

GPS漂流ブイを用いた表層流観察 Surface current observation using GPS drifting buoy

濱田 誠一・木戸 和男
Sei ichi Hamada and Kazuo Kido

Abstract

GPS drifting buoy for surface current observation was produced and tested. The buoy system provides real time drifting position of the buoy and drifting speed and direction. This report shows outline of the buoy system and result of the surface current survey using the buoy system.

キーワード：漂流ブイ，表層流，油流出，GPS
Key words : Drifting buoy, Surface current, oil spill, GPS

はじめに

油流出事故等による流出油の位置は，航空機や人工衛星の監視などにより捉えられているが，その位置変化を昼夜連続的に追尾することは難しく，様々な漂流ブイの開発が検討されている(吉江,2008)．2004年の石狩湾「マリンオオサカ号」事故では，航空機と船により油の位置が監視されたが，夜間は監視できず，翌朝の油の位置確認が困難となった．本研究では沿岸の表層流をリアルタイムで把握するブイを試作し，運用試験を行った．

このブイの特徴は，：漂流油等に付着させた漂流ブイが昼夜連続的にGPSで漂流位置を把握し，電波により位置情報が準リアルタイムで伝達される．：浅海域や汀線付近，河口・湖口付近に多数のブイを漂流させ，実態を把握しにくい汀線付近の表層流を把握できる．：浮体を流すことにより，視覚的・体験的に流出油等の挙動特性を把握できる．：現地調査でブイが消失する可能性もあることから，安価な費用で漂流ブイを作成した．などが挙げられる．

本文では，試作したブイの概要を示し，ブイを用いたサロマ湖口における表層流調査結果を示す．

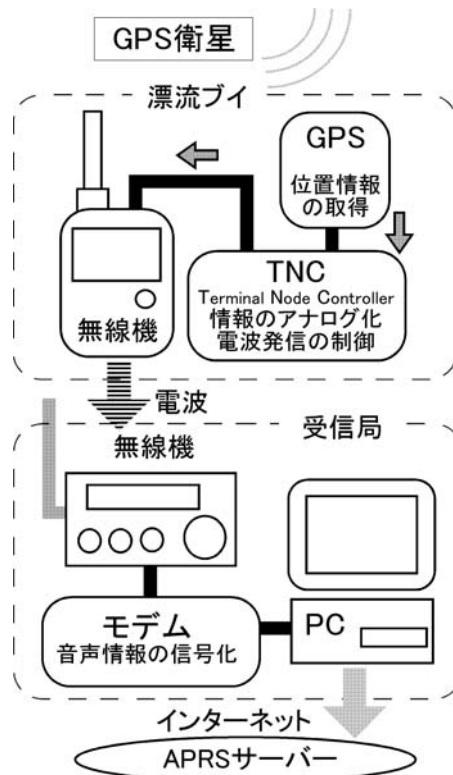
漂流ブイおよび周辺装置について

1 漂流ブイの概要

本研究では，5Wの無線機を持つブイ(仮称：5Wブイ)と100mWの無線機を持つブイ(仮称：100mWブイ)を試作した．5Wブイは沖合海上の漂流油等の10日間程度の追尾，100mWブイは汀線付近の表層流観測調査を目的としている(第1表)．これらのブイの違いは，発信機の無線出力とバッテリー容量および電力節約機能の有無のみであり，いずれGPSによる位置情報の取得や情報の送信方法は同様である．

第1表 試作した漂流ブイの特徴
Table 1 Profiles of the drifting buoy.

	5Wブイ	10mWブイ
無線機の送信出力	5W (アマチュア無線機)	10mW (特定小電力無線機)
目的	沖合いの漂流物の位置変化の把握	汀線付近の表層流の把握
送信電波の伝達距離	約100km	約2km
電源の持続時間	10日間以上	1日間以上
運用	法令に基づく運用 (本研究では試験のみ)	多数のブイの同時投入が可能



第1図 漂流位置の情報伝達経路
Fig. 1 Route of information transmission.

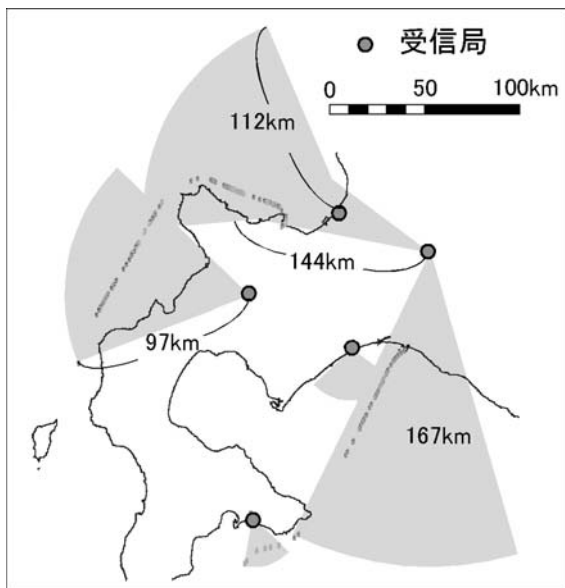
2. 位置情報の伝達

本研究で試作した漂流ブイは，GPSで得た漂流位置情報を，APRS(Automatic Position Reporting System) と呼ばれる無線通信システムを用いて伝達している．このAPRSシステムは，近年アマチュア無線局間において，情報伝達に用いられはじめられているワールドスタンダードのパケット通信システムであり，移動局のリアルタイムな位置情報をはじめ，位置情報のついた気象情報などを，無線機の音声通信やインターネットを媒体として伝達するシステムである．

GPS受信器により漂流ブイが得た位置情報は，TNC (Terminal Node Controller) と呼ばれるコントローラーにより，適宜音声信号に変換され，無線機から発信される．本研究で使用したTNCは，位置情報のほか，移動速度・方向，標高，電源電圧，温度の情報も伝達することが可能である．発信の時間間隔などの条件設定もTNCに設定することが可能である．

ブイの無線機から発信された情報は，受信局側に接続したパソコンソフト上に位置表示され，その受信データはテキスト形式のログデータとして保存できる．野外調査では，ブイ(発信局) とパソコン(受信局) のセットで運用を行い，漂流ブイの位置確認やその位置データの収集が可能であるが，受信局のパソコンをインターネット上のAPRSサーバーに接続した場合，受信した漂流ブイ等の位置情報をインターネット上で共有することも可能となる(第1図) ．

無線機の電波による情報の伝達距離について，5Wブイおよび10mWブイを用いて検討した結果，5Wブイから144MHz帯の電波を利用して北海道沿岸の海上から発信した場合，100km以上の電波到達距離が確認された(第2図) ．



第2図 海上からの5W出力無線電波到達距離
Fig. 2 Best range of 5W power radio buoy.

しかしこれは船舶上から発信したケースであり，実際に海面に投入して運用する場合，海上のうねりにより電波が障害されることが予想され，アンテナ高も船舶で行った試験よりも低くなるため，条件が悪く，電波到達距離は短くなることが予想される．

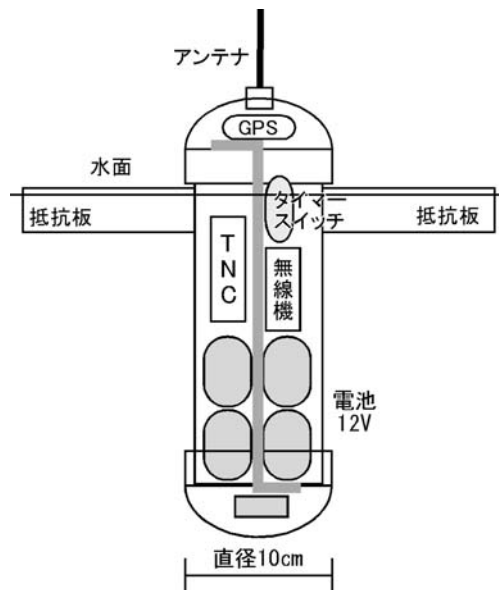
10mWブイからの電波到達距離については，実際の海面上にブイを漂流させて試験を行った．その結果，砕波しない波高1m程度のうねりがある場合，約2kmの電波到達距離が確認できた．一方，海面の状況によりブイが波間に沈みこむケースでは，情報伝達距離が極端に短くなった．

3. 漂流ブイの浮体

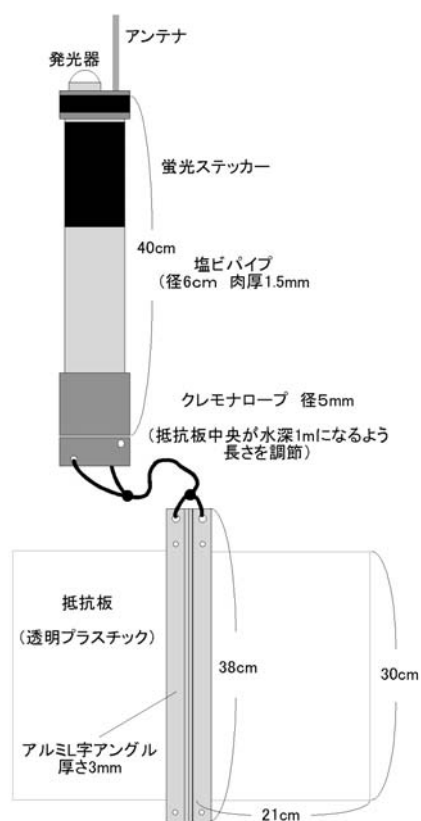
5Wブイ，10mWブイのいずれの浮体も，市販の塩化ビニルパイプで作成し，これに蛍光マークを施した．浮体の形状は極力小さくすることを念頭に，使用目的により伝送装置と電源の大きさを決め，これによる全重量との浮力バランスにより決定した．

5Wブイは，沿岸海上における漂流油等の追跡を目的としているため，沿岸を監視する航空機から投入するケースを想定し，監視に当たる航空機等に見られる直径10cm程度の射出口から機外に投入できるよう浮体の直径を10cm以下の円柱状に整形した．また，漂流油に近い動きをとるため，着水後，水面付近の適切な場所に抵抗板が広がる構造を持たせた．この抵抗板の形状は，表層流をより効率的にとらえる形に改良中である．

10mWブイは，電波出力も小さくバッテリー持続時間も1日でよいことからより小型軽量とし，直径6cmの塩ビパイプを利用した(第4図) ．このブイも単体で使用可能だが，水面下に抵抗板を付着させることによ



第3図 漂流ブイの概要
Fig. 3 Outline of drifting buoy.



第4図 10mW出力の無線漂流ブイ
Fig. 4 Outline of 10mW power radio buoy.

り、潮流などの水の動きを捉え、風の影響を抑えることもできる。抵抗板の深さは任意に変更でき、任意の水深の測定が可能である(第4図)。

.4 GPSロガーの活用

近年GPSロガーは小型・軽量化し、大容量のメモリーが備わるとともに、安価になった。本研究では、10mWブイにマッチ箱サイズの小型GPSロガーを内蔵し、数秒程度の短い間隔で漂流位置情報を記録した。内蔵したGPSロガーの情報はリアルタイムでは活用できないが、漂流後の解析により、表層流の詳細を把握できる。特にリアルタイム情報を必要としない表層流調査等においては、極めて有効な調査手段となった。本研究では、小樽や稚内、サロマ湖周辺においてGPSロガーを活用し、多数のブイの漂流位置を5秒間隔で記録させ、表層流の面的な把握に用いた。

サロマ第二湖口における表層流調査

サロマ湖には現在2つの湖口があり、オホーツク海の潮位変化により、湖と海の間で水が出入りし、沿岸の油流出事故時の際に、湖内へ流入する水とともに湖内に油が流入することが危惧されている。油流出事故時にアイスブームの固定用岸壁を活用してオイルブームを展張し、湖内への油流入防止に活用が検討されて

いることから、湖口周辺における、実際の表層流の状況を明らかにすることを目的に、サロマ湖第二湖口における10mWブイを用いた表層流調査を実施した。このブイは同時に多数のブイを漂流させることが可能であるため、多数の点にブイを面的に投入し、表層流の状況を直接的に把握した。以下に、表層流調査の概要を示す。

.1 調査の準備

10mWブイの情報伝達距離は半径約2kmの範囲であることを念頭に、調査範囲とブイの漂流計測時間を設定した。

ブイの電源が切れると、漂流ブイの発見が困難になり、データロガーに記録された漂流データの回収ができなくなることから、漂流ブイの電源継続時間を入念にテストした。本調査で用いたブイの電源継続時間は、およそ2日間であり、1日の調査には充分であることが分かった。

調査地域の潮位変化を調べ、油防除作業上が困難となることが予想される流れの時間帯となる、サロマ湖内に漂流油が激しく流入する条件の時間帯において表層流を測定した。

調査には、10個のブイを準備し、これらのブイを様々な場所から短時間内に繰り返し漂流させることにより、面的に漂流を把握した。

各ブイにそれぞれ独自のID番号をつけ、ブイのTNCにその番号を登録し、漂流位置とともにID番号を送信させるように設定した。内蔵させたGPSロガーにも、同様のID番号をつけ、調査後のデータ整理を行った。

調査は、ブイのGPSが発信・記録する「位置と時間」をもとに進めるため、ブイを投入・回収する時間を記録する専用のシートを作成し、漂流させた正確な時間帯と、漂流ブイのID番号を正確に記録した。そのために、事前に手元のデジタル時計の秒針をGPSから発信されている正確な時間と同期させ、この時間をブイの投入回収時間として記録した。

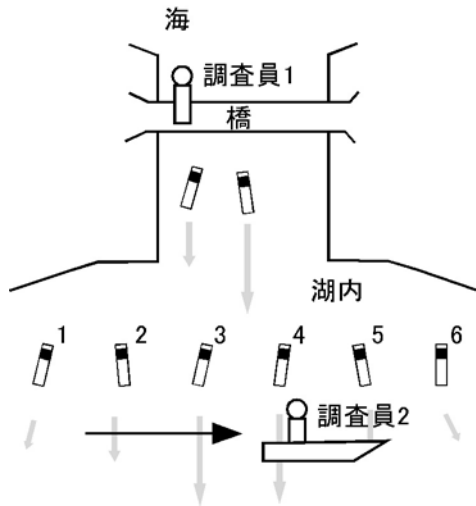
なお現地調査には、大型のバッテリーが必要となるため、現地への移動に航空機を利用する場合は、事前に調査機材を現地に送っておく必要があった。

.2 現地調査の流れ

現地調査は、表層流を明らかにしたい目的の場所に船舶等でアクセスし、緯度経度を発信・記録しているブイを多数漂流させ、各ブイの漂流時間帯を記録し、ブイを回収するという流れで進める。

ブイの投入手法は、3つの方法を試みた(第5図)。

1つめの投入方法は、サロマ湖第二湖口に架かる橋と船舶を利用し、調査員1と調査員2が無線で連絡を取り合い、調査員1がブイを投入した後、湖内へ流入する表層流とともに移動する漂流ブイを船上の調査員2



第5図 漂流ブイの投入方法
Fig. 5 Process of current survey using drifting buoy.

が捕獲する方法である。調査員2は、流れてくる漂流ブイの位置を10mWブイから発信される位置情報や肉眼により追尾・発見し、ブイを捕獲する(第5図)。ブイの投入時間は無線で確認し、調査員2が記録した。

2つめの投入方法は、船上の調査員2のみで行う方法であり、湖口周辺の湖上において、漂流ブイ(第5図1~6)を順に次々に投入し、各10mWブイから発信される漂流位置を船上の受信機により受信し、目的の範囲内を漂流ブイが漂流した後、ブイを回収した。回収後、さらに別の場所へブイを投入し、短期間に多数の表層流情報を得た(第5図)。

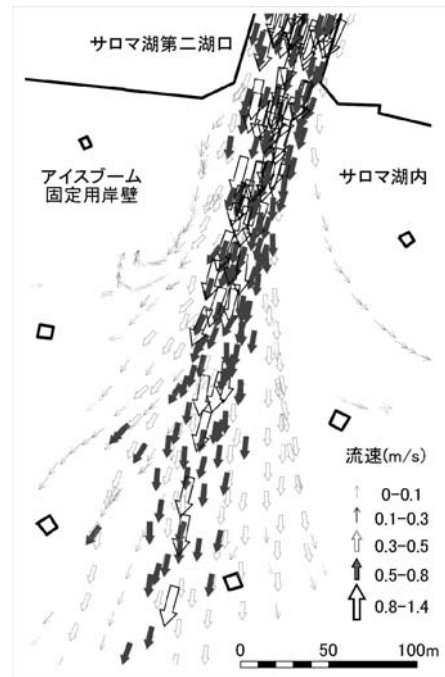
3つめの投入方法は、陸上の調査員1のみで行う方法であり、調査員1がテグス糸を結びつけたブイ1個を投入後、ブイに抵抗がかからないようテグス糸を送り出し、対象となる範囲における漂流データを取得後、テグス糸を巻き取り、ブイを回収した(第5図)。この場合は、無線機と調査船は不要となり、GPSロガーのみを内蔵した漂流ブイを用いて漂流させた。

漂流調査後、受信機のログデータおよび漂流ブイに内蔵したGPSロガーの記録を取り出し、ブイのID番号を明確にした上で保存した。

表層流調査結果

北海道北見市のサロマ湖第二湖口周辺において、10mWブイを用いた表層流調査を実施し、ブイの運用試験を行った。調査の結果、潮流はほぼ直進して湖内に流入している状況が明らかとなり、毎秒50cm以上の流れが湖内に向かっていくことが分かった(第6図)。特に流れの中心部は、アイスブーム周辺においても毎秒1mを越える流れとなっていることが観測された。

オイルフェンスが油を移動防止できる流速は、C型オイルフェンスで1ノット(0.5m/s)、D型オイルフェ



第6図 サロマ第二湖口付近の流速
Fig. 6 Velocity of inflow around Saroma Lake mouth.

ンスで2ノット(1.0m/s)までと言われる。第6図の結果から、0.5m/s以上の流速が観測される場所では、C型オイルフェンスの使用が困難なケースもあり、流れの中心部は、D型オイルフェンスでも斜めに設置するなどの手段を取らなければ有効に活用できない可能性が示唆される。

まとめ

本研究で作成した漂流ブイは、沖合海上における漂流油等の追尾や、河口や湖口、港湾内など、複雑な形状の汀線付近における表層流の実態調査の手法として有効であると考えられる。

謝辞

本研究は環境省環境技術開発等推進費「油汚染等の海洋生態系への影響評価につながる海域-陸域統合型GISの構築」(研究代表者 酪農学園大学 金子正美教授)により実施された。また独立行政法人海上災害防止センターからは、ブイの実証試験の機会を頂いた。記して感謝申し上げます。

文献

吉江宗生・藤田 勇・竹崎健二・加藤直三・千賀英敬・奥山悦郎(2008): 浮流重油自動追従ブイの実海域試験。海洋開発論文集, 24, 1057-1062。