

ACADEMIC FORUM

学術懇話会

平成29年度定年退職教員プロフィール

日時 | 平成30年3月15日(木)
10:30~12:00

場所 | 情報科学研究科棟階(2階) 大講義室

主催 | 東北大学大学院情報科学研究科
学術振興・広報委員会

東北大学大学院情報科学研究科
研究科長 徳山 豪

本年度末を持ちまして外山芳人教授が定年退職を迎えられることとなりました。本研究科では、「最終講義」とは呼ばずに、「懇話」という形で、ご定年の先生にお話をいただいております。それは、先生のこれまでの教育・研究に対する「思い」を学生および教員に伝えていただき、その「思い」を継続発展させて、研究科の将来に資することを目指しているからであります。

今回お話をいただく外山先生は、情報基礎専攻の情報論理学講座（電気通信研究所の協力講座）において、情報科学の最も根幹にある計算の基礎理論に関する、世界最先端の研究教育を行っていただいた先生でおられます。長年の間、我々情報科学研究科はもちろん、東北大学の教育・研究に多大なご貢献をいただき、心より感謝し、敬服申し上げます。

私自身、外山先生とは研究の分野に近いこともあり、共同での卒業論文発表会やセミナー等をさせていただきました。また、私の赴任時には、同じように過去に企業研究所から大学に移られた経験のある外山先生に、慣れない大学での生活に数々の助言やご指導をいただき、個人的にも大変感謝しております。

外山先生の専門分野である計算の基礎理論、なかでも業績の中心であるプログラム変換や自動証明の理論は、非常に数学的に高度かつ抽象的なものなのですが、いつも判り易く平易に我々に語っていただいております。世界的な研究業績と名声をお持ちの先生にも関わらず、権威を表に見せることなく、常ににこやかにまた丁寧に我々後輩や学生に対応してくださる、そんな外山先生の研究者や教育者としての「思い」を伝えていただくことは、本研究科が目指す学際的な研究者育成には非常に重要であり、今回の懇話会においてお話いただけることは大変ありがたく、素晴らしい機会に恵まれていると思っております。

先生のこれまでの情報科学研究科及び東北大学への多大なご貢献に感謝申し上げますとともに、今後ともご指導ご鞭撻いただき、是非将来にわたっても研究科の発展にお力添えいただきたいと存じております。末筆になりますが、先生のご健康と更なるご発展をお祈り申し上げます。

第17回（平成29年度）情報科学研究科「学術懇話会」

日時：平成30年3月15日（木）

場所：情報科学研究科棟 大講義室

プログラム

10:30 開会

学術振興・広報委員会委員長 橋本 浩一 教授

講演

10:35 証明は計算できる ― 項書き換えシステムと私

講演者 外山 芳人 教授
司会 大堀 淳 教授

11:50 閉会挨拶

情報科学研究科長 徳山 豪 教授

講演要旨

「証明は計算できる — 項書き換えシステムと私」

外山 芳人 教授 5

証明は計算できる — 項書き換えシステムと私

外山 芳人 教授 (情報基礎科学専攻)

項書き換えシステムとは、等式を複雑な式から単純な式への非可逆な一方向への書き換え規則とみなすことによって得られる計算モデルです。等式で記述された論理の世界を自然な形で計算の世界に結びつけることができるため、定理自動証明や関数型プログラミング言語の基礎理論として広く利用されています。私は、黎明期である1980年代初頭から、項書き換えシステムの基礎理論と応用について研究を続けてきました。

項書き換えシステムの重要な性質のひとつは合流性です。合流性とは、非決定的な計算モデルにおいて、計算の途中の道筋に無関係に答えの一意性が保証される性質です。したがって、合流性をもつ項書き換えシステムでは、等式にもとづく柔軟な計算と効率的な証明が可能となります。

項書き換えシステムに関する私の研究は、合流性の条件を明らかにすることから始まりました。この研究からは、可換性に基づく左線形システムの合流条件や、モジュラ性に基づく非線形システムの合流条件などの成果を得ることができました。また、その後のプログラム変換や自動証明の研究においては、合流性をもつシステムが重要な役割を果たしました。

本講演では、合流性を中心に、私の歩んできた項書き換えシステムの研究をふりかえるとともに、定理自動証明やプログラム変換などへの応用についても紹介したいと思います。

This image shows a single page of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There is no handwriting or printed text on the page.

「研究生生活をふりかえって」

外山 芳人 教授 8

研究生生活をふりかえって

外山 芳人 教授



長岡市の実家から歩いて10分くらいの新潟大学工学部に入学したのは1971年でした。興味があったのは情報科学でしたが、当時の日本には情報科学関係の学科はほとんどなかったので、計算機関係が勉強できそうな電子工学を専攻しました。

学部時代は、オートマトンや言語理論、計算の理論などの数学パズルのような面白さに夢中になり、電子工学はそっちのけで、専門書を何冊も買い込んで勉強しました。大学院は、オートマトンと言語理論の教科書の著者である本多波雄先生に弟子入りしたくて、東北大学の情報工学専攻の修士課程に進学しました。と

ころが、本多先生は名古屋大学へ移られるということで研究室に配属してもらえず、分野の近い木村正行先生の研究室にお世話になることとなりました。

木村研究室はとても自由な雰囲気、先生が学生に研究テーマを与えるということはありませんでした。学生は自分の興味のあることを勉強して、自由に研究テーマを決めることができました。ただし、研究テーマを決めるためには、その分野の最前線に自力で到達しなくてはならず、これは学生にとってなかなか高いハードルでした。

私は学習に興味があったので、学習オートマトンを研究テーマに選びました。これまでは計算機シミュレーションで調べられていた学習オートマトンの振る舞いを、理論的に解析することが目標でした。しかし、解析の鍵となる不等式をどうしても証明することができず、修士2年の夏頃には精神的にずいぶん追いつめられてしまいました。

夏休みに帰省したとき、自宅の近所をぼんやり歩いていると、これまでいくら考えてもわからなかった不等式の証明が突然ひらめきました。誰も解けなかった問題が解けた瞬間の高揚感は、今でも鮮明に覚えています。ある日、電電公社（現 NTT）の武蔵野研究所の池野信一先生の講演会が、東北大学で開催されました。池野先生の話は、その当時珍しかったマイクロプロセッサを使った自作コンピュータの紹介でした。自作の苦労などを楽しそうに話される池野先生にすっかり引きつけられ、電電公社の研究所に就職することに決めました。

電電公社では、計算機関係の研究をしている基礎第1研究室に配属されました。池野先生の特別研究室には新入社員は配属してもらえず、本多先生のとくと同様、今回も弟子入りはかないませんでした。

基礎第1研究室で、非決定的な計算モデルを研究していたとき、計算順序を一意に定めないラムダ計算では、計算過程の合流性が本質的であることに気づきました。そこで、ラムダ計算以外の計算モデルについても合流条件を調べてみようと考えました。

非決定的な計算モデルとして取り上げたのは、研究が開始されたばかりの項書き換えシステムでした。当時知られていた項書き換えシステムの合流条件は、左線形のシステムか、あるいは、停止するシステムに限られていました。そこで、非線形で停止しないシステムに焦点を合わせて研究を開始しました。

海外の学会誌に掲載されている博士論文の要約集を調べていると、私と同じような興味をもつオランダの

研究者を発見しました。その後、ずいぶんお世話になったオランダ国立数学・計算機科学研究所 (CWI) の Jan Willem Klop 先生です。さっそく手紙を書いて、博士論文を送っていただきました。Klop 先生の博士論文には、非線形で停止しないにもかかわらず合流性をもつ書き換えシステムがいくつか示されていました。しかし、これらの合流性はシステムを少し変形するだけで失われてしまいます。

一見ほとんど同じように見える二つのシステムで、一方は合流性をもち、他方は合流性をもたない理由を考え続けました。やがて、合流性をもつシステムでは直和分解できるのに、合流性をもたないシステムでは直和分解ができないことに気がつきました。そこで、このような性質は一般的に成立するのではないかと予想して証明に取りかかりました。

直和が合流性を保存するという予想は、類似研究がまったくなかったので、成立するか否かは五分五分でした。なかなか証明は進まなかったのですが、このように数学的に美しい定理が成立しないはずはないと自分を励ましなが、1年くらいかけてようやく証明に成功しました。これが、外山の定理と現在よばれているものです。とくに苦労したのは、これまで誰も考えつかなかった枠組みなので、私の頭の中ではすでに自明となっている証明を、他人が理解できるような形に記述することでした。そのため、いくつかの新しい概念を導入し、それらを簡明に表現できる記法を工夫しました。苦労のかがあって、これらの記法の多くは、今日でも書き換えシステムのモジュラ性の研究では広く使われています。

外山の定理がきっかけで、CWI に客員研究員として1年間滞在させていただくことになり、1990年夏に妻と1才の長男を連れてアムステルダムに渡りました。オランダでは、Klop 先生や Henk Barendregt 先生の研究グループとの共同研究で論文をいくつか書くことができ、実り多い1年を過ごすことができました。

オランダから帰国すると、恩師の木村先生から設立したばかりの北陸先端科学大学院大学 (JAIST) に来ないかとお誘いがあり、1993年にNTTを退職して教授として着任することになりました。JAIST は、交通手段もない山の中に開学したばかりで、教員も学生も苦労が多かったのですが、新しい大学院大学と一緒に作っていく楽しさもありました。JAIST で7年間過ごした後、2000年に東北大学の電気通信研究所に教授として着任しました。

東北大学では、計算システムと証明システムの融合を目指して、書き換えシステムに基づくプログラムの自動検証や自動変換、定理自動証明などの研究に取り組みました。これらの研究では、私の得意な理論的アプローチだけではなく、学生やスタッフの協力によって、世界初の合流性自動証明システムの開発など、実験的アプローチもいろいろ試みることができました。

現在では想像できないことですが、私が項書き換えシステムの研究を始めた頃は、重要な論文を5つほど読めば研究の最前線に立つことができました。生まれたばかりで、ひとつの研究分野として認知されておらず、研究者もほとんどいなかったからです。国内でも、項書き換えシステムはほとんど知られておらず、私の研究を理解してもらうためには、この分野をまず知ってもらわなければなりません。このため、解説論文を書き、研究集会や海外の研究者の講演会を開催して、この分野の普及に努めました。今では、情報科学辞典にも項書き換えシステムが当然のように掲載されており、時代の移り変わりを感じます。ひとつの分野の誕生から成熟までを経験できたのは、研究者として幸運だったと思います。

外山 芳人 教授

情報基礎科学専攻 情報論理学講座
(システム情報科学専攻 教授 大堀淳)

外山芳人先生は1952年10月に新潟県長岡市でお生まれになりました。長岡高等学校をご卒業後、1975年に新潟大学工学部電子工学科を卒業され、1977年に東北大学大学院工学研究科情報工学専攻修士課程を修了されました。同年4月に日本電信電話公社(現 NTT) 武蔵野電気通信研究所に入所され、1991年7月にNTT コミュニケーション科学研究所に主幹研究員として異動されました。この間1990年8月から1年間、オランダ国立数学・計算機科学研究所(CWI)に客員研究員として滞在されました。1990年9月に東北大学から工学博士の学位を取得されました。その後、1993年4月に北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科教授に就任されました。2000年4月に東北大学電気通信研究所教授および本研究科情報基礎科学専攻情報論理学講座(協力講座)教授に着任され、それ以来18年間にわたって研究教育にご尽力されました。

外山先生のご専門は、今日では項書き換えシステムとして確立された研究分野です。外山先生は、この分野の黎明期より研究を開始され、項書き換えシステムを堅牢な計算モデルとして確立する基盤となった幾つかの重要な理論を構築し、この分野の発展に大きな足跡を残されました。私は項書き換えシステムの専門家ではありませんが、米国での学生時代に外山先生の業績に触れる機会を得ました。それらを通じ、外山先生の、計算の本質に関する深い洞察に基づき新たな理論体系を構築する重厚で真摯な研究姿勢から多くを学ぶとともに、外山先生が示された定理や性質の重要性とメッセージ性に大きな感銘を受けました。専門外の私からで恐縮ではございますが、その一部をご紹介します。項書き換えシステムの基本は、コンピュータが行う計算の構造を、情報を表現する項(式)をそれと等価なしかしより簡単な形に書き換える規則の集合として表現しようとするものです。この枠組みは、チューリング機械と同様万能な計算のモデルを与えます。外山先生は、項書き換えシステムが持つ性質のモジュラ性という概念を導入し、複数の項書き換えシステムの分解や合成の基礎となる理論を構築されました。モジュラ性とは、計算モデルとしての望ましい性質が2つの項書き換えシステムを統合しても保存されることを表す自然で基本的な概念です。これらご研究の中で外山先生が示された「合流性はモジュラである」との定理は、独立した(互いに直和となり得る)項書き換えシステムは、計算モデルとしての整合性を失うことなく統合できることを意味する基本的で美しい性質です。さらに「停止性はモジュラではない」ことを示す反例は、それまでに信じられてきたいくつかの性質を即座に否定する強力かつ驚くべき性質です。これら成果は、その後の項書き換えシステムの発展の重要な基礎として大きな学術的なインパクトを与えるとともに、理論計算機科学の幅広い分野で広く知られ利用され続けています。ペンシルバニア大学の学生であった時、計算機科学の先生から「最近『Toyama の反例』の話聞き、再構築しようと思ったがうまくできない。君は日本人だから Toyama を知っているだろう。この反例を知っているか。」と質問されたことをよく覚えています。

以上に限らず、外山先生は、1980年代初頭から今日まで、項書き換えシステム分野の中心的な研究者として、合流性、停止性、等価変換、計算戦略などの基礎理論研究に数多くの貢献をされました。さらに、定理自動証明への応用にも優れた先駆的な成果をあげてられました。特に、世界初の合流性自動証明システム ACP の開発とその有効性を実証した研究は、その後さまざまな合流性自動証明システムが開発される契機となり、現在で

プロフィール Yoshihito Toyama

は国際的競技会が毎年開催されるなど活発な研究分野となっています。これらご業績は、項書き換えシステムの研究領域を牽引するものとして世界の理論計算機科学のコミュニティから極めて高く評価されています。その一端は、理論計算機科学における権威ある学術誌 Theoretical Computer Science の Volume 464 (2012) が、New Directions in Rewriting (Honoring the60th Birthday of Yoshihito Toyama) のタイトルを冠し、外山先生の業績に捧げられたものであることから伺うことができます。国内では、外山先生の多大な業績に対して、日本 IBM 科学賞(1997)が授与され、日本ソフトウェア科学会から基礎研究賞(2009)とフェローの称号(2014)が贈られています。

外山先生はまた、大学内ではもちろん国内の研究者コミュニティにおいて、TRS ミーティングなどの自由な議論の場を立ち上げるなどの活動を通じて、その優しく暖かな人柄で若手研究者育成に大きく貢献されました。今日の我が国における理論計算機科学の活発な活動は、外山先生の存在に負うところが大きいと言えます。学問をすることの本質をお教え頂いた研究者の一人として、外山先生に心から感謝申し上げるとともに、先生の今後ますますのご研究の発展とご健康をお祈りいたします。



ゼミの風景



川渡での夏合宿



駅伝大会

