

学術情報ネットワーク SINET とクラウド活用

合田 憲人, 西村 健, 栗本 崇, 中村 素典, 笹山 浩二, 漆谷 重雄

今日の研究教育では、ネットワークはあらゆる分野で広く利用されており、大学・研究機関等にとって必須の情報基盤である。また、近年急速に社会に普及しているクラウドサービスは、その迅速性、柔軟性、運用性、経済性といった利点が注目され、大学・研究機関等でも利用が進んでいる。本稿では、これらの大学・研究機関等にとって必須の情報基盤であるネットワークとクラウドに焦点を当て、国立情報学研究所が整備・運用を進めている学術情報ネットワークである SINET、ならびに SINET を介してクラウドを活用するためのサービスである学認クラウドについて紹介する。

キーワード：学術情報ネットワーク、クラウド、情報基盤

1. はじめに

今日の研究教育では、ネットワークはあらゆる分野で広く利用されており、大学・研究機関等にとって必須の情報基盤の一つである。実験装置や観測機器からのデータ収集では、大容量のデータを高速に転送することが可能な高速ネットワークが必要となる。また、収集したデータやその解析結果など、研究データを研究者間で流通するための安全なネットワークは、研究者コミュニティを形成するために欠かせない。さらに、論文・教育コンテンツのオンライン利用、遠隔会議・講義など、ネットワークにより多くの研究教育活動の効率化が図られている。

ネットワークと同様に計算機も情報基盤を構成する重要な要素であるが、従来の組織内に計算機資源を設置して自ら運用し、利用する方式（オンプレミス）に加え、ネットワークを介して提供されるクラウドサービスを利用する方式が普及している。特に、クラウドのもつ迅速性、柔軟性、運用性、経済性といった利点が注目され、多くの大学・研究機関等の基幹業務システムにクラウドが利用されているほか、研究教育での利用も広まっている。2014 年には、日本学術会議および文部科学省科学技術・学術審議会学術分科会学術情報委員会から「学術情報基盤としてクラウドを積極的に活用すべき」との意見が示され [1, 2]、大学・研究機関等におけるクラウドの利用が加速された。

本稿では、大学・研究機関等にとって必須の情報基盤であるネットワークとクラウドに焦点を当て、国立情報学研究所 (NII) が整備・運用を進めている学術情

報ネットワーク (SINET) [3]、ならびに SINET を介してクラウドを活用するためのサービスである学認クラウド [4] について紹介する。SINET は、全国の大学・研究機関等を接続する情報通信ネットワークである。2016 年 4 月より運用を開始した SINET5 では、100 Gbps の通信速度をもつ高速ネットワークを全国に展開するとともに、Virtual Private Network (VPN) サービスに代表される安全な通信を可能とするサービスを提供しており、現在 900 以上の大学・研究機関等から利用されている。また、大学・研究機関等が SINET を介してクラウドを効果的に利用する環境を整備するため、クラウドの導入・活用を支援するサービスを提供している。本サービスでは、大学・研究機関等とクラウドを VPN で直結するネットワーク接続や、クラウドを効率的に利用するためのシステム整備、適切なクラウドを導入するためのコンサルティングなどを実施している。

以降、2 節では、学術情報ネットワーク SINET について説明するとともに、3 節では SINET に接続された大学・研究機関等間で認証連携を実現する学術認証フェデレーション（学認）についても紹介する。また、4 節では、SINET を介してクラウドを効果的に利用するためのクラウド導入・活用支援サービスについて紹介し、5 節でまとめと今後の展望について述べる。

2. 学術情報ネットワーク

2.1 SINET とは

学術情報ネットワーク SINET [3] は、日本全国の大学・研究機関等における最先端の研究および教育を支援するために、構築・運用されている情報通信ネットワークである。全国にノード（ネットワークの接続拠点）を設置し、大学・研究機関等に対して高速・高信頼かつ安全なネットワークを提供している。また、国際

あいだ けんと, にしむら たけし, くりもと たかし,
なかむら もとのり, ささやま こうじ, うるしだに しげお
国立情報学研究所
〒 101-8430 東京都千代田区一ツ橋 2-1-2

表 1 SINET 加入機関数 (2019 年 5 月末現在)

国立大学	公立大学	私立大学	短期大学	高等専門学校	大学共同利用機関	その他	合計
86 (100%)	83 (93%)	398 (66%)	80 (25%)	56 (98%)	16 (100%)	194	913

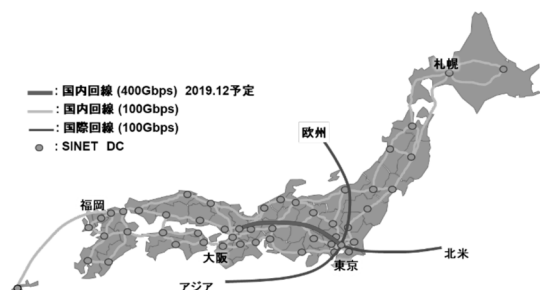


図 1 SINET5 接続構成

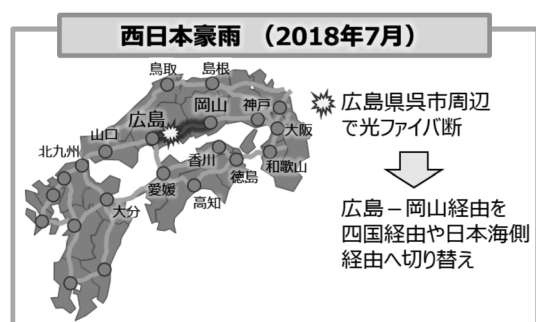


図 2 災害時におけるサービス中断回避

的な先端研究プロジェクトでは世界各国の研究機関や大学との間で円滑な研究情報流通が重要であることから、米国 Internet2 や欧州 GÉANT をはじめとする、多くの海外学術研究ネットワークと相互接続している。

現行の SINET (SINET5) は、2016 年 4 月から運用を開始した [5-7]。大型研究プロジェクトの通信需要の伸びや計算機資源のクラウド化の流れを踏まえ、日本全国および海外の拠点間を 100 Gbps 回線で接続し、900 以上の加入機関 (表 1) の学術情報基盤として利用されている。

2.2 国内ネットワーク

図 1 に SINET5 の (地理的) 接続構成を示す。SINET5 のノードは全都道府県の SINET データセンタ (SINET DC) に設置されており、SINET 加入機関は最寄りのノードまでアクセス回線を接続することで SINET を介した通信が可能となる。SINET5 のノード間は 100 Gbps の光回線で接続されており、任意の拠点間 (例：北海道から沖縄間など) にて 100 Gbps の速度でデータ転送が可能である。各ノードを複数のルー

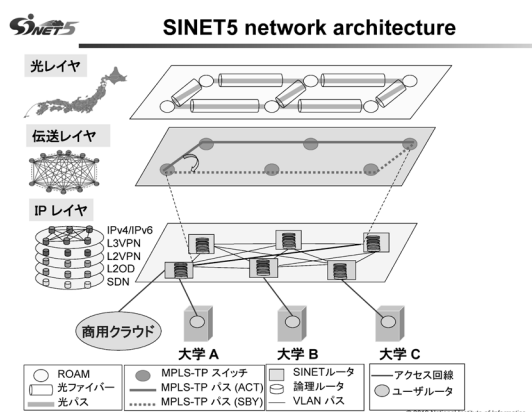


図 3 SINET5 のネットワーク階層構造

プから構成されるように接続することで回線障害時における迂回経路を確保しており、災害などにおいてもサービス中断のない高信頼なネットワークを実現している (図 2)。

東京-大阪の区間では、大容量 100 Gbps 回線をフルに用いたストレージ間バックアップ利用や、国際回線増強に伴うデータ増加などで回線帯域の逼迫傾向が顕著になってきている。400 Gbps 技術の国際標準化が完了し、技術的な安定性が確保されてきたことから、2019 年度内に東京-大阪間で 400 Gbps 回線による増速を行う予定である。

図 3 に SINET5 のネットワーク階層構造を示す。SINET5 は光レイヤ、伝送レイヤ、IP レイヤの 3 階層で構成し、加入機関回線を IP ルータに直接収容している。光レイヤは伝送レイヤに対して光パスを提供し、MPLS-TP スイッチ間を接続している。伝送レイヤは IP レイヤに対して MPLS-TP パスを提供し、IP ルータ間を接続している。IP ルータの論理ルータ間 (サービスごとに設定) はフルメッシュ状に VLAN パスで接続することで、IP レイヤでは 1 ホップで出口ルータまで転送可能としている。耐障害性を高めるため複数レイヤの動的復旧機能を実装している。伝送レイヤでは MPLS-TP パスはアクティブ/スタンバイ構成で冗長化を図り、障害時には 50 ms 以内の切り替えを可能としている。本切り替えで回復できない場合は IP レイヤでのリルーティングを行うことで、堅牢なネットワークサービスの提供を可能としている。

研究プロジェクトに閉じたデータ通信を行うため、安全で高性能な SINET VPN サービスの利用が拡大している。以下のような利用例が挙げられる。

- ・共同研究環境の形成：複数の大学や研究機関を VPN で接続し、大容量データを安全に共有・転送

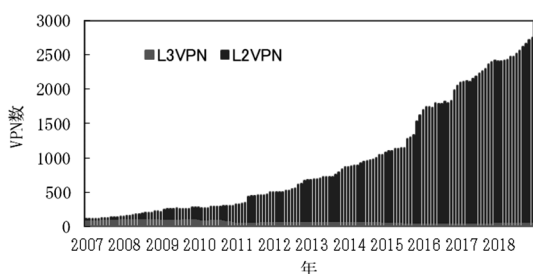


図4 L2VPN/L3VPNの利用状況の推移

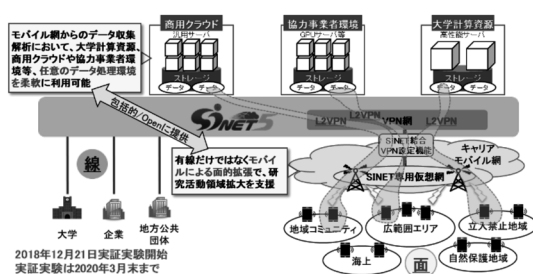


図6 広域データ収集基盤の構成図

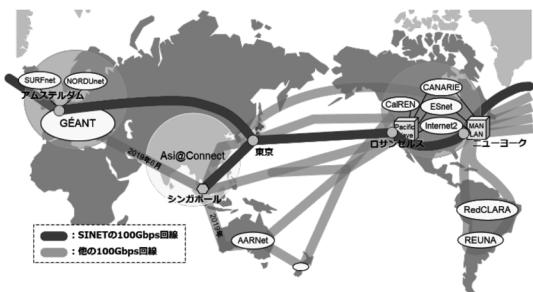


図5 国際回線の接続構成図

- ・クラウド利用: クラウドデータセンタと大学をVPNで接続し安全な情報処理をクラウド上で実施
- ・マルチキャンパス接続: 複数キャンパス間をVPNで接続し、大学内のLANとして利用
- ・一時的な帯域保証: 重要な通信転送において、帯域保証したVPNを用いることで通信品質を確保

SINET5はVPNサービスとしてレイヤ2（イーサネット）で拠点間を接続するVPN（L2VPN）とレイヤ3（IP）で拠点間を接続するVPN（L3VPN）を提供している。図4にSINETが提供するL2VPN/L3VPNの利用状況の推移を示す。

2.3 国際ネットワーク

米国、欧州、アジアに向け国際回線の接続を行っている。欧州直結100Gbps回線によりLHCなどの日欧連携、米国100Gbps回線によりBelle IIなどの日米連携、アジア100Gbps回線によりアジア各国との連携強化を進めている。加えて、米国回線および欧州回線バックアップのため、米欧間に100Gbps回線の整備を行った。図5に現在の国際回線の接続構成を示す。

2.4 広域データ収集基盤

SINET5では、急速に拡大するIoT関連の研究や事業を支援するため、2018年度からモバイル機能の実証実験を開始した。モバイル通信キャリアのネットワークの中にインターネットとは切り離されたSINET専用の仮想専用網を構築し、東京と大阪の結合点でSINET

内のVPNと接続することで安全に各大学などの既存計算機環境や任意の商用クラウドに接続できる環境を提供している。また、国内キャリアが提供する解析基盤環境などへの接続も提供し、データ収集／解析を包括的／Openに提供して研究活動活性化を支援している。図6に広域データ収集基盤の構成を示す。

本実証実験は、広域データ収集基盤の性能評価などを目的として、2018年12月から2020年3月の期間で参加機関を公募・選定したうえで開始した。本実証実験を通して得られた知見を、2020年4月以降の整備検討に反映する予定である。

3. 学術認証フェデレーション

全国の大学・研究機関とNIIが連携して、学術認証フェデレーション [8] の構築・運用が2009年度から開始された。学術認証フェデレーションは、学術向けのオンラインサービス（学術e-リソース）を利用する大学・研究機関、学術e-リソースを提供する事業者から構成された連合体である。各機関・事業者はフェデレーションが定めた規程（ポリシー）に基づき相互に信頼し合うことで、相互に認証連携を実現することが可能となる。認証連携を実現することができれば、シングルサインオンの範囲が機関内にとどまらず、他機関や商用のサービスに広がる。シングルサインオンとは一つのID・パスワードであらゆるシステムが利用可能であることであり、一つのパスワードを利用し、かつID・パスワードの再入力を行わずにさまざまなサービスが利用できる環境を実現することができる。これにより、たとえば論文検索→文献管理→業績管理→研究費申請というようなサイトをまたがる一連の作業が同一のIDでパスワードの再入力なしに（たとえ出先の大学からであっても）可能となる。

学術認証フェデレーションの構築は世界中の国と地域で行われており [9]、日本における学術認証フェデレーションは学認と呼ばれる。学認の構成図を図7に

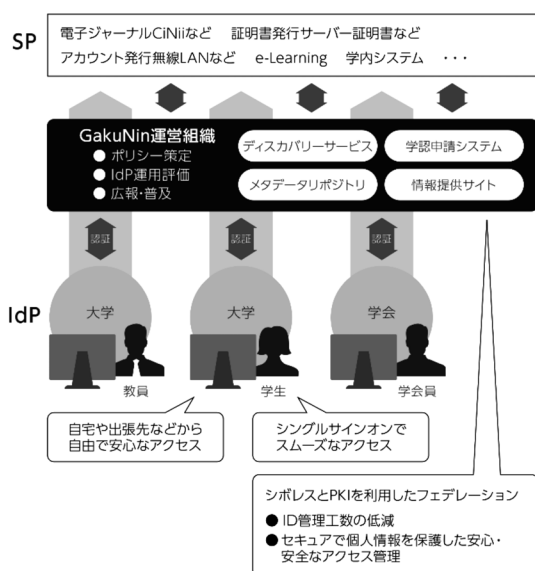


図7 学認の構成図（文献 [10] より引用）

示す。図中の SP は Service Provider を表し、サービスを提供する Web サーバに相当する。IdP は Identity Provider を表し、フェデレーション内に認証情報を流すために大学・研究機関等が構築するサーバに相当する。IdP は入力された ID・パスワードに対してその正確性確認を Active Directory やほかの LDAP ソフトウェアなどで構築された機関内の認証基盤を用いて行う役割と、当該認証基盤から情報を受け取り、その中から ID に関する特定のデータのみを属性としてフェデレーションに送信するフィルタの役割を担っている。

4. クラウド導入・活用支援

産業界のみならず学術分野でもクラウドの利用は進みつつある一方で、クラウドの導入・活用では、従来のオンプレミスの計算機資源のそれとは異なる課題がある。たとえば、クラウドの利用では、すべての通信が学外のネットワークを経由して行われるため、通信の安全性を確保しなければならない。クラウド導入時の仕様策定や調達では、オンプレミスの計算機を導入する場合とは異なる判断が必要となる。また、クラウドへのアクセスやクラウド上でのソフトウェア環境構築など、クラウドを活用するためには高い知識や技術が必要となる場合がある。本節では、これらの課題を解決し、大学・研究機関等でのクラウドの導入・活用を促進する取り組みについて紹介する。

4.1 SINET クラウド接続サービス

クラウドの利用では、従来のオンプレミスでは組織

内のネットワーク内で行われていた通信が、インターネットなどの組織外のネットワークを経由して行われるため、通信の性能と安全性の確保が重要な課題となる。SINET クラウド接続サービスは、SINET を介して大学・研究機関等と商用クラウド提供事業者（商用クラウド）との間を直接接続するサービスである。大学・研究機関等は、SINET の高速ネットワークを介して商用クラウドとの高性能な通信が可能であるとともに、高品質（超高速・低遅延）な VPN を介して商用クラウドと接続することが可能であり、安全な通信が可能である。

4.2 学認クラウド導入支援サービス

多くの大学・研究機関等では、オンプレミスの計算機資源の導入については十分な経験がある一方で、計算機資源をクラウドサービスとして導入する場合の判断基準やノウハウが十分に蓄積されていない。また、クラウドサービスでよく見られる従量課金の支払いモデルは、入札などの調達モデルとの相性が悪く、調達が難しいという問題がある。学認クラウド導入支援サービスは、大学・研究機関等がクラウドを導入・利用する際の課題解決に役立つ情報の共有・流通を進める支援サービスである。NII では、図 8 に示す大学・研究機関とクラウド事業者を結び枠組みを作ることにより、クラウド導入の課題を解決し、大学・研究機関における仕様策定や比較検討の負担を減らして、ニーズに合うクラウドを調達できるように支援している。

学認クラウド導入支援サービスの中で提供するチェックリストは、クラウドサービスの信頼性、セキュリティ、契約条件などについて、大学・研究機関等がクラウドを導入する際の選択基準や考慮点となる項目を一覧表としてまとめたものである。NII では、本チェックリストに基づいて実際のクラウドサービスを検証する活動も進めており、大学・研究機関等は、チェックリストやクラウドサービスの検証結果を参照することで、クラウドサービス導入のための検討や調達を効率よく進めることができる。また、チェックリストは、調達以外にも、大学の構成員がクラウドを利用するための学内ガイドラインの作成にも活用されている [11]。本チェックリストは、クリエイティブ・コモンズ 表示 4.0 国際ライセンスの下で公開されている [12]。

学認クラウド導入支援サービスでは、このほかにも、クラウドを有効活用するための講演やハンズオンの開催（クラウド利活用セミナー）、組織におけるクラウドの活用度を把握し改善のヒントを与えることを目的としたクラウド活用度調査のほか、ワークショップ、個

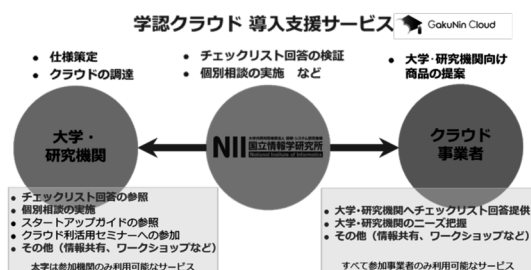


図 8 学認クラウド導入支援サービス

別相談を実施している。

4.3 学認クラウドゲートウェイサービス

大学・研究機関等では、構成員がクラウドをはじめとした学内外の学術 e-リソースなど、複数のオンラインサービスを利用することが一般的となりつつある。この状況の下、利用するサービスごとに異なるウェブサイトへのアクセスや認証など、利用者にとって煩雑な作業を効率化することが課題となる。

また、学認におけるシングルサインオンにおいても、次のような問題が顕在化している。学認における参加機関 IdP からどの属性をどの SP に送信するかは各機関のポリシーにより決定されその基準は機関ごとに異なる。そのため、学認参加機関に在籍している人がある SP を利用しようとしても、その SP が要求する属性情報が所属機関のポリシーにより IdP から送信されていない場合は、SP の提供するサービスを利用できないことになる。一般に、サービスのログイン画面は利用可能・不可能にかかわらず表示されるため、パスワードを入力した後に初めて利用できないことが明らかになり、ユーザーが混乱する原因となる。また、確かに属性送信している SP の情報を機関が構成員に提供していない場合や、提供していても一部のサービスに限られている場合（たとえば、図書館が電子ジャーナルサイトを管理しておりその SP 情報のみを提供している場合など）、実際は利用可能であるサービスが機関内に十分に周知されず「知る人ぞ知る」サービスになってしまう場合もある。

このような SP の利用可否に関する問題や機関内への周知の問題を解決するために NII は「学認クラウドゲートウェイサービス」（以下、ゲートウェイサービスと呼ぶ）を提供している [13]。

ゲートウェイサービスは、研究・教育活動に必要な各種クラウドサービスや電子ジャーナルなどのオンライン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である。大学・研究機関に所属する人は、ゲート

ウェイサービスにログインするだけで、所属機関が機関契約を行っているサービスを始め利用可能としているサービス一覧に素早く簡単にアクセス可能となる。自分が利用できるサービスが一目でわかり、ワンクリックでそのサービスへ移動することが可能となる。

また、ゲートウェイサービスはグループ機能を提供しており、共同研究などのグループメンバーを登録し利用サービスを登録しておけば、そのグループ固有のサービスをメンバーに表示されるサービス一覧画面に組み込むことが可能となる。そのほか、サービス一覧画面は利用者ごとにカスタマイズでき、利用者が個人で契約しているクラウドサービスを登録することができる。さらに各サービスのアイコンは画面内で移動でき、利用者が利用頻度の高いサービスをアクセスしやすい位置に配置できる。

登録するサービスについては学認参加の如何を問わず、機関・グループ・個人が契約・利用しているクラウドサービスや学内サービスなど、あらゆるサービスを管理者（個人に関しては当人）が追加して表示することができる。これにより各種オンラインサービスにワンストップでアクセスすることが可能になる。

ゲートウェイサービスには情報基盤センターなどの機関内の IT 利用を管理する組織の観点からも利点がある。前述のとおり、学認参加 IdP において、学認参加 SP それぞれについて IdP から送信する属性の設定を行うことでそれらの利用可能・不可能を制御するが、ゲートウェイサービスの設定を全く同じにすることにより、容易に「利用可能」と指定されたサービスのみを機関の構成員に表示させることができる。また、学認未参加のサービスについても契約しているものを登録することができる。これらのサービスをゲートウェイサービスを経由して利用させることで、前述の「知る人ぞ知る」サービスの問題を回避し、契約サービスの利用促進につなげられる。また、機関で独自にポータルを構築している場合、機関内で利用可能なサービスに関する情報提供の部分をゲートウェイサービスに API を介して委ねることで、ポータル管理者の負担を減らすことが可能となる。

4.4 学認クラウドオンデマンド構築サービス

研究者や教員にとって研究教育に必要な計算機環境を構築することは、難しい作業の一つである。クラウドを利用することにより計算機自体（ハードウェアと OS）の構築は非常に容易になるが、研究教育に必要なソフトウェアのインストールやネットワーク設定などは依然として高い技術と時間が必要とされる。また、

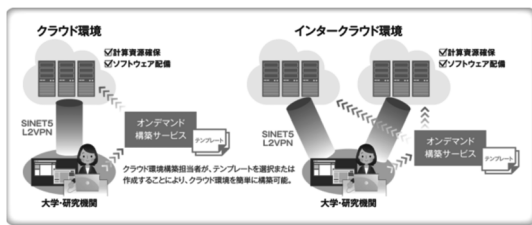


図9 学認クラウドオンデマンド構築サービス

利用するクラウドサービス（または事業者）ごとに作業や設定方法が異なるという難しさもある。

学認クラウドオンデマンド構築サービスは、クラウド上でのソフトウェアのインストールやネットワーク設定などを容易に実行するためのサービスである。本サービスでは、図9に示すように、利用者があらかじめ用意されたテンプレートを用いることにより、クラウド、または複数のクラウドから構成されるインタークラウド上にソフトウェア環境を自動的に構築することができる。テンプレートは、クラウド上での環境構築の手順が記述された Jupyter Notebook [14] 形式のファイルである。現在、ゲノム解析環境、学習管理システム (LMS)、講義演習環境、HPC クラスタ環境などのテンプレートが用意されており、ライフサイエンス分野の研究や、大学の講義演習での利用が始められている [11]。また、テンプレートに従って環境構築を行う機能は、NII が開発したミドルウェアである VCP (Virtual Cloud Provider) [15] を用いて実装されている。

クラウド上での環境構築では、利用するクラウド事業者ごとにインタフェースの違いがあるが、本サービスでは、利用者がその違いを意識することなく、環境を構築することを可能としている。現在、Amazon Web Service、Microsoft Azure の商用クラウドに加え、北海道大学ハイパフォーマンスインタークラウド、VMWare により管理されるプライベートクラウド上での環境構築が可能である。また、先述の SINET クラウド接続サービスとも連携しており、SINET に直接接続された上記の商用クラウドに対しても利用可能である。

5. おわりに

本稿では、NII が整備・運用を進めている学術情報ネットワーク SINET、ならびに SINET を介してクラウドを活用するためのサービスである学認クラウドについて紹介した。今日の学術情報基盤は、本稿で紹介したネットワークやクラウドに加え、認証、セキュリティ、コンテンツ流通などの多様なサービスが融合された広大なインフラである。NII では、現在、2022 年

度からの運用を計画している次期 SINET の構想を進めているところである。NII では、これからも大学・研究機関等の利用者の声を取り入れながら、共に考え共に創る学術情報基盤の整備に向けて、研究開発ならびに基盤整備を進める予定である。

参考文献

- [1] 日本学術会議情報学委員会，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—」，2014.
- [2] 文部科学省科学技術・学術審議会学術分科会学術情報委員会，「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）」，2014.
- [3] 国立情報学研究所，「学術情報ネットワーク SINET5」，<https://www.sinet.ad.jp/>（2019 年 7 月 23 日閲覧）
- [4] 国立情報学研究所，「学認クラウド」，<http://cloud.gakunin.jp/>（2019 年 7 月 23 日閲覧）
- [5] S. Urushidani, S. Abe, K. Yamanaka, K. Aida, S. Yokoyama, H. Yamada, M. Nakamura, K. Fukuda, M. Koibuchi and S. Yamada, “New directions for a Japanese academic backbone network,” *IEICE Transactions on Information and Systems*, **98**, pp. 546–556, 2015.
- [6] T. Kurimoto, S. Urushidani, H. Yamada, K. Yamanaka, M. Nakamura, S. Abe, K. Fukuda, M. Koibuchi, H. Takakura, S. Yamada and Y. Ji, “SINET5: A low-latency and high-bandwidth backbone network for SDN/NFV era,” In *Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Communications*, pp. 1–7, 2017.
- [7] 漆谷重雄，栗本崇，『時代を映すインフラネットワークと未来—』，丸善ライブラリー，pp. 145–176, 2016.
- [8] 西村健，中村素典，山地一禎，佐藤周行，大谷誠，岡部寿男，曽根原登，“多様なポリシーを反映可能な認証フェデレーション機構の実現,” 電子情報通信学会論文誌，**J96-D**, pp. 1400–1412, 2013.
- [9] REFEDS, “Federations,” <https://refeds.org/federations>（2019 年 7 月 23 日閲覧）
- [10] 国立情報学研究所，「国立情報学研究所 2019 年度要覧（日本語版）」，<https://www.nii.ac.jp/about/overview/catalogue/>（2019 年 7 月 24 日閲覧）
- [11] 国立情報学研究所，「学認クラウド導入支援サービス クラウド活用事例」，<http://cloud.gakunin.jp/interview/>（2019 年 7 月 23 日閲覧）
- [12] 国立情報学研究所，「学認クラウドチェックリスト・スタートアップガイド」，<http://cloud.gakunin.jp/foracademy/#academy-02>（2019 年 7 月 23 日閲覧）
- [13] 国立情報学研究所，「学認クラウドゲートウェイサービス」，<http://cloud.gakunin.jp/cgw/>（2019 年 7 月 23 日閲覧）
- [14] Project Jupyter, “Jupyter,” <https://jupyter.org/>（2019 年 7 月 23 日閲覧）
- [15] A. Takefusa, S. Yokoyama, Y. Masatani, T. Tanjo, K. Saga, M. Nagaku and K. Aida, “Virtual cloud service system for building effective inter-cloud applications,” In *Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science*, pp. 296–303, 2017.