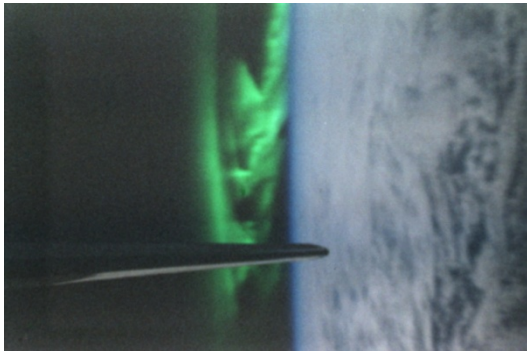


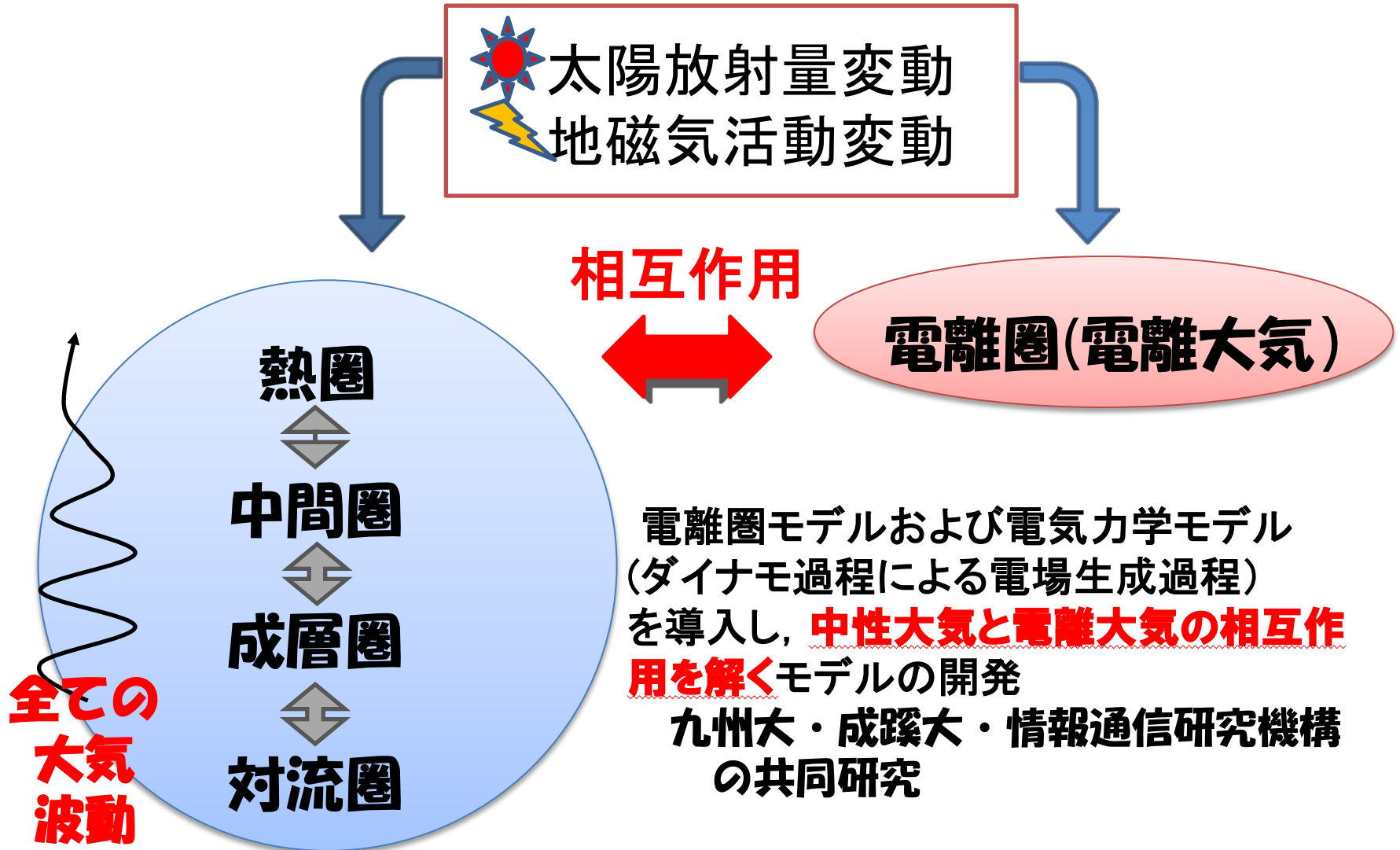
全大気統合モデル(GAIA)の現状と 今後の計画

三好勉信(九州大)・陣英克(情報通信研究機構)



全大気統合モデル(中性大気+電離大気)とは

whole atmosphere model



全大気統合モデル

電離圏現象
(EIA, PRE
Plasma bubble)
への影響

電場・電流の生成
E層ダイナモ

下層大気から
の大気波動
(重力波・潮汐波・
惑星波・赤道波)

電気力学モデル
Jin et al. (2008)

電離圏モデル
Shinagawa et
al. (2007)

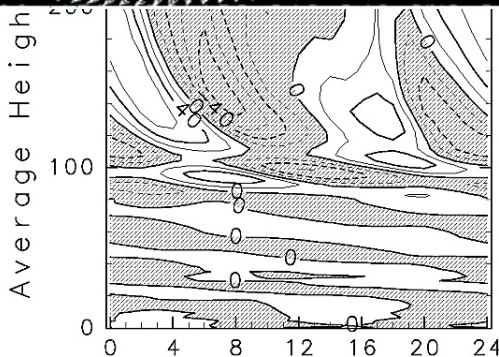
電離圏嵐
penetration
E-field

disturbance
dynamo

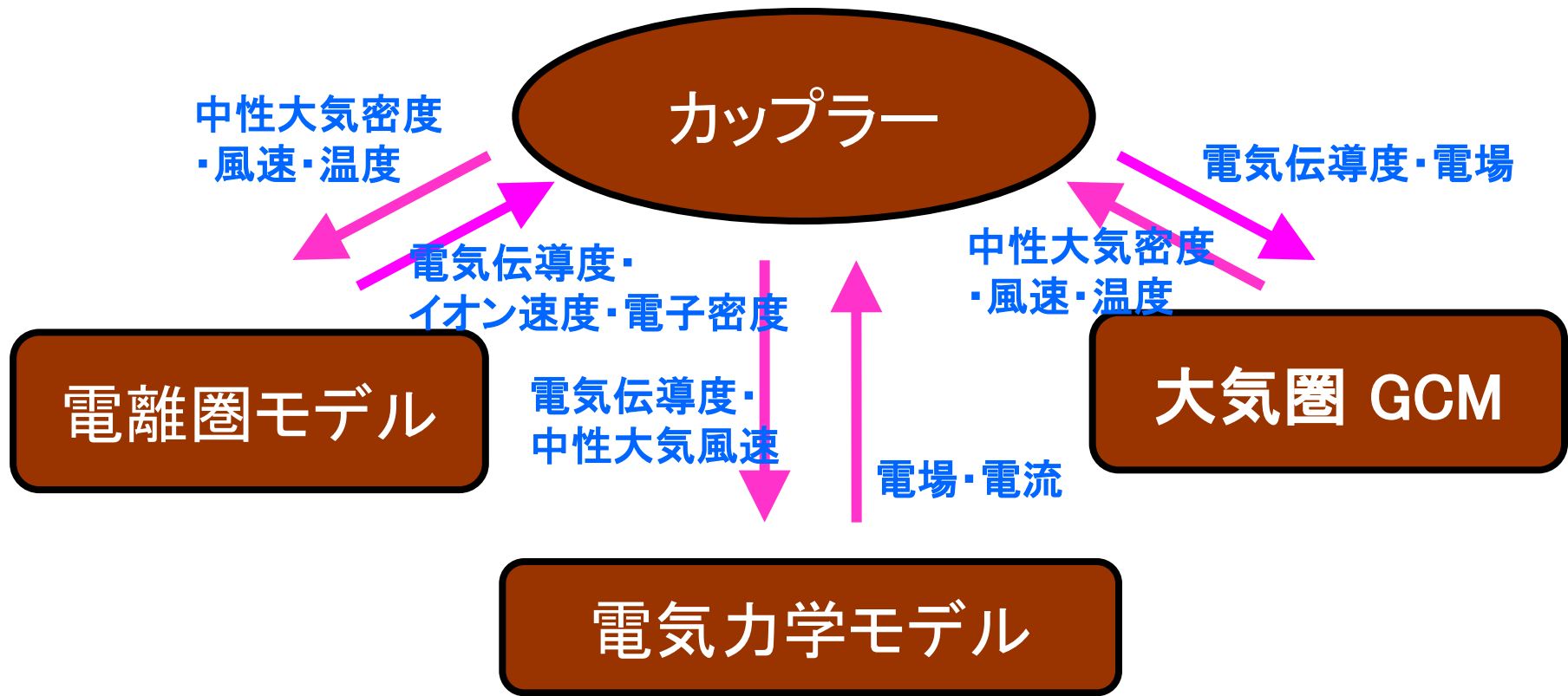
中性風変動

大気組成変化

中性大気モデル(GCM)
Miyoshi and Fujiwara (2003)



全大気統合モデル Ver.1



3つの独立したモデル(中性大気GCM, 電離圏モデル, ダイナモモデル)を
カップラーを使って結合

- ・必要なデータを交換
- ・水平・鉛直分解能の違うモデル間のデータ補間

全大気統合モデル

水平・鉛直分解能がモデルにより異なる：

大気圏GCM：全球のスペクトルモデル(もとは中層大気大循環モデル)

T21L75, T42L75, T42L150, T106L150

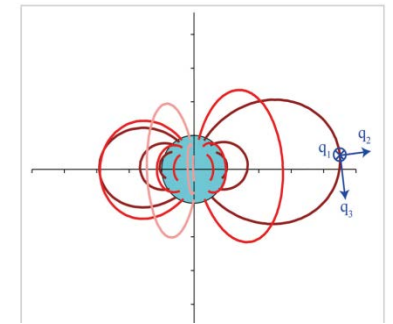
電離圏モデル：経度 5° × 緯度 1° × 10 km

経度 1° × 緯度 1° × 10 km

電気力学モデル：磁力線に沿って格子点を配置

(磁力線に沿って等ポテンシャルを仮定)

- ・電離大気は、地理座標のみならず地磁気座標(磁場分布)に強く影響されるので、緯度方向にはより細かな分解能が必要
- ・格子点の配置が、モデルにより異なるので、お互いの情報が必要なときは、格子点の値を補間して求める必要あり。



全大気統合モデル（計算方法）

1ノードでの計算の場合（openMP など）

時刻 t から $t+dt$ における中性大気計算（大気圏GCM）（ dt は3分）

↓ 中性大気データを電離圏モデルの座標に変換

時刻 t から $t+dt$ における電離大気計算（電離圏モデル・電気力学モデル）

↓ 電離大気データ・電場分布などを大気圏GCMの座標に変換

時刻 $t+dt$ から $t+2dt$ における中性大気計算（大気圏GCM）

↓

.....

複数ノードの場合（並列化）

時刻 t から $t+dt$ まで、各ノードで大気圏GCM, 電離圏モデルを計算

↓ dt 後にお互いの情報を交換

時刻 $t+dt$ から $t+2dt$ まで、各ノードで大気圏GCM, 電離圏モデルを計算

↓

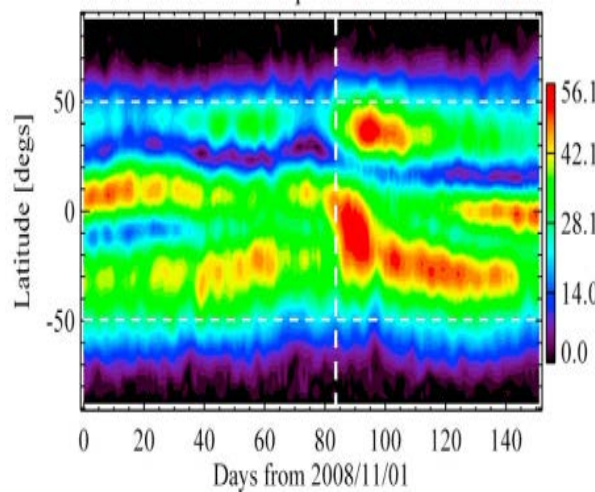
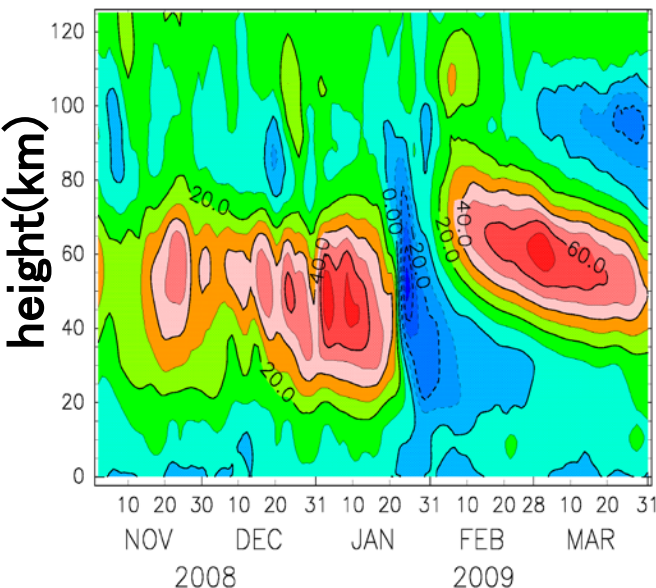
.....

全大気統合モデルの結果1

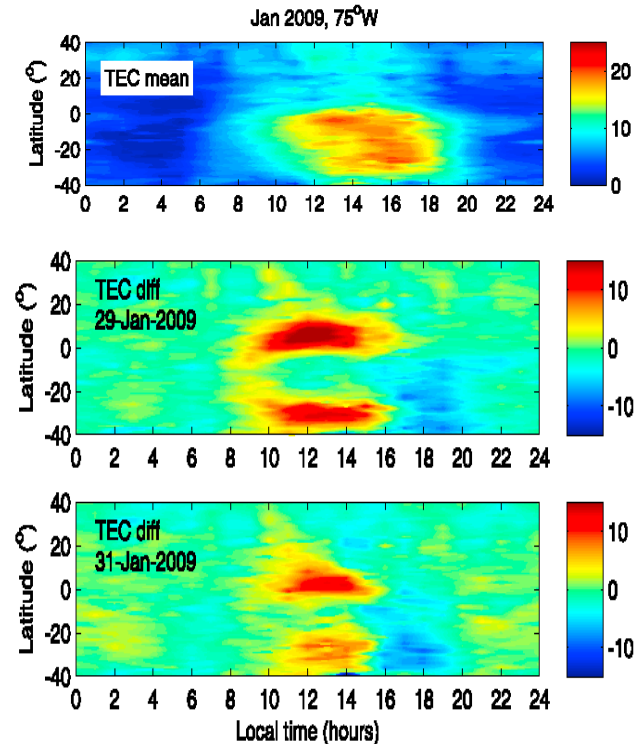
東西平均東西風 (60°N; m/s)

半日潮汐波の振幅(116km); K

全電子数



Jin (2012)



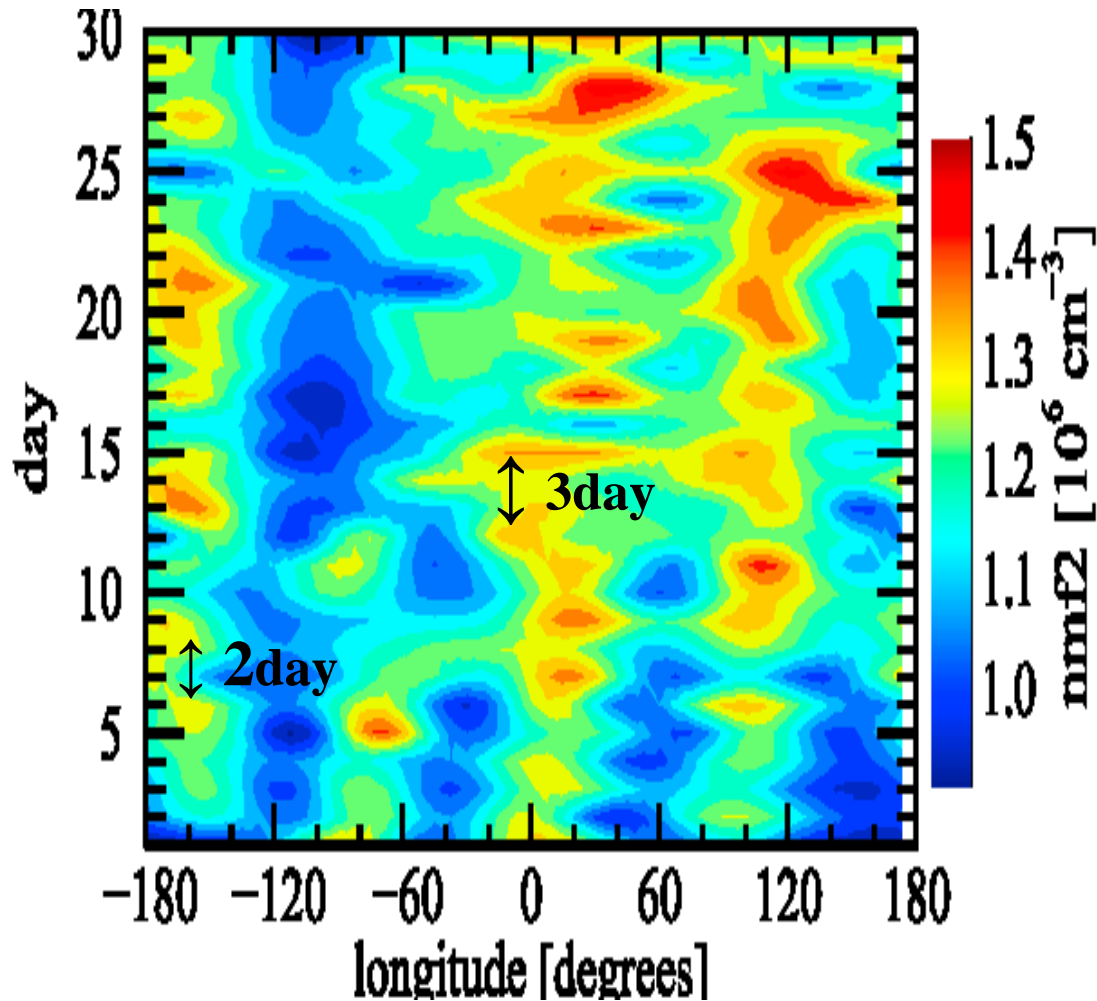
Goncharenko (2010)

GAIAで再現された2009年突然昇温と半日潮汐波の変化
(高度30kmは、JRA/JCDAS再解析デナッシング)

成層圏突然昇温に伴い、潮汐波・重力波の活動度が大きく変化し、これらの大気波動の変化に伴い、電離圏・熱圏にも顕著な変化がみられる。
→ 中間圏・熱圏・電離圏を精度よく予測するには、対流圏・成層圏の大気大循環変動をより正確に予測する必要がある。

全大気統合モデルの結果2

F層電子密度の日々変化



15LT, September [Jin et al., 2011]

太陽放射一定,
磁気圏からのエネルギー
降り込み量一定と仮定し
1カ月積分

東西非一様性と共
に、日々変動も顕著

±15~20%の電
子密度変動は、下
層大気の影響で
起こりうる

潮汐波の日々変動に
加えて、ケルビン波や
惑星波の影響か？

全大気統合モデル(開発環境)

- 共同研究者が利用できる開発環境(計算機)の違い
 - 九大センター: SR16000(L1)+Fujitsu primergy
 - NICTスパコン: SX8 → SR16000(M1)に更新
 - 今年11月より、共にSR16000になったので、開発が楽になる?
- モデル開発・改良時のバージョン管理
 - subversionというソフトで管理しようとしたが、しきいが高く進まない。
 - mercuriaのほうが良い? 検討中
- モデル内の他の部分の内容については、ほとんど不明
 - 中性大気と電離大気の相互作用の結果、発散した場合の原因究明にはそれなりの時間がかかる。(それぞれ独立に計算すれば問題なく計算できるのに)

全大気統合モデル(データ出力)

→ シミュレーションで出力される大量のデータをどうするか？

中性大気温度・風速・組成に加えて、電離大気や電流分布の情報も出力され、多種類のデータになる。

- ・T42L150 相当のモデルで、30分ごとに出力すると----- **180GB/1month**
- ・高度や領域に応じてデータの出力間隔を変えたいが、ややこしくなる。

→1年で約2TBになるので、プログラムのみ共有し、各個人の興味・ターゲットに応じて条件設定し、それぞれの大型計算機(センター)で計算し、解析する。

→長期間の積分が必要なときや広く観測結果を公開したい時などには、Gfarm(NICT提供のサイエンスクラウド)を利用する。NICTのスパコンで計算したデータを自動的に転送する。Gfarmに必要な解析ツールをインストールし、解析・可視化を行う。

全大気統合モデル(可視化など)

- 分野により普及している可視化ツールが異なる。
なるべくIDLで統一し、可視化プログラムも共有できるようにする。
でも慣れている電脳ライブラリは捨てがたい。
- 長期間積分した結果などを保存し、広く使えるようにするためのデータフォーマットをどうするか？ 観測結果と比較する、観測を主に行っている研究者にも利用してもらうには？
(netCDF形式？, CDF形式？, HDF形式の方が良い？)

太陽—地球系モデルへの展開

太陽風観測データ or 太陽風モデル

磁気圏モデル

太陽放射

太陽放射

相互作用

電離圏モデル

熱圏

中間圏

成層圏

対流圏

大気圏モデル(GCM)

- 大気現象が、磁気圏に及ぼす影響？
(宇宙空間への大気散逸、、、、)
- 磁気圏からのエネルギー降り込みが大気に及ぼす影響？

九州大・成蹊大・情報通信研究機構 + α
の共同研究

全大気統合モデルを用いた大気領域間結合過程の研究 ～今後の展望～

- **下層，中層大気と超高層大気との相互作用**
 - 大気波動の鉛直伝播
 - 中性大気と電離大気間の相互作用
 - 超高層大気が下層，中層大気に及ぼす影響
 - 一日々変動，季節変動，年々変動

- **下層大気変動の影響を考慮した熱圏・電離圏変動予測**
- **磁気圏からのエネルギー流入による熱圏・電離圏嵐の数値予測**
 - 低軌道衛星の大気ドラッグ，
 - GPSの測位誤差，
 - 放送無線通信に利用される電波の伝搬障害