

# 衝突安全性能試験に関する統計的分析

2012SE056 井村貴紀

指導教員：松田真一

## 1 はじめに

毎年、特に愛知県では自動車による交通事故で命を落とす人が非常に多い。しかし、各自動車の安全性能によって同じ事故でも、命が助かった自動車と助からなかった自動車があるのではないかと思った。もし数多くある自動車の中でも、事故時に破損の大きい、運転手に及ぼす影響の大きい自動車もしくはそれらが少ない自動車の特徴を調べることができれば、自動車を選ぶ際に事故時のリスクを抑えることができるのではないかと考え、このテーマを選んだ。

## 2 使用するデータ

今回使用するデータは web[2] から 2009 年から 2013 年までの自動車の衝突安全性能試験結果である。2009 年以前のデータは助手席に乗せる人形の重さが違うため、使用しないことにした。また、排気量や車の大きさを考え軽自動車は全て排除し、普通乗用車 53 台をデータとして使用した。目的変数として、フルラップ前面衝突試験運転席得点、オフセット前面衝突試験運転席得点、側面衝突試験運転席得点など 8 個を用意した。また説明変数として、衝突安全性能に関係がありそうな変数を用意した。

## 3 分析方法

分析方法には、重回帰分析と因子分析を用いた。重回帰分析では、多重共線性や回帰診断図に注意しながら変数選択を行った。(河口 [3], 中村 [4], 涌井 [5])

## 4 重回帰分析

紙面の都合上、フルラップ前面衝突試験運転席得点と側面衝突試験運転席得点の分析結果と考察を載せる。

### 4.1 フルラップ前面衝突試験運転席得点

決定係数は 0.839, 自由度調整済決定係数は 0.743 になった。表 1 より、フルラップ重量が正の方向に動いた。これはより頑丈なパーツや造りがされているためだと考える。

車両形状を見ると、5 ドアハッチバックの自動車より 3 ドアハッチバックの自動車の方が安全性能が低く、ステーションワゴンの自動車の方が安全性能が良いと分かる。3 ドアハッチバックは乗用車の中でも小型であるため、フロント部分が狭く、衝突時に壁と乗員の距離も近い。また装甲もさほど頑丈ではないと推測できる。

メーカーを見るとトヨタと比べ、BMW, フィアット, フォルクスワーゲンといった外国産の自動車がこの実験において安全性能が悪いことが分かる。しかし、今回の試験では外国車の車両形状に安全性能が低くなる 3 ドアハッチバックの自動車が多くあることから、それが大きく影響し、このような結果と考えられる。また、ベンツやボルボ

といったメーカーのデータもないため、一概に外国車がトヨタより安全性能が低いとは言えない。

表 1 フルラップ前面衝突試験運転席得点の分散分析結果

変数	自由度	平方和	p 値
メーカー	10	51.107	$0.163 \times 10^{-7}$
排気量	1	4.137	0.003
駆動方式	2	3.625	0.020
車両形状	5	9.825	0.002
フルラップ重量	1	1.630	0.056

## 4.2 側面衝突試験運転席得点

回帰診断を行うと外れ値が確認できたため、それを除外した。決定係数は 0.582, 自由度調整済決定係数は 0.408 になった。全高とサイドエアバックが正の方向に動いた。全高が正の方向に動いたのは座席の高さであると考えた。座席が高い位置にあるほど、衝突装置がダミーに直接衝突せず、損傷が少ないと推測できる。サイドエアバックについては、サイドエアバックがあるほうが安全性能が良いのは当然であると考えられる。

駆動形式を見ると、FF が安全性能が高いことがわかった。FF のほうが車内を広く作ることができることから、衝突時に車内でダミーが潰されにくいと推測した。

## 5 因子分析

フルラップ運転席について頭部、せん断荷重、頸部引張荷重、頸部伸展モーメント、胸部合成加速度、胸部変位、下肢部大腿骨荷重右、下肢部大腿骨荷重左、右下肢上部、右下肢下部、左下肢上部、左下肢下部の変数のうち独自性の値が大きかった左下肢上部と胸部合成加速度を順に除外した。

今回の分析のデータでは正の方向に動くほど、安全性能は悪くなるという点から各因子は自動車の安全装置の悪さや欠点などを表していると考えられる。因子分析の結果、乗員(ダミー)に対する自動車の安全性能についての因子は、「エアバックの性能の悪さ」、「腰ベルトの悪影響」、「胸部のシートベルトによる損傷」、「車体の頑丈さ」、「ダミーの固定の悪さ」の 5 つであると考察した。紙面の都合上、ここでは第 1 因子、第 3 因子、第 4 因子のみ載せる。

### 5.1 第 1 因子

第 1 因子は「エアバックの性能の悪さ」と言える。因子負荷量が頭部と右下肢上部、左下肢下部が 0.5 を超えている。例えば、エアバックの展開が小さかったり、展開の速度が遅かった場合に、頭部をハンドルにぶついたり下肢部

をダッシュボードあたりにぶついたりすることが考えられる。また、エアバックに頭部を強打してしまい、エアバックでダメージを負ってしまう場合も考えられる。下肢部の中でも特に右下肢上部と左下肢下部に反応が出た原因としては3点シートベルトであると考えられる。

第1因子得点を見ると、小型乗用車が特に反応している。小型であるため大型の自動車より装甲が薄く、衝突の衝撃を吸収しきれず、勢いよく展開したエアバックに頭部を強打したと考えられる。

### 5.2 第3因子

第3因子は「胸部のシートベルトによる損傷」と言える。因子負荷量が頸部引張荷重、胸部変位が0.5を超えている。web[1]より、3点式シートベルトによる損傷では肩から前胸部の表皮剥脱や肋骨骨折などがあり、時に心臓や肺に損傷を生ずる。シートベルトのプリテンショナーやフォースリミッターという機能があるが、その機能が上手く作用できていない、もしくはその機能にも限界があると言える。さらに、上下運動が胸部変位に大きく影響しており、やや前傾姿勢の上体が上下運動によって胸部とシートベルトが擦れ、より胸部にダメージを与えたと考えられる。

図1より、第3因子得点を見ると小型自動車が反応しているがクラウン（大型）がある。構造やパーツの頑丈さはかなり良いと考えられるが、唯一クラウンは胸部の外傷について弱点があると言えるのかもしれない。

### 5.3 第4因子

第4因子は「車体の頑丈さ」と言える。因子負荷量が頸部せん断荷重が0.5を超えている。これには自動車の車体の頑丈さや、衝撃の吸収具合などが考えられる。衝撃を上手く吸収できない自動車は頸部が大きく揺さぶられると考えられ、頸部せん断荷重の値も大きくなると推論できる。

図1より、第4因子得点を見ると小型乗用車が反応しており、車体の頑丈さはないと考えられる。しかしその中にX1（比較的大型）がある。さらに因子得点は最も強く反応しており、X1は装甲や頑丈さ、構造に何かしらの問題があり、頸部せん断荷重に大きく影響することがわかる。

## 6 まとめ

安全性能が良い自動車の特徴は大型乗用車である。駆動方式がFFであると車内を広くでき、衝突時に乗員が潰されにくい。サイドエアバックやサイドカーテンエアバックなどの安全装置は装備しておくほうが良い。しかし、エアバックやシートベルトの安全装置が働いても、衝撃を吸収しきれない、または車内が狭いがために、エアバックやシートベルトの保護性能の限界が生じてしまったり、安全装置によって外傷を負ってしまったたりする場合がある。

因子分析によると、「胸部のシートベルトによる損傷」の因子についてクラウンが、「車体の頑丈さ」の因子についてX1の安全性能が悪いという反応が出た。これは、衝突実験が1回であるため偶然悪い数値が出てしまった場合と、

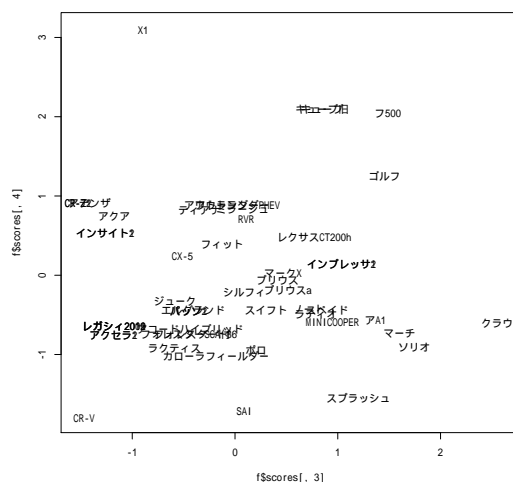


図1 第3因子得点と第4因子得点のplot図

クラウンは何かしらの理由で胸部のダメージが大きくなり、X1は装甲の頑丈さや構造に問題があったりする場合が考えられる。また、このクラウンは2013年度の安全性能ランキングで1位を獲得していることや、重回帰分析での安全性能が良い自動車の特徴に当てはまっていることから、構造やパーツの頑丈さはかなり良いと考えられるが、唯一の欠点として胸部の外傷を挙げることができる。

## 7 おわりに

本研究によって、安全性能が高い自動車は小型より大型のほうが良く、また安全装備がしっかり備え付けられているほうが良いと分かった。ただ安全装備が人体に悪影響を与える場合があることを知り驚いた。

今回の分析では2009年から2013年までのデータを用いて分析を行ったため、現在自動車業界で注目され、日々発展している自動ブレーキに関するデータを変数として入れることができなかった。また、他の統計的方法を用いてメーカーで安全性能の違いがあるのかなど、さらに深く研究をしていきたい。

## 参考文献

- [1] Aoki: 『交通事故損傷』, <http://www.med.nagoya-cu.ac.jp/legal.dir/lectures/newest/node8.html>, 2016年1月.
- [2] NASVA 自動車事故対策機構: <http://www.nasva.go.jp/mamoru/index.html>, 2015年5月
- [3] 河口 至商: 『多変量解析入門I』, 森北出版, 1973.
- [4] 中村 永友: 『Rで学ぶデータサイエンス2 多次元データ解析法』, 共立出版, 2009
- [5] 涌井 良幸: 『ゼロからのサイエンス 多変解析法がわかった!』, 日本実業出版, 2009