

山口県萩沖 見島周辺の海潮流観測結果について

柴田 遥*, 本間章禎*

Observation of tidal and ocean current around Mishima Island in the western Japan Sea

Haruka SHIBATA* and Fumiyoshi HONMA*

Abstract

Mishima Island of Hagi City, Yamaguchi Prefecture, is located to the east of the Tsushima Strait in the Japan Sea, where the tidal range is not large. In the past surveys, it was noted that the measured current speed was larger than estimated tidal current. Since then, ocean and tidal current observations have not been conducted in detail. Therefore, observations using ADCP and mooring current meters were conducted from June to September, 2011. This report presents the results of these observations. The weak tidal current at Utsu was observed in a southeast–northwest direction. However, The tidal current at Honmura was east–west flowing at twice the speed of the current at Utsu. It was found that there is a northward current to the northwest area off Mishima Island, and a remarkably noteworthy current in the northwest and southwest areas of the island.

1 はじめに

山口県萩市沖の見島は対馬海峡の東方にあり、日本海に位置するため潮汐はあまり大きくない。しかし過去の水路測量時に、周辺では1ノットを超える強い流れの存在が示されたが（海上保安庁水路部 1979）、それ以後見島周辺で詳細な潮流観測や流況調査は行われていなかった。このため、平成 23 年 6～9 月にかけて見島周辺で行った水路測量に併せ、流況把握のため流速計設置による潮流観測及び測量船「はやしお」搭載の多層音波流速計（ADCP）による流況調査を実施した。

2 地点で行った潮流観測によって、宇津地区では南東–北西方向の弱い潮流が、本村では宇津の潮流の 2 倍近い流速の東–西方向の潮流があることが分かった。また本観測期間中の流況調査において、北西側で北向きの流れが存在し、特に島の

北西側と南東側で強い流れが発生することが明らかになった。

2 概要

見島は山口県萩市から北西約 45 km 沖合いの日本海に位置し、島の面積は 8 km² の小さな島である（Fig.1 参照）。

Fig.1 に流速計、圧力型験潮器（RMD）設置場所及び風の参考資料として用いた見島北灯台の位置を示す。

(1) 潮流観測は宇津と本村の 2 箇所で行った。

宇津地区（水深 20 m 前後）は、協和商工製 IC メモリー型流向流速計（DLC-II）を 6 月 20 日から 7 月 24 日まで水面下 5 m に吊り下げ方式で設置し、20 分毎（2 分間平均）に収録を行った。

* 第七管区海上保安本部海洋情報部 Hydrographic and Oceanographic Department, 7th R.C.G. Hqs.

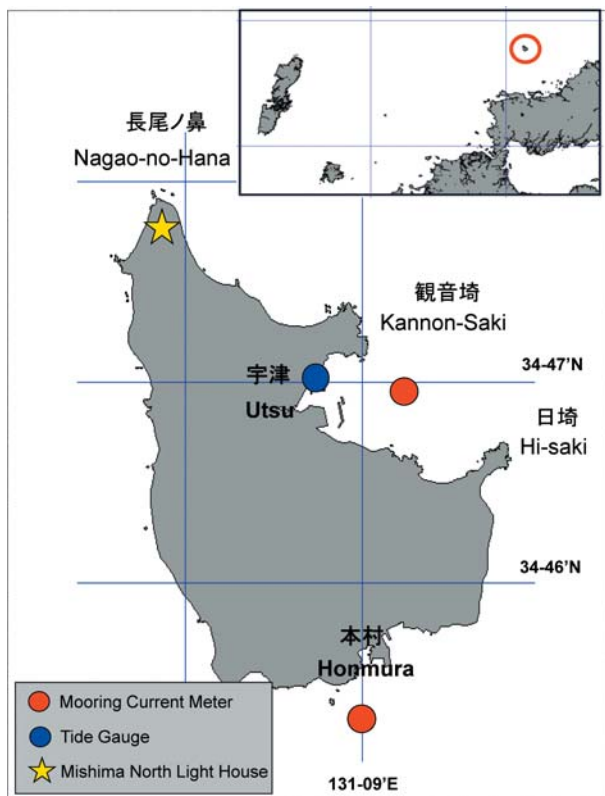


Fig. 1 Map of Mishima Island

宇津の流速計は、7月19日前後に台風の影響により南方向へ約500mほど走錯した。

本村地区(水深20m前後)では、RD instruments製超音波ドップラー式多層音波流速計(WH-ADCP センチネル(600kHz))を6月22日から7月24日まで水面下1mにWH-ADCPと一体型の浮体で、センサーを海底に向け設置し1m層厚で収録間隔10分(50個サンプリング)毎に測定した。本村の流速計は、原因不明であるが7月4日に東方へ約300m移動したことが確認されたことから、7月6日に当初設置した場所へ再設置を行った。

(2) 潮汐観測のためRMDを6月20日から9月15日まで宇津地区の港内に設置し、継続的に観測を行った。なお、8月6日頃にRMDの潮位記録に不連続が認められた。

(3) 流況調査は測量船「はやしお」搭載のADCPを使用し、水深5m層2分平均で、計6回(7月



Fig. 2 Wind vector time series (June & July)

に4回、9月に2回)見島の周りの約17マイルを航走した。

(4) 参考資料として見島北灯台の船舶気象通報(風データ)を使用している(Fig.2参照)。なお、ベクトルは風が吹き去る方向に対応している。

船舶気象通報(風向・風速)によると、観測期間中6月22日~7月19日までは南寄りの風が卓越し、台風6号通過の7月19日以降7月24日まで北東から北寄りの風が連吹した。観測期間中の気象状況は7月4日前後に活発な梅雨前線、7月19日前後に台風6号が接近・停滞したため荒天であった。

(5) 見島周辺の海底地形

Fig.3に海底地形図を示した。島の東側には複雑な浅瀬が見られる。そして西側は直線的で急激な斜面が広がっている。また、島の南西及び南東沖にはサンドウェーブがあり、この海域では強い流れが存在することを表している。

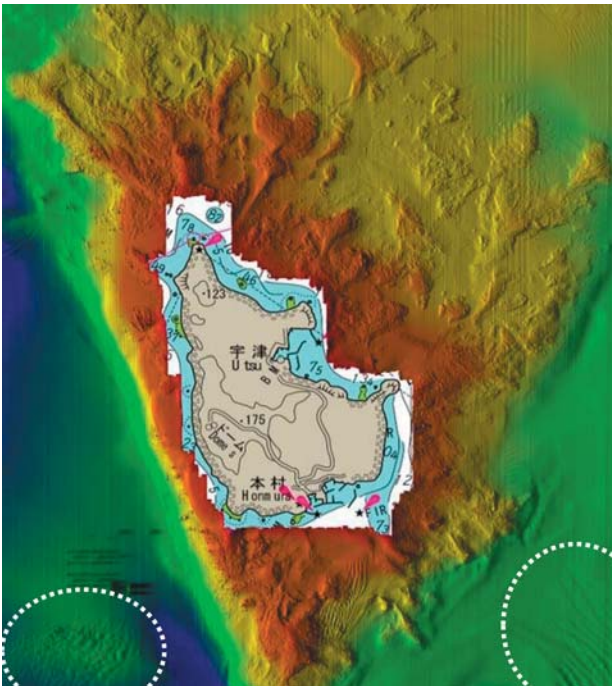


Fig. 3 Bathymetric map of Mishima Island

3 観測結果

(1) 潮流観測

① 宇津における時系列変化図

Fig.4は上段が流向・流速時系列変化図で下段が25時間移動平均時系列変化図である。

全体的に流れは弱い、北西及び南東方向の潮流成分が顕著にみられた。25時間移動平均図と風は、位置関係から島影や地形の影響のため、部分的に対応している。

7月19日前後に流速計が約500mほど南方向へ走錨したため、一部のデータ精度はよくない。観測期間中の最大流速は7月11日14時頃に観測した163度0.8ノットであった。

② 本村における時系列変化図

Fig.5はFig.4と同様、上段と下段に各時系列変化図を示した。なおFig.5については、時系列変化図を見やすくするために東を上にしてある。

全体的に東西成分が卓越しており、特に東向きの流れが強い。宇津と比較して倍近くの流速が観測された。観測期間中の最大流速は7月17日14時頃に観測した72度1.7ノットであった。

③ 宇津及び本村における潮流調和定数

宇津及び本村で流速計の観測データから気象や潮汐を勘案して選んだ期間で15昼夜連続調和分解を行った(Table1参照)。

ここで潮流の潮型を以下に示す式で大きく3つに分けるとする。 H_m , H_s , H' , H_o はそれぞれ M_2 , S_2 , K_1 , O_1 分潮の振幅を表す。

$$\frac{(H' + H_o)}{(H_m + H_s)} < 0.25 \quad \text{半日周潮型}$$

$$0.25 \leq \frac{(H' + H_o)}{(H_m + H_s)} < 1.50 \quad \text{混合潮型}$$

$$1.50 \leq \frac{(H' + H_o)}{(H_m + H_s)} \quad \text{日周潮型}$$

宇津の潮流の潮型は、0.87で混合潮型に分類され、潮流の主軸である主成分の方向は約312度、平均流速は0.045ノットであった。

また本村の潮流の潮型も1.05で混合潮型に分

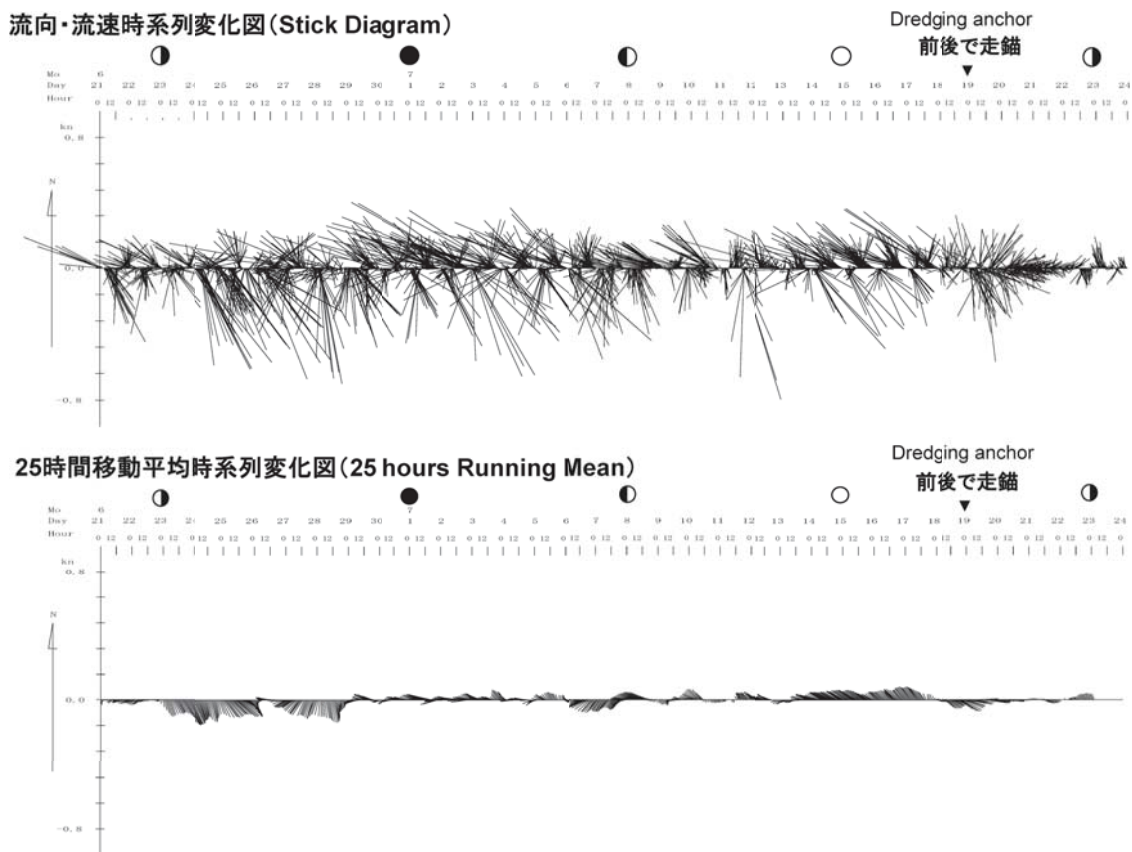


Fig. 4 Current vector at Utsu

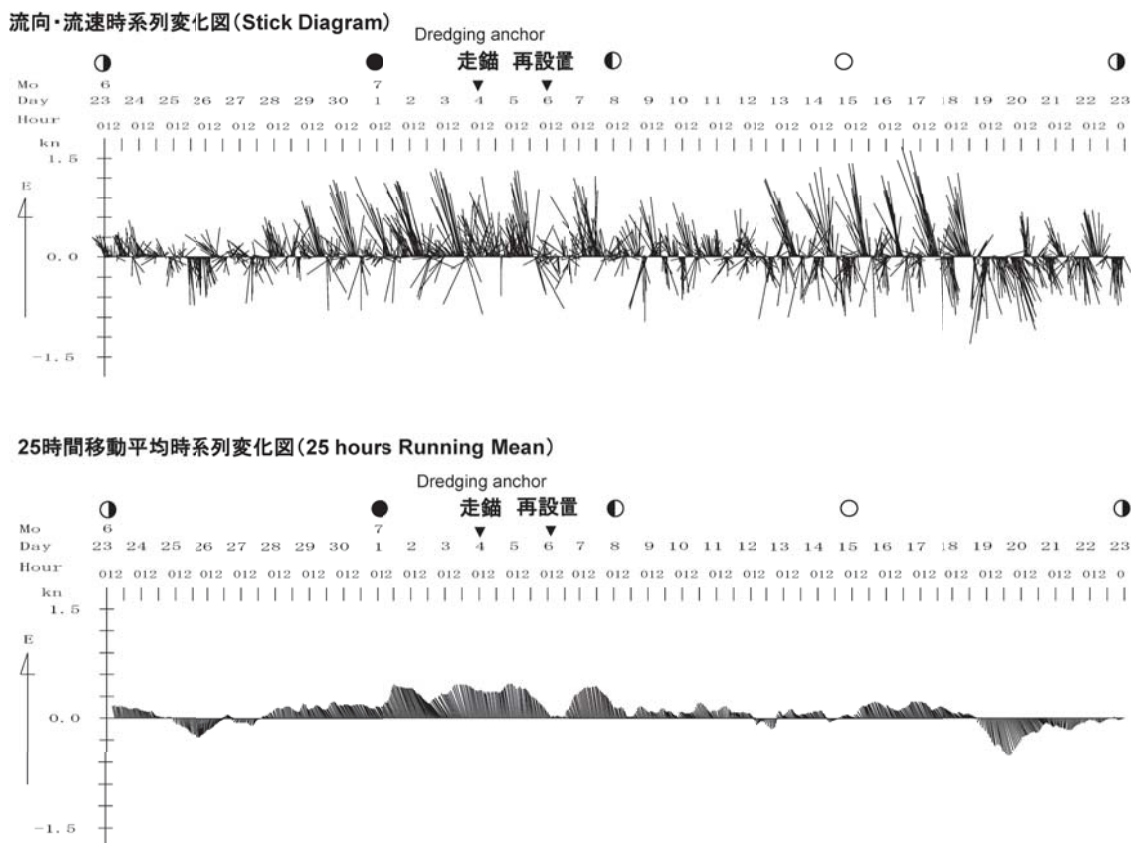
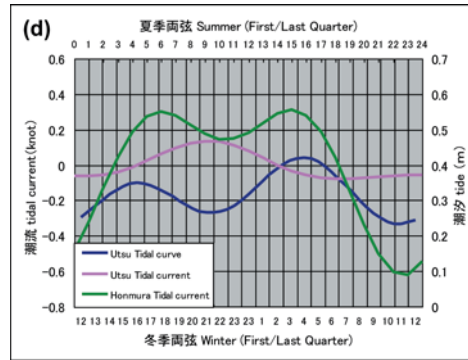


Fig. 5 Current vector at Honmura

類され、潮流の主軸である主方向は約 82 度、平均流速は 0.053 ノットであった。

④ 潮流潮汐の四季曲線

宇津の潮汐及び宇津・本村の潮流調和定数から四季の朔望及び両弦の潮汐・潮流曲線を作成し図示した (Fig.6 参照)。潮汐は一日 2 回ずつの高低潮が見られ朔望時に大きく、両弦時に小さい。宇津の潮流は潮汐に対し、潮時差が朔望時に比べ



(d) Tidal curve and tidal current curve in Summer/Winter (First/Last Quarter)

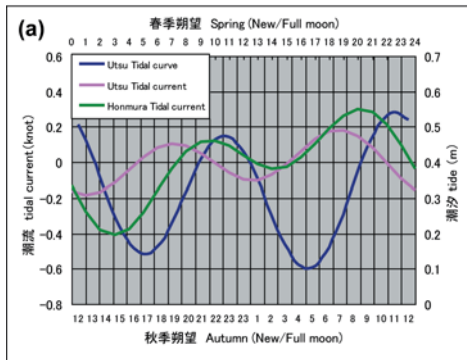
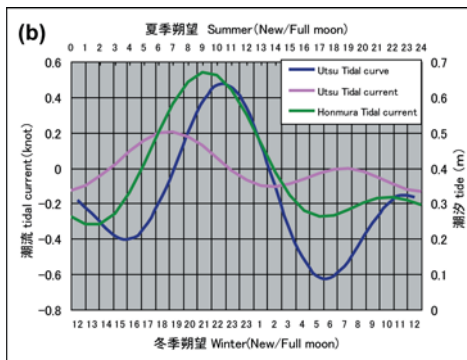
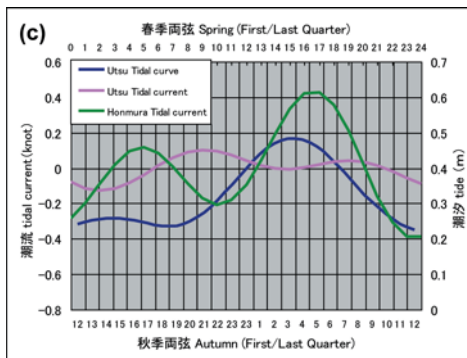


Fig. 6 (a) Tidal curve and tidal current curve in Spring/Autumn (New/Full moon)



(b) Tidal curve and tidal current curve in Summer/Winter (New/Full moon)



(c) Tidal curve and tidal current curve in Spring/Autumn (First/Last Quarter)

両弦時に大きくなる。一方、本村における潮汐に対する潮流の潮時差は±2 時間程度である。

(2) 潮汐観測

6月23日から7月24日までの潮汐データを用いて32昼夜連続調和分解した結果は、3 (1) ③で示した式より、潮型は0.82で混合潮型に分類される。また、主要四分潮 (M_2 , S_2 , K_1 , O_1) の半潮差の和は、32.8cmとなり、海上保安庁告示第103号 (平成14年4月1日) の昭和53年に決定された $Z_0 = 32$ cm とほぼ同様の値となった。

(3) 流況調査結果

Fig. 7~12 は7月~9月にかけて行った ADCP 観測図である。ベクトルの中心が航跡に対応しており、海底地形を重ねてある。図の上側に観測日、流速スケール及び観測日の潮汐 (青線)、観測時の時間帯 (赤線) を示している。また、宇津及び本村の流速計による観測値で0.1ノット以上の流れについては流向・流速をそれぞれ白矢印・数字で、0.1ノット未満については数字のみ表示した。なお、9月14日は流速計揚収後であるため値は掲載していない。

① 7月6日 (Fig. 7)

島の北西側と南東側で強い北東向きの流れが観測された。また、島の西側では北東向きと南東向きに分岐する流れが見られた。

② 7月22日 (Fig. 8)

全体的に流れが弱く、測線を反時計周りに航行した。特に島の北端の長尾ノ鼻東方 (図に点線で表示) で流向が北北西から北東向きへと変化した。島の北東沖では南東向きの流れが見られた。また、島の東端の日埼沖で南から西向きへ変化する流れが観測された。

③ 7月23日 (Fig. 9)

島の北側で強い流れが見られた。また、流れは一様ではなく、北側の測線では東端から西向き、南西、北西と変化しており、島の北西端で特に強くなっていた。島の南東側の沿岸で西向き、南東沖で南向きの流れがあり、この海域は7月22日と類似した流況であった。

④ 7月27日 (Fig. 10)

島の東側で全体的に西向きの流れが見られた。特に島の南東側で2ノット強の西向きの流れがあった。島の西側の流れは弱いながらも全体的に東向きの流れが観測された。

⑤ 9月14日 (Fig. 11) (Fig. 12)

9月14日は2回連続して航走し、前半を9月14日-1 (Fig. 11)、後半を9月14日-2 (Fig. 12) に示した。

前後半ともに島の北西側では北東流が卓越していた。前半は島の北東側 (白点線内) で南東向きや北東向きの複雑に流向が変化する流れが見られたが、後半にその傾向は見られなかった。また、後半では島の南から南東側で東から北東方向への流れが観測された。

(4) 宇津・本村における水温時系列図

流速計に設置された水温センサーの観測値を水温時系列図 (Fig. 13) で示す。青線は宇津の水深5m層、赤線は本村の水深1m層である。

観測期間において、本村は宇津に比べて水温が0.9度高く、両地点で季節変化に伴い徐々に上昇し、台風通過後は低下する傾向があった。

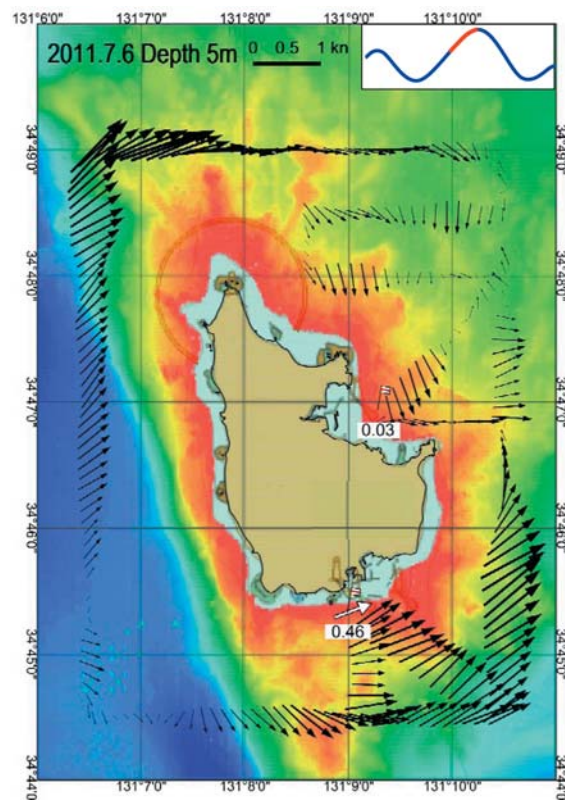


Fig. 7 ADCP observation on 7/6

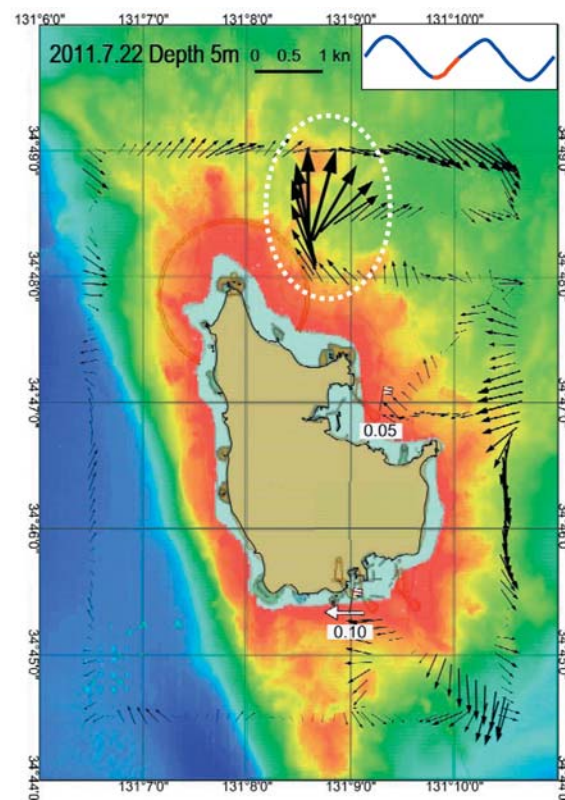


Fig. 8 ADCP observation on 7/22

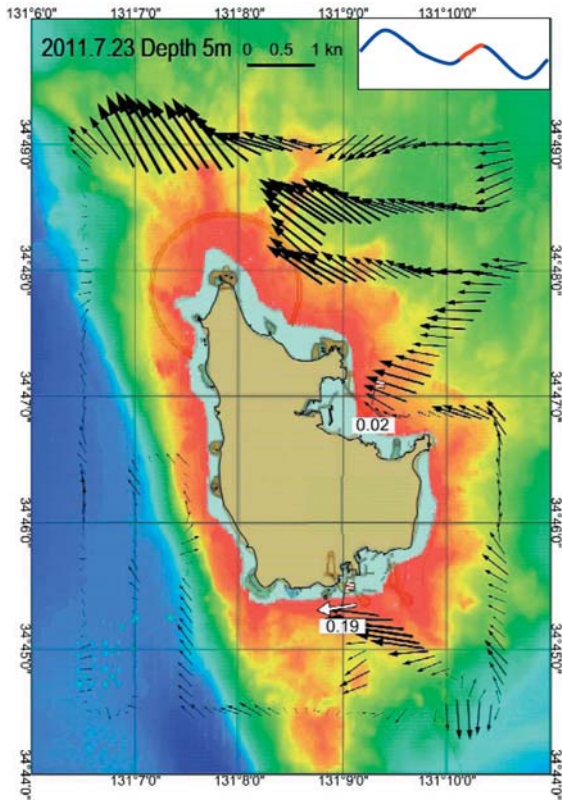


Fig. 9 ADCP observation on 7/23

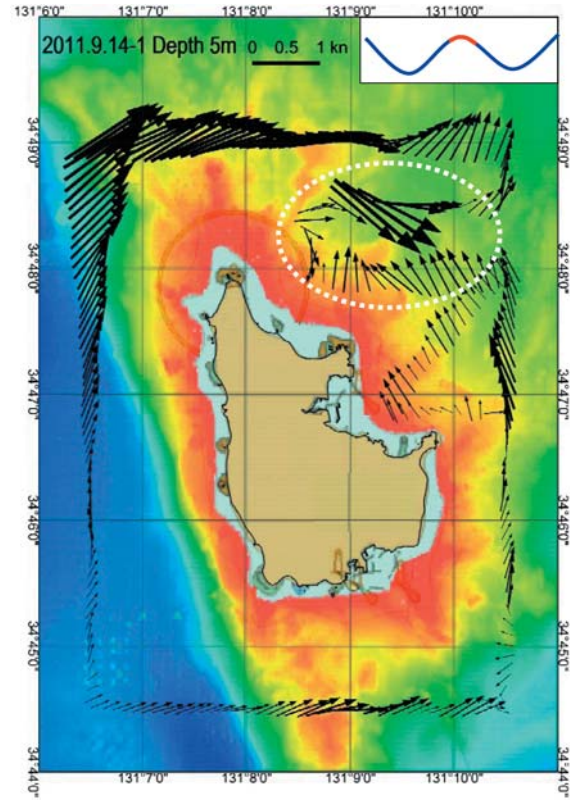


Fig. 11 ADCP observation on 9/14-1

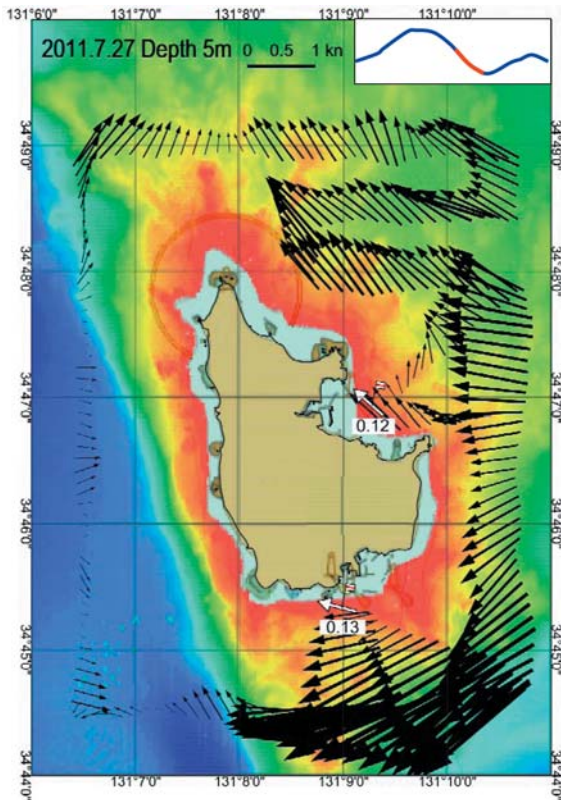


Fig. 10 ADCP observation on 7/27

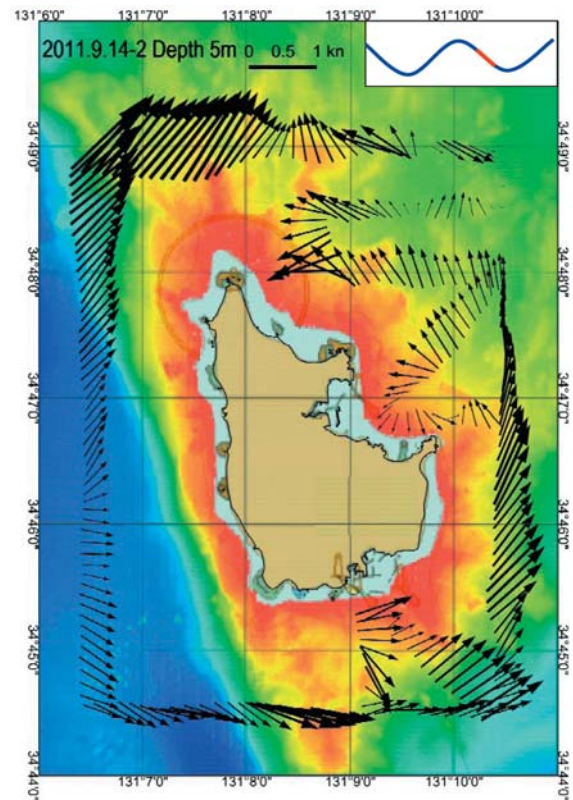


Fig. 12 ADCP observation on 9/14-2

本村では7月5日から12日及び15日から19日にかけて、昼間に水温が上昇する日変化が見られた。一方、宇津では7月1日や3日に観測されたような昼から夜にかけて水温が急激に低下する傾向が部分的に観測された。なお、両地点において台風通過後は鉛直混合したためか、日変化はあまり見られなかった。

日単位の変化は、主に風や潮流の影響と考えられる。また、宇津は水深1m層での観測で日射の影響を受けやすいことや設置場所が湾内であることの影響もあると思われる。本村については観測層が5m層で宇津に比べ水深が深いことから、日射による影響は少なく、水温躍層の影響を受けている可能性もあるだろう。

4 まとめ

今回の潮流観測によって、本村で K_1 、 M_2 分潮が卓越しており、宇津・本村ともに K_1 の日周潮流成分が大きいことが分かった。流況調査による観測地点周辺の流れの傾向は、本村でおおむね整合しており、潮流観測点は周辺海域の流況把握をするうえで有用であることが確認できた。一方、宇津は島の東側の観音崎と日崎に囲まれた湾口的な位置での観測であることから、流れが弱く明確な潮流と流況の関係は見出せなかった。

また本流況調査において、見島の北西側で北向きの流れが存在することが明らかになった。加えて、島の北西側及び南東側では強い流れが発生し、時に北東側で小さな渦のような流れがあることが確認された。この渦は島の南北からの強い流れや風に加え、岬や海底地形の影響が大きい地形性渦流だと考えられる。

当初本調査では主に潮汐による流れの応答があると予想していたが、上げ潮（7月6日・22日・23日）及び下げ潮（7月27日・9月14日後半）での対応する結果は見られなかった。例えば、日潮不等による潮汐曲線の似た7月6日（上げ潮）と27日（下げ潮）は島の南東側で北東及び南西向き潮流らしい流れが観測されたが、同じように潮汐に応答した下げ潮である9月14日後半

(Fig. 12) では、7月6日と同じ北東向きの流れであり、潮流や風だけでは説明出来ない流れであることが分かった。また ADCP 観測で得られた流速は、一部で1~2ノットと潮流成分以上の強い流れもあることから、潮流以外の流れが含まれていることが分かる。

複雑な流れの要因の一部は、山陰沖にある陸棚地形の可能性もある。日本海における潮流・潮汐に関して様々な研究が行われており、日本海の面積に対し、4つある海峡は極端に小さいことから潮汐・潮流は小さいとされていた。しかし、最近山陰沖の陸棚上では日周潮流が卓越することが明らかになった (Isoda and Murayama, 1993)。磯田・川上 (1995) は日周潮が二重ケルビン波として陸棚の斜面上で卓越することを、モデルで再現し、見島周辺で K_1 分潮の潮流楕円が大きくなっていることを示している。また、山陰沖において半日周潮は定在波の性格を持ち、日周潮は主に進行波として振舞うとされている (例えば Odamaki, 1989)。よって性質の違う波として振舞うため、単純な潮汐 (潮位) と潮流の対応関係ではない。

そして、今回の観測のような沿岸部の流れを考える場合、水深変化や摩擦などによって波が変形することで、倍潮や複合潮といった浅海潮が表れるため、より詳細に潮流を把握するためには主要四分潮だけでなく浅海潮も加味する必要があるだろう。

加えて、対馬暖流の日本海における挙動については諸説があるが、季節的に陸棚に沿った分枝流が現れることが知られており、そのメカニズムについては様々な見解がある。その一つとして沿岸分枝流の形成に陸棚地形は重要であると考えられている (例えば矢部・磯田, 2005)。さらに、広瀬・他 (2009) は対馬暖流の第2分枝が山陰沖にある離島の存在と海底地形の影響で分岐合流を繰り返しており、見島がその分岐点の一つであると示している。

これらの研究や本観測を通して、見島周辺の流れは、西側にある陸棚地形や対馬暖流などの様々

な影響を複合的に受けており、複雑な流況である 握理解するためには、長期に渡る流況観測に
ことが明らかになった。今後、同海域の流況を把 え、鉛直的な流れの調査も行う必要があるだろう。

Table 1 Tidal current harmonic constants at Honmura and Utsu

潮 流 調 和 定 数 表

宇津 Utsu Tidal current harmonic constants
N 34 - 46 - 56 date 2011. 7.4~18
E 131 - 9 - 17

		M2	S2	K2	N2	K1	O1	P1	Q1	M4	MS4	CONSTANT
N-Comp.	V (knot)	0.039	0.048	0.013	0.017	0.055	0.038	0.018	0.03	0.011	0.013	0.018
	κ (deg)	144.9	210.8	210.8	217.2	64.8	334.7	64.8	331	277.3	186.9	——
E-Comp.	V (knot)	0.046	0.06	0.016	0.024	0.066	0.024	0.022	0.017	0.012	0.024	-0.044
	κ (deg)	14.6	32.6	32.6	67.2	296	216	296	168.4	2.7	348.5	——
Main Dir. 311.9°	V (knot)	0.054	0.077	0.021	0.028	0.077	0.037	0.026	0.032	0.011	0.027	0.045
	κ (deg)	173.4	211.8	211.8	235.5	94.3	359.3	94.3	337.7	225.2	174.5	——

本村 Honmura Tidal current harmonic constants
N 34 - 45 - 18 date 2011. 7.7~21
E 131 - 9 - 00

		M2	S2	K2	N2	K1	O1	P1	Q1	M4	MS4	CONSTANT
N-Comp.	V (knot)	0.032	0.014	0.004	0.01	0.067	0.017	0.022	0.036	0.016	0.006	0.025
	κ (deg)	334.7	55.6	55.6	201.4	306.3	167	306.3	216.4	281	205.6	——
E-Comp.	V (knot)	0.211	0.097	0.026	0.058	0.264	0.05	0.088	0.17	0.071	0.035	0.05
	κ (deg)	289.2	182.8	182.8	168.6	326.5	216.2	326.5	206.7	272.2	225.4	——
Main Dir. 81.6°	V (knot)	0.212	0.095	0.026	0.059	0.27	0.051	0.09	0.173	0.072	0.035	0.053
	κ (deg)	290.1	181.9	181.9	169.4	325.8	214	325.8	207	272.5	225	——

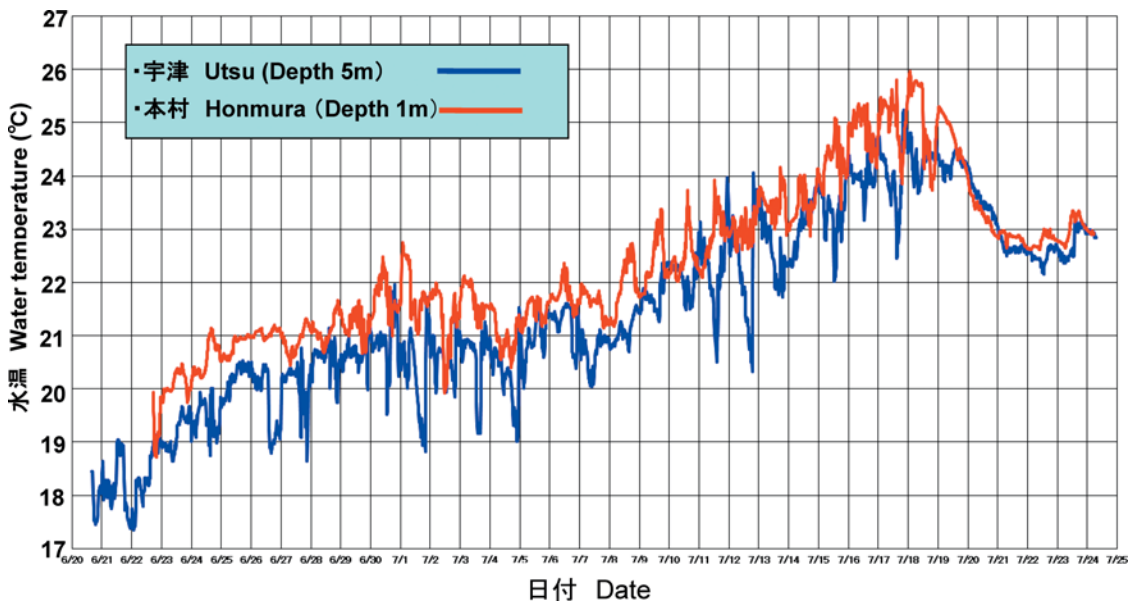


Fig. 13 Water temperature time series

謝 辞

本観測を実施するに当たり、多大な支援・協力をしてくださった本管区海洋調査課の皆様や測量船「はやしお」の乗組員の方々、本稿をまとめるに当たって助言をしてくださった増田主任海洋調査官、参考文献の入手便宜を図っていただいた本庁環境調査課社計画係員、図の作成に協力していただいた久間海洋調査官付に感謝の意を表します。

また、貴重な御提言と資料を頂いた北海道大学海洋生物資源科学部門 海洋環境科学分野 磯田豊准教授と水産大学校 資源管理学講座 滝川哲太郎講師に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 広瀬直毅・小林亮祐・高山勝巳 (2009), 対馬暖流分岐説の検証, *海と空* 85 (2), 25-35.
- Isoda, Y. and Murayama, T. (1993), Diurnal Shelf Waves off Hamada on San'in Coast, *Journal of Oceanography*, 49, 71-88.
- 磯田豊・川上雅宏 (1995), 山陰海岸沖の潮汐・潮流, *沿岸海洋研究ノート*, 32 (2), 177-185.
- 海上保安庁水路部 (1979), 5万分の一沿岸の海の基本図海底地形地質報告見島, 海上保安庁水路部, 11 pp., 東京.
- Odamaki, M. (1989), Tides and Tidal Currents in the Tusima Strait, *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, 45, 65-82.
- 矢部いつか・磯田豊 (2005), 隠岐海峡通過流の数値モデル, *海と空*, 81 (1), 1-12.

要 旨

山口県萩市沖の見島は対馬海峡の東方にあり、日本海に位置するため潮汐はあまり大きくない。しかし過去の水路測量時に、周辺では1ノットを超える強い流れの存在が示されたが(海上保安庁水路部 1979), それ以後見島周辺で詳細な潮流観測や流況調査は行われていなかった。このため、平成23年6~9月にかけて見島周辺で行った

水路測量に併せ、流況把握のため流速計設置による潮流観測及び測量船「はやしお」搭載の多層音波流速計(ADCP)による流況調査を実施した。

2地点で行った潮流観測によって、宇津地区では南東-北西方向の弱い潮流が、本村では宇津の潮流の2倍近い流速の東-西方向の潮流があることが分かった。また本観測期間中の流況調査において、北西側で北向きの流れが存在し、特に島の北西側と南東側で強い流れが発生することが明らかになった。