

スペクトル波浪相関による波浪実況推定手法とカムインズによる実時間運用の試行

Real-time Wave Information System based on the Spectrum Correlation Analysis
and Its Practical Use through COMEINS

李 在炯*・永井紀彦**・里見 茂***・小澤康彦****・
吉田秀樹*****・竹下 彰*****・森谷誠生*****・額田恭史*****
LEE Jae Hyeng, NAGAI Toshihiko, SATOMI Shigeru, OZAWA Yasuhiko,
YOSHIDA Hideki, TAKESHITA Akira, MORITANI Nobuo and NUKADA Kyoushi

* (財) 沿岸技術研究センター 波浪情報部 主任研究員

** (独) 港湾空港技術研究所 海象情報研究室長

*** (独) 港湾空港技術研究所 海象情報研究室 研究官

**** 九州地方整備局 宮崎港湾・空港整備事務所長

***** 九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所長

***** (株) 東京久栄 環境事業部 環境創出部担当部長

***** (財) 沿岸技術研究センター 波浪情報部 業務第一課長

***** 前 (財) 沿岸技術研究センター 波浪情報部 主任研究員

Though observed wave data is used as very important port information, wave gages cannot be installed off all the ports and harbors owing to financial and social restrictions. This paper introduced ① a newly developed wave information system of the Miyazaki-Port using the observed directional wave spectrum data off the Hososhima-Port by means of spectrum correlation analysis, and ② the practical use through COMEINS that is providing real-time wave information on website. By using the developed wave information system through COMEINS, the real-time wave information will be supplied to the ports where no available wave data exists.

Key Words : NOWPHAS, COMEINS, wave information, spectrum correlation, real-time

1. はじめに

港湾における施設整備・管理, 荷役, 防災などに波浪情報は不可欠である。本論文では, 定常的な波浪観測の維持が困難となった宮崎港を例に, 隣接する細島港の観測データを用いて宮崎港の波浪実況を推定する手法の提案を行い, その有効性を示すものである。

さらに, 実務への応用として, 本手法をカムインズ (沿岸気象海象情報システム) に組み込むことにより, 波浪実況推定情報のリアルタイム配信サービスが可能なことを例示する。

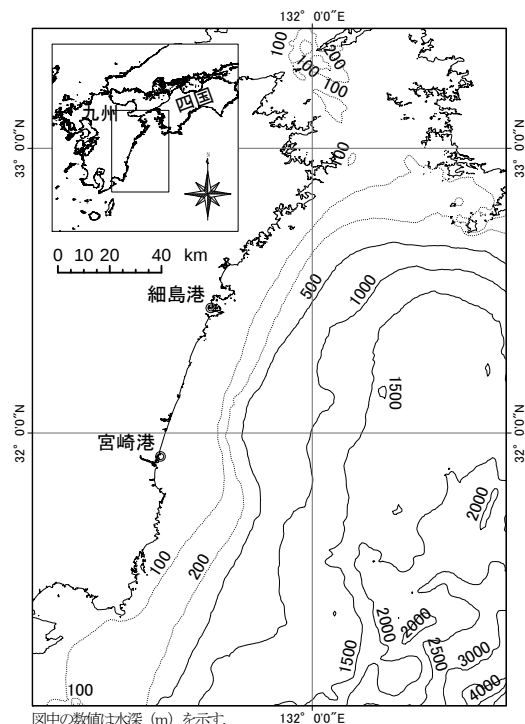
2. 波浪観測

表-1 に宮崎港と細島港における波浪観測の概要を示す。

表-1 波浪観測の概要

	宮崎港 (サザンウェーブ)	宮崎港簡易観測	細島港
波高計設置位置	北緯 31° 49' 08"	(サザンウェーブ)に同じ	32° 26' 36"
	東経 131° 35' 07"		131° 43' 42"
	水深 C. D. L-29.0m		C. D. L-46.9m
観測機器	波高 超音波式波高計	超音波式波高計	海象計
	波向 超音波式波向計	電磁流速計	
観測時間	毎偶数正時の前後 20 分間	連続観測	連続観測
	サンプリング間隔 0.5 秒	サンプリング間隔 0.5 秒	サンプリング間隔 0.5 秒
観測期間	1990 年 4 月～ 2003 年 5 月 31 日	2003 年 8 月 25 日～2003 年 11 月 13 日	2002 年 3 月 20 日～現在

長周期波浪成分の同時観測情報が不十分であったことを考慮し, 2003 年 8 月～11 月の台風期について, 並行観測が行われた。



図中の数値は水深 (m) を示す。

図-1 並行波浪観測地点 (細島港と宮崎港)

3. 波浪特性の概要

細島港では、四国の影響で北よりの吹送距離が短く、この方向の波は宮崎港と比較して発達しにくいと考えられる。また、波浪が港湾に及ぼす影響を考慮して、NE-E-SSW の波向の波を検討の対象とした。細島（平均海面下 47m）及び宮崎（同 29m）の波高計の設置水深から、波が海底の影響を受ける目安となる半波長水深に相当する波の周期は、細島で 7.8s、宮崎で 6.1s である。これより長い周期の波は、水深の変化による屈折や浅水変形などを受けることになる。

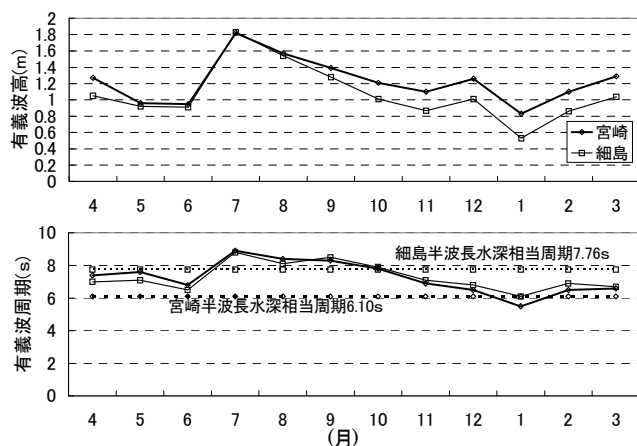


図-2 有義波高・有義波周期の月別平均値

細島港と宮崎港の有義波の月別平均値を図-2 に示す。北よりの波浪が多く観測される冬季には、細島に比べ宮崎で波高が高い傾向にあるものの、年間を通してほぼ同じような変動が見られる。

高波浪時は、主に 10s～15s の周期帯が卓越し、8s～30s の周期帯の合成波高がほぼ有義波の実測値と一致している（図-3）。なお、周期帯の区分を表-2 に示す。

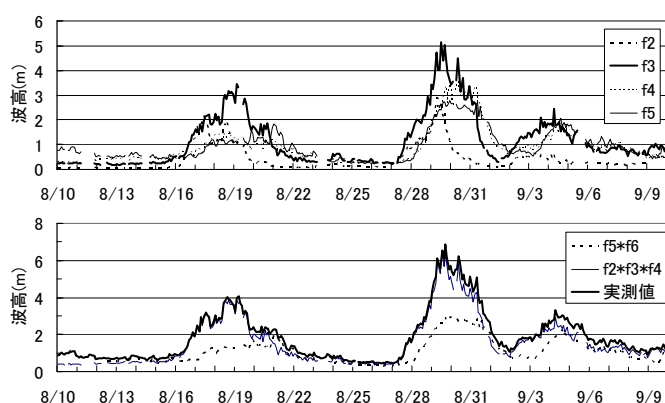


図-3 周期帯成分波の経時変化（宮崎港）

表-2 周期帯の区分

区分	対応周期	区分	対応周期
f1	30.0s 以上	f4	8.0s～10s
f2	15.0s～30.0s	f5	5.0s～8.0s
f3	10.0s～15.0s	f6	5.0 以下

比較的大きい長周期波高が観測された 2003 年 9 月～10 月の宮崎港では、長周期波高と有義波高の経時変化の変動傾向は概ね一致している（図-4）。

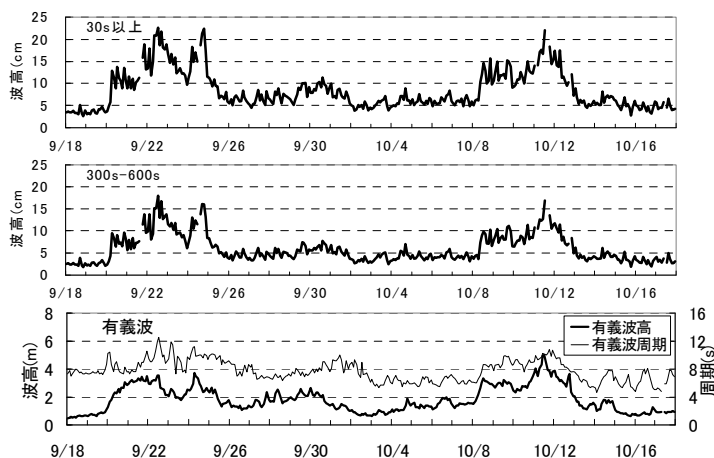


図-4 長周期波の経時変化（宮崎港）

4. 波浪の周期帯別相関解析と実況推定

並行観測期間中の両観測点におけるデータの波浪諸元について相関性を解析し、得られた回帰式を用いて細島港沖の波浪観測情報に基づいて宮崎港沖の波浪実況の推定を行った。

4.1 波浪の相関解析

細島港の波向別に波高、周期について直線回帰により両者の相関を検討し、細島と宮崎に強い相関があることがわかった。

細島港の波向を基準として、同一時刻の宮崎港の波向差（宮崎港波向－細島港波向）の頻度分布を求め、細島港の各波向に対する波向差の出現頻度を検討した。この関係を利用して、細島港の波向別に宮崎港の波向を推定することとした（表-3、時計回りを正）。

表-3 波向き差の度数のピーク

細島波向	NE, ENE, E	ESE	SE	SSE, S, SSW
補正角(度)	5	15	25	35 (参考値)

スペクトル解析で得られた周期帯別波浪 (f1～f6 周期帯) の f2～f5 の周期に対して、細島港の波向毎に直線回帰により両者の波高の相関を調べた。なお、波高の小さいデータの波向は一般に不安定なため、0.25m 未満の波高のデータは解析から除外した。なお、f1 と f6 については波向きが正確に規定できないため、全波向のデータで相関関係を調べた（表-4）。

短い周期の波は、局所的な風の影響もあるが、比較的良好な相関となっている。

周期 30s 以上の長周期波高についても、同様の解析を行った（表-5）。

表-4 周期帯波高の相関解析

	f2 (16.0s~25.6s)				f3 (10.7s~14.2s)			
	近似式 (y=ax+b)		相関係数R	データ数	近似式 (y=ax+b)		相関係数R	データ数
	a	b			a	b		
NE	-	-	-	1	-	-	-	2
ENE	1.0707	0.0675	0.6910	18	0.8936	0.0971	0.8820	25
E	0.8875	0.1523	0.8718	158	0.9443	0.1072	0.8929	664
ESE	0.6979	0.2134	0.8924	134	0.9297	0.0962	0.9371	738
SE	0.8907	0.1293	0.8699	141	0.9778	0.0780	0.9551	284
SSE	0.6545	0.3575	0.8083	49	0.8100	0.3415	0.8810	92
S	-	-	-	1	0.7452	0.4376	0.9150	7
SSW	-	-	-	0	-	-	-	1
全方向	0.9234	0.0249	0.9338	2944	0.9668	0.0563	0.9464	2944

	f4 (8.0s~9.8s)				f5 (5.0s~7.5s)			
	近似式 (y=ax+b)		相関係数R	データ数	近似式 (y=ax+b)		相関係数R	データ数
	a	b			a	b		
NE	-	-	-	0	0.5498	0.9676	0.1944	21
ENE	1.2379	-0.1495	0.9466	7	0.8665	0.7874	0.4051	113
E	0.8086	0.1636	0.8092	536	0.6708	0.6190	0.4670	448
ESE	0.9224	0.1040	0.9029	888	0.9782	0.3295	0.7956	661
SE	0.9740	0.0631	0.9554	531	1.0228	0.2173	0.8693	464
SSE	0.9229	0.0934	0.9323	223	0.8151	0.2790	0.8017	337
S	0.8044	0.0656	0.8686	23	0.8426	0.2410	0.7103	76
SSW	-	-	-	0	6.1220	-1.4990	0.9285	3
全方向	0.9474	0.0688	0.9310	2944	0.9630	0.3020	0.7455	2944

表-5 長周期波高の相関解析

	30s~			60s~300s		
	近似式 (y=ax+b)		相関係数R	近似式 (y=ax+b)		相関係数R
	a	b		a	b	
NE	0.5786	-0.9553	0.8427	0.5465	0.0048	0.7876
ENE	0.5002	0.9995	0.4803	0.4790	0.7413	0.5676
E	0.8733	-0.4816	0.5934	1.0733	-1.6012	0.7572
ESE	1.2157	-2.4309	0.8089	1.1963	-1.8721	0.8259
SE	0.7086	0.6056	0.6218	0.7265	0.3728	0.6642
SSE	0.4132	2.0648	0.4247	0.6109	0.6676	0.5813
S	0.7907	-0.3736	0.6321	0.7268	0.1667	0.6153
SSW	0.0647	4.3487	0.1100	0.2321	2.2281	0.3581
全方向	0.9653	-1.1597	0.7036	1.0058	-1.0842	0.7594

4.2 波浪の推定及び検証

(1) 有義波高及び周期帯別波高

周期帯別波高から有義波高を求めるには次のエネルギー合成の式を用いる。

$$\text{有義波高} = \{(f1)^2 + (f2)^2 + (f3)^2 + (f4)^2 + (f5)^2 + (f6)^2\}^{1/2}$$

ここで、(f1)~(f6)は各成分の波高を示す。

周期の比較的最長い f2 や f3 は、短周期の f5, f6 に比べて推定値は実測値とよく一致している (図-5)。周期の長い波の発達には、比較的最長い時間と広い空間が必要なため、離れた場所である細島と宮崎でも発生原因の重なりが大きいのにに対し、短い周期の波では発生原因が局所的である場合が多いためであると考えられる。

(2) 長周期波

長周期波についても同様の相関解析手法を用いて、細島の観測データから宮崎港の波高推定を試みたところ、概ね妥当であることがわかった (図-6)。

5. カムインズによる実時間運用

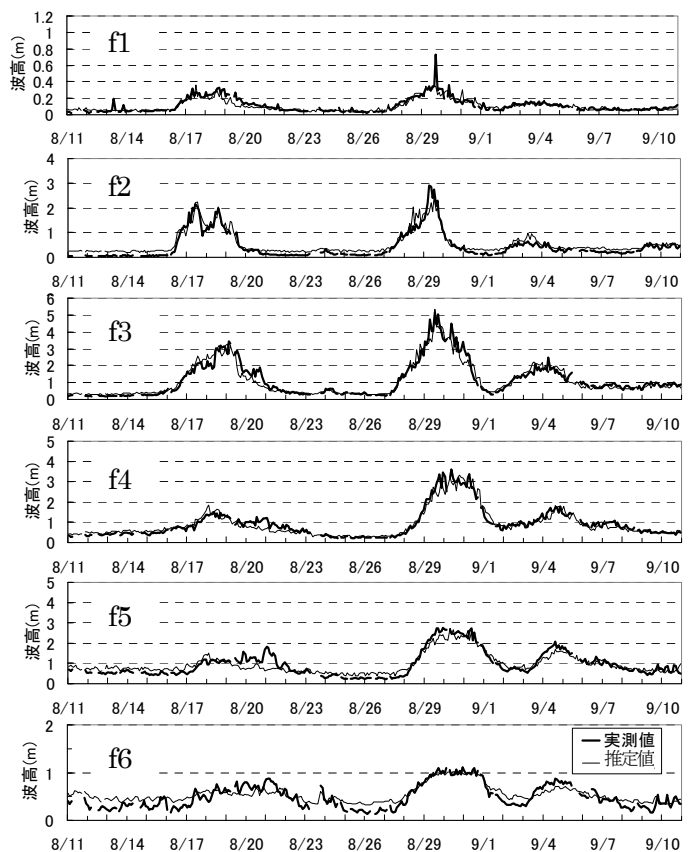


図-5 周期帯別波高の換算結果の検証

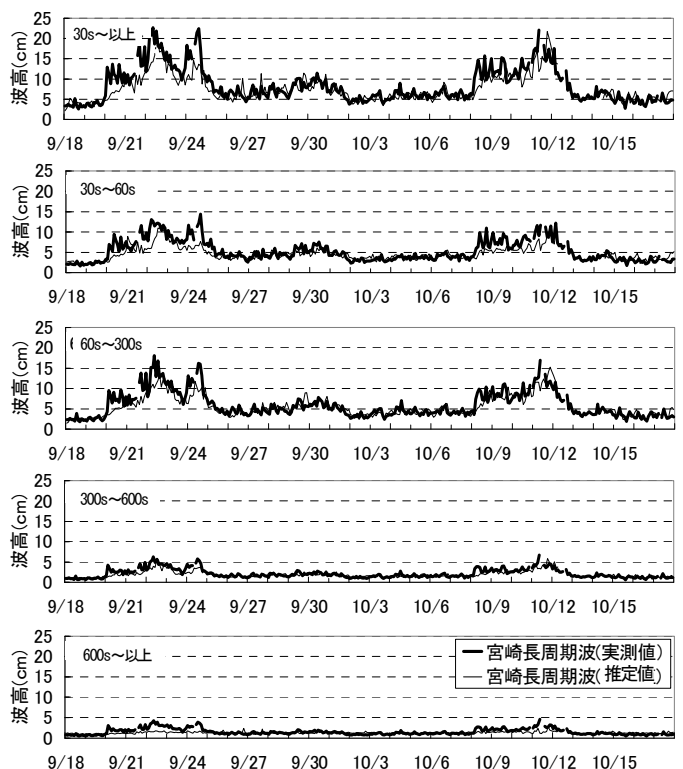


図-6 長周期波の換算結果の検証

カムインズは、港湾における施設管理、工事、荷役や防災対応に必要な波浪実況や予測などの気象海象情報をリアルタイムで配信するシステムであり、平成 16 年度からは専用端末方式に代わって、Web 配信方式でのサービスを行っている。

このカムインズにスペクトル波浪相関を用いた波浪実況推定手法を組み込むことで、波浪観測が行われていない宮崎港の波浪実況推定情報のリアルタイム配信が可能になる。

図-7 は、ナウファス（全国港湾海洋波浪情報網）でリアルタイム集信・処理された細島港の周期帯別波浪実況データをカムインズが受け取り、前章の手法で計算された宮崎港沖の波浪実況推算値をリアルタイムで Web 配信した場合の提供情報の画面の例である。上段は有義波の

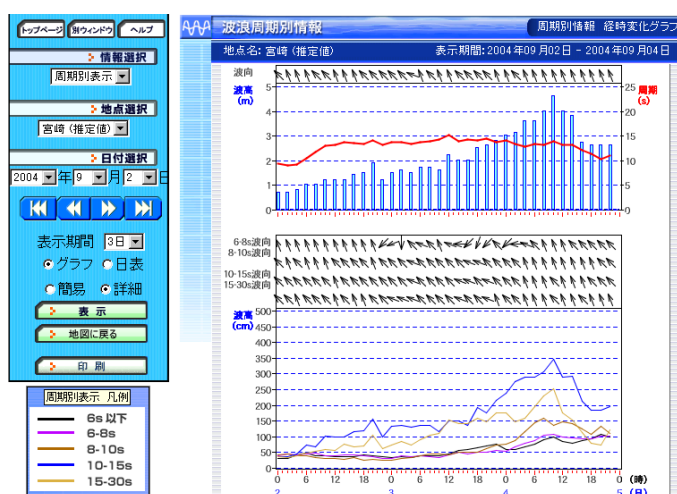


図-7 カムインズへの活用（イメージ図）

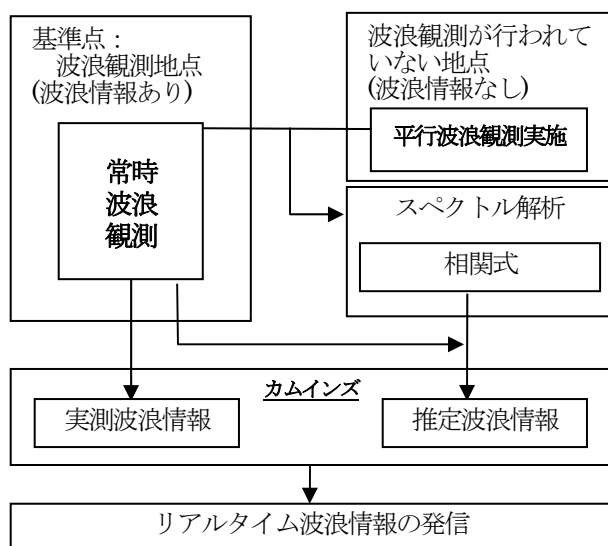


図-8 波浪実況推定手法のカムインズによる運用

経時変化、下段は周期帯波浪の経時変化である。

図-8 は、波浪推定のために対象地域で事前に行われる並行波浪観測及びそれにより確立される波浪推定法からカムインズによる波浪情報発信までのプロセスを一連のフローとして示している。このように、前章の推定手法とカムインズのリアルタイム処理・配信機能を組み合わせることにより、宮崎港以外にも波浪の常時観測が行われていない地点の実況推定情報の提供が可能である。

6. まとめ

近隣の波浪観測データとの間のスペクトル波浪相関関係を利用することにより、常時波浪観測が実施されていない場所の波浪実況の推定が可能であることが示された。この推定手法をカムインズに組み込むことにより、波浪実況推定情報のリアルタイム配信サービスが可能になった。

最後に、本稿は、文献5)をもとに、カムインズでの実時間運用を通じた新たな波浪実況推定情報提供によるサービス拡充の可能性について追記したものであることを述べ、結語とする。

参考文献

- 1) 永井紀彦・上田裕章・福岡康宣・小山良明：方向スペクトルを考慮した近接観測点における波浪相関の検討事例，海岸工学論文集，第 49 巻，土木学会，pp. 1481-1485，2002.
- 2) 橋本典明・永井紀彦・高山知司・高橋智晴・三井正雄・磯部憲雄・鈴木敏夫：水中超音波のドップラー効果を応用した海象計の開発，海岸工学論文集，第 42 巻，土木学会，pp. 1081-1085，1995.
- 3) 合田良実監修，海象観測データの解析・活用に関する研究会編集：波を測る（沿岸波浪観測の手引き），（財）沿岸開発技術研究センター，212p.，2001.
- 4) 永井紀彦・額田恭史・岩崎峯夫・久高将信：切れ目のない連続観測とスペクトル周期帯表示による全国沿岸の長周期波観測情報システム，海洋開発論文集，第 18 巻，土木学会，pp. 149-154，2002.
- 5) 永井紀彦・里見 茂・小澤康彦・吉田秀樹・竹下 彰・額田恭史：スペクトル波浪相関に基づく宮崎港波浪予測情報システムの構築，海洋開発論文集，第 21 巻，土木学会，2005.