

属性プロバイダーのゲートウェイサービスへの展開と運用評価

西村 健¹ 清水 さや子¹ 古村 隆明² 坂根 栄作¹ 合田 憲人¹

概要: アイデンティティフェデレーションは多くの国で構築されており、日本では、2010年より「学認」と呼ばれる学術認証フェデレーションが構築された。著者らは、学認で利用できるサービスの多様化に伴い、属性プロバイダーとして、任意の「学認 ID の集合」であるグループを作成し、そのグループ情報をサービスでの認可に利用可能とする「GakuNin mAP」を開発し、運用を行っていた。学認では、利用できるサービスは所属機関ごとに異なり、GakuNin mAP で作成したグループごとにも利用できるサービスが異なる。サービスによっては、同じサービス内でも所属するグループごとにアクセス先の URL も異なることがある。このような背景もと、近年、GakuNin mAP で作成するグループの増加や、学認で利用できるサービスの増加に伴い、ユーザーは自身が利用できるサービスやサービス利用時のアクセス先の管理が負担となっていた。これらの解決のため、学認に参加する全機関のユーザー向けに、ユーザーごとに利用できるサービスとアクセス先が一覧で把握できる、学認クラウドゲートウェイサービスの開発を行った。本稿では、開発した学認クラウドゲートウェイサービスの詳細について述べ、実際に運用してきた5年間の実績と評価についても述べる。

Deployment and Operational Evaluation of Attribute Providers to Gateway Services

TAKESHI NISHIMURA¹ SAYAKO SHIMIZU¹ TAKA AKI KOMURA² EISAKU SAKANE¹ KENTO AIDA¹

1. はじめに

オンラインサービスの数が増えるにつれ、認証と認可が重要になり、アイデンティティフェデレーションが注目を集めている。アイデンティティフェデレーションでは、ユーザーの認証情報は、各サービス側でアカウントを管理するのではなく、ユーザーが所属する機関で管理される。ユーザーの認証を処理するエンティティは、アイデンティティプロバイダー (Identity Provider, IdP) と呼ばれる。IdP から認証結果を受け取り、受け取った結果によってユーザーを認可するエンティティは、サービスプロバイダー (Service Provider, SP) と呼ばれる。アイデンティティフェデレーションにより、ユーザーはシングルサインオン (SSO) の利点を得ることができる。つまり、ユーザーが所属する機関の IdP に資格情報を1回送ることで、さまざまな SP を使用できるようになる。一方、SP 側の管理者は、ユーザーの認証情報の管理が不要になるため、ユーザー管理のコストが削減できるという利点がある。

アイデンティティフェデレーションは多くの国で構築され、日本では、2010年に、国立情報学研究所を中心に「学認」と呼ばれる学術認証フェデレーションが構築され、運用を開始した。学認では、Shibboleth を用いた認証を行っており、Shibboleth の仕組みでは、学認の参加機関でそれぞれ運用する IdP がユーザーのアカウント情報を管理しており、SP との間で認証連携を担っている[1][2]。ユーザーが SP を

利用する際、SP は当該ユーザーのアカウント情報を管理する IdP へ認証要求を行い、IdP はユーザーに対して認証を行い、結果を SP に返す。SP は結果を受け取ってその情報を元に認可を行い、引き続きサービス提供を行う。SP 側で認可を行う際、ユーザーの所属機関での身分等さまざまな情報 (以下、属性と呼ぶ) が IdP から提供される[3]。

SP の多様化に伴い、IdP が保持するアカウントの属性情報のみから認可を行うことが難しくなったことより、著者らは、属性プロバイダーとして、IdP が保持するアカウントを基に、任意の「学認 ID の集合」であるグループを作成し、そのグループ情報を SP での認可に利用可能とする「GakuNin mAP」を開発した[4][6]。GakuNin mAP は、サークルのグループ、共同研究のグループなど、機関をまたがる比較的小規模なグループ情報を管理する。グループに所属すると、GakuNin mAP と連携する SP を利用することが可能となる。SP へのログイン時には、その SP 固有の URL にアクセスするという学認の標準の手順を踏襲していた。

しかし、近年、SP の増加に伴い、ユーザーにとって利用可能な SP を把握することや、GakuNin mAP で作成されたグループの増加に伴い、所属グループごとに利用できる SP の把握が負担となっていた。学認に参加している SP はそれぞれ管理主体が異なり固有のログインのための URL を持つ。さらにグループ毎にアクセス先の URL が異なることも多い。一方で、IdP ごとに SP が利用可能かどうかは機

1 国立情報学研究所
National Institute of Informatics
2 京都大学

Kyoto University

関契約等により異なる。ユーザーにとっては、自身の利用可能な SP やログイン先の把握が負担となっていた。

そこで、これらのユーザーの SP 利用時における負担軽減のため、ユーザーが SP の利用時に、所属機関ごとに利用できる SP と、所属グループごとに利用できる SP を一目で把握できるゲートウェイサービスである「学認クラウドゲートウェイサービス」の開発を行った。

学認クラウドゲートウェイサービスは、クラウドゲートウェイポータル (CG ポータル) と mAP Core (旧称 GakuNin mAP) からなる。CG ポータルは、mAP Core からのグループ情報と、IdP から利用可能となっている SP の情報を取得し、アクセスしたユーザーに対して利用可能な SP を提示する。この仕組みにより、ユーザーは、CG ポータルにログインすることで、所属機関の一員として利用できる SP と、所属グループの一員として利用できる SP のアクセス先のリンクを一目で把握することができる。

本論文では、学認クラウドゲートウェイサービスの導入経緯と、GakuNin mAP から学認クラウドゲートウェイサービスへ展開の経緯、学認クラウドゲートウェイサービスの実装と、実際に運用を行った評価について述べる。

2 章では、関連技術として、すでに開発し運用中の GakuNin mAP とその課題、ポータル的な機能を有する既存のサービスと関連研究について述べ、3 章では、学認クラウドゲートウェイサービスの設計と実装について述べる。4 章では、実装した学認クラウドゲートウェイサービスの運用と評価および今後の展望について述べ、5 章でまとめを述べる。

2. 関連技術

本章では、既に構築済みであり運用を行っている学認と GakuNin mAP についての課題について述べ、課題解決のための仕組みに対する関連サービスや先行研究について述べる。

2.1 学認と GakuNin mAP

2.1.1 学認と課題

学認は、日本の学術機関におけるアイデンティティフェデレーションであり、2010 年に構築され運用を開始し、学認の参加機関や SP は年々増加し、2022 年 4 月現在、学認に参加している機関数は約 270、SP 数は約 200 に上る。学認に参加していれば全 SP を利用できるわけではなく、所属機関ごとに利用できる SP が設定されている。また、SP は大学や企業など、それぞれ管理主体が異なり、SP ごとに固有のログインのための URL を持つ。そのため、ユーザーは SP 利用ごとに、利用する SP の URL へそれぞれアクセスする必要があり、SP の数が増えるほど、ログイン先の把握が負担になっていた。eduGAIN[7]のような国を越えたフェデレーション間のフレームワークを利用すれば、利用で

きる SP は数千に上り、どの SP が利用できてどの SP が利用できないかの把握は、さらに大きな課題になる。

2.1.2 GakuNin mAP と課題

GakuNin mAP は学認のメンバー属性のプロバイダーである。GakuNin mAP は、学認の認証フレームワークを活用して、研究室やサークル、授業、共同研究プロジェクトなどの単位で、所属組織を越えた仮想的なグループを作成することができる。作成されたグループのメンバー情報は、GakuNin mAP と連携する meatwiki やしぼすけなどの SP に対して提供され、グループ単位でのアクセス制限などきめ細やかなサービスを提供することが可能である。SP 側は、GakuNin mAP を利用することで、SP ごとにグループ情報を登録する必要がなくなり、一カ所で管理されるグループ情報を、複数の SP から共通に参照することができるようになる (図 1)。

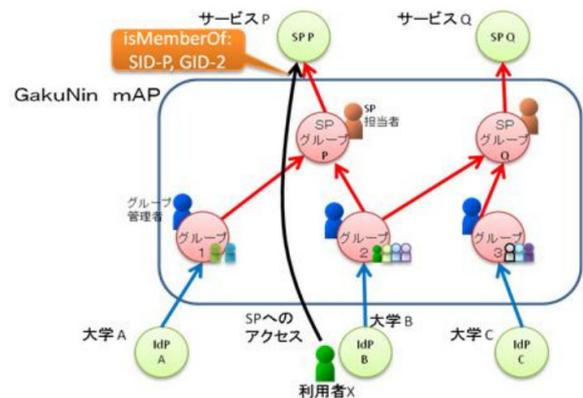


図 1 GakuNin mAP

GakuNin mAP では、近年グループ数が増加し、ユーザーにとっては所属グループが増えるほど、自身が参加しているグループの把握が難しくなった。さらに、同じ SP でも所属グループごとに利用時のアクセス先の URL が異なることが多く、ユーザーはそれらの把握の負担もあった。

2.1.3 本研究における課題

2.1.1 と 2.1.2 より、本研究における課題を以下(ア)(イ)の 2 点とし、これらの解決に向けた検討を行った。

- (ア) ユーザーが利用可能な SP、および SP ごとに異なる利用時のログイン先の把握が困難である
(要因: 学認参加の SP の増加、ただし利用できる SP は所属機関ごとに異なる)
- (イ) ユーザーが所属グループの下で利用できる SP、および SP 利用時のログイン先の把握が困難である
(要因: GakuNin mAP で作成するグループ数の増加)

(ア)においては、所属機関ごとに利用可能な SP を集めたポータルを作成できればよいが、それをするには機関ごとのシステム管理者に負担が大きく、作成したとしても更新が適切になされず使用されなくなる可能性なども考えられる。

そこで、上記(ア)(イ)の2点の課題を統合的に解決するため、機関ごとの利用できる SP と、ユーザーの所属グループごとに利用できる SP の両方が一目で把握でき、そこからログイン先にアクセスできる統一的な学認 SP のゲートウェイ的役割を果たすサービスの開発を行った。

2.2 関連サービス

2.1.3 の(ア)に関連する、ユーザーが利用できるサービスを一目で把握できる既存のサービスとしては、Google 社が提供する Google サービスなどが存在する。「Google アカウント」と呼ばれるサービスでは、アカウントにログインすると、すべての Google サービスがシームレスに連携し、Gmail や Google カレンダー、Google マップなど同期し、スケジュール管理のサポートなどがなされる[8]。

2.1.3 の(イ)に関連する、グループの概念を用いた既存のサービスとしては、「Google グループ」などが存在する。Google グループは、Gmail さえあれば利用可能な個人用サービスと職場や学校などの組織向け「Workspace (旧 G Suite)」が存在する[9]。Google グループでは、グループ内でメーリングリストや Web インターフェースを通じて、共通の話題について話し合うことができ、Google ドライブや Google カレンダーなどの連携も可能である[10]。

Google サービスの利用には、Google アカウントを取得するか Google 社と提携することが必要であることや、ポータルサービスとして利用できるサービスは、Google 社が提供するサービスに限定されていることより、学認と連携し、多くの SP のゲートウェイ的役割を果たすことは難しい。

2.3 先行研究

2.1.3 の(ア)に関連する、ユーザーが利用できるサービスを一目で把握できるサービスとしては、工学や科学の教育研究者や学生向けに、パートナーサイトのリソースを組み合わせた e-Science グリッドコンピューティングインフラストラクチャである Science Gateways が存在する[11][12]。Science Gateways は米国ベースの TeraGrid を使用していたが、現在は Extreme Science and Engineering Discovery Environment (XSEDE) の支援の下で継続されている[13][14]。

XSEDE は米国のアイデンティティフェデレーションである InCommon Federation に参加し、ユーザーが所属する機関の IdP から SAML 認証によってアクセスされている。すなわち、Science Gateways は、日本でいうところの学認の SP と同様、InCommon Federation[15]の SP であり、科学や工学のサービスに対してのゲートウェイとなるサービスで

ある。Science Gateways では、2.1.3 の(イ)に関連するグループの概念のようなものの取り扱いはなく、アカウントごとに、利用できるサービスが Science Gateway 上で管理されている。そのため、所属機関やグループごとに利用できるサービスが異なり、アカウントごとに管理されているため、本研究で求めるような機関ごとに利用可能なサービスを表示する機能は実装されていない。

2.1.3 の(イ)に関連する、グループを用いたサービスとして研究開発されたものとしては、XSEDE の認証コアとしても使われている CILogon[16][17]や eduTEAMS[17][18]がある。CILogon は InCommon などのフェデレーションで認証されたユーザーが他の認証を必要とするサービスを利用できるようにするゲートウェイであり、COmanage[17][19]と連携することによりグループ機能を持つことができる。また、eduTEAMS は eduGAIN の参加機関向けに組織を越えたグループを作成し、連携するサービスでの認可に利用できるものである。いずれも、そのグループ情報は研究コミュニティ等に関じており、機関ポータル等からの利用は想定されていない。また、グループの管理に特化しており、グループごとに利用できるサービスの管理にとどまり、機関ごとに利用できるサービスを一目で把握することはできない。

このように、関連研究では、ユーザーが組織ごとに利用できるサービスと、ユーザーの所属グループごとに利用できるサービスの両方を一目で把握できるゲートウェイ的なサービスは見当たらない。

3. ゲートウェイサービスの開発

先行研究の課題より、本研究では、学認参加機関のユーザー向けに、それぞれの機関ごと、グループごとに、異なる利用可能な SP を一目で把握することができるゲートウェイサービスの開発を行う。

開発するサービスは、学認と連携し、クラウドサービスを提供するゲートウェイサービスとすることより「学認クラウドゲートウェイサービス」と呼ぶこととする。また、本サービスでは、GakuNin mAP で作成するグループ表示やグループごとに異なるサービスの一覧表示もできるようになり、mAP のコア的な役割を果たすことより、GakuNin mAP の機能は「mAP Core」と改名する。

本章では、開発した学認クラウドゲートウェイサービスについて紹介する。

3.1 サービスの要件

学認クラウドゲートウェイサービス構築における要件を以下とする。

- ・ 利用対象を学認参加の全機関のユーザーとする
- ・ 学認の SP とし、認証は各機関の IdP から SAML 認証を

用いること

- ・ 学認の全 SP を対象としたポータルになること（ポータル画面を「CG ポータル」とよぶ）
- ・ CG ポータルでは、機関ごとに利用できる SP、かつ、参加グループごとに利用できる SP が表示されること
- ・ 同じ SP でも所属グループごとにログイン先が異なる場合は、それぞれのログイン先が表示されること
- ・ CG ポータル一覧はカスタマイズ可能であること
- ・ CG ポータル一覧には、学認の SP だけでなく、各機関固有のサービスも登録することができること（機関のポータルとしても対応できるように）
- ・ CG ポータルから、mAP Core のグループの管理（グループの作成、変更、参加グループの表示など）が行えること
- ・ mAP Core で作成できるグループは、所属機関に限定しない、機関をまたがるグループとする

学認と学認クラウドゲートウェイシステムの関係を図 2 に示す。

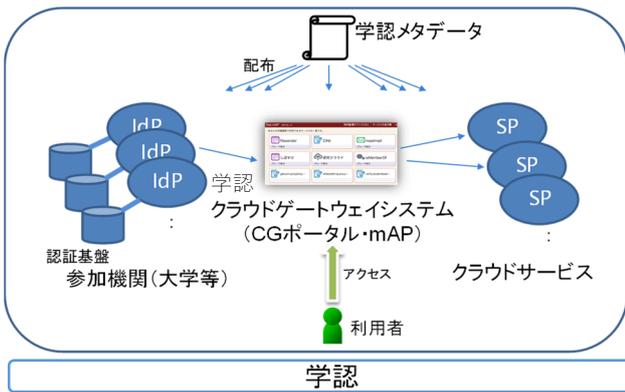


図 2 学認と学認クラウドゲートウェイシステム

3.2 学認クラウドゲートウェイサービスの実装

3.2.1 実装環境

ハードウェアは、AWS(Amazon Web Services)を使用し、ELB ロードバランサーで HTTP と HTTPS とバックチャネル(8443 番ポート)の振り分けを行っている。Web は平常時 2 台稼働し、Web の CPU 負荷（使用率）に応じてオートスケールアウト/オートスケールインを行う。WebMaster/WebSlave は shibd を稼働させ、平常時は WebMaster が shibd マスターを担う。WebMaster は学認メタデータによる DB 更新のバッチ処理を行う。RDS はマルチ AZ 構成とし、不具合発生時には自動的にフェイルオーバーされる。各種ログは転送・集約され、RDS とともに S3 に日次バックアップされる（図 3）。

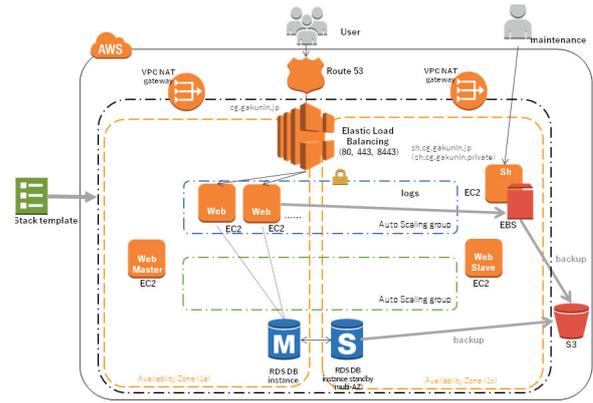


図 3 実装環境構成図

3.2.2 システム構成

学認クラウドゲートウェイシステムの DB 構成は、Org AuthZ DB と mAP Core DB から構成される。

ユーザーが CG ポータルへログインする際には、所属機関の IdP を経由して認証を行う。認証に成功した場合機関契約のサービスについて Org AuthZ DB からそのユーザーが利用可能であるサービスを抽出する。また、mAP Core DB からそのユーザーが所属するグループを求め、さらにそのグループが利用可能なサービスを求める。これらのサービスを組み合わせることにより CG ポータルの表示が行われる。（図 4）

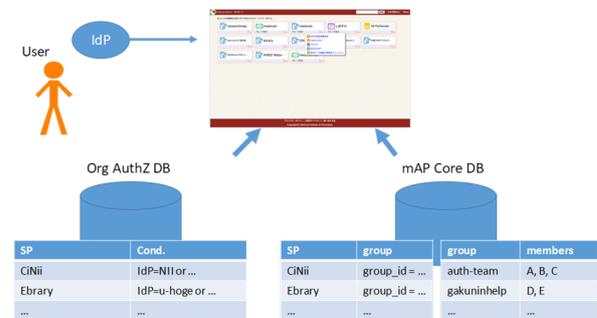


図 4 学認クラウドゲートウェイシステムの DB 構成

学認に参加している機関は、SP のうち、利用可能なサービスを登録すると、自機関の CG ポータルには、利用可能なサービスのみが表示されるようになる（図 5）。学認に参加している SP はシングルサインオンで利用可能になる。さらに学認に参加していないサービスをプライベートサービスとして登録可能であり、学認に参加しているサービスとともに、すべてを一覧表示することができる。例えば、各機関が法人契約しているクラウドサービスや学内サービスなどを、その機関の所属するすべての教職員や学生に提示することができる。

機関が未承認の機関である場合でも、mAP Core のグループに参加しているユーザーが存在しているためである。CGポータルに表示されるサービスは、所属機関ごとに管理する必要があるため所属機関ごとの申請と承認を必要としているが、グループは所属機関にとられないことより、グループの活動が効率的に行えるよう、グループの一覧は表示できるようにしている。

4. 学認クラウドゲートウェイサービスの運用と評価

4.1 利用者の分布

2022年4月現在、mAP Core で管理しているグループ数は約 450、延べグループ参加者数は約 5000 となっている。なお、延べグループ参加者数とは、同一利用者が n 個のグループに所属している場合に n と数える。

図 9-1 は、各機関内の延べグループ参加者数の対数を横軸にとり、該当する参加者を抱える機関数を縦軸にとった分布図である。延べ約 5000 の参加者は、約 120 の機関に分散している。学認フェデレーションの全参加機関数が約 270 であり、mAP Core を利用する機関は全参加機関の 4 割を超えている。しかし、参加者が一人しか登録されていない機関数が 31、参加者が 10 人以下の機関数が約 100 機関ある。

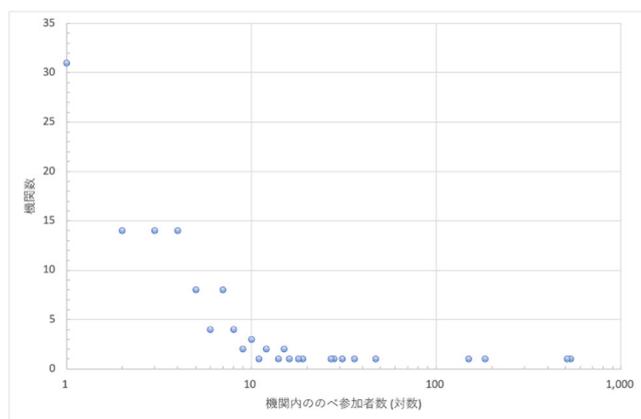


図 9-1 機関内ののべ参加者数と 機関数の分布

図 9-2 は、2021 年度に学認クラウドゲートウェイサービスが何種類の機関から利用されたかを月ごとに集計したグラフである。学認クラウドゲートウェイサービスには約 120 機関が登録されており、年間通して多くの月は約 40 機関からのアクセスに留まっているが、1 月には約 100 機関からの利用が記録されている。1 月に多くの機関から利用されている理由はこの月からアカウント棚卸しの通知メールが開始された影響と考えられる。アカウント棚卸しとは、連続して 2 年間サービスへのアクセスがない場合に自動的にアカウントを削除する仕組みであり、削除予定の 1 か月

前と 2 か月前に削除予定であることの通知メールが送信される。

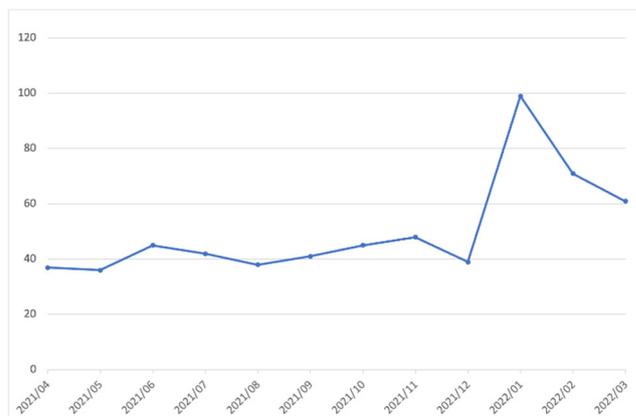


図 9-2 学認クラウドゲートウェイサービスにアクセスした機関数 (全 126 機関中)

4.2 利用者数の推移

2017 年度、2019 年度、2021 年度の CG ポータルにアクセスした利用者数を比較する。図 9-3 は、1 日ごとのユニークアクセス者数を一ヶ月単位で合算した値をプロットしている。なお、2017 年度については、統計データが一部欠損していたため、7 月から 2 月だけをプロットしている。

2017 年度は毎月 200 名弱の利用者数で推移していたが、2019 年度には 200～600 人程度、2021 年度には約 600～1200 人程度と、4 年間で利用者が増加しており、CG ポータルの利用が拡大していることが確認できる。

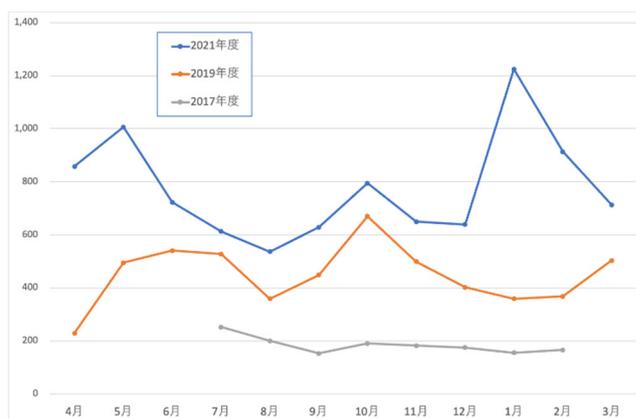


図 9-3 学認クラウドゲートウェイののべ利用者数の推移

図 9-4 は、2021 年度の月ごとのアクティブ利用者数をプロットしている。一日単位のユニークユーザー数を一ヶ月ごとに合算している図 9-2 と比較して、約 1/4 の値で推移していることから、一利用者が平均で一ヶ月に 4 回、CG ポータルを利用していることになる。



図 9-4 学認クラウドゲートウェイサービスのアクティブユーザー数

4.3 評価

学認参加機関の4割を超える約120機関で学認クラウドゲートウェイサービスへの登録があり、2022年1月には約100機関からの利用実績があることから、多くの組織にとって必要な機能を提供していると考えられる。

しかしながら、約100機関で参加者数が10名以下であることから、多くの機関では、ごく限られた利用者が、限定された目的のためだけに利用していると考えられる。一方で、一つの機関内で延べグループ参加者数が500を超えている機関が二つあり、これらの機関ではグループ機能やそれを利用したサービスが効果的に活用されていると考えられる。

利用者数は年々、線形的な増加をしており、爆発的な増加には至っていない。延べグループ参加者数が500程度であればスケーラビリティ上の問題もなく動作している。延べ参加者数が多い機関と極端に少ない機関とに分かれている理由として、mAP Core や CG ポータルを介した各種サービスの利用方法や利便性が一般利用者に伝わっていないことが考えられるが、利用者へのアンケートなどを行って確認する必要がある。

なお、学認クラウドゲートウェイサービスでは、学認に関連しない各機関独自のサービスを、プライベートサービスとして登録することも可能であり、各機関におけるゲートウェイサービスとして利用することも可能である。しかし、これについては、十分に広報できていないという課題もあるが、既にポータルサイトが運用されている機関が多く、そのような場合、本サービスと併用することが難しいことや、リース契約の契約期間の問題で本サービスへ切り替えることが難しいこと、また、各機関のポータルサイトでは個々にお知らせを通知できる機能があり、それを重視される大学があるなど、各機関のゲートウェイサービスとして利用されるに至っていない。今後は広報を進めつつ、各機関のポータルサイトとしても利用できるよう、求めら

れる機能の追加などを検討していきたいと考えている。

機能追加の取り組みの一つとして、特殊な属性を必要とするクラウドサービスへの接続を容易にする認証プロキシの提供を行っているが[20]、これを各種クラウドサービスへ展開することを考えている。またグループ利用において匿名性を高める方式についても検討を行っている。[6]

5. まとめ

本稿では、学認に参加する全機関のユーザー向けに、ユーザーごとに利用できるサービスとログイン先が一覧で把握できるよう開発を行った、学認クラウドゲートウェイサービスについて述べた。

学認で利用できるサービスの増加や、GakuNin mAP で作成するグループの増加に伴い、個々のユーザーにとって、自身が利用できるサービスやサービス利用時のログイン先の管理が負担となっていたことより、学認クラウドゲートウェイサービスの開発に至った。

学認クラウドゲートウェイサービスの毎月の利用者数は、運用当初の2017年度は200名弱で推移していたが、2021年度には約600~1200人にまで拡大しており、多くのユーザーのサービス利用時の負担軽減につながっていると言える。

本稿で提案するサービスは、各機関のポータルサイトとしても利用することが可能であるが、広報が十分にできていないことや既存のポータルとの兼ね合いなどにより、なかなか進んでいない。今後は、各機関のポータルとしても提供していくことができるよう、広報を進めつつ、各機関で求められる機能の追加を行うなど、サービスの強化に努めていきたいと考えている。

参考文献

- [1] 西村健, 中村素典, 山地一禎, 佐藤周行, 大谷誠, 岡部寿男, 曾根原登: 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, 2013/6 Vol. J96-D No. 6
- [2] 学認: <https://www.gakunin.jp/>
- [3] 西村健, 中村素典, 山地一禎, 大谷誠, 岡部寿男, 曾根原登: 日本における学術認証フェデレーション“学認”の展開, 大学ICT推進協議会2011年度年次大会 論文集, D6-5, 2011
- [4] Takeshi Nishimura, Motonori Nakamura, Makoto Otani, Kazutsuna Yamaji, Noboru Sonohara: Group Management System for Federated Identities with Flow Control of Membership Information by Subjects, 2012 IEEE 36th Annual Computer Software and Applications Conference Workshops, 2012
- [5] GakuNin mAP: <https://meatwiki.nii.ac.jp/confluence/display/gakuninmappublic>
- [6] Takeshi Nishimura, Motonori Nakamura, Kazutsuna Yamaji, Hiroyuki Sato, Yasuo Okabe: Privacy Preserving Attribute Aggregation Method without Shared Identifier Binding, Journal of Information Processing, Vol.22, No.3, 472-579, 2014
- [7] G'EANT: G'EANT Services - eduGAIN, available from <http://services.geant.net/edugain/Pages/Home.aspx>.

- [8] Google アカウント :
<https://www.google.com/intl/ja/account/about/>
- [9] Google Workspace : <https://workspace.google.co.jp/intl/ja/>
- [10] Google グループ : <https://groups.google.com/my-groups>
- [11] Jim Basney, Stuart Martin, JP Navarro, Marlon Pierce, Tom Scavo, Leif Strand, Tom Uram, Nancy Wilkins-Diehr, Wenjun Wu, Choonhan Youn : The Problem Solving Environments of TeraGrid, Science Gateways, and the Intersection of the Two, Fourth IEEE International Conference on eScience, 725-734, 2008
- [12] Jim Basney, Von Welch, and Nancy Wilkins-Diehr, "TeraGrid Science Gateway AAAA Model: Implementation and Lessons Learned," TeraGrid Conference, August 2-5, 2010, Pittsburgh, PA.
<http://dx.doi.org/10.1145/1838574.1838576>
- [13] National Science Foundation, OCI-1053575 : XSEDE Production Baseline: Technical Security ,February 22, 2012
- [14] XSEDE : <https://www.xsede.org/about/collaborating-with-xsede>
- [15] InCommon Federation : <https://incommon.org/federation/>
- [16] CILogon : <https://www.cilogon.org>
- [17] Jim Basney, Heather Flanagan, Terry Fleury, Jeff Gaynor, Scott Koranda, Benn Oshrin : CILogon: Enabling Federated Identity and Access Management for Scientific Collaborations, Vol.351 - International Symposium on Grids & Clouds 2019 (ISGC2019) - Network, Security, Infrastructure & Operations, 2019
- [18] eduTEAMS : <https://www.geant.org/Innovation/eduteams>
- [19] Flanagan, H. et al.: Enabling efficient electronic collaboration between LIGO and other astronomy communities using federated identity and CManage, Proc. SPIE 8451, Software and Cyberinfrastructure for Astronomy II, 84511H (online), DOI: 10.1117/12.925713 (2012).
- [20] Eisaku Sakane, Takeshi Nishimura, Kento Aida, Motonori Nakamura : Toward Single Sign-on Establishment for Inter-Cloud Environment, Vol. 351 – International Symposium on Grids & Clouds 2019 (ISGC2019) – Network, Security, Infrastructure & Operations, 2019.