



地球観測データを用いた SDG11.3.1 (LCRPGR) の試算・検証について (最終報告)

2022年3月18日

落合 治¹、佐藤 彰洋²、濱本 昂¹

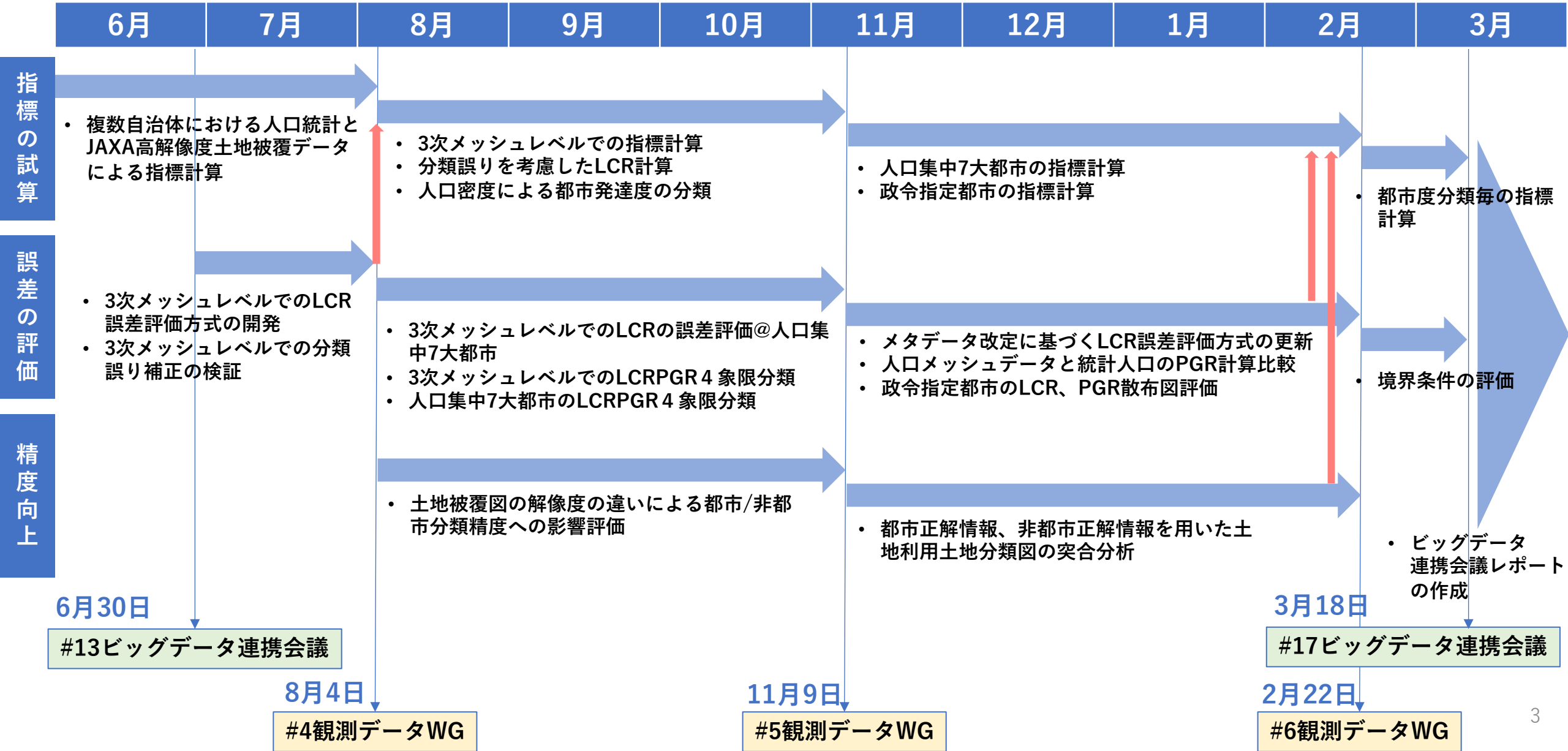
*1 宇宙航空研究開発機構 衛星利用運用センター

*2 横浜市立大学大学院データサイエンス研究科

資料 3

1. 試算・検証のプロセス
2. SDG11.3.1指標の概要
3. 使用データセット
4. 誤差評価方式の開発
5. 都市・非都市正解データと土地被覆図の突合
6. 3次メッシュでの指標試算
7. 政令指定都市での指標試算
8. 都市度分類での指標試算
9. LCRPGR散布図
10. 境界条件の評価
11. まとめ

試算・検証のプロセス



SDGターゲット11.3：

「2030年までに、包摂的かつ持続可能な都市化を促進し、すべての国々の参加型、包摂的かつ持続可能な人間居住計画・管理の能力を強化する。」

SDGグローバル指標11.3.1：「人口増加率と土地利用率の比率」

指標計算式

$$PGR = \frac{\ln\left(\frac{Pop_{t+n}}{Pop_t}\right)}{y}$$

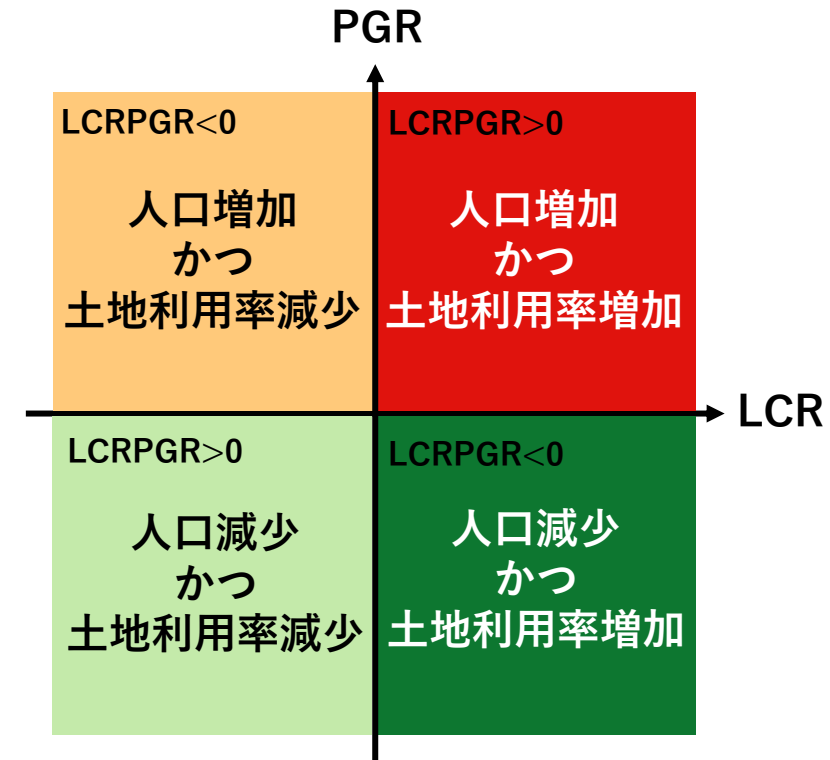
$$LCR = \frac{Urb_{t+n} - Urb_t}{Urb_t \cdot y}$$

$$LCRPGR = \frac{LCR}{PGR}$$

PGR: 人口増加率
LCR: 土地利用率
LCRPGR: 人口増加率と土地利用率の比率
Pop_t: 初年度もしくは過去の都市の総人口
Pop_{t+n}: 現在もしくは最終年の都市の総人口
Urb_t: 初年度もしくは過去の都市集積の総面積(km²)
Urb_{t+n}: 現在もしくは最終年の都市集積の総面積(km²)
y: 測定期間の年数

*2021年3月更新版のメタデータを参照

*2016年7月更新版のメタデータにおけるLCRの計算式： $LCR = \frac{\ln\left(\frac{Urb_{t+n}}{Urb_t}\right)}{y}$



- LCR、PGRの値の正負から4つの象限が存在する
- 人口増加率と土地利用率の比率（LCRPGR）からは、第1・第2象限、第3、第4象限が区別できない
- 日本国内において、メタデータ改訂前後のどちらの手法が適しているかの確認も必要

3次メッシュを用いてLCRの計算式を構築

- 3次メッシュコード w で指示される区画内の、年 t における都市と分類される面積を $m_t(w)$ とする。
- 定義から3次メッシュ w における土地利用比率は

$m_{t+n}(w)$: $t+n$ 年の都市面積
 $m_t(w)$: t 年の都市面積
 y : $t+n$ 年と t 年の間の年数

$$LCR(w) = \frac{\ln(m_{t+n}(w)) - \ln(m_t(w))}{y} \quad \text{(メタデータ改定前)}$$

$$LCR(w) = \frac{m_{t+n}(w) - m_t(w)}{m_t} \times \frac{1}{y} \quad \text{(メタデータ改定後)}$$

となる。

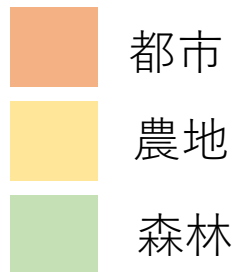
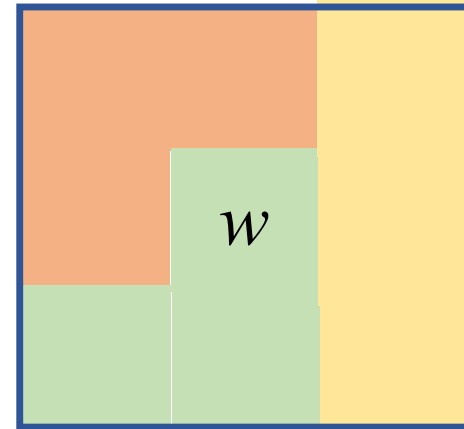
- メッシュ w の面積を A_w 、年 t におけるメッシュ w 内の都市比率 $p_t(w)$ とすると次式が成り立つ。

$$m_t(w) = A_w p_t(w), m_{t+n}(w) = A_w p_{t+n}(w)$$

- よって、以下の通り都市被覆比率を用いてLCRを計算することが可能である。
 (年度間で都市被覆図の解像度が異なっても計算可能)

$$LCR(w) = \frac{\ln(p_{t+n}(w)) - \ln(p_t(w))}{y} \quad \text{(メタデータ改定前)}$$

$$LCR(w) = \frac{p_{t+n}(w) - p_t(w)}{p_t(w)} \times \frac{1}{y} \quad \text{(メタデータ改定後)}$$



e-Stat

<https://www.e-stat.go.jp>

(APIを利用 <https://www.e-stat.go.jp/api/>)

政府統計コード：00200511

- 2010年：

- 男女別人口総数及び世帯総数

<https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=1&type=1&toukeiCode=00200521&toukeiYear=2010&aggregateUnit=S&surveyId=S002005112010&statsId=T000608>

- 2015：

- その1 人口等基本集計に関する事項

<https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=1&type=1&toukeiCode=00200521&toukeiYear=2015&aggregateUnit=S&surveyId=S002005112015&statsId=T000846>

国、都道府県又は政令指定都市が刊行する「統計年鑑(統計書、県勢要覧、統計年報)」(総務省統計局)

<https://www.stat.go.jp/library/faq/faq-r02.html>

使用データセット：行政区境界



国土数値情報 / 行政区域データ / 令和3年

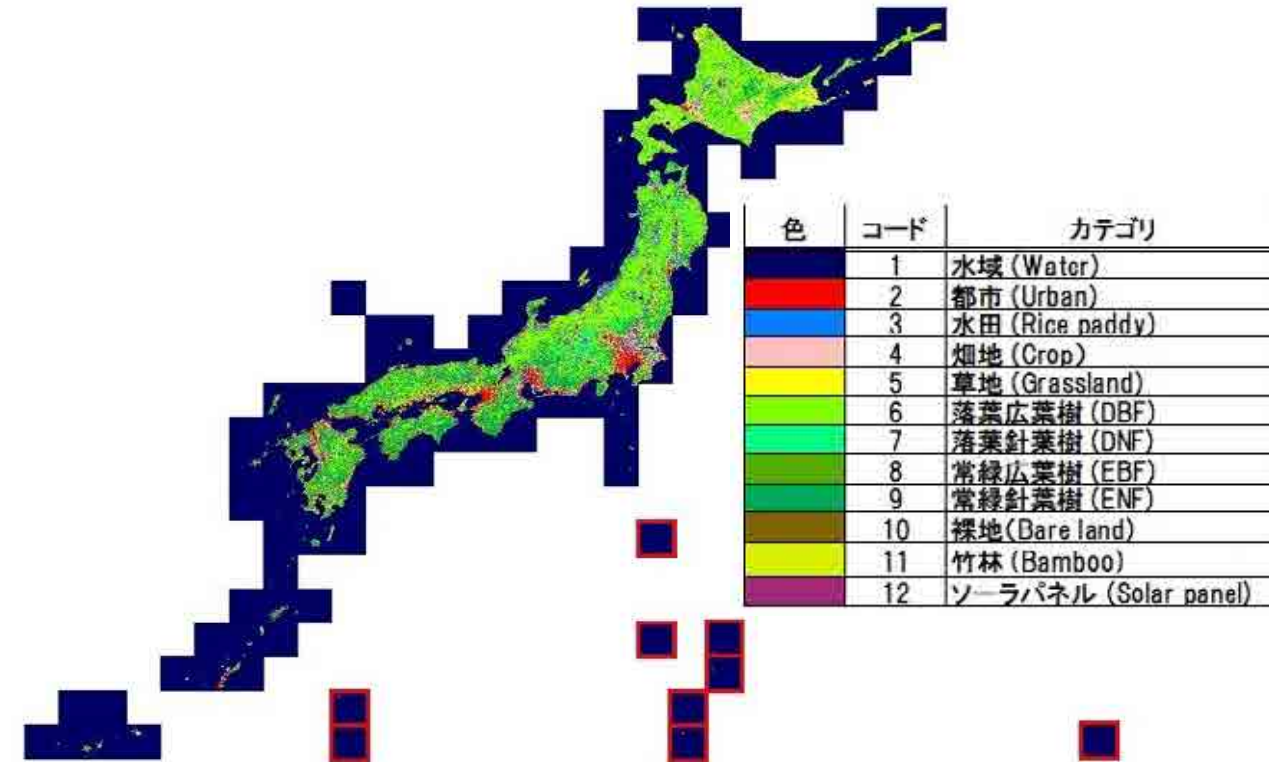
https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N03-v3_0.html#prefecture00

地物名	説明	
行政区境界	行政界及び海岸線で囲まれる行政区。	
属性名 (かっこ内はshp属性名)	説明	属性の型
範囲	行政区として定義された領域。	曲面型 (GM_Surface)
都道府県名 (N03_001)	当該区域を含む都道府県名称	文字列型 (CharacterString)
支庁・振興局名 (N03_002)	当該都道府県が「北海道」の場合、該当する支庁・振興局の名称	文字列型 (CharacterString)
郡・政令都市名 (N03_003)	当該行政区の郡又は政令市の名称	文字列型 (CharacterString)
市区町村名 (N03_004)	当該行政区の市区町村の名称	文字列型 (CharacterString)
行政区コード (N03_007)	都道府県コードと市区町村コードからなる、行政区を特定するためのコード	コードリスト「行政区コード」

使用データセット：土地被覆図

ALOS高解像度土地利用土地被覆図（HRLULCマップ）：

- JAXA地球観測研究センター（EORC）が陸域観測技術衛星「だいち号」（ALOS）、陸域観測技術衛星2号「だいち2号」（ALOS-2）を始め、複数の衛星データを用いて作成した高解像度の土地被覆図。
- 生態系評価（動植物の分布・生息域、各種生態系サービス）、資源管理（農林水産業、景観等）、災害対策（洪水・土砂災害等）といったアプリケーションの基盤情報としての利用を目的としている。



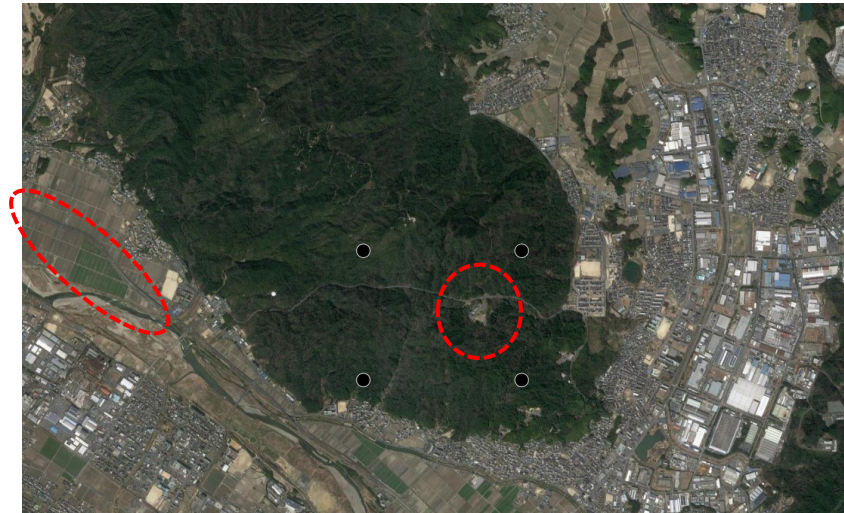
日本全域の高解像度土地利用土地被覆図（Ver21.03, 2018-2020年）

対象域	対象期間	分解能	分類数	分類精度	使用衛星データ
日本域	2006 - 2011年	10m (0.3"/ pixel)	10	78.0% (v16.09)	ALOS/AVNIR- 2/PRISM/PALSAR, Suomi NPP
	2014 - 2016年	30m (0.9"/ pixel)	10	81.6% (v18.03)	Landsat-8/OLI, ALOS-2/PALSAR-2, Suomi NPP
	2018 - 2020年	10m (0.32"/ pixel)	12	84.8% (v21.03)	Sentinel-2, ALOS- 2/PALSAR-2, Landsat- 8/OLI, AW3D, Suomi NPP

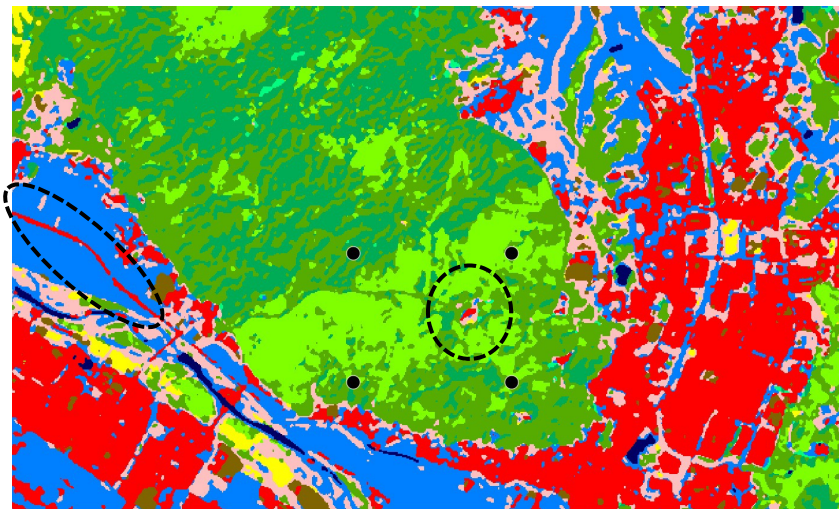
解像度の異なる土地被覆図による都市被覆分類

- 画像中の4点は3次メッシュコード「2052364018」の4隅を示す。
{'lat0': 35.01666667, 'long0': 136.1, 'lat1': 35.00833333, 'long1': 136.1125}
- Ver16.09で捉えられていた山間部や農地（水田）に細かく分布する都市被覆が（温泉施設や農道?）がVer18.03では捉えられていない。
- 山間部や都市周辺部におけるメッシュでは、低解像度による都市被覆の非検知が発生することで、LCRが負の値を示す可能性が考えられる。

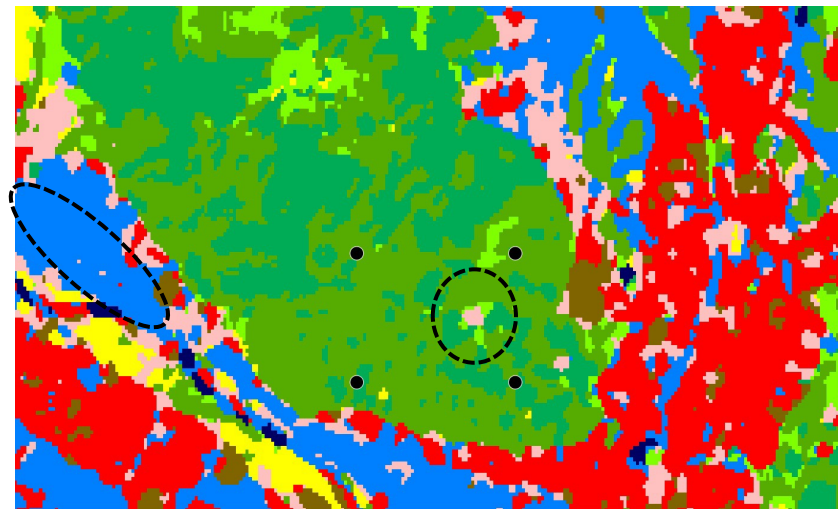
>統計的誤差に加え、**各年度の土地被覆図の都市/非都市の分類精度を考慮したLCRの誤差評価が必要。**



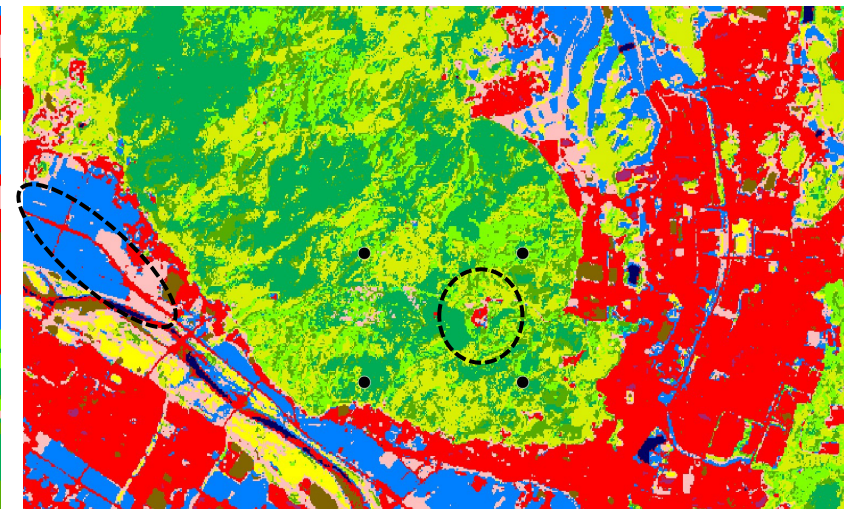
Google Map画像（2021年7月30日にキャプチャ）



Ver16.09, 2006-2011年, 10m分解能



Ver18.03, 2014-2016年, 30m分解能



Ver21.09, 2018-2020年, 10m分解能

LCRの計算において、95%信頼区間を導入することによりLCRの区間推定値を計算する。

メッシュ w 内総ピクセルを N_t 、都市識別ピクセルを数 n_t 、標本都市比率を $\tilde{p}_t = n_t/N_t$ とすると、十分大きな N_t に対して二項分布 $B(p_t, N_t)$ を正規分布 $N(Np_t, Np_t(1-p_t))$ で近似することにより、都市母比率 p_t の95%信頼区間は以下で与えられる。

$$\tilde{p}_t - 1.96 \sqrt{\frac{\tilde{p}_t(1-\tilde{p}_t)}{N_t}} \leq p_t \leq \tilde{p}_t + 1.96 \sqrt{\frac{\tilde{p}_t(1-\tilde{p}_t)}{N_t}}$$

都市母比率の95%信頼区間

誤差伝搬の公式

都市母比率を考慮したLCRの95%信頼区間

都市分類誤りの混合行列
(コンフュージョンマトリクス)

都市/非都市分類の条件付き確率
の95%信頼区間

都市母比率への分類誤り影響式
誤差伝搬の公式

都市分類誤りを考慮したLCRの95%信頼区間

誤差伝搬の公式

都市母比率の統計誤差と都市分類誤りを考慮したLCRの95%信頼区間

土地被覆分類コンフュージョンマトリクス



Ver16.09 2006-2011年、10m分解能土地被覆図データ（都市）のコンフュージョンマトリクス

		Validation											User's accuracy (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	
Classified	1	193	1	1	0	0	0	0	0	0	2	197	98.0
	2	2	222	2	1	0	0	0	0	0	2	229	96.9
	3	1	2	260	18	6	2	0	1	0	1	291	89.3
	4	1	2	28	76	41	4	1	9	1	5	168	45.2
	5	0	0	10	14	42	4	2	8	0	1	81	51.9
	6	0	1	2	8	5	74	13	15	13	0	131	56.5
	7	0	0	0	0	1	1	11	0	1	0	14	78.6
	8	0	0	0	0	1	5	1	32	16	0	55	58.2
	9	1	0	0	1	0	11	4	30	167	0	214	78.0
	10	0	2	1	1	3	0	0	0	0	22	29	75.9
Total		198	230	304	119	99	101	32	95	198	33	1409	
Producer's accuracy (%)		97.5	96.5	85.5	63.9	42.4	73.3	34.4	33.7	84.3	66.7		78.0

都市
非都市

分類 classified	実際 (validation)			User's accuracy (%)
	都市	非都市	合計	
都市	222	7	229	96.94323
非都市	8	1172	1180	99.32203
合計	230	1179	1409	
Producer's accuracy (%)	96.52174	99.40628		98.93542

分類 classified	実際(validation)				
		都市 (95%信頼 区間下限)	都市 (95%信頼 区間上限)	非都市 (95%信 頼区間下限)	非都市 (95%信 頼区間上限)
	都市(X=1)		0.94154	0.98890	0.00155
非都市(X=0)		0.01110	0.05846	0.98968	0.99845

	点推定値	95%信頼区画幅
R(1 0)	0.00594	0.00439
R(1 1)	0.96522	0.02368

**都市/非都市の条件付き確率
とその95%信頼区間**

土地被覆分類コンフュージョンマトリクス



Ver18.03 2014-2016年、30m分解能土地被覆図データ（都市）のコンフュージョンマトリクス

		Validation											User's accuracy (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	
Classified	1	276	1	1	0	0	0	0	1	3	0	282	97.9
	2	3	247	2	7	1	0	0	0	0	35	295	83.7
	3	0	5	284	5	1	1	1	0	0	1	298	95.3
	4	1	3	31	218	26	4	3	1	1	6	294	74.1
	5	0	2	6	14	240	14	0	8	0	5	289	83.0
	6	0	0	0	0	9	236	29	13	11	0	298	79.2
	7	0	0	0	1	4	24	252	4	14	0	299	84.3
	8	0	1	0	1	2	15	7	207	49	0	282	73.4
	9	0	0	0	0	1	6	4	24	264	0	299	88.3
	10	15	43	6	14	23	8	3	6	7	161	286	56.3
Total		295	302	330	260	307	308	299	264	349	208	2922	
Producer's accuracy (%)		93.6	81.8	86.1	83.8	78.2	76.6	84.3	78.4	75.6	77.4		81.6

都市
非都市

分類 classified	実際 (validation)			User's accuracy (%)
	都市	非都市	合計	
都市	247	48	295	83.72881
非都市	55	2572	2627	97.90636
合計	302	2620	2922	
Producer's accuracy (%)	81.78808	98.16794		96.47502

分類 classified	実際(validation)				
		都市 (95%信頼 区間下限)	都市 (95%信頼 区間上限)	非都市 (95%信頼 区間下限)	非都市 (95%信頼 区間上限)
	都市(X=1)		0.77435	0.86141	0.01319
非都市(X=0)		0.13859	0.22565	0.97654	0.98681

	点推定値	95%信頼区間幅
R(1 0)	0.01832	0.00514
R(1 1)	0.81788	0.04353

**都市/非都市の条件付き確率
とその95%信頼区間**

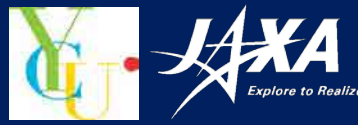
突合作業の目的：

混合行列を計算するための標本サイズを大きくすることにより混合行列から計算される標本比率による条件付き確率の信頼区間幅を小さくすることにより、**LCR補正值**の信頼区間幅を小さくすることで**LCR補正值**の信頼度を高める。

使用データ及び突合結果：

- **（都市正解データ）** 三井住友海上提供の火災保険業務データ由来の郵便番号別の建物年代、面積データ統計データ
 - 98.28%の2010年代建物がLCR（補正）値が正の3次メッシュ内で確認される
- **（都市正解データ）** 国土交通省地価公示2010年、2015年（宅地、事務所）—国土交通省国土政策局国土情報課提供国土数値情報PointShapeデータ（住所、緯度経度を抽出）
https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L01-v2_3.html
 - 都市/非都市条件付き確率の信頼区間幅を狭めることを確認
- **（非都市正解データ）** 国土交通省都市局景観課提供公園住所録（国土地理院ジオコーディングAPIを用いて緯度経度を抽出）
 - 公園の被覆に駐車場等の人工物（都市被覆）も含まれること、緯度経度情報のずれが生じることを確認

都市・非都市正解データと土地被覆図の突合



- 国土交通省公示価格の情報を建物（都市被覆）の検証データとして、土地被覆図と突合し、コンフュージョンマトリクスを更新した結果、都市/非都市条件付き確率（ $R(1|1)$ ）の95%信頼区間幅を狭まることが確認された。

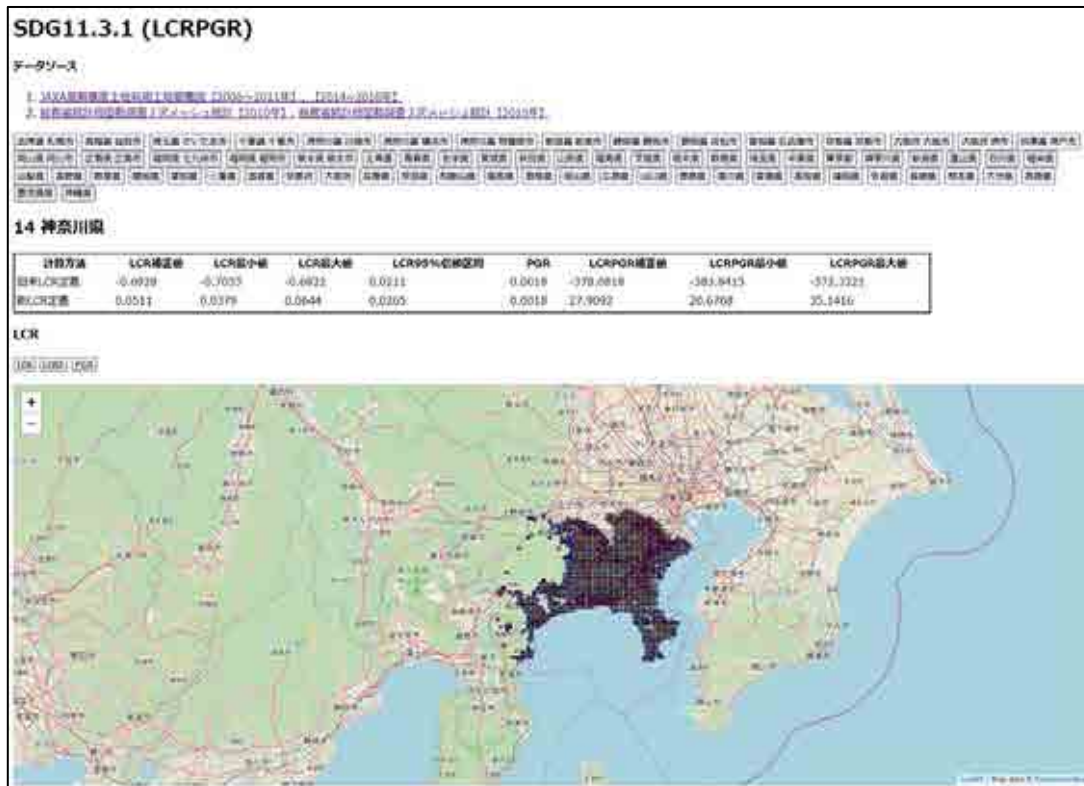
被覆分類	突合結果	
	2010年	2015年
1	107	48
2	24770	20192
3	1267	885
4	1223	1599
5	20	61
6	157	111
7	30	60
8	72	21
9	53	12
10	110	374
合計	27809	23363

	(更新前) 2010年 95%信頼区画幅	(更新後) 2010年 95%信頼区画幅	(更新前) 2015年 95%信頼区画幅	(更新後) 2015年 95%信頼区画幅
$R(1 0)$	0.00439	0.00439	0.00514	0.00514
$R(1 1)$	0.02368	0.00364	0.04353	0.00437

3次メッシュによる指標計算

- JAXA高解像度土地利用土地被覆図からLCR 3次メッシュ統計を、総務省統計局国勢調査3次メッシュ統計からPGRを算出するアルゴリズムを構築
- MESHSTATS上にメッシュ統計によるLCR/PGR指標算出・可視化アプリケーションを作成

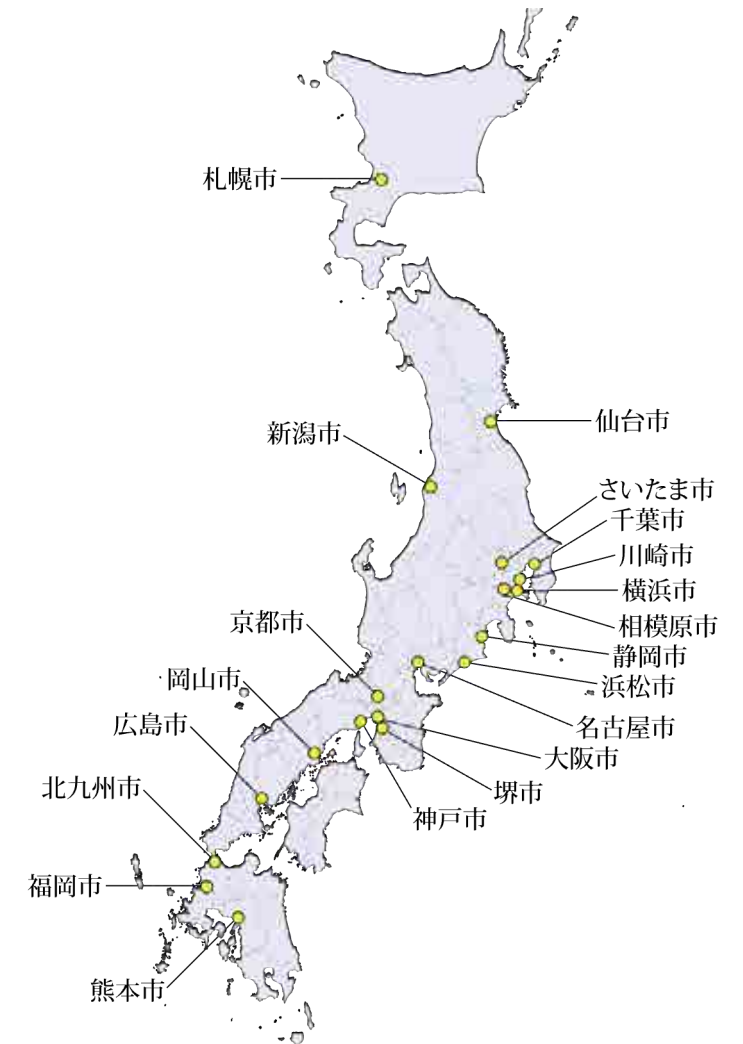
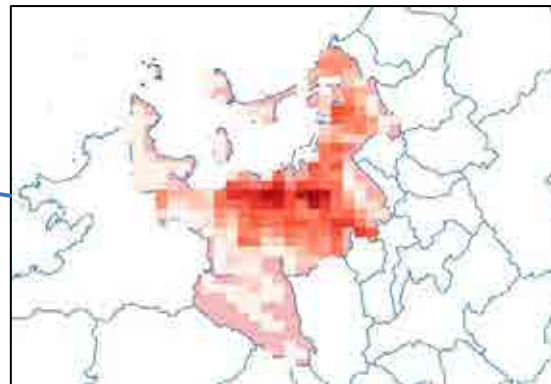
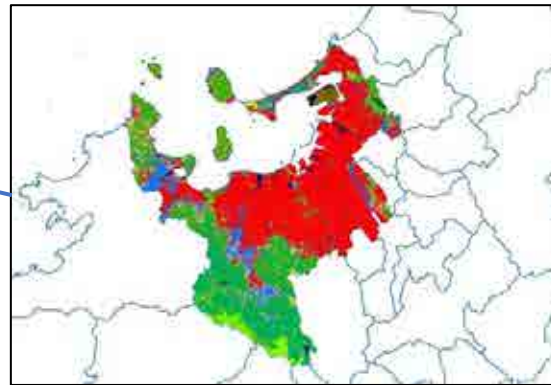
<https://www.meshstats.xyz/meshstats/>



```
function cal_LCR2(built_up_count_before, pixel_count_before,
built_up_count_after, pixel_count_after){
    var a_before = built_up_count_before/pixel_count_before;
    var da_before = 1.96*Math.sqrt(a_before*(1-
a_before)/pixel_count_before);
    var a_after = built_up_count_after/pixel_count_after;
    var da_after = 1.96*Math.sqrt(a_after*(1-
a_after)/pixel_count_after);
    var b_before = 0.005937235;
    var db_before = 0.004385289;
    var c_before = 0.9652174;
    var b_after = 0.01832061;
    var db_after = 0.005135234;
    var c_after = 0.8178808;
    var dc_after = 0.00437;
    var year = 5;
    var LCR2 = ((a_after-b_after)/(c_after-b_after))*((c_before-
b_before)/(a_before-b_before));
    var dLCR = (da_after+db_after)/(a_after-
b_after)+(dc_after+db_after)/(c_after-
b_after)+(da_before+db_before)/(a_before-
b_before)+(dc_before+db_before)/(c_before-b_before);
    var LCRmin = (LCR2*(1-dLCR)-1)*1/year;
    var LCRmax = (LCR2*(1+dLCR)-1)*1/year;
    var out = new Array(LCRmin,LCRmax);
    return(out);
}
```

土地被覆図最小解像度によるLCRPGR試算

1. e-Stat人口統計データ（2010年、2015年）から日本全国の人口マップ（3次メッシュグリッド:1km）を作成
2. 「国土数値情報 / 行政区域データ / 令和3年」から全20の政令指定都市の境界データを作成*
3. 政令指定都市境界データとHRLULCマップ（2006 - 2011年、2014 - 2016年）から、各政令指定都市のLCRを計算*
4. 政令指定都市境界データと人口マップ（2010年、2015年）及び統計書から、各政令指定都市のPGRを計算
5. 以上の結果を用いてLCRPGRを計算



出典: フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』/政令指定都市

*境界内にピクセル/3次メッシュの中心が含まれるものをカウント

政令指定都市のLCRPGR試算（代表例）



	人口データ	LCR	LCR補正	LCR最小	LCR最大	LCR95% 信頼区間幅	人口 (2010年)	人口 (2015年)	PGR	LCRPGR	LCRPGR 補正	LCRPGR 最小	LCRPGR 最大	土地被覆画像
札幌市	e-Stat	-0.0046	-0.0075	-0.0211	0.0060	0.0271	1,905,922	1,944,610	0.0040	-1.1497	-1.8719	-5.2428	1.4990	
	統計書						1,913,545	1,952,356	0.0040	-1.1506	-1.8734	-5.2470	1.5002	
仙台市	e-Stat	-0.0065	-0.0116	-0.0266	0.0035	0.0301	1,033,824	1,068,891	0.0067	-0.9816	-1.7320	-3.9883	0.5243	
	統計書						1,045,986	1,082,159	0.0068	-0.9631	-1.6994	-3.9131	0.5144	
名古屋市	e-Stat	0.0031	0.0093	0.0021	0.0166	0.0145	2,243,914	2,276,979	0.0029	1.0553	3.1930	0.7072	5.6788	
	統計書						2,263,894	2,295,638	0.0028	1.1086	3.3543	0.7430	5.9657	
大阪市	e-Stat	-0.0041	0.0019	-0.0050	0.0089	0.0138	2,651,108	2,678,946	0.0021	-1.9858	0.9306	-2.3799	4.2411	
	統計書						2,665,314	2,691,185	0.0019	-2.1474	1.0063	-2.5736	4.5863	
広島市	e-Stat	-0.0284	-0.0372	-0.0524	-0.0220	0.0304	1,171,002	1,191,603	0.0035	-8.1458	-10.6663	-15.0223	-6.3102	
	統計書						1,177,521	1,191,030	0.0023	-12.4536	-16.3070	-22.9667	-9.6474	
福岡市	e-Stat	-0.0144	-0.0116	-0.0206	-0.0027	0.0178	1,416,260	1,489,271	0.0101	-1.4307	-1.1571	-2.0448	-0.2693	
	統計書						1,463,743	1,538,681	0.0100	-1.4404	-1.1649	-2.0587	-0.2711	

11.3.1のメタデータで紹介されている都市度分類手法：

<https://unstats.un.org/unsd/statcom/51st-session/documents/BG-Item3j-Recommendation-E.pdf>

3次メッシュ単位で計算

Degree of Urbanization level 1

- **Urban centre :**

人口密度1,500人/km²以上の隣接*する人口グリッドセルで、対象領域内の合計人口が50,000人以上。グリッド内のギャップを埋め、縁を平滑化する。**

*4隣接を採用

**今回はこの処理は含めずに計算

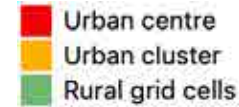
- **Urban cluster :**

人口密度300人/km²以上の隣接する人口グリッドセルで、対象領域内の合計人口が5,000人以上。urban centreの領域を内包する。

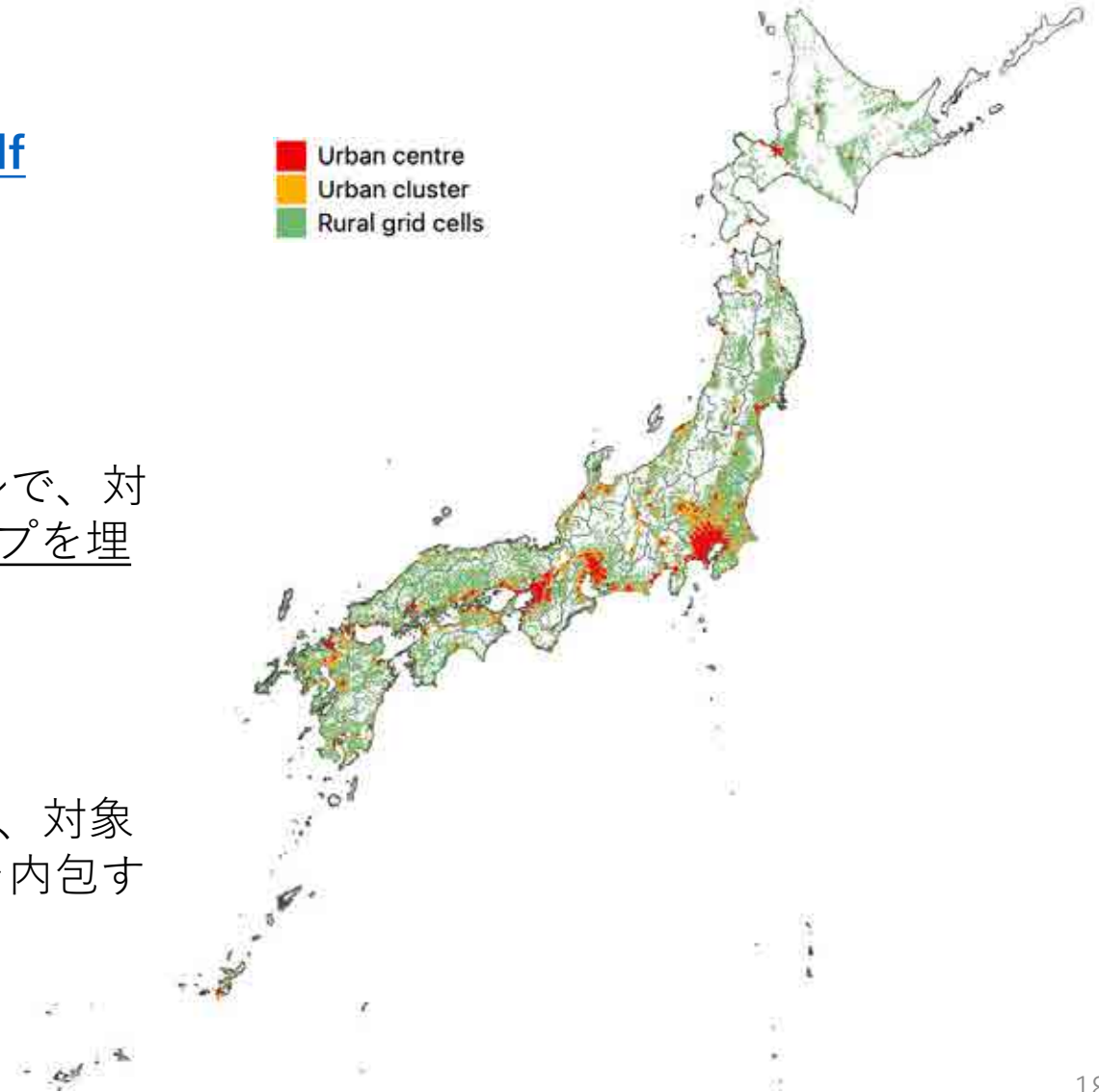
- **Rural grid cells :**

Urban clusterに属しない残りの人口グリッドセル***。

***今回は人口が1以上を対象として計算。

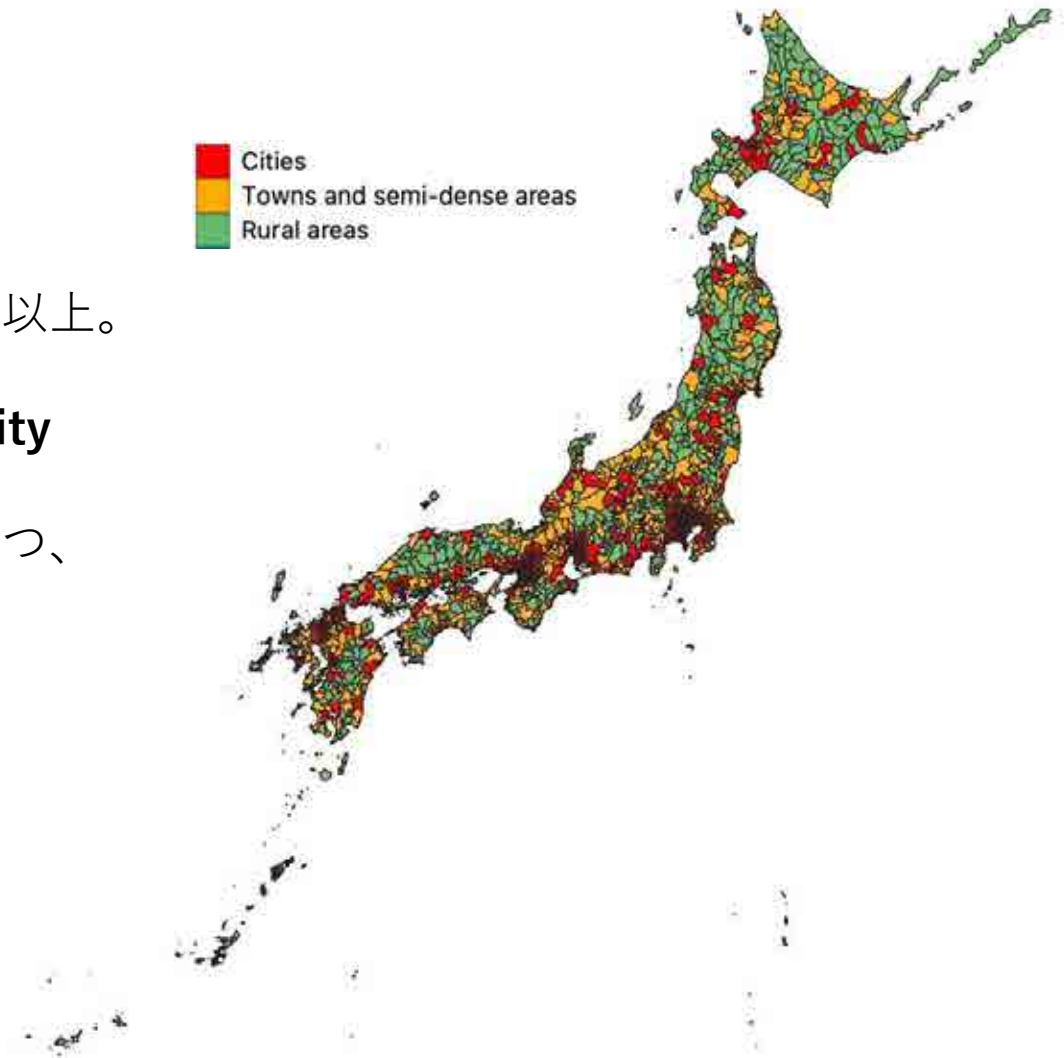


Urban centre
Urban cluster
Rural grid cells



3次メッシュの都市度分類結果を用いて、
市*区町村 (*政令指定都市を除く) を以下の条件で分類。

- **Cities (or densely populated areas) :**
Urban centreグリッドの総人口が境界内の総人口の50%以上。
- **Towns and semi-dense areas(or intermediate density areas) :**
Urban centreの総人口が境界内の総人口の50%未満、且つ、
Rural grid cellsの総人口が境界内の総人口の50%未満。
- **Rural areas (or thinly populated areas) :**
Rural grid cellsの総人口が境界内の総人口の50%以上。



都市度分類 (Level 1) におけるLCRPGR試算



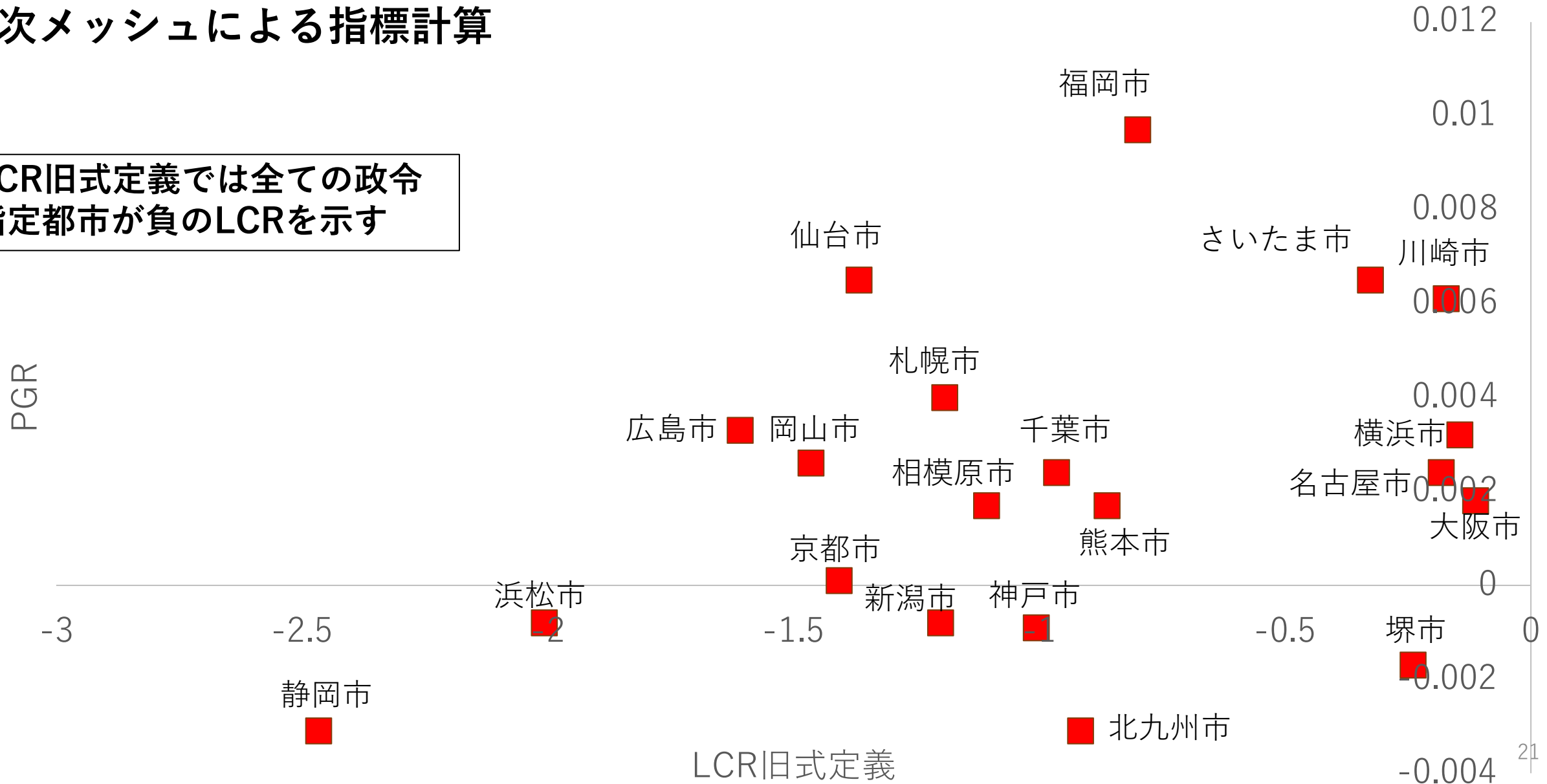
行政区境界毎の都市度分類 (Level 1) で、CitiesとTown and semi-dense areasに分類された市区町村を合算して、LCRPGRを計算

	LCR	LCR補正	LCR最小	LCR最大	LCR95% 信頼区間幅	人口 (2010年)	人口 (2015年)	PGR	LCRPGR	LCRPGR 補正	LCRPGR 最小	LCRPGR最 大
1: Cities	0.0036	-0.0026	-0.0188	0.0135	0.0323	93,731,182	94,360,751	0.0013	2.6875	-1.9754	-14.0242	10.0734
2: Towns and semi-dense areas	-0.0140	-0.0868	-0.1372	-0.0364	0.1007	26,239,578	25,346,613	-0.0069	2.0268	12.5363	5.2616	19.8109
1+2	-0.0019	-0.0265	-0.0541	0.0011	0.0553	119,970,760	119,707,364	-0.0004	4.2739	60.2934	-2.5520	123.1389

政令指定都市のLCR-PGR散布図

3次メッシュによる指標計算

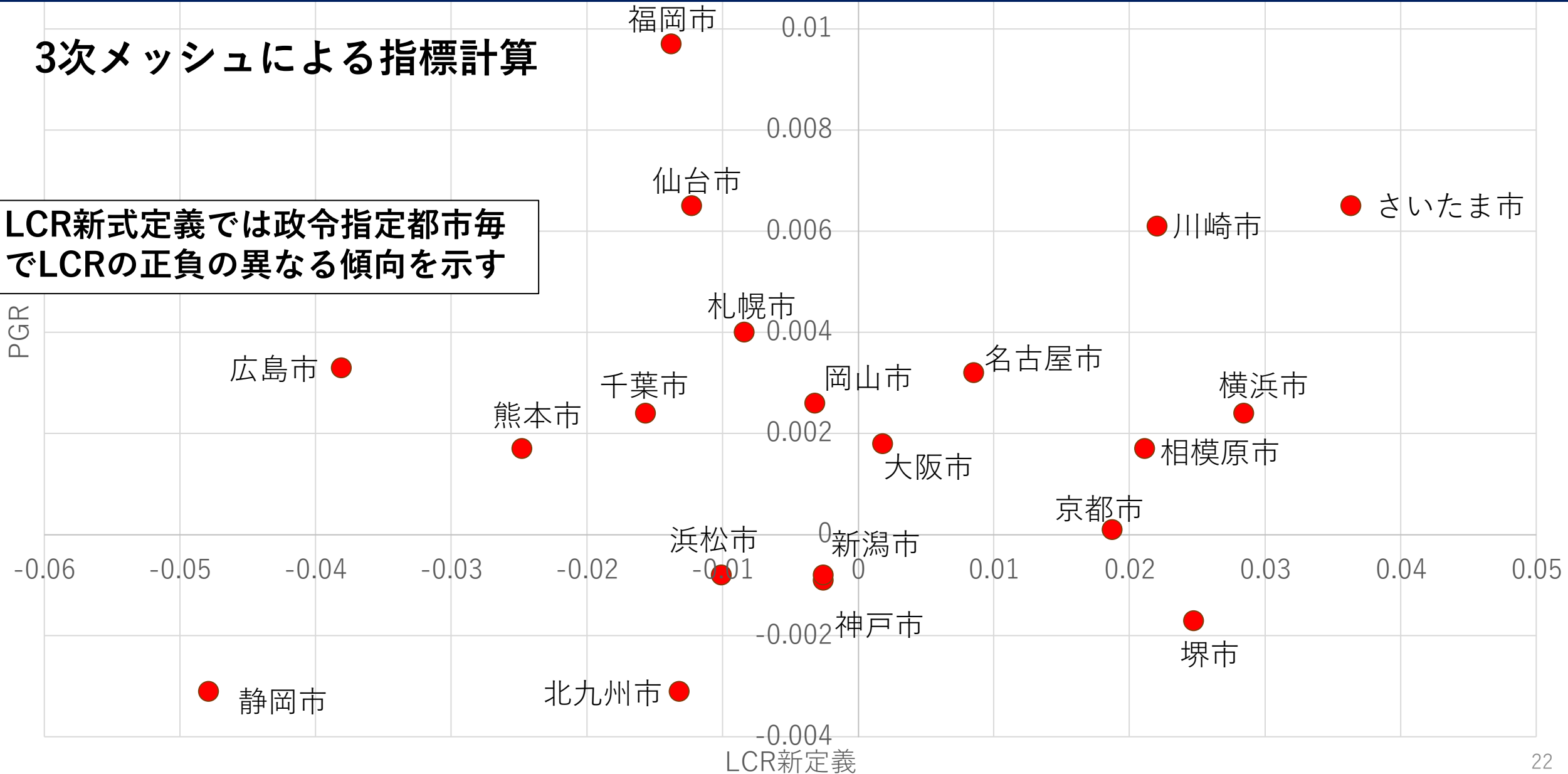
LCR旧式定義では全ての政令指定都市が負のLCRを示す



政令指定都市のLCR-PGR散布図

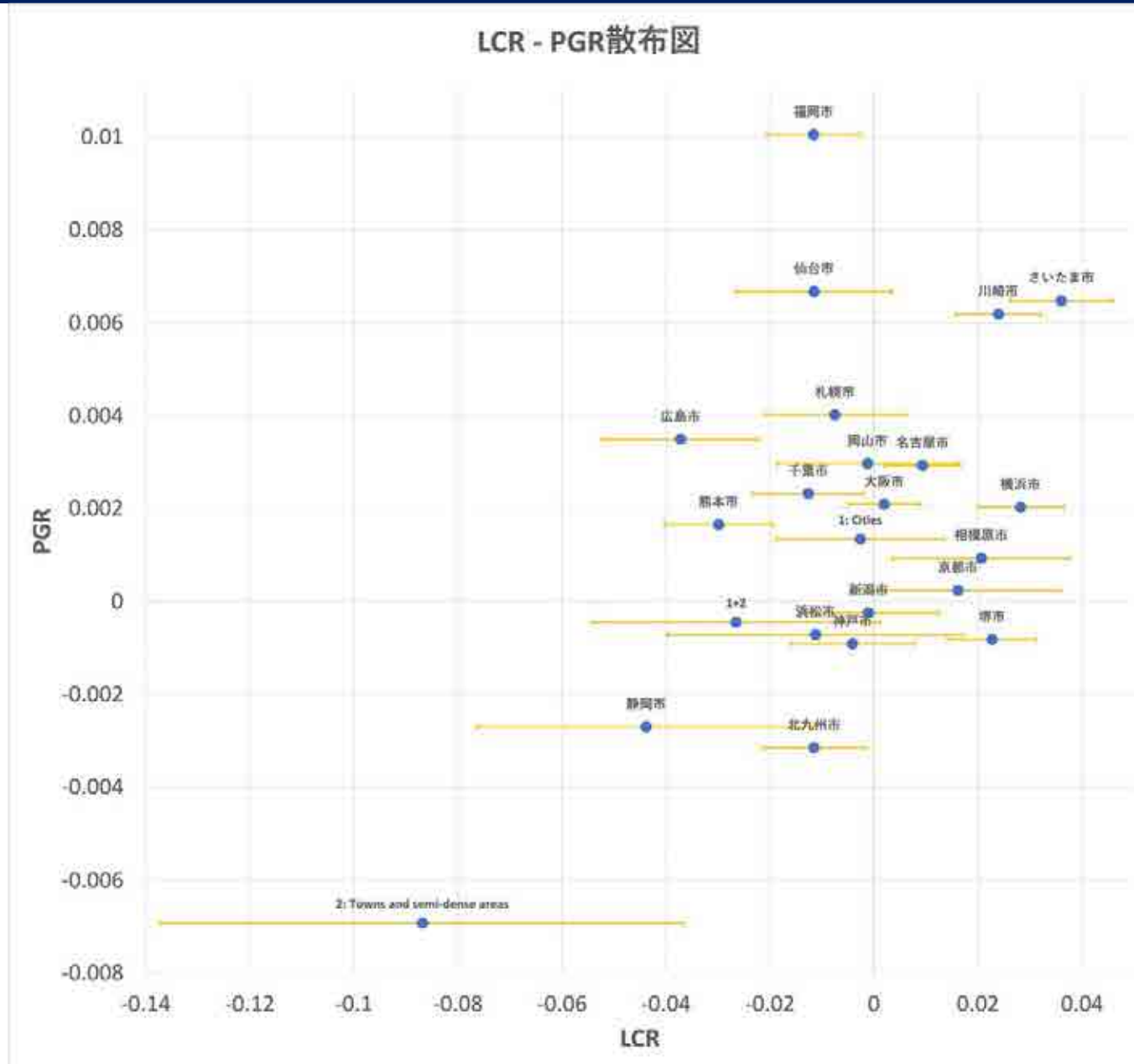
3次メッシュによる指標計算

LCR新式定義では政令指定都市毎でLCRの正負の異なる傾向を示す



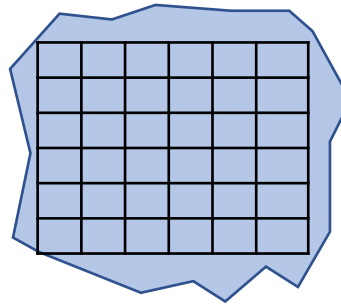
土地被覆図最小解像度による指標計算

- 都市度分類Citiesは政令指定都市の平均的な傾向を示す。
- 都市度分類TownsはLCR、PGR共に政令指定都市よりも負の方向に大きな値を示す。



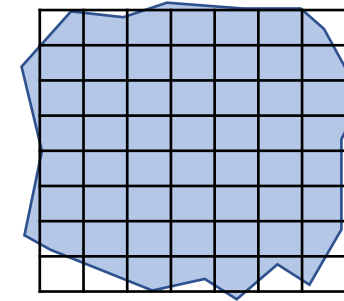
JAXA推計、YCU推計の双方で異なる境界条件でのLCR、PGR計算を行いその結果を比較した。
また、PGRについては、人口統計による計算結果とも比較を行った。

境界条件設定：



JAXA推計：行政区境界内にピクセル/グリッドの中心が位置する土地被覆図及び3次メッシュ人口データを計算対象とする

< 実際の人口 <



YCU推計：3次メッシュ毎に集計された土地被覆図と行政区境界内及び境界と交差を有するメッシュを対象とする。

計算方法は若干ことなることから完全にLCRPGR補正值、LCRPGR最小値、LCRPGR最大値は若干異なるものの、おおよそ同じオーダーの値を異なるプログラムは出力していることから、両方式ともに計算ロジック上の深刻な誤りはないと判断する。

神奈川県

国勢調査2010

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000012660889&fileKind=0>

国勢調査2015

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031495550&fileKind=0>

計算者	LCR補正值	LCR最小値	LCR最大値	PGR	LCRPGR 補正值	LCRPGR 最小値	LCRPGR 最大値
JAXA推計	0.01996499	0.008768204	0.03116177	0.001705654	11.70518	5.140671	18.26969
YCU推計	0.0192	0.0077	0.0308	0.0018	10.4989	4.1788	16.8191

神奈川県人口：9048000 (2010), 9126000 (2015), PGR = 0.001716749

計算者	pixel_count _before	built.up_cou nt_before	pixel_count _after	built.up_co unt_after	population_ before	population_ after
JAXA推計	34527477	11380055	3836380	1374150	8950887	9027549
YCU推計	37860000	11717771	4207000	1413718	9356854	9442973

YCU推計は、3次メッシュごとに集計された値使いを都道府県境界に含まれるメッシュで集計

福岡県

国勢調査2010

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000012660889&fileKind=0>

国勢調査2015

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031495550&fileKind=0>

計算者	LCR補正值	LCR最小値	LCR最大値	PGR	LCRPGR補正值	LCRPGR最小値	LCRPGR最大値
JAXA推計	-0.01215291	-0.03382473	-0.003805619	0.001194026	-15.75776	-28.3283	-3.187215
YCU推計	-0.0202	-0.0361	-0.0043	0.0011	-18.9223	-33.7963	-4.0483

福岡県人口：5072000 (2010), 5102000 (2015), PGR = 0.001179481

計算者	pixel_count_before	built.up_count_before	pixel_count_after	built.up_count_after	population_before	population_after
JAXA推計	69694845	12370110	7743857	1290936	5007024	5037006
YCU推計	76395000	12501814	8488850	1304583	5099268	5126575

YCU推計は、3次メッシュごとに集計された値使いを都道府県境界に含まれるメッシュで集計

- 2021年3月の改訂前後のメタデータに基づき、JAXAの高解像度土地利用土地被覆図と総務省3次メッシュ人口データ、人口統計情報を用いて、3次メッシュ、政令指定都市、都市度分類毎に人口増加率と土地利用率の比率（LCRPGR）を試算できることを確認した。
- 指標試算にあたり、都市母比率の統計誤差と土地被覆図の分類誤りについて、95%信頼区間を計算する誤差評価式を構築し、LCR、PGR、LCRPGRの補正值、95%信頼区間最小値・最大値が計算できることを確認した。
- 都市/非都市の条件付き確率の95%信頼区間を狭め、LCRの95%信頼区間を狭めることを目的に、都市正解データと土地被覆図の突合して標本数を増やした結果、都市/非都市の条件付き確率の95%信頼区間を狭められることを確認した。
- メタデータの改訂前後の指標の計算結果を比較した結果、日本国内において、メタデータ改訂後の方が都市毎によるLCR正負の傾向分類に適していることが確認できた。
- 境界条件の取り扱いによりLCR、PGRの計算結果が変わるものの、同じオーダーの値を出力することを確認できた。また、使用する人口データ（人口統計情報と3次メッシュ人口データ）によってもPGRの計算結果が変わるものの、同じオーダーの値を出力することを確認できた。さらに、計算リソースの観点から、指標の試算検討・計算の範囲を拡大する場合など、3次メッシュによる近似的な指標の計算の有用性も確認できた。
- 継続的な指標の計算及びその精度向上にあたっては以下の課題が挙げられる。
 - 高解像度土地利用土地被覆図の継続的作成
 - 土地被覆図の検証データ（都市/非都市正解データ）の収集及び更新

參考資料

LCRを都市比率で求める

- 元来都市面積の対数増加率で定義されるLCR

$$LCR(w) = (\ln(m_{t+n}(w)) - \ln(m_t(w))) / y$$

に面積と都市比率の関係 $m_t(w) = A_w p_t$ を代入するとメッシュ w におけるLCRは

$$LCR(w) = (\ln(A_w p_{t+n}(w)) - \ln(A_w p_t(w))) / y$$

より

$$LCR(w) = (\ln p_{t+n}(w) - \ln p_t(w)) / y$$

となることから、都市比率の比の対数でLCRを計算することが可能である。

区間推定値

- 衛星観測画像により識別されたメッシュ w 内総ピクセル N_t と都市識別ピクセル数 n_t により計算される標本都市比率 $\tilde{p}_t = n_t/N_t$ により、都市母比率 p_t を推計することを考える。
- このとき、十分大きな N_t に対して二項分布 $B(p_t, N_t)$ を正規分布 $N(N_t p_t, N_t p_t(1-p_t))$ で近似することにより、都市母比率 p_t の95%信頼区間は以下で与えられる。

$$\tilde{p}_t - 1.96 \sqrt{\frac{\tilde{p}_t(1 - \tilde{p}_t)}{N_t}} \leq p_t \leq \tilde{p}_t + 1.96 \sqrt{\frac{\tilde{p}_t(1 - \tilde{p}_t)}{N_t}}$$

誤差伝播公式

- $z=f(x)$ の関係があつて、 $x = x_0 \pm \varepsilon_x$ のとき、 $z_0 = f(x_0)$ として、 z の誤差伝播は $z = z_0 \pm \left| \frac{df}{dx} \right|_{x=x_0} \varepsilon_x$ となる。
- $f(x) = \ln(x)$ とすると、 $\frac{d}{dx} \ln(x) = \frac{1}{x}$ なので、 $\ln(x_0 \pm \varepsilon_x) = \ln(x_0) \pm \frac{\varepsilon_x}{x_0}$ である。
- よつて、標本比率を使って計算されるLCRの95%信頼区間は、 p_{t+n} と p_t の95%信頼区間幅の半分をそれぞれ $\delta\alpha$ と $\delta\beta$ とおくと以下で与えられる。

$$\widetilde{LCR} = \frac{\ln(p_{t+n} \pm \delta\alpha) - \ln(p_t \pm \delta\beta)}{y} = \frac{\ln(p_{t+n}) - \ln(p_t)}{y} \pm \frac{1}{y} \left(\frac{\delta\alpha}{p_{t+n}} + \frac{\delta\beta}{p_t} \right)$$

LCRの95%信頼区間

$$\widetilde{LCR} = LRC \pm \frac{1}{y} \left(\frac{\delta\alpha}{p_{t+n}} + \frac{\delta\beta}{p_t} \right)$$

であり、 $\delta\alpha = 1.96 \sqrt{\frac{p_{t+n}(1-p_{t+n})}{N_{t+n}}}$ 、 $\delta\beta = 1.96 \sqrt{\frac{p_t(1-p_t)}{N_t}}$ であるので、

$$\begin{aligned} \widetilde{LCR} - \frac{1.96}{y} \left(\sqrt{\frac{1 - \widetilde{p}_{t+n}}{n_{t+n}}} + \sqrt{\frac{1 - \widetilde{p}_t}{n_t}} \right) &\leq LRC \\ &\leq \widetilde{LCR} + \frac{1.96}{y} \left(\sqrt{\frac{1 - \widetilde{p}_{t+n}}{n_{t+n}}} + \sqrt{\frac{1 - \widetilde{p}_t}{n_t}} \right) \end{aligned}$$

となる。 ■

分類誤りへの対処方法

- SDG15.4.2で用いた分類誤りの混合行列（コンフュージョンマトリックス）による補正方法を用いる
- 都市(1)/非都市(0)の2値分類に対する 2×2 混合行列から条件付き確率 $R(a|b)$ を算出することで、都市/非都市2値分類問題における都市被覆比率の分類誤り補正を行う
- 3次メッシュごとに都市/非都市の分類誤りを補正した土地利用比率の95%信頼区間を算出する
- 3次メッシュレベルでのLCRの評価を行うことを初期的には目指す

更新前メタデータにおけるLCR95%信頼区間の計算式開発

$R(a|b)$ の定義

$$R(0|0) = \frac{TN}{FP + TN}, R(1|0) = \frac{FP}{FP + TN}$$

$$R(0|1) = \frac{FN}{TP + FN}, R(1|1) = \frac{TP}{TP + FN}$$

$R(a|b)$ のコンフュージョンマトリックスからの推計は標本比率なので95%信頼区間がある

- 真のメッシュ w_i の都市母比率を p_i とし、 $R(a|b)$ を実際(validated)は $b=\{\text{都市, 非都市}\}$ であるが、データ分類(classified)上は $a=\{\text{都市, 非都市}\}$ である条件付き確率として定義する。

		validated b	
		都市 (X=1)	非都市 (X=0)
classified a	都市 (X=1)	TP	FP
	非都市 (X=0)	FN	TN

条件付き確率：
$$R(a|b) = \frac{p_{AB}(a, b)}{p_B(b)}$$

$$p_{AB}(a, b) = R(a|b)p_B(b)$$

$$p_A(a) = \sum_b p_{AB}(a, b) = \sum_b R(a|b)p_B(b)$$

$$p_A(1) = \sum_{b=0,1} R(1|b)p_B(b) = R(1|1)p_B(1) + R(1|0)p_B(0)$$

$$p_A(0) = \sum_{b=0,1} R(0|b)p_B(b) = R(0|0)p_B(0) + R(0|1)p_B(1)$$

ここで、 $p_B(1) = p_i, p_B(0) = 1 - p_i$ である。

分類誤りが指数推定値に及ぼす影響

- 指数推定値の平均値

$$E[\hat{p}_i] = R(1|1)p_i + R(1|0)(1 - p_i)$$

- 都市/非都市に対する判定誤りがあると指数推定値は真の母指数 p_i よりも減少または増加する
- 都市/非都市の分類判定率が判明している場合は、推定される指数推定値を次の式で補正するのが良いかもしれない

$$p_i = \frac{E[\hat{p}_i] - R(1|0)}{R(1|1) - R(1|0)}$$

都市比率の誤差評価

$$Z_i = \sum_{t=1}^{N_i} X_i(t)$$

とすると、 Z_i は二項分布 $B(N_i, R(1|1)p_i + R(1|0)(1 - p_i))$ に従う。

更に、 N_i が十分大きいと、 Z_i は

平均: $N_i(R(1|1)p_i + R(1|0)(1 - p_i))$ 、

分散: $N_i(R(1|1)p_i + R(1|0)(1 - p_i))(R(0|0)(1 - p_i) + R(0|1)p_i)$

の正規分布により近似できる。よって、都市比率推定値

$$\hat{p}_i = \frac{\sum_{t=1}^{N_i} X_i(t)}{N_i}$$

とすると、 \hat{p}_i は

平均: $R(1|1)p_i + R(1|0)(1 - p_i)$ 、

分散: $(R(1|1)p_i + R(1|0)(1 - p_i))(R(0|0)(1 - p_i) + R(0|1)p_i)/N_i$

の正規分布で近似できる。

$R(a|b)$ の95%信頼区間

コンフュージョン マトリックス	a/b	validated b	
		都市 (X=1)	非都市 (X=0)
classified a	都市 (X=1)	TP	FP
	非都市 (X=0)	FN	TN

$$\frac{TN}{FP + TN} - 1.96 \sqrt{\frac{TN}{FP + TN} \left(1 - \frac{TN}{FP + TN}\right) / (FP + TN)} \leq R(0|0) \leq \frac{TN}{FP + TN} + 1.96 \sqrt{\frac{TN}{FP + TN} \left(1 - \frac{TN}{FP + TN}\right) / (FP + TN)}$$

$$\frac{FP}{FP + TN} - 1.96 \sqrt{\frac{FP}{FP + TN} \left(1 - \frac{FP}{FP + TN}\right) / (FP + TN)} \leq R(1|0) \leq \frac{FP}{FP + TN} + 1.96 \sqrt{\frac{FP}{FP + TN} \left(1 - \frac{FP}{FP + TN}\right) / (FP + TN)}$$

$$\frac{FN}{TP + FN} - 1.96 \sqrt{\frac{FN}{TP + FN} \left(1 - \frac{FN}{TP + FN}\right) / (TP + FN)} \leq R(0|1) \leq \frac{FN}{TP + FN} + 1.96 \sqrt{\frac{FN}{TP + FN} \left(1 - \frac{FN}{TP + FN}\right) / (TP + FN)}$$

$$\frac{TP}{TP + FN} - 1.96 \sqrt{\frac{TP}{TP + FN} \left(1 - \frac{TP}{TP + FN}\right) / (TP + FN)} \leq R(1|1) \leq \frac{TP}{TP + FN} + 1.96 \sqrt{\frac{TP}{TP + FN} \left(1 - \frac{TP}{TP + FN}\right) / (TP + FN)}$$

母比率の補正の誤差伝播

期間 t における

$$p_t = \frac{E[\hat{p}_t] - R_t(1|0)}{R_t(1|1) - R_t(1|0)}$$

の誤差伝播について考える。

四則演算に対する誤差の伝播公式より

$$a_t = E[\hat{p}_t], b_t = R_t(1|0), c_t = R_t(1|1)$$

$\delta a_t, \delta b_t, \delta c_t$ をそれぞれ $E[\hat{p}_t], R_t(1|0), R_t(1|1)$ の95%信頼区間幅の半分とすると、母比率 p_t の信頼区間は以下で与えられる。

$$\frac{a_t - b_t}{c_t - b_t} \left(1 - \left(\frac{\delta a_t + \delta b_t}{a_t - b_t} + \frac{\delta c_t + \delta b_t}{c_t - b_t} \right) \right) \leq p_t \leq \frac{a_t - b_t}{c_t - b_t} \left(1 + \left(\frac{\delta a_t + \delta b_t}{a_t - b_t} + \frac{\delta c_t + \delta b_t}{c_t - b_t} \right) \right)$$

$E[\hat{p}_t] \geq R_t(1|0)$ であるメッシュのみを推計対象とする。

LCRの95%信頼区間

$$LCR = \widetilde{LCR} \pm \frac{1}{y} \left(\frac{\delta\alpha}{p_{t+n}} + \frac{\delta\beta}{p_t} \right)$$

であり、

$$\widetilde{LCR} = \frac{\ln \left(\frac{a_{t+n} - b_{t+n}}{c_{t+n} - b_{t+n}} \right) - \ln \left(\frac{a_t - b_t}{c_t - b_t} \right)}{y}$$

として、

$$\delta\alpha = \frac{a_{t+n} - b_{t+n}}{c_{t+n} - b_{t+n}} \left(\frac{\delta a_{t+n} + \delta b_{t+n}}{a_{t+n} - b_{t+n}} + \frac{\delta c_{t+n} + \delta b_{t+n}}{c_{t+n} - b_{t+n}} \right), \quad \delta\beta = \frac{a_t - b_t}{c_t - b_t} \left(\frac{\delta a_t + \delta b_t}{a_t - b_t} + \frac{\delta c_t + \delta b_t}{c_t - b_t} \right), \quad p_{t+n} = \frac{a_{t+n} - b_{t+n}}{c_{t+n} - b_{t+n}}, \quad p_t = \frac{a_t - b_t}{c_t - b_t}$$

であるので、

$$\begin{aligned} & \widetilde{LCR} - \frac{1}{y} \left(\frac{\delta a_{t+n} + \delta b_{t+n}}{a_{t+n} - b_{t+n}} + \frac{\delta c_{t+n} + \delta b_{t+n}}{c_{t+n} - b_{t+n}} + \frac{\delta a_t + \delta b_t}{a_t - b_t} + \frac{\delta c_t + \delta b_t}{c_t - b_t} \right) \leq LCR \\ & \leq \widetilde{LCR} + \frac{1}{y} \left(\frac{\delta a_{t+n} + \delta b_{t+n}}{a_{t+n} - b_{t+n}} + \frac{\delta c_{t+n} + \delta b_{t+n}}{c_{t+n} - b_{t+n}} + \frac{\delta a_t + \delta b_t}{a_t - b_t} + \frac{\delta c_t + \delta b_t}{c_t - b_t} \right) \end{aligned}$$

となる。■

更新後メタデータにおけるLCR95%信頼区間の計算式開発

<https://unstats.un.org/sdgs/metadata/files/Metadata-11-03-01.pdf>

SDG indicator metadata

Metadata-11-03-01 Mar. 2021

Land Consumption Rate

$$LCR(w) = \frac{m_{t+n}(w) - m_t(w)}{m_t(w)} \times \frac{1}{y}$$

$m_{t+n}(w)$: $t+n$ 年のメッシュ w 内の人工構造物面積

$m_t(w)$: t 年のメッシュ w 内の人工構造物面積

y : $t+n$ 年と t 年の間の年数

メッシュ w の面積を A_w とし、 $p_{t+n}(w)$ を $t+n$ 年における都市比率、 $p_t(w)$ を t 年における都市比率とすると $m_{t+n}(w) = A_w p_{t+n}(w)$ 、 $m_t(w) = A_w p_t(w)$ と書ける。

$$LCR(w) = \frac{A_w p_{t+n}(w) - A_w p_t(w)}{A_w p_t(w)} \times \frac{1}{y} = \frac{p_{t+n}(w) - p_t(w)}{p_t(w)} \times \frac{1}{y} = \left(\frac{p_{t+n}(w)}{p_t(w)} - 1 \right) \times \frac{1}{y}$$

更新後メタデータにおけるLCR95%信頼区間の計算式開発

$$LCR(w) = \frac{A_w p_{t+n}(w) - A_w p_t(w)}{A_w p_t(w)} \times \frac{1}{y} = \frac{p_{t+n}(w) - p_t(w)}{p_t(w)} \times \frac{1}{y} = \left(\frac{p_{t+n}(w)}{p_t(w)} - 1 \right) \times \frac{1}{y}$$

ここで、

$$a_t = E[\hat{p}_t], b_t = R_t(1|0), c_t = R_t(1|1)$$

$\delta a_t, \delta b_t, \delta c_t$ をそれぞれ $E[\hat{p}_t], R_t(1|0), R_t(1|1)$ の95%信頼区間幅の半分とすると、母比率 p_t の信頼区間は以下で与えられる。

$$\frac{a_t - b_t}{c_t - b_t} \left(1 - \left(\frac{\delta a_t + \delta b_t}{a_t - b_t} + \frac{\delta c_t + \delta b_t}{c_t - b_t} \right) \right) \leq p_t \leq \frac{a_t - b_t}{c_t - b_t} \left(1 + \left(\frac{\delta a_t + \delta b_t}{a_t - b_t} + \frac{\delta c_t + \delta b_t}{c_t - b_t} \right) \right)$$

更新後メタデータにおけるLCR95%信頼区間の計算式開発

さらに、比の誤差伝搬公式 $\frac{\alpha \pm \delta\alpha}{\beta \pm \delta\beta} = \frac{\alpha}{\beta} \left(1 \pm \left(\frac{\delta\alpha}{\alpha} + \frac{\delta\beta}{\beta} \right) \right)$ を使うことによりLCRの95%信頼区間は以下で与えられる。

$$\begin{aligned} \widetilde{LCR} \pm \delta &= \left(\frac{p_{t+n} \pm \delta p_{t+n}}{p_t \pm \delta p_t} - 1 \right) \times \frac{1}{y} = \left(\frac{p_{t+n}}{p_t} \left(1 \pm \left(\frac{\delta p_{t+n}}{p_{t+n}} + \frac{\delta p_t}{p_t} \right) \right) - 1 \right) \times \frac{1}{y} \\ &= \left(\frac{(a_{t+n} - b_{t+n})(c_t - b_t)}{(c_{t+n} - b_{t+n})(a_t - b_t)} \left(1 \pm \left(\frac{\delta a_{t+n} + \delta b_{t+n}}{a_{t+n} - b_{t+n}} + \frac{\delta c_{t+n} + \delta b_{t+n}}{c_{t+n} - b_{t+n}} + \frac{\delta a_t + \delta b_t}{a_t - b_t} + \frac{\delta c_t + \delta b_t}{c_t - b_t} \right) \right) - 1 \right) \times \frac{1}{y} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\left(\frac{(a_{t+n} - b_{t+n})(c_t - b_t)}{(c_{t+n} - b_{t+n})(a_t - b_t)} \left(1 - \left(\frac{\delta a_{t+n} + \delta b_{t+n}}{a_{t+n} - b_{t+n}} + \frac{\delta c_{t+n} + \delta b_{t+n}}{c_{t+n} - b_{t+n}} + \frac{\delta a_t + \delta b_t}{a_t - b_t} + \frac{\delta c_t + \delta b_t}{c_t - b_t} \right) \right) - 1 \right) \times \frac{1}{y} \leq LCR \\ &\leq \left(\frac{(a_{t+n} - b_{t+n})(c_t - b_t)}{(c_{t+n} - b_{t+n})(a_t - b_t)} \left(1 + \left(\frac{\delta a_{t+n} + \delta b_{t+n}}{a_{t+n} - b_{t+n}} + \frac{\delta c_{t+n} + \delta b_{t+n}}{c_{t+n} - b_{t+n}} + \frac{\delta a_t + \delta b_t}{a_t - b_t} + \frac{\delta c_t + \delta b_t}{c_t - b_t} \right) \right) - 1 \right) \times \frac{1}{y} \end{aligned}$$

3次メッシュレベルでの7大都市の指標計算

7大都市

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031594311&fileKind=0>

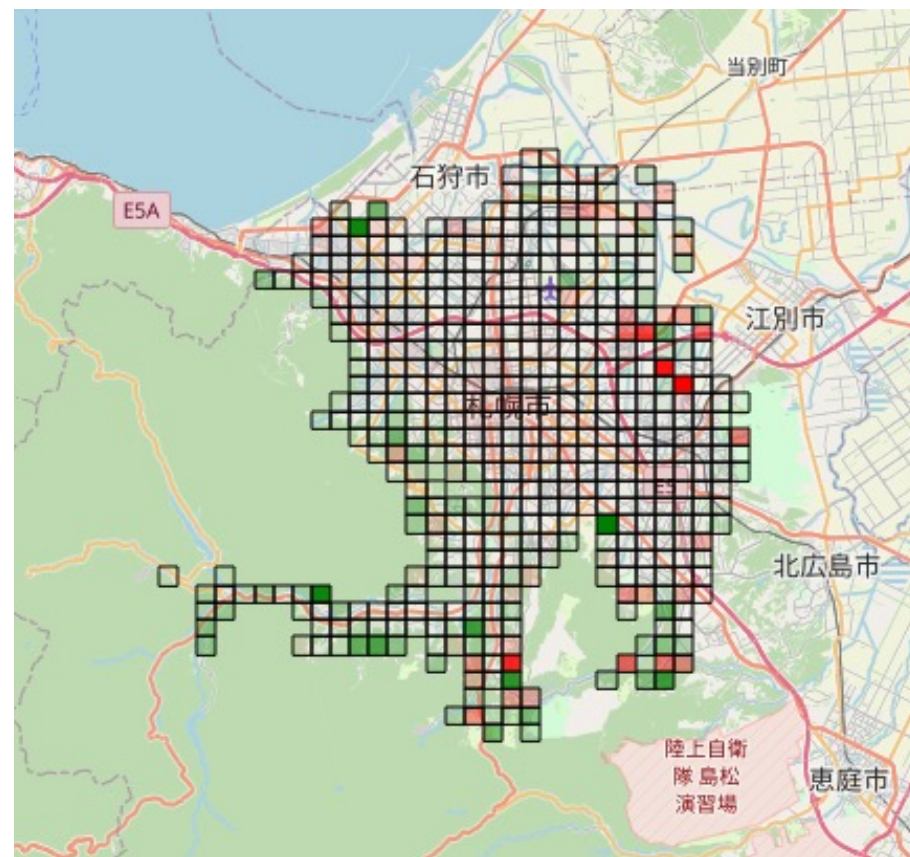
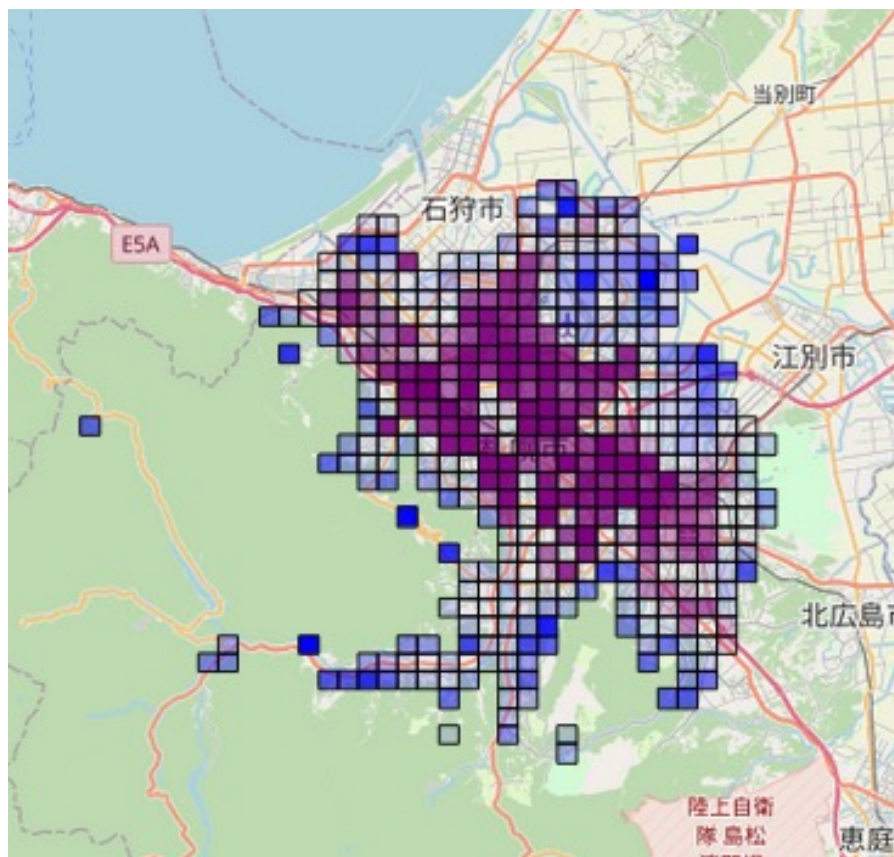
<https://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/MENCHO/backnumber/GSI-menseki20210701.pdf>

都市名	タイル	人口2015年 (人)	人口2010年 (人)	人口増減 (人)	面積 [km ²]
福岡県福岡市	N33E130	1,538,681	1,463,743	74,938	343.46
広島県広島市	N34E132	1,194,034	1,173,843	20,191	906.69
大阪府大阪市	N34E135	2,691,185	2,665,314	25,871	225.33
愛知県名古屋市	N35E136, N35E137	2,295,638	2,263,894	31,744	326.50
東京都23特別区	N35E139	9,272,740	8,945,695	327,045	627.53
宮城県仙台市	N38E140, N38E141	1,082,159	1,045,986	36,173	786.35
北海道札幌市	N42E140, N42E141, N43E140, N43E141	1,952,356	1,913,545	38,811	1,121.26

3次メッシュレベルでの7大都市の指標計算

MESHSTATSにより可視化

北海道 札幌市

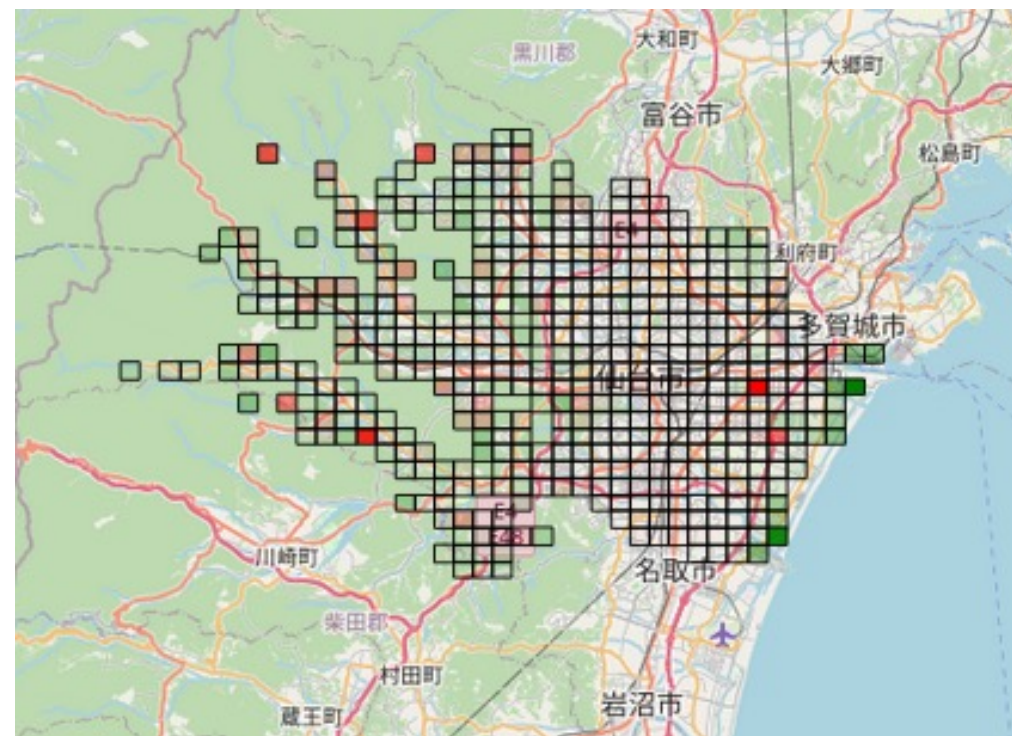
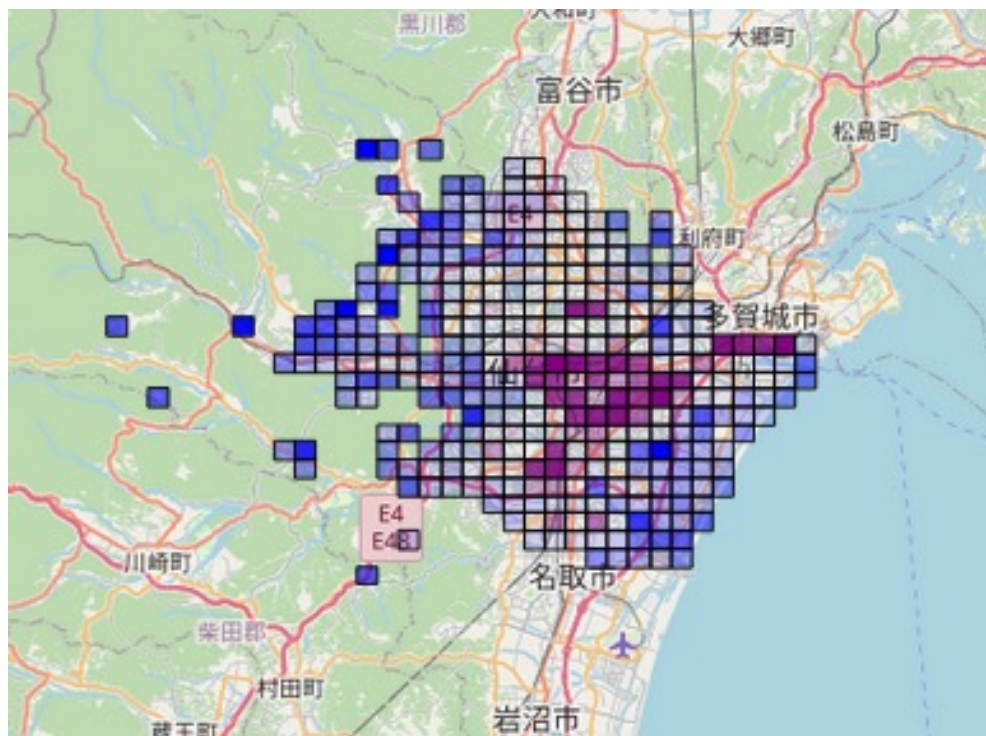


計算方法	LCR補正值	LCR最小値	LCR最大値	LCR95%信頼区間	PGR	LCRPGR補正值	LCRPGR最小値	LCRPGR最大値
旧来LCR定義	-1.1921	-1.2064	-1.1778	0.0286	0.0040	-300.6153	-304.2244	-297.0063
新LCR定義	-0.0084	-0.0221	0.0053	0.0274	0.0040	-2.1217	-5.5789	1.3355

3次メッシュレベルでの7大都市の指標計算

MESHSTATSにより可視化

宮城県 仙台市

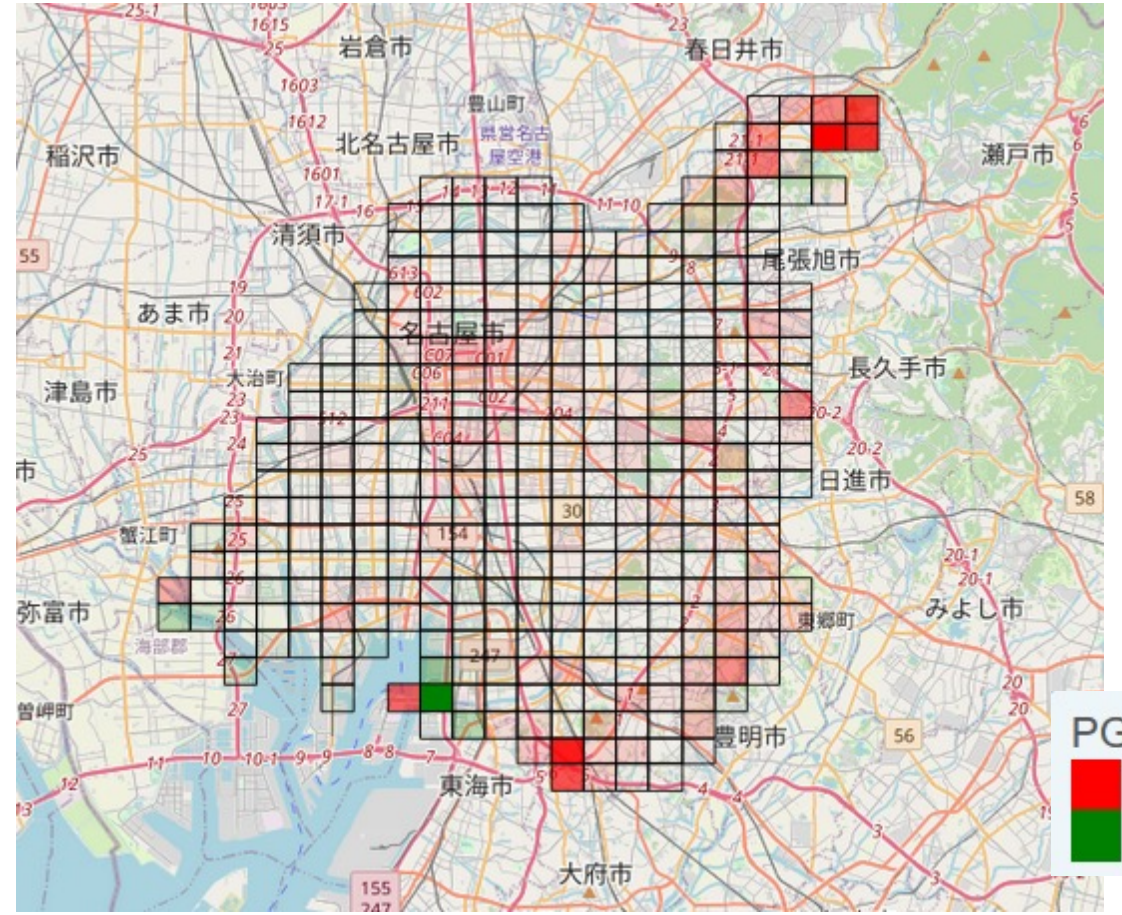
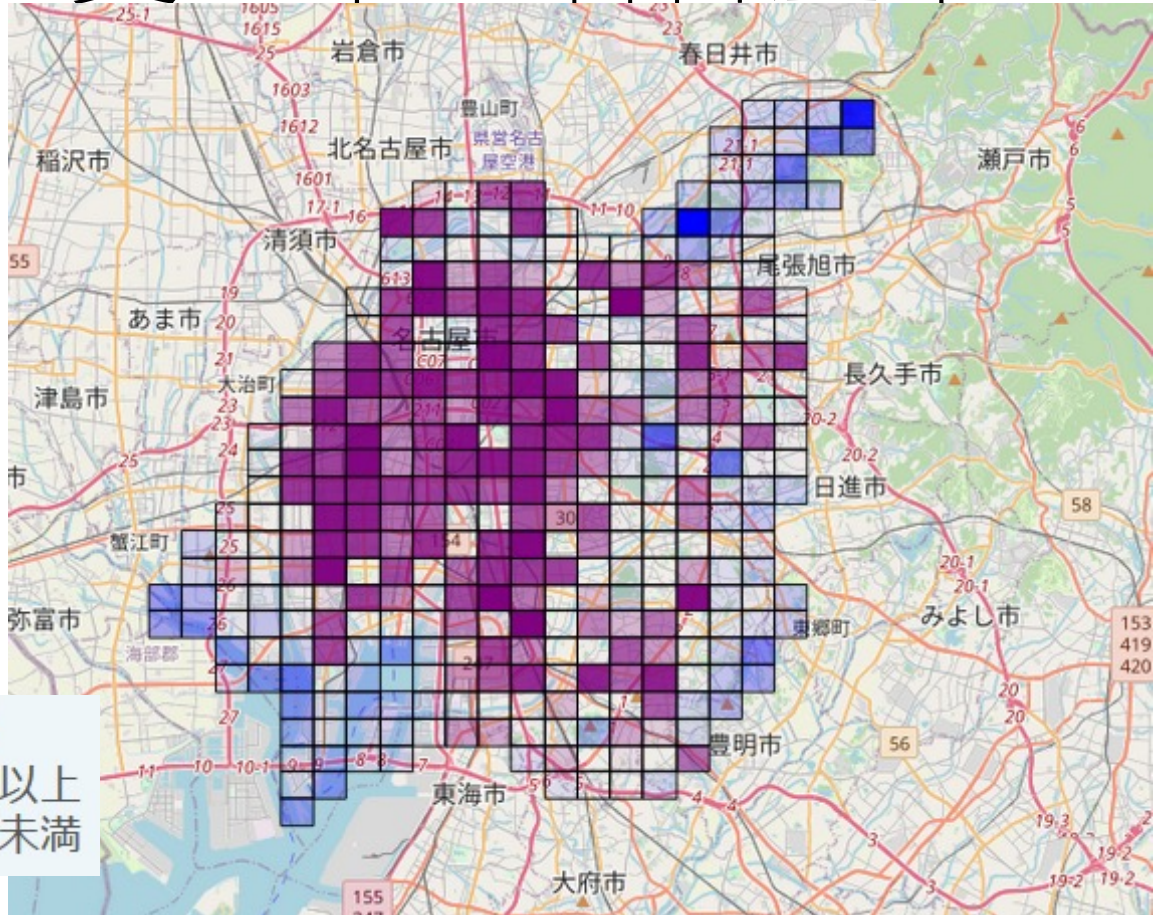


計算方法	LCR補正值	LCR最小値	LCR最大値	LCR95%信頼区間	PGR	LCRPGR補正值	LCRPGR最小値	LCRPGR最大値
旧来LCR定義	-1.3672	-1.3839	-1.3504	0.0335	0.0065	-209.8915	-212.4636	-207.3194
新LCR定義	-0.0123	-0.0280	0.0034	0.0315	0.0065	-1.8853	-4.2994	0.5289

3次メッシュレベルでの7大都市の指標計算

MESHSTATSにより可視化

愛知県 名古屋市



LCR
 0以上
 0未満

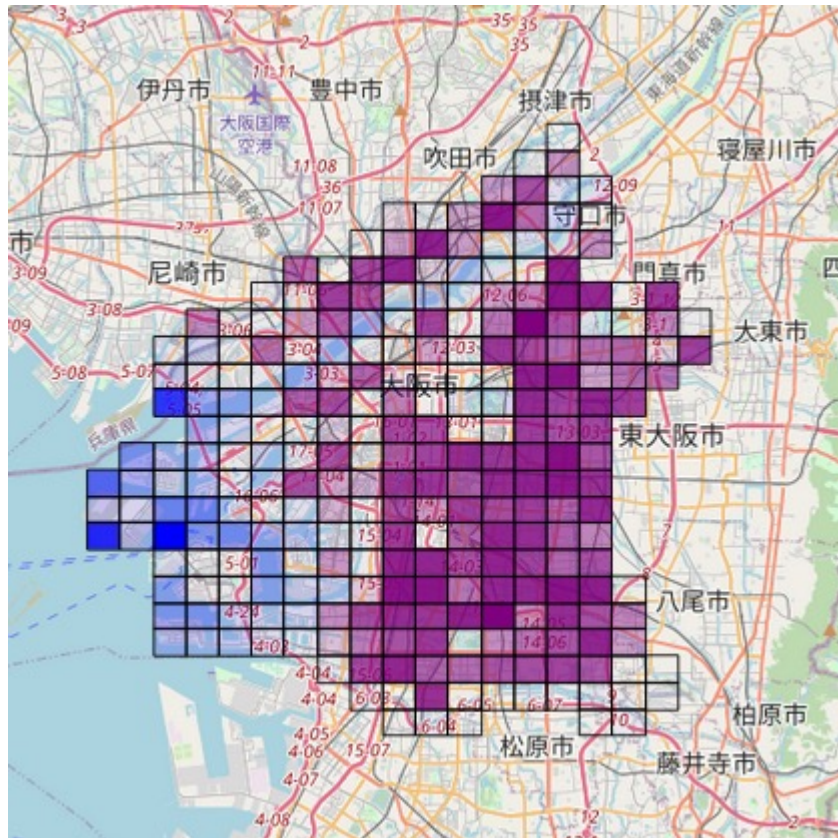
PGR
 0以上
 0未満

計算方法	LCR補正值	LCR最小値	LCR最大値	LCR95%信頼区間	PGR	LCRPGR補正值	LCRPGR最小値	LCRPGR最大値
旧来LCR定義	-0.1448	-0.1520	-0.1376	0.0144	0.0032	-45.0778	-47.3266	-42.8290
新LCR定義	0.0085	0.0010	0.0161	0.0151	0.0032	2.6571	0.3124	5.0019

3次メッシュレベルでの7大都市の指標計算

MESHSTATSにより可視化

大阪府 大阪市



LCR
 0以上
 0未満

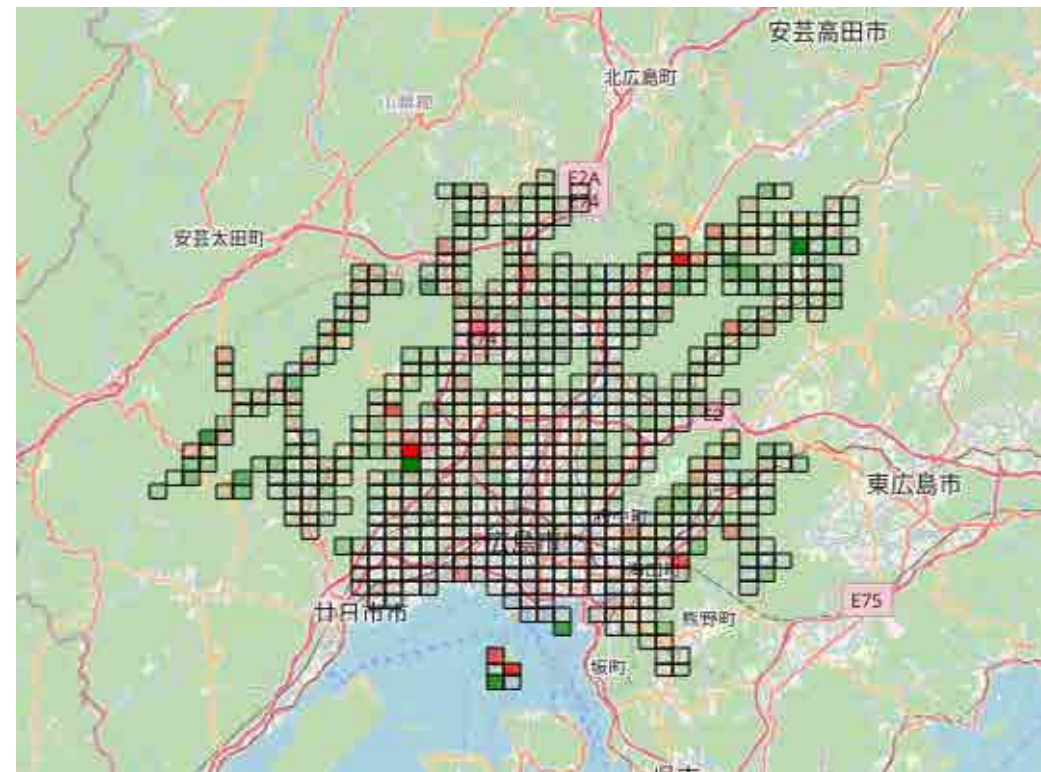
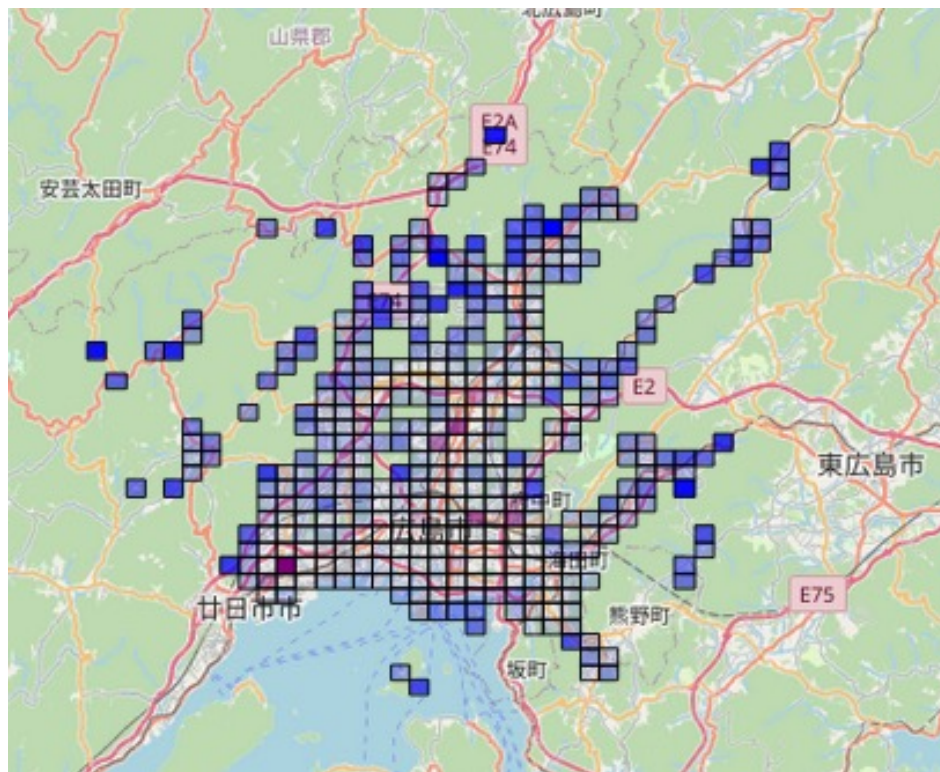
PGR
 0以上
 0未満

計算方法	LCR補正值	LCR最小値	LCR最大値	LCR95%信頼区間	PGR	LCRPGR補正值	LCRPGR最小値	LCRPGR最大値
旧来LCR定義	-0.1125	-0.1196	-0.1054	0.0141	0.0018	-60.9106	-64.7354	-57.0857
新LCR定義	0.0018	-0.0054	0.0089	0.0143	0.0018	0.9536	-2.9049	4.8121

3次メッシュレベルでの7大都市の指標計算

MESHSTATSにより可視化

広島県 広島市

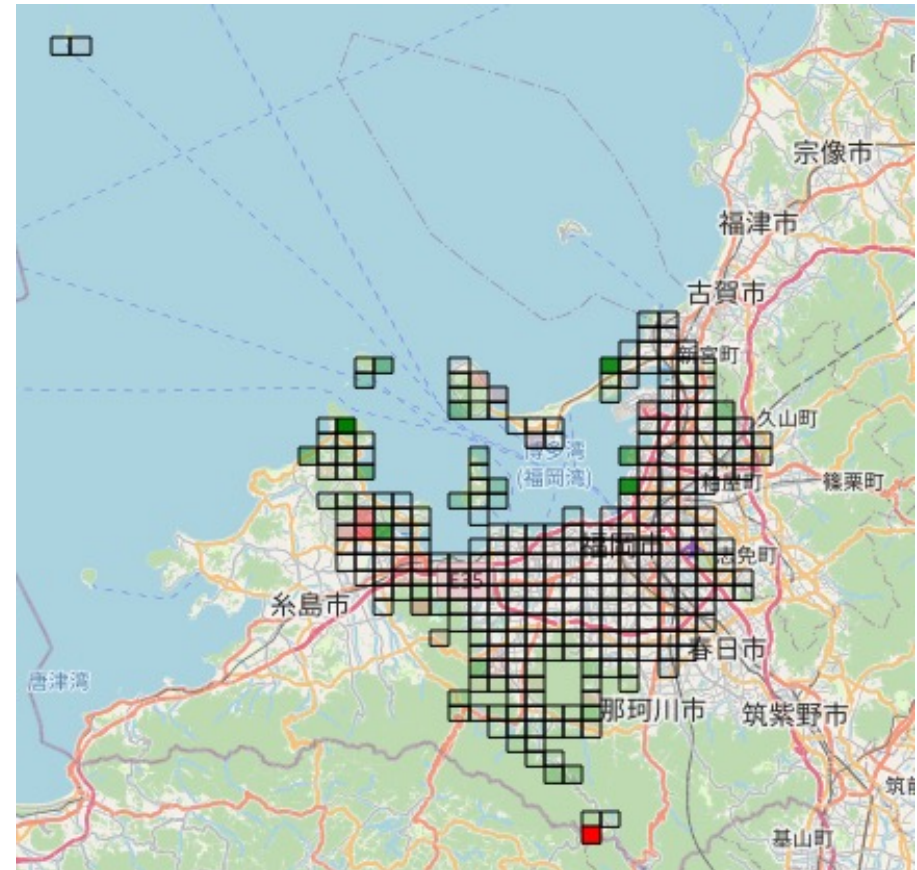
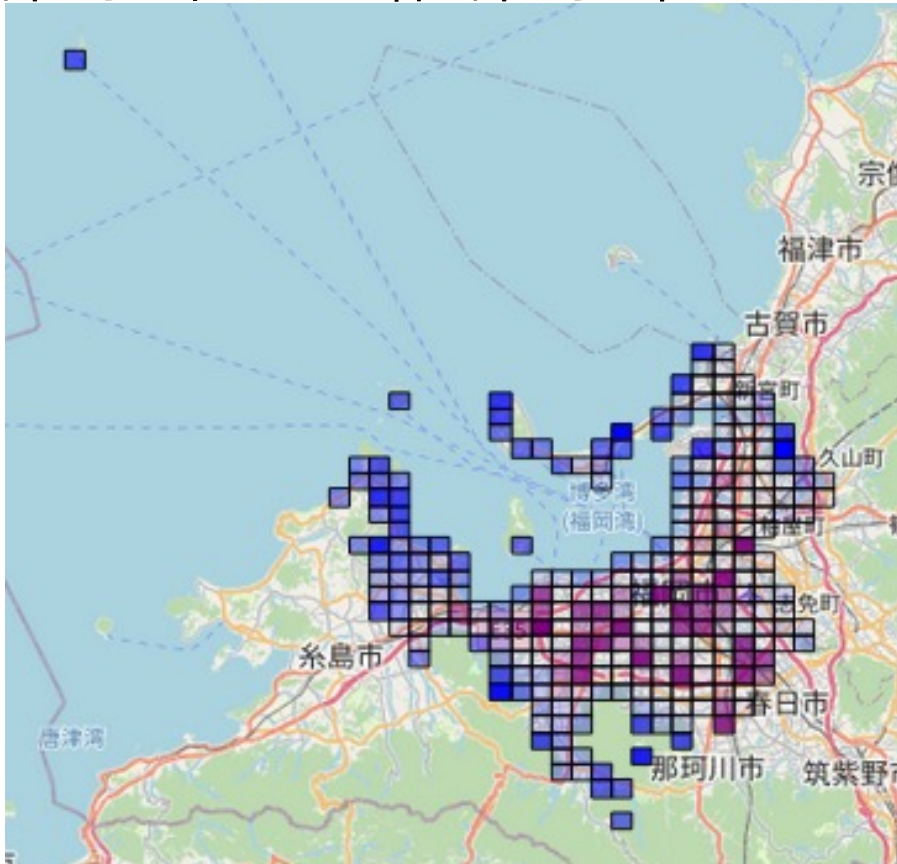


計算方法	LCR補正值	LCR最小値	LCR最大値	LCR95%信頼区間	PGR	LCRPGR補正值	LCRPGR最小値	LCRPGR最大値
旧来LCR定義	-1.6086	-1.6281	-1.5891	0.0389	0.0033	-486.4244	-492.3131	-480.5357
新LCR定義	-0.0381	-0.0538	-0.0223	0.0315	0.0033	-11.5145	-16.2821	-6.7470

3次メッシュレベルでの7大都市の指標計算

MESHSTATSにより可視化

福岡県 福岡市



計算方法	LCR補正值	LCR最小値	LCR最大値	LCR95%信頼区間	PGR	LCRPGR補正值	LCRPGR最小値	LCRPGR最大値
旧来LCR定義	-0.7997	-0.8103	-0.7890	0.0213	0.0097	-82.4861	-83.5865	-81.3858
新LCR定義	-0.0138	-0.0238	-0.0039	0.0199	0.0097	-1.4274	-2.4516	-0.4032