

4 . 事業所における貨物自動車の保有期間選択に関する研究 ～排出ガス抑制政策の効果分析への適用～

A Study on the Holding Duration Choice of Trucks in Business Establishments
～An application to the effect analysis of policies about emission gas control～

東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 96141 野村 隆浩

To carry on the analysis about the effects of emission gas control policies targeting cars, it is important to analyze about micro-level truck holding structures, considered decision-making about truck holding. In this Paper, to analyze the relationship between decision-making and costs of obtaining, holding, and using trucks, we build a binary logit model. It accounts holding duration choice behavior of trucks at micro-level truck holding structure. As a result of the analysis, the effects of costs on the holding duration choice behavior are confirmed. By applying this model to actual trip data, case studies about the effects of policies on emission gas control and tax reform, we discover the balance between the policy effectiveness and the tax revenue.

1 . 研究の背景と目的

自動車交通による大気汚染問題への施策のうち「低負荷な車両への転換促進」や「廃車・買い替え行為の促進」に代表される「自動車単体の低環境負荷化」が、TDM による効果を補完するものとして非常に重要になってくると思われる。特に、保有期間の長期化が依然として進行している上に、保有台数・走行量の割に大気汚染物質排出量のシェアが非常に大きくなっている普通貨物車に関して、自動車単体の低環境負荷化を目標とした自動車単体対策を強力に推進していくことが重要であろう。

ところで、一連の自動車単体対策は自動車の保有構造そのものに影響を及ぼすため、それらの施策による排出ガス削減に関する効果分析を行うには、自動車の保有構造に関する分析を行うことが必要不可欠である。特に、保有期間や車種選択の判断基準のような自動車保有者の意識に関する項目が重要な要素となるため、自動車保有者の保有に関する意思決定にまで踏み込んだ、ミクロレベルでの保有構造に関する分析が重要となってくるが、貨物自動車を対象としたそのような分析が殆ど行われていないのが現状である。

そこで本研究では、普通貨物車の保有期間に焦点を当て、保有者の意思決定と普通貨物車の取得・保有・利用に伴うコストを考慮した、ミクロレベルでの保有期間に関するモデルを作成し、保

有期間の選択における保有者の意思決定を定量的に明らかにする。また、作成したモデルを道路交通センサス自動車起終点調査に適用することによって、普通貨物車への自動車単体対策による排出ガス抑制効果に関するケーススタディを行う。

2 . 本研究で用いるデータについて

本研究では、ミクロデータとして「平成 10 年度普通トラック市場動向調査」(社団法人 日本自動車工業会) を用いた。これは、普通貨物車の保有及び利用に関する調査データであり、調査の概要は表 - 1 の通りである。

表 1 調査の概要

調査地域	全国
調査対象	表示積載量 2.75t 以上の普通トラック(8 ナンバーの特種車も含む) 保有車及び保有事業所(軽・小型トラック併有事業所を含む)
サンプリング	普通トラック保有車より、自営別・積載量クラス別に加重抽出
有効サンプル数	1,246
調査方法	訪問面接・留置併用
回答者	車両管理者

3 . 保有者の意思決定に関する定性的知見

始めに、自動車保有行動における保有者(事業所)の意思決定に見られる傾向を見出すために、調査データの集計による分析を行った。その結果

次の2点に集約される傾向が見出された。

基本的には、事業所は事前の予定に基づいて計画的に車両の購入・廃棄・買替を行っている。

その一方で、景気など様々な外的状況の変化及び車両の取得・保有・利用に伴うコストの変化に対応して、保有に関する意思決定を変化させている。

特に、景気やコストの変化に敏感に対応している側面が強い。

この結果を踏まえて、以下、保有期間選択行動に関するモデルを作成する。

4. 保有期間選択に関する分析

4.1 保有期間選択モデルのフレーム

保有期間選択行動を表現するモデルの基本的なフレームとしては、二項選択ロジットモデル¹⁾及び生存時間解析手法に基づいたハザードモデル²⁾の2種類が、既存研究ではよく用いられている。しかし、モデルを用いる理論的背景や保有者の保有行動に関する意思決定の位置付けが大きく異なる。二項選択モデルにおいては、保有者がある期間(通常1年)毎に外的要因の変化に対応しながら、そのつど保有行動に関する意思決定を行っていることを想定している。一方、ハザードモデルにおいては、保有開始時に保有者の意思決定による保有期間の選択と共に、何らかの外的要因による保有の終了が想定されている。そのため、分析対象に応じて、より妥当と思われるモデルを選択することが必要となってくる。

4.2 事業所における貨物自動車の取得・保有・利用に伴うコストの考え方

普通貨物車の主たる保有者である事業所は、車両の取得・保有・使用に伴い発生するコストを最小化するように、手持ちの保有車両をベースに、次に示す2タイプのコストに関する比較を同時に行い、その結果に基づいて保有行動に関する意思決定を行うと考えられる。(図1参照)

ある保有期間 k 年目において手持ちの車両を使い続ける場合と、買い替えてその車両を新たに使う場合との、単年にかかるコストの比較を行う。

ある保有期間 k 年目で手持ちの車両を買い替える場合と、その翌年($k+1$)年目以降に買い替えを見送る場合との、ライフサイクルで見たコストパフォーマンス(年間平均値)の比較を行う。

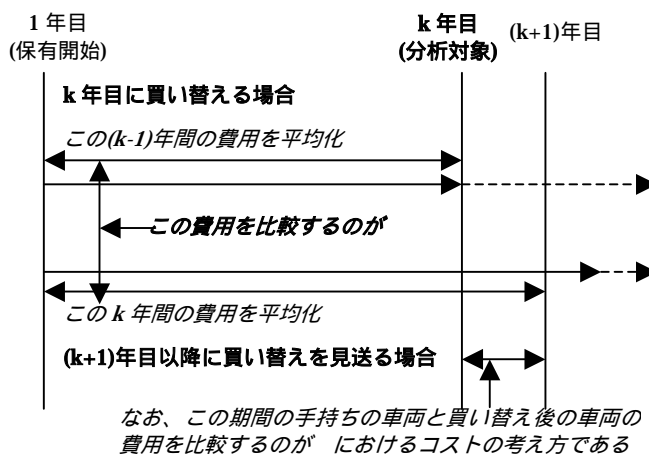


図1 におけるコストの考え方
(実線：手持ちの車両を使用 破線：買い替え後の車両を使用)

このように、事業所の場合、保有者は、コストの変化に常に対応して意思決定を行っているものと考えられる。そのため、1年毎に意思決定の変更を想定することが可能な二項選択モデルの方が、より妥当なモデルであると考えられる。実際にはモデル間で比較を行ったのであるが、推計結果が大きく変わらなかったため、ここでは最終的に選択された二項選択モデルについてのみ説明する。

4.3 モデルについて

4.3.1 分析対象の概要

対象サンプル：調査対象となっている車両(以下「保有車両」と記す)。サンプル数525。

分析対象となる保有期間：予定使用年数。(保有車両の登録年と買い替え予定時期から算出された年数。)ただし、実際に分析の対象となるのは、保有期間 k 年目において「買い替えを見送る/買い替える」の二項選択行動である。

分析の範囲：保有期間の分布状況(表2)より、2~15年間の1年毎を分析対象とする。

(なお、15年以上は全て「保有期間15年以上」と見なす。)

表2 対象サンプルにおける保有期間の分布

保有期間	1	2	3	4	5	6	7	
サンプル数	0	8	6	14	32	34	49	
保有期間	8	9	10	11	12	13	14	15~
サンプル数	75	52	121	49	32	12	15	26

4.3.2 二項選択モデルの概要

保有期間は、1・2・3・...と数字の順序そのものに意味が存在する序列的な変数であり、保有期間の選択は時間的にさかのぼれない不可逆なプロセスである。そのため、保有期間の選択構造を次のように考える。³⁾

例えば、ある年次 t 年までにおいて 10 年間保有していたサンプルは、それ以下の保有年数は全て選択していることになり、翌年の(t+1)年において、車両を買い替えて保有期間を 10 年間でとどめるか、あるいは翌年も保有し続けて保有期間を 11 年以上にするかを選択する、というように解釈する。

その結果、図2に示すような段階的な選択構造を仮定する。

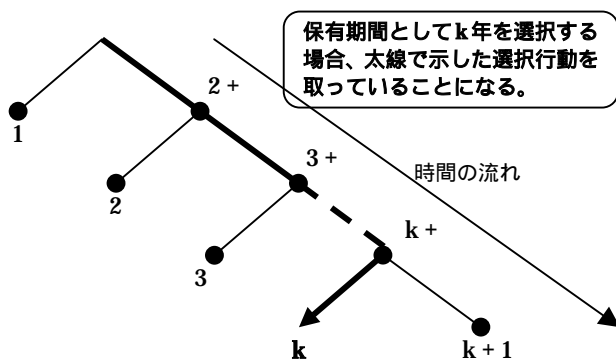


図2 保有期間の選択構造(k+は「k以上」を表す)

この時、保有者は各年次の初頭に意思決定を行うと仮定して、保有期間が k 年である確率、及びパラメータ推計に用いる尤度関数はそれぞれ次の式で表される。

- 保有期間が k 年である確率 $Pr(k)$

$$Pr(k) = P_1 \times P_2 \times P_3 \times \dots \times P_k \times (1 - P_{k+1})$$

(保有期間 14 年以下)

$$Pr(k) = P_1 \times P_2 \times P_3 \times \dots \times P_{14} \times P_{15}$$

(保有期間 15 年以上) (1)

P_k : 保有期間 k 年目初頭において「買い替え見送り」を選択する確率

P_k の式

$$P_k = \frac{1}{1 + \exp(-V_k)} \quad (2)$$

$$V_k = \alpha X + \beta Y_k + \mu_k \quad (3)$$

V_k : 保有期間 k 年目における、車両の買い替えを見送る場合と、買い替える場合とを比較した相対的な効用の確定項

X : 保有者属性・車両属性に関する説明変数ベクトル

Y_k : 保有期間 k 年目における、車両の取得・保有・利用に伴うコストに関する説明変数ベクトル

μ_k : パラメータベクトル

μ_k : 保有期間を示す定数項ダミー(「その選択段階がどの保有期間であるか」を表す。)

パラメータ推計に用いる尤度関数 L

$$L = \left[\prod_n \left\{ (1 - P_{k+1,n}) \prod_{j=1}^k P_{j,n} \right\}^{\delta-1} \left\{ \prod_{j=1}^k P_{j,n} \right\}^{\delta} \right] \quad (4)$$

n: サンプル集合

$P_{j,n}$: サンプル n が保有期間 j 年目において「買い替え見送り」を選択する確率

$\delta = 0$ (保有期間が 14 年以下の場合)

$\delta = 1$ (保有期間が 15 年以上の場合)

なお、X 及び Y_k で用いた説明変数の種類については表3に示す通りである。

表3 説明変数の種類

~属性に関する説明変数~

中古車ダミー・営業用車ダミー・特種車ダミー・基準使用年数(サンプルのような使い方をしていいる車両の平均的使用年数)・積載量・次期予定車両中古車ダミー・業種ダミー(運輸・運輸業の場合1)・個人経営ダミー・経営状況ダミー(現状・将来~悪い場合1)・総保有台数

~コストに関する説明変数~

- k 年目における保有車両の減価償却未償却分(まだ償却していない分~定率法で計算し、耐用年数には基準使用年数を使用)
- 保有車両の(k-1)年間の総利用費用年間平均値(利用費用として、燃料費用・自動車税・自動車重量税・自賠責保険料を考慮)・総修理費用の年間平均値(修理費用は保有開始時からの累積走行距離で代用)
- 保有車両の総利用費用・総修理費用の年間平均値差(k年間の平均値 - (k-1)年間の平均値を使用)
- k 年目買い替え車両購入費用(取得税等含む)
- k 年目利用費用差(保有車両利用費用 - 買い替え車両利用費用を使用)

燃費の悪化による燃料消費量の増加を考慮。

使用年数の増加による走行距離の減少を考慮。

4.4 パラメータ推計結果

パラメータの推計結果を表4に示す。ここでは、 Y_k に関しては全て、 X に関しては統計的に5%有意な変数のみを抽出して用いた。

表4 パラメータ推計結果

	推計値	t値
～保有者属性・車両属性変数		
中古車ダミー	-0.711	-3.102
基準使用年数	0.293	7.206
積載量	-0.137	-3.971
経営状況ダミー(現状)	0.378	2.794
～コスト変数		
k年目減価償却費未償却分	0.008	5.030
総利用費用の年間平均値	0.016	6.253
総修理費用の年間平均値	0.001	0.797
利用費用差(k年間平均 - (k-1)年間平均)	-0.693	-8.296
修理費用差(k年間平均 - (k-1)年間平均)	-0.073	-4.580
k年目購入費用	0.000	2.133
k年目利用費用差(保有車両 - 買替車両)	-0.226	-12.755
～保有期間に関する定数項ダミー		
3年目	0.933	1.575
4年目	1.453	2.434
5年目	0.576	1.207
6年目	-0.144	-0.342
7年目	-0.120	-0.282
8年目	-0.606	-1.431
9年目	-1.287	-2.978
10年目	-0.918	-2.017
11年目	-2.383	-5.095
12年目	-1.782	-3.615
13年目	-1.834	-3.502
14年目	-1.001	-1.702
15年目	-1.777	-2.962
サンプル数	525	
ケース数	4203	
尤度比(自由度調整済み)	0.24	

表中のパラメータの符号が正の場合には買い替えを見送る確率が高くなり、保有期間が長くなる傾向にあることを示している。また負の場合には買い替える確率が高くなり、保有期間が短くなる傾向にあることを示している。

推計結果により、属性を表す説明変数がいくつか5%有意になっており、コストに関しても、1つを除いてすべて5%有意で符号も特に問題ない。また、尤度比もある程度確保されていることから、モデルとして妥当な結果が得られたと考えられる。

属性変数に関しては次のような特徴がある。中古車ダミー・積載量の符号が負になっており、車両が中古車である場合には、購入時点で既に性能が落ちているために新車の場合と比べて早く買い替える傾向にあること、また車両の積載量が大きいほど、車体が大きい分車両が早く傷み、早く買い替える傾向にあることが伺える。一方、基準使用年数・現状の経営状況ダミーの符号が正に

なっており、基準としている使用年数が長いほど平均的に保有期間が長くなる傾向にあること、また事業所の経営状況が悪い場合、資金的に余裕がないため買い替えを先延ばしにする傾向にあることが伺える。

コスト変数に関しては、比較を行っている変数(利用費用差・修理費用差)の符号が全て負になっており、買い替えを先送りすることによってコストが増加する場合、及び保有車両を買い替えることによってコストが減少する場合には買い替える傾向にあることが伺える。

以上の考察結果により、保有期間選択行動に関して説明力のあるモデルが作成できたと考えられる。

5. ケーススタディ～効果分析への適用

5.1 道路交通センサデータを用いた拡大

次に、ケーススタディとして、4. で作成したモデルを道路交通センサ(平成6年度)自動車起終点調査の調査サンプルに適用することによって、排出ガス抑制政策の効果分析を行う。この調査では、抽出した自動車について、1日のトリップ状況・自動車の属性及びその自動車の保有者の属性を調べており、ある1日における、自動車属性及び保有者属性毎のトリップ状況が把握できるようになっている。

本研究では、センサ調査サンプルにおける車齢構成とトリップ状況を用いて、以下に示す流れに従って排出ガス排出量の算出を行う。この車齢構成の時間的変化を推計するためのモデルとして、4. で作成したモデルを使用する。

調査時点における車齢構成を用いて、属性毎のトリップ状況から排出ガスの排出量を算出する。

4. で作成したモデルを用いて、対象年次(調査時点からt年後)における車齢構成を推計し、それを用いて属性毎のトリップ状況を推計する。

調査時点からt年後における属性毎のトリップ状況から排出ガスの排出量を算出する。

ケーススタディの基本的な設定条件は次の通りである。

- ・ 基準年次：98年初頭（調査自体は94年に行われたものであるが、モデル作成に用いた調査データが98年のものであるため、そのまま98年にスライドさせる）
- ・ 対象年次：2001年末
- ・ 対象とする排出ガス：NO_x（窒素酸化物）
- ・ 対象サンプル：使用の本拠を有する地域及びトリップの発着地域（発地域・着地域のいずれか）が1都3県（東京都・神奈川県・千葉県・埼玉県）である小型貨物車・普通貨物車・特種車

5.2 車齢構成・NO_x 排出量の算出方法

各サンプルには拡大係数 n が設定されているが、これを「サンプル m と全く同じ自動車属性・保有者属性の車両が n 台存在している」と解釈する。この n 台のサンプル集合を M として、次の式によって、サンプル集合 M の t 年における残存台数（廃車せずにそのまま保有される台数）・廃車台数を算出する。

- ・ 残存台数

$$N_{t,M} = n \times L(t,m) \quad (5)$$

$N_{t,M}$ ：サンプル集合 M の t 年における残存台数（実際には四捨五入して用いる）

n ：サンプル m 毎の拡大係数

$L(t,m)$ ：サンプル m の t 年における残存率。 $L(t,m)$ は各年次の「買い替えを見送る確率」を1年毎に順次掛けることによって算出。この「買い替えを見送る確率」の算出に、4. で作成したモデルを適用する。

- ・ 廃車台数

$$D_{t,M} = n \times \{1 - L(t,m)\} \quad (6)$$

$D_{t,M}$ ：サンプル集合 M の t 年における廃車台数

上式で求めた残存台数・廃車台数を用いて、ある年次におけるサンプル集合 M 毎の車齢構成を算出する。なお、各サンプルは各年次の初頭に保有に関する意思決定を行い、保有車両を廃車後すぐに新車を購入し、かつ買い替えは最大1回しか行わないと仮定する。そして、各サンプルの車齢構成とトリップ状況を用いて、次の式により、 t 年におけるNO_x 排出量を算出する。

$$E_M = \sum_k \sum_j (T_{k,M} \times l_{j,M} \times q_{j,k,v}) \quad (7)$$

E_M ：サンプル集合 M におけるNO_x 排出量

T_k ：サンプル集合 M における車齢 k の台数

$l_{j,M}$ ：サンプル集合 M における、 j 番目に行ったトリップのトリップ距離

$q_{j,k,v}$ ：車齢 k 、及び j 番目のトリップの平均旅行速度 v （発着時刻より算出）における排出原単位

最後に、全てのサンプル集合において E_M を車種別に足し上げることによって、車種別NO_x 排出量及び全体での総排出量を算出する。

5.3 ケーススタディ

本研究では、経済的な手法を活用した排出ガス抑制政策に関するケーススタディを行う。ここでは、自動車に賦課される様々な種類の税金の中で、保有段階において課税される自動車税・自動車重量税に着目して次のシナリオを想定する。

98年以降、車齢10年以上における自動車税・自動車重量税を10～50%（10%刻みで5タイプ想定）増税させる。

このシナリオにおいては、古い車両の保有に伴うコストを増加させることによって、保有コストの増加を回避する目的で新車への買い替えが促進されることが予想される。

ケーススタディにおける評価指標としては、次の3つを用いて、排出ガス規制強化以外何も特別な施策を行わなかった場合（以降BAU(Business As Usual)と記す）と増税を行った場合とを比較する。

01年における車齢10年以上の残存率
NO_x 排出量
税収

以下、それぞれについて結果を示す。

01年における車齢10年以上の残存率

3車種全体における、車齢9年を基準とした場合の01年における車齢別残存率を図3に示す。

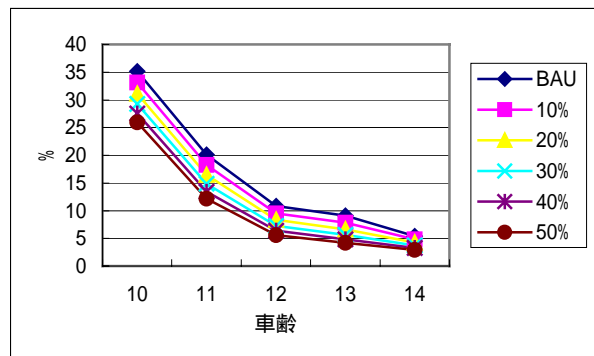


図3 車齢別残存率

当初の予想通り、増税によって新車への買い替えが進むため、その結果として残存率が低下している。また、増税の割合が大きくなるほどその低下の割合は大きくなっている。

NOx 排出量

3 車種全体における NOx 排出量の、基準年次を基準とした場合の削減率を図 4 に示す。

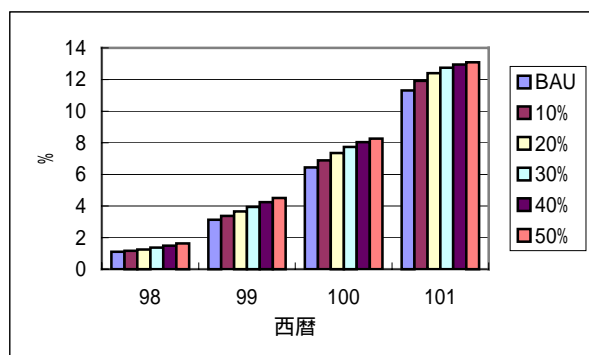


図 4 NOx 排出量削減率

新車の NOx 排出原単位は現状でのいかなる保有車両よりも小さいため、新車に買い替えることによって NOx 排出量は減少する。BAU においてかなりの割合で NOx が削減されているのはそのためである。

その中で、増税すると更に NOx 排出量が減少し、その減少幅は税金の増加率を大きくするほど大きくなっている。これは、BAU と比較してより多くの車両が新車に買い替えられるため、その分 NOx 排出量が減少していることを意味する。基本的には、残存率の減少傾向と似たような傾向を示している。

税収

最後に、自動車関連税 4 種類（自動車税・自動車重量税・自動車取得税・燃料税）に関して、98 年初頭から 01 年末までの都合 4 年間で税収がどのように変化するかを比較を行った。その結果、BAU を基準とした場合の税収の変化額（単位：億円）は表 5 のようになった。

表 5 税収の変化（単位：億円）

	自動車税	重量税	取得税	燃料税
10%	3.10	5.79	30.28	-2.20
20%	5.43	10.28	55.34	-4.31
30%	7.13	13.68	70.95	-6.22
40%	8.33	16.21	81.14	-7.86
50%	9.17	18.05	88.28	-9.25

このように、今回想定しているケーススタディによって最も影響を受ける税金は、実は増税対象の自動車税でも重量税でもなく、自動車購入の際に課税される取得税であることが分かった。実際にはできるだけ「税収中立」の方向に持っていく

のが望ましいことを考慮すると、特にこの自動車取得税の増収分の活用方法が重要なカギとなる。

6 . 本研究のまとめと今後の課題

本研究では、普通貨物車の保有構造に関して、排出ガス抑制政策の観点から重要な要因を占めていると考えられる保有期間を対象とし、保有者の意思決定と普通貨物車の取得・保有・利用に伴うコストを考慮したモデルを作成した。その結果、モデルの構造そのものやコストの算出方法に関して改善すべき点はまだいくつか残されているものの、一連のコストが保有期間選択行動に及ぼす影響を考慮できるモデルが作成できた。

また、作成したモデルを用いて排出ガス抑制政策の効果分析に関するケーススタディを行い、政策効果と税収の変化に関する検証を行った。

一方、今後の課題としては、大きく次の 2 点が挙げられる。

モデルの改良

モデルの推計精度そのものを向上させると共に、適用可能な範囲（対象とする保有構造・他の保有車両との相互依存を考慮 等）を拡大することが最大の課題である。

排出ガス抑制政策の効果分析に関する更なる検証

複数の政策を組み合わせた場合の相乗効果に関する分析、税収や保有者のコスト負担の変化とのバランスに関する検証など、課題はまだたくさんあるが、適用可能な政策の範囲を拡大するためにも、モデルそのものの改良が今後の最重要課題となるだろう。

<参考文献>

- 1) 例えば 森杉壽芳・大野栄治・川俣智計：コーホート型ディーゼル車普及率予測モデルの提案と燃料価格弾力性分析、土木計画学研究・論文集 No.8, pp41-48, 1990
- 2) 例えば 山本俊行・松田忠士・北村隆一：保有期間との比較に基づく世帯における自動車保有期間の分析、土木計画学研究・論文集 No.14, pp799-807, 1997
- 3) 吉田朗・原田昇：休日の買回り品買物交通を対象とした買物頻度選択モデルに関する研究、土木学会論文集第 413 号 / -12, pp107-116, 1990