

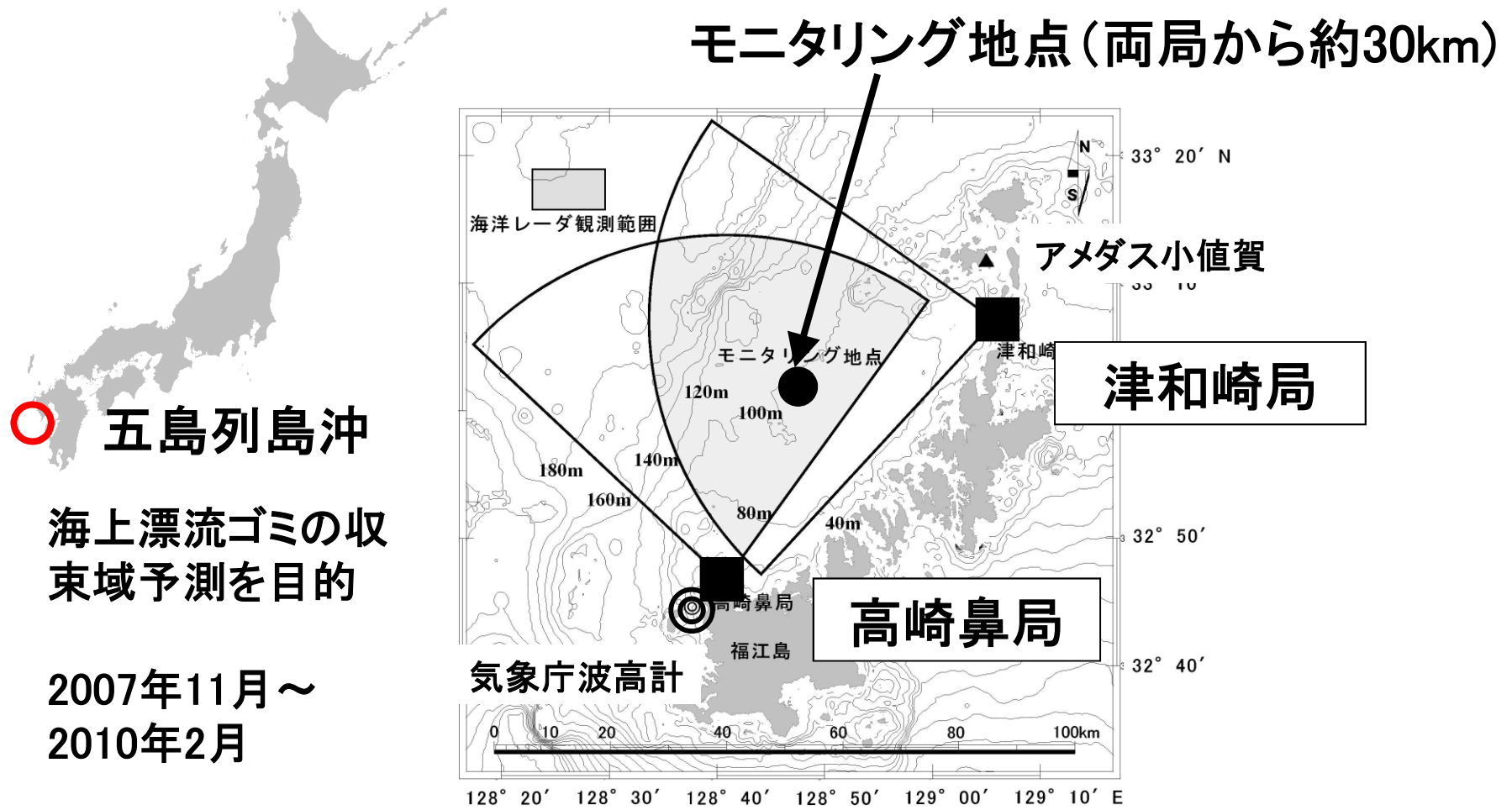
短波海洋レーダ観測データの エネルギー補正による 波浪推定精度の向上

永松(国際航業)、橋本(九大大学院)、
金津、岡(国際航業)、
藤田(長野日本無線)、日向(国総研)

研究の背景

- 海洋レーダによる流れ計測は既に実用化されている。海上浮遊ゴミの回収効率化に向けた利活用(日向ら,2008など)などが行われている。
- 海洋レーダによる波浪計測は、実用的な波浪推定法が提案されている(久木(1996)、橋本、徳田(1999)ほか)。実証観測例が少なく、実用化が遅れている。
- 長崎県五島列島沖での海洋レーダの観測データにより、波浪推定精度を向上させる取り組みを行ったので報告する。

五島列島沖での短波海洋レーダ観測



五島列島での短波海洋レーダ観測



高崎鼻(たかさきばな)局

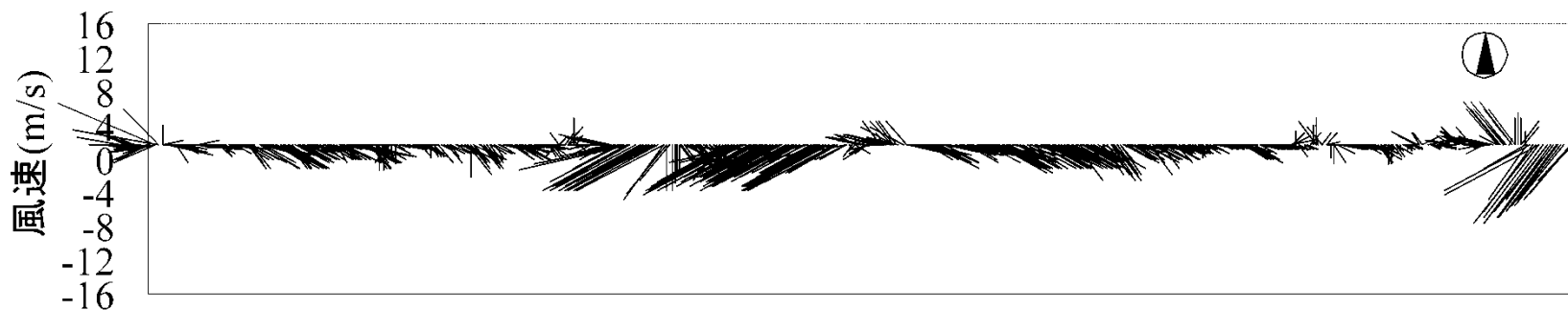
五島列島での短波海洋レーダ観測



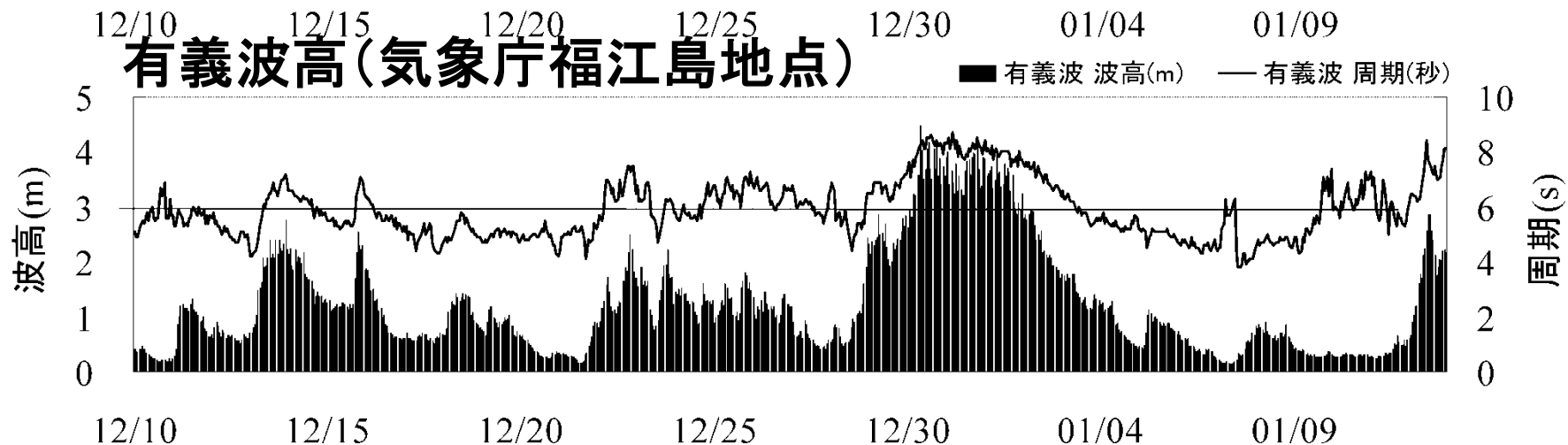
津和崎(つわざき)局

観測期間の風、波浪

風(アメダス小値賀地点)

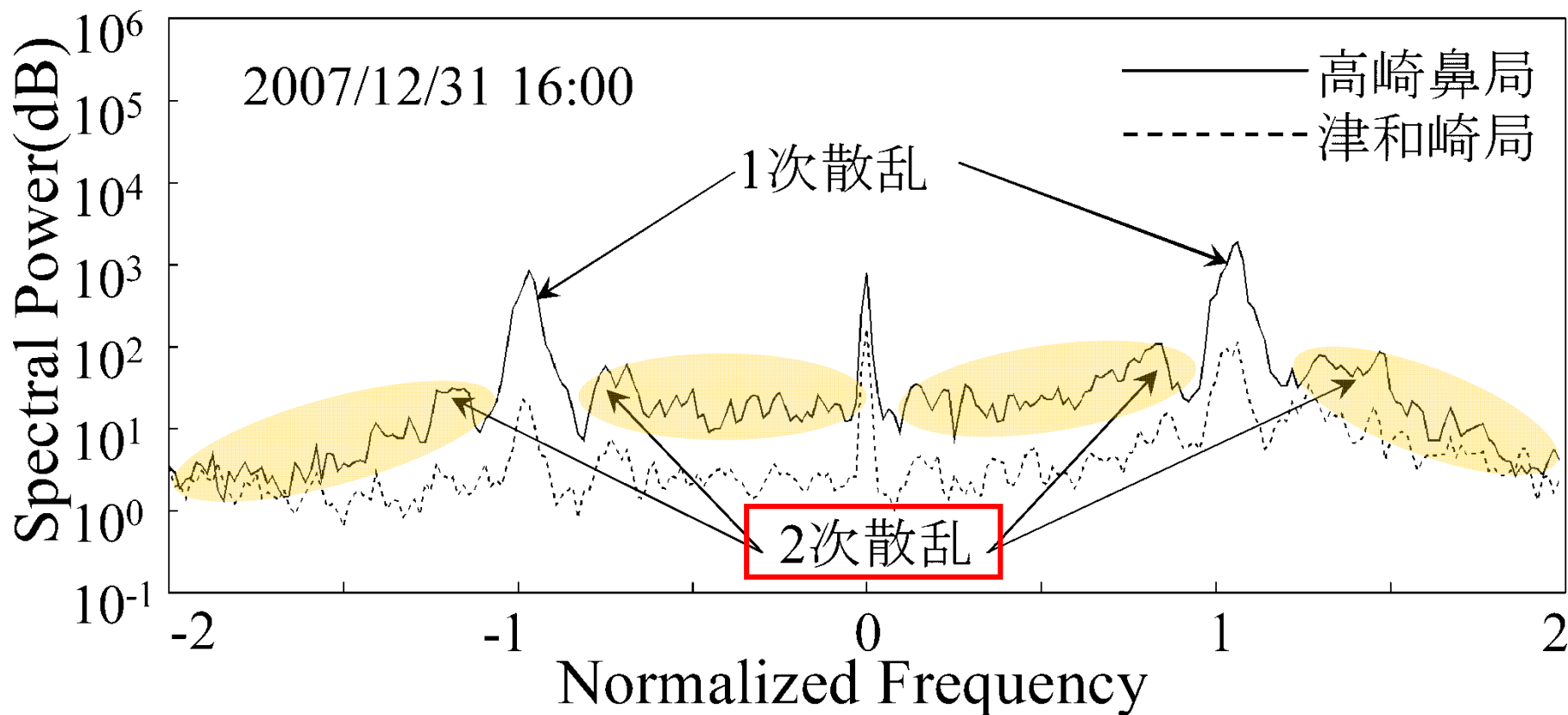


有義波高(気象庁福江島地点)



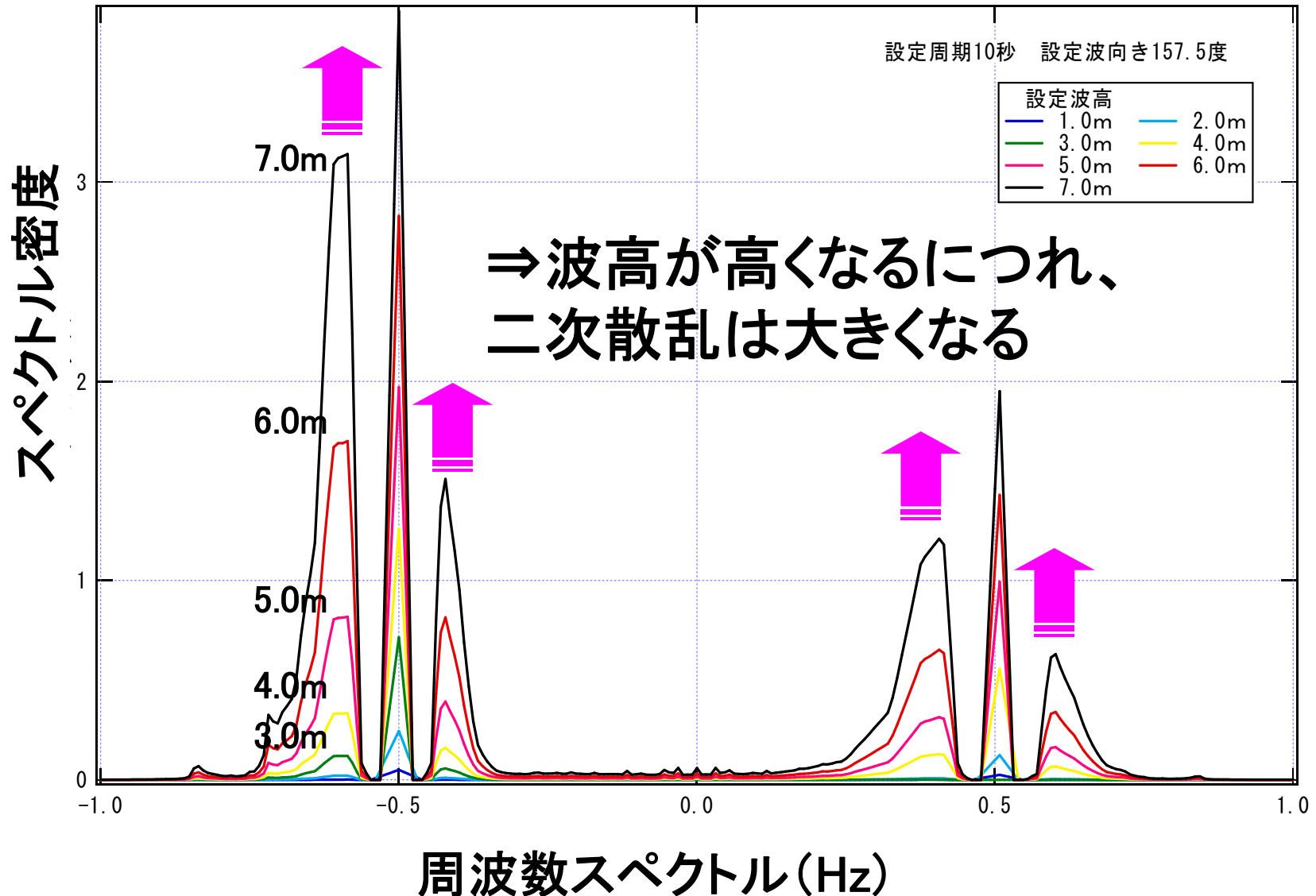
海洋レーダ観測範囲に波高計なし⇒WAMによる波浪場推定

レーダーが観測したモニタリング地点のドップラスペクトル



1次散乱⇒流れ 2次散乱⇒波浪

波高と二次散乱の関係



二次散乱 $\sigma(2)$

二次散乱成分 $\sigma_{(2)}$ の非線形積分方程式 (Barrick, 1972)

$$\sigma_{(2)}(\omega) = 2^6 \pi K^4 \sum_{m_1=\pm 1} \sum_{m_2=\pm 1} \iint_{-\infty}^{+\infty} |\Gamma|^2 S(m_1 \vec{K}_1) S(m_2 \vec{K}_2) \delta(\omega - m_1 \sqrt{gK_1} - m_2 \sqrt{gK_2}) dp dq$$

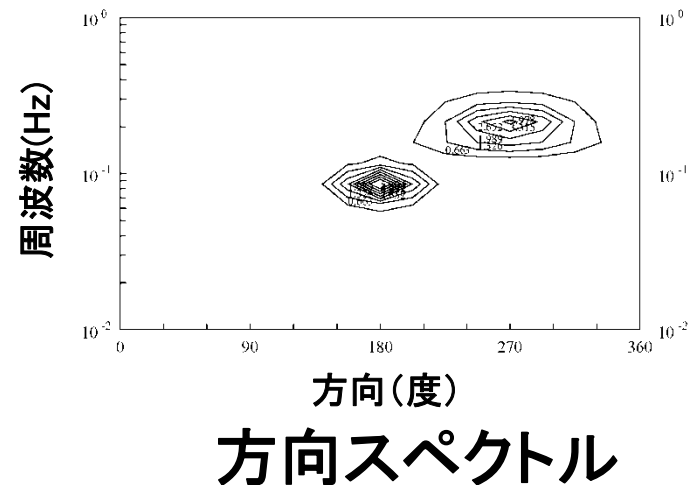
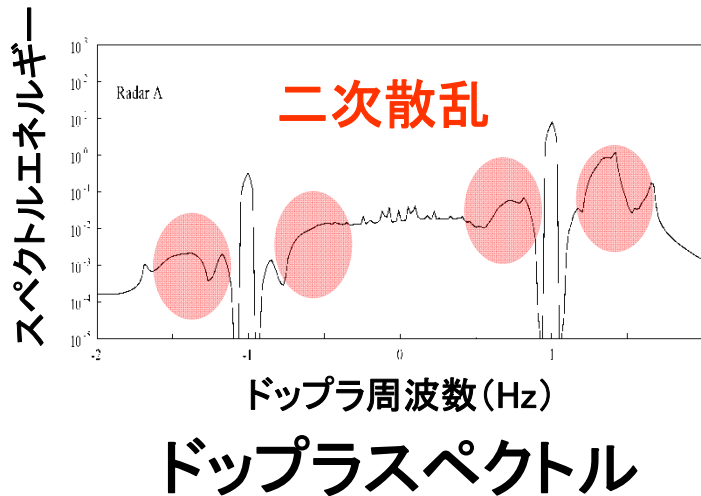
【右辺】

レーダ観測値(二次散乱)

観測

【左辺】

短波の海面による散乱



二次散乱 $\sigma(2)$

非線形積分方程式を解くことができれば、海洋レーダが観測したドップラスペクトル(二次散乱)から、波浪スペクトルを推定できる。

$$\sigma_{(2)}(\omega) = 2^6 \pi K^4 \sum_{m_1=\pm 1} \sum_{m_2=\pm 1} \iint_{-\infty}^{+\infty} |\Gamma|^2 S(m_1 \vec{K}_1) S(m_2 \vec{K}_2) \delta(\omega - m_1 \sqrt{gK_1} - m_2 \sqrt{gK_2}) dp dq$$

観測



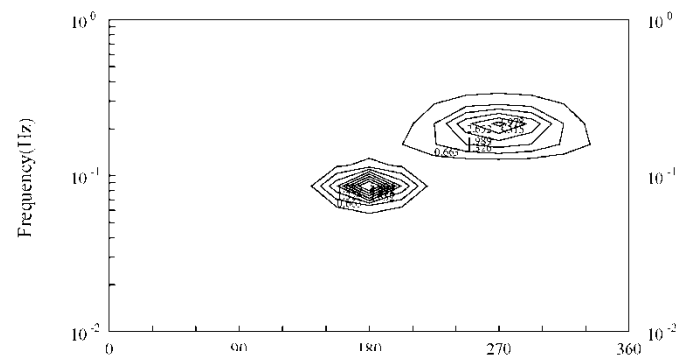
【左辺】

短波の海面による散乱



波浪推定
(逆解析)

周波数(Hz)

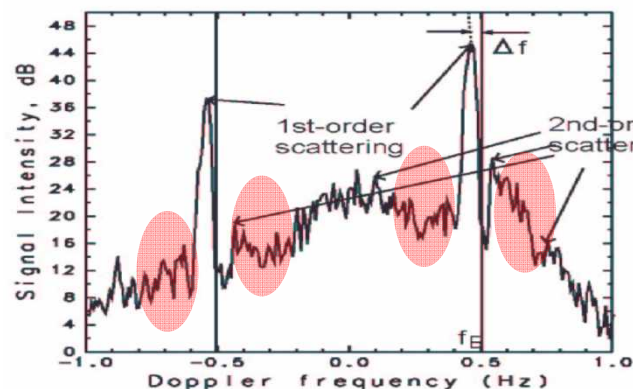


方向(度) (Deg)

波浪方向スペクトル

【右辺】

レーダ観測値(二次散乱)



ドップラスペクトル

波浪推定の2つの方法

バリック(1972)は、有義波と有義波周期を推定

$$H^2_{AVE} = \frac{2 \int_{-\infty}^{+\infty} [\sigma^{(2)}(\omega) / w(\omega / \omega_B)] d\omega}{k_0^2 \int_{-\infty}^{+\infty} \sigma^{(1)}(\omega) d\omega} \quad T_{AVE} = \frac{2\pi \int_{0,1}^{1,+\infty} \sigma^{(2)}(\omega_B \nu) / w(\nu) d\nu}{\omega_B \int_{0,1}^{1,+\infty} [(\nu - 1) \sigma^{(2)}(\omega_B \nu) / w(\nu)] d\nu}$$

⇒ **バリック法(波高、周期)**

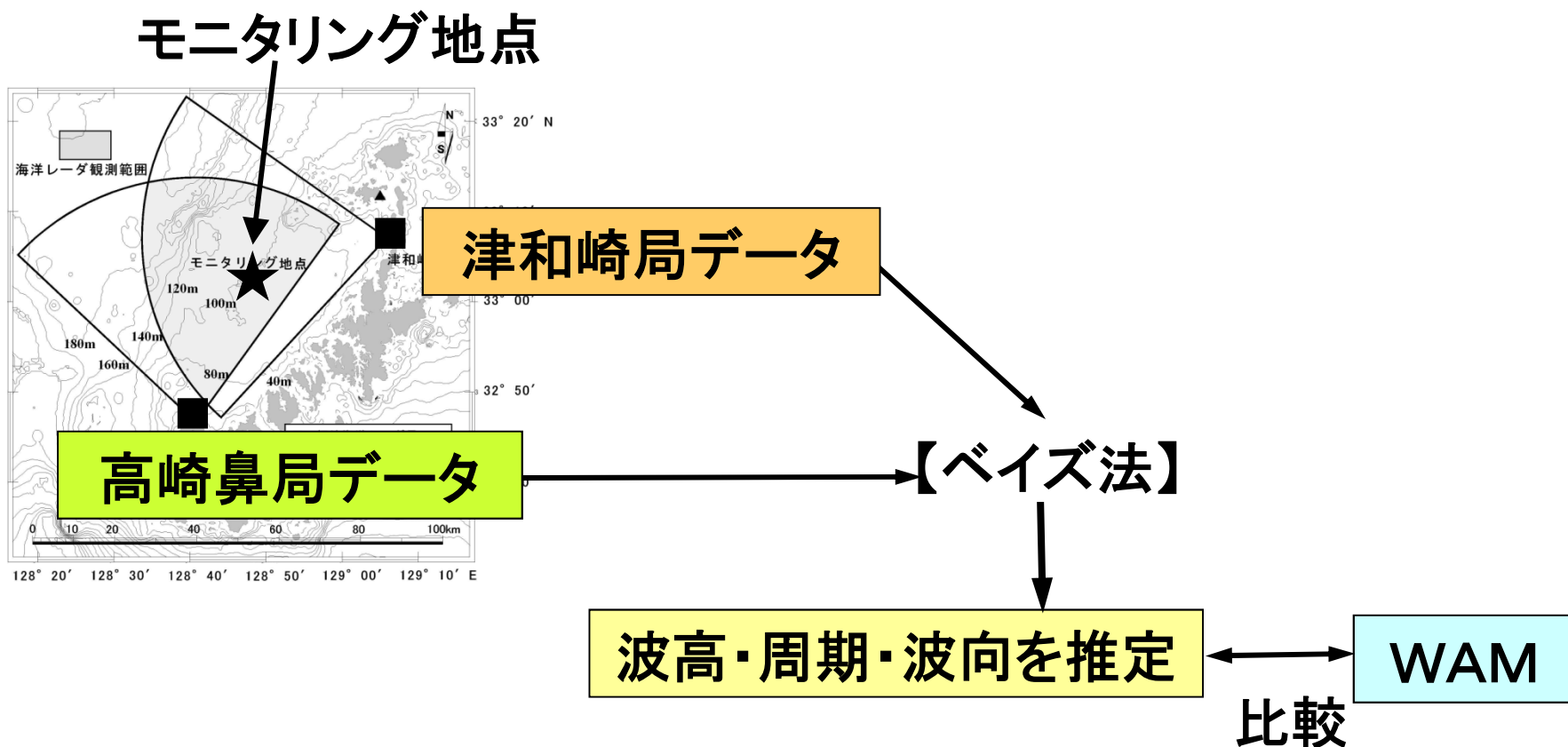
バリックの非線形積分方程式を解く(逆解析)することにより波浪方向スペクトルを推定→久木(1996)、橋本・徳田(1998)。

橋本・徳田(1998)は、久木の方法を発展させ、拘束条件およびその重み関数の設定にベイズモデルを導入した。

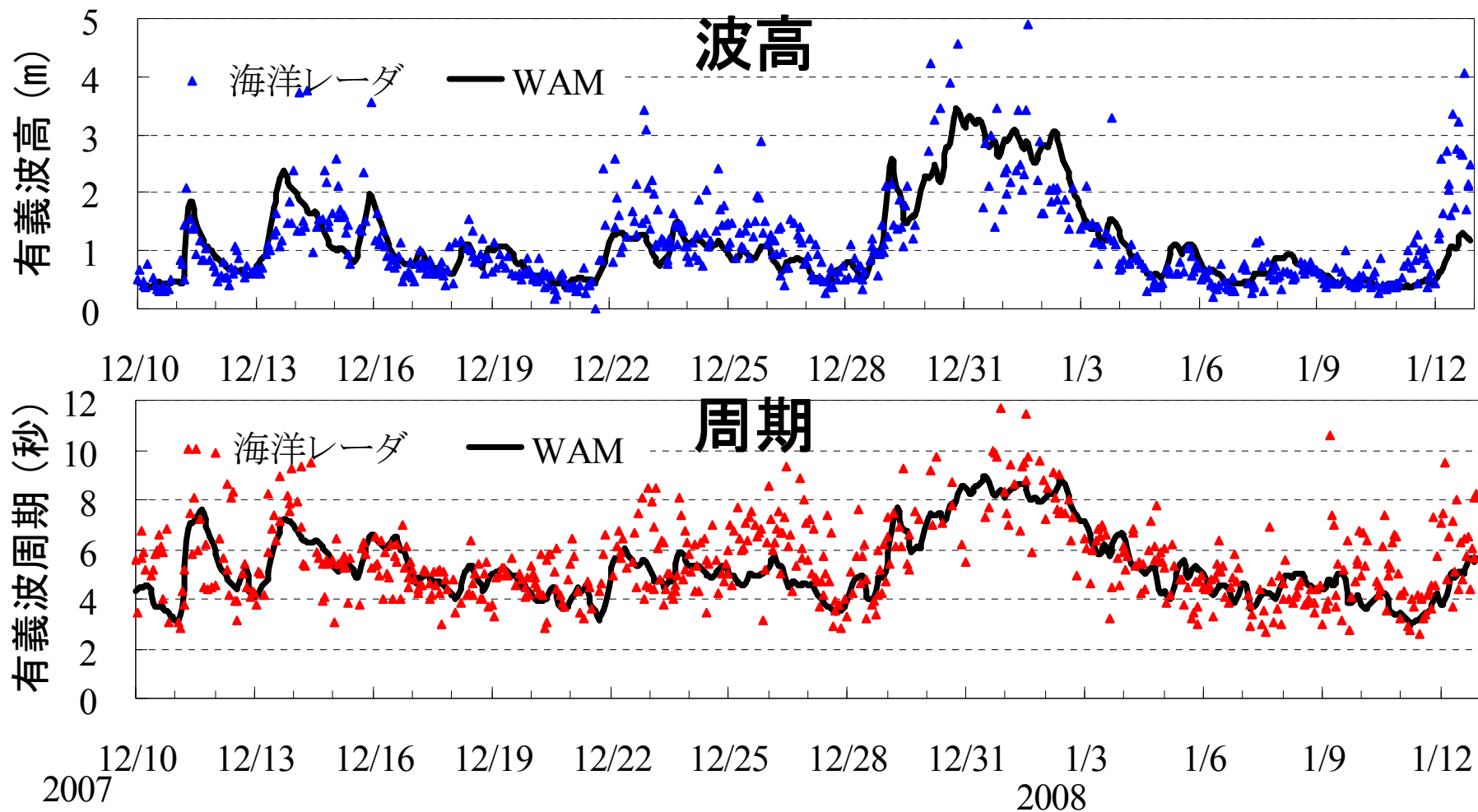
(⇒ **ベイズ法(波高、周期、波向)**)

ベイズ法による波浪推定

ベイズ法: 2局以上のデータで方向スペクトルを推定。
波高、周期、波向きが推定可能。



ベイズ法による波浪推定

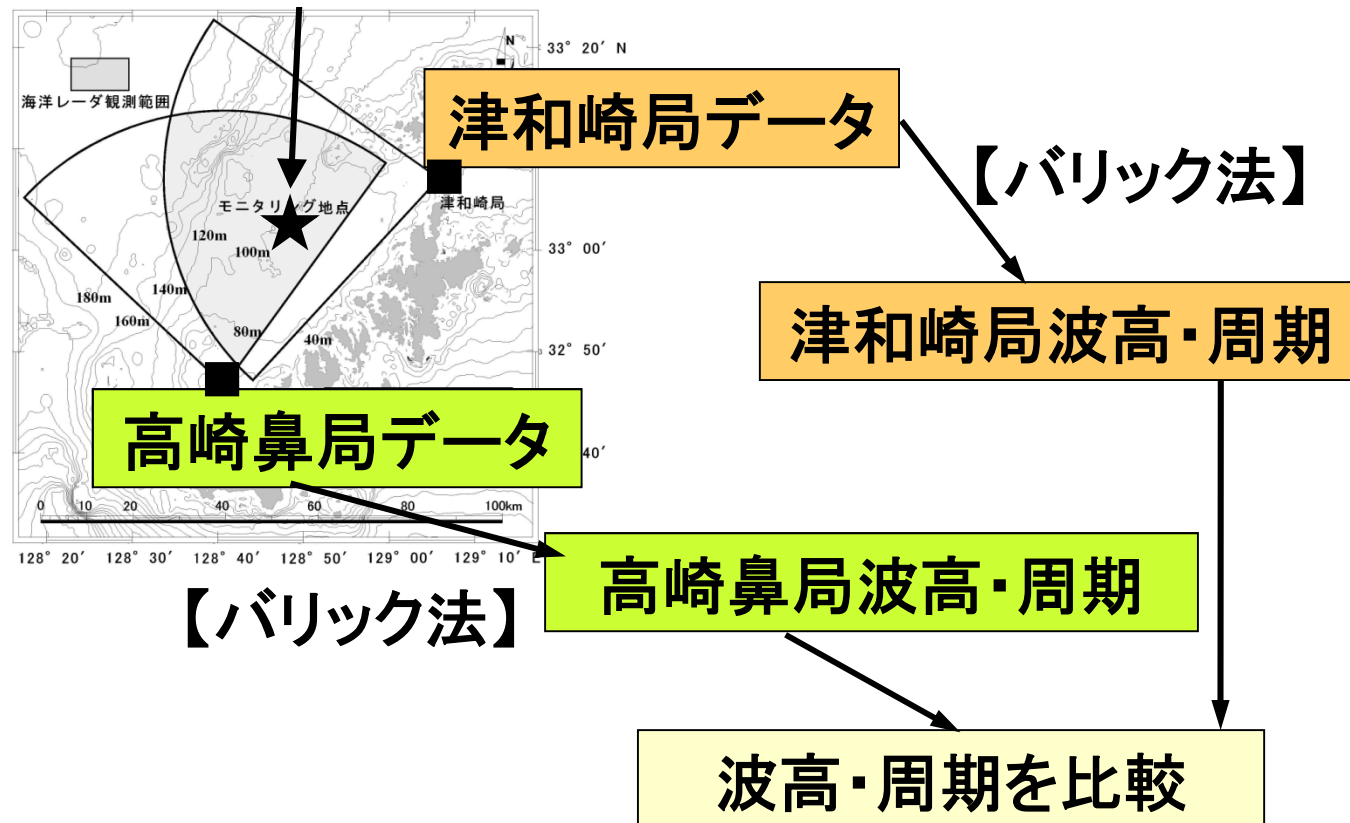


ベイズ法とWAMの比較

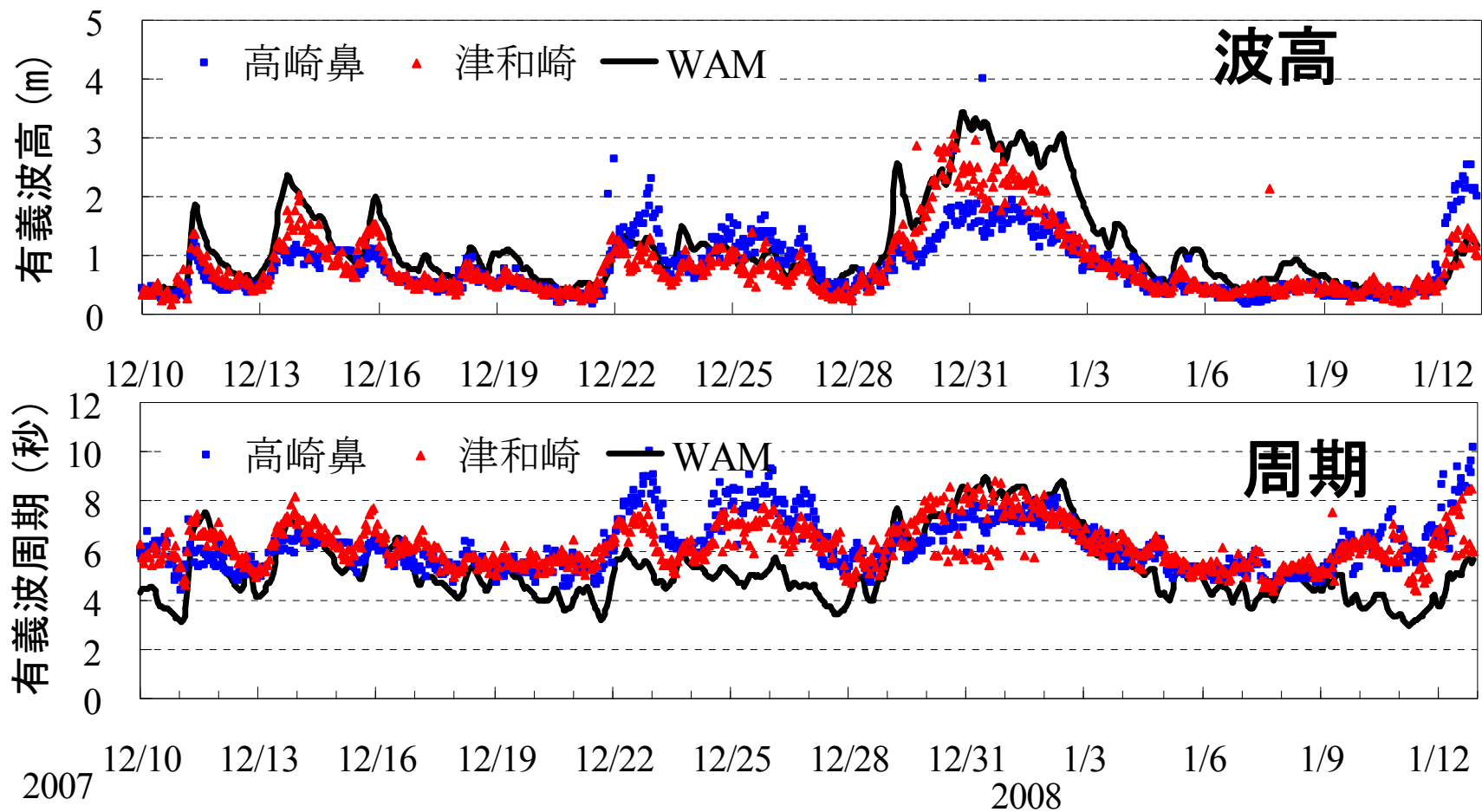
バリック法による波浪推定

バリック法: 1局だけで波高・周期が推定可能
(しかし波向きは推定できない)。

モニタリング地点

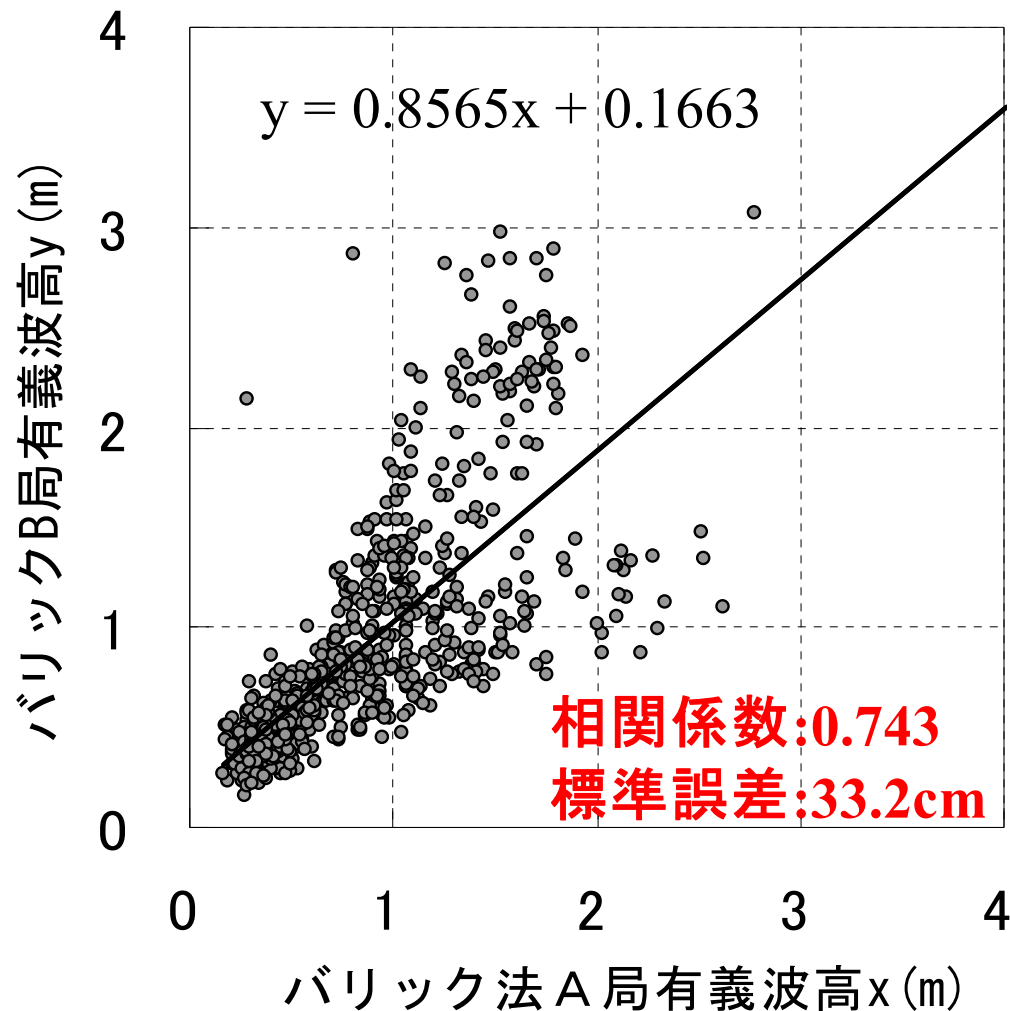


バリック法による波浪推定



バリック法による波高・周期

バリック法による波浪推定



バリック法による波高一A・B局の比較

モニタ地点の波高値を等しくするために・・・

Barrick (1972) による平均波高 H_{AVE} の式

$$H_{AVE}^2 = \frac{2 \int_{-\infty}^{+\infty} [\sigma^{(2)}(\omega) / w(\omega / \omega_B)] d\omega}{k_0^2 \int_{-\infty}^{+\infty} \sigma^{(1)}(\omega) d\omega}$$

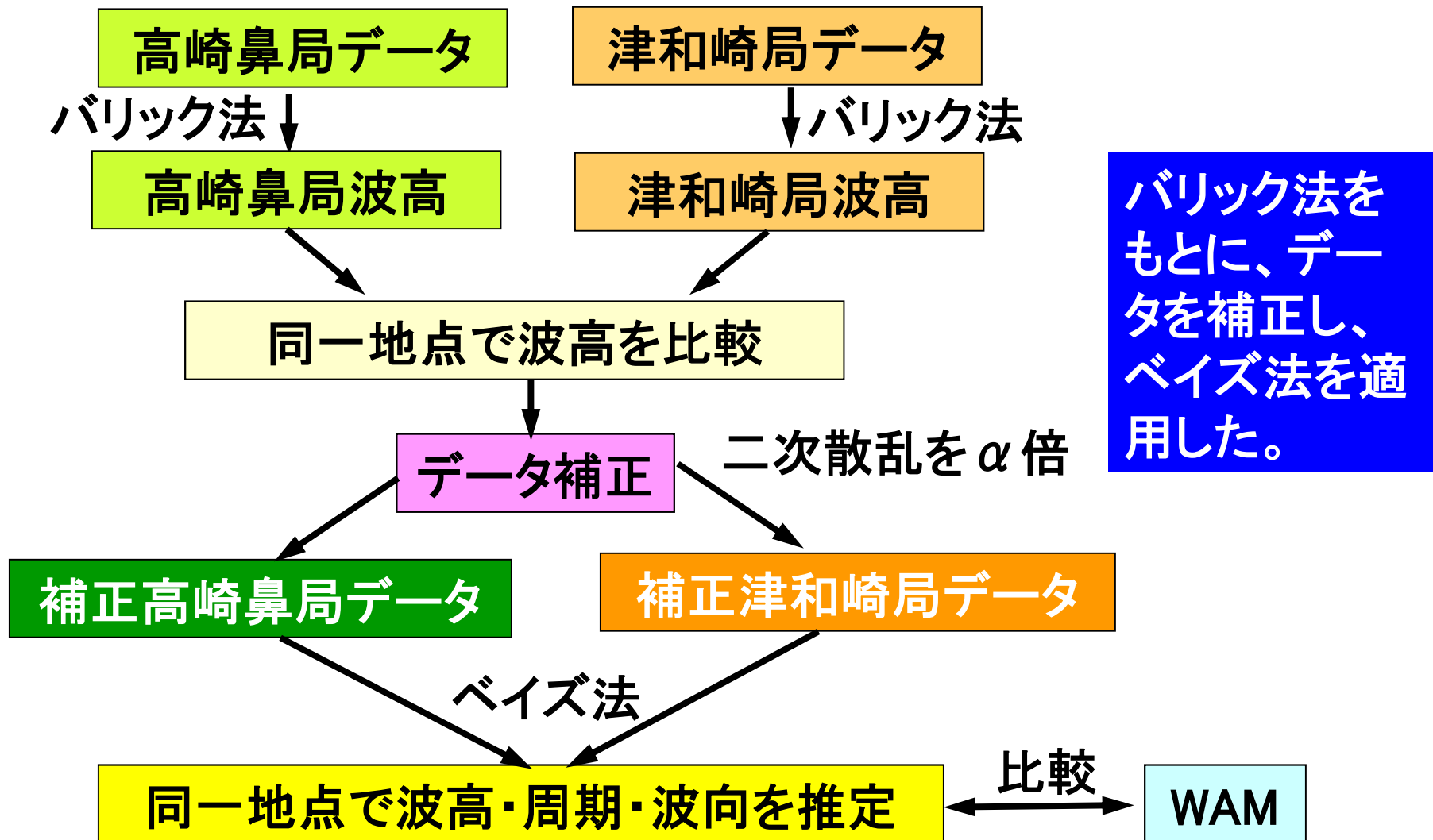


$H_{高崎鼻AVE}^2 = H_{津和崎AVE}^2$ ← 理想：高崎鼻と津和崎の波高は同じ値

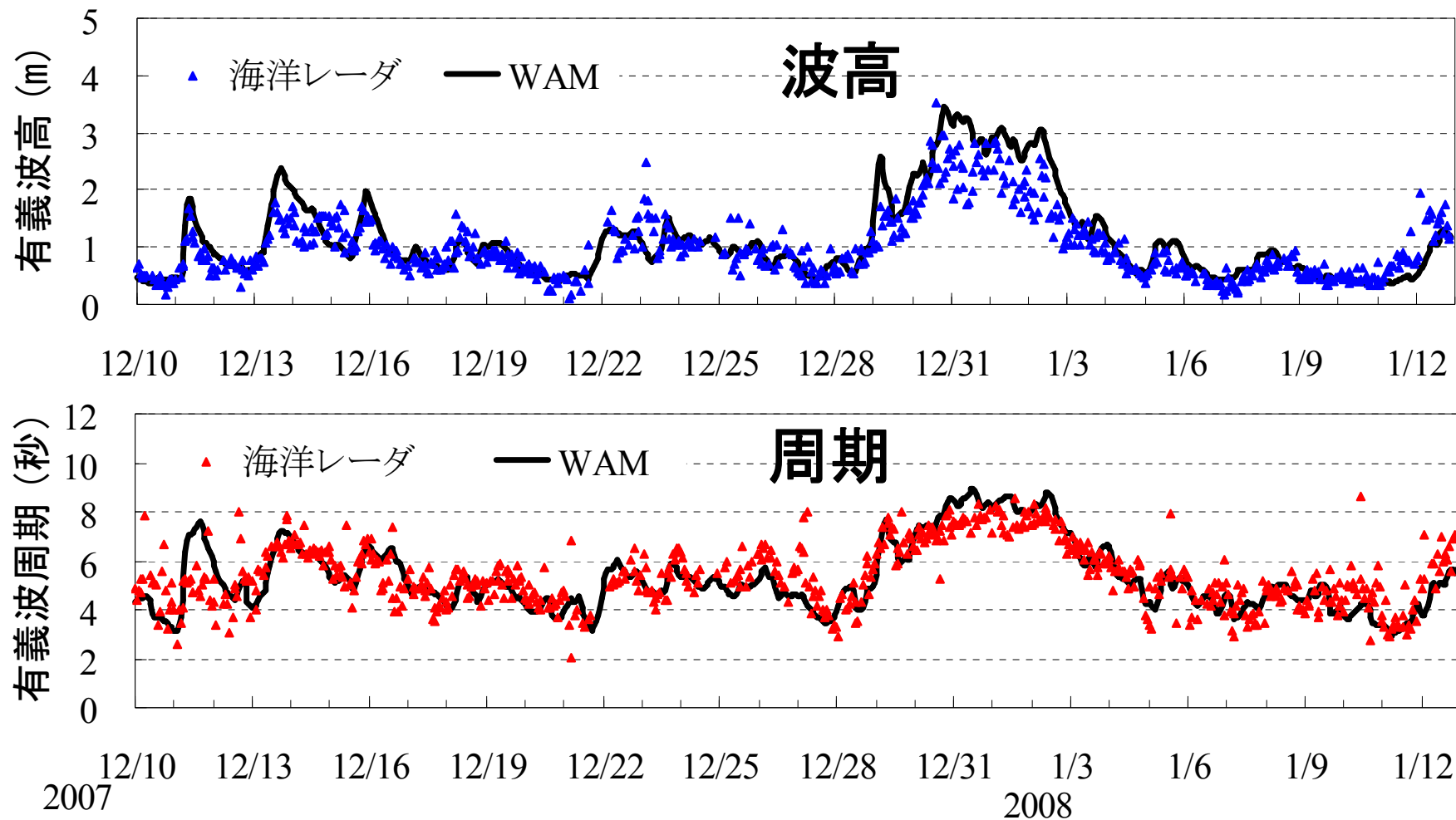
$$\frac{2 \int_{-\infty}^{+\infty} [\sigma^{(2)}(\omega)_{高崎鼻} / w(\omega / \omega_B)] d\omega}{k_0^2 \int_{-\infty}^{+\infty} \sigma^{(1)}(\omega)_{高崎鼻} d\omega} = \frac{2 \int_{-\infty}^{+\infty} [\alpha \sigma^{(2)}(\omega)_{津和崎} / w(\omega / \omega_B)] d\omega}{k_0^2 \int_{-\infty}^{+\infty} \sigma^{(1)}(\omega)_{津和崎} d\omega}$$

⇒モニタ地点での波高を等しくするため、一方の局で得られた二次散乱を α 倍した。

バリック法とベイズを組み合わせた波浪推定



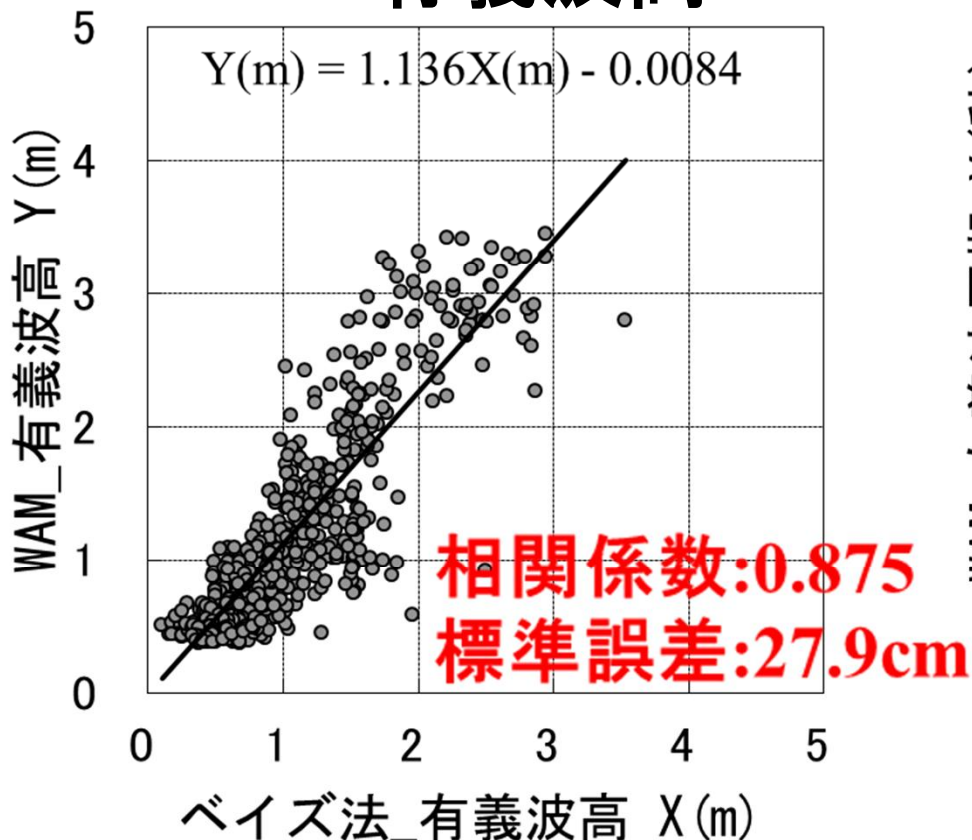
波浪推定結果



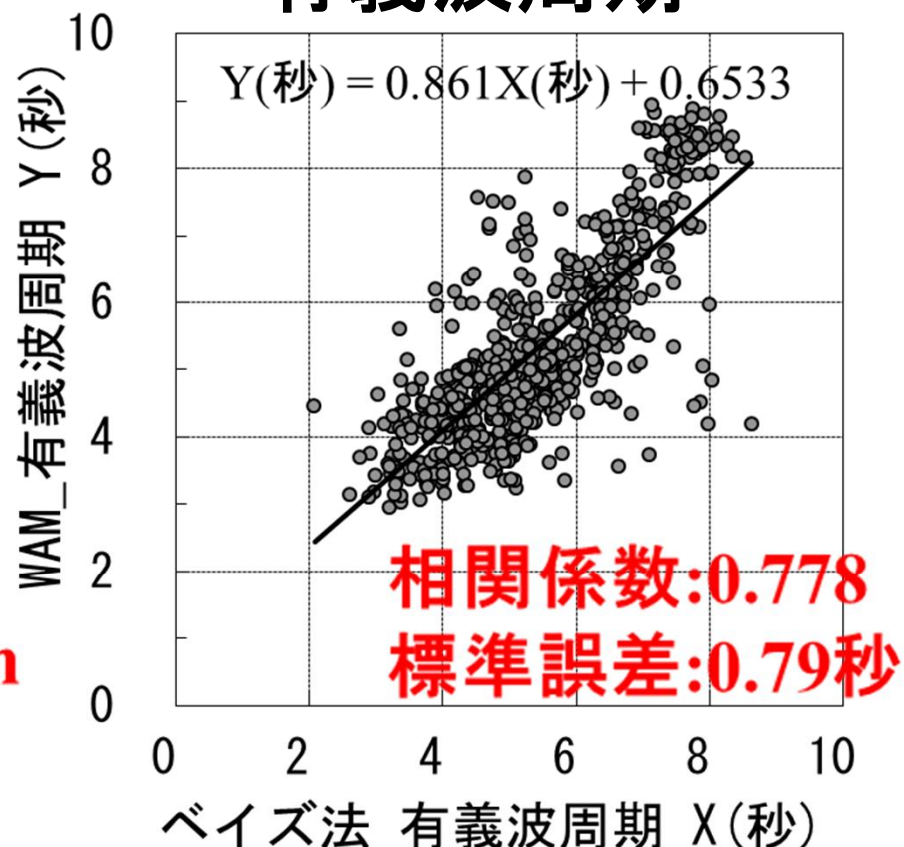
ベイズ法とWAMの比較

波高と周期の比較

有義波高



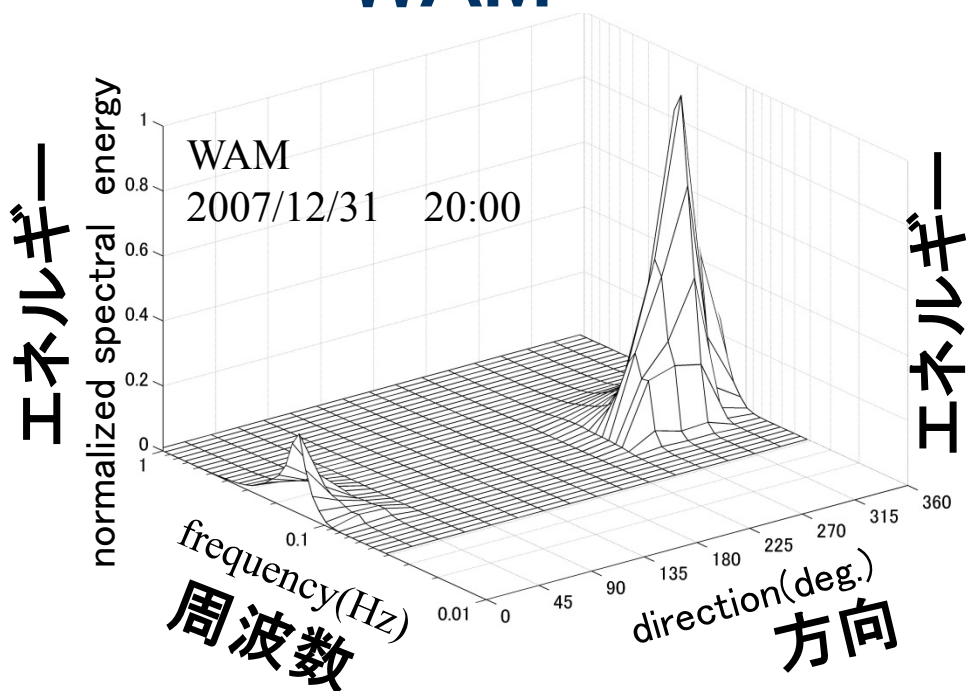
有義波周期



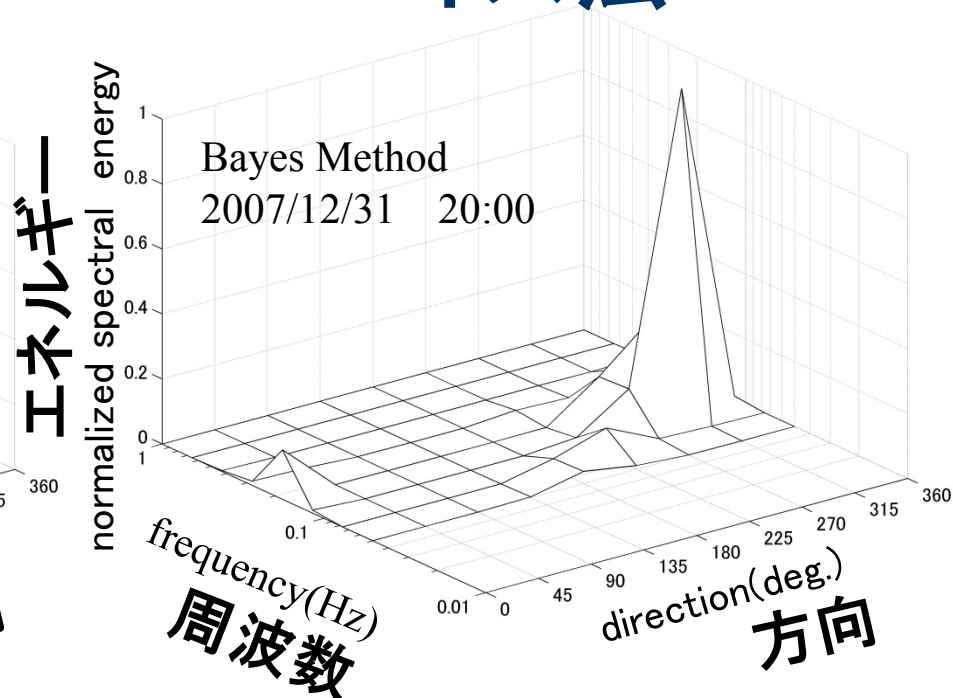
ベイズ法とWAMの比較

方向スペクトルの比較

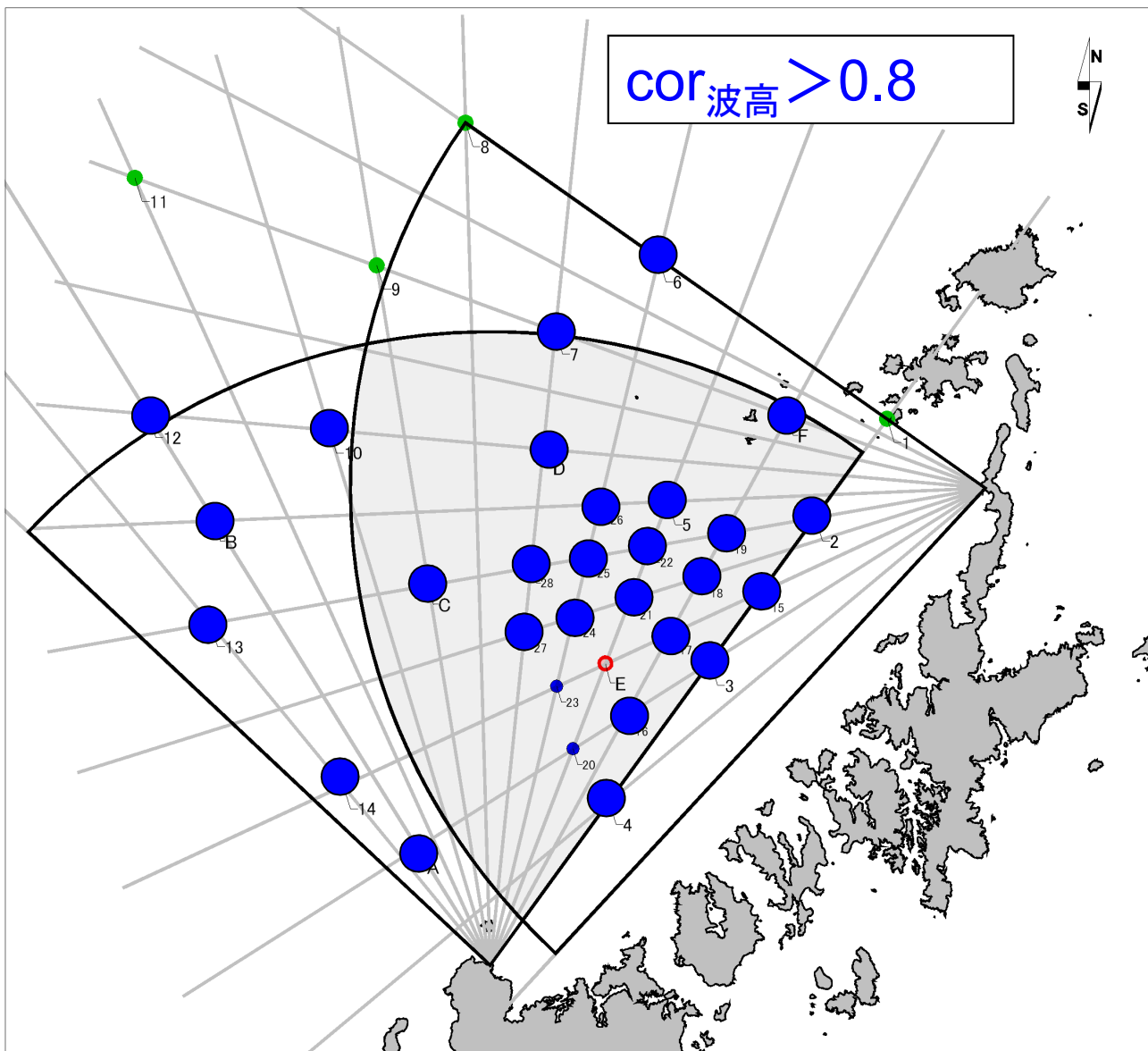
WAM



ベイズ法



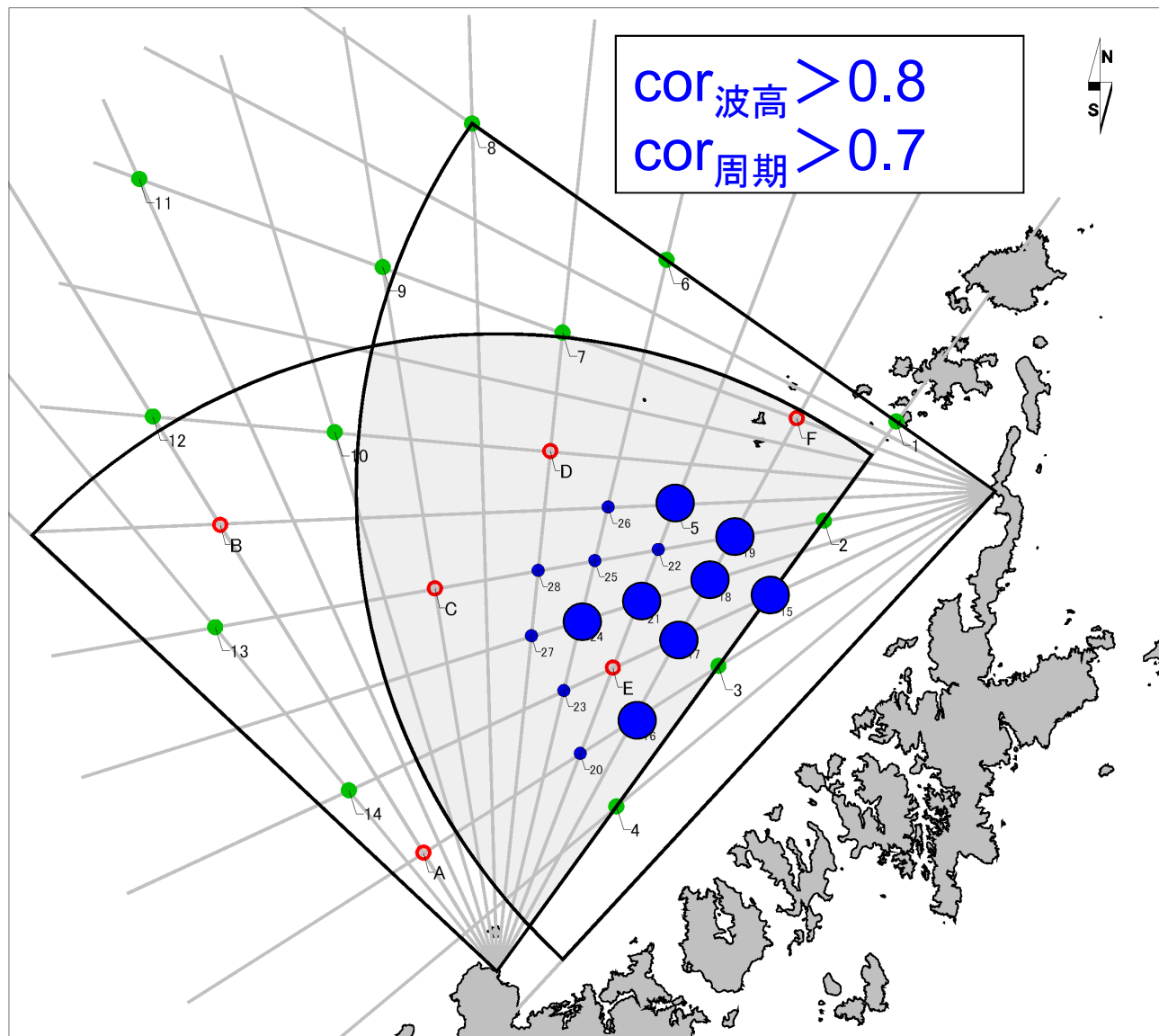
cor 波高 > 0.8



ベイズ法とWAMの比較(波高)

0 10 20 40 60 80 100km





ベイズ法とWAMの比較(波高+周期)



まとめ

- 五島列島西岸沖でのレーダ観測結果を用いて、波浪推定を行った。
- 同一地点でのバリック法による波高推定値に差異が見られたので、波高が等しくなるようにエネルギー補正を行った。
- この補正データをベイズ法に入力した結果、WAMの推定値と良く一致した。

今後の課題

■今回試行した手法は他の観測場所でも有効か？

⇒現地実証（海象計やGPS波浪計との比較）により、外洋における海洋レーダの波浪計測能力の検証・評価を行う。

■エネルギー補正の意味は？

⇒観測データに影響を与える原因の究明を行う（レーダ設置環境、周辺ノイズなど）。

最後に

今回、波浪解析のために使用した五島列島短波海洋レーダーデータは「東シナ海 海ゴミプロジェクト」の成果を使用しました。



<http://www.umigomi.com/>

【研究者番号】2007-2009年度環境省
/地球環境研究総合推進費/採択課題(D-071)

【研究課題】

市民と研究者が協働する東シナ海沿岸における漂着ゴミ予報実験

【研究代表者】愛媛大学 沿岸環境科学研究所 センター 磯辺教授

【各研究部門(リーダー)】

■漂着予報(愛媛大 磯辺教授) ■海岸調査(九大 清野准教授)

■レーダー観測(国総研 日向室長) ■空撮(馬込特別研究員)