

**まとめの内容：**

- (1) 議論前のEISCAT\_3D計画に関連した話題提供
- (2) 脈動オーロラ研究についてEISCAT\_3Dに期待すること
- (3) モデリングの観点からEISCAT\_3Dに期待すること
- (4) その他の議論

---

**(1) 議論前のEISCAT\_3D計画に関連した話題提供**

---

- ・ EISCAT\_3D 計画の現状 (Preparatory Phase 等) (担当 宮岡宏)
- ・ EISCAT\_3D ユーザーミーティング/サイエンスワーキンググループ報告 (担当 小川泰信)  
(資料を国内 EISCAT\_3D ウェブページ内に掲載)
- ・ 過去 2 年間の研究集会時の EISCAT\_3D に関する議論のまとめ (担当 小川泰信)  
(資料を国内 EISCAT\_3D ウェブページ内に掲載)
- ・ 現状の EISCAT\_3D のスペックについて (現有システムとの比較) (担当 大山伸一郎)

---

**(2) 脈動オーロラ研究について EISCAT\_3D に期待すること (話題提供者：細川敬祐)**

---

これまでの EISCAT UHF/VHF レーダーを用いた脈動オーロラの研究により、脈動オーロラのオン・オフに合わせて電気伝導度のみならず電離圏電場も変調を受け、その変調は分極電場の発生に起因すること等が分かりつつある。複雑な形状を持つ脈動オーロラに対して、分極電場や降下粒子エネルギー/フラックスの 2 次元分布がどのように形成されるかを予想することが可能であるが、EISCAT\_3D 計画が実現すれば、それらの 2 次元分布を観測的に実証することが可能と思われる。

(話題提供後の議論内容として、) 脈動オーロラ (あるいは分極電場) 発生時の (一つの磁力線上での) 電離圏電場の高度変化の理解は大変興味のあるトピックであるが、現行の EISCAT レーダーではそのような電場の高度分布を推定することは不可能であり、200 km 以上の高度で得られる 3 次元イオン速度から ExB ドリフト運動を仮定して (磁場に垂直方向の) 電場を推定している。EISCAT\_3D 計画のフェーズドアレイアンテナを用いた多点での 3 次元イオン速度データからは、2 次元的な電場分布 (電場の発散/収束を含む) の高度変化を計算することも考えられる。ただ、有意な結果を出せるかどうか、誤差も含めて検討する必要あり。また、フィンランドのグループ (Olaf Amm 等) も電場の高度分布の理解に強い関心を抱いており、EISCAT\_3D 実現時には観測とモデリングを組み合わせた研究を進めるだろうと思われる。

---

### (3) モデリングの観点から EISCAT\_3D に期待すること (話題提供者: 藤原均)

---

EISCAT\_3D のキーワードは「3次元の微細構造」や「メソスケールの物理」であることから、物理素過程の理解に貢献ができると思われる。高時間・高空間分解能で得られた(厳密な)3次元構造に関するデータをどう使っていくかがポイント。モデリングへのインプットとして重要と認識している研究内容は、素過程(自体)の研究と、その研究から出てくる統計データを使った基本構造(微細構造などの本質的なものを含む)の研究が挙げられる。

モデルの中では様々な不確定パラメータを定式化している。その定式化した色々な要素が複合化されて、温度や風等の物理量が非線形過程の結果として出てくる。モデリングで素過程が精密に分かれれば、例えば乱流や重力波といった要素を(それなりに)評価できることが期待できる。現状では、MUレーダーで乱流の研究がかなり進んだ。しかし3次元構造や高空間分解能での細かい構造を調べることにより、その先の発展が十分に期待できる。

例えば、中間圏界面にウィンドシアがあることは昔から言われているが、その成因は未だよく分かっていない。(シアの問題であるため)乱流の発達や減衰を調べる際にリチャードソン数を用いるが、この値は微分量であるため、データが高分解能であればあるほど(微分量の)値が正確に分かって良い。また、乱流の拡散係数はモデルの中で重要である。しかし、その空間分布はどうなっているか、季節変化はどうなっているかについては、単発的な研究は幾つかあるが、これを使っておけば大丈夫というものはない印象。そういうものに対して、素過程がしっかり分かって、乱流によってできてくるパラメータの経験式が精密化されていくと良い。さらに、乱流そのものの研究にも(観測データが)使われていくと良い。

また、このような高分解能データが蓄積されていけば、統計データとして経験的な描像が得られる。例えば、極域で見られる電場の振動現象は(微細構造を含む)時空間変動が激しいことが本質的。そのような現象を含めた経験モデルがEISCAT\_3Dを用いてできるかもしれない。

---

### (4) その他の議論

---

(PANSY との Inter-hemispheric な共同研究という観点でコメント (富川喜弘))

MLT 領域では、磁気共役点間の結合や、反対半球の同じ地理緯度・経度との結合というのは考えにくい。PANSY と EISCAT-3D の同時観測による interhemispheric coupling の研究というのは難しい。

一方、近年活発に議論されている冬半球成層圏と夏半球中間圏界面との結合は、主に重力波と平均流の相互作用に起因している。そのため、EISCAT-3D や PANSY を使った高時間・空間分解能の重力波観測によって重力波の(ある程度時間平均した)特徴を抽出し、客観解析や衛星観測で得られる平均場の

データと組み合わせることは有効と思われる。その際、interhemispheric coupling の経度依存性の議論ができれば面白いかもしれない。

ドイツの IAP のグループは「MLT 領域のダイナミクスに対する重力波の重要性の理解」に関して EISCAT\_3D に最も期待しており、アンドーヤの MAARSY レーダーと EISCAT\_3D を組み合わせた共同観測により発展していくと思われる。

EISCAT\_3D 計画では電離圏・中間圏・熱圏に加え、対流圏・成層圏（高度 20 km 以下）の観測も視野に入れている。そうすると様々な地上/衛星観測機器と同じ物理量（風速や温度など）を同じ高度領域で観測が可能になるとと思われる。その際には、同一領域で同じ物理量を観測していると考えていても、観測機器の特性の違いにより同じ結果が必ずしもでないことも想定される（例えば、これまでに MF レーダーと流星レーダーのデータ比較でも同様の問題が生じている）。そのような異なる観測機器によって得られたデータの比較研究を行うことは、観測機器/データの本質的な特性を知る上でも重要と思われる。

EISCAT\_3D では約 1 秒間で電離圏物理量を導出可能なスペックを目指している（電波の実効出力が現行の VHF レーダーよりも 1 桁大）。そのスペックの場合、電離圏の 3 次元イメージングを例えば 8x8 のメッシュで行うと、イメージングの時間分解能は約 1 分と見積もられる。このような EISCAT\_3D のスペックや可能な時間・空間分解能を具体的に提示していくことは、EISCAT\_3D の利用を検討している人にとって重要である。EISCAT\_3D Preparatory Phase の WP6 では、Performance Specification Document（Concept Document, System Design Document, Engineering Specification Document を含む）の初版発行を 2011 年 10 月頃に予定しており、その中には EISCAT デザインスタディで提案されたスペックの更新情報が含まれる（2011 年 7 月に発行された EISCAT\_3D Science Case の初版の内容とも整合性を取るようにする予定）。

EISCAT\_3D Preparatory Phase（WP3）内で活動している EISCAT\_3D サイエンスワーキンググループでは、Science Case の Document をまとめるために、（日本を含む）各 EISCAT 加盟国からのインプットを必要としている段階ではなく、Science Case に含まれる各トピックの専門家をワーキンググループメンバーに入れて、議論や Document 作成を進めている。（注：各 EISCAT 加盟国内研究者の進めたいサイエンスの概要については、これまでも EISCAT 科学諮問委員会を通してインプットが行われてきた。）そのため、日本の進めたい EISCAT\_3D を用いたサイエンスの内容を具体的に詰める作業は、EISCAT\_3D サイエンスワーキングの活動とは別途進める必要がある。これまでの議論を踏まえ、EISCAT\_3D を用いた日本のコアとなる各トピックを幾つか挙げ、取りまとめ役を決めて議論を進めることや、EISCAT\_3D を用いたサイエンスの内容に焦点を当てた研究集会を実施すること等が、今後の進め方として考えられる。

過去の EISCAT\_3D に関する議論の中では「新規設備費を日本が分担することなく、ユーザーとして EISCAT\_3D に参加する方法」の可能性が触れられていたが、その場合には（現行のレーダー建築/運用負担費を含む）各国の拠出金額の割合から、EISCAT\_3D レーダーを使える日本の割り当て時間がかなり減ると思われる。

この EISCAT 研究集会の前日には、SuparDARN 集会の最後でも将来戦略の議論が行われた。このような将来戦略の議論は、（異なる観測機器も含め）一緒に行うのはどうか？

以上。