

領域間結合モデリングによる大気圏・熱圏・電離圏科学の新たな展開

藤原 均 [1]; 三好 勉信 [2]; 陣 英克 [3]; 品川 裕之 [4]; 石井 守 [5]; 大塚 雄一 [6]; 齊藤 昭則 [7]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 九大 理 地球惑星; [3] 情通研; [4] NICT; [5] 情報通信研究機構; [6] 名大 STE 研; [7] 京都大・理・地球物理

New developments of atmospheric and ionospheric sciences opened up by ambitious modeling studies

Hitoshi Fujiwara[1]; Yasunobu Miyoshi[2]; Hidekatsu Jin[3]; Hiroyuki Shinagawa[4]; Mamoru Ishii[5]; Yuichi Otsuka[6]; Akinori Saito[7]

[1] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.; [2] Earth and Planetary Sci, Kyushu Univ.; [3] NICT; [4] NICT; [5] NICT; [6] STELAB, Nagoya Univ.; [7] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.

<http://pat.geophys.tohoku.ac.jp/~fujiwara/>

The lower atmosphere affects strongly the upper atmosphere to determine its basic structure and variability. For example, the global warming, which triggers a worldwide crisis, causes the global cooling in the upper atmosphere. In addition to the lower atmospheric effects, the upper atmosphere also has effects on the lower atmosphere; for example, nitric oxide produced by the auroral particle precipitation in the lower thermosphere goes down to the stratosphere to cause ozone depletion. The energy, momentum, and molecule transfer between the atmospheric regions should be essential for long-term variability of a whole planetary atmosphere because there are no boundaries in the atmospheric regions.

Recently, space technologies (e.g., GPS navigation and radio wave communications) are necessary for our daily lives. It is well-known that the ionospheric disturbances caused by the magnetospheric and/or lower atmospheric effects will bring some troubles of radio wave propagations, namely, navigation, broadcast, and so on. In particular, atmospheric waves originated in the lower atmosphere are thought to be important for the ionospheric variability from the recent satellite and ground-based observations.

In order to understand the above mentioned atmospheric coupling processes and ionospheric variations, we have started developing of an atmosphere-ionosphere coupled model which will predict the thermospheric and ionospheric weather. Modeling studies of the thermosphere-ionosphere have been made mainly by groups of the USA and UK. Although their models have contributed to understanding of storm-time responses of the thermosphere and ionosphere, these models cannot represent day-to-day (or hour-to-hour) variability of the thermosphere and ionosphere because of the lower boundaries in the models. Miyoshi and Fujiwara [2003] developed a whole atmosphere general circulation model (GCM) which covered all the atmospheric regions from the ground to the exobase. Their GCM calculations show new features of the thermosphere: day-to-day and hour-to-hour variations caused by the lower atmospheric effects in the upper thermosphere.

A whole atmosphere GCM infuses new breath into studies of the thermosphere. An atmosphere-ionosphere coupled model will describe day-to-day and hour-to-hour variations of the thermosphere and ionosphere. In addition, cooperation between the coupled atmosphere-ionosphere model and observations by ground-based radar and optical instruments, rockets, and satellites (e.g., Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping satellite: IMAP) will enable us to predict/forecast the thermospheric and ionospheric weather through data assimilation into the model. We will show capability of our ambitious modeling studies for the atmospheric and ionospheric sciences in this presentation.

近年、地球温暖化への関心が高まる一方で、対流圏での温暖化の影響によって上層大気では逆に寒冷化が進みつつあることは一般にはほとんど知られていない。大気密度の濃い下層大気は様々な形で上層大気の基本構造や変動に影響を及ぼしている。また、オーロラ粒子によって下部熱圏に生成される一酸化窒素が下方に輸送され、成層圏のオゾン破壊に寄与するとの報告もあり、下層からの影響に加えて、上層大気も下層大気に何らかの影響を及ぼしていると考えられている。当然のことながら、下層から上層までの大気領域間には特別な境界があるわけではなく、地球(惑星)大気は全体が一つのシステムとして連動して変動している。上記の例は下層、上層大気の結合過程の一例にすぎないが、このような大気の上下結合は、長い時間スケールでの地球(惑星)大気の変遷(大気進化)に対して本質的な役割を果たしているかもしれない。

我々の生活に身近なところでも、下層大気の影響が上層大気に及んだ結果、不都合が生じるケースが知られている。GPS等に代表される高度な宇宙利用(航空機・船舶の測位、衛星放送・通信など)が我々の生活基盤を支える不可欠の技術となった今日、磁気圏または下層大気起源の電離圏変動が通信障害を引き起こし、様々なトラブルの原因となる可能性を生じるようになった。特に、最近の人工衛星、地上からのレーダー、光学観測等によって、大気重力波、大気潮汐、プラネタリー波といった下層大気起源の大気変動が日々の電離圏変動に大きく関わっていることが明らかとなり、大気波動を介しての大気上下結合が重要視されている。

我々の研究グループでは、上記のような大気上下結合、電離圏変動の物理機構の解明と将来的な予報モデルの構築を視野に入れながら大気圏・電離圏結合モデル開発をスタートさせた。従来の超高層大気・電離圏モデリングは、米国、英国グループの主導で行われ、磁気嵐等の熱圏・電離圏への影響評価において大きな成果を挙げている。しかしながら、そ

これらのモデルでは下部境界にて下層大気の影響を仮定していることから、日々変動よりも短い時間スケールでの電離圏変動については十分に表現できてはいない。Miyoshi and Fujiwara [2003] では、世界に先駆けて地表から大気上端までを途中で特別な境界を置かずに統一的に取り扱う大気大循環モデル (General Circulation Model: GCM) の開発に成功した。この GCM の計算結果には大気上端においても下層大気起源と思われる時々刻々の変動が見られており、磁気圏や太陽放射以外に起源をもつ短時間変動や、局所大気構造が目まぐるしく変化する新たな熱圏大気変動の描像が示された。

領域間結合モデリングによって、従来は見えてこなかった新たな大気変動の姿が明らかになりつつある。同時に、長年の未解明問題であった電離圏の日々変動に対する答えに迫りつつあるように思われる。さらに、地上レーダー・光学観測や現在進行している衛星プロジェクト (例えば、Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping satellite: IMAP) 等との連携により熱圏・電離圏データ同化、電離圏予報への進展が期待される。本講演では、熱圏・電離圏物理学分野における領域間結合モデリングの科学的意義と、実用化 (予報) も含めた今後の展開の可能性について述べる予定である。