

Cloud classification based on histogram analysis of pixel values of night time cloud images over Manila Observatory (14.64N, 121.07E)

*GlennFranco Barroso Gacal^{1,2}, Nofel Lagrosas^{1,2}

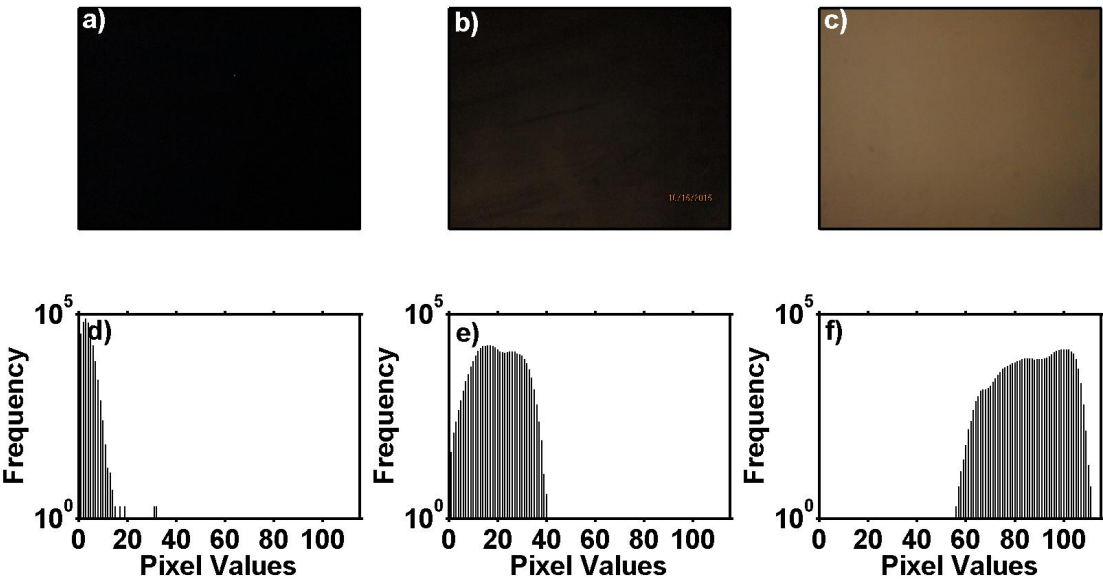
1.Manila Observatory, 2.Ateneo de Manila University

Satellites and ground based instruments are utilized to achieve cloud detection. At night time, detection of clouds is accomplished by satellites, whole-sky imagers, lidars, and sky cameras. In practice, ground-based detection is executed by sky cameras and whole-sky imagers and incorporating a threshold value into the analysis of cloud detection. This will classify pixels as clouds or non-clouds. In this work, we use a ground-based sky imager using a digital camera to take pictures of the sky. The digital camera (Canon Powershot A2300) is continuously operated to take images of night time clouds at 5 minute intervals. The camera is configured to have an exposure time of 1s and 5s and is situated on the roof top of the Manila Observatory building (14.64N, 121.07E). This is to ensure that there is a minimal presence of obstructions for the camera. A threshold value is applied to distinguish a pixel to be a cloud or non-cloud by analyzing the histogram of pixel values of clear sky. Other works use the similar procedure of applying a threshold value to detect clouds at daytime (Heinle et al., 2010). In this study, the RGB formatted images are converted to greyscale format. Lastly, an algorithm is applied to compute cloud occurrence (Gacal et al., *submitted*). Cloud occurrence is determined but not its corresponding cloud types: thin, thick, and cloud-free. The objective of this study is to determine these cloud types in terms of their range of pixel values. Figs. 1a -1c show the images of a clear night sky, thin clouds, and thick clouds, respectively. These images were taken on 16 January 2016, 21 October 2015, and 25 May 2014, respectively. From visual inspection, thick clouds (Fig. 1c) are perceived to have no distinguishable dark background as compared to the thin clouds (Fig. 1b). Figs. 1a -1c are taken at 1s exposure time except Fig. 1a with an exposure time of 5s. Figs. 1d -1f show the histogram of each corresponding cloud type. The histogram of a cloud free sky (Fig. 1d) presents the pixel values that range from 0 -16. This implies that a minimal pixel value of 17 can be used to discriminate the presence and absence of clouds of a night sky (Gacal et al., *submitted*). Comparing this to Fig 1e, this histogram shows a superposition of a clear sky and thin clouds. Since the range of pixel values for a clear night sky is from 0 -16, it follows that the remaining range of pixel values has to be from thin clouds. In this study, we observe that the range of pixel values for thin clouds is from 19 -40. Fig. 1f is a histogram of an extreme example of a thick cloud where pixel values range from 47 -111. Visual inspection of Fig 1c shows that there is no thin cloud or clear sky component. This pixel range can represent of thick clouds at night time. This work has shown the possibility of discriminating cloud types in terms of the range of pixel values. In the future, these results will be used to calculate cloud cover from thin and thick clouds as the calculation of cloud occurrence is simultaneously done.

References:

- Heinle, A., Macke, A., Srivastav, A. (2010). Automatic cloud classification of whole sky images. *Atmos. Meas. Tech.*, 3: 557-567.
- Gacal, G.F.B., Antioquia, C., Lagrosas, N. (2016). Ground-based cloud detection of night time clouds above Manila Observatory (14.64N, 121.07E) using a digital camera. *Aerosol and Air Quality Research*. (*submitted*).

Keywords: Digital image, Pixel values, Histogram, Nighttime clouds



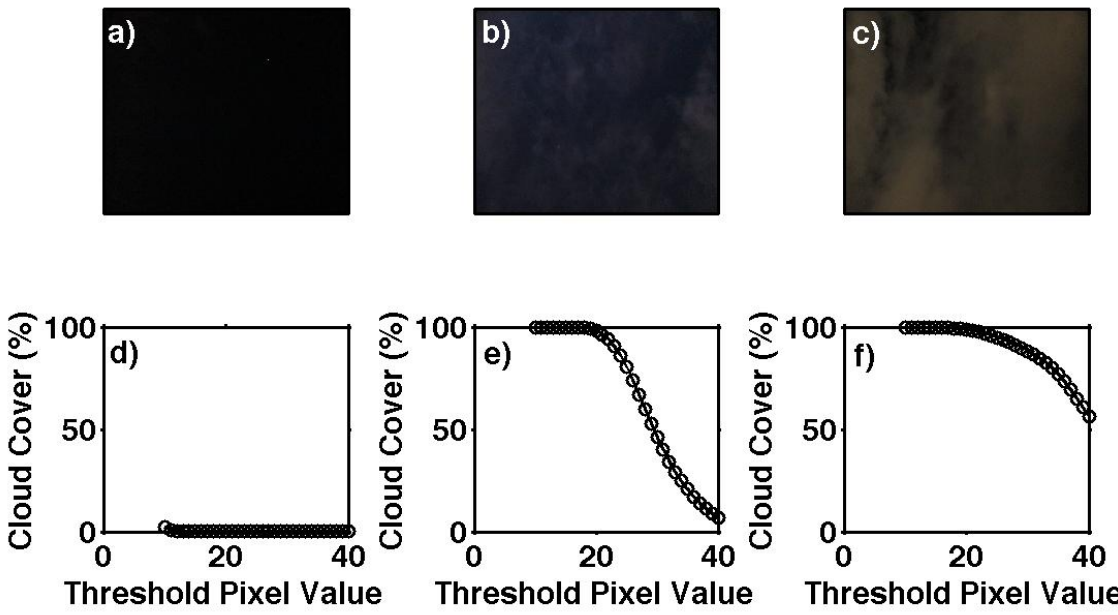
Observations of night time cloud cover sensitivity measurements with changes in threshold pixel values

*Nofel DelaCruz Lagrosas^{1,2}, Glenn Franco Barroso Gacal^{1,2}

1.Manila Observatory , 2.Ateneo de Manila University

Detection of night time clouds is carried out in Manila Observatory (14.64N, 121.07E) for the purpose of measuring cloud cover at night time since late of 2014. A digital camera (Canon A2300 Powershot) is used to take images of sky every 5 minutes. Images are taken at 5s exposure time. The digital images, which are in standard RGB format, are converted to grayscale format for cloud detection analysis. Cloud detection is possible by setting a threshold pixel value that discriminates clear from cloudy sky. Previous study has shown that a threshold pixel value of 17 can be used for cloud detection (Gacal, et al, 2014). Cloud cover is defined as the ratio of the sum of the number of pixels identified as having cloud signals to the sum of the total number of pixels in the image. Cloud cover measurement has impacts on the radiation budget in the atmosphere even during night time. High cloud cover of thick clouds covering majority of the sky tend to reflect back radiation from the earth's surface. Thin clouds, on the other hand, may transmit earth's radiation to space and reflect less. In an ordinary image of night sky, the image may contain thick and thin clouds. In this work, we define a thick cloud in the image as cloud without any clear dark background. The images of thin clouds have visible dark background. For the purpose of quantifying cloud cover from thin and thick clouds, we present in this study the effects of varying threshold pixel value used in cloud detection algorithm on the calculation of night time cloud cover. Figs. 1a-c show images of clear sky, thin cloud and thick clouds taken on 12 January 2016 at 03:05, 22 December 2015 at 05:40 and 16 January 2016 21:15 local time, respectively. Local time is 8 hours ahead of coordinated universal time (UTC). Histogram of pixel values of clear sky image shows that maximum pixel value is 16 and can be used as a threshold value for discriminating clear from cloudy skies in the cloud detection algorithm. When this threshold value is changed from 10 to 40, cloud cover values also change. At threshold pixel value of 10, cloud detection algorithm applied to clear sky outputs ~3% cloud cover but rapidly decreases to zero for higher pixel values (Fig. 1d). When the algorithm is applied to thin cloud image, a sharp decrease of cloud cover values is observed for threshold pixel value > 20 but almost 100% cloud cover for threshold pixel value < 20 (Fig. 1e). From visual inspection of the image, a near 100% cloud cover is evident. The near exponential decrease of cloud cover values is a common characteristic when threshold pixel value is changed for images with thin clouds. Thus, without any idea of the image, this exponential decrease of cloud cover trend can be used to indicate that the image is dominated by thin clouds. When threshold pixel values are changed in the cloud detection algorithm and applied to images with thick clouds, the decrease of cloud cover values is not as sharp as in the case of thin clouds. Fig. 1f shows the non-exponential decrease of cloud cover values with threshold pixel value change. The graph shown in Fig. 1f is also a characteristic graph for thick clouds. Thus, the non-exponential decrease can be used for determining presence of thick clouds in the image without inspecting at the image. Images of rain clouds are extreme examples of thick clouds. When images of these types of clouds are processed using the same algorithm and changing threshold pixel value from 10 to 40, resulting cloud cover values do not change and are at 100%. This is expected since pixel values of thick clouds are usually in the range of 47 to 111.

Keywords: Night time clouds, Pixel value, Cloud cover



北極低気圧の3次元構造

Three dimensional structure of the Arctic cyclones

*相澤 拓郎¹、田中 博²*Takuro Aizawa¹, Hiroshi L Tanaka²

1.筑波大学大学院生命環境科学研究科、2.筑波大学計算科学研究センター

1.Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2.Center for Computational Sciences, University of Tsukuba

Arctic cyclones are unique low pressure systems appearing in the Arctic, which are different from the tropical cyclones and the mid-latitude cyclones. Previous studies provided a new insight that the surface Arctic cyclone connects to an upper polar vortex producing a deep barotropic vortex. The previous studies also noted that the characteristic thermal and the vortical structures are maintained throughout a life cycle. But, the three dimensional stereoscopic structure of the Arctic cyclones was not investigated by the previous studies.

To investigate the three dimensional structure of the Arctic cyclones, we converted the meteorological data from a latitude/longitude coordinate system into the cylindrical coordinate system around the Arctic cyclone center. The original data used in this study are the reanalysis data of JRA-25 (Japanese 25year Reanalysis) and JRA-55 (Japanese 55year Reanalysis).

The Arctic cyclone has a deep barotropic cyclonic circulation, a secondary circulation in the troposphere, a downdraft at the lower stratosphere, a coupling of a warm core at the lower stratosphere and a cold core in the troposphere, and a deep tropopause folding over the cyclone center.

For the Arctic cyclone, the positive relative vorticity related to the deep axisymmetric cyclonic circulation stretches up to the stratosphere of 50 hPa level from the surface indicating a connection with the stratospheric polar vortex. The upper vortex of the well-developed occluded cyclone is not the polar vortex in the stratosphere. The Arctic cyclone at the surface is characterized by the deep stratospheric polar vortex, which is different from the occluded cyclone in terms of the vertical scale.

Although additional studies are needed, a schematic diagram of the Arctic cyclone is proposed in this study.

キーワード：1次循環、熱力学構造、極渦

Keywords: Primary circulation, thermal structure, polar vortex

ラジオゾンデ観測に基づく信楽上空の夏季対流圏・成層圏の微細構造の解析

An analysis of fine structure in the summer troposphere and stratosphere based on radiosonde observations at Shigaraki, Shiga, Japan

*水谷 雄太¹、菅野 彰太¹、河田 裕貴¹、佐藤 薫²

*Yuta Mizutani¹, Shota Sugano¹, Yuki Kawata¹, Kaoru Sato²

1.東京大学理学部地球惑星物理学科、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

1.Dept. Earth and Planetary Physics, School of Science, The University of Tokyo, 2.Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo

本研究では、対流圏および成層圏の大気の大気微細構造の特徴を調べるため、京都大学信楽MU観測所において2015年7月27日18:00JSTから28日18:00JSTの期間において、9回のラジオゾンデを放球し、3時間ごとの水平風、気温、湿度の鉛直プロファイルを観測した。高度分解能はおおよそ5mである。観測期間中、気圧配置は南高北低のまま大きく変わることはなく、典型的な日本の夏の気象構造がとらえられたものと考えられる。浮力振動数を基に推定した対流圏界面の位置もほぼ一定で、約15kmであった。このデータを用いて、大気境界層の日変化、卓越波長の高度依存性、成層圏に現れた顕著な波状構造の力学特性とその起源についての解析を行った。

まず、地上から下部・中部対流圏に着目し、大気境界層の日変化の様子を詳しく調べた。解析した物理量は温位、相当温位および水蒸気混合比である。混合層内では、対流が活発に起こるためこれらの保存量が一定になると予想される。解析の結果、9時、12時、15時にかけて、これらの値が鉛直に一定となる層が現れ、そのトップが高度0.5kmから1.2kmまで時間と共に上昇する様子がみられた。これは朝から午後にかけての大気混合層の発達を表すと考えられる。一方3時のデータにおいては、地面付近に強い夜間逆転層が現れていた。

次に、ボックスカー型のmother waveletを用いたwavelet解析を行った。各時刻の気温、東西風、南北風の鉛直プロファイルのwaveletスペクトルを計算し、全期間の平均を求めた。成層圏の下層（高度15～25km）と中層（高度25～35km）での卓越波長がそれぞれ約1km、約6kmと大きく異なることが明らかとなった。浮力振動数は成層圏でほぼ一定であり、また、背景風にも大きな変化は見られなかったことから、成層圏中層に見られた卓越波長の長い擾乱は、信楽から離れた地点で発生し、水平に伝播してきた波動であることが考えられる。

成層圏中層に見られた長い鉛直波長の擾乱の位相は、時間と共に下がっていた。これはエネルギーを上向きに伝播する内部重力波の可能性が高いことを示唆する。そこで、内部重力波であると作業仮説をたて、ホドグラフ解析を行った。まず、高度20km以上の東西風、南北風の鉛直プロファイルを最小二乗法を用いて直線近似したものを背景場として取り除き、擾乱成分を取り出した。そして、擾乱成分の鉛直方向のホドグラフを作成し楕円で近似した。楕円の長軸と短軸の比から固有周波数を求めた。固有振動数と鉛直プロファイルから得られた鉛直波数を用いて分散関係式により水平波数を求めた。得られた波のパラメータから対地振動数を求め、これが直接観測された対地振動数とほぼ一致することを確認できた。これは、擾乱が内部重力波であるとした作業仮説が妥当であったことを意味する。さらに、波のパラメータと背景場の値から（対地）水平群速度を求め、波の伝播経路を推測したところ、朝鮮半島北部に位置する低気圧から発生した内部重力波である可能性が高いと結論できた。

キーワード：ラジオゾンデ観測、ウェーブレット解析、内部重力波

Keywords: radiosonde observations, wavelet analysis, internal gravity waves

JRA-55で表現された下部成層圏子午面循環の変動

Changes in the lower stratospheric residual circulation in JRA-55

*小林 ちあき¹*chiaki Kobayashi¹

1.気象研究所

1.Meteorological Research Institute

Future projections by many climate models suggest that the Brewer-Dobson circulation (BDC) will be intensified as a result of rising greenhouse gas concentrations. However, observations show a diversity of the BDC strength changes. In this study, we investigate the changes in the BDC using JRA-55 reanalysis data compared with JRA-55-related products. In JRA-55, the annual mean tropical upwelling shows a significant increasing trend in the lower stratosphere from 1979 to 2012. JRA-55C also indicate a significant increasing trend of the upwelling, but JRA-55AMIP does not. These BDC strengths are assessed by climatological zonal mean which is removed diurnal variations.

Recently, Sakazaki et al (2015) found zonally uniform tidal signals in the tropical stratosphere. The vertical wind diurnal amplitudes in the lower stratosphere is not a negligible amount compared with climatological upwelling.

The BDC trend in JRA-55 linked with the representation of the tidal signals change related to the observing system changes in the reanalysis. Comparison of the relation among the JRA-55 family members is discussed in the presentation.

キーワード：JRA-55、ブリュワードブソン循環、下部成層圏

Keywords: JRA-55, Brewer-Dobson circulation, lower stratosphere

冬季北極域成層圏上部と中間圏下部における極渦の状態とA0 index の特徴 II

Characteristics of the polar vortex and the A0 index in the upper stratosphere and lower mesosphere in Arctic winter II

*坂野井 和代¹、木下 武也²、佐藤 薫³、村山 泰啓²*Kazuyo Sakanoi¹, Takenari Kinoshita², Kaoru Sato³, Yasuhiro Murayama²

1.駒澤大学、2.情報通信研究機構、3.東京大学

1.Komazawa University, 2.NICT, 3.The University of Tokyo

本研究は、冬季北極域における代表的な擾乱現象である成層圏突然昇温を、中間圏まで含めた中層大気全体の擾乱として捉え、その擾乱について長期的な太陽活動度との関係を解明することを最終的な目的としている。成層圏突然昇温と太陽活動度との関連は、太陽活動11年周期による成層圏の熱的構造の変調として成層圏領域では研究が進んでいる。冬季北極域成層圏の代表的な熱的構造は、北半球環状モード（Northern hemisphere Annular Mode: NAM）と呼ばれるパターンを示し、極域が低温・中緯度域が高温となる正のモードとその逆パターンとなる負のモードに分類される。Labitzke(2005)は、北極域・中緯度の上部成層圏温度とF10.7 indexの相関を、QBOの位相に分けて比較し、QBO西（東）風位相時には、太陽活動極大で負（正）のNAM、極小で正（負）のNAMとなることを示した。

成層圏突然昇温の程度を表すものとして、伝統的に昇温が「大昇温」か「そうでない」という定性的な分類が使われてきた。しかしこのような定性的な分類だけでは他の現象との比較が難しい。またそもそも中間圏においては成層圏突然昇温に関連する擾乱を表す指標が存在しない。本発表では、中間圏まで含めた中層大気擾乱と太陽活動度を定量的に比較するための準備として、中間圏の擾乱度を表す指標としてどのようなものがあるかの検討を紹介する。

現段階では、1999/2000 - 2007/2008の冬季（9期間）について、1000~0.1hPa（約65km高度）の高度範囲でA0 indexを計算し、中間圏まで含めた中層大気の擾乱度を表す指標として使用できるか検討を進めている。A0 index を計算した後、極渦の状態を判定するためにSeiour et al.(2013)で使用されている2D vortex moment diagnosticsを利用し、10hPaと0.316hPaにおいて極渦の状態を診断した結果、以下のような傾向が確認できた。0.316hPaと0.1hPaの傾向はほぼ同じである。

- ・ 中層大気でのA0 indexの値のピークは、おおむね0.5hPa（~50km）高度にある。
- ・ 100hPa - 0.1hPa高度においてA0 index の正負はほぼ一致するが、ときおり10hPaの上下で正負が異なる場合もある。
- ・ A0 index の負のピーク値が大きいことと大昇温とは対応しない、また負の領域が10hPa以下まで達していることも、必ずしも大昇温とは対応しない。
- ・ 大昇温または定義には満たないものの同規模のイベントにおいては両高度で波数1および2の擾乱が強く表れる。特に10hPaにおいて波数1構造が強い。
- ・ マイナー昇温では、0.316hPaで波数1・2の擾乱が確認できるが、10hPaでは擾乱はほとんど無いか、波数2の擾乱が見られる。
- ・ 10hPaにおいて波数2の構造が強いと、ほぼ全高度領域にわたってA0が負になっている。

本発表では、解析期間をできる限り増やして、10hPaおよび0.316hPa高度の気圧および風速・温度場と大昇温、A0indexの関係について検討を進めていく。

キーワード：成層圏突然昇温、北極、中間圏

Keywords: Stratospheric sudden warming, Arctic, Mesosphere

長期再解析データを用いた高エネルギー粒子降り込みに対する南半球中層大気応答の研究
Dynamical response of the SH middle atmosphere to energetic particle precipitations
in the latest reanalysis data

*富川 喜弘^{1,2}

*Yoshihiro Tomikawa^{1,2}

1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学

1.National Institute of Polar Research, 2.SOKENDAI

The latest solar cycle minimum sometime around 2009 showed unusually low solar activity and suggested the possibility of a grand solar minimum in the near future. This event caused much attention to be focused on studies regarding solar influence on the Earth's climate. The recent review by Gray et al. (2010) classified solar forcing on the Earth's climate to be of four types: galactic cosmic rays, total solar irradiance (TSI), solar ultraviolet radiation (UV), and energetic particle precipitations (EPP). Although EPP has not attracted much attention compared with TSI and UV in the past, several recent studies indicate that EPP could have a significant impact on the Earth's climate, comparable with that of TSI and UV. However, reliability of some of these studies was recently questioned (Tomikawa, 2015). In this study, the past 36 years were divided into high, medium, and low energetic particle forcing (EPF), and solar maximum, medium, and minimum conditions using Ap index and F10.7 radio flux, respectively. Then composite figures of middle atmosphere in the winter southern hemisphere were created from the latest reanalysis data and compared between medium and low EPF during the solar minimum. They showed that there was a statistically significant difference between medium and low EPF.

キーワード：高エネルギー粒子の降り込み、再解析、中層大気

Keywords: Energetic particle precipitation, Reanalysis, Middle atmosphere

南極昭和基地ミリ波放射分光観測装置による太陽極大期における中間圏一酸化窒素カラム量の観測
An observation of the mesospheric column amount of nitric oxide observed with a millimeter-wave spectral radiometer at Syowa station in Antarctica

*長浜 智生¹、水野 亮¹、中島 拓¹、大山 博史¹、児島 康介¹、江尻 省²、富川 喜弘²、堤 雅基²、中村 卓司²
*Tomoo Nagahama¹, Akira Mizuno¹, Tac Nakajima¹, Hirofumi Ohyama¹, Yasusuke Kojima¹, Mitsumu K. Ejiri², Yoshihiro Tomikawa², Masaki Tsutsumi², Takuji Nakamura²

1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.国立極地研究所

1.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2.National Institute of Polar Research

名古屋大学宇宙地球環境研究所と国立極地研究所は2011年から共同して南極昭和基地に250 GHz帯高感度超伝導受信機を用いた小型ミリ波放射分光観測装置を設置し、2012年1月より中間圏の一酸化窒素(NO)から放射されるスペクトルの観測を行っている。スペクトルの解析から1日以下の時間分解能で高度75 kmから100 km程度の中間圏・下部熱圏のNOカラム量の時間変動を得ている。中間圏の大気微量分子組成は大気密度が小さいことから地球内外の環境変動の影響を受けやすく、また極域では地球の磁場構造により太陽活動に起因する荷電した高エネルギー粒子が地球大気の外側から磁力線に沿って極域上空に降りこみ、それらが中間圏や下部熱圏中性大気とイオン分子反応を引き起こすことでNO_xやHO_xの増加とそれに伴うオゾン減少等の大気組成変動をもたらすことが知られている(例えば、Andersson et al. 2014)。これまでに我々が取得した太陽極大期を含む約4年間のミリ波観測データの解析から、極域中間圏のNOカラム量の季節変化は、光化学反応が起こらない冬季に増大するが、2014年冬季については他の年と比べてカラム量が1/2以下と年々変動が大きいことがわかった。また2015年には太陽活動と関連した数週間程度の周期的なNOカラム量の増減が有意に見られた。特に、太陽活動が活発化した2015年6月および8月から10月にかけてはカラム量が他の年の月平均値よりも約2倍増加した一方で、3月の大規模磁気嵐イベント前後では卓越したカラム量の増加は観測されなかった。発表では観測で得られた中間圏NOカラム量の季節変化を含む時間変動の特徴と、それらと太陽陽子および放射線帯電子の降りこみとの関連についてあわせて報告する。

キーワード：中間圏、大気組成変動、ミリ波観測

Keywords: mesosphere, atmospheric composition change, millimeter-wave measurement

QB0 と太陽活動が北極域オゾンに及ぼす影響

Influences of QB0 and solar cycle on the Arctic ozone

*山下 陽介¹、秋吉 英治¹*Yousuke Yamashita¹, Hideharu Akiyoshi¹

1. 国立環境研究所

1. National Institute for Environmental Studies

赤道成層圏準2年周期振動 (quasi-biennial oscillation: QB0) と11年周期の太陽活動は、北半球極渦の年々変動と関係することが知られている (e.g., Holton and Tan, 1980; Labitzke and van Loon, 1988)。Yamashita et al. (2015) は、QB0と太陽活動の位相で4つに分類して解析を行い、QB0の西風相 (QB0-W) かつ太陽活動極大期 (S_{\max}) では、初冬に極渦が強く晩冬に弱いことを示した。一方でQB0-Wかつ太陽活動極小期 (S_{\min}) (QB0-W/ S_{\min}) には初冬から晩冬まで極渦が強く、晩冬に北極オゾンが低下すると推測される。実際に、Li and Tung (2009) は、観測されたオゾン全量がQB0-W/ S_{\min} の晩冬において、他のケースと比較して最も低くなることを解析した。

本研究では、化学気候モデル (chemistry climate model: CCM) で行った1979～2011年までの過去再現実験 (モデルの気象場を観測のものにナッジングした実験) の結果を解析し、QB0-W/ S_{\min} における晩冬の北極域オゾン変化を、オゾン輸送と化学的オゾン変化の寄与に分けて調べた。2～3月のQB0-W/ S_{\min} 時には、気候値よりも強い極渦が観測された。また2～3月のQB0-W/ S_{\min} 時には、北極オゾン全量が低下する減少がシミュレーションされ、衛星観測結果とも一致した。次に、モデルでシミュレーションされた化学的に不活性なオゾントレーサー (移流のみを行い化学的な変化は起こさないもの) を解析し、輸送による変化と化学的な変化の切り分けを行った。不活性なオゾントレーサーから導出されたオゾン全量の結果は元のオゾン全量とおおよそ一致しており、2～3月のQB0-W/ S_{\min} 時における北極オゾン全量の低下は輸送によるオゾン変化に起因することが分かった。さらに、オゾンの鉛直構造について解析を行うと、北極オゾン全量の低下は主に100～200 hPa付近におけるオゾン輸送の変化によっているものの、20～50 hPa付近においてQB0-W/ S_{\min} 時に極渦内の気温低下が観測されており、それに伴うオゾン破壊の促進が同じ高度のオゾン濃度の低下と部分的には関係することが示唆された。

キーワード：成層圏準2年周期振動、11年周期の太陽活動、北極オゾン

Keywords: quasi-biennial oscillation, solar 11-year cycle, Arctic ozone

TOMSデータとMIROC3.2ナudging化学気候モデルを用いたハロゲン増加期におけるオゾン全量の季節別全球トレンドマップとその要因分析

A global analysis of seasonal total ozone trend for the CFC increase period using TOMS data and the MIROC3.2 nudged Chemistry-Climate Model

小濱 里沙¹、*秋吉 英治¹、山下 陽介¹、門脇 正尚¹

Risa Obama¹, *Hideharu Akiyoshi¹, Yousuke Yamashita¹, Masanao Kadowaki¹

1.国立環境研究所

1.National Institute for Environmental Studies

本研究では、1979年～1992年間のハロゲン増加期におけるオゾン全量のトレンドの増減のどの程度がハロゲンガスによる化学的效果であるか、あるいはそれ以外の力学的効果を含んだものであるのかを調べるために、観測データと化学気候モデルによるオゾン全量のトレンド解析を行った。使用した衛星観測のオゾン全量データはTotal Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) DataのVersion 8である。使用したモデルは、国立環境研究所のMIROC3.2ナudging化学気候モデル(ERA-InterimデータによるU,V,Tナudging)である。このモデルを使って①観測されたオゾン層破壊物質(ODS)濃度を与えた実験(再現実験)と②ODS濃度をオゾンホール発生以前の1979年値に固定した実験(ODS1979固定実験)を行った。観測とこれらのモデルの実験結果からハロゲン増加期におけるオゾン全量の減少傾向の要因を分析した。

まず、ハロゲン増加期において両半球中緯度(35-60°N・35-60°S)におけるオゾン全量トレンドの検証を行った結果、観測と再現実験のオゾン全量トレンドはよく合っていた。よって、本研究ではモデルの結果を使用してオゾン全量の減少傾向の要因分析を行うこととする。要因分析は、①再現実験と②ODS1979固定実験の2つの実験のオゾン全量トレンドから推定する。②ODS1979固定実験のトレンドは、ハロゲンガス以外による力学的効果に寄与するトレンドであり、①再現実験と②ODS1979固定実験の差はハロゲンガス増加による化学的效果に寄与するトレンドである。北半球中緯度では、春・冬においてハロゲンガス以外の力学的効果によってオゾン全量が減少傾向にあることがわかった。また、夏・秋においてはハロゲンガスによる化学効果とそれ以外の力学的効果は同程度であることがわかった。南半球中緯度では、全ての季節においてハロゲンガス増加による化学的效果の寄与が大きいことがわかった。この結果は、1979-1996年のより長い解析期間を取った場合においてもほぼ同じであった。

次に、季節別のオゾン全量トレンドを観測データの全グリッドおよびモデルの全グリッドで求め、マップを作成した。その結果、特に冬の北半球中緯度では、負のトレンドとなっており、日本の東の太平洋上と北米大陸東部、ヨーロッパ付近に有意な負のトレンド分布が見られた。これらは大気の波動活動のトレンドの影響を反映していると考えられるため、ERA-Interimデータのジオポテンシャル高度のスペクトル解析を行っている。

キーワード：オゾン全量、長期トレンド、ナudging化学気候モデル、TOMS、ERA-Interim

Keywords: total ozone, long-term trend, nudged Chemistry-Climate Model, TOMS, ERA-Interim

オゾンホールに関わる成層圏対流圏循環場の変動

Variations of stratospheric and tropospheric circulations related with ozone hole

*中村 仁明¹、高橋 正明²、秋吉 英治³、山下 陽介³*MASAAKI NAKAMURA¹, MASAAKI TAKAHASHI², HIDEHARU AKIYOSHI³, Yousuke Yamashita³

1.三菱UFJリサーチ&コンサルティング、2.東京大学大気海洋研究所、3.国立環境研究所

1.Mitsubishi UFJ Research and Consulting, 2.Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 3.National Institute for Environmental Studies

人為起源オゾン破壊物質の放出により、春季南極域成層圏で1980年頃からオゾンホールが発達していった。オゾンは太陽光を吸収することにより大気を暖める。そのためオゾンの減少は極域成層圏の冷却化を意味する。その結果、温度風の関係により極渦を強化する。これらオゾンホールの影響は主に春季南極成層圏で現れるため、対流圏の地表気候にまで影響を与えないであろうと考えられてきていた。しかしながら10年程前から、オゾンホールの発達が南半球冬季の循環や地表気候に影響を与えていることが明確になってきており、先行研究では春季成層圏で現れるオゾンホールの影響が季節とともに高度を下げ夏季対流圏に現れる時間発展が解析されている。オゾンホールによる夏季対流圏における変動パターンは南半球の気候システムの大部分を支配するSouthern Annular Modeと酷似しており、このことからオゾンホールの発達は南極域成層圏だけではなく、南半球対流圏全体の気候システムにも影響を与えていると考えられている。しかしながら、この影響のメカニズムについては明らかにされていなかった。そこで本研究では、オゾンホールによる春季成層圏で現れる変動が、どのようにして夏季対流圏に影響を与えているのかについて解析した。

これまでの研究では季節平均や月平均データを使用した解析が行われてきた。そのため1ヶ月より短い時間変動を解析できていなかった。そこで本研究では、10日平均データを用いることにより、夏季の中で詳細な時間変動に着目した解析を行った。その結果、オゾンホールによる東西風変化のシグナルは12月、1月、2月毎に現れる場所に違いが生じていることが分かった。12月の西風のシグナルは主に成層圏と上部対流圏でのみ起き、1月になると成層圏でのシグナルはなくなり対流圏でのみ変動がみられ、2月にはほとんどシグナルが見られなかった。そこで、EP-Fluxを用いた解析を行うと、12月においては成層圏に伝播しうる波数1のEP-Flux変動が重要であり、1月では波数4と波数6による傾圧波が重要であることを明らかにした。

更に本研究では温暖化とオゾンホールが南半球気候に与える影響についても議論した。気候モデルMIROC3.2をベースとした化学気候モデル(CCM)を用い、1960年にオゾン破壊物質濃度を固定する実験と1960年に温室効果ガス濃度を固定する実験を行い、オゾンホールと温暖化による影響の切り分けを行った。その結果、オゾンホール発達によって夏季対流圏にシグナルが現れる時期が長くなることが示された。一方、温暖化によってブリューワー・ドブソン循環が強化され、極域へのオゾン輸送も強化されることで極域が暖まることが解析された。先行研究では二酸化炭素による影響として成層圏における長波放射による冷却化が注目されてきたが、本研究によって温暖化による力学場の変化も重要であることが示唆された。

2016年1月に気球搭載光散乱粒子計数装置で観測されたタラワ上空の成層圏最下部不揮発性エアロゾル層

Un-volatile aerosol layer in the lower most stratosphere over tarawa, Kiribati, observed by balloon borne Optical Particle Counter in january, 2016

*林 政彦¹、江口 菜緒美¹、白石 浩一¹、稲飯 洋一²、三村 慧²、長谷部 文雄²、柴田 隆³

*Masahiko Hayashi¹, Naomi Eguchi¹, Koichi Shiraishi¹, Yoichi Inai², Satoru Mimura², Fumio Hasebe², Takashi Shibata³

1.福岡大学理学部、2.北海道大学、3.名古屋大学

1.Faculty of Science, Fukuoka University, 2.Hokkaido University, 3.Nagoya University

Size distributions and volatility of aerosols in the Tropical Tropopause Layer (TTL) over Tarawa (1.5 °S, 173.0 °E) were observed using balloon-borne dual optical particle counters (OPC) in January 2016. One OPC observed number concentration of ambient aerosols and another OPC observed aerosol size distribution denuded at 200 °C, in order to discuss volatility of aerosols.

Unusual aerosol layer was found in the stratosphere from 18 to 22 km in altitude. The layer was divided into two sub-layers. Upper layer was characterized by smaller high volatile aerosol, and lower one by mixture with larger submicron un-volatile aerosol. The feature was similar to fresh volcanic aerosol layer, however we did not find any report of large volcanic eruption in 2015. We will discuss about origin of the layer.

キーワード：熱帯対流圏界面層、成層圏、エアロゾル、揮発性

Keywords: Tropical Tropopause Layer, stratosphere, aerosol, volatility