

東京海洋大学における第3期 IC カード学生証導入と運用評価

Introduction and Operational Evaluation of Phase 3 Smart Card Student ID at Tokyo University of Marine Science and Technology

清水 さや子†, 戸田 勝善†‡, 吉田 次郎‡, 横田 賢史†‡

Sayako Shimizu†, Masayoshi Toda†‡, Jiro Yoshida‡, Masashi Yokota†‡

{smz, toda, jiro, yokota}@kaiyodai.ac.jp

† 東京海洋大学情報処理センター

‡ 東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科

† Information Processing Center, Tokyo University of Marine Science and Technology

‡ Graduate School of Marine Science and Technology, Tokyo University of Marine Science and Technology

概要

東京海洋大学では 2006 年より、IC カードと学生証を一体化し、証明書発行、教育システムログイン利用時の認証、図書貸出時の認証などで使用している。このたび、2016 年 3 月に第 3 期 IC カード学生証の更新を行うことになっていたことより、これまでの第 1 期、第 2 期 IC カード学生証の運用評価を行い、利便性や運用効率化を図りつつコスト削減を目指して第 3 期 IC カード学生証の導入検討を行った。本論文では、第 1 期、第 2 期 IC カード学生証の運用と評価について述べ、第 3 期におけるカードタイプの変更によるカード発行などにかかるコストの削減と教育システムのログイン方法の変更などによる管理運用に係る人的コストの削減などについて述べる。また、第 3 期 IC カードに更新されてから約 4 か月間運用した報告も行う。第 3 期では、カードタイプは FeliCa ハイブリッドから FeliCa に更新を行った。これまで非接触チップを用いていた教育システムのログイン時の PIN コード紛失対策として、管理者が都度 PIN コードの再発行を行わなくてもユーザ自身でシステムのパスワードを用いて PIN コードを変更できる仕組みを取り入れた。

キーワード

IC カード, 認証, 教育システム, PIN コード, パスワード, FeliCa

1. はじめに

近年、情報サービスの利用時に ID とパスワードだけ

では、なりすましなどの危険性が高いため、IC カードなどの他の要素を用いた個人認証を重要視した認証が求められる[1][2]。大学などの機関では、IC カードを身分証と合わせて導入し、組織内における様々なサービスの認証に利用していることが多い[3][4]。

東京海洋大学においても、大学合併前の旧水産大学においてなりすましによる事件が発生して以来、教育システムにおいて IC カードによる認証が導入され、2006 年より、全学的に IC カード学生証として、様々なシステムの認証に用いている[5][6]. 2006 年には第 1 期 IC カード学生証、2011 年には第 2 期 IC カード学生証に更新し、さらに、2016 年 3 月に第 3 期の IC カード学生証への更新を行った。

本論文では、第 1 期と第 2 期の IC カード学生証の運用評価を行い、それを元に利便性を確保しつつ、コスト削減を目指して更新を行った第 3 期の IC カード学生証について紹介する。

第 3 期 IC カード学生証では、カードタイプが FeliCa ハイブリッドタイプから FeliCa タイプになったことによるカード発行など物理的な製品やライセンス、付随するシステムを導入する際にかかるコスト（以下、カード発行コストと呼ぶ）の削減と、人的な管理・運用にかかるコスト（以下、管理運用コストと呼ぶ）の削減を実現した。管理運用コストでは、接触チップを廃止したことにより、接触チップの破損による再発行手続きなどに要していた人的なコストの削減を実現した。また、これまで非接触チップによる認証を行っていた教育システムのログイン方法を FeliCa で行えるよう見直しを行い、それに合わせて PIN コードとシステム用パスワードを相互に再設定できる仕組みを導入することにより、PIN コード紛失時に要していた管理運用コストの削減も実現した。

なお、東京海洋大学は、2 つの大学が合併して設立された大学であり、システムは可能な範囲で共通化しているが、学部ごとに地理的にキャンパスが離れており、それぞれの特徴を生かした運用を求められていることより、キャンパス間で運用方針が必ずしも一致していないことがある。本稿では、東京海洋大学全体について述べるが、利用統計の取得などはキャンパスごとに行っていることより、著者らの所属する品川キャンパスに関することを中心に評価した箇所もある。

2 章では IC カードに関する関連技術について述べ、3 章では東京海洋大学における IC カード学生用の導入経緯、運用評価について述べる。4 章では 3 章における評価に基づき更新した第 3 期 IC カード学生証の導入と評価について述べ、最後に 5 章でまとめを述べる。

2. 関連技術

2.1. IC カードの必要性

近年、様々なサービスを利用する際の認証方式には ID とパスワードによる認証が広く用いられる。しかし、そ

れだけでは ID は学籍番号や職員番号、メールアドレスなどから推測することが容易な場合も多い中、パスワードは比較的容易に盗まれやすいことにより悪用につながる可能性が高い。

そこで、ID とパスワードにもう一つ別の要素を加えることが検討されている[7][8]. もう一つ別の認証の要素としては、IC カード、ワンタイムパスワード、画像認証、マトリックス認証、指紋認証などあるが、利用者にとって比較的容易に利用できる仕組みとする必要がある。

多要素認証の手段として IC カードは、比較的安価に導入でき、比較的汎用性が高いことにより多くのシステムでの利用が期待されることより、多くの組織で検討され導入に至っている[9]. 大学などの組織では IC カードを導入する際には、身分証などと合わせて導入している場合が多い。

IC カードには券面上に IC チップ（金属）が埋め込まれており、チップと接触することで通信を行う接触型と、カード内にアンテナを格納し無線により通信を行う非接触型がある。非接触型には、TASPO など用いられている TypeA、公共の運転免許証やマイナンバーカードなどで用いられている TypeB、交通系のカードやプリペイドカードとして日本で多く普及している FeliCa の 3 種類が代表的である。TypeA は比較的安価であるが、格納できる情報量が非常に少ない。TypeB は格納できる情報量は多く、多目的使用が可能である。日本においては処理速度の速い FeliCa が多くの交通機関で相互利用されており普及率が高く、比較的安価となっている。また、接触型 IC カードと非接触型 IC カードの両方を搭載したハイブリッドカードも存在する。

2.2. 大学における IC カードの活用事例

近年、さまざまな大学において身分証と合わせた IC カードが導入されている[3][4][10][11].

大学ごとにカードの種類や利用用途は異なるが、多く導入されているカードの種類は FeliCa であり、FCF キャンパスに準拠している場合が多い。FCF キャンパスに準拠することで[12], 出席管理や証明書発行などのシステムと容易に連携することが可能となる。また、後にメモリを必要とするようなサービスの追加も可能となる。クレジットカードや交通系カードと提携している組織もある。

最近では、ID の統合化や統合認証基盤の整備により、認証基盤と連携し IC カードの管理を統合的に行う組織も増えている。IC カードの用途は、身分証のほか、建物の入退館での利用、証明書発行、図書館における図書貸出、端末へのログイン、生協における電子マネーなどで使用されている。

3. 東京海洋大学における IC カード学生証の導入経緯

3.1. 東京海洋大学における IC カード導入

東京海洋大学は2003年10月1日に旧東京商船大学と旧東京水産大学が統合されて発足した大学である。大学の合併と同時に東京海洋大学情報処理センターも設立された。ICカードは、合併前の旧東京水産大学においては、1999年5月になりすましによる事件が発生したことにより、2000年5月より導入され、教育システムのログイン時に使用していた。大学合併後も旧東京水産大学を継承した品川キャンパスにおいてはICカードによる教育システムの利用時の認証を行っていた。旧東京商船大学では、IDとパスワードのみによる認証を行っていた。

大学の合併から約3年が経過した2006年に第1期東京海洋大学情報処理センターシステムの更新時と合わせて、ICカードと学生証を合わせたICカード学生証の導入を行った。その際には、キャンパスごとに独立して稼働していたシステムから統合可能なシステムの統合、統合認証基盤の整備などを行った。

2011年には第2期情報処理センターシステム更新があり、その際にICカードの全学導入にむけて、システムの運用効率化の統合認証基盤の見直しなどを行った[5][6][13]。

2016年3月、第3期情報処理センターシステムの更新に伴い、ICカード学生証の見直しを行い、カード発行コストや管理運用コストに関して、コストを抑えた仕組みを導入した。

ICカード学生証導入当時は他大学に先行する形で導入していたが、第1期から第2期、第3期のそれぞれの期においては、運用上の課題や社会情勢の変化などにより、同一タイプのICカードの継続を行わず、システム更新に合わせて変更を行い、都度在学生に対して交換を行ってきた。第2期から非接触部分においては、FeliCaタイプを継続することを想定しており、FeliCaを用いたサービス展開への実証実験や、汎用性のあるシステムの導入を段階的に行っている(図1)。

3.2. 第1期、第2期ICカード学生証の活用

第1期ICカード学生証は、Type B コンビネーションタイプであり、将来的な拡張やセキュリティ強化のためにPKI導入も視野に入れられていた。ICカード学生証は以下の用途で用いられていた。ICカード学生証には図書館貸出システム用のバーコードが記載されていた。

- ・ 教育システムのログイン (接触)
 - 情報処理センター教育端末のログイン
 - 図書館蔵書検索端末のログイン
- ・ 教務課証明書発行システム (非接触)
- ・ 図書館貸出システム (バーコード)

教育システムはネットブートにより、情報処理センターの教育端末と図書館蔵書検索端末で利用していた。

しかし、Type Bはセキュアである反面、カード一枚当たりの価格は高く、導入当初は将来的な普及を見据えていたが、実際には公的利用を除けば普及率は低く、多くのサービスへの展開も難しかった。

そして、第2期導入検討時には、日本国内においてはFeliCaの大量な普及が進んでいたことより、FeliCaカ

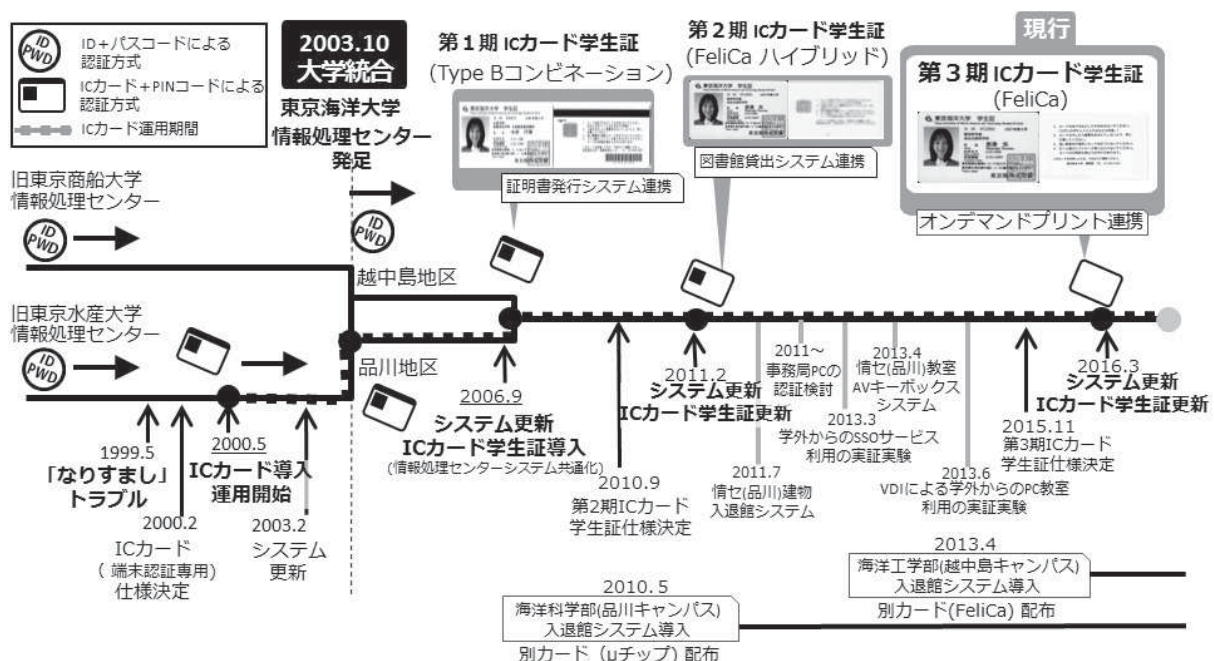


図1 東京海洋大学におけるICカード導入の経緯

ードの1枚当たりの費用は低くなっていた。そのような中、東京海洋大学においては、将来的にPKI導入も考慮に入れていたことと、大学の事情による教育システムログイン時の接触チップ利用を継続する必要があったことより、FeliCaハイブリッドタイプへの変更が決定された。

第2期における利用用途は以下である。

- ・ 教育システムのログイン（接触）
 - ▶ 情報処理センター教育端末のログイン
 - ▶ 図書館蔵書検索端末のログイン
- ・ 教務課証明書発行システム（非接触）
- ・ 図書館貸出システム（非接触）
- ・ 情報処理センター品川地区建物入退館システム（非接触）

なお、第2期では、学外からのSSOサービスの利用、VDIによる学外からのPC教室利用などの実証実験を行い、事務局PCの認証などにおいてもICカード認証ができるよう検討していた。しかし、教職員証の導入が停滞しているため、実現できなかったまま現在に至っている。教育システムを利用する教職員においては、ICカード学生証と同タイプの情報処理センターICカードを配布している。第2期の途中には、FeliCaを用いた情報処理センター品川地区の建物の入退館システムと、教室のAVキーボックス認証システムを導入し、ICカード学生証と情報処理センターICカードにより認証を行っている。また、第2期の開始前に海洋科学部（品川キャンパス）建物入退館システムが導入されμチップによる運用が行われ、第2期の途中には、海洋工学部（越中島キャンパス）入退館システムが導入され、別のFeliCaカードにて運用されている。いずれも、ICカード教職員証が導入されれば、ICカード学生証とICカード教職員証に移行される予定とされている（図1）。

3.3. 教育システムログイン時のICカード認証

品川キャンパスでは大学合併前の2000年より、大学全体としては2006年より、教育システムのログイン時にICカードによる認証を行ってきた。専用の認証システムを構築し、認証時には接触チップとPINコードによる認証を行ってきた。教育システム利用時に厳格な本人認証を行うことと、利用者の利便性を考慮して、ICカード学生証を教育用PCのリーダーに挿入することでPCが起動し、カードを抜去することで、PCがシャットダウンされる仕組みとすることより、接触チップが推奨されてきた。利用者が教育システムのログイン時には、ICカードとPINコード入力による認証を行うことで、セキュリティを高めていた。PINコードは、初期値のものを

使用し続けられないよう初回ログイン時に任意のPINコードに変更する仕組みとしていた。

第1期の導入時に統合認証システムが導入されたが、ユーザにとっては統合認証システムの馴染みが薄かったため、システムのパスワードの紛失者が多く、再設定手続きに対応する負担が高かった。そのため、教育システム上では、システムのパスワードの変更はPINコードが分かれば、変更できる仕組みとした。この時より、パスワード再設定手続き者の対応が激減している[5]。

3.4. 第1期、第2期の運用評価

第1期から第2期になる際にType BコンビネーションタイプからFeliCaハイブリッドタイプに変更されたことより、FeliCaに対応したシステムが利用できるようになった。それにより、図書貸出システムがバーコードによる認証からFeliCaによる認証に変わった。また、3.2のとおり、FeliCa導入による利用サービスの拡張や、実証実験などを行い将来的な利用可能性を広げた。

なりすまし事件の教訓から教育端末使用時にはIDとパスワード以外にICカードとPINコードによる厳密な本人認証を行ってきたことにより、現時点におけるなりすましなどによるトラブルは発生していない。

第2期では、非接触にFeliCaタイプを用いることでカード1枚当たりの費用は削減されたが、接触チップを搭載していたことより、依然としてカード1枚当たりの費用は高額であった。接触チップは組織ごとに専用で作られるものであるため、まだまだ中小規模の組織では1枚当たりの単価が高額であった。更に、第2期の運用中に、製造会社側の事情で接触チップの規格が変更になることがあるにも関わらず、それが発生する都度接触チップの開発コストが発生することが判明した。また、接触チップの取り扱いにおいてはICカード学生証内の注意書きにも記しているが、接触チップの破損による再発行が後を絶たなかった。カード発行機を保有していないため、再発行には数週間要すことより、その間利用希望者に対してはゲストカードを貸出すなど、都度対応を行っていた。

これらより、第3期では、接触チップを廃止しFeliCaタイプのみでの運用を検討することとなった。

4. 東京海洋大学第3期ICカード学生証

4.1. 第3期ICカード学生証導入の要件

第3期でICカード学生証を利用するシステムは以下と想定された。

- ・ 教育システムのログイン
 - ▶ 情報処理センター教育端末のログイン
 - ▶ 図書館蔵書検索端末のログイン
- ・ 教務課証明書発行システム
- ・ 図書館貸出システム
- ・ 情報処理センター品川地区建物入退館システム
- ・ 情報処理センター品川地区 AV キーボックスシステム
- ・ 学外からの SSO などのアクセス (将来的に)
- ・ PKI (将来的に)

これまで接触チップを用いていた教育システムのログイン方法と将来的に導入予定である PKI 利用については、接触チップを用いず FeliCa タイプのみで対応可能か検討が必要であった。

4.2. 第3期 IC カード学生証導入に向けた検討

教育システムにおいて、FeliCa を用いる際、これまでのようにカード内に PIN コードなどの文字列を格納することは難しい。そのため、別途管理されているシステムのパスワードを入力させることが一般的である。しかし、教育システムのログイン認証については、これまでとほぼ同等のセキュリティレベルを保った認証の仕組みにし、利用者に混乱を招かないようにすることが求められる。そのため、システムのパスワードではなく、これまでと同様に PIN コードと呼称する文字列を入力することとした。接触チップを用いた場合は、カード内に格納されている PIN コードと入力した PIN コードの照合をログインする PC 上で行っていたが、FeliCa では PIN コード情報をカード内に容易に格納できないことより、カードと PIN コード認証用のシステムを一つ追加することで実現することと検討した。合せて、これまで負担となっていた PIN コード紛失者の対応について、効率的に運用できる仕組みを検討することになった。

これまでの仕組みでは、パスワードを紛失しても、教育システムにログインできれば (PIN コードが分かれば)、パスワードの変更が行える。しかし、PIN コードを紛失した場合は、PIN コードの再設定手続きが必要とされていた。再設定に要する負担軽減のため、運用側では対応時間を決めて再設定を行っていたが、利用者は対応時間まで教育システムが使用できないことや、授業などで使用する際には対応時間外の対応が求められることがあり、利用者与管理者共に非効率であった。そこで、パスワードが分かれば PIN コードが変更できる仕組みの検討を行った。

また、将来的に導入検討されていた PKI においては、FeliCa の FCF フォーマットの規格を用いることで、ク

ライアント証明書を引き出し、一時的に証明書をインストールした状態にする仕組みである UPKI パスシステムなどの研究が進められている[10][14]。現在 UPKI パスシステムを大々的に運用している組織は少ないが、将来的に PKI を導入する際には、UPKI パスシステムなどの仕組みを用いることが可能であると考えられた。

これらより、第3期では接触チップを廃止して、FeliCa タイプのみでも要件が満たせることが判明したため、第3期においては、FeliCa タイプを導入することになった。

4.3. 第3期 IC カード学生証を用いた教育システム

2016年3月のシステム更新により、教育システムは Phantossys (ファンタシー) のネットブートを用いられることになった。OS は Windows8 であり、PaSoRi リーダを外付けしている。

FeliCa ではカード内に PIN コード情報を格納することは難しいため、別途カード情報と PIN コードを認証するためのカード認証システムを構築した。教育システムでは、IC カード学生証のデータと PIN コードをカード認証システムに送り、認証に照合すれば該当 ID とパスワードを Windows ドメインサーバに送り、認証に成功すれば Windows を起動する。利用者は、教育端末や蔵書検索端末を利用する際、電源オン後、カードリーダーに IC カード学生証をかざし、PIN コード入力を行うことで、ログインする。

FeliCa では、随時 Polling を行うことにより、カードをかざしている間だけ Windows を起動し、カードをリーダーから離すとシャットダウンする仕組みとする。ただし、2016年3月よりオンデマンドプリンタが導入され印刷時に IC カードによる照合を行うことになった。教育端末から印刷ジョブを投げて印刷を行う都度、教育端末をシャットダウンすることは非効率であることより、カードをリーダーから一定の時間離してもシャットダウンしない仕組みとしている。具体的には、カードをリーダーから離すとロック状態になり、10分後にシャットダウンが行われる。即時シャットダウンしたい場合は「今すぐシャットダウンを行う」ボタンをクリックする。

4.4. 教育システムにおける PIN コードの管理運用

利用者の利便性と運用効率化に伴い、これまでの仕組みでは、パスワードを紛失しても、教育システムにログインできれば (PIN コードが分かれば) パスワードの変更が行える。しかし、PIN コードを紛失した場合は、PIN コードの再設定手続きが必要とされていた。そのためユーザーおよび管理者にとって再設定に要する負担が高かった。これらを軽減するため、管理者側では対応時間を決

めて再設定を行っていたが、ユーザは対応時間まで教育システムが使用できないことや、授業などで使用する際には対応時間外の対応が急遽求められることがあり、利用者と管理者共に非効率であった。そこで、システムのパスワードが分かれば PIN コードが変更できる仕組みを導入した。

PIN コード情報はカード認証システムで格納するが、システムのパスワードが分かれば PIN コード変更できる仕組みとするため、統合認証基盤と連携し、認証サーバに PIN コード情報も格納する。認証サーバに新 PIN コードを登録することで、カード認証システムなど必要なシステムにプロビジョニングを行う。

利用者は PIN コード紛失時には、教育端末にログインできないため、自身の研究室などの学内の PC から PIN コード再設定用の Web サイト（学内限定）へアクセスし、自身の ID とパスワードを入力後、新 PIN コードを入力する（図 2）。

教育端末から PIN コード変更時の操作は、利用者側はこれまでの操作と同様である。教育端末にログインし、専用ツールで新 PIN コードを入力する。システム側では、カード認証システムから認証サーバに新 PIN コード情報を送る。

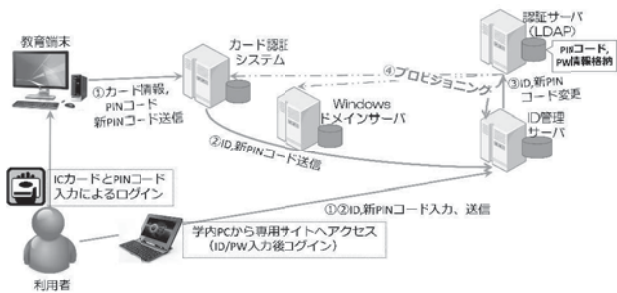


図 2 PIN コード変更フロー

4.5. 第 3 期 IC カード学生証導入の評価

第 3 期 IC カード学生証では、カードタイプを FeliCa にしたことより、カード発行コストと管理運用コストが削減された。付随するシステムの導入においては、接触チップによる認証を行う場合は、独自システムを構築する必要があったが、近年 FeliCa を用いた様々なサービスが開発されていることより、付随するシステムを比較的安価に導入することができた。将来的に付随するシステムを追加する際にも導入に係るコストも削減されることが期待される。

IC カード学生証の再発行者は、2016年7月時点では、例年に比べると減少している（図 3）。図 3 では、「2016 年度～7 月」は、接触チップが廃止されたことによりカード破損による再発行者はゼロであるが、例年に比べて件数が低いのは 2016 年 3 月に在学生向けに新 IC カード

学生証を発行したため、それまでに紛失していたが再発行申請を行っていなかった者が数名程度存在する可能性はある。ただし、全体的には再発行者数が減っていることより、再発行の都度、手続きに要していた負担が軽減された。

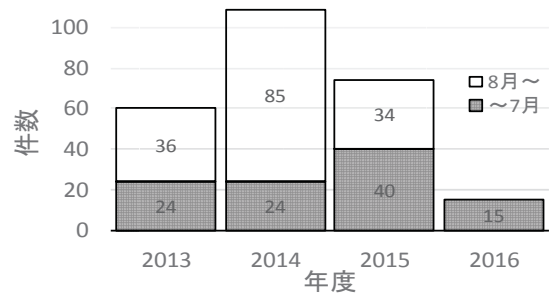


図 3 カード破損・紛失等による再発行件数

教育システムのログインにおいては PIN コードの紛失時にもシステムパスワードが分かれば自身で再設定できることより、これまでの PIN コード再設定者の数が激減した（図 4）。それに伴い、手続きの度に要していた負担が削減された。図 4 の 2016 年前学期の PIN 再設定申請者は PIN コードとシステムパスワード両方の紛失者である。

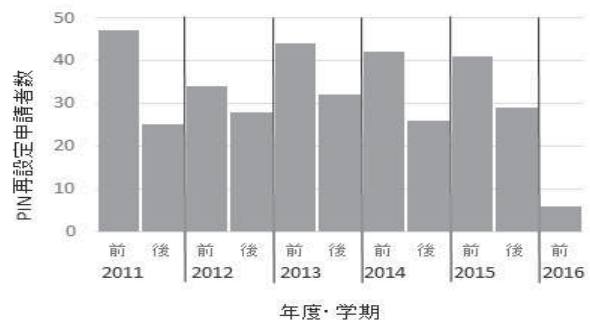


図 4 PIN コード再設定申請者数（品川地区のみ）

PIN コード紛失者の自身での再設定方法については、現時点では、利用者の利便性とシステム管理者の負担軽減を中心に検討した結果、システムのパスワードが分かれば変更できる仕組みとした。リスク対運用利便性の観点については、PIN は教育システムのログオンのみを利用されるものであり、さらに IC カード学生証とセットでなければ利用できないので、悪用されるリスクは低いと判断し、運用利便性を重視することとした。

また、カードリーダーからカードを抜去してシャットダウンする仕組みであったため、IC カード学生証を忘れて帰る人は少なかったが、第 3 期より、カードをリーダーから離しても即シャットダウンしない仕組みであることより、第 3 期の導入当初は IC カード学生証を置いたまま帰る学生が増加傾向であった。しかし、授業での呼びかけや、掲示物を用いるなど運用でカバーすることによ

り、第3期が導入されてから約3か月後には、学生証を放置したまま帰る学生の数は減少している。

第3期 IC カード学生証は、これまで接触チップを用いていた教育システムの利用が非接触チップに変更になることより、全学生が交換対象となった。交換はシステムの切替日に合わせて2016年3月に、2016年度末に卒業・修了予定以外の在学生全員の約2500名に対して行った。春季休業期間中であつたため、キャンパスごと、大学院、学科、学年などごとにより、登校が必要な日を交換日として設定し、交換日に登校できなかった学生に対しては、後日、学生担当掛の窓口で随時、交換を行った。ほぼ全学生に対する交換が終わつたのは、指定の交換日より約1か月後であつた。実際に交換作業を行ったのは学生担当の事務スタッフであつたが、年度末多忙な時期に非常に多くの労力が必要となつた。そのため、実際の教育システムの利用頻度は学部4年生以上や大学院生などにおいては非常に低いため、スタッフの負担を考慮すると、交換せずにゲストカード等で対応してもよかつたのではないかとの意見もあり、次回に向けては、スタッフの負担軽減を目指して、交換時期や交換範囲、段階的な更新を行う方法などが検討課題となっている。

5. まとめ

本論文では、近年、身分証と合わせて導入される IC カードについて、比較的早くから導入し運用実績のある東京海洋大学においてこれまでの運用評価を行い、2016年3月に導入された第3期 IC カード学生証の更新について述べた。

第3期では、FeliCa タイプになつたことより、これまで接触チップを用いて認証を行っていた教育システムでは認証方法の再検討を行い、ユーザに混乱を招かないようほぼ同様の仕組みで認証が行えるような仕組みとした。また、PIN コード紛失時に効率的な運用ができるよう、システムパスワードが分かれば自身でも PIN コード変更を行える仕組みとした。

第3期に合わせて IC カード教職員証導入が検討されていたが、近年、大学においてマイナンバーカードを身分証として用いるなどの話題があつたことより、IC カード教職員証の導入が見送られた。マイナンバーカードが身分証として用いられた場合、カードタイプは FeliCa ではないため、今後、共存できる仕組みの検討が必要になると考える。

参考文献

- [1] 鈴木宏哉, 山口利恵: 個人認証における認証要素の特性と多要素認証への適用に関する考察, 情報処理学会研究報告, IOT33, 1-8
- [2] 多田充: パスワード認証の強化策, 学術情報処理研究, NO19,40-49, 2015
- [3] 上原哲太郎, 清水晶一, 永井靖浩, 古村隆明, 喜多一: 大学における認証 IC カードの導入状況, 情報処理学会研究報告, IOT4, 253-258
- [4] 安浦寛人: 九州大学全学 IC カード導入プロジェクト: 九州大学大学院システム情報科学研究院 21世紀 COE プログラム 第7回研究活動説明会資料, 5-10, 2004
- [5] 清水さや子, 横田賢史, 戸田勝善, 吉田次郎: 東京海洋大学における IC カード学生証の運用・評価および今後の展開, 学術情報処理研究 No. 13, 64-73, 2009
- [6] 清水さや子, 横田賢史, 戸田勝善, 吉田次郎: 東京海洋大学における全学 IC カード導入と多機能化に向けた取り組み, 学術情報処理研究 No.14, 149-152, 2010
- [7] 古原和邦, 辛星漢: 漏えいに強いパスワード認証とその応用, シンセイシオロジー研究論文, Vol7, No.3, pp179-189, 2014
- [8] 高田哲司: セキュリティとユーザビリティ特集個人認証におけるセキュリティとユーザビリティ, ヒューマンインタフェース学会誌 Vol.9, No.1, 2007
- [9] 長野市公共交通活性化・再生協議会: 長野市地域公共交通総合連携計画, 2009
- [10] 松平拓也: 大学におけるクライアント証明書利用イメージ, 平成 27 年度第 1 回学術情報基盤オープンフォーラム, 2015
- [11] 内藤久資, 久保仁, 平野靖, 葛生和人: IC カード職員証・学生証の導入, 名古屋大学情報連携基盤センターニュース, Vol.7, No.2, 2008
- [12] FCF 推進フォーラム: <http://www.fcf.jp/index.html>
- [13] 清水さや子, 戸田勝善, 吉田次郎: IC カード全学導入に向けた認証基盤システム整備と評価, 学術情報処理研究 No.16, 122-130, 2012
- [14] 中村素典, 西村健, 山地一禎: UPKI パス: FCF キャンパスカードと証明書ストアサーバとの連携によるクライアント証明書活用システムの改良, 情報処理学会研究報告, CSEC-69(30), 1-8, 2015