

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月25日現在

機関番号：82627

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560801

研究課題名（和文） 船間無線LAN通信による海上リアルタイムハザードマップの構築

研究課題名（英文） Construction of the Real-time Sea Hazard Map by Wireless LAN Radiocommunication between Ships

研究代表者

丹羽 康之（NIWA YASUYUKI）

海上技術安全研究所・運航・物流系・主任研究員

研究者番号：50344239

研究成果の概要（和文）：行会い船が無線LANにより、これまでの航行で蓄積した危険（ハザード）情報を交換し、交換した情報を地図上にマッピングし、これから航行する海域のハザードマップを作成し、航行の安全に寄与するシステムを構築した。無線LANの通信能力は、船間距離3～5km、実効スループット1Mbps以上を目標とした。行会い状態での利用に着目し、指向性アンテナを採用した。実海域で2船を運航して通信実験を行った結果、目標の通信能力を達成した。実際に船間でFTPによるファイル転送を行い、ハザードマップを構築した。

研究成果の概要（英文）：We focused on wireless LAN radiocommunication between ships exchanging the hazard information each other and constructing the sea hazard map for safety of navigation. The performance target of the radiocommunication was over 1 Mbps throughput at 3-5 km distance between ships. We carried out on-sea trial by sailing two ships using directional antennas considering in head-on situation. We achieved the above performance target of the radiocommunication. Finally, we constructed the sea hazard map exchanging the image files between ships each other by FTP command.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：船間通信、無線LAN、ハザードマップ

### 1. 研究開始当初の背景

近年、衛星通信をはじめとした船陸間通信の発展により、船舶は陸上から様々な支援情報が得られるようになってきた。しかしながら、通信料の問題、通信頻度の制約等があり、急激な変化あるいは局所的な海域情報の入手には限界がある。そこで、これらに加えて、短時間に変化する海域情報が入手できれば、

より一層安全航海に資すると考える。これらの情報を得るためには、行会い船から得られる可能性があり、無線LANにより情報交換が有効であると考え研究を実施することとした。

### 2. 研究の目的

船舶に無線LANシステムを搭載し、行会い

船が無線 LAN によりお互いが、これまでの航行で蓄積した危険（ハザード）情報（漁船多数、流木、沈没船、油流出、鯨、流水、不審船、海賊船）や気象海象情報を交換し合い、交換した情報（画像等）を地図上にマッピングし、これから航行する海域のハザードマップを作成し、航行の安全に寄与するシステムを構築する。無線 LAN の通信能力は、船間距離 3～5km、通信速度の実効スループット 1Mbps 以上の実現を目標とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 実験船

大島商船高等専門学校が所有する練習船「大島丸」、実習船「すばる」を運航し、実験を行った。大島丸とすばるの外観を図 1、2 に、諸元を表 1 に示す。



図 1 大島丸



図 2 すばる

表 1 大島丸とすばるの諸元

	大島丸	すばる
長さ	41m	14.5m
幅	7.6m	4.15m
深さ	3.5m	2.3m
総トン数	228トン	14トン

#### (2) 実験海域

大島商船高等専門学校（山口県大島郡周防大島町）のある瀬戸内海の屋代島（周防大島）の西方海域の笠佐島と上荷内島・下荷内島間の海域で、通信実験を行った。図 3 に示す。

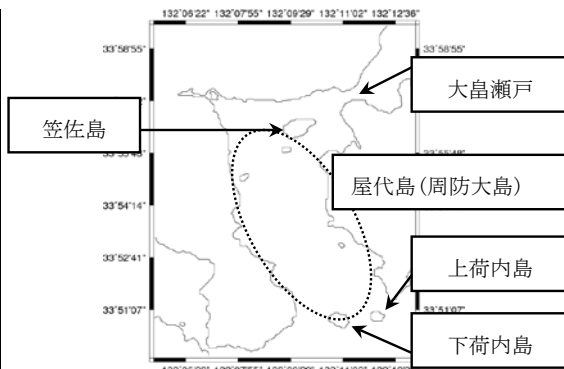


図 3 実験海域

#### (3) 見合い関係

以下の 3 種類の見合い関係を設定した。

- ① 大島丸は停泊し、すばるを大島丸船首方位に航行させ 5,000m 以上離れたところで戻る。なお、すばるが大島丸から離れる際には、すばるに設置した指向性アンテナの向きは、すばるの船尾側に向けた。
- ② 船間距離を 5,000m 以上離し、お互いに正船首で運航し、船間距離が 500m 以内になったところで取り決めに従い避航し 100m 以内の航過距離とした。図 4 に簡易図を示す。
- ③ 船間距離を 5,000m 以上離し、進路を 180° 違いとし、航過距離が 900m (0.5NM) となるように平行間隔を保った。図 5 に簡易図を示す。

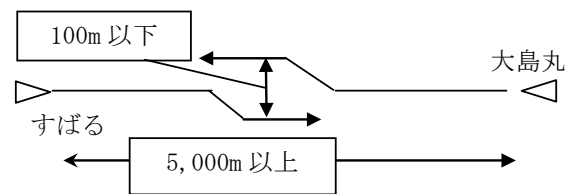


図 4 見合い関係②

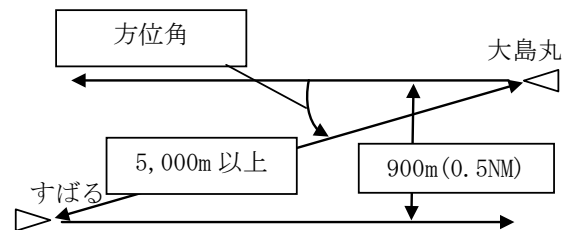


図 5 見合い関係③

#### (4) アンテナの選定と高さ

複数のアンテナについて検討を行った。アンテナ仕様を表 2 示す。八木アンテナは利得が強い一方で半値角が小さいため、船舶のような移動体同士の通信は困難であり、カージオイドアンテナでは、利得が小さいため目標とする通信能力が確保できないことを確認した。その結果、パッチ平面アンテナ（大）（小）の 2 種類に絞り実験を行った。

また、アンテナ高さは大島丸 10m、すばる 6.5m とした。

表2 アンテナの仕様

種類	利得 [dBi]	半値角 [deg]	
		E面	H面
八木	19	22	24
パッチ平面 (大)	13	40	40
パッチ平面 (小)	9	63	77
カージオイド	5	75	135
3段コリニア	3	23	-
8段コリニア	6	9	-
パッチ平面(円偏波)	9	58	68

(5) 計測項目

通信実験の計測項目は、2船に搭載した無線LAN機器間の受信信号強度 (RSSI; Received Signal Strength Indication) とそれぞれの無線LAN機器に有線接続したコンピュータ間の実効スループットである。RSSIについては、今回用いた無線LAN機器の設定を行うweb画面に数値が表示され、1秒間隔で記録した。実効スループットについては、ネットワークの帯域計測ソフトウェアを用い、安定した通信を確認するために10秒間を計測項目の1単位とした。

また、GPSにより時刻と両船の船位(緯度、経度)、進路、船速等の計測を行い、船間距離等を算出した。

4. 研究成果

(1) 見合い関係①の実験結果

図6～図9は、見合い関係①の実験結果例である。パッチ平面アンテナ(大)の船間距離を横軸にしたRSSI(図6)と実効スループット(図7)の計測結果、及び、パッチ平面アンテナ(小)の船間距離を横軸にしたRSSI(図8)と実効スループット(図9)の計測結果である。

いずれも目標の1Mbpsを上回り、船間距離によっては、5Mbps以上を計測することもあった。

RSSIの変化について、途中大きく値が低下している箇所があるが、2波モデルとして知られる海面反射との干渉の影響によるヌル点と呼ばれるものである。今回の実験条件である、出力10mW、周波数2.4GHz、アンテナ高さ6.5m、及び、10mの場合、理論的にヌル点は船間距離1,100m、600m(それより近傍は省略)付近が該当する。図6、及び、図8の船間距離とRSSIの関係を見ても完全に一致し、理論通りであることを確認した。このような現象の解決策として、高さの異なるアンテナによるダイバーシティ構成が提案されており、別途大島丸アンテナ高さを14mに上昇させた実験を行ったところ、ヌル点が発生する船間距離は、理論通り1,500m付近に変わること確認した。

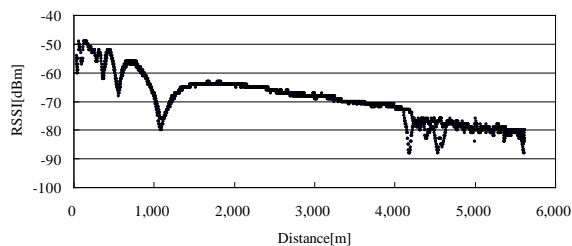


図6 実験結果：船間距離とRSSIの関係、パッチ平面アンテナ(大)

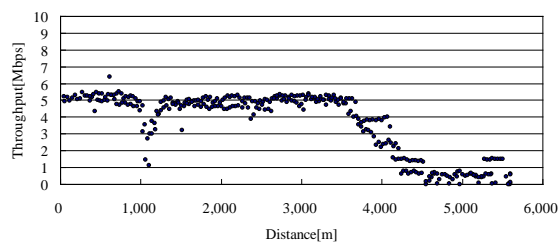


図7 実験結果：船間距離と実効スループットの関係、パッチ平面アンテナ(大)

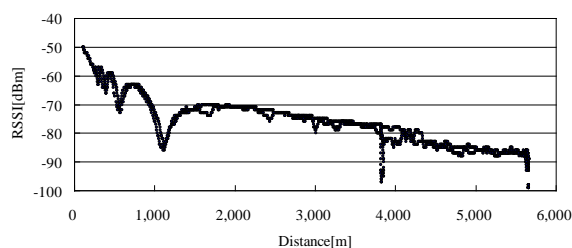


図8 実験結果：船間距離とRSSIの関係、パッチ平面アンテナ(小)

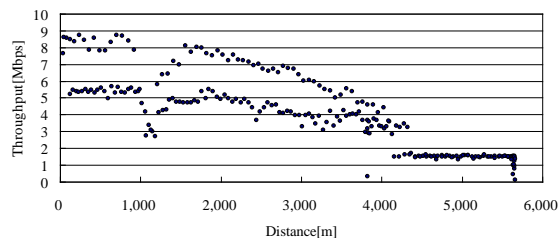


図9 実験結果：船間距離と実効スループットの関係、パッチ平面アンテナ(小)

(2) 見合い関係②の実験結果

見合い関係②の実験では、アンテナ種類の他に、船舶の船速を実験パラメータに加えた。大島丸の船速は16km/hに固定し、すばるの船速を低速(11km/h)、中速(19km/h)、高速(37km/h)の3種類とした。すばるは、高速になるほど小型船舶で発生しやすい船首が上昇する船尾トリム状態となり、高速航行時は船首が7°程度上昇していることを確認し、通信能力への影響を確認したところ、2種類のパッチアンテナの半値角が十分に広いため、今回のトリム角では影響が出ないことを

確認した。

図 1 0 は、パッチ平面アンテナ (大)、すばるの船速を低速 (11km/h) にした際の船間距離と RSSI と実効スループットのグラフである。

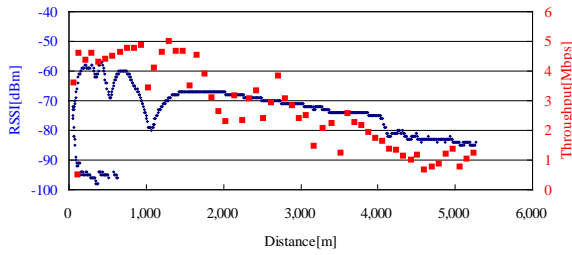


図 1 0 実験結果：船間距離と RSSI と実効スループットの関係、パッチ平面アンテナ (大)、すばる船速低速 (11km/h)

見合い関係①と比べて、二船が航行しているため通信能力はやや低下するが、十分な通信速度を確保できた。なお、図 1 0 では、実効スループットから 215MB の通信量を算出した。実験ごとの通信量を表 3 に示す。なお、実験はデータ信頼性の確保のため、全て 2 回ずつ実施している。すばるが高速になるほど、通信時間が短くなり、通信量は減少することを確認した。2 種類のアンテナの違いは、利得の違いが通信量に影響したと考える。

表 3 見合い関係②の通信量

すばる船速	パッチ平面 (大)	パッチ平面 (小)
低速	215MB	209MB
11km/h	230MB	144MB
中速	173MB	123MB
19km/h	176MB	147MB
高速	126MB	60MB
37km/h	114MB	72MB

### (3) 見合い関係③の実験結果

見合い関係②同様 2 種類のアンテナとすばるの船速を 3 種類にして実験を行った。図 1 1 は、パッチ平面アンテナ (大)、すばるの船速を低速 (11km/h) にした際の船間距離と RSSI と実効スループットのグラフであり、図 1 2 は、パッチ平面アンテナ (小) で、他は同条件の実験結果である。

見合い関係②の場合と比較して、RSSI、実効スループットともに低下していることがわかる。この理由は、見合い関係③では、実験開始時点から相手船が正面におらず、船間距離が近づくとつれ、相手船の方位角が大きくなり、アンテナの指向角から外れていくためである。ただし、船間距離 3~5km においても目標とする実効スループット 1Mbps は、ほぼ達成することができた。

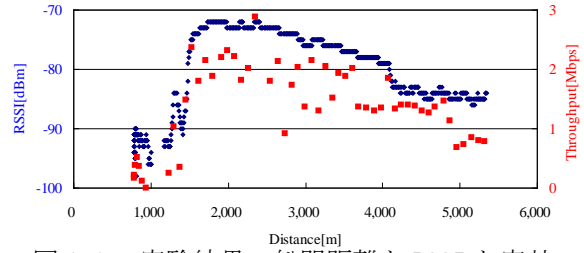


図 1 1 実験結果：船間距離と RSSI と実効スループットの関係、パッチ平面アンテナ (大)、すばる船速低速 (11km/h)

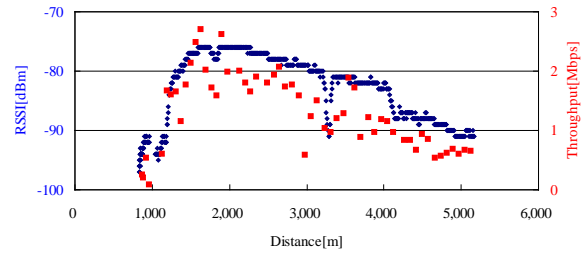


図 1 2 実験結果：船間距離と RSSI と実効スループットの関係、パッチ平面アンテナ (小)、すばる船速低速 (11km/h)

図 1 1 と図 1 2 を比較する。図 5 の通り、船間距離が短くなるに従い、相手船の方位角が大きくなる。このため、船間距離が 3,000m 以遠では、図 1 1 のパッチ平面アンテナ (大) の通信能力が高いが、船間距離が 2,000m を下回ると、相手船の方位角がアンテナの指向域から外れ、通信能力が低下したものと考える。一方、図 1 2 のパッチ平面アンテナ (小) では、船間距離が 1,200m までは、1Mbps 以上を確保した。これは、表 2 のアンテナの仕様の通り、パッチ平面アンテナ (小) のほうが半値角が広いため、相手船の方位角が大きくなっても通信が維持できたためと考える。通信量の結果を表 4 に示す。表 3 に比べて低下しているが、実際にあり得る見合い関係で 50~100MB 以上の通信ができることを示した。

表 4 見合い関係③の通信量

すばる船速	パッチ平面 (大)	パッチ平面 (小)
低速	93MB	89MB
11km/h	110MB	103MB
中速	82MB	73MB
19km/h	77MB	79MB
高速	57MB	57MB
37km/h	47MB	欠測

### (4) FTP による双方向ファイル転送実験

上述の通信実験は実効スループットの計測であったため、具体的なデータ (ファイル) の通信実験を行った。ハザードマップとして希望する情報内容のヒアリング調査で、相手船のレーダ画面が挙げられたため、大島丸のレーダ画面をキャプチャしたファイルを用

意し、双方向でFTPにより、ファイルの送受信を行った。ファイルサイズは、0.3MB、1MB、4MBの3種類を用意し、大島丸の船速を16km/h、すばるの船速を22km/hとして、見合い関係③で実施した。通信量の結果を表5に示すが、ハザードマップ生成に十分なデータ交換ができたと考える。

表5 FTPの実験結果

	パッチ平面(大)		パッチ平面(小)	
	枚数	通信量	枚数	通信量
0.3MB	430枚	129MB	230枚	69MB
	351枚	105MB	101枚	30MB
1MB	153枚	153MB	100枚	100MB
	146枚	146MB	74枚	74MB
4MB	28枚	112MB	23枚	92MB
	47枚	188MB	25枚	100MB

#### (5)ハザードマップの構築

以上の実験結果に基づき船間無線LANの通信の可能性を示した。そこで、情報交換データとしてハザード画像にGPS情報(緯度、経度、時刻)を加えたファイルを双方向通信で提供、取得し、GPS情報を基に地図上に表示するハザードマップを作成した。最近のデジタルカメラでは、GPS機能付きがあり、また、地図上への表示は、webブラウザの地図アプリケーションでは、GPS情報のある画像ファイルをドラッグ・アンド・ドロップするだけで、地図上に表示することが可能である。なお、本研究では、船陸間通信を対象にしておらず、船間通信を対象としているため、インターネット接続を想定せず、コンピュータのローカルディスクに地図データを持つ状況を考え、国土地理院の数値地図を取り込めるソフトウェアを活用し検討を行った。

図13にハザードマップの一例を示す。大島丸が関門航路を航行した時のデジタルカメラで撮影したGPSデータ付きの写真ファイルを地図上に表示したものである。また、地図上の画像をクリックすることにより、ポップアップで拡大表示される。この際は、多数の漁船が航路内で漁をしており、写真からもその多さがわかる。図13に示す画像ファイルを今から関門航路を通航する行会い船に無線LANを通して送信することにより、ハザードマップが表示され、航路通航時の安全航海に役立てばと考えている。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

- ① 丹羽康之、本木久也、西崎ちひろ、瀬田剛広、指向性アンテナを用いた船間無線LAN通信実験、日本航海学会論文集、査

読有、Vol.126、2012.3、pp.283-288.

- ② 丹羽康之、本木久也、西崎ちひろ、瀬田剛広、指向性アンテナを用いた船間無線LAN通信実験-II。-行会い状態における実海域実験-、日本航海学会論文集、査読有、Vol.127、2012.9、pp.149-155.

[学会発表](計6件)

- ① 丹羽康之、西崎ちひろ、瀬田剛広、小林充、南真紀子、本木久也、浦上美佐子、指向性アンテナを用いた無線LANによる海上通信実験、平成23年度(第11回)海上技術安全研究所研究発表会、2011.6.
- ② 丹羽康之、本木久也、西崎ちひろ、瀬田剛広、指向性アンテナを用いた船間無線LAN通信実験、日本航海学会第125回講演会、2011.10.
- ③ 丹羽康之、本木久也、西崎ちひろ、瀬田剛広、浦上美佐子、小林充、南真紀子、指向性アンテナを用いた無線LANによる船舶間通信実験、日本機械学会第20回交通・物流部門大会、2011.12.
- ④ 丹羽康之、本木久也、西崎ちひろ、瀬田剛広、指向性アンテナを用いた船間無線LAN通信実験-II。-行会い状態における実海域実験-、日本航海学会第126回講演会、2012.5.
- ⑤ 丹羽康之、本木久也、西崎ちひろ、浦上美佐子、南真紀子、小林充、瀬田剛広、船間無線LAN通信による海上リアルタイムハザードマップの構築、日本航海学会第128回講演会航法システム研究会、2013.5.
- ⑥ 丹羽康之、西崎ちひろ、瀬田剛広、小林充、南真紀子、本木久也、浦上美佐子、行会い状態における船間無線LAN通信実験、平成25年度(第13回)海上技術安全研究所研究発表会、2013.6.

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

丹羽 康之 (NIWA YASUYUKI)  
海上技術安全研究所・運航・物流系・主任  
研究員 研究者番号：50344239

##### (2)研究分担者

西崎 ちひろ (NISHIZAKI CHIHIRO)  
海上技術安全研究所・運航・物流系・研究員  
研究者番号：70570993  
瀬田 剛広 (SETA TAKAHIRO)  
海上技術安全研究所・運航・物流系・主任  
研究員  
研究者番号：30511597  
小林 充 (KOBAYASHI MITSURU)



海上技術安全研究所・運航・物流系・主任  
研究員

研究者番号：10373416

南 真紀子 (MINAMI MAKIKO)

海上技術安全研究所・その他部局等・研究  
員

研究者番号：10415804

(H23. 4～H24. 9)

大島商船高等専門学校・商船学科・助教

研究者番号：20462145

浦上 美佐子 (URAKAMI MISAKO)

大島商船高等専門学校・情報工学科・准教  
授

研究者番号：30280457

(H22. 11～H23. 3、H24. 4～H25. 3)

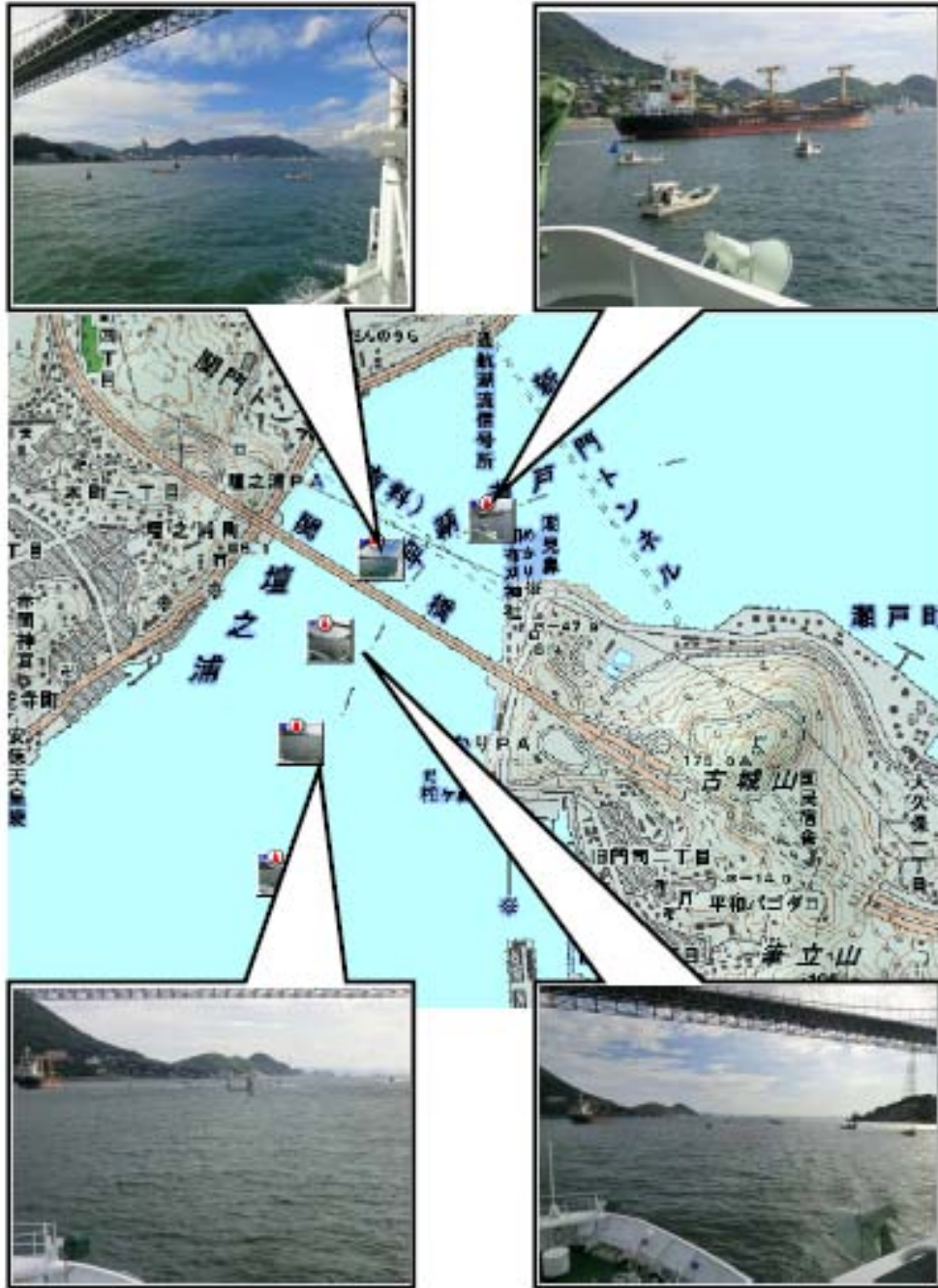


図 13 ハザードマップの例 (関門航路の漁船出現)

この地図は国土地理院の数値地図 25000 (地図画像) を使用したものである。