

九州大学 学生会員 ○濱野 有貴
正会員 横田 雅紀
フェロー会員 橋本 典明

1. はじめに

方向スペクトルは海面を伝わる不規則な波浪を周波数および波向に関するエネルギー分布として表現したものであり、港湾・海岸構造物等の計画・設計・施工や波浪の発達・減衰過程を検討する上でも非常に重要である。観測データをもとに方向スペクトルを推定する方法としては、式(1)に示すクロススペクトルと方向スペクトルの関係式(磯部ら, 1984)を利用する方法がある。ここで、 $\mathbf{x}_m$ は m 番目の波動量 ξ_m の計画座標(x_m, y_m)、 $\Phi_{mn}(\omega)$ は波動量 ξ_m と ξ_n のクロススペクトルである。また、 H_m は水面変動 η から水面変動以外の波動量 ξ_m (水面勾配、水粒子速度、水圧変動等) への伝達関数、 $S(\mathbf{k}, \omega)$ は方向スペクトルである。

$$\Phi_{mn}(\omega) = \int_{\mathbf{k}} H_m(\mathbf{k}, \omega) H_n^*(\mathbf{k}, \omega) \exp\{-i\mathbf{k}(\mathbf{x}_n - \mathbf{x}_m)\} S(\mathbf{k}, \omega) d\mathbf{k} \quad (1)$$

上記の方法では3つ以上の波動量間の複数のクロススペクトルが測得されるように配置された観測点での波動量 ξ_m の時系列データが必要である。例えば、全国港湾海洋波浪情報網(NOWPHAS)の波浪観測に用いられている海象計では図-1に示すように、水面変動および上層付近の3点の水粒子速度をもとに複数のクロススペクトルを算出し、方向スペクトルを推定することで波向情報が提供されている。海象計は海底設置型のドップラー式計測器であることから、原理的に多層での水粒子速度が測得可能である。したがって、今後、水粒子速度の多層観測によりクロススペクトルの数を増大させることにより、従来よりも推定精度の良い方向スペクトルを推定可能となることが期待できる。本研究では、多層の水粒子速度が取得された条件で、方向スペクトル推定に関する双子実験を行うことにより、多層データを用いることの有用性について検討した。

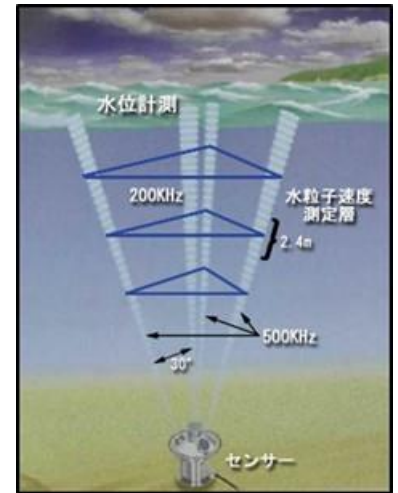


図-1 海象計の測定概念図

2. 研究方法

双子実験は図-2に示すように、まず、真値(解)として任意の方向スペクトルを設定する(手順1)。次いでこの方向スペクトルを有する波浪条件で水面変動および多層での水粒子速度成分間のクロススペクトル $\Phi_{mn}(\omega)$ を式(1)に基づいて算出する(手順2)。最後に得られたクロススペクトルをもとに方向スペクトルを逆推定し、手順1で設定した真値

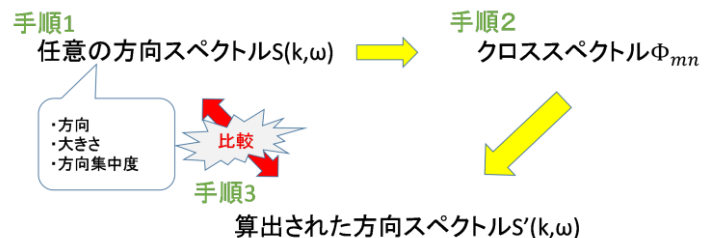


図-2 研究方法

(解)を精度よく逆推定できる事を確認する(手順3)。方向スペクトル推定法は、ベイズ法(BDM)、拡張最大エントロピー法(EMEP)および拡張最尤法(EMLM)の3つを用いて検討した。本概要では、方向集中度5の風波を想定したケース1、方向集中度100のうねりを想定したケース2、方向集中度5の風波と方向集中度100のうねりが重合する条件を想定したケース3について検討した結果を示す。なお、BDMでは波浪条件ごとにABIC(赤池のベイズ型情報量規準)最小化法によりハイパーパラメータをチューニングすることで、本誌に示す計算結果よりも精度の高い推定値が得られることも想定されるが、本数値実験は、現地観測データと異な

り方向スペクトルの推定誤差を含まない条件で実施しており, ABIC 最小化法の適用外と判断されることから, ケースごとのパラメータチューニングは実施していない。

4. 検討結果

実験結果を図 3-5 に示す。ケース 1 については, BDM では 1 層の場合および多層にした場合ともにほぼ真値を推定出来た。EMEP においては 1 層ではやや推定誤差があったのに対し, 多層にした条件ではほぼ真値を推定出来ており, 多層の波動量を方向スペクトル解析に利用することが有用であることが分かる。これに対して, EMLM は主波向の方向をある程度推定出来るものの BDM や EMEP に比べて推定精度が劣る傾向にある。また, 層数が多くなるほど, 解が不安定になる傾向がみられる。

ケース 2 について 1 層での推定結果をみると, いずれの推定方法ともピーク波向は推定出来ているものの, 方向集中度については精度が不十分であった。BDM は層数を増やすほど, 真値に近づく様子がみられた。EMEP についても層数の増加により真値に近づく傾向はあるものの, 精度の向上は限定的といえる。

ケース 3 については, EMEP ではシングルピークでは推定出来ていなかったうねりの方向集中度も含め 1 層ではほぼ真値に近い値が推定された。一方で 10 層としたケースでは推定精度が 1 層よりも低くなっていた。EMLM は図からも明らかなように十分な推定精度を有していないといえる。

以上より, BDM は層数が増えるにつれて誤差が小さくなること, EMLM は層数を増やすほど解が不安定になること, EMEP は必ずしも多層化により精度が高くなるとは言えず, 最適な波動量の組合せが決定しにくいことが分かった。

5. おわりに

本研究では, 多層データを用いた方向スペクトル解析の数値実験を行うことにより, BDM では多層データを用いることで推定精度が向上することを明らかにした。また, 推定値が真値を超えて大きな方向集中度を推定することはなかったことから, 実際の観測データに適用した際には, 方向集中度が高く推定されたケースが真値に近いと考えて良いものといえる。今後は, 実際に海象計により測定された多層の生データについて解析を行い, 多層データを用いた場合の変化について検討していく予定である。

参考文献

磯部雅彦・近藤浩右・堀川清司：方向スペクトルの推定における MLM の拡張, 第 31 回海岸工学講演会論文集, pp.173~177, 1984.

橋本典明：海洋波の方向スペクトルの推定法に関する研究, 港湾技研資料, No. 722, 1992.

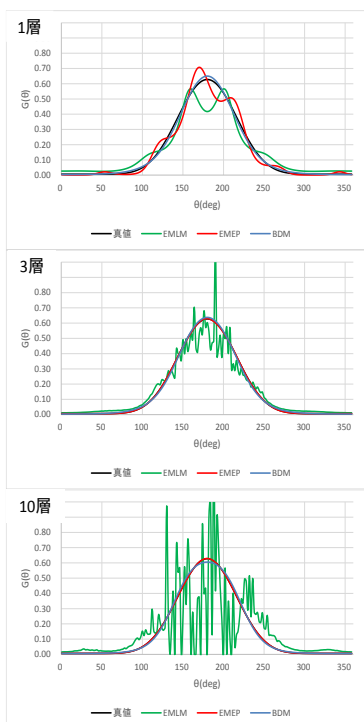


図-3 方向集中度 5.0 とした
1 方向波浪の誤差

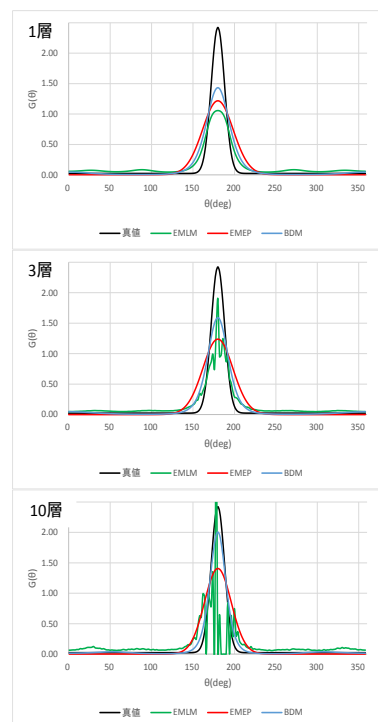


図-4 方向集中度 100.0 とした
1 方向波浪の誤差

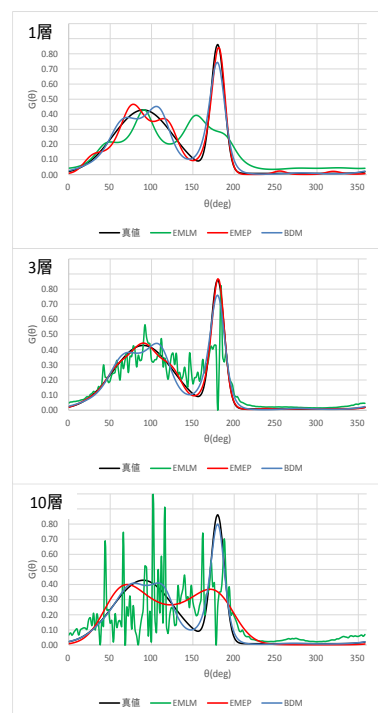


図-5 2 方向波浪の誤差