

平成26年度 環境経済の政策研究
地方公共団体における地球温暖化対策実行計画等の実施に伴う
環境・経済・社会への影響分析

最終報告書

平成27年3月

神戸大学
筑波大学
首都大学東京
東京工業大学
富山大学
株式会社 価値総合研究所

－ 目 次 －

I. 研究計画・成果の概要等	1
1. 研究の背景と目的	1
1-1 研究の背景	1
1-2 研究の目的	1
2. 研究計画及び実施方法	3
2-1 我が国の低炭素化施策の総合的な評価システムの開発及び現実的な評価	3
(1) はじめに	3
(2) システム内のモデル構造	3
(3) データベースの構築:全自治体が利用可能な横断的なデータベース	4
(4) 現実的な評価:政策実務で利用可能な結果を導くための実行	5
(5) 実行計画策定における要因分析手法の確立	6
(6) 地方公共団体実行計画策定のためのフレーム(人口や企業分布、経済、生活、環境指標)の提示	6
3. 3年間における実施体制	7
3-1 研究参画者及び各参画者の分担	7
3-2 研究アドバイザー	7
4. 研究の実施内容(概要)	8
4-1 平成 24 年度の実施内容	8
(1) データベース構築	8
(2) モデル構築	8
(3) モデル分析	8
(4) 要因分析手法の検討	8
4-2 平成 25 年度の実施内容	8
(1) データベースの構築	8
(2) 経済・土地利用・交通の統合モデルの構築	8
(3) 評価モデルの確立	9
4-3 平成 26 年度の実施内容	9
(1) データベースの追加整備	9
(2) 貨物モデルの改良(交通手段選択モデルを追加)	9
(3) 経済・土地利用・交通の統合モデルの構築	9
(4) 現実的な評価(シミュレーションの実施)	9
(5) 地方公共団体実行計画策定のためのフレームの提示及び要因分析手法の確立	10
5. 本研究の成果	11
6. 行政ニーズとの関連及び位置付け	12
7. 研究成果による環境政策への貢献	12
8. 対外発表、ミーティング開催等の実施状況	12
8-1 対外発表	12
(1) 平成 24 年度	12

(2) 平成 25 年度.....	13
(3) 平成 26 年度.....	15
8-2 ミーティング開催.....	16
(1) 平成 24 年度.....	16
(2) 平成 25 年度.....	17
(3) 平成 26 年度.....	17
II. 研究の実施内容.....	18
9. 要約.....	18
9-1 モデルの全体構造.....	18
9-2 データベースの構築.....	19
9-3 経済・土地利用・交通の統合モデルの構築.....	23
(1) 経済モデル.....	23
(2) 土地利用モデル.....	23
(3) 交通モデル.....	24
(4) 評価モデル.....	25
9-4 統合モデルによる現実的な評価.....	25
9-5 地方公共団体実行計画策定のためのフレームの提示と要因分析手法の確立.....	26
10. 本論1:データベースの構築.....	29
10-1 研究内容.....	29
(1) 研究の目的.....	29
(2) 研究の概要.....	29
10-2 ゾーン分割.....	31
10-3 経済データの作成.....	34
(1) 概要.....	34
(2) 経済データの特徴.....	34
(3) 生産面のデータ.....	38
(4) 分配面のデータ.....	39
(5) 支出面のデータ.....	42
(6) 生産面と支出面の関係のデータ.....	43
(7) 分配面と支出面の関係のデータ.....	44
10-4 土地利用データ.....	46
(1) 概要.....	46
(2) 人口・従業者数.....	47
(3) 地代.....	49
(4) 宅地面積・利用可能面積.....	50
10-5 交通データの作成.....	52
(1) 概要.....	52
(2) データ項目の分類.....	52
(3) 交通ネットワーク.....	53
(4) 交通量データ.....	56
10-6 結論.....	59
(1) まとめ.....	59
(2) 行政ニーズとの関連及び環境政策への貢献.....	59

11. 本論2:経済・土地利用・交通の統合モデルの構築	60
11-1 概要	60
11-2 経済モデル	61
(1) モデルの構造	61
11-3 土地利用モデル	64
(1) モデルの構造	64
(2) 定式化	65
(3) 地主の行動モデル	67
(4) データセット	68
11-4 交通モデル	71
(1) モデルの構造	71
(2) 定式化	73
(3) パラメータ推定	76
11-5 評価モデル—多様な指標の計測	80
(1) モデルの概要	80
(2) 環境面の指標	81
(3) 社会面の指標	84
(4) 経済面の指標	89
11-6 欧州研究機関との意見交換	94
(1) 背景と目的	94
(2) デンマーク工科大でのディスカッション	94
(3) Transport & Mobility Leuven 社とのディスカッション	96
(4) Significance 社とのディスカッション	97
(5) 今後の予定:国際シンポジウム開催	98
11-7 結論	99
(1) まとめ	99
(2) 行政ニーズとの関連及び環境政策への貢献	100
12. 本論3:モデルによる現実的な評価(シミュレーションの実施)	101
12-1 概要	101
12-2 交通モデル(全国版)による推計:地域別の2010年の自動車CO ₂ 排出量の推計	101
(1) 概要	101
(2) 分析方法	101
(3) 推計結果	103
12-3 交通モデル(全国版)による推計:リニア中央新幹線整備による影響予測	106
(1) 概要	106
(2) 分析方法	106
(3) 推計結果:リニア新幹線駅の乗降客数	108
(4) 推計結果:CO ₂ 排出量	109
12-4 経済モデル、交通モデル(全国版)による推計:市町村別のCO ₂ 排出削減ポテンシャルの計測	111
(1) 概要	111
(2) 分析の背景	111
(3) 分析の考え方	112
(4) 分析方法	114
(5) 推計結果:CO ₂ 排出量	116
(6) 推計結果:経済効果	135

12-5 経済モデル、交通モデル(全国版)による推計:3環状道路整備による影響予測	141
(1) 概要	141
(2) 分析方法	141
(3) 推計結果:リンク交通量変化	143
(4) 推計結果:CO2排出量	145
(5) 推計結果:経済効果	152
12-6 土地利用・交通モデルによる推計:都市類型ごとに有効な低炭素化施策の評価	154
(1) 概要	154
(2) 分析方法	154
(3) 推計結果	157
(4) 都市単位の土地利用・交通モデルの活用方法	160
12-7 経済モデルによる推計:東日本大震災の影響試算	161
(1) 概要	161
(2) 分析方法	161
(3) 推計結果	162
12-8 経済モデルによる推計:地域における再生可能エネルギー導入の影響推計	164
(1) 概要	164
(2) 分析方法	164
(3) 推計結果:経済効果	172
12-9 経済モデルによる推計:地域における省エネルギー機器導入の影響推計	175
(1) 概要	175
(2) 分析方法	175
(3) 推計結果:経済効果	178
12-10 結論	183
(1) まとめ	183
(2) 行政ニーズとの関連及び環境政策への貢献	183
13. 本論4:地方公共団体実行計画策定のためのフレームの提示と要因分析手法の確立	184
13-1 概要	184
13-2 要因分析の分析項目検討	184
(1) 交通面の要因分析項目	184
(2) 土地利用面の要因分析項目	186
(3) 経済面その他の要因分析項目	186
13-3 実行計画策定のための要因分析・フレーム提示のシステム・ツール化	186
(1) システム・ツールのインターフェイス	186
13-4 結論	189
(1) まとめ	189
(2) 行政ニーズとの関連及び環境政策への貢献	190
14. 結論(全体とりまとめ)	191
14-1 研究成果による政策インプリケーション	191
(1) 運輸部門における人口規模別のCO2排出量	191
(2) ガソリン税導入による人口規模別のCO2削減効果効果	191
(3) 都市類型ごとに有効な低炭素化施策の評価	191
(4) 大規模交通インフラ整備によるCO2排出量と経済効果への影響評価	191
14-2 統合モデルの活用に向けて	191
(1) 複数施策の組合せの検討	192

(2) 環境・経済・社会等の側面から最適な都市構造の検討	192
Ⅲ. 添付資料.....	193
15. 参考文献.....	193
16. 参考資料.....	193

I. 研究計画・成果の概要等

1. 研究の背景と目的

1-1 研究の背景

我が国の地域では、グローバリゼーション、モータリゼーションの進展は都市の構造を拡散させ、都市の拡散が環境負荷の増大だけでなく、地域経済の低迷、地方公共団体の財政悪化、中心市街地の衰退、防災力の低下、高齢者の生活利便性の悪化、公共交通機関の撤退等の一因となっている。これらの悪循環を断ち切り、持続可能な都市及び地域を構築するため、公共交通機関を骨格としたコンパクトシティの構築が急務であり、これによる環境だけでなく、経済・財政、生活、防災等への影響を定量的に示すことが必要である。

一方、運輸・民生部門は地球温暖化対策の中でも最も施策効果（CO₂ 排出量削減効果）の計測が困難な分野である。これは企業や家庭の立地場所や目的地、交通手段、経路等の選択は個々主体の自由な意思で決定されるものであり、これらを制御することは困難であるため、個々主体の自由な意思のモデル化が必要となること、そして、自動車等の排出源からの排出量は状態（道路混雑、集積等）によって倍以上も異なるため各路線の混雑状況を予測することが必要となるためである。

さらに、定量的な政策検討においては運輸・民生部門（土地利用・交通部門）の個別施策による我が国の総 CO₂ 排出量への影響も課題である。特に、運輸部門はインフラ整備などによる削減効果や各地方公共団体単位での削減効果が計測されるが、それらの削減量と我が国全体の削減量は合致しないことが多い。そのため、各地方公共団体での実施施策の効果を地域横断的に比較することが困難な状況である。

1-2 研究の目的

上記の背景等を踏まえ、本研究の目的は大きく以下の3つである。

- | |
|--|
| ①我が国の低炭素化施策の総合的な評価システム（政策的に活用可能）の開発及び現実的な評価 |
| ②地方公共団体実行計画策定のためのフレーム（人口や企業分布、経済、生活、環境指標）の計測 |
| ③地方公共団体実行計画策定のための要因分析ツールの構築 |

第1の目的は、各地域での低炭素化施策が我が国全体の CO₂ 排出量に与える影響を精緻に捉え、また、これらの施策が環境だけでなく、生活や経済などに及ぼす影響について評価するシステムの構築である。このシステムではコンパクト化施策だけでなく、再生可能エネルギー導入や省エネ設備更新などの施策による環境、生活、経済への影響も計測可能とする。さらに、このシステムは全国を約 7,000（もしくは 1,860）の地域に分割し、現実的な政策検討を可能にするものである。なお、約 7,000 ゾーンへの分割は、道路交通センサス起終点調査のゾーン分割に準拠しており、コンパクトシティ政策

等の現実的な政策評価への応用もふまえて採用する。

第2の目的は、実際に地方公共団体実行計画策定や地域の環境政策を検討する上で必要となる基本フレーム（人口や企業の分布、生活、経済、環境等の指標）を提示し、実行計画策定マニュアル等に反映させることである。実際の計画策定では各地域で異なるフレームを用いることが多く、地域単位では一貫性があっても全国では矛盾する可能性もあるため有効な情報基盤になると考えられる。

最後の目的は、実行計画策定の際に最初に検討すべき要因分析における標準的なツールの提供である。実行計画等の計画策定を行う際に現状分析（排出要因及び原因）は初期段階で必須の作業であり、削減効果や影響予測の結果を検証する上でも重要になってくるものの、作業量が多く、政策効果が主眼の場合には優先順位が低下する場面も多々ある。そのため、現状分析の作業量を削減しつつ、十分な質を確保するためには、ある程度の「自動化」をする必要があり、本研究では地域を分析する標準ツールの作成も目的の1つとしている。

2. 研究計画及び実施方法

2-1 我が国の低炭素化施策の総合的な評価システムの開発及び現実的な評価

(1) はじめに

「都市の低炭素化の促進に関する法律案」「地球温暖化対策基本法案」や東日本大震災での原発事故によって、これまで以上に低炭素化施策の積極的な導入が期待されており、それらの展開による影響及び効果を事前に把握することも重要になってくる。特に、影響及び効果は環境だけでなく、生産量、雇用、賃金、地価などの経済的な側面や高齢者の生活利便性、余暇時間、通勤時間、住宅床面積などの生活の側面、さらには帰宅困難者、災害リスク等の防災的側面の多様な指標の「予測」及び「評価」が重要となる。

また、これらの指標は企業や家計等の経済主体の活動の結果として発現するものである一方で、経済主体の行動のインデックスでもあるため、これらの指標と企業や家計の行動を表現するモデルを構築する必要がある。これらのモデルを組み合わせて総合的な評価システムを開発していく。なお、モデルは我が国を約7,000地域もしくは1,860地域（市町村単位）に分割するもので、政策を検討する上で現実的かつ網羅的なレベルとしており、これが本研究の大きな特徴である。以下、各モデルの詳細について記述する。また、これらのモデルは環境省で開発した土地利用・交通モデル（全国版）をベースとしている。

(2) システム内のモデル構造

全体構造としては、最上位に空間的応用一般均衡モデル（SCGE）を置き、その結果（地域のGRP等）を踏まえて土地利用モデル（人口や従業者分布）を、さらにその後に交通モデルを実行する。各モデルの詳細は以下の通りである。

①交通モデル：人及び物が「どこ」から「どこ」へ「どの程度」の量が移動または運ばれるか。

交通モデルは運輸部門のCO₂排出量を計測するだけでなく、地域間の近接性や移動利便性、地域間の交流・交易等の流動量を示すこと、さらには土地利用モデルにおける立地の魅力度や経済モデルにおける生産性や交易量にも影響するものである。特に、移動利便性やCO₂排出量の計測には道路の混雑状況に大きく依存しており、これらのものを全て含んでいるのが本モデルの特徴でもある。さらに、最近では高速道路の料金体系がフレキシブルになり、これらの政策にも対応可能なものとする。

モデルの構造は4段階（発生、分布、分担、配分）のネステッドロジットモデルであり、配分段階では均衡配分を用い、交通ネットワークについては、道路は都道府県道以上（約20万リンク）、さらに鉄道（新幹線から地方鉄道まで）、及び航空（空港間の全便数）を考慮したものである。旅客の移動目的も実務に利用可能な通勤・通学、私事、業務、帰宅としている。また貨物は、全国貨物純流動調査のトラック分担率により、産業型産業、加工組立・生活関連型産業の2品目で構成するモデルとしている。交通モデルでは我が国で最大規模のモデルとなる。

②土地利用モデル：家計や企業がどこに立地するか。どこに住んで、どこで働くか。

土地利用とは経済活動を土地に投影したものであり、本研究では人口と企業の立地分布を予測することになる。この家計や企業の集積状況によって、運輸部門だけでなく、民生部門のCO2排出量も大きく異なる。特に、都市が集約（コンパクト化）されることでエネルギー効率は格段に向上し、CO2排出量の削減に寄与することになる。人口分布については社会保障人口問題研究所から将来市町村人口が公表されているが、社会移動については移動利便性等を考慮したものではない。また、家計や企業の立地魅力は前述の交通モデルのアウトプットである移動利便性にも依存することになる。

モデルの構造は立地均衡モデルであり、土地の需要量と供給量によって価格（地代）が更新され、その価格に基づいて土地の需要と供給が更新され、需給が合致するまで計算する構造である。

③経済モデル：市町村民経済計算レベルで生産、分配、支出の整合性を保つ

経済モデルは産業連関表ではなく市町村民経済計算を作成して利用する。本研究では前述のように我が国を7,000もしくは1,860程度に分割するモデルであり、地域間産業連関表を作成することが不可能である。そのため付加価値ベースでのモデルとなる。この経済モデルは施策による経済（生産量、雇用、賃金等）の影響を予測するだけでなく、交通モデルにおける地域間の流動状況にも依存するものである。

利用する市町村民経済計算は経済産業省の「地域経済循環分析システム」などを用いて作成する。モデルの構造は一般均衡の枠組みを用いる。一般均衡モデルを利用する場合には経済と環境の両立（持続可能性）を担保することは困難であるとの誤解もあるが、本研究では土地利用モデルによって都市集積→エネルギー効率向上の現実的なメカニズムも考慮しており（民生部門の住宅の種類（戸建 or 集合）、世帯人員変化等）、省エネ≒経済停滞を想定していない。

④指標計測モデル：CO2排出量、GRP、雇用、地価、生活利便性、災害リスク、床面積、余暇時間などの指標計測

指標計測モデルは経済、環境、生活の様々な指標を計測するモデルであり、交通モデル、土地利用モデル、経済モデルの内生変数の指標とサブモデルにおいて計測する指標もある。基本的には価格に関する指標は内生変数であり、その他はこれらの価格に基づいてサブモデルから計測される構造である。

（3）データベースの構築：全自治体が利用可能な横断的なデータベース

「都市の低炭素化の促進に関する法律案」「地球温暖化対策基本法案」や地方公共団体実行計画の策定等では定量的な「予測」及び「評価」が重要であるが、これらの予測や評価を行うためには統計情報を含めたデータベース（データセット）が必要となる。特に、本研究のような多様な指標を評価するためには個別の統計を横断的かつ統合的に利用できるように分析しつつ全体の整合を保ちながら構築していく必要がある。

本研究では我が国全体を網羅したシステムを構築するため、我が国を7,000（ないし1,860）に分割した指標群と地域の人・物の交流・交易の指標群を統合的に構築するため、地方公共団体が実行計画を策定する際も活用可能な横断的なデータベースとなる。

（４）現実的な評価：政策実務で利用可能な結果を導くための実行

開発したシステムにおいて以下のような施策について評価する。この施策評価についてはシステムのVer1.0の完成後に試算として行いつつ、研究会等で広く公表し、様々な意見を踏まえて、改良していくこともシステム完成までのプロセスである。本研究のような大規模なシステムの場合には、このようなプロセスを経ない場合には政策実務に利用することができないことが多いためである。

①我が国のCO2排出量（民生及び運輸部門）の予測

我が国のCO2排出量（民生及び運輸部門）の予測であり、通常、BAUに相当する指標であり、地域毎の排出量も計測し、地域間の格差状況も把握する。この指標は政策的にはロードマップの検討や地方公共団体の実行計画のBAUとしても利用可能なレベルにする。

②コンパクト化施策（公共交通機関を骨格としたコンパクトシティ）による環境、経済、生活への影響予測

公共交通機関を骨格としたコンパクトシティの構築のための土地利用及び交通の施策は環境だけでなく経済及び生活まで広く計測する。そしてこれらの結果として持続可能性の評価について検討することが可能となる。ここでのCO2排出量は基本的には民生・運輸部門であるが、必要であれば産業部門のCO2排出量も計測する。特に、コンパクト化はモータリゼーションの進展を食い止めて自動車からの排出量を削減するだけでなく、家計や企業等の経済主体の集積に伴ってエネルギー効率を向上させ民生部門の排出量を削減することも可能となる。

③地域への再生可能エネルギー導入による地域経済、生活、環境等への影響評価

化石燃料等の既存エネルギーの利用は多くの地域にとっては財としてのエネルギーの移輸入であり、地域内総生産（GRP）には寄与しないが、地域に再生可能エネルギーを導入し、地域でエネルギーを生産することでGRPに計上され、地域経済の活性化に寄与するものである。CO2排出量の削減に大きく寄与することは当然のことであり、地域としては大きな投資となるが、地域の経済、環境、生活の向上に大きく寄与することが期待される。このような施策の評価には産業連関表を用いた生産誘発額の計測事例が散見されるが、この手法は労働や資本等の生産要素の制約もなく、非現実的な評価手法であるため本研究では採用しない。本研究では、SCGEモデルによる地域経済への影響評価、さらに、そのことによる土地利用・交通面への影響を土地利用モデル及び交通モデルにより評価する（下記「省エネ設備導入」も同様）。

④地域地場産業における省エネ設備への政策支援策による地域経済、生活、環境等への影響評価

地場産業への省エネ設備支援は補助金の場合には、補助金については所得移転となり、他地域の補助金が減少するため社会的便益は発現しない。ただし、政策効果としては地域のエネルギー

効率が向上し、生産や消費が増加することが見込まれる。このような政策についても本研究のような一般均衡の枠組みを担保していることで正当な評価が可能となる。

⑤我が国の地方公共団体個別のCO2排出量削減ポテンシャルの計測

地方公共団体個別のCO2排出量の削減ポテンシャルの計測結果は実行計画策定の際に削減量の目安となるものであり、地域別の削減量の割当でもある。CO2排出量の削減の効率性を考慮すると限界排出削減費用を一定とする税制の導入が望ましいが、本研究が対象としている民生・運輸部門は空間的な制約、インフラの整備状況に大きく左右される。つまり、今後のインフラ整備を行わない場合には地方部よりも都市部の方が限界排出削減費用は小さいが、バスや宅地開発等も考慮すると地方部の方が限界排出削減費用は小さくなる。一方で公平性を考慮する場合には、例えば、1人当たりの削減率が一律と設定することも考えられる。本研究ではこれらの効率性及び公平性の両者を考慮することで地域の排出量の削減ポテンシャルを検討していく。

⑥都市圏類型毎に有効的な低炭素化施策の評価

低炭素化施策におけるコンパクト化施策の影響及び効果は既存の都市圏のインフラ整備状況や都市構造に大きく依存するものである。例えば、宇都宮市のような拡散型かつ自動車社会の都市では都市のコンパクト化施策による効果が大きい。一方で松山市のような公共交通機関が発達しており、コンパクトな都市構造の場合にはコンパクト化施策の影響が大きい。そのため都市別に有効な低炭素化施策が異なるものである。本研究では都市圏毎に施策メニューを検討して評価することで都市圏を類型化して有効な施策メニューを作成する。この施策メニューは地方公共団体が実行計画策定の際には利用できるレベルの現実性を担保することにする。

(5) 実行計画策定における要因分析手法の確立

本研究における要因分析手法は、我が国の都市圏を横断的に比較して各都市圏の特徴を導出すること、そして、各都市圏の行政や市民が他都市圏との違いを把握して施策検討を行うための基礎資料としての分析手法である。一般に分析作業は膨大なデータ収集及び加工が伴うため、最小限の形式的な分析が散見される。本研究では可能な限り自動化させることを目指す。

(6) 地方公共団体実行計画策定のためのフレーム（人口や企業分布、経済、生活、環境指標）の提示

地方公共団体が実行計画を策定する際に前述の分析作業も障壁となるが、将来の見通し（BAU）や人口分布等がどのように変化していくかを把握が困難な点も障壁の1つである。また、将来のフレームは地方公共団体が独自で作成することで地方単位または全国単位での不整合が生じることもあり、基本的にはフレームは全国で整合的なものが望ましいため、本研究では前述の統合型評価システムを用いて多様な指標に関するBAUを導きつつフレームを構築していく。

3. 3年間における実施体制

3-1 研究参画者及び各参画者の分担

平成24～26年度の3年間における研究参画者および各参画者の分担は、下表に示す通りである。

表 3-1 研究参画者と分担項目

氏名	所属・職名	分担項目
小池 淳司	神戸大学大学院 工学研究科 教授	経済モデル、研究全般
堤 盛人	筑波大学大学院 システム情報工学研究科 教授	土地利用モデル構築、データベース、評価
石倉 智樹	首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 准教授	交通モデル構築（航空、港湾）、データベース、評価
福田 大輔	東京工業大学大学院 理工学研究科 准教授	交通モデル構築（道路、鉄道）、データベース、評価
山本 雅資	富山大学 極東地域研究センター 准教授	排出削減ポテンシャル、都市圏類型毎の評価
山崎 清	株式会社価値総合研究所 パブリックコンサルティング事業部 主 席研究員	モデル構築全般、要因分析

3-2 研究アドバイザー

また、研究の実施に際して、国内外の研究者から助言等を頂いた。感謝の意も込めて、下表に研究アドバイザーとして記す。

表 3-2 研究アドバイザー

氏名	所属・職名	分担項目
多々納 裕一	京都大学 防災研究所 教授	経済モデル、防災
細江 宣裕	政策研究大学院大学 政策科学研究科 准教授	経済モデル
Lori TAVASSZY	Delft University of Technology Freight Transport and Logistics	交通モデル、経済モデル
Kees RUIJGROK	The Business School of Tilburg University Transport and Logistics Management	交通モデル、経済モデル
Johannes BRÖCKER	Kiel University The Institute for Regional Research	交通モデル、経済モデル
Mark THISSEN	PBL (Planbureau voor de Leefomgeving)	交通モデル、経済モデル
Christophe HEYNDRIKX	Transport & Mobility Leuven (Belgium)	交通モデル、経済モデル
Joko PURWANTO	Transport & Mobility Leuven (Belgium)	交通モデル、経済モデル
Otto A. NIELSEN	Denmark University of Technology	交通モデル
Gerard de JONG	Significance (Netherlands), University of Leeds	交通モデル

4. 研究の実施内容（概要）

4-1 平成 24 年度の実施内容

（1）データベース構築

本研究が主眼とする詳細な地域別のモデル分析に必要なデータは、既存の統計ではカバーできず、独自に整備する必要があるため、平成 24 年度はこれらのデータベースの構築を行った。必然的に膨大な量のデータの収集・加工が必要であったため、当年度研究においては、作業ベースでは、このデータベース構築のウェイトがかなり大きいものであった。

また、このデータベース構築は、将来、地方自治体が温暖化対策を策定する際の活用も意図しており、可能な限り汎用的な形で整備されている。地方自治体の科学的な計画策定の一助となることを目指したものである。

（2）モデル構築

各モデルについては、それぞれすで実績があるモデルをベースとしているが、評価対象の政策や、あるいは今回新たに整備するデータベースとの整合性等により、モデル構造を改良する必要があったため、本研究で構築するモデルの構造（用いる方法論や定式化）について検討し、整理した。

（3）モデル分析

構築したモデルをもとに様々な環境政策評価を行うことが 3 カ年での本研究全体の目的であるが、平成 24 年度は上記のデータベース構築およびモデル構築が主な内容であったため、モデルを用いた分析としては、実際的な政策評価の段階ではなく、あくまでモデルの挙動を確認することを主眼として、いくつかの簡単な分析を行った。具体的には、交通モデルを用いた道路走行課税の影響試算、及び経済モデルを用いた東日本大震災の影響の試算を行った。

（4）要因分析手法の検討

上記のモデル構築・分析の作業とは別に、将来、地方自治体が本研究の成果を用いて自地域の温暖化対策を計画する際に必要となる、CO2 排出の要因分析手法について検討を行った。これは、次年度以降のシステム・ツール化を目指して、当年度はそのために必要となる項目について検討した。

4-2 平成 25 年度の実施内容

（1）データベースの構築

経済・土地利用・交通の各モデル構築に必要なデータベースを構築した。平成 24 年度研究では H17 ベースでデータベースを構築したが、平成 25 年度研究では、各種統計が更新されたことを踏まえ、最新のデータを反映した分析を行うため、可能な限り H22 時点で統一したデータベースを作成した。各データの作成方法は基本的には平成 24 年度と同様であるが、一部改良を行った。

（2）経済・土地利用・交通の統合モデルの構築

地球温暖化対策の影響に関する総合的な政策評価モデルとして、経済・土地利用・交通の統合モデルを構築した。平成 24 年度研究では、3 つの個別モデルの開発を行ったが、平成 25 年度はこれ

らが互いに整合するよう、モデル構造の改良を行った。

(3) 評価モデルの確立

評価モデルでは、経済・土地利用・交通モデルのアウトプットをもとに環境面、社会面、経済面等の様々な指標を算出する。評価項目について、欧州の統合型モデル分析による環境政策評価の先行事例である PROPOLIS¹の評価指標のうち、本モデルでも評価可能なものとして選定した。計測方法は、基本的には PROPOLIS における計測方法を参考としつつ、適宜修正・改良して本モデルで利用可能な方法を考案した。

4-3 平成 26 年度の実施内容

(1) データベースの追加整備

平成 25 年度までに構築されたデータベースでは、旅客に関して、地方都市圏の通勤通学・私事・業務 OD トリップは県内で閉じていた。すなわち、例えば熊本県水俣市から鹿児島県出水市に通勤するといった、県間をまたいだ旅客トリップが捉えられていなかった。また、貨物の鉄道と海運の品目別 OD トリップについて、平成 25 年度までは物流センサスのデータを加工して用いていたが、平成 26 年度にはこれを改良し、物流センサスのオリジナルの市区町村間 OD を用いることとした。これにより、より現実に近い人流・物流の動きを反映したデータセットとなっている。

(2) 貨物モデルの改良（交通手段選択モデルを追加）

平成 25 年度までに構築された貨物モデルでは、交通手段は自動車のみを考慮しており、交通手段選択モデルを明示的に扱っていなかった。しかし、今後温暖化対策を進めていくにあたっては、排出原単位の大きい貨物自動車から鉄道や海運などの交通手段への転換を推進していくことは重要である。このような貨物のモーダルシフト等の施策の評価を可能とするため、貨物モデルにも交通手段選択モデルを組み込んだ。

(3) 経済・土地利用・交通の統合モデルの構築

平成 24 年度研究において個別モデルを試作的に構築、平成 25 年度研究でデータベースの構築が完了、平成 26 年度研究で上述の貨物モデルの改良を行ったことを受けて、平成 26 年度研究では、経済・土地利用・交通の 3 モデルの統合を行った。これにより、経済面、土地利用面、交通面の各種政策を一体的かつ整合的に評価可能とする枠組みを構築した。

(4) 現実的な評価（シミュレーションの実施）

上記の経済・土地利用・交通の統合モデルを用い、施策（事業・規制）の効果を推計するためシミュレーションを実施した。具体的には、運輸部門における市町村別の CO2 排出量の推計および CO2 排出削減ポテンシャルの計測、都市類型ごとに有効な低炭素化施策の評価、リニア中央新幹線と 3

¹ Planning and Research of Policies for Land Use and Transportation for Increasing Urban Sustainability
(<http://www.ltcon.fi/propolis/>)

環状道路整備による影響予測等である。これにより、土地利用や交通に係る低炭素化施策の効果推計とその経済効果の推計を一体的に行い、結果の分析を行った。

(5) 地方公共団体実行計画策定のためのフレームの提示及び要因分析手法の確立

実行計画策定にあたっては、当該自治体の現況 CO2 排出量の把握や将来 CO2 排出量の推計に加えて、人口や経済構造の将来推計や CO2 排出要因分析など、膨大なデータ収集及び加工が必要であり、担当者の作業負担は非常に重いものとなっている。このような自治体の計画策定担当者の作業負担を軽減しつつ、経済・社会・環境等にかかるフレームを国と自治体レベルで整合的に提示するため、構築したデータベースと統合モデルからの多様なアウトプットを簡易に示すことのできるシステム・ツールの構築を行った。

5. 本研究の成果

研究の対象となる低炭素化施策及びコンパクト化施策は多種多様であり、予測及び評価する定量的な手法も大規模なシステムとなる。そこで、3カ年の研究のうち初めの2年間で「我が国の低炭素化施策の総合的な評価システム」を「政策実務」で利用可能なものを完成させることを目指した。

3カ年の研究を通じて得られた成果は、以下の通りである。

①データベース構築

土地利用・交通および経済のデータベースを最新のH22年度ベースで構築し、自治体別データを作成した。これにより、マクロレベルと自治体レベルで統合的な実行計画策定に活用可能なデータが整備された。

②経済・土地利用・交通の統合モデルの構築

経済モデル、土地利用モデル、交通モデルの構築・統合を行った。これにより、経済、土地利用、交通という異なる活動の整合性を確保したCO₂排出量、経済効果等の推計が可能となった。

また、評価モデルの構築により、統合モデルからのアウトプットを用いて運輸部門の施策にかかる経済、生活、社会、環境などの様々な側面の指標の提示が可能となった。これにより、環境という側面だけでは住民の合意を得ることが困難であった低炭素化施策について、住民の関心の高い経済、生活、社会等での影響を自治体別に示し、地域における低炭素化施策の実行性を高めることが期待できる。

③統合モデルによる現実的な評価（シミュレーションの実施）

構築した統合モデルを用いて、様々な低炭素化に関する施策（事業・規制）のCO₂や経済効果等のシミュレーションを行った。これにより、様々な施策の影響を具体的に推計するとともに、施策投入の効率性、公平性などの議論についても定量的に行うことが可能となった。

④CO₂排出要因分析とフレーム提示ためのシステム・ツール化

構築したモデル・データベースを用いたCO₂排出の要因分析及び分析プロセスのツール化を行った。これにより、自治体の実行計画策定担当者の作業負担が軽減されると期待できる。

6. 行政ニーズとの関連及び位置付け

本研究は、行政の地球温暖化対策推進関連の政策ニーズと深く関わりがある（「地球温暖化対策の推進に関する法律」「都市の低炭素化の促進に関する法律」等）。具体的には、地方公共団体等で構成される低炭素まちづくり協議会での検討施策の効果（環境、経済、生活）を定量的に評価することが可能となる。また、我が国全体の運輸・民生部門の対策効果（環境、経済、生活）や地域別の削減割当の考え方を示すことが可能となる。

7. 研究成果による環境政策への貢献

環境政策への貢献としては上述の通り、温暖化対策として検討する施策効果の定量的な把握や地域別削減割当ての検討への応用などが考えられる。環境面のみならず、社会・経済面の多様な指標を地域別に求めることができ、多様な価値観を考慮した政策判断の基礎分析を可能とする点が、本研究が最も貢献し得るところである。さらには、分析・評価システムの自動化（システム・ツール化）を目指しており、これにより科学的な計画策定の普及促進、また行政の担当者の作業負担軽減にも貢献する。

8. 对外発表、ミーティング開催等の実施状況

8-1 对外発表

(1) 平成24年度

1) 論文

- 小池淳司・石倉智樹・堤盛人，特集「土木計画における経済均衡モデル研究の最新動向：応用一般均衡モデルと応用都市経済モデル」，土木学会論文集 D3（土木計画学）Vol. 68, No. 4, pp. 285-3290, 2012.
- 小池淳司・伊藤佳祐・中尾拓也，「地域間交易の代替弾力性の推定」，土木学会論文集 D3（土木計画学）Vol. 68, No. 5（土木計画学研究・論文集第 29 卷），I_55, 2012.
- 小池淳司・右近崇，「電力供給不足による経済的影響分析」，土木学会論文集 D3（土木計画学）Vol. 68, No. 5（土木計画学研究・論文集第 29 卷），pp. I_111, 2012.
- 小池淳司・佐藤啓輔，「交通ネットワーク整備が観光産業の生産活動へ与える空間的影響の把握～鳥取・兵庫県の日本海地域における基礎自治体レベルの観光産業の付加価値推計をふまえた検討～」，土木学会論文集 D3（土木計画学）Vol. 68, No. 5（土木計画学研究・論文集第 29 卷），I_349, 2012.
- Atsushi Koike, Lori Tavasszy, Keisuke Sato and Toshiyuki Monma, “Spatial Incidence of Economic Benefit of Road-Network Investments: Case Studies under the usual and Disaster Scenarios”, Journal of Infrastructure Systems, ASCE, 2012.
- 堤盛人・山崎清・小池淳司・瀬谷創，「応用都市経済モデルの課題と展望」，土木学会論文集 D3（土木計画学）Vol. 68, No. 4, pp. 344-357, 2012.

- 石倉智樹・坂井啓一, 「港湾・空港都市における空間経済分析のための開放経済型多地域 CGE モデル」, 土木学会論文集 D3, Vol. 68, No. 4, pp.305-315, 2012.
- 石倉智樹・岡本信広・石川良文, 「マルチスケール空間における交通政策評価のための空間的応用一般均衡モデル」, 土木計画学研究・講演集, Vol.46, CD-ROM, 2012.
- 瀬尾亨・柳沼秀樹・福田大輔, 「Plan-Action 構造を考慮した歩行者挙動モデリングとその適用ー駅改札付近を対象としてー」, 土木学会論文集 D3 (土木計画学) Vol68, No.5, pp. I_679-I_690, 2012.
- H. Ohta, H. Matsumoto, D. Fukuda and S. Fujii, “A Comparative Analysis of Subjective Quality of Mobility between New Portable Electric Transportation Mode and Walking”, International Journal of Vehicular Technology 2012, Article ID 876892, 6 pages (doi:10.1155/2012/876892), 2012.
- M. Yamamoto, D. Ichinose and Y. Yoshida, “Productive Efficiency of Solid-Waste Logistics and its Implication on Waste Management Policy”, IATSS Research, Elsevier, forthcoming, 2013.

2) 学会・セミナー発表等

- Yasuo Sasaki, Atsushi Koike and Kiyoshi Yamasaki, “SCGE Model with Energy Transport between Finely-divided Areas for Impact Analysis of Introducing Renewable Energy,”The 2nd International Seminar on Integration of SCGE and Transport Modeling, Brussels, Belgium, October 2012.
- 佐々木康朗・小池淳司・山崎清, 「エネルギー輸送を考慮した SCGE 分析：再生可能エネルギー導入による地域経済への影響分析」, エネルギー・資源学会／第 29 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 東京, 2013 年 1 月.
- Tomoki Ishikura, Atsushi Koike and Keisuke Sato, “An Analysis on Differences in Spatial Computable General Equilibrium Models by Market Structure Assumption -A Comparison of Perfect Competition Modeling and Monopolistic Competition Modeling”, Paper presented at 52nd European Congress of the Regional Science Association International (ERSA2012), Bratislava, Slovakia, August 2012.

(2) 平成 25 年度

1) 論文

- 小池淳司・右近崇, 「高速道路料金割引施策による経済効果の空間的帰着分析」, 運輸政策研究, Vol.16, No.2, pp.41-52, 2013
- 小池淳司・和田成夫, 「わが国の建設産業と技術進歩ー全要素生産性を用いてー」, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント) Vol.69, No.4, pp. I_265-I_272, 2013.
- 根津佳樹・神田佑亮・小池淳司・白水靖郎・藤井聡, 「西日本における国土強靱化インフラ

整備による総合的マクロ効果予測研究」, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント) Vol.69, No.4, I_57-I_68, 2013.

- Daisuke Fukuda, “Comprehensive Analysis of Toll Price Elasticity of Demand for Toll Roads- Demonstration Projects on Flexible Charge in Japan”, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 9: Paper No.66, 2013. (with Y. Tsukada)
- Daisuke Fukuda, “Analyzing the Effects of the Rolling Blackouts on Railway Service in the Tokyo Metropolitan Area after the 2011 Great East Japan Earthquake”, Journal of Japan Society of Civil Engineers, 1[1]: 479-489, 2013. (with R. Fujita and H. Yaginuma)
- 福田大輔, 「離散-連続モデルの研究動向に関するレビュー」, 土木学会論文集 D3 (土木計画学) Vol.69, No.5, pp.I_497-I_510, 2013. (力石真[共著])

2) 学会・セミナー発表等

- 伊藤朗・小池淳司・佐々木康朗, 「再生可能エネルギー導入による空間的経済波及効果の計測」, 第48回土木計画学研究発表会, 大阪, 2013.
- 佐々木剛・小池淳司・佐々木康朗・山崎清, 「市区町村単位の SCGE モデルを用いた東日本大震災の経済被害の空間的把握」, 第48回土木計画学研究発表会, 大阪, 2013.
- Atsushi Koike, “Estimation of Armington Elasticities in Japan”, The 3rd International Seminar on Integration of SCGE and Transport Modeling, Delft, 2014.
- 木村祐太・石倉智樹・小根山裕之・鹿田成則, 「国内地域間輸送を考慮した港湾・空港都市の空間経済モデル」, 土木計画学研究・講演集, vol.47, CD-ROM, 2013.
- 山本浩平・石倉智樹・小根山裕之・鹿田成則, 「国内線格安航空会社参入による航空旅客の誘発需要および転換需要に関する分析」, 土木計画学研究・講演集, vol.47, CD-ROM, 2013.
- Tomoki Ishikura, “Impacts of LCC entry in Japan’s domestic market”, Oral Presentation at the 17th Air Transport Research Society world conference, Bergamo, Italy, June 2013.
- 石倉智樹・赤松隆・高山雄基, 「階層化された空間スケールを持つ空間経済システムにおける経済集積と輸送費」, 土木計画学研究・講演集 vol.48, CD-ROM, 2013.
- Tomoki Ishikura, Yoshifumi Ishikawa, “Economic Damage of Power Supply Shortage Caused by Great East Japan Earthquake: A SCGE approach”, Oral Presentation at the 60th Annual North American Meetings of the Regional Science Association International, Atlanta, USA, November 2013.
- Masashi Yamamoto, “Does Harmful rumor affect domestic vegetable prices after the Fukushima accident?” The 11th Northeast Asia Management and Economics Joint Conference, Kangwon National University, South Korea, 2013. (with Daisuke Ichinose and Kayo Tajima)

(3) 平成 26 年度

1) 論文

- 小池淳司・佐々木剛・佐々木康朗・山崎清, 「市区町村単位の SCGE モデルを用いた東日本大震災の経済被害の空間的把握」, 土木学会論文集 D3, Vol. 70, No. 5, pp. I_151-I_160, 2014.
- 小池淳司・佐々木康朗・山崎清, 「全国の詳細な地域分割に基づく交通データ及び需要予測モデルを用いた効率的な地域別 CO2 削減割当ての検討」, 運輸政策研究, Vol. 17, No. 2, pp. 2-12, 2014.
- Atsushi Koike, Kiyoshi Yamasaki, Kazuki Yanagisawa, Akiho Sahara, “Comprehensive assessment models for environmental policy: integration of transport, land-use and spatial CGE models for Japan”, CUPUM Conference Paper, 2015 (査読審査中)
- Atsushi Koike, Tomoki Ishikura, Mitsuhiro Miyashita and Kazuyuki Tsuchiya, “Spatial Economic Analysis for Intercity Transport Policies”, in Hayashi, Y., Morichi, S. Oum, T. H. and Rothengatter, W. eds. “Intercity Transport and Climate Change”, Transportation Research, Economics and Policy, vol. 15, Springer, January 2015
- 石倉智樹・山本浩平・小根山裕之, 「国内線格安航空会社参入による需要誘発および航空会社間競争への影響に関する分析」, 土木学会論文集 D3 特集号, Vol. 70, No. 5, pp. I_701-I_707, 2014.
- 石倉智樹, 「多国多地域型空間的応用一般均衡モデルによるコンテナ港湾整備政策の国別地域別効果分析」, 運輸政策研究, Vol. 17 No. 3, pp. 15-26, 2014.
- CHaoda Xei, Daisuke Fukuda, “Scheduling Preference Modeling Of Rail Passengers In The Tokyo Metropolitan Area And Evaluation Of Time-Varying Fare Policy For A Congested Urban Railway Line”, Journal of JSCE (Japan Society of Civil Engineers) Series D3 (Infrastructure Planning and Management) Vol. 70, No. 5, pp. I_535-I_548, 2014.
- 福田大輔・伊藤海優, 「大規模パネルデータと動的離散一連続モデルによる世帯の自動車保有・利用構造の分析」, 土木学会論文集 D3, Vol. 70, No. 5, pp. I_509-I_521, 2014.

2) 学会・セミナー等発表

- Atsushi Koike, Akiho Sahara, “Segmented small zone spatial computable general equilibrium model - modeling and applications for regional policy making and implementation -”, 2014 Scientific Conference on Freight Transport and SCGE Modelling, Delft, September 2014.
- Atsushi Koike, Kazuki Yanagisawa, “Computable urban economic model (CUE model) for urban policy-making - toward socio-economic structure changes -”, 2014 Scientific Conference On Freight Transport and SCGE Modelling, Delft, September 2014.
- 小池淳司, 土木計画学ワンデーセミナー NO. 72 「航空輸送に関する高度なモデル化と統計分析手法の政策への応用: 手法論と政策論」, 東京, 2015.

- 石倉智樹・小根山裕之, 「応用都市経済モデルによる東北縦貫線開通効果の分析」, 土木計画学研究・講演集, Vol. 49, CD-ROM, 2014.
- 木村祐太・石倉智樹・小根山裕之, 「国際貿易における港湾・空港関連産業を考慮した多地域応用一般均衡モデル」, 土木計画学研究・講演集, Vol. 49, CD-ROM, 2014.
- 高山雄基・石倉智樹・赤松隆, 「新経済地理学に基づく空間応用一般均衡モデルによる便益評価」, 土木計画学研究・講演集, vol. 49, CD-ROM, 2014.
- Tomoki Ishikura, “Quantitative estimation of the demand impacts of LCC entry in Japans’ domestic air market”, Oral Presentation at the 17th Air Transport Research Society world conference, Bordeaux, France, July 2014.
- 石倉智樹・高山雄貴・赤松隆, 「階層的な空間構造を対象とする FEVL-SCGE モデル」, 応用地域学会第 28 回研究発表大会講演概要, 2014.
- 山本雅資, 「北東アジア研究と空間計量経済学」, アジア政経学会年次大会, 慶應義塾大学藤沢キャンパス, 2014.
- Masashi Yamamoto, “Building Effective Agreements in Climate Negotiations toward Sustainable Growth”, Asian Development Bank Institute, Tokyo, July 7-8, 2014.
- Masashi Yamamoto, “Climate Change Impacts and Mitigation in Transportation Sector”, Asian Development Bank Institute and Hiroshima University, Hiroshima, Septemeber 23-24, 2014.

8-2 ミーティング開催

(1) 平成 24 年度

表 8-1 平成 24 年度のミーティング開催の記録

日付	場所	参加者 (研究参画者・アドバイザーのみ)
2012 年 7 月 23 日	環境省 (東京)	小池、山崎
9 月 21 日	価値総合研究所 (東京)	山本、山崎
9 月 24 日	価値総合研究所 (東京)	小池、山崎
10 月 3 日	環境省 (東京)	小池、山崎
10 月 9 日	価値総合研究所 (東京)	堤、山崎
10 月 17~18 日	神戸大学欧州オフィス (ブリュッセル、ベルギー)	小池、石倉、福田、TAVASSZY、RUIJGROK、 BRÖCKER、THISSEN、HEYNDRICKX
10 月 23 日	価値総合研究所 (東京)	石倉、山崎
10 月 30 日	価値総合研究所 (東京)	山本、山崎
11 月 1 日	神戸大学 (神戸)	小池、山崎
11 月 4 日	埼玉大学 (さいたま)	小池、石倉、堤
11 月 17 日	青森公立大学 (青森)	小池、石倉、堤、山崎
11 月 21 日	価値総合研究所 (東京)	福田、山崎
11 月 21 日	環境省 (東京)	小池、山崎
12 月 17 日	価値総合研究所 (東京)	小池、山崎
2013 年 1 月 29 日	環境省 (東京)	小池、山崎
1 月 31 日	神戸大学 (神戸)	小池、山崎

(2) 平成 25 年度

表 8-2 平成 25 年度のミーティング開催の記録

日付	場所	参加者（研究参画者・アドバイザーのみ）
2013年4月22日	価値総合研究所（東京）	小池、山崎
6月24日	環境省（東京）	小池、山崎
7月2日	神戸大学（神戸）	小池、山崎
8月1日	価値総合研究所（東京）	小池、山崎
8月20日	価値総合研究所（東京）	堤、山崎
9月19日	熱海市内ホテル	小池、堤、石倉、山崎
9月23日	TNO（デルフト、オランダ）	小池、TAVASSZY
9月25日	デンマーク工科大学（コペンハーゲン）	小池、NIELSEN
10月15日	価値総合研究所（東京）	小池、堤、石倉、山崎
12月2日	価値総合研究所（東京）	小池、山崎
12月17日	日本政策投資銀行（東京）	小池、堤、山崎
2014年1月17日	価値総合研究所（東京）	小池、山崎
1月22日	TNO（デルフト、オランダ）	小池、石倉、TAVASSZY、RUIJGROK、BRÖCKER、THISSEN、HEYNDRIKX
1月28日	環境省（東京）	小池、山崎

(3) 平成 26 年度

表 8-3 平成 26 年度のミーティング開催の記録

日付	場所	参加者（研究参画者・アドバイザーのみ）
2014年4月9日	価値総合研究所（東京）	小池、山崎
5月1日	神戸大学（神戸）	小池、山崎
5月29日	価値総合研究所（東京）	小池、山崎
7月16日	環境省（東京）	小池、山崎
8月21日	価値総合研究所（東京）	小池、山崎
9月8日	TML（ルーベン、ベルギー）	小池、山崎、HEYNDRIKX、Purwanto
9月9日	Significance（ハーグ、オランダ）	小池、山崎、de Jong
9月9日	TNO（デルフト、オランダ）	小池、山崎、TAVASSZY
9月19日	熱海市内ホテル	小池、堤、石倉、山崎
10月3日	神戸大学（神戸）	小池、山崎
10月9日	価値総合研究所（東京）	堤、山崎
11月6日	価値総合研究所（東京）	山本、山崎
12月2日	価値総合研究所（東京）	小池、山崎
2015年1月19日	価値総合研究所（東京）	小池、山崎
1月26日	環境省（東京）	小池、山崎

II. 研究の実施内容

9. 要約

9-1 モデルの全体構造

本研究で用いるモデルの全体構造は下図のとおりであり、ゾーンは全国を市区町村単位で分割する(1,860ゾーン)。モデルは大きく4つのサブモデルで構成されている。①経済モデルでは、空間的応用一般均衡(SCGE)モデルにより、地域別に生産額や生産要素価格等の経済指標を算出する。②土地利用モデルでは、応用都市経済モデルに基づき、全国の人口・従業者分布を求める。③交通モデルでは、全国を対象として都市間・都市内を包括的に扱うモデルを構築し、四段階推計法により、旅客・貨物の交通量を求める。また、これらとは別に「評価モデル」として、以上の各モデルでの出力結果をもとに、CO2排出量の他、多様な環境・社会面の指標を算出する。

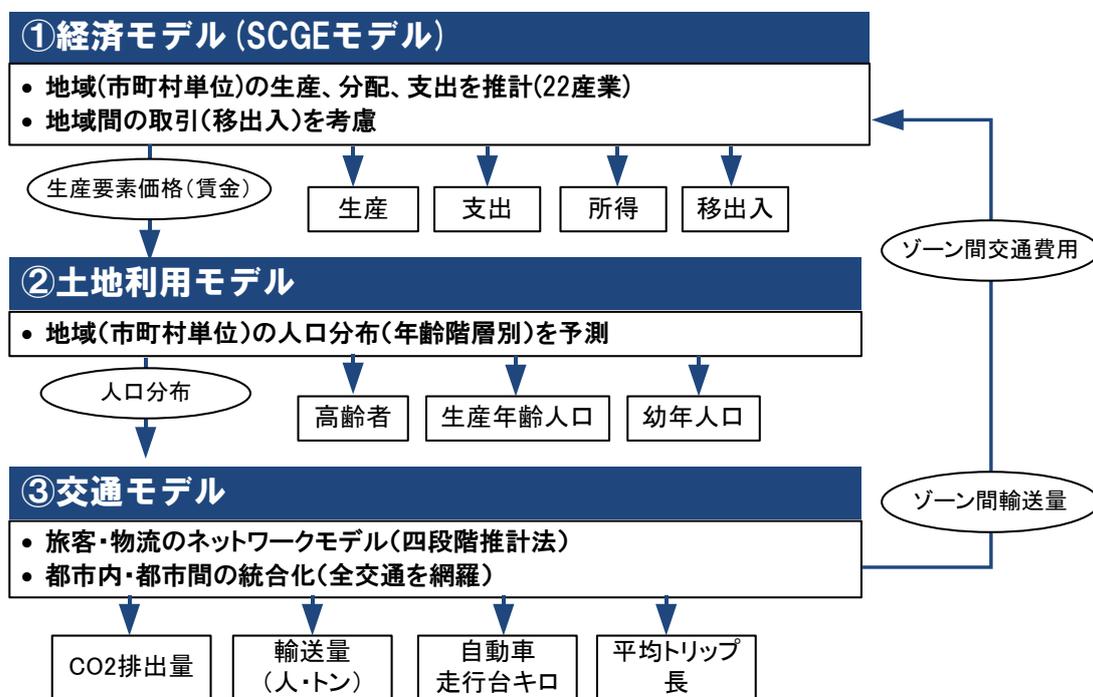


図 9-1 本研究で用いるモデルの全体構造

9-2 データベースの構築

本研究では我が国全体を網羅したシステムを構築するため、我が国を7,000（ないし1,860）に分割した指標群と地域の人・物の交流・交易の指標群を統合的に構築した。これは、地方公共団体が実行計画を策定する際にも活用可能な横断的なデータベースである。

表 9-1 各モデルのデータ一覧

項目		データの出所・作成方法
経済モデル	付加価値	平成22年県民経済計算の産業別産出額を按分し、付加価値比率（工業統計、県民経済計算より）を乗じて推計
	賃金・資本支払	賃金：平成17年全国産業連関表より産業別に労働シェアを求め、付加価値に乗じて推計
		資本支払：付加価値と賃金の差として推計
	支出	平成22年県民経済計算と都道府県産業連関表をもとに産業別の都道府県の支出データを推計し、これを市区町村別に人口等で按分して推計
	地域間移出入マトリクス	全国貨物純流動調査：同調査の貨物OD表を用いてフレーター法により推計
		その他の産業：市区町村間の道路利用一般化費用より二重制約型重力モデルにより推計
地域間労働所得・賃金マトリクス	労働所得：賃金と市区町村間の通勤比率（平成22年国勢調査）より推計	
地域間資本マトリクス	資本所得：支出から労働所得を差し引き推計	
土地利用モデル	人口	平成22年国勢調査（町丁・字等集計）
	従業者数	平成22年事業所企業統計（調査区等に関する集計）
	宅地面積・利用可能面積	平成21年国土数値情報土地利用細分化メッシュから作成
	地代	平成22年地価公示、平成22年都道府県地価調査から作成
地価ポイントの無い場合にはクリギングにより補正		
交通モデル	道路ネットワーク	デジタル道路地図（DRM）から作成（都道府県道以上）
	鉄道ネットワーク	国土数値情報から作成
	航空ネットワーク	航空輸送統計年報等から作成
	海運ネットワーク	全国総合交通分析システム（NITAS）から作成
	交通量データ※	自動車（旅客・貨物）：道路交通センサス起終点調査から作成
鉄道・バス・航空（旅客のみ）：幹線旅客純流動調査および都市圏パーソントリップ調査に基づき推計		

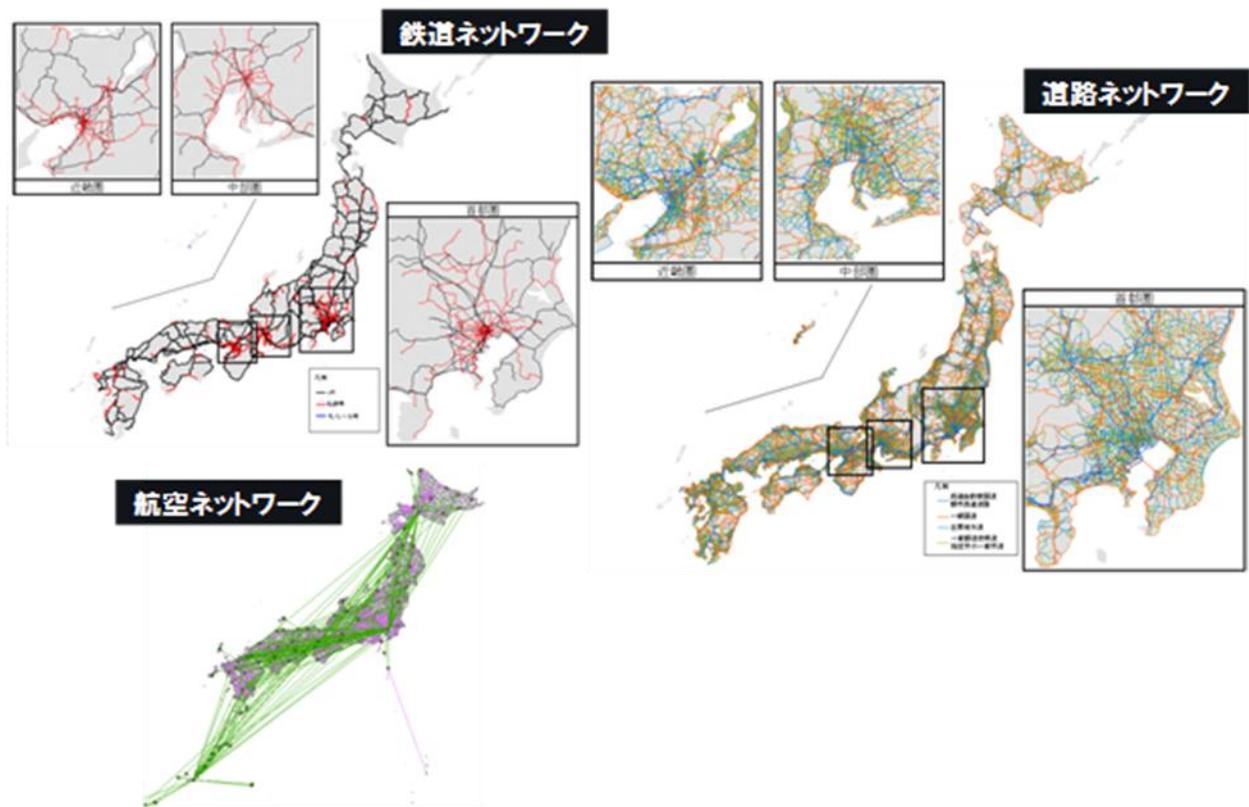


図 9-2 交通データ（旅客交通ネットワーク）

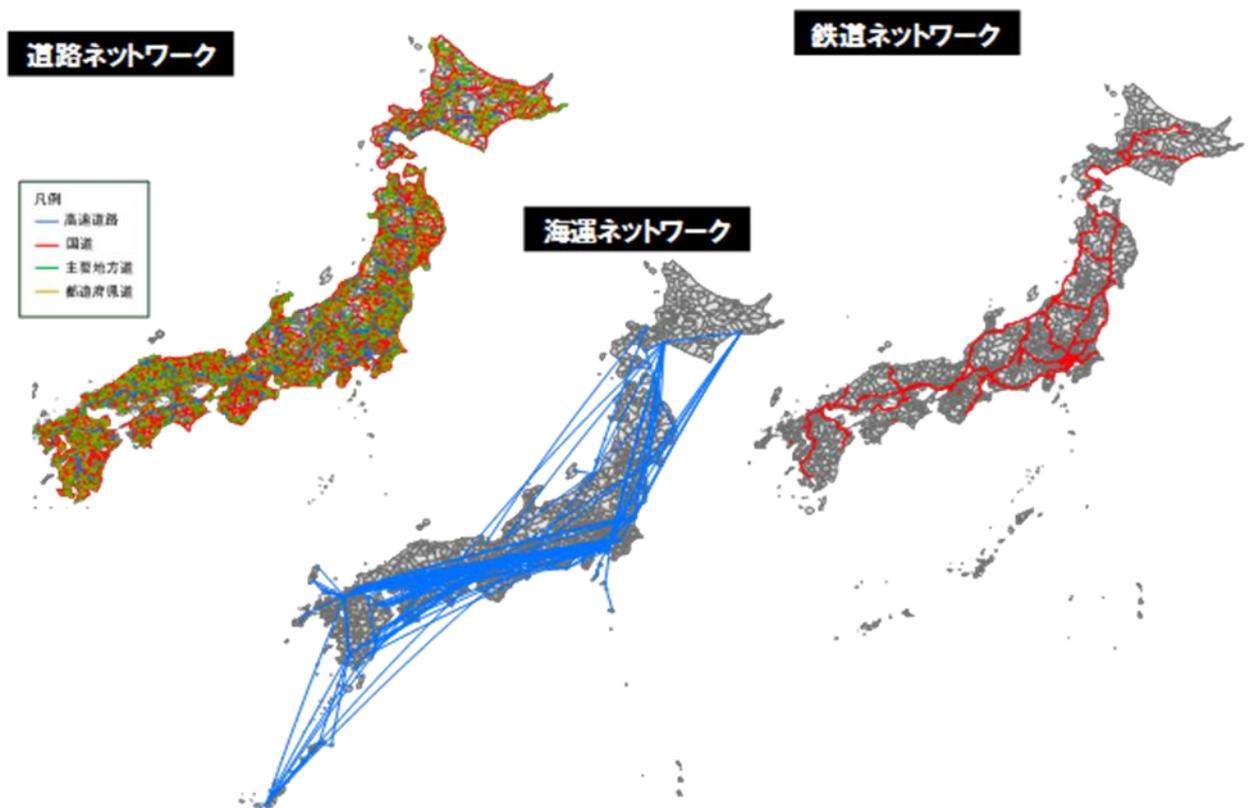


図 9-3 交通データ（貨物交通ネットワーク）

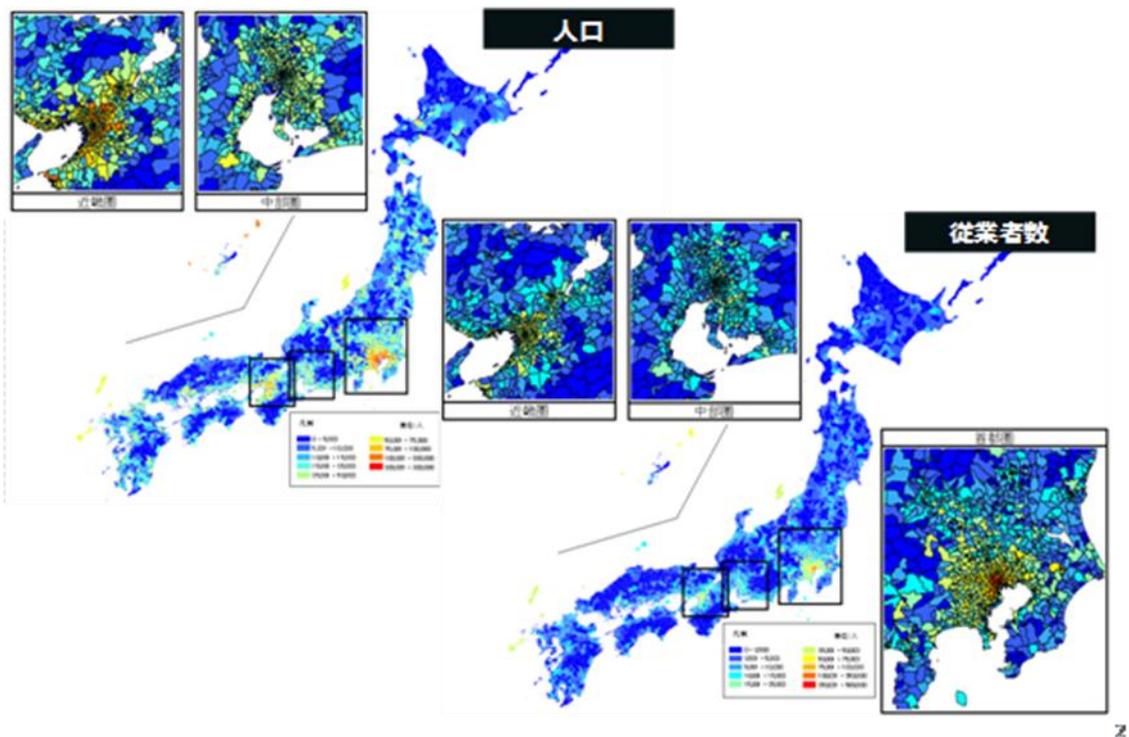


図 9-4 土地利用データ（人口・従業者数）

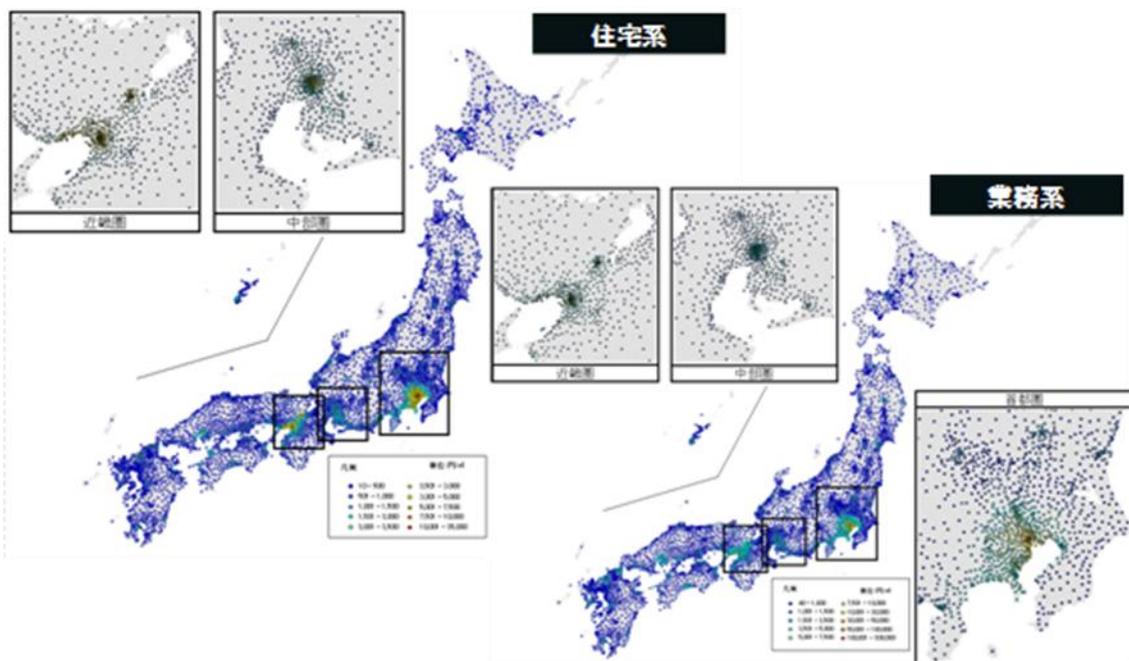
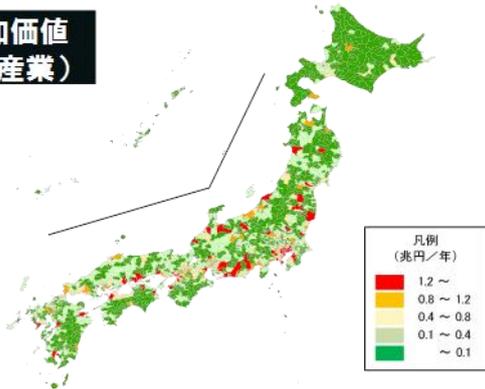
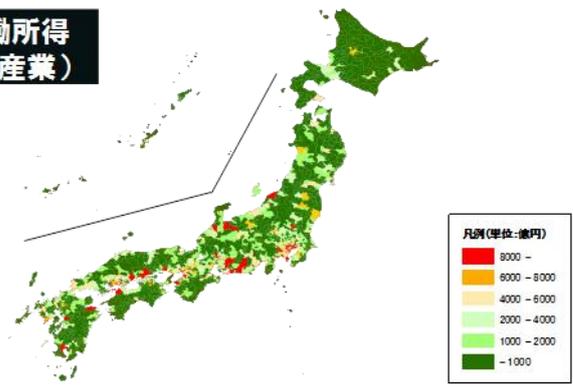


図 9-5 土地利用データ（地代）

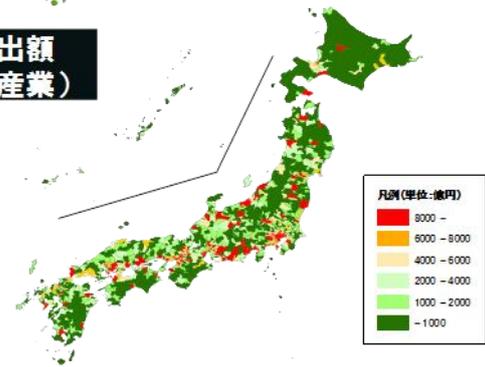
**付加価値
(全産業)**



**労働所得
(全産業)**



**支出額
(全産業)**



**資本所得
(全産業)**

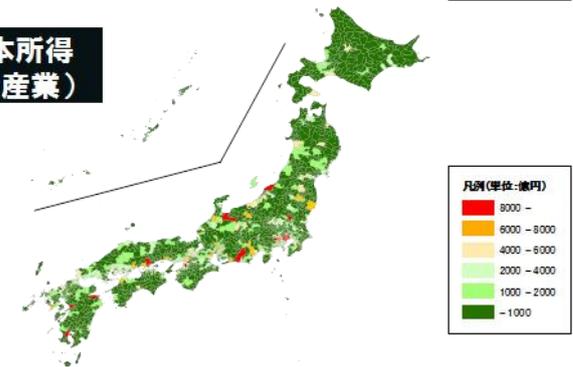


図 9-6 経済データ (付加価値・所得・支出)

9-3 経済・土地利用・交通の統合モデルの構築

(1) 経済モデル

本研究で扱う経済モデルは、応用一般均衡モデルを空間的に拡張した、空間的応用一般均衡モデルである。

このモデルは、全国を約 1,800 ゾーンに分割し、経済の生産、分配、支出の 3 面を捉えている。また、地域間の交易や通勤などによる生産要素移動についても考慮する。このモデルによって、都市間をまたぐ大規模交通インフラ整備などの施策を投入した際の帰着便益や経済波及効果について計測することが可能になる。

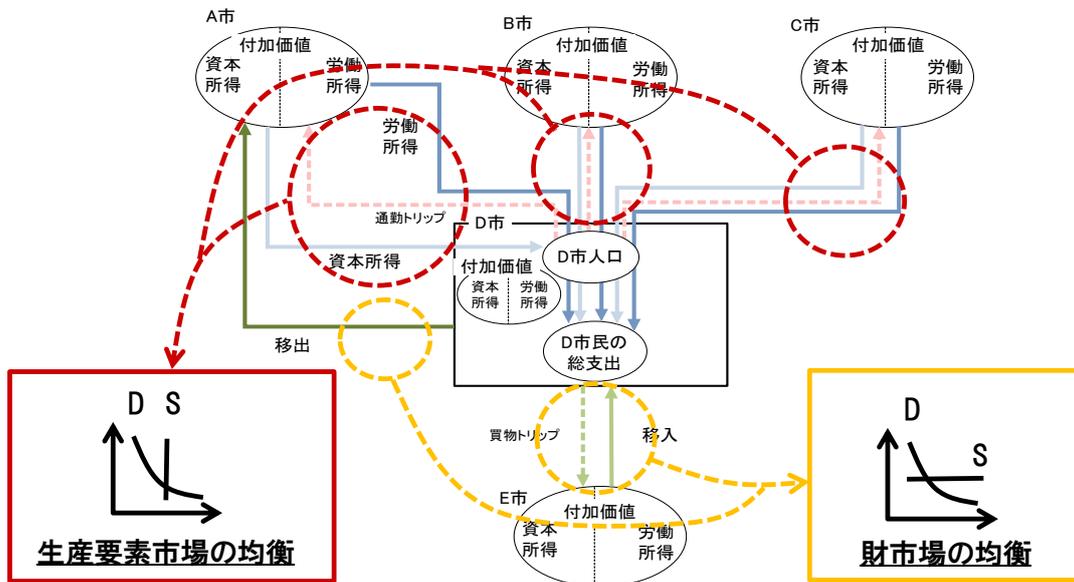


図 9-7 経済モデル

(2) 土地利用モデル

土地利用モデルは、土地の需要と供給が合致する土地市場の均衡モデルである。均衡への調整は価格（地代）を介して行われる。行動主体は家計、企業、地主の 3 主体であり、土地市場は住宅地と業務地の 2 市場である。

代表的家計の効用最大化行動により、住宅地の需要量が算出される。一方、代表的企業は利潤最大化行動により、業務地の需要量が算出される構造である。

地主は土地の価格に応じて住宅地と業務地の土地の供給量を定める。前述の家計と企業の土地需要量と地主からの土地供給量が合致するところが均衡状態であり、変化が生じた際には均衡状態に至るまで計算される。

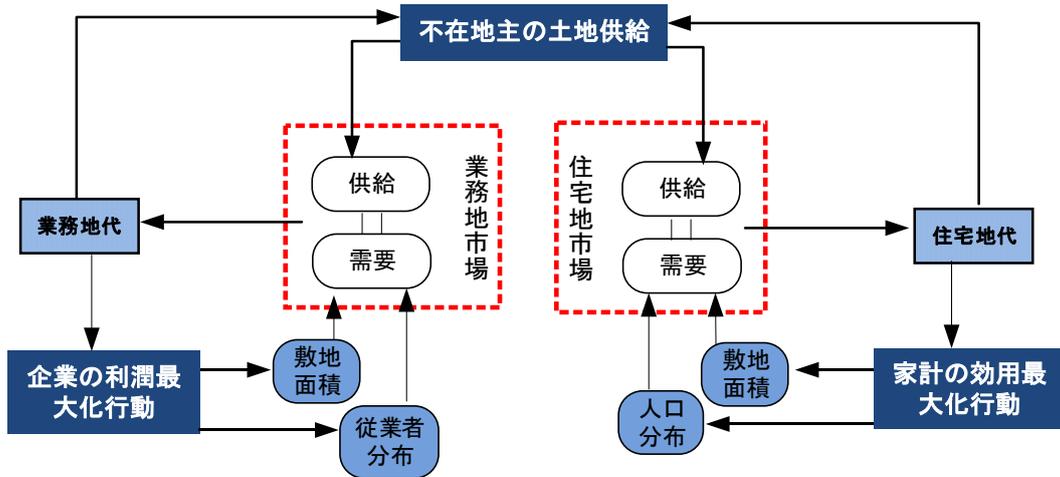


図 9-8 土地利用モデル

(3) 交通モデル

交通モデルは、交通量発生モデル、目的地選択モデル、交通手段選択モデル、経路選択モデルの4段階からなる。旅客・貨物それぞれについて、各段階のモデルが構築される。

旅客についてはさらに目的別（通勤・通学、私事、業務）にモデルを構築する。また、貨物については車種別（小型、普通）、品目別（素材型、加工組立・生活関連型）にモデルを構築する。

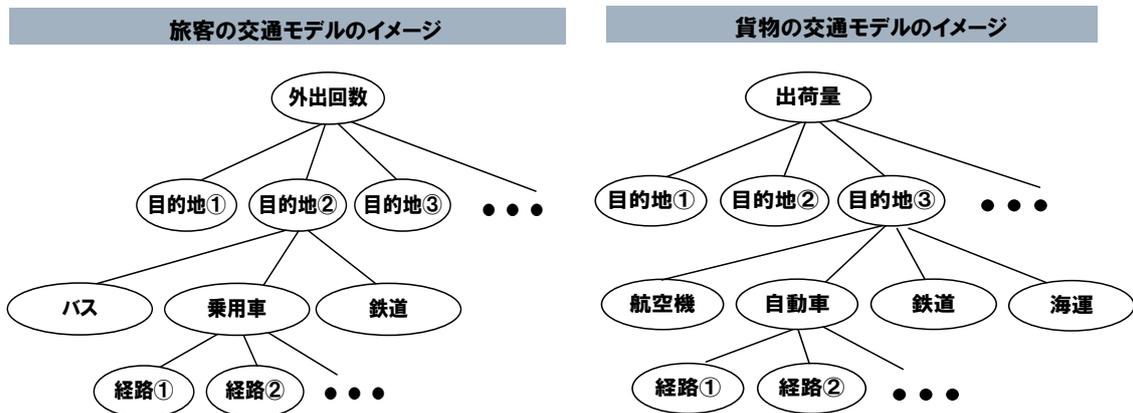


図 9-9 交通モデル

(4) 評価モデル

経済・土地利用・交通モデルのアウトプットをもとに環境面、社会面、経済面等の様々な指標を算出する評価モデルを構築した。評価指標の一覧は下表の通りである。

表 9-2 評価モデルにおける評価指標一覧

項目		指標
環境	地球温暖化	CO2 排出量（自動車）
	大気汚染	NOx 排出量（自動車）
	騒音	騒音レベル（自動車）
	資源消費	土地の舗装、新規建設需要
社会	健康	大気汚染による健康被害、騒音被害、交通事故（死傷者数）
	公正（地域間格差）	大気汚染による健康被害の公正さ、騒音被害の公正さ、経済的便益の公正さ
	機会	居住水準、都市の活力、集積による生産性の向上
	交通利便性	1人当たり移動所要時間、公共交通機関のサービスレベル、通勤アクセス
経済	交通の便益／費用	投資費用、利用者の便益、交通機関運営者の便益、政府の便益 外部費用（交通事故、大気汚染、温室効果ガス排出、騒音発生）

9-4 統合モデルによる現実的な評価

構築した統合評価システムを用いてシミュレーションを実施した推計結果とその考察を行った。例えば3環状道路整備による影響予測においては、交通モデルによってCO2排出量の変化を推計し、ゾーン間一般化費用の変化を経済モデルにインプットして整備による経済効果をゾーン毎に推計した。

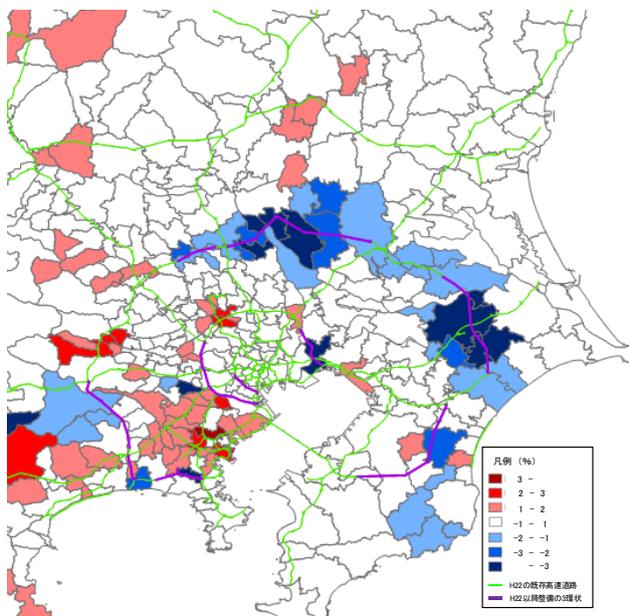


図 9-10 3環状整備によるCO2排出量の現況からの変化率

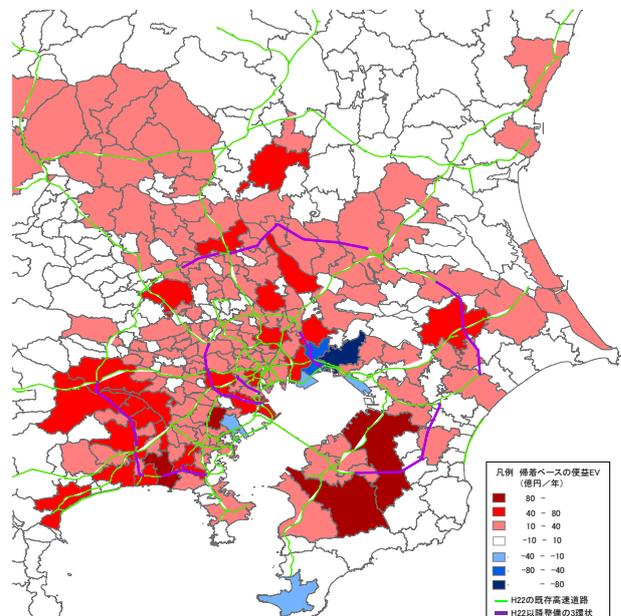


図 9-11 3環状整備による帰着便益

9-5 地方公共団体実行計画策定のためのフレームの提示と要因分析手法の確立

要因分析のシステム・ツール化のための仕様の検討として、要因分析を大きく交通面、土地利用面、経済面から検討し、本研究で構築したデータベースおよび統合型評価システムのアウトプットを用いた多様な指標に関するBAUと将来フレーム提示のためのシステム・ツールの構築を検討した。

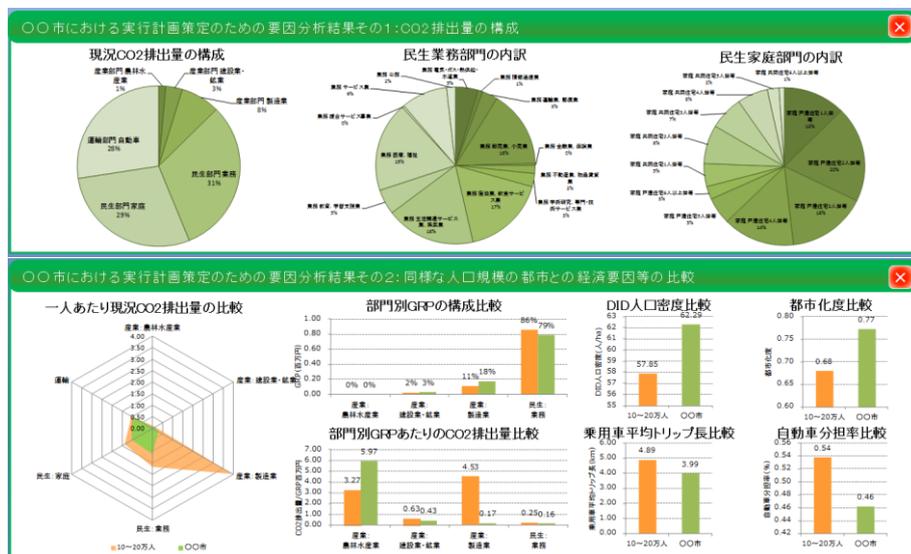


図 9-12 実行計画策定のための要因分析・フレーム提示のシステム・ツール（インターフェイス例）

9. Summary

9-1 Overall structure of comprehensive assessment model

The comprehensive assessment model constructed for this study is an aggregate of three sub-models described as spatial computable general equilibrium (SCGE) model, land-use model, and transport model. Each sub-model divides the nation into 1,860 zones on a local council basis.

The economic model (SCGE), which formulates the behavior of households and firms, calculates the value of production and a price of production factors on a zonal basis. The land-use model, derived from the computable urban economic (CUE) model, calculates the distribution of population and workers. The transport model comprehensively includes both inter-city and intra-city transportation. This model computes trip volumes of passengers and freight using four-step estimation.

In addition to these three models, we constructed an evaluation model that computes various economic, social, and environmental indicators based on the output of the three sub-models.

9-2 Constructing a database

For this study, we constructed a nationwide database of 1,860 local councils (or of 7,000 smaller zones) that consistently covers interregional flow of humans and materials and commercial trade. This cross-cutting database is also useful for developing an local councils' Action Plan for Global Warming Countermeasures ("Action Plan"), which all cities larger than specially designated cities in Japan are obligated to implement.

9-3 Constructing a comprehensive assessment model

(1) Economic model

The economic model we used for this study is a spatial computable general equilibrium (SCGE) model that is spatially expanded from a computable general equilibrium (CGE) model.

The model divides a whole nation into 1,860 zones and captures three aspects of the economy: production, distribution, and expenditure. The model also concerns interregional trades and the flow of movement of production factors resulting from work trips and the like. The model enables us to measure incidence benefits and economic ripple effects of large-scale transport infrastructure construction, for instance.

(2) Land-use model

The land-use model is an equilibrium model of the land market, in which demand and supply of land are balanced. Adjustment to equilibrium is performed through price (rent/land price). The agents of action are the household, firm, and landowner. The land markets are housing land and industrial land.

The land demand for housing land is determined from the utility maximization behavior of a household. Similarly, the land demand for industrial land is determined from the profit maximization behavior of a firm.

A landowner determines the supply of housing land and industrial land according to the land price. The equilibrium is the point at which the land demanded by the household and firm and the land supplied by the landowner match. When a change in the state occurs, recalculation is conducted until the new equilibrium is

reached.

(3) Transport model

The transport model consists of four-step estimation models: a trip generation model, a destination choice model, a transportation mode choice model, and a route choice model. This transport model is constructed separately for both passengers and freight.

The transport model for passengers is built for each trip purpose (work commutation, school commutation, private trip, and business trip). Similarly, the transport model for freight is built for each type of vehicle (small and general) and items (basic material, manufacturing and assembly, and livelihood-related).

(4) Evaluation model

We constructed an evaluation model that computes various economic, social, and environmental indicators based on the output from economic, land-use, and transport models. Evaluation indicators from the evaluation model are presented in table 9-2.

9-4 Estimating effects of measures

We conducted a simulation and analysis to estimate the effects of various measures using the comprehensive assessment model. For instance, to estimate the effects of the three-ring road construction, we used the transport model to calculate the change in CO₂ emissions. Then the change in the generalized transport costs between zones obtained from the transport model is input into the economic model to calculate the economic effect by zones.

9-5 Developing a system tool for CO₂ emission factor analysis and BAU frame for local councils' Action Plan

Requirements for a system tool of the CO₂ emission factor analysis and BAU frame for local councils' Action Plan are discussed. In preparation to formulate the basic specifications for factor analysis system tool, we analyzed the CO₂ emissions mainly in three respects: transportation, land-use, and economy. The output from the comprehensive assessment model and various indicators from the evaluation model constructed in this study are used in the system tool.

10. 本論1：データベースの構築

10-1 研究内容

(1) 研究の目的

「都市の低炭素化の促進に関する法律案」「地球温暖化対策基本法案」や地方公共団体実行計画の策定等では定量的な「予測」及び「評価」が重要であるが、これらの予測や評価を行うためには統計情報を含めたデータベース（データセット）が必要となる。特に、本研究のような多様な指標を評価するためには個別の統計を横断的かつ統合的に利用できるように分析しつつ全体の整合を保ちながら構築していく必要がある。

本研究では我が国全体を網羅したシステムを構築するため、我が国を7,000（ないし1,860）に分割した指標群と地域の人・物の交流・交易の指標群を統合的に構築した。これは、地方公共団体が実行計画を策定する際にも活用可能な横断的なデータベースとなる。

(2) 研究の概要

経済・土地利用・交通の各モデル構築に必要なデータベースを構築した。平成24年度研究ではH17ベースでデータベースを構築したが、平成25年度研究では、各種統計が更新されたことを踏まえ、最新のデータを反映した分析を行うため、可能な限りH22時点で統一したデータベース（下表）を作成した。以下では、データベースの作成方法や作成結果の概略について述べる。作成方法は、平成24年度と平成25年度で基本的に同様だが、一部改良を行った。

表 10-1 経済モデルのデータ一覧

項目	内訳	出所
生産面	付加価値	県民経済計算（H22） 国勢調査（H22） 建築統計年報（H22） 工業統計（H22） 市町村別決算状況調（H22）
分配面	労働所得、資本所得	全国産業連関表（H17）
支出面	家計支出、政府支出、投資（公的）・投資（民間）、在庫品増加	県民経済計算（H22） 都道府県産業連関表（H17） 市町村別決算状況調（H22）
移出入	地域間移出入マトリクス	地域間産業連関表（H17） 全国貨物純流動調査（H22） ゾーン間の一般化費用（H22）
所得移転	地域間賃金・労働所得マトリクス 地域間資本支払・資本所得マトリクス	

表 10-2 土地利用モデルのデータ一覧

項目	出所
人口	国勢調査（H22）
従業者数	国勢調査（H22）
地代	地価公示（H22）、都道府県地価調査（H21、H22）
宅地面積	国土数値情報土地利用細分メッシュ（H21）
利用可能面積	国土数値情報人口集中地区（H17）、国勢調査（H22）

表 10-3 交通モデルのデータ一覧

項目	内訳	出所
交通ネットワーク	道路	デジタル道路地図 (H22)
	鉄道	国土数値情報 (H22)
	航空	航空輸送統計年報 (H22) 航空旅客動態調査 (H22)、各種時刻表 (H22)
交通量データ	航空	旅客地域流動調査 (H22)、幹線旅客純流動調査 (H22)
	鉄道	旅客地域流動調査 (H22)、幹線旅客純流動調査 (H22) 都市圏パーソントリップ調査 (東京 H20、中京 H13、京阪神 H22) 全国 PT 調査 (H22)
	バス	旅客地域流動調査 (H22)、幹線旅客純流動調査 (H22) 都市圏パーソントリップ調査 (東京 H20、中京 H13、京阪神 H22) 全国 PT 調査 (H22)
	乗用車	旅客地域流動調査 (H22)、道路交通センサス起終点調査 (H22)

なお、ここで作成したデータベースは、その妥当性を検証済みである。例えば、経済モデルのデータに関しては、モデルで考慮する生産・分配・支出のメカニズムが担保されていること（全国での三面等価の成立、生産額及び支出額と移出入の関係の整合等）を確認済みである。

10-2 ゾーン分割

モデル分析では、全国を市区町村単位（一部離島等は統合）で1,860ゾーンに分割した。ただし、交通モデルにおける交通量配分の際には、より詳細に、道路交通センサスBゾーン区分に基づく6,931ゾーンとした（一部離島等は統合）。本報告書では、特に断らない限り、「ゾーン」という場合に前者の市区町村単位のゾーン分割を指すこととする。



図 10-1 ゾーン分割 (1,860 ゾーン)



図 10-2 首都圏のゾーン分割



図 10-3 中部圏のゾーン分割

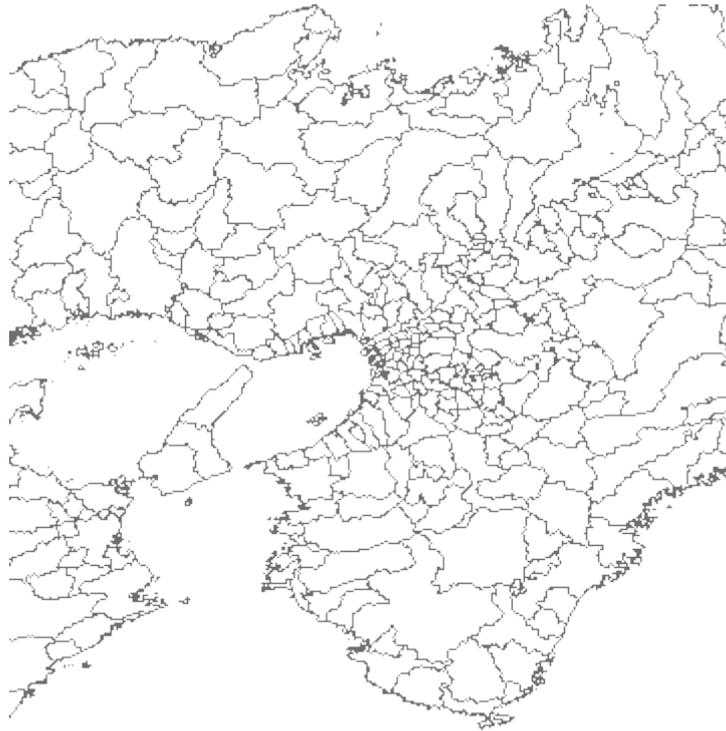


図 10-4 近畿圏のゾーン分割

10-3 経済データの作成

(1) 概要

経済モデルのデータとして、市区町村別産業別の生産面、分配面、支出面のデータを作成した。データはいずれも2010年時点の推計値であり、既存の各種統計データに基づき、より詳細な地域別のデータを推計したものである。

表 10-4 経済データの項目と出所

項目	考え方	作成するデータ	出所
生産面	生産地 ベース	付加価値	県民経済計算(H22) 国勢調査(H22) 建築統計年報(H22) 工業統計(H22) 市町村別決算状況調(H22)
分配面		賃金、資本支払	全国産業連関表(H17)
所得移転	—	地域間賃金・労働所得マトリクス 地域間資本支払・資本所得マトリクス	国勢調査(H22) 道路交通センサス起終点調査(H22) 地域旅客流動調査(H22)
支出面	消費地 ベース	家計支出、政府支出、投資(公的)・ 投資(民間)、在庫品増加	県民経済計算(H22) 都道府県産業連関表(H17) 市町村別決算状況調(H22)
移出入	—	地域間移出入のマトリクス	地域間産業連関表(H17) 全国貨物純流動調査(H22) ゾーン間の一般化費用(H22)

(2) 経済データの特徴

本業務で作成する経済データの特徴として、詳細な地域経済の実情を反映するため、市区町村間の財の移出入(図 10-6 移出入の関係)や、通勤等に伴う所得移転(図 10-7 分配と支出の関係)も明示する。全産業の全国合計では、三面等価(生産=分配=支出)が成立する。既存の経済統計データには、このような関係を反映した市区町村レベルのデータは存在しない。例えば、市町村民経済計算(各都道府県が作成)では、支出面のデータが整備されていない。また、一部の県ではそもそも市町村民経済計算を整備していない。このため、新規にデータ整備を行う必要がある。

作成したデータは、生産面と分配面は「生産地・従業地ベース」(生産・分配がなされた地域で集計)、支出面は「消費地ベース」(消費がなされた地域で集計)である。そのため、生産面と支出面の額は、市区町村単位では合致しない(全国合計では合致する)。この整合を取るため、地域間移出入のマトリクスを作成した。さらに、支出と分配の関係についても整合を取るため、地域間所得移転のマトリクスを作成した。

ここで、生産・分配・支出面のメカニズムのイメージは下図の通りである。まず生産面では、家計が通勤トリップ（図中①、以下同様）し、財・サービスを生産する（②）。分配面では、企業が生産して得る付加価値が賃金と資本支払（設備投資等）に分配され、家計は労働所得（賃金）を持ち帰る（③）。またここでは資本所得も地域間で移転する（④）。家計は各勤務地で得た所得を持ち帰り、地域間で分配された資本所得との合計が分配所得となる。この分配された所得が総支出となる（⑤）。その支出は居住する市から他市に買物に出掛け（⑥）、他市の財を購入する（⑦）場合は移入となる。このように本モデルで利用するデータは生産・分配・支出のメカニズムが考慮されたモデルとなっている。

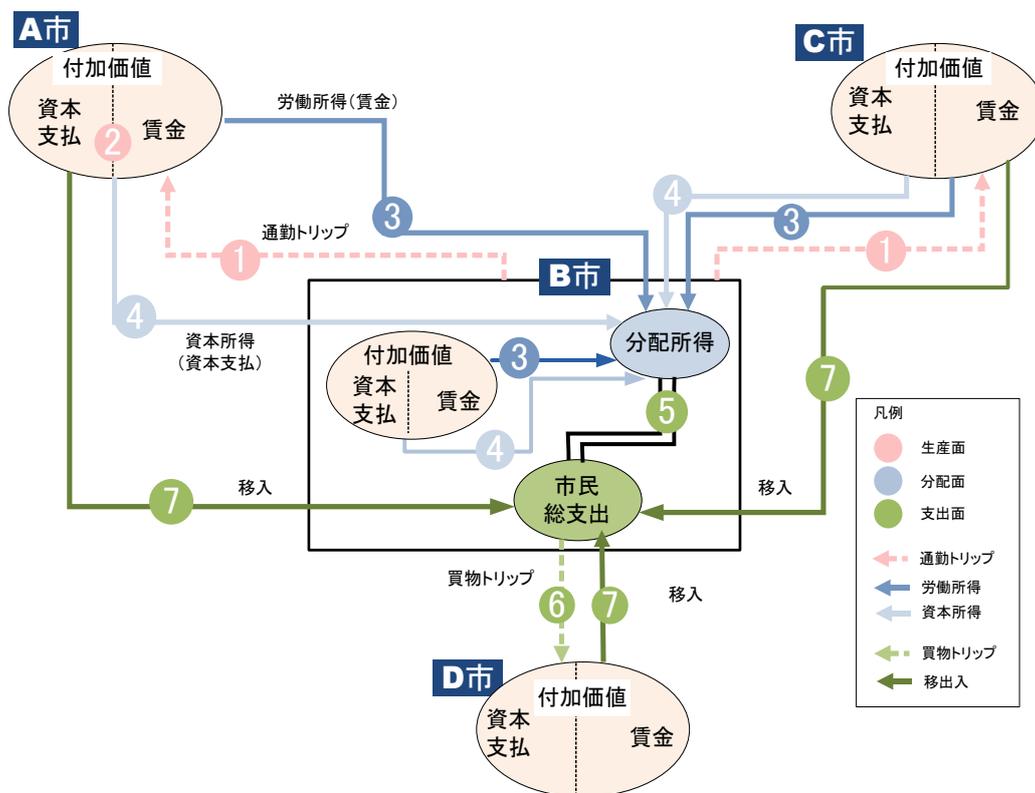


図 10-5 生産・分配・支出のメカニズム

移出入の関係の詳細は下図のとおりであり、支出のODマトリクスを作成した際に、 ij 間支出（移出入）の x_{ij} を生産地ベースで集計したもの（列和）と生産面データの付加価値 Y_i が合致する。 ij 間支出（移出入）の x_{ij} を消費地ベースで集計したもの（行和）と支出面データの支出合計 X_j が合致する。

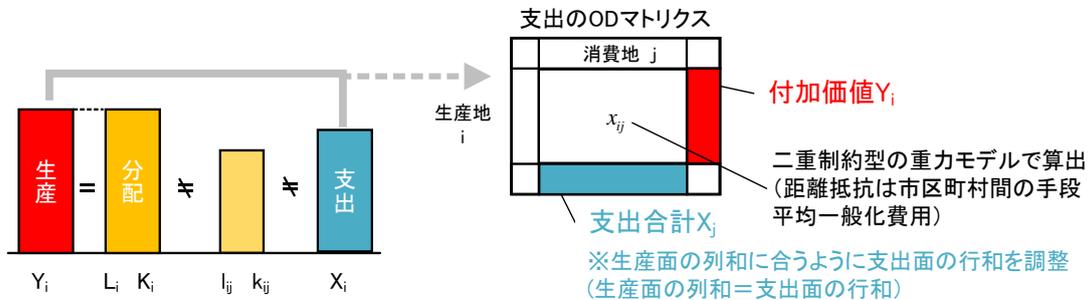


図 10-6 移出入の関係

分配と支出の関係は下図のとおりである。分配は付加価値を賃金と資本支払に分けたものであるため、下図の賃金 L_i （列和、①）と資本支払 K_i （列和、②）は付加価値 Y_i と合致する。また支出合計は賃金 l_{ij} の消費地ベースの合計値 $\sum_i l_{ij}$ （行和、③）と資本支払 k_{ij} の消費地ベースの合計値 $\sum_i k_{ij}$ （行和、④）に分けられる。

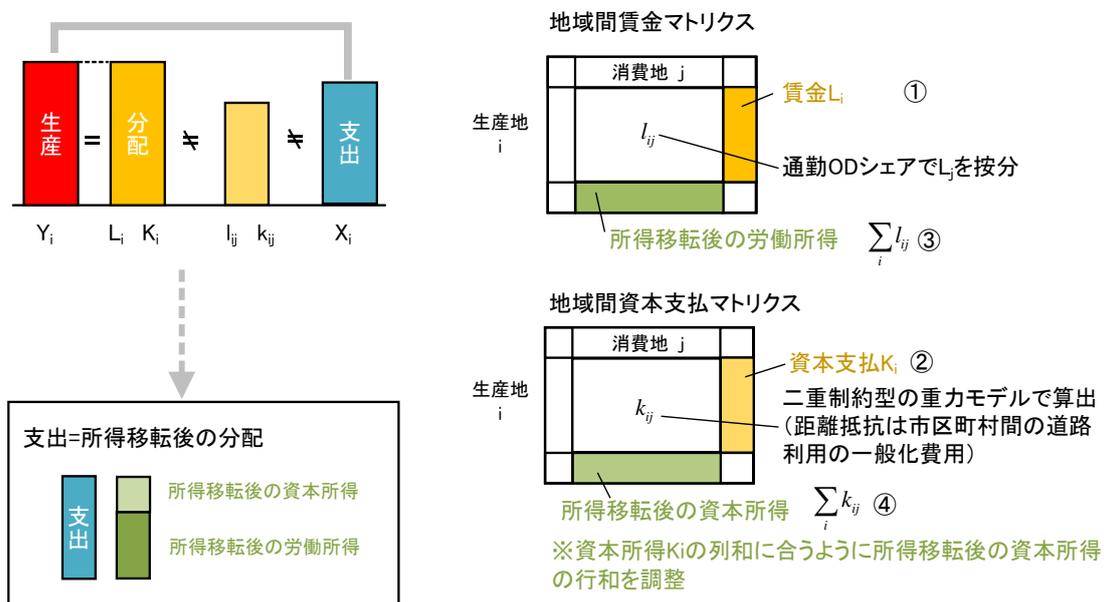


図 10-7 分配と支出の関係

なお、本調査の産業分類は下表の 22 分類である。これは、県民経済計算における分類をもとに、一部産業を統合したものである。

表 10-5 本調査の産業分類 (22 分類)

No	産業分類	
1	農林水産業	
2	鉱業	
3	製造業	食料品
4		繊維
5		パルプ・紙
6		化学
7		石油・石炭製品
8		窯業・土石製品
9		一次金属
10		金属製品
11		一般機械
12		電気機械
13		輸送用機械
14		その他の製造業
15	建設業	
16	電力・ガス・水道業	
17	卸売・小売業	
18	金融・保険業	
19	不動産業	
20	運輸・通信業	
21	公務	
22	サービス業	

出所：県民経済計算²

注) 本調査では県民経済計算の精密機械とその他製造業を統合して、その他製造業とした。県民経済計算の精密機械の徳島県と高知県の付加価値がマイナスになるためである。

²サービス業は産業＋政府＋対家計民間非営利、電気・ガス・水道業は産業＋政府

(3) 生産面のデータ

生産面のデータは、市区町村単位の産業別付加価値であり、「地域経済構造分析の手引き」（経済産業省，2005）に従い算出した。

具体的にはまず、県民経済計算の都道府県単位の産業別産出額を、産出量と近似する市区町村単位の指標（例：製造業の場合には製造業製品出荷額、サービス業では従業者数）で按分し、市区町村単位の産業別産出量を算出する。次に、これに産出量一付加価値の比率（製造業は工業統計、製造業以外は県民経済計算をもとに算出）を乗じて、市区町村単位の産業別付加価値を算出する。最後に、こうして求めた市区町村別産業別付加価値を、その都道府県計が県民経済計算の都道府県単位の産業別県内総生産と合致するよう補正する。

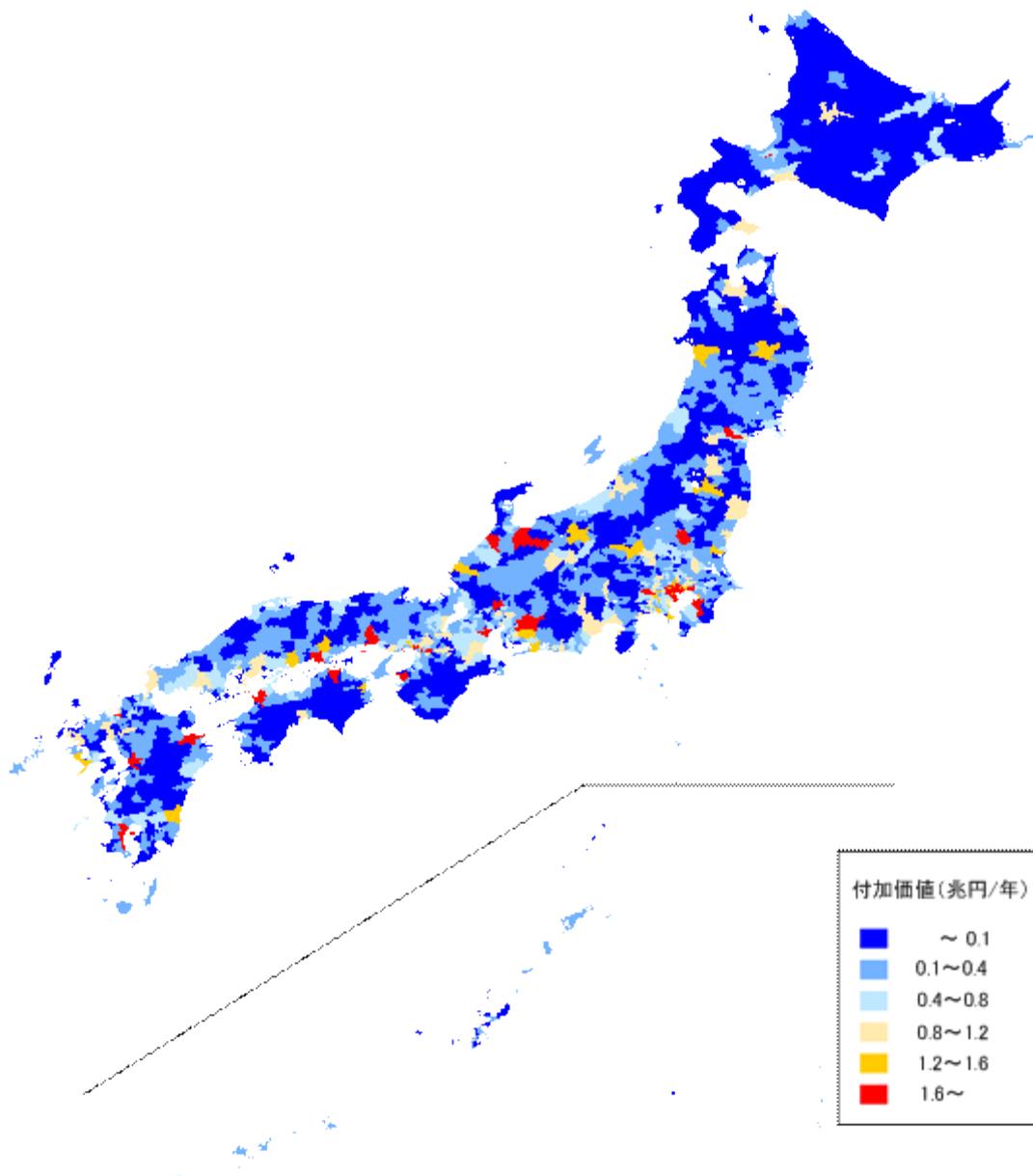


図 10-8 付加価値（全産業）

(4) 分配面のデータ

分配面のデータは、市区町村単位の産業別の賃金及び資本支払である。したがって、その合計は当該市区町村の付加価値と合致する。

データの作成方法としてはまず、産業別に、全国産業連関表の付加価値部門の値(L=雇用者報酬、K=営業余剰、固定資本減耗)をもとに、全国一律の労働シェア(=L/(L+K))を算出する。次に、先に作成した付加価値データにこの労働シェアを乗じて、市区町村別の賃金とする。また、各市区町村について、付加価値と賃金の差を資本支払とする。

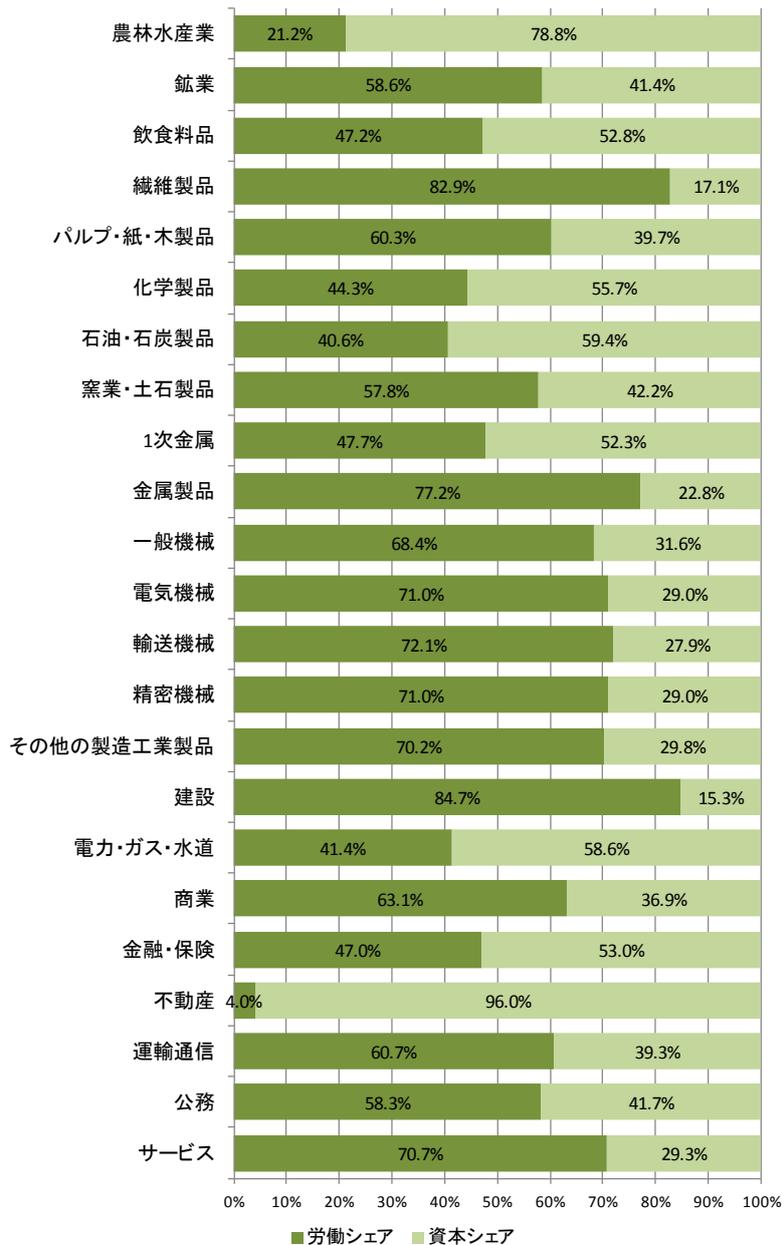


図 10-9 産業別の労働シェア (全国一律)

地域別の賃金及び資本支払は下図のようになる（賃金及び資本支払は、「従業地ベース」であることに注意）。

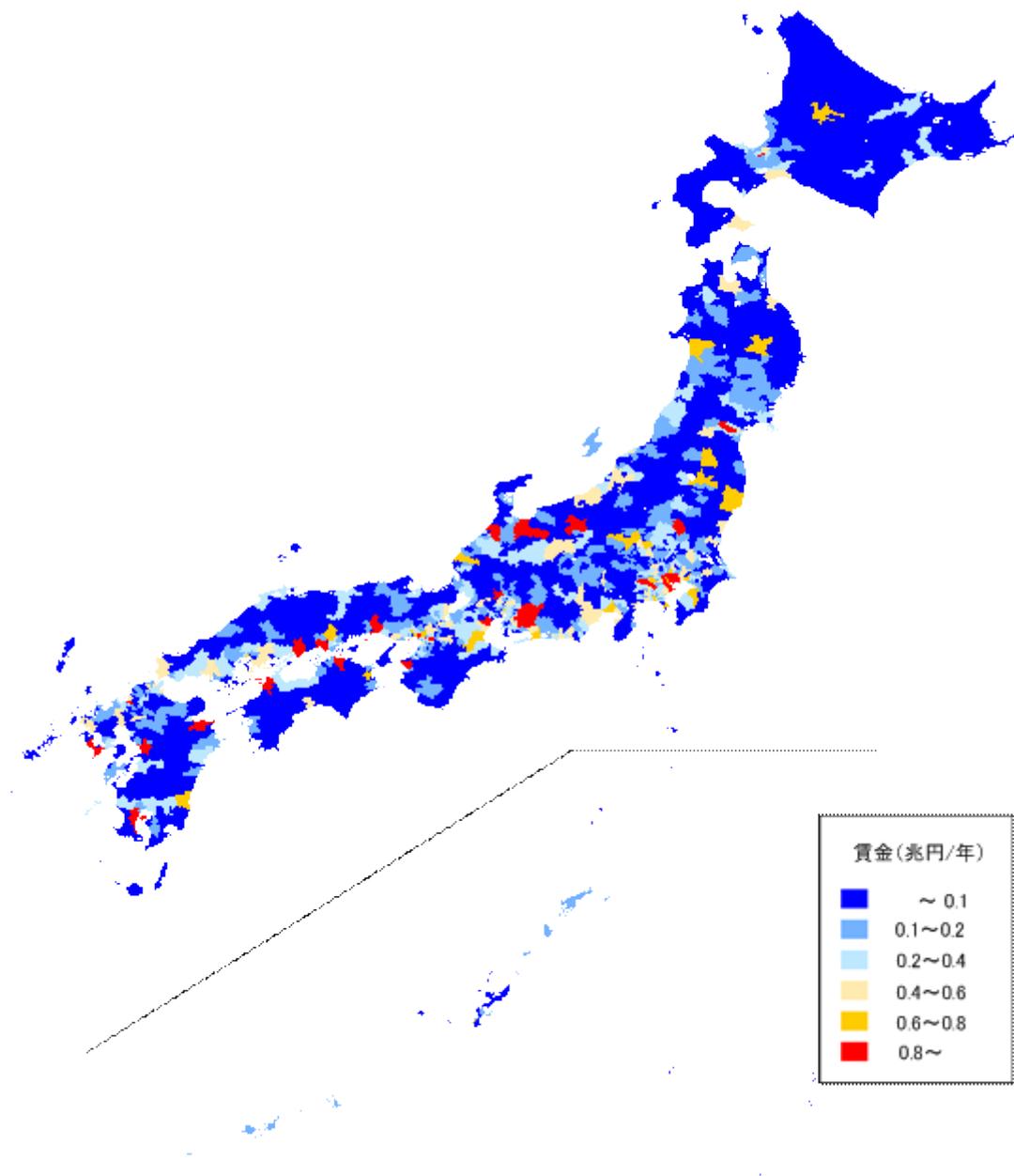


図 10-10 賃金（全産業）

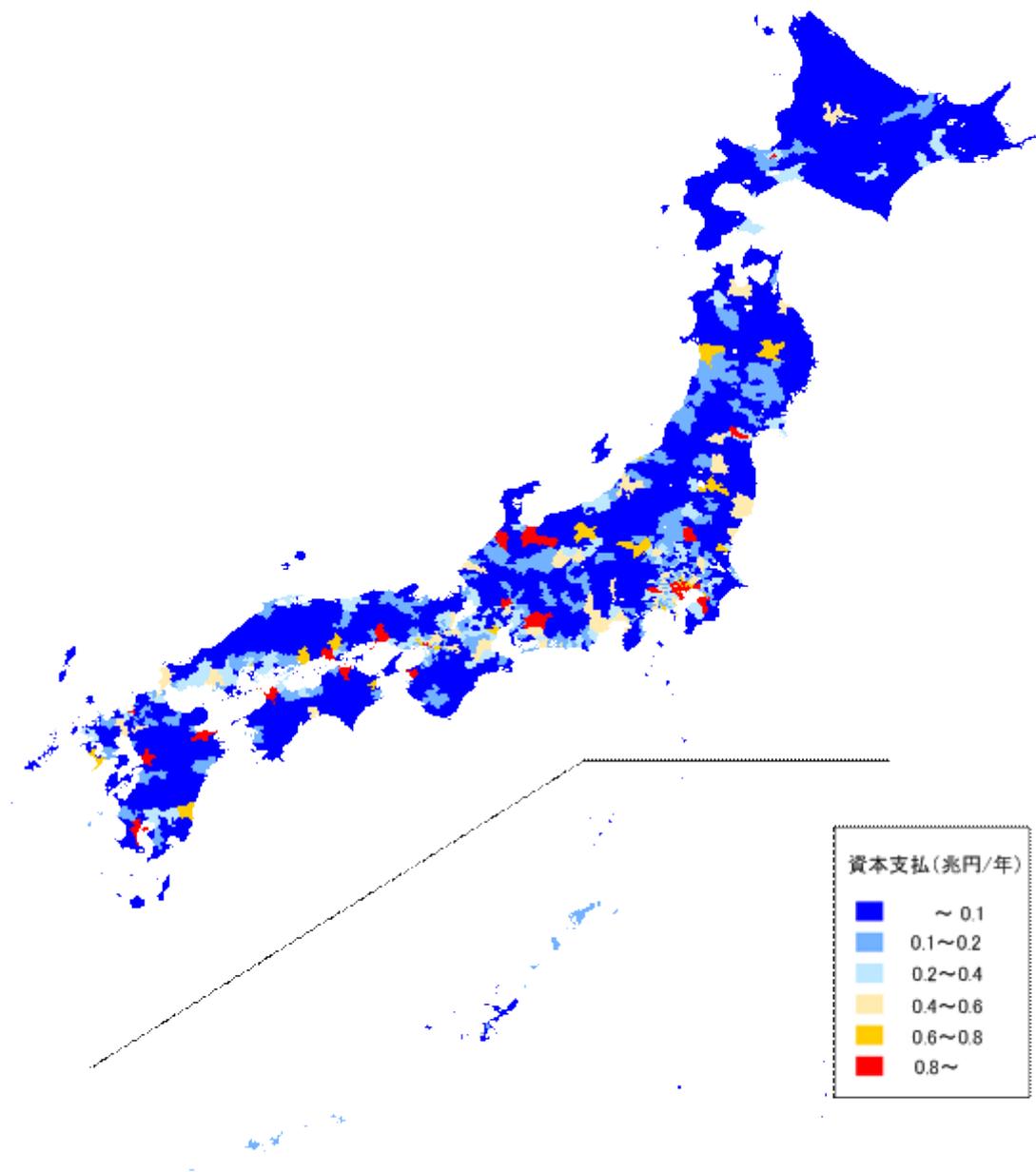


図 10-11 資本支払（全産業）

(5) 支出面のデータ

支出面のデータは、市区町村単位の産業別データであり、内訳は家計支出、政府支出、投資（公的）、投資（民間）および在庫品増加の5つである。

データの作成方法としてはまず、各都道府県の県民経済計算において、移出入・統計上の不突合を家計支出、政府支出、投資（公的）、投資（民間）に、各比率に応じて按分する（在庫品は地域をまたぐ取引がないため対象としない）。次に、各都道府県の産業連関表の最終需要部門の産業別比率をもとに、これらを産業別に分ける。さらに、これを項目別に、市区町村別の人口（民間支出）、歳出（政府支出）、投資的経費（投資（公的））、産出量（投資（民間）および在庫品増加）で按分し、市区町村単位のデータを作成する。最後に、こうして求めた支出データを、その全国合計が付加価値の全国合計に合致するよう一律の比率を乗じて補正している。

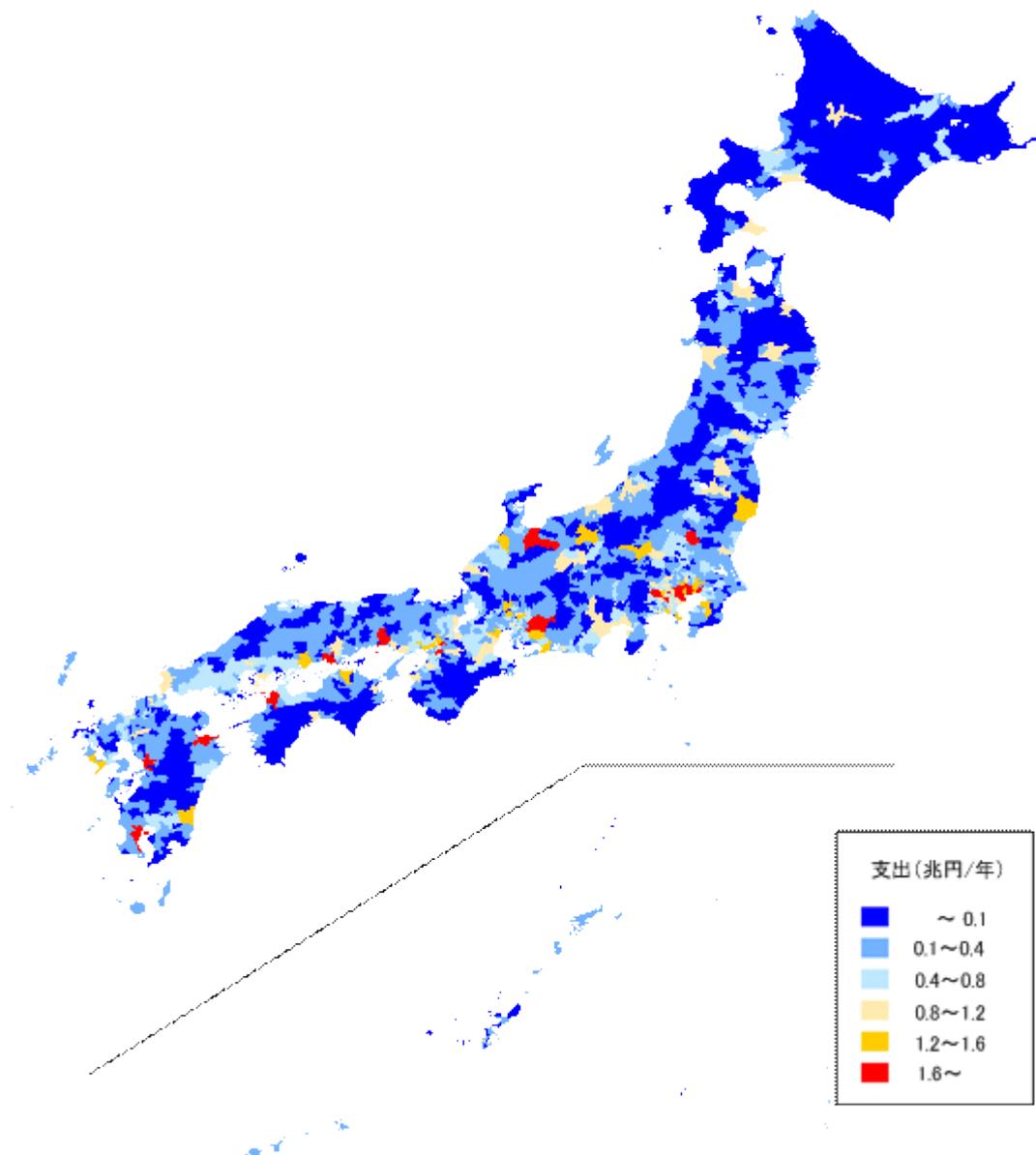


図 10-12 支出（全産業）

(6) 生産面と支出面の関係のデータ

データの作成方法としては、上記の生産面及び支出面のデータをもとに、地域間の移出入を表すマトリクスを作成する。このマトリクスは産業別に作成する。

実際の市区町村間の交易量を再現するため、全国貨物純流動調査の対象産業（鉱業、製造業、商業）については、同調査の貨物重量 OD マトリクスを用いてフレーター法により移出入を表す地域間マトリクスを作成する。同調査対象外の産業については、市区町村間の移動に要する一般化費用を用いて二重制約型重力モデルにより移出入を表す OD マトリクスを作成する³。

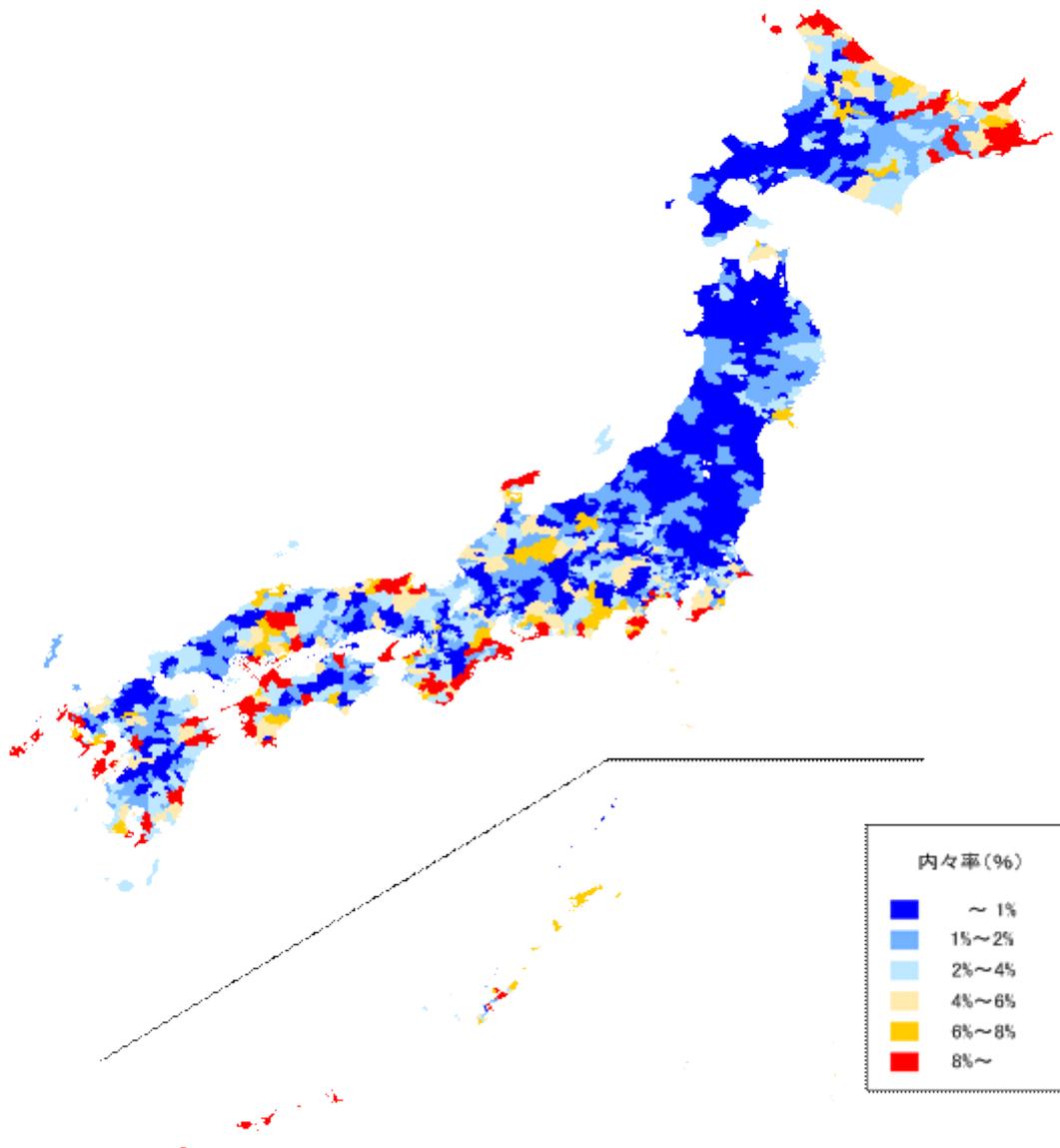


図 10-13 移出入データの例（農林水産業の内々率（＝域内自給率））

³ 全国貨物純流動調査の対象産業であっても、同調査で貨物の発生量がゼロであるにも関わらず、先に作成した付加価値データ上では付加価値が発生しており、フレーター法が適用できない地域がある。このような場合には、二重制約型重力モデルにより移出入の内訳を推計している。

(7) 分配面と支出面の関係のデータ

分配面のデータ（従業地ベースで作成）と支出面のデータ（消費地ベースで作成）が整合するよう、地域間の賃金・労働所得マトリクス及び資本支払・資本所得マトリクスを作成する。いずれも全産業を集計して作成し、全ての市区町村別で所得の合計が支出の合計に合致するようにする。

まず、地域間の賃金・労働所得の関係を表すマトリクスを作成する。これは、先に作成した賃金のデータをもとに、市区町村間の通勤割合を乗じて推計する（通勤割合の出所は国勢調査）。例えば、地域*i*の総賃金が1億円で、地域*i*への通勤は地域*i*から60%、地域*j*から40%である場合には、地域*i*と地域*j*が地域*i*の賃金を元を得る労働所得は、それぞれ6千万円、4千万円とする。

次に、各市区町村で労働所得を合計し、当該市区町村の支出合計からこれを差し引いた値を資本所得とする。これをもとに地域間の資本支払・資本所得の関係を表すマトリクスを作成するが、これは市区町村間の移動に要する一般化費用を用いた二重制約型重力モデルによって行う。

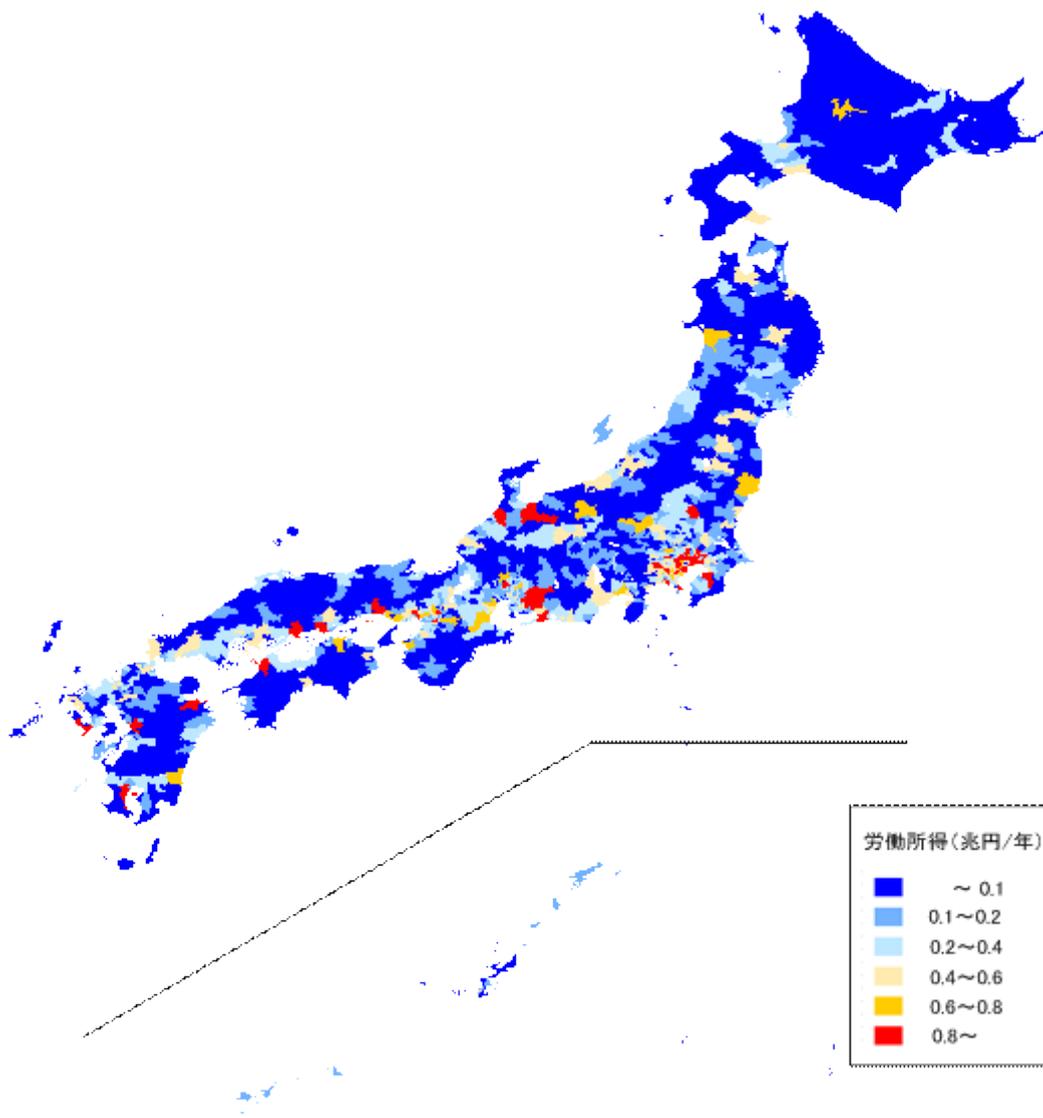


図 10-14 労働所得（全産業）

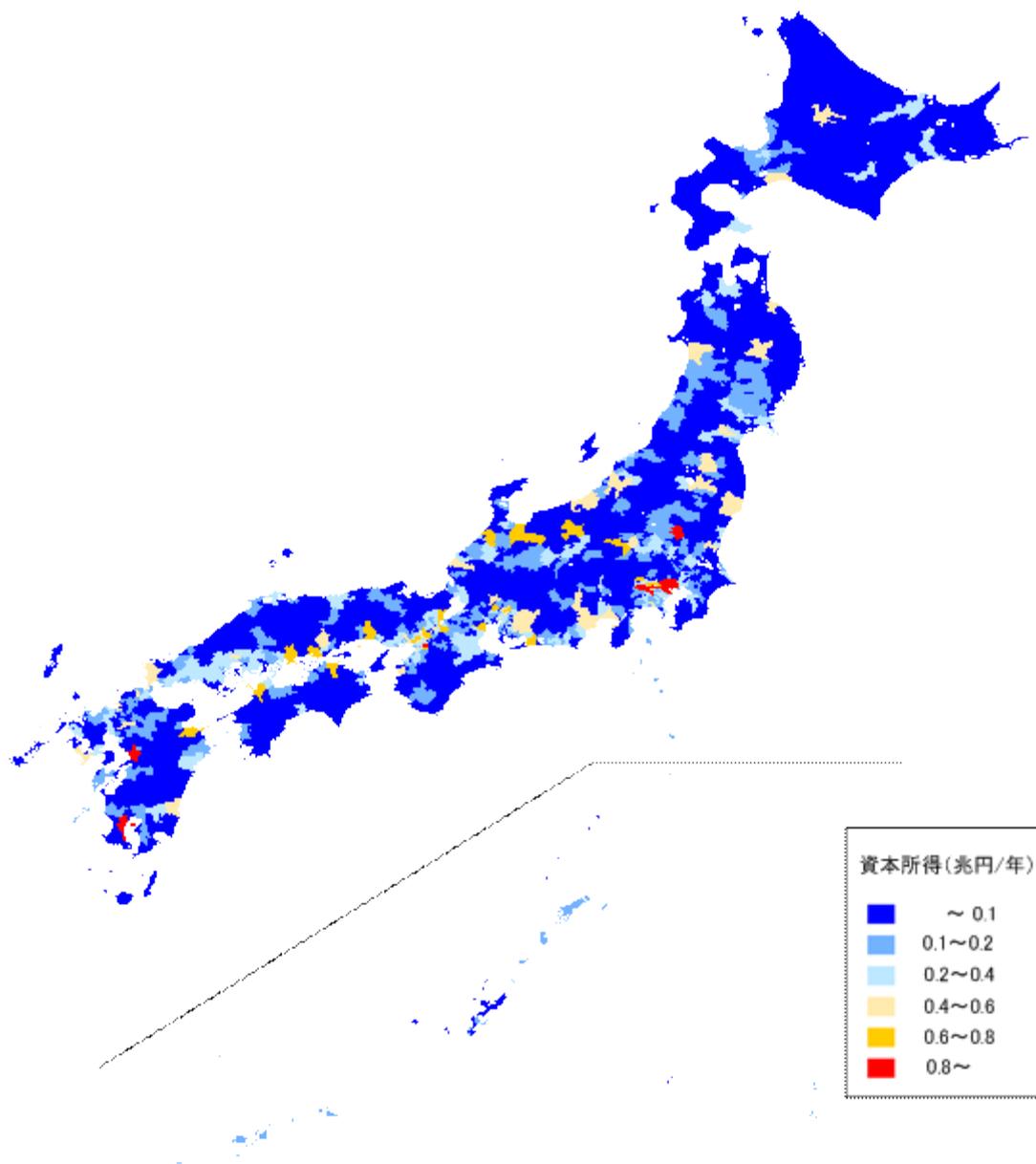


図 1 0-15 資本所得（全産業）

10-4 土地利用データ

(1) 概要

土地利用データは人口と従業者と地代と宅地面積と利用可能面積をモデルゾーン（1,860ゾーン）単位で作成する。各データの出所は下表のとおりである。

表 10-6 作成する土地利用データと出所

項目	出所
人口	国勢調査（H22）
従業者数	国勢調査（H22）
地代	地価公示（H22）、都道府県地価調査（H21、H22）
宅地面積	国土数値情報土地利用細分メッシュ（H21） 国土数値情報人口集中地区（H22）
利用可能面積	国勢調査（H22）

(2) 人口・従業者数

人口は、国勢調査（町丁・字等集計）を用いて、ゾーン別の人口データを作成した。従業者数は、事業所企業統計（調査区等に関する集計）を用いて、ゾーン別の従業者数データを作成した。

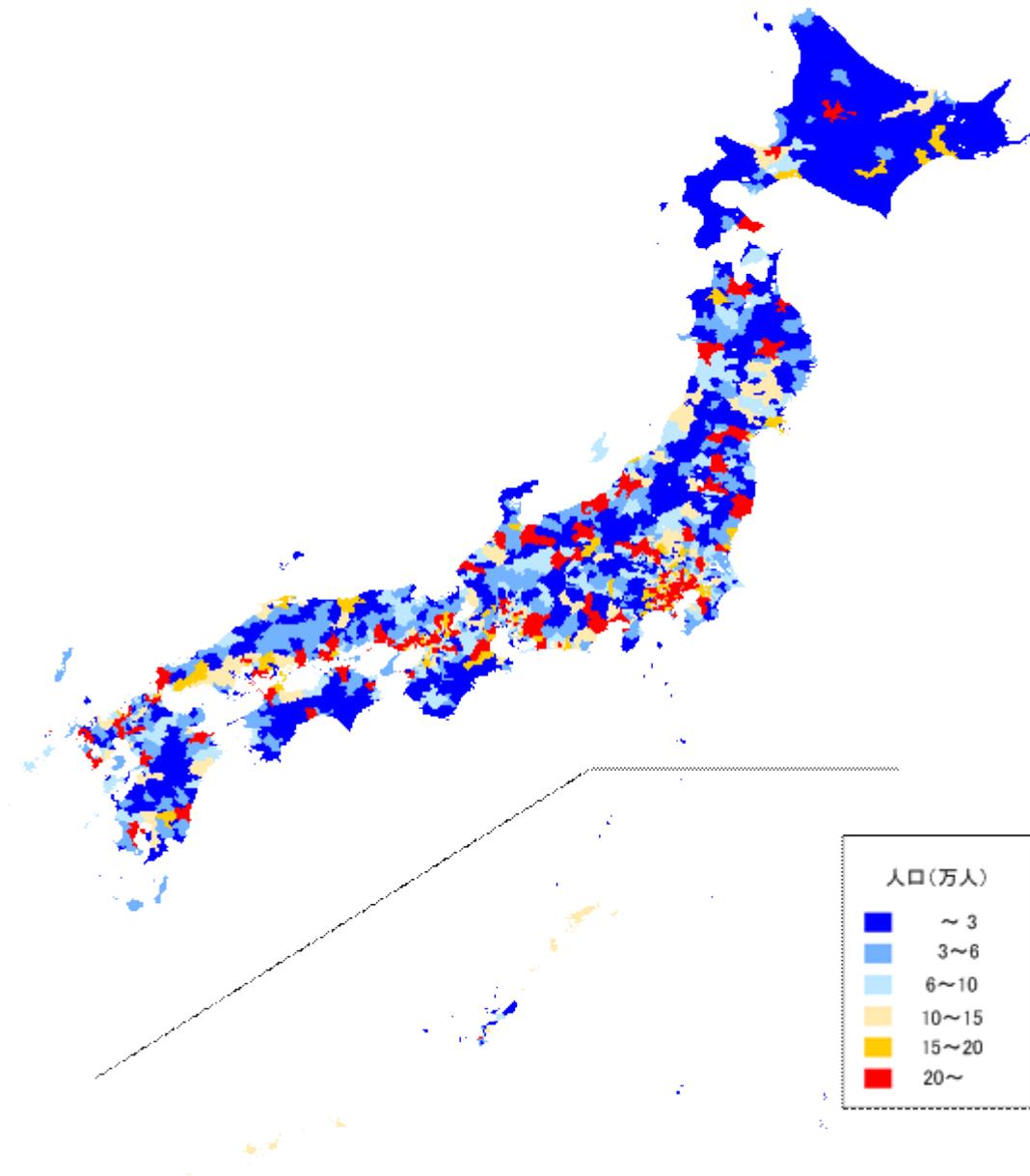


図 10-16 ゾーン別人口

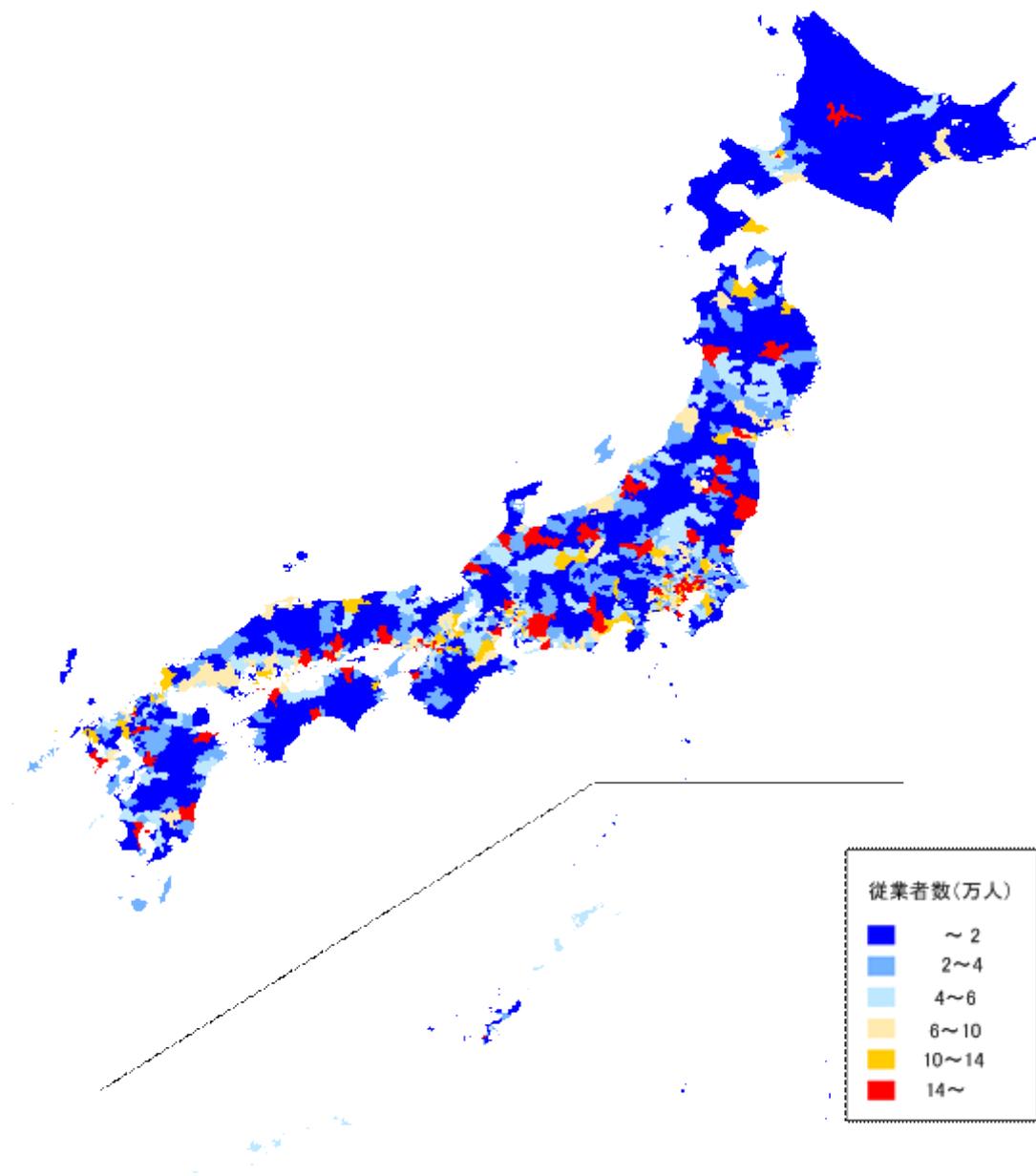


図 10-17 ゾーン別従業員数

(3) 地代

地価公示と都道府県地価調査の地価に基づき、ゾーン別の平均地価データを作成した。地価ポイントの無い場合にはクリギングで補正した。長期国債金利と固定資産税率を考慮して、地価を地代に換算している。

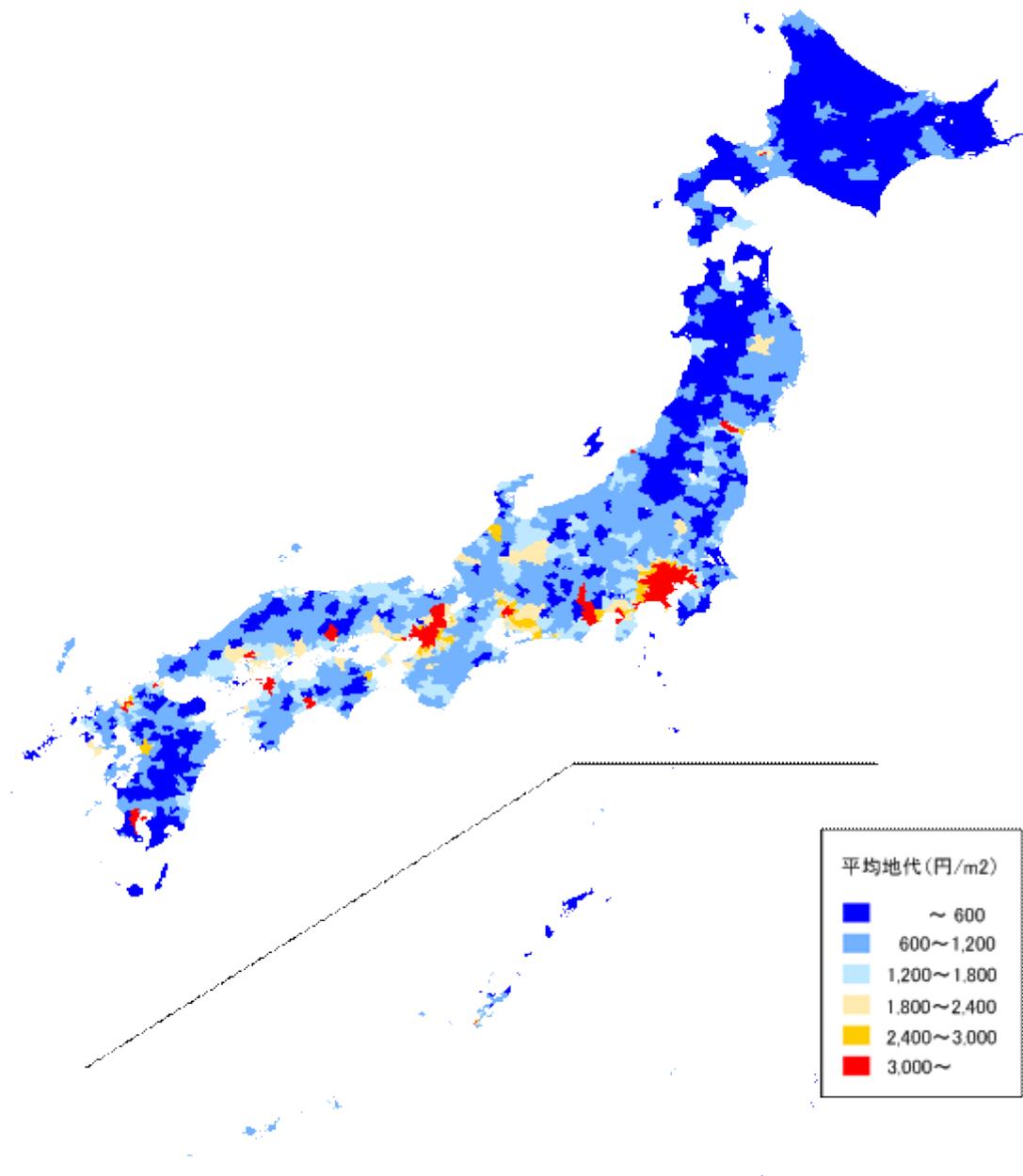


図 10-18 地代

(4) 宅地面積・利用可能面積

国土数値情報土地利用細分化メッシュ等のデータを用いて、用途別の土地面積に基づき、ゾーン別の宅地面積と利用可能面積のデータを作成した。

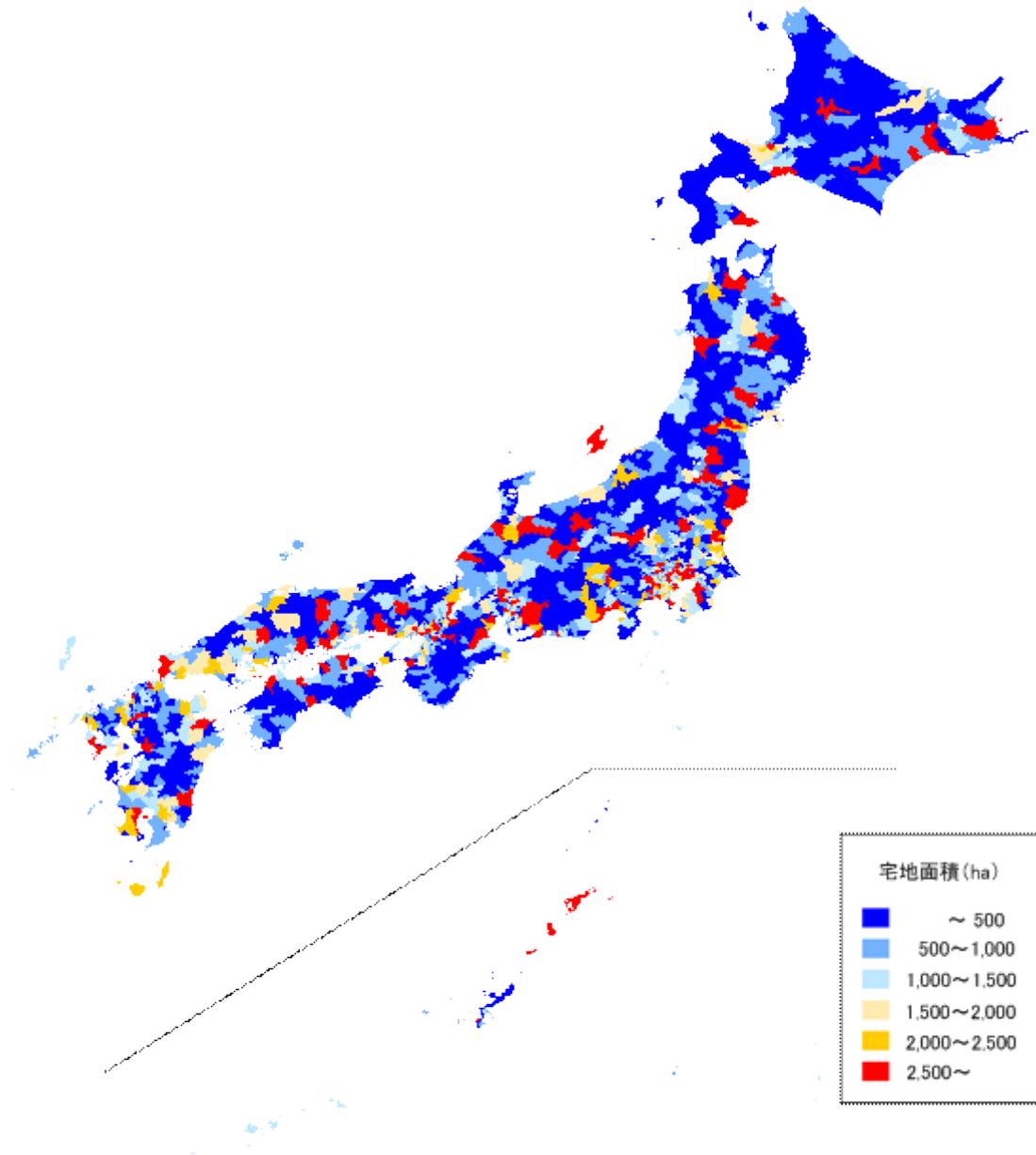


図 10-19 宅地面積

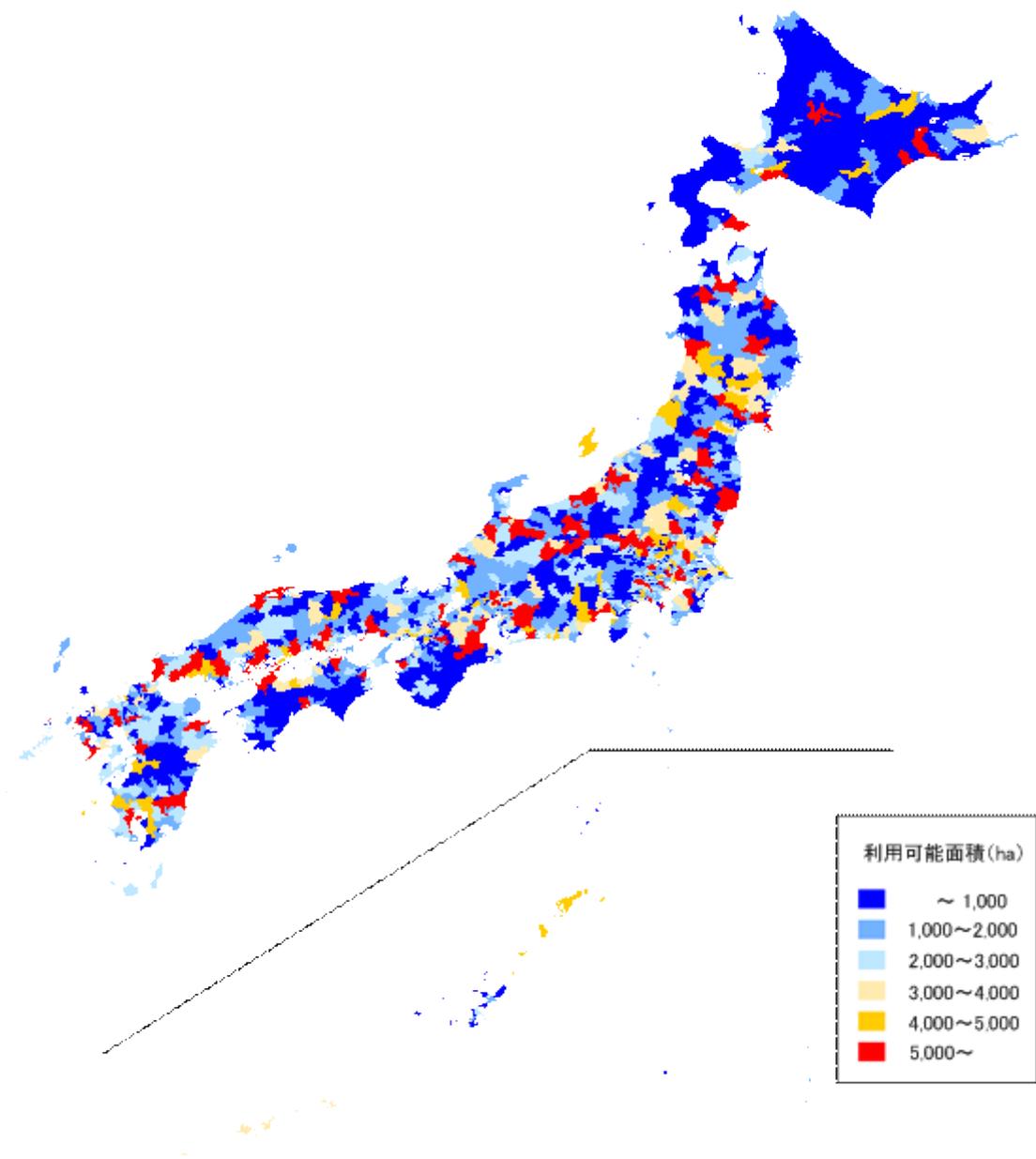


图 10-20 利用可能面積

10-5 交通データの作成

(1) 概要

交通モデルのデータとして、旅客と貨物の交通データをモデルゾーン（1,860 ゾーン）単位で作成した。道路・鉄道・航空の統一的な全国のネットワークを作成した。あわせて、交通量データを作成した。各データの出所は下表のとおりである。

表 10-7 交通データの項目と出所

	項目	出所
交通ネットワーク	旅客の手段別交通ネットワーク	デジタル道路地図、国土数値情報（鉄道データ）、JR 時刻表、駅すばあと、国土数値情報（航空データ）
	貨物の手段別交通ネットワーク	デジタル道路地図、国土数値情報（港湾間流通量・海上経路）、国土数値情報（鉄道データ）、JR 貨物時刻表、全国総合交通分析システム（NITAS）
交通量データ（OD トリップ）	旅客の手段別 OD トリップ（人/日）	旅客地域流動調査、幹線旅客純流動調査、全国都市パーソントリップ調査、国勢調査都市圏パーソントリップ調査（3 大都市圏）
	貨物の手段別 OD トリップ（トン/日）	貨物地域流動調査、全国貨物純流動調査
ゾーン間一般化費	旅客の手段別ゾーン間一般化費用	旅客の手段別交通ネットワーク
	貨物の手段別ゾーン間一般化費用	貨物の手段別交通ネットワーク

(2) データ項目の分類

貨物モデルでは、平成 25 年度までは自動車のみを扱っていたが、貨物のモーダルシフト等の施策効果の推計を可能とするため、平成 26 年度ではモデルの改良を行い、貨物モデルでも手段選択を組み入れている。そのため、交通データの旅客および貨物の交通手段は以下の通りとなる。

表 10-8 交通データの旅客と貨物の交通手段

項目	手段の内訳
旅客の交通手段	自動車、鉄道、バス、航空
貨物の交通手段	自動車、鉄道、海運 ⁴

また、旅客の目的分類は通勤・通学、私事、業務の 3 分類である。貨物の交通データの産業分類は全国貨物純流動調査のトラック分担率で素材型産業と加工組立・生活関連型産業の 2 つに区分した。素材型産業と加工組立・生活関連型産業のそれぞれに該当する経済データの産業分類は下表のとおりである。なお、全国貨物純流動調査の発産業の対象外産業（例えば、農林水産業や電気ガス水道等の 3 次産業）の貨物の交通量データは作成しない。

表 10-9 交通データの貨物の産業分類

産業	産業の内訳（本調査の経済データの産業分類）
貨物の素材型産業 （トラック分担率 80%未満）	鉱業、化学、石油・石炭製品、一次金属
貨物の加工組立・生活関連型産業 （トラック分担率 80%以上）	食料品、繊維、パルプ・紙、窯業・土石製品、金属製品、一般機械、電気機械、輸送用機械、精密機械＋その他、販売小売業

⁴ 海運は貨物船（コンテナ船）と RORO 船、バラ積み船であり、自動車にはトラックとフェリーが含まれる。

(3) 交通ネットワーク

1) 道路ネットワーク

道路ネットワークは、デジタル道路地図データ（財団法人日本デジタル道路地図協会）を用いて作成した。都道府県道以上の道路を対象として、道路区間をリンク、交差点をノードとしてネットワークを構築した。



図 1 O-21 道路ネットワーク

2) 鉄道ネットワーク

鉄道ネットワークは、国土数値情報（国土交通省）の GIS データを用いて作成した。鉄道路線をリンク、駅をノードとしてネットワークを構築した。

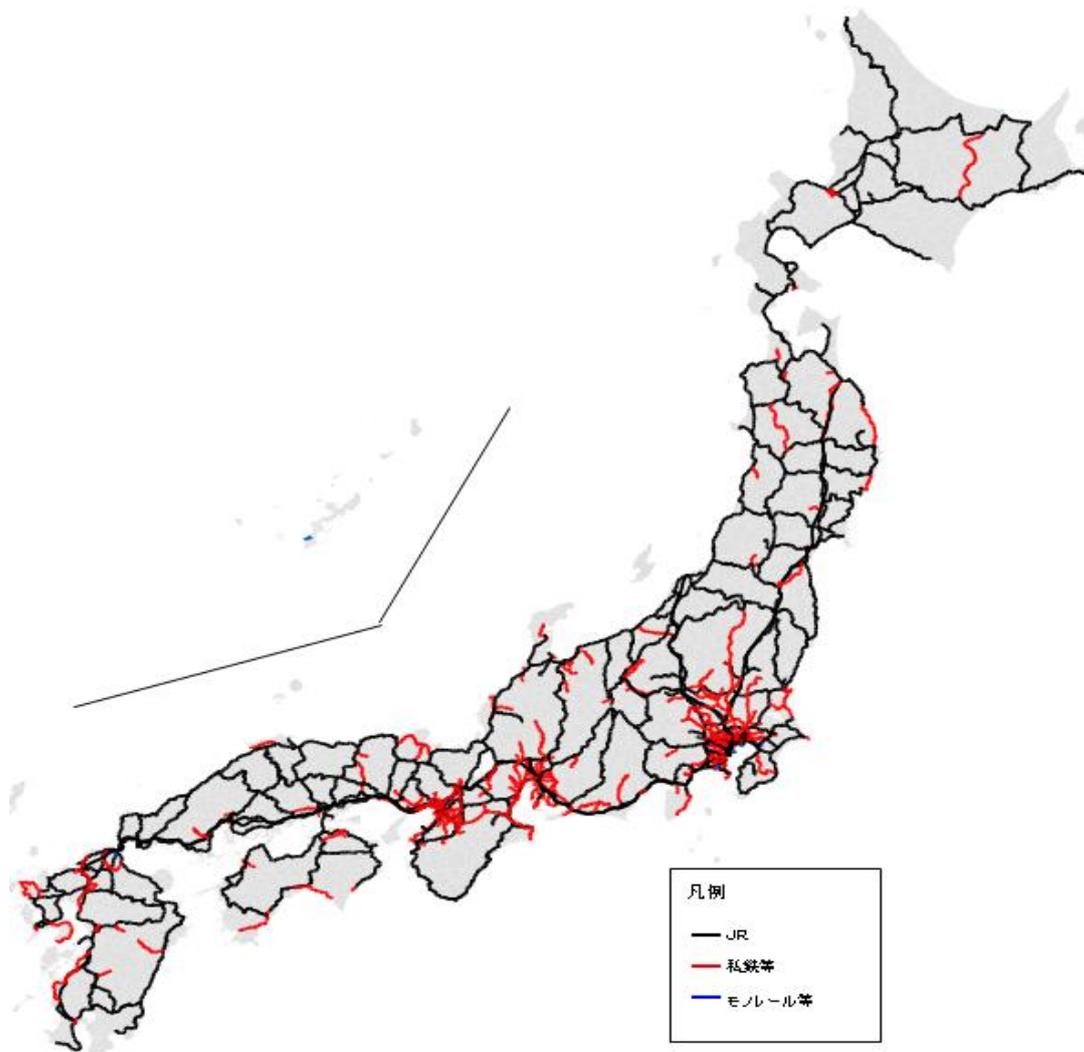


図 10-22 鉄道ネットワーク

3) 航空ネットワーク

航空ネットワークは、航空輸送統計年報（H22）に記載のある就航路線に基づき作成した。航空路線をリンク、空港をノードとしてネットワークを構築した。

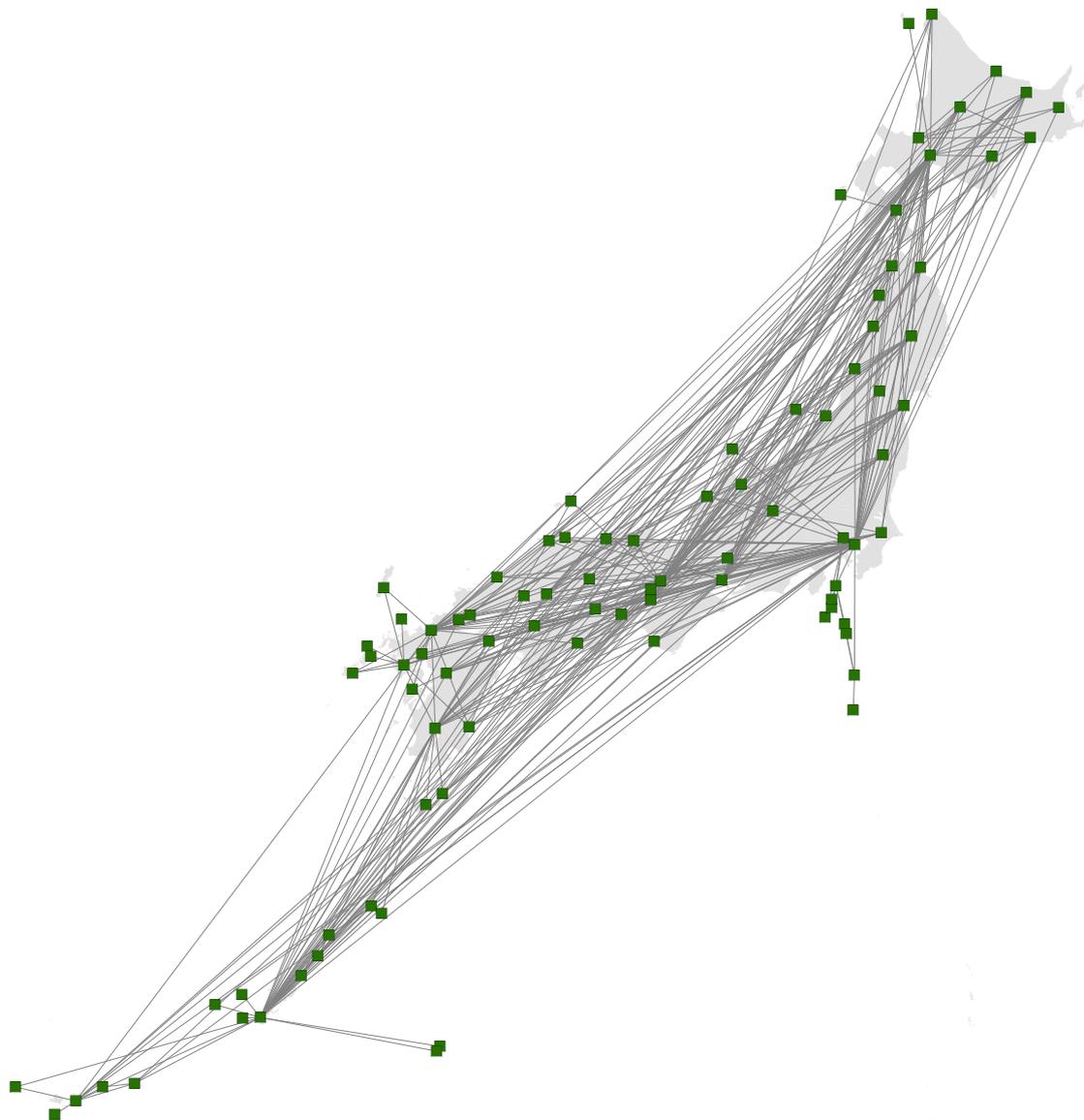


図 10-23 航空ネットワーク

(4) 交通量データ

交通量データとして、旅客および貨物のゾーン間トリップのODマトリクスを作成した。旅客は交通手段別および目的別に、貨物は交通手段別および品目別に、それぞれデータを作成した。

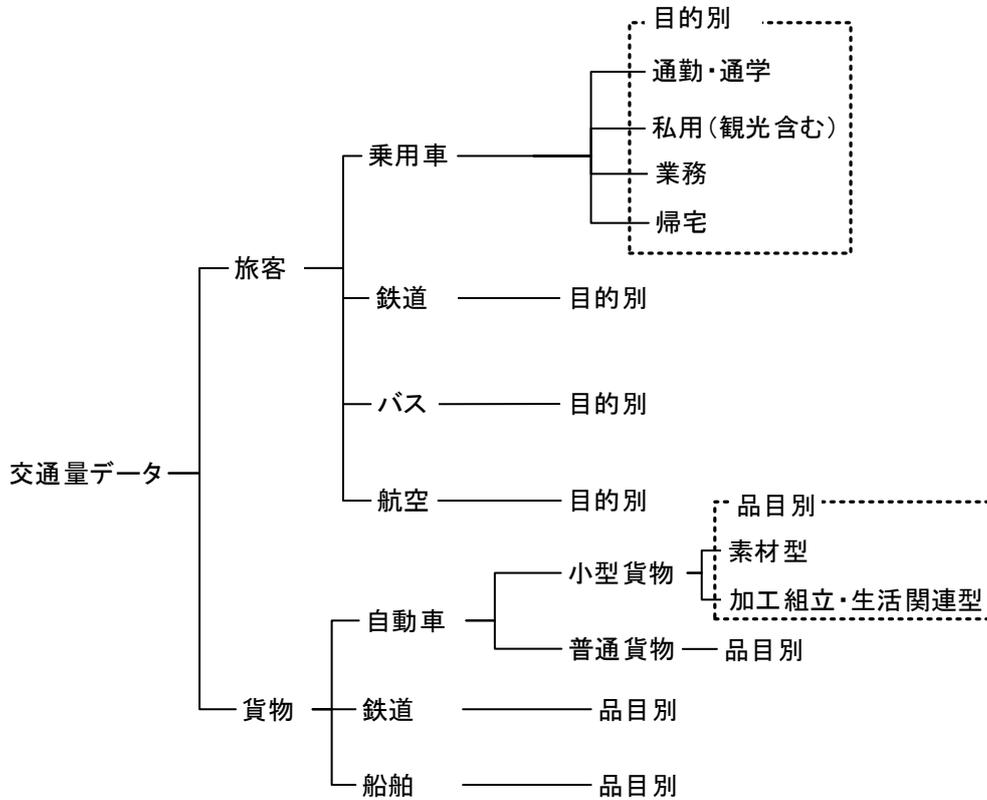


図 10-24 作成するデータの一覧

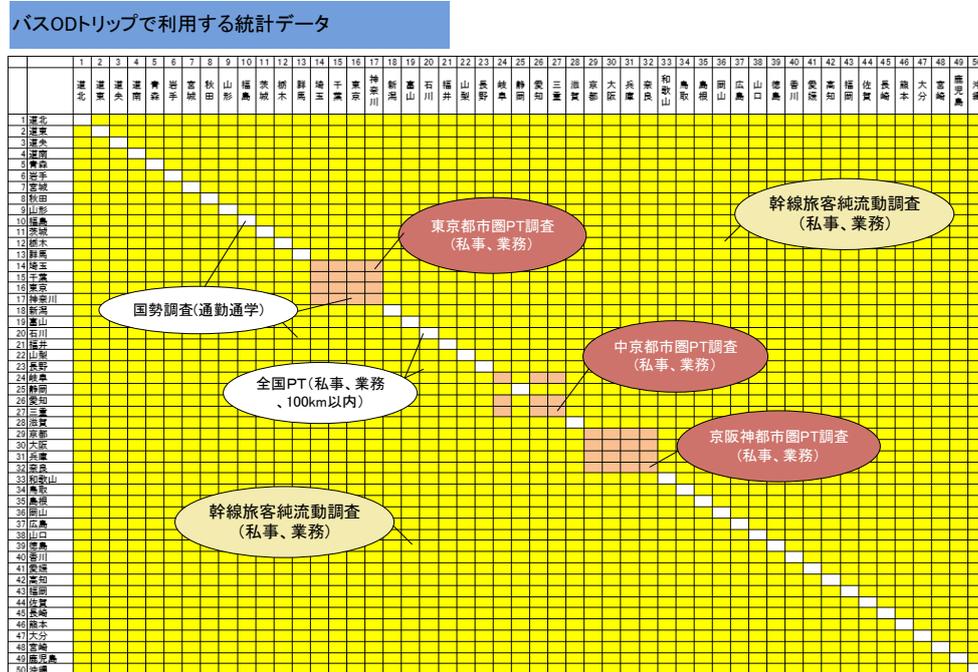
1) 旅客の交通量データ（人トリップ）作成

①自動車 OD トリップ（旅客）

乗用車 OD トリップは市区町村単位で目的別 OD トリップが網羅されている道路交通センサス起終点調査を用いている。

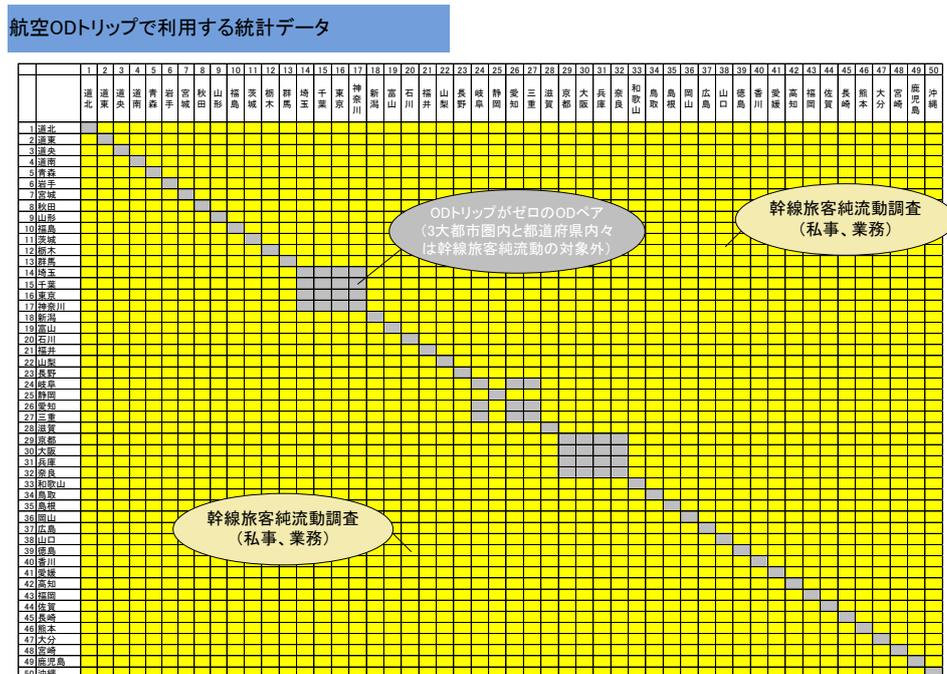
③バス OD トリップ (旅客)

鉄道と同様に、幹線旅客純流動と3大都市圏のパーソントリップ調査等を組み合わせて、人トリップベースのバスのODマトリクスを作成した。



④航空 OD トリップ (旅客)

幹線旅客純流動から、人トリップベースの航空のODマトリクスを作成した。



2) 貨物の交通量データ（トントリップ）作成

①自動車 OD トリップ

道路交通センサス起終点調査から車種別品目別台トリップと車種別積載効率を用いて車種別品目別の貨物車トントリップを作成した。

②海運・鉄道 OD トリップ

海運・鉄道の交通データには、全国貨物純流動調査の品目別 OD トントリップを用いた。自動車分担率によって、品目を素材型産業（自動車分担率 80%未満）と加工組立・生活関連型産業（自動車分担率 80%以上）に区分して、品目別トントリップを集計した。コントロールトータルとして陸運統計の統計値を用いている。

10-6 結論

(1) まとめ

本研究では、経済・土地利用・交通の各モデル構築に必要となるデータベースをそれぞれ構築した。平成 24 年度研究では H17 ベースでデータベースを構築したが、平成 25 年度研究では、各種統計が更新されたことを踏まえ、最新のデータを反映した分析を行うため、可能な限り H22 時点で統一したデータベースを作成した。作成方法は、基本的には平成 24 年度と平成 25 年度で同様だが、一部改良を行っている。

平成 26 年度には、より現実に近い人流・物流の動きを反映するため、旅客については前年度まで県内で閉じていた地方都市圏の通勤通学・私事・業務の OD トリップについて県間をまたぐトリップを追加した。さらに、貨物の鉄道と海運の品目別 OD トリップについて、前年度では物流センサスのデータを加工して用いていたが、物流センサスのオリジナルの市区町村 OD を用いるよう修正を行った。

(2) 行政ニーズとの関連及び環境政策への貢献

以上のデータベース構築により、我が国全体を網羅した、経済、土地利用、交通に関わる基礎的なデータが国と地方自治体で整合的に整備されたことになる。これらは、「都市の低炭素化の促進に関する法律案」「地球温暖化対策基本法案」や地方公共団体実行計画の策定等で重要となる定量的な「予測」及び「評価」のためのデータセットとなる。このデータベースを活用することにより、地方公共団体が環境基本計画や実行計画を策定する際にも活用可能な横断的なデータベースとなっている。

1.1. 本論2：経済・土地利用・交通の統合モデルの構築

1.1-1 概要

本研究で用いるモデルの全体構造は下図のとおりであり、ゾーンは全国を区市町村単位で分割する(1,860ゾーン)。モデルは大きく、①経済モデル、②土地利用モデル、③交通モデル、そして評価モデルから構成される。

ここでは、このうち、経済、土地利用、交通の各モデルの構築と、それらの統合について述べる。これにより、経済面、土地利用面、交通面の各種政策を一体的かつ整合的に評価可能な枠組みを構築することとなり、この点が本研究の新規性、そして最大の特徴の一つである。

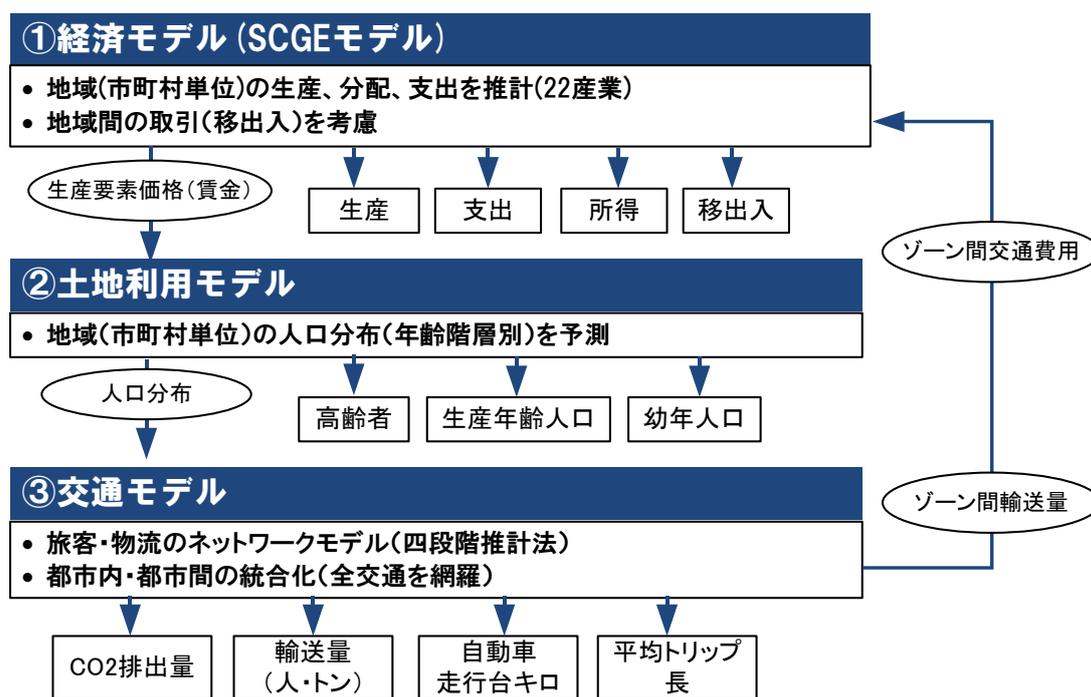


図 1.1-1 本研究で用いるモデルの全体構造 (再掲)

1 1-2 経済モデル (1) モデルの構造

本研究で扱う経済モデルは、応用一般均衡モデルを空間的に拡張した、空間的応用一般均衡 (spatial computable general equilibrium, SCGE) モデルである⁵。

市町村単位での SCGE の場合、三面等価の原則は成立せず、生産と分配は従業地ベースで支出は居住地ベースとなる。通常の SCGE では居住地と従業地が同一のゾーンになるが、本モデルでは従業地と居住地が異なると仮定することで、より実態に即したモデルとなる。

ここで、生産・分配・支出面のメカニズムのイメージは下図の通りである。まず生産面では、家計が通勤トリップ (図中①、以下同様) し、財・サービスを生産する (②)。分配面では、企業が生産して得る付加価値が賃金と資本支払 (設備投資等) に分配され、家計は労働所得 (賃金) を持ち帰る (③)。またここでは資本所得も地域間で移転する (④)。家計は各勤務地で得た所得を持ち帰り、地域間で分配された資本所得との合計が分配所得となる。この分配された所得が総支出となる (⑤)。その支出は居住する市から他市に買物に出掛け (⑥)、他市の財を購入する (⑦) 場合は移入となる。このように本モデルで利用するデータは生産・分配・支出のメカニズムが考慮されたモデルとなっている。

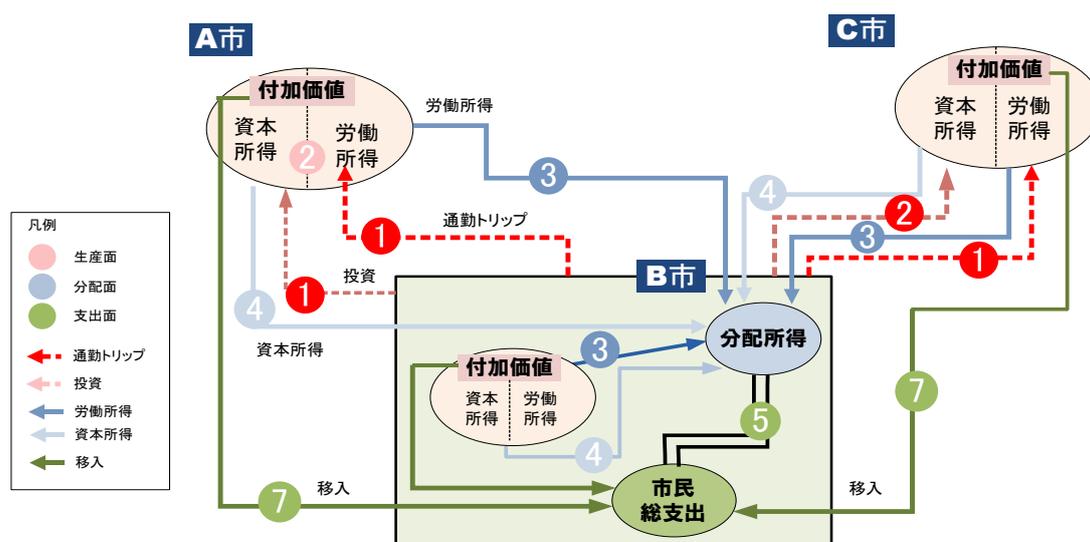


図 1 1-2 生産・分配・支出のメカニズム

GTAP モデル等々では貯蓄と投資が内生的に変化するが、本モデルではベンチマーク値で固定されている。また、代表的家計の効用は GTAP モデルでは民間消費、政府支出、投資の 3 要素に依存しているが、本モデルでは民間消費と政府支出、投資を最終需要量として扱い、厚生は最終需要量のみ依存している。

また、モデルは 1 つのゾーンの中では下図のように三面等価の原則は成立していないが、我が国

⁵ Bröcker (1998)、上田編著 (2010) 等参照。

全体では三面等価の原則が成立している。同じゾーンでは生産に係わる生産要素の投入がなされ、生産物が移出されるが、生産の際に投入された労働と資本は通勤、出資で所得を得て、最終需要などの支出の段階になる。

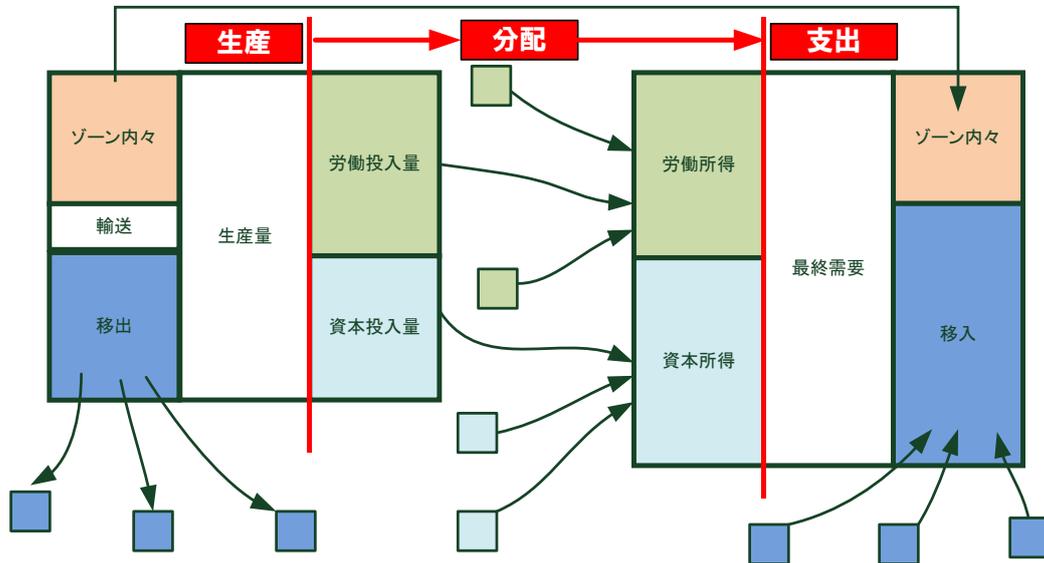


図 1 1-3 各ゾーンにおける生産、分配、支出の関係

モデルの全体構造は下図のとおりである。

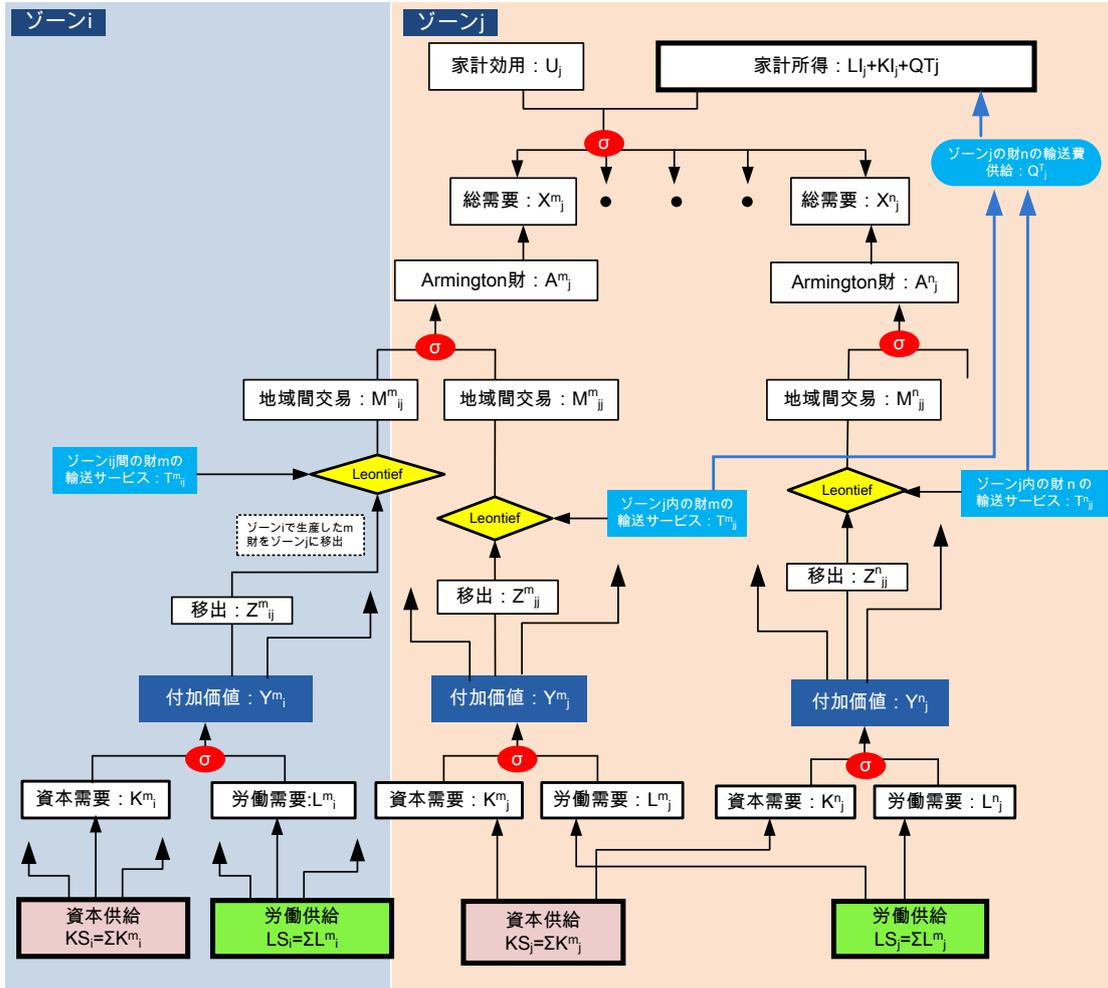


図 1 1-4 モデルの全体構造

1 1 - 3 土地利用モデル (1) モデルの構造

土地利用モデルは、土地の需要と供給が合致する土地市場の均衡モデルである。均衡への調整は価格（地代）を介して行われる。行動主体は家計、企業、地主の3主体であり、土地市場は住宅地と業務地の2市場である。

家計は代表的1人であり、予算制約下で効用最大化問題を解くことで、1人当たりの面積（敷地面積）が導出され、また、立地に関する効用最大化問題を解くことで、立地ゾーンが選択される。そして、立地ゾーンにおける人口と敷地面積を乗じることで住宅地の需要量が算出される。一方、企業も代表的1人の従業者であり、生産技術制約下で利潤最大化問題を解くことで1人当たりの面積が導出され、家計と同様に立地ゾーンが選択される。そして、立地ゾーンにおける従業者数と1人当たり面積を乗じることで業務地の需要量が算出される構造である。

地主は土地の価格に応じて住宅地と業務地の土地の供給量を定める。前述の家計と企業の土地需要量と地主からの土地供給量が合致するところが均衡状態であり、変化が生じた際には均衡状態に至るまで計算される。

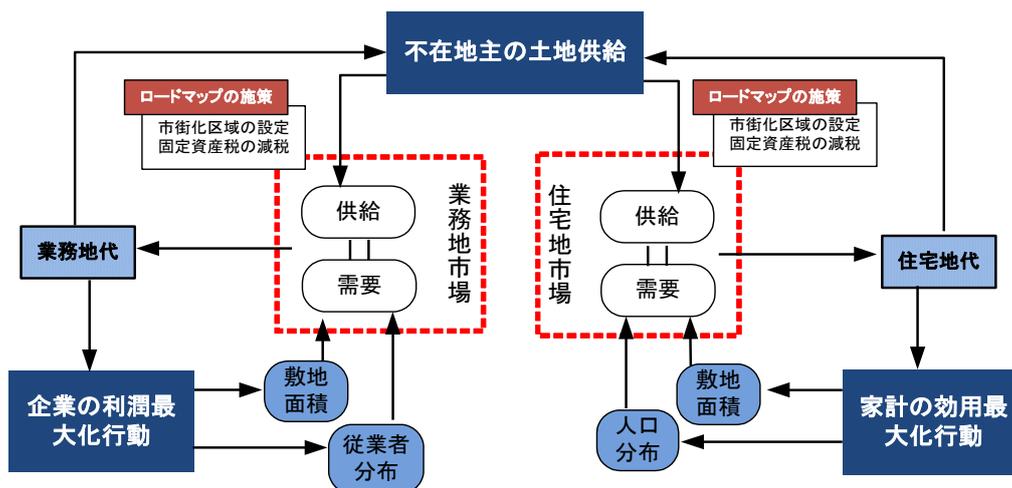


図 1 1 - 5 土地利用モデルの構造

(2) 定式化

1) 家計の行動モデル

①財消費行動

家計の効用関数を対数線形にて特定化し、時間資源を含む総所得制約下の効用最大化問題として家計の財消費行動モデルを定式化する。

$$V_i = \max \left[\alpha_{zi} \ln z_i + \alpha_{xi}^H \ln x_i^H + \alpha_{li}^H \ln l_i^H \right]$$

$$s.t. \quad Z_i^H + q_i^H x_i^H + r_i^H l_i^H = w\Omega - q_i^c = I_i$$

i : ゾーンを表す添え字

Z_i : ゾーン i の一人当たり合成財消費量

x_i^H : ゾーン i の一人当たり私事トリップ消費量 (トリップ数)

l_i^H : ゾーン i の一人当たり土地面積、 q_i^H : ゾーン i の私事トリップ費用 (円)

q_i^c : ゾーン i の通勤トリップ費用 (円)、 r_i^H : ゾーン i の住宅地地代

α_z 、 α_x^H 、 α_l^H : 支出配分パラメータ ($\alpha_z + \alpha_x^H + \alpha_l^H = 1$)

I_i : ゾーン i の一人当たり所得、 V_i : ゾーン i の (間接) 効用関数

w : 家計の賃金率 (時間価値、円/時間)、 Ω : 一人当たり総利用可能時間 (固定)

上式の効用最大化問題を解くことにより、土地消費量、間接効用関数が導出される。

$$l_i^H = \frac{\alpha_{li}^H}{r_i^H} I_i$$

$$V_i = \ln(I_i) - \alpha_{li} \ln(r_i^H) - \alpha_{xi} \ln(q_i^H) + C_i$$

$$C_i = \alpha_{zi} \ln(\alpha_{zi}) + \alpha_{xi}^H \ln(\alpha_{xi}^H) + \alpha_{li}^H \ln(\alpha_{li}^H)$$

ここで、私事トリップ費用と通勤トリップ費用は、発生ベースの費用をトリップ数で重みづけした加重平均を用いて下式の通りとする。なお、算出時には手段別 OD ごとに交通モデルで設定する距離帯別の利用可能交通手段 (下表) のみ考慮する。

$$q_i^H = \sum_j \left[\frac{Q_{ij}^H}{Q_i^H} \cdot \sum_k \left(\frac{Q_{ijk}^H}{Q_{ij}^H} \cdot w t_{ij}^k \right) \right]$$

$$q_i^c = \sum_j \left[\frac{Q_{ij}^c}{Q_i^c} \cdot \sum_k \left(\frac{Q_{ijk}^c}{Q_{ij}^c} \cdot w t_{ij}^k \right) \right]$$

i : 発ゾーンを表す添え字、 j : 着ゾーンを表す添え字、 k : 交通手段を表す添え字

q_i^H : ゾーン i の私事トリップ費用 (円)、 q_i^c : ゾーン i の通勤トリップ費用 (円)

t_{kij} : ij 間の手段 k のゾーン間一般化費用 (時間)、 w : 家計の賃金率 (時間価値、円/時間)

Q_i : i 発の全 OD、全手段のトリップ数 (H:私事 C:通勤)

Q_{ij} : ij 間の全手段のトリップ数 (H:私事 C:通勤)

Q_{ijk} : ij 間の交通手段 k のトリップ数 (H:私事 C:通勤)

表 1 1-1 距離帯別の利用可能交通手段

	鉄道	バス	乗用車	航空
100km 未満	○	○	○	
100-300km	○	○	○	
300-1,000km	○	○	○	○
1,000km 以上	○			○

②立地行動

立地選択行動は、ロジットモデルにより下記の通り定式化する。これにより求まる立地選択確率を総人口に乗じることで、ゾーン別の人口を算出する。

$$P_i^H = \frac{\exp \theta^H (V_i + \tau_i^H)}{\sum_i \exp \theta^H (V_i + \tau_i^H)}$$

$$N_i = P_i^H \cdot N_T$$

P_i^H : 立地選択確率、 N_i : 各ゾーンの人口、 N_T : 全国の総人口

θ^H : 立地選択モデルのロジットパラメータ、 V_i : 効用水準（間接効用関数）

τ_i^H : 間接効用関数に含まれていない要因

家計の土地需要量 D_i^H は、上で求めたゾーンの立地者数に 1 人当たり土地面積を乗じて以下のよう表される。

$$D_i^H = l_i^H \cdot N_i$$

2) 企業の行動モデル

①財生産行動

企業は代表的 1 人の従業者とし、土地（業務用地）、業務トリップを投入して、生産技術制約の下で利潤が最大となるように生産を行っているものとし、生産関数をコブ・ダグラス型技術により特定化した。

$$\Pi_i^B = \max_{a_i^B, x_i^B} [Z_i^B - r_i^B a_i^B - q_i^B x_i^B]$$

$$st. \quad Z_i^B = \eta_i (a_i^B)^{\beta_{ai}} (x_i^B)^{\beta_{xi}}$$

Z_i^B : ゾーン i の一人当たり合成財生産量、 a_i^B : ゾーン i の一人当たり業務用土地投入量

x_i^B : ゾーン i の一人当たり業務トリップ投入量、 r_i^B : ゾーン i の業務用地代

q_i^B : ゾーン i の旅客業務トリップ費用、 η_i : ゾーン i の生産効率パラメータ

β_a, β_b : 配分パラメータ

上式を解くことにより、企業の生産要素需要である土地投入量 (a_i^B) が以下のように求められる。

$$a_i^B = \left\{ \frac{1}{\eta_i} \left(\frac{r_i^B}{\beta_{ai}} \right)^{1-\beta_{xi}} \left(\frac{\beta_{xi}}{q_i^B} \right)^{-\beta_{ai}} \right\}^{\frac{1}{\beta_{ai}+\beta_{ai}-1}}$$

上式を生産関数に代入すると、利潤関数が下式のように導出される。

$$\Pi_i^B = (1 - \beta_{ai} - \beta_{xi}) \left\{ \frac{1}{\eta_i} \left(\frac{r_i^B}{\beta_{ai}} \right)^{\beta_{ai}} \left(\frac{q_i^B}{\beta_{xi}} \right)^{\beta_{xi}} \right\}^{\frac{1}{\beta_{ai}+\beta_{ai}-1}}$$

ここで、業務トリップ費用は、家計と同様に、家計と同様、発生ベースのそれぞれの費用をトリップ数で重みづけした加重平均を用いて、下記の通りとする。

$$q_i^B = \sum_j \left[\frac{Q_{ij}^B}{Q_i^B} \cdot \sum_k \left(\frac{Q_{ijk}^B}{Q_{ij}^B} \cdot w t_{ij}^k \right) \right]$$

i : 発ゾーンを表す添え字、j : 着ゾーンを表す添え字、k : 交通手段を表す添え字
 q_i^B : ゾーン i の業務トリップ費用 (円)、 t_{ij}^k : ij 間の手段 k のゾーン間一般化費用 (時間)
w : 家計の賃金率 (時間価値、円/時間)、 Q_i^B : i 発の全 OD、全手段の業務目的トリップ数
 Q_{ij} : ij 間の全手段の業務目的トリップ数、 Q_{ijk} : ij 間の交通手段 k の業務目的トリップ数

②立地選択

立地選択行動はロジットモデルにより下記の通り定式化する。これにより求まる立地選択確率を総従業者数に乗じることで、ゾーン別の従業者数を算出する。

$$P_i^B = \frac{\exp \theta^B \left(\prod_i + \tau_i^B \right)}{\sum_i \exp \theta^B \left(\prod_i + \tau_i^B \right)}$$

$$E_i = P_i \cdot E_T$$

P_i^B : 立地選択確率、 E_i : 各ゾーンの立地従業者数、 E_T : 総従業者数
 θ^B : 立地選択モデルのロジットパラメータ、 \prod_i : 効用水準 (利潤関数)
 τ_i^B : 利潤関数に含まれていない要因

企業の土地需要量 D_i^B は、上で求めたゾーンの立地者数に 1 人当たり土地面積を乗じて以下のよう表される。

$$D_i^B = l_i^B \cdot E_T$$

(3) 地主の行動モデル

不在地主は、家計及び企業に対して、それぞれ住宅地及び業務地を供給する。その際、地主の土地供給関数は、利潤最大化問題を解くことで下記のように導かれる。

$$y_i^H = \left(1 - \frac{\sigma_i^H}{r_i^H} \right) Y_i^{HO}$$

$$y_i^B = \left(1 - \frac{\sigma_i^B}{r_i^B} \right) Y_i^{BO}$$

y_i^H : 居住用土地供給、 y_i^B : 業務用土地供給、 y_i^{HO}, y_i^{BO} : 土地供給可能面積
 σ_i^H, σ_i^B : パラメータ、 r_i^H : 住宅地代、 r_i^B : 業務地代

1) 均衡条件

土地市場均衡条件は以下のとおりである。

①住宅地市場

$$y_i^H = \sum_n D_i^H \quad \text{【住宅地市場での需給一致】}$$

②人口

$$\sum_i N_i = N_T \quad \text{【総家計数制約】}$$

③業務地市場

$$y_i^B = \sum_i D_i^B \quad \text{【業務地市場での需給一致】}$$

④従業者

$$\sum_i E_i = E_T \quad \text{【総従業者数制約】}$$

(4) データセット

1) 立地主体のパラメータの設定

①企業の行動モデル

企業の利潤最大化問題を解くことで、1人当たりの土地及び業務トリップの需要関数が導出される。生産関数は $\Sigma \beta < 1$ であり規模に関して収穫逓減の関数である。

ここでは観測されたゾーン内生産 ($Z_i = \text{GRP}$) は利潤最大化をもたらす Z_i が生産されて購入されたと仮定し、キャリブレーションによってパラメータを設定する。キャリブレーションで設定することでゾーン特有のパラメータがセットされることになる。

$$\begin{aligned} a_i^B &= \frac{\beta_a}{r_i^B} Z_i \Rightarrow \beta_a = \frac{a_i^B r_i^B}{Z_i} \\ x_i^B &= \frac{\beta_x}{q_i^B} Z_i \Rightarrow \beta_x = \frac{x_i^B q_i^B}{Z_i} \end{aligned}$$

推定された生産関数のパラメータ (β) を用いて、ゾーン毎の生産関数の生産効率パラメータ (η_i) を以下の式でキャリブレーションにより計測する。

$$\eta_i = \left(\frac{1}{Z_i^B} \right)^{\beta_a + \beta_x - 1} \left[\left(\frac{r_i^B}{\beta_a} \right)^{\beta_a} \left(\frac{q_i^B}{\beta_x} \right)^{\beta_x} \right]$$

②家計の行動モデル

家計の効用最大化問題を解くことで、1人当たりの合成財、土地及び交通トリップの需要関数が導出される。推定するパラメータは α であり、 α_a^H 、 α_x^H はキャリブレーションで設定され、1

次同次の仮定より α_z^H が推定される。

$$\begin{aligned} a_i^H &= \frac{\alpha_{ai}^H}{r_i^H} I_i & \Rightarrow \alpha_{ai}^H &= \frac{a_i^H r_i^H}{I_i} \\ x_i^H &= \frac{\alpha_{xi}^H}{q_i^H} I_i & \Rightarrow \alpha_{xi}^H &= \frac{x_i^H q_i^H}{I_i} \\ \alpha_{zi}^H &= 1 - \alpha_{ai}^H - \alpha_{xi}^H \end{aligned}$$

2) 立地選択モデルの推定 (立地余剰の推定)

① 家計の立地余剰の推定

推定したパラメータを用いることで家計の間接効用関数を特定し、効用値が計測される。CUEモデルでは家計の間接効用関数 (v_i^H) と住環境や地形的要因等のゾーン固有指標 (e_i^H) から構成される「立地余剰 (v_i^H)」に基づき立地選択確率が導出される。

本モデルでは以下の式を用いて、ゾーン固有指標 (e_i^H) はキャリブレーションにより計測する。

$$\bar{P}_i^H = \frac{\exp(\theta^H v_i^H)}{\sum_i \exp(\theta^H v_i^H)} \quad v_i^H = V_i^H + e_i^H$$

② 企業の立地余剰の推定

家計の立地選択と同様に、企業の利潤関数 (Π_i^B) と業務環境や地形的要因等のゾーン固有の指標から構成される「立地余剰」に基づき立地選択確率が導出される。

本モデルでは家計と同様に、以下の式を用いて、ゾーン固有指標 (e_i^B) はキャリブレーションにより計測する。

$$\bar{P}_i^B = \frac{\exp(\theta^B \pi_i^B)}{\sum_i \exp(\theta^B \pi_i^B)} \quad \pi_i^B = \Pi_i^B + e_i^B$$

3) 地主の行動モデル

① 住宅地

住宅地のパラメータ σ_i^H は、下式よりもとめる。説明変数の宅地供給面積 $\overline{y_i^H}$ 、宅地供給可能面積 $\overline{Y_i^{HO}}$ 、住宅地の地代 (初期値) $\overline{r_i^H}$ は実測値を用いる。

$$\sigma_i^H = \left(1 - \frac{\overline{y_i^H}}{\overline{Y_i^{HO}}} \right) \overline{r_i^H}$$

②業務地

業務地のパラメータ σ_i^B は、下式よりもとめる。説明変数の宅地供給面積 $\overline{y_i^B}$ 、宅地供給可能面積 $\overline{Y_i^{BO}}$ 、地代（初期値） $\overline{r_i^B}$ は実測値を用いる。

$$\sigma_i^B = \left(1 - \frac{\overline{y_i^B}}{\overline{Y_i^{BO}}} \right) \overline{r_i^B}$$

1 1-4 交通モデル

(1) モデルの構造

交通モデルは、交通量発生モデル、目的地選択モデル、交通手段選択モデル、経路選択モデルの4段階からなる。各段階のモデルは、旅客・貨物別、さらに旅客については距離帯別に構築する。

旅客についてはさらに目的別（通勤・通学、私事、業務）にモデルを構築する。また、貨物については車種別（小型、普通）にモデルを構築する。

表 1 1-2 旅行目的・貨物車種の分類

本業務での分類	
旅客	目的別（通勤・通学、私事、業務）
貨物	車種別（小型、普通）

1) 旅客

旅客については、距離帯を4区分し（「100km未満」「100km～300km」「300km～1,000km」「1,000km以上」）、それらの区分ごとに交通手段選択において考慮される交通手段が異なる。

交通量発生モデルでは、目的地選択モデルで算出される各ゾーン（目的地）のアクセシビリティ指標が反映される。また、目的地選択モデルでは、交通手段選択モデルで算出される各ODのアクセシビリティ指標が反映される。なお、ここでのアクセシビリティ指標とは、ログサム変数を意味する。

目的選択モデルと交通手段選択モデルに関しては、2段階ネステッドロジットモデルとなっている。なお、交通手段選択では、距離帯別に下記の選択肢を扱う。

表 1 1-3 距離帯別の交通手段（各区分で○の交通手段を扱う）

	鉄道	バス	乗用車	航空
100km未満	○	○	○	
100-300km	○	○	○	
300-1,000km	○	○	○	○
1,000km以上	○			○

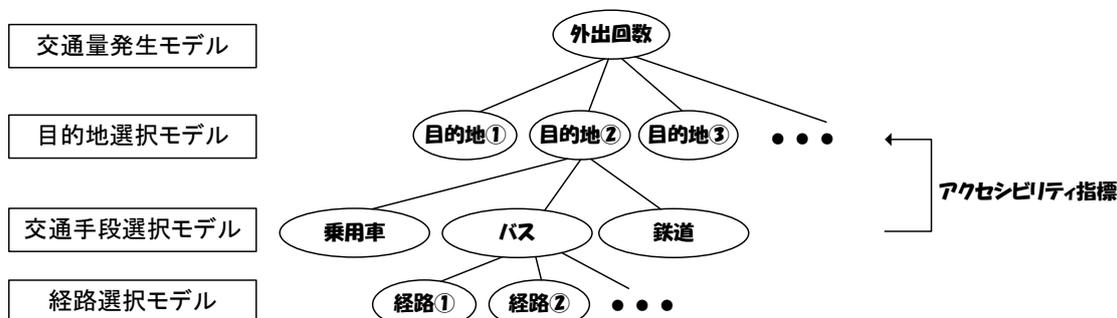


図 1 1-6 交通モデル（旅客 100km未満、100km～300km）

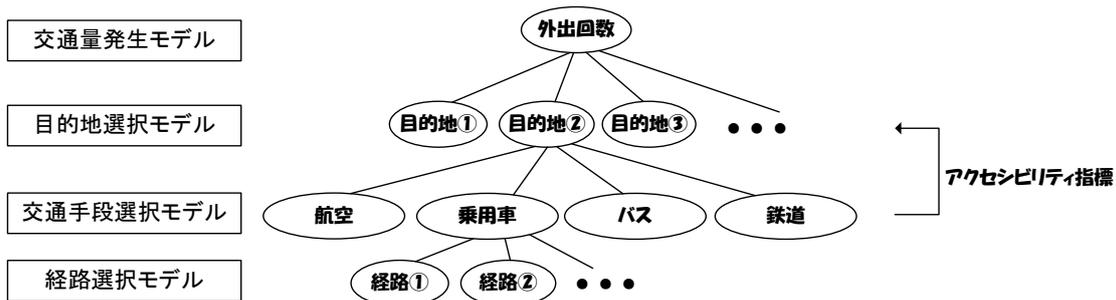


図 1 1-7 交通モデル (旅客 300km~1,000km)

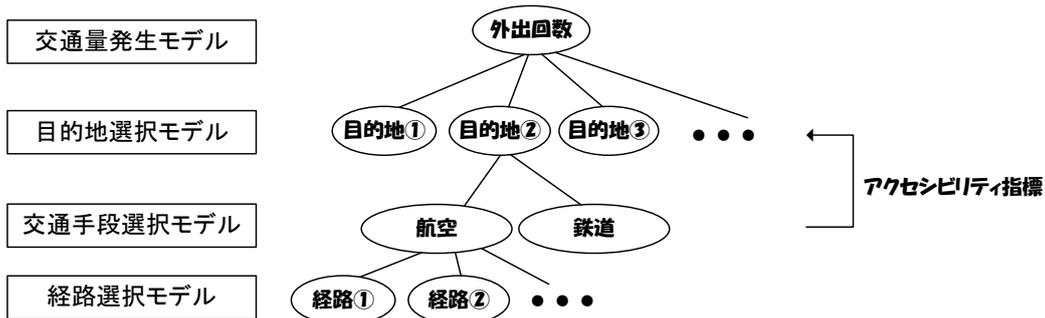


図 1 1-8 交通モデル (旅客 1,000km 以上)

2) 貨物

貨物モデルは、貨物発生モデル、貨物目的地選択モデル、貨物輸送手段選択モデル、貨物自動車経路選択モデルの4段階からなる。目的地選択モデルと交通手段選択モデルは、2段階ネステッドロジットモデルを構成する。目的地選択では、交通手段選択モデルにおいて算出される OD 毎のアクセシビリティ指標 (ログサム変数) が反映される。

交通手段選択モデルは、選択肢を同列に扱う多項ロジットモデルとする。

なお、品目別 (素材型、加工組立・生活関連型) にモデルを構築する。

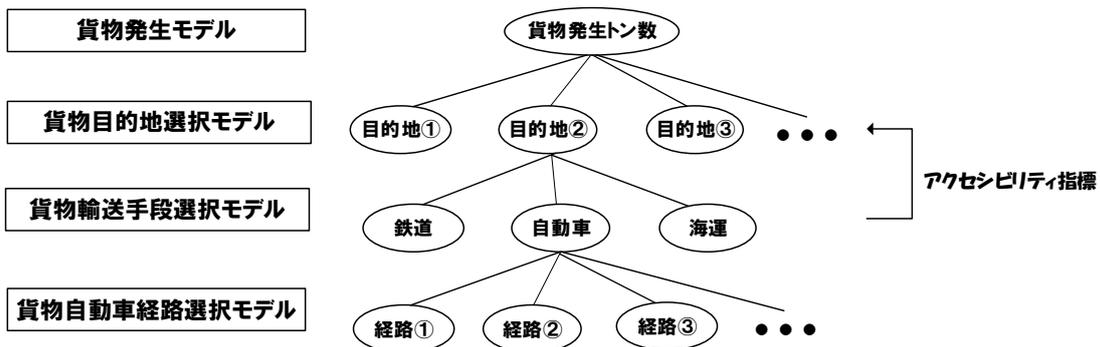


図 1 1-9 交通モデル (貨物)

(2) 定式化

1) 旅客

①交通量発生モデル

目的別のゾーン毎の発生交通量（トリップ数）は、1人（通勤・通学、私事では人口、業務では従業者数）当たり発生交通量を現況で固定とし、下式により求める。なお、式中のゾーン人口またはゾーン従業者数は、土地利用モデルから出力される値を用いる。

$$Q_i^m = POP_i \cdot Q_{i_out}^m \quad (\text{通勤・通学、私事})$$

$$Q_i^m = EMP_i \cdot Q_{i_out}^m \quad (\text{業務})$$

Q_i^m : 目的 m 別のゾーン i の発生交通量（トリップ数）

$Q_{i_out}^m$: 目的 m 別のゾーン i の現況の人口または従業者 1 人当たり発生交通量（トリップ数）

POP_i : ゾーン i の人口、 EMP_i : ゾーン i の従業者数

②目的地選択モデル

目的地選択の確率選択式（目的別）を下式の通りとする。式中のアクセシビリティ指標は、交通手段選択モデルにおいて算出されるログサム変数である。

$$P_{ij}^m = \frac{\exp(V_{ij}^m)}{\sum_{j'} \exp(V_{ij'}^m)}$$

$$V_{ij}^m = \theta_1^m \ln S_j^m + \lambda^m ACC_{ij}^m$$

$$ACC_{ij}^m = \ln \sum_k \exp(V_{ijk}^m)$$

P_{ij}^m : i 発の目的 m 別の目的地 j の選択確率、 V_{ij}^m : 目的 m 別の ij 間の効用

S_j^m : 目的 m 別の目的地 j の集客力指標（目的地 j の従業者数）

ACC_{ij}^m : 目的 m 別の ij 間のアクセシビリティ指標、 V_{ijk}^m : 目的 m 別の ij 間の交通手段 k の効用

θ_1^m : 目的 m 別の集客力指標のパラメータ

λ^m : 目的 m 別のアクセシビリティ指標のパラメータ

③交通手段選択モデル

距離帯別に交通手段選択の確率選択式を下式の通りとする。自動車を交通手段として考慮する 1,000km 以下では、自動車の効用関数に 1 人当たり乗用車保有台数を変数として明示的に組み込む。

i) 100km 未満

$$P_{ijk}^m = \frac{\exp(V_{ijk}^m)}{\sum_{k'} \exp(V_{ijk'}^m)}$$

$$V_{ijc}^m = \theta_2^m t_{ij}^c + \theta_3^m C_i + \theta_{4c}^m$$

$$V_{ijb}^m = \theta_2^m t_{ij}^b + \theta_{4b}^m$$

$$V_{ijr}^m = \theta_2^m t_{ij}^r$$

P_{ijk}^m : 目的 m 別の ij 間の交通手段 k の分担率、ただし $k \in \{c \text{ (乗用車)}, b \text{ (バス)}, r \text{ (鉄道)}\}$

V_{ijk}^m : 目的 m 別の ij 間の交通手段 k の効用

θ_2^m : 目的 m 別の一般化費用のパラメータ

θ_3^m : 目的 m 別の 1 人当たり自動車保有台数のパラメータ

θ_{4c}^m : 目的 m 別の乗用車の定数項、 θ_{4b}^m : 目的 m 別のバスの定数項

C_i : ゾーン i の 1 人当たり乗用車保有台数 (台/人)

t_{ij}^c : ij 間の乗用車の一般化費用 (時間)、 t_{ij}^b : ij 間のバスの一般化費用 (時間)

t_{ij}^r : ij 間の鉄道の一般化費用 (時間)

ii) 100km~300km

100km 未満の場合と同じ。

iii) 300km~1,000km

$$P_{ijk}^m = \frac{\exp(V_{ijk}^m)}{\sum_{k'} \exp(V_{ijk'}^m)}$$

$$V_{ija}^m = \theta_2^m t_{ij}^a + \theta_{4a}^m$$

$$V_{ijc}^m = \theta_2^m t_{ij}^c + \theta_3^m C_i + \theta_{4c}^m$$

$$V_{ijb}^m = \theta_2^m t_{ij}^b + \theta_{4b}^m$$

$$V_{ijr}^m = \theta_2^m t_{ij}^r$$

P_{ijk}^m : 目的 m 別の ij 間の交通手段 k の分担率

ただし $k \in \{a \text{ (航空)}, c \text{ (乗用車)}, b \text{ (バス)}, r \text{ (鉄道)}\}$

V_{ijk}^m : 目的 m 別の ij 間の交通手段 k の効用

θ_2^m : 目的 m 別の一般化費用のパラメータ

θ_3^m : 目的 m 別の 1 人当たり乗用車保有台数のパラメータ

θ_{4a}^m : 目的 m 別の航空の定数項、 θ_{4c}^m : 目的 m 別の乗用車の定数項

θ_{4b}^m : 目的 m 別のバスの定数項

C_i : ゾーン i の 1 人当たり乗用車保有台数 (台/人)

t_{ij}^a : ij 間の航空の一般化費用 (時間)、 t_{ij}^c : ij 間の乗用車の一般化費用 (時間)

t_{ij}^b : ij 間のバスの一般化費用 (時間)、 t_{ij}^r : ij 間の鉄道の一般化費用 (時間)

iv) 1,000km 以上

$$P_{ijk}^m = \frac{\exp(V_{ijk}^m)}{\sum_{k'} \exp(V_{ijk'}^m)}$$

$$V_{ija}^m = \theta_2^m t_{ij}^a + \theta_{4a}^m$$

$$V_{ijr}^m = \theta_2^m t_{ij}^r$$

P_{ijk}^m : 目的 m 別の ij 間の交通手段 k の分担率、ただし $k \in \{a \text{ (航空)}, r \text{ (鉄道)}\}$
 V_{ijk}^m : 目的 m 別の ij 間の交通手段 k の効用、 θ_2^m : 目的 m 別の一般化費用のパラメータ
 θ_{4a}^m : 目的 m 別の航空の定数項、 t_{ij}^a : ij 間の航空の一般化費用 (時間)
 t_{ij}^r : ij 間の鉄道の一般化費用 (時間)

④経路選択モデル

確率的利用者均衡配分を用いる。

なお、発生・分布・分担の際に扱うモデルゾーンと配分の際のゾーン分割は異なり、後者の方がより細かい分割であるため、交通手段選択モデルで出力される自動車の OD 表を、配分用のゾーン単位に細分化して行う。(貨物も同様)

2) 貨物

①交通量発生モデル

貨物の産業別のゾーン毎の発生交通量 (トントリップ数) は、GRP 当たり発生交通量 (トン/億円) を現況で固定とし、下式により求める。GRP 当たり発生交通量はゾーン別に異なるものとし、シナリオで Without と With で全国の GDP 当たりトントリップの原単位が変化する場合には、Without からの変化率を各ゾーンの GRP 当たり発生交通量に乗じる。GRP は全産業の GRP を用いる。全産業の GRP 当たりの素材型産業のトン数が多ければ重厚長大の産業の盛んなゾーンであり、素材以外の産業のトン数が多ければ加工組立・生活関連型産業の盛んなゾーンである。

$$Q_i^f = GRP_i \cdot Q_{i_out}^f$$

Q_i^f : 産業 f のゾーン i の発生交通量 (トントリップ数)
 $Q_{i_out}^f$: 産業 f のゾーン i の GRP 当たり発生交通量 (トントリップ数)
 GRP_i : ゾーン i の GRP (100 万円、全産業)

②目的地選択モデル

貨物目的地選択の確率選択式 (産業別) を下式の通りとする。式中のアクセシビリティ指標は貨物輸送手段選択モデルにおいて算出されるログサム変数である。

$$P_{ij}^f = \frac{\exp(V_{ij}^f)}{\sum_{j'} \exp(V_{ij'}^f)}$$

$$V_{ij}^m = \theta_1^f \ln GRP_j + \lambda^f ACC_{ij}^f \quad ACC_{ij}^f = \ln \sum_k \exp(V_{ijk}^f)$$

P_{ijk}^f : 産業 f の ij 間の交通手段 k の分担率ただし $k \in \{c \text{ (トラック)}, s \text{ (海運)}, r \text{ (鉄道)}\}$
 V_{ijk}^f : 産業 f の ij 間の交通手段 k の効用、 Θ_{f1} : 産業 f の一般化費用のパラメータ
 θ_{2c}^f : 産業 f の乗用車の定数項、 θ_{2s}^f : 産業 f の海運の定数項
 t_{ij}^c : ij 間の自動車の一般化費用 (時間)、 t_{ij}^s : ij 間の海運の一般化費用 (時間)、 t_{ij}^r : ij 間の鉄道の一般化費用 (時間)

i) 経路選択モデル

貨物自動車の利用者均衡配分を用いる

(3) パラメータ推定

パラメータ推定は、いずれも最尤推定法を用いた。

1) 旅客

① 目的地選択モデル

目的別のパラメータ推定結果は下表の通りである。いずれの目的でも、ログサムパラメータは [0, 1] の範囲であり、私事 > 通勤・通学 > 業務の順に大きくなった。

表 1 1-4 旅客の目的地選択モデルのパラメータ推定結果

	通勤通学		私事		業務	
	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
集客力指標 $\theta 1$	0.942	14.533	0.464	21.405	0.578	25.547
ログサムパラメータ λ	0.625	37.715	0.682	38.813	0.352	28.994
尤度比	0.429		0.360		0.270	
サンプル数	1851		1860		1859	

② 交通手段選択モデル

距離帯・目的別のパラメータ推定結果は下表のとおりである。なお、ここでのサンプル数は、トリップの存在する OD の数である。

乗用車が交通手段に含まれる 1,000km 以下では、長距離帯の通勤・通学を除くケースで保有台数パラメータが正の値となり、自動車保有の進展が自動車利用の増加に寄与することが確認された。特に 100km 未満ではパラメータの値が大きく、近距離の移動の際には自動車保有状況が自動車利用のあり方に大きく影響を与えていることが示唆された。目的別では通勤・通学が最も値が大きい。

300~1,000km の通勤・通学では、一般化費用のパラメータが正の値となった。このような長距離の通勤・通学は特殊な交通行動であるため（サンプル数も少ない）、今回のモデルでは一般化費用の行動への反映が特殊なものとなった可能性がある。このため、本モデルでは、300~1,000km の通勤・通学は固定として扱うものとした。

表 1 1-5 旅客の 100km 未満の交通手段選択モデルのパラメータ推定結果

	通勤通学		私事		業務	
	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
一般化費用 $\theta 2$	-1.084	-43.863	-0.716	-33.645	-0.713	-30.828
保有台数 $\theta 3$	9.167	114.277	8.752	134.297	6.943	108.648
乗用車の定数項 $\theta 4c$	-4.829	-130.945	-2.963	-112.615	-2.150	-85.756
バスの定数項 $\theta 4b$	-2.965	-143.677	-1.702	-111.428	-2.234	-111.649
サンプル数	70,389		93,788		80,358	
尤度比	0.441		0.414		0.418	

表 1 1-6 旅客の 100~300km の交通手段選択モデルのパラメータ推定結果

	通勤通学		私事		業務	
	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
一般化費用 $\theta 2$	-0.209	-8.731	-0.490	-95.999	-0.622	-98.425
保有台数 $\theta 3$	-2.226	-1.740	0.934	18.029	1.957	28.055
乗用車の定数項 $\theta 4c$	-1.059	-1.521	-1.149	-45.162	-2.390	-68.333
バスの定数項 $\theta 4b$	-1.307	-22.624	-0.866	-83.323	-1.690	-120.568
サンプル数	2,028		97,450		84,879	
尤度比	0.300		0.163		0.387	

表 1 1-7 旅客の 300~1,000km の交通手段選択モデルのパラメータ推定結果

	通勤通学		私事		業務	
	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
一般化費用 $\theta 2$	0.040	1.391	-0.446	-140.633	-0.349	-61.878
保有台数 $\theta 3$	-3.270	-0.004	1.475	14.181	2.417	17.716
航空の定数項 $\theta 4a$	- ⁶	-	-3.045	-107.760	-34.419	NaN
乗用車の定数項 $\theta 4c$	-5.750	-0.012	-2.294	-47.377	-3.306	-50.386
バスの定数項 $\theta 4b$	3.283	1.547	-0.762	-44.792	-1.820	-68.825
サンプル数	25		106,188		90,753	
尤度比	0.309		0.664		0.707	

表 1 1-8 旅客の 1,000km 以上の交通手段選択モデルのパラメータ推定結果

	通勤通学		私事		業務	
	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
一般化費用 $\theta 2$	- ⁷	-	-0.117	-19.195	-0.088	-16.677
航空の定数項 $\theta 4a$	-	-	0.994	11.503	1.044	12.984
サンプル数	-		15,851		7,629	
尤度比	-		0.290		0.209	

⁶ 300-1,000km では、通勤通学は航空のトリップがないため、交通手段選択で航空を扱わない。

⁷ 1,000km 以上では、通勤通学のトリップが存在しないため、通勤通学についてはモデル構築を行わない。

2) 貨物

①交通量発生モデル

貨物の交通量発生モデルは1人当たり発生交通量を現況で固定しているため、パラメータ推定を行っていない。

②目的地選択モデル

貨物の目的地選択モデルのパラメータ推定結果は、素材型産業と加工組立・生活関連型産業共に有意な結果であり、尤度比も0.2以上となっている。また、ログサムパラメータも[0, 1]の範囲内となっている。

今回の目的地選択モデルの選択肢数は、理論的にはモデルゾーンの数である1,860となるが、1,860ゾーンでは選択肢数が多く、推定に時間を要する等、パラメータ推定作業が困難なものとなる。しかし、ロジットモデルの場合、選択肢の全体集合の中から無作為に少量の選択肢集合の部分集合を選択してパラメータの推定を行っても、サンプル数が十分に大きければ同一のパラメータに収束することが知られている^{8,9}。そこで、本モデルにおいても、選択肢の全体集合(1,860ゾーン)の中から無作為に少量の選択肢集合(200ゾーン)を抽出(自地域を除く)することでパラメータ推定を行った。

表 11-9 貨物の目的地選択モデルのパラメータ推定結果
(素材型産業のみλに上限値設定有り)

	素材型産業		加工組立・生活関連型産業	
	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
集客力指標 $\theta 1$	0.620	35.192	0.755	39.776
ログサムパラメータ λ	0.266	24.781	0.443	38.268
サンプル	1,813		1,852	
尤度比	0.223		0.268	

注) サンプルサイズは標本の大きさ(データの個数)のことであり、n等の記号であらわされる。標本とはもともとの関心の対象であったデータ全体(母集団)からその一部を抽出¹⁰したものである。これまでは発地iからの選択肢集合j(目的地)を1標本と考えて発生量のあるZONE=サンプル数としている。

③交通手段選択モデル

貨物の交通手段選択モデルのパラメータ推定結果は素材型産業と加工組立・生活関連型産業共に有意な結果(t値が1.96以上)であり、尤度比も0.2以上で有意な結果である。一般化費用のパラメータ $\theta 2$ の符号条件もマイナスで現実に整合している。

⁸ Mosh Ben-Akiva et al : Disaggregate Trip Distribution Models, 土木学会論文集, No. 347, 1984.

⁹ 萩野保克・柴谷大輔・遠藤弘太郎: 立地選択モデルを用いた東京都市圏における物流施設の立地ポテンシャル分析〜第4回東京都市圏物資流動調査から〜, 土木計画学研究・論文集, Vol. 24, No. 1, 2007.

¹⁰ Rによるやさしい統計学、山田・杉澤・村井、オーム社、2008

表 1 1-10 貨物の交通手段選択モデルのパラメータ推定結果

	素材型		加工組立生活関連型	
	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
一般化費用 $\theta 2$	-0.277	-206.377	-0.492	-171.867
自動車の定数項 $\theta 3c$	4.671	218.036	6.726	322.857
海運の定数項 $\theta 3s$	4.215	189.720	3.382	128.794
サンプル	212,558		1,435,607	
尤度比	0.307		0.284	

1 1 - 5 評価モデル—多様な指標の計測

(1) モデルの概要

評価モデルでは、経済・土地利用・交通モデルのアウトプットをもとに環境面、社会面、経済面等の様々な指標を算出する。評価指標の一覧は下表の通りである。これは、欧州の統合型モデル分析による環境政策評価の先行事例である PROPOLIS¹¹の評価指標のうち、本モデルでも評価可能なものとして選定した。

計測方法の詳細は次ページ以降で述べるが、基本的には PROPOLIS における計測方法を参考として、適宜修正・改良して本モデルで利用可能な方法を考案した。

表 1 1-11 評価モデルにおける評価指標一覧

項目		指標
環境	地球温暖化	CO2 排出量（自動車）
	大気汚染	NOx 排出量（自動車）
	騒音	騒音レベル（自動車）
	資源消費	土地の舗装 新規建設需要
社会	健康	大気汚染による健康被害 騒音被害 交通事故（死傷者数）
	公正（地域間格差）	大気汚染による健康被害の公正さ 騒音被害の公正さ 経済的便益の公正さ
	機会	居住水準 都市の活力 集積による生産性の向上
	交通便利性	1人当たり移動所要時間 公共交通機関のサービスレベル 通勤アクセス
経済	交通の便益／費用	投資費用 利用者の便益 交通機関運営者の便益 政府の便益 外部費用（交通事故、大気汚染、温室効果ガス排出、騒音発生）

¹¹ Planning and Research of Policies for Land Use and Transportation for Increasing Urban Sustainability
(<http://www.ltcon.fi/propolis/>)

(2) 環境面の指標

1) 地球温暖化

①CO₂ 排出量 (自動車)

i) 定義

自動車から排出される CO₂ の量。地方自治体の温暖化対策（地方公共団体実行計画等）を想定し、ゾーン別に発トリップベースで集計する（すなわち、トリップの CO₂ 排出は全て出発地のゾーンに帰着するものとする）。

ii) 計測方法

ある OD の CO₂ 排出量は、交通モデルで出力される交通量をもとに、下式により車種別（乗用車、小型貨物、普通貨物）に推計する。これを出発地毎に集計して、当該ゾーンの CO₂ 排出量とする。

$$CO2_{ij} = q_{ij} \cdot d_{ij} \cdot f_{CO2}(v_{ij})$$

i, j : 出発地および目的地（ゾーン）を表すラベル

$CO2_{ij}$: ij 間の CO₂ 排出量（トン）

q_{ij} : ij 間の台トリップ数（台）， d_{ij} : ij 間の距離¹²（km）， v_{ij} : ij 間の速度（km/H）

$f_{CO2}(v_{ij})$: ij 間の CO₂ 排出係数（トン／（台・km）），車種別に設定

ここで、車種別の排出係数は、「道路投資の評価に関する指針（案）」（以下、「費用便益分析マニュアル」という）の値¹³を用い、速度依存としている。将来予測の際は、将来の技術改善や環境規制を考慮し、排出係数を調整可能。

2) 大気汚染

①NO_x 排出量 (自動車)

i) 定義

自動車から排出される窒素酸化物（NO_x）の量。CO₂ と異なり、排出される地域における環境問題であることから、通過交通量ベースで各ゾーンの排出量を算出する。

ii) 計測方法

道路ネットワークにおけるあるリンクの NO_x 排出量は、交通モデルで出力される交通量をもとに、下式により車種別（乗用車、小型貨物、普通貨物）に推計する。これをゾーン毎に集計して、当該ゾーンの NO_x 排出量とする。（リンクがゾーンをまたぐ場合には、各ゾーン内のリンク長で

¹² All or nothing 配分を行った際の利用経路長とする。

¹³ 道路投資の評価に関する指針検討委員会編（1998）「道路投資の評価に関する指針（案）」p.77 表 3-2-22。やや古い文献ではあるが、以降に改訂された費用便益分析マニュアルでは環境への影響（CO₂、NO_x、騒音等）は考慮されていないため、このときの値を用いる。

当該リンクからの排出量を按分する)

$$NOx_l = q_l \cdot d_l \cdot f_{NOx}(v_l)$$

l : リンクを表すラベル

NOx_l : l の NOx 排出量 (トン)

q_l : l の台トリップ数 (台) , d_l : l の長さ (km) , v_l : l の速度 (km/H)

$f_{NOx}(v_l)$: l の NOx 排出係数 (トン / (台・km) , 車種別に設定)

車種別の排出係数は、CO2 同様、「費用便益分析マニュアル」の値を用いる。

3) 騒音

①騒音レベル (自動車)

i) 定義

自動車交通により発生する騒音。ゾーン単位で集計できないため、リンク別に騒音レベルを算出する。

ii) 計測方法

道路ネットワークにおけるあるリンクの騒音レベルは、交通モデルで出力される交通量及び車種構成の関数として推計する。

$$N_l = f_N(q_l, a_l, v_l)$$

l : リンクを表すラベル

N_l : l の騒音レベル (dB(A))

q_l : l の台トリップ数 (台) , a_l : l の交通量における普通貨物車の割合, v_l : l の速度 (km/H)

$f_N(q_l, a_l, v_l)$: l の騒音レベル関数

騒音レベルの関数は、「費用便益分析マニュアル」の値を用いる。

4) 資源消費

①土地の舗装

i) 定義

建物や道路等により舗装された土地の割合の増加率 (%) として定義。ゾーン別に算出。

ii) 計測方法

土地利用モデルの出力である人口の変化に基づき、各ゾーンの土地被覆増加率を下式により推計する¹⁴。(複数ゾーンでの集計値を求める場合には、下式の土地被覆および人口の増加率をそ

¹⁴ European Environment Agency (2002) “Environmental Signals 2002”によると、欧州では過去20年間に人口が6%増加したのに対し、舗装された土地面積は20%増加した。PROPOLISでは、この関係式を元に土地被覆の変化を推計している。本

れぞれ当該エリアに含まれる各ゾーンの集計値に置換)

$$\Delta LC_i = 3.3 \times \Delta POP_i$$

i : ゾーンを表すラベル

ΔLC_i : i の土地被覆増加率 (%)

ΔPOP_i : i の人口増加率 (%) ※人口が減少する場合は 0 とする。

②新規建設需要

i) 定義

床面積 (住宅用および業務用) の年あたり増加率として定義。ゾーン別に算出

ii) 計測方法

土地利用変化によって、人口・従業者の移動先でその増分に見合う新規建設需要が発生すると仮定する。人口・従業者の移動は、土地利用モデルにより計測し、出力される床面積の増分をもとに下式で年率換算して計算する。

$$\Delta NC_i = \sqrt[t]{\frac{\Delta f_i(0, t)}{f_i(0)} + 1} - 1$$

ただし、

$$\Delta f_i(0, t) = \begin{cases} f_i(t) - f_i(0) & \text{if } f_i(t) > f_i(0) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

i : ゾーンを表すラベル, t : 分析対象の年次 (基準年を 0 とする)

ΔNC_i : i の新規建設需要の年あたり増加率

$f_i(0)$, $f_i(t)$: 基準年または年次 t における i の需要される総床面積 (=住宅用と業務用の合算)。

(3) 社会面の指標

1) 健康

①大気汚染による健康被害

i) 定義

NOx 排出に伴う外部費用（後述）には健康被害への影響が考慮されているため、人口 1 人当たりの外部費用をゾーン毎に算出する。

ii) 計測方法

当該ゾーンの NOx 排出による外部費用を、人口で除して算出する。

$$D_{NOx_i} = \frac{EC_i}{POP_i}$$

i : ゾーンを表すラベル

EC_i : i の NOx 排出に伴う外部費用, POP_i : i の人口 (人)

②騒音被害

i) 定義

騒音発生に伴う外部費用（後述）には健康被害への影響が考慮されているため、人口 1 人当たりの外部費用をゾーン毎に算出する。

ii) 計測方法

当該ゾーンの騒音発生による外部費用を、人口で除して算出する。

$$D_{N_i} = \frac{NC_i}{POP_i}$$

i : ゾーンを表すラベル

NC_i : i の騒音発生に伴う外部費用, POP_i : i の人口 (人)

③交通事故（死傷者数）

i) 定義

自動車交通により起こる交通事故の死者数及び負傷者数。ゾーン別に算出する。

ii) 計測方法

まず、各リンクにおける交通事故発生件数を算出する（リンクがゾーンをまたぐ場合には、着目するゾーンに含まれる範囲のみ考慮する）。これは、道路種別に交通量の関数として求める。関数形は、「費用便益分析マニュアル」記載のもの¹⁵を用いる。

次に、これを元に当該リンクの交通事故による死者数、重傷者数、軽傷者数を求める。人身事

¹⁵ 道路投資の評価に関する指針検討委員会編（1998）「道路投資の評価に関する指針（案）」p.64 表 3-2-9。

故1件あたりのそれぞれの死傷者数は、「費用便益分析マニュアル」¹⁶に準じて道路種別に算出する。

最後に、当該ゾーンで集計してゾーン単位の交通事故による死傷者数を求める。

2) 公正（地域間格差）

①大気汚染による健康被害の公正さ

i) 定義

大気汚染による健康被害の程度に関する地域間バランスの望ましき。判断基準として、3つの考え方をもとに指標を算出する。検討する政策ごとに各指標の値を比較し、選択した基準のもとの望ましきを判定する。

ii) 計測方法

下記3つの公正についての基準から一つを選択し、それぞれの指標を計算する。

a) 均等分配原則

利益は集団間で可能な限り均等に分配されることが望ましいとする考え方。下式で評価指標を求める。

$$\frac{\sum_i POP_i \times |\Delta D_{NOx_all} - \Delta D_{NOx_i}|}{POP_{all}}$$

i：ゾーンを表すラベル

ΔD_{NOx_i} ：iの大気汚染による健康被害（＝1人当たり外部費用）の変化， POP_i ：iの人口（人）

ΔD_{NOx_all} ：全国平均の大気汚染による健康被害の変化， POP_{all} ：全国の総人口（人）

b) 功利主義的アプローチ

配分のされ方に関わらず、利益の合計が大きいほど望ましいとする考え方。下式で評価指標を求める。

$$\Delta D_{NOx_all}$$

ΔD_{NOx_all} ：全国平均の大気汚染による健康被害の変化

c) ロールズの格差原理

政策実施前の状態において最も不利益を被っている人たちが得る利益が最も大きくなることを望ましいとする考え方。下式で評価指標を求める。

¹⁶ 同上 p. 66 表 3-2-11。

$$\Delta D_{NOx_w}$$

ΔD_{NOx_w} : 大気汚染による健康被害が最も大きいゾーン w における健康被害の変化

②騒音被害の公正さ

i) 定義

騒音被害の程度に関する地域間バランスの望ましき。上記 3 つの指標によりそれぞれの基準のもとでの望ましきを判定する。

ii) 計測方法

上記の大気汚染による健康被害の公正さの各指標の計測の式において、「大気汚染による健康被害」を「騒音被害」に置き換える。ゾーン別の騒音被害として、上で算出する 1 人当たり外部費用を用いる。

③経済的便益の公正さ

i) 定義

経済的な便益に関する地域間バランスの望ましき。上記 3 つの指標によりそれぞれの基準のもとでの望ましきを判定する。

ii) 計測方法

上記の大気汚染による健康被害の公正さの各指標の計測の式において、「大気汚染による健康被害」を「経済的な便益」に置き換える。経済的便益は、経済モデルにより算出する。

3) 機会

①居住水準

i) 定義

人口 1 人当たりの住宅地床面積

ii) 計測方法

土地利用モデルにおいてゾーン別に算出される。

②都市の活力

i) 定義

居住人口と従業者数が同じウェイトで都市の活力に反映されると考え(増加するほど活力が高まる)、基準年を 1 としたときの指数で表す。ゾーン別に算出する。

ii) 計測方法

土地利用モデルにおいて算出されるゾーン別の人口及び従業者数をもとに、下式で求める。

$$\frac{POP_i/POP_{i0} + EMP_i/EMP_{i0}}{2}$$

i : ゾーンを表すラベル

POP_i : i の人口 (政策後), POP_{i0} : i の人口 (政策前)

EMP_i : i の従業者数 (政策後), EMP_{i0} : i の従業者数 (政策前)

③集積による生産性の向上

i) 定義

通勤圏内に居住する生産年齢 (65 歳未満) 人口の変化率をもとに算出する生産性の変化率。都市の集積により一定範囲内での労働供給が増えることで、生産性が向上すると考える。ゾーン別に算出する。

ii) 計測方法

まず、あるゾーンにとっての潜在的な労働市場として、通勤圏内の生産年齢 (65 歳未満) 人口を求める。通勤圏は、当該ゾーンからの最短所要時間 (所要時間が最短となる交通手段を用いた場合の所要時間) が t (時間) 以下であるようなゾーンとして定義する。(通勤圏が 60 分であれば t=60 とおく)

$$L_i = \sum_{j \in C_i} POP_j$$

i, j : ゾーンを表すラベル, C_i : i の通勤圏内にあるゾーンの集合

L_i : i の通勤圏内の 65 歳未満人口, POP_j : j の 65 歳未満人口

次に、政策による通勤圏内の生産年齢 (65 歳未満) 人口の変化率に、生産性に関する弾力性値を乗じて、下式で生産性の変化率を定義する。生産性に関する弾力性値の参考値として、PROPOLIS では E=0.18 を推奨している¹⁷。

$$\frac{(L_{i-1} - L_{i-0})}{L_{i-1}} \cdot E$$

i : ゾーンを表すラベル, 0, 1 : 政策前/後を表すラベル, E: 生産性の弾力性

4) 交通利便性

① 1 人当たり移動所要時間

i) 定義

年間に移動に要する時間の 1 人当たり平均値。ゾーン別に算出する。

¹⁷ フランスでの実証研究の結果より。例えば、労働市場が 10%拡大した場合には、生産性は $0.1 \times 0.18 = 0.018 = 1.8\%$ 向上する。

ii)計測方法

交通モデルにおいて算出されるあるゾーン発の全てのトリップの移動時間（年間）を、当該ゾーンの人口で除して求める。

②公共交通機関のサービスレベル

i)定義

公共交通（鉄道・バス）利用の際のトリップ当たりの平均的な所要時間。この値が小さくなるほど、公共交通のサービスレベルが改善されたと考える。ゾーン別に算出する。

ii)計測方法

交通モデルにおいて算出されるあるゾーン発の全ての公共交通（鉄道・バス）トリップの移動時間を、対象トリップ数で除して求める。

③通勤アクセス

i)定義

通勤トリップのトリップ当たりの平均的な所要時間。この値が小さくなるほど、通勤アクセスが改善されたと考える。ゾーン別に算出する。

ii)計測方法

交通モデルにおいて算出されるあるゾーン発の全ての通勤トリップの移動時間を、対象トリップ数で除して求める。

(4) 経済面の指標

1) 交通の便益／費用

①交通投資費用

i)定義

評価対象期間の交通整備・維持管理費用（税抜き）の合計を、現在価値に割り戻して、（現在の）人口1人当たりとしたもの。全国での集計値を算出する。

ii)計測方法

上記の定義に基づき、下式により算出。なお、各年の費用は外生的に設定する。

$$\frac{\sum_{t=1}^n \frac{c_t}{(1+r)^t}}{POP}$$

t：年次（=1, 2, ..., n）

c_t：年次 t の費用， r：割引率， POP：基準年の総人口

②利用者の便益

i)定義

各年の消費者余剰の増分（=政策ありシナリオー政策なしシナリオ、以下同様）の合計を、現在価値に割り戻して、（現在の）人口1人当たりとしたもの。

ii)計測方法

上記の定義に基づき、下式により算出。

$$\frac{\sum_{t=1}^n \frac{\Delta CS_t}{(1+r)^t}}{POP}$$

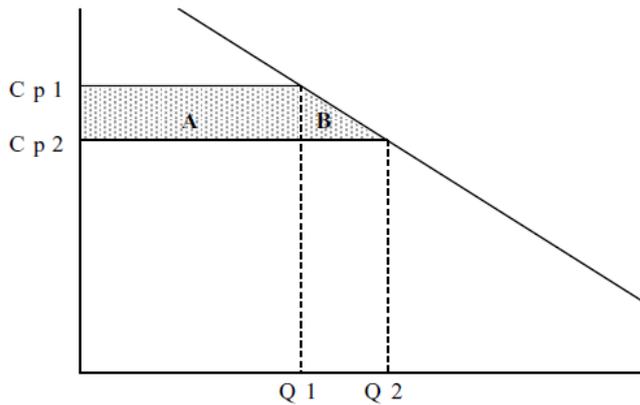
t：年次（=1, 2, ..., n）

ΔCS_t：年次 t の消費者余剰の増分， r：割引率， POP：基準年の総人口

なお、消費者余剰の増分は、下図の A+B の部分である。交通需要は、交通モデルにより算出する。

$$A = Q_1 * (C_{p1} - C_{p2})$$

$$B = (Q_2 - Q_1) * (C_{p1} - C_{p2}) * (1/2)$$



1, 2 : 政策なし／ありを表すラベル
 Cp : 一般化費用, Q : 交通需要

③交通機関運営者の便益

i) 定義

各年の交通機関の運営による利益（複数交通手段を考慮する場合はそれらの合算）の増分の合計を、現在価値に割り戻して、（現在の）人口1人当たりとしたもの。全国での集計値を算出する。

ii) 計測方法

上記の定義に基づき、下式により算出。なお、利益の算出に用いる交通需要は、交通モデルにより算出する。

$$\frac{\sum_{t=1}^n \frac{\Delta OB_t}{(1+r)^t}}{POP}$$

t : 年次 (=1, 2, ..., n)

ΔOB_t : 年次 t の交通機関の利益の増分, r : 割引率, POP : 基準年の総人口

④政府の便益

i) 定義

各年の交通機関の運営による政府の収益（＝交通機関の運営に伴う税収から整備・維持管理等の政府支出（補助金等）を差し引いたもの、複数交通手段を考慮する場合はそれらの合算）の増分の合計を、現在価値に割り戻して、（現在の）人口1人当たりとしたもの。全国での集計値を算出する。

ii) 計測方法

上記の定義に基づき、下式により算出。なお、利益の算出に用いる交通需要は、交通モデルにより算出する。

$$\frac{\sum_{t=1}^n \frac{\Delta GB_t}{(1+r)^t}}{POP}$$

t : 年次 (=1, 2, ..., n)

ΔGB_t : 年次 t の政府収益の増分, r : 割引率, POP : 基準年の総人口

なお、各年の政府収益の増分は下式により算出する。算出に用いる交通需要は、交通モデルにより算出する。

$$\Delta GB_t = (T_{t2} - C_{t2})Q_{t2} - (T_{t1} - C_{t1})Q_{t1}$$

1, 2 : 政策なし/ありを表すラベル, t : 年次を表すラベル

T_t : 限界税収, C_t : 限界政府支出 (完全に民営の場合は 0), Q_t : 交通需要

⑤交通事故の外部費用

i) 定義

各年の交通事故に伴う費用 (死亡・障害、時間損失、医療・救急費用等を考慮) の変化分の合計を、現在価値に割り戻して、(現在の) 人口 1 人当たりとしたもの。ゾーン毎に算出する。

ii) 計測方法

下式によりゾーン単位で算出。

$$\frac{\sum_{t=1}^n \frac{\Delta AC_{it}}{(1+r)^t}}{POP_i}$$

i : ゾーンを表すラベル, t : 年次 (=1, 2, ..., n)

ΔAC_{it} : i における年次 t の交通事故費用の変化分, r : 割引率, POP_i : i の基準年の人口

なお、各年の交通事故に伴う外部費用は、上で求めた当該ゾーンの交通事故死傷者数に、「費用便益分析マニュアル」の 1 人当たり損失額¹⁸を乗じて求める。

⑥大気汚染の外部費用

i) 定義

各年の NOx 排出に伴う外部費用 (健康や農作物、森林環境への被害を考慮) の変化分の合計を、現在価値に割り戻して、(現在の) 人口 1 人当たりとしたもの。ゾーン毎に算出する。

ii) 計測方法

下式により各ゾーンの NOx 排出の外部費用を算出する。

¹⁸ 道路投資の評価に関する指針検討委員会編 (1998) 「道路投資の評価に関する指針 (案)」 p.66 表 3-2-12。

$$\frac{\sum_{t=1}^n \frac{\Delta EC_{it}}{(1+r)^t}}{POP_i}$$

i:ゾーンを表すラベル, t:年次 (=1, 2, ..., n)
 ΔEC_{it} : i における年次 t の NOx 排出による外部費用の変化分
r:割引率, POP_i : i の基準年の人口

なお、各ゾーンの NOx 排出に伴う外部費用は、上で求めた当該ゾーンの NOx 排出量に外部費用原単位を乗じて、下式により算出する。外部費用原単位は、影響を受ける人口の割合を考慮して、当該ゾーンの人口密度の関数としている¹⁹。

$$EC_{it} = NOx_{it} \cdot 58 \cdot \frac{D_{it}}{1325}$$

EC_{it} : i における年次 t の NOx 排出による外部費用 (万円)
 NOx_{it} : i における年次 t の NOx 排出量 (トン), D_{it} : i の年次 t の人口密度 (人/km²)

⑦温室効果ガス排出の外部費用

i) 定義

各年の CO2 排出に伴う外部費用の変化分の合計を、現在価値に割り戻して、(現在の)人口 1 人当たりとしたもの。全国での集計値を算出する。

ii) 計測方法

下式により算出する。

$$\frac{\sum_{t=1}^n \frac{\Delta CO2_t}{(1+r)^t}}{POP}$$

t:年次 (=1, 2, ..., n)
 $\Delta CO2_t$: 年次 t の CO2 排出による外部費用の変化分, r:割引率, POP: 基準年の総人口

なお、各年の CO2 排出に伴う外部費用は、上で求めた CO2 排出量に外部費用原単位を乗じて算出する。外部費用原単位は、「費用便益分析マニュアル」に準じて、2,300 (円/トン-c) とする。

⑧騒音発生の外部費用

i) 定義

各年の騒音発生に伴う外部費用の変化分の合計を、現在価値に割り戻して、(現在の)人口 1

¹⁹ 「費用便益分析マニュアル」では、DID 外の市街地 (人口密度 1,325 人/km²) における NOx 排出の外部費用原単位を 58 (万円/トン) とし、この原単位は人口密度に比例するとしている。本分析でも同様の前提を採用している。

人当たりとしたもの。ゾーン毎に算出する。

ii)計測方法

下式により各ゾーンの騒音被害による外部費用を算出する。なお、騒音に伴う外部費用は、先に求めた騒音発生レベルに応じて設定する。

$$\frac{\sum_{t=1}^n \frac{\Delta NC_{it}}{(1+r)^t}}{POP_i}$$

i:ゾーンを表すラベル, t:年次 (=1, 2, ..., n)
 ΔNC_{it} : iにおける年次 t の騒音発生による外部費用の変化分
r:割引率, POP_i : iの基準年の人口

なお、各年の騒音に伴う外部費用は、まず上で求めた各リンクの騒音レベルに応じて下式によりリンク別に求め（リンクがゾーンをまたぐ場合には、着目するゾーンに含まれるリンク長のみ考慮する）、それを当該ゾーンで集計する。騒音レベル別の外部費用原単位は、影響を受ける人口の割合を考慮して、当該ゾーンの人口密度の関数としている²⁰。

$$NC_{it} = N_{it} \cdot 47.52 \cdot d_i \cdot \frac{D_{it}}{1325}$$

l:リンクを表すラベル, i:lが属するゾーン
 NC_{it} : lにおける年次 t の騒音発生による外部費用（万円）
 N_{it} : lにおける年次 t の騒音レベル（dB(A)）, d_i : lの長さ（km）
 D_{it} : iの年次 t の人口密度（人/km²）

²⁰ 「費用便益分析マニュアル」では、DID外の市街地（人口密度 1,325 人/km²）における騒音発生の外部費用原単位を 47.52（万円/dB(A)/km/年）とし、この原単位は人口密度に比例するとしている。本分析でも同様の前提を採用している。

1 1-6 欧州研究機関との意見交換

(1) 背景と目的

本研究で扱うような国全体、あるいは複数の国・地域を包含する統合型政策評価モデルの開発は、欧州において事例がある。この欧州研究機関と意見交換の主な目的は、①欧州の政策評価モデルに関する最新の知見の情報収集、②互いのモデルに関する意見交換、課題の共有、将来の協働の可能性の模索、③本研究のような日本の政策評価モデルを海外研究者に認知してもらうことである。

(2) デンマーク工科大でのディスカッション

1) 概要

2013年9月25日、コペンハーゲン郊外にあるデンマーク工科大学を訪問した。わが国と欧州の政策評価モデルについて、それぞれ互いのモデルに関する発表、ディスカッションを通じて現地研究者らとの意見交換を行った。

2) ディスカッション

①本研究のモデルと TRANS-TOOLS との比較

現在、デンマーク工科大学の Nielsen 教授らの研究チームの主導の下で研究開発が行われているモデルに、欧州全土を対象とした統合型モデル TRANS-TOOLS (TOOLS for Transport Forecasting and Scenario Testing) がある²¹。これは、本研究で扱うような統合型政策評価モデル開発の欧州における事例代表的なモデルの一つであり、European Commission Joint Research Center (JRC)²² が2004年より開発を進めてきた。

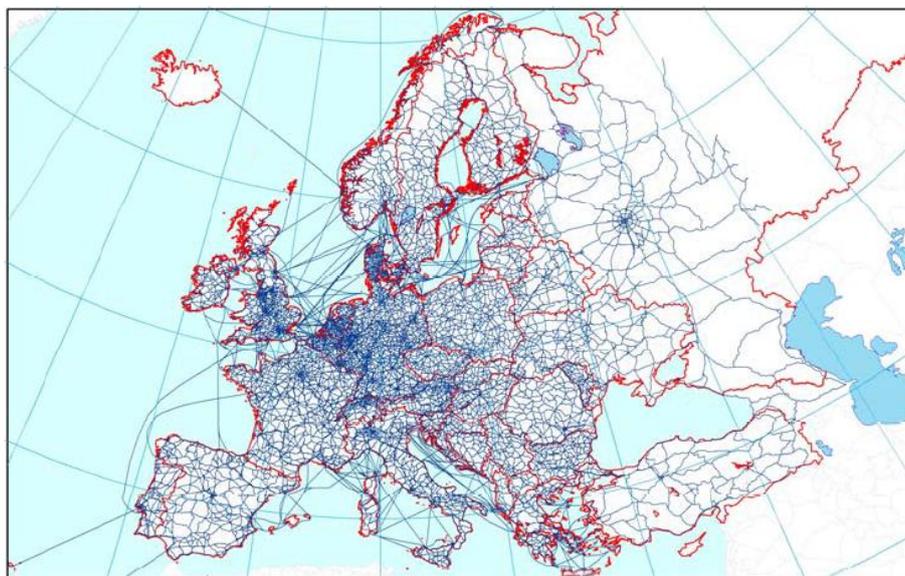


図 1 1-10 TRANS-TOOLS の交通ネットワーク

²¹ TRANS-TOOLS の概要については、Monzon et al. (2010)等を参照。

²² European Commission Joint Research Center (JRC) : 科学的知見に基づく EU の政策推進支援を目的とする EU の下部組織。

まず、本研究のモデルと TRANS-TOOLS との比較に関して、その基本骨格はほぼ共通であるということが、公開資料からも事前にある程度分かってはいたが、直接的な議論を通じて改めて確認できた。例えば、交通モデルのスペックに関しては下表に示す通りであり、モデルの解像度や、解析の方法論等はかなり似ている。それだけに、直面している課題にも類似したものが多かった。例えば、経済モデルと土地利用・交通モデルとの統合といった大枠の話から、地域間の取引量の取り扱い（重量／金額単位の変換等）、ロジットモデルにおける効用関数の置き方といった技術的な詳細まで、具体的な意見交換をすることができた。これらの議論を、今後の開発に生かしていく。

②他の欧州モデルの最新動向

また、欧州の最新の動向に関しては、他にもドイツの研究チームが類似のモデルの開発に着手しており、今後、各モデルがそれぞれの長所を生かして互いを補完し、より妥当な政策評価が行われるような体制が築かれることを目指しているという。なお、TRANS-TOOLS は、開発完了後は知的財産権等を設けずに仕様を公開し、EU の標準的な政策評価ツール、多様な利害関係者間の合意形成促進ツールとしての活用を想定している。他方、本研究モデルの将来の扱いは未定であるが、このような実際の活用のための方策、体制についても参考になる意見を聞くことができた。デンマーク工科大学とは、今後も引き続きコラボレーションしていくことで合意した。適宜情報交換を行うことや、日本または欧州での共同シンポジウムの開催等を予定している。

表 11-12 両モデルのスペックの比較（交通モデル）

		TRANS-TOOLS	本研究のモデル
ゾーン分割		1,441 ゾーン（42カ国、NUTS3基準）	1,860 ゾーン（≒市区町村単位）
交通手段		自動車、鉄道、バス、航空	自動車、鉄道、バス、航空
移動目的		通勤、私事、休暇、業務	通勤・通学、私事、業務
距離帯区分		100km未満、100～600km、600km以上、	100km未満、100～300km、300～1,000km、1,000km以上、
モデル	発生	多項ロジットモデル	ゾーン人口・従業者数に応じて変動
	分布	二段階ネスティッドロジットモデル	二段階ネスティッドロジットモデル
	分担		
	配分	確率的利用者均衡配分	確率的利用者均衡配分

(3) Transport & Mobility Leuven 社とのディスカッション

1) 概要

2014年9月8日、ベルギー・ルーヴェンにある Transport & Mobility Leuven (TML)社を訪問した。TML社はルーヴェン・カトリック大学の応用研究センターを前身として設立され、同社が開発する様々なモデルを活用して、欧州における多くの政策評価プロジェクトを手掛けている。本研究の政策評価モデルと同社が開発する政策評価モデルについて、それぞれ互いのモデルに関する発表、意見交換を行った。

2) ディスカッション

①モデルによる政策評価の実績

TML社では、主に European Commission (EC)からの受託により、政策・施策の事前の影響評価を定量的に行っている。これまでに、ECによる鉄道整備の費用便益分析、航空交通量調査、等の影響評価を行った。影響分析はEUの28か国をカバーし、環境に関する指標はCO2排出量である。

そのほかにも、イタリア・ミラノやスウェーデン・ストックホルムでの混雑税導入効果の推計、また、ドイツ、チェコ、ブルガリア等での自動車走行距離課税、旅客トリップへの課税の影響等の分析を行ってきた実績がある。

ただし、ベルギーにおいてはこのような経済均衡モデル、土地利用・交通モデルよりも、産業関連モデルの方が好まれている。産業関連モデルでは代替効果は考慮されておらず、経済効果が過大に推計されるためである。

②モデルについて

TML社が開発する MOVEET model は、交通需要モデル、モード選択モデル、環境モデル、経済モデルを統合した部分均衡モデルである。全世界を57ゾーンに分け、ターゲット年を2050年としている。GDPと人口により交通需要を計算し、各モードに分配されたのち、走行キロから燃料消費量・CO2排出量が計算される。経済効果は、交通モデルでの効用と環境モデルでの燃料消費量から計算される構造である。

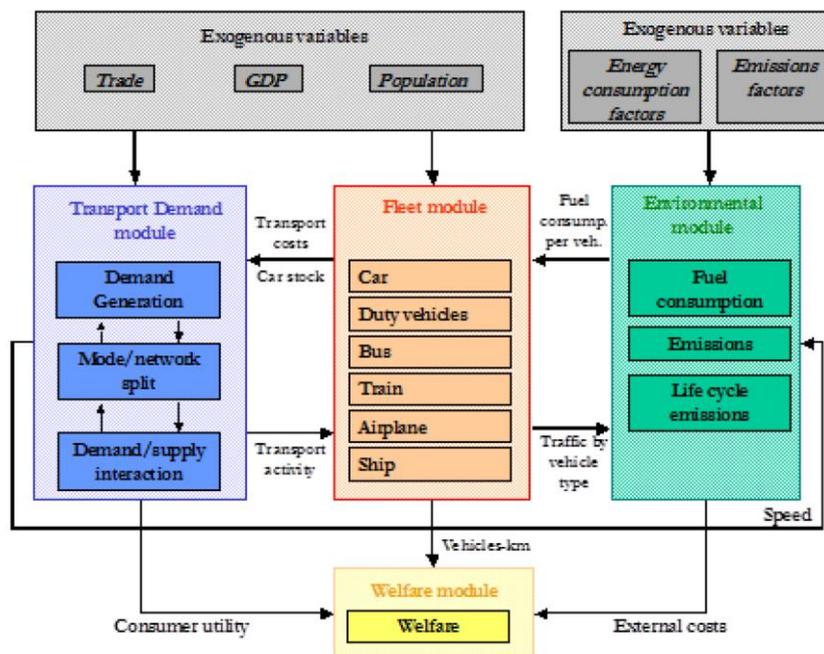


図 1 1-11 MOVEET model の構造

(4) Significance 社とのディスカッション

1) 概要

2014年9月9日、オランダ・ハーグにある Significance 社を訪問した。Significance 社は、英国リーズ大学で教鞭をとる de Jong 教授が率いるコンサルタント会社であり、同社が開発する土地利用モデルである TIGRIS XL 等を活用し、欧州における多くの政策評価プロジェクトを手掛けている。ヨーロッパにおける経済均衡モデルの役割、モデル動向やわが国と欧州の政策評価モデルについて意見交換を行った。

2) ディスカッション

①土地利用交通モデルについて

Significance では TIGRIS XL という土地利用交通モデルを開発している。同モデルはオランダを 1,400 ゾーンに分割し、100,000 リンクのネットワークからなる規模である。同時均衡ではなく、5年スパンでの土地利用と交通の相互作用を計算し 30年先を予測する構造となっている。

ただし、同モデルは経済成長等を外生変数として組み込み、人口分布および従業者分布をロジットモデルによって配分するものである。

このモデルは、土地利用に関するシナリオ設定が可能であり、都市開発からグリーンベルト地帯の保護政策、地域住宅供給の目標値設定、除却率の設定等、様々な施策の組合せによる施策の事前評価を可能とする。

②EUの政策形成における経済均衡モデルの役割について

オランダにおける費用便益分析をマニュアルに Overview Effects Infrastructure (OEI)がある。OEIでは間接効果と直接効果(交通モデルから計測される)は区別されている。

間接効果の計測にはいくつかのモデルが利用されるが、小規模なプロジェクトではたいていの場合、間接効果を計測しないモデルが用いられる。よく知られているモデルとして RAEM (SCGEモデル)があり、他には REMI (SCGEモデルではない)という米国製のモデルがある。

他にも、ヨーロッパ全体などの大規模な範囲を対象とした場合には、CGEurope や TRANA-TOOLS (交通モデル)などが用いられる。オランダ全体の交通手段をカバーする交通モデルとしては、Netherlands National Model (LMS)がある。

貨物モデルとしては SMILE が7~8年前までは使われてきたが、SMILEは非常に大規模でありメンテナンスが難しいことなどから、オランダ交通省は SMILE を管理することを止めている。SMILEに代わるより単純な貨物モデルとして BasGoed (4段階集計モデル)を利用されるようになったが、BasGoedの経済モデルの部分についてのみ SMILE が活かされている。

③EUにおける経済均衡モデルおよび定量分析の役割について

費用便益分析の結果に限らず、定量分析の結果は政策決定に役立つと考えている。しかし、政治家が政策決定権をもっており、彼らは時として高いB/Cを求めることもある。オランダでは他国に比べて政策決定における定量分析の役割が大きいと思われるが、政治家が戦略的に良いプロジェクトだと考えた場合にはB/Cだけによらず政策決定が行われる。

(5) 今後の予定：国際シンポジウム開催

2015年10月15~16日に、JSCE-NWO 二国間共同セミナー「The 5th International Seminar on Integration of Spatial Computable General Equilibrium and Transport Modeling -」を神戸大学六甲ホールにて開催予定である。このシンポジウム開催を通じ、本研究成果を広く世界に発信することを目指す。

また、このシンポジウムには本研究の研究アドバイザーである Lori Tavassvy 教授、Johannes Bröcker 教授等を招聘し、日欧の交通インフラ整備プロジェクトの現状と将来の動向及びモデルの役割について議論する予定である。

11-7 結論

(1) まとめ

本研究では、経済・土地利用・交通の統合モデルの構築に関し、大きく以下の3つの研究を行った。

1) 経済・土地利用・交通の統合モデルの構築

経済モデルは、低炭素化施策の影響と経済的な循環とを整合させるモデルである。土地利用モデルは、人口や従業員の分布等の地域の都市構造とその変化を再現するモデルである。また、交通モデルは、旅行速度に依存する自動車からのCO₂排出量の変化のメカニズムを捉えたモデルである。

この経済・土地利用・交通の統合モデル構築により、各地域での交易、人口・従業員人口等の分布および人流・物流を精緻に捉えつつ、相互に整合的な評価システムを構築した。

平成24、25年度研究においては、経済、土地利用、交通の各モデルを個別に試作的に構築し、平成26年度研究では、これら3つのモデルの統合を行った。

2) 評価モデルの確立

経済・土地利用・交通モデルのアウトプットは、便益（等価変分）、地域総生産（GRP）、人口、地価、発生トリップ数、交通手段分担率等、多岐にわたる。しかし、これらの指標は地域住民にとっては、環境政策の指標としては重要性が分かりづらいものも存在する。

そこで、経済・土地利用・交通モデルのアウトプットをもとに環境面、社会面、経済面等の様々な指標を算出する評価モデルを構築した。評価項目について、欧州の統合型モデル分析による環境政策評価の先行事例であるPROPOLIS²³の評価指標、およびそれらの計測方法を参考としつつ、本モデルで利用可能な指標を整理し、それぞれの指標の計測方法を考案した。

これによって、環境、社会、経済に関する様々な指標をゾーン毎（自動車であればリンク毎）に示すことが可能となる。

3) 欧州研究機関との意見交換

デンマーク工科大学（デンマーク・コペンハーゲン）、Transport & Mobility Leuven 社（ベルギー・ルーヴェン）、Significance 社（オランダ・ハーグ）といった欧州研究機関を訪問し、我が国と欧州の政策評価モデルに関する意見交換を行った。

これにより、欧州の政策評価における定量分析の位置づけを確認しつつ、各機関とも今後も引き続きコラボレーションしていくことで合意した。

²³ Planning and Research of Policies for Land Use and Transportation for Increasing Urban Sustainability
(<http://www.ltcon.fi/propolis/>)

(2) 行政ニーズとの関連及び環境政策への貢献

経済・土地利用・交通の統合モデルによって、我が国全体でCO2排出量を抑えるための定量評価が可能となった。これにより、自治体を実施する低炭素化施策の日本全体への影響評価、また日本全体での低炭素化施策が市町村ごとにもたらす影響評価等、国と地域の低炭素化施策を一体的かつ相互に整合的に評価することが可能である。

1 2. 本論 3 : モデルによる現実的な評価 (シミュレーションの実施)

1 2-1 概要

本章では、構築した統合評価システムを用いて以下の施策についてシミュレーションを実施した推計結果とその考察を行う。

- ① 運輸部門における地域別の 2010 年現況 CO2 排出量の推計
- ② 市町村別の CO2 排出削減ポテンシャルの計測
- ③ 都市類型ごとに有効な低炭素化施策の評価
- ④ 東日本大震災の影響試算
- ⑤ リニア中央新幹線整備による影響予測
- ⑥ 3 環状道路整備による影響予測
- ⑦ 地域における低炭素化施策の影響予測

これらの施策評価についてはシステムの Ver1.0 の完成後に試算として行いつつ、研究会等で広く公表し、様々な意見を踏まえて、改良していくこともシステム完成までのプロセスである。本研究のような大規模なシステムの場合には、このようなプロセスを経ない場合には政策実務に利用することができないことが多いためである。

1 2-2 交通モデル (全国版) による推計 : 地域別の 2010 年の自動車 CO2 排出量の推計

(1) 概要

ここでは、本研究の交通モデル (全国版) を用いて、車種別 (乗用車、小型貨物、普通貨物) ・着地別 (市町村内発着、市町村内発市町村外着) に集計した。また、乗用車についてはさらに目的別、小型貨物・普通貨物については品目別 (素材型、加工組立・生活関連型) に人口規模ごとの 2010 年の自動車 CO2 排出量の集計を行った。これによって、都市規模ごとの CO2 排出傾向を把握し、排出要因分析や投入施策の対象等、低炭素化施策の検討に役立つデータベースとなる。

(2) 分析方法

1) 分析の考え方

運輸部門における地域別の CO2 排出量推計にあたっては、排出量の帰属に関して確立・合意された考え方があるわけではなく、少なくとも以下の 5 つの方法が考えられる²⁴。このうち、本検討では目的地選択や交通手段選択に関する政策評価に適する「②発トリップベース」で推計を行う。すなわち、ゾーン間の CO2 排出量は、すべて出発地ゾーンの CO2 排出とみなす。発トリップベースでは、帰宅トリップも出発地に帰属させるため、平均的な CO2 排出量をとらえていると考えられる。

① 車籍地

ナンバープレート登録のある車籍の所在地に帰属させる考え方である。その地域の居住者や地

²⁴ 松橋ら (2004) 「市区町村の運輸部門 CO2 排出量の推計手法に関する比較研究」 (環境システム研究論文集) 等を参考に作成。

元企業の保有車両を対象とした政策を評価する場合に適していると考えられる。

②発トリップ

トリップの出発地に帰属させる考え方である。この場合、帰宅トリップも発地に帰属させる。目的地選択や交通手段選択に関する政策を評価する場合に適していると考えられる。

③着トリップ

トリップの目的地に帰属させる考え方である。通勤や買い物、レジャー等、来客を対象とした政策の評価に適している。

④走行距離

その地域内での走行距離比により CO2 排出量を按分し、出発地・通過地・目的地にそれぞれ帰属させる考え方である。特定のづ路やエリアでの排出抑制に関する政策を評価する場合に適していると考えられる。

⑤給油地

燃料販売額等の給油量比により CO2 排出量を按分し、出発地・通過地・目的地に帰属させる考え方である。排出総量の把握や燃料対策を評価する場合に適していると考えられる。

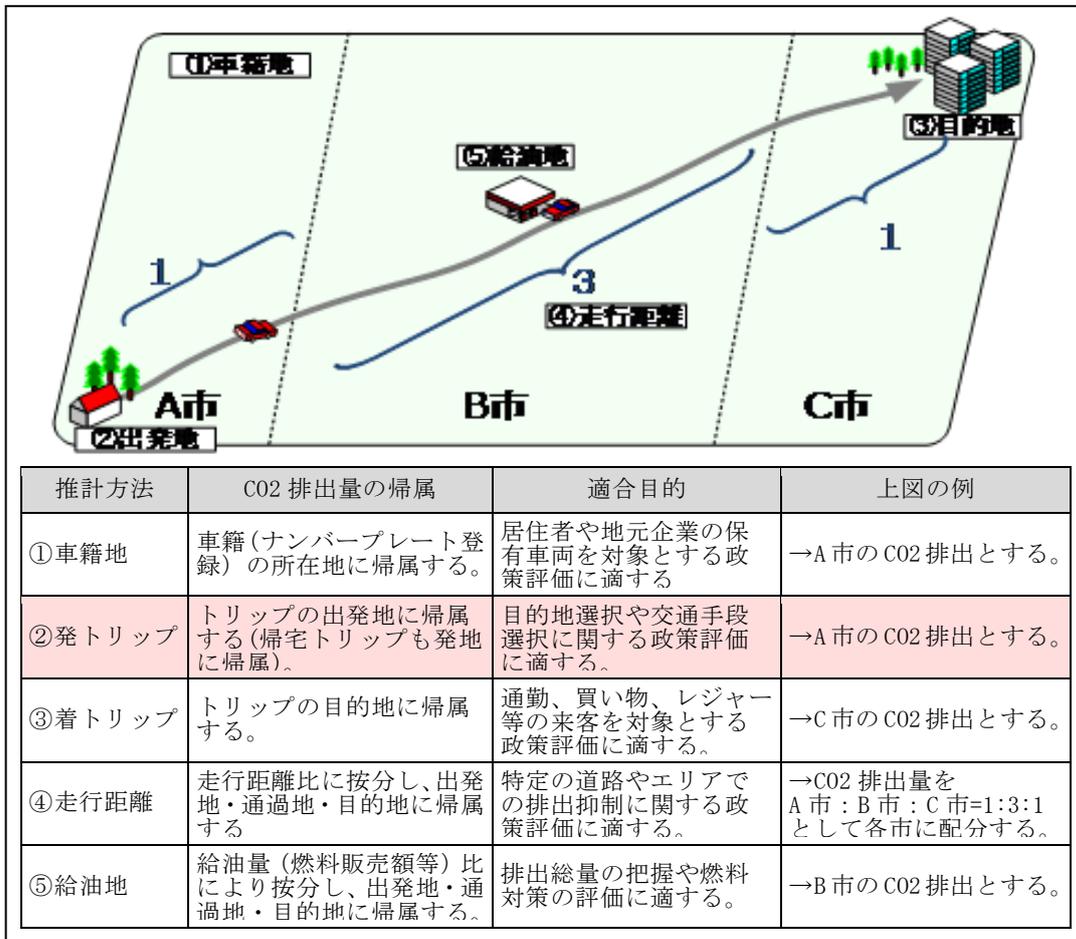


図 1 2-1 運輸部門における CO2 排出量推計方法の考え方

2) 推計手法

ゾーン間の CO2 排出量は、交通モデルから出力するゾーン間自動車台トリップ、速度、距離を用いて、下式により推計する。

$$CO2_{ij} = d_{ij} \cdot l_{ij} \cdot f(v_{ij})$$

$CO2_{ij}$: ゾーン ij 間の CO2 排出量

d_{ij} : ゾーン ij 間の台トリップ

l_{ij} : ゾーン ij 間の距離

v_{ij} : ゾーン ij 間の速度 (距離を所要時間で割ることで算出)

$f(v_{ij})$: ゾーン ij 間の速度別 CO2 排出係数 (車種別に設定)

ゾーン別の CO2 排出量は、前述の通り発トリップベースとすることから、下式により集計する。

$$CO2_i = \sum_j CO2_{ij}$$

$CO2_i$: ゾーン i の CO2 排出量

$CO2_{ij}$: ゾーン ij 間の CO2 排出量

(3) 推計結果

以下では、全国市町村を人口規模により I ~ V の 5 段階に区分し、1 人当たり CO2 排出量と市町村の人口規模との関係の分析を行った。

下図の通り、人口規模と 1 人当たり CO2 排出量の間には逆相関の関係がみられる。すなわち、1 人当たり CO2 排出量は、人口 100 万人以上の区分 I が最も低く、人口規模が小さくなるにつれ上昇し、人口 5 万人未満の市町村で最も小さくなる。また、1 人当たり CO2 排出量の全国平均値を下回っているのは 100 万人以上の区分 I のみであり、その他 (II ~ V) はすべて全国平均値を上回っている。

これは、人口 100 万人以上の都市では公共交通機関が高度に発達しており、自動車利用が少ないこと、一方で人口規模の小さい都市では自動車利用が多くなっているためと考えられる。

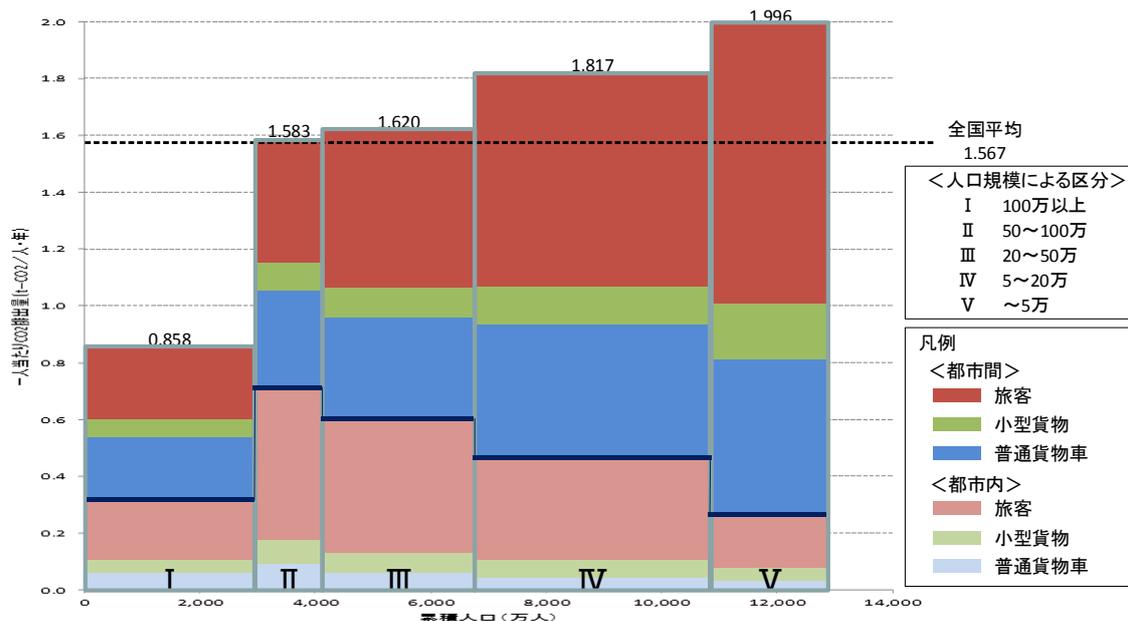


図 1 2-2 現況の都市規模・着地別一人当たり自動車 C02 排出量 (全車種)

旅客の目的別では、人口規模が小さいほど「通勤・通学」、「私事」、「業務」の自動車利用による C02 排出が多くなっている。また、着地別の傾向では、人口規模が小さいほど都市間をまたぐ自動車利用による C02 排出が多いが、この傾向は旅客ではさらに強くなっている。

この結果から、乗用車からの C02 排出量削減にあたっては、人口規模の小さい地域での公共交通整備や都市構造の集約等の土地利用施策が重要であることが伺える。

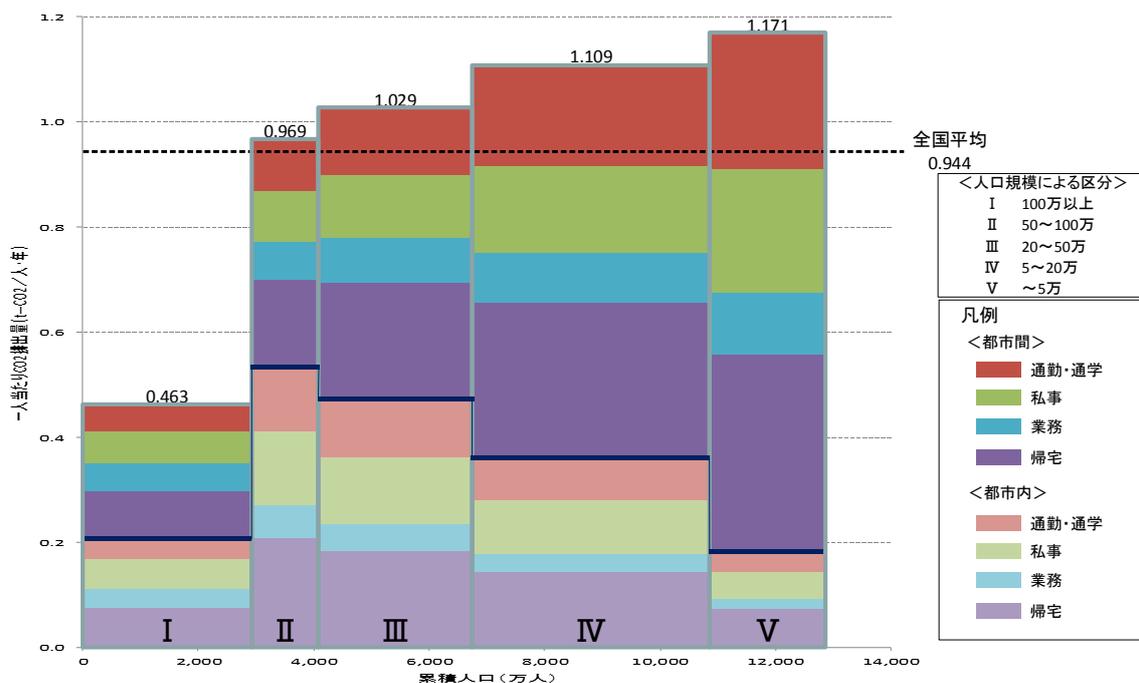


図 1 2-3 現況の都市規模・着地・目的別一人当たり自動車 C02 排出量 (旅客)

同様に貨物の品目別では、人口規模が小さいほど加工組立・生活関連型の普通貨物の割合が大きい。これは、一般的に地方部は輸送費が安価であるため。地方部に加工組立産業の工場等が多く立地する傾向があることと関連していると考えられる。着地別では、人口規模が大きいほど都市間をまたぐ自動車輸送の割合が高い。

この結果から、貨物においては、自動車輸送から海運、鉄道などへの転換を図るモーダルシフトや積載効率の向上等の施策の重要性が伺える。

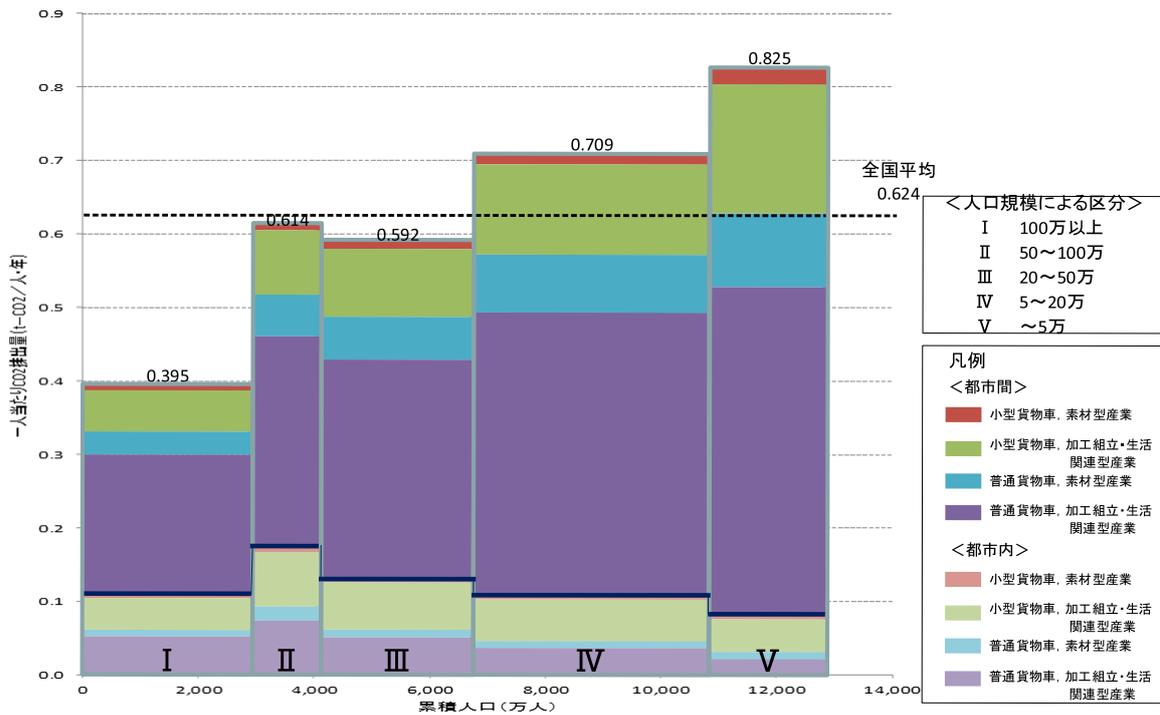


図 1 2-4 現況の都市規模・着地・車種・品目別一人当たり自動車CO2排出量(貨物)

1 2 - 3 交通モデル（全国版）による推計：リニア中央新幹線整備による影響予測

（1）概要

実行計画の削減目標設定及び施策検討にあたっては、市町村における BAU となる将来の人口分布・GRP 等のフレームを把握する必要がある。特に、大規模なインフラ整備等によってこれらのフレームは大きく変化する可能性があるため、自治体単位では推計が困難なことも少なくない。

さらに、リニア中央新幹線や 3 環状道路などの都市をまたぐ大規模なインフラ整備においては、整備による影響は実際に建設される市町村だけではなくその周辺に広く影響を及ぼす可能性がある。そのため、インフラ整備によって、どこに、どれくらい影響が生じるのか、環境、経済、社会等の様々な指標を推計することが必要となる。

本研究のモデルによってこのような様々な指標を推計することが可能となるが、ここでは交通モデル（全国版）を用いてリニア中央新幹線整備による CO2 排出量への影響の推計を行った。

（2）分析方法

リニア中央新幹線のネットワークとそのゾーン間一般化費用を設定して交通モデルを実行し、全国及び各地域の CO2 排出量への影響を計測する。

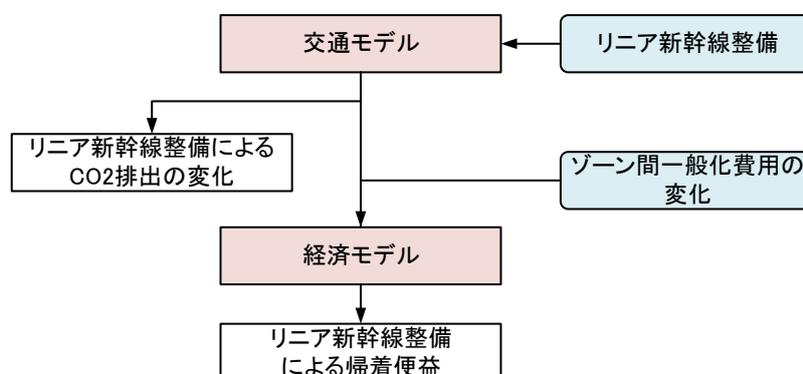


図 1 2 - 5 リニア中央新幹線整備効果の推計フロー

1) リニア中央新幹線（東京-名古屋）のネットワーク構造

リニア中央新幹線のネットワークはリンクとノードで構成される。リンクは駅間リンクと乗換リンクがあり、ノードはリニア新駅と既存の JR 駅がある。リニア中央新幹線には速達列車型と各駅停車型があることから駅間リンクは、品川から名古屋まで直行するリンク（速達列車型）とすべての中間駅に停車するリンク（各駅停車型）を設定する。

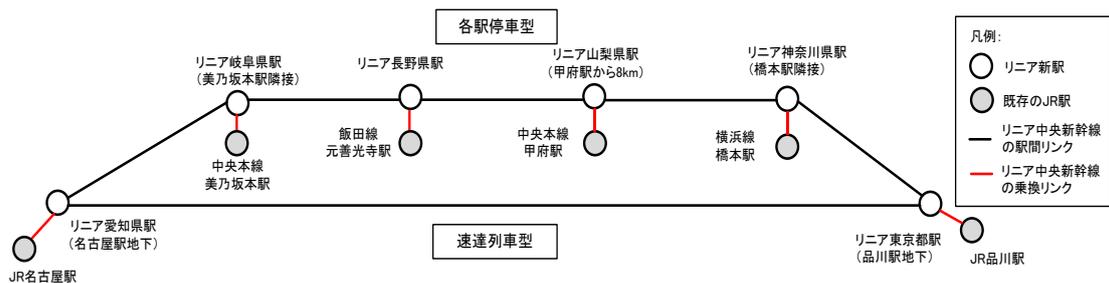


図 12-6 リニア中央新幹線のネットワーク構造

2) リニア中央新幹線の新駅の設定

リニア中央新幹線の新駅の設定は JR 東海資料等を基に下表のとおり設定する。

表 12-1 リニア中央新幹線の新駅の設定

	愛知県駅	岐阜県駅	長野県駅	山梨県駅	神奈川県駅	東京都駅
位置	名古屋駅地下	美乃坂本駅隣接	元善光寺駅まで 1.1 km	甲府駅まで 10 km	橋本駅隣接	品川駅地下
乗換手段	徒歩 (4.8km/H)	徒歩 (4.8km/H)	バス (12km/H)	バス (12km/H)	徒歩 (4.8km/H)	徒歩 (4.8km/H)
特徴	駅構造がリニアと新幹線が直行しており、混雑が発生する。	リニア駅と既存駅が並行	リニア駅と元善光寺駅をバス移動	リニア駅と甲府駅をバス移動	既存駅とリニア駅が離れている	他駅よりも大深度地下のため地下から地上への移動に時間がかかる
設定条件	地上移動 (10分) 地下から地上への移動 (15分) 車内待ち (5分)	地上移動 (7.5分) 地上から高架 (5分) 車内待ち (5分)	バス移動 (5.5分) 地上から高架への移動 (5分) 車内待ち (5分)	バス移動 (25分) 地上から高架への移動 (5分) 車内待ち (5分)	地上移動 (5分) 地下から地上への移動 (10分) 車内待ち (5分)	地上移動 (10分) 地下から地上への移動 (15分) 車内待ち (5分)
乗換待ち時間 (案)	30分	17.5分	15.5分	35分	20分	30分

注) リニア中央新幹線のすべて (廣済堂出版、2012)、JR 東海資料を基に設定

3) リニア中央新幹線の路線の設定

リニア中央新幹線の速達列車型と各駅停車型の駅間リンクは下表のとおり設定する。運賃は速達列車型と各駅停車型ともに品川-名古屋間の運賃に 700 円加算して設定した。

表 12-2 リニア中央新幹線の駅間リンクの設定

	速達列車型	各駅停車型
所要時間 (時間)	0.67	1.18
距離 (km)	286	286
速度 (km/H)	429	241

(3) 推計結果：リニア新幹線駅の乗降客数

交通モデルを用いたリニア新幹線各駅の乗降客数の予測値は、以下の通りとなった。本研究における交通モデルを用いた予測値は、自動車等からリニア新幹線への手段転換を考慮した値となっている。

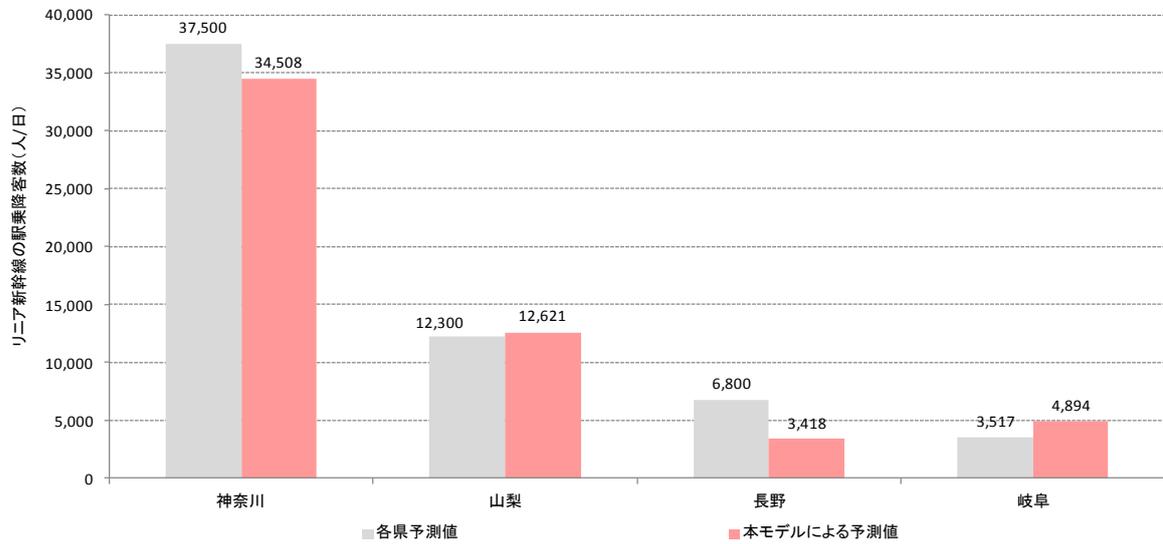


図 1 2-7 リニア新幹線各駅の乗降客数予測値

(4) 推計結果：CO2 排出量

1) 全国の CO2 排出削減

リニア中央新幹線整備により、CO2 排出量は現況と比較し 946.6 (万トン CO2/年) 減少する。これは、主に各駅停車型 (すべての中間駅に停車) のリンクで自動車からリニア中央新幹線への転換が起こるためである。

表 1 2-3 交通手段別の CO2 排出量 (万トン CO2/年)

現況の CO2 排出量 (万 t-CO2)	リニア新幹線整備時 の CO2 排出量 (万 t-CO2)	リニア新幹線整備に よる CO2 変化量 (万 t-CO2)	リニア新幹線整備に よる CO2 変化率 (%)
20,063.0	19,116.4	-946.6	-4.7%

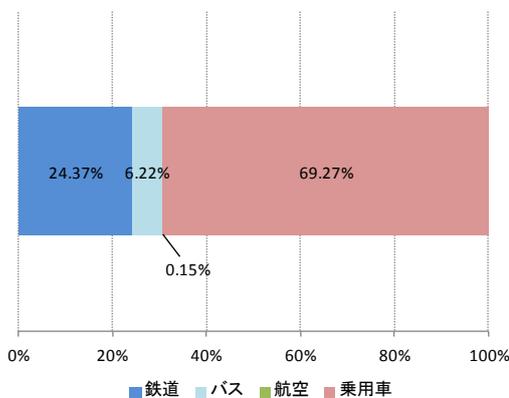


図 1 2-8 現況の手段分担率

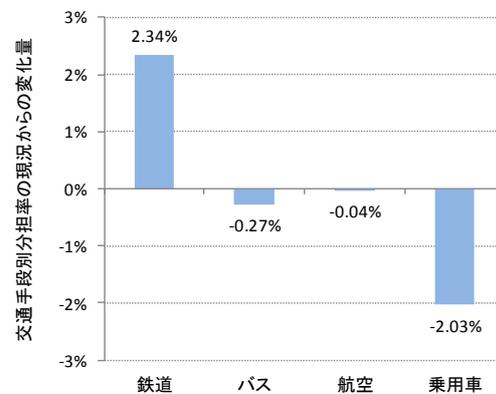


図 1 2-9 施策時の手段分担率の変化

地域別にみると、リニア中央新幹線整備時の CO2 削減量の地域別割合は中部発が最も多く、次いで関東発が多い。

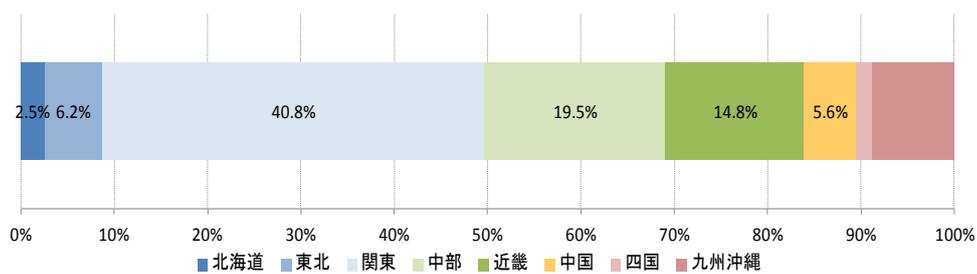


図 1 2-10 CO2 削減量の地域別割合

以下、リニア中央新幹線整備による CO2 排出削減率を図示する

2) 市区町村別のCO2 排出削減

リニア新幹線のルート沿いだけでなく、広く全国でCO2 排出量が削減されている。

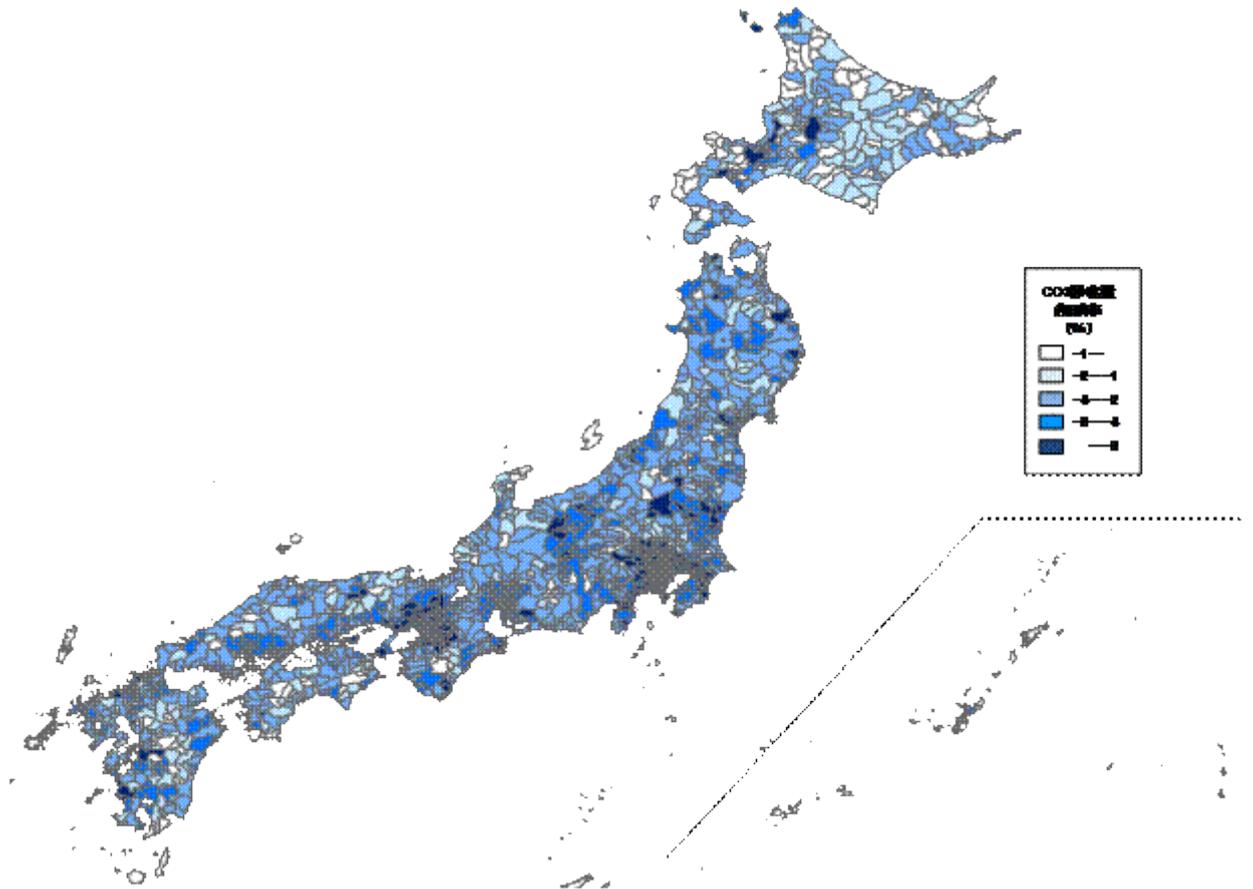


図 1 2-11 リニア新幹線整備によるCO2 排出量の変化率 (%)

1 2 - 4 経済モデル、交通モデル（全国版）による推計：市町村別 CO2 排出削減ポテンシャルの計測 (1) 概要

本節では、交通モデル（全国版）を用いて、ガソリン税導入を想定して道路利用の交通費用を全国一律に増加させた場合の地域別の影響を試算する。

また、政策的な観点からは、この結果をもとに、地域別の運輸部門 CO2 削減割当てを検討する際の一つの考え方を提示する。削減割当てに関しては、確立された方法はなく、様々な可能性が考えられるが、ここでは、国全体の削減目標を最も効率的に達成するような削減割当てについて検討を行う。また、実際に得られた分析結果に基づいて、地域特性に応じてどのような特徴が見られるかを議論する。

(2) 分析の背景

わが国全体の CO2 排出削減目標に関しては、具体的にどの主体がどれだけの削減責任を負うべきかは明確にされていない。地方自治体単位で立案、実施される削減計画は、必ずしも国全体の削減目標との整合性は確保されておらず、わが国全体としての目標達成のためには、地域別の削減目標に関して目安となる数値、すなわち「削減割当て」を設ける必要があると考えられる²⁵。

地域別の削減割当ての実施に際して、最も困難となることの 하나가、実際に各地域に割り当てる削減量の決定方法である。例えば、最も単純には、全ての地域に一律の削減率を割当てとして課すことが考えられる。しかし、この場合には、それまで削減努力をしてきた地域にとってはさらに追加的な削減の負担は重くなり、一方で削減の余地が依然大きい地域にとっては比較的容易に目標が達成できるなど、地域の負担感に差が生じる可能性がある。

人口 1 人当たりの排出量をもとに、例えばこの値を全国一律にすることを目指すなどの案も考えられる。次ページの図は、都市規模別の 1 人当たり CO2 排出量（旅客自動車由来）を示しており、地方部と都心部では 1 人当たり CO2 排出量に 2 倍以上の開きがあることが分かる。このことから、地方部の方が、削減ポテンシャルが大きいのではないかとも思われるが、一方で地方部では代替交通手段が未熟であり、追加的な排出削減はむしろ都心部よりも困難である可能性もある。削減割当ての決定に際しては、現状の排出量の多さだけでなく、排出削減の可能性や負担の程度とのバランスにも配慮すべきだろう。

国全体の目標達成の実効力を高めるためには削減割当てを設定することの意義は大きく、このような困難を克服し、そのための妥当な方法論を確立する必要がある。

²⁵ 海外では、部門別の削減目標を明記した英国の炭素削減計画（Carbon Budget）や、都市圏別の削減割当てを明記した米国カリフォルニア州の SB375（気候保護法）等の事例がある。

(3) 分析の考え方

前述の全地域一律の削減率により生じる地域の負担感の差は、経済学的には、限界排出削減費用（追加的な1単位のCO₂排出削減に要する費用）が地域によって異なることによる。また、この場合には、国全体として同じ削減量を達成するのに、より効率的に（＝少ない費用で）行う方法が存在する。（限界排出削減費用に地域差がある場合、追加的な排出削減は、より限界排出削減費用の小さい地域で行う方が効率的である）

本分析では、国全体の削減目標を最も効率的な方法で達成するような、すなわち全ての地域の限界排出削減費用を一定にするような削減割当てを検討する。ただし、ここで問題となるのが、運輸部門のCO₂削減のための対策・施策は、交通インフラ整備から都市構造の集約化まで多種多様であり、それらの可能性を全て考慮した排出削減費用を扱うのが事実上不可能なことである。

そこで、ここでは交通インフラや都市構造は現状のまま変わらないものとして、自動車利用の交通費用（一般化費用）を増加させた場合に、自動車の交通需要の減少に伴う機会費用を排出削減費用として定義し、限界排出削減費用を一定にする削減割当てを考える。単位排出量当たりの自動車利用の交通費用を一律に増加させた場合²⁶、各主体は自らの限界排出削減費用が新たな自動車利用の価格（単位排出量当たり）と等しくなるまで自動車利用を減少させる。このとき、必然的に全ての主体の限界排出削減費用は等しくなり、また国全体のCO₂排出削減費用が最小化されている（交通費用の増加分はいわゆるピグー税に相当する）。したがって、このときの国全体のCO₂排出削減率がx%だとすると、x%のCO₂排出削減のためには、いま各主体が削減した分だけ、それぞれ排出量を減らすことが最も効率的だと言える。これを地域別に集計した際の各地域の削減量を、国レベルでx%削減を達成するための地域別割当てと考える。

例として、AとBの2主体からなる社会を考える。下図は、各主体の（自動車からの）CO₂排出による限界便益曲線を示している。主体Aに着目すると、現状の自動車利用の価格pのもとでは、O_ABに相当するCO₂を排出している。交通費用が増加した際、新たな価格p'のもとでは、O_AA'までCO₂排出を減少させる。このときの減少幅ABが主体AのCO₂削減量であり、その削減費用は、これにより失われた便益、すなわち四角形ABCDである。同様に主体Bの削減量はEFとなり、したがって、AB+EFが社会全体の削減量となる。上記の議論は、社会全体の削減目標がAB+EFであるとき、主体AとBの削減割当てを、それぞれAB、EFとすべきだと考えていることになる。

²⁶ 具体的な手段としてはガソリンへの課税等が考えられる。

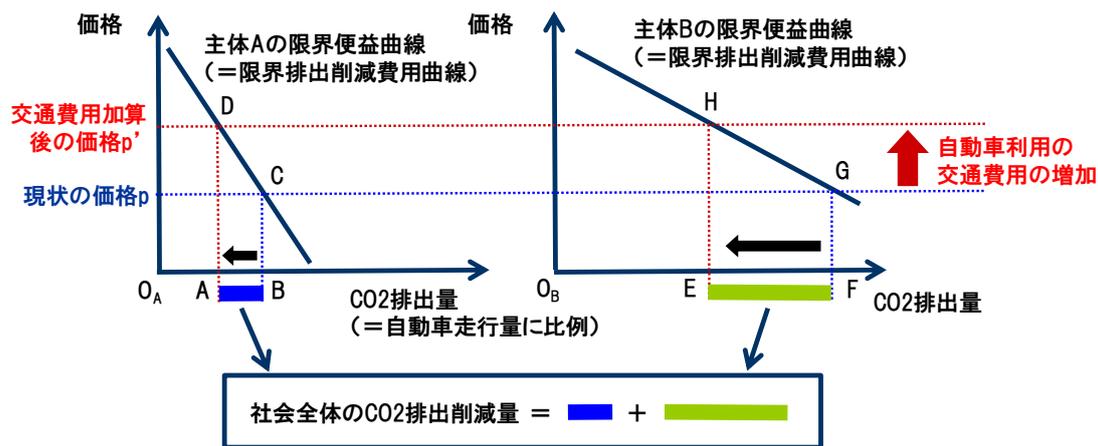


図 12-12 交通費用加算時の CO2 排出削減

限界便益曲線（＝限界排出削減費用曲線）は主体ごとに異なり、CO2 排出削減のしやすさの違いを表している。曲線の傾きが急であるほど、1 単位の排出削減に要する費用が大きいのことを意味する。例えば、公共交通など他の交通手段への転換が比較的しやすい場合や、目的地選択の候補が多くより近距離の移動への切り替えが可能な場合には、追加的な排出削減は比較的容易であり、曲線の傾きは緩くなる。一般に個々の限界便益曲線を知ることにはできないが、この考え方の利点は、削減割当ての検討者（政府等）が、それらを知らなくても、個々人が主体的に行動した結果、上記の効率的な削減が達成できる点にある。

本分析では、この考え方を応用して、交通モデルにおいて自動車利用の交通費用を一律に加算した際の各地域の CO2 排出削減量を求め、その値をこのときの全国の総排出削減量を達成するための地域別割当てとする考え方を提示する。イメージとしては下図のように、交通費用加算により地域別の CO2 排出削減量が求まる。限界排出削減費用は地域によって異なるため、結果として得られる削減量も地域別に異なるが、これを地域別の削減割当てとする考え方である。（なお、全国の総排出削減量はモデル実行の結果判明するため、所与の削減目標のための削減割当ての検討は、探索的に行うしかない）

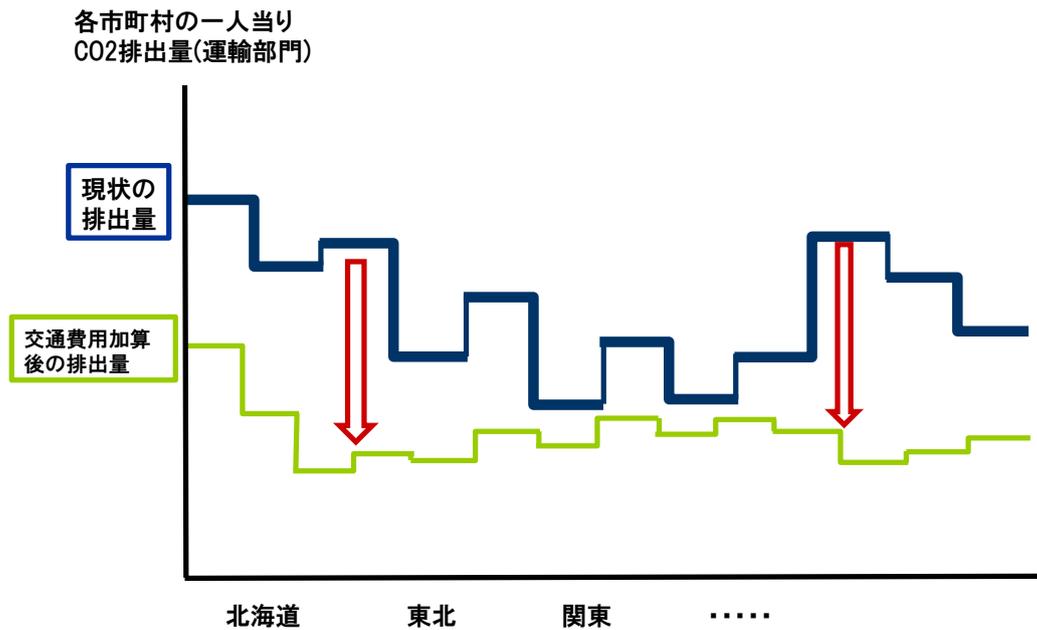


図 1 2-13 交通費用加算時の地域別の CO2 排出削減量のイメージ

(4) 分析方法

1) 削減費用最小化の条件

本分析では、国全体の削減目標を達成しなければならない場合に、地域別で削減費用を最小化する CO2 削減量 (=削減ポテンシャル、削減量割当て) を試算した。このような削減費用最小化の条件は、以下の通りである。

$A_i(y_i)$ を CO2 削減費用関数とすると、社会全体の削減目標 \bar{Y} を達成するための費用最小化問題は以下のように定式化できる。

$$\min \sum_{i=1}^n (A_i(y_i)) \quad \text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^n y_i = \bar{Y}$$

i : ゾーンを表すラベル

この問題のラグランジュアンは以下の通りである。

$$L = \min \sum_{i=1}^n (A_i(y_i)) + \lambda \left[\sum_{i=1}^n y_i - \bar{Y} \right]$$

一階の条件より

$$MAC_i(y_i) = \lambda, \forall i$$

MAC_i : ゾーン i の限界削減費用

つまり、社会全体の CO2 削減費用を最小化するためには、すべてのゾーンでの限界削減費用が等しくならなければならない。

今、 $A_i(y_i)$ が観察できない場合、

$$\lambda = 1,500 \text{円/L}$$

と設定したときの社会全体の CO2 削減目標 \bar{Y} を交通モデルより得ることができる。今、 $\lambda = 1,500$ 円/L は CO2 削減費用関数 $A_i(y_i)$ を最小化する限界削減費用であるから、 \bar{Y} はガソリン税 1,500 円/L を導入した場合の CO2 削減可能量であり、そこから求められる y_i は、 \bar{Y} を費用最小で達成する地域ごとの最適 CO2 削減量となる。

2) モデルの設定

1,500 円/L のガソリン税導入による交通費用の増加を想定し推計を行う。全ての自動車利用の交通費用を単位距離当たり一律に増加させて、交通モデルを実行し、全国および各地域の CO2 削減量を計測する。

自動車の燃費を 10km/L と仮定すると、1,500 円/L のガソリン税は走行距離 1km 当たり 150 円の交通費用に相当し、ガソリン価格では現状の約 11 倍程度となる。

そこで、全国一律に走行距離 1km 当たり 150 円相当の交通費用が加算されるものとして、自動車利用の交通費用を更新して、モデルを実行する（以下、この設定条件を「交通費用加算」という）。

モデル上は、各 OD の道路利用の一般化費用を、交通費用加算を考慮した値に更新する（時間価値を 3,000 円/時として時間に換算）。道路利用の一般化費用は車種（乗用車、小型貨物、普通貨物）で共通とする。

$$t'_{ij} = t_{ij} + t^c_{ij}$$

t'_{ij} : 交通費用加算を考慮した道路利用の一般化費用（時間）

t_{ij} : 道路利用の一般化費用（現況）

t^c_{ij} : ij 間の交通費用加算分（時間）

なお、地域別の CO2 排出量は、ゾーン間の CO2 排出量を発トリップベースで集計する。すなわち、トリップの CO2 排出は全て出発地のゾーンに帰着するものとする。ゾーン間の CO2 排出量（旅客は

目的別、貨物は車種別) は、下式により推計する²⁷。

$$CO2_{ij} = d_{ij} \cdot l_{ij} \cdot f(v_{ij})$$

$CO2_{ij}$: ゾーン ij 間の CO2 排出量

d_{ij} : ゾーン ij 間の台トリップ

l_{ij} : ゾーン ij 間の距離

v_{ij} : ゾーン ij 間の速度 (距離を所要時間で割ることで算出)

$f(v_{ij})$: ゾーン ij 間の速度別 CO2 排出係数 (車種別に設定)

(5) 推計結果:CO2 排出量

1) 運輸関連指標の変化

旅客については、ガソリン税の導入の結果、鉄道等への交通手段の転換が起こり、自動車分担率は減少している。また、自動車分担率の低下と OD の変化に伴い乗用車走行台キロは減少、また平均旅行速度は上昇しているこれにより、乗用車 CO2 は減少する。

一方、貨物については、普通貨物車の燃費が小型貨物の燃費の 2 倍であることから、ガソリン税導入による影響は普通貨物で特に大きく、走行台キロが大きく減少している。

貨物については、走行台キロが大きく減少しているにもかかわらず、旅行速度も低下している。これは、普通貨物では長距離トリップの占める割合が高いことに起因する。長距離トリップは短距離と比較して走行速度が高いことから、普通貨物が大きく減少すると、走行速度の高いトリップが減少し、結果として旅行速度の低下につながっている。

また、普通貨物は小型貨物と比較して CO2 排出原単位が大きい。そのため、貨物においては走行台キロの減少率より自動車 CO2 の減少率が大きくなっていると考えられる。

²⁷ ゾーン間の距離と所要時間は、土地利用・交通モデル(全国版)で構築した道路ネットワークでの交通量配分結果に基づく。

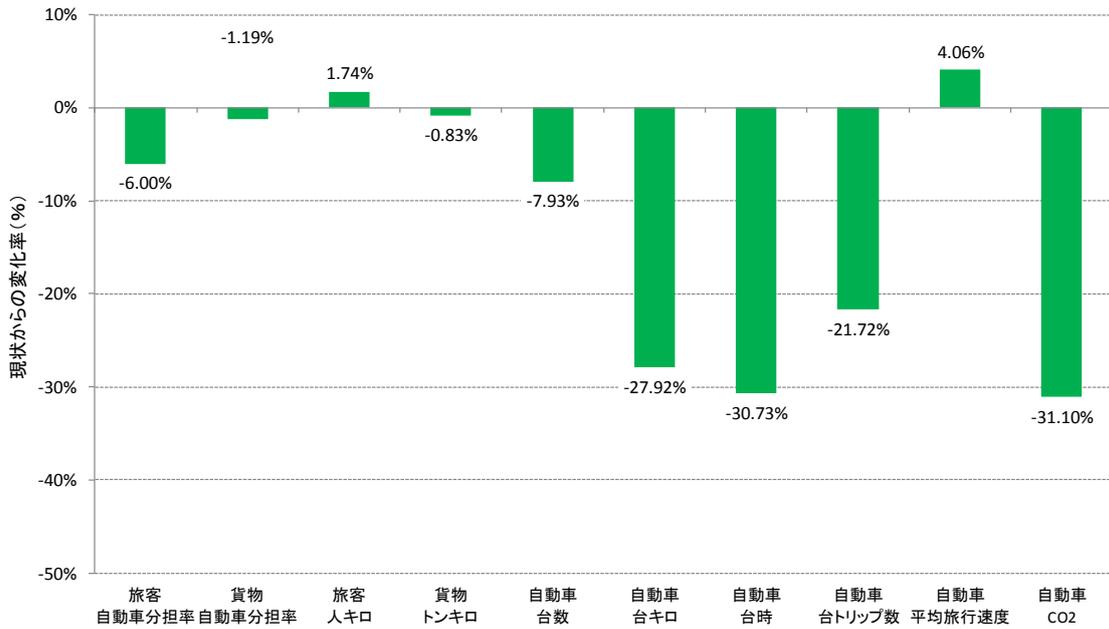


図 12-14 ガソリン税導入による運輸関連指標の変化

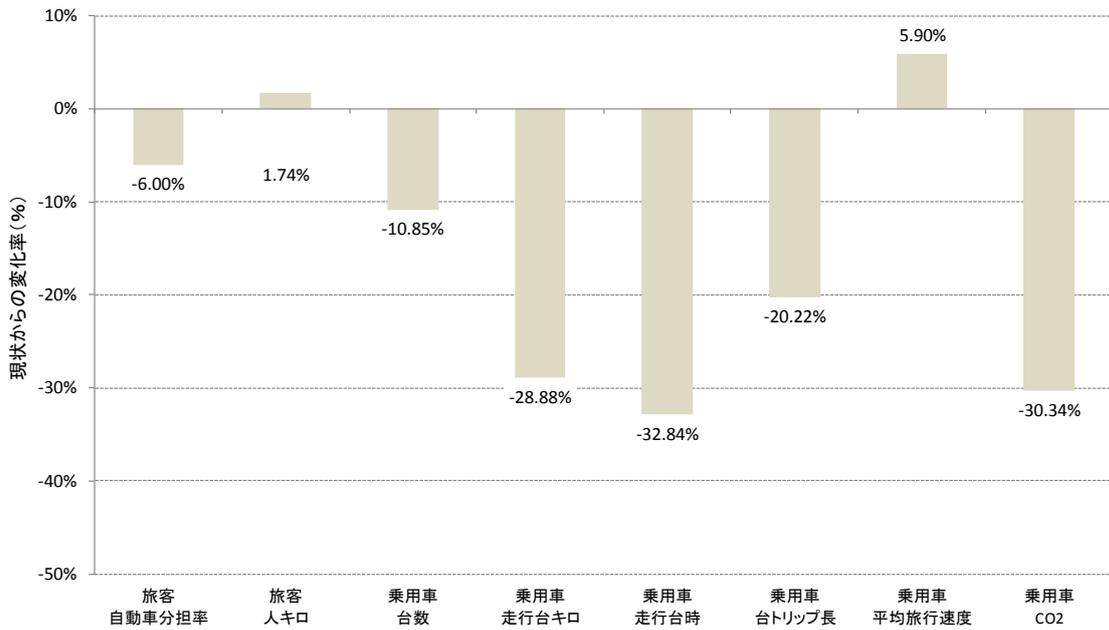


図 12-15 ガソリン税導入による運輸関連指標の変化（旅客）

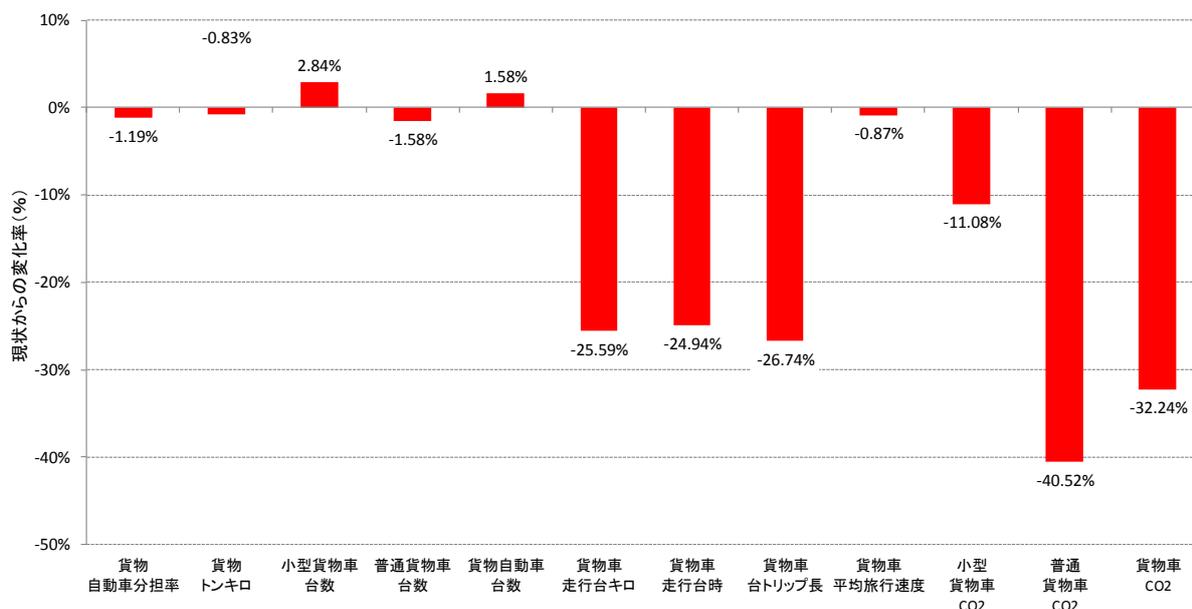


図 1 2-16 ガソリン税導入による運輸関連指標の変化（貨物）

2) 全国のCO2 排出削減

ガソリン税の導入により、現況と比較し、自動車からの自動車CO2排出量は全車種合計で約31.1%減少する（日本全体のCO2排出総量では約5.35%削減）。そのうち、乗用車は-30.3%、貨物では小型貨物-11.1%、普通貨物-40.8%となり、貨物では普通貨物の影響が大きい。これは、上述の通り、普通貨物車の燃費が小型貨物の燃費の2倍であるためである。

表 1 2-4 2 現況の自動車からのCO2排出量の変化（万トン-CO2/年）

	乗用	小型貨物	普通貨物	合計
現状(Do Nothing)	120,583	22,512	57,535	200,630
現状(Do Nothing) +ガソリン税導入	83,995	20,018	34,223	138,236
with-without	-36,588	-2,494	-23,312	-62,394
with/without-1	-30.3%	-11.1%	-40.5%	-31.1%

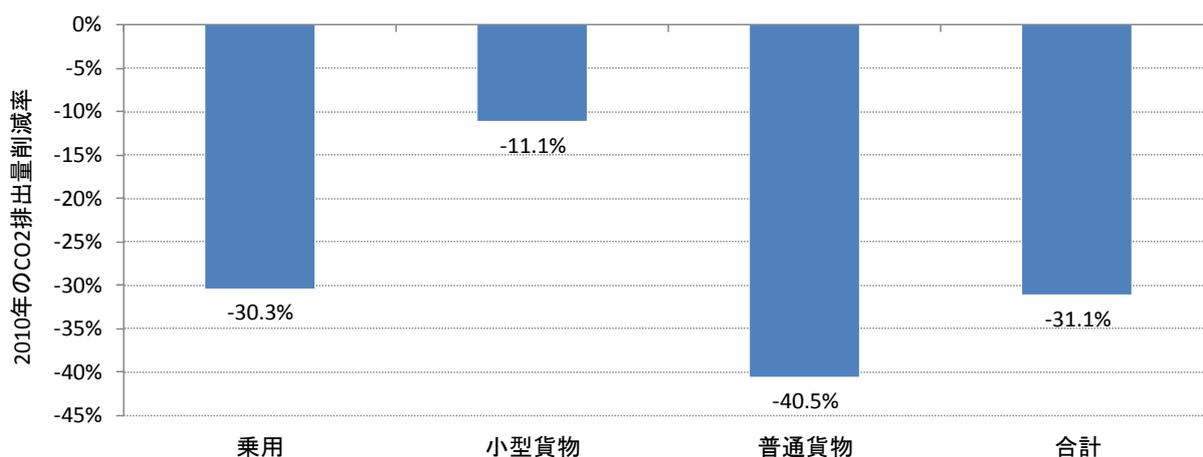


図 1 2-17 2010 年のガソリン税導入による CO2 排出量削減率

3) 市区町村別の CO2 排出削減

以下では、ガソリン税導入時の市区町村別の CO2 削減量、CO2 削減率を図示する。

まず、次の図は市区町村別の削減量を示したものである。全国の CO2 排出削減率は約 31.1%であるから、仮にこの値を全国の削減目標と想定する場合には、費用最小で削減を達成するという考え方のもとでは、下図に示される削減量が各市区町村の削減割当てとなる。

①ガソリン税導入時のゾーン別 CO2 排出削減（全車種）

i)ゾーン別 CO2 排出削減量(全車種)

CO2 削減量を見ると大都市と工業地帯沿いでの排出量が多くなっている。

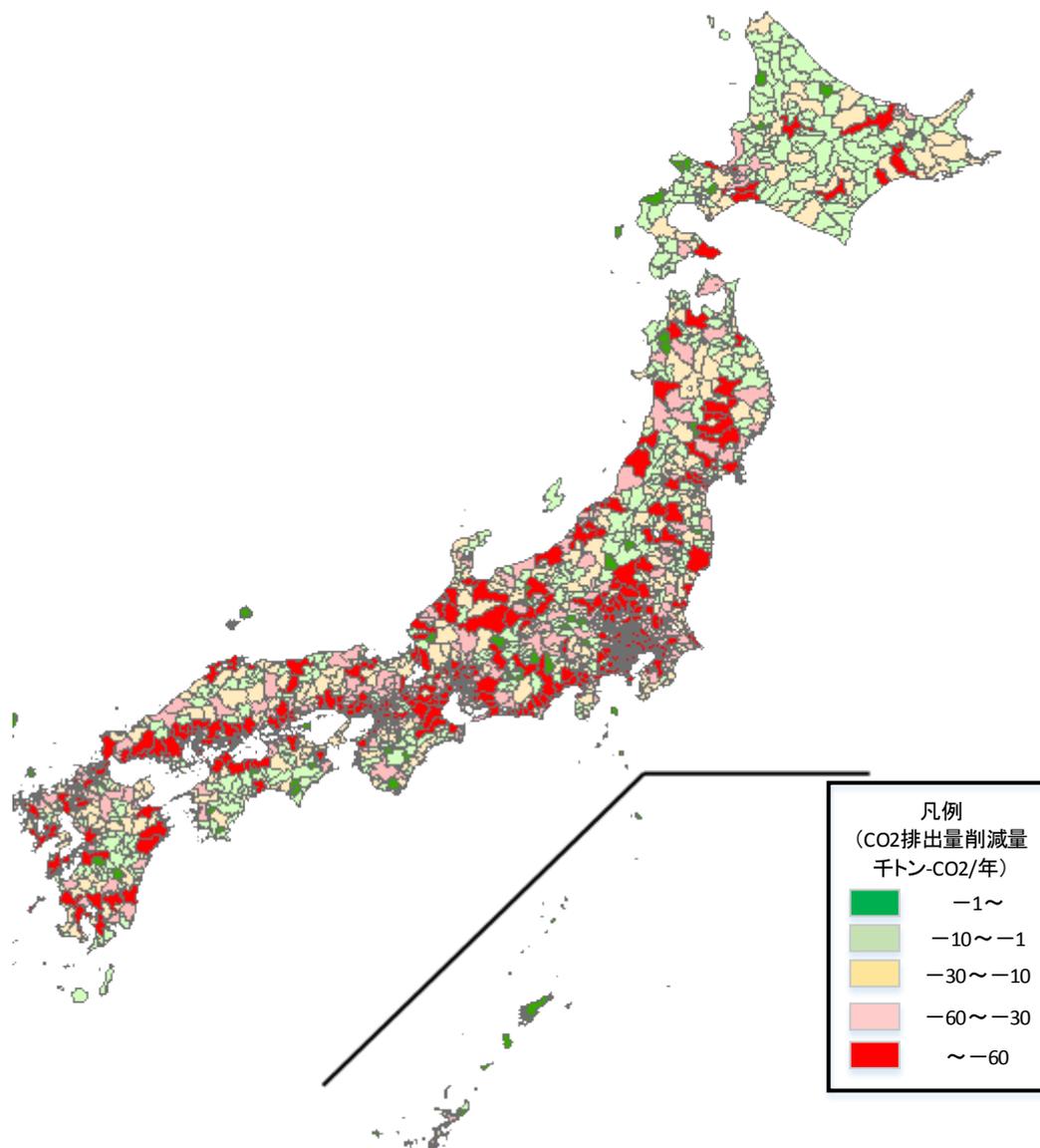


図 1 2-18 ガソリン税導入時のゾーン別 CO2 排出削減量（全車種）

ii)ゾーン別 CO2 排出削減率(全車種)

CO2 排出削減率は、大都市と人口 5 万人以下の市町村で高くなっている。

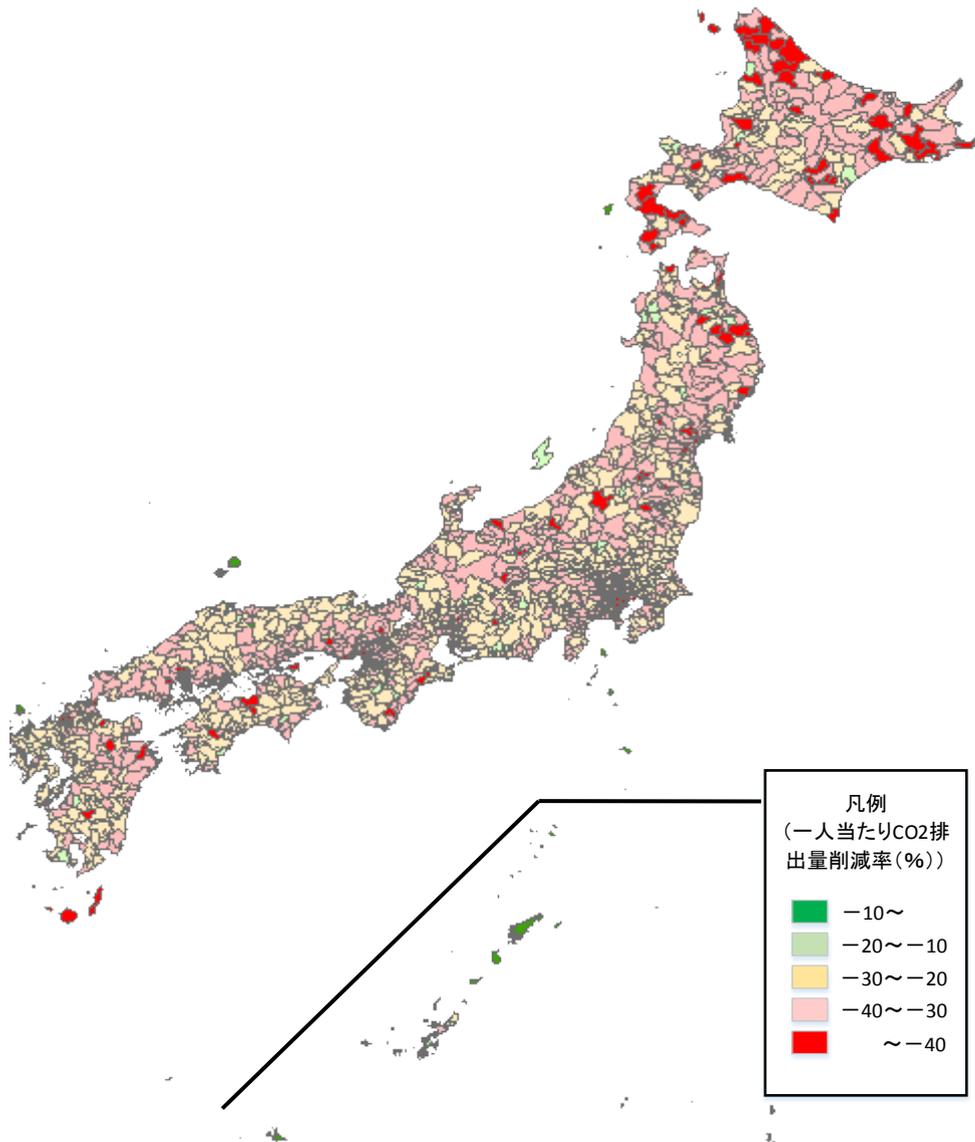


図 1 2-19 ガソリン税導入時のゾーン別 CO2 排出削減率 (全車種)

②ガソリン税導入時のゾーン別 CO2 排出削減（乗用車）

i)ゾーン別 CO2 排出削減量(乗用車)

乗用車の CO2 排出削減量は、大都市と沿岸部の都市が多い。

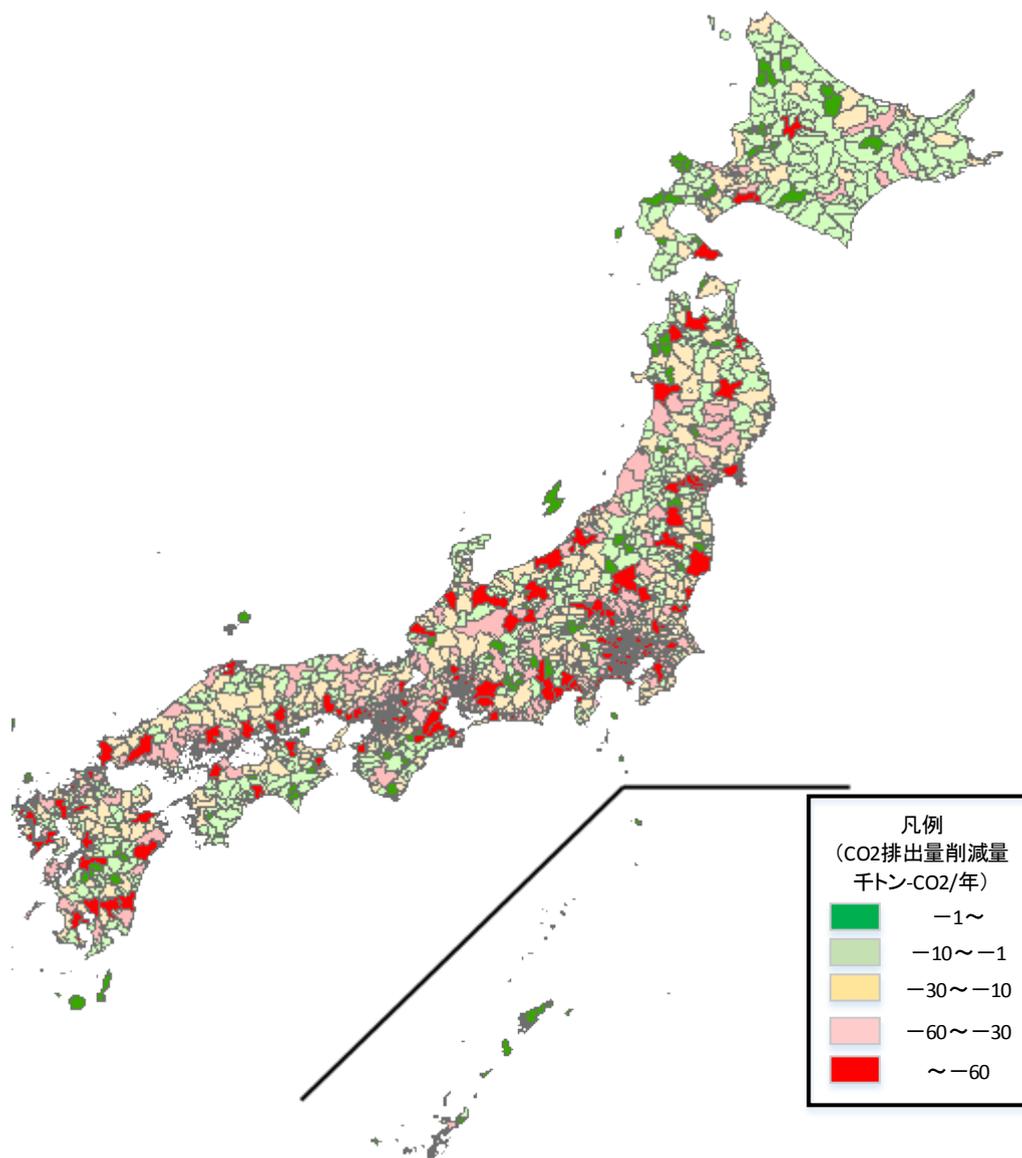


図 1 2-20 ガソリン税導入時のゾーン別 CO2 排出削減量（乗用車）

ii)ゾーン別 CO2 排出削減率(乗用車)

乗用車の CO2 削減率は、特に大都市と人口 5 万人以下の市町村で高くなっている。

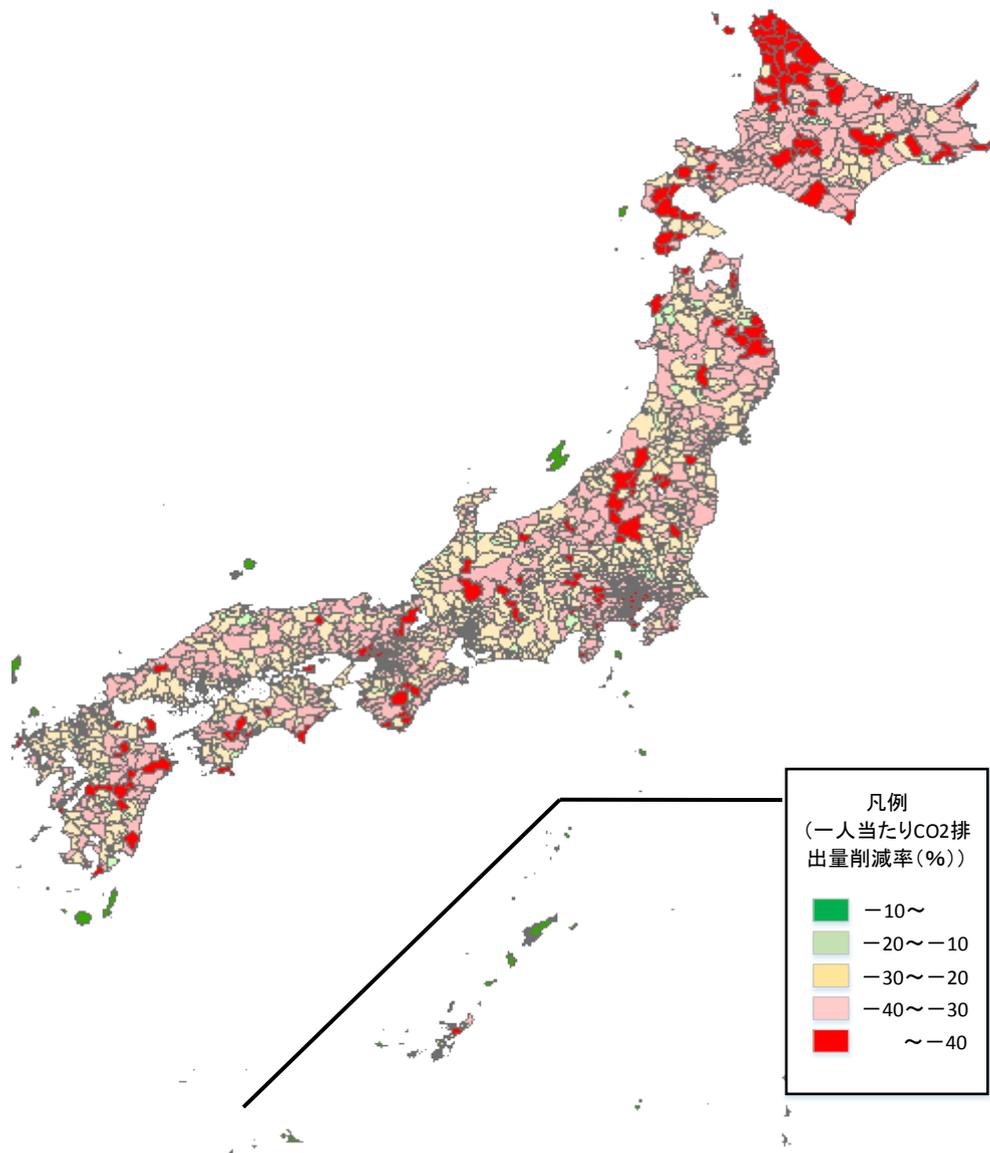


図 1 2-21 ガソリン税導入時のゾーン別 CO2 排出削減率 (乗用車)

③ガソリン税導入時のゾーン別 CO2 排出削減（小型貨物）

i)ゾーン別 CO2 排出削減量(小型貨物)

小型貨物の CO2 排出削減量については、普通貨物と比較するとガソリン税導入による CO2 排出への影響は小さい。

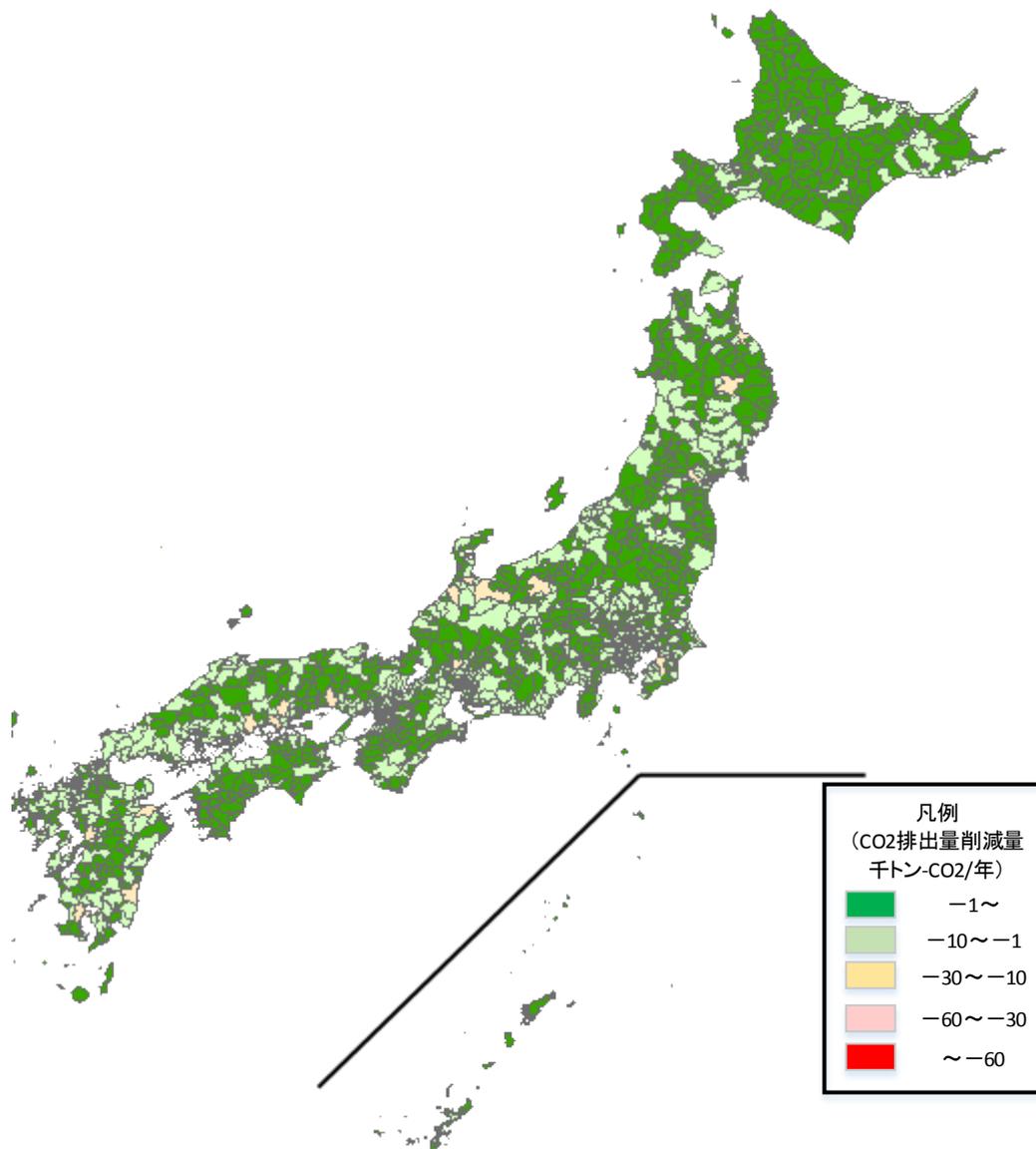


図 1 2-22 ガソリン税導入時のゾーン別 CO2 排出削減量（小型貨物）

ii) ガソリン税導入時のゾーン別 CO2 排出削減率(小型貨物)

小型貨物の CO2 排出削減率は、一部大都市を除き、地方圏の人口 5 万人以下のゾーンで高くなっている。

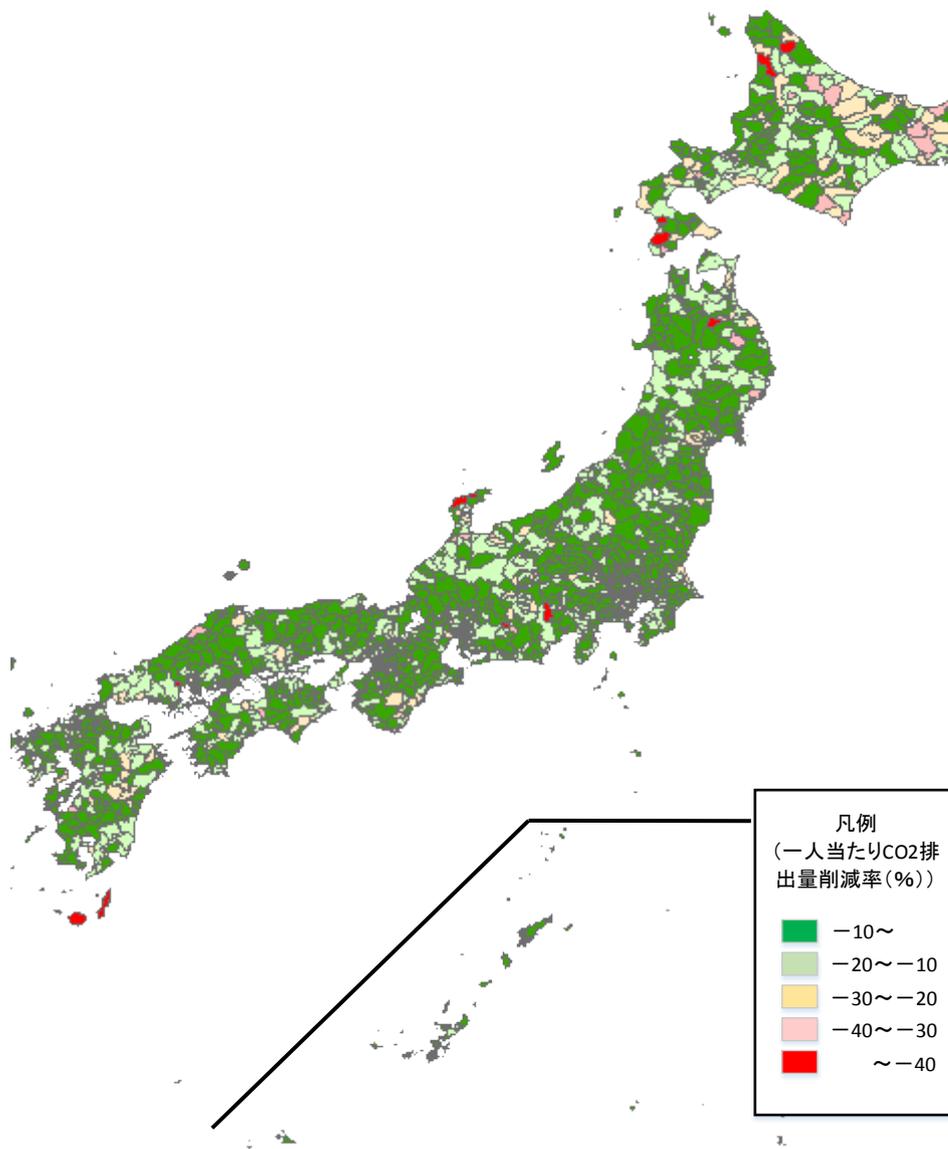


図 1 2-23 ガソリン税導入時のゾーン別 CO2 排出削減率 (小型貨物)

④ガソリン税導入時のゾーン別 CO2 排出削減（普通貨物）

i)ゾーン別 CO2 排出削減量（普通貨物）

普通貨物の CO2 排出削減量は、工業地帯沿いの都市での削減量が大きい。

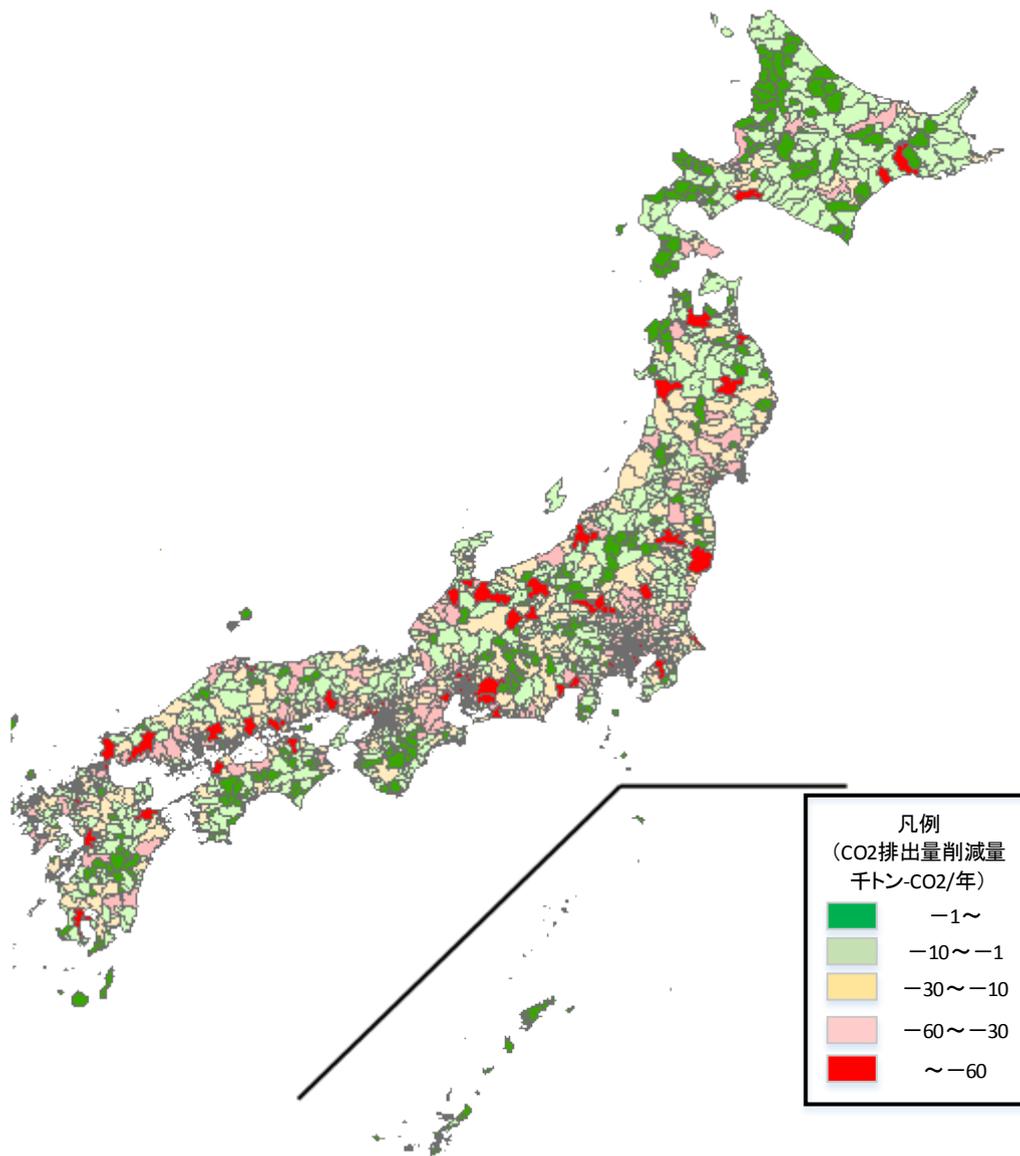


図 1 2-24 ガソリン税導入時のゾーン別 CO2 排出削減量（普通貨物）

ii)ゾーン別 CO2 排出削減率(普通貨物)

普通貨物ではガソリン税導入による影響が大きいため、CO2 削減率が高いゾーンが全国的に多い。

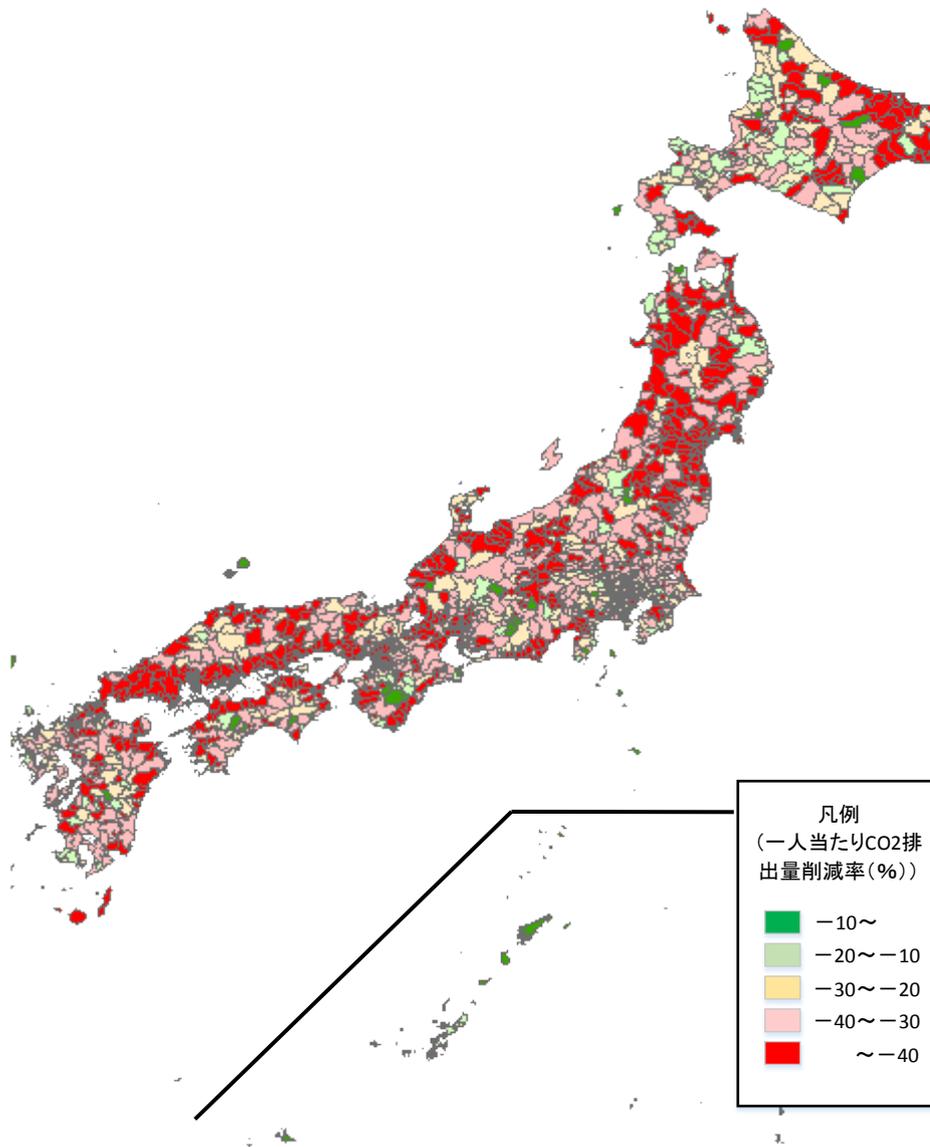


図 1 2-25 ガソリン税導入時のゾーン別 CO2 排出削減率 (普通貨物)

⑤CO2 排出削減率とゾーン別人口

上記の地図上で示したガソリン税導入によるCO2排出量への影響と市町村の人口規模の関連を見るため、CO2排出削減率とゾーン別人口を以下のグラフで示した。