陸上遡上津波下における自動車群の漂流挙動に関する水理実験

岩手大学　学生会員　○熊谷憲一，水野辰哉，正会員　小笠原敏記

1.　はじめに

津波災害では，津波の波力による建物への直接的被害だけでなく，漂流物が及ぼす間接的な二次的被害も重要な問題である．既往研究では，船舶やコンテナ等の単体の漂流物に関する研究は多くなされて来たが，複数台の自動車の個々および群としての漂流挙動に注目した研究は少ないと言える．

そこで本研究では，段波発生装置付開水路を用いて，フルードの相似則を満たした複数台の模型自動車が漂流される状況を 3 台の高速度ビデオカメラで捉え，DLT 法による画像解析を基に，その漂流の軌跡や移動速度などの特性を明らかにする．さらに，漂流時の模型自動車のばらつきの様子を確率統計から定量的に評価する．

2.　実験概要

2.1 実験装置

図-1 に実験装置を示す．ゲートより 2m の地点から後方 3m を計測区間 1～3 とし，挙動測定範囲とした．流下方向に x 軸(横断面中央を原点 O)，横断方向に y 軸をとり，貯水槽に 20 cmの水を貯めゲートを急開放することで，陸上を遡上する津波氾濫流を想定した段波を発生させる．模型自動車は水槽壁面から 34.75 cm離れた点に設置し,各模型の側面間の距離を 2 cm(実スケールで 80 cm)とした．模型は流れが正面に作用するよう横一列に 5 台設置し，10 回測定を行った．各測定器のサンプリング周波数は 500Hz とした．

2.2 模型自動車と挙動解析方法

3D プリンター(Value 3D MagiX MF-1000, MUTOH)を用いて縮尺 1/40 でフルードの相似則を満たす一様な模型を 5 台作成した(質量 25g/台)．**写真-1** のように模型中心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 法によりマーカーの 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．なお，DLT 法については水野ら(2017)を参照されたい．撮影は，3 台の高速度ビデオカメラ(測定区間 1, 2 は ex-100pro，測定区間 3 は ex-sc100，共に CASIO)を用いた．シャッタースピードは 30fps，画像サイズは 640×480 画素とした．

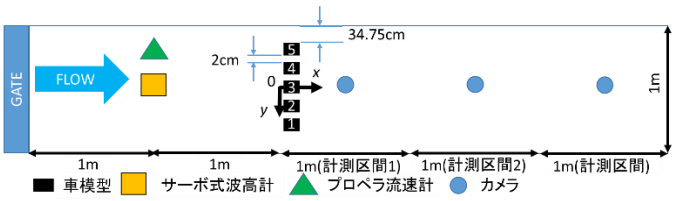

図-1　実験装置概要

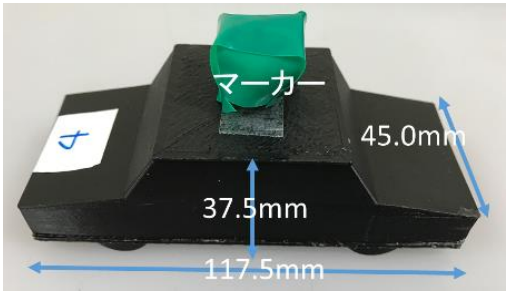

写真-1　模型自動車寸法と追跡マーカー

3.　実験結果と考察

3.1　各自動車の挙動とばらつき

本実験では 3 つのカメラを使い実験を行ったが，ここでは計測区間 1 の解析結果のみ述べる．

各自動車の漂流挙動を**図-2** に示す．座標原点から離れた模型ほど y の変位が大きく，模型 3 は y がほぼ一定のまま流下した．また，甲斐田ら(2016)の研究を参考に，x に関するばらつき Δx と正規分布を重ねた結果を**図-3** に示す．ばらつきは概ね正規分布に従っており，進行方向に対するばらつきは小さいこと

キーワード：津波漂流物，車模型，DLT 法，モーションキャプチャ
岩手県盛岡市上田四丁目 3-5

が確認できる．

3.2　漂流物の流速推移

図-4 および図-5 に x 方向の移動速度 u，y 方向の移動速度 v と移動開始からの経過時間 t の関係を示す．u は移動開始から単調増加した後，一様な値になるのに対し，v は模型が原点から離れているほど大きな値を示した．

3.3　移動加速距離

模型の x 方向の移動速度が一定となるまでの流下距離を水野ら(2017)を参考にして，移動加速距離と定義する．図-6 に各車の x 方向の移動加速距離 D と模型 3 からの距離 $|\Delta y|$ の関係を示す．D は模型の位置に関わらず，60cm 前後になった．その最大と最小の差は 1.75 cmである．この 5 つの平均移動加速距離 $\bar{D}$は 60.6cm となり，実スケールでは 24.2m に相当し，車の約 4 倍の距離の間加速されることが明らかとなった．

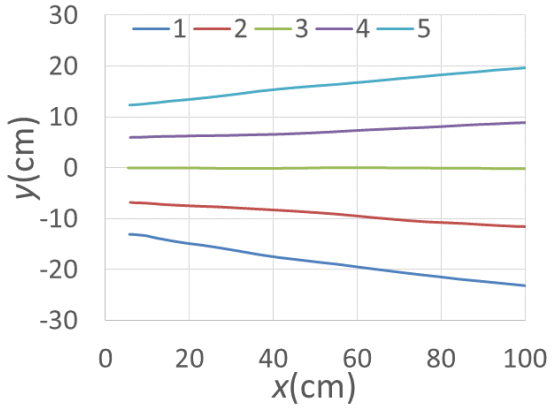

図-2 自動車模型の漂流挙動（計測区間 1）

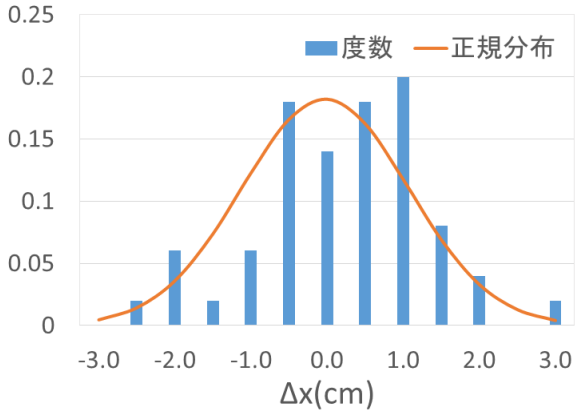

図-3　流下方向（x 方向）の模型のばらつき

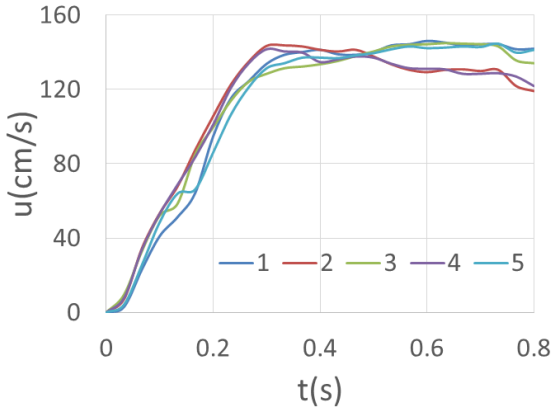

図-4　流下方向（x 方向）の移動速度の時間変化

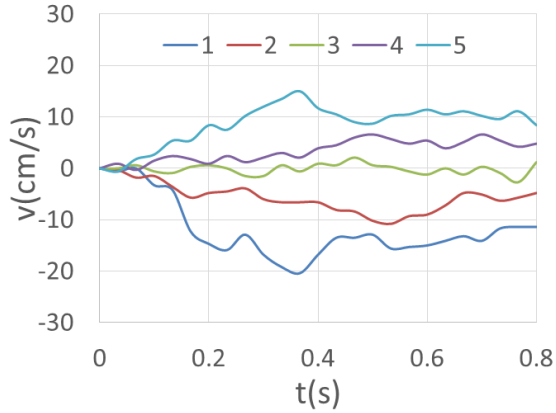

図-5　横断方向（y 方向）の移動速度の時間変化

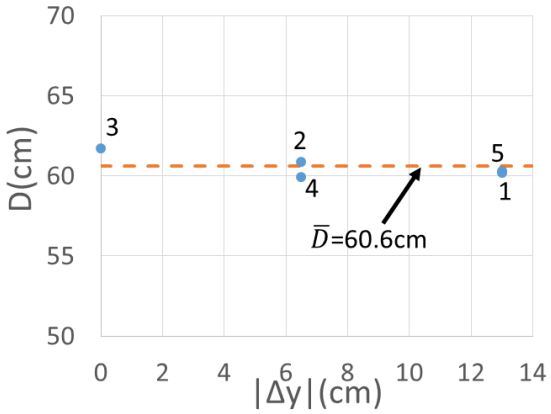

図-6　移動加速距離 D と原点（模型 3）からの距離 $|\Delta y|$ の関係

《参考文献》

甲斐田秀樹・木原直人(2016)：陸上遡上津波中の漂流物挙動に関する研究，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol72, No2, I_1159-I_1164, 2016

水野辰哉，小笠原敏記(2017)：水位上昇に伴う流れの作用を受けた自動車の運動特性に関する実験，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol73, No2, I_1165-I_1170.