

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，改良でその効果が顕著であり，3年以内に業績の明確になったもの）による業績に対し，下記の6件を選び贈呈した。

効率的離散アルゴリズム設計の
先駆的研究

受賞者 西関隆夫



受賞者 周 暁

インターネットやVLSIなど高度な情報科学技術の発展に伴い，膨大な点と辺の接続構造を表す巨大なグラフ上で様々な組合せ問題を効率良く解く離散アルゴリズムを開発することが望まれているが，多くの問題はいわゆるNP完全であり，一般のグラフに対しては組合せ爆発により効率良く解けそうにないことが分かっていた。

受賞者である西関隆夫君と周暁君は，インターネットなどの接続構造やVLSIの配線を表すグラフなど，実用上よく現れるグラフは木構造を一般化した形をしている，すなわち“木幅”が小さいという特徴があることに注目し，そのようなグラフに対してはほとんどすべての組合せ問題が線形時間で解ける，すなわち入力されたグラフの点数に比例した時間で解けることを示した．特に直列接続と並列接続を繰り返して得られる“直並列グラフ”に対しては，線形時間アルゴリズムを自動的に設計する統一的理論を世界に先駆けて確立した．また，木幅が小さいグラフに対しては，点彩色や点素道探索などいわゆる点型の組合せ問題を解くアルゴリズムは容易に設計できるが，辺彩色など“辺型”の問題を解くアルゴリズムは設計できないであろうと予想されていた．しかし，受賞者らは，最大次数制限辺集合分解など全く新しい着想による理論を導入し，辺彩色や辺素道を求める効率の良いアルゴリズムの開発に成功した。

受賞者らのもう一つの大きな業績として，平面グラフに関する理論の展開とアルゴリズムの効率化が挙げられる．平面グラフの埋込み，彩色，ハミルトン閉路，独立点集合，多種フロー問題など重要な組合せ問題のほとんどすべてに対し，極めて効率の良いアルゴリズムを与えている．それらの多くは線形時間で終了するため最良である．これらの効率化には全く新しい着想による理論と設計法が導入されている．これらの成果をまとめたのが英文著書「Planar Graphs : Theory and Algorithms」(North-Holland社)であり，平面グラフの理論とアルゴリズムに関する専門書として数多くの書評で高く評価されている．

更に受賞者らは，世界で最初にグラフ描画についてアルゴリズムの立場から研究を開始し，平面グラフのすべての面を凸多角形で描画する凸描画が存在するかどうか判定し，存在する場合には凸描画を見つける線形時間アルゴリズムを与えた．また，連結度が高い平面グラフは，縦も横も点数の半分以下であるような小さい平面格子に点を配置して，各辺を直線で描けることを示し，永年の未解決問題を解決した．このほかにも，箱方形描画や内部方形描画や折れ曲がり最小直交描画などの新しい描画法を提案し，それらのアルゴリズムを与えるなど，グラフ描画の分野を開拓した．これらの成果をまとめたのが英文著書「Planar Graph Drawing」(World Scientific社)である．

受賞者である西関隆夫君は情報処理学会アルゴリズム研究会を創設し，初代幹事及び第2代主査として運営に貢献するとともに，本会コンピュータ研究専門委員長を務め，研究会の発展に尽くしている．更にアルゴリズムと計算理論に関する国際会議ISAACを1990年に創設し，Ad Com委員長としてその運営の指導的役割を担い，アルゴリズムに関する世界で主要な国際会議の一つに育てた．また，受賞者らはその業績により本会論文賞，船井情報科学振興賞，丹羽記念賞，石田記念研究奨励賞など数多くの賞を受賞している．

以上のように，受賞者らは計算機科学の最も基本的で重要な分野である離散アルゴリズムに関し，世界に誇れ

る優れた成果を上げ、効率的なアルゴリズムの統一的設計法を世界に先駆けて確立するとともに、平面グラフの理論、描画及びアルゴリズムという新しい研究分野を開拓し、発展させた。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。



情報理論における符号構成法に関する 先駆的研究



受賞者 植松友彦

現在の高度情報通信技術を支える中核的な理論体系が、情報の数学的モデル化と符号化という工学的手法を組み合わせた情報理論である。情報理論における様々な符号化問題において、ランダム符号化法などによって符号の存在が保証されているが、具体的な符号構成法が未知の場合が多い。そのような符号の代表的なものとして、1995年に受賞者は、無記憶通信路の通信路容量を達成する具体的な符号を初めて代数的に構成した。受賞者が提案した符号は、外部符号として代数幾何符号を用い、内部符号を可変符号にした接続符号であり、無記憶通信路の通信路容量よりも真に小さい伝送速度において、符号長を無限に長くしたとき指数関数的に復号誤り率が減少する。しかも提案した符号は符号長の三乗のオーダーで効率的に復号可能である。現在では、LDPC符号を用いることで、より少ない計算量の復号法でも通信路容量に漸近できることが知られているが、接続符号の信頼性関数を達成するという点と符号構成が代数演算にて行えるという点では提案法の方が優れている。

通信路符号化に次いで1997年に受賞者は、スレピアン・ウルフ符号化問題として知られている、相関を有する複数の情報源の個別符号化/同時復号問題に、上で述べた符号構成法が応用できることを見だし、スレピアン・ウルフ符号化に用いる具体的な固定長符号の構成に世界で初めて成功した。受賞者による発表の翌年、DISCUS (Distributed Source Coding Using Syndromes) と呼ばれる同様な符号が米国の研究グループによって独

立に提案された。これらの符号は、現在、センサネットワークにおけるセンサとセンサ間の通信やネットワーク符号化にも応用されており、多端子情報理論の実用面での発展の端緒となった。このように、受賞者が構築した符号構成法は、通信路符号化のみならず情報源符号化にも利用できる一般的なものであり、情報理論における各種符号を構成する際の指針を与えるものである。

有限アルファベットの情報源に対して、情報源の統計的性質によらず、ブロック長が長くなるにつれて1記号当りの符号長がエントロピーに漸近する符号として、2種のレンベル・ジブ符号に代表されるユニバーサル符号が知られている。2002年に受賞者は、可算無限アルファベットの場合でも、レンベル・ジブ符号を修正することでユニバーサル符号が得られることを示した。その後、ユニバーサル符号が存在するための必要十分条件を満たす情報源の集合に対して、実用的なユニバーサル符号が常に構成できることを明らかにした。これら一連の成果は、米国の幾つかの研究グループの注目を浴び、可算無限アルファベットの情報源の符号化が盛んに研究されるようになり、最終的にはアルファベットが未知の情報源の符号化問題にまで発展して、情報理論の新局面を開いた。

以上のように、受賞者が構築した符号構成法は、情報理論における長年未知であった符号の具体的な構成法を与えるとともに、情報理論の国際的な研究動向にも大きな影響を与えるなど、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。



UWB 電波伝搬および既存ワイヤレスシステムに対する干渉の先駆的研究



受賞者 小林岳彦



受賞者 高田潤一

UWB (超広帯域) 技術は、超高速ワイヤレス通信、高分解能レーダや高精度測位を可能にするだけでなく、実質的に新しい周波数資源をもたらすものとして期待されている。また、UWB技術を利用して、情報家電機器やパソコン周辺機器のワイヤレスネットワーク化をはじ

めとするワイヤレスパーソナルエリアネットワークや車載短距離レーダなどの市場が開拓されることも予想されている。受賞者らは、特に UWB の電波伝搬特性の解明や既存システムに対する干渉の影響評価の課題に着目し、その先駆的研究を推進するとともに、電波伝搬や環境電磁工学の分野に新しい局面を切り開いた。

UWB ワイヤレスシステムは、従来のいわゆるブロードバンドワイヤレスシステムと比較してもはるかに広い周波数帯域（比帯域すなわち中心周波数で正規化した帯域幅が 20% 以上、あるいは帯域幅が 500MHz 以上、代表的には 1GHz 以上）を占有する。このことから、マルチパス（多重波）伝搬路においてもマルチパスを分離可能であり、超高速ワイヤレス通信が可能になる。しかし、その電波伝搬特性は十分に解明されているわけではなかった。受賞者らは、測定用の UWB 高性能アンテナや UWB 信号源を自ら開発することから始めて、日本国内で大学・研究機関としては初の UWB 実験局免許を取得し、UWB 電波伝搬特性の実測・評価に先鞭を付け、更に世界に先駆けて双方向での UWB 時空間伝搬特性の推定法を開発した。これは、従来のブロードバンド電波伝搬研究と比べて時間分解能を飛躍的に向上させ、伝搬研究に新機軸をもたらすものである。更に受賞者らは共同して推定法を進化させ、様々な環境における UWB 伝搬特性を測定・解析・モデル化して、多数の論文を公表するとともに、IEEE802.15.3, COST273 などにおける標準化にも貢献した。

また、UWB システムは既存の狭帯域ワイヤレスシステムと不可避免的に周波数を共用しなければならない。UWB システムは拡散利得を大きくとることによって狭帯域システムからの干渉の影響を排除し得る上に、UWB システムは後発のものであるから、狭帯域システムへの電磁干渉が問題となる。これを解決するための一つの考え方は、UWB システムからの放射電力密度を雑音レベル以下に抑えればよいというものである。しかし、先行した米国における規制緩和は必ずしも十分な技術的検討に基づくものではなく、結果的に日本やヨーロッパ諸国においては米国よりも厳しい技術的条件が課せられることになった。受賞者らは早期からこの電磁干渉の問題にも取り組み、実験及びシミュレーションによる干渉の定量的評価や UWB デバイス測定法の提案などにおいて研究成果を生み出した。更に、ITU-R TG1/8 における標準化に寄与するとともに、総務省情報通信審議会における UWB 無線システムの技術的条件策定に大きな貢献をなした。

以上のように、受賞者らは UWB 電波伝搬特性の解明及び既存システムに対する干渉の影響評価において主導的役割を果たし、また関連する研究課題（例えば、UWB 技術を応用した測距方式や車両、人間、樹木などの UWB レーダ断面積の実測）をも先導した。これらの

研究成果や標準化・法制化への寄与に加えて、学会活動、技術の権利化や人材育成の面でも大きな成果を残すなど、その業績は誠に顕著であり、本会業績賞にふさわしいものである。



LSI クロック配線方式の開発



受賞者 枝廣正人

LSI は、大規模なもので数千万個の素子がクロック信号により同期して動作している。近年では、LSI の微細化が進むに従って配線による信号遅延の影響が大きくなり、適切なクロック配線を行うことによってすべての素子を同期して動作させる技術が極めて重要になっている。受賞者である枝廣正人君は、グラフアルゴリズム理論、回路理論、最適化理論を組み合わせる新手法により、世界最高のクロック配線方式を開発した。

クロック配線において同期素子までの信号遅延にばらつきがあると、同期素子に対するクロック信号の到達時間差（スキュー）が生じる。到達時間差があると、回路の正常動作を保証するためにクロック周期を延ばすことが必要になり、性能低下を招く。また、信号遅延自体も波形鈍りを招き、正常動作の障害となるため、最小化を図る必要がある。信号遅延は配線長と配線幅に依存するため、配線長と配線幅の最適化が必要である。したがって、信号遅延のばらつきを抑えつつ、配線長・配線幅を最適化するクロック配線を求める問題は、LSI 設計において極めて重要である。

まず同君は、クロック配線が同期素子をノードとするグラフであるとみなして、信号遅延と関係が深い配線長のばらつきを最小化する問題の解析を行い、グラフアルゴリズム理論により解が得られる（多項式時間問題となる）ことを証明した。しかし、配線長・配線幅を最適化するクロック配線を求める問題は、実用的な時間内に解が得られない（NP 困難問題となる）。そこで同君は、実用的な時間で信号遅延を極小化するクロック配線を求める発見的アルゴリズムを開発した。このアルゴリズム

では、配線長を極小化するクロック配線を求めた後、そのクロック配線における信号遅延を最小化する配線幅を求める。

クロック配線は、最近接関係グラフ上のクラスタリングを反復して行うことによって求めるが、クラスタ数を制限することにより、配線長を極小に保ちながら、理論計算時間の爆発を抑えることができた。更にバケット手法を用いることにより高速化を図り、実問題では素子数に比例する時間で解けるようにできた。これに伴い最適化性能も向上し、従来比約2割の配線長短縮を達成した。

上記で得られたクロック配線に対する配線幅は、クロック配線に対する回路微分方程式を解くことにより理論式として求められる。シミュレーションによる結果では、素子数が大きくなるほど信号遅延の削減効果が大きく、大きいものでは8割以上削減できることを示した。

これらの成果のうち、配線長のばらつきを最小化する問題に対する解析と、配線幅の理論的最適値の算出については、世界初のものである。また、配線長の極小化・配線幅の最適化により信号遅延を極小化する発見的アルゴリズムについては世界最高性能を達成し、現在までこの結果は塗り替えられていない。

同君の開発したLSIクロック配線方式は、最新の計算機を用いれば、現在の最大規模の問題に対し数秒でクロック配線の算出が可能であるため、様々なLSIの微細化、大規模化、高速化に有効である。本方式はLSIの実用設計に供され、国内におけるLSI事業の発展に大きく寄与している。また、IBM、MotorolaのPowerPCをはじめとする世界の最先端LSI設計にも多大な影響を与えている。

以上のように、受賞者の貢献は学術面・産業面の両面において顕著であるため、本会業績賞の受賞にふさわしいものである。



通信 EMC 技術の開発と国際標準化への貢献



受賞者 田島公博



受賞者 雨宮不二雄



受賞者 小林隆一

電話網からインターネットプロトコル (IP) 網への変遷及びブロードバンドサービスの普及による通信速度の向上、更にユビキタスサービスなど有線、無線が混在したサービスの多様化により、通信システムの電磁環境適合性 (EMC: Electromagnetic Compatibility) に関する新たな課題が顕在化してきた。多数の通信線や電源線が接続される通信装置では、通常の電子機器と比較して、妨害波の放射 (エミッション問題)、外来妨害波による誤動作 (イミュニティ問題) や雷サージのような過電圧による絶縁破壊の発生 (過電圧問題) など、故障を生じやすい固有なモードが存在する。

受賞者らは、IP時代における通信 EMC 技術のあり方について理論と応用の両面から検討し、これらの課題が発生するメカニズムを解明して最適な試験評価方法と対策方法を確立し、通信線用フィルタ、電磁波シールド、妨害波測定装置などを開発・実用化することで、学術、産業の両面に大きく貢献した。特に通信線から発生する妨害波の試験法と試験装置を新たに考案し、IEC (国際電気標準会議)/CISPR (国際無線障害特別委員会) での国際標準化へ貢献することにより、情報技術装置の通信線妨害波規格の運用が世界で実現するなど通信 EMC 技術の進歩普及に寄与するところが極めて大きい。

田島公博君は、IPサービスに対応した通信 EMC 標準化規格の推進、及び計測技術とイミュニティ対策技術の開発と実用化を先導した。計測技術では、光変調器を用いた電界センサ (光電界センサ) の高感度化、広帯域化 (DC ~ 10GHz) の設計法確立、容量性電圧プローブ (CVP) の実用化課題を明確にし、国際標準化の取組みに貢献した。また、ブロードバンドサービスに対応した

通信線用フィルタ技術、電磁波セキュリティ対策技術の実用化を促進し、通信システムの誤動作対策、情報セキュリティ対策へ貢献した。

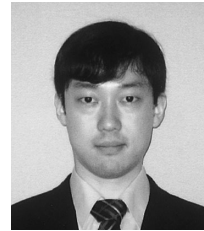
雨宮不二雄君は、通信線伝導妨害波の標準化試験法に関する研究及び国際標準化の第一人者として世界で活躍してきた。特に、通信線の平衡度とコモンモードインピーダンスの安定化特性が優れた擬似通信回路網（ISN）や容量性電圧プローブの開発と国際標準化によって、これまで規定されていなかった通信線端子妨害波電圧の試験法と許容値の規格策定に多大な貢献を果たした。CVPに関しては、2004年にCISPR16-1-2 Ed.1 Amd.1（無線妨害波及びイミュニティの測定装置と測定法の仕様）及び2005年にCISPR22 Ed.5（情報技術装置の妨害特性の許容値及び測定法）へ新規追加され、世界40か国以上の運用規格で採用された。

小林隆一君は、独創的な容量性電圧プローブを考案し、EMC計測技術の研究を先導してきた。特にCVPに適用する遮へいシールド効果のための外部電極などを考案し、試作と評価実験及び数値計算の両面から緻密な検討を行い最適な設計法を確立した。また、ITU-T（国際電気通信連合 電気通信標準化部門）のラポータとして通信装置のイミュニティ対策技術、過電圧試験技術の標準化を推進し、日本の接地に合致した標準試験法の策定に多大な貢献を果たした。

以上のように、受賞者らが開発した通信EMC技術は通信インフラの保全確保、及び通信サービスの品質向上へ大いに貢献した。更に標準化の推進により、世界各国のEMC規格として運用されており、学術及び産業へ果たした貢献は特筆に価するもので、本会業績賞にふさわしいものである。



指静脈認証技術の実用化



受賞者 三浦直人



受賞者 長坂晃朗



受賞者 宮武孝文

近年の急速な情報化社会の進展に伴い、企業や自治体などで、個人データ、機密に対する管理意識が高まっている。これに伴って、指紋、虹彩、顔など、「個人固有の特徴」を用いる生体認証が、より確度の高い本人認証手段として注目されている。

受賞者である、三浦直人君、長坂晃朗君、宮武孝文君は、「指静脈」という新しい生体部位に着目した本人認証技術の研究開発を進め、独創的な発明とともに実用的なシステムを実現してきた。本技術は、重要施設の入退管理や銀行ATMでの不正引き出しの防止などで既に広く利用されており、現在の安心・安全な社会づくりに欠かせない存在となっている。

指静脈認証技術は、指内を走る幾本もの静脈が織りなすパターンが人それぞれに異なることを利用して、個人を判別する手法である。受賞者らは、その実現のため、まず人間には見えない皮下の静脈を安定に撮影すべく、近赤外光を適切に指に透過させて静脈を鮮明に撮影する静脈イメージング技術を考案した。波長700～1,200nmの近赤外領域の光は、生体組織をよく透過する一方、静脈を流れる血液中のヘモグロビンという物質には逆によく吸収される。この特性の違いを利用して、静脈だけが暗い線として鮮明に浮かび上がるような撮影方式を実現した。次に、撮影した静脈を血管幅や指の姿勢の変動があっても高精度に照合できるように、静脈の中心形状の特徴だけを抽出し、かつその変形も許容できる高性能パターンマッチング法を考案し、世界最高レベルの認証精度を実現し実用化した。

更に受賞者らは高精度化だけにとどまらず、だれでも容易に操作できる方式を考案した。上記の透過撮影によ

る静脈イメージング方式は、表面のしわ等の影響を受けない鮮明なパターン取得を可能にし、高精度認証を実現する上で重要な役割を担っている。しかし、透過撮影では、光源とカメラで撮影対象物を挟み込む構造が一般的であり、そのまま適用した場合、光源が指の甲側上方を覆い隠す形となり、心理的抵抗感や不自由さがあった。そこで、まず光源を指の左右両側面に配置して、上方を開放した。指に入射した光は散乱で全方向に広がるので、横から光を入射してもカメラ側に光が届き、静脈を透過撮影できる。ただし、この光源配置では、光源に近い側ほど光が過剰となり静脈が映りにくくなるため、左右の光源を交互に明暗切り換えて2枚撮像し、光量が適正な半面ずつを組み合わせて認証に利用するようにした。これにより、透過式の高精度に加え、指一本を上からかざすだけの使いやすさをも両立させた。

以上のように、受賞者らの様々な先駆的開発によって、指を上からかざすだけで瞬時に本人確認ができる新世代の生体認証技術が確立した。2006年に生体認証に関する第三者評価機関である米国IBG (International Biometric Group) が実施した精度評価試験では、認証精度の高さに加え、特に、指紋、虹彩に比べ、登録未対応率がけた違いに小さいことが実証された。このことは本技術が万人に受け入れやすいことを意味する。本技術は、特に高い安全性と多様な顧客への対応が不可欠な金融機関において、個人預金保護の切り札として採用が進み、生体認証を採用する金融機関の約8割が指静脈認証を採用し、日本の事実上の標準となっている。このように、指静脈認証技術は現在の社会システムのインフラを支えており、その業績は誠に顕著なものがあり、本会業績賞としてふさわしいものである。

