モーションキャプチャシステムを用いた自動車の漂流挙動に関する基礎的実験

岩手大学　学生会員〇水野 辰哉，三橋 寛，室井 宏太，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自動車や船舶，コンテナなどが漂流物として家屋や構造物に衝突することは，二次的な被害拡大の要因の一つと言える．漂流物の被害を軽減するためには，その挙動や衝突力を予測する必要がある．しかしながら，自動車の漂流挙動については未解明な部分が多いと考えられる．本研究ではモーションキャプチャシステムを用いて，自動車が押し流される挙動を画像解析し，時々刻々の移動距離や速度を明らかにする．

2. 実験概要

(1) 模型自動車

3D プリンターを用いて 1/25 のフルードの相似則を満たす模型自動車を作成した．模型自動車の諸元を表-1 に示す．フルードの相似則を満たすために模型の内部を空洞とし，軽量化を図った．模型の前端，中央部，後端に蛍光塗料を塗布し，ブラックライトを照射することで発光するマーカーを取り付け，前方からマーカー1，マーカー2，マーカー3 とした．また，マーカーの光が反射することを防ぐために模型を黒色に着色した．

縮尺	1/25	1/1
総重量	101.6g	1588kg
長さ〔mm〕	188	4700
幅〔mm〕	72	1800
高さ〔mm〕	60	1500

表-1 :模型自動車諸元

(2) モーションキャプチャシステム

漂流挙動の測定には，光学式に分類される DLT 法のモーションキャプチャを適用した．DLT 法では，複数台のカメラで撮影した同時刻の画像及びキャリブレーション画像から三次元座標を復元する．以下に DLT 法の基本式を示す．

$$u = \frac{L_1X + L_2Y + L_3Z + L_4}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \cdots\cdots\cdots (1)$$

$$v = \frac{L_5X + L_6Y + L_7Z + L_8}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \cdots\cdots\cdots (2)$$

ここで，u, v は画像上の二次元座標，X, Y, Z は測定空間の三次元座標，L_1～L_{11} はカメラの設置条件を反映したカメラパラメータと呼ばれる定数である．6 点以上の三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，各カメラパラメータを最小二乗法より求める．本実験では，測定の精度を高めるために 32 点の既知点を設置した．カメラパラメータを求めた後，画像上のマーカーの二次元座標を(1)・(2)式に代入し，最小二乗法より X, Y, Z の三次元座標を復元する．

キーワード：モーションキャプチャ，模型自動車，漂流

連絡先：岩手県盛岡市上田四丁目 3-5 工学部社会環境工学科水域防災工学研究室

撮影は，2 台の高速度ビデオカメラ(ex-sc100，CACIO)を用いた．シャッタースピードは 120fps, 画像サイズは 640×480 画素とした．

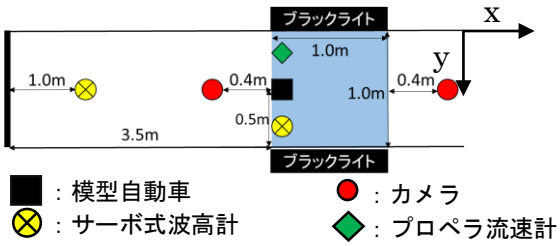

図-1: 実験装置

(3) 実験装置

図-1 に実験装置を示す．開水路先端から 3.5m の地点に縦 1m，幅 1m，高さ 0.2m のモーションキャプチャの測定空間を設置した．カメラは開水路上部，高さ 0.9m の位置に設置し，画像と測定範囲の中心が一致するように調整した．自動車模型の設置は，前面を流れに対して右向き，左向き，正面とし，各 3 回の測定を行った．循環流れを発生させる際は，初めに流量の小さい流れを発生させ，模型が動き出さないことを確認した後，徐々に流量を増加させた．サーボ式波高計とプロペラ流速計のサンプリング周波数は 100Hz とした．

3. 実験結果と考察

図-2 に，模型を左向き及び正面向きに設置した際の漂流挙動を移動開始から 3 秒間，1 秒間隔で示した．図中の数字はマーカー番号を表す．流れの平均速度は，左向きと正面向きでそれぞれ 31.8cm/s と 31.1cm/s である．左向きの場合，正面向きに比べて時間の経過とともに移動距離が大きくなることが分かる．図-3 に模型を左向き，正面向き，右向きに設置した際のマーカー2 の x 軸方向の移動距離を示す．模型右向きの流れの平均速度は 30.9cm/s であり，左・正面向きは前述と同様である．正面向きの場合，左・右向きに比べて傾きが緩やかであることから，移動速度が小さいことが分かる．図-4 に，流れの平均速度 u_{ave} に対する最大移動速度 u_{2max} を示す．正面向きの場合，移動速度は他の場合に比べ，2 割程の低減が見られた．

以上より，模型の移動距離や最大移動速度は，流れを受ける投影面積に強く依存すると考えられる．

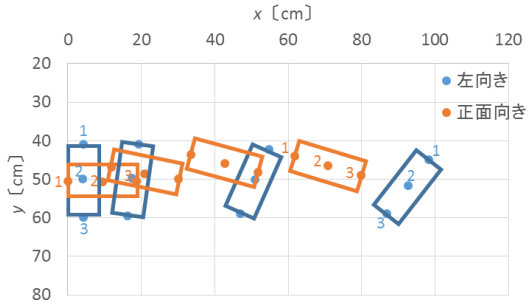

図-2: 模型自動車の正面向き及び左向きの移動軌跡

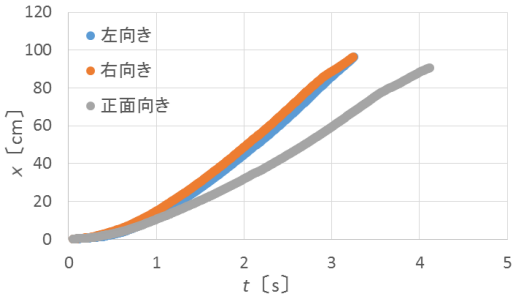

図-3:流れ方向に対する各向きの模型自動車の移動距離の比較

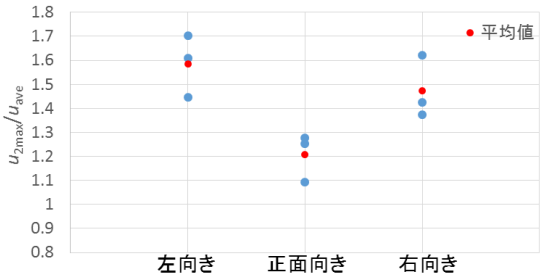

図-4: 流れの平均速度に対する各向きの模型の最大移動速度の比較