口頭発表

2025年11月2日(日) 11:00 ~ 12:20 | D会場(共通教育棟 A21番教室)

[D6] 自然・環境

司会：瀬戸 寿一

11:00 ~ 11:20

[D6-01] 壁面発電ポテンシャル解析システムの開発

*西原 雅志[1]、大塚 真由[1]、神馬 和歌子[1]、塚本 祐樹[1] (1. アジア航測株式会社)

11:20 ~ 11:40

[D6-02] 埼玉県さいたま市における建物レベルのCO_2排出量推定

*村上 拓[1]、堤田 成政[1] (1. 埼玉大学大学院理工学研究科)

11:40 ~ 12:00

[D6-03] 大都市近郊の竹林拡大に与える自然的要因の比較評価－2018年と2023年の神奈川県川崎市多摩区を対象として－

*古川 万莉菜[1]、中山 俊[1] (1. 専修大学ネットワーク情報学部)

12:00 ~ 12:20

[D6-04] 東京国際空港新飛行経路による不動産価値への影響分析のための広域騒音推計

*早坂 遼[1]、堤 盛人[1] (1. 筑波大学)

©一般社団法人地理情報システム学会

壁面発電ポテンシャル解析システムの開発

西原雅志*・大塚真由・神馬和歌子***・塚本祐樹*****

Development of a Wall-Surface Solar Power Potential Analysis System

Masayuki Nishihara*, Mayu Otsuka**, Wakako Jimba***, Yuki Tsukamoto*****

Abstract: As renewable energy deployment progresses, cities must utilize vertical surfaces in addition to rooftops. Recent advances in perovskite photovoltaic (PV) technology have made the installation of PV on building walls realistic and scalable. In this study, we developed a building-wall PV potential analysis system that relies exclusively on open data—3D urban models and national meteorological datasets—requiring no proprietary inputs. The system accounts for shading by surrounding buildings and estimates wall-surface irradiance and PV potential. Accordingly, it provides a practical foundation for quantitative, city-wide assessment of PV on building walls and supports evidence-based deployment and policy design.

Keywords: シミュレーション (Simulation), 太陽光 (Solar Potential), 環境・エネルギー(Environment・Energy), システム開発（System Development）

１．はじめに

近年，再生可能エネルギーの利用が進んでいる．それに伴い都市部における太陽光発電に使用可能な領域を拡大することが求められている．従来は結晶シリコン太陽電池が一般的であったが，近年では軽量かつ柔軟な構造を持ち，低照度環境でも発電可能なペロブスカイト太陽電池が注目されている(経済産業省, 2024)．これにより，屋根面に限らず，建築物壁面への設置も現実的な選択肢となりつつある．

こうした背景を踏まえ，国土交通省が主導する Project PLATEAU のユースケースの 1 つとして 2022 年度開発した，カーボンニュートラル施策推進支援システム（国土交通省，2023）を壁面評価用に拡張した壁面発電ポテンシャル解析システム（以下，本システム）を開発した．壁面は屋根面に比べて面積が大きく，計算負荷が高くなるため，解析時間を短縮できるようアルゴリズムを改良し，その妥当性を検証した．本システムは，3D 都市モデルを活用し，建築物単位から都市レベルまで多様なスケールで日射量や発電ポテンシャルを推計する機能を有する．本システムを活用することにより，ペロブスカイト太陽電池を壁面に設置した場合に得られる発電量を定量的に評価することが可能である．

２．使用するデータ

本システムは，年間予測発電量等を算出するために① Project PLATEAU の『3D 都市モデル』②国立天文台の『1 年間分の可照時間データ』③気象庁の『平均日照時間データ』④国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下，NEDO）の『日射量データベースシステム METPV-20』（以下，METPV-20）から出力するデータの 4 つを使用した．データの一覧を表 1 に示す．

表 1：本システムの入力データ

No.	データ名	出所
①	3D 都市モデル	国土交通省
②	可照時間	国立天文台
③	平均日照時間	気象庁
④	積雪深	NEDO

３．アルゴリズム

本システムのアーキテクチャを図 1 に示す．本システムでは，建築物の壁面をメッシュ状に分割し，これを最小の解析単位とする．各メッシュに対して日射量を算出し，壁面単位で集計した後，建築物単位に統合する．得られた日射量を基に，発電量を算出する。

３.１　壁面メッシュの抽出

建築物モデルから壁面の緯度経度と高さを抽出し,平面直角座標に変換する．変換後の壁面をメッシュに分割

*　正会員　アジア航測株式会社（ASIA AIR SURVEY CO.,LTD.）
**　正会員　アジア航測株式会社（ASIA AIR SURVEY CO.,LTD.）
***　正会員　アジア航測株式会社（ASIA AIR SURVEY CO.,LTD.）
****　非会員　アジア航測株式会社（ASIA AIR SURVEY CO.,LTD.）
〒251-0004 神奈川県川崎市麻生区万福寺 1-2-2 E-mail：myk.nishihara@ajiko.co.jp

する．建築物モデルの水平位置精度が 1.75m，垂直位置精度が 0.66m であることから，メッシュサイズは 1m とした．

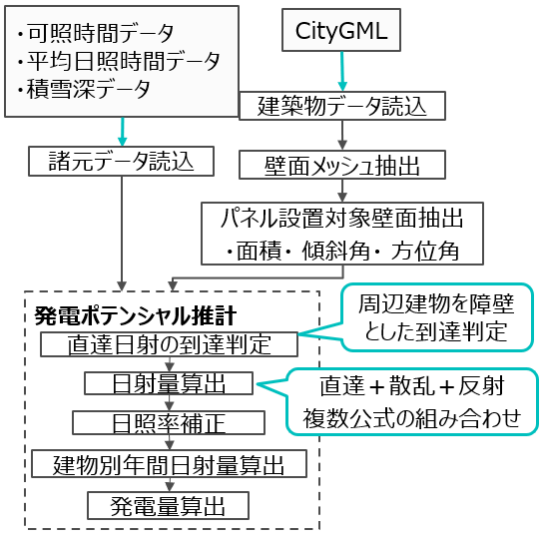


図 1：システムアーキテクチャ全体図

3.2　日射量推計

本システムは，1 時間ごとの斜面全天日射量を算出する．斜面全天日射量は，金山・馬場（1984）と中川清隆（2002）の計算式を用いて，直達成分と天空散乱成分と地面反射成分の和で算出した．各メッシュに対して日射量を算出し，直達日射についてのみ周辺建築物による日陰の有無を考慮した到達判定を行った（図 2）．そのため，日陰により直達日射が遮られる場合でも，天空散乱成分と地面反射成分により一定以上の日射量が得られる（図 3）．高精度な日射量推計を行うために，可照時間と日照時間データを用いて，晴天時と曇天時の日照率を算出し，月毎の斜面全天日射量の補正を行った．メッシュ単位で解析し，その結果を壁面ごとに集約することで，壁面単位の日射量を推計した．

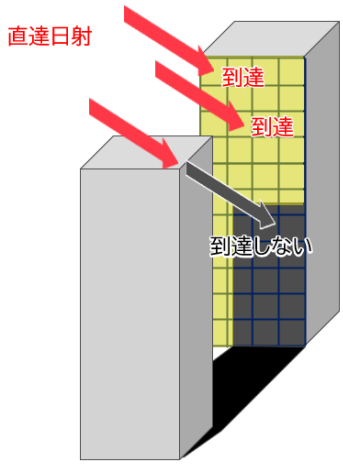


図 2：各メッシュにおける直達日射の到達判定

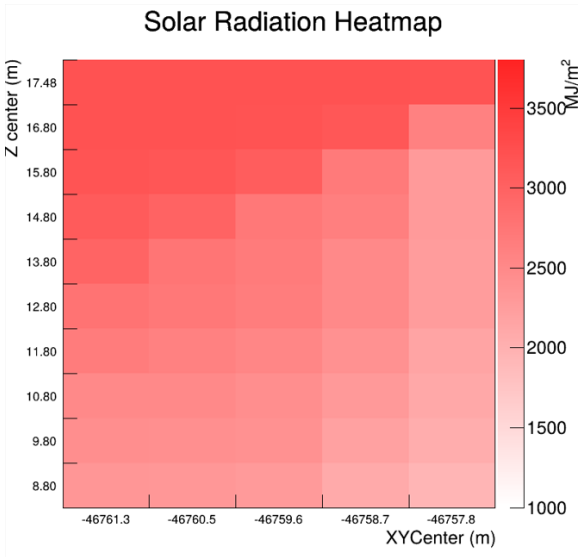


図 3：日陰がある壁面の年間日射量分布

3.3　年間予測発電量の算出

補正した斜面全天日射量から建築物毎に年間予測発電量を算出する．　日本産業標準調査会(2005)より，以下の計算式を用いた．

$$EPY = \frac{P \times HAY \times KPY \times 1}{GS} \quad (1)$$

ここで，EPY は年間予測発電量$[kWh/year]$，P は設置可能システム容量$[kW]$, HAY は建築物ごとの斜面全天日射量$[[kWh/m^2 \cdot year]$，KPY は基本設置係数，GS は標準試験条件における日射強度$[kW \cdot m^2]$で JIS 規格の標準値は 1 である．

ペロブスカイト太陽電池は現時点で実証実験段階にあり，P 及び KPY の特性値は正確に得られないため、本システムでは結晶シリコン太陽電池の特性値を用いた。

3.4　データ出力

算出したメッシュ毎，壁面毎の年間予測日射量を CSV ファイルに出力した．また，建築物ごとの年間予測日射量や年間予測発電量を CSV ファイルに出力した．

4．日射量計算の時間短縮

従来は 1 年 365 日すべての日射量を算出していたが，計算時間短縮のため，各月の代表日として 1 日目を選び，当該日の算出結果に月の日数を乗じて月別日射量を求める手法に改良した．この変更前後の解析時間を比較するため，石川県加賀市における第 3 次地域メッシュ 4 区画を対象に，2024 年の気象データを用いて検証した．検証の結果，解析時間は 9 日 18 時間 56 分から 8 時間 4 分へと約 29 倍短縮された．また，手法の妥当性を評価するため，①365 日それぞれを計算②各月 1 日目を計算で年間日射量を比較した．壁面ごとに以下の式を用いて変化割

合を算出した分布を図 4 に示す．

$$\text{変化割合} = \frac{② - ①}{①} \times 100 \qquad (2)$$

分布は正方向へわずかに偏る傾向を示したが，全体として誤差は±1%以内に収まった．このことから解析結果への影響は十分小さいと考えられる．以上より，本手法は大幅に解析時間の短縮が可能である．

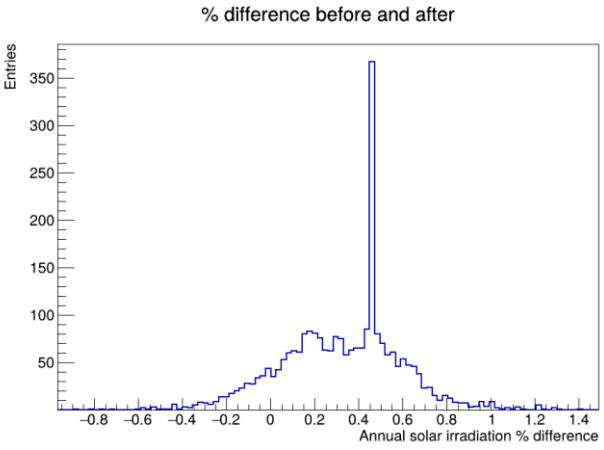


図 4：壁面年間日射量の変更前後差

5．精度検証

本システムの妥当性を確認するため，周辺建築物による日陰の再現性と年間日射量の精度を検証した．

5.1　周辺建築物による日陰の再現性確認

対象周辺の建築物による日射遮蔽の影響を確認した．解析対象地域には，建築物が密集する都市域として石川県金沢市を選定した．検証手法は，建築物モデルに単位面積あたりの年間日射量をテクスチャとして貼り付け，壁面ごとの日射量分布を可視化した．図 5 に対象建築物の例を示す．図中では赤色が濃いほど日射量が多く計算されている．可視化結果から南向きの壁面は年間を通じて多くの日射を受けていることが確認できる．一方，北向きの壁面は受ける日射量が小さい傾向を示した．また，周辺建築物による日射遮蔽の影響を受ける部分では壁面が白く表示されていることから，日射量の低下が確認できた．以上より，周辺建築物による日陰の再現性が確認できた．

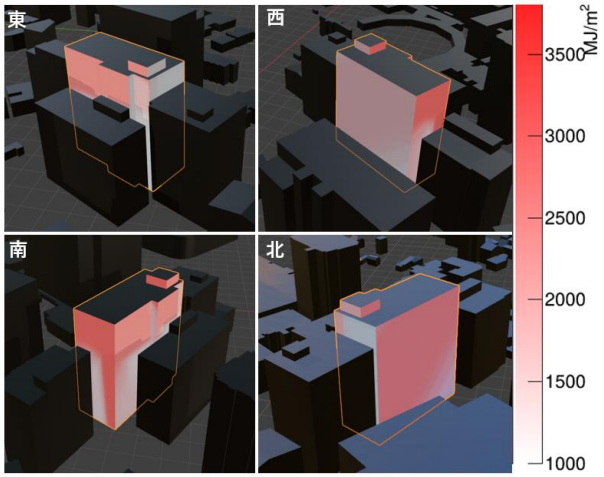


図 5：対象建築物の方位別壁面年間日射量分布

5.2　年間日射量の精度検証

建築物数や壁面方位の分布，気象条件等が異なる金沢市および加賀市を対象に，壁面年間日射量の方位角依存性を検証した．

検証には，NEDO が公開する METPV-20 を用いた．METPV-20 は，2010 年から 2018 年の月毎に最も日射量が平均的な年（平均年），多い年（多照年），少ない年（寡照年）を抽出してつなぎ合わせた代表的な 1 年間のデータである．本システムでは単年の気象データを用いて日射量を算出する．そこで，2018 年の気象データを入力として，金沢市及び加賀市を対象に解析した．METPV-20 は周辺建築物による遮蔽効果を考慮できないため，比較に当たっては日陰を考慮しない条件で解析を実施した．

解析結果を図 6（金沢市）および図 7（加賀市）に示す．解析にあたり方位角は 180 度を南とした．金沢市では，南向きにおいて本システムと NEDO 平均年は近い傾向となった．一方で南から離れるにつれ誤差が拡大し，北向きでは約 30%乖離した．加賀市では，建築物数が限られているため一部の方位角のデータが欠落しているが，NEDO 平均年のピークである方位角 140 度付近において近い傾向が得られた．しかし METPV-20 は方位角に対し非対称な分布となっているのに対し，解析結果は対称な分布となっている．これらの差異の原因として，散乱日射モデルの差が考えられる．本システムでは天空散乱を等方的に分布させるモデルを用いているのに対し，METPV-20 は異方性を考慮し，太陽周辺や地平線付近の輝度増加を加味している（NEDO, 2021; Perez et al., 1986）．そのため，直達成分の影響が大きい南面では一致するが，散乱成分の寄与が大きい北面や東西面では差が大きく表れたと考えられる．

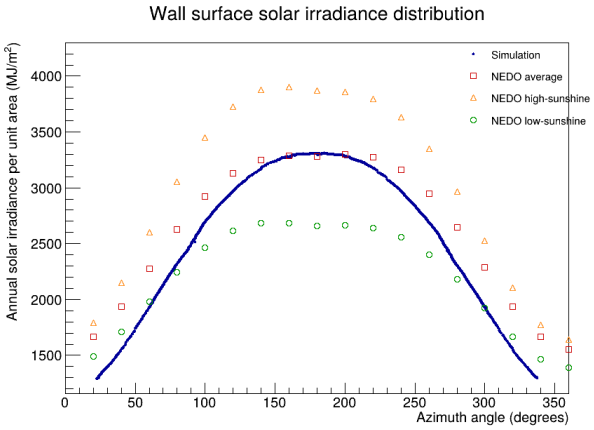


図 6：壁面年間日射量の方位角依存性（金沢市）

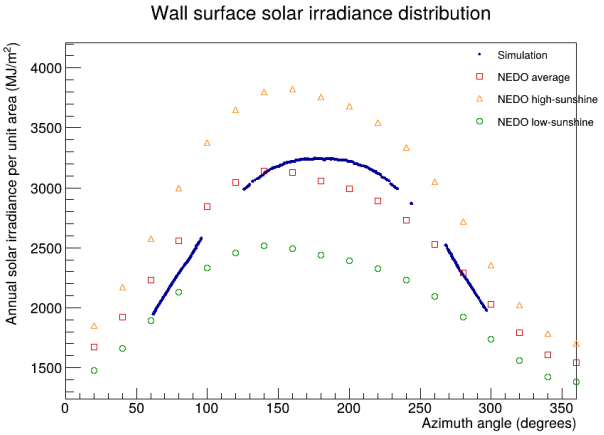


図 7：壁面年間日射量の方位角依存性（加賀市）

6．おわりに

建築物壁面を対象とした発電ポテンシャル解析システムを開発した．本システムでは解析時間を 29 分の 1 に短縮しつつ，精度を担保できることを示した．また，周辺建築物の遮蔽による日陰の影響を考慮したシミュレーションが可能であることを示した．

年間日射量の比較では，太陽光パネルの主要な設置対象となる南面において，NEDO の METPV-20 データとの差は 1～6%であった．

これらの結果から，本システムを用いて太陽光パネルを壁面に設置した場合に得られる発電量を定量的に評価することが可能である．

今後は，壁面設置が想定されるペロブスカイト太陽電池の特性値を導入する必要がある．さらに，算出した発電量を実測値と比較検証することで，本システムの妥当性をより詳細に検証していく．

参考文献

G 空間情報センター（2020），3D 都市モデル（Project PLATEAU）金沢市 2020 年度，<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/plateau-17201-kanazawa-shi-2020>

G 空間情報センター（2022），3D 都市モデル（Project PLATEAU）加賀市 2022 年度，<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/plateau-17206-kaga-shi-2022>

金山公夫・馬場弘（1984），日射量の測定と傾斜面日射量の算定法，電熱研究，**23**（88），28-34.

気象庁（2013），過去の気象データ・ダウンロード，<https://www.data.jma.go.jp/risk/obsdl/index.php>

経済産業省（2024），次世代太陽電池戦略，<https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/perovskite_solar_cell/pdf/20241128_1.pdf>

国土交通省（2023），カーボンニュートラル施策推進支援システム技術検証レポート，<https://www.mlit.go.jp/plateau/file/libraries/doc/plateau_tech_doc_0030_ver01.pdf>

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（2021），日射量データベース閲覧システム METPV-20，<https://appww2.infoc.nedo.go.jp/appww/metpv_map.html>

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（2021），NEDO 日射量データベースの解説書，<https://www.nedo.go.jp/content/100930737.pdf>

大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台（1994），こよみの計算 Web ページ，<https://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/koyomix.cgi>

中川清隆（2002），太陽方位，高度，大気外日射量の計算，<https://rissho-es.jp/nakagawa/met_cal/solar.html>

日本産業標準調査会（2005），太陽光発電システムの発電電力推定方法.

Perez, R., Stewart, R., Arbogast, R., Seals, R. & Scott, J. (1986), *An anisotropic hourly diffuse radiation model for sloping surfaces – description, performance validation, site dependency evaluation*, Solar Energy, **36**, 481–498.

埼玉県さいたま市における建物レベルの CO_2 排出量推定

村上拓*・堤田成政**

Estimation of Building-Level CO_2 Emissions in Saitama City, Saitama Prefecture

Taku Murakami*, Narumasa Tsutsumida**

Abstract: The increase in carbon dioxide (CO_2) emissions and the resulting global warming have become common challenges. The Paris Agreement of 2015 declared a global commitment to reduce greenhouse gas emissions, and each country has set its own targets to work toward reducing CO_2 emissions. To formulate effective emission reduction strategies, it is essential to understand in detail where and how much CO_2 is currently being emitted. Here, we developed a building-level bottom-up CO_2 emission estimation method to understand the spatial distribution of emissions, in order to support the formulation of effective reduction strategies. The proposed bottom-up approach utilizes 3D building data and building-specific emission factors to estimate and visualize emissions for each individual building. This enables high-resolution carbon mapping and contributes to spatially targeted emission reduction planning. Additionally, the method allows integration with urban planning data, supporting decision-making in cities. The proposed framework is expected to support more accurate and practical CO_2 reduction strategies at an urban scale.

Keywords: CO_2 排出(CO_2 emission)，ボトムアップアプローチ(Bottom-up approach)，3D 都市モデル(3D city model)，高解像度炭素マッピング(High-resolution spatial carbon mapping)

１．はじめに

人間活動の拡大に伴う CO_2 などの温室効果ガスの排出量の増加は，地球温暖化の進行の一因であるとされており（IPCC, 2023)，異常気象の頻発化や激甚化などを通して我々の生活に悪影響を及ぼす可能性がある．また，世界のエネルギー消費の約 3 分の 2 及び CO_2 排出量全体の 70％以上は都市域に由来するとされており（UNDCCC, 2020)，気候変動対策において都市は主要な CO_2 排出源であると考えられている．そのため都市域での温室効果ガスの排出を抑制し，持続可能な社会の実現を目指すことが急務である．

こうした背景を受けて，2015 年の国連気候変動枠組み条約締約国会議で採択されたパリ協定では，産業革命以前の水準と比べて，気温上昇を 2℃未満，可能であれば 1.5℃未満に抑えることを全世界的に目指すことが決められた（UNFCCC, 2016)．この目標の達成に向け，各国が適切な排出削減目標を設定し CO_2 排出量削減の動きが活発化してきている．日本政府においても 2030 年度の温室効果ガス 46%削減(2013 年度比)，2050 年のカーボンニュートラル実現という国際公約を掲げた(環境省，2021)．各省庁や自治体は脱炭素社会の実現に向け，排出削減目標の設定や，温室効果ガスの排出量の算定，排出削減に取り組んでいる．こうした削減目標を達成するためには，都市構造をコントロールする都市計画情報などの都市計画と連動した低炭素化施策が重要となる．そのため，効果的な削減案の立案とその進捗を定期的に評価するためには，CO_2 排出量や，その空間的分布を高い空間解像度で把握することが求められる．

CO_2 排出量推定やその空間分布分析の分野では，これまで多くの研究が進められており，手法は大きく「ボトムアップ型」と「トップダウン型」の 2 つに大別できる．トップダウン型の手法は衛星観測データを用いて大気中の CO_2 濃度を測定する手法である．衛星観測データが公開されており容易に利用が可能であるため，多くの研究で用いられてきた．しかし Li et al. (2024)は，衛星観測データの粗い空間解像度が CO_2 濃度検出に大きな影響を与えることを示し、特に 1 km を超える粗い空間解像度では小規模排出源の検出が困難になることを指摘した．

* 学生会員 村上拓 埼玉大学大学院理工学研究科 （Saitama University）
〒 338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 E-Mail：t.murakami.386@ms.saitama-u.ac.jp
** 正会員 堤田成政 埼玉大学大学院理工学研究科 （Saitama University）

また Fuentes Andrade et al. (2024)は，大気中の乱流や風速変動が CO_2 濃度検出の不確実性に大きな影響を及ぼす点を指摘した．これらの制約から，トップダウン型手法では市区町村レベルといった高い空間分解能での CO_2 排出量の詳細な分析には限界があるとされている．

一方，ボトムアップ型の手法は，建物の現場調査から得られたエネルギー消費データや，道路ごとの交通量データなどの詳細なデータを使用することで CO_2 排出量を推定する手法である．Yamagata et al. (2018) は，建物ポイントデータを用いて都市域における季節変動を考慮した CO_2 排出量の可視化を行っており，都市スケールでのボトムアップ型手法を用いた CO_2 排出量推定の有効性を示している．Khamchiangta et al. (2024) は延べ床面積を含んだ建物データと Local Climate Zone データを用いてバンコクの地域気候帯に関連した炭排出強度の可視化を行なった．ボトムアップ型の手法は家庭部門や産業部門など部門ごとの排出量を算定でき，さらにトップダウン型の手法と比較し，より高い空間解像度での CO_2 排出分析が可能である．しかし，手法で必要とされるデータが整備されていない地域が多いため，ボトムアップ型の手法で CO_2 排出量推定に取り組んだ研究は依然として数少なく，特に都市構造をコントロールする都市計画と組み合わせて排出源を評価した分析は実現されていない．都市型自治体においては，都市計画を適切にコントロールすることで排出源削減を実現できる可能性があり，そのためには建物単位での排出量推定を行えるボトムアップ型の手法が不可欠であると言える．こうした課題に対して，近年国土交通省が公開した都市 3D モデルは新たなデータ基盤として有用である可能性がある．

そこで本研究では低炭素社会実現に向けた効果的な都市計画の立案に向け，建物 3D データに基づくボトムアップ型の CO_2 排出量推定法を提案する．本手法は，より建物レベルでの CO_2 排出特性を明らかにでき，排出削減のための具体的かつ効果的な都市計画の戦略を立案するための定量的な情報を提供できる．本研究では、埼玉県さいたま市を事例とするが、本手法は 3D 都市モデルが整備されている都市で適用可能であるため，汎用性が高い点に特徴がある．

２．対象地域

本研究では，一例として埼玉県さいたま市を対象地域とする．さいたま市は人口約 133 万人を有し，住宅地や商業地，工業地など多様な土地利用が混在している．環境省が公表する「自治体排出量カルテ」では，さいたま市の CO_2 排出量は，国全体や都道府県の排出量をさいたま市の人口，従業者数，製造品出荷額などの統計指標に基づいて按分する「標準的手法」を基に産業部門や業務部門等の部門ごとに推計している．2022 年度における，さいたま市の全部門からの CO_2 排出は計 $5,330\times10^3$t と推定されている(環境省)．また，さいたま市は事務事業活動に伴う温室効果ガス排出量の算定を独自に行っている．市役所庁舎や学校などの公共施設における電気・ガス・燃料油の使用量，さらに公用車の燃料使用量などを基礎データとして収集し，それぞれに対応する排出係数を乗じて CO_2 排出量を算定しており．2022 年度は計 110×10^3t と推定されている（埼玉県さいたま市，2025)．

２．データ

２.１　3D 都市モデル

国土交通省 PLATEAU プロジェクトによって公開されている 3D 都市モデルデータは，航空測量等に基づき取得され，1 つ 1 つの建物について，位置や 16 区分の使用用途，延べ床面積等の属性情報が含まれている．このデータは 2025 年 6 月時点で，約 250 都市で整備されており，2025 年度末までに約 300 都市，2027 年度末までに約 500 都市への整備拡大が予定されている．本研究ではさいたま市内の約 49 万件の建物データを使用した．例として大宮駅周辺の 3D 都市モデルデータを図 1 に示す．

２.２　CO_2 排出源単位データ

建物用途別の排出源単位データには日本ビルエネルギー総合管理技術協会のデータを用いた．このデータは 2022 年度に実施した 514 棟への現地調査によって作成され，16 区分に分けられた建物の使用用途ごとの $1m^2$ あたりの電気・ガス・油などのエネルギー消費量やそれに基づく CO_2 排出源単位($1m^2$ あたりに排出される CO_2 量)の情報を含む．

２.３　都市計画決定情報

国土交通省の都市計画決定情報は，2022 年度に地方公共団体等の情報収集・データ整備による「都市計画決定 GIS データ」を基に作成されており，都市計画法に基づいて定められた都市計画区分等の情報を含んでいる．図 2 にさいたま市における都市計画決定情報を示す．

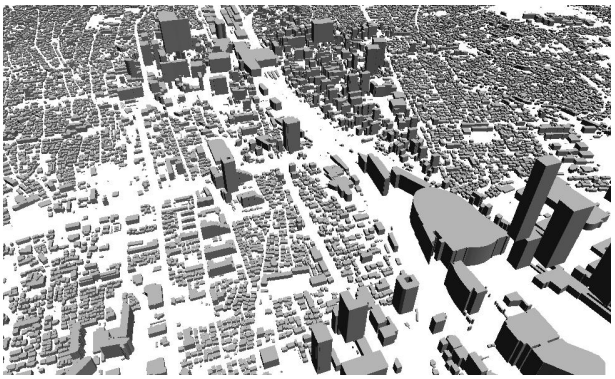


図 1：大宮駅周辺における 3D 都市モデル

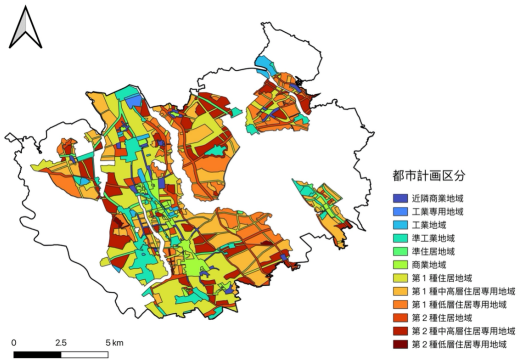


図 2：さいたま市の都市計画区分.

3. 研究手法

3.1 排出量推定

建物のエネルギー消費量は，建物の使用用途や延床面積と強い相関を示す(日本ビルエネルギー総合管理技術協会，2024)． 具体的には，事務所，デパート，飲食店，ホテル，マンションのエネルギー消費量と延べ床面積の相関係数は，それぞれ 0.91，0.93，0.95，0.94，0.97 である(日本ビルエネルギー総合管理技術協会，2024)．そこで本研究では延べ床面積に応じて建物からの CO_2 排出量推定を行う．建物の使用用途ごとの CO_2 排出源単位データ($1m^2$ あたりの CO_2 排出量)と，3D 都市モデルから取得した建物ごとの延べ床面積を掛け合わせることで，1 つ 1 つの建物から排出される CO_2 量を推定する（式 1）.

$$CO_2Emission = \sum_b \sum_c (EF_c * A_{b,c}) \quad (1)$$

EF_cは建物の使用用途cにおける排出源単位，$A_{b,c}$は使用用途cにおける建物bの延べ床面積を表す．また$CO_2Emission$は，さいたま市内の建物から排出される CO_2 排出総量を表す．本研究では，3D 都市モデルの建物の使用用途と排出源単位データの建物の使用用途を合わせるため，最終的に建物を民間事務所，官庁用事務所，デパート，ホテル，マンション，文化施設，分類外施設の 7 つの使用用途に分類し排出量推定を行った.

3.2 排出量と都市計画区域

各建物の重心を基準点として図 2 の都市計画区域に空間照合し，建物ごとに都市計画区分を判定した．その上で，都市計画区分ごとに CO_2 排出量を集計し，当該区分の面積で除した面積当たりの排出量（排出密度）を算出した.

4. 結果

本研究ではボトムアップ型の手法で 1 つ 1 つの建物からの CO_2 排出量を算出することにより，市域全体からの排出量推定とその空間分布の可視化を行った．図 3 に CO_2 排出の空間的分布を示す． 大宮駅やさいたま新都心駅，武蔵浦和駅周辺が CO_2 排出量の多いホットスポットであることが明らかになった．また本手法では，さいたま市内の公共施設からの CO_2 排出は 113×10^3t-CO_2/年と推定され，2023 年度における，さいたま市が公表する 65×10^3t-CO_2/年（埼玉県さいたま市，2025）の約 1.7 倍多くの推定量となった．全ての建物からの CO_2 排出に関しては，$16,391\times10^3$t-CO_2/年という推定結果となり環境省が公開する自治体カルテ （2022 年度)の $4,086\times10^3$t-CO_2/年(環境省)と大きく異なる推定結果となった．この違いの要因として，(1)本研究では，建物が使用されているか否かを区別できていないため，使用されていない建物からも CO_2 が排出されていると計算され，排出量を過大評価している可能性がある；(2)本研究では，建物 3D モデルデータの 16 つの建物使用用途を 7 つの使用用途にまとめて再分類しており，これにより過大評価している可能性がある；(3)環境省の推定手法に用いられている「人口や従業員の数，製造額と CO_2 排出量が比例する」という仮定により， 環境省報告書では，さいたま市からの CO_2 排出量が過小評価されている可能性がある；以上の 3 つの可能性が考えられる.

また図 4 に都市計画区分ごとの CO_2 排出量を，図 5 に都市計画区分ごとの CO_2 排出密度を示す．排出量では都市計画区域外からの排出が最も多く，次いで商業地域，準工業地域の順で多い CO_2 排出量を示した．排出密度では商業地域が最も高い値を示し，次いで工業地域，工業専門地域，準工業地域が高い CO_2 排出密度を示した．反対に住居地域では排出総量，排出密度ともに低い値となった．このことから特に商業地域や準工業地域での優先的な省エネルギー化が排出量削減に有効であると考えられる.

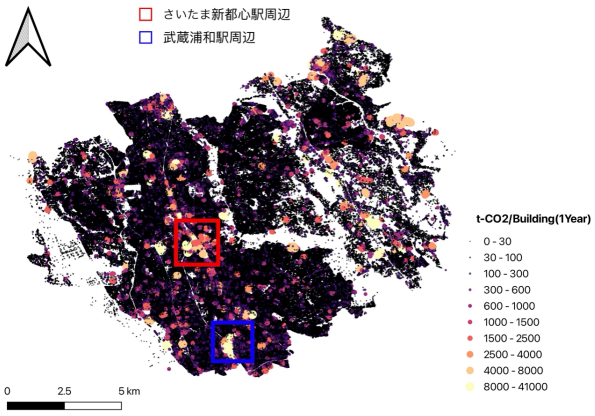


図 3：さいたま市における建物由来の CO_2 排出分布

5．おわりに

本研究では，さいたま市を対象にボトムアップ型の手法を用いた CO_2 排出量の推定とその空間的分布の可視化を行なった．従来のトップダウン型手法では不可能であった高い空間解像度での排出量推定と都市計画と組み合わせた排出特性分析が可能になり，ボトムアップ型の手法により都市レベルでの排出削減施策検討に有益な知見が得ることができた．本研究による排出量推定は年間 $16,391\times10^3$t-CO_2 となり，環境省の排出量推定に比べて過大評価となった．建物ごとの CO_2 排出量の実測が難しいため、結果の妥当性検証が課題となっている．しかしながら，対象地域内の相対評価は可能であるため、低炭素社会実現に向けた都市計画立案に寄与するものである．本手法は，建物３D データが取得可能な他都市においても展開可能であり、環境負荷の低減と持続可能な社会の構築に役立てていきたい．

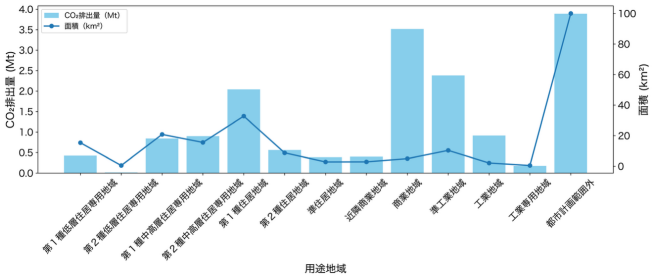


図 4：都市計画区分ごとの CO_2 排出量と面積

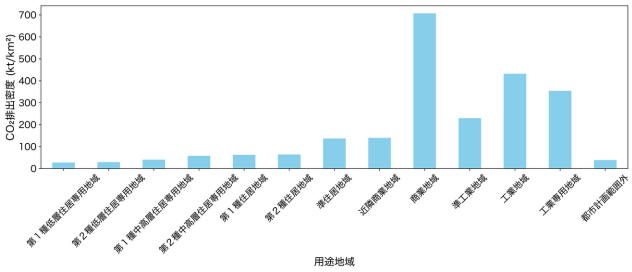


図 5：都市計画区分ごとの CO_2 排出密度

謝辞

本研究は，国土交通省，環境省，埼玉県さいたま市が公開するデータを使用した．さらに日本ビルエネルギー総合管理技術協会による建物用途別エネルギー消費量および CO2 排出源単位データを利用することで実現した ．ここに記して謝意を表したい．

参考文献

環境省 (2021) 地球温暖化対策計画．<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/keikaku/211022.html>
環境省 自治体排出量カルテ．<https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/tools/karte.html >
国土交通省 (2024) PLATEAU(3D 都市モデル) ．<https://www.mlit.go.jp/plateau/>
埼玉県さいたま市 (2025) さいたま市の事務事業における温室効果ガス排出量推計．<https://www.city.saitama.lg.jp/001/009/015/013/002/p097087.html >
日本ビルエネルギー総合管理技術協会(2024) 建築物エネルギー消費量調査報告書［第 46 報］.
Fuentes Andrade, D.; Reuter, M.; Bovensmann, H.; Burrows, J.P. (2024) A method for estimating localized CO_2 emissions from co-located satellite XCO_2 and NO_2 images. *Atmospheric Measurement Techniques*, **17**, 1145-1163.
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2023) *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: IPCC.
Khamchiangta, D. and Yamagata, Y. (2024) Mapping urban carbon emissions in relation to local climate zones: Case of the building sector in Bangkok Metropolitan Administration, Thailand. *Energy and Built Environment*, **5**(3), 337-347.
Li, Z.; Fan, M.; Tao, J.; Xu, B. (2024) Impacts of spatial resolution and XCO_2 precision on satellite capability for CO_2 plumes detection. *Sensors, 24(6)*, 1881.
Yamagata, Y., Yoshida, T., Murakami, D., Matsui, T. Akiyama, Y.(2018). Seasonal urban carbon emission estimation using spatial micro big data. *Sustainability*, **10**(12), 4472.
United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2015). The Paris Agreement, 2015.
United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2020) Urban Climate Action Is Crucial to Bend the Emissions Curve. <https://unfccc.int/news/urban-climate-action-is-crucial-to-bend-the-emissions-curve>

大都市近郊の竹林拡大に与える自然的要因の比較評価
－2018 年と 2023 年の神奈川県川崎市多摩区を対象として－

古川 万莉菜*・中山 俊**

Comparative evaluation of natural factors affecting expansion of bamboo forests in the suburbs of large cities
- Targeted at Tama-ku, Kawasaki, Kanagawa in 2018 and 2023 -

Marina FURUKAWA*, Shun NAKAYAMA**

Abstract: This study aimed to clarify the influence of natural factors on the expansion of bamboo forests in suburbs of large cities, using aerial photographs from 2018 and 2023 and focusing on Tama-ku, Kawasaki, Kanagawa. Sixteen bamboo forest locations were extracted, and expansion was quantified by calculating the invasion rate based on changes in polygon area. Six natural factors were calculated using GIS and compared with the invasion rate. The results showed higher invasion rates at sites with moderate slopes (15–25°), south to southeast orientations, elevations of 50–70 m, and proximity to broadleaf forests. Conversely, bamboo stands near roads exhibited lower invasion rates, suggesting that management practices and physical barriers suppress expansion. These findings align with trends reported in existing studies conducted outside suburbs of large cities.

Keywords: 竹林拡大（bamboo forest expansion），放置竹林（abandoned bamboo forest），竹林管理（bamboo forest management），GIS（GIS）

１．はじめに

竹は，その強靭な繊維と柔軟性から，国内外で古くから資源として利用され，竹を活用した産業や竹林の文化的景観が形成されてきた．しかし近年，管理者の高齢化や後継者不足といった要因から，全国的に竹林の放置・荒廃が進んでいる（徳永・荒木，2007；中島，2001）．日本国内で主に生息する地下茎で繁殖する竹は非常に成長が早い為，竹林内に日光が入りにくくなり，地下茎は日光を求めて竹林の外側に繁殖していく．竹林の放置・荒廃はこのような竹の生態的特性から，竹林拡大につながり，一般的に「竹害」と呼ばれるような複合的な課題を引き起こしている．

竹害の例として，地下茎による土砂災害誘発の危険性が挙げられる．竹林の地下では地下茎がネットワーク上に張り巡らされており，地表から 30cm 程度の深さに集中して存在している．そのため，日浦ほか（2004）によると，地盤が安定しにくいことが指摘されており，降雨時に竹林に雨水が浸透することで斜面の不安定化に寄与すると指摘しており，斜面地における竹林は大雨や地震発生時に土砂災害が発生する危険性が高いとされる．平松ほか（1999）によると，実際に高知豪雨災害において土砂災害の被災地域の約 1/3 が竹林地であった．他にも，周辺の農地や山林への侵食，竹林内での生物多様性の低下などが挙げられる．

先行研究では，竹林拡大の自然的要因について多くの研究が進んでいる．斜面傾斜角に関しては，千葉県大喜多町および京都市において 30 度以上の急傾斜地で竹林の拡大が顕著であると報告されている（鈴木，2008；小林，2010）．広島県竹原市小吹地区では，傾斜角 15～29 度の範囲が拡大しやすい要因として挙げられている（鈴木，2010）．愛媛県西条市千町地区においては，拡大方向が斜面下方であることが拡大速度の増大に寄与していた（小笠原ほか，2024）．しかし，竹林の拡大に斜面傾斜角は関係しないとする研究も存在しており（鳥居，2002；甲斐・辻井，2004），一貫した傾向は見られない．斜面方位については，京都市では南～東向きの斜面で，宮崎県高岡町内山地区において北～東～南向きで拡大の傾向があったが，宮崎県高岡町楠見地区では斜面方位の関連は認められなかった(小林，2010；大野ほか，2002)．標高に関しては，大阪府岸和田市において標高 50～100m の範囲で拡大が顕著であった(大野ほか，2002)．竹林周辺の植生に関連しては，大阪府岸和田市では，広葉樹林，針葉樹林，荒地の順で竹林が拡大しやすいとされている（大野ほか，2002）．千葉県大喜多町では，1966～1974 年にかけては常緑針葉樹林や常緑落葉樹林，低木林の順で，1984～2001 年においては落葉広葉樹林，草地，常緑針葉樹林の順で

* 学生会員 専修大学ネットワーク情報学部（Senshsu University）
〒214-8580 神奈川県川崎市多摩区東三田 2-1-1 Tel：044-712-7772 または
E-mail：ne221171@senshu-u.jp
** 正会員 専修大学ネットワーク情報学部 (Senshu University)

竹林への転換が生じていた（鈴木 2008）．また鬼束ほか（2011）によると，千葉県において，モウソウ竹林の拡大に関する要因の寄与度に関する研究では，拡大箇所の植生，拡大箇所の傾斜方位，群落形状，拡大箇所の傾斜角，道路からの距離の順で寄与度が高く，この 5 要因からの拡大判別モデルの判別的中率は 68.6%である．

以上のように，自然的要因における竹林拡大の傾向は地域によって異なり，概ね斜面方位は南向き，標高は 50~100m で拡大傾向が見られるが，各研究において用いられたデータや手法の違い，地域性などの影響から，すべての地域で一様にそれらの拡大しやすい条件が認められるわけではない．また，これまで竹林拡大に関する研究の多くは，都市から離れた農村地域やタケノコ生産地，山麓部を対象としており，大都市近郊における竹林拡大の傾向の評価はされていない．大都市近郊の緑地量は少なく，その相対的価値は高い．しかしそこでの竹林の荒廃・拡大は，生活圏と隣接する場所にあるため土砂災害リスクが高く壊滅的な影響を及ぼす危険性がある．本研究では，竹林拡大に影響を与えるとされる，また拡大寄与度の高い要因の，竹林周辺の植生，拡大箇所の傾斜角，竹林の形状，道路からの距離，斜面方位，標高について，大都市近郊の竹林の拡大，面積変化と併せて比較評価を行う．本研究で，大都市近郊における竹林拡大の自然的要因の傾向を明らかにし，防災や緑地管理に繋げることを目的とする．

２．研究手法

本研究では，調査地の竹林として，環境省自然環境局生物多様性センターで提供されている自然環境調査 Web-GIS（http://gis.biodic.go.jp/webgis/index.html）から，植生調査（1/25,000 縮尺）にて確認された現存する竹林を対象とする．竹林分布の同定には，GoogleEarth(Google 社)で提供されている 2018 年 4 月 2 日と 2023 年 4 月 9 日の２時期の航空写真を用いる．

竹林の面積変化の指標として，鳥居・井鷺（1997）の研究を参考に，2018 年の竹林面積 A_{before},2023 年の竹林面積 A_{after}，解析年数 y から，年間拡大率 AER を算出した．

$$AER = \left(\frac{A_{after}}{A_{before}}\right)^{1/y}$$

QGIS を用いて，2018 年と 2023 年の二時期の竹林ポリゴンの差分演算を行い，非竹林から竹林に変化した拡大箇所を出力した．鬼束（2011）を参考に，拡大面積を S_1，拡大フロントを l，解析年数 y から，拡大箇所から侵略度（m/year）を算出した．

$$侵略度 = \frac{S_1}{l \cdot y}$$

拡大フロント部分は，拡大面積 S_1 の外縁のうち，2018 年の竹林ポリゴンの外側の線のことを指し，2018 年の竹林から進出した先端部分のことである．侵略度の値が大きいほど竹林が急速に拡大していることを指す．

竹林ごとの拡大場所に対し，以下のように自然的要因を抽出する．拡大箇所が複数ある竹林に関しては，拡大面積が最大の箇所について抽出し，その竹林の代表値とする．竹林の形状については，鬼束ほか（2011）を参考に，竹林の面積 St，竹林の周長 Lt，自然対数 ln から，フラクタル計算式を用いた．フラクタルの値が大きいほど竹林の形状が複雑であることを指す．

$$フラクタル = \frac{\ln(St)}{\ln(Lt)+\ln(0.25)}$$

拡大箇所の植生は，2018 年の GoogleEarth 航空写真，植生調査（1/25,000 縮尺）と差分ポリゴンを重ね合わせ，侵入前の優占植生を目視も併せて判定する．複数種の植生が混在する際は最大面積の植生を採用する．道路からの距離は，国土地理院が提供するベクトルタイルから道路線のデータを用いて，拡大フロントから最近接道路までの直線距離を算出する．拡大箇所の傾斜角および傾斜方位は，国土地理院の数値標高モデル（DEM, 5m メッシュ）を基に，拡大ポリゴンを重ね合わせ，各拡大箇所に傾斜角ラスタの平均値，傾斜方位ラスタは方位を 90 度ずつ 4 方位に再分類し，最頻値を代表値として算出した．標高は，数値標高モデル（DEM，5m メッシュ）から標高ラスタを作成し，拡大箇所ポリゴン対し，標高ラスタを重ね合わせ，各拡大箇所に含まれる画素の平均値（mean）を標高の代表値として取得した．これら 6 つの自然的要因について，侵略度との関係を調べるために，相関係数と p 値を求めた． 相関係数を求める際，質的変数の傾斜方位については 4 方位に，植生については広葉樹林，その他の植生，緑の多い住宅地，市街地に分類しダミー変数を作成した．

３．ケーススタディ

３.１　対象地域と概要

本研究では対象地域を神奈川県川崎市多摩区とした．本地域は東京近郊の居住地として都市開発，市街地化が進められ，人口密度が高い都市である一方で，多摩川や多摩丘陵を中心に都市公園・緑地が点在しており，都市と自然が隣接し共存する環境を有している．特に多摩丘陵は，首都圏近郊において連続した樹林地が残された数少ない地域であり，竹林が確認されている．また多摩川崖線軸に沿って緑地が形成されており，ここに属する竹林は斜面に存在している．最高標高は 120m 程度と低標高地域である．本地域 16 箇所の竹林について，航空写真から，鳥居・上村（2018）を参考に，Google Earth にて竹林ポリゴンを作成した．作成した竹林ポリゴンから QGIS を用いて面積を算出し,二時期の面積の変化を確認した．

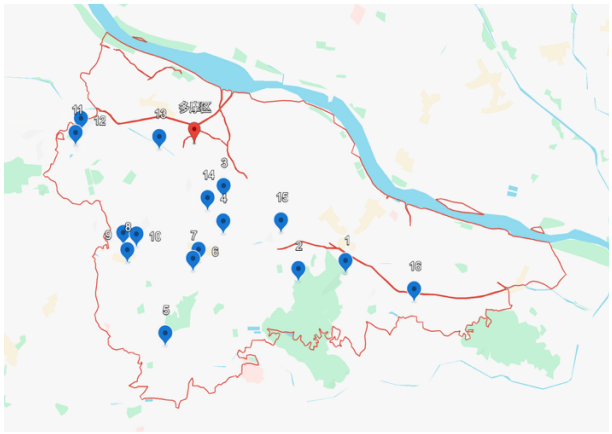


図 1　対象地域（神奈川県川崎市多摩区）と
調査地 16 箇所

３.３　竹林面積変化について

竹林面積の変化について，表 1 より，最小 AER は 0.99（10．読売ランド前駅周辺北東）で縮小が確認されたが，それ以外は AER1 以上で停滞・拡大が確認された．最大 AER は 1.26（1．飯室山周辺）であり，区内合計の AER は 1.06 となった．これは区内で竹林面積が年 6%増加していることを指す．この拡大率が一定だと仮定すると，2018 年から 12 年後の 2030 年の竹林面積は，初期面積×$(1.06)^{12}$= 初期面積×2.01 で，約 2 倍になると予測される．

３.４　自然的要因について

本研究で抽出した 16 箇所の竹林拡大箇所について，侵略度と自然的要因の傾向を明らかにした．侵略度の値は 0.23～5.89m/年の範囲に分布し，平均は 1.43m/年であった．特に 14．生田排水池周辺（5.89m/年），4．生田東高校周辺南西（3.21m/年）において侵略度が突出して高く，竹林の急速な拡大が確認された．相関分析において，全ての説明変数で有意な差は示されなかった(p=0.05)．しかし，道路からの距離，傾斜角，周辺植生，斜面方位，標高について以下の傾向が明らかになった．道路からの距離について，道路に近接（10m 未満）した竹林では侵略度が 0.2～0.3m/年程度と低く、道路から離れた箇所（50～100 m 以上）では侵略度が高まる傾向が認められた．傾斜角との関係では，15～25°程度の中程度の傾斜地で侵略度が高くなる傾向が確認された．周辺植生について，広葉樹林に隣接する竹林で侵略度が高かった．斜面方位について，侵略度が高いのは南～南東の斜面であり，北東・北向き斜面では侵略度が低い傾向が見られた．標高について，50～70 m 程度の地点で侵略度が高い傾向が見られた．

４．考察

本研究の分析から，自然的要因による竹林の侵略度の傾向を確認した．侵略度が高かった 4．生田排水池周辺，14．生田東高校周辺南西は，いずれも道路からの距離が大きく，15～25°程度の中程度傾斜に立地し，さらに広葉樹林

表 1　2018 年－2023 年の面積変化（AER 昇順）

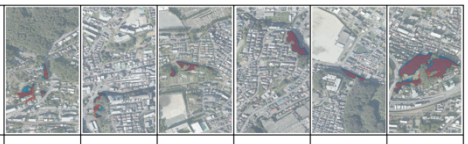
写真						
エリア番号	10	6	5	7	3	15
エリア名	読売ランド前駅周辺北東	三田第二公園	百合ヶ丘高校周辺北東	三田第二公園周辺南西	太田ハイツ周辺	日向山周辺
面積(2018)(m²)	2881.8	1323.2	2096.5	3450.1	1128.1	14306.9
面積(2023)(m²)	2707.4	1306.2	2155.6	3758.5	1230.6	15645.5
AER	0.99	1.00	1.01	1.02	1.02	1.02

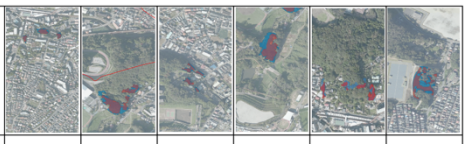
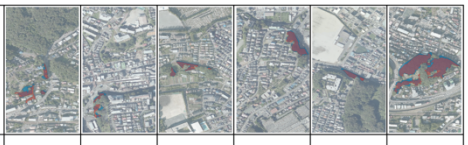
写真						
エリア番号	8	12	13	11	9	14
エリア名	読売ランド前駅周辺南	読売ランド周辺北東	法泉寺周辺	読売ランド周辺南東	読売ランド前駅周辺北	生田排水池周辺
面積(2018)(m²)	2096.8	5025.3	1726.9	4471.1	2259.0	4067.8
面積(2023)(m²)	2630.1	6316.3	2234.7	6288.5	3193.6	6212.2
AER	1.05	1.05	1.05	1.07	1.07	1.09

写真						
エリア番号	10	6	5	7	3	15
エリア名	読売ランド前駅周辺北東	三田第二公園	百合ヶ丘高校周辺北東	三田第二公園周辺南西	太田ハイツ周辺	日向山周辺
面積(2018)(m²)	2881.8	1323.2	2096.5	3450.1	1128.1	14306.9
面積(2023)(m²)	2707.4	1306.2	2155.6	3758.5	1230.6	15645.5
AER	0.99	1.00	1.01	1.02	1.02	1.02

＊背景写真は国土地理院の
全国最新写真（シームレス）を同縮尺で使用
＊凡例　：2018　：2023

表 2　侵略度の自然的要因の相関係数とその p 値

	相関係数	p値
道路からの距離	0.28	0.29
傾斜角	0.21	0.44
標高	0.14	0.61
形状	-0.34	0.20
傾斜方位_北	-0.28	0.29
傾斜方位_東	0.41	0.12
傾斜方位_南	-0.13	0.64
植生_広葉樹林	0.47	0.06
植生_その他植林	-0.1	0.71
植生_緑の多い住宅地	-0.18	0.50
植生_市街地	-0.32	0.23

表３　各竹林の最大拡大箇所の自然的要因

各竹林代表値						
エリア番号	1	2	3	4	5	6
エリア名	飯室山広場周辺	専修大学生田校舎周辺	太田ハイツ周辺	生田東高校周辺南西	百合ヶ丘高校周辺北東	三田第二公園
拡大面積(m^2)	923.7	1457.6	211.0	1689.2	174.7	192.0
拡大フロント(m)	144.5	311.5	185.7	105.3	148.1	87.1
侵略度	1.28	0.94	0.23	3.21	0.24	0.44
周辺植生	広葉樹林	広葉樹林	緑の多い住宅地	広葉樹林	市街地	広葉樹林
傾斜角(°)	23.91	22.28	6.05	23.59	9.52	19.95
形状	1.52	1.53	1.74	1.53	1.62	1.59
道路からの距離(m)	97.71	28.14	3.07	53.52	8.10	73.32
斜面方位	南東	東	北東	北東	南	西
標高(m)	55.07	55.00	25.80	60.48	79.39	53.48
エリア番号	7	8	9	10	11	12
エリア名	三田第二公園周辺南西	読売ランド前駅周辺南	読売ランド前駅周辺北	読売ランド前駅周辺北東	読売ランド周辺南東	読売ランド周辺北東
拡大面積(m^2)	314.2	330.6	742.5	465.4	1966.0	752.5
拡大フロント(m)	190.3	106.8	157.9	67.6	268.9	132.5
侵略度	0.33	0.62	0.94	1.38	1.46	1.14
周辺植生	市街地	緑の多い住宅地	広葉樹林	緑の多い住宅地	その他植林	アズマネザサ・ススキ群集
傾斜角(°)	12.92	14.30	21.07	22.55	24.28	24.32
形状	1.79	1.70	1.54	1.56	1.83	1.63
道路からの距離(m)	29.25	27.49	41.87	50.45	101.08	16.15
斜面方位	北東	北	南	南東	東	南東
標高(m)	43.65	52.04	76.25	74.18	74.56	54.37
エリア番号	13	14	15	16		
エリア名	法泉寺周辺	生田排水池周辺	日向山周辺	妙楽寺周辺		
拡大面積(m^2)	127.7	794.9	520.8	1778.1		
拡大フロント(m)	74.4	27.0	193.2	238.0		
侵略度	0.34	5.89	0.54	1.49		
周辺植生	残存・植栽樹群地	広葉樹林	市街地	広葉樹林		
傾斜角(°)	27.86	17.90	15.65	34.70		
形状	1.54	1.49	1.62	1.68		
道路からの距離(m)	20.18	59.90	90.81	61.33		
斜面方位	北東	南東	北東	北東		
標高(m)	42.27	54.11	45.22	47.83		

に隣接する南～南東斜面に位置していた．これらの条件は，鬼束ほか（2011），鈴木（2010），大野ほか（2002）で部分的に指摘されており，既存研究と重なる結果となった．道路との関係について，鬼束ほか（2011）が，道路が物理的障壁や人為的管理の影響により拡大を抑制すると述べているように，本研究でも道路近接地で侵略度が低下することが示された．これは，管理が拡大を制限する働きをするという人為的要因の影響に繋がると考えられる．標高についても，50～70 m で侵略度が高く，大野ほか（2002）より，標高 50～100 m で拡大が顕著である結果と対応しており，対象地である多摩丘陵の地形特性に依存していると考えられる．また周辺植生の広葉樹林について，要因の中で最も相関係数が高く p 値も低く，拡大傾向が認められた．広葉樹は成長に時間を要するため，先に述べた竹の生態的特性により竹が優位に成長，繁殖していると考えられる．以上より，本研究の結果は都市から離れた地域やタケノコ生産地，山麓部といった地域での既存研究で示された傾向と重なる部分があるとともに，大都市近郊という特性から，自然的要因と人為的要因の双方を考慮する必要性を示している．

５．おわりに

本研究では，大都市近郊における竹林拡大を対象とし，侵略度と自然的要因との関係を明らかにした．その結果，道路からの距離，中程度傾斜，南～南東斜面，標高 50～70 m といった条件で侵略度が高まる傾向が確認され，既存研究で報告された大都市以外の地域での傾向と一致する部分が示され．大都市近郊においては管理などの人為的要因が拡大を抑制する要因として作用していることが考えられた．今後は，自然的要因と人為的要因を統合的に捉え，都市近郊に適した管理方策の検討が求められる．

謝辞

本研究を遂行するにあたり，竹林整備団体「かわさきあかり」の皆様には多大なるご協力を賜った．現地調査では竹林の現状と課題についてご教示を頂戴した．ここに記して謝意を表する．

参考文献

徳永陽子・荒木光（2007）竹林と環境.「京都教育大学環境教育研究年報」，**15**，99-123.

中島章文（2001）都市近郊における竹林の管理・経営の実態：京都市近郊のタケノコ生産地を事例にして.「森林応用研究」，**10**（1），1-7.

日浦啓全・有川崇・バハドゥールドゥラドゥルガ（2004）都市周辺山麓部の放置竹林の拡大にともなう土砂災害危険性.「日本地すべり学会誌」，**41**（4），323-334.

平松晋也・石川芳治・三好岩生・千葉淳（1999）1998 年 9 月高知県集中豪雨による土砂災害の実態 （速報）.「砂防学会誌」，**51**（5），43-47.

鈴木重雄（2008）タケノコ生産地域における竹林の分布拡大過程：千葉県大多喜町の事例.「植生学会誌」，**25**（1），13-23.

小林勇介（2010）GIS を用いた竹林の分布変化の研究.「地理学論集」，**85**（1），42-50.

鈴木重雄（2010）竹林の分布拡大過程における土地利用履歴の影響.「地理学評論 Series A」，**83**（5），524-534.

小笠原良・時任美乃理・淺野悟史・西前出・檀浦正子（2024）竹林の拡大評価における UAV および SfM-MVS による画像解析の活用.「環境情報科学論文集」，**38**（38），215-220.

鳥居厚志（2002）周辺二次林に侵入拡大する存在としての竹林.「日本緑化工学会誌」，**28**（3），412-416.

甲斐重貴・辻井美香（2004）GIS を用いた九州南部地域の里山における竹林拡大の時系列的変化と要因の検討：宮崎県高岡町の事例.「宮崎大学農学部研究報告」.**50**，73-83.

大野朋子・加我宏之・下村泰彦・増田昇（2002）大阪府岸和田市における竹林の拡大特性に関する研究.「ランドスケープ研究」，**65**（5），603-608.

鬼束大平・加藤顕・小林達明（2011）千葉県におけるモウソウチク林群落拡大モデルに関する基礎的研究.「日本緑化工学会誌」,**37**（1），90-95.

鳥居厚志・井鷺裕司（1997）京都府南部地域における竹林の分布拡大.「日本生態学会誌」，**47**（1），31-41.

鳥居厚志・上村巧編（2018）広がる竹林をどうしよう?という時に：放置竹林の把握と効率的な駆除技術.『森林研究・整備機構森林総合研究所関西支所』

東京国際空港新飛行経路による不動産価値への影響分析のための広域騒音推計

早坂遼*・堤盛人**

Wide-area Noise Estimation for Analyzing the Impact of New Flight Paths at Tokyo International Airport on Property Values

Ryo Hayasaka*, Morito Tsutsumi**

Abstract: This study aims to estimate aircraft noise over a wide area from flight paths to analyze its impact on real estate value, focusing on those at Tokyo International Airport that have been in use since 2020. The impact of aircraft noise on real estate value has been considered significant, and some studies have even demonstrated an actual effect. However, previous studies had accuracy issues in estimating noise levels at specific locations because it often failed to account for spatial distance. This study demonstrates a way to estimate aircraft noise using a sound attenuation formula based on spatial distance, incorporating data on flight path locations, ground elevation, and building heights from official sources. We also validate our estimations by conducting on-site noise measurements in Tokyo. The estimated values are consistent with our measurements and publicly released monitoring data, confirming the validity of our approach.

Keywords: 航空機騒音（aircraft noise），騒音推定（noise estimation），東京国際空港（Tokyo International Airport），飛行経路（flight paths）.

１．はじめに

１.１　背景

航空機の運航に伴って発生する騒音は，周辺住民の生活環境に影響を及ぼしており，解決すべき社会課題として認識されてきた．継続的な騒音は，単なる不快感にとどまらず，住民の睡眠妨害や聴覚障害といった健康被害や不動産の資産価値低下による経済的損失など，様々な悪影響をもたらしている．そのため，航空機騒音問題の抜本的な解決は，公共の福祉を守る上で多角的な視点から取り組むべき重要な課題であると言える．

航空機騒音の悪影響は多岐にわたるが，特に無視できないのが，周辺地域の不動産に与える影響である．騒音レベルの高い地域では，住宅の資産価値が低下しやすいという問題が発生している．不動産は個人にとって最大の資産の一つであることが多いため，その価値の毀損は，経済的な損失にとどまらず，精神的な負担ももたらす．このように，航空機騒音は，個人の生活基盤を揺るがす深刻な問題として，経済的側面からもその対策が強く求められている．

１.２　先行研究

航空機騒音による不動産価格への影響は，McMillen(2004)や Sugasawa(2024)によるものがあるほか，Nelson(2005)によるメタ分析がある．McMillen(2004)は，シカゴ・オヘア国際空港を対象に，騒音が連邦住宅局による基準 65dB 以上である地域を騒音影響領域とし，この範囲内にある住宅は範囲外にある住宅と比べて 9%資産価値が下落するとした．また Sugasawa(2024)は，東京国際空港を対象に，国土交通省が公表したモニタリング公表値を元に推定した騒音値が 1dB 大きくなると，不動産の取引価格が 0.09%下落するとした．さらに Nelson(2005)は，20 のヘドニックアプローチを用いた研究をメタ分析し，1dB あたり 0.58%の住宅価値下落が見られるとした．

しかしこれらの研究では，地点ごとの騒音を精緻に考慮できていないという課題がある．騒音の大きさを考慮せず一律に範囲を定めているか，不動産が位置する高さを考慮せず回帰分析により求めていることにより，特に騒音による影響が大きい飛行経路直下の地域において，精密な影響を計測できないと考えられる．

１.３　目的

本研究では，航空機騒音の不動産価値への影響を分析するため，高度を考慮した騒音推定を広範囲で行うための手法を提示することを目的とする．

対象は，2020 年より運用が開始された東京国際空港（羽田空港）の新飛行経路のうち，A 滑走路および C 滑走路への到着経路とする．この理由は，航空機の騒音の影響を受ける不動産が多いということと，新飛行経路運用開始時点前後の 5 年以上のデータが利用可能であることによる．

*　学生会員　筑波大学大学院システム情報工学研究群
（University of Tsukuba, Degree Programs in Systems and Information Engineering）
〒305-8577　茨城県つくば市天王台 1-1-1　E-mail：s2420547@u.tsukuba.ac.jp
**　正会員　筑波大学システム情報系（University of Tsukuba, Institute of Systems and Information Engineering）

2．方法

2.1　騒音推定式

飛行経路からの騒音は，通過する航空機を点音源として計算する．これは，航空機は間隔を空けて飛行するため，同一の飛行経路から同時に騒音は観測されないためである．前川ほかの『建築・環境音響学』に記載の点音源に関する式(1)によれば，任意の地点での航空機騒音Lは，

$$L = L_w - 11 - 20\log_{10} d \qquad (1)$$

である．ただし，L_wは航空機が発する騒音，dは飛行経路から不動産価値調査地点までの空間的な距離である．

航空機が発する騒音は，機体の大きさに応じて 136～140dB とした．これは，成田市（2023）の成田国際空港における調査結果と一致することと，国土交通省（2025）および東京都（2025）が公表する騒音モニタリング調査値と，飛行経路から騒音調査地点までの距離に，上式を適用し求めた値に合致することを根拠とした．

飛行経路から地点までの空間的な距離は，飛行経路の座標と高度，および不動産価値調査地点の座標と高度を用いて計算した．飛行経路については，航空局が公表している資料から取得した．不動産価値調査地点については，2.3 節に記載の計算により求めた．

2.2　使用データ

本研究では，騒音推定のため以下のデータを使用した．

- 飛行経路データ：航空局が公開する，南風・好天時の A 滑走路および C 滑走路への到着経路の情報を用いた．経由地点の座標と高度を ArcGIS Pro に入力し，経由地点間を 3D ラインで結び飛行経路を作成した．高度は海抜のフィートで表されているので，メートルに変換して使用した．
- 不動産データ：アットホーム株式会社が提供する不動産データライブラリーから，建物タイプがアパートであるものを用いた．東京都区部では，該当するデータは 378,093 地点，1,792,686 件あった．計算に使用した項目は，緯度経度，地上階層，所在階の 3 項目である．
- 標高データ：国土地理院が公開する，緯度経度を指定して標高を返すサービスを用いた．指定する緯度経度は，不動産データに含まれる物件の位置情報を使用した．
- 建物高さデータ：国土交通省の PLATEAU プロジェクトで公開されている，東京都の建物 3D データを用いた．全 1,728,620 件の建物データの中から，物件の座標が含まれる建物の計測高さを取得した．

2.3　不動産データの高度の計算

2.2 節に記載したデータを用いて，不動産価値調査地点の高度hは式(2)で計算した．

$$h = g + b \times \frac{n-1}{m} \qquad (2)$$

ただし，gは標高，bは建物高さ，mは物件が入る建物の地上階層，nは物件の所在階である．

2.4　騒音推定値の妥当性検証

騒音推定値の妥当性を検証するため，騒音計による実測調査を行った．調査は全 2 回で，1 回目は 2025 年 2 月 14 日に有栖川宮記念公園と氷川みかん公園，2 回目は 5 月 13 日にしながわ区民公園と八潮北公園で実施した．測定場所の位置関係を図 1 に，測定条件を表 1 に示した．機材は testo 社の騒音計 testo 816-1 を使用し，測定した値を付属ソフトウェアにより PC へ csv 形式で保存した．

表 1　騒音実測時の条件

条件	1 回目	2 回目
日時	2 月 14 日 15 時 15 分-18 時 10 分	5 月 13 日 15 時 10 分-18 時 10 分
場所 1	有栖川宮記念公園	しながわ区民公園
場所 2	氷川みかん公園	八潮北公園
計測時間	各 20 分	各 40 分
測定間隔	0.5 秒	0.5 秒
天候・気温	晴れ・12℃	晴れ・23℃



図 1　騒音実測地点の位置関係

3．結果

3.1　実地調査

計測中に通過した航空機の数は，1 回目調査時の A 滑走路が 7 機，C 滑走路が 18 機で，2 回目調査時の A 滑走路が 14 機，C 滑走路が 21 機であった．

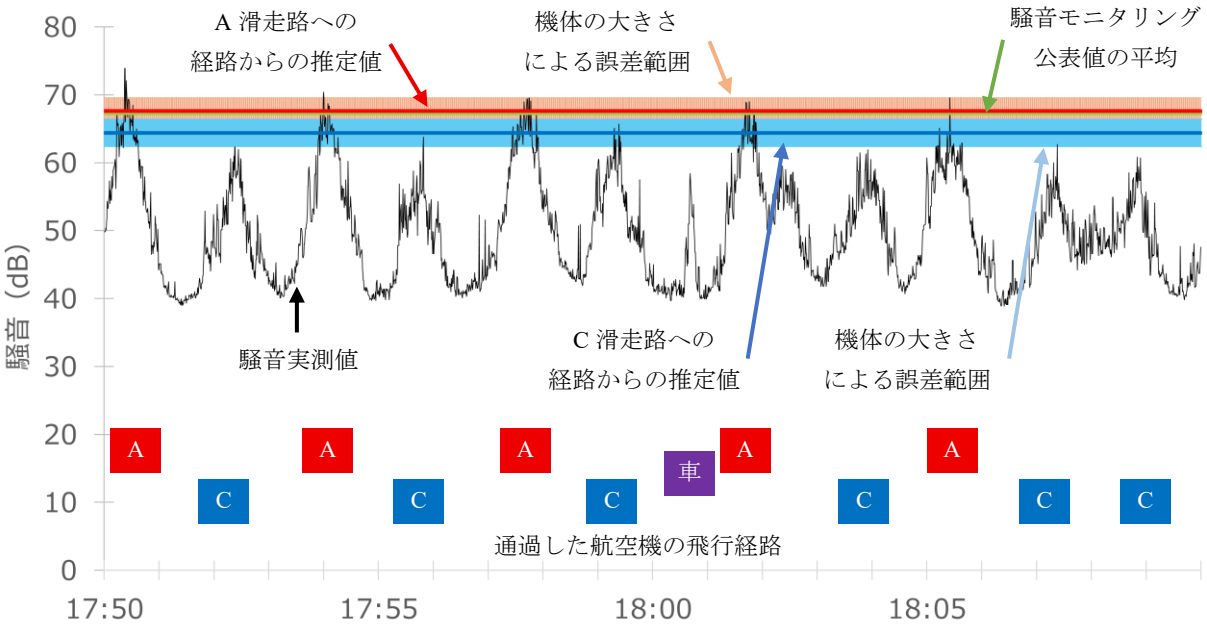


図 2　2 月 14 日 17 時 50 分～　氷川みかん公園での実測記録

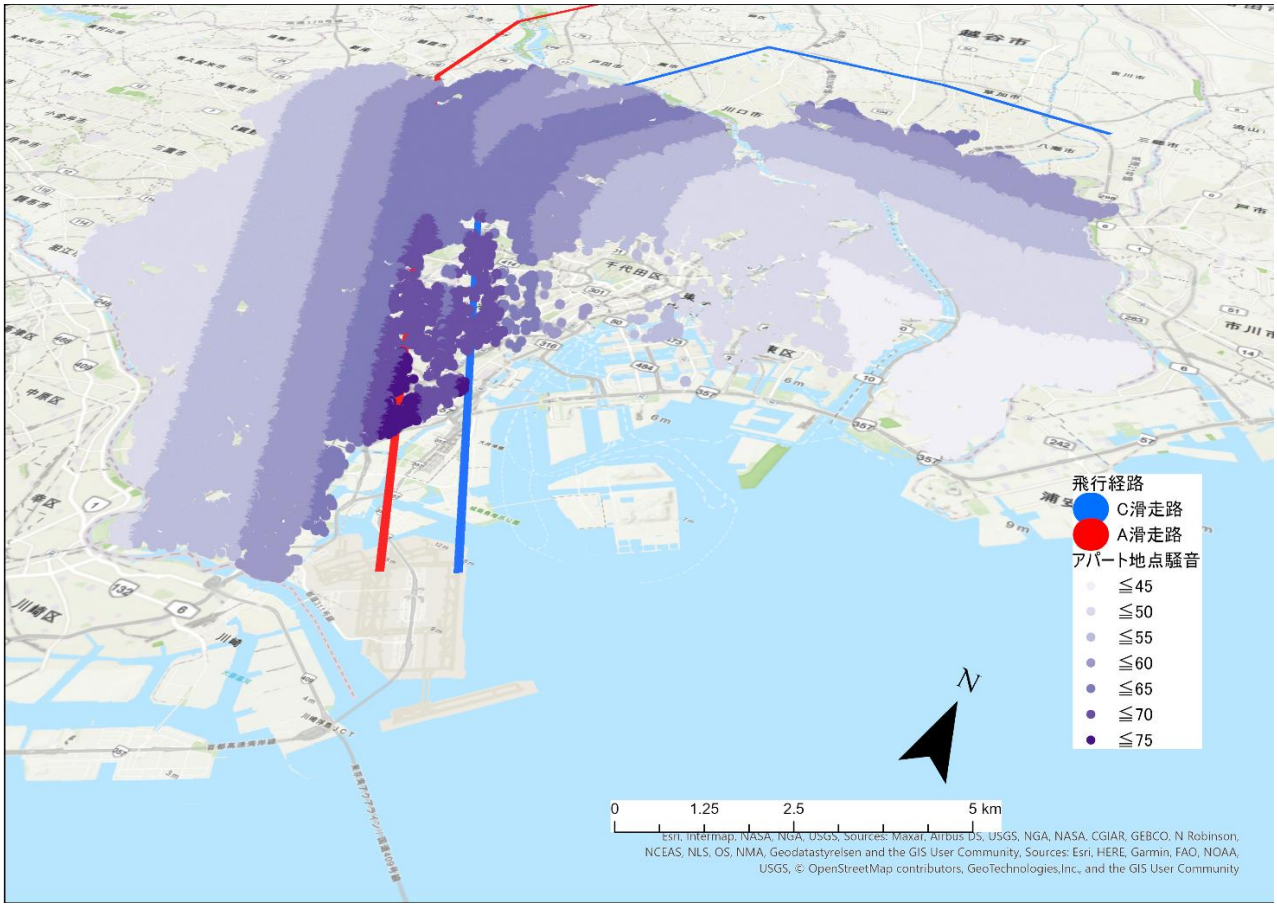


図 3　東京都区部における広域騒音推定の結果

結果の例として，氷川みかん公園での最寄りのモニタリング公表値および騒音推定値と，実測値を比較した図を図 2 に示した．また同時刻に通過した航空機の飛行経路も併記した．A 滑走路および C 滑走路両方へ向かう航空機があったため，それぞれ飛行経路までの距離を計算し，個別に推定した結果を示した．モニタリング調査の値は，2025 年 2 月のデータが利用できないため，1 年前の同時期である 2024 年 2 月のデータを示した．

３.２　空間距離を考慮した騒音推定値の分布

推定した騒音値の東京都区部での分布を示すと図 3 のようになった．騒音値を示している地点は，不動産ライブラリーのアパートが所在する地点とした．

４．考察

４.１　騒音推定値の妥当性に関する考察

実測値，モニタリング公表値と，騒音推定値は，互いに整合する結果を得られた．実測値と推定値では，航空機が通過するにしたがって，該当する飛行経路からの騒音推定値に実測値も近づいていることが確認された．また，モニタリング公表値と推定値では，モニタリング公表値の平均が 67.3dB に対し，A 滑走路への飛行経路からの推定値は 67.6dB となり，0.3dB の差となった．他方で，経路からの距離が長くなる C 滑走路からの推定値とは 1.9dB の差が生じた．

４.２　高さによる騒音推定値への影響

高さを考慮することにより，最も変動が大きくなる領域は飛行経路直下である．C 滑走路への飛行経路の直下に近い品川駅南側にある高層住宅で，高さを考慮したときの騒音推定値の変化を示したところ，図 4 のようになった．この 43 階建ての住宅のうち，利用可能なデータの中で最下層は 2 階，最上層は 40 階だった．飛行経路から当該住宅までの距離は，高さを考慮しない水平距離では 315m だったのに対し，高さを考慮した空間距離では 492m～595m と，21%の変動となった．この空間距離の差により，推定される騒音値も，71.5dB～73.1dB と，1.6dB の差が生じることが分かった．

５．おわりに

５.１　結論

本研究では，航空機騒音の不動産価値への影響を分析するため，高度を考慮した騒音推定を広範囲で行うことを目的として，公開されているデータから任意の地点で航空機騒音を推定する手法を提示した．

この結果，推定した値は，モニタリング公表値および実測値と整合し，かつ 2 本の飛行経路それぞれから計算できた．さらにこの手法により，同じ建物の物件でも，所在階が異なることで騒音に 1.6dB の差が生じている事例があることが分かった．

５.２　今後の課題

本研究にはいくつかの課題が残されている．まず，現段階では飛行経路からの騒音が不動産価値に与える影響は明らかになっていない．不動産データから必要な情報を精査し，パネルデータの構造と DID 分析により，飛行経路の新規開設が不動産価値に変動を引き起こしたかを考察するには，追加の研究が必要である．

また，高度が異なる観測地点での推定式の有効性を確認できていない．空間距離に顕著な差が出る場所で，高さを変えた実測調査を行うことで，推定式の確度を高められると考えられる．

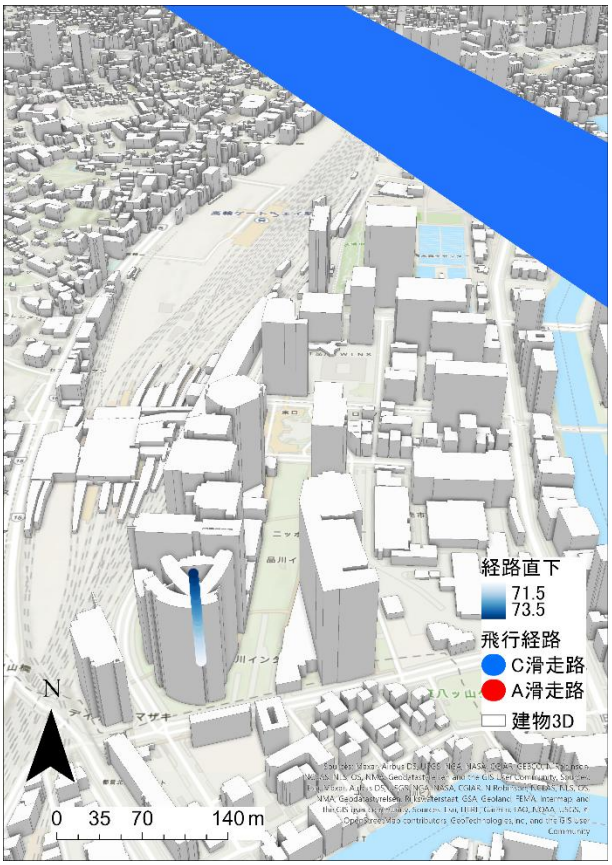


図 4　飛行経路直下での騒音推定値分布

謝辞

本研究は，東京大学 CSIS 共同研究（No. 1409）による成果である（利用データ：不動産データライブラリー（アットホーム株式会社提供））．ここに謝意を表する．

参考文献

国土交通省（2025）羽田空港のこれから 新飛行経路 定期運用報告/騒音測定結果・航跡．<https://www.mlit.go.jp/koku/haneda/new_flight_path/#01>.

東京都（2025）東京国際空港（羽田空港）の新飛行経路の飛行に伴う騒音モニタリングの結果．<https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/noise/noise_vibration/souon_monitoring>.

成田市（2023）2023（令和 5）年度機種別音響パワーレベル推定結果．<https://www.city.narita.chiba.jp/content/000187762.pdf>.

前川純一・森本政之・阪上公博（2000）『建築・環境音響学 第 2 版』，共立出版．

McMillen, D.P. (2004) Airport expansions and property values: The case of Chicago O'Hare Airport. *Journal of Urban Economics*, **55**(3), 627-640.

Nelson, J.P. (2005) Meta-analysis of airport noise and hedonic property values: problems and prospects. *Journal of Transport Economics and Policy*, **38**(1), 1-27.

Sugasawa, T., Kuroda, Y., Nomura, K., Yasuda, S., Yoshida, J. (2024) The impact of flight noise on urban housing markets: Evidence from the new landing flight paths of Haneda Airport in Japan. *Data Science and Service Research (Discussion Paper)*, 144.