

陸棚斜面が潮流におよぼす影響に関する研究

TIDAL CURRENT CHARACTERISTICS ON THE STEEP SLOPPING SHELF OF ZANPA SEA OF OKINAWA

北村康司¹・仲座栄三²・津嘉山正光³・玉城幸治⁴・S. M. B. Rahaman⁵
Yasushi Kitamura, Eizo Nakaza, Seikoh Tsukayama, Kouji Tamashiro and
S.M.B. Rahaman

¹ 学生会員 工修 琉球大学大学院理工学研究科 生産エネルギー工学専攻 (〒903-0213 沖縄県西原町千原1番地)

² 正会員 工博 琉球大学工学部助教授 環境建設工学科 (同上)

³ 正会員 工博 琉球大学工学部教授 環境建設工学科 (同上)

⁴ 琉球大学大学院理工学研究科 環境建設工学専攻 (同上)

⁵ 工修 琉球大学大学院理工学研究科 生産エネルギー工学専攻 (同上)

Intensive field observations have been conducted in Zanpa Area of Okinawa Island offshore to figure out the characteristics of the vertical profile of tidal current. In the bottom layer, due to the steep slopping shelf along Zanpa Coast, amplified tidal currents have been found, as we can observe in an air flow passing over a hill. Despite the effects of bottom friction, current velocity becomes higher in the bottom layer through the effects of abrupt contraction of the depth. This trend of the current velocity-increasing is observed only near the hedge of the shelf. The vertical distributions of water temperature and salinity concentration also show the existence of up-welling flow near the hedge of the shelf.

Key Words: *continental slope, up-welling, sudden contraction, sea bottom friction, tidal current*

1. はじめに

沖縄本島残波海域周辺は、岬や水深約100mの陸棚斜面の存在、サンゴ礁の存在、さらには水深コンターが複雑に入り組んでいるなど、地形的特異性を有している。こうした地形特性を有する残波海域は、鯨やジンベイザメなど大型回遊魚の回遊域となっているなど、好漁場として知られている。

残波海域が好漁場となっていることの要因としては、沿岸のサンゴ礁の役割や河川などを通じての陸域からの栄養塩の流入に加えて、複雑な地形特性が引き起こす局所的湧昇流の発生などが想定される。また、陸棚部とそれから深海へと落ちる斜面は、勾配が1/5と極めて急斜面であり、陸棚縁部では断面の急変による流れの増幅、すなわち“急縮効果”が現れる可能性があり、それが水質などへ及ぼす影響も興味ある問題と言える。

本研究は、残波海域で行われた現地観測データを基に、上述の縮流効果など陸棚斜面が潮流におよぼす影

響、さらには特異な流れと水質変化特性との関連について明らかにするものである。

2. 観測位置および方法

図-1(a)および(b)に、観測海域における水深分布図および海底地形の鳥瞰図を示す。図示のとおり、観測海域の沿岸には、水深100mの等深線に沿って海底勾配が緩やかで陸棚とみなせる棚状海底地形が存在する。この陸棚の沖側には、水深500mから約1/5勾配で立ち上がる急斜面が存在する。さらに、海域の南側には水深100mの水深コンターが沿岸付近まで凹形に入り込んでいるなど、海底地形のギャップも存在する。

流れや水質の観測には、超音波式流速計4台と水温・塩分・クロロフィルa測定器(STCD)2台が用いられた。流速および水質の観測位置を図-2に示す。図中○印は、流速の定点観測位置を示す。また、×印は、STCDによる観測位置を示す。

観測は、2001年8月2日から10月25日までの約3ヶ月間行った。図-3に、流速および水温の定点観測方法の概要を示す。図示のとおり、流速の定点観測には、切り離し装置を経由して海底にアンカーで固定した超音波流速計をブイで立ち上げるという方法が用いられた。超音波流速計(ADCP)は、周波数600kHz(S.2及びS.4)および300kHz(S.1及びS.3)が用いられた。流速計の測定は10分間隔の1分間測定とし、S.2及びS.4は層厚1mで、S.1及びS.3は層厚2mにわたる流速の平均値を層の中間点における測定値とした。

3. 観測結果及び考察

図-4に、観測期間中の2001年10月2日～10月4日に沖縄気象台によって得られた気象概況を示す。図中、風速の経時変化にハッチを施した期間が本論で集中的に解析の対象とした期間(2001年10月3日)を示すものである。図示のとおり、10月3日の前後における風は、10月2日に北北東の風が平均5.0m/sと若干強くなったものの、3日～4日には微風であり、風向は東でほぼ一定の風であった。

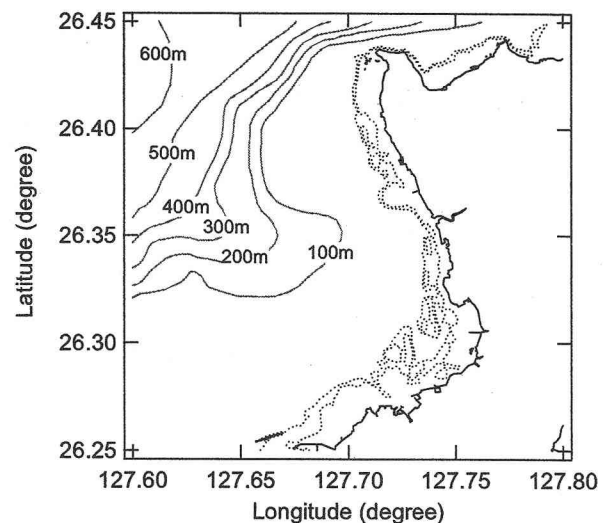
北村ら(2003)¹⁾はこの海域における主要8分潮(M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , K_1 , O_1 , P_1 , Q_1)について詳細な解析を行い、この海域における主要8分潮(M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , K_1 , O_1 , P_1 , Q_1)の流れを明らかにしている。本論では、平均流も含めた流れについて取り扱って行くこととする。

この観測域における平均的な流れを見るため、図-5に全観測期間に得られたデータを時間及び水深方向に平均し求めた平均流速ベクトルの平面分布を示す。図示のとおり、観測期間中の平均流速は各観測位置において北向きの流れであった。各観測位置において、流れの方向を詳細に見てみると、S.1およびS.3は北北東の流れ、S.2およびS.4における流れはほぼ岸に沿う流れとなっている。

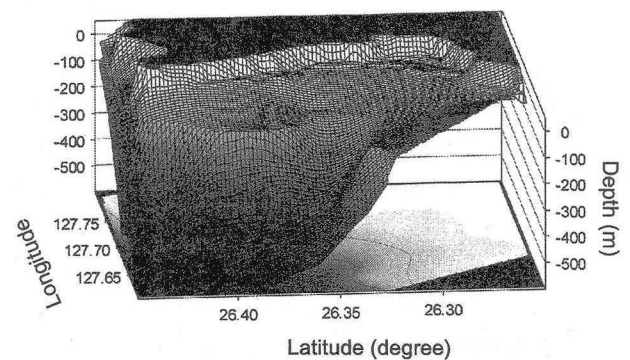
次に、日平均流の流れ特性を把握するため、流速の平面分布およびその時間変化を図-6に示す。さらに、流速ベクトルを示した時間と潮位との対応関係を図-7に示す。図-7において、●印は上げ潮時となる4時と16時に対応し、○印は下げ潮時となる11時と23時に対応している。

主要8分潮の合成から求めた潮流は上げ潮時に南向き、下げ潮時に北向きの流れとなる。これに対し、図-6に示す流速ベクトルの平面分布は、下げ潮時に北向きの流れが卓越し、上げ潮時には潮が殆ど淀んだ状態となることを示している。当然ながら、この違いは図-5に示す平均流の存在にある。

各観測点に対し、調和分解により得られた主要8分潮の合成流速に、平均流速値を加えて求めた流速の水



(a) 平面図



(b) 鳥瞰図

図-1 観測位置付近の海底地形

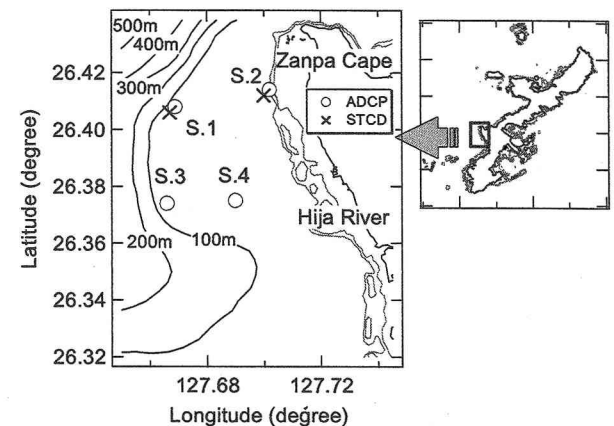


図-2 観測位置

深方向分布の経時変化を図-8から11に示す。流速は、(a)東西流速成分、(b)南北流速成分、(c)さらにそれらの合成流速の順に示してある。

図-8および10に示すように、陸棚縁部に位置する観測点S.1およびS.3における流速分布の経時変化は、海底面付近で流速が大きくなるのを特徴としている。また、この流速増大部分は、日変動周期をもって現れている。これに対し、岸側でリーフに近い観測点S.2およびS.4における流速分布は、上層よりも下層で

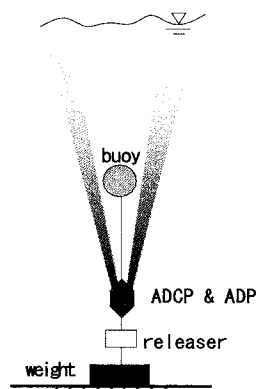


図-3 流速及び水温の定点観測方法の概要

流速値が小さくなるとする特徴を有している。

陸棚縁部で底面近傍の流れが上層よりも大きくなる場合は、観測点S.1において流れが北北東となる場合であり、S.3においては流れが北北西となる場合にあたる。すなわち、何れの場合もほぼ陸棚縁付近の等深線に平行に流れる状態で海底面付近に流速の増大域が生じている。

一方、陸棚上の岸側に位置し、リーフ先端部付近に位置する観測点S.2における流速の水深方向分布は、海底に近いほど流速値が小さくなっている²⁾。このような流速分布は、海底面の摩擦の影響によるものと判断される。しかしながら、観測点S.4における流速の水深方向分布にはS.2ほど流速の低減は顕著となっていない。

図-12に、10月3日、9時における合成流速ベクトルの水深方向分布を示す。観測点S.1における流速ベクトルは、海底面上約20m付近に極大値を持つ分布となっており、流速の極大値は上層のほぼ一様と見なせる流速値の約2倍程度に達している。同様な分布が陸棚縁部に位置する観測点S.3でも見られる。こうした海底面付近における流速の増大は、丘を越える気流などに見られる地形性の断面急変効果に例えられよう³⁾。この場合、海底地形の急縮効果による増幅作用によるものと判断される。

一方、観測点S.2における流速ベクトルの分布は、海底摩擦による境界層の厚さが海底面上約18mに達することを示している。S.4の場合、陸棚縁部と同様に海底面付近における増幅作用が生じているようにも見えるが、このことは単に流速データが底面上約12mより上層でしか得られていないということによるものである。

図-13に、観測点S.1およびS.2における水温・塩分・密度の鉛直分布を示す。観測点S.1で水深25m程度の位置にあった塩分の第一躍層が観測点S.2では、水深10m程度までに上昇していることが認められる。これは、図-12に示す流速ベクトルの鉛直方向分布

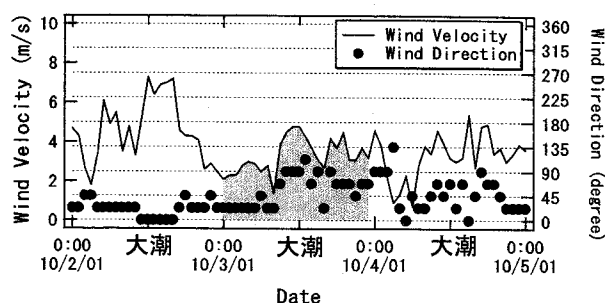


図-4 観測期間中の気象概況

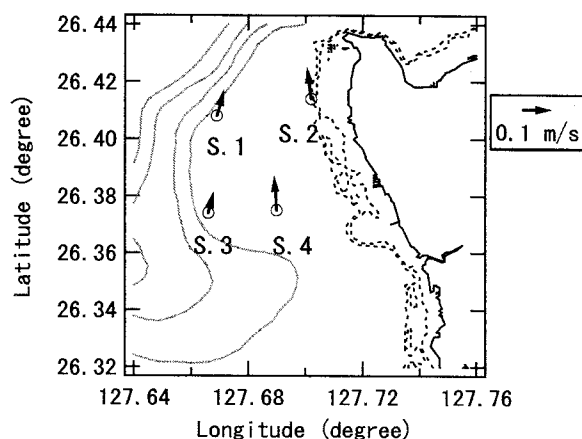


図-5 平均流速ベクトルの平面分布

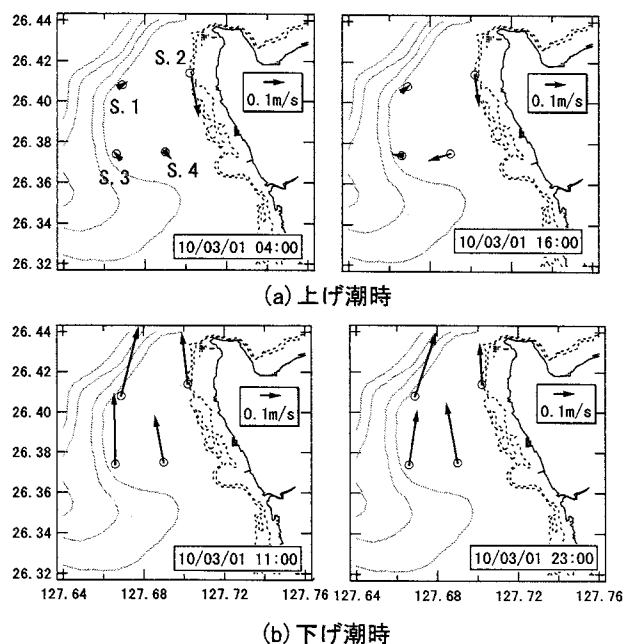


図-6 流速ベクトルの平面分布(断面平均流速)

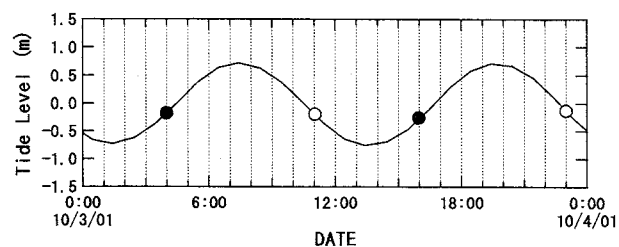


図-7 潮位変動

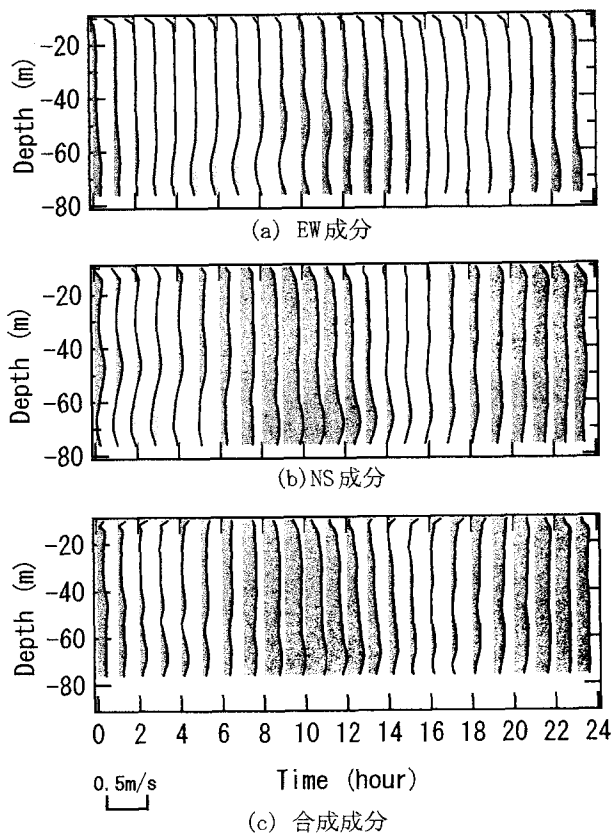


図-8 S.1における流速の経時変化

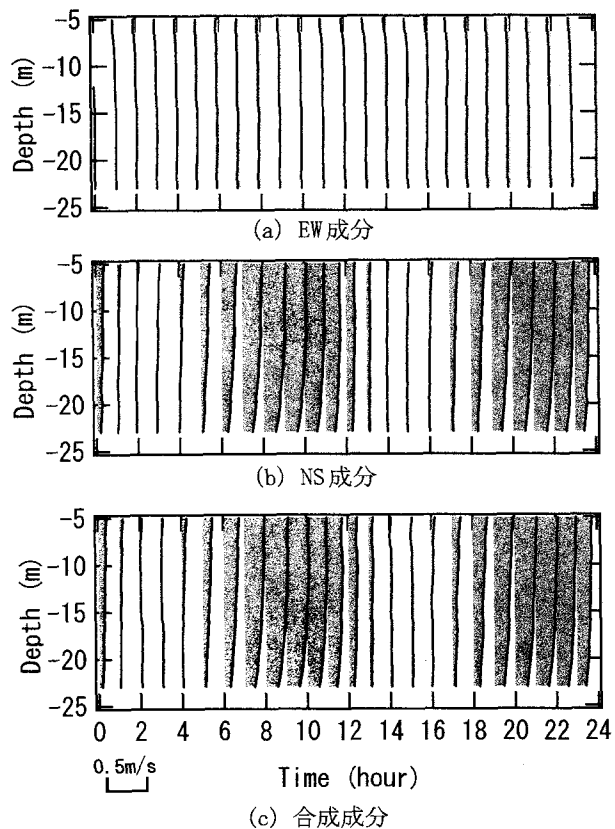


図-9 S.2における流速の経時変化

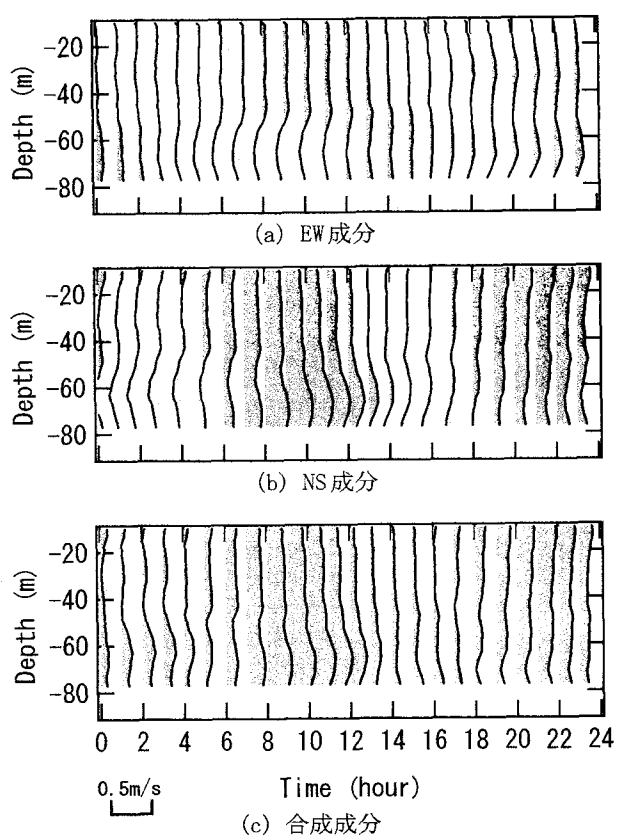


図-10 S.3における流速の経時変化

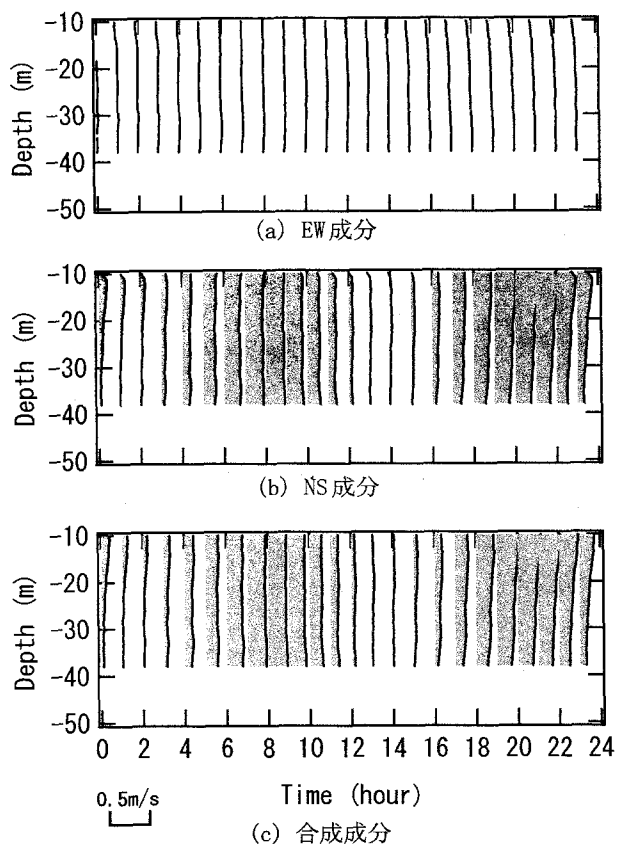


図-11 S.4における流速の経時変化

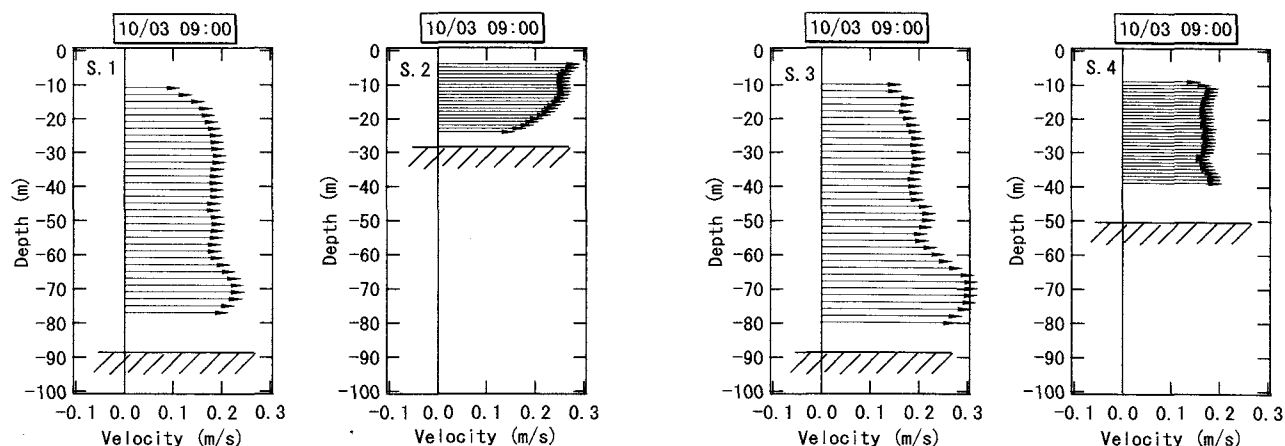


図-12 観測点 S.1～S.4 における合成流速ベクトルの鉛直分布

より判断し摩擦境界層内の乱流拡散効果によるものと判断される。

一方、沖側(S.1)と岸側(S.2)とにおける密度の鉛直分布は40m以浅ではほぼ相似形となっており、陸棚による強制的な湧昇作用の存在が確認される。さらに、観測点 S.1 における密度の鉛直分布は、水深80m程度の位置に第二躍層が存在することを示している。観測点 S.2 では、この第二躍層に対応するような密度の増大と変化域とは存在していない。

4. おわりに

本研究で得られた主要な結論は、以下の通りである。

- (1) 断面平均流速、すなわち順圧的な流れは、上げ潮時に南向き、下げ潮時に北向きで、岸にほぼ沿った流れとなっていることが示された。
- (2) 陸棚縁部の潮流の鉛直方向速度分布は、海底摩擦による低減作用を受けると共に、陸棚斜面の急縮効果による速度増大効果が認められた。
- (3) 海水温や密度の鉛直分布は、陸棚上の海水は沖側で水深70m以深に見られる深層水の影響をあまり受けていないことを示した。
- (4) 陸棚による強制的な湧昇流の発生が認められる。

謝辞: 本研究を行うにあたり、琉球大学水工学研究室のメンバーの協力を得た。観測に際しては、沖縄県読谷漁協、嘉手納漁協、真生丸船長の古謝次徳氏に多大なご協力を得た。本研究の一部は、文部省科学研究費(地域連携研究費(1): 研究代表者 仲座栄三、課題番号: 11792023)の援助を受けて行われた。

参考文献

- (1) 北村康司・仲座栄三・津嘉山正光・玉城幸治・

シャックラハマン: 沖縄本島残波海域における潮流お

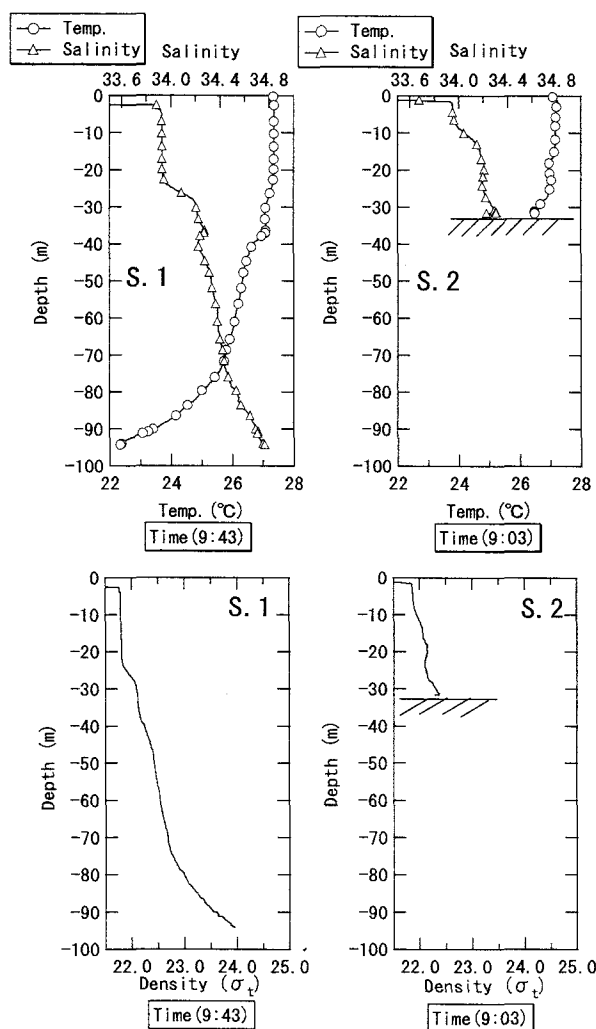


図-13 水温・塩分及び密度の鉛直分布 (10/03/01)

よび内部波に関する研究, 土木学会論文集(投稿中), 2004.

- (2) 宇野木早苗: 沿岸海洋の物理学, 東海大学出版会, pp. 655, 1993.
- (3) 日本建築学会: 建築物荷重指針・解説, 6章風荷重, 4) 小地形の影響, 1994.