

ラグランジュ的方法による海水交流の解析について

神戸大学工学部 正 員 篁 源亮
 福山大学工学部 正 員 梅田真三郎
 神戸大学大学院 学生員 檀 和秀
 神戸大学工学部 学生員 保科公伯

まえがき

東京湾、大阪湾のように比較的湾口部が狭い閉塞性の内湾の海水交流について、今回は簡単な内湾模型を使用して、模型実験によるラグランジュ的解析を試みた。

実験装置・実験方法

模型は二つの空気圧式起潮機を有する実験用水槽に図-1のように配置した。模型には二つの湾口があり、水深は15cmで一定である。実験では潮汐のみを考慮し、図-2に示すような潮汐を図-1のA、B兩地處に与えた。模型の湾口部の位置、潮汐は大阪湾を考慮して決定した。実験では粗度を与えた場合と与えない場合について、電磁石で水面上約45cmに付着させた浮子を図-2の矢印時点で同時に水中に投入し、上方の固定カメラで2周期間連続撮影して流跡図を求めた。粗度としては粒径20mm~50mmの小石を模型湾内全体に敷きつめた。また今回は二つの浮子を連結し、底付近の流動についても同様の実験を行なった。これはほぼ比重1の下部浮子を体積が1/30程度の上部浮子にミシン糸でつるし、下部浮子が水深14cm付近を移動するようにしたもののである。この方法がどの程度下層の流動を表わしうるかについては疑問であるが、ある程度のことは測定できると思われる。

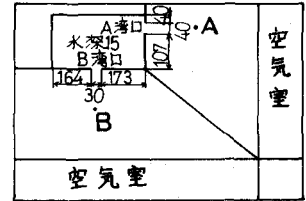


図-1 実験装置 単位cm

今回の実験では浮子追跡というラグランジュ的方法を採用した。ラグランジュ的方法は水塊の移動を直接的に把握することができる。オイラー的方法では全体の流動を把握する場合には便利であるが、得られた結果より水塊の移動を求めることは容易ではない。海水交流のように水塊の移動そのものを取り扱う場合にはラグランジュ的方法が有益であろう。しかしラグランジュ的方法は偶然性に左右されやすく、1個の実験結果では信

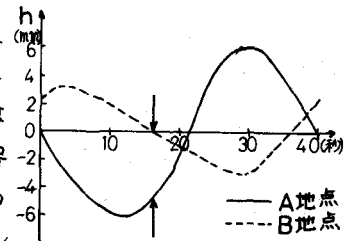


図-2 潮位変動

頼性が欠けるため、なんらかの方法で平均化することが必要である。したがって今回は実験結果を次のような方法で平均化した。得られた2周期間の流跡図において、一定時間に移動した距離、方向をベクトル表示し、これを図-3のベクトル $\vec{aa'}$, $\vec{bb'}$, $\vec{cc'}$, $\vec{dd'}$ のように相隣接する4個づつを平均する。こうして得られた新しいベクトル $\vec{oo'}$ は最初の実験範囲内の水塊の平均移動を示すであろうと

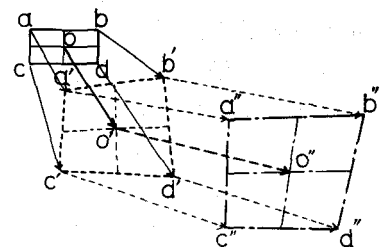


図-3 流跡ベクトル図

考えられる。この操作を繰り返すことによって得られる一連のベクトル線は、ラグランジュ的に平均された2周期間の流動を表わす。こうして得られた湾内全体の流動を模式化した一例を図-4に示す。また1周期後における浮子の投入点からのずれを恒流と考え、流跡図およびオイラー的結果から湾内恒流パターンを求めた。この一例を図-5に示す。

考察

1) 湾内ではA, B両湾口を結ぶ線上に主流が発生し、これより派生した潮流が回流し湾口の両側に環流を発生させ、この環流は退潮時にも残り、これが恒流になると思われる。湾内流動は潮汐の周期的な影響をうけるが、長期的には恒流に支配されてあり、海水交流には恒流の影響が重要であると思われる。

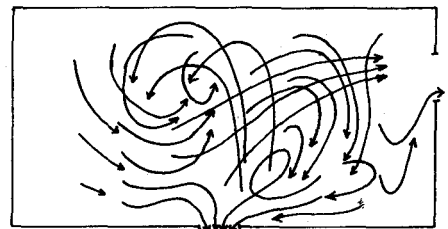


図-4 湾内流動図 (粗度なし表面)

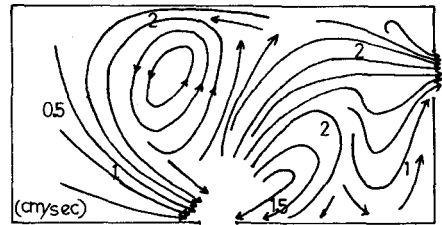
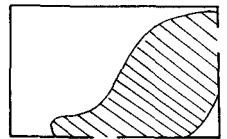


図-5 湾内恒流パターン (粗度なし表面)

2) 2周期間に湾外へ流出した浮子は、どの実験においても図-6の斜線領域に限られており、この領域は全体の約40%にあたる。この領域内の浮子の約半分が流出しており、これより単純に算出すれば1周期で約10%の海水が湾外へ流出したことになる。しかし実際



には一度湾外へ流出した海水の一部は再び湾内へ流入しており、この図-6流出浮子の領域の値をそのまま海水の交換と考えることはできない。またこの領域は、潮流の主流部で潮流が恒流に卓越している領域を少し広げた範囲に等しい。このことは内水が恒流によって主流部へ移動し、潮流によって湾外へ流出することを表わしていると思われる。恒流の概算値を図-5に示したが、どの程度の時間で主流部へ移動するかについては不明である。

3) 表面と下層の違いを見た場合、その恒流パターンには大きな差異はなかったが、流動状態は粗度の有無いずれの場合にも、下層の方の乱れが大きく、環流についてもいくつかの渦が競合した状態が見うけられ、複雑な流況を呈した。これは下層では底面の影響を強く受けて乱れが大きくなったものと思われる。

4) 粗度を与えることによって、表面・下層いずれでも環流が弱まる傾向が見られ、恒流パターンでも同様のことが言える。特に流速の小さいA湾口付近の環流は粗度を与えることによってほとんど発生しなくなった。このように環流が弱まるのは、潮汐によって環流に与えられるエネルギーの一部が粗度により失われるためであろう。今回使用した粗度はマニングの粗度係数で $n \approx 0.025$ 程度であり、今回の模型を水平縮尺 $1/1500$ 、鉛直縮尺 $1/200$ の大阪湾の歪模型と考えれば、相似律より原型での粗度は $n \approx 0.007$ となる。原型での海底粗度が一般にいわれている $n \approx 0.025$ 程度であるとするならば、模型ではさらに大きな粗度を与える必要があり、前述した以上に粗度の影響が大きく表われるであろう。

以上のような結果が得られたが、これは模型実験による結果であり、相似性の問題などから実際の湾への適用については今後の課題である。