

SeaSonde 海洋短波レーダーによる波浪観測

CODAR Ocean Sensors Dr. Donald Barrick
 Ms.Laura Pederson
 スリーエスオーシャンネットワーク(有)勝呂一彦



30年の研究結果、なぜ波浪データが信頼性のあるものとなったか

- より低い低周波数による運用は以前の限界に打ち勝つ
 - 高い海況下においてエコーを飽和しない <u>全ての</u> 波高は計測可能である
 - 波浪計測において速い流れの計測に限度がない
 - 新しいウェーブインヴァージョンモデルはより強固なウェーブパラメーターになる
 - 新しいウェーブフォーマットは低い波高観測するための地方局近傍のレンジセルで良い信号強度を確保する
 - Bodega Marine Laboratoryによるデータ出力と真の比較
- 台風下で得られた海上保安庁殿へ納入された5 MHzシステムでの結果
 - 極めて高い波の海況でオレゴン州で取得された5 MHzシステムでの結果
- SeaSonde波浪パラメーター出力例

From: Lipa and Nyden, "Directional Wave Information from the SeaSonde", IEEE Journal of Oceanic Engr.





BMLで運用されて いる3基の13MHz SeaSondes

波浪ソフトの 'Truth
 を使用したS4電磁流
 速計

 波浪データは黒く塗 潰された領域から得ら れています

BMLによる有義波高データ比較







BMLによる支配的な波の周期データ比較

<u>天候の荒れた12月の海況</u>





BMLによる平均的な波向データ比較



<u>天候の荒れた12月の海況</u>



BMLによるSeaSondeから得られた平均的な風向データ



<u>天候の荒れた12月の海況</u>







海上保安庁殿システムによる有義波高データ比較





海上保安庁殿システムによる支配的な波周期データの比較



<u>2001年台風時の波浪</u>



海上保安庁殿システムによる平均的な波向データ比較



<u>2001年台風時の波浪</u>



海上保安庁殿システムによる平均的な風向データの比較



<u>2001年台風時の波浪</u>







猛烈な冬の嵐が過去
 に海洋レーダーで観測
 された最大の波浪をも
 たらした

 Washburnに13MH z周波数帯で運用された SeaSonde一局が設置
 この周波数はこの 嵐の中の波浪を計測 するには不適当

 Winchester湾に5M Hzで運用されたSeaSo nde一局が設置
 低周波数帯はこの 嵐の中の波浪を計測 処理

 黒く塗潰された範囲 が波浪情報を抽出する 為に利用された領域





SeaSondeで提供される波浪データの例











1970年代に理論上の根拠は非線形電磁気と流体力学の方程式から導き出されました



Barrick, D. (1971), Dependence of second-order Doppler sidebands in HF sea echo on sea state, *IEEE G-AP Internat. Symp. Digest*Hasselman, K. (1971), Determination of ocean wave spectra from Doppler radio return from the sea surface, *Nature*.
Barrick, D. (1972), Remote sensing of sea state by radar, in *Remote Sensing of the Troposphere*Barrick, D. (1977), Extraction of wave parameters from measured HF radar sea-echo Doppler spectra, *Radio Sci.*Lipa, B. (1978), Inversion of second-order radar echoes from the sea, *J. Geophys, Res.*

• Second-Order Doppler Spectrum Model $\sigma^{(2)}(\omega, \varphi) = 2^{6} \pi k_{o}^{4} \sum_{m, m'=\pm 1} \int_{-\infty}^{\infty} dp \int_{-\infty}^{\infty} dq |\Gamma|^{2} S(m \mathbf{k}) S(m' \mathbf{k'}) \delta\left(\omega - m \sqrt{gk} - m' \sqrt{gk'}\right)$ where: $S(\mathbf{k})$ = waveheight directional spectrum $\mathbf{k} = (p - k_{o}, q); \quad \mathbf{k'} = (-p - k_{o}, -q)$ such that: $h^2 = \iint d^2 \mathbf{k} S(\mathbf{k}) = \text{rms wave/roughness height}$ $-2\mathbf{k}_{o} = \mathbf{k} + \mathbf{k}' - -$ Second-order Bragg wavevector relation constraint: **Coupling Coefficients:** $\Gamma \equiv \Gamma_{H} + \Gamma_{EM}$ **Hydrodynamic:** $\Gamma_{H} = \frac{-i}{2} \left[k + k' - \frac{(kk' - k \cdot k')(\omega^{2} + \omega_{B}^{2})}{mm' \sqrt{kk'}(\omega^{2} - \omega_{B}^{2})} \right]$ **Electromagnetic:** $\Gamma_{EM} = \frac{1}{2} \left| \frac{(\mathbf{k} \cdot \mathbf{k}_{o})(\mathbf{k}' \cdot \mathbf{k}_{o})/k_{o}^{2} - 2 \mathbf{k} \cdot \mathbf{k}'}{\sqrt{\mathbf{k} \cdot \mathbf{k}'} - k_{o} Z} \right|$

波浪データを得る為の限界は運用する短波周波数による この限界はいかなる海洋短波レーダーにも適用される



Notes:

- 1. Wave information availability depends on external environmental factors like noise and radio interference. When these are high, accuracy and resolution suffer also.
- 2. Table below summarizes wave parameter limits with radar operating frequency.
- 3. Strong near-shore currents limit availability of longer-period wave information, according to the last columns of the table below.

Tx Frequency	Sig. Wavehe ight (m)	Wave P eriod (s)	Max. Radial Current Speed
(MHz)	Min. Max.	Min. Max.	(cm/sec)
5	1.6 16	4 16	230
13	1 6	3 16	80
25	1 3	3 16	45
45	0.8 1.8	3 16	30