

徳島大学工学部 正会員 北野利一
 徳島大学大学院 学生員 ○ 中川博和
 徳島大学工学部 正会員 中野 晋

1. はじめに 不規則波の波別解析を行う際、従来ゼロクロス法による個別波定義が用いられてきている。個別波の波高の統計分布の理論としては、狭帯スペクトルの仮定のもとに Rayleigh 分布が導かれている。しかし、現実の海の波のような理論の適用外と考えられる広帯域スペクトルの波の波高に対しても、Rayleigh 分布が結果的に十分適用可能であることがシミュレーション等により確認されている(Goda, 1970)。その理由として、『ゼロクロス法で個別波分割するという操作が数学的解析になじみにくいため、明快な結論を引き出すことはむずかしい(合田, 1992)』が、『無数の極大・極小を無視して個波をゼロクロス法で定義することによって、スペクトルを狭帯域化している(合田, 1992)』のではないかと考えられている。そこで、本研究では、ゼロクロス定義による個別波分割法がスペクトル狭帯化の操作であるのかという疑問を出発点として、スペクトルの狭帯化という視点で、オービタル定義による個別波分割法はゼロクロス法を一般化したものになっていることを示す。また、ここで言う「スペクトル狭帯化」の意味と仕組みについて検討する。その応用として、一方向に進行する不規則波の個別波の伝播について考察する。

2. 多成分波により構成される広帯域波の例 図-1(a) は3成分波の時系列の一例である。図中の区間 A における極大・極小値はゼロクロス定義により波としてはカウントされないのに対し、区間 B の極大・極小値はゼロクロス法により波として定義される。図-1(b) は、水位変動を実軸にその Hilbert 変換したものを虚軸にとった複素水位変動の位相平面上での軌跡を描いたものである。注目すべき点は、区間 A における変動と区間 B における変動は、位相平面上では同種のものであることがわかる。つまり、いずれの変動も原点を中心に一周する基本変動に伴伴する原点を内部に含まない閉曲線である。オービタル法による個別波定義は、原点を中心として一周する軌跡をとる区間で波分割を行うものであり、区間 A および B における変動を同等に波とカウントしない。また、これらの区間での変動は基本変動の周波数より高周波の変動であり、これら高周波成分を除去して個別波分割を行うという観点では、オービタル法はゼロクロス法を一般化したものであることがわかる。なお、ゼロクロス法により波と定義されるがオービタル法ではされない変動を false wave とよぶことにする(Pires-Silva and Medina, 1994; 北野ら, 1997)。

3. 不規則波シミュレーションによる狭帯化の具体的検討 実際の不規則波のスペクトルは数少ない離散的なものではなく、連続関数で表現されるべきものである。そこで、以下では成分数をなるべく増やすことにより、連続的なスペクトルをもつ不規則波に近づけた数値シミュレーションを行った。ここでは、Wallops スペクトル ($m=4$) を

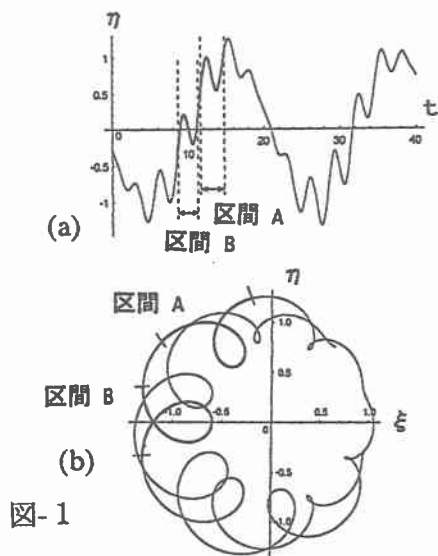


図-2

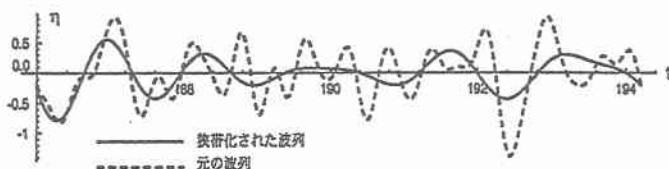


表-1

	単位(波)		
	ゼロクロス法	オービタル法	false wave
元の波列	298	275	23
高周波除去後の波列 (峰+谷で1波と定義)	216	212	4

用いた。個別波分割によりカウントされなくなる高周波の程度を知るために false wave の周波数を目安にもとのスペクトルから高周波部分をカットし、逆 Fourier 変換により狭帯化された時系列を作成した。表-1 からわかるとおり元の広帯域スペクトル波のゼロクロス波とオービタル波の波の数の差と比較して、狭帯化後の波列の両者の波の数の差がほとんど無いことがわかり、false wave のような高周波の変動が無くなっていることがわかる。しかし、波の総数はかなり減少しており、このことから、元の波列の個々の波と狭帯化による個々波が1対1に対応していないことがわかる。そこで、元の波列の個別波分割により区分化された時間間隔で元の波と狭帯化された波の相関係数 ρ を調べることににより個別波として一致しない時間区分箇所を調べた。つまり、false wave を含むか否かにかかわらず個別波の波形がほぼ一致する場合には、 $\rho \approx 1$ となるが、個別波の区間が一致せず峰谷となる時刻が異なる場合には $\rho \approx 1$ とならないことが予想される。図-2 に相関係数が1から大きく離れる時間区分での波形を例示した。元の波列において高周波の波が連続するような区間の波列が、狭帯化により元の波列と異なり、波の数が減少している。つまり、当該区間においては、これらの高周波の波が基本成分の波となり、オービタル法によっても波としてカウントしていることがわかる。従って、個別波分割によるスペクトルの狭帯化作用というのは、全時間領域を対象としたスペクトルの狭帯化ではなく、局所的に区分された時間領域を対象としたスペクトルの狭帯化であるといえる。

4. 個別波分割された一方向波列の伝播 一方向に伝播する不規則波列について、進行方向に一致した空間軸の各点での時系列に対してゼロクロス法およびオービタル法による個別波分割を行った。図-3 はその一例である。false wave は平均的な波の一波長程度の短い区間で消滅していることがわかる。従って、オービタル法により分割された個別波は途中で分裂したり消滅したりすることが少なく、個々波の伝播の様子が適切に表現されていると考えられる。

5. 結論 スペクトルの狭帯化という観点から、オービタル定義による個別波分割法はゼロクロス法を一般化したものになっており、その狭帯化の意味としては、全時間領域を対象としたスペクトルの狭帯化ではなく、数波程度のごく短い、局所的な時間領域を対象としたスペクトルの狭帯化となっていることがわかった。また、空間的に変形しながら進行する波について個別波毎に追跡する際には、ゼロクロス法より、その一般化されたオービタル法が有効であることがわかった。

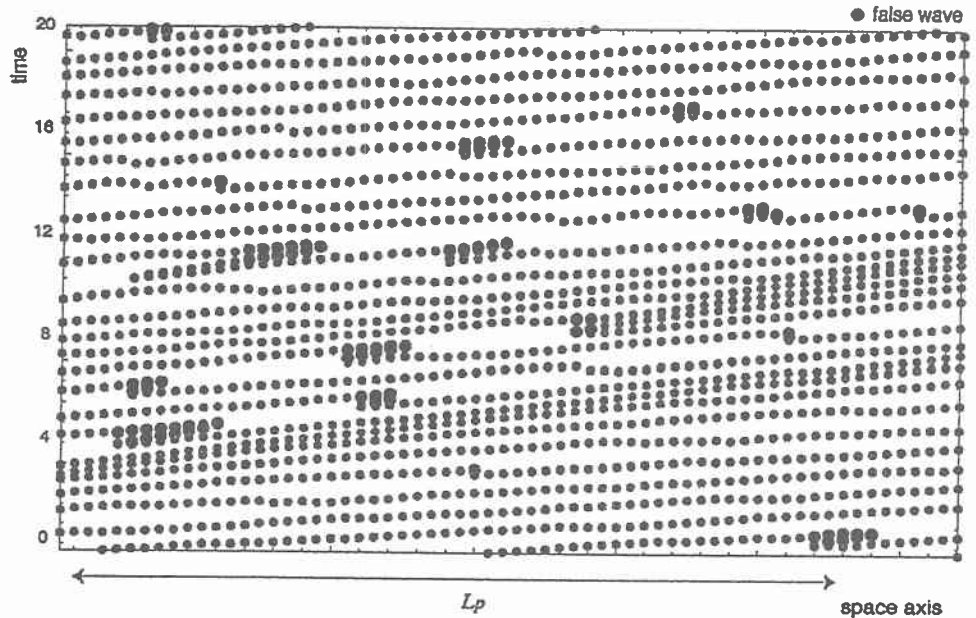


図-3

参考文献

北野利一・中野晋・大野嘉典・間瀬肇 (1997): 複素表現を用いた非線形不規則波の統計解析, 海岸工学論文集, Vol.44, pp.171-175.
 Goda, Y. (1970): Numerical Experiments on Wave Statistics with Spectral Simulation, Rept. Port and Harbour Res. Inst., No.4, pp.3-57
 合田良美 (1992): 不規則波の研究の流れと展望, 第28回水工学に関する夏期研修会講義集, B-5-1~20.
 Pires-Silva, A. A. and J. R. Medina (1994): False Waves in Wave Records, Ocean Engng., Vol.21, No.8, pp.765-770.