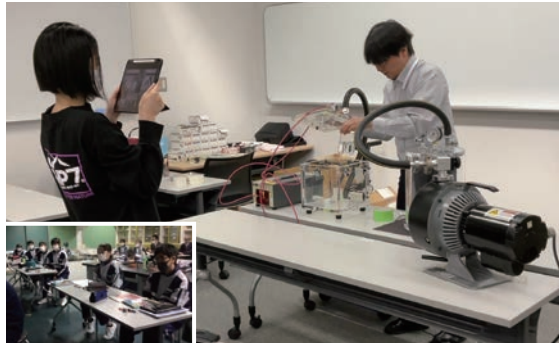




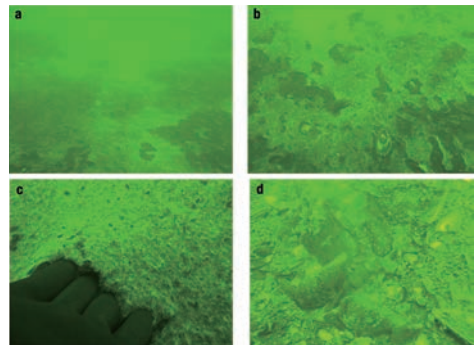
北海道陸別中学校に向けた遠隔授業で実施した、真空槽・真空ポンプを用いた実験をライブ配信する様子



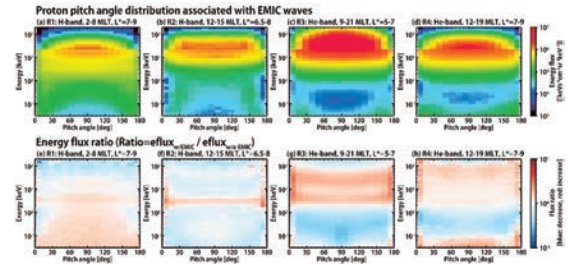
CERN-SPS 加速器での LHCf 実験検出器のビームテスト実験の様子



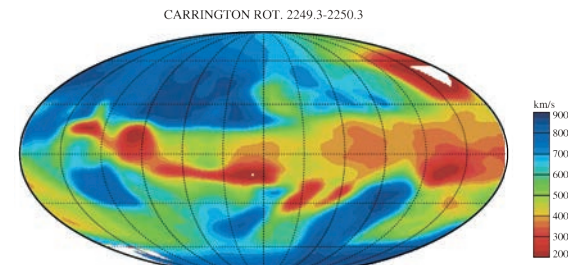
佐多観測点での誘導磁力計設置作業（2021 年 10 月）



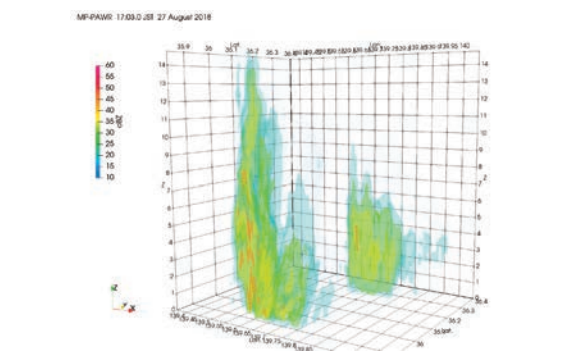
貧酸素水塊発生時の三河湾底層の水中写真。海底に嫌気性細菌マットが広がり、二枚貝の大量死が確認できる



あらせ衛星の4年間の観測により統計的に求められた EMIC 波に伴う磁気圏の陽子ピッチ角分布 (上段) と各ピーク発生領域における EMIC 波の有無によるエネルギーフラックス比 (下段) (本文 P50 参照)



ISEE の IPS 観測で得られた 2021 年秋の太陽風分布



2018 年 8 月 27 日 17:03 にフェーズドアレイ偏波レーダ (MP-PAWR) により取得されたレーダ反射因子の 3 次元構造



数多くの ^{14}C 論文を生み出したタンデロン加速器質量分析計 1 号機 (老朽化のため 2021 年 5 月に廃棄)

ISEE 名古屋大学宇宙地球環境研究所年報 2021 年度 2022 年 7 月 発行

編集: 名古屋大学宇宙地球環境研究所 広報委員会

発行: 名古屋大学宇宙地球環境研究所

連絡先: 研究所総務課総務グループ

〒464-8601 名古屋市千種区不老町
TEL/ 052-747-6303 FAX/ 052-747-6313
<https://www.isec.nagoya-u.ac.jp/>



名古屋大学
宇宙地球環境研究所年報



名古屋大学
宇宙地球環境研究所
Institute for Space-Earth Environmental Research

年 報

Annual Report



令和 3 年度
(2021 年度)

令和三年度 (二〇二一年度)

はじめに

2015 年 10 月に発足した宇宙地球環境研究所は、2016 年 4 月から開始された国立大学の第 3 期中期目標期間において共同利用・共同研究拠点として文部科学省の認可を受け、国際共同研究や国際ワークショップ、大学院生を対象とした奨励共同研究など 11 種類のカテゴリで毎年度 200 課題ほどの共同研究活動を活発に続けてきました。その結果、本研究所は文部科学省によって行われた共同利用・共同研究拠点の第 3 期中期目標期間の期末評価において、S 評価（最高位評価）を受けることができました。また、宇宙科学と地球科学を融合する非常にユニークな中核的拠点としての共同利用・共同研究活動、特に関係する研究機関との国際的な連携と共同研究の成果を高く評価するとの評価所見を得ることができました。本研究所の発足以来、これまで活発な研究活動を継続できたことについて、多くの共同研究者をはじめとして本研究所を支えて頂いた全ての皆様に感謝申し上げます。



宇宙地球環境研究所では 2022 年度から開始された第 4 期中期目標期間においても引き続き共同利用・共同研究拠点としての認可を受けました。これまでの成果を基に、さらに活発な共同研究活動を展開していきたいと考えています。そのため、これまでの活動を継続するのみならず、次の 2 つの重点項目について特に活動を強化する予定です。第 1 の重点項目として、若手研究者の育成、特に国際的に活躍できる若手研究者の育成の強化を行います。そのため、2022 年度より共同研究のカテゴリとして「若手国際フィールド観測実験」、「国際技術交流」、「国際スクール開催支援」、「若手国際派遣支援」の 4 つを新設して公募を行いました。「若手国際フィールド観測実験」では日本で学ぶ大学院生や若手研究者が本研究所の教員と協力して海外で実施するフィールド観測や国際実験を支援します。「国際技術交流」は日本および海外の研究者・技術者を対象として、国際交流を通して技術的な実務経験を共有することを目的としています。「国際スクール開催支援」では宇宙地球環境分野を学ぶ学生や若手研究者の国際交流や国際共同研究の機会を増やすために開かれる国際スクールの開催費用を支援します。「若手国際派遣支援」は日本で学ぶ大学院生を対象とし、本研究所の共同利用・共同研究に関連して得た研究成果を海外の研究集会で発表するための海外渡航や海外の研究機関に滞在して実施する国際共同研究を支援します。

第 2 の重点項目は分野を超えた融合研究の強化です。本研究所では、地球・太陽・宇宙を一つのシステムとして捉え、そこに生起する多様な現象のメカニズムと相互作用を解明することをミッションとしています。そのため、宇宙科学や地球科学をはじめ宇宙地球環境に関わる様々な研究分野を融合し、新たな研究を開拓する活動を進めてきました。第 3 期中期目標期間には 4 つのプロジェクト（太陽活動の気候影響、宇宙地球環境変動予測、大気プラズマ結合過程、雲・エアロゾル過程）をそれぞれ大型科研費の支援のもとに進め、多大な研究成果を生み出すことができました。第 4 期中期目標期間においては、その成果を基にさらに多様な分野の融合研究の発展を目指し、「融合研究戦略室」を設置します。「融合研究戦略室」では本研究所の教員のみならず、名古屋大学の関連部局および学外研究機関から様々な分野の研究者のみなさんにご参加いただき、新たな融合研究を本研究所の共同利用・共同研究プログラムを効果的に利用して推進するための戦略を検討する予定です。その準備として 2021 年度には本研究所の若手教員からの提案に基づいた「2021 年度融合研究プロジェクト」を、所長リーダーシップ経費を利用して開始しました。例えば、その一つとして本研究所の早川尚志特任助教らによる「過去の

太陽地球環境のアナログ観測記録のデータレスキュー」があります。これは過去の歴史文献やアナログ記録から、現代の観測のみでは得られない宇宙地球環境の長期変動や過去に起きた極端現象を科学的に再現しようという試みです。19 世紀初頭に極端に太陽活動が低下したダルトン極小期について、オーストリアのウィルテン修道院に所蔵されていた太陽黒点の観測記録に基づいて、その特徴を明らかにする成果などがすでに得られています。

さらに、2021 年度には本研究所が長年継続して行っている太陽風の惑星間空間シンチレーション (IPS) 観測の結果から、第 24 太陽活動周期 (2008 年–2019 年) における太陽風密度揺らぎと太陽風速度との関係に関する新たな知見を発見する成果を得ました。また、電波通信障害の原因となるプラズマバブルと呼ばれる電離層の乱れが日本上空の昼間にも現れることを初めて捉えるなど、数多くの研究成果が生み出されています。一方、名古屋大学の総長裁量経費の支援を受け、台風を航空機で観測するためのドロップゾンデ装置の整備を進めると共に、宇宙地球科学に関する大量のデータをコールドストレージ (光ディスク) を使ってアーカイブ化し、学術データとして公開するための実証実験を名古屋大学の関連部局と国立情報学研究所と協力して進めました。前者は 2022 年度から新たに開始した共同利用・共同研究である「航空機観測共同利用」に利用されます。また、後者は名古屋大学のデジタルユニバーシティ構想に貢献するものです。

2021 年度は未だ新型コロナウイルスの影響が続いており、多くの国際共同研究が延期または中止されてしまいました。しかし、その中にあってもインターネットなどを有効に利用することで、本研究所の国際共同研究は活発に続けられています。第 4 回目となる ISEE シンポジウムも気象大気研究部の坪木教授を中心に“International Conference on Heavy Rainfall and Tropical Cyclone in East Asia”として 2022 年 3 月にオンラインによって実施されています。国内外から多くの研究者が参加し、活発な議論が展開されました。

現在、第 25 太陽周期の活動が活発化しつつあり、2020 年代の中ごろに極大を迎えると考えられています。宇宙開発と情報化が急速に進む現代において、宇宙天気災害の潜在的なリスクはこれまでに大きくなっています。また、全地球的な温暖化傾向が続く中で、これまで見られなかった環境変動と災害が世界各地で現れつつあります。それ故、地球環境問題の解決と宇宙に広がる人類社会の発展に貢献する宇宙地球環境研究所の役割はさらに大きなものとなっています。国内外の共同研究者のみなさんと協力し、研究を通して未来を切り開く活動をさらに発展させたいと考えています。この年報を通して宇宙地球環境研究所で行っている様々な活動をご理解頂ければ幸いです。今後とも、宇宙地球環境研究所に対する多くの皆様のご支援とご協力をお願い申し上げます。

宇宙地球環境研究所 所長
草野 完也



現在、太陽活動は低調になり続けており、これ以上低下すると現代観測では未知の領域に突入する可能性がある。19 世紀初頭にはダルトン極小期と称される時期があり、太陽活動が極めて低調だったとされているが、その実際の程度や太陽黒点の挙動については不明な点が少なくなかった。本研究所の早川尚志特任助教らは、このダルトン極小期について、オーストリアのウィルテン修道院に所蔵されるプラントナーによる太陽黒点観測記録の手稿記録を分析した。その結果、ダルトン極小期においては、太陽黒点群が相当数紀初頭)における挙動と大きく異なっていたことが明マール構造の対照性とも符合し、太陽活動が現在以上に期待される。



図 1: オーストリアのウィルテン修道院でプラントナーが 1816 年 4 月 19 日に記録した黒点スケッチ(MS A07 03 07, ©Archive Premonstratensian Canons monastery Wilten)。
図 2: プラントナーの太陽黒点観測から復元されたダルトン極小期の太陽黒点の緯度分布の様子。

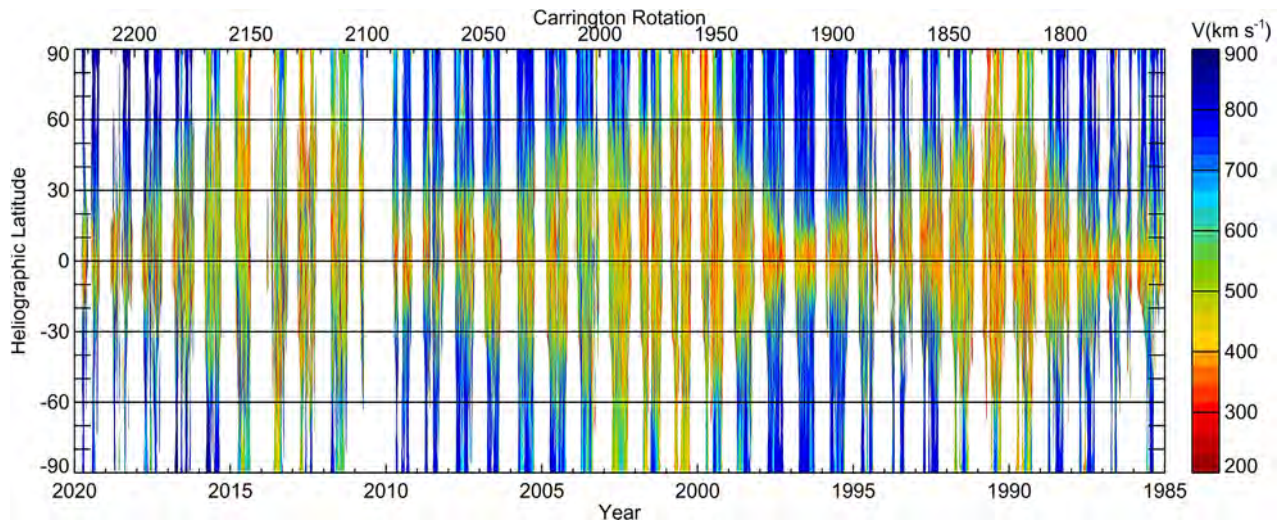


図 1

太陽風加速と密度乱流の密接な関係を 長期にわたる電波観測から解明

太陽圏研究部・徳丸宗利教授らは、本研究所で取得している惑星間空間シンチレーションの観測データの解析から、太陽風の速度に対する密度ゆらぎの依存性を決定し、その依存性が長期の太陽活動低下とともに変化していることを突きとめた。このことは太陽風の加速において密度揺らぎが重要な役割を果たしていることを示唆している。

地球に大きな影響を及ぼす太陽風が如何にして生成・加速されているかは未だ解明されていない。太陽風は乱流状態にあり、密度は様々なスケールで揺らいでいる。太陽風乱流の特性は十分理解されていないが、最近の理論研究から密度揺らぎが磁気流体波を反射することで太陽風を効率よく加速させることが報告されている。また太陽風の密度揺らぎは、天体電波源からの電波を散乱し、地上で惑星間空間シンチレーション（Interplanetary Scintillation; IPS）を発生させる。IPS は太陽風を遠隔測定する有効な手段となるため、本研究所では多地点システムを用いて IPS による太陽風観測が実施されている。

太陽圏研究部・徳丸教授らは、3つの太陽活動周期（サイクル 22-24）に取得した IPS データの解析から、密度揺らぎの太陽風速度に対する依存性と、それがサイクル 24 における太陽活動度の低下に伴って変化していることを明らかにした。この結果は太陽風加速における密度揺らぎの重要性を示唆しており、太陽風加速をより詳細に理解するための手掛かりとなる。

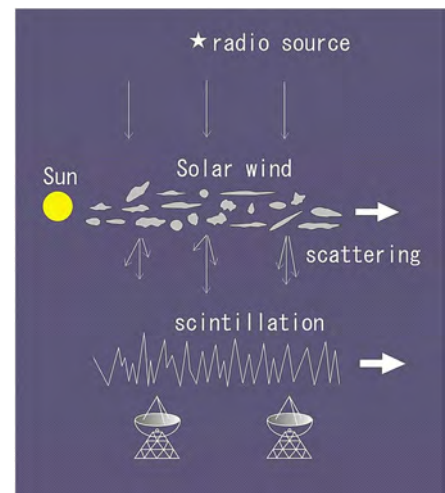


図 2

論文情報

雑誌：The Astrophysical Journal, 922(1), 73, 2021

著者：Tokumaru, M., K. Fujiki, M. Kojima, and K. Iwai

論文タイトル：Global distribution of the solar wind speed reconstructed from improved tomographic analysis of interplanetary scintillation observations between 1985 and 2019
DOI: 10.3847/1538-4357/ac1862

図 1: IPS 観測データを計算機トモグラフィー解析することで求めた 1985-2019 年（サイクル 22-24）における太陽風速度の全体的分布。トモグラフィー解析では、太陽風の密度揺らぎに関する知識が必要となる。

図 2: 太陽風の密度揺らぎによる天体電波源のまたたき現象 (IPS) を地上の複数の地点で観測することで太陽風速度を測定できる。

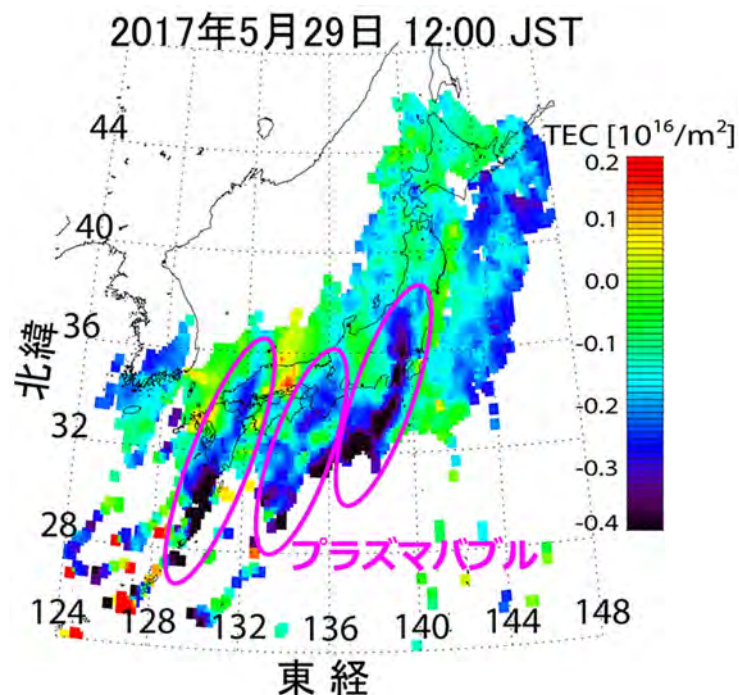


図 1

プラズマバブルが昼間にも出現するメカニズムを解明

電磁気圏研究部の大塚雄一准教授らのグループは、国内に設置されている GPS 受信機網で得られたデータを詳しく解析し、電波伝播障害の原因となるプラズマバブルが日出後に日本上空の高度約 300 km の電離圏に現れ、正午過ぎまで存在していたことを明らかにした。さらに、通常は夜間にもみ存在するプラズマバブルが昼間にも出現した原因を明らかにした。

GPS や衛星放送・通信で使われている電波は、太陽放射によって一部が電離した電離圏を通過するため、電離圏に擾乱現象が発生すると、これらの電波の受信に障害が起こることがある。赤道域電離圏に発生する「プラズマバブル」（電離圏電子密度が局所的に減少する現象）は、電離圏の中で最も激しい擾乱現象のひとつであるため、プラズマバブルがいつ・どこに現れるかを知ることは、喫緊の課題として大変重要である。本研究では、GPS データを用い、プラズマバブルの水平二次元構造を昼間に初めて捉えた。さらに、日出後の電離圏プラズマ密度が増大した後にプラズマバブルが中緯度に出現することが、昼間でもプラズマバブルが存在できる条件であることを示した。本研究の成果は、GPS 測位や衛星放送・通信などの電波利用に障害をもたらすプラズマバブルがいつ・どこに現れるかを予測することに貢献する。

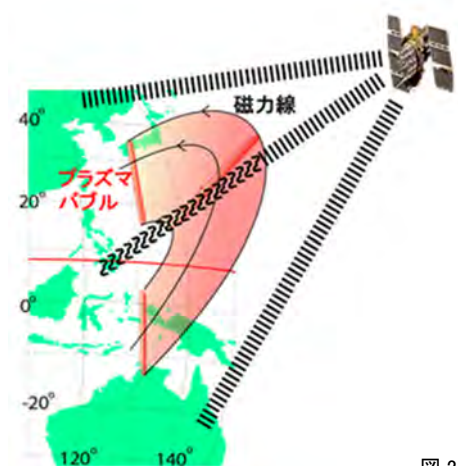


図 2

論文情報

雑誌： *Earth and Planetary Physics*, 5 (5), 427-434, 2021

著者： Otsuka, Y., A. Shinbori, T. Sori, T. Tsugawa, M. Nishioka, and J. D. Huba

論文タイトル： Plasma depletions lasting into daytime during the recovery phase of a geomagnetic storm in May 2017: Analysis and simulation of GPS total electron content observations

DOI： 10.26464/epp2021046

図 1： GPS で観測された日本上空の全電子数の変動。プラズマバブルによる全電子数の減少領域が見られる。

図 2： 人工衛星から送信された電波に対するプラズマバブルの影響を表す概念図。



図 1

台風の航空機観測用ドロップゾンデ観測装置の整備

飛翔体観測推進センターでは、台風の航空機観測を重要課題として推進している。その主要機器としてドロップゾンデ観測装置をジェット機ガルフストリーム IV に設置した。上の写真はジェット機の射出口からドロップゾンデが射出される瞬間を捉えた画像で、高度 20,000 ft (およそ 6,300 m) で、日本海上で同行したジェット機 MU-300 から撮影された。(ダイヤモンドエアサービス(株)提供)

令和 3 年度名古屋大学総長裁量経費により、激甚災害をもたらす台風の観測を目的として、ジェット機ガルフストリーム IV (G-IV) にドロップゾンデ観測装置を搭載した。速度約 200 m/s で飛行するジェット機からドロップゾンデが正しく射出されることを検証するために投下実験を実施した。日本海上で同行した別のジェット機 MU-300 が G-IV を追尾しドロップゾンデが射出される様子をハイスピードカメラで撮影し、ドロップゾンデが射出口から正しく射出されることを確認した。これにより台風のドロップゾンデ観測が可能になり、この観測装置を用いて、2021 年の台風 Mindulle の高高度航空機観測に成功した。この装置は台風の観測だけでなく様々な航空機観測プロジェクトに利用されるとともに、ISEE 共同利用・共同研究にも供される。



図 2



図 3

論文情報

雑誌: *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 99, 1297-1327, 2021
 著者: Yamada, H., K. Ito, K. Tsuboki, T. Shinoda, T. Ohigashi, M. Yamaguchi, T. Nakazawa, N. Nagahama, and K. Shimizu
 論文タイトル: The double warm-core structure of Typhoon Lan (2017) as observed through the first Japanese eyewall-penetrating aircraft reconnaissance
 DOI: 10.2151/jmsj.2021-063

図 1: ハイスピードカメラで捉えたジェット機ガルフストリーム IV から射出されたドロップゾンデ。
 図 2: ジェット機ガルフストリーム IV の主翼付根部に設置されたドロップゾンデ観測装置。機内の投下装置およびゾンデデータ受信機ラック。
 図 3: 機外の射出口。

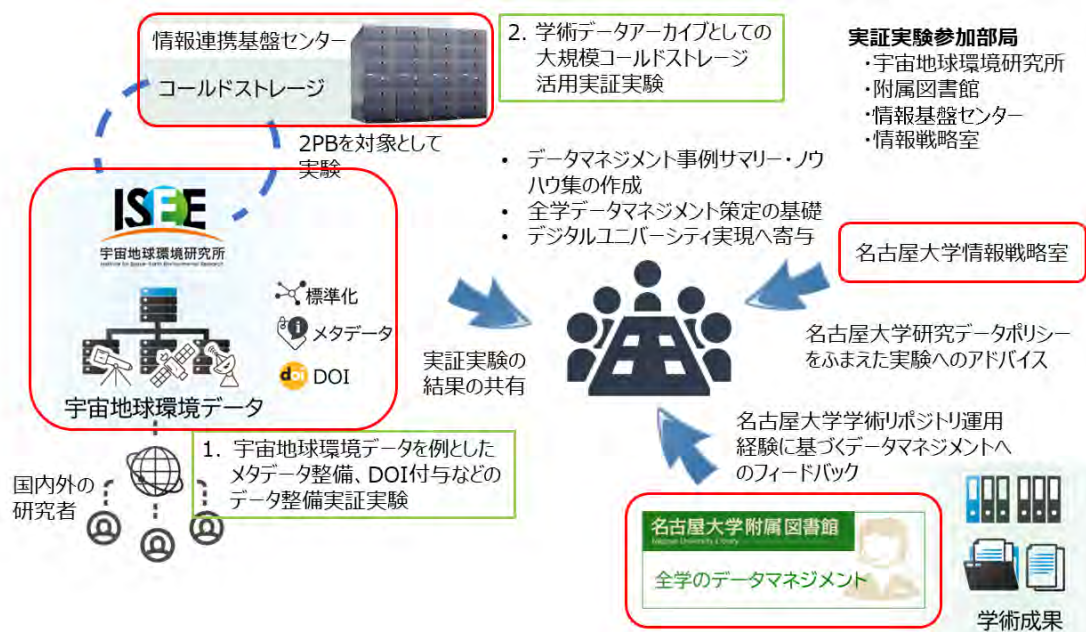


図 1

4 部局連携でデジタルユニバーシティ化に貢献

統合データサイエンスセンター：三好教授（センター長）・梅田准教授、国際連携研究センター：塩川教授（センター長／本研究所副所長）、電磁気圏研究部：大塚准教授・能勢准教授、総合解析研究部：増田准教授らは、名古屋大学附属図書館、情報基盤センター、情報戦略室と連携して、学術データの基盤整備に関する実証実験を実施した。実験で得られた知見は、今後の東海国立大学機構におけるデジタルユニバーシティ化推進に大きく貢献することが期待される。

現在、全国の大学等の研究機関において、学術データの保管、管理、公開に関する問題意識が、急速に高まりつつある。名古屋大学においても、今後のデジタルユニバーシティ化に向けた研究基盤環境整備の一環から、学術データの体系だった整備体制の確立が求められている。本研究所は宇宙地球科学に関する観測・測定データ、シミュレーションと多様な形態やサイズのデータを有し、これまで他機関と連携したサイエンスセンターでのデータアーカイブや公開、独自の DOI 整備を進めてきた。2021 年度は本研究所と名古屋大学の附属図書館、情報基盤センター、情報戦略室と連携して、「デジタルユニバーシティ化に向けた大規模データのアーカイブ、公開、メタデータ付与システムの実証実験」というプロジェクトを名古屋大学総長裁量経費に申請・採択され、特に大規模データのコールドストレージ（光ディスク）へのアーカイブと、学術データのメタデータ付与の効果的な方法について、実証実験を行うとともに、国立情報学研究所との連携を通して、我が国の学術データ整備に関する課題の議論も深めた。

本プロジェクトを通して、学術データのアーカイブやメタデータ整備において具体的な知見を獲得するとともに、大容量データの蓄積や、異なる学問分野をまたがったような汎用メタデータ整備に向けた課題も抽出され、今後の名古屋大学におけるデジタルユニバーシティ化に向けて重要な知見を得ることができた。このような連携は 2022 年度以降も継続する予定であり、宇宙地球科学のデータ整備を通して、広く東海国立大学機構の学術データ整備、そしてデジタルユニバーシティ化に貢献していくことが期待されている。



図 2

図 1：部局連携によって進めるデジタルユニバーシティ化に向けた実証実験（概念図）。
図 2：実験に使われた光ディスクカートリッジとドライブ。

目 次

はじめに.....	2
研究ハイライト.....	4
1. 沿革.....	10
2. 組織.....	11
3. 教職員.....	12
4. 学内委員会・学外委員会.....	16
学内委員会／学外委員会（国内）／学外委員会（国際）	
5. 共同利用・共同研究拠点.....	23
採択課題一覧／共同利用機器等／ISEE Award（宇宙地球環境研究所賞）／共同利用に関する出版	
6. 運営.....	35
運営協議会／共同利用・共同研究委員会／共同利用・共同研究委員会専門委員会／国際連携研究センター運営委員会／統合データサイエンスセンター運営委員会／飛翔体観測推進センター運営委員会	
7. 資産状況.....	40
2021 年度予算額／科学研究費補助金採択状況／外部資金及び産学官連携／蔵書／土地・建物	
8. 研究内容.....	47
8-1 基盤研究部門.....	48
総合解析研究部／宇宙線研究部／太陽圏研究部／電磁気圏研究部／気象大気研究部／陸域海洋圏生態研究部／年代測定研究部	
8-2 附属センター.....	76
国際連携研究センター（CICR）／統合データサイエンスセンター（CIDAS）／飛翔体観測推進センター（COSO）	
8-3 融合研究.....	82
太陽活動の気候影響／宇宙地球環境変動予測／大気プラズマ結合過程／雲・エアロゾル過程	
8-4 2021年度融合研究プロジェクト.....	86
Energetic Particle Chain－高エネルギー荷電粒子降り込みが中層・下層大気に及ぼす影響－／パレオディテクターによる暗黒物質の直接探索／過去の太陽地球環境のアナログ観測記録のデータレスキュー／東南極の氷床内陸域における気候復元と宇宙環境変動に対する影響評価	
9. 研究成果.....	90
査読論文および著書／学会および研究集会発表／受賞／研究者向け講演会（共同利用研究集会を除く）の実施	
10. 教育活動.....	121
宇宙地球環境研究所で指導を受けている学生数／研究科担当教員／学部教育への協力／学外での非常勤講師等／大学院生の学会等発表状況／大学院生のフィールドワーク参加状況	
11. 国際交流.....	125
学術交流協定／国際協力事業・国際共同研究／海外機関所属研究者によるセミナー・講演／海外機関所属研究者の来訪／海外派遣	
12. 社会活動.....	136
一般向け講演会・施設の一般公開・出前授業・体験学習等／報道等	