

# 地方公共団体の地球温暖化対策の検討における 土地利用・交通モデルの活用について

中村 真紀<sup>1</sup>・加藤 聖<sup>2</sup>

<sup>1</sup>環境省総合環境政策局環境計画課（〒100-8975 東京都千代田区霞が関 1-2-2）

E-mail: MAKI2\_NAKAMURA@env.go.jp

<sup>2</sup>環境省地球環境局総務課低炭素社会推進室（同上）

E-mail: SEI\_KATO@env.go.jp

環境省では、地球温暖化対策の推進に関する法に基づく地方公共団体実行計画等、地域における地球温暖化対策の立案過程において、土地利用・交通モデルを活用した対策効果の把握を進めていくことを検討している。今回、同モデルを全国版と狭域版の2種類から構成される形で準備し、全国版では日本全国の交通を対象、狭域版では特定範囲（主に地方公共団体）の交通を対象として、土地利用や交通行動に影響を及ぼす施策により、人口分布や自動車交通量がどのように変化するかを推計した。これらの検討の概要及び関連する政策動向を報告する。

**Key Words:** Land Use Transport Interaction Model, Low Carbon City

## 1. はじめに<sup>[1]</sup>

「公共交通機関を中心とした、歩いて暮らせるまちづくり」によって自動車交通量及びそれに伴う二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量を削減するという都市構造対策は、運輸部門の地球温暖化対策の主要な方策の一つとして、京都議定書目標達成計画<sup>1)</sup>で大きく取り上げられた。しかし、それに対応する対策目標や対策メニューは他の政策分野に比べると抽象的で、計画の中でも、実際の政策場面においても、必ずしも十分具体化されてきたとは言えない。その一因は、どのような対策・施策を進めればどれだけCO<sub>2</sub>が削減されるのか、定量的に把握する手法が確立されていないことにあると考えられる。正味のCO<sub>2</sub>削減量を推計するためには、土地利用と交通の相互作用を考慮することや、全国の交通ネットワークを対象とすることが必要となり、これらが手法構築を難しくしている。しかし、中長期的な大幅削減を実現するためには、具体的な土地利用・交通施策の担い手たる地方公共団体の行動を促進することが重要であり、地方公共団体が主体的に対策を検討するためのツールの構築が急がれる。このような背景から、政府においては、土地利用・交通モデルを地球温暖化対策の検討に取り入れようとする試みが始まった。そこで本稿では、政府や地方公共団体の地球温暖化対策における都市構造対策の位置づけと、その具体化を図るツールとしての土地利用・交通モデルの活用状況について報告する。

## 2. 地球温暖化対策における都市構造対策の位置づけと現況

### (1) 京都議定書目標達成計画

政府の地球温暖化対策のための行動計画に当たる京都議定書目標達成計画<sup>1)</sup>においては、エネルギー起源二酸化炭素の削減の基本的考え方として「我が国のエネルギー需給構造そのものを省CO<sub>2</sub>型に変えていく」「低炭素型の都市や交通システムをデザインすること等を通じて、省CO<sub>2</sub>効果の最大化を図る」ことをうたっている。そして、それを実現するための対策として、「様々な都市機能が集約し、公共交通が中心となる集約型都市構造の実現に向け、大規模集客施設等の都市機能の適正な立地を確保し、中心市街地の整備・活性化による都市機能の集積を促進するとともに、都市・地域総合交通戦略を推進する。また、公共交通機関の利用促進等を面的に実施するため、CO<sub>2</sub>削減シミュレーションを通じた実効的な二酸化炭素削減計画の策定を支援する。」「交通システムの効率化等を図るため、集約型都市構造の実現とあわせて、交通流円滑化対策、交通需要マネジメント、信号機等の交通安全施設の整備、公共交通機関の利用促進等総合的な対策を実施する。」としている。しかし、これに対応する対策評価指標や排出削減見込量は限定的であり、公共交通機関の輸送人員の増加や局所的な交通流対策（高速道路交通システム（ITS）の普及や路上工事の縮減等）の効果は積上げられているものの、都市機能の集約化のような

土地利用施策の効果は定量的には把握されていない。低炭素型の都市構造を実現することによって、自動車交通量を削減するという目標に対し、国全体として土地利用をどこでどのように変えていくのか、どのような公共交通をどこでどれだけ整備していくのか、具体的な目標を定めるには至っていないのが現状である。

## (2) 平成 20 年改正地球温暖化対策推進法

一方、京都議定書目標達成計画を踏まえて、平成 20 年 6 月に改正された地球温暖化対策の推進に関する法律(平成 10 年法律第 117 号)では、都道府県並びに指定都市、中核市及び特例市の地方公共団体について、地方公共団体実行計画(以下、「実行計画」という。)において、区域の自然的社会的条件に応じた温室効果ガス排出抑制に関する目標及び目標を達成するための施策について定めることを規定した(第 20 条の 3 第 3 項)。また、実行計画の義務的記載事項の一つとして「公共交通機関の利用者の利便の増進、都市における緑地の保全及び緑化の推進その他の温室効果ガスの排出抑制等に資する地域環境の整備及び改善」を挙げ、地方公共団体に期待される対策・施策として、集約型・低炭素型の都市構造の実現等、まちづくりの一環として土地利用・交通分野で実施される取組を掲げた。

しかしながら、現時点では、地方公共団体が具体性のある政策目標を定めていくための手法は、十分確立されたものとは言えない。環境省では、実行計画策定のためのマニュアル<sup>2)</sup>を策定しているが、当該分野の目標設定に関するマニュアルの記載は、抽象的な将来推計の方法と、将来推計の結果を基にした目標設定の大まかな考え方を示している程度である。また、目標を達成するための施策についての記載も、参考データの提示にとどまっている。例えば、乗用車の CO<sub>2</sub> 排出量の将来推計については、地方公共団体の世帯数の将来推計値と、将来の世帯当たり自動車保有台数の推計値(過去の傾向から外挿)とを用いて求めた自動車保有台数をベースに推計する方法を提示している。また、施策についての参考情報として、市街化区域人口密度が低い都市は自動車の一人当たり CO<sub>2</sub> 排出量が多くなる傾向があることや、郊外部への道路延伸、大規模集客施設等の立地が CO<sub>2</sub> 排出量を増加させる傾向があることを示すデータを掲載している。しかし、これらの内容ではあくまで考え方や傾向を示しているのみであり、個別の対策・施策による具体的な CO<sub>2</sub> 削減量との関係は曖昧である。効果の推計手法が不明瞭であれば、実際に実施すべき効果的な対策・施策の選定の基準も曖昧なものとなる。このため、土地利用・交通分野における対策・施策の CO<sub>2</sub> 削減効果の推計手法を早期に確立する必要がある。

## (3) 2013 年以降の対策・施策の検討

こうした中で、2008 年から京都議定書目標達成計画は実現に向けて動き出したが、一方で、同計画の計画期間後(2013 年以降)の地球温暖化対策についても、検討が始まった。

2007 年、国立環境研究所は 2050 年の日本において、CO<sub>2</sub> 排出量を 1990 年比で 70%削減することの実現可能性をバックキャストの手法で検討した試算<sup>3)</sup>を発表した(2008 年 6 月改訂)。同試算では、運輸旅客部門では、公共交通機関へのモーダルシフト、コンパクトシティ化、電気自動車・燃料電池自動車等の普及といったエネルギー効率改善(単体対策)を進めることで 80%、運輸貨物部門では、輸送システムの効率化、輸送機器のエネルギー効率改善を進めることで 50%のエネルギー需要が削減できるとしている。こうした試算結果等を参考に、環境省は中長期の定量的な目標設定の検討を開始し、2010 年 3 月に公表された「地球温暖化対策に係る中長期ロードマップの提案～環境大臣小沢鋭仁試案～」<sup>4)</sup>では、「旅客一人当たり自動車年間走行量を 2020 年に 1 割削減、2050 年に 3～4 割削減」、「2020 年の公共交通分担率を現状の約 2 倍」という目標を設定した。そこで、どのような対策・施策によってどれだけ自動車走行量が削減されるのか、交通需要予測の手法を用いて明らかにしようとする試みが 2010 年から開始された。これが、本稿で報告する土地利用・交通モデルの検討である。

2011 年 7 月には、2013 年以降の中長期的な低炭素社会構築に向けて、具体的な対策とそれを後押しする施策をいかに総合的・計画的に進めていくかについての検討を行うため、環境大臣の諮問機関である中央環境審議会地球環境部会の下に「2013 年以降の対策・施策に関する検討小委員会」が設置された。さらに、同小委員会の検討に資するため、分野別に 8 つの WG(ワーキンググループ)が設けられ、その一つである地域づくり WG の下に設置された土地利用・交通 SWG(サブワーキンググループ)が、土地利用・交通モデルを用いた中長期的な地球温暖化対策の検討を担当することとなった。<sup>5)</sup>

## 3. 土地利用・交通モデルの検討の概要

今回の検討では、家計や企業、地主の立地行動をモデル化した土地利用モデルと、交通量発生・目的地選択・交通手段選択・経路選択の四段階で交通行動をモデル化した交通モデルを組み合わせた土地利用・交通モデルを構築した。このモデルの最大の特長は、土地利用分野と交通分野の多種多様な施策を、同じ枠組みの中で統一的・横断的に評価することが可能なことである。最終的な出力として、自動車走行量およびこれに伴う CO<sub>2</sub> 排出

量の変化を予測することで、対策・施策の実施による自動車由来 CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果を定量的に示すことができる。

また、土地利用・交通モデルは、全国版及び狭域版の2つのモデルから成る構成とした（以下、それぞれ「全国版モデル」「狭域版モデル」という。）。前者は全国的な施策の展開による削減効果の把握を念頭においており、一方後者は、地方公共団体の実行計画策定への応用も想定しつつ、地域における施策の効果を推計するものとなっている。この両モデルを構築することの一つの意義は、全国の土地利用、交通の変化と、ある都市圏（狭域版モデルが対象とする都市圏）の土地利用、交通の変化を整合的に推計することができる点にある。

なお、土地利用・交通モデルの定式化については、環境省が公表している業務報告書<sup>6)</sup>を参照されたい。

### (1) 全国版モデルと狭域版モデルの関係

全国版モデルと狭域版モデルの関係は図-1 のとおりである。概念的には、全国版モデルから出力される居住地選択の結果が狭域版モデルで対象とする都市の人口として設定され、狭域版モデルで推計した土地利用・交通関連施策の効果、つまり利便性の変化が全国的な居住地選択にフィードバックされる。

幹線道路及び鉄道等の都市間の交通、道路の混雑の状況変化は全国版モデルで分析する。一方狭域版モデルは、基本的にはある地方公共団体に着目し、土地利用面では詳細なゾーン（町丁目）単位の家計及び企業の立地分布を予測するとともに、交通面では都市内交通と都市間交通のアクセス・イグレスを考慮することで、より細かい交通行動を把握する。

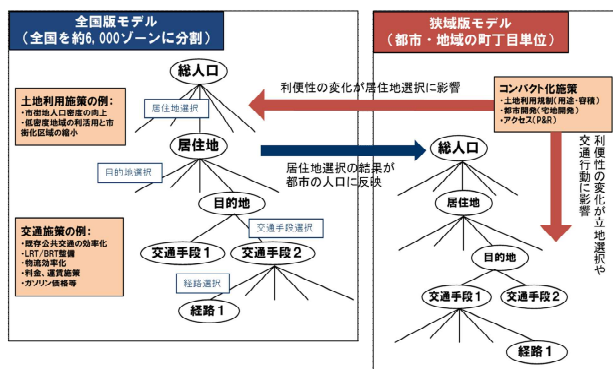


図-1 全国版モデルと狭域版モデルの関係

全国版モデルと狭域版モデルは、同じ土地利用・交通モデルであるが、それぞれの用途（分析対象）に応じてモデル化を行っているため、多少構造が異なっている。表-1は、それぞれのモデルの特徴を整理したものである。先述

の点に加え、全国版モデルでは貨物交通も対象としていること、狭域版モデルでは交通手段選択で徒歩・二輪等を考慮することや立地主体の属性分類を設けていることが主な違いである。

表-1 全国版モデルと狭域版モデルの特徴

	全国版モデル	狭域版モデル
対象範囲	全国	都市・都市圏 (今年度は宇都宮市、甲府市、松山市、長崎市に適用)
ゾーン分割	立地 交通ともにセンサス B ゾーン (約6,700 ゾーン)	立地 交通ともに町丁目単位
立地モデル	立地均衡 (土地の需給均衡) 従業者数、人口等の分布を予測	同左
交通モデル	旅客は、目的地選択、交通手段選択の ネステッドロジック 貨物は交通手段選択を扱わない(自動車のみ考慮するため)	目的地選択、交通手段選択のネステッドロジック
旅客・貨物	旅客・貨物の両方を考慮	旅客のみ ※物流(貨物)は都市間移動が主であるため、狭域版モデルでは扱わない
平日・休日	平日・休日の両方を考慮	平日・休日の両方を考慮
交通手段	旅客→自動車、鉄道、バス、航空 貨物→自動車のみ	旅客→鉄道、バス、自動車、その他 (徒歩・二輪等)
道路ネットワーク	都道府県道以上	細街路も考慮
交通量配分	利用者均等配分 (混雑の変化を考慮)	All or Nothing (混雑の変化は考慮しない)
旅行目的	通勤・通学、業務、私事、帰宅	通勤、通学、業務、私事、帰宅
立地主体属性	属性分類無し	人口：年齢2階層 従業者：産業3分類
対象施策	全国の国土構造・交通体系に影響する 施策 (ex. 幹線道路整備、鉄道・LRT 整備、高速道路料金、鉄道運賃、立地 に関する税制等)	自治体における低炭素都市構築のための 施策 (ex. 土地利用規制、都市開発、 駅アクセス関連)

### (2) CO<sub>2</sub> 排出量の算出方法

CO<sub>2</sub> 排出量は、交通モデルから出力されるゾーン間自動車台トリップ、ゾーン間速度、ゾーン間距離と速度別の乗用車 CO<sub>2</sub> 排出係数を用いた以下の式を用いて推計した。

$$CO2_{ij} = d_{ij} \cdot l_{ij} \cdot f(v_{ij}), \quad V_{ij} = \frac{l_{ij}}{t_{ij}}$$

CO<sub>2ij</sub> : 乗用車のゾーン ij 間の CO<sub>2</sub> 排出量  
d<sub>ij</sub> : 乗用車のゾーン ij 間の自動車台トリップ  
l<sub>ij</sub> : ゾーン間 ij の距離 (道路ネットワークより作成)  
f (v<sub>ij</sub>) : ゾーン ij 間の速度別の乗用車 CO<sub>2</sub> 排出係数  
V<sub>ij</sub> : ゾーン間 ij の速度 (道路ネットワークより作成)  
t<sub>ij</sub> : ゾーン間 ij の所要時間 (道路ネットワークより作成)

### (3) 削減効果の考え方

今回の検討における土地利用・交通モデルは、2005 年のデータに基づいて構築したものであり、CO<sub>2</sub> 削減量は 2005 年の排出量をベースラインとして、削減率の形で推計していることに留意が必要である。2050 年時点の対策効果を予測するという目的に照らせば、本来、ベースラインは 2050 年時点の BAU (Business As Usual の略。今後の追加的な対策の効果を見込まず、現状趨勢で推移すると仮定した場合の排出量を指す。) とし、BAU からの削減効

果を推計する必要がある。しかし、BAUのCO<sub>2</sub>排出量を算出するための将来の鉄道、道路、航空等の交通ネットワークの状況が不確実である(将来整備計画に関する情報が限定的である)ため、図-2のとおり、2005年時点の排出量からの削減効果を削減率で推計することとした。

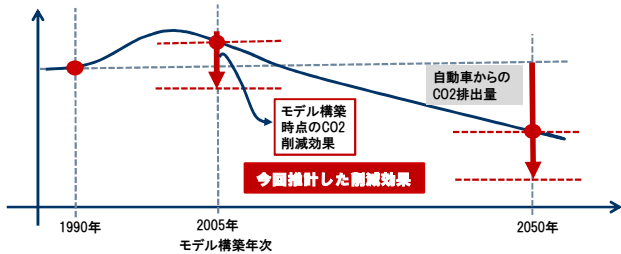


図-2 今回推計する削減効果

#### 4. 土地利用・交通モデル (全国版)

##### (1) モデルの用途・役割

全国版モデルは、我が国全体を対象範囲として土地利用変化と交通行動変化をモデル化したもので、全国的な施策(幹線道路整備、鉄道・LRT整備等)による自動車由来CO<sub>2</sub>排出量の削減率を推計することを可能とした。ゾーン分割は道路交通センサスBゾーンを基本として、全国6,693ゾーンを設定した。

全国版モデルの用途としては、我が国全体の自動車由来CO<sub>2</sub>排出量の把握とともに、全国的な施策展開によるCO<sub>2</sub>削減量の積上げへの活用を想定している。また、狭域版モデルとの連携により、究極的には、地方公共団体が策定する実行計画と我が国全体の計画を整合させることを想定している。

##### (2) モデルの要件、基本構造

上記の「モデルの用途・役割」を踏まえて、構築する全国版モデルの要件は以下の三点とした。

第一に、全国的な施策効果を把握するため、我が国全体の自動車交通を考慮することである。京都議定書においては国別に削減目標が定められているため、国際約束の履行の観点からは、全国的な削減効果の把握は不可欠である。そのため、都市間・都市内、平日・休日、旅客・貨物の移動を全て考慮し、また移動の目的や交通手段についても広く捉えることとした。

第二に、道路交通状況(混雑等)の変化を考慮することである。全国的なCO<sub>2</sub>排出量の変化を把握するためには、誘発交通等も考慮した総走行量の変化を追跡することが重要である。このため、全国の道路ネットワーク(都道府県道以上)を扱い、その中で混雑等による道路の交通状況の変化、あるいは利便性の変化、そしてそれらの

変化による正味のCO<sub>2</sub>排出量の変化を推計する。

第三に、将来のインフラ整備計画等による国土・都市構造の変化を考慮することである。全国的な土地利用の変化、すなわちインフラ整備等による人口や従業者の移動、及びそれに伴う交通条件の変化などを総合的に考慮することで、将来の自動車由来CO<sub>2</sub>排出量に与える影響を把握する。

土地利用・交通モデルの全体構造は図-3の通りである。土地利用モデルから出力される土地利用条件(人口分布や従業者分布)を交通モデルに入力し、交通モデルから自動車走行台キロ等を出力、これに基づき自動車からのCO<sub>2</sub>排出量を算出する構造である。

なお、これらのモデルは、極力汎用性を確保する観点から、国等が整備する既存統計から構築可能なものとした。

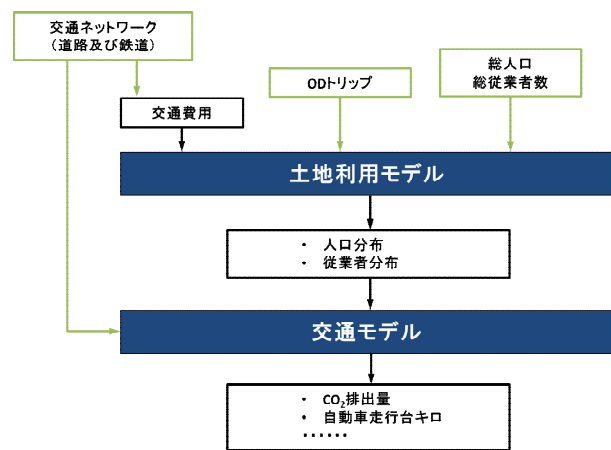


図-3 土地利用・交通モデルの全体構造

##### a) 土地利用モデルの概要

土地利用モデルは、上田(1992)<sup>8)</sup>、山崎・上田ら(2008)<sup>9)</sup>、山崎(2010)<sup>10)</sup>等による応用都市経済モデルにおける土地利用モデルと同様の枠組みであり、図-4に示すように、ミクロ経済学を基礎として、土地の需要と供給が合致する土地市場の均衡モデルとして構築した。

モデルの基本的な構造は以下のとおりである。

- 土地利用市場の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、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点が均衡状態であり、変化が生じた際には均衡状態に至るまで計算される。

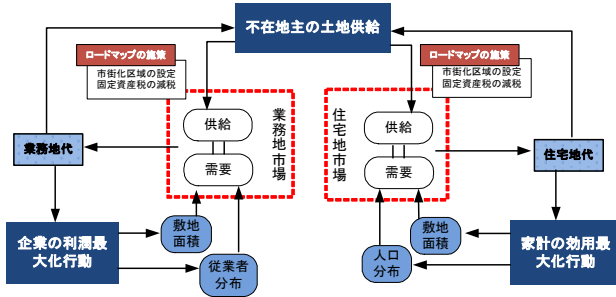


図-4 土地利用モデルの構造

b) 交通モデルの概要

交通モデルの構造は、図-5 に示すとおりである。

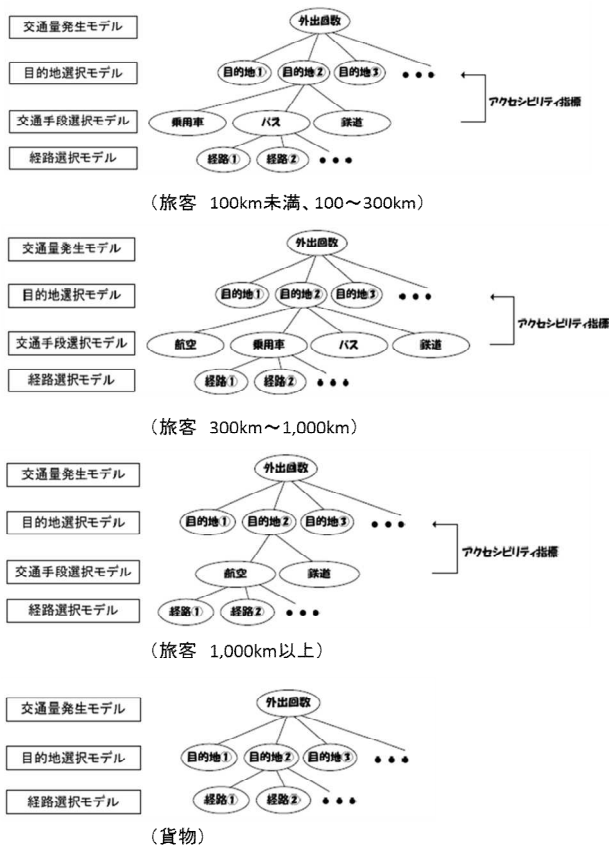


図-5 交通モデルの構造 (全国版)

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段階から成り、目的地選択、

交通手段選択にロジットモデルを用いている。各段階のモデルは、旅客・貨物別、さらに旅客の場合には距離帯別に異なる構成とした。なお、パラメータ推定の結果は、付録のとおりである。

(3) モデルの適用

全国版モデルでは、表-2 のような評価ケースを設定し、CO<sub>2</sub> 削減効果を推計した。具体的には、中長期ロードマップの提案～環境大臣小沢鋭仁試案～<sup>4)</sup>に掲げられた施策のうち、土地利用・交通モデルで評価可能なものを取り上げ、旅客交通施策 (Case1～3)、貨物自動車対策 (Case4～5)、交通のみのパッケージ施策 (Case6)、交通と土地利用のパッケージ施策 (Case7) を評価している。LRT 整備およびバス利便性向上については、それぞれ施策の強度を変えて2ケースを分析した。Case2-1 及び3-1 は前述の環境大臣試案に掲げられた対策導入量、Case2-2 及び3-2 は更なる対策強化を想定している。土地利用交通パッケージ施策の土地利用規制についても、比較的緩やかな規制と強い規制を想定し、利用可能面積の縮小について2ケースを設定した。具体的には、「50%縮小」は新規立地規制+経済的措置による中心部への誘導、「70%縮小」は新規立地規制+郊外立地のディスインセンティブ (あるいはさらに直接的に一部逆線引きによる規制) のような施策を想定している。

表-2 評価ケース一覧 (全国版)

ケース	施策	モデル上の実施内容
Case1	新幹線整備+幹線鉄道利便性向上	新幹線の整備計画路線 (北海道新幹線、北陸新幹線、九州新幹線 (長崎ルート)) が全て整備されたものとした上で、鉄道全線の利便性を向上させる。 ⇒鉄道利用の一般化費用を30%減少させる。
Case2-1 Case2-2	LRT 整備 (1,500km, 3,000km)	全国110都市 (Case2-1) 又は251都市 (Case2-2) でLRT 整備を行う。*それぞれ LRT 路線長 1,500km, 3,000km を想定 ⇒LRT 整備都市内移動の鉄道利用の一般化費用を70%減少させる。
Case3-1 Case3-2	路線バス利便性向上 (30%短縮 50%短縮)	都市内もしくは比較的近距离の都市間バスの利便性を向上させる。 ⇒100km 未満のバス利用の一般化費用を30% (Case3-1) または50% (Case3-2) 減少させる。
Case4	自家用貨物積載効率向上	自家用貨物の積載効率を、営業用貨物の積載効率との差が現状の半分まで縮まるよう引き上げる。 ⇒貨物自動車の台トリップ数を減少させる。
Case5	貨物モーダルシフト	貨物自動車のモーダルシフト率を現状の40%から50%に引き上げる。 ⇒移動距離500km以上の貨物自動車の台トリップ数を5%にする。
Case6	交通パッケージ	Case1, 2-1, 3-1, 4, 5 を実施
Case7-1 Case7-2 Case7-3	土地利用交通パッケージ1,2,3	[土地利用] 市街地のコンパクト化、駅周辺部への居住・立地の促進 ⇒鉄道駅のないゾーンの利用可能面積を50% (Case7-1) または70% (Case7-2, 7-3) 縮小し、かつ鉄道駅のあるゾーンで固定資産税を免除する。 [交通] Case7-1, 7-2 ではCase1, 2-1, 3-1, 4, 5 を実施 Case7-3 ではCase1, 2-2, 3-2, 4, 5 を実施

適用結果の概要は、図-6 のとおりとなった。

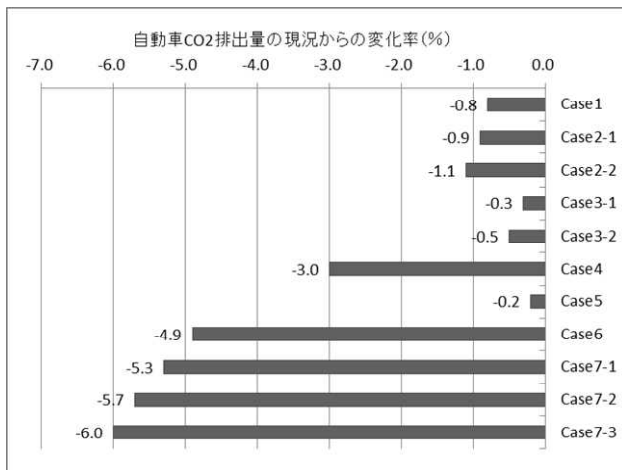


図-6 全国版モデルの適用結果(自動車CO<sub>2</sub>排出量の変化率)

いずれのケースでも自動車CO<sub>2</sub>排出量は減少した。最もCO<sub>2</sub>削減効果大きいのはCase7-3で、6.0%のCO<sub>2</sub>削減となった。これは土地利用・交通とも高位の対策強度を想定した場合である。一方、土地利用・交通とも中程度の対策強度を想定したCase7-1では5.3%のCO<sub>2</sub>削減となった。交通のみのパッケージ施策(Case6)では4.9%のCO<sub>2</sub>削減となった。これに土地利用施策を追加することでCO<sub>2</sub>削減量はより大きくなることから、交通と土地利用施策を複合的に実施することが低炭素化対策として効果的であることが分かる。単独の施策では、Case4(自家用貨物の積載効率向上)の削減効果が最も大きい(3.0%減)。旅客交通施策については、LRT整備の効果はやや大きく、1,500km整備で0.9%、3,000km整備で1.1%のCO<sub>2</sub>削減となった。

## 5. 土地利用・交通モデル(狭域版)

### (1) モデルの用途・役割

狭域版モデルは、地方公共団体を対象範囲として土地利用変化と交通行動変化をモデル化したもので、地方公共団体が講じる施策による自動車からのCO<sub>2</sub>排出量削減率を推計することを可能とする。施策は町丁目単位で講じられることを想定し、モデルの最小単位(ゾーン)を町丁目としている。

狭域版モデルの用途としては、実行計画等において、地方公共団体が土地利用と交通の低炭素化施策(都市整備、狭域交通施策、広域交通施策)を立案するための計画ツールとしての活用を想定している。

### (2) モデルの要件

上記の「モデルの用途・役割」をふまえて、構築する狭域版モデルの要件は、以下の三点とした。

第一に、地方公共団体が実施する都市整備施策の効果

を評価可能であることである。すなわち、コンパクトシティ形成のための詳細な都市整備施策(用途・容積規制、区画整理、固定資産税等の税制への対応等)をモデル上反映できるようにした。

第二に、都市内交通関連施策の効果が評価可能であることである。都市内交通を対象とするため、これらの利便性を変化させた場合の効果を表現できるようなモデルの構成とした。

第三に、全国版モデルとの連動を可能とすることである。狭域版モデルの対象都市の総人口や従業者数は、全国版モデルにより予測した結果を用いる。また逆に、都市における土地利用や交通の施策は、全国版モデルにおける居住地選択に反映されることになる。

### (3) モデルの基本構造

土地利用・交通モデルの全体構造は、全国版モデルと同様、図-3の通りである。

#### a) 土地利用モデルの概要

土地利用モデルは、全国版と同様、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。

#### b) 交通モデルの概要

交通モデルも、全国版と同様、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。

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(ログサム変数)が反映される。目的地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。狭域版モデルの交通手段選択では、「乗用車」「公共交通」「自転車」「徒歩」の4つの交通手段を扱う。



図-7 交通モデルの構造(狭域版)

### (4) モデルの適用

環境省では、平成22年度から、自治体レベルを対象とした土地利用・交通分野の対策・施策効果推計手法として狭域版モデルを構築し、事例分析を蓄積している。直近では、中規模都市の比較を行うため、4都市(宇都宮市、甲府市、松山市、長崎市)を対象としてモデルを適用し、表-3のような評価ケースについて分析を行った。モデル推計の対象とする施策は、全国版同様、中長期ロードマップ<sup>4)</sup>で提示されている施策のうち、モデルで評価可能なものであり、それらの組み合わせで交通施策

(Case1-4) , 土地利用施策 (Case5-6) , 交通+土地利用のパッケージ施策 (Case7) を評価した。Case1~5が中程度の対策強度として想定する施策, Case6,7は土地利用規制を含んでおり, より対策・施策を強化する場合として想定する施策 (群) である。

表-3 評価ケース一覧 (狭域版)

ケース	施策	モデル上の実施内容
Case1	自転車利用の環境整備	二輪の利用速度を2km/h増加
Case2	既存公共交通(バス・鉄道)の増便	バス・鉄道頻度2倍→待ち時間の短縮
Case3	既存公共交通の速度向上	公共交通の利用速度を5km/h増加
Case4	LRT・BRT整備	公共交通ネットワークにLRT・BRT路線を追加
Case5	固定資産税の免除	駅周辺部(最寄駅までの距離が2km以内のゾーン)で固定資産税を免除
Case6-1	郊外の利用可能面積の変更(緩やかな規制~完全な規制を想定し, 右の3ケースを実施)	利用可能面積縮小ゾーン(「最寄駅まで3km以上かつ未利用地70%以上のゾーン」又は「最寄駅まで15km以上かつ人口密度0.2人/ha以下」)の人口・従業員数を1/2にする。
Case6-2		利用可能面積縮小ゾーンの人口・従業員数を1/4にする。
Case6-3		利用可能面積縮小ゾーンの人口・従業員数を0にする。
Case7	パッケージ施策	上記の全て(Case6はCase6-3を適用)

適用結果の概要は図-8の通りである。

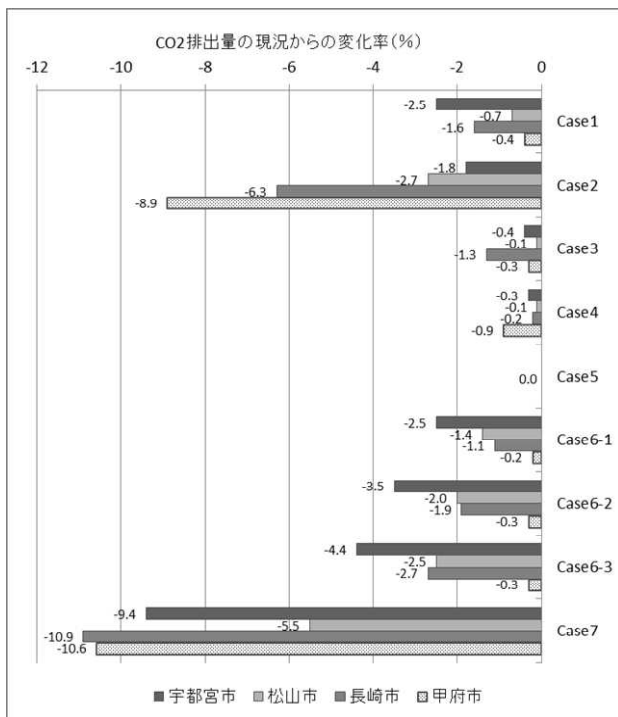


図-8 狭域版モデルの適用結果 (自動車 CO2 排出量の変化率)

いずれの都市でも, 土地利用・交通施策を複合的に実施した場合 (Case7) で最も大きな削減率となり (都市により 5~10%程度), 土地利用施策と交通施策にあわせて

取り組んでいくことが効果的であることが示唆された。また, 地域別に効果的な施策が異なる結果となった (例えば, 交通施策については, 宇都宮市では自転車環境整備の CO2 削減率が高いが, 他の3市では既存公共交通の増便が有効)。これには地域特性が反映されているものと考えられ, 個別の都市の特性に応じて効果的な対策・施策を検討していくことの重要性も示された。

## 6. 今後の検討課題

今回の検討を通じて, 土地利用・交通分野の地球温暖化対策の立案の際に, 土地利用・交通モデルによって, 一程度定量的な根拠が得られることが示された。しかし, 今後, このようなモデルの利用を普及していくに当たっては, いくつかの課題が存在すると考えられる。

### (1) 土地利用・交通モデルの技術的課題

今回の検討で構築した土地利用・交通モデルについては, 今後更に技術的な改良の余地がある。

第一に, 長期予測の方法論の確立である。本分析は, 2005年のデータに基づいて削減量推計を行ったが, 将来の特定年における長期的な対策の効果をより厳密に評価するためには, 当該年の土地利用・交通システムを予測した上で, 分析を行う必要がある。したがって, 今後は, 将来の人口や産業構造, 交通インフラの整備状況, 高齢化を反映した交通行動の変化 (一人当たりのトリップ数の変化等)などを推計できるデータを整備しつつ, 分析を進める必要がある。

第二に, 自動車保有との連携である。一般的な交通 (需要予測) モデルは交通のトリップをベースに交通行動をモデル化しており, 自動車保有の詳細な情報はモデルには組み込まれていない。しかし, 自動車由来 CO2 排出量を推計する際には, 自動車関連税制の変化や燃費の良い車の普及状況などが大きく予測を左右する。したがって, 詳細な自動車保有状況をモデルに反映させることで, 推計のリアリティを向上させていくことが必要である。

### (2) 土地利用・交通モデルの実地利用に向けた課題

土地利用・交通モデルを政策検討ツールとして実地に活用していくための課題も存在する。

第一に, 地方公共団体の計画立案への適用を前提とした手法の簡素化である。地方公共団体において科学的根拠のある計画策定を進めていくためにはモデルの活用が有効と考えられるが, その際には, 自治体の担当者の負担が大きくならないよう, 科学性を担保しつつも可能な限り簡便で操作性に優れたモデルとするなどの配慮が必要である。そのような方向でモデル (あるいはそのインターフェース) を改良していくことは今後の重要な課題の一つである。また, 政策担当者のノウハウ向上, 地域

の研究機関の活用等、モデルを使った検討を具体的政策形成過程に織り込むための環境整備も求められよう。

第二に、より多様な施策の削減効果推計と実施例の蓄積によるモデル分析の安定性向上と、分析結果の解釈方法の確立が必要である。本分析では、比較的大胆な施策ケースを想定して分析を行ったが、長期的には状況は変化し得るので、さらに追加的な対策・施策が必要となる可能性もある。モデルが出力する結果を、政策担当者が的確に政策検討に反映していくことを可能にするため、モデル分析の方法論を、一層洗練させていく必要がある。

## 7. おわりに

本稿では、運輸部門の地球温暖化対策を検討するツールとしての、土地利用・交通モデルの活用について、政策的な位置づけと環境省の検討状況をまとめた。こうした政策ツールとしてのモデルの活用は、地方公共団体の温暖化対策の実務においては一般化していない。しかし、モデルを用いたCO<sub>2</sub>排出量の予測は、対策の検討に一定の科学的根拠を与えるとともに、地理情報システム(GIS)

によってモデルの出力を可視化することで、地域住民等との合意形成を支援する効果もあると考えられる。地球温暖化対策への反映の観点からの、より一層の応用研究の蓄積が期待される。

**謝辞：** 本稿の作成に当たっては、平成23年度地域づくりWG土地利用・交通SWG(座長 屋井鉄雄東京工業大学教授)の委員各位、みずほ情報総研株式会社の秋山浩之氏から有益なコメントを頂いた。また、土地利用・交通モデルの構築及び実行については、株式会社価値総合研究所の山崎清主任研究員、岩上一騎副主任研究員、佐々木康夫研究員に御尽力頂いた。ここに記して感謝する。

### 注

- [1] 本稿に示された見解は著者ら個人によるものであり、著者らの所属機関を代表するものではない。
- [2] (付録) 通勤通学は航空のトリップがないため、300-1,000kmで航空モードを考慮していない。
- [3] (付録) 1,000kmを超えるトリップは実測データが存在しないため、モデル構築を行わない。

### 付録 パラメータ推定結果(全国版・交通手段選択モデル)

※下記のほか、全国版・目的地選択モデル、狭域版モデルについては、環境省報告書<sup>67)</sup>参照。

	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 02	-1.684	-217.114	-1.188	-97.421	-1.175	-94.014
乗用車の定数項 03c	-0.568	-119.886	1.240	170.048	0.949	126.540
バスの定数項 03b	-2.552	-397.207	-0.817	-102.560	-1.246	-143.422
サンプル数	594,969		423,341		351,479	
尤度比	0.263		0.418		0.391	

(旅客 100km 未満)

	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 02	-0.813	-142.894	-0.887	-146.489	-1.030	-218.959
乗用車の定数項 03c	-1.828	-146.096	0.542	66.525	-0.769	-125.498
バスの定数項 03b	-1.841	-154.000	-0.214	-25.103	-1.419	-208.838
サンプル数	93,814		191,399		246,677	
尤度比	0.223		0.275		0.238	

(旅客 100~300km)

	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 02	-0.151	-30.406	-0.462	-128.552	-0.683	-171.207
航空の定数項 03a	- <sup>[2]</sup>	-	-6.144	-21.033	-5.681	-141.242
乗用車の定数項 03c	-0.374	-22.485	-0.018	-2.279	-1.888	-194.156
バスの定数項 03b	-0.674	-35.689	-0.357	-35.278	-1.783	-150.000
サンプル数	20,046		155,302		235,078	
尤度比	0.064		0.468		0.789	

(旅客 300~1,000km)



	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 02	— <sup>[3]</sup>	—	-0.249	-39.118	-0.271	-21.531
航空の定数項 03a	—	—	0.899	17.491	1.637	19.442
サンプル数	—		81,059		44,222	
尤度比	—		0.852		0.865	

(旅客 1,000km 以上)

## 参考文献

- 1) 京都議定書目標達成計画, 2008  
<<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/kakugi/080328keikaku.pdf>>
- 2) 環境省：地球温暖化対策地方公共団体実行計画（区域施策編）策定マニュアル（第1版）, 2009  
<[http://www.env.go.jp/earth/ondanka/sakutei\\_manual/manual0906/full.pdf](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/sakutei_manual/manual0906/full.pdf)>
- 3) 国立環境研究所・京都大学・立命館大学・みずほ情報総研：2050 日本低炭素社会シナリオ：温室効果ガス 70%削減可能性検討, 2007（改訂 2008）
- 4) 環境省：地球温暖化対策に係る中長期ロードマップの提案～環境大臣小沢鋭仁試案～, 2010  
<[http://www.env.go.jp/earth/ondanka/mlt\\_roadmap/shian\\_100331/main.pdf](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/mlt_roadmap/shian_100331/main.pdf)>
- 5) 2013 年以降の対策・施策に関する検討小委員会（第 12 回）資料 2「地域づくり WG とりまとめ」, 2012  
<<http://www.env.go.jp/council/06earth/y0613-12/mat02.pdf>>
- 6) 株式会社価値総合研究所：平成 23 年度地方公共団体実行計画（区域施策編）策定マニュアルに関する低炭素化手法（土地利用・交通関係）の検討業務報告書, 2012  
<[http://www.env.go.jp/earth/ondanka/sakutei\\_manual/rep\\_h23-1/full.pdf](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/sakutei_manual/rep_h23-1/full.pdf)>
- 7) 株式会社価値総合研究所：平成 23 年度サプライチェーンにおける移動・輸送に伴う温室効果ガス排出削減ポテンシャル推計モデル開発委託業務報告書 2012
- 8) 上田孝行：拡張された立地余剰を用いた一般均衡モデル, 土木計画学・論文集, No. 10, pp. 183-190, 1992.
- 9) 山崎清, 上田孝行, 岩上一騎：開発人口及び誘発・開発交通を考慮した東京湾アクアラインの料金値下げ効果の計測, 高速道路と自動車, 第 51 巻, 第 6 号, pp.20-32, 2008.
- 10) 山崎清：CUE モデルの理論と応用, Excel で学ぶ都市・地域経済分析, コロナ社, 2010

(???? ? ? 受付)

## USE OF LAND USE TRANSPORT INTERACTION MODEL IN LOCAL GOVERNMENT POLICY FOR CLIMATE CHANGE

Maki NAKAMURA and Sei KATO

Japan's Ministry of the Environment has tried to estimate impacts of policy implementation in transport sector by using Land Use Transport Interaction Model and to provide the method for the process of regional policy making toward climate change mitigation. The ministry has developed two types of models: a national model and a regional model. The national model is intended to mainly cover intercity traffic across Japan, and the regional model is intended to cover inner-city traffic in a specific city. With given policy cases, the models have estimated the distribution of population and motor-vehicle traffic. This paper reports the summary of this study and related policy trend.