

SuperDARN北海道-陸別HFレーダーを用いたサブストーム時における電離圏プラズマ対流変動の研究

鳴瀧亜理紗、西谷望、堀智昭(太陽地球環境研究所)
寺本万里子(宇宙科学研究所)

先行研究

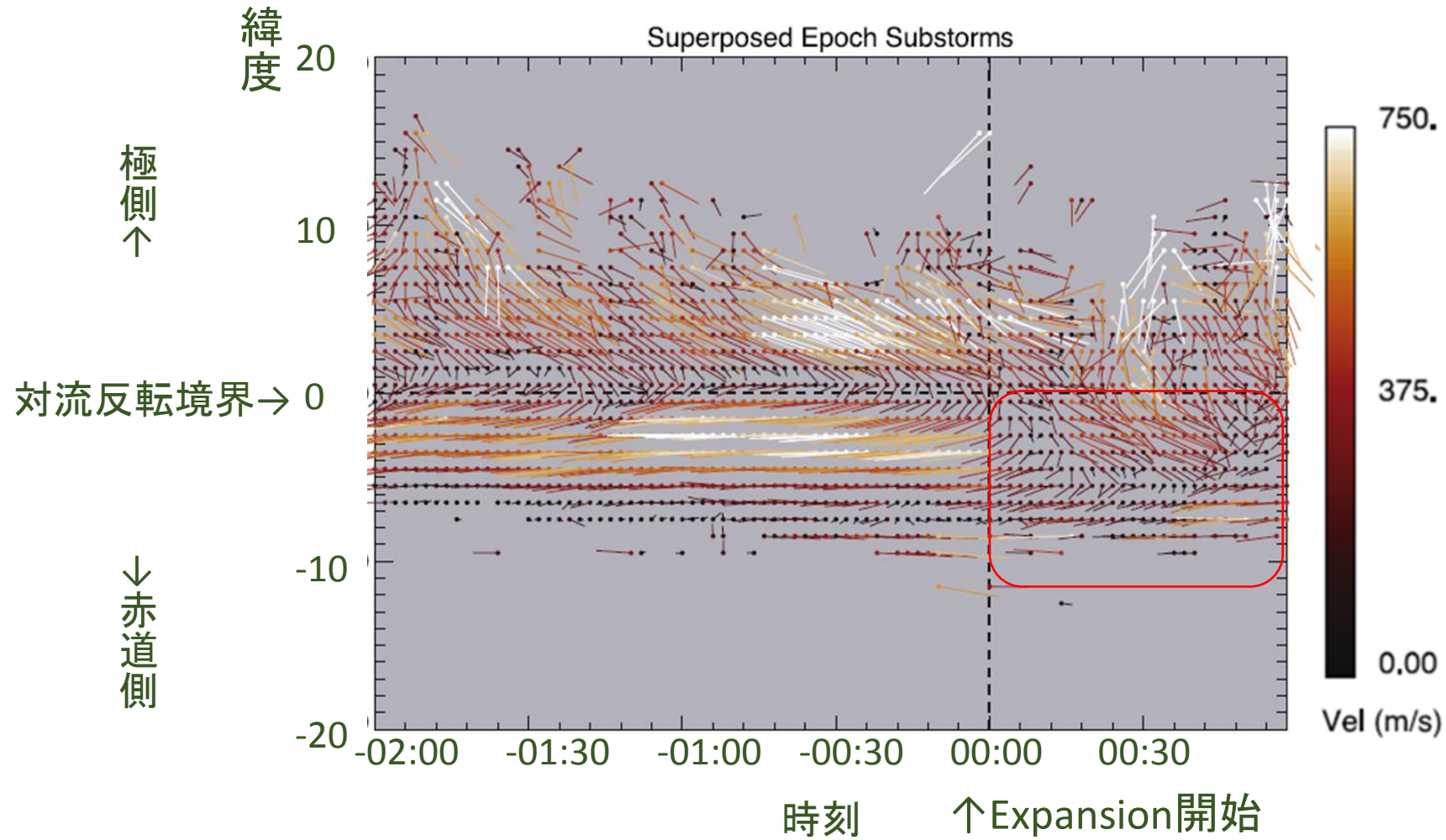
高緯度のSuperDARNを利用した、サブストームに伴う高緯度電離圏対流に関する研究が多数なされている。

▪ Bristow et al., 2007

▪ SuperDARNレーダーでサブストームが起きるときのプラズマ対流の変化を観測し、それぞれの観測結果を平均することにより広範囲の特性を調べる **superposed epoch analysis** が用いられている。

1. IMFの南への転換に伴って対流反転境界より赤道側の真夜中前の領域では、西向き
の対流速度が増加する。
2. サブストームのExpansion開始の約8分前に、東西方向の対流速度はさらに大きくなる。

3.深夜付近の領域で、東西向きだった対流が極冠から赤道向きの流れに転換し、expansion開始時に急激に速度が減少する。



superposed epoch analysisによって得られた2200MLTにおける対流変動

▪ Bristow et al.の研究の問題点

→Expansion開始時、夜側で西向きの最大速度が急激に減少したのは、オーロラ粒子の降り込みによるD層での電波の吸収が起きた可能性がないとはいえない。

特徴3(速度の急激な減少)は本当に断言できるのか？

▪ Grocott et al., 2009

サブストームのonsetの緯度の違いによる対流変化の特徴の違いについて述べている。
(※これらの緯度の分類はGrocottによるもので、本研究ではオーロラ粒子の降り込みのある領域を高緯度とする。)

<低緯度サブストーム(64° 以下)>

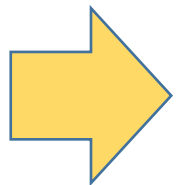
より大規模で強い対流が多い。onset直後に対流が減少する傾向。
真夜中領域で増加した導電率に起因(カレントジェネレーター)。

<中緯度サブストーム($64 \sim 67^\circ$)>

対流の大規模な縮小があまり起こらない。

<高緯度サブストーム(67° 以上)>

大規模対流は最も少なく、速度も最も持続的である。
局地的な電場に支配される傾向。



Onset直後の対流速度の急激な減少はすべてのサブストームに言える一般的な特徴ではない。

本研究の目的

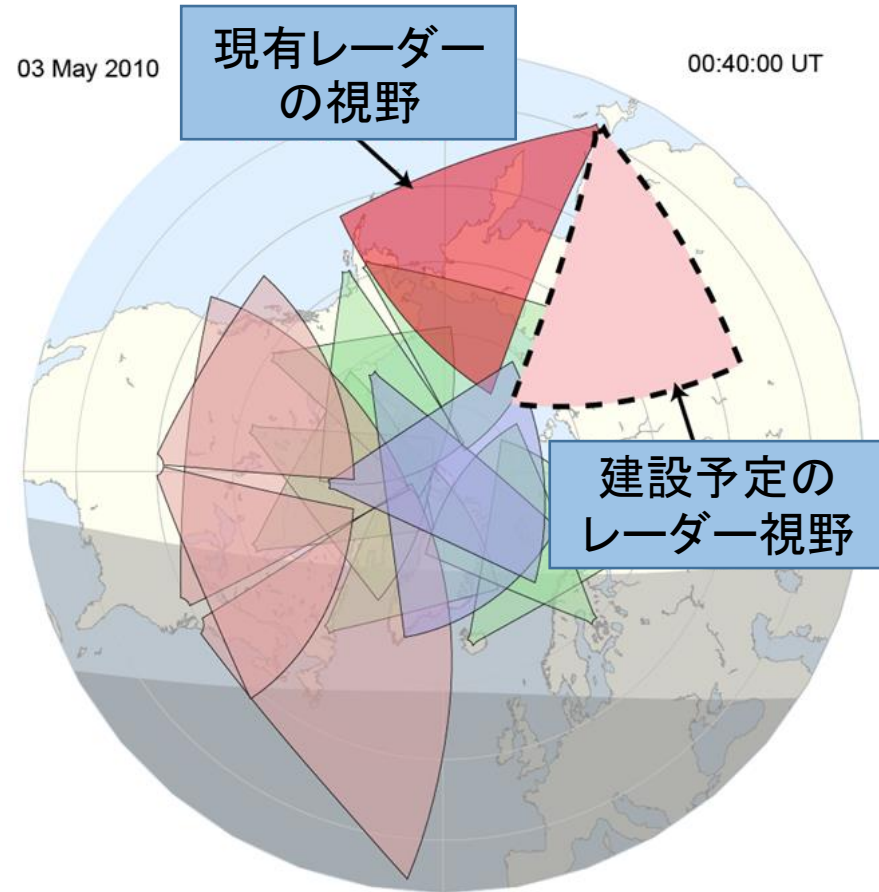
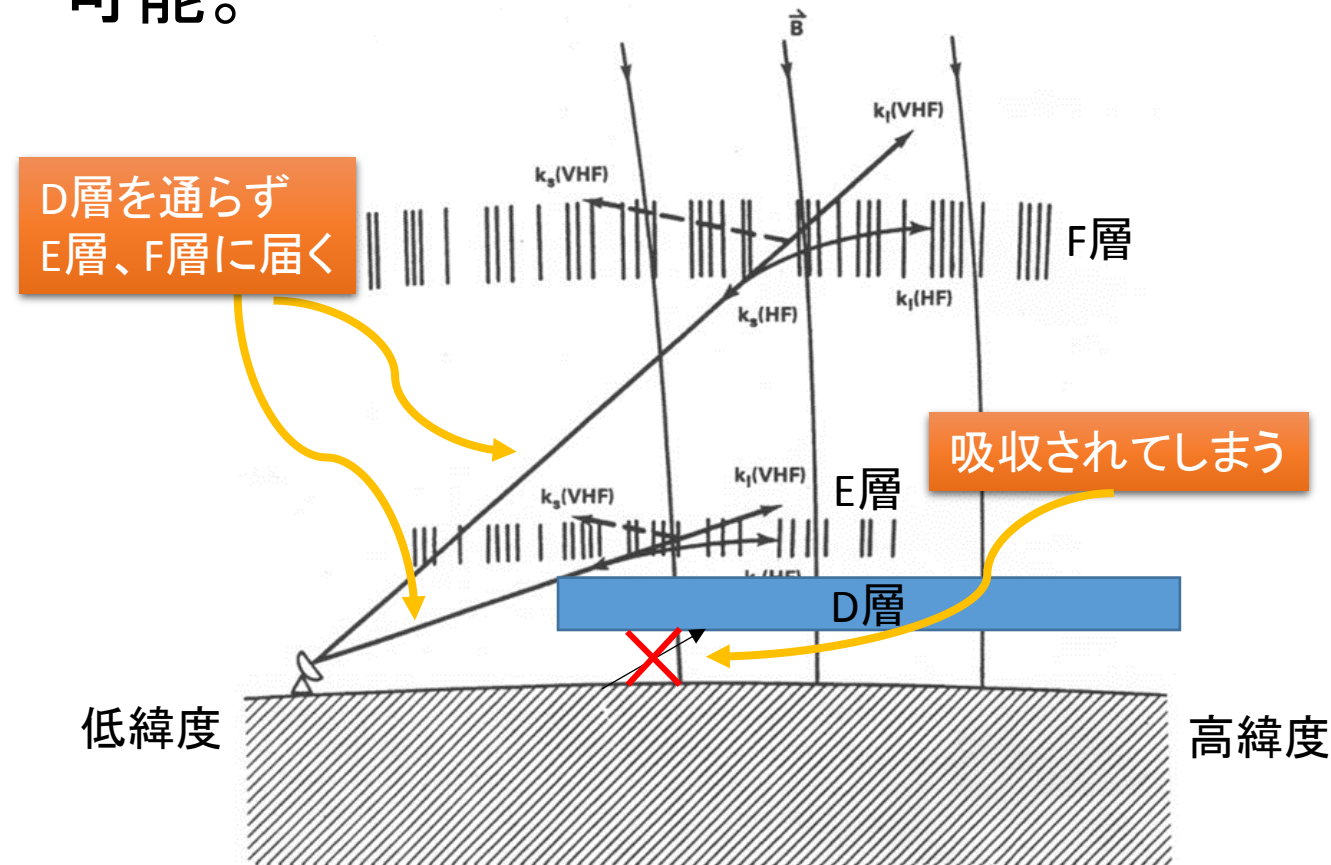
サブストームに伴う高緯度のプラズマ対流の特性を明らかにする。

- ・速度の減少がオーロラ粒子の降り込みでの吸収によるものなのか、定電流的变化によるものなのか、もしくはどちらもなのか解明する。
- ・Pi2リストの時刻においての陸別HFレーダーのDoppler velocityと見比べる。
→サブストームのexpansion開始前後の電場の変化を見る
- ・高緯度で起こるサブストームについて北海道-陸別HFレーダーを用いて観測

※今回のイベントリストはisolated substorm(独立したイベント)のみ！！
multiple substorm(連続して起こるイベント)は除いてある。
→単一のサブストームの影響を見るため

陸別HFレーダーを利用すると

- ・低緯度から電波を発信することにより、電波吸収が起こるD層でのオーロラ粒子の降り込みを通らずデータを取ることが期待できる。
- ・さらに、低緯度から観測することでより大きなサブストームを観測することが可能。



サブストームイベントリスト(2007/1~2013/4)

サブストームのexpansion開始に伴う現象のひとつとして、Pi2地磁気脈動(周期:40-150秒;以下Pi2)がある。

Pi2からサブストームのexpansion開始時刻をリストアップした(宇宙研 寺本さん)。

イベント選択の条件

・Pi2地磁気脈動

Kakioka地磁気観測所のデータを用い、夜側(MLT18-06h)に位置する地磁気観測所の観測データからPi2の開始時刻(t_{Pi2})を選択。

なお選択されるPi2のPeak-to-peakの振幅の大きさは、0.6 nT以上と設定。

・AL指数 (西向きオーロラジェット電流の最大値を示す磁場変動)

時刻 t_{pi2} においてAL指数が以下の条件を満たすもの。

- t_{pi2} の前30分間の標準偏差が50 nT以下 (比較的静かなとき)
- t_{pi2} の後30分間のAL指数の減少が200 nT以上

2007/1～2013/4のデータを分類

○に分類したもの

- ・緯度60度以上、夜側(12～18UT)に該当するPi2リストの時刻の前後30分の範囲内でエコーが観測でき、緯度が5度以上かつ時間が20分以上。

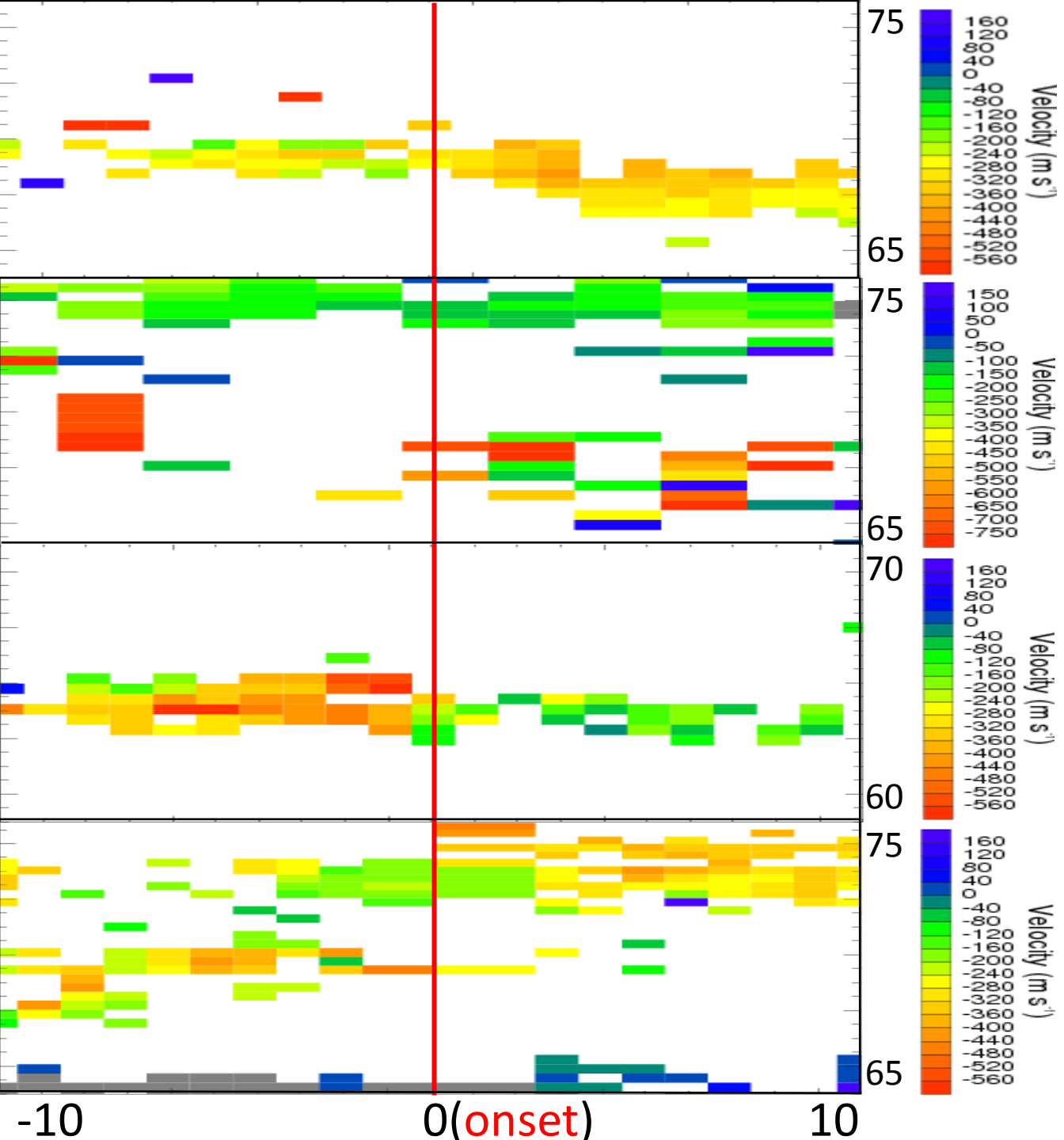
○に分類しなかったもの

- ・上記の条件に当てはまらない。
もしくは当てはまるがデータにノイズが多く、ノイズかエコーかが判断し辛いもの。
- ・メンテナンス・故障でデータが取れていない。

2007/1～2013/4のPi2リストと陸別HFレーダーのデータの比較

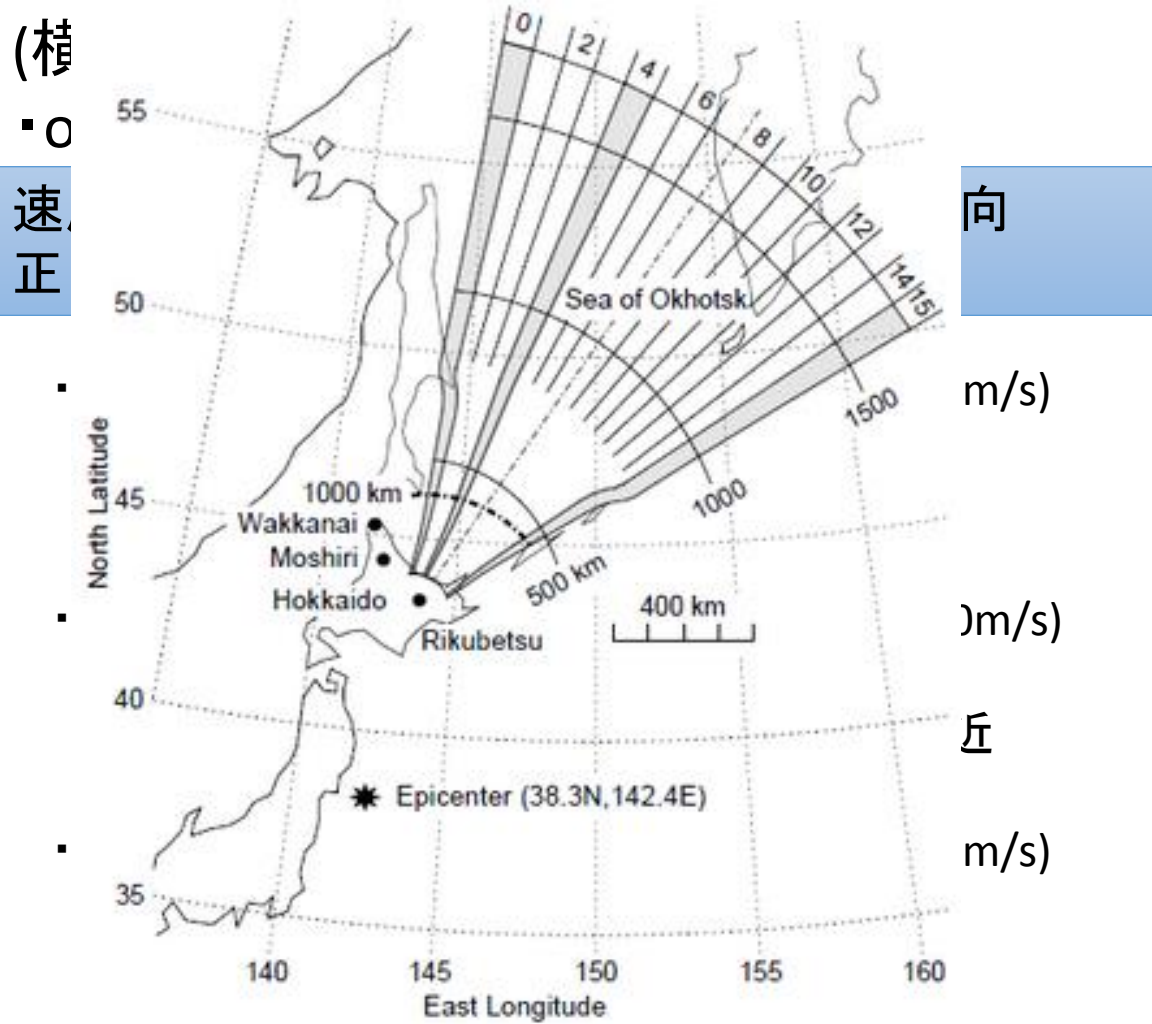
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 (～4月)	合計
○	1	5	2	18	22	20	4	72
×	169	169	37	88	95	96	21	675
総数	170	174	39	106	117	116	25	747

- ・2007年6月までは約60度以上のデータを取っていなかった。
- ・2008年ぐらいまでは陸別のレーダーが非常に不安定でデータがない部分も多く、○に分類できるイベントは少なかった。
- ・2009年で総数が少なくなっているのは太陽活動の低下が原因である。
- ・2009年以降はデータが取れていない部分がほとんどなく、不鮮明なデータも少なかった。



○に分類した例

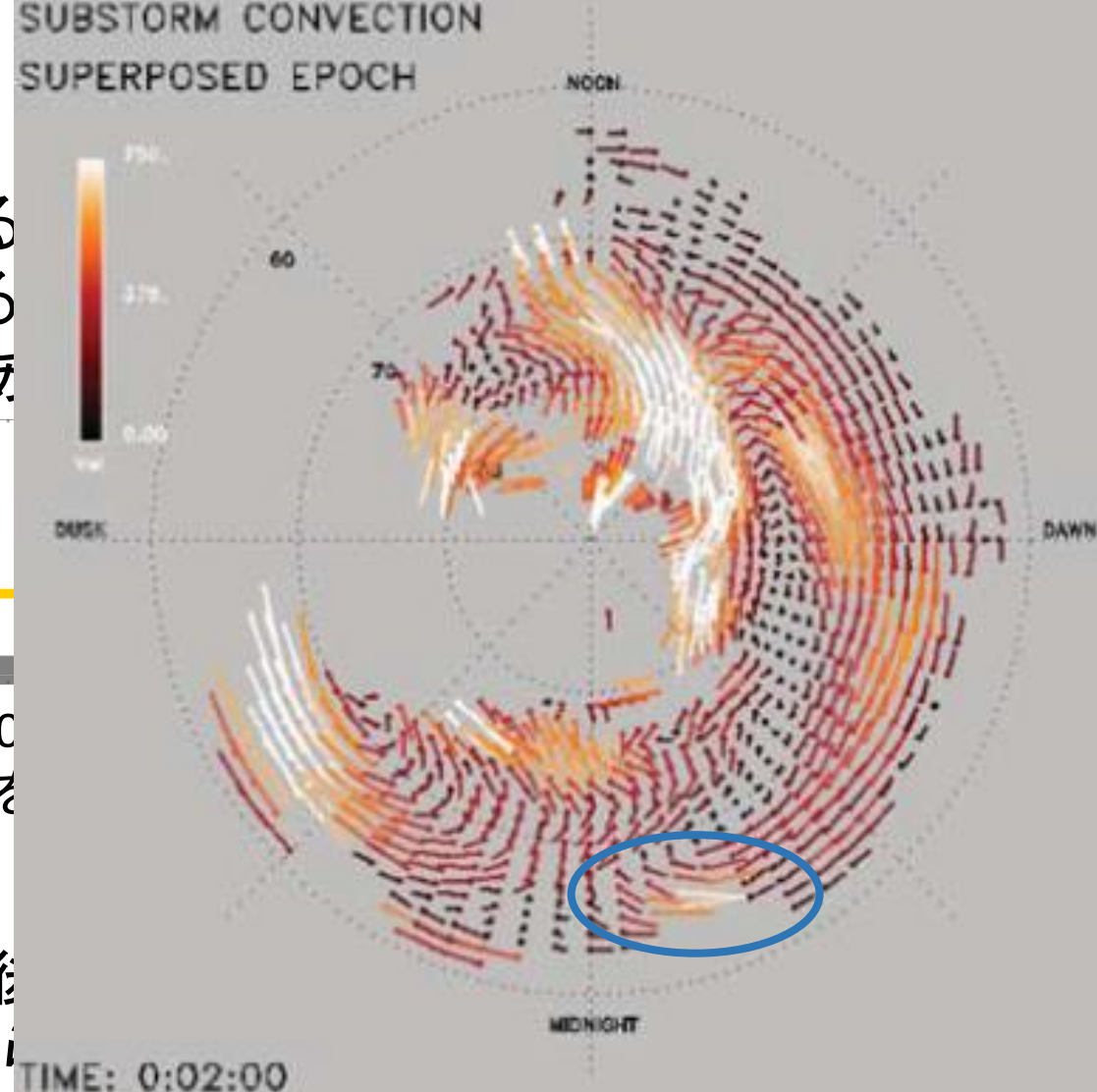
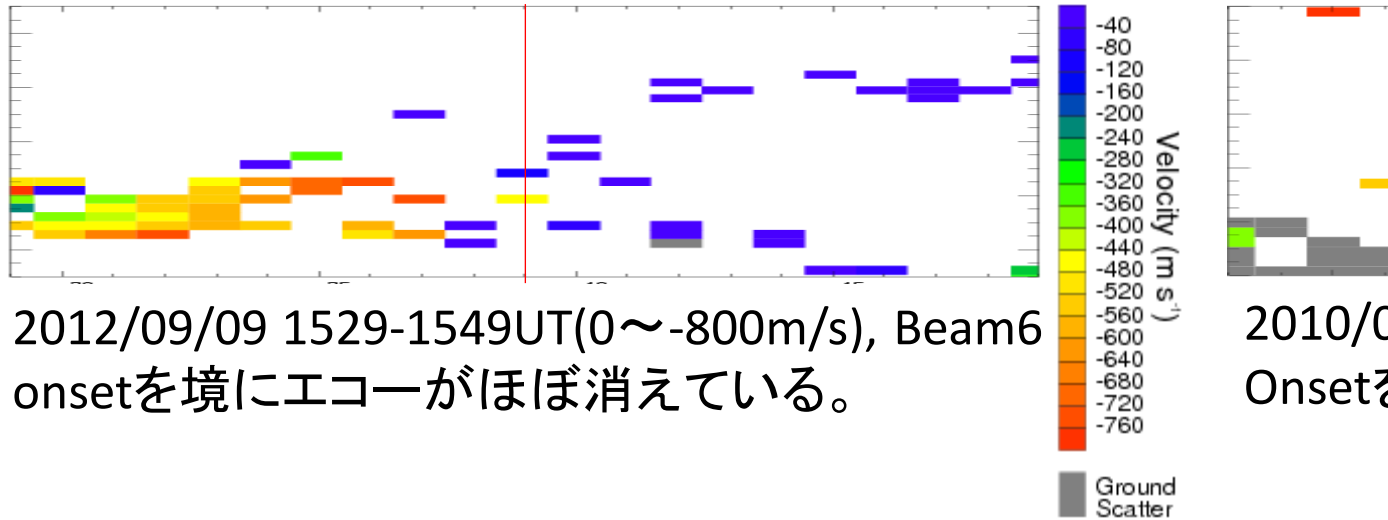
左図はDoppler Velocityをプロットしたもの



- 2013/02/20 1436-1456UT(Beam5, 200~-600m/s)
onset後に東向き対流が増加
onsetは陸別より東、真夜中付近

まとめ

- ・onsetの後もエコーが消えることなく観測されている
- ・「onsetの前後30分の範囲内にエコーが観測できる onsetの時刻にはエコーが観測できないイベントがあ



- ・onset前にエコーが見えていなかった領域にonset後で伝搬路が変化したことが原因のひとつとして考えられる
- ・Bristowの論文では触れられていないが、図では真夜中付近に東向き対流が増加する部分があり、実際に東向き対流が増加しているイベントがあった。
これがBristowの論文における朝側セルに相当すると考えると一致するようにも見えるが、さらなる検討が必要である。

今後の課題

- ピックアップした72のデータに対して、onset位置がBristowの論文で重点的に議論しているところ(22MLT)と同じ条件か、違う条件かで分類する必要がある。
- onsetの位置で分類したうえでonset前後の変化、Bristowの論文で述べられた特徴と違う変化をするものはないかを見る。
- superposed epoch analysisを用いてピックアップしたデータを平均化し、現象の特徴を捉える。

磁力計によるonset地点の特定

←高緯度サブストーム時における様々な場所から見た磁力計記録の略図(Rostoker et al.,1980)

- ・サブストームに伴う西向き電流が流れる場合、高緯度のH成分が減少する。
- ・沿磁力線電流の影響で中緯度のH成分が増加する。
- ・高緯度の磁力計のZ成分の増減でonset地点より北か南かを見る。
- ・中緯度の磁力計のD成分(Y成分)の増減でonset地点より西か東かを見る。

