

振り子式洋上発電の開発に向けた振り子挙動に関する基礎実験

岩手大学 学生会員 ○菅原圭吾， 正会員 小笠原敏記

1. はじめに

将来，化石燃料の枯渇が不安視されることから，代替案として再生エネルギーの利活用が求められる．四方を海で囲まれた日本は，洋上発電のような海洋エネルギーに適した立地を有していると言える．本研究で扱う洋上発電の仕組みは，浮体上に設置した振り子船が波の運動に伴って水平方向に往復運動することを利用した発電方法である．

そこで本研究では，規則波の伝播に伴う振り子船付浮体模型の運動特性を画像解析より求め，振り子船と波の運動との関係を明らかにする．さらに，1自由度系モデルを用いて，振り子船の周期特性の定式化を試みる．

2. 実験概要

(1)振り子船付浮体模型

振り子船付浮体模型の振り子船は 3D プリンター (Value 3DMagiX, MUTOH)を，浮体はスタイロフォームを用いて図-1 に示すような寸法でフルード相似則を満たすように 1/20 の模型を作製した．このときの模型総重量は 534g. また，振り子船の固有周期は 0.78s である．画像解析のため，振り子船側面中央部に蓄光シールを貼付したマーカーを取り付けた．

(2)実験装置

図-2 に造波水槽および模型，計測器の位置を示す．水位は 0.7m とし，造波板から 6m の地点に容量式波高計，7m の地点に模型を設置した．なお，模型の両側面から 600g のおもりを係留し，模型が流れないような安定化を図った．撮影は高速度ビデオカメラ (SpeedSenseM310, Dantec Dynamics)を用いた．シャッタースピードは 24.4fps，画像サイズは 1280×800 画素とし，キャリブレーションは 0.03cm/pixel であった．容量式波高計のサンプリング周波数は 100Hz とした．

(3)実験条件

規則波の波高を 3cm，周期を 1.0s，1.5s，2.0s，2.5s

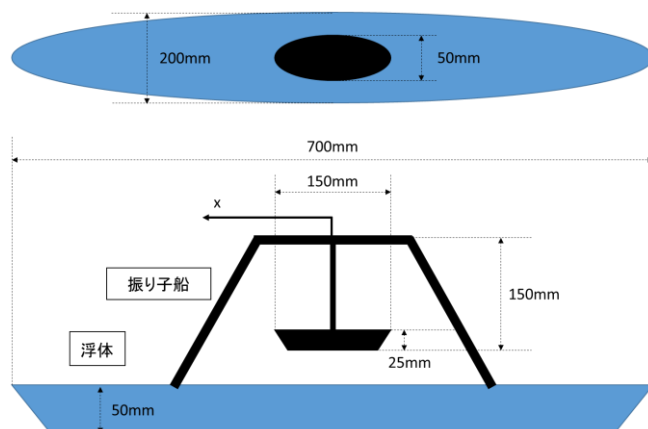


図-1: 振り子付き浮体模型

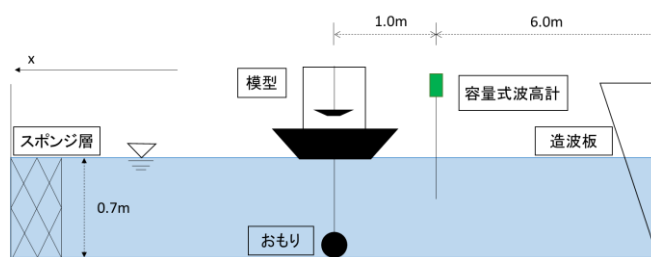


図-2: 造波水槽および模型，計測器の位置

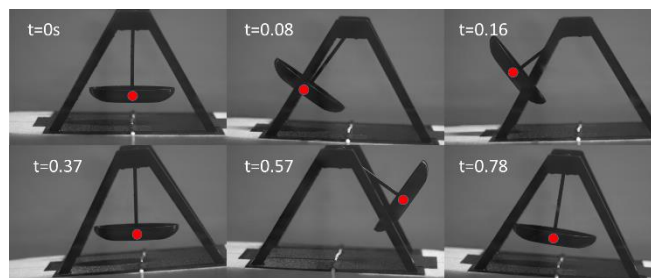
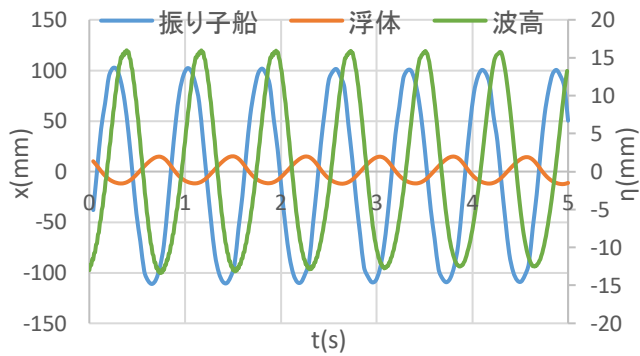


図-3: 0.78sにおける振り子船の挙動の様子

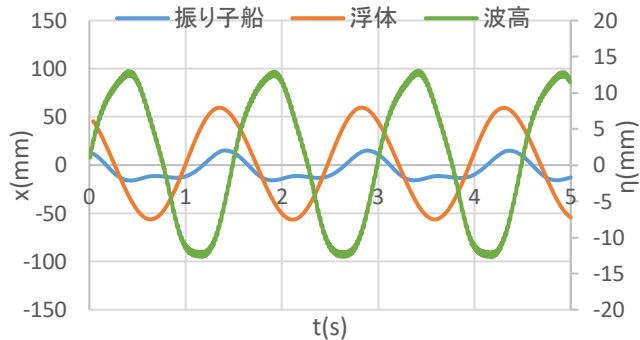
に加えて，振り子船の固有周期である 0.78s の 5 パターンとした．荷重の有無で振幅が変化すると考え，各周期で振り子船に荷重を積載した場合と積載していない場合の挙動を 5 秒間撮影した．また，荷重は振り子船の中央部に 18.4g の荷重を設置した．撮影は規則波を発生させた後，振り子船の振れが安定したことを確認してから開始した．図-3 に周期 0.78s における荷重無の場合の振り子船の挙動の様子を示す． $t=0$ の振り子船の位置を x の原点とし，Image J

キーワード：洋上発電，振り子，基礎実験

連絡先：岩手県盛岡市上田 4 丁目 3-5



(a) 周期 0.78s



(b) 周期 1.5s

図-4: 振り子船と浮体の水平振幅および波高の関係
(荷重無)

の画像解析ソフトを用いて、中央部のマーカーの時々刻々の軌跡を捉えた。

3. 実験結果と考察

図-4 に周期 0.78s と 1.5s における荷重無の場合の振り子船と浮体の水平振幅および波高の関係を示す。振り子船は周期が 0.78s のときに水平振幅が最大になり、周期が大きくなるに連れて小さくなる。一方、浮体は周期が 0.78s のときに水平振幅が最小になり、周期が大きくなると増大することがわかる。図-5 に振り子船および浮体の水平振幅と規則波の周期の比較を示す。荷重の有無に関わらず、振り子船と浮体の水平振幅の周期は規則波の周期とほぼ同じであることがわかる。

振り子船の挙動を定式化するために、1 自由度系の非減衰強制振動を考え、地盤振動による構造物の振動をモデルとし、線形加速度法を用いて数値解析を行った。図-6 に周期 0.78s と 1.5 s における荷重無の場合の実験値と数値計算の水平振幅の比較を示す。なお、波形の整合性を確認するため、振幅は実験値、計算値の最大振幅でそれぞれ無次元化した。周期 0.78s では実験値と計算値の波形はほぼ合っ

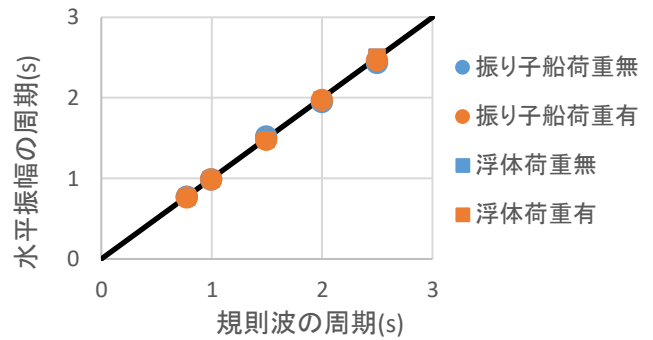
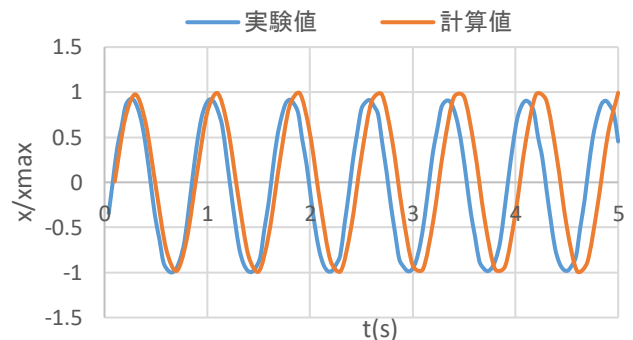
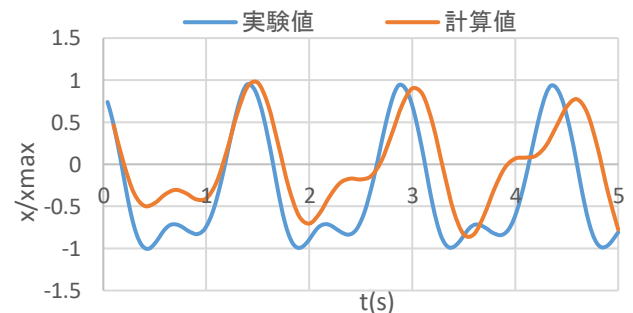


図-5: 振り子船および浮体の水平振幅と規則波の周期の比較



(a) 周期 0.78s



(b) 周期 1.5s

図-6: 実験値と計算値による振り子船の水平振幅の比較

いるが、1.5s では徐々にずれが生じ、他の周期の場合も同様であった。また、本来の実験値と計算値の水平振幅を比較したところ、最大で 6 倍ほどのずれが生じた。一方、周期を比較した結果、荷重の有無に関わらず、ほぼ一致していると言える。

以上より、実験値と計算値を比較して、1 自由度系をモデルとした数値解析では周期はほぼ一致したが、波形、水平振幅共にずれが生じた。今後の課題として、2 自由系をモデルとした数値解析が必要と考えられる。

参考文献

服部昌太郎(1987):海岸工学, コロナ社, P. 85.