GPSベースの船舶航海システムに対する攻撃と防御

Attack and Countermeasure for GPS-based Ship Navigation Systems

仙田 眞之・ネットワーク分科会・情報セキュリティ大学院大学

Navigation systems such as AIS and ECDIS are indispensable for ship operations, and many of them relies heavily satellite systems such as GPS to obtain the acquisition of location information. On the other hand, several maritime cases have reported attacks on GPS, and the vulnerability of GPS has been revealed. However, cyber security measures for ships, including navigation systems, have been very slow and many maritime organizations are exploring various countermeasures, but most of them are focused on conventional cyber-attack countermeasures and few are specific to ships. To investigate the importance of GPS signals to ships, this paper first investigates the relationship between GPS and GPS-based ship navigation systems. Next, the probability of cyber-attacks, spoofing, jamming, and other radio frequency attacks on ship navigation systems is investigated. We also discuss the impact of GPS attacks on ship navigation systems and security measures, and derive the necessary measures for ships in the future.

1. 研究背景（目的・貢献）

船舶の操船に必須である航海システムは，位置取得の手段としてGPSに依存している．そこで，GPS及び航海システムの脆弱性，GPSへの攻撃とその影響，現在の防御の為のセキュリティ対策の調査を行い，新たな航海システムのセキュリティ対策の課題抽出のため，GPSに依存しない手法を提案し，その類似性の検証を行う

① GPSに対する攻撃による航海システムと船舶への影響，船舶特有の外洋・近海に分けた対策の整理
② **GPSと既存の航海システムの適用手順を示したレスポンスチャートの提案**
③ 広島商船高専の操船シミュレータ装置を利用したGPS スプーフィング攻撃と**レスポンスチャートの類似性の検証**，及び**新たな問題点抽出検証**

2. 提案（整理・手法）

① 航海システム，航法のカテゴリ化（レイヤー分け）

慣性航法
ジャイロコンパスを利用して針路を確定する

AIS：Automatic Identification System
自船⇔他船で①～⑨の情報を相互通信交換
①船名，②識別符号，③船種類，④位置，⑤針路，⑥速度，⑦航行状態，⑧行き先，⑨安全情報

地文航法
海図に記載の地物と実物を利用して位置を確定する

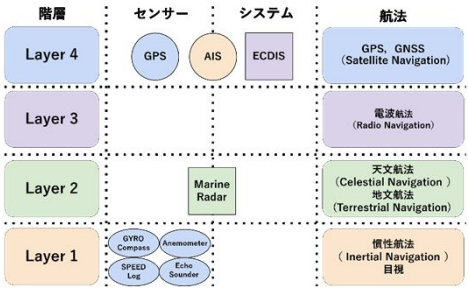
Marine Radar（船舶レーダー）
Radarエコーで他船，陸岸を画面で確認
AIS情報をシンボルで重畳表示

ECDIS：Electronic Chart Display and Information System
海図を画面上で確認できる
Radarエコー，AIS情報を重畳表示

天文航法
天体を利用して位置を確定する

電波航法
電波の位相差・時間差を利用して位置を確定する
（現在使用不可）

GNSS
GPS以外の衛星測位システム

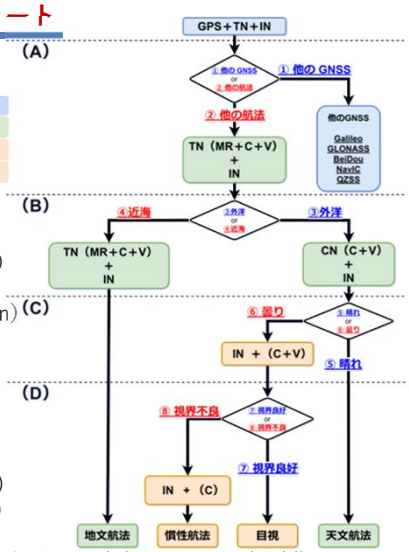


② 提案レスポンスチャート

状況
（A）**GPSの使用不可**
（B）航行している**海域**
（C）**天候**
（D）**視界**の状況

航法
CN：天文航法（Celestial Navigation）
TN：地文航法（Terrestrial Navigation）
IN：慣性航法（Inertial Navigation）

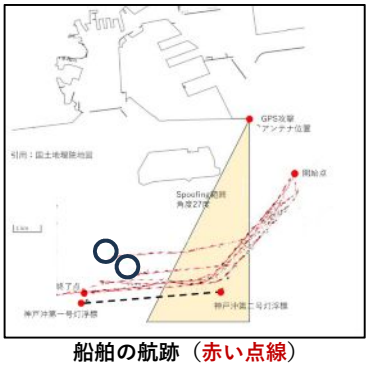
システム・ツール
MR：船舶レーダー（Marine Radar）
C：海図（Chart）（ECDIS）
V：目視（Visual position）



*1　公益社団法人日本心理学会倫理規程を踏まえた上で実験，アンケート調査を実施

3. 実験

- 広島商船高等専門学校協力により操船シミュレータを利用
- GPSスプーフィング(攻撃)されたシナリオを構築し，再現する
  1回目：　0°（北)方向へ 300m 程度GPS位置をずらす（黄色帯範囲）
  2回目：45°（東)方向へ 30,000 m 程度GPS位置をずらす　（終了点）
- **運航経験のある航海士7名**(2名体制)でシナリオに沿って実施[*1]
- 被験者全員，GPSスプーフィングの**事前知識なし**
- 判断基準：２つの灯浮標の間の線より上(北)側を航行できること
- **航海士の行動**と**航海の軌跡**，**アンケート調査**[*1]を通じて，**運航への影響性**，**不安全な事項**，**提案フローチャートとの類似性**を評価した



船舶の航跡（赤い点線）

アンケート内容

No.	質問事項
Q1	GPSスプーフィング攻撃に対して反応または把握できたか
Q2	GPSスプーフィング攻撃をどのタイミングで反応または把握できたか
Q3	GPSスプーフィング攻撃に対して反応または把握できたときの心境
Q4	GPSに依存しない運航にためらいなく移行できたか
Q5	GPS使用不可以降の航海システムの移行先は何か
Q6	Q5での回答以外にGPS使用不可以降の航海システムの移行先は何か
Q7	その他特記すべき事項

4. 結果

① GPSスプーフィングを細やかな変化による攻撃は，**内航経験者への 影響が少ない**（被験者全員が判断基準をクリア．6名が２回目の攻撃で気づいた）

内航経験のある被験者は，地文航法（目視を含む）を主に行っていることからGPSの位置を留意せず航海をしていることが考えられ、**既にレスポンスチャートにおける"Layer1"・"Layer2"に移行している**可能性が高い
よって，**提案のレスポンスチャーは違和感なく実施できる**ものと推測される

② **ECDISを注視して航行していた被験者（１名）**がGPSスプーフィング中に**自己位置の認識を誤り**(攻撃に気づかなかった)，航行予定航路から大きく外れ，後の対応が慌てるケースが確認された　➡　**ECDISに依存していたためと推測**

5. まとめ

- サイバー攻撃の脅威について知識が十分ではない被験者は，GPSスプーフィングに対して反応できない・把握できないが，**GPSに依存しない運航に躊躇なく移行**できたことで，**安全な運航を継続できる**ことが明らかになった
- **ECDISに依存していた被験者**は，**状況を把握できずに安全でない運航を行った**事例等を確認された
- **自動運行船**を考えた場合，**提案したフローの適用が必須**であると考えられる
- GPSスプーフィングによる被害があった場合，確認や通報のために**VHF電話による船舶同士，船舶と海上交通センター間の通信が増加する**可能性がある
  ➡　**通信が輻湊**することで**船舶同士の通信不能**になる