

論文賞贈呈

(写真：敬称略)

論文賞（第 68 回）は、平成 22 年 10 月から平成 23 年 9 月まで本会和文論文誌・英文論文誌に発表された論文のうちから下記の 12 編を選定して贈呈した。

On the Full MAC Security of a Double-Piped Mode of Operation

(英文論文誌 A 平成 23 年 1 月号掲載)



受賞者 安田 幹

本論文は、メッセージ認証コードとしての圧縮関数利用モードの新構成方法を示し、その構成が高い安全性を有することを証明したものである。この構成を用いれば、従来のメッセージ認証コードが抱えていた、誕生日のパラドックスに起因する安全性の限界を大きく超えることが可能になる。実用上の観点からも、また学術的な面からも、本論文による貢献は大きい。

メッセージ認証コードというのは、データの内容の整合性及び出所の正真性を担保するための共通鍵暗号技術であり、インターネットをはじめ多くの情報通信分野で実用されている。当然メッセージ認証コードには高い安全性が求められるが、従来技術では誕生日のパラドックスの原理による安全性の低下を避けることができなかった。ここでいう低下とは、例えば出力長が 128 bit の圧縮関数を用いたとしても、それを用いて構成したメッセージ認証コードの安全性が（128 bit ではなく）64 bit になってしまうというものである。

圧縮関数というのは固定長の入出力を持つ「小さな」関数であり、いわば最小単位のようなものである。この圧縮関数を繰り返し呼び出すことによって、事実上任意長の大きなデータも処理することが可能になる。そのような繰り返し方法を規定するのが利用モードである。

メッセージ認証コード本来の安全性（偽造耐性）を、圧縮関数の偽造耐性によって証明しようという試みが、

1999 年に An-Bellare によって始められた。この枠組みは理論上は理想的であるが、他の枠組み（例えば擬似乱数性を仮定するもの）に比べて解析が難しく、後続研究は少なかった。特に誕生日のパラドックスによる安全性の限界をこの枠組みの中で越えるのは困難とわれてきた。

本論文は、二重パイプとして知られる構成の変形を示し、誕生日パラドックスと偽造耐性の間の新たな関係を見い出して応用することにより、従来の限界を超える安全性を証明することに成功した。これによって、出力長が 128 bit の（偽造耐性の意味で）安全な圧縮関数から、128 bit の偽造耐性を持つメッセージ認証コードを構成することが可能となる。以上のとおり、本論文は実用上も、また理論的にも、高く評価できる内容を有している。



色弁別閾値を基準とした新しい色弱補正法の提案

(和文論文誌 A 平成 23 年 2 月号掲載)



受賞者 望月理香



受賞者 中村竜也



受賞者 趙 晋輝

喜安善市賞（第 5 回）に別掲

Backward-Data-Direction Clocking and Relevant Optimal Register Assignment in Datapath Synthesis

(英文論文誌 A 平成 23 年 4 月号掲載)



受賞者 井上恵介 受賞者 金子峰雄 受賞者 岩垣 剛

集積回路の歴史は微細化・高密度化の歴史であり、その設計は常にばらつきとの戦いといえる。特に近年の微細化と高速動作化に伴って、素子や配線の遅延ばらつきがデジタル集積回路の更なる高速化を阻む重要な問題として顕在化してきている。本論文は、こうした遅延ばらつきを考慮したデジタル集積回路の設計問題に、レジスタ間のデータ伝搬経路やそのタイミングを決める高位合成の立場からアプローチしたものである。

著者らは、本論文の先行研究である「Novel register sharing in datapath for structural robustness against delay variation (本会論文誌, vol. E91-A, no. 4, 2008)」にて、全く新しい遅延ばらつき考慮高位合成の概念を提唱している。これは、変動しない回路構造(データごとの信号経路)や動作タイミングの前後関係等に可能となる遅延ばらつきへの耐性保証と、変動する回路パラメータに依存するタイミング設計最適化を区別しようとする提案であり、前者を特に「構造的遅延変動耐性」と名付けている。受賞対象である本論文は、この構造的遅延変動耐性として、レジスタへのクロック信号到着時刻に順序関係(構造に起因して決まり、遅延ばらつきの影響を受けない)を導入することによって達成される変動耐性と、そのための回路合成について論じている。ここで注目している Backward Data Direction Clocking (BDD) はレジスタ間に信号の流れと逆向きのクロック信号の流れ(信号到着の順序関係)を規定するものである。演算ごとの BDD によるタイミング保証の必要性は演算スケジュールとデータのレジスタへの割当に依存して決まり、それと同時に信号の流れの向きもまたデータのレジスタへの割当にて決まる。こうした BDD を想定した新しい高位合成問題をデータのレジスタへの割当とレジスタ間の順序付けを同時決定する組合せ問題として定式化するとともに、合成対象を非巡回型のアプリケーションに限定しても、その資源数最小化問題が NP 困難のクラスに属することを示し、整数計画法に基づく解法を提案している。

以上のように、本論文は集積回路における遅延ばらつ

きの問題に対する高位合成からの全く新しい視点と構成法を与えたものであり、高く評価できる。



256 QAM Digital Coherent Optical Transmission Using Raman Amplifiers

(英文論文誌 B 平成 23 年 2 月号掲載)



受賞者 吉田真人

受賞者 岡本聖司



受賞者 大宮達則

受賞者 葛西恵介

受賞者 中沢正隆

高精細の動画配信をはじめとするブロードバンドサービスの急速な普及に伴い、国内のインターネットを行き交う情報量は年率 40% の勢いで増加を続けている。このようなグローバルな情報量の増加に対応する手段として、光の振幅のみでなく位相の情報も同時に用いたコヒーレント光 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 伝送方式が注目されている。本論文は、著者らのグループのコヒーレント光伝送に関する先駆的なハードウェア技術及びソフトウェア技術を組み合わせることにより、256 値の超多値光伝送に関する研究成果を報告したものである。

伝送の高効率化にあたっては QAM 信号の多値度をいかに向上させるかが重要なポイントとなる。しかしながら、多値度の拡大とともに、シンボルを識別するために光信号の振幅・位相には高い精度が要求される。最近のデジタルコヒーレント伝送では DSP (Digital Signal Processor) を駆使して位相の推定を行っているが、多値度が高くなるほどその推定アルゴリズムが複雑になり、位相雑音が残留してしまう。一方、本論文では、著者らのグループが独自に開発した狭線幅 (4 kHz) CW ファイバレーザ及び OPLL (Optical Phase-Locked Loop) 回路を用いて、コヒーレント検波信号の位相雑音を 0.5 度以内に抑制している。256 QAM においては

隣接するシンボル間の最小位相間隔はおおよそ ± 2.0 度であることから、この位相揺らぎは 256 QAM 信号の復調に必要な許容位相範囲に比べて十分小さいものである。また、本論文の特徴として、ラマン増幅を導入し、伝送システムの光 SN 比の改善を図っている点も大変重要である。その光 SN 比の改善の結果、偏波多重 4 Gsymbol/s, 256 QAM 信号 (64 Gbit/s) の 160 km 伝送時におけるパワーペナルティを 5.3 dB から 2.0 dB に低減することに成功している。また、本伝送では僅か 5.4 GHz の光帯域で 64 Gbit/s データ信号を伝送している。この結果は、11 bit/(s·Hz) (7% の FEC のオーバーヘッドを考慮した値) の高い周波数利用効率を有する超多値光伝送の実現の可能性を示唆している。

以上のように本論文は、高性能な狭線幅レーザと OPLL を駆使し、256 値の超多値光伝送を実現したものであり、極めて高く評価できる。



Bending-Loss Insensitive Fiber with Hole-Assisted Structure

(英文論文誌 B 平成 23 年 3 月号掲載)



受賞者 中島和秀



受賞者 清水智弥



受賞者 松井 隆



受賞者 深井千里



受賞者 倉嶋利雄

低曲げ損失光ファイバ (BIF) は、従来の単一モード光ファイバ (SMF) の最大の弱点である、屈曲部における信号光の減衰 (曲げ損失) を低減した光ファイバで、光配線の施工性を大幅に改善する。空孔アシスト光ファイバ (HAF) は、従来の SMF と同等のコアと、その周囲に同心円状に配置された数個の空孔により構成され、コアと空孔間の屈折率差を 10% 以上に増大できる。これにより、空孔より内側の領域に信号光を閉じ込め、曲げによる損失増加を飛躍的に低減することが可能とな

る。このため、空孔アシスト構造は BIF の有力な実現手段の一つとして考えられる。一方で、空孔による光の閉込め効果は信号成分 (基本モード) のみならず雑音成分 (高次モード) に対しても作用する。このため、低曲げ損失特性と良好な伝送品質とを兼ね備えた HAF を実現するためには、その断面構造を詳細に設計する必要が生じる。

本論文では、従来の SMF と同等の伝送品質を有し、かつ許容曲げ半径を従来の 30 mm から 5 mm にまで低減する HAF の構造条件について、解析・実験の両面から検討を行っている。本論文の特長は、コアの規格化周波数、コアから空孔までの距離、並びに断面内における空孔の面積割合、の三つの構造パラメータに着目し、これらを用いた HAF 伝送特性の簡易推定技術を提案している点に認められる。接続特性の制御で重要となるモードフィールド径 (MFD) に関しては、コアの規格化周波数と、コアと空孔間の距離を考慮することにより、通常の SMF と同等の MFD 特性が実現できることを明らかにしている。また著者らは、所望の遮断波長及び曲げ損失を実現する HAF の構造条件が、空孔の面積割合とコアの屈折率を用いて推定できることを新たに見いだした。これらの設計指針の妥当性は実際に試作した HAF により検証されると同時に、その光配線コードとしての適用性も実験により明らかにしている。

本論文は、空孔構造を有する新しい光ファイバにおいて、通常の SMF との互換性を実現する設計指針と、その実用性を初めて明確化したものである。HAF と通常の SMF との互換性は、HAF 技術の適用領域拡大を促す重要な特性条件であり、今後の更なる展開も期待される。



Near-Optimal Signal Detection Based on the MMSE Detection Using Multi-Dimensional Search for Correlated MIMO Channels

(英文論文誌 B 平成 23 年 8 月号掲載)



受賞者 鄭 黎明



受賞者 府川和彦



受賞者 鈴木 博



受賞者 須山 聡

本論文は、MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) 無線通信の新しい信号検出法を提案している。MIMO 無線通信の最適信号検出は、最ゆう推定に基づく MLD (Maximum Likelihood Detection) であるが、MLD の演算量は、変調多値数や送信アンテナ数が増えると、実装不可能なほど膨大になる。そこで、この演算量を大幅に削減でき、かつ MLD からのビット誤り率 (BER: Bit Error Rate) 特性の劣化が少ない準最適信号検出が望まれる。本論文が提案する準最適信号検出は、MMSE (Minimum Mean-Square Error) 検出を起点として、MMSE 検出の複数の雑音強調方向に送信信号候補を探索する。MMSE 検出は線形受信であり、演算量が非常に少なく済むが、チャンネル行列が悪条件の場合には、雑音強調により BER 特性が大幅に劣化する。したがって、送信信号は MMSE 検出を起点として、雑音強調方向に存在する確率が高くなり、提案方式はこの原理に基づき信号探索を行う。移動通信のような空間相関が高い MIMO チャンネルにおいては、雑音強調の度合いが大きい方向が複数存在するので、多次元探索が必要となる。多次元探索の演算量を削減するため、提案方式は送信信号の候補数を送信アンテナ数の一次のオーダーに制限している。具体的には、硬判定されていない送信信号候補は、あるストリームの信号が一つの変調シンボルに一致するという拘束条件の下に、対数ゆう度関数を最小にするよう求める。最終的な判定信号は、MMSE 検出と送信信号候補の硬判定値の中から、対数ゆう度関数を最小にするものが選ばれる。なお、提案方式は符号化した通信システムにも適用でき、誤り訂正符号の復号器が必要とする符号化ビットの対数ゆう度比を、容易に求めるこ

とができる。計算機シミュレーションにより、空間相関を有する MIMO チャンネルにおいて、提案方式は従来の一次元探索に比べて同程度の演算量で、BER 特性を大幅に改善できることを明らかにしている。以上要するに、本論文の信号検出法は空間相関の高い MIMO チャンネルでも、演算量を実装可能なほど削減でき、かつ良好な BER 特性を達成できる。



Dual Evanescently Coupled Waveguide Photodiodes with High Reliability for over 40-Gbps Optical Communication Systems

(英文論文誌 C 平成 22 年 12 月号掲載)



受賞者 芝 和宏



受賞者 鈴木康之



受賞者 渡辺さわき



受賞者 筑間直行



受賞者 竹内 剛



受賞者 牧田紀久夫

モバイル機器などの普及拡大に伴い、情報通信量は急速に拡大しており、幹線系光ネットワークでは 1 波当たり 40 Gbit/s、更に 100 Gbit/s の高速、大容量通信の実用化が急務となっている。この大容量通信では、位相変化を利用して多値を制御できる、差動位相変調方式 (DPSK) や四位相偏移変調方式 (QPSK) が検討されており、これらに対応する光受信機の性能としては、①高速、②高効率、③高信頼に加え、SN 比改善のため二つの受光素子を並列実装する対称形構造が求められている。更に、光受信機の前段に光増幅器を配置する構造であるため、④耐高光入力特性も必要である。

本論文では、上記要求を満足する新しい装荷構造の導波路形受光素子が提案され、その最適特性を導く転送行列設計法を明らかにしている。更に、その設計法を基に試作した 43 Gbit/s-DPSK 用受光素子において、0.95 A/W の高い受光感度と 50 GHz を超える 3 dB 帯域を実証している。

著者らは、導波路形構造により、光の吸収長を確保して高効率を図り、同時にそれと垂直方向に走行するキャリアの距離を短路化することにより高速性も実現した。更に、この端面入射による受光領域の局在を防ぐために、光入射層の上に光受光層を積層する装荷構造を採用し、光入射層からのエバネセント結合（光の漏れ）による光吸収と光進行方向での光吸収強度の平滑化を実証している。加えて、この装荷構造の特徴により、高信頼性及び耐高光入力特性も明らかにしている。

このように、次世代の大容量光通信に対して、新しい構造の受光素子の理論的解析法を確立した点は意義が大きく、それを基に設計した素子において世界最速の特性を実証できた点は極めて価値が高い成果である。また、受光素子に対して、InP HBT を用いた高利得、広帯域トランスインピーダンスアンプとの組合せにより、コンパクトかつ低消費電力な受信モジュールも実現させ、更に、100 Gbit/s 受信を可能にする 3 dB 帯域が 80 GHz の受光素子も実現できているなど、実用化が期待できる完成度を有しており、論文賞にふさわしい成果である。



Efficient Implementation of Inner-Outer Flexible GMRES for the Method of Moments Based on a Volume-Surface Integral Equation

(英文論文誌 C 平成 23 年 1 月号掲載)



受賞者 千葉英利



受賞者 深沢 徹



受賞者 宮下裕章



受賞者 小西善彦

本論文は、実規模の電磁波放射・散乱問題に対して、積分方程式法に基づく高速・高精度数値解析法の実用化を目的とし、連立方程式の反復解法に対する前処理法に着目した高速化手法について論じている。

昨今の情報通信技術、計算機技術の発展に伴い、科学

技術計算においては、解析対象の更なる大規模化、及び解析の高精度化が求められている。特に第一線の設計の場においては、数値解析技術の高速化・高精度化が必須であり、この確立をもって初めて Computer Aided Engineering (CAE) 技術による生産性向上が実現される。

そのような背景の下、本論文では、高速多重極法を併用したモーメント法の高速度を実現している。高速多重極法においては明示的に係数行列が生成されず、従来の固定的な前処理法を適用する際には、係数行列要素のうち、近傍領域の相互作用成分に対応する直接計算部分の情報のみを用いて前処理を行う。よって問題が大規模になるほど、連立方程式の自由度に対する情報量が少なくなることから、有効な高速化を実現することが困難であった。一方、可変型前処理を利用することが可能なフレキシブル版反復解法では、多重極展開表現された遠方領域の相互作用成分を含めた前処理が行えるため、高速多重極法の特徴を最大限に有効利用することができる。その際可変型前処理内での行列ベクトル積計算については、その近似精度を明確に定義する方法は存在しない。そこで、多重極展開の打ち切り次数をパラメータとしてその精度と計算量が制御できるという高速多重極法の特徴に着目し、精度の異なる二つの多重極展開演算子を生成した上で、外部反復用には高精度、内部反復には低精度のものを適用する手法を提案している。また実規模問題における数値実験により、適切な内部反復の打ち切り次数を選定することで、提案手法は従来手法に比較し、高い解析精度を保ったまま大幅な高速化が達成できることを実証している。

以上本研究は、高速・高精度数値解析法を開発し、最終的にはそれらの効果を実規模レベルの検証例題により明らかにしたものである。これらの成果は、単に電磁波問題の数値解析技術分野にとどまらず、CAE の発展及びその実用化に貢献するところが多大であると高く評価できる。



Monolithically Integrated Wavelength-Routing Switch Using Tunable Wavelength Converters with Double-Ring-Resonator Tunable Lasers

(英文論文誌 C 平成 23 年 9 月号掲載)



受賞者 瀬川 徹



受賞者 松尾慎治



受賞者 碓塚孝明



受賞者 柴田泰夫



受賞者 佐藤具就



受賞者 川口悦弘



受賞者 近藤康洋



受賞者 高橋 亮

インターネット及び関連サービスの急速な発展に伴い、通信トラフィックが急激に増大しており、電気ルータの膨大な電力消費量が大きな問題となっている。この問題を解決するため、光技術を導入した光パケットルータ及びそれをを用いた光パケットスイッチネットワーク (OPS-NW) の研究が活発に行われている。しかし、光パケットルータの実現には、光パケットを光のまま転送可能な N 入力 N 出力型 ($N \times N$) 光スイッチが不可欠である。これまでに $N \times N$ 光スイッチに関して多くの研究が行われているが、OPS-NW の要求に対し、高速化、低消費電力化、大規模化、小形化等の多くの課題があった。近年、これらの課題を解決するため、光の波長を利用した波長ルーチング型光スイッチの研究が活発である。

波長ルーチング型光スイッチは、波長可変レーザと光論理ゲート素子とで構成される可変波長変換器 (TWC: Tunable Wavelength Converter) をアレー導波路回折格子 (AWG: Arrayed Waveguide Grating) に接続することで実現可能である。波長可変レーザは、パケット単位で波長切替を行う必要があるため、ナノ秒オーダの高速性が求められる。また、大規模化のために、広い波長

可変特性と発振波長の安定性が要求される。本論文では、著者らが提案・実証した二重リング共振器波長可変レーザを採用することで高速性、低電流駆動、広帯域性、波長安定性を実現している。リング共振器は透過フィルタのため、レーザキャビティを実現するミラー作製技術を開拓している。また、光ゲート素子是对称マツハツェンダ干渉計の両アームに半導体光増幅器を並列配置することで、入力信号光と波長変換光の分離が可能な TWC を実現している。更に、TWC と AWG を 1 チップ集積することで $2.1 \times 4.8 \text{ mm}^2$ という超小形な 8×8 光スイッチを作製し、切替時間 10 ns 以下という高速な 1×8 波長ルーチング動作を実証している。

以上のように、本論文の成果は、著者らの先行研究を進展させて得られた独創性の高いものである。現在の電気ルータが抱えている消費電力やサイズ等の深刻な問題を改善し、経済的で柔軟な大容量ネットワークを実現する技術として高く評価される。



電子楽譜から点字楽譜を生成する インターネット連携自動翻訳システム

(和文論文誌 D 平成 22 年 10 月号掲載)



受賞者 後藤敏行



受賞者 田村直良



受賞者 立野玲子

多数の電子楽譜が Web 上で公開されるようになり、晴眼者は様々な電子楽譜を容易に入手・利用可能である。一方、視覚障害者にとって、点字楽譜の入手・利用はいまだに困難な状況である。点字楽譜には表記の多様性があり、利用者の経験や習熟度に応じて一つの楽譜から様々な点字楽譜を生成する必要がある。そのため、適切な点訳を行うにはかなりの知識と経験が必要である。また、点訳を支援するソフトウェアは幾つか存在するものの、Web 上での利用を考慮した場合、その機能は必ずしも十分でない。その結果、点訳から点字楽譜公開までの作業が計算機上で容易に行えるとは言い難い状況が続いている。

そこで著者らは、MusicXML 形式の電子楽譜から点字楽譜を自動生成するシステムを長年にわたって研究開発してきた。このシステムを Web 上で公開し、利用者

の評価を積極的に採り入れてシステムの評価と拡張を継続的に行っている。本システムは交響曲を含む様々な種類の楽譜を点訳可能、かつ点字楽譜における表記の多様性に対応するなど高い翻訳機能を備えている。これら機能は、実際に点訳に携わるボランティアによる評価実験で高い評価を得ている。また、本システムに特徴的な機能として、Web 上での点字楽譜生成を実現しており、インターネットに接続可能な計算機さえあれば、点訳者は自己所有または Web 上の電子楽譜から高品質な点字楽譜を生成することが可能である。更に、他サイトで公開されている電子楽譜から点字楽譜を生成する機能を備えている。著作権法上、著作物の翻訳には著作権者の許諾が必要であるが、点字への翻訳に関しては著作物の翻訳・公開の際に許諾を得る必要がない。この点を考慮した上で、適法性を確保しつつ点字楽譜を公開可能なシステム設計がなされている。

以上のように、提案システムは Web との連携機能など従来のシステムにない特徴を持ち、点訳作業の効率向上のみならず、一般に入手困難な点字楽譜の入手性を改善するもので、その社会的意義は極めて大きい。システムを公開し、利用者の意見を積極的に採り入れて改良を重ねている点も高く評価できる。



論理回路の故障診断法—外部出力応答に基づく故障箇所指摘法の発展—

(和文論文誌 D 平成 23 年 1 月号掲載)



受賞者 高松雄三



受賞者 佐藤康夫



受賞者 高橋 寛



受賞者 樋上喜信



受賞者 山崎浩二

本サーベイ論文は、初歩的なことから最新技術まで、多くの文献を引用して、広い読者に分かりやすく記述されている。LSI の微細化技術の進展並びに高集積化・高

速化に伴い、論理回路の故障診断は、①故障原因を調べてテストヘフィードバックすることで LSI の品質を向上させること、②製造プロセスの歩留りを決めるプロセスの欠陥や設計の不具合を調べ、その対策を施すことで製造歩留りを向上させることなどの手段として近年その重要性を増している。そこで、本論文では、論理回路の故障診断法について概説している。まず、故障診断法の基本概念として、故障モデル及び故障診断法の基本的な方法である原因—結果分析法と結果—原因分析法を簡単に説明している。次に、複雑な故障に対応する故障診断技術の発展の観点から、論理回路の故障診断法を「論理故障ベース診断法」と「欠陥ベース診断法」に分類し、それらの概要を述べている。本論文では、単一縮退故障、多重縮退故障、ブリッジ故障、オープン故障及び X 故障に対してこれまで開発されている論理故障ベース診断方法をそれぞれ概説している。また、ブリッジ故障、オープン故障及びセル内故障に対してこれまで開発されている欠陥ベース診断方法をそれぞれ概説している。本論文では、今後の課題として、論理故障ベース診断法を挙げている。現状は縮退故障に基づく技術が遅延故障に対しても主として用いられているが、論理回路の高速化とともに、より精度の良い故障診断技術の研究が望まれていると述べられている。更に、もう一つの課題として、歩留り向上目的の故障診断の実現が挙げられ、設計・製造情報を総合的に活用する研究開発が進んでいると述べられている。



Pattern Recognition with Gaussian Mixture Models of Marginal Distributions

(英文論文誌 D 平成 23 年 2 月号掲載)



受賞者 大町方子



受賞者 大町真一郎

統計的パターン認識において、サンプルの分布を表す確率密度関数のパラメータを精度良く推定することは、高い認識精度を達成するために重要である。現在、Web を利用して大量のサンプルを収集できるパターン認識の課題においてはこの問題は克服されつつあるが、それ以外の課題ではサンプルの収集コストがばく大な

ることから、パラメータの推定精度の改善や、クラス分離のよい特徴量の開発などが行われている。ただし、特徴ベクトルの次元が高く、かつサンプル数が少ない場合には、高い精度で確率密度関数のパラメータを推定することはほぼ不可能となるため、現在でも挑戦的な課題として多くの研究者が取り組んでいる問題である。

本論文では、このような困難な問題を緩和するための一つのアプローチとして、特徴ベクトルの成分を二分割するアイデアが提案されている。具体的には、分割した部分集合同士の相関を小さく、また同一集合内の成分同士の相関が大きくなるようにグラフ分割問題によって特徴ベクトルの成分を二分割する。この分割の後、二つの部分訓練サンプル集合に対して、独立に混合ガウス分布をフィッティングし、それらを確率密度関数とした最大事後確率則によりパターン認識を行う。これにより、同じカテゴリー内のパターン変動をうまく吸収できる部分集合が作成でき、更に特徴ベクトルの次元が相対的に低

くなることから、サンプル数が少なくても精度良く確率密度関数のパラメータが推定できるようになると考えられる。

実際、手書き数字認識でよく用いられる標準データセットである MNIST を用いた実験では、提案手法により、特徴ベクトルの成分が二つの部分集合に精度良く分離できていることが確認できる。また、認識に関しても、特に訓練サンプル数が少ないときに、モデル構築に必要な計算時間の削減と、未知サンプルに対する認識率の向上が確認できる。更に、視覚的に混合ガウス分布のフィッティングの状態を観察すると、従来手法と比べて適切なモデルが構築されていることが確認できる。提案手法はシンプルでありながら、パターン認識の応用において直面する少数サンプル問題に対応できる汎用的手法であるといえ、論文賞にふさわしいものとして高く評価できる。

