

SDG11.3.1 検証作業報告

横浜市立大学大学院データサイエンス研究科 教授

佐藤彰洋

2022年2月22日

資料 2

作業工程

～2022年3月

～2022年2月

Phase2 ～2021年11月

Phase3

Phase4

3次メッシュレベル
でいくつかの
抜き取り、土地
利用比率の誤差
評価方式の開発

3次メッシュレベル
でPGRとLCR
の誤差評価を人
口集中7都市で
拡大実施

4象限分類図 3
次メッシュレベ
ルで人口集中7
大都市で検証

日本全体での
LCRとPGRを集
計、4象限分類図
とともに調表作
業を行う

Phase1

Phase1-1

Phase1-2

Phase1-3

3次メッシュレベル
でのLCR誤差評価
方式（95%信頼
区間）

3次メッシュレベ
ルでの分類誤り補
正の検証+土地利
用土地分類図の突
合分析（混合行列
の精度向上）

3次メッシュレベ
ルでの分類誤りを
考慮したLCRの算
出

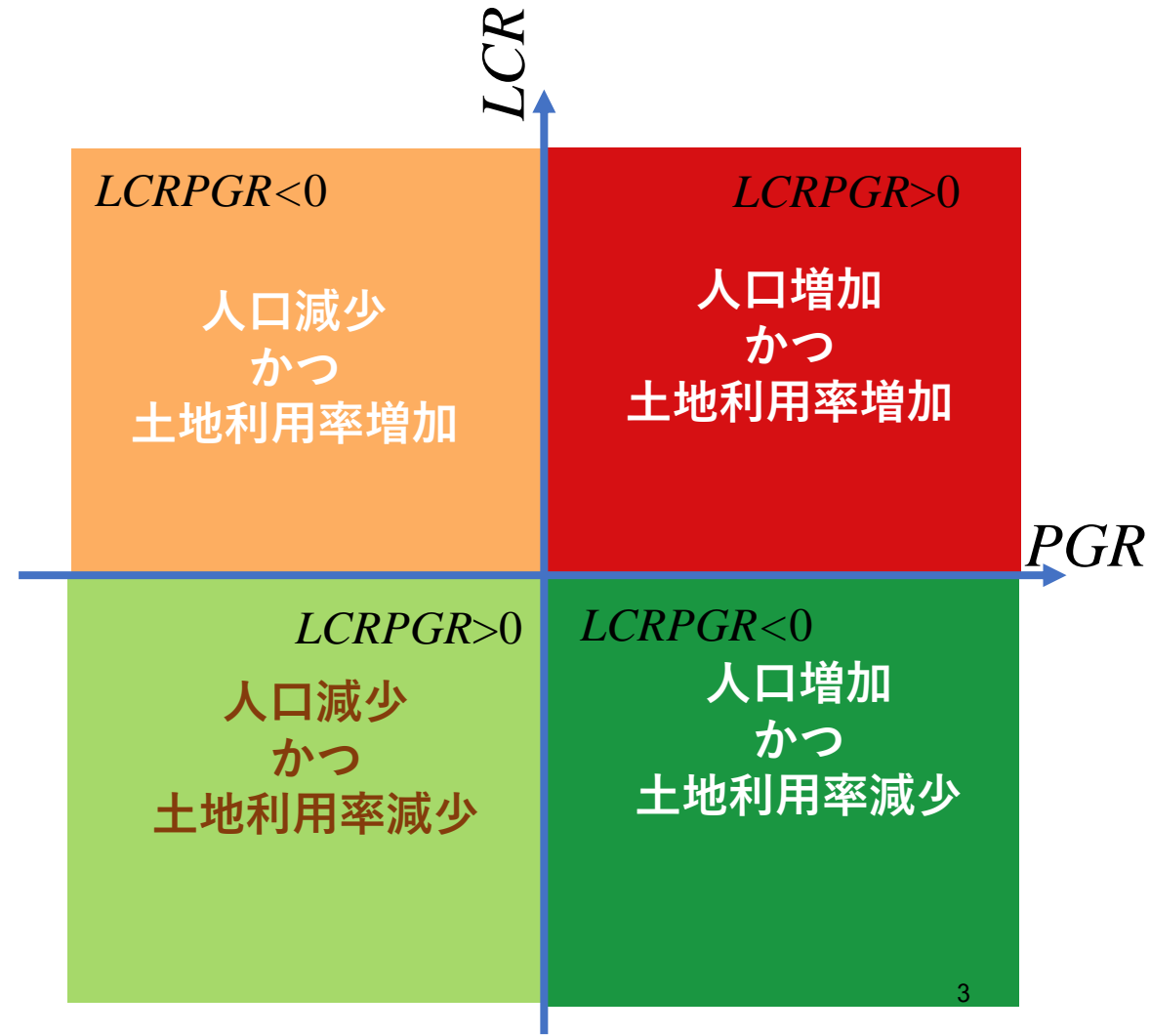
～2021年8月

～2021年10月

検証作業対象指標 (SDG11.3.1)

- 人口増加率 $PGR = \frac{\ln Pop_{t+n} - \ln Pop_n}{y}$
- 土地利用率 $LCR = \frac{\ln Urb_{t+n} - \ln Urb_n}{y}$
- 比 $LCRPGR = \frac{\ln Urb_{t+n} - \ln Urb_n}{\ln Pop_{t+n} - \ln Pop_n}$

- PGRとLCR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では第1、第3象限と第2、第4象限が区別できない



Phase1 メッシュによる理論構築



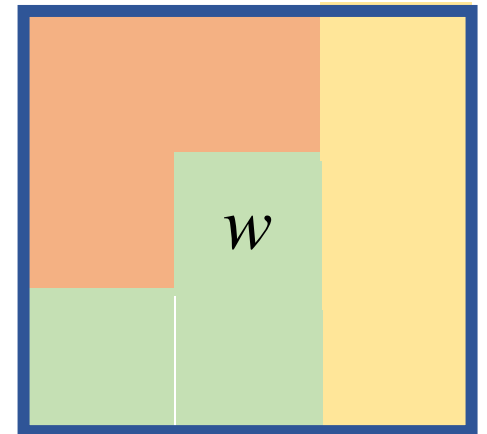
- 年 t における都市割合 3 次メッシュ統計の作成・・・3 次メッシュコード w で指示される区画内での、年 t における都市と分類される面積を $m_t(w)$ とする。
- 定義から3次メッシュ w における土地利用比率は

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

となる。

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

$$m_t(w) = A(w)p_t$$



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

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

より

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

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 $\mathbf{B}(p_t, N_t)$ を正規分布 $\mathbf{N}(N_t p_t, N_t p_t (1-p_t))$ 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

$R(a|b)$ 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

$R(a/b)$ の定義

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

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

- 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、

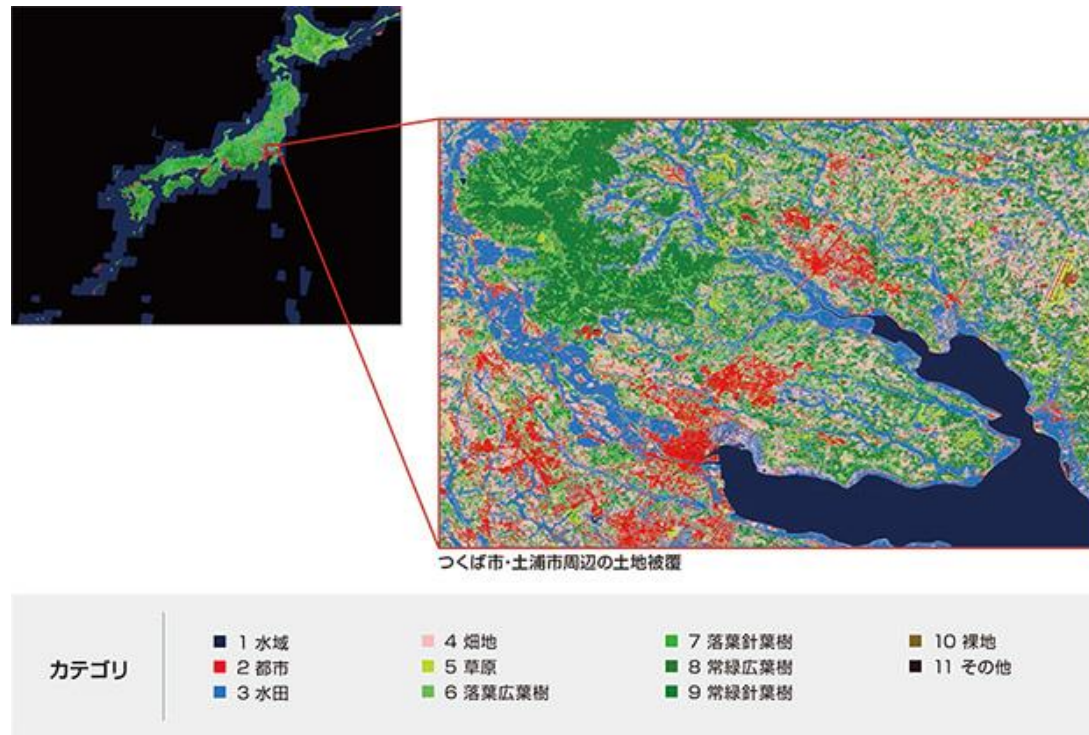
$$\delta\alpha = \frac{a_{t+n} - b_{t+n}}{c_{t+n} - b_{t+n}} \left(\frac{\delta a_{t+n} + \delta b_{t+n}}{a_{t+n} - b_{t+n}} + \frac{\delta c_{t+n} + \delta b_{t+n}}{c_{t+n} - b_{t+n}} \right), \quad \delta\beta = \frac{a_t - b_t}{c_t - b_t} \left(\frac{\delta a_t + \delta b_t}{a_t - b_t} + \frac{\delta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

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。 ■

JAXA高解像度土地利用土地被覆図



- 最小データは10mメッシュ(0.3秒度×0.3秒度角グリッド)
- 100mグリッドデータ(3秒度×3秒度角グリッド)
- 水域、都市、水田、畑地、草原、落葉広葉樹、落葉針葉樹、常緑広葉樹、常緑針葉樹、裸地、その他の分類で土地利用・土地被覆分類ラベルがデータ化されている

URL https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/lulc/lulc_jindex.htm

分類ラベル

- #0: 未分類 (Unclassified)
- #1: 水域 (Water)
- #2: 都市 (Urban and built-up)
- #3: 水田 (Rice paddy)
- #4: 畑地 (Crops)
- #5: 草地 (Grassland)
- #6: 落葉広葉樹 (DBF)
- #7: 落葉針葉樹 (DNF)
- #8: 常緑広葉樹 (EBF)
- #9: 常緑針葉樹 (ENF)
- #10: 裸地 (Bare land)
- #11: 雪氷 (Snow and ice)
- #253: その他 (Other)
- #255: データなし (No data)

評価用データ取得FTPサイト：

<ftp://ftp.eorc.jaxa.jp/pub/EACH/ps1/common/sdgs>

混合行列

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ックス

		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	0	2	197	98.0
	2	2	222	2	1	0	0	0	0	0	0	2	229	96.9
	3	1	2	260	18	6	2	0	1	0	1	1	291	89.3
	4	1	2	28	76	41	4	1	9	1	5	5	168	45.2
	5	0	0	10	14	42	4	2	8	0	1	1	81	51.9
	6	0	1	2	8	5	74	13	15	13	0	0	131	56.5
	7	0	0	0	0	1	1	11	0	1	0	0	14	78.6
	8	0	0	0	0	1	5	1	32	16	0	0	55	58.2
	9	1	0	0	1	0	11	4	30	167	0	0	214	78.0
	10	0	2	1	1	3	0	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	

非都市
都市

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

F値 (都市分類)
96.73203

	点推定値	95%信頼区間幅
$R_t(1 0)$	0.005937235	0.004385289
$R_t(1 1)$	0.9652174	0.02368022

混合行列

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ックス

		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

非都市
都市

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

F値 (都市分類)
82.74707

	点推定値	95%信頼区間幅
$R_{t+n}(1 0)$	0.01832061	0.005135234
$R_{t+n}(1 1)$	0.8178808	0.04352868

SDG indicator metadata

Metadata-11-03-01 Mar. 2021

Land Consumption Rate

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

m_{t+n} : $t+n$ 年の人工構造物面積

m_t : t 年の人工構造物面積

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} を $t+n$ 年における都市比率、 p_t を t 年における都市比率とすると $m_{t+n} = A_w p_{t+n}$ 、 $m_t = A_w p_t$ と書ける。

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

SDG indicator metadata

Metadata-11-03-01 Mar. 2021

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

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。

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

SDG indicator metadata

Metadata-11-03-01 Mar. 2021

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。

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

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

Phase 1.2 突合作業の目的

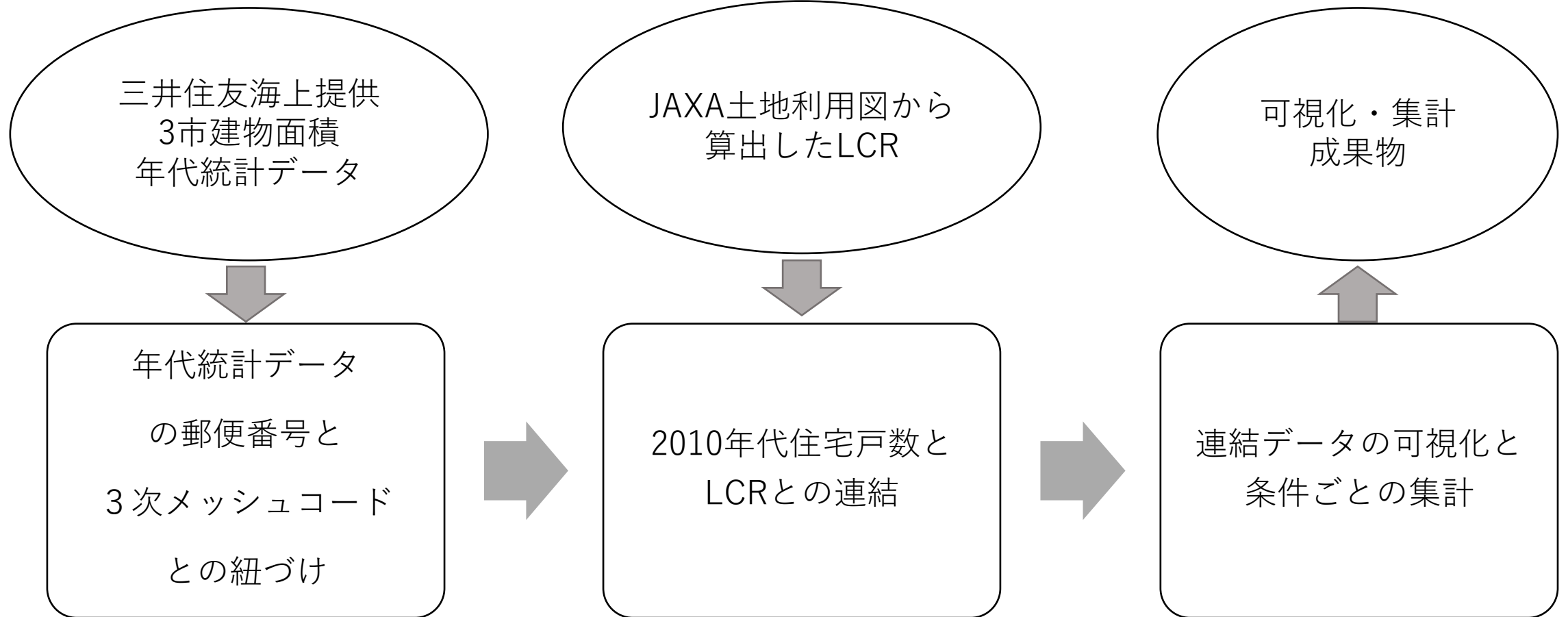
- 混合行列を計算するための標本サイズを大きくすることにより混合行列から計算される標本比率による条件付き確率の信頼区間幅を小さくすることにより、LCR補正值の信頼区間幅を小さくすることでLCR補正值の信頼度を高めたい
- LCR補正值の推定結果がどの程度利用に足りるものであるかを他データとの突合分析により判断する

突合分析の方法①

- JAXA高精度土地被覆土地利用図のラベル（12種類）の正誤を信頼背のある正解データを使って評価する

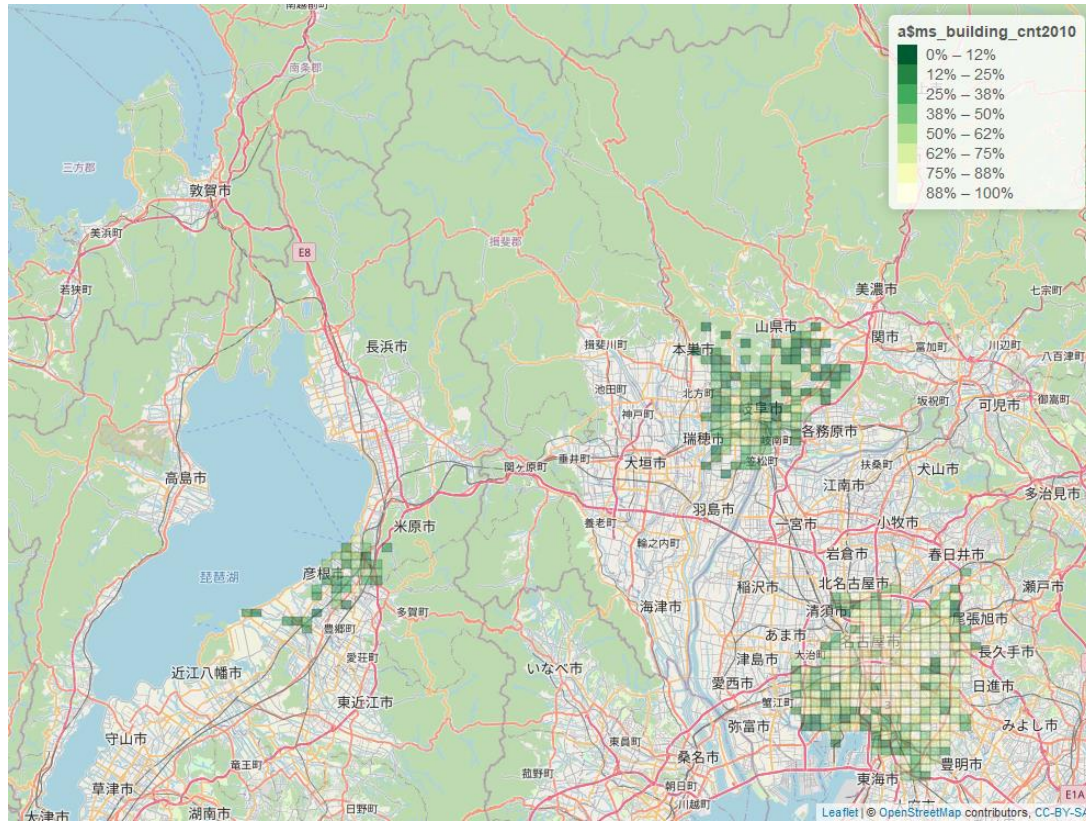
都市正解データ：三井住友海上提供の火災保険業務データ由来の郵便番号別の建物年代、面積データ統計データ

作業フロー

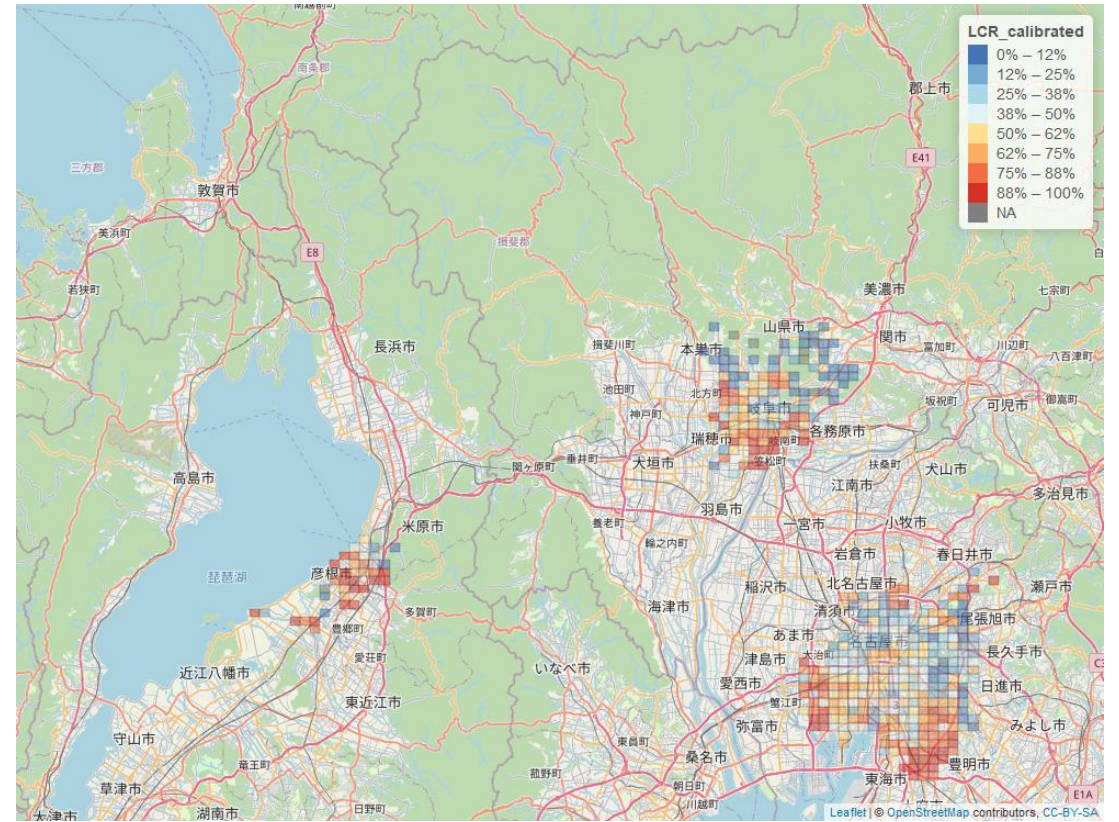


メッシュマップによる可視化結果

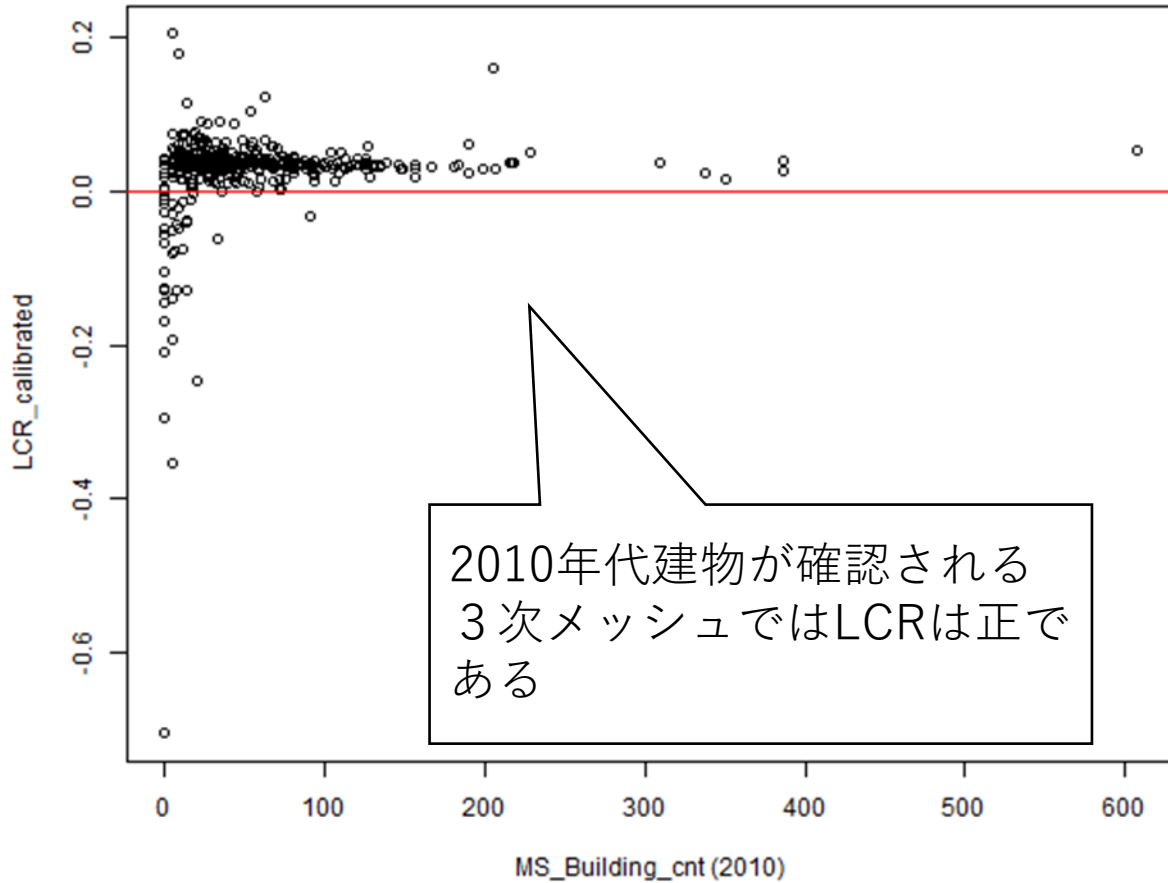
建物戸数 (2010年代)



LCR (補正)



3市建物面積・年代統計データと LCRのマッチング



滋賀県、愛知県、岐阜県のLCR（補正）と3市建物年代を3次メッシュレベルで結合して関係性を確認

マッチングした3次メッシュ：452

マッチングした3次メッシュに含まれる戸数：21900

LCR(補正) がNAの3次メッシュ：6

LCR(補正) がNAの3次メッシュに含まれる戸数：20

LCRが負の3次メッシュに含まれる戸数：377

LCRが正の3次メッシュに含まれる戸数：21503

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

三井住友海上提供
3市建物面積年代統計データ

突合分析の方法②

- JAXA高精度土地被覆土地利用図のラベル（12種類）の正誤を信頼背のある正解データを使って評価する

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データから住所、緯度経度を抽出

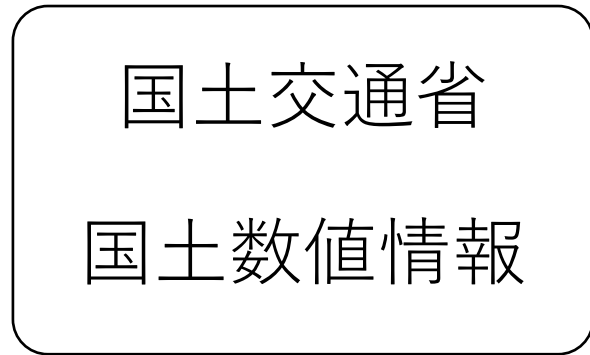
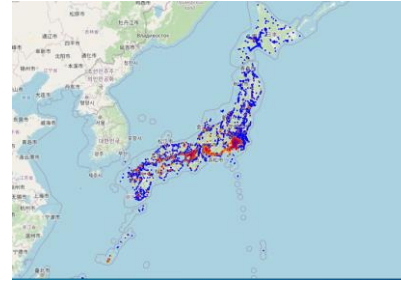
https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L01-v2_3.html

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より、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

流れ図

地価公示データ

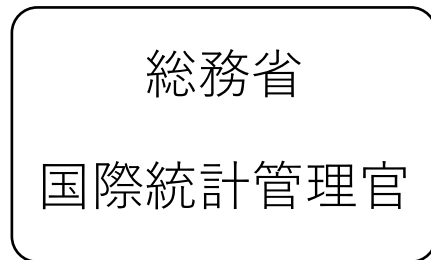
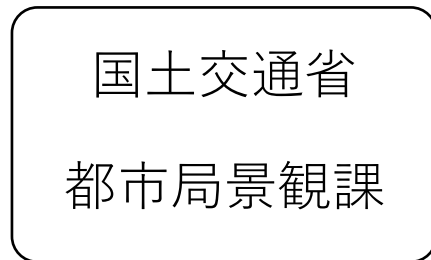
都道府県ごと
シェイプ形式



緯度経度抽出、タイル化

タイルごと
緯度経度CSV形式

公園データ

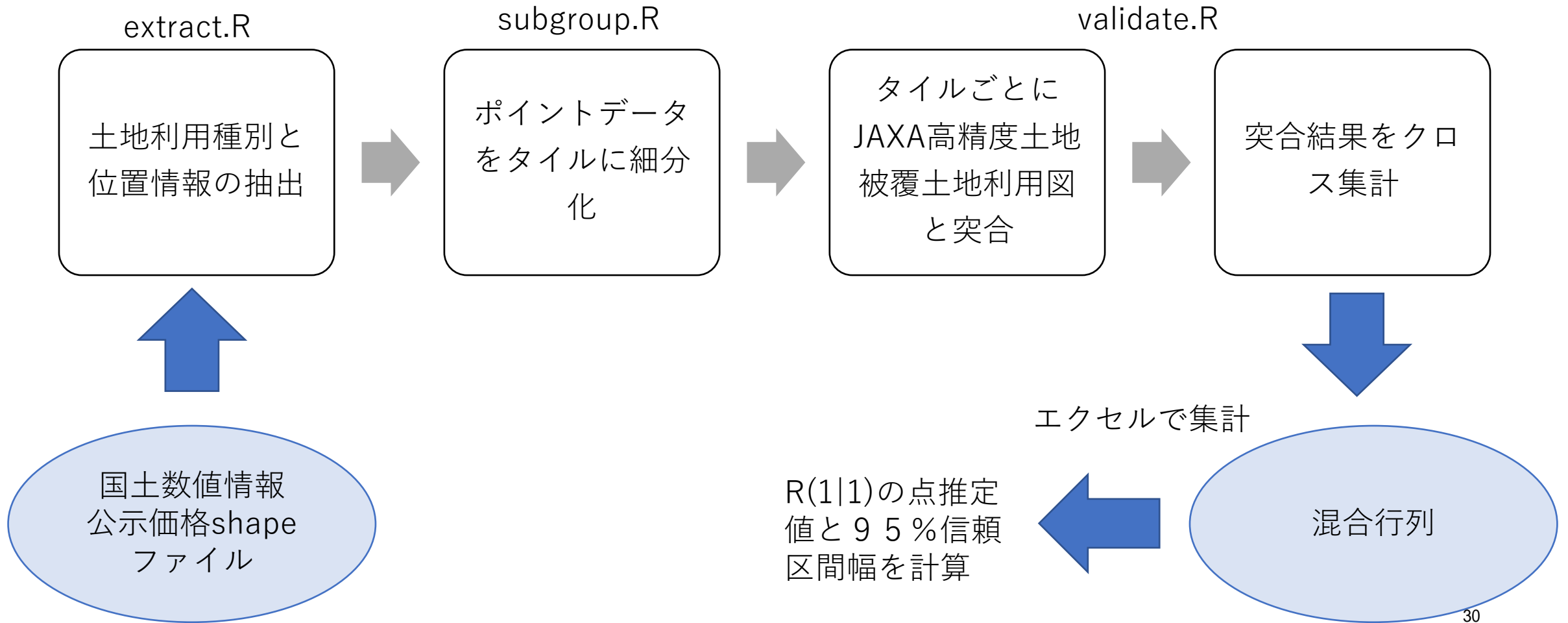


都道府県ごと
住所テキストエクセル形式

住所の緯度経度変換、タイル化
(国土地理院ジオコードAPI)

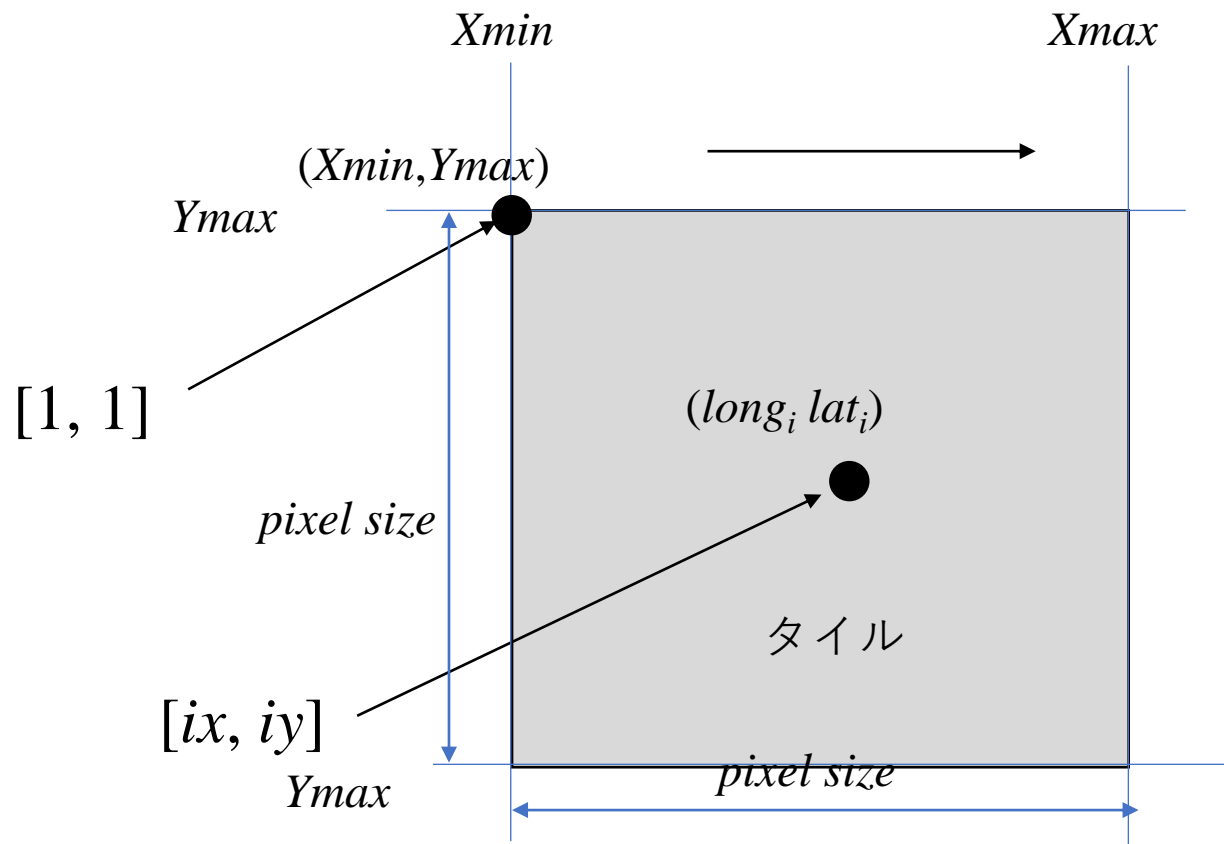
タイルごと
緯度経度CSV形式₂₉

検証作業の手順



突合計算のアルゴリズム

国土交通省公示価格に含まれるデータ位置がJAXA高精度土地被覆土地分類図上で都市（2）分類になっているかを調べる。



問題設定：

タイルに $pixel\ size \times pixel\ size$ のデータが含まれているとする。経度緯度 $(Xmin, Ymax)$ がピクセル位置 $[1, 1]$ と対応付けがされているとき、任意の経度緯度 $(long_i, lat_i)$ がピクセル位置 $[ix, iy]$ である場合、 $[ix, iy]$ が $(long_i, lat_i)$ のどのような関数で表現することができるかについて検討せよ。

解答：

$$dlat = \frac{Ymax - Ymin}{pixel\ size}, dlong = \frac{Xmax - Xmin}{pixel\ size}$$

とすると、

$$iy = [Ymax - lat_i] / dlat$$

$$ix = [long_i - Xmin] / dlong$$

により決定できる。

データソース：https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L01-v2_3.html

国土交通省国土数値情報地価公示

統計情報可視化システムMESHSTATS: Land Price Map Information 2015

[2010](#) [2011](#) [2012](#) [2013](#) [2014](#) [2015](#) [2016](#) [2017](#) [2018](#) [2019](#) [2020](#) [2021](#)

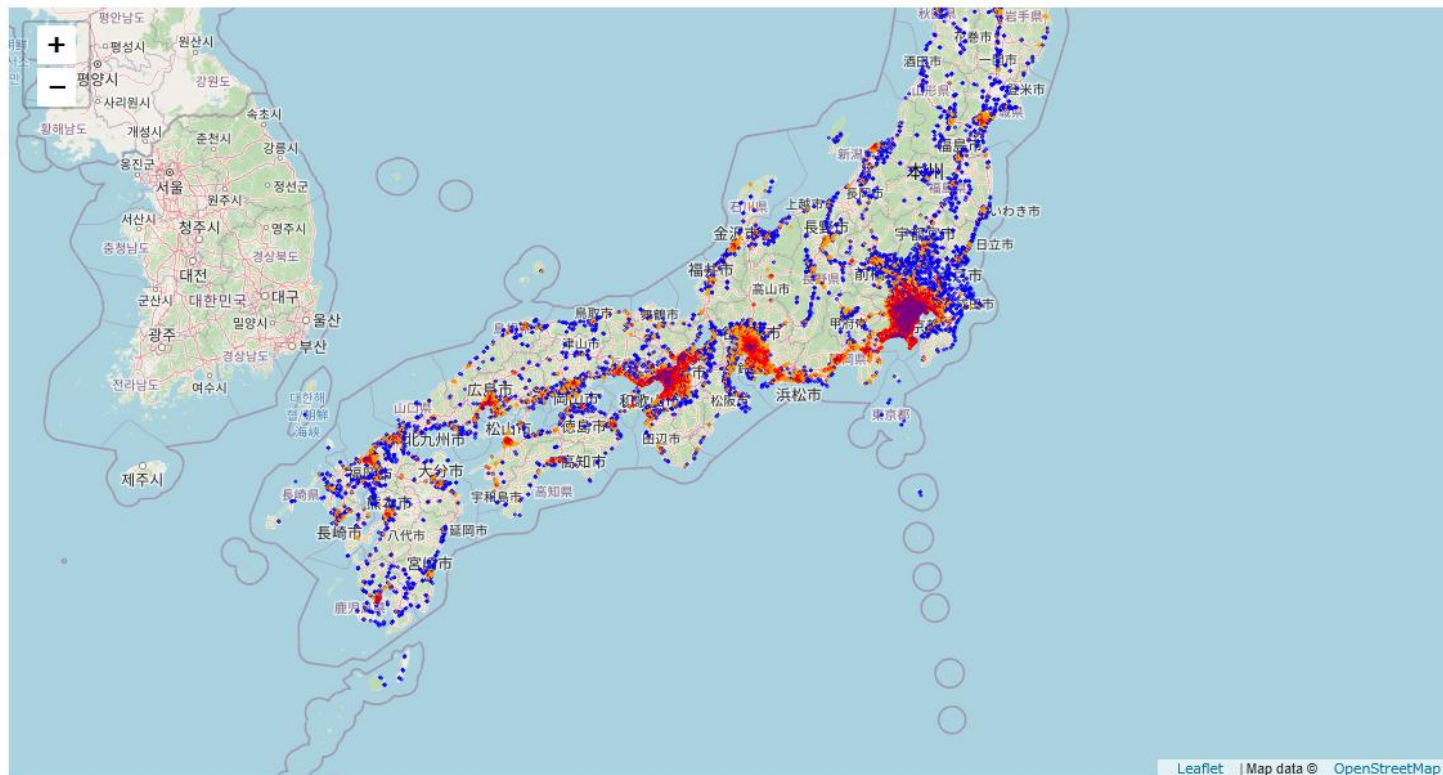
出典：https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L01-v2_3.html

■more than 25 % | ■25 % - 50 % | ■50 % - 75 % | ■less than 75 %

[このテーブルをcsvファイルとして保存](#) [テーブルの開閉](#)

price(yen/m2)

地図から表示したい地域をクリックしてください。アプリケーションの画面に展開します。



MESHSTATSにより可視化

混合行列(2006-2011, 10m)

		Validation										Total	User's accuracy (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Classified	1	193	108	1	0	0	0	0	0	0	2	304	63.5
	2	2	24992	2	1	0	0	0	0	0	2	24999	100.0
	3	1	1269	260	18	6	2	0	1	0	1	1558	16.7
	4	1	1225	28	76	41	4	1	9	1	5	1391	5.5
	5	0	20	10	14	42	4	2	8	0	1	101	41.6
	6	0	158	2	8	5	74	13	15	13	0	288	25.7
	7	0	30	0	0	1	1	11	0	1	0	44	25.0
	8	0	72	0	0	1	5	1	32	16	0	127	25.2
	9	1	53	0	1	0	11	4	30	167	0	267	62.5
	10	0	112	1	1	3	0	0	0	0	22	139	15.8
Total		198	28039	304	119	99	101	32	95	198	33	29218	
Producer's accuracy (%)		97.5	89.1	85.5	63.9	42.4	73.3	34.4	33.7	84.3	66.7		88.5
												都市	
												非都市	

	点推定値	95%信頼区画幅
R(1 0)	0.00594	0.00439
R(1 1)	0.89133	0.00364

※建物の位置座標を用いた突合により改善が確認

混合行列(2014-2016, 30m)

		Validation											User's accuracy (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	
Classified	1	276	49	1	0	0	0	0	1	3	0	330	83.6
	2	3	20439	2	7	1	0	0	0	0	35	20487	99.8
	3	0	890	284	5	1	1	1	0	0	1	1183	24.0
	4	1	1602	31	218	26	4	3	1	1	6	1893	11.5
	5	0	63	6	14	240	14	0	8	0	5	350	68.6
	6	0	111	0	0	9	236	29	13	11	0	409	57.7
	7	0	60	0	1	4	24	252	4	14	0	359	70.2
	8	0	22	0	1	2	15	7	207	49	0	303	68.3
	9	0	12	0	0	1	6	4	24	264	0	311	84.9
	10	15	417	6	14	23	8	3	6	7	161	660	24.4
Total		295	23665	330	260	307	308	299	264	349	208	26285	
Producer's accuracy (%)		93.6	86.4	86.1	83.8	78.2	76.6	84.3	78.4	75.6	77.4		85.9
												都市	
												非都市	

	点推定値	95%信頼区画幅
R(1 0)	0.01832	0.00514
R(1 1)	0.86368	0.00437

※建物の位置座標を用いた突合により改善が確認

国土交通省都市局景観課提供公園住所録

[zipcodemapproject](#) |

統計情報可視化システムMESHSTATS: Parks POI Map Information 2015

[1975](#) [1976](#) [1977](#) [1978](#) [1979](#) [1980](#) [1981](#) [1982](#) [1983](#) [1984](#) [1985](#) [1986](#) [1987](#) [1988](#) [1989](#) [1990](#) [1991](#) [1992](#) [1993](#) [1994](#) [1995](#) [1996](#) [1997](#) [1998](#) [1999](#) [2000](#) [2001](#) [2002](#)
[2003](#) [2004](#) [2005](#) [2006](#) [2007](#) [2008](#) [2009](#) [2010](#) [2011](#) [2012](#) [2013](#) [2014](#) [2015](#) [2016](#) [2017](#) [2018](#) [2019](#) [2020](#)

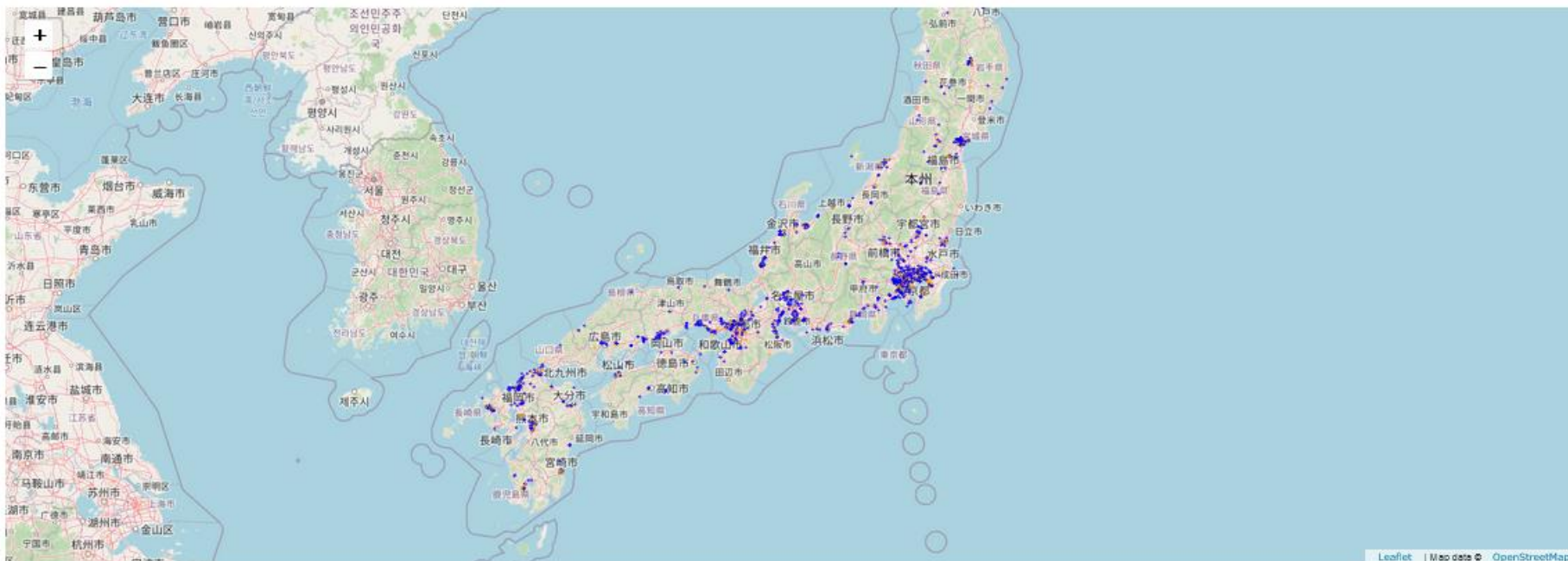
出典: https://nftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L01-v2_3.html

■ more than 25 % | ■ 25 % - 50 % | ■ 50 % - 75 % | ■ less than 75 %

[このテーブルをcsvファイルとして保存](#) | [テーブルの開閉](#)

[area\(m2\)](#)

地図から表示したい地域をクリックしてください、アプリケーションの画面に展開します。



住所データを国土地理院ジオコードAPIにより位置座標へ変換

MESHSTATSにより可視化

混合行列(2006-2011, 10m)

		Validation										Total	User's accuracy
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Classified	1	386	109	2	993	0	0	0	0	0	4	1494	25.8
	2	4	25214	4	59362	0	0	0	0	0	4	84588	29.8
	3	2	1271	520	10675	12	4	0	2	0	2	12488	4.2
	4	2	1227	56	9921	82	8	2	18	2	10	11328	87.6
	5	0	20	20	1755	84	8	4	16	0	2	1909	4.4
	6	0	159	4	4394	10	148	26	30	26	0	4797	3.1
	7	0	30	0	404	2	2	22	0	2	0	462	4.8
	8	0	72	0	2801	2	10	2	64	32	0	2983	2.1
	9	2	53	0	11903	0	22	8	60	334	0	12382	2.7
	10	0	114	2	2665	6	0	0	0	0	44	2831	1.6
Total		396	28269	608	104873	198	202	64	190	396	66	135262	
Producer's accuracy (%)		97.5	89.2	85.5	9.5	42.4	73.3	34.4	33.7	84.3	66.7		27.2
												都市	
												非都市	

	点推定値	95%信頼区画幅
R(1 0)	0.55493	0.00298
R(1 1)	0.89193	0.00362

※公園データは分類誤りが多く信頼区間が改善されない

混合行列(2014-2016, 30m)

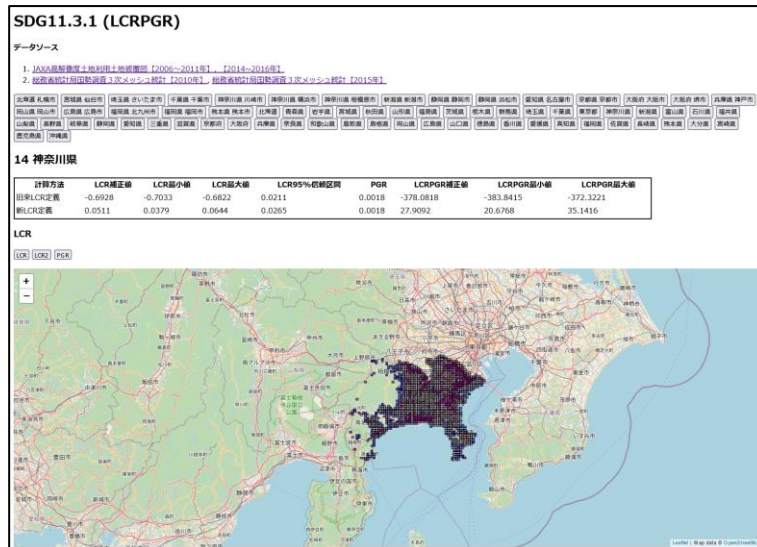
		Validation										User's accuracy	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Total
Classified	1	552	50	2	543	0	0	0	2	6	0	1155	47.8
	2	6	20686	4	768256	2	0	0	0	0	70	789024	2.6
	3	0	895	568	58613	2	2	2	0	0	2	60084	0.9
	4	2	1605	62	11439	52	8	6	2	2	12	13190	86.7
	5	0	65	12	2308	480	28	0	16	0	10	2919	16.4
	6	0	111	0	4232	18	472	58	26	22	0	4939	9.6
	7	0	60	0	832	8	48	504	8	28	0	1488	33.9
	8	0	23	0	2039	4	30	14	414	98	0	2622	15.8
	9	0	12	0	1690	2	12	8	48	528	0	2300	23.0
	10	30	460	12	4093	46	16	6	12	14	322	5011	6.4
Total		590	23967	660	854045	614	616	598	528	698	416	882732	
Producer's accuracy (%)		93.6	86.3	86.1	1.3	78.2	76.6	84.3	78.4	75.6	77.4		4.1
													都市
													非都市

	点推定値	95%信頼区画幅
R(1 0)	0.89470	0.00065
R(1 1)	0.86310	0.00435

※公園データは分類誤りが多く信頼区間が改善されない

Phase1.3 3次メッシュによる算出

- 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LCRPGR指標算出・可視化アプリケーションを作成



```
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);
}
```

Phase2 推計範囲の拡大

- 全国で3次メッシュレベルで推計方法を拡大実施
- 3次メッシュレベルでPGRとLCRの誤差評価を人口集中7都市で検証を行う
- 分類誤りの標本誤差については、地価公示による住宅位置座標による補正による結果を用いる。

混合行列(2006-2011, 10m)

	点推定値	95%信頼区画幅
R(1 0)	0.00594	0.00439
R(1 1)	0.89133	0.00364

混合行列(2014-2016, 30m)

	点推定値	95%信頼区画幅
R(1 0)	0.01832	0.00514
R(1 1)	0.86368	0.00437

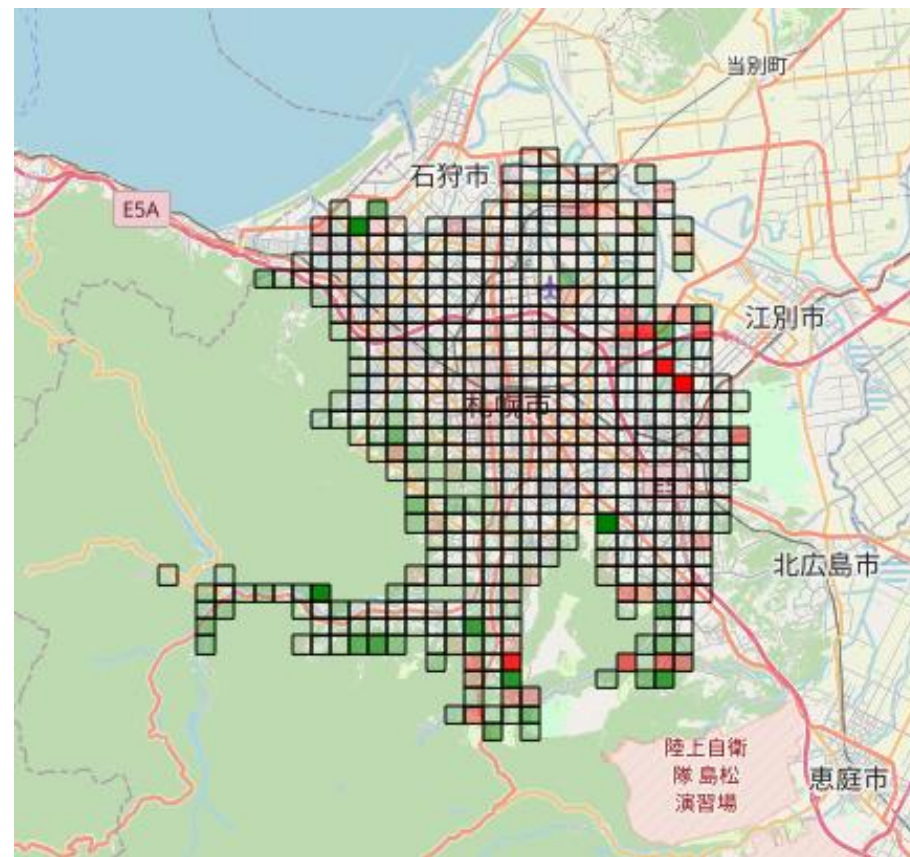
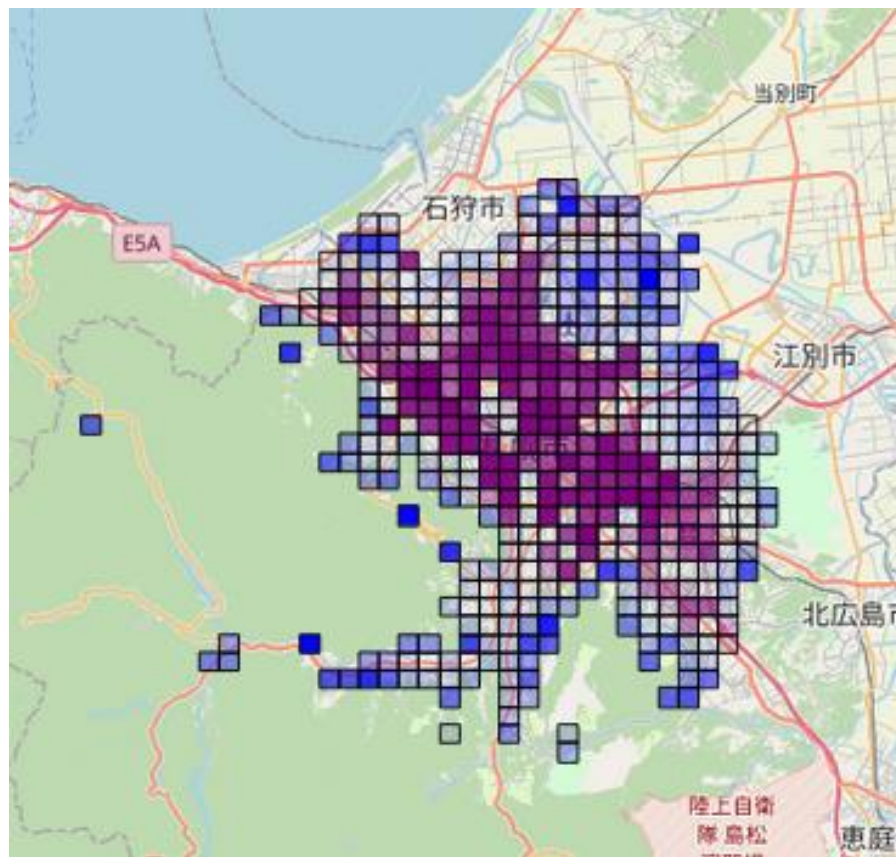
7 大都市

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

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

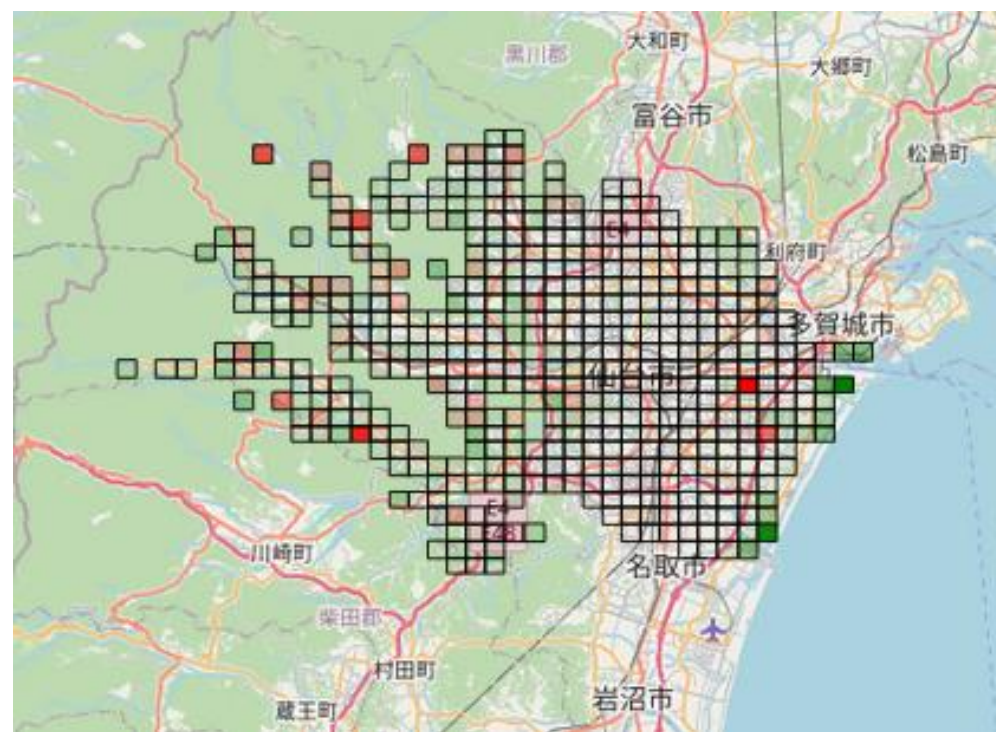
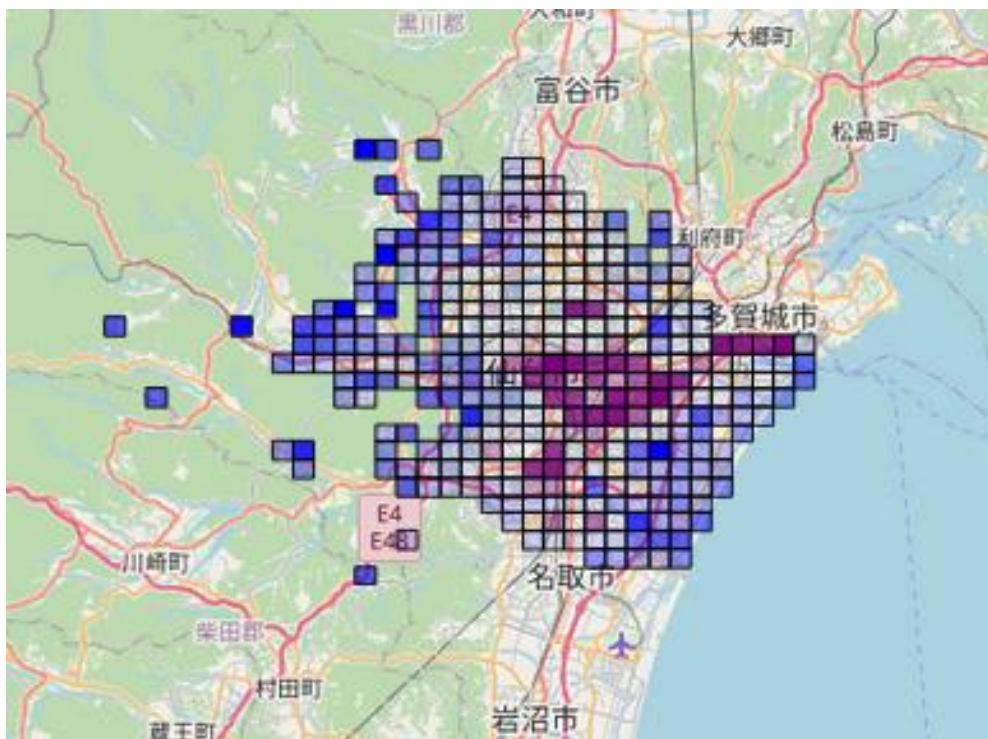
都市名	タイル	人口2015年 (人)	人口2010年 (人)	人口増減 (人)	面積 [km ²]
福岡県福岡市	N33E130	1, 538, 681	1, 463, 743	74, 938	343.46
広島県広島市	N34E132	1, 194, 034	1, 173, 843	20, 191	906.69
大阪府大阪市	N34E135	2, 691, 185	2, 665, 314	25, 871	225.33
愛知県名古屋市	N35E136, N35E137	2, 295, 638	2, 263, 894	31, 744	326.50
東京都23特別区	N35E139	9, 272, 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

北海道 札幌市



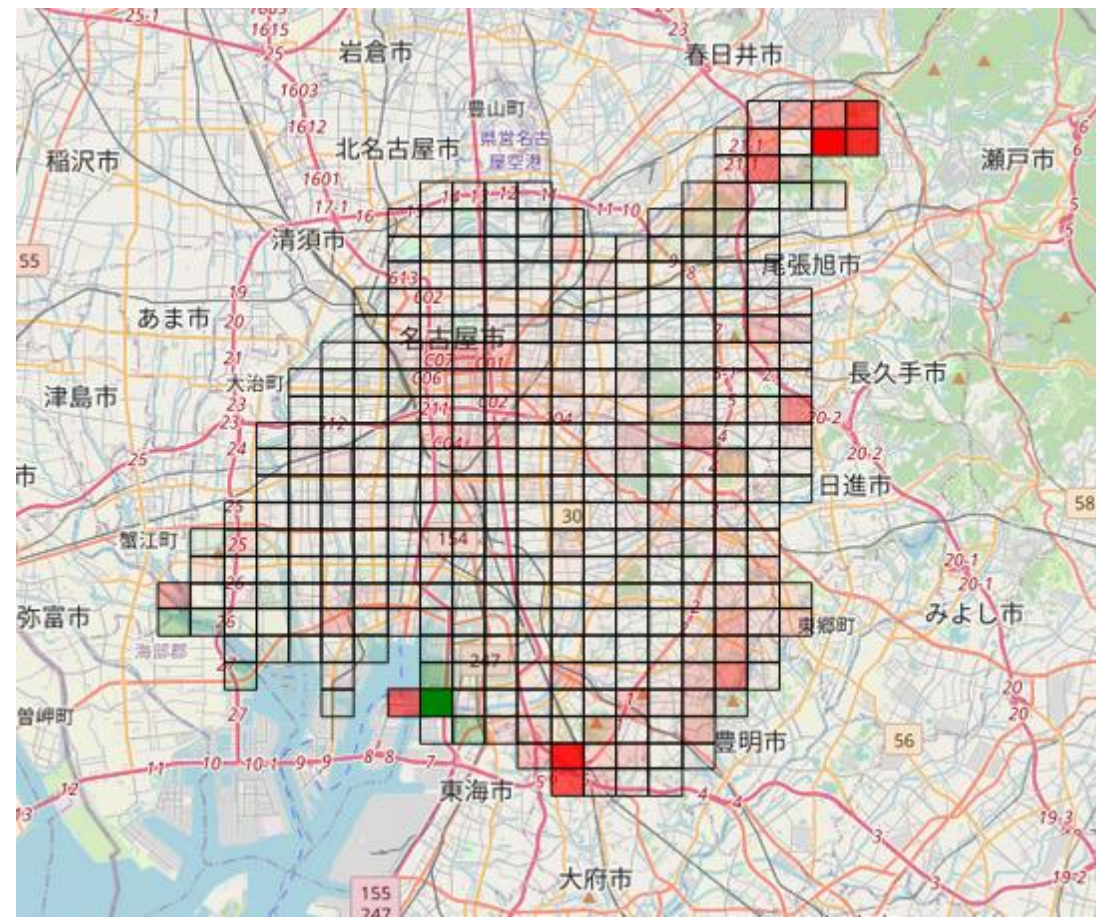
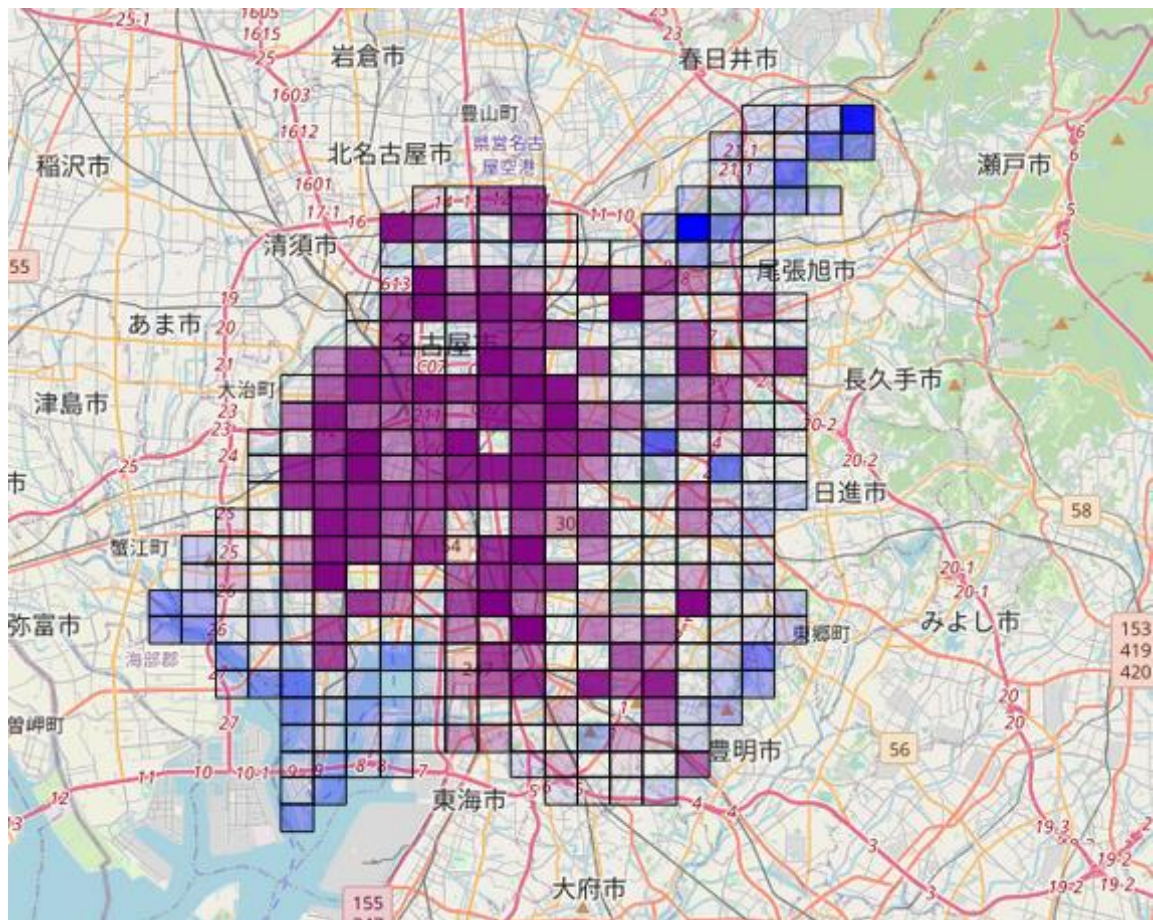
計算方法	LCR補正值	LCR最小値	LCR最大値	LCR95%信頼区間	PGR	LCRPGR補正值	LCRPGR最小値	LCRPGR最大値
旧来LCR定義	-1.1921	-1.2064	-1.1778	0.0286	0.0040	-300.6153	-304.2244	-297.0063
新LCR定義	-0.0084	-0.0221	0.0053	0.0274	0.0040	-2.1217	-5.5789	1.3355

宮城県 仙台市



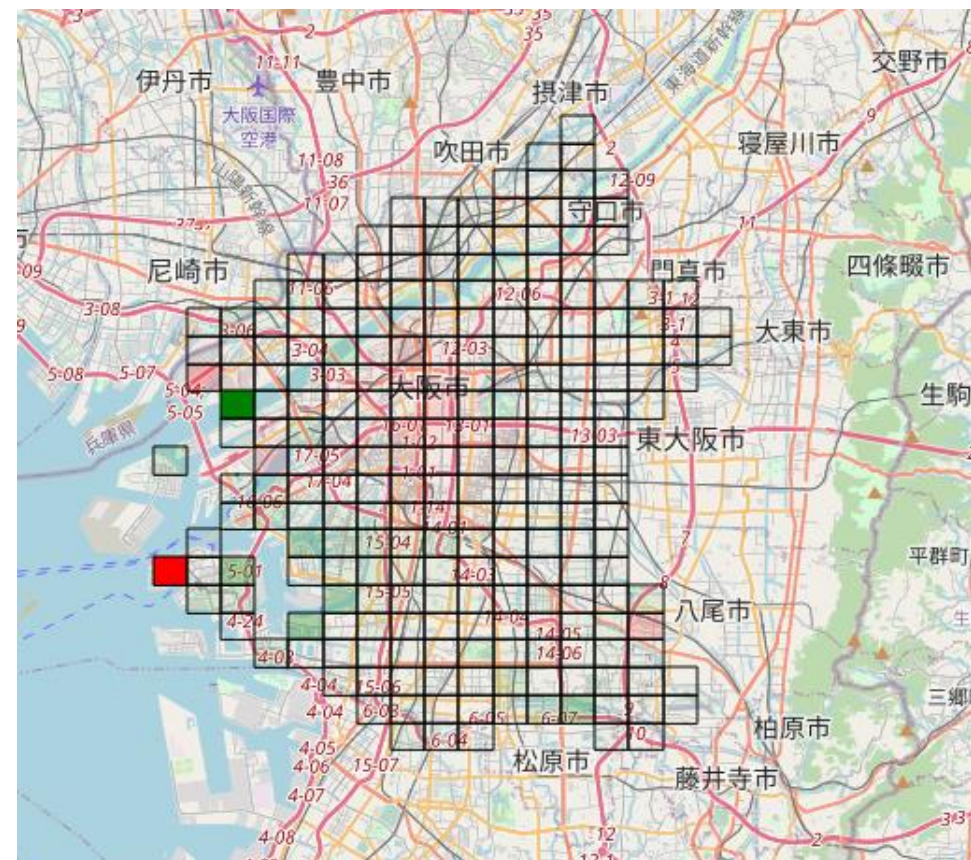
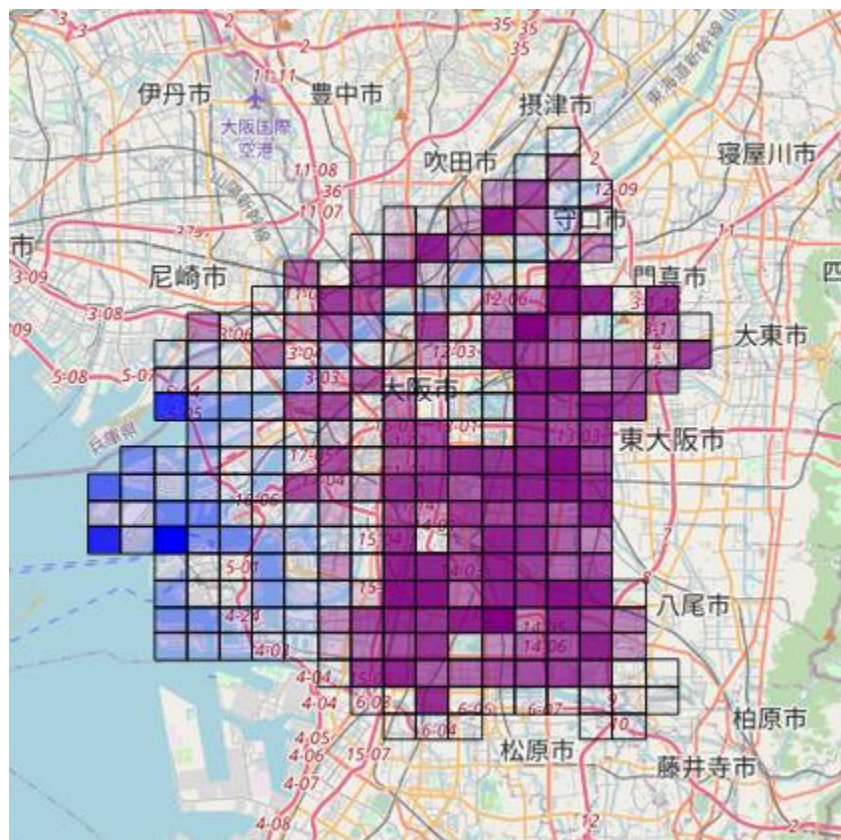
計算方法	LCR補正值	LCR最小値	LCR最大値	LCR95%信頼区間	PGR	LCRPGR補正值	LCRPGR最小値	LCRPGR最大値
旧来LCR定義	-1.3672	-1.3839	-1.3504	0.0335	0.0065	-209.8915	-212.4636	-207.3194
新LCR定義	-0.0123	-0.0280	0.0034	0.0315	0.0065	-1.8853	-4.2994	0.5289

愛知県 名古屋市



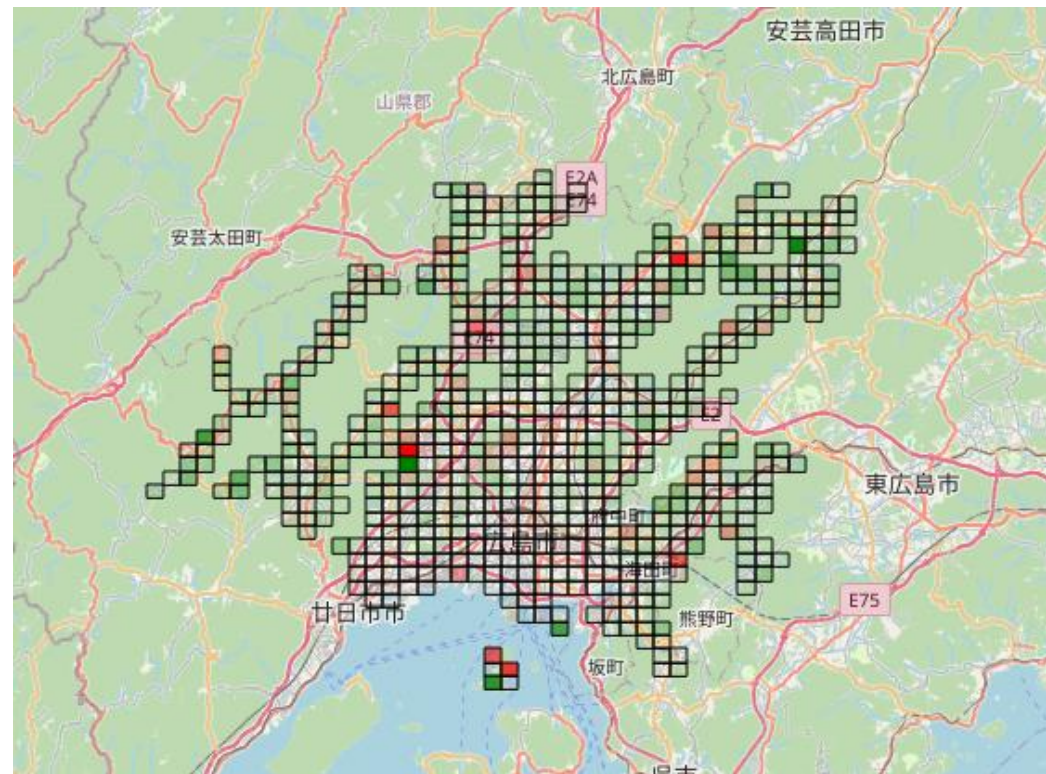
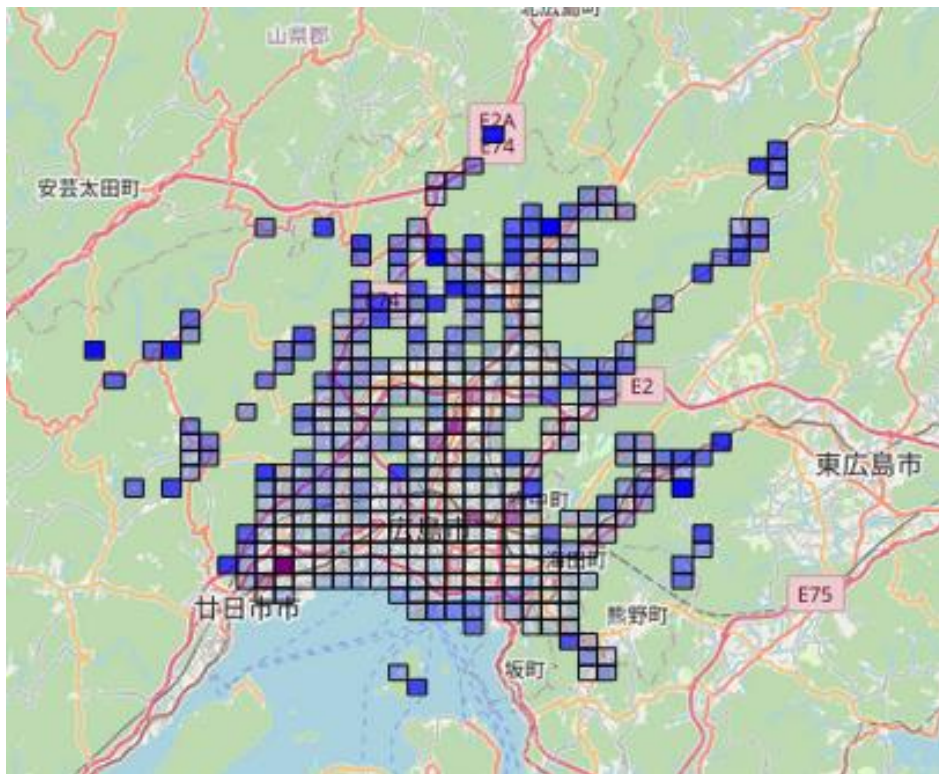
計算方法	LCR補正值	LCR最小値	LCR最大値	LCR95%信頼区間	PGR	LCRPGR補正值	LCRPGR最小値	LCRPGR最大値
旧来LCR定義	-0.1448	-0.1520	-0.1376	0.0144	0.0032	-45.0778	-47.3266	-42.8290
新LCR定義	0.0085	0.0010	0.0161	0.0151	0.0032	2.6571	0.3124	5.0019

大阪府 大阪市



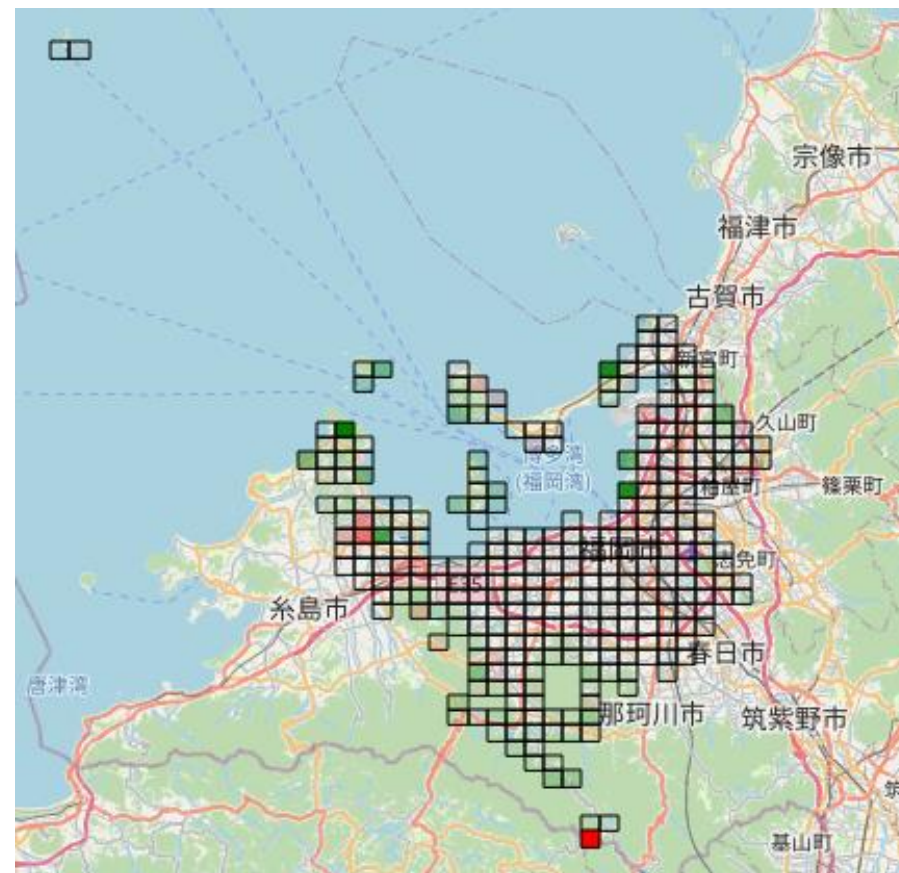
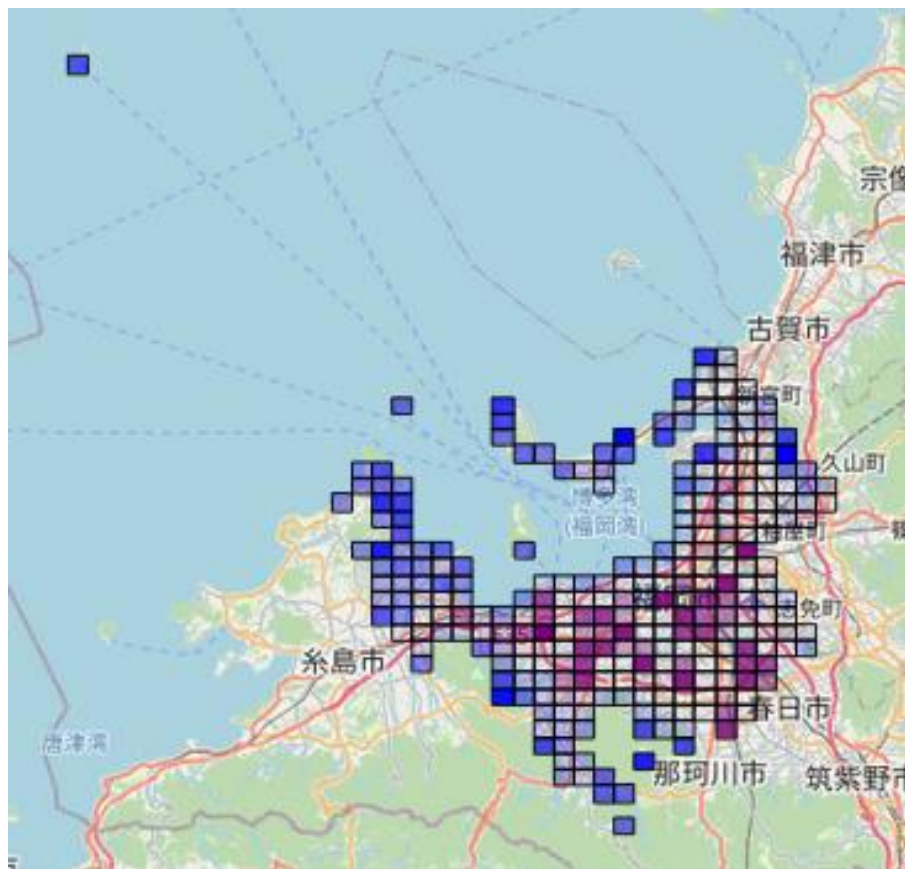
計算方法	LCR補正值	LCR最小値	LCR最大値	LCR95%信頼区間	PGR	LCRPGR補正值	LCRPGR最小値	LCRPGR最大値
旧来LCR定義	-0.1125	-0.1196	-0.1054	0.0141	0.0018	-60.9106	-64.7354	-57.0857
新LCR定義	0.0018	-0.0054	0.0089	0.0143	0.0018	0.9536	-2.9049	4.8121

広島県 広島市



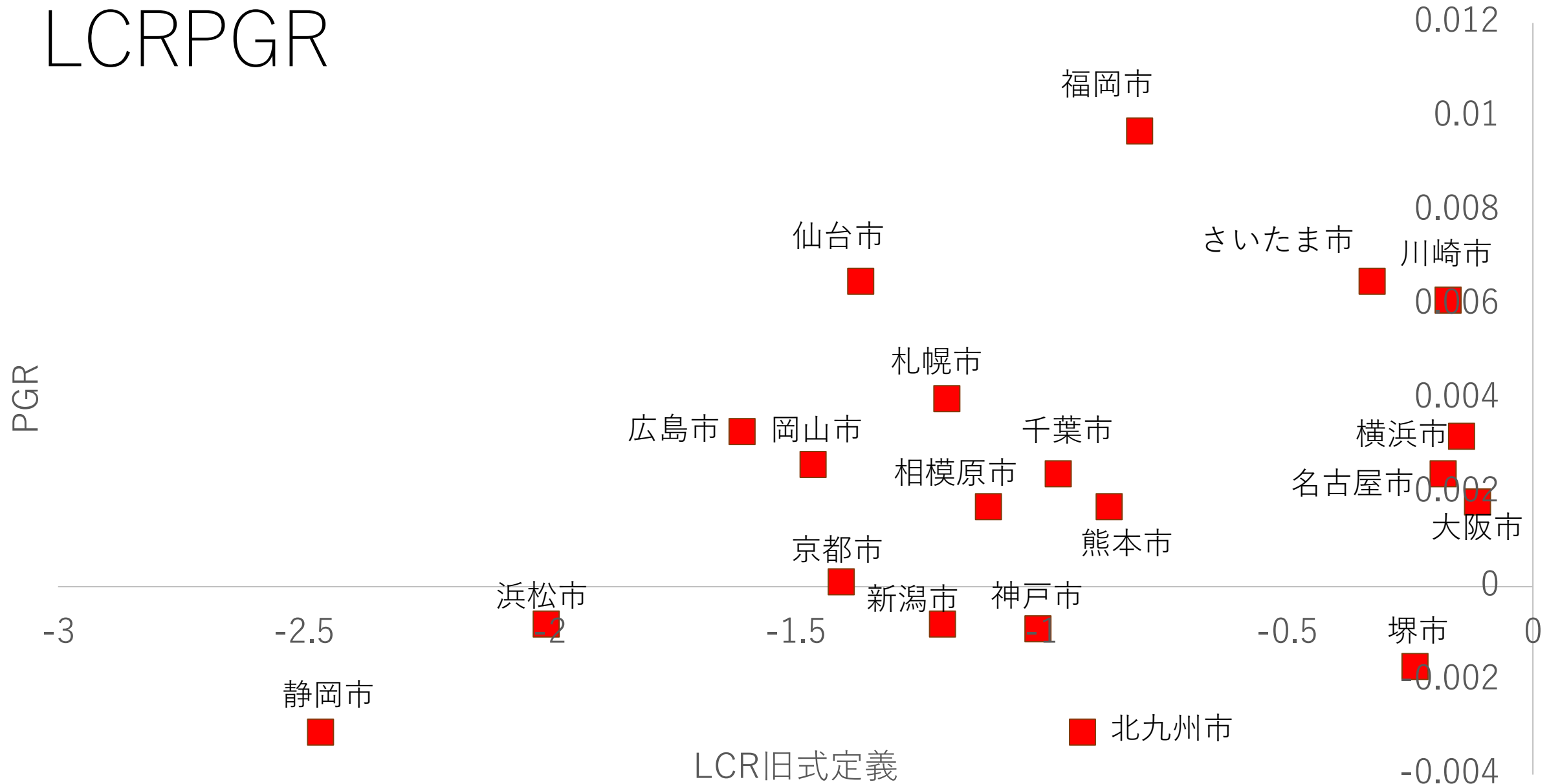
計算方法	LCR補正值	LCR最小値	LCR最大値	LCR95%信頼区間	PGR	LCRPGR補正值	LCRPGR最小値	LCRPGR最大値
旧来LCR定義	-1.6086	-1.6281	-1.5891	0.0389	0.0033	-486.4244	-492.3131	-480.5357
新LCR定義	-0.0381	-0.0538	-0.0223	0.0315	0.0033	-11.5145	-16.2821	-6.7470

福岡県 福岡市

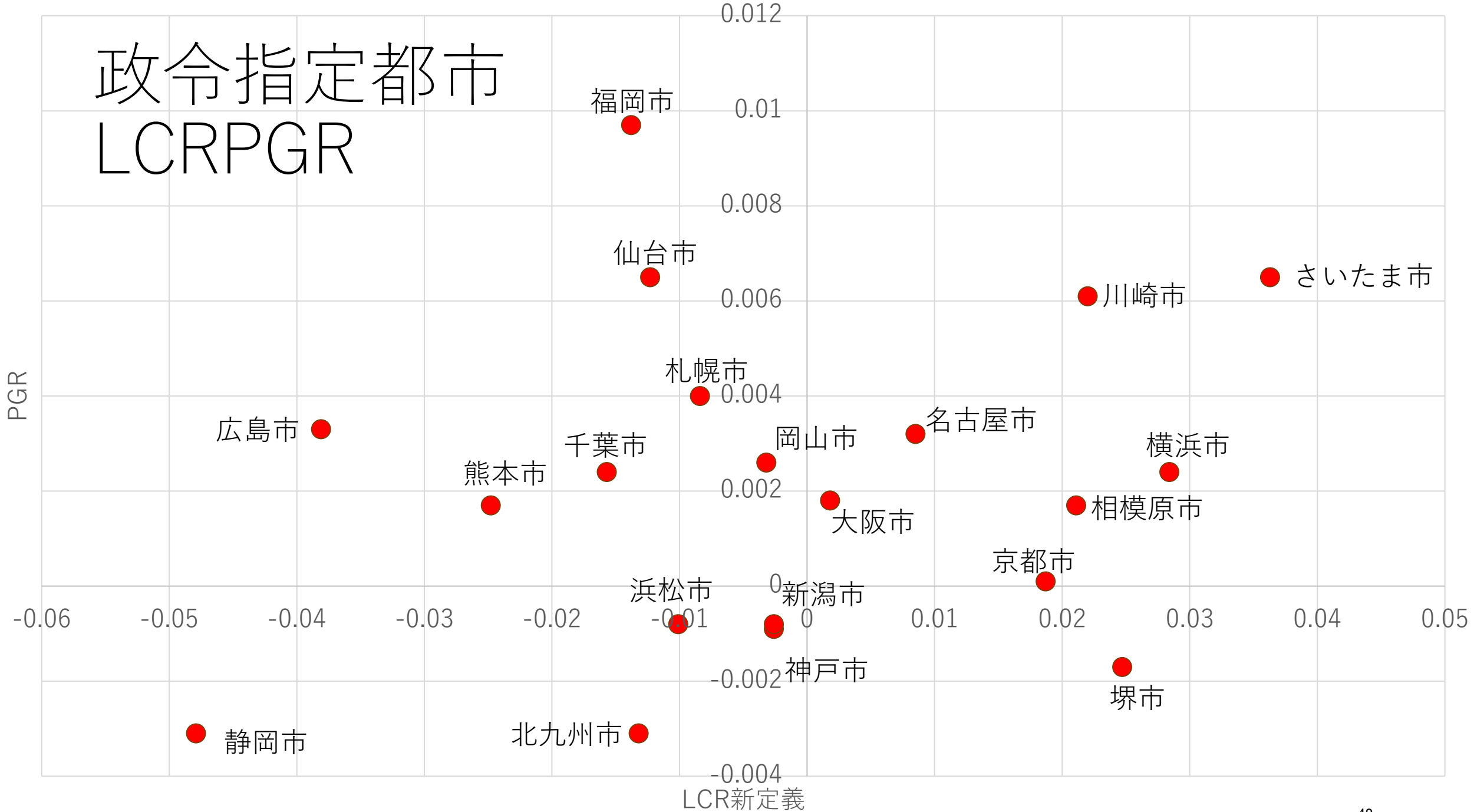


計算方法	LCR補正值	LCR最小値	LCR最大値	LCR95%信頼区間	PGR	LCRPGR補正值	LCRPGR最小値	LCRPGR最大値
旧来LCR定義	-0.7997	-0.8103	-0.7890	0.0213	0.0097	-82.4861	-83.5865	-81.3858
新LCR定義	-0.0138	-0.0238	-0.0039	0.0199	0.0097	-1.4274	-2.4516	-0.4032

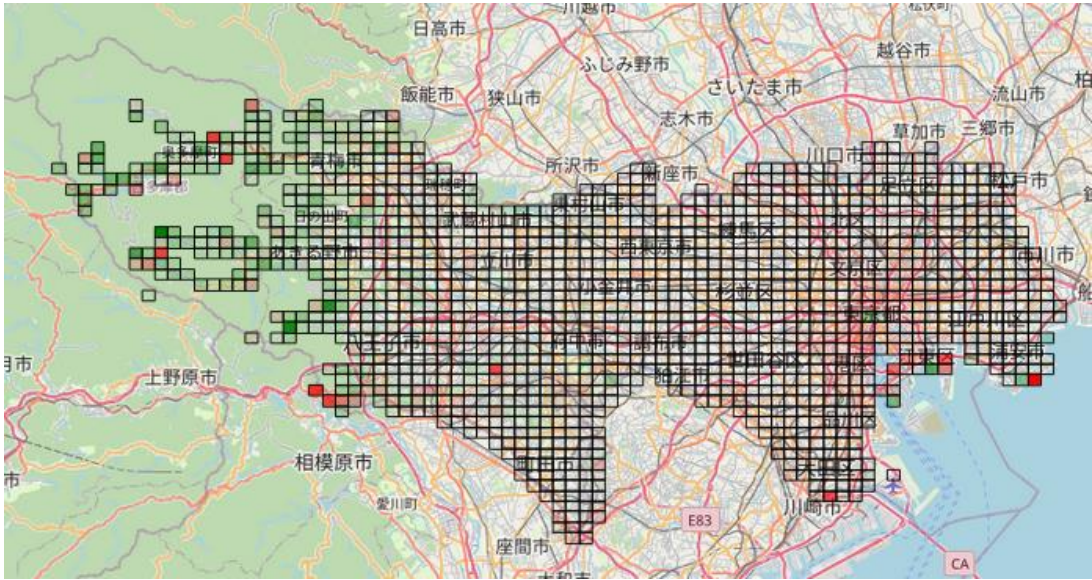
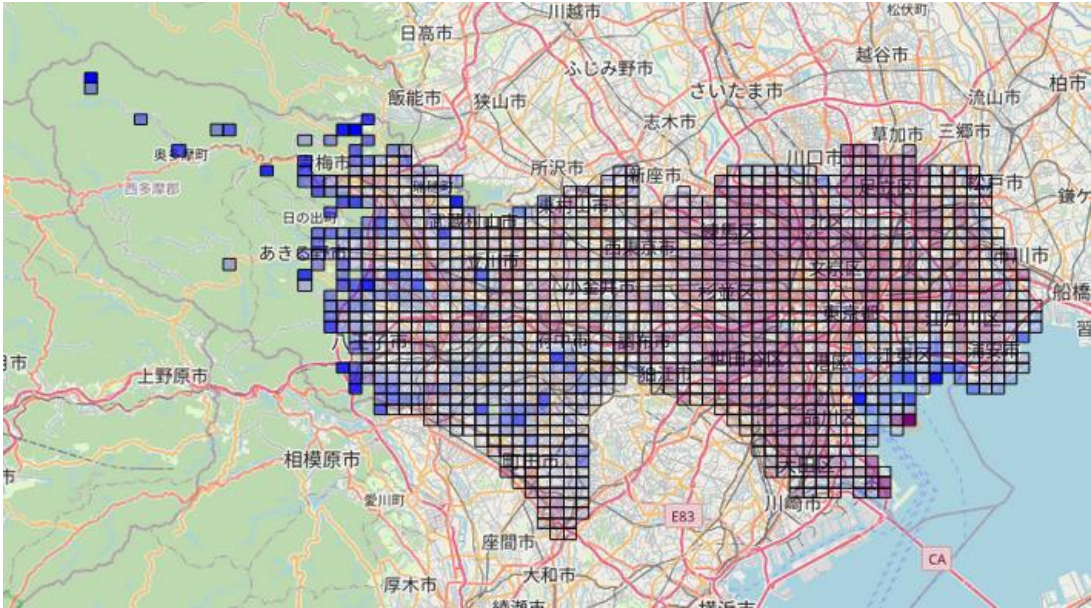
政令指定都市 LCR PGR



政令指定都市 LCR PGR

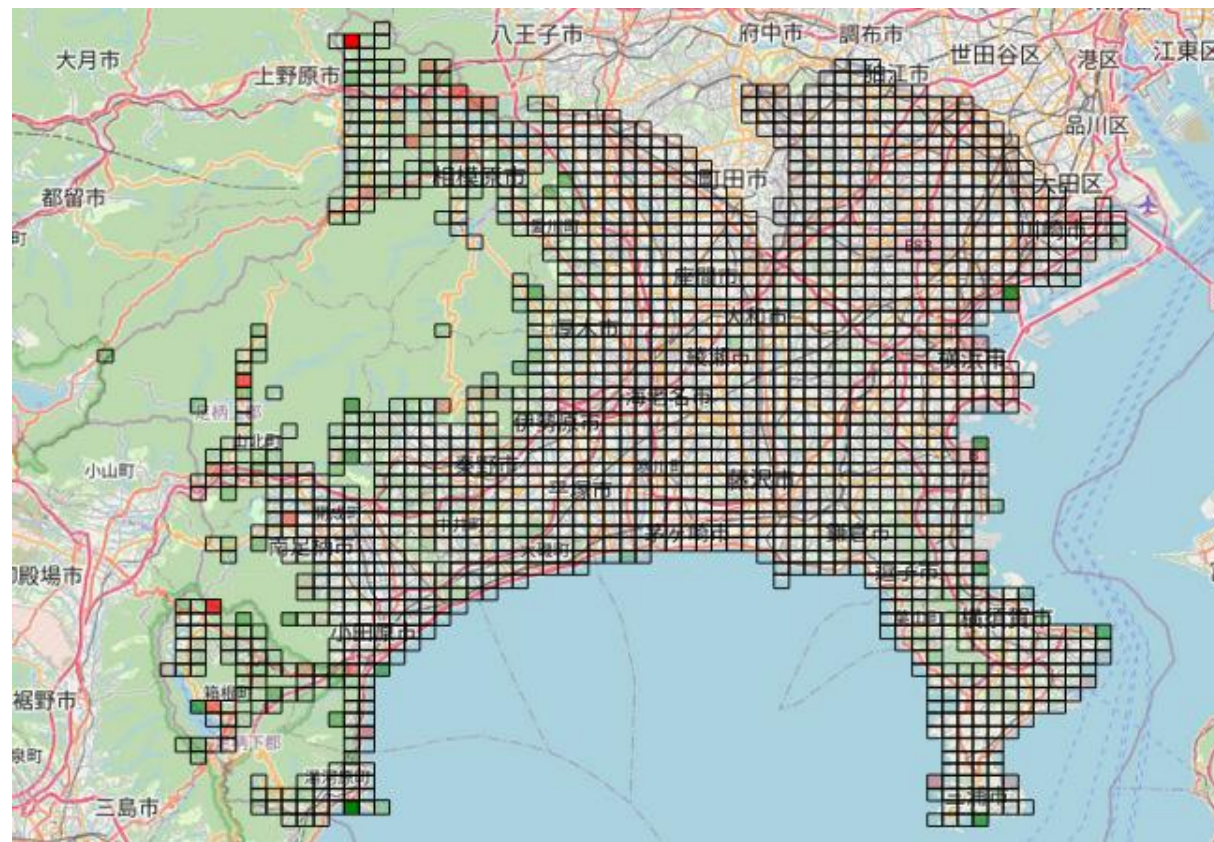
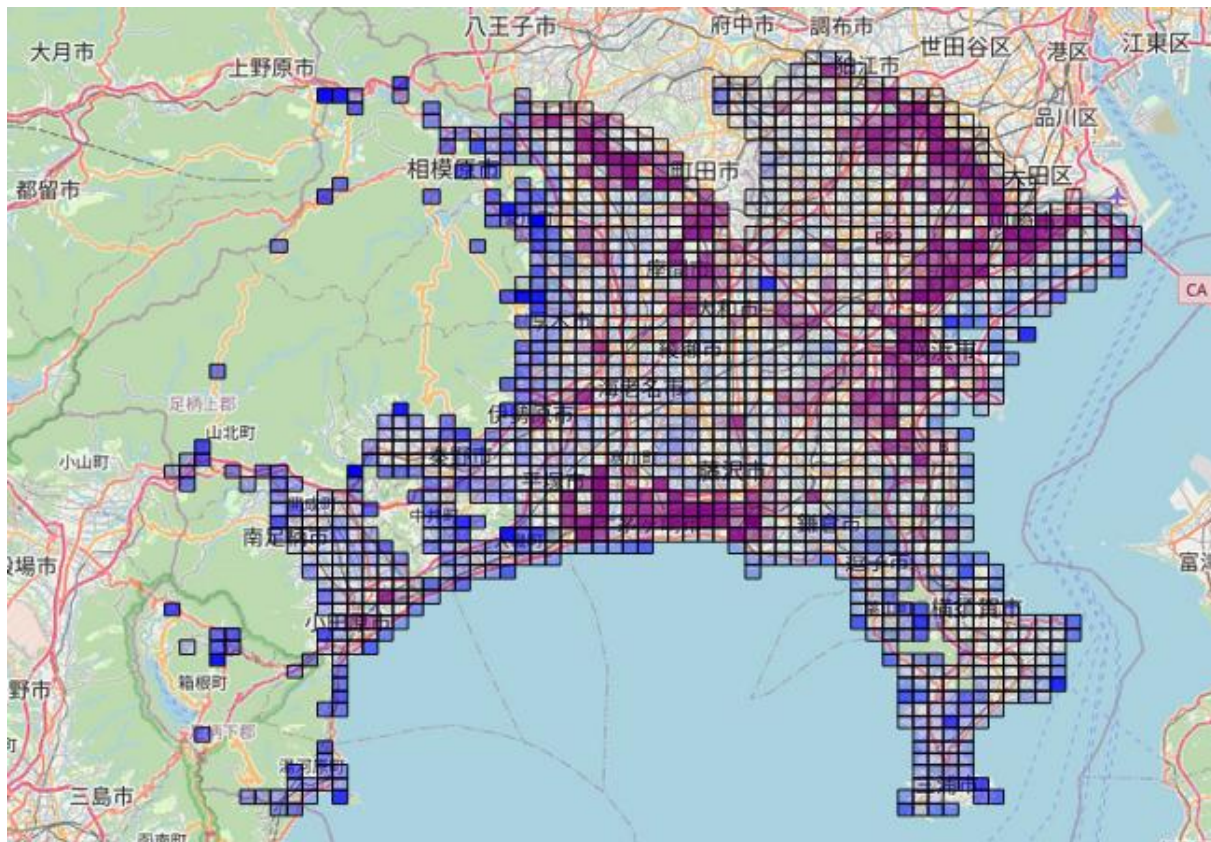


東京都



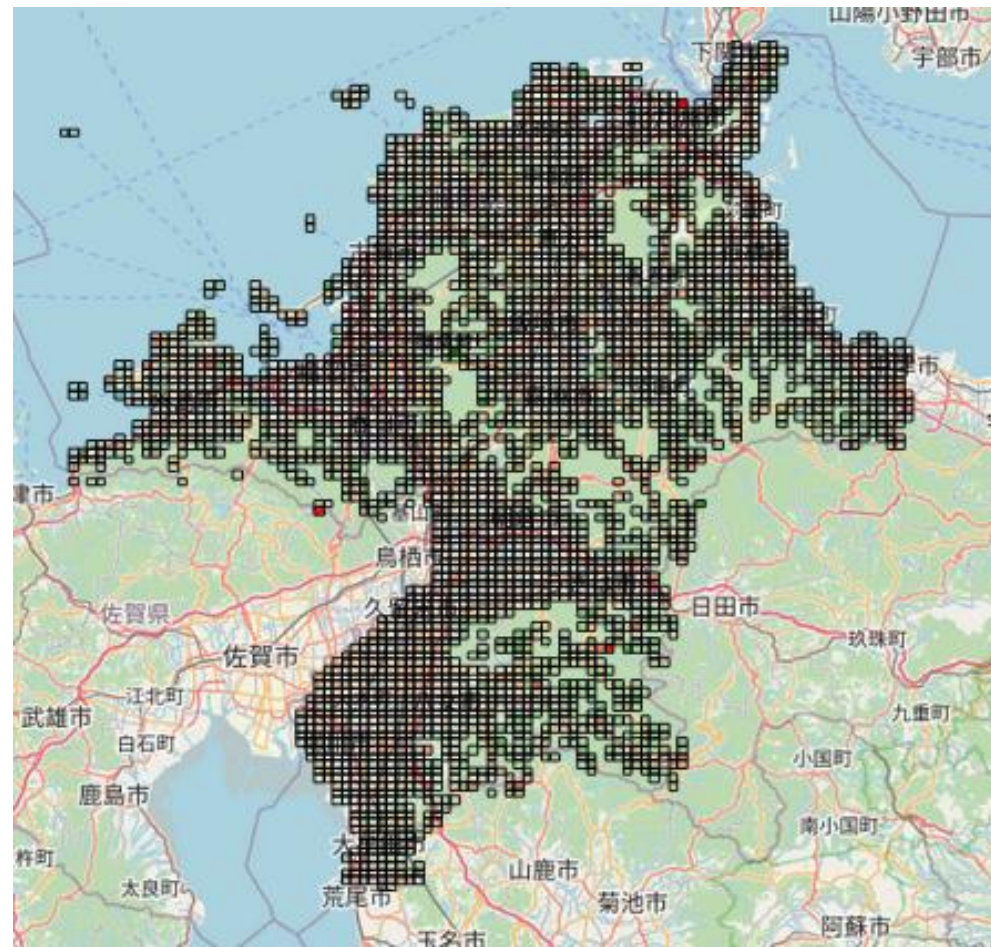
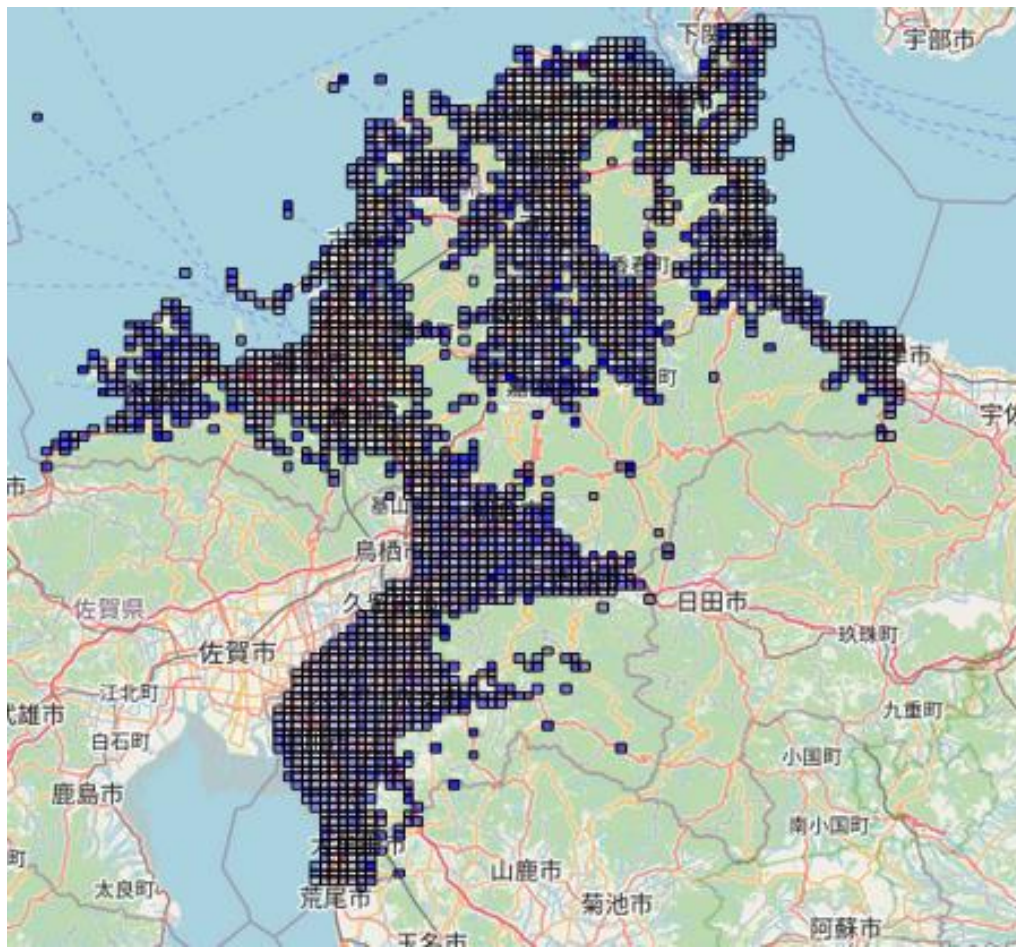
計算方法	LCR補正值	LCR最小値	LCR最大値	LCR95%信頼区間	PGR	LCRPGR補正值	LCRPGR最小値	LCRPGR最大値
旧来LCR定義	-0.4230	-0.4314	-0.4146	0.0168	0.0053	-80.1748	-81.7687	-78.5809
新LCR定義	0.0229	0.0135	0.0322	0.0187	0.0053	4.3353	2.5591	6.1115

神奈川県



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	-0.7645	-0.7751	-0.7539	0.0211	0.0018	-417.2285	-422.9941	-411.4629
新LCR定義	0.0192	0.0077	0.0308	0.0232	0.0018	10.4989	4.1788	16.8191

福岡県



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	-1.4868	-1.5044	-1.4691	0.0353	0.0011	-1391.8894	-1408.4355	-1375.3432
新LCR定義	-0.0202	-0.0361	-0.0043	0.0318	0.0011	-18.9223	-33.7963	-4.0483

まとめ

- 突合分析について取組の状況を報告
- SDG indicator metadata Metadata-11-03-01 Mar. 2021に対応した誤差評価方法を検討
- 7大都市について選択領域のLCR, PGR, LCRPGRを計算した。

今後の課題

- 7大都市において4象限分類図を3次メッシュレベルで作成する
- 日本全国でLCRとPGRを集計し、4象限分類図とともに調表作業を行う