

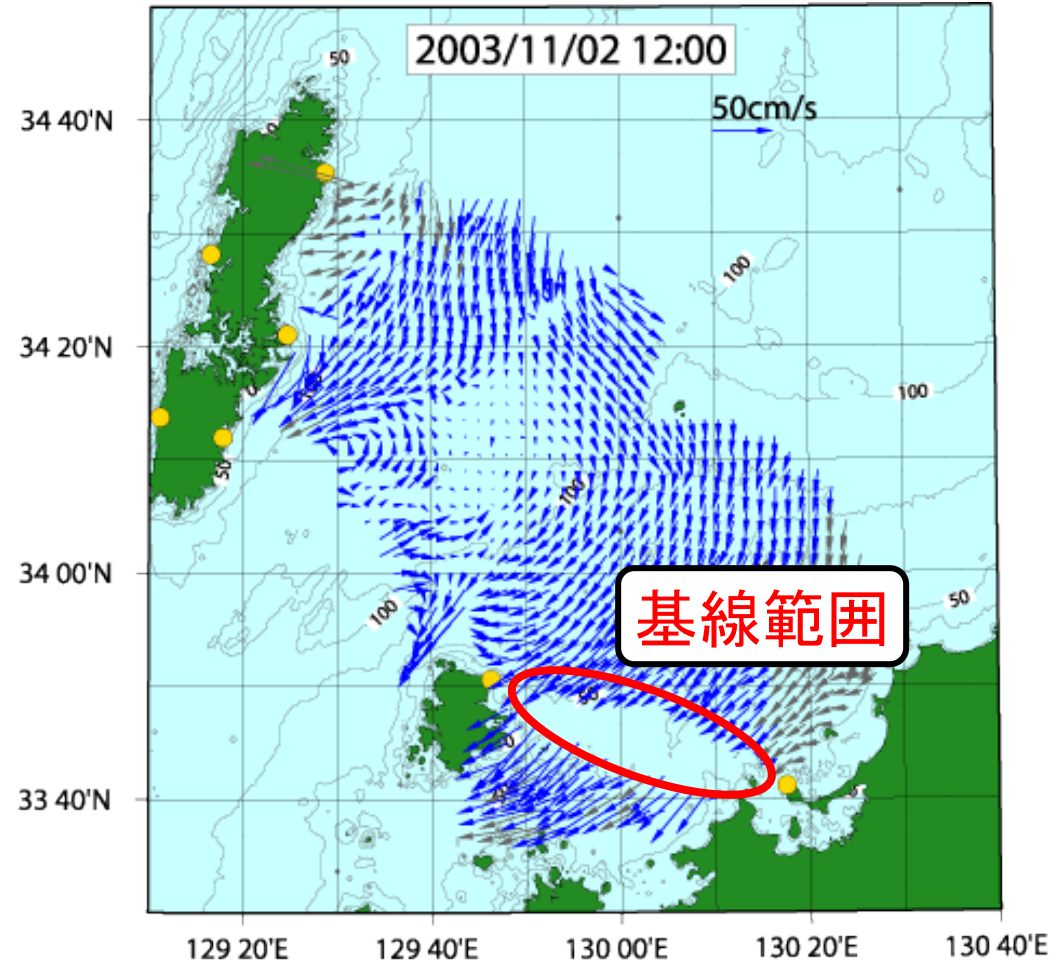
海洋レーダー観測システムにおける 流速場の補間・推定手法について

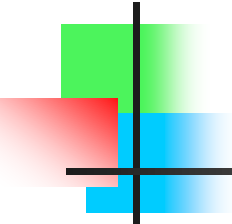
山下 義幸(九大総理工)

増田 章・吉川 裕
丸林 賢次・石橋 道芳
奥野 章
(九大応力研)

海洋レーダーによる観測結果の例

- 対馬海峡（東水道）
 - 志賀島局と壱岐局
 - 基線（Base Line）が生じている
 - 基線付近では異常流速が生成されるため通常は流速ベクトルを作成できない。





1. 研究の背景と目的

■ 背景

- レーダーでの観測結果から 2次元流速場を求める際に、流速ベクトルの合成に失敗する地点（基線付近）がある。
 - レーダー局と解析点との幾何学的配置により決まる。
(Nadai et al. 1999, R.D.Chapman et al. 1997)

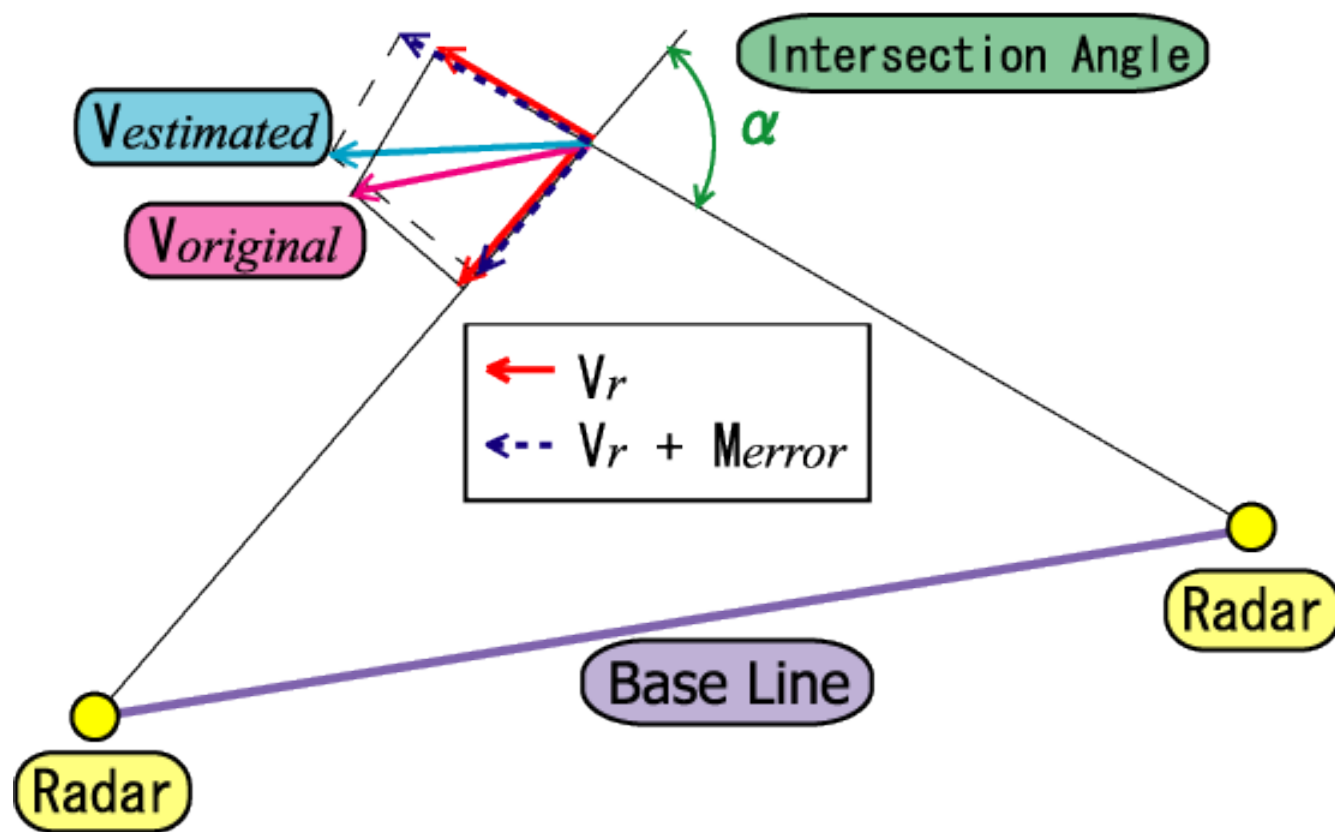
■ 目的

- 海洋学的解析を行なうためには、時間的・空間的に連続したデータが必要になる。
- そのために基線付近や欠測点の流速ベクトルを計測データを 用いて無理なく推定する一般的な手法を開発していく。

2. ベクトル合成での誤差

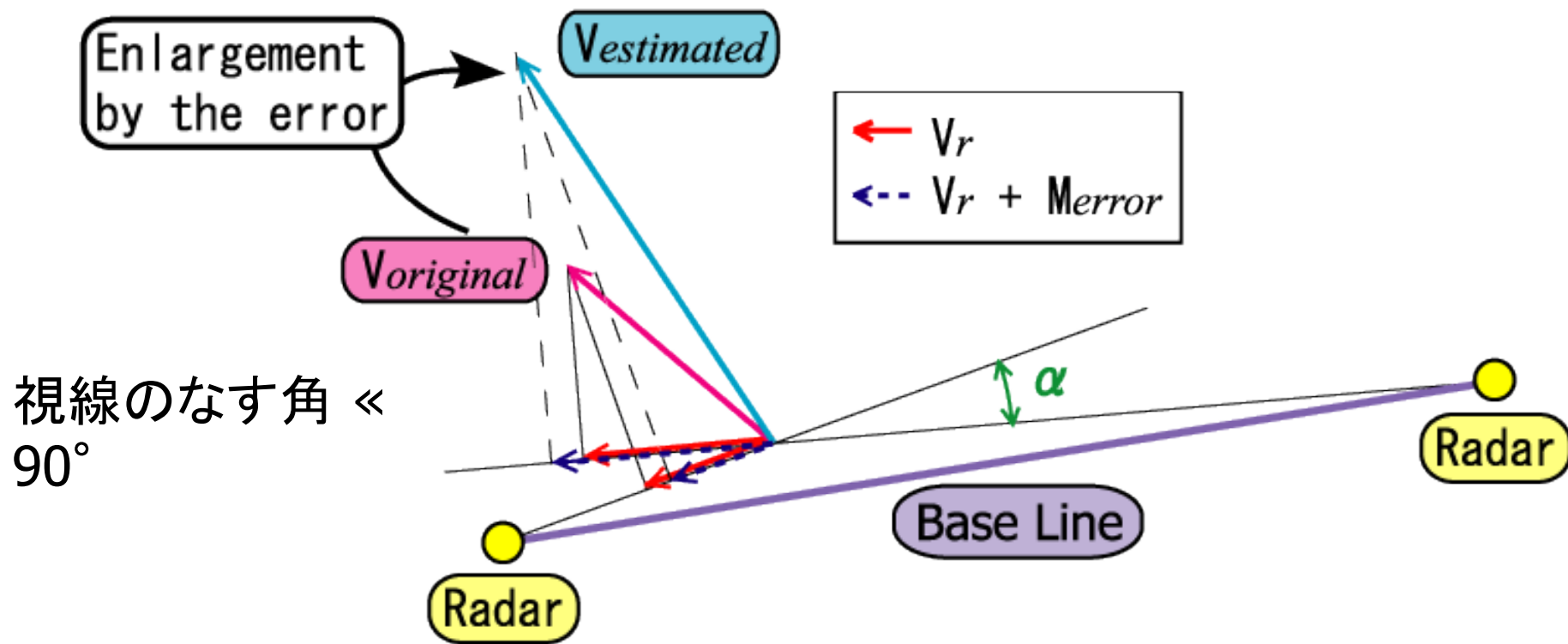
- ベクトル合成での誤差は、各レーダーの視線方向の誤差の投影分として現れる。

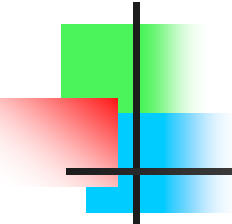
視線のなす角 $\hat{=}$
 90°



2基のレーダーの視線が平行に近い場合

- レーダーどうしを結ぶ線(基線)付近やレーダーから遠くはなれた地点では 2基のレーダーの視線が平行に近づき、誤差の拡大が生じる。

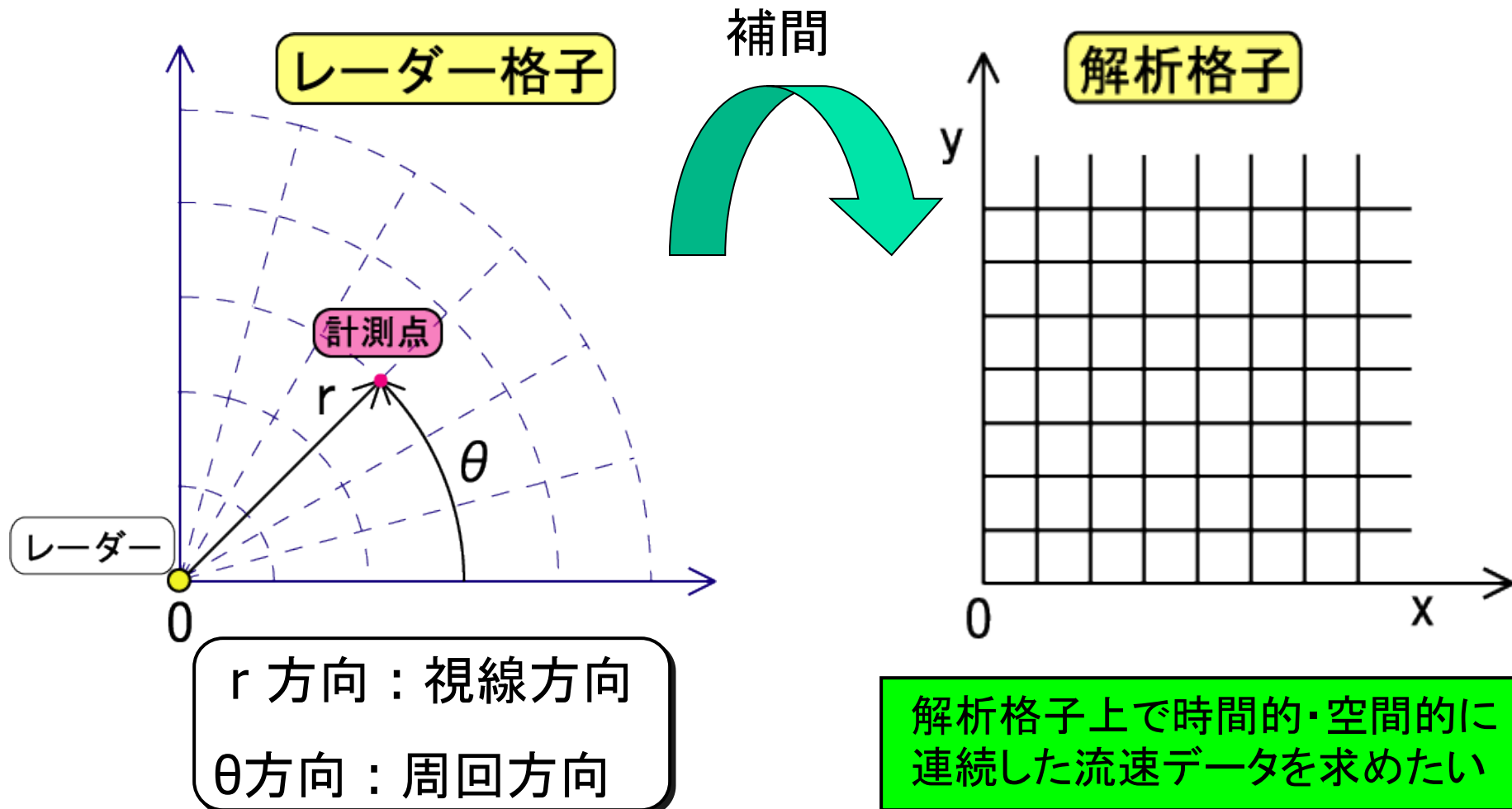


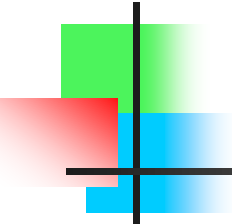


3. 基線付近の流速場を推定する

- レーダー格子と解析格子
- 基線付近流速場推定手法
 - 周回方向流速補間法：ACIM
(Azimuth Component Interpolation Method)
 - 基線付近限定の推定手法
 - 最適ベクトル補間法：OVIM
(Optimal Vector form Interpolation Method)
 - 基線付近以外にも適用可能な汎用性のある推定手法

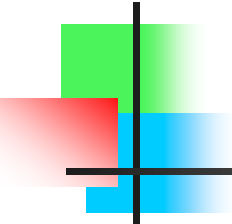
レーダー格子と解析格子





周回方向流速補間法 (ACIM)

- 通常の解析では流速ベクトルを合成するために必要な2つの独立した情報として、2基のレーダーで計測した2つの視線方向流速を用いる。
 - 基線付近などでは誤差の拡大を生じ、うまく合成できない。
- 視線方向流速と周回方向流速を用いる。
 - 周回方向流速は、レーダー観測後得られる流速ベクトルを分解して求める。
 - 基線付近の周回方向流速はレーダー格子上で周囲の情報から補間により求める。
 - 視線方向と周回方向は常に直交するのでベクトル合成の際に計測誤差の影響を抑えることができる。



最適ベクトル補間法 (OVIM)

- 解析格子上で基線付近や欠測点の流速ベクトルを周囲の情報から調和補間で求める。
 - 欠測点は補間で埋めるだけ。
 - 基線付近では解析格子点の周りの点で視線方向流速が計測できていれば、それらの視線方向流速に適合するように流速ベクトルを調整する。

$$0 = \nabla^2 \mathbf{u} + w_F \cdot \mathbf{F} + w_N \cdot \mathbf{N},$$

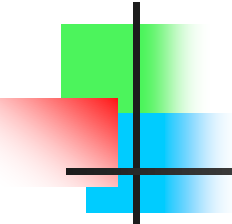
$$\mathbf{F} = \mathbf{f}(Vr_{near})$$

$$\mathbf{N} = f(\theta_{near}) \cdot \mathbf{V}_{near}$$

w_F : 視線方向データ重み

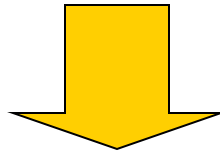
w_N : 周囲への波及効果

を決める係数



4. 検証

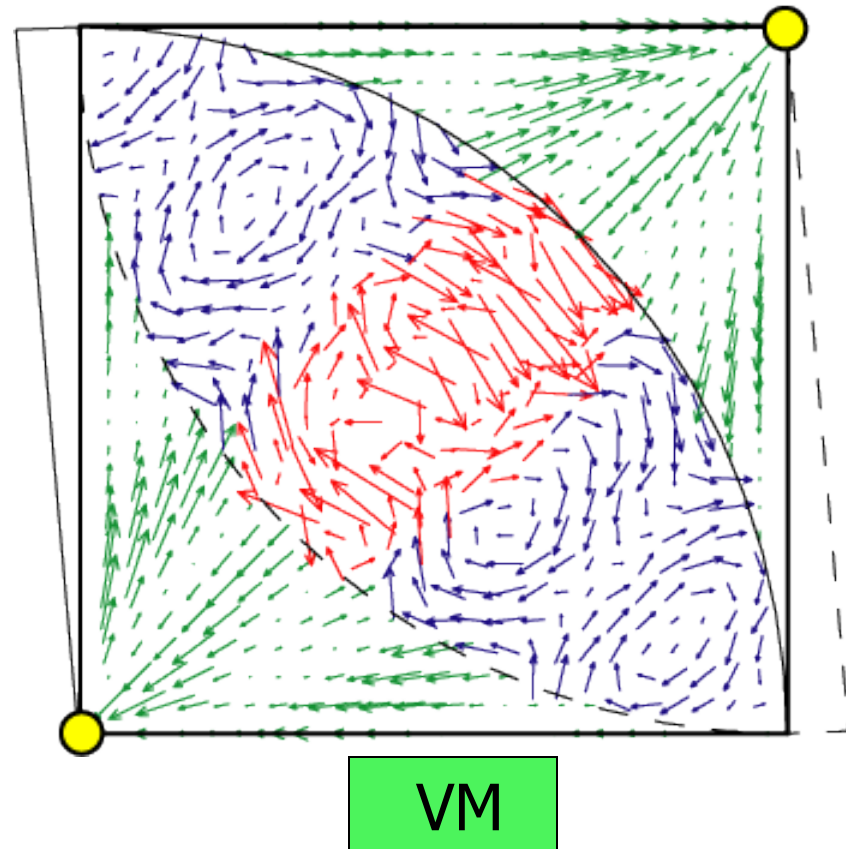
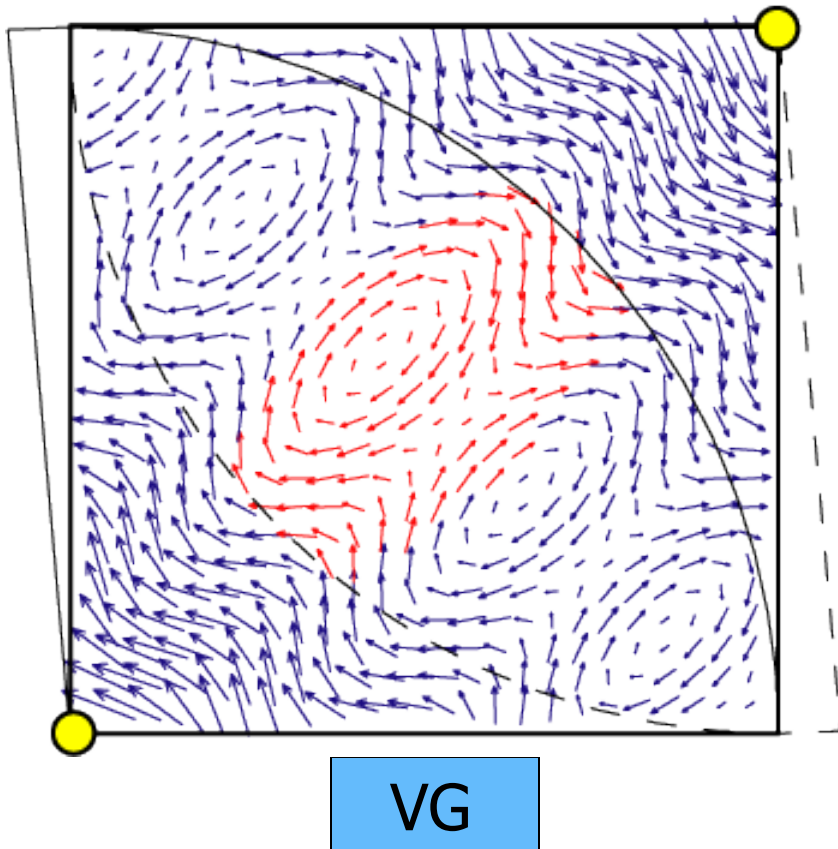
- 仮想流速場 (VG) を設定し、VG を 2 基のレーダーで模擬観測して視線方向流速を求める。
 - 模擬観測の際に、視線方向流速にランダムな誤差を含ませる。



- 2組の視線方向流速を合成して流速ベクトル (VM) を求める。
- VM の基線付近領域に基線付近流速場推定手法を適用する。

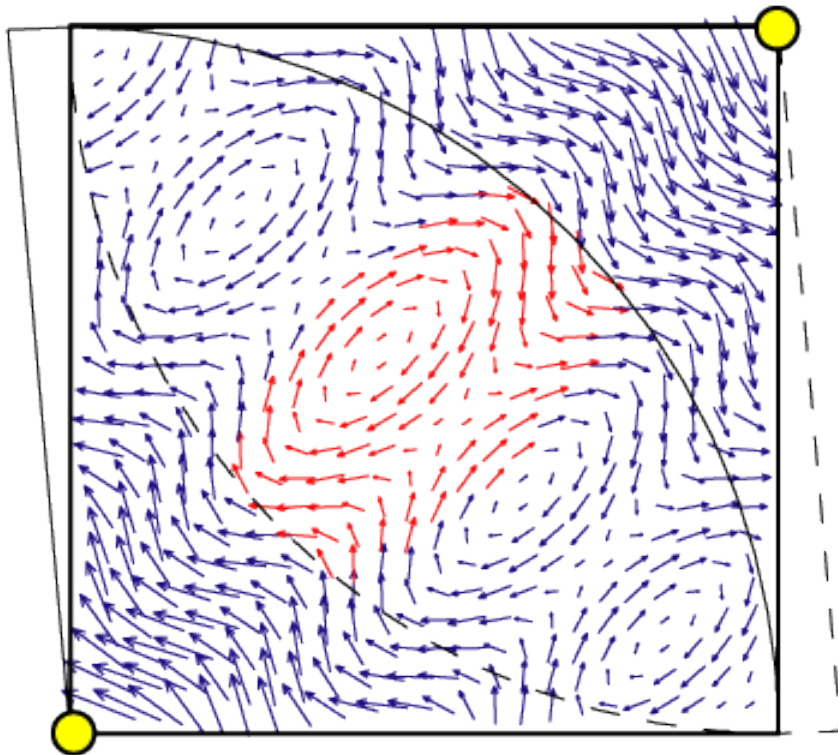
基線付近流速場推定手法の適用結果

- 仮想海域 (VG) と仮想海域をレーダーで模擬観測した結果 (VM)

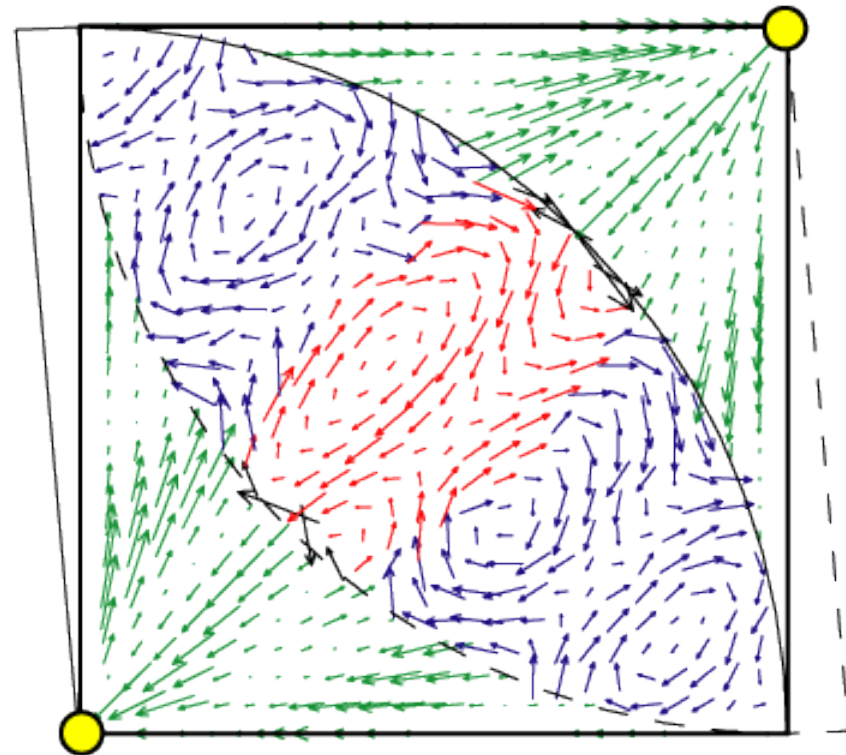


基線付近流速場推定手法の適用結果

■ 周回方向流速補間法 (ACIM) の適用結果



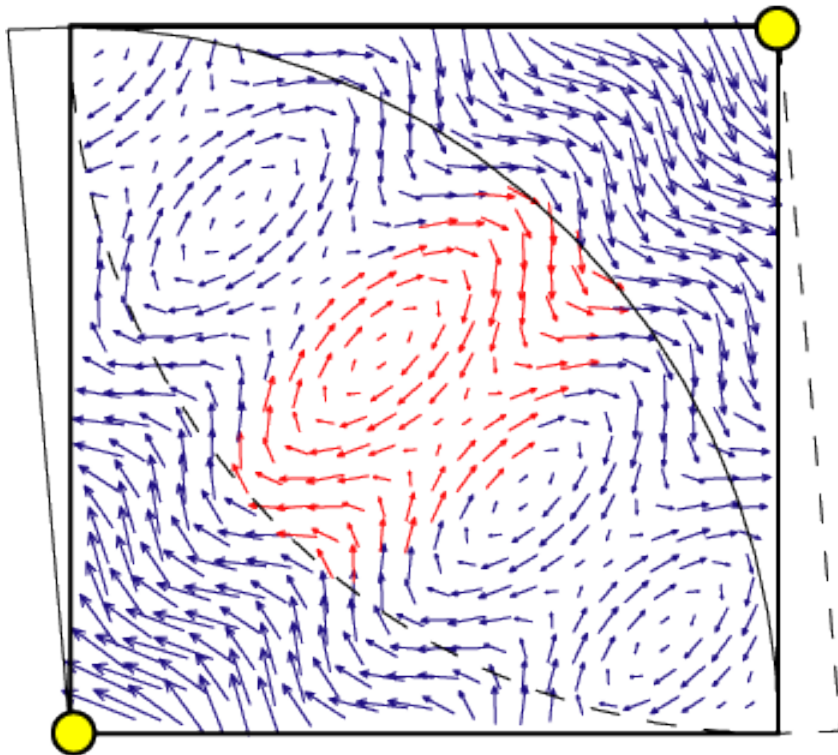
VG



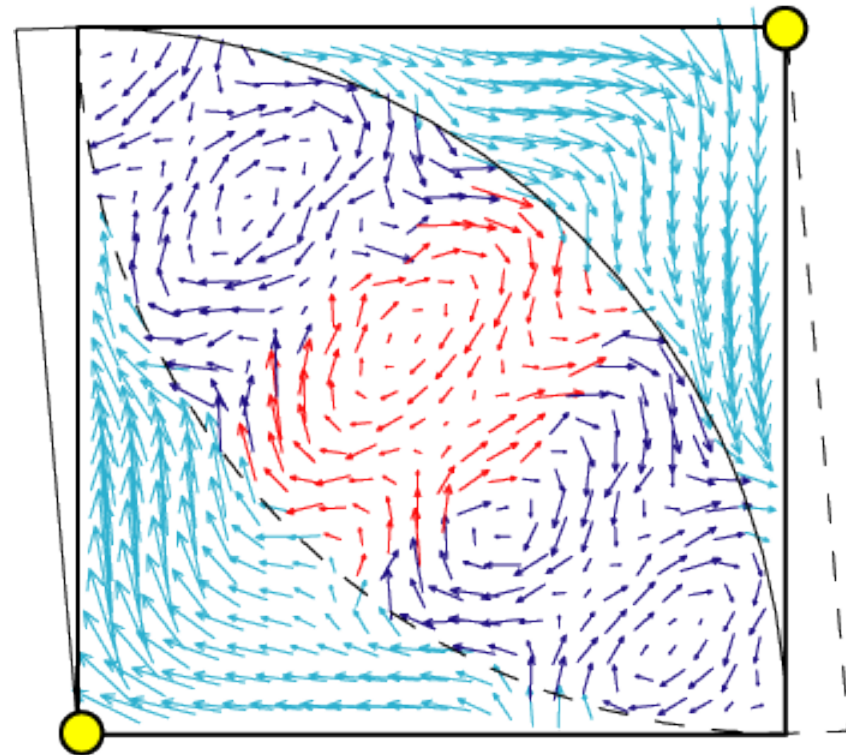
ACIM

基線付近流速場推定手法の適用結果

■ 最適ベクトル補間法 (OVIM) の適用結果



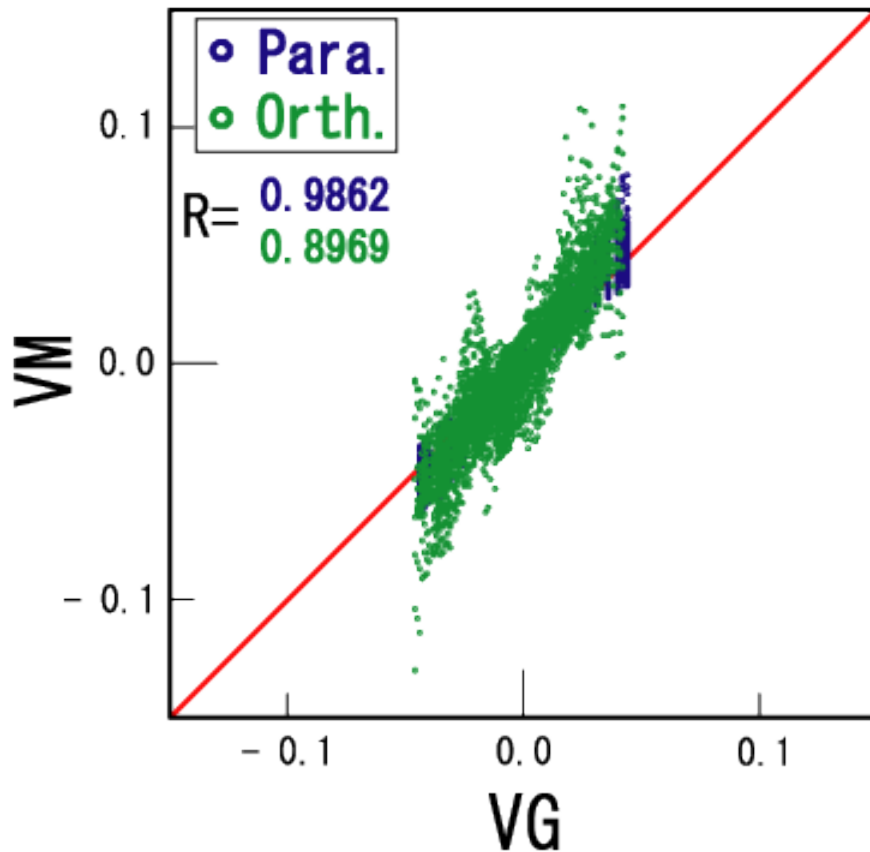
VG



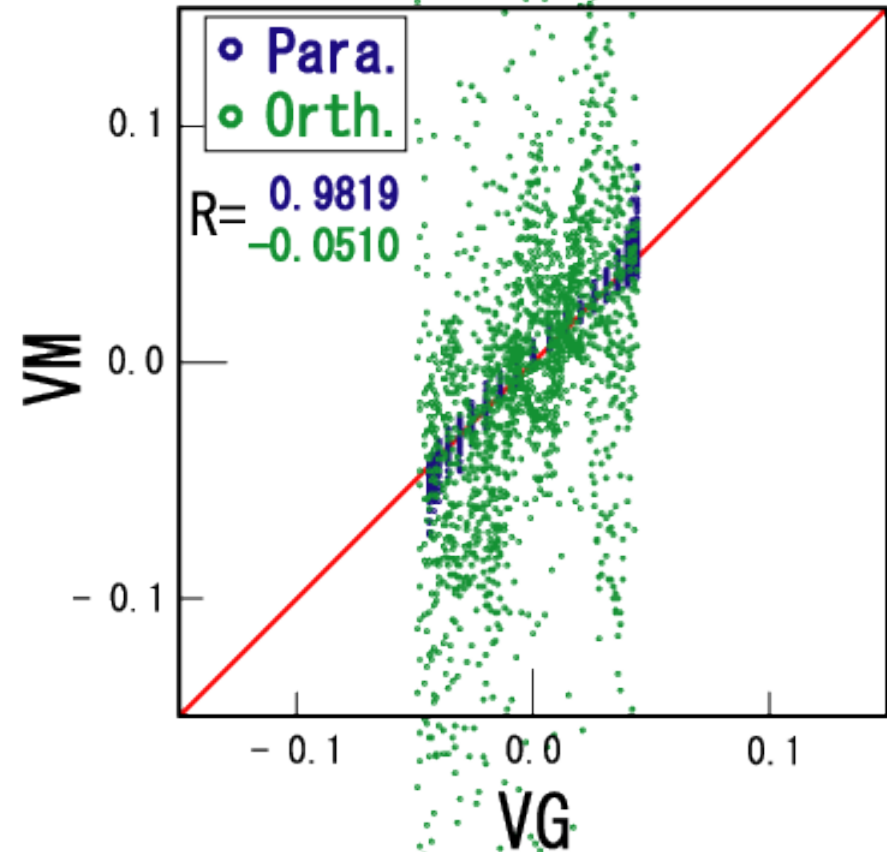
OVIM

VGとの相関(視線方向誤差有)

- 基線平行成分(Para.)と基線直角成分(Orth.)



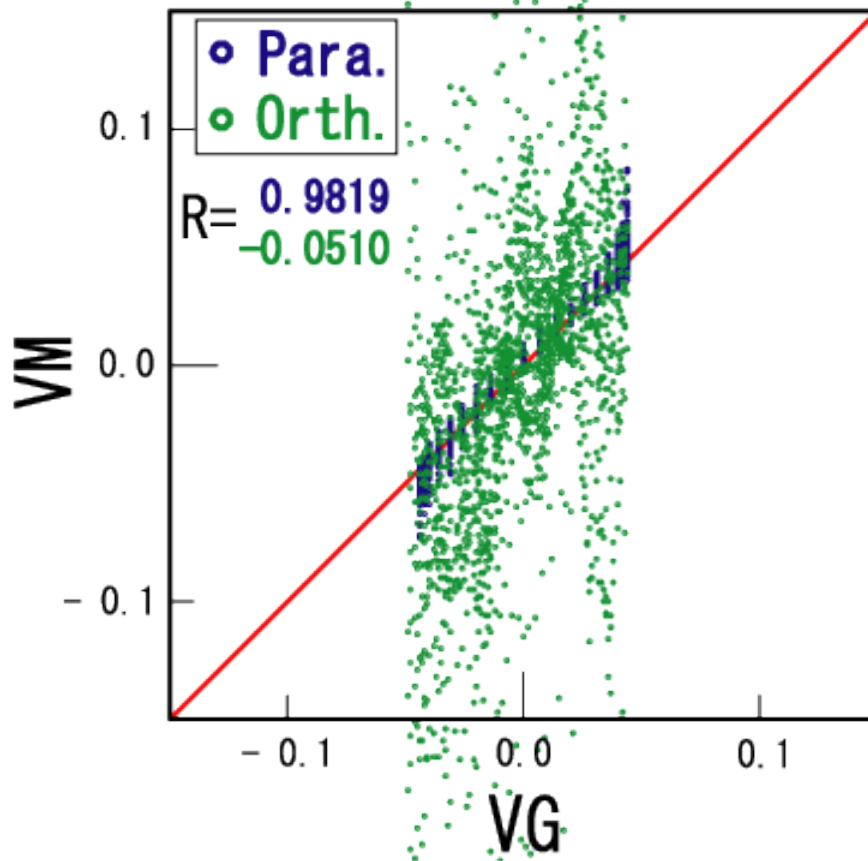
基線範囲外



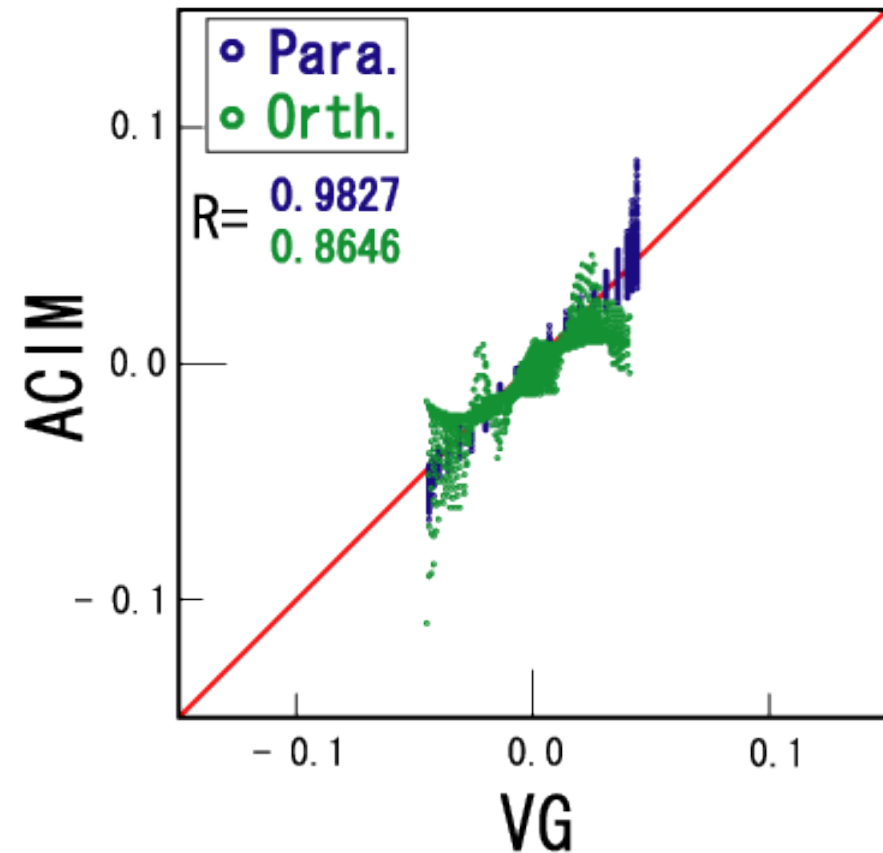
基線範囲内

VGとの相関(基線範囲内・誤差有)

- 基線平行成分(Para.)と基線直角成分(Orth.)



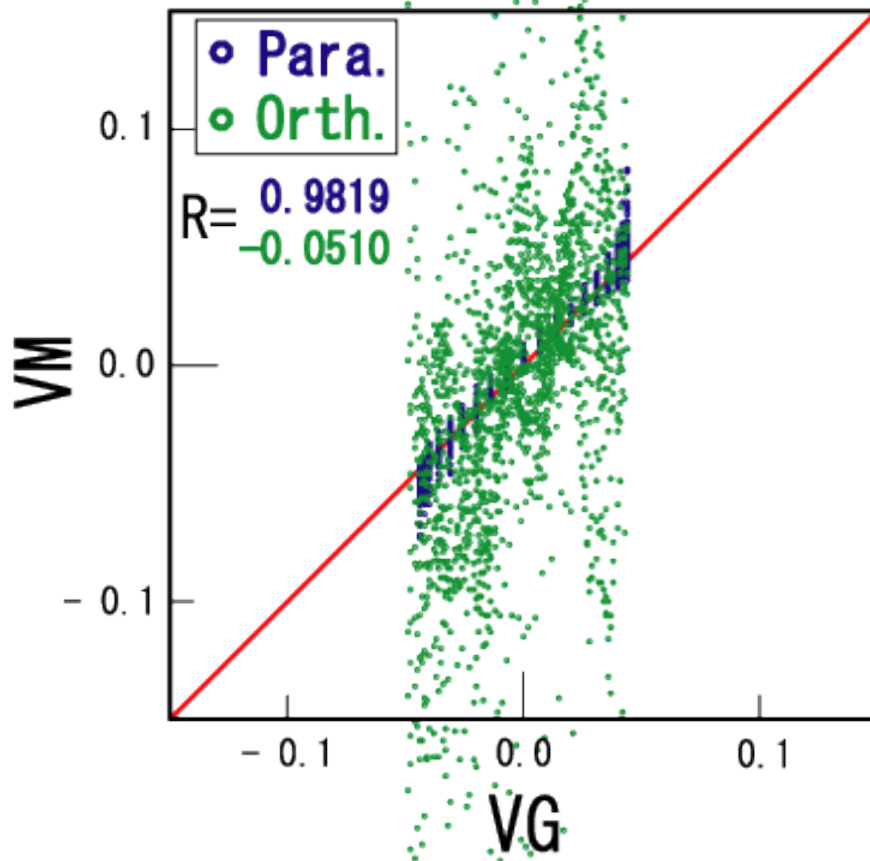
VG vs. VM



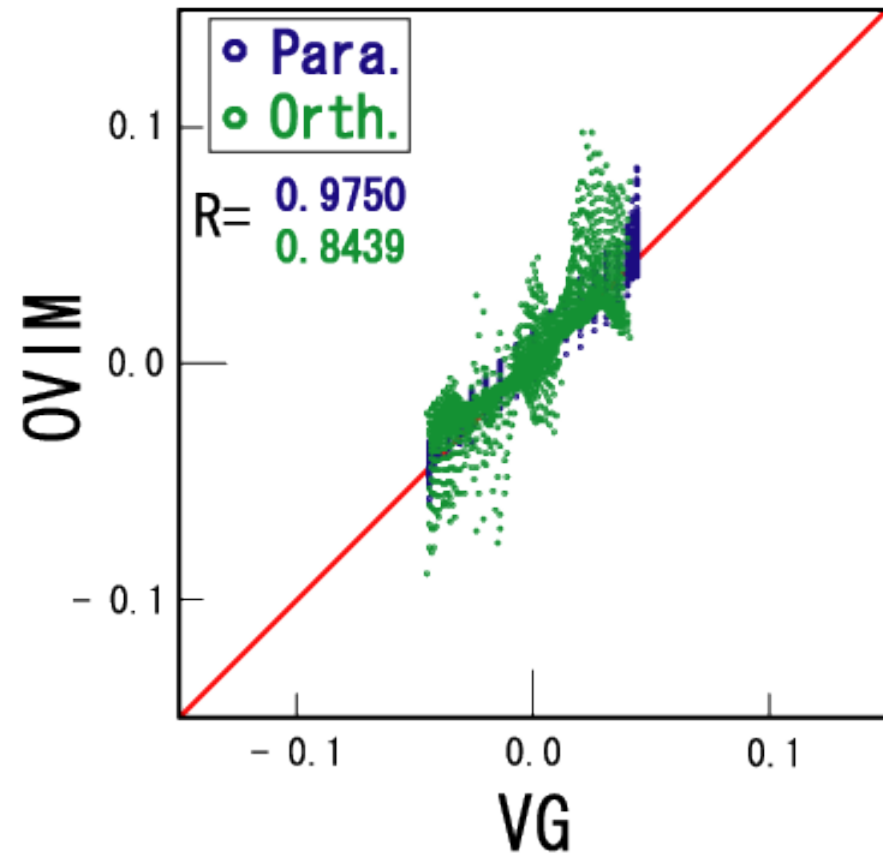
VG vs. ACIM

VGとの相関(基線範囲内・誤差有)

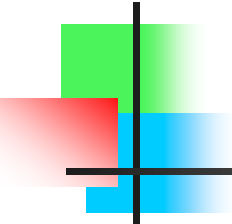
- 基線平行成分(Para.)と基線直角成分(Orth.)



VG vs. VM



VG vs. OVIM

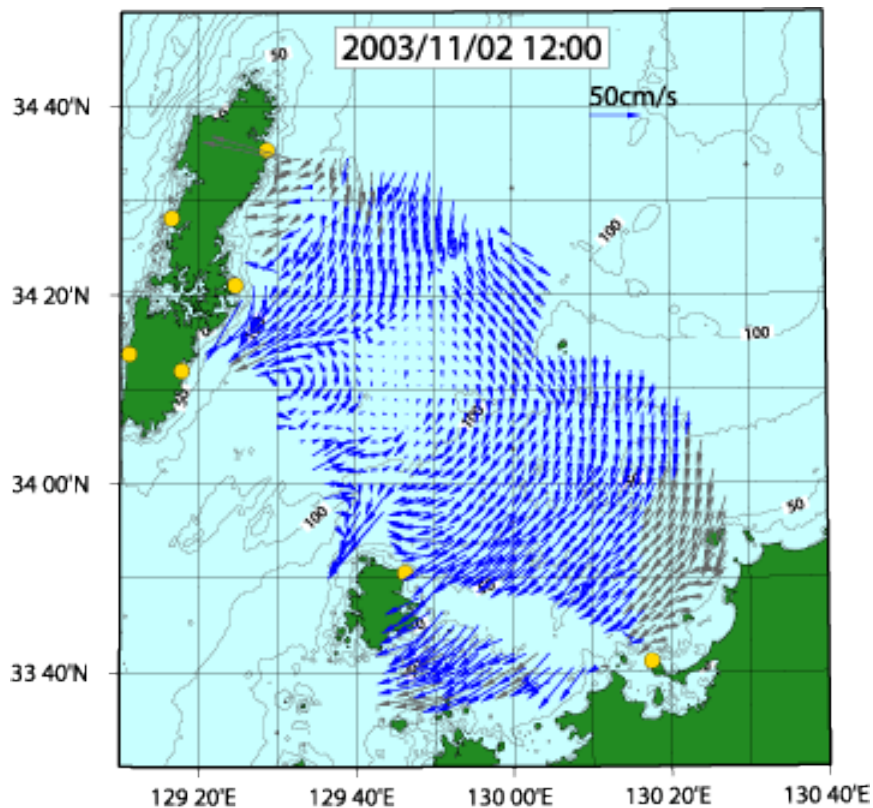


5. 観測された流速場を用いた検証

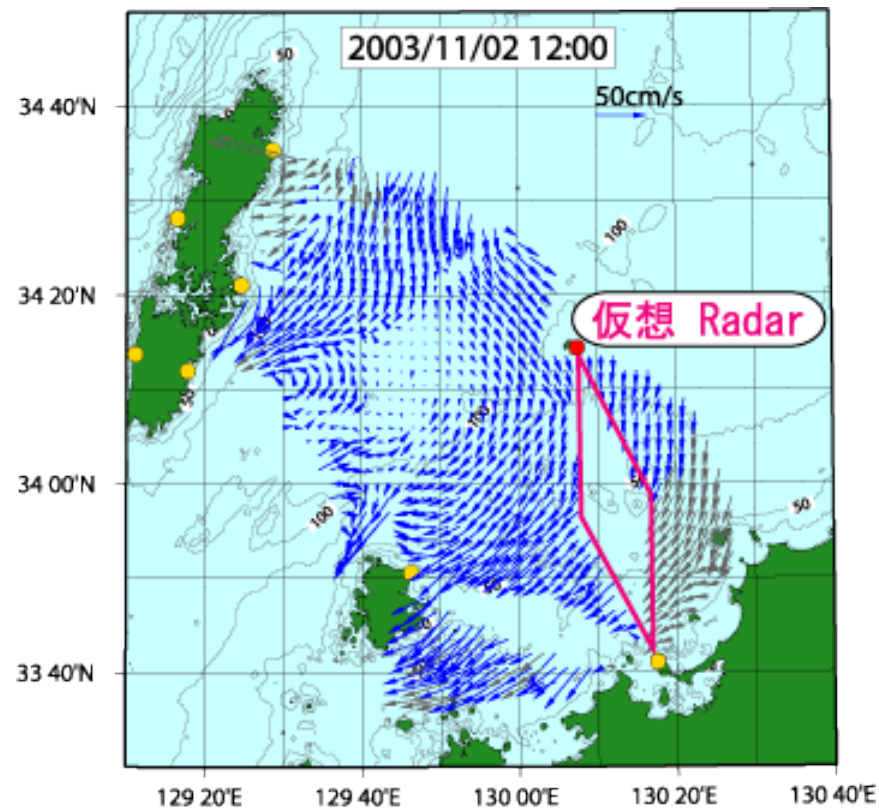
- 仮想流速場を用いた検証で良好な結果が得られたため、実際のレーダー観測で得られた流速場を用いて検証をおこなう。
 - 観測された流速場に仮想レーダーを設置する。
 - 仮想レーダーを設置することにより、観測された流速場中に新たに基線が引ける。
 - 新たに生じた基線範囲に流速場推定手法を適用し、観測された流速ベクトルを再現できるかを検証する。

観測された流速場を用いた検証

検証に用いる流速場

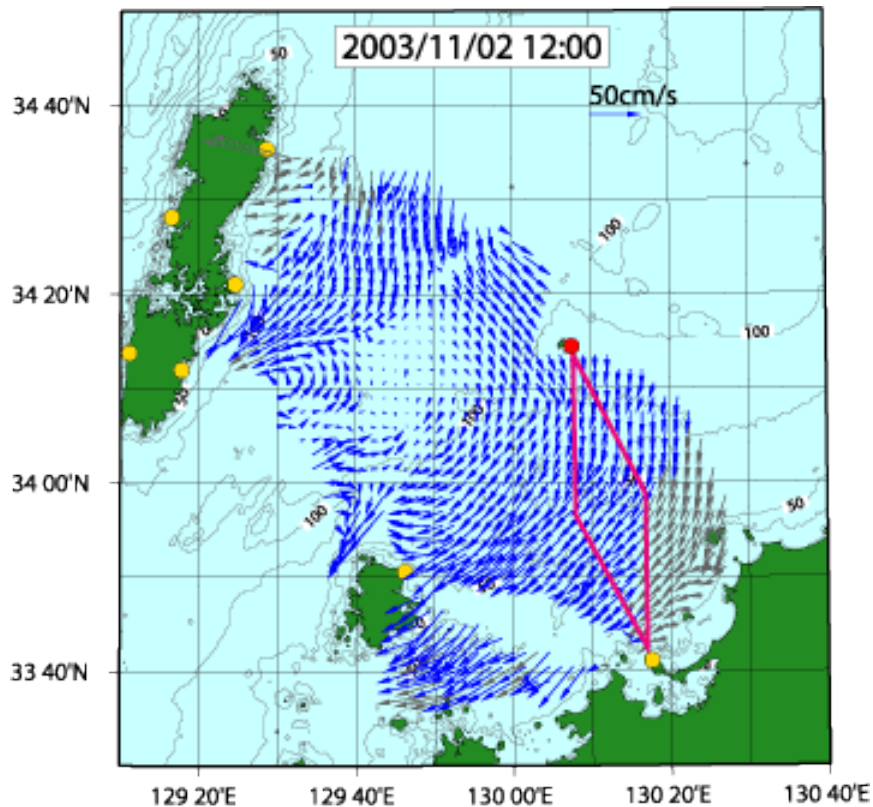


仮想観測を実施

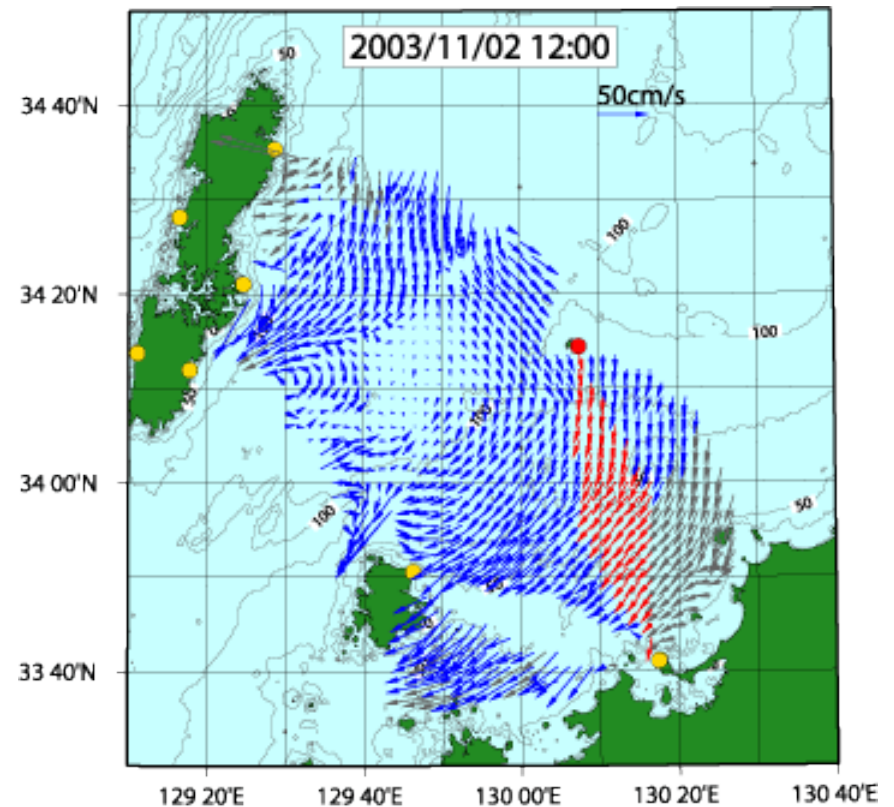


観測された流速場を用いた検証

検証に用いる流速場

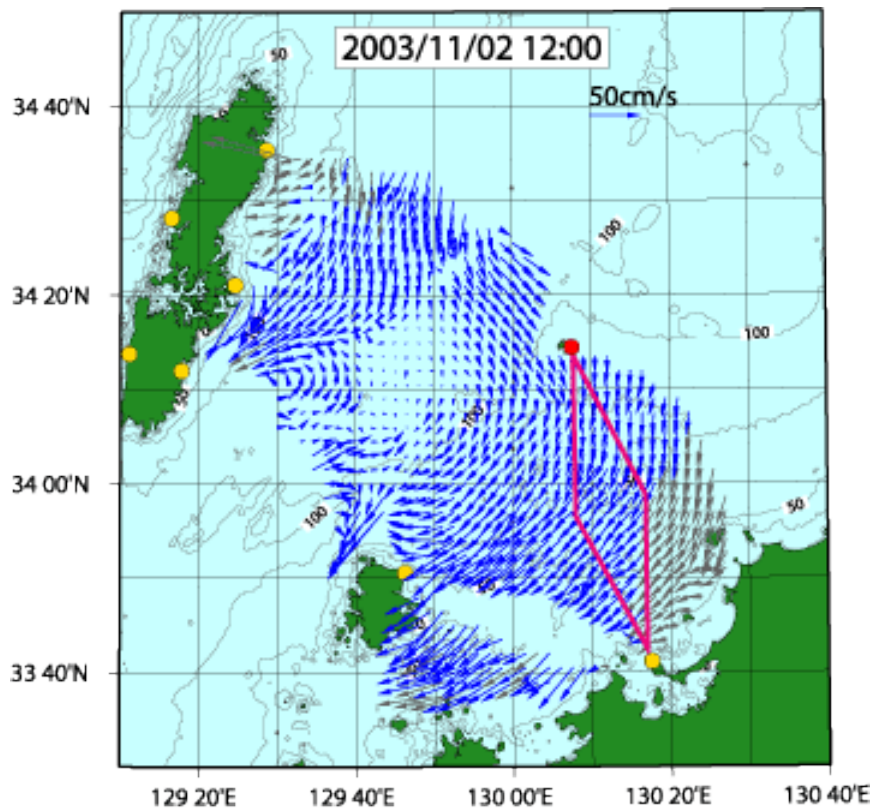


ACIMの適用結果

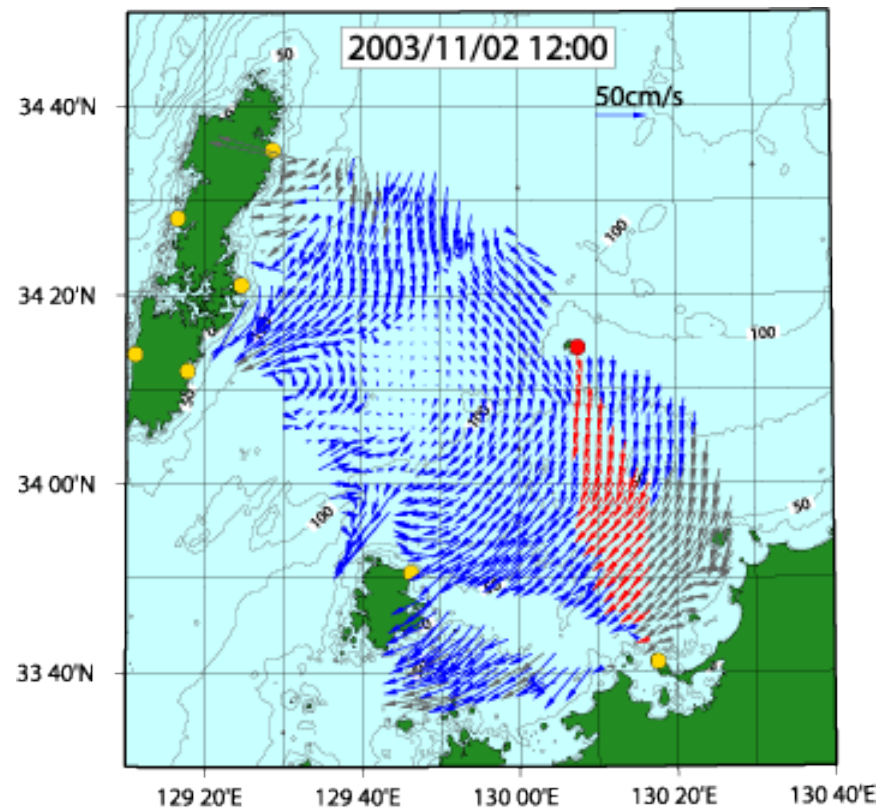


観測された流速場を用いた検証

検証に用いる流速場

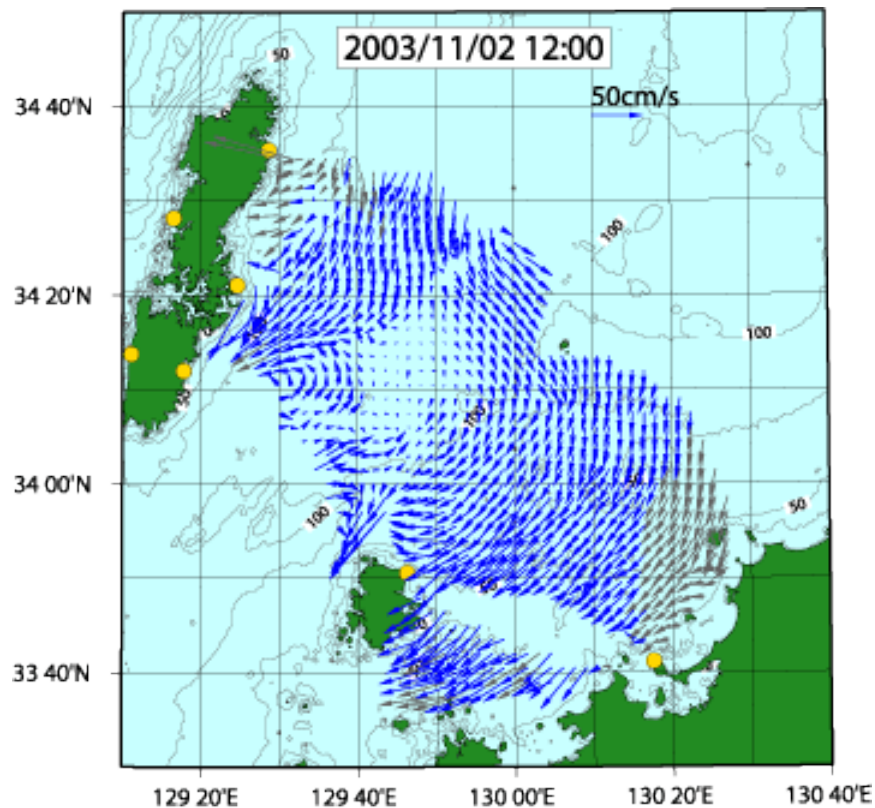


OVIMの適用結果

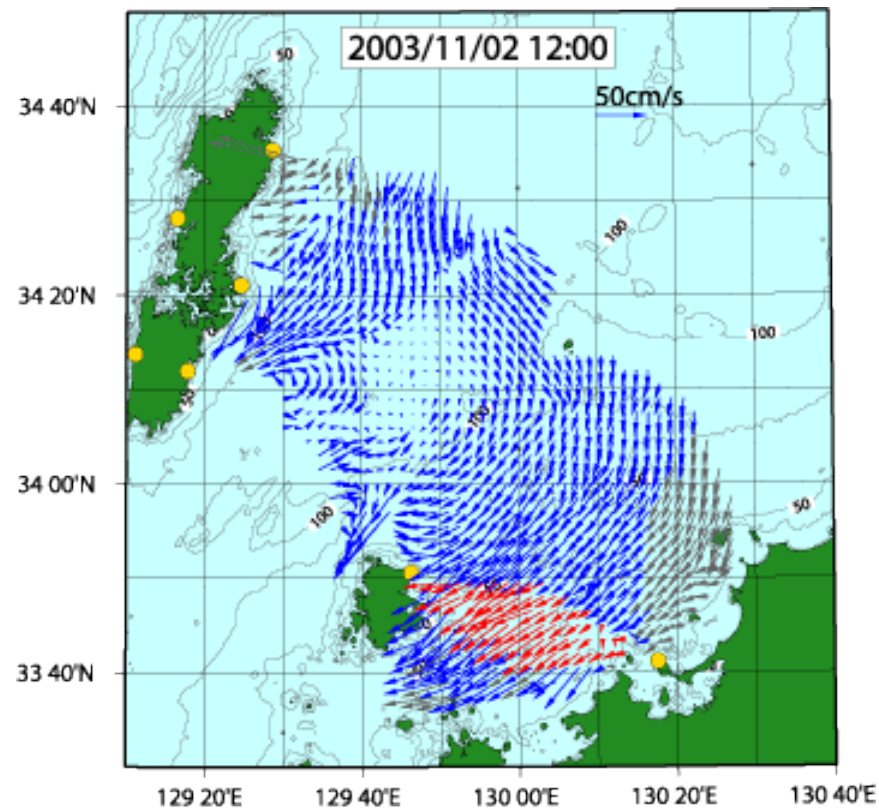


6. 観測結果への適用

観測結果

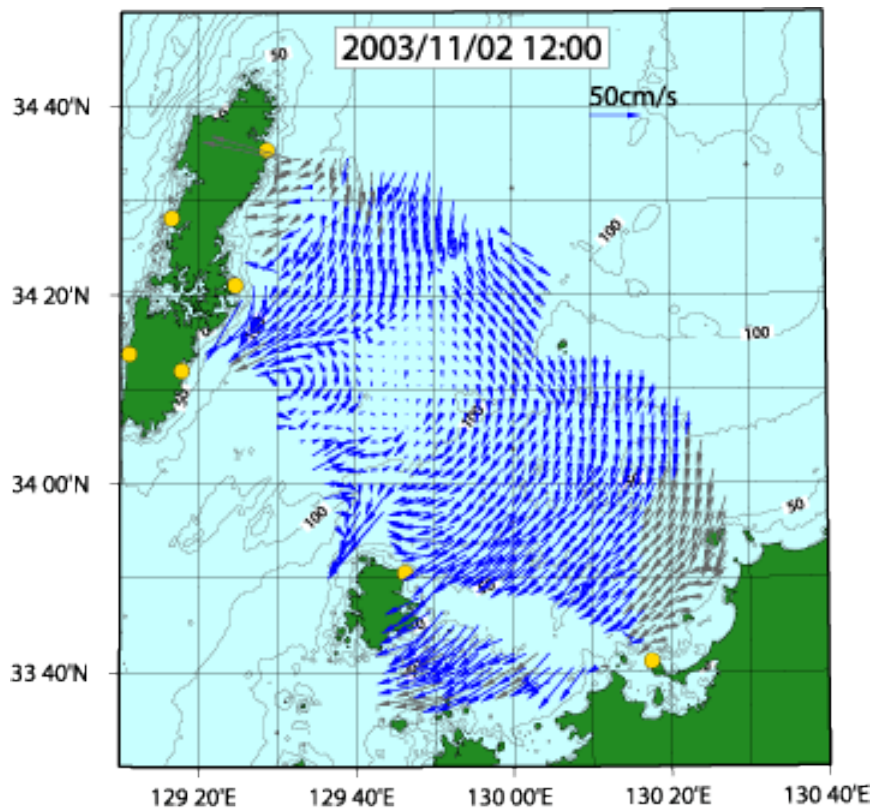


ACIMの適用結果

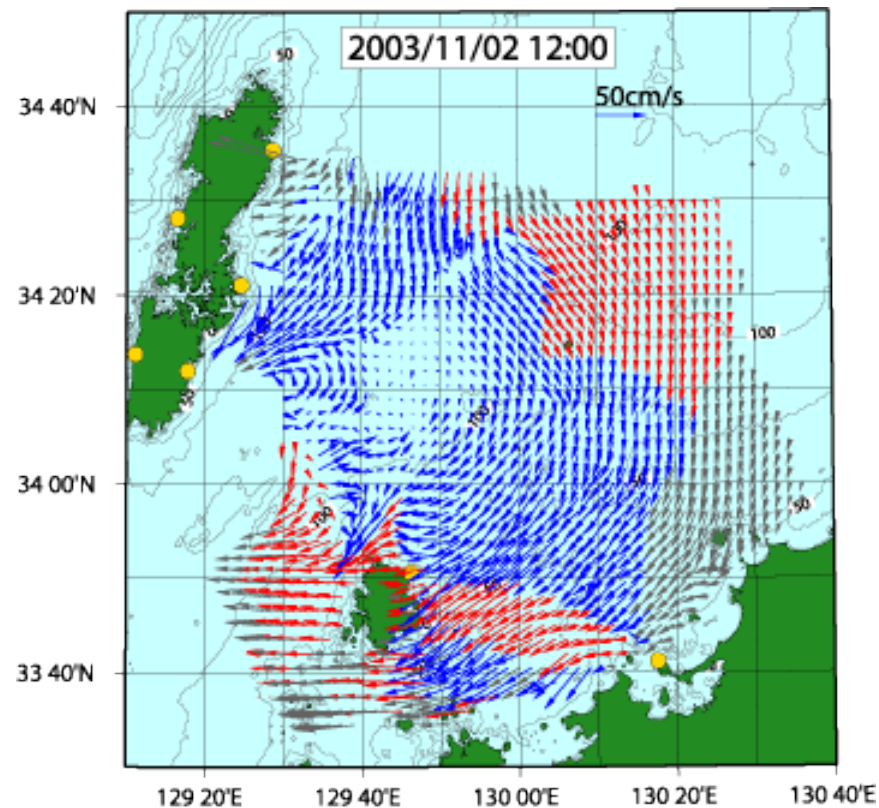


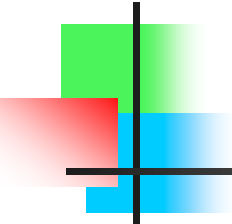
観測結果への適用

観測結果



OVIMの適用結果





7. まとめ

- 流速場推定手法の開発
 - ACIM：基線範囲内限定
 - OVIM：基線範囲以外でも適用可能
 - 視線方向データを考慮する際の重みの決め方をどのようにするかという問題がある。
- 主として基線付近に適用して有効性を吟味
 - 仮想流速場：定性的・定量的に良好な結果。
 - 実計測データ：定性的には良好な結果。
- 今後の課題
 - OVIMの重みの問題、その他の手法の開発。
 - 基線付近の流速を他の測器(ADCP)と比較する。