

## 宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会（第2回）

### 議事要旨

#### 1. 日時

令和4年1月26日（水）16時00分～18時00分

#### 2. 場所

オンライン

#### 3. 出席者

##### （1）構成員

草野座長、石井座長代理、岩本構成員、鶴川構成員、江口構成員、海老原構成員、上泉構成員、木本構成員、久保構成員、小泉構成員、五家構成員、國母構成員、込山構成員、斉田構成員、齋藤構成員、平構成員、千喜良構成員、津川構成員、豊田構成員、内藤構成員、長妻構成員、苦瓜構成員、廣江構成員、本間構成員、正木構成員、宮田構成員、宮村構成員、村瀬構成員、安井構成員、山上構成員、脇村構成員

##### （2）オブザーバー

内閣官房 国家安全保障局

内閣官房副長官補（事態対処・危機管理担当）付

内閣府 宇宙開発戦略推進事務局

内閣府 宇宙開発戦略推進事務局 準天頂衛星システム戦略室

文部科学省 研究開発局 宇宙開発利用課

経済産業省 製造産業局 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室

経済産業省 商務情報政策局 産業保安グループ 電力安全課

国土交通省 航空局 総務課

国土交通省 航空局 交通管制部 交通管制企画課

国土交通省 気象庁 総務部企画課

国土交通省 気象庁 情報基盤部気象衛星課

防衛省 防衛政策局 戦略企画課 宇宙海洋政策室

防衛省 航空幕僚監部 防衛部 事業計画二課 宇宙領域班

##### （3）総務省

田原国際戦略局長、山内大臣官房審議官、山口同局宇宙通信政策課長、

小林同局宇宙通信政策課衛星開発推進官、谷口情報流通行政局放送技術課課長補佐、

羽多野同局電波部基幹・衛星移動通信課課長補佐、菊地関東総合通信局電波監理部次長

#### 4. 議事要旨

##### (1) 議題(1) 前回議事要旨案及び構成員の追加について

事務局より、資料「宇天－２－１」に基づき、説明が行われた。また、今回の検討会から、一般社団法人スペースウェザー協会上泉構成員が加わった旨説明が行われた。

##### (2) 議題(2) 宇宙天気現象がもたらすハザードとリスク等の関係について

事務局より、資料「宇天－２－３」に基づき、説明が行われた。

質疑応答はなし。

##### (3) 議題(3) 国立研究開発法人情報通信研究機構からの説明

津川構成員より資料「宇天－２－４」に基づき、説明が行われた。

主な質疑応答は以下のとおり。

##### 【宮田構成員】

「ひまわり高機能化」について、電子、陽子等の観測はGOES等でも実用化されていますが、新しく何か優位性があるものを開発されるのでしょうか。

衛星の運用において、帯電計測ができれば非常に有用な情報になると思いますが、具体的にどのようなものを計測される予定なのでしょうか。

##### 【津川構成員】

高エネルギー粒子については、GOESでも計測はされていますし、現状の「ひまわり」でも観測はされていますが、宇宙天気として必要な情報という観点では、スペクトル幅及びエネルギー領域が不十分であること、エネルギー分解能が足りないことから、より高機能化を目指しています。

帯電については、これまで表面帯電を観測していましたが、今回は表面帯電だけでなく内部帯電も測定するところが、新規開発の部分です。センサーとしては1つになります。

##### 【草野座長】

「ひまわり」の新しいセンサーでモニタリングしたときに、SECURESを使った予報に対してどういう進展が期待されそうでしょうか。

##### 【津川構成員】

現状、SECURESは静止軌道のみとなっていますが、日本上空の経度域で高精度なデータを取ることで、経度方向にも精度よくデータを出していけると考えています。また、静止軌道だけではなく、このモデルの高度化も進めて、低軌道衛星にも資するような環境、あ

るいは電離圏への影響まで領域を広げられればよいと思っています。

【本間構成員】

太陽コロナのガスが太陽の中心付近で放出された場合、ほかの周波数やほかの衛星で、観測は可能なのでしょうか。放射方向が真正面の場合、どうやって観測するのでしょうか

【津川構成員】

太陽の真正面に飛んできた場合はSOHO衛星では全体に広がって観測されます。その情報と、SOHO衛星とは別のSTEREO衛星が、地球と太陽の直線上から少しずれて横から見ているので、その衛星の情報を使って、地球に来る速度を導出します。一方で太陽電波のスペクトルに関しては、正面であっても観測ができますので、このデータをうまく使うことで、その衛星の観測よりも早く地球に向かってくるCMEの速度を出すことができます。

【草野座長】

STEREO衛星は、常に太陽・地球系の横側にあるわけではないので、太陽系を立体的に観測するというのは、将来の課題の1つにもなると思います。

【長妻構成員】

先ほどの質問の回答に補足します。

帯電計測装置について、装置自体は1種類ですが、衛星の表面と内部の2か所に設置してそれぞれデータを取得することを検討しています。誘電体の内部に蓄積する電荷の測定は、今まで宇宙での取組がなかったので、基礎データを取りつつ、衛星の障害との対応を確認できるように取り組んでいます。

現状のSECURESはglobal MHD simulationの結果に基づいて予測していますが、このモデルに対して観測データを参照することで、精度向上につなげていきたいと考えています。

【小泉構成員】

「ひまわり」に観測機器に関連して、1,000 km以下の低高度の放射線環境を推測についても、今後、精度よくできるようになるのでしょうか。

【長妻構成員】

「ひまわり」では静止軌道での放射線環境を計測するので、直接的に1,000 km以下の精度向上につながるかどうかは必ずしも明確ではありませんが、シミュレーションやモデルの検証を通じて、静止軌道で測ったデータと比較して、モデルを向上させていきます。その結果が放射線帯全体の予測モデルの精度向上にもつながるので、低高度にも波及させられると思っています。また、開発したセンサーを将来的に「ひまわり」だけではなく、ほかの低軌道衛星や中軌道衛星などにも展開することで、さらなる領域でのモニタリングや予測につ

なげられると考えています。

**【廣江構成員】**

G A I Aモデルについて、最終的に提供してもらえるデータとして、どういうものを考えていますでしょうか。例えば、T E Cデータ（全電子数データ）の提供をG A I Aのモデルでやることを検討されているのでしょうか。

また、C M Eや、次のコロナガスの到来予測など、例えば地球の電離圏に影響するのにどれぐらいの時間前に予測できるのでしょうか。航空機は72時間前にノータムという、例えば測位がうまくいかない場合には通知しなければいけない規定があり、それにどれぐらい使えるのかという観点での質問です。

**【津川構成員】**

G A I Aのデータ同化モデルのアウトプットとしては、電離圏の電子密度の状態、あるいは大気の状態を高精度に予測していくところです。測位に影響するある地上の地点とある衛星のパスの全電子数なども、そこから導出できると考えています。ディファレンシャルGPSは、電離圏電子密度のグラディエントが重要になりますが、それに資するアウトプットとしてこのデータもカスタマイズできると考えています。

一方でモデルの解像度も重要であり、それもG A I Aモデルで、現状100kmぐらいの解像度がありますが、さらに細かい部分は、観測データの補完などしながら出していくことになると考えています。

リードタイムについて、C M Eの予測に関しては太陽の観測からインプットして、大体二、三日後にC M Eが到達すると考えると、フレアが発生してから二、三日後の電離圏の影響がある程度推定できます。ただし、このモデルでは、フレアが大きくてもどれぐらい大きなものが来るか、また、磁場の向きによって影響も変わってくるので誤差も大きくなります。太陽風の監視衛星D S C O V Rで実際の太陽風を観測したときに、もう少し精度が上がったものが出てくると思います。大体1時間前に、そのような段階を踏んで予測精度も上がってくるので、出し方は変わると思います。

このような予報がどのタイミングでどういう精度で出せるかというのは、まさにワーキングで検討していきますので、そのワーキングの結果も踏まえて、予報の出し方も考えていきたいと思っています。

**【込山構成員】**

W A S A V I E Sのようなシステムが、将来的に月面の飛行士の被曝管理のため線量を出すことに発展させる可能性はあるのでしょうか。

**【久保構成員】**

ここでは航空機の被曝線量なので、そのまま月に持っていけばよいという話にはならないですが、月の被曝線量の推定は重要なことなので、WASAVIESの開発メンバーで、月、火星の被曝線量をどういうモデル化するのか、どう線量を推定するのかを検討はしています。

今後このようなシステムが月、火星に向けた線量システムとして進化していくことは、可能性として十分にあり得ると考えています。

【齋藤構成員】

先ほどの質問に関連して、特にプラズマバブルについては、必ずしも太陽への爆発現象によるものではなくて、そうでないほうが一般的には非常に多いと言われていています。72時間のリードタイムは、太陽を見ているのも必要ですが、G A I Aのような地球の内側を使ってどれくらい先まで予報できるのかが重要になってくると思います。

現在のG A I Aモデルは、どれくらい先まである程度の信頼性を持って計算できているのでしょうか。

【津川構成員】

現在のG A I Aモデルは、まだ1日先のレベルです。今後、磁気圏や太陽風モデルのインプットとしてリードタイムを広げていこうと考えています。

【上泉構成員】

N I C Tの今後の観測やシミュレーションで、日本国内の大学との連携はどうなっていますでしょうか。

【津川構成員】

太陽風の観測や放射線帯の予測、また、物理モデルによるフレアのA Iを使った予測も名古屋大学とも協力して取り組んでいます。電離圏の観測でも、例えば電波伝搬シミュレーターに用いる電子密度の分布に関しては、電子航法研と一緒にやっていますし、G A I Aモデルに関しても、九州大学、成蹊大学と連携して進めています。

このように国内の学術、大学と研究機関との連携は非常に重要でして、連携しながら研究開発も進めています。

【山上構成員】

G A I Aモデルについて、低軌道衛星G N S Sの観測データも同化の対象としていますが、今こういったものを検討されているのでしょうか。

【津川構成員】

低軌道衛星に関しては、FORMOSAT/COSMIC衛星のデータを、同化モデルのインプットとして使うことを、台湾と連携して進めています。昨年からの共同研究を始めて、今、まさにインプットするところです。このデータの同化も含めて、7年度までに実運用に

持っていきたいと考えています。

久保構成員より「宇天－２－５」に３基づき説明が行われた。

主な質疑応答は以下のとおり。

**【齋藤構成員】**

航空方法は安全性が非常に重要になってきて、予報が確率で出るようになるのは非常にありがたいと思います。さらに、その確率の信頼性の情報もあると、より安全性が重要になる領域で使えるようになるので、そういうところも検討してもらえるとよいと思います。

**【久保構成員】**

信頼性と密接に関わっているのが、最適な閾値確率になります。この情報を出すことで信頼性の情報も一緒に出ていくことになります。その辺りはもう少し分かりやすい情報の出し方を検討する必要があると思っています。

**【木本構成員】**

国内の衛星を見ると、耐宇宙環境設計を施している衛星とそうでない衛星があり、警報を受け取っていても、人工衛星のレベルによってはリスクが異なるのではないかと考えていました。その中で確率と信頼性をセットで、警報出すことによって、ユーザー側で考えることもできるのではないかと思います。

太陽フレアと地磁気擾乱については予報精度の評価されていますが、放射線帯の電子についてはどんな評価結果が出ているのでしょうか。

**【久保構成員】**

放射線帯電子の予報はやっていますが、数年前に基準が変わり、データがまだ数年分しかたまっていない状況ですので、放射線帯電子の予報精度の評価はまだ実施していません。今後、実施していく予定です。

**(4) 意見交換**

主な発言は以下のとおり。

**【木本構成員】**

ISOにおいても宇宙環境、宇宙天気が議論されており、そのアウトプット先としては、国連にも密接に関係しています。国内においては、JAXAが国の宇宙機関として、宇宙環境の障害例の教訓を基に、耐宇宙環境に関係する設計標準を整備しています。

**【石井座長代理】**

宇宙天気については様々な機関で、国連を中心に議論がされています。特に国連関係では、

WMO、世界気象機関の下での議論が数年来活発になってきているところです。UNCOP UOSという、宇宙平和利用委員会で、ハイレベルな議論をしており、最近、非常に活発に活動しています。また、ISESについても、現業機関の連合体として活動しています。

## 5. 閉会

事務局から以下のとおり連絡があった。

- ・次回会合は2月4日10時から予定している。
- ・構成員、オブザーバーの連絡先を記載した名簿を後日配布する。

以 上