

CHUOモデルを用いた運輸部門CO₂排出量削減対策の評価*

Evaluation of CO2 Emission Reduction Measures in Transport Sector Using CHUO Model*

石塚晃輔**・谷下雅義***

By Kosuke ISHIZUKA**・Masayoshi TANISHITA***

1. はじめに

運輸部門のCO₂排出量の約85%は自動車占める。その削減手段として税制が注目されており、また道路特定財源制度の廃止により、自動車関連税制をどうするかはわが国において大きな論点の一つである。

自動車関連税制が自動車の保有・使用を通じてCO₂に及ぼす影響を及ぼすかについては、産業連関表をベースに税制が所得水準にも影響を与えるといった一般均衡のフレームで分析するモデル(国立環境研究所AIM¹⁾、武藤ら²⁾などこれまで多くのモデルが作られてきている。しかし、車種分類や地域による実走行燃費の違いが十分考慮されていない。中央大学・計画系研究室では、部分均衡モデルであるが、複数の地域、車種、また道路のサービス水準(移動速度や実走行燃費)を考慮し、保有・走行・燃料消費率に与える影響を分析することが可能なCHUOモデルを開発してきた^{3,4)}。しかし乗用車モデルと貨物車モデルが別々に作成されている。本研究では、データを最新のものに更新するとともにこれら2つのモデルを統合する。また乗用車の車種について、今後増加が見込まれる(プラグイン)ハイブリッド車と電気自動車を導入する。そして改良されたモデルを用いて2020年において運輸部門からのCO₂排出量を90年比-12%削減する¹⁾ための自動車関連税制について検討することを目的とする。

2. 統合モデルの概要

これまで作成してきた乗用車および貨物車モデルは、それぞれのモデルのアウトプットが外生変数として扱われていることに加え、期の扱い、また空間の扱いについて異なる考え方がされていること、さらに乗用車モデルについては2002年以降のデータが更新されていないといった課題を有していた。

*Keywords: 自動車保有, 自動車走行量, 地球温暖化

**非会員, 中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻

***正会員, 博(工), 中央大学理工学部都市環境学科

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27

TEL: 03-3817-1817 FAX: 03-3817-1803

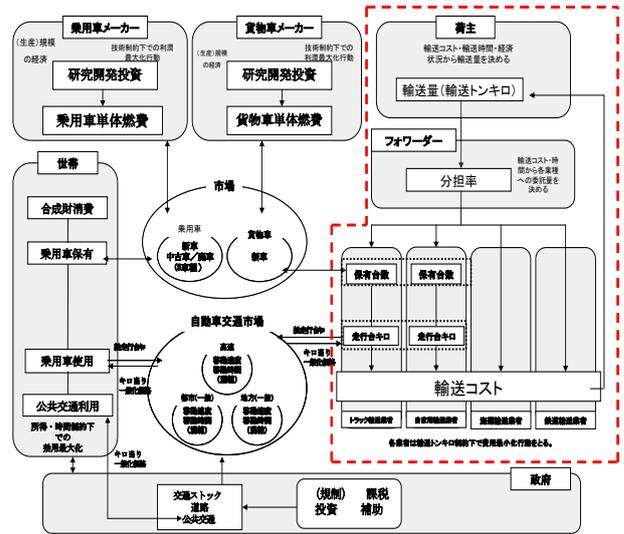


図-1 CHUOモデルの全体構造

表-1 CHUOモデルのフレーム

対象地域	都市部	首都圏(東京都埼玉県神奈川県千葉県)			
		中京圏(愛知県三重県)			
		京阪神圏(大阪府京都府兵庫県)			
地方部	上記以外の道県				
期間	一期を一年				
	1985-2008年のデータを使用し、2020年まで予測				
車種	乗用車	車種1	軽自動車	車種4	普通車
		車種2	小型車	車種5	電気自動車
		車種3	ハイブリッド車		
	貨物車	車種1	トレーラー	車種4	小型貨物車
		車種2	大型貨物車	車種5	軽貨物車
		車種3	普通貨物車		

本研究ではこうした課題に以下のように対応する。

(1) 統合モデルの構成(図-1, 表-1)

図-1, 表-1 にモデルの全体構成およびフレームを示す。図-1 の点線部分は貨物事業者の行動に注目した貨物車モデル、それ以外の部分は乗用車モデルを参考に両モデルを統合した全体フロー図となっている。

世帯、荷主、輸送業者、自動車メーカー、鉄道会社および政府の行動を扱い、每期、自動車市場における新車販売価格と道路交通市場における走行速度が均衡すると考える。具体的には世帯・荷主・輸送業者の行動によって道路の走行台キロが決まり、それと道路ストックの関係から走行速度が決まる。走行速度の低下により実走

行燃費が減少する関係を自動車の単体燃費及び平均速度により表現する。なお乗用車の車種 5(電気自動車)に関しては、電力会社の発電効率から走行距離あたりの電力消費量、CO₂ 排出量を求めている。これらの走行速度、走行燃費が再び世帯・荷主・輸送業者の意思決定に影響を与える。また自動車メーカーは世帯・輸送業者が行動した結果として得られる自動車の新規需要によって得られる利益を最大化するように、独占的競争を仮定して生産台数を決定する。鉄道会社は前期収入をもとに次期の運行頻度を決定し、世帯の自動車利用に影響を与える。政府は税率の設定や道路整備についての意思決定を行う存在として外生的に扱う。道路整備は 2008 年度までは各地域の道路投資額から維持費用を引いた残りが新規道路整備に充てられ、また 2009 年度以降は道路特定財源制度の廃止により、道路投資額が半減すると仮定した。

外生変数は表-2 の通りである。将来値については世帯数・世帯人員は国立人口問題研究所の推定値を使用する。世帯数は 2015 年にピークを向かえ、以降減少に転ずる。世帯人員は 2009 年以降減少する。平均所得は内閣府及び資源エネルギー庁より公表されている経済成長率に基づき、年間約 2%成長する。燃料価格は EIA の OUTLOOK2010⁶⁾の国際原油価格と連動すると仮定し、ガソリン価格は年間平均 3.3%で、ディーゼル価格は年間平均 4%増加する。その他の変数は 2008 年値を BAU (Business as usual) として設定した。

表-2 外生変数

外生変数	出所・将来予測
世帯数	国立人口問題研究所の推計値 ⁵⁾
世帯人員	2009年以降増加。世帯数は2015年より減少
平均所得	内閣府などの経済成長率予測 ⁶⁾
時間価値	2009年以降増加
ガソリン価格	EIA (OUTLOOK2010) ⁷⁾
ディーゼル価格	2009年に減少し、2010年より増加
自動車単体燃費	3年で2%上昇する

(2) 世帯と輸送業者の行動

a) 世帯と輸送業者の行動

人間は移動することにより何らかの効用を得ており、所得や時間の制約が緩和されれば、移動距離を増加させると考え、所得及び時間の制約のもとで効用最大化を行い自動車の保有車種や台数、走行距離を決定すると仮定する。効用関数は自動車による移動量、公共交通による移動量及びその他の合成財の消費量からなる CES 型の効用関数で表わされる部分と、自動車の保有そのものより得られる効用 VO との線形和により表わされるものとし以下にその第一段階の世帯の行動を定式化する。

$$V_{ij} = \max_{T_p, XT} U_{ij}(T_p, XT, VO_{ij})$$

$$= \max_{T_p, XT} \left(\alpha_T \frac{1}{\sigma_1} T_p^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_1}} + \alpha_{XT} \frac{1}{\sigma_1} XT^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_1}} \right)^{\frac{\sigma_1}{\sigma_1-1}} + VO$$

s.t. $FI - c_{ij} \geq C_T T_p + XT$

$\alpha_T, \alpha_{XT}, \sigma_1, \alpha_A, \alpha_B, \sigma_2$: パラメータ,
 VO_{ij} : 自動車の保有により得られる効用,
 (添字 i は車齢, j は車種を表す.)

$$FI = Y + wT,$$

w : 時間価値, c_{ijk} : 自動車の保有コスト,

Y : 所得, T : 総自由時間,

T_p : 交通サービス消費量, XT : 合成財消費量,

$$C_T = (\alpha_A C_A^{1-\sigma_2} + \alpha_B C_B^{1-\sigma_2})^{\frac{1}{1-\sigma_2}}$$

C_A : 自動車での移動の一般化費用

C_B : 鉄道での移動の一般化費用

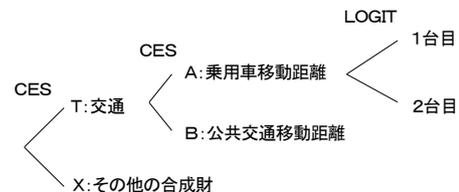


図-2 世帯の選択行動

b) 輸送業者の行動

輸送業者は毎期運送業者が費用最小化行動をとった結果として発生する輸送トンキロに最適な保有台数と走行台キロを決定する。具体的には GDP 及び全輸送機関(海運・鉄道・貨物車)のそれぞれの運賃から輸送量が決まり、運賃及び輸送時間より輸送機関別車種別業態別の輸送分配率が決定する。貨物輸送業者は車種別業態別に費用最小化行動をとるとし、輸送量に最適な保有台数と走行台キロを決定する。

(3) モデルの統合

モデルの統合は、図-1 の全体フロー図から乗用車モデル及び貨物車モデルのそれぞれが関与している道路交通市場でリンクさせる。具体的には従来それぞれのモデルで世帯の乗用車・貨物車が一定量走行していると考えてきたものを、互いに影響を与え合う関係に変更する。そしてモデルの統合には各モデルの設定条件の相違を統一する必要がある。時間に関しては、乗用車モデルが 1 期 3 年、貨物車モデルが 1 期 1 年であったが、これを 1 期 1 年に統一する。

取り扱い車種は乗用車モデルではディーゼル車とガソリン車の区分を廃止し、(プラグイン)ハイブリッド

車 (HV) 及び電気自動車 (EV) を新たに追加した。さらに貨物車は 5 車種存在し、車種毎に営業用車・家用車に分類しており合計 15 車種を取り扱う。

乗用車モデルでは都市部 (3 大都市圏)・地方部 (その他) と 2 地域に分割されており、貨物車モデルは全国を 1 地域と仮定しているために、モデルを統合する際に貨物車モデルの地域分割をする必要がある。本研究における貨物車モデルでは地域毎に推計を行うのではなく、従来の貨物車モデルで推計される全国の貨物車走行台キロを域内交通・域外交通に分割し、さらに域内交通を都市部・地方部に分割した。

3. 現況再現性

まず、1995 年のデータを初期値として 2008 年までの現況再現性の確認を行った。紙面の都合上、自動車走行台距離と燃料消費量のグラフを示す (図-3, 図-4)。自動車走行距離において、その最大差は乗用車で 5%、貨物車で 12%、また燃料消費量においてはおよそ 16% 乖離しているが、増減傾向が表現されており、十分現況が再現されていると判断した。

4. BAU および感度分析

(1) BAU

2 章で示した前提条件にもとづき、2020 年までの自動車からの CO₂ 排出量を計算した (図-5)。このとき、2008 年、2020 年それぞれにおける世帯数や燃料価格は表 3 の通りである。結果として 1990 年比で 1.49% の減少と推定された。

(2) 感度分析

感度分析として、自動車税・自動車重量税・自動車取得税・燃料税・所得税・燃料価格(ガソリン・ディーゼル)をそれぞれ 10% 増加させたときの自動車保有台数・自動車走行台キロ・燃料消費率の変化率を求め、表-4 にまとめた (これを 10 で割った値が弾性値である)

燃料税の影響が最も大きく、その他の税の影響は小さいと推定された。

表-3 年度別の基礎データ

	2008年		2020年	
	都市部	地方部	都市部	地方部
世帯数(万)	2491	2741	2402	2530
世帯所得(万円/月)	58	39	75	50
ガソリン価格(円/L)		76		95
軽油価格(円/L)		83		94
道路面積(km ²)	974	3919	976	3923

表-4 感度分析結果

	保有台数	走行台キロ	燃料消費率
自動車取得税	0	0	0.01
自動車税	-0.01	-0.03	0.01
自動車重量税	0	0	0.02
自動車燃料税	-0.01	-0.37	-0.73
燃料価格	-0.02	-0.98	-2.33
世帯所得	4.38	-0.5	2.65

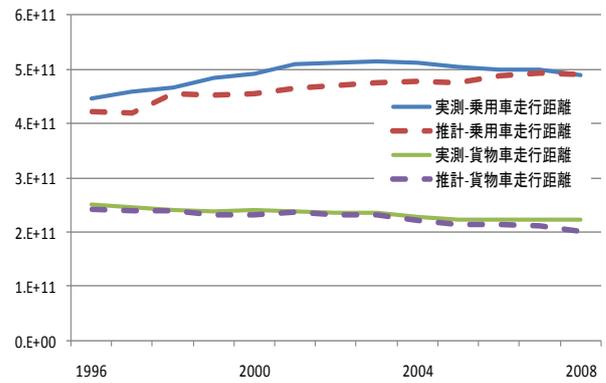


図-3 現況再現性—自動車走行距離

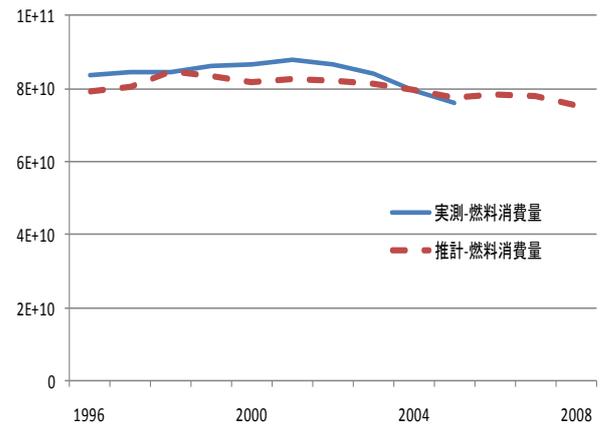


図-4 現況再現性—燃料消費量

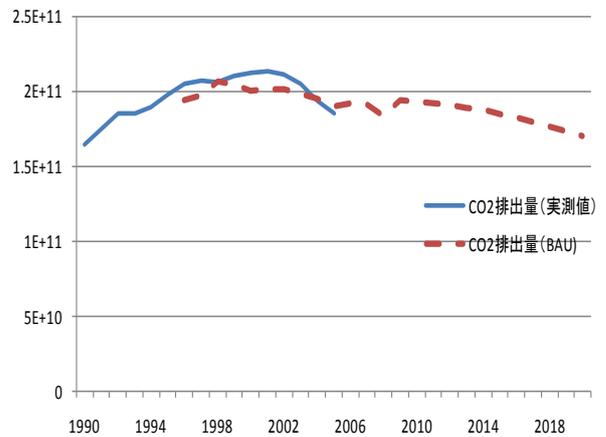


図-5 BAU (CO₂排出量)

5. シミュレーション分析

運輸部門からの CO₂ を 12%削減するよう各税率を変更し、シミュレーションを行う。このとき、前章の感度分析の結果から、最も感度の高い自動車燃料税の変更を軸に目標達成を目指す。なお、参考までに 2008 年ガソリン価格は 126 円/L である。

(1) 燃料税のみを増税する場合

燃料税のみを引き上げる場合には 1.90 倍（ガソリン：約 49 円/L の増税）にする必要があると推定された。

(2) 燃料税をエスカレータ方式で増税する場合

毎年自動車燃料税に 6 円ずつ上乗せすることで目標を達成可能であると推定された。この場合は 2020 年にガソリン価格が 221 円/L になり現実的に実行可能な施策であるとは言い難いが、(1)の施策に比べて世帯の期待効用の低下を抑えることが可能である。

(3) 燃料税の増税と低燃費車への取得・保有税の優遇措置を複合せせる場合（表-5、図-6）

表-5 のシミュレーションケースを実行する場合であり、シミュレーション結果は図-6 の通りである。燃料税は 1.87 倍（ガソリン：約 48 円/L）の増税となり、(1)と比べて僅かに増税額を抑えることができた。また(2)と比べると世帯の期待効用のうち、生活に自動車が欠かせない地方部での負担が軽減可能であり、3つのケースの中で最も適した施策であるといえる。

表-5 シミュレーションケース

税	対象	現行税額	シミュレーションケース	倍率	備考
揮発油税	ガソリン	48.6円/L	91円/L	1.87	-
地方揮発油税	ガソリン	5.2円/L	10円/L	1.87	-
軽油取引税	軽油	32.1円/L	60円/L	1.87	-
自動車取得税	乗用車	取得価格の5%	0	0	-
	軽自動車	取得価格の3%	0	0	-
	貨物(自家用)	取得価格の5%	0	0	-
	貨物(営業用)	取得価格の3%	0	0	-
自動車重量税	乗用車	6300円/0.5t/年	3150円/0.5t/年	0.5	HV・EVは0
	貨物	2500円/1t/年	1250円/1t/年	0.5	営業用車は0
自動車税	全車	排気量により異なる	-	0.5	HV・EV・営業用車は0

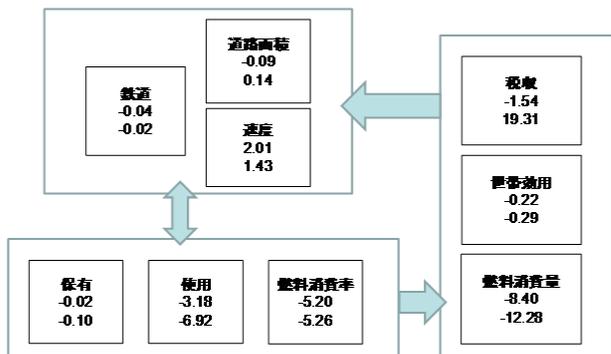


図-6 シミュレーション（上段：都市部，下段：地方部）

6. おわりに

本研究ではこれまで中央大学・計画系研究室で個別に開発されてきた乗用車および貨物車モデルを統合した。そのモデルを用いてシナリオを作成し、2020年時点において90年比で運輸部門からのCO₂排出量を12%減少させる自動車関連税制の検討を行った。このとき、税制を変更しないシナリオ(BAU)で約1.49%のCO₂排出量が減少すると推定された。またシミュレーション分析で提案を行った3つの施策の中では、表-5に示した燃料税の増税と低燃費車への取得・保有税の優遇措置を複合せせる税制変更が、最適であるとの結論を得た。

今後は以下に挙げられているような課題の解決や改良を進め、モデルをより一層発展させていく予定である。

- ・車種別車齢別の現況再現性の低さ
- ・一般道路と高速道路のみを考慮し、高速道路は貨物車のみが利用するという非現実的な仮定を導入
- ・世帯、輸送業者の行動原理の再検討：所得水準や輸送業者の規模など多様な観点から評価可能なように世帯や輸送業者等の詳細化
- ・新車の購入行動が表現不可
- ・貨物車モデルの地域別推定
- ・交通量のピーク時・オフピーク時の表現
- ・走行距離税の明示化
- ・社会的費用を考慮した課税・課金システムの検討

謝辞

本稿の作成にあたり、川野正史氏（㈱日立システムバリュー）にデータ収集およびモデル作成の協力を得た。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 国立環境研究所(2009) 日本経済モデル(AIM/Materialモデル) http://www.env.go.jp/council/16pol-ear/y162-13/ref03_1-3.pdf (ACCESS:11SEP2009)
- 2) 武藤 慎一, 徳永 澄憲ほか：自動車環境政策のモデル分析, 文眞堂, 2008年
- 3) 鹿島茂, 谷下 雅義ほか：地球環境世紀の自動車税制, 勁草出版, 2003年
- 4) 小川 貴浩：貨物車のCO₂排出量削減対策の評価, 中央大学修士論文 2008年
- 5) 国立社会保障・人口問題研究所 <http://www.ipss.go.jp/> (ACCESS: 15 FEB 2010)
- 6) 内閣府 HP <http://www.esri.cao.go.jp/#index02> (ACCESS:13 FEB 2010)
- 7) EIA OUTLOOK2010 <http://www.eia.doe.gov/oia/forecasting.html> (ACCESS: 15 FEB 2010.)