

<別紙 1>

2016 年度 C&C 賞受賞者 業績と略歴

■グループ A： 大野 英男 教授

大規模半導体集積回路は言うまでもなく情報通信技術(ICT)の中心技術であり、インターネットの拡大により増大し続ける情報処理システムや、あらゆる産業製品の基盤として、社会の進化や発展を支えています。一方で、その応用製品や領域の拡大は、ビッグデータや IoT といった情報量の拡大や処理の高度化とも相俟って、多大なエネルギー消費を招いており、それ故これからの半導体集積回路や構成素子には高機能性と省エネルギー性との高度な融合が強く求められます。

大野教授は、そのような社会の発展や要求の高まりに先立ち、磁性体のもつ電子スピンをエレクトロニクス技術に活用し、革新的な高機能素子の実現を目指すスピントロニクス技術を次々と提案創生してきました。また、その優れた省エネルギー性に着目した応用研究を推進し、新たな研究領域の潮流を切り拓いてきました。特に世界初の強磁性 III-V 族化合物半導体の結晶成長実現を始め、化合物半導体における強磁性発現のモデルの構築、さらには外部電界による強磁性と常磁性間の相転移制御、そして強磁性半導体による多種多様な新素子の提案と実証などの一連の活動によって、スピントロニクス技術に関わる研究分野の開拓と発展を自ら先導してきました。

教授は、1989 年に宗片比呂夫博士らと共同で InMnAs の結晶成長に世界で初めて成功し、1992 年には同材料が強磁性を示すことを明示しました。さらに 1996 年には強磁性を示す GaMnAs の結晶成長にも成功し、その後 2000 年には Tomasz Dietl 博士らとともにこれら化合物半導体の強磁性起源に関するモデルを構築しました。これら一連の成果は、その後の強磁性化合物半導体研究の材料基盤や設計指針ともなり、同領域発展の礎となりました。

以上の材料研究の基礎的な成果をもとに、教授は、強磁性半導体を用いた新たな原理に基づく多様な新機能素子の提唱と実証を行いました。その代表的な成果として、チャンネル層に前記の強磁性半導体薄膜を有する電界効果トランジスタ構造による、外部電界による強磁性と常磁性間の磁気相転移や、磁気異方性の制御を実証したことがあります。これは素子の集積化を進める上で重要な磁化ベクトルの制御において、外部磁界やスピン偏極電流などの従来の手法に比べ圧倒的な省電力化の可能性を示すものと言え、将来の超低電力半導体集積回路の実現に道を開きました。以上の革新的な成果は、着目した GaMnAs などの材料が他のⅢ-V 族素子と構造の整合性をもつことから、過去から蓄積された半導体の知見と強磁性との関連を融合することができるという、教授の独創的な着想がその成功に大いに寄与したものとと言えます。

また、教授は、スピントネル効果が不揮発性を有するためにエレクトロニクスにおける電荷移動に比べ低電力になり得ることに着目し、半導体素子と金属系スピントロニクス素子とを融合した新しい集積回路の提案と実証にも先駆的に取り組みました。最先端大型プロジェクトのリーダとして、超省エネルギー社会を実現することを目的に、省エネルギースピントロニクス論理集積回路実証を推進しました。そして、不揮発なスピントロニクス素子と半導体集積回路の融合に挑戦し、CoFeB/MgO 系の垂直磁化磁気トンネル接合素子の高性能化に成功するなど、磁気メモリ(MRAM)や論理回路の超高集積化の実現に道を拓きました。さらに、無充電で長期間使用できる究極のエコ IT 機器の実現を目指す革新的研究開発推進プログラムにおいては、スピントロニクス集積回路によりエナジーハーベスティングで駆動可能な超低電力集積回路を実現するといった産業応用にも挑戦しています。

以上のようなプロジェクト研究での成果創出過程においては、教授は、研究開発体制の確立等にも尽力し、スピントロニクス素子や回路の製作設備インフラの構築や、新概念スピントロニクス素子創製に係る国際研究拠

点の整備などを通じて、同領域の研究人材の育成にも貢献しています。そして、教授の独創的で先駆的な取り組みは、論文被引用数の総合計が数万回と圧倒的多数を数えるなど、多大なインパクトを同分野や隣接分野の発展に与え続けています。

教授の長年に渡る磁性半導体に係る取り組みとその業績は、強磁性化合物半導体の物性物理の解明などの基礎研究成果創出に加え、従来のエレクトロニクス技術に対し、新たに電子のスピンを積極的に制御し活用する多種多様な電子デバイスの提案や実証などを推進する新たな研究領域の開拓にあります。そして、特に半導体スピントロニクスに係る先駆的先導的な数多くの研究成果は多くの世界中の研究者を引き付け、同分野の発展に国際的に寄与してきました。さらに開発した革新的技術を今後の社会が必要とする産業応用、とりわけ省エネルギー化が求められる論理集積回路のブレークスルーに展開するなど、その業績は学術面のみならず産業面での貢献も顕著です。このことから、C&C 社会を持続的に支え続けるための高機能・省エネルギー半導体の基礎となるスピントロニクス技術創生の先駆者として、C&C 賞受賞にふさわしいものと考えます。

大野 英男 教授

現職：東北大学 電気通信研究所 教授

生年月日：1954 年生まれ 61(歳)

略歴

1977 東京大学工学部卒業
1982 東京大学大学院工学系研究科博士課程修了
1982 北海道大学工学部 講師
1983 北海道大学工学部 助教授
1988 IBM ワトソン研 客員研究員
1994 東北大学工学部 教授
1995 東北大学電気通信研究所 教授
2004 東北大学電気通信研究所 附属ナノ・スピン実験施設長
2010 東北大学 省エネルギー・スピントロニクス集積化システムセンター センター長
2012 東北大学原子分子材料科学高等研究機構 主任研究者
2013 東北大学電気通信研究所 所長
2014 東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター 教授
2016 東北大学スピントロニクス学術連携研究教育センター センター長

主な受賞歴

1998 日本 IBM 科学賞
2003 The IUPAP Magnetism Prize
2004 Institute of Physics, Fellow
2005 アジレント欧州物理学賞
2005 日本学士院賞
2005 東北大学総長特別賞

- 2007 応用物理学会フェロー
- 2008 IEEE Magnetics Society Distinguished Lecturer for 2009
- 2011 Thomson Reuters Citation Laureate
- 2012 応用物理学会業績賞（研究業績）
- 2012 IEEE David Sarnoff Award
- 2013 American Physical Society, Fellow
- 2015 応用物理学会化合物半導体エレクトロニクス業績賞（赤崎勇賞）
- 2016 江崎玲於奈賞

■グループ B： ジェフリー E. ヒントン 教授

人工知能(AI:Artificial Intelligence)は、コンピュータを使用し学習・推論・判断などの人間と同様の知能のはたらきを実現する技術であり、1950年代半ばから研究が始まり、産業分野への応用が大きく期待されてきました。人工知能へのニューラルネットワークのアプローチは、脳が情報処理を行う仕組みに着想を得たもので、1960年代と1980年代に研究のブームを迎えましたが、当時のコンピュータ性能の限界や利用可能なデータの限界、技術的な問題により、実社会で広く実用化されるには至らず、研究のブームと冬の時代と言われる時期を繰り返してきました。

Geoffrey E. Hinton 教授は、ニューラルネットワークの技術の確立に貢献した第一人者であり、教授が開発したディープラーニング(Deep learning)は、機械学習分野のブレークスルーとなり、機械学習技術の産業分野への実用化を加速し、現在の人工知能の発展の牽引役となっています。教授のディープラーニングに関する研究は、音声認識技術とコンピュータビジョンの分野に多大なインパクトを与え、音声認識、画像解析、医療診断、コンピュータゲーム、車両安全性の向上などの産業技術分野の進歩を加速し、機械学習並びにその応用分野に革命をもたらしています。

ニューラルネットワークは脳の神経回路の構造を模した計算モデルを使用する技術ですが、Hinton 教授は、1980年代の第2次 AI ブームの時代から、ニューラルネットワークに関して数多くの業績を残してきました。

まず1983年に、Terry Sejnowski 教授と共著で、確率的に動作するニューラルネットワークの一種であり、複雑な内部表現(特徴抽出のためのデータ)を生成するシンプルな局所学習法を持つボルツマンマシン(Boltzmann Machine)を提案しています。これは、ニューラルネットワークに自身の特徴検出器の生成を可能にするものでした。また1985年には、David Rumelhart 教授と Ronald Williams 教授と共に多層ニューラルネットワークの学習法として、誤差逆伝搬法(Backpropagation algorithm)が有効であることを実証し、第2次 AI ブームを主導しました。

Hinton 教授と Sejnowski 教授により最初に提案されたボルツマンマシ

ンの学習方式は、膨大な計算時間を必要としましたが、Hinton 教授は 2002 年にネットワークの接続に一定の制約を持つボルツマンマシンに対しコントラストティブ・ダイバージェンス(Contrastive divergence)法という効率的な学習方式を発見し、この問題を克服しました。制約方式は、1986 年に Paul Smolensky 教授により最初に提案されたものですが、効率的な新しい学習方式と併せ、制限ボルツマンマシン(RBM:Restricted Boltzmann Machine)として広く使用されるようになりました。

2006 年にサイエンス誌に掲載した著名な論文において、Hinton 教授らは RBM を積み重ね、各 RBM がその一つ前の RBM で学習された表現を自身の入力データとして扱う事が出来る事を示しました。これにより、多層化したネットワークにおいて教師ありデータを必要とせずに、深い多層ニューラルネットワークを一層ずつ事前学習する事を可能とし、密なグラフィカルモデルの効率的な推論方法を発見するという長年の課題を解決しました。2009 年には、積層 RBM により音声認識において劇的な性能向上を実現しディープラーニングの時代の先導役となりました。

2012 年には、物体の画像の認識率を競うコンペティションである ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge (ILSVRC)において、Hinton 教授のチームが、深層畳み込みニューラルネットワーク(Deep convolutional neural network)により、他チームが達成した最良のエラー率 25%を大きく低減する 15%のエラー率を達成し、機械学習の研究者に大きな衝撃を与えました。この実証を契機に、物体認識において、ディープラーニングが従来手法から飛躍的な進歩を実現する革新的な技術であることが広く認識され、多くの研究者や企業がディープラーニングとその産業応用の研究を本格化しました。

ディープラーニングは、多層のニューロンを使用する事で、ニューラルネットワークに対して複雑な特徴の階層構造の抽出を可能にし、正確でロバストなパターン認識を大幅に容易化するものです。基本的な概念や技術は 1980 年代から知られていましたが、産業的な成功を実現するには 3 つ

の要因が必要でした。一つ目の要因は、ReLU(Rectified Linear Unit)と呼ばれる活性化関数とドロップアウト正則化などの Hinton 教授が導入した技術を含む、ニューロンの形式とその学習方式の進歩であり、二つ目の要因は、学習に使用可能なデータの量の大幅な増加になります。三つ目の最も重要な要因は、コンピュータ性能の爆発的な向上であり、これによりかつてない大規模なニューラルネットワークによりかつてない大量のデータを処理する事が可能になりました。これらの3つの要因の結果として、ディープラーニングは音声認識や画像診断の分野で広く利用され、動画認識や機械翻訳、薬剤設計、ヘルスケア、ロボティクス等の産業応用分野にも急速に利用が広がっています。

ディープラーニングは、従来のアプローチでは不可能とされていた、学習の認識過程で必要とされる特徴量をコンピュータ自身が自動的に抽出する事が可能である事を示しており、現在、ニューラルネットワークは単語や文章全体の意味を表現する方法を学習する事も可能になっています。これはまさに革命的であり、物事の特徴を概念化し直感的な推論にこれらの概念化を使用する事を含めた人間の思考過程を模擬する事を可能にするものです。

人工知能に対するニューラルネットワークのアプローチは、現在、1960年代と1980年代に続く3回目の研究ブームが到来していますが、強力なディープラーニングのアルゴリズムと、ビッグデータ処理技術の進歩、コンピュータ処理性能の飛躍的な向上により、人工知能がこれまで不可能だった課題に対応可能な段階となり、その本格的な普及期の入り口に立ったとも言えます。人工知能は、効率的で高度なサービスの提供や複雑化する社会課題の解決に必須となる基盤技術であり、今後、あらゆる産業分野を通じて社会の活性化につながる大きな可能性を持った技術に発展するものと考えられます。

以上のように、Hinton 教授のニューラルネットワークに関する研究は、人工知能の分野に革命をもたらし、その先駆的・主導的な取り組みは、情報通信技術のみならず社会経済や産業の発展において多大な貢献を果た

すものであり、C&C 賞に相応しい業績と言えます。

ジェフリー E. ヒントン 教授

現職： トロント大学 名誉教授

グーグル ディスティングイッシュド リサーチャー

生年月日： 1947 年生まれ 68(歳)

略歴

1970： BA, King's College, University of Cambridge

1976： Research Fellow, Sussex University

1978： PhD, University of Edinburgh

1978： Visiting Scholar, University of California, San Diego

1980： Scientific Officer, Medical Research Council, Cambridge

1982： Visiting Assistant Professor, University of California, San Diego

1982： Assistant/Associate Prof, Carnegie Mellon University

1987： Professor, University of Toronto

1998： Founding Director, Gatsby Unit, University College London

2001： Professor, University of Toronto

2013-~： Distinguished Researcher, Google Inc.

2014-~： University Professor Emeritus, University of Toronto

主な受賞歴

1990： IEEE Signal Processing Society's Senior Award

1992： ITAC/NSERC Award for Academic Excellence

1998： IEEE Neural Networks' Pioneer Award

2001： The David E. Rumelhart Prize

2005： IJCAI Research Excellence Award

2010： Gerhard Herzberg Canada Gold Medal

2012： Killam Prize in Engineering

2014 : IEEE Frank Rosenblatt Award

2016 : IEEE/RSE James Clerk Maxwell Medal

以上