

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19540472

研究課題名（和文）熱圏大気重力波擾乱のスペクトル決定要因の解明

研究課題名（英文） Investigation on the Determinative Factors in the Spectral Structure of Thermospheric Gravity Wave Disturbances

研究代表者

柴田 喬 (SHIBATA TAKASHI)

電気通信大学・電気通信学部・教授

研究者番号：80017417

研究成果の概要（和文）： HFドップラ法による電離圏擾乱の多地点観測を進め、観測データの相関解析により、中規模AGW擾乱の水平速度分散特性をより詳細に検討した。散逸効果を加味した現実的熱圏大気中の数値解析結果と比較対照することにより、AGWスペクトルの構造を支配する要素の一つとして、波動振幅の鉛直方向特性に関係するマージナル条件が重要であることが示されている。また、電離圏擾乱データに対するバイスペクトル解析によって、熱圏中での非線形AGW3波共鳴の存在とその連鎖の様子を検出することに成功している。

研究成果の概要（英文）： Horizontal velocity dispersion of medium-scale AGWs has been investigated through the cross-spectral analysis on the data from the HF Doppler networked receivers. Comparisons of the observational results with theory show that the marginal condition related the vertical propagation of AGW is one of the important determinative factors in its spectral structure. The nonlinear wave-wave resonance has been detected by means of bispectral analysis on the HF Doppler data.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：数物系科学

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：地球惑星電離圏

1. 研究開始当初の背景

(1) 地球電離圏領域は、最大でも 10^{-3} オ

ーダーの電離度(電離大気数密度/中性大気数密度)しかなく、基本的には中性大気支配

の領域である。本研究ではこの視点の下に、そこでのダイナミクス及びエナージェティクスの主要部は最大のエネルギーシンクである中性大気に支配されるとの立場から、中性大気変動の典型要素の一つである大気重力波(AGW; Atmospheric Gravity Wave)に焦点を当てている。

(2) AGWが、その遠達性の良さから、下層大気領域から電離圏・熱圏といった高層大気領域への、また、極域から中低緯度電離圏領域への、エネルギー及び運動量の輸送・再配分過程に大きな役割を果たしているとの描像は、これまでの多くの理論的・観測的研究によって、概念的にはかなりの程度確立されて来ている。しかし、具体的かつ定量的にどのようなAGWスペクトル成分がそれを担っているかは、未だ霧中の段階と思える。本研究はこのことにターゲットを絞っており、電離圏・熱圏中のAGWスペクトル決定要素及び機構の解明を目標としている。

2. 研究の目的

(1) 現実の熱圏大気環境は各種の散逸効果を包含していて、いわゆる理想状態ではない。したがって、観測結果が理想状態のAGW分散状態から逸脱することは当然のことであり、その「逸脱事実」にこそ、現実の熱圏大気の役割が、翻って、AGW伝搬メカニズムの情報が、そしてAGWスペクトル決定要因情報が含まれていると考える。

(2) 本研究では、観測によってAGW擾乱の速度(波数)分散特性の検出を進め、その結果と現実的熱圏大気モデルの下でのAGW伝搬に関する数値解を融合させて、観測事実の定量的解釈を発展させる。

3. 研究の方法

(1) HFドップラ観測により検出した電離圏擾乱データを基本的な資料としている。

(2) 3地点HFドップラ観測データから相関解析を通じてAGW擾乱の水平波数分散を求め、その特性を検証し議論するとともに、現実的熱圏大気モデルに基づいて適正な散逸過程を含む媒質中でのAGW伝搬解析を行い、クエンチング効果、減衰・伝搬効果を

検証しながら観測結果と比較照合し、AGWスペクトルの構造決定に関する要素について議論する。

(3) 電離圏擾乱データを用いたバイスペクトル解析を通じて、AGW擾乱における非線形相互作用を観測事実として検出する。

4. 研究成果

(1) 3地点HFドップラ観測データを用い、多チャンネル最大エントロピー法に基づいた相互スペクトル解析によって、中規模AGW帯域の擾乱の水平速度分散を求めた。図1がそのサマリプロットの一例であり、横軸を波動周期(min)、縦軸を水平速度(m/s)として観測値を赤点で示している。観測高度は約250km、観測時間帯は地方時10時~18時の昼間である。

図中の緑点を結ぶ3本の折れ線は、Shibata and Okuzawa (JATP, 1983)によって示された中規模AGWの水平速度分散特性の観測結果であり、本研究により求められた結果に包含されていて矛盾は無い。黒破線で示す幾つかの曲線は、散逸効果を無視した理想気体中でのAGWの水平波数が一定となる特性曲線である。観測値の分布の大局的特性を一部説明しているようではあるがこれだけでは十分ではない。

そこで、観測される速度分散特性を解釈するために、本研究では、大気粘性、熱伝導、

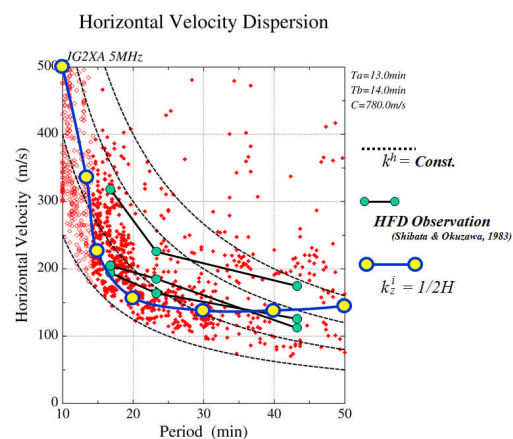


図1. 中規模AGW擾乱の水平速度分散

イオンドラッグ、プラズマ拡散等の現実的な散逸効果を組み入れた熱圏モデルに基づいてAGW分散の数値解析を行っている。その結果から、観測高度におけるマージナル条件

(鉛直方向減衰率 $=1/2H$; H は大気のスケー
ルハイト)での波動周期対水平速度の関係を
求めたものが、図中の黄色の点を結んだ曲線
である。観測値の分布をより良く説明するも
のは、このマージナル条件のようであり、こ
の条件速度よりも低い速度のAGWには減
衰効果が強く働くため、観測されるスペクト
ル構造としては高速度成分が卓越するよう
になると結論付けられる。

(2) 熱圏AGW擾乱中の非線形波動共鳴を
検証するために、HFドップラ観測データに
対してバイスペクトル解析を行った。

バイスペクトル解析とは時系列の3次の
相関モーメントを解析する手法であり、周波
数空間における3波共鳴の存在を検出する
ことができる。

図2は、周波数空間におけるバイコーヘ
レンス値の分布を示したもので、コヒーレン
ス数組みが示す3波共鳴($f_1+f_2=f_3$)の存在確
値が高いほど、横軸(f_1)縦軸(f_2)が示す周波
度が高いことを示している。

同図を精査すると、 $[f_1=0.076(1/\text{min})$ 、 f_2
 $\approx 0.048(1/\text{min})]$ の周波数組成分でコヒー
レンスが最も高く、 $[f_3=f_1+f_2\approx 0.124(1/\text{min})]$
との間で3波共鳴が生起している可能性が
示される。さらに、その $0.124(1/\text{min})$ の波と
 $f_2\approx 0.48(1/\text{min})$ や $f_2\approx 0.032(1/\text{min})$ の波との
組成分においてもコヒーレンス値は高く、先
の非線形3波共鳴によって生起した波が、ま
た別の成分波と非線形3波共鳴を起こして
いるという共鳴が連鎖する可能性が示唆さ

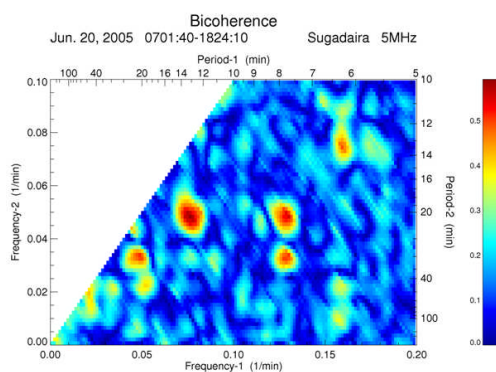


図2. HFドップラ観測データから求め
たバイコーヘレンス分布の一例
れる。

並行して行った非線形3波共鳴の計算機
シミュレーションでは、共鳴は時間空間スケ
ールの小さなものへと移行して行く時の方

がエネルギー遷移率が高いことが示されて
いる。このことから、観測データから見出さ
れる非線形3波共鳴の連鎖はエネルギーカ
スケードの表れであり、砕波プロセスの静的
表示と判定することに矛盾は無い。そして、
これこそ、AGWが余剰エネルギーを運搬す
る過程で背景大気にそれを供給するシステ
ムであると解釈されるものである。

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18件)

- ① Suzuki, S., K. Hosokawa,
T.F. Shibata, K. Shiokawa, Y. Otsuka,
N. Nishitani, T. Ogawa, A.V. Koustov,
and B.M. Shevtsov; Coordinated
observations of nighttime
medium-scale traveling ionospheric
disturbances in 630-nm airglow and HF
radar echoes at midlatitudes, Journal
of Geophysical Research, 査読有、
Vol.114, 2009,
doi:10.1029/2008JA013963.
- ② Ogawa, T., N. Nisitani, Y. Otsuka,
K. Shiokawa, T. Tsugawa and
K. Hosokawa; Medium-scale traveling
ionospheric disturbances observed
with the SuperDARN Hokkaido radar,
all-sky imager and GPS network, and
their relation to concurrent sporadic
-E layer irregularities, Journal of
Geophysical Research, 査読有、Vol.114,
2009, doi:10.1029/2008JA013893.
- ③ Suzuki, S., K. Shiokawa, K. Hosokawa,
K. Nakamura, and W.K. Hocking;
Statistical characteristics of polar
cap mesospheric gravity waves
observed by an all-sky airglow imager
at Resolute Bay, Canada, Journal of
Geophysical Research, 査読有、Vol.114,
2009, doi:10.1029/2008JA013652
- ④ Ishida, T., K. Hosokawa,
T.F. Shibata, S. Suzuki, N. Nishitani,
and T. Ogawa; SuperDARN observations
of daytime MSTIDs in the auroral and
mid-latitudes: Possibility of long-
distance propagation, Geophysical
Research Letters, 査読有、Vo. 35,
2008, doi:10.1029/2008GL034623

[学会発表] (計49件)

- ① 後藤史織、富澤一郎、柴田 喬; 短波帯ド
ップラ (HFD) 観測から求めた構造を持つ

たEsの地方時依存性、地球電磁気・地球惑星圏学会第126回総会・講演会、2009年9月30日、金沢大学

- ② 富澤一郎、後藤史織、今井 慧、齊藤真二、内山 孝；衛星シンチレーションとHFドップラから求めた2008年6月9日昼間の強いEs擾乱波面の構造および移動、地球電磁気・地球惑星圏学会第126回総会・講演会、2009年9月30日、金沢大学
- ③ 千葉 亮、富澤一郎、家森俊彦、能勢正仁、竹村明洋、柴田 喬；2009年7月22日皆既日食時のHFドップラ観測(速報)、地球電磁気・地球惑星圏学会第126回総会・講演会、2009年9月28日、金沢大学
- ④ 片岡龍峰、細川敬祐、西谷 望、三好由純；SuperDARN Hokkaido radar observation of westward flow enhancement in subauroral latitudes、地球電磁気・地球惑星圏学会第126回総会・講演会、2009年9月28日、金沢大学
- ⑤ 今井 慧、後藤史織、富澤一郎；静止衛星振幅シンチレーションとHFドップラを用いた2008年夏季の電離圏擾乱の構造と移動特性の解析、日本地球惑星科学連合2009年大会、2009年5月18日、幕張メッセ国際会議場
- ⑥ 澁田洋介、富澤一郎；菅平における斜めアイオノゾンデとHFD・方探との同時観測、日本地球惑星科学連合2009年大会、2009年5月18日、幕張メッセ国際会議場

[その他]

ホームページ等

<http://gwave.ice.uec.ac.jp/>

http://ssro.uec.ac.jp/lab_tomi/HFD/HFD.html/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柴田 喬 (SHIBATA TAKASHI)
電気通信大学・電気通信学部・教授
研究者番号：80017417

(2) 研究分担者

富澤 一郎 (TOMIZAWA ICHIRO)
電気通信大学・電気通信学部・准教授
研究者番号：50111696

細川 敬祐 (HOSOKAWA KEISUKE)
電気通信大学・電気通信学部・助教
研究者番号：89361830

鈴木 臣 (SUZUKI SHIN)
電気通信大学・電気通信学部
・非常勤研究員

研究者番号：60397479
(H19→H20：研究分担者)