

# TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

海中ロボットの自動運制御のための音響測位システムの開発

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2014-07-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 高, 秀晶 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/1013">https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/1013</a>

博士学位論文内容要旨  
Abstract

専攻 Major	応用環境システム学	氏名 Name	高 秀晶
論文題目 Title	海中ロボットの自動運動制御のための音響測位システムの開発		

人類の将来を担う糧として海洋が注目され、海洋資源の発掘、海洋利用の促進等のさまざまなニーズに対応する技術の開発が望まれている。特に近年、海洋研究におけるロボットの利用が注目され、水中無人探査のための遠隔操作型ロボット (Remotely Operated Vehicle : ROV) や自律型ロボット (Autonomous Under-water Vehicle : AUV) の利用が進んでいるが、その効率的な利用のため、正確な位置測定が大きな課題の一つになっている。ROV では、位置情報を正確に知ることが探査の精度には不可欠であり、AUV では位置を常に正確に把握することが、完全自律化の鍵である。つまり、海中ロボットの自動運動制御には、実時間で高精度な測定システムが不可欠である。しかし、現存システムではその要件を満たすものがない。このため、本研究では、海中ロボット自動運動制御のための新しい測位システムの開発を目的として、音の伝搬減衰を利用した距離測定とセンサーネットワークを組み合わせることを考え、その可能性を追求した。本論文では、その開発について論ずる。

本システムでは、機器構成の簡素化のため、あえて受信信号の振幅変化のみによる距離計測というシンプルな原理を用いた。これは、音波の伝搬距離につれて音圧が減衰することを基本原理としたものである。距離測定法として、当初原理と計測システムから単一周波数による D\_SPL 方式を考えた。D\_SPL 方式は単一周波数の正弦波を送信信号として、受信トランスデューサに直接到達した信号部分、すなわち反射波のない直接波のレベルを受信電圧として計測する。そこで、受信信号から、直接波を正確に分離するため、反射波の信号が重ならないよう、トーンバーストの送信信号で、信号発生部分を無音部より極めて少なくしている。しかし、信号処理に、直接波のみの信号数はフーリエ変換に必要なデータ数が要求され、長距離の場合に、反射波の影響で、受信信号の中に直接波のみ部分が反射波の到達によって少なくなる。即ち、フーリエ変換に必要なデータ数の信号部分には反射波が混ざり、その結果、測定精度がさがる問題が出た。

その問題に対して、測定距離の長さに関わらず、反射波が必ず存在することに着目し、解析方法として積極的に反射波を利用することを考えた。すなわち、測定精度を向上させ、測定範囲を拡大する方式として、複数周波数による測距法 (M\_SPL) を提案した。これは、単一周波数送信の場合と同じ計測距離や測定条件で、異なる周波数波を混合して用いると、位相変化の違いにより、それぞれの受信信号の混合波の構成が異なるという物理現象によって、それらの混合波振幅の平均値と直接波の振幅が一致することを利用した距離測定方式である。M-SPL 方式は D-SPL 方式より精度向上と共に、D-SPL では影響を受ける反射波を有効に利用したことで、長距離では測定が不可能という制限がなくなり、測定範囲も広がる。この測定方式の有効性については数式解析をしたうえ、シミュレーションと水槽実験を通して検証した。

次に、距離測定の確立を踏まえ、提案した M\_SPL 距離測定方式を用いた位置測定の展開として、センサーネットワークによる位置推定を提案した。無線通信機能を含んだ受信装置及び、随時位置を測定するための GPS 装置を搭載した受信子局としての海面係留ブイを多数設置し、それぞれを無線 LAN によるネットワークの子局としてセンサーネットワークを構築する。位置推定アルゴリズムとして、ニュートン法・最小二乗法による推定法を用いる。これは基本原理と GPS の測位原理と同様に、各計測ノードの位置及びそ

れよりの各測定距離からなる観測方程式に、各計測距離に異なる誤差が存在するために、観測方程式が収束しない。そこで、各計測距離に同じの誤差修正を補正することで、新しい観測方程式を作成する。しかし、連立観測方程式が非線形であるため、簡単に解くことができない。そこで、ニュートン法による繰り返し演算と最小二乗法を合わせて、初期値から修正量が十分に小さくなるまでの繰り返し計算によって解を求める。新しい観測方程式には、位置座標と誤差修正量が含まれて、未知数が4つあるので、計測ノード4点以上が必要となる。ただ、多くの探査機で水深計を利用することから、水深位置を水深計により計測すれば、未知数が三つ、即ち、計測ノードも三つがあれば計測可能となり、位置推定プロセスが簡易になる。この方法はセンサーネットワークの構築方式の如何には関わらず、三つ以上の測定情報があれば位置を推定することができる利点がある。一方、適正な初期値を最初に入力し繰り返し演算するので、初期値設定によって演算時間が変わる。また、精度向上・同じ誤差を補正するため、送受信には信号同期のための工夫もしなければならないと考えられる。この方法の実用性は既に検証され、GPS 測位等に幅広く応用されている。計測利点として、センサーネットワークの特有性能により、耐障害物性の向上、測定精度の向上及び測定範囲の拡大等が可能となる。

最後に、測位システムの実用性を検証するために、プロトタイプシステムを設計・製作した。提案した距離測定方式の特異性の故に、既存製品のない送信ユニットとそれに対応する受信ユニットを製作した。海中ロボットに装備する送信ユニットは信号発生装置、パワーアンプとトランスデューサから構成される。信号発生装置は複数周波数の信号を同時に発生できるように、複数の IC 発振器の出力を加算回路によって重畳信号とし、アナログスイッチの ON/OFF によってトーンバースト信号を作る。トーンバースト信号の幅長は制御 CPU の制御信号によって設定する。パワーアンプは主に直流電源とアンプという二つ部分から構成されるが、特に、十分なパワーを出せるように高圧電力を提供する小型高圧の直流電源を製作した。受信子局（海面係留ブイ）に装備する受信ユニットは受信装置、A/DC、GPS 受信装置及び処理 CPU から構成される。受信装置にプリアンプとフィルタが含まれている。両者共にロジックコントロールによって利得自動調整もしくは周波数設定を行う。プリアンプの利得は制御 CPU からの制御信号により、受信信号と閾値の比較により自動調整する。また、SNR をあげるために、フィルタの帯域周波数設定を制御 CPU の制御信号により順次切替え、周波数毎に処理する方式を採った。これらの装置は、小型化・軽量化・低価格化による実現できたもので、システムの簡素化と使用簡便化を製作目的として達成した。装置の有用性は検証実験及び評価実験を通して確認された。それ以外に、GPS 受信装置の搭載とそのデータの取扱いを検討し、また、受信子局の処理用 CPU について設計を行った。さらに、センター局における制御ユニットについて、電波による無線通信性能を搭載した CPU に、各局からのデータを集約し、CPU において海中ロボットの位置を算出し、その結果は音波通信を通して海中ロボットへフィードバックするという機能の下に、市販ハードウェアによる構成として設計について検討した。

本研究で提案した測位システムの実現に伴い、以下の利点を持つことが期待される。まず、簡易な原理を用いるために、信号処理が簡易になり、コンピューティングも簡便になり、位置の推定時間も短縮される。センサーネットワークによる位置推定であるために、センサーネットワークの特有性能により、耐障害物性の向上・測定精度の向上及び測定範囲の拡大等も期待できる。また、通信方式は一方通信のパッシブ通信を用いるため、発信源は一つのみに対する受信装置は複数であることから、各受信子局間は周波数による干渉がなく、受信子局は共通で、送信装置をターゲットに装備すれば、どんな移動体でも同様に使用することが可能である。さらに、全体のシステムとして、簡便な原理であるために、母船伴走の必要がなく、システムの構成も簡素化に実現できた。