

平成 21 年 4 月 7 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18700221
 研究課題名（和文）マックスプラス代数上での画像処理と計算知能の融合および画像情報爆発環境への応用
 研究課題名（英文）Integration of image processing and computational intelligence based on Max-Plus algebra and its application to information explosion problem
 研究代表者
 延原 肇（NOBUHARA HAJIME）
 筑波大学・大学院システム情報工学研究科・講師
 研究者番号：80359687

研究成果の概要：

本研究では、ハードウェア化に極めて親和性の高いマックスプラス代数という数学的構造の上で、各種画像処理技術および計算知能の各種技術の再定式化および融合を行い、画像情報爆発環境に対応するための超高速知的画像処理系を実現した。NICT 等より提供されている膨大な画像情報を用いた評価実験（画像符号化、分類など）、また FPGA に基づくハードウェア実装などを通して、本研究の有効性を示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,100,000	0	1,100,000
2007年度	1,600,000	0	1,600,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	180,000	3,480,000

研究分野：計算知能

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア・コンピューティング

キーワード：計算知能、画像処理、マックスプラス代数、情報爆発、順序構造、形式概念分析

1. 研究開始当初の背景

個々のユーザを取り巻く画像処理環境は急速に向上している。例えば、画像入力装置の一つであるデジタルカメラの性能について言えば、市場に出回った 1990 年代後半、数十万画素であったのが、現在では数百万画素を超えるものが手軽に購入できるようになり、また撮影後の画像を蓄積するメモ리카ードの容量も当時に比べ数十倍以上の大きさとなっている。さらに、我国において抜群

の普及率を誇っている携帯電話にも、すでに 100 万画素を越える高性能カメラが搭載されつつあり、膨大な数のユーザから膨大な静・動画像情報が時々刻々、爆発的に生み出されている。

これに対し、大量の画像群中から所望の画像を検索・整理分類する技術、画像内の物体を認識する技術、対象画像群から要約を作成する技術などは、計算知能の各種技術（ファジィ、ニューロ、遺伝的アルゴリズム）などを導入し、より人間の特性に近いレベルでの

実現を試みているが、画像1枚あたりに要する単位処理時間が長いこと、今後の情報爆発の環境での実運用のためには、処理体系の高速化が必須となっている。

2. 研究の目的

本研究では、ハードウェア化に極めて親和性の高いマックスプラス代数という数学的構造の上で、各種画像処理技術および計算知能の各種技術の再定式化および融合を行い、画像情報爆発環境に対応するための超高速知的画像処理系を実現することを目的とする。

3. 研究の方法

提案処理系をソフトウェア上で実現するための高性能パソコン一式および擬似的な情報爆発環境を構築するための大容量記憶装置を購入する。この購入したパソコンおよび大容量記憶装置は、平成18年度において提案処理系の実装、平成19年度以降はハードウェア記述言語のソフトウェア稼動環境として利用する。

提案処理系構築の第一段階として、平成18年度は、通常の代数系で表現されている各種画像処理および計算知能の各種技術を、マックスプラス代数系上の表現に再定式化する。ここで、再定式化の対象とする画像処理技術は、画像圧縮や認識などで最もよく利用されているフーリエ変換、ウェーブレット変換、また計算知能の技術としては、ファジィ集合演算・推論エンジン、ニューラルネット、遺伝的アルゴリズムなどに焦点を絞り、マックスプラス代数上での再定式化を行う。第二段階としてマックスプラス表現された画像処理および計算知能を融合し、画像マイニングなどの要素技術となる画像圧縮+ニューラルネット、画像変換+ファジィ推論などを順次実装する。

平成19年度前半では、パソコン上に構築したマックスプラス代数表現の画像処理と計算知能の各種技術を、大容量記憶装置上に擬似的に構築した動的に変化する情報爆発環境に適用する。特に、対象画像群を整理・分類する技術、あるいは要約を作成する技術は、対象とする環境が動的に変化する場合、常に安定した結果を提供するとは限らない。本研究では、提案処理系が、どのような環境変化においてどのようなふるまいを行うのかを、重点的に調査する。得られた知見を基にして、提案処理系の安定性の改良、また新しい適応型処理系への発展につなげる。また、今後の情報爆発における技術にとって重要な参考資料とする。平成19年度後半以降は、これまで定式化を行い実装を行ってきた提

案処理系を、ハードウェア記述言語(VHDL)で記述し、回路の集積面積や、処理速度に関する有用性を検証するシミュレーション実験を行う。VHDLの取り扱いについては、申請者グループの所属機関がすでに専門の作業環境を有しており、またVHDLについて専門知識を有する研究者が多数所属している。これらの研究者と常時打ち合わせを行いながら、提案処理系の実装を行い、適宜専門家の意見を十分取り入れながら行う。またハードウェア化の作業工程において、計算知能の独自の研究展開についても可能性を模索する。

平成20年度では、マックスプラス代数の構造を一般化した順序構造の観点から、各種計算知能を定式化する。具体的には、形式概念分析やラフ集合といった計算知能の要素技術を実装し、画像処理と融合を行う。

また本研究期間全体を通し、研究に関する新しい知見が得られた時点で、適宜国際会議での報告、あるいは国際ジャーナルへの投稿を行い、申請者グループが常に当該分野においてトップリーダーとして活動していることを積極的にアピールする。

4. 研究成果

平成18年度は、大量画像群から高速に特徴を抽出するための要素技術である、マックスプラス代数に基づいたウェーブレット変換、およびニューラルネットワークを提案した。

マックスプラス代数に基づくウェーブレット変換では、VHDLによる見積もりを行い、従来のウェーブレット変換や標準画像符号化に比べ、ハードウェアに対する親和性が高いことを示した。この研究成果として、国際会議論文3篇が採択されている。さらに、マックスプラス代数に基づくニューラルネットワークについても、ハードウェアに対する親和性の高さを中心に解析を行い、その有効性を実証している。この研究成果として国際会議論文1篇が採択されている。

また、大量の画像情報に対し特徴抽出を行い、それらの情報表を構成することで、形式概念分析を適用可能にし、大量画像群を束構造として表現し、その要約を作成する一連のアルゴリズムを提案した。CAVIAR (Context Aware Vision using Image based Active Recognition) から選定した、数百から数千枚の大量画像群を対象に提案アルゴリズムを適用し、その有効性を確認している。この研究成果については、国際会議論文として2編採択されている。

以上を平成18年度は、大量画像群の特徴抽出のための要素技術を2つ提案、さらに大量画像群をユーザが咀嚼しやすい形式に変

換するアルゴリズムを提案した。

平成 19 年度は、大量画像群に対する計算知能および画像処理の融合技術として、マックスプラス型ウェーブレット変換のハードウェア実装および、形式概念分析による可視化技術を提案した。

マックスプラス型ウェーブレット変換のハードウェア実装については、Xilinx 社の FPGA 実装用ツール ISE Foundation を購入し、シミュレーションベースでの見積もりを行った。対象となるターゲットデバイスとして、Vertex-II シリーズを採用し、結果として、512x512 画素のグレースケール画像を、1 秒間に約 4,000 枚処理できることが判明し、大量画像群に対する特徴量抽出のために有効であることを実証した。また、形式概念分析による可視化技術では、Corel 1000A をはじめとする大量画像データベースに対し、適切な形に修正したインクリメンタルアルゴリズムを提案、さらに有用な画像特徴量を提案した。これらをプログラミング言語「Processing」を用いて実装した。さらに、この実装結果をマルチモニタシステムによってユーザに提示することで、大量データベース画像群の概要把握および興味深い知見の発見が容易になること示唆した。これらの研究成果は、雑誌論文 3 編、招待講演 2 件、国際会議 3 件、および国内研究会 8 件にまとめられている。

平成 20 年度は、マックスプラス代数の構造を一般化した順序構造の枠組みにおいて、計算知能と画像処理、さらにはマルチメディア処理との融合を行った。

大量画像群に対する計算知能および画像処理の融合技術として、形式概念分析による大規模画像群の視覚化技術、計算知能とマルチメディア処理の融合技術として、ラフ集合による Web 情報の視覚化技術を提案した。形式概念分析による視覚化技術では、Corel 1000A および情報通信機構 (NICT) より提供されているユビキタスホームデータをはじめとする大量画像データベースに対し適用を行い、画像群の大局的な構造把握に有用であることを確認した。また、ラフ集合等の枠組みを用いた Web 情報の視覚化技術を提案するとともに、大量のブックマーク情報に対し適用を行い、その有用性を確認した。8 台のクラスタマシン、16 台のマルチディスプレイによる超高解像度の視覚化を、これらの手法に対して適用することも試みた。

これらの研究成果は、雑誌論文 1 編、国際会議 5 件、著書 1 件 (分担執筆) および国内研究会 8 件にまとめられている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

[1] 澤勢 一史, 延原 肇, 大規模画像群のための形式概念分析に基づく束構造可視化システム, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 21, 2009, pp. 32-40 (査読有)

[2] J. Wang, F. Dong, Y. Hatakeyama, H. Nobuhara, K. Hirota, Local Character Tensors for 3D Registration Method on Free-View Datasets, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 11, pp. 848-857 (2007) (査読有)

[3] C. W. Han, and H. Nobuhara, Advanced Genetic Algorithm Based on Adaptive Partitioning Method, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 11, pp. 677-680 (2007) (査読有)

[4] M. Sedighi, F. Dong, H. Nobuhara, K. Hirota, Dyadic Curvelet Transform (DClet) for Image Noise Reduction, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 11, pp. 641-647 (2007) (査読有)

[学会発表] (計 30 件)

[1] 小林敬, 延原肇, ソーシャルブックマークにおける RSS・注目情報の伝播の視覚化, スマートインフォメディアシステム研究会, 2009年3月6日(金), 明治大学駿河台キャンパスリバティタワー (東京都)

[2] 大森亮, 延原肇, 集団アクセスログを用いた個人嗜好推定と文書キーワード抽出への応用, スマートインフォメディアシステム研究会, 2009年3月5日(木), 明治大学駿河台キャンパスリバティタワー (東京都)

[3] 豊田哲也, 延原肇, Granular Computing による情報要約と形態素解析を用いた法令のネットワーク化, 日本知能情報ファジィ学会 第 54 回知的制御研究会, 2008年12月6日, 筑波大学東京キャンパス (東京都)

[4] 大森亮, 延原肇, ユーザ興味喚起のための簡易インターフェース上による個人嗜好抽出及び提示, 日本知能情報ファジィ学

会 第 54 回知的制御研究会, 2008 年 12 月 6 日, 筑波大学東京キャンパス (東京都)

[5] 澤勢一史, 延原肇, 大規模情報可視化における形式概念解析とモルフォロジの対応関係, 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会, 2008 年 12 月 5 日, 関西大学 千里山キャンパス (大阪府)

[6] 大森亮, 澤勢一史, 豊田哲也, 延原肇, 計算知能に基づいた各種スマートインタラクションシステム, HAI シンポジウム 2008, 2008 年 12 月 4 日, 慶應義塾大学理工学部矢上キャンパス (神奈川県)

[7] H. Nobuhara, Max-Plus Algebraic Agent Description and Its Application to Various Social Systems, World Automation Congress 2008 (WAC 2008) IFMIP Track, Sep. 30, 2008, Hawaii, USA

[8] K. Sawase and H. Nobuhara, Interactive Lattice Visualization of Huge Image Database by Formal Concept Analysis, World Automation Congress 2008 (WAC 2008) IFMIP Track, Sep. 29, 2008, Hawaii, USA

[9] C. W. Han, D. G. Cha, and H. Nobuhara, Time Delay Prediction of Networked Control Systems using Logic-based Fuzzy Neural Networks, SCIS&ISIS2008, Sep. 19, 2008, Nagoya, JAPAN

[10] H. Nobuhara and C. W. Han, Various Computational Intelligences Based on Max-Plus Algebraic Structure and their Applications, SCIS&ISIS2008, Sep. 19, 2008, Nagoya, JAPAN

[11] 延原肇, 大規模情報の可視化のためのメタウェア, 2008 年度 統計関連学会連合大会, 2008 年 9 月 8 日, 慶應義塾大学理工学部矢上キャンパス (神奈川県)

[12] K. Sawase and H. Nobuhara, A Lattice Visualization Method by Formal Concept Analysis and Its Application to Huge Image Database, 2008 IEEE Conference on Soft Computing in Industrial Applications (SMCis2008), Jun. 26, 2008, Muroran, JAPAN

[13] 澤勢一史, 延原肇, 形式概念分析を用いた大規模画像群の束構造可視化システムの提案, 第 14 回画像センシングシンポジウム, 2008 年 6 月 13 日, パシフィコ横浜アネックスホール (神奈川県)

[14] 小林敬, 延原肇, 片仮名文字構成要素に基づくインタラクティブな単語分解・再構成とそのユーザ興味生成への応用, 情報処理学会第 9 回エンタテインメントコンピューティング研究会, 2008 年 3 月 8 日, 香川大学 (香川県)

[15] 延原肇, マックスプラス代数からパーコレーション、複雑ネットワークへの展開, 統計数理研究所共同利用研究重点テーマ「統計メタウェアの開発」共通公開研究会プログラム, 2008 年 2 月 27 日, 統計数理研究所(東京都)

[16] H. Nobuhara, Ordered Algebraic Structure based Computational Intelligence Its Embedded Hardware Implementation, ECAIT 2008 Workshop, 2008.01.24, Hanbat National University, Korea

[17] 延原肇, 超離散的なエージェント表現方法の紹介, 第 4 回認知エージェント研究会, 2007 年 12 月 11 日, 北海道登別

[18] 高木崇, 延原肇, メタデータを用いた映像推奨システムにおけるファジィ・ユーザプロフィール作成手法の提案, 日本知能情報ファジィ学会 知的制御研究部会, 2007 年 12 月 1 日, 筑波大学東京キャンパス

[19] 澤勢一史, 延原肇, 形式概念分析による大規模画像データベースの束構造可視化, 日本知能情報ファジィ学会 知的制御研究部会, 2007 年 12 月 1 日, 筑波大学東京キャンパス

[20] 延原肇, モルフォロジカルな計算知能の実現, 第 22 回信号処理シンポジウム, 2007 年 11 月 8 日, 東北大学 (宮城県)

[21] B. Bede, and H. Nobuhara, Multichannel Image Decomposition by using Pseudo-Linear Haar Wavelets, 2007 IEEE International Conference of Image Processing (ICIP2007), Sep.19, 2007, San Antonio, Texas, USA

[22] H. Nobuhara and C. W. Han, Ordered Structure Based Computational Intelligence and Its Application to Image Processing, 8th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2007) Sep. 7, 2007, Sokcho-City, Korea

[23] 延原肇, Max-Plus 代数に基づく順序構

造型計算知能の展開, 第 23 回ファジィシステムシンポジウム, 2007 年 8 月 31 日, 名城大学 (愛知県)

[24] 延原肇, 日本知能情報ファジィ学会の挑戦状 ~画像処理編~, 第 23 回ファジィシステムシンポジウム若手基調講演, 2007 年 8 月 30 日, 名城大学 (愛知県)

[25] 延原肇, モルフォロジカルなウェブレットおよび計算知能の実現, MIRU2007 サテライトワークショップ, 2007 年 7 月 29 日, 広島市立大学 (広島県)

[26] H. Nobuhara, A lattice structure visualization by formal concept analysis and its application to huge image database, 2007 IEEE/ICME International Conference on Complex Medical Engineering (CME2007), May 23, 2007, Beijing Jingfeng Hotel, China

[27] H. Nobuhara, Concept Lattice Generation By Fuzzy Clustering and Its Application to Video Data Abstraction, Proc. of Joint 3rd International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 7th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS 2006), Sep. 23, 2006 (CD-ROM Proceedings), Tokyo, Japan

[28] H. Nobuhara, Generalization of Morphological Wavelet Transform By Using Various Sampling Windows and Their Application to Video Coding, Proc. of Joint 3rd International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 7th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS 2006), Sep. 23, 2006 (CD-ROM Proceedings), Tokyo, Japan

[29] H. Nobuhara, Introduction to Wavelet Transform based on Max-Plus Algebra and Its Application to Image/Video Coding, Proc. of Czech-Japan Seminar 2006, Aug. 18, 2006 (CD-ROM Proceedings), Kitakyusyu-City, JAPAN

[30] H. Nobuhara, B. Bede, and K. Hirota, A Hierarchical Representation of Video/Image Database by Formal Concept Analysis and Fuzzy Clustering, Proc. of IEEE International Conference on Fuzzy Systems, July 17, 2006, pp. 4293-4297,

Vancouver, Canada

[図書] (計 1 件)

[1] K. Sawase, H. Nobuhara, and B. Bede, Visualizing Huge Image Databases by Formal Concept Analysis (分担), pp. 351 - 373, Human-Centric Information Processing Through Granular Modelling, Studies in Computational Intelligence 182, ISBN 978-3-540-92915-4 (2009)

[その他]
ホームページ等

<http://www.iit.tsukuba.ac.jp/~nobuhara/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

延原 肇 (NOBUHARA HAJIME)
筑波大学・大学院システム情報工学研究科・講師
研究者番号 : 80359687

