

# News

## CONTENTS

- 02 巻頭特集：研究プロジェクト紹介
- 04 New Laboratory
- 05 TOPICS
- 07 受賞にあたって RIEC 豆知識
- 08 通研共同プロジェクト 研究採択一覧



巻頭  
特集

研究プロジェクト紹介

## 磁気式3次元

## モーションセンサシステムの

## 試作とそのさまざまな分野への応用

▲垂直磁気記録実験装置

元電気通信研究所所長の岩崎俊一博士によって1977年に発明された垂直磁気記録は、ハードディスク装置の記録密度を飛躍的に向上させました。写真は、垂直磁気記録の発明当時、実験をする際に実際に使用していた装置です。左上の拡大写真中にある記録用ヘッドとディスクは自作されたものです。この装置を使って、世界で初めて垂直磁気記録ディスクでのデータの読み書きに成功しました。



巻頭  
特集

## 研究プロジェクト紹介 磁気式3次元モーションセンサシステムの 試作とそのさまざまな分野への応用



教授 北村 喜文

### 1. はじめに

人の運動などを計測する3次元モーションセンサは、人の自然な手・身体の動きやジェスチャを利用して、誰でも直感的にコンピュータやその他の機械を使える未来型のユーザインタフェースを実現する重要な要素技術の1つとして、盛んに利用されてきました。これまで、さまざまな原理に基づくものが提案されてきましたが、いずれも原理上の制約から3次元の運動を計測できる対象に制限があり、利用できる分野は限定的でした。たとえば、道具使用時の細かい手作業中の手指の運動や、土中や障害物の中で動き回る小動物の運動、互いに複雑に絡み合う多関節物体の動き、流体の3次元的な動きなどを直接計測することはできませんでした。それは、カメラや距離画像入力装置を用いた光学式の手法によるモーションセンサでは、隠れ（オクルージョン）のために計測できない死角があり、複数の指や個体をそれぞれ区別して安定的に計測することが難しかったためです。また交流磁気式の3次元モーションセンサも幅広く利用されてきましたが、電源供給や通信のために一般にセンサは有線接続されるため、上記のような対象の運動には邪魔になり、これを回避しようと無線通信やバッテリーを搭載すると、センサ自体が大きく重くなって、やはり自由な運動を阻害していました。

そこで我々は、これら従来は計測できなかった対象の3次元の動きを計測できる新しい磁気式モーションセンサシステムを実現する研究を、計測原理を提案した電気通信研究所内の石山・柙研究室と進めてきました。そして、その精度や計算速度を向

上させるとともに、これを用いてジェスチャを用いたユーザインタフェースなど、いくつかの分野への応用を図ることを目標として、学内と学外の国内外の研究者との協力で、研究に取り組んでいます。

### 2. 磁気式3次元モーションセンサシステムの試作

本研究で提案している磁気式3次元モーションセンサシステムの原理を図1に示します。励磁コイル（driving coil）によって生成される磁界中に置かれたLC共振型磁気マーカ（LCコイル）が発する誘導磁界を複数の磁界センサ（pick-up array）で検出し、それらの計測データを基にマーカの3次元位置を特定します。異なる複数の周波数を畳み込んで励磁することにより、これらに対応する複数の共振周波数を持つLCコイル（マーカ）が発する誘導磁界をそれぞれFFTにより識別することができます。この際、LCコイルの軸が励磁コイル（driving coil）によって生成される磁界の向きに垂直に近い図1のID: Cのような姿勢の場合、LCコイルを貫く磁束が不足し、計測に十分な強度の誘導磁界を発生できないために、3次元位置を計測できないという問題がありました。

そこで本研究では、機械学習等を用いて安定な解を高速で計算するアルゴリズムを確立することによりこの問題を解決し、あらゆる姿勢のマーカの3次元位置を計測できるシステムを実現することを第1の目的としています。これまでの研究で、各LCコイル（マーカ）を、重さ1g、直径4mm、長さ15mmの小型軽量で作成し、15個までをそれぞれ区別して、1mm程度

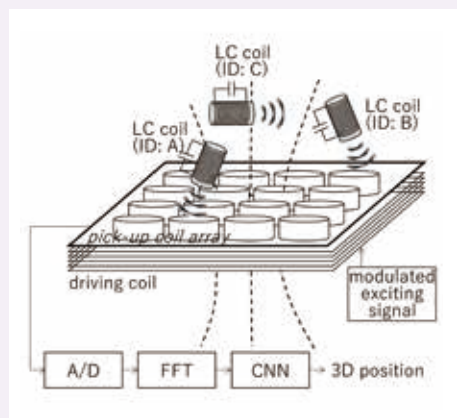


図1 磁気式3次元モーションセンサシステムの原理図

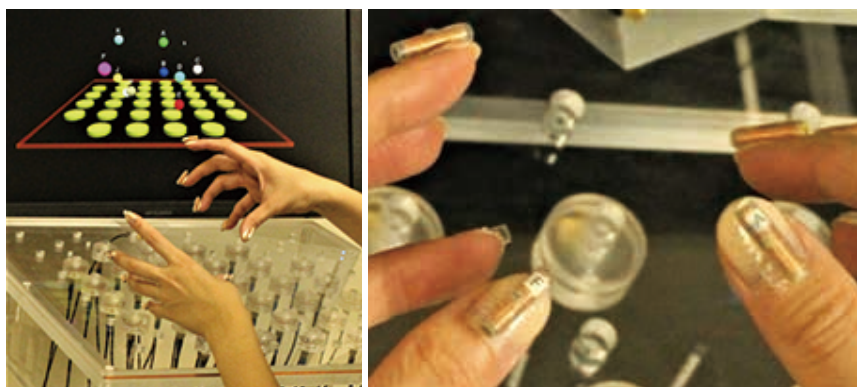


図2 各指に装着したLCコイル（マーカ）による手指の運動計測

以下の位置精度で同時に約 30Hz で検出できることを確認しています。このシステムのマーカは、ワイヤレスでバッテリーレスで、オクルージョンの問題もない等、他に類を見ない大変ユニークな特徴を有しています。そのため、上述のこれまでできなかったモーション計測を可能とする唯一の方法だと言えます。そこで、これらの分野の問題の解決に寄与することを第 2 の目的としています。

### 3. さまざまな分野への応用

科学技術の多くの分野で、従来は 3 次元モーション計測ができなかったために取り組むことができなかった問題のいくつかは、2 章のシステムを活用することによって、解決の糸口を与えようと考えています。その例を簡単に紹介します。

#### (a) 道具操作時の細かい手指運動のモーションデータベース構築とアニメーションの自動生成

コンピュータアニメーションの研究分野では、繊細な手指運動、特に手で道具などの物体を操作する動きのモーションデータベース構築が期待されていますが、その目的に適したモーションセンサがこれまでありませんでした。本システムは、光学的な遮蔽を問題とせず、複数の点を実時間計測可能であるため、この目的に適しています。図 2 のように LC コイル (マーカ) を各指等に装着して被験者実験を行い、道具操作等の運動を大量に収集して、データベースを構築します。これは、アニメーションの自動生成等、コンピュータアニメーションの研究に新しい可能性を与えることができます。

#### (b) 昆虫やマウス等の小動物の 3 次元モーション長時間連続計測

土中や障害物の中で動き回る小動物の運動は、従来システムでは計測することができませんでした。本システムは、小型軽量のマーカでオクルージョンの問題もないため、この問題解決が可能です。しかも、マーカはワイヤレスでバッテリーも必要ないため、小動物の運動を妨げることなく、数日でも、あるいはもっと長時間の連続計測が可能です。図 3 はクワガタに LC コイル (マーカ) を装着した例です。他にも、障害物と同じケージ内にいる複数のマウスを個体識別しつつ行動計測・解析することが可能になるため、集団で生活を営む習性を持つマウスを対象にした社会性行動解析の研究等にも貢献できると考えています。

#### (c) 多関節物体の運動計測とその応用

互いに複雑に絡み合う多関節物体の 3 次元動的な動きは、最も計測しにくい対象の 1 つです。歯車が複雑に組み合わさって連動する関節機構の実機解析等、様々な対象の例が考えられます。その 1 つとして、例えばルービックキューブの状態推定があります。カメラで観察して認識するという手段も考えられますが、手による遮蔽やルービックキューブの可動の自由度の高さから、必ずしも正確には計測できません。そこで、小型でワイヤレスで複数を区別して同時に計測できるという本モーションセンサシステムの特徴を活かせる例と



図 3 クワガタに LC コイル (マーカ) を装着した例

言えます。

#### (d) 流体の直接計測データに基づくインタラクティブな流体シミュレーション

流体の計測手法としては、レーザ光を照射してトレーサ粒子の速度をカメラで計測する手法や、超音波画像による計測などがこれまで一般的でした。しかし、カメラからのオクルージョンが生じない条件での計測や、2 次元断面内の計測に留まっていた。そこで、本 3 次元モーションセンサシステムを使って流体の 3 次元動的な動きの直接計測を試みます。流体が入った水槽に LC コイル (マーカ) を内蔵するブイを浮かべると、水面の動きを計測ができます。おもりでブイの浮力を調整すると、流体の内部の動きも計測できます。これらの観測データを拘束条件として、全体のシミュレーション計算に反映させ、観測データを活かした流体のインタラクティブな実時間シミュレーション手法を検討する予定です。これは、様々な応用分野を拓くと考えられます。

### 4. 今後の展開

本研究で提案する 3 次元モーションセンサシステムは、従来は計測できなかった対象の 3 次元の動きを計測できるという画期的な特徴を有するため、多くの分野の問題解決に寄与できると考えています。本稿では、4 つの問題だけを紹介しましたが、3 次元モーションセンサは、実 (フィジカルな) 空間の動きをサイバー空間の動きとして取り込む基盤技術であるため、IoT やサイバーフィジカルといったキーワードで進められる幅広い研究への応用展開の可能性も視野に入れ、さらに多くの分野の方々と議論を通して、共同研究等も進めてゆきたいと考えています。

本研究の一部は、科学研究費補助金 基盤研究 (A)「磁気式 3 次元モーションセンサシステムの試作と未踏問題への応用」で実施しています。

# New Laboratory

【新研究室紹介】

New Laboratory

## ブロードバンド工学研究部門 超高速光通信(廣岡)研究室

超高速光通信研究分野 教授 廣岡 俊彦

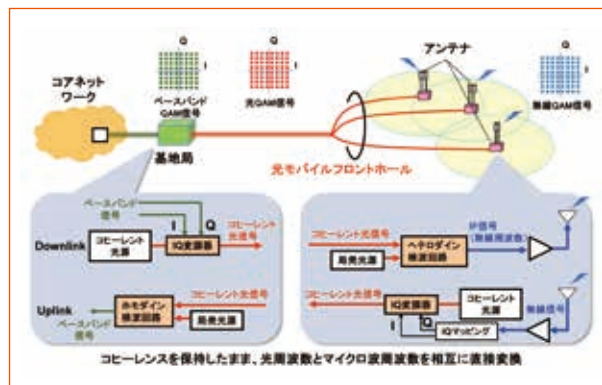
URL <http://www.hikari.riec.tohoku.ac.jp>

本研究室は、2001年より中沢正隆教授が担当され、超高速光通信の基盤となる超短光パルス発生・伝送技術、短パルスレーザ技術、デジタルコヒーレント光伝送技術ならびに高精度ファイバ計測等の研究を行ってきました。2018年4月より廣岡が担当し、葛西恵介助教、黒田久雄研究員の他、博士後期課程1名、博士前期課程2名、学部4年生1名が所属しています。

光通信システムは、その高速性・広帯域性を活用し、ICTインフラの中核として発展を遂げ社会に浸透してきました。その一方で、4K/8K等の高精細映像の配信、IoTの普及、ビッグデータ解析や5Gモバイルシステムの進展により、ネットワークを流れるデータは今後もますます増大していくものと想定されています。拡大の一途を辿る通信トラフィックを効率

よく収容するとともに、多様化するICTサービスに対応するためには、柔軟な通信技術としてのさらなるイノベーションが求められています。

本研究室では、光時分割多重方式による1チャンネルあたりテラビット級の超高速光伝送、QAMと呼ばれるデジタルコヒーレント光伝送、ならびにそれらを融合した超高速・高効率光伝送技術の研究開発を進めています。さらに、5G、Beyond 5G等の新たなICTサービスの進展を見据えて、デジタルコヒーレント伝送のアクセスネットワークおよびモバイルフロントホールへの展開と、光通信と無線通信とを同じ電磁波と



光通信と無線通信のコヒーレントな融合に向けて

して融合する新領域の開発を目指しています。光通信発祥の地と呼ばれるここ通研において、その輝かしい伝統を継承するとともに、新たな光通信分野の開拓に力を尽くしてまいりたいと思いますので、宜しくお願い致します。

New Laboratory

## システム・ソフトウェア研究部門 コンピューティング情報理論(中野)研究室

コンピューティング情報理論研究分野 教授 中野 圭介

URL <http://www.ipl.riec.tohoku.ac.jp/>

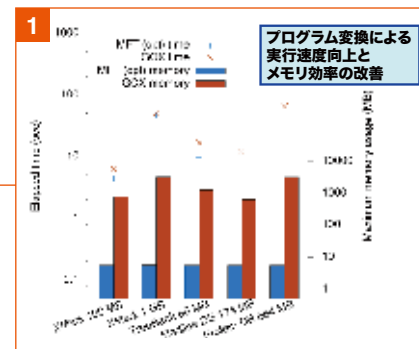
コンピューティング情報理論(中野)研究室は、2018年4月に発足しました。本研究室では、プログラミングやプログラミング言語に関する研究を行っています。

プログラミングは人間が計算機に命令するための最も基本的な道具ですが、「人間にとっての考えやすさ」と「計算機にとっての処理のしやすさ」には大きな隔りがあります。人間の思考に沿ったプログラムは可読性は高いものの、必ずしも計算機が効率よく処理できるとは限りません。一方、計算機の処理方法を考慮してプログラムを記述すれば時間や空間などの効率を上げることができますが、プログラムとしては複雑になり、デバッグや仕様変更による改良も困難になります。本研究室では、このような「人間」と「計算機」の間のギャップを埋める研究を進めています。

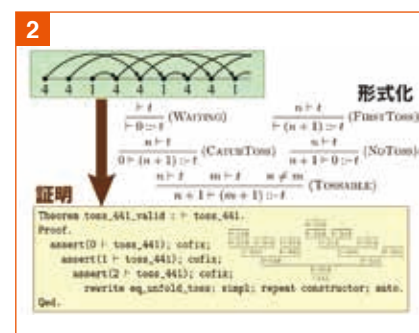
具体的な研究テーマは「プログラム変換」と

「プログラム検証」です。「プログラム変換」は、人間の思考に合わせた可読性の高いプログラムから、計算機の処理方法を考慮した効率のよいプログラムを自動生成する研究で、「プログラム検証」は、効率のために複雑に記述されたプログラムについて、その動作が与えられた仕様に沿ったものであるかを自動検査する研究です。本研究室では、これらの問題が木構造データ変換の数学的モデルの問題に対応していることに着目し、その理論の実用に向けた発展に取り組んでいます。このほか、我々の理論の正当性を強固なものとするために定理証明支援系を用いた数学的形式化にも取り組んでいます。

プログラミングに関する研究は現実世界での有用性が見えづらい分野ですが、多くの電子機器にはソフトウェアが搭載され、プログラムの効率化や検証が重要な役割を果たして



プログラム変換による効率化



「ジャグリングの数学」の形式化

います。本研究室は、このような「縁の下の力持ち」となる基盤づくりを目指しています。

TOPICS  
電気通信研究所・トピックス

## TOPICS 1 2018 親睦会ビアパーティ

7月27日(金)に、アエル21階にあるTKPガーデンシティ仙台において、電気通信研究所親睦会ビアパーティを開催しました。参加人数は、中沢名誉教授、末光名誉教授、大野総長など招待者5名



と新入会員の方12名を含む親睦会員88名の総勢93名となりました。会場を昨年度のホテルから変更したが、昨年度と同じ人数の参加がありました。

今年度のビアパーティは、予算をどの様に抑えるか試行錯誤をしながら、準備を進めました。レストランや通研本館での開催も検討しましたが、日頃の疲れを癒すと共に非日常を体験して頂きたく、仙台の街並みを一望できる眺望の良い会場での開催としました。参加者からは、

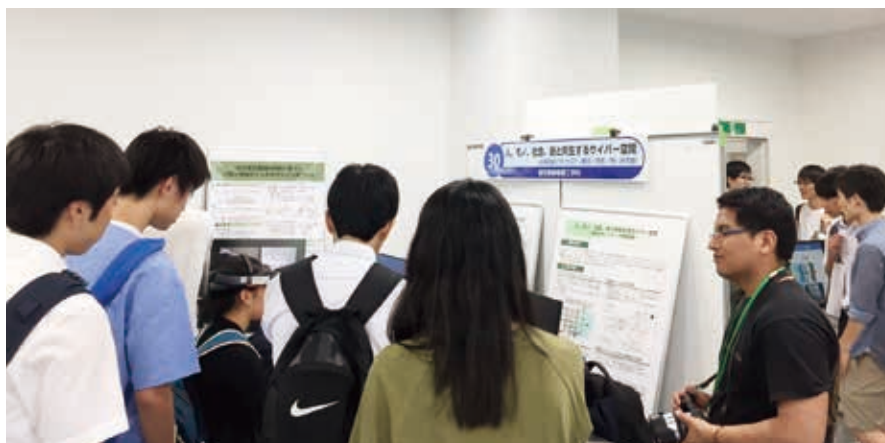
「夜景を楽しめた」という感想を頂きました。準備した我々としては大変嬉しく思います。また、連日の猛暑が続く中での開催となった今回のビアパーティでは、暑気払いになればということで、地域限定の仙台づくりを始めとした5種類のビールを用意しました。日頃の疲れを癒し、暑さを忘れて楽しんで頂けたようです。

終了後に行ったアンケートでは、多くの方から「満足した」との回答がありました。さらに、「普段話さない方と交流できた」とのご感想がありました。親睦会の目的である「会員相互の親睦と生活の向上」が果たせたと思います。

(丹野 健徳)

## TOPICS 2 東北大学オープンキャンパス 2018

東北大学のオープンキャンパスが7月31日(火)、8月1日(水)の二日間にわたり開催されました。オープンキャンパスは高校生を主な対象とした全学挙げての広報活動であり、通研は毎年青葉山キャンパスにおいて電気情報理工学科の一員として参画しています。今年は通研から15研究室が出展し、特設展示コーナー「ロボット・人工知能」、「工工学・ヘルスケア」、「未来を拓くスマート技術」、「物理で切り拓く先端材料」に分かれて、青葉山キャンパスの関連研究室と一体となって展示を行いました。それぞれのテーマごとに各研究室が趣向を凝らした展示で来場者の関心を集め、高校生たちは教員・学生の説明に熱心に聞き入っていました。特に、石黒研の「生き物のようなロボットを創る」、北村研の「未来のインタラクティブコンテンツ」は、電気・情報系の目玉展示として、多くの高校生を魅了していました。また、大学の講義の雰囲気味わえる「模



擬授業」では、通研から三森教授が「光を調べると何が分かる? ~光と物質の相互作用に関する最先端技術~」と題した講義を行いました。研究に関する熱のこもった講義に、講義終了後も高校生からの質問が絶えませんでした。その他、会場では通研要覧、RIEC Newsバックナンバー、通研公開の案内を配布し、高校

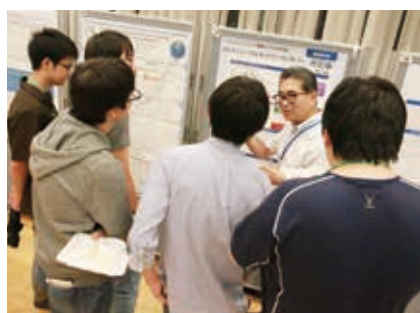
生に通研の存在をアピールする貴重な機会となりました。開催期間中は猛暑日に見舞われましたが、二日間の来場者数は6,230名を数えました。電気・情報系オープンキャンパスの詳細につきましては<http://www.ecei.tohoku.ac.jp/eipe-oc/>でご覧頂けます。

(吉田 真人)

## TOPICS 3

### 平成30年度 電気通信研究所研究交流会

電気通信研究所研究交流会は、通研に所属する構成員による研究交流の場を提供することで、今後の所内の学術研究の発展に寄与することを目的として毎年開催されており、今年度で第9回目を迎えました。今年度は8月31日(金)に例



年通り通研本館を会場としてショートプレゼンテーションとポスターセッション(兼、懇親会)の2部構成で開催され、教職員・学生を含め合計90名程度の参加がありました。今年度は通研内での研究室をまたいだ共同研究をより活性化することを目指し、例年のような部門順の発表ではなく、分野横断的なテーマを4つ設定しました。各研究室、機動的な研究グループ、関連部局から、例年よりも多い合計40件の発表がありました。ショートプレゼンテーションの持ち時間は例年の5分から2分に短縮しましたが、これによってポイントを絞った発表がなさ



れ、この点についてはアンケートでも好評でした。またポスターセッションでは例年通り軽食とドリンクが提供される中で活発な議論が交わされ、アンケートでは「自分の研究ニーズに応えるような他グループの研究シーズはありましたか?」という質問に対して約2/3の方から「複数あった」「あった」という回答があり、所内の学術研究の推進、ならびに異分野間の研究者交流と共同研究への発展のきっかけを提供する場として大変有意義な機会になったと思います。

(深見 俊輔)

## TOPICS 4 後ろを見る眼

ヒトの眼は正面を向いているので、後ろを見ることはできません。しかし、私たちは、見えていない場所を見ているように行動することができます。そうでなければ、サッカー選手の動きを理解することはできません。サッカー選手でなくても、自分の行動を意識してみると視野の外の障害物をうまくよけて動き、また後ろにあるものにも手を伸ばすことがあることに気づくでしょう(図1)。このような能力は、視覚系が無意識に周囲の環境を学習し脳内にモデルをつくることで説明できますが、私たちの研究室では、実際に直接見ることができない頭の後ろの情報も処理をしていることを明らかにしました。この「後ろを見る眼」によって、自分の部屋や毎日通る道など、繰り返し体験する環境では意識することなく、効率的な行動をすることができるようになってきているといえます。

私たちは、この後ろを見

る能力がどのように獲得されるか調べるために、ランダムに配置された文字の中からターゲット文字を探す課題(視覚探索)を用い、観察者を取り囲む視覚刺激に対する無意識の学習効果である文脈手まり効果について検討しました(図2)。その結果繰り返し観察によって、正面のパターンを見るだけで背後のターゲットの位置が推定できるようになるという、無意識の学習効果があることを明らかにしました。自身を取り巻く視覚環境全体を脳内に獲得し、それを利用して行動することが可能であることを意味します。

ウサギなどの動物が360度の視野を

持つことを考えると、脳が周囲全体の視覚表現を持つことは不思議ではないかもしれませんが、普通ヒトは周囲全体を思い浮かめることはできません。思い浮かべることができないにもかかわらず、360度の視覚的な情報が脳に出来上がっていることは驚きといえます。今後、無意識なものも含めてヒトの機能を前提とした情報環境をデザインすることは益々重要になっていき、本研究がそこに貢献できるものと信じています。この研究は、2018年3月のScientific Reports誌に掲載され、各国のウェブサイトでも取り上げられました。

(塩入 諭)



図1 見えないところに手を伸ばすことはよくみかける。



図2 360度視野の視覚探索実験のための装置。被験者は6画面のディスプレイに囲まれて課題を行う。

## 受賞にあたって

### 第14回(平成29年度) 日本学術振興会賞を受賞して



本間 尚文

平成30年2月7日に第14回日本学術振興会賞を受賞し

ました。この賞は、創造性に富み優れた研究能力を有する若手研究者を早い段階から顕彰することで、その研究意欲を高め、我が国の学術研究の水準を世界のトップレベルにおいて発展させることを目的とし、人文学、社会科学および自然科学の全分野を対象として、45歳未満の研究者に日本学術振興会から授与されるものです。これまでの研究ならびに本受賞に関わって下さった全ての皆様に心より感謝申し上げます。

受賞理由は、算術演算ハードウェアアルゴリズムの理論構築と暗号ハードウェアの設計技

術への貢献です。スマート社会の到来に備え、今まで以上に安全なコンピュータシステムが必要とされており、暗号をはじめとするさまざまなセキュリティ機能を実現するハードウェアの設計とその安全性解析を完全にかつ効率よく行うことが求められています。こうした課題に対して、算術演算のハードウェアアルゴリズムを系統的に設計・検証可能な理論を考案し、安全なコンピュータシステムの構築で必須となるガロア体をはじめとする多様な数系に基づくハードウェアアルゴリズムの自動設計・高速検証を実現しました。また、その理論を発展させ、高安全な暗号ハードウェアの設計技術を開発しました。こ



日本学士院で執り行われた授賞式

の度は、こうした一連の成果を高く評価していただきました。

今後は、本受賞を励みに、ハードウェアセキュリティ分野の発展、更には安心・安全なICT社会の構築に微力ながら貢献するべく、気持ちを新たに精進してまいります。今後ともご指導、ご鞭撻のほど、よろしくお願い申し上げます。

## RIEC豆知識 24 やわらかいネットワークとSDN

最近、通信ネットワークの世界での新しい技術として「SDN」が注目されています。SDNとは「Software Defined Networking」の略で、これまでハードウェアとして実現されていたスイッチ、ルータ、ファイアウォールなどのネットワーク機器の動作を、ソフトウェアで柔軟に設定できるようにするための技術の総称です。その実現形態として、例えば、コントローラと呼ばれる中央制御機構に、各ネットワーク機器(スイッチ)の動きをプログラミングしておく、それに沿ってスイッチがデータを転送してくれるような仕組みが普及しつつあります。この技術によって、今までよりも自由に通信経路を切り替えたり、データの通信制御部分を書き換えたりすることまで可能になります(図1)。

我々の研究室でも、SDN登場のだいぶ以前から、同様のことが行えないかと研究開発を進めてきました。それが「やわらかいネットワーク」です。やわらかいネットワークでは、従来のハードウェア機器で構成される「かたい」ネットワークを「やわらかく」するために、一層レイヤを増やし、そこに自由に動き回れるソフトウェアの機能を導入することで、ネットワークを利用するアプリケーションがより安定して高品質にサービス提供ができるようにすることを目指していました。

SDN時代になって「やわらかさ」が、より下位のレイヤまで浸透して容易に実

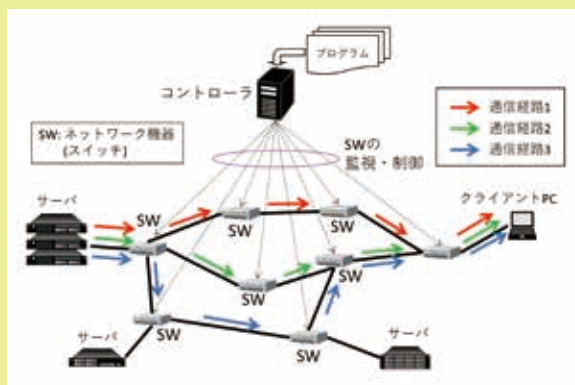


図 SDNの基本的な仕組み (OpenFlowの例)

現できるようになってきたと言えます。今後はそれぞれのレイヤ固有の、質の異なるやわらかさを追及し、さらに高度なネットワークアプリケーションが実現できるようにするための研究開発を行っていきたいと考えています。(菅沼 拓夫)

