

抵抗体ドロークの差異による漂流ブイの挙動特性

石井, 大輔
九州大学応用力学研究所技術室

<https://hdl.handle.net/2324/14021>

出版情報 : 九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート. 9, pp.81-91, 2008-03. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

抵抗力ドロークの差異による漂流ブイの挙動特性

九州大学応用力学研究所 技術室
石井 大輔

1. はじめに

時間的にも空間的にも変化する海の流れを知りたい場合、海潮調査を行なうことは最も基本的な作業の一つである。その流体運動の表現（記述）方法にはオイラー（Eulerian）とラグランジュ（Lagrangian）の二種類があり、それぞれの流動特性を把握するためには、その観測目的に応じた海洋測器を用いて測流する必要がある。前者の流れ（オイラー流速）は、ある定点に測器を固定・係留して観測されるものであり、代表的な測器として、プロペラ式流速計（アンデラー流速計）や電磁流速計、超音波式流速計（ADCP: Acoustic Doppler Current Profiler）、海洋レーダー（HF・DBF など）などが挙げられる。一方、流体粒子（例えば、水粒子とともに移動する浮遊生物など）の挙動を把握するために行なわれるラグランジュ的流速観測では、一般に、漂流ブイ（フロート）と呼ばれる浮標を追跡することによって、後者の流れ（ラグランジュ流速）を把握する。

所望深度におけるオイラー的な流れを計測する場合には、先にも述べたように係留式流速計や海底設置型 ADCP などを用いた定点観測を実施する。その一方、所望深度におけるラグランジュ的な流れを計測する際に利用される漂流ブイは、所望深度の海流を追跡するために「抵抗力ドローク」と呼ばれる抵抗力物をその深さに装備して計測するのが一般である。実際、漂流中のブイは形状や通信方式などによってその一部が海面上に突出するケースが多い。そのため、海面上における漂流物の受風面が海上風の影響を受けることによって生じる風圧流が、本来知りたい深さの流動特性に影響を与える可能性がある。既述した抵抗力ドロークは、このような風圧流を抑止するための役割も兼ね備えていて、抵抗力ドロークによる風圧流抑止を主眼に置いた研究では、海上風速の漂流物に対する風圧影響を調査した結果、風圧効果に係る漂流物および抵抗力ドロークの規格（仕様）をある基準で設計することにより、風圧流速を大幅に抑止できることが実験的に明らかになっている（例えば、Niiler *et al.*, 1995 など）。

しかしながら、実際には抵抗力ドロークの形状や大きさ（海中での受圧面積）は過去の研究事例を見ても様々なものが使用されており、特に所望深度におけるラグランジュ流速を正確に計測するということに主眼を置いた場合、本来どのような抵抗力ドローク（形状・径・長さなど）を装備するのが適切なのか、筆者も未だに明確な回答を得ていない。事実、様々な海域で種々のブイを用いた海洋観測を数例実施してきたが、使用した抵抗力ドロークが所望水深の流れを計測するために最適であったのか否かについては、正直なところ今

でも疑問を抱くことがある（海洋レーダ流速や ADCP 流速との比較で、どの程度の精度で計測されているかは把握しているものの）。また、漂流ブイ観測時に装備するドローグ長は、「沿岸観測では小さく（全長が短い：例 1-2m）、外洋観測では大きい（全長が長い：例 5-15m）」ものを利用するのが一般的である、という話を時折耳にすることがある。だが、この信憑性も良く分からない（私が過去の研究事例を知らないだけかもしれない）。

そこで本稿は、種々の抵抗力ドローグ長やドローグの設定水深を変更することで、観測される流動特性がどのように変化するのを確認するために、初期の検証実験として数例について試行したので、その結果について報告する。

2. 観測条件

観測は 2006 年 7 月 6 日（中潮）、有明海湾奥部（図 1）において、早米ヶ浦漁協所属の漁船・信生丸（3.6 トン）をチャーターし実施した。有明海は、潮汐による干満差が最大で 5-6m も生じることでも有名で、それにより生じる潮流（往復流）が卓越する海域である。

本観測では、石井（2008）が開発した GPS 携帯電話搭載型漂流ブイを 5 基用いて、表 1 に示す抵抗力ドローグの諸条件のもと観測を実施し、当該観測で得られた各ブイにおける流動特性の比較・検討を試みた。なお、ブイは漂流中における自身の位置を約 5 分ごとに GPS 衛星から測位しその情報を管理用サーバへ送信する設定になっている。そのため、後述する観測結果（漂流ブイの軌跡・流速・漂流距離）は、約 5 分ごとに計測されたものである。本観測に係る漂流ブイならびに当該計測環境についての詳細は、別稿に譲る（石井，2008）。

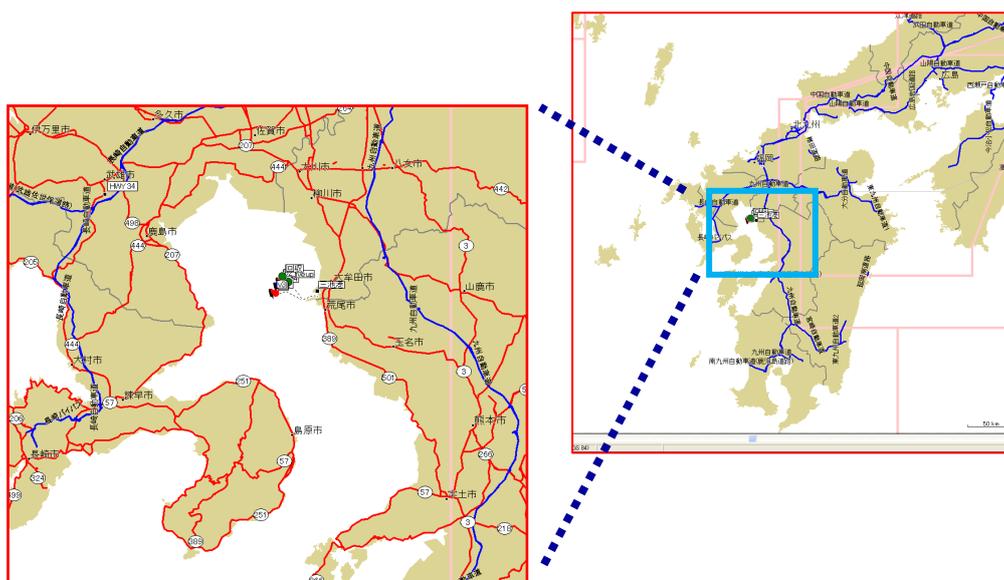


図 1. 検証海域に設定した九州・有明海

表 1. 各ブイに装備する抵抗体ドロークの仕様および接続条件

ブイ番号 Buoy-**	ドローク直径 φ [mm]	ドローク中心の 設定水深 [m]	ドローク長 [m]	※ 1	※ 2	※ 3
01	940	2.0	1	●	●	
02	↓	↓	2	●		
03	↓	↓	3	●		
04	600	↓	1		●	●
05	↓	0.5	↓			●

- ※ 1 : 設定ドローク長の差異による特性比較
- ※ 2 : ドローク直径の差異による特性比較
- ※ 3 : ドローク中心水深の差異による特性比較

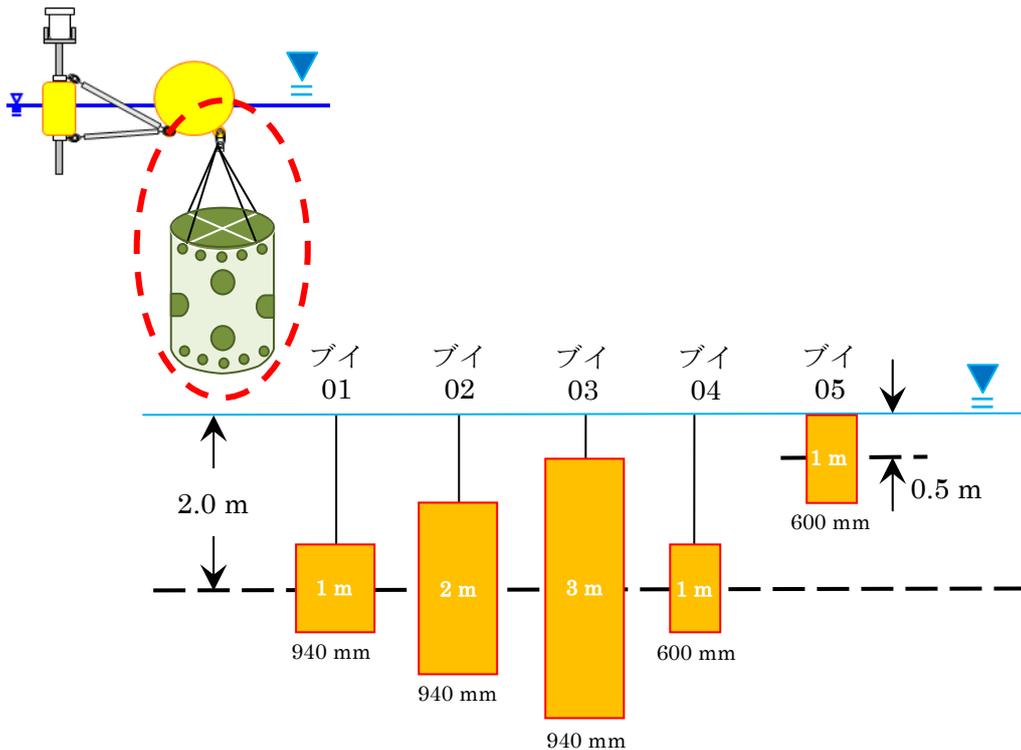


図 2. 漂流ブイに装備する抵抗体ドロークの仕様および接続条件(表 1)の模式図

表 1 に示す諸条件を模式化したものが、図 2 に対応する。本観測で確認・把握したい事項は、同表下部にも記載している通り、設定ドローク長の差異による特性比較 (※1)、ドローク直径の差異による特性比較 (※2)、ドローク中心水深の差異による特性比較 (※3)、の 3 点である。なお、使用する全てのドロークは図 2 の破線内に示すような穴あき円筒型

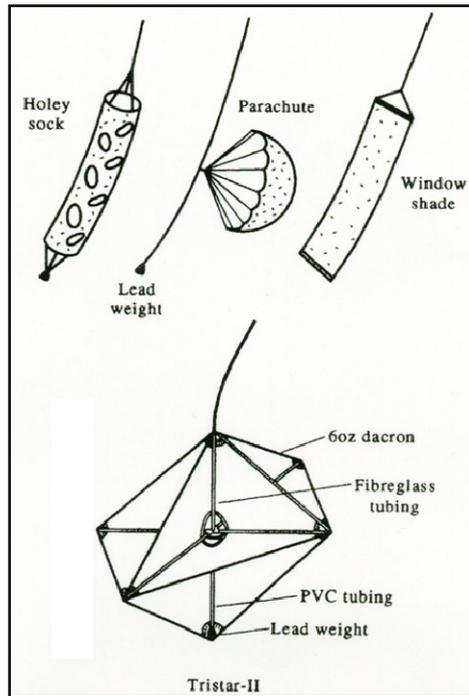


図 3. 各種の抵抗力ドロークの一例 (William and Richard, 2001)

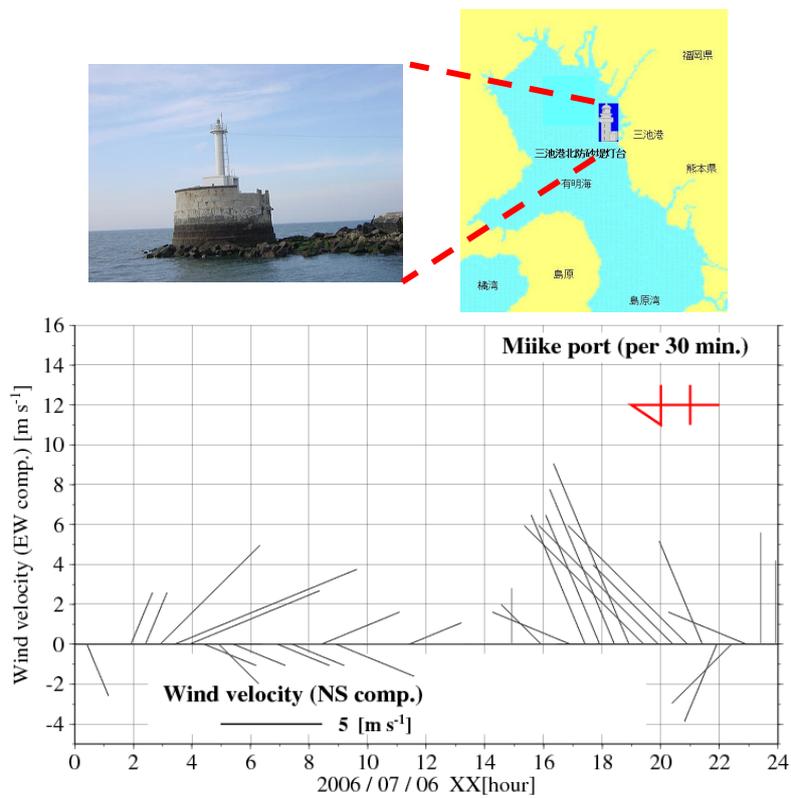


図 4. 風向・風速結果 (三池港北防砂堤灯台, 写真: 三池海上保安部 web site より引用) 方位は紙面上方を東に設定し、風の吹き去る方向をスティックで表示している。

(Holey sock) を採用し、本観測では図 3 に示すような種々のドロークを用いての、ドローク形状差異による特性評価は行なっていない。この点に関しては、既往の研究事例を調査した上で、今後の検討課題としたい。

図 4 に三池港北防砂堤灯台における観測当日の風向・風速データを示す。ブイを投入していた時刻はおよそ 12 時前から 13 時半までの間で、その頃はほぼ無風状態にあった(図 4)。そのため、海上風により漂流ブイが直接押されて生じる風圧流の影響は無視できるものと判断される。

3. 観測結果

図 5 に、設定ドローク長の差異による特性比較を行なった結果を示す(表 1 に示す※1 に対応)。図 2 を見ても分かるように、各ドロークの中心位置は海面下 2m に統一し、ドローク全長を 1m (Buoy-01)・2 m (Buoy-02)・3 m (Buoy-03) と異なるものになっている。どの漂流ブイも、平均的には海面下 2m におけるラグランジュ流速を計測しているとみなせるが、厳密には各々、海面下 1.5-2.5m(Buoy-01)、海面下 1-3m(Buoy-02)、海面下 0.5-3.5m(Buoy-03) における潮流に追従し、その流速を計測していることになる。

図 5 (a) に各ブイの軌跡を示すが、3 基とも東西方向の流れは殆どなく北流(北に向かう流れ)が卓越していることが窺えるだけでなく、投入直後(Start)はほぼ同じ位置にいた各ブイは、回収前にあたる約 1 時間半後には若干その位置関係が異なっていた。軌跡図(図 5a) からだけではその特徴が確認しづらいこともあり、各ブイのラグランジュ流速(図 5b) および漂流距離(図 5c) を算出し図化した。なお、図 5 (c) における漂流距離とは、各ブイともにほぼ同時刻における投入初期の位置データを基準(0)にして、それからの偏差で表している。図 5 (b) より、5 分ごとに計測された各ブイの流速は多少バラツキがあるものの(GPS 測位誤差に起因)、基本的にはそれら特性(トレンド)に大きな差異は見られない。しかしながら、各ブイにおける漂流距離偏差は、ドローク長が長いほど、時間経過に伴ってその変化量が徐々に増加していることが確認でき、約 1 時間半の間に最大で 100m ほどブイ間の距離に差が生じた(図 5c)。

もし、水深が深くなるに従い流速も線形的に変化する(減少する)のであれば、ドローク中心水深(2m)を共通化している本実験において、各ブイの平均ラグランジュ流速は同じになるはずである。しかしながら、三者で流動特性が異なることに加え、全長が長い抵抗体ドロークを装備した漂流ブイほど漂流距離が延びている。この要因には、各水深における流速の鉛直シアの影響が考えられる。いくらドローク中心水深が同じであっても、海洋における流動には鉛直シアがあるため、設定するドローク長によっては計測される流動特性がその影響を受けて変動することは十分に考えられる。また、ドローク長が異なるということは、海中での水圧断面積(海中の受圧面積)が変わることを指すため、抵抗体ドロークの水圧断面積が大きければそれにかかる流動による累積応力がほぼ線形的に増加すると考えてよいだろう。よってこれらの効果が、同図に示すような各ブイにおける漂流挙

動の差異に現れているものと推察する。

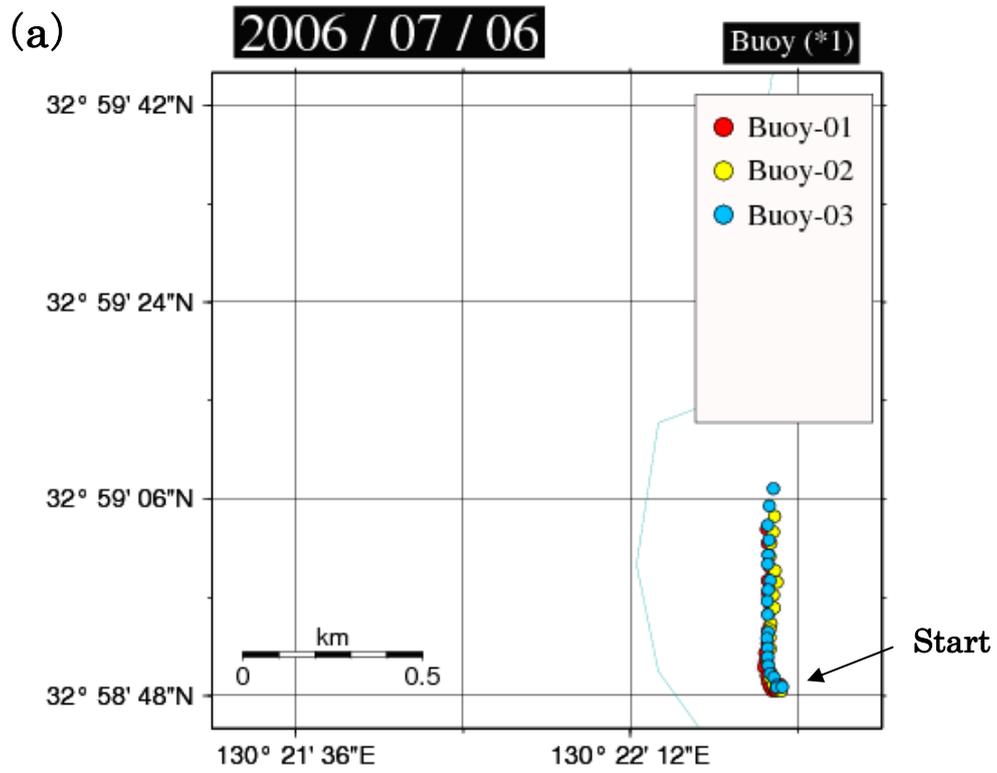
図 6 に、ドローク直径を変化させた場合における各諸量の特性比較を行なった結果を示す（表 1 に示す※2 に対応）。先にも述べたが、ドローク径が異なるということは、即ち、海中での水圧断面積が変わることを指し、本検証実験における Buoy-04 の水圧断面積は Buoy-01 のその約 64%に相当する。同図を概観すると、投入直後はほぼ同じ位置に投入された両ブイは、時間経過に伴い漂流挙動が異なっていることが見て取れる。そして、ドローク直径が大きい、即ち、海中での水圧断面積が大きな Buoy-01 の方が Buoy-04 よりも漂流距離偏差が時間経過に伴い大きくなっている（図 6c）。この特性差異も、※1 の検証実験における後者の考察を支持する結果である。

図 7 に、異なる水深にドローク中心が設定されるように装着した場合における各諸量の特性比較を行なった結果を示す（表 1 に示す※3 に対応）。同図より、ドローク設定水深が Buoy-05（0.5m）より深い Buoy-04（2.0m）は Buoy-05 より時計回りに流向がずれており、両者は全く異なる漂流挙動を示している。また、流速ならびに漂流距離偏差を見ても分かるように、時間経過に伴う南北成分（Northward）のそれらはほぼ一致しているものの東西成分（Eastward）の諸量は明らかに異なっており、水深による流速シアの違いが顕著に現れている。

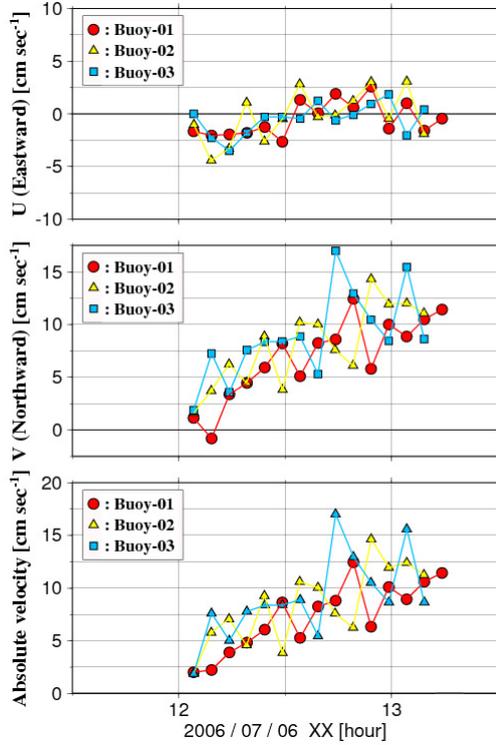
なお、本稿における検証目的には関係ないが、表 1 に示す Buoy-05 と同一条件の 2 基のブイを各々約 1km ずつ離して投入した際における各ブイの軌跡・流速・漂流距離を図 8 に示す。同図に示すように、同一の設計および接続条件の漂流ブイを投入したとしても、投入する地点によって流動特性は異なっており、海洋は極めて複雑な流動構造を有していることが本結果からも改めて理解できる。

3. おわりに

今回の検証実験時は、ほぼ無風状態であったため風圧流の影響を無視して検討を行なった。当然、今回使用した漂流ブイ（石井, 2008）は、Niiler *et al.*（1995）や福島（2006）におけるブイと抵抗体ドロークの断面積比と風圧流速の関係に基づいた解析結果を参考に、十分に風圧流の効果を抑止できることを想定し設計されたものである。しかしながら、実際の現場海域において、ある程度の海上風が吹いた場合に、今回のようなブイおよび抵抗体ドロークの設定条件下で、風圧流の効果をどの程度抑止できるのかについては、別途確認する必要があるかもしれない。



(b)



(c)

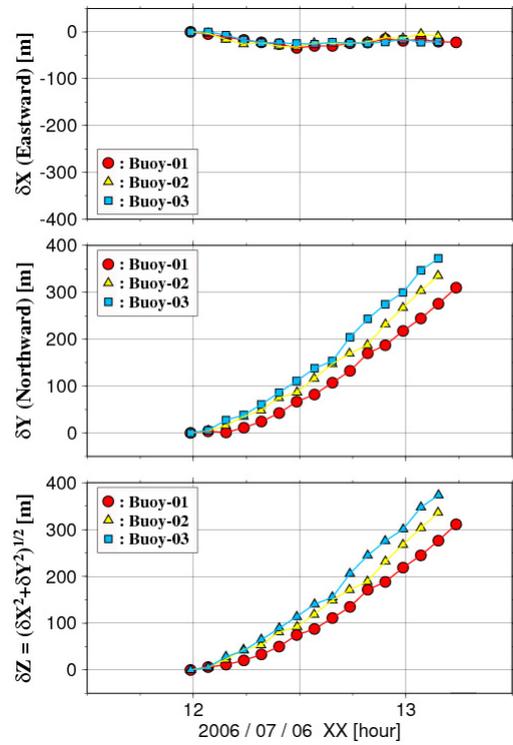


図5. 設定ドロッグ長の差異による漂流ブイの軌跡 (a)、
ラグランジュ流速 (b) ならびに漂流距離偏差 (c)

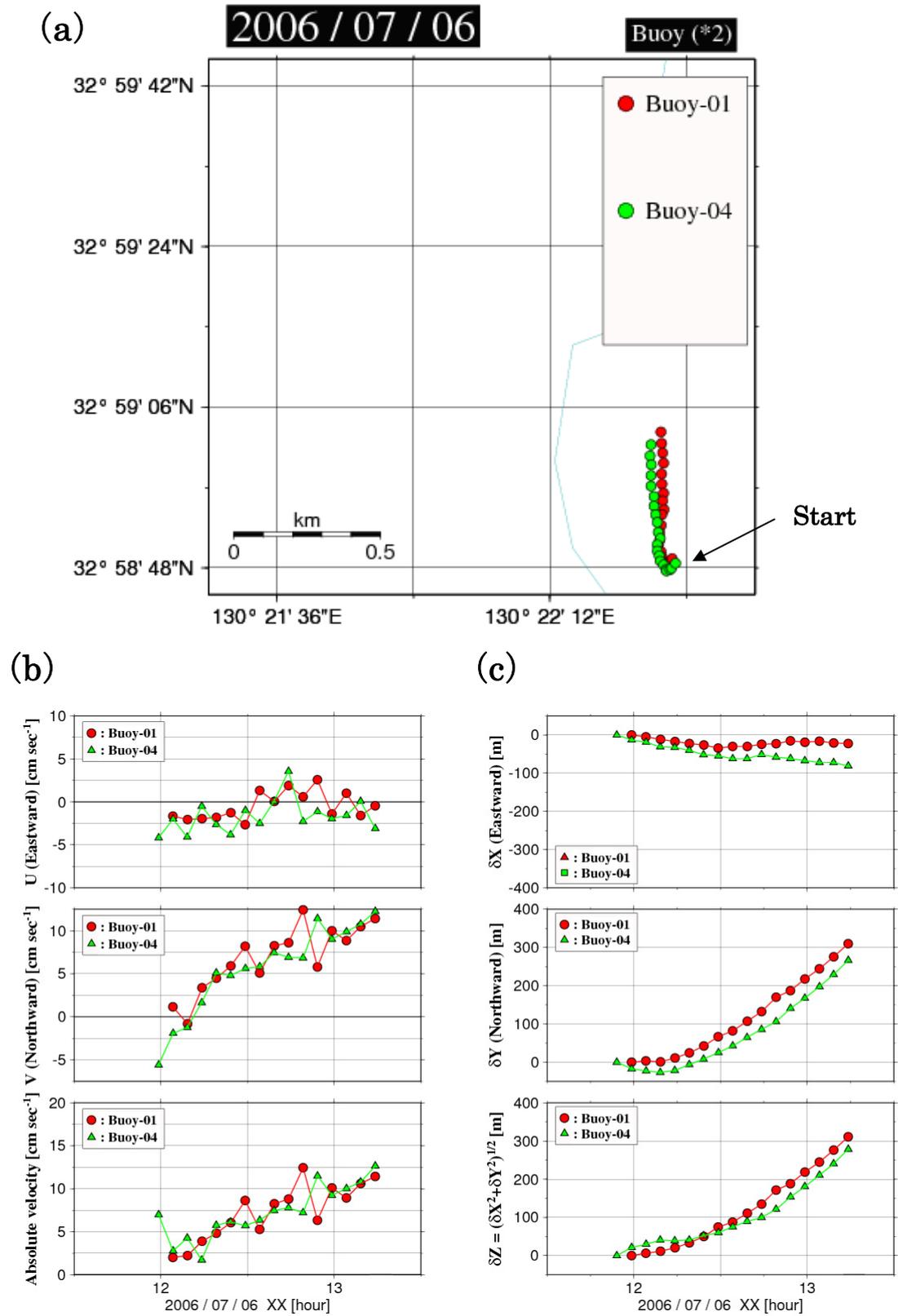


図 6. ドローグ直径の差異による漂流ブイの軌跡 (a)、
ラグランジュ流速 (b) ならびに漂流距離偏差 (c)

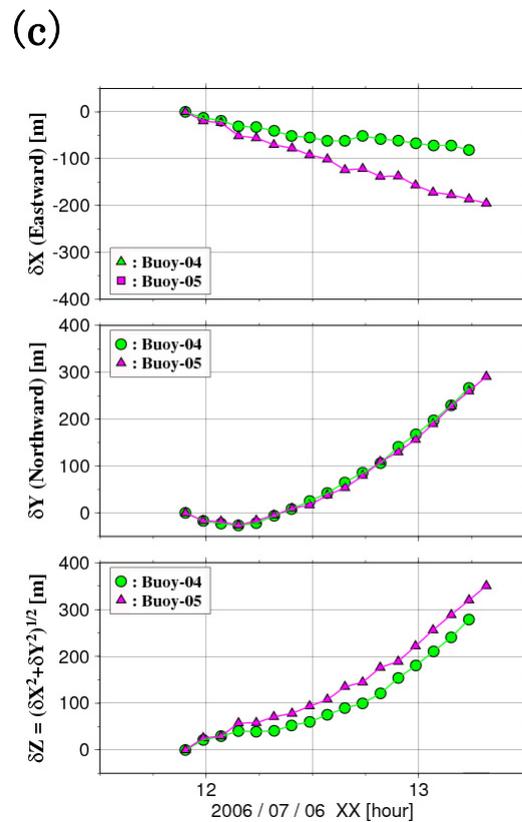
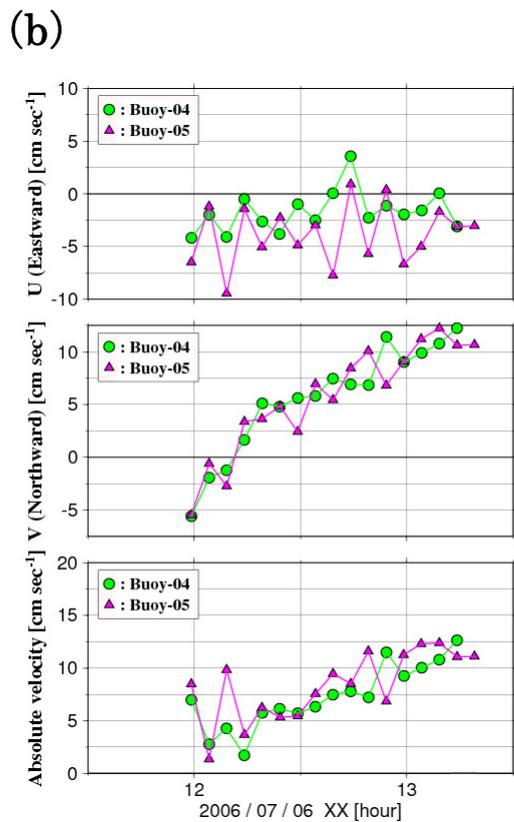
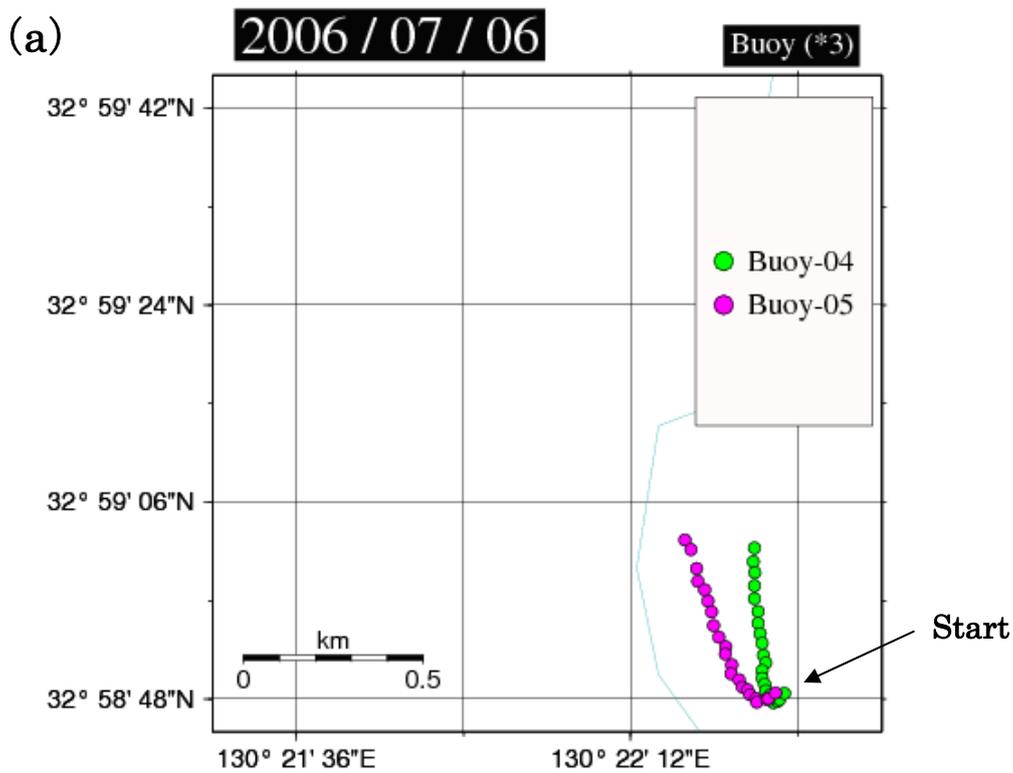


図7. ドローグ中心水深の差異による漂流ブイの軌跡 (a)、
ラグランジュ流速 (b) ならびに漂流距離偏差 (c)

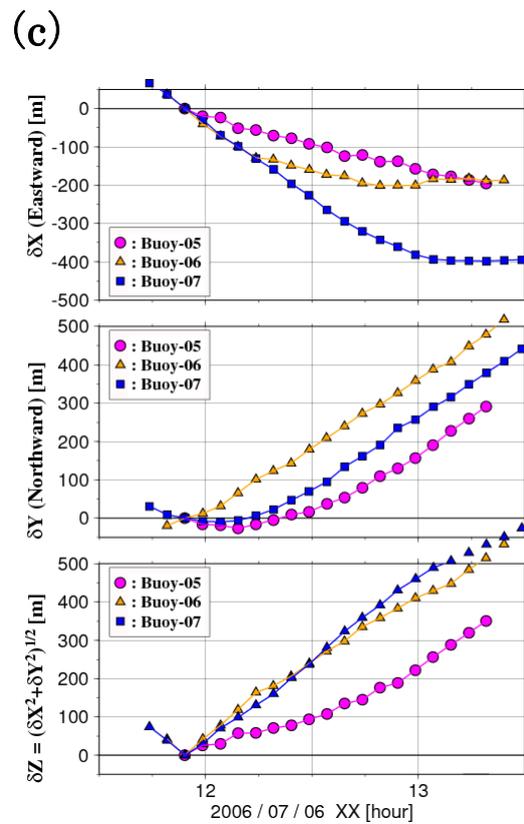
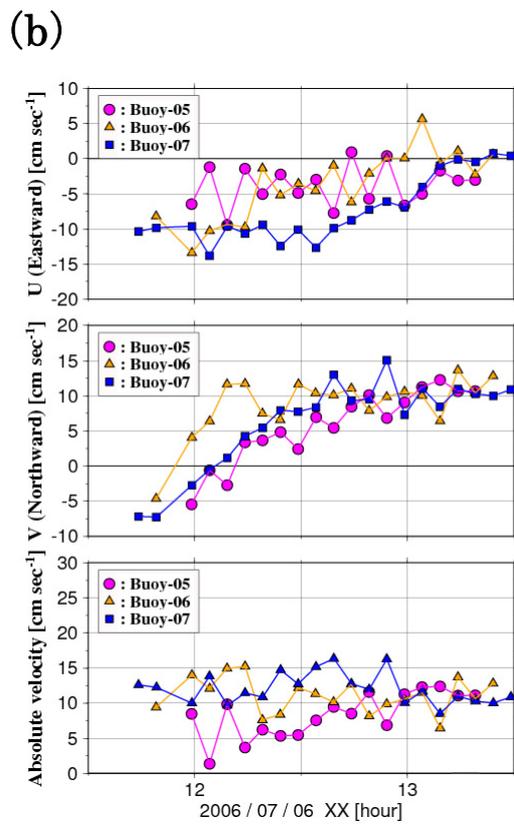
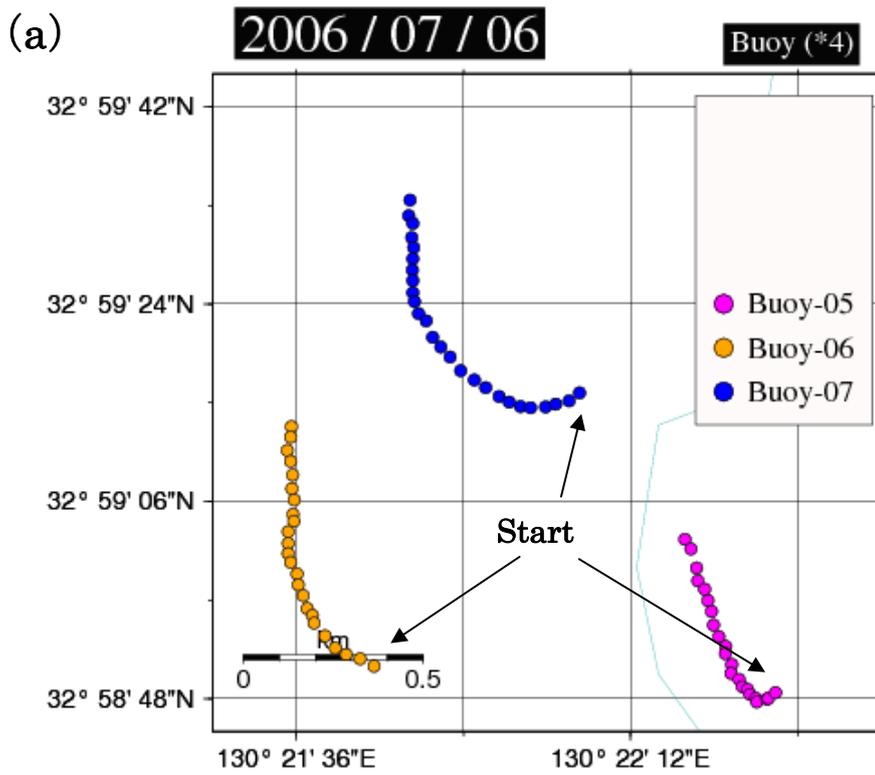


図 8. ブイ 05 と同一条件のブイを各々約 1km ずつ離して投入した際の漂流ブイの軌跡 (a)、ラグランジュ流速 (b) ならびに漂流距離偏差 (c)

謝辞

本検証実験を行なうにあたりお世話になりました、早米ヶ浦漁協 信生丸・中島敏信船長に感謝の意を表します。また、本稿の文章校正を快く引き受けて頂きました、東アジア海洋大気環境研究センター海洋生態系分野・柳哲雄教授に厚く御礼申し上げます。

参考文献

福島繁樹 (2006) : 漂流予測の高度化のための基礎調査 ~風圧流と偏角について~. 海上保安庁海洋情報部技報, **24**, 107-115.

石井大輔 (2008) : GPS 機能付き携帯電話を用いた漂流ブイ観測システムの開発. 九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート, **9**, 119-137.

Niiler, P.P., A.S. Sybrandy, K. Bi, P.M. Poulain, and D. Bitterman (1995) : Measurements of the water-following capability of holey-sock and TRISTAR drifters. Deep-Sea Res. Part I, **42**, 1951-1964.

William J. E. and Richard E. T. (2001) : Data Analysis Methods in Physical Oceanography (Second and Revised Edition) , Elsevier, 104-106.