

# 琉球大学学術リポジトリ

## 湾状リーフ海岸上の波浪・平均水位・サーフビート ーその工学的制御方法（防災対策）ー

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学工学部 公開日: 2010-02-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 仲座, 栄三, 津嘉山, 正光, 高良, 尚樹, Nakaza, Eizo, Tsukayama, Seikoh, Takara, Naoki メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/15873">http://hdl.handle.net/20.500.12000/15873</a>

湾状リーフ海岸上の波浪・平均水位・サーフビート  
 —その工学的制御方法（防災対策）—

仲 座 栄 三\* 津嘉山 正 光\* 高 良 尚 樹\*\*

Waves, Wave Set-up and Surf Beat on Reef Coasts

Eizo NAKAZA, Seikoh TSUKAYAMA and Naoki TAKARA

ABSTRACT

Generally, it has been believed that the water in an inner region of a bay is calm because the incoming wave heights are decreased by wave diffraction and/or wave refraction (scattering effect) as they propagate to the shore in the bay.

However, many coastal structures in the bays with reef have been damaged by stormy waves. This fact suggests that a certain hydraulic/wave phenomenon peculiar to the bay with reef has been occurred on the reef in the nearshore zone.

In this study, the authors have disclosed the existence of "Bore-like surf beat" on the reef coast which plays an important role concerning with upper mentioned problems, and it is shown experimentally that the surf beat has a increasing effects of the wave height according as the width of the bay decrease, such as the transformations of Tsunami.

1. はじめに

最近、筆者らの現地観測及び室内実験などによって、リーフ海岸上には来襲波群による平均海面の共振応答が引き起こされ、こうして発生したリーフ上のサーフビートは段波性の津波に類似した現象であることなどが明かとなった。また、このリーフ上に発生する大振幅のサーフビートを、筆者らは段波状サーフビート (Bore-like surf beat or Tsunami-like surf beat) と名付け、その算定式の提案をすでにおこなった。しかしながら、技術者らが実際にサーフビート現象を実務設計に取り入れようとするといくつかの問題点のある

ことなどが指摘されている。その一つは、従来のサーフビートに関する研究では三次元性の強い海岸（例えば、湾状海岸）におけるサーフビートの挙動についての検討がなされていないことである。また、その工学的制御方法に関しては未解明のままである。

本研究では、このサーフビートの平面的な挙動特性を大型平面水槽を用いて実験的に解明すると共に、その工学的制御方法を開発することなどを主な目的としているが、この事の必要性は、沖縄本島北部の楚洲海岸及び与那国島の比川海岸の高潮災害などが、サーフビートの三次元的な効果によって被害甚大となった可能性があること、また港湾・漁港などは通常リーフの切れ目あるいは湾状海岸などを利用して建設される場

本論文の一部は、土木学会海岸論文集（1989）にて発表済み

\*琉球大学工学部土木工学科

Dep. of Civil Engineering, Fac. of Eng.

\*\*琉球大学大学院工学研究科

B. Eng., Graduate Student, Dep. of Civil Eng.

合が多いことなどから、上述のサーフビートに対する防災対策が不可欠であるということに基づいている。

楚洲海岸及び比川海岸の平面図を図-1及び2に示した。図中、矢印は被災時の波の侵入方向を示している。これらの海岸の場合、比較的小さな台風の来襲時にもかなり大きな水位の上昇が観測されている。このことは、これら湾状リーフ海岸特有の波浪・水理現象が生じている可能性を示唆するものである。普通の湾状海岸あるいはリアス式海岸特有な波浪現象としては、例えば津波など外洋からの長波が湾内に侵入するにつれてその波高を増大させるというような現象がある。地震津波に対する防災対策を考える場合、この効果は常識的に考慮される。これに対し、湾状海岸に襲撃する暴浪に対しては逆の効果、すなわち湾内での波の屈折による発散効果が期待される。その結果、湾状海岸は波浪に対して静穏化効果を有するものと一般には信じられている。しかしながら、上述の楚洲海岸や比川海岸などのような湾状リーフ海岸での波浪災害の多発は、このことと矛盾する。

本研究は、上述の矛盾が湾状リーフ海岸内に発生するサーフビート（長周期波）の三次元的挙動特性に起因し、したがってこのことを考慮することによって問題が解決されるとの観点に立っている。本研究で、実験的に検討するサーフビートの湾内進入に伴う波高増大効果などは、リーフ上のサーフビートを地震津波などと類似の現象として据えて初めて考慮されるものであり、従来の研究では見られない新しい研究対象でもある。

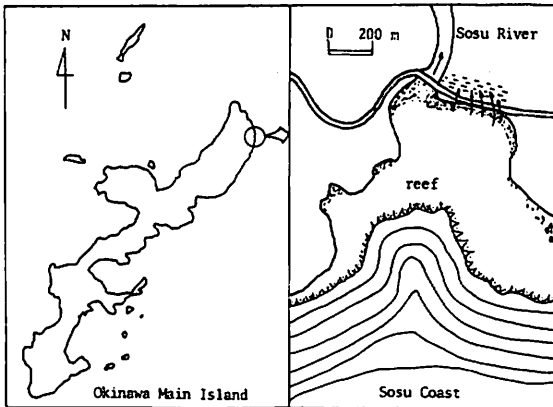


図-1 湾状リーフ海岸の平面形状(楚洲海岸)  
(図中矢印は、高潮の進入方向を示す、台風T8613号)

## 2. 実験装置及び実験方法

本研究で対象とする海岸は、図-1、2に示すような湾状リーフ海岸であり、湾口幅が約600m、リーフ幅が400m程度の比較的小さな湾状海岸である。実験では、こうした海岸の代表形状として楚洲海岸の縮尺1/100のモデルを用いた。図-3に実験装置の概要図を示した。実験には、琉球大学工学部土木工学科の長さ30m、幅20m、深さ0.6mの大型平面水槽を用いた。湾状リーフ海岸のモデルは、図-3に示すように水槽の片側半分に設置した。モデルの両端は、側壁によって鏡像効果が得られるように、岬の先端から海岸を二分する形で設置した。

入射波としては、波高、周期共に変化しない単一波と、波高のみが時間的に変動するような周期性波群の二通りの波を用いた。単一波による実験では、周期が1.2秒で、波高が10cmと5cmの2種類の入射波を用いた。周期性波群による実験では、図-4に示すように波高が時間によりステップ的に変動するような入射波を用いた。この場合、入射波群中に含まれる個々の波の周期は1.2秒と一定であり、高波の連内の平均波高は5cmと10cmとの二種類である。また、波群の繰り返し周期(envelope波の周期)は、24~46秒まで5段階に変化させた。

上述の実験波(沖波)の波向は一方に固定し、海岸線方向には変化を許さないこととした。このことは、

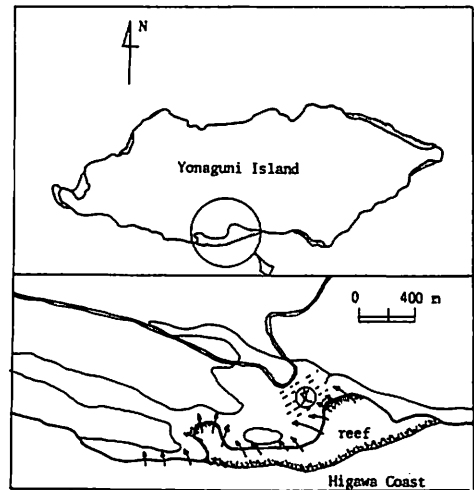


図-2 湾状リーフ海岸の平面形状(比川海岸)  
(図中矢印は、高潮の進入方向を示す、台風T7118号、ナディン)

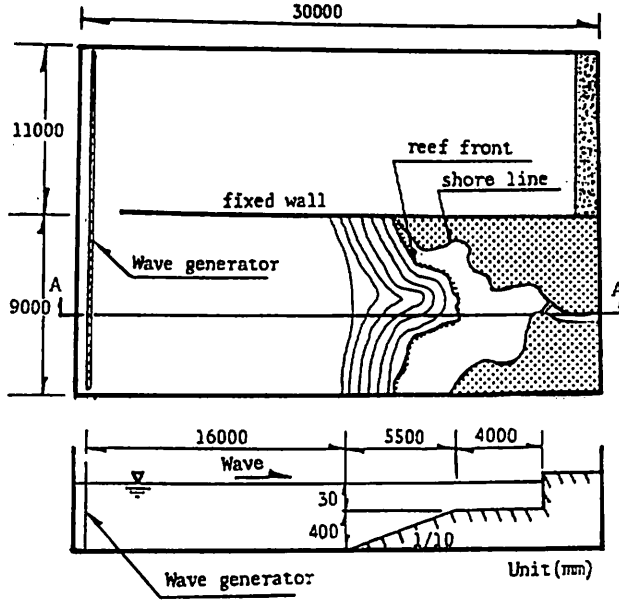


図-3 実験装置概要図

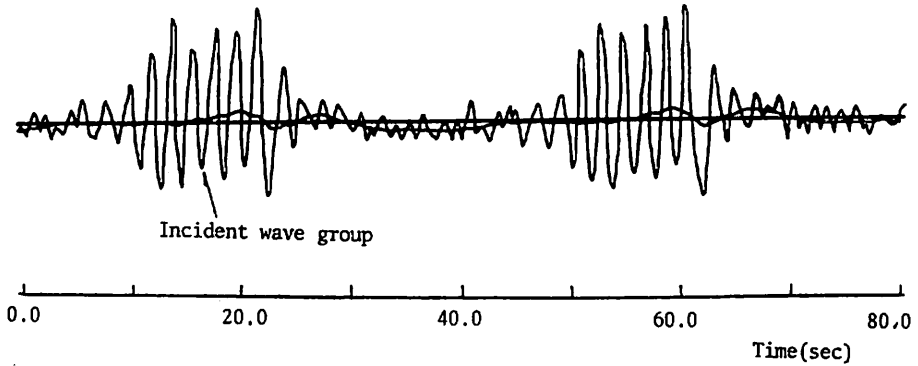


図-4 入射波波形

現地波浪がある程度の幅の方向スペクトルを有するということに反するが、ここでは対象とする海岸の湾口幅が入射波の波長の2~3程度程度の大きさであり、入射条件は湾口法線に対してほぼ平行に一次的に入射するものとの仮定を設けている。

実験で得られた水位変動 ( $\eta$ ) 及び流速変動 ( $u$ ) から、波浪成分 ( $\eta'$ ,  $u'$ )、定常成分 ( $\bar{\eta}$ ,  $\bar{u}$ )、及びサーフビート成分 ( $\tilde{\eta}$ ,  $\tilde{u}$ ) への分離は、得られた生データに個々波の周期の2倍に相当する時間内の移動平均をとり、次式を用いて行った。

$$\bar{\eta} = \frac{1}{T_n} \int_0^{T_n} \eta(t) dt \dots\dots\dots (1)$$

$$\bar{u} = \frac{1}{T_n} \int_0^{T_n} u(t) dt \dots\dots\dots (2)$$

$$\tilde{\eta}(t) = \frac{1}{2T_p} \int_{-T_p}^{T_p} \eta(t+\tau) d\tau \dots\dots\dots (3)$$

$$\tilde{u}(t) = \frac{1}{2T_p} \int_{-T_p}^{T_p} u(t+\tau) d\tau \dots\dots\dots (4)$$

$$\eta'(t) = \eta(t) - \bar{\eta} - \tilde{\eta}(t) \dots\dots\dots (5)$$

$$u'(t) = u(t) - \bar{u} - \tilde{u}(t) \dots\dots\dots (6)$$

ここに、 $T_n$ : 観測時間、 $T_p$ : 個々波の周期、である。  
また、海岸の近似的な固有周期  $T_0$  は、リーフ上の流体の運動を岸沖方向に限定すれば次式によって求められる。

$$T_0 = 4l / (2m + 1) \cdot \sqrt{gh}, \quad (m: 0, 1, 2, \dots) \quad (7)$$

ここに、 $l$ : リーフ長、 $g$ : 重力加速度、 $h$ : リーフ上の静水深、である。

### 3. 実験結果及び考察

#### (i) 単一波を用いた実験によるリーフ上の波浪・水理特性の検討

本研究は、湾状リーフ海岸上の波浪変形、平均水位の上昇量、及びサーフビートの三次元的な挙動特性の解明を目的としているが、まずサーフビートが発生しない場合における湾状海岸の波浪特性、水位の上昇、あるいは海浜流について把握しておく必要がある。なぜならば、前述の湾状海岸における異常な水位の上昇は、なにもサーフビートに伴う水理現象という面からの説明に頼らなくても、例えば、湾の両端の岬から湾奥に向かう流れが湾奥で互いに衝突して淀み点を作ることによって生じた水位の上昇としての説明、すなわち定常海浜流系としての観点から説明できる可能性があるからである。

図-5及び6は、それぞれ入射波高が10cmと5cmの場合の波高比 ( $\eta'/\eta'_0$ ;  $\eta'$ : 任意点における個々波の振幅、 $\eta'_0$ : 入射波の振幅) のコンター図を示している。図中、太い破線は、目視観測による碎波線を示している。図-6に示す、波高が5cmの場合のリーフ上の波高分布は、波の進行方向と直角方向にはほとんど一様化している。すなわち、波高は岸沖方向のみに変化している。しかしながら、高波浪時を想定した波高10cmの場合には、図-5に示すように、波の進行方向に対して右側の岬に沿うような形で波高が変化している。このことは、後で示す海浜流と関係しており、高波浪時の波はこの方向から侵入することを示している。これは、楚洲海岸が台風 T8613 によって被災した時の波の侵入方向と一致する。

はじめに述べたように、普通の一様斜面を有する湾状海岸の場合、湾内での波の屈折による発散効果などによって湾奥は静穏な海域となる。同様な現象が、湾

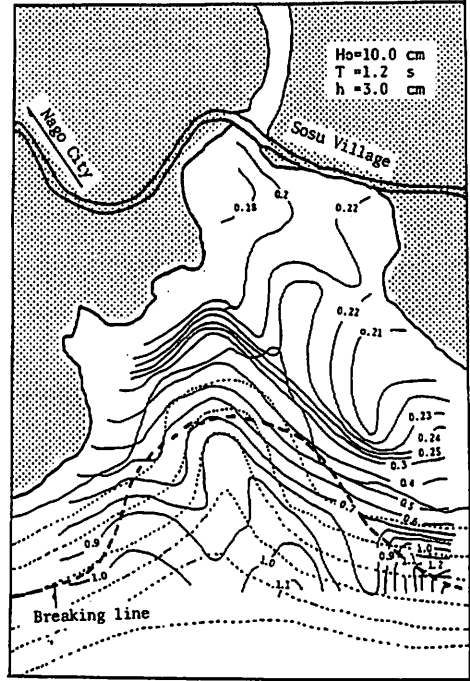


図-5 波高比分布 ( $\eta'/\eta'_0$ ,  $\eta'_0=3.7$ cm)

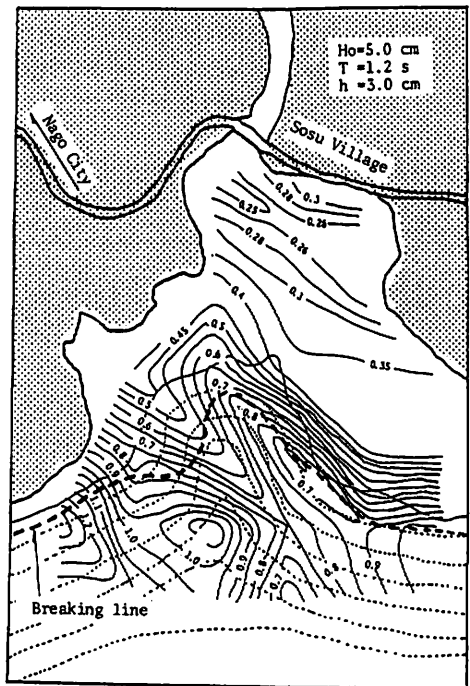


図-6 波高比分布 ( $\eta'/\eta'_0$ ,  $\eta'_0=2.1$ cm)

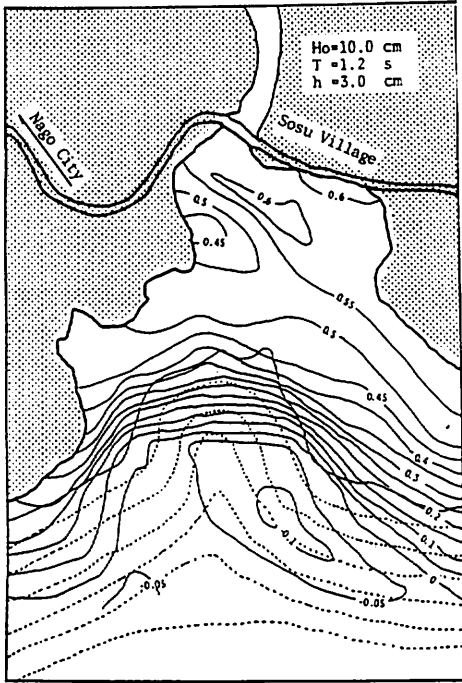


図-7 平均水位の変化量 ( $\bar{\eta}/\eta'_0$ ,  $\eta'_0=3.7\text{cm}$ )

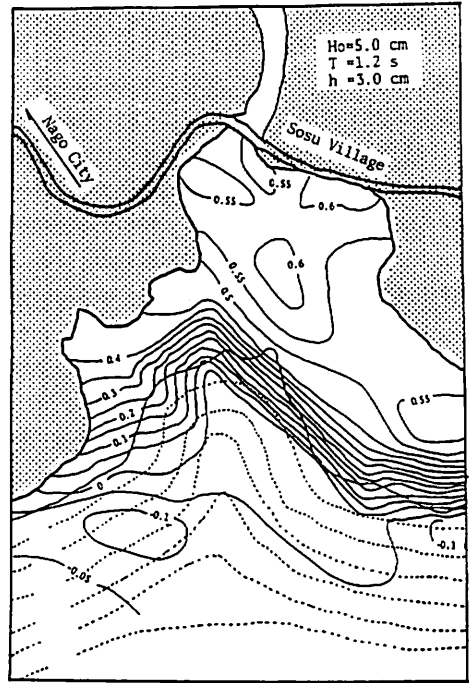


図-8 平均水位の変化量 ( $\bar{\eta}/\eta'_0$ ,  $\eta'_0=2.1\text{cm}$ )

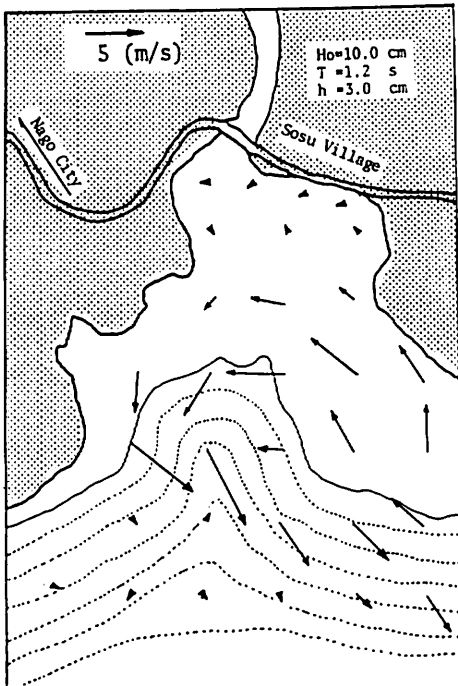


図-9 流速ベクトル

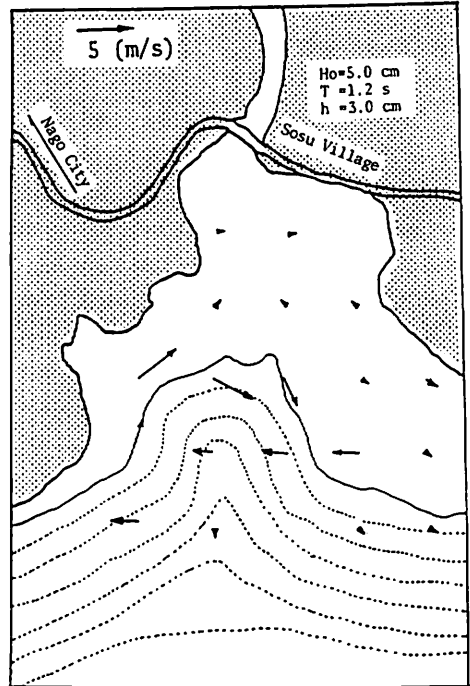


図-10 流速ベクトル

状リーフ海岸でも生じるのであろうか。波が深海から浅海に入り、砕波するまでの現象を一次元で、しかも一様勾配海岸で考えた場合、深海から浅海に入射した波の波高は、浅水効果によって一旦わずかに落ちた後、水深の減少と共に増加し、砕波点近傍でピーク値を取る。その後は、砕波によって急激に減衰する。図-5に示す湾状リーフ地形海岸の場合、波高比の分布を示すコンター値は、海岸の両先端(岬の先端)付近で上述の浅水効果が現れているのみで、波が岸方向に進行するにつれて、波高は小さくなっている。すなわち、リーフ先端より沖側では確かに波の屈折による発散効果があることがわかる。図-6に示す波高が比較的小さい場合の波高分布図では、コンター線が複雑で多少わかりづらいが、リーフ先端よりわずかに岸側のコンター線が全体的に岸方向へ凸の形をとっていることから、上述のことが確かめられる。ところが、リーフ上では、波高が一様化しており、殆どその効果が現れていない。

図-7及び8は、それぞれ波高10cm及び5cmに対応する波浪場の平均水位の変化量( $\bar{\eta}/\eta_0'$ )を示している。また、図-9及び10には、図-5及び6に対応する波浪場の海浜流を示してある。平均水位の変化量を示す数値は、各測定点での平均水位の変化量( $\bar{\eta}$ )を入射波の振幅( $\eta_0'$ )で無次元化した値を示している。平均水位の変動は、いずれのケースにおいても、リーフ切れ目(リーフの凹部)で最大の低下(wave set-down)を生じた後、湾奥に向かうにつれて徐々に増加し、湾奥の汀線近傍で最大の上昇(wave set-up)を生じている。しかしながら、湾奥における平均的な水位の上昇量は、入射波高が10m(実スケール)の場合でも $\bar{\eta}=2.2\text{m}$ ( $\bar{\eta}/\eta_0'=0.6$ )程度であり、当初考えたような湾奥での異常な水位の上昇は認められない。海浜流については、「流れは岬からリーフ切れ込みに向かって流れる」というような経験的な知識によく一致した傾向にある。

ここで、単一波によるリーフ上の波浪・水理量、例えば、湾奥での個々波の波高あるいは水位の上昇量を津嘉山・仲座(1987)の単一波を用いた一次元実験結果と比較してみる。沖波の諸元として台風 T8613の際の有義波程度( $H_{1/3}=6\text{m}$ )のものを考えると、ここでは入射波波高5cmの実験に対応する。この場合、湾奥での波高(H)及び水位の上昇量(dh)は、図-6、8より、それぞれ $H=1.4\text{m}$ 、 $dh=1.28\text{m}$ となる。一方、津嘉山らの一次元実験結果では、それぞれ $H=$

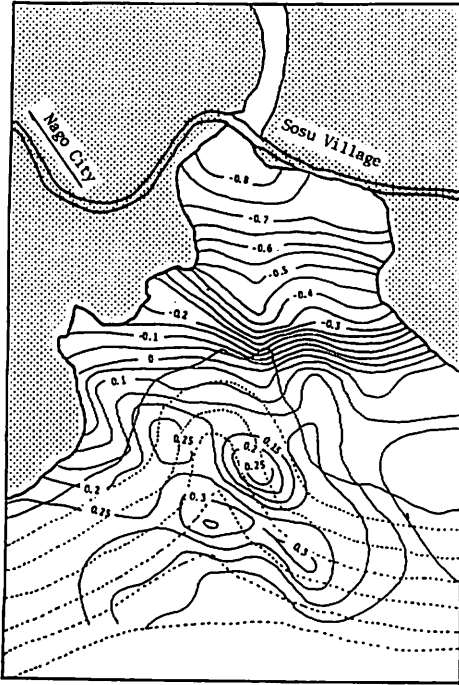
1.33m、 $dh=1.02\text{m}$ となる。すなわち、単一波を用いた平面二次元実験結果は、津嘉山らの一次元結果とほぼ一致しており、当初想定した異常な水位の上昇量の発生は定常波浪場では起こり得ないことがわかる。

## (ii) 湾状リーフ海岸に発生するサーフビートの三次元的挙動特性

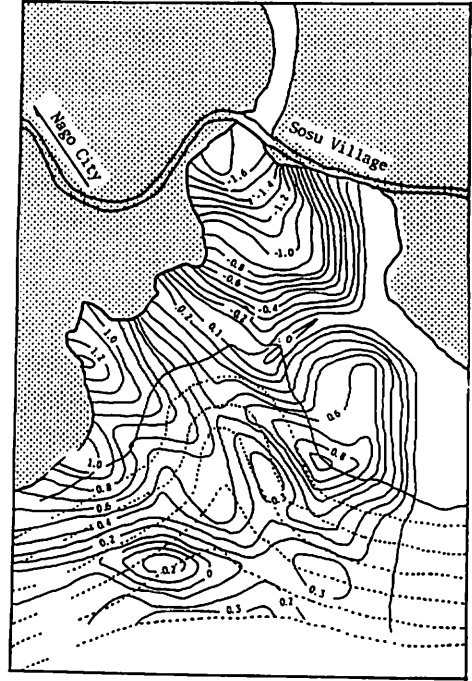
季節風による風波の作用下における波浪場は(wave groupingが顕著でない)ので、前述の規則波による実験結果で十分説明されるものと考えられる。しかしながら、こうした定常波浪場では、湾状リーフ海岸で多発している異常な水位の上昇を説明し得ない。このことを説明するために、以下においては次のような一つの仮説を立ててみる。「台風時など高波浪時で、しかも“うねり性”の強い波が来襲する場合は、筆者らがすでに明らかにしているような段波状サーフビートがリーフ上に発生することになる(日野・仲座・與那覇, 1988)。さらに、普通の湾状海岸が津波等に対して“波の湾内侵入に伴う波高増大効果(以下、これをGreen効果と呼ぶ)”を有しているように、湾状リーフ海岸がリーフ上のサーフビートに対してGreen効果を有しており、このことが湾状リーフ海岸で多発する異常な水位の上昇を引き起こす主因である。」

以下においては、周期的に入射波の波高が変化する周期性波群を用いてリーフ上のサーフビートの三次元的挙動特性を検討すると共に、上述の仮説の実証を行う。

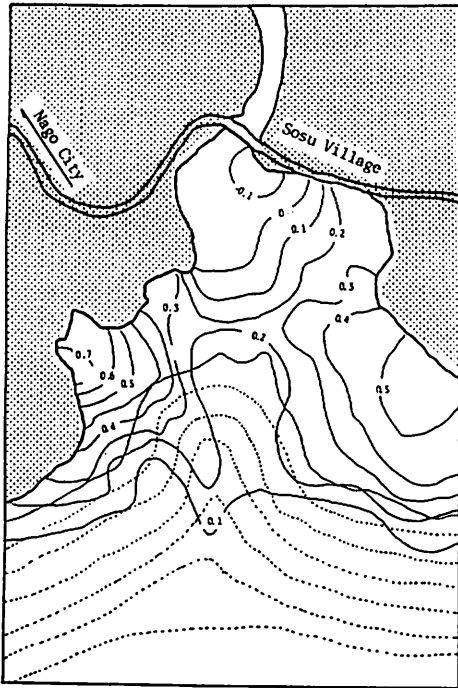
図-11は、波群の繰り返し周期( $T_{wg}$ )が36.0秒の場合(共振点付近)におけるサーフビートに伴う水位の時間変化( $\bar{\eta}$ ; Unit in cm)を示したものである。図-11(a)は、丁度サーフビートがリーフ先端から岸方向に向けて進行しはじめる状態( $\sigma_{wg}t=0$ 、ここで $\sigma_{wg}$ は、波群周期を用いた波数 $2\pi/T_{wg}$ である)を示しており、図(b)は、図(a)に示す状態からわずかに進んだ状態である( $\sigma_{wg}t=\pi/8$ )。図(c)は、サーフビートのフロント付近が湾奥の汀線付近に到達した瞬間を示している( $\sigma_{wg}t=\pi/4$ )。図(d)は、岸で反射したサーフビートがリーフ上を沖方向に進行していく状態を示している( $\sigma_{wg}t=\pi$ )。図において、サーフビートの先端付近でコンター線が密になっているのがわかる。これは、サーフビートの先端付近が前傾化していることを示している。また、サーフビートは、湾の両



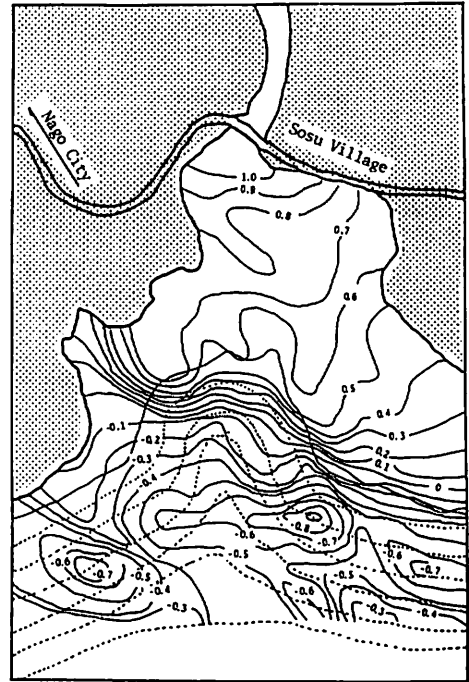
(a)  $\sigma t = 0.0$



(b)  $\sigma t = \frac{\pi}{8}$



(c)  $\sigma t = \frac{\pi}{4}$



(d)  $\sigma t = \pi$

図-11 サーフビートの三次元的挙動( $T_{wg}=36.0s$ ,  $T=1.2s$ ,  $H=6.0cm$ )



側の岬に沿うような形で湾奥に進行し、あたかも河口付近が焦点のような形で汀線付近に来襲している。このことは、台風 T8613 によって楚洲海岸が被災した際、「楚洲川の下流から上流に向けて、すごい流れがあった」、あるいは「洪水のような高波（高潮）は、楚洲部落の右側（すなわち、海側から楚洲部落に向かって右手方向）から来襲した」というような証言に一致しており、当時、楚洲海岸では、図-11のような現象が生じていたものと考えられる。

図-12は、汀線近傍（楚洲部落前面）の平均水位の上昇量に関して、一次元実験（日野・仲座・與那覇、1988）と平面二次元実験（本研究の実験）との比較を行ったものである。図中、●印が平面二次元実験に、○印が一次元実験に基づくものである。また、一点鎖線はリーフ上にサーフビートが発生しない場合で単一波を用いた実験による結果を示している。一次元実験結果と二次元平面実験とは、若干の差があるものの殆ど同じ値をとっており、単一波を用いた実験結果を示す一点鎖線とはほぼ一致する。すなわち、平均水位に関しては、湾状リーフ海岸としての特異な現象は生じていない。

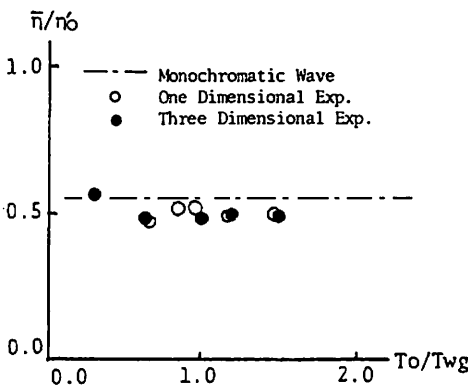


図-12 湾奥における平均水位の上昇量（湾奥、 $\bar{\eta}/\eta_0$ ,  $\eta_0=2.6\text{cm}$ ）

図-13は、汀線近傍のサーフビートに関して、図-12と同様な比較を行ったものである。図中、●印が平面二次元実験に、○印が一次元実験に基づくものである。図示の通り、平面二次元実験による結果は一次元結果に比べてかなり大きくなっている。図中、破線は一次元リーフ海岸上のサーフビートの振幅を数値計算により求めたものであり、実線はこの一次元の計算値

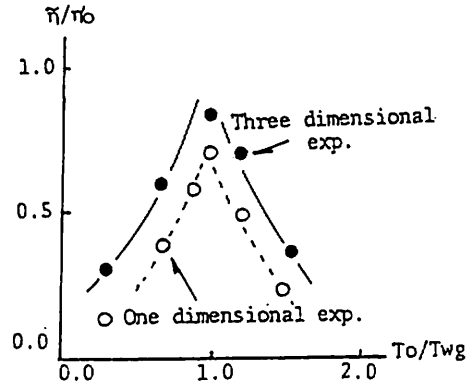


図-13 平均海面の共振応答（湾奥 $\bar{\eta}/\eta_0$ ,  $\eta_0=2.6\text{cm}$ ）

に Green の公式を適用して求めた湾状リーフ海岸上のサーフビートの振幅を示している。図示のとおり、平面二次元実験によるサーフビートの振幅値は一次元リーフ上のサーフビートの振幅に対する計算値に Green の公式を適用して求めた計算値とはほぼ一致している。すなわち、図-12に示すように、静的な現象である平均水位の上昇量に対して、一次元実験結果と平面二次元実験結果との差が殆どなく、動的な現象であるサーフビートの波高に両者の差が生じたのは、湾状リーフ海岸がサーフビート現象に対して“波高増大効果（Green 効果）”有していることを証明するものである。

#### 4. リーフ上のサーフビートの工学的制御について

これまでの議論によって、リーフ上には波群による平均海面の共振応答が引き起こされ、これによりリーフ上には段波状サーフビートが発生することなどが明らかとなった。また、湾状リーフ海岸はサーフビートに対して Green 効果を有し、それが湾状リーフ海岸における異常な水位の上昇量の発生の主因であることなどの指摘を行った。

ここでは、上述のようなリーフ上の段波状サーフビートの制御について考えることにする。本研究で議論している楚洲海岸では、台風 T8613 による被災後、越波を抑える目的で、護岸から約100m 程度沖側に大規模な離岸堤が設置された（写真-2に離岸堤設置後の楚洲海岸の全景を示す）。しかしながら、これまでの議論によりこの離岸堤は防災対策として殆ど意味をもたないことが予想される。但し、本研究によって初



写真-1 楚洲海岸全景 (離岸堤設置前、1986・9)

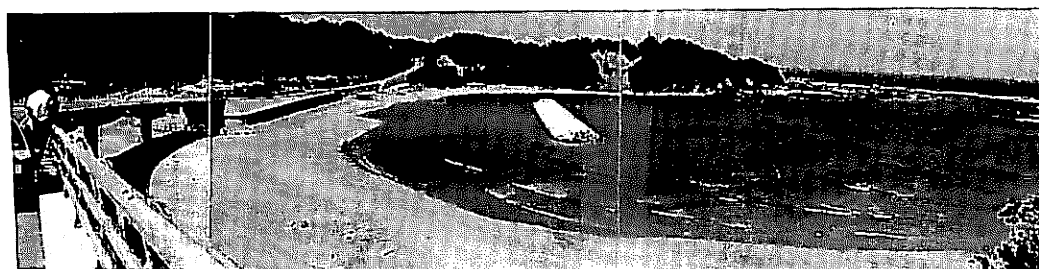


写真-2 楚洲海岸全景 (離岸堤設置後、1988・10)

めてサーフビート現象がリーフ上の波浪・水理現象に対する支配的な要素であることが指摘されたことを考えれば、行政側の取ったこの防災対策は責められるべき問題ではない。

リーフ上のサーフビートが平均海面の共振応答として生じたものであることを考慮すれば、サーフビートの制御として先ず考えられるのは、海岸の固有周期を来襲波群の平均周期から遠ざけてやることである。しかし、今のところ設計波としての波群の繰り返し連長(すなわち、波群周期)を推定することは難しい。

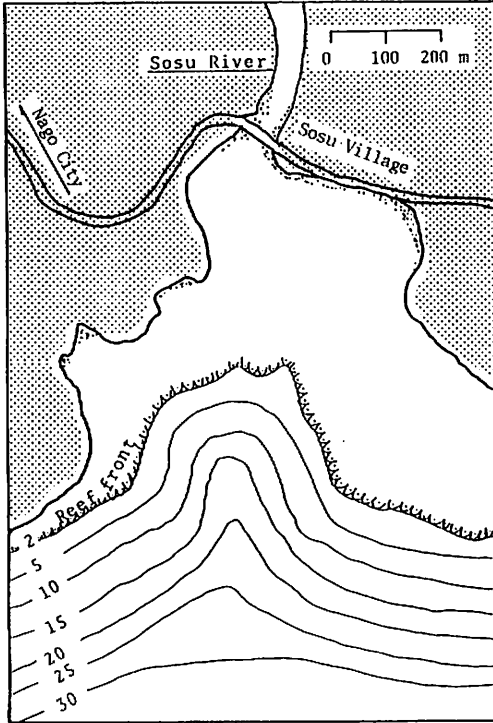
一般に、波高に関しては、ある程度の波高値を想定し、それに対して安全であればそれ以下の波高に対しても安全と見なし得る。しかしながら、ある波群周期を想定し、それから海岸の固有周期を大きくずらす措置を講じたとしても、そのずらした後の固有周期に近い波群周期を有する波群が来襲する可能性は十分考えられ、堂々巡りになってしまう。

以下においては、図-14で示すようなケースについてサーフビートの制御効果を検討することにする。前提条件として、防波堤の断面を一定にし、さらにトータルの防波堤長も120mと一定にした。ケース1は、何の制御も行っていない場合で、制御を行った場合の比較基準となる。ケース2は、現在楚洲海岸に設置されている離岸堤を模したものである。ケース3～5は、

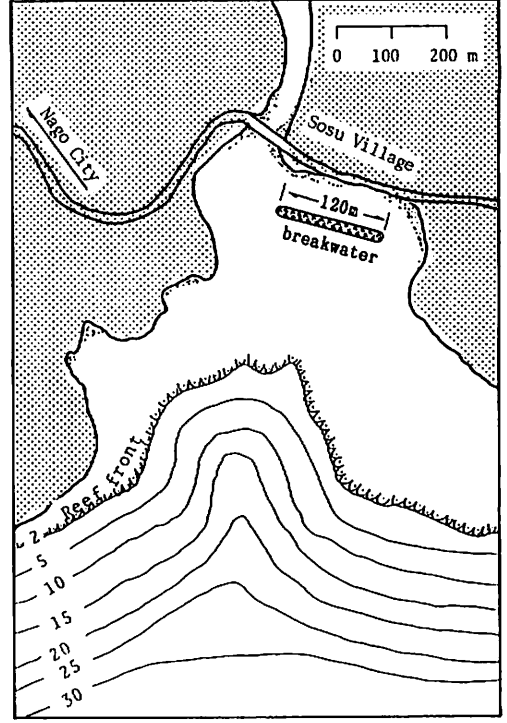
海岸の固有周期をずらすというよりも、波の碎波に伴う水位上昇が長波となって湾奥部に侵入する前に沖側に戻してやる効果を狙ったものである。特に、ケース5は、両端の岬に沿って来襲する流れを沖側に戻すようにしたものである。

図-15は、上述の各ケースについて楚洲部落の前面、すなわち湾奥での個々波の振幅( $\eta'_{rms}$ )、サーフビートの振幅( $\bar{\eta}_{rms}$ )、及び平均水位の上昇量( $\bar{\eta}$ )について比較したものである。なお、入射波群の平均波高は約6cm、波群周期は36.0secである。

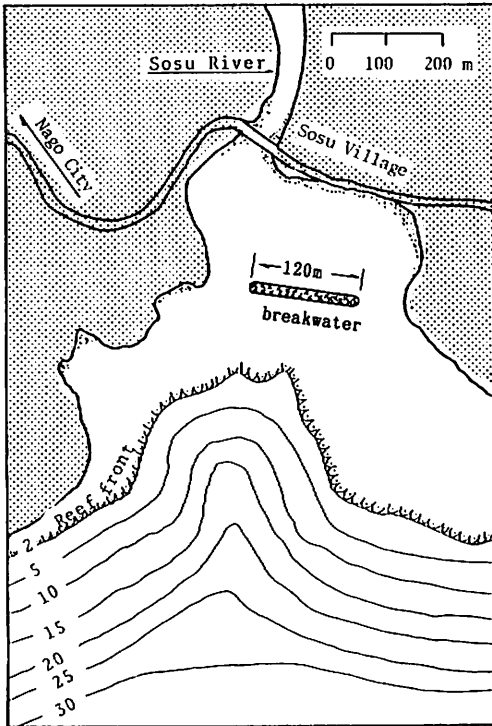
図-15において、先ず個々波の波高についてみると、ケース2～5では防波堤を設置したことにより、確かに波高の低減が現れている。平均水位については、ケース2で若干高くなった点を除けば、全ケースにおいて殆ど同じ高さである。このことは、この程度の防波堤をどのように設置しようとも平均水位の上昇量を抑えることができないことを意味している。次に、サーフビートの振幅の比較を行うと、ケース2では当初予想したと同様にサーフビートの抑制効果は現れていない。むしろサーフビートの振幅、平均水位の上昇量ともに大きくなっている。このことは、湾内に侵入してきた水位の上昇を湾奥で抑えることが困難であることを示している。一方、このことを考慮したケース3～5の場合は、共にサーフビートに対してかなりの抑制



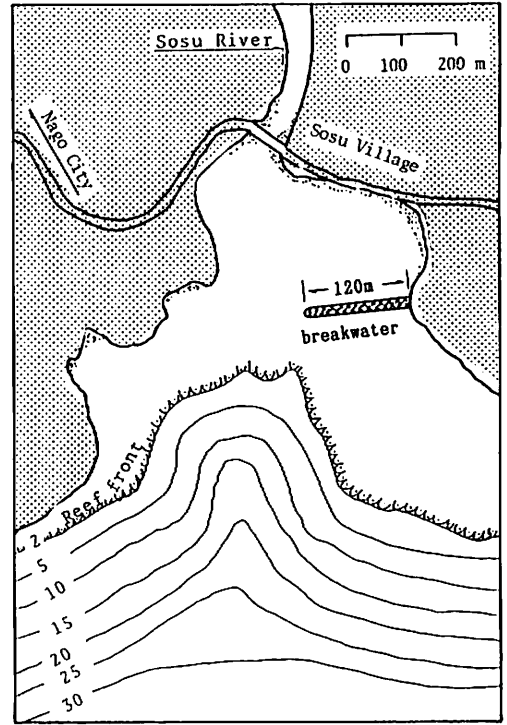
(a) Case-1



(b) Case-2

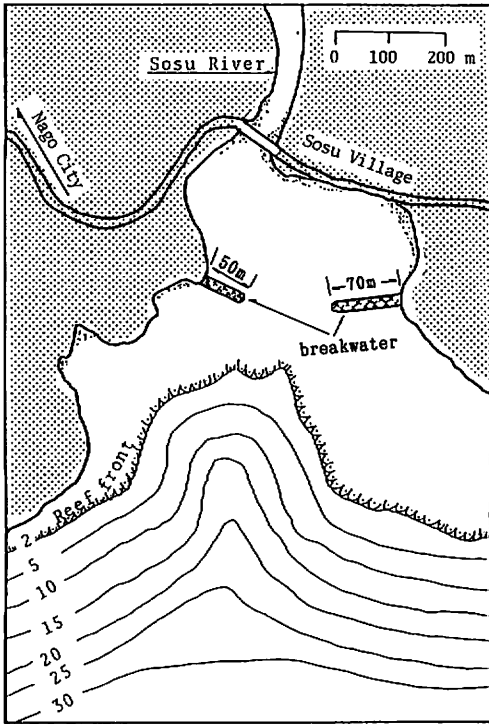


(c) Case-3



(d) Case-4

図-14 サーフビートの工学的制御方法



(e) Case-5

効果を有することが分かる。

特に、両サイドの岬に沿って湾奥に向かう流れをカットする効果を狙ったケース5の場合は、ケース2(楚洲海岸現況)に対してサーフビートの振幅を約半分にまで低減させている。ここで注意しなければならないのは、ケース3~5の場合、防波堤によって閉鎖された湾内の水域の規模が基本的に変化しておらず、したがって閉鎖水域内の固有周期が殆ど変化していないことである。このことから、ケース3~5のサーフビートの抑制効果の違いは、海岸の固有周期の変化のみによるものでなく、岬に沿って来襲する長周期波に対する防波堤の制御効果に基づくもの大きいと考えられる。また、このことは湾状海岸がサーフビートに対する Green 効果を有することの証明でもある。

5. 結語

本研究においては、サーフビートの三次元的挙動特性を調べるにより、サーフビート現象に対して湾状リーフ海岸が有する Green 効果及びサーフビートの工学的制御方法などを実験的に検討した。その結果、以下のような主な結論を得た。

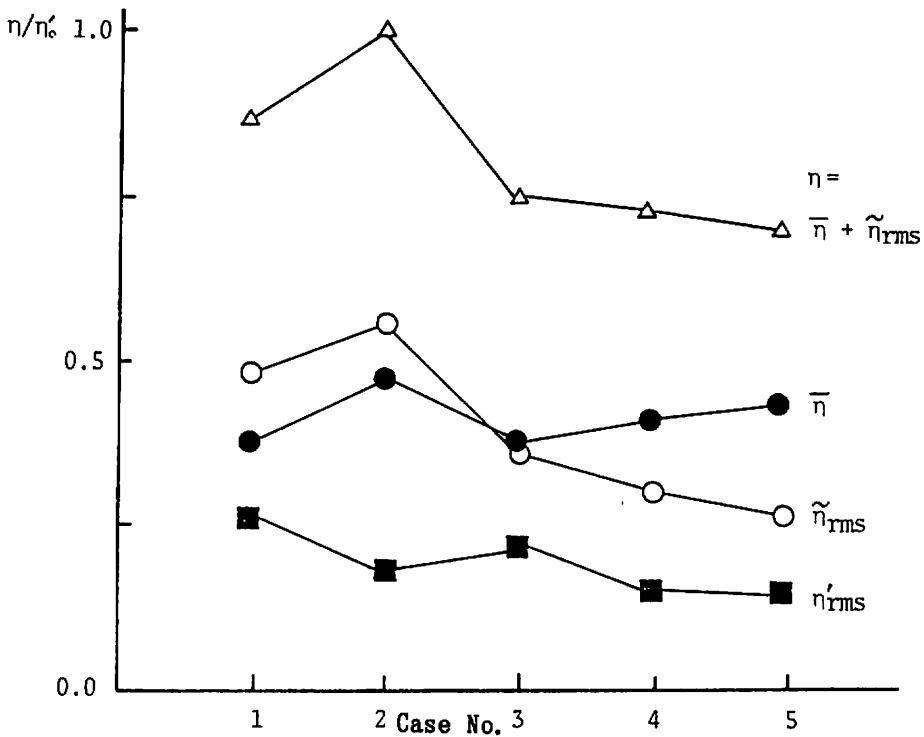


図-15 サーフビートの工学的制御効果の検討

- (i) 湾状海岸における波浪災害の多発は、単一波による定常波浪場では説明出来ない。
- (ii) 湾状リーフ海岸は、サーフビート現象に対して Green 効果を有することが明かとなった。これは、サーフビートを地震津波と類似した現象と捉えてはじめて指摘されることである。このことから、湾状海岸における異常な水位の上昇による高潮災害の原因が明かとなった。
- (iii) リーフ上のサーフビートの工学的制御に関する実験的な検討により、従来の離岸堤工法がリーフ上の高潮対策に何等効果がないことを示した。また、リーフ上のサーフビートを抑えるには、リーフ先端付近で抑える必要があることなどを示した。

#### 謝辞

本研究を行うにあたり、東京工業大学土木工学科の日野幹雄教授より貴重なご指導ご鞭撻を賜わった。また、宇座俊吉技官からは実験装置の製作や実験に対して多くの Suggestion を頂いた。沖縄土木設計コンサルタント設計部長吉川正英技師からは、海岸構造物設計における最近の問題点などを教えて頂いた。また、大学院生の松田和人、長崎雅哉、与儀実和君及び当時

(1989年度)土木工学科水工学研究室で卒研を行った、田場浩、与儀成也、比嘉喜彦、安慶名一樹、鳥集一郎、安次富長一、大城直、砂川勇二の諸君には主に実験装置の製作や実験の補助として多大なご協力を頂いた。ここに記して、感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 河野二夫・永松一甫・喜屋武忠：リーフ上の波の変形に関する現地調査、第25回海岸工学講演会論文集、pp. 146-150、1978。
- 2) 高山知司・神山豊・菊池治：リーフ上の波の変形に関する研究、港湾技術研究資料、No. 278、1977。
- 3) 津嘉山正光・仲座栄三：2次元リーフにおける波の変形と平均水位変化第34回海岸工学講演会論文集、pp. 76-80、1987。
- 4) 津嘉山正光・仲座栄三、我喜屋邦浩：リーフ上の波の変形に関する研究、海岸工学論文集、第36巻、pp. 70-74、1989。
- 5) 仲座栄三・日野幹雄：リーフ地形海岸における Bore 状サーフビートによる災害の実態調査、第35回海岸工学講演会論文集、pp. 202-206、1988。
- 6) 日野幹雄・仲座栄三・與那覇健次：波群によって引き起こされる Bore 状サーフビートに関する研究、第35回海岸工学講演会論文集、pp. 197-201、1988。