

画像解析による自動車事故の再現

山 川 峻* 小 川 進*

キーワード：画像処理、t 検定、交通量調査、有効衝突速度

1. はじめに

愛知県春日井市の交差点で、トラックと乗用車の衝突事故が起きた。この事故によって乗用車の運転手は死亡、助手席側にいた人は重傷を負った。当初、この事故は右折するトラックが直進車の確認を怠ったために起きたものと思われたが、トラック側から乗用車側に対してスピード超過で生じたものと訴えられた。その根拠として、乗用車のスピードメーターが130km/hで止まっていたというものである。この事故の場合、乗用車運転手が死亡し、助手席にいた人は事故前および事故時の記憶がないため、トラック側の一方的な主張になってしまった。そこで、警察による実況見分調書と3枚の乗用車の破損写真より、画像解析を用いて交通事故の再現を行った。ここで重要な点は乗用車の衝突前の走行速度である。速度を推定するために、ここでは乗用車の破損写真から変形量を求め、佐藤式による衝突時の速度推定を行った。この方法は有効衝突速度と永久変形量から直接求めるものである。それをもとに、スリップ痕から衝突前の走行速度推定を行った。

さらに、事故の妥当性を得るために交通量調査を行い、さらに右折車の所要時間も調査した。交通量調査では、ビデオカメラを設置し、事故時の条件に近い11:30~12:30までの1時間、走行中の自動車を撮影し、交通量(台数)、平均速度、平均車間距離を測定した。この結果を用いて、推定した衝突速度を統計的検定にかけた。

本論では、上記のような方法を用いて実際の事故を再現した。

2. 事故当時の状況

2003年4月21日正午頃、交差点よりトラックが青信号に伴い右折進行するに当たり、直進してきた乗用車(ト

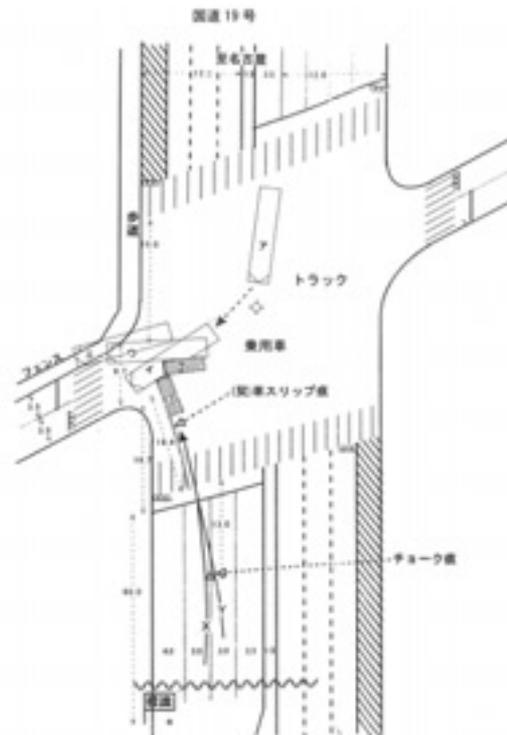


図1 事故現場検証

ヨタ、MARK II)と衝突した。事故当時の天候は晴れ、現場は春日井市の商店が隣接する国道19号と国道155号の交わる交差点であった。交差点内はアスファルト舗装、横断歩道南側はコンクリート舗装され、南北方向に下り勾配をもち、乾燥していた。法定速度は60km/hに規制されている。両車は衝突後、トラックは現場交差点南東角の店舗駐車場フェンスに衝突停止し、乗用車は衝突後、国道19号上に車両前部を中心に車両後部が進行方向右側に90°~100°スピンして停止した。状況見分調書によれば、乗用車のスピードメーターは130km/hを示していた。

事故の後、トラック側より訴訟が起こされ、乗用車の衝突速度が争点となった。トラック側は乗用車の速度が

* 立正大学地球環境科学部

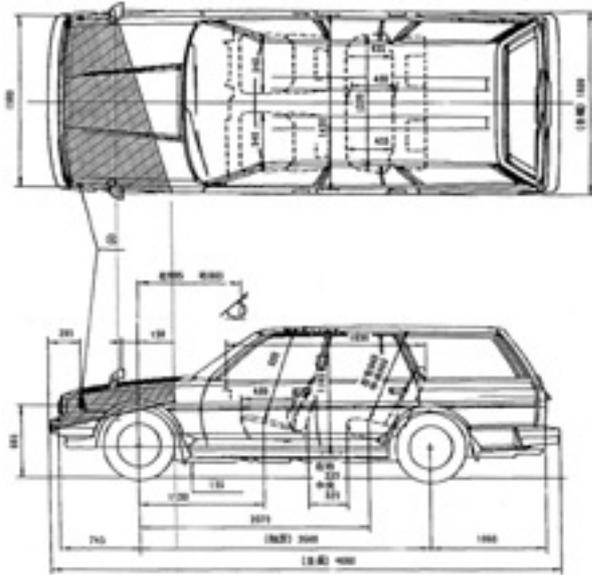


図2 事故車両の損傷箇所

130km/h であると主張した。そこで、画像処理による速度推定を行い衝突事故の再現を試みた。

3. 方法

実況見分調書や乗用車の破損写真をもとに、乗用車の破損写真から変形量を図2のように求め、佐藤式^{1, 2)}による走行速度の推定を行った。それとともに、スリップ痕から衝突前の走行速度の推定³⁾も行った。

次に、衝突速度の推定の妥当性を統計検定により検証するために交通量調査を行い、走行台数、平均速度、平均車間距離を求めた。さらに右折車の車種別の右折所用時間及び速度も調査した。

3. 1 佐藤式による衝突速度推定

この方法は車両の永久変形量 X_f (m) と有効衝突速度 V_e (km/h) の実験式から衝突速度を求めるものである。

$$X_f = 0.0076 V_e \quad (1)$$

この場合、永久変形量とは車体の変形した部分の変形量を示しており、有効衝突速度とは自動車固定壁に衝突した場合の速度であり、両者の関係は上式のように関係付けられている。この式を用いるために、車の破損状況より、車体カタログから寸法を求め、変形した部分を直線状の変形として図2を作成し、永久変形量を求めた。

この方法では、衝突車両の永久変形量を平均の長さで求めなくてはならない。実際の衝突した状況は図3のよ



写真1 事故車の損傷状態 (正面)



写真2 事故車の損傷状態 (運転手側)



写真3 事故車の損傷状態 (助手席側)

うに示される。同乗用車は、ボンネット上部を削られるように変形しており、その下部はほとんど変形していない。衝突相手のトラックの下部にもぐりこんだためである。すなわち、トラックフレームが乗用車の変形を規定している。したがって、乗用車の変形量は、トラックフレームの形態を重ね、直線で切ることで求めることにした。



写真4 国道19号線の道路状況

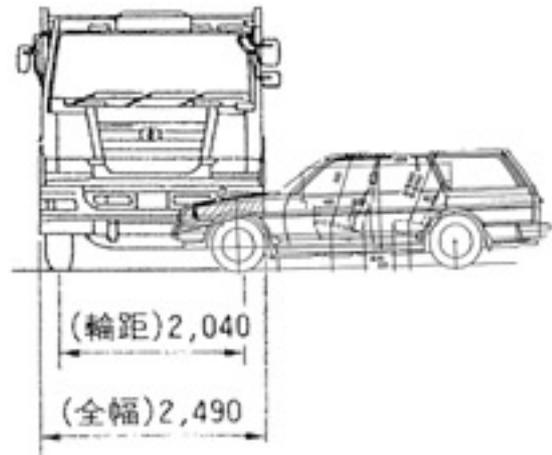


図3 衝突時の状況 (トラック正面)



写真5 トラック右折時の道路状況

3. 2 スリップ痕からの衝突前の速度推定

ここで、危険を認知しブレーキを掛けた場合、走行車両の運動エネルギーが路面にスリップ痕として残る。それより、衝突前の速度推定ができる。すなわち、次式のスリップ痕 S (m) より初期走行速度を求める。

$$S = \frac{V^2 - V_e^2}{2\mu g} \quad (2)$$

ここで、摩擦係数 ($\mu = 0.5$)、重力加速度 ($g = 9.8\text{m/s}^2$) および初期速度 V (m/s) である。

3. 3 事故現場道路の交通量調査にもとづく検証

2004年4月26日(月)と12月20日(月)の12:00前後の交通事故発生時と同じ曜日、同じ時間帯に乗用車が走行していた現場道路でビデオ撮影した映像からの交通量(台数)、平均速度、平均車間距離を測定した。国道19号交差点より30m北側にビデオカメラを設置し、11:30~12:30までの1時間、走行中の自動車を撮影した。これより、交通量は通過車両の数、走行速度はビデオのコ

マ送りにより各車両の速度を求めた。車間距離は、前後2台の平均速度とコマ送りで求めた時間から算定した。

車両の右折にかかる時間および速度も同様に計り、全長12mのトラックが右折するのに必要な時間と速度を求めた。

4. 結果

4. 1 衝突速度の推定

実況見分調書の写真より図2を求め、画像から算定された永久変形量は365mmとなった。これより、

$$V_e = 0.365 \div 0.0076 \div 48.0\text{km/h}$$

よって、衝突速度は約48km/hと推定された。

4. 2 スリップ痕からの衝突前の走行速度

二つのスリップ痕35.0mと20.7mの平均27.9mと佐藤式の推定結果48km/hより、

$$v = \sqrt{2S\mu g + V_e^2} \div 21.9\text{m/s} \div 79\text{km/h}$$

よって、衝突前の走行速度は79km/hと推定された。

4. 3 交通量調査と検定

交通量調査の結果、第2車線では、4月26日の測定では、371台/時で、交差点より30m地点の車両の速度は平均 $38 \pm 15\text{km/h}$ 、最大76km/h、最小11km/h、平均車間距離 $33 \pm 3\text{m}$ となった。12月20日の測定では、360台/時で、交差点より30m地点の車両の速度は、平均 $38 \pm 16\text{km/h}$ 、最大100km/h、最小10km/h、平均車間距離は $67 \pm 7\text{m}$ となった。

交通量調査における平均速度の誤差が大きいのは図5

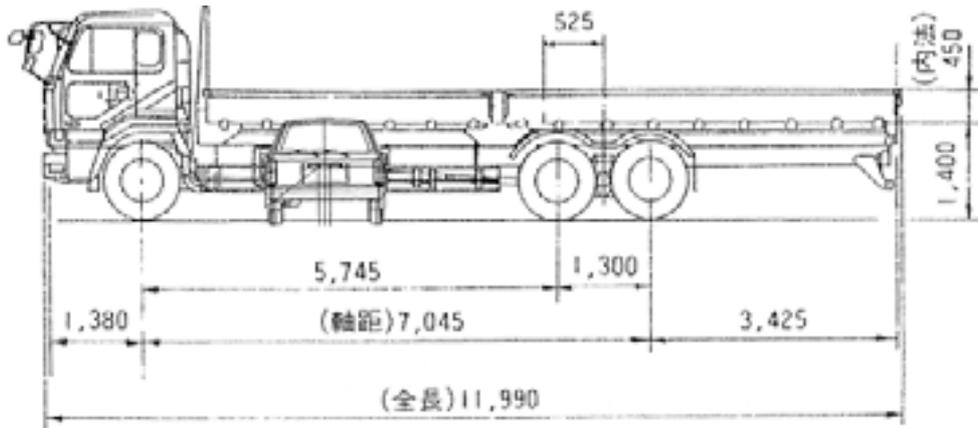


図4 衝突時の状況 (トラック側面)

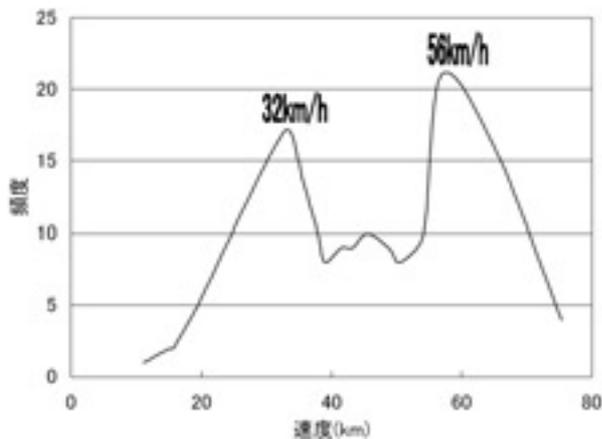


図5 4月26日の交通量調査による走行速度分布

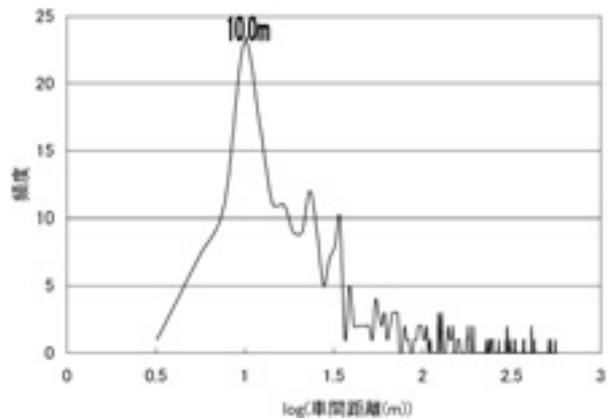


図7 4月26日の交通量調査による車間距離分布

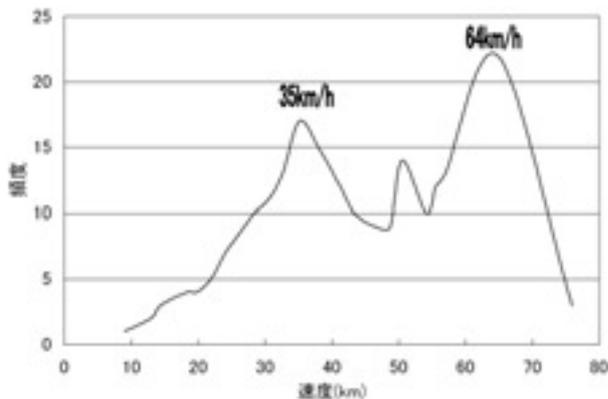


図6 12月20日の交通量調査による走行速度分布

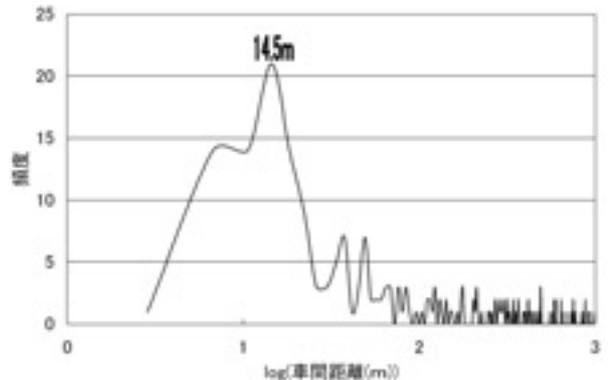


図8 12月20日の交通量調査による車間距離分布

に示すように車両の走行速度の頻度がそれぞれ 32km/h、64km/h と二山の速度分布が見られるためである。12月20日の交通量調査の図6でも同様に 34km/h、64km/h と二山の速度分布が認められた。すなわち、交差点での減速時約30km/h、通常走行時約60km/hの二山の速度分布である。

車間距離を対数でとり、その頻度で表すと、ほぼ正規分布を示していることがわかる(図7、図8)。それぞ

れ10.0m、14.5mという位置でピークを示している。幾何平均車間距離はこのピーク値よりもすこし高めに出ている。

t検定の結果、本論で推算した79km/hは2%の危険率で採択され、トラック側の主張した130km/hは1%の危険率で棄却された。事故現場の交通量から考えて、昼間の時間帯に国道を130km/hで走行することは困難である。また大型トラックが右折にかかる時間は約6秒

かかり、車体の長さから速度を求めると平均7.2km/h となった。

5. 考 察

衝突時49km/h、衝突前の走行速度は79km/h は交通量調査からほぼ妥当だと考えられる。対向車の速度40km/hに必要な右折の時間は約6秒である。しかし、トラックは前のトラックに続いて右折したために、それ以上の時間がかかったと考えられる。交通量調査から推定して約9秒となる。つまり、100m以上先の対向車が問題となってくる。平均車間距離50mであるので、たとえ1台が通過しても、続く2台目に対しては停止し安全を確認しなければならなかった。法定速度60km/hであれば前方150mまで安全確認しなくてはならない。これが速度80km/hの乗用車であれば、前方200mまで安全確認をしなければ右折できない。原告のトラック主張の100m先にある対向車を確認した(警察調書)だけでは安全に右折できなかったのである。

したがって、事故を再現すると、79km/hで走行していた乗用車は空走距離22mで1秒後、制動に移り、35mの走行後(約2秒間)、49km/hに減速したとき衝突したものと考えられる。トラックが右折を開始した際には既に60m付近まで乗用車が近づいていて、それを強引

にトラックが右折しようとして事故を招いたものと推測される。

6. 結 論

以上本件交通事故の争点である衝突前の速度は、速度推定により、乗用車は約79km/hであり、トラック側の訴えである乗用車の衝突前の速度が130km/hであったとの主張は、交通量調査からの交通量、走行速度、車間距離より、根拠がないものと判断される。また、同主張の100m前方の視認があっても、法定速度60km/hの場合、安全右折のためには少なくとも150mの前方視認が必要であり、無理な右折であったと結論せざるをえない。

参考文献

- 1) 佐藤武ほか, 自動車の衝突の力学, 自動車技術, p906 - 909, 1967
- 2) 上山勝編著, 交通事故の実証的再現手法, 技術書院, 419p, 1992
- 3) 江守一郎, 自動車事故工学, 技術書院, 261p, 1993
- 4) 石川博敏, 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, 792 A67, p. p. 493 ~ 502, 1979
- 5) 林洋, 自動車事故の鑑定事例, 技術書院, 1992
- 6) 國岡福一, 自動車事故と保険賠償, 山海堂, 1999

Image Analysis for Traffic Accident

Shun YAMAKAWA*, and Susumu OGAWA*

*Faculty of Geo-environmental, Science, Rissho University

This study was to estimate a traffic accident that happened in Kasugai City, Aichi, on April 21, 2003. A case is under trial against a collision between a car and a large truck on the crossing. An issue is whether a defendant car ran at 130km/h or not. First, the car collision velocity was estimated from several pieces of left photographs. Next, the run velocity before the collision was estimated from the collision velocity and the slip trace. In addition, traffic density investigation was carried out with a statistical test as collaborating evidence. As a result, the car run velocity before the collision was estimated at 80km/h, while 130km/h of the plaintiff claim was dismissed by the t-test from the traffic density investigation.

Keywords: image analysis, t-test, traffic density investigation, effective collision velocity