

乗用車の安全性と燃費*

Safety and Fuel Economy of Passenger Cars*

谷下雅義** 今長久**

By Masayoshi TANISHITA** and Hisashi IMANAGA**

1. 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、燃費規制を厳しくすると車両の軽量化などを通じて死亡事故が増加するという分析結果¹⁾がある一方で、燃費と死亡率は無関係であるという議論²⁻⁴⁾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、車両特性と事故率や死亡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。

車両特性と安全性の関係については、国土交通省と自動車事故対策機構が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^{5,6)}。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（死亡）事故自体の起こしやすさ（発生件数）も考えられる。本研究は安全性の指標として「事故の発生しやすさ」に注目する。

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起きやすさという観点から乗用車の安全性を推定し、それと自動車アセスメント、燃費との関係を分析することを目的とする。

なお縄田・嶋村（1998）⁷⁾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を分析しているが、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。また車両価格との関係についても考察する。

2. 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・管理する交通事故総合データの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、運転者死者数、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。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、363サンプル（いずれかにしか記載されていない車種が存在する）を対象とした（カッコ内は代表通称名を表す）。

ファミリー軽（ワゴンR）	30通称名
セダンA（排気量1500cc以下：マーチ）	
セダンB（同2000cc以下：コロナ）	
セダンC（同2000cc以上：マークII）	92
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
1BOX&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⁵⁾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＝室内高／（室内長×室内幅）というデータも整理した。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

*キーワード：乗用車安全，燃費，負の2項分布回帰

**正員 博(工) 中央大学理工学部土木工学科

(文京区春日1-13-27 TEL03-3817-1810 FAX03-3817-1803)

死亡者数および事故発生件数について、ドライバーの特徴：飲酒比率，事故歴，シートベルト着用率および自動車の性能：車両重量，室内容積，安定度，車種ダミー（RV車を基準とする）を説明変数として回帰分析を行う。ただし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）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，線形確率モデルを用いて最尤法によりパラメータを推定することになる。

・負の2項分布回帰（Negative Binomial Regression）

共変量(X)が3つの場合で式を示すと，

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

$$E(Y) = \mu \quad V(Y) = \mu + (\mu^2/k)$$

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

$$\Rightarrow \mu = e^{\alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3} = e^{x'\beta} \quad (x' = [1 \quad X_1 \quad X_2 \quad X_3])$$

と表現される。ここで Y:事故件数（死亡者数），μ はその期待値，g(μ) はリンク関数，は gamma 関数，k は dispersion を表す⁴⁾。

3. 結果

(1) 死亡者数

推定結果を表-1，図-1 に示す。推定精度としては決して高くないが，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）はすべて有意であり，符号も想定したとおりであった。
- ・車種ではスポーツ&ユーティリティ車がとくに高い。セダンも比較的高いが，その一方でミニバンは低い値を示した。
- ・同じ車種であれば重いほど死亡しにくいという結果となった。
- ・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は統計的に有意にならなかったが，この1つの要因はこの2変数間の相関が高い（=-0.8）ことにもあるかもしれない。
- ・なおポアソン回帰においては，重量の2乗また室内容積が有意となったが，負の2項分布への回帰では有意とならなかった。

表-1 死亡者数の推定結果

	推定値	z値		推定値	z値
定数項	2.71	1.57		2.47	1.45
飲酒率(%)	1.70	2.49 *		0.16	2.47 *
事故履歴(%)	0.055	4.04 ***		0.055	4.03 ***
シートベルト着用率(%)	-1.37	-7.43 ***		-0.14	-7.67 ***
重量(kg)	-1.38E-03	-1.82		-6.42E-03	-4.06 ***
重量^2	3.06E-07	1.09			
室内容積(m3)	-0.0055	-0.74			
不安定度(m-1)	-8.86	-0.21			
軽ダミー	0.11	0.72		0.14	1.00
セダンAダミー	0.28	2.12 *		0.26	2.11 *
セダンBダミー	0.34	2.65 **		0.30	2.51 *
セダンCダミー	0.069	0.60		0.035	0.33
スポーツダミー	0.72	5.80 ***		0.72	5.90 ***
ワゴンダミー	-0.0008	-0.07		-0.056	-0.51
ミニバンダミー	-0.16	-0.93		-0.27	-2.41 *
時点ダミー	0.010	0.97		0.12	1.10
k: dispersion	15.19	5.29		15.19	5.29
deviance(null)	1156.27			1150.01	
deviance(residuals)	409.27			408.36	
AIC	1965.1			1964.2	

注：***：0.1%，**：1%，*：5%で有意であることを示す。

以下同じ

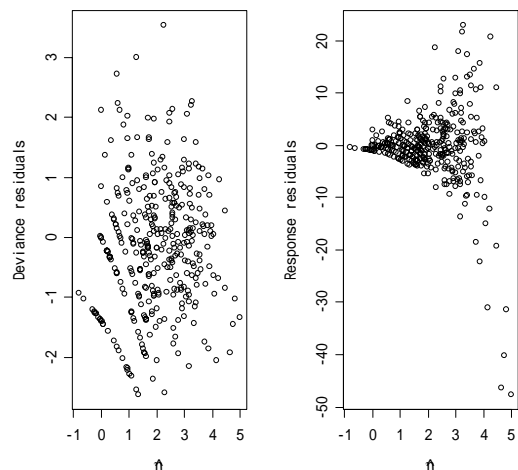


図-1 残差プロット

（左：Deviance 残差，右：Response 残差）

左：0の周りに残差が散らばっている。右：負の2項分布が仮定するようにμが大きくなるにつれて残差の分散も拡大していることがわかる。

(2) 事故件数

推定結果を表-2，図-2 に示す。

- ・事故の発生には，死亡事故率同様，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が，飲酒率だけは負となった。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&ユーティリティ車が高い発生率を示したが，あわせてミニバンは相対的に事故が生じにくいことが示された。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。

表-2 事故台数の推定結果

	推定値	z値	
定数項	6.59	16.98	***
飲酒率(%)	-0.060	-4.32	***
事故履歴(%)	0.030	10.12	***
シートベルト着用率(%)	-0.037	-9.05	***
重量(kg)	2.49E-04	1.60	
重量 ²	-1.6E-07	-2.88	***
室内容積(m ³)	-0.058	-3.73	***
不安定度(m-1)	-582	-6.16	***
軽ダミー	-0.039	-1.21	
セダンAダミー	0.031	1.15	
セダンBダミー	-0.0023	-0.88	
セダンCダミー	-0.053	-2.23	*
スポーツダミー	0.073	2.66	**
ワゴンダミー	0.026	1.1	
ミニバンダミー	-0.15	-4.27	***
時点ダミー	0.021	0.84	
k: dispersion	119.41	12.80	
deviance(null)	1257.77		
deviance(residuals)	369.62		
AIC	5499		

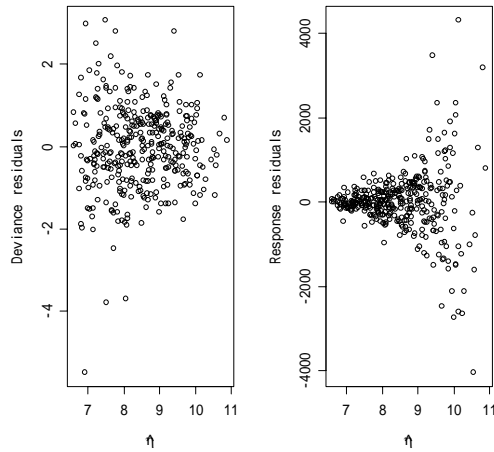


図-2 残差プロット

(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。

- 重量の 2 乗の項が統計的に有意となったが, 事故発生率が最大になる重量は 1t 未満と推定された。従って軽乗用車を除き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ことを示唆している。
- 室内容積が大きいほど, 事故は発生しにくい。これは同乗者が乗っているほうが安全運転を心がける, あるいは視界が相対的に広くより安全に運転できるという可能性がある。不安定度: 縦横の長さに対する高さは大きくなるほど事故が発生しにくいとの結果を得ているが, 死亡者数では有意でないことも含めてその要因についてはさらなる検討を行う必要がある。
- 道路条件の違いを考慮して時点ダミーを導入したが統計的に有意とならなかった。

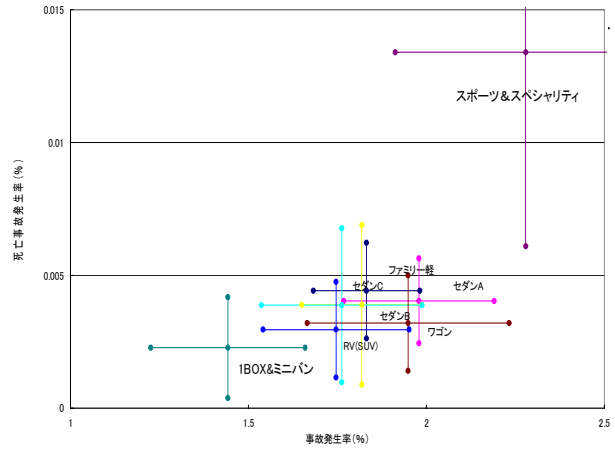


図-1 ドライバーの特性を調整した死亡事故率と事故発生率の関係 (縦横の幅は±1 を表す)

4. 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 (全車種, ドライバーの特性を同条件と考える: 平均値を用いた) 推計値をもとに, 他の変数との関係について考察する。

(1) 死亡事故率と事故発生率との関係

図-1 に示すようにミニバンが事故率・死亡事故率ともに低く, スポーツ&スペシャリティ車がかけはなれて高い。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。

(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いずれの部位も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。軽乗用車が一番得点が低く, 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。

これを今回得られた事故発生率, 死亡事故発生率と比較すると相関は低く, アセスメントの得点が高い車でも死亡事故が多い車があることがわかる(図-2)。

(3) 燃費との関係 (図-3)

車両重量と燃費は高い相関があり, 基本的に重量の軽い車両ほど燃費は高い。今回の推定では同一車種であれば重量の増加につれて (死亡) 事故率が低下すると推定されたが, ダミー変数の係数の大きさ等を踏まえ乗用車全体で考えるとこの傾向は消失する。すなわち,

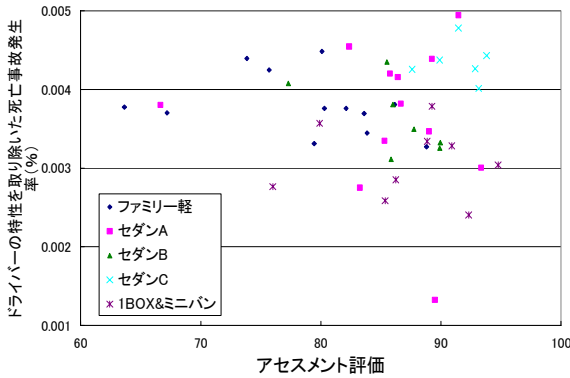


図-2 アセスメント評価とドライバーの特性を取り除いた死亡事故発生率との比較 (相関: 0.09)

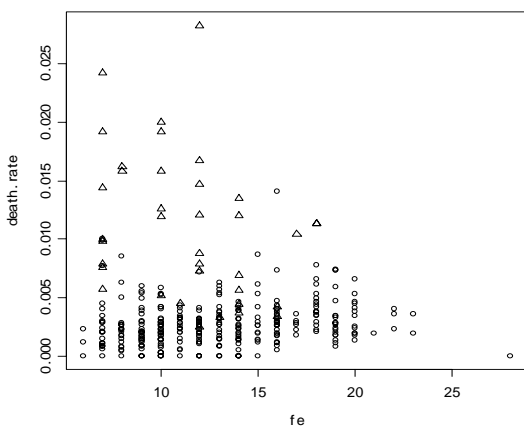


図-3 燃費 (fe) と死亡事故率 (death.rate) の関係 (ガソール・ツ&スパ・シャリティ車 相関: -0.03)

車両の重量と安全性については 1 対 1 に結論付けられるような単純な関係ではない。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といえる。

(4) 車両価格との関係

古川・磯崎(2004)⁸⁾は死亡事故率を変数に含めて価格に回帰させてヘドニック分析を行い、統計的生命価値を求めている。彼らは死亡事故率(およびその 2 乗の項)が価格に統計的に有意な変数となっているとの結果を得ているが、筆者の途中段階での分析では、死亡事故率と価格の間には正の相関、すなわち死亡しやすい車ほど価格が高い、また事故発生率については有意な変数とはならないとの結果が得られている。どちらの結果が正しいのか、あるいはいずれも間違っているのかさらに検討を行う必要がある。

5. 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事故の発生しやすいという観点から車種別の安全性について検討した。ミニバンとスポーツ&スパ・シャリティを除くその他の車種の間には大きな差がなく、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。そしてこれまでアメリカでは燃費をよくすると安全性が低下するという議論があったが、近年の研究成果と同じく、わが国においてもこの議論は正しくない可能性を示した。

いうまでもなく、自動車の安全性は今回取り上げた変数のみならず、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)が大きく影響していると考えられ、今後これらも含めて分析を行う必要がある。また安全規制がどれだけ車両の安全性を高めたのか、それは費用効果的であったのか、税制と規制をどのように組み合わせると事故をより効果的に削減できるか等について検討することも残された課題である。

謝辞 本研究を遂行にするにあたり、高橋浩氏(中央大学2005年度卒)の協力を得た。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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*
- 3) Sanjana Ahmad and David Greene (2005) "Effect of Fuel Economy on Automobile Safety: A Reexamination," *Transportation Research Record*, 1941, 1-7
- 4) Noland, R.B. (2005) "Motor Vehicle Fuel Efficiency and Traffic Fatalities," *Energy Journal*, 25(4), 1-22
- 5) 富永・竹内・桜井・橋爪(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)
- 6) 富永・竹内・桜井・橋爪(2004)「事故実態と自動車アセスメントの相関に関する研究」自動車研究, 26(10)
- 7) 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
- 8) 古川俊一・磯崎肇(2004)「統計的生命価値と規制影響評価」日本評価研究, 4(1), 53-6