

令和元年6月10日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K05299

研究課題名(和文) 太陽フレア活動に伴う超高層大気・中性風循環場の応答

研究課題名(英文) Response of thermospheric nocturnal winds according to the Solar flares

研究代表者

谷田貝 亜紀代 (Yatagai, Akiyo)

弘前大学・理工学研究科・教授

研究者番号：60353447

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、まずフレア発生時の応答の差分を出すためアジア・オセアニア域について、ファブリ・ペロー干渉計(FPI)による熱圏(高度約250km)水平風の空間分布を初めて示した。品質管理によりデータの約30%が有効と判断された。信楽は中国の結果とも整合的で、他の3地点は信楽と連続的な変化を示し、またチェンマイとダーウィンの結果は、アメリカの同緯度帯における観測と同様の季節変化・日変化を示した。フレアイベントについてチェンマイ、コトタバン、ダーウィンにおける雨季の観測数は少ないが、ここに示した気候場は、様々な要因による異常イベントや極端現象を記述する際の背景長期平均場として利用することができる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、アジア・オセアニア域について、熱圏水平風の空間分布を初めて示した。中国や南北アメリカの観測とも比較可能であり、本研究結果は、太陽フレアのみならずCMEやさまざまなイベントの基礎データ、モデルの検証データとして利用できる。また、フレア応答時間も既存の成果と整合的であり、今後太陽～地球大気の変動系についての学際的研究の基礎データになる。地球温暖化に関連する社会適応意識が高まるに伴い、時系列比較のみによる関係性解析研究が増えつつある。本研究のように丁寧にデータの品質管理を行い、物理的仮定を踏まえた研究は、地味ではあるが疑似科学と一線を画す社会的にも貴重な成果といえる。

研究成果の概要(英文)：This study showed the horizontal structure of climatology of thermospheric nocturnal winds at a height of approximately 250 km in the Asia Oceania region for the first time using observations made with Fabry Perot interferometers (FPIs). The observation data underwent quality control that involved consideration of cloud information, wind speed value, and standard deviation of results obtained from synchronous fringe images; approximately 30% of the observation data from all the four stations were deemed suitable for use. Although there were fewer samples for the three stations outside Japan in the rainy season compared to that for that of Japan (Shigaraki), the seasonal climatology reported here can be used to provide a background long-term average status for describing anomalous events and extremes having different causes.

研究分野：気候・気象学

キーワード：熱圏風 フレア 気候 FPI

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 太陽活動の気候影響の物理過程については、下層ほど未解明の点が多い。その理由の一つが、長期平均場では、紫外線、サブストーム・電子の降り込み、宇宙線の雲核形成効果など、様々な要因の切り分けが難しいことにある。超高層大気への、フレア・CME(Coronal Mass Ejection)など太陽活動イベントの影響は、サブストームに伴う電離圏擾乱の点では数多く調べられているが、フレアに伴う極端紫外線 (EUV) 影響の解析例は少ない。

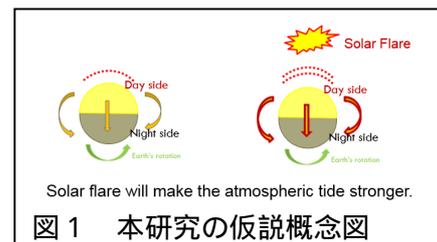
(2) 大きな太陽フレアイベント時の EUV の吸収による熱圏大気の膨張が報告されている。フレアによる増光は光速で地球大気に伝わるため、フレアイベントの熱圏大気への影響に注目することで、より遅く伝わるサブストームや電子の降り込み等の電離圏大気への影響と区別できる可能性がある。

(3) 報告者の専門は気候学・気象学であるが、超高層大気の地上観測データのメタ情報を整理するIUGONETプロジェクトをきっかけに、(1)(2)の点からフレアに伴う中性大気への影響に着目した。ファブリ・ペロー干渉計 (FPI) は、晴天時、夜間の大気光を利用し約200 ~ 300km高度 (630nm) および約100km高度(557nm)の風向風速を計測する。このデータの利用を試みる。

2. 研究の目的

そこで、日本が中心となり観測している FPI データや、米国を中心とする CEDAR-Madrigal コミュニティーサイトから公開されている FPI データを用い、夜間風速の解析を行う。630nm の発光を利用した FPI 水平 2 成分データを利用することにより、統計的に、物理的に太陽フレアの熱圏中性風へのインパクトを評価することを目的とする。

図 1 に本研究の仮説を示す。近年、大きなフレアイベント時の EUV の吸収による電離圏 (熱圏) 大気の膨張 (中性大気の密度増加) が報告されている。通常昼側の大気から夜側に風が吹くが、フレアによる増光に伴い、この昼側から夜側への風が強まると考える。FPI は夜間のみ計測しているため、夜側に伝わってからのシグナルを検出することになる。



3. 研究の方法

(1) 日本が運用している光学観測機器 (Optical Mesosphere Thermosphere Imagers, OMTIs) のファブリ・ペロー干渉計 (FPI) で、最も観測期間が長い信楽 (Shigaraki) における風速の調査を行った。途中で測器の変化により分布に不連続な点がみられたので、品質管理を丁寧に実施した。

(2) Shigaraki におけるフレア応答を調査した。

(3) OMTI の FPI のうち、トロムソを除くアジア・オセアニア地域のフレア応答評価のため、チェンマイ (タイ)、コタババン (インドネシア)、ダーウィン (オーストラリア) の FPI データの品質管理の後、気候 (平均) 場を求め、季節ごとに合成図を作成した。

(4) (3) のデータについても、フレア応答を調査した。

(5) CEDAR-Madrigal の FPI データをダウンロード、整理した。

(6) CEDAR-Madrigal の FPI データの品質管理を行いつつフレアイベント時の有効なデータを抽出。

4. 研究成果

(1) OMTI 観測データについては、全天カメラにより天気状況を人がチェックしている。その情報から、雨雪、雲に半分以上覆われている時刻のデータは扱わないことにした。また、発光が弱いなどの理由で、同時に計測しているフリンジ値の振れ幅が大きい場合も使わないことにした。図 2a,b に示す通り、カウント値が低いときに幅 ($|\Delta V_n|$) が大きいことがわかる。Cooling devise 交換後、カウント値の低いところはほとんどない。 $|\Delta V_n|$ が連続的であるので、それぞれ標準偏差により敷居値を決定した (詳細は Yatagai and Oyama, 2016)。

熱圏(電離圏)大気は、地磁気の乱れ (KP 大) が発生するときに中性風もかわるため、本研究の目的から、KP 値が大きいときを除いた。サンプル数として 5% 程度であるが東西風 (V_e) が西向きに変化している。信楽は、2000-2014 年のデータからこのように品質管理を行った上で、各月ごとに、夜間風の時間変化を求めた (図 3)。東西風は、最初は東向き (西風) であるが、夜半過ぎから東風にかわる。南北風は信楽が北半球に位置するため深夜には南向き (北風) となる。北風成分は夏季に大きい。

(2) 図 3 のように平均風を求めた上で、X フレア、M4 クラス以上のフレア後で、その時に地磁気の乱れがないものを抽出した。図 4 に例 (2004 年 8 月 18 日) を示す。太陽フレア (増光) 後明け方に東風、北風が強まっている。(地磁気擾乱発生より前である)

次に太陽フレア発生時を基準に合成 (コンポジット) を行った。図 5 には、平均値を差し引いた後合成したものを示す。東西風はフレア発生から 3 時間 15 分後に有意な変化がみられる。南北風は東西風ほどはっきりしない

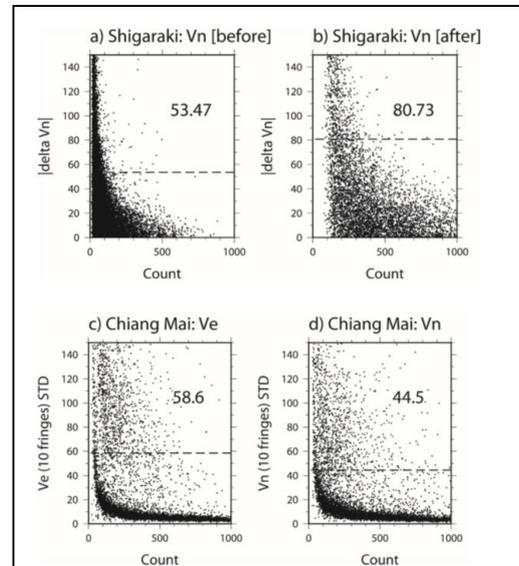


図 2 信楽における南北風成分のカウント値のばらつき。a) CCD カメラ cooling devise 交換前、b) a) に同じ、ただし交換後。c) チェンマイにおける東西風のカウント値とばらつきの関係、d) c) に同じ、ただし南北風。

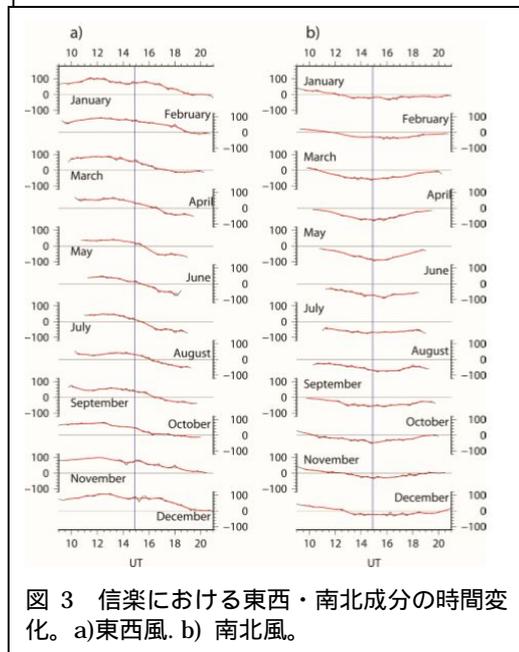


図 3 信楽における東西・南北成分の時間変化。a) 東西風. b) 南北風。

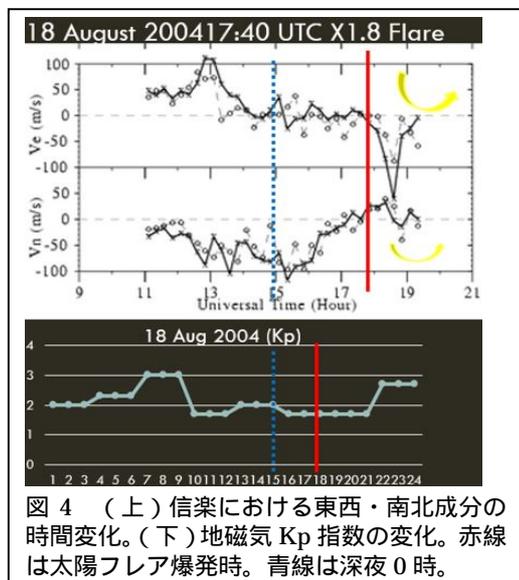


図 4 (上) 信楽における東西・南北成分の時間変化。(下) 地磁気 Kp 指数の変化。赤線は太陽フレア爆発時。青線は深夜 0 時。

が、4時間後に変化がみられる。(明け方は発光が弱まるので有効事例数が少ない)この3-4時間という時間は、熱圏の大気膨張に関する先行研究と整合的である。

(3)チェンマイ、コトババン、ダーウィンについては、フリッジが~10あるため、図2c,dのように、同時刻における風速観測値のばらつきの標準偏差により有効なサンプルの敷居値を決定した。信楽は15分毎に合成したが、これら3地点は3~4年分のデータのみであるため、1時間ごとに合成した(図略、Yatagai and Oyama, 2016に図あり)。

それを元に、これら4地点のLocal Time(経度方向の位置)における平均的な風速を図示した(図6)。昼側からの圧力勾配の影響は、東西方向に対称ではなく、西風成分が強い。

(4)(2)と同様のフレア応答解析をチェンマイ、コトババン、ダーウィンについても行ったが、事例が少なく、有効な合成解析には至っていない。一例を図7に示す。フレアから数時間後に北風成分・東風成分の強まりがみられる。

(5)CEDAR-Madrigal サイトから、次の地点のデータをダウンロードした。(South Pole, Palmer, Arrival Height, Arequipa, Jicamarca, Mobile, Millstone Hill, Arecibo, Poker Flat, Cariri, Cajazeiras, Pisgah, Urbana, Arecibo, Kitt Peak, Fort Yukon, Sondre Stomfjord, Inuvik, Resolute Bay)。このうち太陽活動活発・不活発時にわけて(F10.7)中性風の合成の報告事例のある長期観測が行われている地点(Millstone Hill, Areciboなど)から解析を行っている。

(6)当初 CEDAR-Madrigal コミュニティーの研究会(6月、米国)に2,3年目に参加を予定したが、2年目(平成28年度)から報告者が弘前大学に着任し、講義などの都合で参加が出来なかった。また、体調不良と多忙により、計画したすべての解析はできなかったが、(1)-(3)のように、品質管理を丁寧に行ったこと、図6のように成果をまとめることができたため、外国からも proposal 審査依頼を受けるなど、まだ世界的にも研究例の少ないことについて着実な成果を出せたといえる。

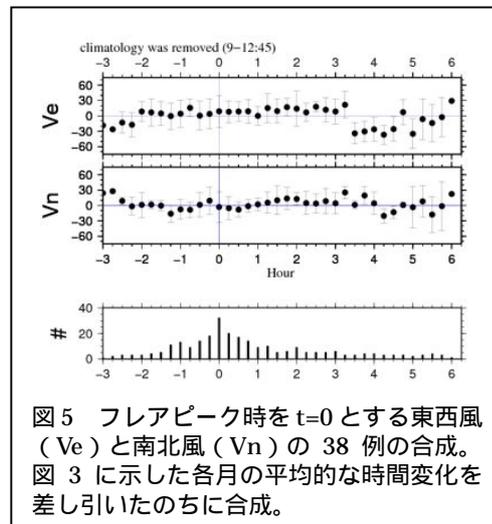


図5 フレアピーク時をt=0とする東西風(Ve)と南北風(Vn)の38例の合成。図3に示した各月の平均的な時間変化を差し引いたのちに合成。

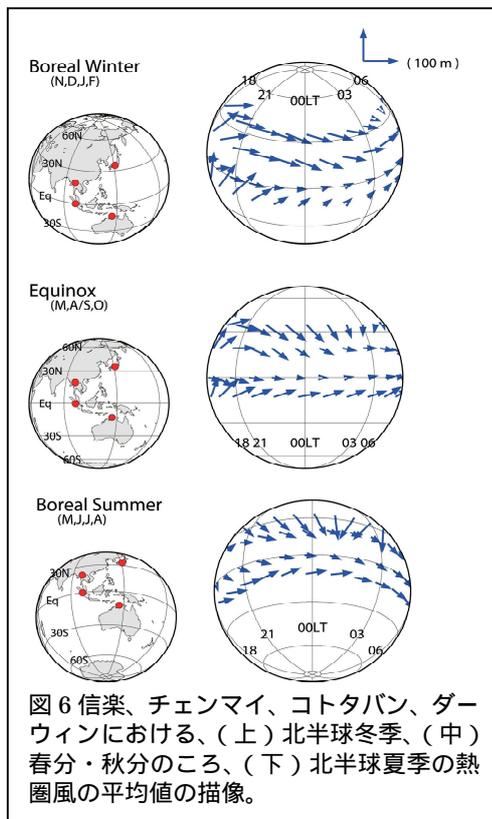


図6 信楽、チェンマイ、コトババン、ダーウィンにおける、(上)北半球冬季、(中)春分・秋分のころ、(下)北半球夏季の熱圏風の平均値の描像。

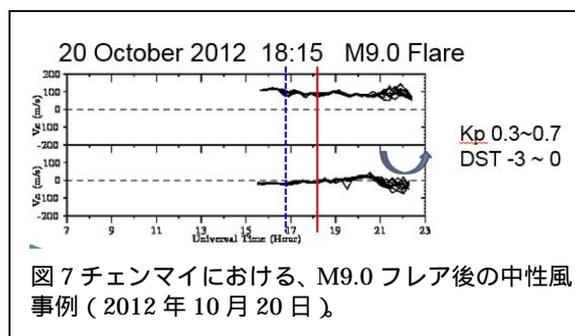


図7 チェンマイにおける、M9.0フレア後の中性風事例(2012年10月20日)。

CEDAR-Madrigal データについて、品質管理の適用については、観測者との意見交換が望まれる。最終年度（2018 年 12 月）アメリカ地球物理学連合大会にて CEDAR コミュニティーの研究者と意見交換ができたことも成果といえるだろう。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Yatagai, A. and S. Oyama (2016) Thermospheric nocturnal wind climatology observed by Fabry-Perot Interferometers over the Asia-Oceania Region, J. Meteor. Soc. Japan, 94, doi:10.2151/jmsj.2016-026. (査読有)

〔学会発表〕(計 3 件)

Yatagai, A. and S. Oyama (2018) Thermospheric nocturnal wind climatology observed by Fabry-Perot Interferometers over the Asia-Oceania Region, American Geophysical Union, 2018 Fall Meeting, December, 10-14 December, 2018, Washington, DC, USA.

谷田貝亜紀代・大山伸一郎(2016) ファブリ・ペロー干渉計により観測されたアジア・オセアニア地域の夜間熱圏風の気候場、日本気象学会 2016 年春季大会, 2016 年 5 月 18 - 21 日、東京。

谷田貝亜紀代・大山伸一郎・塩川和夫(2015) 超高層大気循環場への太陽フレア活動応答：ファブリ・ペロー干渉計から見た熱圏風への影響、日本気象学会 2015 年春季大会, 2015 年 5 月 21 - 24 日、つくば。

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況 (計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：大山伸一郎

ローマ字氏名：Shin-ichiro Oyama