

流体工学に関する実践的教育への試み

坂本 雅彦

A Trial for Practical Education of Fluid Engineering

Masahiko SAKAMOTO

現在教育の場として知識修得型や問題解決能力のみならず、学生の創造力や課題探求能力を養成することが課題として強調されてきている。本研究では、流体工学における流れの諸現象を授業や実験の際に直接目視させることで学生の理解と興味を深めさせることを目的に、各種装置を試作し、その効果について検討した。これら装置を用いて学生を対象にアンケートを実施した結果、試作した各種装置が現象の理解を深めさせる上で有効であることが分かった。

1. 緒言

従来の単なる知識習得型や分析・解析型のみならず問題解決能力、創造力、さらには課題探求能力を養成することが教育の課題として強調されてきている¹⁾²⁾。高専の教育においても更なる一層の教育の質の向上を目指し、実践的教育の充実を図る必要があると考えている³⁾。

流体工学の多くは難解な数式に満ちていて、専門外やまだ知識を得ていない人には親しみにくいというのが現状である。自然科学の目的は、自然現象のメカニズムを解明する事であり、数学は自然現象の仕組みを表現するための補助手段にすぎない。数学を使わなくても、流れの仕組みを理解する事ができればその現象はほぼ解明されたと言う事ができる⁴⁾。すなわち「見えざるもの」を「見えるもの」にする可視化技術は、「百聞は一見にしかず」ということわざにあるように、現象に対する認識を深める上で極めて有効な手段であると考えられる⁵⁾。

流れを大別すれば、完全流体の流れ、粘性流体の流れ、圧縮性流体の流れ、希薄気体等の流れ等に分類できる。この中でも粘性流体の流れは、レイノルズ数とともに千変万化し、想像を超える不思議な挙動を示すとともに最も身近な流れである⁴⁾。

本研究では、流体を学ぶ上で、流れを直接目視可能とする各種装置を講義や実験に併用することが有効であると考え、これら各種装置を試作し、講義や実験で実際に使用することでその効果について検討した。以下に、こ

れら結果について報告する。

2. 試作した各種装置

試作した各種装置は、圧力により働く力の例として、マリオットの瓶、ホバークラフト、そして落下する回転円柱を試作した。また、粘性の働きを可視する装置として、円柱周りの流れ装置、渦励振装置、そしてK-H波装置を試作した。圧力により働く力の例として、図1はマリオットの瓶を示す。二つのペットボトルを用意し、それぞれの容器に水を封入し、底部に小孔を設けることにより水が噴出する。一方の容器には、上部よりストローを挿入し、栓をしている。小孔より噴出する速度は、トリチェリの定理より $V = \sqrt{2gh}$ (m/s) で与えられ、水深 h

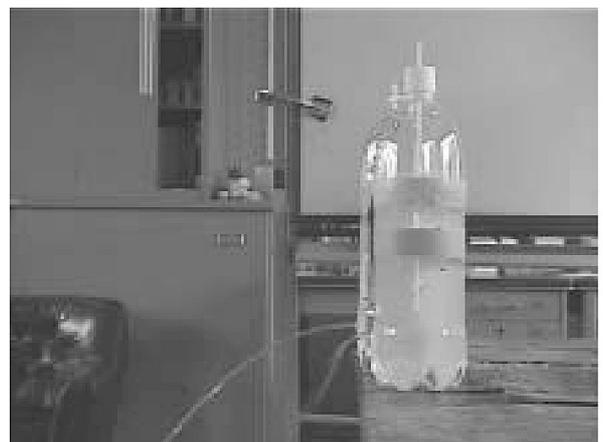
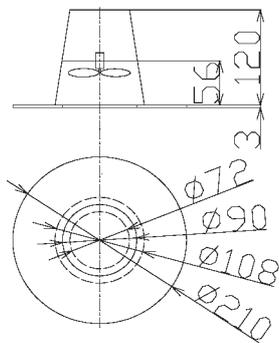


図1. マリオットの瓶

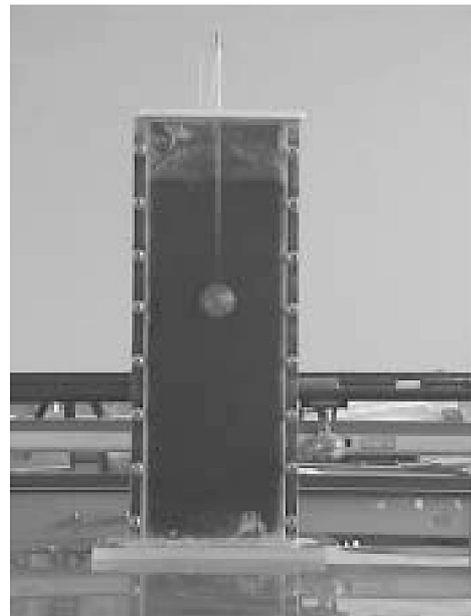


(a) ホバークラフト外観

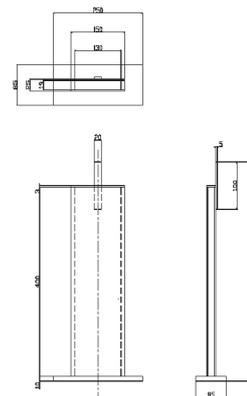


(b) ホバークラフト詳細

図2. ホバークラフト



(a) 円柱周りの流れ装置外観



(b) 円柱周りの流れ装置詳細

図4. 円柱周りの流れ装置



図3. 落下する回転円柱

の低下に伴い噴出速度は減少し、結果として噴流の到達距離は時間の経過に伴い低下する。しかし、ストローを挿入した容器では、ストローより空気の気泡が容器内に導入されストロー先端で大気圧となり、水位がストロー先端に到達するまで噴流の速度は変化しない。圧力としての大気圧が実際に水面に働いていることを実証できる装置である。図2は、ホバークラフトを示す。本体にカップラーメンの空き容器を使用し、スカート部分に直径210mmに切り抜いたデコレーションパネルを使用した。モーターには無負荷時24000r.p.m.のものを、プロペラには三枚羽のものをを使用した。プロペラの駆動により本体上部の穴から空気が流入し、容器底部にエアークッションが形成され、その結果本体が浮上し、摩擦が減少して滑るように移動する。容器底部に断面積の大きな円

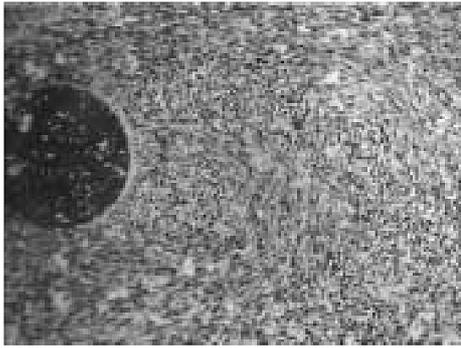


図5. 円柱後方のカルマン渦列

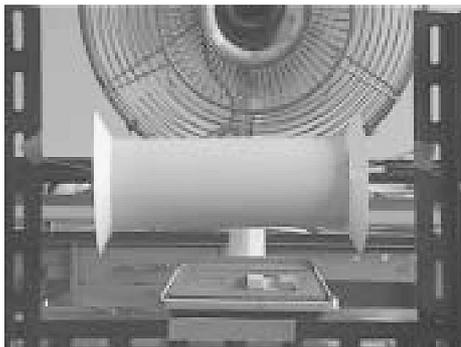


図6. 渦励振

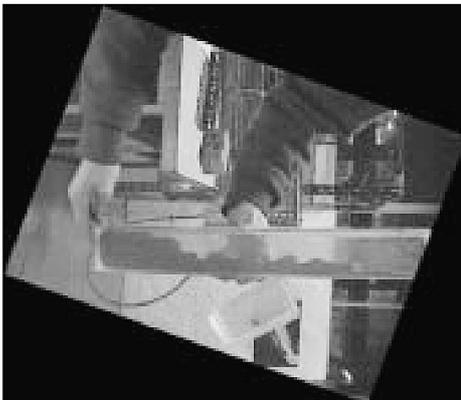


図7. K-H 波装置

盤上の板を設置することによりプロペラの回転数が小さくとも容易に浮上させることが可能である。

図3は、厚手の紙を円柱状にし、その両側に糸を巻き付けたものである。円柱が落下しながら回転することにより揚力を生じ、結果として落下する方向とは垂直の方向に移動する。2mほどの落下距離でおよそ30cmほど移動することが分かった。

次に、粘性の働きを可視する装置として、円柱周りの流れ装置を図4に示す。水槽の中に紐を通した円柱を沈め、滑車に沿って等速度で引き上げることにより円柱の後方にできる渦を容易に目視できる。円柱の引き上げ速度を変化させることにより、円柱の後方に生ずる双子渦やカルマン渦列等が可視化できる。図5は、円柱の

後方に生じたカルマン渦列の結果を示す。カルマン渦列が生ずると、マグナス効果により円柱には揚力が生じ流れ方向と垂直に振動する。この振動が円柱の固有振動数と一致すると、共振により円柱が大きく振動し、これを渦励振という。この現象を容易に観察できる装置として、円柱を紙で製作し、輪ゴムで円柱の両側を固定することで渦励振を容易に観察することができる。図7に、K-H波装置を示す。装置本体にアクリル板を、使用流体には赤の水彩絵の具で着色した水とシリコンオイルを使用した。装置の支点を中心に傾けることができるため、K-H波を容易に可視化できる。K-H波は、二層の異なる流体を容器に封入させることにより、流体の密度の差によって、水は下部に、シリコンオイルは上部に移動し、境界面の速度が不連続となり、その結果圧力差を生じ、不連続面に波が生じ、それが次第に成長して、結果として孤立渦へと成長する⁶⁾。

3. 実践的教育への活用例

以上述べた各種装置を、流体工学の授業未経験な学生（本校機械工学科3年生）を対象に実施し、その有用性を確かめるためにアンケートを実施した。以下に、アンケート内容及び結果について報告する。

<アンケート内容>

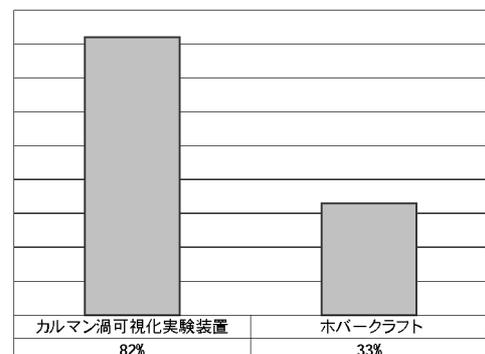
問1. 流体工学を学ぶ場において、可視化実験装置はその手助けになりましたか？

問2. 可視化実験装置を用いたデモンストレーションがあったほうが、理解を深めやすかったか？

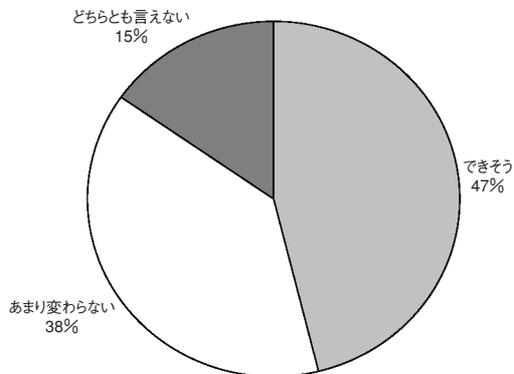
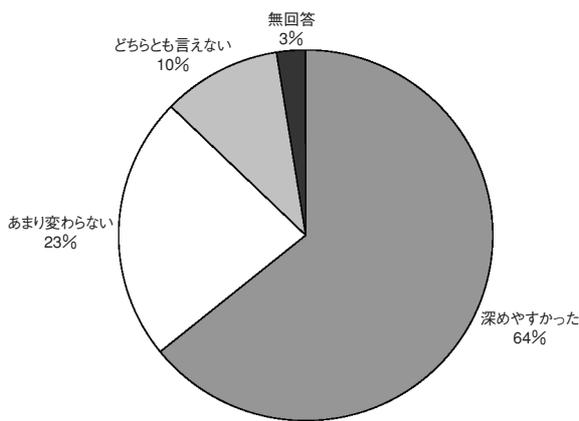
問3 授業の場において、可視化実験装置を用いることにより、流体工学により一層興味をもって取り組むことができそうか？

<アンケート結果>

問1に対する回答



問2に対する回答



問1では、カルマン渦可視化装置では82%の学生が流体工学を学ぶ場において手助けとなると答え、ホバークラフトでは33%の学生が手助けになると答えた。問2では、64%の学生が、可視化装置を用いたデモンストレーションがあったほうが、理解を深めやすいと答えた。ここでの理解とは実際に講義と可視化実験装置を併用した時と可視化実験装置を用いなかった時の講義のみと比べての理解度を表す。可視化装置を用いたデモンストレーションがあっても23%の学生が、あまり変わらないと答えた。また、10%の学生がどちらとも言えない、無回答が3%という結果が得られた。問3では、47%の学生が、授業の場において、可視化実験装置を用いることが、流体工学により一層興味をもって取り組む事ができそうと答えた。38%の学生は、可視化実験装置を用いても、流体工学に対する興味はあまり変わらないと答えた。どちらとも言えないという学生は15%という結果が得られた。

4. 結言

各種の可視化装置を試作し、これら装置の実践的教育への導入について検討した。得られた結論は以下の通り

である。

- (1) カルマン渦実験装置はまだ改良の余地はあるが実践的教育に効果的だと考えられる。
- (2) K-H波可視化実験装置については実験を行っていないがはっきりとK-H波を確認できるため実践的教育に効果的だと考えられる。
- (3) ホバークラフト実験装置については先に述べたように改良を続けていけば、さらに学生の興味や理解を深めることができると考えられる。
- (4) 他に流体工学における可視化装置として、学生の方から声があがった各種の乗り物の周りの流れが挙げられるが、これらについては今後の課題としたい。

謝 辞

本研究を行うにあたりご協力頂いた元奈良高専学生の津嘉山寛君、西中宣由君に感謝申し上げます。また、可視化実験装置を製作するにあたり、ご丁寧にご指導下さった実習工場の教官方、アンケートにご協力下さった国立奈良工業高等専門学校元機械工学科3年の学生に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) グローバル化時代に求められる高等教育の在り方について、大学審議会、文部省、2000年6月
- 2) 日本機械学会誌、高等専門学校における技術者教育、1998年11月
- 3) 高等専門学校の教育と研究、別冊第1号、創造教育実践事例集、1999、日本高専学会
- 4) 川橋正昭、可視化情報、p1, Vol.19 No.73, (1999), (社)可視化情報学会
- 5) 種子田定俊、画像から学ぶ流体工学、piii, (1996), (株)朝倉書店
- 6) 中林功一・伊藤基之・鬼頭修己、流体力学の基礎(2), p55, (1993), (株)コロナ社