

# 雷放電から観える 下層・中層・超高層大気変動

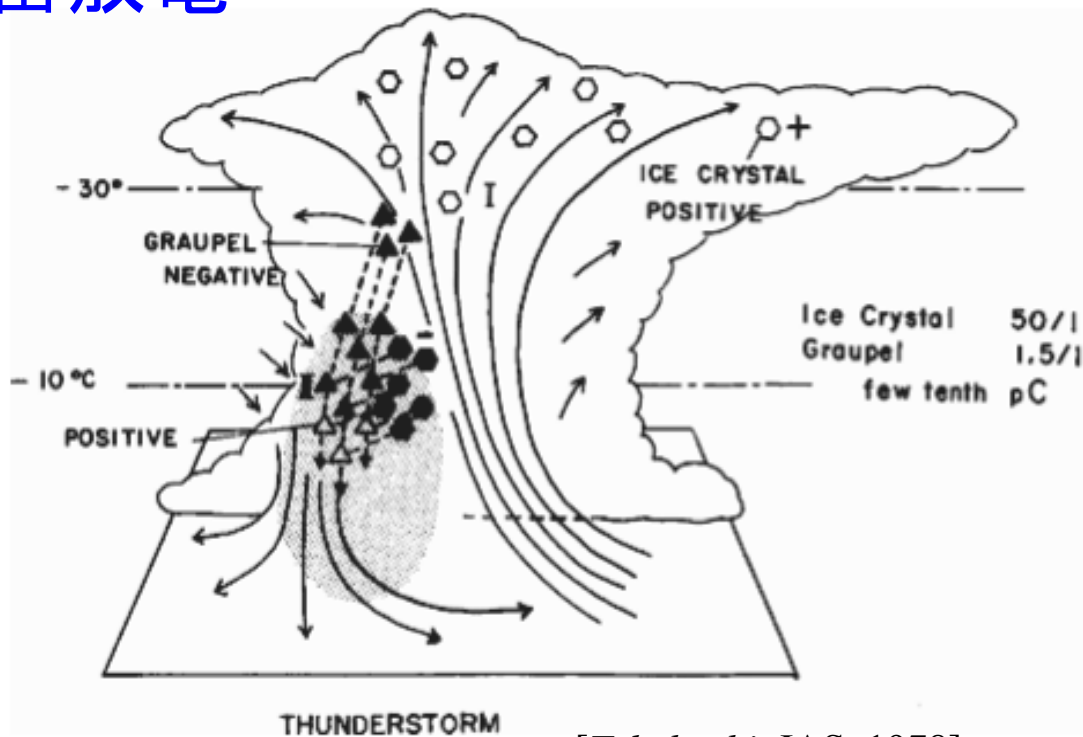
ELF/VLF波動観測データのIUGONETでの公開に向けて

佐藤 光輝, 高橋幸弘

北海道大学 大学院理学研究院

# 雷放電と地球大気

## 雷放電



[Takahashi, JAS, 1978]



電荷分離：あられと氷晶の衝突

雷放電  
雷活動

超高層大気 (逃走電子, 地球ガンマ線, LEP, 放射線帯)

中・高層大気 (TLEs, 電子密度擾乱, wave4, プラズマバブル)

下層大気 (極端気象, 水蒸気量, 温度アノマリ)

# 雷放電で検知する下層大気変動

温室効果

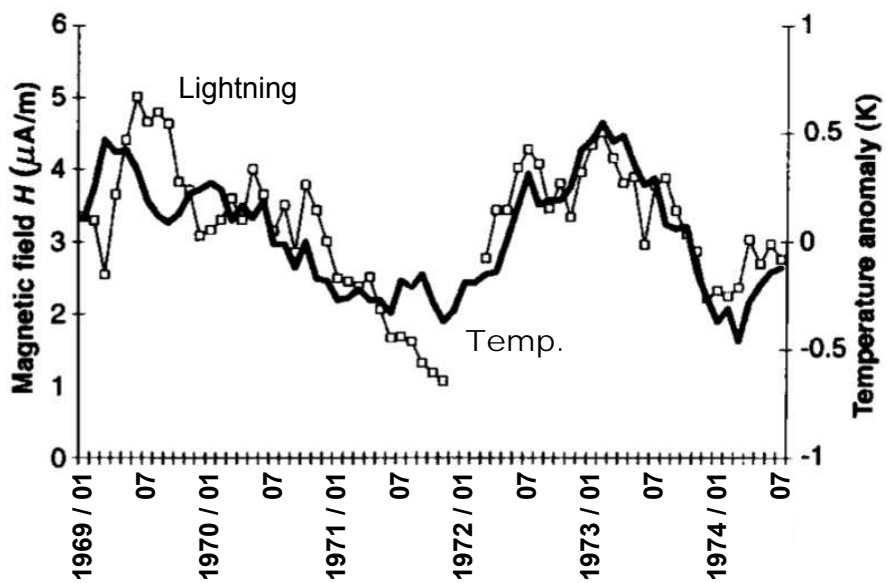
鉛直対流

(台風, 水蒸気量, 温度異常)

指標

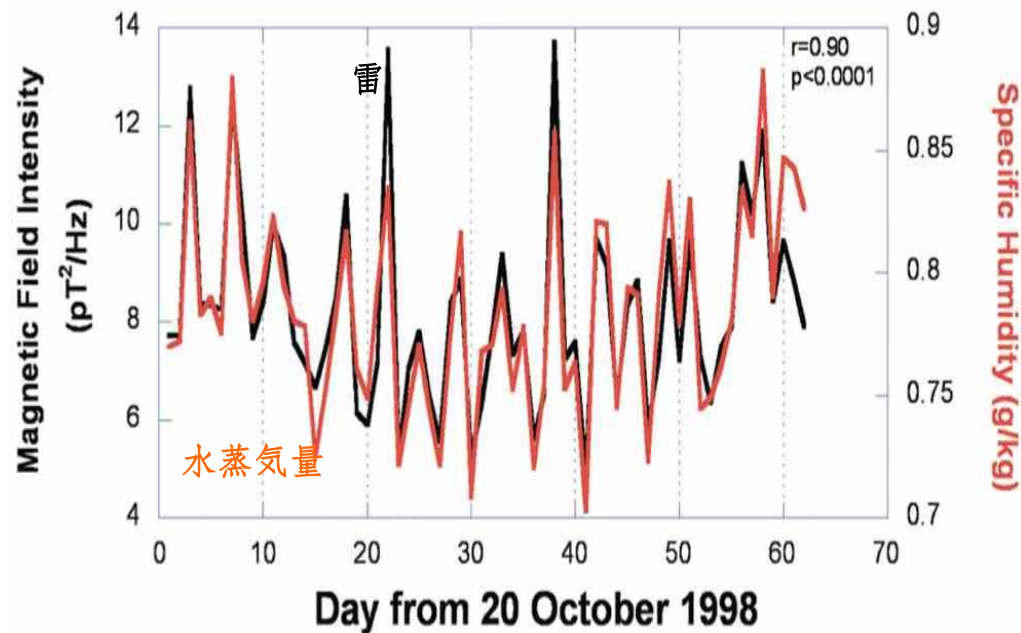
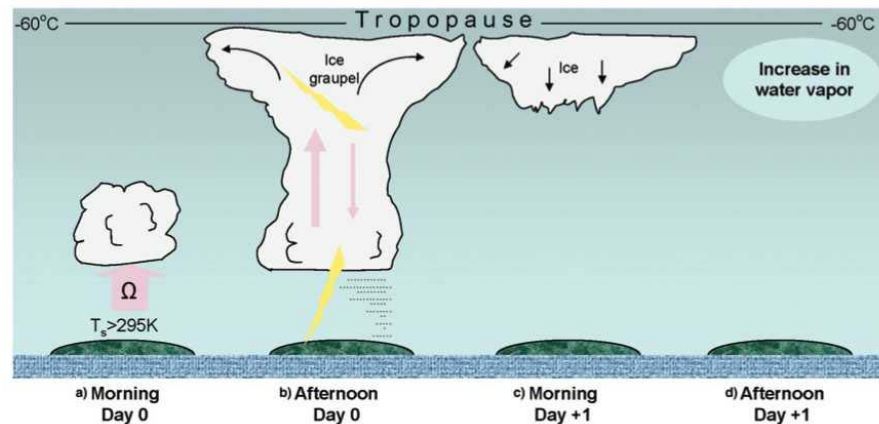
雷

## 雷電波強度 - 温度アノマリ(平年値からの差)



[Williams, Science, 1992]

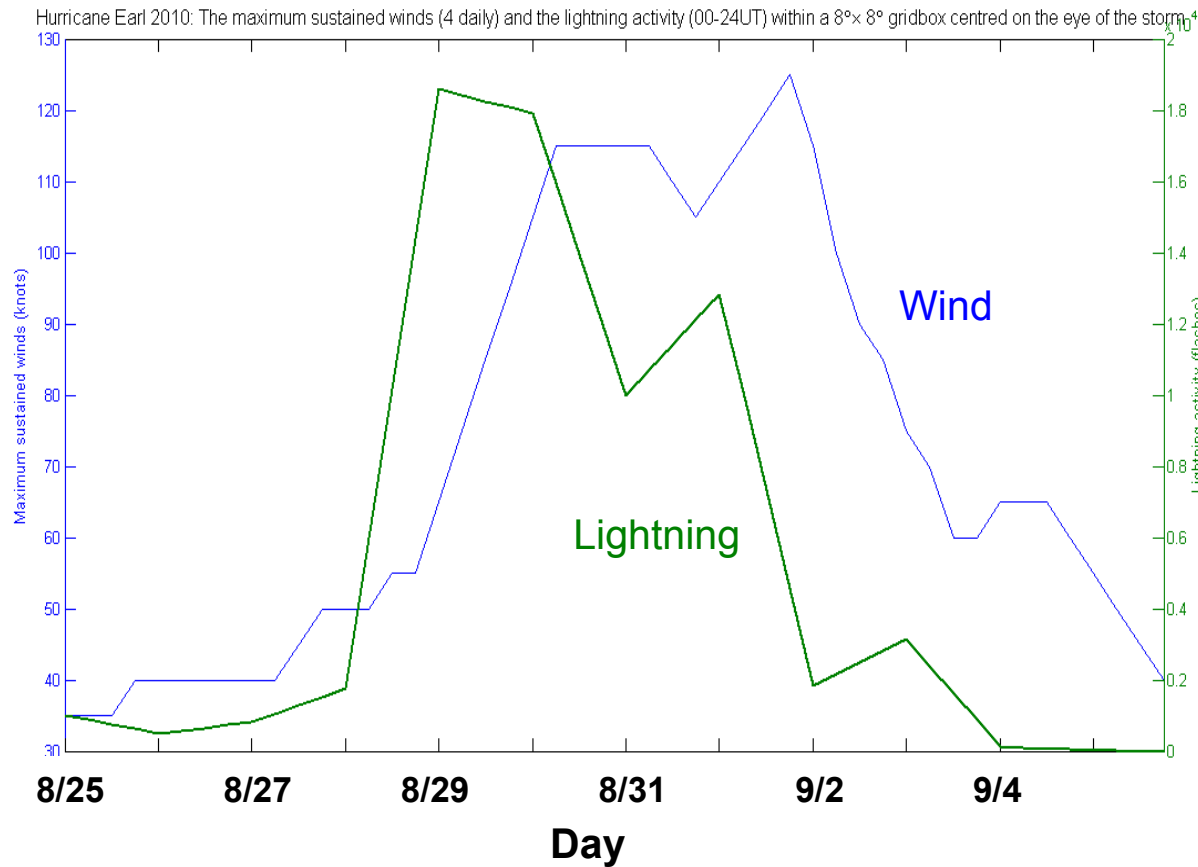
## 雷電波強度 - 水蒸気量@上部対流圏



[Price and Asfur, A. Meteorol. Soc., 2006]

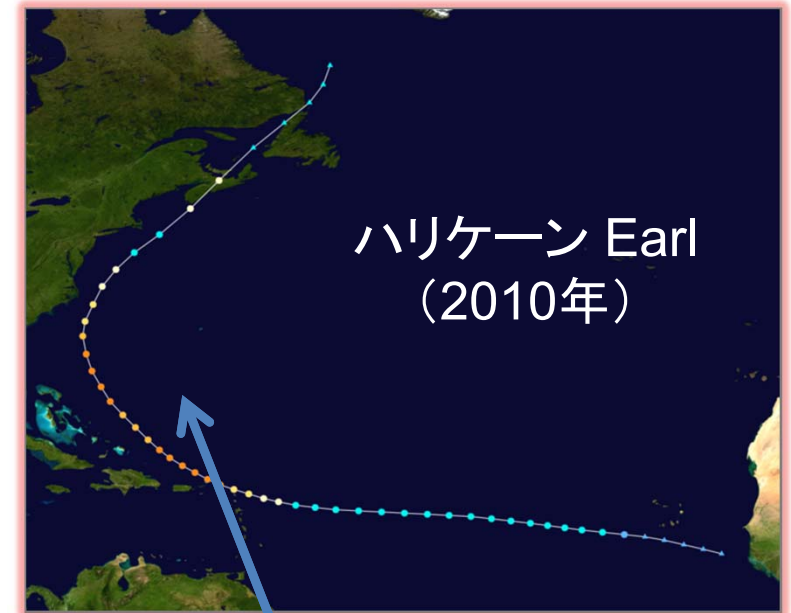
# 雷放電で検知する下層大気変動

台風・ハリケーンの規模発達の予測が、雷観測で可能になる

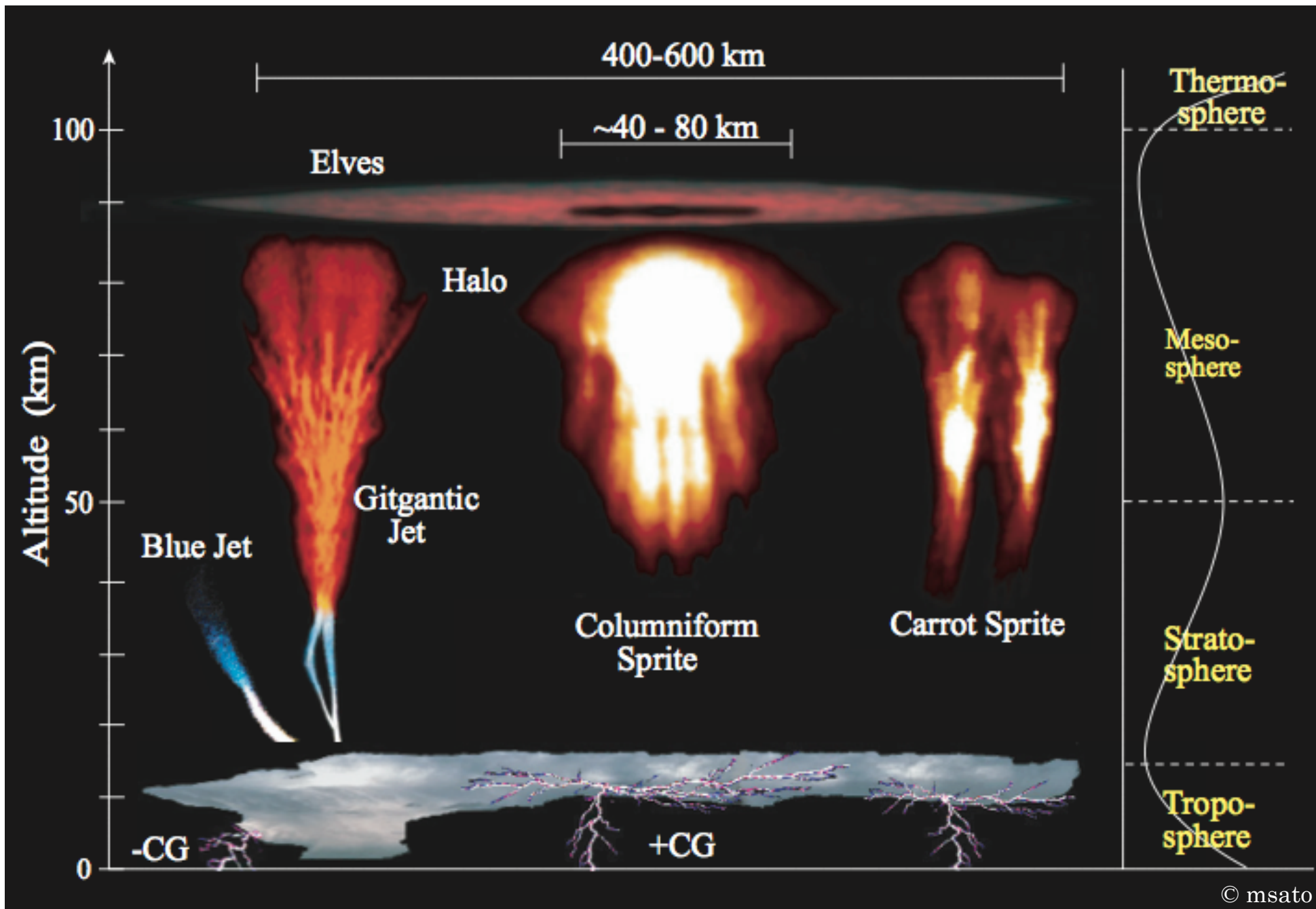


相関係数( $r$ ) = 0.93  
ラグタイム = 30 hr

[Price et al., Nature Geoscience, 2009]



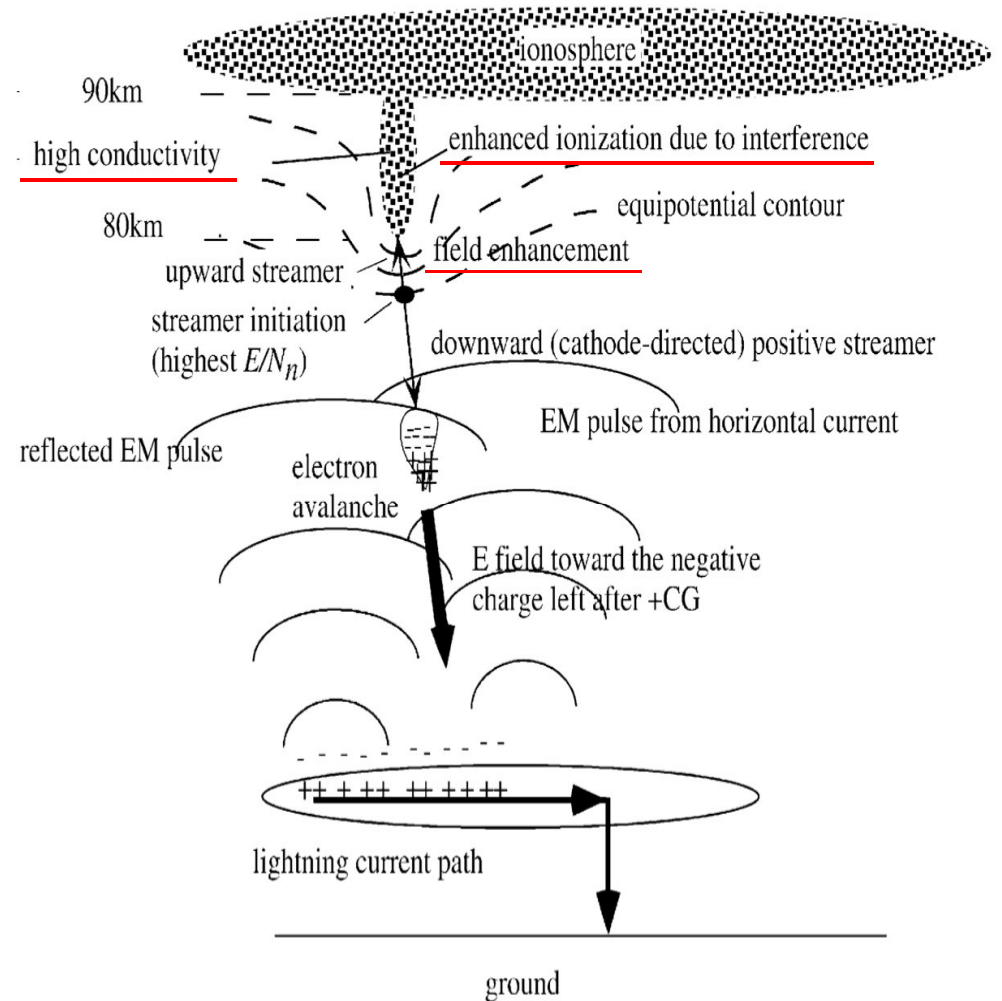
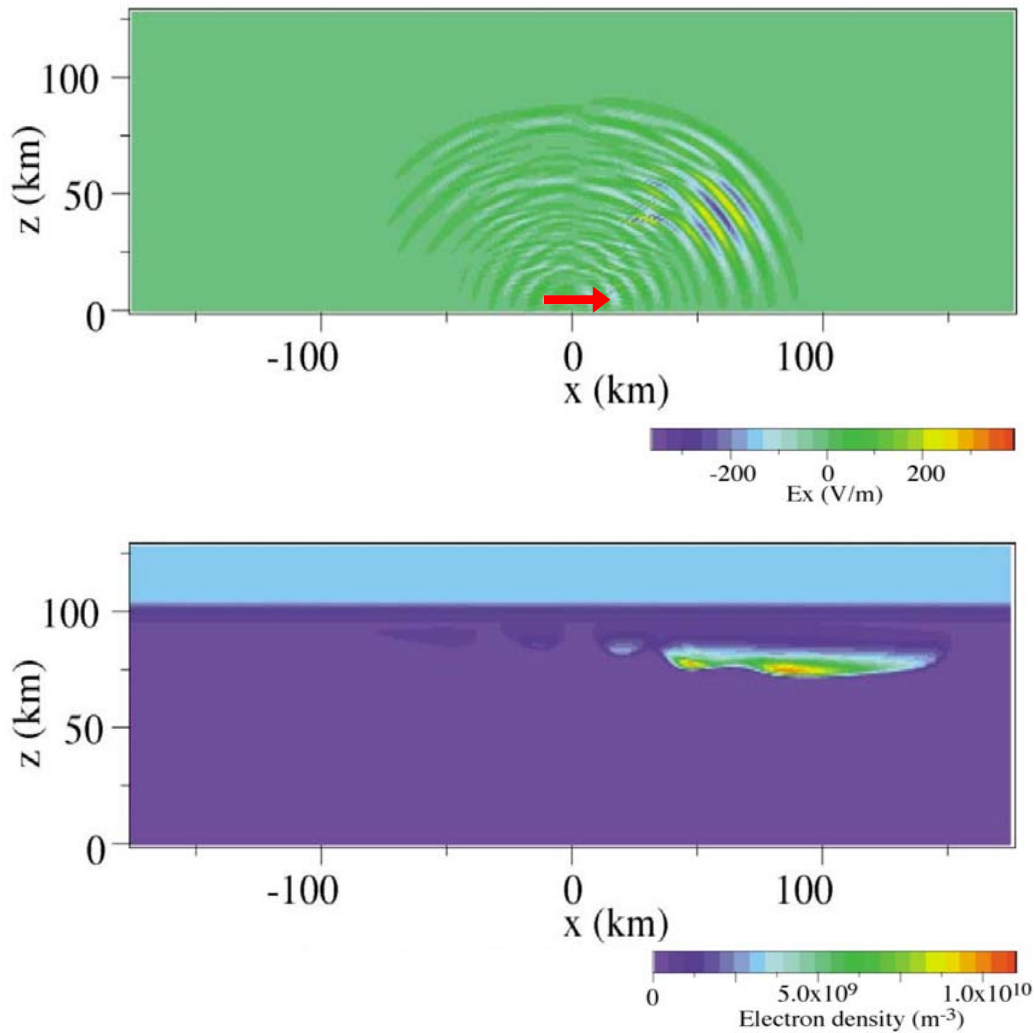
# 雷放電が影響する中・高層大気変動





# 雷放電が影響する中・高層大気変動

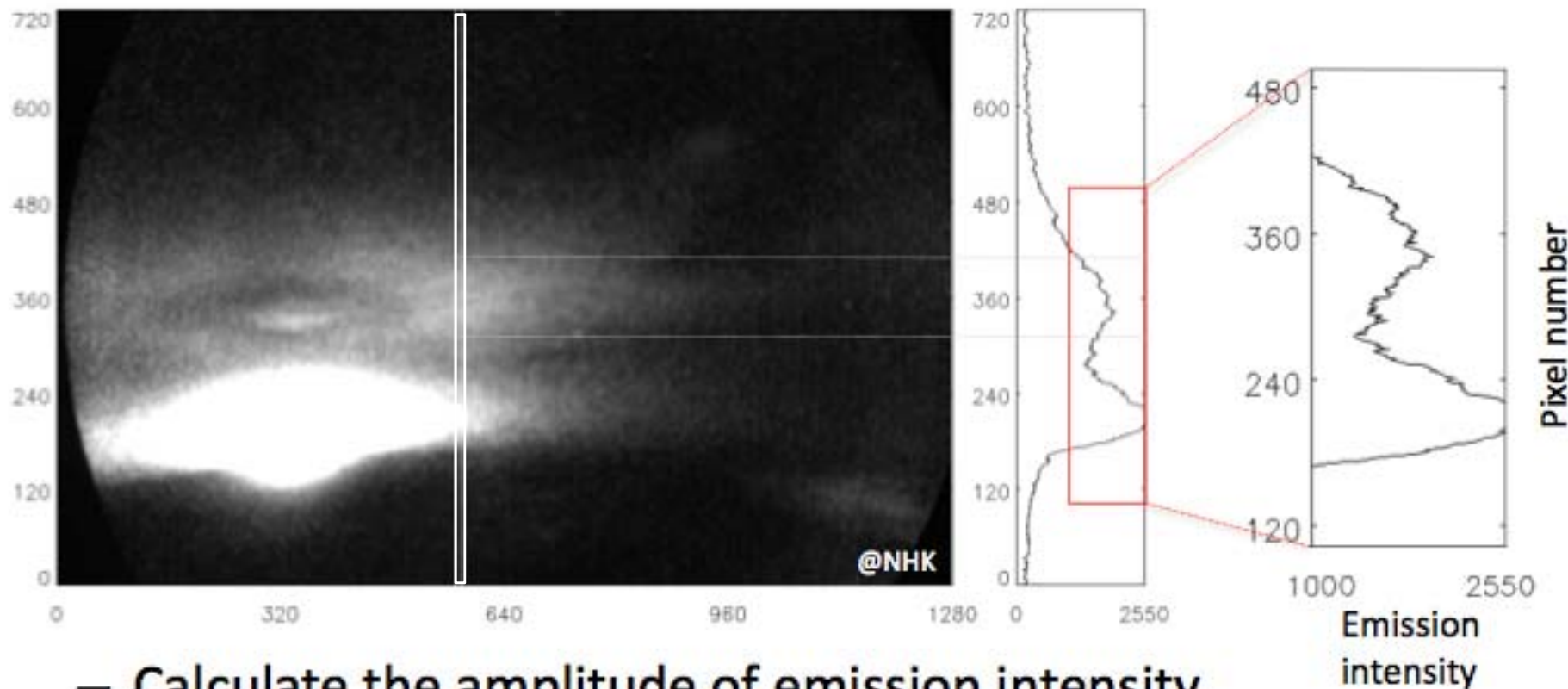
## 雷放電による電磁パルス(EMP) → 電子密度擾乱



電離圏D層の電子密度を桁で変える

[Cho and Rycroft, 2001]

エルブスの縞模様 ← 背景電子密度のムラか？



– Calculate the amplitude of emission intensity  
in the streaky structure



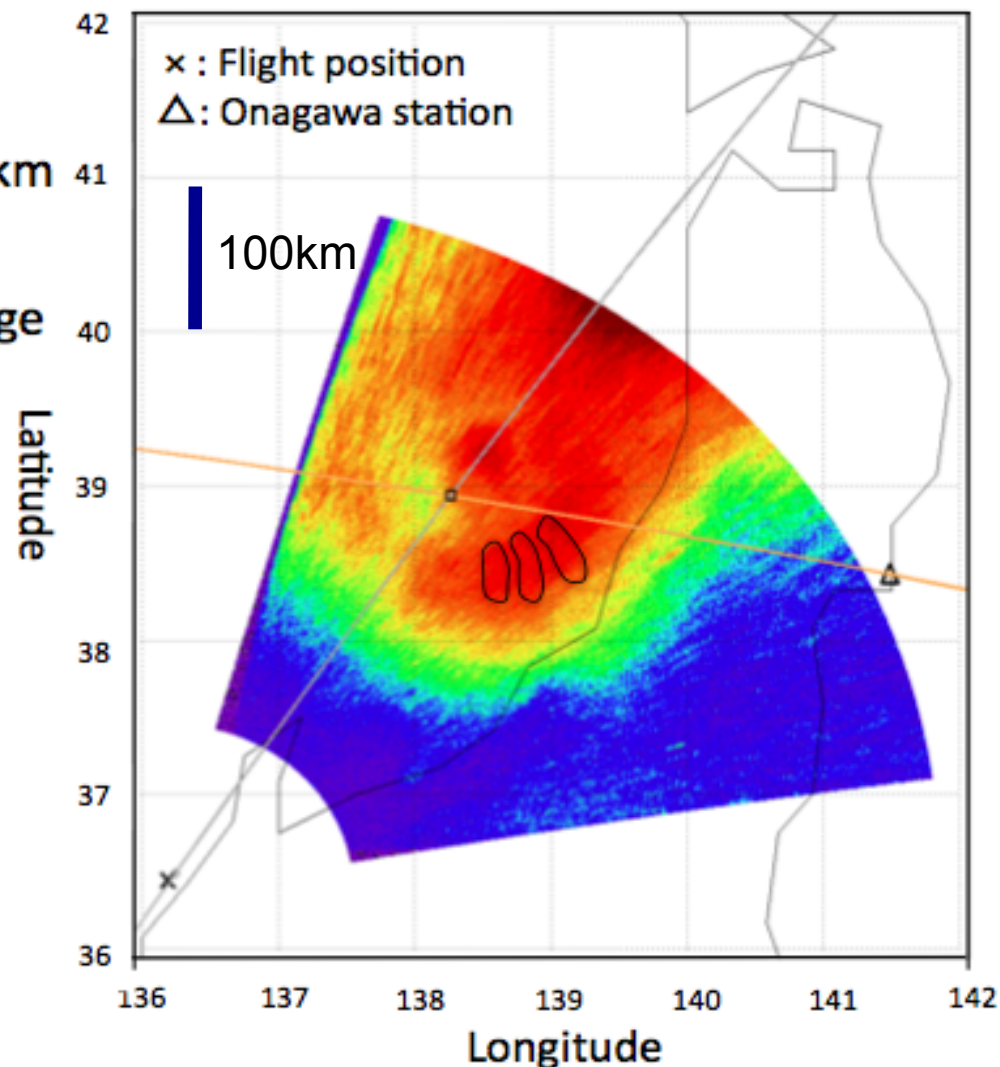
- Amplitude is  $\sim 10\%$ .

What dose cause this structure? Gravity waves?

# 雷放電が影響する中・高層大気変動

高度90 kmへのマッピング → 縞構造が存在

- Streaky structure
  - Horizontal scale :  $\sim 60 \times 20$  km
  - Direction : Southeast from lightning discharge
- Inner emission
  - does not locate the exact center of the elves ( $\sim 30$  km northeast).



エルブスが電子密度空間分布のプローブになる(サーチライト)



# 雷放電が影響する中・高層大気変動

## 地球大気への化学的影響

- スプライト発生の直後,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{HO}_x$ の密度が大きく変化
- 全球的な影響の定量評価が必要,  $\text{O}_3$ 化学への影響

➤ ISS/SMILES @JAXA, EOS/MLS @NASA

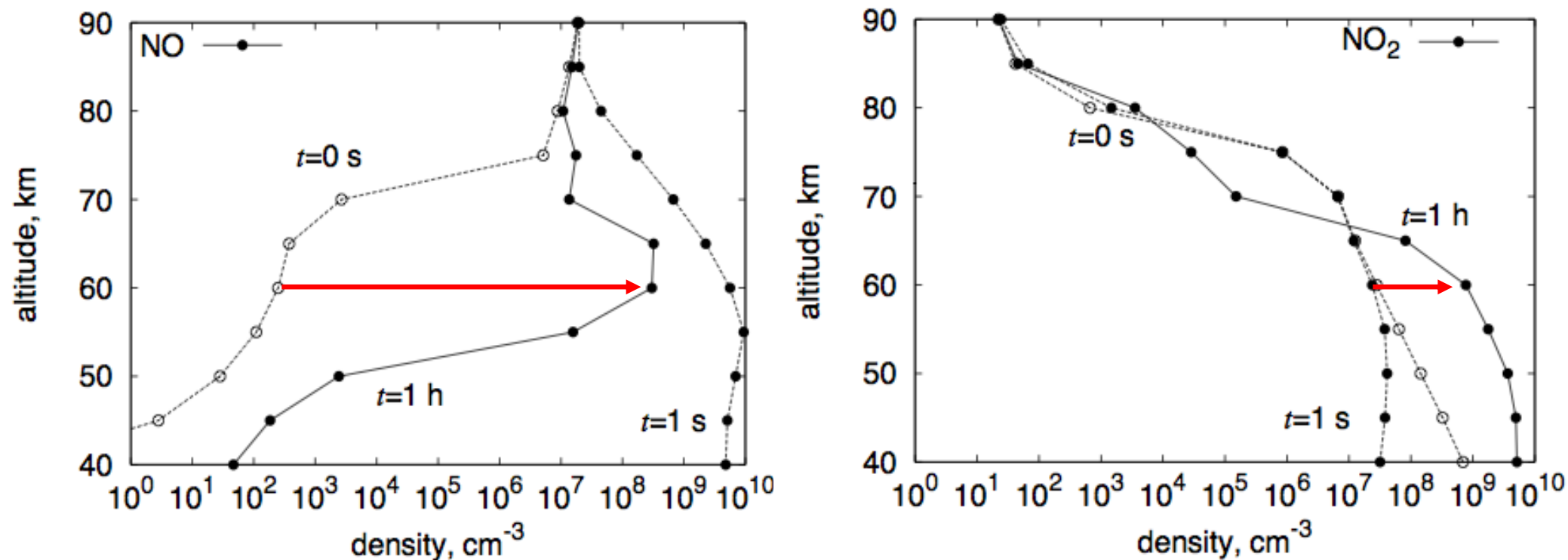
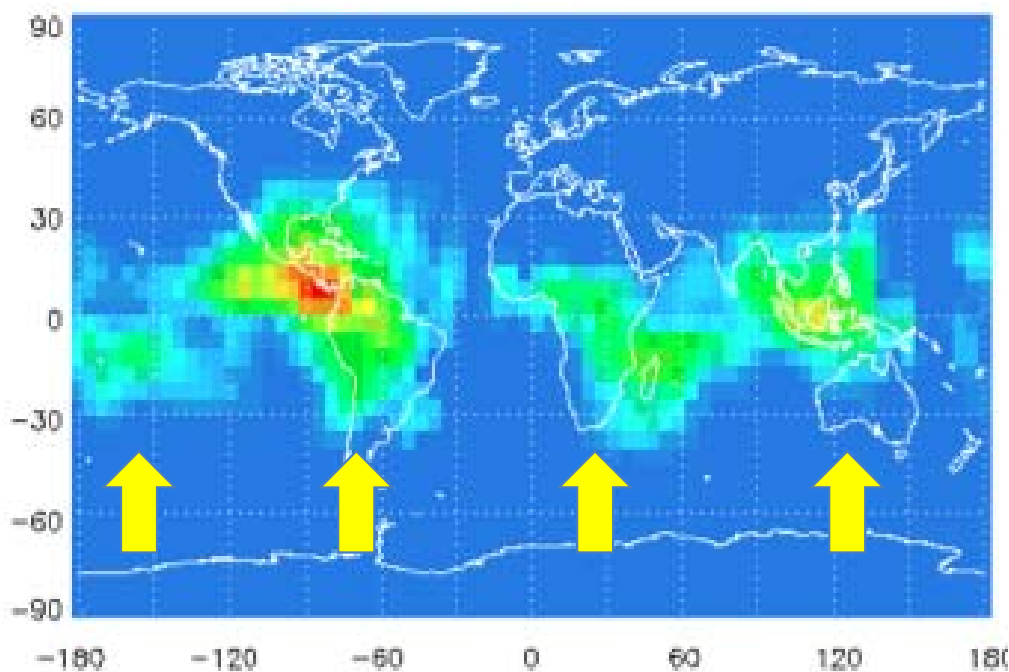


Fig. Density changes of NO and NO<sub>2</sub> after sprite occurrence. [Hiraki *et al.*, Atmos. Chem. Phys. Discuss., 2008]

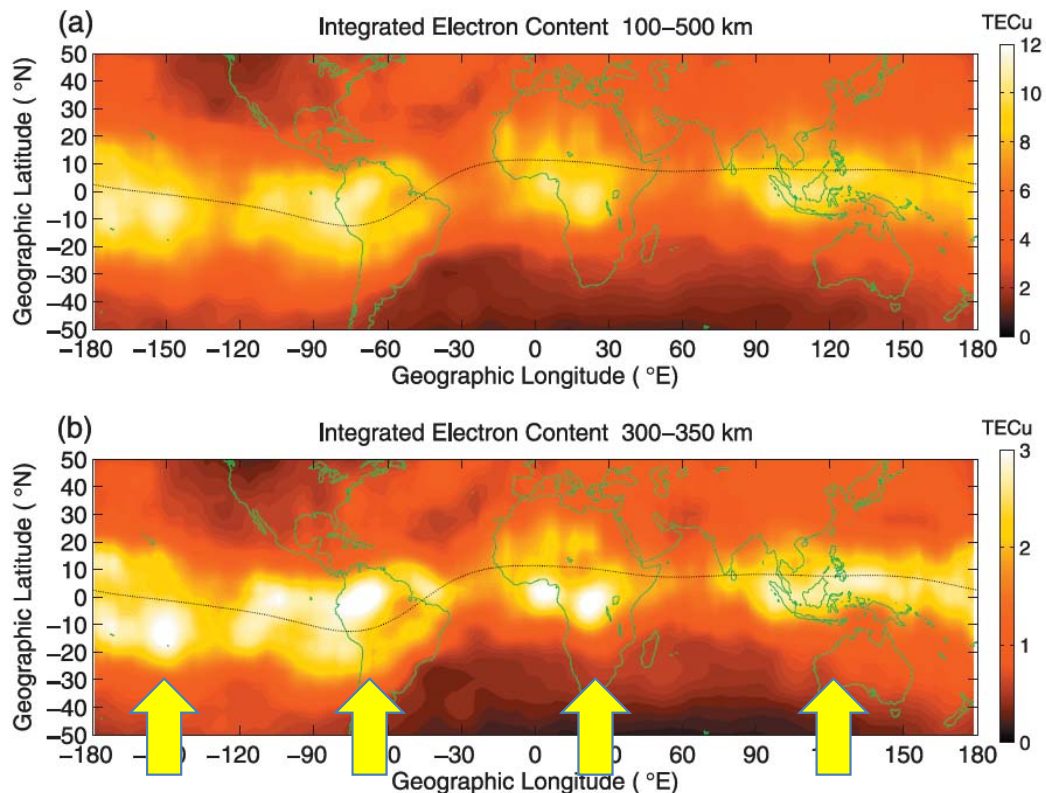
## wave-4 structureとの類似

### 全球的な雷活動分布と電子密度分布



全球雷分布

(from ELF波動観測データ)



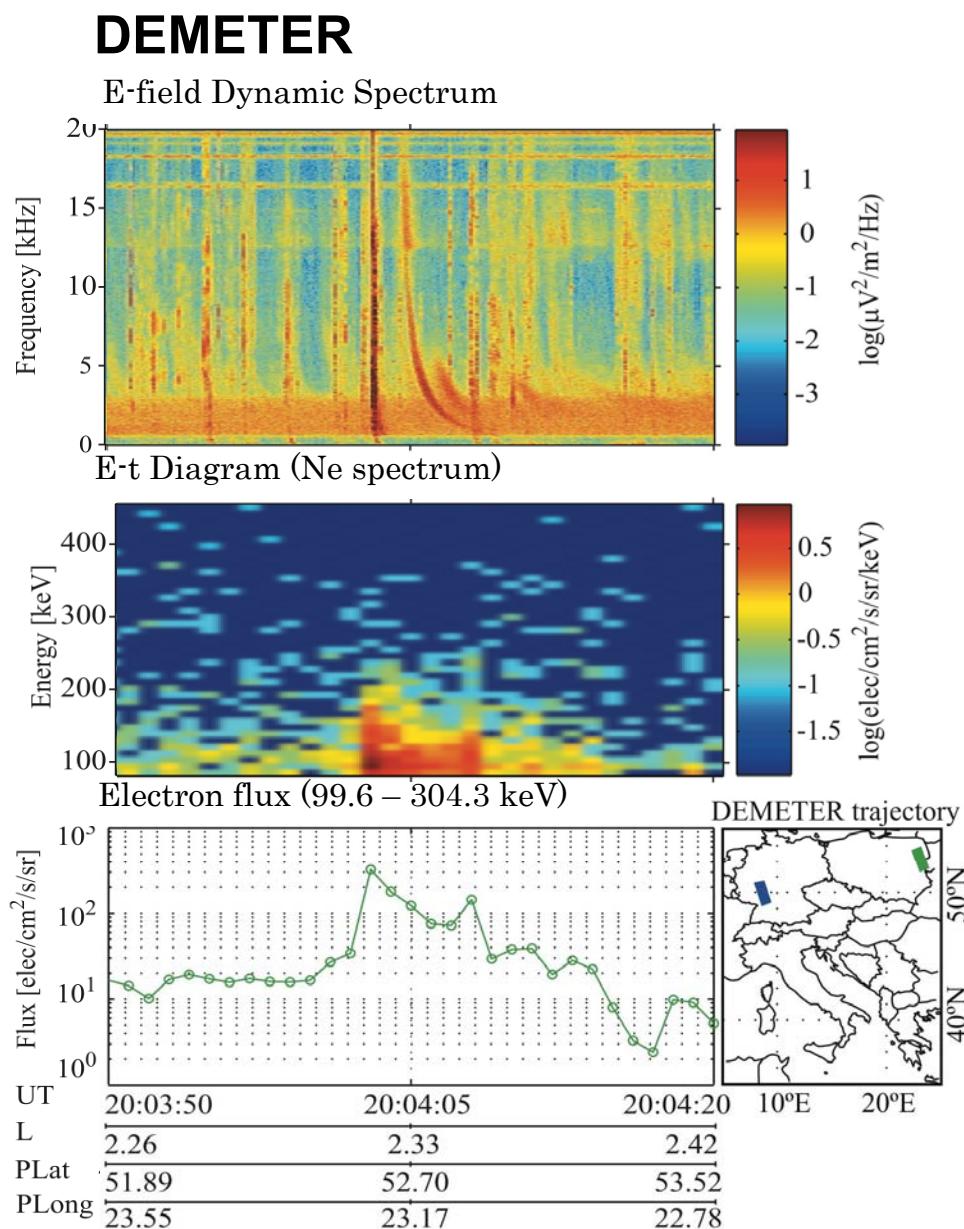
(a) 100-500 kmの電子密度分布  
(b) 300-350 kmの電子密度分布

(from FORMOSAT-3/Cosmic)

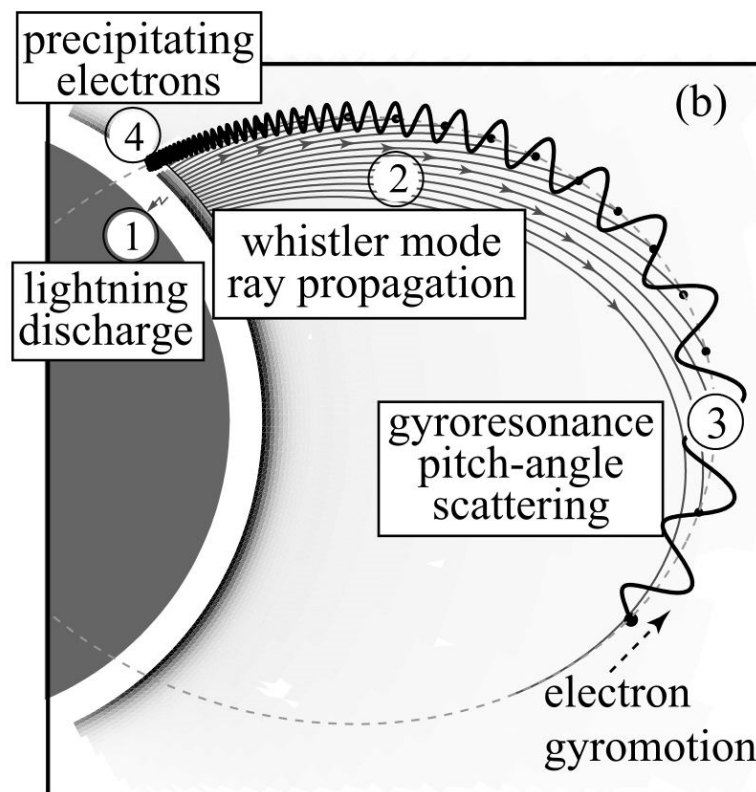
[Lin et al., 2007]

# 雷放電が影響する超高層大気変動

## Lightning-induced Electron Precipitation (LEP)



[Inan et al., 2007]



[Peter et al., 2007]

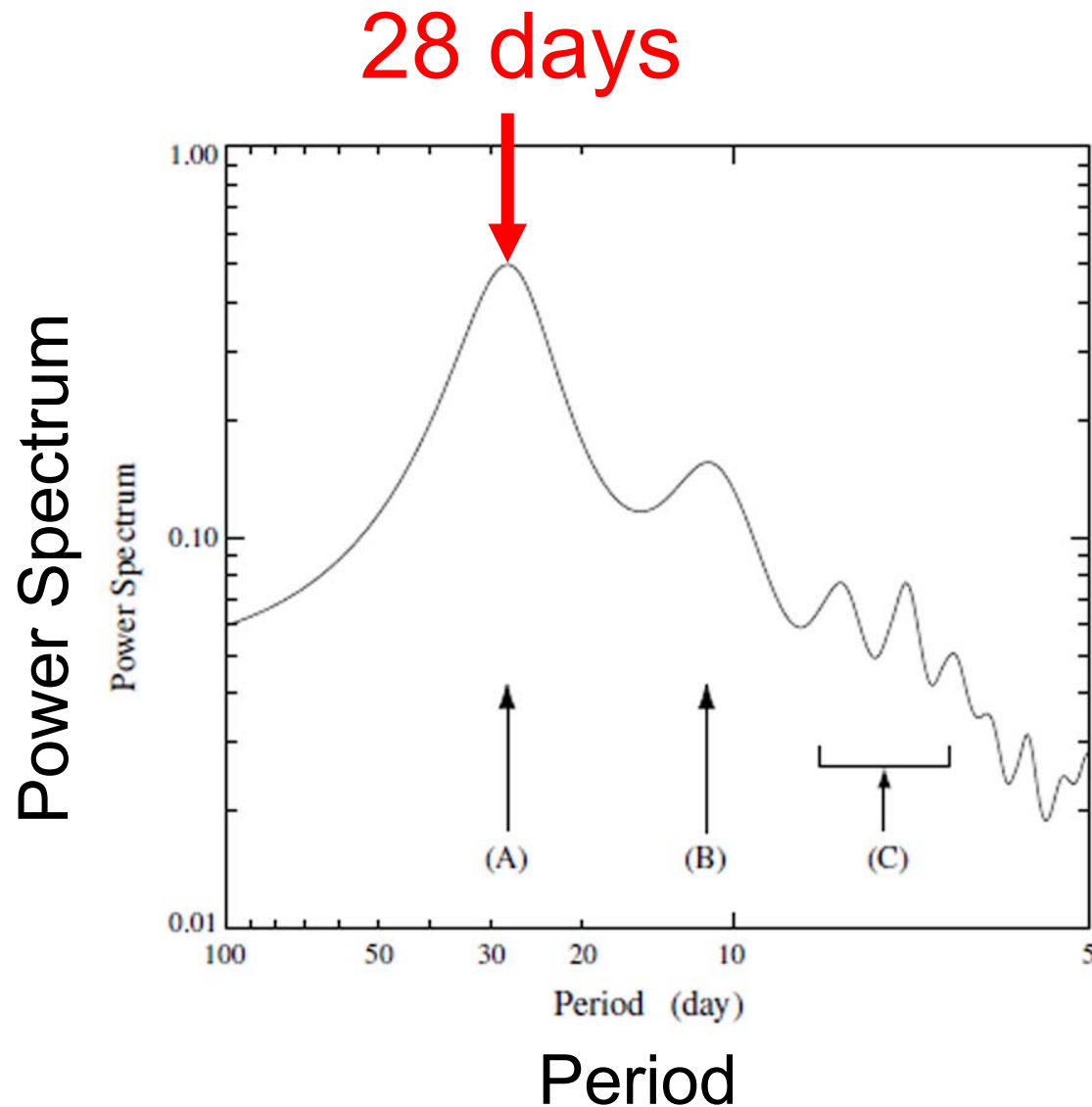
雷放電 → whistler



放射線対粒子の消失過程

➤ ERG ミッション

## 太陽極大期にシューマン共鳴強度が28日変動



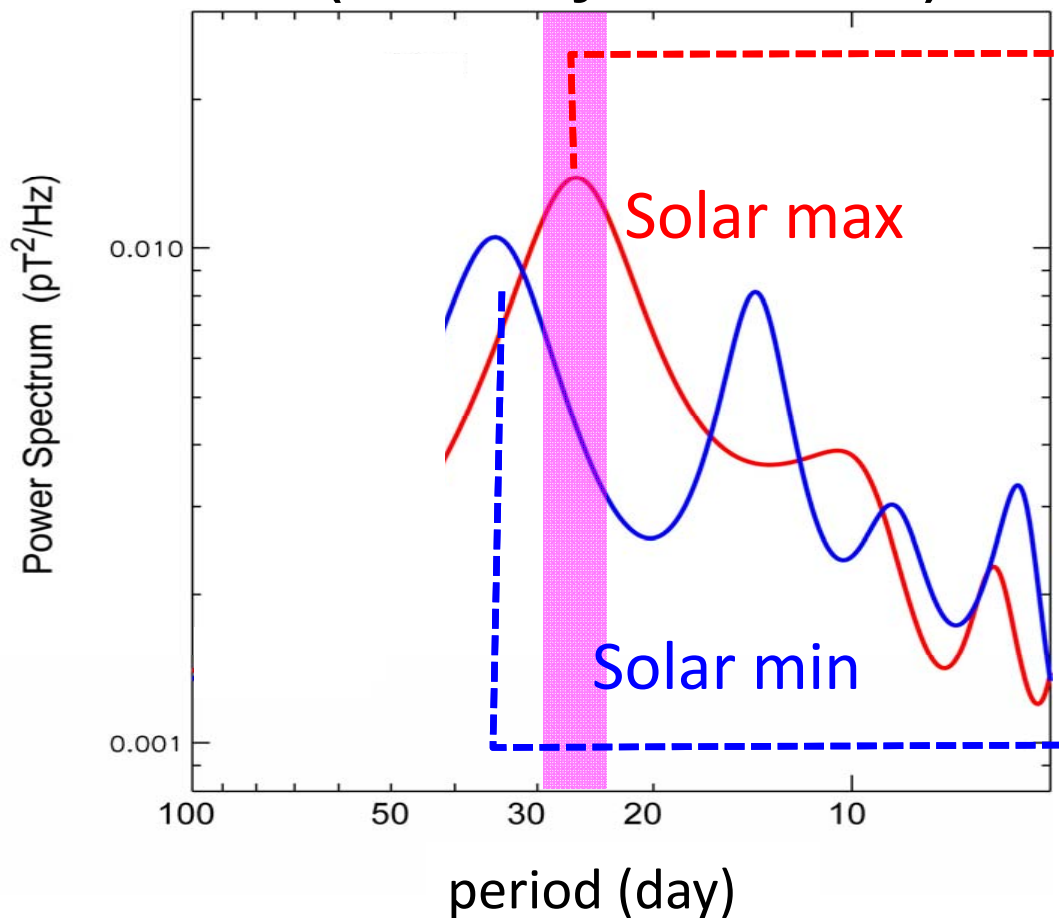
[Sato, et al., GRL, 2005]



# 雷活動と太陽地球結合

全球雷活動度の周期性

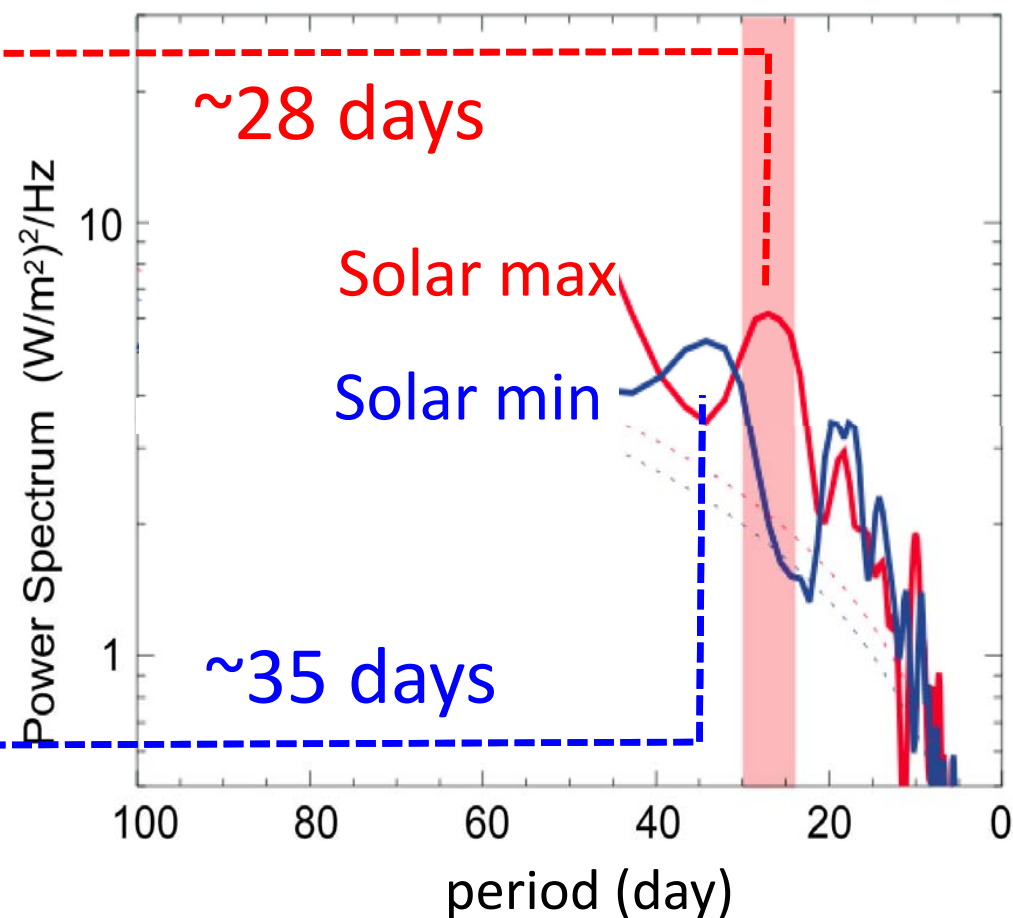
(from 11-yrs ELF data)



by M. Sato

熱帯域雲量変化の周期性

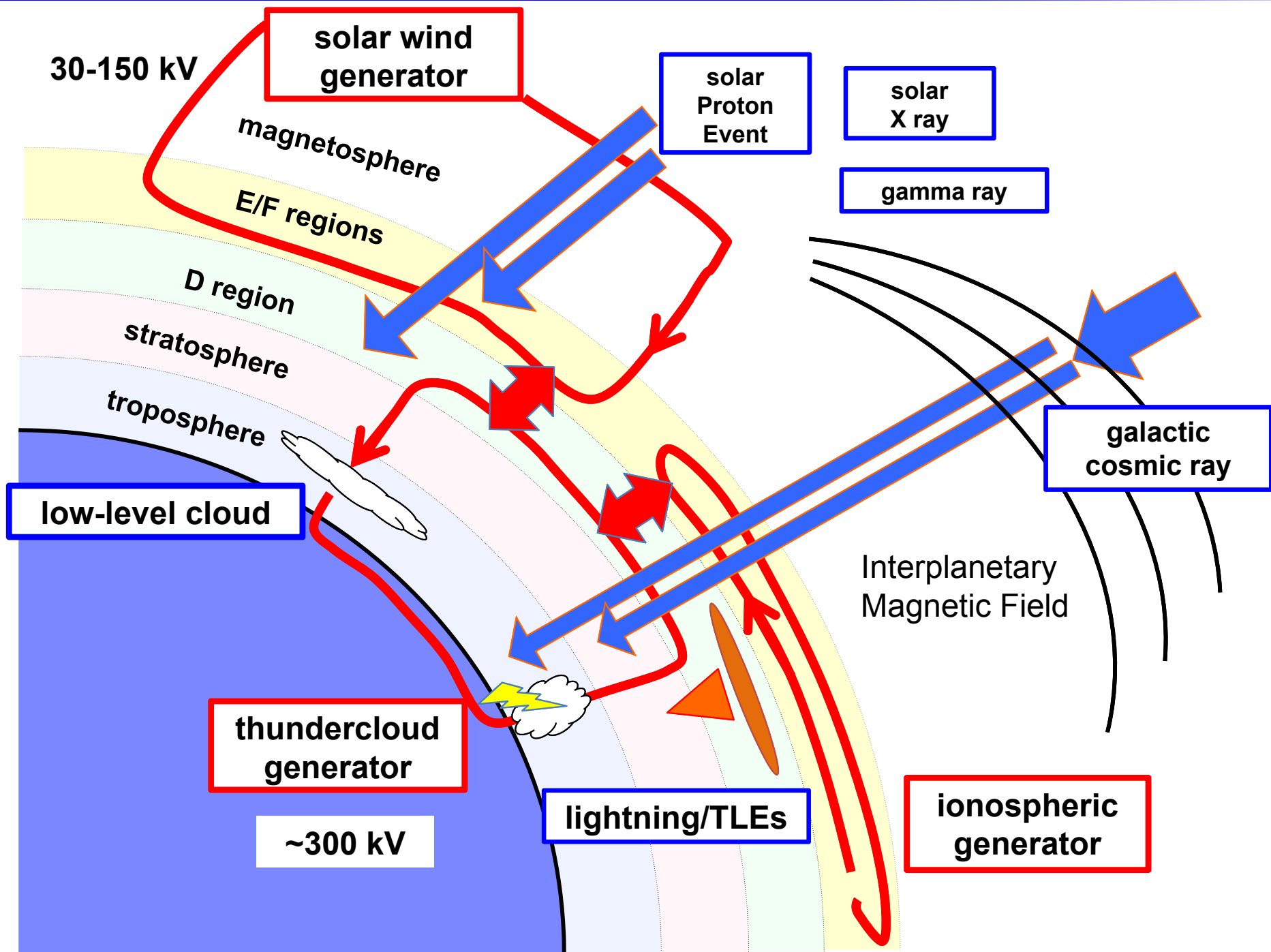
(from 25-yrs OLR data)



by Takahashi et al.

太陽活動と雷活動・雲量はリンクしているのか？ (VarSITI)

# 雷活動とグローバルサーキット



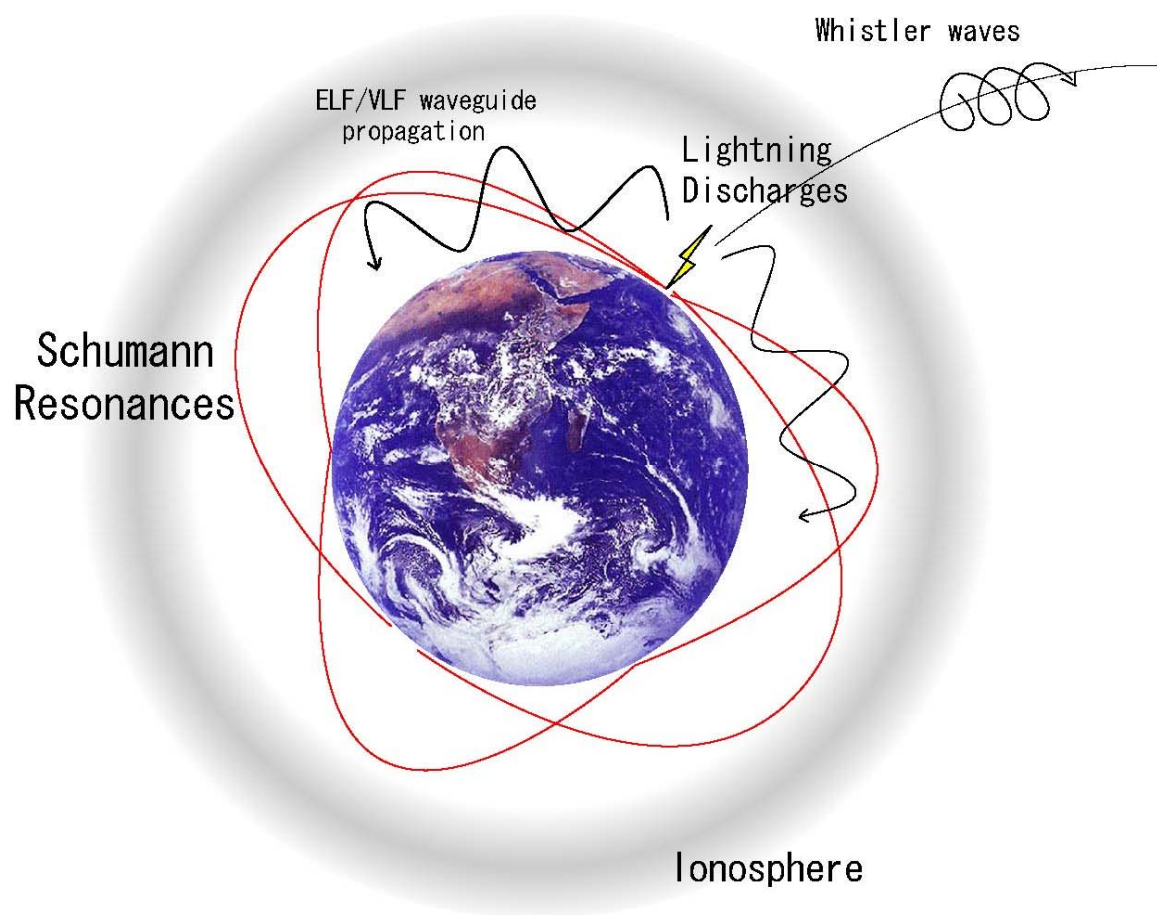
# 雷放電データの果たす役割

- ✓ 下層大気においては、雷放電による大気変動現象のnow castと長期雷活動変動・長期大気変動と太陽活動変動との関係を調べるうえで有効
  - 気象グループ(?)
  - 災害予測・データ同化研究グループ
  - VarSITIコミュニティ
  
- ✓ 中層～超高層大気においては、雷放電が電離圏・磁気圏に与える影響を調べる上で有効
  - MTIコミュニティ
  - ERGチーム
  - 大気化学コミュニティ

雷放電は地球大気圏・電離圏・磁気圏すべてに影響を与える

# 雷放電から放射される電磁波動

## 雷放電から放射されるELF/VLF帯電磁波動



## ELF波動

- 周波数帯 = **1-100 Hz**
- 水平**2**成分磁界観測
- 連続波形記録 ( $f_s=400$  Hz)

## VLF波動

- 周波数帯 = **1-50 kHz**
- 水平**2**成分磁界 + 鉛直**1**成分電界計測
- 連続波形記録 ( $f_s=100$  kHz)



# ELF波動観測網



Table 1 Summary of the ELF observation system, GEON.

Station Name	(ID)	(Lon., Lat.)	Operation Period
<b>Syowa</b>	( SYO )	( 39.5°E, 69.0°S )	Feb., 2000 –
<b>Onagawa</b>	( ONG )	( 141.5°E, 38.4°N )	June, 2001 –
<b>Kiruna</b>	( ESR )	( 21.1°E, 67.9°N )	Aug., 2003 –
<b>Santa Cruz</b>	( SCZ )	( 21.1°E, 67.9°N )	Mar., 2006 –
<b>Kuju</b>	( KUJ )	( 131.2°E, 33.1°N )	Jun., 2013 –