

平成 21 年 5 月 30 日現在

研究種目：	基盤研究(C)
研究期間：	2007～2008
課題番号：	19560799
研究課題名（和文）	可動物体型波浪エネルギー吸収装置の最適設計に関する研究
研究課題名（英文）	Research on Hull Design Method for Movable Body Type WEC
研究代表者	豊田 和隆 佐賀大学・海洋エネルギー研究センター・准教授 10274507

## 研究成果の概要：

本研究では可動物体型波力発電装置の浮体、流体、発電機特性を考慮した境界値問題および運動方程式を導出した。次に入射波の解析手法について検討を行い、装置への入射エネルギーを精度良く求める手法を明らかにした。次に2次元模型を対象に規則波中応答試験を実施し、発電効率特性、係留力特性、発電機負荷は浮体の動揺への影響が小さいことを明らかにした。とりわけ、発電機負荷による浮体動揺への影響が小さいことが明らかにできたことは、装置の設計について有益であると考えられる。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
19年度	700,000	210,000	910,000
20年度	2,600,000	780,000	3,380,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

## 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：海洋流体工学、自然エネルギー、海洋波浪

## 1. 研究開始当初の背景

自然エネルギーの一つである波浪エネルギーは無公害で豊富な資源である。地球温暖化に代表される環境破壊が進み、石油の暴騰も続いている今日、波浪エネルギーの有効利用は人類にとって喫緊の課題であり、その利用技術の開発は海洋工学に関係する研究者の責務でもある。波浪エネルギーを利用する技術の中でも、波浪エネルギーを電気エネルギーへ変換する波浪発電システムは、数多くの手法が提案されている。これらの手法は、

エネルギーを取り出す方法により、振動水柱型、可動物体型、越波型、また、設置方法から固定式、浮体式等に分類でき、現在、それぞれの手法について実用化のための研究が世界各所で行われている。

我が国では70年代から80年代に波浪エネルギーの利用に関する研究開発のピークがあり、当時は世界をリードするトップランナーであった。しかし、その後の80年代後半から90年代にかけての石油価格の下落により多くの研究が終息し、その間にも英国、米

国などの研究者らの後塵を拝する状態に陥ってしまっている。

## 2. 研究の目的

波浪エネルギーを電気エネルギーに変換する波力発電システムとして、多くの手法が考案されている。その中において、振子式波力発電装置は、エネルギー変換過程が少なく、発電効率が高いことが示されている。しかし、異常海象時対策や初期コストの問題なども指摘されている。これに対して、渡部は装置全体を浮体とすることにより、これらの問題点を解決できる浮体型振子式波力発電装置を考案している。しかしながら、浮体型振子式波力装置の詳細な特性は把握できておらず、設計手法などは明らかにされていない。

そこで、本研究では浮体型振子式波力発電装置について発電特性、浮体動揺、係留力特性について明らかにし、その設計手法を確立することを目的とした。また、装置の性能を評価するための重要なファクターである入射波エネルギーの計測精度向上も目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 数値解析コード用基礎式の導出

浮体型振子式波力発電装置の設計手法を確立するためには、数値解析コードの開発は必須であると考えられる。このため本研究ではまず、浮体動揺、流体の運動、発電機特性を考慮したシステム全体での境界値問題および運動方程式を導出した。導出に際して、装置を含む領域全体を Fig.1 に示されるように6つの領域に分割し、それぞれの領域に対して流体部の境界値問題を定義した。また浮体の運動方程式を浮体と流体の練成問題として導出し、これらを連立させることによりシステム全体の応答を得ることができる基礎式を導出する。

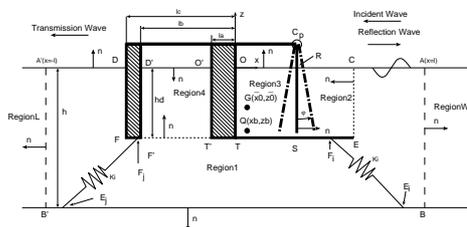


Fig.1 領域分割

### (2) 高精度入射波エネルギー計測法の開発

波力発電装置では、装置の効率評価は「出力エネルギー/入射波エネルギー」により求められる。しかしながら水槽実験においては程度の差はあるが、必ず反射波が存在し、こ

の波により、入射波エネルギーの計測値が影響を受け、最終的には装置の性能評価に影響を及ぼす。本研究では、既存の2点での波高計測値から入射波と反射波を分離する手法を拡張し、Fig.2 に示される多重反射状態の波を想定し、これらの波について解析を行うことで、高精度な入射波エネルギー計測手法を提案する。

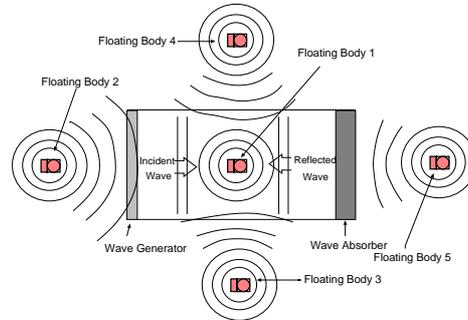


Fig.2 多重反射状態

### (3) 規則波中応答試験

次に本研究では、2次元模型を制作し、規則波中応答試験を実施した。Fig.3 に供試体模型の概略図を示す。供試体は、水室、振子、浮力体、反力板および発電ユニットで構成されている。波は図中の右側から左側に進行し、反力板は水室後壁から1.3m波下側にある。振子は水室内の任意の位置に設置することができ、水室後壁から振子までの距離を振子位置とした。実験は吸収式造波機を設置した二次元水槽で行った(Fig.4)。計測は、発電機出力、浮体動揺、係留力について行なった。まず発電機出力の計測では、発電機からの3相交流出力を整流器により全波整流し、これをセメント抵抗を用いて消費させ、この時の抵抗両端の電圧を計測した。浮体動揺は画像解析を用いて非接触にx方向変位 Surge, z方向変位 Heave, y軸回り回転 Pitch について計測した。

係留力は、模型を軽量のテグスを用いて水槽中央部に係留し、滑車を利用して大気中にテグスを導き、その先端を検力計に接続して計測した。また、この際、平衡位置に保持するために波下側からも緩係留した。

実験パラメータは、振子位置 P について 0.65m、0.98m、1.3m の3種類、発電機出力を消費させる抵抗値 R について 15、100、500 の3種類である。なお、計測範囲は波長を水室寸法 L で除した値  $L/\lambda$  が 1.0~7.0 の範囲とし、入射波および透過波の波高を精度良く求めるため波上側および波下側に4本の波高計を設置し、これらの計測値から入射

波振幅を求めた。

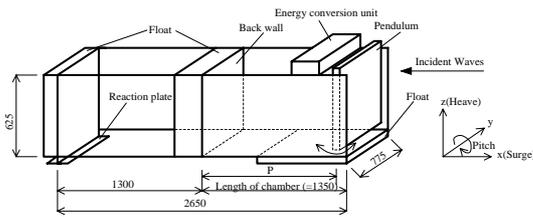


Fig.3 供試体モデル

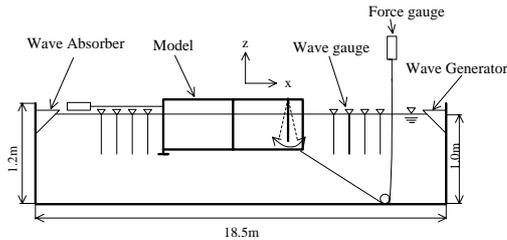


Fig.4 配置図

#### 4. 研究成果

##### (1) 数値解析コード用基礎式の導出

係留索、発電機によるエネルギー消散を考慮した浮体型振子式波力発電装置の基礎式を導出した。

##### (2) 高精度入射波エネルギー計測法の開発

規則波を造波中の水槽内において、複数点での計測を行うことにより、高精度な入射エネルギーの計測法を開発した。開発した手法を用いて入射波を求めた結果を Fig.5 に示す。Fig.5 において "No BBDB" と示されている棒グラフは浮体が存在しない場合の入射波振幅である。これに対してそれ以外の棒グラフは5種類の浮体が存在した場合であるが、いずれの浮体についても、考案した解析手法を用いることで、入射波振幅を精度良く求められることが明らかになった。

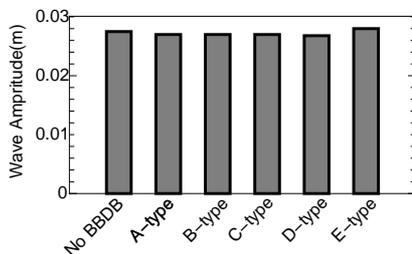


Fig.5 入射波振幅

##### (3) 規則波中応答試験

Fig.6 は振子取り付け位置  $P=1.3\text{m}$ ,  $R=500$ ,  $\lambda/L=1.5$  の場合の発電機出力である。本研究では得られた出力の1周期分を積分して出力

を求め、入射波のエネルギーで除して発電効率を求めた。Fig.7,8 に各振子位置の場合の、波長と効率の関係を示す。縦軸は効率、横軸は  $\lambda/L$  である。Fig.7 に示した  $P=1.3\text{m}$  の場合、効率は  $\lambda/L$  が 1.5 と 3.0 の時の2点でピークとなっている。これは、振子位置が  $1/4$  波 ( $\lambda/L=3.0$ ), または  $3/4$  波 ( $\lambda/L=1.5$ ) となり、振子位置と重複波の節部と一致したためである。重複波の節部では、水粒子は左右にのみ運動するため、振子の振幅が大きくなり効率 20% を示した。Fig.8 に示す  $P=0.65\text{m}$  の場合においても、効率のピークは2つあると考えられるが、本実験条件範囲内では確認することができなかった。

Fig.9,10 に  $P=1.3\text{m}$  および  $0.65\text{m}$  の場合の Surge 動揺振幅と波長の関係を示す。横軸は  $\lambda/L$ 、縦軸は Surge を波振幅で無次元化した値である。各図中には  $R=15, 100, 500$  がプロットされているが、それらの値はほぼ同値であり、抵抗値による影響は小さい。また、Heave および Pitch に関しても、抵抗値の違いによる差は殆んど生じなかった。これらのことから、振子の負荷は浮体動揺へ殆んど影響しないと考えられる。

次に Fig.11 は、係留力と波長との関係について示したものである。この図においても抵抗値について  $R=15, 100, 500$  がプロットされているが、ほぼ同等の値を示しており、振子の負荷抵抗による係留力への影響は小さい。係留力が最大となるのは  $\lambda/L=3.0$  付近、最小となるのは  $\lambda/L=6.0$  付近で、 $\lambda/L=6.0$  の時には係留力が負の値となっており、浮体に前進成分の力が作用していると考えられる。

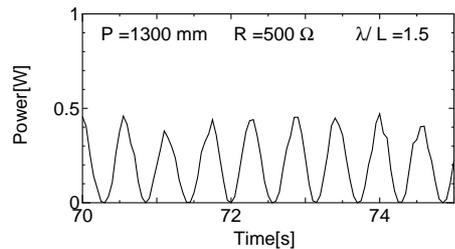


Fig.6 発電機出力

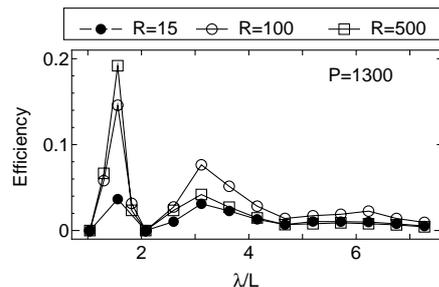


Fig.7 発電効率 ( $P=1300\text{mm}$ )

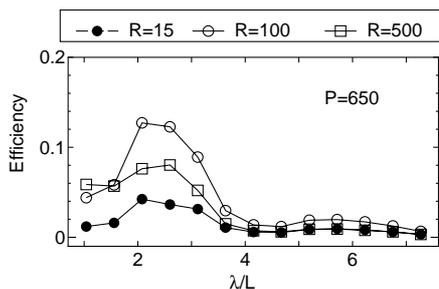


Fig.8 発電効率(P=650mm)

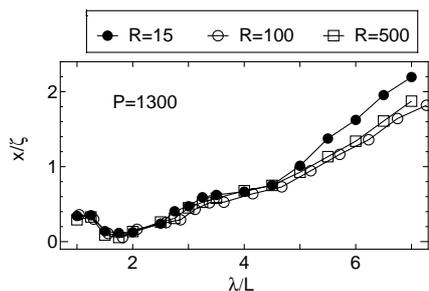


Fig.9 サージ振幅(P=1300mm)

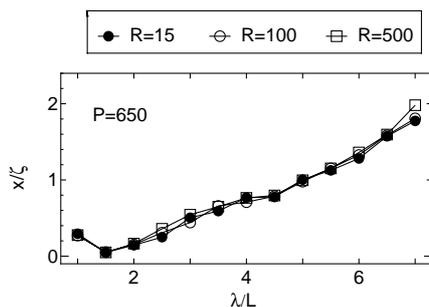


Fig.10 サージ振幅(P=650mm)

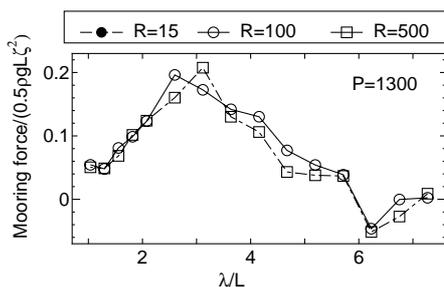


Fig.11 係留力特性(P=1300mm)

## 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 1 件)

Kazutaka Toyota, Suichi Nagata, Yasutaka Imai, Toshiaki Setoguchi, Effects of Hull Shape on Primary Conversion Characteristics of a Floating OWC “Backward Bent Duct Buoy”, Journal of Fluid Science and Technology, 査読有, Vol3, 2008, pp458-465

〔学会発表〕(計 1 件)

豊田和隆, 浮体型振子式波力発電の発電特性試験, 平成21年日本船舶海洋工学会春季講演会, 2009年5月29日, 神戸市

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

豊田 和隆

佐賀大学・海洋エネルギー研究センター・准教授・10274507

(2)研究分担者

永田 修一

佐賀大学・海洋エネルギー研究センター・教授・30404205

今井 康貴

佐賀大学・海洋エネルギー研究センター・助教・90284231

(3)連携研究者

なし