

HF レーダー受信専用機による電離圏 プラズマ環境変動の研究

名古屋大学工学部電気電子情報工学科
電気電子コース
太陽地球環境研究所 塩川研究室
B4 木川竜介
太陽地球環境研究所
西谷望、堀智昭、濱口佳之

0. 要旨

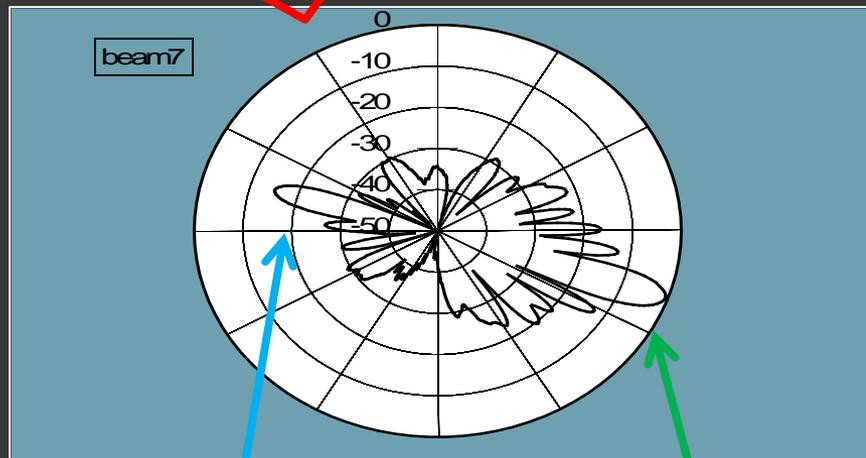
- ・ SuperDARNは極域・サブオーロラ帯・中緯度域に展開されているレーダーネットワークで、電離圏対流パターンなどの研究に用いられている。
- ・ 北海道一陸別HFレーダーはSuperDARNを構成する1つのレーダーであり、このレーダー網の中で最も低緯度に設置されたレーダーである。

0. 要旨

- ・ HFレーダーでは前方に照射する電波の他に、**バックローブ**と呼ばれる**後方に漏れ出る電波**があることが知られていたが、バックローブは電波の強度が弱いなどの点からあまり注目されることはなかった。
- ・ 我々は名古屋大学東山キャンパスにおいて北海道一陸別HFレーダーのバックローブの観測を行ったところ、**名古屋においても北海道一陸別HFレーダーのバックローブ信号が受信されていることを確認した**。本研究では、信号受信状況及び信号解析の初期結果について詳細に報告する。

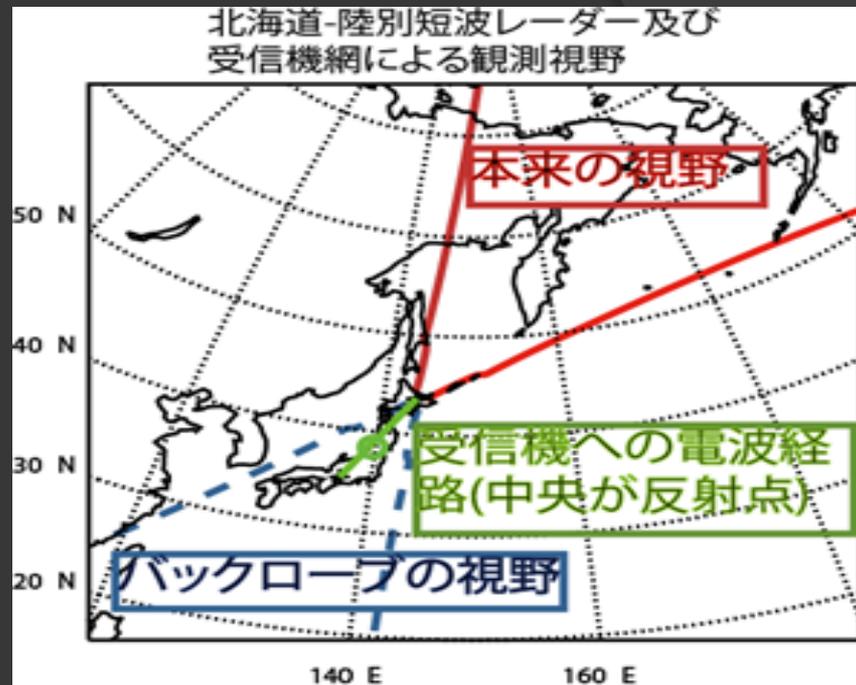
1. 背景

16本のアンテナビームを位相マトリクス回路により位相を調整して絞られた水平方向ビームパターン



バックローブ信号

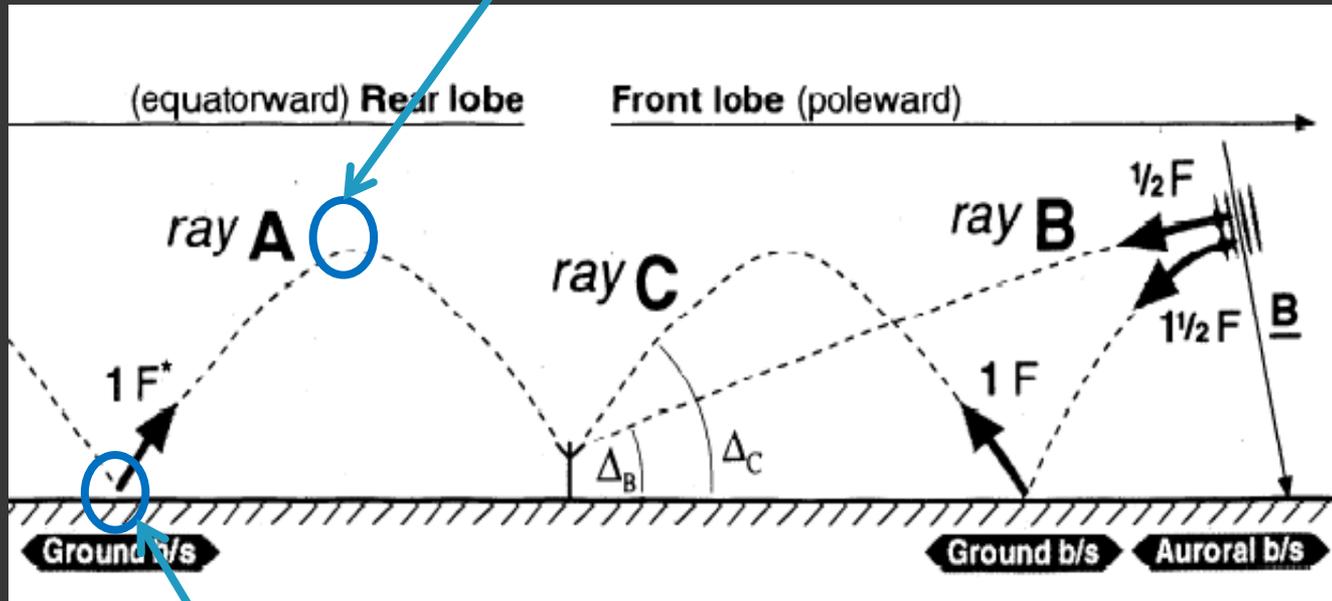
フロントローブ信号



フロントローブ信号に比べるとバックローブ信号は約15dB程弱くなるが、受信することはできる。

1. 背景

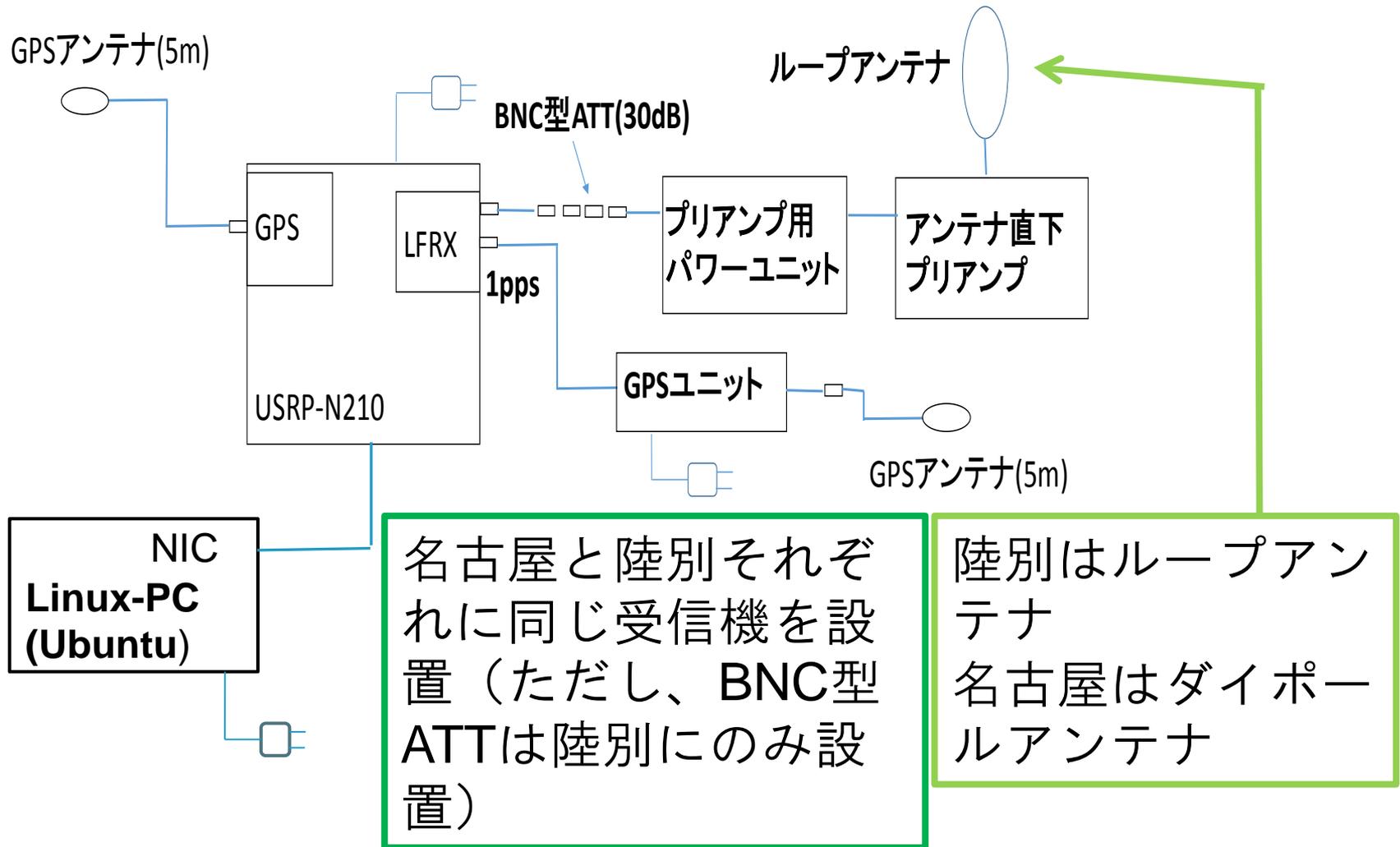
電離圏反射点A



本研究ではここに受信機を置き、電離圏反射点Aの構造について調べる。

2. 観測機器

HFレーダーリモート受信機のシステム構成図(レーダーサイト)_20140509





GPSアンテナ



USRP-N210

HFアンテナ



名古屋のダイポールアンテナ

3. 観測手法及び結果

2014年8月4日

21:00~21:10LT

縦軸：ドップラー振動数

横軸：時間

(10分間を表示)

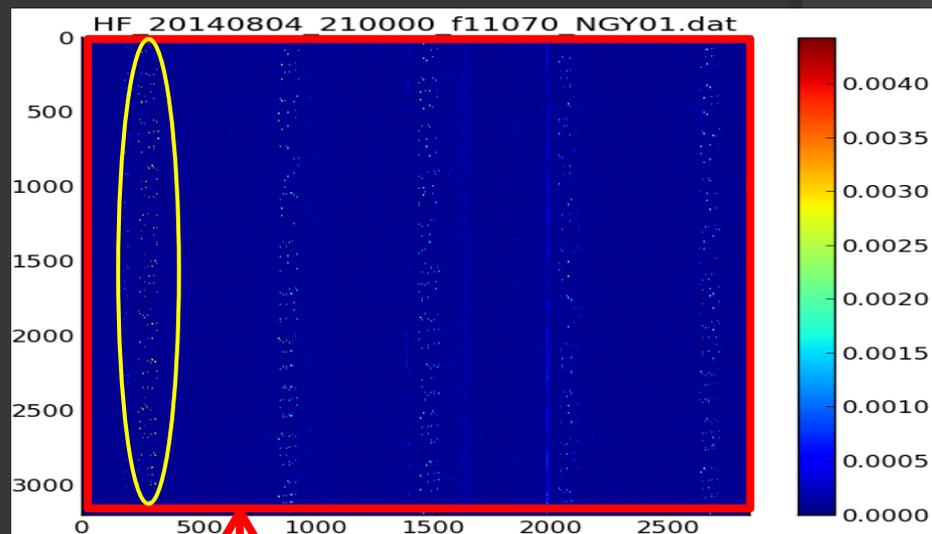
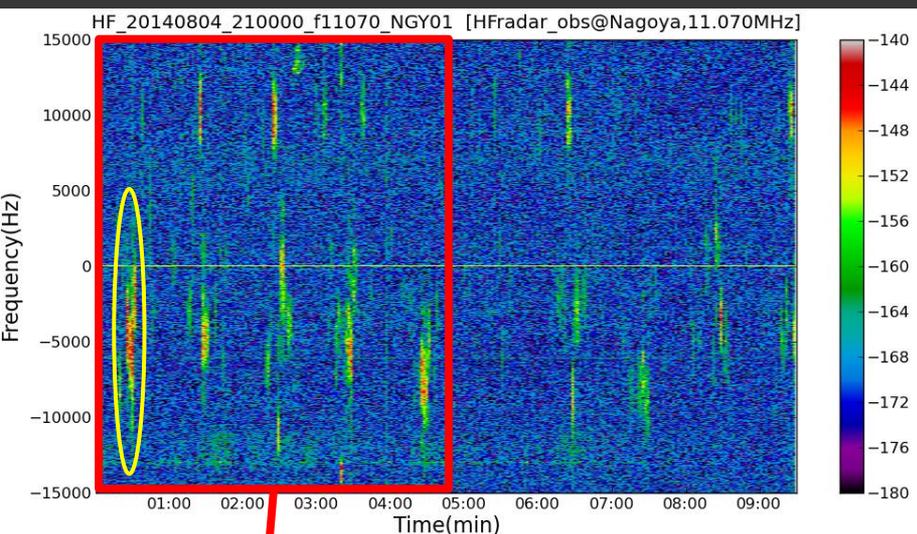
パラメータ：電波の強度

縦軸：1パルスシーケンス

横軸：時間(0.1s)

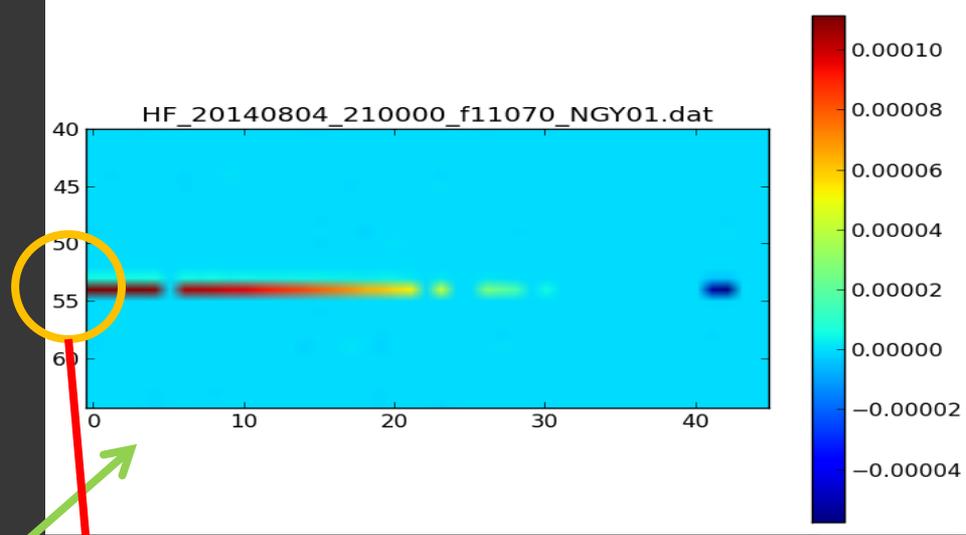
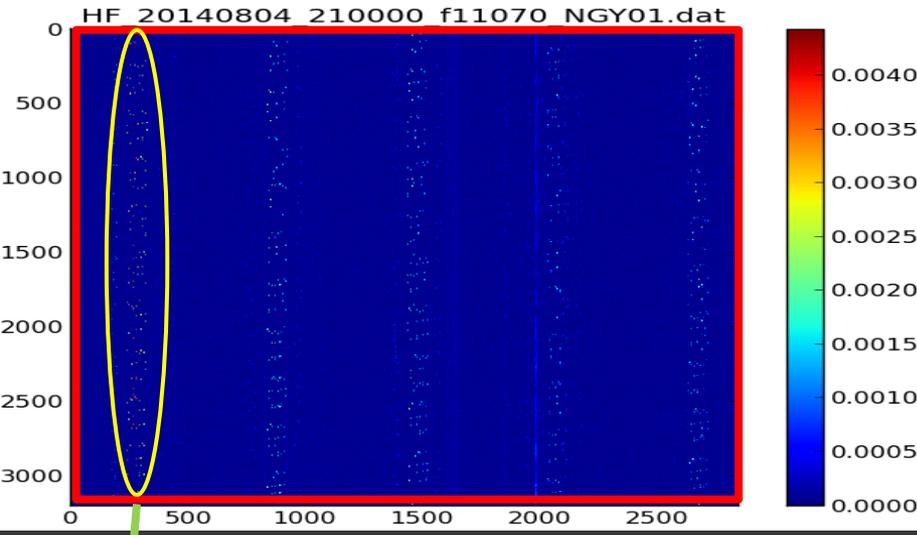
(4分30秒間を表示)

パラメータ：I/Qデータの絶対値



HFレーダーの受信データ
(名古屋)

左図の各レーダー電波に対する
I/Qデータ

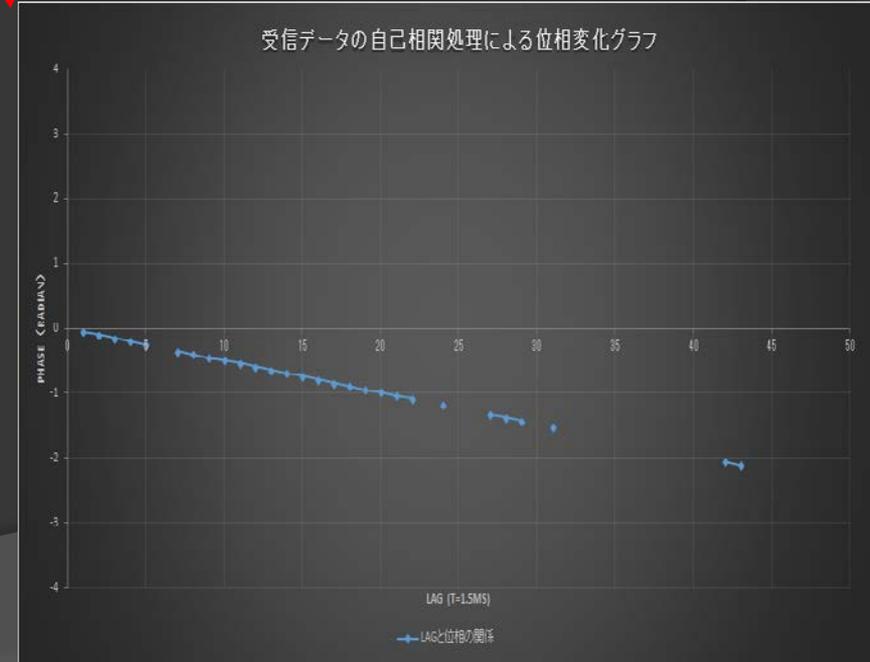


レンジ54(27秒)前後で地点での複素値を正規化する

縦軸：レンジ (9.375km)
 横軸：lag (1.5ms)
 パラメータ：I (実部) の値

Barthes et al.[1998]より位相とlagの関係から **ドップラー振動数** が得られる。

縦軸：位相 (ラジアン)
 横軸：lag (1.5ms)



$$\Phi_k = \omega k \tau$$

Φ_k : phase

ω : Doppler振動数

k : lag

τ : 最小のlag差
(=1.5ms)

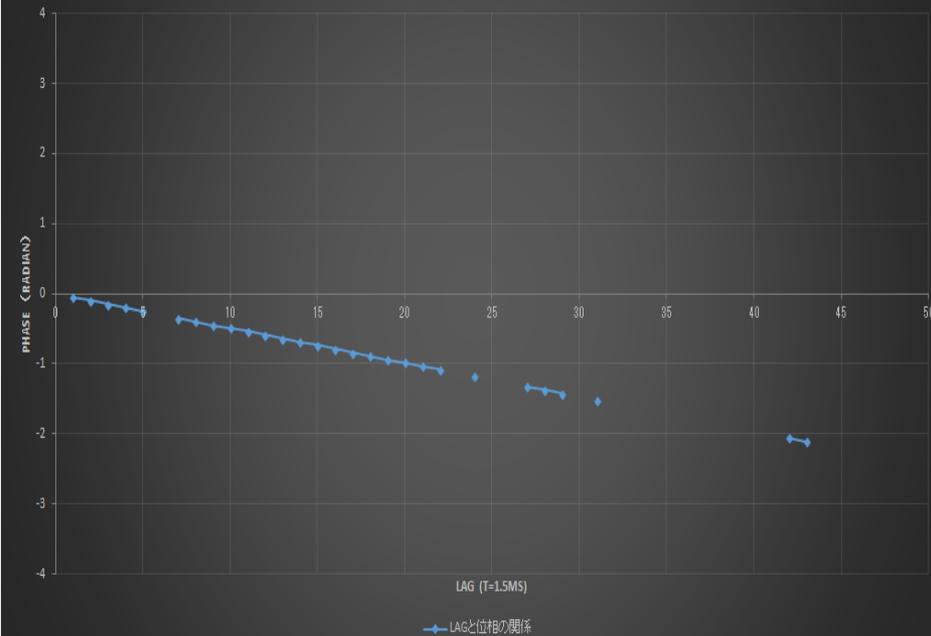
$$v = \frac{c \omega}{4\pi f}$$

v : Doppler速度

c : 光速

f : radar周波数
(= 10×10^6 [Hz])

受信データの自己相関処理による位相変化グラフ

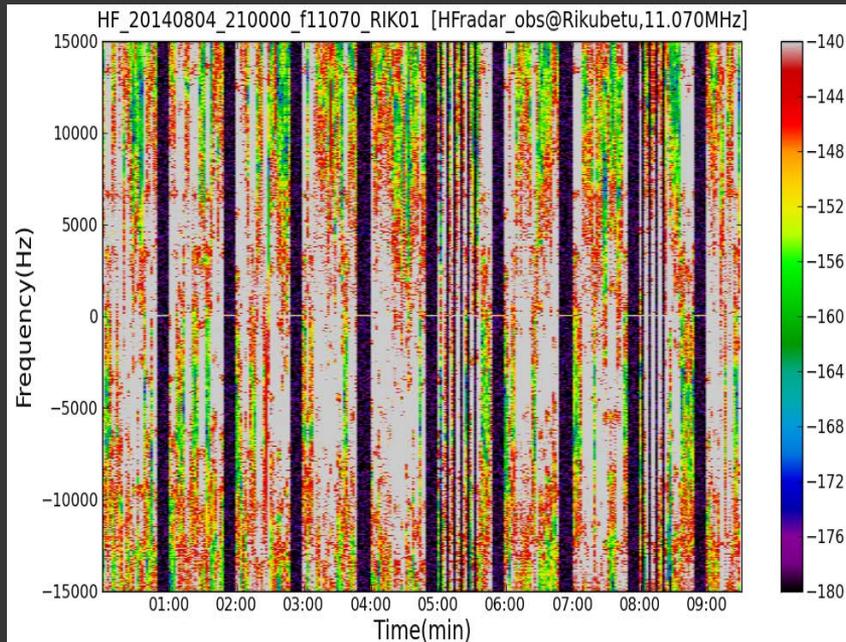


縦軸：位相（ラジアン）
横軸：lag（1.5ms）

図より

$k = 43$

$\Phi_k = -2.11$ [rad]



同じ時刻での陸別の受信データ

全ビームのバックローブ信号を受信しているため、全ての時間にわたって強く受かっている。

さきほどと同じ方法で、 Φ_k を求めると、

$$\Phi_k = -1.87[\text{rad}]$$

したがって、名古屋と陸別の位相差 $\Delta \Phi_k$ は

$$\Delta \Phi_k = -0.24[\text{rad}]$$

$$\Phi_k = \omega k \tau$$

Φ_k : phase

ω : Doppler振動数

k : lag

τ : 最小のlag差
(=1.5ms)

$$v = \frac{c \omega}{4\pi f}$$

v : Doppler速度

c : 光速

f : radar周波数
(= 10×10^6 [Hz])

$$\Phi_k = \omega k \tau \text{ より}$$

$$\omega = \frac{-0.24}{43 \times 1.5 \times 10^{-3}}$$
$$= -3.72 [\text{Hz}]$$

$$v = \frac{c \omega}{4\pi f} \text{ より}$$

$$v = \frac{3 \times 10^8 \times (-3.72)}{4 \times 3.14 \times 10 \times 10^6}$$
$$= -8.89 [\text{m/s}]$$

ドップラー速度

4. 議論・考察

- ①毎分27秒前後に信号が強く受かっていることから、**ビーム8**前後を打ったときのバックローブ信号が受信されていると推測できる。
- ②名古屋と陸別で受信されたデータを比較することによって、**ドップラー速度を求めることに成功した**。
- ③導出されたドップラー速度は、Ogawa et al. [2009]より妥当な値であるといえる。
- ④得られたドップラー速度は斜め入射により得られたものであり、電離圏の鉛直方向速度成分に直すためにはファクター $1/\sin\theta$ (elevation angle) の変換が必要である (elevation angleの導出を準備中)。

5. まとめ

- ・我々は初期結果として、レーダー信号の受信が確認できた場合についてドップラー速度を得ることに成功した。今後の課題としては、名古屋と陸別の受信データを比較することによって遅延差を求めることや、ドップラー速度についての日中変化及び季節依存性を調べ、関連性を調査することがあげられる。