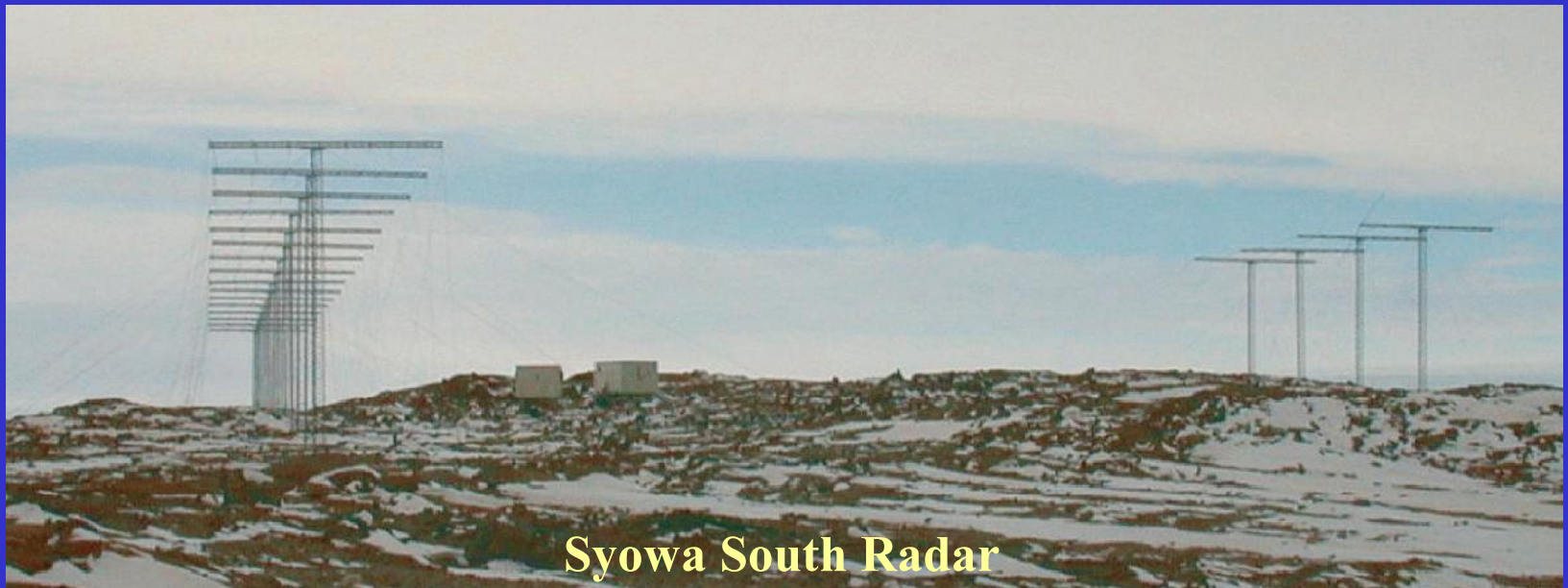


SuperDARNレーダーによる 新しい観測手法とその応用

堤 雅基、行松 彰
極地研究所

2004年10月13日 名古屋大学STE研



SuperDARN HFレーダー

- ・極域のF層水平プラズマ対流が主目的。
広い視野を観測することが何より大切
- ・マルチパルス法によるACF観測(～7秒)
- ・レンジ分解能(15～)45km
- ・干渉計による仰角測定



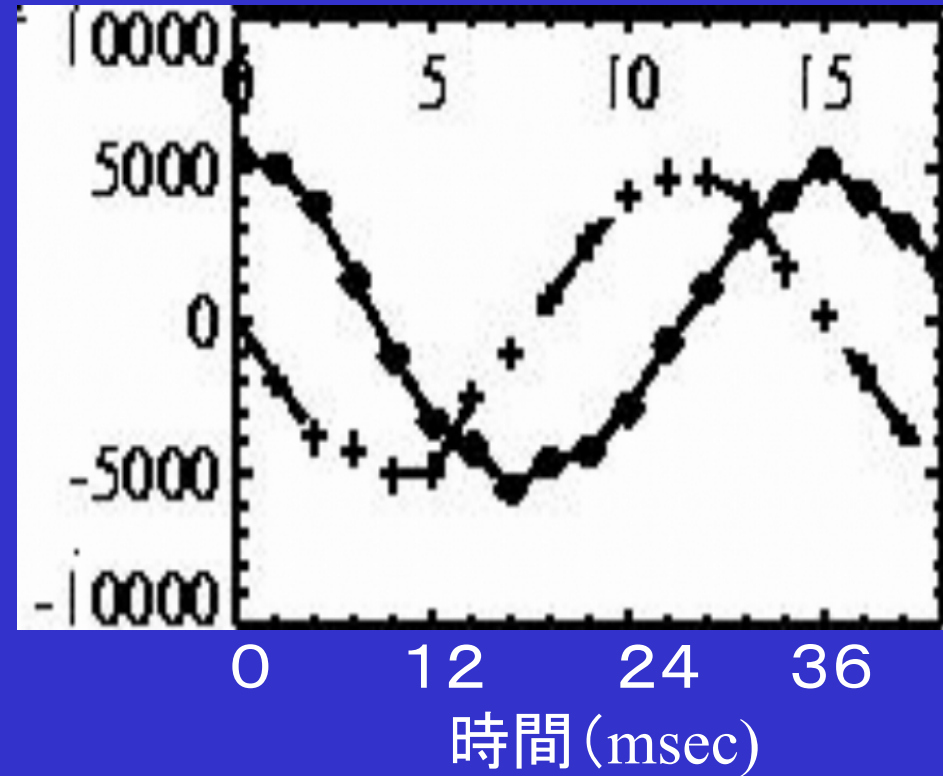
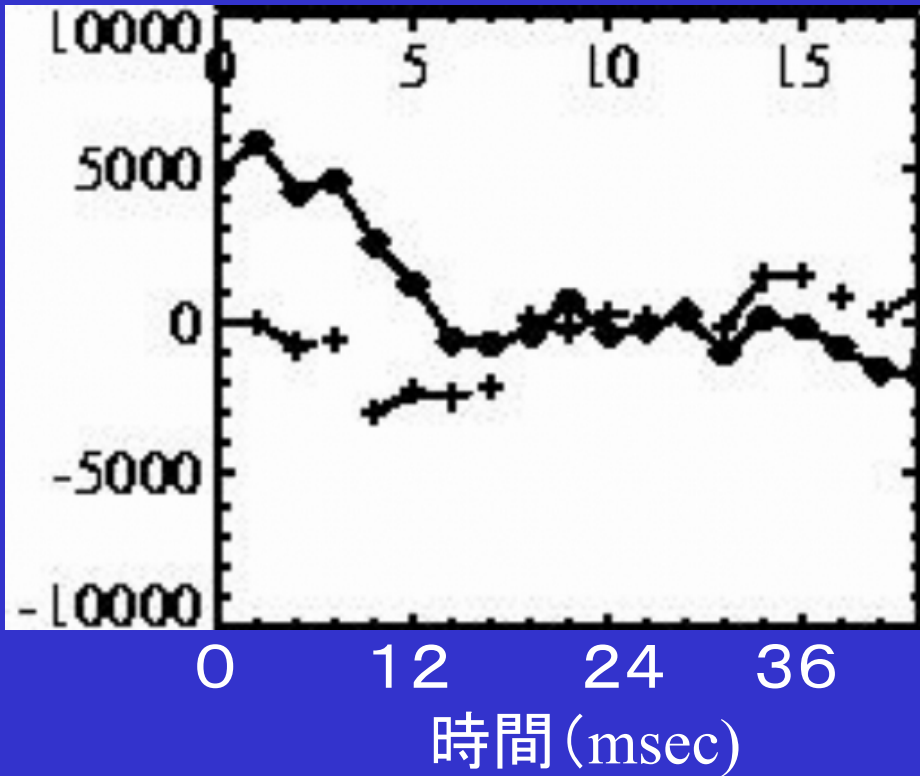
16本のログペリアンテナによる
1次元のメインアレイ

4本のログペリアンテナによる仰
角測定用の干渉計サブアレイ

SuperDARN 自己相関関数の例

カस्प領域 (2秒平均)

ヒーター照射域 (平均なし 0.1秒)



観測領域により、エコーの性質が大きく異なる。時間的な変動か、レンジ内の空間的なばらつきか？

新しい研究領域への応用の要望

- ・中間圏・下部熱圏観測
 - －流星風観測、PMSEなど。地球規模の構造は未だ不明点が多い
 - －経度、緯度方向に広がる素晴らしいネットワーク観測
- ・E、F層プラズマの、より高い時間・空間分解能観測
 - －現在の分解能は、OTHレーダーとしての制約によるところ大
 - －エコーの細かい時間空間発展。素過程の理解
 - －光学観測にも対応した、より小さな空間スケールの現象の解明
 - －分解能が変わると世界観が変わる。ブレイクスルーの可能性
- ・より柔軟なレーダー運用(ステレオレーダー)
 - －COMMON TIMEに縛られず、自由なパラメーターで観測

新しく開発された(つつある)観測手法 その1

生データ取得 (Yukimatu and Tsutsumi, GRL, 2004)

- これまで捨てていた全ての生データを記録
- ACFに加え、新たに時系列解析も可能
 - ・流星風観測にまず応用
 - ・PMSEなど中間圏エコーへの応用もあるのでは？
- 時間分解能(積分時間)を自由に設定できる
 - ・SNの十分なエコーでは、細かい時間発展がわかる
 - ・ヒーターエコー、Cuspエコーに応用
- 追加ハードウェアなしでOK. ソフトウェアは極地研で開発済み

得られた流星エコーの時系列

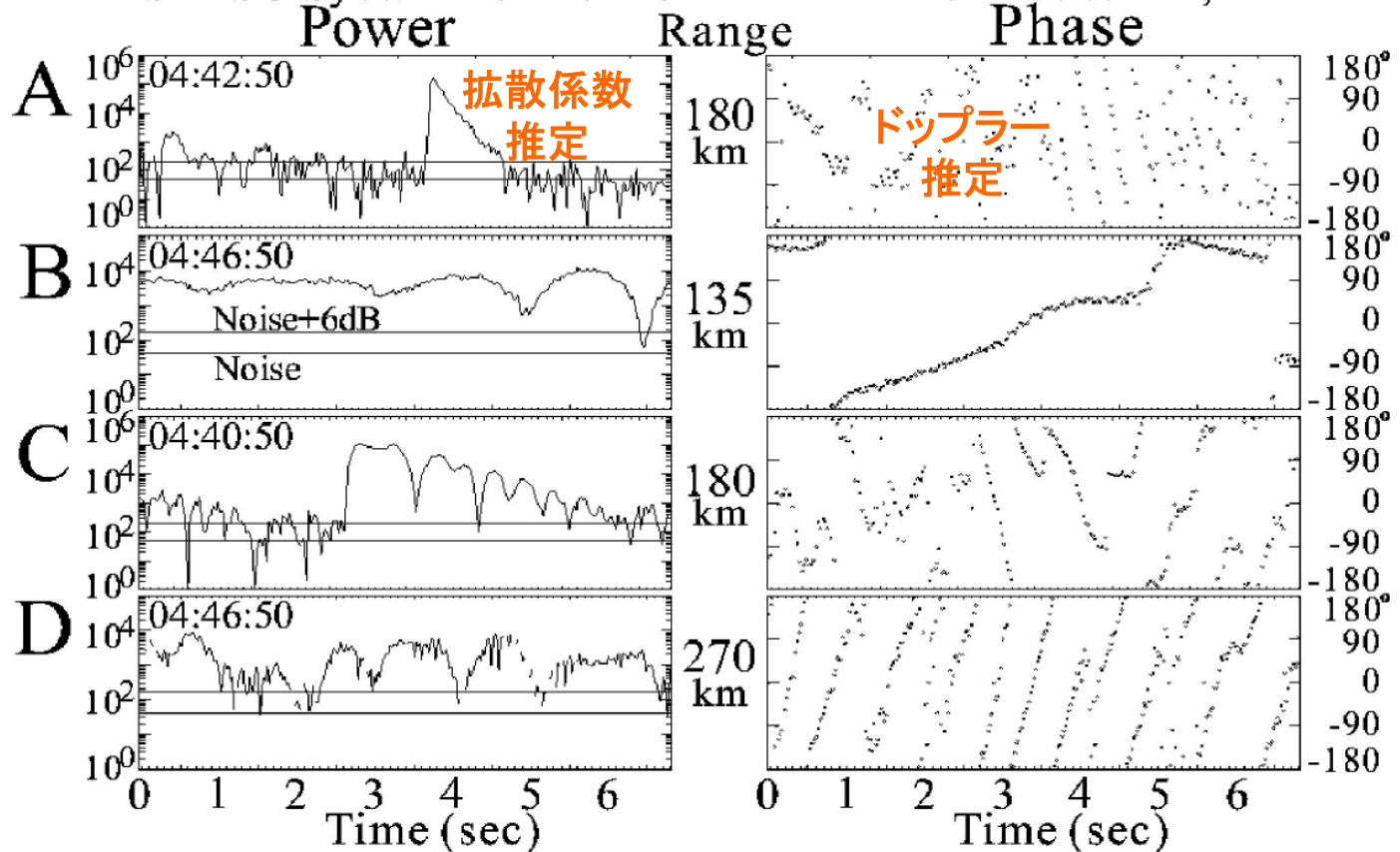
SENSU Syowa East Beam7 04:40~04:50 UT October 16, 2001

流星エコー

それ

以外の

エコー



Yukimatu and Tsutsumi, 2002

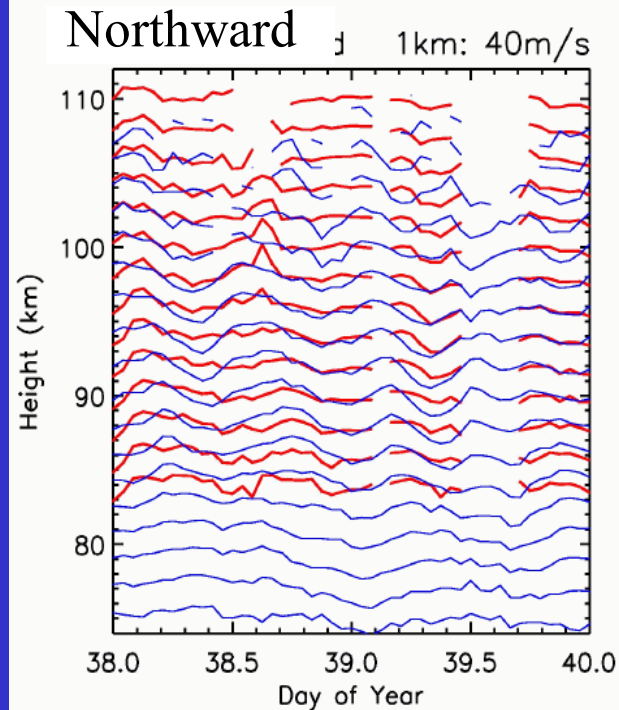
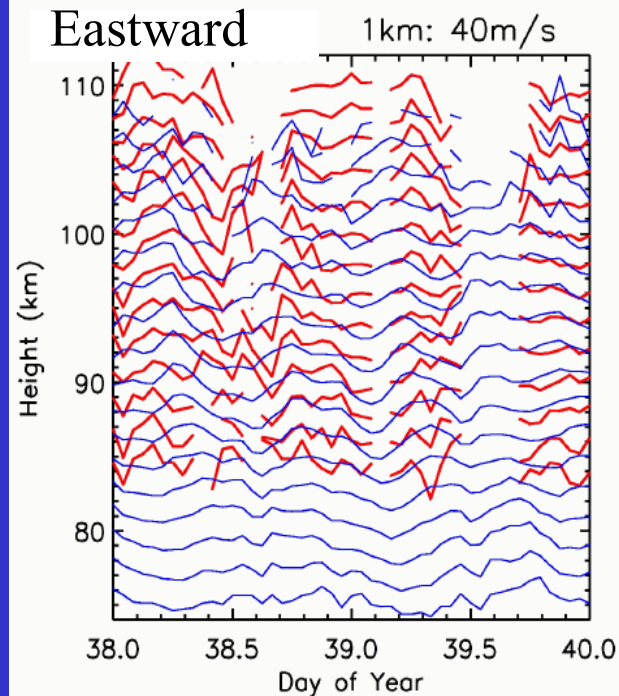
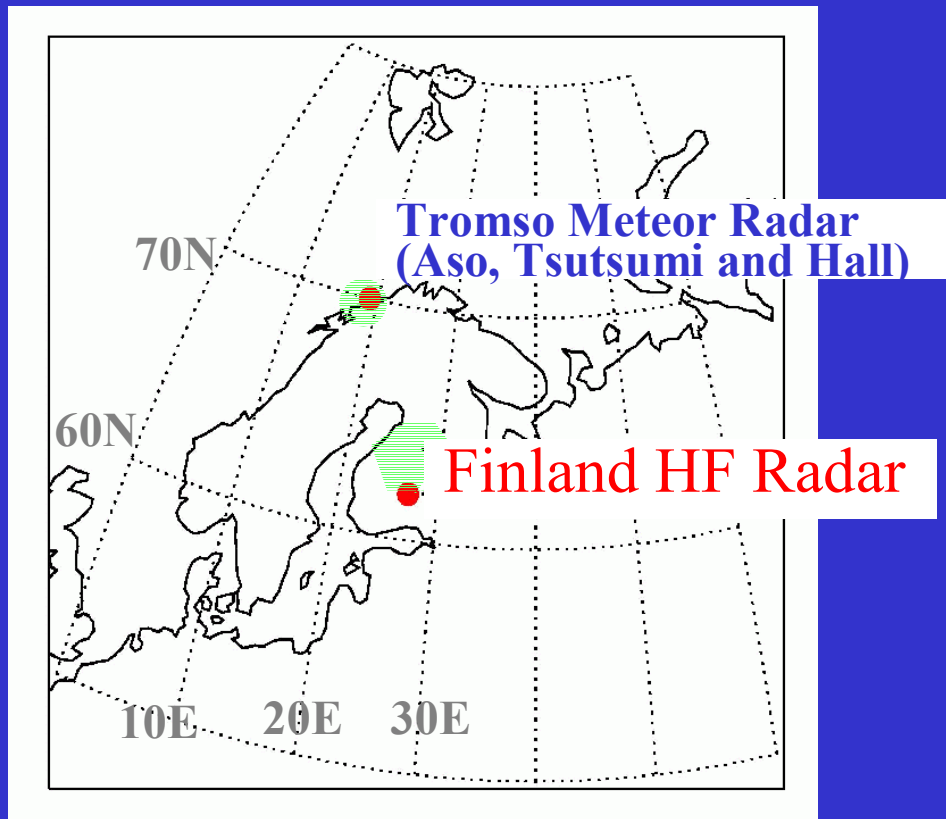
アンダーデンスタイプの流星エコーを検出して記録

2000-6000エコー/日 ちよつと昔の流星レーダー並！

得られた流星風の例

流星レーダー観測との比較

07-08/February/2004



-1000km近く隔たりがあるが、良い一致がある。半日周期潮汐波が卓越している

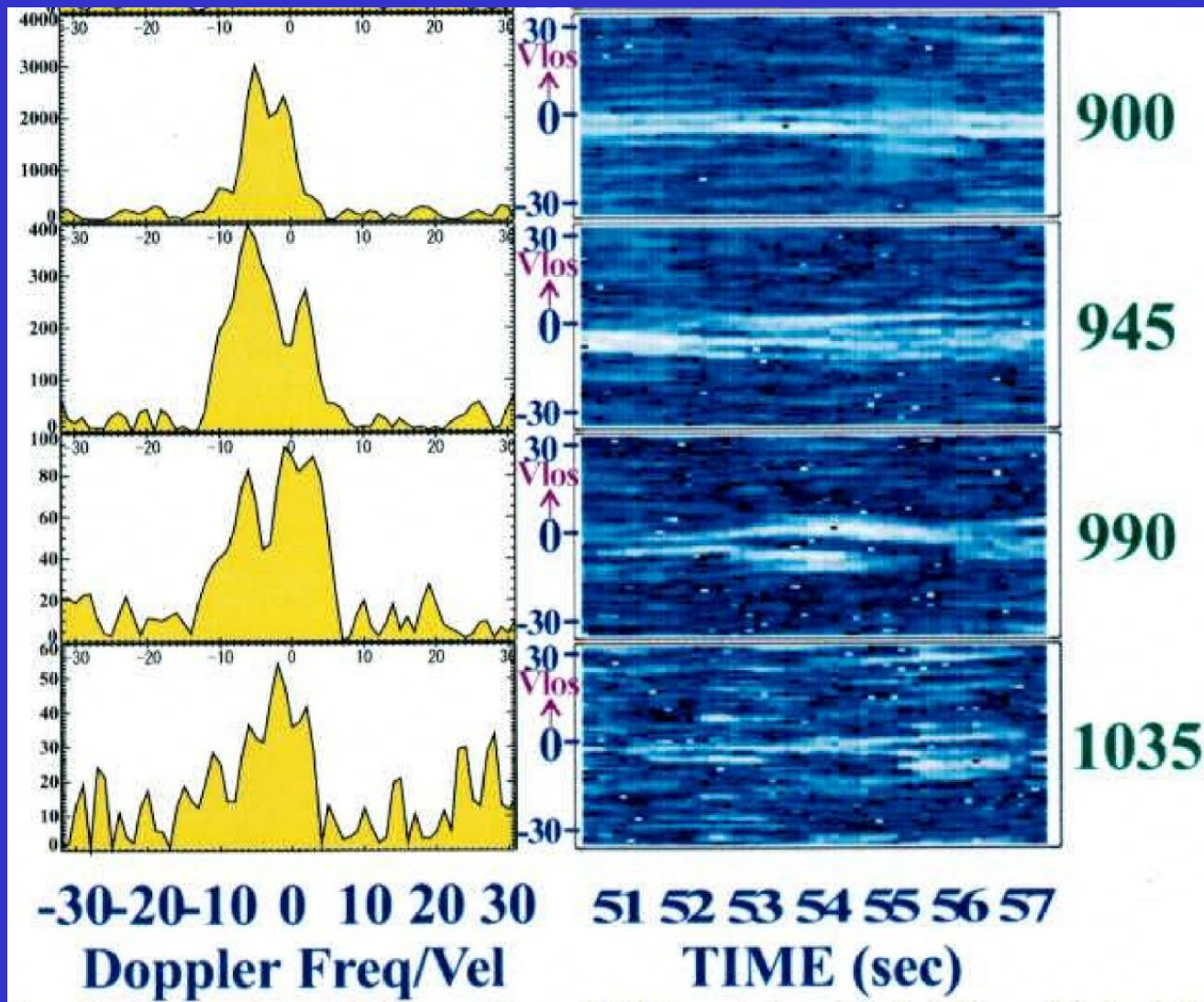
-SuperDARNレーダーを使った流星風ネットワーク観測へ！

Cuspエコーの時間発展

- ・SNの十分なエコーでは、細かい時間発展がわかる

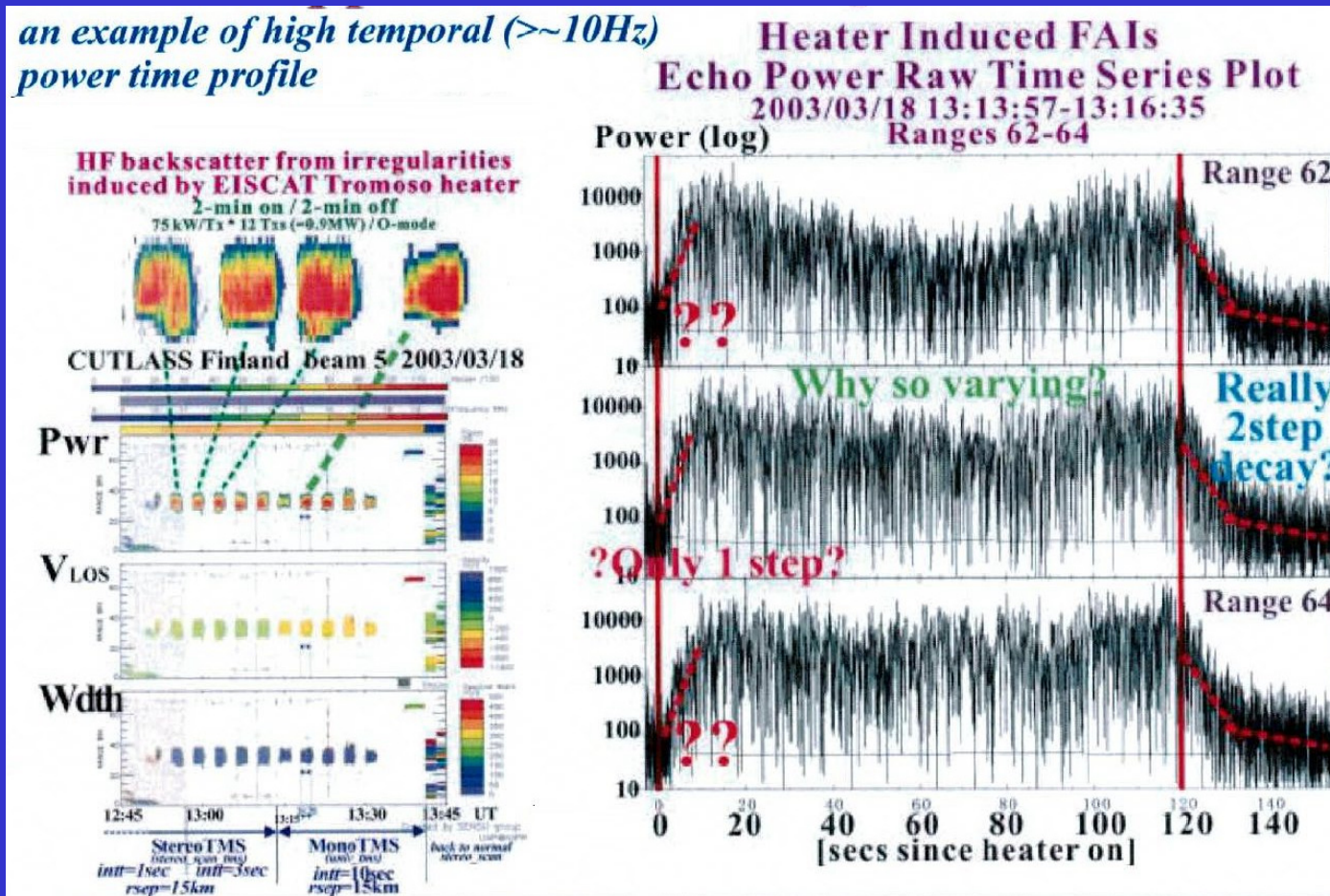
7秒平均スペクトル

ダイナミックスペクトル



EISCATヒーターエコーの時間発展

an example of high temporal (>~10Hz)
power time profile



- ・時間分解能0.1秒！ エコー生成と消滅の詳細。
 - ・スペクトル幅は狭いが、細かい時間変動もある。
- 何故？新しい疑問

新しく開発された(つつある)観測手法 その2

高空間分解能観測：イメージング技術

1) 距離：周波数領域干渉計観測 (Tsutsumi et al. 執筆中)

— 周波数が可変であるSuperDARNの特徴を生かし、パルスシーケンス毎に複数の周波数を切り変える

— 元の距離分解能よりも細かい構造が観測可能

・ 流星エコーにまず応用し技術を確立

・ E,F層エコーへの応用。ヒーターエコーへの応用を計画中

・ PMSEなど中間圏エコーへの応用も？

— 追加ハード不要。極地研にてソフト開発済み(さらに改良中)

2) 方位：マルチレシーバー観測 (昭和での観測に向け準備中)

— 現在は決まったビームパターンでデータを取得

— 各アンテナに個別にデジタルレシーバーを設け観測後に自由なビーム形成を行う

周波数領域干渉計(2周波の場合)

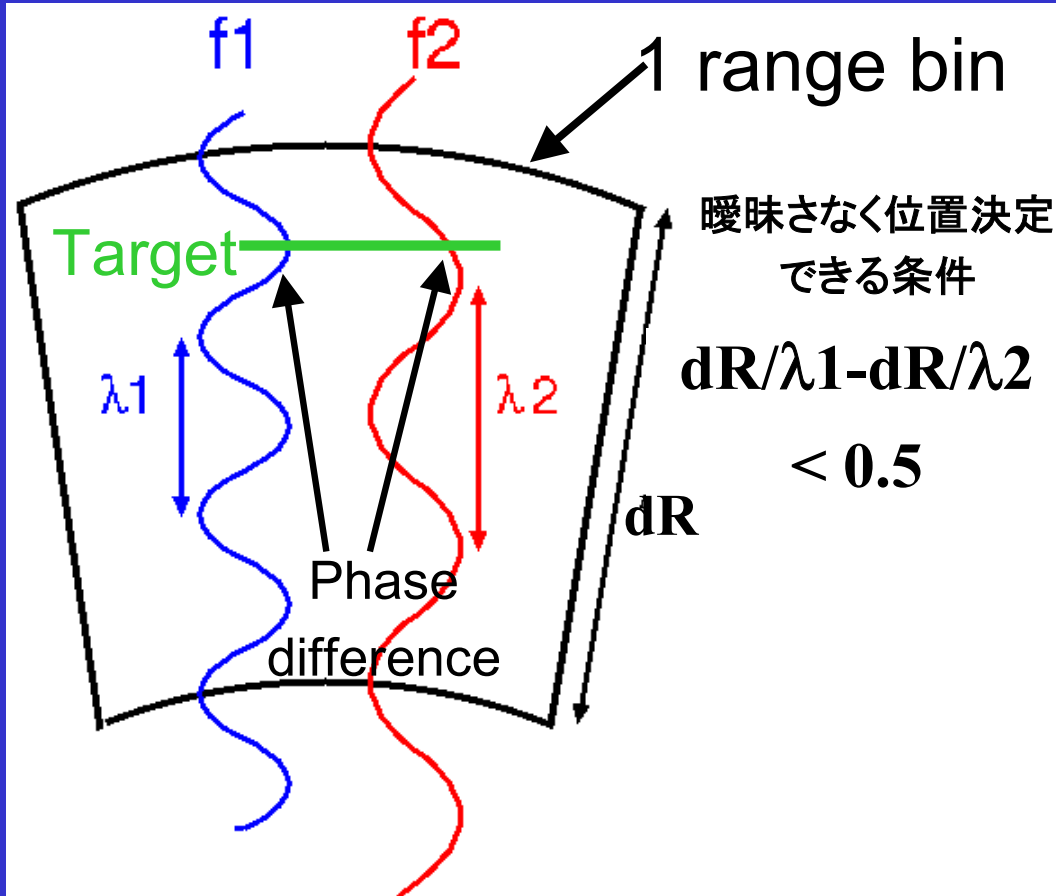
FDI (Frequency Domain Interferometer)

- わずかに離れた2周波数を用いる
- 散乱体がレンジビン内に局在化している場合、その位置を2周波の位相差から推定する

45kmのレンジ幅の場合、
2周波数の差は、

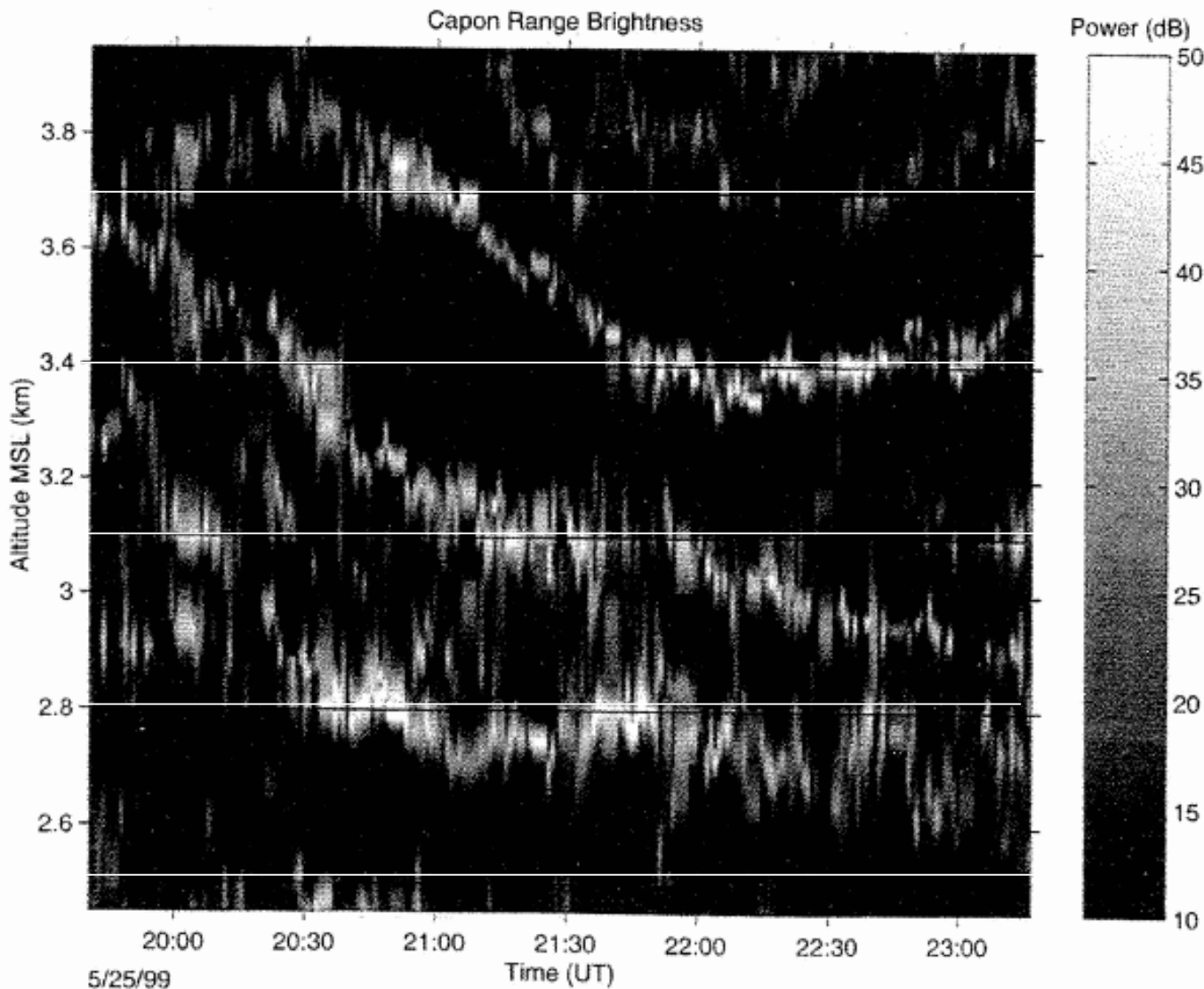
When $dR=45\text{km}$
 $f_1-f_2 < 3.3\text{kHz}$

もし散乱体が複数(n)の箇所
に局在化している場合は、
周波数を増やす($n+1$)こと
で分解可能。



周波数領域干渉計観測の例

対流圏観測



Palmer et al.,
Radio Sci, 2001.

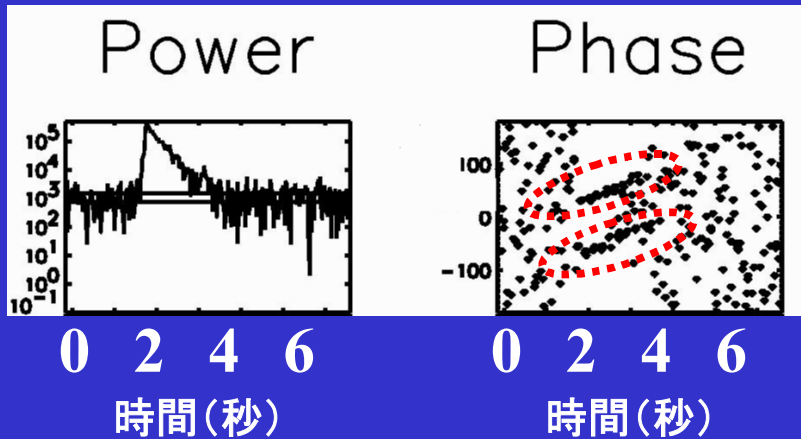
STレーダーによる4
周波数を使った対
流圏の観測例。

エコー強度に相当す
る量を示す。海拔高
度2.45–3.95k
m。

もとの距離分解能3
00mよりはるかに
細かい層状構造が
観測されている。

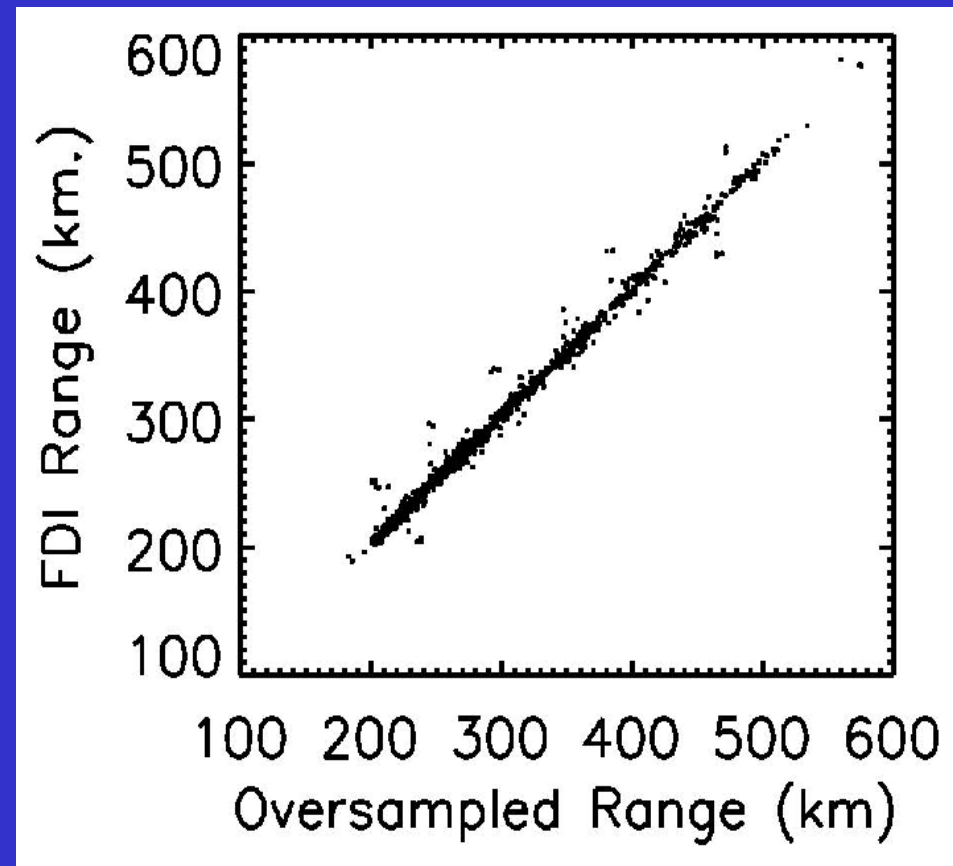
FDI開発 初期結果

2周波FDIでの流星エコー観測例



2つの位相のグループは、それぞれ別の送信周波数に対応。この位相差からレンジビン(45km)内の位置を推定

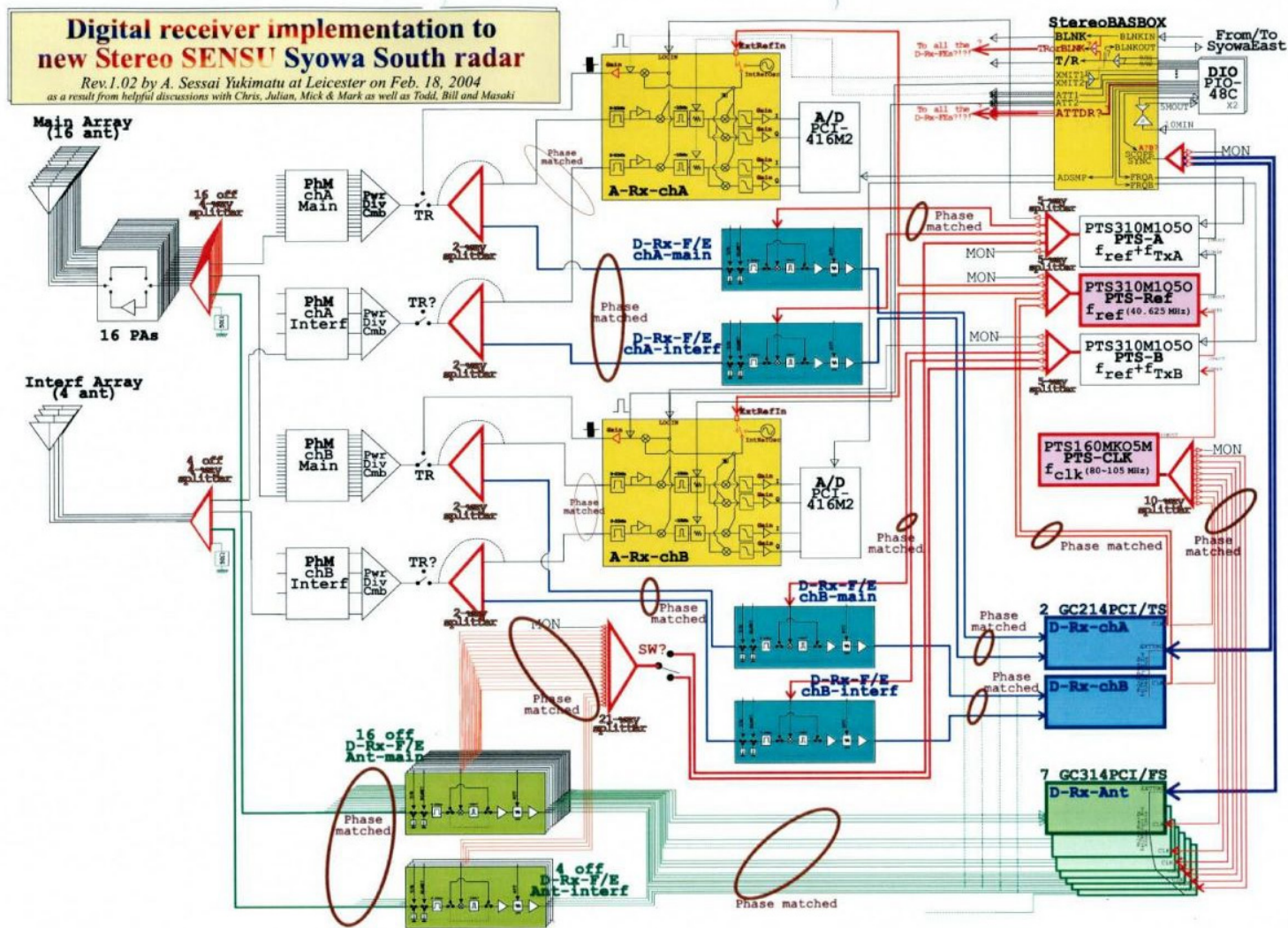
2004年2月8日のすべての流星エコーに対して得られた距離の比較



Nice agreement!

マルチレシーバー観測

- ・各アンテナの出力をデジタル受信機で個別に記録
- ・イメージング技術を用いて詳細な水平構造解析



ステレオSuperDARNレーダー 英Leicester大学の手法

十分離れた2周波を用い、1台で2台分のレーダーとして運用

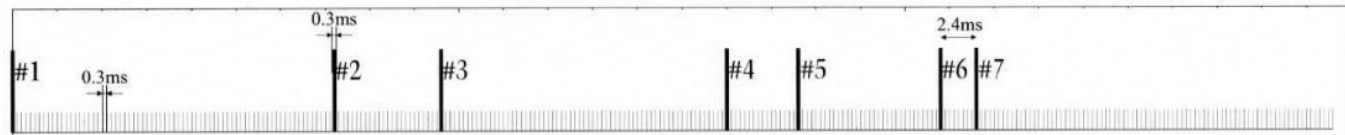
Common Timeの裏番組として自由に観測可能

2005年にSyowa Southレーダーをステレオ化予定

パルスパターン (パルス系列) 及びサンプリングタイミング

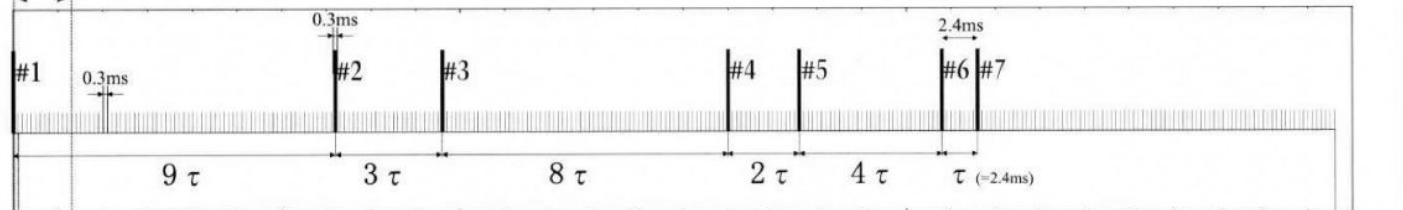
mppul=7, mpinc=2400us, ppat[7]={0,9,12,20,22,26,27}, txpl=300us (rsep=45km)
smsep=300us(45km), lagfr=300us(45km), nrang=80, maxrng=3600km, nsmp=296, seqtime=88.80ms

ch.1
freq.1
bm.1



ch.2
freq.2
bm.2

stereo offset



0.3ms 30.0 60.0 time (msec) → 88.8ms

stereo 1 pulse sequence

まとめ

- ・ SuperDARNレーダーネットワークは、F層プラズマの観測を通して電離圏・磁気圏の研究に多大な貢献をしてきた
- ・ さらなる発展(研究領域の拡大)として求められるのは、
 - － 中間圏・下部熱圏領域の研究
 - － より高い時間・空間分解能観測
- ・ 極地研グループの開発により
 - － 生データ取得法の確立
 - ・ 流星エコー観測手法
 - ・ 高い時間分解能観測
 - － 各種イメージング技術を使った高い空間分解能観測の開発中
 - ・ 距離方向: 周波数領域干渉計 (初期開発終了)
 - ・ 方位角方向: マルチレーダー観測 (2005年の観測を予定)
- ・ ステレオレーダー(Leicester大学)の検討