

S-3 脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクト

3. 都市に対する中長期的な二酸化炭素排出削減策導入効果の評価

(5) 都市圏におけるモビリティ由来のエネルギー消費と変革による削減効果（第I期平成16～18年度）

東京大学

大学院工学系研究科都市工学専攻

原田 昇

<研究協力者>

東京大学 大学院工学系研究科都市工学専攻

円山 琢也 (16～17年度)

同

高見 淳史 (18年度)

平成16～18年度合計予算額 8,007千円

※上記の合計予算額には、間接経費 1,848千円を含む

[要旨] 本研究は、2050年までを見越した日本における中長期温暖化対策シナリオとそれに至る環境政策の方向性を提示することを目的とした全体プロジェクトのうち、都市に対する中長期的な二酸化炭素排出削減策導入効果の評価を目的とした都市チームに所属し、都市圏におけるモビリティ由来のエネルギー消費と変革による削減効果を分析する手法の構築及びその手法による評価を行うことを目的とするものである。その結果、平成16～18年度の3年間で以下の成果を得た。

①ロードプライシング政策に関して、従来厳密な検討があまり行われてこなかったエリア課金の評価を行える、トリップチェーンベースの非加算経路コストを考慮したネットワーク均衡モデルを提案した。これを沖縄本島に適用することにより、エリア課金とコードン課金の下での消費者余剰、最適課金額、CO₂排出量の相違を明らかにした。

②個人の居住地と勤務地を適切に入れ替えることのみによって通勤時間と通勤目的の自動車交通に起因するCO₂排出量の削減をねらう職住最適再配置政策について、ネットワーク配分手法を適用し、混雑現象を考慮して分析できるモデルを提案した。これを東京都市圏、宇都宮都市圏、沖縄県に適用し、いずれの都市圏においても通勤目的の自動車からのCO₂排出量が34～39%削減示ることを示した。

③道路交通センサスのオーナーインタビューOD調査データを用いて、他の交通手段への転換が可能と考えられる比較的短距離の自動車トリップがどの程度存在しているかを、土地利用類型別・目的別に集計した。その結果、仮に手段転換が完全に行われれば、全国・全目的で約5%のCO₂排出量が削減されることを示した。

④全体プロジェクトで設定されている2つのシナリオに即し、職住最適再配置と短距離自動車トリップの削減を積み重ねた場合のCO₂排出量削減ポテンシャルを試算した。

[キーワード] 二酸化炭素、都市交通、ロードプライシング、職住最適再配置、交通手段転換

1. はじめに

環境省の統計¹⁾によると、二酸化炭素の総排出量のうち運輸部門（自動車・船舶等）からの排出は約2割を占める（図1）。1990年代末以降、運輸部門排出量の増加傾向は頭打ちとなっているが、京都議定書の基準年（1990年）から2004年度までの増加率は20.4%に達する。内訳を見ると、貨物交通に起因する排出量は3.2%減少しているものの、旅客交通に起因する排出量は42.5%、特に自家用乗用車からの排出量は52.6%増加している。以上のことは、旅客交通、とりわけ乗用車からのCO₂排出量を削減する努力が極めて重要であることを示している。

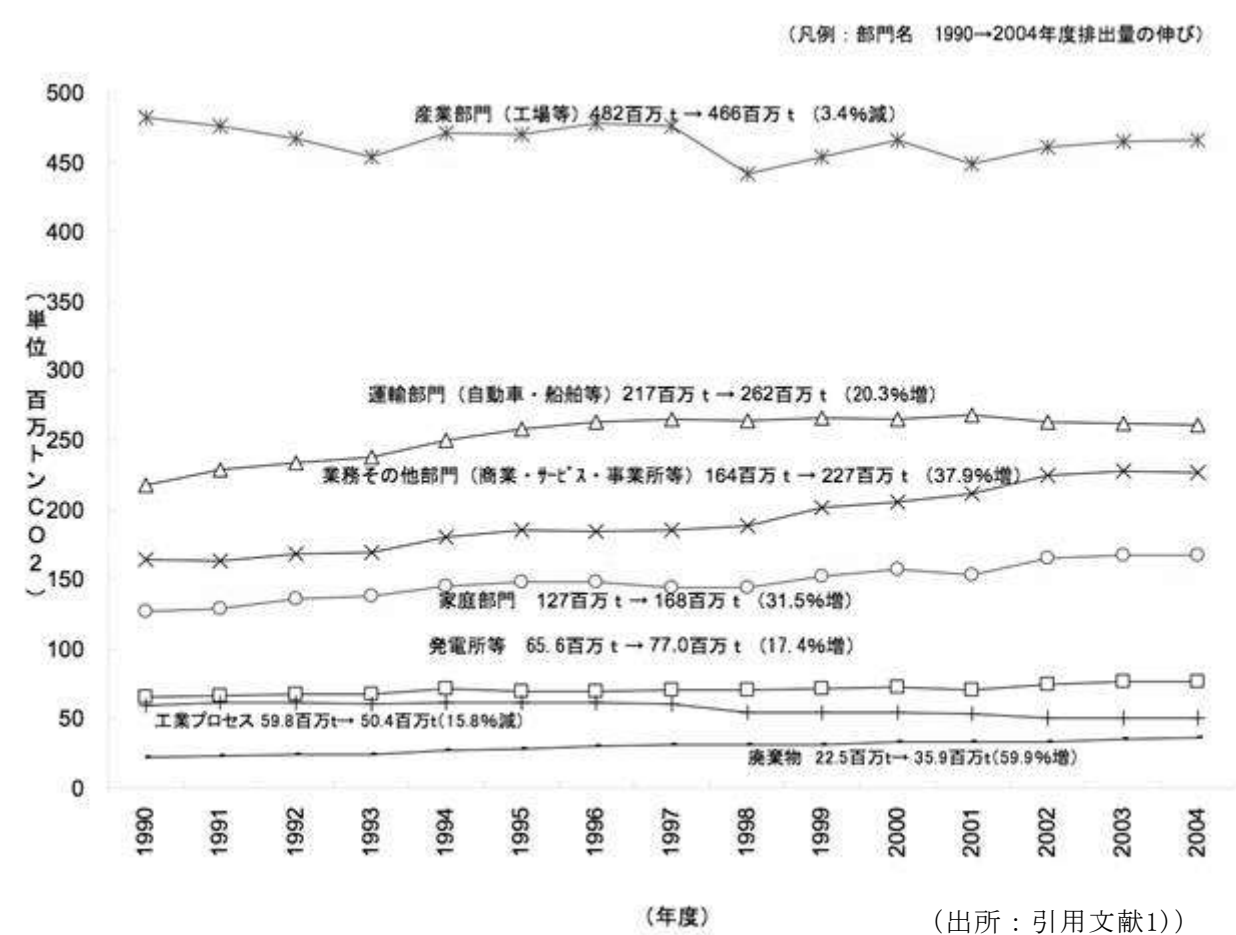


図1 二酸化炭素の部門別排出量（電気・熱配分後）の推移

2. 研究目的

本研究は、2050年までを見越した日本における中長期温暖化対策シナリオとそれに至る環境政策の方向性を提示することを目的とした全体プロジェクトのうち、都市に対する中長期的なCO₂排出削減策導入効果の評価を目的とした都市チームに所属し、都市圏におけるモビリティ由来のエネルギー消費と変革による削減効果を分析する手法の構築及びその手法による評価を行うことを目的としている。

3. 研究方法

(1) 研究方針・分析対象都市の決定

本研究では、都市交通に由来する日本全体のCO₂排出削減量の推計を行うことをねらいとして、

- ・ 可能な部分に関しては、全国レベルの推計を最初から行う
- ・ その他の部分に関しては、いくつかの特徴的な都市を選定し、それら個別都市の検討を行ったのち、結果を全国へ拡大する

という方針で進めた。

(2) データの収集・整理

都市交通関連の基礎データとして、「パーソントリップ調査」と、「道路交通センサス」のオーナーインタビューOD調査のデータを利用することとし、それらの収集・整理を行った。

パーソントリップ調査は、人を単位とする1日の行動に着目した調査で、人の移動を複数の交通手段にわたり捉えることができるのが特色であり、全国の都市圏ごとに概ね10年程度の間隔で実施されている。宇都宮都市圏におけるパーソントリップ調査のデータは、1992年のものが最新であるが、そのデータを入手し整理した。加えて、平成16年度には宇都宮都市圏の自動車とバスのネットワークデータの作成と更新を行い、平成17年度には沖縄の自動車ネットワークデータの作成を行った。

道路交通センサスのオーナーインタビューOD調査は、自動車の1日（平日・休日とも）の動きを自動車の所有者にアンケート形式で尋ねる調査であり、概ね5年ごとに全国で実施されている。パーソントリップ調査と異なり他の交通手段の利用状況は把握されていないが、特に自動車分担率の高い都市においては有用なデータとなる。本研究では、平成11年に実施されたオーナーインタビューOD調査（平日・休日）のデータを整備した。

(3) 具体的な検討テーマの選定

具体的に検討するテーマとして以下の3つを選び、これらを進めた場合のCO₂排出量の削減効果あるいは削減ポテンシャルについて検討することとした。

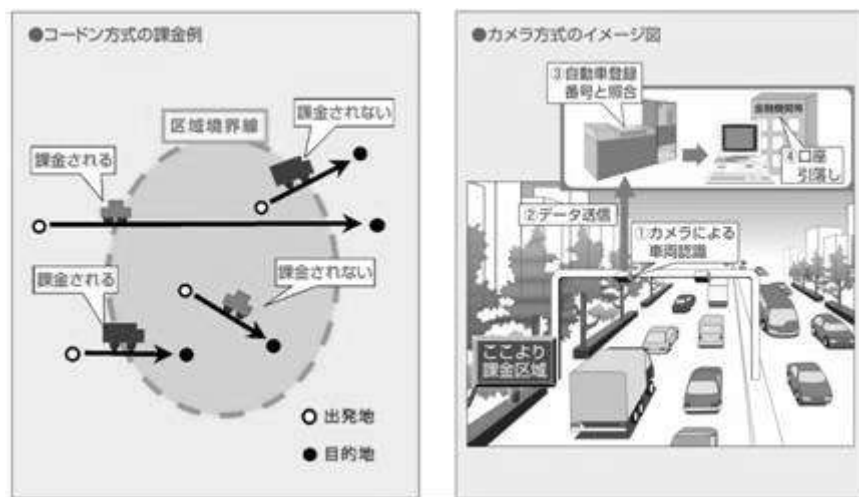
- ・ ロードプライシングの実施 —コードン課金とエリア課金の比較—
- ・ 職住最適再配置の実施
- ・ 短距離移動における自動車から他手段への転換促進

4. 結果・考察

(1) ロードプライシングの実施 —コードン課金とエリア課金の比較—

ロードプライシングとは、大都市都心部などの一定の区域における自動車の走行や進入に対し課金を行う政策である。自動車利用者の交通行動に対し、走行経路の変更、自動車から他の交通手段の転換、目的地の変更、時間帯の変更、トリップの取り止めといった影響を及ぼしうる。結果として、対象区域における自動車利用が減少することと、それによって混雑が緩和し走行速度が向上することによって、CO₂排出量を削減する効果が見込まれる。経済学の視点からも、消費者余剰を最大にする最適課金が設定可能という点で論理性の高い手法である。

課金の方法には、対象区域への進入に対してその都度あるいは1日1回課金されるコードン課金（例：東京都で検討されたケース＝図2）や、対象区域内での走行に対して1日1回課金されるエリア課金などがある。一般に、対象区域界での車両の出入りを観測すればよいコードン課金に比べ、対象区域内各所で車両の動きをモニターする必要があるエリア課金は実施が難しいとされる。しかし、東京と同じく世界的な大都市であるロンドンでは、既にエリア課金によるロードプライシングが導入されて効果を上げている。すなわち、エリア課金によるロードプライシングは技術的には現実に適用可能なレベルにまで到達していると言える。



（出所：「東京都ロードプライシング検討委員会報告書の概要」，東京都環境局）

図2 東京都で検討されたカメラ方式によるコードン課金

交通モデルの世界でも、コードン課金は、流入の都度課金されることを、対象区域界の流入リンクに料金を賦課して表現すればよいのに比べ、エリア課金については、1日のトリップチェーン全体を考慮しなければならず、厳密な研究はあまり行われてこなかった。

本研究では、エリア課金の厳密な評価を行うために、トリップチェーンベースの非加算経路コストを考慮したネットワーク均衡モデルを提案し、等価な最適化問題（次式）およびその解法を示した²⁾。

$$\min Z(\mathbf{g}, \mathbf{h}) = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega + \sum_{n,p} \sum_{m \in M_p} \tau_p g_n^m - \sum_n \int_0^{h_n} D_n^{-1}(\omega) d\omega$$

subject to

$$h_n = \sum_m g_n^m, \quad \forall n$$

$$x_a = \sum_{m,n} \delta_{a,n}^m g_n^m, \quad \forall a$$

$$x_a \geq 0, \quad h_n \geq 0, \quad g_n^m \geq 0$$

where

x_a : リンク a の交通量

$t_a(x_a)$: リンク a のリンクコスト関数

- $D_{rs}^{-1}(\cdot)$: ODペア rs 間の逆需要関数
 $\delta_{a,n}^m$: リンク a がトリップチェーン経路 m に含まれるとき 1、それ以外るとき 0 をとる変数
 h_n : トリップチェーン n の交通量
 g_n^m : トリップチェーン n におけるトリップチェーン経路 m の交通量
 τ_p : 課金パターン p の所要時間単位に変換された課金レベル
 M_p : 課金パターン p のトリップチェーン経路の集合

本モデルは、Beckmannモデルを基本モデルとする需要変動型利用者均衡モデルであり、交通需要が最小交通費用の関数（直接需要関数）の形で表現される。本モデルでは、利用者が課金を避けようとする場合には、トリップチェーンベースの交通費用に基づいて、トリップチェーンを取りやめるか、代替経路を通るかを選択する。前者には、他手段への転換、トリップチェーン経由目的地の変更、移動そのものの取りやめが含まれると解釈される。

本モデルを沖縄県に適用した結果を示す。具体的には、平成11年道路交通センサスデータからトリップチェーンデータを作成し、トリップチェーン単位の需要関数を設定して、本モデルを適用した。那覇市都心部（図3）を仮想的な課金区域とし、日単位で計算した。

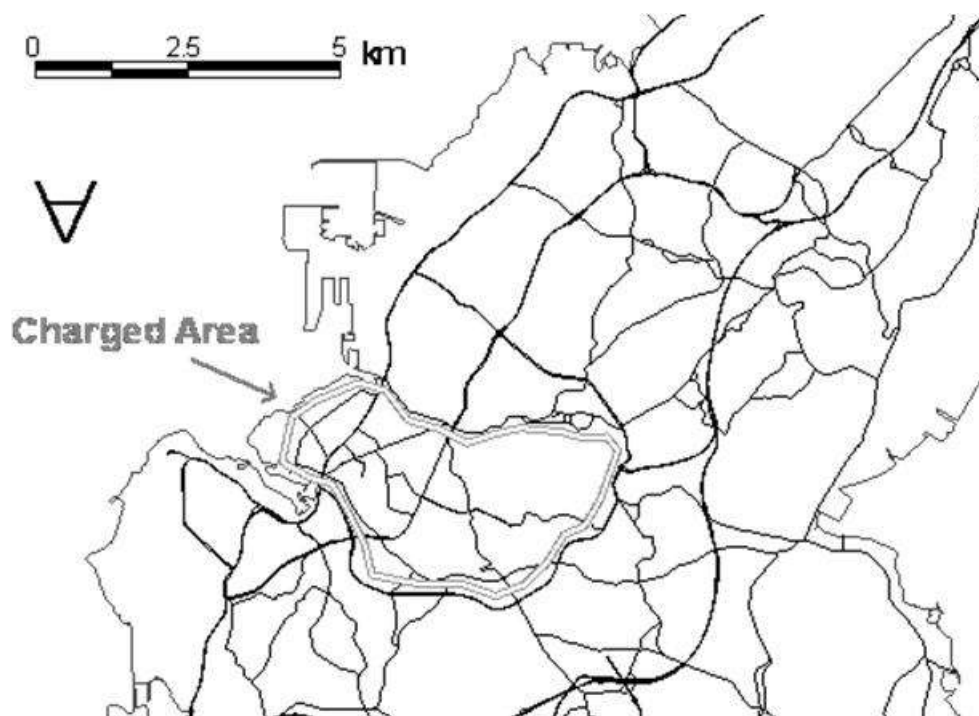


図3 分析における仮想的課金区域（那覇市都心部）

まず、課金額と社会的余剰の関係をコードン課金とエリア課金で比較したものを図4に示す²⁾。最適エリア課金額は約500円で、最適コードン課金額の約250円よりも大きく、コードン課金と比べると、社会的余剰はほぼ同じで、より大きな収入が確保できることが示された。

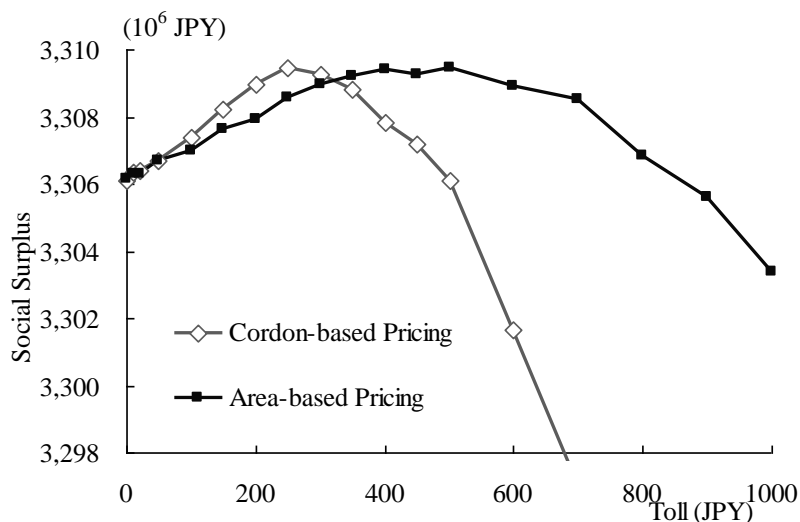


図4 コードン課金とエリア課金の比較：課金額と社会的余剰

次に、課金額と都市圏全体でのCO₂排出量の関係を両課金方式で比較したものを図5に示す³⁾。いずれの課金方式においても、消費者余剰が最大となる最適課金の状況下におけるCO₂排出量の削減率は約1%という結果になっている。コードン課金の場合は、課金額の増加につれて削減効果が頭打ちとなっている。これは、コードン課金下では課金対象とならない地域の内内トリップが増加するため、削減効果が打ち消されるためである。また、CO₂排出量を最小化するという観点から最適なコードン課金額を設定するとすれば、その額は約600円であることも読み取れる。

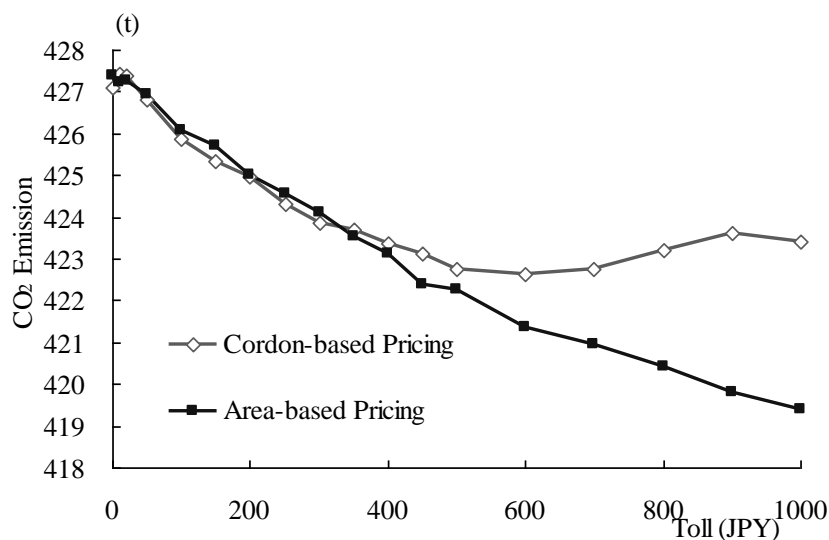


図5 コードン課金とエリア課金の比較：課金額と都市圏全体のCO₂排出量

(2) 職住最適再配置の実施

職住最適再配置とは、現状の住宅と雇用の分布（すなわち、通勤目的の発生・集中交通量）を変化させずに、個人の居住地と勤務地（すなわち、通勤ODパターン＝どこからどこへ通勤するかを組み合わせ）を適切に入れ替えることによって、通勤時間を減少させ、併せて交通環境負荷を削減することを目指す施策である。

その概念を図6に示す。ある個人は居住地aから勤務地Aへ、別の個人は居住地bから勤務地Bへと通勤するが、図の上の通勤パターン（Cross Commutingとよばれる）は無駄とも言える移動を含んでいる。これを下のように入れ替えることができれば、通勤時間・移動距離が減少し、CO₂排出量の削減に貢献する。

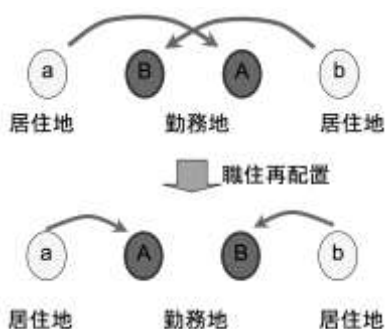


図6 職住最適再配置の概念

職住最適配置問題は、数学的には「最適割当UE」とよばれる最適化問題として次のように定式化され、ネットワーク配分手法を適用して解を求めることができる⁴⁾。

$$\min Z(\mathbf{x}(\mathbf{f}), \mathbf{q}) = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega$$

subject to

$$\sum_s q_{rs} = O_r, \quad \forall r$$

$$\sum_r q_{rs} = D_s, \quad \forall s$$

$$\sum_k f_k^{rs} = q_{rs}, \quad \forall r, s$$

$$x_a = \sum_{r,s,k} \delta_{a,k}^{rs} f_k^{rs}, \quad \forall a$$

$$x_a \geq 0, f_k^{rs} \geq 0, q_{rs} \geq 0$$

where

- q_{rs} : ODペア rs 間の通勤目的OD交通量
- O_r : ゾーン r からの通勤目的自動車発生交通量 (所与)
- D_s : ゾーン s への通勤目的自動車集中交通量 (所与)
- f_k^{rs} : ODペア rs 間の経路 k の経路交通量

- x_a : リンク a の交通量
- $t_a(x_a)$: リンク a のリンクコスト関数 (混雑考慮)
- $\delta_{a,k}^{rs}$: リンク経路接続行列 (ODペア rs 間経路 k がリンク a を通過するとき 1、しないとき 0 をとる変数)

なお、上記の定式化から明らかなように、本分析では交通手段の転換は考慮していない。また、ネットワーク上の混雑現象を考慮した最適状態を求められる点が本モデルの特長であるが、ここで言う「最適」の状態とは、CO₂排出量が最小となる状態でなく、“利用者が各人にとって交通費用最小となる経路を選択する”という条件下で総交通費用が最小となるようにODパターンを入れ替えた状態を意味していることに注意が必要である。

東京都市圏・宇都宮都市圏・沖縄県を対象に、職住最適配置下における自動車による平均通勤時間ならびに通勤目的自動車からのCO₂排出量を計算し、現状のそれと比較した結果を表1に示す。3つの対象地域は条件が異なるが、そのいずれにおいても平均通勤時間にして2〜3割、CO₂排出量にして3〜4割の減少が見込まれることが分かる。

沖縄における現状および最適配置下における通勤トリップ長の分布を図7に示す。5 kmに満たない短距離帯のトリップが大幅に増加している。これらの他の交通手段への転換が図られれば、CO₂排出削減量はより多くなると言える。

表1 職住最適配置による通勤目的自動車CO₂排出量の削減効果

都市圏	シナリオ	平均通勤時間	CO ₂ 排出量
東京	現状	41.24分	1,804 t
	最適	31.65分 (-23%)	1,192 t (-34%)
宇都宮	現状	30.43分	149.5 t
	最適	21.69分 (-29%)	94.0 t (-37%)
沖縄	現状	24.66分	146.0 t
	最適	17.70分 (-28%)	88.8 t (-39%)

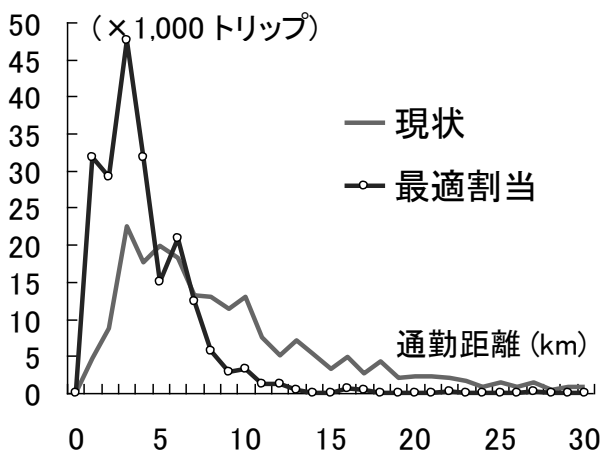


図7 通勤トリップ長分布の変化 (沖縄の場合)

こうした再配置は、雇用者が負担する通勤手当や住宅手当の制度を変更することなどによって、部分的に実現できる可能性がある。また、混雑緩和による便益は再配置の対象とならない者にも及ぶ（東京都市圏を対象とした検討によると、職住再配置をどの程度大掛かりに実施するかにもよるが、最大で総走行台時削減量の3割程度が再配置の対象外の者に帰着する⁴⁾）ため、再配置を奨励するような助成政策が社会的に正当化される場合もあり得る。しかし、最適再配置は、その実現性を求めるより、理想的な状況下におけるCO₂排出量の削減ポテンシャルを示すものと理解すべきである。都市構造に起因する交通環境負荷に対する中長期的な政策を考える上で、1つの基礎的な情報を与えるものとして意義は大きい。

（3）短距離移動における自動車から他手段への転換促進

交通手段の選択はトリップ長との関連が深いことが知られている。平成11年全国都市パーソントリップ調査のデータによると、2 km以内のトリップの半数以上は徒歩で行われており、自転車もかなりの距離まで利用されている（図8）。一方、0.5～2 kmの距離帯で1～2割、2～4 kmの距離帯では4割程度のトリップが自動車で行われている。このような比較的短距離の移動について、自動車から徒歩や自転車への転換を図ることは、CO₂排出量の削減につながる。

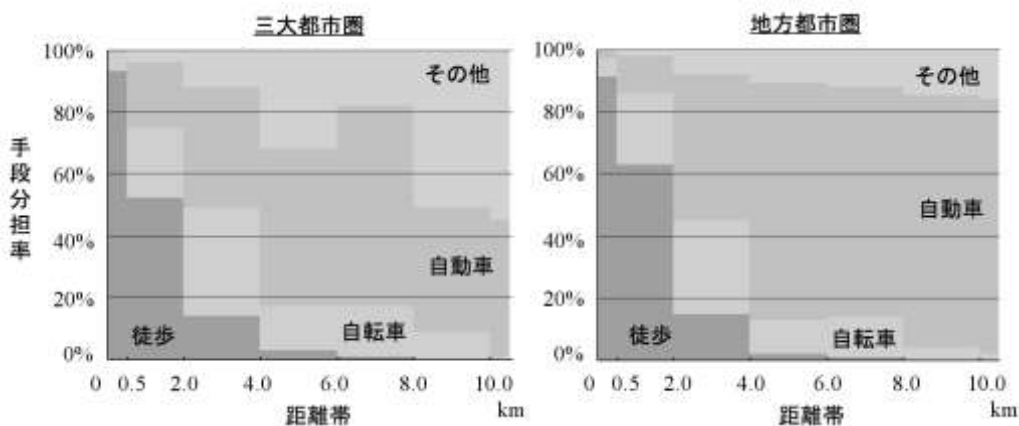


図8 トリップの距離帯と手段分担率（平成11年全国都市パーソントリップ調査より）

本研究では、平成11年道路交通センサスのデータに基づき、個人所有の自家用乗用車を対象として、短距離の自動車移動を徒歩や自転車に転換することによる、自動車のトリップ数、走行台キロ、CO₂排出量の削減ポテンシャルを算出した。具体的には、自宅（住宅）を出てから自宅（住宅）へ帰宅するまでのトリップチェーンをひとまとまりとして、

- ① トリップチェーンにおけるすべてのトリップの区間距離が5 km以下である
- ② トリップチェーンにおける合計移動距離が10 km以下である
- ③ トリップチェーンにおけるすべてのトリップの乗車人員が1人である
- ④ トリップチェーンにおけるどのトリップも、運行目的が「送迎」「貨物・荷物の運搬を伴う業務」または「不明」に該当しない

の4つの条件をすべて満たす自動車によるトリップチェーンを、他手段への転換により削減可能なものと見なして抽出した。

4条件のうち、①と②は肉体的な労力に基づく仮定である。図8にあるとおり、5km以内のトリップの2割程度が徒歩または自転車で行われているという現状を踏まえれば、①は非現実的な仮定ではないと考えられる。③については、同乗者がいるトリップは、場合にもよるが手段転換の可能性が低いと判断した。④のうち運行目的「不明」を除く2つの目的に関しては、同乗者や荷物を伴うため、やはり手段転換の可能性は低いと判断した。

計算は平日・休日別および車種別（乗用車・軽乗用車の別）に行い、それぞれ平日・休日の日数比と車種別CO₂排出量原単位を加味して集計する。すべてのトリップはその自動車の「使用の本拠」にある市町村に帰着するものとして、シナリオチームが設定している10の土地利用類型別および運行目的別に削減ポテンシャルを算出した。

結果を表2に示す。土地利用類型により削減ポテンシャルには若干の差があり、都市地域でポテンシャルが高い傾向が見受けられる。全目的では概ね3～6%程度のCO₂排出量が削減可能と見なされる。削減量全体への寄与を目的別に見ると、帰宅、通勤、家事・買物の順で大きい。これは削減率が高いことと、そもそも走行台キロや排出量が多いことの両方に因る。社交・娯楽目的や観光・レジャー目的の移動については、もともとの排出量はそれなりに多いが、上記の4条件を満たすトリップが少ないことから、寄与度は相対的に低くなっている。

表2 短距離自動車トリップの削減によるCO₂排出量の削減ポテンシャル（削減率）

		通勤	通学	家事・買物	社交・娯楽	観光・レジャー	無荷物業務	帰社	帰宅	全目的
三大都市圏	都市地域	-6.5%	-2.3%	-8.1%	-4.8%	-0.9%	-1.4%	-0.3%	-6.0%	-4.9%
	平野農業地域	-5.1%	-3.3%	-5.4%	-3.8%	-1.4%	-2.1%	-0.4%	-5.1%	-4.3%
	中山間地域	-4.8%	-1.3%	-3.9%	-3.0%	-1.0%	-1.4%	-0.4%	-4.1%	-3.5%
地方中枢都市圏	都市地域	-6.7%	-3.4%	-7.4%	-4.4%	-0.8%	-1.0%	-0.3%	-5.7%	-4.5%
	平野農業地域	-4.7%	-1.7%	-5.4%	-3.7%	-1.2%	-1.7%	-0.8%	-4.8%	-3.9%
	中山間地域	-6.3%	-2.2%	-6.8%	-3.6%	-0.9%	-2.1%	-0.6%	-5.4%	-4.7%
地方中核都市	都市地域	-8.6%	-4.1%	-8.0%	-5.2%	-1.0%	-1.5%	-0.4%	-7.1%	-5.6%
その他地域	都市地域	-9.1%	-2.8%	-7.9%	-5.4%	-1.1%	-1.9%	-0.7%	-7.5%	-6.1%
	平野農業地域	-6.3%	-1.9%	-5.6%	-4.2%	-1.0%	-1.7%	-0.6%	-5.7%	-4.6%
	中山間地域	-6.4%	-1.6%	-4.4%	-3.3%	-1.0%	-1.6%	-0.7%	-5.0%	-4.2%
全国平均		-7.1%	-2.5%	-6.9%	-4.6%	-1.0%	-1.5%	-0.5%	-6.0%	-4.9%
排出量の目的別構成比	削減前	19.7%	0.6%	8.9%	6.7%	11.4%	4.6%	1.5%	39.5%	100.0%
	削減後	19.3%	0.6%	8.7%	6.7%	11.9%	4.8%	1.6%	39.1%	100.0%
削減量全体への寄与		28.6%	0.3%	12.6%	6.2%	2.3%	1.4%	0.2%	48.4%	100.0%

なお、本研究では手段転換を促進するための具体策とその効果については検討していない。近年注目を集めている方策としては、環境や健康などの側面からの説得的コミュニケーションによって交通行動の変更を促す「モビリティ・マネジメント」がある。その一方で、安全で快適な歩行環境・自転車利用環境の整備や、短距離の移動で日常の用を済ますことができるような都市づくりも、行動変更を促進するための基盤として依然重要と考えられる。

(4) シナリオに即したCO₂排出量削減ポテンシャルの試算

(2) と (3) での検討結果に基づき、シナリオチームが設定した地域内旅客交通に関する将来シナリオ(表3)に即する形で、両シナリオ下における自家用乗用車(軽乗用車を含む)による地域内交通からのCO₂排出量削減ポテンシャルを試算した。

表3 シナリオチームによる人口と交通に関連するシナリオ設定(概要)

	シナリオA	シナリオB
人口構成 人口分布	<p>2050年時点の性年齢階層別・都道府県別・土地利用類型別の人口が設定される</p> <p>□都道府県別人口：2010年以降、大都市圏・地方中枢都市圏を有する県に集中</p> <p>□都道府県内人口：コンパクトシティの形成により、都道府県内における都市地域の人口比率は1995～2000年における増加傾向のまま推移</p> <p>□世帯：核家族化傾向に歯止めかからず</p>	<p>■都道府県別人口：2015年以降、三大都市圏と地方中枢都市圏で純移動率がマイナスに、他県ではプラスに</p> <p>■都道府県内人口：2020年代中頃から農村地域・中山間地域の人口比率が増加し、2050年には2000年水準に戻る</p> <p>■世帯：核家族化傾向に歯止め</p>
発生 原単位	<p>①高齢者の通勤・業務トリップが10%増(高齢者就業率増)</p> <p>②15歳以上の通学トリップが10%増(生涯学習の普及)</p> <p>③女性の通勤・業務トリップが1999年の男性と同等にまで増(女性就業率増)</p> <p>④女性の家事・買物トリップが1999年の男性と同等にまで減(女性就業率増)</p> <p>⑤観光・レジャートリップが10%減</p> <p>⑥全トリップ数(帰宅を除く)の変化に伴って帰宅トリップが変化</p>	<p>①男性の通勤・業務トリップが1999年の女性と同等にまで減(ワークシェア)</p> <p>②男性の家事・買物トリップが1999年の女性と同等にまで増(ワークシェア)</p> <p>③観光・レジャートリップが10%増加</p> <p>④全トリップ数(帰宅を除く)の変化に伴って帰宅トリップが変化</p>
手段 分担率	<p>⑦4km以上の自動車トリップの3分の1が鉄道にシフトするよう、距離帯別の分担率が変化</p>	<p>⑤6km以下の自動車トリップの半分が徒歩・二輪にシフトするよう、距離帯別の分担率が変化</p>
平均 トリップ 長	<p>⑧全平均で2000年比10%減となるよう、10km以遠帯のトリップの平均トリップ長が減(コンパクトシティ)</p> <p>⑨⑦により見かけ上自動車のトリップ長が減、鉄道のトリップ長が増</p>	<p>⑥全平均で2000年比10%減となるよう、10km以遠帯のトリップの平均トリップ長が減(コンパクトシティ)</p> <p>⑦⑤により自動車の平均トリップ長が増</p>

具体的には、シナリオチームによる平成11年全国都市パーソントリップ調査ベースの設定に従い、A・B両シナリオ下での発生原単位、自動車分担率、平均トリップ長の変化率を計算し、それを平成11年道路交通センサスからの発生原単位や走行台キロの集計値に当てはめた。加えて、4-2で算出した職住最適再配置によるCO₂排出量の削減ポテンシャルと、4-3で算出した短距離自動車トリップの削減によるCO₂排出量の削減ポテンシャルをそれぞれ積み上げた。試算したケースの概略を表4に示す。

表4 試算を行ったケースの概略

	概要	人口構成 *1	人口分布 *2	発生原単位	自動車分担率	平均トリップ長	備考
0	現況	現	現	現	現	現	---
1	性年齢別人口の変化のみ考慮。各属性の交通特性は全く変わらないとする	シ	現	現	現	現	---
2	性年齢別人口の変化に加えて、就業率の変化などによるトリップ発生段階の変化も考慮	シ	現	シ	現	現	---
3	2に加え、土地利用類型別の人口分布の変化も考慮するが、各類型での自動車の使い方(分担率、平均トリップ長)は不変	シ	シ	シ	現	現	---
4	2に加え、土地利用類型別の人口分布も変化し、それに伴って自動車の使い方(分担率、平均トリップ長)も変わる	シ	シ	シ	シ	シ	---
5	4に加え、職住最適再配置による削減ポテンシャルを考慮	シ	シ	シ	シ	シ	4-2より、通勤からのCO ₂ 排出量の35%の2倍(往復を考慮)を削減
6	4に加え、短距離移動における自動車からの転換による削減ポテンシャルを考慮	シ	シ	シ	シ*3	シ	4-3の運行目的別削減率を適用

[注] 「現」の項は現況(1999年実績)に、「シ」の項はシナリオチームの設定(AまたはB)に従った値を適用する。

*1 性年齢別の人口(人口総数の減少もここに含まれる)。

*2 土地利用類型別の人口比率。

*3 短距離自動車トリップ削減と内容が重複することから、表3の⑤⑦の影響を除去するよう設定し直した。

試算の結果を図9と表5に示す。人口の減少・高齢化のみを考えた場合の削減率は3割程度(ケース1A・1B)であり、対策を講じたケース4以降ではさらに相当量の削減が見込まれている。特にシナリオA系列の削減率がB系列を大きく上回っているが、これはシナリオAにおいて公共交通への転換を織り込んでいる設定(シナリオチームによる)に起因する。また、職住最適再配置は直接的には通勤と帰宅についてのみ自動車による移動とCO₂排出量を減少させるが、通勤からの排出

量は全体の15～20%であることから、全目的の排出量に対する削減ポテンシャルは10～15%程度と見積もられる。

なお、ケース4Bでは条件を満たす自動車トリップの半数が、ケース6Bでは条件を満たす自動車トリップのすべてが徒歩や自転車に転換すると設定しているにも関わらず、両者のCO₂排出量がほぼ同等なのは、両者の条件に以下のような違いがあるためである。すなわち、ケース4Bの設定では、運行目的や乗車人員などに関係なく、6 km未満のすべての自動車トリップ（の半数）が転換対象になっている。これに対し、ケース6Bで転換対象に含まれるには4-3で述べた4条件のすべてをトリップチェーン単位で満たすことが必要であり、結果として転換するトリップは限定されている。

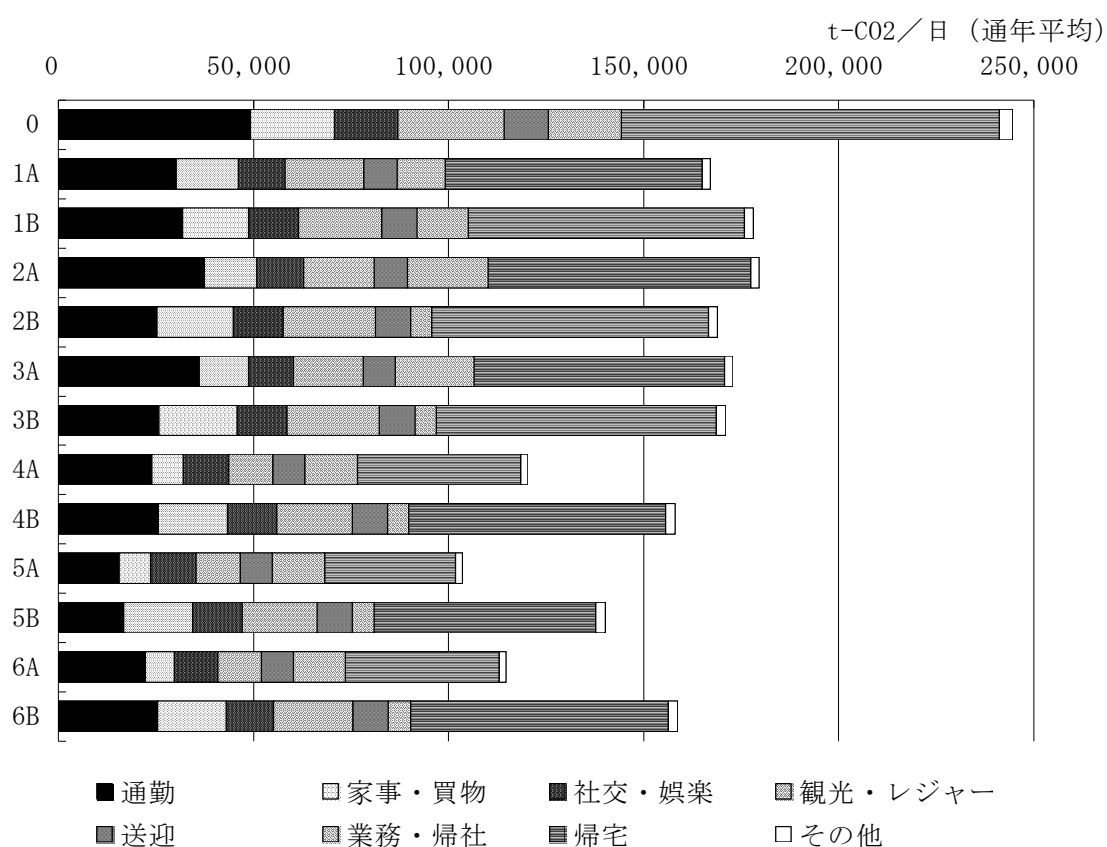


図9 各ケースのCO₂排出量試算結果

表5 各ケースのCO₂排出量削減率

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
シナリオ A	-31.7%	-26.6%	-29.3%	-50.8%	-57.6%	-53.1%
シナリオ B	-27.2%	-30.9%	-30.1%	-35.4%	-42.7%	-35.1%

5. 本研究より得られた成果

(1) 科学的意義

- ・ ロードプライシング政策に関して、従来厳密な検討があまり行われてこなかったエリア課金の評価を行える、トリップチェーンベースの非加算経路コストを考慮したネットワーク均衡モデルを提案した。これを沖縄本島に適用することにより、エリア課金とコードン課金の下での消費者余剰、最適課金額、CO₂排出量の相違を明らかにした。
- ・ 個人の居住地と勤務地を適切に入れ替えることのみによって通勤時間と通勤目的の自動車交通に起因するCO₂排出量の削減をねらう職住最適再配置政策について、ネットワーク配分手法を適用し、混雑現象を考慮して分析できるモデルを提案した。これを東京都市圏、宇都宮都市圏、沖縄県に適用し、いずれの都市圏においても通勤目的の自動車からのCO₂排出量が34～39%削減しうることを示した。
- ・ 道路交通センサスのオーナーインタビューOD調査データを用いて、他の交通手段への転換が可能と考えられる比較的短距離の自動車トリップがどの程度存在しているかを、土地利用類型別・目的別に集計した。その結果、仮に手段転換が完全に行われれば、全国・全目的で約5%のCO₂排出量が削減されることを示した。
- ・ 本プロジェクト全体で設定されている2つのシナリオに即し、職住最適再配置と短距離自動車トリップの削減を積み重ねた場合のCO₂排出量削減ポテンシャルを試算した。

(2) 地球環境政策への貢献

交通量モデルの部分について、施策評価に適用可能な方法を構築することが出来た。家族類型別世帯数と人口の推計結果から人流の発生・集中交通量を推計する手法の開発、物流の発生・集中交通量推計モデルへの土地利用データの導入などと合わせれば、実際の施策に有効に活用できると考えられる。

6. 引用文献

- 1) 環境省：「2004年度（平成16年度）の温室効果ガス排出量について」，2006.
- 2) T. Maruyama and N. Harata: “Difference between area-based and cordon-based congestion pricing: Investigation by trip-chain-based network equilibrium model with non-additive path costs” , Transportation Research Record, No.1964, pp.1-8, 2006.
- 3) 円山琢也：「ロードプライシング政策の比較分析 —エリア課金 vs コードン課金—」，都市のORウィンターセミナー2006 in つくば，2006.
- 4) 円山琢也，原田昇：「ネットワーク上での混雑を考慮した最適職住配置手法の構築とその実証研究」，都市計画論文集，No.38-3，pp.517-522，2003.

7. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

〈論文（査読あり）〉

- 1) T. Maruyama and N. Harata: “Difference between area-based and cordon-based congestion pricing: Investigation by trip-chain-based network equilibrium model with non-additive path costs”, Transportation Research Record, 2006. accepted.
- 2) 古川雄一, 円山琢也, 原田昇: 「ロードプライシング実施時の貨物輸送の変化に関する研究」, 土木学会論文集, No. 807/IV-70, pp.11-20, 2006.01.

〈査読付論文に準ずる成果発表〉

なし

〈その他誌上発表〉

なし

(2) 口頭発表 (学会)

- 1) T. Maruyama and N. Harata: “Optimal Job-Housing Location Pattern in Several Japanese Cities: Considering modal split and congestion in network”, International Symposium on City Planning 2005, pp. 159-171, 2005. 10.
- 2) 円山琢也, 原田昇: 「エリア課金とコードン課金の比較分析」, 応用地域学会第19回研究発表会, 2005.12

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

(6) その他

なし