
参考資料 2

JAXA 土地被覆データの特徴と補正方法 に関する技術資料

2026 年 4 月

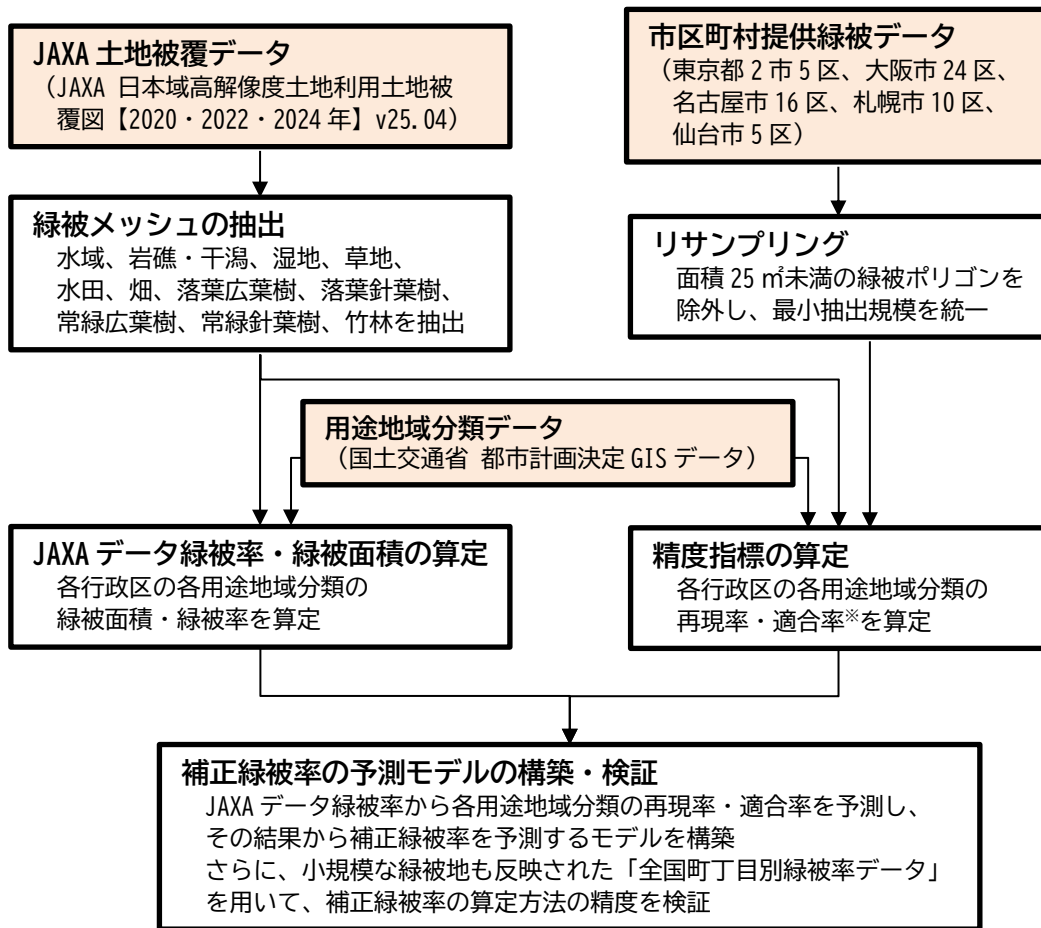
国土交通省 都市局 都市環境課

公園緑地・景観課

はじめに

本参考資料は、地方公共団体の実務者向けに作成された「緑被率の算定手法の手引き」では省略した専門的な内容やバックデータについて詳細な内容を示すことを目的として、技術者・研究者向けにまとめた資料です。また、異なる手法で作成された緑被分布データに関して定量的な比較や補正方法を検討した事例は乏しいため、緑被分布データの改良等にあわせて今後同様の検討を行う際の参考となることも目的としています。

市区町村が高い解像度で作成した緑被分布図を正解データとして JAXA 土地被覆データと比較し、1 章では精度指標（再現率および適合率）を算定して JAXA 土地被覆データの特徴を分析し、2 章ではその結果を用いて補正緑被率の算定方法を検討し、3 章では既往研究による緑被率と比較して検証を行った結果を示しています（下図）。



※ 再現率：提供緑被データの緑被地のうち、JAXA 土地被覆データの緑被メッシュと重複する面積の比率
適合率：JAXA 土地被覆データの緑被メッシュのうち、提供緑被データの緑被地と重複する面積の比率
補正緑被率：JAXA 土地被覆データで検出されにくい小規模な緑被地も見込んだ時に期待される緑被率
右式によって定義する。 補正緑被率=JAXA データ緑被率×適合率÷再現率

目次

1. JAXA 土地被覆データの特徴の定量的分析.....	1
1.1 使用データおよび用語の定義.....	1
1.2 精度指標の算定方法.....	3
1.3 精度指標の算定結果.....	5
2. 補正緑被率の算定方法の検討.....	13
2.1 補正緑被率の定義.....	13
2.2 精度指標の算定手法.....	13
2.3 予測モデルの構築.....	14
2.4 提供緑被データを用いた精度検証.....	25
2.5 用途地域の指定のない区域に関する補足.....	28
2.6 補正方法のまとめ.....	29
3. 補正緑被率の検証.....	30
3.1 検証方法.....	30
3.2 検証結果.....	31
3.3 考察.....	31

1. JAXA 土地被覆データの特徴の定量的分析

1.1 使用データおよび用語の定義

1.1.1 使用データ

JAXA 土地被覆データに基づく緑被分布の特徴を分析するため、市区町村から同程度の時期に高い解像度で作成された緑被データの提供を受けた。JAXA 土地被覆データが 2020～2024 年時点のデータであることを考慮して、航空写真または衛星画像の画像撮影年が比較的近い市区町村からデータ提供を受けた（表 1.1-1）。なお、データ提供を受けた市区町村によって緑被地の最小抽出規模が異なっていたため、前処理として面積が 25 m²未満の緑被ポリゴンを除外するリサンプリングを行った。また、裸地は JAXA 土地被覆データに準拠して除外した。

JAXA 土地被覆データは、各市区町村において提供緑被データの作成年に合わせたものを用いた（表 1.1-1、表 1.1-2）。

表 1.1-1 補正緑被率の算定に用いた提供緑被データの概要

市区町村	緑被区分						最小抽出規模	画像撮影年	JAXA 比較年	作成手法	
	樹木地	草地	農地	屋上緑化	水面	左記以外					
東京都 2市 5区	港区	●	●	—	●	●	—	1 m ²	2021	2020	※1
	新宿区	●	●	—	●	●	—	1 m ²	2020	2020	※1
	世田谷区	●	●	●	●	●	—	1 m ²	2021	2020	※1
	杉並区	●	●	●	●	●	—	1 m ²	2022	2022	※1
	練馬区	●	●	●	—	●	—	1 m ²	2021	2020	※1
	武蔵野市	●	●	●	●	●	—	1 m ²	2024	2024	※1
	狛江市	●	●	●	●	●	—	1 m ²	2018	2020	※1
大阪市	●	●	—	—	●	生産緑地	4 m ² , 100 m ²	2018	2020	※2	
名古屋市	●	●	●	—	●	—	10 m ²	2020	2020	※1	
札幌市 (市街化区域)	●	●	●	●	●	街路樹	25 m ²	2022	2022	※3	
仙台市 (市街化区域)	●	●	●	●	●	—	25 m ²	2024	2024	※4	

- ※1 航空写真から作成したカラーデジタルオルソデータおよび近赤外線オルソデータを用いて、緑被の自動抽出を行った後、目視判読等により緑被区分を行って作成された。
- ※2 衛星画像から作成した近赤外線画像データを用いて、緑被の自動抽出を行った後、目視判読等により緑被区分を行って作成された。最小抽出規模は、樹木地では 4 m² (2m×2m)、草地・生産緑地・水面では 100 m² (10m×10m) である。
- ※3 航空写真から作成した近赤外線オルソデータを用いて、緑被の自動抽出を行った後、目視判読等により、緑被区分を行って作成された。なお、街路樹は、原則として 2m 幅の線形ポリゴンとして作成された。市街化区域および市街化調整区域、都心部で最小抽出規模が異なるため、市街化区域データのみを用いた。
- ※4 衛星画像から作成した赤外カラー画像データを用いて、緑被の自動抽出を行った後、目視判読等により緑被区分を行って作成された。市街化区域および市街化調整区域、都市計画区域外で最小抽出規模が異なるため、市街化区域データのみを用いた。

表 1.1-2 JAXA 土地被覆データにおける土地被覆区分¹

分類	土地被覆区分
緑被	水域、岩礁・干潟、湿地、草地、水田、畑、落葉広葉樹、落葉針葉樹、常緑広葉樹、常緑針葉樹、竹林
非緑被	裸地、農業用温室、人工構造物、ソーラーパネル

¹ 緑被の分類は、本編 3.2 節に示すように JAXA 土地被覆データの特徴を考慮して設定した。

1.1.2 精度指標の定義

市区町村提供緑被データを正解データ、JAXA 土地被覆データを予測データとすると、算定対象範囲は真陽性 TP・偽陽性 FP・偽陰性 FN・真陰性 TN の 4 種類のいずれかに分けられる (表 1.1-3)。この種類分けを用いて、データの精度を示す再現率および適合率は以下のように定義される。

- **再現率** = 真陽性 TP / (真陽性 TP + 偽陰性 FN) = 真陽性 TP / 実際に緑被地 True
市区町村提供緑被データの緑被地のうち、JAXA 土地被覆データによって緑被地と検出された範囲の比率である。再現率が低い場合、JAXA 土地被覆データで過小に検出されていることを示す。
- **適合率** = 真陽性 TP / (真陽性 TP + 偽陽性 FP) = 真陽性 TP / 緑被地に分類 Positive
JAXA 土地被覆データによって検出された緑被地のうち、正しく市区町村提供緑被データの緑被地である範囲の比率である。適合率が低い場合、JAXA 土地被覆データで過大に検出されていることを示す。

ここで再現率および適合率は、トレードオフの関係にあることに留意が必要である。すなわち、緑被地を検出しにくくした場合、偽陽性 FP が少なくなり適合率は高まるものの、偽陰性 FN が多くなり再現率は低くなる。一方で緑被地を検出しやすくした場合、偽陰性 FN が少なくなり再現率は高まるものの、偽陽性 FP が多くなり適合率は低くなる。

表 1.1-3 二値分類における混合行列

		市区町村提供緑被データ (正解)	
		実際に緑被地 (True)	実際に非緑被地 (False)
JAXA 土地被覆データ (予測)	緑被地に分類 (Positive)	真陽性 TP (true positive) …正解の範囲を正しく検出	偽陽性 FP (false positive) …不正解の範囲を誤って検出
	非緑被地に分類 (Negative)	偽陰性 TN (true negative) …正解の範囲を誤って除外	真陰性 FN (false negative) …不正解の範囲を正しく除外

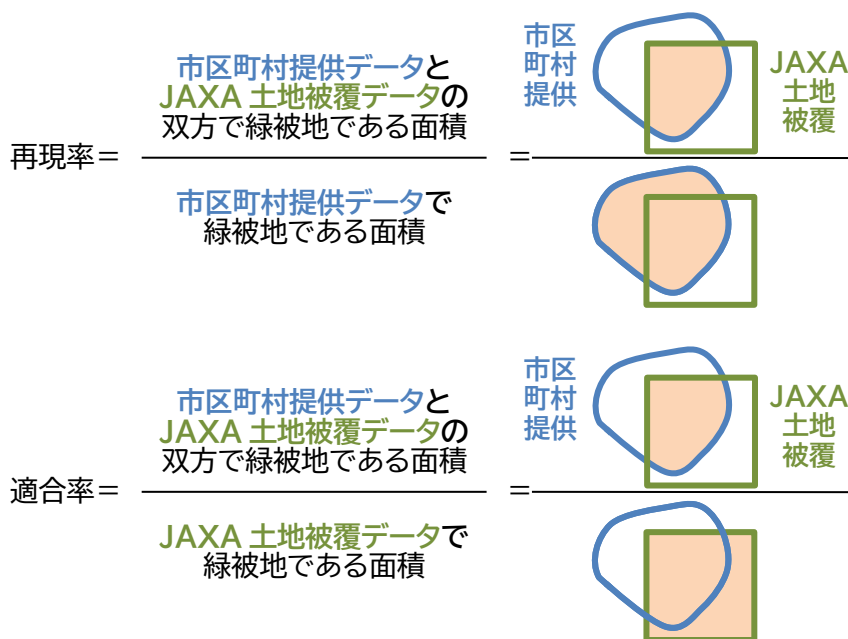


図 1.1-1 再現率および適合率の概念図

1.1.3 面積区分の定義

JAXA 土地被覆データで過小または過大に検出される緑被地の特性を定量的に分析するため、精度指標である再現率および適合率を面積区分別に算定した。緑被地の面積区分は、都市公園等の標準面積を参考とし、表 1.1-4 に示す 4 区分とした。各面積区分単位で再現率および適合率を算定した。

表 1.1-4 集計に用いた面積区分

面積区分	参考となる緑地面積
0.01ha 未満	-
0.01ha 以上 0.1ha 未満	既成市街地等の都市緑地 (0.05ha 以上) 法による保存樹林 (0.05ha 以上) 生産緑地 (0.03ha 以上または 0.05ha 以上)
0.1ha 以上 1.0ha 未満	都市緑地 (標準面積 0.1ha 以上) 街区公園 (標準面積 0.25ha)
1.0ha 以上	近隣公園 (標準面積 2ha) 地区公園 (標準面積 4ha)

1.1.4 用途地域分類の定義

表 1.2-1 (次頁) に示す用途地域分類のうち、都市計画決定 GIS データに分類が存在しない「田園住居地域」を除いた 12 分類を用いた。

なお、都市計画区域ポリゴン内の用途地域でない範囲は、「用途地域の指定のない区域」とした。用途地域の指定のない区域は主に市街化調整区域からなるが、用途地域データの不備または都市計画区域データとの不整合によって生じるポリゴン間の隙間なども含まれている。

1.2 精度指標の算定方法

精度指標は、データ提供を受けた 5 地域（東京都 2 市 5 区および大阪市、名古屋市、札幌市、仙台市）の各行政区の都市計画区域ごとで算定することを基本とした。ただし、札幌市および仙台市は、市街化調整区域におけるデータは緑被地の最小抽出規模が異なっていたことから、市街化区域のみを対象として算定した。また、狛江市では提供緑被データの作成範囲の不一致が生じていた部分*を除外した範囲で算定した²。行政区別の精度指標の算定結果を用いて、5 地域のそれぞれにおける地域全体の精度指標を算定した。

再現率および適合率は、JAXA 土地被覆データから緑被地を抽出して作成した緑被データと提供緑被データの重複面積に基づく真陽性面積および偽陽性面積、偽陰性面積から算定した。なお、重複面積の算定に当たっては、ポリゴンデータである提供緑被データに合わせて、ラスターデータである JAXA 土地被覆データを事前にポリゴン化した。空間座標系は、JAXA 土地被覆データに合わせて WGS84 を用いた。

以上の分析には R (version 4.5.0) を使い、JAXA 緑被データのポリゴン化には `as.polygons` 関数 (`terra` パッケージ) を、双方のポリゴンデータの重複面積の算定には `st_intersection` 関数 (`sf` パッケージ) を用いた。

² 狛江市の市街化調整区域（多摩川）では、本検討で整理した都市計画区域ポリゴンよりも内側でのみ提供緑被データが作成されていた。そのため、JAXA 土地被覆データでは反映されているにも関わらず提供緑被データでは反映されていない緑被地がまとまって存在していることから、精度指標の算定対象範囲外とした。

表 1.2-1 用途地域分類（「みらいに向けたまちづくりのためにー都市計画の土地利用計画制度の仕組みー（令和3年）」（国土交通省））

用途地域内の建築物の用途制限		第一種低層住居専用地域	第二種低層住居専用地域	第一種中高層住居専用地域	第二種中高層住居専用地域	第一種住居地域	第二種住居地域	準住居地域	田園住居地域	近隣商業地域	商業地域	準工業地域	工業地域	工業専用地域	用途地域の指定のない区域※	備考
○：建てられる用途 ×：原則として建てられない用途 ①、②、③、④、▲、△、■：面積、階数などの制限あり																
住宅、共同住宅、寄宿舎、下宿、兼用住宅で、非住宅部分の床面積が、50㎡以下かつ建築物の延べ面積の2分の1未満のもの		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	非住宅部分の用途制限あり
店舗等	店舗等の床面積が150㎡以下のもの	×	①	②	③	○	○	○	①	○	○	○	○	④	○	①：日用品販売店、食堂、喫茶店、理髪店及び建具屋等のサービス業用店舗のみ。2階以下。 ②：①に加えて、物品販売店舗、飲食店、損保代理店・銀行の支店・宅地建物取引業者等のサービス業用店舗のみ。2階以下。 ③：2階以下。 ④：物品販売店舗、飲食店を除く。 ■：農産物直売所、農家レストラン等のみ。2階以下。
	店舗等の床面積が150㎡を超え、500㎡以下のもの	×	×	②	③	○	○	○	■	○	○	○	○	④	○	
	店舗等の床面積が500㎡を超え、1,500㎡以下のもの	×	×	×	③	○	○	○	×	○	○	○	○	④	○	
	店舗等の床面積が1,500㎡を超え、3,000㎡以下のもの	×	×	×	×	○	○	○	×	○	○	○	○	④	○	
	店舗等の床面積が3,000㎡を超えるもの	×	×	×	×	○	○	○	×	○	○	○	○	④	○	
事務所	1,500㎡以下のもの	×	×	×	▲	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	▲：2階以下
	事務所等の床面積が1,500㎡を超え、3,000㎡以下のもの	×	×	×	×	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	
	事務所等の床面積が3,000㎡を超えるもの	×	×	×	×	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	
ホテル、旅館		×	×	×	×	▲	○	○	×	○	○	○	×	×	○	▲：3,000㎡以下
風俗施設	ボーリング場、水泳場、ゴルフ練習場、バッチング練習場等	×	×	×	×	▲	○	○	×	○	○	○	○	×	○	▲：3,000㎡以下
	カラオケボックス等	×	×	×	×	×	▲	▲	×	○	○	○	▲	▲	▲	▲：10,000㎡以下
	麻雀屋、パチンコ屋、勝馬投票券発売所、場外車券場等	×	×	×	×	×	▲	▲	×	○	○	○	▲	×	▲	▲：10,000㎡以下
	劇場、映画館、演芸場、観覧場、ナイトクラブ等	×	×	×	×	×	×	△	×	○	○	○	×	×	▲	▲：客席10,000㎡以下 △客席200㎡未満
キャバレー、料理店、個室付浴場等	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	▲	×	×	○	▲：個室付浴場等を除く	
校・公等	幼稚園、小学校、中学校、高等学校	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	
	病院、大学、高等専門学校、専修学校等	×	×	○	○	○	○	○	×	○	○	○	×	×	○	
	神社、寺院、教会、公衆浴場、診療所、保育所等	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
工場・倉庫等	倉庫業倉庫	×	×	×	×	×	×	○	×	○	○	○	○	○	○	
	自家用倉庫	×	×	×	①	②	○	○	■	○	○	○	○	○	○	①：2階以下かつ1,500㎡以下 ②：3,000㎡以下 ■：農産物及び農業の生産資材を貯蔵するものに限る。
	危険性や環境を悪化させるおそれが非常に少ない工場	×	×	×	×	①	①	①	■	②	②	○	○	○	○	作業場の床面積 ①：50㎡以下、②：150㎡以下
	危険性や環境を悪化させるおそれが少ない工場	×	×	×	×	×	×	×	×	②	②	○	○	○	○	■：農産物を生産、集荷、処理及び貯蔵するものに限る。 ※著しい騒音を生ずるものを除く。
	危険性や環境を悪化させるおそれがやや多い工場	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	
危険性が大きいおそれ又は著しく環境を悪化させるおそれがある工場	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○		
自動車修理工場	×	×	×	×	①	①	②	×	③	③	○	○	○	○	作業場の床面積 ①：50㎡以下、②：150㎡以下、③：300㎡以下 原動機の制限あり	

注 本表は建築基準法別表第2の概要であり、全ての制限について掲載したものではない

※ 都市計画法第七条第一項に規定する市街化調整区域を除く。

1.3 精度指標の算定結果

データ提供を受けた5地域（東京都2市5区および大阪市、名古屋市、札幌市、仙台市）別の再現率および適合率の算定結果と考察を次頁以降に示す。

また、JAXA 土地被覆データにおける緑被分布の特徴のまとめを表 1.3-1 に示す。

表 1.3-1 JAXA 土地被覆データにおける緑被分布の特徴のまとめ

項目	JAXA 土地被覆データにおける緑被分布の特徴										
概要	<p>JAXA 土地被覆データでは、実際の緑被と比較して過大に算出される緑は乏しい一方、解像度が比較的粗いため過小に算出される緑が存在する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 市区町村提供データに対する適合率は、80%~100%程度であった。つまり、JAXA 土地被覆データによって検出された緑被地のうち、80%~100%程度の範囲が正しく提供緑被データの緑被地であった。 ➤ 市区町村提供データに対する再現率は、25%~50%程度であった。つまり、JAXA 土地被覆データでは、提供緑被データの緑被地のうち 25%~50%程度の範囲を緑被地として検出していた。以下に示すような検出されにくい緑被地の占める割合が高い場合に、再現率は低くなると考えられる。 										
緑被地の面積区分	<p>面積の小さい緑被地は、特に過小に検出される傾向がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 再現率は、緑被地の面積区分別には以下の通りであった。 <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">0.01ha 未満の緑被地</td> <td style="text-align: right;">: 1%~ 8%程度</td> </tr> <tr> <td>0.01ha 以上 0.1ha 未満の緑被地</td> <td style="text-align: right;">: 5%~20%程度</td> </tr> <tr> <td>0.1ha 以上 1.0ha 未満の緑被地</td> <td style="text-align: right;">: 25%~70%程度</td> </tr> <tr> <td>1.0ha 以上の緑被地</td> <td style="text-align: right;">: 70%~90%程度</td> </tr> </table>	0.01ha 未満の緑被地	: 1%~ 8%程度	0.01ha 以上 0.1ha 未満の緑被地	: 5%~20%程度	0.1ha 以上 1.0ha 未満の緑被地	: 25%~70%程度	1.0ha 以上の緑被地	: 70%~90%程度		
0.01ha 未満の緑被地	: 1%~ 8%程度										
0.01ha 以上 0.1ha 未満の緑被地	: 5%~20%程度										
0.1ha 以上 1.0ha 未満の緑被地	: 25%~70%程度										
1.0ha 以上の緑被地	: 70%~90%程度										
緑被区分	<p>樹木地および屋上緑化は、他の緑被地より特に過小に検出される傾向がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 緑被地として検出されにくいものとして、緑被区分ごとに以下が挙げられる。 <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 10%;">樹木地</td> <td style="width: 80%;">: 庭木や街路・接道部の緑化（小規模または細長い形状になりやすい）</td> </tr> <tr> <td>草地</td> <td>: 街路・接道部の緑化（小規模または細長い形状になりやすい）</td> </tr> <tr> <td>農地</td> <td>: 農業用温室が多い農地</td> </tr> <tr> <td>屋上緑化</td> <td>: 単独の建物の屋上緑化</td> </tr> <tr> <td>水面</td> <td>: 宅地等に接する都市河川（細長い形状かつ非緑被地に挟まれやすい）</td> </tr> </table>	樹木地	: 庭木や街路・接道部の緑化（小規模または細長い形状になりやすい）	草地	: 街路・接道部の緑化（小規模または細長い形状になりやすい）	農地	: 農業用温室が多い農地	屋上緑化	: 単独の建物の屋上緑化	水面	: 宅地等に接する都市河川（細長い形状かつ非緑被地に挟まれやすい）
樹木地	: 庭木や街路・接道部の緑化（小規模または細長い形状になりやすい）										
草地	: 街路・接道部の緑化（小規模または細長い形状になりやすい）										
農地	: 農業用温室が多い農地										
屋上緑化	: 単独の建物の屋上緑化										
水面	: 宅地等に接する都市河川（細長い形状かつ非緑被地に挟まれやすい）										
用途地域分類	<p>各用途地域分類における再現率は、各用途地域分類の緑被率（JAXA 土地被覆データ）に対して強く正に相関する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 大規模公園等のまとまった緑被地が存在する範囲では、緑被率（JAXA 土地被覆データ）が高くなるとともに、その範囲内の全緑被地に占める JAXA 土地被覆データで検出される緑被地の割合が高くなる（すなわち、再現率が高くなる）という関係を反映していると考えられる。 ➤ 用途地域の指定のない区域では、再現率は 70%以上と高かった。 										

※ なお、データ提供を受けた市区町村によって緑被地の最小抽出規模が異なっていたため、前処理として面積が 25 m²未満の緑被ポリゴンを除外するリサンプリングを行った。

1.3.1 再現率

(1) 面積区分別・緑被区分別

データ提供を受けた地域ごとの面積区分別・緑被区分別の再現率の算定結果を図 1.3-1 に示す。JAXA 土地被覆データにおいては、面積の小さい緑被地は特に過小に検出される傾向があり、これらの占める割合が高い場合に再現率は低くなると考えられる。また、樹木地および屋上緑化は、他の緑被地より過小に検出される傾向があった。

1) 0.01ha 未満の緑被地

- ・ 全緑被地の再現率は、1%～8%程度である
- ・ 樹木地および屋上緑化の再現率は、0%～4%程度である^{※1}
- ・ 草地および農地の再現率は、4%～7%程度である
- ・ 水面の再現率は、13%～28%程度である

※1 札幌市の樹木地の再現率は 11.09%と例外的に高い。その要因の一つとして、元データにおいて街路樹を樹木地とは別の分類としていることが挙げられる。

2) 0.01ha 以上 0.1ha 未満の緑被地

- ・ 全緑被地の再現率は、5%～20%程度である
- ・ 樹木地および屋上緑化の再現率は、2%～10%程度である^{※1}
- ・ 草地および農地の再現率は、10%～20%程度である^{※2}
- ・ 水面の再現率は、12%～23%程度である^{※3}

※1 札幌市の樹木地の再現率は、35.14%と例外的に高い。その要因の一つとして、元データにおいて街路樹が樹木地とは別の分類としていることが挙げられる。

※2 大阪市の草地の再現率は、4.28%と例外的に低い。その要因の一つとして、臨海部の植栽帯や大阪・関西万博に向けた造成中の夢洲の草地が JAXA 土地被覆データでは人工構造物や裸地として検出される傾向にあったことが挙げられる。

※3 札幌市の水面の再現率は、49.42%と例外的に高い。その要因の一つとして、緑被地として検出されにくい都市河川の水面が、比較的広い高水敷の草地に挟まれている場合が多く、JAXA 土地被覆データでは湿地や草地として検出される傾向にあったことが挙げられる。

3) 0.1ha 以上 1.0ha 未満の緑被地

- ・ 全緑被地の再現率は、25%～70%程度である
- ・ 緑被区分によらず、再現率は 25%～75%程度とばらつきがある

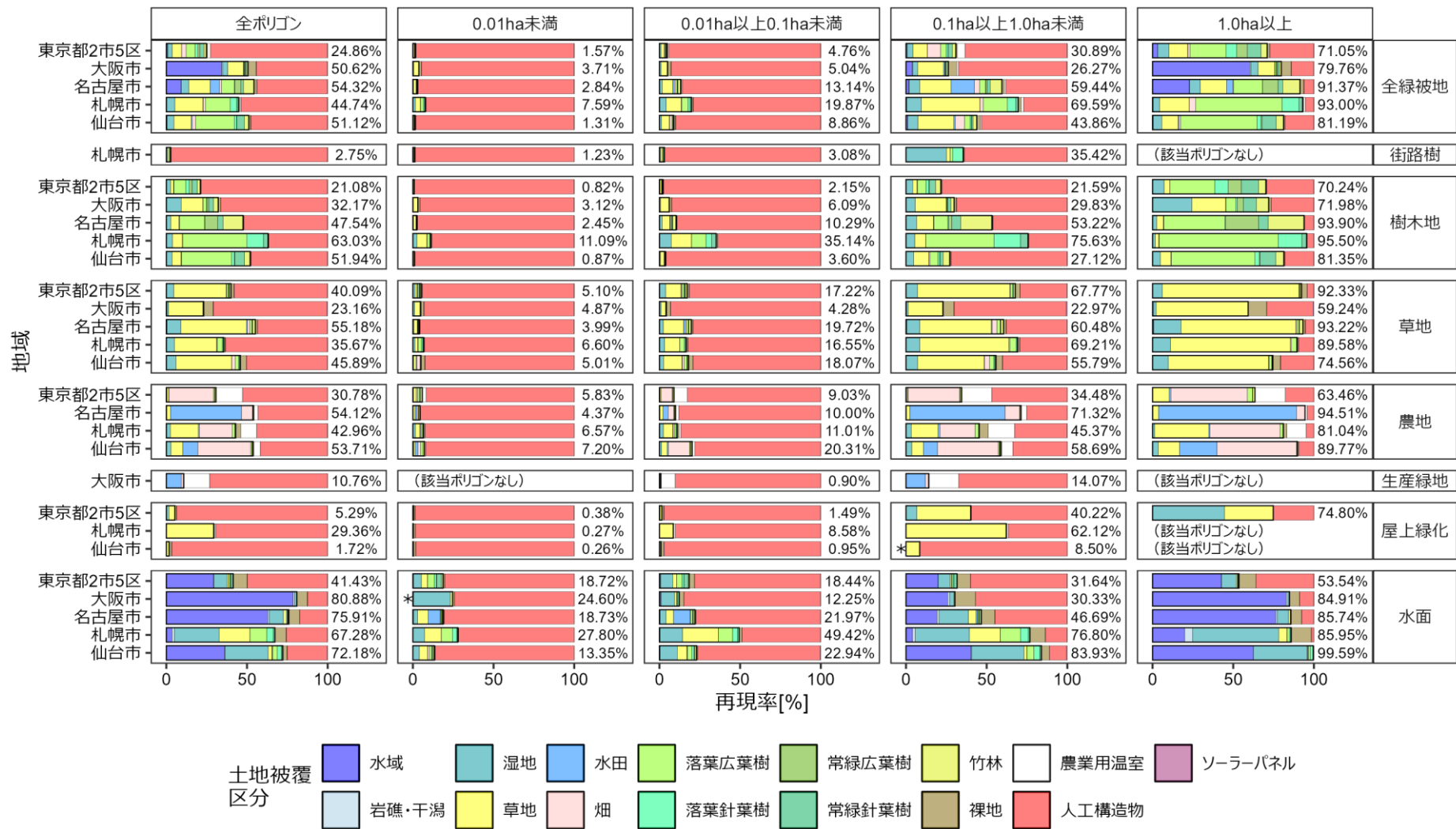
このようなばらつきが生じる要因として、緑被地の形状の差異（細長い部分は検出されにくい）や大規模な緑被地からの距離（大規模な緑被地が極近傍にある場合は検出されやすい）といった地域特性も考えられるものの、データの作成方法に起因している可能性もあり、詳細は不明である。

4) 1.0ha 以上の緑被地

- ・ 全緑被地の再現率は、70%～95%程度である
- ・ 緑被区分によらず、再現率は 70%～100%程度である^{※1,2}

※1 大阪市の草地の再現率は、59.24%と例外的に低い。その要因の一つとして、大阪・関西万博に向けた造成中の夢洲の大規模な草地が JAXA 土地被覆データでは裸地として検出される傾向にあったことが挙げられる。

※2 東京都 2 市 5 区の水面の再現率は、53.54%と例外的に低い。その要因の一つとして、市街地を流れる都市河川は大規模な水域ポリゴンを構成している一方で、細長い形状かつ人工構造物が隣接している場合が多いため、JAXA 土地被覆データでは人工構造物として検出される傾向にあったことが挙げられる。



各グラフ中の数字および黒枠は緑被地の再現率（市区町村提供データの緑被地のうち、JAXA土地被覆データによって緑被地と検出された範囲の比率）を示す。
 *印は、提供緑被データの総面積が0.5ha未満であり、少数の事例のみで評価されている場合を示す。

図 1.3-1 データ提供を受けた地域ごとの面積区分別・緑被区分別の再現率

(2) 用途地域分類別

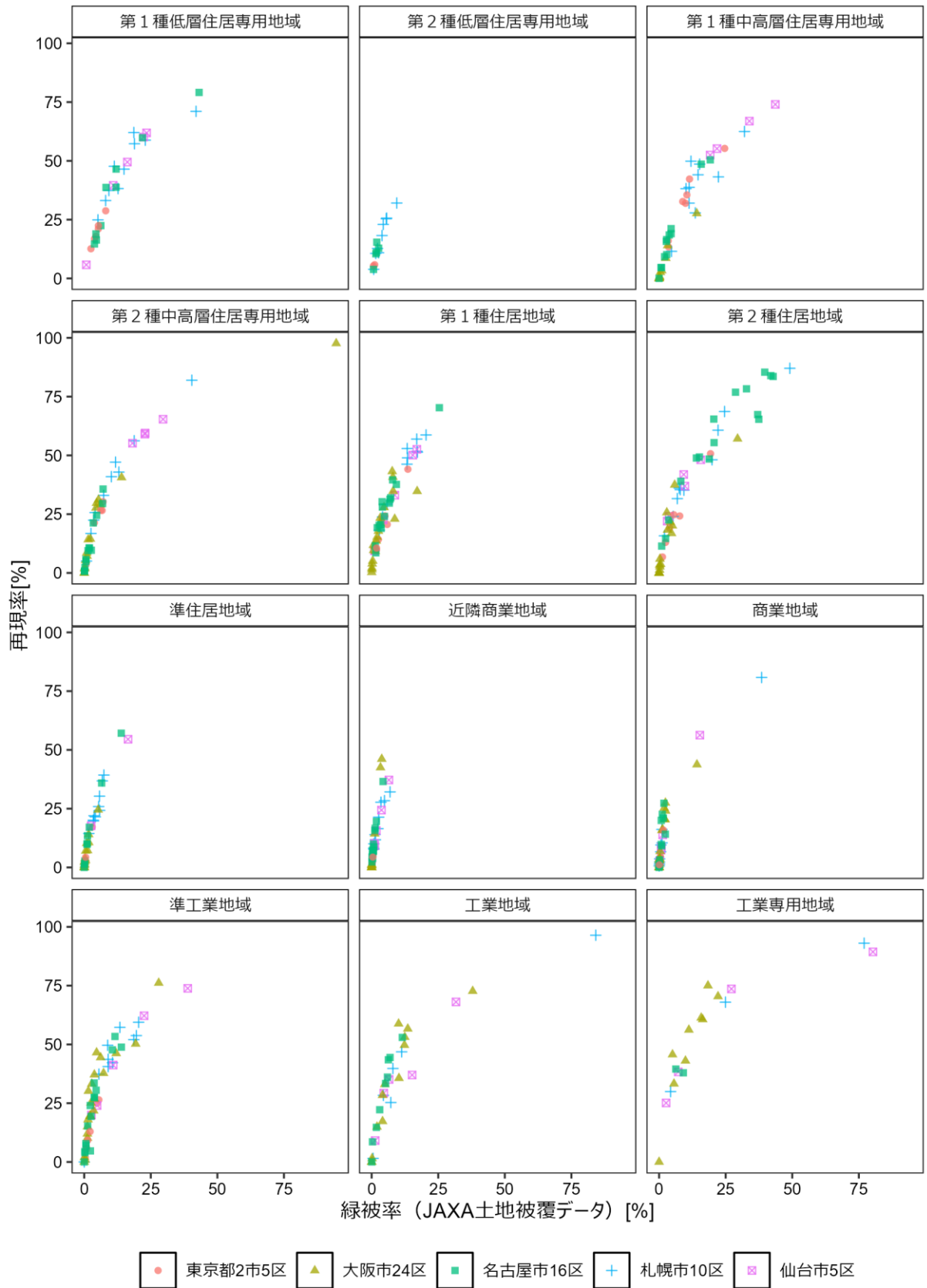
データ提供を受けた 5 地域の行政区（東京都 2 市 5 区および大阪市 24 区、名古屋市 16 区、札幌市 10 区、仙台市 5 区）ごとの再現率は、用途地域分類に関わらず、JAXA 土地被覆データ緑被率と一貫して強く正に相関していた（表 1.3-2、図 1.3-2）。また、用途地域の指定のない区域では、再現率は 70%以上と高かった。

これは、まとまった緑被地が存在する範囲では、緑被率（JAXA 土地被覆データ）が高くなるとともに、その範囲内の全緑被地に占める JAXA 土地被覆データで検出される緑被地の割合が高くなる（すなわち、再現率が高くなる）という関係を反映していると考えられる。

表 1.3-2 各用途地域分類の JAXA 土地被覆データ緑被率に対する再現率の関係（行政区別）

用途地域分類	データ数 ^{※1}	相関係数	p 値
第 1 種低層住居専用地域	30	0.920	>0.001
第 2 種低層住居専用地域	16	0.954	>0.001
第 1 種中高層住居専用地域	44	0.934	>0.001
第 2 種中高層住居専用地域	47	0.852	>0.001
第 1 種住居地域	57	0.940	>0.001
第 2 種住居地域	57	0.943	>0.001
準住居地域	39	0.963	>0.001
近隣商業地域	50	0.903	>0.001
商業地域	55	0.873	>0.001
準工業地域	59	0.872	>0.001
工業地域	33	0.799	>0.001
工業専用地域	18	0.802	>0.001
用途地域の指定のない区域	30	0.920	>0.001

※ 提供緑被データに基づく総緑被面積が 0.5ha 未満である市区町村の用途地域は、再現率の算定結果が少数の事例によってのみ評価されたことによってばらつきが生じているため、分析から除外した。



※ 提供緑被データに基づく総緑被面積が0.5ha未満である市区町村の用途地域は、再現率の算定結果が少数の事例によってのみ評価されたことよってばらつきが生じているため、分析から除外した。

図 1.3-2 各用途地域分類の JAXA 土地被覆データ緑被率に対する再現率の関係（行政区別）

1.3.2 適合率

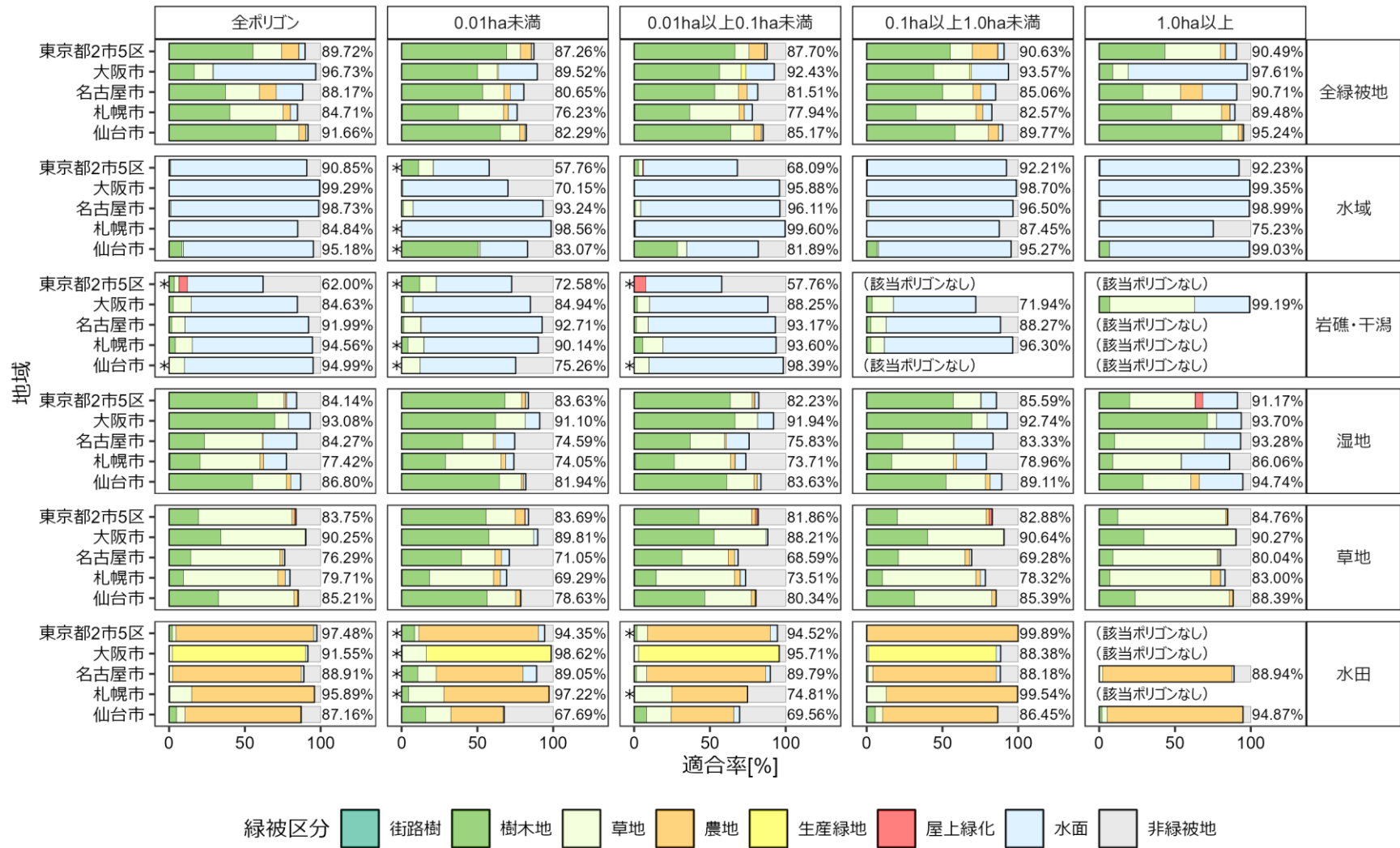
(1) 面積区分別・土地被覆区分別

データ提供を受けた地域ごとの面積区分別・土地被覆区分別の適合率の算定結果を図 1.3-3 に示す。適合率は、面積区分・土地被覆区分によらず、80%~100%程度で、低くとも概ね 70%程度であった。つまり、JAXA 土地被覆データによって検出された緑被地のうち、80%~100%程度の範囲が正しく提供緑被データの緑被地であったと言える。

なお、例外的に 65%を下回る場合は、JAXA 土地被覆データの総面積が 0.5ha 未満であり、少数の事例のみで評価され算定結果がばらついたためと考えられる。

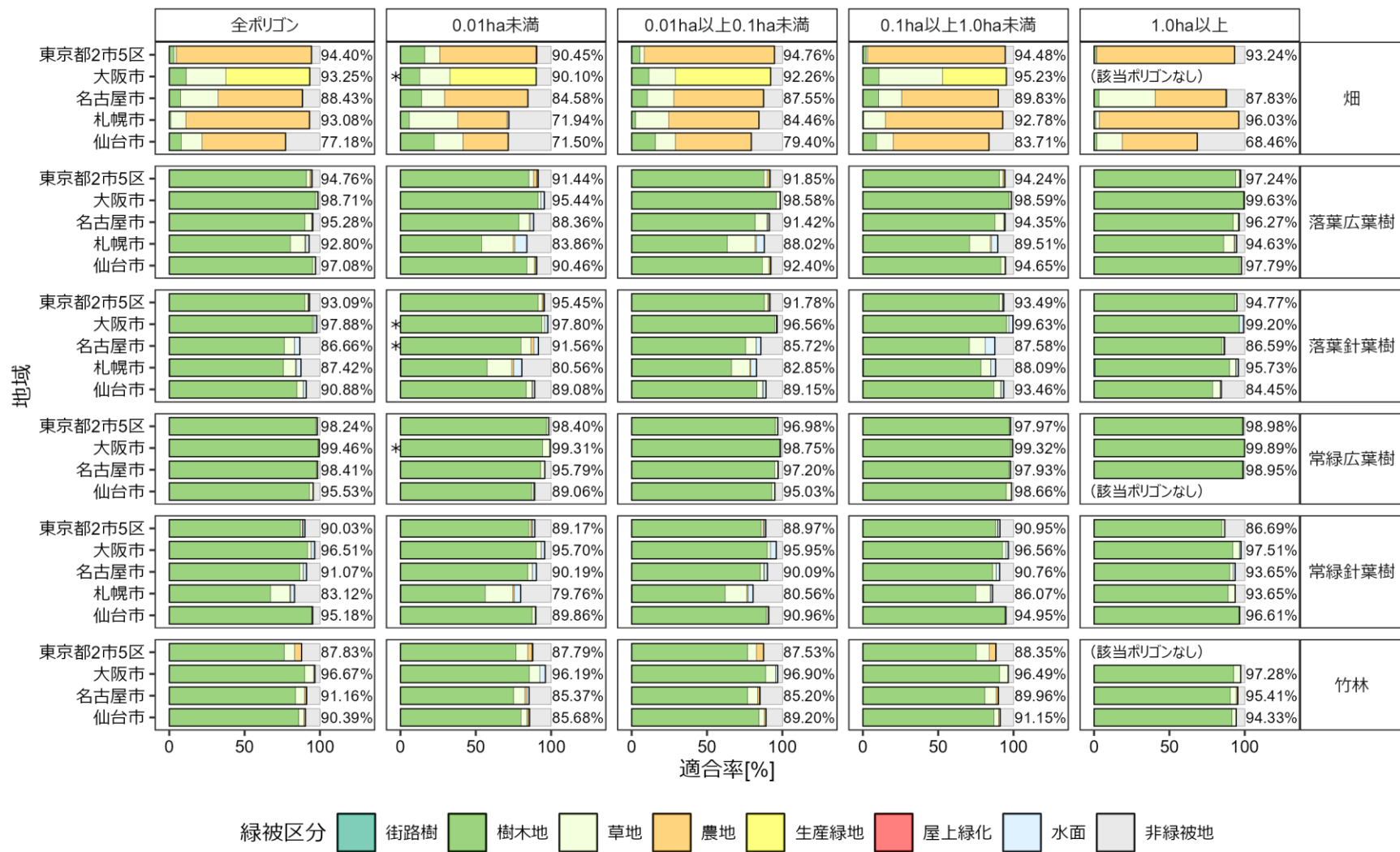
(2) 用途地域分類別

データ提供を受けた地域ごとの用途地域分類別の適合率の算定結果は、図 2.3-2 に後述する。適合率は、用途地域分類によらず、80%~100%程度で、低くとも概ね 70%程度であった。つまり、JAXA 土地被覆データによって検出された緑被地のうち、80%~100%程度の範囲が正しく提供緑被データの緑被地であったと言える。



各グラフ中の数字および黒枠は緑被地の適合率（JAXA土地被覆データによって検出された緑被地のうち、正しく市区町村提供データの緑被地である範囲の比率）である。
 *印は、JAXA土地被覆データの総面積が0.5ha未満であり、少数の事例のみで評価されている場合を示す。

図 1.3-3 データ提供を受けた地域ごとの面積区分別・土地被覆区分別の適合率（1/2）



各グラフ中の数字および黒枠は緑被地の適合率（JAXA土地被覆データによって検出された緑被地のうち、正しく市区町村提供データの緑被地である範囲の比率）である。
 *印は、JAXA土地被覆データの総面積が0.5ha未満であり、少数の事例のみで評価されている場合を示す。

図 1.3-3 データ提供を受けた地域ごとの面積区分別・土地被覆区分別の適合率（2/2）

2. 補正緑被率の算定方法の検討

2.1 補正緑被率の定義

市区町村提供データを正解データ、JAXA 土地被覆データを予測データとすると、算定対象範囲は真陽性 TP・偽陽性 FP・偽陰性 FN・真陰性 TN の4種類のいずれかに分けられる。この種類分けを用いると、提供データ緑被率および JAXA データ緑被率、再現率、適合率は以下のように表すことができる。

$$\text{算定対象範囲 All} = \text{真陽性 TP} + \text{偽陰性 TN} + \text{偽陽性 FP} + \text{真陰性 FN}$$

$$\text{提供データ緑被率} = \frac{\text{真陽性 TP} + \text{偽陰性 TN}}{\text{算定対象範囲 All}} = \frac{\text{実際に緑被地 True}}{\text{算定対象範囲 All}}$$

$$\text{JAXA データ緑被率} = \frac{\text{真陽性 TP} + \text{偽陽性 FP}}{\text{算定対象範囲 All}} = \frac{\text{緑被地に分類 Positive}}{\text{算定対象範囲 All}}$$

$$\text{再現率} = \frac{\text{真陽性 TP}}{\text{真陽性 TP} + \text{偽陰性 TN}} = \frac{\text{真陽性 TP}}{\text{実際に緑被地 True}}$$

$$\text{適合率} = \frac{\text{真陽性 TP}}{\text{真陽性 TP} + \text{偽陽性 FP}} = \frac{\text{真陽性 TP}}{\text{緑被地に分類 Positive}}$$

以上の関係から、JAXA データ緑被率および再現率、適合率を用いて提供データ緑被率を以下のように表すことができる。

$$\text{提供データ緑被率} = \text{JAXA データ緑被率} \div \text{再現率} \times \text{適合率}$$

$$\therefore \frac{\text{True}}{\text{All}} = \frac{\text{Positive}}{\text{All}} \div \frac{\text{TP}}{\text{True}} \times \frac{\text{TP}}{\text{Positive}}$$

すなわち、ある手法で作成されたデータによって期待される再現率および適合率が既知である場合、当該手法で作成された場合に期待される緑被率（補正緑被率）を JAXA データ緑被率から予測できる。

$$\text{補正緑被率} = \text{JAXA データ緑被率} \div \text{再現率} \times \text{適合率}$$

2.2 精度指標の算定手法

補正緑被率の予測モデルの構築のため、データ提供を受けた5地域の各行政区（東京都2市5区および大阪市24区、名古屋市16区、札幌市10区、仙台市5区）の各用途地域分類における提供緑被データに対する JAXA 土地被覆データの精度指標（再現率および適合率）の算定結果を用いた。

なお、各行政区の各用途地域分類のうち、JAXA 土地被覆データに基づく緑被率が0%であった用途地域分類は、精度指標が算定できないため、算定対象範囲から除外した。また、面積が1haに満たない用途地域分類も、サンプルサイズが小さく精度指標が極端な値を取りやすいため、算定対象範囲から除外した。

2.3 予測モデルの構築

2.3.1 再現率の予測モデル

(1) 再現率の特徴

提供緑被データに対する JAXA 土地被覆データの再現率は、JAXA データ緑被率と強く正に相関する傾向にあった (図 2.3-1)。これは、大規模公園等のまとまった緑被地が存在する範囲では、JAXA データ緑被率が高くなるとともに、その範囲内の全緑被地に占める JAXA 土地被覆データで検出される緑被地の割合が高くなる (すなわち、再現率が高くなる) という関係を反映しているためと考えられる。

また、データ提供を受けた 5 地域は、それぞれデータの作成方法や都市構造等が異なるため、JAXA データ緑被率と再現率の関係には地域差が生じていると考えられる。

(2) 予測方法

予測方法の詳細は本項末尾の表 2.3-1 に示し、以下には概要を示す。

再現率の予測には、説明変数を JAXA データ緑被率 x (%)、応答変数を再現率 y (%) とし、用途地域分類を固定効果、地域差をランダム効果として組み込んだ非線形混合効果モデル (NLME) を用いた。モデルの平均構造を矩形双曲線によって表すと、再現率の解析的な中央値 $\hat{r}_i(x)$ は、用途地域分類 i ごとの半飽和点 K_i に依存する x_i の関数として表せられる。

$$\hat{r} = \frac{100x}{K_i + x}$$

ここで半飽和点 K_i は、「再現率が 50% に達する JAXA データ緑被率」の目安であり、 K_i が小さいほど JAXA データ緑被率が低い場合でも再現率が早く伸びる関係にある。

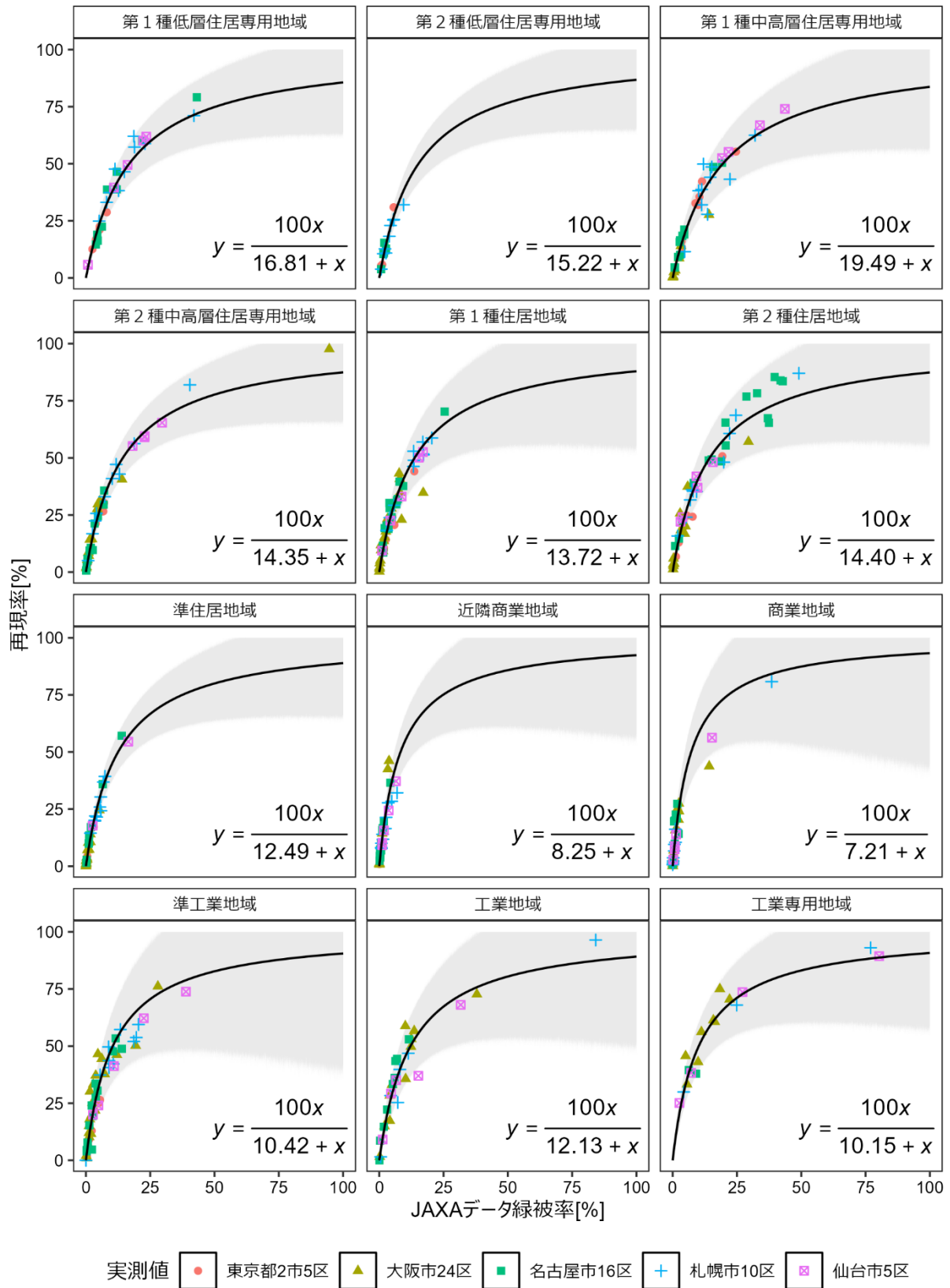
実測値から半飽和点 K_i を推定して再現率の解析的な中央値 $\hat{y}(x)$ を求めるとともに、シミュレーションによって 90% 予測区間を求めた。90% 予測区間は、未知のデータに外挿した時の再現率が 90% の確率で収まる範囲であり、予測の不確実性の大きさを示すと言える。

(3) 予測結果

実測値および再現率の解析的な中央値、90% 予測区間の算定結果を図 2.3-1 に示す。モデルの詳細なパラメーターの推定結果は、本項末尾の表 2.3-2 および表 2.3-3、表 2.3-4 に示す。

半飽和点 K_i は、第 1 種中高層住居専用地域 (19.49) が最も大きく、第 1 種低層住居専用地域 (16.81)、第 2 種低層住居専用地域 (15.22) と続いた。半飽和点 K_i が小さい順には、商業地域 (7.21)、近隣商業地域 (8.25)、工業専用地域 (10.15) と続いた。

90% 予測区間は、JAXA データ緑被率が大きくなるにつれて広がる傾向にあり、実測値の分布と整合的である。



黒線および灰領域は、再現率の中央値および90%予測区間（未知のデータに外挿した時の再現率が90%の確率で収まる範囲）を示す。

図 2.3-1 各用途地域分類の JAXA データ緑被率に対する再現率の実測値と予測結果

表 2.3-1 再現率の予測方法

再現率の予測には、説明変数を JAXA データ緑被率 x (%)、応答変数を再現率 r (%) とし、用途地域分類を固定効果、地域差をランダム効果として組み込んだ非線形混合効果モデル (NLME) を用いた。平均構造は、用途地域分類 i 、地域 j における JAXA データ緑被率 x_{ij} と再現率 y_{ij} の関係を矩形双曲線 (Michaelis-Menten 形) で表す。

$$y_{ij} = \frac{100x_{ij}}{\exp(\beta_i + b_j) + x_{ij}} + \varepsilon_{ij}, \quad b_j \sim N(0, \tau^2)$$

この曲線は、原点(0,0)を通過し、 $x \rightarrow \infty$ で $y \rightarrow 100$ に漸近する単調増加・飽和型の形状で、JAXA データ緑被率と再現率の観測分布と整合的である。 β_i は用途地域分類 i の固定効果、 b_j は地域 j のランダム切片で、 $\beta_i + b_j$ が曲線の「立ち上がりやすさ」を決める。半飽和点 $K_{ij} = \exp(\beta_i + b_j)$ は、「再現率が 50% に達する JAXA データ緑被率」の目安であり、 β_i が小さい (つまり、 K_{ij} が小さい) ほど、低い緑被率でも再現率が早く伸びる関係にある。

また、残差 ε_{ij} は平均 0、分散はヘテロ分散を仮定し、緑被率と用途地域分類に応じて予測の不確実性が適切に拡張されるようにした。

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2(x_{ij} + 1)^{2\delta} s_i^2)$$

ここで、べき乗型分散関数 varPower により緑被率 x_{ij} に沿って残差の標準偏差が $(x_{ij} + 1)^\delta$ のべき乗で変化し (δ はデータから推定)、群別分散倍率 varIdent により用途地域分類 i ごとの相対倍率 s_i を推定する (基準分類は $s_i = 1$)。両者を併用することで、「緑被率の水準による連続的なばらつきの変化」と「用途地域分類ごとの系統的なばらつき差」を同時に表現できる。

このモデルを未知の地域に外挿する際、再現率の解析的な中央値 $\tilde{r}(x)$ は、 b_j と ε_{ij} の分布が 0 を中心とする (中央値 0) こと、かつ平均曲線が β_i に対して単調であることから、用途地域分類 i の固定効果のみに依存して次式で与えられる。半飽和点 $K_i = \exp(\beta_i)$ を用いると、 $\tilde{r}(x_i)$ は K_i に依存する x_i の関数と解釈できる。

$$\tilde{r}_i = \frac{100x_i}{\exp(\beta_i) + x_i} = \frac{100x_i}{K_i + x_i}$$

一方、90% 予測区間はランダム効果 b と残差 ε のヘテロ分散を反映させるため、緑被率 x を 0.01% 刻みのグリッドで与え、各点ごとに (b, ε) を乱数サンプリングして 1,000 回のシミュレーションを行い、得られた再現率分布の 5 パーセンタイルおよび 95 パーセンタイルを区間端点とした。

以上の分析は R (version 4.5.0) を使い、非線形混合効果モデルの推定には nlme パッケージの nlme 関数を用いた。分散構造は varPower と varIdent を組み合わせてヘテロ分散を表現した。

表 2.3-2 再現率の予測モデルにおけるパラメーター β_i の推定結果

用途地域分類	用途地域分類 i の 固定効果 β_i	半飽和点 K_i (= $\exp(\beta_i)$)
第 1 種低層住居専用地域	2.8222	16.8131
第 2 種低層住居専用地域	2.7226	15.2191
第 1 種中高層住居専用地域	2.9697	19.4858
第 2 種中高層住居専用地域	2.6634	14.3455
第 1 種住居地域	2.6192	13.7248
第 2 種住居地域	2.6672	14.3996
準住居地域	2.5250	12.4904
近隣商業地域	2.1105	8.2524
商業地域	1.9758	7.2120
準工業地域	2.3439	10.4216
工業地域	2.4957	12.1305
工業専用地域	2.3178	10.1536

表 2.3-3 再現率の予測モデルにおけるパラメーター τ, σ, δ の推定結果

パラメーター	推定値
地域差のランダム効果の標準偏差 τ	0.0810
残差 ε のヘテロ分散の係数 σ	1.0942
残差 ε のヘテロ分散の係数 δ	0.5514

表 2.3-4 再現率の予測モデルにおけるパラメーター s_i の推定結果

用途地域分類	残差 ε のヘテロ分散の係数 s_i
第1種低層住居専用地域	1.0000
第2種低層住居専用地域	0.9683
第1種中高層住居専用地域	1.2097
第2種中高層住居専用地域	0.9574
第1種住居地域	1.4972
第2種住居地域	1.3869
準住居地域	1.0401
近隣商業地域	1.5991
商業地域	2.2078
準工業地域	2.2446
工業地域	1.7340
工業専用地域	1.4638

2.3.2 適合率の予測モデル

(1) 適合率の特徴

提供緑被データに対する JAXA 土地被覆データの適合率は、JAXA データ緑被率と顕著な相関関係はなく概ね 75%を超えて高い一方で、JAXA データ緑被面積が極端に小さい場合には、ばらつきが大きくなり極端に低い値を示す場合があった（図 2.3-2）。これは、極端に少ない事例を用いて適合率が算定されることにより、偶然のばらつきが生じてしまうためである。

(2) 予測方法

予測方法の詳細は本項末尾の表 2.3-5 に示し、以下には概要を示す。

適合率の予測には、説明変数を用途地域分類（固定効果）と地域差（ランダム効果）とし、応答変数を適合率 p （0-1 の割合）とする Beta 混合効果モデル（Beta-GLMM）を用いた。適合率 p がしたがう Beta 分布の精度を JAXA データ緑被面積の関数として表すことで、JAXA データ緑被面積が小さいほど適合率 p のばらつきが大きくなる関係を表した。モデルの平均構造をロジットリンク関数で表すと、適合率の解析的な中央値 \hat{p}_i は、用途地域分類 i ごとに定数として与えられる。

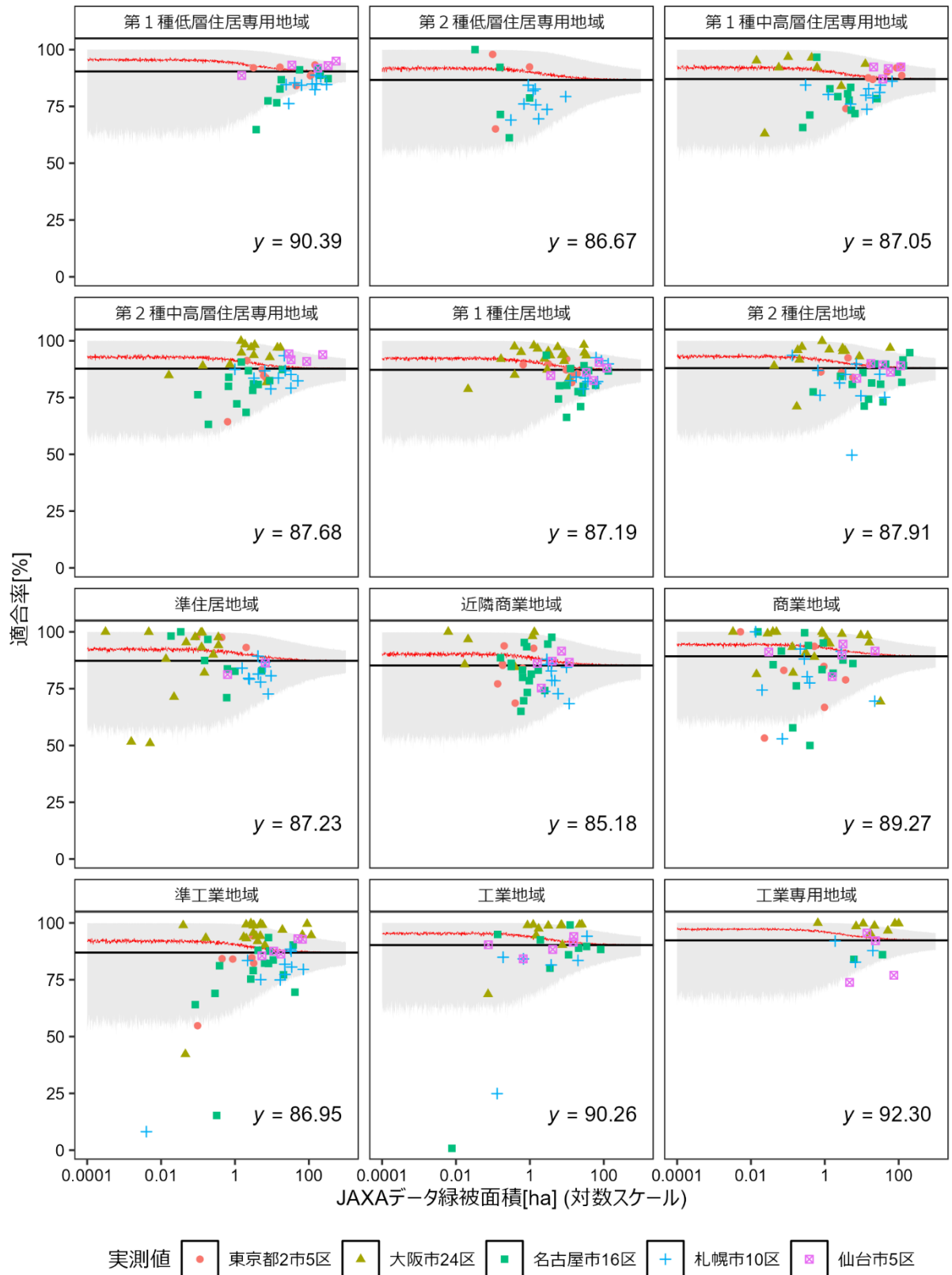
実測値からモデルのパラメーターを推定して適合率の解析的な中央値 \hat{p}_i を求めるとともに、シミュレーションによって 90%予測区間を求めた。90%予測区間は、未知のデータに外挿した時の適合率が 90%の確率で収まる範囲であり、予測の不確実性の大きさを示すと言える。

(3) 予測結果

実測値および適合率の解析的な中央値、90%予測区間の算定結果を図 2.3-2 に示す。モデルの詳細なパラメーターの推定結果は、本項末尾の表 2.3-6 および表 2.3-7 に示す。

適合率の解析的な中央値は、工業専用地域（92.30%）が最も大きく、第1種低層住居専用地域（90.39%）、工業地域（90.26%）と続いた。適合率の解析的な中央値が小さい順には、近隣商業地域（85.18%）、第2種低層住居専用地域（86.67%）、準工業地域（86.95%）と続いた。なお、適合率の解析的な中央値は、地域差と誤差変動を除いた構造的な中央値であるため、シミュレーションで得られる予測分布の中央値とは JAXA データ緑被面積が 10ha 未満の範囲では差異が生じている。

90%予測区間は、JAXA データ緑被面積が 1ha 未満の範囲では約 60%~100%、100ha 以上の範囲では約 80%~95%と、大きくなるにつれて狭まる傾向にあり、実測値の分布と整合的である。



黒線および赤線は、適合率の解析的な中央値および予測分布の中央値を示す。
 灰領域は、90%予測区間（未知のデータに外挿した時の適合率が90%の確率で収まる範囲）を示す。

図 2.3-2 各用途地域分類の JAXA データ緑被率に対する適合率の実測値と予測結果

表 2.3-5 適合率の予測方法

適合率の予測には、説明変数を用途地域分類（固定効果）と地域差（ランダム効果）とし、応答変数を適合率 p （0-1 の割合）とする Beta 混合効果モデル（Beta-GLMM）を用いた。用途地域分類 i 、地域 j における適合率 p_{ij} は、平均 μ_{ij} と精度 φ_{ij} を持つ Beta 分布にしたがうと仮定する。

$$p_{ij} \sim \text{Beta}(\mu_{ij}\varphi_{ij}, (1 - \mu_{ij})\varphi_{ij})$$

平均 μ_{ij} は、用途地域分類 i の固定効果 γ_i と地域 j のランダム切片 u_j からなるロジットリンク関数で表す。

$$\text{logit}(\mu_{ij}) = \gamma_i + u_j, \quad u_j \sim N(0, \tau^2)$$

精度 φ_{ij} は、JAXA データ緑被面積 A_{ij} (ha) に依存させたログリンク関数で表す。

$$\log(\varphi_{ij}) = \delta_0 + \delta_1 \log(A_{ij} + 1)$$

ここでは、 $\delta_1 > 0$ なら JAXA データ緑被面積 A_{ij} が小さいほど φ_{ij} が小さくなるため、結果として Beta 分布の分散が大きく、適合率 p_{ij} のばらつきが大きくなる関係を表現していると言える。

このモデルを未知の地域に外挿する際、地域 j のランダム効果 u_j を母平均である 0 に固定すると、用途地域分類 i の条件付き中央値の代表値 \hat{p}_i は、固定効果 γ_i のみで与えられる。

$$\hat{p}_i = \text{logit}^{-1}(\gamma_i)$$

ここでの \hat{p}_i は、地域差と誤差変動を除いた中心（構造的な中央値）であり、以下のシミュレーションで得られる予測分布の中央値とは必ずしも一致しない。特に、JAXA データ緑被面積 A が小さく Beta 分布の精度 φ が小さい領域では、Beta 分布の歪みによってシミュレーションによる中央値がやや上振れすることがある。

90%予測区間は、地域ランダム効果 u と Beta ノイズ (φ で決まる分散) を反映させるため、JAXA データ緑被面積 A を 0.0001ha から 1,000ha の間で対数スケールによって 1,000 等分したグリッドで与え、各点ごとに u を乱数サンプリングした後に平均 μ と精度 φ を計算し、適合率 p をサンプリングするシミュレーションを 1,000 回繰り返し、得られた適合率分布の 5 パーセンタイルおよび 95 パーセンタイルを区間端点とした。

このように中央値は固定効果から解析的に、予測区間は JAXA データ緑被面積 A を用いたシミュレーションで得ることで、用途地域別の中心的な水準と不確実性の両方を表現できる。とりわけ、JAXA データ緑被面積 A が極めて小さい場合には適合率 p のばらつきが大きくなるという観測上の特徴を整合的に表現できる。

以上の分析は、R (version 4.5.0) を用い、Beta-GLMM の推定には glmmTMB パッケージの glmmTMB 関数を用いた。分散構造は、dispformula で JAXA データ緑被面積の効果をモデル化した。

表 2.3-6 適合率の予測モデルにおけるパラメーター γ_i の推定結果

用途地域分類	用途地域分類 i の 固定効果 γ_i	条件付き中央値の 代表値 \hat{p}_i (%)
第 1 種低層住居専用地域	2.2411	90.3878
第 2 種低層住居専用地域	1.8723	86.6724
第 1 種中高層住居専用地域	1.9055	87.0513
第 2 種中高層住居専用地域	1.9629	87.6841
第 1 種住居地域	1.9174	87.1853
第 2 種住居地域	1.9843	87.9137
準住居地域	1.9216	87.2318
近隣商業地域	1.7492	85.1850
商業地域	2.1186	89.2700
準工業地域	1.8967	86.9517
工業地域	2.2263	90.2591
工業専用地域	2.4844	92.3043

表 2.3-7 適合率の予測モデルにおけるパラメータ τ, δ_0, δ_1 の推定結果

パラメータ	推定値
地域差のランダム効果の標準偏差 τ	0.4257
精度 φ_{ij} のログリンク関数の切片 δ_0	0.5610
精度 φ_{ij} のログリンク関数の傾き δ_1	1.5164

2.3.3 補正緑被率の予測モデル

(1) 予測モデルの構築方法

上述したように、用途地域分類 i における適合率の解析的中央値は定数 \tilde{p}_i (%)、再現率の解析的中央値 \tilde{r}_i (%) は、半飽和点 K_i に依存する JAXA データ緑被率 x_i (%) の関数としてモデル化した。

$$\tilde{r} = \frac{100x}{K_i + x}$$

補正緑被率の定義にこれらを当てはめると、傾き a_i 、切片 b_i からなる JAXA データ緑被率 x_i の一次式で補正緑被率として表すことができる。

$$\text{補正緑被率} = x_i \div \tilde{r}_i \times \tilde{p}_i = x_i \div \frac{100x_i}{K_i + x_i} \times \tilde{p}_i = \frac{\tilde{p}_i K_i + \tilde{p}_i x_i}{100} = a_i x_i + b_i$$

提供緑被データに基づいて推定された \tilde{p}_i および K_i に基づいてこの補正緑被率の予測モデルを求めるとともに、再現率および適合率の予測モデルに基づくシミュレーションによって補正緑被率の 90%予測区間を求めた。なお、適合率は JAXA データ緑被面積 A_i [ha] に依存してばらつく予測モデルとなっているため、 $A_i = 0.1$ と $A_i = 100$ の場合のシミュレーションを行った。

(2) 予測モデルの構築結果

JAXA データ緑被率に対する補正緑被率の関係と 90%予測区間を図 2.3-3 および図 2.3-4 に示す。補正緑被率は、傾きが約 0.85~0.92、切片が約 6~17 (%) の直線によって表された。JAXA データ緑被率が高くなるにつれて、補正緑被率は高くなり、JAXA データ緑被率を下回る範囲においては両者の差異が近づいていく関係にある。

補正緑被率の 90%予測区間は、JAXA データ緑被率が高くなるにつれて広がる傾向（傾向①）にあり、再現率の予測のばらつきが大きくなる特性が反映されている。ただし、JAXA データ緑被率が 0.5%を下回る範囲においては、JAXA データ緑被率が 0%に近づくにつれて 90%予測区間が著しく広がる傾向（傾向②）があった。これは、再現率が 0%に近づくことで、わずかな予測のばらつきによって 0 除算に近い状況になり補正緑被率が著しく高まるためである。また、JAXA データ緑被面積が小さくなると 90%予測区間広がる傾向（傾向③）にあり、適合率の予測のばらつきが大きくなる特性が反映されている。

(3) 考察

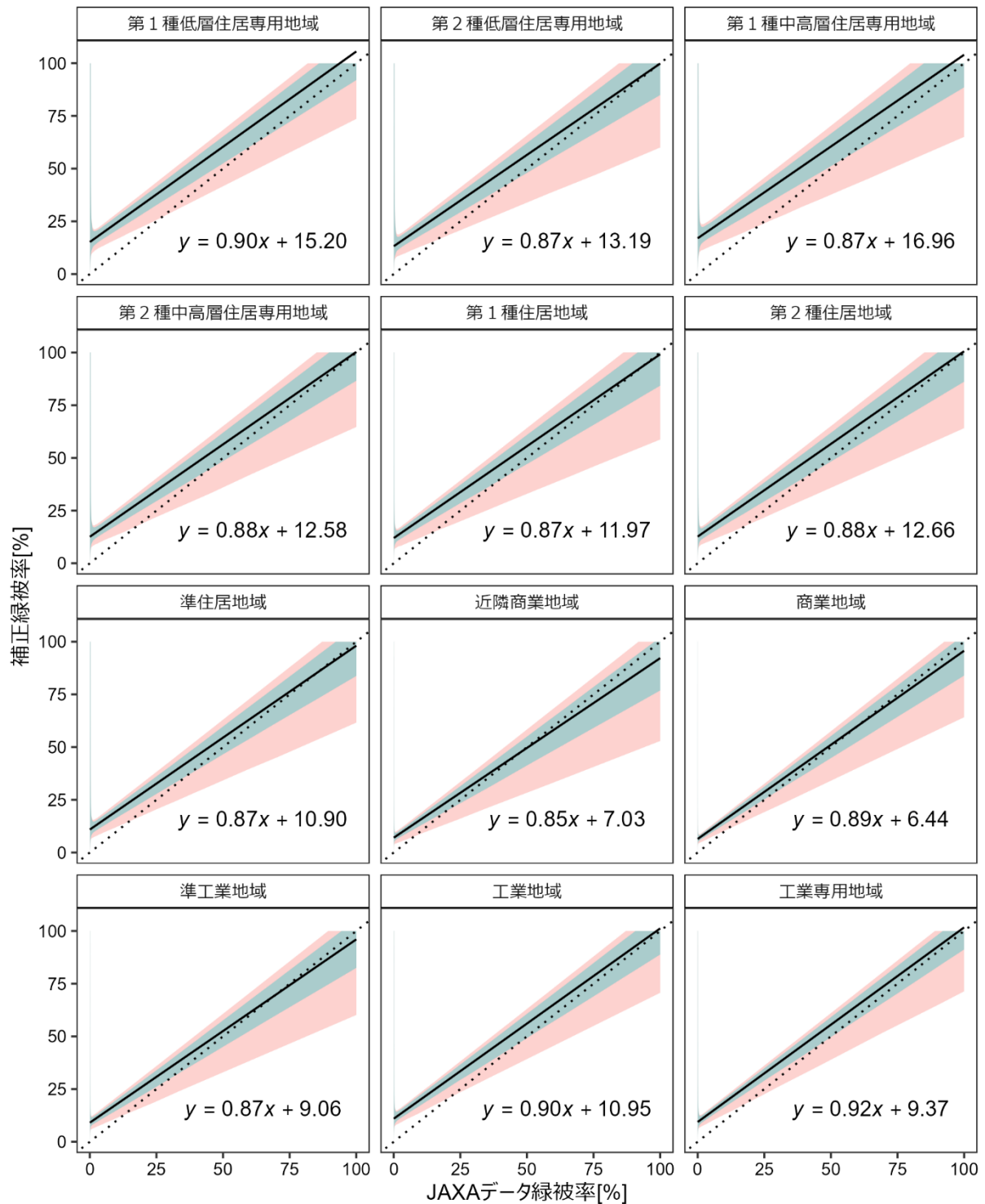
補正緑被率は、JAXA データ緑被率に対する一次式から 1 つの値として予測される値である。このような点推定は、実務上は単純で使いやすいという特長がある一方で、現実から大きく離れた結果を生じさせる状況が想定される場合には、予測の不確実性をあわせて示す必要があると考えられる。

傾向①による補正緑被率の予測の不確実性の増大は、実務上は大きな問題になりにくいと想定される。補正緑被率は JAXA データ緑被率が高くなるにつれて不確実性が高くなるものの、同時に JAXA データ緑被率に近づいていく関係にある。JAXA データ緑被率が高い場所では、JAXA 土地被覆データに反映されにくい小規模な緑被地の寄与は相対的に小さくなるため、JAXA データ緑被率に近い値が補正緑被率として採用される限りにおいては、現実から大きく離れた結果にはなりにくいと考えられる。なお、一部の用途地域分類では補正緑被率が JAXA データ緑被率を上回る場合（例えば、近隣商業地域では JAXA データ緑被率が 47.45%以上の場合）があるものの、それほどまでに JAXA データ緑被率が高くなる状況は現実的にはほとんど無いと考えられる。

その一方で、傾向②および傾向③による予測の不確実性の増大は、補正緑被率の結果のみを与える点推定に加えて、予測の不確実性を予測区間として明らかに示す実務上の必要性を生んでいる。JAXA 土地被覆データは小規模な緑被地を反映しにくい特性があるため、都心部や稠密な住宅地、工場地帯等では、JAXA データ緑被率や JAXA データ緑被面積が 0 に近い値をとる状況は容易に想定される。このような状況下では、JAXA 土地被覆データから得られる情報が極めて乏しく、予測の不確実性が高まっていることを示す必要がある。

表 2.3-8 用途地域分類ごとの補正緑被率の予測モデルの傾き a_i と切片 b_i の推定結果

用途地域分類	補正緑被率の 予測モデルの傾き a_i	補正緑被率の 予測モデルの切片 b_i
第 1 種低層住居専用地域	0.9039	15.1970
第 2 種低層住居専用地域	0.8667	13.1907
第 1 種中高層住居専用地域	0.8705	16.9627
第 2 種中高層住居専用地域	0.8768	12.5787
第 1 種住居地域	0.8719	11.9660
第 2 種住居地域	0.8791	12.6592
準住居地域	0.8723	10.8956
近隣商業地域	0.8518	7.0298
商業地域	0.8927	6.4382
準工業地域	0.8695	9.0618
工業地域	0.9026	10.9489
工業専用地域	0.9230	9.3722

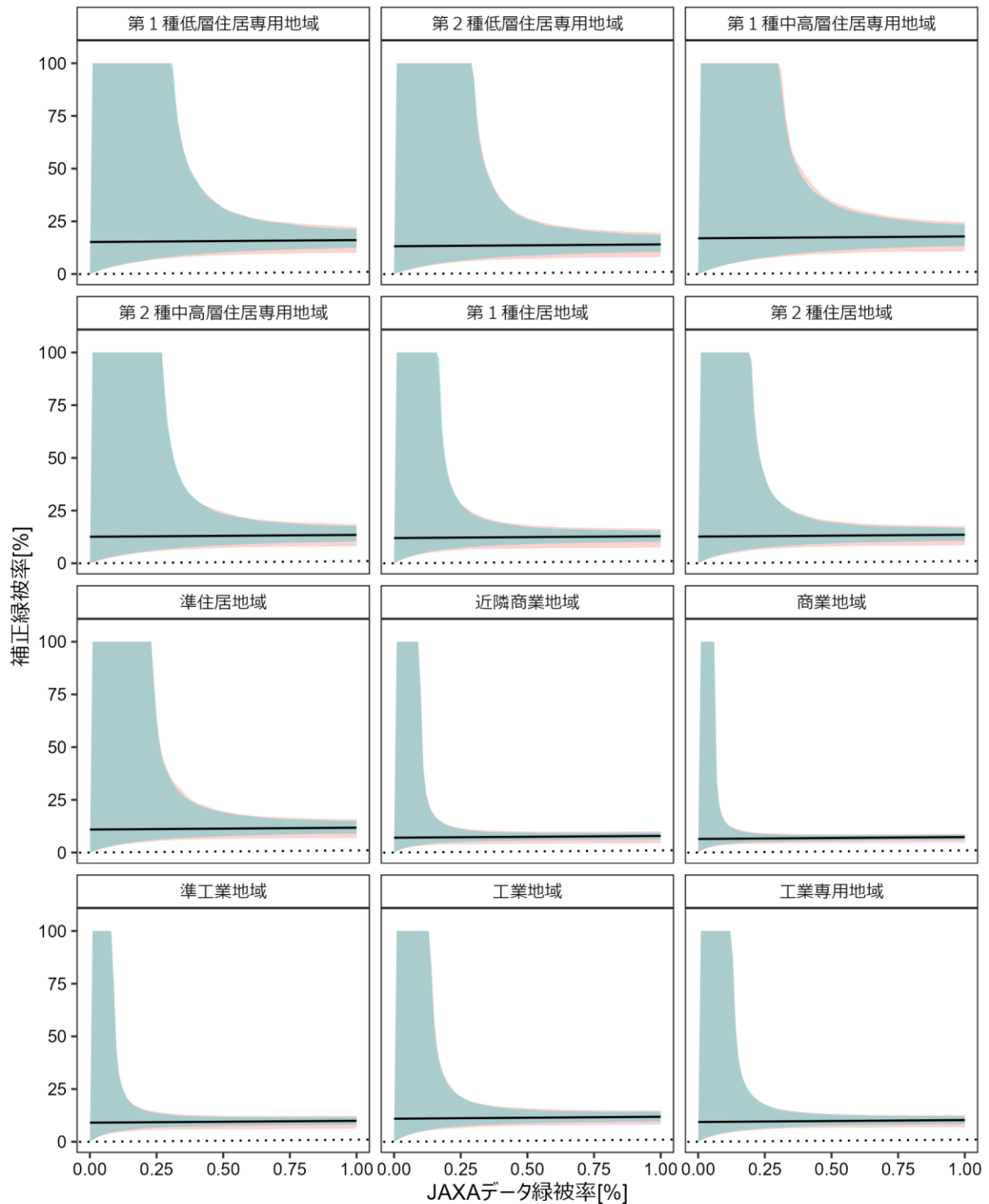


90%予測区間 JAXAデータ緑被面積 0.1ha JAXAデータ緑被面積 100ha

点線は、補正前後の緑被率が等しい場合を示す。

図 2.3-3 JAXA データ緑被率に対する補正緑被率の関係（黒線）と 90%予測区間³

³ 本編の 3.4 節では、JAXA データ緑被面積 10ha における 90%予測区間の図を標準的な事例として示した。



90%予測区間 JAXAデータ緑被面積 0.1ha JAXAデータ緑被面積 100ha

点線は、補正前後の緑被率が等しい場合を示す。

図 2.3-4 JAXA データ緑被率に対する補正緑被率の関係（黒線）と 90%予測区間（JAXA データ緑被率 0%~1%の範囲を拡大した図）

2.4 提供緑被データを用いた精度検証

2.4.1 方法

データ提供を受けた5地域の各行政区（東京都2市5区および大阪市24区、名古屋市16区、札幌市10区、仙台市5区）について、用途地域分類ごとに補正緑被率をJAXA土地被覆データに基づいてそれぞれ算定し、用途地域単位で提供データ緑被率と比較した。なお、算定対象範囲は用途地域全体とした。

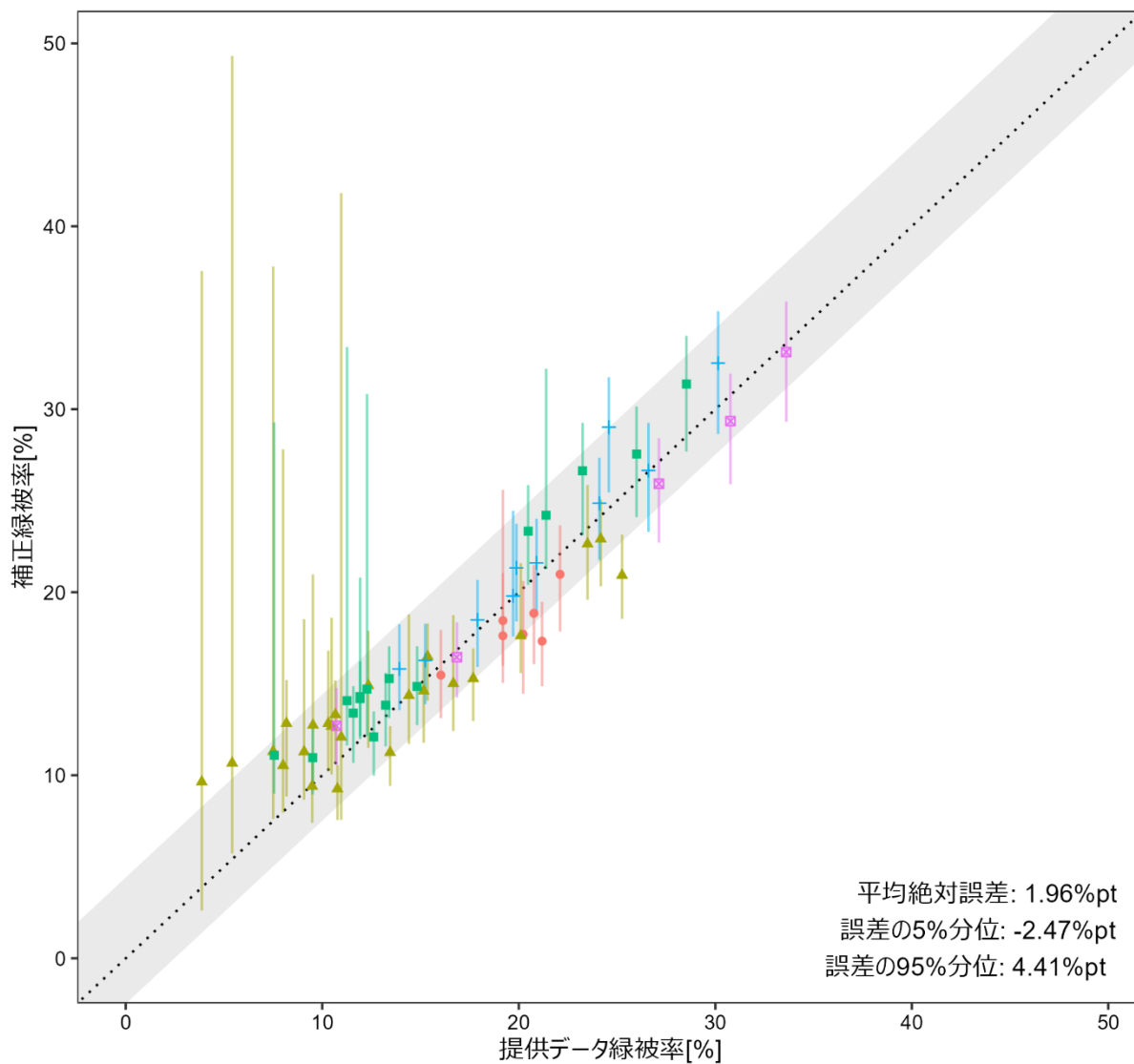
用途地域単位の補正緑被率は、まず用途地域分類別に補正緑被率を求め、さらに各用途地域分類の区域面積を乗じて補正緑被面積を求め、最後にその総和を用途地域面積で除して求めた。また、予測の不確実性を考慮したシミュレーションを1000回繰り返し、補正緑被率の90%予測区間も求めた。

提供データ緑被率に対する補正緑被率の精度指標として、平均絶対誤差（Mean Absolute Error; MAE）に加えて、誤差の5%分位および95%分位を用いた。平均絶対誤差は、各データにおいて絶対誤差（提供データ緑被率に対する補正緑被率の差の絶対値）を計算し、その平均をとったものである。誤差の5%分位および95%分位は、各データにおける誤差を負に大きいものから正に大きいものまで順に並べた時の上位5%および下位95%番目の値であり、両者の間に9割のデータが収まると言える。

なお、提供データ緑被率（%）と補正緑被率（%）の誤差の単位には、割合そのものではないため「%」という単位は用いず、パーセントで表された2つの値の差を示す単位である「%pt（パーセントポイント）」を用いる。

2.4.2 結果

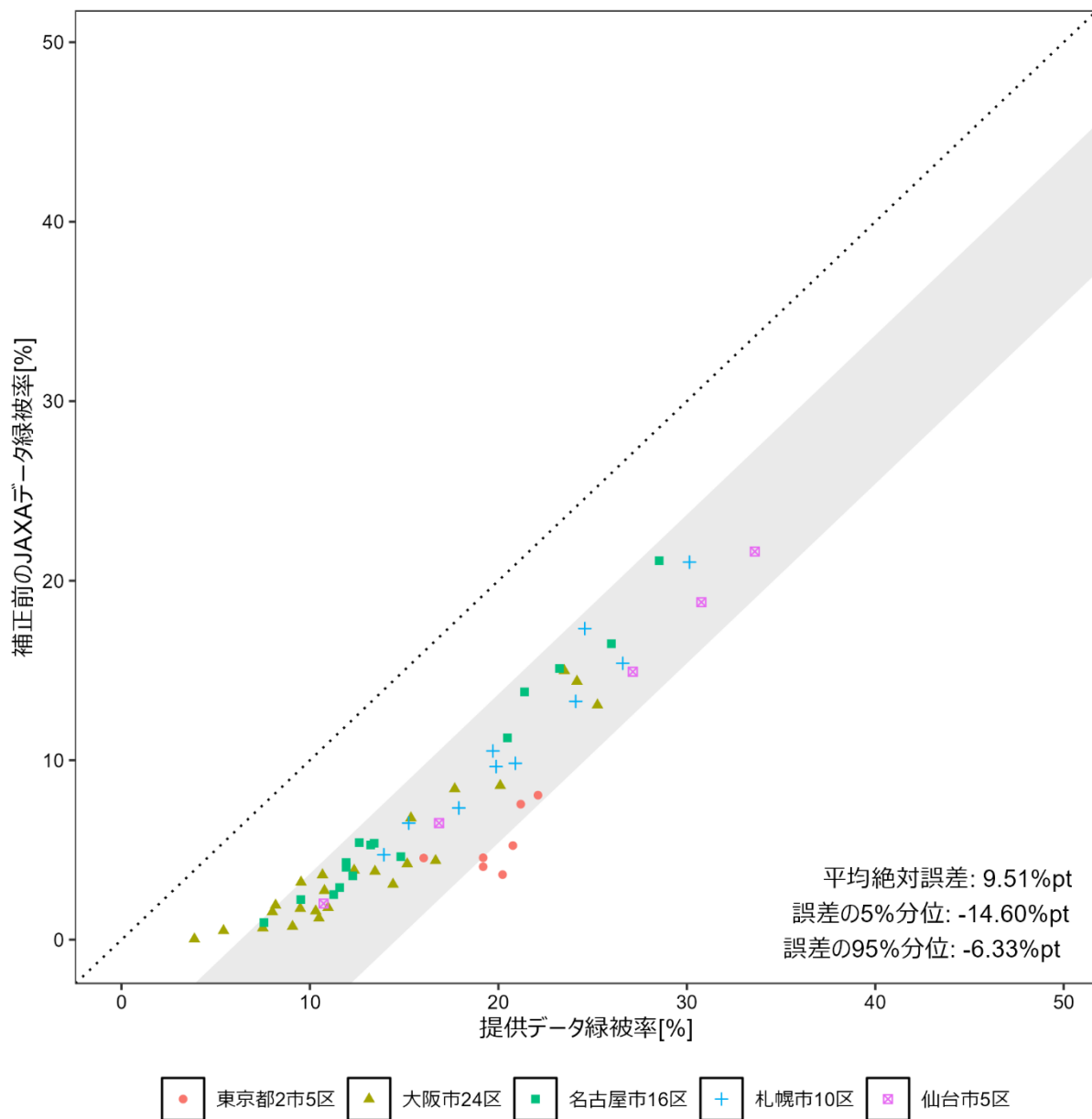
各行政区の用途地域における補正緑被率は、提供データ緑被率と比較して過大・過小のいずれかに偏ることはなく、概ね等しかった（図2.4-1）。提供データ緑被率に対する補正緑被率の平均絶対誤差は1.96%ptと算定され、補正前の9.51%ptから大きく改善された。9割のデータが含まれる誤差の範囲（誤差の5%分位～誤差の90%分位）は、-2.47%pt～4.41%ptと算定され、補正前の-14.60%pt～-6.33%ptから改善された。また、補正緑被率の90%予測区間は、ほとんどの場合で提供データ緑被率を含んでいた。



● 東京都2市5区
 ▲ 大阪市24区
 ■ 名古屋市16区
 + 札幌市10区
 ■ 仙台市5区

各点のエラーバーは、補正緑被率の90%予測区間を示す。点線は、提供データ緑被率と補正緑被率が等しい場合を示す。
 灰領域は、提供データ緑被率に対する誤差の5%分位~95%分位（9割のデータが含まれる範囲）を示す。

図 2.4-1 提供データ緑被率および補正緑被率の比較結果



灰領域は、提供データ緑被率に対する誤差の5%分位~95%分位（9割のデータが含まれる範囲）を示す。

図 2.4-2 提供データ緑被率および補正前の JAXA データ緑被率の比較結果

2.5 用途地域の指定のない区域に関する補足

データ提供を受けた5地域の各行政区のうち、用途地域の指定のない区域が100ha以上存在する行政区（東京都1区および大阪市6区、名古屋市6区）について、用途地域の指定のない区域の提供データ緑被率と補正前のJAXAデータ緑被率を比較した。

各行政区の用途地域の指定のない区域における補正前のJAXAデータ緑被率は、提供データ緑被率と比較して過大・過小のいずれかに偏ることはなく、概ね等しかった（図2.5-1）。提供データ緑被率に対する補正前のJAXAデータ緑被率の平均絶対誤差は4.44%ptと算定された。9割のデータが含まれる誤差の範囲（誤差の5%分位～誤差の95%分位）は、-7.88%pt～4.44%ptと算定された。

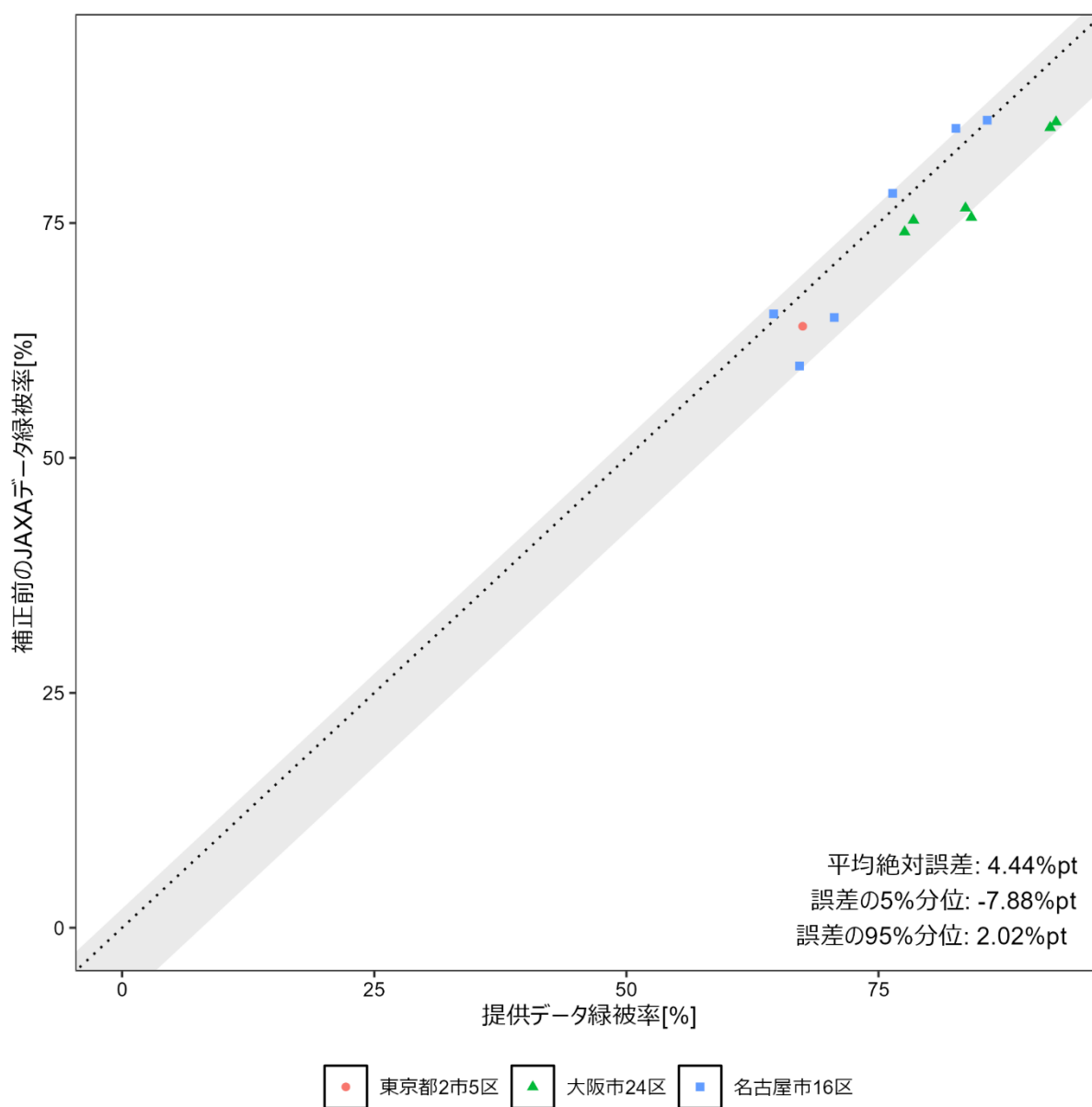


図 2.5-1 提供データ緑被率および補正前の JAXA データ緑被率の比較結果
(用途地域の指定のない区域)

2.6 補正方法のまとめ

以上のことから、提供緑被データに基づいて推定されたモデルを用いて、用途地域分類ごとに JAXA データ緑被率から補正緑被率を予測することを補正方法とする。なお、モデル構築に用いた 5 地域の各行政区間にはデータのばらつきに由来して予測の不確実性が存在するため、JAXA データ緑被率および JAXA データ緑被面積に応じた予測の不確実性を 90%予測区間（予測結果の 90%が収まる範囲）としてあわせて示す補正方法とする。

補正緑被率および 90%予測区間は、以下の①～⑤の手順で算定する。なお、QGIS によって用途地域分類ごとの区域面積および JAXA データ緑被面積を算定すれば（手順①）、手順②～⑤は Excel で作成された補正緑被率算定シートに入力することで簡便に算定できる。

- ① 算定対象範囲内の用途地域分類ごとに区域面積と JAXA データ緑被面積を算定する。
- ② 用途地域分類ごとの補正緑被率を表 2.6-1 に示す算定式によって求める。
ただし、算定結果が 100%を超える場合は 100%とする。
用途地域の指定のない区域を算定対象範囲内に含める場合は、JAXA データ緑被率をそのまま用いる。
- ③ 用途地域分類ごとの面積に補正緑被率を乗じ、補正緑被面積を求める。
- ④ 用途地域分類ごとの補正緑被面積の総和を算定対象範囲面積で除し、算定対象範囲の補正緑被率を求める。
- ⑤ 事前に作成した乱数表に基づいて予測の不確実性を考慮したシミュレーションを 1000 回繰り返し、補正緑被率の 90%予測区間を求める。

表 2.6-1 用途地域分類ごとの補正緑被率の算定式

用途地域分類	補正緑被率の算定式 (x: JAXA データ緑被率)
第 1 種低層住居専用地域	$0.9039x + 15.1970$
第 2 種低層住居専用地域	$0.8667x + 13.1907$
第 1 種中高層住居専用地域	$0.8705x + 16.9627$
第 2 種中高層住居専用地域	$0.8768x + 12.5787$
第 1 種住居地域	$0.8719x + 11.9660$
第 2 種住居地域	$0.8791x + 12.6592$
準住居地域	$0.8723x + 10.8956$
近隣商業地域	$0.8518x + 7.0298$
商業地域	$0.8927x + 6.4382$
準工業地域	$0.8695x + 9.0618$
工業地域	$0.9026x + 10.9489$
工業専用地域	$0.9230x + 9.3722$
(用途地域の指定のない区域)	$1.0000x + 0.0000$

3. 補正緑被率の検証

全国町丁目別緑被率データ⁴は、街路樹などの小規模な緑被地を抽出できるように調整して作成されている。このデータを用いて、補正緑被率の検証を行った。

3.1 検証方法

3.1.1 検証対象範囲の設定

都市部における補正の精度に注目して検証するため、都市計画決定 GIS データの用途地域データを用いて、用途地域に 95%以上の範囲が含まれている町丁目のみを抽出し、各市区町村における検証対象範囲とした⁵。さらに、検証対象範囲が 15ha に満たない市区町村は除外し、計 998 市区町村を対象とした⁶。

3.1.2 対照緑被率 (Kiyono et al., 2021) の算定

全国町丁目別緑被率データに基づく行政区域単位の緑被率 (以下、「対照緑被率」という。) は、各市区町村における検証対象範囲内の町丁目緑被率を町丁目面積で重みづけた平均値として求めた。なお、対照緑被率は植生被覆地のみを対象にしている点に留意が必要である。

3.1.3 補正緑被率の算定

各市区町村の検証対象範囲における補正緑被率の算定は、以下の①～⑤の手順で行った。

- ① 検証対象範囲内の用途地域分類ごとに JAXA データ緑被率を算定する。
- ② 用途地域分類ごとの補正緑被率を算定式によって求める⁷。
- ③ 用途地域分類別の JAXA データ緑被面積に占める水域以外の面積割合を補正緑被率に乘じ、対照緑被率と同様に水域を除外した補正緑被率 (水域を除く) を求める⁸。
- ④ 用途地域分類ごとの面積に補正緑被率 (水域を除く) を乘じ、補正緑被面積 (水域を除く) を求める。
- ⑤ 用途地域分類ごとの補正緑被面積 (水域を除く) の総和を検証対象範囲面積で除し、検証対象範囲の補正緑被率を求める。

3.1.4 精度指標の算定

対照緑被率に対する補正緑被率 (水域を除く) の精度指標として、平均絶対誤差 (Mean Absolute Error; MAE) に加えて、誤差の 5%分位および 95%分位を用いた。平均絶対誤差は、各データにおいて絶対誤差 (対照緑被率に対する補正緑被率 (水域を除く) の差の絶対値) を計算し、その平均をとったものである。誤差の 5%分位および 95%分位は、各データにおける誤差を負に大きいものから正に大きいものまで順に並べた時の上位 5%および下位 95%番目の値であり、両者の間に 9 割のデータが収まると言える。

⁴ 清野友規, 藤原邦彦, & 鶴見隆太. (2022). Google Earth Engine を用いた町丁目別緑被率オープンデータ (全国版) の作成と評価. 日本建築学会技術報告集, 28(68), 521-526.

⁵ 町丁目境界と用途地域境界は必ずしも一致しないことに加え、ポリゴンの相違によって一致しない場合も多く、閾値を 100%とすると該当する町丁目数が過小になるため、閾値を 95%とした。したがって、検証対象範囲には用途地域の指定のない区域も存在する。

⁶ 都市計画決定 GIS データにおいて用途地域の最小面積が約 16ha であったため、閾値を 15ha とした。

⁷ ただし、算定結果が 100%を超える場合は 100%とする。検証対象範囲内に存在する用途地域の指定のない区域は、JAXA データ緑被率をそのまま用いる。

⁸ 例えば、JAXA データ緑被面積に占める水域の割合が 10%であれば、補正緑被率を 0.9 倍 (=1.0-0.1) して、補正緑被率 (水域を除く) を求める。

3.2 検証結果

各市区町村の検証対象範囲において、補正前の JAXA データ緑被率（水域を除く）は対照緑被率より過小に算定される傾向があった一方、補正緑被率（水域を除く）は対照緑被率と概ね等しく算定された（表 3.3-1、図 3.3-1、図 3.3-2）。実際に、平均絶対誤差は、補正前の 11.33%pt から補正後には 2.60%pt と大きく改善していた。

対照緑被率に対する補正緑被率（水域を除く）の絶対誤差は、検証対象範囲面積と有意な負の相関があり（図 3.3-3; Spearman 順位相関係数 $r = -0.36, p < 0.001$ ）、検証対象範囲の面積が大きくなると補正緑被率（水域を除く）は対照緑被率に近い値をとると言える。実際に、検証対象範囲 100ha 未満の市区町村では平均絶対誤差が 4.20%pt、250ha 以上 500ha 未満では 2.38%pt、1,000ha 以上では 1.74%pt と小さくなっていた（表 3.3-1、図 3.3-2）。

全市区町村の 9 割が含まれる誤差の範囲（誤差の 5%分位～95%分位）は、-6.30%pt～4.59%pt であった（表 3.3-1）。

3.3 考察

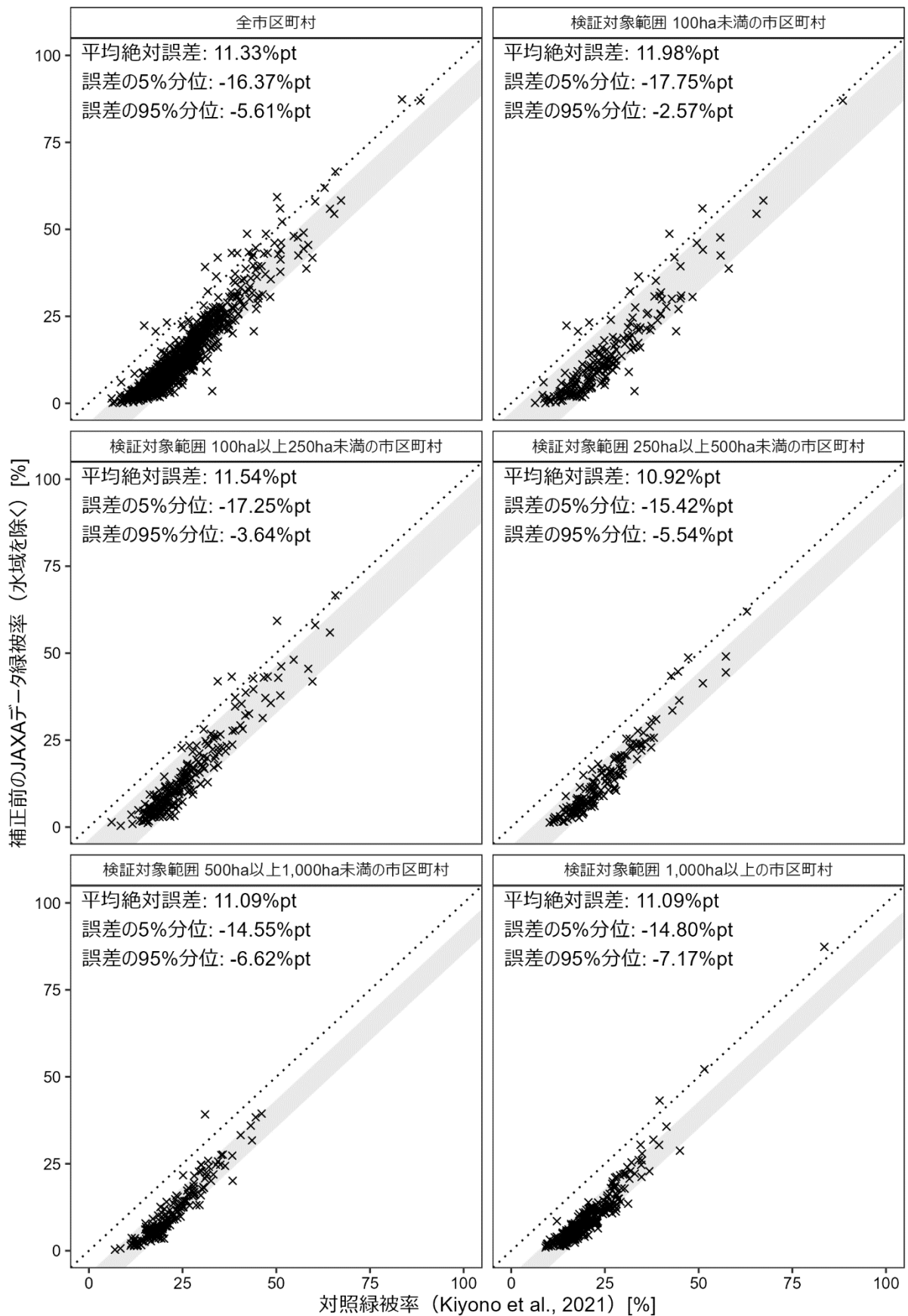
補正緑被率（水域を除く）は、対照緑被率と比較して±2.60%pt の平均的な誤差があり、-6.30%pt～4.59%pt の誤差の範囲に 9 割の市区町村が含まれると言える。ただし、検証対象範囲の面積が大きくなると誤差が小さくなる傾向があり、検証対象範囲 500ha 以上の市区町村では、±1.8%pt 程度の平均的な誤差があり、±3.5%pt 程度の誤差の範囲に 9 割の市区町村が含まれると言える。検証対象範囲面積が小さい場合は、サンプルサイズが小さくなることで JAXA 土地被覆データから得られる情報が乏しくなり、誤差が大きくなりやすいと考えられる。

緑被率が特に過大に算定された市区町村として、対照緑被率に対する補正緑被率（水域を除く）の誤差が 10%pt 以上の 12 市区町村が挙げられる（図 3.3-4）。このうち 11 市区町村は、対照緑被率に対して補正前の JAXA データ緑被率（水域を除く）が既に過大であり、誤差が 2%pt を超えていた。この要因の一つとして、対照緑被率データは着葉期（5 月～7 月）の衛星画像から作成されているため、特に農地が緑被地として反映されにくく、JAXA データ緑被率（水域を除く）が相対的に過大に算定されたことが考えられる。

緑被率が特に過小に算定された市区町村として、対照緑被率に対する補正緑被率（水域を除く）の誤差が-10%pt を下回った 6 市区町村が挙げられる（図 3.3-4）。これらは検証対象範囲面積が小さいため、誤差が大きくなったと考えられる。

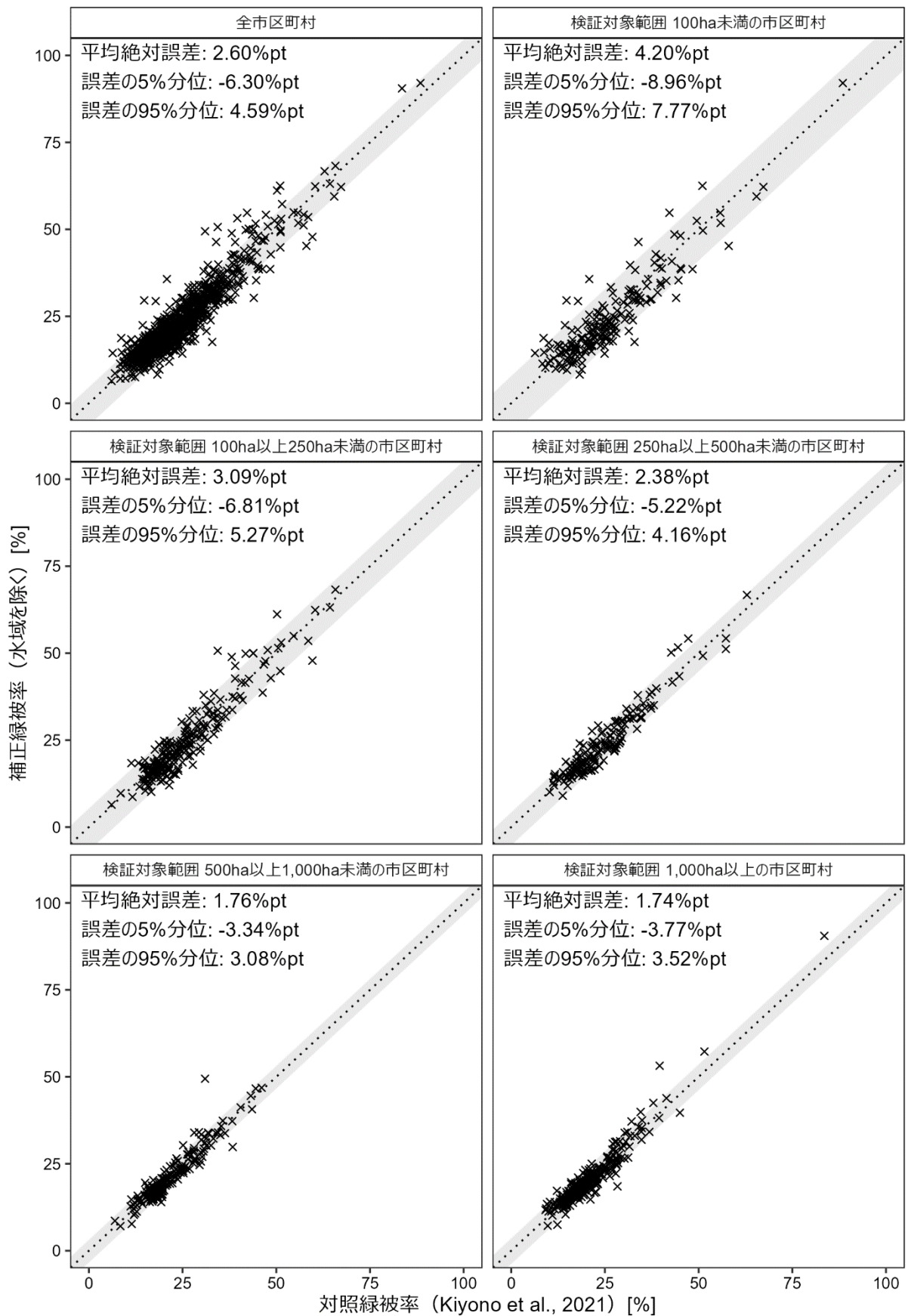
表 3.3-1 対照緑被率に対する補正前後の緑被率（水域を除く）の精度検証結果

検証対象範囲の 面積区分	箇所 数	補正前			補正後		
		平均絶対 誤差	誤差の 5%分位	誤差の 95%分位	平均絶 対誤差	誤差の 5%分位	誤差の 95%分位
全市区町村	998	11.33%pt	-16.37%pt	-5.61%pt	2.60%pt	-6.30%pt	4.59%pt
100ha 未満	188	11.98%pt	-17.75%pt	-2.57%pt	4.20%pt	-8.96%pt	7.77%pt
100ha 以上 250ha 未満	216	11.54%pt	-17.25%pt	-3.64%pt	3.09%pt	-6.81%pt	5.27%pt
250ha 以上 500ha 未満	152	10.92%pt	-15.42%pt	-5.54%pt	2.38%pt	-5.22%pt	4.16%pt
500ha 以上 1,000ha 未満	173	11.09%pt	-14.55%pt	-6.62%pt	1.76%pt	-3.34%pt	3.08%pt
1,000ha 以上	269	11.09%pt	-14.80%pt	-7.17%pt	1.74%pt	-3.77%pt	3.52%pt



点線は、補正前のJAXAデータ緑被率（水域を除く）が対照緑被率と等しい場合を示す。
 灰領域は、対照緑被率に対する誤差の5%分位~95%分位（9割のデータが含まれる範囲）を示す。

図 3.3-1 各市区町村の補正前の JAXA データ緑被率（水域を除く）と対照緑被率の比較



点線は、補正緑被率（水域を除く）が対照緑被率と等しい場合を示す。
 灰領域は、対照緑被率に対する誤差の5%分位~95%分位（9割のデータが含まれる範囲）を示す。

図 3.3-2 各市区町村の補正緑被率（水域を除く）と対照緑被率の比較

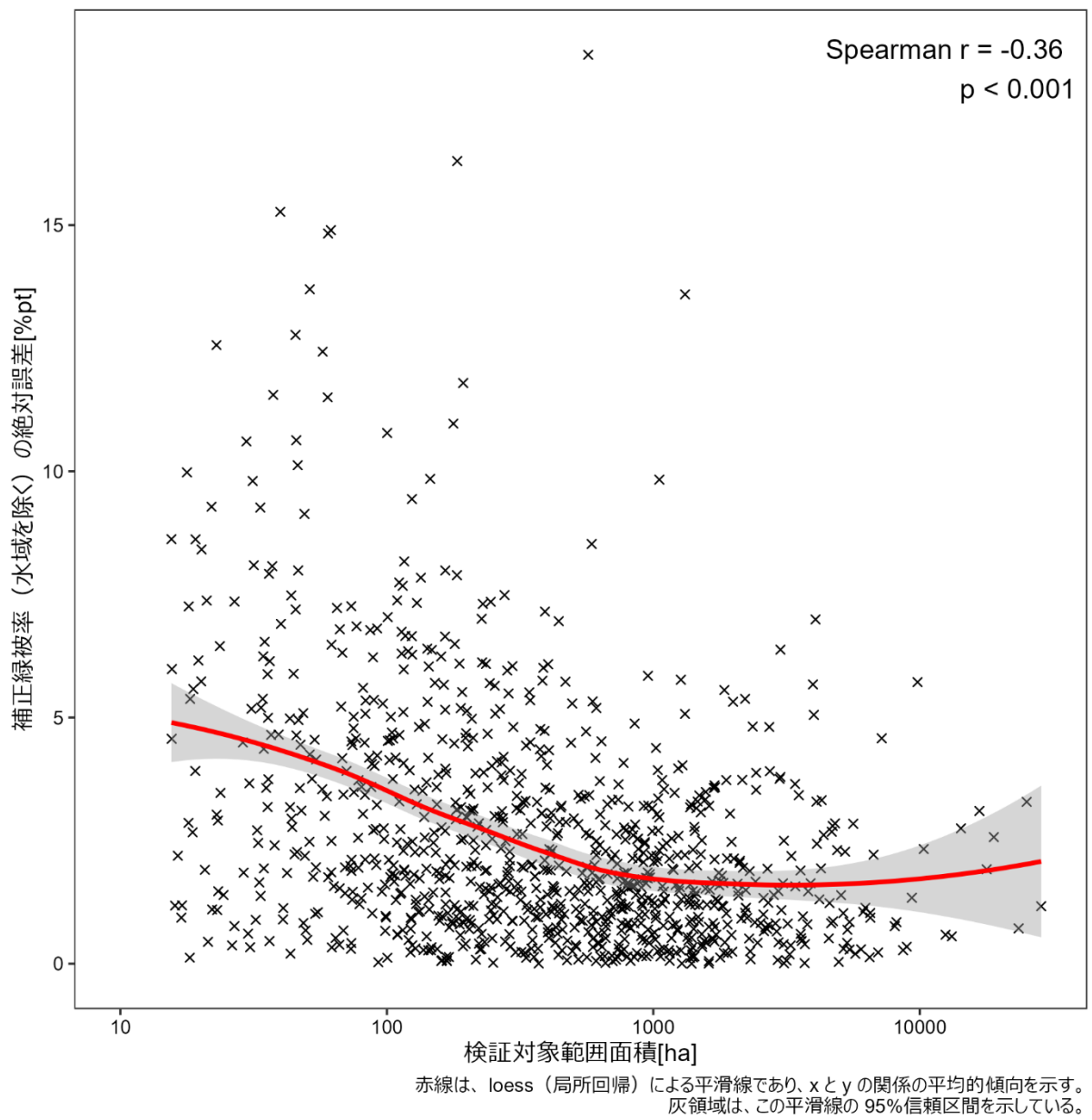


図 3.3-3 各市区町村の補正緑被率（水域を除く）と対照緑被率の誤差

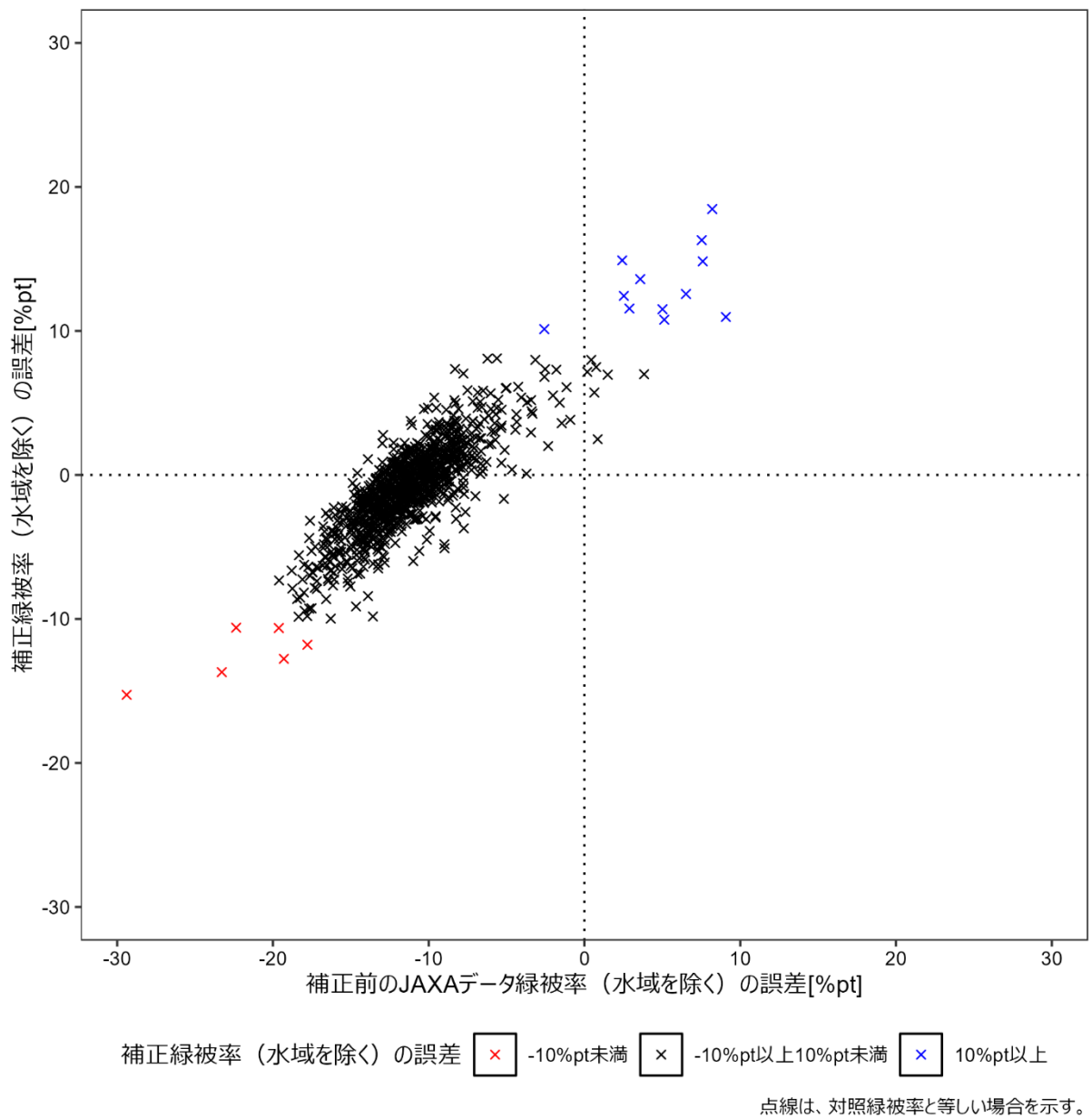


図 3.3-4 各市区町村の対照緑被率に対する補正前後の誤差の関係