

画像処理による交通事故解析

小川 進* 黒崎 徹*

1. はじめに

交通事故は年々増加傾向にあり、それに伴い事故に絡んだ民事訴訟も増加している¹⁾。しかしながら、事故の鑑定はきわめて経験的であり、定量的評価にしばしば耐えない²⁾。そこで、限られた証拠の中より、写真の画像処理技術を駆使して、精度の高い事故推定を行うことを試みた。対象は実際に起きた自動車事故とその民事訴訟の事例を取り上げ、衝突により変形した断面の写真計測から衝突時の速度を推定した。速度の推定には2つの異なる経験式を用いた。

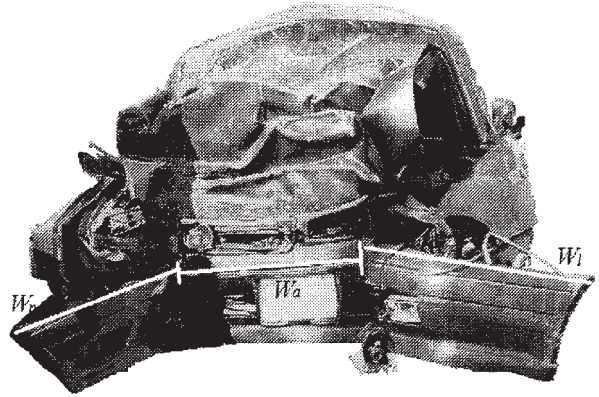


写真1 事故車正面

2. 事故の概要

午前11時11分頃、国道2号線(片側一車線、50km/h制限)において普通乗用車が高架橋基礎ブロック部に衝突、運転手が死亡した。この事故に関して乗用車運転手の遺族(原告)と保険会社(被告)との間で保険金をめぐり、係争された。その際、被告保険会社側から事故の鑑定書が提出された。同鑑定書では82km/hでの事故死(自殺)と推定された。しかし、事故車の速度計は60km/hを指示していた。すなわち、事故車の衝突速度について、原告と被告とで意見が対立した。主な証拠としては、事故車の諸元、衝突現場と事故車の写真、被告鑑定書、現地測量結果である。本論では、残された証拠より画像処理で衝突速度の推定を試みた。

2. 方法

被告鑑定人が行った佐藤式(佐藤武ほか³⁾が提案した方法)について、この方法で現場写真の画像処理から計算した。また、別の計算方式である石川式(石川博敏ほか⁴⁾が提案した方法)でも同様の計算を行った。

(1) 佐藤式による衝突速度推定

この方式は、以下に示す車両の永久変形量 $X_f(m)$ と

有効衝突速度 $X_e(km/h)$ の関係式から衝突速度を求めるものである。

$$X_f = 0.0095 V_e \quad (1)$$

この方法では、衝突車両の変形量を長さの単位で求めなければならない。また、実験式の誤差として、速度の約20%が見込まれる。被告鑑定人は同方法により、衝突速度を82km/hと算定した。最深部の深さを1.09mと事故車の写真1外(被告鑑定書中の写真)より推定したものと考えられる。本論ではこの部分を画像処理により正確に求めた。

(2) 石川式による衝突速度推定

この方式は、事故車の平面図よりメッシュごとの変形量を求め、単位エネルギーとの積から次式より衝突速度を推定する方法である。

$$EBS = \sqrt{\frac{2gE}{M}} \quad (2)$$

ここで、EBS: 固定壁換算速度 (m/s)、g: 重力加速度 (9.8m/s²)、E: エネルギー吸収量 (kg/m)、M: 車両重量 (kg) である。この場合、メッシュが横8個、縦10個(1m分)であり、誤差は主としてメッシュの大きさから生じる約11%が見込まれる。

*立正大学地球環境科学部

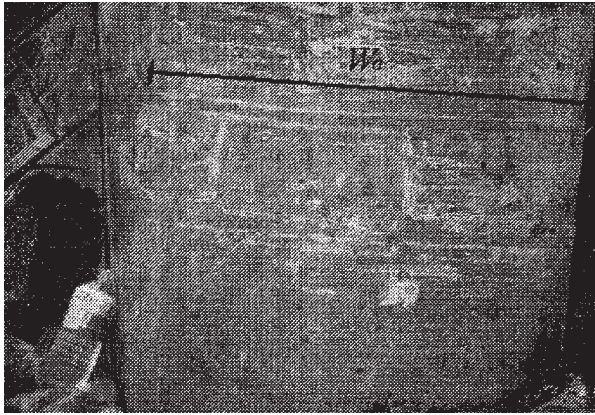


写真2 高架橋コンクリート橋脚部
(事故車前部衝突位置算定に使用)

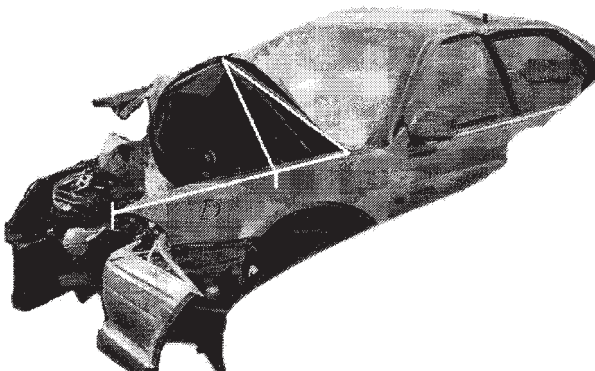


写真3 事故車左側面
(ボンネット開口角度算定に使用)

(3) 画像処理による事故車の变形推定

被告鑑定人は、証人調書によれば、紙等の模型で事故車両の变形を推定したようだが、本論では被告人提出の現場写真より变形量を求めた。既に事故車は処分され、残された数点の写真が唯一の証拠である。問題となるのは、鑑定書中の佐藤式に用いた「最深部の深さ1.09m」である。この数値を中央部のへこみの計算に用いた。さらに根拠もなく、左右のへこみをこの数値の2分の1とした。被告鑑定人は現場を見ていないようだが、なぜか事故車の变形断面は与えられている(同鑑定書中2図)。本論では、現地の観察をもとに事故車の变形断面を与えた。その手順は以下のとおりである。

- 1) 高架橋基礎ブロック部の断面図を現地の測量により求めた。
- 2) 高架橋基礎ブロック部の衝突直後の写真2(被告鑑定書中写真6)より事故車前部の衝突部位を画像処理により求めた。
- 3) 事故車の左の側面写真3(被告鑑定書中写真3)より、ボンネット開口角度を画像処理により算定した。右も同様に算出した。開口角度の算定には方位角の修

計算メッシュ

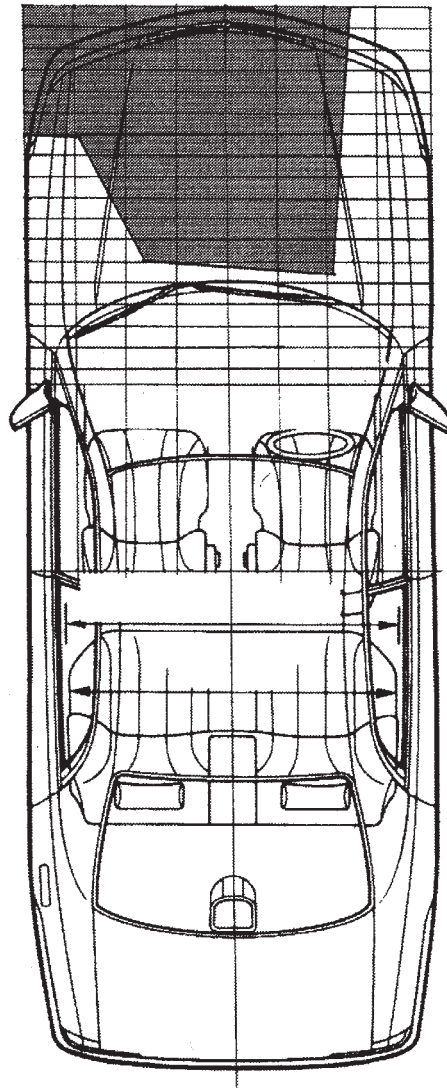


図1 事故車の平面図と衝突变形量
(佐藤式に使用、メッシュは計算範囲、灰色は变形部を示す)

- 正を行った。こうして求めたボンネット開口状態と(2)より、事故車の变形断面を求めた。
- 4) 变形断面より断面積を求め、また石川式に用いるメッシュの面積も同様に求めた。

3. 結果

(1) 佐藤式による衝突速度

この方法では、正面衝突での变形長さで算定されるので、本件の事故車のように各部の变形量に差がある場合、变形長さを平均化しなければならない。变形断面積を車両幅で割って、变形量とした。

図1に示すように、变形断面積は 1.01m^2 であり、車両幅 1.785m より永久变形量は 0.57m となる。(1)式に代

正面側

| | | | | | | | |
|-------|-------|------|------|------|------|-------|---|
| 0 | 0 | 0.34 | 0.84 | 0.84 | 0.34 | 0 | 0 |
| 0.065 | 0.64 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.27 | 0 |
| 0.42 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.25 | 0 |
| 0.66 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.22 | 0 |
| 0.63 | 0.98 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.19 | 0 |
| 0 | 0.81 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.16 | 0 |
| 0 | 0.63 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.13 | 0 |
| 0 | 0.44 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.10 | 0 |
| 0 | 0.25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.075 | 0 |
| 0 | 0.064 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.047 | 0 |
| | 0 | 0.14 | 0.28 | 0.42 | 0.56 | 0.015 | 0 |

運転手側

図2 事故車の変形量のメッシュ面積率 (石川式に使用)

入して、

$$V_e = 60\text{km/h}$$

が求まる。推定誤差は $\pm 12\text{km/h}$ である。被告鑑定人は最深部の深さを1.09mと過大評価したことにより、82 km/hとなった。もし、このような変形であれば、ボンネットはほぼ直角に開口しなければならず、被告鑑定人提出の写真(写真1, 2, 3)ではそのような写真はなく、開口角度は画像処理では約50度と推定された。

(2) 石川式による衝突速度

この方式は、変形断面積を横方向に8等分し、縦方向に10cm刻みで、単位面積(メッシュ)の変形量に展開し、エネルギーの重みをかけたものを吸収エネルギーとして、速度に換算する。図2に示す変形メッシュの面積率と図3の換算エネルギーから吸収エネルギー値を求め、車体重量1650kgを(2)式に代入し、

$$V_e = 69\text{km/h}$$

が求まる。推定誤差は $\pm 8\text{km/h}$ である。

佐藤式、石川式いずれも誤差を含み、この結果は妥当なものと判断される。

4. 結論

被告鑑定人提出の3枚の写真及び現地測量から、事故車の変形断面を求め、佐藤式、石川式の2通りの衝突速度を求めた。その結果、事故車は時速60kmから69kmの付近で衝突したと結論される。したがって、被告鑑定人の結論は否定すべきであると判断する。

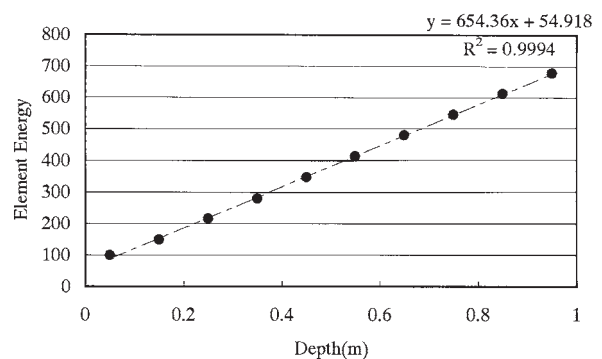


写真3 メッシュ吸収エネルギーと変形深さ (石川式に使用)

5. 補足

被告鑑定人の推定衝突速度の82km/hは、既に本文中に述べたように、最深部の深さを1.09mとしたことにすべての原因がある。同鑑定人尋問調書で、紙の模型を用いて、ボンネットの変形量から推定したとの答弁がある。これはボンネットの中心長さが約1.1mであることから、ボンネット全体が完全に変形していることを意味している。しかし、側面写真からもわかるように、ボンネットは約50度の開口角度を示していることから、この数値は過大評価であると考えられる。さらに、佐藤式を適用するにあたり、事故車の左右の変形量を半分の0.55mとしているが、左は約30cmであるが、右は橋脚との衝突を免れているため、変形量は小さい。したがって、左右の変形量も過大評価であると考えられる。本文にあるように平均変形量は、被告の主張する0.7794mではなく、むしろ0.57mである。

また被告鑑定人は推定誤差について、数%程度である

との認識であるが、佐藤式は実験式であり、30例を越えない事故車の変形量と衝突速度の関係から求められた。一般に30例を越えない場合、統計量としては不十分であり、誤差も大きく、グラフからは誤差は約20%と推定される。

国道は片側一車線であり、事故当時の11時という時刻は交通量も多く、時速50kmの制限速度から考えて、全車両時速60km程度で走行していたと推定される。車間距離から考えても時速82kmまで加速することは物理的に不可能と考えられる。速度計が時速60kmを指していたことから、被告鑑定人が推定した時速82kmは否定されるべきである。

さらに、被告鑑定人は引きじわについて高速で衝突したことの根拠としている。しかしながら、自動車の鋼板は一般に薄く作られ、本件のように78cm幅のコンクリート壁にあたれば、当然引きじわは生成するが、それが時速82kmであった根拠とはならない。また、同鑑定書中のコンクリート壁についた衝突痕より、水平方向に衝突したとしているが、衝突痕はまた、事故車がきわめて低い姿勢で衝突したことを示している。これは事故車がブレーキを直前にかけた可能性がある。また、事故車の右

側面写真では車輪が右に向いている。これは事故車が直前に右にハンドル操作したことをもうかがわせる。したがって、むしろ、事故を回避した可能性を否定できないと言わざるを得ない。

本論は、実際の交通事故の民事訴訟例から、画像処理による事故車両の衝突速度を推定し、原告側意見を支持する結果となり、被告側鑑定書は全面的に否定されるべきであるとの結論に至った。この事例はほんの1例に過ぎないが、保険会社が保険金の支払いを拒否すべく、鑑定人を使い、交通事故遺族の泣き寝入りを狙ったとすれば、犯罪行為とも言うべきである。こうした事例が再び起きないためにも、鑑定の科学的な進化が要求されるであろう。画像処理はその有力な手法を提示している。

参考文献

- 1) 国岡福一, 自動車事故と保険賠償, 山海堂, 261p., 1999.
- 2) 交通事故の実証的再現法, 技術書院, 419p., 1992.
- 3) 佐藤武ほか, 自動車の衝突の力学, 自動車技術, 21, p.906 - 909, 1967.
- 4) 石川博敏ほか, 車体変形によるエネルギー吸収と固定壁換算速度, 自動車技術会前刷集, 792A67, p.493 - 502, 1979.

要 旨

画像処理を用いて自動車の衝突事故解析を行った。国道2号線において普通乗用車が高架橋基礎に衝突、運転手が死亡した。この事故に関して保険会社側から事故の鑑定書が提出され、82km/hでの事故死(自殺)と推定された。しかし、事故車の速度計は60km/hを指示していた。そこで、被告鑑定人提出の3枚の写真及び現地測量から事故車の変形断面を求め、車両変形量と衝突速度の関係式である佐藤式及び石川式から2通りの衝突速度を求めた。その結果、事故車は時速60kmから69kmの範囲で衝突したと結論された。したがって、被告鑑定人の結論は否定すべきであると判断する。

Vehicle collision analysis by image processing

Susumu Ogawa and Tohru Kurosaki

Abstract : Vehicle collision analysis was carried out by image processing. On the National Highway Route 2, a sedan car collided at the viaduct base blocks and its driver died. With this accident, a written statement of an expert opinion was presented to the court by an insurance company, which estimated that 82 km/h of this car as a collision speed caused driver's death as suicide. However, the speedometer of the accident car indicated 60 km/h. Then, the authors obtained deformation cross section of the accident car from three photos that a defendant judge presented to the court and the survey results of site reconnaissance, and finally had the collision speed with two types of empirical relationships between vehicle deformation and its collision speed, Sato's and Ishikawa's. As a result, the accident car was concluded to collide at the speed between 60 to 69 km/h. Therefore, the conclusion of the defendant judge should be denied.

Keywords: vehicle collision, image processing, collision speed, civil trial