

2013年6月26日(水) 5限目授業分

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)

講演者: 京都大学大学院理学研究科 地球惑星科学専攻 地球物理学分野 海洋物理学研究室 准教授 吉川裕 先生

報告者: 京都大学大学院理学研究科 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分科 修士課程1年 中野貴史

1. 講演内容

1-1 海洋レーダーについて

海流を観測する手法としては、大きく直接観測、遠隔計測、海流(地衡流)推定に分類することができる。潮汐流による時間変動、地形による空間変動、非線形が強いといった特徴を持つ沿岸域では、漁業との兼ね合い、航行速度や船舶数といった点から、直接観測では時空間的に密な観測ができず、地衡流推算をするにも無理がある。また、衛星観測においてもフットプリントの問題が生じるといった懸念も存在する。そこで、最近では海洋レーダー観測による海流観測が実施されている。

海洋レーダーによる計測原理は、地上から送信し海面で反射された電磁波の変調から海流を推定している。ブラッグ散乱機構より散乱波の特定を行い、散乱物体の移動が散乱波の周波数の変調を導くドップラーシフトの考えから、次式より散乱速度 U を推定する。

$$\Delta f = 2 \frac{U}{C} f \quad (1)$$

さらに、散乱波 \cong 微小振幅深水波より、波の位相速度を C_w 、波長を L 、海流速度を V とすると、

$$C_w = \sqrt{g \frac{2\pi}{L}} \quad (2) \quad V = U - C_w \quad (3)$$

となり海流速度を求めることができる。

ただ、実際の流速ベクトルを知るためには、複数のレーダーによる測定が必要となる。それぞれのレーダー測定により得られる、電波送信方向の流速成分を合成することで流速ベクトルを算出するという仕組みである。そして、レーダーが陸上に数多く設置される事で、高時空間分解能での表層(海面~海面下 2m 程度)の流れを計測できることになる。また、レーダーはアンテナの方式から、アレイ型、クロスループ型に分けられる(図1)。アレイ型は複数(通常8本以上)のアンテナを横に設置し、その8本のアンテナの位相を見ることで、電波の到来方向を知るという仕組みであるのに対し、クロスループ型は直交し

た指向性アンテナを使用し、それぞれのアンテナの向きに対し向かってくる電波を別々に受信するという仕組みを取っている。



図1 海洋レーダー (左) アレイ型 (右) クロスループ型 (吉川先生講演スライドより引用)

1-2 表層海流について (観測結果)

海洋レーダーで観測されるのは表層流であり、次式の関係が成り立つと考えられる。

$$\text{表層流 (計測流)} = \text{地衡流} + \text{潮流 (内部流)} + \text{吹送流 (境界層流)}$$

つまり、内部流を知りたいとなると、吹送流を推定することが必要となる。風の作る境界層流としては、Ekman(1905)による古典的理論解が知られているが、海面における観測値とは実際には一致しないことが多い。これは、海洋表層境界層がそもそも複雑であることに起因する。そこで、吹送流の鉛直構造の検出ということで、筏観測が実施された。当初は3ヶ月の観測予定がトラブルにより2週間で終了することになってしまったものの、EOF解析より第1主成分はエクマン螺旋と同じような形状を示した。ただ、この結果だけでは、吹送流の季節変化が考慮されていないため、地衡流の推定は難しい。そこで、季節変化の定量化を行うため、表層流 (HF rader)、潮位差 (JODC) から推定される表層地衡流、風速 (JMA) のデータを用いた解析が行われた。解析結果では、夏季と冬季で吹送流の振る舞いに大きな違いを示す結果が得られた。

1-3 表層混合について (数値実験結果)

吹送流の季節変動要因の考察として数値実験が実施された。観測結果と数値実験結果を照らし合わせると、表層の流れは夏季では両者ともほぼ一致するが、冬季では両者が一致せず、数値実験結果の方で流れが過小評価されていた。そこで、熱フラックスの日変化を加味すると、日変化なしと日変化ありの実験結果で違いが生じ、改善が見られた。つまり、

冬季においても、海面は日中短時間ではあるが加熱されるということから、熱フラックスの日変化の重要性が明らかとなった。

2.感想

以前から、海洋レーダーにより表層流の観測が行われているということは知っていたが、今回の講演を聞いて、海洋レーダーの計測メカニズムや種類について知ることができ勉強になった。沿岸域においては、社会的にも長期的な直接観測が難しかったりと、様々な制約が生じてしまう中で、陸上からの海洋レーダー観測は、時空間的にも密なデータが得られることから、とても貴重なものであるということを実感した。

風に伴う吹送流の理論として、エクマン螺旋が提唱されていることは知っていたものの、実際は、季節によってもその挙動は大きく異なるなど、変化が激しいものであるということを理解することができた。夏季は安定した成層状態が形成されているのに対し、冬季は海洋の鉛直混合にも風からのエネルギーが消費されているという点で違いが生じているという事を知ることができた。また、冬季においても熱フラックスの日変化を加味することで、一時的に海面が加熱される日中と夜間で、吹送流の振る舞いが異なるという話を聞いた時は、大変興味深かった。

沿岸域表層の海洋現象は、長期観測が困難な上に、大気海洋相互作用による複雑なメカニズムが働くことから、まだまだ多くの未知の現象が生じているのではないかと感じ、興味深い分野であると思った。