

氾濫流に伴う自動車の漂流挙動に関する水理模型実験

岩手大学大学院 学生会員 ○水野 辰哉，岩手大学 正会員 小笠原 敏記

1. はじめに

津波氾濫流によって押し流される船舶やコンテナ，自動車等の漂流物が，家屋や構造物に衝突，破壊することは津波の二次被害拡大の要因の一つであり，漂流物による被害の軽減のためには，その挙動を明らかにする必要がある．本研究では，模型自動車が水位上昇を伴う流れによって押し流される際の挙動を画像解析し，漂流軌跡や移動速度を明らかにする．さらに，異なる車種における移動加速距離の特性を検討する．

2. 実験概要

2.1 模型自動車

3D プリンター(Value 3D MagiX MF-1000, MUTOH)を用いて縮尺 1/25 のフルードの相似則を満たす軽自動車，ミニバン，セダン 1，セダン 2 の 4 種の模型自動車を作成した．模型の諸元を表-1 に示す．重心は模型前端から重心までの距離を表す．セダン 1 は重心が模型中央に位置しており，軽自動車，ミニバン，セダン 2 は可能な限り重心を模型前方に寄せている．

表-1 模型自動車諸元

・軽自動車

縮尺	1/25	1/1
総重量	73.0g	1141kg
長さ[mm]	135.8	3395
幅[mm]	59.0	1475
高さ[mm]	66.0	1650
重心[mm]	63.9	1598

・ミニバン

縮尺	1/25	1/1
総重量	139.0g	2172kg
長さ[mm]	187.8	4695
幅[mm]	67.8	1695
高さ[mm]	73.6	1840
重心[mm]	81.9	2048

・セダン 1

縮尺	1/25	1/1
総重量	106.0g	1656kg
長さ[mm]	188.0	4700
幅[mm]	72.0	1800
高さ[mm]	60.0	1500
重心[mm]	94.0	2350

・セダン 2

縮尺	1/25	1/1
総重量	106.0g	1656kg
長さ[mm]	188.0	4700
幅[mm]	72.0	1800
高さ[mm]	60.0	1500
重心[mm]	87.7	2193

2.2 画像解析

写真-1 に示すように模型の四隅にマーカーを取り付け，その挙動を高速度ビデオカメラで撮影し，画像解析を行った．画像解析では，DLT 法から x, y, z の 3 次元座標を，幾何補正から x, y の 2 次元座標を算出し，模型自動車の漂流挙動を解析した．

撮影は，4 台の高速度ビデオカメラ(ex-sc100 2 台，ex-100pro 2 台，共に CASIO)を用い，2 台を DLT 法，2 台を幾何補正の測定に使用した．シャッタースピードは 30fps，画像サイズは 640×480 画素とした．

幾何補正では，画像上の歪んだ座標系を 3 点以上の二次元座標の既知点を基に，歪みのない座標系に変換することで，座標を算出する．以下に幾何補正の基本式を示す．

$$X = ax + by + c \cdots \cdots (1)$$

$$Y = dx + ey + f \cdots \cdots (2)$$

ここで， x, y は変換前の二次元座標， X, Y は変換後の二次元座標， $a \sim f$ は変換係数である．3 点以上の二次元座標の既知点を設置し，測定空間を撮影したキャリブレーション画像を基に，各変換係数を求める．本実験では測定の精度を高めるために 24 点の既知点を設置した．なお，DLT 法については水野ら (2016) を参照されたい．

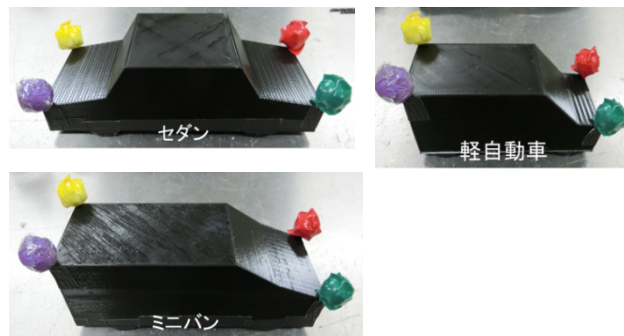


写真-1 異なる形状の模型自動車

キーワード：津波漂流物，模型自動車，画像解析

岩手県盛岡市上田四丁目 3-5 岩手大学大学院工学研究科社会環境工学専攻 019-621-6317

2.3 実験装置

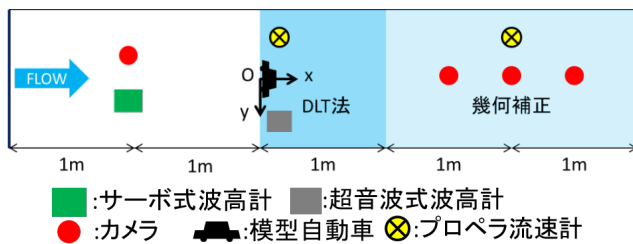


図-1 実験装置の概要

図-1 に実験装置を示す。開水路先端より 2m の地点から後方 1m を DLT 法による測定範囲、その後方 2m を幾何補正による測定範囲とした。流下方向に x 軸（横断面中央を原点 0）、横断方向に y 軸をとった。模型自動車は流れが側面に作用するように設置した。4 種類の模型自動車を水位上昇速度の遅い流れ（平均 1.32mm/s）、速い流れ（平均 2.88mm/s）で各 3 回流下させ、測定を行った。各測定器のサンプリング周波数は 100Hz とした。

3. 実験結果と考察

本実験では 2 種類の流れで実験を行ったが、ここでは水位上昇速度の遅い流れによる実験結果のみ述べる。

図-2 は、各車種の模型の漂流軌跡について、移動開始から 1 秒間隔で示したものである。重心が模型中央に位置するセダン 1 は、ほとんど回転せずに流下する。ミニバンは最も回転量が大きく、重心の y 軸方向の変位量も約 27cm と最大であった。

図-3 に示すように、模型の x 軸方向の移動速度は動き始めた直後は増加するが、ある程度流下するとほぼ一定となったことから、模型の x 軸方向の移動速度が一定となるまでの流下距離を松本ら (1998) を参考にし、移動加速距離と定義する。移動加速距離の評価法は、移動距離が直線的に増加する領域において、移動距離 x と時間 t のグラフの傾きから得られた速度を破線で示し、移動速度の近似曲線と破線の交点位置を移動加速距離 D として求めた。

図-4 に各車種の無次元移動加速距離 D/L と車長 L との関係を示す。 D/L の値は車長が小さい軽自動車でも車長の 10.5 倍程度と最大になっている。これは、車長が小さいほど流れに対する投影面積が小さくなるためと考えられる。さらに、漂流時に回転を伴わないセダン

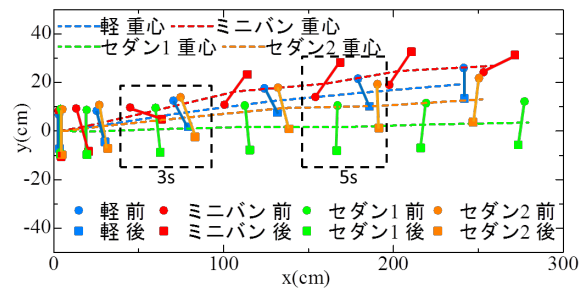


図-2 各車種の模型自動車の軌跡と回転の比較

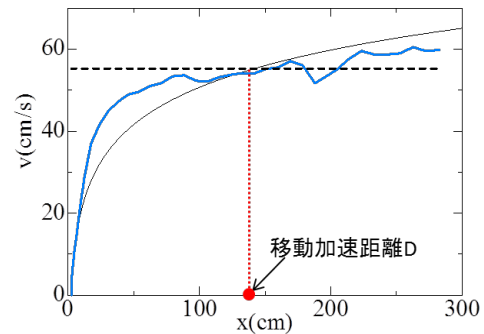


図-3 移動加速距離の評価法

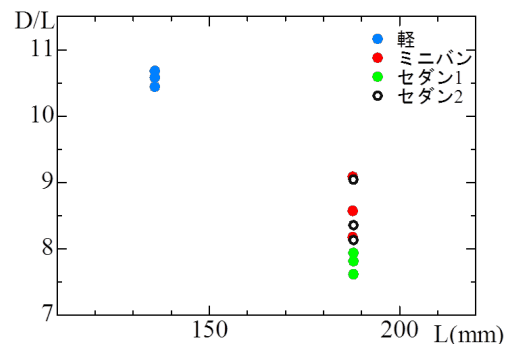


図-4 各車種の無次元移動加速距離 D/L の比較と車長 L との関係

1 よりも、漂流時に回転を伴うセダン 2 の D/L の値の方が大きくなる。この原因として、回転に伴い流れに対する投影面積が減少すること及び、車体に対して流れが斜めに入射することで、模型が流れから受ける力が x, y 軸方向の 2 方向に分解され、 x 軸方向の加速度が減少することが考えられる。

《参考文献》

- 水野辰哉・室井宏太・三橋寛・小笠原敏記 (2016) : 氾濫流下における自動車の漂流挙動特性に関する模型実験, 混相流シンポジウム 2016 講演論文集
- 松本光司・松富英夫 (1998) : 流木の移動加速距離に関する実験的研究, 土木学会東北支部講演概要, pp. 262-263