

2013年6月26日(水)5限授業分

2013年度前期第8回地球科学輻合ゼミナールレポート

「海洋表層の流れと混合・流れを計測し、混合を推測する」(専攻談話会)

地球惑星科学専攻 地球物理学教室 海洋物理学講座

吉川 裕 先生

理学研究科地球惑星科学専攻 地球物理学分野

気象学・気候学及び大気物理学学科 修士課程1年 山田 賢

## 1 講演内容

### 1-1 序論

海洋の流れは物質や熱量を輸送し、地球環境や気候に大きく影響するため、その流れを計測することは大変重要である。しかしながら沿岸域においては、外洋域に比べ時空間変動が大きく非線形性も強いため、その流れを見積もることは容易ではない。近年、この沿岸域の表層流を面的に計測することができる、海洋レーダーの導入が進んでいる。この海洋レーダーを用いることで、今まで詳細にわかっていなかった沿岸域の流れが明らかにされてきている。

### 1-2 海洋レーダー

海洋レーダーは地上から発信された電磁波の反射から海流を推定している。計測の原理としては、ブラッグ散乱機構、ドップラーシフト、微小振幅深水波の理論を用いている。発信された電磁波は、自身の半波長 ( $L$ ) の波によって強く反射する(ブラッグ散乱機構)。この波長の波の移動速度  $U$  は散乱波の周波数変調から求めることができる(ドップラーシフト)。また、波の位相速度は

$$c_w = \sqrt{g \frac{2\pi}{L}} \quad (\text{微小振幅深水波})$$

と表せるので、海流速度  $V$  は  $V = U - c_w$  として求めることができる。この原理により求められた海流速度について、複数のレーダーを用いることで2次元的な海流の分布を知ることができるのである。

### 1-3 観測結果

海洋レーダーを用いて計測された表層海流は図1のようになる(対馬海峡、2月)。ここで海洋レーダーが計測している表層の流れは、(表層流) = (内部流) + (吹送流) であるため、吹送流を除去することで内部流を知ることができる。ただし、吹送流は古典的にエクマン螺旋として知られているが、実際には不確定要素が多いのが現状である。そのため、

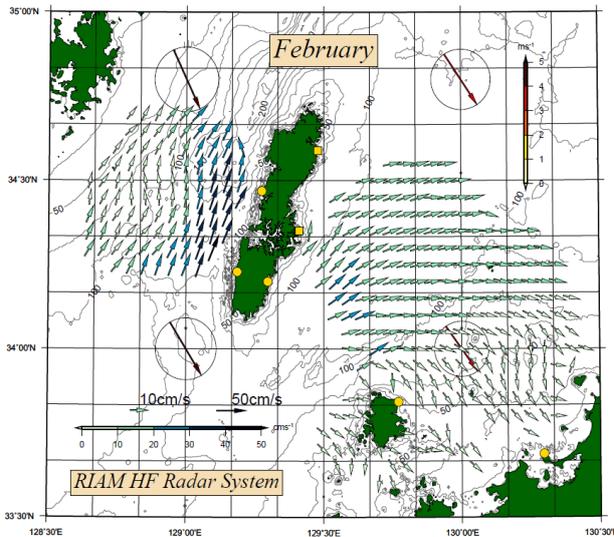


図 1 海洋レーダーにより計測された表層海流

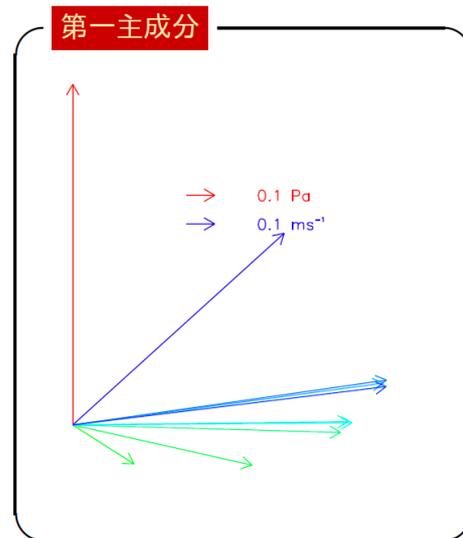
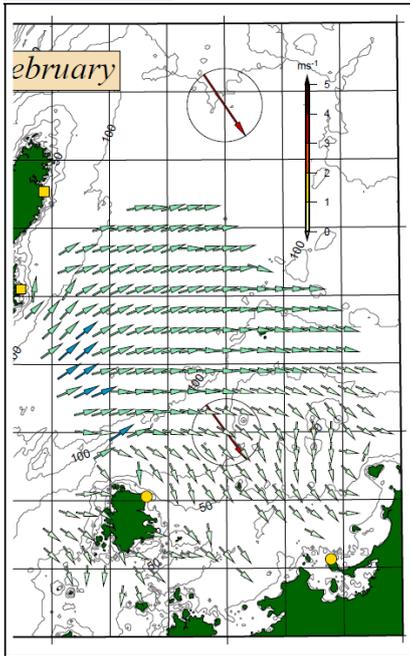


図 2 観測値の複素主成分分析第一主成分

筏のような測器を用いて海流の流れを鉛直方向に計測する観測（期間：2005年7月5日-21日）が行われた。この観測結果に対して複素主成分分析を行い、風共変成分を抽出するとエクマン螺旋の存在が確認できた（図 2）。ここで一般に、海洋は冬季に海面が冷やされることにより対流が発生し、夏季に比べ鉛直方向にかき混ぜられるという季節変動が存在する。この効果により、吹送流の応答にも季節変動が生じている。しかしながら、筏観測のみでは吹送流の季節変動まで考慮することはできない。そこで、海面水位から計算された表層地衡流を取り除くことで算出される吹送流の季節変動について解析が行われた。この解析から、吹送流は夏季に比べ冬季においては流速が小さく、流向の変化も小さいことがわかった。この結果を用いて、2月の表層流から内部流を求めると、表層において博多湾に向かう流れがみられている部分では、下層において北東に向かう流れが形成されていることがわかった（図 3）。以上のようにして、表層流から内部流の分布に関することも知ることができるのである。

さらに、季節変動について、モデルを用いた数値実験も行われた。この結果、夏季については観測結果をよく再現していたが、冬季については観測値よりも流速が小さな値となっていた。これはモデルにおいて、冬季の日変化を考慮していないことが原因であった。冬季においても短時間ではあるが日中は海面が加熱されるため、運動量が深部まで輸送されなくなる。この日変化を考慮することで、観測結果とモデルの差異を説明することができるのである。

実測表層流



推定内部流

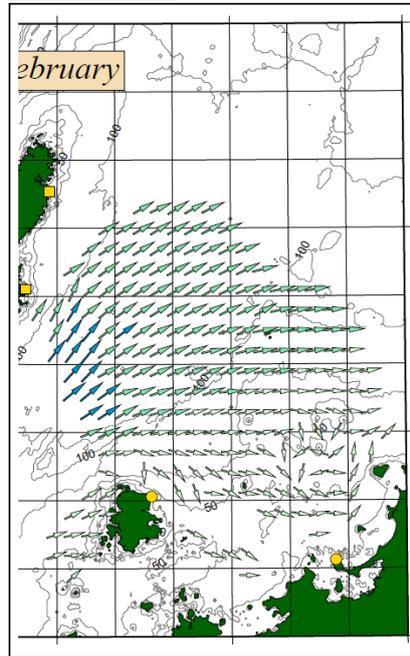


図3 海洋レーダーにより計測された表層海流（左図）と推定された内部流（右図）

## 2 感想

海洋の観測は大気観測に比べ観測数が少ないと言われているが、海洋レーダーを用いた表層流の測定は海洋の動きを細かく知るという意味で、非常に有用な手段であると感じた。また、海洋力学について考えることで表層流から内部流について知ることができることは大変興味深かった。さらに筏の観測のように、実際に自分で観測することがここまで大変であるということには驚いた。しかしながら、レーダーや筏などを用いた観測がすべてのデータの源であり、様々な現象の解明を支えているということを考えると、その重要性を改めて感じた。私自身の研究において、実際に観測をする機会はあまりないかもしれないが、その根本には観測があることを心に留めて研究に励んでいきたいと思った。