

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11946

研究課題名（和文）スパース・ハイパーグラフネットワークによる画像認識および検索と調剤過誤防止応用

研究課題名（英文）Image Recognition and Retrieval Using Sparse Hypergraph Networks and Application to Medication Dispensing Error Prevention

研究代表者

鎌田 清一郎（Kamata, Seiichiro）

早稲田大学・理工学術院（情報生産システム研究科・センター）・教授

研究者番号：00204602

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）：近年、グラフ表現を一般化したハイパーグラフニューラルネットワーク（HGN）が活発に研究されている。本研究では画像から得られたスパースな局所特徴をHGNにより表現したスパース・HGNを提案した。またテキスト検索を可能にするため、テキスト・画像データをどのようにハイパーグラフに表現、融合すればよいかを検討し、マルコフ確率場を利用したMRFハイパーグラフ・トランスフォーマを新たに構築した。さらに現在社会問題となっている薬剤師の調剤過誤を防止するため、これまで収集してきた24万件のヒヤリハットデータを分析し、調剤過誤防止システムに適用してヒヤリハット件数の大幅な削減につなげることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、ハイパーグラフ表現によるニューラルネットワークが注目されている。ハイパーグラフ表現は、ノードとリンクから構成されるグラフ表現の一般化された概念である。本研究は、画像の局所特徴のスパース性を考慮しながら、スパース・ハイパーグラフネットワークによる画像認識能力向上の可能性を探求したものである。画像ハイパーグラフモデルとテキストハイパーグラフモデルを融合させ、マルコフ確率場を導入した新たなMRFトランスフォーマを構築した。また、薬剤師のヒューマンエラーによる24万件のヒヤリハットデータを収集し、薬局におけるヒヤリハット件数が10分の1以下に減らせることが確認できた。

研究成果の概要（英文）：Recently several hypergraph-based neural networks (HGN) have been proposed to solve the problems in image recognition. We propose a sparse hypergraph construction method and a method of image recognition using sparse hypergraph networks. The major challenge is how to build the sparse hypergraph networks. In order to handle images and sentences, we propose a fusion model both text hypergraphs and image hypergraphs to build image recognition and text retrieval system. In application to reducing a risk of human errors when prescribing medicines to patients, which has been becoming a social problem, a prevention system of medication dispensing errors with the pharmacists is created to solve this problem, and it is verified that it can reduce the number of near-miss incidents.

研究分野：画像情報処理

キーワード：スパース・ハイパーグラフ ハイパーグラフネットワーク 画像認識 調剤過誤防止 薬学リスクマネジメント

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、本研究開始前スパースグラフ表現によるGNN(SGNN)を検討してきたが、本研究ではより一般化されたハイパーグラフ・ニューラルネットワーク(HGNN)に関するスパース性について検討した。HGNNは、ハイパーエッジを有するデータの高次特徴を記述するため、解析性能向上が期待され研究されてきたものである。具体的にはハイパーグラフ構造から得られるハイパーグラフ・ラプラシアン行列とノード情報を利用する。グラフのスパース性は古くから検討されてきたが、HGNNに適したスパースグラフ表現をどのように構築すればよいか、どのようなスパース拘束条件が必要か、など更なる研究課題が存在する。

次に、研究代表者はこれまで緊急の社会問題となっている薬学リスクマネジメントにおける調剤過誤防止に取り組んできた。薬剤師は十数年前からこのようなヒューマンエラーを無くす取り組みを行っているが、なかなか調剤事故が減らないのが現状である。このような現状を踏まえ、現在薬局等の協力を得て、ヒヤリハットデータの収集を行っている。また、薬局で取り扱われている薬剤について、組成、効能効果、用量、禁忌・警告情報、などが記載された添付文書をデータベース化している。

2. 研究の目的

本研究は、これまで提案してきたスパースグラフ表現によるニューラルネットワークを拡張して、より一般化されたハイパーグラフ表現を導入し、ハイパーエッジを有するデータの高次特徴を記述するため、認識および検索性能を向上させるスパース・ハイパーグラフニューラルネットワーク(SHGNN)を構築する。また、社会問題となっている薬剤師の調剤過程におけるヒューマンエラー(ヒヤリハット)件数を減らすため、現在収集している膨大な薬剤画像やヒヤリハットデータを用いてSHGNNによる調剤過誤防止システムを開発する。

3. 研究の方法

自然画像や薬剤画像を対象とし、スパース・ハイパーグラフ表現の最適性を考察する。スパースグラフ表現は、画像内のすべての特徴点をノードとし、クラスタリングを行いノード間のリンクを構成したが、スパース・ハイパーグラフ表現では、どのようなハイパーエッジを構成すれば効率が高くなるかを検討し、特にそのサポートをどのように構築すればよいかを検討し、これらに基づく新たな方法論を確立する。さらに標準画像データセットや薬剤画像データなどを用いて比較評価実験を行い、認識精度および計算量の観点からその性能を明らかにし、SHGNNの最適なモデル構造を構築する。

応用として、ヒヤリハットデータや添付文章などはテキストとなるため、薬剤テキスト情報からキーワードおよびその関係情報を抽出し、スパース・ハイパーグラフを構築する必要がある。Q&Aテキストデータを用い、精度面と計算量の観点から従来手法との比較評価を行い、本手法の有効性を明らかにする。

4. 研究成果

(1) スパース・ハイパーグラフの構築

まず画像からスパースグラフを構築する方法について述べる。画像内のオブジェクトの特徴点をベースとしてグラフを図1のように生成し、スパースグラフを構成する[1]。スパースグラフ表現は、画像行列を $Y=(y_1^1, y_1^2, \dots, y_{L'}^1)$ 、共通辞書を $D=(d_1, d_2, \dots, d_N)$ 、スパース行列を $S=(s_1^1, s_1^2, \dots, s_{L'}^1)$ とすると、 Y を DS で表現し、次式により求められる。

$$\min_{S, Y, \lambda} \frac{1}{2} \|Y - DS\|_F^2 + \lambda \|S\|_{2,1} + \gamma \|S \Delta S^T\|_{Tr} \quad (1)$$

ここで、画像行列 Y は、ROI部分画像から構築したグラフ上の各頂点を持つ $M \times M$ 次元ベクトルにより構成されている。また共通辞書 D は、ImageNet自然画像データセットから生成した基底関数を共通辞書としたものである。さらに Δ はラプラシアン行列であり、 γ は正則化パラメータである。 $\|\cdot\|_F$ はFrobeniusノルムであり、 $\|\cdot\|_{Tr}$ はTraceノルムであり、 $\|\cdot\|_{2,1}$ は行列の列ベクトルのユークリッドノルムの和である。また、RGB各チャンネルについてスパースグラフを構成する。次に、初期空グラフをもとに近接グラフに対して近似 k 最近傍検索アルゴリズムを用いてさらにスパース化を行う。近接グラフを用いた近似 k 最近傍検索アルゴリズムは以下の通りである。

- 1) 入力として、クエリ q 、検索結果の数 k 、および候補集合の最大要素数 l を与える。
- 2) 始点ノードを候補集合 C に追加する。

- 3) C からノードを取り出し、エッジを辿って訪問したノードを C に追加する。
 - 4) C の要素を q との距離でソートする。ここで、 $|C| > l$ ならば $|C| = l$ となるまで C を更新する。
 - 5) C が更新されなくなるまで 3)-4)を繰り返す。
 - 6) C が更新されなくなれば、C の上位 k 個を結果として出力する。
- ここで、近接グラフは Hierarchical Navigable Small World graphs (HNSW) [2]を利用した。HNSW は、複数の NSW というグラフを階層的に配置したグラフである。HNSW では、近似 k 最近傍に対してエッジを作成するのではなく、検索の過程で得られたあるノードに対してエッジを作成する。そして、そのノードよりも近いノードが見つければ、そのノードに対してエッジを作成する[3]。この手順を繰り返すことで、近接グラフが構成される。HNSW のノードは、空グラフの頂点の p 次元特徴ベクトルである。ノード間の距離はコサイン距離を利用し、

$$d(x, y) = 1 - \frac{x \cdot y}{\|x\| \|y\|} \quad (2)$$

により計算する。図 2 に示すように、画像から構築された 3 つのグラフの各々に対して、上記の近似 k 最近傍探索アルゴリズムを用いて各ノードに対する k 最近傍を見つけ、最近傍ノード間に無向エッジを作ることにより 3 つのスパースグラフを構築した。

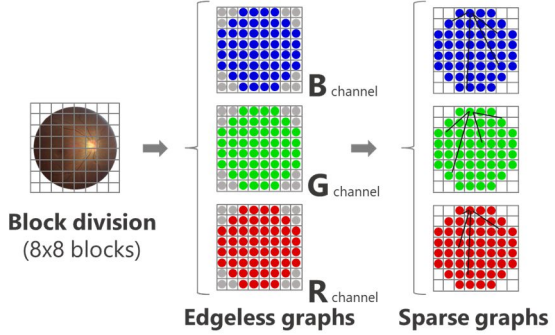


図 1 RGB 画像のスパース・ハイパーグラフ生成

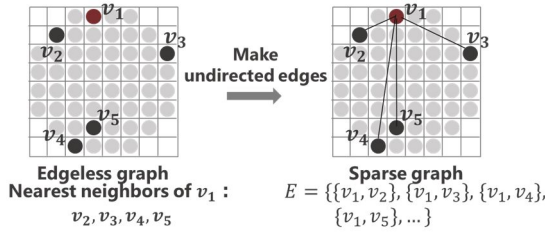


図 2 スパースグラフ生成

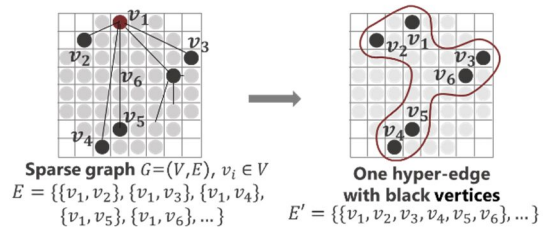


図 3 スパース・ハイパーグラフ生成

スパース・ハイパーグラフは、スパースグラフから構成される。図 3 には、ハイパーグラフを構築する例を示す。同図のスパースグラフの赤い頂点に焦点を合わせると、単一のハイパーエッジが黒い頂点の集合によって構築される。すべてのノードでこの操作を実行することにより、3 種類のハイパーグラフを生成できる。

(2) SHGNの構築

SHGNには、予備実験において最も識別性能の良かったウェーブレット基底関数に基づくハイパーグラフ畳み込みを利用する。ウェーブレット基底関数に基づくハイパーグラフ畳み込みは、次のように計算される。

$$X^{l+1} = \psi^G \Lambda^G (\psi^G)^{-1} X^l W \quad (3)$$

ここで、 $G = \{V, E\}$ はハイパーグラフ(V は頂点集合、 E はハイパーエッジ集合)、 X^l は l 番目の層の出力、 Λ^G は対角荷重フィルタ、 ψ^G はハイパーグラフのウェーブレット、 W は特徴量抽出行列である。本研究では、入力信号はハイパーグラフの各頂点に対する特徴量であり、各ハイパーグラフに対するウェーブレット基底関数は学習前に計算される。第 1 層では、入力 X はハイパーグラフの各頂点の特徴量である。対角荷重フィルタはハイパーグラフごとに用意し、一様分布で初期化する。特徴量抽出行列はすべてのハイパーグラフで共通であり、正規分布で初期化する。ハイパーグラフ $G = \{V, E\}$ のウェーブレット ψ^G を計算するためにハイパーグラフのラプラシアン行列 $\Delta^G = I - \theta^G$ を求める。なお、 θ^G は次のように定義される。

$$\theta^G = (D_v^G)^{-\frac{1}{2}} H^G (D_e^G)^{-1} (H^G)^T (D_v^G)^{-\frac{1}{2}}, \quad H^G(v, e) = \begin{cases} 1, & \text{if } v \in e \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

ここで、 H^G はハイパーグラフ $G = \{V, E\}$ の接続行列、 $v \in V$ は頂点、 $e \in E$ はハイパーエッジ、 D_v^G は頂点の次数を含む対角行列、 D_e^G はハイパーエッジの次数を含む対角行列である。ハイパーグラフ・ラプラシアン G の固有値からなるハイパーグラフの周波数は、次式で示される。

$$\Lambda^G = \text{diag}(e^{-\lambda_0}, \dots, e^{-\lambda_{n-1}}), \quad \text{for } 0 = \lambda_0, < \lambda_1 \leq \dots \leq \lambda_{n-1} (= \lambda_{\max}) \quad (5)$$

固有ベクトルは Q^G で表され、ウェーブレット変換は $\psi^G = Q^G \Lambda^G (Q^G)^T$ で表される。

次に、SHGNの一例を図4に示す。図において、HWNNLayerはウェーブレット基底関数に基づくハイパーグラフ畳込みを行う層、flattenはベクトルを一次元に平坦化する層、FCLは全結合層である。第1層における活性化関数はReLU、第2層における活性化関数はSoftmaxに對数をとって出力するLogSoftmax、第4層、第5層における活性化関数はLinearである。ハイパーグラフの重み G は一様分布で初期化し、第2層の出力に乗算する。ドロップアウト処理は、第1層、第3層、第4層の後に行う。入力については、1つのハイパーグラフをミニバッチのように扱い、1エポックにおいて複数個のハイパーグラフを逐次処理する。学習によって更新するパラメータは、対角荷重フィルタ、特徴変換行列、ハイパーグラフの重みである。これらは1つのハイパーグラフの学習毎に更新される。

ハイパーグラフ集合 $G = [G_1, \dots, G_i, \dots, G_{14}]$, $G_i = \{V_i, E_i\}$
 入力 (特徴量 $X_i \in \mathbb{R}^{|V_i| \times 1}$, ウェーブレット $\psi^{G_i} \in \mathbb{R}^{|V_i| \times |V_i|}$)

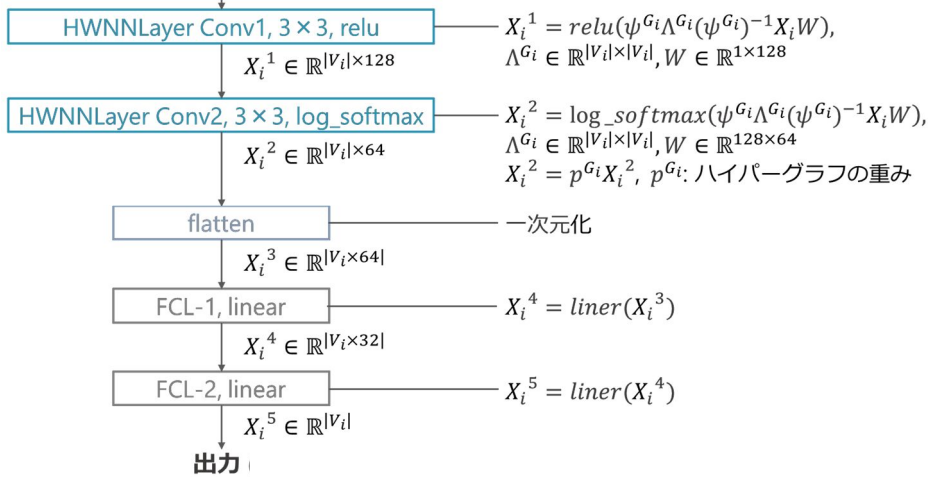


図4 SHGNモデルの一例

(3) MRFハイパーグラフ・トランスフォーマの構築

テキストデータを扱う言語モデルと画像を扱う画像モデルを融合するために、マルコフ確率場(Markov Random Field, MRF)を導入したMRFハイパーグラフ・トランスフォーマを構築した。ここで、MRFハイパーグラフ条件としては、図5に示すようにノードやハイパーエッジ間でマルコフ性を有し、すべてのハイパーエッジをクリークとして扱い、異なるハイパーエッジ間のノードはガウス分布に従うものとする。言語ハイパーグラフモデルと画像ハイパーグラフモデルを融合した全体モデルを図6に示す。

視覚的質問応答応用として、一般公開されているデータセットVQA-v2を利用して従来手法との比較評価を行った結果、MRFハイパーグラフ・トランスフォーマは、グラフあるいはハイパーグラフなどに基づく従来手法を越える適合性能を得ることができた。

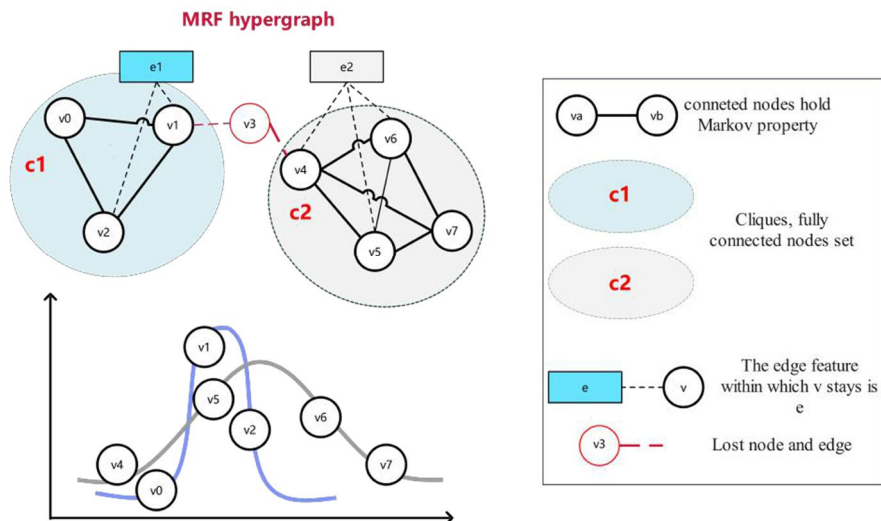


図5 MRFハイパーグラフの定義

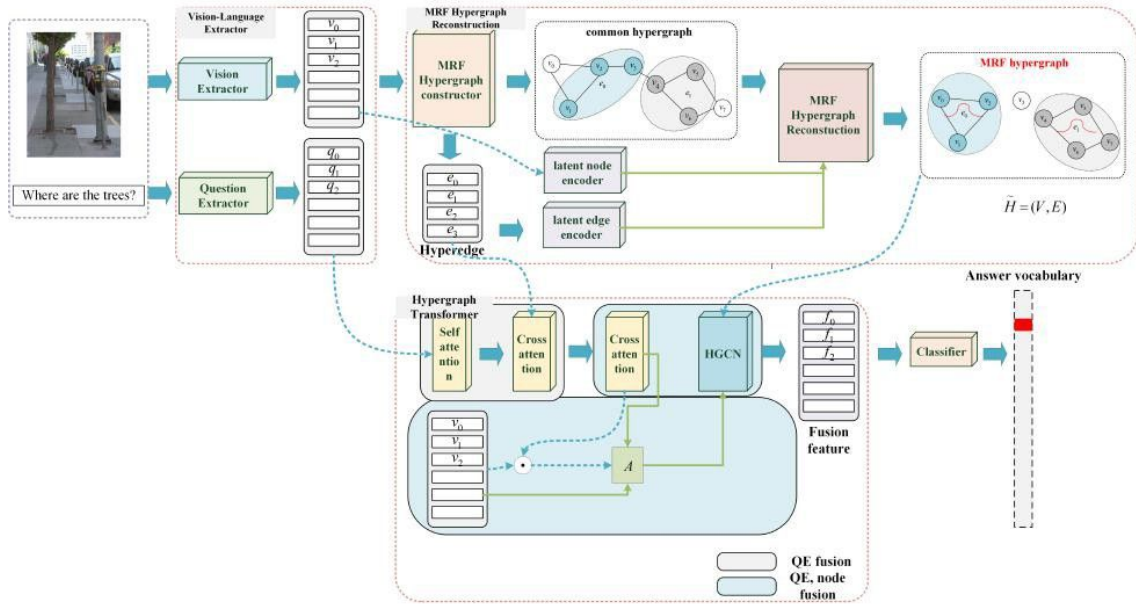


図6 言語ハイパーグラフモデルと画像ハイパーグラフモデルを融合した全体モデル

(4) ヒヤリハットデータの解析

約 24 万件のヒヤリハット事例を収集した。またそれらのデータを使って図 7 のようなグラフ解析などを行った。例えば、約 2 万件の同薬効医薬品のペアを抽出し、抽出されたペアのうち、100 件中 97 件は正しく同薬効医薬品であることが確認できた。また併用禁忌である医薬品の抽出には、1522 件の添付文書から 1762 組の禁忌医薬品ペアを抽出することができた。最終的に、24 万件の薬剤師のヒヤリハットデータを用いた解析結果を調剤過誤防止に適用した結果、薬局におけるヒヤリハット件数が 10 分の 1 以下に減らせることが確認できた。

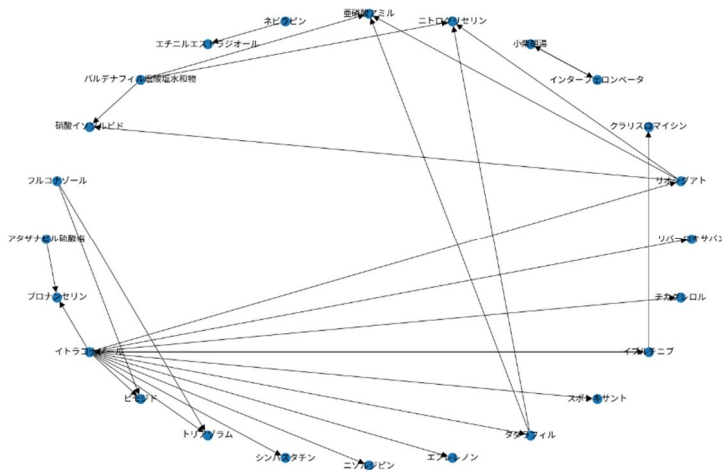


図7 自動抽出された禁忌関係にある医薬品のグラフの例

参考文献

[1] Renjie WU and Sei-ichiro KAMATA, Generic Sparse Graph Based Convolutional Networks for Face Recognition, Proc. of IEEE Int. Conf. on Image Processing, Alaska, pp.1589-1593, Sep.2021.
 [2] Yu. A. Malkov and D. A. Yashunin, "Efficient and robust approximate nearest neighbor search using hierarchical navigable small world graphs," TPAM, pp. 1-13, 2018.
 [3] Yusuke Arai, Daichi Tenpo, Takahiro Hara and Sumio Fujita, "Efficient Approximate Range Search Algorithm in Metric Space Using Proximity Graphs," DEIM 2020, 2020.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Luo Zhengbo, Sun Zitang, Zhou Weilian, Wu Zizhang, Kamata Sei-ichiro	4. 巻 487
2. 論文標題 Constructing infinite deep neural networks with flexible expressiveness while training	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neurocomputing	6. 最初と最後の頁 257 ~ 268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neucom.2021.11.010	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 -
1. 著者名 Su Lihua, Kamata Sei-ichiro	4. 巻 1
2. 論文標題 ADHD Classification With Low-Frequency Fluctuation Feature Map Based on 3D CBAME	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 7th International Conference on Biomedical Signal and Image Processing (ICBIP 2022)	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3563737.3563749	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 Wang Ziyu, Kamata Sei-ichiro	4. 巻 1
2. 論文標題 Multiple Mask Enhanced Transformer for Robust Visual Tracking	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE 4th International Conference on Robotics and Computer Vision (ICRCV 2022)	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICRCV55858.2022.9953264	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 Zhou Weilian, Kamata Sei-ichiro, Luo Zhengbo, Xue Xi	4. 巻 1
2. 論文標題 Rethinking Unified Spectral-Spatial-Based Hyperspectral Image Classification Under 3D Configuration of Vision Transformer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE International Conference on Image Processing	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICIP46576.2022.9897603	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 Qiang Yu, Sei-ichiro Kamata	4. 巻 1
2. 論文標題 Skeleton-Based Action Recognition Using Spatial-Temporal Hypergraph Networks	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 2023 International Conference on Image Processing and Machine Intelligence (IPMI2023)	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Zhou Weilian, Kamata Sei-ichiro, Luo Zhengbo, Chen Xiaoyue	4. 巻 1
2. 論文標題 Hierarchical Unified Spectral-Spatial Aggregated Transformer for Hyperspectral Image Classification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE International Conference on Pattern Recognition	6. 最初と最後の頁 3041-3047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICPR56361.2022.9956396	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 Zhou Weilian, Kamata Sei-ichiro, Wang Haipeng, Xue Xi	4. 巻 1
2. 論文標題 Multiscanning-Based RNN-Transformer for Hyperspectral Image Classification	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TGRS.2023.3277014	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 該当する

1. 著者名 Zhou Weilian, Kamata Sei-ichiro, Luo Zhengbo	4. 巻 1
2. 論文標題 Sub-Band Grouping Spectral Feature-Attention Block for Hyperspectral Image Classification	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE International Conference on Acoustic, Speech, Signal Processing	6. 最初と最後の頁 1820-1824
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICASSP39728.2021.9414678	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 Luo Zhengbo, Kamata Sei-ichiro, Sun Zitang, Zhou Weilian	4. 巻 1
2. 論文標題 Deep Neural Networks with Flexible Complexity While Training Based on Neural Ordinary Differential Equations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE International Conference on Acoustic, Speech, Signal Processing	6. 最初と最後の頁 1690-1694
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICASSP39728.2021.9413916	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 Luo Zhengbo, Kamata Sei-ichiro, Sun Zitang	4. 巻 2
2. 論文標題 Transformer And Node-Compressed Dnn Based Dual-Path System For Manipulated Face Detection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing	6. 最初と最後の頁 3882-3886
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICIP42928.2021.9506222	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 Wu Renjie, Kamata Sei-ichiro	4. 巻 1
2. 論文標題 Generic Sparse Graph Based Convolutional Networks for Face Recognition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing	6. 最初と最後の頁 1589-1593
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICIP42928.2021.9506083	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 Ryu Jegoon, Kamata Sei-ichiro	4. 巻 1
2. 論文標題 A Fast and Accurate Point Pattern Matching Algorithm Based on Multi-Hilbert Scans	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of IAPR Asian Conference on Pattern Recognition	6. 最初と最後の頁 562 ~ 574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-02444-3_42	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 Peiyi Jian and Sei-ichiro Kamata	4. 巻 1
2. 論文標題 A Two-stage Refinement Network for Nuclei Segmentation in Histopathology Images	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of 2022 4th International Conference on Image, Video and Signal Processing	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Zhou Weilian, Kamata Sei-ichiro, Luo Zhengbo, Wang Haipeng	4. 巻 60
2. 論文標題 Multiscanning Strategy-Based Recurrent Neural Network for Hyperspectral Image Classification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TGRS.2021.3138742	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 -

1. 著者名 Luo Zhengbo, Sun Zitang, Zhou Weilian, Wu Zizhang, Kamata Sei-ichiro	4. 巻 487
2. 論文標題 Constructing infinite deep neural networks with flexible expressiveness while training	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neurocomputing	6. 最初と最後の頁 257-268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neucom.2021.11.010	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6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Qiang Yu
2. 発表標題 Skeleton-Based Action Recognition Using Spatial-Temporal Hypergraph Networks
3. 学会等名 2023 International Conference on Image Processing and Machine Intelligence (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sicong Zhou
2. 発表標題 Near-Infrared Image Colorization with Weighted UNet++ and Auxiliary Color Enhancement GAN
3. 学会等名 7th International Conference on Image, Vision and Computing (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Wang Ziyu
2. 発表標題 Multiple Mask Enhanced Transformer for Robust Visual Tracking
3. 学会等名 4th International Conference on Robotics and Computer Vision (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yawen Chen
2. 発表標題 Spatial information using CRF for brain tumor segmentation
3. 学会等名 The 13th International Conference on Digital Image Processing (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Qihan Li
2. 発表標題 Derivative Feature and Residual Spatial Attention for Low-Light Image Enhancement
3. 学会等名 International Conference on Signal Processing Systems (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Xiaoyue Chen
2. 発表標題 Hyperspectral Image Classification Based on Multi-stage Vision Transformer with Stacked Samples
3. 学会等名 IEEE TENCON2021 (国際学会)
4. 発表年 2021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
研究協力者	周 惟廉 (Zhou Wei)		
研究協力者	八津川 義博 (Yatsukawa Yoshihiro)		

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		
中国	Fudan University		