

乗用車の安全性と燃費

谷下雅義

三好博昭

Safety and Fuel Economy of Passenger Cars

Masayoshi Tanishita

Hiroaki Miyoshi

ITEC Working Paper Series

07-03

March 2007

乗用車の安全性と燃費

同志社大学 技術・企業・国際競争力研究センター
ワーキングペーパー07-03

谷下雅義

中央大学理工学部助教授

同志社大学 技術・企業・国際競争力研究センター (ITEC) 客員フェロー
〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27

Fax: 03-3817-1810

E-mail: tanishi@civil.chuo-u.ac.jp

三好博昭

同志社大学 技術・企業・国際競争力研究センター (ITEC) 専任フェロー
京都市上京区今出川通烏丸東入

Tel: 075-251-3837

Fax: 075-251-3139

E-mail: hmiyoshi@mail.doshisha.ac.jp

キーワード：乗用車安全、燃費、負の2項分布回帰

(Safety, Fuel economy, Negative binominal regression)

本文内容の専門領域：自動車政策 (Vehicle Policy)

著者の専門領域：

谷下雅義：土木計画、交通政策

三好博昭：公共経済学、交通経済学

要旨：

アメリカでは、燃費規制を強化すると車両の軽量化を通じて死亡事故が増加するという分析結果 (Crandall, R.W. and J.D. Graham (1989))がある一方で、燃費と死亡事故発生率は無関係であるという議論 (Tom Wenzel and Marc Ross (2003), Sanjana Ahmad and David Greene (2005), Noland(2005)) もある。日本ではどうなのか？というのが本研究の問題意識である。また今後、日本での燃費規制や安全規制を考える際にも、車両特性と事故発生率や死亡事故発生率との関係を明らかにすることは有益である。

これまで自動車の安全性は、事故が発生したという条件のもとでの死亡・負傷の生じにくさという視点で実験室でのデータを用いて評価され、結果は「自動車アセスメント」として公表されている。本研究は、これとは異なり、ドライバーの要因を制御した実際の事故データに基づく死亡事故発生率・事故発生率という観点から車種別の安全性について検討した。具体的にはドライバーの要因として飲酒率、シートベルト着用率、事故歴を、また車両特性として燃費と高い相関をもつ重量、室内容積、車高/ (車長*車幅) および車種ダミーを変数として負の2項分布回帰分析を行った。その結果、ミニバンとスポーツ&スペシャリティ車を除くその他の車種の間には死亡事故発生率・事故発生率に大きな差がないこと、またこの死亡事故発生率とアセスメント結果とは必ずしも高い相関を示さないことを明らかにした。そして重量が重いほど死亡事故発生率が低下する傾向が見られたが、死亡事故発生率の高いスポーツ&スペシャリティ車においては逆であり、室内容積 (乗車人員) あるいは車両形状の方がより死亡事故発生率に影響を与えている可能性を示した。近年の研究成果と同じく、わが国においても安全性と燃費は必ずしも背反する事象ではなく、双方の改善を図る技術開発を促進することが望ましい。

謝辞：

本稿は、第34回土木計画学研究発表会（高松市）において報告した論文をもとに、加筆修正したものであり、文部科学省21世紀COEプログラム「技術・企業・国際競争力に関する総合的研究」による研究成果の一部である。本稿は Tom Wenzel (Lawrence Berkeley National Laboratory) および Marc Ross (The University of Michigan) との議論が端緒となっている。またデータ入力に関し、高橋浩氏（中央大学2005年度卒業）に協力を得た。今長久氏（中央大学）、研究発表会における参加者および匿名の査読者から貴重なコメントをいただいた。記して謝意を表します。

乗用車の安全性と燃費

谷下雅義/ 三好博昭

はじめに

アメリカでは、企業平均燃費（CAFE）規制の検討にあたり、燃費規制の強化は車両の軽量化を通じて死亡事故を増加させるという分析結果(Crandall, R.W. and J.D. Graham (1989))がある一方で、燃費と死亡事故発生率は無関係であるという議論(Tom Wenzel and Marc Ross (2003), Sanjana Ahmad and David Greene (2005), Noland(2005))もある。日本ではどうなのか？というのが本研究の問題意識である。また今後、日本での燃費規制や安全規制を考える際にも、車両特性と事故発生率や死亡事故発生率との関係を明らかにしておくことは重要であると考えられる。

交通事故は、車両特性、ドライバーの特性および走行環境（道路構造や交通量など）の3つの要因が関係しており、これまでも各要因について数多くの調査研究が進められてきている。本研究は車両とドライバーに注目する。車両特性についてはエンジンサイズ、車両重量などが加速性能に影響を与える。また室内容積や重心の位置などが、運転のしやすさ、横転のしにくさ、回避行動のとりやすさに影響を与える。そして、これらは、事故の発生自体や事故発生時の被害の大きさに関係していると考えられる。一方、ドライバーの特性については、経験や性格が影響すると言われている。

車両特性に関する安全性を表す具体的な指標として、国土交通省と自動車事故対策機構は実車衝突試験による車種別の衝突安全性評価を行い、その結果を「自動車アセスメント」として公表している。また自動車研究所ではこの「自動車アセスメント」の評価値（スコア）と実事故での死亡・重傷の比率との関係について検討し、信頼性は低いものの相関がみられたとの結論を得ている。(富永他 (2004))。これらは事故が発生したという条件のもとでの安全性について検討したものであるが、自動車の安全性を表す評価指標としては実際の（死亡）事故の発生確率（ $=$ 発生件数/車両台数）も考えられる。本研究は安全性の指標としてこの「実際の」事故の発生に注目する。

この実際の事故発生件数については、交通事故総合分析センターがデータを公表している。しかしながら、このデータはドライバーの特徴や走行環境の影響も含んだ数値であり、車両の安全性を直接表しているわけではない。また安全な乗用車を運転しているということが多少無茶な運転をしてもよいというモラルハザードを引き起こし、かえって事故を起こしている可能性も考えられる。

本研究では、シートベルト着用率や飲酒比率などドライバーの要因を制御して、事故の発生しやすさという観点から乗用車の安全性を推定し、それと①自動車アセスメ

ント、②燃費との関係进行分析することを目的とする。なお縄田・嶋村（1998）はセダンを対象にポアソン回帰によって事故の発生要因进行分析しているが、本研究は時点の更新、分析対象の拡大、関数形そしてその結果の分析の視点において違いを有する。

本稿の構成は以下の通りである。まず次節でデータと方法について述べる。方法については事故という稀な現象を扱うため通常の間帰分析は不適切であり、ポアソン分布をより一般化した負の 2 項分布を用いて推計することを述べる。2 節はそれを用いた死亡事故発生率、事故発生率の推計結果を示す。3 節はこの結果を踏まえた考察であり、i)ミニバンが最も安全性が高く、スポーツ&スペシャリティ車が最も安全性が低い、その他の車種の間には大きな差がないこと、ii) 実際の事故発生率とアセスメント結果とは必ずしも高い相関を示さないこと、iii)重量が重い車両ほど死亡事故発生率は減少する傾向がみられるが、死亡事故発生率の高いスポーツ&スペシャリティ車においては逆であり、その要因として室内容積（乗車人員）あるいは車両形状の方がより死亡事故発生率に影響を与えている可能性があること、を示す。最後に、燃費と安全性の双方を改善する施策の推進が重要であることを述べる。

1. データおよび方法

(1) データ

（財）交通事故総合分析センターが作成・管理する交通事故統合データの 1996-1998、1999～2001 年の各 3 年分、計 6 年分を用いて、通称名別の車両台数、乗員死亡事故台数、事故関与台数、死亡事故及び事故関与車両の飲酒比率、事故歴、シートベルト着用率、を抽出した⁽¹⁾。これらについて車種別に集計された（1 台ごとのデータではない）マクロデータが得られる。ここから登録車両台数が 5 万台未満のものを除き、以下の 8 車種、238 通称名（カローラ、クラウンなどカタログ等に記載されている名称であり、自動車検査証に記載されている車名とは異なる）、363 サンプル（2 時点のうちいずれかにしか記載されていない車種が存在するため、通称名数を単純に 2 倍した数値にはならない）を対象とした（カッコ内の車両の名称は、その車種を代表する通称名である）。

ファミリー軽（ワゴン R）	30 通称名数
セダン A（排気量 1500 c c 以下：マーチ）	28
セダン B（同 2000cc 以下：コロナ）	36
セダン C（同 2000cc 以上：マーク II）	28
スポーツ&スペシャリティ（セリカ）	23
ワゴン（カローラワゴン）	42
1 BOX&ミニバン（エスティマ）	30
RV/SUV（パジェロ）	21

これらについて「自動車ガイドブック」から価格、車両重量、燃費、室内容積＝室内長×室内幅×室内高、および衝突による横転のしやすさ、横転による影響を考慮して不安定度＝車高／（車長×車幅）というデータも整理した（表-1）。車両重量は加速性能また衝突時の衝撃を緩和する可能性があり、（死亡）事故発生率には負の影響をもつと予想される。燃費は基本的に車両重量が重いほど悪くなるので、（死亡）事故発生率とは正の相関をもつと考えられる。これがアメリカでの燃費規制の強化に関わる議論において自動車メーカーが指摘する点である。室内容積は、広いほどドライバーがリラックスできると考え、運転のしやすさを表す指標として取り入れたが、もう一つの無視できない視点は、乗車人員数の代理指標としての効果である。すなわち同乗者がいるとドライバーの安全運転意識が高まり、（死亡）事故発生率が低下すると考えられる（逆に同乗者が増えると事故が発生した場合、乗員が負傷する確率も増えると考えられる）。排気量や馬力/重量、ブレーキ性能なども重要な変数と考えられるが、今回は車種別のダミー変数として扱っている。なお、乗用車の価格指標及び性能指標のデータに関して、一つの車種について複数のモデルが存在する場合は、中位値をデータとして採用した。

(2) 方法

死亡事故発生率（＝乗員死亡事故台数/登録車両台数）および事故発生率（＝事故関与台数/登録車両台数）について、①ドライバーの特徴：飲酒比率、事故歴、シートベルト着用率、②自動車の性能：車両重量、室内容積、不安定度、車種ダミー（RV車を基準とする）および時点ダミー（1996-1998 から 1999-2001 間の技術の進歩や走行環境の変化を示す）を説明変数として回帰分析を行う。なお、図-1 に示すとおり、燃費は重量との相関が高い。多重共線性の問題を避けるためこの段階では採用せず、考察において検討する。

事故は発生頻度が小さいことから、誤差の均一分散また正規分布を仮定する通常の最小二乗法（OLS）による回帰分析は適切ではない。縄田・嶋村(1998)はポアソン回帰分析を行っているが、ポアソン分布は平均と分散が同じであることを仮定している。筆者らも当初、ポアソン回帰を試みたが、分散が平均を大きく上回ったことから、より一般化した負の 2 項分布（注：ポアソン分布のパラメータがガンマ分布に従うとき負の 2 項分布と一致する）によって回帰を行うこととした。これらの場合、一般化線形モデルとして表現でき、最尤法によりパラメータを推定することになる。

表-1 記述統計

記述統計	最小	平均	最大	分散
乗員死亡台数(台).a	0	17.9	147	464.5
事故関与台数(台).b	563	4595	55055	6.72E+07
登録車両台数(台).c	51000	417240	2683000	1.92E+11
死亡率(=a/c)	0	0.0035	0.028	1.34E-05
事故率(=b/c)	1.05	1.84	2.94	0.10
重量(kg)	6.30E+02	1.25E+03	2.13E+03	1.04E+04
室内容積(m3)	0.99	3.25	6.71	9.70E-01
不安定度	2.60E-04	4.60E-04	1.02E-03	1.29E-08
燃費(km/l)	6	12.68	28	15.95
飲酒率(%)	0	21.7	100	331.07
事故暦(%)	0	9.9	50	134.2
シートベルト着用率(%)	84.4	93.58	98	8.47

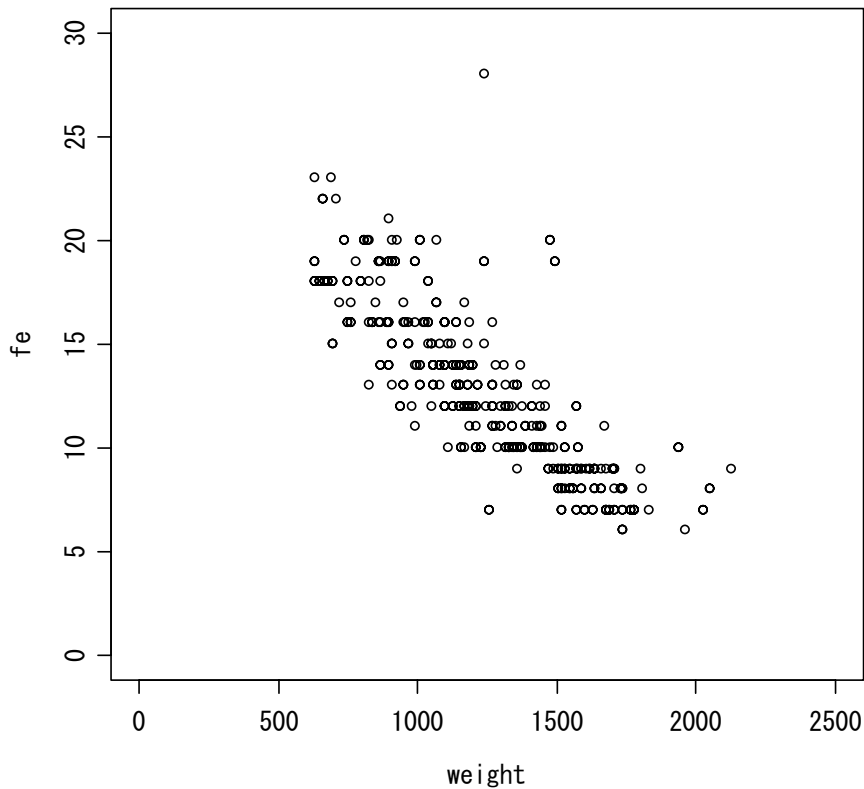


図-1 重量(weight, kg)と燃費(fe, km/liter)の相関

注：単回帰の結果

$$\ln(fe) = 9.40 - 0.97 \ln(\text{weight}) \quad R^2 = 0.71$$

(40.43) (-29.75) (t 値)

負の 2 項分布回帰 (Negative Binomial Regression) について簡単に説明しよう。
いま Y:事故台数 (死亡事故台数) が負の 2 項分布に従うものとしよう。 Y に影響を

与える共変量(X)が3つあると仮定すると、 $Y=y$ となる確率は以下の式で表される。

$$P(Y = y | X_1, X_2, X_3, k) = \frac{\Gamma(y+k)}{\Gamma(k)\Gamma(y)} \left(\frac{k}{k+\mu}\right)^k \left(\frac{\mu}{k+\mu}\right)^y \quad y = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

ここで、 Γ はgamma関数、 $\mu = E(Y)$ (Yの期待値)、 k は分布のちらばりぐあいを表すパラメータ(dispersion)であり、Yの分散は、 $V(Y) = \mu + \mu^2/k$ と表現される(ポアソン分布では $k=\infty$)。このとき以下のリンク関数 $g(\mu)$ が共変量(X)の線形和で説明されるとして(これがgeneralized linear model(一般化線形モデル)を表す)、パラメータ β を推定する(Noland(2005))。

$$g(\mu) = \log(\mu) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

$$\mu = \exp(\alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3) = \exp(x' \beta)$$

$$x' = [1, X_1, X_2, X_3] \quad \beta = \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

なおYの単位は台数であるが、登録車両台数をオフセット変数(分母)として用いることで、死亡事故発生率・事故発生率を得る。

2. 結果

(1) 死亡事故発生率

推定結果を表-2に示す。表-2の右側の推計結果は、上述した説明変数に加え、「室内容積」と車種別のダミー変数とのクロス項を考慮したものである。死亡者数ゼロというサンプルも存在するため、推定精度としては決して高くない。図-2は室内容積について車種別ダミーとのクロス項を考慮した一般化線形モデルにおける残差プロットを示す⁽²⁾。

以下に得られた知見を整理する。

- ・ドライバーの要因として考えたすべての変数(飲酒比率、事故履歴、シートベルト着用率)はすべて10%有意であり、符号も想定したとおりであった。
- ・車種ダミーをみると、スポーツ&スペシャリティ車の値がとくに大きく、死亡者が多いことを示す、軽自動車、セダンも比較的高い値である。一方でミニバンは低い値を示した。
- ・同じ車種であれば重量が大きいほど死亡者は少ない。

表-2 死亡事故発生率の推定結果

	推定値	z value		推定値	z value	
定数項	2.44	1.43		2.87	1.70	.
飲酒率(%)	0.17	2.43	*	0.12	1.76	.
事故暦(%)	0.055	4.02	***	0.057	4.30	***
シートベルト着用率(%)	-0.14	-7.62	***	-0.14	-7.83	***
重量(t)	-0.00059	-3.30	***	-0.00058	-3.29	**
室内容積(m ³)	-0.045	-0.61				
室内容積 * 軽				-0.71	-2.15	*
室内容積 * セダンA				-0.38	-1.42	
室内容積 * セダンB				-0.54	-1.53	
室内容積 * セダンC				-0.26	-0.80	
室内容積 * スポーツ				-0.53	-2.67	**
室内容積 * ワゴン				-0.23	-1.51	
室内容積 * ミニバン				0.12	1.40	
不安定度(m ⁻¹)	-11.48	-0.03		-1122.00	-1.73	.
軽ダミー	0.16	1.13		1.98	2.40	*
セダンAダミー	0.28	2.18	*	1.27	1.66	.
セダンBダミー	0.32	2.52	*	1.87	1.70	.
セダンCダミー	0.057	0.50		0.80	0.73	
スポーツダミー	0.71	5.67	***	1.96	4.13	***
ワゴンダミー	-0.029	-0.25		0.59	1.22	
ミニバンダミー	-0.16	-0.92		-1.15	-2.50	*
時点ダミー	0.11	1.07		0.11	1.13	
k(dispersion)	15.37	19.46		18.59	5.01	

Null deviance	1154.99			1233.13		
Residual deviance	409.36			409.41		

注：*** : 0.1%, ** : 1%, * : 5%, . : 10%で有意であることを示す。以下同じ。

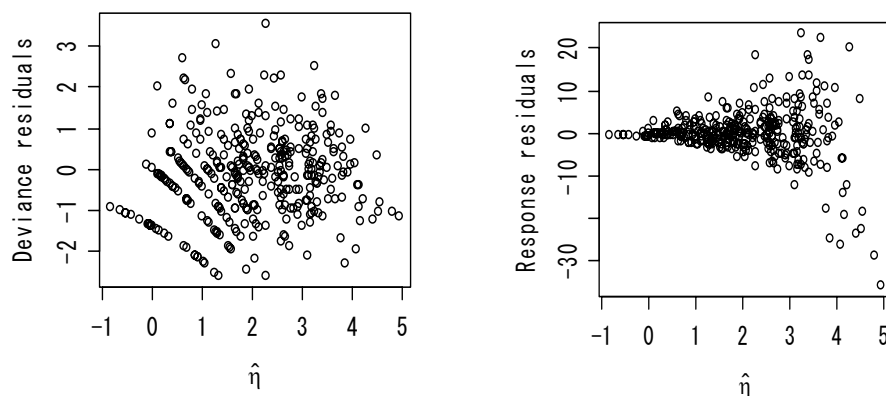


図-2 残差プロット
(左 : Deviance 残差, 右 : Response 残差)

- ・「室内容積」また重心の高さの代理指標としてとりあげた「不安定度」をそれぞれ変数として加えた場合、両者の相関が高い ($\rho=0.8$) こともあるかもしれないが、有意とならなかった。しかし「室内容積」と車種別のダミー変数とのクロス項を説明変数として用いると、軽およびスポーツ&スペシャリティ車といった特に室内容積の小さい車両において統計的に有意な値を示した。これらの車種では室内容積が大きいほど死亡事故発生率は小さい。同時に「不安定度」も 10%有意となり、(車幅*車長) に対して車高が高いほど死亡事故発生率は小さいとの結果が得られた。
- ・なお「重量」と車種別ダミーのクロス項については統計的に有意とならなかった。

死亡率に関しては、アセスメントスコアを説明変数に加えるのが適切であろう。しかしながら今回得られたアセスメントスコアのサンプルは 46 であり、推計には耐えない。参考までに、車種ダミーを除き、また限られた変数で得られた結果を表-3 に示す。アセスメントスコアの係数はマイナスであり、スコアが高いほど死亡率は低いと解釈できるが、統計的に有意ではない。

表-3 アセスメントスコアを加えた死亡率に関する負の2項分布回帰

	coefficients	z value
定数項	4.03	1.33
アセスメントスコア	-0.0020	-0.18
重量	-0.00093	-3.67
シートベルト着用率	-0.070	-2.33
飲酒率	0.014	2.14
事故歴	0.0024	0.33
k:dispersion	1.31	3.20

Null deviance: 81.8		
Residual deviance: 51.3		

(2) 事故発生率

推定結果を表-4、図-3 に示す。同様に得られた結果を以下に示す。

- ・事故の発生には、死亡事故発生率同様、ドライバーの要因である、飲酒率、事故歴、シートベルト着用率が強く影響している。しかし、飲酒率だけは死亡事故とは逆に負のパラメータが得られた。死亡にまで至らない事故は飲酒率とはあまり関係ないと推測されるが、この解釈は今後の課題である。
- ・車種別では、死亡事故と同じくスポーツ&スペシャリティ車が高い発生率を示している。一方、ミニバンの事故発生率は低い。ミニバンは特に小さい子どもが同乗している可能性が高く、このことが安全運転を促している可能性がある。
- ・同じ車種であれば重くなればなるほど事故が発生しにくい。

- ・室内容積が大きいほど事故は発生しにくい。これは室内容積が同乗者の乗車率の代理指標となり、同乗者が乗っているほうが安全運転を心がける効果を示している。また、室内容積が大きいほど視界が相対的に広くなり、より安全に運転できるという可能性を示している。

表-4 事故発生率の推定結果

	推定値	z value	
定数項	6.76	17.43	***
飲酒率(%)	-0.055	-3.95	***
事故暦(%)	0.030	9.93	***
シートベルト着用率(%)	-0.035	-8.62	***
重量	-0.00019	-5.11	***
室内容積	-0.069	-4.59	***
不安定度	-652.50	-7.04	***
軽ダミー	-0.069	-2.28	*
セダンAダミー	0.025	0.91	
セダンBダミー	-0.014	-0.54	
セダンCダミー	-0.046	-1.94	
スポーツダミー	0.076	2.77	**
ワゴンダミー	0.038	1.59	
ミニバンダミー	-0.14	-3.95	***
時点ダミー	0.017	0.68	
k(dispersion)	116.56	12.82	***

Null deviance		1228.62	
Residual deviance		369.27	

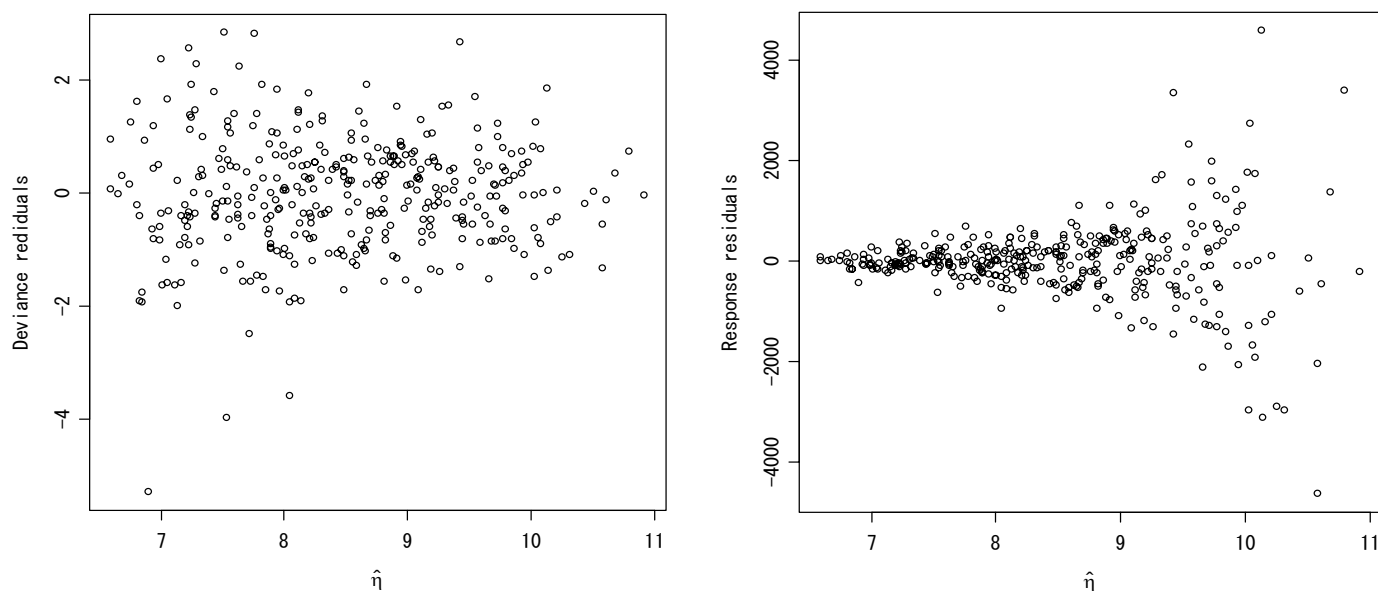


図-3 残差プロット

(左 : Deviance 残差, 右 : Response 残差) 一部、Deviance 残差が大きいサンプルがみられる。

- ・不安定度が大きくなるほど事故が発生しにくい。これは車高の高い車は視界が広く、運転がしやすく、また事故の回避行動がとりやすいからではないかと推測される。しかし、一方では車高の高さによって重心が高くなり転倒しやすくなるとも考えられる。それぞれの効果については、さらなる検討を行う必要がある。
- ・技術進歩や道路条件の違いを考慮して時点ダミーを導入したが、死亡事故同様、統計的に有意とならなかった。

3. 考察

ここでは前章で推定した式から、ドライバーの特性を取り除いた調整済み推計値（全車種、ドライバーの特性を同条件と考え平均値を算出）をもとに、他の変数との関係について考察する。

(1) 死亡事故発生率と事故率との関係

図-4 に示すようにミニバンが事故発生率・死亡事故発生率ともに低く、スポーツ&スペシャルティ車がかげはなれて高い。またその他の車種はその中間に位置し、それらの間の差はきわめて小さいことがわかる。

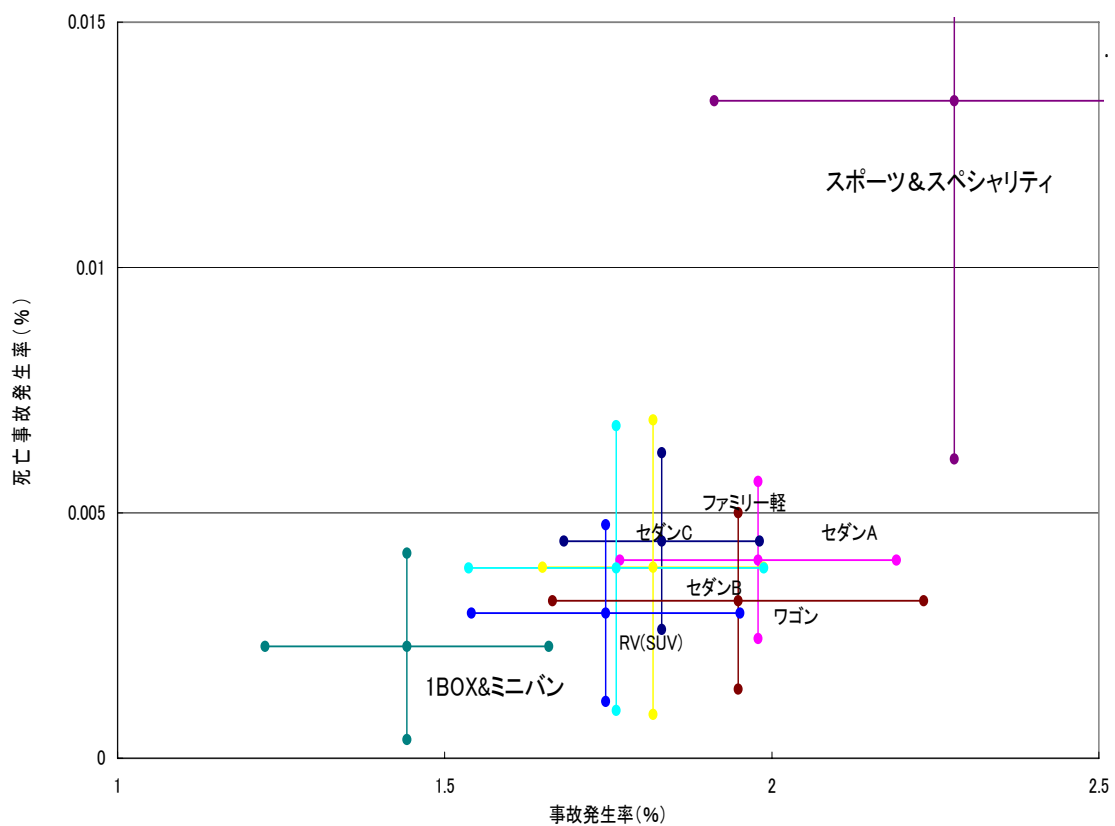


図-4 ドライバーの特性を調整した死亡事故発生率と事故発生率の関係

(各点における縦横の幅は車種ごとの $\pm 1\sigma$ の範囲を表す)

(2)自動車アセスメント評価との関係

自動車アセスメントの評価方法は、前面衝突試験、側面衝突試験を実施し、100点満点で表わすものであり、0点＝前面衝突試験、側面衝突試験のいずれの試験でも頭等のすべての部位で重大な障害を受ける危険性がある。100点＝前面衝突試験、側面衝突試験のいずれの試験でも頭等のいずれの部位も重大な障害を受ける危険性が極めて低いことを表す。軽乗用車の得点が低く、同条件で事故に遭ったときに傷害を受ける危険性が高いことが示されている。

アセスメント評価値が得られたサンプル数は多くないものの、今回得られた事故発生率、死亡事故発生率との相関は低く、アセスメントの得点が高い車でも死亡事故発生率が高い車があることがわかる(図-5)。

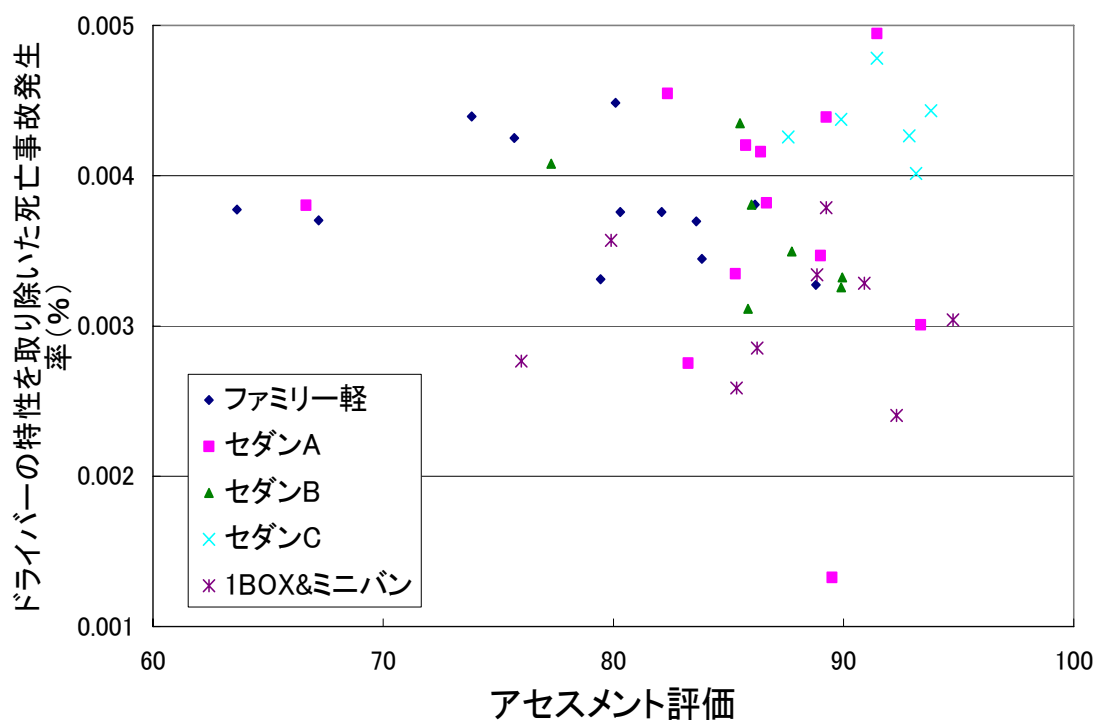


図-5 アセスメント評価とドライバーの特性を取り除いた死亡事故発生率との比較 (相関係数 : 0.09)

(3)燃費との関係

車両重量と燃費は高い相関 (相関係数 : 0.81) があり、基本的に重量の軽い車両ほど燃費は高い。図-6 に燃費と (調整済み) 死亡事故発生率との関係を図示した。

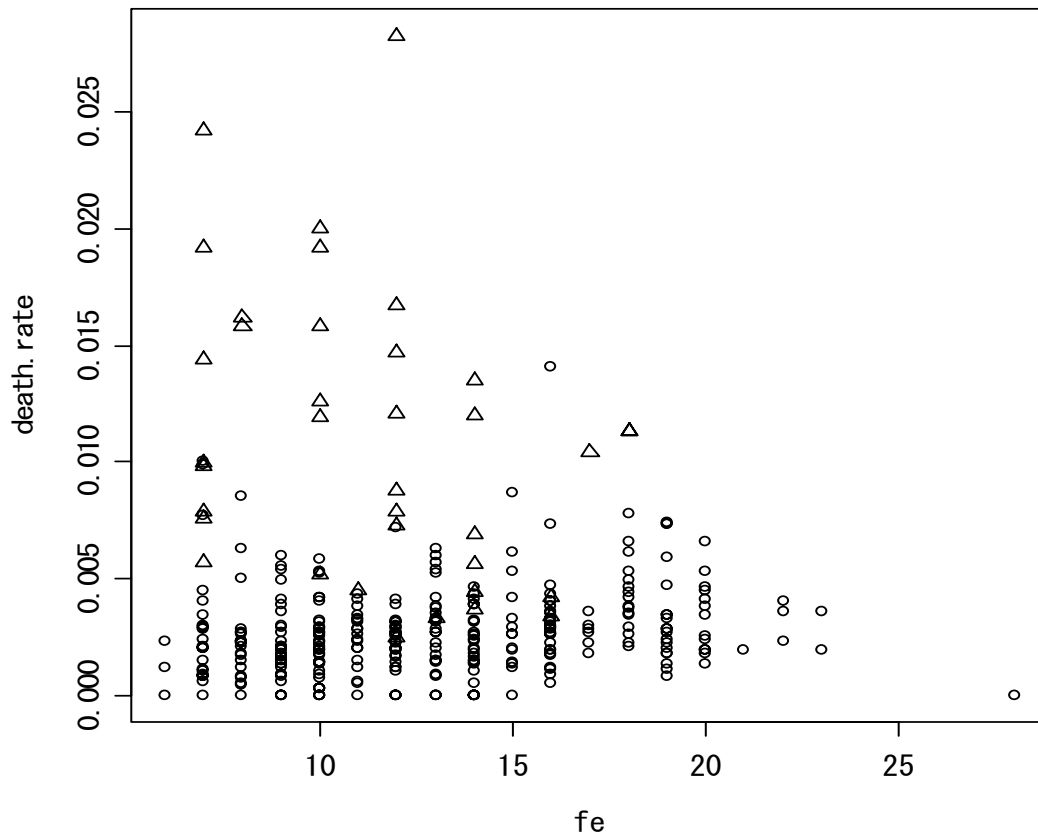


図-6 燃費(fe)と 死亡事故発生率(death.rate)の関係
 (△がスポーツ&スペシャリティ車 相関:-0.03)

前節での推定では同一車種であれば重量の増加につれて（死亡）事故発生率が低下すると推定されたが、死亡事故発生率・事故発生率の高いスポーツ&スペシャリティ車においては燃費がよくなるほど死亡事故発生率は低下していることがわかる。

表-5 Mixture of Regressions Model による推定結果

Component	Intercept	B	σ^2	λ
1	0.0080	-1.99e-04	4.40e-06	0.16
2	0.024	-8.74e-04	2.00e-05	0.07
3	9.35e-04	9.90e-05	1.42e-06	0.77

$$(\text{死亡事故発生率}) = (\text{Intercept}) + \beta (\text{燃費}) + \varepsilon \quad \varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

AIC=-3395.934 AIC(単回帰)=-3036.484 λ : 各 component の確率

(# of components=3 のとき AIC が最小となった)

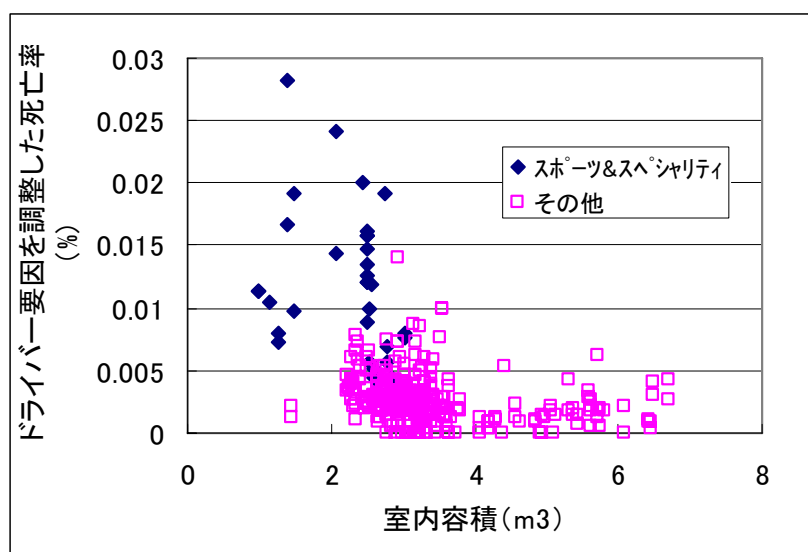


図-7 室内容積と死亡事故発生率の関係

散布図が何本かの回帰直線の混合分布であると仮定し、EM アルゴリズムを用いてパラメータを推定する Mixture of Regressions Model を用いて燃費と死亡事故発生率の関係を分析すると、3本の直線が想定でき、それぞれ右下がり（燃費の向上とともに安全性の向上する）、ほぼ一定（燃費の向上と安全性は無関係）および右上がり（燃費が向上すると燃費は悪化する）の関係が得られた(表-5)。

ではなぜスポーツ&スペシャリティ車は逆の傾向を示すのか。筆者は「車両の形状」あるいは「同乗者の有無」が重要な変数であることを指摘したい。図-7は室内容積と死亡事故発生率の関係を示したものである。一般的に室内容積の小さい車は同乗者なしで運転している可能性が高く、広い室内容積の車は同乗者がいる比率は高い。単独で運転する場合の方が安全への配慮が低下するのではないかと考えられる。また前述したように「室内容積」と「不安定度＝車高／（車長×車幅）」の相関も高い。「燃費」ではなく、こうした「車両の形状」が死亡事故の減少に寄与しているという見方も可能である。このことは前節の分析で死亡事故発生率のみならず、事故発生率においてもスポーツ&スペシャリティ車の比率が高かったことでも傍証されよう。

したがって、車両の燃費と安全性についてはすべての車種にあてはまるような普遍的な関係はみられず、それよりは室内容積（乗車人員）あるいは不安定度が安全性を表す重要な変数である可能性を示唆している。よって近年の欧米での先行研究同様、Crandall and Graham(1989)が示した燃費をあげるために重量を軽くすると事故が増加するという仮説は、必ずしも採択されない。

おわりに

従来自動車の安全性は、事故が発生したという条件のもとでの死亡・傷害の生じにくさという視点で実験室でのデータを用いて評価されてきた。本研究は、これとは異なり、実際の事故データからドライバーの要因を制御して（死亡）事故の発生確率という観点から車種別の安全性について検討した。その結果、ミニバンが最も安全性が高く、スポーツ&スペシャリティ車が最も安全性が低いが、その他の車種の間には大きな差がないこと、またアセスメント結果とは必ずしも高い相関を示さないことを明らかにした。そして、重量が重いほど（燃費が悪いほど）死亡事故発生率が低い可能性が示唆されたが、事故発生率・死亡事故発生率の高いスポーツ&スペシャリティ車では逆の相関がみられること、その一方で室内容積あるいは不安定度といった「車両の形状」が安全性により影響を与えている可能性があることを示した。したがって近年の欧米の研究同様、燃費と安全性は対立するという仮説は正しいとはいえない。

本研究では燃費よりも車両の形状が死亡事故発生率や事故発生率に影響を与えているという仮説を提示したが、今回は車種別のダミー変数として扱った変数(馬力、ブレーキ性能、衝突安全ボディ、エアバッグ、使用目的、走行距離、車の使われ方(高速道路走行比率やドライバーの年齢など))を含めてこの妥当性を検証すべきである。もしこの仮説が棄却されないのであれば、車両形状の設計で安全性を高めることができることになり、燃費と安全性の双方の改善を図る技術開発が期待できる^④。

注：

- (1)事故関与台数とは車両の乗員が死亡または負傷するケースを扱っている。また乗員死亡事故台数とは、車両の乗員が死亡した場合に1台と数えている。ただし、複数の乗員が死亡しても1台である。過失割合が最大である1当のみの死亡事故および事故関与台数を扱うのが、より車両特性を的確に表現するかもしれないが、今回はこれらを見捨てて扱っている。今後の課題としたい。
- (2)Deviance (尤離度) 残差は、対数尤度への寄与率を用いて推定された μ と観測されたYの差を基準化したものであり、一般化線形モデルのあてはまりのよさを表す。一方、Response (反応変量) 残差は、推定された μ と観測されたYとの単純な差を表している。こちらの方がわかりやすいために参考として載せている。詳しくは、McCullagh and Nelder (1989)およびAgresti, A. (1996)を参照していただきたい。
- (3)なお運転方法に関しては燃費と安全性は両立することが示されてきている。たとえば、エコドライブ運動やドライブレコーダーといった装置の導入は、それぞれ燃費と安全性の向上を図る方法であるが、ともにもう一方の安全性や燃費の向上にも寄与する、すなわち急発進、急加速を控え、慎重に運転することは安全にも燃費にもよいということが徐々に明らかになってきている。現在、国のASV (先進安全自動車) 計画は第3期まで進んでいるが、安全だけでなく燃費や排ガスの削減にも寄与する可能性があるのではないだろうか。

参考文献：

- Agresti, A. (1996) "An Introduction to Categorical Data Analysis," Wiley: New York
- Crandall, R.W. and J.D. Graham (1989) "The Effect of Fuel Economy Standards on Automobile Safety," *Journal of Law and Economics*, 32, 97-118
- Dempster, A. P., Laird, N. M., and Rubin, D. B. (1977) "Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm," *Journal of Royal Statistics Society*, B, 39, 1-22.
- McCullagh and Nelder (1989) "Generalized Linear Models," Chapman and Hall: London.
- Noland, R.B. (2005) "Motor Vehicle Fuel Efficiency and Traffic Fatalities," *Energy Journal*, 25(4), 1-22
- Sanjana Ahmad and David Greene (2005) "Effect of Fuel Economy on Automobile Safety: A Reexamination," *Transportation Research Record*, 1941, 1-7
- Tom Wenzel and Marc Ross (2003) "Are SUVs Safer than Cars? An Analysis of Risk by Vehicle Type and Model," Transportation Research Board 82nd Annual Meeting
- Turner, T. R. (2000) "Estimating the Rate of Spread of a Viral Infection of Potato Plants via Mixtures of Regressions," *Applied Statistics*, 49(3), 371 - 384.
- 富永茂・竹内啓・桜井実・橋爪栄 (2004) 「自動車アセスメント評価と事故実態の関係」自動車研究 26(1) : 29-42
- 富永茂・竹内啓・桜井実・橋爪栄 (2004) 「事故実態と自動車アセスメントの関連に関する研究」自動車研究 26(10) : 5-8
- 縄田和満・嶋村宗正 (1998) 「セダン型小型乗用車の死亡事故発生要因のポアソン回帰による分析」日本統計学会誌、28(3) : 237-252