

スマートフォンを用いた小型船舶の衝突防止に必要な情報の精度

齊藤 詠子（海上技術安全研究所）

Abstract

船舶事故隻数は減少しているものの、過去 10 年継続して年間 2,000 隻以上であり、中でも 7 割以上がプレジャーボート、遊漁船、漁船といった小型船舶の関係する事故である。衝突事故防止の有効な手段として AIS（船舶自動識別装置：Automatic Identification System）の利用があげられるが、AIS は小型船舶には搭載義務がなく高価であるため、普及には至っていない。一方、近年、スマートフォンの普及が進んでいる。スマートフォンにより小型船舶の衝突防止に必要な情報を提供できれば、少ない投資で小型船舶の安全性を向上させることが期待できる。衝突警告の支援を行う方法は、位置情報から接近警告を出す方法と、進路と速力の推定結果をもとに CPA（最接近点：Closest Point of Approach）解析を行い、衝突警告を出す方法がある。前者にはスマートフォンから取得した位置の精度と、接近判断処理の遅れが影響を与える。後者は船舶の進路と速力の推定が必要で、直進かつ等速の航行状態であるかどうかを判断する必要がある。本研究では、小型船舶を用いて情報提供の遅れに関するスマートフォンとサーバ間の通信時間、スマートフォンから取得した位置、進路、速力の精度を分析した。本研究で分析した通信時間、位置・進路・速力の精度は、スマートフォンを衝突警告の支援に利用できる可能性があるか評価するための基礎となる情報を提供するとみなされる。

キーワード：スマートフォン、GPS、小型船舶、衝突防止

1.はじめに

船舶事故隻数は減少しているが、過去 10 年継続して年間 2,000 隻以上であり、中でも 7 割以上が小型船舶の関係する事故である⁽¹⁾。船舶事故のうち最も多い種類である衝突事故の防止に有効な手段として、AIS があげられる。AIS は雨や波の影響を受けにくく、レーダの機能が低下する荒天時でも互いに相手船を認識できるため、衝突事故を防ぐのに有用である。しかし、小型船舶に搭載義務はなく、最近では小型船舶向けに無線従事者資格が不要の簡易型 AIS⁽²⁾が市販されているが、普及には至っていない。

一方、近年スマートフォンの普及が進んでおり、現在流通している大半のスマートフォンには GPS（全地球測位システム：Global Positioning System）受信機が内蔵されている。GPS 受信機より自船の位置情報を取得してクラウド上のサーバに送信し、サーバから他船の情報を受信できれば、船上にスマートフォンを設置するだけで、このサービスを利用している自船・他船それぞれの位置や動きの情報を共有することが可能となる。このように、スマートフォンで小型船舶の衝突防止のための情報を提供できれば、少ない投資で小型船舶の安全性を向上させることができるため普及が期待できる。スマートフォ

ンの GPS 受信機能を利用し、船舶同士の衝突を防ぐソフトウェアの開発⁽³⁾は既に行われている。しかし、スマートフォンで得られた情報による衝突防止対策の有効性は未だ検証されていない。また、スマートフォンで AIS 情報を利用可能にするシステムの研究⁽⁴⁾も行われている。しかし、このシステムでは AIS を搭載しない船舶を検出できないため、AIS を搭載しない船舶の情報を共有できるようにすることは有意義である。本研究ではスマートフォンで得られる情報により衝突警告の支援を行うため、支援に影響を与えるスマートフォンとサーバ間との通信時間と GPS の位置精度を分析した。また、スマートフォンで得られた航跡から衝突警告の支援に必要な進路と速力の精度を分析した。なお、本論文は、過去の研究成果⁽⁵⁾を編集したものである。

2.スマートフォンによる衝突警告の支援

スマートフォンによる衝突警告の支援は、位置情報から接近警告を出す方法と、進路と速力の推定から CPA 解析を行い、衝突警告を出す方法がある。前者は GPS の位置精度と接近判断処理の遅れが影響を与える。一方、後者は評価の対象となる船舶の進路と速力の推定が必要で、直進且つ等速で航行して

いる状態を判定する必要がある。進路と速力は GPS のドップラー測位から直接得ることができるが、得られる情報が位置情報のみの場合があるため、位置情報から求める方法の検討も必要である。図 1 に、本研究で用いたスマートフォンによる衝突警告支援システムの概要を示す。複数の船舶のデータをインターネット経由で扱うため、クラウドサーバが必要である。Step 1 において、スマートフォンは位置情報を受信し、クラウドサーバへ送信する。Step 2 において、クラウドサーバはスマートフォンからの情報を受信し各種処理を行う。Step 3 において、スマートフォンはクラウドサーバから衝突警告の情報を受信し表示する。本研究では、Step 1 から Step 3 までの時間を通信時間とした。通信による遅延は安全の観点から短い方が望ましいが、短縮には限界があるため、遅延や通信頻度を考慮した適切な利用方法の検討が必要である。



通信時間：Step1からStep3までの時間

図 1 スマートフォンによる衝突警告支援システム

3.実海域実験と実験結果

3.1 実海域実験の概要

本研究では 2 隻の航行中の小型船舶にスマートフォンを搭載し、通信時間・GPS の位置精度評価・進路と速力の推定に関する実験を行った。GPS コンパスから取得した位置、進路、速力の情報を基準値とした。本実験では、GPS コンパスを用いて位置、COG（対地針路：Course Over Ground）、SOG（対地速力：Speed Over Ground）を取得した。表 1 に実験で使用した小型船舶の主要目と使用機器を示す。なお、2 隻の小型船舶による実験では同様の結果が得られたため、Craft B の実験結果のみを示す。本実験で使用したスマートフォンは、ARROWS M01（富士通）である。表 2 に、スマートフォンの主な仕様を示す。OS（Operating System）は Android 4.4、CPU（Central Processing Unit）は 1.2GHz Quad Core であった。通信は LTE（Long Term Evolution）/3G に対応している。

3.2 通信時間の検討

実験では、スマートフォンを用いて Step 1、Step 2、Step 3 の時間を記録した、通信時間は、Step 3 と Step 1 の差から求めた。航行中における通信時間の分布を図 2 に示す。図 2 より、通信時間は平均 2.9 秒であり、3 秒以内の通信時間の割合は 59.3%であった。しかし、インターネットや無線通信を使用する場合、実時間性は担保されない。そのため、遅延や通信不

表 1 実験機材・条件



使用船舶	Craft A (日本小型船舶検査機構 業務用艇)	Craft B (東京海洋大学調査・ 研究船)
		
船長	8.2m	17.8m
使用機器	スマートフォン、GPS コンパス	
使用機器の測位モード	スマートフォン：AGPS GPS コンパス：単独測位（従来の単独測位より ±10m 以下の精度）	
データ取得間隔	スマートフォン： 3 秒（Craft A、陸上定点）・4 秒（Craft B） GPS コンパス：1 秒	

表 2 スマートフォンの主な仕様

ARROWS M01（富士通）	
OS	Android 4.4
CPU	1.2GHz Quad Core
通信	LTE/3G 対応
使用されている衛星	GPS、GLONASS、BeiDou

能を考慮したアプリケーションの作成が必要であり、これらの状況を利用者に知らせることが有意義と考える。

3.3 位置の精度

スマートフォンから取得した位置の精度は、陸上の定点に置いた際の計測値の平均値からの分布と、航行時に別途設置した GPS コンパスから取得した位置との差で行った。図 3 に位置の差に関する分布を陸上定点観測結果とともに示す。位置計測時の対

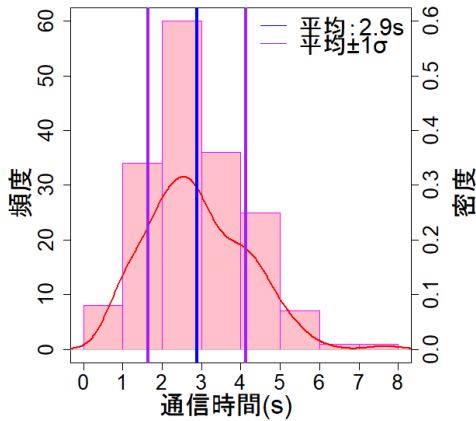


図2 通信時間の分布

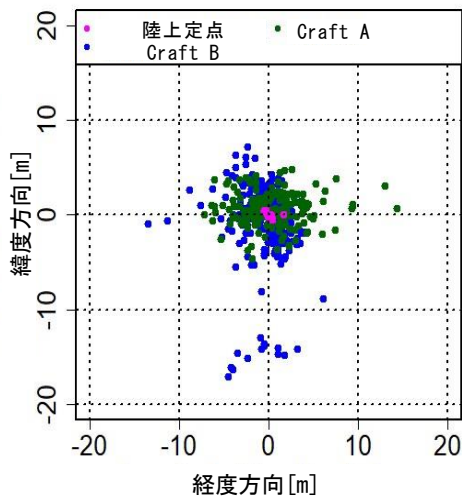


図3 位置の差に関する分布

表3 位置の標準偏差と最大の差

測位場所	標準偏差(m)	最大の差(m)
陸上定点	0.5	1.7
Craft A	2.2	14.4
Craft B	3.4	17.7

地速力は10~14m/sであった。表2に位置の標準偏差と最大の差を示す。図3より位置の差は±20m以内であり、Craft BはCraft Aに比較し標準偏差が大きかった。これはCraft Bのアルミ製の屋根や船体に遮られ、位置計測に利用する衛星数が他の条件より減少したためと考える。航行中の位置の差に関して、標準偏差は2~3m程度であり、この標準偏差を考慮した判定が有意義と考える。

3.4 進路と速力の推定方法

本研究において、進路と速力はドップラー測位による方法と過去の航跡を用いた方法により推定した。

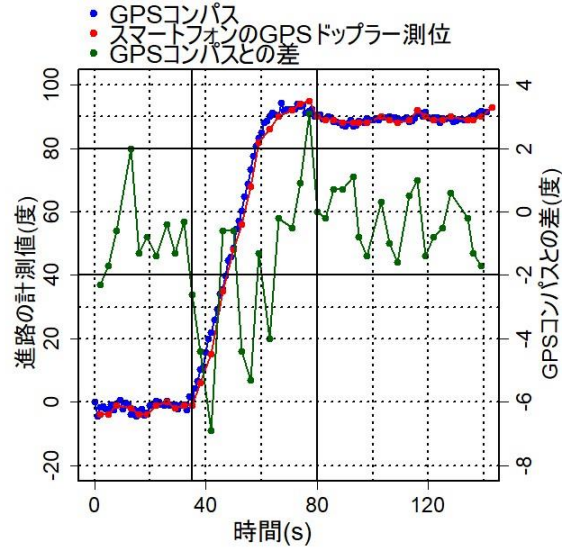


図4 ドップラー測位で得られた進路の差

ドップラー測位は、衛星とスマートフォンに内蔵されたGPSとの間のドップラーシフトを用いて、進路と速力を取得することである。ドップラーシフトとは、衛星とスマートフォンの周波数の差である。ドップラーシフトを用いて取得された速度ベクトルから進路と速力を計算する⁶⁾。ドップラー測位を用いれば、進路と速力を直接得られるが、ドップラー測位の機能をもたないスマートフォンも存在する。その場合は、過去の航跡から進路と速力を推定しなければならない。過去の航跡からの推定には、過去n点の航跡からn-1個の進路と速力を求め平均する移動平均を採用した。移動平均は最低2点の航跡から1個の進路と速力を計算できるが、このようにnが小さいとき、位置の差が進路と速力の精度に影響する。位置の差による影響を緩和するためにnを大きくすると、位置の差による影響は小さくなるが、進路と速力の推定に時間遅れが生じる。本研究では、4点、6点、8点、10点の推定を行い、進路と速力の差を求めた。

3.5 進路の精度

ドップラー測位と過去の航跡からの推定という2つの方法について、スマートフォンから取得した進路の精度を分析した。図4に、ドップラー測位で得られた進路の差を示す。ドップラー測位で得られた進路において、0度、90度付近で進路が安定していた部分の差は±2度以内であった。図5に、過去の航跡から推定した進路の差を示す。過去の航跡から推定した進路において、0度、90度付近で進路が安

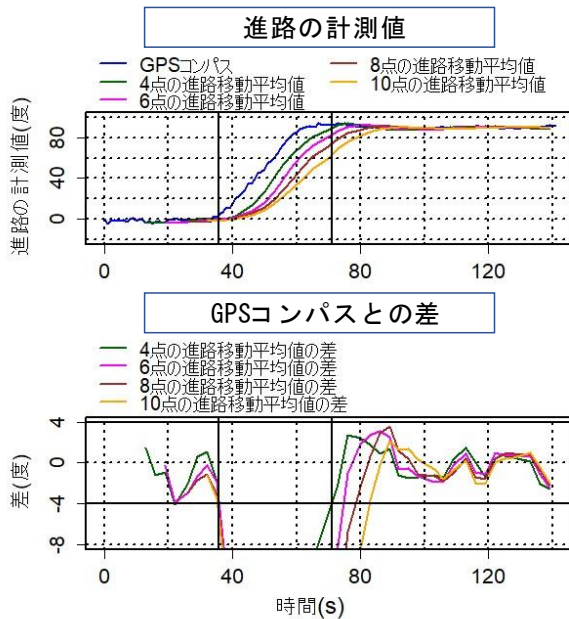


図5 過去の航跡から推定した進路の差

定していた部分の差は±4度以内であった。また、進路が0度、90度付近でそれぞれ安定し差が±2度以内（ドップラー測位）、±4度以内（過去の航跡による推定）だった区間の平均値と標準偏差を求め表4に示した。表4より、ドップラー測位と過去の航跡による推定において、平均値は-2.4~0度付近、標準偏差は0.9~1.7度の範囲で推移していた。

3.6 速力の精度

進路と同様に、2つの方法について、スマートフォンから取得した速力の精度を分析した。図6に、ドップラー測位で得られた速力の差を示す。ドップラー測位で得られた速力において、10m/s付近で速力が安定していた部分の差は±0.8m/s以内であった。図7に、過去の航跡から推定した速力の差を示す。過去の航跡から推定した速力において、10m/s付近で速力が安定していた部分の差は±1m/s以内であった。また、速力が10m/s付近で安定し差が±0.8m/s以内（ドップラー測位）、±1m/s以内（過去の航跡による推定）であった区間の平均値と標準偏差を求め表5に示した。表5より、ドップラー測位と過去の航跡による推定において、平均値は0~0.4m/s付近、標準偏差は0.1~0.2m/sの範囲で推移していた。また、ドップラー測位による速力の平均値・標準偏差はいずれも過去の航跡から推定した速力に比較して小さかった。

表4 進路の平均値と標準偏差

	平均値 (度)	標準偏差 (度)
ドップラー測位 (進路0度付近)	-1.0	1.2
ドップラー測位 (進路90度付近)	-0.3	0.9
過去の航跡4点から推定した進路 (進路0度付近)	-0.9	1.7
過去の航跡4点から推定した進路 (進路90度付近)	-0.1	1.5
過去6点の航跡から推定した進路 (進路0度付近)	-1.8	1.4
過去6点の航跡から推定した進路 (進路90度付近)	0.0	1.6
過去8点の航跡から推定した進路 (進路0度付近)	-2.2	0.9
過去8点の航跡から推定した進路 (進路90度付近)	-0.1	1.6
過去10点の航跡から推定した進路 (進路0度付近)	-2.4	1.2
過去10点の航跡から推定した進路 (進路10度付近)	-0.4	1.5

4. おわりに

本研究では、スマートフォンによる通信時間の検討とスマートフォンから取得した位置、進路、速力の精度を分析した。スマートフォンを航海支援機器として使用するには通信による情報提供の遅延や通信不能を考慮したアプリケーションの開発が有意義と考える。また、航行時の位置の差の標準偏差は2~3m程度であった。さらに、ドップラー測位と過去の航跡からの推定という2つの方法について、進路と速力の精度を分析した。本研究で分析した通信時間、位置・進路・速力の精度は、スマートフォンを衝突警告の支援に利用できる可能性があるか評価

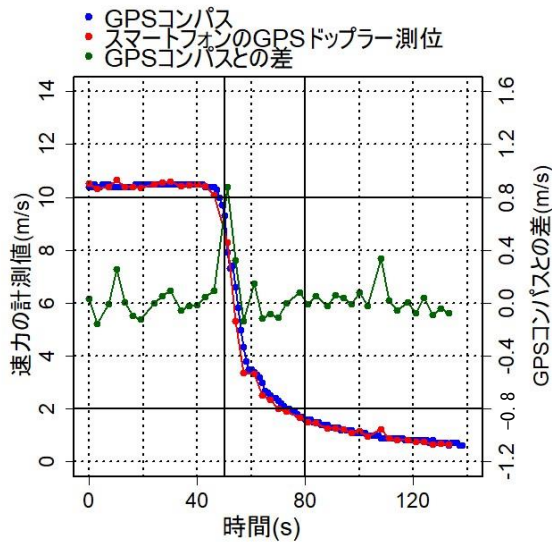


図6 ドップラー測位で得られた速力の差

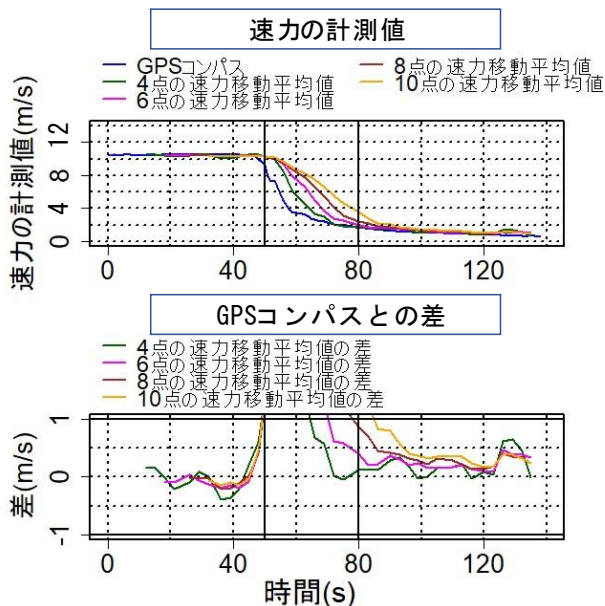


図7 過去の航跡から推定した速力の差

するための基礎となる情報を提供するとみなされる。今後は、本研究で明らかにした精度に基づく CPA 解析により、スマートフォンが衝突警告の支援に有効であるか評価する予定である。

5.謝辞

本研究は国土交通省からの請負業務「船舶衝突事故防止のための基礎調査」により実施した。研究機会を与えて下さった国土交通省海事局、研究にご協力頂いた富士通株式会社、海上技術安全研究所の研究者に感謝致します。また、実験データの取得にご協力頂いた東京海洋大学調査・研究船と日本小型船舶検査機構の皆様に感謝致します。

表5 速力の平均値と標準偏差

	平均値 (m/s)	標準偏差 (m/s)
ドップラー測位	0.0	0.1
過去4点の航跡から推定した速力	0.2	0.2
過去6点の航跡から推定した速力	0.3	0.1
過去8点の航跡から推定した速力	0.3	0.2
過去10点の航跡から推定した速力	0.4	0.2

6.参考文献

- (1) 海上保安庁：海難の現況と対策について(平成27年版), <http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/h28/k20160316/k160316-2.pdf>, 2017.8.15.
- (2) 海上保安庁：小型船にも AIS を!!, http://www.kaiho.mlit.go.jp/04kanku/koho/131204_teirei08.pdf, 2017.3.8.
- (3) 柴田大輔・高博昭・和田雅昭：スマートフォンを用いたプレジャーボート向け衝突事故防止アプリケーションの開発, 情報処理学会第75回全国大会, p.167, 2013.
- (4) 長尾和彦・瀬尾敦生・肥田琢弥・宇崎裕太：スマートフォンで動作する AIS と連携した小型船舶向け衝突防止システムの開発, 日本航海学会論文集, 135, p.11, 2016.12.25.
- (5) Eiko SAITO, Junji FUKUTO, Makiko MINAMI, Masayoshi NUMANO and Keiko MIYAZAKI : Accuracy of Information Obtained by Smartphones for Avoidance of Collision Including Boats, Transactions of Navigation, Vol.4 No.2, 2019
- (6) 久保信明：衛星測位工学, http://www.denshi.e.kaiyodai.ac.jp/kubo/class_gnss.pdf, pp.18-21, 2018