

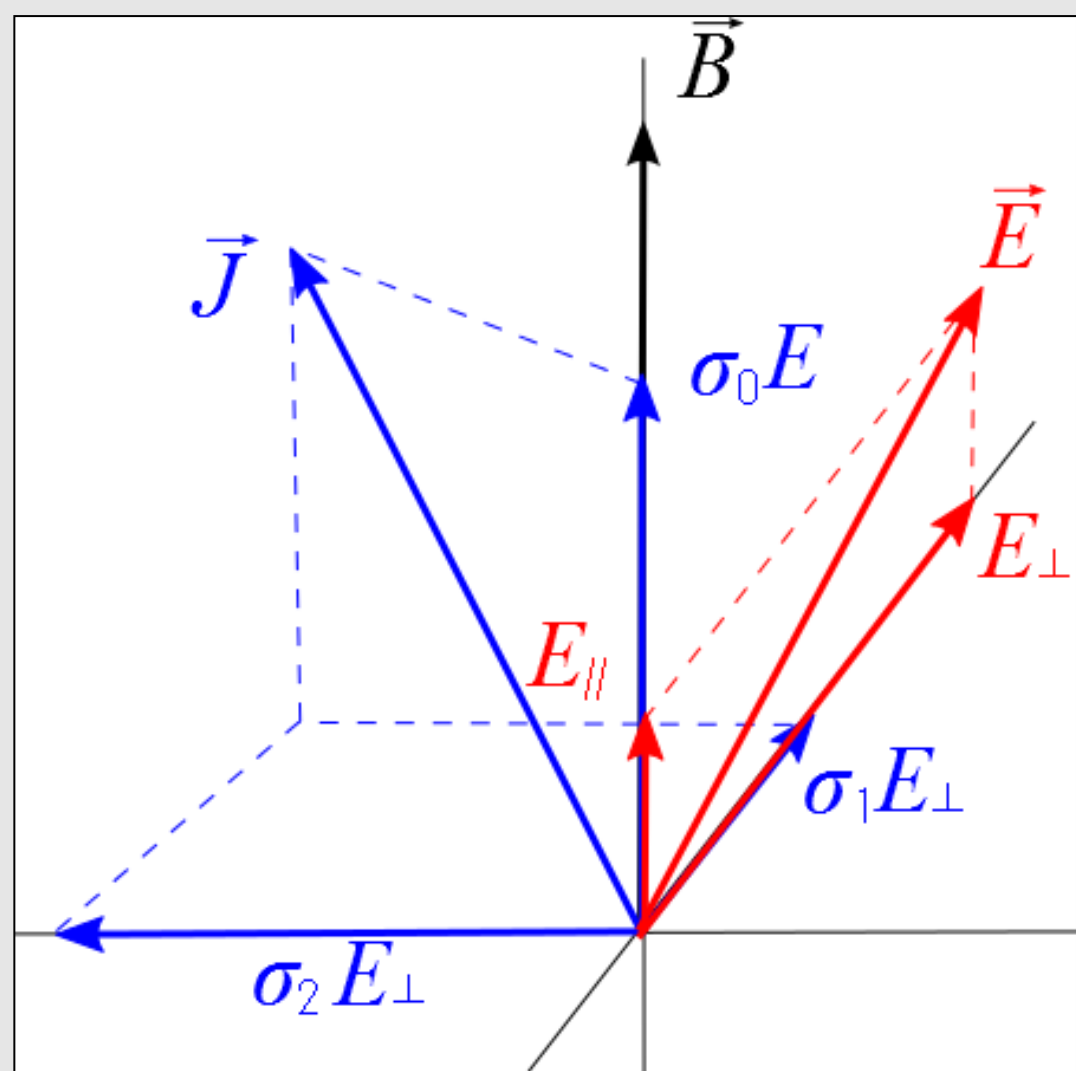
はじめに

1. IUGONETデータ解析ソフトウェア(UDAS)を用いて、地上観測データと数値モデルによる結果を一元的に取り扱うというニーズに対応する為、一部の数値モデルを取り扱えるようにUDASを拡張した。
2. 電離層電流 $J = \Sigma \cdot (E + U \times B)$ の見積もりには、電離層電気伝導度 Σ が必要である。これを得る既存のWebサービスとして[4]が上げられるが、計算量に制約があるため、a. 長期変動、b. 全球マップ、の計算が困難であり、実装(ソース)も公開されていない。
そこで、数値モデル(IRI2012, NRMSISE-00, IGRF-11)を取り扱えるようにUDASを拡張し、電離層電気伝導度計算ツールを作成した。

電離層電気伝導度計算式

電気伝導度の計算式は[1]を、衝突周波数の計算式は[2]を使用した。

$$\begin{cases} \sigma_0 = \frac{e^2 N_e}{m_e \nu_e} \\ \sigma_1 = \frac{(1 + \kappa) \nu_e^2}{(1 + \kappa)^2 \nu_e^2 + \omega_e^2} \sigma_0 \\ \sigma_2 = \frac{\omega_e \nu_e}{(1 + \kappa)^2 \nu_e^2 + \omega_e^2} \sigma_0 \end{cases}, \quad \begin{cases} \omega_e = \frac{e B_0}{m_e} \\ \omega_i = \frac{e B_0}{m_i} \end{cases}, \quad \begin{cases} \nu_e = \nu_{en} + \nu_{ei} \\ \nu_i = \nu_{in} \end{cases}, \quad \kappa = \frac{\omega_e \omega_i}{\nu_e \nu_i}$$



記号	説明	表 6.1: 定数、変数の説明
σ_0	平行伝導度	値, 単位
σ_1	ペーターセン伝導度	S/m, 付録 1 参照。
σ_2	ホール伝導度	S/m, 付録 1 参照。
e	電荷	1.602×10^{-19} C
N_e	電子密度	cm^{-3} , IRI2012 による出力値。
m_e	電子の質量	9.109×10^{-31} kg
m_i	イオンの質量	(kg), IRI2012 によるイオンの組成比と N_e から算出。
ν_e	電子の衝突周波数	Hz, 式 (6.2a) により算出。
ν_i	イオンの衝突周波数	Hz, 式 (6.2b) により算出。
ν_{en}	電子-中性粒子の衝突周波数	Hz, 付録 7.1.1 参照。
ν_{ei}	電子-イオンの衝突周波数	Hz, 付録 7.1.1 参照。
ν_{in}	イオン-中性粒子の衝突周波数	Hz, 付録 7.1.1 参照。
T_n	中性粒子温度	K
T_i	イオン温度	K
T_e	電子温度	K
ω_e	電子の旋回角周波数	rad/s
ω_i	イオンの旋回角周波数	rad/s
B_0	全磁力	T, IGRF11 による出力値。

UDAS+: iUgonet Data Analysis Software+

IUGONETプロジェクトで開発されているデータ解析ソフトウェア。

IDL/TDAS/UDASとモデルを、ファイルI/Oで結合。

環境構築はantが行う。
(要Fortranコンパイラ)

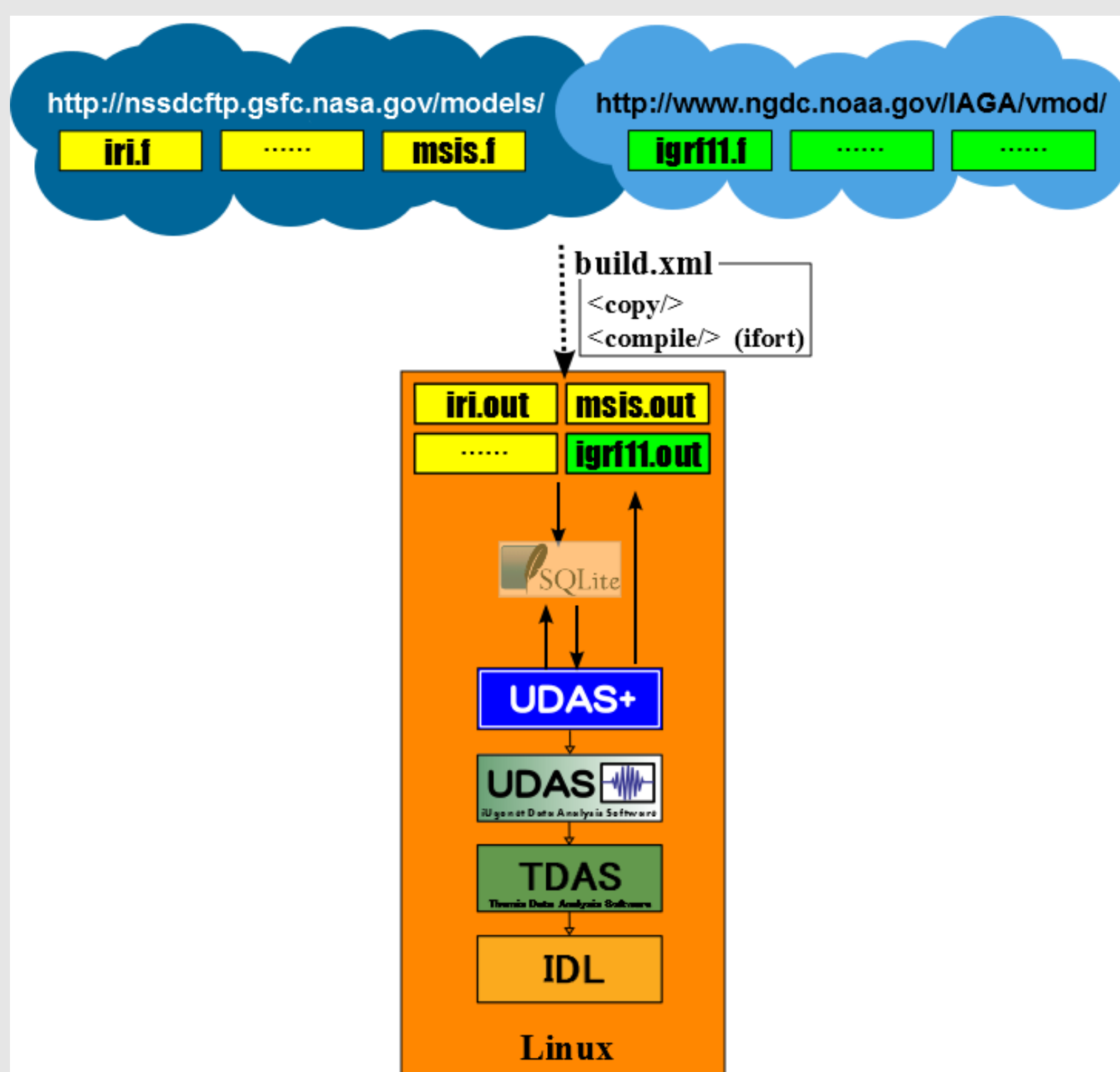


図1. UDAS+の概略図

計算結果

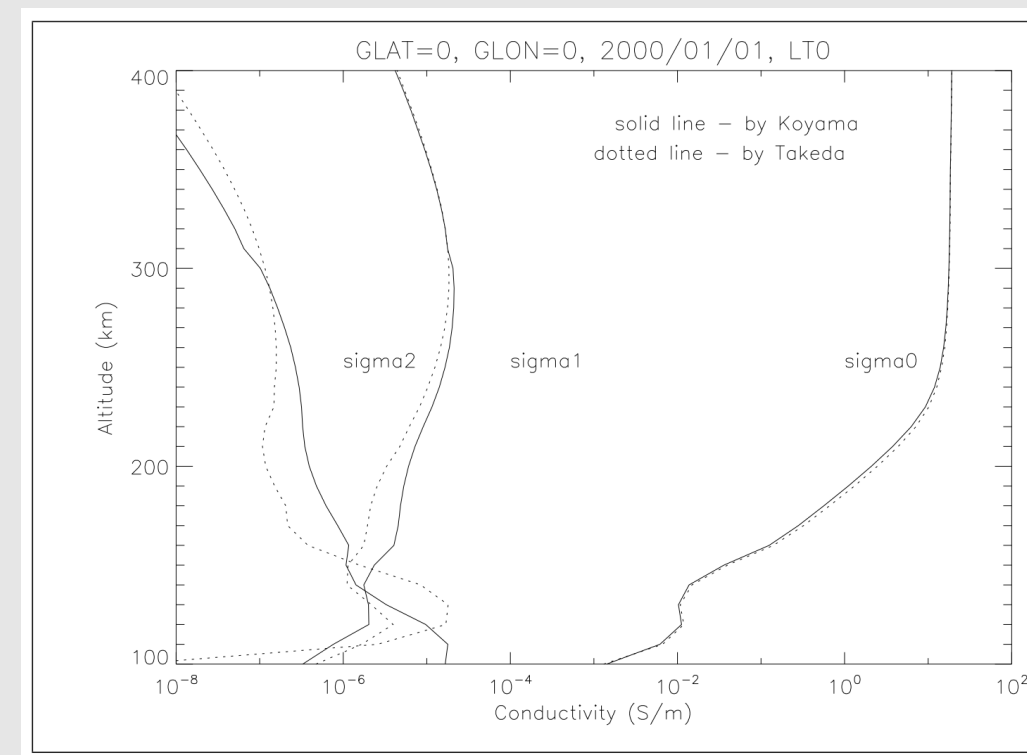


図 6.1: σ の比較 (2000-01-01, LT0)

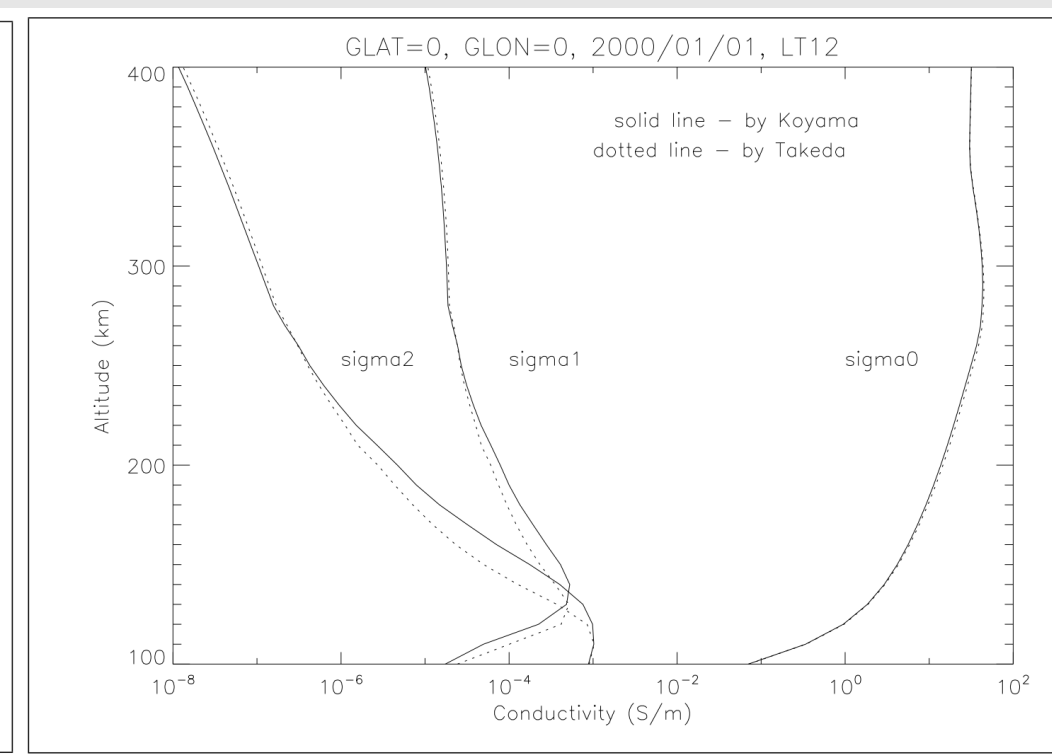


図 6.2: σ の比較 (2000-01-01, LT12)

[4]と比較し、
• σ_0 は一致、
• $\sigma_1, 2$ はズレがある、
→ 開発したプログラムの妥当性を示す衝突周波数の計算結果を以下に示す。

2次元伝導度計算ルーチンも作成済みであるが、結果は省略する。

開発したプログラムの妥当性検証

- 衝突周波数は[2]と一致、
- 磁場モデルは地球を楕円体として取り扱っていることを確認済み。

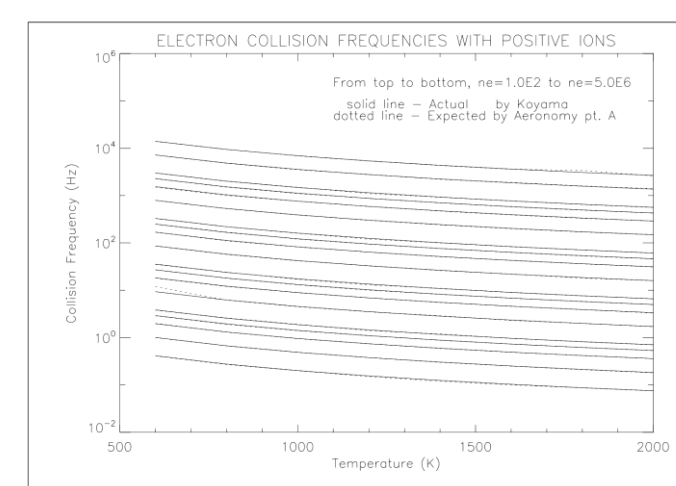


図 5.3: Electron Collision frequencies with positive ions

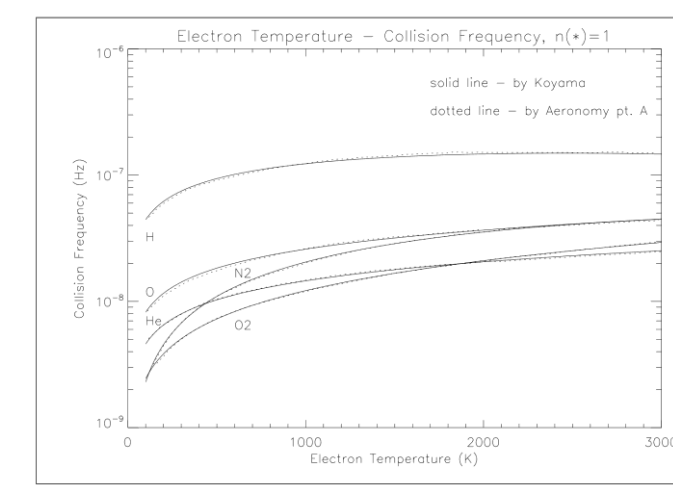


図 5.4: 図 6 Fig.2 との比較

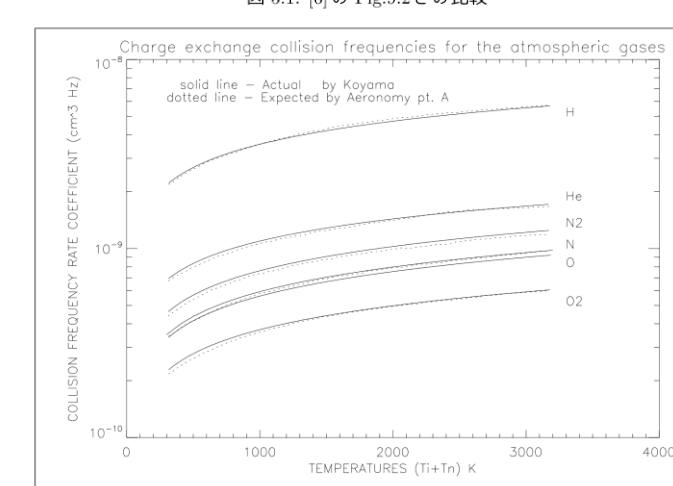


図 5.5: Charge exchange collision frequencies for the atmospheric gases

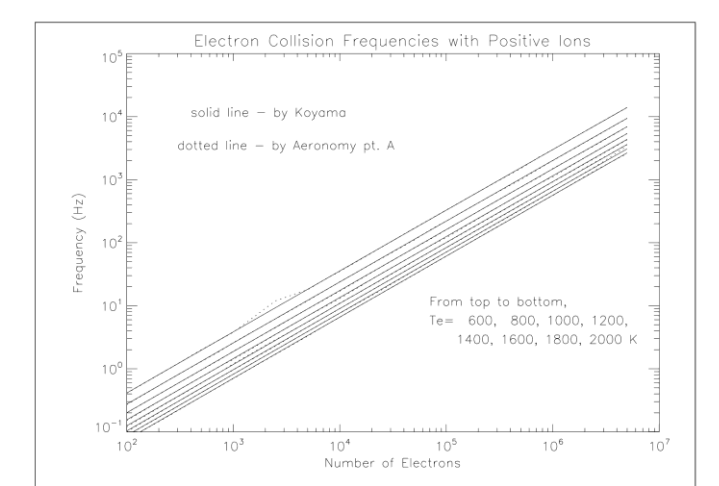
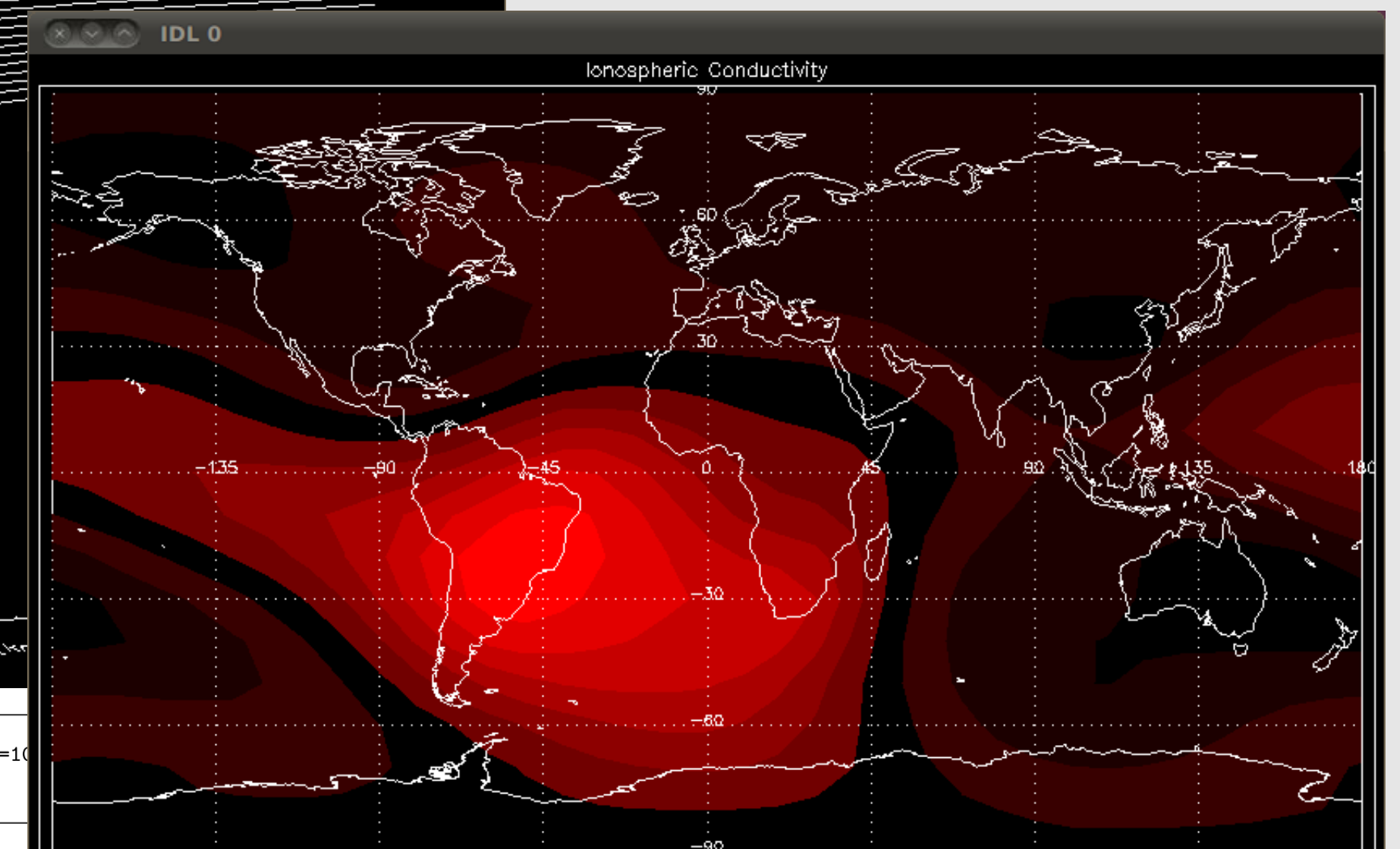
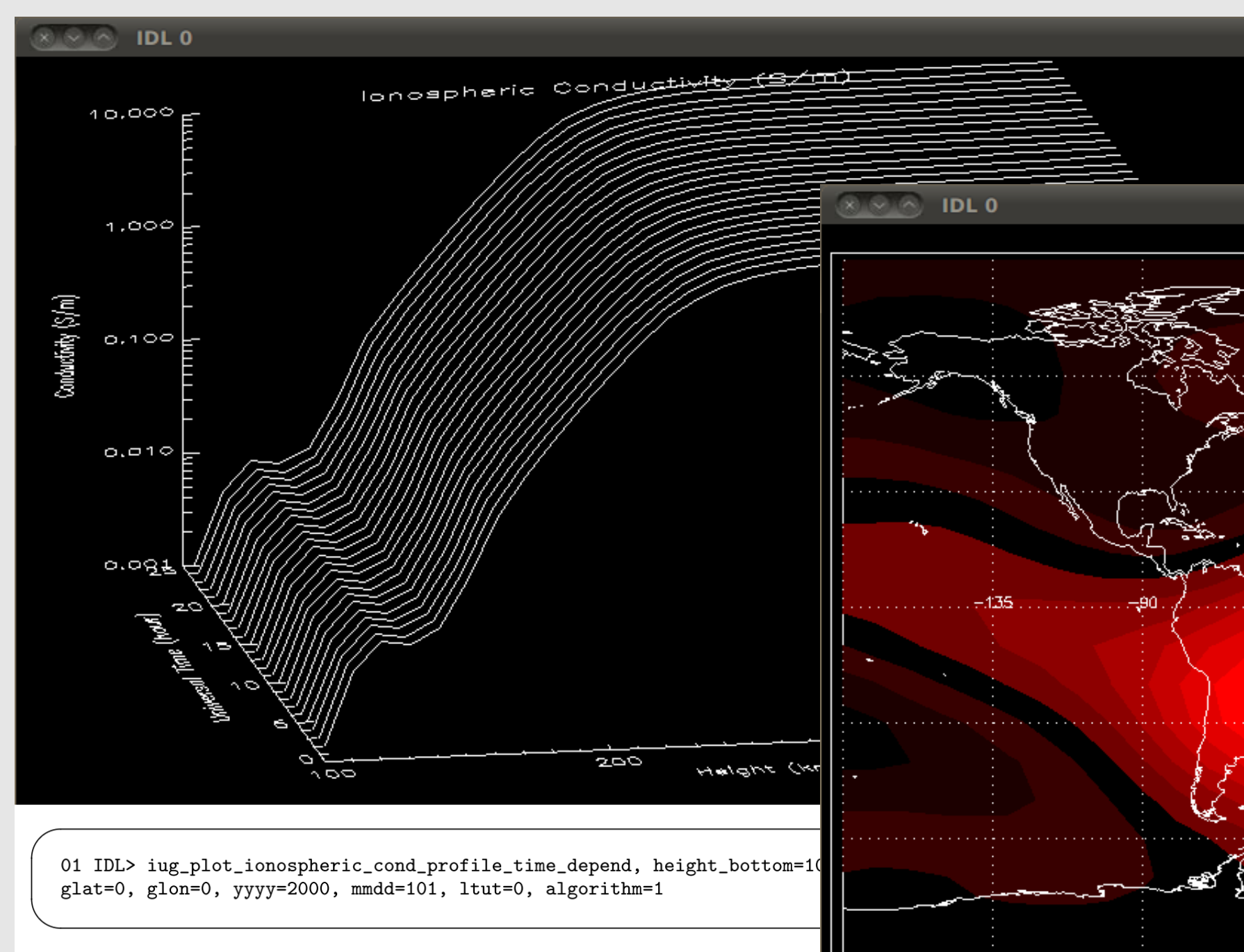


図 5.6: CHARGE EXCHANGE COLLISION FREQUENCIES, ν_e BETWEEN IONS AND NEUTRAL ATOMS OR MOLECULES

応用例



まとめ

- IUGONETデータ解析ソフトウェアを用いた、数値モデルの取り扱い例を示した。
- ドキュメント・インストーラーを整備後、UDAS+を公開予定、
- 別計算手法である[3]の計算結果との比較も結果の妥当性検証に重要。
- 計算結果を素早く表示する為に、計算結果のDB化が必要。
- ファイルI/O以外の、より少しスマートなモデル結合を検討する必要。

参考文献

- [1] Maeda, K., Conductivity and drift in the ionosphere, J. Atmos. Terr. Phys., Vol.39, 1041-1053, 1977.
- [2] Banks, P. M., G. Kocharts, Aeronomy pt. A. { Academic Press, 1973
- [3] Haris Volland, Handbook of ATMOSPHERIC ELECTRODYNAMICS, Volume II, CRC Press, 1995.
- [4] 京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター・ウェブ <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/wdc/Sec3-j.html>