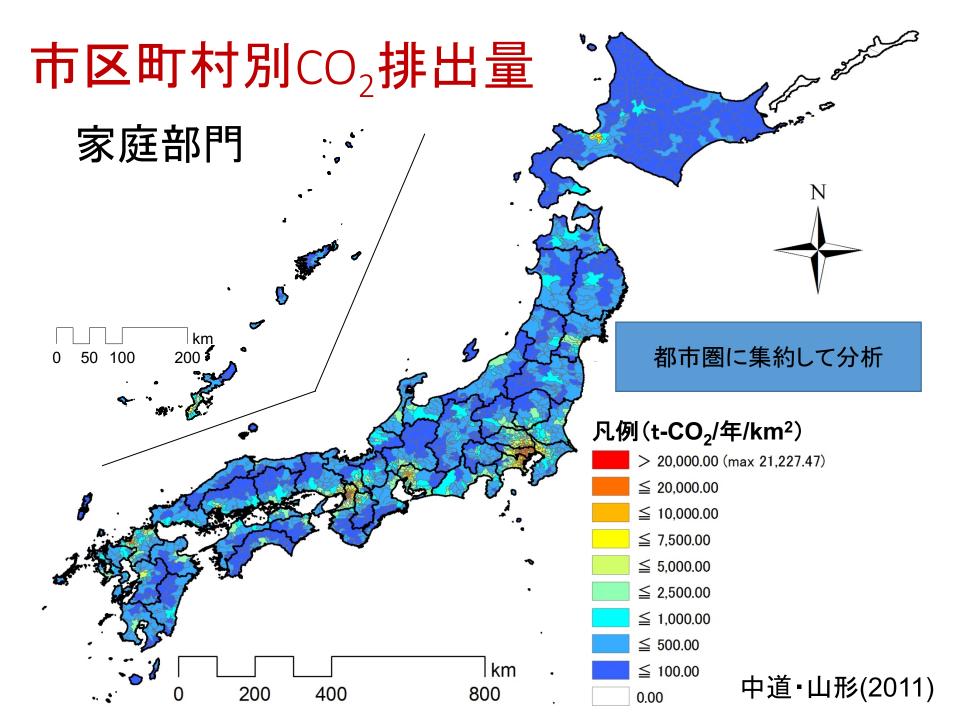
世界銀行資料から作成

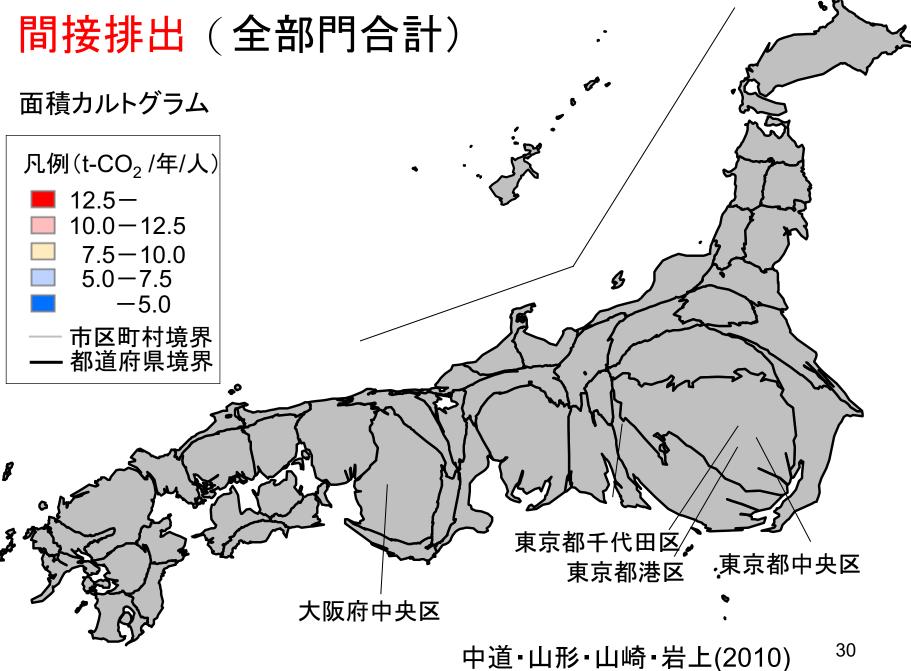
自動車燃料消費量と人口密度



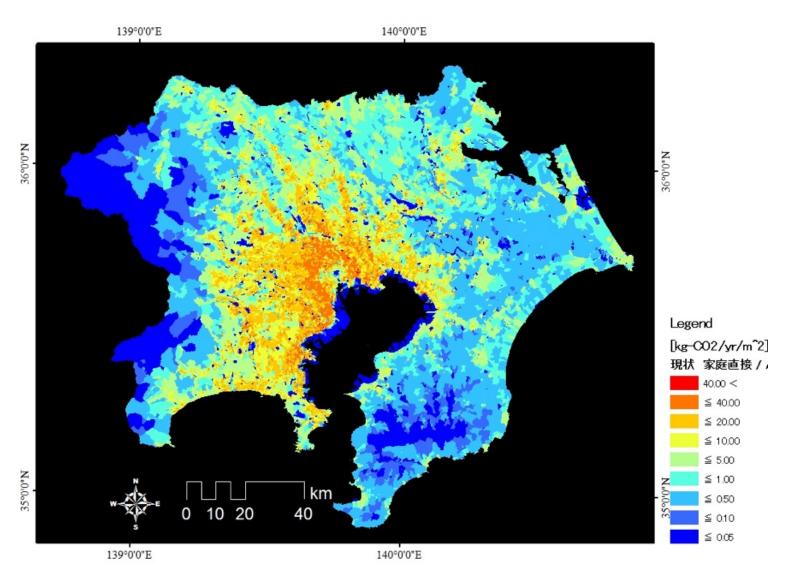
家庭部門CO₂排出量と人口密度







家計部門 直接CO2排出量の推計



中道•山形(2011)

世界都市圏別人ロランキング(2014)

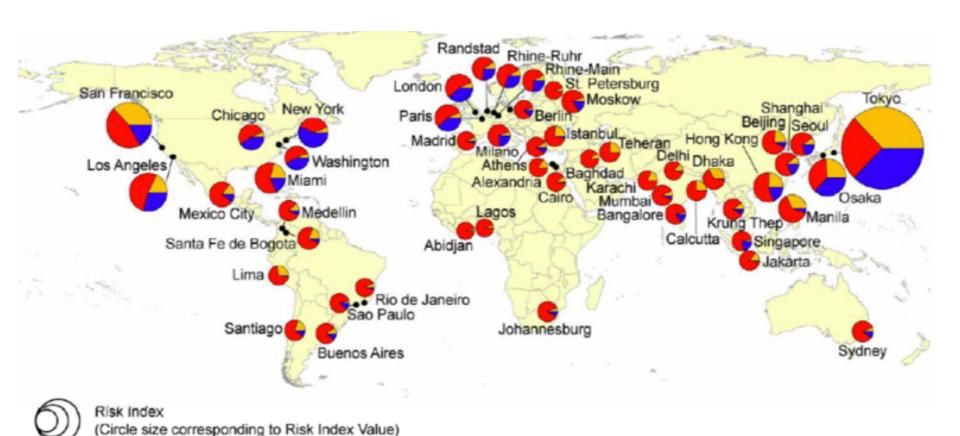
順位	都市的地域	国・地域	人口	面積 (km ²)	人口密度 (人/k㎡)
1位	東京=横浜 (Tokyo-Yokohama)	日本	37,843,000	8,547	4,400
2位	ジャカルタ (Jakarta)	インドネシア	30,539,000	3,225	9,500
3位	デリー (Delhi)	ニ インド	24,998,000	2,072	12,100
4位	マニラ (Manila)	フィリピン	24,123,000	1,580	15,300
5位	ソウル=仁川 (Seoul-Incheon)	韓国	23,480,000	2,266	10,400
6位	上海 (Shanghai)	中国	23,416,000	3,820	6,100
7位	カラチ (Karachi)	じ パキスタン	22,123,000	945	23,400
8位	北京 (Beijing)	中国	21,009,000	3,820	5,500
9位	ニューヨーク (New York)	アメリカ合衆国	20,630,000	11,642	1,800
10位	広州=仏山 (Guangzhou-Foshan)	中国	20,630,000	3,432	6,000

世界都市圏別GDPランキング(2016)

順位	都市圏	GDP (\$)	人口	1人当たり GDP (\$)
1	東京	1兆6239億	3700万	4万3884
2	ニューヨーク	1兆4922億	2018万	7万3938
3	ロサンゼルス	9276億	1334万	6万9532
4	ソウル-仁川	9035億	2510万	3万6002
5	ロンドン	8311億	1486万	5万5947
6	パリ	8185億	1252万	6万5354
7	上海	8095億	2477万	3万2684
8	モスクワ	7497億	1219万	6万1482
9	大阪-神戸	6810億	1864万	3万6535
10	北京	6636億	2188万	3万0335

ブルッキング研究所「Global Metro Monitor」より

世界の都市の災害リスク





Hazard
Vulnerability
Exposure

ミュンヘン再保険会社による推定

日本の都市の災害リスクのランキング

LLOYD'S

Tokyo

Tokyo

\$1.47_{trn}

Average annual GDP

10.44% of Average annual GDP

View breakdown of threats

Download Tokyo factsheet

\$29.06bn

\$22.90bn

\$21.38bn

\$18.83bn

\$17.65bn

GDP@Risk: Top 5 threats

Total GDP@Risk

Wind storm

Market crash

Earthquake

Flood

Share this data in ♥ f 🖾

Oil price shock

Lloyd's City Risk Index 2015-2025

Regions Japan GDP@Risk: Japan city rankings オホーツク海 Tokyo \$153.28bn Osaka \$79.32bn 2 3 Nagoya \$26.91bn Yokohama \$15.08bn \$8.80bn 5 **Fukuoka** 6 Kobe \$7.60bn \$6.73bn Sapporo \$6.46bn Hiroshima 9 Sendai \$6.23bn 10 Kawasaki \$5.26bn \$5.15bn 11 Kyoto 12 Saitama \$3.20bn 13 Chiba \$2.62bn 東シナ海 臺北市 台湾

Home

Locations

Threats

Case studies

About



View city rankings by country

レジリエントな都市システムデザイン

「システムズ・レジリエンス 」- 情報・シス テム研究機構新領域融合プロジェクト (2012-2016)

レジリエントなシステムを設計・運用する ための知識の体系を構築することが最終 目標として、以下の3点について研究が 実施された。

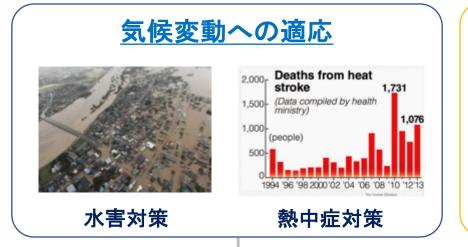
- レジリエンスとは何か. その定義と評価基準
- 様々なレジリエンス戦略のカタログの 体系化
- レジリエントなシステムを設計・運用するための方法論とベスト・プラクティス

都市については、想定外リスクを機会として、より良いシステムを創成するトランスフォーマティブアプローチに注目した。

Advanced Sciences and Technologies for Security Applications Yoshiki Yamagata Hiroshi Maruyama Editors Urban Resilience A Transformative Approach

気候変動にレジリエントな都市システムデザイン

コンパクト化





Trade-off / synergy

自然共生

- ✓ 緑地の回復
- ✓ 農地の回復



ソーシャル・キャピタル

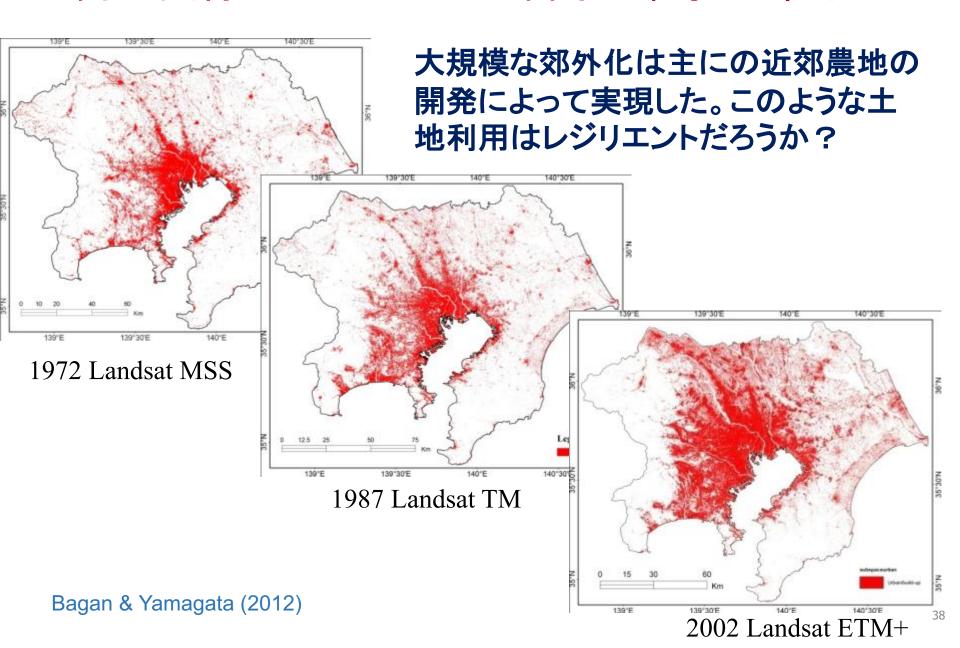
- ✓ シェアリング経済
- ✓ 健康・福祉



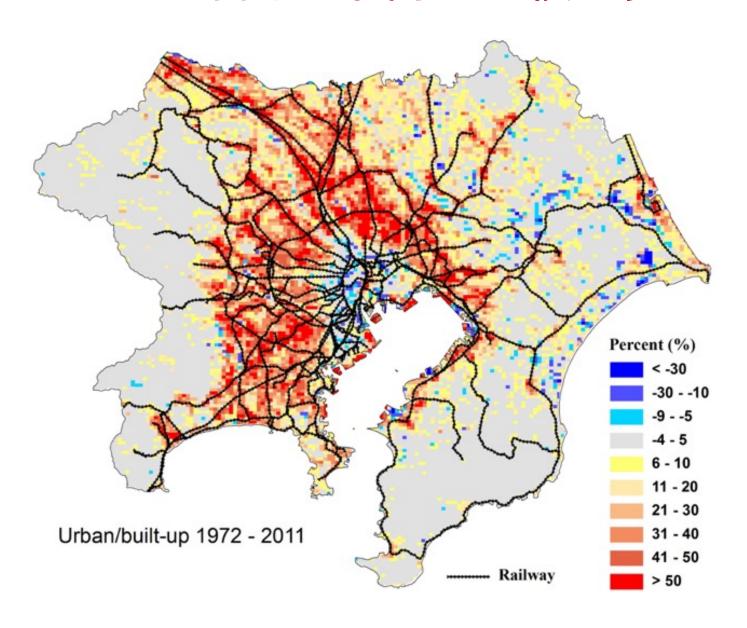
賢明な縮退

コンパクト化を進める場所を賢明に選択することが重要

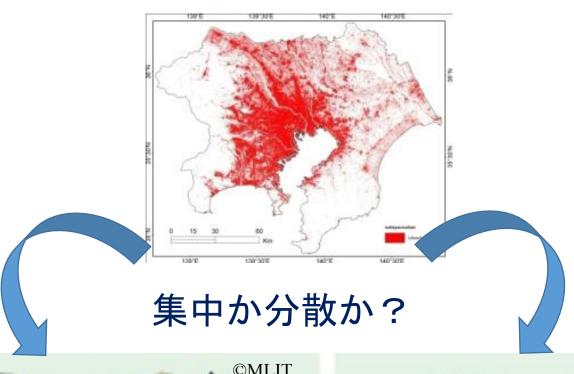
衛星画像でみる過去40年間の東京の郊外化

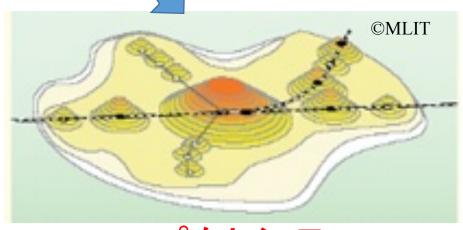


過去40年間の市街地面積の変化

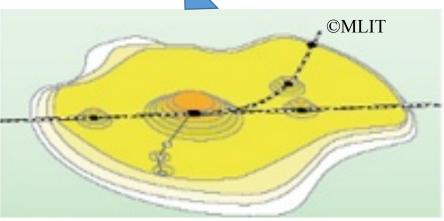


将来の望ましい都市形態は?



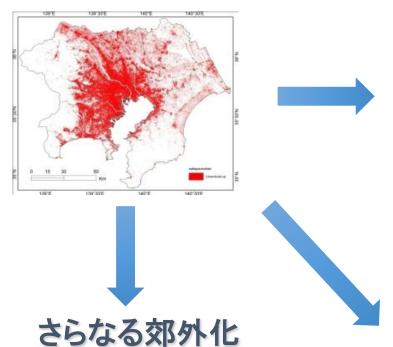


コンパクトシティー



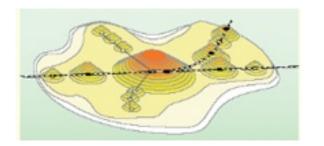
さらなる郊外化 40

住宅政策による地球温暖化対策(緩和と適応)



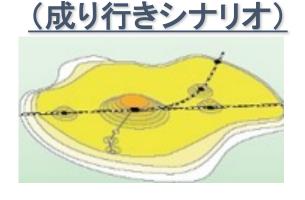
コンパクト化の促進(緩和策)

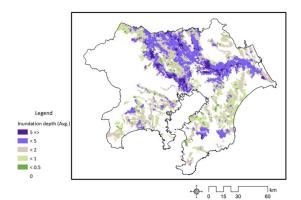
- 駅近(徒歩圏)に転居する場合に補助金



水害リスクの低減(適応策)

- 水害地域から転居する場合に補助金



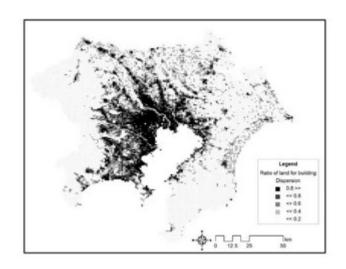


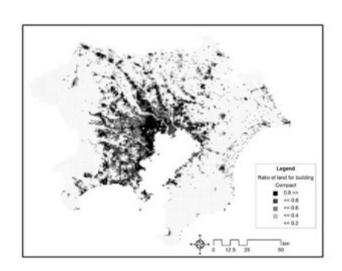


ハザードマップ

都市経済モデルによる土地利用変化推定

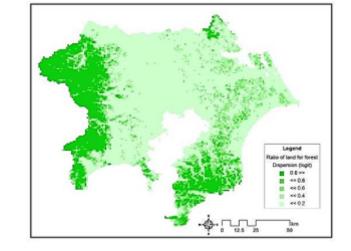
市街地





er 0.6

植生

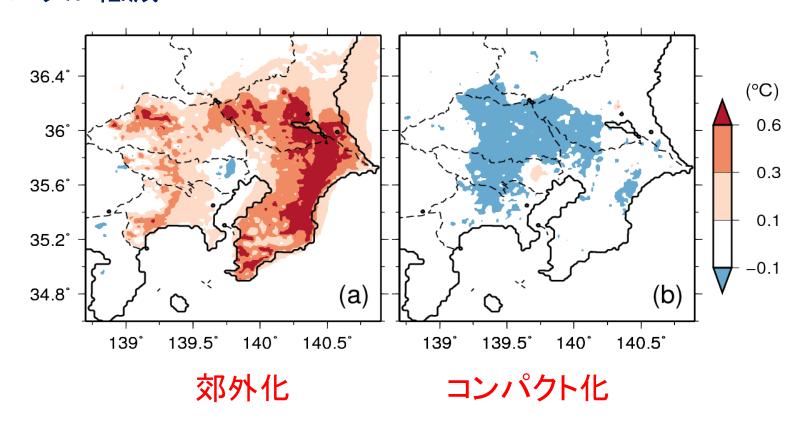


コンパクトシティー

郊外化

ヒートアイランド緩和効果

- 都市気候モデルを用いて土地利用変化シナリオ毎の都市 の気温変化を予想
- 地表面温度は植生増加により大幅低下するため熱中症リスクが低減

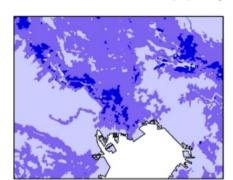


筑波大学 日下研究室と共同

水害リスク適応経済効果の推定

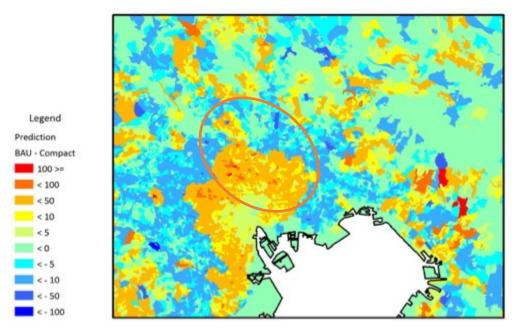
ハザードマップ(水深)

水害リスク地域からの転居により、将来予想される台風の大規模化で発生する洪水被害を 低減させることが可能。特にコンパクト化と適 応策を組み合わせることのメリットが大きい。

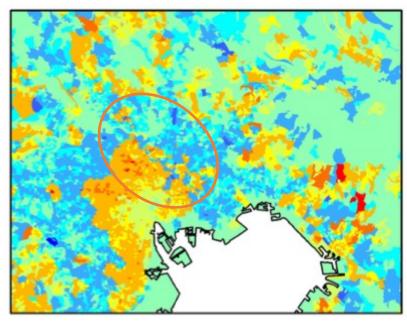


コンパクト化のみ

コンパクト化+適応策



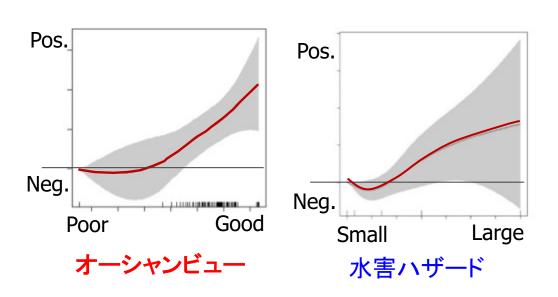
被害減少額 約7千億円



被害減少額 約3兆円

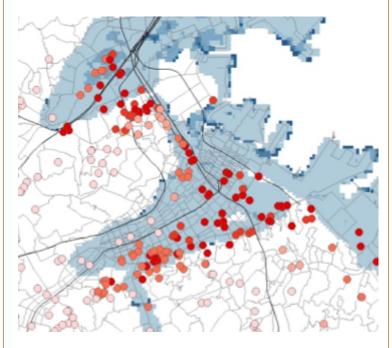
水害リスクと不動産価格との関係

マンション価格と景観・リスクとの関係



- オーシャンビューが上がると価格は 著しく上昇
- 同時に水害リスクが高いマンション の価格も高い
- ✓ 将来被害を受ける可能性の高い物件を高い価格で購入

水害リスクが不動産購入に際して参照されていない可能性

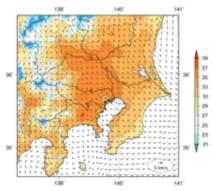


赤: マンション価格

青: 水害ハザード

ビックデータ活用による都市レジリエンス向上

気象リスク



洪水、ゲリラ豪雨、 熱中症など



ビックデータ

SNS、携帯GPS情報

- リアルタイムな移動情報
- リアルタイムなリスク情報

<u>リモートセ</u>ンシングデータ

- 都市内の建物、植生の3D構造
- 地表面温度
- 人や車の移動

ヒューマンセンサーデータ

- 健康情報
- ・ミクロな環境情報





Analysis/Simulation to increase urban resilience

- ・都市インテリジェンスプロジェクト(UIRP)
 - -ビックデータと機械学習(AI技術)を組み合わせた各種異常気象に対する都市レジリエンスの向上に関する研究プロジェクト





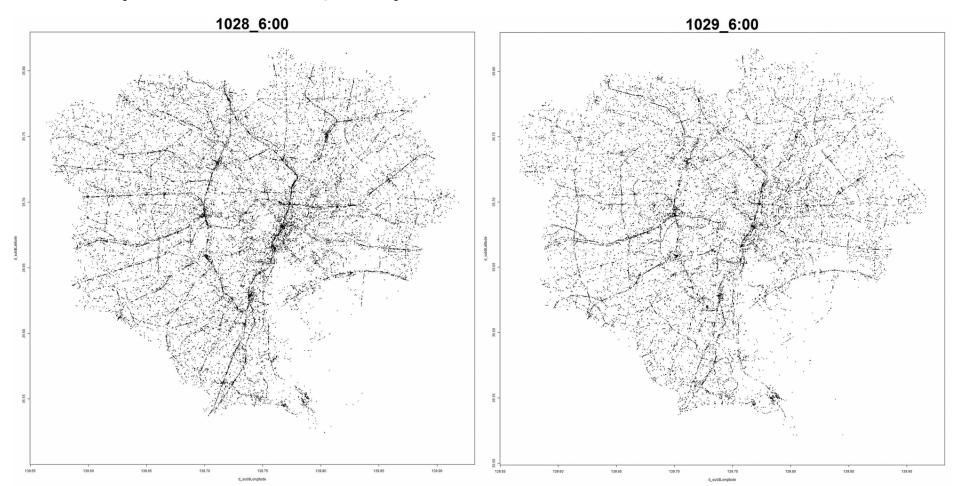


都市デザインへの空間ビックデータの活用

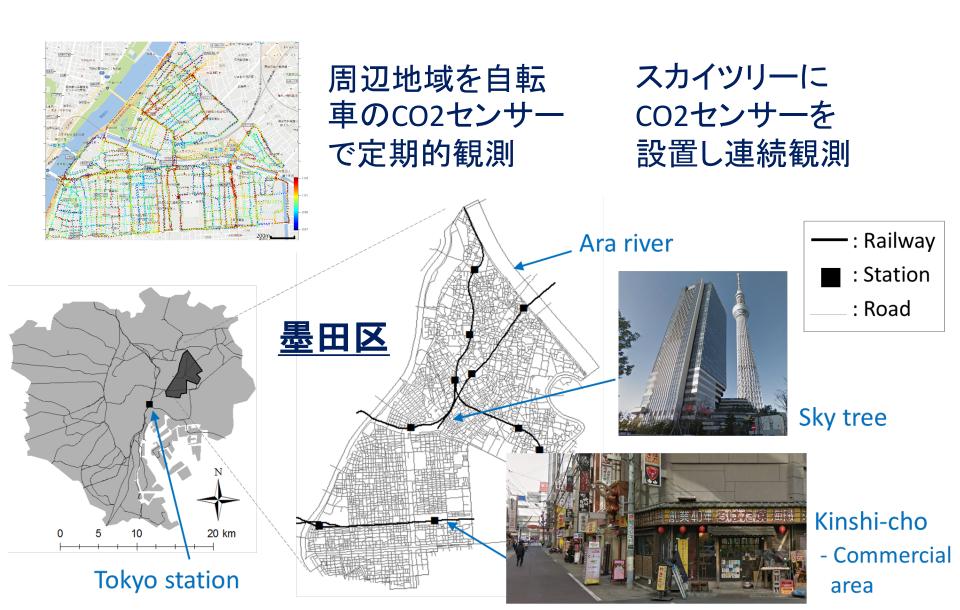
携帯GPSデータから見る平日と休日の人の動き (個人情報は保護処理され30分に一点のみ)

平日 (2016年10月28日,金曜)

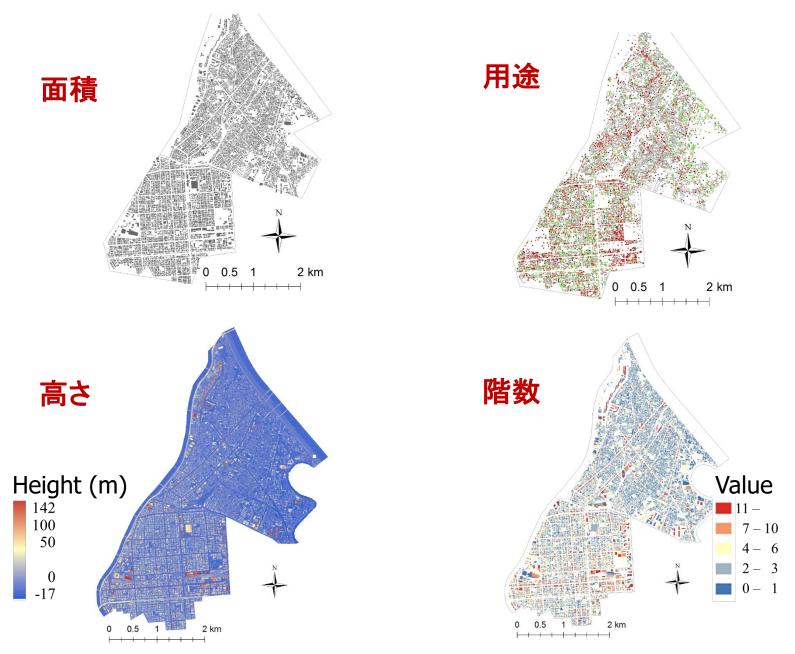
休日 (2016年10月29日, 土曜)



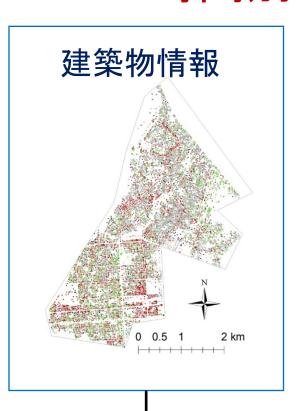
3DでCO2排出量を動的にマッピング

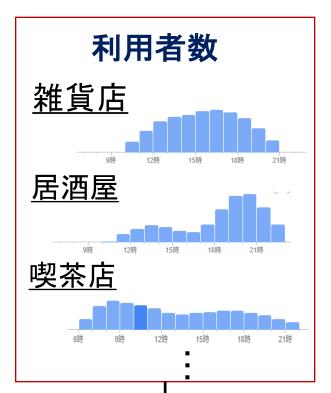


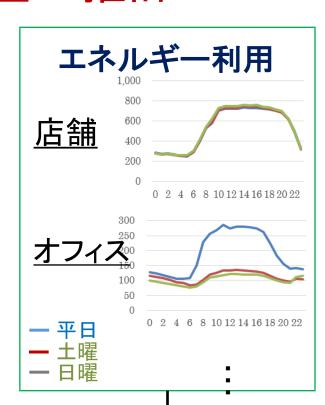
墨田区の建築物に関するデータ

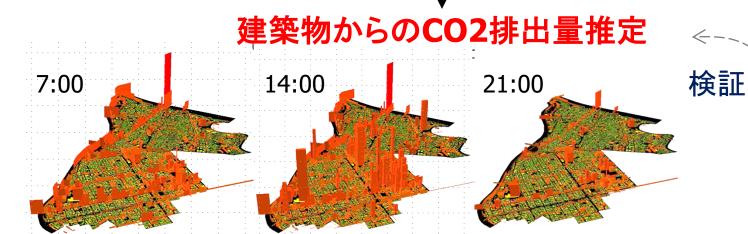


時間別エネルギー利用量の推計







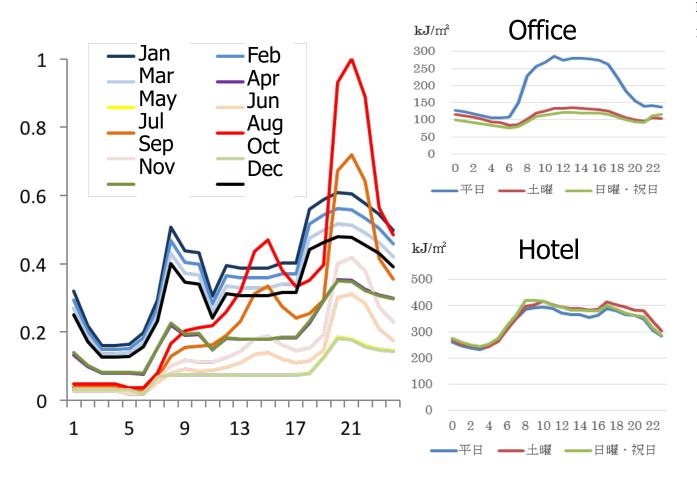




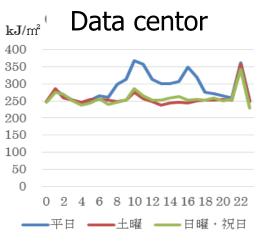
エネルギー利用の時間変化パターン

住宅(JIE調査)

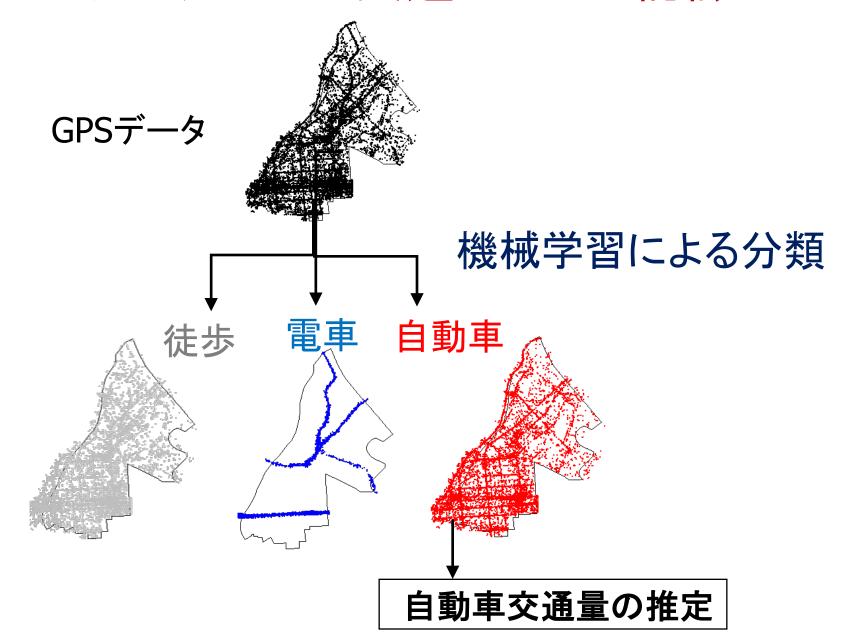
住宅以外(DECC調査)







GPSデータからの交通モードの認識



CO2排出量の動的マッピング

スカイツリー 周辺高さが排出量

青:道路

赤:建築

05:00

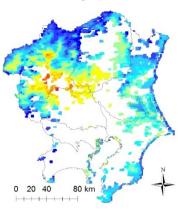
(山形ら,2017)

リアルタイム・空間詳細な熱波解析

欠損率:80%



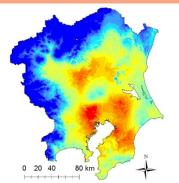
■:気象庁(アメダス) ■: NTTドコモ



M1: Kriging

気温 (1 kmグリッド)

=平均二乗予測誤差 の最小化に基づく Gaussian process® あてはめ

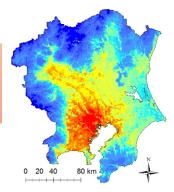


M2: 時空間kriging

地表面温度 (1 kmグリッド)

地表面温度

(MODIS)

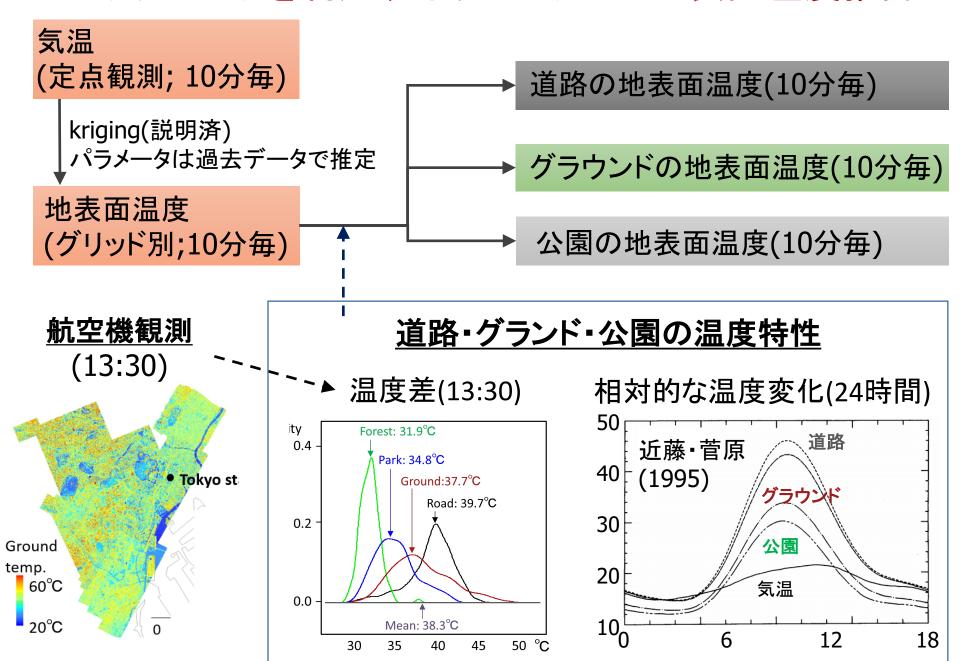


説明 変数

- 標高 緯度
- 土地利用 (都市, 森林,...)
- 人口密度

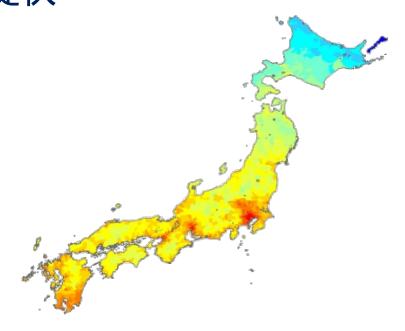
基盤研究(B) 地球温暖化 対策のための地表面温度 の時空間解析の高度化.

ビックデータを利用するリアルタイム地表面温度推計



熱中症予防アプリの実装

- NTT DoCoMoと連携してアプリ化
- アプリ利用者がいる市区町村の 地表面温度(道路・グラウンド・公 園)をリアルタイムに推計・情報 提供

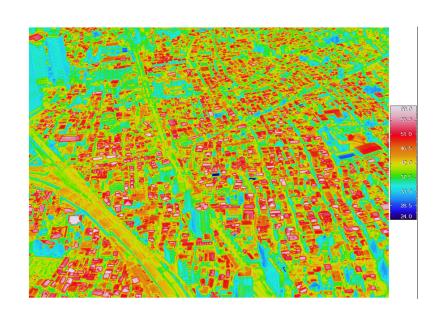




今後:リアルタイムな熱中症対策に向けて

スカイツリーから24時間熱画像観測を実施

- ✓熱波が市街地に及ぼす影響の把握
- ✓屋内外の熱ストレスの見える化
- ✓歩行者や在宅高齢に熱中症警戒情報を提供

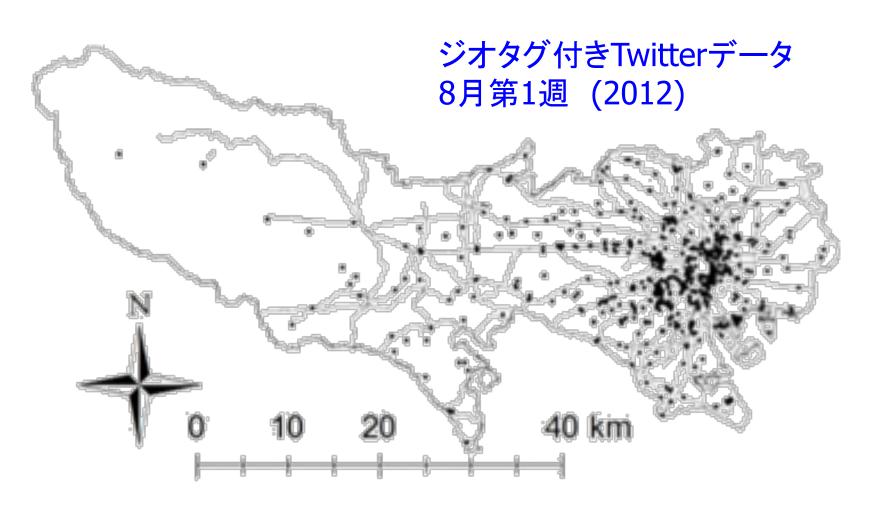


観測地点 ← 480m

熱赤外カメラ

赤外画像(InfReC R500EX) 2017年8月28日13:45 墨田区押上・京島地区 日本気象協会と協働

Twitterデータを用いた熱中症リスク把握

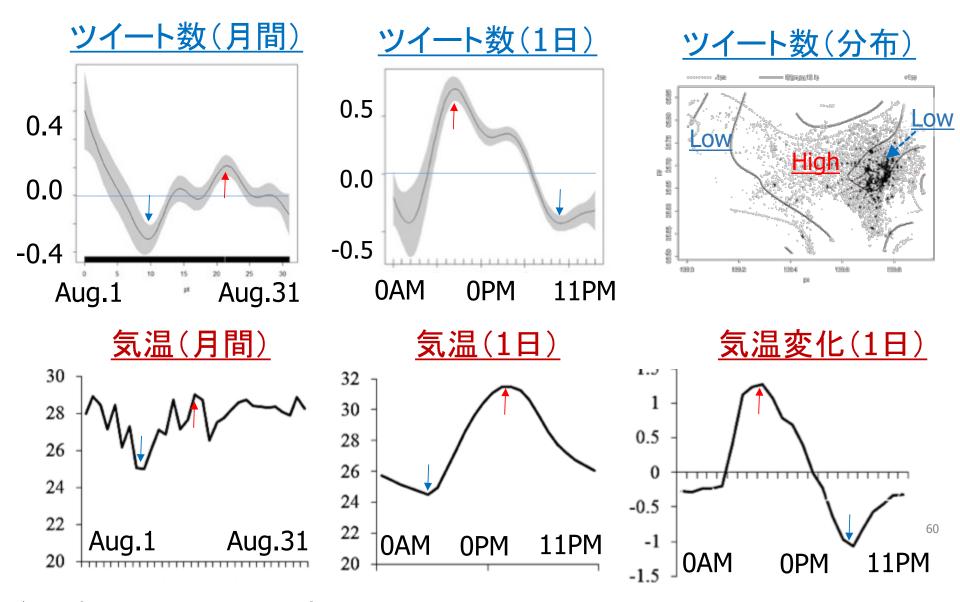


- 気象観測地点は東京でも極めて限定的(数カ所)
- SNS(位置情報つき)の情報は大量に存在(数百)。

暑さに関連するキーワードを辞書にして抽出

Japanese	English	Japanese	English	Japanese	English
あつい	Hot	熱い	Hot	暑	Heat
猛暑	Heat wave	炎天下	Blazing sun	真夏日	Hot day
残暑	Lingering summer heat	熱中症	Heat illness	パテ	Summer heat
寝苦しい	Cannot sleep well	夏本番	Midsummer	日差し	Sunlight
照り	Reflected heat	湿度	Humid	湿気	Moisture
ジメジメ	Damp	ムシムシ	Humid	ベタベタ	Sticky
汗	Sweat	蒸し	Muggy	水分補給	Rehydration
体調管理	Health management	猛烈に	Furious	だるい	Dull
死ぬ	Dying	異常	Abnormal	不快感	Discomfort
不快	Discomfort	イヤ	Unpleasant	嫌	Unpleasant
クソ	Damn	Orz	Discouragement	きつい	Hard
辛い	Hard	大変	Hard	しんどい	Tired
厳しい	Severe	苦手	Weak		

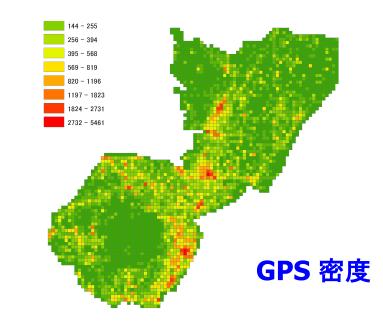
気温と暑さツイート数との間の意外な関連

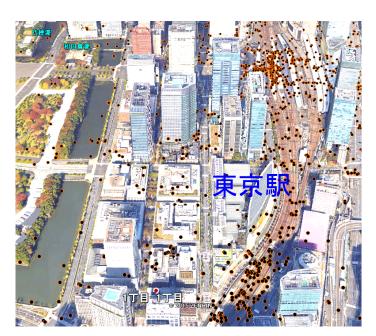


(Murakami, Yamagata 2016)

GPSデータによる歩行者の解析









8月19日 9-10AM

スマートシティのシステムデザイン研究への展開

今後は、IoTのビックデータをAI手法 も用いて統合解析し、都市システム をデザインする研究に取り組む

人間福利向上への貢献が目標

