

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。

DVDの開発およびその国際標準化推進



受賞者 山田尚志

DVDは1996年に発売されて以来，いまでは，ビデオテープやCDの代わりだけでなく，記録媒体として，広く一般に普及している。

受賞者は，世界に先駆けて長時間記録が可能なデジタル光ディスクの実現可能性を見抜き，1994年から，CDと同一のサイズで約6倍の容量を持つDVDのハードウェア開発と，日本主導で米国の映像産業も含めたDVD規格の国際標準化を完遂した。その貢献から「DVDの父」と業界からも尊敬を受けている。

DVDの実現に必要な各種技術を研究開発するとともに，それらを統合したCDと同じ大きさで約6倍の記憶容量を持つDVDのハードウェア開発を指揮した。ハードウェアの開発と同時に，国内外のハードウェアメーカーのみならず米国の映画産業も巻き込んでDVDの国際標準化を推進した。この国際標準の国内まとめ役として，受賞者はまさに超人的な活躍をした。米国で水曜日から金曜日の会議に出席し，土曜日に米国をたち，日本に帰国する。月曜日に国内会議を行い，日本案をまとめ，火曜日に日本をたち，米国で水曜日の会議に戻るという生活を7週間も続けた。日本主導の国際標準としてDVD規格を完成させた。

これは単に光ディスク技術の大幅な改良というにとどまらず，映像をデジタル記録させるビデオディスクと

しての側面，コンピュータ用の超大容量記憶媒体としての側面，及びこれらの応用から新分野を開く技術の開発である。その波及効果は科学技術のみならず，映像文化，出版文化から個人生活まで大きな変革をもたらした。受賞者が日本代表として規格化を果たしたDVDは，経済的にもVTR，CDに続く21世紀の電機産業，ソフトウェア産業の大きな柱となっている。

受賞者は，開発全体の技術的指揮を取っただけでなく，自身もDVDの主要構成要素である光ピックアップ及びその信号処理回路系の研究開発や，高圧縮画像記録方式であるMPEG-2のアルゴリズム開発及びそのLSI化，CPRM著作権保護方式などに直接携わった。

記録にかかわるエレクトロニクス部品は，材料とプロセスが絡み，20～40年という長期間の研究開発が必要となることが多い。この間，代替技術との競合に勝ち，多様な用途を見いださなければならず，製品化が困難である。これに対し，CDからDVDへの切り替えは，780MByteから4.7GByteへ，要素技術改善の積み重ねで，容量増大を実現した。更にMEPG-2や誤り訂正，暗号化などのデジタルならではの要素技術を組み入れたエレクトロニクス部品システムとして研究開発に臨んだが，これは受賞者がリーダーシップを発揮して実現できたことである。これらの成果はいずれもDVDの国際規格に反映されており，第31回市村産業賞を受賞するなど，技術的観点からも高く評価されている。

本会でも回路とシステム研究専門委員会委員長や基礎・境界ソサイエティの副会長を務めるなど，学会活動，技術の標準化，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。



移動体通信における適応的空間信号処理に関する先駆的研究



受賞者 鈴木 博



受賞者 府川和彦

携帯電話などの移動体通信において最も重要な技術的課題は、有限資源である無線周波数を有効に利用することである。このため、初期のアナログ移動体通信においては、同一周波数チャンネルを空間的に離して再利用するセルラ方式が導入された。その後、デジタル伝送が導入され、また、多元接続として TDMA (Time-Division Multiple Access) 及び CDMA (Code Division Multiple Access) が採用され、アナログ伝送に比べて飛躍的な周波数有効利用が実現された。しかしながら、限られた無線周波数帯で一層の高速伝送、加入者の増大を実現するには、時間・周波数領域チャンネルに加え、空間領域のチャンネルという新たな次元を導入する必要があった。

受賞者らは、この空間チャンネル分離のために適応的空間信号処理を用いた干渉キャンセラの研究を 1990 年ごろから始めた。まず、非線形処理による干渉キャンセラ (ICE: Interference Canceling Equalizer) を最よう規範から理論的に導出した。これは、最よう規範による適応等化器を拡張し、符号間干渉だけでなく同一チャンネル干渉をも同時に除去するものである。更に、従来の干渉キャンセラとは異なり、フェージングにより変動する無線通信路の推定を前提とした構造であり、追従性の向上により時変通信路でも良好な伝送特性を維持できる。ICE の伝送特性評価は、計算機シミュレーションにとどまらず、DSP による実験装置を用いた野外走行実験でも行われた。その結果、受信アンテナを 2 本備えた ICE が、同一チャンネルを同時に使用する 2 ユーザの信号を分離でき、システム容量をほぼ 2 倍にできることが実証された。この成果に対して 1994 年に本会論文賞を受賞している。2000 年ごろから、複数の送受信アンテナを用いて空間多重信号伝送を行う MIMO (Multiple-Input Multiple- Output) が世界的に注目を集めた。周波数帯域一定のフェージング通信路の通信路容量がアンテナ数に比例する MIMO は 1 対 1 通信に関するものであるが、ICE の空間的チャンネルの原理を拡張したものを見ることができる。

更に受賞者らは、ICE とアダプティブアレーアンテ

ナの縦続構成により、希望波と同じ到来角の干渉信号、あるいは到来角が異なる未知のトレーニング信号を持つ非同期干渉信号をキャンセルできることを示した。

この縦続構成に引き続き 2003 年ごろから受賞者らは、スペクトル効率の高い OFDM を用いた誤り訂正符号と MIMO との結合処理において、最適受信である最大事後確率 (MAP) 推定を効率的に行う方法を研究した。提案アルゴリズムは、信号検出と適応的通信路推定を効率良く一体化した ICE の方法を更に拡張し、EM (Expectation Maximization) アルゴリズムを採用している。ファクタグラフを用いて確率的信号処理を厳密に扱い、MIMO-OFDM の研究を大きく前進させ、2007 年に本会英文論文誌において通信ソサイエティ論文賞を受賞している。

以上のように、受賞者らが考案した適応的空間信号処理は、空間的なチャンネルを分離できるので、同一チャンネルを複数ユーザが同時に使用することが可能となり、周波数有効利用を更に図ることができる。この ICE における空間信号処理は MIMO の先駆けとみなすことができ、移動体通信の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。



非拡大写像の不動点近似に基づく信号処理方式とその応用に関する先駆的研究



受賞者 山田 功

信号処理工学の歴史はガウスによる「最小二乗推定」とフーリエによる「直交関数展開」のアイデアにさかのぼることができる。これら二つのアイデアが共にヒルベルト空間の「直交射影定理 (一般のベクトル空間に拡張されたピタゴラスの定理)」によって極めて明快に解釈できることはよく知られている。更に、現代の情報通信システムを支えている信号処理方式の多くも「直交射影定理」の応用と見ることができる。「直交射影定理」の持つこのはん用性と有効性は「(i) ヒルベルト空間とそ

の閉部分空間が持つ柔軟な情報表現能力」と「(ii)閉部分空間中の大域的最良近似点決定問題と等価な線形方程式」をより所としており、多種多様な信号処理問題が共通の「最適化原理と計算アルゴリズムのパッケージ」によって解決されてきたのである。これらの特長は新世代の信号処理方式の構築にあたっても十分に尊重され、踏襲されるべきであろう。

受賞者は直交射影を写像として眺めたとき、「線形な非拡大写像 (1 をリプシッツ定数とする写像)」となっており、その不動点集合 (すべての不動点からなる集合) が閉部分空間になっている事実に注目した。更に、任意の閉凸集合が非線形の非拡大写像の不動点集合として表現できる事実に注目し、一般の非拡大写像の不動点集合を制約集合とする変分不等式問題 (不動点集合上の凸最適化問題) とそのアルゴリズムを新世代の信号処理方式の「最適化原理と計算アルゴリズムのパッケージ」として実現する構想に至った。2001 年には非拡大写像の不動点集合上の変分不等式問題 (凸最適化問題の一般化) に対する極めて簡潔な逐次近似アルゴリズム (ハイブリッド最急降下法) とその収束定理を世界に先駆けて与えることに成功している。更に、2003 年には劣こう配射影と呼ばれる準非拡大写像を用い、閉凸集合上で凸関数列の漸近最小化問題に対するアルゴリズム (適応射影劣こう配法) とその収束定理を示すとともに、この収束定理を用いて、従来のアルゴリズムの性能を凌駕する多くの高性能適応信号処理アルゴリズムが統一的に導かれることを明らかにしている。ハイブリッド最急降下法と適応射影劣こう配法は (準) 非拡大写像の不動点集合が備えた豊かな情報表現能力を信号処理機能として最大限に生かす受賞者の大胆な発想のたまものであり、受賞者が提唱する新世代の信号処理方式の基幹アルゴリズムとなっている。

1960 年代以降、非線形関数解析学における不動点理論の主な対象は非拡大写像となっており、重要な非線形問題 (例えば非可微分凸最適化問題など) の多くが非拡大写像の不動点問題に帰着されることが知られている。ハイブリッド最急降下法は P.L. Lions (1994 年度フィールズ賞) 等のアンカー法の非自明な一般化となっており、多くの数学者、数理工学者によって受賞者の定理の一般化が試みられている。また、ウェーブレットを用いた画像復元問題で著名なフランスの研究グループがハイブリッド最急降下法を採用するなど、国内外の多くの研究者によってその優れた性能が実証されている。一方、適応射影劣こう配法は既に無線通信の適応受信問題、適応音響信号処理問題、オンライン機械学習問題等の応用においてその優れた性能が広く実証されている。

以上のように受賞者が提唱する新世代の信号処理方式は信号処理工学に飛躍的な進化をもたらしたのみならず、最適化理論をはじめとする数理科学の分野にも多大

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。



CMOS LSI 低電力回路技術の 先駆的開発と実用化



受賞者 桜井貴康



受賞者 黒田忠広



受賞者 道関隆国

CMOS LSI は過去 30 年以上にわたり、素子の微細化により性能を向上させてきたが、消費電力と漏れ電流の急激な増加が顕著となり、機器の性能向上や長時間動作、コストダウンのみならず、エネルギーや地球環境に対しても大きな課題となっている。

この問題は 2000 年以降、特に顕著になったものであるが、受賞者である桜井貴康君、黒田忠広君、道関隆国君は 1990 年代初頭からこの重要課題に取り組んだ。

動作速度を維持したまま電源電圧を低減し、消費電力を下げるには、回路を構成する MOSFET のしきい値電圧を低減することが必須となるが、これにより漏れ電流が指数関数的に増加して、消費電力の大半を占めることになる。そこでこの問題を解決する手法として、桜井貴康君、黒田忠広君らによる MOSFET の基板電位を制御し、待機時のしきい値電圧を高しきい値化して待機電流を削減する Variable-Threshold (VT) CMOS 回路や、道関隆国君らによる高低 2 種類のしきい値電圧を持つ MOSFET を用い、待機時の漏れ電流を高しきい値のパワースイッチトランジスタで遮断する Multi-Threshold (MT) CMOS 技術が提案され、実用化に向けた様々な研究と実証のための試作が行われた。

この提案技術は CMOS プロセスが若干複雑になるこ

とや、信頼性の懸念、回路ライブラリの開発などに課題があり、すぐには実用化されなかったが、2000年代に入り事態が深刻化し、問題の重大さが広く認識されるに従って実用化が進んだ。現在、マイクロプロセッサやシステム LSI を中心に、動作状態に応じて電源電圧、動作周波数、しきい値電圧などの回路・トランジスタパラメータを適応的に制御する DVFS (Dynamic Voltage and Frequency Scaling) と呼ばれる技術の適用が盛んになっており、これにより必要な処理速度を確保しつつも低電力化及び低漏れ電流化を図ることができるようになったが、この技術は受賞者らの取組みを源流としている。

また、受賞者らによる低電力技術に関する先駆的な取組みは、新たな学問領域を創生したといっても過言ではない。1990年代初頭における LSI 設計技術の主流は米国を中心とするマイクロプロセッサの高速化技術であり、低消費電力への関心はそれほど高くはなかった。これに対し受賞者らは国際学会などを通じて低電力技術の重要性を力説した結果、次第に国際的な関心が高まり、1994年に低電力技術に関する国際ワークショップが開催され、現在に至るまで低電力技術に関する包括的な研究が続いている。

また、この技術は携帯機器やデジタル家電機器用途を中心とする我が国の LSI 技術の中核技術と位置付けられ、道関隆国君らを中心とする NEDO による SOI デバイスを用いた総合的な低電力技術の開発プロジェクトに発展し、自然エネルギーで動作する LSI の実現などに成果を上げた。この技術はユビキタス社会の実現に不可欠なものであり、今日のグリーン IT などの電子機器の省エネルギー技術の萌芽になっているものといえる。

受賞者らは低電力回路技術を中心とする LSI 設計技術の開発と普及、啓発活動に関し、国際的に活躍している。桜井貴康君は日本を代表する LSI 設計の研究リーダーとして国際 VLSI 回路シンポジウムの論文委員長や大会委員長、A-SSCC の運営副委員長などを歴任し、黒田忠広君も国際 VLSI 回路シンポジウムの論文委員長などを務めた。道関隆国君は 1998 年に SOI コンファレンスのベストペーパー賞を受賞している。

以上のように、受賞者らは CMOS LSI 低電力回路技術の開発に関し、その重要性を早くから指摘し、課題を解決する先駆的な技術を開発するとともに、新たな学問分野を主導し、実用化に結び付けた。この業績は CMOS LSI の危機的な課題を解決する技術としてマイクロプロセッサやシステム LSI などに広く実用化され、消費エネルギーの削減や地球環境の保全にも大きく貢献しており、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。

広視野角・高速液晶ディスプレイモードの研究開発およびその高精細フルハイビジョン液晶ディスプレイへの応用



受賞者 内田龍男

通信インフラの広帯域化、カメラや情報処理機器の高性能化等により、大容量・高品位の映像が、放送・マスメディアをはじめ社会に広く活用されて不可欠なものになりつつある。これと同時に電子ディスプレイ、中でも液晶ディスプレイは薄形・軽量・低電力・長寿命という優れた特長を有するためますますその重要性が増しており、次世代の表示デバイスとして更に高密度で高品位の動画像を低電力で表示することが求められている。本研究は、このような課題に対する液晶ディスプレイの高性能化を追求し、実用化を目指した研究成果である。

液晶ディスプレイのカラー化という点で、受賞者は、1981年に赤(R)、緑(G)、青(B)のマイクロカラーフィルタを用いる方式を考案し、カラー液晶ディスプレイとして広く実用されている。しかし、この方式は、カラーフィルタによる光の吸収でエネルギー損があること、三色の画素で1絵素を構成するため高解像度化の点で不利であることなどの課題を有していた。このため、液晶ディスプレイの低電力化、高解像度化には、このマイクロカラーフィルタを除く必要があった。

また、受賞者は液晶テレビの開発期に動画表示特性の向上のために、従来の液晶の数十倍の高速動作を実現したディスプレイモードである Optically Compensated Bend (OCB) モードを考案した。これはベンド配向させた液晶セルの複屈折性を二軸性位相差フィルムで三次元補償したものである。これにより動画像の表示性能は大幅に向上し、2004年には東芝松下ディスプレイテクノロジー(株)が OCB パネルを製造し、(株)ナナオが 23 型の高品位液晶テレビを市販するに至っている。その後、低温での高速応答性が着目され、自動車用ディスプレイとして実用化が進んでいる。

この OCB モードの高速応答性を利用して、カラーフィルタを使わない新しいカラー液晶表示であるフィールドシーケンシャル(FS)カラー液晶を受賞者は 1997 年に発表した。この方式は、カラーフィルタによる着色に代え



て、R、G、Bの色で発光する3種類のバックライトを組み込み、それらを順次点灯させ、それに同期して液晶パネルの表示画像を切り換えるというものである。このとき、バックライトの点滅を人間の目が感じない程度の高速で切り換えることにより、R、G、Bを混色させてフルカラー表示を実現することができる。

この方式を確立する上で、液晶の一層の高速化のための分子配向制御とデバイス設計、波長特性を制御する光学素子の設計、光源とディスプレイの駆動条件の確立などの多くの研究が行われた。これらの研究結果を基にして、2001から2006年に行われたJSTの青森県地域結集型プロジェクトの研究統括としてその具現化に挑戦した。この結果、15型XGA、次いで6.5型のフルスペックハイビジョンである超高精細FSカラー液晶ディスプレイモニタの開発・試作に成功し、鮮明かつ高品位のフルカラー動画表示を実現している。これらによって、FS方式の低電力化、超高精細化を実証し、次世代の低電力・高性能ディスプレイの可能性を示した。これらの研究成果は、国内外の学会等で発表され、高く評価されている。

以上本成果は、次世代液晶ディスプレイに不可欠である低電力・高性能化に向けた研究とその実用化という点で、学術面及び産業面からかんがみて顕著な業績であり、本会の業績賞にふさわしいものである。



広帯域スケーラブル音声符号化技術の開発 およびITU-T国際標準化への貢献



受賞者 日和崎祐介



受賞者 佐々木茂明



受賞者 大室 伸

従来の電話網から、光ファイバ・ADSL等ブロードバンド回線上でのIPパケットによる電話サービスが急速に普及する中、Next Generation Network (NGN) に代表される次世代のサービスに対して、より高音質・高品質な音声通信サービスの要望が顕在化してきている。

受賞者らは、ブロードバンドIPネットワーク上での音声通信に対する音声符号化のあり方について検討し、従来の音声符号化研究に見られるような圧縮率優先方式ではなく、①次世代のサービス向けに必要なとされる高音質、②既にIP電話で利用されている電話音声符号化方式G.711との相互接続性、③電話としての通話品質を担保するための低遅延等を満足できる方式の検討を進め、G.711をコアコーデックとする広帯域スケーラブル音声符号化の基本技術を開発した。更に、本技術を基本とする符号化方式の国際的な普及促進を目的に、ITU-T（国際電気通信連合電気通信標準化部門）において、他4か国の機関と共同での標準化提案を受賞者らが中心となって進め、G.711.1として国際標準化を達成した。本標準は現在のITU-Tの広帯域音声符号化標準の中で最も優れた品質を有しており、NGNなどIPネットワークでの高音質電話サービスの普及に大きく貢献した。

日和崎祐介君は、広帯域スケーラブル音声符号化の基本構成の考案、G.711.1の標準化の推進を行った。広帯域スケーラブル音声符号化技術は、最も普及している電話音声符号化方式G.711に、電話帯域の品質を向上するための低域拡張レイヤと音声帯域拡大のための高域拡張レイヤを階層的に追加し、広帯域（50Hz～7kHz）

での音声通話を可能にする技術であり、この構成により、既存の G.711 との相互通信を実現した。また多地点通話に必要な音声ミクシングを従来の G.711 と同等の処理量で実現する部分選択ミクシング方式の考案に大きく貢献した。G.711.1 の標準化では、モデレータとして各国機関との調整を行い、エディタとして勧告を執筆、最高品質の広帯域音声符号化の標準化に大きく貢献した。

佐々木茂明君は、13 年にわたる広帯域音声符号化研究と国際標準化活動の経験を生かし、高域拡張レイヤの量子化能率と主観品質向上に大きく貢献した。G.711.1 の標準化では、受賞者らの提案をベースとして、各国機関から提案のあった方式を有機的に結合し、共同提案方式のとりまとめに貢献した。また、主観評価試験について熟知していたことから、ITU-T におけるテストプラン作成と評価試験の実施に貢献した。

大室伸君は、音声符号化研究及び実用化開発のエキスパートとして国際標準にふさわしい低演算量・高品質な符号化方式の開発を先導した。特に、フレーム長を 5ms として低遅延を実現するとともに、処理能力の低いプロセッサにも実装可能な低演算量・低メモリ化に大きく貢献した。また、パケット消失補償に関する方式や簡易な部分選択ミクシングアルゴリズムの考案など、これまでの圧縮率優先の方式にない新たな機能性を有する符号化技術を確立した。

以上のように、受賞者らが中心となって開発した広帯域音声符号化方式 G.711.1 は次世代の IP ネットワークにおける高音質電話サービスの普及拡大に大いに貢献した。更に国際標準化の推進により、世界各国の音声通信サービスにも適用可能となり、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。

