

陸奥湾における流れの回転スペクトル

仲村 俊毅

はじめに

陸奥湾では昭和49年度より湾内5カ所に設置されたブイロボットにより、水温、塩分、溶存酸素、流向、流速を毎正時に観測している。流れについては5カ所2層の観測値が約2年以上にわたって蓄積されているものの、いまだに十分な解析がなされているとはいいがたい。

流れの解析には各種の方法があるが、ベクトル量であるため解析がむづかしい。通常とられる解析法は流向、流速頻度分布やスカラー平均、ベクトル平均、進行ベクトル図、ホドグラフ等である。しかしながら流れや風のように、その方向が 360° 変化し得るベクトル量については前述した解析法だけでは必ずしも充分とはいいがたい。さらにすすんだ解析法としては回転スペクトル解析法がある。

回転スペクトル解析のテクニックはMooers, C. N. K. (1970, 1973)によって開発され、Gone IIa J. (1972)によって発展、応用され、さらにPerkins, H. (1972)、Crew, H. and Plutchak, N. (1974)により応用され、その有効性がたしかめられた。計算法は基本的には通常のスカラー量に対するスペクトル解析法と同様であるが、やや複雑となる。

前述した応用例はいずれも深海、あるいは外洋での測定例についてのものである。ところが沿岸や内湾では海岸地形や海底地形が流れに影響を与える。すなわち流向そのものは 360° 回転し得ても、海岸線に直交する方向の流速成分は小さくおさえられてしまうのが普通である。このことは水が海岸線を横切って流れることはないことを考えれば理解しやすいであろう。

本報告は海岸地形や海底地形の影響の顕著な流れの場に回転スペクトル解析法を適用した場合、どの程度有効な情報を引き出し得るかを調べたものである。

計算処理にあたっては青森県総務部電子計算課の御助力をいただいた。

資 料

昭和50年7月25日から同8月29日までのブイNo.1(平館沖)の毎時の流向、流速資料。(15m層と42m層)。なお観測位置については「陸奥湾における水温変動-I」(本誌)を参照されたい。

解 析 法

上記期間に含まれる4回の大潮、小潮日を中心にした前後1週間(計336個のデータ)を1区切りとして、15m層、42m層のそれぞれの回転スペクトル、回転係数、平均主流方向の安定性等の計算を行った。したがって小潮から大潮にいたる期間、大潮から小潮にいたる期間の1週間分のデータは1区切りのデータのなかで重複することになる。これは期間のとり方によって平均値が異なるであろうことを想定した非定常的取扱いによる解析法である。

表1に計算を行った期間を示した。なお流向、流速はあらかじめ南北成分、東西成分に分解したものについて解析を行っている。

表1 計算に用いた資料の期間

期間 I	昭和50年 7月25日～8月7日	7月31日小潮
II	同 8月1日～8月14日	8月7日大潮
III	同 8月8日～8月21日	8月14日小潮
IV	同 8月16日～8月29日	8月22日大潮

結 果

表2にそれぞれの期間における流れの南北成分、東西成分の平均値、分散値を示した。南北成分は北向きで正、南向きで負、東西成分は東向きで正、西向きで負としてある。南北成分の平均値は期間、深さを問わずすべて負となっており湾内へ流入する流れがあることを意味している。平均値、分散値とも

表2 流れの成分の平均と分散

期間	深さ	南 北 成 分		東 西 成 分	
		平 均	分 散	平 均	分 散
I	15 m	-0.10	0.030	0.003	0.005
	42 m	-0.11	0.019	0.01	0.007
II	15 m	-0.07	0.026	0.01	0.005
	42 m	-0.10	0.020	0.01	0.007
III	15 m	-0.06	0.023	0.02	0.005
	42 m	-0.09	0.013	0.006	0.005
IV	15 m	-0.05	0.020	0.01	0.006
	42 m	-0.06	0.005	0.002	0.002

スペクトル推定には Blackman-Tukey 法を用い、スペクトルの平滑には Hanning のフィルターを用いている。また、リニアトレンドの除去やプリホワイトニング等の前処理は行っていない。以下の議論では周波数 0 および周期にして 5.9～100 時間の計18個の離散周波数点での計算結果について述べる。

に潮時による特徴的な差はなく、南北成分の平均値は期間を追うに従って小さくなり、全期間を通じての傾向変動のあることを予想させる。この傾向変動はいうまでもなく湾内へ流入する水の勢力の消長と関連するものであろう。潮時による違いが明瞭でないのは2通りの理由がある。ひとつは前述した傾向変動のため潮時による特性の相違が抽出できなかったこと。ひとつはスペクトル推定の都合上解析期間を2週間としたことなどによる。東西成分は平均値、分散値ともに小さく地形の影響が現われている。

流速成分のパワースペクトル

図1にそれぞれの期間の15m、42m層について流速の南北成分、東西成分のパワースペクトルを示した。南北成分は白丸実線で、東西成分は黒丸実線で示した。図中の記号Dは日周潮の周期(25時間)、fは慣性振動の周期(18時間)、SDは半日周潮の周期(12.5時間)を示している。

期間I、15m層の南北成分では日周潮、半日周潮の周期にピークがあると同時に直流分や長周期成分のエネルギーレベルが高く、長期の変動傾向、あるいは一様な移流のあることを示している。東西成分のエネルギーレベルは高周波域を除いて南北成分のそれに比べて、やや小さい。42m層では日周潮、半日周潮の周期にピークがあることは15m層の場合と同様であるが、直流分を含めた低周波域のエネルギーレベルが低いこと、日周潮よりも半日周潮のエネルギーピークが高いこと、さらに東西成分のエネルギーレベルが比較的高いことなどに特徴的な差が現われている。また周波数0.12(cph)、周期にして

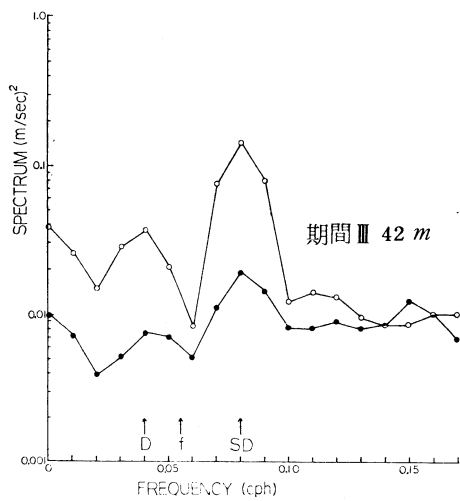
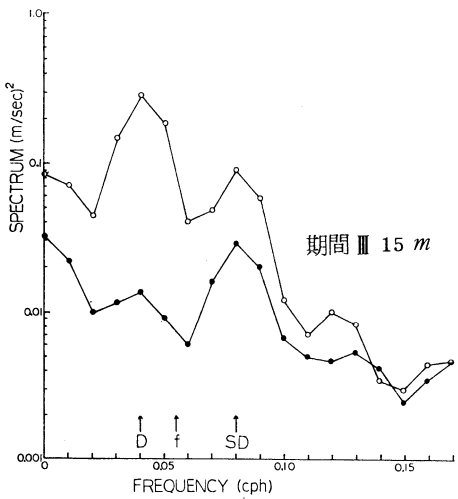
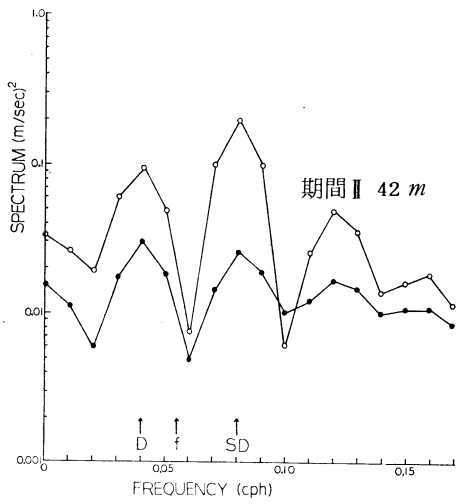
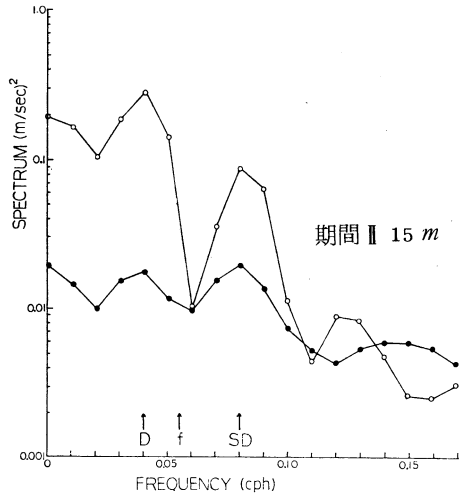
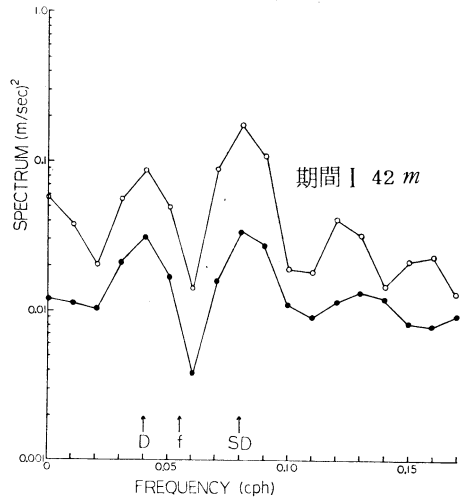
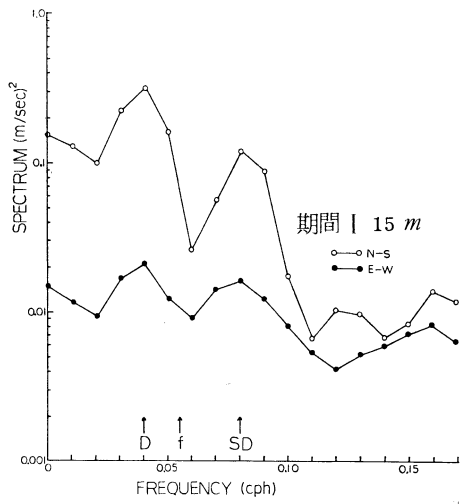


図1 流速成分のパワースペクトル

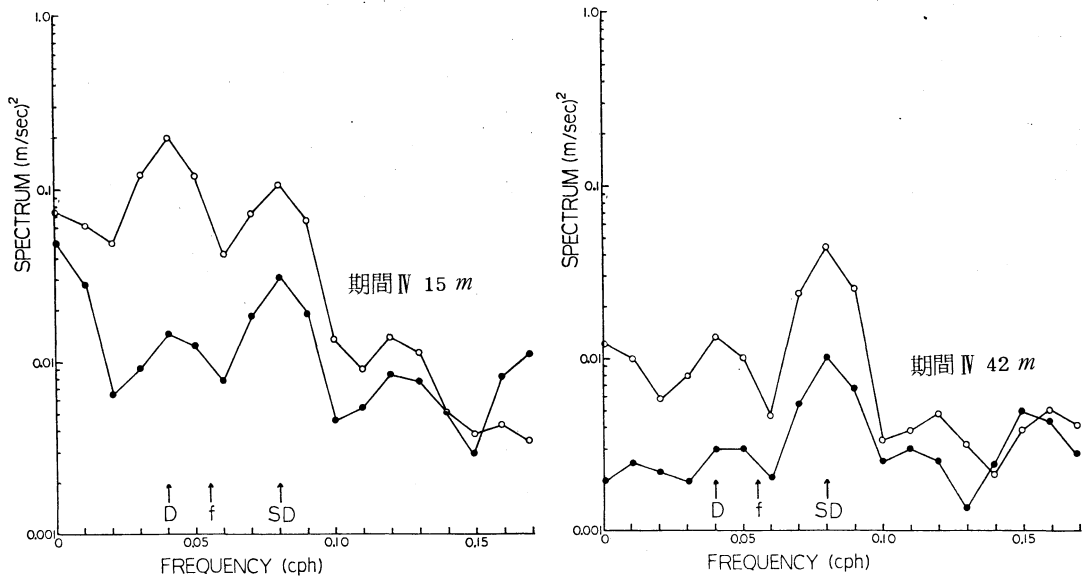


図1 続 き

8.3時間にピークが現われているが、これはいくつかの基本周期を持った波動の非線型相互作用によるものと思われる。今、二つの基本周期を25時間および12.5時間（それぞれ日周潮、半日周潮の周期）とすると、この二つの波動の非線型相互作用の結果として現われる周期はそれぞれ、 $25 \times 12.5 / (25 + 12.5) = 8.3$ 時間、 $25 \times 12.5 / (25 - 12.5) = 25$ 時間となり8.3時間周期にピークが現われることが説明できる。しかし、非線型相互作用の実態についてはよくわからない。

期間Ⅱの結果は期間Ⅰの場合と大きな差はないが、42m層の南北成分における8.3時間周期のピークがより鋭くなっている。

期間Ⅲの15m層では南北成分では日周潮周期が、東西成分では半日周潮周期が卓越する。また東西成分には直流分を含めた長周期成分が大きくでている。42m層では半日周潮周期が卓越し、期間Ⅰ、Ⅱでみられた8.3時間周期のピークがなくなっている。

期間Ⅳの15m層の結果は期間Ⅲと比べて東西成分での長期成分がさらに大きくでている。42m層ではスペクトルのパターンは期間Ⅲと変わらないが、エネルギーレベルが全周波数領域にわたって低下しており、流れが全体的に弱勢となっていることを示している。

回転スペクトル

図2に回転スペクトルの計算結果を示した。回転スペクトルの計算では、データの統計的特性によっては結果に信頼のおけない場合があるので、ここでは結果を信頼できると判断されるもののみをとりあげた。図は周波数0を中心として右側に反時計まわり、左側に時計まわりのスペクトルを示した。スペクトルの傾向はパワースペクトルの場合とほぼ同様であり、周波数0を中心としてほぼ左右対称となっており、有意な回転成分はみられない。

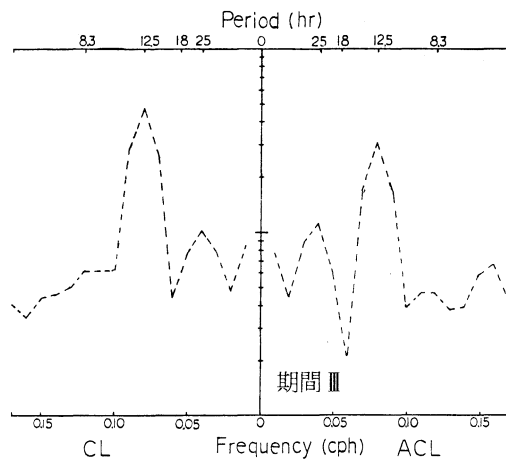
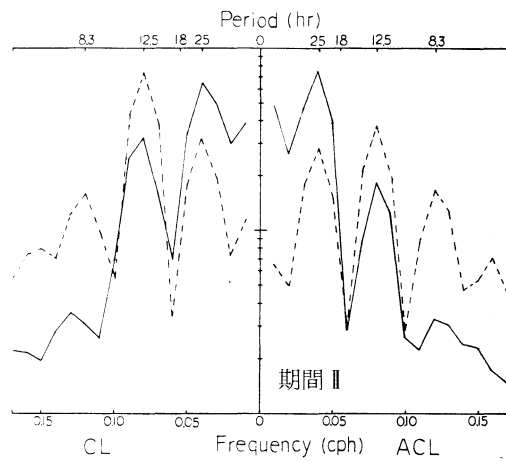
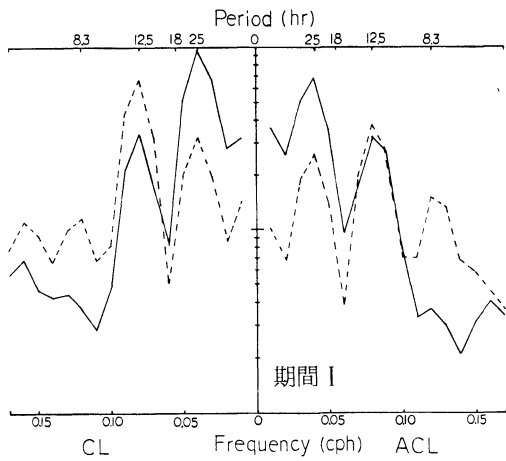


図2 回転スペクトル
 実線は15m層
 破線は42m層
 CL : 時計まわり
 ACL : 反時計まわり

回転係数

図3に回転係数の計算結果を全期間、2層について一括して示した。この回転係数は時計まわり、反時計まわり回転へのエネルギー配分比を示すもので流れのなかの回転成分の強弱の度合いを現わし、1に近ければ時計まわり回転が、-1に近ければ反時計まわり回転が卓越することを意味する。

この回転係数に有意な値はなく、0.5あるいは-0.5を越える値はみられない。したがって湾口部平館沖は異方性の強い流れの場であることがわかる。

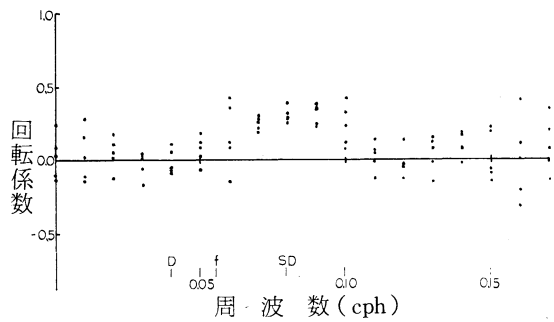


図3 回転係数

平均主流方向の安定性

図4に平均主流方向の安定性を示した。これは、1に近いほど、その周波数成分の流れの方向が一定していることを意味する。

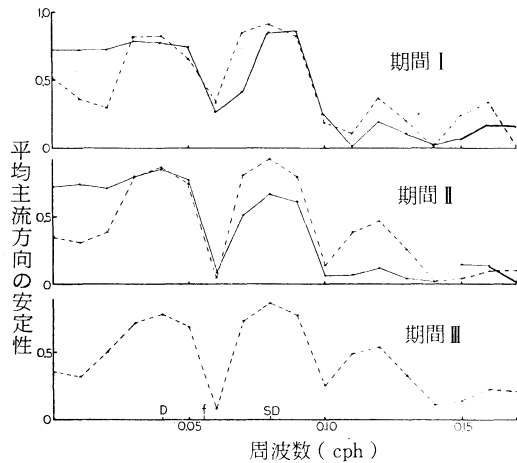


図4 平均主流方向の安定性

期間Ⅰ、Ⅱではほぼ同じパターンを示しており、15m層では長周期成分や、日周潮、半日周潮周期で安定性が高く、高周波域で安定性が低くなっている。一方、42m層では長周期成分の安定性は低く、日周潮、半日周潮周期で安定性が高くなっている。また、8.3時間周期に比較的高い安定性が現われる。全般に流れが強勢である周波数帯では安定、弱勢であれば不安定と、当然の結果ではあるが、流れは地形によって強く影響されているといえる。

要 約

- (1) 湾口部平館側の流れは15m層、42m層ともに日周、半日周の潮汐周期が卓越する。15m層では半日周より日周潮周期が、42m層では日周潮より半日周潮周期が卓越するなど、両層間に特性の相違が認められる。流れの向きは15m層ではほぼ南北であるのに対し、42m層では東西成分もかなりの大きさを持つ。これはブイが湾口部の鞍部（等深線は東西へ湾曲している）に位置するため、海底地形の影響によるものと思われる。
- (2) 15m層の南北成分には潮汐周期を越える長周期、あるいは傾向変動が現われる。この変動はここで解析を行った期間よりもさらに長い周期、あるいは傾向を持つものと考えられ、おそらく湾内へ流入する外海水の勢力の消長と関連するものと思われる。このような特徴は42m層には現われず、湾内への水の流入は主として中層を中心として起こるものらしいことがわかる。
- (3) 期間Ⅰ、Ⅱの42m層の南北成分に8.3時間周期の変動が現われる。このような変動の現われる物理的な機構についてはわからないが、25時間、12.5時間という二つの基本周期を持った波動の非線型相互作用の結果であろうと考えられる。
- (4) 回転スペクトル、回転係数等の結果から特に有意な回転成分は抽出できず、湾口部は異方性の強い流れの場であることがわかる。このことはブイの位置する地形を考えれば当然の結果といえよう。
- (5) 潮時による流況特性の相違については明確にできなかった。

参 考 文 献

- (1) Mooers、C.N.K (1970) : The interaction of an internal tide with the frontal zone in a coastal upwelling region Ph.D.Thesis、Oregon State University
- (2) Mooers、C.N.K (1973) : A technique for the cross spectrum analysis of pairs of complex-valued time series with emphasis on properties of polarized components and rotational invariants Deep-Sea Research、Vol.20、
PP. 1129 - 1141
- (3) GoneIIa、J. (1972) : A rotary-component method for analysing meteorological and oceanographic vector time series. Deep-Sea Research、Vol.19 PP.833-846
- (4) Perkins、H. (1972) : Inertial oscillations in the Mediterranean.
Deep-Sea Research、Vol. 19、PP. 289 - 296
- (5) Crew、H. and N.Plutchak、(1974) : Time varying rotary spectra.
J.Oceanogr. Soc. Japan、Vol. 30、PP. 61 - 66