

自動車の衝突安全性向上による効果

- 乗用車の衝突安全性能の向上による死者数低減効果の推定 -

竹内 啓* 大野祐司**

近年の乗用車の衝突安全性能の向上を図るために、JNCAPが実施されるようになった。JNCAPでは、車種別の総合的な衝突安全性能を星の数で評価しており、その星の数でまとめた車種群と、交通事故データにロジスティック回帰分析の変数調整（性別、車両損壊程度、他）を行って算出された死亡重傷率との間には、相関性が認められた。その関係を用い、JNCAPや衝突安全の法規導入による死者数削減数を試算した。それより、平成6年の乗用車乗車中死者数から平成15年での死者数の減少したうち、27%は自動車の衝突安全性能の向上によるものと推定された。

The Estimation of Fatality Reduction by Improvement of Crashworthiness of Cars

Kei TAKEUCHI* Yuji ONO**

The Japan New Car Assessment Program (JNCAP) has been introduced to increase the crashworthiness of cars. In JNCAP, the crashworthiness of cars is graded by the number of stars in so-called star rating system. A correlation has been identified between car groups carrying different number of stars and fatal/severe injury rates in real world accidents in Japan. These injury rates represent figures adjusted by logistic regression analysis that controls such confounding factors as driver's sex, the extent of crash deformation etc. Based on that, we calculated the percentage of fatality reduction resulting from the introduction of JNCAP and crash safety legislation. It is estimated that 27% of all fatality reductions from 1994 to 2003 can be attributed to the improvement of crashworthiness.

1. はじめに

近年の乗用車の衝突安全性能の向上を図るために、前面衝突安全基準や側面衝突安全基準が導入され、さらにその性能を引き上げるために自動車アセスメント（以下「JNCAP」。JNCAP: Japan New Car

Assessment Program) が実施されるようになった。JNCAPでは、主に販売台数の多い車について、フルラップ前面衝突、オフセット前面衝突、側面衝突の3形態の衝突試験を実施し、車種別の総合的な衝突安全性能を星の数で評価し公表している (Fig.1)。これらの衝突安全基準の導入やJNCAPの実施の結果、自動車の衝突安全性は年々向上していることが考えられる。本分析は、近年の乗用車の衝突安全性能の向上による、自動車事故による死者数の低減効果を推定する。推定手順を以下に示す。

(1) JNCAP総合評価と死亡重傷率の相関検証

JNCAP総合評価から自動車の安全性を推定できるかを検証する。なお、事故データは運転者のシー

* (財)日本自動車研究所安全研究部事故分析グループ研究員
Researcher, Crash Safety, Japan Automobile Research Institute

** 独立行政法人自動車事故対策機構企画部長
Director, Planning Department, National Agency for Automotive Safety & Victims' Aid
原稿受理 2006年6月26日

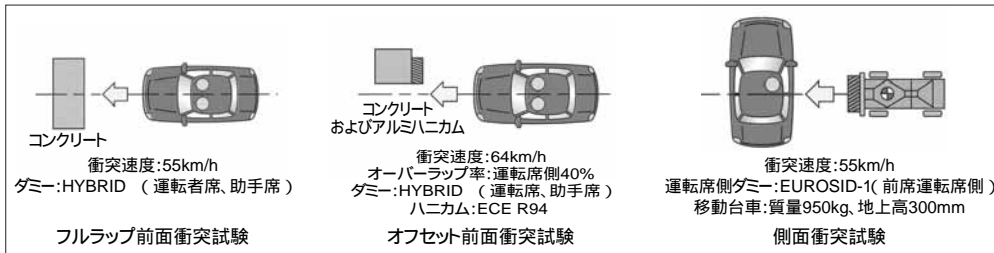


Fig. 1 JNCAP衝突試験の模式図

トベルト着用のみで、追突事故を除く等、JNCAP試験に近くなるようにする。

(2)平均HIC(フルラップ前面衝突試験)と死亡重傷率の相関検証

JNCAPが開始された平成7年からの乗用車の衝突安全性能の向上による死者数削減効果を検証したいので、JNCAP開始後からあったフルラップ前面衝突試験のHICをJNCAP総合評価の代わりに用いることが可能か検証する。JNCAP総合評価は平成12年から開始。

(3)自動車事故による死者数の低減効果推定

交通事故全体の効果を推定したいので、対象とする事故に制限を設けない。

2. 方法

2 - 1 JNCAP総合評価と死亡重傷率の相関

1) 分析対象の事故データ

本分析の事故データは、平成9年から14年の6年間の事故で、平成12年度から平成15年度のJNCAP総合評価において試験された74車種が関与した事故である^{1,2)}。JNCAP総合評価と事故実態の相関性を検討するために、JNCAPの試験形態に近くなるように事故データに限定条件を与えた。JNCAP総合評価は、フルラップ前面衝突、オフセット前面衝突、側面衝突の3形態の衝突試験を実施しており、追突試験は実施していないので、追突事故は除いた車両相互事故とした。またJNCAPではダミーがシートベルトを着用した状態で試験を実施しているため、シートベルト着用した運転者のみを対象とし、さらに飲酒を伴っておらず、年齢は18歳以上とした。自転車と相手車の運転者のどちらかが軽傷以上の事故のみを対象とした。JNCAPでは、運転者だけではなく、助手席同乗者も試験が実施されているが、JNCAP総合評価と死亡重傷率の相関を求める際には、運転者だけを対象とした。

2) 分析モデル

本分析では、JNCAP総合評価の分析モデルを作

成した。JNCAP総合評価では6段階の の数で衝突安全性能を評価をしているため、JNCAPで試験された車種を、JNCAP総合評価別(の数別)にグループ化しまとめた。このグループ化した車種別の総合評価(の数)と死亡重傷率の相関性を検証する。なお、JNCAP総合評価別の車種別は事故要因が異なる可能性があるため(例:二つの車種別は若者運転者が多く死亡重傷事故が多い)その要因を調整するためにロジスティック回帰分析を行った。なお全事故データ数は34,635であった。

3) ロジスティック回帰モデル

衝突安全性を示す指標として用いる死亡重傷率は、以下の式で定義する。

$$\text{死亡重傷率 } P = \frac{\text{死亡または重傷の運転者数}}{\text{全運転者数}} \times 100 \dots \dots (1)$$

ロジスティック回帰モデルは以下の式(2)で定義する。

$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = \theta_0 + \theta_1 X_1 + \dots + \theta_k X_k \dots \dots \dots (2)$$

回帰係数 は最尤法を用いて求め、JNCAP総合評価別の死亡重傷率 P を算出した。変数調整に用いる変数はForward法の自動変数選択を用いた。なお、これらの計算は統計解析ソフトSASを用いた³⁾。Table 1に変数選択の候補となった変数を示す¹⁾。

2 - 2 死者数減少推定モデル

JNCAP総合評価の効果を検討するために、以下の仮定を設ける。

- (1)シートベルト着用の乗員のみならず、シートベルト非着用の乗員にも波及する。

Table 1 変数選択候補

路線コード	事故類型
昼夜	性別
曜日	年齢
天候	車両損壊程度
地形	当事者
道路形状	車両重量

(2)乗用車の運転者のみならず助手席同乗者と後席同乗者にも波及する。対象を助手席同乗者と後席同乗者に広げるために、平均乗車率を用いる。

(1)と(2)の仮定は、2 - 1でのJNCAP総合評価と死亡重傷率の相関分析で設けた事故データの条件と異なるが、事故全体におけるJNCAP総合評価の効果を推定することを目的に設けた。

(3)JNCAPの試験対象となった車種のみならず、全乗用車、全軽乗用車にJNCAPの効果が波及しているとす。JNCAPの試験対象にならなかった車種も、同じ頃の時期に販売されている場合、同程度の衝突安全性を有していると考えられる。ただし、乗用車、軽乗用車以外の車種、例えば貨物自動車、軽貨物車は、JNCAPの試験対象にならなかったため、衝突安全性が高まっているかは不明と考えられるので、対象としない。

(4)JNCAPは後面衝突試験は実施していない。したがって、追突事故(追突車、被追突車の両方)は対象としない。

次に、死者数減少の推定方法について説明する。JNCAP総合評価別の死亡重傷率と、各試験年の総合評価の分布より、その試験年の平均死亡重傷率を求める。JNCAPは試験を実施する年において販売台数の多い車種を選んでいるため、新車登録台数全体の約8割をカバーしている。したがって、ある試験年の平均死亡重傷率がその年の新車で販売された自動車の平均的な衝突安全性であると仮定し、ある試験年の平均死亡重傷率が、その年の新車の平均死亡重傷率とする。

フルラップ前面衝突試験、オフセット衝突試験、側面衝突試験の結果を総合的に評価したJNCAP総合評価は、平成12年から開始されたが、JNCAPは平成7年から開始され、当時の衝突試験はフルラップ前面衝突のみであり、JNCAP総合評価でも同じ試験が用いられている。本分析では、平成7年からの死者数減少効果を推定したいため、フルラップ前面衝突で用いられている頭部傷害値HIC(Head Injury Criteria)を平成7年から平成15年まで用いることにした。HICとは頭部の傷害値を示す代表的な基準で、式(3)にその算出式を示す。HICが1000以上の場合に脳震盪を起こしやすい危険な状態になる。

$$HIC = \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{a(t)}{g} dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1) \dots\dots\dots(3)$$

(t) : 頭部合成加速度

g : 重力加速度

平成12年から平成15年までの間で、平均HICと平均死亡重傷率の相関式を作り、平成7年から平成15年までの平均死亡重傷率を推定した。

年別の平均死亡重傷率に、年別の登録台数を乗じて年別の死者数を以下の式(4)より求める。新車の登録台数は年々減少するので、市場残存率を用いる。また本分析では、最終的に死者数を求めたいので、死亡重傷率に死亡重傷傷害における死亡の割合を乗じている。

$$D_n = \sum_{k=1}^n \left\{ \frac{\text{(新車登録台数)} \times \text{(残存率)}_k}{\text{(一台当たりの追突事故を除いた事故件数)}} \times \text{(年別死亡重傷率)} \times 1 \text{(平均乗車率)} \times 0.0352 \right\} \dots(4)$$

新車登録台数：乗用車と軽自動車の合計
 平均乗車率：平成15年の交通統計より、運転者と同乗者の死者数の比から求めた(参考文献4)の平均乗車率とほぼ同値)
 0.0352：死亡重傷者数に占める死者数の割合²⁾

本モデルで事故年別の死者数が算出される。次に、仮に自動車の衝突安全性が向上しなかった場合の死者数を推定する。平成6年のJNCAP開始前に、代表的な乗用車2車種について、JNCAPフルラップ前面衝突試験と同じ条件で試験が実施されている。その試験での平均HICより、それらの車種の平均的な死亡重傷率を求める。それに式(4)を用いて、死者数を求める。自動車の衝突安全性が向上した場合としなかった場合の死者数の差が、乗用車の衝突安全性の向上による死者数低減効果となる。

3. 結果と考察

Table 2に変数選択された変数を示す。これらの変数が調整され、総合評価別の死亡重傷率が算出される。

Table 2 変数選択結果

	調整変数	
主効果	車両損壊程度 事故類型 年齢 車両重量	路線コード 当事者 昼夜 地形
交互作用	車両損壊程度 × 当事者 事故類型 × 当事者	

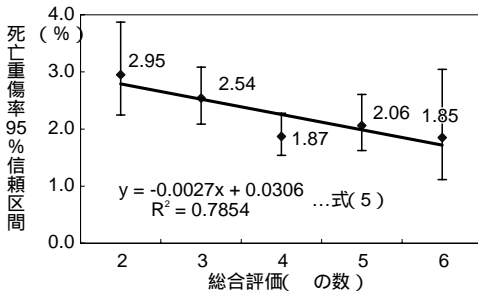


Fig. 2 JNCAP総合評価と死亡重傷率の相関

Table 3 試験年別死亡重傷率

総合評価	試験年			
	平成12	平成13	平成14	平成15
	0	0	0	0
	2	0	0	0
	7	2	0	1
	8	7	6	1
	7	14	9	9
	0	3	7	6
合計(台)	24	26	22	17
平均総合評価 a	3.8	4.7	5.0	5.2
死亡重傷率 (aと式(5)より)	2.30%	2.07%	1.97%	1.94%

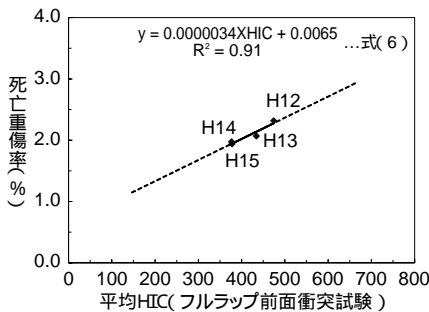


Fig. 3 平均HICと死亡重傷率の相関図

Fig.2に総合評価別の死亡重傷率を示す。本図より、総合評価の の数が多いほど平均死亡重傷率が低い傾向が見られる。総合評価と死亡重傷率の相関式を图中的式(5)に示す。

Fig.2より求められたJNCAP総合評価別の死亡重傷率(式(5))に、平成12年からの総合評価の車種分布より試験年別の平均死亡重傷率を求め、Table 3に示す。

Table 3で得られた試験年別の死亡重傷率と平均HICの相関図をFig.3に示す。両者には相関があると考えられ、平均HICと死亡重傷率の相関式を图中的式(6)に示す。

Table 4 試験年別平均HIC

試験年(平成)	7	8	9	10	11
平均HIC	666.0	690.6	564.9	517.4	598.9
試験年(平成)	12	13	14	15	
平均HIC	474.2	434.9	376.6	377.8	

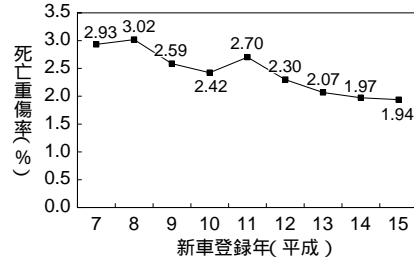


Fig. 4 新車登録年別死亡重傷率

Table 5 車両保有台数、事故件数⁷⁾

年(平成)	7	8	9
車両保有台数	84,973,442	86,548,705	87,543,090
事故件数(追突除く)	560,415	559,831	562,237
1台当たりの事故件数	0.0066	0.0065	0.0064
年(平成)	10	11	12
車両保有台数	87,991,336	88,602,301	89,245,093
事故件数(追突除く)	569,509	598,314	655,023
1台当たりの事故件数	0.0065	0.0068	0.0073
年(平成)	13	14	15
車両保有台数	89,718,613	90,106,830	90,134,685
事故件数(追突除く)	652,501	653,801	653,325
1台当たりの事故件数	0.0073	0.0073	0.0072

Table 6 新車登録台数⁸⁾

年(平成)	乗用車		軽自動車	合計
	普通	小型	乗用車	
7	889,260	2,654,291	900,355	6,670,467
8	897,985	2,813,362	957,381	6,892,219
9	873,220	2,701,686	917,097	6,558,392
10	756,117	2,389,671	947,360	5,771,466
11	723,999	2,193,920	1,236,165	5,761,647
12	770,220	2,208,387	1,281,265	5,861,845
13	741,489	2,274,996	1,273,198	5,807,501
14	674,094	2,460,103	1,307,157	5,699,699
15	768,847	2,399,348	1,291,819	5,695,065

平成7年から平成15年までの試験年別の平均HIC (Table 4)より、式(6)から死亡重傷率を求め、Fig.4に示す。

Fig.4の年別死亡重傷率とTable 5の1台当たりの

Table 7 市場残存率⁶⁾

経過年数	残存率 (%)	経過年数	残存率 (%)	経過年数	残存率 (%)
0	100	6	89.2	11	51.5
1	99.7	7	87.2	12	32.1
2	99.3	8	80.8	13	23.6
3	98.2	9	75.5	14	13.4
4	95.7	10	61.2	15	9.5
5	94.3				

Table 8 事故年別推定低減死者数

年(平成)	人数	年(平成)	人数
7	37	12	261
8	73	13	307
9	114	14	354
10	155	15	396
11	193	合計	1,890

事故件数、Table 6の新車登録台数、Table 7の市場残存率より式(4)を用いて、推定死者数(自動車の衝突安全性が向上した場合)を算出する。

自動車の衝突安全性が向上しなかった場合、平均死亡重傷率は4.79%(前述したJNCAPの実施前の代表的な乗用車による試験の平均HICから式(6)より算出)となるので、それを用いて式(4)とTable 3~5より推定死者数を算出する。自動車の衝突安全性が向上した場合と向上しなかった場合の死者数の差を求め、Table 8に示す。

Fig.5に乗用車乗車中死者数⁷⁾に占める衝突安全性向上の効果を示す。平成6年をベースラインとして(平成6年からの死者数が一定であったとして)、平成15年の死者数減少のうち、衝突安全性向上効果が占める割合を求める。図中に衝突安全性向上がなかった場合の推定される死者数(図中の「衝突安全性向上がなかった場合」)を示す。平成15年では、JNCAP評価向上による死者数減少が実際の乗用車乗車中死者数減少の27%を占めている(平成15年の乗用車乗車中死者数は平成6年よりも1,454人減少した。Table 8より、衝突安全性向上による平成15年の死者数低減は396人。1,454人のうち

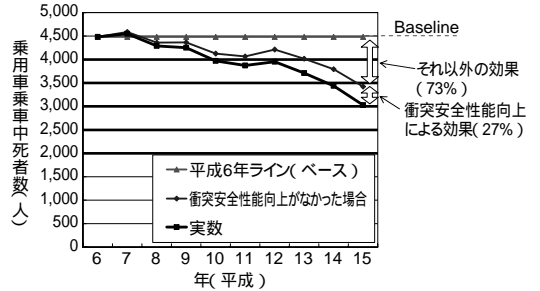


Fig. 5 乗用車乗車中死者数に占める衝突安全性向上効果

396人は衝突安全性向上による効果と考えられ、27%を占める)同様の方法で、交通事故全体での死者数低減に占める割合は13%であった。

4.まとめ

平成15年には自動車の衝突安全性向上より396人の死者数低減効果があったと試算された。これは乗用車乗車中死者数減少の27%、全体の交通事故死者数減少の13%にあたる。

参考文献

- 1) 竹内啓他「事故実態と自動車アセスメントとの関連に関する研究」『自動車研究』26 10、2004年
- 2) (独)自動車事故対策機構「自動車アセスメントにおける安全性能評価結果と事故データの相関分析及び自動車アセスメントの被害軽減効果についての試算」<http://www.nasva.go.jp/gaiyou/houdou02/050331.html>
- 3) SAS Institute, SAS/STAT User's guide, 1999
- 4) 旧建設省『第2回全国都市パーソントリップ調査報告書』
- 5) (社)日本自動車販売協会連合会「新車登録台数」<http://www.jada.or.jp>
- 6) (財)自動車検査登録協会の『平成12年度わが国の自動車保有動向』
- 7) (財)交通事故総合分析センター『交通統計』