

<別紙1>

2013 年度 C & C 賞受賞者 業績と略歴

■グループA： 菊池 和朗 博士、中沢 正隆 博士

広帯域な光ファイバアンプ(EDFA)を用いた波長多重伝送技術は、1990年代中盤以降急速に進展し、10~40 Gbpsの伝送速度で100波に至る波長多重を行うことにより、1本の光ファイバ中にTbpsレベルの大容量信号を数千~1万kmまで伝送することに成功しました。そして2000年以降、幹線系伝送システムとして実用化され広く普及しています。しかし、年率約40%で増加する情報通信容量の要求には依然として新たなブレークスルーが必要であり、伝送速度を40~100Gbps以上にあげるべく、様々な工夫が2003年頃から提案されるに至りました。技術的には、①EDFAの限られた帯域内での周波数利用効率の向上、②光ファイバの波長分散、偏波モード分散の補償等が重要な課題です。これらの解決手段として研究開発が進められたのが、QPSKやQAM等の多値デジタルコヒーレント伝送方式の導入です。菊池・中沢の両教授は、この大容量長距離伝送の根幹をなす技術に関して極めて先駆的・先導的な功績をあげてきています。

菊池博士は、1980年頃に故大越孝敬教授と共に、アナログのコヒーレント光ファイバ通信方式を提案した経緯があります。当時、EDFAの出現で、その研究は下火となりましたが、その後も研究を継続しました。その結果、上記①、②の課題に対して、QPSK等の多値変調波をデジタルコヒーレント技術で復調することが有効であることを見出し、世界に先んじて2004年頃から学会等で提案と研究成果の報告を進めてきました。この方式では、信号光と受信側局部発振光の波長をほぼ同一にして受信する偏波・位相ダイバーシティホモダイナイン方式の受信器を用いています。この受信器からの電気信号は、AD変換器でデジタル信号に変換された後、DSP回路でデジタル信号処理されることにより、波長分散、偏波分散の影響が除去され、元の信号に復調されます。同氏は、2005年春には、40Gbpsで当時最高周波数利用効率の2.5bit/s/Hzを実現し、本方式の有効性を示しました。以降、40G-16QAM伝送実験(2009年)等を通して、様々な有効性を実証しています。

この方式の課題のひとつは、高速なデジタル信号処理を行う DSP 回路の実現にあり、40~100Gbps の速度を扱える集積回路の実現は、当初困難と思われていました。しかし、2008 年にカナダの通信機メーカーが最初に LSI 化装置を実現し、画期的な分散補償効果を実証して業界に大きなインパクトを与えて以降、各所で急速に開発が進められました。そして、現在では 40~100Gbps 波長多重長距離大容量伝送の主流となっています。

菊池博士は開発初期からの方式提案者であり、実験的な実証はもとより、理論的背景の確立、光の特性を利用した独創的な提案を数々行ってきており、この技術領域の中心的な存在として活躍を続けています。

一方、中沢博士は、光のコヒーレント多値伝送に関する研究において極めて顕著な業績を上げています。特に QAM 光伝送技術に関しては 2006 年に世界で初めて提案し、最近ではその多値度を 1024 値まで増加させることにより、光の位相と振幅を最大限に生かした伝送実験に成功しています。具体的には先ず 2001 年からアセチレン分子を周波数基準とした波長  $1.5\mu\text{m}$  の周波数安定化-狭線幅 Er ファイバレーザを開発して送信光源、局部発信光源として用いています。その後、独自の間周波数安定化回路（光 PLL）ならびに IQ 変調器による QAM 変調を提案し、コヒーレント QAM 光伝送システム系を世界で初めて構築しました。そして 64~128 値（2006 年）、256~512（2010~2011 年）、さらに 1024 値（2012 年）までの QAM 光伝送を実現しています。これらの実験により従来 1bit/s/Hz 以下であった光通信の周波数利用効率を 14 bit/s/Hz というシャノンの理論限界に近いところまで高めることに成功しています。実用化までにはまだ時間が必要と思われませんが、先駆的かつ他の追随を許さない一群の成果は光通信の将来を極めて明るくものにしました。その一方でこのようなコヒーレント伝送の礎となる半導体レーザ励起の小型 EDFA の研究開発に 1989 年に成功し、更にその EDFA を用いて従来実現が難しいといわれていたソリトン伝送にも成功しています。

最近では、中沢博士はこの超多値コヒーレント伝送技術を中心に、マルチコアファイバならびに無線の MIMO 技術を用いたマルチモードファイバ伝送と組み合わせることにより、新たなる光通信ハードウェアのパラダイムシフトの重要性を世界にアピールし、それらの技術を唱導してきています。

多値デジタルコヒーレント伝送方式は、無線通信技術にそのお手本が有りますが、送信光源や局部発信光源の特性、光ファイバの特性など光通信特有の課題が解決されつつあり、今や無線の技術を凌駕するほどの性能を実証しつつあります。特に、位相・偏波ダイバーシティ光回路と DSP の組み合わせ、高速のデジタル信号処理アルゴリズム、狭線幅光源と中間周波安定化回路等々、適応技術の開発と選択を含めて、新技術の有効性を先頭に立って提案・実証してきた両教授の慧眼と成果は C & C 賞にふさわしいものと考えます。

氏名 菊池 和朗 博士 (1952 年生まれ、61 歳)

現職 東京大学 大学院工学研究科電気系工学専攻 教授

#### 略歴

- 1979 : 東京大学大学院博士課程修了
- 1979 : 東京大学工学部電子工学科専任講師
- 1994 : 東京大学工学部電子工学科教授。
- 1997 : 東京大学先端科学技術研究センター教授
- 2007 : 東京大学大学院新領域創成科学研究科基盤情報学専攻教授
- 2008-現在 : 東京大学大学院工学研究科電気系工学専攻 教授
- 1986-87 : Bell Comm. Res. コンサルタント
- 2001-03 : NTT フォトニクス研 Res. Prof. 兼業
- 2002-現在 : (株)アルネアラボ非常勤役員兼業

#### 受賞歴

- 1986 : 電子通信学会業績賞
- 1988 : 市村賞・功績賞
- 1990 : 電子通信学会著述賞
- 1994 : 日本 IBM 科学賞
- 2004 : 電子情報通信学会フェロー

- 2010 : 櫻井健二郎氏記念賞
- 2010 : 服部報公会報公賞
- 2011 : Ericsson Telecommunications Award
- 2013 : IEEE Fellow
- 2013 : 志田林三郎賞
- 2013 : 産学連携功労者表彰内閣総理大臣賞

氏名 中沢 正隆 博士 (1952 年生まれ、61 歳)

現職 東北大学 電気通信研究所 教授  
同 国際高等研究教育機構長、同 電気通信研究機構長

#### 略歴

- 1980 : 東京工業大学大学院博士課程修了
- 1980 : 日本電電公社入社 茨城電気通信研究所配属
- 1984-85 : MIT RLE (電子工学研究所) 客員研究員
- 1994 : NTT 伝送システム研グループリーダー
- 1999 : NTT R&D フェロー、東北大学客員教授
- 2001-現在 : 東北大学電気通信研究所教授
- 2008-現在 : 東北大学 Distinguished Professor
- 2010-2012 : 東北大学電気通信研究所所長
- 2011-2012 : 国立大学附置研究所・センター一長会議会長
- 2012-現在 : 東北大学国際高等研究教育機構長、同 電気通信研究機構長

#### 受賞歴

- 1989 : 櫻井健二郎記念賞
- 1990 : IEE, Electronics Letters Premium Award
- 1997 : 科学技術庁長官賞 (研究功績者賞)
- 2002 : IEEE, Daniel E. Noble Award for Emerging Technologies

2005 : OSA, R. W. Wood Prize  
2006 : Thomson Scientific Laureates  
2009 : 内閣府産学官連携推進会議 内閣総理大臣賞  
2009 : 電子情報通信学会 功績賞  
2010 : 紫綬褒章  
2010 : IEEE, Quantum Electronics Award  
2013 : 日本学士院賞

EDFA : Erbium-Doped optical Fiber Amplifier  
QPSK : Quadrature Phase Shift Keying (四相位相偏移変調)  
QAM : Quadrature Amplitude Modulation (直交振幅変調)  
AD : Analog Digital  
DSP : Digital Signal Processor  
PLL : Phase Locked Loop  
MIMO : Multiple-Input and Multiple-Output

■グループB： ウラジミール バプニック 教授

近年の計算機技術とネットワークの急速な発展を背景に大量のデータの蓄積が可能となり、データ分析により有用な知識を獲得するための重要な技術として機械学習が注目されています。機械学習は、データから有用な規則、知識表現、弁別基準などを抽出する技術であり、応用分野は、信号処理、自然言語処理、音声処理、画像処理、生物学、ロボット制御、金融工学、データマイニングなど多岐にわたります。バプニック教授は、この機械学習技術において、革新的な理論を開発し、本技術の成長と発展に貢献しています。

機械学習は、1960年代に、人間のような学習能力をもった機械（モデル）を作るための学習理論として、人の視覚と脳の機能をシンプルにモデル化したパーセプトロン

(Perceptron)と呼ばれるモデルが提唱され研究が進みました。1980年代には、これを改良した多層パーセプトロンと呼ばれるモデルが開発され多方面に応用されましたが、望ましくない局所最適解への収束など、いくつかの問題点がありました。

バプニック教授は、1995年に、このような問題を解決した学習機械として知られる、サポートベクターマシン (SVM: Support Vector Machine) の提案を行いました。SVMは、統計的学習理論の枠組みで提案された学習機械であり、特にパターン認識の能力において最も優れた学習モデルの1つであることが知られています。近年の情報処理、特に、画像処理、音声認識、自然言語処理、Web検索、データマイニング等で、ほとんどの研究者が活用しており、その業績は深く尊敬されています。

機械学習の技術領域でバプニック教授が創り出したブレークスルーは極めて大きく、学術的な業績としてまとめると以下のようになります。

1. 機械学習での未学習のデータに対する識別の誤差（汎化誤差）について、統計的学習理論の枠組みに基づく評価理論を提案し、SVMがいかなる識別問題に対しても安定して高い識別精度を実現できる高い汎化性能を持つことを示したこと。また、この中で、学習機械の複雑さを示す VC 次元 (Vapnik-Chervonenkis dimension) なる指標を提案し、世界に知らしめたこと。
2. 汎化誤差を最小にする分離境界の決定に関し、従来 방식と比べて分離するデータ集合と分離境界の間隔（マージン）の最大化という明確な基準を持つことを特徴とする SVM を提案したこと。本方式は最適化に係るパラメータの調整が不要で、既存の最適化ツールと組合せて実装することが容易であり、応用面を含め広く世界に普及させることができたこと。
3. 1963年にバプニック教授が発表した初期の SVM は、データの分離が容易な線形分離可能問題にしか適用できなかったが、カーネル関数を用いて複雑なパターン認識対象を別の高次元の特徴空間へ写像し線形分離を行う手法を提案し、SVM が線形分離不可能問題にも優れた性能を発揮することを示したこと。これは、

カーネル関数に関する有用性を知らしめた貢献であり、その後、従来から知られる様々な線形手法がカーネル化され、線形分離不可能問題への適用が広く実現されたこと。

これらのバプニック教授の業績は、情報処理の最先端の領域で広く知られており、「Statistical learning theory」等の著書の論文引用数は数万件にのぼります。また、SVMは、特に実用面において、従来の統計的な手法に比べ高次元の分類問題で優位性を発揮し、パターン認識の標準手法としての地位を確立しています。さらに、SVMに留まらず、数値予測を目的とする回帰問題に適用したSVR (Support Vector Regression) や、教師なしデータの誤分類の最小化を目的とするTransductive学習など、新たな手法の提案も進め、機械学習技術の発展に大きく貢献しています。

今日、機械学習技術は、様々なWebサービスやソーシャルサービスの実現、医療や環境などへの情報通信の適用領域の拡大、ビッグデータの活用など、情報通信技術の発展を支える重要な基盤技術となっています。バプニック教授の業績は、これら情報通信全般の発展に大きく貢献するものであり、C&C賞に相応しい業績と言えます。

氏名 ウラジミール バプニック 教授 (1936年生まれ、77歳)

現職 コロンビア大学教授  
NEC北米研究所フェロー

#### 略歴

1958 : ウズベク州立大学修士課程修了

1964 : Institute of Control Sciences (モスクワ) 博士課程修了

1961-90 : Institute of Control Sciences (モスクワ) コンピュータ科学研究科長も務める

1990-1996 : AT&Tベル研究所 (ホルムデル) 研究員

1995-現在 : ロイヤルホロウェイ大学 (ロンドン大学) 教授

- 1996-2002 : ルーセントテクノロジー社 A T & T 研究所  
リーディングリサーチャー
- 2002-現在 : N E C 北米研究所 (プリンストン) フェロー
- 2003-現在 : コロンビア大学教授

#### 受賞歴

- 2005: ガボール賞 (国際ニューラルネットワーク学会)
- 2006: 全米技術アカデミー会員
- 2008: ACM パリス・カネラキス実践的理論賞
- 2010: IEEE ニューラルネットワーク・パイオニア賞
- 2012: IEEE フランク・ローゼンブラット賞
- 2012: ベンジャミン・フランクリン・メダル (計算機科学・認知科学)