

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 8 月 21 日現在

機関番号：85406

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12479

研究課題名(和文)海上における電子タグの有効利用に関する研究

研究課題名(英文)Study of effective use of RFID tags for maritime activities

研究代表者

松浦 義則 (MATSUURA, Yoshinori)

海上保安大学校(国際海洋政策研究センター)・国際海洋政策研究センター・教授

研究者番号：80285436

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：海上活動における電子タグ(RFIDタグ)の有効利用を目的として、波浪などの影響を受けやすい海上において汎用の電子タグシステムが利用可能であるかについて調査し、携帯型の小型受信機であっても20メートル程度まで通信ができることを明らかにした。さらに、実運用に向けたプロトタイプとして、船舶検査証書を例とした情報管理システムを設計・実装し、海上における船舶間の移乗などにおける危険性を低減するとともに、海上における同システムの利用可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：For utilizing generic RFID systems for maritime activities, we investigate whether RFID system can be adequately functional on the sea where the performance of RFID system may be affected by the waves. To achieve our motivation, we evaluate the performance of RFID system on the sea by measuring Received Signal Strength Indicator (RSSI) of RFID system, between the antenna and the tag of which are placed on different ships. As a result, we have clarified that a generic RFID with a handy-type terminal can communicate even if distanced by more than 20 meters. As a prototype of our proposed system, we have designed and implemented information management system that treats the ship inspection certificate, and have shown the feasibility of adoption of RFID system for maritime activities.

研究分野：計算科学

キーワード：電子タグ RFID 海洋漂流物 海上安全

### 1. 研究開始当初の背景

海洋上における「安全」は、円滑な海洋活動を下支えする基本的かつもっとも重要な要素であるといっても過言ではない。国土交通省をはじめとして、海難事故の起きやすい海域を示した海上ハザードマップの公開や AIS (Automated Identification System) を利用した近接船舶についての情報通知システムなど、さまざまな安全対策を講じている。特に、AIS は国際航行に従事する旅客船舶や大型船舶については搭載が義務づけられており、船舶の GPS 位置情報の他、速力や針路などを取得することができることから、船舶同士の衝突事故の防止に大きく役立っている。

しかし、漁船やプレジャーボートのような小型船舶では搭載義務はないことや、費用面や漁業においては操業面の懸念から搭載していない場合がほとんどである。さらに、海上におけるブイや筏などの浮遊物については、電源の確保が困難であるため、AIS の搭載は現実的に難しい。そのため、小型船舶間やブイ等の浮遊物標、養殖用の筏・生け簀などの洋上設備を把握するためには目視による確認しかないのが現実である。また、浮遊物標などの情報を取得するためには、そのもの自体に移乗するなど近接する必要がある、足場の悪い海洋上では非常に危険のともなう作業となっている。

小型船舶や電源設備の乏しい海上物標に対しても有効かつ低いコストで導入が可能な物標識別システムが必要とされている。

### 2. 研究の目的

本研究では、近年普及しつつある無線通信を利用した情報識別システムである RFID (Radio Frequency Identification) システムに着目する。RFID システムは RFID タグと無線でやりとりするため、読み取り可能な範囲が数センチメートルから数メートルと広く、バーコードなど既存の技術と比較してもより多くの情報を管理することができるが、そもそも屋内での利用を想定しており、海上での利用については未だ検討されていない。

そのため本研究では、RFID システムを海上における浮遊物標の識別に利用することを目指し、RFID タグとアンテナの距離と通信の可否との関係、波高やうねり、天候などの海上環境が通信性能へ与える影響を明らかにする。さらに RFID タグには電源の不要なタイプがあり、比較的安価に購入できることから、さまざまな浮遊物標に貼付することで、これまでカバーできなかった小型船舶や浮遊物標を遠隔識別できるシステムの構築および実運用することを目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究が取り組むべき課題としては、大

きく分けて (1) さまざまな海上環境における RFID システムの性能評価、(2) 海上における最適な RFID システムの提案、(3) 海上環境における RFID システム運用の実証検討、の三つに分けられる。

### 課題(1) さまざまな海上環境における RFID システムの性能評価

本課題では、天候や気温、波高、うねりなどの気象状況や季節、時間帯、RFID タグの海面からの距離、アンテナとタグの通信可能距離、RFID システムを設置する地点(動揺する船舶間や浮遊物標上など)を変えながらさまざまな海上環境における RFID システムの性能評価を行うための実験を行う。性能評価には、主に RSSI (Receive Signal Strength Indicator) を用いることとし、タグとアンテナ間の電波強度を指標とする。また、タグに格納されている情報を読み出す、または書き込む作業ができるかどうかを通信の可否として記録し、汎用の RFID システムの海上環境における実性能を明らかにする。

### 課題(2) 海上における最適な RFID システムの提案

一般的な RFID システムは、RFID アンテナ、RFID タグ、RFID リーダライタ装置から構成され、RFID タグにはアクティブ型とパッシブ型が存在する。アクティブ型タグは電池など電源装置を有しており、自発的に電波を発するため、比較的長距離(数十メートル)であっても通信が行える。一方、パッシブ型タグは、アンテナからの電波に反応して動作するため、タグの性能に依存するが十メートル程度まで通信が可能となっている。また、タグとアンテナ間の通信に利用している周波数帯や、タグやアンテナの形状によって通信性能は大きく異なる。陸上や屋内環境にあっては、安定した環境下での利用であるため、理想的な環境での運用が可能であるが、海上環境では想定されているよりも劣悪な環境であることも珍しくない。そういった環境要因が実際のシステム利用にどのような影響をどの程度与えるのかを明らかにし、周波数帯やアンテナの形状、タグの種類など海上利用により適した RFID システムの提案を行う。

### 課題(3) 海上環境における RFID システム運用の実証検討

RFID システムでは、遠隔から RFID タグの情報を読み取り、また同時に多数のタグを読み込むことが可能である。本課題では、小型船舶間や浮遊物標の識別など海上における諸問題を、RFID システムを利用した実システムの運用による解決を目指す。例えば、浮遊物標の識別に利用し、浮遊物標の設置位置、標識設置目的、灯火の色、光り

方などの情報を、RFID システムを通して周辺運航船舶へ提供するとともに、電子海図等への表示を行うことを検討する。さらに、一般への普及のしやすさを考慮し、特殊な装置を必要としないシステムの利用方法を考える。具体的には、一般的なクライアント PC やスマートフォンなどでも利用可能な HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) や汎用なアプリとしての実用化を行う。

#### 4. 研究成果

本研究では海洋上におけるブイや筏などの一般的な漁具や海洋浮遊物、小型船舶などを遠隔識別するために RFID システム (電子タグ) を利用・応用した物票識別システムの構築および実運用に向けた基礎的な検討を行った。以下は研究方法において分類した各課題の成果を示す。

#### 課題(1) さまざまな海上環境における RFID システムの性能評価

RFID タグとアンテナの距離と通信の可否との関係、波高やうねり、天候などの海洋環境による通信性能を明らかにするために、汎用的な RFID システムを使った受信性能の測定実験を図 1 に示す機器構成で実施した。

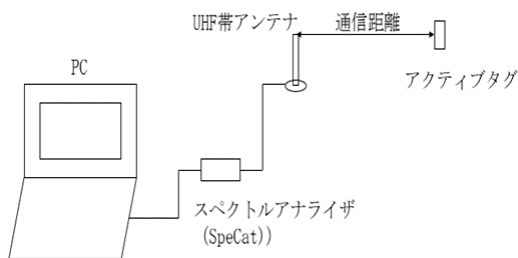


図 1 RFID システムの受信電力測定の実験構成

本実験では、RFID タグとして吉川工業 (株) 製アクティブ型タグ YS-A3A3T2 (電池内臓) を用い、測定器として NEC 社製スペクトルアナライザ SpeCat2 を用いた。YS-A3A3T2 から 315MHz の電波が周期的に放射され、それを同社製の UHF 帯アンテナで受信して測定する。測定環境としては、海上での測定が困難であったことから海上の環境を模擬した本学のプールを使用して測定実験を行った。なお、海上での電波の伝搬特性へは海面での反射波が大きな影響を与えることが考えられる。本実験では、雨天時に海面が荒れていることを考慮し、その影響を明らかにするため、晴天時と雨天時に分けて実験を行った。また、陸上での伝搬特性との差異を検討するため、比較対象として本学キャンパス内において同様の測定実験を行った。

図 2 に本実験における測定結果を示す。横軸はタグとアンテナの距離、縦軸はそのとき

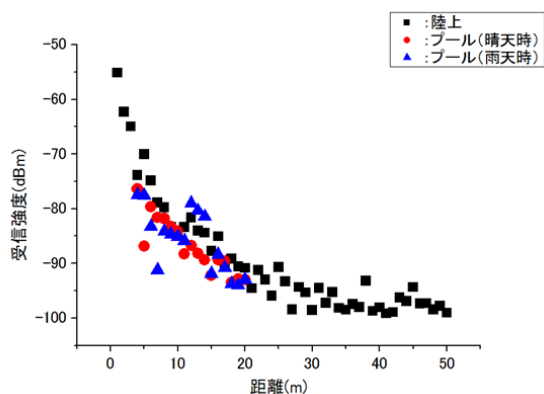


図 2 受信電力の測定結果

の受信電力強度である。この結果より、海上では波や風による動揺や海面からの反射などの影響により、陸上と比較して約 30% 程度の劣化が見られることを明らかにした。

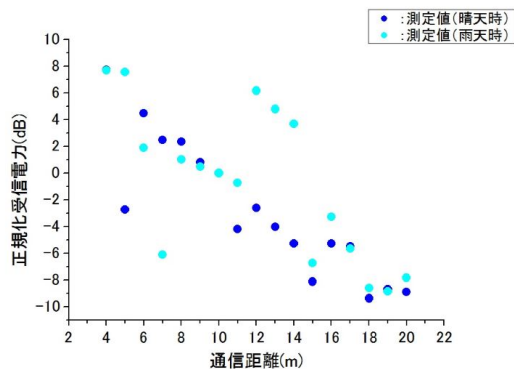


図 3 晴天時、雨天時における受信電力の測定結果

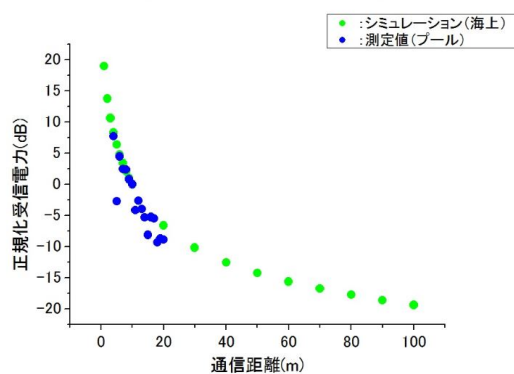


図 4 シミュレーション結果と実測結果

次に天候が異なる場合の RFID タグからの電波伝搬特性の測定と、計算機シミュレーションによる解析を実施した。RFID タグからの電波伝搬特性の実測定は、測定に用いた小型船舶の動揺による測定系の不安定さや、海上を模した環境として利用したプールの大きさによる測定限界等があり、通信可能であっても正確な電波伝搬特性を計測することが困難である。実測定可能な範囲が計算機シミュレーションと概ね一致することが確

認できれば、実際に受信電力の測定をすることは難しいが、タグに格納されている情報を読み出す、または書き込む作業が可能な距離における受信電力は計算機シミュレーションによる値を参考にすることができ、海上環境における RFID を利用したシステムの設計に資することができる。晴天時および雨天時における受信強度の測定結果を図 3 に示す。また、シミュレーション結果と雨天時における実測結果を図 4 に示す。

測定結果とシミュレーションの解析結果は晴天雨天に関らず良く一致しており、雨天時では受信電力に若干の変動が見られることがわかった。受信電力にばらつきがある雨天時であっても、20 メートルから 30 メートル程度の距離まで通信が可能であることから、晴天時・雨天時において RFID システムを屋外で利用することは十分可能であることがわかった。

## 課題(2) 海上における最適な RFID システムの提案

課題(1)において、315MHz 帯を利用したアクティブタグの海上における利用可能性を示したが、汎用の RFID システムには他にもさまざまな周波数帯を利用したものや、電源が不要なパッシブ型の電子タグが存在する。本課題では、周波数帯やタグの種類によって RFID システムの受信性能にどのように影響するのかについて明らかにし、海上利用に適した RFID システムを調査した。

本実験では、パッシブ型電子タグとして、Omni-ID Ultra(金属対応電子タグ)、AD-380iL(シールタイプタグ)の 2 種類を使用した。Omni-ID タグはパッシブ型としては大型タグに分類され、通信可能距離も約 35 メートルまで可能であるとされている。シール型の AD-380iL は約 5 メートルまでであるが、普通紙やカードなどに貼付可能であり、可搬性に優れている。それぞれ 920MHz 帯を利用した電子タグである。

屋内での測定結果を図 5、屋外での測定結果を図 6 に示す。屋内の場合は壁面や天井からの反射波の影響により比較的長い距離での通信が可能であり、Omni タグで 25 メートル程度、AD-380iL で 8 メートル程度まで通信が可能であった。一方で、屋外の場合は Omni タグで 20 メートル程度、AD-380iL タグで 4 メートルまでとやはり 30%程度距離が短くなっている。この結果から、電波を自ら発しないパッシブ型のタグであって、20 メートル程度まで通信が可能であることから、周波数帯やタグのタイプなどに依らず十分に利用できると考えられる。

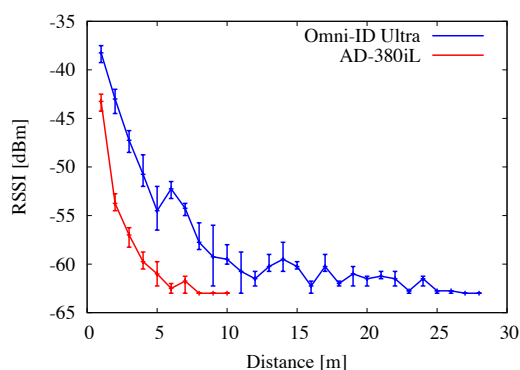


図 5 920MHz 帯電子タグの受信電力測定結果 (屋内)

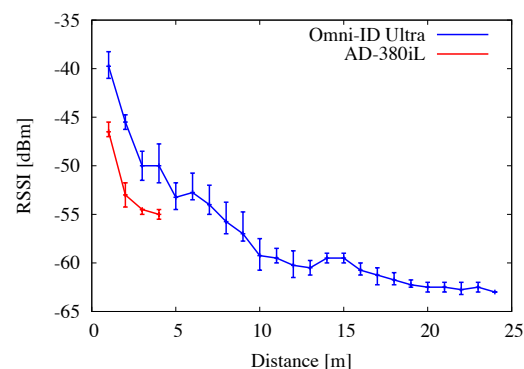


図 6 920MHz 帯電子タグの受信電力測定結果 (屋外)

## 課題(3) 海上環境における RFID システム運用の実証検討

実運用に向けて船舶従事者などへの聞き込みに基づいた情報管理システムの実装例として、船舶検査証書データベース化し、RFID タグによる情報取得・識別ができるシステムのプロトタイプを作成した。

図 7 に RFID システムを利用した船舶検査証書の情報管理システムを示す。本システムは船舶に貼付された RFID タグの ID を当該船舶に接舷することなく読み取り、外部データベースから対応する船舶検査証書の内容を表示するものである。RFID タグ内には十分な保存領域がないことから今回の検討では外部データベースと連携を考えた。また、本提案システムの導入コストを考慮し、利用者の携帯端末を使用して外部データベースへアクセスし、専用のアプリによって必要な情報を表示させることにした。

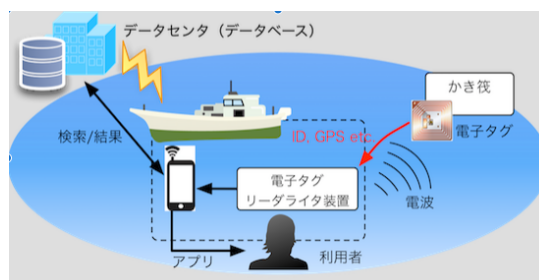


図 7 情報管理システムの概要

外部データベースにはMySQLを使用し、船舶検査証書のデータを事前に格納した。タグIDの読み出しおよびタグIDをキーとするデータベースへの問い合わせは携帯端末上で実装した自作アプリによって実現する。自作アプリは実装や動作確認の容易性を考慮し、Android端末上で動作させることとした。図7はタグIDをキーとしたデータベース検索の結果（本学所有船舶の船舶検査証書）である。ここでは船舶を特定できる情報は秘匿化している。リーダライタ装置が読み込んだタグIDが自作アプリ上に一覧表示され、その中から情報を取得したいタグIDを選択することで、図8が表示されることを確認した。実装した結果、携帯端末において、読み取ったIDから船舶検査証書が確認できた。外部データベースの構造は比較的容易に変更できることから、識別したい物票の情報に合わせて修正することで他の物票への応用も可能である。



図 8 自作アプリによる船舶情報の検索結果

今後の課題として、RFID タグを利用したシステムの実用化を検討するために、波のうねりや濃霧の影響等、海上特有の荒天時の影響を調査しその限界を求めることと、任意の情報を対象としたシステムの汎用化やRFID 受信電力を利用した海上物票への近接警告システムなどへの応用が挙げられる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 4件)

海上におけるアクティブ型 RFID タグの受信電力測定及び解析

川合菜月, 鰐部勢也, 佐藤寧洋, 山中仁昭, 島田康平, 松浦 義則

2017 年 電子情報通信学会総合大会 基礎・境界/NOLTA 講演論文集 146-146 2017 年 3 月

電子タグを利用した船舶情報管理システムの実装

鰐部勢也, 川合菜月, 佐藤寧洋, 山中仁昭,

島田康平, 松浦 義則

2017 年電子情報通信学会総合大会 基礎・境界/NOLTA 講演論文集 147-147 2017 年 3 月

海上における RFID システムによる浮遊物識別に向けた性能評価

錦山皓, 佐藤寧洋, 山中仁昭, 島田康平, 松浦 義則

2016 年電子情報通信学会総合大会基礎・境界講演論文集 A(13-2) 183-183 2016 年 3 月

An Experimental Study of RFID Adoption for Maritime Activities

佐藤 寧洋, 山中仁昭, 錦山皓, 島田康平, 松浦義則

The Tenth International Conference on Systems and Networks Communications 133-134 2015 年 11 月

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

松浦 義則 (MATSUURA Yoshinori)

海上保安大学校・国際海洋政策研究センター・教授

研究者番号：80285436

(2) 研究分担者

佐藤 寧洋 (SATO Yashuhiro)

海上保安大学校・国際海洋政策研究センター・准教授

研究者番号：80571554