

令和 4 年 5 月 18 日現在

機関番号：62603

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01705

研究課題名(和文)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

研究課題名(英文) Study on spacial-temporal analysis of ground surface temperature for global warming countermeasures

研究代表者

松井 知子 (Matsui, Tomoko)

統計数理研究所・モデリング研究系・教授

研究者番号：10370090

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：熱波の極値状況を精度良くとらえるための時空間モデリング手法ST-BLUEの高度化を行った。試行錯誤の結果、都心と郊外のように性質の異なる地域のモデリングを個別に行う必要があると判明したため、熱波状況の局所予測を行う手法を開発した。この手法を用い、東京大都市圏を対象地域として、地表面温度の背後にあるプロセスの平均、分散、歪度、尖度を地点ごとに推定した結果、都心西部において温度が高い点、海沿いや山沿いで温度分散が大きい点、都心で尖度が高まり極端な高温が局所的に発生している点、都心熊谷・群馬に至る盆地で分布の裾が熱くなる点、などの興味深い知見が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本手法により、時々刻々変化する熱波リスク事象の状況把握を高精度化し、そのためのモデル選択やシステム同定の研究を活性化することが期待される。また、高精度な時空間分布の推定を実施して、都市のヒートアイランド現象の変動要因の解明を可能とする。このシミュレーション結果は熱波対策立案の支援に繋がることが期待される。さらに、今後の著しい温暖化影響が予想される国内外の都市を対象に、本手法を活用した都市のレジリエンス研究への応用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：We developed the spatio-temporal modeling method based on ST-BLUE to capture the extreme conditions of heat waves with high accuracy. Since it was found that modeling of regions with different characteristics, such as urban centers and suburbs, must be done separately, we developed a method for local prediction of heat wave conditions. Using this method, we estimated the mean, variance, skewness, and kurtosis of the processes behind the surface temperature for each location in the Tokyo metropolitan area, and found that (1) the temperature was high in the western part of central Tokyo, (2) the temperature dispersion is large along the sea coast and mountains, (3) the kurtosis was high in the city center and the temperature was extremely high, and (4) the temperature was high in the tail of the basin between central Tokyo, Kumagaya, and Gunma.

研究分野：統計的機械学習

キーワード：時空間解析 地表面温度 地球温暖化

1. 研究開始当初の背景

これまで熱波対策のための異常気象分析では、地上気象観測による気象要素(気温、風速、湿度など)に関する低分解能(数10km単位)の計測データが用いられてきた。研究分担者の山形はその分析に基づき、異常気象に対するレジリエントな都市計画のシミュレーションモデルの構築を行ってきた(e.g., Yamagata and Maruyama, 2016)。しかし、そのモデル推定には、1) 観測地点や時点が限られた計測データしか用いることができず、2) 観測精度にばらつきがある、という問題があるため、広域かつ高精度な地表面温度分布を表現するモデルはまだ確立されていない。そこで本研究では、人工衛星(LANDSAT, MODISなど)より観測される高分解能(1km-30m)の熱画像を新たに用いて、雲などで画像が取得できない範囲や、画像が取得できない時期についても、地表面温度を高精度に補間・推定することを目的として、最先端の状態空間モデルと確率微分方程式を基軸とする時空間解析技術の開発に取り組むこととした。このような衛星画像を用いて時空間補間を実現する技術は国際的に見てもまだほとんど例がなく、現在大量に蓄積が進みつつある世界の大都市圏に関する衛星画像を活用する手法としても科学的に有望であるといえる。

また、グローバルな気候変動の顕在化に伴う豪雨や熱波等の異常気象被害に対応して、研究分担者の山形は洪水や熱波のリスクや都市レジリエンスの研究を推進してきた(e.g., Yamagata and Sharifi, 2017)。空間的かつ時間的に粒度の異なる計測データを用いた極値事象の状況解析の方法はまだ確立されておらず、その方法の研究は喫緊の課題となっている。

本研究で基軸とする状態空間モデルについては、研究代表者の松井は音声などの信号処理への応用を通して長年、研究してきた(e.g., Peters and Matsui, 2015)。環境の分野においては大気解析や海面水温解析などに幅広く応用され、シミュレーションと逆解析の代表的な手法として国内外で盛んに研究が行われている。例えば、JSTCRESTビッグデータ応用の採択課題「ビッグデータ同化の技術革新の創出によるゲリラ豪雨予測の実証」では、降雨レーダなどの計測データを用いて、物理モデルを取り入れて高精度なシミュレーションを実現している。しかし、熱波の異常気象などの極値事象の状況解析については、物理モデルのパラメータを制御して状況をシミュレーション・解析するアプローチが検討されはじめたばかりであり、まだその手法は確立されていない。そこで本研究では、状態空間モデルに新たに多変量分位点回帰を取り入れて、任意の異常レベル(任意のq%点の極値事象)の状況や潜在要因を逆解析する方法を研究する。

さらに本研究では、基軸とするモデルについて、状態空間モデルに加えて確率微分方程式にも着目し、多方面から検討する。前者は時空間過程を観測データに基づいて実戦的に表現しようとするボトムアップ型アプローチによるモデルである。一方、後者は時空間過程の本質を基礎的かつ理論的に捉えようとするトップダウン型アプローチによるモデルである。

人々の都市活動(エネルギーや車の利用など)による影響を受けて時空間変動している熱環境変化を推定する高精度なモニタリング手法はまだ確立されていない。そのため本研究では、人工衛星より観測される時系列熱画像の高精度時空間補間・推定、及び極値事象発生の状況解析を実現する新たな統計学的手法開発に取り組み、人工衛星画像と気象観測による気象要素の両方のデータを組み合わせた時空間解析を行って、大都市圏の地表面温度分布を高精度に把握する研究を行う。さらに本研究の、ST-BLUEで抽出する対象事象の時空間構造に基づいて時空間解像度・種類・精度の不均一性を同時に扱い、多変量分位点回帰を状態空間モデルに導入する極値解析手法、及び多変量の極値過程を確率微分方程式に導入する極値解析手法は、国際的に見てもほとんど例のないアプローチである。

将来的には、本高度解析手法と地表面温度の高度な時空間解析技術は、時々刻々変化する熱波リスク事象の状況把握を高精度化し、そのためのモデル選択やシステム同定の研究を活性化することが期待される。さらに、極値事象の過程の明確化、及びそれに基づく厳しい熱波状況の極値事象発生のシミュレーション技術が創出されると考える。

また、地表面温度の高度な時空間解析技術はこれまでの物理的な都市大気モデルを利用した研究とは違う、時空間解析技術である。高精度な時空間分布の推定を実施して、都市のヒートアイランド現象の変動要因の解明を可能とする意義は大きい。このシミュレーション結果は熱波対策立案の支援に繋がるのが期待される。さらに、本研究結果は国際ワークショップ開催を通して広く周知することで、今後の著しい温暖化影響が予想される国内外の都市を対象に、本技術を活用した都市のレジリエンス研究への応用が期待できる。

2. 研究の目的

本研究では大都市圏における環境レジリエンスを高めることを目的として、空間的かつ時間的に詳細な熱波リスク情報を把握するために地表面温度の高度な時空間解析技術を開発する。本研究は次の2つの柱で推進する。

(1) 高度解析手法開発：状態空間モデルを基軸とする手法

研究代表者らが考案した Spatial Best Linear Unbiased Estimator (Spatial-BLUE) を発展させ、新たに Spatial Temporal-BLUE (ST-BLUE) を研究して組み入れて、対象事象の時空間解像度・種類・精度の異なる観測データを同時かつ効果的に取り扱うことを可能とする。また、その事象の時空

間構造を抽出してモデルの高度化を図り、多変量分位点回帰を取り入れて任意の q % 点の極値事象に相当する観測データの解析を可能とする。さらに、裾の重い極値分布を用いて観測データの疎性に対処できる解析手法を研究する。

(2) 地表面温度の時空間解析技術開発

東京都市圏での地球温暖化対策(熱中症予防など)に貢献するため、上記解析手法を時系列衛星画像に応用して、地表面温度分布の時空間変動を高精度に推定し、厳しい熱波状況などの極端な極値事象発生に關与する潜在要因を高度に検出することができる地表面温度の時空間解析技術を開発する。この技術を用いて得られた高解像度の地表面温度分布をもとに、ミクロな熱波状況の把握を行う技術を開発する。以上の技術について国内主要都市に応用する検討を進め、海外の主要都市における関連研究と研究分担者の山形が国際オフィスの代表を務める国際研究プログラム Global Carbon Project (GCP) を通じて連携する。

3. 研究の方法

本研究は方法と応用の2チーム体制で実施する。方法チーム(統数研中心)は(A)状態空間モデルを基軸とする高度解析手法を研究開発する。またそれらに応用して(B)地表面温度分布の時空間変動の推定を行う。応用チーム(環境研中心)は人工衛星による熱画像、地上気象観測による気象要素の計測データの収集と地表面温度を観測し、(C)熱波状況の空間統計解析を行う。また、(D)都市関連プロジェクトとの国際連携を実施する。両チームが協働し、地表面温度の高度な時空間解析技術の開発を行い、大都市圏における地表面温度分布の時空間変動の高精度な推定と、厳しい熱波状況などの極端な極値事象発生に關与する要因の高度な検出を行う。

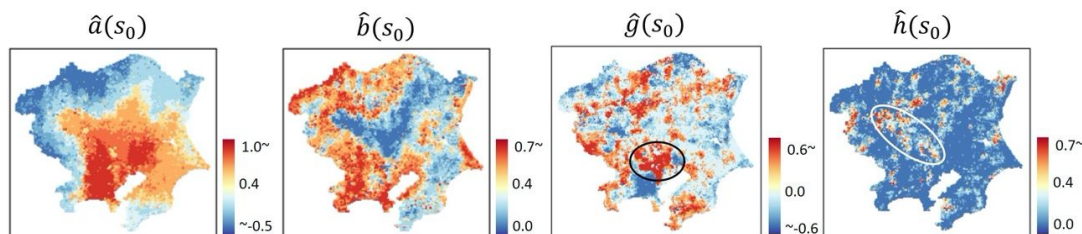


図 A-1: 地表面温度プロセスの平均 (a)、分散 (b)、歪度 (g)、尖度 (h) の推定結果

4. 研究成果

A) 高度解析手法の開発

計画に従い、熱波の極値状況を精度良くとらえるための時空間モデリング手法 ST-BLUE の高度化を行った。試行錯誤の結果、都心と郊外のように性質の異なる地域のモデリングを個別に行う必要があると判明したため、まずは局所モデリング手法である local approximate Gaussian process (laGP) をベースとして熱波状況の局所予測(具体的には地点別の地表面温度の予測)を行う手法を開発した。具体的には、極値事象を柔軟に捉えることのできる分布として知られる Tukey g-and-h 分布と laGP を組み合わせることで、地理空間上の極値事象(特に熱波)を精度よくモデリングするための手法 laTGH を確立した。同手法は期待二乗誤差の最小化に基づく空間予測を行う点では ST-BLUE と共通であるが、極値事象をモデリングする上で重要な歪度・尖度を平均・分散とあわせて地点ごとに推定する点で ST-BLUE とは異なる。laTGH を用いて、地表面温度の背後にあるプロセスの平均 (a)、分散 (b)、歪度 (g)、尖度 (h) を地点ごとに推定した。対象地域は東京大都市圏である。結果(図 A-1)より都心西部において温度が高い点、海沿いや山沿いで温度分散が大きい点、都心で尖度が高まり極端な高温が局所的に発生している点、都心 熊谷 群馬に至る盆地で分布の裾が熱くなる点、などの興味深い知見が得られた。

B) 地表面温度分布の時空間変動の推定

アメダスデータ(地点別の気温データ)、NTT DoCoMo データ(地点別の気温データ)と MODIS データ(1km グリッド毎の地表面温度データ。ただし 7-8 割は欠損している)を組み合わせた 1 日毎・1km グリッド毎の 13:30 分の地表面温度分布をまずは推定した。ここでは、まずは気温分布を説明するための時空間モデリングを行い(入力データ:アメダスデータ+NTT DoCoMo データ)(A1, B1, C1)、次にそこで得られた面的な気温の推定結果ならびに MODIS データを用いて 1km グリッド別の地表面温度を推定する(A2, B2, C2)というアプローチをとった。

推定された地表面温度分布の一部(2013年8月12-17日)を図 B-1 に示す。この図より都心における地表面温度の高さや、平野部における一様な温度分布といった直感に整合する結果が得られたことを確認している。

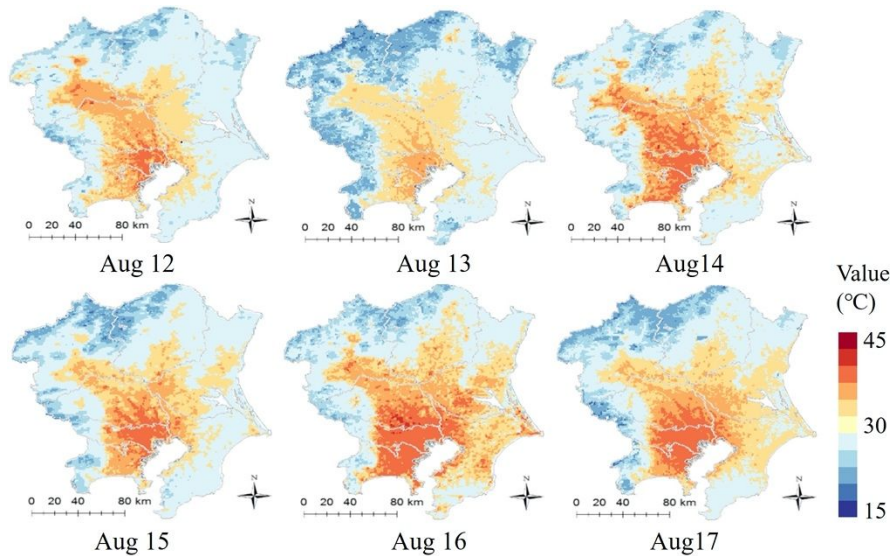


図 B-1: 地表面温度分布の推定結果

C) 人工衛星による熱画像ほか計測データを用いた熱波状況の空間統計解析

背景

熱波の人体への影響は、暑熱環境に長時間さらされた場合に深刻となる。これは脱水や体温上昇に伴う機能不全などが深刻化するためである。そのため各個人の暑熱ストレスを評価するために、彼らがどのような暑熱環境下 ((i) ハザード) でどのくらいの時間、熱に曝されていたか ((ii) 曝露) を知る必要がある。残念ながら、暑熱環境は街区ごとに異なり、また各個人は都市空間上を動きまわるため、各個人の (i) ハザードや (ii) 曝露を把握することは必ずしも容易ではない。

(i) ハザードに関しては、地表面温度が各場所の暑熱環境を反映した指標として役立つ可能性がある。実際、気温などに比べ、地表面温度はヒートアイランド現象の主因であるアスファルト上での温度上昇や公園・草地での気温低下などに、より鋭敏に反応することが知られている。ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Re-reflection radiometer; 空間解像度: 90m) や MODIS (MODerate resolution Imaging Spectroradiometer; 空間解像度: 1km) などによって衛星観測された地表面温度データが無償提供され始めており (ASTER データは 2016/4/8 に無償化)、今後それらが暑熱リスクモニタリングへの応用が広がっていくことが期待できる。

(ii) 曝露に関しても、近年のモバイルセンシング技術の発展に伴ってデータ収集・整備が試みられている。例えば株式会社 Agoop (<https://www.agoop.co.jp/>) はスマートフォンのアプリケーションから得られた位置情報ログを元に月間数億レコードにも上る人々の 30 分間隔、あるいは 500m から 1km の移動時の位置情報データ (人流データ) を整備・提供している。以上を踏まえ、暑熱リスクに強い都市の実現に向けた第一歩として、本研究では地表面温度熱画像とモバイルセンシングデータを活用して、個人レベルの暑熱ストレスを定量化する (第 3 章参照)。この定量化には空間統計学 (e.g., Fischer and Getis, 2009) の空間集積の指標として知られている G^* 統計量 (Getis and Ord, 1992) を応用する。

分析方法

G^* 統計量は、地理空間上に分布するデータの空間集積の検定統計量であり、標本地点 i の周辺の空間集積の度合いを式 (C-1) で評価する：

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} y_j}{\sum_{j=1}^n y_j} \quad (C-1)$$

ここで y_j は標本 j , $w_{i,j}$ は標本 i と j の空間的な近接性を表す。 $w_{i,j}$ は一定距離以内の各標本に 1, そうでなければ 0 を与える方法や、距離減衰関数を用いて与える方法などがある。 y_j は非負でなくてはならない。 G_i^* は非負の値をとり、 G_i^* が大きいことは、標本点 i の周辺に大きな値の観測値が集中していることを意味する。例えば y_j を地表面温度で与えた場合であれば、 G_i^* が大きいことは観測点 i とその周辺での地表面温度が高いこと、同観測点周辺で地表面温度が高いことを意味する。 G^* 統計量について詳しくは Getis and Ord (1992) を参照されたい。

2.2 人流データのための G^* 統計量

本研究で用いる人流データは 30 分間隔、あるいは 500m から 1km の移動時の各個人 (添字: l {1, 2, ..., N }) の位置座標データであり、各個人は属性 y_l を持つものとする。ここでは y_l の空間集積を評価方法を議論する。 G^* 統計量を適用するためには近接性 $w_{l,l'}$ を定義する必要があるが、人流データに対する近接性の定義方法は Tao and Thill (2016) や Ermagun and Levinson (2018) など

ど近年研究開発が活発であるものの、必ずしも十分には確立されてはいない。そこで本研究では式 (C-2) を用いて $w_{I,J}$ を与えることとした。

$$w_{I,J} = \frac{1}{n_I n_J} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} w_{ij} \quad (C-2)$$

ここでは簡便に I 番目の人流を構成する n_I 個の地点の添字を $i \in I$ と表記した。 w_{ij} は地点 i と j の近接性を表し、その要素は距離減衰関数で与えることができる。式 (C-2) では単に [I の全ノード] と [J の全ノード] の近接性を平均化することで人流 I と J の近接性を与えている。

式 (C-2) を用いれば、人流 I の周辺の y_I の空間集積は式 (C-3) で評価できる。

$$G_I^* = \frac{\sum_{j=1}^N w_{I,j} y_j}{\sum_{j=1}^N y_j} \quad (C-3)$$

人流 I の暑熱ストレス y_I は式 (4) で評価する。

$$y_I = \sum_{i \in I} t_i \delta[g_i > 30](g_i - 30) \quad (C-4)$$

ここで g_i は人流 I の i 番目のノードにおける地表面温度、 t_i はノード i で費やされる時間 (0.5=30 分)、 $\delta[*]$ は*を満たす場合に 1、そうでない場合に 0 を返す指示変数である。式 (C-4) では、人流の暑熱ストレスを地表面温度が大きい (30 度以上) 場所にどれだけの時間歩行していたのかの累積値で評価している。この場合、 G_I^* (式 (C-3)) が大きいことは、人流 I と類似した流動パターンを持つ人々が強い暑熱ストレスを受けていることを表す。

分析結果

ヘリコプターによって観測した地表面温度データ (空間解像度: 5m; 観測時点: 2016 年 8 月 5 日 11:30–13:00; 天気: 晴れ) と、株式会社 Agoop「ポイント型流動人口データ」から抽出した同時点の人流データを用いて、各個人が被る暑熱ストレスを分析する。対象地域は東京駅を中心とする地域である。本研究での分析対象は歩行者とする。これは高温や日射に直接的に曝されることになる歩行者は熱波の影響を特に強く受けると考えられるためである。残念ながら上記人流データは交通モード等の属性を持たないデータであるため、今回は 30 分毎の各移動において平均移動速度が 6km/h 未満のものは一律で歩行とみなした (6km/h は歩行速度として仮定されることの多い 4km/h の 1.5 倍に相当)。また 6km/h 以上での移動の前後が 6km/h 未満の移動となっている場合は、2 つの人流 (歩行) データに分割した。本研究では、この仮定によって抽出された人流 (歩行) データのみを分析対象とする。なお、歩行者の特定方法や暑熱ストレスの定義方法の精緻化は今後の重要な課題である。

歩行者の暑熱ストレスの空間集積を G_I^* (式 (C-3)) で評価した。東京駅や新橋駅といったエリアで G_I^* が小さく、このエリアの歩行者が対象日時に感じていた暑熱ストレスは比較的小さいとの示唆を得た。対象日時においてはこのエリアの地表面温度は相対的に低かったことから、この結果は妥当と考えられる。また、秋葉原駅周辺や水道橋駅 神保町駅間、浜松町駅西口周辺に暑熱ストレスが大きな歩行者が集中していることも確認できる。これは駅密度の相対的に低いエリアにおいては歩行距離が長くなる傾向があり、結果として式 (C-4) が大きくなったためと考えられる。これらの結果より、歩行者の移動時間を考慮することが、各地域の歩行者が被る暑熱ストレスを適正に評価する上で重要との示唆を得た。

D) 都市関連プロジェクトとの国際連携

国際会議 IEEE Geoscience and Remote Sensing (IGARSS) では、特別セッション Big Data and Machine Learning for Improving Urban Climate Resiliency を研究チームで主催し、その中で本研究課題の成果を 3 本発表した。また、会議後には、GCP と連携して国内外の研究者 (Seoul National University (South Korea), 東京大、名古屋大、情報通信研究機構) を招いて国際ワークショップ (2019 年 8 月 2 日; TKP ガーデンシティ横浜ランドマークタワー会議室) を主催した。また、都市気候に関連した国際プロジェクト World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT) と連携して、The University of Hong Kong の Chao Ren 准教授を招聘し、国際ワークショップ (2019 年 12 月 17 日 ~ 19 日; 環境研) を実施した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 6件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Murakami Daisuke, Peters Gareth W., Matsui Tomoko, Yamagata Yoshiki	4. 巻 9
2. 論文標題 Spatio-Temporal Analysis of Urban Heatwaves Using Tukey g-and-h Random Field Models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 79869 ~ 79888
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2020.3013255	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Yamagata Yoshiki, Murakami Daisuke, Yoshida Takahiro	4. 巻 1
2. 論文標題 Spatiotemporal Heatwave Risk Evaluation: Considering Hazard, Exposure, and Vulnerability	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 IEEE Geoscience and Remote Sensing Society Symposium	6. 最初と最後の頁 5524-5527
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/IGARSS.2019.8898442	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Murakami Daisuke, Yamagata Yoshiki, Yoshida Takahiro, Matsui Tomoko	4. 巻 1
2. 論文標題 Spatiotemporal Heatwave Risk Modeling Combining Multiple Observations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 IEEE Geoscience and Remote Sensing Society Symposium	6. 最初と最後の頁 5516-5519
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/IGARSS.2019.8898761	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yoshida Takahiro, Yamagata Yoshiki, Murakami Daisuke	4. 巻 2
2. 論文標題 Individual level heat risk evaluation using GPS towards smart navigation system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the ICA	6. 最初と最後の頁 1~5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5194/ica-proc-2-152-2019	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamagata Yoshiki、Yoshida Takahiro、Murakami Daisuke、Matsui Tomoko、Akiyama Yuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Seasonal Urban Carbon Emission Estimation Using Spatial Micro Big Data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 4472 ~ 4472
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su10124472	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Katja Frieler, Daisuke Murakami, Yoshiki Yamagata 他51名	4. 巻 10(12)
2. 論文標題 Assessing the impacts of 1.5 °C global warming; simulation protocol of the Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project (ISIMIP2b)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geoscientific Model Development	6. 最初と最後の頁 4321-4345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/gmd-10-4321-2017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yoshiki Yamagata, Daisuke Murakami 他4名	4. 巻 13(2)
2. 論文標題 Estimating water-food-ecosystem trade-off for global negative emission scenario (IPCC-RCP2.6)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sustainability Science	6. 最初と最後の頁 301-313
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-75798-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yoshiki Yamagata, Daisuke Murakami and Takahiro Yoshida	4. 巻 142
2. 論文標題 Urban carbon mapping with spatial BigData	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Energy Procedia	6. 最初と最後の頁 2461-2466
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.egypro.2017.12.183	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Daisuke Murakami and Yoshiki Yamagata	4. 巻 142
2. 論文標題 Micro grids clustering for electricity sharing: An approach considering micro urban structure	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Energy Procedia	6. 最初と最後の頁 2748-2753
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.egypro.2017.12.220	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

[学会発表] 計9件(うち招待講演 0件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Yoshida Takahiro., Chang Soowon., Murakami Daisuke., Yamagata Yoshiki
2. 発表標題 The relationships between energy consumption and surface temperature: A combining multiple-scale observations approach
3. 学会等名 ICAE2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Murakami, Yoshiki Yamagata, and Takahiro Yoshida
2. 発表標題 Big-data for Climate Risk Mitigation: Heat and Sentiment Analysis using Twitter Data.
3. 学会等名 International Conference on Systematizing and Upscaling Urban Solutions for Climate Change Mitigation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村上大輔, Ames, M., Shevchenko, P., Myrvoll, T., 松井知子, 山形与志樹
2. 発表標題 Climate change mitigation management using an optimal stochastic control framework
3. 学会等名 CFE2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村上大輔, 松井知子
2. 発表標題 Urban temperature analysis using participatory sensing data
3. 学会等名 NTNU-ISM workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村上大輔, 松井知子
2. 発表標題 Statistical methodology for climate change mitigation and adaptation
3. 学会等名 HW-UoE-ISM workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoko Matsui
2. 発表標題 Study on Risk Factors in Oil Futures Price Curves for Speculation and Hedging in the Short and Long-Term
3. 学会等名 IEEE Second International Conference on Data Mining and Big Data (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tor Andre Myrvoll and Tomoko Matsui
2. 発表標題 Counting Public Transport Passenger Using WiFi Signatures of Mobile Devices
3. 学会等名 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Daisuke Murakami and Yoshiki Yamagata
2. 発表標題 Heatwave risk estimation with spatial BigData: A case study in Tokyo
3. 学会等名 Spatial Statistics 2017: One World: One Health
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Daisuke Murakami, Francois Septier, Gareth W. Peters and Tomoko Matsui
2. 発表標題 A spatiotemporal generalized hyperbolic model for heatwave monitoring
3. 学会等名 2018 International Workshop on Spatial and Temporal Modeling
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 Yoshiki Yamagata and Hajime Seya	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 281
3. 書名 Spatial Analysis Using Big Data	

1. 著者名 Perry P.J. Yang and Yoshiki Yamagata	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 460
3. 書名 Urban Systems Design	

1. 著者名 Yoshiki Yamagata and Daisuke Murakami	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 16
3. 書名 Resilience-Oriented Urban Planning (Chapter 12)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	村上 大輔 (Murakami Daisuke) (20738249)	統計数理研究所・データ科学研究系・助教 (62603)	
研究分担者	山形 与志樹 (Yamagata Yoshiki) (90239864)	国立研究開発法人国立環境研究所・地球環境研究センター・主席研究員 (82101)	
研究分担者	A M E S M A T T H E W (Ames Matthew) (90794769)	統計数理研究所・統計的機械学習研究センター・特任助教 (62603)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------