

次世代の学術情報ネットワークと  
データ基盤整備の在り方について  
（審議まとめ）

令和2年7月

科学技術・学術審議会 情報委員会

次世代計算基盤検討部会

次世代学術情報ネットワーク・データ基盤整備作業部会

## 目 次

1. はじめに	1
2. 次世代の学術情報ネットワークとデータ基盤整備の必要性	1
(1) 背景	1
(2) 次世代学術情報ネットワーク・データ基盤整備に関わる政策提言等	2
3. SINET 5 の現状について	4
(1) ネットワーク基盤の現状	4
(2) データ基盤の現状	6
4. 海外の学術情報ネットワーク・データ基盤整備の状況	8
(1) ネットワーク基盤に関する海外動向	8
(2) データ基盤に関する海外動向	8
5. 利用者等からの要望	10
6. 新型コロナウイルスの影響からの新たな必要性	13
7. 今後の次世代学術情報ネットワーク・データ基盤整備の方向性について	15
8. まとめ	18

## 1. はじめに

我が国の学術情報基盤の根幹をなす学術情報ネットワークは、国立情報学研究所（NII）が運用する SINET (Science Information NETwork) を基幹に、大学や研究機関等が接続する形で整備が行われてきており、通信回線（以下、「ネットワーク」という）を基底に、多様かつ大量な情報、データ、コンテンツ等の流通および共有の促進を確実に支援してきた。今や SINET を基幹とする学術情報ネットワークなしには教育研究活動は成り立たないと言っても過言ではない状況になっている。

社会が資本集約型から知識集約型へ移行する中で、我が国は、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させることにより、経済的発展と社会課題の解決を両立し、人々が快適で活力に満ちた質の高い生活を送ることのできる人間主体（human-centric）の社会を実現する「Society 5.0」を打ち出している。Society 5.0 を具現化するためには、科学技術イノベーションを駆動力として、新たな価値創造システムを世界に先駆けて構築する必要がある。

加えて、近年、オープンアクセスと研究データのオープン化（オープンデータ）を含む「オープンサイエンス」の概念が世界的に急速な広がりを見せており、オープンイノベーションの重要な基盤としても注目されている。オープンアクセスが進むことにより、学界、産業界、政府、市民等あらゆるユーザーが研究成果を広く利用可能となり、その結果、研究者の所属機関、専門分野、国境を越えた新たな協働による知の創出を加速し、新たな価値を生み出していくことが可能となる。また、データの共有が進むことで、社会に対する研究プロセスの透明化や研究成果の幅広い活用が図られ、また、こうした協働に市民の参画や国際交流を促す効果も見込まれる。

このような状況を踏まえ、今回、科学技術・学術審議会情報委員会次世代計算基盤検討部会次世代学術情報ネットワーク・データ基盤整備作業部会では、次世代の学術情報ネットワークとデータ基盤整備の在り方について審議を行い、結果をとりまとめたところである。

## 2. 次世代の学術情報ネットワークとデータ基盤整備の必要性

### (1) 背景

近年、デジタル革命やグローバル化の進展により、世界は知識集約型社会へと向けて大きな変革期を迎えており、最先端の科学やアイデア、ビッグデータ等の「知」が圧倒的な競争力の源泉・財となる時代が到来してきている。イノベーションの源泉となる研究成果やその基となるデータの共有や相互利用を促すオープンサイエンスの進展等により、様々な分野の研究開発や社会生活において、情報やデータの持つ価値は、以前にも

まして著しく大きくなっている。

また、ネットワークと IT の進歩が AI や IoT の急速な発展を促しており、実世界のあらゆる活動から取得したデータをサイバー空間で解析し社会生活の効率化や変革に役立てるデータ駆動型社会を迎えつつある。さらには、研究データ利活用のためのネットワーク基盤の超高速化とオープンサイエンス、あるいは「データ駆動型サイエンス」の実現に向けての本格基盤構築が世界的に加速化している。

一方、新型コロナウイルスの影響を受け、在宅勤務、遠隔講義と、情報技術に様々な形で依存するようになってきており、その礎となる学術情報ネットワーク・データ基盤はますます重要となっている。

## (2) 次世代学術情報ネットワーク・データ基盤整備に関わる政策提言等

学術情報ネットワーク・データ基盤の重要性については論を俟たないところではあるが、以下のとおり、様々な政策提言がなされている。

第 5 期科学技術基本計画（平成 28 年 1 月 22 日閣議決定）においては、「情報基盤は、科学技術イノベーションの創出に必要不可欠な役割・機能を担っており、研究情報ネットワークの強化や、情報システム資源のクラウド集約化、最新の ICT を導入したセキュリティ機能の強化等、情報基盤の強化と円滑な運用を図る」とされている。また、オープンサイエンスについて、「研究分野によって研究データの保存と共有の方法に違いがあることを認識するとともに、国益等を意識したオープン・アンド・クローズ戦略及び知的財産の実施等に留意することが重要である」ことや、「国は、科学研究活動の効率化と生産性の向上を目指し、オープンサイエンスの推進のルールに基づき、適切な国際連携により、研究成果・データを共有するプラットフォームを構築する」ことが示されている。

統合イノベーション戦略 2019（令和元年 6 月 21 日閣議決定）においては、「技術の社会実装、研究開発力の強化等全てにおいて「データ基盤」が鍵である」としたうえで、「サイバー空間とフィジカル空間の融合を目指す Society 5.0 においては、自動走行や医療分野等の現実社会での良質なデータの重要性がますます高まってきている。一方で、プライバシーやセキュリティ、データの正確性、公正な競争環境に対する懸念も昨年来大幅に増大している。こうした中、我が国には、製造分野、医療分野、研究開発分野等で質の良いデータを生み出す素地が存在している。こうした良質なデータを活用すべく、Society 5.0 を実現するためのアーキテクチャ設計と標準化戦略、研究データ基盤整備、円滑なデータ流通を促進するネットワーク基盤整備の取組を強化することとし、信頼の

おける公正なデータガバナンスと組み合わせることを通じて、世界的にモデルとなるデータ基盤を構築する。」とされている。また、初等中等教育における ICT の活用について、「ICT や EdTech を学習に最大限に活用できるよう、「パソコン1人1台環境」や SINET 等による「全学校での高速ネットワーク環境」を実現するための年限を含む計画を早急に策定し、着実に実行する。」とされている。

「成長戦略フォローアップ」(令和元年6月21日)においては、「学術情報ネットワーク(SINET)の機動的な利用環境の構築や高性能計算環境によるデータ科学と計算科学の融合等により、SINETを活用した多様なリアルワールド・リアルタイムデータの収集・解析・提供を図るとともに、これを企業にも開放し、Society 5.0 を先取りする産学共同利用を加速度的に推進する」とされている。また、「初等中等教育における大学等の教育資源の活用や大学等の教育・学術研究における活用等も含めて、希望する全ての自治体や学校が「SINET」を利用できるように準備を進め、2020年度中に試験的な実施を行う」こと等が示されている。

「AI 戦略 2019～人・産業・地域・政府全てに AI～」(令和元年6月11日統合イノベーション戦略推進会議決定)では、研究開発体制の再構築の具体的目標の1つとして「世界の研究者から選ばれる、本戦略に即した魅力的な研究開発の制度及びインフラの整備」があげられており、その中で、「超高速研究用ネットワーク(SINET等)の、国公私大、研究機関、企業、その他 AI 研究開発に携わるあらゆる研究者への実質的開放化と増強」ということが示されている。

日本学術会議においても、提言「オープンサイエンスの深化と推進に向けて」(令和2年5月28日日本学術会議オープンサイエンスの深化と推進に関する検討委員会)が取りまとめられ、研究データのライフサイクルに沿った管理・公開・検索を可能とするデータプラットフォームの構築・普及の必要性等が示されている。あわせて、「このようなプラットフォームでは、公開から非公開までのバランスが取れたデータ共有を支援し、分野間やセクター間等多様なデータの潜在的融合を許容してさらに高い価値を生む出すことを指向すべきである」とされている。

「知識集約型の価値創造に向けた科学技術イノベーション政策の展開—Society5.0の実現で世界をリードする国へ—(最終取りまとめ)」(令和2年3月26日科学技術・学術審議会 総合政策特別委員会)においては、「知」が圧倒的な競争力の源泉となる時代が到来している中、最先端の科学やアイデア、ビッグデータ等の「知」が流通・循環し、

それに対して活発な投資が行われることにより最大価値化され、新たなイノベーションや高付加価値なビジネスが創出される知識集約型の価値創造システムを世界に先駆けて構築する必要があるとし、「この知識集約型の価値創造システムにおいては、質の高いリアルタイムデータ収集やリアルタイム処理が決定的に重要になることから、良質なリアルデータの効率的・効果的な収集・利活用のためのプラットフォームの構築を進めなければならない」とされている。

また、「大学等とデータプラットフォームや機関リポジトリ、計算資源等をつなぐとともに、膨大なリアルデータをリアルタイムで全国の大学等が共有・解析できる SINET は我が国が持つ大きなアドバンテージであり、研究システムのデジタル転換や知識集約型社会の中核を担う SINET の強化を進めるとともに、我が国における学術情報及び研究データ基盤の構築・運用を担う体制の充実・強化を図ることが必要である」とされている。さらに、「SINET について学術以外の様々なセクターも利用できるようにすることも含めた一層の拡張・整備を行うとともに、大学コミュニティ、地域社会等が一体的に連携する仕組みを構築すること等を通じ、全国的なデータ活用社会創成のための情報基盤プラットフォームの構築を進めることが必要である」、「Society5.0 の実現に向け、データ流通の基盤であるネットワーク、計算資源等の情報基盤を充実・強化することが重要である。そして将来的には、研究インフラを含む産学官の研究拠点と先端的計算資源、多様なデータが、大容量、高速、セキュアな情報ネットワーク（SINET）で接続され、全国規模でシームレスに研究システムが連動する「スマート研究プラットフォーム」として一体的かつ有効に機能するよう、一層の機能・体制の強化を図っていくことが重要である」と示されている。

### 3. SINET5 の現状について

#### (1) ネットワーク基盤の現状

我が国の学術情報ネットワークの基幹である SINET は、1992 年に運用が開始され、2016 年 4 月からは SINET5 が運用されている。その間、運用母体の国立情報学研究所(NII)を中心として、利用者のニーズも踏まえ策定する整備方針・計画に基づき、充実を図ってきた。

現在の SINET5 は、主として、大型実験施設等の共同利用、各研究分野での連携力強化、世界各国との国際連携、学術情報の発信やビッグデータの共有、大学教育の質的向上、地方大学の知識集約型拠点化等のために活用されている。

日本全国を 100Gbps の高速回線をつなぎ、2020 年 3 月末現在で参加している全国の大学や研究機関等 932 機関の、300 万人以上の研究者及び学生等の日々の教育研究活動を

支えている。2019年12月には、大学・研究機関等が集中する関東エリアと関西エリア間での通信需要の増加に対応するため、東京－大阪間に400Gbps回線を新たに増強した。

国際回線に関しては、運用開始当初は、米国と100Gbps+10Gbps、欧州と直結の20Gbps、アジアと10Gbpsで接続した。その後、2019年3月に、国際共同研究の広がりや大型学術研究の進展に伴い、北米・欧州に関しては、日本－ロサンゼルス－ニューヨーク－アムステルダム－日本と、地球一周するリング状の100Gbps回線にすることで、回線帯域と信頼性を同時に強化した。また、欧州回線を、これまでの日本－米国－(欧州所有の国際回線)－欧州の経路から、ロシア経由の日本－欧州直結経路に切り替えたことで、通信遅延が大幅に短縮されている。アジアに関しても、日本－シンガポール間を100Gbpsに増強している。

SINET5の特徴は、ダークファイバと最先端の伝送装置を用いて全都道府県のSINET DC(大学等のSINETへの接続点)間を100Gbpsで接続し、どの地域からでも任意の拠点に対して超高速性と低遅延性を同時に実現している点である。これにより、ユーザーは任意の拠点間で最高の通信性能を享受できる。例えば、HPCIにおいて当時の京拠点－東大間で最大90Gbpsでの高速データバックアップが可能になり、理研拠点間や神岡－東北大間等でスループットが大幅向上している。また、SINET DC間で冗長経路を確保して障害時の迂回機能を多段に実装しているため、熊本地震(2016年4月)、北海道豪雨(2016年8月)、西日本豪雨(2018年7月)、北海道胆振東部地震(2018年9月)等においても通信断を発生させていないといった、高信頼性も実現している。

また、参加機関がSINET5上で円滑に研究を推進できるよう、ネットワークサービスの機能強化を行っている。共同研究等のために研究グループ毎にセキュアな閉域通信環境を提供する仮想専用網(VPN: Virtual Private Network)は、急速に増え続けており、2020年3月時点で3,000以上となっている。その他、「仮想大学LAN」(SINET上の複数拠点間の通信環境を大学LAN管理者から自由に変更できるサービス)や「L2オンデマンドサービス」(ユーザー自身がオンデマンドでL2VPNを設定できるサービス)を提供している。

さらに、ネットワークの上位レイヤの基盤機能強化も実施している。クラウド基盤機能として、SINETとクラウドDCを直結する枠組みを提供し、加入機関がクラウドとの間を安全なVPNで学内LANと同等の扱いで高性能に接続できるようになった。2020年3月末時点で、接続されたクラウド事業者は29社(34拠点)で、167の加入機関が利用している。また、大学等がクラウドを選択する際の基準や導入・活用に関わる情報を整備・流通・共有する「学認クラウド導入支援サービス」を2016年9月に、クラウドサービスにワンストップでアクセスするためのポータル機能サービス「学認クラウドゲートウェイサービス」を2017年7月に、研究者がテンプレートを選択・作成することにより、ク

クラウド環境を簡単に構築できる「学認クラウドオンデマンド構築サービス」を2018年10月に開始する等、順次機能強化を行っている。

認証基盤機能として、2014年4月より、大学・研究機関とNIIが連携して、組織内外の多様なサービスを一つのIDで安全に提供する学術認証フェデレーション基盤（学認）を提供しているが、2018年4月には、東西のSINET DCに分散設置されたサーバによる提供に切り替え、信頼性を強化した。2020年3月末時点で、大学等の参加機関数は244、サービス提供者数は166である。また、国内外の訪問先で無線LANが自由に使える国際無線LANローミング基盤（eduroam）については、2006年度からのNIIと東北大学の連携による試験運用を経て、2018年度からNIIの事業として運用を開始し、現在282機関が利用中である。

2018年12月には、新たなサービス需要やトラフィックの増加を受けて、IoT研究等を支援するための、モバイル機能をSINETに連結させた「広域データ収集基盤」（通称モバイルSINET）の実証実験を開始した。モバイルキャリアの支援のもと、商用モバイル網の中にSINET専用の仮想網を形成し、SINETのL2VPNと連結させることで、実験端末から解析基盤までを閉域のプライベート網に収容できる通信環境を実現した。これまで有線アクセス回線では接続できなかった広範囲のエリアや海上等の遠隔地から、研究データを安全に収集できるため、多様な研究分野（農林水産、自然環境インフラ、医療/ライフサイエンス、社会インフラ、情報インフラ等）に利用が広がっている。また、モバイルSINETによるデータ収集・蓄積・解析に必要な基本ソフトウェアとして、アプリケーション開発支援パッケージ「SINETStream」を2019年12月に提供し、さらに利用を促進している。

## （2）データ基盤の現状

現在、NIIでは、論文、図書・雑誌や博士論文等の学術情報で検索できるデータベース・サービスである「CiNii（サイニイ）」、及び、各機関が自機関で生産された電子的な知的生産物を保存し、原則的に無償で発信するためのインターネット上の保存書庫である機関リポジトリの構築を支援する、共通利用できる共用リポジトリシステムである「JAIRO Cloud」を運用している。CiNiiは、年間約4億ページビューの検索利用されており、2020年3月末現在、機関リポジトリを設置している850を超える機関のうち、約600機関がJAIRO Cloudを利用している。

一方で、近年高まりを見せているオープンサイエンスを促進するという観点からは、公表された研究成果を別の研究者が再現し、それを出発点として発展的な研究を始めることができる状況を更に誘発する環境の整備が重要である。そのためには、計算機システム、ソフトウェア、データ分析プログラム等の環境を、簡便に再現することが必要

である。

そのため、NII では、研究データ基盤 (NII Research Data Cloud) の開発を 2017 年から進めてきている。これまで文献を対象にしていた CiNii 及び JAIRO Cloud を研究データも対象に扱うことができるように、「CiNii Research」及び JAIRO Cloud で利用する次期公開基盤「WEK03」を開発している。また、新たに、①研究プロジェクト単位でファイル等を管理、②学認と連携し安心して共同研究者とファイルを共有、③機関のストレージを利用して研究証跡を保存・保護、という機能を持つ GakuNin RDM を開発し、2020 年 3 月現在、基本機能の実装を完了している。2020 年度内に安定性を確保したうえで初期運用を開始することを目指しており、現在それらを結合した基盤として実証実験中である。

新たなサービスとなる GakuNin RDM については、利用者のユーザビリティ、実利用現場における業務フローとの適合性、及び導入運用における課題項目の抽出等を目的に約 20 機関と実証実験を進めている。その主なものを以下に例示する。

- 小樽商科大学、帯広畜産大学、北見工業大学の北海道連合大学機構三大学連携オープンイノベーションセンターでは、知の源泉である 3 大学の商学・農学・工学に関する研究データを一元管理し、3 大学間ならびに産学官金共同研究を加速することを目的に実証実験に参加している。国の共通 ICT 基盤 (SINET5、GakuNin RDM) を活用し、効果的な 3 大学共通情報基盤システムの整備を進めている。
- 東京大学定量生命科学研究所では、研究公正管理システムとして、研究公正ワークフローの確立を目指している。東京大学定量生命科学研究所が開発したアルゴリズムを GakuNin RDM に組み込み、不正対策の一環として、受理された論文の最終原稿と図、論文に使用した全ての生データ、論文作成が適切に行われたことの「チェックリスト」、を研究倫理推進室へ提出することを義務付け、提出されたデータは一般への公開を予定 (現在は所内宛に公開) している。

また、大学 ICT 推進協議会 (AXIES) では、学術機関がデジタル時代において踏まえるべき研究データ管理の理念や考え方を取りまとめた「学術機関における研究データ管理に関する提言」を公開する等、大学における研究データ管理の意識を向上させるための取り組みも進んでいる。

#### 4. 海外の学術情報ネットワーク・データ基盤整備の状況

##### (1) ネットワーク基盤に関する海外動向

SINET は海外の研究教育ネットワーク（NREN: National Research and Education Network）と相互接続しており、海外主要国の国内ネットワークは 100Gbps 回線から 400Gbps 以上の回線へ増速する計画をすでに進めている。また、主要な国際接続回線（アジアー北米、アジアー欧州、欧州ー北米、北米ー南米、欧州ー南米、北米ーアフリカ、欧州ーアフリカ）は 100Gbps 化が完了しているが、国際大型研究プロジェクト（LHC、LSST、SKA 等）の進展により、更に増強される傾向にある。主要な NREN の動向は以下のとおりである。

##### ○ Internet2 network（米国）

Internet2 network は、米国の高等教育機関等のための研究教育用ネットワークである。2011 年から 2013 年にかけて全米を 100Gbps で接続したが、2019 年 11 月のシカゴーデンバー間での 400Gbps 伝送成功を弾みに、現在、全米を 400Gbps（メトロエリアは 800Gbps）で整備すべく、次世代インフラ（NGI: Next Generation Infrastructure）を構築中である。国際回線に関しては、基本的に他組織と連携して NSF ファンドにより敷設している。

##### ○ GÉANT（欧州）

GÉANT は、欧州の 40 か国の NREN をつなぐバックボーンであり、現在は、拠点間を 100Gbps ベースで接続している。2025 年には主要国間に 400Gbps～2Tbps の回線帯域が必要であるため、現在新ネットワークを構築中であり、新規格の伝送装置を用いて 400Gbps 光伝送技術と 400GbE を導入する予定である。国際回線にも積極的であり、欧州ーアジア回線や欧州ー米国回線で日本と連携している。

##### ○ AARNet（オーストラリア）

AARNet は、オーストラリアの NREN である。主要拠点間を 100Gbps ベースで構築しており、次世代を見据えて、2019 年 3 月に 400Gbps～600Gbps の光伝送実験を行っている。国際回線にも積極的であり、米国西海岸へ 245Gbps、グアムへ 100Gbps、シンガポールへ 100Gbps で接続している。SKA への対応をにらみ、シンガポール回線は 1Tbps まで拡張可能な契約となっている。欧州ーアジア回線で日本と連携している。

##### (2) データ基盤に関する海外動向

データ基盤の海外動向としては、欧米を中心に、2010 年頃からデータ駆動型研究を組織として支援するための環境整備や教育プログラムの構築が進められている。近年では欧州やオーストラリアで、NREN が提供してきた既存のサービスを軸に、各研究分野にお

けるサービスを連携させ、オープンサイエンスプラットフォームを形成しようとする動きがある。

欧州では、域内の研究データを適切に管理・共有するための研究データ基盤として European Open Science Cloud (EOSC) の構築が進められている。EOSC のフレームワークとしては、ネットワーク基盤 (GÉANT) 上に、HPC (High Performance Computing、高性能計算) やクラウド基盤 (EGI、PRACE)、認証基盤 (AARC)、データ管理・共有のための共通基盤 (EUDAT) を配備し、各研究分野におけるサービスを連携させようとするものである。これらの基盤を活用する上位サービスとして、ポータルサイト (EOSC-hub) と統合検索サービス (OpenAIRE) を有している。

オーストラリアは、研究公正の一環として国内の組織的な研究データ管理の整備を促進している。オーストラリア研究カウンスル (Australian Research Council; 以下 ARC)、Universities Australia (UA)、国立健康医学研究カウンスル (National Health and Medical Research Council; NHMRC) は、責任ある研究行動 (Responsible Conduct of Research) のガイドラインとして「責任ある研究行動のためのオーストラリア・コード」 (Australian Code for the Responsible Conduct of Research) を 2007 年に策定し、2018 年には最新の動向を踏まえた内容に更新している。このガイドラインをもとに、オーストラリア研究公正委員会 (Australian Research Integrity Committee) が NHMRC または ARC の助成を受けた研究に対してチェックを行う仕組みとなっている。そのため、オーストラリアの大学は、このガイドラインに沿った取り組みをしなければならない状況にある。

こうした背景に基づき、オーストラリアの学術研究機関は組織として研究データ管理を推進していくための基盤開発が進めている。開発されている基盤は、例えば研究データ管理計画 (Data Management Plan: DMP) に関する機能開発においても、文書として DMP を提出するよりも、実際に計画通りに研究データ管理を実現する体制づくりや利活用を促進することが科学技術政策上重視されている。そうした理念に基づき、研究データ管理システムを構築し、研究者の活動を組織として支援することが、基盤開発にも強く現れている。DMP の支援ツールに関しても、研究内容に適したストレージや外部連携サービスを提供する機能や、研究の進捗に合わせて DMP の内容を随時充実化するという、研究者にとって必要とされる以下の機能開発が進められている。

- (1) 研究公正： 研究不正の疑いが生じたときに時系列的な研究データ管理状況が確認できる機能等。
- (2) 研究促進： オープンサイエンスの推進や研究公正の視点からデータ公開のリポジトリシステムと連携する機能に加え、データ解析に必要な計算機資源や多様な研究データサービスとの連携機能。

- (3) コンプライアンス対応： 研究公正を説明する責任を果たすために DMP を作成するための機能の提供や、データの機密性に応じて適切なストレージを提供する機能等。
- (4) 研究支援・組織経営： 学術研究機関における Institutional Research や共同研究を推進するための情報源として活用する機能に加え、ストレージのコスト計算や研究成果情報の集約を支援する機能等。

このように、研究データのライフサイクルを支援する研究データ基盤の開発という観点から一歩踏み込み、大学や研究機関で必要とされる研究データ管理システムとしての高度な機能提供に取り組んでいる。

## 5. 利用者等からの要望

SINET5 に対しては、大学・研究機関の利用者等から要望が以下のようにあがっており、これらも元に次世代学術情報ネットワーク・データ基盤の整備の方向性を検討する必要がある。

- ・ 我が国の大学・研究機関等が実施している主な大型研究におけるネットワークの需要を調査したところ、以下のとおりとなっている。
  - ① Belle II 実験（高エネルギー加速器研究機構）

2019 年 3 月から Super（スーパー）KEKB を再始動させ、Belle II 実験の「フェイズ 3」がスタートした。2020 年からアメリカ、イタリア、ドイツ、フランス、カナダの 5 か国に生データの配信を開始する計画である。2020 年のデータ転送レートは 6.8Gbps、2022 年は 24Gbps、2027 年は 40Gbps と予測している。
  - ② LHC-ATLAS 実験（東京大学素粒子物理国際研究センター）

LHC-ATLAS 実験は、スイス・ジュネーブにある国際共同研究所 CERN（欧州原子核研究機構）にある LHC（大型ハドロン衝突型加速器）を用いて行われている。LHC は 2019 年から 2 年間の停止期間に入っており、この間に加速器の衝突頻度を 2 倍に上げる改良を重ね、2021 年春から 3 年間実験を行う。2021 年からの実験期間中に必要帯域は 80Gbps 程度と予測している。さらに 2~3 年間の停止期間に大規模な加速器の改良を実施し、2026 年頃から衝突頻度を現在の 5 倍以上に上げて実験を行う計画である。この際、データ量は 5~10 倍になる可能性があり、800Gbps~1Tbps 程度必要となると予測している。ここで、加速器が停止中の期間において、各国のストレージからデータを転送して計算が行われるため、停止前と同等の回線帯域が必要である。
  - ③ 光結合 VLBI（国立天文台）

光結合 VLBI は国内 3 か所の電波望遠鏡を結び、データ転送を行っている。現状の

データ転送による利用帯域は 3Gbps 程度である。なお、南アフリカとオーストラリアに電波望遠鏡を建設し、2026 年から観測を開始する SKA 計画がスタートした際は、10Gbps 程度を定常的に利用すると予測している。

④ 測地 VLBI (国土地理院)

測地 VLBI の取り組みとして、国際 VLBI 事業公認の相関局として相関処理を行い、解析センターとして地球自転速度の変化を算出している。現在の利用帯域は 1Gbps 程度であるが、将来 VLBI2010 (VGOS) の整備が予定されており、整備時期は調整中であるが、本格化した場合は 40Gbps 程度の利用帯域が必要となると予測している。

⑤ LHD 実験 (核融合科学研究所)

2016 年から 9 年計画で第 2 期の LHD 実験がスタートした。ITER-BA 六ヶ所村サイト、日本原子力開発機構那珂サイト、九州大学、広島大学、大阪大学、京都大学、京都工芸繊維大学、名古屋大学、東京工業大学、東京大学、筑波大学、東北大学他多数の国内の大学のほか、アメリカ、ヨーロッパ、中国、ロシア等海外の核融合研究機関とデータ転送を行っている。現在は、10Gbps~20Gbps の帯域を使用している。将来的には 30Gbps 程度で使用する予定である。

⑥ ITER-BA (量子科学技術研究開発機構)

ITER(国際熱核融合実験炉)計画は、2025 年の運転開始を目指し、日本・欧州連合(EU)・ロシア・米国・韓国・中国・インドの 7 か国により進められている。2025 年には、ITER(フランス)から出力されるデータを六ヶ所村サイトに転送して解析を開始する予定で、10~500Gbps の回線帯域を必要とするデータが出力されると予測している。そのため国際回線の充実のみならず、国内回線の充実を求められている。

また、ITER を補完する JT-60SA 計画は日本と欧州の共同プロジェクトであり、2020 年 4 月からフェイズ 2 が開始され、2023 年ごろから本格稼働を予定している。本格稼働後は 10~50Gbps の回線帯域を必要とするデータが出力されると予測している。いずれの計画においてもアクセス回線の増強は必須であり、アクセス回線の増強(100Gbps~)を計画している。

⑦ SPring-8/SACLA (理化学研究所)

現在、SPring-8(大型放射光施設)においては 1Gbps 程度、SACLA(X 線自由電子レーザー施設)においては 6Gbps 程度のデータ転送が行われている。また、SPring-8 次期計画(SPring-8 II)においては、40Gbps の帯域を使用することが予想されているため、アクセス回線の増強を検討している。その他、検出器から大量に発生するデータを保管するため、富岳と連携したデータインフラを構築する計画があり、SPring-8 と富岳の間に定常的な通信が発生することが予想される。

⑧ 富岳/HPCI (理化学研究所)

富岳は 2021 年度本格稼働開始予定であり、2021 年 10 月頃からデータ転送量が増加する見込みである。このため、2022 年度からは 400Gbps で接続する計画である。

⑨ 地球シミュレータ（海洋研究開発機構）

2021年3月まで稼働する地球シミュレータ（第3世代）においては、20Gbps程度の利用が行われている。一方、2021年3月から稼働開始する地球シミュレータ（第4世代）では、ストレージを富岳と連携する予定であり、2021年春頃からはネットワークの利用帯域の増加が見込まれている。

また、むつ研究所等、現在のSINET DC（青森市）から遠いところにある拠点については、必要なアクセス回線速度が得られていないため、現在より近い地域にDCの設置を希望している。

⑩ 日本DNAデータバンク（DDBJ）（国立遺伝学研究所）

三大国際DNAデータバンクのひとつであるDDBJでは、現状、アクセス回線の帯域の都合で、米国からデータ転送の際、約5PBのデータを2～3か月かけて転送している。また、国内では11PBのデータ転送の際、ネットワークを介さずに郵送等に対応している。次期SINETが開始する2022年度にはストレージを増強予定であり、その際、アクセス回線を100Gbpsに増速予定である。

- ・ SINET全体のトラフィック量をもても、SINET5の期間（2016～2019年度）の平均増加率は約1.4倍／年、過去10年間（2010～2019年度）では1.35倍／年となっており、次期ネットワーク基盤では、最低でも1.35倍／年のトラフィック量の増加を見込んだ回線帯域の増強が必要である。
- ・ 国際回線においても、米国回線、欧州回線ともにトラフィック量は増加している。2022年ごろからはBelle II実験が本格稼働予定であり、2025～2026年にはLHCやITER等でトラフィック量が大幅に増加すると予想されている。国際回線は、海外の研究教育ネットワークと歩調を合わせて増強する必要があり、特に、海外の実験施設の日本からの利用や日本の実験施設の海外からの利用、日本と海外の実験施設の連携等のスケジュールを考慮した高速化が重要である。
- ・ 大型実験装置を有する機関は遠隔にある場合が多いこと、SINET DCが各都道府県に1個では、大きな面積を有し大学等が分散している地方自治体にとっては不公平であることから、大学・研究機関～SINET DC間のアクセス環境の改善が望まれている。
- ・ 新型コロナウイルス感染拡大が進む中、堅牢な遠隔授業IT基盤に対する要望が高まっている。現在はクラウド型の遠隔会議サービスが主流であり、殆どのサーバが海外にあるため、SINET側で通信帯域を十分に確保できる最適な接続形態が求められている。
- ・ 遠隔地、広範囲エリア、移動体等からセキュアにデータを収集できる通信環境の継続に対する要望は多い。特に、ローカル5Gは、大学とNIIが連携してアカデミア独自の超高速モバイル環境を構築できることから、実用化が始まった5G技術の取り込みに一層の期待が寄せられている。

- ・ セキュリティ強化のために、前述の VPN 機能の高度化や認証機能の強化のほか、エリアごとにトラフィックをミラーあるいは迂回する機能や、各大学等に対し、インターネットに接続した多数のホストを利用して特定のネットワークや Web サービスを意図的に利用できないようにする DDoS (Distributed Denial of Service) 攻撃を短時間で検出・抑止する機能が求められている。
- ・ 現在のコロナの状況において、在宅勤務等における認証をベースとしたセキュリティが非常に重要である。
- ・ データが実験機器から上がってくるといえるときに、実験機器から取得されるデータが、例えば研究データ基盤やクラウドのストレージに自動的にアップロードされる仕組みが非常に重要である。
- ・ 研究者の日常の研究活動にこのデータ基盤のサイクルが広く浸透していき、自然に新しい知の発見や新しい連携が起きるようにする仕組みが必要である。その際、研究者にそれまでのやり方を変えさせるのではなく、自然に研究データ基盤が利用されることが重要である。
- ・ 研究者による研究データの管理と公開を促進していくためには、それを支援する人材の育成及び作業基盤も同時に整備していく必要がある。特に、オープンサイエンスを推進する支援業務の中で、最も核となるのがデータキュレーションである。データ公開のキュレーションを担当する人材のキャリアパスや具体的な人材像を検討するとともに、一機関でカバーしきれない多様な専門分野のデータキュレーションを複数機関間で相互に支援しながら実施するような人的ネットワークを構築することが望まれる。
- ・ そのほか、災害発生時等における研究データのバックアップが SINET を使って有効に行えるしくみ、次世代学術情報ネットワーク・データ基盤を使いこなすためのコンサルティングサービス、NREN 間で共有されている運用状況に関する情報の共有・可視化のしくみ、大学・研究機関における研究評価等と研究データ基盤をつなげるための API 連携、多様な利用環境を想定したテストベッドの整備等についても求める声がある。

## 6. 新型コロナウイルスの影響からの新たな必要性

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) に関しては、2020 年 3 月に世界保健機関 (WHO) から「世界的な大流行 (パンデミック)」宣言が出され、日常及び経済社会活動に多大な影響を与えている。我が国においては、4 月 7 日に、7 都道府県 (埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、大阪府、兵庫県及び福岡県) を緊急事態措置を実施すべき区域とした新

型コロナウイルス感染症緊急事態宣言が発出されると、4月16日には緊急事態措置を実施すべき区域を全都道府県とし、13都道府県（北海道、茨城県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、石川県、岐阜県、愛知県、京都府、大阪府、兵庫県及び福岡県）を特に重点的に感染拡大の防止に向けた取組を進めていく必要がある「特定警戒都道府県」とした。その後、5月14日には緊急事態措置を実施すべき区域を8都道府県（北海道、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、京都府、大阪府及び兵庫県）に、5月21日には5都道府県（北海道、埼玉県、千葉県、東京都及び神奈川県）に区域変更が行われ、5月25日に発出された新型コロナウイルス感染症緊急事態解除宣言により、緊急事態が終了している。

2020年4月以降、各大学等では臨時休業を余儀なくされる中で、約9割の大学において、遠隔授業が実施されている等、ネットワーク環境を活用した教育活動が行われている。また、NIIにおいては、民間企業と協力し、全国の大学等における遠隔教育支援プログラムやセキュアなリモート映像会議サービスの提供支援を行ってきた。

しかしながら、研究者や学生が教育研究活動を行う場が、大学内から自宅を含めた空間に広がり、ネットワークの通信環境の安定性を、商用ネットワークを含めて確保する必要性が生じている。

また、現状のオンライン会議システムはセキュリティの課題が指摘される等、面接や教授会等への利用が危ぶまれており、より高度にセキュアな環境の開発と導入が求められつつある。加えて、講義コンテンツの共有プラットフォームの構築、あるいは、5G技術等を活用した遠隔を感じさせない超リアル型通信の導入等、コロナ時代における新たな要請が寄せられつつある。

大学における遠隔教育環境の状況は、大規模大学と中小規模大学の間で、ライセンス契約・人材・教育コンテンツの観点で二極化が生じており、教育の均質化及び高度化のために必要な方策を検討する必要がある。長期的には、各大学におけるeラーニング等の学習教材の配信、受講状況、成績等を統合して管理する学習管理システム（LMS: Learning Management System）のクラウドサービス化を、NIIが教育現場である大学と連携して実現していくことが望ましい。

研究活動に目を転じると、COVID-19に関する研究成果の速報性が重視され、プレプリントサーバを活用した早期公開が促進される等、研究成果公開の在り方にも変化が生じている。その際に、研究成果の信頼性を担保するデータの公開が重要となっており、欧州では、COVID-19の研究データを共有することを支援するための「European COVID-19 Data Portal」が構築されている。同様のデータポータル構築はスウェーデン等でも推

進されており、今後、我が国もデータポータルを構築し、国際的なデータポータルの連携への参画を図っていく必要がある。

今般の非常事態の中で、社会的にも学術的にも価値が高いデータをまとめて公開することは非常に重要な活動である。長期的には、通常時から研究データを単に公開しておくだけではなく、特定テーマの利用に供するように整理・発信する機能や枠組みを備えておき、緊急事態や自然災害等、速報性が求められる場合に対応できるような発信機能を強化することが望ましい。

## 7. 今後の次世代学術情報ネットワーク・データ基盤整備の方向性について

現在運用されている SINET5 は 2022 年 3 月にサービスを終了し、同年 4 月から次世代学術情報ネットワーク・データ基盤の運用開始の予定である。過去 10 年間の SINET 全体におけるトラフィック量が平均 1.35 倍／年で増加していること、海外の主な NREN においても国内ネットワークを 400Gbps 回線に増強する方向で検討されていること、加えて欧州やオーストラリアではネットワーク基盤上に、研究データを適切に管理・共有するための研究データ基盤の構築が進んでいること等の状況を考慮すると、我が国の教育研究における国際競争力を維持・向上を図るためには、次世代の学術情報ネットワーク・データ基盤として、400Gbps 光伝送技術と 5G モバイル技術が融合した革新的な「ネットワーク基盤」によって国内外の広大なエリアから研究データを収集し、国際標準に準拠し研究分野特有の機能を柔軟に付加できる「研究データ基盤」によって幅広い研究分野において研究データの蓄積から再利用までの研究プロセス全体を支援し、かつ、高度なセキュリティ技術で研究データを保護することで、オープンとクローズドな空間を研究者の意思で戦略的に活用しながら、国際共同研究や分野横断的な研究を容易にする最先端の研究環境「次世代学術研究プラットフォーム」を、2022 年 4 月に、世界に先駆けて実現することが重要である。ネットワーク基盤とデータ基盤を融合し、一体的に運用するためには、多要素認証をはじめとする学術認証機能、オンデマンドでマルチサイトのクラウド等を連携させて活用するシームレスクラウド機能、超コールドから超セキュアストレージまでのストレージ選択機能等を装備することが求められる。

あわせて、以下の点を考慮して、今後の次世代学術情報ネットワーク・データ基盤を整備する必要がある。

### ○ネットワーク基盤

- ・ネットワークアーキテクチャー： 通信性能と安定性に優れた SINET5 のアーキテクチャー（メッシュ構成）を踏襲するとともに、産業界等との連携の拡大を見据えて、複数の論理ネットワーク面をあらかじめ用意することが望まれる。

- ・国内回線帯域の増強： 100Gbps を超える伝送速度を実現する伝送装置は、デジタル信号処理に特化したマイクロプロセッサである DSP チップで光信号速度を調整することが可能であることから、400Gbps 回線も 200Gbps 回線も同一の DSP チップで実現可能であり、コストは同じである。回路構成を SINET5 と同一のメッシュ構成とする場合、災害等によるファイバ断が発生した場合の迂回経路の確保や、各 DC の機器を統一することによる保守の容易性や調達コストの低減を考えると全国一律で 400Gbps の回線を整備することが適切である。なお、長距離海底ケーブルを使用する沖縄県については、技術的な課題があり 100Gbps を超える回線を敷設できないことから、冗長構成を取った 100Gbps×2 回線で接続することが妥当である。
- ・国際回線帯域の増強： 米国及び欧州回線は、長距離海底ケーブルにおける技術的課題により 100Gbps を超える回線を敷設できない一方、現在のトラフィックの伸びを考慮すれば、100Gbps 回線を複数接続することで、200Gbps 以上へ増強することが不可欠である。アジア回線については、オーストラリアへの接続性を考慮した増強が必要である。また、南米やアフリカへの接続性を考慮した増強を行うことが望ましい。所要帯域、適切な接続点、信頼性、価格低減傾向等を十分に考慮しつつ、研究動向を踏まえて増強のタイミングを検討する必要がある。
- ・拡張 DC の設置によるアクセス環境の改善： 特に現在の SINET DC から遠隔地にある加入機関からの要望が多くあり、予算の状況を勘案しつつ、できるだけ多くの場所に拡張 DC を設置に向け検討を進める必要がある。
- ・モバイル基盤の 5G 対応： 総務省におけるモバイルキャリア網を介さないローカル 5G の検討状況を踏まえつつ、大学等と連携し、導入の検討を進める必要がある。
- ・エッジ機能によるサービスの高度化： ルータを用いた VPN 機能等の高度化を図るとともに、ネットワークと外部の境界に位置するエッジにネットワーク仮想化（NFV: Network Functions Virtualization）機能を実装する。あわせて、利用者に対するサポートや情報提供を含めて、より細やかなサービスを展開することが望まれる。
- ・セキュリティ： セキュリティ強化は、「次世代学術研究プラットフォーム」の大きな特徴であるデータ基盤の構築と表裏一体の重要性を持つ。サイバー攻撃がますます高度化する中で、ネットワークの高性能化によるセキュリティの強靱化はもっとも重要な取組の一つであり、DDoS 攻撃を高速で検出・抑止する機能等、ネットワーク基盤の強化と合わせたセキュリティの強化が不可欠である。
- ・学術認証・クラウド活用基盤： 研究者間または組織間でデータ利活用を安全かつスピード感を持って進めつつ、個人情報やプライバシーをセキュアに保護するう

えで認証基盤は必須の機能であることから、学認への参加機関数を拡大するとともに、他の認証基盤との連携機能、ならびにクラウド活用基盤を強化し、学術コミュニティ、産学、国際的なデータ利活用の拡大・促進を実現することが必要である。特に、産業界からの要求が多い機微情報を含むデータの利活用を支援するため、認証基盤では、多要素認証をはじめとする高度な認証方式の実現が求められ、クラウド活用基盤では、スピード感のある研究データ利活用の実現のため、研究データの収集・蓄積、管理、解析を一体的（シームレス）に実現するための基盤の構築が求められる。

- ・ 初等中等学校からの接続： 一部の教育委員会等から SINET への接続要望があり、また、文科省から「GIGA スクール構想」等で SINET に一定の役割が求められている。

#### ○データ基盤

研究データのライフサイクルに沿って、管理・公開・検索基盤が研究活動を支援するサービスの提供が重要である。例えば、

- ・ 研究不正の疑いが生じた時に時系列的な研究データの管理状況が確認できる機能等
- ・ オープンサイエンスの推進や研究公正の観点から、研究データ公開のリポジトリシステムと連携する機能に加え、データ解析に必要な計算機資源や多様な研究データサービスとの連携機能
- ・ 研究公正を説明する責任を果たす観点から、DMP の作成機能やデータの機密性に応じた適切なストレージ提供機能等
- ・ 個々の研究者の支援だけでなく、研究者間の関係性構築や大学・研究機関の効果的な運営にも生かされる機能として、学術研究機関における Institutional Research や共同研究を推進するための情報源として活用する機能、ストレージのコスト計算や研究成果情報の集約を支援する機能等

の実装が求められる。

また、適切な研究データの管理には、それを支援する人材が不可欠である。欧米では、2010 年頃から継続的なデータライブラリアン及びキュレーター人材の育成やポジションの拡大が図られてきたが、現在もこのような人材は不足しているという認識が強い。

我が国においては、NII が中心となって研究データ管理に関する教材の開発を行い、2018 年から教材の試用を始めている状況であり、今後早急に人材育成を図っていく必要がある。長期的には、大学共同利用機関や研究機関に属する専門分野のキュレーターと大学図書館員等の研究データ支援人材の人的ネットワークを形成し、単一の機関

でカバーしきれない多様な専門分野のデータキュレーションを、複数の機関間で相互に支援する枠組みを構築することが望ましい。

なお、COVID-19の拡大に伴い、ネットワーク環境を活用した教育研究活動が新たに行われている中で浮かび上がってきた課題については、可能な限り早期に解決方策を見出すべく、検討を重ねていくことが求められる。

## 8. まとめ

社会のボーダーレス化や国際化が進展する中で、我が国の大学・研究機関が国際競争力を保ち、優れた教育研究活動を展開していくためには、セキュアで高度な教育研究環境の持続的な確保につながる学術情報基盤の整備が不可欠である。

2022年4月から運用予定が見込まれる次世代学術情報ネットワーク・研究データ基盤において、大幅な増加が見込まれる情報流通ニーズに応える帯域の確保が求められる。その上で、研究者間及び組織間の研究データの利活用に欠かせない認証やクラウド活用基盤を強化するとともに、グローバルに相互運用可能（インタオペラブル）なデータ基盤を整備し、ネットワーク基盤と研究データ基盤を融合させた次世代学術研究プラットフォームとして運用することが重要である。研究データの蓄積から利活用までをセキュアかつ効率的に実現し、世界トップレベルのデータ駆動型科学を推進する基盤を構築する必要がある。国には、この次世代学術情報ネットワーク・研究データ基盤の構築に向けた整備を着実に支援することが求められる。

前述のとおり、研究者や学生が教育研究活動を行う場合は、従来の学内から自宅を含めた空間に広がり、また、学内向けの各種サービスの運用も、必要に応じて学外のクラウドを利用している等、大学等のネットワーク環境は学内・学外の区別が非常に難しくなってくる。

そのようなネットワーク環境の急速な変化に対応しつつ、次世代学術情報ネットワーク・研究データ基盤をインフラとして、知識集約型社会の中で「知」が循環し、研究成果を社会実装に結びつけるイノベーションエコシステムを確立することが期待される。

そのため、NIIと大学・研究機関がより強固な協力関係を構築したうえで、目まぐるしく進展していく情報通信技術の動向や諸外国の状況を常に注視しつつ、世界に伍す教育研究を支える学術情報基盤の整備及びそれを支える人材の育成に向けて、不断に努力していくことが求められる。