

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02355

研究課題名（和文）衛星測位の空間的受信特性を利用した船舶での信号認証技術の研究

研究課題名（英文）Study on signal authentication on ships using spatial reception characteristics of GNSS

研究代表者

久保 信明（KUBO, NOBUAKI）

東京海洋大学・学術研究院・教授

研究者番号：80343169

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,600,000円

研究成果の概要（和文）：衛星測位の空間的受信特性、具体的には右旋円偏波と左旋円偏波の特徴を生かした、スプーフィング信号の判別方法について、実際の船舶移動中を含めた実験で提案手法の有効性を確認することができた。屋外での実験は微弱電波の範囲内に限られるため、限定的な確認となったが、95%以上の確率で偽信号を検知できた。また、GNSSコンパスを利用した方法も有効であることを確認した。今後は、高度なシミュレータの利用とともに、微弱電波に限定しない方法での屋外での実験実施が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究成果の学術的意義は、衛星測位の偽信号の検知に、一般的な人工衛星の送信信号である右旋円偏波と左旋円偏波の特性を利用することができた点である。衛星測位は全て右旋円偏波を利用しているため、実環境では必ず右旋円偏波と反射による発生する左旋円偏波の受信がそれぞれの衛星電波の到達タイミングで発生する。一方、偽信号は1つのアンテナから送信されることがほとんどであり、右旋、左旋ともに画一的な受信信号となり判別が容易であった。また、この偽信号の対策は、衛星測位分野では今後の高信頼・高安全のアプリケーションにとって必須であり、社会的意義もある課題であったと考える。

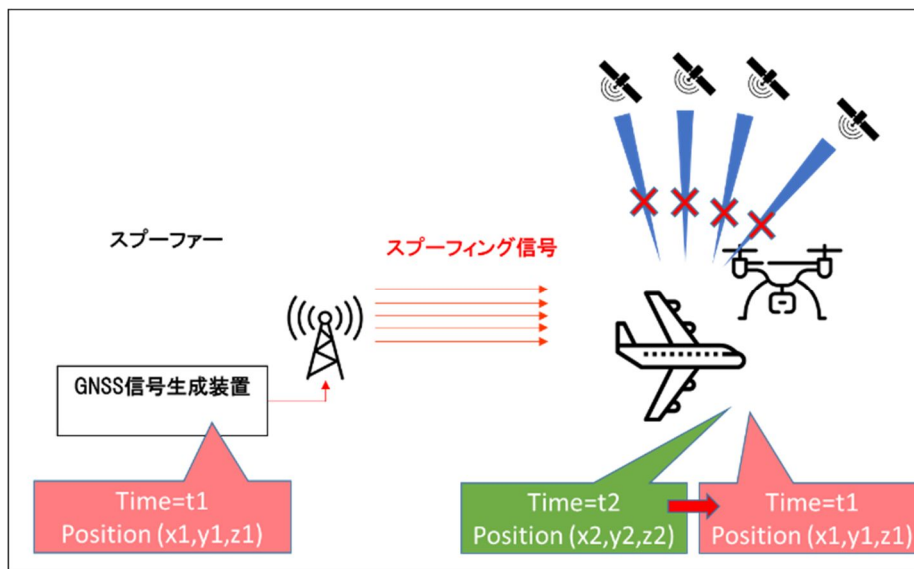
研究成果の概要（英文）：The effect of the proposed method for detecting spoofing signals by taking advantage of the spatial reception characteristics of satellite positioning, specifically the characteristics of right and left circular polarization, was confirmed in experiments including during actual vessel navigation. Although the outdoor experiments were limited because they were limited to the range of weak radio waves, false signals could be detected with a probability of more than 95%. The method using the GNSS compass was also confirmed to be effective. In the future, it is expected that outdoor experiments will be conducted using methods that are not limited to weak radio waves, as well as the use of advanced simulators.

研究分野：衛星測位

キーワード：GNSS 欺瞞信号 干渉 マルチパス 右旋円偏波 左旋円偏波 GNSSコンパス

### 1 . 研究開始当初の背景

GPS を代表とする衛星測位による位置決定技術は、自律航行のインフラとして利用するには、信頼性の高い位置情報が重要である。課題の 1 つに、受信信号が非常に微弱で、干渉に弱くかつ欺瞞信号に弱い点がある。これらを解決するために、測位衛星からの真の信号と妨害者からの偽の信号において、異なる偏波特性（右旋と左旋）を利用した、新しい信号認証技術を実証する。真の信号は、到来方向が異なるため、受信アンテナの周囲環境によって偏波特性も異なる。一方、偽の信号の偏波特性は送信機が 1 つの場合ほぼ同じとなる。この新しい信号認証技術により、自律航行や自動運転での位置情報の利用がよりロバストになることが期待される。下図に本研究の提案概要を示した。

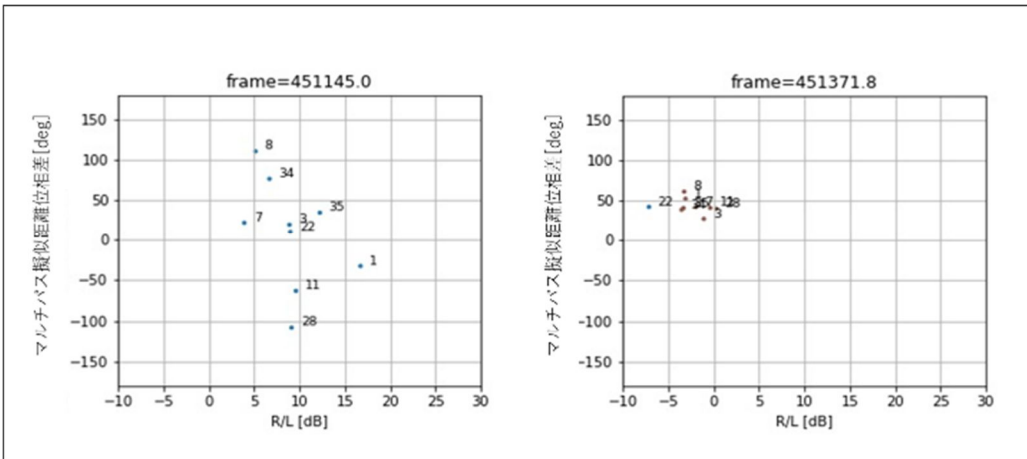
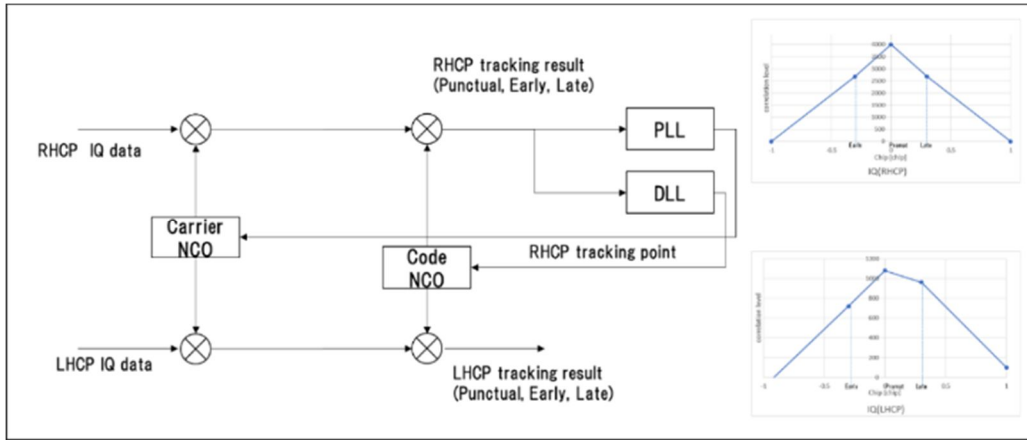


### 2 . 研究の目的

本研究の目的は、衛星測位で課題となっている、欺瞞信号の検知とその影響を低減させることである。この課題に対しては、複数のアプローチがあり、本研究では特に衛星からの電波の特性を利用することで、正確に検知することを目的としていた。

### 3 . 研究の方法

研究の方法は、衛星からの **IQ** 信号を、右旋及び左旋アンテナより同時にソフトウェア **GNSS** 受信機で処理できる装置を開発し、その装置を用いて、信号処理ソフトの開発を行った。開発した装置を利用して、実際にライブの測位信号と偽信号を別のところより発生させ、実験を複数回実施した。この実験では、船の移動中の確認も行った。また、ドイツの研究機関で取得したデータでも合わせて検証し、最後に最新のシミュレータでの確認を行った。下図にソフトウェア **GNSS** 受信機の構成と、実際の出力結果を示した。左がライブの信号で信号処理結果が散在するのに対して、右が **Spoofing** 信号の結果で、一か所に集まる傾向が確認された。



#### 4. 研究成果

衛星測位の空間的受信特性、具体的には右旋円偏波と左旋円偏波の特徴を生かした、スプーフィング信号の判別方法について、実際の船舶移動中を含めた実験で提案手法の有効性を確認することができた。屋外での実験は微弱電波の範囲内に限られるため、限定的な確認となったが、95%以上の確率で偽信号を検知できた。また、GNSS コンパスを利用した方法も有効であることを確認した。今後は、高度なシミュレータの利用とともに、微弱電波に限定しない方法での屋外での実験実施が期待される。研究成果の学術的意義は、衛星測位の偽信号の検知に、一般的な人工衛星の送信信号である右旋円偏波と左旋円偏波の特性を利用することができた点である。この偽信号の対策は、衛星測位分野では今後の高信頼・高安全のアプリケーションにとって必須であり、社会的意義もある課題であったと考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Gen Fukuda, Daisuke Hatta, Xiaoliang Guo, Nobuaki Kubo	4. 巻 4
2. 論文標題 Performance Evaluation of IMU and DVL Integration in Marine Navigation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 1-20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s21041056	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 小林海斗, 久保信明, 坂井丈泰	4. 巻 69
2. 論文標題 マルチパスモニタリングによる GNSS スプーフィング検知の研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本航空宇宙学会論文集	6. 最初と最後の頁 247-256
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2322/jjsass.69.247	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Kaito Kobayashi, Nobuaki Kubo
2. 発表標題 Spoofing detection on ships using multipath monitoring and moving-baseline analysis
3. 学会等名 Proceedings of International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林海斗
2. 発表標題 GNSS信号放射用クロス八木アンテナの試作
3. 学会等名 測位航法学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林海斗、久保信明
2. 発表標題 低仰角からの GNSS スプーフィング攻撃への防御手法
3. 学会等名 64回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林海斗、久保信明
2. 発表標題 市販GNSS受信機のSpoofing耐性の評価
3. 学会等名 第63回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
ドイツ	Fraunhofer		