

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：82636

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26281008

研究課題名(和文)雲精測レーダーの開発

研究課題名(英文)Development of cloud resolving dual-frequency radar

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) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：1.3GHz帯の周波数を使用するレンジイメージング機能付きウィンドプロファイラー(WPR)とミリ波帯の周波数を使用する雲レーダーで構成される、雲解像2周波レーダー(CRDR)の開発に取り組んだ。既設のWPRにアダプティブクラッタ抑圧の機能を付加することで、測定データ品質が向上できることを示した。CRDRによる下層雲観測事例の解析に取り組んだ。本研究課題の実施により、CRDRが将来広く使用され得る雲の観測手段である可能性を示すことができたと考えている。

研究成果の概要(英文)：Range-imaging wind profiler radar (RWPR), which uses frequency less than several GHz, measures vertical profiles of wind velocity and turbulence with better height resolution than that of conventional wind profiler radar (WPR). Millimeter-wave cloud profiling radar (CPR) measures vertical profiles of cloud properties. In this research, we developed cloud resolving dual-frequency radar (CRDR) composed of 1.3 GHz RWPR and CPR. Adaptive clutter suppression (ACS), which is a technique for mitigating clutter, improves quality of data measured by WPR. We developed an ACS system that implements ACS capability in an existing WPR. By using data collected by CRDR, we carried out case studies of low-level clouds. It is suggested that CRDR can be a means that will be widely used for cloud observation.

研究分野：リモートセンシング

キーワード：大気現象 自然現象観測・予測 リモートセンシング 気象学 計測工学

1. 研究開始当初の背景

気候変動と大気環境アセスメントの進展には、雲の様態を解明することが重要である。雲は様々な時間・空間スケールを持ち、雲における発達・維持・消失の過程は複雑である。雲における発達・維持・消失の過程を理解するためには、雲を優れた分解能で観測する必要がある。

レーダーは、時間分解能に優れる観測手段である。レーダーは、使用する電波の周波数により観測対象が異なる。ミリ波帯の周波数を用いる雲レーダー (Cloud Profiling Radar ; CPR) は、粒径の小さい雲粒を検出できる。数 GHz 以下の周波数を用いるウィンドプロファイラー (Wind Profiler Radar ; WPR) は、電波屈折率の擾乱に伴うブラッグ散乱エコー (大気エコー) を受信することで、風速 3 成分 (鉛直流・東西風・南北風) の高度プロファイルを計測する。WPR と CPR を併用することで、雲の発達・維持・消失に関わる風速と雲物理量の同時計測が実現できる。

電波屈折率を変動させる大気中の乱流 (大気乱流) は、大気エコーの生成源である。そのため、WPR は風速のみでなく、大気乱流の観測にも有用である。大気乱流をその発生段階から観測するためには、WPR の鉛直分解能を極力高くすることが望ましい。レンジイメージング (Range Imaging ; RIM) は、多周波切替え送信と適応信号処理を用いることで、WPR のレンジ分解能を向上させる測定手法である⁽¹⁾。RIM の機能を持つ WPR (Range Imaging Wind Profiler Radar ; RWPR) は、風速及び大気乱流を高鉛直分解能で観測できる。

2. 研究の目的

1.3GHz 帯の周波数を用いる RWPR (以下、1.3GHz 帯 RWPR と表記) は観測上限高度が数 km に限られるが、下層雲が存在する高度数 100m~数 km における風速及び大気乱流の高分解能計測が可能である。下層雲は、放射収支に大きく影響し、大気汚染物質を多く含む。1.3GHz 帯 RWPR と CPR で構成される雲解像 2 周波レーダー (Cloud Resolving Dual-frequency Radar ; CRDR) により、大気下層における風速・大気乱流と雲物理量を同時に計測することが期待できる。本研究課題では、雲の様態解明に資することを目的に、下層雲内及び周辺の風速・大気乱流と雲物理量を高精度で計測する CRDR の開発に取り組んだ。

CRDR に要求される雲の高精度計測には、品質に優れる測定データを得ることが必要である。WPR においては、不要なエコー (クラッタ) が受信信号に混入することで、風速及び大気乱流の測定データ品質が低下する問題がある。アダプティブクラッタ抑圧 (Adaptive Clutter Suppression ; ACS) は、複数の受信アンテナ (サブアレイ) と適応信

号処理を用いることで、クラッタを抑圧する測定手法である^(2,3)。風速及び大気乱流の測定データ品質を向上させることを目的に、既設の 1.3GHz 帯 RWPR に ACS 機能を付加するために必要となる技術の開発に取り組んだ。

3. 研究の方法

CRDR を構成する CPR として、千葉大学の有する周波数変調連続波レーダーである FALCON-I⁽⁴⁾ を用いた。FALCON-I の中心周波数は 94.79GHz である。FALCON-I は、ミリ波帯において大気による電波減衰が比較的小さい周波数を使用している。また、FALCON-I は、周波数変調連続波を用いることで、低い出力電力と優れたレンジ分解能を両立している。FALCON-I の送信電力は 0.5W である。FALCON-I は、天頂方向の観測を行う。FALCON-I は、送信用と受信用の 2 台のアンテナを用いることで、送信と受信を同時に行う。周波数変調連続波を用いたレーダーでは、送信周波数と受信信号の周波数差がレンジに相当する。受信信号に含まれる送信周波数と受信信号の周波数差を用いることで、受信信号の測距 (レンジング) を行う。

CRDR を構成する 1.3GHz 帯 RWPR として、東京都小金井市にある情報通信研究機構本部に設置された RWPR (以下、LQ-13 と表記) と滋賀県甲賀市にある信楽 MU 観測所に設置された RWPR (以下、LQ-7 と表記) を用いた。LQ-7 及び LQ-13 は、企業により製品化されている WPR である⁽⁵⁾。LQ-7 は 7 台のルネベルグレンズで構成される主アンテナを持ち、そのピーク送信電力は 2.8kW である。LQ-13 は 13 台のルネベルグレンズで構成される主アンテナを持ち、そのピーク送信電力は 5.2kW である。LQ-7 と LQ-13 は、レンジ分解能を確保しつつ感度を向上させる手段として、位相変調パルス圧縮を用いている。また、LQ-7 と LQ-13 は、送信毎に周波数を切り替えることができるローカル信号発生器を使用することで、RIM に必要となる多周波数切替え送信を実現している。中心周波数はともに 1.3575GHz である。FALCON-I を情報通信研究機構本部あるいは信楽 MU 観測所に移設することで、CRDR による下層雲の観測を実施した。

LQ-13 は、ACS に必要となる多チャンネル受信機能がない。LQ-13 に ACS 機能を付加するため、ACS 用外付け多チャンネルデジタル受信機 (以下、多チャンネルデジタル受信機と表記) の開発に取り組んだ。過去に実施した研究開発において、汎用のソフトウェア無線用データサンプリング装置とワークステーション (Workstation ; WS) で構成される WPR 用外付けデジタル受信機 (以下、1 チャンネルデジタル受信機と表記) を開発した⁽⁶⁾。ソフトウェア無線用データサンプリング装置を用いることで、中間周波数 (Intermediate Frequency ; IF) を持つ受信信号 (以下、IF 受信信号と表記) に対する

A/D 変換とデジタル直交検波が容易に実現できる。汎用のオペレーティングシステムである Linux で動作する WS では、デジタル直交検波を行った受信信号に対するリアルタイムデータ処理（レンジ方向のフィルタ処理・位相変調パルス圧縮の復号・時間積分（コヒーレント積分）・時間積分を行った受信信号のハードディスクへの保存）を行う。1 チャンネルデジタル受信機は、主アンテナからの IF 受信信号のみを処理することを目的としているため、多チャンネル受信ができない。そのため、本研究課題では、1 チャンネルデジタル受信機を多チャンネル化することによる、多チャンネルデジタル受信機の開発に取り組んだ。

4. 研究成果

LQ-13 に ACS 機能を付加するため、多チャンネルデジタル受信機を開発した。多チャンネルデジタル受信機は、Ettus Research 社製 USRP X310⁽⁷⁾（以下、X310 と表記）と Linux で動作する WS により構成される。X310 は、汎用のソフトウェア無線用データサンプリング装置である。多チャンネルの IF 受信信号を処理するためには、ソフトウェア無線用データサンプリング装置から WS への高速データ転送が必要となる。10 ギガビットイーサネットを用いた WS との通信機能を持つ X310 は、多チャンネル受信に要求される高速データ転送を実現できる。周波数 10MHz の参照信号を用いることで、LQ-13 本体と X310 の周波数を同期する。また、タイムパルス (Pulse Per Second ; PPS) 信号を用いることで、複数の X310 から WS に伝送される受信信号の伝送タイミングを同期する。

X310 では、IF 受信信号に対する A/D 変換とデジタル直交検波を行う。Ettus Research 社が提供するドライバである USRP Hardware Driver (UHD)⁽⁸⁾ を使用することで、X310 に対する測定パラメータの設定や動作開始などの制御を行う。LQ-13 の送受信動作にかかわらず、X310 から WS へは常にデータ転送が行われる。そのため、WS においてレンジングを行う。レンジングには、受信開始を知るための受信開始用パルス信号が必要となる。LQ-13 から出力される受信開始用パルス信号を、X310 に入力している。

WS では、X310 より伝送された受信開始用パルス信号を用いることで、レンジングを行う。さらに、デジタル直交検波を行った受信信号に対するリアルタイムデータ処理を行う。1 チャンネルデジタル受信機に使用される WS 用ソフトウェアを基に、多チャンネルデジタル受信機に使用する WS 用ソフトウェアを開発した。開発した WS 用ソフトウェアは、C++を用いてプログラミングした。UHD は C++から利用できるため、開発した WS 用ソフトウェアから X310 を容易に制御できる。多チャンネルの受信データを同時に処理する

機能は、受信チャンネル毎にスレッド処理を行うことで実現した。汎用プログラミング言語である C++でプログラミングされている WS 用ソフトウェアは、受信チャンネル数やリアルタイムデータ処理の方法を容易に変更できる特長を持つ。

多チャンネルデジタル受信機は、1 チャンネルデジタル受信機と同様、10 メガサンプル毎秒のオーバーサンプリングが可能である。そのため、多チャンネルデジタル受信機を使用した、RIM とオーバーサンプリングの併用による高鉛直分解能の測定⁽⁶⁾が可能である。

開発した多チャンネルデジタル受信機を用いることで、LQ-13 に ACS 機能を付加した。LQ-13 用クラッタフェンスの周囲に、クラッタ抑圧用アンテナ (サブアレイ) を設置した。クラッタ抑圧用アンテナは水平方向で最大の利得を持ち、LQ-13 の主アンテナが指向する天頂方向付近では利得が小さい。そのため、クラッタ抑圧用アンテナは、地表付近に存在するクラッタを主に受信する。また、クラッタ抑圧用アンテナは天頂方向付近における利得が小さいため、十分な感度で大気エコーを受信しない。そのため、クラッタ抑圧用アンテナに対する受信位相の較正が不要となる利点がある。クラッタ抑圧用アンテナは、水平面内において無指向性である。

多チャンネルデジタル受信機を用いることで、主アンテナ及び複数のクラッタ抑圧用アンテナから得た受信信号に対するリアルタイムデータ処理を実施した。さらに、主アンテナ及び複数のクラッタ抑圧用アンテナから得た受信信号を用いた ACS 処理を行うことで、クラッタが抑圧できることを示した⁽⁹⁾。クラッタによる測定データの品質低下は、WPR による風速の計測における大きな問題である。クラッタ抑圧用アンテナを追加することで、既設の WPR におけるハードウェア構成を大きく変更することなく ACS 機能を実現できることを示した点で、本研究課題で取り組んだ ACS 機能の開発は意義があると考えられる。

CRDR による下層雲の観測を実施するとともに、CRDR から得られた測定データを処理するプログラムの開発に取り組んだ。RWPR から得られた受信信号に対し、ACS 処理を行うプログラムを開発した⁽⁹⁾。さらに、受信信号のドップラースペクトルから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) を推定することで^(10,11)、風速・大気乱流に関する観測結果を得た。CRDR を構成した CPR である FALCON-I は、受信信号のドップラースペクトルを測定する機能を持つ。RWPR におけるスペクトルパラメータの推定手法⁽¹⁰⁾を活用しつつ、FALCON-I から得た受信信号の処理方法を検討した。

CRDR による下層雲観測事例の解析から、下層雲内における大きな鉛直流擾乱に伴って雲粒落下速度が変動する事例を見出すことができた。この観測事例は、CRDR が持つ優れた時間及び鉛直分解能を示した点で、意義

があると考え。一方、下層雲の観測結果において、定量的な解釈が難しい場合があることがわかった。RWPR と CPR では使用する周波数が違うため、RWPR と CPR におけるアンテナのビーム幅が異なる。ビーム幅の違いにより、サンプリング体積で決定される空間分解能も異なる。この空間分解能の差異は、RWPR と CPR における観測結果の違いを生じる要因となり得る。また、RWPR と CPR では、測定原理が異なる。サンプリング体積内で雲粒が存在する領域と存在しない領域の両方がある場合、RWPR はいずれの領域からも大気エコーを受信する可能性がある。一方、CPR では、雲粒が存在しない領域は測定の対象とならない。RWPR と CPR における測定原理の差異も、RWPR と CPR 間における計測結果の差異を生じる要因となり得る。CRDR の持つ優れた観測分解能により、小さい空間及び時間スケールを持つ下層雲の観測における課題が明らかになったと考えている。

本研究課題において構成した CRDR では、観測を行う方向が天頂方向付近に限られていた。そのため、雲の空間分布を把握することが困難であった。小さい空間及び時間スケールを持つ雲の観測には、雲粒の空間分布を知ることができる CPR なども有用であると考えられる。本研究課題で明らかになった新たな課題を解決し、下層雲の定量的な観測につなげていくための取り組みを、今後実施したいと考えている。

本研究課題では、下層雲内及び周辺の風速・大気乱流と雲物理量を高精度で計測する CRDR の開発に取り組んだ。クラッタ抑圧用アンテナを追加することで、既設の WPR におけるハードウェア構成を大きく変更することなく ACS 機能を実現できることを示した。気象庁は、局地的気象監視システム (Wind profiler Network and Data Acquisition System; WINDAS) を運用しており、全国 33 箇所に設置された WPR で得られた観測データがきめ細かな天気予報のもととなる数値予報などに利用されている⁽¹²⁾。ACS は、WPR における測定データの品質を向上させることで、気象業務等の実用における気象現象の把握と予測における精度の向上に貢献しようと考えている。また、ACS は、RWPR による高分解能かつ高品質の風速及び大気乱流の測定データ取得に貢献することで、気象現象の解明におけるブレークスルーをもたらす可能性があると考えている。

本研究課題では、既設の RWPR に ACS 機能を付加することで、CRDR による測定データの品質が向上できることを示した。ACS 機能を付加した既設の RWPR を用いることは、CRDR が低コストで構成できることにつながる。その点で、本研究課題の実施により、RWPR と CPR から構成される CRDR が将来広く使用され得る雲の観測手段である可能性を示すことができたと考えている。今後は、ACS のさらなる高性能化を目指した研究開発に取り組

んでいきたい。また、雲における発達・維持・消失過程の理解に向けた研究に、引き続き取り組んでいきたい。

<引用文献>

- (1) 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, doi:10.5772/37140, 2012.
- (2) Nishimura, K., T. Nakamura, T. Sato, and K. Sato, Adaptive beamforming technique for accurate vertical wind measurements with multichannel MST radar, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 29(12), pp. 1769-1775, doi:10.1175/JTECH-D-11-00211.1, 2012.
- (3) Hashimoto, T., K. Nishimura, and T. Sato, Adaptive sidelobe cancellation technique for atmospheric radars containing arrays with nonuniform gain, IEICE Transactions on Communications, E99.B(12), pp. 2583-2591, doi:10.1587/transcom.2016EBP3047, 2016.
- (4) 鷹野敏明, 山口潤, 阿部英二, 二葉健一, 横手慎一, 河村洋平, 高村民雄, 熊谷博, 大野裕一, 中西裕治, 中島映至, 高感度 95GHz ミリ波雲レーダの開発とその性能 -感度と空間分解能-, 電気学会論文誌 A, 128(4), pp. 257-262, doi:10.1541/ieejfms.128.257, 2008.
- (5) 今井克之, 中川貴央, 橋口浩之, 電波レンズ搭載型対流圏ウィンドプロファイラレーダー (WPR LQ-7) の開発, SEI テクニカルレビュー, 170, pp. 49-53, 2007.
<http://www.sei.co.jp/technology/tr/pdf/sei10497.pdf> よりダウンロード可能。
- (6) Yamamoto, M. K., 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, 118, pp. 35-44, doi:10.1016/j.jastp.2013.08.023, 2014.
- (7) Ettus Research, USRP™ X300 and X310 X series.
<https://www.ettus.com/content/files>

/X300_X310_Spec_Sheet.pdf よりダウンロード可能。

- (8) Ettus Research, USRP hardware driver and USRP manual, <http://files.ettus.com/manual/>.
- (9) Yamamoto, M. K., S. Kawamura, and K. Nishimura, Facility implementation of adaptive clutter suppression to an existing wind profiler radar: First result, IEICE Communications Express, 6(9), pp. 513-518, doi:10.1587/comex.2017XBL0075, 2017.
- (10) Gan, T., M. K. Yamamoto, H. Hashiguchi, H. Okamoto, and M. Yamamoto, Error estimation of spectral parameters for high-resolution wind and turbulence measurements by wind profiler radars, Radio Science, 49(12), pp. 1214-1231, doi:10.1002/2013RS005369, 2014.
- (11) Gan, T., M. K. Yamamoto, H. Hashiguchi, H. Okamoto, and M. Yamamoto, Spectral parameters estimation in precipitation for 50 MHz band atmospheric radars, Radio Science, 50(8), pp. 789-803, doi:10.1002/2014RS005643, 2015.
- (12) 気象庁, ウィンドプロファイラ, <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/w/windpro/kaisetsu.html>.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

- (1) Yamamoto, M. K., S. Kawamura, and K. Nishimura, Facility implementation of adaptive clutter suppression to an existing wind profiler radar: First result, IEICE Communications Express, 6(9), pp. 513-518, doi:10.1587/comex.2017XBL0075, 2017. 査読有り。
- (2) Gan, T., M. K. Yamamoto, H. Hashiguchi, H. Okamoto, and M. Yamamoto, Spectral parameters estimation in precipitation for 50 MHz band atmospheric radars, Radio Science, 50(8), pp. 789-803, doi:10.1002/2014RS005643, 2015. 査読有り。
- (3) Gan, T., M. K. Yamamoto, H. Hashiguchi, H. Okamoto, and M. Yamamoto, Error estimation of spectral parameters for high-resolution wind and turbulence measurements by wind profiler radars, Radio Science, 49(12), pp. 1214-1231, doi:10.1002/2013RS005369, 2014. 査読有り。

[学会発表] (計 37 件)

- (1) 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.
- (2) 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 帯ウィ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.
- (3) 笹田亮・鷹野敏明・河村洋平・山本真之・川村誠治, 雲レーダ FALCON-I とウィンドプロファイラによるドップラー速度の比較, 日本大気電気学会第 96 回研究発表会, 2018.
- (4) 山本真之・川村誠治・西村耕司, ウィンドプロファイラ用アダプティブクラッタ抑圧システムの開発, 日本気象学会 2017 年度秋季大会, 2017.
- (5) 山本真之・川村誠治・西村耕司, 高分解能 1.3GHz 帯ウィ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.
- (6) Takano, T., Y. Kawamura, and H. Nakata, Performance of W-band FMCW Doppler radar FALCON-I as sensing system of atmosphere, 7th IEEE International Workshop on Advances in Sensors and Interfaces (IWASI), 2017.
- (7) Kawamura, S., M. K. Yamamoto, and K. Nishimura, Development of a high-resolution 1.3 GHz wind profiler radar, 15th International Workshop on Technical and Scientific Aspects of MST Radar (MST15/iMST2), 2017.
- (8) 山本真之, 情報通信研究機構沖縄電磁波技術センターにおける地球環境リモートセンシングの研究開発, 無線端末・アンテナシステム測定技術チュートリアルワークショップ(第 14 回), 2017.
- (9) 山本真之・川村誠治・西村耕司・岡本創・藤吉康志, ウィ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.
- (10) 山本真之・川村誠治・西村耕司, 情報通信研究機構における高分解能 1.3GHz 帯ウィンドプロファイラの開発, 第 11 回航空気象研究会, 2017.
- (11) 山本真之・鷹野敏明・西村耕司・川村誠治・岡本創・矢吹正教・Tong Gan・橋口浩之・山本衛, 雲精測レーダーの開発, 日本大気電気学会第 95 回研究発表会, 2017.
- (12) Yamamoto, M. K., S. Kawamura, and K. Nishimura, Development of a

- high-resolution 1.3 GHz wind profiler radar, 2016 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2016), 2016.
- (13) Yamamoto, M. K., S. Kawamura, and K. Nishimura, Development of a high-resolution wind profiler radar using radar imaging techniques, 2016 URSI Asia-Pacific Radio Science Conference (URSI AP-RASC 2016), 2016.
- (14) 山本真之・川村誠治・西村耕司, ウィンドプロファイラ用デジタル受信機の開発, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016.
- (15) 山本真之・川村誠治, 情報通信研究機構における 1.3GHz 帯ウィンドプロファイラの開発, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015.
- (16) Gan, T., M. K. Yamamoto, H. Okamoto, H. Hashiguchi, and M. Yamamoto, Spectral parameters estimation in precipitation for 50 MHz band atmospheric radars, 第 9 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, 2015.
- (17) Gan, T., M. K. Yamamoto, H. Okamoto, H. Hashiguchi, and M. Yamamoto, Spectral parameters estimation in precipitation using VHF atmospheric radars, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015.
- (18) 山本真之・Tong Gan・川村誠治・橋口浩之・中城智之・岡谷良和・山本衛, ウィンドプロファイラ用デジタル受信機の開発, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014.
- (19) 山本真之・Tong Gan・岡本創・大野裕一・橋口浩之・山本衛, ウィンドプロファイラによる鉛直流計測を活用した EarthCARE 衛星雲プロダクトの検証提案, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014.
- (20) Yamamoto, M. K., T. Gan, M. Yabuki, H. Hashiguchi, H. Okamoto, T. Nakajo, and M. Yamamoto, Vertical wind measurement in the boundary layer by 1.3-GHz range-imaging wind profiler radar, EarthCARE Workshop 2014, 2014.
- (21) Gan, T., M. K. Yamamoto, H. Okamoto, H. Hashiguchi, and M. Yamamoto, Development of a signal processing method for vertical wind velocity measurement by wind profiler radars, EarthCARE Workshop 2014, 2014.
- (22) Yamamoto, M. K., T. Gan, H. Okamoto, H. Hashiguchi, and M. Yamamoto, Validation of EarthCARE product using vertical wind measurement by wind profiler radars, EarthCARE Workshop 2014, 2014.
- (23) 山本真之・Tong Gan・川村誠治・橋口浩

之・中城智之・岡谷良和・山本衛, コンフィギュラブルなウィンドプロファイラレーダー用デジタル受信機の開発, 電子情報通信学会 2014 年ソサイエティ大会, 2014.

〔その他〕(計 1 件)

山本真之・川村誠治, 次世代ウィ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) 研究代表者

山本 真之 (YAMAMOTO Masayuki)
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

(2) 研究分担者

鷹野 敏明 (TAKANO Toshiaki)
千葉大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 40183058

西村 耕司 (NISHIMURA Koji)
国立極地研究所・研究教育系・特任准教授
研究者番号: 60455475

(3) 連携研究者

矢吹 正教 (YABUKI Masanori)
京都大学・生存圏研究所・助教
研究者番号: 80390590

岡本 創 (OKAMOTO Hajime)
九州大学・応用力学研究所・教授
研究者番号: 10333783