資料８

20221020炭素中立型経済社会変革小委員会

炭素中立と国土・土地利用

国立環境研究所
松橋啓介

交通：市町村別乗用車CO_2排出量推計の改良

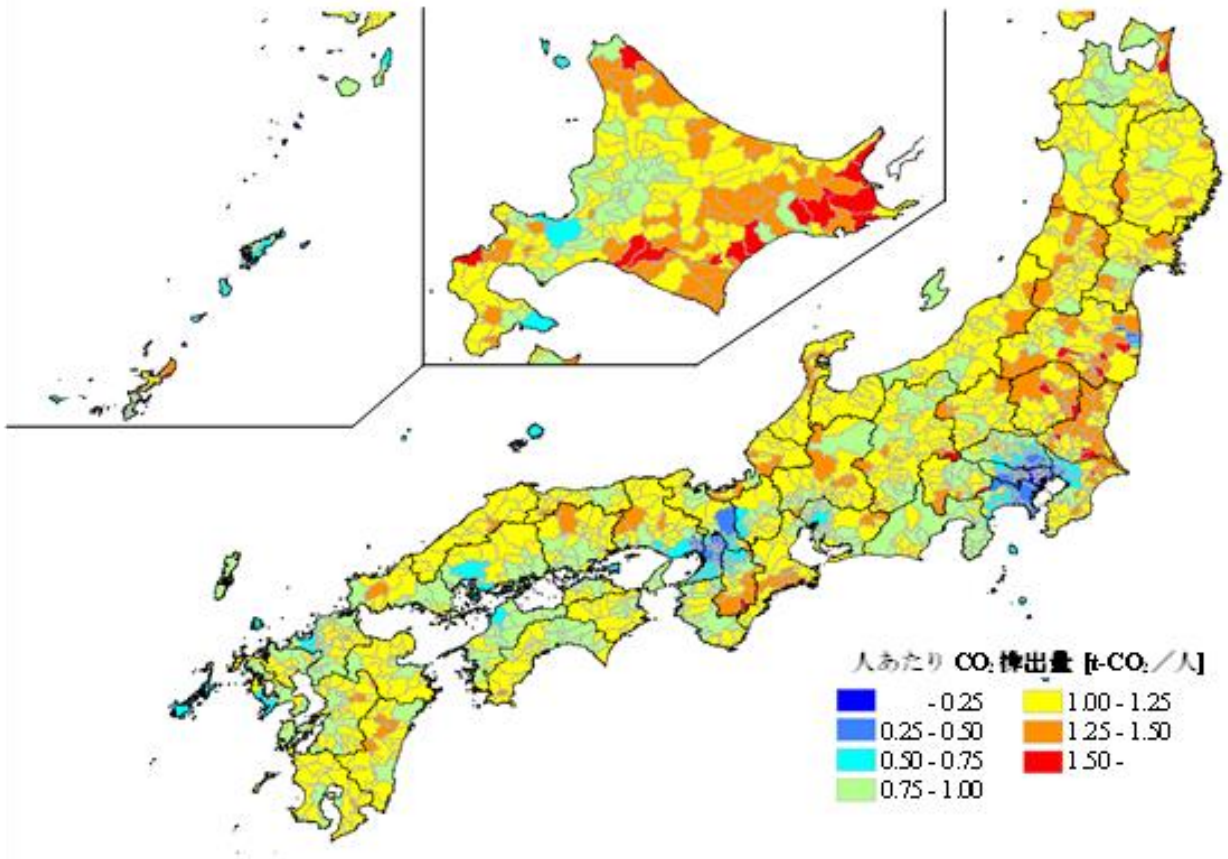


図　市区町村別乗用車と軽乗用車のCO_2排出量
(2018.3車検証データに基づく)

- 道路交通センサスに基づく推計値を実行計画等の資料として提供

→調査規模の縮小で精度低下

→**車検証の走行距離データ**を活用

- 左図の軽乗用車分は都道府県別比を用いた粗推計だが、同様のデータの推計が可能・試算済

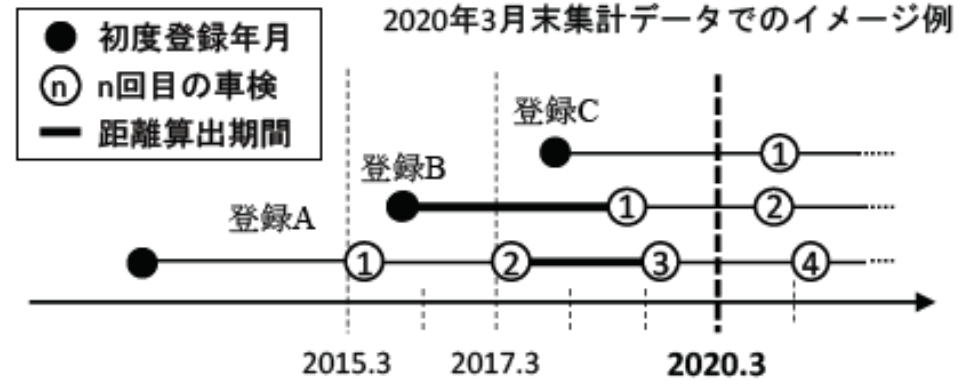


図２　初度登録のタイミングに応じた走行距離の算出法

石河正寛, 加藤秀樹, 有賀敏典, 金森有子, 金炅敏, 崔文竹, 松橋啓介
「自動車検査証の個別統計を用いた全国地域別乗用車CO2排出量の試算」交通工学, 8(5), 1-10, 2022.

交通：可住地人口密度と台あたり走行量

- 一人あたり走行量だけでなく、一台あたり走行量でも可住地人口密度と明確な関係がある。（センサスのサンプル減少後と比較して、決定係数R^2が0.07から0.62に）
- 島しょ部は走行量が短い場合も

石河正寛, 加藤秀樹, 有賀敏典, 金森有子, 金炅敏, 崔文竹, 松橋啓介
「自動車検査証の個別統計を用いた全国地域別乗用車CO2排出量の試算」交通工学, 8(5), 1-10, 2022.

地域特性と乗用車利用特性

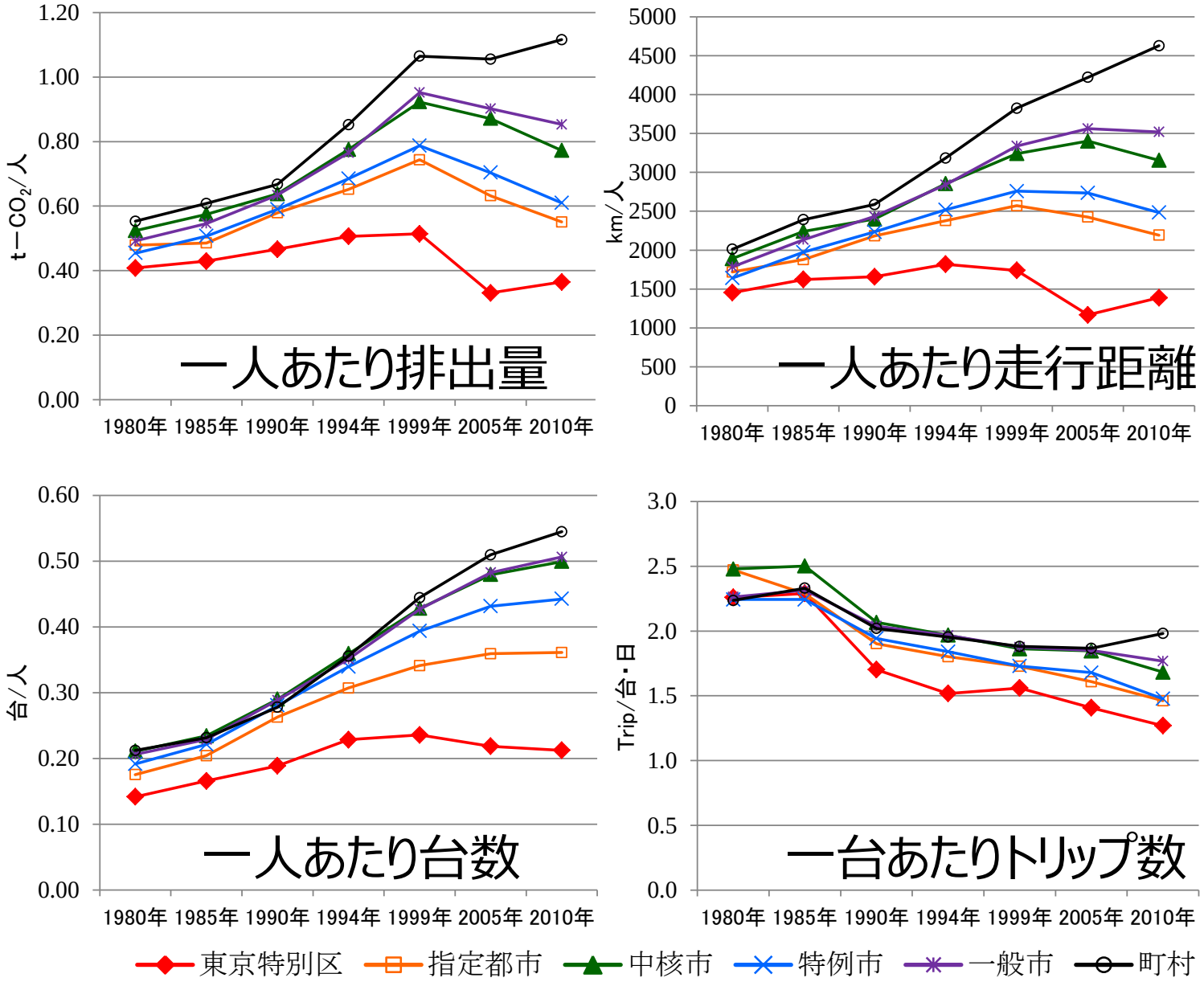


図　地域区分別乗用車CO_2排出量等の推移

一人あたり乗用車走行量
　人口規模が小さいほど大きく、差は拡大
　人口規模が大きいほど先に減少に転じた

なお、中核市は都市規模の割に、特例市よりも走行距離や排出量が大きい
指定都市：50万人～、中核市：30万人～、特例市：20万人～

松橋 啓介, 米澤 健一, 有賀 敏典「市町村別乗用車CO2排出量の中長期的動向を踏まえた排出量削減率の検討」都市計画論文集, 46(3), 805-810, 2011.　に2010年データを追加

地域の土地利用に応じた脱炭素の交通手段

A マイカー中心

面的展開型の土地利用

電気自動車、ハイブリッド

B 公共交通と色々な手段の組合せ

拠点連携型の土地利用

鉄軌道系＋徒歩／ﾊﾟｰｿﾅﾙﾓﾋﾞﾘﾃｨ

地域に応じた削減策の組合せ

	都市圏 都市部	都市圏 郊外	地方 都市部	地方 郊外	合計
近隣集約化	△ 再開発	○再開発	△再開発	○集約化	112->33Mt 1990年比 － 70% (含む都市間旅客：30km-) 凡例: ◎: － 30% ○: － 20% △: － 10% ×: 削減なし
都市集約化	△都心再開発	△撤退	△都心再開発	×	
公共交通利用促進	△プライシング	△P&Rなど	○LRT	△乗り合いタクシー	
積載効率改善	△小型車両の活用		△乗り合い促進	×	
燃費改善	◎都市モード	○郊外モード			
低炭素燃料	△	○バイオ燃料，電動車両向け低炭素電力			
人口(百万人)	46→40	15→12	27→20	35→23	124→94
t-CO_2/人	0.66→0.27	0.94→0.35	1.03→0.38	1.11→0.51	0.90→0.35

- 2050年の運輸旅客部門排出量70%削減に向けたビジョンの例
- 炭素中立には、集約化、手段転換、効率改善の追加に加えて、脱炭素の電力か燃料が必要
- 計画的対応が重要(温暖化対策-土地利用-交通-再エネ等計画の連携)

松橋啓介「地球環境時代の交通システムのビジョンと実現策」 都市計画, 279, 25-28, 2009.

家庭：市町村別家庭CO_2排出量の推計

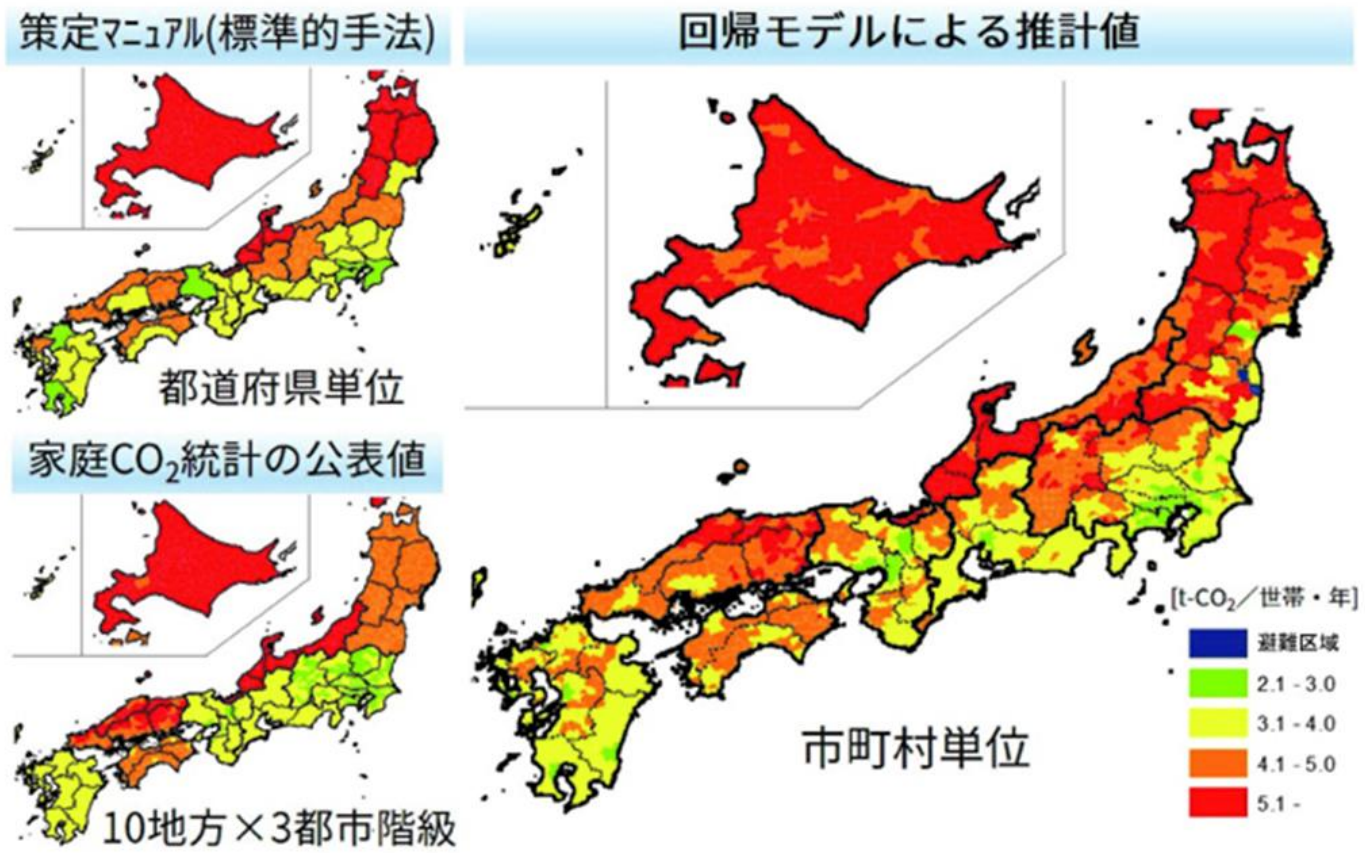


図　世帯あたり家庭CO_2排出量の地域詳細化

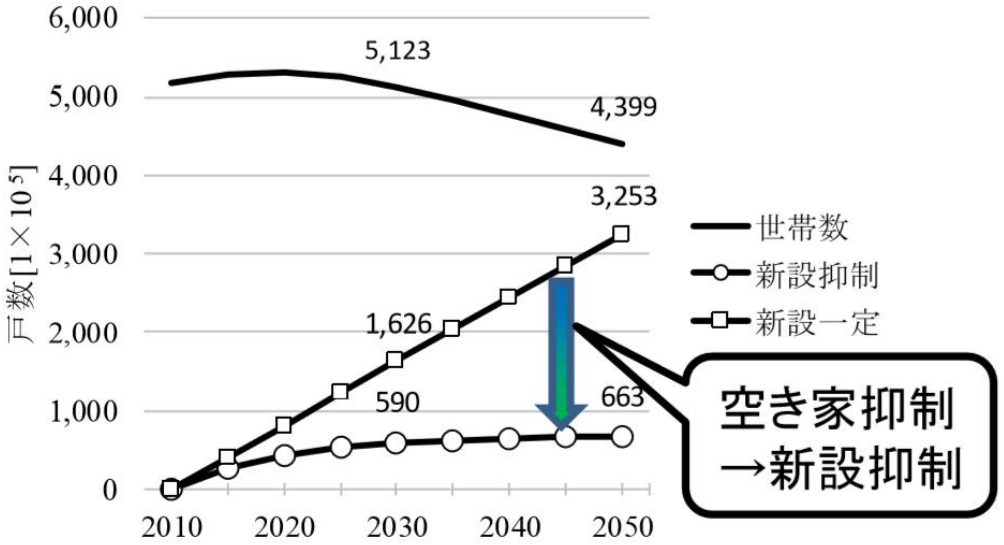
- 環境省家庭CO_2統計の個票から回帰モデルを構築
  - 地方別モデルのパラメータは、世帯人員、世帯主年齢、世帯年収、戸建て／集合、築年数、持ち家／借家、延べ床面積、窓断熱、太陽光発電、太陽熱利用、都市ガス有無、都市規模、電力会社など。
  - 詳細は【参考】参照。
- 市町村データを入力
- 同一地方でも市町村による差
- 環境GISで公開中(2021.2～)

石河正寛, 松橋啓介, 金森有子, 有賀敏典「市町村別家庭部門CO2排出量推計モデルの改良-欠測データ処理と非線形回帰の適用-」土木学会論文集G, 75(5), I_89-I_98, 2019.に基づいて作図

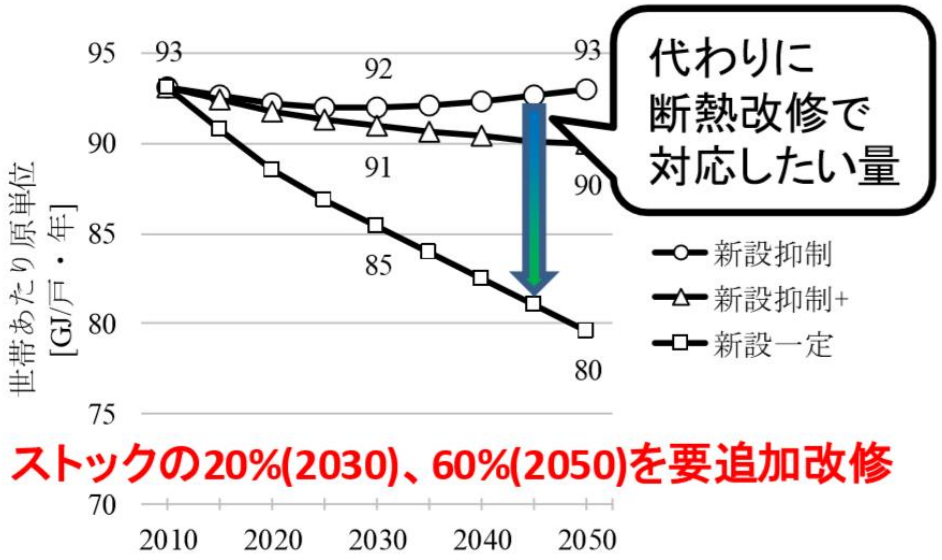
空き家対策と住宅の高断熱化の両立

- 新設住宅着工数の想定が過大
- 空家率を上げないためには新設を大幅に抑制する必要

- 新設抑制すると省エネが不足
- ストック30%改修(2030)目標
→50%に上げると省エネ達成



ケース別の累積新設住宅戸数



世帯あたりエネルギー消費量の将来変化

図　空き家対策と住宅の高断熱化を両立させる場合に必要となる住宅改修量

石河正寛, 松橋啓介, 堀星至, 有賀敏典「高断熱住宅への建替えによる民生家庭部門世帯あたり一次エネルギー消費量の削減見通し」 土木学会論文集G, 73(6), II_45-II_52, 2017.

再生可能エネルギーの地域間融通ネットワークの検討

①各自治体で**電力**を地産地消
②**余剰分を隣接する他の自治体へ**送電
③国全体として再生可能エネルギーで賄う電力を最大化

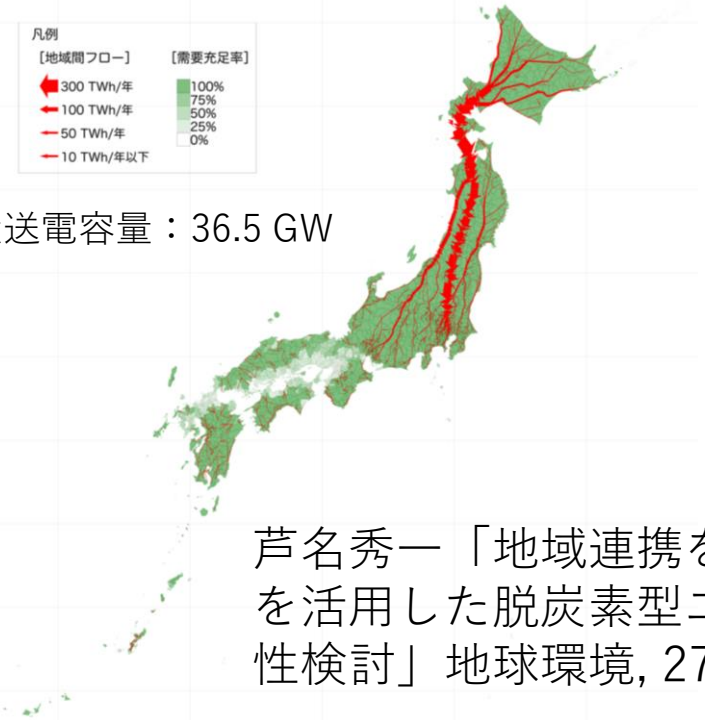
洋上風力を除いた場合→**78%の自治体の需要を充足。**

- 東日本では、**北海道から東北を経由して関東へ**広域的な融通。一部は分岐して愛知県まで到達。
- 西日本では、一部地域で電力需要が超過する。広域的な融通は生じない。

- 再エネ電力供給量：REPOSの導入ポテンシャル。住宅用等太陽光発電、陸上風力発電、中小水力発電(河川)、地熱発電。公共系等太陽光発電は除いた。
- 電力需要量：都道府県別のエネルギー消費データから自治体別に按分。産業部門、業務部門、家庭部門。

洋上風力を加えた場合→ほぼ全ての自治体で**需要を充足。**

- 東京都市圏へは洋上風力から広域的な融通。



最大送電容量：36.5 GW

地域間での電力融通フロー量と自治体別電力需要充足率

(10 TWh/年以下のフローについては作図の都合により等幅)

芦名秀一「地域連携を考慮した再生可能エネルギーを活用した脱炭素型エネルギーシステムの実現可能性検討」地球環境, 27(1), 19-29 (2022)

熱需要とEV分は含んでいない

まとめ

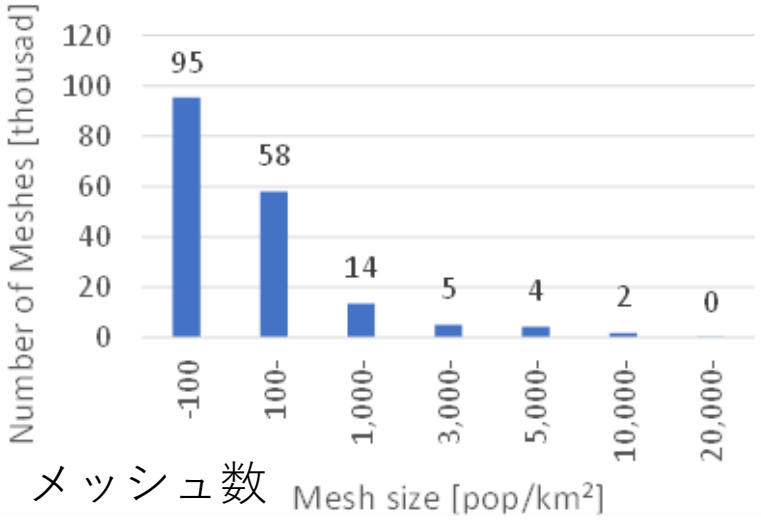
- 地域特性に応じた脱炭素策

中長期的には、炭素中立からみて望ましい国土・土地利用、建築ストック、交通体系、エネルギー需給等の連携を計画的に誘導

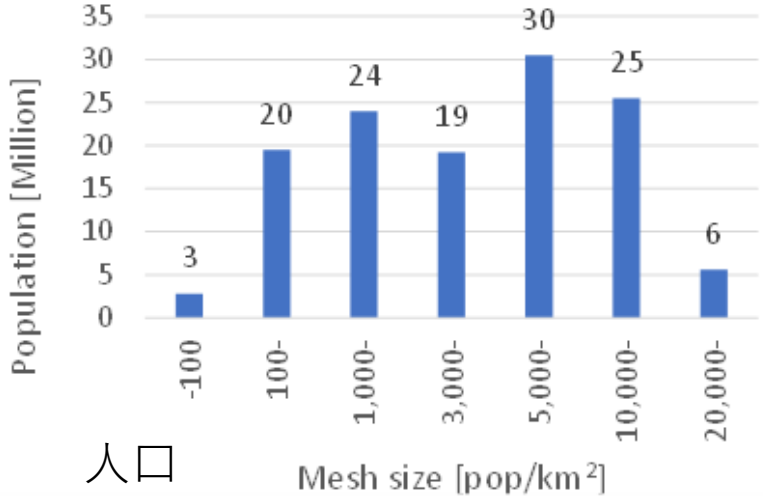
- 地方都市（20～30万人）のコンパクト・シティ＋ネットワーク
- 既存住宅の断熱改修と集住促進（集合住宅やシェアハウス）
- 再生可能エネルギーの地域間融通

以下、参考

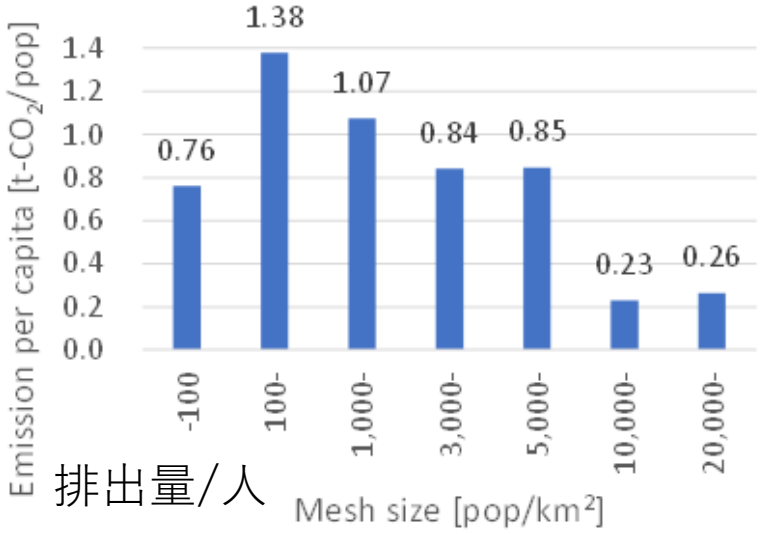
【参考】メッシュ規模別CO_2排出量



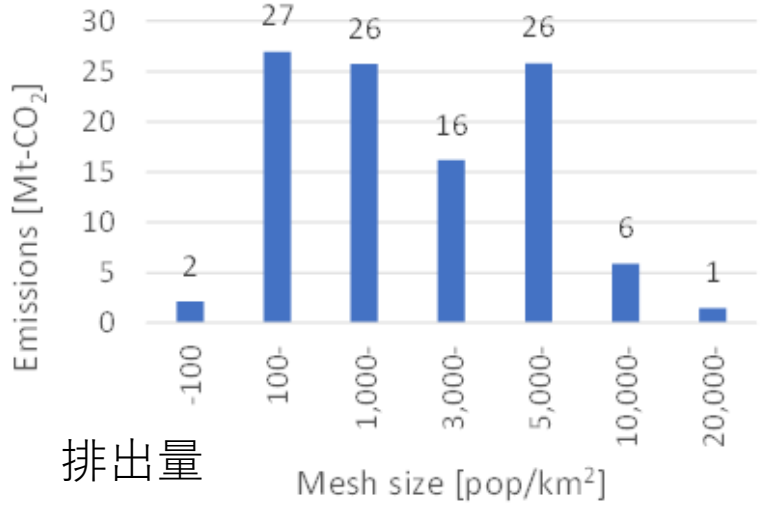
メッシュ数



人口



排出量/人



排出量

- 市区町村$_j$の排出量(y_j)＝Σ_k市区町村$_j$のメッシュ人口規模$_k$別人口(a_{jk})×メッシュ人口規模$_k$別一人あたり排出量(x_k)
- メッシュ規模別の一人あたり排出量を求めた
  - 3000-,5000-が全国平均的
  - 1000-は1.3倍、100-は1.7倍
  - 10000-,20000-は0.3倍

【参考】第3次メッシュ人口

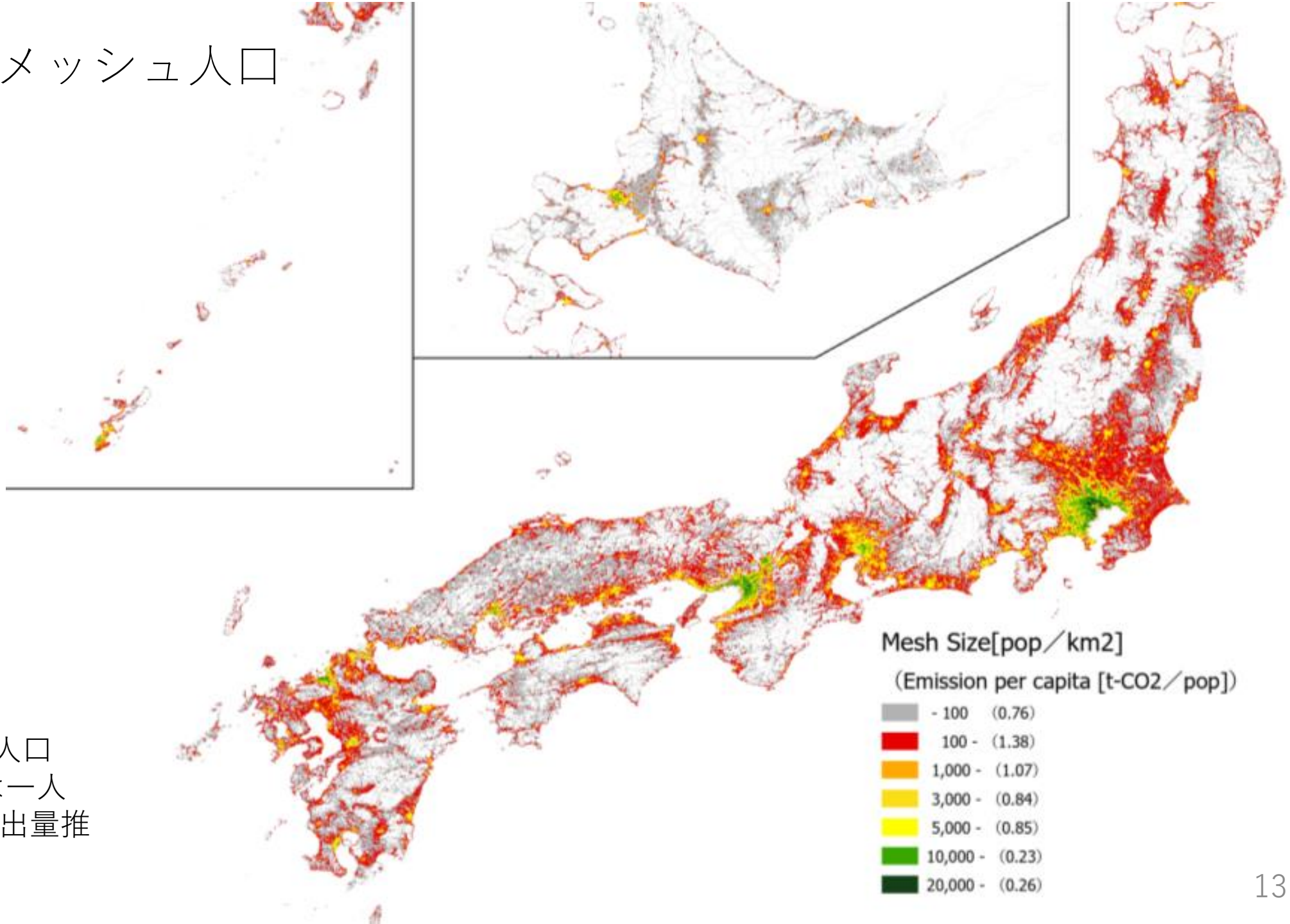


図　第3次メッシュ人口
（凡例のカッコ内は一人あたり乗用車CO_2排出量推計値）

【参考】家庭CO_2排出量地方別推計モデルの偏回帰係数

		単位	北海道	東北	関東甲信	北陸	東海	近畿	中国	四国	九州	沖縄
α_0	切片	-	6.258	4.619	4.821	6.284	5.456	5.658	5.609	5.851	5.804	6.275
x_1	世帯規模	人／世帯	0.232	0.441	0.483	0.420	0.410	0.484	0.471	0.458	0.424	0.434
x_2	世帯主年齢	歳	0.024	0.048	0.041	0.018	0.032	0.043	0.033	0.061	0.028	0.038
x_3	世帯年収	万円	0.150	0.091	0.114	0.083	0.086	0.072	0.116	0.105	0.061	0.076
x_4	建て方ダミー	戸建 1，集合 0	0.350	0.246	0.166	0.228	0.109	0.110	0.123	0.298	0.096	0.118
x_5	築年数	年	-0.044		0.066		0.060	0.060	0.123	0.052	0.034	
x_6	所有関係ダミー	持家 1，借家 0		0.088		0.124		0.115			0.205	0.132
x_7	延床面積	m^2	0.201	0.208	0.208	0.186	0.283	0.200	0.190	0.135	0.177	0.158
x_8	窓断熱の有無ダミー	有り 1，無し 0				0.090			0.139			
x_9	太陽光発電の有無ダミー			-0.112	-0.161	-0.142	-0.201	-0.102	-0.232	-0.160	-0.205	-0.113
x_{10}	太陽熱利用の有無ダミー							-0.105	-0.198	-0.283	-0.155	
x_{11}	LPガス使用の有無ダミー						0.100	0.139	0.069	0.064	0.117	
x_{12}	ガス使用の有無ダミー	無し 1，有り 0	0.261	0.229	0.132	0.195	0.090	0.254	0.272	0.218	0.275	0.262
x_{13}	暖房度日	℃日		0.421	0.274						0.149	
x_{14}	中都市ダミー	該当 1，非該当 0					-0.084				0.064	-0.052
x_{15}	小都市ダミー		0.057				-0.091					
x_{16}	東北電力ダミー	該当 1，非該当 0				-0.134						
x_{17}	東京電力ダミー				R		0.023					
x_{18}	北陸電力ダミー					R						
x_{19}	中部電力ダミー				-0.027		R					
x_{20}	関西電力ダミー					-0.457	0.258					
x_{21}	中国電力ダミー									0.011		
x_{22}	四国電力ダミー									R		
n	サンプル数		1,011	1,113	2,002	985	1,260	1,359	1,066	957	1,125	754
pseudo R^2	McFaddenの擬似決定係数		0.501	0.556	0.519	0.525	0.402	0.542	0.551	0.512	0.476	0.531
AIC	赤池情報量基準		18,485	19,929	33,967	17,934	22,104	23,145	18,971	16,913	19,689	13,033

※偏回帰係数が空欄になっている部分は説明変数が投入されていないことを意味する．

※$x_{1,\ 3,\ 5,\ 7}$は自然対数値が投入されている

※電力会社別ダミーの偏回帰係数が「R」と表記されているものは参照カテゴリを意味する．

石河正寛, 松橋啓介, 金森有子, 有賀敏典「市町村別家庭部門CO2排出量推計モデルの改良-欠測データ処理と非線形回帰の適用-」土木学会論文集G, 75(5), I_89-I_98, 2019.

【参考】都道府県別人口推移の年齢・時代・コーホート効果の分析 (1980-2015)

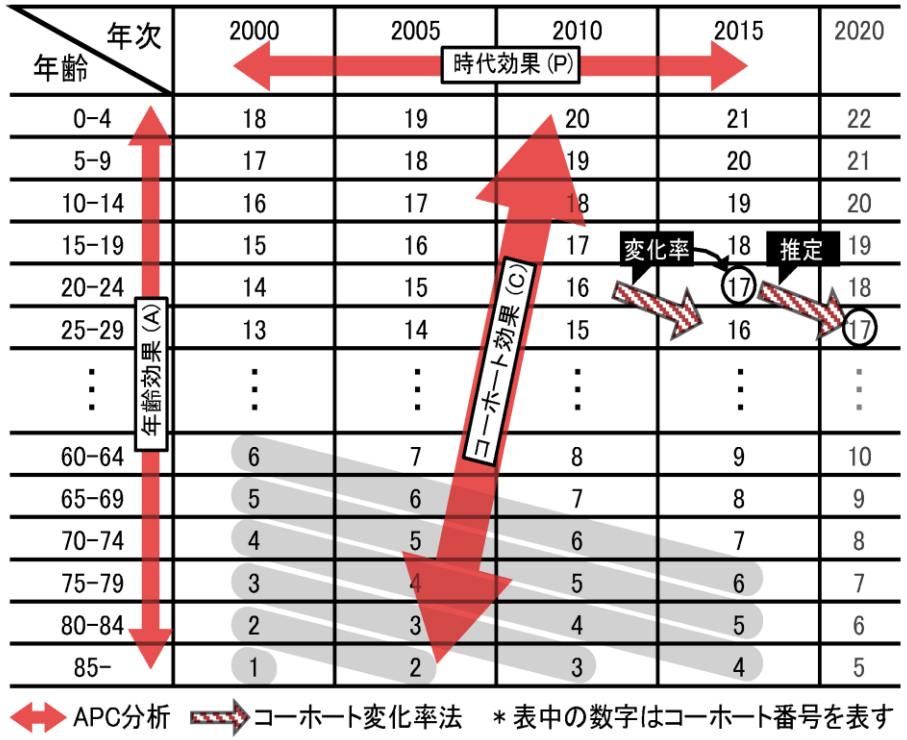
都道府県	効果の大きさ	効果別パターン									
		年齢			時代				コーホート	
	C＞A＞P / C＞P＞A / A＞C＞P	年少型	老年型	就業型	増加型	減少型	凸型	凹型	旧世代型	新世代型
1 北海道	●									
2 青森県	●	●							●	
3 岩手県	●	●							●	
4 宮城県	●									●
5 秋田県	●	●							●	
6 山形県	●	●							●	
7 福島県	●	●							●	
8 茨城県	●						●			
9 栃木県	●									
10 群馬県	A＞C＞P									
11 埼玉県	C＞P＞A				●					●
12 千葉県	C＞P＞A				●					●
13 東京都	A＞C＞P		●					●		
14 神奈川県	●		●		●					●
15 新潟県	●	●							●	
16 富山県	●								●	
17 石川県	●								●	
18 福井県	●								●	
19 山梨県	●		●				●		●	
20 長野県	●		●						●	
21 岐阜県	A＞C＞P									
22 静岡県	A＞C＞P		●							
23 愛知県	●							●		●
24 三重県	●							●		●
25 滋賀県	C＞P＞A			●			●			●
26 京都府	C＞P＞A			●				●		
27 大阪府	●							●		
28 兵庫県	●									
29 奈良県	●									
30 和歌山県	A＞C＞P			●			●			●
31 鳥取県	●				●					●
32 島根県	●				●	●				●
33 岡山県	●					●				●
34 広島県	●					●				●
35 山口県	●						●			●
36 徳島県	●									●
37 香川県	●									●
38 愛媛県	●									●
39 高知県	●					●				●
40 福岡県	●									
41 佐賀県	●				●					●
42 長崎県	●				●					●
43 熊本県	●				●	●				●
44 大分県	●									●
45 宮崎県	●				●					●
46 鹿児島県	●				●					●
47 沖縄県	●					●				●
計	38	3	6		13	11	5		4	2	3	1	28	7

□国土のグランドデザイン２０５０における三大都市圏

- **旧世代**型・**老年**型・非年少型【**少子化･Uターン**】山梨、長野、三重、和歌山、岡山、広島、高知
- **旧世代**型・**年少**型【**就業時に転出**】青森、岩手、秋田、山形、福島、新潟、鳥取、島根、佐賀、長崎、熊本、宮崎、鹿児島
- **新世代**型・増加型【**就業時に転入**】埼玉、千葉、神奈川、滋賀
- **就業**型：東京、神奈川、愛知、京都、大阪

金炅敏, 松橋啓介, 石河正寛, 有賀敏典, 崔文竹「都道府県別人口に及ぼす年齢・時代・コーホート効果の分析」都市計画論文集, 56(3), 1282-1288 (2021)

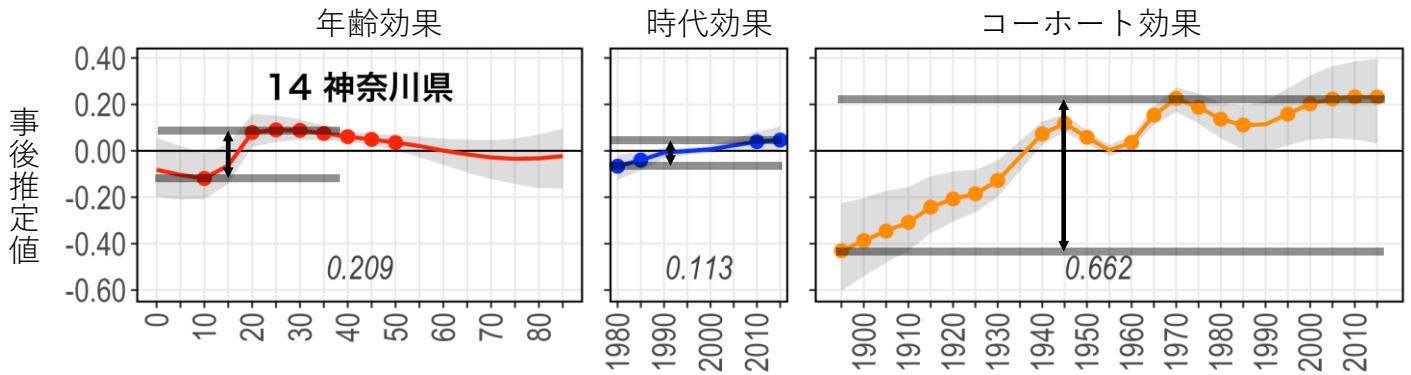
【参考】年齢-時代-コーホート効果の分離



- 年齢効果：加齢による変化
- 時代効果：時勢による変化
- コーホート効果：世代に固有

- 階層ベイズ型モデル：各効果の総和をゼロと仮定して識別

金炅敏, 松橋啓介, 石河正寛, 有賀敏典, 崔文竹「都道府県別人口に及ぼす年齢・時代・コーホート効果の分析」都市計画論文集, 56(3), 1282-1288 (2021)



APC分析結果の出力例