

漂流ブイ観測時に発生したS/Nレベル劣化に伴うGPS測位信号の受信不良

石井, 大輔
九州大学応用力学研究所技術室

<https://hdl.handle.net/2324/14020>

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.71-80, 2008-03. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

漂流ブイ観測時に発生した S/N レベル劣化に伴う

GPS 測位信号の受信不良

九州大学応用力学研究所 技術室
石井 大輔

1. はじめに

九州大学応用力学研究所・海洋生態系分野では、数年前から漂流ブイを用いた海潮流調査ならびに物理諸量と海洋生物（プランクトン）分布の関連性について、継続して研究を行なっている。

詳細な緒言については他の文献に譲ることとし（石井ら, 2007a ; 石井, 2008a ; 石井, 2008b）、本稿では、漂流ブイ観測時に発生した GPS 測位信号の受信不良およびその要因と改善策について、後日実施した現場海域における検証実験結果を交えて報告する。

2. 有明海湾奥部における漂流ブイ観測

観測は 2005 年 7 月 11 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、当日早朝は小雨が降る中、実施した。図 2 に、気象庁 web site（<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/>）に公開されている観測当日を含む前 4 日間（2005/7/8 - 7/11）の天気図を示すが、同図からも窺えるように、九州北部地方は梅雨前線の影響で天候が非常に悪く、当該観測 2 日前の 7 月 9 日には 120mm を超える降雨があった（図 3）。そのため、有明海はこれらの影響により多少波が高いことが予想されたものの、図 4 で見る限り港内は穏やかだったので、観測は大丈夫だろうと判断し決行した（これが裏目となった）。午前 9 時前に三池港を出港すると、波が想像以上に高く、その波高は目見当で約 1~1.5m ほどあったのではないかと記憶している。また、風もかなり強い印象を受けた。それもそのはず、三池港突端にある三池港北防砂堤灯台における風向・風速データによれば、図 5 に示すように平均風速 10m/s 以上の強い南西風が北東方向へ強烈に連吹していた（現場ではそこまで強風とは感じていなかった）。

既述のような悪天候の中、図 1 内左下に示す丸内に 3 基の漂流ブイを投入し流動観測を実施した。使用した漂流ブイは、所属研究室で所有する太洋無線製のラジオブイで、海面から約 3m のアンテナを突出させて漂流するタイプである。なお、詳細な性能諸元については、石井（2008b）を参照されたい。

投入した漂流ブイは、約 17 分ごとに GPS 衛星から測位した緯度・経度情報を、船側に敷設した専用受信機へ搬送する。そして、受信機はその受け取った信号からブイの登録番号

やその他各種情報を識別し、受信機本体 LCD（液晶ディスプレイ）へ出力する。なお、実際には後日行なう特性解析のために当該データを保存する必要があるため、石井（2007b）が構築した計測用可視化システムおよび流動場解析ツールを併用しながら観測を継続した。図 6 に当該ブイ観測における計測システム環境を示すが、当該ブイを用いた観測イメージについては石井（2007b）にも若干記述しているため、そちらも参考にされたい。

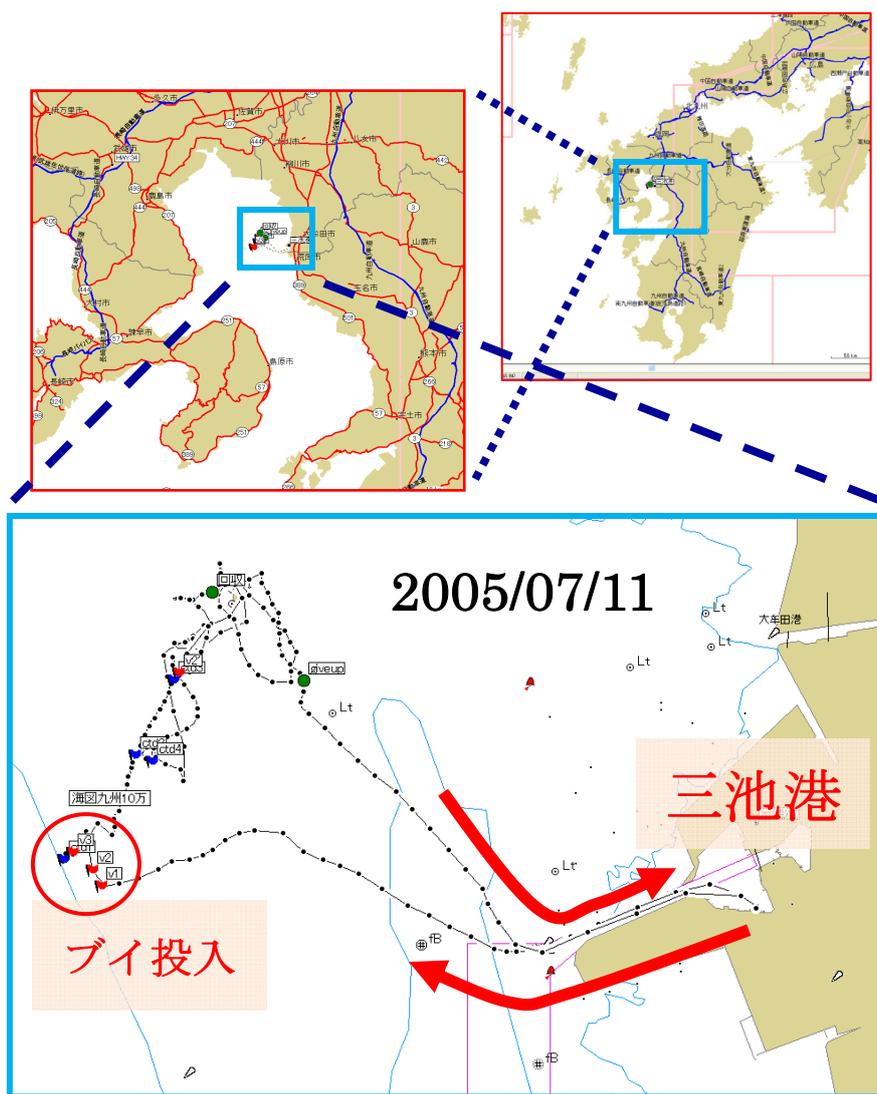
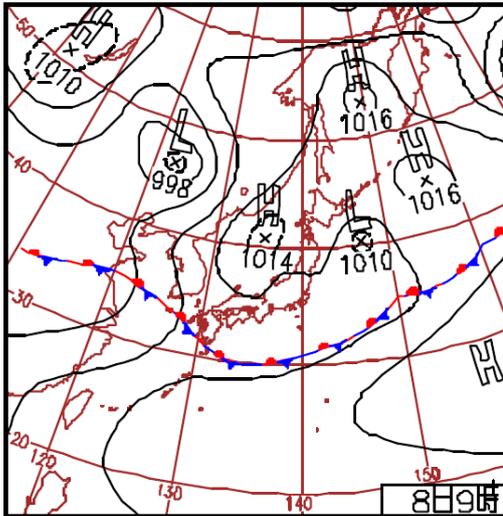
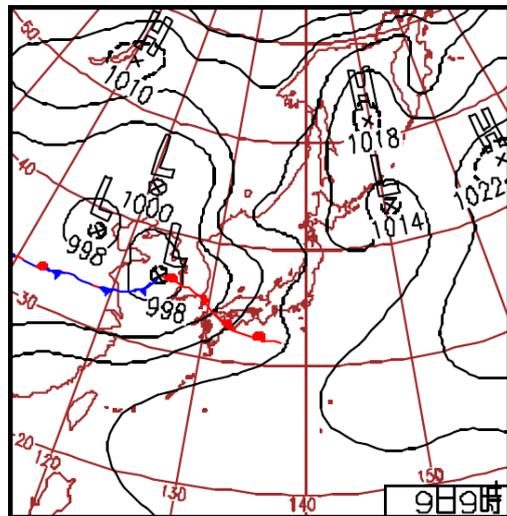


図 1. 観測対象海域である九州・有明海と出港から帰港までにおける航跡



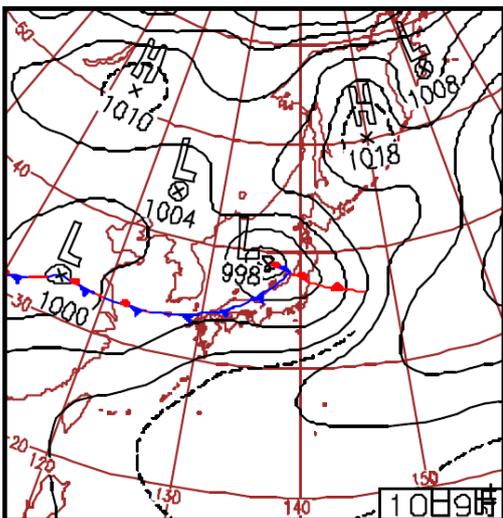
8日(金)九州南部で激しい雨

日本海の高気圧に覆われ、東北から近畿は晴れまたは曇り。梅雨前線は九州南部に停滞して活発。鹿児島県錦江町で73mm/1h、宮崎県都城市で64.5mm/1hの非常に激しい雨。



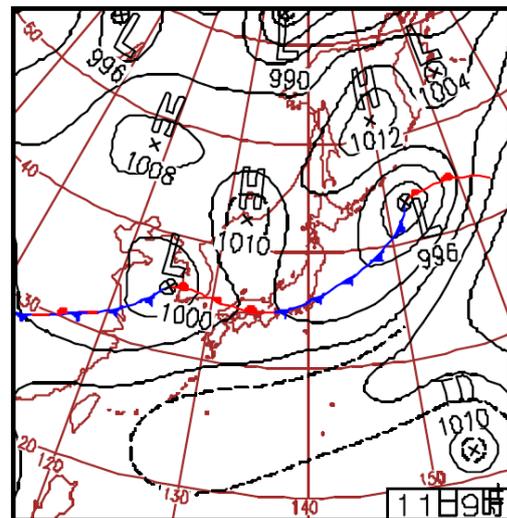
9日(土)梅雨前線が西から北上

九州で朝50mm/1hを超える非常に激しい雨。雨域は次第に東に拡大し、夕方には関東も雨。静岡市清水区で78.5mm/1h、長崎県新五島町で66mm/1h、横浜市で53mm/1h。



10日(日)熊本県で猛烈な雨

梅雨前線の影響で西日本の一部で大雨、熊本県南小国町98mm/1hの猛烈な雨を観測。東北は雨、南西諸島は晴れ、その他は概ね曇り。東京で12日ぶりの真夏日。



11日(月)東北太平洋側 低温

本州付近は低気圧や前線の影響で曇りや雨。東北の太平洋側は最高気温が平年より5°C前後低い低温。西日本～東日本は真夏日。宮崎県延岡市で35.0°C。

図 2. 観測当日を含む前 4 日間 (2005/7/8 - 7/11) の天気図
<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/2005/0507.pdf>

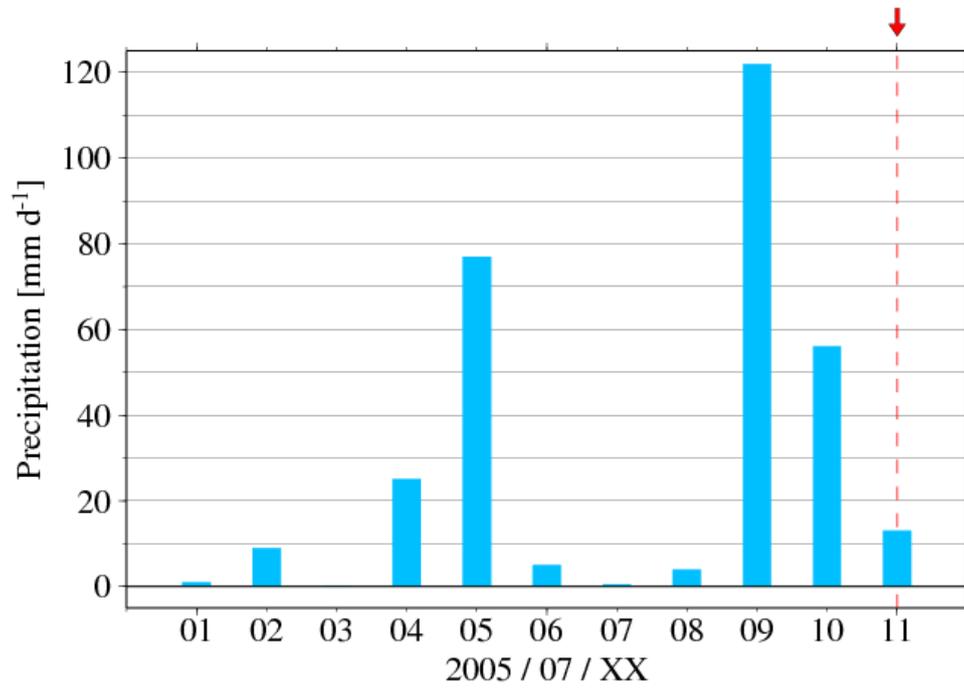


図 3. 大牟田（アメダス）における観測当日（2005/07/11）までの降水量
矢印および破線は、観測当日を指す。



図 4. 出港前における三池港内の写真

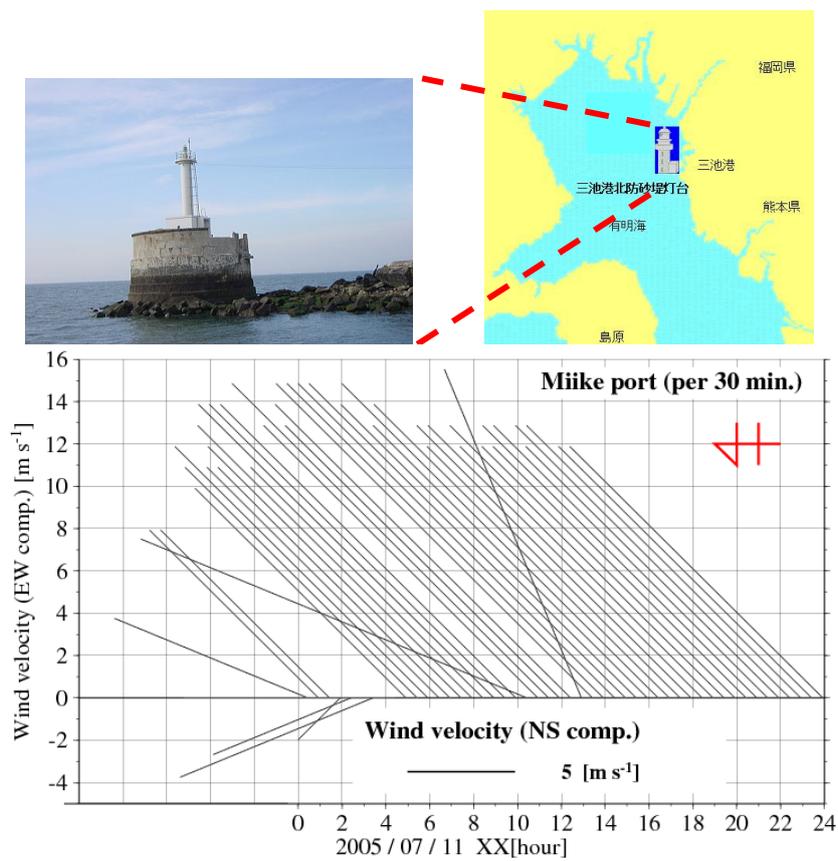


図 5. 風向・風速結果（三池港北防砂堤灯台，写真：三池海上保安部 web site より引用）
 方位は紙面上方を東に設定し、風の吹き去る方向をスティックで表示している。

投入して 2~3 回目（30 分以上経過）の受信時から、予想される受信時刻に船側の専用受信機で信号を受信できないことがしばしば発生し始めた。受信できないということは、当然データを確保できないことはもとより、ブイが現在どこを漂っているのかさえ正確に把握できないことを意味する。潮時によって潮流の流向はある程度予想が付くので、もしそのような状況に陥ったとしてもある程度は自力で探索できるであろうが、即座にブイを迎えに行きたい場合にピンポイントでその場所へ迎えにいけない状態なのである。3 基のブイは、観測目的の関係で各々数 km ずつ離して投入している。またブイ投入中は、様々な観測点で小型 CTD を用いて水温・塩分・Chl.a などといった物理・生物量を観測する計画であったため、漁船は投入したブイを常に肉眼で確認できるような近傍にいるとは限らなかった（その必要を排除するために、GPS による位置遠隔把握が行なえるような図 6 の観測システムを構築した）。

結局、数十分後から 3 基のブイの位置情報が受信機へ殆ど搬送されなくなった上、荒天によって海況は更に悪化してきたので、観測を中止しブイを回収する運びとなった。

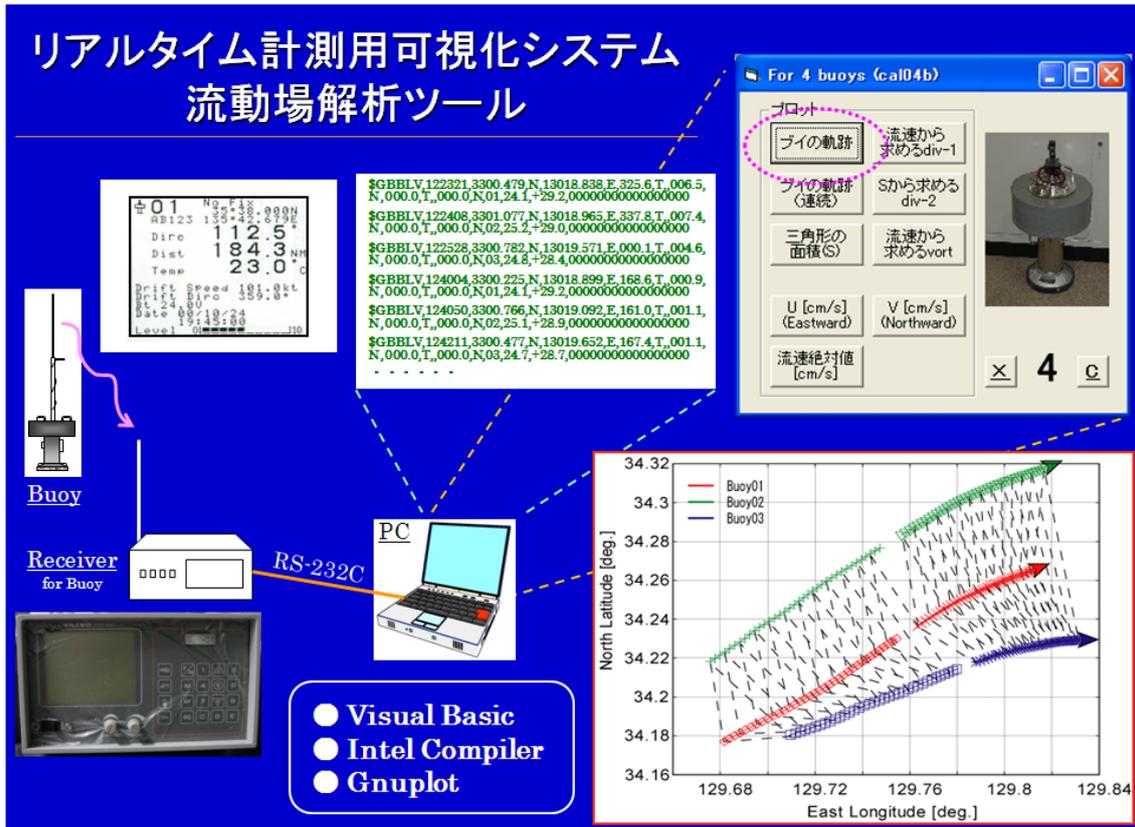


図 6. 太平洋無線製ラジオブイ観測時におけるリアルタイム計測用可視化システム・流動場解析ツールならびに海潮流調査環境の概念図

だが、各ブイの位置は GPS 信号が来ないため、正確には把握できない状況にあった。おおまかな潮流の予想流向と時折受信する各ブイの位置情報(約 17 分に 1 回受信できるか否か)、そして船長の経験を頼りに、自力搜索に切り替えた。図 1 内の左上に観測船の航跡が周回しているのが見て取れるが、これが自力搜索した際の結果である。結局、2 時間ほど自力搜索し、2 基は無事回収、1 基は還らぬこととなった(搜索の間、筆者は 15-20 分の定期間隔で襲ってくる船酔いで半死状態であった)。なお、漂流ブイ 3 基の投入数時間前の写真を図 7 に示す。

後日、有明海で我々の所属名が書かれた「何か」を発見・回収したとの貴重な情報提供が寄せられた。筆者と担当教授は、てっきり 1 基 50 万近くする漂流ブイ本体が拾われたものだと思い込み、両者は満面の笑みを浮かべながら足取りも軽くその情報提供者のもとへすぐさま向かった。初対面し軽く挨拶した後、先方が回収物を部屋の奥から持って来てくれた。数日ぶりの再会である。なお、この先の感動あり笑いありの続報は活字にするまでもない程の衝撃的結末(実際には漂流ブイ本体ではなく、浮き代わりに使用した中間フロートのみ)であったため、本稿ではこれ以上多くは語らないようにしておく。

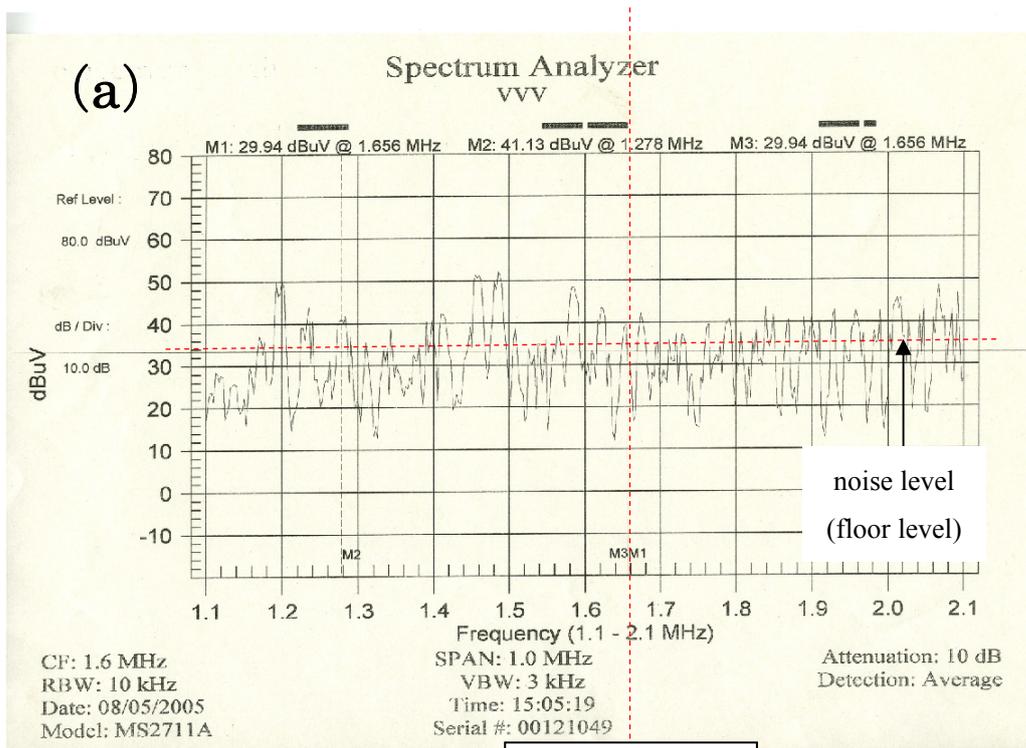


図 7. 一部生還できなかった漂流ブイの投入数時間前の写真

3. 観測中における GPS 測位信号の受信不良

少々本旨から脱線気味なので、この辺りでそろそろ本線に戻すが、では何故今回の観測時に GPS 衛星から受信した各ブイの位置情報は船側に敷設した専用受信機へ搬送されなかったのか、もしくは受信機側で受信できなかったのであろうか？前者については、観測後にメーカー側へ依頼した各ブイの送信感度調査で、どのブイも仕様内の信号強度で位置情報を送信できていることを確認している。後者に関しては、どれか一つのブイだけが観測時に受信不良を起こしたというわけではなく、全てのブイにおいて同様な症状が見られた。よって、今回の原因はブイ単体の送信機能不良というわけではなく、受信機側で搬送信号を正常に受信できなかった可能性が極めて高いのではないかと推測した。具体的には、受信側の信号/雑音比 (Signal/Noise ratio : S/N 比) の低下に伴う影響が挙げられる。当日は荒天で波高も高かったため、波浪の影響により受信時の信号レベルが低下した可能性、ならびに雑音レベルが増大した可能性が考えられる (船舶受信機側の受信状況が極めて悪かった可能性あり)。

そこで、一ヶ月後の 2005 年 8 月に同海域において、ブイ信号送信時における専用受信機側の S/N 比を計測し、現状特性を把握することにした。S/N 比の計測に用いた機器は、アンリツ製スペクトラムアナライザー (MS2711A) で、受信機用アンテナケーブルの出力信号、すなわち受信機への入力信号を計測できるように設置した。天候・波浪状況は異なるものの、それ以外は前月 7 月に観測した時と同様の観測環境を整えて、数度にわたって S/N 比の計測を実施した。計測結果の一例を図 8 (a) 示す。ブイに割り当てられている信号周波数は 1.656MHz であり、同図内に示す縦の点線がその周波数位置に相当する。



ブイ信号周波数

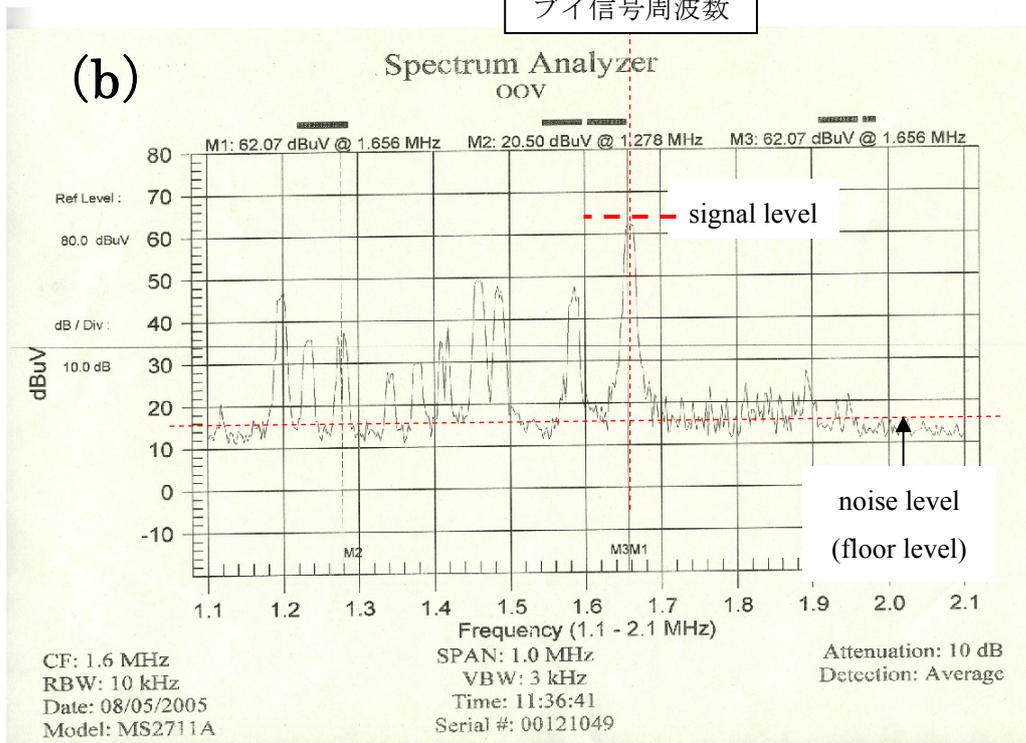


図 8. スペクトラムアナライザで計測した Signal/Noise レベル (S/N 比)
(a) アース板を海中投入していない場合, (b) アース板を海中投入した場合

しかしながら、同図を概観して分かるように、その周波数域にはブイの受信信号に相当する明瞭なスペクトルピークは確認できず、測定スパン内 (1.1-2.1MHz) において、35dBuV 程度の雑音レベル (フロアレベル) の応答が現れているだけである。このことは、ブイの信号を感度よく受信できておらず、雑音レベルに正規信号が埋もれ S/N 比が劣化していることを意味している (雑音レベルを測定しているようなもの)。実際、受信機側においてブイの送信信号を受信できないことがしばしば発生した。S/N 比計測の当日は晴天で海上も凪であったため、波浪の影響による S/N 比の劣化ではないことは明白である。

そのため、ブイ信号受信環境における S/N 比の劣化が悪影響を与えたのではないかと疑い、それを解決する方法として受信機用アンテナカプラおよび受信機本体をアース (接地) することによる S/N 比改善を図ってみた。当時、船体アースを確保できる現場環境でなかったため、あらかじめ準備しておいた円筒型銅板 (図 9) を用い、一方 (左端 : 端子側) を受信機用アンテナカプラと受信機本体のアース接地部へ、他方 (右端 : 銅板側) を海中へ投入することでグラウンドを確保することにした。その時のスペアナ計測結果を図 8 (b) に示すが、ブイ信号周波数位置に 65dBuV 程度の明瞭なスペクトルピークが確認できるだけでなく、雑音レベルもアース確保前 (図 8a : 35dBuV) に対して約 15dBuV まで低下していることが見て取れ、高い S/N 比を確保することができた。この時のブイ信号受信時には欠測は見られなかった。なお、ブイ信号周波数より低周波域に複数の急峻なスペクトルピーク (30-50dBuV) が見受けられるが、これらは恐らく国内外で使用されている低周波無線信号を当該受信機アンテナが拾ったものである。

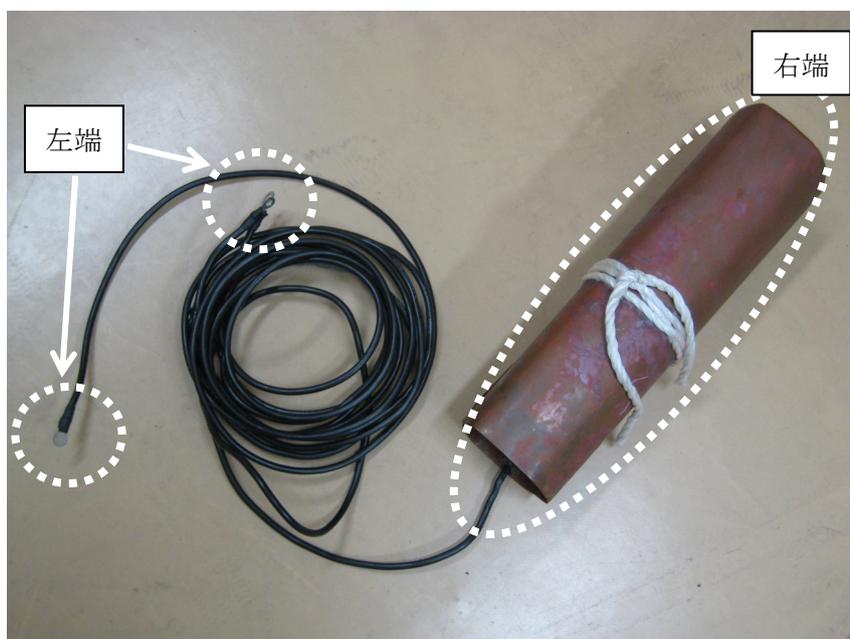


図 9. 円筒型銅板アースの外観

(左端 : アンテナカプラおよび受信機本体へ接続 , 右端 : 海中へ投入)

4. おわりに

実際には、荒天時の波浪による漂流ブイ本体の送信強度低下の影響も懸念され、その影響がどの程度総合的な送受状況に作用するかは定かではない。しかしながら、その影響を差し引いたとしても、既述のように受信機側の受信環境を精査することで、すなわち今回においては受信側のグラウンドレベルを確保し受信時の S/N 比を向上させることで、回避可能であることが判明した。今後はこのような観測環境を整備した上で漂流ブイ観測を実施するのはもとより、なるべく荒天時の現場観測は控えるようにするのがベターではないかと感じる次第である。

謝辞

本検証実験を行なうにあたりお世話になりました、太洋無線株式会社・石井博彰氏に感謝の意を表します。また悪天候の中、巧みな舵捌きと長年の経験に基づいた的確な航行をして頂いた、早米ヶ浦漁協 信生丸・中島敏信船長に深謝致します。最後に、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

石井大輔, 柳哲雄, 吉川裕, 増田章 (2007a) : 漂流ブイと海洋レーダーを用いた対馬海峡における表層収束・発散場の評価. 海の研究, 16, 237-251.

石井大輔 (2007b) : 漂流ブイ計測用可視化システムおよび流動場解析ツールの開発. 九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート, 8, 7-12.

石井大輔 (2008a) : 対馬海峡東水道における収束・発散場の評価. 九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート, 9, 13-36.

石井大輔 (2008b) : 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.