

2009年度EISCAT関連研究集会（2010年02月26日 開催）時における  
「EISCAT-3D に関する情報交換及び意見集約」のまとめ

最終改訂日：2010年4月24日（文責 小川泰信）

まとめの内容：

- (1) 議論前の話題提供
- (2) EISCAT\_3D と AMISR との比較、AMISR 関連の情報
- (3) 日本のEISCAT\_3Dに関するサイエンスプランの実現性や優先順位に関して
- (4) 新分野へのアプローチ（気象分野、惑星研究、IPS観測）
- (5) 日本の貢献方法や予算獲得に関して

---

(1) 議論前のEISCAT\_3Dに関連した話題提供

---

- ・ EISCAT\_3D 計画の現状（担当 宮岡）
- ・ EISCAT\_3D User Meeting 報告（担当 小川）
- ・ AMISR 計画の現状と初期成果（担当 大山）
- ・ EISCAT\_3D サイエンスプラン（担当 野澤）

---

(2) EISCAT\_3D と AMISR との比較、AMISR 関連の情報

---

- ・ AMISR の初期成果の参考論文 [Semeter et al., JASTP, 2009] :  
ボリューム (11点x11点) の電子密度を測るのに、約15秒かかる。バーカーコードパルス (IPP: ~2 msec) を用いて、受信パワーのみを使って電子密度を導出している。ゲート幅は 1.5 km。5  $\mu$ 秒でビーム方向を変えられる。物理を進める上ではプラズマ温度や速度の情報も必要だが、この論文には載っていない。ISスペクトルをフルボリュームで取るには、実際何秒かかるか要調査。また、AMISR で Interferometry 観測を試している人は今までのところ聞いたことがない。
- ・ EISCAT\_3D と AMISR と大きく違うのは、何も仮定無しで3次元速度ベクトルを導出できるかどうか。EISCAT\_3D では複数のリモートサイトにおける同時観測により実現可能 (Tristatic 観測の有意性)。AMISR では空間一様性などの仮定が必要。
- ・ 電離圏加熱装置がそばにあるかどうかもキーポイント。ポーカフラットには HAARP があるが、PFISR と HAARP との距離は離れすぎている。以前はEISCAT\_3D の送受信機をアンドーヤに置く案が有力であった。その場合、トロムソの加熱装置を (EISCAT\_3Dの総予算に比べれば) 低料金でアン

ドーヤに移設するが可能と思われる (M. Kosch氏談)。また、EISCATでは、電離圏加熱装置を組み合わせた実験データによる論文成果の割合が高い。例えば、人工オーロラや人工的イオン流出の研究も可能。(なお、日本のサイエンスプランには、電離圏加熱に関する研究課題が現在のところ入っていない。)

- ・2009年のAGU秋学会でのAnjaさんの発表より、2013年に南極にレーダーを設置する計画がある。候補地はマクマード基地(レゾルートベイのほぼ磁気共役点)。その数年後にもう一台南極に置く計画も。観測領域は極冠域の観測となり、EISCAT\_3Dとは研究対象が直接被らないのでは。

参考：(AMISRのホームページ) <http://isr.sri.com/iono/amisr/>

---

### (3) 日本のEISCAT\_3Dに関するサイエンスプランの実現性や優先順位に関して

---

- ・Cutting edge のサイエンスをやることが重要。これまで進めてきたことを発展的にやることも重要だが、EISCAT\_3D レーダーが実現したために、本当に新たな領域の World leading となることを見つけて進めるほうがよいのでは。(これまでのパラボラディッシュではなく) フェーズドアレイを用いて分かることを十分に議論する必要あり。
- ・これまであまりやられていない領域として、「D領域の物理」や「Topside ionosphere」の観測はどうか。地球科学で新しいことがある。例えばD領域ではCharge neutralityが破られているなど。また、EISCAT\_3D で用いる VHF 帯 (230 MHz) の電波なら D領域の加熱にも使える可能性あり。
- ・微細オーロラの発生機構の研究。最近の有力な説の1つは、Alfven resonatorによる電離圏フィードバックの効果。アルフベン波が共鳴していくうちに、電離圏電子密度の微細構造(電離圏の伝導度の粗密)が成長していく。解明には、電離圏電気伝導度の2次元構造をEISCAT\_3Dで同時観測することが重要。空間スケールは1 km 程度(加速の最小エレメント)と考えており、500 m の分解能で大丈夫。10秒ぐらいの時間分解能がほしい。
- ・Cutting edge となるサイエンスを目指すという方向性を全面に打ち出すのであれば、EISCAT\_3Dで出てくる結果を解釈したり、シミュレーションで再現したり、何を理解するのか、という方策をしっかりと打ち立てておかないと、折角いいデータが取れてもサイエンスのおいしいところを他の研究グループに持って行かれてしまう危惧がある。
- ・例えば M-I 結合の視点では、磁気圏側のデータが数多く無いため議論のしようがない。一方、EISCAT\_3Dが2015年頃から始まるとして、その後の30年間では、シミュレーションの方がかなり進んでいくと思われる。ただ、シミュレーションを仕事にしている人は、残念ながらあまりサイエンスに

興味がない。そこで、「EISCAT\_3Dではこんなに高メッシュで物理量がはっきり出ているので、再現してみませんか」などとシミュレーションをしている人に呼びかけるのはどうか？この分野にトライすることによって、観測と計算が密接に関わるような大変おもしろい内容がたくさんある。

- ・コミュニティー連携という形で、磁気圏衛星というよりは、むしろシミュレーション関係の方々とからんでいくのも一つの手段では。例えば、現在のグローバルシミュレーションでは電離圏を100x100でしか分解できておらず、レーダーのデータとはまだ比較にならない。しかし、あと5年ぐらいで1000x1000になる。そうすると、電離圏の微細構造の物理と磁気圏グローバルMHDによる電離圏との比較ができる。その場合の研究対象として、例えば夜側のハラング不連続帯近傍の3次元電流系が挙げられる。この領域はトータルのFACとも繋がっているけれども、強いペダーセン電流や電場は電離圏内部で閉じている（つまり、磁気圏には電流が出て行っていない）らしい。電流系が実際にはどうなっているかを、EISCAT\_3Dで電離圏の高度方向の各種物理量が調べられたらおもしろい。このように、従来の古い考え方では見過ごされていた内容が色々出てくると考えられるので、シミュレーションの方々と交流しながらやっていけば、すばらしい結果が出てくると思われる。
- ・どの程度の時間・空間分解能なら、どこまで分かるかを今後具体的に出していく必要あり。日本の進めたい研究内容をサブテーマごとにまとめていくかどうか。
- ・レーダーを拠点としたネットワーク観測を組むことが重要。現在も恣意的に光学・電波観測によるコンビネーションを組んで進めている。

---

#### (4) 新分野へのアプローチ（気象分野、惑星研究、IPS観測）

---

#### 気象分野（EISCAT-3Dへの期待～対流圏・成層圏観測～対流圏・成層圏観測）（話題提供者：富川）

- ・対流圏・成層圏の大規模場については、気象客観解析データで4次元構造をほぼリアルタイムで取得可能である。EISCAT-3D観測のメリットは（1）高時間・高鉛直分解能観測、（2）鉛直観測（3）3次元イメージング観測（4）天候に左右されない連続観測、といえる。
- ・研究対象は（1）重力波観測（構造推定や運動量輸送の定量的見積もり）、（2）ノルウェイ沖を含む北極海に頻繁に出現するPolar low観測、（3）対流圏界面の微細構造観測、3次元乱流観測、が挙げられる。

#### EISCAT-3Dによる対流圏・成層圏観測の実現性（話題提供者：堤、（小川代理））

- ・ウィンドプロファイラー（400 MHz、ピーク出力は数10 kW）やMUとの比較より、観測パラメーター

をMUのように大気観測用にできれば、高度20kmくらいまでは観測可能と思われる。南極昭和基地のPANSYの場合、サブパルス1  $\mu\text{sec}$  で、かつ多波長を用いて計測。なお、中間圏の乱流観測は乱流の空間スケールの関係で、230MHz帯では無理がある。そのため、中間圏観測はインコヒーレント観測に。

#### 惑星研究（EISCAT 3Dによる惑星非熱的電波観測）（話題提供者：土屋、三澤、（小川代読））

- ・電波望遠鏡としては高感度であり、既存のGMRT,VLA等や建設中(LOFAR)の大型電波天文観測装置に比べ遜色ない感度である。
- ・太陽系内天体のターゲットとサイエンス：（1）シンクロトロン放射：放射線帯高エネルギー電子。木星シンクロトロン放射分布に関してはEISCATでは空間積分観測となる。（2）惑星雷電波の検出：大気化学・大気力学（例：火星ダストストームの発達過程・放電に伴う大気化学）（3）系外惑星検出：長時間積分によりターゲットになりうるかどうか？
- ・惑星観測好機（天頂角が50度未満）：（1）木星の場合、2011-2014に60度未満、（2）火星：1年おきに約100日間/年(2013, 2015, 2017, 2019年)。
- ・課題（1）惑星高度が低いため、ビームパタンの変形や開口面積の減少の問題。（2）低周波観測のため、銀河背景構造が顕著に。絶対強度変動観測に対するコンタミ要因となる。（3）観測時間（マシントイム）の確保。未検出現象・強度変動観測 → レギュラーな観測、マルチビーム観測
- ・質問とコメント：（1）極域では、惑星を長期間見られるというメリットはある（南極域での観測もそれが利点に）。（2）Interferometryで惑星観測することにより、分解能がどれくらい上げられるか？（木星を1秒角ぐらいで見られればおもしろい）

#### EISCAT-3DによるIPS観測（話題提供者：藤木、（小川代読））

- ・観測可能領域：太陽から0.2~0.3AU以遠であり、太陽風加速領域ではないため、加速研究には不向き。そこで、（1）大開口面積・マルチビームを活かして天頂通過するIPS天体を順次観測し、spectrum model fittingにより太陽風速度を高空間分解能で求める。（2）g-value（太陽からの距離依存性を除去したシンチレーション強度）を求める。これらにより、ICME伝搬の研究、宇宙天気予報への応用が期待される。
- ・EISCAT-3DによるIPSの最小検出フラックス ( $S_{\min}$ ) は0.04Jy (@天頂) であり、かなりの数の電波天体を観測できそうである。この高密度IPS観測の実現により、太陽圏のリアルタイムイメージングが期待できる。ただし、マシントイムはどの程度連続で確保できるか、観測帯域は十分に（5~10MHz程度）とることが出来るか（デジタルバックエンドだと帯域が狭く、専用のバックエンドを準備して設置する必要あり？）がIPS観測の敷居の高さに直結すると思われる。

- ・さらに、九州大学がMUを用いたスペースデブリ関連の研究を進めている。EISCAT\_3Dを用いた研究分野の1つとして、関わってやっていけるのでは。

---

#### (5) 日本の貢献方法や予算獲得に関して

---

- ・現在のEISCATプロジェクト参画当時は、測地委員会にて決まった。その際に一番大事なのは学会のコンセンサスであり、コアとなるサイエンスができるかどうかであった。西田先生や大家先生もその点を強調し、支援して下さった。レーダーの設計に関しては、小川忠彦先生や佐藤亨先生に大変貢献して頂いた。
- ・いまのEISCATではどのようなことが分かったのか、今後EISCAT\_3Dでどういうことが分かるのか、(特に、衛星観測に対して)地上観測がどれくらい重要か、大規模だと通常ではできないニューサイエンスができるはずであること、を(我々の考え方を整理しつつ)うまく皆さんに理解してもらうことが大事。
- ・例えば、イギリスの予算に関する態度は、完全にサイエンス指向。つまり、新しいサイエンスができるかどうかだけで、予算がつくかどうかを決める。今までの継続ではない、斬新なアイデアが重要。もう一方の考え方として、観測データをコツコツと貯めて、色々なアイデアを持ってデータを用いるサイエンスの進め方もある。日本はサイエンス指向とコツコツ型の中間と言える。
- ・日本の北極研究の見直しの中でのEISCATの位置づけが重要。現在の国の方策としては「グリーン・イノベーション及びライフ・イノベーション」を推進している。
- ・EISCAT\_3D実現のために、日本に要求されてくるのは10億や20億円の規模の予算であると思われる。また、EISCATでは、お金をプールして(一つにまとめて)計画を進める文化である。

以上。