

令和 2 年 9 月 14 日現在

機関番号：82627

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K18072

研究課題名(和文)ハイブリッド簡易高速電磁界計算による電磁波可視化と実証実験による民間航空解析支援

研究課題名(英文) Support of Civil Aviation by A Visualization of Electromagnetic Waves by Simplified Hybrid Fast Numerical Computation and Measurement Campaign

研究代表者

本田 純一 (Honda, Junichi)

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・電子航法研究所・研究員

研究者番号：10643348

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：航空分野で利用される各種無線システムにおける電波の問題をハイブリッド簡易計算手法による電磁波の可視化と実環境下における各種実験を通して、電波の専門家でなくともその振る舞いを理解しやすいようなツールの提供ならびに結果を用意することを目的として研究を実施した。ハイブリッド簡易計算手法では、レイ・トレーシング法を基本として複数の障害物や起伏のある地面を同時に取り扱うことを可能とし、より現実問題に近い計算が行われると共に電磁界を可視化することで干渉波等の影響を把握しやすいように工夫した。また、所属組織の他の課題と連携し、いくつかのシステムにおいて実験を行い、統計解析等を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電波伝搬問題の数値解析は古くから行われているが、国内では航空分野で対象とされる環境は比較的簡単なものに留まっている傾向にあり、また海外ではより複雑な環境で計算されるものもあるがスーパーコンピュータを使わねばならないなど汎用性に欠けている部分がある。本研究は、多少精度は落ちたとしても汎用PCで現実に近い環境設定の中で計算可能なハイブリッド計算手法を適用し、運用者に対して電波の専門分野でなくとも電波可視化によってその振る舞いを理解しやすくなるツールを提供することに特徴がある。平行して複数の無線システムにおける電波測定を実施し、計算手法との比較や実験を通して電波の振る舞いを把握するように努めた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to provide a useful numerical tool and experimental results for people who work at airport and its related field. In this research, a simplified hybrid fast numerical computation was developed and a few kinds of measurement was conducted by supports from other research groups. A developed numerical tool based on the ray-tracing method can treat complicated propagation environments with several obstacles and rough terrain, and it also provides us visualizations of electromagnetic waves to acquire behavior of electromagnetic waves. Additionally, some of measurement campaign was performed, and statistical analysis was carried out.

研究分野：電波伝搬

キーワード：簡易ハイブリッド計算手法 民間航空 電波伝搬 ILS

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

電磁界解析は、地上デジタル放送波や携帯電話に挙げられるように多くの研究が行われた。これらの無線技術は現代社会においてなくてはならないものとなっており、数多くの研究者が日々研究を進めている。民間航空においても無線技術は安全かつ効率的な運用に欠かすことのできない重要な役割を果たしている。しかしながら、この分野では比較的簡単な解析が多く見られ、複雑な伝搬環境下の解析については十分に議論されていないように思われる。これは対象とする電波散乱体が波長よりもかなり大きい場合や、対象物が複雑であるためにコンピューター資源が不足することも一因と考えられる。民間航空で利用される無線システムは、空港開発や空港周辺の都市化といった環境の変化を受けて利用電波が乱されることにより性能低下につながる場合がある。そのため、これらの問題探求や事前検証のためにも電磁界解析は極めて重要な役割を果たす。また現場で業務にあたる技術者の中には電波の専門家でない場合もあり、電波がどのように変化し性能低下を招くのかが想像しにくいという現状もある。そこで、専門者以外にも電波を可視化してその振る舞いを想像できるようになれば有用なツールになると考えられる。

航空分野では、主に通信、航法、監視システムにおいて電波が用いられる。一部はレガシーシステムとして現在でも利用されているが、これまでの運用実績から信頼度も高い。先に述べたように、建物等の構造物や航空機等の移動体など他にも電波を乱す要因は多くあり、これらを原因とした性能低下は航空の安全性を阻害する恐れがある。これまではカット&トライによる対応が多く見られるが、問題発生時にその原因を発見できれば解決方法の提案につながり、新しいシステムを展開する前であれば最適システムの構築にも期待が持てる。以上のことから、電波の振る舞いを把握しておくことは安全運航を図る上でも重要である。

### 2. 研究の目的

航空分野では、数値解析を行うときに受信機の特性等も考慮しながら検証を行う必要がある。しかし、空港面等の解析を行う場合には解析領域が広大になり、また計算対象とする障害物の数も多くなることが予想できる。一方、計算精度も考慮すべきではあるが、現場で利用する場合には、商用 PC の利用が多数を占めると考えられる。そのため、計算コストは可能な限り削減して、受信機性能等も考慮した上で必要な結果を得られる包括的なアルゴリズムの開発が必要となる。

本研究の目的は、ハイブリッド簡易高速電磁界計算手法を開発し、電波の振る舞いをイメージしやすいように電磁界分布を可視化し、さらに航空分野への応用を目指すことにある。一方、関連する無線システムの実環境における電波伝搬特性については実験を通して検証する。本研究の応用分野や期待される成果については以下の通りである。

- ・ 応用分野  
レーダ (PSR, SSR 等)、着陸支援装置 (ILS, GBAS)、航空用通信 (AeroMACS 等)
- ・ 期待される成果  
ハイブリッド計算手法の開発、送受信機最適配置、機器設計基準策定への参考  
応用先 無線機器/施設で生じる問題探求、コスト削減

電磁界解析は特に通信分野において関連研究が多く見られるが、本研究は航空分野への適用を見据えた包括的な解析アルゴリズムの開発としてやや趣が異なる。本分野も、海外では大型航空機等を詳細にモデル化した計算事例が出てきているものの、スーパーコンピューターを利用するなど一般的に利用できる仕組みになっていない。一方、国内の数値計算については、解析対象が比較的簡単なモデルや限定的な環境を模擬するに留まっているように見受けられる。昔は PC の性能が低く対応が難しかったことも要因の一つだが、様々な環境に適用するためのプログラミングはかなり複雑になるため、ある程度限定的になっていたと推察される。

### 3. 研究の方法

本研究担当者はこれまでに地表の電波伝搬問題及び構造物に囲まれたエリアの電磁界について FDTD 法やレイ・トレーシング法 (RTM) に基づいて数値計算を行ってきた経緯がある。また、空港等での受信電力や信号干渉についての実験経験も有している。以上の知見・経験を活かして簡易 RTM をベースにしたハイブリッド計算手法の開発に取り組んだ。併せて、応用先の無線システムについて実測を行い、実環境下における電波の振る舞いについてデータ解析を実施した。開発したアルゴリズムは、以下の特徴を有する。

- (1) 三次元 (3D) 物体および地面モデルに対する計算の実施
- (2) 複数の障害物を同時に取り扱う
- (3) 可能な限り解析領域を広くとる
- (4) 受信機特性を考慮して電磁界計算から最終結果の提供までトータルサポート
- (5) 電波を三次元的に表現し専門者以外にも電波の振る舞いが分かるように工夫

数値計算は、フルウェーブ解析と高周波近似解法に大きく二つに分類されるものと仮定する。フルウェーブ解析は、計算精度はかなり高いものの計算メモリを膨大に利用し、大きな散乱体や広域に及ぶ計算には不向きである。一方、高周波近似解法は基本的には取り扱う散乱体は波長以上で変化する物体に対してであり、波長以下の小さな物体の精度は低下する傾向がある。しかし、計算メモリはさほど使用しないため、大きな解析領域を取り扱うことが可能となる。そのため、上記の計算条件を考慮すると高周波近似解法をベースにしたアルゴリズムの開発が本研究の主旨に一致する。つまり、大きな散乱体に対しては高周波近似解法を適用し、波長以下に対しては

必要に応じてフルウェーブ解法を適用するといった案である。ただし、汎用のコンピュータで計算可能かどうかを踏まえてアルゴリズム開発を実施する必要がある。そこで、いくつかの計算手法について基本プログラムを用意し、それらを必要に応じて選択できるように準備した。

また、電磁界計算アルゴリズムの開発と並行して、各種無線システムの電波の振る舞いについても実験を通して検証した。実環境における ILS 信号測定および MLAT で利用される信号の量ならびに検出率の推定、バイスタティックレーダ断面積 (BRCS) 等を対象とした。これらの信号の特徴も現状の電波の振る舞いを把握し、またデータ提供を行う上で実施した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 解析方法

図 1 のコンセプトに従い計算アルゴリズムを開発した。当初は、RTM にモーメント法や FDTD 法といったフルウェーブ解析を組み合わせる予定であったが、解析対象が波長よりかなり大きく、また解析領域が広大になるため、まずは個別対応として必要に応じ将来的に組み合わせる方針とした。図 2 に FDTD 法による伝搬計算と物理学近似 (PO) による反射強度計算例を示す。

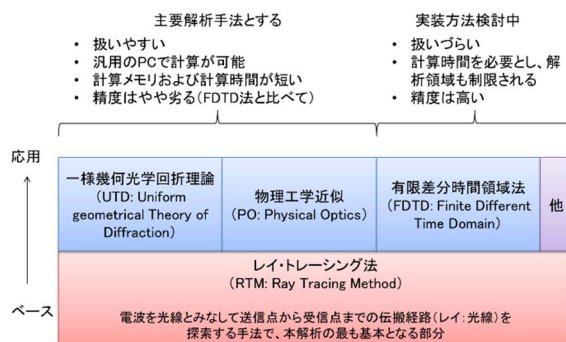


図 1：解析手法のコンセプト

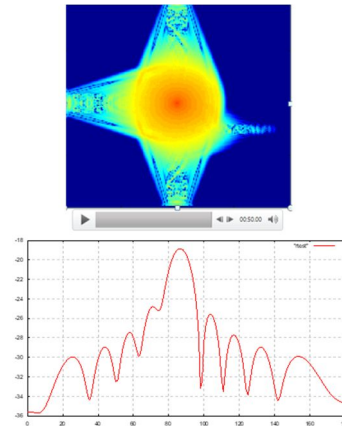


図 2：計算例 (上：FDTD、下：PO)

簡易 RTM に基づいた送信点から受信点までの伝搬経路 (レイ) 探索方法について簡単に説明する。本研究のベースとなる重要な部分に当たる。まず、散乱体を分割 (メッシュ化) する。メッシュ化については将来的にモーメント法等の適用も念頭において検討した結果である。なお、メッシュのサイズは、UTD 等の近似解法であれば波長以上となるように選択し、PO であれば少なくとも波長の 1/5 以下となるように設定する。送受信間のレイ探索手順は図 3 の通りである。

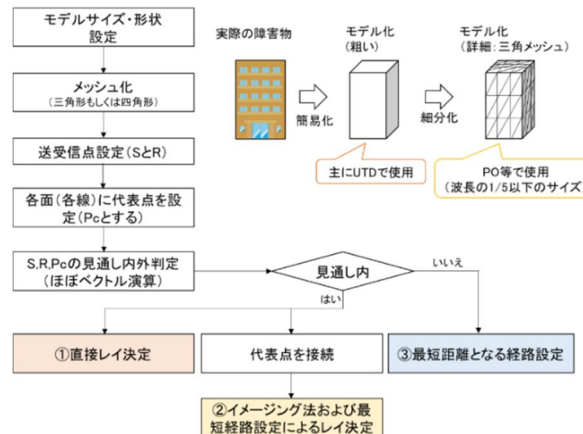


図 3：RTM によるレイ探索方法

UTD 等の時は 1 面が大きくなり、波長以下で変化する場合に計算誤差が大きくなる可能性がある。PO では波長以下でメッシュ化するため、小さく分割すれば波長以下で変化する障害物についても計算は可能となる。ただし、メッシュ数の増加に従い多くのメモリを使用するため、障害物の大きさに制限をかけることになり計算時間も増大する。この点は、ユーザー側の欲しい情報とのトレードオフの関係である。PO は反射波領域については MoM 相当の精度になるが、陰領域については電流成分が計算されず、特に見通し外領域の精度は大きく低下する。そのため、照射領域の面に対して、任意角度以上となった場合は自動的に UTD 等に切り替える仕組みとした。界の連続性を保つために例えば PO 領域、複合領域、UTD 等領域のように領域を切り分けて処理されるものとする。これらの計算情報は全て簡易 RTM による。

送受信間の見通し内外判定を行うために、メッシュ化された各面に対して代表点を付す。代表点の数は複数でもかまわない。送受信点と代表点の見通し内外判定を通して、イメージング法によりレイを補正する方法を採用する (図 4)。なお、送受信点が見通し外となる場合は最短距離



となるレイを構成する。メッシュ化の問題点は代表点のみで見通し内外判定を実施するという  
 ことにある。代表点が LOS となる場合は、一部が NLOS になっていようが関係なく、対象とする  
 面全体を LOS と仮定する（図 5）。よって複雑な環境下では、電波が照射されない領域も照射さ  
 れているとみなして計算する可能性がある。これは計算誤差になるが、応用先を考えると基本的  
 には代表点は 1 点で十分であると考えられ、計算精度高めたい場合は、細かくメッシュ化したら  
 良い。フィルタリングして不要波を除外する手もある。要は本手法の精度を損ねることなく正し  
 く適用できるかどうかにある。最後に得られたレイ情報から電磁界を計算する。この時、送信出  
 力、指向性、偏波面、反射・回折点、媒質定数等を計算に利用する。最終的に各レイの電界強度  
 の情報からレイの数だけ複素加算を行い、2 点間に対する電磁界データが得られる。

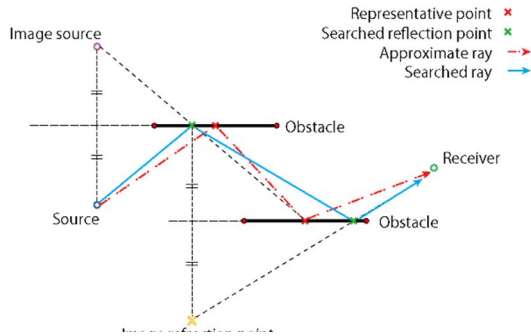


図 4：レイの構成方法(反射波起因)

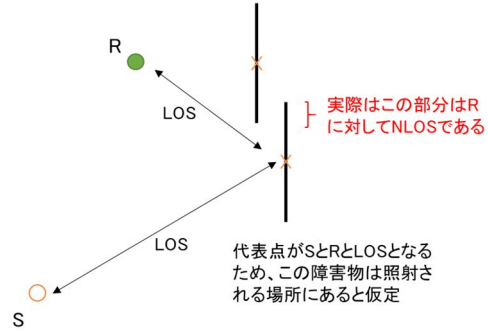


図 5：メッシュ化による問題点

(2) 数値計算の適用事例

開発した解析アルゴリズムを計器着陸装置 (ILS) に応用した。ILS は空港への着陸を試みる  
 航空機を正しい着陸経路に沿って誘導する地上航法施設の一つで、ローライザー (LOC) やグ  
 ライドスロープ (GS) 等から構成される。LOC は滑走路中心線に対して水平方向の位置関係を航  
 空機に指示し、GS は垂直方向の誤差を提供するために用いられる。

簡単に LOC と GS それぞれの特徴を説明する。LOC は複数の対数周期アンテナ (LPDA) からな  
 るアレイアンテナシステムとなっており、使用周波数は 110MHz 帯前後である。キャリアとサイ  
 ドバンドという主に 2 種類の信号を送信し、各アンテナから送出された信号を空間中で合成す  
 ることによりビームを形成する。なお、90Hz と 150Hz の振幅変調がかけられており、この変調  
 度の差 (DDM) を調べることで機体は着陸コースに正しく乗っているかどうかを判断する。滑走  
 路中心線上であれば DDM はゼロとなる。GS はコーナーリフレクターアンテナを縦に 3 つ並べた  
 アレイシステムで、利用する周波数は 330MHz 付近となる。本装置は直接波と地面からの反射波  
 を使ってビーム形成する。LOC 同様の振幅変調が用いられ、パス上において DDM はゼロとなる。  
 古いシステムではあるが、世界中で今日も利用されている信頼性の高い航法システムである。た  
 だし、地上施設の近くに凹凸のある地面を含む障害物があると電波が乱され、正しいビーム形成  
 ができず、また不用波が着陸経路上に侵入することによって誤差が発生する。変動する DDM の値  
 に追従して航跡に乱れが生じる結果となる。そのため、空港開発等に併せて電波環境が変化す  
 ると考えられる場合には、まず数値シミュレーションを実施して、問題の有無を判定する。

当該シミュレーションは国内では障害物を 2D でモデル化し、また複数の構造物が存在する場  
 合の LOS/NLOS 判定は行われず、現実的な空港を模擬した複雑な伝搬環境における解析は行われ  
 ていない。また、海外では MoM といった精度の高い手法が採用されているものもあるが、散乱体  
 の対象は大型の航空機や建物となり、スーパーコンピュータを使った解析となっている。つま  
 り、本研究の目的に沿った汎用 PC で誰でも使いやすくというものはかけ離れている。本研  
 究で開発したハイブリッド簡易計算手法を用いれば、複数の 3D 障害物を取り扱うことができ、ま  
 た汎用の PC でも計算を可能とする。そのため使い勝手のよいツールと考えられる。

図 6 は LOC への応用例として三次元建物モデルを設置した空港モデルおよび 24 素子 LOC から  
 のレイ分布を示す。ここでは 2 次散乱 (2 回反射や回折が発生) までを考慮した。アンテナから放  
 出された電波が建物で反射・回折を起こし、多数のレイが生じていることが示されている。図 7

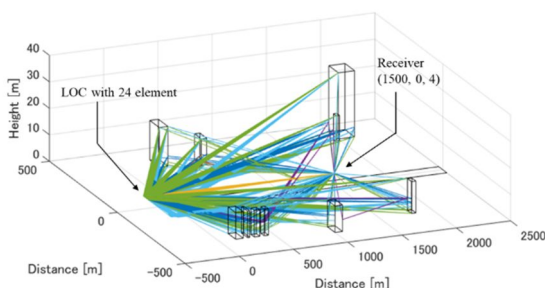


図 6：解析環境と LOC からのレイ分布

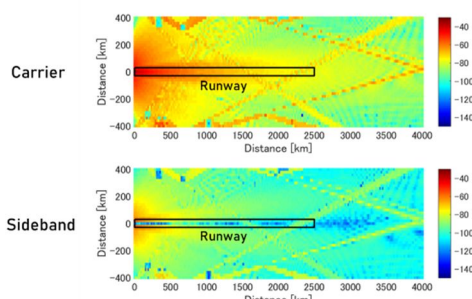


図 7：電磁界分布

は三次元的な電界分布を示す。キャリアは滑走路方向に強く電波を放出し、サイドバンドは滑走路に対して左右方向に強く電波を放射する。滑走路周辺に設置された障害物により、滑走路方向に反射波が戻っている様子が分かる。遠方で反射波が強く出ているが、これは直接波と反射波の2成分が互いに打ち消しあい、建物からの反射波成分が強く残ったためである。この図のように、専門家でなくとも電波の振る舞いを確認することにより、どの障害物が影響するかということが分かりやすく示される。図8にDDMの計算結果を示す。滑走路上で大きな変動が見られるが、着陸経路上では十分に規定に収まる値となっている。使用される受信機性能までを考慮しており、開発したアルゴリズムはモデルの設定から電磁界計算、そして最終結果のDDMの算出と、包括的なアルゴリズムを組み込んだ。

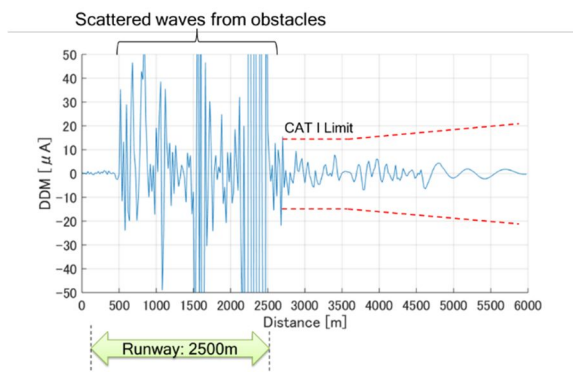


図8：DDM

次にGSの計算結果を示す。GSは地面反射を使ってビーム形成を行うことから、アンテナ前方に起伏のある地面が存在する場合には、性能低下につながる。図9は作成した地面モデルと送受信間のレイ分布を示す。地面の起伏により多数の反射波や回折波が生じている。今後さらに検証を続けるが、送信点から受信点までの直線上においてのみ散乱波が発生すると仮定した。図10はDDMである。平面大地の場合と比較すると、起伏のある地面ではバイアスがかかり、また地面からの干渉波によりDDMが変動する。研究の結果、よほど大きな変動を持たない限りは平均勾配によりバイアスが生み出され、別途干渉波によるDDMの変動が現れることが分かった。地面勾配とバイアスの関係については将来的な課題として検証したいと考えている。

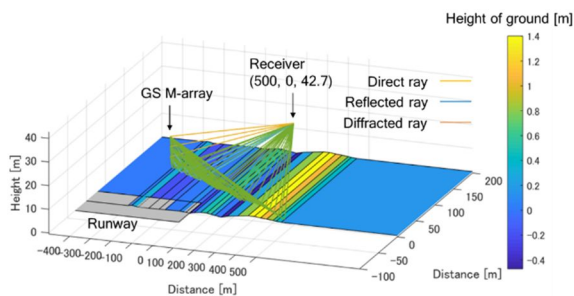


図9：地面モデルと送受信間のレイ分布

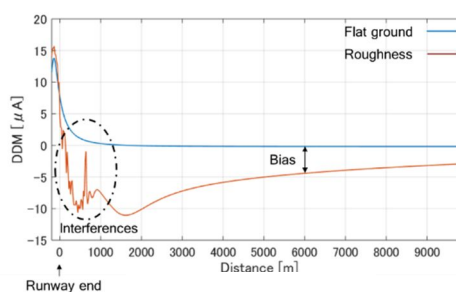


図10：DDM

### (3) 実験による各種システムの伝搬特性、散乱特性の検証

研究者の組織の他の研究テーマと連携して、開発したハイブリッド計算手法の精度検証及び航空分野で利用される各種無線システムの伝搬特性ならびに散乱特性の特徴を把握するために実験を実施した。詳細は割愛するが、本実験では、実空港でのLOC信号測定、1090MHzの信号量及び統計量とMLAT検出率、バイスタティックレーダ断面積について検証を行い、一部では数値計算との比較も実施した。ILSの試験では建物からの干渉波が検出でき、その領域は計算結果とも一致することが分かった。その他は、発表論文の通りとなる。

### (4) まとめ

本研究では、ハイブリッド簡易計算アルゴリズムの開発と航空分野への応用ならびに実験を通して各種無線システムの特徴を評価した。ハイブリッド計算のコンセプトは汎用PCで計算が可能で、かつ電波の専門家でなくとも電波の振る舞いを把握できるように可視化することにある。パラメータの設定～電磁界計算～評価までを行う包括的なアルゴリズムを開発し、特にILSへの応用を試みた。また、計算アルゴリズムの開発に平行して各種実験を実施して、実環境における航空分野で利用される電波伝搬特性を調査した。

今後は、アルゴリズムの向上および信号測定を継続し航空分野で利用される各種無線システムの特徴を把握するように努め、さらに研究を向上させるべく取り組んでいきたいと考えている。

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 2件）

1. 著者名 J. Honda, Y. Kakubari, and T. Otsuyama	4. 巻 34
2. 論文標題 Estimation of 1090 MHz Signal Environment on Airport Surface by Using Multilateration System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACES Journal	6. 最初と最後の頁 388-390
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 J. Honda, and T. Otsuyama	4. 巻 7
2. 論文標題 Optical-fiber-connected passive primary surveillance radar for aeronautical surveillance	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 65-70
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/comex.2017XBL0179	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 -

〔学会発表〕 計22件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 12件）

1. 発表者名 J. Honda, H. Tajima and H. Yokoyama
2. 発表標題 Numerical Simulation of Glide Slope Signal Interferences by Irregular Ground
3. 学会等名 International Workshop on Heterogeneous Wireless Networks（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本田純一，松永圭左，毛塚敦，田嶋裕久
2. 発表標題 ILSローカライザー信号における干渉波の実験結果
3. 学会等名 2019総大講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本田純一, 大津山卓哉
2. 発表標題 飛行実験による1090MHz帯の信号環境測定結果
3. 学会等名 飛行機シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 J. Honda, and T. Otsuyama
2. 発表標題 Statistical Analysis of 1090 MHz Signals Measured During a Flight Experiment
3. 学会等名 International Symposium on Antennas and Propagation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 J. Honda, T. Otsuyama, M. Watanabe, and Y. Makita
2. 発表標題 Study on Multistatic Primary Surveillance Radar using DTTB Signal Delays
3. 学会等名 International Conference on Radar (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 J. Honda, H. Yokoyama, and H. Tajima
2. 発表標題 Numerical Simulation of ILS Glide Path Signals above 3D Ground Model by Ray-Tracing Method
3. 学会等名 Progress In Electromagnetics Research Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本田純一, 大津山卓哉
2. 発表標題 飛行実験で取得した1090MHz帯信号の統計解析
3. 学会等名 2018ソ大講演論文集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本田純一, 角張泰之, 大津山卓哉
2. 発表標題 光ファイバ接続型受動監視システムを用いた空港内信号環境の推定
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 J. Honda, Y. Kakubari, and T. Otsuyama
2. 発表標題 Estimation of 1090 MHz Signal Environment on Airport Surface by using Multilateration System
3. 学会等名 Applied Computational Electromagnetics Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本田純一, 大津山卓哉, 渡邊優人, 牧田芳男
2. 発表標題 2つの受信機から構成されたDTTB遅延信号を用いた航空機監視システム
3. 学会等名 放送技術研究会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 J. Honda, M. Watanabe, T. Makita, and T. Otsuyama
2. 発表標題 Relationship between Receiving Antenna Pattern and Aircraft Position using DTTB Signal Delays
3. 学会等名 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 J. Honda, M. Watanabe and T. Otsuyama
2. 発表標題 Optical Fiber Connected Passive Primary Surveillance Radar using Two Receiver Units
3. 学会等名 International Symposium on Antennas and Propagation (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本田純一, 渡邊優人, 大津山卓哉
2. 発表標題 光ファイバ接続型一次レーダによる航空機監視手法
3. 学会等名 電子情報通信学会宇宙・航空エレクトロニクス研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本田純一, 角張泰之, 大津山卓哉
2. 発表標題 マルチラレーションシステムを利用した1090MHz帯信号環境の評価
3. 学会等名 電子情報通信学会宇宙・航空エレクトロニクス研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 J. Honda, H. Tajima, and H. Yokoyama
2. 発表標題 Influences of ILS Localizer Signal over Complicated Terrain
3. 学会等名 International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive System (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本田純一, 角張泰之, 大津山卓哉
2. 発表標題 空港面の1090MHz信号量及び信号占有率について
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Junichi Honda, T. Otsuyama
2. 発表標題 Coverage Area of Passive Bistatic Radar Using DTTB Signal Delays
3. 学会等名 IEEE International Conference On Computational Electromagnetics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本田純一, 大津山卓哉
2. 発表標題 地上デジタル放送波を応用した航空機監視システム
3. 学会等名 映像情報メディア学会放送技術研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 J. Honda, T. Otsuyama
2. 発表標題 Preliminary Experimental Result of Optical Fiber Connected Passive Primary Surveillance Radar
3. 学会等名 International Symposium on Antennas and Propagation (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 本田純一, 角張泰之, 大津山卓哉
2. 発表標題 空港面の1090MHz信号量の測定結果
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 J. Honda, H. Yokoyama, H. Tajima, T. Otsuyama
2. 発表標題 Influences of 3D Aircraft Model to ILS Localizer
3. 学会等名 10th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive System (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 J. Honda, T. Otsuyama
2. 発表標題 Experimental Study of Aircraft Positioning by DTTB Signal Delay
3. 学会等名 International Symposium on Enhanced Solutions for Aircraft and Vehicle Surveillance Applications (国際学会)
4. 発表年 2016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
--	---------------------------	-----------------------	----