

教育研究の革新的な機能強化とイノベーション創出のための学術情報基盤整備について —クラウド時代の学術情報ネットワークの在り方— (審議まとめ) 【概要】

(平成26年7月 科学技術・学術審議会 学術分科会 学術情報委員会)

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を基幹に大学等が接続する形で整備が行われているが、多様かつ大量の学術情報流通を支え、大学等の教育研究活動は、これなしでは成り立たないという状況にある。

しかしながら、近年、我が国の学術情報基盤の整備が滞り、欧米や中国等、諸外国に後れを取っており、格段の高度化が不可欠になっている。

このような中で、大学等の教育研究活動に革新的な機能強化を促進すると期待されている情報通信技術にクラウドコンピューティングがある。

学術情報委員会では、このクラウド化への対応を含む、学術情報ネットワークの在り方について、審議し、取りまとめを行った。

2. 知識創造社会の構築を支える学術情報基盤の整備

(1) 背景

我が国が今後も豊かな社会を実現していくためには、大学等を中心とした学術情報基盤を高度化・発展させ、分野や組織を超えた情報の共有等を図り、イノベーションの創出につなげる知識創造社会への展開が必要である。

しかし、我が国は、論文数、被引用数の多い注目度の高い論文数のいずれにおいても、世界シェア及びランクが低下しており、大学における研究力の低下に対する懸念が拡大している。また、「我が国における知的基盤や研究情報基盤」の充分度に関する指数は低下傾向にある。

一方で、人類の創出する情報量はとりわけ21世紀に入り爆発的に増大しており、大学等でも、研究活動においては研究装置やコンピュータの高性能化、教育活動においてはオンラインによる講義配信など、ネットワークを流通する情報量は益々増大する傾向にある。

また、近年、国内外、官民を問わず、クラウド化の時代と言われるほど、あらゆる組織でクラウドコンピューティングを導入する動きが顕著になっている。

(2) 学術情報基盤整備に関わる政策提言等

大学等の教育研究活動の機能強化に関連した学術情報基盤整備の重要性については、第4期科学技術基本計画（平成23年8月閣議決定）、教育振興基本計画（平成25年6月閣議決定）、「世界最先端IT国家創造宣言」（平成25年6月閣議決定）など、様々な政策提言がなされている。

また、今般、日本学術会議の提言「我が国の学術情報基盤の在り方について—SINETの持続的整備に向けて—」（平成26年5月）や科学技術・学術審議会学術分科会中間報告「学術研究の推進方策に関する総合的な審議について」（平成26年5月）でも学術情報基盤の重要性が取り上げられている。

(3) 当面の学術情報基盤整備の方向性

我が国のみならず世界における教育研究活動は、高度な学術情報基盤なくしては成り立たないと言っても過言ではない。さらに、情報通信技術の急速な進歩や諸外国の状況を踏まえれば、我が国の学術情報基盤における基底である学術情報ネットワークの高度化は当面の喫緊の課題である。

3. アカデミッククラウド環境の構築について

(1) アカデミッククラウドの必要性

① クラウド環境構築の意義

クラウドの意義は、「所有から利用」への転換であり、必要なコンピュータ資源を、必要な時に、必要な分だけ、速やかに使用することが可能となる。経費も使用した分だけの負担で済む。

全国の学術情報基盤を担う組織が一体となってアカデミッククラウドの構築を推進することにより、大学等は情報システムの設備投資が抑制でき、迅速な拡張性やデータバックアップによる安全性の確保も可能になり、コンピュータ資源を極めて効率的に運用できる。

さらに、研究者等はシステム調達や設定などに要する多大な作業や時間から解放され、本来の教育研究業務に専念できる。

② 我が国の大学等における状況

平成25年度において、全大学の63%がクラウドを導入しており、運用していない大学についても、その約53%は運用を検討している。

しかし、運用している大学のうち59%は機関単独での実施であり、その内容は、管理運営業務(69%)と教育業務(68%)が主体である。研究業務での活用は25%にとどまっているが、その導入にはデータ量の大きさに耐えられる安定した高速ネットワーク環境の構築が必要と指摘されている。

情報セキュリティの確保等に対処する必要があるが、我が国の大学等の革新的な機能強化を促進し、イノベーションを創出するためには、大学等を横断するアカデミッククラウド環境の構築・運用を積極的に進める必要がある。

(2) アカデミッククラウド環境整備の方向性

① 教育・学習基盤のためのアカデミッククラウド

大学教育においては、学生に主体的な学修姿勢を促すアクティブ・ラーニングへの転換が求められており、双方向型のe-ラーニング、OCW、MOOC、遠隔講義等、情報通信技術を活用した多様な教育スタイルが展開されつつある。また、教育・学習情報をデータベース化した学習管理システム(LMS)の運用による個別指導(e-ポートフォリオの構築)、機関リポジトリにおける教材の保存・利活用も進んできている。

これらの情報資源については、クラウド化することにより、システムの統一や仕様が標準化され、より情報の共有が進展する。個人情報等の扱いを適切に処理しつつ、他機関の教育情報を有効に活用することによって、我が国の大学全体における教育の質的向上が可能になる。また、教育情報のオープン化を通じて、海外からの優秀な学生の獲得や国際的な大学間の単位互換制度の構築等によるグローバル化の促進も期待される。

アクティブ・ラーニングをさらに普及・発展させるためには、学生がいつでも教育情報にアクセスできる環境を整備することが望ましいが、個人の保有するタブレットPC等をネットワークに接続できるBYOD(Bring Your Own Device)対応は検討が遅れている。また、LMSの機関を超えた情報共有による教育機能強化のためのシステム効率化・高度化は今後の課題である。

なお、情報通信技術を活用した教育の普及により、従来型の授業や大学への通学が不要になるのではないかという意見もあるが、これらは、反転学習など学習スタイルの高度化や多様化を進める手段にすぎないことに留意する。

② 研究基盤のためのアカデミッククラウド

現在、大規模施設を使った実験・観測、スーパーコンピュータを連携させたHPCI、さらに、社会科学分野での経済動向予測などにおけるビッグデータ解析、人文学における資料を電子化・分析するデジタル・ヒューマニティーズ(Digital Humanities)の進展など、研究活動のあらゆる過程においてコンピュータ資源の利用が前提となっている。

全ての研究拠点が必要なコンピュータ資源を調達することは費用的にも時間的にも非効率である。クラウド化を進展させることによって、仮想空間による最適な計算資源の構築・提供やデータ処理システムの連携、高度化がより容易になる。

研究支援においては、膨大なデータ流通・処理を迅速かつ安定して行うことが求められることから、高性能なネットワーク、高度なセキュリティの維持管理、サービス提供の継続性の確保が重要な課題となる。

また、データを保全するために大容量のバックアップデータが必須であり、国内外での分散保存の検討という課題もある。さらに、国際的な学術情報ネットワークの連携においては、公的なネットワークによる接続が必要な場合がある。

そのような技術的、運用面での様々な課題を考慮するとき、我が国においては、全国の大学等に共通のサービスを提供し、信頼性の高い学術情報ネットワークの基幹であるSINETを中心とするアカデミッククラウドの構築が求められる。

③ 管理運営基盤のためのアカデミッククラウド

大学の管理運営サービス（学務系、経費管理、人事管理等）に関しては、大学等の機関ごとに様々なシステムが構築され、運用されているが、クラウド化による標準化・共有化により、開発コストや運用コストの削減、サービスの迅速化、関連する設備投資の合理化等の効果が得られる。

管理運営サービスが同一機関内で部局ごとに行われているような場合、大学内におけるクラウド化の推進が第一ステップとして必須であり、他の支援と同様にセキュリティ対策、サービス継続性等に留意した上で、学内のシステムの統合・合理化を進めることが肝要である。

さらに、多くの大学等の管理運営支援に関わる地域連携型、あるいは全国一体型などの第二のステップのクラウド化やパブリッククラウドの活用について、促進させることも重要である。

(3) アカデミッククラウドの環境構築に必要な事項

① 基本的な環境整備

ア) ネットワークの性能強化

最も重要かつ喫緊の課題が大量のデータ流通を支える高速なネットワークの維持でありSINETはもとより、各大学等におけるネットワークの強化、機関とSINETを接続するアクセス回線の高速化に、各大学等が積極的に取り組むことも重要である。

イ) セキュリティ対策とプライバシー確保による高付加価値化

サイバーセキュリティ対策は、厳しい状況でも予算を確保し、常に強化していくことが不可欠である。インシデントをネットワークの入口で防止すると同時に、大学側のサイバーセキュリティも強化する仕組みを考える必要がある。

また、個人情報や機関の機密情報などのデータプライバシーの取扱いに関して、適切なガイドラインを策定・共通化し、事前に公表しておくことが重要になる。

ウ) サービスの効率的な利活用のための認証連携の促進

機関間での認証機能の統一化、認証連携も不可欠であるが、そのためには、既にNIIが提供している「学認」のトラストフレームワークを最大限に活用し、シングルサインオンでの利用環境の実現を図るべきである。

エ) データの共有・管理の適正化に必要な運用ルールの策定

海外を含めて、関係する機関が様々なデータを共有することになることから、フォーマットの標準化等の取組とともに、データ管理における制度的、法的な側面を含めて、クラウド基盤の運用ルールの整備が求められる。

② 運用上のリスク管理

ア) クラウドサービスの継続性の確保

クラウドサービスは、機関外のシステムを利活用することから、大学等において、災害時等の事業継続計画（BCP）の策定や提供を受けるサービスの保証契約（SLA）への対応を適切に実施し、事業実施の継続性確保に努める必要がある。

イ) クラウド基盤の多様性確保

クラウドの規模として、全国一体型、地域連携型など、効率的なサービス共有を進める一方で、自然災害の発生や単一事業主体に依存するリスクを軽減する観点から、クラウド基盤の多様性や分散性についても考慮しつつ体制整備を図る必要がある。

③ 人材の育成等

ア) アカデミッククラウドの構築・運用を支える人材の育成

大学等の内部に、教育・研究・管理運営業務と情報基盤整備との関係を理解し、仮想空間やネットワークの利活用のための環境整備を支えられる人材を養成する必要がある。その際、個人情報保護、機密情報保護等の社会的なセキュリティ対策に対応できる人材も必要である。

イ) アカデミッククラウドに対する理解増進

NII、大学等が一体となって、教職員等に対する啓蒙活動やSINETで活用できるクラウドサービスに関する情報提供、アカデミッククラウドに関する広報活動等に取り組むことも重要である。

4. 次期SINETの整備について

(1) 整備の方向性

我が国の学術情報ネットワークの基幹であるSINETは、5年ごとの整備方針・計画に基づき、充実を図ってきた。平成28年度から展開する次期SINET(SINET5)の検討にあたっては、教育、学習及び研究基盤における新しい動向を踏まえ、アカデミッククラウドの構築・普及を念頭に置いた機能強化を効率的に行う必要がある。

(2) NIIの役割

NIIは、SINETの運用に関して、ユーザである大学等と協調して整備に取り組み、ネットワークの継続的な高度化とサポートを実現してきた。大学等にとっても、情報基盤を独自に整備するよりも、NIIを中心に連携して共同で対応することにより大幅な合理化が図られる。

アカデミッククラウドの展開においては、さらに高度な情報技術の連携が不可欠であり、NIIと大学等の更なる連携強化は必須である。

(3) SINET4の現状

現在、SINET4では、約800機関が参加し、約200万人のユーザが利用している。整備する回線の通信帯域としては、最も強い部分でも東京―大阪間で40Gbps が2本であり、それ以外は、10Gbpsもしくは2.4Gbpsという状況である。そのような中で、冗長性を確保し、東日本大震災にも耐えた信頼性の高いネットワークを維持してきた。

現在、東京―大阪間や日米間などにおいて、通信帯域が逼迫しており、NIIでは、大型研究や教育利用のニーズを調整しつつ整備することにより、ユーザの教育研究にできるだけ支障が出ないようにしてきている。

また、国際共同研究等において、大型の共有研究装置を用いた大量のデータ流通が活発になっているが、海外の類似の学術情報ネットワークとの接続において、我が国としても相応の学術情報ネットワークを構築する必要が生じている。

一方、機能強化の側面では、商用クラウドサービスプロバイダーとの接続を進め、現在、10カ所を設定して、安全性の高いプライベートクラウドとしての活用を可能にしている。

(4) 海外の学術情報ネットワークの状況

日本学術会議の提言（平成26年5月）によると、北米（米国のInternet2 NetworkやESnet、カナダのCANARIE Network）、欧州（欧州各国を接続するバックボーンネットワークであるGÉANT、英国のJanet、オランダのSURFnet、北欧5国のバックボーンネットワークであるNORDUnet）、アジア（中国のCERNET、韓国のKREONET、オーストラリアのAARNet）いずれも、100Gbps回線の導入が完了もしくは整備を開始している。

さらに、国際ネットワークにおいても、北米と欧州の六つの学術情報ネットワーク（Internet2、ESnet、CANARIE、GÉANT、SURFnet、NORDUnet）の連携により、100Gbps国際回線の利用が開始された。

これら諸外国に比べ、SINET4では、国内回線は欧米の半以下の40Gbps技術を用いて運用されており、国際回線に至っては10分の1にあたる10Gbpsでしかない。

(5) SINET5の整備

大学等の教育研究活動への情報通信技術の活用やアカデミッククラウドの普及に伴い、膨大な教育研究データをSINETを介して流通させるニーズが加速することになる。

こうした動きに合わせて、実証システムとして400Gbps、さらには1Tbpsのオーダーに耐えられる最先端のネットワーク技術開発を進めつつ、コンピュータ資源をユーザが安心して利活用できる環境を整備することが重要である。そのため、基盤となるネットワークの強化とともに、サイバーセキュリティ対策の高度化、サービスの標準化・共通化を推進する必要がある。

① 必要な回線確保

ア) 国内回線

大学等における今後の通信量は、全国各地で着実に増加し、大規模実験装置やスーパーコンピュータの導入や更新、大学におけるクラウド利用やオンライン教育のコンテンツ流通の拡大等により急増することが予想される。

これまで、各機関において学内は高速、学外接続はニーズとコストを考え低速な回線整備となっているが、データ量の増加とクラウド環境の普及により、学外接続でも学内と同程度の高速ネットワークが必要になる。

これらの需要増に効率的に対応するため、SINET5では、従来のように専用線を確保するのではなく、ダークファイバー（通信事業者の余剰回線）を活用することにより、安価で高速な回線確保を実現する必要がある。このことにより、ほとんどの国内環境（沖縄間は専用回線が必要）において100Gbps単位の学術情報ネットワークが効率的に整備できることが見込まれる。

また、従来、中間とりまとめ的なノード校を設置していた方式を改め、各機関がSINETに直接接続できる方式を検討する。SINETまでのアクセス回線については各機関負担であるが共同調達により経費を節減できる。

SINET5においては、ネットワークの強化とともに必要な冗長性を確保する観点から、早急に各都道府県に100Gbpsで複数接続できる高速ネットワーク環境をバックボーンとして全国に構築し、今後のネットワーク需要を踏まえて、更なる増強を図ることが適切である。

これに合わせて、各大学等がアクセス回線の確保に努めることにより、我が国全体のネットワーク環境の充実が実現する。

イ) 国際回線

最先端の研究開発においては、大型の研究装置や大量データ共有による国際共同研究の進展により、国際間のネットワーク増強が不可欠な状況にある。

既に諸外国の学術情報ネットワークは100Gbps規模の増強が進んでいることから、我が国においても日米間の回線増強など、対等な環境整備が必要である。また、日本－欧州間に関しても、北米経由で流通している現状から、データ利用に遅延が生じてきており、シベリア経由の回線整備を検討する必要がある。

② クラウド環境の高度化を支える最新ネットワーク技術の導入

大学等とクラウドを安全安心に接続する仮想ネットワークを実現するため、最新のネットワーク技術であるSDN（ネットワーク構成を需要に応じて柔軟に変更する技術）等を用いて、SINET5上での拡張性のある高度なクラウド環境の利活用を可能にする必要がある。

③ サイバーセキュリティ対策と認証機能の提供

SINET5では、ネットワーク利用におけるサイバーセキュリティの強化自体を検討すべきである。大学等と連携してIDS（侵入検知システム）等を配備し、サイバーセキュリティの常時監視と分析を行い、広く利用者に安全安心なネットワークを提供する必要がある。

また、ユーザに対する認証の仕組みについては、NIIが整備する学術認証フェデレーションである「学認」を共通仕様として展開することにより、学外の様々なクラウドサービスにもシームレスにアクセスできるようにすることを検討すべきである。

④ コンテンツの流通環境整備

NIIでは、大学等が整備する機関リポジトリをSINETで連携し、一元的な学術情報流通を促進するとともに、大学等に機関リポジトリを構築するシステムをクラウド環境で利用できる共用リポジトリサービス（JAIRO Cloud）を提供している。大学等がJAIRO Cloudを活用することにより、開発経費の節減、コンテンツの流通促進が期待できることから、その整備とともに、積極的に普及を進める必要がある。

また、情報資源を大学等間で共有、利活用する仕組みを一層強化する観点から、コンテンツのメタデータを整備し、情報検索機能を提供しているCiNiiの機能を高度化するとともに、SINETを介してコンテンツ間の連携を図ることにより、知識基盤としての情報共有を推進する必要がある。

⑤ クラウド環境の普及促進への取組

SINET上において、利用可能なクラウドサービスをメニュー化し、各機関がカスタマイズ・利活用できる環境を提供する「クラウドゲートウェイ」（仮称）を実現していくことは、今後、大学等における多様なクラウドサービスの利用を加速するための鍵となると考えられる。

これらの取組は既に欧米で進みつつあり、大学等がニーズに合ったクラウドを適切に導入する上で、効果的に機能するものと期待される。

5. まとめ

ボーダーレス化や国際化が進展する社会の中で、我が国の大学等が国際競争力を保って、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。

また、近年、教育研究活動の推進において、増大化するデータ処理ニーズに対して、共用するコンピュータ資源をネットワーク経由で効率的に利活用するクラウド化への動きが進展しつつある。こうしたクラウド化を含めた学術情報基盤の構築については、各機関が独自に行うのではなく、大学等とNIIが連携を図りながら積極的に取り組むことで大きな効果が期待できる。

NIIは、SINET5においては、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、クラウド基盤構築のためのネットワーク技術、最新のサイバーセキュリティ対策、情報コンテンツの相互利用を可能にするプラットフォームを登載し、世界最高水準のネットワーク構築に取り組み、国は、SINET5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。

大学等は、機関とSINETをつなぐアクセス回線の高性能化に努めるとともに、アカデミッククラウドの導入や情報資源の利活用を効果的に促進させることにより、それぞれのミッションを踏まえた機能強化を図り、イノベーションの創出や社会貢献を果たすことが求められる。

さらに、NIIと大学等がより強固な協力関係を構築し、情報通信技術の動向や諸外国の状況を常に注視し、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育成に向けて、不断に努力していく必要がある。

長期的な視点では、小中高校生から大学生までがデジタル教材を利用することが、世界の様々な分野で活躍できる時代の担い手の育成に適切につながっているかを検証しつつ、学術情報基盤の在り方を検討していくことが肝要である。