

アラスカ及びトロムソにおける二つ極域 MF レーダーを用いた大気潮汐波の研究

Tides in the Polar Mesosphere Derived from Two MF Radar Measurements at Poker Flat and Tromsø.

野澤悟徳 岩橋弘幸 津田卓雄 大山伸一郎 藤井良一

クリス M. ホール アラン マンソン クリス ミーク

アスガイア ブレкке 川村誠治 村山泰啓

NOZAWA Satonori, IWAHASHI Hiroyuki, TSUDA Takuo, OYAMA Shin-ichiro,

FUJII Ryoichi, Chris M. Hall, Alan Manson, Chris Meek, Ageir Brekke,

KAWAMURA Seiji, and MURAYAMA Yasuhiro

要旨

北極域のトロムソ (69.6°N, 19.2°E) とポーカフラット (65.1°N, 147.5°W) に設置された MF レーダーにより、1998 年 11 月から 2002 年 12 月に取得された約 4 年分の風速データに基づいた、極域中間圏(高度 70 km から 91 km)における大気潮汐波(1 日及び半日)の研究結果について報告する。本研究では、データを時間及び高度ごとに平均して、まず 1 月間平均風を求めた。そして、その 1 月間平均風データを周波数解析して、1 日及び半日変動成分を求めた。1 日潮汐波は、夏に強くなる季節変化を示し、位相は高度によらず、ほぼ 12 時付近であった。半日潮汐波は、高度ともに振幅が強くなる傾向を示した。両サイトの位相を比較した結果、1 日潮汐波については、東西波数 1 の in-situ モードが卓越していたと考えられる。半日潮汐波については、夏には、両サイト間の位相に大きな差はないが、冬に数時間程度の位相差が見つかった。これは、夏には、migrating mode が、冬には、migrating mode に加えて、non-migrating mode が重要になることを示唆すると考えられる。この両モードの詳細を研究するため、データウインドを 20 日間としてイベント解析を行った。その結果も、併せて報告する。

We have investigated diurnal and semidiurnal tides in the polar mesosphere based on wind data obtained from November 1998 to December 2002 with two MF radars located at Tromsø (69.58°N, 19.22°E) and Poker Flat (65.1°N, 147.5°W). We have investigated characteristics of diurnal and semidiurnal amplitudes and phases between 70 and 91 km. Also, we have compared amplitudes and phases of the diurnal and semidiurnal tides at two sites, and investigated contributions of the non-migrating tide of the semidiurnal tide.

[キーワード]

大気潮汐波, 北極域中間圏, MF レーダー, 東西波数
Tides, Polar mesosphere, MF radar, Zonal wavenumber

1 はじめに

大気潮汐波は全球的な波動であり、その周期は 24, 12, 8, 6 時間である。大気潮汐波の励起源として、(1) 太陽放射(主に紫外線)の吸収加熱、(2) 対

流圏での潜熱効果、(3) グローバルスケール大気波動間の相互作用、(4) 大気潮汐波と大気重力波との相互作用、そして(5) 太陽の引力による作用があげられる。このうち、(1)、(5)の効果は太陽の見かけの動きと同期したものであり、励起され

る大気潮汐波の位相はローカルタイムに依存し、migrating tide と呼ばれる。一方で(2)、(3)、(4)によって励起される大気潮汐波は、その位相が太陽のみかけの動き(ローカルタイム)に同期しない波動となり、nonmigrating tide と呼ばれる。Migrating tide については、古典的な潮汐方程式の解として得られる。半日潮汐波の場合は東西波数2の西向き伝搬波となる。一方、最近のモデル計算(GSWM)から、半日周期を持った non-migrating tide は西向き/東向き伝搬し、様々な特徴を持つことが示唆されている [Hagan and Forbes, 2003]。

中間圏から下部熱圏大気において、大気潮汐波やプラネタリー波は大気ダイナミクスに重要な役割を果たしている。中間圏におけるこれら波動の研究には、MF レーダーや流星レーダーが幅広く用いられており、多くの成果が報告されてきている。大気潮汐波やプラネタリー波は、全球的な波動であり、その特性の解明のためには、複数観測点による同時観測が必要とされる。中低緯度に関しては、この種の取組が最近行われているが、北極域ではほとんど行われていない。

トロムソ (Tromsø: 69.6° N, 19.2° E) とポーカーフラット (Poker Flat: 65.1° N, 147.5° W) は共に北極域に位置し、ほぼ同じ緯度にあり、かつ167度ほど経度で離れている。トロムソ及びポーカーフラットに設置された二つの MF レーダーを用いることにより、大気波動の東西波数に関する知見を得ることが可能となる。

2 データ

トロムソ MF レーダー [Hall, 2001] は、1998年夏から秋にかけて、大幅なシステム更新を行い、1998年11月以降、時間分解能5分(ないし2分)、高度分解能約3kmの良質なデータを取得している。このトロムソ MF レーダーは、トロムソ大学、サスカチュワン大学、名古屋大学の3大学の共同によって運営されている。ポーカーフラット MF レーダー [Murayama et al., 2000] は、アラスカ大学と通信総合研究所(現情報通信研究機構)の共同により、1998年11月から運用されている。高度分解能4km(ゲート間隔は2km)、時間分解能3分である。

両レーダーにより、1998年11月1日から2002年

12月31日に取得されたデータを解析した。両レーダーとも、データ取得方式として、スペースドアンテナ法 (Spaced Antenna) によるフルコリレーション解析 (Full Correlation Analysis) [Briggs, 1984; Meek, 1980] を用いており、両レーダー間においてシステムバイアスはないと考えている。データは、1月単位で、時間及び高度ごとについて平均した。すなわち、トロムソデータの場合では、時間分解能5分、高度分解能3kmの24時間時系列データを作成した。これらの平均データに周波数解析を行い、1日及び半日変動成分を求め、それらを1日潮汐波及び半日潮汐波とした。

3 結果

3.1 1日大気潮汐波

図1に、トロムソでの高度70km及び91kmにおける、1日潮汐波(南北成分)の月変動/年変動を示した。1日潮汐波は、すべての季節において、下の高度で強度が弱い(～5m/s)。4月から9月にかけては、高度とともに強度が増加する傾向が見られ、高度91kmでは、10m/s程度の強度を持つ。10月から3月の期間においては、振幅強度の高度変動は顕著ではない。一方年変動に着目すると、それは小さいことが分かる。

1日潮汐成分については次のようにまとめられる。(1)振幅は約15m/s以下であり、4年間にわたり類似な変動を示す。ただし、年ごとの差が約8m/sに及ぶことがある。4月及び10月は最も年ごとの変動が小さい。(2)トロムソにおける高度79km以上では、東西南北両成分とも、その振幅強度は、夏に強く(10-15m/s)、冬に弱い(5m/s程度)。(3)ポーカーフラットにおいては、夏に強いという傾向は見られるが、その月変動は小さく、1年を通しておおむね5-10m/s程度で変動している。(4)位相の南北成分は1年を通して安定しており、局所時間12時付近に位置する。年変動も小さい。(5)位相の東西成分の年変動及び季節変動は小さい。

3.2 半日潮汐波

図2に、トロムソにおける半日潮汐波の時間変動を二つの高度について示した。高度70kmにおいては、ほとんどすべての月において、半日潮汐

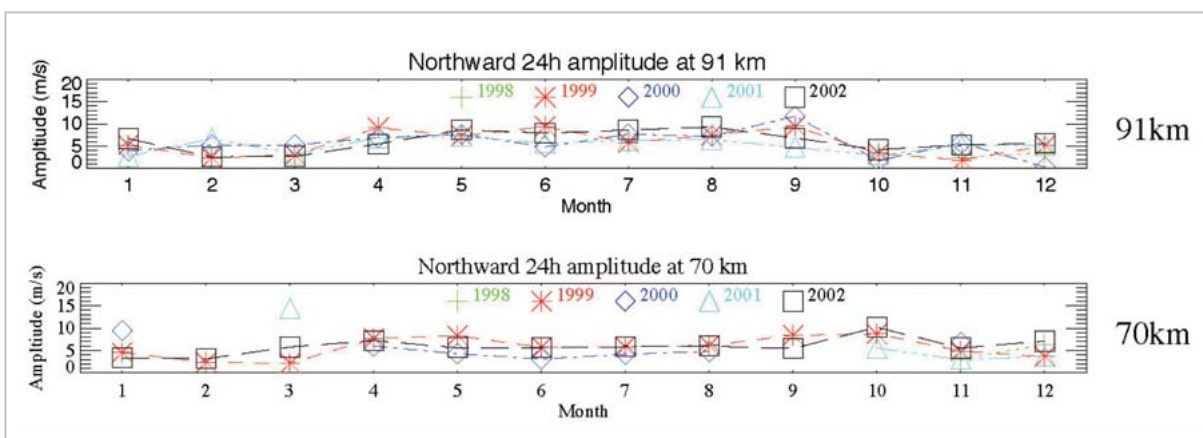


図1 トロムソにおける1日潮汐波(南北成分)の高度91 km(上)及び70 km(下)における、季節/年変動
 +、*、◇、△、□がそれぞれ、1998、1999、2000、2001、2002年のデータを示している。

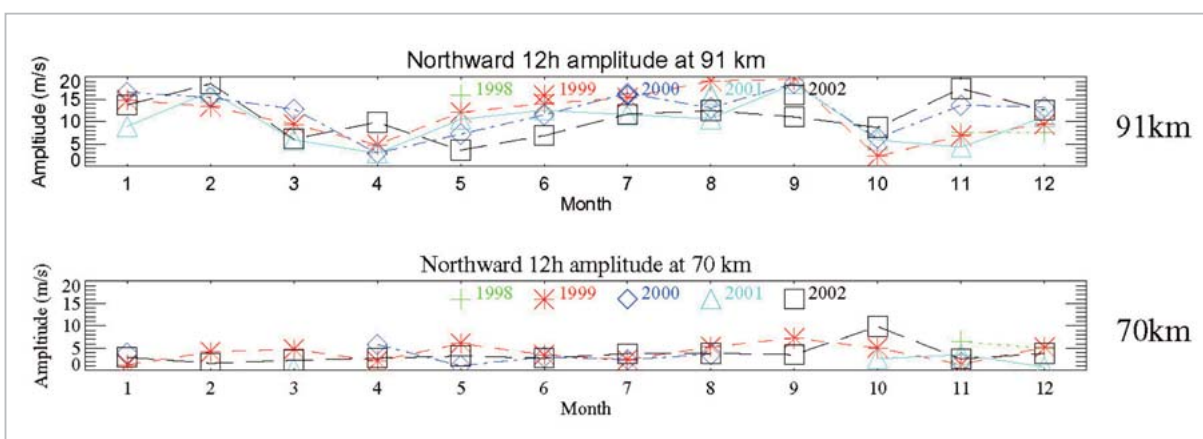


図2 トロムソにおける半日潮汐波(南北成分)の高度91 km(上)及び70 km(下)における、季節/年変動
 +、*、◇、△、□がそれぞれ、1998、1999、2000、2001、2002年のデータを示している。

波の強度は非常に小さい($<3 \text{ m/s}$)。振幅強度は、高度とともに上昇する傾向を示しており、高度91 kmでは、 $10\text{--}20 \text{ m/s}$ 程度になっている。年変動に関しては、70 kmでは、すべての年において、その強度は小さい。一方91 kmでは、 5 m/s 程度の変動を示す月が多い。ポーカーフラットでは、高度70 kmで $5\text{--}10 \text{ m/s}$ 程度の強度を示している。高度とともに振幅が上昇する傾向が見られるが、トロムソほど顕著ではない。高度91 kmでの強度は、 $5\text{--}20 \text{ m/s}$ である。

半日潮汐成分については次のようにまとめられる。(1)高度上昇に伴いその振幅は増加し、高度70 kmで 5 m/s 程度、高度91 km付近で $10\text{--}20 \text{ m/s}$ に達する。(2)トロムソにおいては、南北東西両成分とも、1年を通じて、9月に最も振幅強度は強くなっている。次のピークは1-2月付近

に見られる。また年ごとの変動は大きく、 $5\text{--}10 \text{ m/s}$ の変動が見られる。(3)ポーカーフラットにおいても9月に最も振幅強度が強くなっている。4年間を通じて、常に4月の強度が小さい。(4)トロムソにおいて、位相は4年間を通して、類似の変動を示しており、年ごとの差は3時間以内である。(5)ポーカーフラットでは、トロムソ同様年ごとの差は小さいが、4月のみ大きく変動している。

4 議論

4.1 両サイトの比較

ここでは、両サイトでの位相データを基に、東西波数について議論する。トロムソ MF レーダーは70 km から3 km ステップで、ポーカーフラット

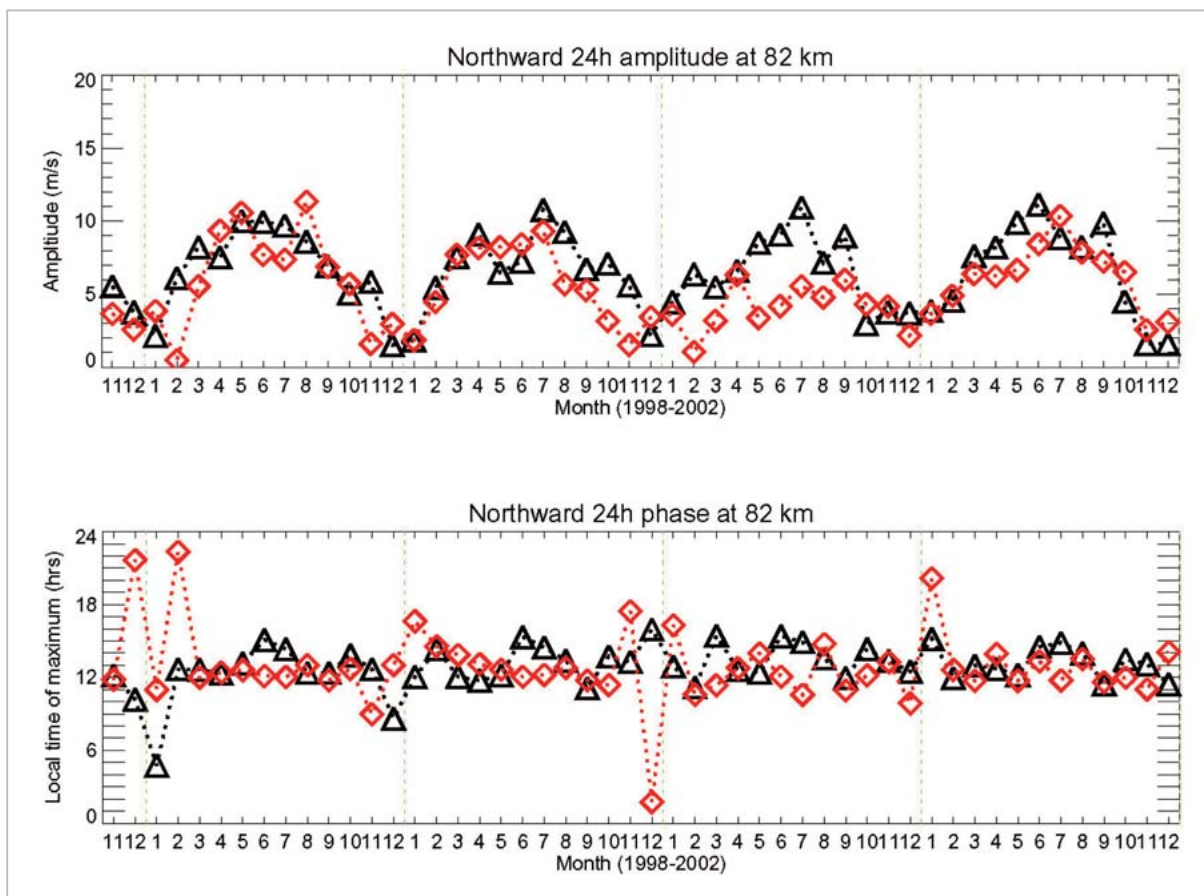


図3 高度 82 km 1 日潮汐波成分(南北成分)の強度(上)及び位相(下)の比較。横軸は時間である。

◇がトロムソ、△がポーカーフラットのデータを示している。

MF レーダーは 70 km から 2 km ステップでデータを取得している。そこで、ここでは、70 km、76 km、82 km、88 km の 4 高度について、両サイトの比較を行う。

図 3 に、トロムソ及びポーカーフラットの強度と位相 (Local time of maximum (hr)) の比較を示した。横軸は、時間 (1998 年 11 月から 2002 年 12 月) で、高度は 82 km、南北成分を示した。振幅強度は、既に述べたとおり両サイトとも似たような振る舞いを示し、夏に強く、冬に弱い。一方位相は、ほとんどすべての月において、局所時間で正午ごろを示しており、両サイトの差はほとんどない。他の高度についても同様な振る舞いを示している。したがって、1 日潮汐波について、東西波数 1 のモードの存在が予想される。さらに、高度方向に位相の変化がないことから、鉛直波長が非常に長いモードの存在が示唆される。このことは、下層大気から上方伝搬する migrating mode は既に散逸しており、in-situ 励起なモードが、高

度 70 km 以上で支配的であることを意味している。

図 4 に、高度 82 km、南北成分について、半日潮汐波の両サイトの比較を示した。強度は、多くの場合 5-15 m/s の間を変動しており、両サイトで振幅の値は、必ずしも一致しない。位相を見ると、夏(5-9 月)に関しては、両サイト間で比較的良い一致を示しているが、冬期では、位相が 3-4 時間ずれているのが分かる。このことは、夏期においては、migrating mode が卓越しているが、冬期には、non migrating mode の寄与が無視できないことを示唆する。

4.2 半日潮汐波の non-migrating mode

半日潮汐波の特性を更に詳しく調べるため、20 日間連続データによる解析を行った。データウィンドウは、1200 UT を中心として、その前後 10 日間をとり、合計 20 日間とした。データウィンドウの代表的な日として、ウィンドウの中心の日

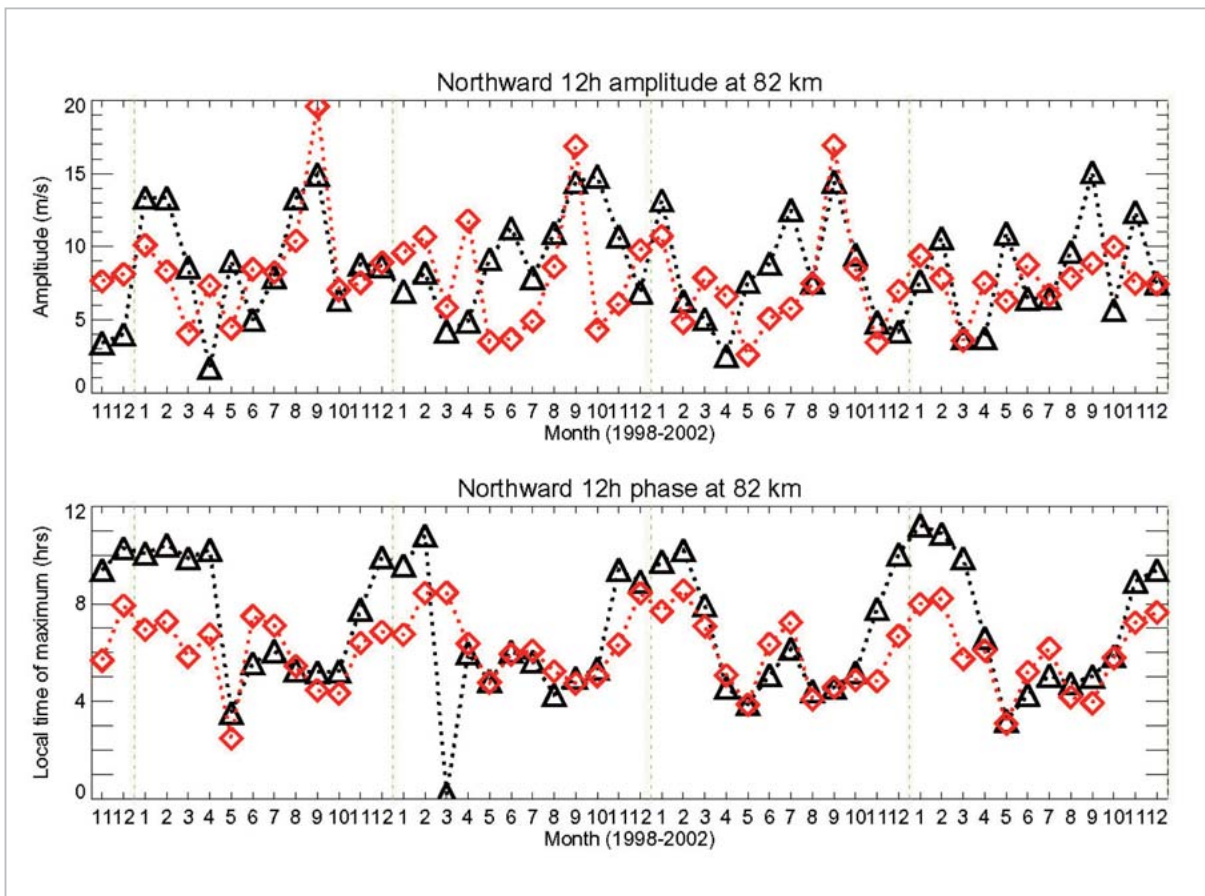


図4 高度 82 km 半日潮汐波成分(南北成分)の振幅強度(上)及び位相(下)の比較。横軸は時間である。
 ◇がトロムソ、△がポーカーフラットのデータを示している。

を用いた。両サイトでシグニフィカンスレベル 99%以上を満たす、半日周期成分の振幅と位相を用いて、東西波数 1 と 2 を持つ波動の分離を行った。このようにして、20 日間の連続データの期間を 1 日ずつずらしながら、周波数解析及び波数分離を 1999 年 1 月 10 日から 2002 年 12 月 21 日まで行った。

4.2.1 波数分離

通常 1 点観測から得られる半日潮汐波成分の振動は、幾つかの異なる東西波数を持った半日潮汐波が合成されたものである。ここでは、2 種類の東西波数を持った半日潮汐波の場合を考える。

$$A_1 e^{i[\sigma t + s_1 \lambda - \phi_1]} + A_2 e^{i[\sigma t + s_2 \lambda - \phi_2]} = A(\lambda) e^{i[\sigma t - \phi(\lambda)]}$$

ここで、 A 、 t 、 λ 、 ϕ はそれぞれ振幅、地方時間、経度、位相を表す。 σ は周波数であり、半日潮汐波の場合、 $\sigma = \pi/12$ となる。トロムソとポーカーフラットの経度は、それぞれ東経 19.2 度、西経 147.6 度である。この式で、左辺は二つの異なる

東西波数を持つ波動の経度 λ における振動を表し、右辺はその場所で観測される振動を表している。

様々な東西波数を持った波動の中から、任意に二つの波数を選び出す必要がある。Murphy et al. [2003] は、南極の 3 地点 (Davis (68.6° S, 78.0° E)、Syowa (69.0° S, 39.6° E)、Rothera (67.6° S, 68.1° W)) の観測から半日潮汐波の東西波数 1 の波動の存在を指摘している。GSWM のモデル計算によると、西向きに伝搬する東西波数 1 の波動が secondary wave として卓越している [Hagan and Forbes, 2003]。そこで今回は、二つの東西波数として 1 と 2 ($s_1=1, s_2=2$) を用いることにした。 $\lambda = \lambda_{Tromsø}$ (トロムソ)、 $\lambda = \lambda_{PokerFlat}$ (ポーカーフラット) を代入すると、

$$A_1 e^{i[\sigma t + s_1 \lambda_{Tromsø} - \phi_1]} + A_2 e^{i[\sigma t + s_2 \lambda_{Tromsø} - \phi_2]} = A(\lambda_{Tromsø}) e^{i[\sigma t - \phi(\lambda_{Tromsø})]}$$

$$A_1 e^{i[\sigma t + s_1 \lambda_{PokerFlat} - \phi_1]} + A_2 e^{i[\sigma t + s_2 \lambda_{PokerFlat} - \phi_2]} = A(\lambda_{PokerFlat}) e^{i[\sigma t - \phi(\lambda_{PokerFlat})]}$$

と表すことができる。この 2 式から

$$A_1 e^{-i\phi_1} = \frac{A(\lambda_{\text{romso}}) e^{-i[2\lambda_{\text{romso}} + \phi(\lambda_{\text{romso}})]} - A(\lambda_{\text{PokerFlat}}) e^{-i[2\lambda_{\text{PokerFlat}} + \phi(\lambda_{\text{PokerFlat}})]}}{e^{-i\lambda_{\text{romso}}} - e^{-i\lambda_{\text{PokerFlat}}}}$$

が得られ、 (A_1, ϕ_1) が求められる。同様にして、 (A_2, ϕ_2) も求めることができる。このようにして、二つの東西波数を仮定することにより、2地点で得られた半日周期成分から、波数分離された振幅と位相を導出した。migrating tide は半日潮汐波の場合、古典的潮汐理論から西向き伝搬 $s=2$ のモードになる。一方 non-migrating tide は、西向きだけでなく東向き伝搬も可能であり、様々な東西波数を持ち得るが、ここでは、 $s_1=1$ を仮定した。東西波数 $s_2=2$ ($s_1=1$) を migrating tide (non-migrating tide) とした。

4.2.2 東西波数 1 成分について

図 5 に 1999 年 1 月から 2002 年 12 月までの約 4 年間にわたる、東西波数 1 の波動成分における振幅と位相の季節変化を示す。横軸は時間を月で、縦軸は振幅を表し、年による違いは色で表示している。パネルの上段からそれぞれ、高度 88、82、76、70 km を表す。振幅に関して、88 km では、4 年を通じて 9 月から 10 月にかけて極大が見られる (15-20 m/s)。しかし、年によってそのピークの時期は異なる上、数日程度の変動が激しく、

突発的に振幅が増大/減少する。また、1999 年を除く、11-12 月にも振幅の増大 (10 m/s 程度) が見られる。82 km では、極大は 9 月に見られ、その大きさは 10 m/s 程度である。その上、冬 (12, 1 月) にも極大が見られる (~12 m/s)。76 km では、季節は顕著ではないが、例えば 1999 年 4 月のように、一部では振幅の増大が見られる。70 km では季節変化は見られず、4 年を通じて、5 m/s 以下となっている。

位相に関しては、夏と冬の日変動は小さいと言えるが、3-4 月、9-10 月には数日周期の変動が見られる。高度別に見ると、70 km と 88 km では年変動はあまり見られないが、76 km と 82 km では、比較的よく見られる。

南極 (Davis, Syowa, Rothera) で MF レーダーによる観測 (86 km) [Murphy et al. 2003] では、non-migrating モードは夏 (12 月-3 月) に大きく、その振幅は 15-20 m/s 程度である。しかし図 5 の高度 88 km のパネルを見ると、今回我々が導出した結果は、高度 88 km では 9 月から 10 月にかけて極大 (15-20 m/s) が見られ、夏は比較的小さかった (5-10 m/s)。

4.2.3 東西波数 2 について

図 6 に、東西波数 2 の振幅と位相の季節変化を

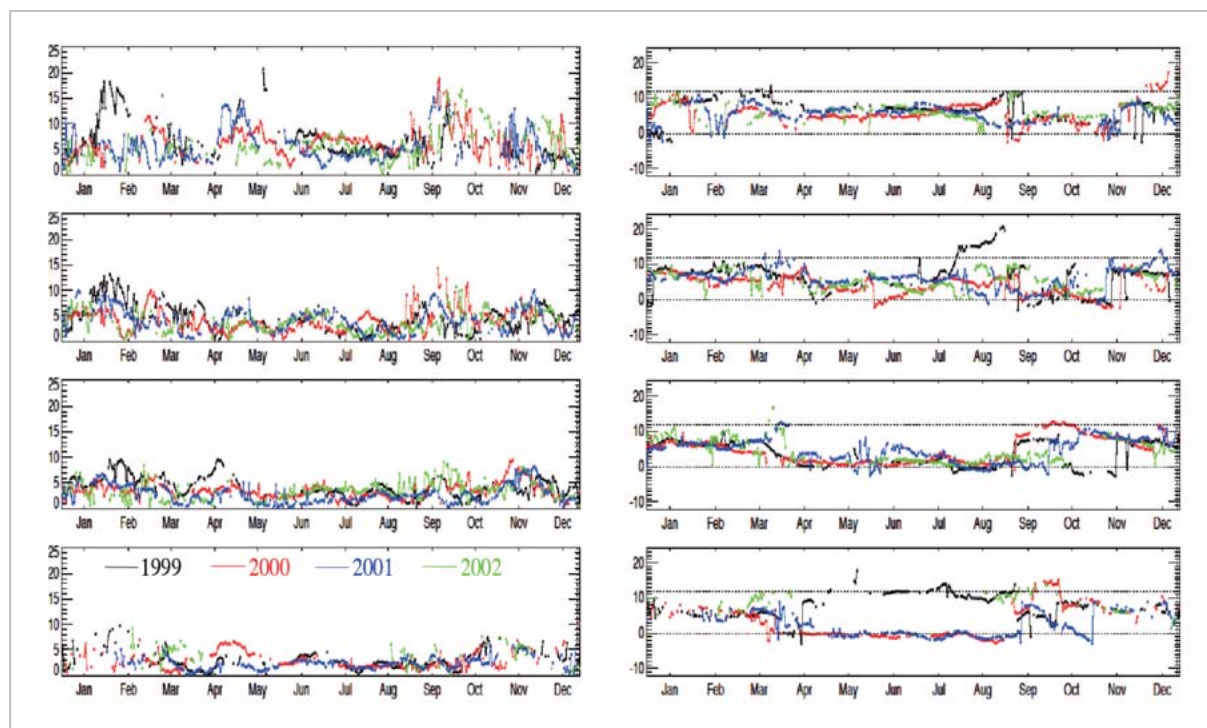


図5 振幅(左図)と位相(右図)の季節変化(東西波数 1)

横軸は時間(月)、縦軸は振幅(m/s)、位相(hour)を示す。上から、高度 88, 82, 76, 70 km。

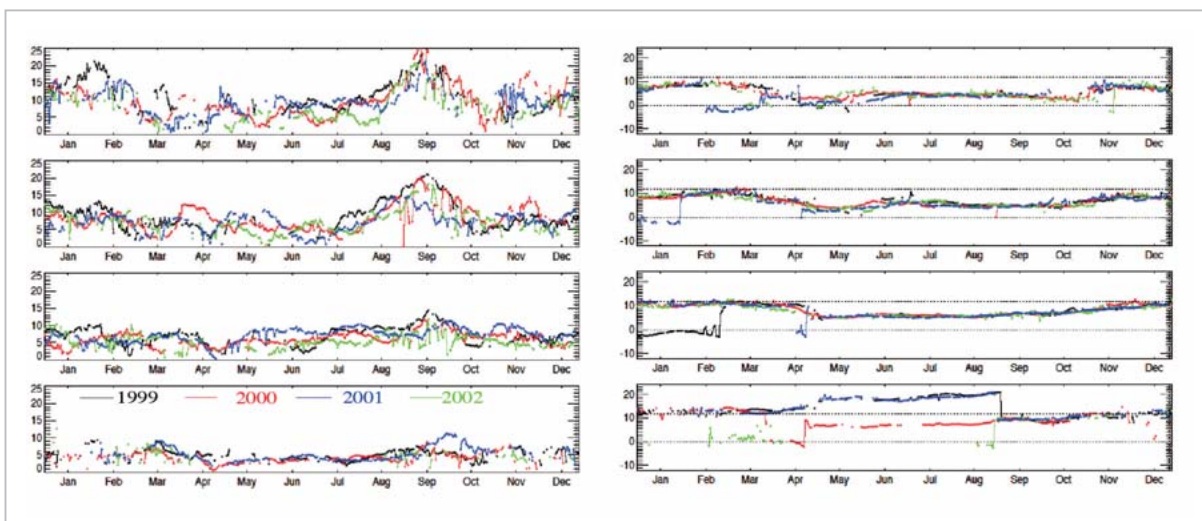


図6 振幅(左図)と位相(右図)の季節変化(東西波数2)

上から、高度88, 82, 76, 70 km。

示す。図のフォーマットは図5と同じである。波数2の波動成分の振幅はおおむね一年を通じて、高度とともに増加していることが分かる。次に、高度ごとにその季節依存性を見ると、88 kmでは、9月付近(15-25 m/s)と冬期(15-20 m/s)に極大が見られる。ただし、冬期の振幅は9月に比べて、年変動が大きい。82 kmでも、9月付近にピークが見られ、15 m/sを超える。一方、70 km, 76 kmでは、季節変動、年変動ともに顕著でなく、5-10 m/s程度である。

位相は、すべての高度で、日変動は非常に小さく、年変動もほとんど見られない。夏と冬の位相は、ほぼ一定であり、その差は5-6時間程度である。高度方向に見ると、高度が上がるにつれて、位相は遅れる傾向である。

4.2.4 波数1の波動と波数2の波動との強度比較

図7に、波数1と2の振幅の比を示す。横軸に時間を月で、縦軸を比で示している。比が1より大きい時、migrating tideの振幅がnon-migrating tideの振幅より大きいことを表す。黒い実線は4年間平均した比の値を示す。4高度(70, 76, 82, 88 km)で、平均値としては、migrating tideの方が大きい。しかし、比の日変動は激しい変動を示しており、non-migrating tideが有意に大きくなる期間が存在する。この期間に季節依存性は見られない。したがって、この高度におけるケーススタディーを行う際には、non-migrating tideの影響を考える必要があり、non-migrating tideが下

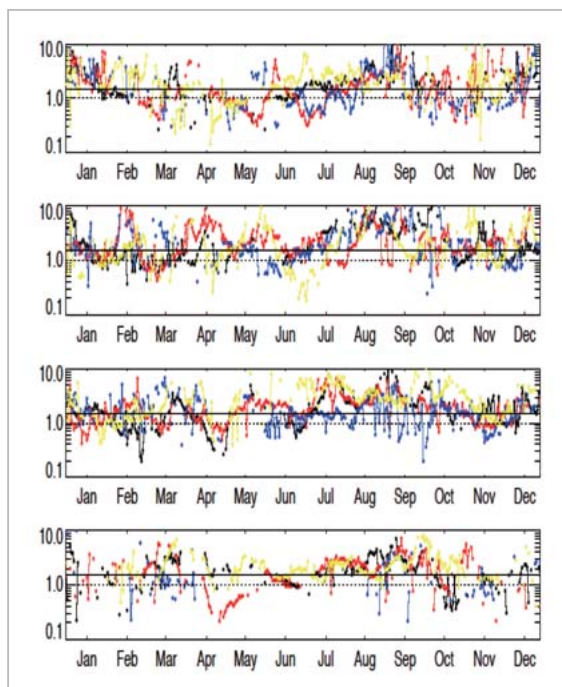


図7 Migrating tideとnon-migrating tideの振幅比

上から、高度88, 82, 76, 70 km。

部熱圏へどのように伝搬するのか、非常に興味深い。

4.2.5 Migrating tideの鉛直波長

潮汐理論から求められる半日潮汐波の代表的なモードは、(2,2)、(2,3)、(2,4)、(2,5)、(2,6)であり、鉛直波長は、それぞれ311、81.4、53.8、41.0、33.4 kmと見積もられる[Forbes, 1995]。中間圏高

度における半日潮汐波の鉛直波長は短く、(2,4)モードが支配的と考えられている [Viridi et al., 1986, Williams and Viridi, 1992]。そこで、migrating tide の位相が四つの高度 (70、76、82、88 km) で得られているイベントの中から、高度幅 18 km の間における位相の変化が 2 時間以内のものを「長波長モード」、2-12 時間のものを「短波長モード」として分類した。

図 8 は、南北成分について上記のように分類した結果を季節で分け、ヒストグラムで表示している。各ヒストグラム中で、シアン、マゼンダ、黒は、それぞれ「長波長モード」「短波長モード」「上方伝搬していないイベント」を表している。データは 4 年分を使用し、縦軸は全イベント数に対する割合である。すべての季節で、上方伝搬性を示すイベントが多い (6-8 割程度)。上方伝搬性を示すイベント中で、「短波長モード」の方が「長波長モード」より支配的であるといえる。ただし、夏

に関しては長波長モードも 30 % 程度存在する。この季節による違いは、背景風との相互作用によるものと考えられる。

5 まとめ

トロムソ (69.6° N, 19.2° E) とポーカーフラット (65.1° N, 147.5° W) MF レーダーにより取得された約 4 年分の風速データに基づいた、極域中間圏 (高度 70 km から 91 km) における大気潮汐波 (1 日及び半日) についてまとめた。1 日潮汐波の振幅は、夏に強くなる季節変化を示した。位相は季節/高度によらず、ほぼ 12 時付近であった。半日潮汐波の振幅は、高度とともに強くなる傾向を示した。両サイトの位相を比較した結果、1 日潮汐波については、東西波数 1 の in-situ モードが卓越していたと考えられる。半日潮汐波については、夏には両サイト間の位相に大きな差はないが、冬では数時間程度の位相差がある。このことは、夏には migrating mode が、冬には migrating mode に加えて、non-migrating mode が重要になることを示唆すると考えられる。さらに、両サイトにおける位相差から、東西波数 1、2 の分離を行い、それぞれの季節変動を調べた。両者の振幅を比較すると、non-migrating tide ($s=1$ を仮定) の方が大きい期間があり、北極域中間圏において、non-migrating tide が重要であることが分かった。

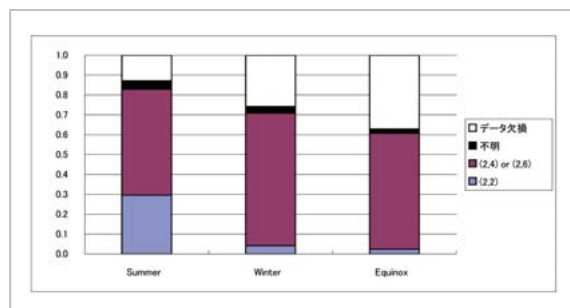


図8 鉛直波長の分布

参考文献

- 1 Briggs, B. H., "The analysis of spaced sensor records by correlation techniques", Handb. MAP, 13, 166-186, 1984.
- 2 Forbes, J. M., "Tidal and Planetary Waves", The Upper Mesosphere and Lower Thermosphere: A Review of Experiment and Theory in Geophysical Monograph, Edited by R. M. Johnson and T. L. Killeen, 356 pp, American Geophysical Union, 67-87, 1995.
- 3 Hagan, M. E. and Forbes, J. M., "Migrating and nonmigrating semidiurnal tides in the upper atmosphere excited by tropospheric latent heat release", J. Geophys. Res., 108, 1062, doi: 10.1029/2002JA009466, 2003.
- 4 Hall, C. M., "The Ramfjordmoen MF radar (69° N, 19° E): Application development 1990-2000", J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 63, 171-179, 2001.
- 5 Hocke, K., "Phase estimation with the Lomb-Scargle periodogram method", Ann. Geophys., 16, 356-358, 1998.

- 6 Meek, C. E., "An efficient method for analyzing ionospheric drifts data", J. Atmos. Terr. Phys., 42, 835-839, 1980.
- 7 Murayama, Y., K. Igarashi, D. D. Rice, B. J. Watkins, R. L. Collins, K. Mizutani, Y. Saito, and S. Kainuma, "Medium Frequency Radars in Japan and Alaska for Upper Atmosphere Observations", IEICE Trans. Commun., E83-B, 1996-2003, 2000.
- 8 Murphy, D. J., M. Tsutsumi, D. M. Riggin, G. O. Jones, R. A. Vincent, M. E. Hagan, and S. K. Avery, "Observations of a nonmigrating component of the semidiurnal tide over Antarctica", J. Geophys. Res., 108, 4241, doi: 10.1029/2002JD003077, 2003.
- 9 Virdi, T. S., G. O. L. Jones and P. J. S. Williams, "EISCAT observations of the E-region semidiurnal tide", Nature, 324, 354-356, 1986.
- 10 Williams P. J. S. and T. S. Virdi, "Incoherent scatter observations of tides in the lower thermosphere at high latitudes", Advances in Space Research, 12, 97-106. 1992.

の ざわ さと のり
野澤悟徳

名古屋大学太陽地球環境研究所准教授
博士（理学）
超高層大気物理学

いわ ほし ひろ ゆき
岩橋弘幸

名古屋大学太陽地球環境研究所
超高層大気物理学

つ だ たく お
津田卓雄

名古屋大学太陽地球環境研究所
高層大気物理学

おお やま しん いち ろう
大山伸一郎

名古屋大学太陽地球環境研究所助教
博士（理学）
超高層物理学

みじ いり よう いち
藤井良一

名古屋大学太陽地球環境研究所所長・
教授 理学博士
超高層大気物理学

Chris M. Hall

トロムゾ大学教授 Ph.D.
超高層大気物理学

Alan Manson

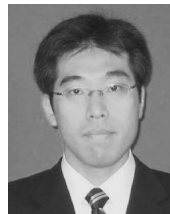
サスカチエワン大学教授 Ph.D.
超高層大気物理学

Chris Meek

サスカチエワン大学講師 Ph.D.
超高層大気物理学

Ageir Brekke

トロムゾ大学教授 Ph.D.
超高層大気物理学



かわ せら せい じ
川村誠治

電磁波計測研究センター環境情報セン
シング・ネットワークグループ研究員
博士（情報学）
大気物理学、レーダー工学



むら やま やす ひろ
村山泰啓

総合企画部企画戦略室プランニングマ
ネージャー（前電磁波計測研究セン
ター環境情報センシング・ネットワ
ークグループ研究マネージャー）
博士（工学）
大気リモートセンシング、中層大気力
学