

# 海上実証実験の結果について

(国研)海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所

# 実験スケジュールと実施概要

事前海上実験

12月5日

スマートフォンによる  
正常な通信とデータの  
蓄積を確認

シミュレータ実験

12月8日～9日

シミュレータを使って、  
海上実験における2隻  
の船の動き(シナリオ)  
決定

海上実験

12月14日～16日

海上において2隻の船  
を航行させ、衝突・乗  
揚げ・通信の安全性を  
検証

# 使用船舶

- ◆東京海洋大学殿 調査・研究船やよい  
速度:23ノット  
船型 L×B×D : 17.80m×4.28m×1.49m  
最大搭載人員:57名  
総トン数:19トン アルミ製

- ◆日本小型船舶検査機構殿 業務用艇  
FAIR WIND II  
速度:25ノット  
船体型式:YAMAHA FC-27Ⅲ  
全長:27FT  
最大搭載人員:10名  
総トン数:5トン  
航行区域:限定沿海5海里超  
エンジン:YAMAHA SX420KSH  
推進力形式:船内外機出力:230PS



# 実験海域

実験海域：荒川沖（葛西臨海公園沖・東京ディズニーリゾート沖）







スマートフォンを活用した  
船舶衝突事故防止  
シミュレータ実験 デモ

海上技術安全研究所

# 各実験概要

	事前海上実験	シミュレータ実験	海上実験
日時	平成28年12月5日(月)	平成28年12月8日(木) ~9日(金)	平成28年12月14日(水) ~16日(金)
場所	荒川沖(葛西臨海公園沖・ 東京ディズニーリゾート沖)	海上技術安全研究所 操船リスクシミュレータ	荒川沖(葛西臨海公園沖・ 東京ディズニーリゾート沖)
船舶	日本小型船舶検査機構殿 FAIR WIND II	一般的な小型船舶	日本小型船舶検査機構殿 FAIR WIND II 東京海洋大学殿 やよい
使用機器	アプリ搭載 スマートフォン1台 ビデオ1台	操船シミュレータの警報機 能でアプリを代替 ビデオ1台	アプリ搭載 スマートフォン2台 GPSコンパス2台 簡易計測装置2台 ビデオ4台
計測項目	スマートフォンデータ (サーバ蓄積) 航跡	操船時のビデオ画像 操船データ 航跡	スマートフォンデータ (サーバ蓄積) 操船動作 航跡

# 海上実験概要

	海上実験	内容
日時	平成28年12月14日(水) ~16日(金)	通信頻度の検討 シミュレータ実験の妥当性確認 ・他船回避の警告を発報する設定距離 ・危険海域回避の警告を発報する設定距離 新進路予測の検討
場所	荒川沖(葛西臨海公園沖・東京ディズニーリゾート沖)	
船舶	日本小型船舶検査機構殿 FAIR WIND II 東京海洋大学殿 やよい	
使用機器	アプリ搭載 スマートフォン2台 GPSコンパス2台 簡易計測装置2台 ビデオ4台	
使用スマホアプリ	富士通殿提供	
計測項目	スマートフォンデータ (サーバ蓄積) 操船動作 航跡	

# 実験項目

- ① 通信頻度の検討
- ② 他船回避(他船接近警告 危険判定方法A)
- ③ 進路予測(他船接近警告 危険判定方法B)
- ④ 危険海域回避

# 実験手順

- ・ 小型船用スマートフォンアプリをインストールしたスマートフォンをそれぞれの実験使用船舶に配置。
- ・ 実験使用船舶はシミュレータ実験により抽出したシナリオに沿って航行。
- ・ ガイドラインの基本的仕様に関わる数値等を確認。

# 使用したスマートフォンの仕様

海上実験には、現行流通している平均的なスマートフォンを使用

## Android スマートフォン

OS: Android 4.4

CPU: 1.2GHz Quad Core

内蔵メモリ: ROM: 8GB、RAM: 1GB

メモリ: 1GB

ディスプレイ: 高精細(720×1280)HD液晶4.5インチ

通信: LTE/3G/GSM対応

SIM: microSIM

GPS: 内蔵

バッテリー容量: 2500mAh以上

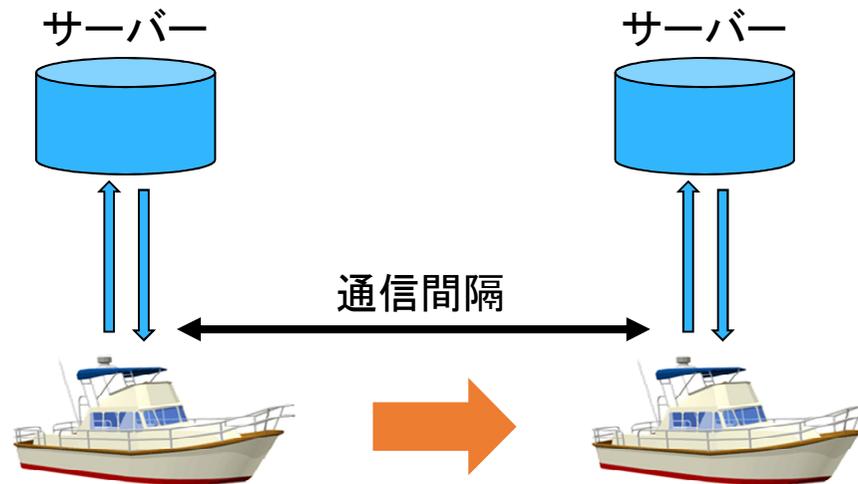
カメラ: 内蔵カメラ(バーコード読取用)

防水/防塵: IPX5・IPX8/ IP5X

## ①【通信頻度の検討】

- 安全の観点から通信間隔はより短い方が望ましい。
- 一般的なレーダーの更新は3秒である。
- 一般的なスマートフォンプログラムで3秒の通信間隔でデータの更新が実現可能であることを確認した。

➡ 以上を勘案して、通信間隔の要件は3秒以下とした。



## ②【他船回避】

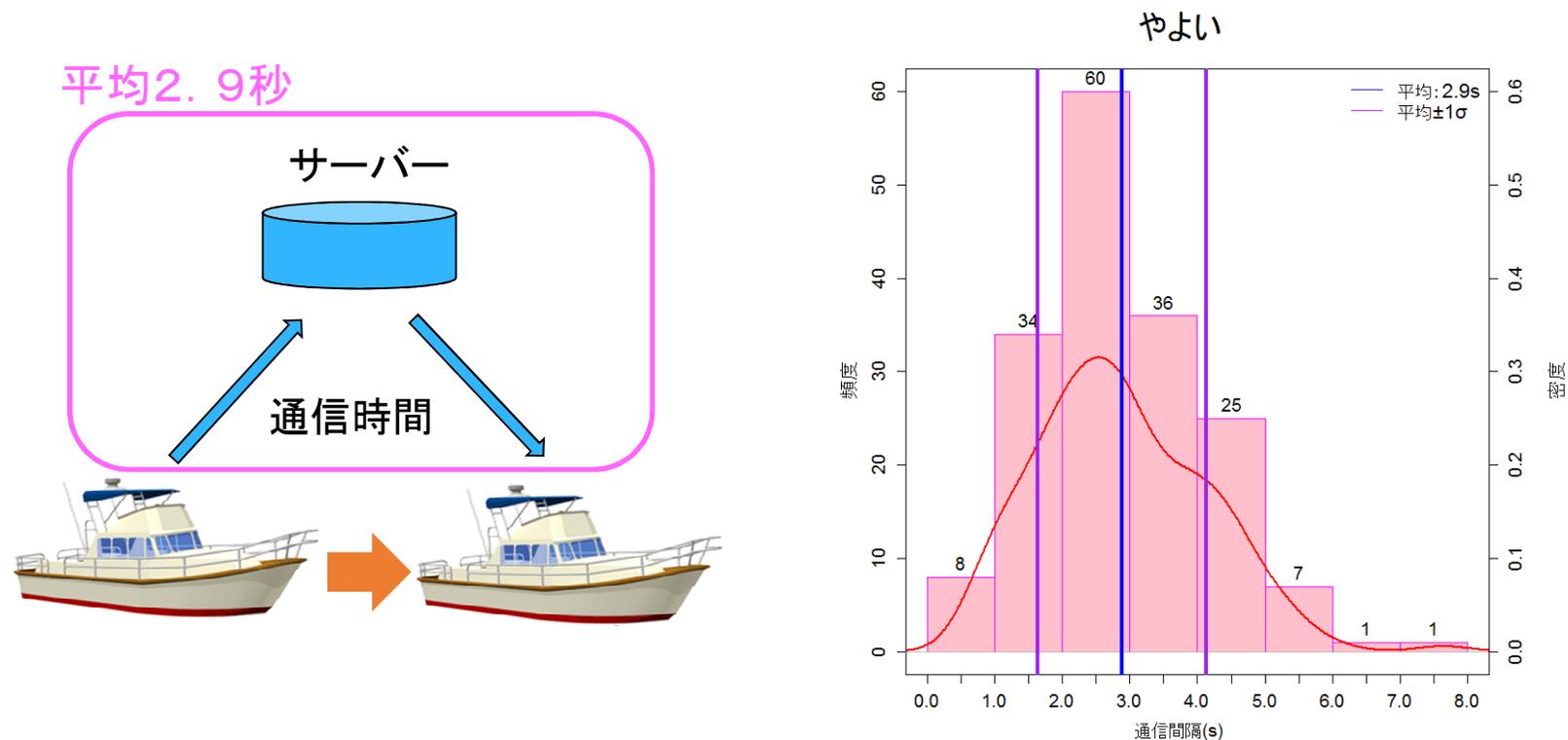
### 【他船接近警告 危険判定方法A】

他船が一定距離以内に近づいた場合に警告する方法



## ②【他船回避】

- ・海上において、データの送受信にかかる通信時間をシステム全体で観測した。
- ・その結果、20ノットで航行中、サーバーを経由した送受信に平均2.9秒を要した。



他船回避では、実際の通信の遅れを考慮する必要がある

## ②【他船回避】

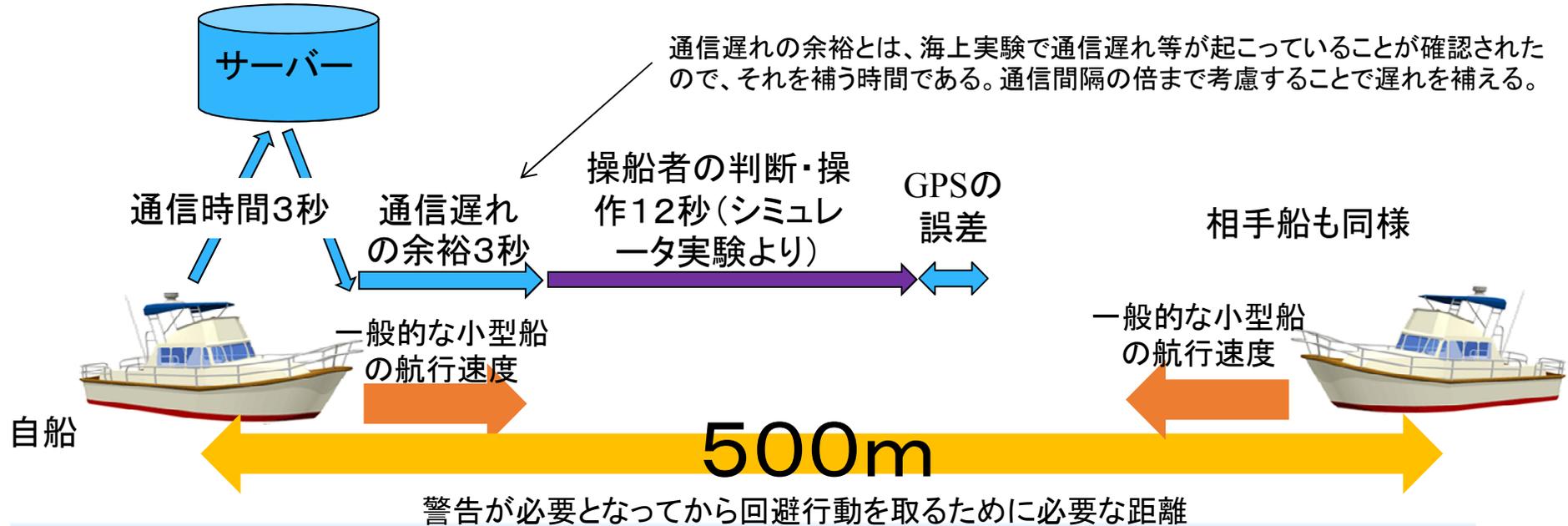
他船回避の警告を発報する設定距離 =

$$\left( \begin{array}{l} \text{警告が必要となってから} \\ \text{回避行動を終了するた} \\ \text{めに必要な時間} \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{l} 0.514\text{m}(1\text{ノットの船} \\ \text{が1秒に進む距離}) \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{l} 25\text{ノット(一般的な} \\ \text{小型船の航行速度)} \end{array} \right) \times 2 + \left( \begin{array}{l} \text{GPSの} \\ \text{最大誤差} \\ 20\text{m} \end{array} \right) \times 2$$

相手船からも接近

$$503\text{メートル} = (3 + 3 + 12) \times 0.514 \times 25 \times 2 + 20 \times 2$$

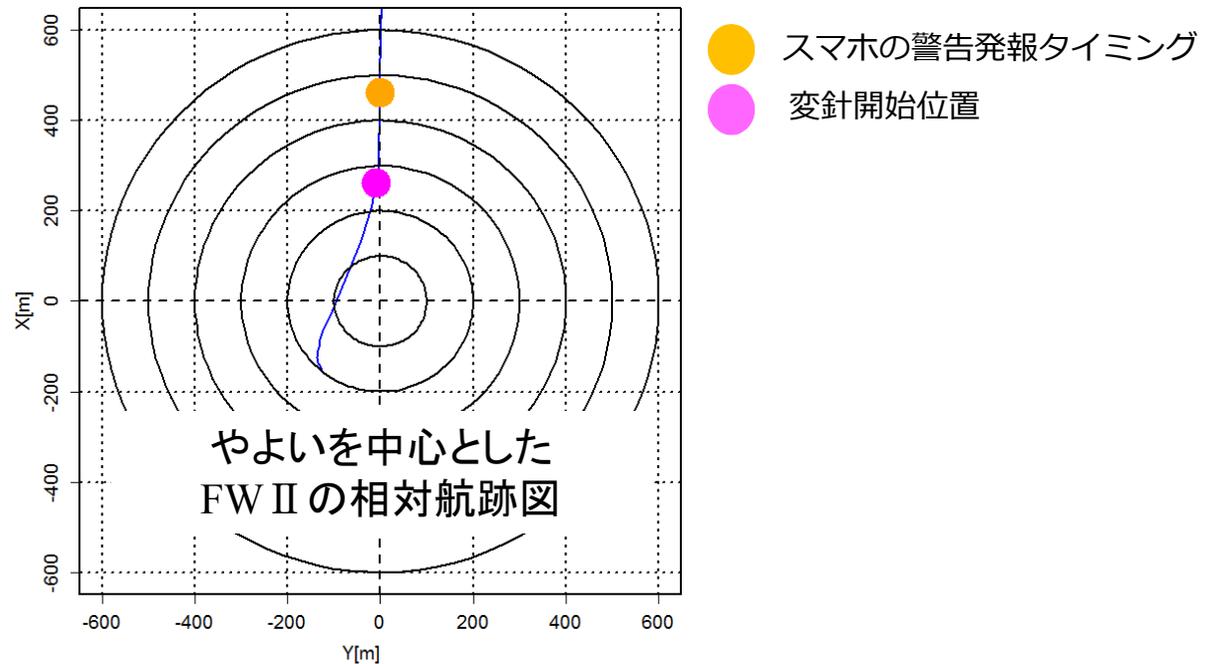
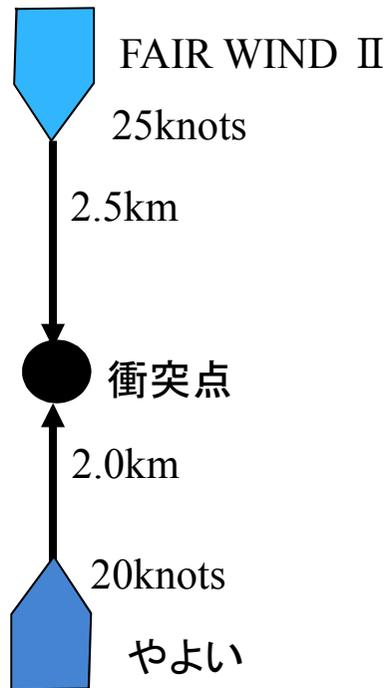
よって500メートルとする



## ②【他船回避】

### 実船による警告発報設定距離500mの妥当性の確認

シナリオ：自船FWII25ノット、相手船やよい20ノット



➡ 500mの設定距離で警告を発報したところ、相手船との離隔距離を十分(200m以上)確保して回避動作を取ることができたことから、500mの設定距離は妥当である。

### ③【進路予測】

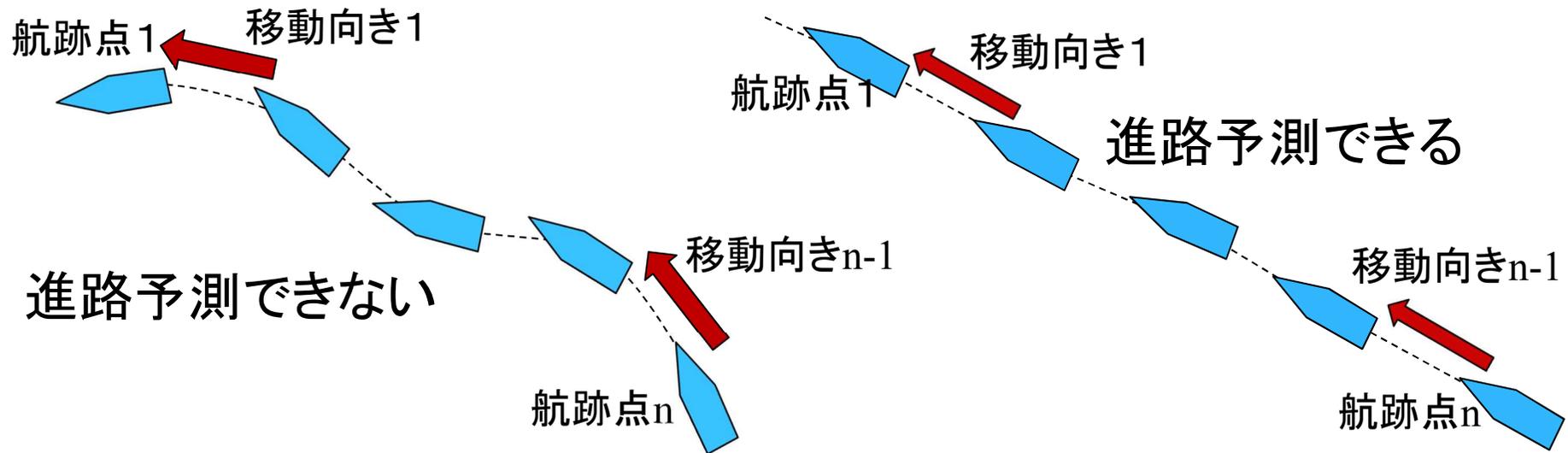
#### 【他船接近警告 危険判定方法B】

自船・他船の進路を予測して  
衝突のおそれがある場合に警告する方法



### ③【進路予測】

- ・進路を予測して衝突のおそれを判定するためには、船舶が直進していることが必要である。
- ・そのため、船舶が直進していることの判断方法を検討した。

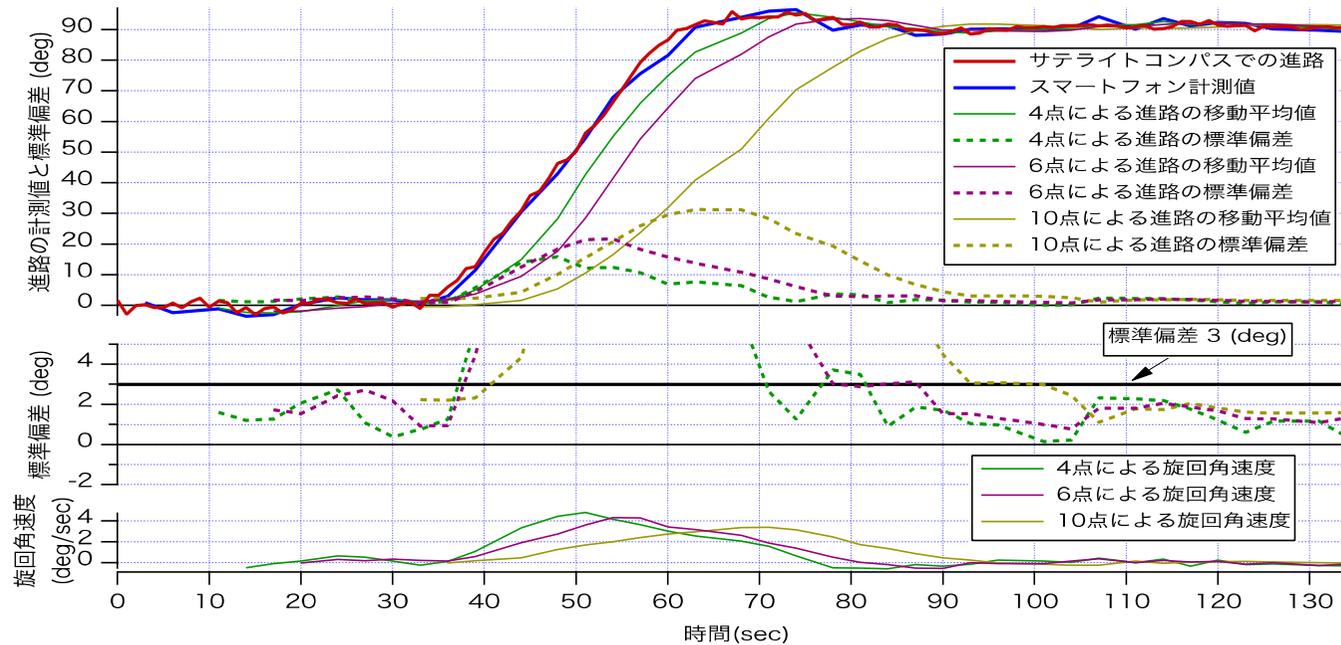


過去の航跡データから進路を得る方法としては、過去 $n$ 点の航跡点から $n-1$ 個の移動向きを求め平均する移動平均の考え方がある。  
この $n$ を大きくすると位置計測誤差が平均化され変動が少なくなるが、遅れが大きくなる。このため、誤差が小さくなることと遅れはトレードオフの関係となる。

# ③【進路予測】

## 実船による直進性の判断方法の検討

シナリオ：自船やよい20ノット、スマホ通信間隔3秒、進路変更90度



上記の条件で行った海上実験の結果、直線部は**移動向き**の標準偏差**3度以内**で表現できることがわかった。また、**航跡点は6点**で単調減少し、**遅れが7.5秒**となり、バランスとしては最も良いと考えられる。

➡ 過去の6点の位置情報から計算した進路のぶれが3度以内であれば直進と判断できる。

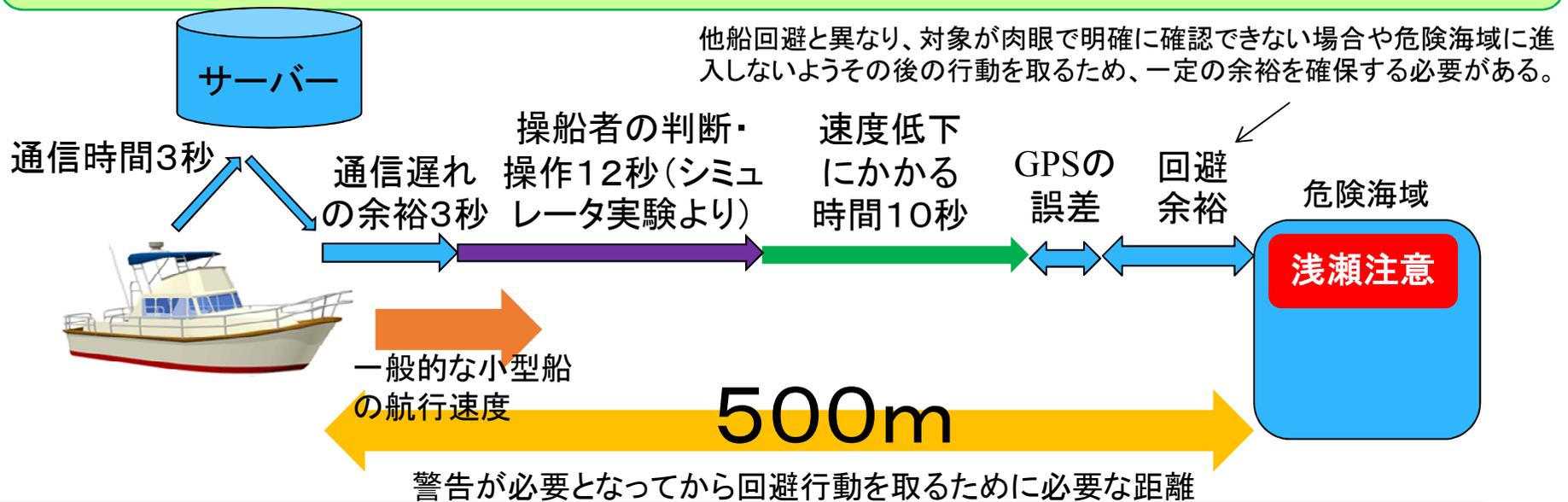
## ④【危険海域回避】

危険海域回避の警告を発報する設定距離 =

$$\left( \begin{array}{l} \text{危険海域が接近していることの} \\ \text{警告が必要となってから回避行動} \\ \text{を終了するために必要な時間} \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{l} 0.514\text{m}(1\text{ノット} \\ \text{の船が1秒に進む} \\ \text{距離}) \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{l} 25\text{ノット(一般} \\ \text{的な小型船の} \\ \text{最高航行速度)} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{l} \text{GPSの} \\ \text{最大誤差} \\ 20\text{m} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{l} \text{回避} \\ \text{余裕} \\ 100\text{m} \end{array} \right)$$

$$475\text{メートル} = (3 + 3 + 12 + 10)\text{秒} \times 0.514 \times 25 + 20\text{m} + 100\text{m}$$

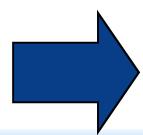
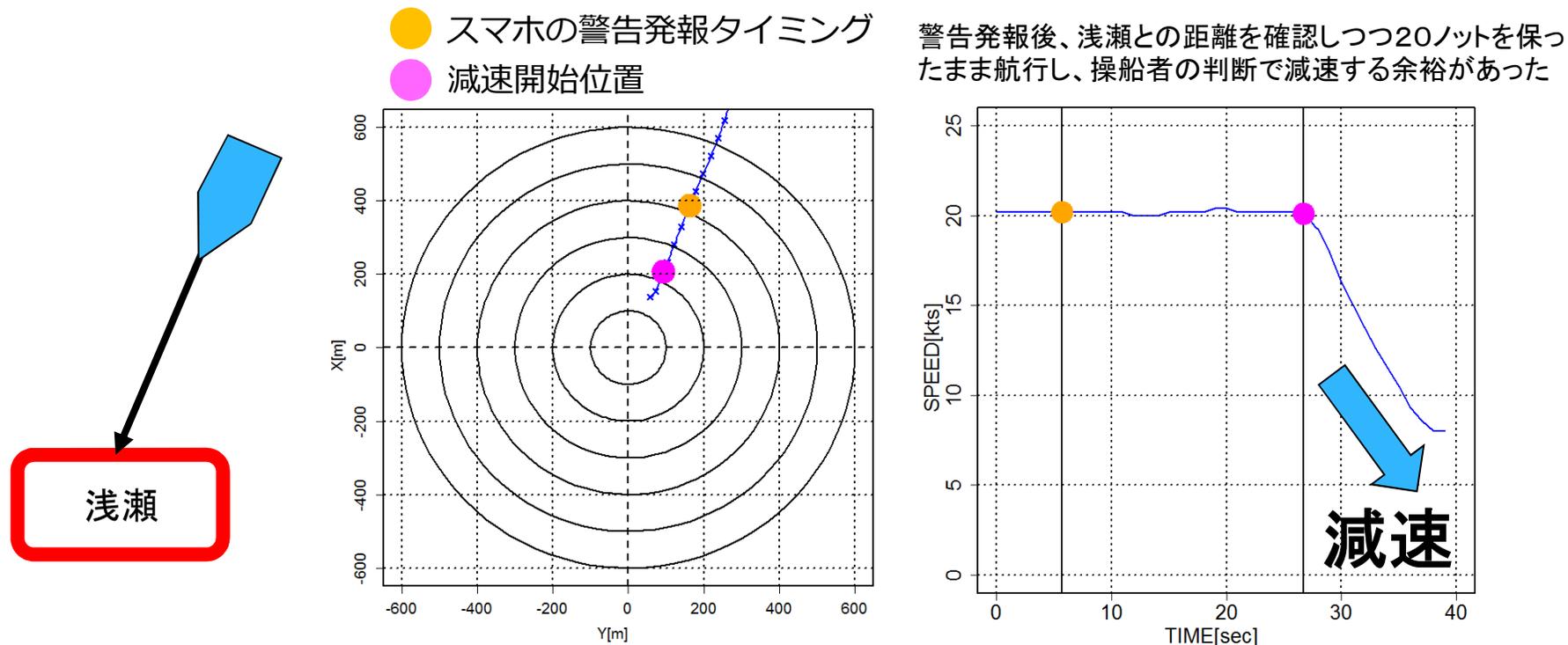
よって500メートルとする



## ④【危険海域回避】

### 実船による警告発報設定距離500mの妥当性の確認

シナリオ: 自船やよい20ノット、スマホ通信間隔3秒

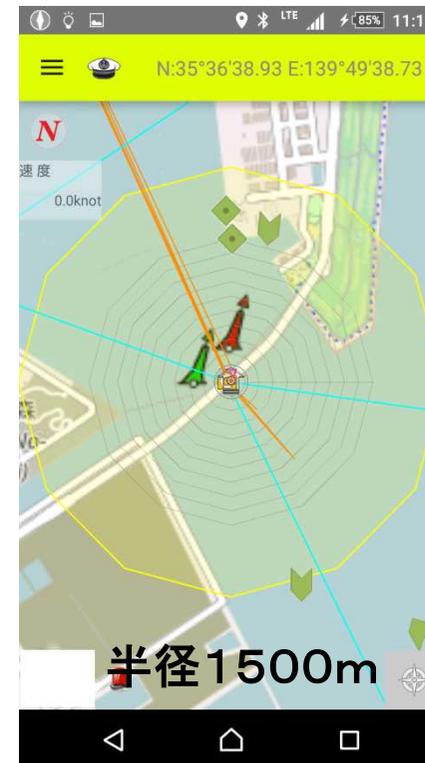
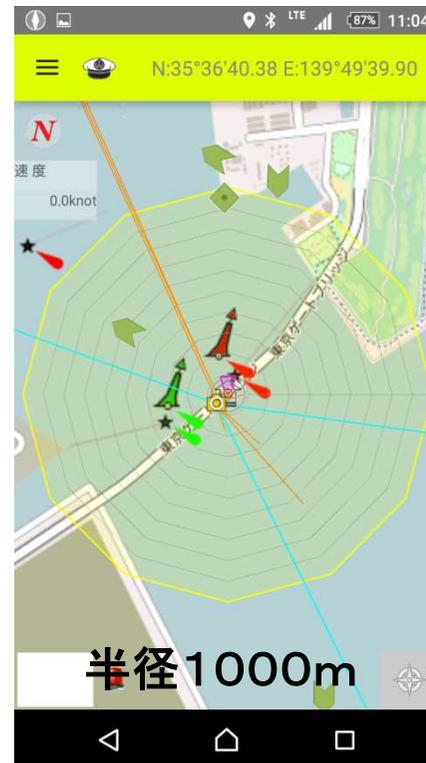
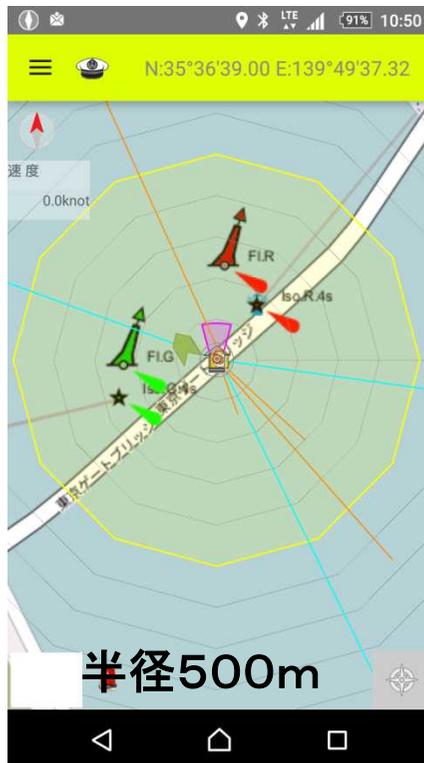


500mの設定距離で警告を発報したところ、危険海域との離隔距離を十分(200m以上)確保して回避動作を取ることができたことから、500mの設定距離は妥当である。

## その他の検討

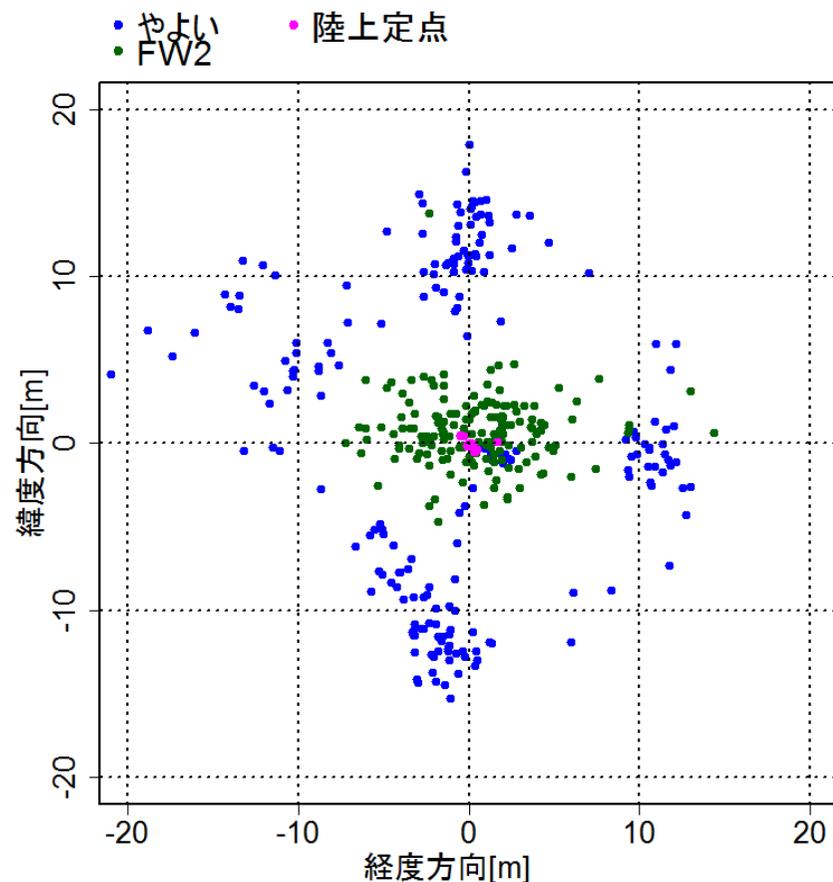
- (1) 他船の表示範囲
- (2) スマートフォンのGPS精度

# (1)【他船の表示範囲】



他船の動静把握には、適切な範囲の他船の表示が必要であるため、その範囲を検討した。小型船を肉眼で確認できる距離を考慮し、少なくとも自船を中心に半径1,000m (他船が一定距離以内に近づいた場合に警告を発するべき距離500mの2倍) 先にいる他船の動静の表示を可能とすべきである。

## (2) 【スマートフォンのGPS精度】



	標準偏差(m)	平均値(m)
やよい	12.71	1.48
FW2	4.01	0.84
陸上定点	0.49	0.05

陸上定点は平均値を真値としている

スマートフォンのGPS(測位モード:AGPS)の測位精度をGPSコンパスの測位結果を真値として比較し、最大で約20m以内となっていることを確認した。