

業績賞贈呈

(写真：敬称略)

本会選奨規程第9条イ項（電子工学および情報通信に関する新しい発明，理論，実験，手法などの基礎的研究で，その成果の学問分野への貢献が明確であるもの），ロ項（電子工学および情報通信に関する新しい機器，または方式の開発，改良，国際標準化でその効果が顕著であり，近年その業績が明確になったもの）による業績に対し，下記の6件を選び贈呈した。

グラフアルゴリズムの革新と アルゴリズム工学への展開



受賞者 茨木俊秀



受賞者 永持 仁

グラフ・ネットワークにおけるフローの概念は，輸送や通信の効率化だけでなく，データのクラスタリング，ネットワークの信頼性解析など，幅広い応用を持っている。その理由は，最大流最小カット定理によって，最大流問題と最小カット問題が表裏一体の関係にあることが広く知られ，そのためにフローを用いたモデル化が豊かな表現力を有することにある。実際，最大流問題の応用として知られている事例の多くは，フローそのものよりもカットを求めている。にもかかわらず，最小カットを計算するには，最大流アルゴリズムを経由するのが定石であった。

受賞者は，1990年に連結度の階層性を形成するグラフの森分解を発見し，これに基づき最小カット（枝連結度）を計算するアルゴリズムを構築した。このアルゴリズムは，グラフの頂点を最大隣接順序で順序付けすれば，最後の2頂点間の連結度が線形時間で検出できるという新しい動作原理に基づいているのが大きな特徴である。最大流を経由せずに最小カットを計算するという点で従来の手法と全く異なった新たなアルゴリズムの出現は驚きをもって迎えられ，理論的なブレイクスルーとなった。

実用的にも，プログラムとしての実装が容易であり，極めて高速であることが報告されている。これらの特徴から，このアルゴリズムはCook, Cunningham, Pulleyblank, Schrijver (1998), Korte, Vygen (2000) など，離散最適化分野の代表的な教科書において，標準的解法として紹介され，世界中の大学・大学院で教えられている。

更に，受賞者は，最大隣接順序に基づく最小カットアルゴリズムを発展させる形で，準最小カットの列挙，カクタス構造構成問題，極値頂点集合族問題，枝連結度増大問題，供給点配置問題などのより複雑な連結度問題を解く高速かつエレガントなアルゴリズムを体系的に開発した。特に，森分解に基づいた疎化法と呼ばれる方法は，アルゴリズムの標準的な設計手法の一つとして定着している。

受賞者らの研究に刺激され，そのアルゴリズムの正当性をより簡潔に証明する試みが世界中で行われた。その結果は，Queyranneによって，対称劣モジュラー関数と呼ばれる集合関数の最小化アルゴリズムに昇華された。その後，受賞者によって導入された正モジュラー集合関数の概念によって，新しい純粋に抽象的な数学原理として説明できることが明らかにされている。

これらの一連の研究成果は，最近，受賞者によって英文の専門書にまとめられ，出版された。簡潔な原理に基づいて，はん用性の高い設計技法を開発した点で，受賞者の業績は1970年代におけるTarjanの深さ優先探索とも比較されるべきものである。

受賞者によるグラフ連結度アルゴリズムと正モジュラー集合関数の理論は，オリジナリティの高い手法の開発と新しい理論体系の確立により，電子工学と情報通信に応用を持つ先駆的基礎的研究として重要な貢献を果たした。これは，計算理論，離散数学，オペレーションズリサーチ分野の最適化の研究者の注目の的となり，それらの研究分野の協調と融合の大きな推進力となった。受

賞者は、協調と融合の更なる発展のため、平成11年度発足の「アルゴリズム工学」特定領域研究として新たな研究分野を提唱し、その後の日本におけるアルゴリズム理論の隆盛の最大の原因となっている。

このように、受賞者の業績は極めて顕著であり、本会業績賞にふさわしいものである。



高性能データベース問合せ処理方式の開発



受賞者 喜連川 優

関係データベースシステムは、1970年代にその理論的基盤が構築され、その後の継続的な研究開発により、今日では広範に利用され、情報社会を支える基盤技術として必要不可欠なものとなっている。

受賞者は、関係データベースシステムの高性能化を実現する上で根幹となる問合せ処理において、ハッシュ法に基づく手法を中心に数多くの手法を提案するとともに、実装・評価を行いその有効性を明らかにし、多大な貢献を果たしてきた。関係データベースにおいて重要かつコストの高い処理として結合処理が挙げられるが、受賞者は、ハッシュ結合アルゴリズムの先駆的な研究を行った。その研究は、1980年代初頭のGRACE関係データベースマシンの提案にさかのぼり、受賞者は最も初期の主要な研究者の一人である。以降、動的デステージングハッシュ結合方式、バケツ平坦化並列ハッシュ結合方式等多様な手法を創案するとともに、数多くの論文を継続的にトップカンファレンスにおいて発表し、常に当該分野を国際的にけん引してきたといえる。ハッシュ法に基づくデータベース問合せ処理は、今日ではほとんどの商用のデータベース管理システムにおいて実装されており、産業界に対しても多大な貢献を果たした。

受賞者は手法の提案にとどまらず実際にシステムを構築してきた。共有メモリアーキテクチャに基づく並列関係データベースシステムである「機能ディスクシステム」は、当時の主要な性能評価指標であったウィスコンシンベンチマークにおいて、他のシステムに比べ圧倒的に高

い性能を達成し、ハッシュ法を基盤として関係データベース問合せの効率的な並列実行が行えることを実証した(本会論文賞受賞)。また、受賞者は、ハッシュ法に基づくアプローチを並列データマイニングに適用した第一人者としても知られており、この貢献も大きい。

ハッシュ法を基盤とした問合せ処理技術は、関係データベースのみならず、近年大きく着目されているクラウドにおいても活用されている。GoogleのMapReduceに代表される大規模データの並列分散処理においてもハッシュ法に基づく技術が利用されており、受賞者の研究成果が実社会へ更に波及していることが分かる。

上記を中心とし、大規模PCクラスタ形並列データベースや超高速ソータ等の業績も含め、受賞者は2009年にACM SIGMOD Edgar F. Codd Innovation Awardを受賞している。この賞はACMのデータベース研究部会であるSIGMOD(Special Interest Group of Management of Data)により贈られる賞であり、関係データベースの概念を提案した故Edgar F. Coddの名を冠した名誉ある賞である。データベースの研究分野では最も権威のある賞として位置付けられている。現在まで18名の受賞者が存在するが、日本人としてあるいはアジアの研究者として初の受賞を果たしている。

本会に限っても、データ工学研究専門委員会委員長を務め、2005年にはフェローを授与されている。また、2005年に東京で開催された、データベース分野における主要国際会議であるICDE(Int. Conf. on Data Engineering)では会議委員長を務め、成功に導いた。更に、科研費特定領域「情報爆発IT基盤」においては、領域代表として国内の多くの情報系研究者から構成される大規模プロジェクトを躍動的に推進しており、その功績は大きい。このように学会活動においてもその業績は極めて顕著であり、本会業績賞にふさわしいものである。



10 テラビット級 OTN (Optical Transport Network) 基盤技術の先駆的研究



受賞者 宮本 裕



受賞者 富澤将人



受賞者 佐野明秀

ブロードバンド社会の更なる発展に向け、基幹光ネットワークの大容量化、経済化並びに高信頼化が求められている。このため、1本の光ファイバに複数の波長を多重し、各波長に超高速イーサネット信号等の多様なデジタル信号を多重・収容し、大容量伝送する光ネットワークの実現が必須である。ITU-Tでは、そのような大容量光ネットワークを実現する Optical Transport Network (OTN) が、国際標準化されてきた。

受賞者らは、超高速チャンネルを用いた OTN を実現するデジタル信号フレームを提案し、その技術的な実現性を世界に先駆けて示すことで、国際標準化を先導した。同時に、1波長当りのチャンネル速度が 40Gbit/s、100Gbit/s のデジタル信号を OTN において長距離伝送するために、光ファイバ伝送に適した光変復調・多重化方式を提案・実証し、10Tbit/s 級の超高速大容量光ネットワーク (OTN) の実現性を世界に先駆けて実証した。

宮本裕君は、強度変調方式、差動位相変調方式、更には OFDM (直交周波数多重) 方式に応用可能なキャリア抑圧 RZ (CSRZ) 方式を提案した。本 RZ パルス化方式により、超高速光信号の長距離伝送特性の飛躍的な改善、並びに差動位相変調信号帯域圧縮の実現性を世界に先駆けて実証した。チャンネル速度 43Gbit/s において、誤り訂正符号を含む OTN デジタルフレームと CSRZ 符号を組み合わせ、世界初の 43Gbit/s 長距離波長多重伝送の実現性を示し富澤将人君とともに平成 14 年度の本会論文賞を受賞している。また、チームリーダーとして

100Gbit/s 級 OTN による超 10Tbit/s 大容量伝送プロジェクトを指揮した。4 値差動位相変調符号を CSRZ 方式と組み合わせた CSRZ-DQPSK 方式を提案し、佐野明秀君とともに 111Gbit/s OTN チャンネルを 140 チャンネル波長多重した 14Tbit/s 大容量光伝送に成功し、OTN における 100G イーサネット信号の広域転送の実現性に道を開くとともに、当時の 1 本の光ファイバを用いた伝送容量の世界記録を更新した。

富澤将人君は、OTN の波長多重ネットワーク管理を可能とする OTN デジタルフレームにおける多様なクライアント信号多重収容方式を提案した。また国際標準化団体 ITU-T の日本代表の一員として、Study Group (SG) 15 における日本発の国際標準 OTN の標準化に尽力し、ITU-T G.709 勧告 “Network Node Interface for Optical Transport Network (OTN)” の策定において、40Gbit/s クラスと多重構造並びに、イーサネット信号への最適化を図った 100Gbit/s 信号を含む拡張 OTN の国際標準化に貢献した。本業績により、宮本裕君とともに櫻井健二郎氏記念賞を受賞している。

佐野明秀君は、無線伝送分野で普及しているデジタル信号処理と上述した多値変調方式を併用し、光ファイバ伝送に適したノーガードインターバルコヒーレント OFDM 方式を提案し、100Gbit/s OTN 信号の 1,000km を超える長距離伝送が可能であることを実証した。サブキャリア数を 2 まで低減しガードインターバルを用いない高密度多重に適した OFDM 方式により、高速チャンネル伝送の課題である光ファイバの波長分散や偏波モード分散による信号劣化の一括デジタル補償を実証した。本技術により 13.5Tbit/s 波長多重信号の 7,000km 以上にわたる伝送実験に成功し、伝送容量距離積の世界記録を 1 けた向上 (従来技術比) する画期的な成果を上げ、100Gbit/s OTN の高密度長距離光ファイバ伝送の実現に道を開いた。

以上のように、受賞者らは、将来の高信頼かつ経済的な大容量光ネットワーク (OTN) のための先駆的研究を世界に先駆けて行い、日本の国際標準化貢献を具現化した。受賞者らの業績は極めて顕著であり、本会業績賞にふさわしいものである。



EMC 測定評価技術の開発と 国際標準化への貢献



受賞者 杉浦 行

電気電子機器等から空間に放射される不要な電磁波が通信放送の受信を妨げ、線路を伝導する不要な高周波電圧・電流が他の機器の誤動作を生じることがよく知られている。特に、CPU 内蔵機器や小形無線機器が我々の身の回りにはん濫する昨今、不要電磁波（妨害波）による様々な障害が顕在化している。受賞者は、この電磁環境問題の重要性に早くから気づき、電磁波障害の低減に関する多様な研究、特に妨害波測定法に関する研究に長らく従事し、その成果の国際標準化を精力的に努めてきた。

機器・システム間の電磁適合性（EMC：Electromagnetic Compatibility）に関する学術的研究は、1977年に本会に環境電磁工学研究専門委員会（EMCJ）が設置され、それを契機として我が国で広範囲に行われてきた。一方、産業界では、電気を利用するすべての機器・装置が EMC 基準を満たす必要があるため、国際無線障害特別委員会（CISPR）が定める妨害波測定法や許容値に関心が集まっている。

受賞者は、我が国の産業界が CISPR 規格に関心をもち始めた 1970 年ごろから、多様な EMC 分野の研究に従事し、これまで我が国の EMC 分野の研究開発を先導してきた。特に、放射妨害波の測定に使用する測定器、アンテナ、測定場などの特性を学術的に研究し、これらの測定装置類の仕様を検討した。その成果の多くは CISPR 規格に採用されて、現在、世界中で広く利用されている。また、測定器やアンテナの校正法に関する研究も行っており、その成果が認められて、現在、CISPR においてアンテナ校正法に関する国際規格策定の作業班主任を務めている。このように受賞者は、放射妨害波の測定法に関して名実共に世界の第一人者である。また、機器の誤動作の原因となる伝導妨害波については、その発生・伝搬メカニズムや、妨害波低減用フェライトコア等の妨害波対策部品の特性を研究し、その研究成果に基づいて妨害波電流の測定法や対策部品の特性評価法を開発した。このように、受賞者の一連の先駆的研究は、

EMC 分野の研究に新たな局面を切り開き、国内基準や国際規格として世界中で利用されており、学術・産業の両面に寄与するところが極めて大きい。

また、受賞者は、本会代議員、環境電磁工学研究専門委員会委員長や、通信ソサイエティ主催 2004 年 EMC 国際シンポジウム（EMC'04/Sendai）組織委員長をはじめ、日本学会会議電気電子工学委員会 URSI 分科会 E（電磁波の雑音と障害）小委員会委員長、IEEE/EMC-S Sendai chapter 委員長などを歴任し、学会活動においても多大な貢献を果たしている。また、25 年以上にわたって郵政省電波技術審議会（現、総務省情報通信審議会技術分科会）専門委員を務め、同 CISPR 委員会主査などを歴任して、妨害波に関する国内規定の策定を主導し、電波行政に大きく貢献している。

以上のように、受賞者が研究開発した様々な EMC 測定評価技術は国際規格として各国で利用されて、電磁環境の保全に大きく貢献している。したがって、受賞者の業績は誠に顕著で、本会業績賞にふさわしいものである。



MOS 型集積回路の製造プロセス・ デバイス設計支援技術の開発



受賞者 谷口研二



受賞者 鎌倉良成

国際半導体技術ロードマップ（ITRS）によると、近々、32nm のテクノロジーノードの超高密度集積回路を量産する時代に突入する。ここに至るまで、数え切れないほどの技術者が関与した累々たる失敗の歴史がある。1980 年以前は集積回路の製造プロセス条件の最適化には技術者の蓄積した経験が大いに役立ったが、それ以降は集積回路のプロセスやデバイス構造が複雑になりすぎて、人間が製造条件を最適設計することはできなくなってきた。この問題を打開するため、膨大なデータベースから普遍的な形式知を抽出（モデリング）し、それを使って計算機上でプロセス条件やデバイス構造を最適化する TCAD（Technology Computer Aided Design）技術が登場してきた。その後、試行錯誤の実験回数を減らして開

発コストを削減する目的で、多くの半導体メーカーは率先してこの TCAD 技術を導入した経緯がある。谷口研二君は、TCAD れい明期の 1978 年ごろから二次元のプロセスシミュレータを世界に先駆けて開発し、その精度向上のために、酸化誘起増速拡散や不純物原子の増速拡散のモデル開発を行ってきた。これらのプロセスモデルと二次元プロセスシミュレータは微細 MOSFET、メモリセル、CCD や CMOS イメージセンサのピクセル構造などの開発に生かされている。

更に MOSFET の電気的特性はシリコン基板中の不純物原子濃度分布に加え、キャリア移動度、衝突電離率などに大きく影響される。受賞者らはシリコン基板中のキャリア輸送のメカニズムを明らかにするため、電子の波動関数を用いたフルバンドモンテカルロシミュレータの開発を行った。この合わせ込みパラメータのないシミュレータの開発により、広いエネルギー範囲のキャリアに対するインパクトイオン化のモデル式が明らかになった。このモデル式は最先端 MOSFET のみならず、IGBT やパワー MOSFET などの高耐圧パワーデバイスの開発に貢献している。なお、シリコン基板に適用したフルバンドモンテカルロシミュレータの手法は、受賞者らの指導のもとで GaAs, GaN, ダイヤモンドなどの研究者にも展開・波及し、新材料デバイスの電気的特性のシミュレーションが可能になった。

受賞者は半導体デバイス・プロセス技術に関する世界最高水準の会議である国際電子素子会議 (IEDM) において累計 10 件以上の論文採択を果たすなど、プロセス・デバイス及び酸化膜信頼性モデリングに関して国際的にも高い評価を受けている。また、谷口研二君は日米欧を持ち回りで 3 年ごとに開催される集積回路プロセス・デバイスシミュレーション国際会議、SISPAD の組織委員長 (2002 年, 2005 年) を務め、世界の TCAD 技術の発展に大きく寄与した。本会でも和文論文誌編集委員長を務めるなど、学会活動や業績は極めて顕著であり、本会業績賞にふさわしいものである。

最後に、設計・開発から製品製造まで包含する集積回路設計支援技術 (TCAD) は、受賞者をはじめとする世界中の研究者・技術者の知恵比べの集大成であり、彼らの知恵と努力の成果が MOS 集積回路製品を通して今日の高度情報化社会の実現に大きく貢献したことを付記しておきたい。



デジタルプリディストーション技術による 高効率電力増幅装置の実用化



受賞者 大石泰之



受賞者 久保徳郎



受賞者 長谷和男

携帯電話などの無線通信では、有限な資源である無線周波数をいかに効率良く活用するかが重要な技術的課題である。このため、これまでに多くの変調方式、多元接続方式が研究されてきた。変調方式においては、搬送波の位相や周波数のみを用いて情報を伝送する定包絡線変調から、振幅・位相の双方に情報を載せる線形変調へ移行しており、周波数利用効率の観点から今後も一層の多値化が進むことは避けられない。また携帯電話の基地局では多数のユーザをアクセス可能とするため、周波数、あるいは符号による多元接続が不可欠であり、これら多重化された信号は線形信号として取り扱う必要がある。一方、無線通信では送信信号を増幅するための電力増幅が必須であるが、その電力効率 (増幅装置の消費電力に対する無線出力電力の比) が装置の消費電力、サイズに大きく影響する。近年、環境負荷や CO₂ 削減の観点からも消費電力を低減することが最重要の課題になっており、このために電力効率の高い線形電力増幅が求められている。一般に増幅器の線形性と効率は相反する特性を持っているため、線形増幅を高い効率で行う技術として、増幅器の非線形ひずみを抑圧するひずみ補償技術が多く研究されている。

受賞者らは、電力増幅技術に関して、広帯域高出力電力増幅デバイスの非線形ひずみを補償する新しいデジタルプリディストーション方式を開発した。本技術を IMT-2000 無線基地局用送信電力増幅装置として世界で初めて実用化し、装置の電力効率を大幅に改善することに成功すると同時に、実環境下での安定動作が求められ

る量産装置としての有用性を実証した。これにより、無線基地局の低消費電力化、小形化を達成し、IMT-2000サービスの普及に重要な役割を担っている大容量無線基地局装置の早期実現に貢献した。特に W-CDMA や LTE などの広帯域な高出力電力増幅器において、従来のひずみ補償技術が対象としてきた静的な振幅ひずみ・位相ひずみだけでなく、入力信号に依存した動的な非線形ひずみ（メモリ効果）が問題となることに早くから着目し、それを補償する新しいプリディストーション方式を考案し、その有効性を示した。2003年11月には本成果により「デジタルプリディストーション歪補償方式の実用化」として第51回電気科学技術奨励賞（オーム技術賞）を受賞している。

以上のように、受賞者らは今後の移動通信システムとして、ブロードバンド無線インタフェースを経済的に実

現する大きな課題の一つが基地局増幅器の効率化であることを検討の初期の段階から予見し、それを解決する技術的手法として非線形ひずみ補償技術を考案し、商用化における多くの実際的な課題を包括的に解決することにより、エコロジカルなブロードバンドワイヤレスシステムを経済的に構築できることを示した。今後、IMT-Advanced に向けて伝送速度の更なる高速化が求められる携帯電話基地局の使用電力量の削減は、通信キャリアの運用コスト低減に貢献するとともに、環境負荷を低減した低炭素化社会の実現に向けた社会的使命として極めて重要である。本成果は電力増幅技術という無線通信に不可欠な要素技術に関して、動的な非線形ひずみに着目し、その克服技術を開発することによってブレークスルーを成し遂げた成果として、その業績は顕著であり、本会業績賞にふさわしいものである。

