

令和 3 年 6 月 30 日現在

機関番号：32105

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11604

研究課題名（和文）流体可視化技術による水中へのイメージ生成法の開発と提案

研究課題名（英文）Development of Generating Images Under Water Using Fluid Visualization Techniques

研究代表者

秋廣 誠（Akihiro, Makoto）

筑波学院大学・経営情報学部・講師

研究者番号：50783114

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,900,000円

研究成果の概要（和文）：水素気泡法の特徴に注目し、新規の新規の水中2次元イメージ表示システムの技術的基盤を構築する。水中に没入させた複数の電極を掃引する実験装置を制作し、様々な接液形状の電極で水素気泡を発生させる実験を実施した。また、気泡の発生タイミングを得るためのソフトウェアを開発した。電極は、最終的にはハープ型と呼ぶ構造を採用した。複数の電極が成す角度によって、2次元気泡の像の現れ方が異なることが分かった。精度の高い2次元像は得られなかったが、電極の配置間隔などを工夫すれば、様々な視覚的印象を得られうるという予察を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の独自性は、気泡が水中に忽然と現れ次第に消失するという、視覚的な意外性を有する点と、流れの多様な形相に情報を付加できる点である。これらの特徴は、一般のディスプレイ装置が「装置然」としてしまふのに対して、本研究が「脱装置」を指向できることを示唆している。これらの特徴を引き出しながら、技術基盤を構築していくことで、表現手法としての発展を目指す。

研究成果の概要（英文）：We focus on the characteristics of the hydrogen bubble method to develop the technical basis for a new and novel underwater two-dimensional image display system. We created an experimental apparatus that sweeps multiple electrodes submerged in water, and conducted experiments to generate hydrogen bubbles with electrodes of various shapes. We also developed software to obtain the timing of bubble generation. The structure of the electrodes was finally adopted, which we call the harp type. It was found that the appearance of the two-dimensional bubble image depended on the angle formed by the multiple electrodes. Although we were not able to obtain a highly accurate two-dimensional image, we predicted that various visual impressions could be obtained by devising the placement intervals of the electrodes.

研究分野：立体造形、メディアアート

キーワード：Media Art Fluid Dynamics Hydrogen Micro Bubble Underwater Display

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

本研究は、流体可視化法である水素気泡法を応用して、新規の水中 2 次元イメージ表示システムの開発をする。ここで水素気泡法（**図 1**）について簡単に説明する。流体力学の実験では、流れを追跡し観測する為に流体に添加する物質や現象をトレーサと呼ぶ。水素気泡法は、電気分解で発生する微小水素気泡が、浮力の影響を受けにくく、液体中で流れに沿い、なおかつ光を反射する、という性質をトレーサとして利用する流体可視化法である。実験の用途に合わせ、電極形状や気泡発生のタイミングをアレンジでき、低コストで実現できる可視化法として知られている。

ここで筆者らは、水中で任意のイメージを表示できる、メディア表現手法を着想した。すなわち、多数の電極を配列した構造を水中に没し、ソフトウェアで所要のタイミングで各電極に個々に電圧をかけながら電極と水とを相対運動させれば、気泡列による 2 次元像を生成できる、という考案である。

本研究の独自性は、①気泡が水中に忽然と現れ次第に消失するという、視覚的な意外性を有する点と、②流れの多様な形相に情報を付加できる点である。これらの特徴は、一般のディスプレイ装置が「装置然」としてしまうのに対して、本研究が「脱装置」を指向できることを示唆している。これらの特徴を引き出しながら、技術基盤を構築していくことで、表現手法としての発展を目指す。

2. 研究の目的

本表示方式の技術基盤を構築するために、プロトタイプングを実施する。プロトタイプをもとに、まずは気泡で 2 次元像を生成し、電極の形状や、良好な気泡発生の条件を、観察による評価をもとに検討する。

プロトタイプングのうち最も重要なのが電極の形状の検討である。水中の電気配線の輻輳を原因として、気泡発生直後に流に乱れが発生する。乱れをある程度抑制できなければ、気泡による図像の観察が困難となる。筆者が発明した、乱れの抑制方法を踏まえ、2 次元像の描画の技術的な条件を見出す。また、任意の図像から気泡の 2 次元像データ（ラスタデータ）を得るためのソフトウェアの開発も実施する。



図 1 水素気泡法での可視化のようす

3. 研究の方法

水槽中に没した電極構造を掃引できるような実験装置を構築した（**図4**，**5**）。気泡を電極から分離させるために、水と電極を相対的に運動させるが、その運動方法によって、図像の表示方法が大別できる。一つ目は（a）流れの中に、電極を静置させる場合であり、河川等への実装を想定するものである。実験レベルでは回流式水槽などが必要である。二つ目は（b）静置された水の中に、レール等で電極を掃引する場合であり、池や水族館の水槽への実装を想定するものである。本研究では、諸々の制約から、実験装置が小規模で済む（b）の方法を採用した。

（1）本研究助成以前に実施した予備実験で得られた知見をもとに、翼型の断面を有する電極構造で水素気泡像の発生の実験を実施した。予備実験では行程1.5m程度の水槽において、翼弦長10mm程度の翼面表面に接液電極を設けた。一方、本実験装置では、水槽が小型（60cm）であることと、多数の電極（レーン）を設けるための配線の集約のため翼弦長さ30mm程度であった。前者の流れの乱れの程度を、後者の装置で再現しようとする、水素気泡の径をかなり小さく抑える必要が生じた。つまり、後者では、気泡浮上の速度を許容できる範囲におさめるための観察距離（観察スケール）が小さくなる（**図3**）。

（2）接液電極の方式を改め、気泡径を小さくし、かつ電極後方の乱れから距離を置くことを目的として門型電極構造を制作し、実験と観察を実施した。門型電極では、翼型構造から生やす髭状のサポート電極の強度を十分に確保できず、流体との相対運動に沿って気泡発生位置が動いてしまった。また、サポートと接液電極との電気的かつ機械的な良好な接合が困難であった。

（3）接液電極をサポートする構造体を水没させる、というコンセプトから一度離れ、複数の電極線にテンションを掛けながら架橋するようなハープ型電極を考案した（**図6**）。ハープ型では、本実験環境での小型の水槽であっても、電極後方の乱れをある程度抑制でき、電極数も増やしやすいことが分かった。ハープ型電極は、水中で複数の接液部が面を成す（**図2**）。そこで、この面と掃引方向が成す角 θ を変化させながら、気泡像を観察し、その印象をもとに、角 θ と気泡像の関係を考察した（**図8**，**9**）。

（4）任意のモノクロの画像データにディザ処理を施し、気泡発生に必要なデータである0と1で表現されたラスターデータを得るソフトウェアを開発した。**図7**は、任意の画像から気泡ラスターデータを得るインターフェイスを示している。ソフトウェアはC++とopenFrameworksライブラリで開発し、確認用の文字列やバイナリのデータを出力できる仕様である。また、将来実施を予定している感性評価のために、複数のディザ処理のアルゴリズムを切り替える、などの機能も備える。

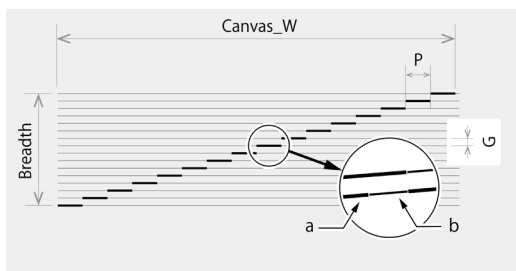


図2 ハープ型電極。bが接液部である。

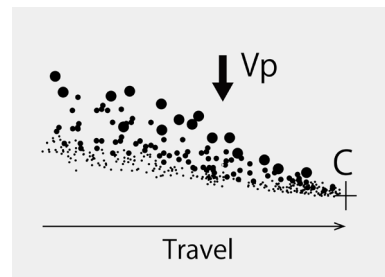


図3 気泡発生直後の分布

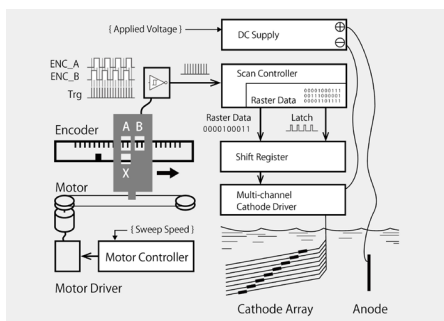


図4 実験装置のブロック図

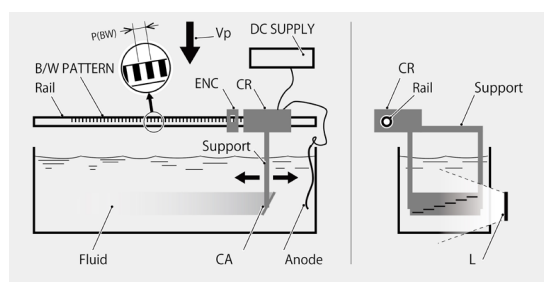


図5 実験装置の概要

4. 研究成果

これらのプロトタイピングの結果、本実験の諸元に基づけば、微小気泡を水中にしっかり留まらせ、十分長い時間にわたって描像の情報を鑑賞者に視認させ、徐々に気泡像が拡散する、というような条件を導き出すには至らなかった。しかしながら、図像の表示という目的そのものは、ハープ型電極の構成方法で達成可能であり、水中への気泡の残留時間の改善のための検討は、接液電極間のギャップ長、配置方法、電極線径の微細化に対して行えばよいことが分かった。

また、電極表面の材質の選択（たとえば白金黒）などにより、残留時間が改善すれば、拡散や霧散に至るまでの猶予が生まれ、気泡像から得られる視覚的印象のコントロールの幅が生まれることになるであろう。また、この実験結果は、水中への気泡の残留にこだわらない鑑賞方法への発展も考えられることを示唆している。

気泡を用いたインタラクティブアートが、独特の揺らぎを含むことから見る人にある種の癒しを与える可能性はすでに指摘されている（松村ら，2002）。本研究で開発した水素気泡法による表現は、従前のさまざまな気泡表現よりも柔軟かつ繊細な印象を与えるものであり、見る人の感性に訴えるものが特異的な様相を呈することが予想される。これらの感性認知評価については、古典的なSD法による印象評価や、類似した気泡表現のアート作品との類型化を多次元尺度構成法で行うことも可能であろう。また、水素気泡法の表現を見た対象者にその印象や感じた表現などを自由記述で回答させたデータから、テキストマイニングによる分析を行うことも考えられる。これらの感性認知評価の分析から、表現の新規性などを検証することは今後の検討課題であろう。

松村誠一郎・鈴木太朗・荒川忠一・伊藤隆道（2002）．気泡と音響を用いたインタラクティブアート：インタラクティブアートとインターフェイスの新たな可能性 環境芸術，2，29-36．

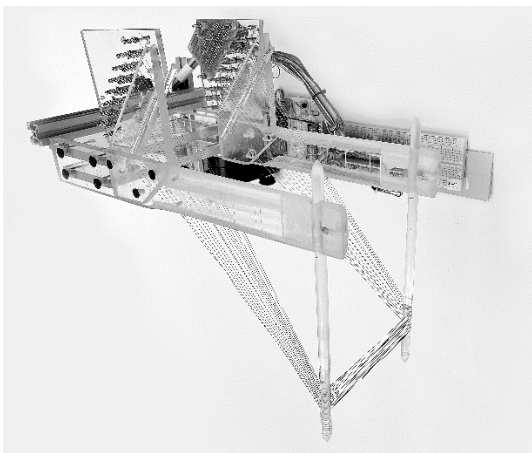


図6 16か所の接液部を持つハープ型電極

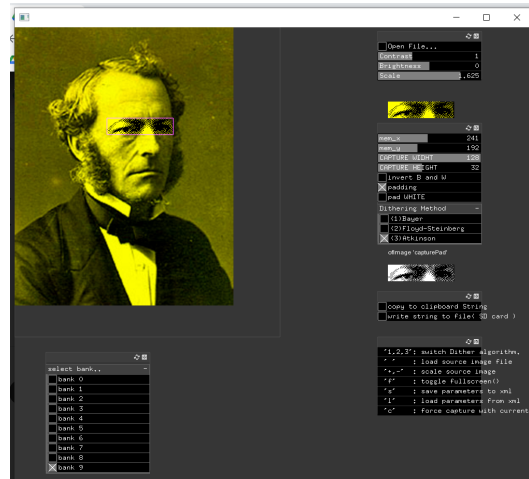


図7 ソフトウェアのインターフェイス

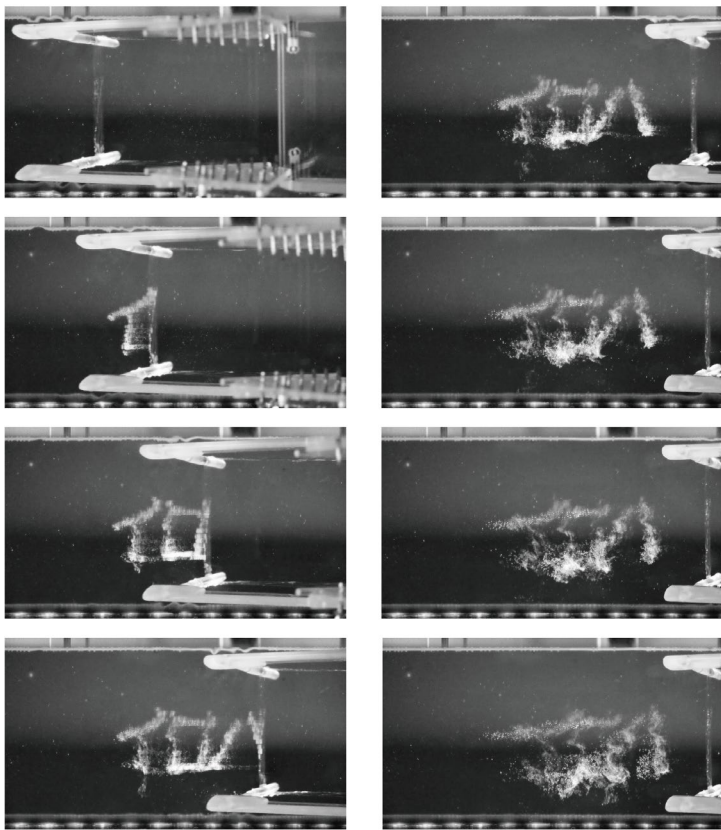


図8 没入角度が浅い場合の気泡像

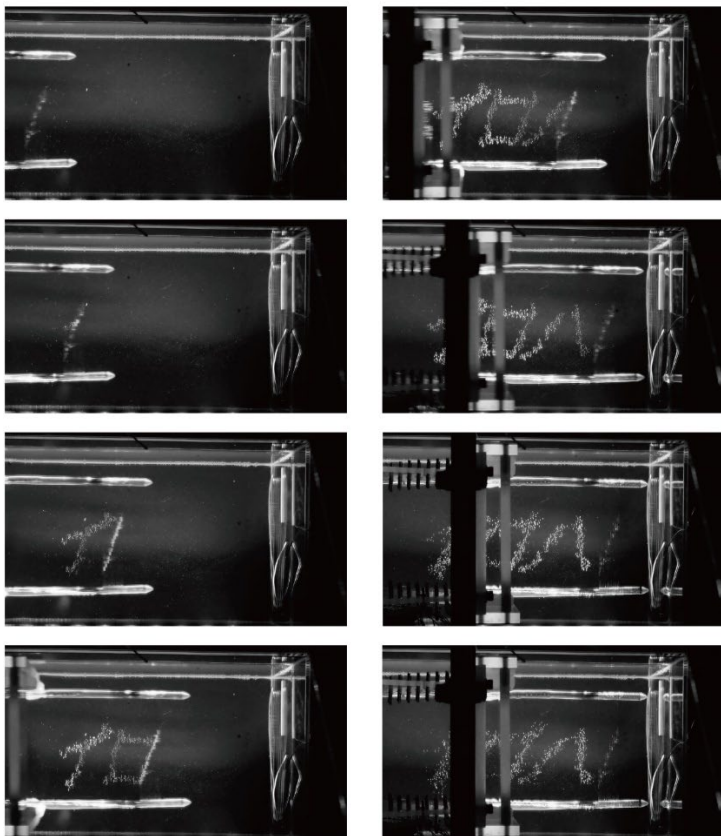


図9 没入角度が深い場合の気泡像

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 秋廣 誠、佐野 司	4. 巻 16
2. 論文標題 水素微小気泡を用いた水中ディスプレイの電極構造	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 筑波学院大学紀要	6. 最初と最後の頁 35,46
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 秋廣 誠、佐野 司
2. 発表標題 水素気泡による水中へのイメージ表示手法の検討
3. 学会等名 日本図学会
4. 発表年 2018年～2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

webページ（動画） 電気分解による水中ディスプレイ（1/n） https://vimeo.com/manage/videos/552205357 電気分解による水中ディスプレイ（2/n） https://vimeo.com/manage/videos/552205225 webページは、ハープ型電極による水中生成像である。2つの実験は、電極の没入角度が異なる。

6. 研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究 分 担 者	佐野 司 (Sano Tsukasa) (80406024)	筑波学院大学・経営情報学部・准教授 (32105)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------