

高社研地理部会(2020/02/14)

サンゴ礁海岸における波の波高減衰 に関する実験的研究

keyword: 波高減衰, 規定要因, サンゴ礁, 室内実験, 野外観測



県立川越高等学校 教諭 森山裕太

I はじめに

○サンゴ礁海岸に打ち寄せる波について

サンゴ礁海岸では、沖波は水深が急激に浅くなる礁縁付近で砕波し、サンゴ礁上を進む際に礁地形の影響を受け、多くのエネルギーを失い、汀線に到達する。

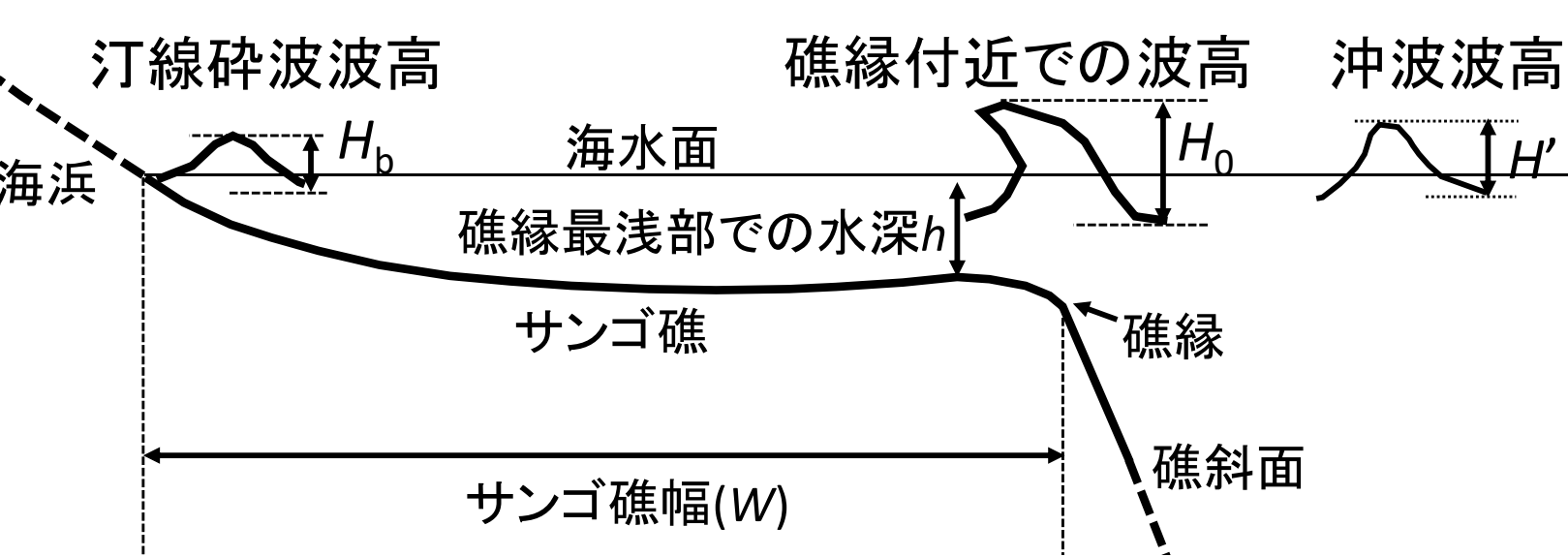
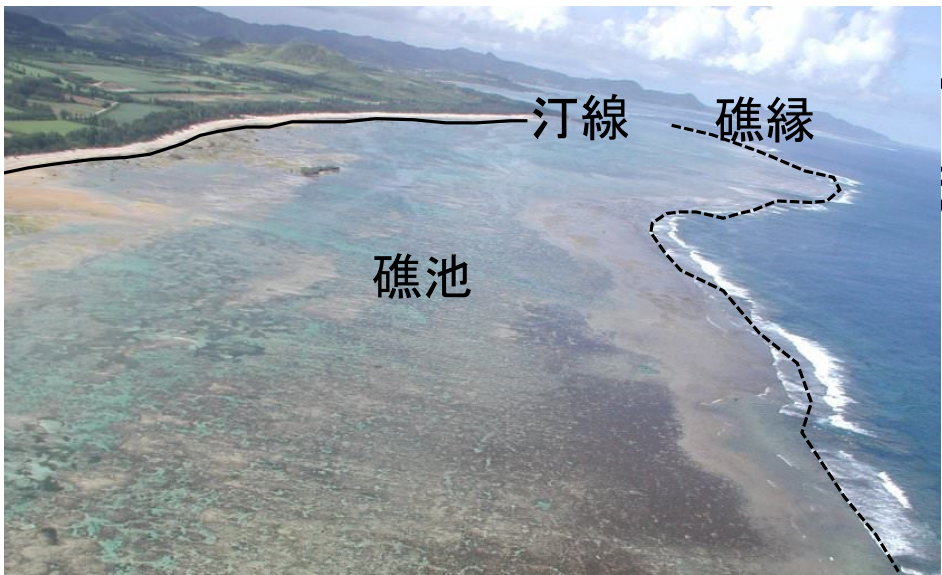


写真 石垣島東海岸のサンゴ礁
(<http://www.churaumi.net/onihitode/images/9.jpg>より引用)

図 波高減衰の模式図

野外観測から H_b/H_0 ($0 \leq H_b/H_0 \leq 1$)を用いて、サンゴ礁上で波は波高減衰し、汀線に到達することが報告されている。(例えば、青木・智原, 2009; 武石ほか, 2014; 青木ほか, 2015)

○研究目的

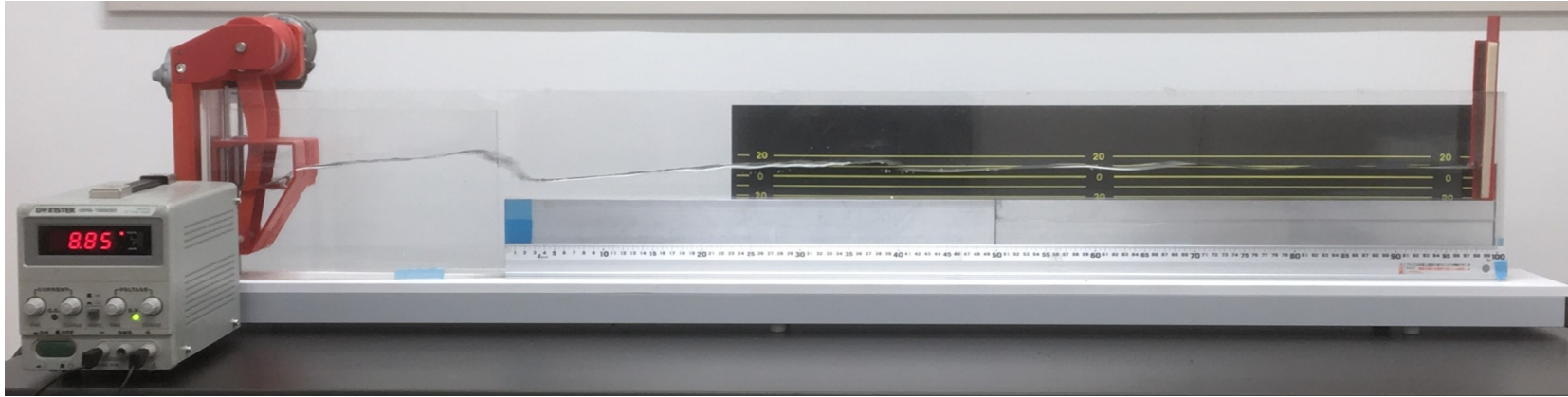
サンゴ礁海岸における 汀線砕波波高推定の一般式の作成

- ①造波水路を用い、沖波波高と周期・水深の異なる初期条件の下で、波高減衰に関する実験式を作成。
- ②野外に適用可能な波高減衰に関する一般式を作成。

◎室内実験のメリット

- ・単純化された条件が設定可能
⇒波高減衰の規定要因を明らかにしやすい

Ⅱ 室内実験 (1) 実験装置



造波装置付アクリル製水路
(幅4 cm、長さ130 cm、深さ
16 cm)。

他端に平坦面をもつサンゴ
礁を模した地形を設置。

写真 実験装置

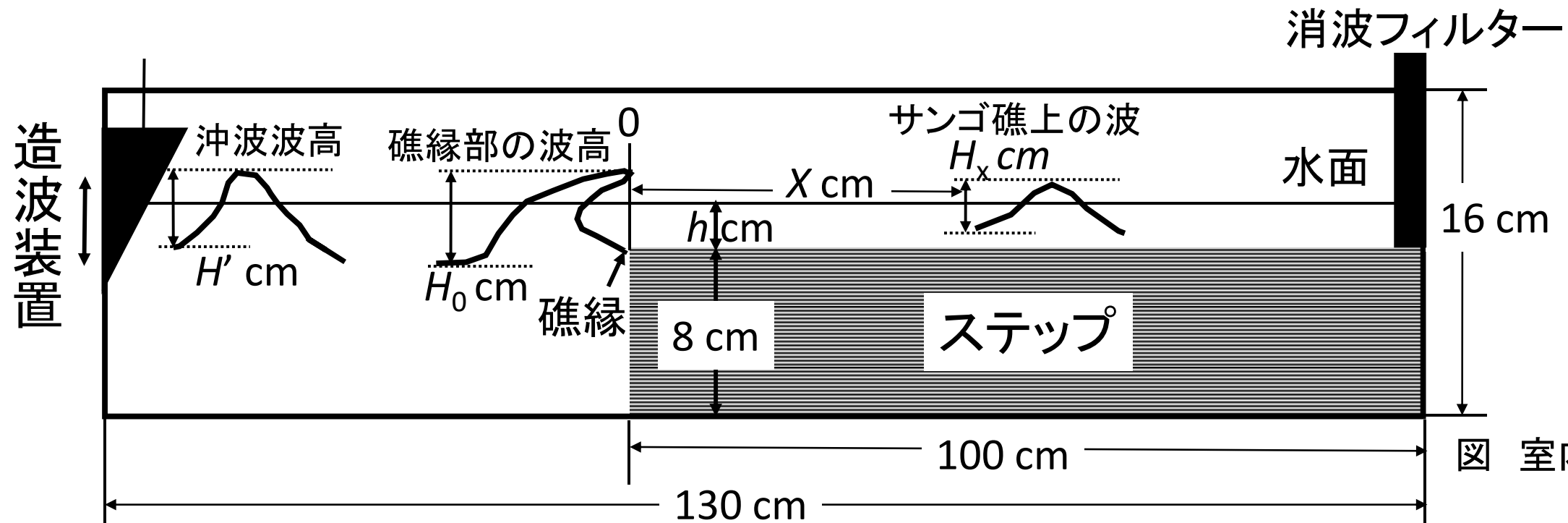
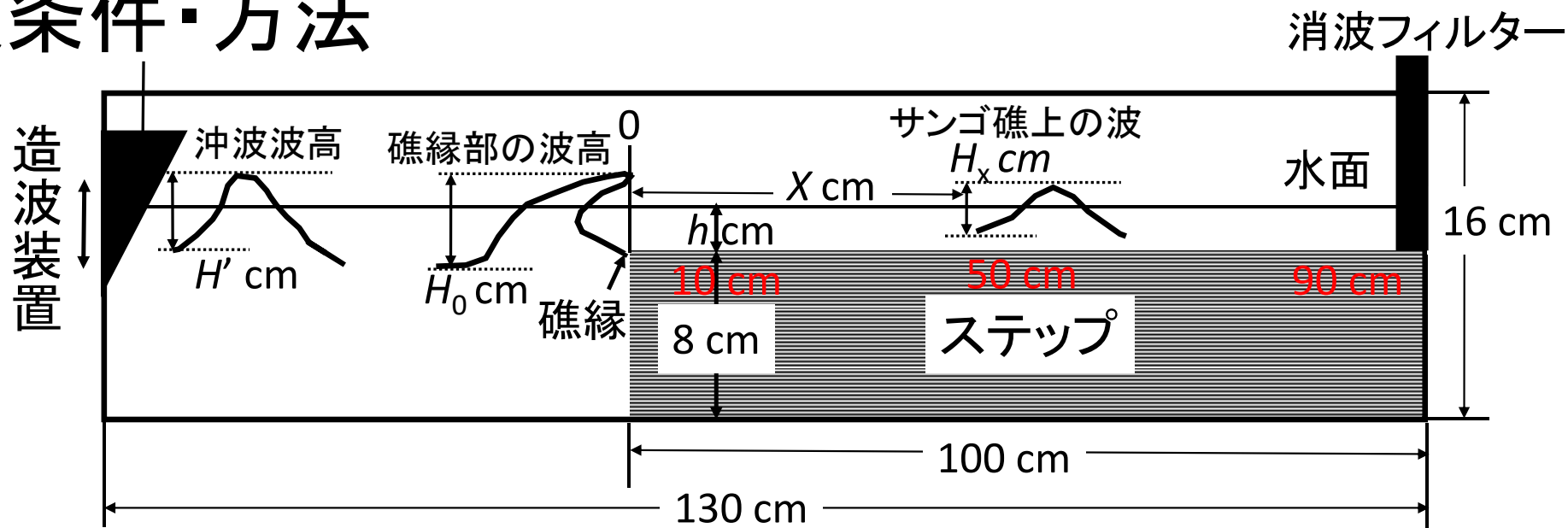


図 室内実験の模式図

(2) 実験条件・方法



実験条件

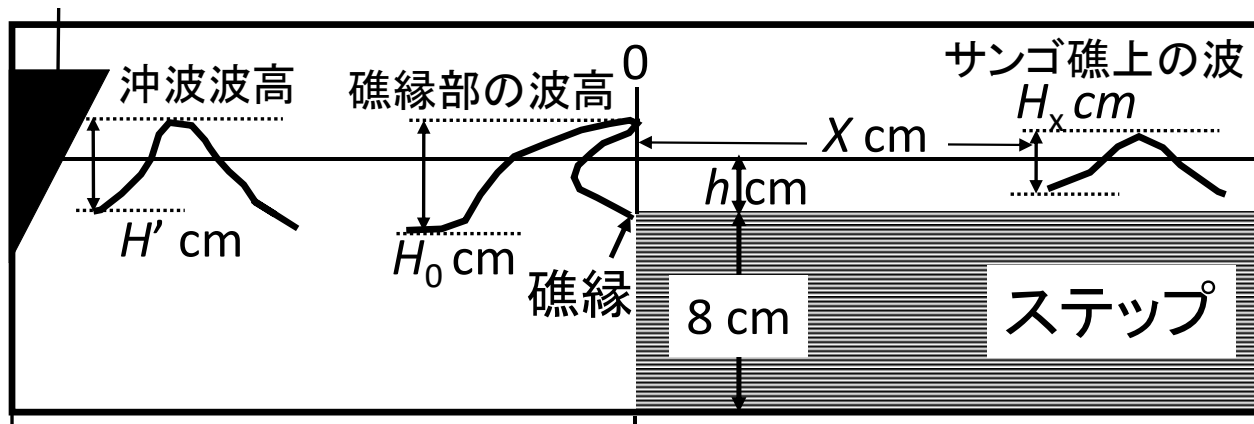
周期(T)を0.7~1.5 sec、水深(h)を0~2 cm、沖波波高(H')を1~2 cmで
変化させた計37ケース。

実験方法

礁縁部を基準(0)とした礁縁部の波高(H_0)、礁縁部から水平距離(X)離れた地点での波高(H_x)を5~10 cm間隔で計測。(計測範囲は $0 \leq X \leq 95$)

⇒波高減衰の程度を把握し、実験条件の違いが与える影響を考察

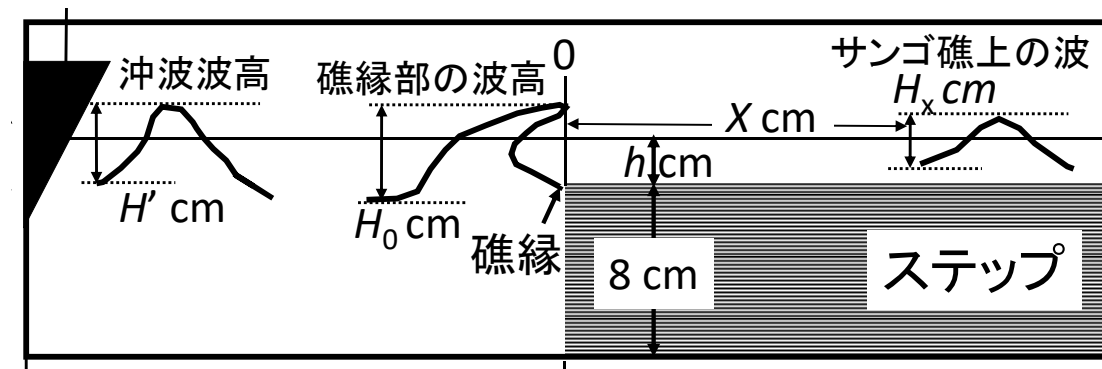
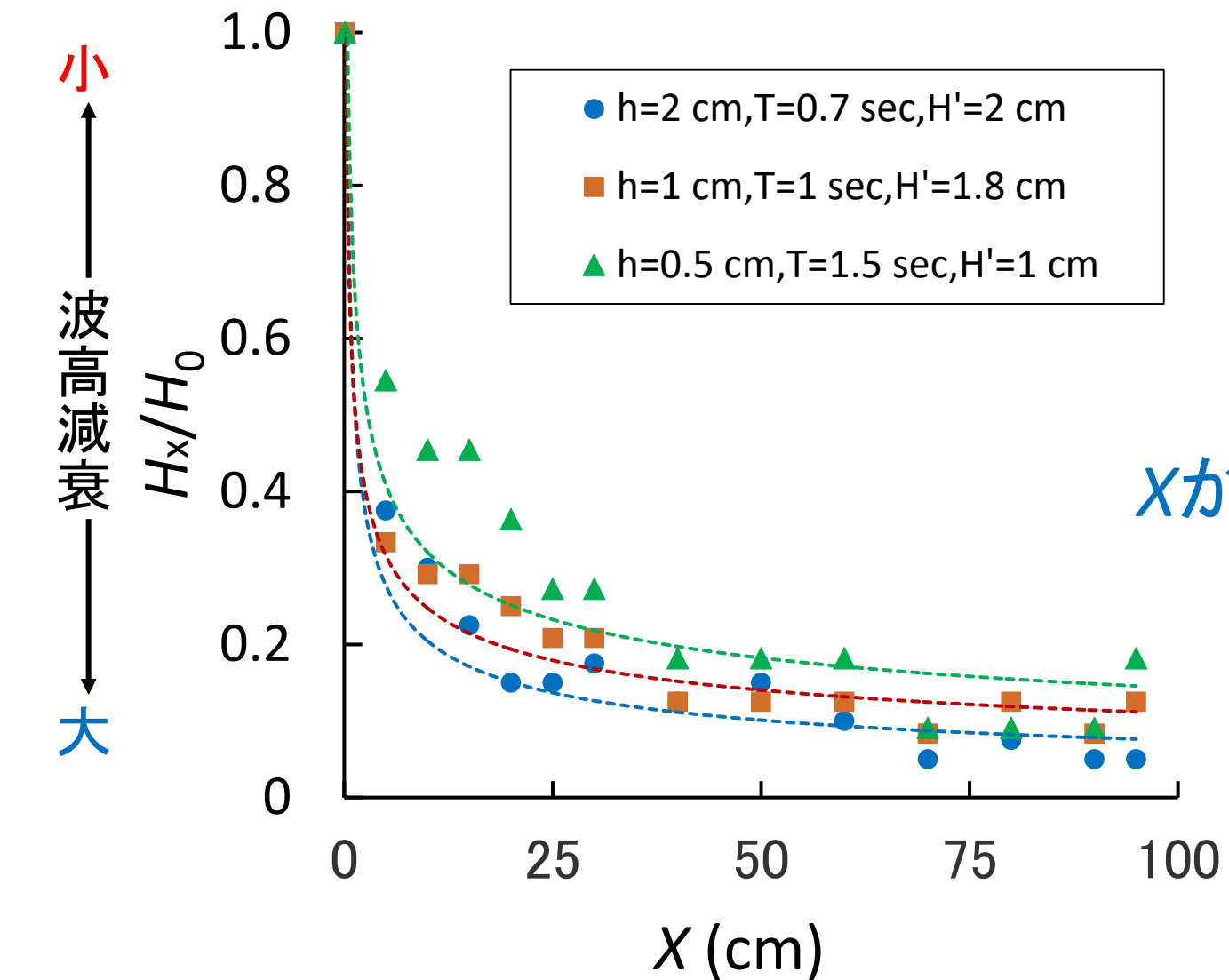
○サンゴ礁上を進行する波の波高 (H_x) の変化



波は礁上を進行するほど
波高が小さくなることを示す

(3) 実験結果

○波高減衰 (H_x/H_0) に与える礁縁部からの距離 (X) の影響



X が大きいほど、 H_x/H_0 は小さくなる

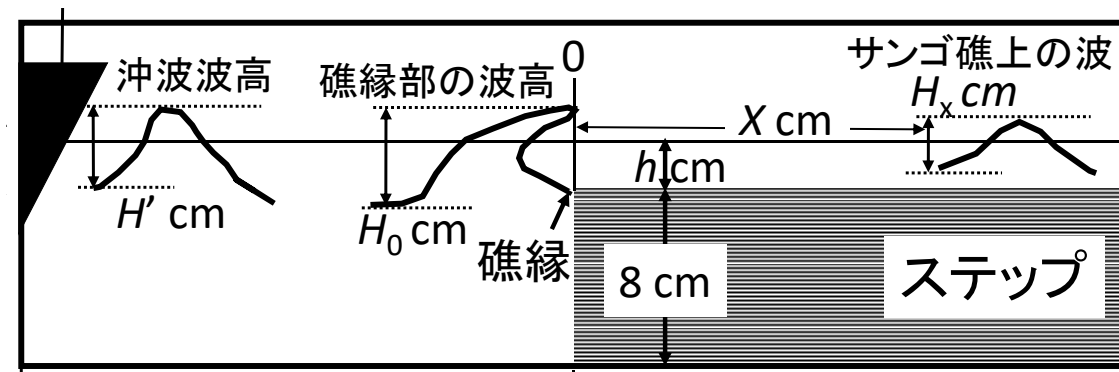
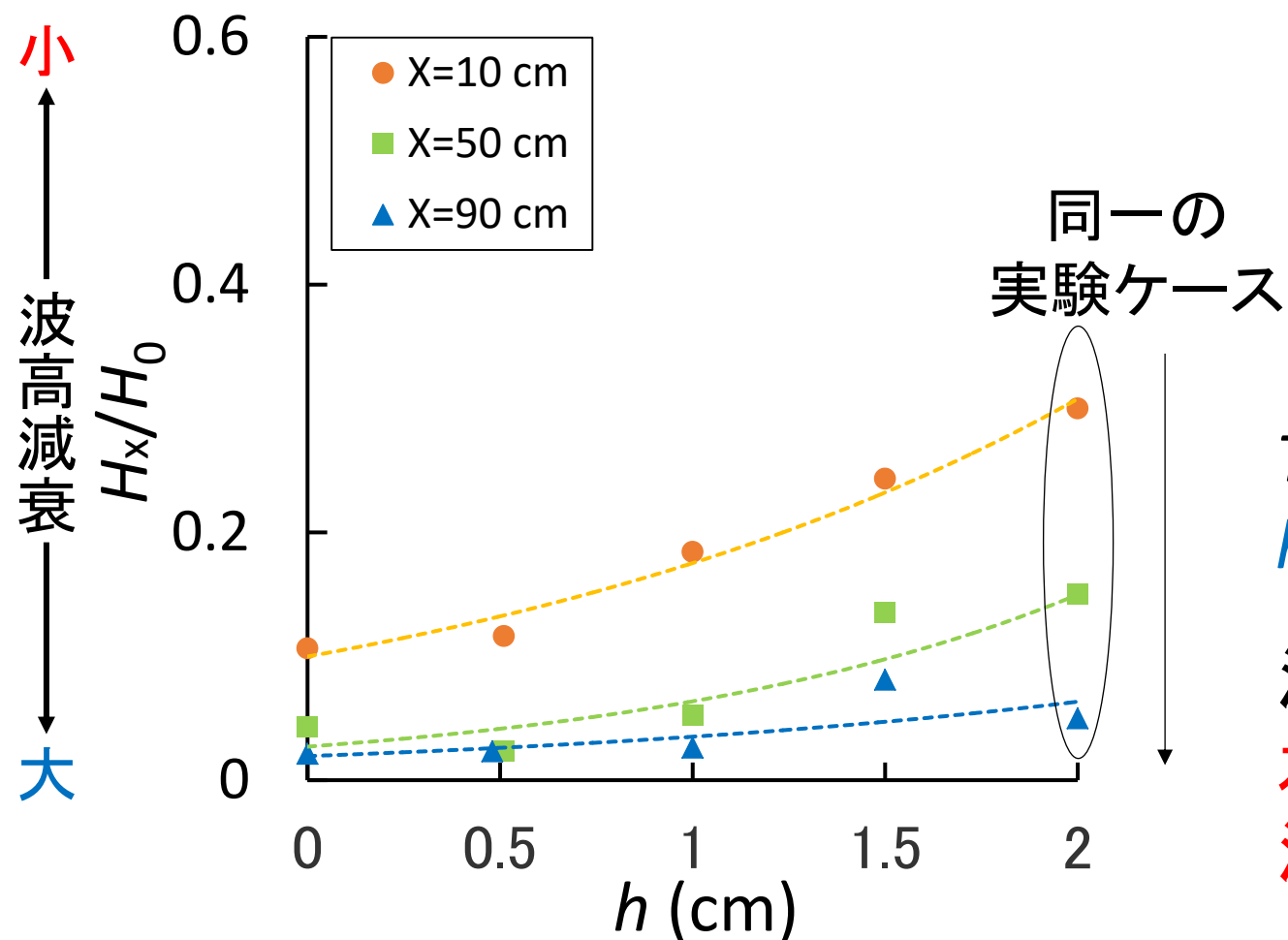
波は進行距離が長いほど、
波高減衰が大きい

(3) 実験結果

○波高減衰(H_x/H_0)に与える水深(h)の影響

$T=0.7$ sec、 $H'=2$ cmが一定

$h=0\sim 2$ cmと異なる5ケース



T と H' が一定のとき、
 h が大きいほど、 H_x/H_0 は大きくなる。

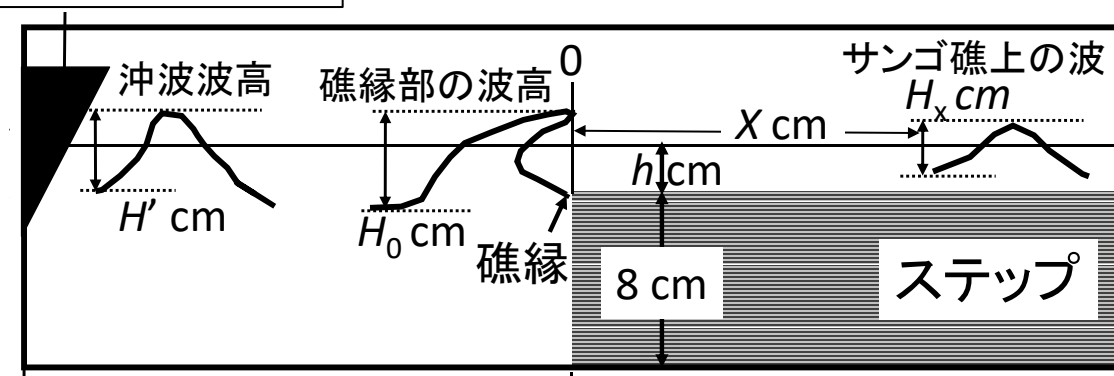
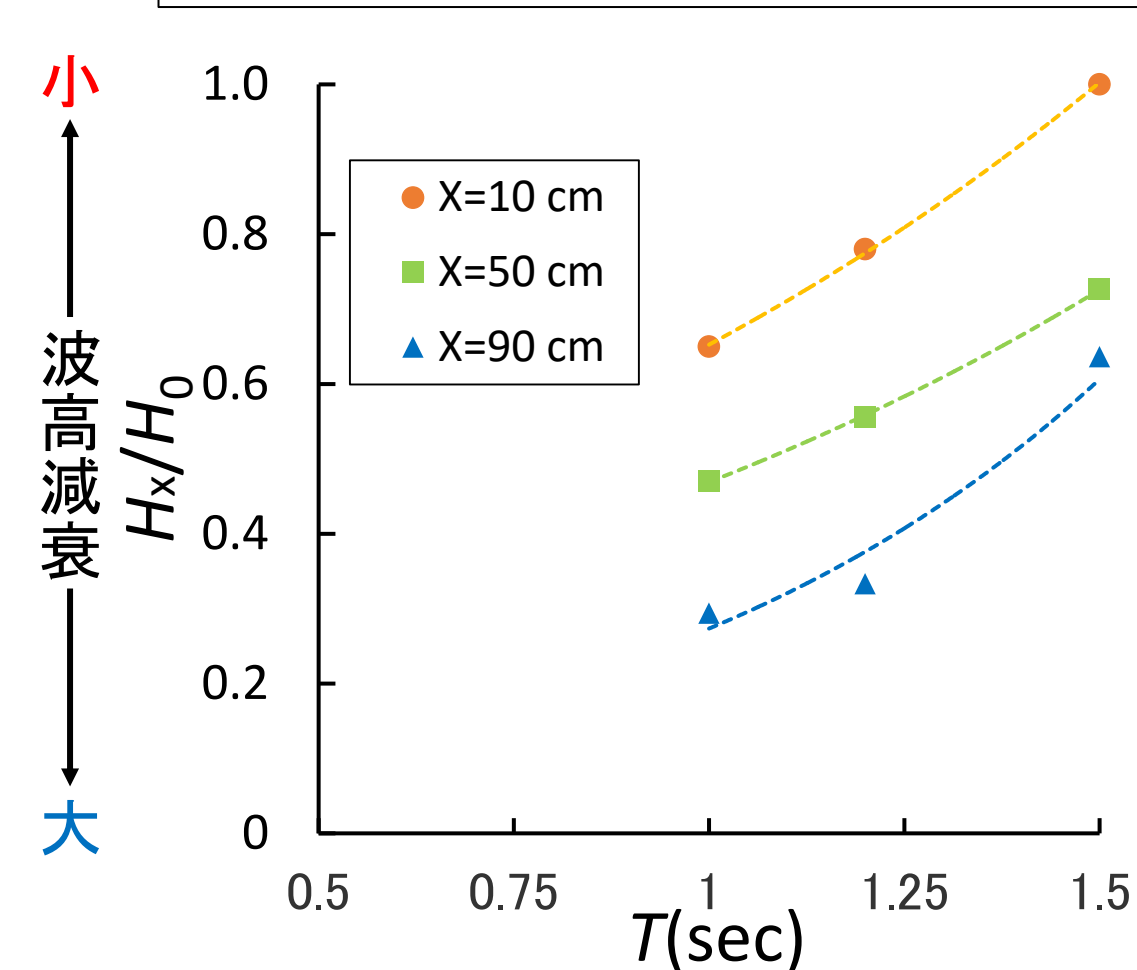
沖波の条件が一定のとき、
水深が大きいサンゴ礁ほど、
波高減衰は小さい

(3) 実験結果

○波高減衰(H_x/H_0)に与える波の周期(T)の影響

$h=2\text{ cm}$ $H'=1.7\text{ cm}$ と一定

T が異なる3ケース



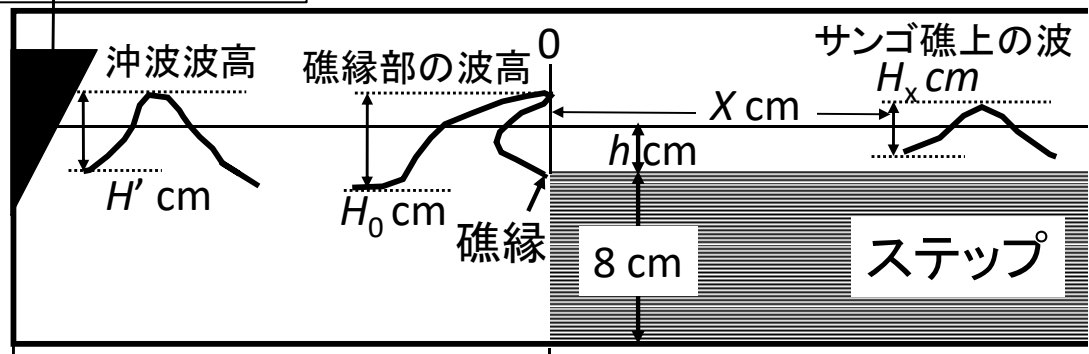
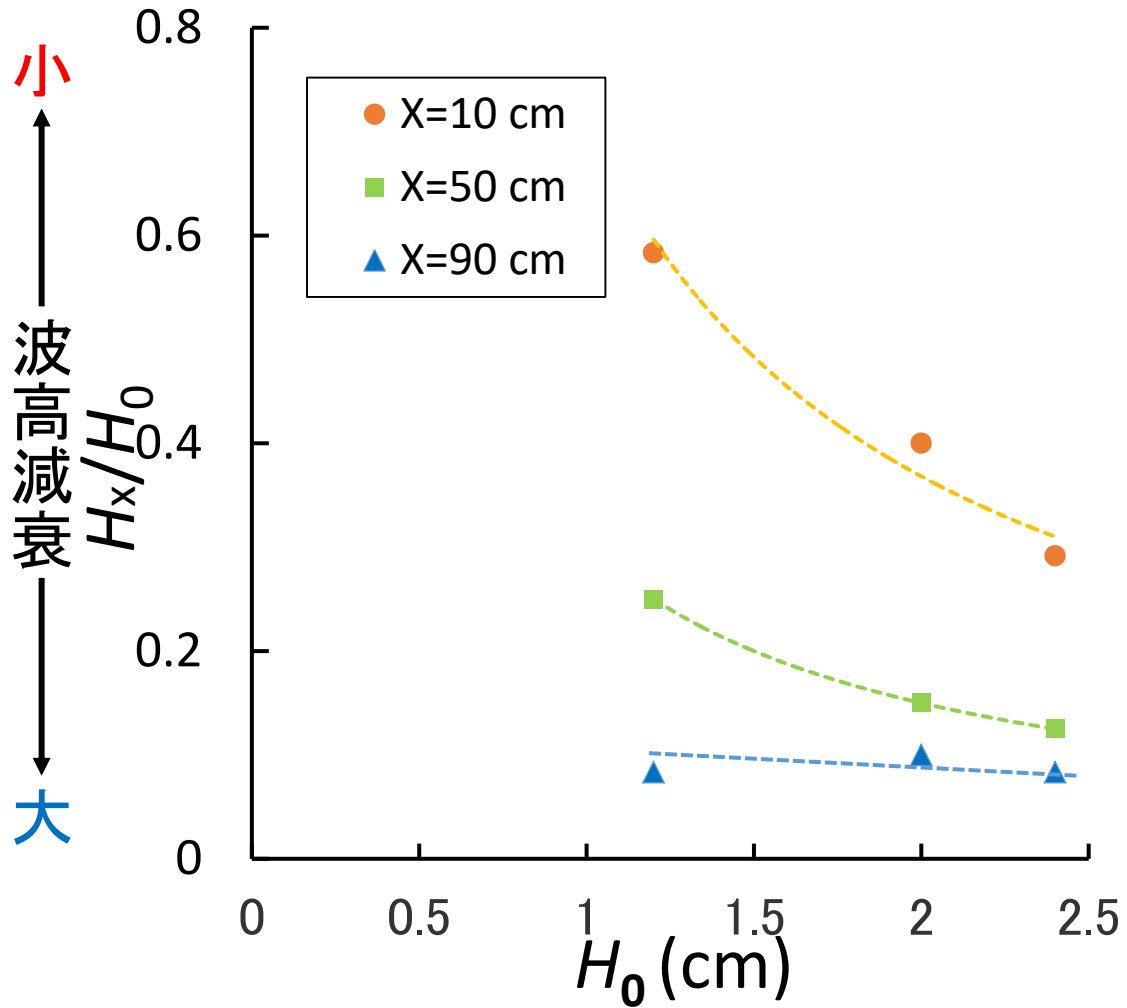
h と H' が一定のとき、
 T が大きいほど、 H_x/H_0 は大きくなる。

サンゴ礁の水深と沖波波高が一定のとき、
波の周期が大きいほど、波高減衰が小さい

(3) 実験結果

○波高減衰(H_x/H_0)に与える礁縁部の波高(H_0)の影響

$h=1\text{ cm}$ 、 $T=1\text{ sec}$ と一定 H_0 が異なる3ケース



h と T が一定のとき
 H_0 が大きいほど、 H_x/H_0 は小さくなる。

サンゴ礁の水深と波の周期が一定のとき
礁縁部での波高が大きいほど、
波高減衰は大きい。

(4) 実験式の作成

実験結果より、 $H_x/H_0 = f(\frac{1}{X}, h, gT^2, \frac{1}{H_0})$ の関係をもつ。

・次元解析により

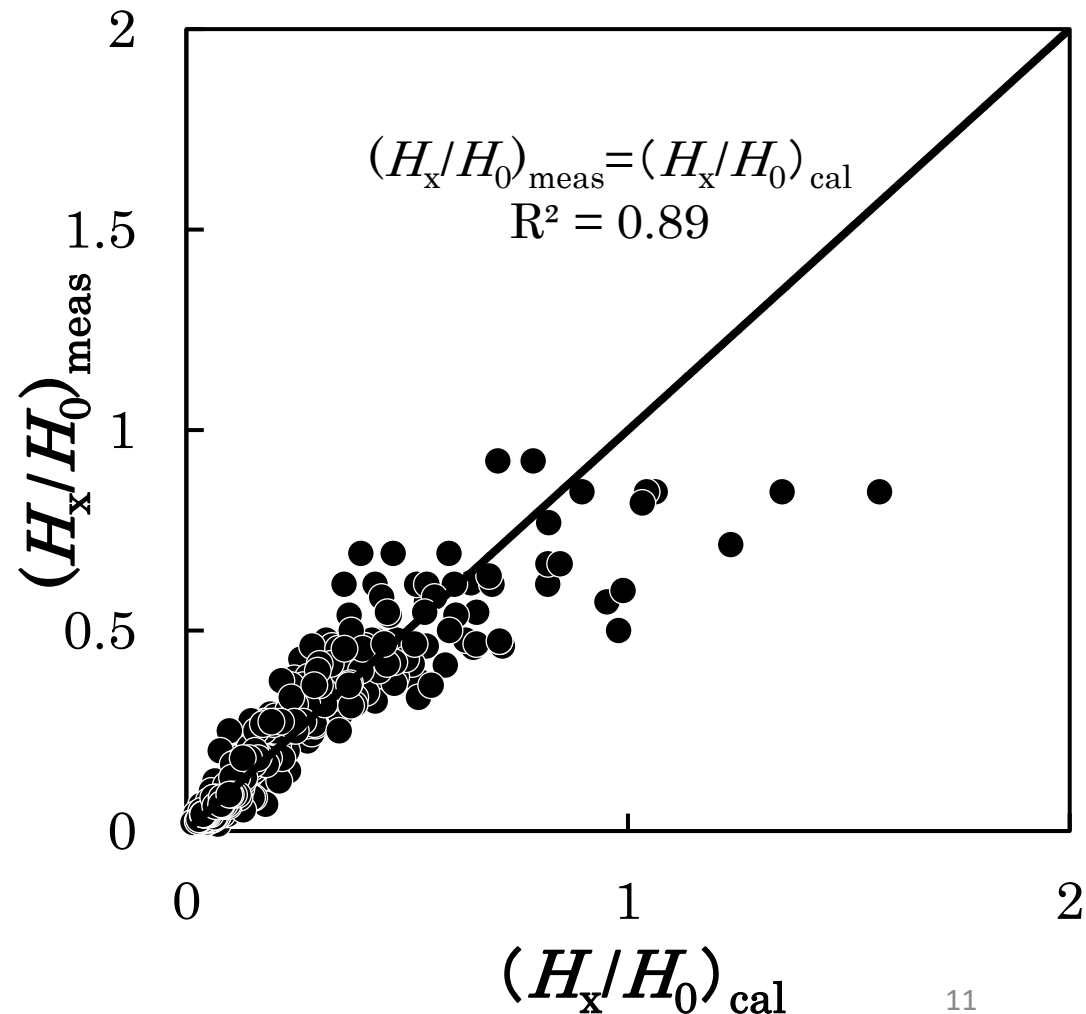
$$H_x/H_0 = k (H_0/X)^a (h/H_0)^b (gT^2/H_0)^c$$

という関数形を設定。

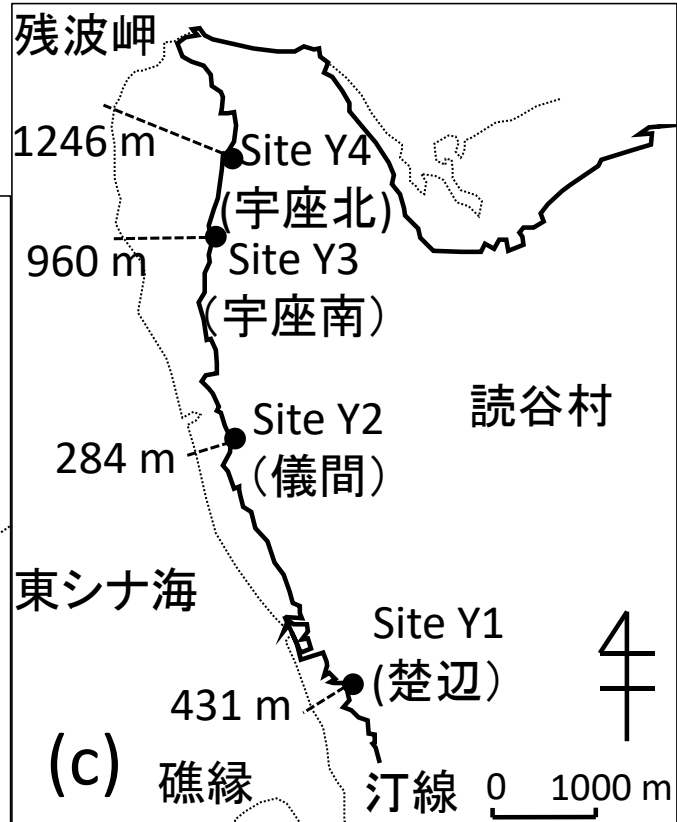
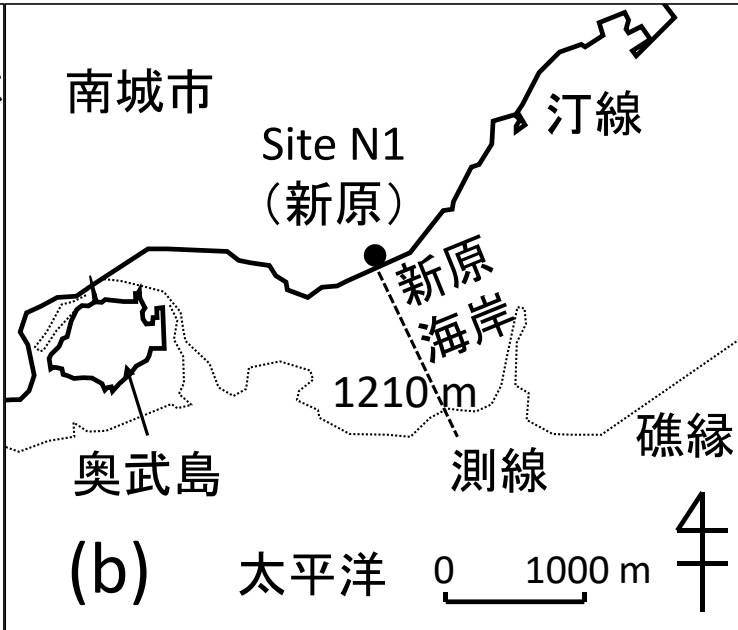
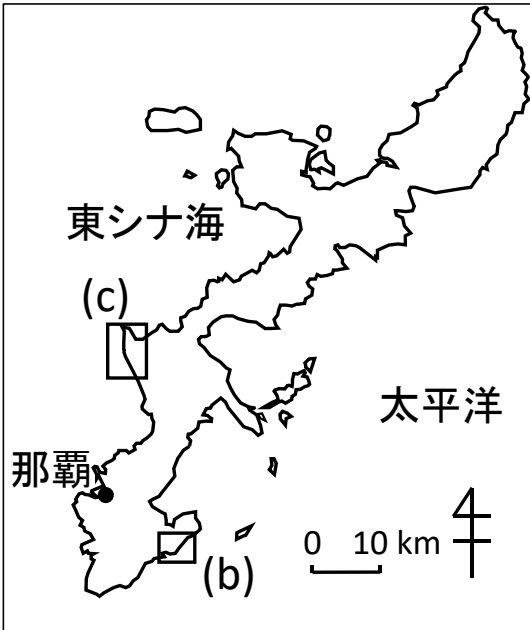
回帰分析により最適な k 、 a 、 b 、 c を求めた。

$$H_x/H_0 = 0.18 (H_0/X)^{0.59} \cdot (h/H_0)^{0.90} \cdot (gT^2/H_0)^{0.38}$$

サンゴ礁海岸の波高減衰に関する実験式
として利用可能



Ⅲ 野外における波浪観測



沖縄島南部新原海岸と中部読谷海岸の計5地点で実施

計測項目

- ・礁縁付近での波高 (H_0)
- ・汀線砕波波高 (H_b)
- ・波の周期 (T)



H_0 の計測



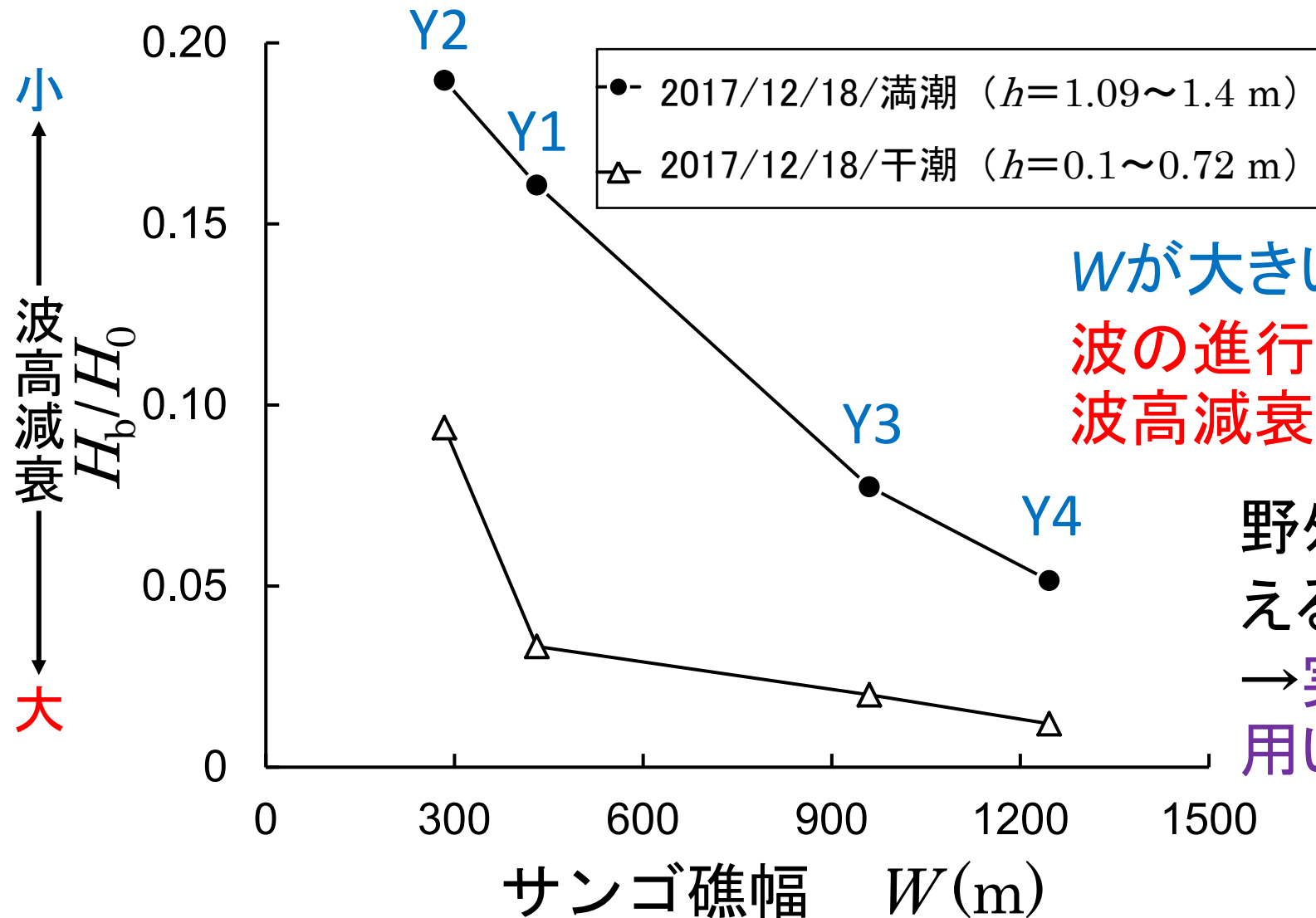
H_b の計測

先行研究の縦断形データ (青木ほか, 2015)

・観測時の水深 (h)
新原: 0.55 ~ 1.05 m
読谷: 0.1 ~ 1.73 m

○読谷海岸における汀線碎波波高の観測結果

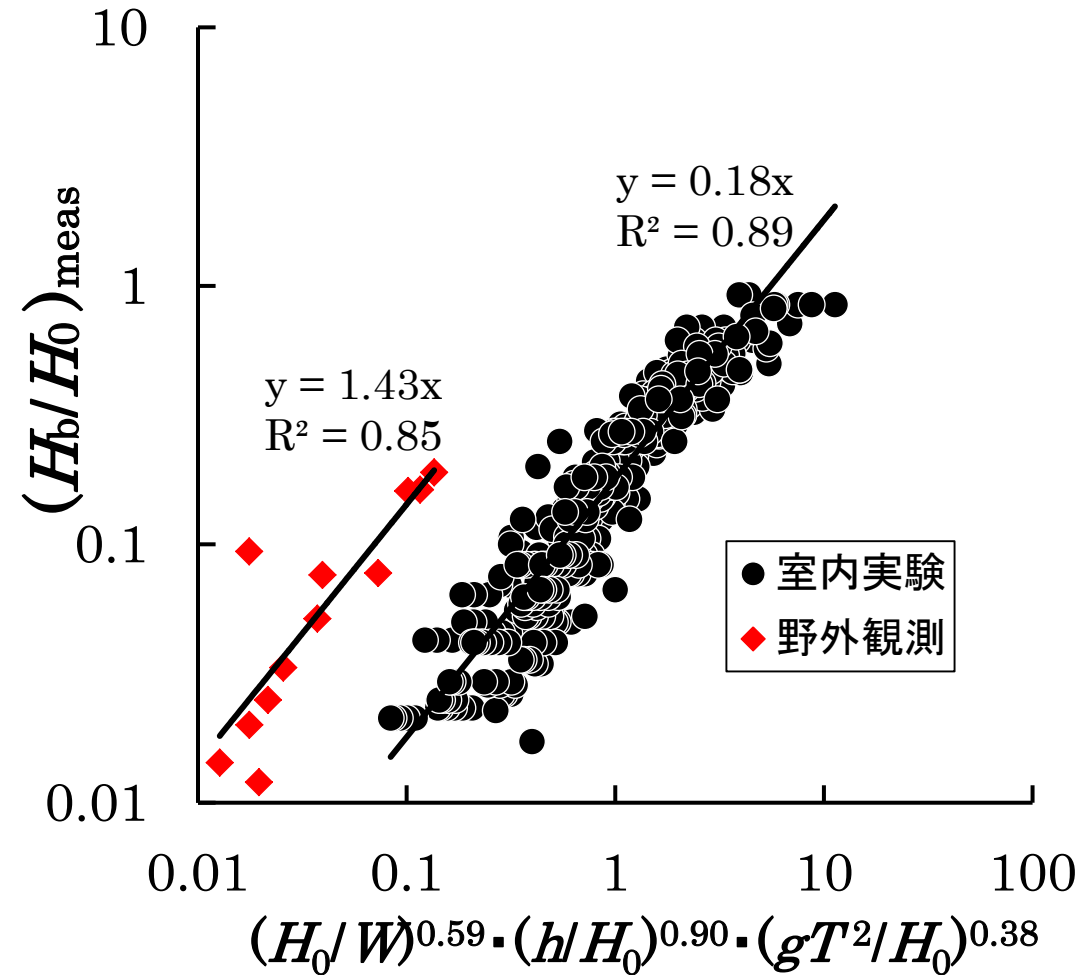
- ・読谷海岸のデータを横軸に $W(\text{m})$ 、縦軸に H_b/H_0 をとりプロット。



W が大きい海岸ほど H_b/H_0 は小さくなる
波の進行距離の長い海岸ほど
波高減衰が大きい

野外の W を実験室の X と置き換
えると、実験結果と同一傾向
→実験式と野外の観測結果を
用いて定式化できる可能性

IV 考察 ○野外における H_b の推定式の導出



・ H_b/H_0 を縦軸に, 実験式の説明変数を横軸に
野外と実験データを両対数グラフにプロット。
→野外データは実験式と平行にプロットされ、
右上がりの傾向

・野外の波高減衰の関係式は次式となる

$$H_b/H_0 = 1.43 (H_0/W)^{0.59} \cdot (h/H_0)^{0.90} \cdot (gT^2/H_0)^{0.38}$$

→野外データは実験で得られた説明変数によって説明可能

式を変形することによって, 汀線碎波波高(H_b)は次式で推定可能

$$H_b = 1.43 (H_0/W)^{0.59} \cdot (h/H_0)^{0.90} \cdot (gT^2/H_0)^{0.38} \cdot H_0$$

V 結論

本研究ではサンゴ礁海岸における汀線砕波波高(H_b)の推定式作成を目的とし、室内実験と野外観測を実施した結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 礁縁部からの距離(X)が大きいほど、波高減衰(H_x/H_0)は大きい。
- (2) サンゴ礁表面の水深(h)が小さいほど、波高減衰は大きくなる。
- (3) 波の周期(T)が小さいほど、波高減衰は大きくなる。
- (4) 礁縁付近での波高(H_0)が大きいほど波高減衰は大きくなる。
- (5) サンゴ礁海岸における波の波高減衰は次式で与えられる。

実験室では、 $H_x/H_0=0.18(H_0/X)^{0.59} \cdot (h/H_0)^{0.90} \cdot (gT^2/H_0)^{0.38}$ ($R^2=0.89$)

野外では、 $H_b/H_0=1.43(H_0/W)^{0.59} \cdot (h/H_0)^{0.90} \cdot (gT^2/H_0)^{0.38}$ ($R^2=0.85$)

ここに、 W はサンゴ礁の幅である。

野外における汀線砕波波高は次式を用いて推定できる。

$$H_b=1.43(H_0/W)^{0.59} \cdot (h/H_0)^{0.90} \cdot (gT^2/H_0)^{0.38} \cdot H_0$$

○参考文献

- 青木 久・武石 裕・前門 晃(2015): 沖縄島におけるサンゴ礁海浜の汀線碎波波高に関する推定式. 沖縄地理, 15, pp.1-10.
- 青木 久・智原 健太(2009): 裾礁型リーフ海浜における汀線碎波波高: 沖縄島読谷海岸における観測結果. 地形, 30-3, pp.219-226.
- 小舟浩治・菅原一晃・後藤智明(1998): 日本沿岸の波候特性について. 第35回海岸工学講演会論文集, pp.232-236.
- 武石 裕・青木 久・前門 晃・廣瀬 孝(2014): サンゴ礁の波高減衰に関する野外観測—沖縄島南部新原海岸の裾礁の事例—. 沖縄地理, 14, pp.19-24.
- 目崎茂和・渡久地 健・中村倫子(1997): 沖縄島のサンゴ礁地形. 琉球列島の地質学研究, 2, pp91-106.
- 地形学辞典(二宮書店)
- 八重山環境ネットワークホームページ(<http://www.churaumi.net/onihitode/onihitode9.html>) 最終閲覧日 2018年1月10日
- Bascom, W.(1964): Waves and beaches. *Garden City, New York: Anchor Books Doubleday & Company.*

【謝辞】本研究は公益財団法人国土地理協会平成28年度学術研究助成により実施された。