

現地観測データによる副振動のスペクトル解析

徳島大学工業短期大学部 正員 村上 仁士
 徳島大学大学院 学生員 ○ 高谷 博文
 日建工学 徳永 誠之

1. まえがき; 前回の講演会において, 著者らは, 徳島県内ニ, 三の港湾の潮位記録をもとにして Blackman-Tukey 法を用いてスペクトル解析を行ない, 諸港湾の共振周期を明らかにした¹⁾。しかしながら読取間隔5分の制限から, ナイキスト周波数0.1(1/min)周辺が不明確であった。そこで今回は, 図-1に示すような徳島県南部の那佐湾を選び観測機器(石田式変倍自記水位計: 2.4時間用にギヤを改造)を設置し, 読取間隔を1分として観測精度の向上をはかった。解析方法には, 最近地球物理学, 特に地震工学において注目されている自己回帰予測にもとづくMEM(最大エントロピー法)スペクトルを用いた。

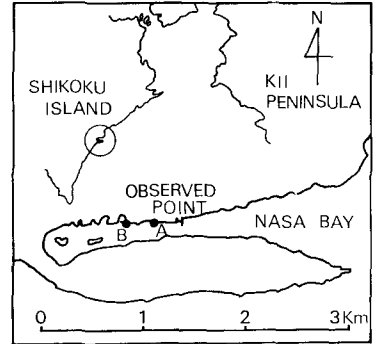


図-1 那佐湾概略図

2. MEMスペクトル; 通常行なわれているスペクトル計算法は, 短時間データの解析において種々の欠点をもつ。たとえば, 自己相関法である Blackman-Tukey 法は, データ数が不十分なき低周波帯でのパワーを示すことがある。Burgはパワースペクトルの計算のために全く異なった手法を提案した²⁾。これはスペクトル密度の Fourier 変換が自己相関関数であるという Wiener-Khinchine の関係の制限のもとで, 信号が与えられた周波数応答を伴うフィルターを通るときに起こるエントロピーの変化を最小化するフィルターを形成することである。この時エントロピーは最大化されている。このフィルターを計算するためには, 2通りの計算方法があり, 第1は Norman-Levinson のアルゴリズムを用いてマトリックス方程式を直接解法するもの³⁾, 第2は Burg によって提案された予測誤差フィルターの係数を得るために誤差パワーを最小化することによるものである。分離および Sharp さは, Burg 法が秀でており⁴⁾, 本解析は Burg 法を用いた。電算処理に関しては, Anderson が詳しく示している⁵⁾。

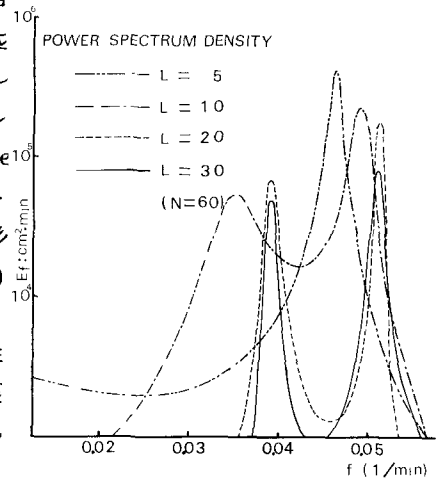


図-2 Lによるスペクトル変化

3. 合成不規則波によるMEMの特性; MEMスペクトルの計算での問題点は, 時系列が自己回帰過程に従うと仮定している点であり, 実際の時系列がどの程度満足しているかである。つまり何次過程として計算するかである。MEMの分解能を調べるために2種類の周期をもつ正弦波の合成波に約1%のホワイトノイズを加えたデータを用いた。 $X(t) = H/2 \sin((2\pi/T_1) \cdot t) + H/2 \sin((2\pi/T_2) \cdot t) + W_n$ ここで T_1, T_2 は各周期 20, 25 分, W_n はホワイトノイズ, H : 波高 = 100 cm とした。(読取間隔1分)。図-2を見ると, L(フィルター次数)の値によりスペクトル図に大きな差異が生ずる。一般にデータ数が増加するほどスペクトルは Sharp になり良い結果を生ずるが, Lの値が増加するとスペクトルは Sharp になるが, 実際のデータにない卓越周期を表わくようになり, 真の固有周期を見失いがちである。つまりLの値には最適値があることがわかる。Lの値の決定には, 赤池の FPE を用いる方法⁶⁾があるが, 実際計算してみると一般的にうまく

現象をとらえてないようであり⁷⁾、種々の L の値で計算し、適切な L の値を決定するのが最良ではないかと思われる。

4. 現地観測データによる那佐湾の共振周期の推定：観測した10ケースの記録を用いてMEMスペクトルを計算させた。図-3は観測記録の一部であり、図-4は計算したスペクトルの2~3の例である。図-4から那佐湾の共振機構は、かなり確立されており共振周期は、1次モードで20~25分、2次モードで約8分であることがわかる。これは那佐湾を2800m、900m（湾口部幅）の長方形とみなし、水深10mと仮定して $T_1 = L/\sqrt{gh}$ で計算した結果とほぼ一致している。このことから那佐湾のようなせ形の湾での共振動は、共振周期に関しては、ほぼ長方形とみなして計算してよいことになる。ここで前回は、2次モードが10~12分となっていたが、これは読取間隔5分によるナイキスト周期 $T = 10$ 分での折り返し効果が見われていたものと思われる。

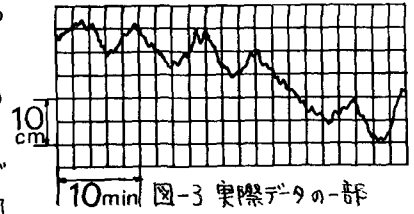


図-3 実際データの一部

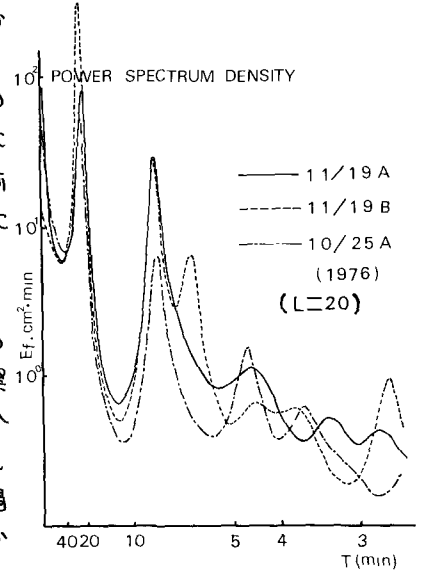


図-4 パワースペクトル図

5. パワースペクトルの時間変化：パワースペクトル計算において時系列は定常過程である暗黙の仮定がなされている。ところが実際のデータは非定常である。今回は、このデータの非定常性も考慮に入れて、データは短時間（1時間）ごとについて見ると定常であると考えスペクトルを計算し、時間変化を調べた。図-5と見れば、時間経過につれて1次モード20~25分の共振周期が明確になっていくのがわかる。2次モードは、まだ過渡状態のようでありピークの位置がまだ変動しているのがわかる。もう少し観測時間があれば、2次モードの決定される過程がわかるかもしれない。

6. おおび：本解析ではできなかったが、副振動がかなり始めて次第に共振周期が確立し、さらに減衰してしまふまでの記録が得られれば時間変動スペクトルを計算することにより、湾の共振機構が多少なりとも明らかになるのではないかと思われる。最後に観測する際に、いろいろ御援助下さった徳島県日和田土木事務所海部出張所の皆様に感謝します。

参考文献

- 1) 村上仁士，高谷博文：徳島県に於ける、三の港湾の副振動解析，中部学術講演会要録集，PP.41~42（1976）
- 2) Burg, J.P.: A new analysis technique for time series data, paper presented at A.S.I.-S.P. NATO, Enschede, Netherlands, (1968)
- 3) Levinson, H.: The Wiener RMS error criterion in filter design and prediction, J. Math. Phys., 25, 281~278 (1947)
- 4) Radoski, H.R., Fougere, P.F. & Zawolick, E.J.: A comparison of power spectral estimates and applications of the maximum entropy method, J. Geophys. Res., 80, No.4, 619~625 (1975)
- 5) Anderson, M.: On the calculation of filter coefficients for maximum entropy analysis, Geophys., 39, 69~72 (1974)
- 6) Araiike, H.: Power spectrum estimation through autoregressive model fitting, Ann. Inst. Statist. Math., 21 (1973)
- 7) 佐藤 邦明，渡辺 邦夫：MEM法によるJRF水位-27層変動スワトル計算，水理講演会論文集，pp225~230，(1977)

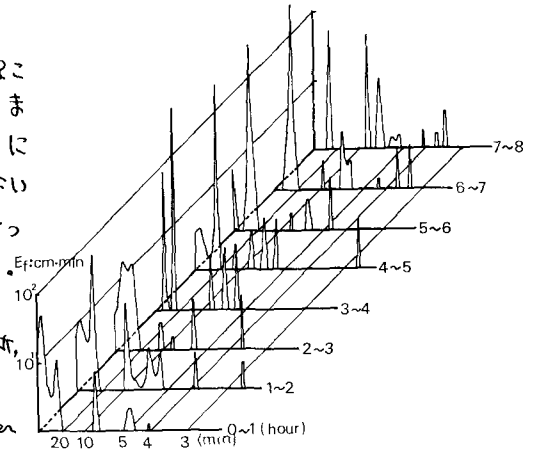


図-5 パワースペクトルの時間変化