

2008年度国内 EISCAT 研究集会（2009年03月10日開催）時の  
「EISCAT-3D に関する情報交換及び意見集約」のまとめ

**EISCAT\_3D を含めた EISCAT 将来計画（Long term science plan）の説明**

- ・ Tony van Eyken 前 EISCAT 所長の PPT ファイル（2008年10月の第71回評議会）を利用。  
Esa Turunen 現 EISCAT 所長の基本方針としては、まず利用可能な予算内で小型のプロトタイプを作成し、それを用いてデモンストレーションをして有効性を証明すること、フェーズドアレイアンテナなどの拡張性は保っておくこと、を考えている。

**EISCAT\_3D デザインスタディの概要と現状報告**

- ・ Gudmund Wannberg 前 EISCAT 副所長の PPT ファイル  
（2007年7月の EISCAT サマースクール）
  - ・ EISCAT\_3D design study 報告書  
（Interim report 2009年02月、3rd Activity report 2008年4月等）
- 等を利用。そのまとめを Appendix に。

**今後 5-10 年の EISCAT を利用した研究の見通し。**

オーロラ帯の観測に適したメインランドの KST レーダーは、今後 5 年ぐらいで使えなくなる可能性がある。このことは、将来計画をどう立てていくかを議論する上で重要。限られた予算で、現有の EISCAT 装置を使って、今後 5-10 年でどのようなことを目指すか、新しいことが出来ないかどうかを検討、2009年3月末に SOC で議論する。現有システムの見直しの優先順位をどうするか。技術的なバックグラウンドの検討は別途。（注：EISCAT-3D 計画は 10 年スケール）

**予算化に向けた EISCAT 協会（及び各加盟国）の状況**

- ・ EISCAT\_3D 計画が EU ESFRI ロードマップに含まれる（2008年12月アナウンス）  
以下、ESFRI ロードマップ：<http://cordis.europa.eu/esfri/> より

**Timeline:**

Preparatory phase: 2009-2011,  
Construction phase: 2011-2015, （実際は 2015 年頃から建設か？）  
Operation: 2015-2045

**Estimated costs:**

Preparation costs: 6 M ユーロ（約 7 億円）.  
Total construction costs: construction cost is estimated at 60 M ユーロ（約 75 億円）  
for one active site but may expand up to 250 M ユーロ（約 300 億円） for all sites.  
Operation costs: 4-10 M ユーロ/year.  
Decommissioning costs: 10-15% of construction costs.

## 議論・意見交換の内容

- (1) EISCAT\_3D 計画に関する国内の Procedure について
- (2) 研究対象、利用範囲（分野）、他の人工衛星観測プロジェクトとの関係について
- (3) PANSY との関係について
- (4) 補足： 90 年代の JEISCAT 立ち上げ時の状況  
の順に記載。

### (1) EISCAT\_3D 計画に関する国内の Procedure について

EISCAT 協会及び加盟国では、5 年ぐらいでスタートをかけようと考えている。

(Eyken 前所長のプレゼンテーションでは 2015 年頃であり、5 年後から建設を開始するのが、最も早いスケジュール。ESFRI ロードマップに書かれている「2011 年より建設」というのは時間的に無理。) Esa Turunen 所長の言うように、今あるお金でプロトタイプを段階的に作っていくことになるだろう。

日本国内もそのような時間スケール（5 年）でどうするのかを考える必要あり。特に、

- ・ ハードウェアにお金を出さず、できたものをユーザーとして使って研究していく方法、
- ・ 大元のハードウェア（ファシリティ）にも貢献するというレベルの高いところまでやろうとなる  
と、それなりのコストが必要となるので、高い理由付けが必要になる。そこまで持って行けるか  
どうか。もしやるとしたら日本も数 10 億の負担になると思われる。

を検討する必要あり。国内でどのような procedure でやるとしたらやるか、を議論するべき。

我々のコミュニティ及びその周りも含めて、現在計画されている EISCAT\_3D のハードウェアで、研究の発展が期待されるのか？国内でやるべし、という風になるのかどうか、が essential。そういうものがあれば、どこかの代表機関がサウンディングを行いながら、予算要求への道が進めるけれども、その前にコミュニティの意見をどのようにとるか、必要性を認識してもらえる方法をとれるかどうか重要。現在の EISCAT の activity をどのように持ち上げて行くかにも関連している。

今までの意見は、EISCAT の国内のコミュニティがあって、そこで打診しながらどういうものが必要かを集約してきた。(EISCAT\_3D 計画が) その範囲内でおさまるならそれでいいけれども、数 10-100 億のお金を使うのだから、もっと広いところの人が必要になった場合には、その人々を endorse/support するグループが必要となってくる。そこまで出来ているようには見えないし、学会の中では (EISCAT プロジェクトが) どうしても必要だという力になれば良いけど、今は一部の人がやっているという印象を受ける

如何に他分野を含めて利用するかについて、feasibility でいいので用意する。具体的には、現段階での EISCAT のユーザーをどう広げていくか（その可能性）を考える。「EISCAT レーダーをある程

度使う人は使う」というように、固まってきている現状がある。ちゃんとした使い方はされているが、どう広げられるのか、というのを今からやっておかないと、大気分野の研究者が急に使うということはなかなかあり得ないと思う。まず（研究者間の）interaction がなければ出来ない。

如何にコミュニティを広げるか、（他分野の方々にも）魅力的なプロポーザルを出してもらえるか、あるいは、我々が出すかというところにかかっている。それ無しでは形だけを整えても前には進めない気がする。

今回の場合にヨーロッパで一番の議論となっているのは、「これがやる意義があるのかどうか？」  
「どのようなことができるのか？」ということが最も重要なので、そのような strategy を作っている。

レーダーの実現を目指している PANSY グループでは、勉強会を継続して開催。EISCAT についても研究集会を毎年開催し続けている。どういう問題があるのかを、今日イニシアチブをとって、これから進めて行くのがよいのでは。

ここ 2,3 年で EISCAT グループを identify させて頂き、10-20 人程度のしっかりとしたユーザーコミュニティを作ることが一番大事では。

国内コミュニティで EISCAT\_3D を実際にやりたいということになって、あと 2-3 年で日本として案をまとめるということになれば、だれかが体制を整えて役割を分担するしかない。中堅・若手研究者が、どういう風に具体的に引っ張っていくかについて体制を考えないといけない。

（予算獲得に関して）

理由付けさえしっかりすれば、特別共同研究経費でハードウェアを入れられる余地はある。例えば、宇宙線研では、50 億から 100 億ぐらいの大型機器を、項目として出せる仕組みが作られつつある。

大型予算をどこが出すか（具体的には、極地研がとりまとめるのかどうか。STE 研がとりまとめるのか）？特別共同研究経費という点では対等であるが、EISCAT はもともと極地研についてのプロジェクトであり、それを他のところがやって得なのかどうか（文科省から見たときにどうか）？

可能性として、シェアすることも出来ないこともない。EISCAT が極地研から STE 研に重心が移ってしまうがそれでよいか。

## (2) 研究対象、利用範囲（分野）、他の人工衛星観測プロジェクトとの関係について

どのような科学的な目的があるかを吸い上げる場があれば。

フェーズドアレイ方式の IS レーダーでは、同時に多地点を 3 次元的に取得可能なところが現有の装置と大きく違う。国内ユーザーの方々々が現在考えていることを、現有の装置でどこまでできるのか、

もしくはできないのか。その内容を EISCAT\_3D 計画のハードウェアにフィードバックできれば、こういうことを日本のコミュニティの要求を満たすのでは。これまでも意見の吸い上げは SAC や SOC で継続してやってきたが、さらに広い分野に広げる必要あり。

旧来の領域だけではなく、大気、デブリとかの入れるような形にする方がよい。木星等の惑星観測も日本のグループはやってきた。今後も IS 観測ではないけど受信機として使える。そういう形で広めておいて、ユーザーコミュニティを定義していくとよいのでは。

「(北欧は) 天気が悪い」というのが、地上オーロラ光学観測をする上で大変苦しい。1 週間特別実験時間をもらっても 1 晩も晴れないとなると、かなり落胆する。改善策として、少し低緯度や東の内陸にレーダーを置くほうがよいか。低緯度側ではブラックオーロラやプロトンオーロラが見えやすいかも。Interferometry 観測をスモールスケールでたとえ出来ても、オーロラの微細構造観測も同時にできないと価値が下がる。

超高層物理研究において磁力線方向観測が非常に重要であり、トランスミッターのあるサイトでのみ沿磁力線方向 (の高度分布) 観測が可能である。そこで (政治的な問題はあっても) 例えば、フィンランド側にトランスミッターを持って行き、トロムソをパッシブにすることも。

IRF kiruna のグループを中心に進めている流星の観測は、研究分野を広げるという点ではいいのでは。

ロケット観測計画も「ユーザーの固定化、予算をどうするか」という同様の問題を抱えている。ユーザーの拡大や予算とのバランス・兼ね合いが必要。超高層以外の分野がどのように関わってきたかも重要だが、さらに新しいユーザー (分野) を広げることも重要では。レーダーは応用範囲が広いので、大気研究についても我々が考えていなかったような研究のやり方もたぶんあるのでは。まったく別のコミュニティに対してアプローチしていくこともできれば、結構分野が広がる可能性は高いのでは。ここ 1-2 年でやれば、多くの支援が得られるのではないかな。

外にユーザーを増やすことも大事だが、(メインとなる) 超高層大気分野の若い人が少ないことも問題。名大 STE 研も極地研も大学生問題は非常に深刻であり、なかなか大学院生が来ない。東北大学や北海道大学、東京大学などの学生のいる先生方を勧誘し、お願いをして、大学院生に EISCAT を使って頂くような運動も基本的に必要。

大学院生に EISCAT を使った研究を進める上で、レーダーだけというのはとっつきにくいので、光学観測を併せて進めたい。そうとなると、上記の天候問題が出てくる。

次期太陽極大期を逃すとかなり厳しくなるのでは？

次期太陽極大期については、現有の装置を用いた 5-10 年計画を別途検討中である。

ヨーロッパでは飛翔体計画が無いのに EISCAT\_3D で何ができるか？ (他の観測機器ユーザーもし

くは他分野の研究者に対して) EISCAT\_3D の導出可能な物理量などのまとめや、「こういうことができそうです」という内容を 2-3 ページでリフレット等の形で示せるといい。EISCAT デザインスタディのリフレット (英語版) はあるので、それを参考に。

今ある飛翔体計画は最大限使うべき。例えば CASSIOPE や KuaFu 計画に対して EISCAT\_3D 計画がどのように貢献可能であるか、あるいは貢献してもらえるのか。人工衛星プロジェクトと共同体制をはり、両方に益になるようにグループの誰かが窓口になるべき (この点は、日本として個別にしていることが多く、弱いところ)。CASSIOPE については、日本が何億円もお金を出して開発しているものだから、観測データも使える。

### (3) PANSY との関係について

PANSY との棲み分けは? 戦略は?

EISCAT\_3D は国際共同プロジェクトであるが、予算に関しては PANSY は日本だけで作るという違いがある。また、周波数帯が 50 MHz 近辺 (47 MHz) であり、基本的には IS レーダーとしては使いにくい。具体的には、PANSY では電離圏電子密度を測定するのに数 10 分かかかる (EISCAT では 1 秒程度)。

細かい点よりも「なぜ極域に 2 つもレーダーを展開する必要があるのか」という、基本的な大きな点を問われる。その点については、例えば、昨年 8 月にシカゴで開かれた「南極 IS レーダーワークショップ」の場では、「南北両極で展開することが非常に重要」ということがキーポイントに。NSF も南極に IS レーダーを作ろうとしていて、その一つのセットとして、PANSY と NSF の IS レーダーを南極に両方展開しようということに。南極だけで意味があるかということ、それだけでは北極だけ作っておけばいいのと同じことになって意味がないので、南北で両方を対峙並べることが重要だという観点。物理的な reasoning はちゃんとある。

PANSY が 60-100 億円というレベルで、EISCAT-3D (延べ 300 億円) は日本の分担を 10-20 億円とすると、大きなお金であることは確か。同時に走れるかどうかというのは確かに問題。PANSY の方がやるとすると早いのでは。

PANSY 計画は、南極観測計画 22 年度から 8 期 (6 カ年) の重点プロジェクトの中に、他のライダーや光学観測と共に取り込まれた。予算については、規模が違うので保証するものではなく、JARE とは別枠で予算を確保するという形。その観点からは、極地研の中では (予算的な措置は努力が必要だけれども) 正式に PANSY は具体的に正式に位置づけられている。例えば、緊急な大型補正予算の話が出てくるときには、極地研の中では PANSY 計画を最優先で endorse する。

日本に 2 つレーダー建設 (PANSY、EISCAT-3D) という冗長することをどう説明するかについて、一つには狙えるサイエンスがかなり違う。PANSY の主体は大気レーダーで、研究ターゲットが違う。

一方 EISCAT-3D は、電離圏観測用のレーダーではあるが、それより低い高度領域も狙える。そのため、両半球で大気研究もできる。両極でやることのメリットをむしろアピールできる、もしくはする必要があるのである。

PANSY と EISCAT-3D の建設の時期はオーバーラップするため、極地研としては悩ましいところであることは事実。そこで、優先順位を 1, 2 位とつけるのではなくて、「予算がさらに 1/5 つければ、こんな良いことができる」という発展性を感じさせる説明を極地研ですることは可能か。

#### (4) 補足： 90 年代の JEISCAT 立ち上げ時の状況

EISCAT に加盟する際の 90 年代はじめの頃は、まず学術会議の今後 10 年間の重要な項目の中に、人工衛星に加えて IS レーダーを入れてもらった。そして、学会等でフォーラムみたいなものを開催させてもらい、ご意見を頂いた（当時は、最初だったので全然誰も知らなかった）。EISCAT プロジェクトを進めるべきかどうか、西田先生や色々な先生方に助けて頂いて「やるべし、やるべし」ということで進めていった。

昔は、測地学審議会（測地委員会？）又は学術会議が endorse してくれていた。しかし、現在は個別のものを押すところは無くなっており、自分たちの努力でやるしかない。

## Appendix

### EISCAT\_3D デザインスタディについて

- ・計 13 ワーキンググループによるデザインスタディ
- ・2005 年 5 月 1 日より 4 年間の Design study が開始。  
2009 年 4 月 30 日の終了前に Final Documentation の作成。
- ・EISCAT 本部、Tromsø 大学 (UIT)、Luleå 工科大学、RAL、IRF キルナが中心に。
- ・EU のサポート (200 万ユーロ。全体の半分)。
- ・EISCAT 協会からは、年間約 3.5 名分の予算を捻出

### EISCAT\_3D の主たるターゲット

- ・スモールスケール物理の理解、
- ・D/E/F 層のエネルギー収支の理解、
- ・極域超高層大気のモニタリングや予報

### EISCAT\_3D のハードウェアに求められるスペック

- ・クロスビーム解像度を 100 m 以内に (現行の UHF レーダーでは約 1 km @ 100 km )。
- ・ビーム方向の分解能を 300m 以内に。
- ・D/E 領域や上部電離圏の時間分解能を 10 秒以内に (現行では数分)。
- ・5-10 の高度の 3 次元イオン速度を、ほぼ同時に測定。
- ・Interferometry 観測を 20m の空間分解能で。

### EISCAT\_3D の現在案と進行状況

- ・周波数帯は 225-240 MHz の VHF 帯の利用を想定。
- ・送受信サイトを 1 つ、受信サイトを 4 つ (D/E/F1 領域用 2 つ、F2/トップサイド用 2 つ)
- ・アンテナサイズは 150m x 150m で、16000 のアンテナエレメントを想定。  
キルナサイトにて 48 本の八木アンテナによる試験。2007 年 10 月に最初のテスト。
- ・それぞれのモジュール (16 エレメント) で、500-800 W の RF パワー  
RFU サブモジュールのプロトタイプ作成済み (300 W @ 235 MHz)