

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：82109

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K03748

研究課題名（和文）オゾンの衛星観測データ均質化とマルチセンサ長期再解析

研究課題名（英文）Homogenization of multi-sensor total column ozone satellite data and long-term ozone reanalysis

研究代表者

直江 寛明 (Naoe, Hiroaki)

気象庁気象研究所・気候・環境研究部・室長

研究者番号：70354511

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）：本研究では、利用可能な20種類のLevel 2 衛星観測オゾン全量データを40年間（1978-2017）取得し、ドブソンとブリューワー分光光度計による地上観測に対して補正を行った。時間方向に線形回帰で補正すると、全ての衛星データセットは地上観測に対して2-3%の範囲にある。

20種の衛星観測データを誤差による重みづけ平均して作成した結合オゾン全量データセットは、バイアス補正前後で平均平方二乗誤差が 8.6 DUから 8.4 DUに減少し精度改善を確認した。このオゾン全量データセットは、時間方向に一様かつ高分解能であり、トレンド解析や長期再解析への同化データとして適している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

オゾンの衛星観測が開始された1970年代以降、膨大な衛星データが蓄積され、オゾンの長期再解析も実施されている。しかし、大気の長期再解析は衛星センサー毎のバイアス補正が適切に処理されておらず、補正されていてもオゾンモデルが簡易版などオゾン層の長期変動を解明するには課題が多い。

本研究では、利用可能な全てのLevel 2 オゾン全量を地上観測データから衛星測器毎のバイアスやドリフトを取り除いて均質データセットを作成し、化学気候モデルを用いてオゾン長期再解析を作成した。このオゾン長期再解析は時間方向に一様かつ高分解能でありトレンド解析にも適しているため、オゾン層長期変動の解明に資することができる。

研究成果の概要（英文）：This study constructs a merged total column ozone (TCO) dataset using 20 available satellite Level 2 TCO datasets over 40 years from 1978 to 2017. The individual 20 datasets and the merged TCO dataset are corrected against ground-based Dobson and Brewer spectrophotometer TCO measurements with a bias correction using simple linear regression as a function of time. All of the satellite datasets are consistent with the ground observation within $\pm 2-3\%$.

The TCO merged datasets are created by averaging all coincident data located within a grid cell from the 20 satellite-borne TCO datasets. The root mean square differences of satellite Level 2 data from the ground observations are reduced from 8.6 DU to 8.4 DU after bias correction. Therefore, the empirically corrected merged TCO datasets that are converted into time-series homogenization with high temporal-resolution are suitable as a data source for trend analyses as well as assimilation for long-term reanalysis.

研究分野：気象

キーワード：オゾン再解析 成層圏オゾン 長期再解析 衛星観測 オゾンバイアス補正 Level 2 データ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

継続的なオゾン衛星観測がはじまった 1978 年から今日まで、膨大な衛星観測データが蓄積され、オゾンの長期再解析も実施されている。オゾン全量の衛星観測の利点は、1 日程度で全球観測を行い、気象学的な変動を検出するのに十分な空間解像度があることである。一方、衛星観測の欠点は、測器の経年劣化、測器校正のドリフト、リトリーバル・アルゴリズムの変遷、測器間データの不連続性が挙げられる。地上からのオゾン全量観測の利点は、定期的に測器間で比較校正を行っており継続的な観測も多いことに対し、地上観測の欠点は、観測地点が全球的にまばらで北半球中高緯度に偏っていることである。

オゾン全量の衛星観測データを地上観測から補正した結合データセットはこれまで数多く作成されてきた。その使用する目的はオゾンの長期トレンド解析であり、その多くは月平均値を元に補正を行っている。一方、長期再解析で使用するオゾンデータは、衛星センサーの器差、経年劣化を補正しないデータを使用しており、気象場とオゾンの同時データ同化には課題が多い。

2. 研究の目的

トレンド解析用のオゾンデータと長期再解析で使用しているオゾンデータは使用目的が異なっており、互いに利用されることはあまりない。課題代表者の知る限り唯一の例外は、van del A et al. [1, 2] によるオゾン全量の結合データセットであり、複数の衛星測器観測データを Level 2 データを用いて補正を行いオゾンの長期再解析を行っている。本研究では、彼らの手法を応用し、利用可能な全ての Level 2 オゾン全量を地上観測データから品質評価し、衛星測器毎のバイアスやドリフトを取り除いた均質データセットを作成する。ここでは利用可能な 20 種類の Level 2 衛星観測オゾン全量データを 40 年間 (1978-2017) 取得し、地上からのオゾン観測と比較して、2 種類の方法でバイアス補正を行う。従来にない高精度のオゾン長期再解析を実施し、得られたデータセットを解析することでオゾン層の長期変化の解明に資することができる。

3. 研究の方法

入手可能な Level 2 衛星データセット (20 種類: TOMS/N7, TOMS/EP, GOME, TOGOMI, SCIAMACHY, TOSOMI, OMI-TOMS, OMI-DOAS, GOME-2A, GOME-2B, OMPS-NASA, OMPS-NOAA, SBUV/N7, /N9, /N11, /N14, /N16, /N17, /N18, /N19) を 1978-2017 年間、全て取得する。ドブソン及びブリューワーオゾン分光光度計の地上観測オゾン全量データは World Ozone and Ultraviolet Data Center (WOUDC) から取得する。これらのデータセットを一元的に管理・処理するために統一形式でデータアーカイブする。要素は、観測時刻、観測地点 (緯度・経度、四隅情報、ピクセル面積)、オゾン全量と誤差、太陽天頂角、衛星天頂角、太陽方位角および観測地表面状態 (陸地、海面、反射の有無、雪氷の有無等、エラーフラッグ) である。

衛星が地上観測上空近傍を通過したときの daily overpass データを作成する。基準は、衛星観測時刻が正午 4 時間以内、観測地点距離差 (衛星 - 地上観測) が 50-200km 以内 (典型的な衛星解像度に依存) のときに抽出する。地上観測地点 (ホワイトリスト: 71 観測所) 毎にオゾン観測値の差 (衛星観測 - 地上観測) を求め、各衛星センサー・各観測地点毎に日平均値時系列データを作成する。選別された地上観測で平均した日平均値を求め、各衛星センサー別にバイアス及び経年ドリフトを算出する。

バイアスやドリフトが大きすぎるもの、あるいは衛星測器の末期については、他のデータが利用できないときを除き使用しないなど、品質評価を行う。

4. 研究成果

4.1 観測データの品質評価と均質化

図 1 に、20 個のデータセットについて、オゾン全量の衛星観測 - 地上観測の 31 日間移動平均と回帰直線 (赤色で表示) を示す。全体として、測定値が大幅に低下した期間 (TOMS/EP: 2000 ~ 2003 年, OMPS-NOAA: 2012 ~ 2014 年) を除いて、全てのデータセットは $\pm 2 \sim 3\%$ (10 DU 以下) 以内で地上観測と一致する。多くのデータセットでは、衛星観測 - 地上観測の傾きは 10 年あたり $\pm 1\%$ (~ 4 DU) 以内である。例外は、機器の劣化による 2000 ~ 2003 年の TOMS/EP、衛星打上げ初期段階での衛星測定不安定による OMPS-NOAA と GOME-2B である。初期不安定後、これら 2 つのデータセットのドリフトは減少する (つまり、傾きが小さくなる)。TOMS/N7 は地上観測と良好な一致を示し、平均バイアスは +3 DU (1%)、10 年あたりのドリフトは -2 DU である。TOMS/EP は 1996 ~ 1999 年で約 0.5% の小さな偏差を示していたが、2000 年以降、地上観測からの大幅にずれ、2003 年には 12 DU 以下、10 年あたりの変化は 24 DU にも達した。このため、2000 ~ 2003 年の TOMS/EP データは評価から除外した。

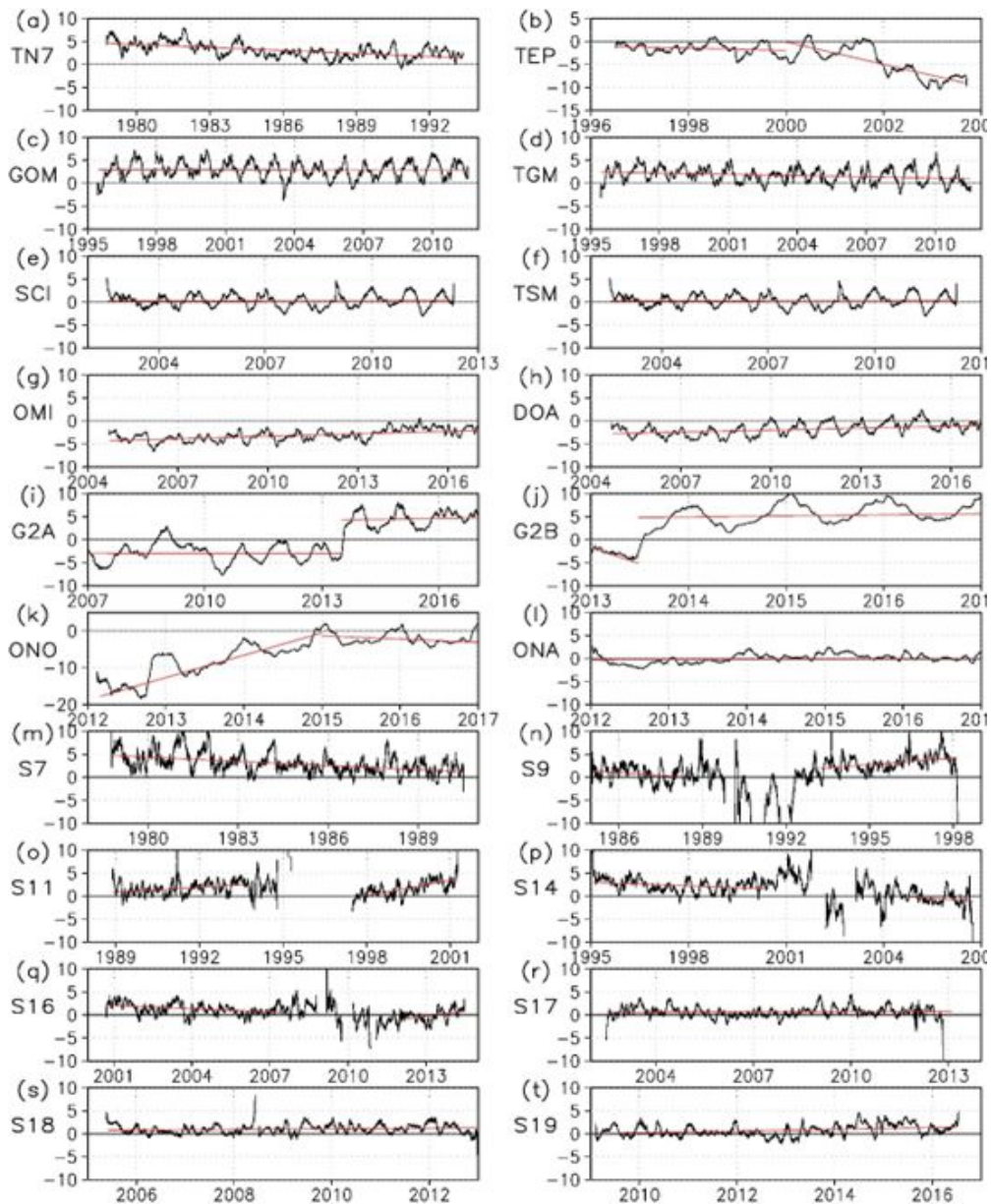


図 1. オゾン全量の衛星観測 - 地上観測の時系列で 31 日間の移動平均、および単純な線形回帰直線を赤で表示。衛星データは地上観測地点を通過したデータを使用。地上データは、プリューワーおよびドブソン分光光度計の 71 地点の観測網。左軸の単位は DU。(a) TOMS/N7 (TN7), (b) TOMS/EP (TEP), (c) GOME (GOM), (d) TOGOMI (TGM), (e) SCIAMACHY (SCI), (f) TOSOMI (TSM), (g) OMI-TOMS (OMI), (h) OMI-DOAS (DOA), (i) GOME-2A (G2A), (j) GOME-2B (G2B), (k) OMPS-NOAA (ONO), (l) OMPS-NASA (ONA), (m) SBUV/N7 (S7), (n) SBUV/N9 (S9), (o) SBUV/N11 (S11), (p) SBUV/N14 (S14), (q) SBUV/N16 (S16), (r) SBUV/N17 (S17), (s) SBUV/N18 (S18), and (t) SBUV/N19 (S19). Naoe et al. (2020) Figure 1 より引用。

GOME および SCIAMACHY データは、地上観測と比較してほとんど傾きがなく (10 年あたり ± 0.1 DU 以内)、平均バイアスがそれぞれ 2.9 および 0.3 DU である。31 日間移動平均のピーク間振幅は、GOME で約 6 DU、SCIAMACHY で約 3 DU である (図 1c, e)。一方、TOGOMI と TOSOMI は、GOME と SCIAMACHY と異なるアルゴリズムで作成しているため同様の傾向を示すものの、地上観測からの差は TOGOMI で 0.5% と GOME の 1% に比べて減少している。一方、TOSOMI の平均二乗誤差は 9.5 DU で SCIAMACHY の 8.7 DU よりも大きい。

OMI-TOMS および OMI-DOAS データセットは 地上観測とよく一致し、衛星観測 - 地上観測の時系列 (図 1g, h) は年間を通じてほぼ平坦で、両方のデータセットの平均差はそれぞれ -3.1 DU と -1.8 DU である。OMI-TOMS は、OMI-DOAS と比較してドリフトがわずかに大きく、平均二乗誤差が小さくなる。DOAS タイプのアルゴリズムで処理された OMI-DOAS は、GOME および SCIAMACHY と同様に比較的小さな季節振幅で季節的動作を示す。

GOME-2A および -2B データセットは、DOAS アルゴリズムを使用しているため、季節的なピーク幅は 2~3%を示す。これらの時系列は、2013 年 7 月に突然変化し、これは、アルゴリズムが GDP 4.6 から GDP 4.7 に変更したため(図 1i, j)、その差は約 8 DU に達する。DOAS アルゴリズムによって処理されるデータは季節依存性を示すが、これはアルゴリズムが実効気温の緯度および時間の変化を考慮していないという事実に起因する。さらに、高い天頂角での測定はしばしば高緯度に位置するため、地上観測との一致するデータが乏しい。

OMPS-NASA は 地上観測 との顕著な一致を示しておりバイアスは小さく、10 年あたり 0.4%というわずかな増加傾向を示している(図 1l)。対照的に、2012~2014 年の衛星打上げ初期に OMPS-NOAA の測定値は極端に劣化しており、衛星観測 - 地上観測 は異常に高い傾きを示す。しかし、2015 年以降、OMPS-NOAA の衛星観測 - 地上観測は安定した動作を示しているため(図 1k)、結合データセットには 2015 年以降の OMPS-NOAA のみを採用する。

SBUV タイプの測器で取得されたデータセットで、衛星観測 - 地上観測の平均は通常 1~3%以内である。SBUV 観測は天底観測であり、地上観測と比較可能で良好なデータは少ないため、平滑化なしの毎日データは変動幅が大きい。1990 年代から 2000 年代にかけ、SBUV/N9、/N11、/N14 の測定値は赤道通過時刻が衛星打上げ初期から大分ずれサンプル数が少ないことと SBUV 機器が劣化したため、大きな偏りと大きなドリフトを示している。SBUV データセット(SBUV/N7、/N9、/N11、および /N14、図 1m-p)について、31 日間の移動平均のピーク幅は ± 10 DU 以内だが、(SBUV/N16、/N17、/N18、および/N19、図 1q-t)の場合 ± 5 DU 以内と比較的精度が良い。

4.2 均質オゾン全量データセットの作成

20 種の衛星観測データを各グリッドでオゾン測定誤差で重みづけ平均した結合オゾン全量データセットを作成した。重回帰を使った補正法によるオゾン全量トレンドと補正なしを比較すると、一般的に低緯度で正の偏差となる。これは前者においてオゾンの有効温度が低い地域で、正の補正がなされるからである。重回帰補正法によるトレンドには明瞭な季節依存性と緯度依存性があるが、時間だけの単回帰補正法では季節依存性と緯度依存性はない。結合オゾン全量データセットの平均平方二乗誤差は、補正前の 8.6 DU から、単回帰と重回帰いずれの補正において 8.4 DU へ減少している。したがって、我々のバイアス補正法を用いた結合オゾン全量データセットは、時間方向に一様かつ高分解能であり、トレンド解析および長期再解析への同化データとして適している。

4.3 オゾン長期再解析の作成とその評価

オゾン長期再解析のデータセットは、気象庁第 3 次長期再解析 (JRA-3Q) の外部境界条件として使用している。日別 3 次元オゾン分布は、現業紫外線予測の化学輸送モデルを再解析の気象場で駆動し、衛星観測オゾン全量データをナッジングして作成した。

JRA-3Q で使用するモデルから改善点は、化学輸送モデルを駆動する大気モデルを 10 年ほど新しいモデルへの更新、モデルの高解像度化 (水平格子 300km から水平格子 110km へ)、駆動する気象場は JRA-25 から JRA-55 へ、海面水温及び海水はこれまでの気候値から長期再解析で使用しているものと同じ日別値、などである。オゾン生成に関する改善点は、オフライン 1 次元モデルによるオゾン破壊物質を作成から、化学輸送モデル内で整合的拡散させた 3 次元分布へ、オゾン衛星観測データは Level 3 データから Level 2 データをバイアス補正して結合させて作成した独自の Level 3 データへ、である。JRA-55 では、1978 年以前衛星観測がなかったためオゾンの解析値は作成しなかったが、JRA-3Q では気象場で駆動した化学気候モデルを計算しバイアス補正することでオゾン解析値を作成した。中間圏オゾンは、オゾン観測の気候値と再解析オゾンの比を求めて補正を行った。オゾン衛星観測がない時代のオゾンは、衛星時代の再解析オゾンとデータ同化なしのオゾンからバイアス補正比を算出し、気象場で駆動したオゾン計算値に補正値をかけて算出した。

衛星期間における JRA-3Q オゾンと JRA-55 オゾンを比較すると、どちらもオゾン QBO を表現しているが、JRA-3Q は化学反応の寄与が優勢な 5-15 hPa 領域においてオゾン QBO の振幅が大きく、JRA-55 では力学的寄与が大きい 15-50 hPa において振幅が大きい。これは JRA-3Q では、化学気候モデル内の化学過程は、JRA-55 で使用している化学過程よりも大幅に改善されたためであり、JRA-55 でみられた成層圏オゾンの過少バイアスは改善されていることがわかった。

これらの変更により、JRA-3Q で用いられている成層圏オゾンは JRA-55 と比べて大幅に改善し、品質として一貫している。

< 引用文献 (本研究課題の成果以外) >

[1] van der A, R.J., et al., 2010, Atmos. Chem. Phys, 10, 11277-11294.

[2] van der A, R.J., et al., 2015, Atmos. Meas. Tech., 8, 3021-3035.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Anstey, J. A., I. R. Simpson, J. H. Richter, H. Naoe, M. Taguchi, F. Serva, L. J. Gray, N. Butchart, K. Hamilton, S. Osprey, 19 others	4. 巻 148
2. 論文標題 Teleconnections of the Quasi Biennial Oscillation in a multi model ensemble of QBO resolving models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society	6. 最初と最後の頁 1568 ~ 1592
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/qj.4048	査読の有無 無
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 -
1. 著者名 SHIBATA Kiyotaka, NAOE Hiroaki	4. 巻 100
2. 論文標題 Decadal Amplitude Modulations of the Stratospheric Quasi-biennial Oscillation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 29 ~ 44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2022-001	査読の有無 無
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 -
1. 著者名 Kuroda Yuhji, Toryu Miho, Naoe Hiroaki	4. 巻 18
2. 論文標題 Influence of Stratospheric Variability on the Winter-Mean Polar Tropospheric Climate	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 47 ~ 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2022-008	査読の有無 無
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 -
1. 著者名 NAOE Hiroaki, MATSUMOTO Takanori, UENO Keisuke, MAKI Takashi, DEUSHI Makoto, TAKEUCHI Ayako	4. 巻 98
2. 論文標題 Bias Correction of Multi-sensor Total Column Ozone Satellite Data for 1978-2017	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 353 ~ 377
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2020-019	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 Naoe Hiroaki, Yoshida Kohei	4. 巻 145
2. 論文標題 Influence of quasi biennial oscillation on the boreal winter extratropical stratosphere in QBOi experiments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society	6. 最初と最後の頁 2755 ~ 2771
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/qj.3591	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 Harada Yayoi, Sato Kaoru, Kinoshita Takenari, Yasui Ryosuke, Hirooka Toshihiko, Naoe Hiroaki	4. 巻 124
2. 論文標題 Diagnostics of a WN2 Type Major Sudden Stratospheric Warming Event in February 2018 Using a New Three Dimensional Wave Activity Flux	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 6120 ~ 6142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018JD030162	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 YAMASHITA Yousuke, NAOE Hiroaki, INOUE Makoto, TAKAHASHI Masaaki	4. 巻 96
2. 論文標題 Response of the Southern Hemisphere Atmosphere to the Stratospheric Equatorial Quasi-Biennial Oscillation (QBO) from Winter to Early Summer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 587 ~ 600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2018-057	査読の有無 無
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17件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 直江寛明, 古林慎哉, 高坂裕貴, 千葉丈太郎, 徳広貴之, 原田やよい, 小林ちあき, 今田由紀子
2. 発表標題 気象庁長期再解析(JRA-3Q)非衛星時代の品質評価 (その2)
3. 学会等名 日本気象学会2022年度春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	Naoe, H., S. Kobayashi, Y. Kosaka, J. Chiba, T. Tokuhiko, Y. Harada, C. Kobayashi, Y. Imada
2. 発表標題	Evaluation of the latest Japanese Reanalysis for three quarters of a century (JRA-3Q) during a pre-satellite era (part 2)
3. 学会等名	JpGU meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Naoe H, Kobayashi S, Kosaka Y, Chiba J, Tokuhiko T, Harada Y
2. 発表標題	Evaluation of a new Japanese reanalysis (JRA-3Q) in a pre-satellite era
3. 学会等名	EGU General Assembly 2021 (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	直江寛明, 古林慎哉, 高坂裕貴, 千葉丈太郎, 徳広貴之, 原田やよい
2. 発表標題	気象庁長期再解析(JRA-3Q)非衛星時代の品質評価
3. 学会等名	日本気象学会2021年度春季大会
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Naoe H, Kobayashi S, Kosaka Y, Chiba J, Tokuhiko T, Harada Y
2. 発表標題	Quality assessment of the third Japanese Reanalysis for Three Quarters of a Century (JRA-3Q) during a pre-satellite era
3. 学会等名	日本地球惑星科学連合2021年大会 (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名 Naoe H, Kobayashi S, Kosaka Y, Chiba J, Tokuhito T, Harada Y, Kobayashi C
2. 発表標題 Evaluation of the latest Japanese Reanalysis for three quarters of a century (JRA-3Q) during a pre-satellite era
3. 学会等名 Joint WCRP-WWRP Symposium on Data Assimilation and Reanalysis (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoe H, Maki T, Deushi M, Ueno K
2. 発表標題 Bias Correction of Multi-Sensor Satellite-Acquired Total Column Ozone
3. 学会等名 Quadrennial Ozone Symposium 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 直江寛明, 松本隆則, 上野圭介, 眞木貴史, 出牛真, 竹内綾子
2. 発表標題 マルチセンサの衛星観測によるオゾン全量のバイアス補正
3. 学会等名 日本気象学会2020年度春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoe, H., T. Matsumoto, K. Ueno, T. Maki, M. Deushi, A. Takeuchi
2. 発表標題 Bias correction of satellite multi-sensor total column ozone datasets and their merged ozone dataset
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 直江寛明, 出牛真, 上野圭介, 眞木貴史, 松本隆則
2. 発表標題 Level 2衛星オゾン全量の有効温度依存性
3. 学会等名 日本気象学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 NAOE Hiroaki, YOSHIDA Kohei
2. 発表標題 Influences of Quasi-Biennial Oscillation on the Extratropical Stratosphere in the Northern Hemisphere Winter Using MRI-ESM2.0 in QBOi Experiments
3. 学会等名 第27回国際測地学地球物理学連合総会 (IUGG2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 NAOE Hiroaki, YOSHIDA Kohei
2. 発表標題 Holton-Tan mechanism in the effect of the QBO on the polar vortex in MRI-ESM 2.0 QBOi experiments
3. 学会等名 大気力学変動モデル相互比較プロジェクト (DynVarMIP) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 直江寛明, 吉田康平
2. 発表標題 QBOi 実験における Holton-Tan メカニズムの温暖化応答
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 直江寛明、松本隆則、眞木貴史、出牛真
2. 発表標題 衛星観測Level2オゾン全量の長期トレンド
3. 学会等名 日本気象学会2018年度春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 NAOE Hiroaki、YOSHIDA Kohei
2. 発表標題 Influences of the Quasi-Biennial Oscillation (QBO) on the Northern Hemisphere winter stratosphere in QBOi experiments
3. 学会等名 ヨーロッパ気象学会年次総会 (EMS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 NAOE Hiroaki、YOSHIDA Kohei
2. 発表標題 Extratropical Response to the Quasi-Biennial Oscillation (QBO) in the NH winter in QBOi experiments
3. 学会等名 SPARC総会 (SPARC-GA) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 直江寛明、吉田康平
2. 発表標題 QBOi実験においてQBOが冬季成層圏中高緯度循環に与える影響
3. 学会等名 日本気象学会2018年度秋季大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

気象研究所 直江寛明 https://www.mri-jma.go.jp/Member/clg/kinaoehiroakina.html NAOE Hiroaki, Meteorological Research Institute https://www.mri-jma.go.jp/Member/clg/kinaoehiroakina.html

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
研究分担者	眞木 貴史 (Maki Takashi) (50514973)	気象庁気象研究所・全球大気海洋研究部・室長 (82109)	

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
---------	---------