

機関番号：62611

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19340143

研究課題名 (和文)

流星エコー観測に基づく極域中間圏界面領域の大気重力波特性の研究

研究課題名 (英文)

Study of gravity wave characteristics in the polar mesopause region based on meteor echo observations

研究代表者

堤 雅基 (TSUTSUMI MASAKI)

国立極地研究所・研究教育系・准教授

研究者番号：80280535

研究成果の概要 (和文)：流星の残す電離飛跡をターゲットとしたレーダー観測を主とした手法により、南北両極域の中間圏界面領域（高度 90km 前後）における大気の振る舞い、特に大気重力波と呼ばれる運動量やエネルギー輸送に重要な役割を果たす大気中の波動について研究を行った。重力波の水平伝播特性は平均流と相互作用を行いながら明瞭な季節および高度依存性を示すことが示された。同時に流星観測用ではないレーダーを流星観測に応用する技術を開発し、極域での流星観測の普及に努めた。

研究成果の概要 (英文)：

Mainly based on radar meteor echo measurements we studied the behaviour of polar mesopause region (around 90 km altitude), especially, atmospheric gravity waves, which transport significant amount of momentum and energy in the atmosphere. Horizontal propagation directions of observed gravity waves showed clear seasonal and height dependence, which is thought to be due to interaction with background winds. We also developed techniques to apply meteor echo measurements to non-meteor radars such as SuperDARN radars in order to conduct more meteor echo observations in the polar region.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
総計	4,700,000	1,410,000	6,110,000

研究分野：大気物理学

科研費の分科・細目：地球惑星科学、超高層物理学

キーワード：大気重力波、極域中間圏界面領域、流星エコー、流星レーダー、SuperDARN、大型大気レーダー

## 1. 研究開始当初の背景

大気中の各種大気波動はその運動量やエネルギーを励起源から水平方向・高度方向に遠く離れた場所へと輸送する運び屋としての役割を持ち、平均流や他の大気波動の状態を大きく変化させるため、地球大気の定量理解

のために大気波動の観測は不可欠である。しかし、運動量測定には通常は MST レーダーのような特殊な大型装置を必要とするため観測は容易ではなかった。近年、研究代表者などにより改良が加えられた流星観測手法は、時間分解能も従来より大きく向上し、さ

らに水平風速に加えて温度変動情報も得られるようになり、大気波動解析により適した能力を備えるようになった。また流星観測は流星観測専用レーダーだけでなく他の HF-VHF 帯のレーダーにも原理的に応用可能であるため、極域に存在するレーダーを利用した流星観測を行うことで、これまで観測の手薄であった南北両極域の中間圏界面領域における大気重力波を含む各種波動の振る舞いを探ることが可能となる。

## 2. 研究の目的

(1) 流星観測専用レーダーによる観測を、北極域と南極域のそれぞれで行って長期データを蓄積し、重力波の伝播特性などを探る。

(2) 流星観測専用ではないレーダーを流星観測に応用して観測地点を増やし、長期観測を実施する。

## 3. 研究の方法

(1) 流星観測専用レーダーによる観測・研究

### ① 北極域

北欧のトロムソ(69N, 19E)、ロングイヤビエン(78N, 16E)、ベアアイランド(75N, 19E)は、ほぼ同一経度に沿った3点のチェーンとなっており、各拠点に既存の流星レーダーを用いて北極海における重力波特性などの緯度変化を探る。

### ② 南極域

オーストラリアの Davis 基地、米国の南極点基地、さらに新規にレーダー設置予定の昭和基地で流星観測を実施し、他の光学装置なども併用して大気波動の振る舞いを探る。

(2) 流星観測専用でないレーダーへの応用

### ① SuperDARN レーダーへの応用

南極昭和基地を含む両極域の広い範囲に展開されている SuperDARN レーダーに、研究代表者が中心となって開発した流星観測手法を適応し、南北両極の中間圏界面ネットワーク構築を試みる。

### ② 昭和基地大型大気レーダーへの応用

H21 年度補正予算により建設が決定した大型大気レーダーに、流星観測手法の適用を検討する。

## 4. 研究成果

(1) 流星観測専用レーダーによる観測・研究

### ① 北極域における観測

重力波解析に必要なデータ精度を得るためのアンテナ位相のキャリブレーション手法を確立し、3台のレーダーによる観測データを蓄積した。3点での大気重力波の水平伝播特性を解析し、3点ともに重力波が背景流と相互作用を起こしていると考えられる明瞭な季節および高度依存性を示していることが明らかとなった(図1)。一方、3点の間で背景流の違いなどによると思われる差異も見られることから、背景風速場を詳細に捉えるために南北 1000km に渡り連続的に風速推定する手法を開発し学会において報

告した。

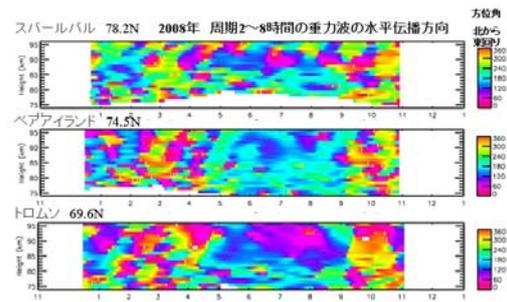


図1: 北欧の3流星レーダーによる2008年における重力波の水平伝播特性。南北1000kmに渡る季節変化の様子が捉えられた。

また流星レーダーから得られる温度情報を使い、中間圏界面領域の背景温度の季節変化を探り、大気循環や大気波動との関連について研究成果をまとめた[Hall et al., 2007; Dyrland et al., 2010]。

さらに共同研究者とともに、流星レーダーにロケットや EISCAT レーダーによる風や温度の同時観測を合わせた総合解析を行い、成層圏突然昇温現象の発生時における北極域の成層圏から熱圏領域にいたる広い高度領域の力学的なつながりについて得られた成果をまとめた[Kurihara et al., 2010]。

### ② 南極域における観測

昭和基地での流星レーダー観測実施のために代表者自らが南極観測隊に2夏にわたって参加した。事前の国内実験では予定通り流星エコー観測が行えたが、残念ながら南極における輸送事故による部品の紛失などのトラブルにより昭和基地での完全な観測立ち上げには至らなかった。

昭和基地においては新たな流星レーダー立ち上げはなかったが、既存の光学装置と MF レーダーの併用による中間圏界面領域の振る舞いを観測し、オーロラの中性大気に与える影響について考察しその成果を発表した[H. Suzuki et al., Ann. Geo., 2010]。さらに昭和基地上空の中間圏界面領域温度の季節的振る舞いについても成果をまとめた[H. Suzuki et al., Earth Planets Space, 2010]。

一方、南極 Davis 基地における流星観測データからは、北極域における重力波の季節変化と定性的に良く似た変化が見られることが明らかになった。

また南極点において、流星レーダーと光学観測装置を用いた解析を行って大気重力波

の伝播特性を探りその成果をまとめて発表した[S. Suzuki, 投稿中]。

③本来は電離層観測専用レーダーである SuperDARN を応用した流星エコー観測の完成版といえる手法を開発して国際学会誌において発表し[Tsutsumi et al., 2009] (図2)、昭和基地を中心とした SuperDARN レーダーでの流星エコー観測を実施した。

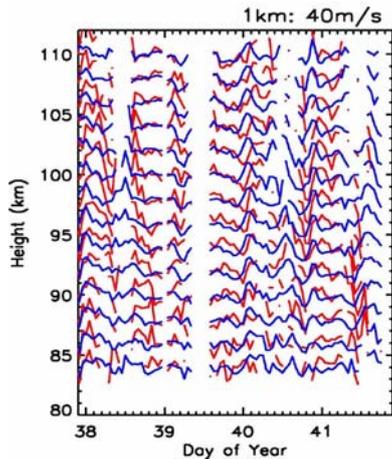


図2 : SuperDARN レーダーを利用した水平風速観測例。赤 : 東向き風、青 : 北向き風。

昭和基地では新規の流星レーダーの立ち上げは出来なかったが、2010 年度の末にははるかに大型で高機能な大型大気レーダーが研究代表者も参加して建設され、本研究課題で予定していた流星エコー観測よりも高精度の観測が実現する見通しとなった。それに合わせて高機能な大型大気レーダーでの流星観測手法の開発を行い、学会等において発表した (図3)。

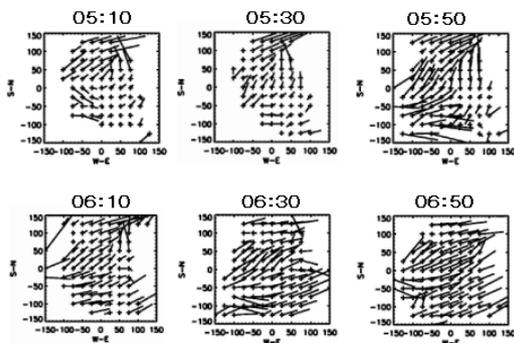


図3 : 大型レーダー (京都大学 MU レーダーを使用) による高機能流星観測手法開発結果。水平 300km 四方の領域内における水平風速の時間発展の様子が 20 分ごとに捉えられている。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 22 件)

- ① Hidehiko Suzuki, Yoshihiro Tomikawa, Makoto Taguchi, Takuji Nakamura, and Masaki Tsutsumi, Variations of OH rotational temperature over Syowa Station in the austral winter of 2008, *Earth Planets Space*, 62, 655-661, 2010. 査読有
- ② Suzuki, S., T. Nakamura, M. K. Ejiri, M. Tsutsumi, K. Shiokawa, and T. D. Kawahara, Simultaneous airglow, lidar, and radar measurements of mesospheric gravity waves over Japan, *J. Geophys. Res.*, 115, D24113, doi:10.1029/2010JD014674., 2010. 査読有
- ③ Suzuki, H., M. Tsutsumi, T. Nakamura, and M. Taguchi, The increase in OH rotational temperature during an active aurora event, *Annales Geophysicae*, 28, 705-710, 2010. 査読有
- ④ J. Kurihara, Y. Ogawa, S. Oyama, S. Nozawa, M. Tsutsumi, C. M. Hall, Y. Tomikawa, and R. Fujii, Links between a stratospheric sudden warming and thermal structures and dynamics in the high-latitude mesosphere, lower thermosphere, and ionosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L13806, doi:10.1029/2010GL043643, 2010. 査読有
- ⑤ Dyrlund, M. E., F. J. Mulligan, C. M. Hall, F. Sigernes, M. Tsutsumi, and C. S. Deehr, Response of OH airglow temperatures to neutral air dynamics at 78N, 16E during the anomalous 2003-2004 winter, *J. Geophys. Res.*, 115, doi:10.1029/2009JD012726, 8 April 2010. 査読有

⑥Tomikawa, Y., and Tsutsumi, M., MF radar observations of the diurnal tide over Syowa, Antarctica (69S, 40E), *Annales Geophysicae*, Volume 27, Issue 7, 2009, Pages 2653-2659 査読有

⑦Murphy, D. J., T. Aso, D. C. Fritts, R. E. Hibbins, A. J. McDonald, D. M. Riggin, M. Tsutsumi, and R. A. Vincent, Source regions for Antarctic MLT non-migrating semidiurnal tides, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L09805, doi:10.1029/2008GL037064, 2009. 査読有

⑧ M. Tsutsumi, A. S. Yukimatu, D. A. Holdsworth, and M. Lester, Advanced SuperDARN meteor wind observations based on raw time series analysis technique, *Radio Sci.*, 44, doi:10.1029/2008RS003994, 2009. 査読有

⑨S. Suzuki, K. Shiokawa, Y. Otsuka, T. Ogawa, M. Kubota, M. Tsutsumi, T. Nakamura, and D. C. Fritts: Gravity wave momentum flux in the upper mesosphere derived from OH airglow imaging measurements, *Earth Planets Space*, 59, 421-428, 2007. 査読有

⑩C. M. Hall, T. Aso, and M. Tsutsumi: Atmospheric stability at 90 km, 78N, 16E., *Earth Planets Space*, 59, 157-164, 2007. 査読有

⑪Hidehiko Suzuki, Kazuo Shiokawa, Masaki Tsutsumi, Takuji Nakamura and Makoto Taguchi, Atmospheric gravity waves identified by ground-based observations of the intensity and rotational temperature of OH airglow, doi:10.1016/j.polar.2007.12.002 査読有

⑫Dowdy, A. J., R. A. Vincent, M. Tsutsumi, K Igarashi, Y. Murayama, W. Singer, and D.

J. Murphy, Polar mesosphere and lower thermosphere dynamics: 1. Mean wind and gravity wave climatologies, *J. Geophys. Res.*, 112, D17104, doi:10.1029/2006JD008126, 2007. 査読有

⑬Dowdy, A. J., R. A. Vincent, M. Tsutsumi, K Igarashi, Y. Murayama, W. Singer, D. J. Murphy, D. M. Riggin, Polar mesosphere and lower thermosphere dynamics: 2. Response to sudden stratospheric warmings, *J. Geophys. Res.*, 112, D17105, doi:10.1029/2006JD008127, 2007. 査読有

[学会発表] (計 49 件)

①堤 雅基、佐藤 薫、佐藤 亨、中村 卓司、齊藤 昭則、富川 喜弘、西村耕司、山岸 久雄、麻生 武彦、江尻全機、山内 恭、南極昭和基地大型大気レーダーの技術、日本地球惑星科学連合 2010 年大会、幕張、2010 年 5 月 28 日

②堤 雅基、野澤悟徳、Chris Hall M.、麻生武彦、北欧 3 流星レーダーによる重力波解析、第 33 回極域宙空圏シンポジウム、極地研究所、2009 年 11 月 12 日-11 月 13 日

③堤 雅基、野澤悟徳、Hall Chris M.、麻生武彦、北欧 3 流星レーダーによる重力波解析、第 126 回 地球電磁気・地球惑星圏学会 総会・講演会、金沢大学 角間キャンパス、2009 年 9 月 27-30 日

④堤 雅基、南極昭和基地における新しい大気観測計画、南半球宇宙地球観測 シンポジウム、名古屋大学 野依記念学術交流会館、2009 年 6 月 25 日

⑤堤雅基、野澤悟徳、Hall Chris M.、麻生武彦、北欧 3 流星レーダーによる重力波解析、日本地球惑星科学連合 2009 年大会、幕張、2009 年 5 月

⑥堤 雅基、流星エコーを利用した重力波

解析(招待講演)、中間圏・熱圏・電離圏 (MTI) 研究会、東京、2008年11月28日

⑦堤 雅基, 山岸久雄, 宮岡 宏, 門倉 昭, 小川泰信, 行松 彰, 岡田雅樹, 富川喜弘, 佐藤 薫, 佐藤 亨, 齊藤昭則, 西村耕司, 山内恭, 麻生武彦, 江尻全機, 阿保 真, 中村卓司, 川原琢也, 水野 亮, 昭和基地における極域超高層大気観測体制の現状、第124回地球電磁気・地球惑星圏学会、仙台、2008年10月9日-10月12日

⑧堤 雅基、佐藤薫、佐藤亨、齊藤昭則、富川喜弘、西村耕司、山内恭、山岸久雄、麻生武彦、江尻全機、佐藤夏雄、昭和基地における下部熱圏探査レーダー計画第32回極域宙空圏シンポジウム、国立極地研究所、東京、2008年8月

⑨堤 雅基、麻生 武彦、行松 彰、田口 真、富川 喜弘、川原 琢也、野澤 悟徳、海老原 祐輔、村山 泰啓、川村 誠治、佐藤 薫、中村 卓司、極域大気ネットワーク観測、第122回地球電磁気・地球惑星圏学会、名古屋、2007年9月28日-10月1日

⑩堤 雅基、行松 彰、SuperDARNレーダーを利用した極域中間圏界面ネットワーク観測、第31回極域宙空圏シンポジウム、極地研究所、2007年7月

⑪Masaki Tsutsumi, Akira Sessai Yukimatu, David Holdsworth and Mark Lester, Operational meteor wind observations based on time series analysis, SuperDARN workshop 2007, Abashiri, Hokkaido, Japan, June 4-8, 2007.

⑫堤 雅基、中村卓司、佐藤 薫、麻生武彦、佐藤亨、改良型MSTレーダ一流星観測による大気波動解析手法開発、日本地球惑星科学連合2007年大会、幕張、2007年5月19-24日

[その他]  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

堤 雅基 (TSUTSUMI MASAKI)  
国立極地研究所・研究教育系・准教授  
研究者番号: 80280535

### (2) 研究分担者

麻生 武彦 (ASO TAKEHIKO)  
国立極地研究所・名誉教授  
研究者番号: 10026255  
(H20より連携研究者)

佐藤 薫 (SATO KAORU)  
東京大学・大学院理学系研究科・教授  
研究者番号: 90251496  
(H20より連携研究者)

行松 彰 (YUKIMATU AKIRA)  
国立極地研究所・研究教育系・准教授  
研究者番号: 70260007  
(H20より連携研究者)

野澤 悟徳 (NOZAWA SATONORI)  
名古屋大学・太陽地球環境研究所・准教授  
研究者番号: 60212130  
(H20より連携研究者)

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: