

電磁波を用いた3次元海中位置推定システムの検討

Investigation of a 3D undersea positioning system using electromagnetic waves

加藤涼介[†] 高橋応明[†] 陳強[‡] 石井望^{††} 吉田弘^{†††}

Ryosuke Kato Masaharu Takahashi Chen Qiang Nozomu Ishii Hiroshi Yoshida

[†]千葉大学

[‡]東北大

††新潟大

†††海洋開発研究機構

Chiba University

Tohoku University

Niigata University

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

1. はじめに

水難事故の発生件数はここ数年ほぼ一定で、ほとんど減少が見られない。水難事故の際に救助活動を行うのはダイバーであるが、海中には様々な漂流物が存在し、救助中のダイバーに常に危険が伴う。本研究では、水中におけるダイバーの位置の特定により、救助活動を支援することを想定し、中波以下の低周波数帯の電波を用いた海中位置推定システムの検討を行う。先行研究において、10 kHzの超長波電波は、理論上1 mあたり3.5 dB減衰し、30 m以上の距離を伝送できる[1]。また、深さ方向における2次元の位置推定についてはすでに報告されている[2]。

本研究では、10 kHzの電磁波を用いた海中位置推定システムにおける受信電力強度(RSS)使用の優位性について述べる。また、RSSを用いた深さ2 mから8 mまでの3次元位置推定シミュレーションを行ったので、併せて報告する。

2. 解析モデル

図1(a)に解析モデルの概観、図1(b)にその俯瞰図を示す。解析モデルは自由空間と海水($\epsilon_r = 80$, $\sigma = 4$ S/m)から構成されている。海面に2 mの受信アンテナ、海中に0.7 mの送信アンテナを配置し、共にダイポールアンテナとした。送信アンテナは、図1(b)の格子点上に各3 m間隔、計225地点に配置することで、深さ2 mから8 mまでの位置推定シミュレーションを行った。解析手法はFDTD法である。

3. 位相差に対するRSS使用の優位性

図2(a)に送受信アンテナにおける位相差とアンテナ間距離の関係、図2(b)にRSSとアンテナ間距離の関係を示す。

図2(a)より、位相差はある一定のアンテナ間距離を超えると変位が見られなくなる。これは、一度海面に鉛直に伝わった後に海表面を水平に伝搬するラテラル波によるものと考えられる[3]。ラテラル波は鉛直方向への伝搬時のみ海中を伝わり、その後空气中を水平に伝搬する。空气中を伝搬している際は、波長が長いので、位相変化がほぼ無く、送受信アンテナにおける位相差は水深に依存することになる。図2(a)より、位相差をアンテナ間距離に換算できる限界は15 m程度といえる。一方で、RSSは図1(b)より30 m以上のアンテナ間距離を識別できる。ゆえに、海中における電波を用いた位置推定では、位相差よりもRSSを使用することが好ましいといえる。

4. 3次元の位置推定シミュレーション

位置推定フローを図3(a)に、位置推定結果を図3(b)に示す。まず、9つの受信アンテナの中で、受信電力の大きい方から順に3つのアンテナを選択する。次に、選択したアンテナのRSSをアンテナ間距離に変換し、その距離を半径とした球面の交点を推定位置とする。しかし、各アンテナの受信電力はアンテナの指向性により、必ずしもアンテナ

間距離に対応した値であるとは限らない。したがって、本手法ではRSSから求めた距離により送信アンテナの仮位置を算出し、その仮位置と受信アンテナ間の角度に応じて、推定距離を補正した。その後、補正後の推定距離から同様の流れで推定位置を算出した。

推定精度は、送信アンテナの実際の座標と推定座標との距離を誤差として評価した。目標誤差としては、成人が手足を広げた際の範囲を考慮し2 m以内とした。

図3(b)より、深さ2~8 m全ての平面で位置推定誤差2 m以内を達成した。

5. まとめと今後の展望

今回は海中位置推定システムにおける位相差に対するRSS使用の優位性を確認した。また、海を模したモデルにおける深さ2~8 mにおける3次元の位置推定シミュレーションを行い、深さ2~8 m全ての平面で誤差2 m以内を達成した。今後は、海面の波等を考慮した、より実環境に近いモデルでの位置推定シミュレーションを行う予定である。

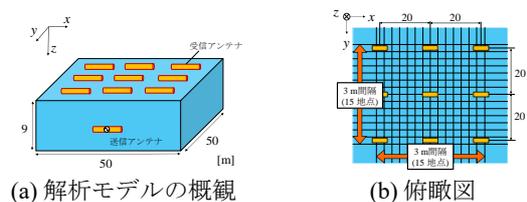


図1 解析モデル

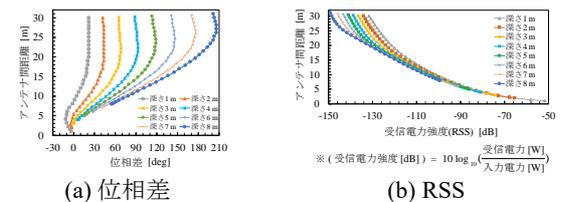


図2 アンテナ間距離との関係

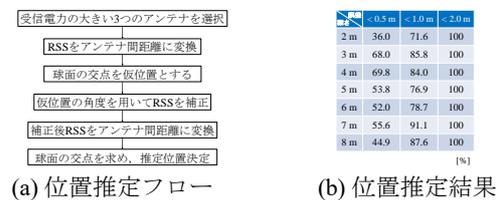


図3 位置推定手法と結果

・参考文献

- [1] 陳強, 高橋応明, 石井望, “電波の海中応用へのアプローチ”, 信学技報, AP2016-92, pp.25-28, Sep. 2016.
- [2] 高橋応明, 野田耕司, 陳強, 石井望, “海中位置推定へのアプローチ”, 信学技報, AP2016-188, pp.59-62, Mar. 2017.
- [3] M. Siegel and R.W.P. King, Electromagnetic Propagation Between Antennas Submerged in the Ocean, IEEE Transactions Antennas and Propagation, vol.21, pp.507-513, 1973.