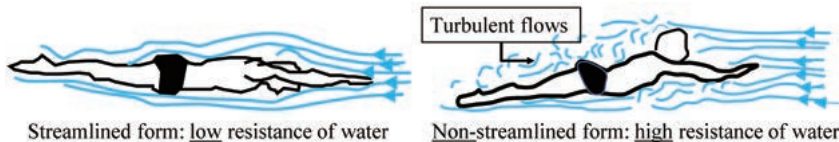
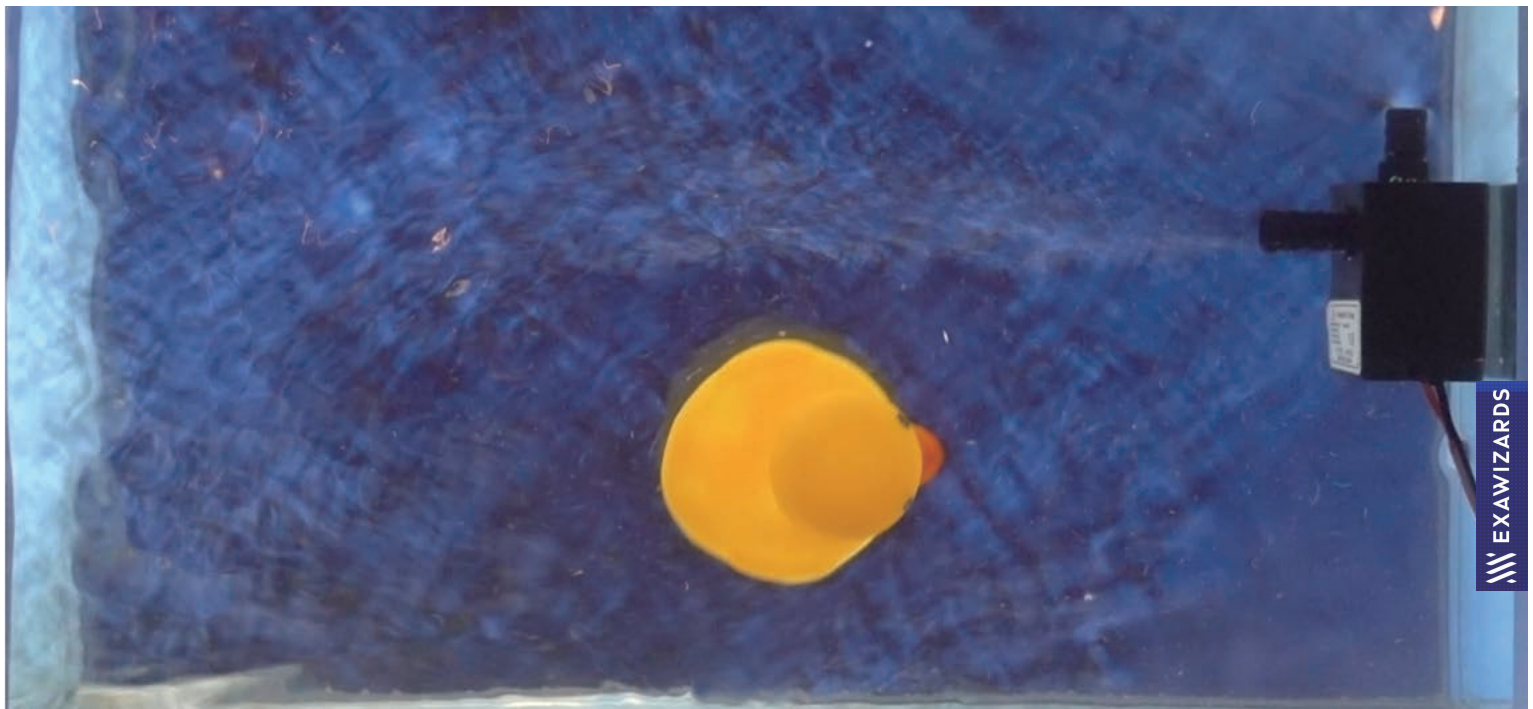


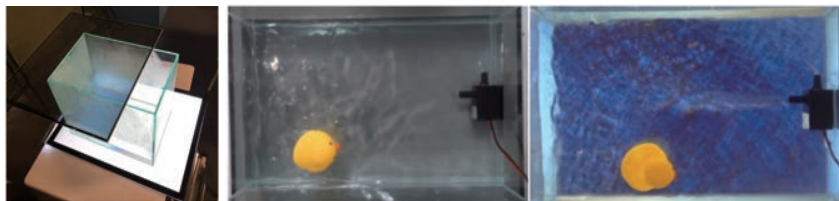
水泳プール中の水の流れを 3次元計測する技術の開発

3D Water Flow Measurement Technology for Swimming

株式会社 Exawizards. 山下 聖悟



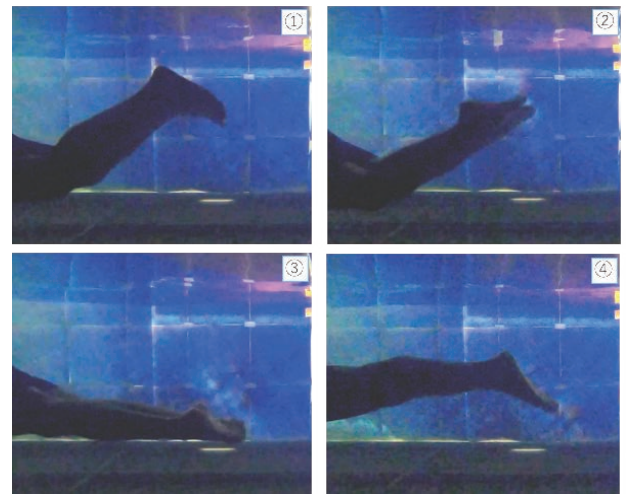
本研究では、水泳プールにおいて3次元流体計測を実現する技術の開発を目指した。人の泳動作による水流を計測することで、水中での人の推進を妨げる抵抗の発生原因や位置等を明らかにできる。本研究の成果は、未だに明らかにされていない人の水中での推進メカニズムの解明や、より効率の良い泳ぎ方の発見などに貢献することが期待される。



System configuration A pump creating water flow Visualized water flow from a pump

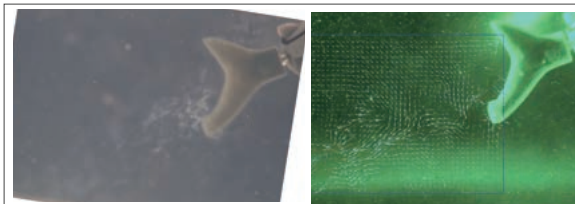
本研究では、人体への危険性が少なく、かつ既存手法より広い3次元空間で流体計測を行うことができるトレーサー粒子（流体の動きを可視化するため散布される粒子）とその計測手法の実現を目指した。粒子の可視化には、プール中に設置された2枚の直行する偏光角を持つ偏光板（あるいは円偏光板の対）による遮光と、その間に漂う粒子による偏光面の回転によっておこる明暗差を用いた。従来手法の場合、粒子の可視化のために、やけどや失明などの人体への影響が考えられる強力なレーザー光を計測環境に照射する必要があった。本研究で提案した光学系は、室内灯に使われる光源と同程度の光量でトレーサー粒子を可視化し、カメラにより計測可能にする。

図中の流れの可視化には、ナノセルロースがトレーサー粒子として用いられている。セルロースナノファイバー(SNF)は、ナノサイズのセルロース繊維である。SNFは最大で数ヶ月の間、沈殿または浮上せず水中を浮遊し続ける特性を持つ。また、水全体に万遍なく分散した状態を保つことも知られている。加えて、SNFは粒子サイズが微笑であり光を散乱させないため水に散布した場合も水をほとんど白濁させない。SNFを含む水は、流れなどにより力(せん断力)を受けた部分だけが強い複屈折(方向による屈折率の差)を持つ。また、提案する光学系は複屈折を持つ部分だけを周囲に比べて明るく可視化する。そのため、水泳動作などにより水が流れた際には、その部分のみが周囲に比べて明るく観測される。流れが発生した部分のみが可視化されるため、カメラ等による撮影、あるいは目視で流れの概要が把握できる。

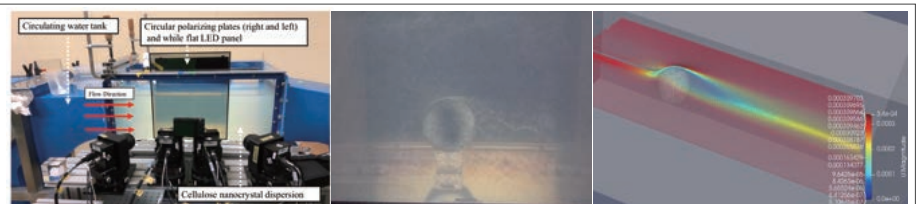


Visualized water flow by a swimmer

大型のガラス水槽(幅2m、奥行き3m、高さ1.5m)を用いて人が泳ぐ際に起こす水の流れを観測する実験を共同研究者と共にを行った。実験の際には、0.02wt%のセルロースナノクリスタル懸濁液5トンを水槽中に準備した。また、水泳経験者に水槽中で様々な泳法を用いて泳ぐように依頼し、その水流を観測した。例えば、ドルフィンキックにおいては、揃えた足が上から下に移動する際に足の裏の上部に強い渦が発生していることと、その渦が足の動きについていくように下方向に移動することで、体に対して後下方方向に大きな水の流れを発生していることが観測された。水泳に関する学術的な貢献を提供するためには、水泳プールのような連続的な泳動作が可能な環境において計測を実現する必要がある。本研究では、今後も、計測範囲を更に拡大できる光学系の開発や、更に水の容量の多い環境にて十分な濃度のトレーサー粒子を散布する方法の確立、濃度がより低くとも流れを可視化できる技術の開発などを目的とする。



Result of our method and Particle Image Velocimetry (PIV).



Experiment using circulating water tank and simulation

- [Publications]
- Shogo Yamashita, Shunichi Suwa, Takashi Miyaki, Jun Rekimoto, "Feasibility Study on Water Flow Visualization Using Cellulose Particles and Pervasive Display", The 8th ACM International Symposium on Pervasive Displays(PerDis 2019), June 12-14, 2019, Palermo, Italy.
 - Shogo Yamashita, Takaaki Kasuga, Shunichi Suwa, Takashi Miyaki, Masaya Nogi and Jun Rekimoto, Fluid-Measurement Technology using Flow Birefringence of Nanocellulose", SIGGRAPH 2019 Poster, 2019 July.
 - Shogo Yamashita, Shunichi Suwa, Takashi Miyaki, Jun Rekimoto, "A Human-Friendly Fluid Measurement Technology using Artificial Fish Eggs as a Tracer", ACM CHI 2019 ASIAN CHI SYMPOSIUM: EMERGING HCI RESEARCH COLLECTION [Best Poster Award]
 - Shogo Yamashita, Shunichi Suwa, Takashi Miyaki, Jun Rekimoto, "Investigation of Tracer Particles Realizing 3-Dimensional Water Flow Measurement for Augmented Swimming Training", The 9th Augmented Human International Conference(AH2018), Article No. 2, 9 pages, February 7-9, 2018, Seoul, Republic of Korea. [Best Paper Award]
 - Patent Application No. 2018-12298 (2019-13324), "3次元流体計測法", Application Date 29/12/2018