

オンセットアークの構造化と 背景電場の変化

Structuring of onset arcs and background electric field changes

キーワード: オーロラ爆発, サブストーム, 磁気圏電離圏結合, プラズマ不安定

細川敬祐 – 電気通信大学

平木康隆 – 国立極地研究所

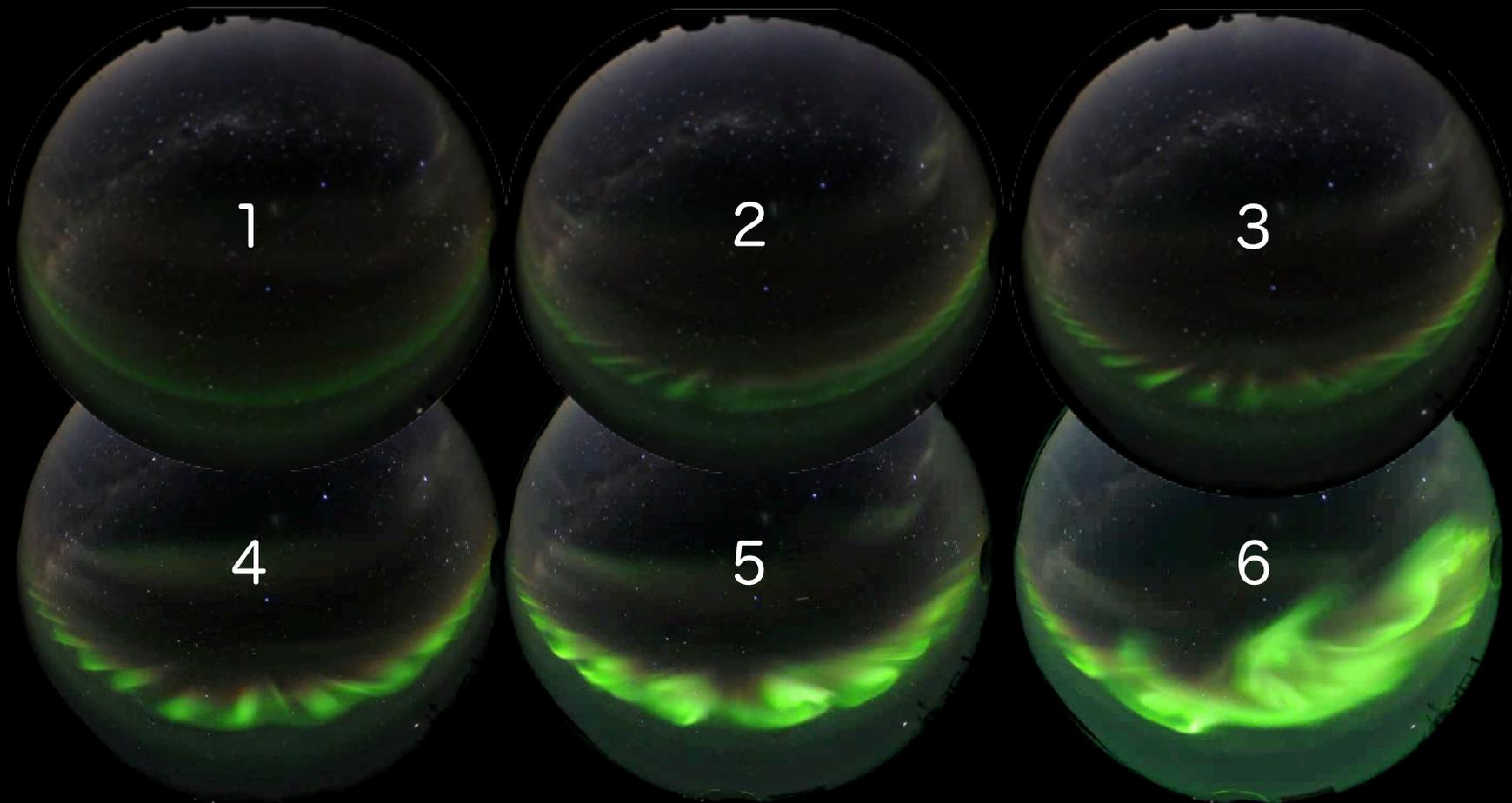
小川泰信 – 国立極地研究所

坂口歌織 – 情報通信研究機構



疑問 – 何故オーロラアークは構造化するのか？

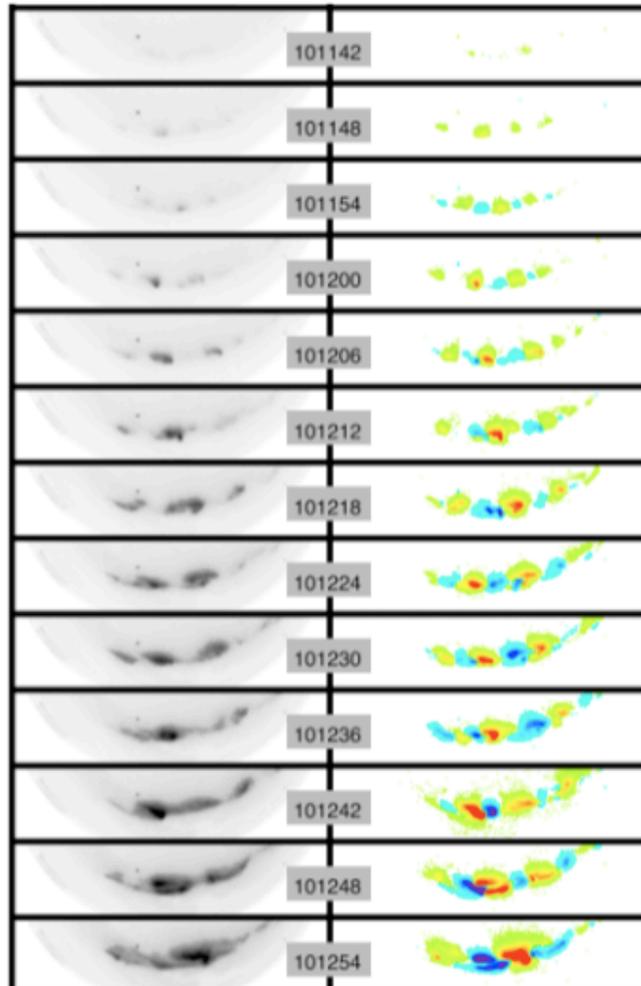
- ✓ サブストームオンセット前にアークが構造化(不安定化)する事例がある.
- ✓ 不安定化の物理過程は諸説紛々. オンセットとの因果関係も不明.



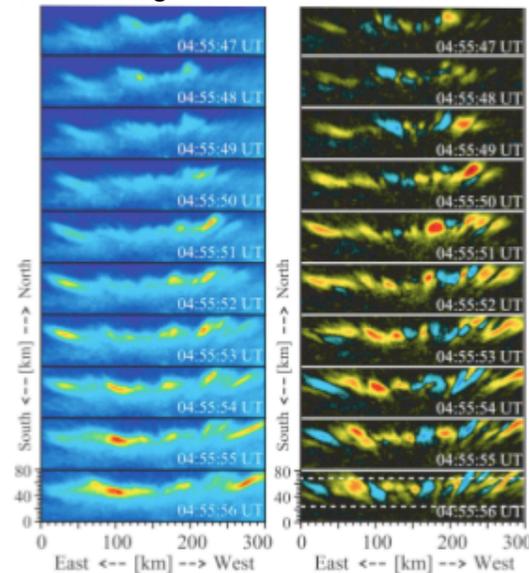
幾つかの事例 – オンセット前に現れるいわゆるオーロラビーズ

- ✓ ビーズ状であることに意味はない? → 構造化(不安定化)こそが本質であろう.

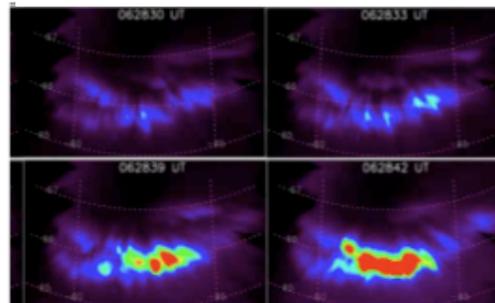
Donovan et al., 2006 – Ground ASI



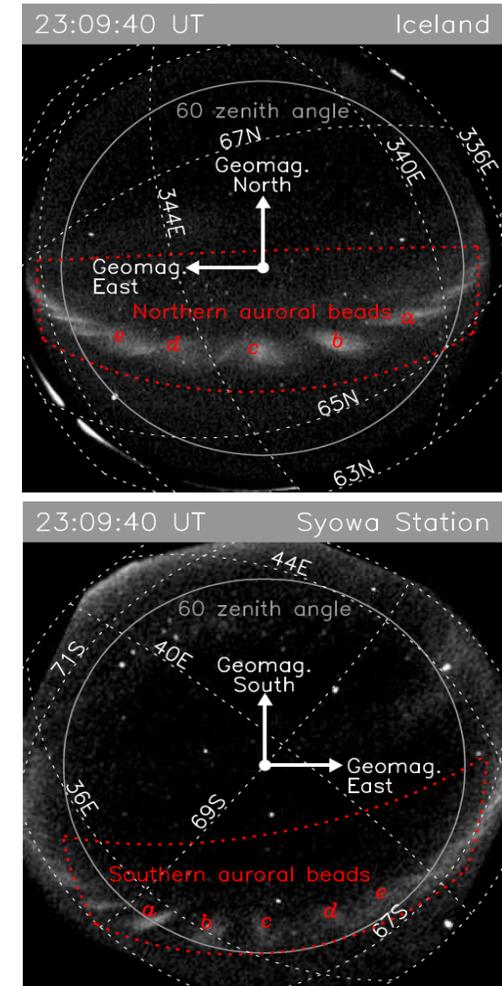
Sakaguchi et al., 2009 – ASI



Liang et al., 2008 – Ground ASI

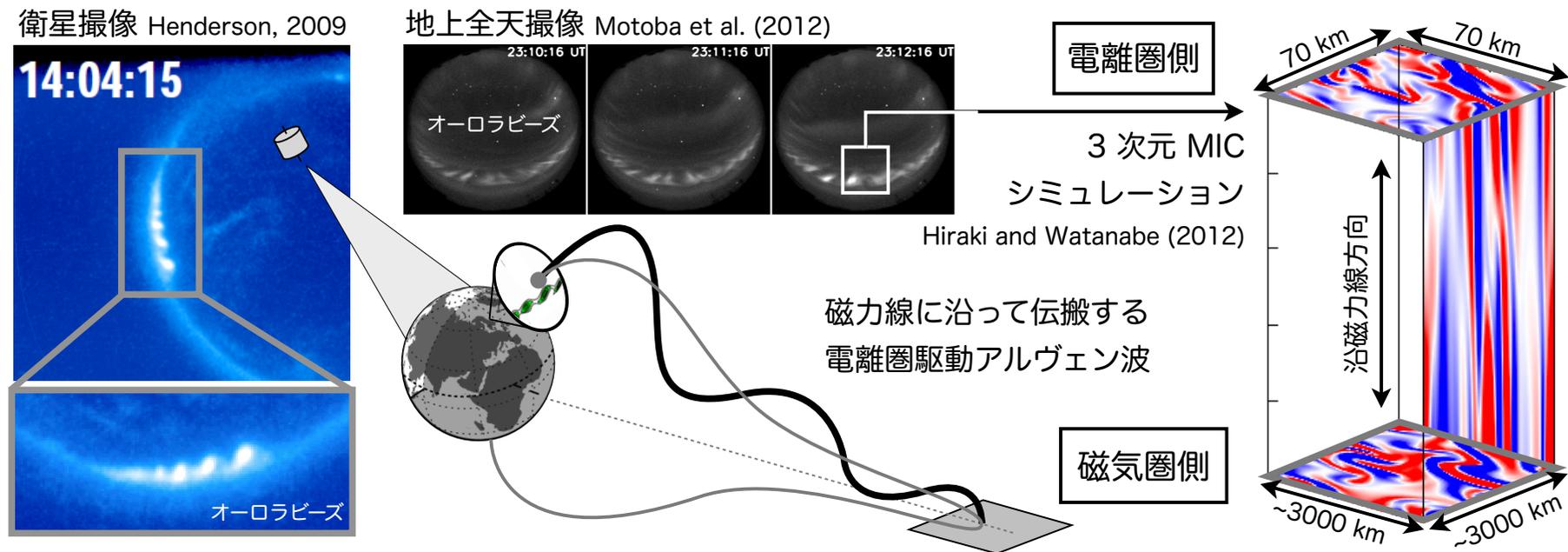


Motoba et al., 2012 – Ground ASI



FBI によるオーロラアークの不安定化: 観測と数値計算

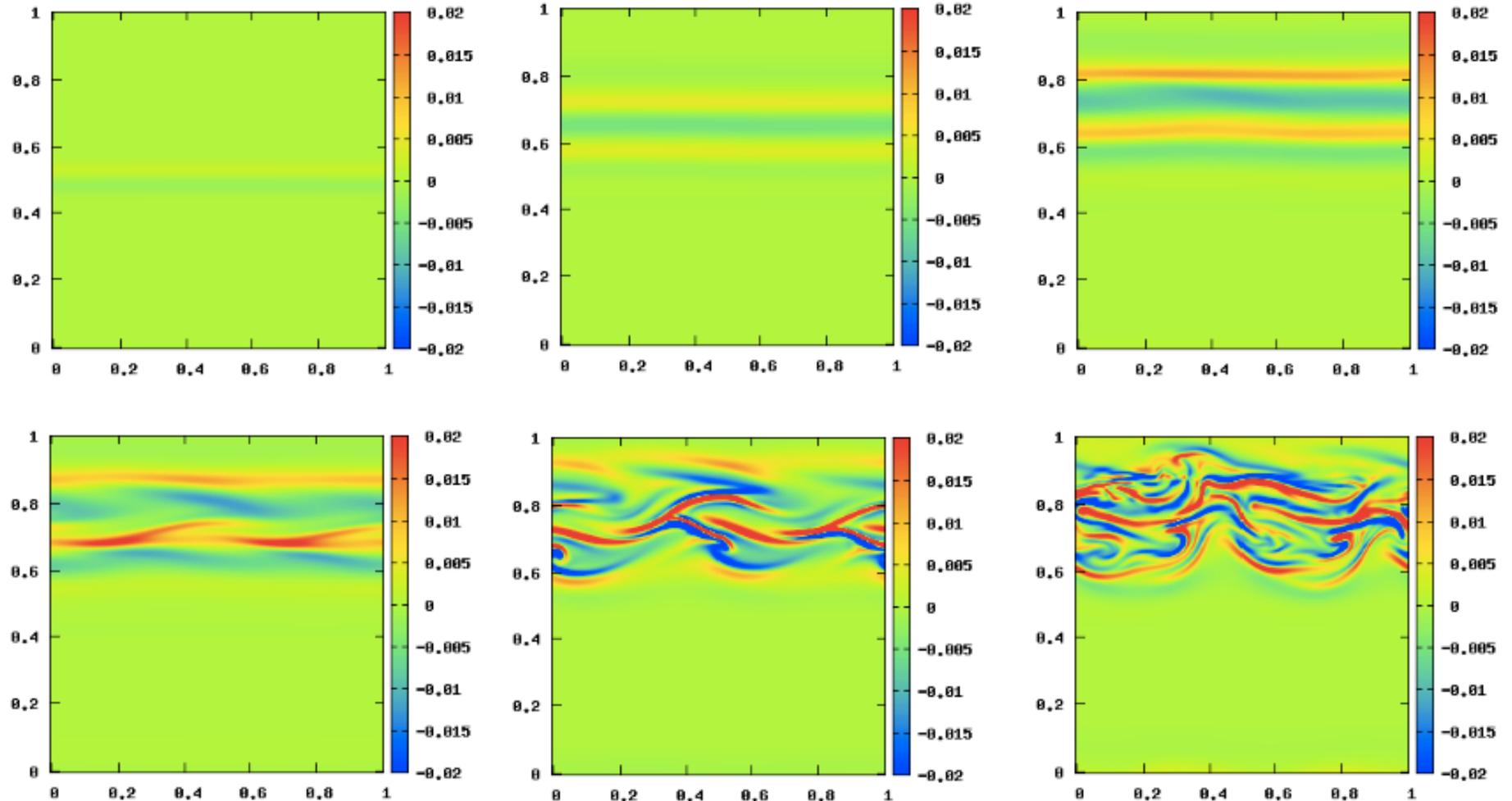
- ✓ Ionospheric Feedback Instability (FBI) によるオーロラアークの構造化プロセスについての数値シミュレーションと, 地上光学観測・レーダー観測を組み合わせることで, アークの不安定化およびオーロラ爆発との関連性を研究する.



- ✓ 不安定化が, フィードバック不安定性 (FBI) で説明できるかを考察する.

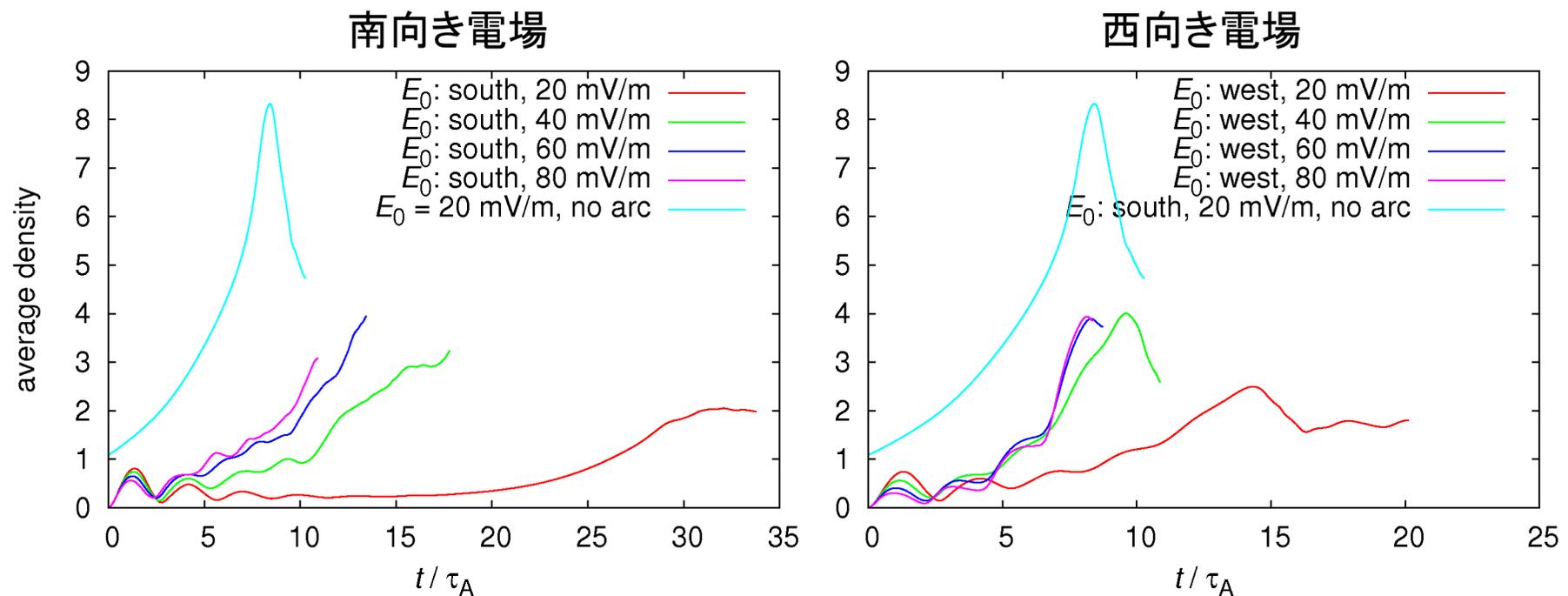
FBI のアーク不安定化数値シミュレーション

- ✓ FBI による東西に伸びたアークの不安定化, 南半球で西向き対流電場 (平木による)



数値シミュレーションから言えること

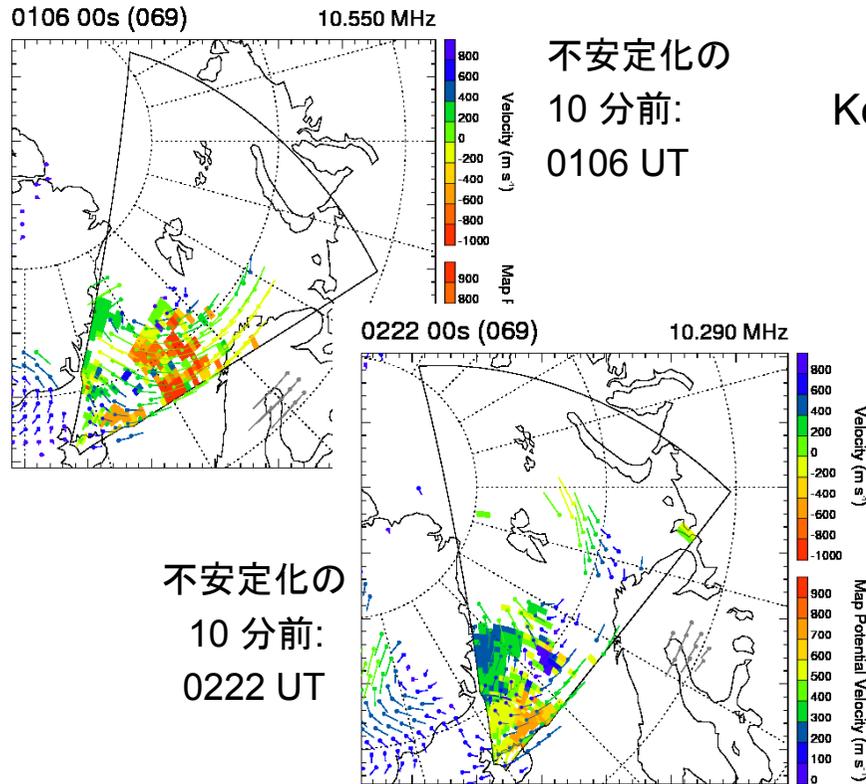
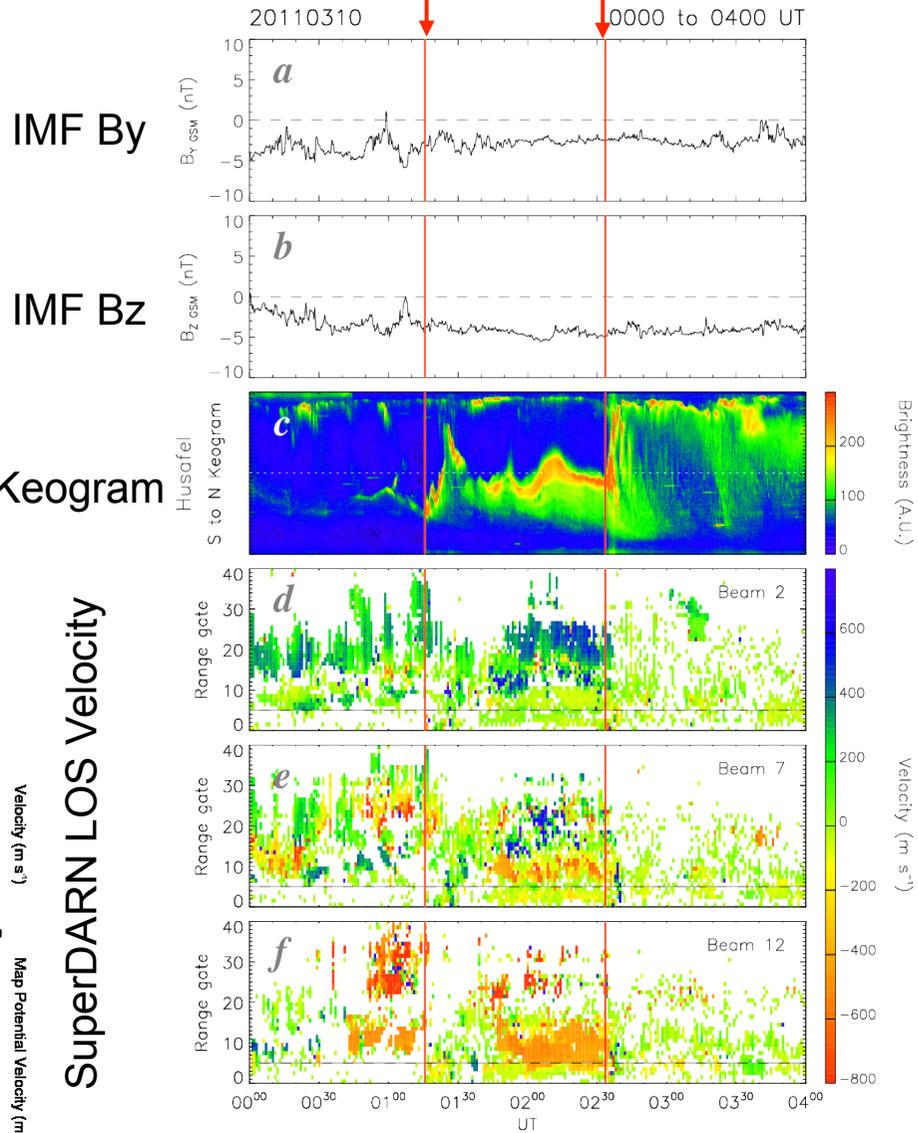
- ✓ 電場が大きいほど、アーク不安定化の成長は速い。
- ✓ 電場が東西方向 ($E \times B$ ドリフトは南北方向) のほうが成長は速い。



- ✓ 対流電場の大きさ, 方向に強く依存する. 同様の傾向は実観測でも見られる?
- ✓ 背景電場の大きさが 20 mV m^{-1} と 40 mV m^{-1} の間で成長速度に顕著な差.

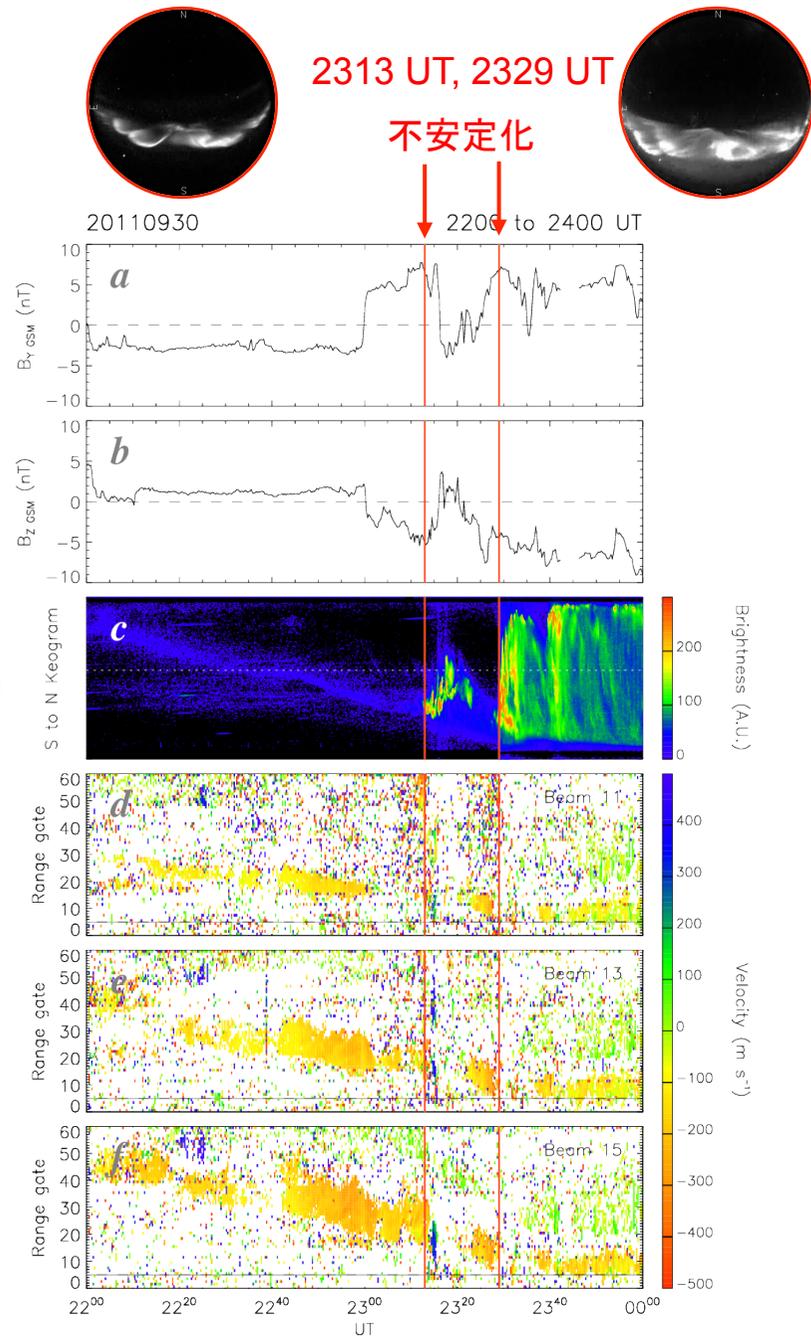
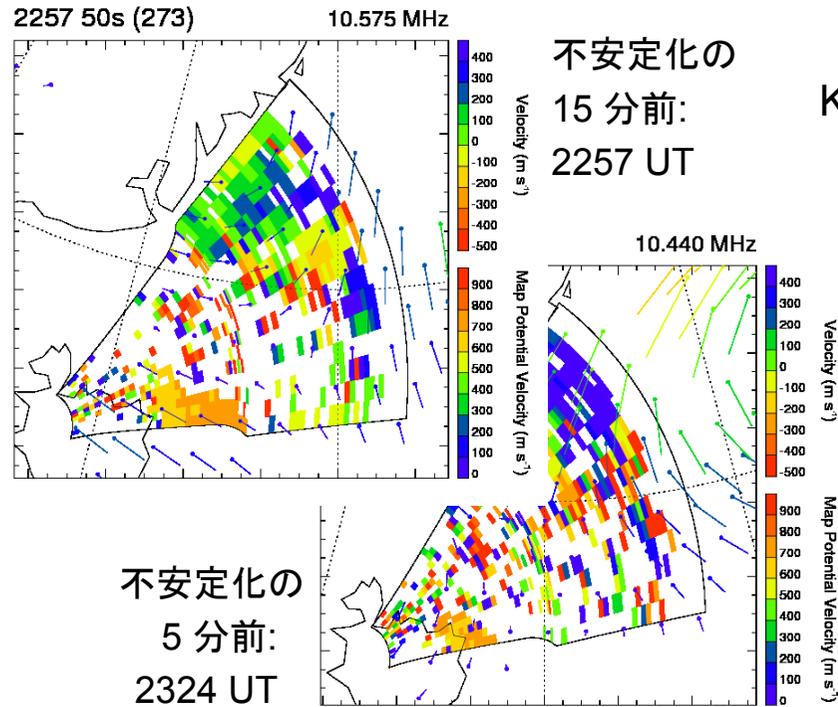
Event A:

- ✓ 不安定化の 30-50 分前から電離圏対流の増大が見られる.
- ✓ 東向き対流 ~ 600 m/s
 \sim 南向き電場 30 mV m $^{-1}$



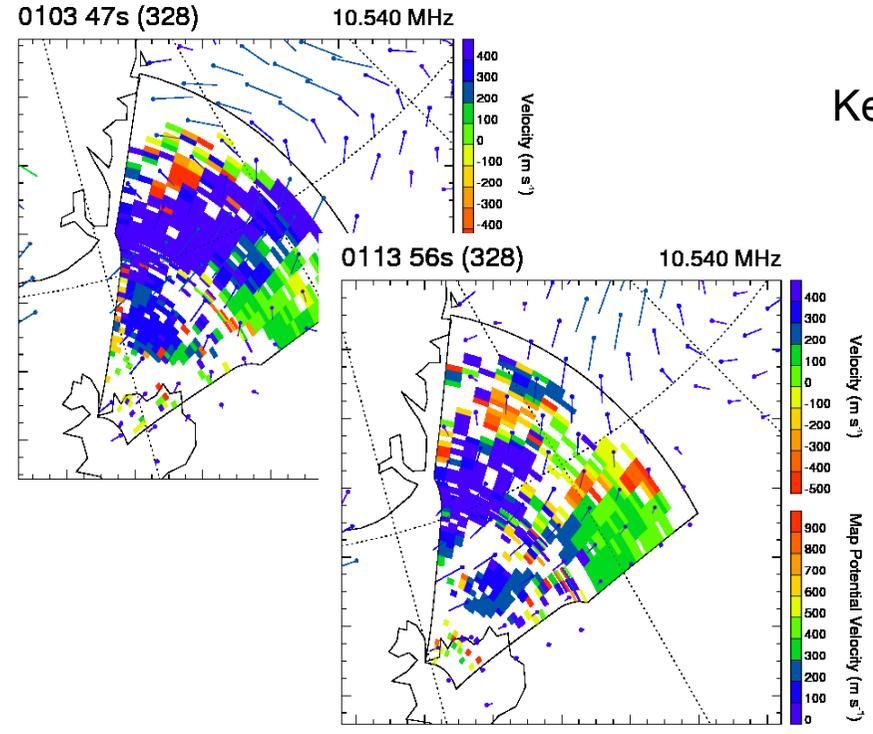
Event B:

- ✓ 不安定化の 30-40 分前から電離圏対流の増大が見られる.
- ✓ 東向き対流 ~ 300 m/s
 \sim 南向き電場 15 mV m $^{-1}$



Event C:

- ✓ 不安定化の 30 分前から
電離圏対流の増大が見られる.
- ✓ 南西向き対流 ~ 500 m/s
~ 北西向き電場 25 mV m⁻¹

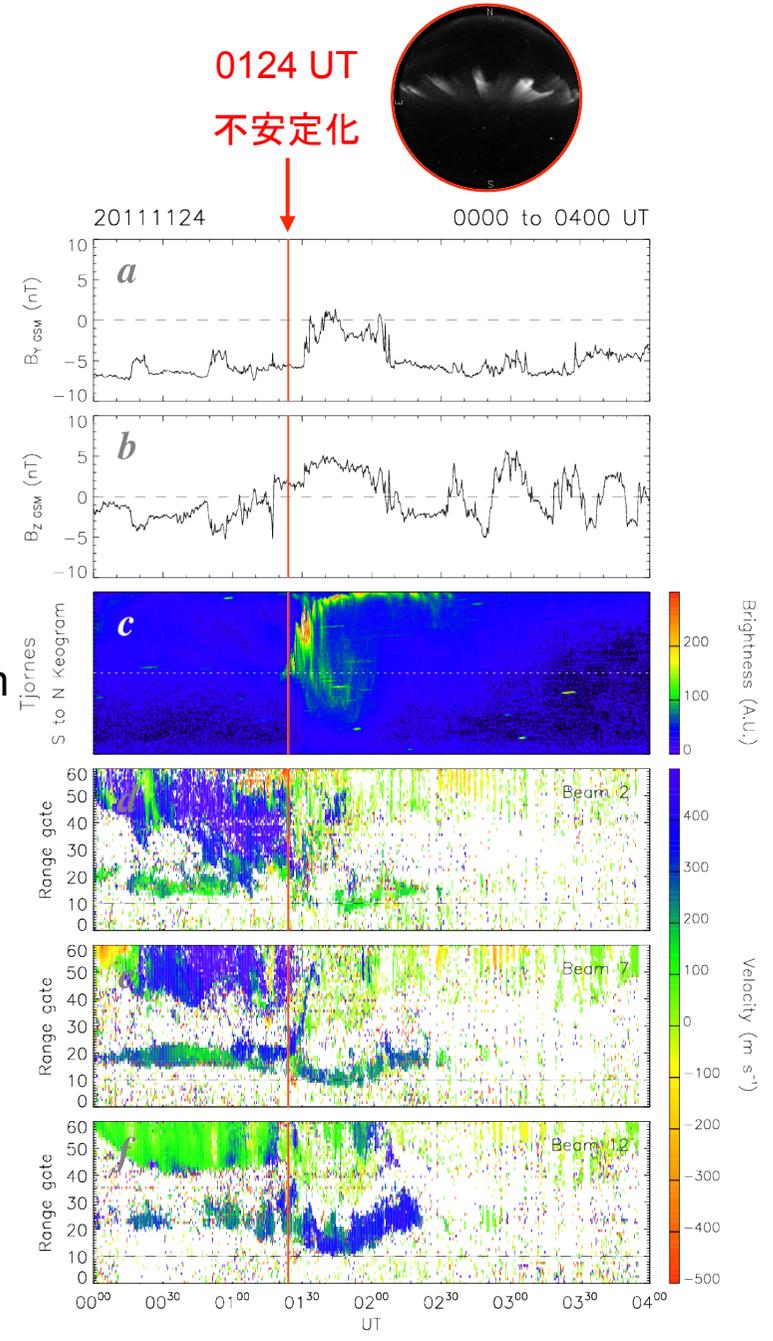


IMF By

IMF Bz

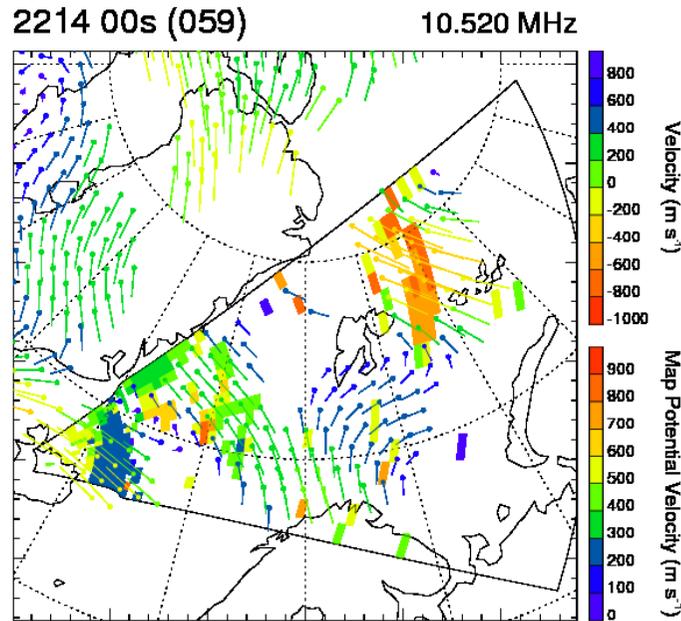
Keogram

SuperDARN LOS Velocity



Event D:

- ✓ 不安定化の 30-40 分前から電離圏対流の増大が見られる。
- ✓ 西向き対流 ~ 600 m/s
 \sim 北向き電場 30 mV m $^{-1}$

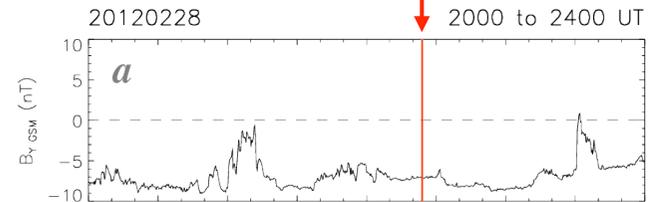


不安定化の 10 分前: 2214 UT

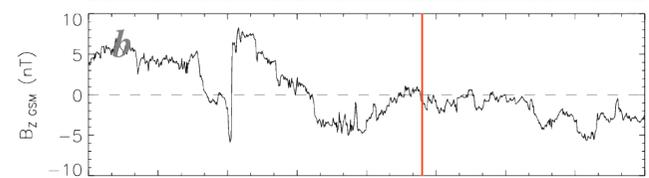


2224UT
不安定化

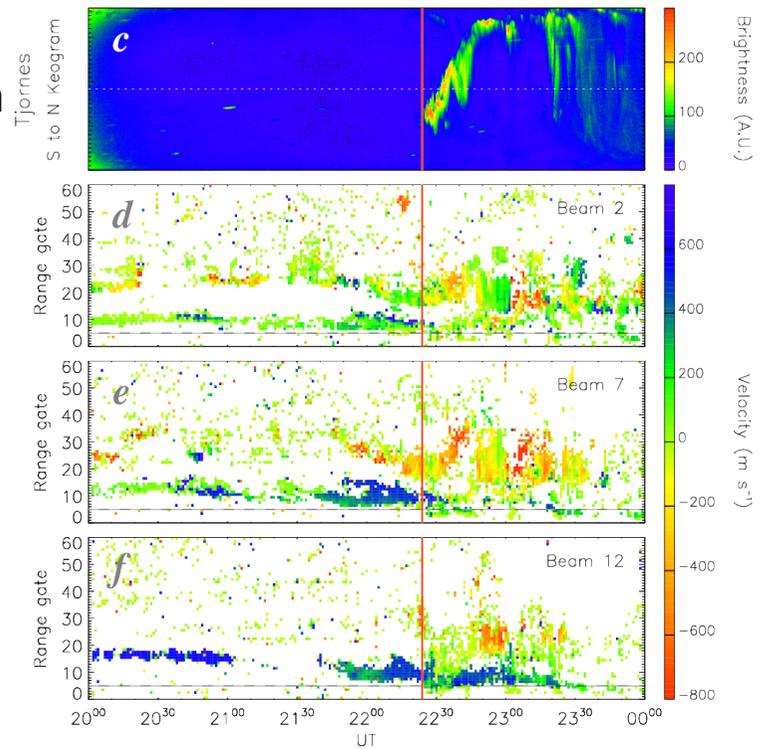
IMF B_y



IMF B_z



Keogram



SuperDARN LOS Velocity

観測事実の整理と考察

- ✓ アーク不安定化の 30-50 分前から電離圏の対流電場は増大している.
- ✓ これは, IMF B_z の南転に伴う対流の増速と理解して良いだろう.
 - サブストームの growth phase に共通の傾向. 過去の観測とも調和的.
- ✓ 対流電場の大きさは最大で 30 mV m^{-1} 程度に達している.
- ✓ これは, 数値計算で見られた critical E_0 と解釈することもできる.
- ✓ 但し, 不安定化の直前に対流電場が増大している訳ではなく, 電場の増大が不安定化を直接的にトリガしているとは考えにくい.
 - 他のコントロールファクター(電場の方向 etc.)を考える必要があるか?
 - アークが不安定化に望ましい場所へ移動してくる効果を考えるべきか?
- ✓ 対流の方向は東西方向 → 南北電場がかかっている場所で不安定化
cf. 数値計算では, 東西電場の場合が成長が速い.
- ✓ 不安定化の直前に電場の方向変化がある訳ではない.

まとめと今後の課題

- ✓ FBI によるオーロラアークの不安定化は, 背景電場の大きさ, 方向によってその成長過程に差があることが数値シミュレーションから示唆されている.
- ✓ アイスランドにおける光学観測とレーダー観測を組み合わせ, アークが不安定化する前の背景対流電場の時間変動を調べた(計 4 例の事例解析).
- ✓ 背景の電場は, 不安定化の 30-50 分前から継続的に増大していることが分かった. その大きさは, 最大で 30 mV m^{-1} 程度に達していた.
- ✓ 数値計算では, 30 mV m^{-1} 程度の電場があれば, 速い成長が見られる. なので, この大きさの電場は, 不安定化の必要条件を与えていると考えられる.
- ✓ ただし, 不安定化の十分条件をどのパラメータが与えているのかについては, 今回の観測からでは分からない.
- ✓ レーダーがアーク周辺で観測しているプラズマ対流は東西方向である場合が多い. つまり, 不安定化の際に, 電場は南北方向に向いていることになる.