

漂流ブイデータを用いたオホーツク海の平均流の推定

工藤宏之*, 寄高博行*

Estimating mean currents in the Sea of Okhotsk with drifters velocities

Hiroyuki KUDO* and Hiroyuki YORITAKA*

Abstract

In the Sea of Okhotsk, gravity observation data by vessels are very few, so geoid model is inaccurate. Therefore it is difficult to calculate accurately geostrophic currents with satellite altimeter data and geoid model. In this study, mean currents are estimated with drifters velocities and sea surface height anomaly with satellite altimetry. Using these mean currents, it is possible to calculate daily currents with satellite altimeter data.

1 はじめに

大規模な海流の表層では、流れによるコリオリ力と海面の傾きがバランス（地衡流平衡）しているとされ、海面高度分布から流れの様子を知ることができる。

$$u = -g/f dh/dy, v = g/f dh/dx \quad (1)$$

ここで、 u 、 v は流れの東方成分、北方成分で、 g は重力加速度、 f はコリオリパラメータ、 h はジオイド面からの海面の高さである。

日本周辺の太平洋海域では、船舶重力観測により精密なジオイドが求められているので、衛星海面高度計データから h の分布を求めることができ、地衡流を計算することができる（笹原・他、2007）。

しかし、オホーツク海では船舶観測が少なく（笹原・他、2006）、ジオイドの精度が劣るため、この手法を用いることができない。

本研究では、漂流ブイの軌跡から得られた流速

と、衛星海面高度計データの偏差から平均流速場を計算することにより、日毎の衛星海面高度計データから流速場を推定した。

2 手法

ジオイドからの海面の高さ h を、平均 h_0 と偏差 h' の和として表すと、

$$h = h_0 + h' \quad (2)$$

(1) 式は、次のように書ける。

$$\begin{aligned} u &= -(g/f dh_0/dy + g/f dh'/dy) \\ &= u_0 - g/f dh'/dy, \\ v &= g/f dh_0/dx + g/f dh'/dx \\ &= v_0 + g/f dh'/dx \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 u_0 、 v_0 が平均流速である。

h' は、衛星海面高度計データから得られる海面高度偏差と同じものである。 u 、 v に漂流ブイか

* 海洋研究室 Ocean Research Laboratory

ら得られた実測の流速 u_d , v_d を与えると, 平均流速を得ることができる.

$$\begin{aligned} u_0 &= u_d + g/f dh'/dy \\ v_0 &= v_d - g/f dh'/dx \end{aligned} \quad (4)$$

本研究では, 海面高度偏差として, CNES (Centre National d'Études Spatiales) AVISO (Archivage, Validation et Interprétation des données des Satellites Océanographiques) から提供されている 1992 年から 2007 年の 1 週間間隔・経緯度 20 分のグリッドデータを用いた.

漂流ブイの流速は, 北海道大学の 1999 年から 2000 年の 1 時間間隔の観測データ (Ohshima *et al.*, 2002) 及び WOCE Surface Velocity Programme (SVP) で得られたデータから 1992 年から 2007 年の 6 時間間隔のデータを用いた. 用いた漂流ブイデータの軌跡を Fig.1 に示す. 青線が北海道大学の漂流ブイの軌跡, 赤線が SVP データの軌跡である.

Fig.2 は, 経緯度 15 分グリッド内の漂流ブイ

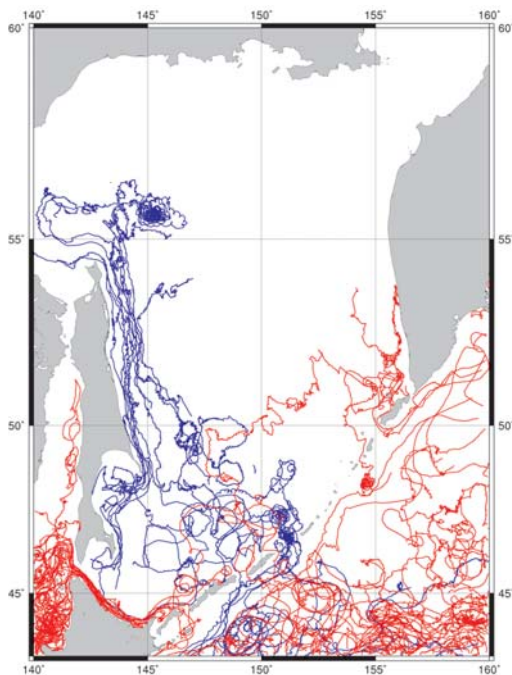


Fig.1 Drifters trajectories. Blue lines indicate the trajectories of Hokkaido University's drifters. Red lines indicate the trajectories of SVP data.

の累積滞在時間をプロットしたものである. オホーツク海では, 北海道沿岸, サハリンのテルペニア岬東方北緯 49 度, 東経 147 度付近, 東経 151 度のブツル海峡付近, カムチャツカ半島南部沿岸で比較的データが多いが, ほとんどの海域で, 滞在時間は 100 時間以下であり, 北海道の沖合には大きなデータ空白域が存在する.

北海道大学の漂流ブイの流速は, 潮流を除去されているものを用いた. SVP の流速は 24 時間移動平均を行って, 短周期の潮流成分を除去した.

漂流ブイの流速は, 吹送流を差し引いて使用した. 吹送流の計算には, NCEP (National Centers for Environmental Prediction) の日毎の経緯度 2.5 度グリッドの再解析風速データを海上 10 m 高の風速に換算して用いた.

海上 10 m 高の風速からの海面風応力の計算には, Large and Pond (1981) のバルク式を用いた.

$$\tau = \rho C_D |U_{10}| U_{10}$$

ただし,

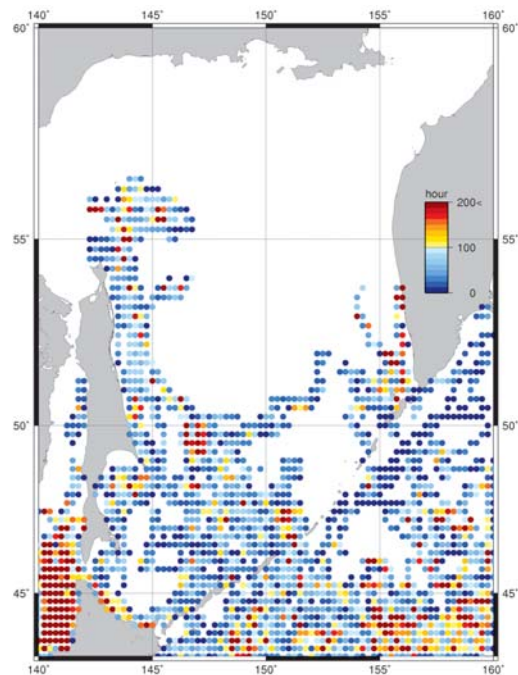


Fig.2 Drifters residence time.

$$C_D = 1.2 \times 10^{-3} \quad (4.0 \leq |U_{10}| < 11.0),$$

$$C_D = (0.49 + 0.065 |U_{10}|) \times 10^{-3} \quad (11.0 \leq |U_{10}| < 25.0) \quad (5)$$

ここで、 τ が海面風応力 (Nm^{-2})、 ρ が大気密度 (kgm^{-3})、 C_D がバルク係数、 U_{10} が海上 10 m 高の風速 (ms^{-1}) である。風速 25.0 ms^{-1} 以上のデータは使用しなかった。海面風応力からは、エクマン層厚 (e-folding 深度) を 40 m と仮定し、深度 15 m の漂流ブイのドロークが受ける吹送流を以下の式で計算した。

$$V_w = 2.83398 R(66.2652^\circ) \tau \quad (6)$$

ここで、 V_w が吹送流 (ms^{-1})、 R は回転行列である。漂流ブイの流速から、一番近いグリッドの吹送流を差し引いた。

吹送流を差し引いた流速から、一番近いグリッドの海面高度偏差から計算した流速の偏差を除き、平均流速 u_0, v_0 を計算し、経緯度 15 分グリッドで平均した。その際、時間間隔が北海道大

学のデータの 6 倍の SVP データには、6 倍の重みを付けた。15 分グリッドの平均流速には、 $\sigma = 10$ 分のガウシアンフィルタをかけた。

3 結果

計算された平均流速を Fig. 3 に示す。宗谷海峡から北海道岸に沿って南下する宗谷暖流、サハリン東岸に沿って南下する東サハリン海流、カムチャツカ半島東岸から千島列島に沿って南下する東カムチャツカ海流が明瞭である。

Fig. 4 は、平均流速を 15 分グリッドで平均化した際の標準偏差である。東経 146 度の択捉海峡付近及び北海道沿岸で、値がやや大きい、ほとんどの海域で 0.25 ms^{-1} 以下であった。

Fig. 5 は、漂流ブイの流速と海面高度偏差から求めた平均流速 (赤) と、JODC に登録されている 1992~2008 年の ADCP 観測による水深 10~20 m の流速から計算した平均流速 (青) をプロットしたものである (ただし、ADCP のデータ数が 200 以上のグリッドのみ)。流向はほぼ一致しているが、流速は ADCP のデータから計算した値の方が小さく、漂流ブイと衛星海面高度計のデー

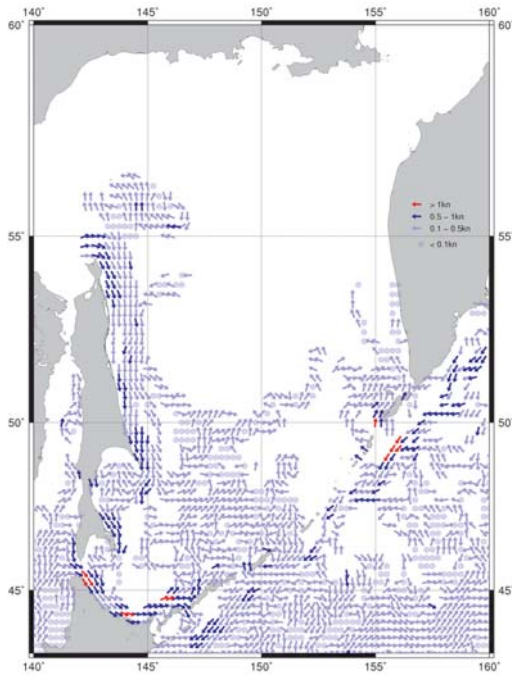


Fig. 3 Mean surface currents calculated from drifters velocities and sea surface anomaly.

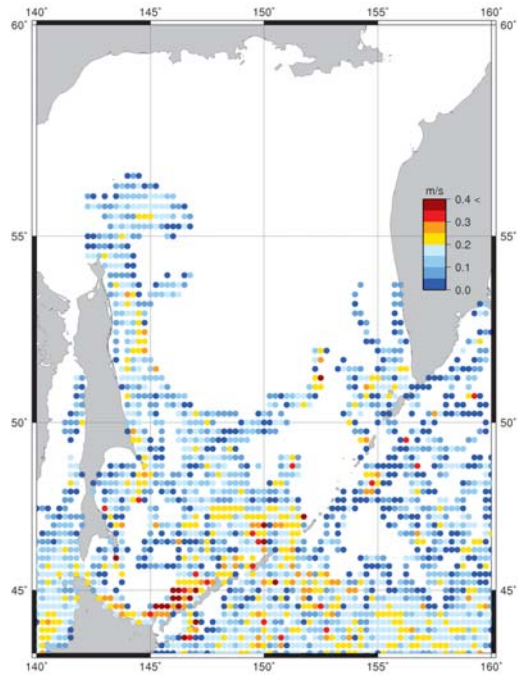


Fig. 4 Standard deviations of mean surface currents.

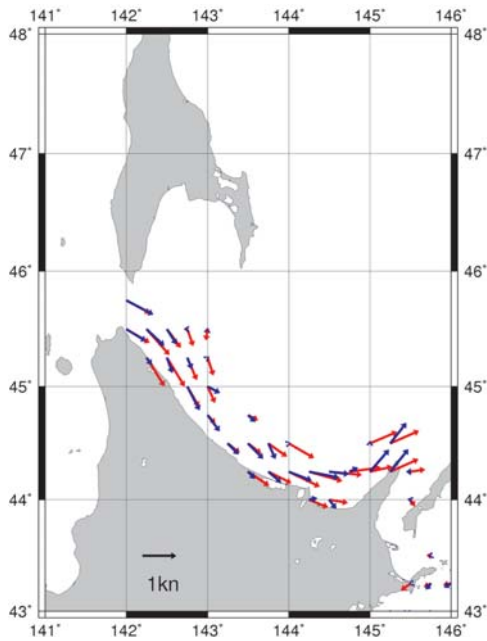


Fig. 5 Mean surface currents from drifters data and altimeter data (red) and ADCP data (blue).

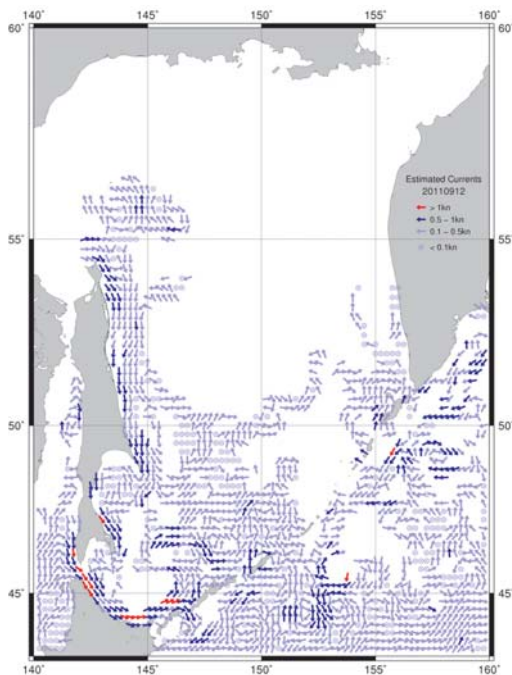


Fig. 6 Estimated surface currents on Sep. 12, 2011.

タから計算した値の0.7倍程度であった。これは、夏季(7~9月)のADCPデータが少ないことが原因の一つとして考えられる。

計算された平均流速と海面高度偏差を用いて、(3)式から日毎の流速場を推定することができる。Fig. 6に2011年9月12日の推定流速場を示す。

4 まとめ

船舶重力観測が少なく、ジオイドの精度のよくないオホーツク海域において、漂流ブイの軌跡から得られた流速と衛星海面高度計の海面高度偏差を用いて平均流速場を計算した。この平均流速場を用いることにより、日毎の流速場を推定することが可能となった。

しかし、漂流ブイのデータのない海域は、平均流速が計算できず、日々の流速場を推定することもできない。このような海域については、別の手法で平均流速を計算する必要がある。

謝 辞

本研究では、北海道大学低温科学研究所の大島慶一郎教授から、オホーツク海の貴重な観測データを提供して頂きました。深く感謝いたします。

参考文献

- Large, W. G. and S. Pond (1981), Open ocean momentum flux measurements in moderate to strong winds, *J. Phy. Oceanogr.*, **11**, 1981, 324-336.
- Ohshima, K. I., M. Wakatsuchi, Y. Fukamachi, and G. Mizuta (2002), Near-surface circulation and tidal currents of the Okhotsk Sea observed with satellite-tracked drifters, *J. Geophys. Res.*, **107**, 3195, doi : 10.1029/2001JC001005.
- 笹原昇・工藤宏之・平岩恒廣・矢沼隆 (2007), 海域ジオイドモデルによる地衡流の算出, *海洋情報部技報*, **25**, 112-115.
- 笹原昇・矢沼隆・矢吹哲一郎 (2006), 日本周辺海域における海域ジオイドモデルの決定, *海洋情報部研究報告*, **42**, 39-47.

要 旨

船舶重力観測がほとんど行われていないオホーツク海については、ジオイドの精度がよくないため、衛星海面高度からジオイド高を引いて力学的海面高度を求めて地衡流を計算する方法では、流

速場を求めることができない。本研究では、漂流ブイの漂流速度と衛星海面高度計の海面高度偏差から求めた地衡流の偏差成分を比較することによって、平均流速場を推定した。この平均流速場を用いることにより、衛星海面高度計データから、日毎の流速場を推定することが可能となった。