

令和 6 年 5 月 1 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11881

研究課題名（和文）対象依存型縦断解析による動的な高次多次元画像の認識に関する研究

研究課題名（英文）Model-based longitudinal analysis of dynamic multi-modal higher-dimensional data

研究代表者

井宮 淳 (Imiya, Atsushi)

千葉大学・統合情報センター・名誉教授

研究者番号：10176505

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：3次元ベクトルと四元数が数学的に等価であることを利用すれば、3次元局所変形場を四元数を要素とする3次元テンソルとして表現できる。本課題以前の科学研究費補助金課題の中で、すでに開発した3次元テンソルの主成分分析を利用すれば、四元数を要素とする連続3次元局所変形場から3次元連続局所変形場から、主要成分を取り出して縦断解析を実現できることを明らかにした。最終成果に先立ち、解像度の異なる画像を利用した縦断解析を実現する為に、代表的な解像度変換であるピラミッド変換を任意の解像度変換に利用できるように拡張した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、多重線形形式の記述形式であるテンソルを利用して、動的な高次多次元画像の解析・認識・分類・蓄積・検索・判別を統一的に取り扱うことのできる体系を、従来のベクトル空間におけるパターン認識において実績と蓄積のある部分空間法をテンソルに拡張した。さらに、計測される微細構造の解析手法を、画像理解の立場から構造を持った統計的幾何要素（テクスチャー）の解析理論の動的解析への拡張として捉え、時間的に変動する3次元テクスチャーの特徴量解析理論を構築した。

研究成果の概要（英文）：The quaternions express the three-dimensional vectors.

Using quaternions, the spatial motion field is expressed as three-dimensional tensor with quaternion elements. By applying the multi-linear principal component analysis based on the tensorial calculus, it is possible to extract dominant motion field of the three-dimensional deformation field for longitudinal analysis of deformation of human organs, such as beating heart. This longitudinal analysis of deformation field characterise the types of deformation fields. This classification of the deformation fields will be new geometrical and information criterion for machine-based diagnosis assistance system. Furthermore, we developed a new pyramid-based image transformation for the harmonisation of the resolution of images in a sequence for the longitudinal analysis of image sequence.

研究分野：数値画像解析

キーワード：多重解像度解析 多重線形主成分分析 縦断解析 四元数 情報圧縮 運動解析

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

人体、臓器、細胞、腫瘍などの空間構造を持つ対象を、高次多次元画像として非侵襲的に計測できる。高次多次元画像の時間的変化の解析・認識・分類・蓄積・検索・判別、歪・変異部位の特定・抽出を統一的行うためには、対象内部の3次元構造を記述し、さらに、幾何情報と統計情報とを同時に記述・解析できるデータ表現が必要である。本研究では、高次多次元画像の検索・整合判定、歪・変異部位の特定・抽出を行う情報科学的手法を構築するために、高次多次元画像を多重線形型式によって表現し、縦断解析によって高次多次元画像の時間的変化を定量的に取り扱う手法を開発する。さらに、認識過程における歪補正を情報等価として取り扱う手法を構築する。

### 2. 研究の目的

3次元空間に存在する臓器や細胞は、その幾何的な形態や時間的な変化が、生理・医学的な意味を持っている。新たな計測方式の開発、動的なトレーサーやマーカによる計測方法の能動化に伴い、3次元、時空間4次元、さらに、彩色情報も含む多チャンネル化された生命・生体の情報が高次多次元画像として非侵襲計測が可能となった。これらの多種多様な情報から診断・治療に有用な情報を抽出するためには、解像度や計測方法の異なる高次多次元画像から、画像間に共通の特徴量を抽出する手法を開発すると共に、微細構造の時空間変化の解析の手法を構築する必要がある。加えて、高次多次元画像の解析・認識・分類・蓄積・検索・判別は、病理検査・細胞診の高度化に伴い、その需要がさらに増しているため、高次多次元動画像に対する新しいパターン認識手法が求められる。

### 3. 研究の方法

本研究では、多重線形型式の記述形式であるテンソルを利用して、動的な高次元高次画像の解析・認識・分類・蓄積・検索・判別を統一に取り扱うことのできる体系を、従来のベクトル空間におけるパターン認識において実績と蓄積のある部分空間法をテンソルに拡張した。さらに、計測される微細構造の解析手法を、画像理解の立場から構造を持った統計的幾何要素(テクスチャー)の解析理論の動的解析への拡張として捉え、時間的に変動する3次元テクスチャーの特徴量解析理論を構築した。

(1)ベクトルデータの相関行列の固有値問題を解くことによって推定されるパターン空間を近似する線形部分空間の計算法を、多重線形型式を表現するテンソル空間に拡張し、テンソル部分空間法を構築する。

病理画像検査からの病変部の検出、病状の推定、新規開発材料の非侵襲構造解析には、高次多次元画像の微小な変化部位の歪情報を、幾何情報として扱う事のできる、新しいパターン認識手法が求められる。

(2)対象の位置ずれや微小変化に対して堅固な画像認識手法である相互部分空間法を、テンソル相互部分空間法に拡張する。

(3)テンソル部分空間法を、時系列高次多次元画像の各点の運動を四元数で表現したテンソルに適用し、時空間運動や病変による変位の大域的性質を記述する手法を構築する。

(4)高次多次元画像の時間的変化を、確率過程に関する輸送問題として定式化し、縦断解析によって時間的変化を定量的に取り扱う手法を開発すると共に、

(5)認識過程における歪補正を情報等価法の立場から計算する手法を構築する。

### 4. 研究成果

3次元ベクトルと四元数が数学的に等価であることを利用すれば、3次元局所変形場を四元数を要素とする3次元テンソルとして表現できる。本課題以前の科学研究費補助金課題の中で、すでに開発した3次元テンソルの主成分分析を利用すれば、四元数を要素とする連続3次元局所変形場から3次元連続局所変形場から、主要成分を取り出して縦断解析を実現できることを明らかにした。最終成果に先立ち、解像度の異なる画像を利用した縦断解析を実現する為に、代表的な解像度変換であるピラミッド変換を任意の解像度変換に利用できるように拡張した。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kouki Tosaka, Atsushi Imiya	4. 巻 14009
2. 論文標題 -Pixels for Hierarchical Analysis of Digital Objects	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 L. Calatroni et al. (Eds.): SSVM 2023 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-031-31975-4_51	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Linh Kieu Troung, Atsushi Imiya	4. 巻 3,72
2. 論文標題 Discrete Linear Geometry on Grid System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 SN Computer Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s42979-021-00937-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Eri Mochizuki, Haruka Sone, Hayato Itoh, Atsushi Imiya	4. 巻 13018
2. 論文標題 Subspace Discrimination Method for Images Using Singular Value Decomposition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 287-298
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-90436-4_23	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Atsushi Imiya	4. 巻 135
2. 論文標題 Decomposition and construction of higher-dimensional neighbourhood operations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Pattern Recognit. Lett.	6. 最初と最後の頁 321-318
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.patrec.2020.04.015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Kouki Tosaka, Atsushi Imiya
2. 発表標題 -Pixels for Hierarchical Analysis of Digital Objects
3. 学会等名 9th International Conference on Scale Space and Variational Methods in Computer Vision (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------