

カルマンフィルタを用いた無人環境調査船の自動制御

The automatic control of unmanned catamaran applying Kalman filter

高橋一駿 和田雅昭
Isugu Takahashi Masaaki Wada

はこだて未来大
Future University-Hakodate

1. はじめに

神奈川県川崎市にある浮島 2 期廃棄物埋立処分場では、ゴミの埋め立て量を、人が船に乗り込み音響測深機を使うことで計測している。計測作業の様子を図 1 に、計測データを図 2 に示す。

しかし、埋め立て対象である廃棄物は人体に有害である為、安全面上、人が長時間計測に時間をかけることは好ましくない。また上記の理由と合わせて、日没後は万一の事故を避ける意味で作業は行われていない。この為、予ねてから無人で計測が出来るシステムの開発が求められていた。

そこで、解決手段として、無人環境調査船の自動制御を提案する。これまでも、無人環境調査船の自動制御は研究されていたが、実用段階まで入っていなかった。その為、本研究では、カルマンフィルタ[1]を適用して、無人環境調査船の自動制御の質を実用域まで高めることを目標とした。本研究で無人環境調査船として用いる HYDROBIKE[2]は小型軽量の一人乗り足漕ぎボートで、双胴式である為航行安定性に優れている。図 3 に HYDROBIKE の外から見た図を示す。本研究ではこの HYDROBIKE を自動制御で航行出来るよう、専用に改造した。具体的には人が乗り込む部分を取り払い、その部分に板を取り付け、板上に自動制御に必要な機材を搭載した。



図 3 HYDROBIKE 概観図

2. システム構成と使用機器

本研究では、HYDROBIKE を改造した無人環境調査船にマイコンボード、スラストアンプ、GPS、コンパス、無線 LAN を搭載して制御を行うことで航行させる。また陸上には PC と無線 LAN を設置して無人環境調査船と通信を行う。本研究のシステム構成を図 4 に示す。



図 1 埋め立て量計測の様子

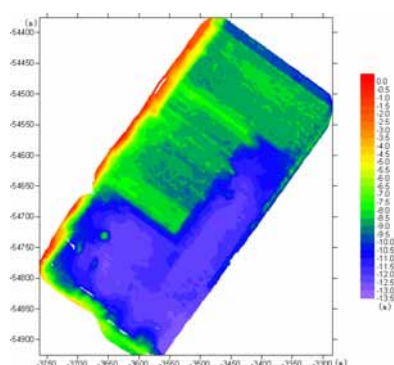


図 2 埋め立て量の計測データ

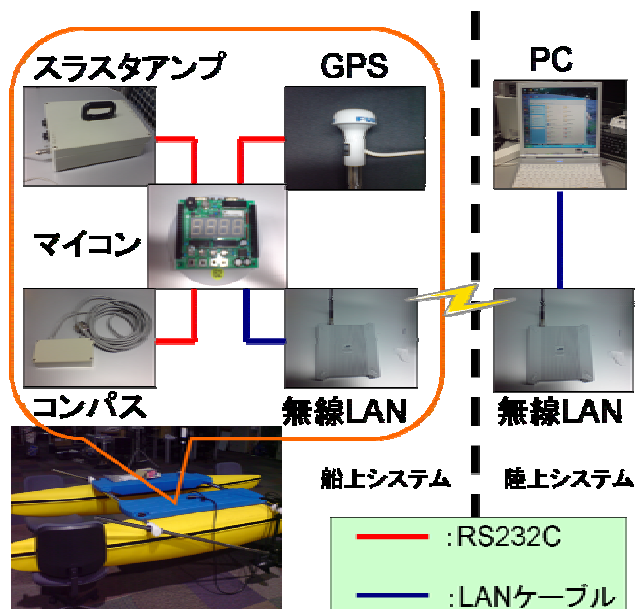


図 4 本研究のシステム構成

本研究では調査船の制御装置としてマイコンボードを用いる。PC ではなくマイコンボードを選定した理由はいくつか挙げられる。まず、小型、頑丈であるという点で、機器の設置面積が小さく、かつ、波を受けて大きく揺れること

もある無人環境調査船に設置することは適しているという理由が挙げられる。マイコンボードは消費電力が少ないということも、バッテリー駆動である無人環境調査船には適している点である。また、もし制御装置にPCを用いた場合、起動、ログイン、シャットダウンといった手順を踏む必要があり、運用という面からみて扱いやすいとはいえないが、マイコンボードにこういった手順は必要無い。同様に、PCではフリーズの危険性があるがマイコンボードには無い。以上がマイコンボードを用いるメリットである。しかし、問題点としてマイコンボードはPCに比べると処理能力が低いということが挙げられる。カルマンフィルタを用いた制御は、多大な負荷がかかることが容易に想像出来る。そこで、本研究ではマイコンボードのCPUを2つ搭載することで対応する。具体的には、一つのCPUをカルマンフィルタのアルゴリズムに専念させ、もう一方でその他の処理を行うことで実現する。以上の理由から、本研究では制御装置としてマイコンボードを用いる構成をとる。

マイコンボードとスラストアンプは、シリアルインターフェースのRS-232Cを用いて通信を行い、制御する。またGPS、コンパスも同様にシリアル経由の通信で観測データの送受信を、マイコンボードで行う。GPSはFURUNO社製のGP1850WFを用い、アンテナは同じくFURUNO社製品GPA017を用いる。GPSからは日付、時刻、緯度、経度、衛星測位状態を取得する必要があるため、NMEA0813のフォーマットにおいてGGAセンテンスを使用する。コンパスはHoneywell社製のHMR3000という製品を用いて船首方位を取得する。HMR3000は水上で使用する為、水で濡れることを考慮して、防水ケースで保護をしている。スラストアンプは専用開発したもので、直進することはもちろん、左右で別々の駆動力を設定する事が出来るので、この違いで方向の転換も行う。無線LANは屋外遠距離通信が可能なAllied Telesis社製のWR-54IDを用いる。WR-54IDはIEEE802.11a/b/g規格対応であり、本研究で扱うデータ量は少なく、遠距離通信を行う必要がある為にIEEE802.11bを使用する。無線LANは船上と陸上でデータを送受信する為に用いる。陸上のPCはGPSで取得した無人環境調査船の現在地確認の為に用いる予定で、webブラウザで確認出来る環境を構築していく。また、陸上から無人環境調査船をリモートコントロールで制御する際にも使用する。

3. カルマンフィルタの活用

平成18年度にも、専用の改造を施したHYDROBIKEを用いた、無人船の自動制御の研究が行われていた。改造したHYDROBIKE、スラストアンプ、無線LANなどは、これまでの研究で使われた機材と同じ物を本研究でも使用する。GPS、コンパスは今回新たに用意をした。

これまでの研究で無人環境調査船は航行するにあたって、事前に設定した全ての目標ポイントまでたどり着けたものの、スラストアンプの出力値によってはまっすぐ航行することが出来ず、大きく蛇行した航跡になるという問題点があった。何度かの実験で、同じハードを用いたとしても、ソフト面の変更を施すだけで改良されることが分かっていた。そこで過去の実験では適用されることのなかった新しい航行アルゴリズムを考え、無人環境調査船を蛇行せずにスムーズに目標地点に向かって航行させることを目標としている。

具体的にはカルマンフィルタの実装を行う。通常、観測値は雑音に乱されていて、いくつかの状態は直接観測されないことも多い。このような状況下でも観測データからシステムの状態に関する情報を抽出することが必要になり、この情報抽出を行うのがカルマンフィルタである。カルマンフィルタはカーナビゲーションシステムやレーダーなど身近な物にも用いられていて、目標物の状態の推定に有効である。波や風といった外乱の影響を大きく受ける無人環境調査船には、このカルマンフィルタを適用することで、より精度の高い自動制御を実現出来る。

4. おわりに

本稿では無人環境調査船を自動制御する為に必要になるシステム構成や、使用するアルゴリズムなどについて報告した。今後は実験、評価を行っていく。実験は計3回行う予定である。第1回目の実験では動作の検証を目的として、自動制御の航行はせずに、陸上PCからリモートコントロール操作を行う。第2回目の実験では、カルマンフィルタを実装しないアルゴリズムを用いた場合のデータ取りを目的として完全な自動制御を行う。与えていた目標点にたどり着けるかどうか、そして、測線を設定してどの程度、その線をトレース出来るかということについてデータを取得する。実験のイメージ図を図5に示す。最終である第3回目実験では、カルマンフィルタを適用した場合に、設定した測線をどの程度トレース出来るかを検証する。この実験では、第2回目の実験結果と比較して、カルマンフィルタの有効性についても検証する。

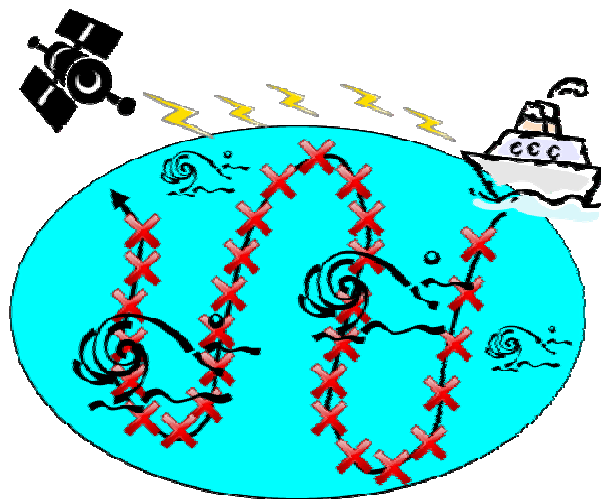


図5 実験のイメージ図

参考文献

- [1] 片山徹、『新版応用カルマンフィルタ』、東京、朝倉書店、2000年。
- [2] HYDROBIKE Water Bike
<http://www.hydrobikes.com/>