

# 博士論文要旨

## 論文題名：長期水上環境観測を目指した小型水上自律移動センシングデバイスの移動戦略評価

立命館大学大学院情報理工学研究科  
情報理工学専攻博士課程後期課程

フジイ ヤスユキ  
藤井 康之

近年、水圏環境では、急速な水質（水温、溶存酸素量など）や生態系の変化に注目が集まっている。水質や生態系の変化を観測するために、従来は人間が現場に訪れ、水をサンプリングしたり、目視で生物を観測したりする手法がとられていた。本研究では、自律移動センシングデバイスが人間の代替として水上環境を観測することで、長期的かつ連続的な水上環境観測を実現することを目指した。本研究では上述した従来手法の問題点を克服するために、自律移動機能に加え、「定点維持が可能な機構」、「小型で管理・運用が容易であること」、「低コストで製造可能であること」を要件としてセンシングデバイスを開発した。この開発コンセプトをもとに定点維持を考慮した全方向移動可能な形状、一人で持ち運べる寸法、製造コスト約 15 万円と安価な構成の従来手法の問題を克服するセンシングデバイスを完成させた。

また、長期的かつ連続的に稼働させるためにセンシングデバイスの消費電力に着目し、消費電力を抑制する移動戦略について研究した。センシングデバイスには水上環境観測のための機能として、定点維持移動と巡回移動が用意されている。本論文ではそれぞれの移動に対して、必要なパラメータを定義し、パラメータを変更した複数の移動戦略についてシミュレーションと実環境で比較実験し、それぞれの消費電力や位置精度について比較した。

定点維持戦略については、自己位置推定誤差が消費電力に大きく影響するため、自己位置推定誤差を考慮し、許容誤差範囲を決定したり、できるだけ許容誤差範囲の中心に配置したりすることが消費電力を抑えるために有効であることが明らかになった。効率的な戦略は非効率的な戦略と比較して、消費電力を約 50%抑えることができることが確認された。

巡回移動戦略は巡回時間間隔と巡回地点によって構成し、シミュレーション実験によってそれぞれの戦略の性能を検証した。実験の結果、巡回時間間隔を抑えることで消費電力を抑えることができるが、観測精度が落ちてしまうことが明らかになり、観測時間解像度と観測精度がトレードオフの関係にあることが明らかになった。

最後に本論文で提案した小型水上自律移動センシングデバイスを用いた水圏環境観測をさらに実現に近づけるために必要な今後の課題について列挙し、複数台のセンシングデバイスを用いた広域の水圏環境観測やセンシングデバイスが観測したデータをリアルタイムで閲覧できるシステムが必要であることを述べた。

## **Abstract of Doctoral Dissertation**

### **Title : Assessing the Effectiveness of Mobility Strategies for Active Aquatic Surface Sensing Devices in Long-Term Water Environment Monitoring**

Doctoral Program in Advanced Information Science and Engineering  
Graduate School of Information Science and Engineering  
Ritsumeikan University

フジイ ヤスユキ  
FUJII Yasuyuki

This study aims to develop an autonomous mobile sensing device that can be used to continuously and long-term observe changes in water quality and ecosystems in aquatic environments.

Conventional methods for observing these changes involve humans visiting the site and collecting water samples, however this can be risky and costly. The autonomous device that the study aims to develop has several requirements, including the ability to maintain a fixed point, a small size, easy management and operation, and low-cost manufacturing, in addition to being able to move autonomously. The device has two types of movements for observing the water environment: position keeping and traveling. We focused on the power consumption of the device, as it needs to be able to operate for long periods of time. The study found that for the strategy of keeping a fixed point, it was effective to consider the localization error and place the device at the center of the tolerable area in order to reduce power consumption. The traveling strategies were composed of a traveling time interval and a distance among waypoints, and the performance of each strategy was evaluated through simulation experiments. The results showed that the power consumption can be reduced by reducing the traveling time interval, but this also reduces the observation accuracy.

Finally, the study identified future issues that need to be addressed in order to bring the proposed autonomous waterborne sensing device closer to realization.