

## 3. 2. 魚群探知機の情報

## 3. 2. 1. 測深データの精度評価

沿岸域の海況予測モデリングにおいて、正確かつ高密度な水深情報は予測精度を左右する重要な入力データである。漁船の魚群探知機から得られる水深情報の信頼性を検討するため、まず県調査船の測深データを比較するところから始めた。

方法としては単純明快に、複数の調査船が縦列にほぼ同じ測線を移動して、水深を計測し、そのデータを比較・検討する。2021年10月25日(月)に、福岡県と佐賀県の調査取締船3隻(げんかい、つくし、まつら)が唐津湾(33°32'N, 130°03'E)に集合し、壱岐島付近(33°43'N, 129°49'E)まで約2時間かけて直線的に同時観測した。ただし、完全に同時刻・同位置を計測することは物理的に不可能であるので、0.5マイル程度の間隔を開けて、げんかい・つくし・まつらの順に7~8ノットの一定速度で進行した。

結論としては、いずれの測深データも海況予測モデルの利用において全く問題ない精度であることを確認した。ただし、数十cm以内でみると多少の差異が認められたので、記録として残しておく。

3隻のデータをそのままグラフにすると(図32-1)、ほとんど差異はない。漁船を迂回した際に(33.66°N付近)少し乱れた程度である。

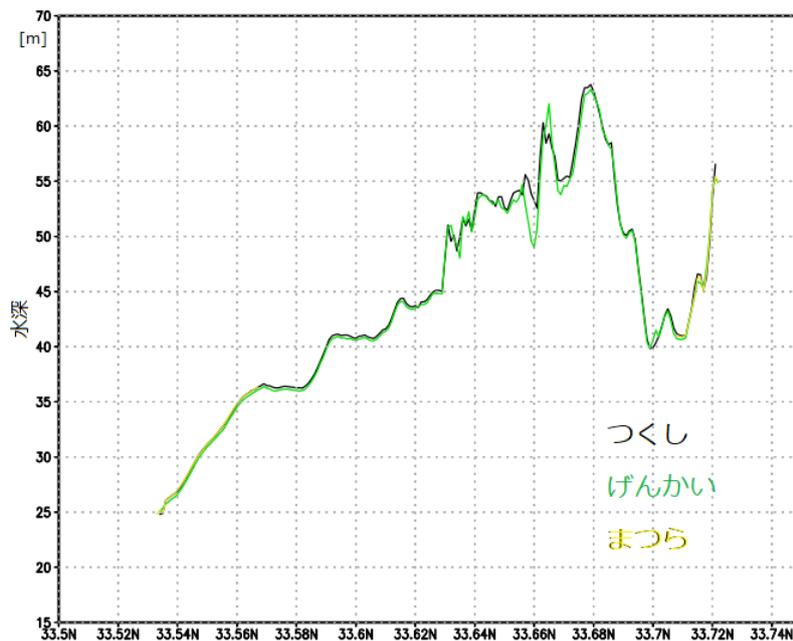


図 32-1 調査船の測深データ比較

しかし、佐賀県「まつら」の喫水情報が不確かであったので、まず福岡県「げんかい」と「つくし」の喫水補正後のデータと「まつら」を比較してみたところ、平均値としてわずか0.11m程度の差だったので、「まつら」の水深データは、そのまま使うことができる(既に喫水補正済み)と判断した。

続いて、「げんかい」と「つくし」を比較してみると、「げんかい」の方が「つくし」よりも常に(バイアスとして)浅め(0.3m程度)に水深値が出ていることが分かった。改めて、両者の平均値を「まつら」

### 3. 高密度観測網

と比較してみると、「つくし」と「まつら」の差は僅か0.001m、「げんかい」と「まつら」の差は-0.22mであった。

以上の比較から、相対的に「つくし」と「まつら」がよく一致しており、「げんかい」のデータがやや浅めに出やすい、ということが判明した。僅か数十 cm 程度の問題だが、博多湾など浅海域では数%の誤差要因なりうるので、念のため「げんかい」の喫水レベルを確認した方がいいかもしれない。

ただし、「げんかい」の計測値が正しく、「つくし」と「まつら」が実際より深め、という可能性も排除することはできない。

#### 3. 2. 2. 測深データとモデル水深の比較

前年度中に、唐津湾および東松浦半島周辺でモデル水深と実測値の差が大きいことを確認していた。今回も同様に、DR\_S モデルで使用している海図に基づく海底地形データと実測値を比較する。前節での検討に基づき、3隻のうち最も信頼性が高く正常な観測値が多かった「つくし」の魚探水深データを比較対象とする。

図 32-2 に示すように、調査船の測深データと比較して、モデル水深は浅めの傾向がある。前年度と同様の結果である。回帰直線を求めると、切片が 2.1m、傾きが 0.973 となった。浅海域ほど誤差が大きい傾向といえる（図 32-3）。回帰式で両者が一致する深度は約 79m 深であり、深部の誤差は相対的に小さいとみなせる。

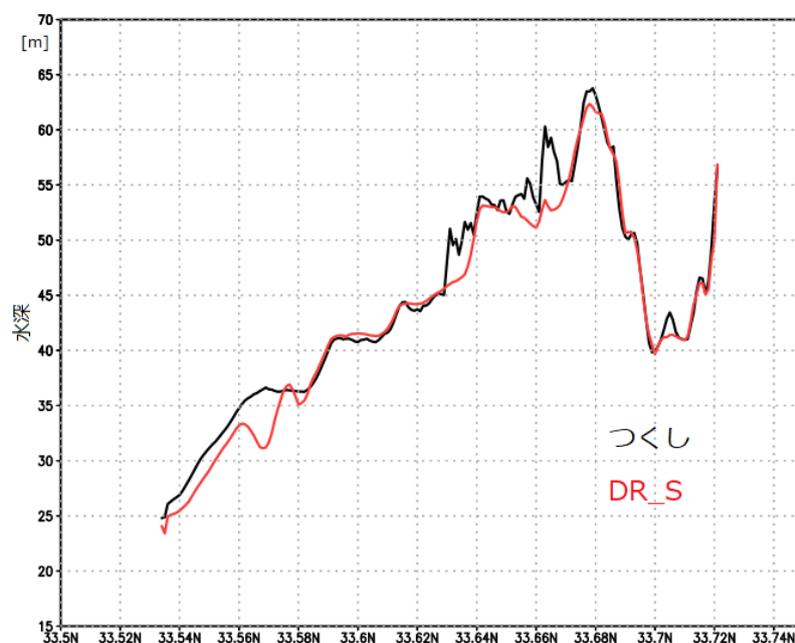


図 32-2 調査船の測深データと DR\_S モデル水深の比較。横軸は緯度。

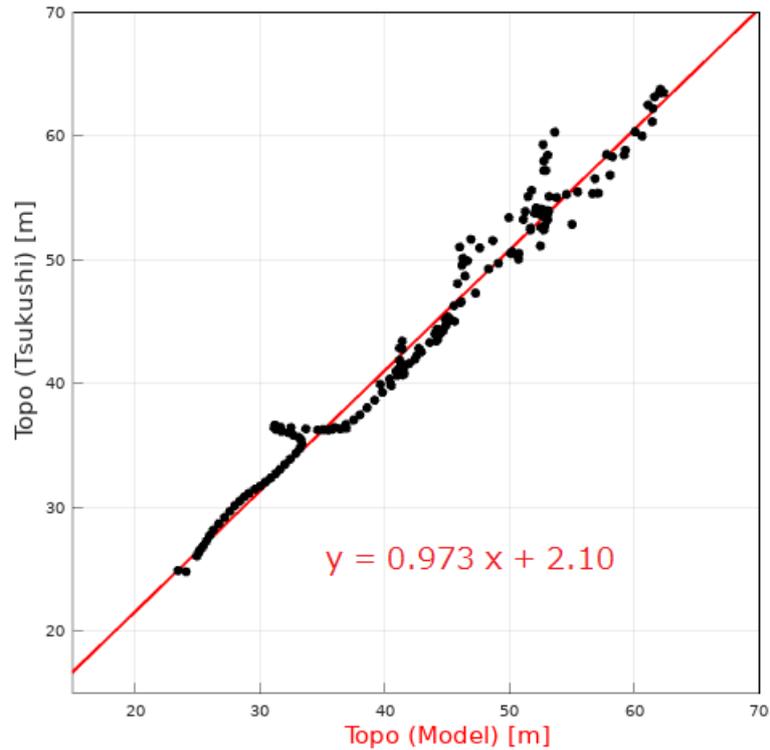


図 32-3 調査船の測深データと DR\_S モデル水深の比較散布図

浅海域では船舶航行の安全を優先し、海図水深が浅めに表現されている可能性が指摘される。DR\_S モデルのように 10～50m 程度の浅海域を主対象とした海況予測計算においては、水深の過小評価は重大な問題点として今後優先的に取り組むべき修正課題といえる。

### 3. 高密度観測網

#### 3.3. 漁業無線を利用したデータ転送

##### 3.3.1. 背景

与論電子（株）製の潮流計ロガー（MDC-941）を用いた潮流データ収集システムは、クラウドサーバー（Dropbox）へデータを転送するために通信費用が必要となる。格安 sim を利用することで費用を低減させることが可能だが、それでも月額 900～1000 円程度の通信費用が発生する。今回の取り組みでは、通信費用を必要としない海況予測モデルへのデータソース拡充方法創出を目的とし、漁船に搭載されている漁業無線のデータ通信とポーリング機能を活用した、潮流データを収集する手法の試行試験を実施した。

ポーリングとは、通信局の親機から漁船の子機へ順次呼び出しを行い子機が応答する形で通信を行う通信方法であり、所属漁船の出入港の管理や安否確認で活用されている。漁業無線機のポーリングを活用したシステム（無線通信システム）と、潮流計ロガーを活用したシステム（ロガーシステム）のデータ通信経路の違いを図 33-1 に示す。ロガーシステムでは、ロガーによってデータが収集され、スマホ・タブレット PC によってクラウドサーバーへと送信される。無線通信システムでは、潮流計と漁業無線機を接続し、ポーリングに応答した際にデータが陸上の通信局に送信される。無線通信システムは、通信コストが不要な点に加えて、データロガーとスマホ・タブレット PC も不要となるため、ロガーシステムに比べ導入・維持費用が安価である。しかし、実施例が少なく、導入した際に不具合が生じる可能性がある。また、ロガーシステムは 10 分間隔で継続的にデータを収集出来るが、無線通信システムでは、ポーリングに応答した際のデータしか収集出来ないため、収集出来るデータ量がロガーシステムに比べて少ない。

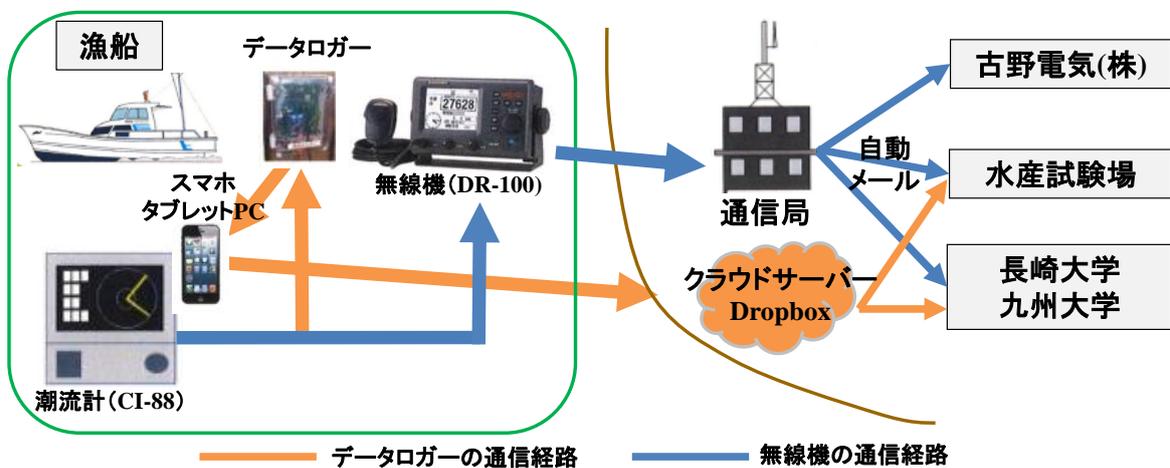


図 33-1 潮流計ロガーと無線機を用いた潮流データ収集システムの違い

令和 2 年度から、鳥取県の沿岸域で操業する漁船を対象として試験的な無線通信システムの運用を、古野電気（株）と協力して実施した。鳥取県は漁業無線機の普及が進んでおり、県内には漁業無線機（DR-100）と潮流計（CI-88）が既設された沿岸漁船が計 32 隻存在している（令和 3 年 10 月時点）。また、県西部に境港通信局（本局）と、県中部に鉢伏山通信局（支局）を有しており、それぞれ半径 40km と 60km エリアを通信圏としているため、無線通信圏は県内沿岸漁業の漁場を概ねカバー出来ている。これらの理由から、鳥取県は無線通信システムの試行試験に適した環境であるといえる。

## 3. 3. 2. 試験方法

## 3. 3. 2. 1. 漁業無線機による潮流データの収集

鳥取県内の沿岸域で操業する漁船 9 隻を対象に（表 33-1）、潮流計（CI-88）と無線機（DR-100）を有線接続し、無線通信システムによる潮流データ収集を実施した（図 33-2）。また、3 隻には、潮流計ロガー及びタブレット PC も設置し、ロガーシステムによる潮流データ収集も実施した。令和 2 年度に、協力漁業者が通信局とのポーリング専用通信チャンネルを誤って変更したため、データ受信が不能となる不具合が認められた。以降は、観測漁船全ての無線機で、ポーリング専用通信チャンネルを容易に変更出来ないように、チャンネルロック設定を追加した。

表 33-1 協力漁船の概要

設置年月日	主な漁業種類	潮流計型式	総トン数	潮流情報収集方法
令和2年7月16日	刺網	CI-88	4.9	ロガー・漁業無線機
令和2年7月31日	刺網	CI-88	4.9	ロガー・漁業無線機
令和3年6月9日	刺網	CI-88	4.9	漁業無線機
令和3年6月9日	刺網	CI-88	4.9	漁業無線機
令和3年6月9日	刺網	CI-88	4.9	漁業無線機
令和3年6月17日	刺網	CI-88	4.9	ロガー・漁業無線機
令和3年6月17日	刺網	CI-88	4.9	漁業無線機
令和3年7月6日	刺網	CI-88	4.9	漁業無線機
令和3年9月8日	刺網	CI-88	4.9	漁業無線機

令和 2 年 8 月に境港通信局において、安全情報伝達システム CS-160（古野電気（株））を導入し、既存のシステムから登録漁船情報等を移行する作業を実施した（図 33-3）。ポーリングの結果は、境港通信局に収集され、毎ポーリング後に csv ファイル形式で研究機関へと自動メールで送信される。csv ファイルには、ポーリング実施時の協定世界時と日本標準時の日付と時刻情報が含まれる。また、漁船から応答があった場合は、応答時の上記情報に加えて漁船の緯度、経度、船速、進行方向、潮流データが含まれる。毎時行うポーリングの回数（ポーリングの頻度）は、CS-160 で変更可能である。ポーリングは、漁船 1 隻ずつ順次データ収集を行うため、観測隻数が増えると 1 回のポーリング時間も増加する。仮に 5 隻からのデータ収集に 20 分間を必要とすると、10 分間隔のポーリング頻度では、1 回のポーリングで 5 隻全てからのデータ収集が出来ない。また、ポーリングは通信局の通信チャンネルを活用している性質上、通信局の業務中（気象放送、注意勧告等）は実施出来ない。そのため、試験期間中は、観測隻数の増加や通信局の業務時間を考慮し、ポーリング頻度を随時変更した（表 33-2）。

### 3. 高密度観測網



図 33-2 潮流計(CI-88)と無線機(DR-100)を接続した協力漁船船内



図 33-3 境港通信局で行われた安全情報伝達システム CS-160 導入作業

表 33-2 試験期間中に実施したポーリング頻度と実施期間

ポーリング頻度	ポーリング実施時刻	実施期間
毎時2回	20分、50分	R2年8月～R3年9月
毎時3回	20分、35分、48分	R3年9月～R3年11月
毎時4回	10分、20分、35分、48分	R3年12月～

#### 3. 3. 2. 2. 漁業無線潮流データの自動処理

漁業無線を利用して陸上の通信局が受信した潮流データは、電子メールに添付されて各機関に送信される(図 33-1)。しかし、データ解析や同化モデルのために、直接的に添付ファイル进行处理することは困難である。そこで、Google のサービスを利用して、自動的に添付ファイルをクラウドサーバーに保存するシステムを構築した。クラウドサーバーにデータが保存されれば、各大学・研究機関の計算機から容易にアクセスすることが可能となる。

システムの概要を図 33-4 に示す。メールの受信には Gmail を用いる。受信メールに添付されたファイ

ル（潮流データ）を Google Apps Script（GAS）によって google ドライブ（クラウドサーバー）に保存する。このとき、ファイルは各月のフォルダに分けて整理される。この一連の操作は、GAS のトリガー機能を用いて、定時に自動処理される。現状では 1 日 1 回の処理としているが、メールの受信時刻や同化モデルの実行のタイミングによって、自動処理の時刻や頻度を変更できる。

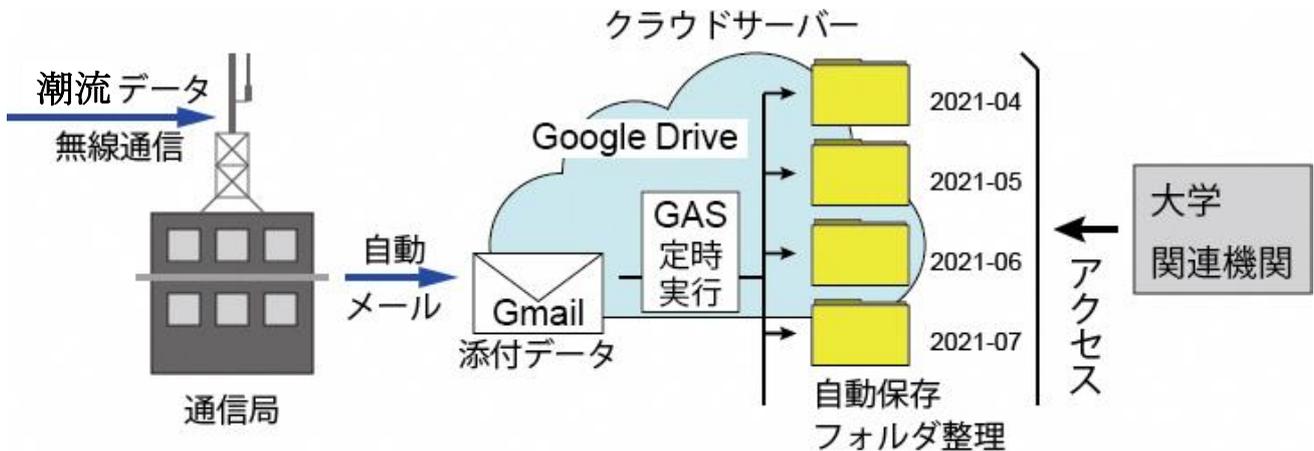


図 33-4 Google Apps Script (GAS) によるメールに添付された漁業無線潮流データの自動保存とフォルダ整理の模式図。

### 3. 3. 2. 3. 潮流データ収集状況のモニタリング

無線機通信システムによって収集した潮流データは、鳥取県水産試験場で観測船ごとに収集した潮流データ数と操業位置を集計し、週 1 回の頻度でフルノ関西販売（株）境港営業所へ報告した。また、ロガーシステムによるデータ収集を併用し実施している 3 隻では、ロガーシステムと無線機システムのデータ収集状況を比較した。ロガーシステムと無線機通信システムでデータを収集するには、観測船の潮流計が起動している必要がある。ロガーシステムからデータが受信出来た時間帯であれば、観測船の潮流計は起動中であり、その時間帯にポーリングを実施すれば、無線機通信システムでもデータ受信が可能だと考えられる。しかし、通信距離の影響や（後述）、無線機通信システムに不具合が生じた場合、ロガーシステムでデータが受信出来る時間帯（潮流計起動中）にポーリングを行っても、無線機システムでデータが収集出来ない時があると判明した。そこで、3 隻の受信成功率（[潮流データが収集出来たポーリング回数/ロガーシステムで潮流データ受信中にポーリングを実施した回数]×100）を算出した。出漁が確認出来ているにも関わらず潮流データ数の減少が認められた場合や、受信成功率が急激に低下した場合は、無線システムに不具合が生じている可能性が高いと判断出来る。不具合が疑われる場合は、フルノ関西販売（株）の技術者が通信局、または協力漁船に行き、原因究明や修繕・設定変更を実施し、速やかなデータ収集再開に努めた。

### 3. 3. 3. 結果と考察

#### 3. 3. 3. 1. 潮流データ収集状況の推移

### 3. 高密度観測網

試験実施期間中における、無線通信システムによって収集した月別合計潮流データ数の推移と、ポーリング1回の平均通信時間の推移を図33-5に示す。観測船2隻で試験を実施した令和2年8月から令和3年5月では、データ数が29~357回/月を示し、平均通信時間は15~21秒/月で推移した。観測船9隻で試験を実施し、ポーリング頻度を毎時3回に変更した令和3年9月以降は合計データ数が増加し、ポーリング頻度を毎時4回に変更した12月以降では試験期間中の最大値(2,063回)を示した、また、平均通信時間も以前と比べ増加し、164~197秒/月で推移した。

無線機通信システムを用いた結果、最大2,063回/月の潮流データを収集することが出来た。令和3年12月から、鉢伏山通信局からのデータ受信に不具合が生じており、境港通信局からのみしかデータが受信できない状態である(後述)。鉢伏山通信局の不具合が解消された場合、受信データ数はさらに増加していたと考えられる。ポーリング1回の最長通信時間は、計9隻からデータを収集した令和3年9月で認められ、298秒(4分58秒)を示した。この結果から、試験期間中実施した最も高頻度のポーリング(毎時10分、20分、35分、48分の計4回)でも、観測船を増隻することで更に収集出来るデータ数を増やすことが可能だと考えられる。

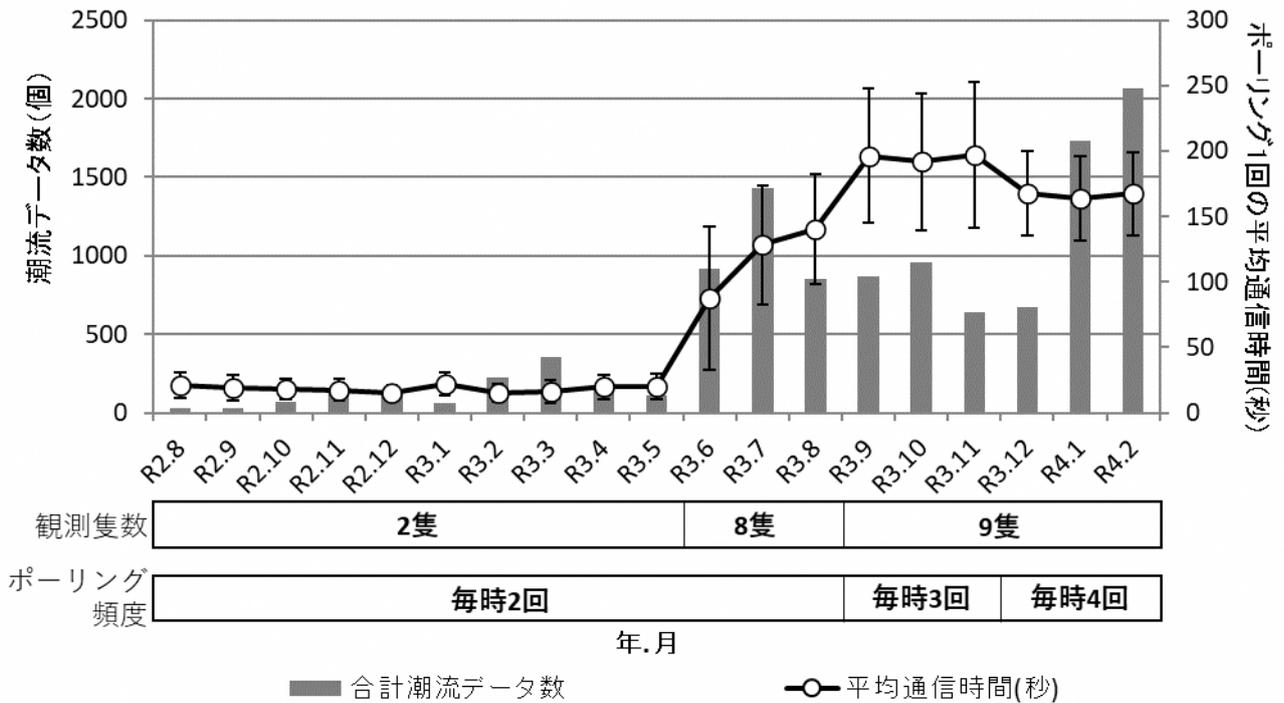


図33-5 令和2年8月から令和4年2月における漁業無線機で収集した合計潮流データ数と、ポーリング1回あたりの平均通信時間の推移(エラーバーは標準偏差を示す、令和4年2月の結果は2月20日までの集計値)

#### 3. 3. 3. 2. 受信成功率の推移

鳥取県観測協力漁船3隻による月別潮流計起動時に実施したポーリング回数と、データ受信成功率の推移を図33-6に示す。令和2年8月から令和4年2月における合計ポーリング回数は、90~705回/月で推移した。受信成功率は、システム全体や漁船ごとに不具合が生じた際に、大きく減少していた。各協力漁船の受信成功率の推移と、認められた不具合を下記に記す。

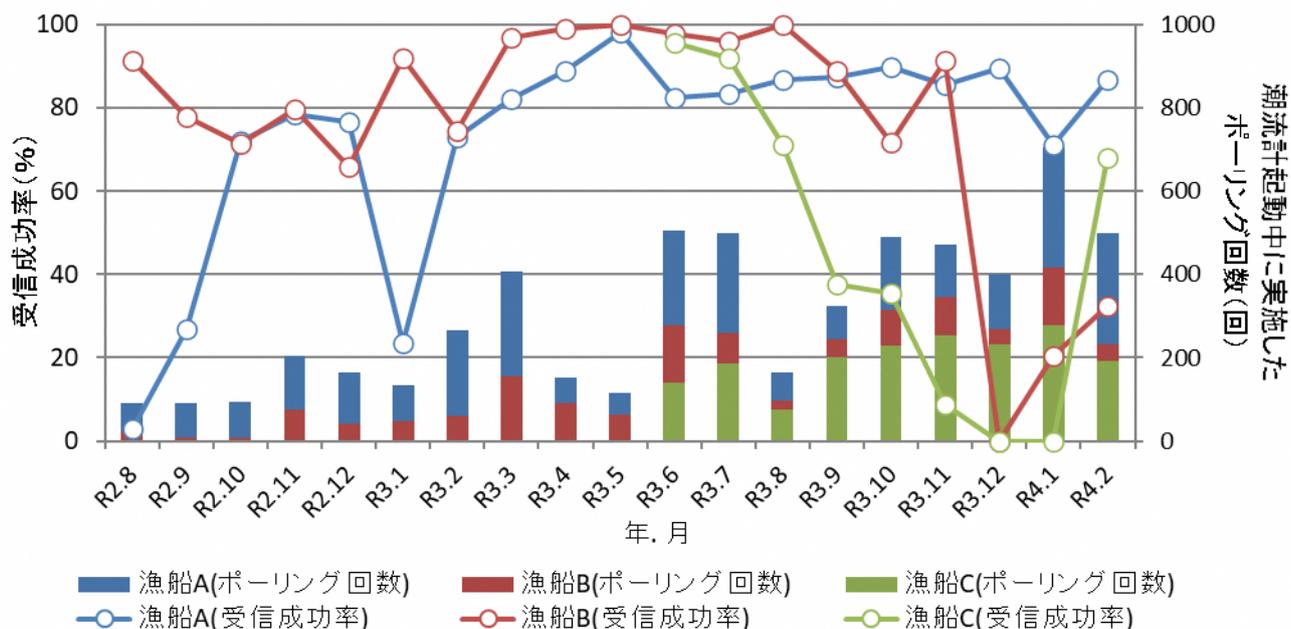


図 33-6 令和 2 年 8 月から令和 4 年 2 月における鳥取県沿岸漁船 3 隻の潮流計起動中に実施した合計ポーリング回数と、受信成功率の推移。データ受信成功率。ただし令和 4 年 2 月のみ 20 日まで。

### 3. 3. 3. 2. 1. 漁船 A の受信成功率の推移と不具合について

協力漁船 A は、他の協力漁船とは異なり漁業無線機 (DR-100) を 5 台所持していた。試験開始当初の令和 2 年 8 月と 9 月では、潮流計と接続されていない無線機がポーリングに応答していたため、受信成功率が低下した。令和 3 年 1 月では、漁業者が通信局とのポーリング専用通信チャンネルを誤って変更したため、受信成功率が低下した。また、漁船 A は、令和 2 年 8 月から令和 3 年 3 月まで通信局との通信距離が広がると受信成功率が低下する傾向が認められた (表 33-3)。令和 3 年 4 月に、受信成功率向上を目的とした対策工事を実施した。工事では、漁船 A に既設された無線通信用のアンテナ 5 本の電波受信能力 (定在波比) を測定し、最も受信能力が高かったアンテナ (定在波比:1.54) をポーリング送受信用のアンテナに設定した。その結果、令和 3 年 4 月以降における漁船 A の受信成功率は、通信局との通信距離と問わず 69%以上で推移した (図 33-6、表 33-3)。

### 3. 3. 3. 2. 2. 漁船 B の受信成功率の推移と不具合について

協力漁船 B は、初期設定の不備が認められたが (表 33-4)、試験を開始してから令和 2 年 11 月まで、大きな不具合も無く受信成功率は 72%以上で推移しており (図 33-6)、通信距離による、顕著な受信成功率減少も認められなかった (表 33-3)。しかし、令和 3 年 12 月以降、受信成功率は大きく低下し、令和 3 年 12 月から翌年 2 月 20 日までの受信成功率は、33%以下を示した (図 33-6)。

令和 3 年 11 月下旬に不具合が生じ、12 月から鉢伏山通信局からのデータ収集が不可能となっている (令和 4 年 3 月現在、不具合の主要因究明と復旧方法を検討中)。令和 3 年 12 月以降では、漁船 B の潮流計起動時に実施したポーリングは、境港通信局の半径 30 km 圏外で最も多く実施されていた。また、

### 3. 高密度観測網

表 33-3 令和 2 年 8 月から令和 3 年 11 月における、4 カ月間毎のポーリング時の通信距離（漁船と境港・鉢伏山通信局間の最短距離）と無線機による潮流データ受信成功率との関係。括弧内はデータロガーで潮流データ受信時に実施されたポーリング回数を示す。

漁船名	漁船と陸上局の距離	集計期間			
		R2年8月	R2年12月	R3年4月	R3年8月
		R2年11月	R3年3月	R3年7月	R3年11月
漁船A	1-10 km未満	100% (1)	94% (208)	100% (9)	100% (5)
	10-20 km未満	69% (162)	73% (287)	86% (91)	93% (233)
	20-30 km未満	40% (186)	41% (165)	85% (371)	83% (195)
	30-40 km未満	0% (16)	13% (8)	83% (109)	69% (13)
漁船B	1-10 km未満	73% (26)	97% (34)	91% (54)	86% (43)
	10-20 km未満	84% (87)	85% (166)	99% (310)	85% (191)
	20-30 km未満	0	89% (91)	67% (3)	75% (8)
	30-40 km未満	0	83% (12)	0	0
漁船C	1-10 km未満	0	0	100% (8)	67% (6)
	10-20 km未満	0	0	92% (221)	23% (398)
	20-30 km未満	0	0	93% (40)	33% (300)
	30-40 km未満	0	0	98% (63)	69% (55)

表 33-4 試験期間中に生じた不具合と原因・対処方法

対象	状況	原因	対処方法
漁船 A	操業中（潮流計起動中）にも関わらず、データが収集出来ない	無線機を複数台所持しており、潮流計と接続していない無線機がポーリングに応答していた。	無線機の設定を変更
漁船 B	無線システムの流向が潮流計ロガーに比べ反時計周りに約 10 度異なる	サテライトコンパスの方位出力が磁気方位に設定されていた影響で、真方位と差が生じた。	サテライトコンパスの設定を変更
無線機システム	自動メール送信が停止	通信局で一時的にネットワークが切断した際、復旧後もソフトがデータ転送を停止したままだった。	ソフトをアップデート
漁船 A 漁船 C	操業中（潮流計起動中）にも関わらず、データが収集出来ない	漁業者が誤ってポーリング専用チャンネルを変更したため、通信が出来なかった。	漁業者が安易に変更出来ない様に、チャンネルロック機能を設定
無線機システム	鉢伏山通信局からデータが受信できない	R4年3月現在、究明中	R4年3月現在、検討中

境港通信局 30 km 圏内でポーリングが実施された場合、受信成功率が 60%以上を示していた。漁船 B は、所属漁協支所が県中部に位置しており、県西部の漁協支所に所属する漁船 A に比べて県西部海域で操業する機会が少ない。境港通信局からのみデータ受信が可能となった結果、令和 3 年 12 月以降、境港通信局から距離が離れた漁場で操業する漁船 B の受信成功率が低下したと考えられる。

### 3. 3. 3. 2. 3. 漁船 C の受信成功率の推移と不具合について

協力漁船 C は、令和 3 年 6 月から試験を開始し 7 月まで 92%以上の受信成功率を示し（図 33-6）、通信距離による受信成功率減少も認められなかった（表 33-3）。しかし、8 月以降受信成功率が低下し、令和 3 年 12 月と翌年 1 月に 0%を示した。漁船 B と異なり漁船 C は、令和 4 年 1 月では、境港通信局半径 30km 圏内でも受信成功率は 0%を示しており、鉢伏山通信局の不具合以外の要因によって受信成功率が低下した可能性が示唆された（表 33-5）。令和 4 年 2 月上旬、漁船 C のポーリング専用チャンネルが別チャンネルに変更されていることが明らかになった。専用のチャンネルに変更したところ、受信成功率は 68%に上昇した（図 33-6）。

表 33-5 令和 3 年 12 月から令和 4 年 2 月における、ポーリング時の境港通信局との通信距離と無線機による潮流データ受信成功率との関係。括弧内はデータロガーで潮流データ受信時に実施されたポーリング回数を示す。

漁船名	境港通信局から 漁船との距離	集計期間		
		R3年12月	R4年1月	R4年2月
漁船A	半径 1-10 km未満	100% (11)	100% (31)	100% (42)
	半径 10-20 km未満	93% (85)	88% (94)	96% (84)
	半径 20-30 km未満	78% (27)	58% (147)	82% (124)
	半径 30 km以上	0	39% (18)	44% (18)
漁船B	半径 1-10 km未満	0	0	0
	半径 10-20 km未満	0	100% (5)	0
	半径 20-30 km未満	0	61% (18)	69% (16)
	半径 30 km以上	0% (38)	11% (114)	8% (24)
漁船C	半径 1-10 km未満	0	0% (8)	100% (28)
	半径 10-20 km未満	0	0% (29)	100% (16)
	半径 20-30 km未満	0	0% (37)	85% (58)
	半径 30 km以上	0% (231)	0% (204)	42% (91)

### 3. 高密度観測網

#### 3. 3. 3. 2. 4. 試験期間中に認められた不具合について

試験期間中に認められた不具合と、原因・対処方法を表 33-4 に記す。人為的な無線機の操作ミスによる不具合が繰り返し生じており、漁船 A の 1 例目の後、漁業無線機のチャンネルロック機能を利用し対策を講じたのにも関わらず同じ不具合が漁船 C でも認められた。漁業無線機は漁業者が操業中、頻繁に操作する機器である。専用チャンネルの変更による不具合は、今後も起こりうると考えられる。無線機によるデータ収集は、データ転送が自動で行われるため、不具合が生じても観測者が気付かず、長期間データ転送が停止する可能性が高い。無線機によるデータの安定的な収集には、収集状況をモニタリングする研究機関の補助が必要不可欠であると考えられる。

令和 3 月 11 月下旬に明らかになった鉢伏山通信局の不具合は、令和 4 年 3 月でも主要因の究明は出来ておらず、対処方法も検討中である。境港通信局のみでは、県西部に位置する境港通信局半径 40km 圏内からしかデータの収集が出来ない。また、境港通信局半径 20km 圏外の漁船からデータを受信した場合、20km 圏内と比べ受信成功率が低下する傾向が認められた（表 33-5）。鳥取県における、無線機システムによるデータ収集には鉢伏山通信局が必要不可欠であり、一刻も早い復旧が望まれる。

#### 3. 3. 4. 鳥取県における漁業無線を利用したデータ収集の今後

試験中に通信局の 1 つからデータ収集が不可となるトラブルに見舞われたが、本試験の結果、無線通信システムの課題と成果を明らかにすることが出来た。無線機通信システムは、100%成功率でのデータ受信が困難であり、想定以上に潮流計ロガーと比べて収集出来るデータ数が少ないことが明らかになった。また、人為的な操作ミスによる不具合が生じる可能性があり、安定したデータ収集を継続するには、収集状況のモニタリングを行う必要がある。しかし、無線機の普及が進んだ地域（例：鳥取県）では、無線通信システムはロガーシステムに比べ、導入・維持費が安価である。さらに、無線通信システムは、ロガーシステムと異なり、船内に潮流計ロガーやタブレット PC を設置する必要が無いため、漁業者の協力了解が得易いなどの利点が認められ、観測隻数を容易に増やすことが出来る。1 出漁あたりのデータ数は、ロガーシステムに及ばないが、無線通信システムは観測隻数を増やすことで、異なる漁業種や漁場で操業する漁船から幅広くデータを収集することが可能である。また、漁船の電波受信能力を向上させることで、受信成功率を高めることも可能だと判明した。当試験の結果、開始当初は 2 隻の漁船から収集出来たデータ数が 29 回/月だったが、観測漁船を 9 隻に増やし、ポーリング頻度を増やすことで、最大 2,063 回/月の潮流データを収集出来た（鉢伏山通信局で不具合が生じなければ更にデータ数は増加していたと考えられる）。今後は、ロガーシステムによるデータ収集を継続すると共に、更に無線通信システムによる観測船を増やし海況予測モデルの精度向上に資するデータを増やしたい。また、無線通信システムによって収集したデータの一部を県内の漁業者へ、操業の参考値として公開する取り組みを計画しており、無線機システムをモデルの高精度化以外にも活用し、鳥取県水産業のスマート化を推進していきたい。