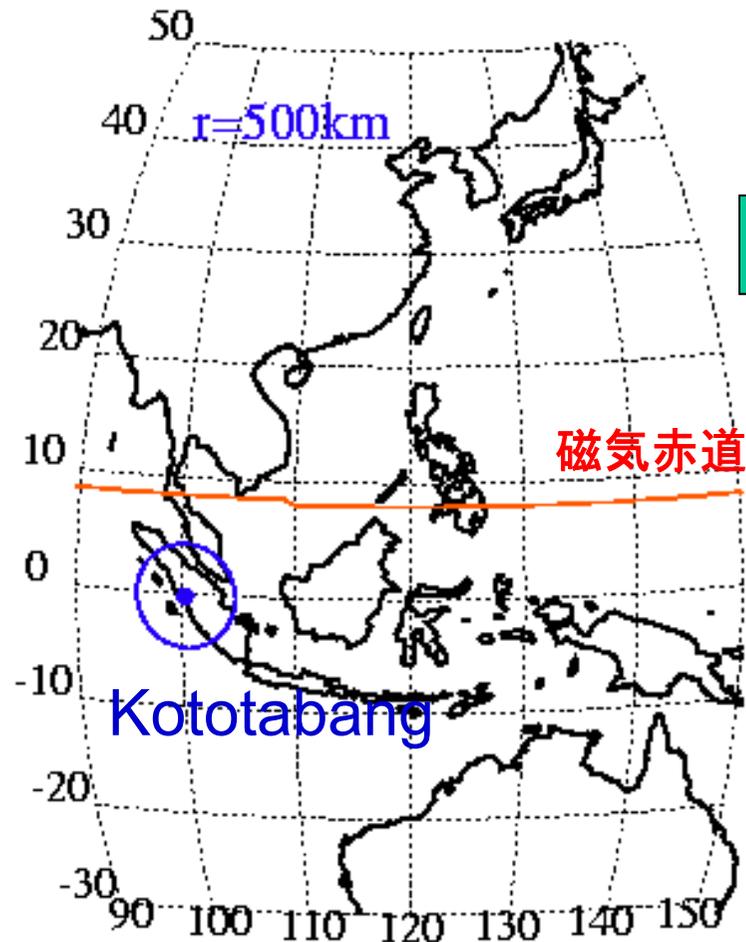


# インドネシアにおけるGPS電離圏 シンチレーションの連続観測

大塚 雄一、塩川 和夫(名大STE研)、  
小川 忠彦(NICT)、Effendy (LAPAN)



## 発表内容

- シンチレーション発生の  
春・秋非対称性  
⇒ 中性大気との関係
- ドリフト速度、FPI観測による中性大気  
風速との比較

# GPSシンチレーション観測

1周波数GPS受信機  
20Hzサンプリング



Image © 2007 DigitalGlobe



Google

# シンチレーション

シンチレーションを起こす電子密度の疎密構造の空間スケール

$$D_F \cong \sqrt{\lambda z}$$

( $\lambda$ : 電波の波長  $z$ : 電離層高度)

GPSの場合は、 $D_F \sim 300\text{m}$

複数点でのシンチレーション観測

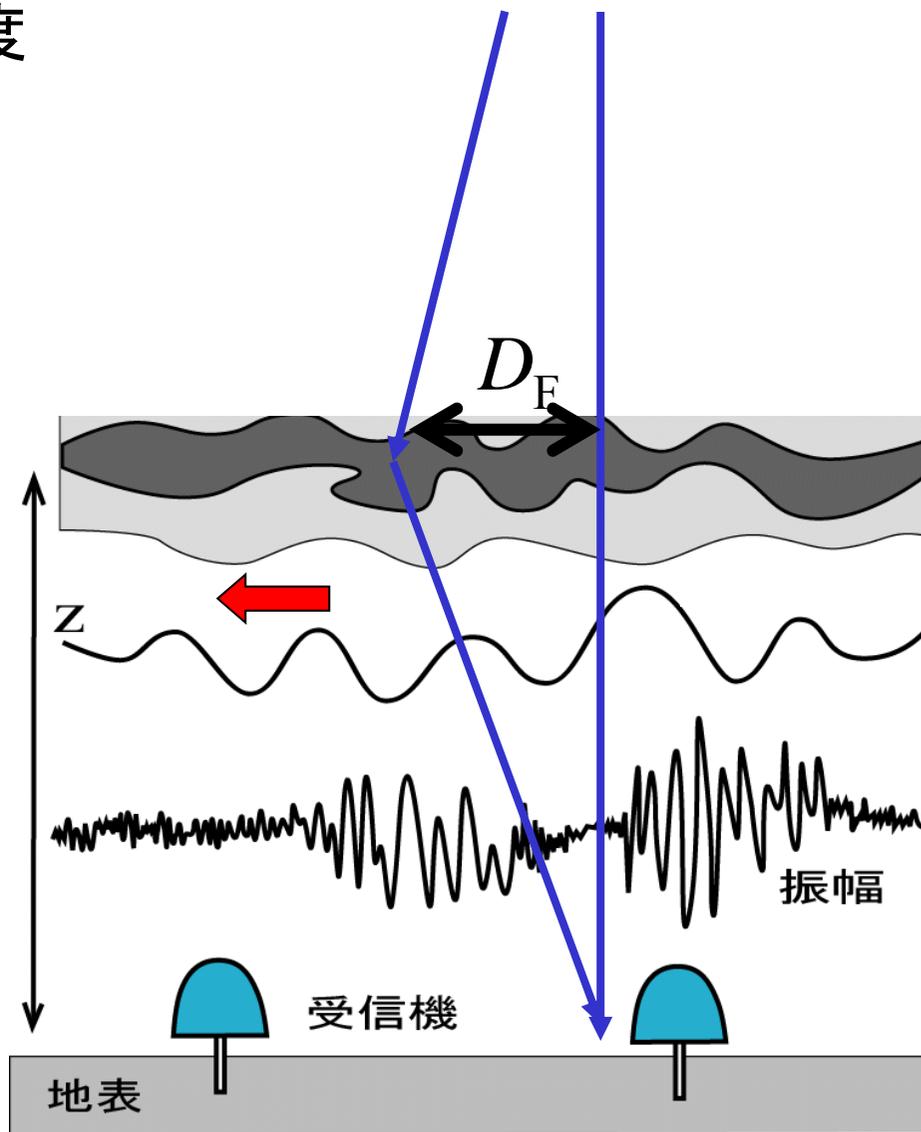
↓  
信号強度変動の時間差

↓  
疎密構造の移動速度を算出

(高度20200km)

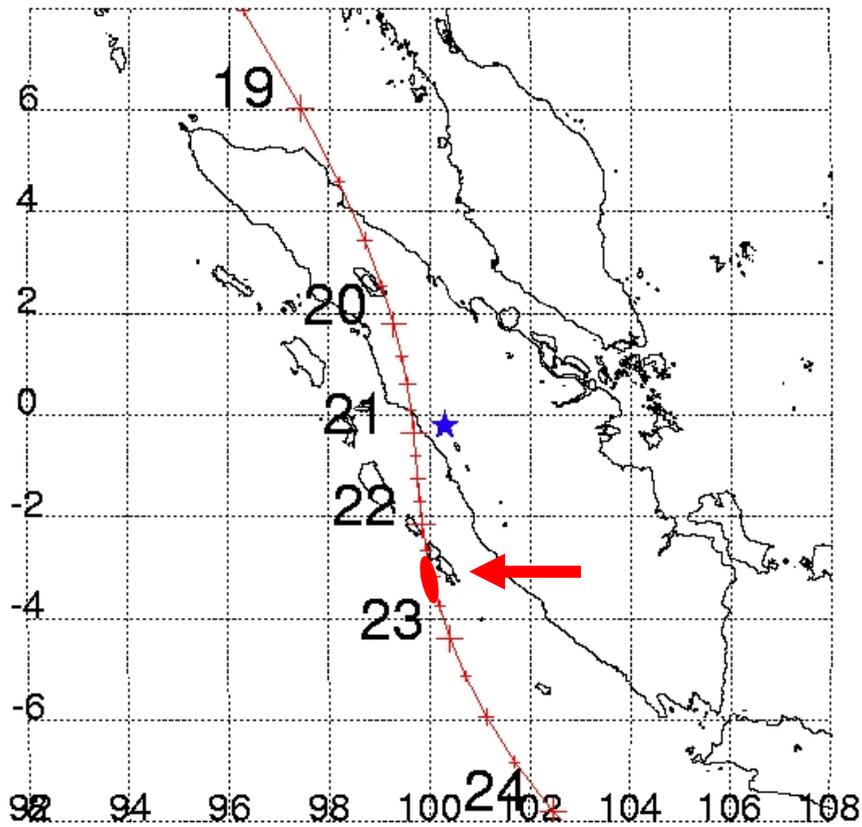
L1 (1575.42MHz)

L2 (1227.60MHz)

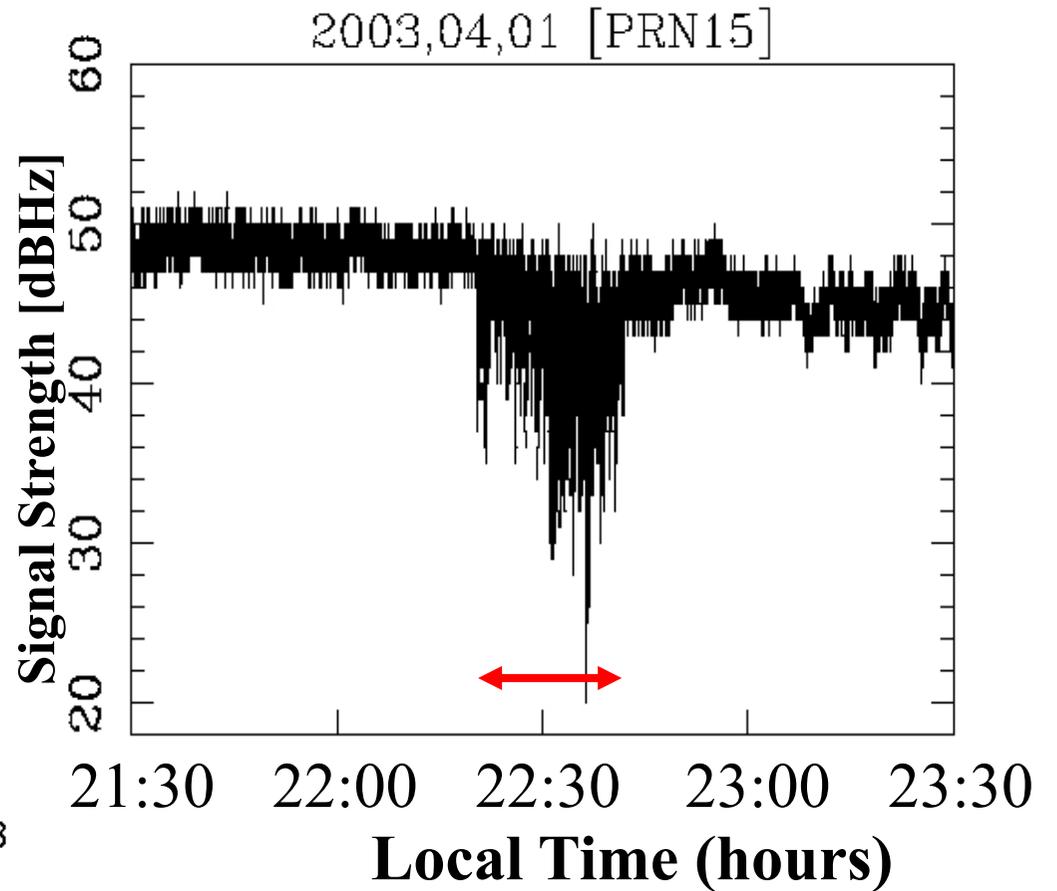


シンチレーション EAR Site 2003.4.1

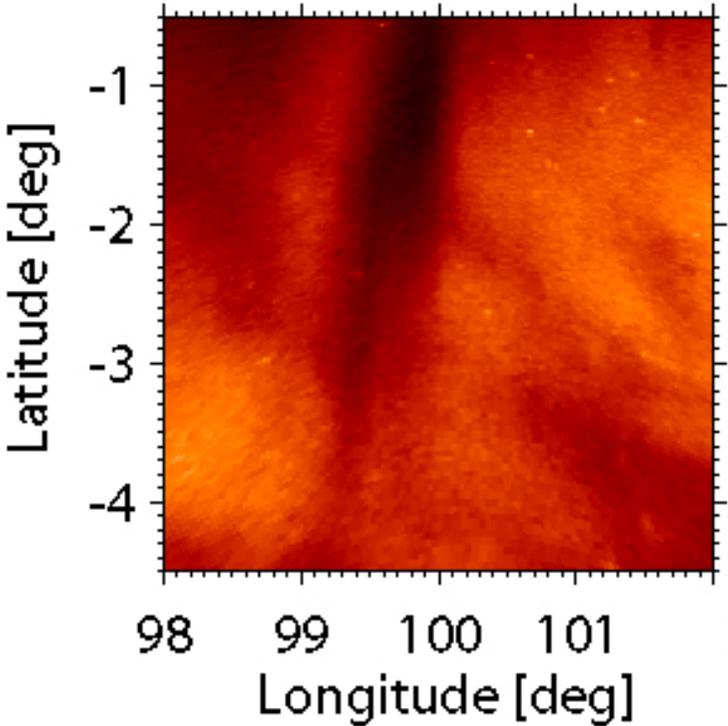
GPS衛星(PRN15)電波の電離層  
(高度300km)通過点



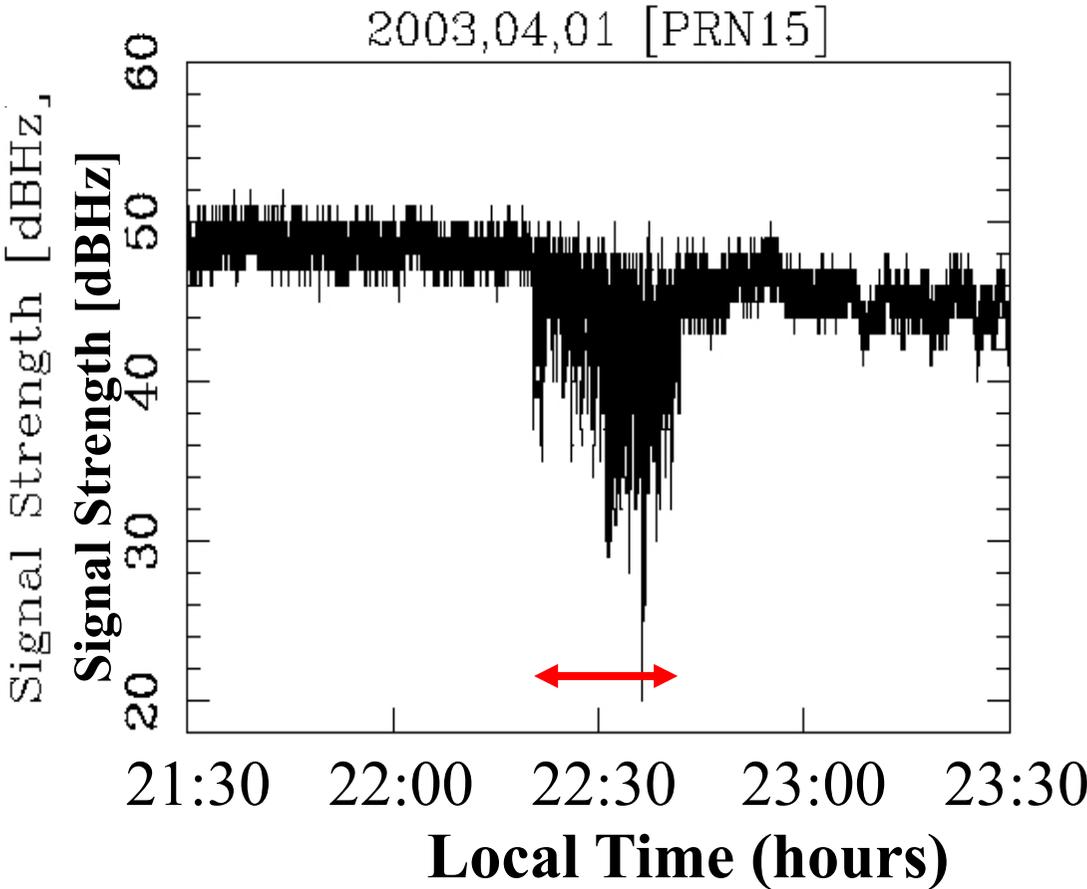
GPS衛星(PRN15)電波の  
受信信号強度



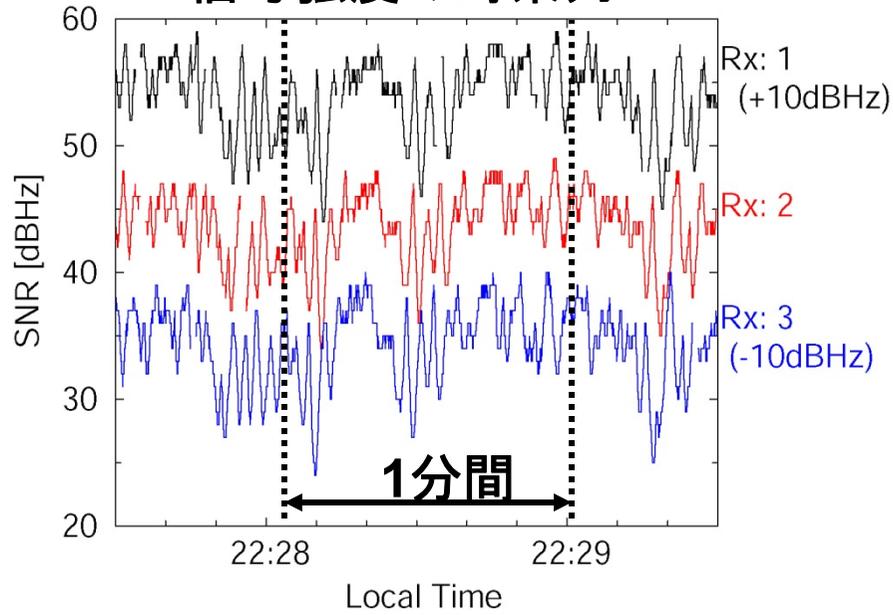
630 nm 大気光  
プラズマバブル



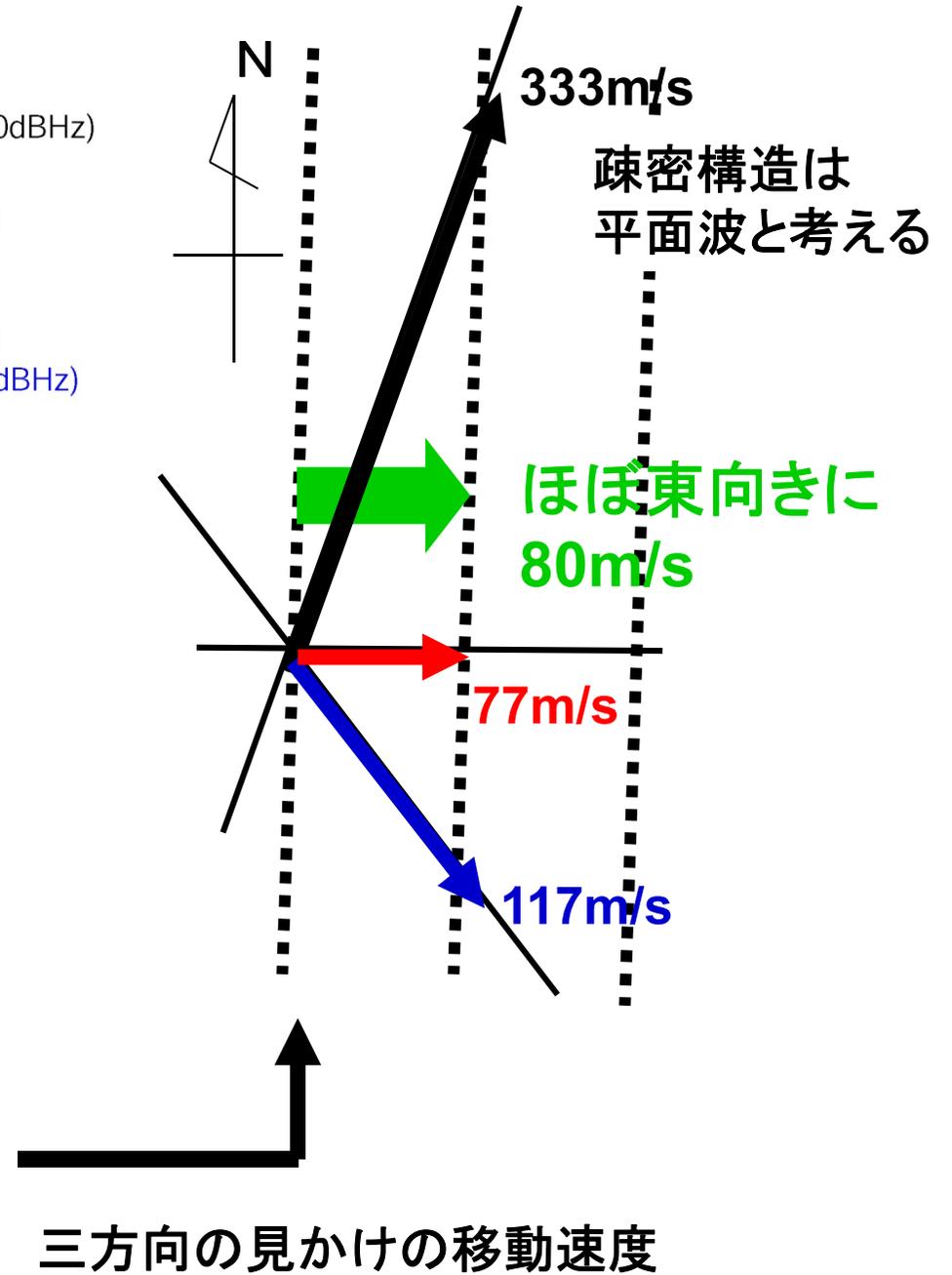
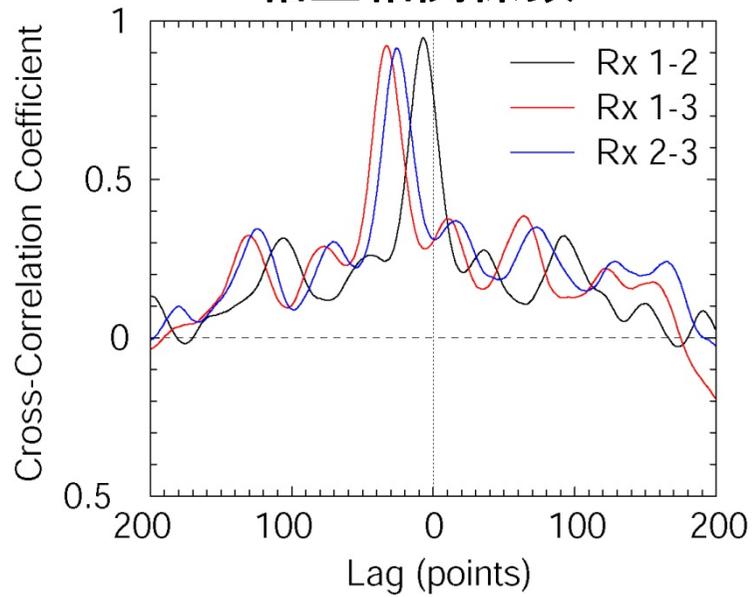
GPS衛星(PRN15)電波の  
受信信号強度



### 信号強度の時系列



### 相互相関係数





# Plasma bubble occurrence (seasonal and longitudinal variations)

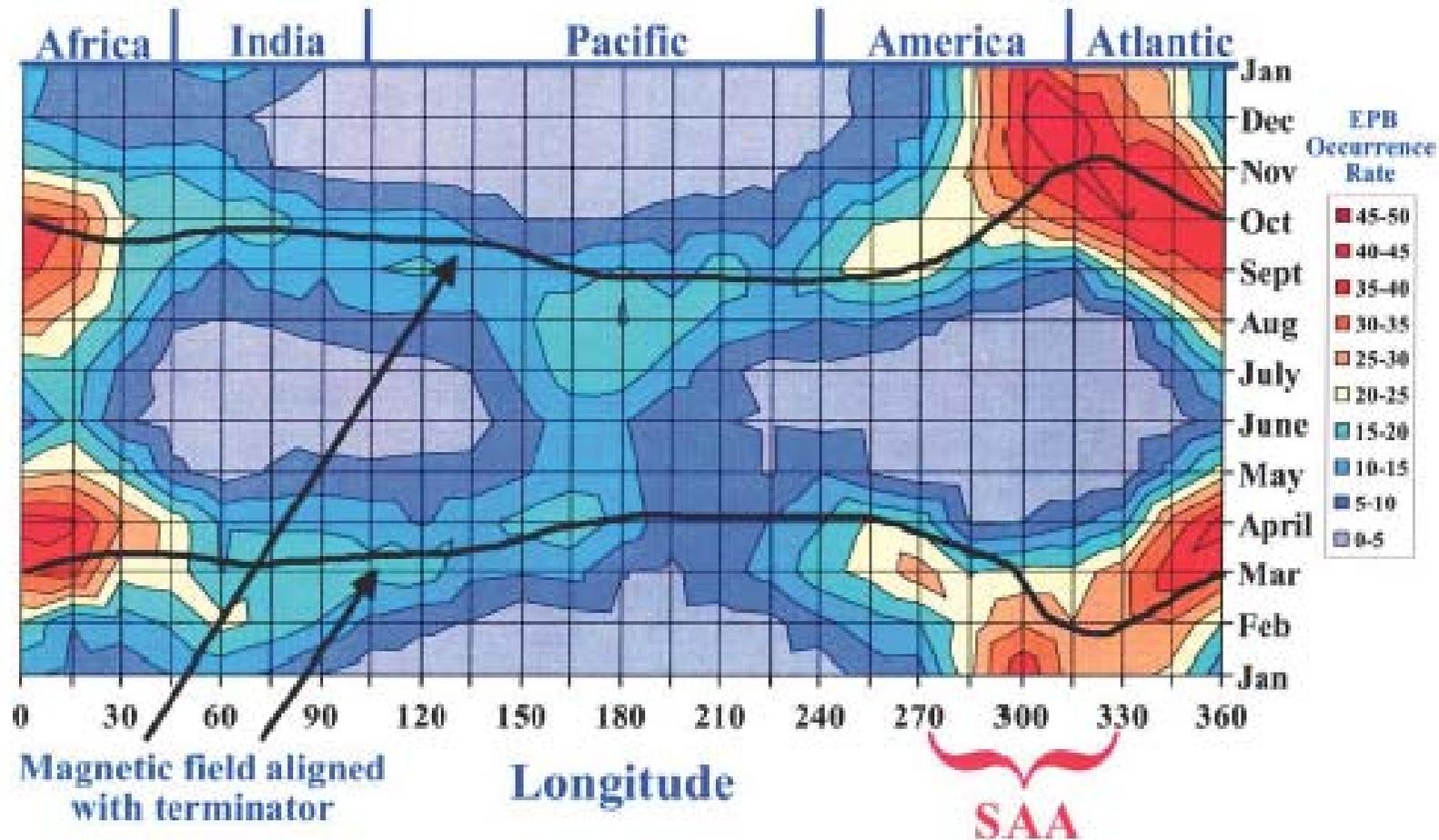
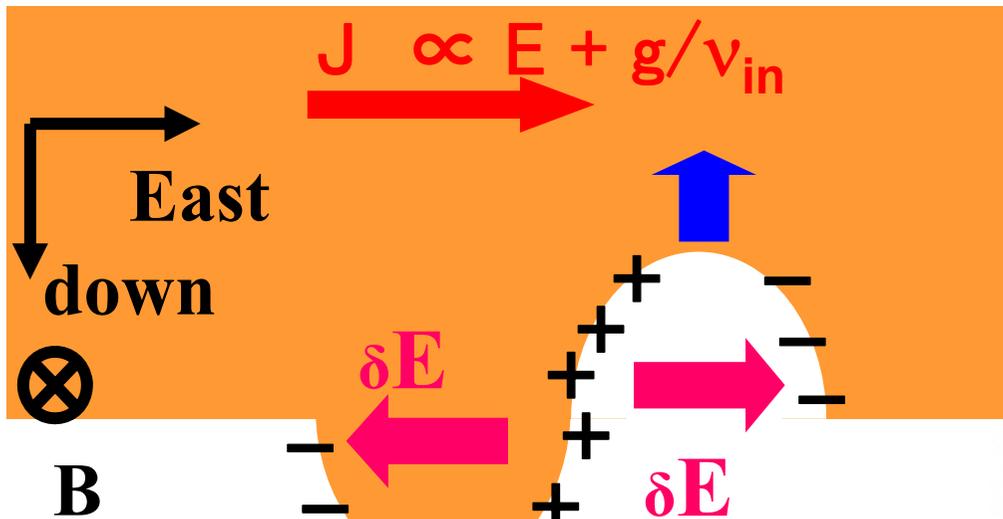


Figure 1. Contours of equatorial plasma bubble (EPB) occurrence rates measured by DMSP satellites between 1989 and 2002 plotted on a month versus longitude grid in nine 5% increments. The solid lines indicate the two times per year when  $\alpha = 0^\circ$  at given longitudes.

[Burke et al., 2004]

# Rayleigh-Taylor Instability



Growth rate:

$$\gamma = \left( \frac{E}{B} + \frac{g}{v_{in}} \right) \frac{1}{n} \frac{\partial n}{\partial z}$$

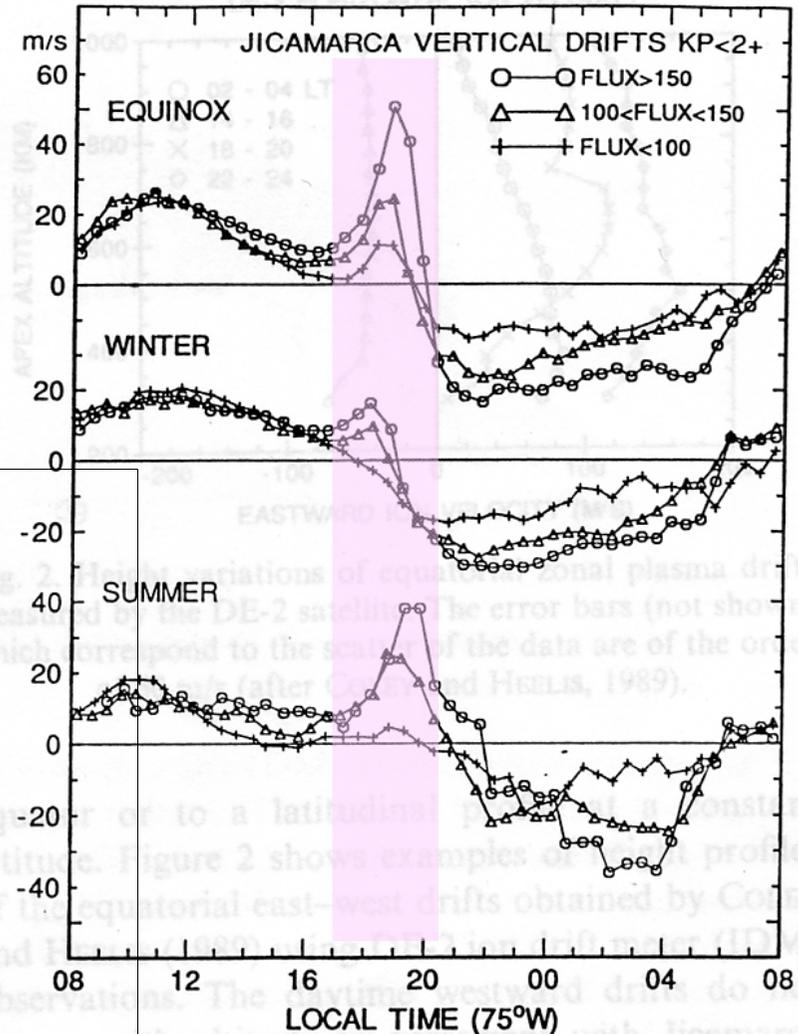
$E$ : eastward electric field

$B$ : magnetic field

$n$ : electron density

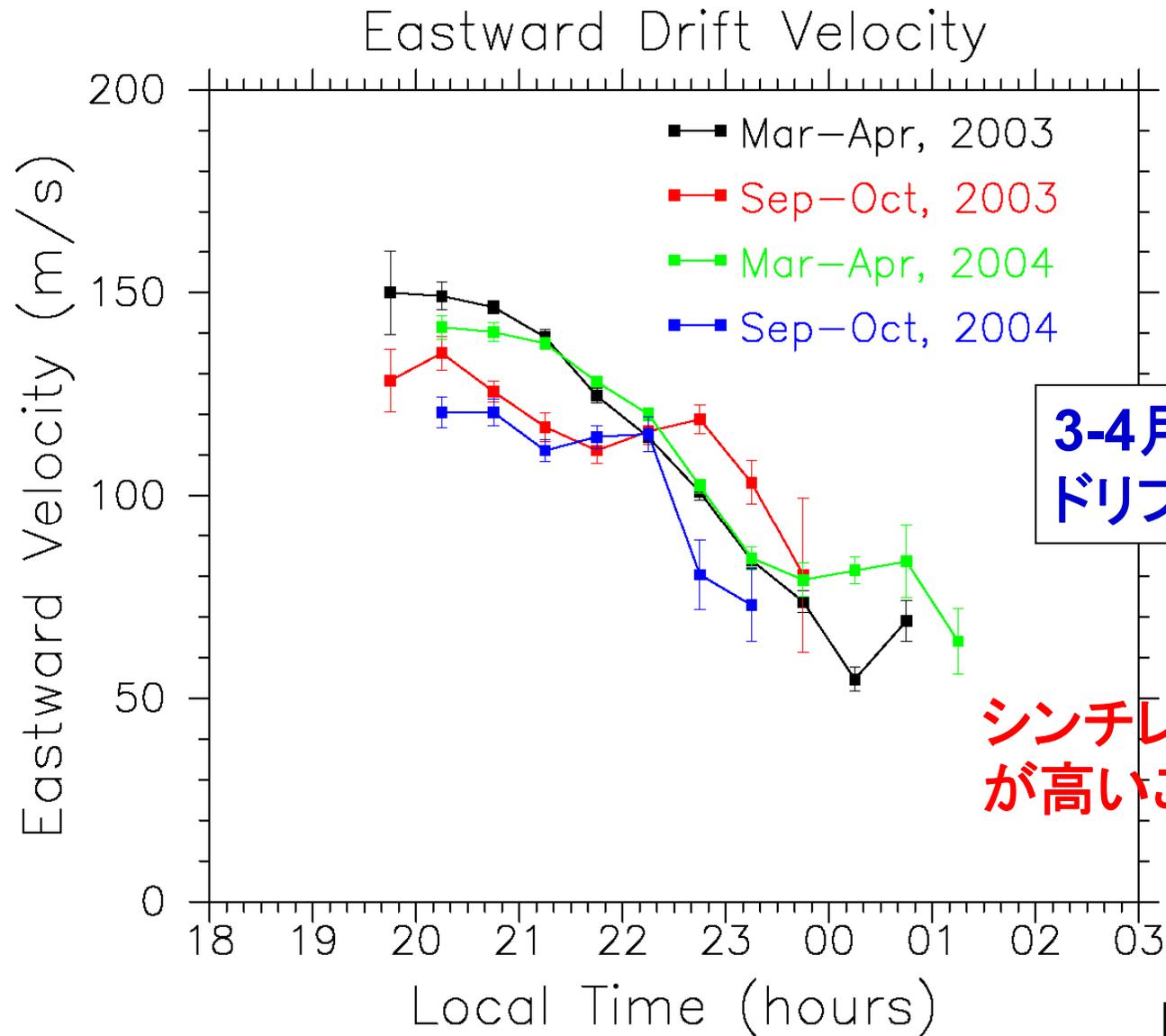
$v_{in}$ : collision frequency

vertical ExB drift  
= eastward E



• Eastward E (vertical V) is largest in equinoxes.

# GPS観測から求めた東向きドリフト速度 季節変化



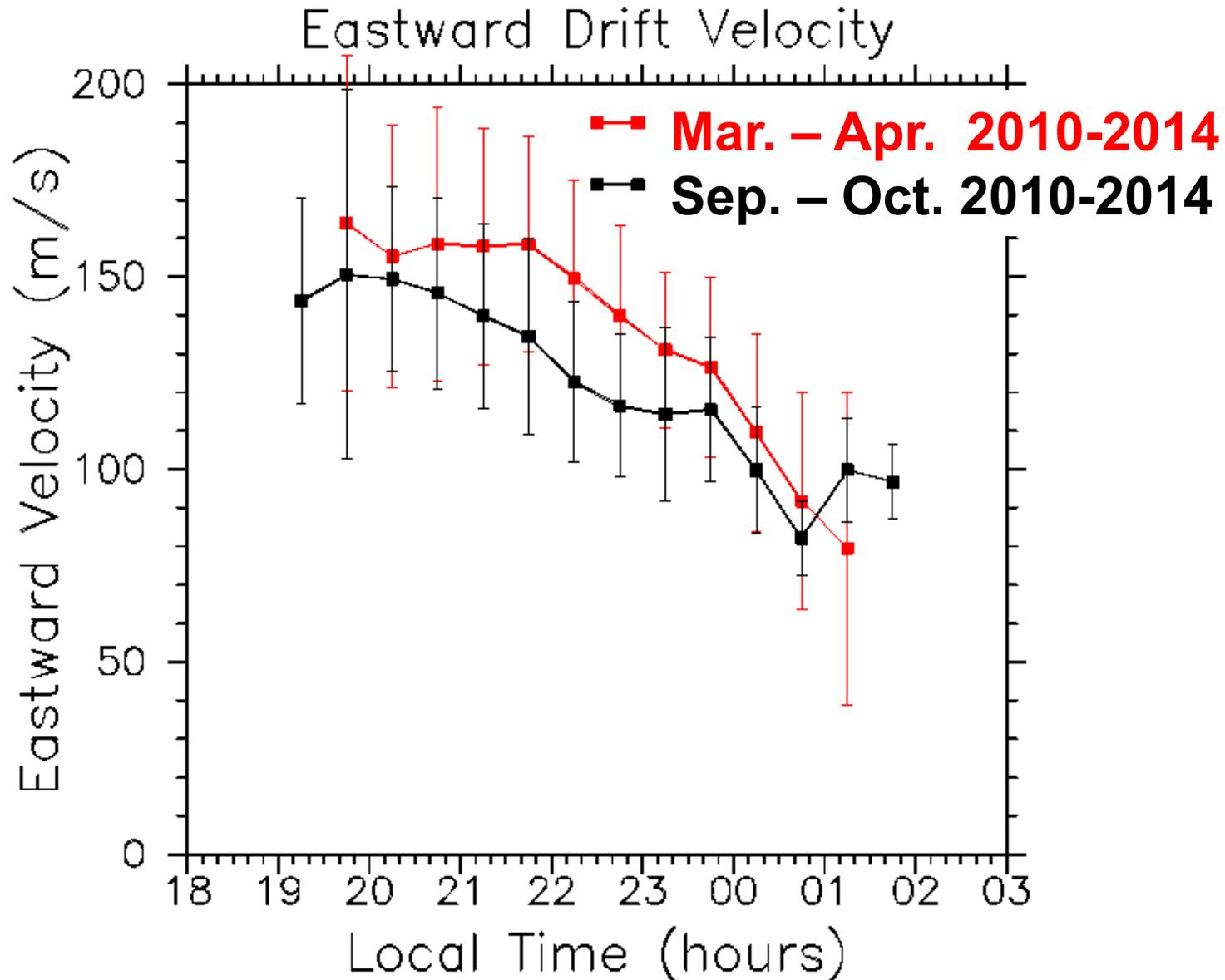
3-4月の日没後の  
ドリフト速度が速い。



シンチレーション発生頻度  
が高いことに対応か？

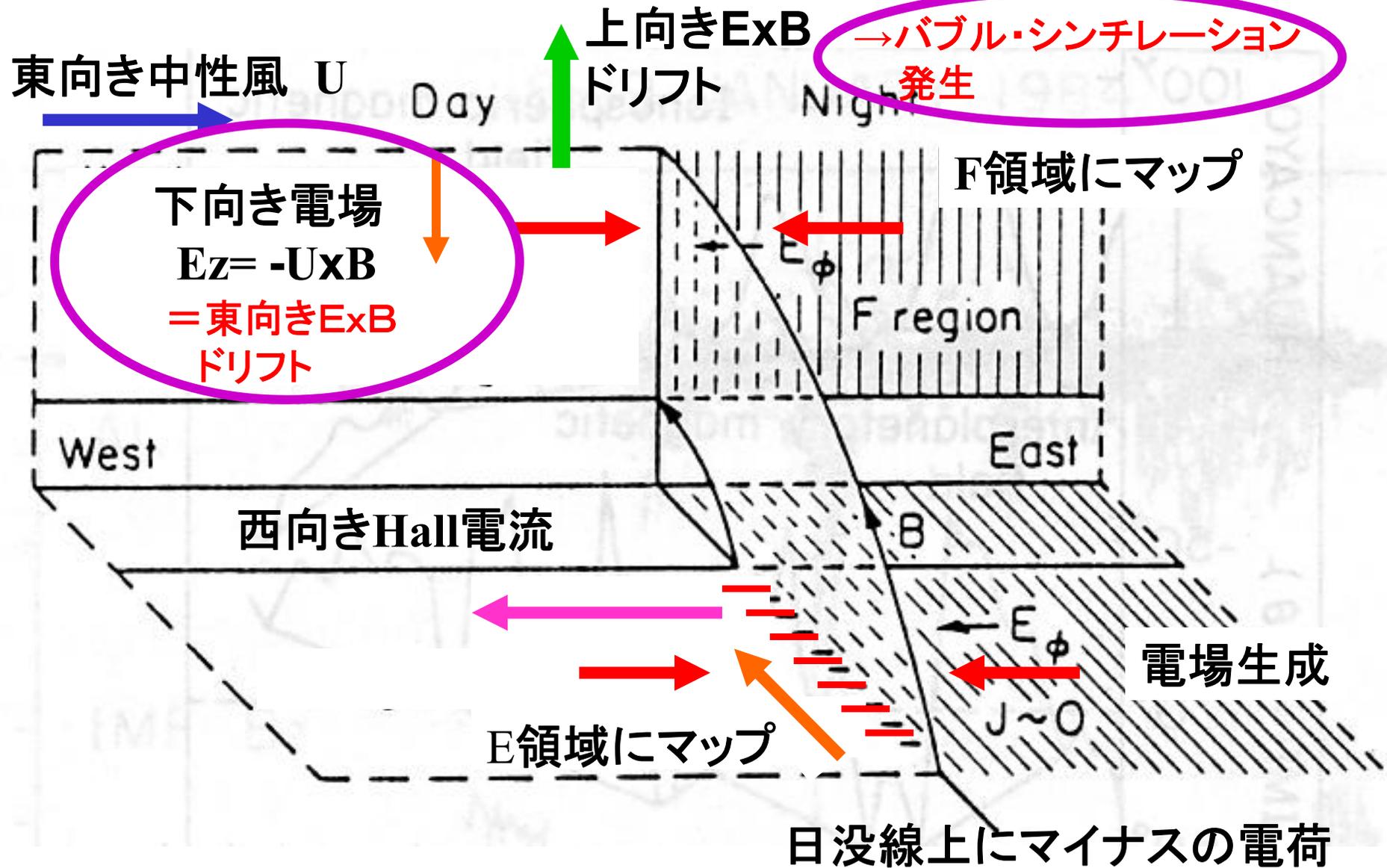
[Otsuka et al., 2006]

# GPS観測から求めた東向きドリフト速度 季節変化

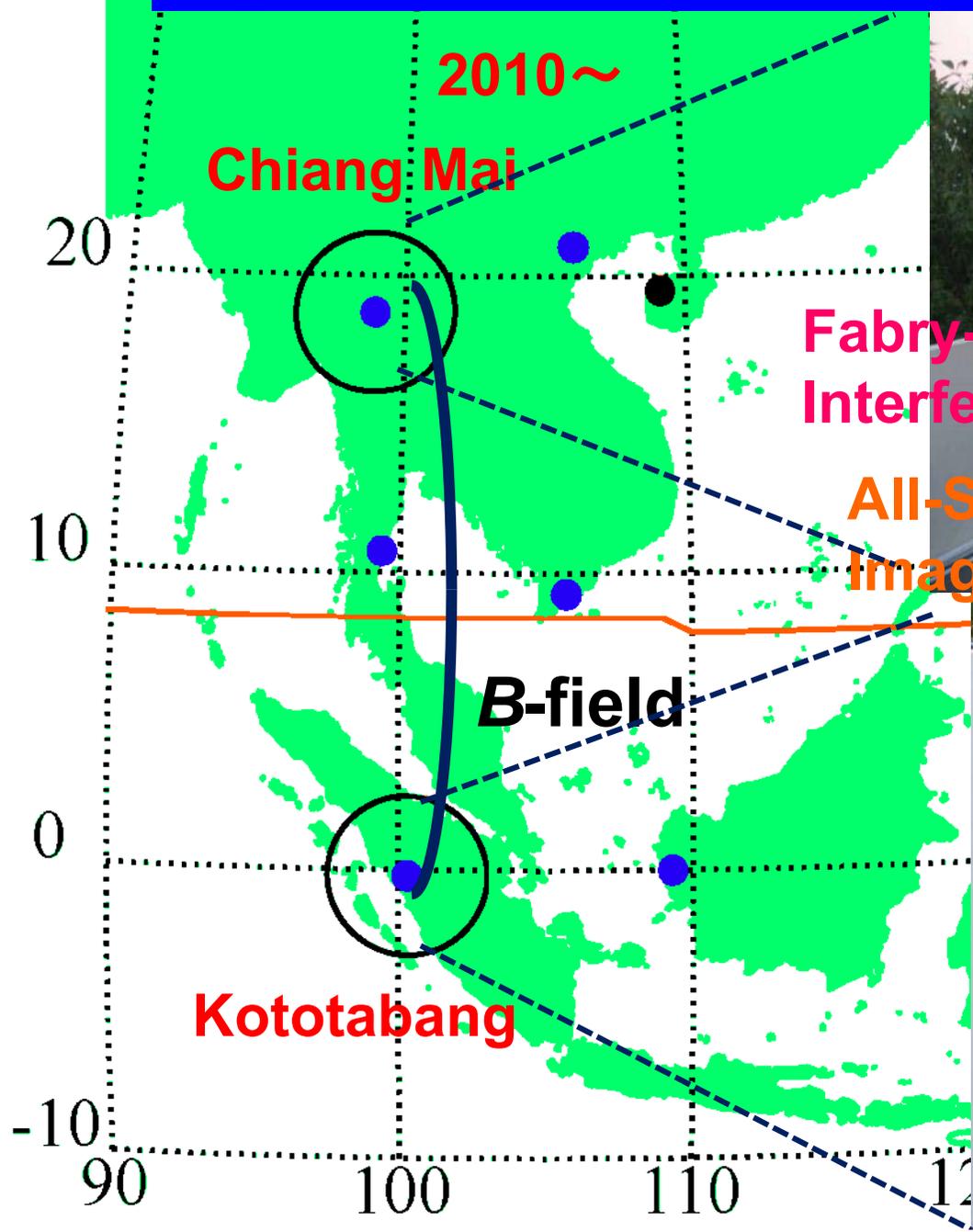


# 日没時における東向き電場生成メカニズム

[Farley et al., 1986]



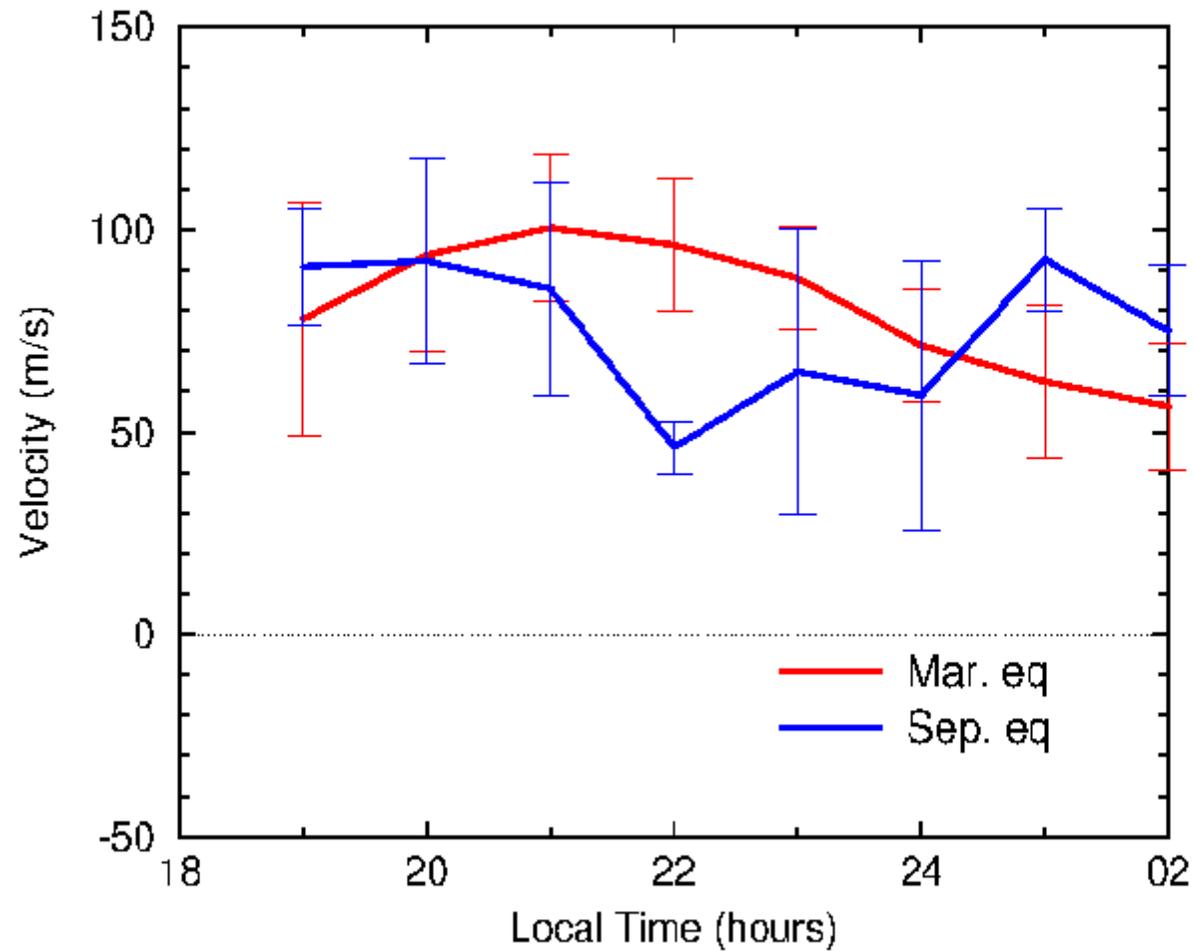
# 30 Airglow Observations at Geomagnetic Conjugate Points

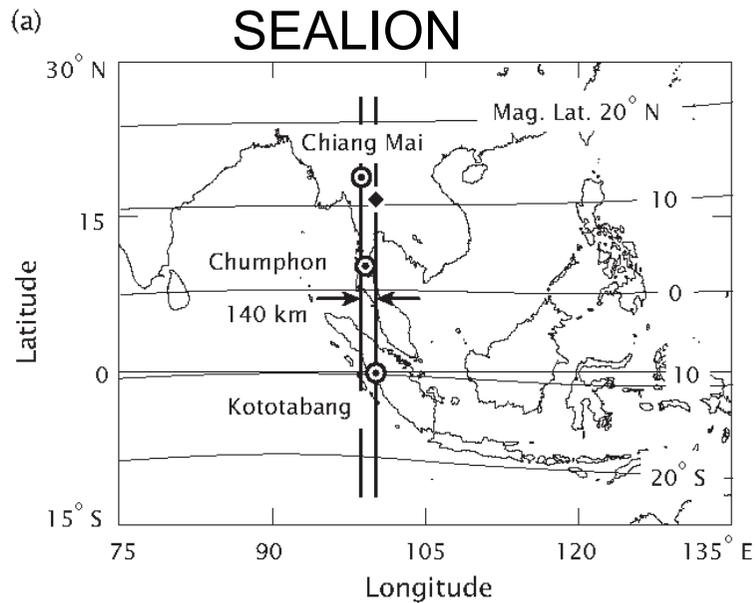


# チェンマイのFPI観測から求めた 東向き中性風

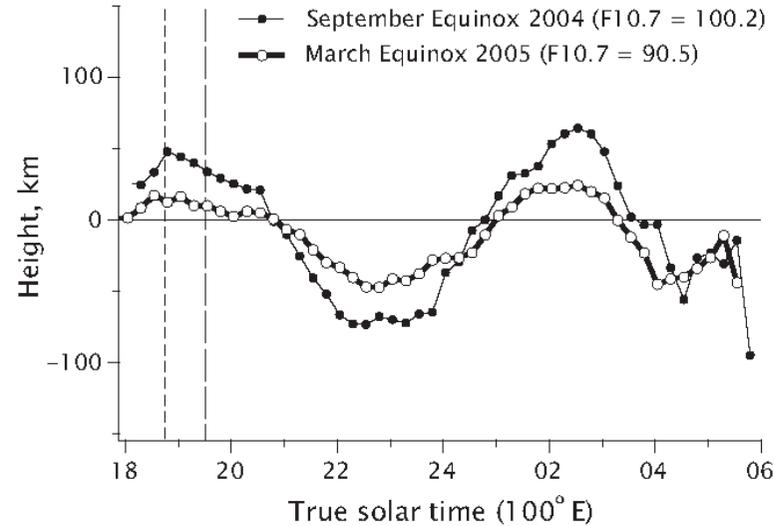
EASTWARD NEUTRAL WIND  
CHIANG MAI

2010-2013年

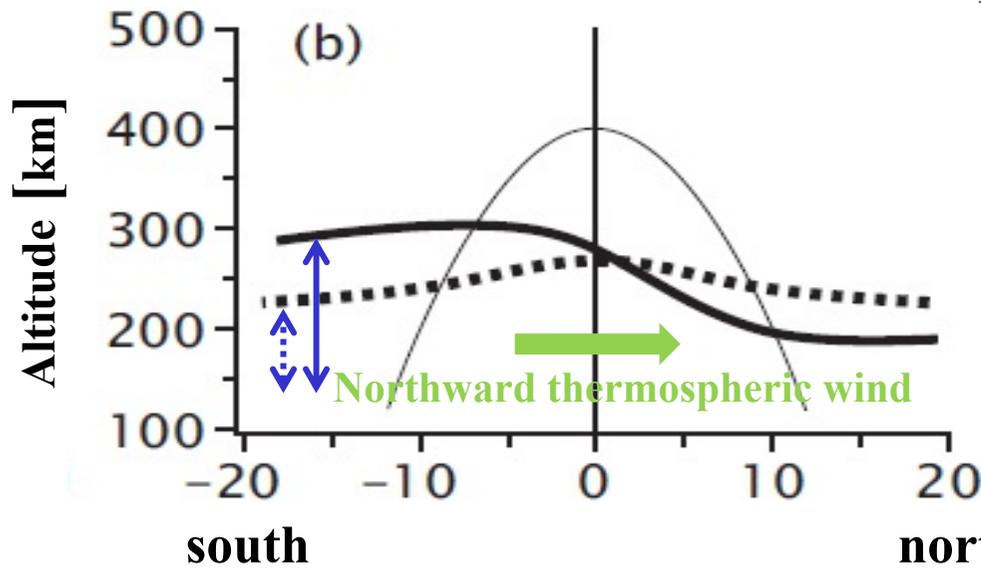




北向き風

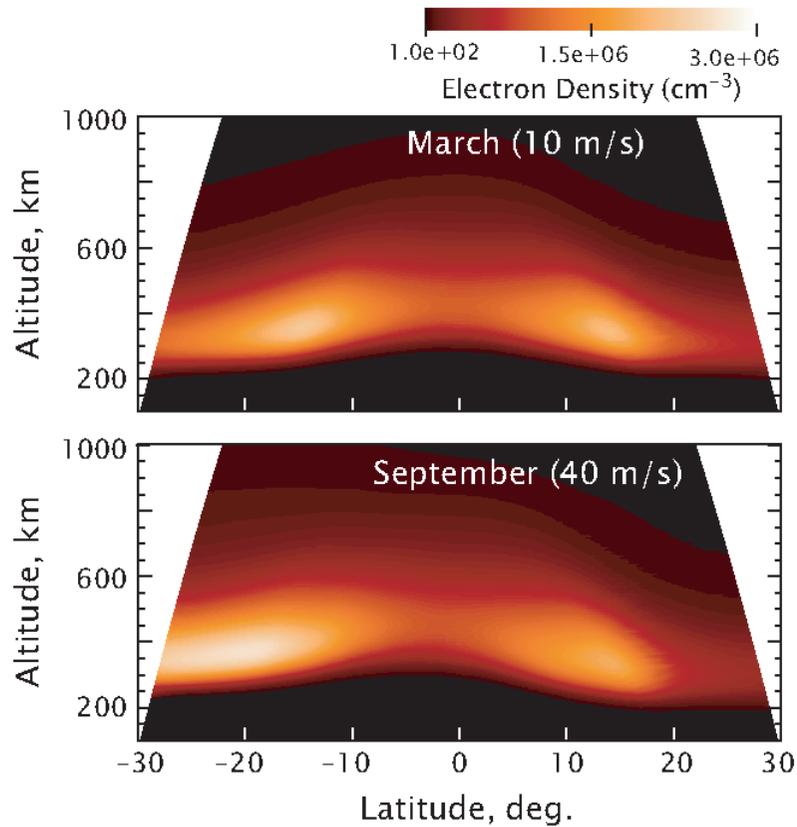


**Fig. 2.** Double differentials of height deviation from the no-wind reference at the conjugate points for one-month periods centered on equinoxes of September 2004 and March 2005. Height in km is plotted as wind velocity in m/s, and the positive sign corresponds to northward direction.

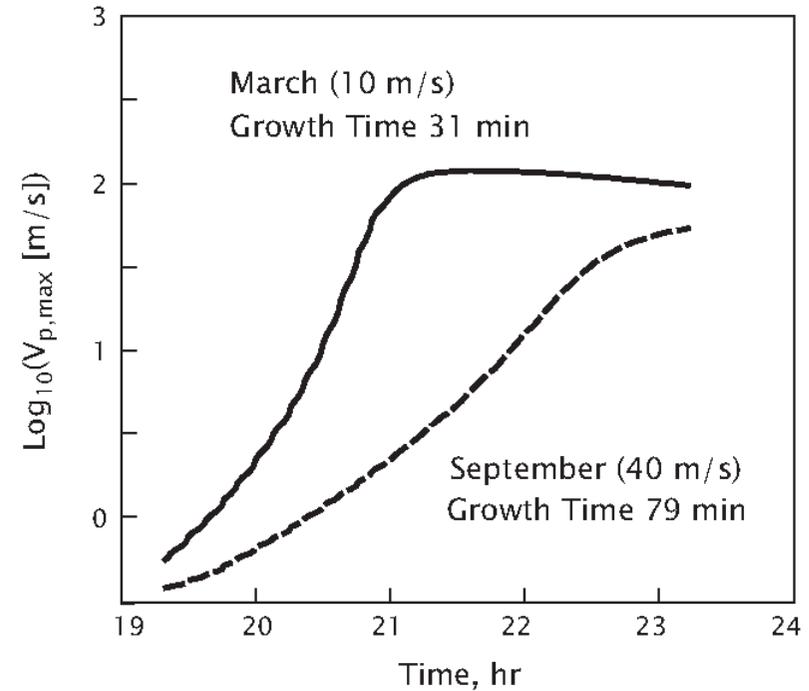


vertical short-dashed line corresponds to the sunset at the region height (120 km), and the long-dashed line corresponds to the sunset at 520 km above the magnetic equator, based upon the fact that most plasma bubble onsets are observed near the sunset at 520 km above the magnetic equator (the Equatorial Atmosphere Radar (EAR) at Kototabang in Fig. 1) (Yokoyama et al., 2004). The double differen-

**[Maruyama et al., 2009]**



**Fig. 5.** Contours of electron density plotted in the latitude-altitude plane for the 10-m/s (upper panel) and 40-m/s (lower panel) cases. These show the initial states before ESF develops.



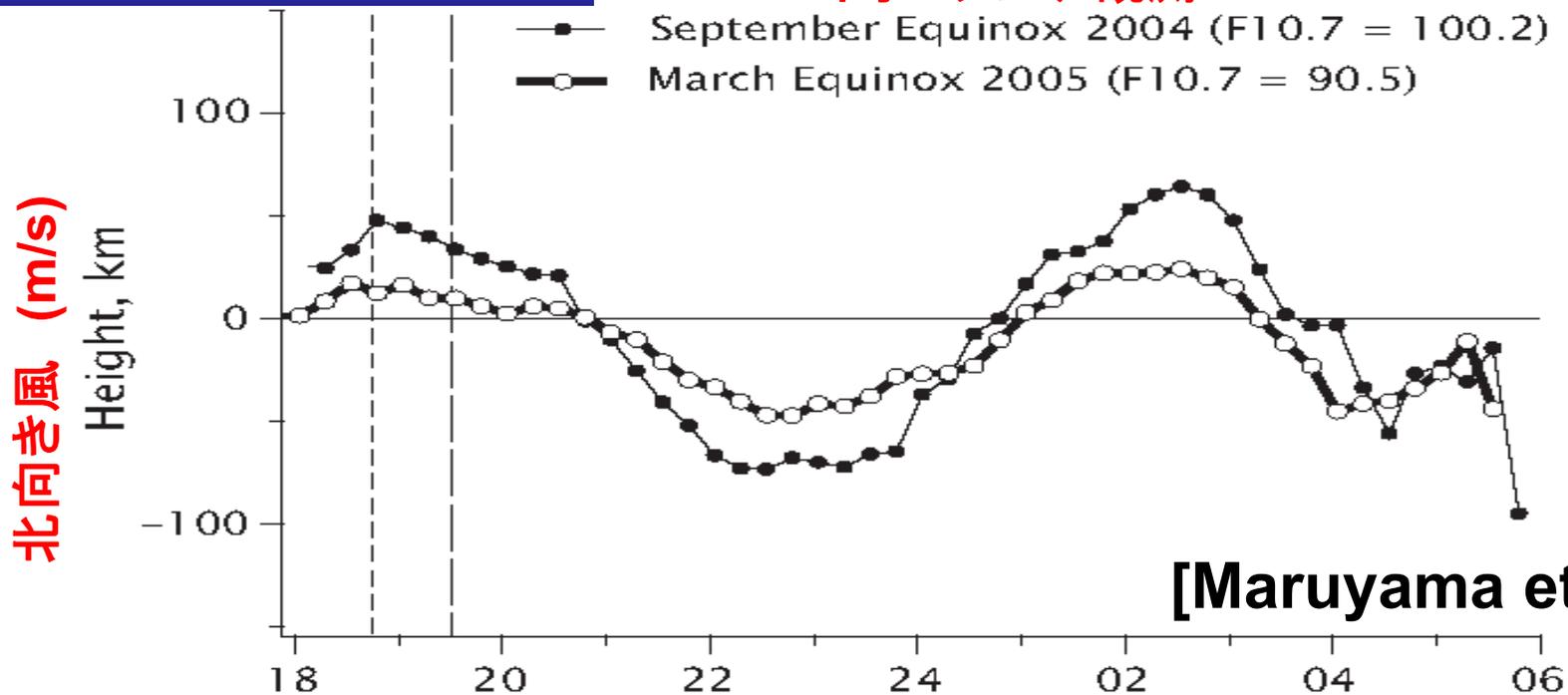
**Fig. 6.** Time evolution of upward bubble velocity for the two cases, corresponding to the equinoxes for September 2004 and March 2005.

on the field-line integrated conductivities (Maruyama, 1988) and the effect of the wind component perpendicular to the

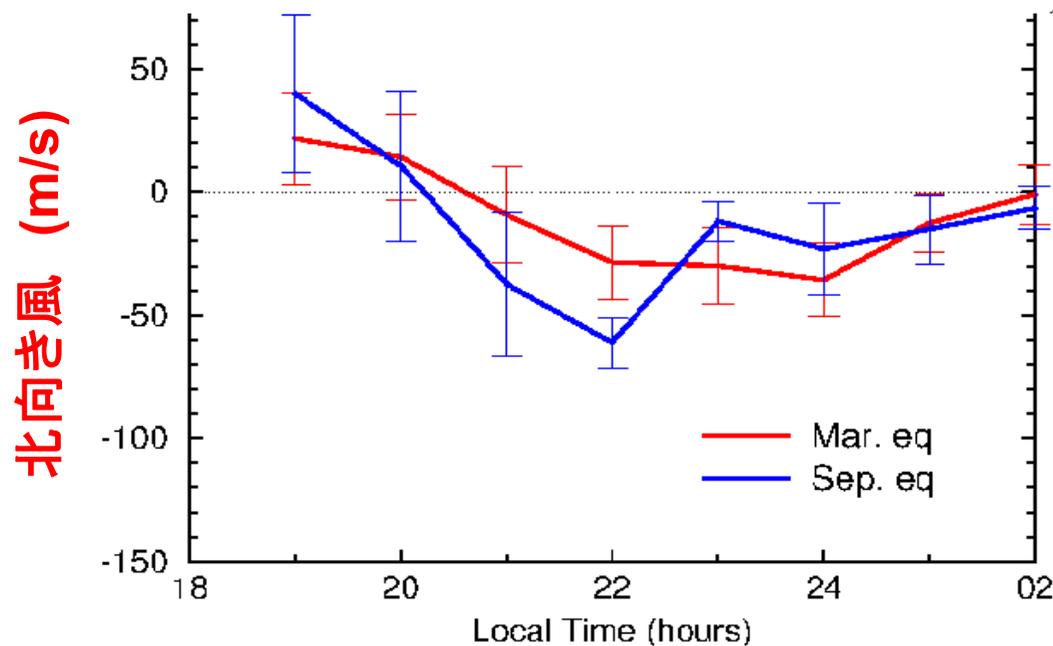
**[Maruyama et al., 2009]**

# 南北風の春・秋非対称性

## イオノゾンデ観測



[Maruyama et al., 2009]



FPI @ Chiang Mai  
2010-2013

## まとめ

- 2003年からインドネシア・赤道大気レーダーサイトにおいて、GPSシンチレーションの連続観測を行っている。
- 高太陽活動期(2003-2004、2011-2014年)において、シンチレーション(プラズマバブル)発生頻度は、春 > 秋という非対称性が見られた。
- 日没時において、東向きドリフト速度は、春 > 秋バブル発生との関連が示唆されている
- チェンマイで観測された東向き中性風は、支持せず。
- チェンマイで観測された南北風は、プラズマバブル発生の春・秋非対称性の原因 [Maruyama et al. 2009] を支持している可能性がある。