

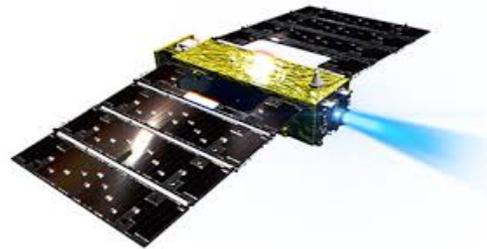
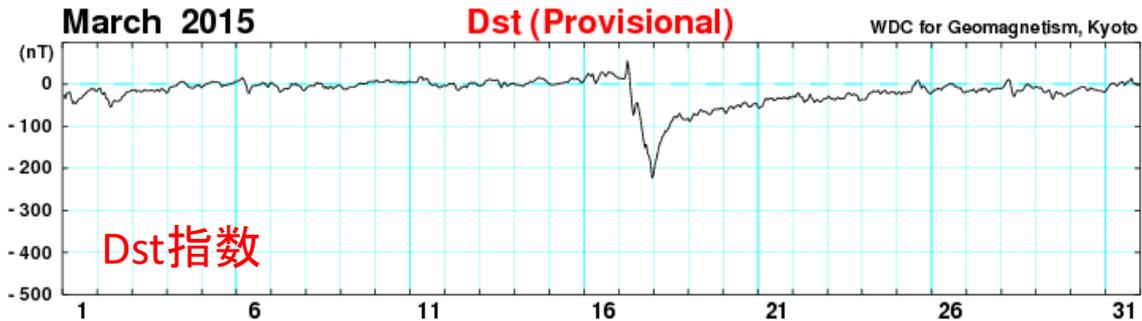
SLATS衛星で推定された中性大気密度と 地磁気擾乱について

能勢正仁

名古屋大学宇宙地球環境研究所

研究目的

- 磁気嵐が生じると中性大気密度が増加することが知られており、最近の標準高層大気モデル(NRLMSISE-00)にもこの効果は取り入れられている。
- SLATSが取得した中性大気密度データを用い、地磁気指数(Dst指数)との比較を行い、両者間の経験的關係式を導出する。
 - イベント解析に基づいて、個々の磁気嵐に対して、低高度の ρ_n がどのように変化するかを調べる。



ρ_n (中性大気質量密度)

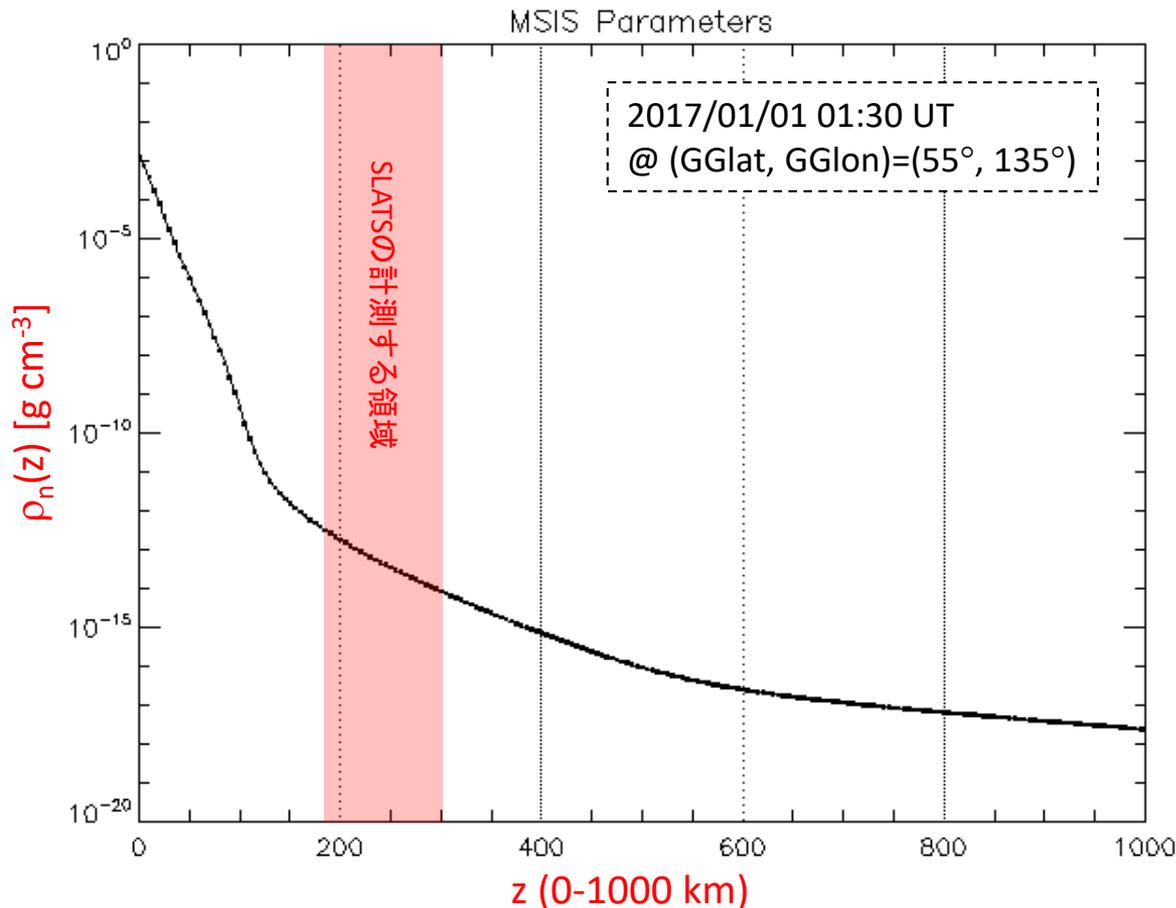
経験的關係式

$$\rho_n = f(h, \theta, \phi, Dst)$$

高度 緯度 経度

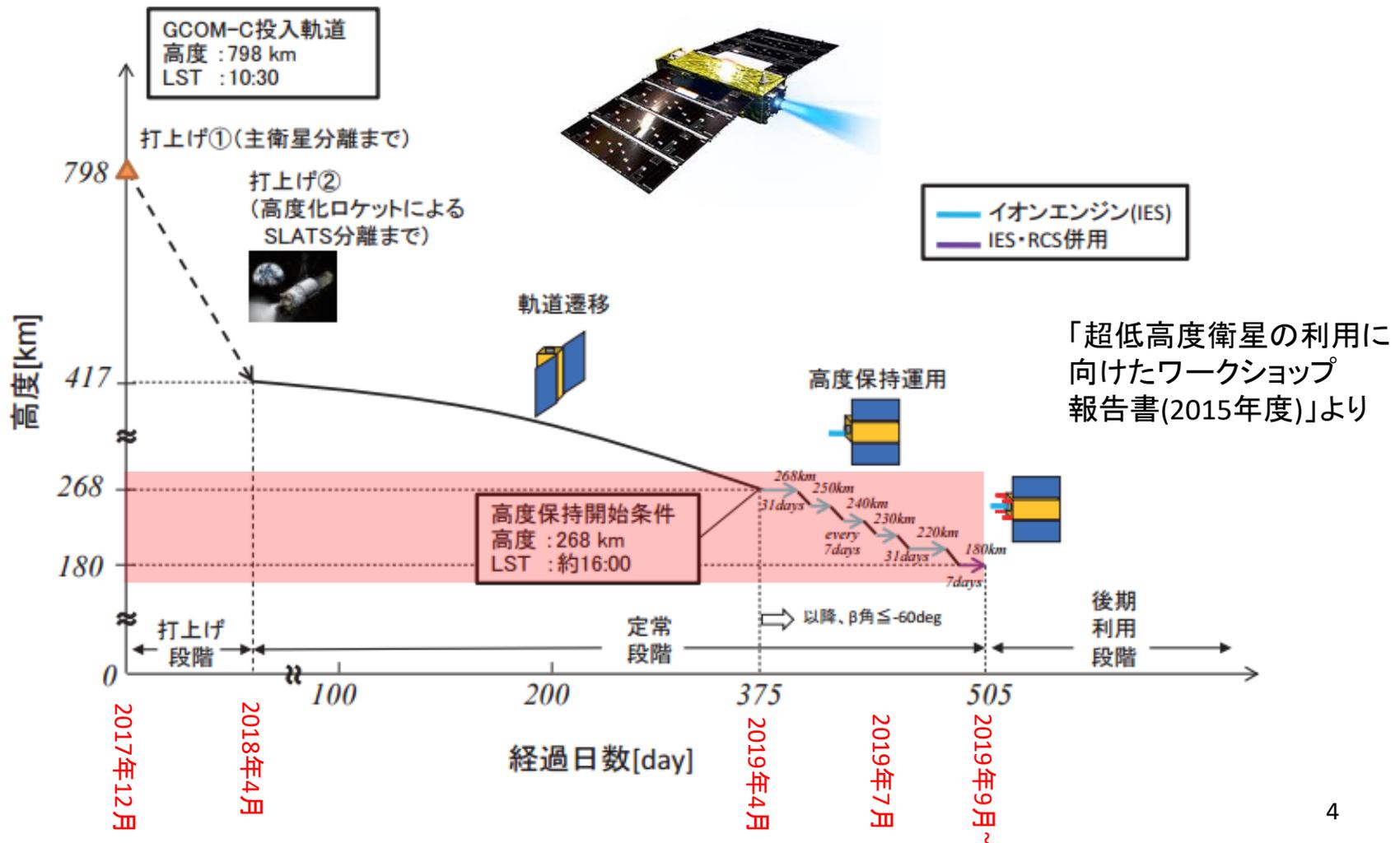
NRLMSISE-00 Atmosphere Model

- 構築方法: 衛星・レーダーデータ、物理モデルに対する当てはめ
- Input: 日時、場所(緯度、経度、高度)、F10.7指数、**ap指数** (i.e., $n, T_{\text{ex}}=f(\text{ap})$)
- Output: $T_n(z)$ [K], $n(z)$ (He, O, N₂, O₂, Ar, H, N) [cm⁻³], **$\rho_n(z)$ [g cm⁻³]**,
 $n(z)$ (Hot AO+O⁺), T_{ex} **@ z=0-1000 km**



SLATS(Super Low Altitude Test Satellite)衛星

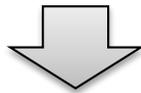
- 高度180-300 kmにおける、 ρ_n の直接観測データに基づく解析が行える。
- ρ_n はGPSによる衛星軌道データの変化から推定する。



用いたデータ

- 大気抵抗補正係数データ・・・ ρ_1
 - 期間: 2018年3月30日-2019年7月31日
 - 推定間隔: 1 odu [*odu=軌道決定単位、上記期間中に約45時間→約1.5時間]

$$\begin{aligned} \mathbf{a} &= -\frac{1}{2} \rho_n v^2 \frac{C_D S}{m} \mathbf{e}_v \\ &= -\frac{1}{2} \rho_M (1 + \rho_1) v^2 \frac{C_D S}{m} \mathbf{e}_v \end{aligned}$$



$$\rho_1 = \frac{\rho_n}{\rho_M} - 1$$

ρ_n : 軌道変化から推定した大気密度

ρ_M : 大気密度 (NRLMSISE-00モデルの値)

ρ_1 : 大気抵抗補正係数

v : 対気速度

C_D : 抗力係数

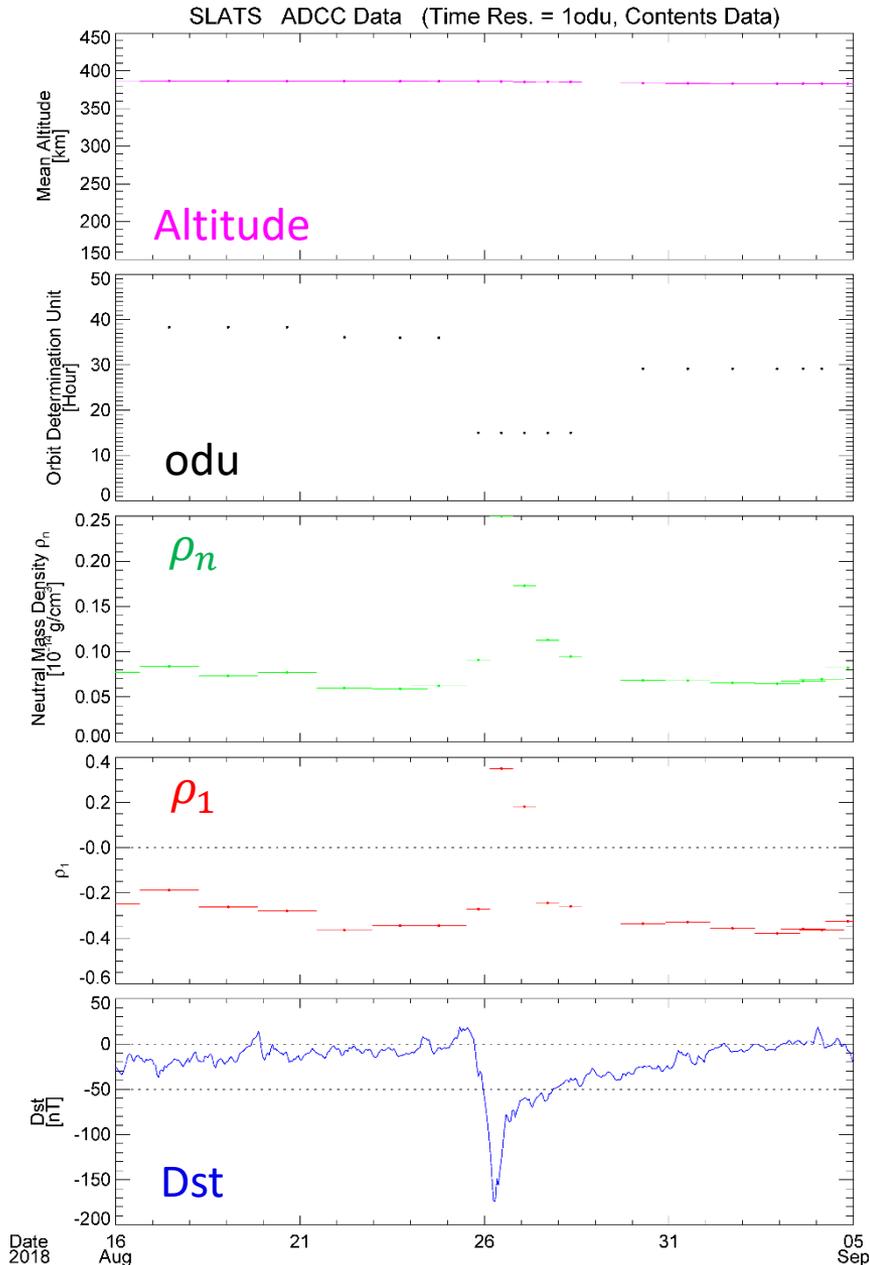
S : 衛星断面積

m : 衛星質量

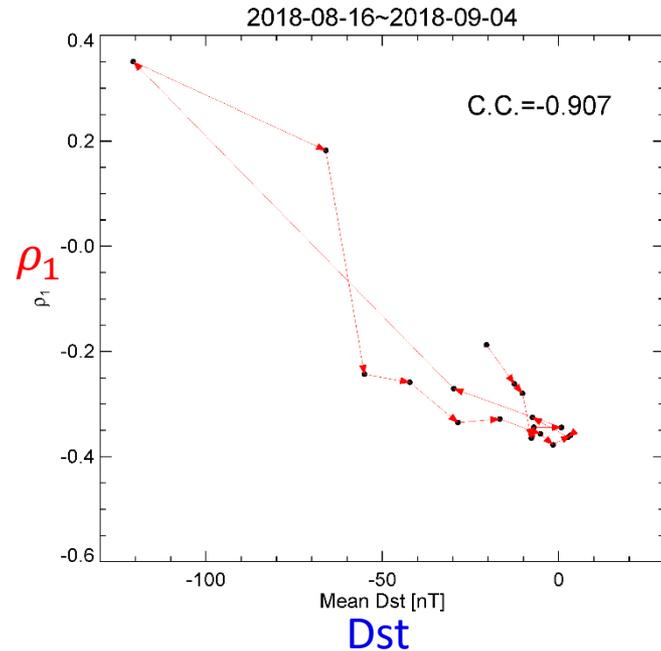
\mathbf{e}_v : 対気速度方向単位ベクトル

- 地磁気指数・・・Dst指数

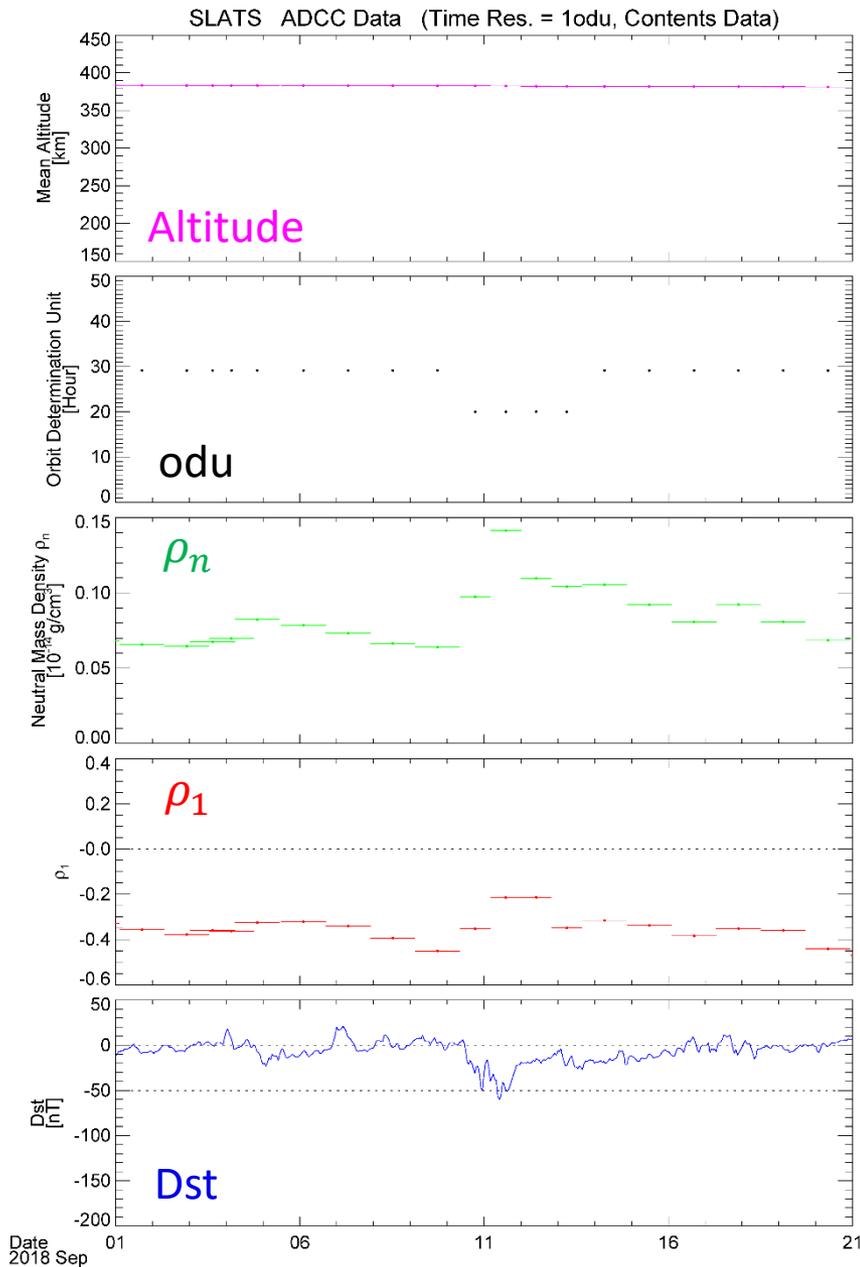
(1) 2018年8月の磁気嵐



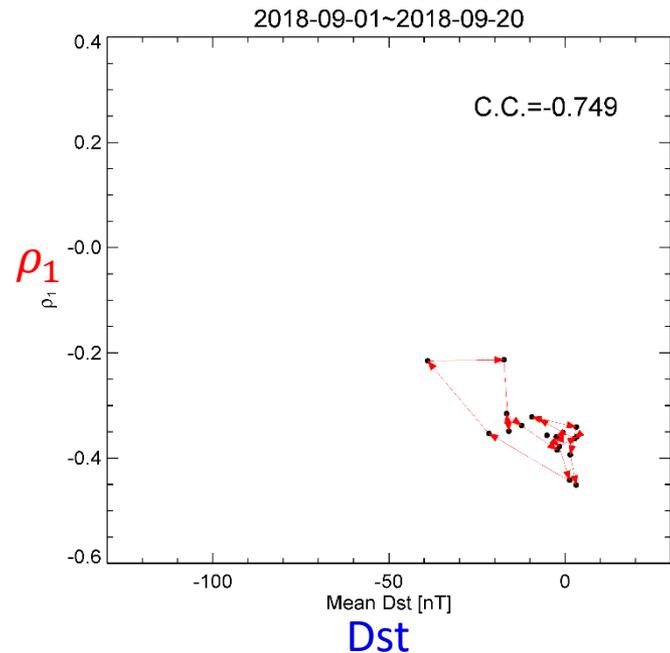
- ρ_1 とDst指数は強い負相関を示す。
- 磁気嵐時のピーク時(Dst_{min} = -174 nT)には、 ρ_1 は大きく増加している。
($\rho_1 \sim 0.35$)



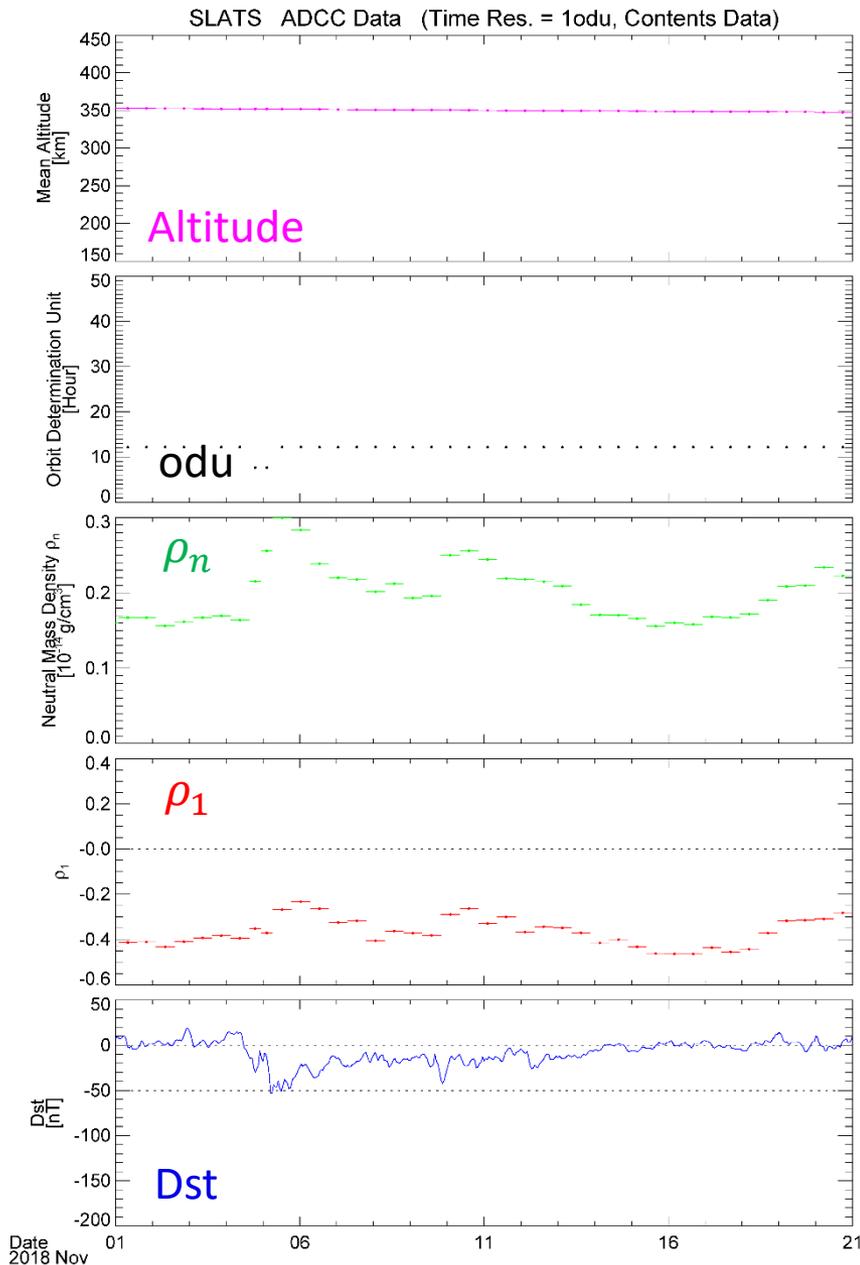
(2) 2018年9月の磁気嵐



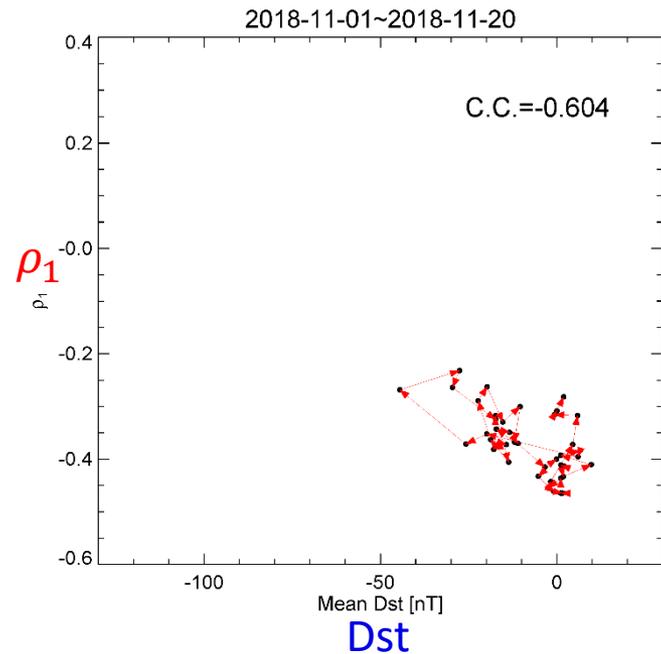
- ρ_1 とDst指数は強い負相関を示す。
- ρ_1 は、線形変化ではなく、ヒステリシスを持ったような変化をする。
 - 主相では少し遅れて増加し、回復相でも少し遅れて減少する。



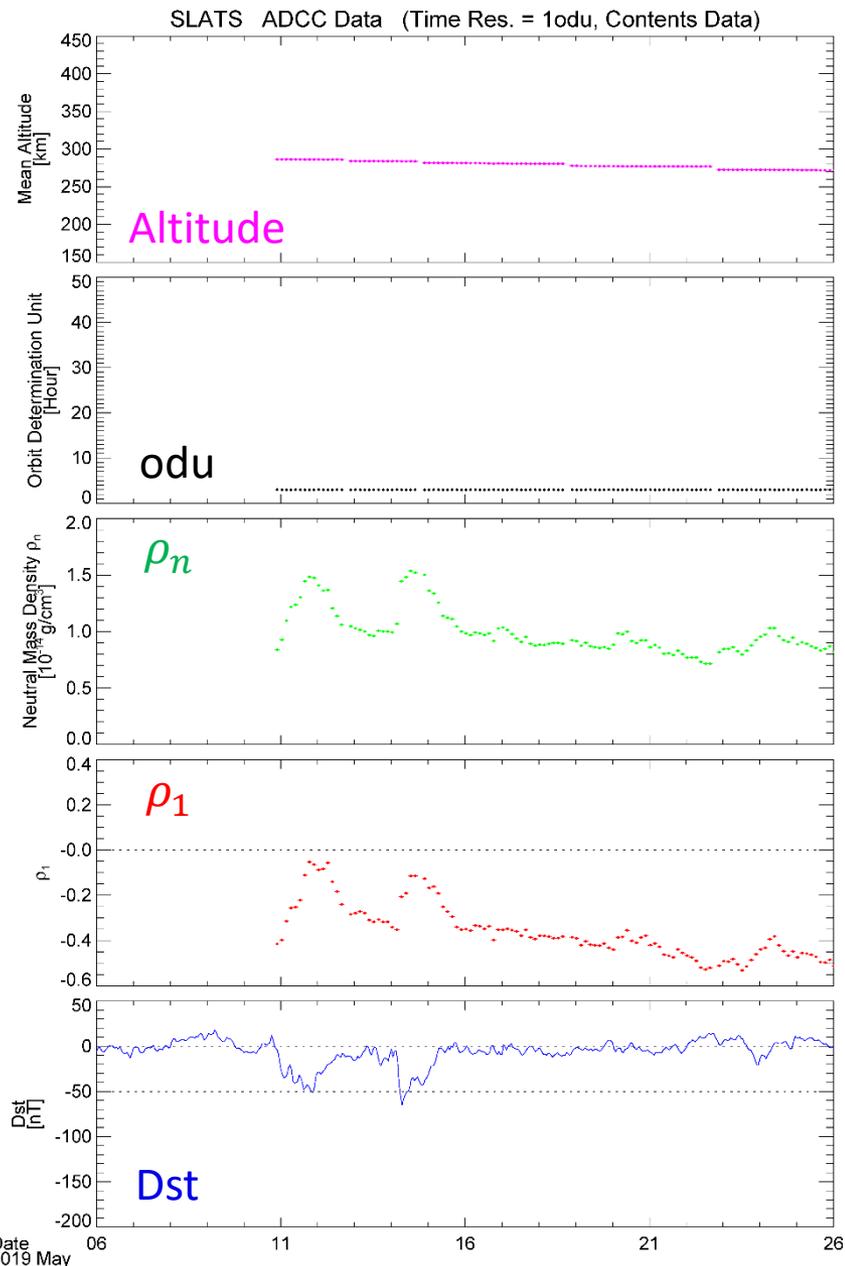
(3) 2018年11月の磁気嵐



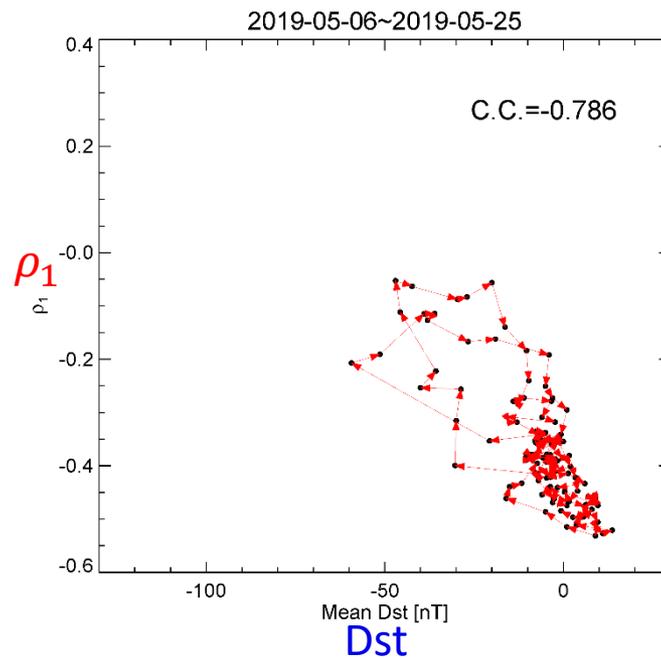
- ρ_1 とDst指数は強い負相関を示す。
- ρ_1 のヒステリシス性は、2018年9月の磁気嵐と同じ。
 - 主相では少し遅れて増加し、回復相でも少し遅れて減少する。



(4) 2019年5月の磁気嵐



- ρ_1 とDst指数は強い負相関を示す。
- ρ_1 のヒステリシス性は、2018年9月の磁気嵐と同じ。
 - 主相では少し遅れて増加し、回復相でも少し遅れて減少する。

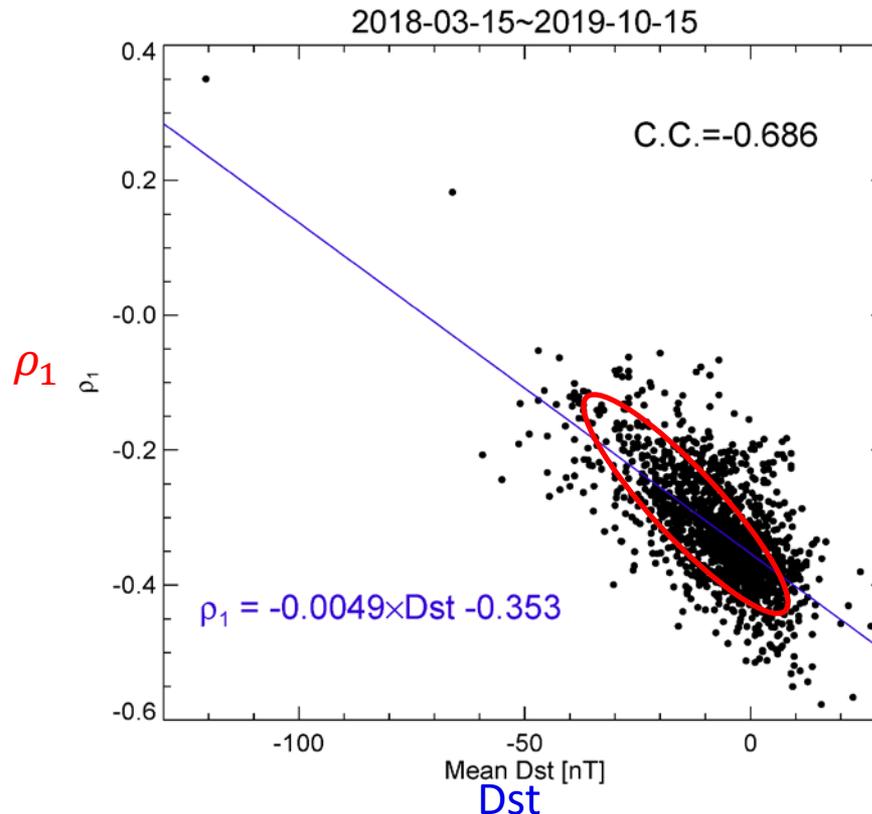


ρ_1 とDst指数の関係

- 全期間(2018年4月-2019年10月)のデータを用いて、線形関数の当てはめを行うと次の関係が得られる。

$$\rho_1 = -0.0049 \times \text{Dst [nT]} - 0.353$$

- ただ、 ρ_1 のヒステリシス性を考慮すれば、 $d\text{Dst}/dt$ などを含んだ関数で当てはめを行うべき。



まとめ

1 oduデータの解析(2018年4月-2019年10月)

- ρ_1 は、-0.4~-0.3くらいの値を示す。(= ρ_M より30-40%くらい小さい。)
- ρ_1 とDst指数は強い負相関を示す。
(全期間: C.C.=-0.67, 個々のイベント: C.C.=-0.60~-0.91)
- Dst_{min}~-50 nTに対して、 ρ_M の20-30%くらいの変動がある。
- ρ_1 は、線形変化ではなく、ヒステリシスを持ったような変化をする。
 - 主相では少し遅れて増加し、回復相でも少し遅れて減少する。
- 線形関数の当てはめを行うと、 ρ_1 とDst指数の関係は次のようになる。
$$\rho_1 = -0.0049 \times \text{Dst [nT]} - 0.353$$

しかし、 ρ_1 のヒステリシス性を考慮すべき。

異なる緯度におけるデータの解析(2019年9月)

- ρ_1 とDst指数は強い負相関を示す。
- ρ_1 の変化は、約1日の時間スケールで、高緯度から低緯度へ順に起こる。静穏時や磁気嵐の終了時はおおよそ同程度の値になる。