

令和 6 年 9 月 12 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H01483

研究課題名（和文）開発途上国における衛星画像を用いた深層学習によるマイクロ人口統計の実現

研究課題名（英文）Realization of the Micro Population Census by Deep Learning Using Satellite Images in Developing Countries

研究代表者

秋山 祐樹（AKIYAMA, Yuki）

東京都市大学・建築都市デザイン学部・教授

研究者番号：60600054

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではアジアのメガシティである東京とバンコクを対象に、人口の空間的分布をその人々の所得水準も含めて建物単位で把握する手法を確立し、都市空間の人口分布を詳細に把握可能なマイクロデータを開発する手法の確立を目的に実施した。衛星画像からAI（深層学習）により個々の建物を自動抽出するだけでなく、その建物用途（居住用途か否か）や高さ（容積）、また所得水準を推定するAIモデルの開発を行い、一定の精度でこれらの情報を推定することが可能になった。また、これらの情報に基づき、個々の建物の人口を推定する方法の検討が実施されるとともに、日本とバンコクにおける同データのプロトタイプの開発が実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義：本研究は、開発途上国の都市の人口分布把握に関する既存手法の限界を克服し、データサイエンスと地理学の知見を融合させた新しい人口把握技術を提案した。AIを活用し、高精細な人口統計モデルを構築することで、詳細な人口把握を実現し、国際的な都市研究に対する理解と深化に貢献した。

社会的意義：近年、急拡大する開発途上国の都市では既存の地図や統計の更新が実態に追いつかない問題がある。本研究の成果はインフォーマルセクターも含めた詳細な人口分布の推定を可能にすることで、適切な都市計画とスラム問題の対策に寄与し、持続可能な都市開発を支援する。また、本研究はSDGsの複数のGoalへの貢献も期待される。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study was to develop a method for understanding the spatial distribution of population, including their income levels, by individual building units in the Asian megacities of Tokyo and Bangkok. This result was achieved through the creation of an AI model capable of automatically extracting individual buildings from satellite images and estimating attributes such as building use, height, and income levels. The model demonstrated the capability to estimate these characteristics with a reasonable degree of accuracy. Furthermore, based on this model, a methodology was established for estimating the population within individual buildings. Prototypes of this data were subsequently developed for both Tokyo and Bangkok. This approach allows for a more detailed understanding of population distribution in urban spaces, facilitating improved urban planning and policy-making in densely populated areas.

研究分野：空間情報科学

キーワード：人口統計 マイクロジオデータ 開発途上国 AI 深層学習 衛星画像 建物用途 所得水準

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、世界中の開発途上国では都市の急速な人口増加が進みつつある。特に開発途上国の都市では急激な都市拡大と人口増加に統計や地図の更新が追いついていないことや、スラムの拡大に伴い、人口統計に現れないインフォーマルセクターの人口の激増により、都市の物理的拡大の過程、とりわけ人口分布の実態把握が困難となっている。これは統計情報に基づく定量的な経済活動の把握や、都市・地域計画を適切に立案・実施し続けていく上で大きな障害となっている。

これまでの国内外における研究において、開発途上国の都市のように既存の地図や統計で対象地域の人口分布の把握が困難な場合、人口分布を把握するための手法として広く用いられてきた手段は現地調査であった。しかし、開発途上国において広域を対象に現地調査を継続的かつ迅速に実施することは、経済的にも物理的にも容易ではない。また開発途上国における国・自治体による人口統計は、その網羅性と更新頻度に問題があり、結果的に統計に現れないインフォーマルセクターを生み出している。さらに衛星画像を用いた建物や人口の分布把握に関する研究も、これまでの研究では建物検出に留まっており、建物ごとの用途や人口を推定するためには、深層学習や組み合わせ最適化などの最新のデータサイエンス分野の技術との融合が必要となるため、その手法は未だ確立するに至っていない。

### 2. 研究の目的

そこで本研究ではアジアのメガシティをフィールドに、過去から現在に渡って都市とその周辺地域の人口の空間的分布を、衛星画像を深層学習により分析することで人々の所得水準も含めて時系列的かつ超高精細に（建物単位で）把握する手法を確立する。また超高精細な建物と人口の変遷情報を用いて、今後都市化が進み人口が増加する可能性が高い地域の推定を可能にする技術も確立する。以上の技術が確立することにより、先進国は勿論のこと、開発途上国も含む全世界を対象に建物単位という超高精細な人口分布を把握できる「マイクロ人口統計」を開発するための手法が世界で初めて実現する。なお本研究でフィールドとする都市は、都市の急成長が続く開発途上国のメガシティであるバンコク都市圏（タイ）と、様々な統計・空間情報が蓄積されており、本研究で開発する手法の検証が容易な成熟都市である東京大都市圏（日本）とする。本研究を通して実現を目指した当初の達成目標は以下の(1)～(4)に示す通りである。

- (1) 統計情報の整備が不十分な都市圏の人口の空間分布をミクロに把握するために、衛星画像から個々の建物の分布をその高さ（容積）や用途も含めて抽出する手法を開発する。
- (2) (1)で抽出した建物に対して既存の人口統計を機械学習等により適切に配分して非集計化し、また同時に所得水準も推計することで、高精細（＝ピンポイント）な所得水準付きの人口分布を把握・推定する手法（モデル）を構築する。またそのモデルを対象地域全域に適用するほか、過去の衛星画像に同手法を適用することで時系列的な変遷を把握する。
- (3) (2)で得られた建物や人口の分布変遷を入力値とした都市成長モデルを構築することで、新たな建物や人口の出現（都市化）や、人々の所得水準の決定要因を明らかにし、今後建物や人口が増加する＝都市化する地域を推定する手法（モデル）を構築する。
- (4) 以上で得られた結果とモデルを活用して、東京・バンコクそれぞれの都市圏全体の建物と人口の分布を過去から将来に渡って把握・推定出来るデータを実現する。

### 3. 研究の方法

以下に当初予定していた本研究の実施方法を示す。

#### (1) 衛星画像を用いた建物の立体的抽出手法の開発（2020～2021年度）

まず人口が分布する地点の候補となる建物の空間的分布を把握する必要がある。そこで衛星画像から建物を抽出する手法を開発する。なお、衛星画像から人工物を抽出する方法は目視判読が一般的だが、広域を対象とする場合、目視判読は多大な時間と労力を要し、現実的な手法ではない。そこで深層学習を用いて自動的に人工物を抽出する方法を適用する。

また、建物の高さや用途（戸建て住宅、戸建て事業所、商業建築物、共同住宅など）も推定する。これはステレオ画像やビル影の分析、また建物の形状や大きさ、色、周囲の環境（建物の密集度など）、夜間光強度などを特徴量として推定することで実現する。また、成果の精度検証のため必要に応じて現地調査を実施し、手法の改善を実施する。

なお、本研究では(2)において既存統計や空間情報を使った教師データの取得や検証等が実施しやすい地域であることを鑑み、バンコク都市圏（タイ）と東京大都市圏（日本）を対象地域とする。

#### (2) 高精細な人口分布の把握手法の開発（2021～2022年度）

(1)で得られた建物の空間的分布情報に対して、建物の面積・容積・用途などを重みにして、既存統計の人口を確率的に配分することで、建物単位の人口と所得の分布を推計するモデルを構築する。例えば東京大都市圏の場合、既存の人口統計を研究代表者らの既存研究を用いることで建物単位に配分できる。同様の手法をバンコクにも適用し、超高精細な人口データを時系列に

整備する。続いて所得水準の推定モデルを構築する。具体的には国連や自治体が保有する所得に関する統計値等を建物の面積、用途などを重みにして按分する。さらに既存統計との比較や、現地調査(特にスラム地域や高級住宅街などの空間分布から所得水準の検証を実施)を行うことで、同データの精度検証を行いながら人口統計の配分手法を改良し、精度の向上を検討する。

### (3) (1)と(2)の時系列変化情報に基づく都市成長モデルの開発(2021~2022年度)

(1)と(2)で得られた建物や人口の分布を把握するモデルを用いて複数時点のデータを構築し、その変化を分析することで、新たに建物や人口が出現する要因や人々の所得水準の決定要因(建物用途、町並み、年代、周辺の環境など)を明らかにする。これにより今後都市化=人口が増加する地域を推定する手法(モデル)を構築する。

### (4) 東京およびバンコク都市圏全体の時系列マイクロ人口統計の実現(2022~2023年度)

以上で得られた結果とモデルを用いて、東京とバンコクそれぞれの都市圏全体の建物と人口の分布を過去から将来に渡って把握・推定出来るデータ=「マイクロ人口統計」を実現する。また、同手法を他の都市・地域に適用可能か否かの検討も行うことで、全球(全世界)の時系列的なマイクロ人口統計の開発に向けた検討も行う。そして最後に本研究全体で得られた知見や課題を整理し、成果の取りまとめを行う。

## 4. 研究成果

以下に「3. 研究の方法」の(1)~(4)に対応する成果を示す。

### (1) 衛星画像を用いた建物の立体的抽出手法の開発

以下に(2)の成果を「建物自動抽出および建物用途推定技術の開発」 「建物の高さ推定技術の開発」に分けて報告する。

#### 建物自動抽出および建物用途推定技術の開発(業績1・業績2)

既存研究の技術を組み合わせることで、東京、バンコクともに高い精度で衛星画像から建物を抽出するとともに、建物用途や高さを推定する技術が実現した。まず、東京およびバンコクを対象地域に、容易に入手可能な低解像度の衛星画像から深層学習を用いて建物を自動抽出し、その信頼性を評価した。その結果、開発途上国の都市にみられる特徴を持つ新宿区のように、建物の密集度が高い地域においても一定の精度で建物抽出が可能になった。

また、衛星画像から抽出した建物の用途を、深層学習を用いて推定するとともに、その信頼性を評価した。その結果、東京では戸建て建物と非戸建て建物の分類を平均81.8%の精度で行うことができるモデルが実現した。さらに、東京を対象とした戸建て建物を住宅と非住宅に分類する処理は平均61.9%、非戸建て建物を住宅と非住宅に分類する処理は平均75.2%の精度で行うことができるモデルが実現した。

さらに、以上のモデルをバンコクに外挿することで、モデルの開発途上国への外挿性を検証した。その結果、地域によっては東京と同等の水準の精度で建物の抽出および建物用途の推定を行うことができた。以上より、本研究の手法は開発途上国においても建物の用途を推定し、居住者が分布する建物を特定するのに有用な手段であることが確認できた。なお、本研究では東京モデルをバンコクに外挿する際の精度向上の障害となる原因を特定するため、バンコクでの現地調査を実施した。その結果、バンコク特有の屋根の色や建物周辺の植生がモデルの性能に影響を与えていることが明らかになった。

#### 建物の高さ推定技術の開発(業績3)

JAXAの公開デジタルサーフェスモデル(DSM)(ALOSW3D)とデジタル標高モデル(DEM)(ASTERGDEM)を用いて、個々の建物の高さを推定する技術を開発した。スライディングウィンドウと呼ばれるモデルを採用することで、計算コストを小さくしながら建物の高さを効率的に推定できることが明らかになった。精度検証では日本はPLATEAUの3D都市モデル、バンコクではNTT提供の建物データを用いて実施した。その結果、バンコクにおける誤差5m以内の正解率は約80%、東京は約65%であった。特に標高の変化が少ないバンコク全域、また東京でも建物の高さのバリエーションが比較的少ない住宅地や主要な交通網周辺以外では、解像度が低い衛星画像でも高い精度で建物の高さを推定することが可能になった。

以上の手法により、比較的低解像度の衛星画像から、先進国の都市だけでなく開発途上国の都市においても個々の建物をその用途や高さも含めて推定する手法が実現した。なお、本研究を通して以下の課題が明らかとなった。

まず、建物用途や高さの推定精度向上が挙げられる。戸建て建物か非戸建て建物かという外観の特徴に差のある建物の推定は高い精度で行うことができるものの、特に東京都心部のような建物用途の異なる建物が混在している地域では、推定精度が低くなっていた。また、建物の高さについては、標高の変化が激しい地区(東京の場合、多摩地方など)や、様々な高さの建物が混在している地域で精度が低下する傾向が見られることが分かった。これらの特徴を有する地域において特に精度の向上を今後検討する必要がある。

また、開発途上国において建物用途を推定した結果の信頼性検証を行うためのデータ数が少ないことが挙げられる。バンコクの検証データは現地調査で収集したため、精度検証用のデータがまだ少ない（約 3,000 棟）。このように検証用のデータ数が限られている状況では、推定モデルの信頼性を十分に検証することが困難となり、結果の一般化や適用範囲を把握することが困難である。そこで、今後より多くの検証データを収集・整備する必要がある。

## (2) 高精細な人口分布の把握手法の開発

以下に(2)の成果を「バンコクにおける高精細な人口分布推定技術の開発」、「日本における高精細な人口分布推定技術の高度化」、「建物単位の所得水準の推定技術の開発」に分けて報告する。

### バンコクにおける高精細な人口分布推定技術の開発

東京都とバンコク都全域を対象に、建物単位の詳細なデジタル地図と、subdistrict（小地域）単位の比較的高精細な人口統計を用いて、建物ごとの居住者数を推定する技術の開発を行った。まず、東京都全域を対象に subdistrict 単位の人口統計を、様々な手法で非集計化するモデルを適用することで、建物単位の人口データである「マイクロ人口統計」を開発した。そして、東京で検討した複数のモデルをバンコクにも適用することで、バンコク全域のマイクロ人口統計も開発した。その際に複数のモデルで整備した人口データを既存統計から得られる人口情報と比較することで、その信頼性を検証した。その結果、特に建物用途が世帯や居住者を配分する際の重要なコントロールファクターになっていることが分かった。

### 日本における高精細な人口分布推定技術の高度化（業績 4）

(2) においてバンコクにおける高精細な人口分布推定方法を開発すると同時に、地図や人口統計が十分に整備されている日本を対象に、より信頼性が高い高性能なマイクロ人口統計の整備にも取り組んだ。日本を対象とした類似研究は研究代表者らによる既存研究で既に行っているため、同研究を更に洗練させることで、同目的の達成を目指した。既存の国勢調査を建物ごとに非集計化（空間按分）する際の手法を、既存研究よりも条件を増やすとともに、機械学習も導入して誤差を最小化することでより高性能なマイクロ人口統計を実現した。そして、同結果を国勢調査をはじめとする既存の人口に関連する統計と比較した結果、高い信頼性を有することも確認された。

### 建物単位の所得水準の推定技術の開発（業績 5）

世帯の分布やその世帯員数の多寡は、建物の用途や面積といった建物そのもののスペックだけでなく、世帯収入も大きく関係していることが分かっている。すなわち、建物の単位面積当たりの居住者数は、その地域の所得水準によって大きく異なる。そのため、より正確に建物ごとの人口を把握するためには、建物が立地する地域の所得水準を推計する方法が必要である。既存研究では、現地調査結果を学習データとする建物単位の世帯所得推計の試みがなされている。しかし、これらの既存研究で得られた結果の検証は、ごく限られた地区の現地調査で得られた所得情報のみを用いたものであり、広域の所得情報を用いた検証は行われていない。

そこで精度検証用の統計データが十分に整備されている東京都を対象に、衛星画像を用いて建物ごとの所得水準を推定する手法を提案するとともに、その信頼性の検証を行った。まず、住宅・土地統計調査と国勢調査の 2 種類の統計情報を用いて、個々の街区の平均世帯収入データ（以下、「街区レベル世帯収入データ」と呼ぶ）を作成した。次に、建物ポリゴンデータと街区レベル世帯所得データを空間的に統合することにより、各建物が所在する街区の平均世帯所得を各建物に付与した。さらに、家計調査を参考に所得を 3 ランクに分類し、これを所得レベルラベルとし、学習データのラベルとした。さらに、これらの建物が中央に来るように衛星画像を切り出し、作成した所得レベルラベルと対にして学習データを作成した。その後、VGG-16 と呼ばれる事前学習済みの深層学習モデルと学習データを用いて、所得水準の分類モデルを構築した。なお、本研究での学習手法は転移学習である。最後に、構築したモデルと学習に使用していないデータを用いて精度を検証した。その結果、個々の建物の所得水準を高い精度で分類する手法が実現した。

以上の手法により、東京およびバンコクを対象に、建物単位という高精細な空間解像度で人口および所得水準を推定する手法が実現した。なお、本研究を通して以下の課題が明らかとなった。まず、バンコクにおける人口推定については、今後信頼性の検証を進める必要がある。現時点では高精細かつ信頼性が高い検証用データが存在しないため、今後現地の行政や研究機関等と連携しながらその方法を模索していく予定である。

また、所得水準の推定では、現時点の手法の場合、データ件数が少ない所得水準が低いクラスや、全体的に件数が少ない複雑な形状の建物においては分類精度が低いため、今後このような特徴を持つ建物およびクラスにおいても高い精度を発揮できるよう、学習データの充実やモデルの改良を進める。また、対象地域を国内の東京以外の地域や、バンコクをはじめとする海外にも拡大し、同手法の汎用性を確保する。



### (3) (1)と(2)の時系列変化情報に基づく都市成長モデルの開発

本研究で当初実施予定であった本研究項目は、残念ながら研究期間中には十分に達成することができなかった。これは、本研究課題を開始した2020年度から2022年度まで新型コロナウイルス感染症の影響により、研究の進捗が全体的に大きく遅れたことが影響している。特に、バンコクを対象とした海外調査が2022年度後半になるまで実施できなかったことが大きく影響している。本研究全体の研究目的を少しでも多く達成し、今後の本研究の発展につなげていくことを考慮すると、本研究項目よりも、研究項目(1)および(2)の優先度が高かったことから、(3)は今後の研究課題とした。

### (4) 東京およびバンコク都市圏全体の時系列マイクロ人口統計の実現

研究項目(1)および(2)で開発した技術を活用することで、東京都市圏およびバンコク都市圏のマイクロ人口統計の時系列的な整備を行った。(1)および(2)の手法は基本的に広域を対象に適用可能な手法であるため、東京とバンコクの都市圏全体のベースとなるデータを準備することで、横展開が可能である。図1にバンコク都全域のマイクロ人口統計を示す。また、(3)が新型コロナウイルスの影響で十分に実施できなかったため、国内で実施できる研究として(4)を東京だけでなく、日本全土に拡張することで、日本全土のマイクロ人口統計を整備することに成功した。さらに、同データに社人研の将来推計人口データを組み合わせることで、世帯単位のマイクロな将来人口統計データを作成する技術の開発も実現した。これにより、単に過去のデータに(1)や(2)の手法を適用して過去のマイクロ人口統計を作るだけでなく、将来のマイクロ人口統計を整備する技術も獲得することができた。

今後は、バンコクをはじめとするタイ全土に同様の手法を適用することで、タイ全土のマイクロ人口統計を過去から将来に亘って整備することにも取り組んでいきたいと考えている。

### その他の研究成果

以上に挙げた成果以外にも、本研究に関連した様々な研究や国際的な活動を実施することができた。詳細は【雑誌論文】、【学会発表】、【図書】、【科研費を使用して開催した国際研究集会】、【本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況】を参照されたい。

### 業績

研究代表者は二重下線、研究分担者には下線を付した。

1. Yamanotera, R., Akiyama, Y. and Miyazaki, H., Examining Model Generality of Instance Segmentation for Building Mapping in Satellite Images - Case Study for Tokyo and Bangkok, IGARSS 2023 - 2023 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 5724-5727, 2023.
2. Okada, K., Nishiyama, N., Akiyama, Y., Miyazaki, H. and Miyazawa, S., Development of Detailed Building Distribution Map to Support Smart City Promotion -An Approach Using Satellite Image and Deep Learning-, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., X-4/W3-2022, 189-196, <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-4-W3-2022-189-2022>, 2022.
3. Maneepong, K. and Akiyama, Y., Exploring Building Height Estimation Methods and Their Applications in Micro-Scale Population Data Analysis, ACRS2023 Conference Proceedings, ACRS2023251, 2023.
4. Takeda, N., Furuya, T. and Akiyama, Y., Development of Estimation Method for Building Structure Using Open Data and Statistics, IGARSS 2022 - 2022 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2438-2441, 2022.
5. Yamanotera, R., Akiyama, Y., Miyazaki, H. and Miyazawa, S., Estimation of Income Levels per Building Unit Using Satellite Image and Income Statistics, ACRS2023 Conference Proceedings, ACRS2023296, 2023.

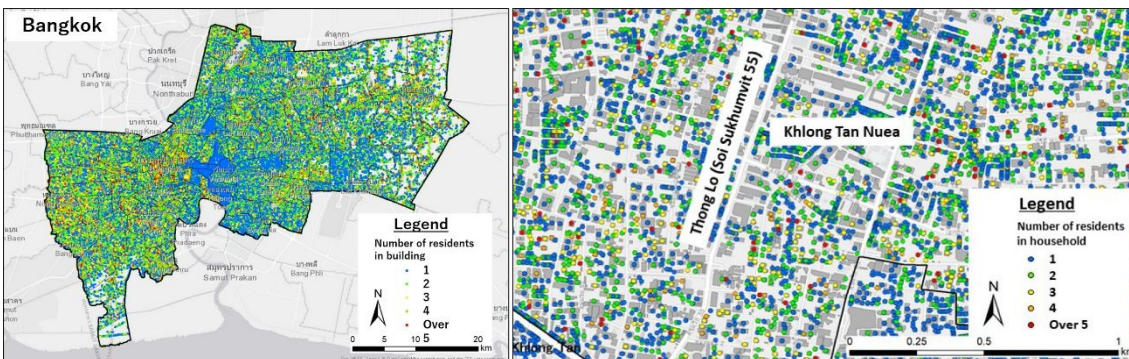


図1 バンコクのマイクロ人口統計（左：全域 右：トンロー地区拡大）

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 Okada K., Nishiyama N., Akiyama Y., Miyazaki H., Miyazawa S.	4. 巻 X-4/W3-2022
2. 論文標題 DEVELOPMENT OF DETAILED BUILDING DISTRIBUTION MAP TO SUPPORT SMART CITY PROMOTION -AN APPROACH USING SATELLITE IMAGE AND DEEP LEARNING?	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	6. 最初と最後の頁 189-196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/isprs-annals-X-4-W3-2022-189-2022	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 -
1. 著者名 Yamanotera, R., Akiyama Y., Miyazaki H.	4. 巻 2023
2. 論文標題 Examining Model Generality of Instance Segmentation for Building Mapping in Satellite Images - Case Study for Tokyo and Bangkok	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IGARSS 2023 - 2023 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium	6. 最初と最後の頁 5724-5727
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IGARSS52108.2023.10282156	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 -
1. 著者名 秋山祐樹	4. 巻 71(3)
2. 論文標題 空間情報を活用した自治体のプランニング～自治体におけるDXによるEBPM実現に向けた取り組み～	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 都市計画	6. 最初と最後の頁 84-87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Sayuda K., Hong E., Akiyama Y., Baba H., Tokudomi T., Akatani T.	4. 巻 26
2. 論文標題 Accuracy of vacant housing detection models: An empirical evaluation using municipal and national census datasets	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Transactions in GIS	6. 最初と最後の頁 3003 ~ 3027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tgis.12992	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 -

1. 著者名 Takeda N., Furuya T., Akiyama Y.	4. 巻 2022
2. 論文標題 Development of Estimation Method for Building Structure using Open Data and Statistics	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IGARSS 2022 - 2022 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium	6. 最初と最後の頁 2438-2441
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IGARSS46834.2022.9883801	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 -

1. 著者名 Sugasawa S., Murakami D.	4. 巻 44
2. 論文標題 Spatially clustered regression	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Spatial Statistics	6. 最初と最後の頁 100525-100525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.spasta.2021.100525	査読の有無 有
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 Sugasawa S., Murakami D.	4. 巻 48
2. 論文標題 Adaptively robust geographically weighted regression	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Spatial Statistics	6. 最初と最後の頁 100623-100623
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.spasta.2022.100623	査読の有無 有
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 Onizuka T., Hashimoto S., Sugawara S.	4. 巻 59
2. 論文標題 Locally adaptive spatial quantile smoothing: Application to monitoring crime density in Tokyo	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Spatial Statistics	6. 最初と最後の頁 100793-100793
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.spasta.2023.100793	査読の有無 有
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 Ogawa Y., Zhao C., Oki T., Chen S., Sekimoto Y.	4. 巻 16
2. 論文標題 Deep Learning Approach for Classifying the Built Year and Structure of Individual Buildings by Automatically Linking Street View Images and GIS Building Data	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1740-1755
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JSTARS.2023.3237509	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 -

1. 著者名 Ogawa Y., Sato G., Sekimoto Y.	4. 巻 19
2. 論文標題 Geometric-based approach for linking various building measurement data to a 3D city model	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 0296445-0296445
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0296445	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 -

1. 著者名 Zhao C., Ogawa Y., Chen S., Yang Z., Sekimoto Y.	4. 巻 2023
2. 論文標題 Label Freedom: Stable Diffusion for Remote Sensing Image Semantic Segmentation Data Generation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Big Data	6. 最初と最後の頁 1022-1033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/BigData59044.2023.10386381	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 -

1. 著者名 Chen S., Ogawa Y., Zhao C., Sekimoto Y.	4. 巻 195
2. 論文標題 Large-scale individual building extraction from open-source satellite imagery via super-resolution-based instance segmentation approach	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 129-152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isprsjprs.2022.11.006	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 -



1. 著者名 Kajiwara K., Ma J., Seto T., Sekimoto Y., Ogawa Y., Omata H.	4. 巻 98
2. 論文標題 Development of current estimated household data and agent-based simulation of the future population distribution of households in Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Computers, Environment and Urban Systems	6. 最初と最後の頁 101873-101873
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.compenvurbsys.2022.101873	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 -

1. 著者名 Peungnumasai A., Miyazaki H., Witayangkurn A., Kim S. M.	4. 巻 12
2. 論文標題 A Grid-Based Spatial Analysis for Detecting Supply?Demand Gaps of Public Transports: A Case Study of the Bangkok Metropolitan Region	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 10382-10382
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su122410382	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 Sritart H., Miyazaki H., Kanbara S., Hara T.	4. 巻 12
2. 論文標題 Methodology and Application of Spatial Vulnerability Assessment for Evacuation Shelters in Disaster Planning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 7355-7355
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su12187355	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 -

1. 著者名 Koga Y., Miyazaki H., Shibasaki R.	4. 巻 12
2. 論文標題 A Method for Vehicle Detection in High-Resolution Satellite Images that Uses a Region-Based Object Detector and Unsupervised Domain Adaptation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 575-575
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs12030575	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 -

1. 著者名 Bencure J. C., Tripathi N. K., Miyazaki H., Ninsawat S., Kim S. M.	4. 巻 15
2. 論文標題 Factors affecting decision-making in land valuation process using AHP: a case in the Philippines	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Housing Markets and Analysis	6. 最初と最後の頁 188-202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1108/IJHMA-11-2020-0136	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 Sritart H., Tuntiwong K., Miyazaki H., Taertulakarn S.	4. 巻 18
2. 論文標題 Disparities in Healthcare Services and Spatial Assessments of Mobile Health Clinics in the Border Regions of Thailand	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Research and Public Health	6. 最初と最後の頁 10782-10782
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijerph182010782	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 Maharjan N., Miyazaki H., Pati B. M., Dailey M. N., Shrestha S., Nakamura T.	4. 巻 14
2. 論文標題 Detection of River Plastic Using UAV Sensor Data and Deep Learning	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 3049-3049
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs14133049	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24件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 山野寺瞭太, 岡田佳佑, 秋山祐樹, 宮崎浩之, 宮澤聡, 菅澤翔之助, 小川芳樹
2. 発表標題 住宅地図と衛星画像を活用した建物高密度地域における建物データの開発
3. 学会等名 CSIS DAYS 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋山祐樹
2. 発表標題 空間情報 × AI が拓く新しい空間情報科学分野の研究への挑戦
3. 学会等名 GISA/GeoAI Seminar 2024 ' Spring「GeoAIからみた人流データの表と裏」(招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yamanotera, R., Akiyama, Y. and Miyazaki, H.
2. 発表標題 Examining Model Generality of Instance Segmentation for Building Mapping in Satellite Images - Case Study for Tokyo and Bangkok
3. 学会等名 IGARSS 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山野寺瞭太, 秋山祐樹, 宮崎浩之, 宮澤聡
2. 発表標題 衛星画像と所得に関する統計情報を用いた建物単位の所得水準の推定
3. 学会等名 CSIS DAYS 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 堀内仁, 山野寺瞭太, 秋山祐樹
2. 発表標題 航空写真を活用した開発適地の自動抽出技術の開発
3. 学会等名 第68回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Maneepong, K. and Akiyama, Y.
2. 発表標題 Exploring Building Height Estimation Methods and Their Applications in Micro-Scale Population Data Analysis
3. 学会等名 ACRS 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yamanotera, R., Akiyama, Y., Miyazaki, H. and Miyazawa, S.
2. 発表標題 Estimation of Income Levels per Building Unit Using Satellite Image and Income Statistics
3. 学会等名 ACRS 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山野寺瞭太, 秋山祐樹, 宮崎浩之
2. 発表標題 衛星画像と所得に関する統計情報を用いた建物単位の所得水準の推定
3. 学会等名 第32回地理情報システム学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山野寺瞭太, 秋山祐樹, 宮崎浩之
2. 発表標題 深層学習を用いた衛星画像からの建物抽出モデルの外挿による開発途上国の建物データ整備
3. 学会等名 土木学会第78回年次学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 武田直弥, 秋山祐樹, 古谷貴史
2. 発表標題 建物単位の推計人口を用いた大規模災害時における経済的被害評価手法の開発
3. 学会等名 CSIS DAYS 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 齋藤開, 武田直弥, 秋山祐樹
2. 発表標題 水害危険地域における住宅への被害評価と防災移転の最適化手法の開発
3. 学会等名 第68回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 武田直弥, 秋山祐樹, 古谷貴史
2. 発表標題 世帯推計データを用いた大規模災害時における経済的被害評価手法の開発
3. 学会等名 第32回地理情報システム学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Akiyama, Y.
2. 発表標題 Research for DXing Municipal Decision Making Using Urban Spatial Information and AI to Realize a Better Life
3. 学会等名 ICGIS 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秋山祐樹
2. 発表標題 空間情報 × AI が拓く新しい都市工学分野の研究への挑戦
3. 学会等名 オオバ技術発表会2023 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉成翔, 武田直弥, 秋山祐樹, 古谷貴史
2. 発表標題 豪雨災害における住宅への経済的被害評価
3. 学会等名 CSIS DAYS 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋山祐樹
2. 発表標題 マイクロジオデータ × AI が拓く地理学の社会実装
3. 学会等名 G空間EXPO2022 日本地理学会主催シンポジウム「地理学の社会実装」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋山祐樹
2. 発表標題 官民の空間情報を結集した自治体DXへの取組とその課題
3. 学会等名 日本写真測量学会関西支部 第112回空間情報話題交換会 (招待講演)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 秋山祐樹
2. 発表標題 都市・産業研究における空間情報の可能性
3. 学会等名 日本建築学会 都市と産業WG 公開研究会#1 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武田直弥, 古谷貴史, 秋山祐樹
2. 発表標題 オープンデータと機械学習を用いた建物ごとの構造推定手法の開発
3. 学会等名 CSIS DAYS 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古谷貴史, 秋山祐樹, 武田直弥
2. 発表標題 地域の経済力を考慮した大規模災害時における住宅単位のミクロな経済的被害評価手法の開発
3. 学会等名 第30回地理情報システム学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akiyama, Y.
2. 発表標題 Regional Innovation with Geo-Bigdata in Japan
3. 学会等名 Seminar in commemoration of the launch of the National Territory Monitoring Research Center (KRIHS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 秋山祐樹
2. 発表標題 空間ビッグデータの活用とその将来-ビッグデータ+AIによる建築・都市計画のための調査分析の可能性-
3. 学会等名 日本建築学会 建築計画委員会「秋の建築計画祭り：これからの「建築・都市計画のための調査・分析方法」 AI・IoT・ビッグデータでなにが変わるのか」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sirikanjanaanan, S, Somwang, A, Jitkuntee, P, Miyazaki, H
2. 発表標題 Land Cover Change Analysis of Metro Manila, the Philippines using Time-Series Landsat Data for 1989, 2004 and 2019
3. 学会等名 宇宙からの地球環境・災害のモニタリングとリスク評価：生研フォーラム論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koga, Y, Miyazaki, H, Shibasaki, R
2. 発表標題 Adapting Vehicle Detector to Target Domain by Adversarial Prediction Alignment
3. 学会等名 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Kanbara, S. (ed.), Shaw, R.(ed.),Kato, N(ed.), Akiyama, Y. et al.	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer Verlag	5. 総ページ数 230
3. 書名 Society 5.0, Digital Transformation and Disasters : Past, Present and Future	

〔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	宮崎 浩之 (MIYAZAKI Hiroyuki) (80764414)	東京大学・空間情報科学研究センター・特任助教  (12601)	
研究分担者	小川 芳樹 (OGAWA Yoshiki) (70794296)	東京大学・空間情報科学研究センター・講師  (12601)	
研究分担者	宮澤 聡 (MIYAZAWA Satoshi) (70834274)	東京大学・空間情報科学研究センター・協力研究員  (12601)	
研究分担者	菅澤 翔之助 (SUGASAWA Shonosuke) (50782380)	慶應義塾大学・経済学部(三田)・准教授  (32612)	

	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
研究協力者	ホラン ティーラユット (Horanont Teerayut)	タマサート大学・SIIT・Associate Professor	
研究協力者	グァン チェン (Guan ChengHe)	ニューヨーク大学上海校・Urban Science and Policy・Assistant Pofessor	
研究協力者	ソン ジフン (Son Jihoon)	高麗大学校・Department of Computer and Information Science・Professor	

## 6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	リ ヨンジュ (Lee YoungJoo)	韓国国土研究院・Research Fellow	
研究協力者	リ ホサン (Lee Ho-Sang)	仁川大学校・Institute for Japanese Studies・Professor	
研究協力者	柴崎 亮介 (Shibsaki Ryosuke) (70206126)	麗澤大学・工学部・教授  (32506)	
研究協力者	村上 大輔 (Murakami Daisuke) (20738249)	統計数理研究所・統計基盤数理研究系・准教授  (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3件

国際研究集会 Joint seminar between Akiyama lab at TCU and Guan lab at SNU	開催年 2023年～2023年
国際研究集会 第16回マイクロジオデータ研究会（4th International Micro Geodata Forum）	開催年 2021年～2021年
国際研究集会 第15回マイクロジオデータ研究会（3rd International Micro Geodata Forum）	開催年 2020年～2020年

## 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		
タイ	Thammasat University	Asian Institute of Technology	Chulalongkorn University
中国	NYU Shanghai		
韓国	Korea University	Incheon National University	