

R F - 0 7 8 アジアにおけるバイオ燃料の持続的需給システムの構築に関する研究

(1) アジア各国の需要動向と持続可能な需要システムの構築に関する研究

財団法人 日本自動車研究所 総合企画研究部 紀伊雅敦 (平成19年度)

財団法人 地球環境産業技術研究機構 システム研究グループ 紀伊雅敦 (平成20年度)

平成19～20年度	合計予算額	880千円
(うち、平成20年度)	予算額	393千円)

※上記の合計予算額には、間接経費202千円を含む

[要旨] 近年アジア地域では経済成長に伴いモータリゼーションが始まりつつある。多くの国で、自動車用燃料需要が急増し、エネルギーの海外依存を深めている。この状況の下で、アジア諸国のバイオ燃料政策は、国内農業対策と共に、エネルギー自給率の向上といった安全保障対策の側面を持っている。一方、わが国がアジア諸国のバイオ燃料政策に関与する戦略的意義は、日本のエネルギー資源確保とCO₂排出削減にあると考えられる。資源確保の可能性を判断するには各国の将来にわたるバイオ燃料の需給バランス、およびその持続可能性の見通しが不可欠である。

持続可能性評価には将来にわたる費用と便益の発生状況を推計することが求められる。費用にはエネルギー価格が大きく影響するが、それを確定的に予測することは不可能であり、むしろ想定しうる複数のシナリオに基づき評価することが必要と考えられる。

本研究では、その前提条件としてアジア各国の燃料需要をモデル化し、それをを用いて2050年までのエネルギー需要を推計する。その結果、平均所得と保有の関係から推計すると、自動車保有台数及びエネルギー需要は既往研究の推計結果と比較して低くとどまるものの、それでもなお現状に比べて需要は大幅に増加することを明らかにした。

また、エネルギー価格、CO₂削減コストのもとで、バイオ燃料の導入率を算定するモデルを作成した。これにより、価格が変化する場合のバイオ燃料需要の推計を可能とした。この結果はサブテーマ(5)の需給システムの成立可能性評価において用いられる。

[キーワード] モータリゼーション、バイオ燃料、アジア、持続可能性、需要推計

1. はじめに

近年、アジア地域では経済成長に伴いモータリゼーションが始まりつつあり、自動車用燃料需要が急増している。特に、中国、インド等、大国のエネルギー需要増大と海外での資源争奪は需給バランスに与える影響も大きく、それらの国の将来にわたる需要増大見通しは原油価格高騰の一因ともされていた。アジア諸国における化石燃料の国内生産量は需要をまかなうには不十分であり、多くの国でエネルギーの海外依存を深めつつある。この状況の下、アジア諸国のバイオ燃料政策は、国内農業対策と共に、エネルギー自給率の向上といった安全保障対策の側面を持っている。

各国で生産されるバイオ燃料は、当面自国の需要をまかなうために用いられると考えられるが、特に東南アジアの国々では、国内バイオ資源の賦存量、将来の需給バランスならびに原油等のエネルギー価格、あるいは排出権価格等の条件によっては、エネルギー資源として海外に輸出しうる可能性もある。わが国がアジア諸国のバイオ燃料政策に関与する戦略的意義は、日本にとってのエネルギー資源確保とCO₂排出削減にあると考えられる。その際、資源確保の可能性を判断するには各国の将来にわたるバイオ燃料の需給バランスの見通しが不可欠である。

加えて、バイオ燃料の需要側の持続可能性を評価するためにも、将来にわたる費用と便益の発生状況を推計することが求められる。ここで、需要側の持続可能性とはあくまでもバイオ燃料の使用に伴う費用、便益の変化のみを対象とし、需要変化に伴う価格変動は考慮しない。費用はエネルギー価格が大きく影響するが、それを確定的に予測することは不可能であり、むしろ想定しうる複数のシナリオに基づき評価することが必要と考えられる。

本事業の目的は、アジア地域におけるバイオ燃料の持続的需給システムの構築可能性を評価することにある。特に、エネルギー作物生産に比較優位のあるASEAN諸国が我が国のエネルギー供給地域となるポテンシャルを有するか否か、また有する場合の主要な条件を把握し、我が国の対ASEANバイオ燃料戦略検討に資する知見を得ることが目的である。

そのためには、バイオ燃料の供給力の把握とともに、両地域での将来にわたる需要量を把握することが不可欠である。

2. 研究目的

本章では日本およびASEAN5カ国（インドネシア、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナム）の四輪乗用車および二輪車を対象に2050年までのエネルギー需要を推計する。これにより、サブテーマ（5）で分析する日本-ASEANを対象とした需給システムの持続可能性評価に基礎データを提供することが目的である。

3. 研究方法

本研究では、まず、日本におけるモータリゼーション期のエネルギー需要の要因分析から、自動車保有台数が最大の影響要因であったことを明らかにしたうえで、保有台数推計モデルの概念を整理する。次に、途上国の保有台数変化及びその影響要因に関するデータを整理し、データ制約の存在する途上国の需要モデルの推計方法として、先進国の推計結果に基づくモデルのベイズ

更新を検討する。これは、先進国のモデルパラメータの統計量を事前情報として、途上国のパラメータを推計するものであり、特にモータリゼーションが初期段階で、将来予測に大幅な外挿を必要とする途上国の保有モデルの安定性を向上できる期待される。最後に推計されたモデルを用い、2050年までの保有台数、自動車エネルギー需要、バイオ燃料需要を試算する。なお、推計対象はASEAN5カ国だが、参考情報として中国、インドについても自動車保有、エネルギー需要の現況を整理する。

(1) 自動車エネルギー需要の影響要因

自動車エネルギー需要変動の要因を単純化すると、保有台数、1台あたり走行距離、および燃費の積で表すことができる。図1は日本の1965年から2005年間の乗用車に関するエネルギー需要、保有台数、年間走行距離、および燃費の推移をそれぞれ示している。この期間は日本のモータリゼーション期を含んでいるが、それぞれの要因の変化を見ると、走行距離、燃費ともに1970年以降はほぼ横ばいである。1965年と2005年を比較すると、保有台数は25倍、走行距離は0.6倍、燃費は0.7倍であり、燃料消費量の増加に対して最も影響が大きかった要因は保有台数の増加であったことがわかる。

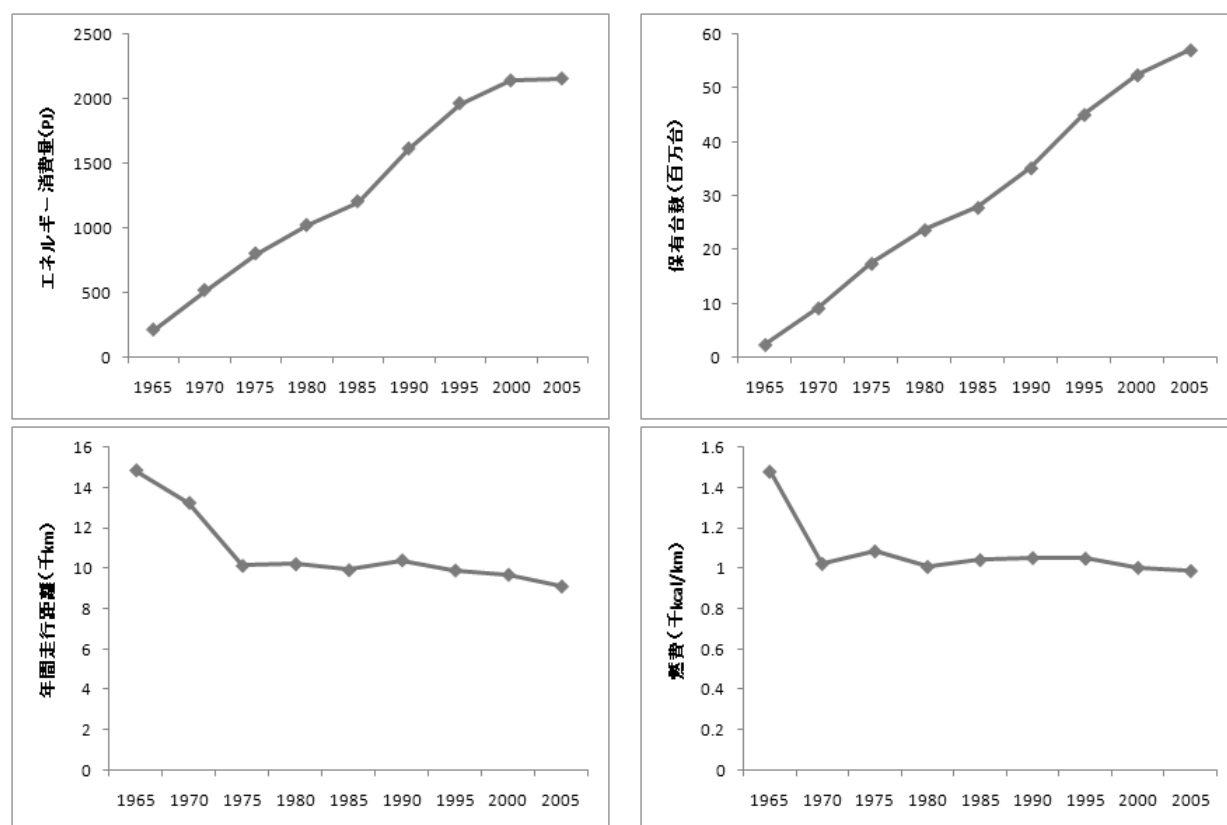


図1 日本の乗用車エネルギー需要と構成要因

1965年から1970年にかけての日本のモータリゼーション期の状況を鑑みると、今後途上国においても車両の燃費は改善し、保有台数の増加に伴い走行距離が減少する可能性があるが、その変化は緩やかであり、むしろ経済成長に伴う保有台数の増加によって自動車用エネルギー需要は増

加すると考えられる。現在、途上国における保有車両の多くは商用車だが、日本と同様に物流の合理化が進むならば、やはり乗用車の伸びが高くなり、その推計が燃料需要の見通しにおいて最も重要であると考えられる。

(2) 乗用車保有台数推計モデルの概念と定式化

乗用車に関しては、一般に所得上昇に伴い保有台数は上昇する。この関係は先進国、途上国とも変わらないと考えられる。保有台数を推計するほぼ全ての既往研究は所得、あるいは所得の代理変数としてGDPなどの経済指標を説明変数とし、各国、各地域の時系列データ等に基づき保有台数をモデル化している。しかし、その推計結果は文献により大きく異なる。この相違は対象とするデータや分析期間、モデルの構造など様々な要因に起因すると考えられるが、成長曲線などを仮定するマクロモデルの場合、推計されるパラメータの解釈が通常困難であり、統計的な信頼性以外に検証できないのが現状である。

一方、保有構造を明示的に想定するモデルはパラメータが意味を持つことになる。例えば、沈¹⁾は中国を対象に、所得分布と所得別の乗用車保有確率を想定したモデルを作成している。このモデルでは、一部途上国に見られるように国民所得の配分に偏りが生ずる場合、平均値では表現出来ない状況を保有台数推計に反映させることができる。ただし、このモデルでは所得分布に対数正規分布を用いており、また保有確率をロジスティック曲線で与えており、保有台数を解析的に与えることが困難である。関連する統計データが十分ある場合には構成要素ごとにモデルのパラメータを検証することが可能だが、通常こうしたデータを整備することは容易ではなく、また途上国の自動車保有推計のように推計に大幅な外挿を必要とする場合には、さまざまなデータからパラメータを調整可能とするために、保有台数の解析的な誘導形を得ておくことが望ましい。

そこで、ここでは、沈の考え方をベースに、所得分布と保有確率の形状を変更し、保有台数の誘導型を導出することで、モデルパラメータに意味を持たせた成長曲線モデルを作成する。まず、沈のモデルを一般化すると所得分布、保有確率に基づき保有台数を次式で定義することになる。

$$N = Q \cdot \int_0^{\infty} P_1(x) \cdot P_2(x) dx \quad (1)$$

ここで、 N は保有台数、 Q は人口または世帯数、 $P_1(x)$ は所得 x の確率密度、 $P_2(x)$ は所得 x の個人または世帯の保有確率を表す。この定義自体は、高所得ほど保有率が高まるといったごく自然なものといえる。

本研究では、所得分布に対数ワイブル分布、保有確率を矩形とすることを考える。すると、所得分布 P_1 、保有分布 P_2 は次式で表される。

$$P_1(x) = \frac{1}{\beta} \cdot \exp\left(\frac{x - \mu}{\beta}\right) \cdot \exp\left(-\exp\left(\frac{x - \mu}{\beta}\right)\right) \quad (2)$$

$$P_2(x) = \begin{cases} \omega & (x \geq I_0) \\ 0 & (x < I_0) \end{cases} \quad (3)$$

ただし、 μ は平均パラメータ、 ω は上限保有率、 I_0 は最低保有所得であり、 β はパラメータである。ここで、所得の累積密度関数は次式となる。

$$G(x) = \int_{-\infty}^x P_1(x) dx = 1 - \exp\left(-\exp\left(\frac{x-\mu}{\beta}\right)\right) \quad (4)$$

これより、所得の期待値は次式となる。

$$E(x) = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot P_1(x) dx \quad (5)$$

ここで、以下の置き換えを行う。

$$X = \exp\left(\frac{x-\mu}{\beta}\right) \quad (6)$$

$$x = \beta \cdot \ln X + \mu \quad (7)$$

すると、次の関係が得られる。

$$\frac{\partial x}{\partial X} = \frac{\beta}{X} \quad (8)$$

これを式(5)代入すると以下の関係が導かれる。

$$\begin{aligned} E(x) &= \int_0^{\infty} (\beta \cdot \ln X + \mu) \cdot \frac{X}{\beta} \cdot \exp(-X) \cdot \frac{\beta}{X} dX \\ &= \int_0^{\infty} (\beta \cdot \ln X + \mu) \cdot \exp(-X) dX \\ &= \beta \cdot \int_0^{\infty} \ln X \cdot \exp(-X) dX + \mu \int_0^{\infty} \exp(-X) dX \\ &= -\beta \cdot \gamma + \mu \end{aligned} \quad (9)$$

ただし、 γ はEuler-Mascheroni定数であり次式となる。

$$\gamma = -\int_0^{\infty} \exp(-x) \cdot \ln x dx = 0.57721 \quad (10)$$

以上より、平均所得を I とすると、次の関係が得られる。

$$\mu = I + \beta \cdot \gamma \quad (11)$$

ここで、所得 I_0 以上の世帯が自動車必ず1台保有すると仮定すると、保有率は次式となる。

$$\begin{aligned} G &= \omega \cdot \int_{I_0}^{\infty} g(x) dx \\ &= \omega \cdot (G(\infty) - G(I_0)) \\ &= \omega \cdot \left(1 - 1 + \exp\left(-\exp\left(\frac{I_0 - I - \beta \cdot \gamma}{\beta}\right)\right) \right) \\ &= \omega \cdot \exp\left(-\exp\left(\frac{I_0 - I - \beta \cdot \gamma}{\beta}\right)\right) \end{aligned} \quad (12)$$

一方、ゴンペルツ曲線は次式で定義される。

$$G = \omega \cdot \exp(-\exp(\theta_1 \cdot GDP + \theta_2)) \quad (13)$$

式(12)と(13)を比較すると、ゴンペルツ曲線のパラメータは次のように表わされる。

$$\theta_1 = -\frac{1}{\beta} \quad (14)$$

$$\theta_2 = \frac{I_0}{\beta} - \gamma \quad (15)$$

一方、ゴンペルツ曲線のパラメータを用いると最低保所得 I_0 は次式で表わされる。

$$I_0 = -(\theta_2 + \gamma) / \theta_1 \quad (16)$$

結局、式(1)と式(12)、(13)を用いて保有台数は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} N &= Q \cdot \omega \cdot \exp\left(-\exp\left(\frac{I_0 - I - \beta \cdot \gamma}{\beta}\right)\right) \\ &= Q \cdot \omega \cdot \exp(-\exp(\theta_1 \cdot I + \theta_2)) \end{aligned} \quad (17)$$

以上の展開により従来、経験則として用いられてきた成長曲線であるゴンペルツ曲線のパラメータについて、所得と保有の観点からの解釈が可能となる。なお、Dargay²⁾らはゴンペルツ曲線を長期保有率とし、短期保有率を前期保有率との重み付き平均として次式で与えている。

$$G'_S(I^t; \omega, \theta, \delta) = \delta \cdot G^t(I^t; \omega, \theta) + (1 - \delta) \cdot G'^{t-1}_S \quad (18)$$

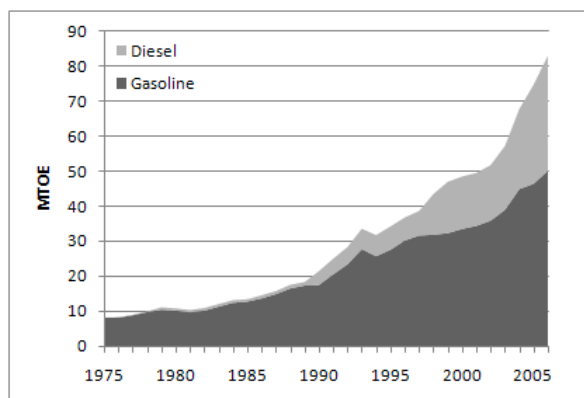
ただし、 G'_S はt期の短期保有率、 G^t は長期保有率(= N_0/Q)、 δ はパラメータである。これに、人口を乗じることで保有台数が求められる。

(3) アジア諸国の交通エネルギー消費と自動車保有の推移

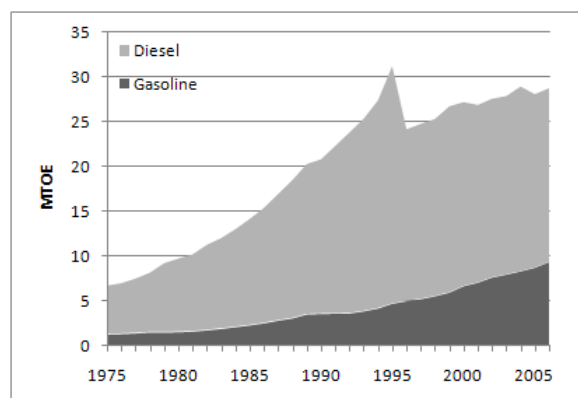
モデル分析に先立ち、対象とするアジア諸国の交通エネルギー消費と自動車保有の現況を整理する。図2は各国の道路交通部門のエネルギー消費量を油種別に示している。ガソリンと軽油のみ表示しているが、他の燃料については消費量がごく僅かのため省略している。

データはIEA統計を整理しているが、インド、フィリピンなどでは統計上の組み替え等に伴う不整合が生じている可能性がある。例えばインドでは1996年に、交通部門に分類されていない灯油と、集計上の組み替えがなされている可能性が指摘されている。

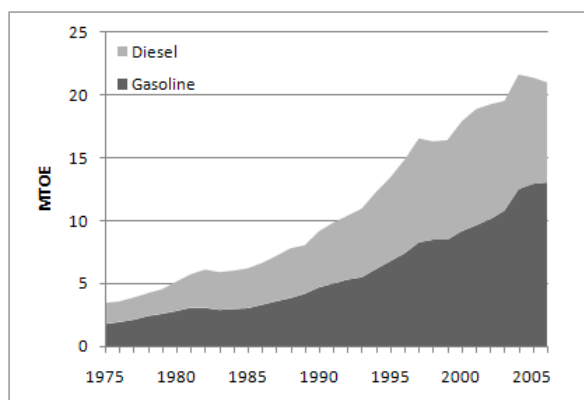
a) 中国



b) インド



c) インドネシア



d) フィリピン

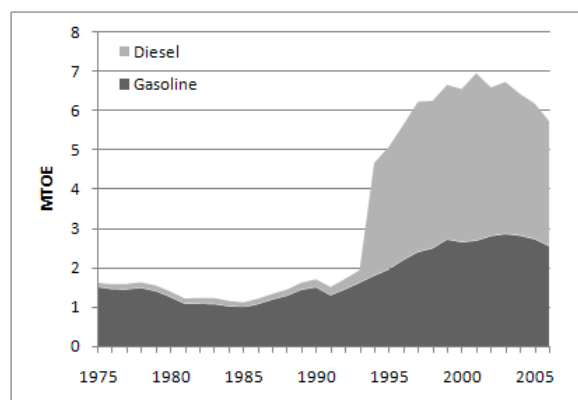
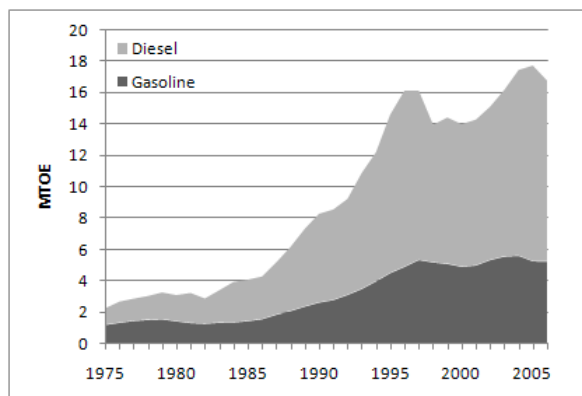
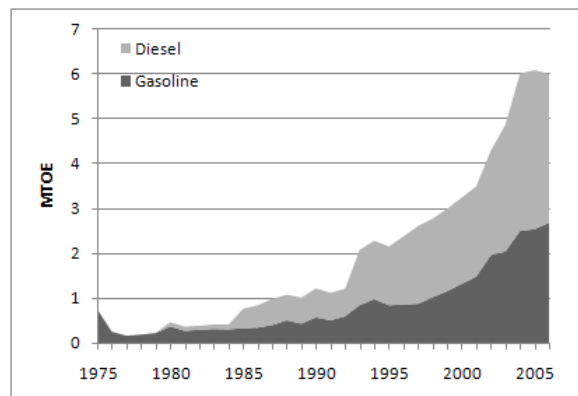


図2 各国の道路交通エネルギー需要

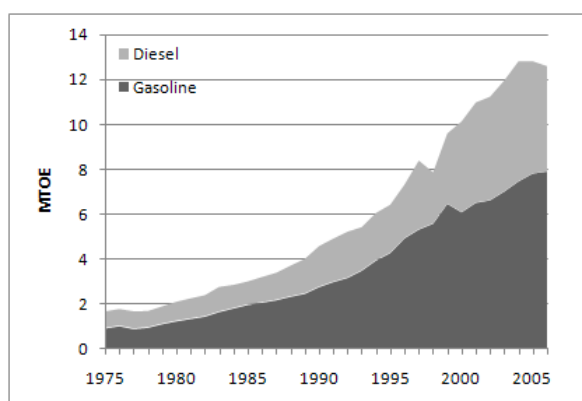
e) タイ



f) ベトナム



g) マレーシア



h) 日本

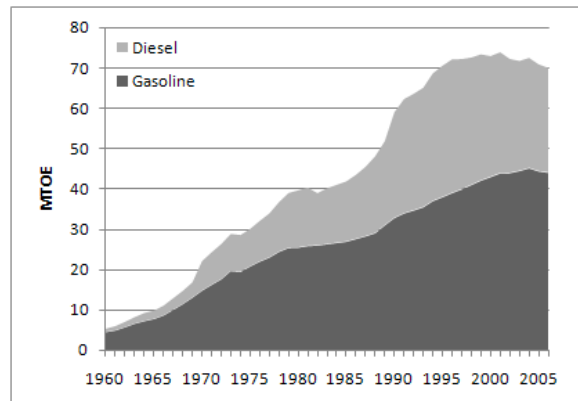


図2 各国の道路交通エネルギー需要 (つづき)

このような統計上の不備があるものの、多くの国ではエネルギー需要が増加する傾向が読み取れる。いくつかの国は通貨危機等の影響を受け需要は横ばいとなっている。また図2-h)の日本は1960年からの統計値を示している。1995年以降総需要はほぼ横ばいだが、これは貨物輸送の効率化を反映しており、ガソリン需要は直近まで増加している。

次に、各国の自動車保有台数を整理する⁴⁾。図3は乗用車保有台数を示している。現時点では日本の台数が最も多いが、中国が急速に保有台数を増加させている。

他の国については変化の傾向が読み取りがたいため図4にスケールを拡大したものを示す。これを見るといくつかの国でやはり統計の組み換えなどの影響がみられるが、おおむねいずれの国も保有台数は増加傾向にある。

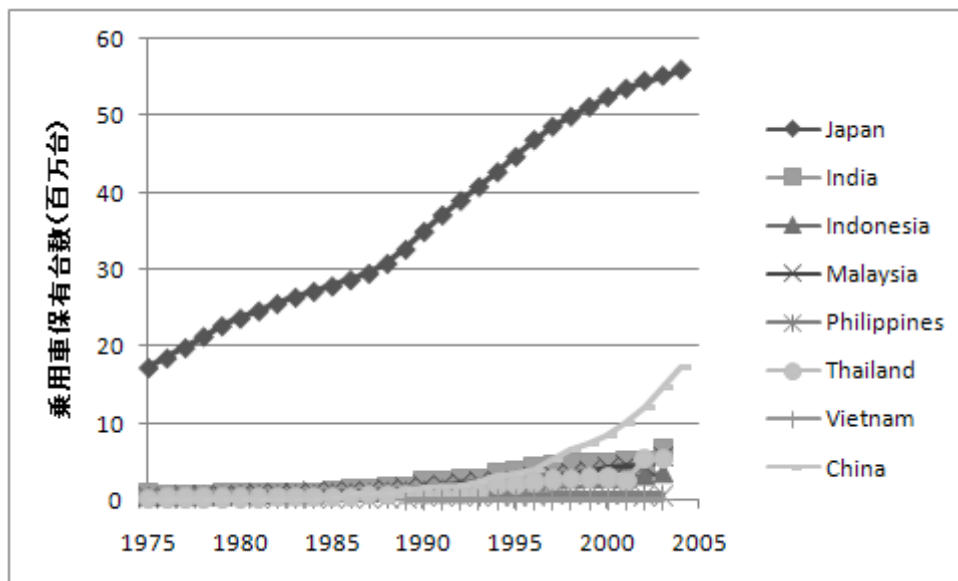


図3 乗用車保有台数の推移

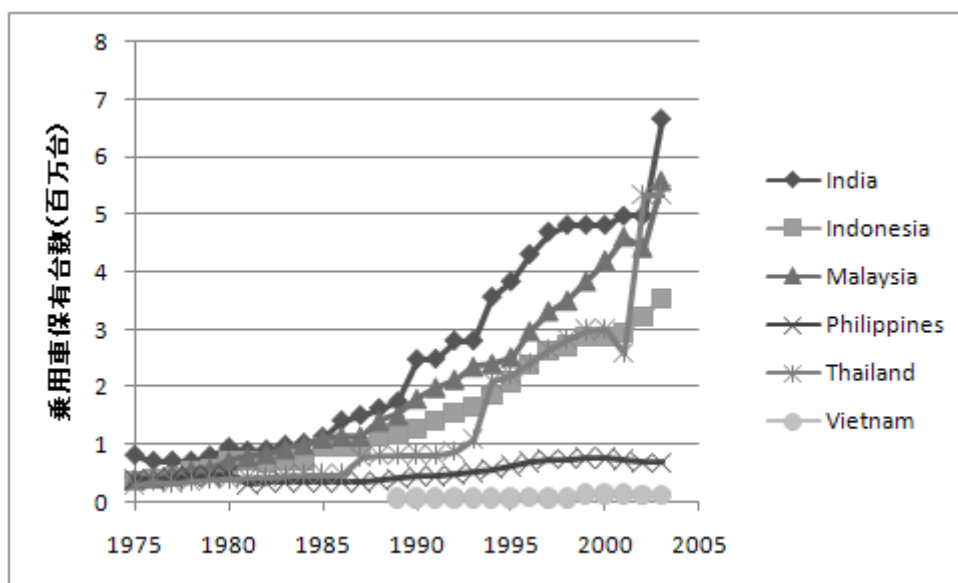


図4 乗用車保有台数の推移

保有率をみると（図5）、やはり日本が最も高いが、次いでマレーシア、タイが高くなっており、中国は未だ非常に小さい。

上位3か国を除いてスケールを拡大したものを図6に示す。すると、中国は保有率は低いものの増加率は非常に高いことがわかる。フィリピンは30年を通じてほぼ横ばいとなっているが、SUV等が乗用車に分類されていないため、必ずしも実態を表しているとは言えない。また、ベトナムもほぼ横ばいであり、未だモータリゼーションは始まっていないと言える。

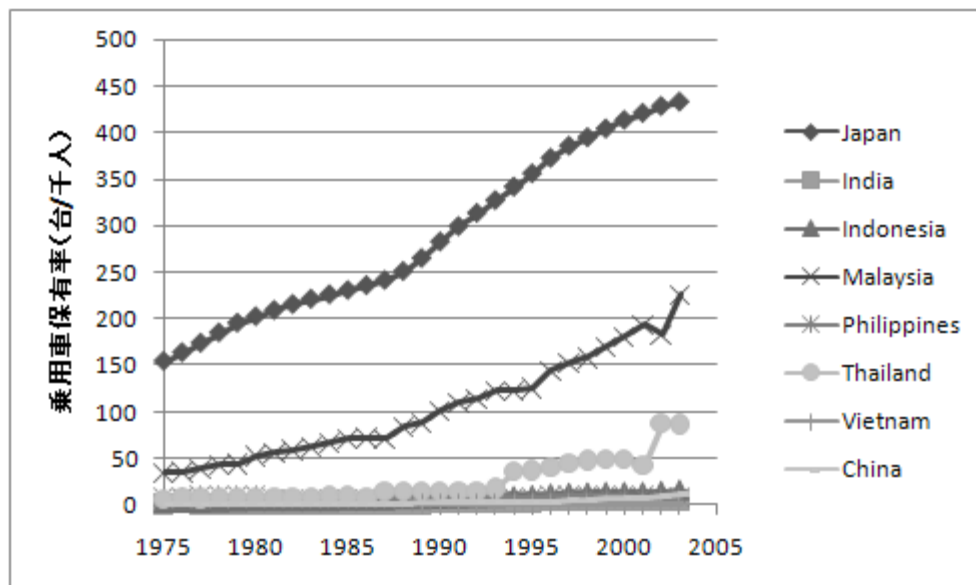


図5 乗用車保有率の推移

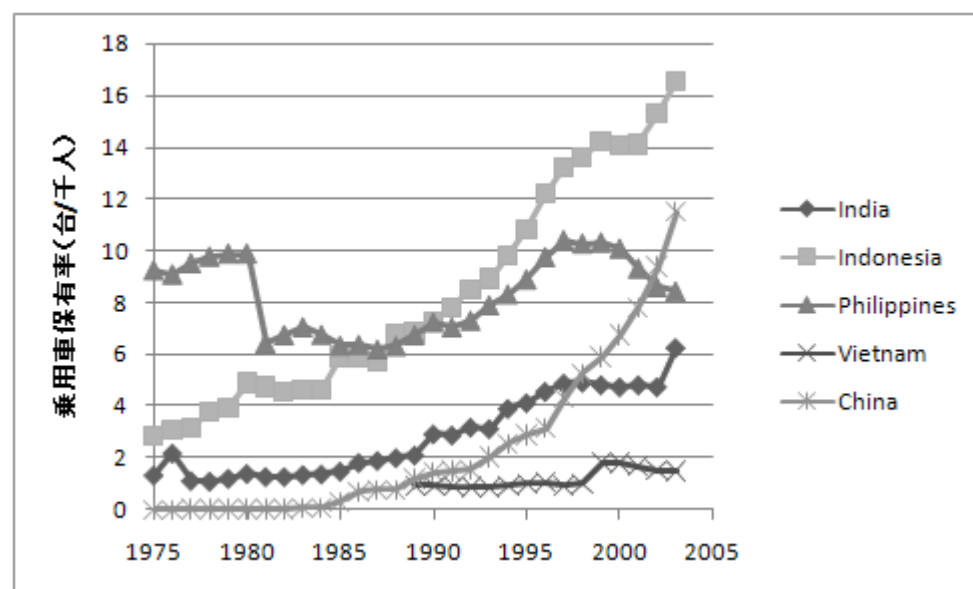


図6 乗用車保有率の推移

以上、乗用車の保有傾向を整理すると、日本では台数は未だ増加しているが、飽和水準に近づきつつあると考えられる。一方、中国、インドネシア、マレーシア、タイはモータリゼーションが始まっており、現在の保有率は低い、今後急速に増加する可能性がある。インド、ベトナムについては乗用車のモータリゼーションは初期段階であり、本格化するまでにはまだ時間がかかると考えられる。また、中国、インドは人口の大きさを反映して保有率は低いものの、保有台数およびエネルギー消費は大きくなっている。

次に、二輪車の推移を整理する。先進国と比較して、アジア諸国では二輪車の普及が著しく、

燃料消費率は乗用車と比較して小さいものの、エネルギー需要を見通す上では無視しえない。図7は二輪車の保有台数推移を示している。これをみると、中国での増加がきわめて顕著であり、インド、タイ、ベトナムにおいても保有台数が大きく増加している。一方、日本では1980年代後半をピークに台数が減少している。

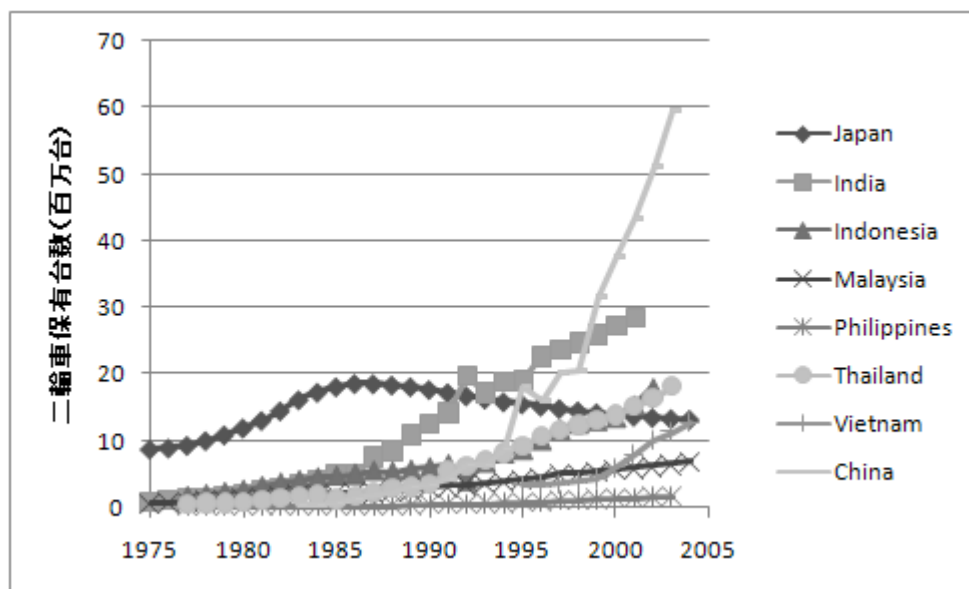


図7 二輪車保有台数の推移

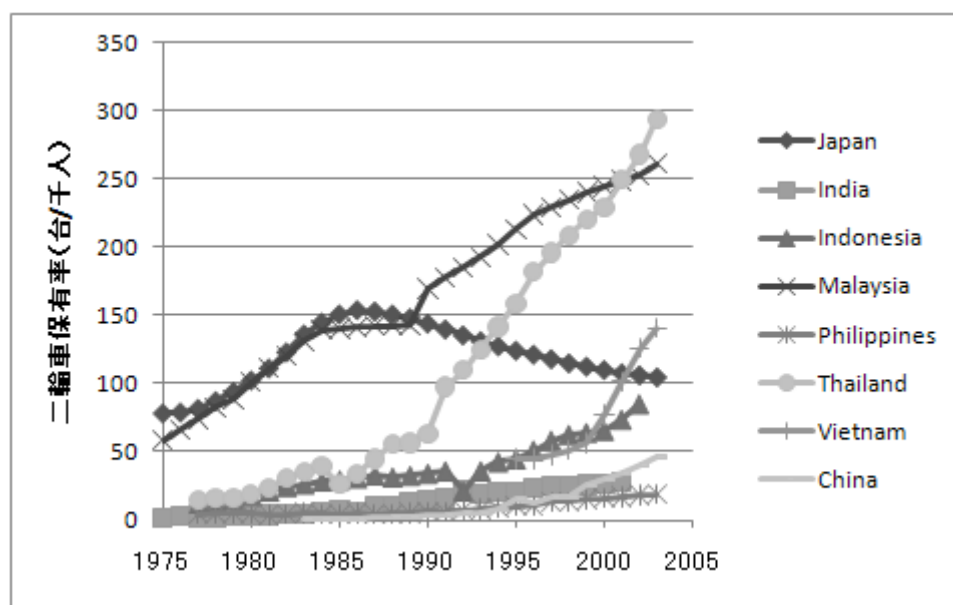


図8 二輪車保有率の推移

保有率をみると（図8）、1990年代以降にタイで、2000年以降はベトナムで急激に増加している。

マレーシアではそれより緩やかだが高い割合で増加している。中国、インドでは、保有台数は急増しているが、保有率では未だ低い水準となっている。日本をみると、保有率でも1980年代後半以降減少を続けている。

日本の推移をみると、二輪車は乗用車と代替する性質があると考えられる。すなわち、所得の上昇に伴い、二輪車が先に普及が進むものの、その後、さらに所得が上昇すると、二輪車から乗用車に乗り換える層が増加し、二輪車の保有率が減少する可能性が考えられる。

以下では、こうした性質を考慮した二輪車、乗用車の保有台数推計を行うために前節に示したモデルを改良する。

(4) 乗用車、二輪車の保有台数推計モデルの定式化

式(17)に照らして保有率の推移をみると、乗用車と二輪車では、最低保有所得が二輪車の方が小さいため、先に普及が進むと考えることができる。このため、これらの違いはモデル上では最低保有所得 I_0 の違いとして表現できると考えられる。

しかし、式(17)では所得の上昇に対して保有率が単調増加する状況しか再現できない。そこで本研究では、二輪車と乗用車の推計モデルと乗用車のみ推計モデルの差として二輪車の保有台数を推計する。ここで、 F を乗用車、 T を二輪車、 TF を二輪車と乗用車の合計を意味する添え字として、式(18)を用いて、それぞれの保有台数を次式で与える。

$$N_{TF} = Q \cdot G_S(I; \omega_{TF}, \theta_{TF}, \delta_{TF}) \quad (19)$$

$$N_F = Q \cdot G_S(I; \omega_F, \theta_F, \delta_F) \quad (20)$$

$$N_T = N_{TF} - N_F \quad (21)$$

したがって、国別に、これらのパラメータ(ω_{TF} , θ_{TF} , δ_{TF} , ω_F , θ_F , δ_F)を推計した上で、将来の人口及び平均所得指標を与えれば、将来の保有台数を推計することが可能となる。

(5) モデルパラメータの推計

以上のパラメータを国別に推計することが必要となるが、(3)節で示したようにアジア諸国は未だモータリゼーションの初期段階である。それらデータに基づき国別に推計されたパラメータを用いると、将来推計は大幅な外挿となるため、必ずしも適切な推計を行えないと考えられる。

そこで、ここではまず、日本の長期系列データを用いた保有推計モデルを作成し、そのパラメータを各国のデータを用いてベイズ更新することで国別のパラメータを推計することを試みる。

まず、日本モデルのパラメータは以下の尤度関数を最大化するよう求める。

$$L = - \sum_{t=1}^T \left(q^t - \left(\delta \cdot \sum_{\tau=0}^{t-1} (1-\delta)^\tau \cdot G^{t-\tau}(x^{t-\tau}; \theta, \omega) + (1-\delta)^t \cdot q^{t0} \right) \right)^2 \quad (22)$$

ここで、 q^t は t 期の乗用車保有率の実績値であり、 t_0 はデータの初期年、 t_1 は1期目を表す。また、パラメータの分散は次式で与えられる。

$$\sigma_p^2 = 2\sigma^2 \cdot \text{diag}(H^{-1}) \quad (23)$$

ただし、 σ はモデルの推計誤差の分散であり、 H は目的関数のヘシアンを表す。ここで求められたパラメータおよびその分散を ω_b 、 θ_b 、 δ_b 、 σ_b^2 とする。

次に、この推計されたモデルパラメータを事前情報として各国の保有台数推計モデルのパラメータをベイズ更新により求める。推計においては以下の尤度関数を最大化するパラメータを推計する。なお、 σ_d^2 は更新されたモデルの誤差分散である。

$$L_d = -\sum_{t=1}^T \left(q_d^t - \left(\delta_d \cdot \sum_{\tau=0}^{t-1} (1-\delta_d)^\tau \cdot G^{t-\tau}(x_d^{t-\tau}; \theta_d) + (1-\delta_d)^t \cdot q_d^{t_0} \right) \right)^2 - \sigma_d^2 \cdot \sum_p \frac{(\theta_{pb} - \theta_{pd})^2}{\sigma_{pb}^2} \quad (24)$$

以下、本研究では、平均所得の代理変数として一人あたりGDPを用いる。使用データは、GDPはWorld Development Indicatorデータベース、保有台数は世界自動車統計年報である。日本のパラメータ推計には1960年から2004年までのデータを用いた。パラメータの推計結果を表1に、モデルの現況再現性を図9、10に示す。

表1 日本モデルのパラメータ推計結果

		ω	θ_1	θ_2	θ_3
乗用+二輪	パラメータ	732	-0.09	0.71	0.05
	標準偏差	18	0.01	0.08	0.01
	t-値	42	-9.49	9.01	9.16
乗用	パラメータ	695	-0.06	1.35	0.10
	標準偏差	58	0.01	0.11	0.03
	t-値	12	-9.05	11.87	3.42

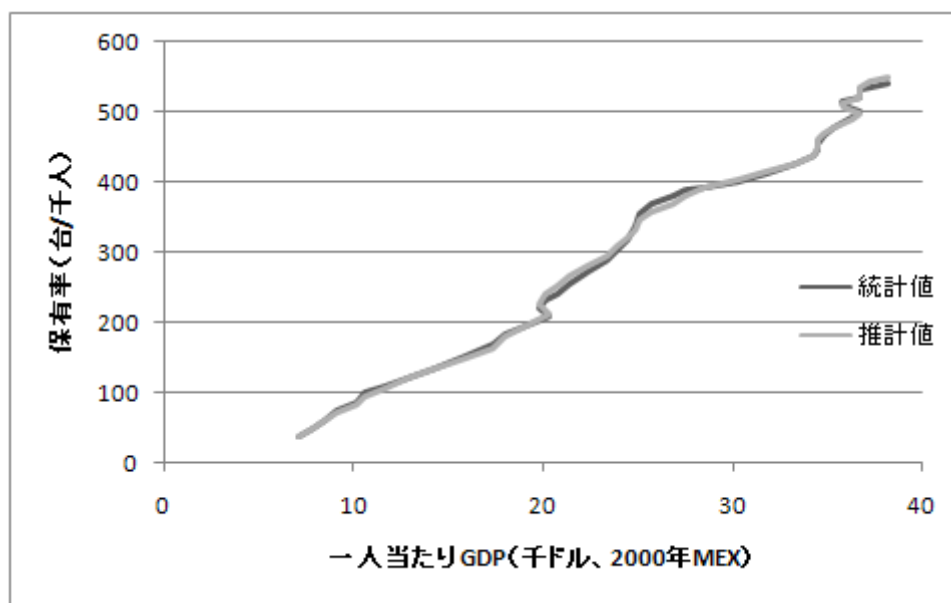


図9 乗用車と二輪車の合計保有率の推計結果 (R²=0.999)

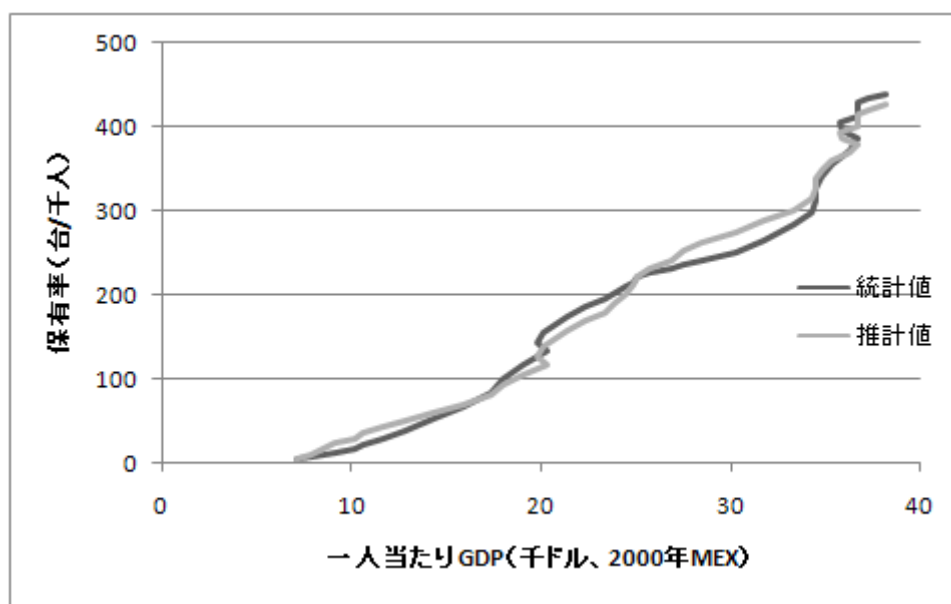


図10 乗用車保有率の推計結果 (R²=0.992)

これより、推計されたパラメータはいずれも有意であり、符号条件も満たしている。またモデルの再現性もある程度高いといえる。このパラメータを式(16)に代入すると、最低保有所得は二輪車で1.4万ドル、乗用車で3.1万ドルと推計される。また、飽和水準の差より、十分所得が高くなると日本の二輪車保有率は千人当たり37台まで減少すると推計される。

なお、自動車の保有には、所得以外にも、税制や車両価格、燃料価格等の経済的要因に加え、

公共交通や道路インフラの整備水準や都市構造、ライフスタイルなどが影響する。本モデルは所得指標のみで保有率の説明を試みており、現実の保有構造を十分再現するものとはなっていない。本研究では将来の需要を見通すことを目的としており、さまざまな未考慮の要因については状況が変化しないことを暗に想定している。過去の状況のある程度高い精度で表現するモデルとなっているが、これら未考慮の要因により将来の推計結果が変わりうることに留意が必要である。

次に、式(24)を用い、国別のパラメータを推計した。ただし、モデルの誤差分散 σ_d^2 は事前に行うことができない。ここでは σ_d^2 をモデルの目標精度と解釈して、これを0から1000まで変化させ、得られるパラメータの特徴を整理した。表2はパラメータから推計される最低保有所得、モデル推計値と統計値の重相関係数、および飽和水準パラメータを国別に示している。ただし、日本の値は表1に示した結果を固定して表している。

これを見ると、設定した σ_d^2 によって推計結果が大きく異なっていることがわかる。例えば、 $\sigma_d^2=0$ は各国のデータのみに基づく通常の回帰分析に相当し、当然のことながら、このときの R^2 値が最も高く現況を再現していることになる。しかし、パラメータから解釈される最低保有所得を見ると、二輪車と乗用車の合計で300ドル～3千ドル、乗用車では600ドル～6千ドルと、日本と比較して非常に低い値であることがわかる。これは、各国の統計のみに基づく、より低い所得で自動車が普及することを予測するモデルが得られることを意味している。この推計結果の現況再現性は高いので、現況を表す上ではこのモデルを用いることが適切だが、将来の所得上昇に対する自動車保有率を推計する上では、保有台数を過大推計する可能性があると考えられる。

一方、 $\sigma_d^2=1000$ の場合、パラメータ値は日本モデルに近くなる一方で、現況データへの当てはまりは悪くなる。最低保有所得の妥当性の観点からは、日本モデルパラメータの推計結果を事前分布とする結果のほうが適切と考えられるが、あまりに高い σ_d^2 では現状の普及状況を十分説明できない。さらに、飽和保有水準を見ると、 σ_d^2 に対して単調な関係は見られず、国によりその値はまちまちである。

最低保有所得に対しては、自動車価格や燃料価格、自動車関連税制、自動車ローン制度、保険制度など取得に関わる様々なコストが影響すると考えられ、また飽和保有水準に対しては、これらに加え、都市化率や公共交通整備率、道路整備率、都市構造、ライフスタイルなどの要因が影響すると考えられる。こうした要因は国により異なるものの、そのデータは系統的に整備されておらず、詳細な分析は困難である。これに加えて、所得分布は必ずしも理論的な分布に従っているとは限らず、通常の所得分布における最頻値とは別に、高所得層の中に局所的な分布のピークを持つ可能性もある。特に、モータリゼーションの初期段階では、こうした所得分布の局所的なピークにより一時的な自動車保有の急増が見られる可能性もある。

これらのことから、本研究では現況データの当てはまりのみに基づきパラメータを選択するのではなく、飽和水準や解釈される最低保有所得を総合的に勘案して、国別のパラメータを設定することとした。設定したパラメータを表3に示す。

表2 分散パラメータに対する推計されるモデルの特徴

σ_d^2	item	Japan	India	Indonesia	Malaysia	Philippines	Thailand	Vietnam	China
0	I_0	14.0	0.3	1.8	3.1	1.4	2.2	0.6	1.0
	R^2	1.00	0.98	0.94	0.99	0.87	1.00	0.98	1.00
	w	732	723	735	840	732	712	552	737
	I_0	30.8	1.3	3.8	2.8	4.2	5.7	0.6	2.0
	R^2	0.99	0.89	0.99	0.99	0.80	0.96	0.84	1.00
	w	695	695	695	685	695	768	695	694
0.01	I_0	14.0	2.8	2.2	3.1	11.3	2.4	1.0	2.5
	R^2	1.00	0.94	0.94	0.99	0.84	1.00	0.98	0.99
	w	732	734	876	847	732	829	1,967	836
	I_0	30.8	23.0	6.4	3.6	27.6	6.0	31.0	5.6
	R^2	0.99	0.87	0.96	0.99	0.79	0.96	0.51	0.99
	w	695	695	696	711	694	891	695	741
0.1	I_0	14.0	7.3	2.8	3.3	12.7	3.0	-2.8	3.0
	R^2	1.00	0.94	0.93	0.99	0.84	1.00	0.86	0.99
	w	732	733	972	872	732	1,186	928	1,122
	I_0	30.8	28.7	17.9	5.3	28.4	7.1	31.1	19.1
	R^2	0.99	0.86	0.94	0.99	0.78	0.96	0.51	0.77
	w	695	695	695	924	694	1,289	694	695
1	I_0	14.0	12.1	6.2	4.1	15.6	3.2	3.7	7.0
	R^2	1.00	0.93	0.88	0.99	0.84	1.00	0.85	0.74
	w	732	733	744	1,073	731	1,291	804	770
	I_0	30.8	31.0	25.5	7.8	32.8	9.3	31.3	27.8
	R^2	0.99	0.86	0.93	0.99	0.72	0.94	0.51	0.76
	w	695	695	697	1,299	685	1,318	692	696
10	I_0	14.0	16.8	12.0	4.1	20.2	3.6	8.0	13.5
	R^2	1.00	0.91	0.86	0.99	0.79	0.97	0.83	0.71
	w	732	725	737	1,048	722	1,114	761	731
	I_0	30.8	35.0	30.6	9.6	33.4	20.6	34.5	32.1
	R^2	0.99	0.72	0.88	0.98	0.63	0.78	0.43	0.73
	w	695	674	694	1,338	681	774	676	687
100	I_0	14.0	17.5	14.3	3.0	18.6	5.1	9.9	17.3
	R^2	1.00	0.89	0.84	0.96	0.79	0.85	0.83	0.67
	w	732	724	731	860	723	790	749	724
	I_0	30.8	33.8	31.9	14.0	32.7	27.0	32.4	33.6
	R^2	0.99	0.68	0.80	0.92	0.62	0.71	0.41	0.60
	w	695	679	688	908	685	718	685	680
1000	I_0	14.0	16.3	14.5	4.5	15.9	8.7	13.6	16.2
	R^2	1.00	0.46	0.59	0.94	0.78	0.80	0.82	0.64
	w	732	727	731	800	727	754	733	727
	I_0	30.8	32.0	31.3	18.9	31.4	29.2	31.1	32.0
	R^2	0.99	0.65	0.78	0.86	0.61	0.69	0.40	0.56
	w	695	688	691	809	691	704	692	688

I_0 :千ドル、w:台/1000人

表3 需要推計に用いるパラメータの設定値

a) 二輪車+乗用車								
parameters	Japan	India	Indonesia	Malaysia	Philippines	Thailand	Vietnam	China
w	732	733	744	787	731	790	761	770
θ_1	-0.092	-0.097	-0.132	-0.120	-0.091	-0.134	-0.097	-0.186
θ_2	0.714	0.593	0.240	0.055	0.834	0.110	0.201	0.719
θ_3	0.046	0.009	0.013	0.064	0.009	0.042	0.055	0.010
I_0	14.0	12.1	6.2	5.3	15.6	5.1	8.0	7.0
R^2	1.00	0.93	0.88	0.94	0.84	0.85	0.83	0.74

b) 乗用車								
w	695	695	697	793	685	718	692	696
θ_1	-0.063	-0.063	-0.066	-0.069	-0.062	-0.066	-0.063	-0.066
θ_2	1.349	1.364	1.108	0.820	1.462	1.192	1.377	1.257
θ_3	0.096	0.010	0.013	0.115	0.043	0.074	0.004	0.010
I_0	30.8	31.0	25.5	20.1	32.8	27.0	31.3	27.8
R^2	0.99	0.86	0.93	0.85	0.72	0.71	0.51	0.76

ここで、 R^2 をみると、日本以外では、必ずしも現況再現性は高くない。すなわち、本研究で作成したモデルは、現状のデータに対するフィットよりも、解釈されるパラメータの妥当性に重きを置いている。

二輪車と乗用車の合計について最低保有所得 I_0 をみると、フィリピンを除き、日本よりも低くなっている。これは、いくつかの国では小型2輪車の現地生産を行っており、我が国と比較して相対的に安価な二輪車を取得しうるため、所得に対して保有率が高いことを反映していると考えられる。

一方、乗用車については、関税等により日本よりも取得費用が高い国も存在することから、ある程度の所得がなければ自動車の保有は困難と考えられる。表2に示したように、推計方法によっては、より高い現況再現性を有するパラメータを設定することもできるが、その場合、推計される最低保有所得は非現実的な値となっている。

本研究で導いた式(16)を用いることで、従来は困難であった成長曲線モデルのパラメータの解釈が可能となり、現況データの再現性に加え、今回はこの情報を勘案してモデルパラメータの設定を行った。

(6) バイオ燃料導入率の算定モデル

わが国では、バイオ燃料の導入は主に CO_2 削減の観点から議論されている。ここでは、政府は燃料コストと CO_2 削減費用の総和を最小化するようバイオ燃料混合率を定めると想定して、混合率を定式化する。

まず、燃料コスト C_E はバイオ燃料費用、石油燃料費用、およびバイオ燃料導入に伴う追加費用の和として次式で定義する。

$$C_E = \{p_b \cdot s + p_f \cdot (1-s) + \beta_0 \cdot s^2\} \cdot L \cdot \varepsilon \quad (25)$$

ただし、 s はバイオ燃料混合率、 p_b はバイオ燃料価格、 p_f は石油燃料価格、 L は国全体の年間総走行距離、 ε は燃費である。カッコ内の第3項はバイオ燃料導入に伴う追加費用であり、導入率に対し2次的に増加すると仮定している。

次に、CO₂削減費用 C_c を次式で定義する。

$$C_c = p_c \cdot (D - s \cdot \delta \cdot L \cdot \varepsilon) \quad (26)$$

ここで、 p_c は炭素価格もしくは他の手段によるCO₂削減費用、 D はCO₂削減目標、 δ は石油燃料のCO₂原単位を表す。

総費用を $C_E + C_c$ として、これを最小化する s は次式となる。

$$s = (p_f + p_c \cdot \delta - p_b) / 2\beta_0 \quad (27)$$

ただし、 $p_f + p_c \cdot \delta < p_b$ の場合は $s=0$ であり、この場合バイオ燃料の輸入は行わず他の手段で削減目標を達成する。すなわち、石油燃料価格に炭素価格または削減費用を加えたものよりもバイオ燃料の消費地価格が安ければ、その差額に応じて混合率が設定されるが、バイオ燃料の方が高ければ使用しないことが効率的となる。

以上の定式化では、エタノール燃料利用における需要側のコストとして、混合率に応じて2次的に増加する追加コストを想定している。エタノール燃料の利用に必要な対応として燃料品質の調整や管理の高度化、車両部材の変更などが挙げられるが、その費用は明らかではない。経済産業省では、現行の燃料法令ならびに車両部材への影響等を勘案し、ガソリンへのエタノール直接混合率の上限を3%程度とすることを提案している。

ここでは式(27)で定義される混合率が、石油価格35円/liter、CO₂削減価値3万円/ton、バイオ燃料価格54円/literの下で3%になると想定し、パラメータ β_0 を0.144と設定した。

4. 結果・考察

以上のモデルを用い、各国の保有台数、燃料消費量を推計する。将来人口は国連のWorld Population Prospectsを用いる。GDPは、2030年までは世界銀行推計、2030年以降はIPCCのSRES-B2シナリオに基づき設定した。設定したGDPを図11、人口を図12、一人当たりGDPを図13に示す。

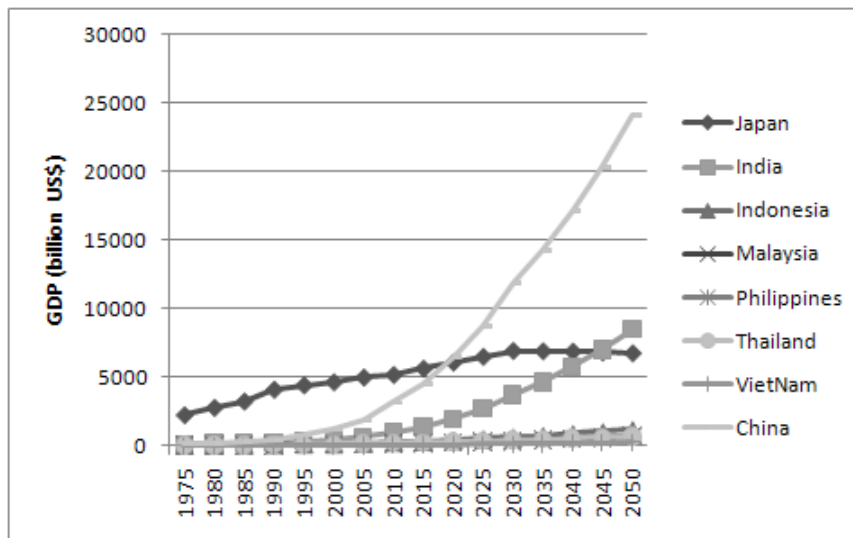


図11 GDPシナリオ

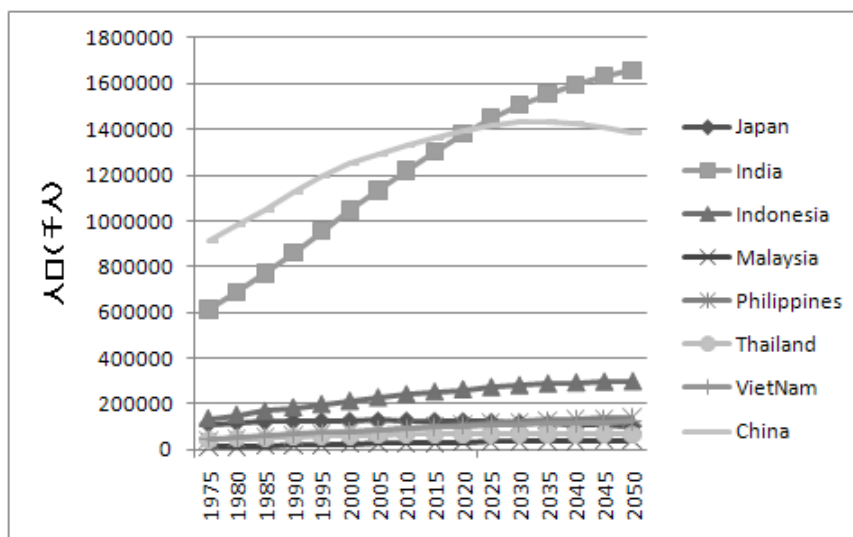


図12 人口シナリオ

GDPをみると、特に、中国、インドはその規模と高い成長率想定を反映して大きく増加し、中国は2020年ころ、インドは2045年ころ日本を上回るシナリオとなっている。人口をみると、中国、インドの規模が圧倒的に大きい。中国は人口政策を反映して2030年ころピークを迎える。一方、インドは2050年にかけて増加を続け、2020年ころ中国を超えるシナリオとなっている。

以上設定したGDP、人口シナリオのもとでは、2050年までは、一人当たりGDPは日本が最も高く、他国の3倍以上となっている。図14は、図13を拡大し、日本を除く各国の一人当たりGDPシナリオを示している。これらの国の中ではマレーシアが現在最も高く、また2050年にかけても順位を維持している。タイは現在2位だが、中国は高い成長率を見込んでおり、2020年ころに中国と逆転するシナリオとなっている。中国の成長率は他国と比較して高く設定されており、2050年にかけて、

マレーシアに近づく。インドの成長率は相対的に低く、2050年でも中国の1/3程度となっている。

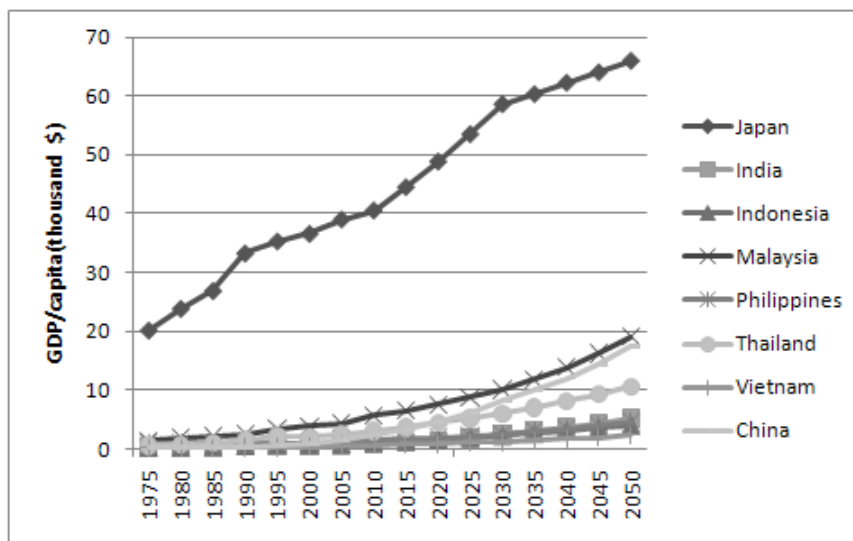


図13 一人当たりGDPシナリオ

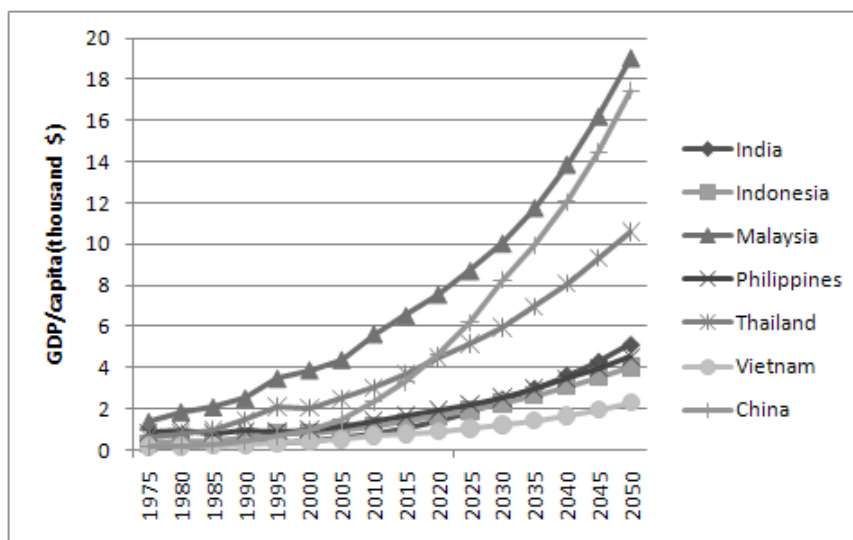


図14 一人当たりGDPシナリオ

以上の設定のもと、前述のモデルを適用し保有率を推計した。ただし、モデルの推計値と統計値が異なるため、統計データの最新年で接続するようモデル推計値を調整している。

乗用車保有率の推計結果を図15に示す。これより、日本の保有率は、引き続き増加すると見込まれるが、2050年にはほぼ飽和水準に達すると考えられる。また、経済成長を反映してマレーシアでは大きく増加し、タイでも保有率が漸増すると見込まれる。

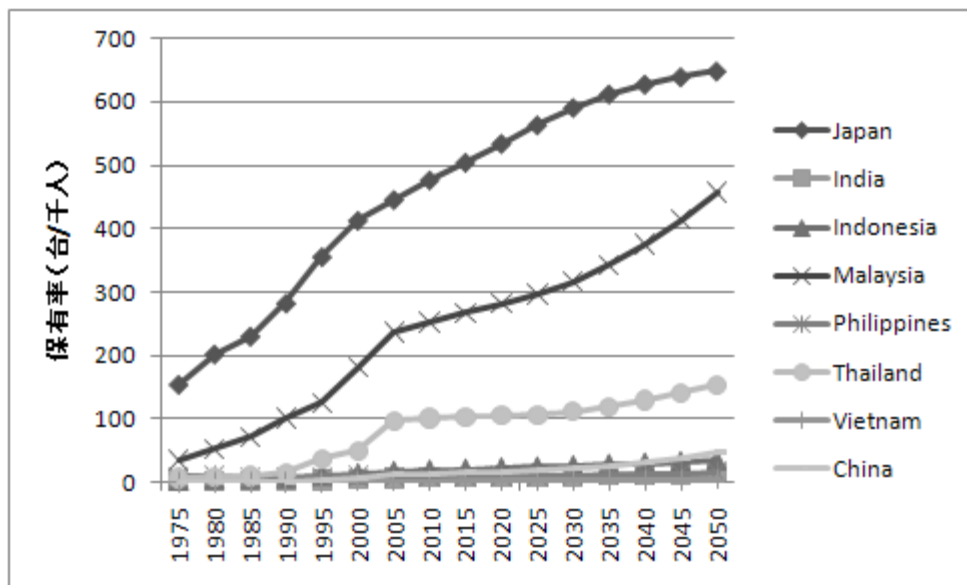


図15 乗用車保有率の推計

図16は日本、マレーシア、タイを除いてスケールを拡大したもののだが、増加率をみると中国が著しいことが読み取れる。特に、2030年以降急速に増加し、2040年以前にインドネシアの保有率を超えると見込まれる。インドでも増加するものの、平均所得は未だ低い水準にとどまるため、保有率は低い。

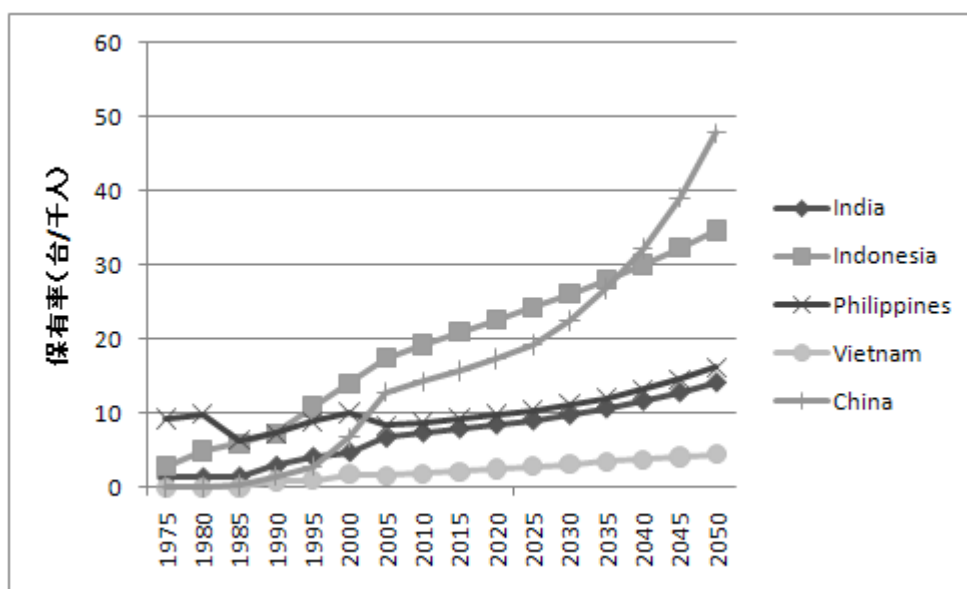


図16 乗用車保有率の推計

マレーシアや中国などは、成長率がトレンドと異なっている様子が読み取れる。これは本モデルがトレンドのみならず、解釈される所得と保有の関係を考慮していることを反映している。こ

これは、我が国の自動車普及状況と比較すると、こうした国々の平均所得水準からは、現在のよう
な急速な保有率の増加は考えにくいことを意味する。現在、途上国の自動車購買層は一部の高所
得層が中心と考えられ、現在みられるトレンドのまま保有率が増加するとは必ずしも言えない。
モータリゼーションが本格化するには、最も規模の大きい中間所得層の所得向上が必要だが、本
モデルの推計では2030年までは自動車の普及は高所得層に限られると見込まれる。中国、マレー
シア、タイでは2030年以降保有率の増加率が高まっており中間層への普及が開始されると推察さ
れる。一方、インド、フィリピン、ベトナムでは保有率は増加するものの、2050年までには本格
的なモータリゼーションは起こらない可能性があることを示している。

次に、二輪車の保有率の推計結果を図17に示す。これより、日本ではすでに1980年代後半に保
有率はピークアウトしているが、2020年ころまで横ばいで推移した後、所得の上昇に伴い二輪車
から乗用車へのシフトが生じ、さらに保有率が低下すると推計されている。また、マレーシアで
は引き続き増加するが、2040年ころピークアウトすると予想される。他の国では一貫して増加し
ている。特にタイでは、現在最も高い保有率となっているが、さらに増加すると見込まれている。
ベトナムは乗用車の保有率は非常に低い水準にとどまるが、二輪車の保有率は今後とも増加する
と推計される。中国では2030年ころから保有率の増加率が高まる。すなわち、二輪車と乗用車の
保有率がともに大きく増加することになると予想される。フィリピン、インドについては保有率
は増加するものの、保有率の水準は低いレベルにとどまる。

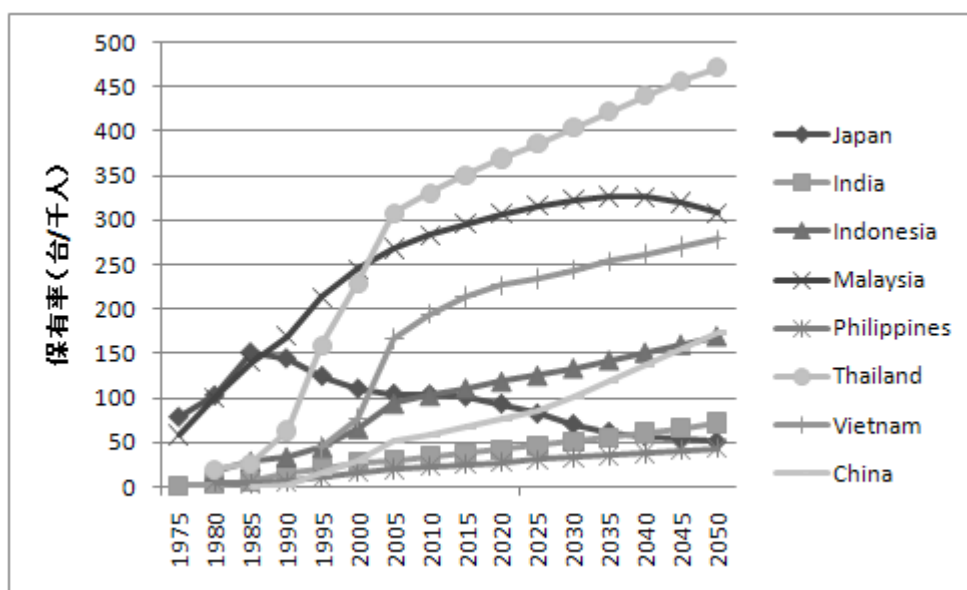


図17 二輪車保有率の推計

次に、乗用車保有台数の推計結果を図18に示す。保有台数で見ると日本が最も多く、保有率も
増加を続けるが、人口減少を受けて、2030年ころにピークアウトすると推計される。一方、中国
は保有率は2050年まで低い水準にとどまるものの、人口の多さを反映して急激に増加し、2050年
には日本と同程度の水準まで増加すると見込まれる。インドも同様に保有率は低いものの、保有
台数で見るとASEAN諸国よりも多くなると推計される。マレーシア、タイでは保有率は高いが、台

数の絶対値をみると、相対的に少なくなっている。

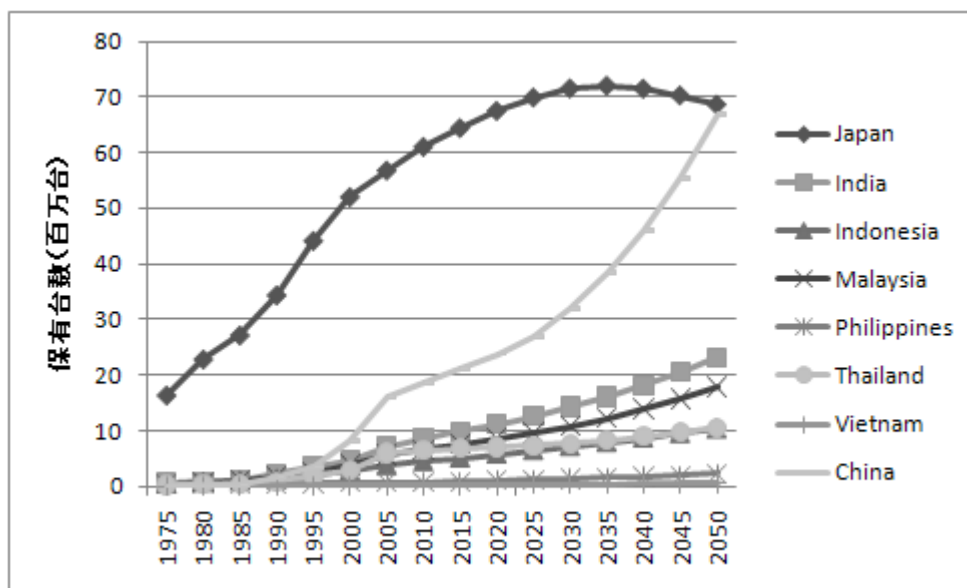


図18 乗用車保有台数の推計

二輪車の保有台数の推計結果を図19に示す。図より、中国、インドで大きく増加する様子が見取れる。また、インドネシア、タイ、ベトナムでも現在の日本の倍以上の台数になると推計されている。二輪車の燃料消費率は乗用車と比較して1/3~1/10程度と燃費が良いが、アジア諸国では台数が非常に多いため、エネルギー消費推計においては無視しえないと言える。

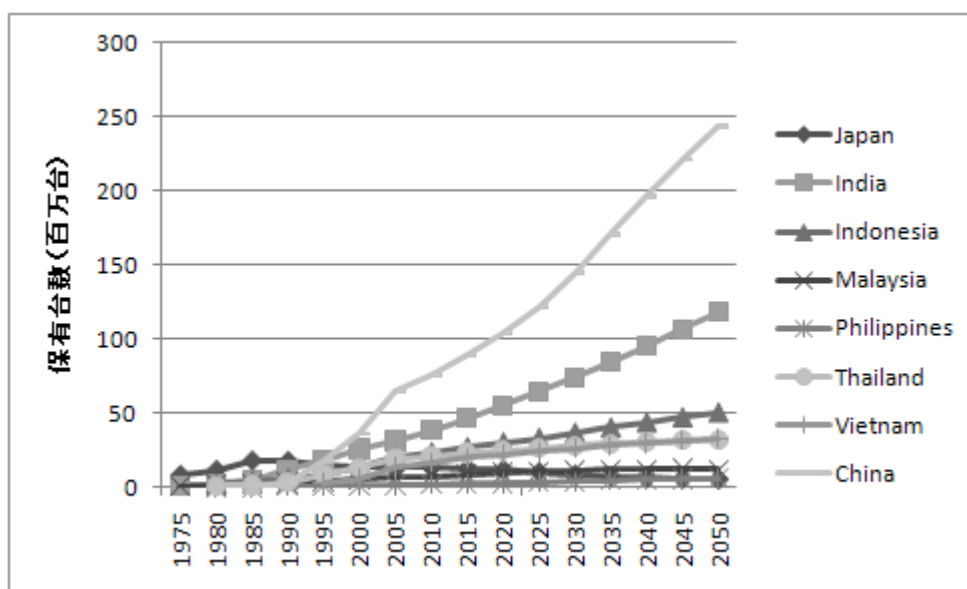


図19 二輪車保有台数の推計

なお、本モデルで推計した乗用車の保有台数は既往研究と比較して少ない。中国をみると、WBCSD³⁾のIEA-SMPモデルでは、2030年に1.3億台、2050年には3.4億台の保有台数を想定しており、また、沈の研究では2030年の自家用乗用車の保有台数は1.5億台と推定している。また、インドについてSMPモデルは2030年には5600万台、2050年には1.7億台と推定している。本モデルでは、中国が2030年に3200万台、2050年に6700万台、インドは同1400万台、2300万台であり、大きく異なる。一方、二輪車を比較すると、SMPモデルでは、インドが2030年に8800万台、2050年に1.3億台、中国は2030年に9700万台、2050年に1.4億台と推計されているが、本モデルではそれぞれ、7400万台、1.2億台、1.4億台、2.4億台と推計している。これを整理すると、乗用車についてはSMPモデルと比較して、本モデルの結果は大幅に小さく、二輪車についてはインドは同程度、中国では本モデルの方が大きくなっている（表4）。

表4 保有台数推計結果の比較（100万台）

		India		China	
		2030	2050	2030	2050
乗用車	IEA-SMP	56	165	127	339
	本モデル	14	23	32	67
二輪車	IEA-SMP	88	133	97	138
	本モデル	74	118	144	243

当然のことながら、前提とする条件や想定によりモデルの推計結果は変わる。本モデルは、日本のパラメータを基準として調整しているが、各国のトレンドよりも所得と保有の関係を重視した調整を行っている。前述のように平均所得から見ると中国、インドの現状の保有率は相対的に高い可能性がある。これは、所得分布や各国の各種自動車コスト、あるいは購買選好等に依存するものであるが、普及が本格化する前に増加率が低下する可能性も十分あると考えられる。本モデルの推計結果は、こうした考えを反映したものであるが、推計に際しては様々な考え方に基づく幅が存在しうることに留意が必要である。

最後に、エネルギー需要を推計する。年間走行距離はIEA-SMPモデルに基づき設定し、これは経年的に変わらないと仮定した。いずれの地域でも乗用車の年間走行距離は1万キロとし、二輪車は7500kmとした。また、燃費についても同SMPモデルに基づき保有平均燃費を設定した。乗用車、二輪車の燃料消費率の設定を図20、21に示す。

これより、各国いずれも、おおむね乗用車燃費は改善するシナリオとなっている。ただし、中国については2005年にかけて悪化するシナリオとなっている。日本は現時点で最も燃費が良いが、さらに燃費基準の導入を受けて、2020年にかけてASEANよりも改善率が高い設定となっている。また、現状の燃費を反映してASEANの燃費が悪いが、2050年にかけて中国、インド、ASEANはおおむね同程度の燃費となる。ただし、日本はいずれの国よりも1割ほど燃費が良いシナリオとなっている。一方、二輪車では、日本の方が大型車が多いことを反映して燃費が悪くなっている。ただし、今後二輪車においても燃費改善が進むことから、燃料消費率は2020年にかけて下がるシナリオとなっている。ASEANでは車両の大型化が進むため、同期間に燃費は悪化し、それ以降は横ばいとなるシナリオになっている。

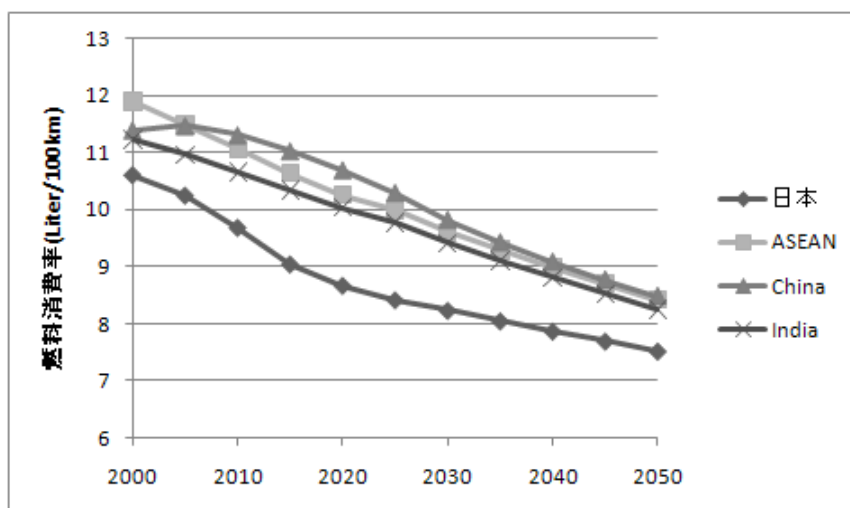


図20 保有平均燃費の設定（乗用車）

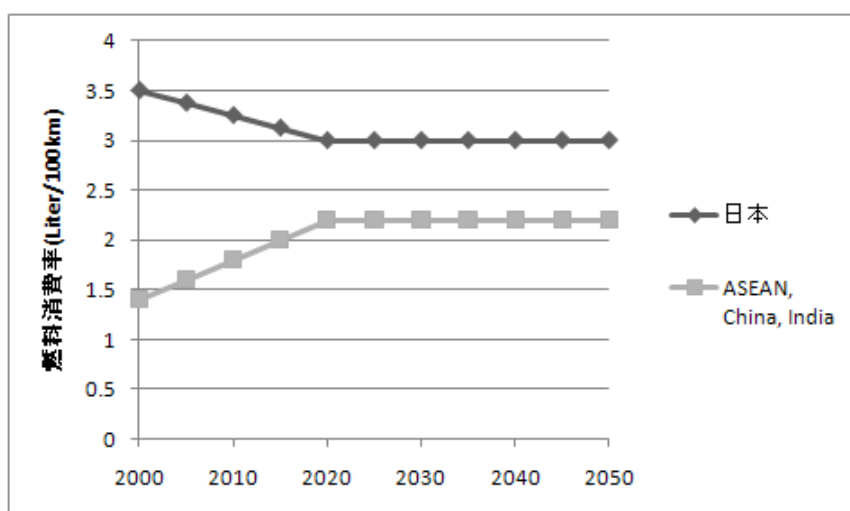


図21 保有平均燃費の設定（二輪車）

以上の条件に基づき、燃料消費量を推計した結果を図22～24に示す。図22は乗用車についての燃料消費量の推計結果である。日本については、2030年までは保有台数は増加するものの、燃費が改善することによりほぼ横ばいであり、その後は保有台数の減少と相まって、燃料消費量は減少すると推計されている。一方、中国は燃費が改善するが、保有台数が大きく増加するため燃料消費量も増加し、2040年代後半には日本の消費量を超えると推計されている。他の国については日本の1/3以下の水準にとどまっている。

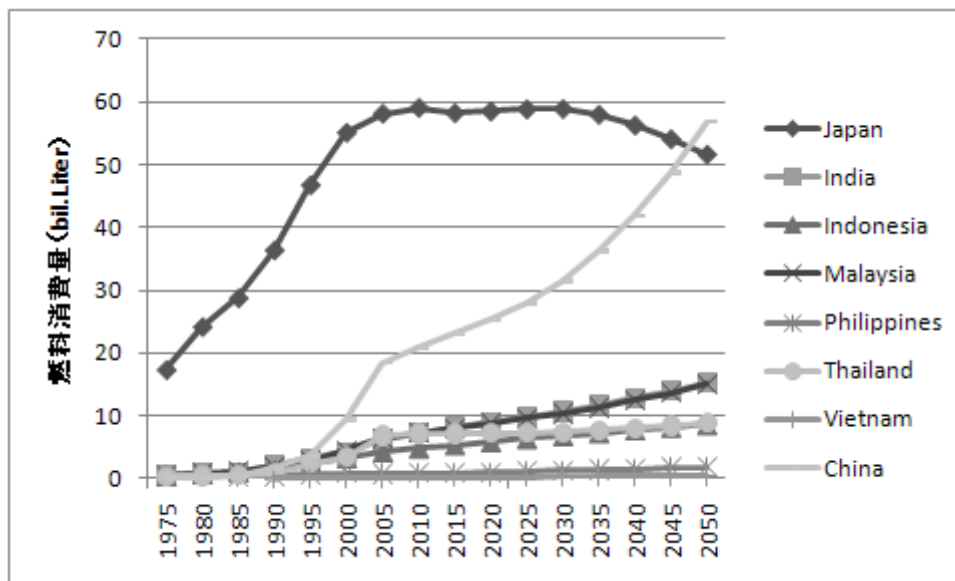


図22 燃料消費量の推計結果（乗用車）

次に、二輪車の燃料消費量の推計結果を図23に示す。特に、中国、インドの消費量が大きく増加する様子を読み取れる。それぞれ、2005年の消費量の7倍、5倍となっている。また、他の国についても大きく増加し、乗用車の半分から同じ程度の消費量になると推計されている。

図24は乗用車と二輪車の合計消費量を示す。これより、日本については、乗用車だけの消費量と傾向はそれほど変わらないが、中国は乗用車だけの場合と比較して大きく増加し、2030年には日本の消費量を上回ることになる。また他の国についても同様の傾向がある。以上のことから、アジア諸国のエネルギー需要推計においては二輪車の普及を考慮することが不可欠であると言える。

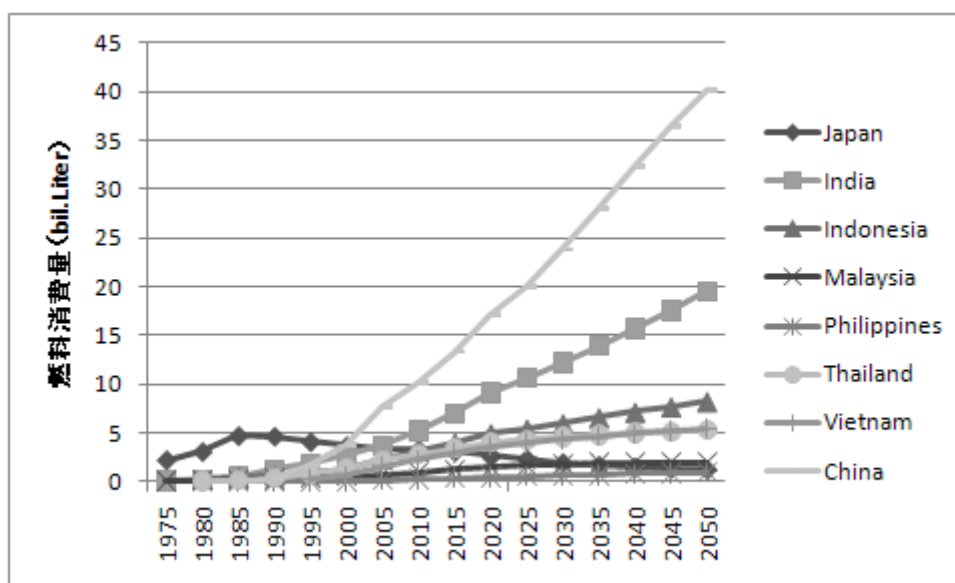


図23 燃料消費量の推計結果（二輪車）

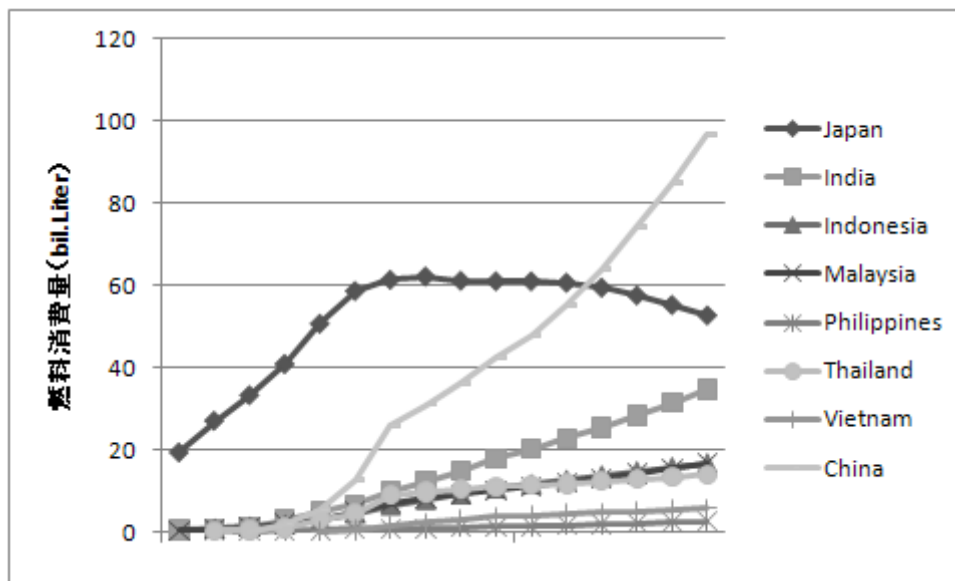


図24 燃料消費量の推計結果（合計）

これをみると、中国、インドの需要増加が著しいが、現在、両国ともすでに石油の輸入依存度が高く、国内でバイオ燃料の生産を行うとしても国内向けの燃料として消費される可能性が高い。このため、中国、インドはわが国のバイオ燃料調達の競合相手になりえても、調達先にはなりえないと考えられる。ASEAN諸国においても石油の輸入依存度は高いものの、気象条件からエネルギー作物生産に比較優位性があり、両国と比較して、まだ調達先としての可能性があるものと考えられる。

図25はASEAN諸国と日本の燃料需要を比較したものだが、ASEANの需要はほぼ線形で増加し、2040年代後半には日本の需要を超える水準まで増加すると推計されている。ASEAN地域がわが国のエネルギー資源の調達先となりえるか否かは、こうした需要とともに、供給ポテンシャルがどれほどあるかにも依存している。

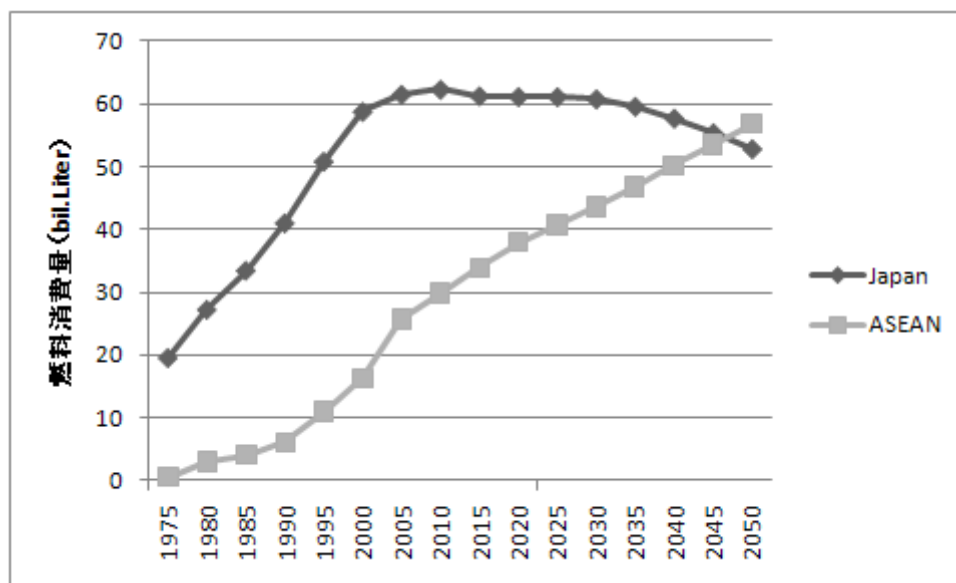


図25 燃料消費量の推計結果（合計）

本章では、日本と中国、インド、ASEAN5カ国を対象として、2050年までのガソリン消費量を推計した。その際、乗用車のみならず、アジアで数多く保有されている二輪車も考慮している。日本では今後二輪車の保有台数は減少するが、アジアでは乗用車、二輪車ともに大幅に増加すると推計された。また、乗用車については各国で燃費の向上を見込んでおり、日本では自動車交通需要の飽和と相まってガソリン消費量は今後ほぼ横ばいから減少に転じると推計されたが、アジアでは燃費向上を上回る需要の増加により2050年までを見通すとガソリン需要は増加を続ける見通しとなっている。2005年現在、ASEANのガソリン消費量は日本の7割程度であるが、2050年には同程度まで増加すると見込まれる。

また、他の調査と比較して本研究のアジア地域の燃料需要推計はかなり控えめなものとなっている。それでもなお、中国、インドでは大幅な需要増大が見込まれる。ASEAN諸国でも同様であり、バイオ燃料政策はエネルギーセキュリティの向上策としての意味も持っている。こうした中で、我が国がASEAN地域をバイオ燃料の調達先として検討するためには、供給ポテンシャルとともに、需要がどの程度増加しうるか、いくつかのシナリオを用意することが必要と考えられる。その一つのシナリオとして、本研究では所得と自動車保有の関係に特に着目した分析を行った。

ただし、本研究の推計には、前提条件およびモデルに起因する不確実性が存在することに留意が必要である。まず、人口、GDPは国連等のシナリオに基づき設定しているが、IPCC-SRESでは複数のシナリオが用意されており、将来のこれらドライバの推移について幅を持って想定することが必要と考えられる。次に、モデルでは、飽和保有水準、走行距離、保有平均燃費等の変数を用いているが、これらも不確実なものと考えべきである。例えば、飽和保有水準については本分析で考慮していない国土構造やライフスタイルなどの要因が影響するとの指摘もある。また、走行距離、保有平均燃費は既往のモデルの設定値を用いているが、これらも様々な条件で変化しうる変数であり、なおかつ、現状、アジア各国で十分な統計が整理されているわけではない。

また、本研究に限ったものではないが、将来予測は様々な不確実性を含むものであることから、

結果は可能性のある一つのシナリオと認識すべきであり、政策評価に用いる場合にはそれが変化した場合の幅を想定したロバストな分析を行う必要がある。本章の分析結果はサブテーマ(5)の需給システムの成立可能性評価に用いられるが、それも必ずしも確定的なものではなく、1つのシナリオの下での評価にすぎないことに留意が必要である。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本研究では、所得水準と自動車保有の関係に基づき、アジア地域の乗用車保有台数を推計するモデルを作成し、自動車保有台数、および自動車エネルギー消費量を推計した。

保有台数の推計に際しては、所得分布関数と所得別の保有率関数の特定によりゴンペルツ曲線を導出し、そのモデルパラメータ推計値の理論的な解釈を可能とした。所得と自動車保有の関係について、途上国では未だモータリゼーションの初期段階であることから、国別のデータのみに基づく場合、大幅な外挿とならざるを得ない。そこで、自動車保有に関する長期統計系列の存在する日本のパラメータに基づき、途上国データを用いたベイズ更新を行う方法を作成した。ベイズ更新においては事前情報の重要度の設定が必要だが、パラメータ推計値の理論的解釈に基づき、国別の保有モデルパラメータを総合的に設定した。

その結果得られたパラメータは、事前情報を用いないものと比較して、所得と保有の関係の妥当性が高いと考えられる。その一方、得られたパラメータを用いた保有台数の将来推計結果をみると、既往の保有台数予測と比較して小さくなっている。自動車保有には様々な要因が影響するが、平均所得に関する理論的な妥当性の観点からは本モデルは適切と考えられる。しかし、多くのアジア諸国で見られるように所得格差が大きい場合、必ずしも平均所得では十分説明できないと考えられる。一方、こうした所得格差の状況を考慮せずにトレンドに基づき保有台数を推計する場合、将来推計を見誤る可能性もある。限定された情報のもとでは、モデル間の妥当性を比較することは困難であるが、想定しうる幅を持って分析することが必要と考えられる。

本研究の保有台数、エネルギー需要の推計結果は既往研究と比較して小さいが、それでも大幅に増加することが示された。各国の現状のエネルギー需給を鑑みるに、中国、インドはバイオ燃料の消費国にはなりえても、供給国になるのは難しいと推察される。一方、ASEANも現在、エネルギーの輸入依存度は高いが、気候条件から、エネルギー作物生産に比較優位性があり、バイオ燃料の供給国としてのポテンシャルを有する可能性がある。その判断のためには、これらの国々の将来の供給可能量とともに、燃料需要を推計することが不可欠である。

(2) 地球環境政策への貢献

本事業で平成19年に行ったフィリピン大学でのミーティングでは、交通分野の博士課程の学生および政府若手担当者が参加し本研究の概要と考え方について議論を行った。これは間接的だが当該国における本研究成果の活用に寄与すると考える。また、今後学会等を通じ成果の広報・普及に努める。

6. 引用文献

- (1) 沈中元 (2006) 「所得分布曲線を利用した中国のモータリゼーションの予測」, 日本エネルギー経済研究所, <http://eneken.ieej.or.jp/data/pdf/1260.pdf> (アクセス日: 2007年3月1日).
- (2) Dargay, Joyce (2001) “The effect of income on car ownership: evidence of asymmetry,” *Transportation Research, Part A*. 35, 807-821.
- (3) World business council for sustainable development (2004) “Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability”,
<http://www.wbcsd.org/web/publications/mobility/mobility-full.pdf> (アクセス日: 2007年3月1日).
- (4) 日本自動車工業会、「世界自動車統計年報」2005.

7. 国際共同研究等の状況

なし

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

〈論文 (査読あり)〉	なし
〈査読付論文に準ずる成果発表〉 (社会科学系の課題のみ記載可)	なし
〈その他誌上発表 (査読なし)〉	なし

(2) 口頭発表 (学会)

- 1) 紀伊雅敦 (2007) 「アジアにおけるバイオ燃料需要の推計方法に関する考察」自動車技術会学術講演会前刷集、146-07号、5-8、京都国際会館.

(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