

別紙 4

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Vertical coupling in the polar mesosphere and lower thermosphere:
Event studies of a gravity wave and a sporadic sodium layer
(北極域中間圏・下部熱圏における大気上下結合過程の研究:
大気重力波およびスポラディックナトリウム層の事例研究)

氏 名 高橋 透

論 文 内 容 の 要 旨

下層大気で励起された大気重力波は、振幅を増大させながら高高度へ伝搬し、多くは中間圏界面付近で砕波すると考えられている。砕波によって、大気重力波は運動量を解放し、子午面循環を駆動する重要な役割を担っていることは広く知られている。一方、極域中間圏・下部熱圏には、太陽風を起源とするオーロラ粒子降下やオーロラ電流等の形で電磁エネルギーが流入し、極域大気中で運動・熱エネルギーに変換される。例として、イオンドラッグによる中性風加速、ジュール加熱や粒子加熱による中性大気加熱が挙げられる。このように極域中間圏・下部熱圏は上下からのエネルギー流入が存在する特異な領域であり、磁気圏-電離圏-熱圏結合や大気上下結合を理解する上で重要な領域である。本研究では、地磁気活動度の異なる2つの事例研究を、トロムソ（北緯69.6度）に設置されたナトリウムライダー、EISCAT UHFレーダー、流星レーダー、MFレーダー、フォトメーターの観測データを用いて行なった。

地磁気活動が静穏な2010年10月29日16:30 UTから24:30 UTにおいて、みかけ周期約4時間、鉛直波長約11.9 km、水平波長約1380 km、振幅約15 K、位相速度約96 m s⁻¹の大気重力波がナトリウムライダーにより観測された。この大気重力波は、16:30 UTから21:00 UTにおいて、高度約95 km付近まで上方伝搬していたが、21:00 UT以降はさらに高高度まで伝搬していた。本研究では21:00 UT以前に大気重力波の上方伝搬を妨げた物理機構を明らかにするため、フィルタリング効果、大気不安定（対流・力学的不安定）、砕波の調査を行った。背景風速度と位相速度の比較から、フィルタリング効果は、本事例では大気重力波の上方伝搬を妨げた主たる原因ではないことが分かった。一方、ブラントバイサラ振動数とリチャードソン数から、21:00 UT以前には高度95 km付近で断続的に対流・力学的不安定が引き起こっていたことが明らかになった。さらに、約18:00 UTから21:00 UTにおける、MFレーダーのエコー強度の増大、およびナトリウム原子と中性大気密度の混合比の高度変動におけるオーバーターンの存在から、本事例で観測された大気重力波は、21:00 UT以前、対流・力学的不安定によって砕波し、散逸していたと結論した。さらに、21:00 UTを境として、以前と以後で平均温度構造を比較した。その結

果、21:00 UT以降は21:00 UT以前と比較して、平均温度の鉛直勾配が緩やかであり、背景大気がより安定な状態であったことがわかった。このことは、背景大気温度構造の違いが、大気重力波の上方伝搬に支配的な影響を与えていたことを示唆する。

2つ目の事例としてスプラディックナトリウム層 (SSL) の生成機構について調査を行った。オーロラ活動が活発な2012年1月22日に、SSLがナトリウムライダーによって観測された。このSSLは21:18 UTから18分間存在し、最大ナトリウム密度およびその高度は、 $1.9 \times 10^{10} \text{ m}^{-3}$ 、93 kmであった。20:00-23:00 UTにおいて、EISCAT UHFレーダーによってスプラディックE (E_s)層が観測された。 E_s 層はSSL発生時間帯にSSLと同じ高度に位置していた。しかし、 E_s 層内に存在するナトリウムイオン密度の最大値を見積り、そのナトリウムイオンがすべてナトリウム原子に変換されたと仮定しても、SSLのナトリウム密度の21%にしか満たないことを明らかにした。一方、EISCAT UHFレーダーで観測された電場の向きは20:00 UT以降、荷電粒子を下方に加速させる向きであった。そこでナトリウム層上部に存在するナトリウムイオン層の密度高度分布として先行研究で提唱された値を用い、電場による下方輸送と化学反応によるナトリウム原子の生成・消滅を観測データを用いて数値解析から見積もった。その結果、本事例では、SSLのナトリウム密度の88%を説明できることが分かった。これらのことから、SSLの主要なソースはナトリウムイオン層であること、ほぼ南西向きの強い電場がSSLの生成に支配的な役割を果たしたことが観測データに基づいて初めて明らかになった。

本研究では地磁気活動度が異なる2つの事例に対して研究を行うことで、下層大気、磁気圏それぞれからのエネルギー流入による極域中間圏・下部熱圏への影響を分けて議論を行った。本研究は、極域において複数の観測装置により得られたデータに基づき、①大気重力波が対流・力学的不安定によって碎波し、散逸したこと、②大気重力波の上方伝搬に背景温度・中性大気密度構造が支配的な影響を与えていたことを示した。さらに、③SSLの生成に、ナトリウムイオン層が主たるソースとなり、④磁気圏から印加された電場が大きな役割を担ったことを定量的に初めて示した。