

パーソントリップ調査実施都市圏における総合的な環境評価のためのパッケージモデルの開発

森田哲夫¹・馬場剛²・吉田朗³・小島浩⁴・杉田浩⁵

¹正会員 群馬工業高等専門学校環境都市工学科 (〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町580)

E-mail: tmorita@cvtl.gunma-ct.ac.jp

²(財)計量計画研究所 環境資源研究室 (〒162-0845 東京都新宿区市ヶ谷本村町2-9)

³正会員 東北芸術工科大学デザイン工学部 (〒990-9530 山形県山形市上桜田200)

⁴(財)計量計画研究所 東北事務所 (〒980-0802 宮城県仙台市青葉区二日町3-10)

⁵正会員 (財)計量計画研究所 (〒162-0845 東京都新宿区市ヶ谷本村町2-9)

著者らは、パーソントリップ調査が実施されている都市圏を対象に、都市環境施策が交通や土地利用等の都市活動に及ぼす影響を表現し、環境負荷、生活の質、経済の視点から評価するシミュレーションモデルを開発している。本稿では、活動モデルの下位に位置する環境評価のためのパッケージモデルについて報告し、仙台都市圏を対象にしたケーススタディを行った結果を示す。分析の結果、本パッケージモデルは現況再現性が得られており、環境評価のための十分な精度を確認できた。ケーススタディでは、交通施策、土地利用施策を行った場合の環境への影響を評価し、CO₂排出量、大気環境、交通騒音への効果を明らかにした。

Key Words : *environmental load, environment-assessment model, global environment, air quality*

1. はじめに

(1) 研究の背景

全国各地で都市圏パーソントリップ調査（以下、PT調査）が実施され、交通モデルを構築し、交通需要予測に基づく総合都市交通計画が策定されている。検討される計画課題は、広域交通ネットワーク、特定地区の交通施設に関わるものに加え、近年は、コンパクトな市街地形成、環境負荷の低減、公共交通施設の有効活用、市民の生活の質の向上などもあげられている¹⁾。すなわち、交通と都市構造・土地利用を一体的をとらえる課題、地球環境に関わる課題、都心部や大規模開発地区関連の課題など、従来のPT調査がカバーしてきた範囲よりも、計画課題が広がってきている。

また、環境負荷を評価する場合、地球規模の課題から、大気環境のような都市圏や都市レベルの課題、地区や沿道レベルの課題など、対象とする地域の広がりも様々である。さらには、地域の広がりにより、着目する物質や評価指標も様々である。これらの計画課題に対応した施策評価を行うためには、PT調査の交通需要予測から算出される交通部門の環境負荷だけではなく、民生部門、産業部門を含めた環境負荷の推計、および施策評価が必要となる。

このような背景を受け、国内外の大学や研究機関では、施策効果を分析するためのデータベース、交通・土地利用モデル、評価モデルを開発している。著者らは、PT調査が実施されている都市圏に着目し、都市環境施策が交通や土地利用等の都市活動に及ぼす影響を表現し、環境負荷、生活の質、経済の視点から評価するシミュレーションモデルの開発を進めている。

(2) 研究の目的

本稿は、著者らが開発を進めている都市環境シミュレーションモデルの一部を構成する環境評価に関するパッケージモデルについての開発研究報告である。本研究の目的は、以下に示す2つである。

a) PT調査が実施されている都市圏において、調査データや交通需要予測モデルを活用し、環境負荷を総合的に評価する実用的なパッケージモデルを開発する。このモデルは、前節に示したように、対象地域の広がり異なる計画課題に対応でき、交通部門だけではなく、民生部門や産業部門を含めた評価が可能なモデルとする。

b) PT調査が実施されている都市圏を対象に、交通施策、土地利用施策、民生施策について、総合的な環境評価のケーススタディを行う。

2. 本研究の特色とモデル体系

(1) 既存研究の整理

本研究に関連する既存研究について、土木計画学における交通・土地利用モデルを基本とする研究、環境工学、環境システムにおける環境モデル研究、総合的な環境評価モデルの3点から整理する。

1点めの交通・土地利用モデルは1980年代に精力的に研究が進められ、その1つの成果として統合型モデルMEPLAN²⁾が開発された。我が国においても研究が行われ、Nakamura, Hayashi, Miyamoto, Uchiyamaの土地利用交通モデルCALUTAS³⁾、阿部・天野・戸田のOSAKAモデル⁴⁾が開発された。その後、立地均衡、同時均衡に基づく研究が進み、Miyamoto, Kitazumeにより開発されたRURBAN⁵⁾は、交通モデル、環境モデルと統合することにより、土地利用・交通・環境統合モデルを構成できるものである。PT調査の交通モデルを基本とする環境評価モデルは多く存在し、1997年にCOP3において京都議定書が採択された前後から研究が活発になった。森本・古池⁶⁾は輸送エネルギー消費量、大城・大西⁷⁾、原田・古谷・円山⁸⁾、小島・吉田・森田⁹⁾は交通部門のCO₂排出量、白濱・屋井・福田・神田¹⁰⁾は大気環境 (SPM) を推計するモデルを構築している。これらモデルのメリットは、施策による交通や土地利用の変化をモデル内で表現している点である。一方、デメリットは、環境評価を主目的にしていなかったため、環境を総合的に評価するためには、算出できる評価指標が限られている点である。

2点めとして、環境工学、環境システム分野では、多くの環境モデルが開発されている。大気環境については環境庁¹¹⁾や浮遊粒子状物質対策検討会¹²⁾が作成したプルーム式やパフ式、JEA式などの拡散モデルがある。水環境では辻倉・安倍・大八木・田中¹³⁾や国立環境研究所¹⁴⁾のkinematic wave法、多段タンクモデルなどを用いたモデル、熱環境では赤川・小宮・大塚¹⁵⁾や岡村・北田¹⁶⁾のモデルなど多数の研究がある。これら各部門のモデルのメリットは、現象を詳細に再現し、精度高い環境評価が可能であり、施策の事後評価に有効である点である。一方、デメリットは、交通・土地利用モデルと連動していないため、施策の事前評価に向いていないことがあげられる。また、部門毎に開発されているため入出力データが異なること、評価対象地域の広がりもそれぞれ異なるため、統一的な評価が困難である点があげられる。

3点めとして、上述したデメリットに対応し、施策効果を総合的に事前評価するモデルが開発されている。その1つであるPROPOLIS¹⁷⁾は、交通・土地利用モデルにより交通需要と人口分布を推計し、環境面では、交通部門からのCO₂・NO_x排出量、NO₂・PMの曝露状況、騒音等の多くの評価指標を算出できる。このモデルは、社会面、

経済面からの評価を含めた非常に大規模なモデルである。

(2) 本研究の特色

前節における既存モデルのメリット、デメリットを鑑み、本研究のモデルの位置づけを整理する。交通・土地利用モデルとの関係では、施策による交通・土地利用変化を表現する点では同じであるが、環境評価を主目的とし、多くの環境評価指標を算出できるモデルとする。環境工学、環境システムにおけるモデルとの関係では、本研究のモデルは、各部門で開発されてきた環境モデルをパッケージ化するものである。さらに、土木計画学分野で開発されている交通・土地利用モデルを上位に配し、共通の入力変数を受け入れるモデル体系とする。著者らが、総合的な環境評価モデルとして注目しているPROPOLISとの関係では、PROPOLISが土地利用・交通モデルとして前述のMEPLANを活用しているのに対し、本研究では、我が国のPT調査実施都市圏であれば必ず整備されている交通需要予測モデルを活用するモデルとする。

以上より、本研究の特色を3つ整理する。1つめは、著者らが開発している、都市環境に関わる諸施策（交通、土地利用、民生）による都市活動（交通、土地利用）の変化を予測し、環境、生活の質、経済等の視点から評価するモデルシステム¹⁸⁾の環境評価部分について、研究成果を報告する点である。このモデルシステムは、例えば、都心部の公共交通サービス向上施策により、都市活動として公共交通分担率、人口分布の変化が生じ、その結果、環境負荷が軽減し、生活利便性が向上し、地価が上昇するなどの効果を評価できるものである。既存研究¹⁸⁾との関係では、要素モデルの推計精度について検証を加えた上で、コンサルタント社員や行政職員が利用できるよう、パッケージ化した点が特色である。改良点を補注¹⁾に示した。2つめの特色は、地球・都市圏・地区などの地域の広がり、交通以外の分野の環境負荷を含めた総合的な評価モデルを開発するという点である。PT調査の交通モデルから出力される共通の変数をパッケージモデルに入力することにより、評価対象施策について、地域の広がりや各分野へ及ぼす効果のトレードオフ関係を分析することができると考えられる。既存研究¹⁸⁾との関係では、地域の広がりや評価指標の關係に着目した分析のために、評価指標の集計方法、表現方法を改良した¹⁾。3つめは、交通・土地利用モデルの下位に位置するアタッチメント型モデルとしたことである。基本的にはPROPOLISと同じモデル体系であるが、我が国においてPT調査を実施した40以上の都市圏¹⁹⁾において、既に整備されている交通データとモデルを活用することにより、都市交通・環境行政の実務に容易に利用できるモデルを開発した。これにより、施策効果を交通需要変化だけでなく、環境面からも事前に把握することが可能となる。

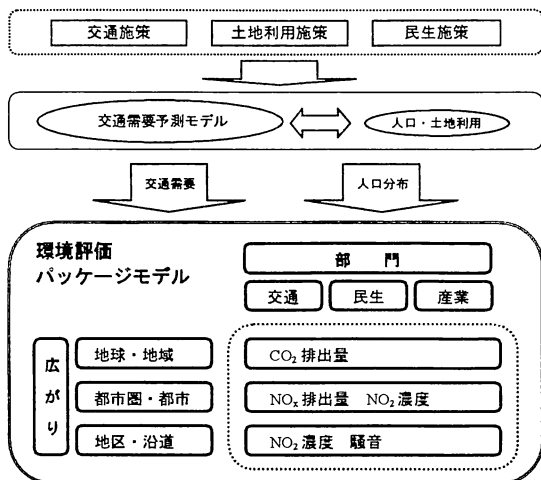


図-1 モデル体系

(3) モデル体系

本研究の特色を実現するためのモデル体系を図-1に示した。留意した点は、第1に、PT調査の交通需要予測モデルの下位に環境評価パッケージモデルを位置したことである。なお、PT調査では、通常、交通施策による交通需要の変化を予測・評価するが、図-1には、施策として土地利用施策、民生施策を加えている。これは、著者らが開発を進めているモデルシステムが、これら施策評価も可能であるためであり、PT調査実施都市圏においても交通施策以外の評価も可能となるよう、モデルを拡張できることを示している。また、PT調査では、将来人口フレーム、人口分布を与件としているが、著者らが開発しているモデルシステムは、交通アクセシビリティの変化により人口分布を推計できるものである。

第2の留意点は、地球・地域、都市圏・都市、地区・沿道の各地域の広がりに対応するとともに、交通部門だけではなく民生部門、産業部門を含めた評価を行えるようにしたことである。図-1に示すように、地球・地域規模の環境評価については、CO₂排出量により評価する。都市圏・都市レベルについては、交通部門、民生部門、産業部門のNO_x排出量とNO₂濃度から評価する。地区・沿道レベルについてはNO₂濃度と自動車による道路騒音で評価する。

以上より、全国のPT調査実施都市圏において、評価対象とする地域の広がりからみても、評価指標の面からも、近年の計画課題に対応できる、総合的な環境評価のための実用的なパッケージモデルになると考えられる。

3. 環境評価パッケージモデルの作成

(1) モデルの構成

交通施策や土地利用施策は、交通需要や人口分布を変

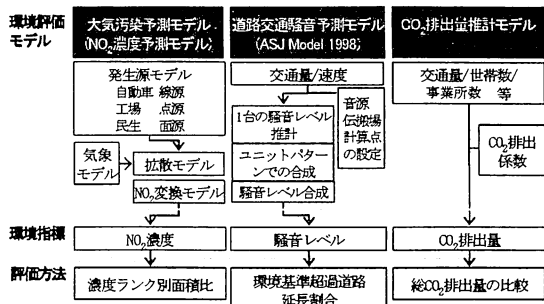


図-2 環境評価パッケージモデル

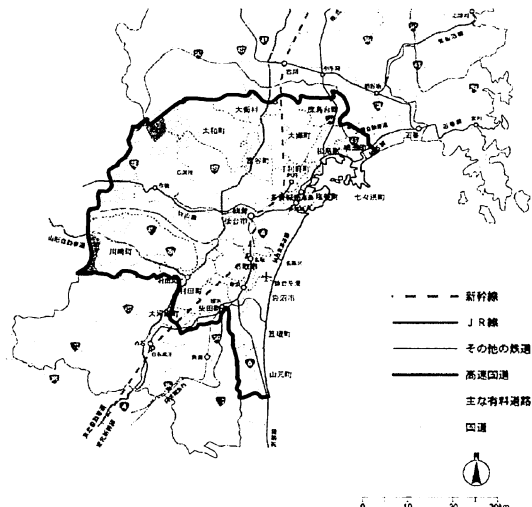


図-3 仙台都市圏

化させ、大気環境や騒音等の様々な影響を与える。したがって、本モデルは、道路ネットワークの交通量や速度、都市圏の人口分布を入力し、評価指標としてCO₂排出量、NO₂濃度、道路騒音レベルを出力するモデルとする(図-2)。本パッケージモデルは、様々な環境指標を総合的に評価することが目的であり、個々の要素モデルの精度向上をめざすものではない。また、本モデルは、上位の交通・土地利用モデル、他の評価モデルである生活の質評価モデル、経済モデルと連動する統合モデルであり、実務への適用を意図している。そのため、現況再現性について一定の精度が確保されている環境影響評価²⁰⁾や計画策定時に利用される既存モデルを組み合わせる用いる。個々の要素モデルに新規性はないが、既述のように、共通の変数²¹⁾を入力し多数の評価指標を算出することに、本モデルの特色がある。交通・土地利用モデルからの出力値は、リンク別交通量・走行速度、ゾーン別夜間人口・従業人口であり、そのまま、あるいはメッシュへの変換を行い、環境評価モデルに入力する。

本研究においてモデルを構築する都市圏は、鉄道、バス等の公共交通機関が整備されており交通手段分担に関

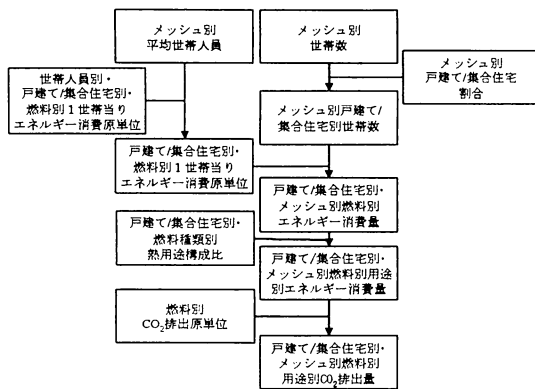


表-1 世帯人員別・住居形態別1世帯あたり燃料消費量

		Mcal/世帯				
燃料種類	住居形態	世帯人員				
		1人	2人	3人	4人	5人
都市ガス (仙台市営)	戸建て住宅	1,308.9	3,695.8	5,451.6	5,629.3	7,617.8
	集合住宅	2,507.1	3,643.7	5,324.6	6,623.8	7,003.2
都市ガス (塩釜瓦斯)	戸建て住宅	1,092.2	3,084.1	4,549.3	4,697.6	6,357.0
	集合住宅	2,092.2	3,040.6	4,443.3	5,527.5	5,844.0
LPガス	戸建て住宅	1,824.2	2,483.1	2,611.5	2,955.2	3,076.5
	集合住宅	1,155.2	2,049.7	2,056.6	2,937.5	1,526.9
灯油	戸建て住宅	5,316.1	8,384.9	11,600.7	11,834.2	14,216.9
	集合住宅	1,986.1	1,874.1	1,777.3	2,082.5	1,627.8

わる施策の効果が得られやすいこと、周辺都市と連担することなく独立した都市圏であること、地形や気候が特殊でないこと、PT 調査データが入手可能であることなどの条件から仙台都市圏とした（図-3、前頁）。

(2) CO₂排出量推計モデル

CO₂排出量推計モデルは、交通部門（自動車のみ）と民生部門（住宅）および業務施設を推計対象とした。

自動車交通からのCO₂排出量推計は、道路ネットワークの道路リンク毎に式(1)を適用して求めた。この推計方法は、燃料消費量を用いた排出量推計モデルと比較して、施策導入による交通量や速度の変化を評価しやすいことから採用した。

$$Emit = Q_t \times EF_v \quad (1)$$

$$Emit : CO, \text{排出量} \quad Q_i : \text{時間帶別・車種別交通量}$$
 EF_v : 車種別 CO_2 排出原単位

式(1)のCO₂排出原単位は、道路投資の評価に関する指針検討委員会²⁾より、速度Vを説明変数とする原単位式(式(2))を採用した。推計はリンク単位で行い、ゾーンに割り当てることで、ゾーン単位の推計結果とする。

$$EF_v = \frac{a_1}{v} + a_2 \times v + a_3 \times v^2 + a_4 \quad (2)$$

	a_1	a_2	a_3	a_4
乗用車	562.590	-0.805	0.007	53.687
小型貨物	395.606	-0.672	0.006	59.663
普通貨物	658.813	-2.792	0.023	194.027

住宅からの排出量は、NO_x排出量の推計方法と整合を図ることとし、家庭における各燃料消費量から世帯当り

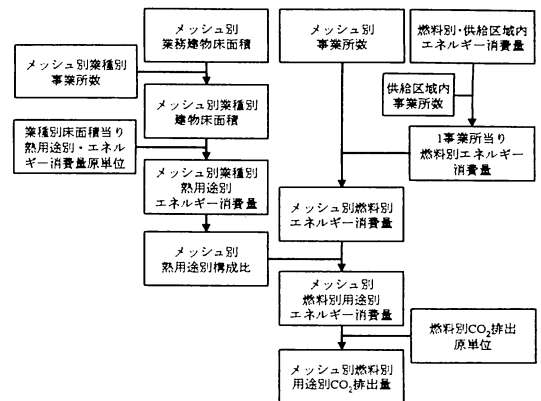


図-5 業務施設からのCO₂排出量推計方法

表-2 CO₂排出量の推計精度（仙台市エネルギー消費）

	住宅	業務施設
仙台市推計値（補正） A	4,141 Tcal	3,352 Tcal
本モデルの推計値 B	3,849 Tcal	3,789 Tcal
誤差 (B-A)/A	-7%	+13%

のエネルギー消費量を求め、これをメッシュ別の世帯数に乗じて推計する方法を検討した。しかし、この方法では住宅形態別（戸建、集合住宅）の推計や熱用途別の推計が困難なことから、施策効果の評価が行い得ない。そこで図-4のように、世帯人員別・住宅形態別1世帯当たり燃料消費原単位と住宅形態別燃料種類別熱用途構成比を用い、住宅形態別および熱利用用途別の推計を行った。

仙台都市圏の世帯人員別・住宅形態別の1世帯あたり燃料消費原単位を表-1に示す。世帯人員別・住宅形態別の1世帯あたり燃料消費量原単位は燃料種類別に民間部門エネルギー消費実態調査²²⁾から得られる世帯人員別の燃料消費量と仙台都市圏の燃料種類別消費量および平均世帯人員から設定した。また、住宅形態別・燃料種類別の熱用途構成比は民生部門エネルギー消費実態調査の値を、CO₂排出原単位は環境省²³⁾の値を採用した。

業務施設の排出量は、NQ排出量推計方法と整合を図り、業務施設における各燃料の消費量および事業所数から1事業所当りの燃料種類別消費量を求め、これをメッシュ別の事業所数に乗じる推計方法を検討した。しかしながら、この方法では熱用途別の推計が困難であることから、メッシュ別業種別事業所数や業種別の床面積当たり燃料種類別・熱用途別エネルギー消費量を用いて、メッシュ別に熱用途構成を設定する推計方法に変更した(図-5)。

CO₂排出量の推計結果は、自動車2,142.9千t-CO₂、住宅1,846.3千t-CO₂、業務施設1,842.5千t-CO₂であった。推計結果の精度検証は、住宅、業務施設を対象に、仙台市のエネルギー消費量で比較した(表-2)。使用した資料は仙台市の推計値²⁰⁾であり、燃料消費量の伸び率で年次補正を行い比較した。本モデルによる推計値は、仙台市の推

表-3 煙源別の拡散式

対象煙源	モデル式						
点源	風速0.5m/s以上…長期平均ブルーム式 風速0.5m/s未満…長期平均パフ式						
面源	風速0.5m/s以上…面源積分ブルーム式 風速0.5m/s未満…面源積分パフ式						
線源	風速0.5m/s以上…線源積分ブルーム式 (計算点より200m以内の自動車線源) 風速0.5m/s未満…線源積分パフ式						
線源	線源源JEA式(東京都改良モデル)						
線源	(計算点より200m以内の自動車線源) <table> <tr> <td>風速1m/s以上</td><td>直角風…直角風式</td></tr> <tr> <td>風速1m/s未満</td><td>平行風…平行風式</td></tr> <tr> <td>無風・弱風式</td><td></td></tr> </table>	風速1m/s以上	直角風…直角風式	風速1m/s未満	平行風…平行風式	無風・弱風式	
風速1m/s以上	直角風…直角風式						
風速1m/s未満	平行風…平行風式						
無風・弱風式							

計値と比較して家庭で-7%、業務で+13%の違いがみられた。都道府県・市町村レベルの部門別エネルギー消費量推計手法には確立した手法があるわけではなく、いずれの推計結果が精確かは判断できないが、ほぼ同程度の推計値となること、また、本モデルはシミュレーションのケース間比較が主な目的であることから、許容範囲の精度であると判断した。

(3) 大気環境濃度NO₂予測モデル

大気環境濃度の予測モデルは、発生源からの排出量を求める発生源モデル、拡散の気象場を設定する気象モデル、拡散計算により濃度値を推計する拡散モデルで構成し、各モデルは環境庁のマニュアル¹⁾(以下、「規制マニュアル」)に準拠した。広域を対象に気象モデルと物質輸送モデルを組み合わせた数値解モデルも存在するが、境域への適用性や計算時間の問題がある。本研究は、複数の都市交通・環境施策を評価することを目的としているため、実用性が高く、現況再現性が一定程度確保されている上記のモデルを適用することとした。

発生源モデルでは、拡散モデルの入力データとなるNO_x排出量を標準3次メッシュで集計した。NO_x排出量は、自動車6.6千t/年、住宅・業務1.0千t/年、ばい煙発生施設(工場・事業所)で9.8千t/年と推計された。船舶と航空機については、宮城県資料²⁾から寄与濃度が低いという知見が得られたため対象から除外した。推計したNO_x排出量は、発生源別に煙源形態にモデル化し、有効煙突高を各煙源別に設定した。ばい煙発生施設は煙突高が30m以上の施設を点煙源とし、有効煙突高を有風時にCONCAW式、無風時にBriggs式を適用し、煙突高30m以下の施設は面源として有効煙突高を20m(カーム時は30m)とした。自動車はネットワークの全リンク直線近似区間を線煙源とし、有効煙突高を0mとした。住宅・業務施設は面煙源とし、有効煙突高を3m(カーム時は5m)とした。

気象モデルでは、仙台都市圏にある19の測定局のうち、経年的にみて風向・風速データが特異年とならない16測定局を選定し、測定局の年間風配図をもとに地域風系の概観を把握し、地形条件を考慮して気象ブロックの分割を行った。煙源別に採用した拡散式を表-3に示す。JEA

表-4 NO_x濃度とNO₂濃度の回帰分析結果

		一般局			自排局			境界NO _x 濃度(ppb)
		β	α	r	β	α	r	
非暖房期	午前	0.935	0.741	0.988	0.445	4.320	0.916	36.4
	午後	0.984	0.728	0.991	0.525	3.225	0.964	25.5
	夜	0.931	0.851	0.986	0.490	3.735	0.917	28.8
	深夜	0.844	0.968	0.975	0.372	4.637	0.754	27.7
	全日	0.911	0.841	0.985	0.420	4.637	0.868	32.3
暖房期	午前	0.812	0.919	0.967	0.467	3.781	0.771	60.4
	午後	0.912	0.783	0.972	0.591	2.150	0.875	23.3
	夜	0.793	1.107	0.967	0.600	2.021	0.859	22.8
	深夜	0.780	1.119	0.964	0.429	3.822	0.827	33.1
	全日	0.808	1.010	0.967	0.456	3.793	0.760	43.3
全年	午前	0.877	0.800	0.982	0.453	4.101	0.859	47.3
	午後	0.957	0.739	0.987	0.540	2.877	0.938	26.1
	夜	0.856	0.972	0.981	0.541	2.836	0.898	29.8
	深夜	0.805	1.056	0.974	0.405	4.131	0.802	30.2
	全日	0.855	0.925	0.980	0.431	4.338	0.818	38.4

表-5 大気環境濃度の推計精度

		回帰傾き	回帰切片	相関係数	測定平均	計算平均	AO	変動係数	評価
非暖房期	午前	0.886	2.589	0.912	15.969	15.107	0.862	0.249	A
	午後	0.987	0.311	0.850	13.631	13.490	0.141	0.399	-
	夜	0.922	1.453	0.900	19.123	19.166	-0.043	0.223	A
	深夜	0.900	2.385	0.910	13.573	12.433	1.140	0.180	A
	全日	0.927	1.539	0.907	15.719	15.292	0.427	0.222	A
暖房期	午前	0.911	5.625	0.920	19.769	15.631	4.138	0.191	-
	午後	1.080	-0.379	0.872	14.415	13.701	0.714	0.328	C
	夜	0.827	4.193	0.882	22.362	21.964	0.397	0.214	A
	深夜	1.011	1.178	0.880	16.588	15.246	1.343	0.194	A
	全日	0.945	2.037	0.902	18.596	17.531	1.065	0.196	A
全年	午前	0.903	3.843	0.920	17.546	15.169	2.377	0.213	-
	午後	1.034	-0.280	0.868	13.950	13.763	0.187	0.352	-
	夜	0.888	2.091	0.891	20.477	20.709	-0.232	0.215	A
	深夜	0.962	1.701	0.894	14.873	13.694	1.179	0.185	A
	全日	0.944	1.607	0.911	16.927	16.227	0.700	0.201	A

注) 規制マニュアルでは、実測値と推計値を用い、1)各々の平均値の差、2)回帰直線の傾きや回帰係数、3)変動係数、を整合性を判定するための条件として設定している。判定はこれら条件を組み合わせで判断するものであり、精度の高いランクからA、B、Cの順に設定されている。精度の高いAランクは、期区分：前年、時間帯区分：全日で満足することが求められている。

線煙源拡散式(東京都改良モデル)以外のブルーム式、パフ式および拡散パラメータは規制マニュアルと同様であり、ブルーム式はPasquill-Gifford図の近似関係から、パフ式はTurner図から求めたパラメータを採用した。JEA線煙源拡散式(東京都改良モデル)および拡散パラメータは東京都環境保全局³⁾に準拠した。また、パラメータを適用する際の代表安定度は対象地域の気象条件を参考に設定した。拡散式の初期拡散幅は、ブルーム式の工場面源は10m、自動車線源・面源と民生面源が3m、JEA式は1mとした。

任意地点のNO_x年平均濃度は、拡散式で推計した煙源形態別・気象条件(有風・無風)別・期別時間帯別・風向別・風速階級別・安定度階級別の濃度から重合計算により求めた。また、NO₂変換式は統計モデルを採用し、宮城県全測定局におけるNO_x濃度およびNO₂濃度を期別時間帯別に回帰分析しパラメータを推定した(式(3))。

$$[NO_2] = \alpha \cdot [NO_x]^\beta \quad (3)$$

$$[NO_x] = [NO_x]D + [NO_x]B$$

[NO_x]D: 拡散計算濃度

[NO_x]B: バックグラウンド濃度

NO_x濃度とNO₂濃度の推定結果を表-4に示す。パラメータは一般環境大気測定局(以下、一般局)、自動車排

表-6 音源・伝搬場・計算点の設定

項目	車線数	4車線	2車線
計算車線の位置	4車線別車線中心	上下別車道部中心	
音源の高さ	0m(高架道路5m)	0m(高架道路5m)	
音源列の間隔	1m	1m	
音源列の長さ	前後400m	前後400m	
道路敷内の地表面性状	アスファルト (緑地部分は芝地相当)	アスファルト (緑地部分は芝地相当)	
道路敷外の地表面性状	固い裸地(空地)	固い裸地(空地)	
計算点位置	道路境界から0m、20m	道路境界から0m、15m	
計算点高さ	1.2m	1.2m	

表-7 道路交通騒音の推計精度

道路名	測定場所	実測値(dB)				予測値(dB)			
		朝	昼	夜	平均	朝	昼	夜	平均
国道4号(仙台バイパス)	柴田郡柴田町宮森2丁目2-21	68	68	66	63	69	69	66	66
国道16号	多摩市大森4丁目4-1	70	73	71	63	72	73	69	71
国道16号	宮城県仙台市青葉区34-6	70	70	67	70	71	66	68	
"	仙台市宮城野区森田4丁目20-1	69	70	70	66	69	72	67	70
国道4号(仙台バイパス)	仙台市太白区緑1丁目11番1号宅地4-2	73	74	75	69	73	74	71	71
"	名取市青田5丁目18-30	75	74	70	72	75	71	74	
国道16号	塩竈市柳町11-1	68	67	66	57	67	67	63	63
国道16号	黒川郡大和町吉岡寺田町3-3	69	70	68	63	69	69	66	68
国道16号	黒川郡大和町吉岡寺田町5-1	70	69	67	64	71	72	63	68
国道16号	黒川郡富谷町富谷中津沢28-1	70	69	70	65	70	70	67	68
国道4号(仙台バイパス)	岩沼市宮田2丁目2-34	77	75	75	72	74	75	69	72
国道4号(仙台バイパス)	柴田郡柴田町四丁目1番1号宇西台前	75	73	71	68	72	71	68	69

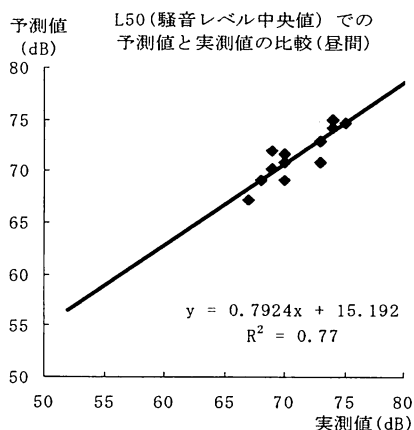


図-6 道路交通騒音の推計精度

出ガス測定局（以下、自排局）別に推定し、 NO_2 濃度が一致する NO_x 濃度（境界 NO_x 濃度）を境にそれぞれの回帰式を適用した。 $[\text{NO}_x]B$ は拡散計算で再現できないバックグラウンド濃度であり、一般局における実測 NO_x 濃度と推定濃度の平均乖離4.22ppbを $[\text{NO}_x]B$ とみなした。測定局濃度データを対象に、 NO_2 濃度シミュレーションモデルの再現性を規制マニュアルの判定条件に従って検討した（表-5、前頁）。評価対象とした測定局は、仙台都市圏に存在する一般局20局、自排局6局である。紙幅の関係から規制マニュアルの判定条件については省略するが、全年・全日や非暖房期・全日、暖房期・全日で精度ランクがA評価と、規制マニュアルの判定条件を満たしており、精度に問題を残す期間・時間帯がみられるものの、概ね妥当なモデルであると判断した。

(4) 道路交通騒音予測モデル

道路交通騒音の予測モデルは、自動車交通量、走行速度の変化の影響を評価することを考慮し、日本音響学会

表-8 評価対象施策

	施策名	内容
交通 施策	道路ネットワーク	・道路整備
	公共交通	・鉄道、バスのサービス向上
	TDM	・都心部の駐車容量の抑制
土地 利用 施策	趨勢型	・トレンドの人口動向
	都心居住型	・都心居住の負担軽減
	副都心型	・副都心整備による職住近接
民生 施策	住宅施策	・戸建て住宅から集合住宅への住替え ・住宅の省エネルギー化
	地域冷暖房等	・地域冷暖房システムの導入 ・業務ビルへのコージェネレーション導入
	都市緑化	・業務ビルにおける屋上緑化 ・都市部における緑の創出

道路交通騒音調査研究委員会のエネルギーベース騒音予測モデル (ASJModel 1998) ²⁹⁾を使用した。

騒音予測モデルに必要な音源・伝搬場・計算点は表-6のように設定した。なお、計算点は道路境界からの距離で設定したため、音源からの距離を求めるためには道路種級別幅員が必要である。そこで、道路構造令の標準断面から幅員構成を設定した。また、高架道路については路面高を一律5m、遮音壁高さを0.8mと設定した。

騒音レベルの推計結果を、沿道交通騒音状況研究会の実測値²⁹⁾と比較することで推計精度の検証を行った。1996年度の騒音レベルは騒音レベルの中央値 (L50) 計測されていることから、推計精度を求めるにあたって騒音レベルの中央値での推計結果を求めた。対象道路は仙台都市圏内にある幹線道路 (国道) である。表-7および図-6をみると、各時間帯とも許容範囲と考えられる推計精度が確保されており、モデルやパラメータの妥当性が検証された。

4. PT調査実施都市圏におけるケーススタディ

(1) シミュレーションケースの設定

本評価モデルにおいて対象とする都市環境に関わる施策は交通、土地利用、民生施策であり、活動モデル（交通モデル、土地利用モデル）への入力値を変更することにより表現可能な施策である。著者らがケーススタディとして試みた施策は表-8のとおりである。これら施策内容の具体的な設定は、仙台都市圏における計画、構想等を踏まえた。本稿では、紙幅が限られているため、民生施策のシミュレーション結果は省略した。

交通施策と土地利用施策を組み合わせ設定したのは表-9（次頁）に示した8ケースである。まず、土地利用施策として、趨勢型CaseI、都市居住型CaseII、副都心型CaseIIIを設定した。都心はJR仙台駅を中心とする半径2kmのエリアであり、副都心は都心から6～9km離れた東西南北の4箇所に設定した。次に、土地利用施策に対し

表-9 交通施策・土地利用施策のケース設定

土地利用 交通施策	趨勢型	都心居住型	副都心型
施策なし	CaseI	CaseII	CaseIII
環状道路整備			CaseIII-2
公共交通サービス向上	CaseI-1	CaseII-1	CaseIII-1
都心部の駐車容量の抑制		CaseII-2	

公共交通サービスを向上したケースを、それぞれCaseI-1, CaseII-1, CaseIII-1とした。公共交通サービスは、全鉄道駅、全バス停での待ち時間を2分の1とした。

さらに、CaseII-1については、都心部の駐車容量を抑制するCaseII-2を設定した。このケースでは、仙台市の駐車場整備地区および周辺地区の駐車容量を2分の1にした。CaseIII-1については、環状道路を整備するCaseIII-2を設定した。環状道路は、都心部から2～3km郊外を外周する道路として設定した。なお、環境評価モデルの入力データである交通量や速度、夜間および従業人口は前述した活動モデルの推計結果⁹⁾を利用した。交通量と速度はリンク別・時間別に、人口はメッシュ別に得られる。

(2) CO₂排出量による施策評価

CO₂排出量による評価は、都市圏合計のCO₂排出量を指標として行った(表-10)。趨勢型CaseIを基準に各ケースの比較を行うと、都市構造の変更に伴う増減は小さく、都心居住型CaseII, 副都心型CaseIIIはほとんど変化がみられない。

一方、交通施策については、公共交通サービス向上により、趨勢型土地利用ではCaseIと比較しCaseI-1では約2%の減少であり、CaseIIとCaseII-1, CaseIIIとCaseIII-1の比較でも同様に約2%の減少であった。また、CaseII-1に対し駐車容量の抑制CaseII-2は低減効果がみられるが、CaseIII-1に対し環状道路の整備は逆に排出量が微増している。

(3) NO₂濃度による施策評価

大気環境の評価は、環境目標としてNO₂年平均濃度23ppb(NO₂日平均濃度の98%値40ppbに相当)を設定し、この目標をを超過しているメッシュ数と、そのメッシュの昼間人口(以下、曝露人口)を評価指標とし、メッシュ別の評価結果を都市圏合計に集計した(表-11)。

趨勢型CaseIを基準にケース間の比較を行うと、都市構造の変更に伴う増減は顕著であり、都心居住型CaseIIで超過メッシュ数が4増、曝露人口は32千人増加する。これは、都心居住によりNO₂排出量の多い都心部の人口密度が高まることによる。副都心型CaseIIIでは人口が分

表-10 CO₂排出量の比較(都市圏合計)

土地利用 交通施策	趨勢型 CaseI	都心居住型 CaseII	副都心型 CaseIII
施策なし	6,183千tCO ₂ /日 (1,000)	6,171千tCO ₂ /日 (1,000)	6,186千tCO ₂ /日 (1,000)
環状道路整備 Case*-2			6,091千tCO ₂ /日 (0,985)
公共交通サービス向上 Case*-1	6,057千tCO ₂ /日 (0,980)	6,048千tCO ₂ /日 (0,980)	6,059千tCO ₂ /日 (0,979)
都心部の駐車容量の抑制 Case*-2		6,019千tCO ₂ /日 (0,975)	

注)下段の()内の値は、CaseI, CaseII, CaseIIIを1.000とした時の、同じ土地利用施策ケースの比率

表-11 NO₂濃度の比較(都市圏合計)

土地利用 交通施策	趨勢型 CaseI	都心居住型 CaseII	副都心型 CaseIII
施策なし	27メッシュ 156,283人	31メッシュ 188,555人	7メッシュ 25,611人
環状道路整備 Case*-2			4メッシュ 12,401人
公共交通サービス向上 Case*-1	25メッシュ 155,889人	30メッシュ 177,387人	6メッシュ 24,337人
都心部の駐車容量の抑制 Case*-2		30メッシュ 177,359人	

注)上段：環境目標を超過したメッシュ数(都市圏合計は267、1kmメッシュで集計)、下段：曝露人口(都市圏合計は1,569,000人)

散することにより逆に超過メッシュ数が20減、曝露人口が131千人減少している。

交通施策では、公共交通サービスを向上したCaseI-1で超過メッシュ数が2減、曝露人口が微減している。都心居住型CaseIIでは、公共交通サービスが向上するCaseII-1では超過メッシュ数が1減、曝露人口は1.1千人減少するが、駐車容量の抑制CaseII-2は効果がみられなかった。副都心型CaseIIIでは、公共交通のサービス向上CaseIII-1で超過メッシュ数が1減であるが、環状道路の整備CaseIII-2により、CaseIII-1に対し超過メッシュ数で2メッシュ減、曝露人口で12千人減の改善がみられる。

図-7(次頁)は、趨勢型CaseIと他のケースをメッシュ毎に比較し、増減率をランクで示したものである。都心居住型CaseIIでは都心部でNO₂濃度が上昇し、郊外部では低下している。一方、副都心型CaseIIIでは都心部でNO₂濃度が低減し、副都心とその周辺の広い地域で悪化がみられる。都心居住型において公共交通施策を導入したCaseII-1では、都市圏全体で濃度が低下し、都心部の濃度上昇もCaseIと比較して緩和されている。また、副都心型で公共交通施策を導入したCaseIII-1でも、CaseIIIで悪化した副都心周辺のゾーンにおいても改善の傾向がみられた。

(4) 騒音レベルによる施策評価

騒音レベルの評価は、平日・昼間に70dBを超過した道路延長を指標とし、全リンクの評価結果をゾーンおよび都市圏単位に集約して行った。

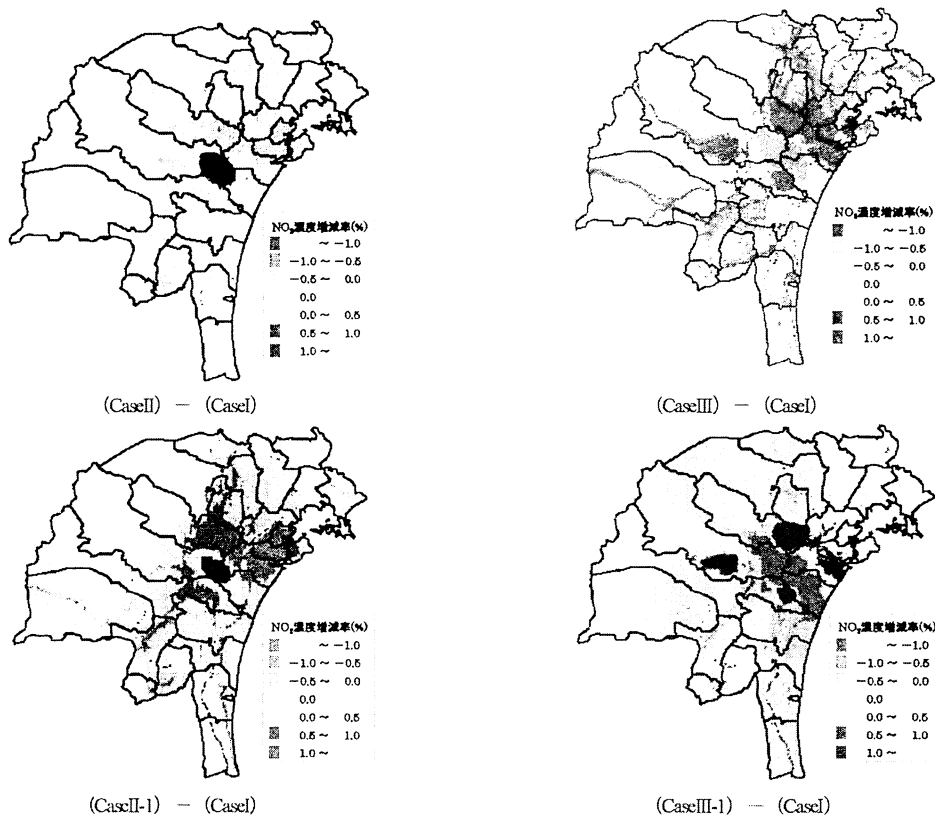


図-7 メッシュ別NO₂濃度の比較

表-12 騒音レベルの比較（都市圏合計）

土地利用 交通施策	趨勢型 Case I	都心居住型 Case II	副都心型 Case III
施策なし	37.7%	37.5%	38.7%
環状道路整備 Case*-2			36.5%
公共交通サービス 向上 Case*-1	35.7%	35.8%	36.6%
都心部の駐車容量 の抑制 Case*-2		35.5%	

注)平日昼間に70dBを超過した道路延長の割合%

表-12は各ケースの70dB超過道路延長割合を都市圏で集計したものである。土地利用施策による騒音の削減効果が小さい。公共交通サービスの向上による効果は、土地利用造の変更よりも効果はあるものの、Case I-1とCase Iを比較すると2ポイントの減少に留まった。また、Case IIに対する都心部の駐車容量の抑制、Case IIIに対する環状道路の整備は大きな削減効果が得られない結果となった。

図-8（次頁）は趨勢型Case Iと他のケースをゾーン別に比較したものである。都心居住型Case IIでは大きな変化はないが、都心東部で悪化し、郊外のゾーンで改善がみられる。一方、副都心型Case IIIでは副都心周辺での悪化が著しい。都心居住型において公共交通サービスを向上

したCase II-1では、公共交通の利便性が向上したことから、都心部や鉄道沿線ゾーンでの改善がみられる。また、副都心型で公共交通サービスを向上を導入したCase III-1では、Case IIIで騒音レベルが悪化した副都心周辺のゾーンにおいても改善の傾向がみられた。

(5) 複数指標による施策評価

前節までに整理してきたCO₂排出量、NO₂曝露人口、騒音（平日・昼間に70dBを超過した道路延長割合）を指標としたレーダーチャートを示す。全ての指標を同一の基準で評価するために、各評価指標が正規分布すると仮定し、ケーススタディを行った8ケースの評価値をサンプルとし、偏差値⁽⁴⁾で表示した。

土地利用の変更に着目すると（図-9・上段、次々頁）、都心居住型は趨勢型と比較して都市圏全体の自動車交通量が減少することによりCO₂排出量は1.5ポイント、騒音は1.8ポイントとわずかに改善するが、大気汚染の著しい都心部の人口が増加するためにNO₂曝露人口は逆に4.1ポイント悪化する。一方、副都心型は都市圏全体の自動車交通量が増加することで、CO₂排出量は7.7ポイント、騒音は8.9ポイント悪化するが、都心部の人口が副都心に分散するためにNO₂曝露人口は16.6ポイント改善する。

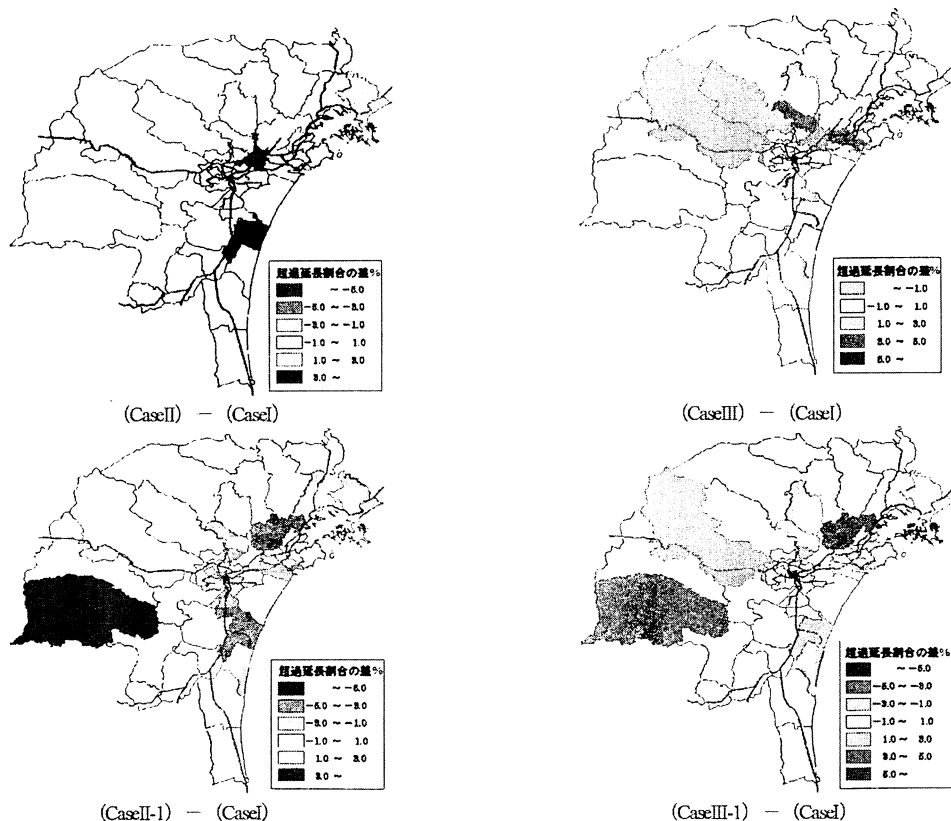


図-8 ゾーン別騒音レベルの比較

交通施策の導入に着目して評価を行うと、都心居住型 CaseII については（図-9・中段、次頁）、公共交通のサービスを向上することにより、CO₂排出量は16.3ポイント、騒音は17.7ポイントと大きく改善するが、NO₂曝露人口はほとんど変化がない。都心部の駐車容量の抑制は、さらに、CO₂排出量を3.7ポイント、騒音を2.7ポイント改善するが、NO₂曝露人口は変化しない。

また、副都心型 CaseIII をみると（図-9・下段、次頁）、公共交通サービスの向上により CO₂ 排出量、騒音を大きく改善する。環状道路の整備は、NO₂ 曝露人口、騒音をやや改善するが、CO₂ 排出量は逆に4.3ポイント悪化する結果となった。

以上のケーススタディの結果から、仙台都市圏においては、CO₂ 排出量や騒音やの改善は交通施策により達成されるが、NO₂ 濃度については土地利用によっては被曝する人口が増加することが明らかになった。したがって、CO₂ 排出量や騒音の低減をより重視するのであれば、土地利用は都心居住型 CaseI を基本に、公共交通施策を導入する CaseI-1、都心の駐車容量を抑制する CaseII-2 が有効である。NO₂ 曝露人口の低減を重視し、かつ CO₂ 排出量や騒音を低く抑えるのであれば、土地利用は副都心型 CaseIII を基本に、かつ公共交通施策を導入する CaseIII-1 が有効であろう。

5. おわりに

(1) 研究の成果

本研究の目的に沿い、研究の成果を整理する。

- PT調査が実施されている都市圏において、調査データや交通需要予測モデルを活用し、対象地域の広がり異なる計画課題に対応でき、交通以外の部門を含む総合的な環境評価のためのパッケージモデルを開発した。CO₂排出量、NO₂排出量、NO₂濃度、騒音レベルを推計する既存の要素モデルに、交通需要予測モデルから算出される共通のデータを入力し、実績値との精度検証を行いながら、モデルを作成することができた。全国に40以上存在するPT調査都市圏において一般的に作成されている4段階推定モデルをベースに、同様のモデルを作成することが可能である。
- 環境評価パッケージモデルを用い、仙台都市圏を対象とし、土地利用施策、交通施策の評価のケーススタディを行った。仙台都市圏においては、CO₂ 排出量や騒音の改善は交通施策により達成されるが、NO₂ 曝露人口の改善効果は人口分布により異なることが明らかになり、本モデルの特色として想定していたように、重視する評価指標により効果のある施策は異なり、環境指標間のトレードオフ関係を確認した。

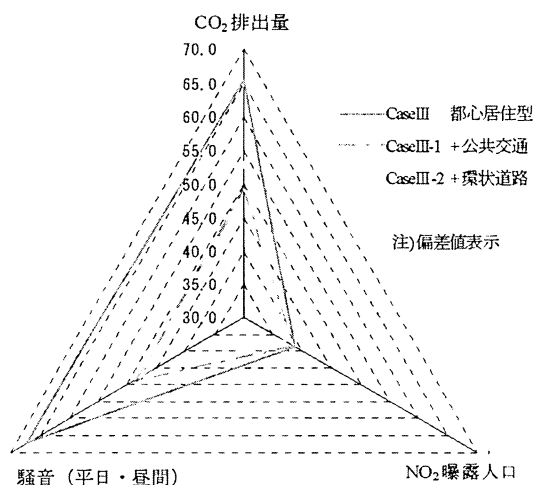
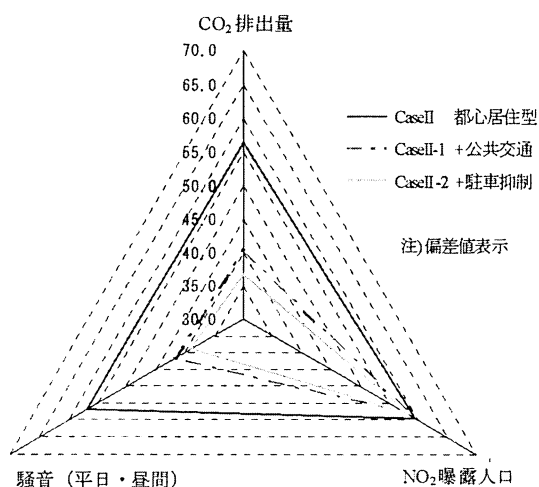
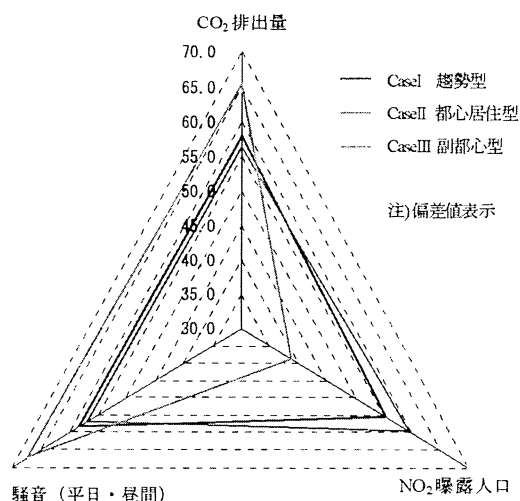


図-9 複数指標による施策評価

(2) 今後の研究課題

今後の研究課題を2点整理する。

まず、本研究のケーススタディは、仙台都市圏を対象としたものであり、人口分布や交通ネットワークが異なる他の都市圏においては異なる結果が得られると考えられる。他の都市圏におけるケーススタディを積み重ねることで、都市・交通施策の環境改善効果を都市特性別に整理し、政策決定の基礎資料とすることが望まれる。今後、都市や交通、環境施策に関する政策立案では、導入する施策による環境指標間のトレードオフ関係を明らかにした上で、戦略的・総合的な検討と推進が必要であり、本研究のモデルはその推進の一助となるであろう。

2つめは、環境評価モデルでありながら評価指標が、大気環境や騒音に偏っている点である。持続可能な地域を形成していくためには、都市活動が自然環境へ与える影響、自然環境から得られる効果など、相互の影響をとらえることが重要と考える。本モデルについては、環境変化が人口分布に与える影響を分析できるよう、環境評価結果を土地利用モデルに返す構造とすることが考えられよう。また、著者らは、最も基本的な資源として水の循環に着目し、都市活動が水環境に影響を及ぼし、それが都市環境に影響を与える効果を評価できるモデルの開発に取り組んでいる。これにより、水災害に関する評価や、ヒートアイランド現象に関する施策評価への途も開けると考えている。

謝辞：本研究は、2002年度「都市環境施策の社会的・経済的影響の定量評価に関する研究会（国土交通省国土交通政策研究所）」における検討を契機とし、その後、著者らが自主的な研究活動を継続し、2008年度において、科学研究費補助金・基盤研究(c)（課題番号20560499）の助成を受けとりまとめたものである。また、仙台都市圏総合都市交通協議会より、仙台都市圏パーソントリップ調査データを借用した。ここに記し感謝の意を表す。

補注

- (1) 本研究では、著者らが文献¹⁸⁾において提案した既存モデルの一部分を構成する環境評価モデルについて、表-13（次頁）に示すような検証・変更を加え、PT 実施都市圏において利用しやすいパッケージモデルに改良した。
- (2) 本稿における環境評価パッケージモデルの入力変数のデータは表-14（次頁）のとおりである。上位モデルである交通モデルからはリンク別交通量、走行速度、土地利用モデルからはゾーン別夜間人口、従業人口が出力される。環境評価モデルの入力変数は、自動車の環境負荷に関するものはリンク別データであり、住宅・業務施設に関するものはゾーン別データをメッシュデータに変換したものである。
- (3) 環境評価パッケージモデルに入力した人口分布、交通需要特性は、表-15、表-16（次頁）に示すとおりである。土地利用施策（容積率の変更等）、交通施策（公共交通サービス

水準の向上、駐車容量の抑制、環状道路の整備によるアクセシビリティの変化等）による人口分布の変化、交通手段分担、自動車利用特性の変化が生じている。

(4) 偏差値 = $(10 \times (\text{評価値} - \text{平均値}) / \text{標準偏差}) + 50$

参考文献

- 国土交通省都市・地域整備局都市計画課都市交通調査室 監修、財団法人計量計画研究所 編著：総合都市交通体系調査の手引き 解説書2007年度版, pp.61, 2007.
- Echenique, M.H., Flowerdew, A.D., Hunt, J.D., Mayo, T.R., Skidmore, I.J., Simmonds, D.C.: The MEPLAN Models of Bilbao, Leeds Dortmund: *Transportation Reviews*, Vol.10, 1990.
- Nakamura, H., Hayashi, Y., Miyamoto, K., Uchiyama, H.: Computer Aided Land Use - Transportation Analysis Sytem (CALUTAS) for evaluation of infrastructure planning, *Selected Proceedings of The Third World Conference on Transport Research*, pp.620-632, 1983.
- 阿部宏史, 天野光三, 戸田常一: 大阪都市圏土地利用モデル, 土木学会土木計画学シンポジウム, Vol.18, pp.135-144, 1984.
- Miyamoto, K., Kitazume, K.: A land-use model based on random utility / rent-bidding analysis (RURBAN), *Selected Proceedings of The Fifth World Conference on Transport Research*, Vol.4, pp.107-121, 1989.
- 森本章倫, 古池弘隆: 都市構造からみた輸送エネルギー削減施策の効果推計に関する研究, 日本都市計画学会学術研究論文集, No.33, pp.181-186, 1998.
- 大城温, 大西博文: 都市交通から発生するCO₂排出量の削減施策の効果予測に関する研究, 土木研究所資料第39回土木研究所研究発表会論文集, No.3760, pp.13-16, 2000.
- 原田昇, 古谷知之, 円山琢也: 東京都市圏交通戦略モデルの開発と環境負荷抑制効果分析への適用, 土木学会地球環境シンポジウム講演論文集, Vol.10, pp.175-180, 2002.
- 小島浩, 吉田朗, 森田哲夫: 交通・環境負荷を小さくする都市構造と交通施策に関する研究, 日本都市計画学会都市計画論文集, No.38-3, pp.553-558, 2003.
- 白濱好文, 屋井鉄雄, 福田大輔, 神田学: マイクロシミュレーションを活用した交通と大気環境の広域評価システム, 土木学会論文集, No.772/TV-65, pp.115-130, 2004.
- 環境庁: 窒素酸化物総量規制マニュアル (改訂版), 公害対策研究センター, 1993.
- 浮遊粒子状物質対策検討会: 浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル, 東洋館出版社, 1997.
- 辻倉裕喜, 安倍和雄, 大八木豊, 田中伸治: 湖沼流域管理のための総合的な水循環・物質流動モデルの構築, 土木学会水工学論文集, 第47巻, pp.217-222, 2003.
- 独立行政法人国立環境研究所: 国立環境研究所特別研究報告「環境低負荷型・資源循環型の水環境改善システムに関する調査研究」SR-45-2002, 国立環境研究所, 2002.
- 赤川宏幸, 小宮英孝, 大塚清敏: 地域開発における熱環境評価, 土木学会環境システム研究, vol.24, pp.586-592, 1996.

表-13 既存モデル¹⁸⁾に対する改良点

要素モデル	CO ₂ 排出量	時間別別車種別交通量・走行速度の推計を見直し、CO ₂ 排出量の推計精度を向上した。
	NO _x 排出量・NO ₂ 濃度	時間別別車種別交通量・走行速度、NO _x 排出量の推計精度を向上した上で、地点別、期別時間別別のNO ₂ 濃度の推計精度を検証した。
	騒音レベル	地点別、期別時間別別に推計精度を検証した (推計値の変更なし)。
評価指標・集計方法	地球・地域	変更なし。
	都市圏・都市	NO _x 濃度について、交通モデル、土地利用モデルからの出力値を受け、基準を超過するメッシュ数、曝露人口を自動集計できるよう改良した。
	地区・沿道	騒音レベルについて、基準を超える道路延長、ゾーン別に自動集計できるよう改良した。
パッケージ化	・計画課題に応じた評価指標メニューを整理した (図-1参照)。 ・入力変数のデータ形式、加工方法を整理した (表-14参照)。	

表-14 環境評価パッケージモデルの入力変数

交通・土地利用モデルからの出力値	
交通モデル	リンク別交通量, 走行速度
土地利用モデル	ゾーン別夜間人口, 従業人口
環境評価モデルへの入力変数	
CO ₂ 排出量	自動車 : リンク別交通量, 走行速度 住宅 : メッシュ別世帯数 (ゾーン別夜間人口を交換) 業務施設 : メッシュ別事業所数 (ゾーン別従業人口を交換)
NO _x 排出量・NO ₂ 濃度	自動車 : リンク別交通量, 走行速度 住宅 : メッシュ別世帯数 (ゾーン別夜間人口を交換) 業務施設 : メッシュ別事業所数 (ゾーン別従業人口を交換)
騒音レベル	自動車 : リンク別交通量, 走行速度

表-15 ケース別夜間人口分布特性

都心からの距離帯	線形型		都心居住型				副都心型	
	Cascl	Cascl-1	Cascll	Cascll-1	Cascl-2	Cascll	Cascll-1	Cascll-2
0 ~ 3km	164,565	-2.5%	33.9%	34.4%	34.2%	0.3%	-2.0%	-2.3%
3 ~ 6km	357,434	-0.8%	-3.8%	-4.5%	-4.4%	-0.5%	-1.2%	-0.9%
6 ~ 9km	306,459	0.0%	-3.9%	-4.2%	-4.1%	-0.6%	-0.5%	-0.4%
9 ~ 12km	255,530	0.8%	-4.0%	-3.5%	-3.5%	0.6%	1.3%	1.3%
12km ~	485,012	1.0%	-4.1%	-3.9%	-3.9%	0.3%	1.2%	1.0%
合 計	1,569,000	-	-	-	-	-	-	-

表-16 ケース別交通需要特性 (自動車利用)

	線形型		都心居住型				副都心型	
	Cascl	Cascl-1	Cascll	Cascll-1	Cascl-2	Cascll	Cascll-1	Cascll-2
トリップ数 [千トリップ]	1,707	1,566	1,704	1,564	1,521	1,764	1,623	1,669
平均トリップ長 [km]	6.76	6.62	6.72	6.58	6.64	6.77	6.64	6.73
総走行台キロ [万台km]	1,965	1,845	1,955	1,836	1,813	2,014	1,894	1,932
都心部混雑程度	1.02	0.95	1.03	0.96	0.92	1.04	0.96	0.91
市役所までの平均距離	1.000	1.005	0.975	0.976	0.977	1.018	1.024	1.023

注)市役所までの平均距離は、居住地から仙台市役所までの直線距離を人口で加重平均した。Casclを1.000とし、各ケースの比率を表示した。

- 岡村聖, 北田敏廣: サブグリッドスケールの土地利用が大気境界層に与える影響のモデル化 - K-εモデルにおける都市化域のパラメタリゼーション, 土木学会環境システム研究, vol.25, pp.593-597, 1997.
- Planning and Research of Policies for Land Use and Transportation for Increasing Urban Sustainability, *Final Report*, 2004.
- 森田哲夫, 吉田朗, 小島浩, 馬場剛, 樋野誠: 都市環境に関わる諸施策を評価するモデルシステムの提案, 土木学会論文集D, Vol.64, No.3, pp.457-472, 2008.
- 国土交通省都市・地域整備局, 都市交通調査室ホームページ, <http://www.mlit.go.jp/crd/tosiko/index.html>, 2009.8 (閲覧)

- 20) 財団法人道路環境研究所：道路環境影響評価の技術手法，第2巻，道路環境研究所，2000.
- 21) 道路投資の評価に関する指針検討委員会：道路投資に関する評価指針（案），財団法人日本総合研究所，1998.
- 22) 宮城県：宮城県地球温暖化対策地域推進計画書，1995.
- 23) 環境省地球環境局：地球温暖化対策地域推進計画策定ガイドライン，2003.
- 24) 仙台市：仙台市地球温暖化対策推進計画，1995.
- 25) 東京都環境保全局：道路沿道を対象とした大気汚染予測手法に関する検討報告書，1983.
- 26) 日本音響学会道路交通騒音調査研究会：道路交通騒音の予測モデル“ASJ Model 1998”，日本音響学会誌，55巻4号，pp281～324，1999.
- 27) 沿道交通騒音状況研究会：道路周辺の交通騒音状況 9，ぎょうせい，1998.

STUDY ON ENVIRONMENT-ASSESSMENT MODELS IN PERSON TRIP SURVEY AREA

Tetsuo MORITA, Tsuyoshi BABA, Akira YOSHIDA, Hiroshi KOJIMA
and Hiroshi SUGITA

We have promoted the simulation models to express how the diverse policies involving transportation, land use, and way of living or working influence on the urban activities. The models also enable to evaluate quantitatively the effects on environment, quality of life and economics through the changes in urban activities. This paper explains the structure of the environment-assessment model which is a subpart of described above models, and the consideration about environmental influence caused by urban planning results on the case study of Sendai Metropolitan Area. We secured sufficient accuracy for the environment-assessment model by checking reproducibility of simulation outputs about air quality and noise of traffic, and enable to compare the environmental influence of traffic programs and urban planning using this model. Moreover, it became clear that noise and CO₂ emissions have improved by traffic programs, but the exposure population of NO₂ has improved by urban structure changing result on the case study.