平成20年度

第65回 論文賞贈呈

（写真：敬称略）

論文賞（第65回）は，平成19年10月から平成20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．

拡張プライム系列符号の一般化とその特性について

（和文論文誌A　平成20年5月号掲載）

受賞者 松嶋智子

受賞者 長尾　剛

受賞者 落合　昇

受賞者 寺町康昌

本論文は，同期光CDMA（Code Division Multiple Access：符号分割多重アクセス）システムのための拡散符号の一つとして検討されている，拡張プライム系列符号（MPSC：Modified Prime Sequence Code）の構成法の一般化について論じている．MPSCは，同期光CDMAシステムにおける多重ユーザ干渉キャンセラへの適用などにおいても検討が進んでいる．従来のMPSCは，pを素数とするガロア体GF(p)上で構成される符号として議論されており，生成可能な符号語数はp^2で，符号長もp^2でのみ与えられるとされてきた．

本論文では，従来の構成法において素体GF(p)とされてきたものを，mを任意の正整数とする拡大体GF(p^m)に一般化した符号構成法を提案している．本構成法によれば，生成可能な符号語数がp^{2m}，符号長もp^{2m}(bits)となり，より自由度の高い符号構成が可能となる．また本論文では，一般化されたMPSC（Generalized MPSC）は，従来のMPCSと同じ相関特性を持つことの証明を与えており，更に従来のMPSCは，一般化MPSCの部分クラスであることを示している．加えて，一般化MPSCとMPSC以外の各種プライム系列符号との諸特性の関係性も簡潔にまとめられている．

更に，提案された一般化MPSCを用いて，同期光CDMAシステムにおける多重ユーザ干渉キャンセラに関する特性評価を行い，提案する符号においても，従来のMPSCと同様の干渉除去能力を有することが示されている．また，同符号をFH（Frequency Hopping：周波数ホッピング）システムのホッピングパターンとして適用した場合の提案方式と従来方式であるEinarsson符号やOne-Coincidence符号との関係が明らかにされている．

これらの検討から，本論文で提案されている一般化MPSCは，光CDMAシステムにおいて要求されるユーザ多重数と拡散フレーム長の選択の自由度を増すことができ，また，2^mを基にした符号構成が可能なため，ディジタル回路設計において実装負荷の抑制に有効であると考えられる．したがって本論文は，今後の多重化光ネットワークシステムの構築に大きく貢献できるものとして高く評価できる．

An Efficient Adaptive Minor Subspace Extraction Using Exact Nested Orthogonal Complement Structure

（英文論文誌 A　平成 20 年 8 月号掲載）

受賞者 **御園真樹**

受賞者 **山田　功**

適応的マイナー成分部分空間抽出アルゴリズムは，実時間信号処理の多くの分野，例えば，到来方向推定におけるパラメータ推定や無線通信システムにおけるマルチユーザ検出，データ圧縮，パターン認識等に応用され注目を集めている．

本論文では，従来の適応的マイナー成分部分空間抽出アルゴリズム（Oja アルゴリズム(1982)やその安定化版として提案された Orthonormal Oja アルゴリズム(2002)等）がいずれも推定部分空間の基底ベクトルの直交性を維持することに失敗し，数値的不安定性を引き起こしている事実に注目し，基底ベクトルの直交性を保証した新しい適応的マイナー成分部分空間抽出アルゴリズムを提案している．提案法は「マイナー成分部分空間の直交基底探索問題」をこれに等価な複数の「低次元共分散行列に対するマイナー固有ベクトル探索問題」に帰納的に分解し，事実上，各基底ベクトルの探索範囲を互いに直交する低次元部分空間に限定するアイデアを支柱としている．信号の観測が進むにつれ，帰納的分解によって定義された複数の低次元共分散行列の学習も進み，対応するマイナー固有ベクトルの推定値は Peng and Yi (2007)の方法によって逐次更新される．提案法は，これらの方針を周到に組み合わせて設計されており，低計算コストで，基底ベクトルの直交性を保証する適応的マイナー成分部分空間抽出アルゴリズムとして統合されている．

数値実験結果は，提案法によって，基底ベクトル間の直交性が維持され，従来法に比べてはるかに優れた収束性能が達成されていることを明らかにしている．

以上のように，本論文は，斬新な発想で優れた適応的マイナー成分部分空間抽出アルゴリズムを実現している．また，アルゴリズムの導出とその記述，計算量の評価，従来法との比較による性能評価等，いずれの議論も極めて明快であり，本会論文賞にふさわしい論文として高く評価できる．

POCS-Based Annotation Method Using Kernel PCA for Semantic Image Retrieval

（英文論文誌 A　平成 20 年 8 月号掲載）

受賞者 **小川貴弘**

受賞者 **長谷山美紀**

初期の画像検索システムでは，一般的に検索対象画像に対しその内容を表すキーワードを人手で注釈付けし，それに基づいて類似の画像を検索する手法がとられていた．この人手によるコストを低減するため，画像の色やテクスチャ，オブジェクトの形状などの視覚的な特徴を抽出することで，それぞれの対象画像を自動的に特徴付けし検索に供する，内容に基づく画像検索手法が出現する．しかし，画像の意味内容を視覚的な特徴から正確に記述することは難しく，その検索性能の向上は頭打ちとなっていた．この状況下において，あらかじめ注釈付けられている画像集合を用いて機械学習を行い，画像の意味内容とその視覚的特徴とを有機的に関係付ける，統合的な画像検索手法が提案されるようになった．

本研究は，この枠組みにおいて，凸射影法（Projection onto convext sets）に基づく新しい画像注釈付加手法を用い，画像データベースにおける意味的画像検索性能の大きな向上を実現している．本手法では，信頼度という新しい意味的特徴を定義し，個々の検索対象画像に割り当てられたキーワードがどれだけその画像の内容を正確に表しているかを定量化する．更に，この信頼度の値に基づいて，画像データベースを，類似の内容を有する画像群に分類し，それに基づきクエリ画像の視覚的特徴からその信頼度を評価する．

本手法の技術的貢献は大まかに次の二つにまとめられる．一つ目は，カーネル PCA を用いて視覚的特徴と信頼度に関する非線形写像を，各画像クラスタ内に構築し，それを凸射影法の制約に用いる点，二つ目はクエリ画像に対応する最適な画像群を，凸射影法における収束誤差に基づき適応的に選択するアルゴリズムの提案である．

本論文の提案する定式化の有効性は，数理的な側面において明らかな形で示される．また，それを実証するためのシステム実装や，検証も行われている．また提案されている枠組みは，画像にとどまらず様々なコンテンツ検索に拡張でき，その学術的な意義は大きい．更に，比較的古い反復計算手法である凸射影法が，カーネル PCA などの最近の非線形次元圧縮手法に触発されて，

再度光が当てられている点においても，本論文の存在は非常にユニークである．

Identifying Heavy-Hitter Flows from Sampled Flow Statistics

（英文論文誌 B　平成 19 年 11 月号掲載）

受賞者 森　達哉

受賞者 滝根哲哉

受賞者 Jianping PAN

受賞者 川原亮一

受賞者 内田真人

受賞者 後藤滋樹

通信網において一部のユーザがリソースを寡占的に消費する現象は様々な階層・粒度で普遍的に観測される．このような現象はパレートの法則として知られ，特にネットワーク・システムの設計容量を超えてリソースが消費される状況下では，ヘビーユーザによる寡占状態が公平性の観点から問題となる．一方，近年の半導体技術の著しい発展に伴い，個々のユーザが発生可能なトラヒックの増大，及び集約ネットワークの超広帯域化が進んでいる．前者はヘビーユーザのトラヒックを更に押し上げ，寡占状態を顕著にした．後者はユーザごとトラヒックの観測に伴う処理負荷を大幅に増大させ，ヘビーユーザの検出を技術的に困難なものとした．

本論文では，超高速回線においてパケットサンプリングと呼ばれる技術を適用した際に，サンプルされた不完全な観測情報から高精度にヘビーユーザを検出する方式を提案することに成功している．ここでヘビーユーザはあるしきい値を超えてトラヒックを送出したユーザである．パケットサンプリングはパケット流を確率的にサンプルすることでスケーラブルな計測を実現する技術である．

本論文の中心的なアイデアは，サンプル前のユーザごとトラヒック分布をサンプルデータからパラメトリックに推定したこと，及び前記の推定分布を事前分布としたベイズ統計のフレームワークを採用したことである．これにより，サンプルトラヒック量が所与であるときにサンプル前のトラヒック量を事後確率によって評価できる．また，サンプリング確率やしきい値のような運用上重要な変数が検出精度に与える影響を評価可能とした．提案方式の有効性は様々な超高速ネットワークで収集したトラヒックデータを用いて実証している．

ヘビーユーザの問題は工学的興味にとどまらず，実網の運用上の観点からも需要が高いテーマである．また本論文が立脚するパケットサンプリング技術は本質的にスケーラブルな手法であり，近い将来に実用化が期待される 100Gbit/s クラス，あるいはそれを超える帯域を持つネットワークにも十分対応可能であると予想される．以上のように，本論文の成果は実用性と適用性の 2 点において価値があり，高く評価できるものである．

誘電体に対するガラーキンモーメント法——端部電荷を考慮した直方体モノポール間の自己・相互インピーダンスの単積分化——

（和文論文誌 B　平成 20 年 9 月号掲載）

受賞者 陳　強

受賞者 Zhai Huiqing

受賞者 袁　巧微

受賞者 澤谷邦男

喜安善市賞（第 2 回）に別掲

次世代移動通信システム実現に向けた基地局・端末アンテナ技術

（和文論文誌 B　平成 20 年 9 月号掲載）

受賞者 長　敬三　　受賞者 山口　良　　受賞者 蒋　惠玲

本論文は，セルラシステムに用いられる基地局・端末アンテナの実用化における技術課題とその解決技術，更に次世代システム実現に向けた基地局・端末アンテナへの要求条件と解決すべき課題を網羅的に概説した解説論文である．詳細な文献引用により，個々の問題に対する様々な取組みが紹介されている．今まで特にセルラシステム用基地局アンテナの技術課題やその実現法を解説した論文は余り例がなく，当該分野の研究開発に取り組むフレッシュマンにも有用な文献となっている．

次世代システム実現に向けたアンテナへの課題として，著者らは特に伝送速度の高速化に伴う所要電力増加，及びマイクロ波帯利用に伴う損失増加に起因して要求される高利得・低損失基地局アンテナ実現に着目している．その解決技術として，アンテナの給電系の損失を低減する RF 回路一体型アンテナの重要性について述べるとともに，RF 回路一体型アンテナでアンテナユニットごとに必要となるダイプレクサの小形・低損失化を行う一手法としてフィルタ一体型アンテナを提案し，その実現例を示している．また端末アンテナについては，空間多重による高速伝送実現において重要となるマルチアンテナ実現に向けた課題とともに，携帯電話アンテナの検討を行う上で重要となるアンテナの評価法に関する今後の方向性についても触れている．

移動通信におけるアンテナの役割がますます重要になる中，基地局アンテナ及び端末アンテナの現状技術及び将来展望について網羅的に概説された本論文は，単なるアンテナ技術だけではなく，システムと関連して必要となる技術課題が述べられるとともに，今後のアンテナ技術者への方向性を指し示すものとなっており，解説論文としてその価値は高く評価できる．

A 90nm 48×48 LUT-based FPGA Enhancing Speed and Yield Utilizing Within-Die Delay Variations

（英文論文誌 C　平成 19 年 10 月号掲載）

受賞者 小林和淑　　受賞者 香月和也　　受賞者 小谷　学

受賞者 杉原有理　　受賞者 久米洋平　　受賞者 小野寺秀俊

FPGA は，集積度の向上とその柔軟な再構成性により，様々な分野に応用されている．一方，集積度の向上は素子の特性ばらつきの増加という新たな難問を突きつけている．ばらつきの拡大は動作マージンの増大につながる．本論文は，FPGA に代表される再構成回路を用いて，素子特性のばらつきを利用して集積回路の歩留まり・速度を向上させるという基本アイデアに基づくものである．従来の固定配置では，ばらつきにより性能が劣化した領域に回路のクリティカルパスが配置されると性能が劣化する．FPGA の持つ最構成性を利用すれば，逆にばらつきにより性能が良くなった領域にクリティカルパスを割り当てることが可能となり，ばらつきを利用した性能向上が可能となる．著者らの研究グループが提案したばらつきを利用した回路性能の最適化は Variation aware という新たな研究領域を産み，現在では世界各地の幾つかの研究グループが関連研究を行っている．

本論文は再配置による特性向上を実測するために 90nm プロセスにて 3mm 角の領域に集積した 48×48 の LUT 型 FPGA に関するものである．LUT の再構成性を利用して内部に多数のリングオシレータを構成し，その発振周波数のばらつきによりチップ内ばらつきを調べる．離れた FF 間にクロック信号を 2 発のみ与える回路を PLL と周辺回路を用いて実現し，速度向上を実測する機構も組み込んでいる．速度向上の実測は，チップごとに異なるばらつきを利用してチップ個々に回路の配置場所を変更することにより行った．方形領域の左上から右下に信号を伝送する回路を用い，その伝送パスをばらつきを用いて最適化することにより回路性能が平均 2.88％，最大 9.34％向上することを LSI テスタにより

確認した．ばらつきを用いてLSIの速度向上を行うという画期的なアイデアを実チップを用いて実証したことは大変意義のあることであり，非常に高く評価できる．

$KTa_{1-x}Nb_xO_3$ 結晶における空間電荷制御電気伝導とKerr効果による光偏向現象

（和文論文誌C　平成19年12月号掲載）

受賞者 中村孝一郎

受賞者 宮津　純

受賞者 佐々木雄三

受賞者 今井欽之

受賞者 笹浦正弘

受賞者 藤浦和夫

光ビームスキャナは，光の最も基本的な性質の一つである進行方向を制御する素子であり，プリンティング，ディスプレイ，イメージング，センシング，光加工，光記録や光通信などの様々な分野で利用されている．著者らは本論文において，新しい動作原理に基づく光ビームスキャン現象を発見するに至った実験結果と，現象の発現機構の理論解析について報告している．

1950年代に初めて合成されたKTN結晶は，電気光学効果が極めて大きい一方で，結晶成長が難しいとして知られていた結晶であった．著者らの研究機関では，長年にわたる結晶成長技術の研究によって，実用的な大きさを持つ光学品質のKTN結晶を得ることに成功している．

著者らは，このKTN結晶を用いて広角かつ低電圧の光ビームスキャン現象を見いだした．このような特異なビームスキャン現象の物理機構を解明するために，光ビームスキャン現象と電気伝導特性の関連に着目して理論解析を行った結果，電極から結晶への電荷注入が重要な役割を果たしていることを明らかにした．すなわち，電極からKTN結晶に電子が注入されることにより空間電荷効果が生じ，電極間の電界が不均一となる．その結果，電気光学効果（カー効果）によって生じる屈折率の変化に傾斜が発生し，そこを光が伝搬することでビームスキャン現象が生じる．

更に，空間電荷制御モード電気光学効果の発現と，電極・結晶界面の接触状態及び結晶の誘電率との関係について検討した結果，誘電率とカー定数が他の電気光学結晶に比べて特異的に大きな値を有するKTN結晶では，この効果が顕著に発現することも分かった．

空間電荷制御モード電気光学効果は，電気光学結晶への電荷注入という新しい概念に基づいており，その根底を成す物理には，電気光学結晶中の電気伝導機構や結晶・電極界面の物理など興味深い現象を包含している．また，KTN結晶における光ビームスキャン現象は，低電圧かつ広角であり，また高速応答性も有することから，産業応用面での期待が高い．

このように本論文は，学術面と産業応用面の両面において新規性及び独創性を有する技術について議論しているものであり，その価値は高く評価できる．

Highly Reliable Submicron InP-Based HBTs with over 300-GHz f_t

（英文論文誌C　平成20年7月号掲載）

受賞者 柏尾典秀

受賞者 栗島賢二

受賞者 深井佳乃

受賞者 山幡章司

通信トラヒックの増大によって，光通信システムの大容量化への要求が増している．これに伴い，電子デバイスにおいても高速性能の向上が求められている．化合物半導体であるInP系材料を用いたヘテロ接合バイポーラトランジスタ（InP HBT）は，高速・低消費電力動作に優れた電子デバイスであり，次世代の100Gbit/s級光通

信システム向け超高速電子回路への応用が期待されている．100Gbit/s 級超高速電子回路の実現には，InP HBT において 300GHz 以上の電流利得遮断周波数（f_T）及び最大発振周波数（f_{max}）が必要である．そのような高速動作を実現するためには，高電流密度化により，寄生成分の低減を図る必要がある．しかしながら，高電流密度動作では，デバイスの経時劣化が著しくなり，信頼性の確保が難しくなる．

本論文は，100Gbit/s 級の超高速電子回路への応用を目的として，InP HBT の高速化と高信頼化に関してまとめている．筆者らは，①デバイス層構造の最適化，②デバイスの微細化，③ InP レッジ構造の導入，④高融点金属の導入の四つの技術的な改善を行い，高速化と高信頼化を実現している．まず，実用上の耐圧特性を維持しつつ，デバイスの薄層化を行い，電子走行時間の短縮と高電流密度化を図っている．次に，エミッタ幅を 0.5μm まで微細化し，デバイスの薄層化に伴う寄生容量増加を抑制するとともに，低消費電力化を行っている．更に，ベース層上に InP レッジ構造を導入し，表面再結合電流を低減し，InP HBT の経時劣化で知られる電流利得の初期劣化抑制に成功している．加えて，高融点の W 電極をエミッタ電極に導入し，高電流注入動作で発生する電極金属の拡散やマイグレーションに起因した電流利得の突然劣化を抑制し，高信頼化を図っている．以上の四つの技術を導入した InP HBT において 300GHz 以上の f_T 及び f_{max} を達成している．更に，バイアスストレス試験を実施し，デバイス接合温度 125℃において，1×10^8 時間以上（約 1 万年以上）のデバイス寿命が期待できることを示している．

以上のように，本論文は従来困難であった 100Gbit/s 級の超高速電子回路向け InP HBT の高信頼化を実現したという点で高く評価される．今後，本 InP HBT 製造技術を用いることにより，多品種の 100Gbit/s 級超高速電子回路が開発され，光通信システムのすそ野を広げることが期待される．

Prediction of Fault-Prone Software Modules Using a Generic Text Discriminator

（英文論文誌 D　平成 20 年 4 月号掲載）

受賞者 **水野　修**

受賞者 **菊野　亨**

故障（failure：障害，不具合とも呼ばれる）のないソフトウェアの開発は常にソフトウェア技術者の目指すところである．これはつまり，故障の源であるフォールト（fault）を作らない，あるいはリリース前までに適切に修正しておくことを意味する．現実には，開発組織や対象にもよるが，多かれ少なかれフォールトはソフトウェアに潜在している場合が多く，そのことが保守コストの増大を招いている．それゆえ，ソフトウェアに潜在しているフォールトを可能な限り早い段階でより多く検出しておくことが望ましい．一般に，フォールトはテストやレビューによって検出されるが，システムの大規模化・複雑化に伴い，網羅的なテスト及びレビューはますます困難になってきている．これに対し，従来からメトリックスを用いてフォールトの潜在が疑われる箇所（例えばモジュール）を推測する研究が数多く行われてきている．疑わしい箇所をあらかじめ絞り込むことでテストやレビューの効率を高めるのが一つのねらいである．これまで，例えばモジュールの複雑さや規模をメトリックスによって定量化し，そこに統計解析等の数学的手法を用いることでフォールトの存在を予測するといった研究が行われ，現在も様々な手法が研究されている．

これに対し，本論文では新しい概念として Spam メールフィルタ技術の応用を提案している．これは，ソースコードを電子メールの内容に見立て，フォールト有無の予測を Spam メールの判定に対応させようというものである．従来の概念（メトリックスの使用）とは全く違う切り口でフォールトの潜在を予測する手法であり，一種のブレークスルーといえよう．論文中では，大規模なオープンソースソフトウェアに対する実験で一定の有用性を示している．現時点では従来手法に対して強い優位性を示す結果とまではいかないが，今後の更なる発展とフォールト予測の新たな形として台頭していくことが期待される内容である．

本論文は，他分野で洗練されてきた既存の技術を見事に応用しており，ソフトウェア品質管理分野に対するインパクトは大きい．独創性が高いだけでなく，今後の発展も大いに期待できる，学術的に価値の高い論文である．

筆順変動を表現するHMMと
そのオンライン文字認識への応用

（和文論文誌D　平成20年5月号掲載）

受賞者 片山喜規　受賞者 内田誠一　受賞者 迫江博昭

携帯機器への搭載例を挙げるまでもなく，ペンを用いた手書き文字認識（オンライン文字認識）は文字入力インタフェースとして不動の地位を築きつつある．しかし，現状の技術ですべて満足できるわけではなく，実はまだ対処すべき重要な問題が残されている．その一つが筆順変動である．一般にオンライン文字認識では，入力文字パターンとあらかじめ登録されている標準文字パターンを照合し，それらの一致度に基づいて入力パターンがどの文字であるかの識別を行う．筆順変動の問題とは，入力パターンの筆順と標準パターンの筆順が異なっているときに，それらを照合しても高い一致度は得られず，結果的に誤認識を起こすことである．

それでは，そもそもどのような筆順変動が実際に生じているのか？本論文では，この問いに対し，隠れマルコフモデル（HMM）に基づいた統計的なアプローチを提案している．具体的には，各文字カテゴリーについて，すべての筆順変動を表現可能なキューブグラフ型のトポロジーを持ったHMMを準備し，その状態遷移確率を学習により自動獲得する．こうして生成されたHMMにより，そのカテゴリーにおいてどのような筆順変動が生じやすいかが表現される．

このHMMを用いれば，筆順変動に頑強なオンライン文字認識システムを構築することも可能である．これまでそうしたシステムを構築しようとすれば，過度に筆順変動を許容する余り，かえって認識性能を劣化させることがあった．例えば文字「本」について，実際には生じることのない筆順まで許容してしまうと，不正解カテゴリー「末」との一致度が不当に高くなってしまう．これに対し，提案手法を用いれば，実際に生じない筆順は生起確率の低さのため許容されず，その結果，誤認識が抑制される．実際，大規模な認識実験を通して認識率向上効果が確認されている．

以上のように，本論文は，筆順変動の空間をキューブグラフとして表現し，HMMを用いた確率的拡張により筆順変動に関するゆう度を自然に導入するというスマートで決定版的な解法を与えるものであり，その価値は高く評価される．また，本論文で提案された枠組みは，オンライン文字認識にとどまることなく，確率的な順序変動を伴う時系列パターンの柔軟な照合に対して，同様に高い有効性を示すものと期待できる．

なお，論文賞とは直接関係はないが，もう一つ特筆すべき点がある．それは本論文の構成である．本論文はちょうど標準ページで執筆された論文であり，そのような紙数制限の下でいかなる論述が可能なのかというお手本としても一読の価値がある．

低い時間解像度の運動指令がもたらす
手先軌道の性質：運動指令表現の単純化仮説

（和文論文誌D　平成20年9月号掲載）

受賞者 阪口　豊　受賞者 和田克己

本論文は，上肢到達運動を題材とした，脳の運動情報表現に関する研究成果の報告である．具体的には，運動指令生成メカニズムを明らかにすることを目的として，筋のアクチュエータとしての性質と時間波形としての運動指令表現の二つの問題が検討される．この検討のために，著者らは以下に示す2種類の数値実験を行った．数値実験に際しては，4種類の筋モデルを比較し，また，運動指令の表現には階段関数表現を採用することで時間解像度を可変にした．更に，再構成した軌道を評価する基準に躍度最小軌道と指令トルク変化最小軌道を用いた．数値実験の一つ目は，運動指令の時間解像度を変化させ，基準軌道が正しく再現されるかどうかを調べるものである．実験の結果，次の事柄を明らかにした．すなわち，筋の低域ろ波特性により，運動指令には連続性が不要であること，運動表現には従来考えられていたほどの高い時間解像度は不要であること，また，人の生成する運動軌道の特徴が運動指令表現の時間解像度の粗さと関係している可能性があることである．そして，著者らは，運動指令表現の時間解像度を粗くすることが運動指令表現の自由度を圧縮することであることに着目した．そこで数値実験の二つ目として，運動表現の自由度を制限した上で運動課題をできるだけ正確に満たす運動指令を求めたときの，手先軌道の再構成結果を検証した．そ

の結果，再構成される軌道は，指令トルク変化最小軌道と類似した特徴を示すことが明らかになった．指令トルク変化最小軌道は人の手先の軌道の特徴をよく再現する．これらのことから著者らは，人の手先軌道が持つ特徴と同じ傾向を示す軌道は，脳にとって「実現しやすい軌道」であるとの結論を得た．本論文で示された実験と結果は，著者らが脳の情報表現を情報量の観点から考察し，生み出されたものである．すなわち，運動表現の細かさと達成すべき運動精度のバランスをとった「運動表現のモデル選択」という考え方に基づき，情報圧縮としての時間解像度の低減などが導出されている．先進的で深い思想に裏打ちされた，きめ細かな一連の数値実験に基づく本論文の成果は運動情報表現に関する研究に大きく貢献するものであり，論文賞に値する．