

令和元年6月21日現在

機関番号：82636

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12861

研究課題名（和文）気象災害の低減に向けたウィンドプロファイラの高分解能データ処理手法の開発

研究課題名（英文）Development of signal processing technique for high-resolution wind profiler radars toward weather hazard mitigation

研究代表者

山本 真之（Yamamoto, Masayuki）

国立研究開発法人情報通信研究機構・電磁波研究所リモートセンシング研究室・主任研究員

研究者番号：90346073

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：次世代ウィンドプロファイラ（WPR）が持つ優れた観測分解能を確保しつつ、不要エコー（クラッタ）による風速・乱流の測定データ品質の低下を抑える高分解能データ処理手法の開発に取り組んだ。WPRによる観測実験を実施することで、オーバーサンプリング付きレンジイメージング（OS付きRIM）とアダプティブクラッタ抑圧（ACS）の組み合わせが、低高度においてクラッタを低減するとともに鉛直流の擾乱を高鉛直分解能で観測した実例を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

次世代WPRは、局地的な気象現象が引き起こす小スケールの風速や乱れを十分に把握できる観測分解能の達成を目指している。次世代WPRが目指す観測性能の達成には、優れた観測分解能の実現に加え、風速・乱流の測定データ品質の向上が必要である。本研究により、OS付きRIMとACSの組み合わせが、観測分解能を確保しつつクラッタによる風速・乱流の測定データ品質の低下を抑える有望な手段であることを示すことができたと考えている。

研究成果の概要（英文）：Wind profiler radar (WPR) is an instrument that measures height profiles of wind velocity in the clear air. WPRs have been used not only for researches aiming at clarifying dynamical processes in the atmosphere but also for weather monitoring and prediction by meteorology institutions. Aiming at realizing a breakthrough in measurement resolution of WPR, next-generation WPR has been developed. Clutter mitigation is indispensable for attaining measurement resolution required for next-generation WPR. In this study, a technique that mitigates clutter with retaining measurement resolution was developed. WPRs that have range imaging (RIM), oversampling (OS), and adaptive clutter suppression (ACS) capabilities were used. By experiments using the WPRs, cases in which a combination of RIM plus OS and ACS mitigated clutter and resolved small-scale perturbations of vertical wind at low altitudes were shown.

研究分野：リモートセンシング

キーワード：大気現象 ウィンドプロファイラ 高分解能観測 自然現象観測・予測 リモートセンシング

1. 研究開始当初の背景

ウィンドプロファイラ (Wind Profiler Radar : WPR) は、晴天域における風速の高度プロファイル測定することを主な目的とした観測機器である。乱流などに起因する気温・水蒸気の局所的な変動は、大気電波屈折率の擾乱（不規則な揺らぎ）を発生させる。送信電波の半波長のスケールを持つ電波屈折率の擾乱が送信電波のブラッグ散乱に寄与することで、WPR で検出されるエコー（大気エコー）が生成される。大気エコーは背景風とともに移動するため、大気エコーのドップラー速度から風速を測定することができる。晴天域における風速・乱流を連続測定できる WPR は、乱流、大気重力波、降雨システム等に関連する大気の力学過程の解明を目的とした学術研究のみならず、気象状況の把握や天気予報を行う気象業務にも利用されている⁽¹⁻⁴⁾。

現在の WPR における観測性能には、向上の余地がある。従来の WPR が持つ鉛直分解能は通常 100～数 100m であり、時間分解能は最高で 1 分程度である。そのため、現在の WPR は積雲対流・大気境界層内のサーマル・大気不安定等による小スケールの風の流れ（風速）や乱れ（乱流）を十分な分解能で観測できない。また、従来の WPR では、大気エコー以外の非所望エコー（クラッタ）が受信信号に混入することで、風速・乱流の測定データ品質が低下する問題がある。従来の WPR から観測性能を飛躍的に向上させることで WPR のさらなる高度利用を実現することを目指した、次世代 WPR の開発が進められている。レーダーイメージングは、多周波切替え送信やアダプティブアレイアンテナを用いることで、WPR の観測分解能を飛躍的に高める技術である⁽⁵⁾。次世代 WPR は、レーダーイメージング等の新たな技術を用いることで、局地的な気象現象が引き起こす小スケールの風速や乱れを十分に把握できる観測分解能（最高で数 10m の鉛直分解能と 10 秒以下の時間分解能）の達成を目指している。さらに、次世代 WPR が持つ優れた観測分解能を活用することで、局地的かつ短時間で変化する気象状態の把握と予報の発展に寄与することを目指している。

風速・乱流の測定データ品質を向上させることも、次世代 WPR における重要な開発課題である。受信信号へのクラッタの混入は、大気エコーの検出精度を低下させる。大気エコーが検出できた場合でも、クラッタの一部が大気エコーに重なった場合は、大気エコーのスペクトルパラメータ（エコー強度・ドップラー速度・スペクトル幅）の推定精度が低下する。クラッタは受信アンテナのサイドローブからも検出されるため、地表及び空中にある様々な散乱体がクラッタの生成源となる。従来の WPR では、クラッタの混入により品質が低下した測定データを欠測（有意なデータとしない）としていた。しかし、クラッタの混入により品質が低下した測定データを欠測とすることは、次世代 WPR で要求される観測分解能を達成する妨げとなる。そのため、次世代 WPR が持つ優れた観測分解能を確保しつつ、クラッタの混入による測定データ品質の低下を抑える技術を開発することが必要となる。また、既設の WPR における風速等の測定データ品質の向上は、WPR から得られる風速等の観測データを利用するユーザーが実施する、気象に関する業務や研究の発展に寄与する。この点でも、クラッタの混入による測定データ品質の低下を抑える技術の開発は重要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、次世代 WPR が持つ優れた観測分解能を確保しつつ、クラッタによる風速・乱流の測定データ品質の低下を抑える技術を開発することである。レンジイメージング (Range Imaging : RIM)、オーバーサンプリング (Oversampling : OS)、及びアダプティブクラッタ抑圧 (Adaptive Clutter Suppression : ACS) 機能を持つ WPR を用いることで、開発した技術を用いた観測実験を実施する。次世代 WPR の開発では、次世代 WPR を気象業務等に実用することを目指している。そのため、次世代 WPR における技術標準を明確にすることも重要である。次世代 WPR における技術標準を提案することも、本研究の目的である。

3. 研究の方法

本研究では、観測分解能の向上を達成する手段として、RIM と OS を用いた。RIM は、多周波切替え送信と Capon 法⁽⁶⁾に基づく適応信号処理を用いることで、鉛直（レンジ）分解能を向上させる技術である。RIM では、送信毎に送信周波数を切り替えることで、送信される周波数（周波数チャンネル）毎に受信信号を得る。同一のレンジにおいて、それぞれ異なる散乱波の位相が各周波数チャンネルで受信される。RIM における Capon 法では、所望のレンジ（高度）における受信信号を同位相とし、さらに所望の高度における利得を一定とする拘束条件を使用する。この拘束条件のもと、非所望レンジに存在する散乱体からの寄与が最小となるように複数の周波数チャンネルから得た受信信号を重み付け合成することで、レンジ分解能が向上できる。RIM は、周波数領域干渉計 (Frequency Domain Interferometry : FDI) とも呼ばれる。

RIM で達成されるレンジ分解能は、RIM なしの場合のレンジ分解能（送信パルス幅で決定されるレンジ分解能）よりも小さい。そのため、RIM の出力（輝度）とエコーの検出感度は、レンジ重み付け効果に大きく影響される。レンジ重み付け効果により、サンプルレンジ中心に近い散乱体のエコー強度は大きく重み付けされ、サンプルレンジ中心から離れた散乱体のエコー強度は小さく重み付けされる。そのため、サンプルレンジ中心から離れたレンジで RIM を適用する場合は、RIM の出力とエコーの検出感度が低下する。OS は、送信パルス幅に相当するサン

リング間隔よりも短い時間間隔で受信信号をサンプリングする技術である。OS は、サンプリング体積の一部を鉛直方向に重ねることに相当する。そのため、OS によりサンプルレンジ中心と RIM を適用するレンジ (所望レンジ) との距離を小さく保つことで、RIM の性能低下を抑えることができる。過去の観測により、OS 付き RIM が小スケールの大気擾乱観測に有用であることが示されている⁽⁷⁾。

クラッタの到来方向における受信アンテナのサイドローブレベルを低下させるように複数のサブアレイアンテナ (以下、“サブアレイ”と表記) から得た受信信号をデジタル信号処理 (適応信号処理) により重み付け合成する (受信アンテナのサイドローブを制御する) ことで、クラッタの混入を動的に低減することができる。コヒーレントレーダーイメージング (Coherent Radar Imaging : CRI) は、Capon 法に基づく適応信号処理を用いて複数のサブアレイから得た受信信号を重み付け合成することにより、角度分解能を向上する技術である。CRI は、空間領域干渉計 (Spatial Domain Interferometry : SDI) とも呼ばれる。CRI では所望方向以外に存在するエコーの寄与を最小化することで角度分解能を向上させるため、CRI はクラッタの低減にも有用である。クラッタの低減を主目的とする場合には、Capon 法に基づく適応信号処理は方向拘束付き電力最小化法 (Directionally Constrained Minimization of Power : DCMP) とも呼ばれる。DCMP は、メインローブの形状が大きく変化することを許容する。

ACS は、大気エコーの信号対雑音比 (Signal to Noise Ratio : SNR) の低下 (受信アンテナビームのメインローブ形状の変化) を抑えつつクラッタの混入を低減する技術である。ノルム拘束・方向拘束付き電力最小化法 (Norm-Constrained DCMP : NC-DCMP) は、重み付け係数のノルムの最大値に対する拘束条件を DCMP に加えることで、大気エコーの SNR の低下 (受信アンテナビームのメインローブ形状の変化) を抑えつつクラッタを低減する適応信号処理である。ACS では、NC-DCMP が使用される。

ACS には、主アンテナを構成するサブアンテナをサブアレイとして用いる方法^(8,9)と、主アンテナとクラッタ抑圧用サブアレイアンテナ (以下、“クラッタ抑圧用サブアレイ”と表記) を用いる方法⁽¹⁰⁻¹²⁾がある。前者では、メインローブ形状の変化が後者より大きい。しかし、前者には、メインローブから混入するクラッタを低減できる利点がある。後者では、クラッタを低減できる方向が、クラッタ抑圧用サブアレイが指向性を持つ方向に限られる。しかし、主アンテナのメインローブ方向に感度を持たない (大気エコーに対する検出感度を持たない) ようにクラッタ抑圧用サブアレイを設置できるため、後者には前者よりもメインローブ形状の変化を小さくできる利点がある。本研究では、主アンテナとクラッタ抑圧用サブアレイアンテナを用いる方法を使用した。

クラッタを低減する他の方法として、高分解能で得た受信信号のドップラースペクトルから大気エコーとクラッタを判別することで大気エコーのスペクトルパラメータの推定精度の低下を抑える方法を検討した。検討において、大気エコーとクラッタが重なるために、大気エコーを検出できない観測事例が見られた。また、大気エコーとクラッタが持つエコー強度とドップラー速度がともに同程度である場合など、検出されたエコーが大気エコーであるかクラッタかを判別することが困難な観測事例が見られた。ACS は、受信信号へのクラッタの混入そのものを動的に低減する点で、クラッタの低減を目的とした他の方法よりも優れている。また、本研究では、2 台の ACS 機能を有する WPR を用いて観測実験を行う機会を得ることができた。そのため、OS 付き RIM と ACS を用いたデータ処理手法の開発に取り組んだ。

RIM、OS、及び ACS の機能を持つ WPR として、東京都小金井市の情報通信研究機構に設置された WPR (以下、“LQ-13”と表記) と、兵庫県神戸市に設置された境界層レーダ (以下、“LQ-7”と表記) を使用した。境界層レーダは、高度数 km 以下の大気下層を観測することを主な目的とした WPR の別称である。LQ-13 と LQ-7 の使用周波数帯は、ともに 1.3GHz 帯である。日本の気象庁が運用する局地的気象監視システム (Wind profiler Network and Data Acquisition System : WINDAS)^(2,3) 用の WPR にも、1.3GHz 帯の周波数が使用されている。

LQ-7 と LQ-13 は、RIM に必要となる送信毎の送信周波数切替え機能を持つ。しかし、LQ-7 と LQ-13 に元来備えられている信号処理装置には、OS と多チャンネル受信の機能がない。そのため、ソフトウェア無線技術を用いた多チャンネルデジタル受信機⁽¹²⁾を用いることで、LQ-7 と LQ-13 における OS と多チャンネル受信を実現した。LQ-7 には、過去に開発した 3 台のクラッタ抑圧用サブアレイを持つ ACS システム⁽¹²⁾が使用されている。LQ-7 では、低雑音増幅器 (Low Noise Amplifier : LNA) を収納した屋外ユニットをクラッタ抑圧用サブアレイの直下に追加することで、クラッタの検出感度を向上させている。LQ-13 には、5 台のクラッタ抑圧用サブアレイを持つ ACS システム⁽¹³⁾が使用されている。LQ-13 に使用されている ACS システムも、LNA を収納した屋外ユニットを有する。ソフトウェア無線技術を用いた多チャンネルデジタル受信機により、クラッタ抑圧用サブアレイから得た受信信号のリアルタイムデジタル受信データ処理を実施した。

4. 研究成果

RIM と ACS の両方が適用できる高分解能データ処理手法を開発した。開発した高分解能データ処理手法では、クラッタ抑圧用サブアレイを用いた ACS に必要となるデータ処理^(10, 11)に、RIM に必要となるデータ処理を追加した。高分解能データ処理用プログラムの作成には、汎用プログラミング言語である Python⁽¹⁴⁾を用いた。オブジェクト指向プログラミングが可能である

Python の特長を生かし、高分解能データ処理用プログラムの各機能をなるべくモジュール化（カプセル化）することで、開発したプログラムの保守性と拡張性が確保できるよう工夫した。科学技術計算（数値演算）用のライブラリとして、Numpy⁽¹⁵⁾とScipy⁽¹⁶⁾を用いた。NumpyとScipyは、詳細なマニュアルや豊富な使用例がWebから参照できる。また、行列の操作及び演算処理の簡明な記述を実現できる。NumpyとScipyが持つこれらの特長を生かすことで、プログラムの作成効率を向上させた。また、Python用のグラフ描画ライブラリであるMatplotlib⁽¹⁷⁾を用いることで、データ処理結果の容易な可視化を実現した。Pythonは多様なプラットフォームで動作する特長も持つ。本研究における利用に留まらず、WPRの研究開発をさらに発展させるための基盤として活用できる高分解能データ処理用プログラムを作成できたと考えている。

本研究では、ACSシステムのハードウェアに関する検討にも取り組んだ。受信雑音電力が増大していたクラッタ抑圧用サブアレイにつき、受信雑音電力が増大する原因を調査した。調査の結果、通信用と思われる不要電波がクラッタ抑圧用サブアレイに混入したために受信雑音電力が増大することがわかった。クラッタ抑圧用サブアレイに混入した不要電波の周波数は、WPRの使用周波数帯からは離れているが、強度が大きいためにACSシステム内の増幅器（アンプ）を飽和させることで受信雑音電力を増加させる。また、受信雑音電力の増加の度合いはクラッタ抑圧用サブアレイ毎に異なるため、受信雑音電力の増加の度合いはクラッタ抑圧用サブアレイの設置位置に依存すると考えられる。この問題が、送信周波数と同じ周波数を持つ（中間周波数への周波数変換を行う前の）受信信号の増幅に用いる増幅器の前段にバンドパスフィルタを挿入することで解決することを確認した。不要電波の周波数はWPRの使用周波数帯から離れているため、バンドパスフィルタを用いることで不要電波の混入を十分に低減できる。ACSの技術開発における注意点が明らかになった点で、今後の研究発展に資する貴重な経験を得ることができたと考えている。

OS付きRIMとACSを用いたLQ-13とLQ-7による観測実験を実施した。クラッタ抑圧用サブアレイには、主にコリニアアンテナを使用した。コリニアアンテナでは、水平面内無指向性のアンテナ素子が鉛直方向に接続されている。そのため、コリニアアンテナは水平面内無指向性であり、鉛直面内では低仰角（地表付近）に指向性がある。コリニアアンテナは、地表に固定された樹木や建造物を源とするクラッタ（以下、“グラウンドクラッタ”と表記）の低減に有効であると考えられる。WPRの近傍におけるグラウンドクラッタの強度は大きいと、グラウンドクラッタの低減は、低高度における風速・乱流の測定データ品質の向上に寄与する。観測実験の実施により、OS付きRIMとACSの組み合わせが低高度におけるグラウンドクラッタを低減するとともに、鉛直流の擾乱を高鉛直分解能で観測した実例を示した。ACSは、移動する（ドップラー速度を持つ）クラッタも低減できる。LQ-7による観測実験の実施により、高速道路の出入り口を通行する車両を発生源とする可能性があるクラッタを低減した実例を示した。この実例では、高層ビルを発生源とする可能性があるクラッタも低減していた。コヒーレントドップラーライダーによる鉛直流測定結果をLQ-13による鉛直流測定結果と比較することで、ACSによるクラッタの低減効果を評価する取り組みも実施した。

ACSの実用化を目指した取組みである、情報通信研究機構の高度通信・放送研究開発委託研究（課題名：“次世代ウィンドプロファイラの実用化に向けた研究開発”。以下、“委託研究”と表記）が開始された。委託研究では、様々な特性を持つクラッタに対するACSの効果を検証するため、指向性が異なるクラッタ抑圧用サブアレイを製作する。また、LQ-13の主アンテナを構成する13台のルネベルグレンズのそれぞれから得た受信信号を用いた（主アンテナを構成するサブアンテナをサブアレイとして用いた）ACSを行う機能を持つ、新たなACSシステムを製作する。さらに、製作したこれらの機材を用いて、ACSの実用化を目的とした実証実験及び性能評価を実施する。クラッタの到来方向範囲が限定できる場合は、指向性を持つクラッタ抑圧用サブアレイを用いることで、クラッタの検出感度が向上することが期待できる。また、新たなACSシステムを用いることで、LQ-13を用いたACSにおけるクラッタの到来方向の制約を小さくすることが期待できる。研究代表者は、委託研究のプログラムオフィサーを務めている。本研究で得た知見を生かすことで、委託研究による次世代WPRの開発をさらに発展させたい。

国際標準化機構（International Organization for Standardization: ISO）のワーキンググループ（ISO/TC 146/SC 5/WG 8 “Radar wind profiler”）によるWPRのISO規格策定が、2017年11月より開始された。TC 146はAir quality（大気の状態）の技術委員会（Technical Committee）、SC 5はMeteorology（気象）の分科委員会（Subcommittee）である。WGはワーキンググループ（Working Group）である。ISO/TC 146/SC 5/WG 8では、Working Draft（作業原案）を作成している。ISO/TC 146/SC 5/WG 8の日本代表（Expert）及び国内審議委員会のメンバーとして、作業原案の作成に携わる機会を得た。本研究における取り組みから得られた知見を生かし、次世代WPRの基盤技術であるRIM及びACSをISO規格に記載するよう提案した。また、OS付きRIMをISO規格に記載することも提案した。

本研究では、クラッタによる測定データ品質の低下を抑える技術の開発に取り組んだ。本研究は、次世代WPRにおける新たな研究開発の展開につながるとともに、WPRの標準化を目指した取り組みにも貢献できたと考えている。今後も、局地的かつ短時間で変化する気象状態の把握と予報の発展に寄与することを目指した、次世代WPRの開発に取り組む。

<引用文献>

- (1) W. K. Hocking, "A review of Mesosphere-Stratosphere-Troposphere (MST) radar developments and studies, circa 1997-2008," *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, vol. 73, no. 9, pp. 848-882, June 2011. DOI:10.1016/j.jastp.2010.12.009
- (2) M. Ishihara, Y. Kato, T. Abo, K. Kobayashi, and Y. Izumikawa, "Characteristics and performance of the operational wind profiler network of the Japan Meteorological Agency," *Journal of the Meteorological Society of Japan*, vol. 84, no. 6, pp. 1085-1096, January 2007. DOI:10.2151/jmsj.84.1085
- (3) 気象庁, ウィンドプロファイラ, <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/windpro/kaisetsu.html>.
- (4) V. Lehmann, et al., "Overview on wind profiler networks worldwide and review of impact results," 6th Workshop on the Impact of Various Observing Systems on NWP, Shanghai, China, 10-13 May 2016. https://www.wmo.int/pages/prog/www/WIGOS-WIS/reports/6NWP_Shanghai2016/WMO6-Impact-workshop_Shanghai-May2016.html より入手可能。
- (5) Yamamoto, M. K., New observations by wind profiling radars, in *Doppler Radar Observations - Weather Radar, Wind Profiler, Ionospheric Radar, and Other Advanced Applications*, J. Bech and J. L. Chau eds., InTech, Rijeka, Croatia, pp. 247-270, April 2012. DOI:10.5772/37140
- (6) J. Capon, "High-resolution frequency-wavenumber spectrum analysis," *Proceedings of the IEEE*, vol. 57, no. 8, pp. 1408-1418, August 1969. DOI:10.1109/PROC.1969.7278
- (7) M. K. Yamamoto, T. Fujita, Noor Hafizah Binti Abdul Aziz, T. Gan, H. Hashiguchi, T.-Y. Yu, and M. Yamamoto, "Development of a digital receiver for range imaging atmospheric radar," *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, vol. 118, pp. 35-44, October 2014. DOI:10.1016/j.jastp.2013.08.023
- (8) T. Hashimoto, K. Nishimura, M. Tsutsumi, and T. Sato, "Meteor trail echo rejection in atmospheric phased array radars using adaptive sidelobe cancellation," vol. 31 no. 12, pp. 2749-2757, December 2014. DOI:10.1175/JTECH-D-14-00035.1
- (9) H. Hashiguchi, T. Manjo, and M. Yamamoto, "Development of middle and upper atmosphere radar real-time processing system with adaptive clutter rejection," *Radio Science*, vol. 53 no. 1, pp. 83-92, January 2018. DOI:10.1002/2017RS006417
- (10) S. P. Applebaum, "Adaptive arrays," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 24 no. 5, pp. 585-598, September 1976. DOI:10.1109/TAP.1976.1141417
- (11) T. Hashimoto, K. Nishimura, and T. Sato, "Adaptive sidelobe cancellation technique for atmospheric radars containing arrays with nonuniform gain," *IEICE Transactions on Communications*, vol. E99.B no. 12, pp. 2583-2591, December 2016. DOI:10.1587/transcom.2016EBP3047
- (12) M. K. Yamamoto, S. Kawamura, and K. Nishimura, "Facility implementation of adaptive clutter suppression to an existing wind profiler radar: First result," *IEICE Communications Express*, vol. 6 no. 9, pp. 513-518, September 2017. DOI:10.1587/comex.2017XBL0075
- (13) 山本真之・川村誠治・西村耕司・今井克之・斎藤浩二・浜田隆行・山口博史・中北英一・山口弘誠, 次世代ウィンドプロファイラの研究開発, 情報通信研究機構研究報告, 印刷中.
- (14) Python Software Foundation, "python," <https://www.python.org/>.
- (15) NumPy developers, "Numpy," <https://www.numpy.org/>.
- (16) SciPy developers, "SciPy.org", <https://scipy.org/>.
- (17) The Matplotlib development team, "Matplotlib," <https://matplotlib.org/>.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 15 件)

- (1) 山本真之・川村誠治・西村耕司・青木誠・岩井宏徳・山口弘誠・中北英一, 次世代ウィンドプロファイラの研究開発, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019.
- (2) 鷹野敏明・笹田亮・樋川恵祐・新井智大・河村洋平・山本真之・川村誠治, 雲レーダとウィンドプロファイラ同時観測による雲と風の相互作用解析, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019.
- (3) Yamamoto, M. K., S. Kawamura, K. Nishimura, K. Yamaguchi, and E. Nakakita, Development of next-generation 1.3 GHz wind profiler radar, The 13th Conference on Mesoscale Convective Systems and High-Impact Weather in East Asia (ICMCS-XIII), 2019.
- (4) 山本真之・川村誠治・西村耕司・堀江宏昭・大野裕一・鷹野敏明・山口弘誠・中北英一, 次世代ウィンドプロファイラの研究開発, 第 13 回航空気象研究会, 2019.

- (5) 笛田亮・鷹野敏明・河村洋平・山本真之・川村誠治, 雲レーダ FALCON-I とウインドプロファイラによる雲と風の相互作用解析, 日本大気電気学会第 97 回研究発表会, 2019.
- (6) 山本真之・川村誠治・西村耕司・山口弘誠・中北英一, 情報通信研究機構における 1.3GHz 帯ウインドプロファイラの開発, 第 35 回プラズマ・核融合学会年会, 2018.
- (7) 山本真之・川村誠治・西村耕司・杉谷茂夫・雨谷純・山口弘誠・中北英一, 次世代ウインドプロファイラの研究開発, 日本気象学会 2018 年度秋季大会, 2018.
- (8) Yamamoto, M. K., S. Kawamura, K. Nishimura, S. Sugitani, J. Amagai, K. Yamaguchi, and E. Nakakita, Development of a high-resolution 1.3 GHz wind profiler radar, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 15th Annual Meeting, 2018.
- (9) 山本真之・川村誠治・西村耕司・杉谷茂夫・雨谷純・山口弘誠・中北英一, 高分解能 1.3GHz 帯ウインドプロファイラの開発, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年.
- (10) 山本真之・川村誠治・杉谷茂夫・雨谷純・山口弘誠・中北英一, ウインドプロファイラによる風速観測データの品質向上を目指した信号処理手法の開発, 平成 29 年度日本気象学会沖縄支部研究発表会, 2018 年.
- (11) 山本真之・川村誠治・杉谷茂夫・雨谷純・山口弘誠・中北英一, ウインドプロファイラにおける高分解能データ処理手法の開発, 日本大気電気学会第 96 回研究発表会, 2018 年.
- (12) 山本真之・川村誠治・西村耕司, 高分解能 1.3GHz 帯ウインドプロファイラの開発, 第 35 回レーザセンシングシンポジウム, 2017 年.
- (13) 山本真之・川村誠治・西村耕司・岡本創・藤吉康志, ウインドプロファイラにおける信号処理—リアルタイムデータ処理とスペクトルパラメータ推定—, 平成 28 年度日本気象学会沖縄支部研究発表会, 2017 年.
- (14) 山本真之・川村誠治・岡本創・藤吉康志, 高分解能ウインドプロファイラにおけるスペクトルパラメータ推定手法の開発, 日本大気電気学会第 95 回研究発表会, 2017 年.
- (15) 山本真之・川村誠治・岡本創・藤吉康志, 高分解能ウインドプロファイラにおけるスペクトルパラメータ推定手法の開発, 日本リモートセンシング学会第 61 回 (平成 28 年度秋季) 学術講演会, 2016 年.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権] (計 0 件)

[その他]

- (1) 山本真之・川村誠治・西村耕司・今井克之・斎藤浩二・浜田隆行・山口博史・中北英一・山口弘誠, 次世代ウインドプロファイラの研究開発, 情報通信研究機構研究報告, 印刷中.
- (2) 山本真之・川村誠治, 次世代ウインドプロファイラの研究開発 風の流れと乱れをとらえる, NICT NEWS, 2018 No. 3 (通巻 469), pp. 2-3, 2018.
https://www.nict.go.jp/data/nict-news/NICT_NEWS_1805_J.pdf よりダウンロード可能。
 (注) 英語版も出版されている。
 Yamamoto, M. K. and S. Kawamura, Development of a next-generation wind profiler radar (WPR) for resolving fine-scale turbulence structure and wind perturbations, NICT NEWS, 2018 No. 3 (Vol. 469), pp. 2-3, 2018.
http://www.nict.go.jp/en/data/nict-news/NICT_NEWS_1805_E.pdf よりダウンロード可能。

6. 研究組織

(1) 研究分担者: なし

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 川村 誠治

ローマ字氏名: (KAWAMURA, Seiji)

所属研究機関名: 情報通信研究機構

部局名: 電磁波研究所リモートセンシング研究室

職名: 主任研究員

研究者番号 (8 桁): 10435795

研究協力者氏名: 山口 弘誠

ローマ字氏名: (YAMAGUCHI, Kosei)

所属研究機関名: 京都大学

部局名: 防災研究所

職名: 准教授

研究者番号 (8 桁): 90551383

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。