

# INFOREMOST™

東京工業大学 大学院情報理工学研究科 広報誌

Autumn 2013

Vol.7

■日本が情報技術(IT)でグローバルに勝ち抜くためのリーダーを育成し、先進のアーキテクチャを築く。

情報理工学研究科 研究科長 計算工学専攻 米崎 直樹 教授

■世の中の現象を確率モデル化して解析。飽くなき探求心で、難易度の高い研究テーマに挑む。

数理・計算科学専攻 三好 直人 教授

■プログラムが自分自身を監視・変更させる。“自己反映計算”で、よりセキュアなプログラムを追求。

計算工学専攻 渡部 卓雄 准教授

■逆問題で見えないモノを測定する。空港からエアバッグまで、多彩な分野で測定の問題を解決。

情報環境学専攻 天谷 賢治 教授

■教育プログラムの紹介 IT特別教育研究コース 権藤 克彦 教授

ロボットインフォマティクス特別教育研究コース 井村 順一 教授

情報生命博士教育院 秋山 泰 教授

グローバル情報学特別教育研究コース 篠田 浩一 教授

OPL 笹島 和幸 教授

# 日本が情報技術 (IT) でグローバルに勝ち抜くためのリーダーを育成し、先進のアーキテクチャを築く。

近年の科学技術や産業の目ざましい発展には、IT が大きく寄与してきた。今日では、IT はあらゆる分野に浸透し、経済活動や我々の日常生活にインフラとして不可欠な存在となっている。しかしこれは情報化時代のほんの始まりに過ぎない。生命進化に例えれば、先カンブリア紀のもっと以前の状況であろう。今後、日本がIT の分野でグローバルに勝ち抜いてゆくためには、今後爆発する IT の活用領域と形態を見据える先見性と力強いリーダーシップを持つ人材が不可欠となっている。そのために、情報理工学研究科では様々な研究分野・組織と連携しながら、人材育成プロジェクトを推進すると同時に、TSUBAME に代表される先進のプロダクトを次々と生み出している。



情報理工学研究科 研究科長  
計算工学専攻  
**米崎 直樹** 教授

## 日本が負けることができないITの分野

情報理工学研究科は、コンピュータの基となる計算という基盤の概念の理解を深め、それを駆使し、価値のあるサービスを実現するハードウェアからソフトウェアそして、その利用システムに至るまでのアーキテクチャをつくりあげている。さらには、こうしたIT を駆使して自然や、社会の様々な現象から得られる実データを整理し、新しい知見を導き出している。つまり情報技術の基盤から情報システムの構築、運用、応用までを網羅した、日本のIT を幅広く支えている研究科といえるだろう。

「情報の科学技術分野は、日本が絶対に負けるわけにはいかない分野です。なぜなら価値の創出には、様々な経験や情報を総合的に判断し、子細なプロセスに従って考えることが必要ですが、そこから得られる新たな知見をより早く得た者が利益をえる時代となっているからです。そしてこのプロセス

のかなりの部分が、IT によりますます自動化され高速化されようとしており、それを可能とするIT そのものが大きな価値を持つようにもなってきたからです。

欧米はもちろん、インド、シンガポールなど新興国がIT 人材の育成に力を入れ、グローバル社会での存在感を増しています。上記の意味で情報システムの開発力、特にそれを実現するソフトウェアの開発力は国力を左右しますから、日本がグローバルな競争に勝ち抜くために、当研究科は世界の状況を見据えてその人材育成に力を入れています。」と米崎教授は語る。

日本の情報技術力は世界でもトップクラスだという。しかし、情報技術や社会に対して高度な知識や理解力を持ちあわせていても、ビジョンを持って開発を主導し、マネジメントを行える人材が欧米と比較して少ないこと、また新しいものを生み出す人材がいても、その能力を活かせる場をうまく作り出せずにいたことが、現在日本の情報産業、電機業界の勢いが落ちている要因ではないか

と、米崎教授は分析している。

「例えば、現在の全国オンラインバンキングシステムは、約3千万ステップのプログラムとなっており、それを維持更新してゆくために、大量の人材が投入されていますが、これらをパッケージ化した国際標準となるべきソフトの開発では、遅れを取っています。また電子化が進む自動車など組み込みシステムと呼ばれる分野では、自動車1台に実に1億ステップものプログラムが必要となっています。ここまで膨大になると、国内だけではなく、戦略を持って海外のメーカーなどと協業していかなければなりません。ですから、計算科学的理解、技術開発力とシステムデザインセンス、かつアーティスト的な感性と広い視野からのプロジェクトに関する判断力が求められるのです。」

## 様々な分野・組織と連携して人材育成を推進する

そこで、情報理工学研究科では、東工大大学院の他の研究科はもちろん、他大学の

学院とも連携しながら人材育成を進めている。その筆頭にあげられるのが、生命科学と情報科学を融合させる取り組みだ。

「生命現象というのは、一人ですべてを取り扱うことができないとても複雑なものです。大変システマチックな仕組みを持っています。これはIT の分野も同じです。人間が構築した情報システムも、今や一人ではとてもすべてを理解することができない複雑さをもっています。そのため多くの研究者たちがその複雑さに挑戦し、システムが持つ性質を解析・理解するために新しい計算論的なモデルを考案し、それを用いて実システムを解析するなど様々な取り組みの中で、新しい技術を生み出してきました。この取り組みを生命の世界に持ち込めば、新しい発見、技術革新が生まれるでしょう。」

情報の科学技術は大変汎用的なものです。それを武器として、新しい分野に積極的に切り込んで行ける強い情報人材が今後必要とされています。他分野の人達と一緒に境界領域で研究を推し進めることで、共同研究の取り組みやプロジェクト運営を経験でき、真にリーダーシップを取れる人材を育成できると考えています。」と米崎教授が語るように、情報理工学研究科は生命理工学研究科とともに、生命科学と情報科学の複合領域におけるリーダー人材の育成を目指して、共同プログラムを推進している。

また、研究分野の融合だけではなく、他の



スーパーコンピュータ TSUBAME 2.0 の計算ノード群

大学院との共同プログラムとして各大学院のIT 人材育成拠点と連携しながら新たな教育システムをつくりあげている。さらには、国際的な人材交流を深めるプログラムに取り組むなど、様々な角度から様々な組織と連携して、人材育成プロジェクトを推進しているのだ。

## 世の中にインパクトを与えるプロダクトを次々と

情報理工学研究科では、このように人材育成に力を入れているが、もちろん研究の成果となる、世の中にインパクトを与える最先端プロダクトも次々と生み出している。東工大のシンボルであるツバメを名称にしたスーパーコンピュータTSUBAMEは、世界トップクラスのパフォーマンスを誇るが、学



大学院情報理工学研究科 大岡山西 8 号館

内外にTUSBAMEの利用サービスを提供している。最近では時代のニーズもあり、パフォーマンスと省エネを非常に高いレベルで両立するための研究が精力的に推し進められているという。

「実はTSUBAME以外にも、世界トップクラスの技術を数多く生み出してきました。例えば私の研究室では、複雑な組み込みシステムの形式仕様から、誤りの無いプログラムのモデルを自動生成するための世界最高速のエンジンを構築しています。これ以外にもゲノムデータの解析技術や、機械学習の手法、また音声認識のソフトウェアなど、当研究科で生み出した数多くの技術が、実は世界の様々なシステムに組み込まれて活躍しているのです。」

米崎教授自身は研究者として、様々なソフトウェアの開発を行ってきたが、世の中にインパクトを与えるプロダクトは、どのようにして生まれてくるのだろうか。

「しっかりと原理に基づいた基盤的な機能を提供するアルゴリズムを汎用的に使えるソフトウェアとして作り込む、ということはとても重要なことです。汎用的に使える技術とそれを実現したシステムを積み重ねていかなければ、高度な機能を発現する次のステップとなる技術や大規模なシステムは生まれません。今、インターネットが自由に使える時代になりましたが、長年に渡りネットワークインフラ

技術の研究を積み重ねた結果、インターネットプロトコル技術も、毎年のように進化、洗練され、インターネットが安定して使えるようになったのです。そして、その安定的システムの上にインターネットバンキング等が生まれました。それは、暗号やセキュリティープロトコルに関する基盤的な技術が洗練され、ある目的を持った汎用のシステムとしてインターネットの上に実現されたものです。さらにその上に、企業間の取引システムが運用できるようになりましたが、このように、私たちは、汎用的な技術の研究を積み重ねながら世の中の情報システムの進化・新しいプロダクトの誕生を支え続けているのです。」

## 先進のアーキテクチャを築き上げていきたい

しかし、米崎教授はまだまだ先を見据えて、先進のアーキテクチャ築き上げていかなければならないという。

「若かりし頃、今頃は人工知能の時代を過ぎて、人工感情の研究がブームになっているのではないかと予想していましたが、それは外れました。最近、チェスや将棋のプログラムはプロを打ち負かすほどになっていますが、これは主に扱える情報処理量が増えて統計処理がより高度になったためです。これはすばらしい成果ですが、実は物事を構造的に理解する人工知能はそれほど進化していません。統計処理技術による学習システムをエンジンとして汎用的に使えるようにし、それを用いて構造を導き出し、そのような構造を持った世界でもそれを再活用できるアーキテクチャを考えると次のステップです。情報理工学研究科には、様々な原理やそれに基づく技術が育っています。それらを融合して、新しい機能を発現させるアーキテクチャを創り上げて行くことを加速しなければならないと考えています。制御や学習の原理をパッケージソフト化し、それらを組み合わせることなどは面白そうです。情報の分野では、融合は単なる協力でも分野応用でもありません。ソフトとして実現された様々な異なる原理を、ソフトウェアでつなぎ合わせて、新しい機能を発現する動くソフトを作り、有益な分野に適用すると言うことです。これこそ真のシナジーです。そのためには、大学が持つ様々な情報分野の技術・人材を集めていくことが必要です。それらをつなぎ合わせるのが、プロセスあるいはアルゴリズムを実現するソフトウェアとしての情報です。情報理工が中心となって、新しいアーキテクチャを生み出していきたいと考えています。」

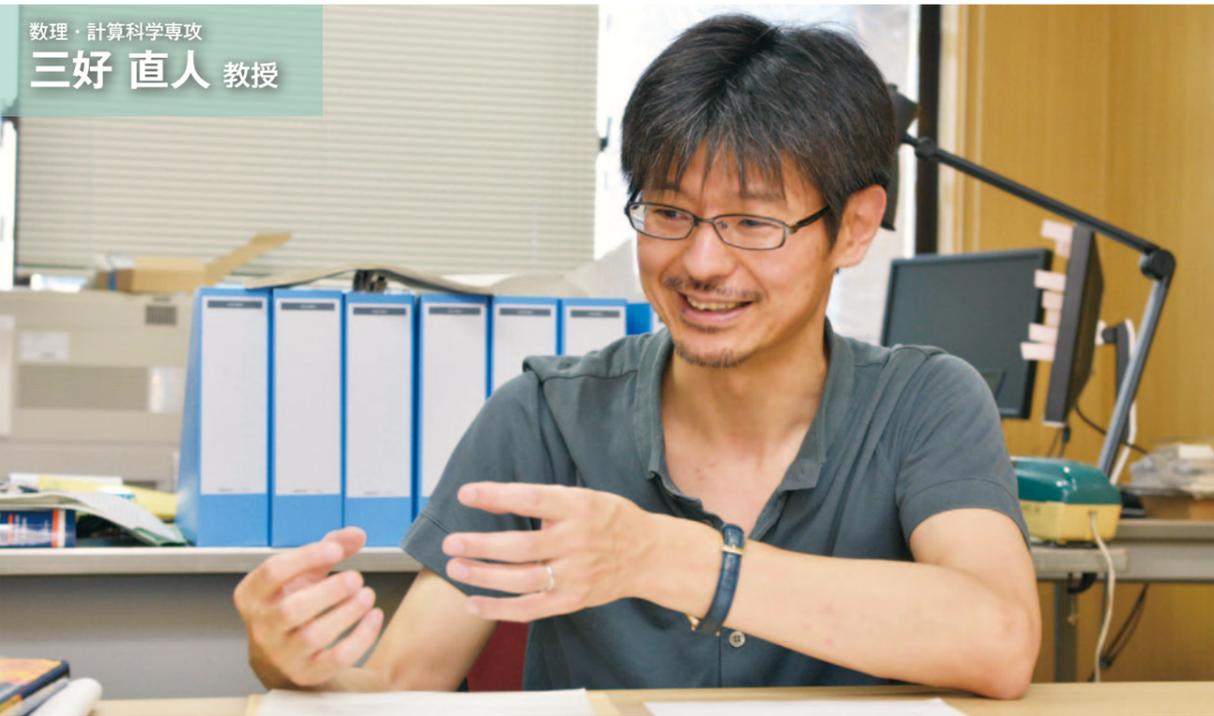
情報の基礎学問となる原理とそれを実現する「アルゴリズム」、実際に利用可能な「ITプロダクト」、さらには、IT を活かした世の中に役立つ「サービス」。この3つの柱を持ち、米崎教授が率いる情報理工学研究科は、様々な試みで情報科学技術の新たな時代を切り拓いていこうとしている。



家族のような暖かい雰囲気、教授の人柄を物語る。

# 世の中の現象を確率モデル化して解析。 飽くなき探求心で、難易度の高い研究テーマに挑む。

確率モデルを用いて、世の中の様々な現象を解析している三好教授。「待ち行列モデル」を研究の原点に、確率的現象への飽くなき探求心から、次々と新しい解析結果を生み出してきた。携帯電話における受信信号品質の解析では、より現実の基地局の配置を表現していると思われる“ジニブル点過程”という確率過程を用いてモデル化したという。



数理・計算科学専攻  
**三好 直人** 教授

## インターネットの通信品質の測定 に新しい手法を生み出す

“工学”が世の中の現象に対してモノを通してアプローチする学問としたら、“数理・計算科学”は世の中の現象に対して計算を通してアプローチする学問といえる。三好教授は点過程などの確率過程についての純粋に理論的な興味からの研究と同時に、情報通信分野に見られる確率的な現象の解析とその応用について研究している。そのひとつが、インターネットの伝送遅延など通信品質の測定手法の提案だ。

インターネットの通信品質の測定方法のひとつは、試験パケットをネットワーク内に送り込み、それをモニタリングすることで混雑状況を計測するもの。これは、アクティブ測定と呼ばれるもので効率的に測定できる方法だが、メールなど実際のアプリケーションごとの性能を同時に把握することは難しい。一方、ネットワークの入口と出口で、実際の利用者のパケットをモニタリング・照合して混雑状況を把握するというパッシブ測定もあるが、これはネットワークに大きな負荷をかけてしまうという。

「どちらの測定も一長一短があったため、アクティブ測定とパッシブ測定の手法を、確率論における測度変換の概念を用いて組合せた新しい測定手法を生み出しました。ネットワークに試験パケットを送り込みつつ、それと同時にメールがどれくらいあるかなどを確認して、アプリケーションごとの性能を同時に測定できるようにしました。NTTの研究者との共同研究だったのですが、この手法で通信品質測定の可能性を広げたいと思います。」

## 難易度の高い研究テーマに挑む

PCやスマートフォンなどでキャッシュが使われているが、これは使用頻度の高いデータを保存して、計算や通信を効率化するものだ。三好教授は、より複雑なキャッシュアルゴリズムが用いられるデータベースを対象として、アクセスされたページがキャッシュに存在しない確率“ページフォールト率”を解析した。

「どのページにアクセスがあるかという頻度を見ながら、アクセスがあったページがキャッシュにあればキャッシュヒットで、

キャッシュになればページフォールト。どのページにアクセスがあるかを、確率モデル化して解析しました。キャッシュアルゴリズムを決めて性能評価をしていきましたね。」

こうした解析は確率過程モデル「一次元の点過程」が使われてきた。三好教授は、一次元では飽き足らなくなり、「空間点過程」を研究しはじめたという。現在テーマとしているのは、携帯基地局からの無線通信の性能評価だ。

「空間点過程という確率過程を用いて、携帯の無線基地局の位置をモデル化・解析して性能評価しました。携帯電話を持っている人の場所を仮定して、どの無線基地局とつながりやすいか、基地局からの距離でどれくらい信号が減衰していくか、建物などの影響で信号がどう揺らいでしまうか、他の基地局からの干渉信号がどの程度影響するか・・・様々な条件を考慮しながら、上質な無線通信信号が得られているかを解析しています。これまでは点過程の中でもっとも基本的な“ポアソン点過程”を用いて解析されてきたのですが、私はより現実の基地局の配置を表現できていると思わ

れる、“ジニブル点過程”という確率過程を用いてモデル化・解析しているのです。」と三好教授は語る。空間点過程を用いた無線通信のモデル化と解析は、世界的に注目されている分野だが、日本でこれに取り組んでいる研究者はあまりいないという。「ジニブル点過程」は複雑で数値計算にも時間がかかってしまうが、今後はより計算時間を短縮するために、東工大が誇るスーパーコンピュータTSUBAMEを活用して、計算を行うことも検討している。

## 研究の原点となるのは “待ち行列モデル”

三好教授の研究の原点は“待ち行列モデル”だという。

「待ち行列モデルとは、資源に対する利用要求を抽象化したモデルです。例えば、コールセンターに電話をかけた人の待ち時間はどれくらいになるのでしょうか。電話を受ける回線数、オペレータの人数、利用者数などから、待ち時間がどれくらいになるかを、確率論を用いて解析するのです。」

この待ち行列モデルは、元々は通信ネットワークの回線を解析するために用いられていたようだ。現在では、通信ネットワークはもちろん、生産システムや保険料金の確率モデルなど、様々な分野で応用・活用されている。

また、三好教授の研究室では学生たちが、点過程、待ち行列モデルなどの様々な確率モデルを用いてユニークな解析を行っているという。

「ある学生は、点過程を用いてトイレ照明の人感センサーで照明が付いてから消えるまでの最適な時間を解析しました。人が来てセンサーが反応するタイミングを一次

元の点過程でモデル化して、照明が消えている状態から点灯する際のスタートアップコストと、照明が点灯した状態であるときのホールディングコストを考え、最適な時間を解析したのです。また、ある学生は、マルコフ連鎖という確率モデル

を用いて、野球の得点の入り方を解析しました。これはいろいろなところで研究が行われていますが、打率・得点圏打率などを評価しつつ、ノーアウトランナーなしからツーアウト満塁まで、打者ごとに得点の確率モデルをつくり解析しました。」

## おもしろいと感じれば、 必ず研究成果が生まれる

三好教授の話を知っていると、世の中のあらゆる現象を計算できるのではないかと、感じさせられる。

「理論的なことは実社会と結びつきにくいと言われがちですが、実社会との結びつきを考えながら研究していると、自然にこんな現象を理論的に説明できたらおもしろいなど、研究テーマを見出すことがあります。通信品質の測定などは理論と応用が結び付いた研究ですが、研究は理論と応用の両面を突き詰めていかなければなりませんし、それがおもしろい。私が情報通信を応用分野に選んだのは、自分が興味ある対象で



実社会に応用できる研究と、数学的な興味からの理論の追求。両面を突き詰めるのが面白い。

したし、学生たちにも興味を持ってもらえようと思ったから。自分がおもしろいと感じれば、そのテーマを追求でき必ず成果も生まれてくるのです。」

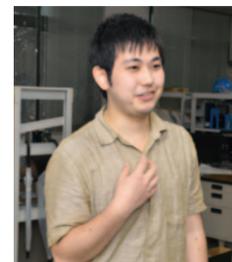
純粋に数学的な興味から点過程や待ち行列モデルなどの理論を追求するとともに、通信品質やキャッシュのページフォールト率など、ネット社会でも注目されるキーワードに積極的に取り組んできた三好教授。楽しそうに語るその姿からは、今後多くの研究成果を残していくことを期待させてくれた。



パソコンだけのシンプルな研究室で、それぞれの研究に没頭している。

## Voice of Students

身近な現象を解析してその特性を理解する。  
学生たちも確率モデルを楽しみながら研究している。



**小林 拓矢さん**  
博士1年

私は元々数学に興味があり、世の中の色々な現象と数学を組み合わせる確率モデルというテーマに取り組みたいと思い、この研究室を選びました。待ち行列や空間点過程などの確率モデルを用いて、様々な現象をモデルとして捉えると、様々な特性・性質が見えてくるのがおもしろいですね。普段生活をしている中でも、これは研究テーマになるのではないかと、考えるようになりました。

現在は、携帯電話の基地局をモデル化して通信品質を解析する研究を行っています。携帯電話はいつも使っているものなので、研究しがいがありますね。この研究はひと段落したので、次は何を研究して解析しようか、期待に胸を膨らませています。



**永松 平さん**  
修士2年

実は、私は東工大ではなく他大学を卒業しました。そこでは、数学科で理論のみを学ぶことが多く、世の中との結びつきがあまりなかったため、大学院では数学の知識を活かしつつ世の中の現象を解析できるような研究室を探していました。そして、ホームページで三好研究室を見つけたのです。現在は、携帯電話の基地局の通信品質を解析する研究などを進めています。自分で携帯電話を使っていて遅いと感じることもありますし、身近なことが研究テーマになることがおもしろいと感じています。

就職先は損害保険会社に決まりましたが、月々の保険料を確率モデルで計算する部門。まさに今までの研究が活かせる仕事ができるのは嬉しいですね。

# プログラムが自分自身を監視・変更させる。 “自己反映計算”で、よりセキュアなプログラムを追求。

プログラム自身がどんな環境で動いているかを監視し、状況に応じて自身を変化させながら動く“自己反映計算”。渡部准教授が長年に渡り研究を積み重ね、様々な発見をしてきた“自己反映計算”は、コンピュータシステムが大規模化・複雑化する現在、大きな注目を集めているという。



計算工学専攻  
**渡部 卓雄** 准教授

## プログラム自身が状況を把握し、 変更しながら動く“自己反映計算”

渡部准教授が研究してきた“自己反映計算”とは、コンピュータのプログラムが、自分自身がどんな状況にあるかを監視・変更しながら動くこと。例えば、コンピュータがつながっているネットワークはWi-Fi回線か、3G回線か。あるいはバッテリーで動いているか、ACアダプタで接続しているか。こうした状況をプログラムが自分自身で把握して、より効率的に動くために、プログラムを変更しながら動いていく。人間は自分がどのような環境にいて、どのように振る舞うべきかを考えることができる。自分の環境を認識しながら動く自己反映計算の考え方は、元々人工知能に近いものだったという。

「かつて計算機のメモリが乏しい時代は、メモリ消費を抑えるテクニックとしてメモリ上のプログラムの自己書き換えが行われていました。しかし、コンピュータシステムが大規模化・複雑化するに伴い、プログラムは誰もが使いやすく安全であるためにシンプルなものが求められるようになり

ました。そして現在、さらなるソフトウェアの大規模化・多様化に伴ってシンプルなプログラムでは対応できなくなっています。そこで、かつて使われた自己書き換えのような小手先のテクニックではなく、適切な構成原理に基づく拡張・適応のための技術が求められています。自己反映計算はそのための基本原理なのです。」

## 並列システムで有効な“自己反映計算によるモジュール化”を発見

例えば東工大のスーパーコンピュータTSUBAMEや2台以上のCPUで構成されるPCのように、複数のコンピュータが動く並列システムでは、シンプルなプログラムでは性能が出にくくなっている。並列システムでのパフォーマンスを向上させるために、自己反映計算によるプログラムが注目されている。

「私が発見したのは、プログラムをいくつかのブロックに分離させるモジュール化の仕組みを組み合わせた“自己反映計算によるモジュール化”。自己反映計算の考え方をプログラム言語に応用することで、CPUがいくつあるか、どんな環境でプログラム

が動いているかを自分で認識しプログラムを制御する部分を、科学技術計算など本来実行したい部分のプログラムと分離して扱うことが可能となりました。これが並列システムのプログラミングに有効だったのです。」

自己反映計算の機構はJavaなどのプログラミング言語に採用され、また自己反映計算によるモジュール化の考え方はアスペクト指向プログラミングなどに継承されているという。さらに、現在、渡部准教授は自己反映計算の研究を進展させながら、よりセキュアなプログラミングを目指し様々な研究を行っている。

## 実行中のプログラムを監視して、 セキュアなプログラムに

プログラムというのは、本来バグがなく正しく動いてくれればよいのだが、コンピュータ、プログラムの進化が早く、大規模化・複雑化する中で、現実的にはバグをなくすというのは難しい。そこで、渡部准教授が研究をしているのが“実行時検証”だ。

「プログラムの安全性を高めるには様々

な方法がありますが、そのひとつがプログラム実行前にプログラムが誤った動きをしないことを検証する方法。しかし、これは適用範囲が狭く大規模プログラム全体に



「自己反映計算」はセキュアなプログラミングの基本原理。

適用することはまだ難しいですね。また、オペレーティングシステムがプログラムをチェックする仕組みをつくるには、莫大なコストがかかってしまいます。そこで、実行前ではなく“実行時”に、オペレーティングシステムではなく“プログラム自身”が、誤った動作をしていないか検証・監視すれば、効率的に実現できるのです。これはプログラム自身が、どんな状況にあるかを認識しながら動く“自己反映計算”を応用した技術です。」

と渡部准教授が説明するように、この実行時検証はプログラムにバグがあったとしても、破壊的な動きにならないことを保証する技術だ。さらに渡部准教授は、バグによる誤動作の影響を抑えるための研究も同時に推し進めている。

「実行時検証で難しいのは、監視しながらプログラムを実行するので、どうしても動きが遅くなってしまうこと。そこで、プログラムは通常通り動かしつつ、後から誤動作がないかを検査する“補償型計算”という仕組みを研究しています。これは実行時のインパクトは少ないものの、何らかの問題が起こった際に誤動作を食い止め、巻き戻すことができるのです。」

## さらにセキュアな プログラミングを追求

さらに、渡部准教授は様々な角度からセキュアなプログラミングの研究を続けている。

「プログラムが意図した通りに動作することをテストによって検査するのではなく、論理や代数などの数学的な原理にもとづいてプログラムの正しさを検証する“形式手法”の研究も続けています。」

渡部准教授はこうしたプログラミングの研究を様々な方向に応用して、新しいアイデアも生み出している。そのひとつが、ヒューマンエラーに対する手順書への対応だ。

「プログラムだけではなく人間の作業を対象にした研究も行っています。例えば病院では厳密な手順書をつくり日々の業務を実行していますが、人間は往々にしてミスをするため、その際にフォローする仕組みも手順として用意されています。そういった手順書に沿って業務を行った場合に本当に正しい結果が得られるか、またミスを起こした際にそれがどのような影響を及ぼすかを検証します。“世の中



「自己反映計算」の考え方は、人工知能とも関連している。

の現象はすべて計算できる”、プログラミングで培ってきた手法を、情報工学にとどまらず幅広い分野でも応用できることは意義あることですね。」

自己反映計算を中心とする研究を積み重ね、多くの成果を残してきた渡部准教授。動きながらプログラムが変化するという理論は、まだまだ未発達な段階。生涯かけて研究をしていきたいという。そう語る渡部准教授の熱い眼差しからは、プログラミング言語に対する深い愛情、そして、さらなる発展を目指す心意気を大いに感じさせてくれた。



和やかな雰囲気の中で、研究に取り組む仲間たち。

## Voice of Students

### ACMプログラミングコンテストの世界大会に出場。 グローバルな人材との触れ合いが成長の糧に。



**鈴木 将哉さん**  
修士2年

ACMプログラミングコンテストの世界大会は、世界90カ国、120チームが集まってロシアで開催されました。私たちのチームは日本大会を勝ち抜き、世界大会に進出しましたが、90カ国もの人々と競い合うというのは初めての経験。とても刺激的で有意義な経験をさせてもらい、感動を覚えました。この経験からグローバルな人々と一緒に働いてみたいと感じ、就職先をグローバルなインターネット関連企業に決めました。

研究しているプログラミング言語は、アルバイトの仕事にその考え方を応用できたり、逆にアルバイト先で直面した問題を研究テーマに反映することもできます。実社会との関連性も大きいプログラミングで、世界に羽ばたいていきたいですね。



**鈴木 康平さん**  
修士2年

プログラミング言語の中で私はコンパイラを学んでいましたが、渡部研究室では検証やモニタリングなども研究しており、自分の興味の幅も広がりましたね。ACMプログラミングコンテストの世界大会にも出場でき、とてもいい経験を積ませてもらっています。

コンパイラの技術はシンプルなものですが、様々な技術と組み合わせることで、身の回りの製品に使われています。ソフトウェアは実社会と結びつくことが多いので、興味は尽きません。インターンシップで実際に会社での仕事を体験しましたが、今の研究の関連技術で開発者を支援できるという、手ごたえを感じました。ここでの経験を活かし、実社会で活躍していきたいと考えています。

# 逆問題で見えないモノを測定する。 空港からエアバッグまで、多彩な分野で測定の問題を解決。

逆問題という概念をご存知だろうか？原因から結果を導くのではなく、結果から原因を導く問題だ。天谷教授は、約25年前に逆問題による測定で、金属表面の腐食の測定を実現して以来、DVDプレーヤーのレンズの形状など、あらゆる分野で測定の問題を次々と解決してきた。

情報環境学専攻  
天谷 賢治 教授



## 見えないものを測るために、 “逆問題”という考え方

情報環境学専攻では、コンピュータを用いたセンシングやシミュレーションなどの情報技術を使って、世の中の実問題を測定し、その解決を目指している。数理・計算科学、計算工学を含めた3つの専攻の中で、もっともリアルな世界に近い学問ともいえる。実際、企業が抱える課題について相談を受け研究がスタートすることも多いという。

「私が最初に企業からの依頼で研究をスタートしたのは、約25年前のこと。ポンプ会社からの相談で、機械腐食のシミュレーションを行いました。当時、飛行機の構造解析や流体解析などでシミュレーションは行われてきましたが、電気化学、機械腐食の分野でシミュレーションを行うことは、まだ珍しかったですね。」

金属の表面の腐食状況は見た目で分かるが、機械や素材の内部の腐食状況を知るには、どうすればよいのだろうか？「腐食というのは、金属から電気が流れて溶けること。これを逆から考えると、電気

が流れている量を把握すれば、どのくらい腐食しているかが分かる。これが逆問題という考え方です。船や石油プラント内部の腐食状況は、サイズや形、電気抵抗などの条件が分かれば、計算することが可能です。しかし、現実的にはそうした条件が分からないことがほとんどでした。ですから、逆問題という考え方を使った測定が有効だったのです。」

逆問題の代表例としてあげられるのが、X線CT(断層法)だ。カラダを様々な方向からX線で照射して投影される像から、その内部の断層像をつくりあげるものとなる。これも先ほどの腐食状況と電気量の関係と同じで、原因から結果を導くのではなく、結果から原因を導く測定方法だ。

## 羽田空港滑走路の棧橋の腐食状況を逆問題で測定

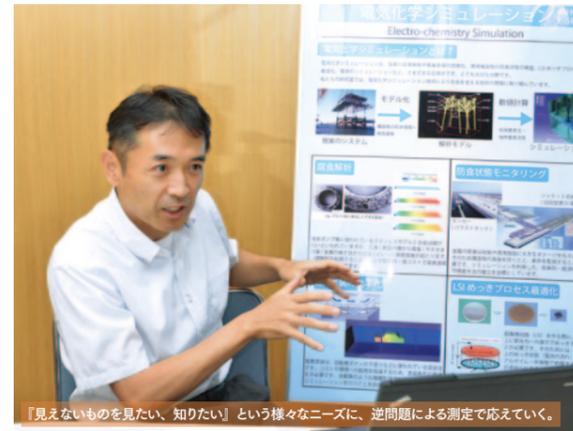
「医師は身体の中を見たいと考えますが、手術でもしなければ身体を切って直接見るわけにはいきません。この見えないものを見たい、知りたい、というニーズに、逆問題による測定が向いていることが多いですね。」

現在、天谷教授は金属腐食と逆問題をテーマとして、様々な分野で測定を行っている。最近では羽田空港のD滑走路の棧橋の腐食量を測定したという。

羽田空港の拡張事業で建設されたD滑走路は環境保全という観点から、一部は埋め立てず棧橋状になっている。海水中で棧橋の金属部品がどの程度腐食しているかを検査するのに、当初はダイバーが潜って検査することを検討していたという。しかし、検査しなければならぬ金属は2万個以上。時間とコストがあまりにもかかってしまう。

「そこで、逆問題を使い測定することを思いつきました。ボートから電極を降ろして、棧橋の柱の周りに電場をつくります。そこから流れ出す電気を測定して、腐食の状況を確認しました。電気が流れ出す量が多い部分が、腐食が進行している箇所。ダイバーによる検査に比べて大幅にスピードアップできます。」

羽田空港D滑走路のように逆問題での測定は、スピード化やコスト削減に役立つことが多いという。



「見えないものを見たい、知りたい」という様々なニーズに、逆問題による測定で応えています。

## 難易度の高い測定を、 逆問題で次々と実現

さらに、天谷教授はDVDプレーヤーの部品の検査も、逆問題で効率化させている。DVDプレーヤーには、ディスクの書き込みや読み取りを行うピックアップレンズという小さな部品がある。このレンズの焦点が合っているかを確認するために、レンズが球面であるかを検査することが必要となる。これまでは高精度な光学部品で構成された検査装置を用いなければならず、測定時間やコストなどの問題があり、全品検査は現実的でなく抜き打ち検査を行っていたという。

「ピックアップレンズの曲面誤差がないことを確認するために、レンズそのものを検査するのではなく、顕微鏡で焦点のスポット像を観察して、その像のボケや歪みを検査するという方法を考えつきました。これによって、球面の状況の測定的大幅なスピード化を実現でき、ピックアップレンズの全品検査が可能となったのです。」

スマートフォンに内蔵されたカメラレンズの検査にも、この方法が使われようとしているという。さらに、天谷教授はエアバッグの圧力・温度も逆問題で測定している。「ある企業からエアバッグが開くときの圧力分布、温度分布が知りたいという相談がありました。しかし、エアバッグが閉じている状態では、圧力・温度センサーなどを付けることができません。そこで、X線CTのように外から赤外線モニターで測定することを考えました。しかし、エアバッグは0.2秒というスピードで開くため、これを測定できる赤外線モニターは数千万円、しかもあらゆる角度から測るには複数台が必要となり、コストがかかりすぎてしまいます。そこで、学生のアイデアで赤外線モニターを一台だけ購入し、いくつかの鏡を使って様々な角度から測定できる仕組みをつくったのです。この方法でエアバッグ内部は従来思われていたよりかなり高い温度となっていることが分かりました。」

逆問題による測定は幅広い分野でニーズがあるようだ。例えば、考古学の出土品のように壊したり傷つけたりできないモノを測定するときや、測定にコストがかかりすぎるときに活用できるという。

## コミュニケーションと研究への 没頭、ふたつのバランスが重要

このように企業が抱える測定の課題を逆問題によって解決してきた天谷教授に、研究を続けていく上で大切にしていることを聞いてみた。

「私たちの研究は、“測定したいけど測定できない”という社会のニーズが研究のキックオフになることが多いですね。研究も企業との連携で行うことが多いですから、コミュニケーションが大切だと考えています。しかし一方で、研究室の中で逆問題という手法を突き詰めて考え抜くことも必要です。この両面のバランスが世の中に役に立つ技術をつくるうえで重要だと考えています。」

この想いは天谷研究室のメンバーたちにも伝え続けられており、研究室のメンバーたちは、企業との連携で次々と成果を残しているという。

見えないものを測定するというニーズは、医療分野はもちろん、トンネルや橋といったインフラ設備の内部など、世の中に無限にある。これからも天谷教授は、逆問題によりあらゆるモノの測定を実現していきましょう。



共同研究する企業に行けば「学生」ではいられない。自立心が育つ。

## Voice of Students

天谷教授の人柄に魅かれて集まったメンバーたちは、世の中に役立つ解析技術を目指している。



中村 なつ美さん  
修士2年

教授の人柄に魅かれてこの研究室を選びましたが、居心地がよくて伸び伸びと研究させてもらっています。学科の4年生のときに人工関節の動きを超音波で測定していたことから医療関係に興味を持ち、現在は細胞の中のカルシウム濃度を解析しています。その解析の精度を上げて、生命系の学者に活用してもらえ測定技術にすることを目指しています。卒業してからは技術営業の職に就きますが、ここで学んだ技術を活かして活躍していきたいですね。



長井 悠さん  
修士2年

現在は、自動車の電着塗装のシミュレーションを行っています。実際に自動車メーカーなどへ行き研究を行っているのですが、この研究室とは雰囲気も違い、教授とは違う視点での意見を聞けるのが楽しいですね。この研究はうまくいけば、産業で使われるもの。ですからやりがいはとても大きいです。今後も、この研究を続けて、ゆくゆくは自動車全体の解析をしたり、世の中に役立つ解析技術を生み出していきたいと考えています。



ジョン・ジュヨンさん  
修士2年

研究テーマは自動車のブレーキパッドの材料に関する研究です。自動車部品メーカーと共同で研究を進めていますが、やはり企業の方々には役に立つアウトプットを求めてきますから、その期待に応えられるように日々努力を続けています。研究をしている中で喜びを感じるの、プログラミングをしていて、自分がイメージしている機能を持つプログラムができあがる時。これからも、企業の方々に喜んでいただける解析技術を目指していきます。

教育プログラムの紹介

研究分野、組織、国境を越えて、今、強い日本を取り戻すための人材育成プログラムを推進。

IT 特別教育研究コース

企業で即戦力となる人材を育成すべく、アンドロイドアプリのチーム開発で、実践力を身に付ける。



学術国際情報センター  
権藤 克彦 教授

日本は電子手帳など様々なプロダクトを生み出してきたにも関わらず、なぜiPhoneを創れなかったのでしょうか？それは技術力を市場にどうマッチさせるかという企画力や、技術者同士がチーム開発していくコミュニケーション能力など、実践力や応用力が足りなかったからでしょう。日本の大学院では、これまで理論に強い専門家を養成するという側面が強かったのですが、現在、産業界からは即戦力の育成が求められています。そこでIT教育特別教育研究プロジェクトでは、チーム開発など実践力に軸を

置いた人材の育成を目指しています。具体的には、システム・ソフトウェア開発の技術に加えて、ソフトウェア工学を幅広く実践的に学んでもらいます。そして、1チーム6人でアンドロイドアプリなどを開発、4チームが競い合い、六本木ミッドタウンで研究成果を発表させるのです。チーム開発には企業から特任教授を招いたり、他大学院との夏合宿での共同研究など様々な取り組みを行っており、学生たちは将来企業で活躍できる人材になるべ



他のグループの発表を食いつくすように見つめる。どの目も真剣だ。

く、熱心にかつ楽しそうに、研究に取り組んでいます。



IT 特別教育研究コースの発表会。六本木での発表の準備段階。



発表会では厳しい指摘や改善点の提案などが活発に交わされる。

ロボットインフォマティクス特別教育研究コース

試行錯誤をする研究プロセスを重視しながら、システムインテグレーションの実践力を身に付ける。



情報環境学専攻  
井村 順一 教授

次世代のロボットインフォマティクスの創成には、様々な技術を統合するシステムインテグレーションの力が必要となります。ロボットインフォマティクス特別教育研究コースでは、いわゆるロボットに限らず、広く知的人工物とそのネットワークについて情報学の観点からシステムインテグレーションする理論と方法を学ぶとともに、社会的システムとし



同じ学内でも専攻が違うと用語が通じないこともある。



最終報告会では研究プロセスを発表する。

て統合していく設計力と実践力を身に付けることを目的としています。

このプログラムでは、テーマの研究はもちろん大切ですが、試行錯誤しながら何を失敗して次にどう活かすか、そのプロセスを学ぶことが重要であると考えています。そのために、常に自分の研究をどのようなプロセスで進めているかを記録する「研究プロセスノート」を作

成してもらっています。最終報告会でも、研究成果ではなく研究プロセスを発表します。

また、異分野の学生、教授とディスカッションしながら、自分とは違う視点に付ける取り組みも行っています。こうした取り組みを通して、研究プロセスやシステムインテグレーションの力を培うことを目指しています。

情報生命博士教育院

情報科学の専門家として、生命科学等の分野でどう活躍するか。異分野の学生とチームを組み、リーダーとしての能力を育成。



計算工学専攻  
秋山 泰 教授

情報生命博士教育院とは、生命科学と情報科学の複合領域でグローバルに活躍するリーダー人材を育成していくための

教育プログラムです。生命理工・情報理工・総合理工の3つの研究科、10の専攻、約40人の教員が集結し、オール東工大で展開されている画期的な取り組みとなっています。

生命科学と情報科学の両方の分野で博士号を取るには、学ぶことが多過ぎてどちらも究められず、将来のキャリアパスにも不安を残す可能性もあります。そこで、この教育プログラムでは、情報科学の専門性を十分に高めた上で異分野と協調してどう活躍していくか、その経験を積んでいくことができます。学生たちは生命科学の学生とチームを組むことで刺激となり、異分野の人間とのコミュニケーション能力が養われます。そして、情報科学だけで



異分野学習を通じて、グローバルに活躍できるリーダーを目指す。

はなく幅広い分野を学習することで応用力が身に付き、社会に出てから活躍の場を広げることができるのです。さらに、グローバル化への対応として、英語教育にも力を入れています。そして世界に羽ばたくリーダーを輩出していくことを目指しています。

グローバル情報学特別教育研究コース

海外からの留学生が日本のIT技術を学び、日本人学生は留学生との交流でグローバルな対応力を向上させる。



計算工学専攻  
篠田 浩一 教授

これまで日本がリードしてきた、ロボット情報学、組み込み型情報システム、環境IT技術、大規模計算技術、マルチメディア

コンテンツ、ヒューマンインターフェイスという6つの分野。グローバル情報学特別教育研究コースは、この6つの分野で海外からの留学生を受け入れ、日本の情報技術を学んでもらい、国際的に活躍してもらうためのプログラムです。

日本人学生にとっても、グループワークで留学生と一緒に学ぶことでグローバル化を促進できる、一石二鳥のプログラムといえます。カリキュラムでは、様々な工夫をしていますが、そのひとつが日本人は外資系企業に、留学生は日本企業で学ぶ、クロスインターシップ。それぞれの国の企業へ理解を深める場となります。

現在は留学生を選考して、もうすぐプログラムがスタートするという段階。コース

終了後は留学生が、日本企業へ就職したり、自国で就職してグローバルに進出したり、IT技術の研究・普及へ貢献するなど、様々な形で活躍してもらうことで、日本発の人材ネットワークを構築していきたいと考えています。



インターネットで日本の東工大を知り、留学してきた学生もいる。

OPL (高度専門教育のためのOPLを核とした情報環境教育・研究システムの展開)

PDCAサイクルで研究の方法を修得し、産業界から求められる人材の育成を目指す。



情報環境学専攻  
笹島 和幸 教授

大学院の修士課程までは、博士課程と違いその道の専門家になるわけではありません。ですから、テーマを研究することが目的ではなく研究の方法論を学ぶことが目的だと考え、取り組んでいるのが、「高度専門教育のためのOPLを核とした情報環境教育・研究システムの展開」です。

企業では、実際の仕事の中で学ぶ研修OJT (On-the-Job Training) がありますが、このプログラムの「OPL」とは、「On-the-Project Learning」。プロジェクトの中で研究の方法論を学びます。様々な研究の方法論、プロセスを、計画 (PLAN)

→実行 (DO) →チェック (CHECK) →改善 (ACT) として繰り返す、研究能力のスパイラルアップを図るPDCAサイクルの過程を経て修得します。

グループワークや個人研究の中で、問題発見・テーマ設定からスタートし、解決策の発見・プロダクト創出までを行い、研究のたびにその方法を改善させていくのです。そして、問題解決志向、グローバルな力を持つ人材の育成を目指しています。

IHI	清水建設	豊橋科学技術大学	富士通
あいおいニッセイ同和損害保険	ジャストシステム	ドワンゴ	富士電機
アイコムシステック	シリコンスタジオ	中野冷機	富士フイルム
アイシン・エイ・ダブリュ	新日鉄住金ソリューションズ (旧:新日鉄ソリューションズ)	ニコン	ブラジル銀行
アイ・システム	新日本製鐵	ニトリ	ブリヂストン
アクセンチュア	シンプレクス・コンサルティング	日揮	ブレインパッド
Acroquest Technology	スカパー JSAT	日研総業	プログレス・テクノロジーズ
市川ソフトラボラトリー	スクウェア・エニックス	日本工営	防衛省
伊藤忠テクノソリューションズ	住友電工電子ワイヤー	日本コントロールシステム	ポッシュ
インテリジェントシステムズ	ソーシャルリクルーティング	日本電気	マイクロソフトディベロップメント
NOK	ソニー	日本電信電話	みずほ信託銀行
エヌジェーケー	ソニー・コンピュータエンタテインメント	日本IBM	三井住友アセットマネジメント
エヌ・ティ・ティアイティ	ソニーモバイルコミュニケーションズ	日本原子力研究開発機構	三井住友信託銀行
エヌ・ティ・ティ・コムウェア	ソネットエンタテインメント	日本生命保険	三井不動産ビルマネジメント
エヌ・ティ・ティ・データ	ソフトバンク	日本ウルトেকソリューション (旧:日本ソフトウェア技研)	三井物産
NTTファシリティーズ	第一生命保険	日本マクドナルド	三菱商事
エリクソン・ジャパン	大日本印刷	日本ユニシス	三菱電機
オリンパス	大和総研グループ	任天堂	三菱電機エンジニアリング
科学情報システムズ	大和証券投資信託委託	ネイバージャパン	三菱東京UFJ銀行
鹿島建設	タカタ	野村総合研究所	安川電機
木更津高等専門学校	China FAW Group Corporation	ノリタケ伊勢電子	ヤフー
キャノン	千代田化工建設	パークレイズ証券	ヤマハ発動機
九州電力	DeNA	博報堂 DY メディアパートナーズ	ユー・エス・イー
グーグル	鉄道建設・運輸施設整備支援機構	パナソニック	横河電機
グリー	鉄道情報システム	ハル研究所	横浜市
ゴールドマン・サックス証券	デンソー	日置電機	ランド・ホー
国際技術開発	東海旅客鉄道	東日本高速道路	楽天
国際航業	東京ガス	東日本旅客鉄道	リクルート
コナミデジタルエンタテインメント	東京工業大学	日立アロカメディカル	リコー
コマツ	東京都	日立コンピュータ機器	ロッテ
五洋建設	東芝	日立システムズ	ワコム
サイバーエージェント	東芝医用システムエンジニアリング	日立情報通信エンジニアリング	早稲田大学
サイボウズ	東芝システムテクノロジー	日立製作所	
ジェイアール東日本情報システム	トーマツ	日立ソリューションズ	
島津製作所	トヨタ自動車	ファナック	

GRADUATE SCHOOL OF INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING, TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

**INFOREMOST™**

Autumn 2013 Vol.7

東京工業大学 <http://www.titech.ac.jp/>

情報理工学研究所 <http://www.ise.titech.ac.jp/>

数理・計算科学専攻 <http://www.is.titech.ac.jp/>

計算工学専攻 <http://www.cs.titech.ac.jp/>

情報環境学専攻 <http://www.mei.titech.ac.jp/>

編集発行 東京工業大学大学院情報理工学研究所

編集委員 情報環境学専攻教授 灘岡 和夫

情報環境学専攻准教授 中尾 裕也

数理・計算科学専攻准教授 田中 圭介

計算工学専攻准教授 瀬々 潤

発行日 2013年10月1日

東京工業大学大学院情報理工学研究所 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1