

宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会
報告書（骨子案）

目 次

第 1 章 国内外の動向と現状

- (1) 検討の背景
- (2) 国内の動向
- (3) 海外の動向（国連、米国、英国等）
- (4) 宇宙天気観測・分析・予報の現状

第 2 章 今後の観測・分析・予報の在り方

- (1) 観測体制の在り方
- (2) 宇宙空間への観測センサー設置
- (3) 分析・予報の在り方

第 3 章 警報に関する体制強化

- (1) 警報に関する課題
- (2) 今後の警報伝達の在り方
- (3) 社会的影響を考慮した新しい警報基準
- (4) 社会的影響に関する情報収集の必要性
- (5) 将来の基準見直しの在り方

第 4 章 社会インフラへの影響と効果的な対処

- (1) 極端な宇宙天気現象がもたらす最悪シナリオ
- (2) 対処に向けた基本的な考え方
- (3) 社会インフラにおける今後の対処
- (4) 分野別の対処の在り方
 - ア 通信・放送に関する影響
 - イ 衛星測位に関する影響
 - ウ 衛星運用に関する影響
 - エ 航空運用に関する影響
 - オ 電力分野に関する影響
 - カ 人体被ばくに関する影響

第5章 学術研究の強化

- (1) 学術研究の重要性と課題
- (2) 今後の学術研究に期待される役割
- (3) 今後の研究課題例

第6章 人材とコミュニティ形成の在り方

- (1) 宇宙天気に関する人材の在り方
- (2) 宇宙天気の周知啓発等を担うコミュニティ形成
- (3) 宇宙天気に関するアウトリーチ活動の在り方
- (4) 宇宙天気ユーザー協議会に期待される役割

第7章 国際連携の強化

第8章 NICT に期待される役割

- (1) 世界トップレベルの研究拠点形成
- (2) 企業が抱える課題の解決支援
- (3) 国際連携の強化、アジア太平洋地域での研究連携
- (4) ハブ組織としての人材育成とコミュニティ形成の推進
- (5) 宇宙天気に関するデータ・プラットフォーム構築
- (6) 宇宙天気予報オペレーションセンター（仮称）の創設

第1章 国内外の動向と現状

- (1) 検討の背景 (省略)
- (2) 宇宙天気現象とは (省略)
- (3) 国内の動向 (省略)
- (4) 海外の動向 (国連、米国、英国等) (省略)
- (5) 宇宙天気の観測・分析・予報の現状 (省略)

第2章 今後の観測・分析・予報の在り方

(1) 観測体制の在り方

(電離圏観測の課題と今後の取組)

1. 国内の定常観測網のほか、東南アジア諸国や南極昭和基地において電離圏観測が行われているが、観測点がまばらとなっている。宇宙天気現象の数値モデルの再現性を高めるためには、実際の観測値を入力することで精度の高い予測結果を得られるようにすることが不可欠であり、我が国として、より高密度な観測結果をリアルタイムで収集することを目指すべきではないか？
2. また、NICTは、東南アジア諸国、豪州、台湾、韓国等との良好な協力関係を深化させつつ、東南アジア電離圏観測網 (SEALION) の維持・拡大を図ることにより、我が国として必要となる多地点の観測データの確保を目指すべきではないか？

(2) 宇宙空間への観測センサー設置

3. NICTは、「ひまわりの高機能化研究技術開発」に基づき、①高エネルギー陽子 (衛星誤動作等の原因、人体被ばくの原因)、②放射線帯電子 (衛星帯電等の原因)、③衛星帯電 (実際の衛星の帯電量の評価) を行う観測センサーの気象衛星ひまわり10号 (2028年打上予定) への搭載を目指した研究開発を総務省からの委託研究事業として推進しているが、NICTは、このプロジェクトを確実に進めるべきではないか？

4. また、衛星帯電の観測センサーは、人工衛星の安全なハウスキーピング（管理・保護）に重要なデータを提供するものであることから、有償による提供も含め、他の人工衛星の運用者に対する衛星運用支援サービスの提供を実現し、宇宙空間における観測センサーの運用コストを回収していくことが必要ではないか？

（3）分析・予報の在り方

（NICT の分析と今後の取組）

5. NICT は、引き続き、電離圏や太陽活動等の観測・分析システムの更なる高度化を推進すべきではないか？
6. もはや人手に頼るビッグデータ分析は処理能力の限界があり、緊急対応を要する大規模な異常現象に対する分析は、わずか数分間で完了する必要がある。このため、引き続き、深層学習や強化学習等を用いることで、分析の自動化・高精度化・知能化を目指していくべきではないか？

（NICT の研究成果の展開）

7. 現在、NICT においては、電離圏や太陽風等の予測モデルを開発し、計算機シミュレーションに基づく伝搬シミュレータや推定システム等のアプリケーションを外部に提供している。高度な技術と長年の研究を要するこうした研究成果については、積極的に企業等に提供していくべきではないか？
8. また、特定の産業向けや個別企業向けにアプリケーションやツールの改修作業が必要な場合は、適切な方法により、有償による対応や第三者向けのライセンス等を通じて研究成果を積極的に展開していくべきではないか？
9. 既に NICT においては、技術相談制度を設けており、製品開発の支援、測定方法に関するアドバイス、実設計に関するアドバイス等に有償契約により対応している。企業等は、宇宙天気に関して抱える課題については、こうした支援制度を積極的に活用すべきではないか？

（民間が行う観測・予報について）

10. 宇宙天気現象の「観測」については、既に大学等において観測機材を用いた学術研究が実施されているところであり、今後も自由な環境で民間が観測活動を行い、宇宙天気現象の理解向上に努めていくことは歓迎されるべきことではないか？

11. また、宇宙天気「予報」についても、企業が自らの経済活動のために企業内で自製することが十分に考えられる。NICTが全ての産業・企業に対してきめ細かい予報サービスを展開することは困難であり、切磋琢磨によって民間企業が予報能力を磨いていくことは、我が国全体の予報能力の向上につながるのではないか？
12. 社会経済の安全・安心を実現していくためには、宇宙天気に対応するサービスやソリューションを必要とする企業・行政からの需要が旺盛なものになり、そうした需要に応える形で起業や商品開発が活発化し、その結果、学術研究の活性化や専門人材の雇用拡大につながるという、「宇宙天気関連産業のエコシステム」の好循環が生まれるように産学官が連携して取組を進めるべきではないか？

(民間が行う観測・予報の品質確保)

13. 気象業務法（昭和二十七年法律第百六十五号）では、気象業務における観測の技術基準を設け、また予報を行う組織に対しては許可制度の下で施設・人的要員に関する要件を課すことにより、民間が行う気象業務に一定の品質を確保させる仕組みになっている。
14. 宇宙天気現象に関して、一方的な推測に基づく不正確な情報発信が SNS で散見され、そうしたデマが拡散することによって社会的混乱を生じさせるおそれがあるのではないか？ 民間が宇宙天気現象の予報を行う際、無償・有償を問わずそれらを他者に提供する場合には、予報の品質確保に向けた取組が求められるべきではないか？
15. このため、NICT 及び民間は、複雑な宇宙天気現象の予想には高度な知識と技能が必要であることを周知啓発するとともに、組織・施設・人的要員・手続等に関してクリアすべき要件を共同で標準化することで、宇宙天気予報全体の統一と発展を主導していくべきではないか？

第3章 警報に関する体制強化

(1) 警報に関する課題

16. 宇宙天気予報は社会経済の安心・安全に直結する業務であり、社会インフラの安定運用に責任を持つ企業に不可欠なものとして重要性が高まりつつあり、迅速かつ確に警報を発表する体制がNICTに求められるのではないか？

(2) 今後の警報伝達の在り方

(確実な警報業務の推進)

17. 宇宙天気現象のリスクに対して企業等が迅速かつ効果的に緊急対策を実施できるようにするためには、引き続き、宇宙天気予報の長年の実績と実施体制を有するNICTが予報・警報を発表していくべきではないか？
18. 特に、重大なリスクを社会経済にもたらすおそれがあることを警告する「警報」については、きわめて公共性の高い業務として、国立研究開発法人としてのNICTが一元的（独占的に）に警報の業務を実施していくべきではないか？

(警報の伝達方法の強化)

19. 警報の伝達手段については、現在の方法（ウェブサイト掲示、メーリングリスト配信）に加え、伝達手段の多様化・多重化を進めるべきではないか？
20. また、警報に基づいて企業等が行動に結びつけることができるよう、警報の伝達項目や伝達方法等については、あらかじめ準備して事前に情報共有を図ることが必要ではないか？

(NICTの警報業務体制の強化)

21. 現在の予報・警報は主にNICT職員の長年の慣習と経験に基づき行われているが、今後は、組織として最適な手順・ルールに沿った業務標準が確立されるべきではないか？
22. 警報の公表は社会経済活動に大きな影響を与えることになるため、その判断基準については外部有識者や関係機関の意見を参考にしつつ、不断に見直していくべきではないか？
23. また、過酷な宇宙天気現象が予想される場合には、我が国の危機管理や宇宙システムの保全を担う関係府省庁に対して、迅速に予報・警報が送り届けられるようにする必要があるのでないか？

(3) 社会的影響を考慮した新しい警報基準

24. 宇宙天気予報の目的は、宇宙天気現象がもたらすハザード（危害要因）を正確に理解することにより、社会インフラにもたらされるリスク（被害）を軽減することにある。よって、宇宙天気現象の規模に関するものだけでなく、社会的影響にも着目した警報を行っていくことが求められるのではないか？
25. このため、宇宙天気もたらす社会的影響の大きさも考慮した新たな警報の種類・閾値を基準化するべきではないか？
26. なお、宇宙天気現象は自然現象であり、想定を超えて現象が発生する可能性があること、特に社会的影響の予測精度には一定の限界があることから、関係省庁や企業等は、警報の不確実性について十分に理解しておくことが求められるのではないか？

(4) 社会的影響に関する情報収集の必要性

27. 社会的影響の度合いも考慮した警報の精度を向上させるためには、宇宙天気現象に対して実際に社会インフラ側に生じた誤動作、混信、不具合等の被害に関する情報をNICTが円滑に収集できるようにするべきではないか？
28. このため、関係省庁や企業等は、社会インフラの被害に関する情報をNICTに積極的に提供するとともに、NICTの問合せに対して応じていくべきではないか？

(5) 将来の基準見直しの在り方

29. 宇宙天気予報において使用される NICTの基準類は、不断に見直しを行っていくべきではないか？
30. 基準類の見直しに際しては、NICTは、学术界・産業界・関係府省等の代表者を交えながら共同で調査研究を行いつつ改訂案を検討することで、より適切な基準を目指すべきではないか？

第4章 社会インフラへの影響と効果的な対処

(1) 極端な宇宙天気現象がもたらす最悪シナリオ

(省略、次回検討会で報告)

(2) 対処に向けた基本的な考え方

(基本的な考え方)

31. 宇宙天気現象は、宇宙環境が人類にもたらす異常な自然現象である。宇宙天気現象がもたらすハザード(危害要因)は、地震・津波、水害・土砂災害、火山噴火等の大規模な自然災害がもたらす被害と同類のリスクであり、我々は自然災害に対する備えと同じように対策を進めるべきではないか?
32. 例えば、我が国の災害対策基本法(昭和三十六年法律第二百二十三号)は、災害を「暴風、竜巻、豪雨、豪雪、洪水、崖崩れ、土石流、高潮、地震、津波、噴火、地滑りその他の異常な自然現象」(第2条第1号)と定義しており、宇宙天気現象がもたらす被害についても同法の対象であると優に認めることができる。このため、今後は、同法に基づく災害対策法制の中に宇宙天気現象による被害を組み込むことにより、我が国として現実的なリスクに確実に対応していくべきではないか?

(3) 社会インフラにおける今後の対処

33. 我が国は、国、関係企業・関係団体、公共機関、事業者が、安全・安心な社会経済の実現に向けて宇宙天気に関するリスクを理解し、効果的な対策を講じていくべきではないか。このためには、産学官連携による相互協力、計画的な行動、対処能力の増強の積み重ねにより、国家全体として危機管理にあたるべきではないか?
34. 宇宙天気現象の対策は、①被害の発生を常に事前に想定するとともに、②被害が発生した場合にはその最小化を図りつつ、③最終的にはその迅速な回復を図ることが必要であり、それぞれのフェーズに分けて効果的な対策が検討されるべきではないか?
35. 宇宙天気現象を解明して対策手法を検討する行為は、企業単独での取組は難しく、国は、産学官連携による調査研究を支えることが期待される。このため、国は、学術界・産業界に対して、宇宙天気現象の観測・分析・予報、リスク評価、対処手法開発等の調査研究を支援する枠組みを検討するべきではないか?

(4) 分野別の対処の在り方

ア 通信・放送に関する影響

(影響の概要) (省略、WGからの報告に基づき記載)

(今後の対処の方向性) (省略)

イ 衛星運用に関する影響

(影響の概要) (省略)

(今後の対処の方向性) (省略)

ウ 衛星測位に関する影響

(影響の概要) (省略)

(今後の対処の方向性) (省略)

エ 航空運用に関する影響

(影響の概要) (省略)

(今後の対処の方向性) (省略)

オ 電力分野に関する影響

(影響の概要) (省略)

(今後の対処の方向性) (省略)

カ 人体被ばくに関する影響

(影響の概要) (省略)

(今後の対処の方向性) (省略)

第5章 学術研究の強化

(1) 学術研究の重要性と課題

(学術研究が抱える課題)

36. 大規模な宇宙天気現象が社会経済に与える影響は大きく、現象に関する学術的理解を深めることは安心・安全な社会づくりに不可欠ではないか？
37. 学術研究は具体的にどのような課題を抱えているか？

(2) 今後の学術研究に期待される役割

(分野横断的・産学官連携による研究推進)

38. 前述の学術研究が抱える本質的な課題に対しては、重点的な研究課題を設定しつつ分野横断的な取組を強化し、国の観測施設も活用しながら、宇宙天気現象の全体像を解明していくべきではないか？
39. また、学術研究の最終ゴールは、宇宙天気現象に対して、国民の安全・安心を確保してレジリエントな社会を構築することにあるため、産学官連携による関連研究への取組を強化するべきではないか？
40. NICT は、国立研究開発法人として、こうした学術研究の支援・振興に積極的な役割を果たしていくべきではないか？

(未知な現象に対する予測シミュレーション)

41. 宇宙天気予報を確実なものとしていくためには、太陽活動の精緻な予測シミュレーション等の予測技術は重要と言えるのではないか？

(社会インフラのレジリエンスに着目した学術研究)

42. 社会インフラにもたらすリスク（被害）を低減するためには社会インフラの耐性や脆弱性に着目した研究が不可欠ではないか？

(3) 今後の研究課題例

43. 今後の研究課題例としてどのようなものが考えられるか？

第6章 人材育成とコミュニティ形成

(1) 宇宙天気に関する人材の在り方

44. 複雑・難解な宇宙天気現象に挑戦するためには、学術研究で活躍する高度知的人材を育成するとともに、行政や産業分野においてリスクに備えることのできる専門人材を中長期的に確保していく必要があるのではないか？
45. 理学系の宇宙天気現象に関する研究は、学問の性質上、産業分野での応用に直結せず、また常勤の研究職・教育職への登用も狭き門となっている。宇宙天気現象に関する学術研究を強化するためには、研究者のキャリアパスや人生設計も考慮しつつ、研究成果の最大化を目指していく取組が必要ではないか？
46. さらに、高校生・高専生・大学生を対象に本研究分野の魅力や重要性を伝えることによって、宇宙天気に関する研究人材や専門人材の供給に向けた裾野を広げていくべきではないか？

(2) 宇宙天気の周知啓発等を担うコミュニティ形成

47. 太陽活動がもたらすリスクの存在を広く周知啓発し、企業等における取組を促進しつつ、我が国全体としてリスクを低減していくためには、幅広い関係者によるコミュニティ形成が不可欠ではないか？
48. また、コミュニティを形成することで宇宙天気現象に関する情報（データ）、仕組み・ノウハウ、共同プロジェクト、価値創出等をエコシステムとして好循環させることができれば、研究人材や研究機関、起業家、投資マネーを更にコミュニティに呼び込むことができる可能性があるのではないか？
49. 産学官が連携することにより、宇宙天気に関する周知啓発等を担うコミュニティの形成に取り組むべきではないか？

(3) 宇宙天気に関するアウトリーチ活動の在り方

50. 宇宙天気現象に関する周知啓発活動や宇宙天気予報を実施する際には、行政、産業界、有識者、消費者、報道機関等の間でリスクに関する情報のやりとりを行い、十分に意思疎通を図っておくべきではないか？

51. また、緊急時には情報を素早く伝えることが求められる一方、宇宙天気現象は視覚的・体感的に捉えることが難しい分野でもあり、拙速で不完全な情報やデマによって不安や恐怖心を煽ることはあってはならないのではないか？
52. このため、宇宙天気現象に関する専門家は、分かりやすい言葉でそれらの情報を適時適切に発信していくことが求められるのではないか？
53. さらに、宇宙天気現象による被害が十分に想定される分野においては、被害に対する備えが十分ではない企業等に対して重点的なリスクコミュニケーションを実施していくことにより、そうした企業等の行動変容に結びつけていくべきではないか？

(4) 宇宙天気ユーザー協議会に期待される役割

54. 宇宙天気に関する研究現場と宇宙天気情報のユーザーの連携を醸成する「場」となっており、今後も協議会活動の一層の活性化が期待されるのではないか？

第7章 国際連携の強化

(国際連携の重要性)

55. 現在、気候変動、食料・水資源問題、感染症対策など、人類が直面する地球規模課題の解決に対しては、我が国のポテンシャルを生かした国際協力が強く求められている。同様に、宇宙天気現象は国境を越えて地球的規模で発生する現象であり、その取組は我が国が挑戦すべきグローバルな課題といえるのではないか？
56. 我が国は、宇宙天気現象の問題に関して、戦略性を持ちつつ、積極的に海外との連携・協力を進めていくべきではないか？

第8章 NICT に期待される役割

(1) 世界トップレベルの研究拠点形成

57. NICT は、宇宙天気予報に関する定常業務に加え、高いレベルの研究者を中核とした 世界トップレベルの研究拠点を形成することにより、宇宙天気分野の観測・分析・予報を強化し、国立研究開発法人としての役割を果たしていくべきではないか？
58. さらに、国内における宇宙天気研究のハブ拠点として、学術研究支援、学識者・有識者のネットワーク化、研究者の交流支援、学術界と産業界の橋渡し、若手研究人材の育成を推進するべきではないか？
59. また、宇宙天気に関する共通基盤的な技術、大規模な観測施設、宇宙天気データ・プラットフォーム、計算機資源、アプリケーション等のいわゆる「知の基盤」については、自らの研究活動に用いるだけでなく、オープンサイエンスによる連携研究を進めつつ、学術界・産業界・国際連携の諸活動を支えるものとして発展させていくべきではないか？

(2) 企業等が抱える課題の解決支援

60. NICT の研究成果については、個別の技術相談やアプリケーションの提供等により、企業や国が抱える課題の解決に活用できるようにするべきではないか？
61. また、知的財産のライセンス活動、ベンチャー設立・起業支援、研究者の兼業、企業との共同研究・共創等を積極的に行うことにより、NICT の研究者自らイノベーションの連続的な創出を実現するべきではないか？

(3) 国際連携の強化、アジア太平洋地域での研究連携

62. NICT は、引き続き、宇宙天気に関する 国際的研究枠組みや海外とのリアルタイムデータ共有、データに関する国際標準化活動に積極的に参加するべきではないか？

(4) ハブ組織としての人材育成とコミュニティ形成の推進

63. NICT は、宇宙天気に関するハブ組織として、様々なコミュニティの形成に中核的な役割を果たすべきではないか。

(5) 宇宙天気に関するデータ・プラットフォーム構築

64. 宇宙天気分野では、理論形成に役立てるための観測データが研究活動の重要な資源となるが、NICTでは、様々な観測設備を用いて膨大なデータを長年にわたり取得している。これらのデータはNICT自身の先端研究や宇宙天気予報のために利用されることが基本となるが、今後は、学術研究の発展や企業との共同研究向けのオープンデータとして有効利用していくべきではないか？
65. このため、NICTは、宇宙天気に関するデータ・プラットフォームを構築することによって、一定の条件の下で、様々な利用ニーズに応じたデータの開放を推進するべきではないか？
66. なお、こうしたプラットフォームの構築及び維持には相当なコストを要するため、利用目的（営利、非営利）や使用するデータ量、使用する機能等に応じて、受益者に対して負担を求める仕組みが検討されるべきではないか？
67. また、NICTがこれまでに開発したアプリケーションやツールに関しては、より高度な機能の実現や個別企業向けの改修作業等に対するニーズが今後予想される。このため、NICTはプラットフォームやデータ、アプリケーション、ツール等の管理を民間にアウトソーシングすることにより、研究資源の効率的・効果的な活用方を検討するべきではないか？

(6) 宇宙天気予報オペレーションセンター（仮称）の創設

68. NICTにおいて、研究組織とは別の「宇宙天気予報オペレーションセンター（仮称）」を組織として設置することにより、研究業務と実施業務を分離し、先端研究との相乗効果を発揮しつつ宇宙天気予報業務を確実に実施する体制を構築するべきではないか？

(以上)