

研究タイトル:

## 各種流れの可視化および波力発電に関する研究



氏名: 早水 庸隆 / HAYAMIZU Yasutaka E-mail: hayamizu@yonago-k.ac.jp

職名: 教授 学位: 博士(工学)

所属学会・協会: 日本機械学会, 日本流体力学会, 可視化情報学会, ターボ機械協会

キーワード: 可視化, 混合, マイクロミキサ, 運動良好精子分離装置, 波力発電, マイクロバブル

技術相談

提供可能技術:

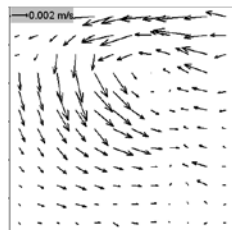
- ・マイクロからマクロスケールの流れの可視化
- ・粒子画像流速測定(Particle Image Velocimetry: PIV)およびレーザー誘起蛍光法(Laser Induced Fluorescence: LIF)による流動と混合の定量的評価
- ・マイクロバブルや粒子の粒径分布計測

### 研究内容 1: 流れの可視化に関する研究

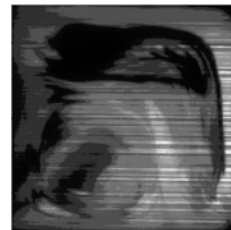
#### ■ 研究テーマ 1: 「二次流れのカオス化を利用したマイクロミキサに関する研究」

近年, 化学やバイオなどの分野において化学分析などの化学操作を小さなチップ上に集積した  $\mu$ -TAS (Micro Total Analysis Systems) と呼ばれる超小型化学分析装置の開発が注目されています。この装置は様々なマイクロ流体素子やセンサなどからなり, 混合, 攪拌, 反応, 分離や抽出などの一連の操作を行うものです。しかし, 流路はマイクロサイズであるため, その流れは低レイノルズ数となり乱流による攪拌や熱移動が期待できません。そのため, 低レイノルズ数流れにおいて効率よく混合・攪拌されるマイクロミキサが必要とされています。

そこで, 本研究では二次流れ(渦)をカオス化させ, 混合・攪拌の促進を図るマイクロミキサの開発を目的としています。図1は本研究で作製したマイクロミキサ内流れの PIV/LIF 計測による画像の一例を示したものです。



(a) PIV 画像(流動)



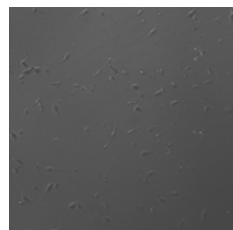
(b) LIF 画像(混合)

図1 マイクロミキサ内流れ

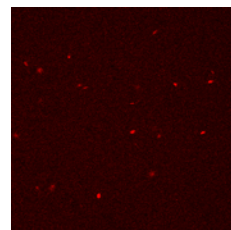
#### ■ 研究テーマ 2: 「マイクロチャネルを用いた運動良好精子分離装置に関する研究」

現在, 少子化が深刻な社会問題とされており, その原因の一つとして不妊症が挙げられます。不妊原因の約半分が男性精子の欠如や異常であることが判明しています。受精の確率を高めるためには運動良好精子が必要であり, 不妊治療には運動良好精子を安全かつ簡便に選別する過程が重要となります。

そこで新たな治療方法として, マイクロチャネルを用いた運動良好精子分離装置(Microfluidic Sperm Sorter: MFSS) による「不妊症治療システム」の開発が注目されています。MFSS の開発においては, マイクロチャネル形状や流体力学的な条件が効率よく運動良好精子を抽出できるのかを明らかにすることが重要ですが, いずれもその解明には至っていないのが現状です。本研究では, 運動精子に対するマイクロチャネル内流れの影響を明らかにする目的で, マイクロチャネル内流れを変化させた際の運動精子の PIV/LIF 計測を行っています。図2は運動精子画像の一例を示したもので, 本研究では図2(b)に示すような精子頭部の蛍光(赤色)から運動精子の速度を算出しています。



(a) 元画像



(b) 蛍光画像

図2 運動精子画像

## 研究内容 2: 波力発電に関する研究

### ■ 研究テーマ 3:「波力発電用垂直軸タービンに関する研究」

本研究は、海洋エネルギー利用技術の一つである振動水柱型波力発電において、その二次変換装置として使用される空気タービンに関する技術開発です。現在、空気タービンとしてウエルズタービンなどの水平軸タービンが広く使用されています。しかし、これらのタービンは往復気流で常に同一方向に回転できるように、幾何形状をロータの回転中心面に対して対称にしなければならず、一般にエネルギー変換効率は在来のタービンに比べて低いです。

したがって、本研究では、風向制御が不要かつ低騒音の風車として活用されている垂直軸タービンを用いて、高効率の波力発電用空気タービンを開発しています。具体的には、通常フィールドの開かれた空間で使用する垂直軸タービンを、振動水柱型波力発電プラント(図 3 参照)を想定してケーシングの内部に設置し、垂直軸タービンの性能を風洞の定常流により実験的に解明しています(図 4 参照)。また、実際に海洋で発生する往復気流を想定して、準定常解析手法による数値シミュレーションを利用し、タービンの平均効率およびタービンの起動特性(静止状態から発電可能な高速回転までの回転数変化)を求めています。

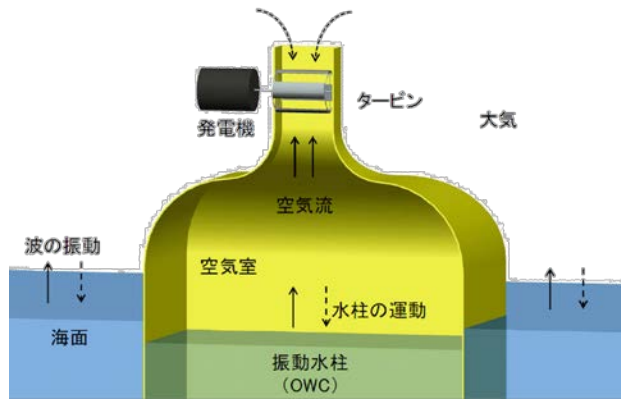


図 3 振動水柱型波力発電プラント

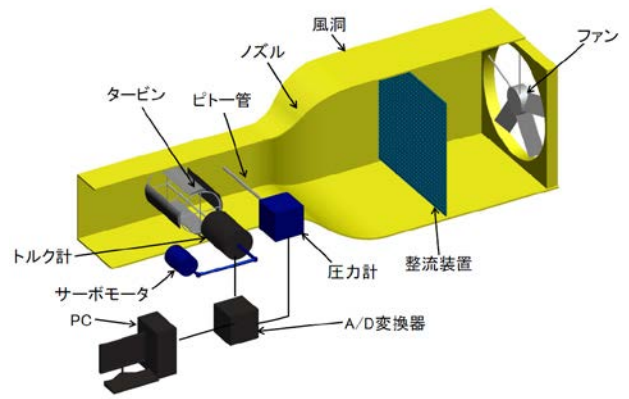


図 4 風洞試験装置概略図

<b>担当科目</b>	本科科目:水力学, 流体力学, エネルギー機械 / 専攻科科目:流体力学特論
<b>過去の実績</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・卵管内の力学的環境を考慮した運動良好精子分離装置の開発 (平成 30~令和 3 年度 文部科学省: 科学研究費助成事業 基盤研究(C))</li> <li>・テイラー・ディーン流れカオス混合の速度・濃度同時計測による混合促進メカニズム解明 (平成 27~29 年度 文部科学省: 科学研究費助成事業 基盤研究(C))</li> <li>・波力発電用直線翼垂直軸タービンに関する研究 (平成 24~令和 3 年度 佐賀大学海洋エネルギー研究センター共同利用研究)</li> </ul>
<b>近年の業績</b> (研究・教育論文、特許含む)	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) A. K. Datta, T. Kouchi, Y. Hayamizu, et al., "Existence of dual solutions and three-dimensional instability in helical pipe flow", Chinese Journal of Physics, Vol. 73, pp.154-166, 2021.</li> <li>(2) Y. Hayamizu, et al., "Particle Behavior in Curved Microchannels: Aspect Ratio Effects", Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1909, 012062, 2021.</li> <li>(3) Y. Hayamizu, et al., "A Straight-Bladed Vertical-Axis Turbine for Wave Energy Conversion: Effect of Guide-Vane Geometry on Performance", Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1909, 012054, 2021.</li> <li>(4) T. Hyakutake, K. Sugita, S. Ujifuku, R. Sakurai, R. Murakami, Y. Hayamizu, "Experimental study on the effect of flow in microfluidic channel on bovine sperm navigation", Journal of Biomechanics, Vol.118, 110290, 2021.</li> </ol>

### 提供可能な設備・機器:

#### 名称・型番(メーカー):説明

- YAG レーザ・CW532-3W(日本カノマックス株式会社)**:連続発振のレーザ(波長:532nm, 出力:3W)を光源とした流れの可視化装置です。
- ハイスピードカメラ・HSS4G(日本カノマックス株式会社)**:最大解像度 1024×1024pixel, 最高撮影速度 120000fps(コマ/秒), 最大解像度時に 2000fps(コマ/秒)の撮影が可能なハイスピードカメラです。
- PIV ソフトウェア・DaVis-PIV-Particle(日本カノマックス株式会社)**:レーザ, カメラを含む全てのコンポーネントを完全に制御, 画像の取得から解析, 評価, 保存, 後処理にいたる PIV 計測に必要な行程を統合している PIV ソフトウェアです。また, 粒子径, 混相流計測もできます。
- LIF ソフトウェア・DaVis-LIF(日本カノマックス株式会社)**:LIF 技術を用いて, 流体の蛍光強度から混合攪拌過程を定量的に可視化計測できるソフトウェアです。取得した連続画像から濃度や温度の分布の可視化ができます。