

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H04177

研究課題名(和文) 数理モデルからの知識の転移と学習およびその医工学応用

研究課題名(英文) Transfer learning from mathematical models and its applications in biomedical engineering

研究代表者

酒井 智弥 (Sakai, Tomoya)

長崎大学・情報データ科学部・准教授

研究者番号：30345003

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：数理モデリングと深層学習を組み合わせる基礎研究に取り組み、少数データでの教師なし学習や、数理モデルからの知識の転移が有効であることを示した。また、順・逆問題とベイズ理論の観点から、数理モデル化された知識を深層学習に組み込む枠組みとして整理した。医工学応用では、肺聴診における異常音の教師なし検出、口腔細胞診の自動化、X線造影像の血管強調、時系列深度画像を用いた反復唾液嚥下検査等で、医学的知識を生かした深層学習の可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ディープニューラルネットと数理モデルの統合を可能にして、合理性の高い人工知能の実現を目指す新たなアプローチを示した点に学術的な意義が大きい。スパース解法の深層展開に関する研究では、深層学習の応用範囲を拡大し、知識獲得の可能性を示した。医工学応用では、少数のデータからも医学的に合理性の高い情報を抽出可能にした。非侵襲的な肺聴診と嚥下検査は、疾患や障害の早期発見に貢献する。

研究成果の概要(英文)：This research project focused on combining mathematical modeling and deep learning, demonstrating the effectiveness of unsupervised learning with limited data by transferring domain knowledge described as mathematical models. A set of frameworks for incorporating mathematical modeling into deep learning was organized in terms of forward and inverse problems and Bayesian theory. In the field of biomedical engineering, the potential of deep learning utilizing medical knowledge was shown through unsupervised detection of abnormal sounds in pulmonary auscultation, automation of oral cytology, vascular enhancement in X-ray imaging, and repetitive saliva swallowing test using time-series depth images.

研究分野：計算機科学

キーワード：転移学習 データ同化 スパースモデリング 深層展開 知識獲得

## 1. 研究開始当初の背景

人工知能 (AI) は、大量のデータを処理し、複雑なパターンを識別する能力に優れている。一方、近代までの科学は、数理モデルに基づく解析的または数値的な推論が主体であった。数学的に記述された知識や法則は、大規模データに匹敵する情報源となる可能性がある。自動微分が応用された深層学習のフレームワークの発展により、知識や法則を記述する数理モデリングを深層学習と共に柔軟に活用できるようになり、知識と説明能力を備えた人工知能を実現する新しい道筋を見出せる条件がそろい始めていた。

例えば、数値シミュレーション (順問題の解法) を高速に計算できる数理モデルの近似関数は代行モデル (surrogate model) と呼ばれ、数値シミュレーションの反復を必要とするデータ同化の効率化に利用されていたが、シミュレーションデータを学習した DNN による代行モデルも検討され始めていた。また、DNN をブラックボックスとして解析し、特定の推論結果に寄与した特徴量や訓練データから DNN の振る舞いを断片的に理解する技術も考案されていた。

しかし、近年盛んな AI の開発研究と比べて、数理モデルを基盤とする従来の科学とデータ科学との橋渡しになる基礎研究は、現在でも圧倒的に不足しており、数理モデルを活用する深層学習の方法論が未確立である。深層学習は、大規模データから高い推論の性能を達成する一方で、既存の数理モデルよりも説明能力が乏しい。解釈しやすい説明変数による数理モデル化や、順問題・逆問題の解法が既にある程度研究されていても、そのドメイン知識を DNN の設計に活用する指針がない。数理モデル化されたドメイン知識に替わる順問題・逆問題の算法 (計算グラフ) を、DNN のモジュール (画像のような局所特徴の組合せに対しては CNN、時系列データの文脈的な特徴に対しては RNN 等) を使いながらデータ科学者が独自に手作りし直し、大規模データに対して最適化しているのが現状である。

説明能力を持つ数理モデルに基づかない DNN が訓練データを学習しても、DNN の振る舞いから専門分野の知見を拡張するような知識の獲得は期待し難い。また、専門分野では常識的な法則性でさえ DNN はデータから学習する必要があり、計算が大規模化する。特に医工学分野では、データが十分に収集されていないことが多く、大規模なデータセットを必要とする従来の深層学習手法を必ずしも容易に適用できない。また、推論結果が正しいだけでなく、その根拠を説明できる能力も要求される。

## 2. 研究の目的

数理モデルに由来する知識と説明能力を備えた人工知能を実現するため、数理モデルでデータを説明するデータ同化の仕組みからディープニューラルネット (DNN) を構築し、必ずしも大規模でないデータから、数理モデルの知識を踏まえて情報を抽出可能にすることを目指した。また、医学・保健学・工学分野のさまざまな課題に対して応用効果を示すことも目的とした。大規模な医用データの収集は必ずしも容易ではない。さらに、AI は医学知識を下地として合理的に医用データから情報を抽出することが望ましい。医学的に合理性のある DNN を構築するため、本研究では数理モデル化できる医学的な知識の転移と学習を実践的に試みた。

## 3. 研究の方法

数理モデル (特にスパースモデル) からの知識の転移・学習を具体化するため、【基礎研究課題】と【応用研究課題】に取り組んだ。

### 【基礎研究課題】

データ同化から DNN を形成する枠組みを設計する。スパース最適化のアルゴリズムが多数考案されている。しかし、数理モデルからの知識の転移・学習という新しい用途に対して、高性能のスパース解法の DNN 化が必ずしも適しているとは限らず、その長所・短所を明らかにすることに取り組む。

微分不可能な目的関数を深層学習へ応用する。 $\ell_1$  ノルムに限らず、近接写像を計算できる正則化関数が多数知られている (例: グループノルム、全変動 (total variation) 核ノルム、凸集合の標識関数 (indicator function) 等)。これらを DNN の設計や学習に活用する方法を開発することで、数理モデルの説明変数の正則化に使われる事前知識を広く DNN に転移させる。

### 【応用研究課題】

生体信号解析へ応用する。聴診音から呼吸音と断続性・連続性ラ音 (異常音) を分離するスパースモデルを設計してきた経験を活かし、DNN 化した肺音分離アルゴリズムを聴診音で end-to-end 学習することで、肺音識別の高性能化を図ると共に、病態と関連する肺音の

特徴抽出を狙う。また、嚥下機能の定量評価へ応用する。深度カメラで非侵襲的に観測した頸部の運動の主成分として嚥下の特徴量を算出できることを確認済みである。この解析をDNN化し、嚥下の時間的スパース性を医学知識として導入した嚥下検出器を構築する。これによって反復唾液嚥下テストを自動化する装置を実現すると同時に、嚥下機能の定量化に適した嚥下特徴量の獲得を試みる。さらに、医用画像処理にも応用を試みる。核ノルム、全変動、グループノルム、指示関数を用いた正則化によって、X線造影像の血管強調を実現する共同研究成果がある。本研究では、これらの目的関数とCNNを併用し、学習機能を備えた画像処理の高性能化を図る。同様のアプローチを細胞診画像にも適用する。

#### 4. 研究成果

基礎研究では、スパース解法の深層展開について、学習における逆伝播の計算量の低減、学習の収束性、学習による知識獲得の可能性を検討した。スパース正則化の重みはスパース解法の超パラメタであるが、深層展開を通して学習可能になる。この超パラメタの学習を知識獲得に積極的に用いるためにスパースモデルと損失関数を見直し、超パラメタを自動調整する手法を具体化した。その際、DNNが既に備えている知識や経験則が学習において損なわれる可能性を指摘し、その対策を考案した。また、正則化関数を損失関数に応用すると、数理モデル化された事前知識を畳み込みニューラルネット(CNN)に注入することが可能になることを見出した。特に、特異値分解の算法が逆伝播可能であることを利用して、低ランク・スパースモデル(L+Sモデル)からも知識の転移と学習が可能であることを本研究が初めて提唱し検証した。ただし、スパース誘導ノルムを損失関数にすると、損失関数の微分不可能性に起因して最適化に不具合を生じるという未解決課題も発見している。

基礎研究の最終的な成果は、逆問題とベイズ理論の観点から3つの戦略にまとめられる。1つ目の戦略は、数理モデルを学習可能な数値シミュレータとして実装することである。これにより、DNN化した数理モデルがより柔軟にデータから知識を獲得できるようになる。2つ目の戦略は、データ同化のアルゴリズムをDNN化することである。これにより、信号処理分野で開発された反復法における超パラメタの学習および近接写像のいわゆるプラグインが可能となる。3つ目の戦略は、事前知識に由来する正則化関数を損失関数として使用し、DNNに事前知識を注入することである。これにより、既存の知識や経験則を活用して効果的にDNNを教師なしで訓練することができる。特に3つ目の戦略はほとんど先行研究の例がなく、極めて新規性の高い枠組みであることが明らかになった。

基礎研究の成果は、様々な医工学応用で有効性を実証できた。断続性副雑音と呼ばれる異常な肺音を呼吸音から分離して特徴抽出する課題では、ウェーブレット基底を用いた肺聴診音のスパースモデルを深層展開で調整できることを確認できた(図1)。肺疾患の病態と関連する特徴抽出に有効であると考えられる。また、時系列深度画像から嚥下による前頸部の変形の特徴を自動的に抽出するDNNを保健学的知識に基づき設計することに成功した(図2)。

L+Sモデルに基づきU-Netに事前知識を注入する手法は、幅広い医工学応用を示すことができた(図3)。X線造影像の血管強調画像処理では、造影領域の分布を推定できることを検証した。この手法を肺聴診音のスペクトログラムに適用し、連続性副雑音と呼ばれる異常音の特徴を教師なし学習することにも成功した。さらに、口腔細胞診への応用では、口腔擦過細胞の顕微鏡画像からアノテーションなしに細胞領域を高速に検出する深層学習技術を実現した。この教師なし深層学習では百枚未満の画像で十分な検出性能が得られることから、数理モデルから転移させた知識が大規模画像のアノテーションに匹敵する情報をもたらすことがあり得ることを確認できた。

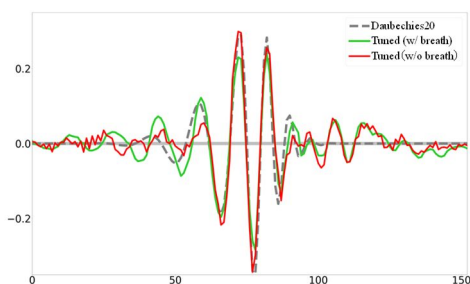


図1 学習で数値的に Daubechies ウェーブレットを調整した断続性副雑音の離形。

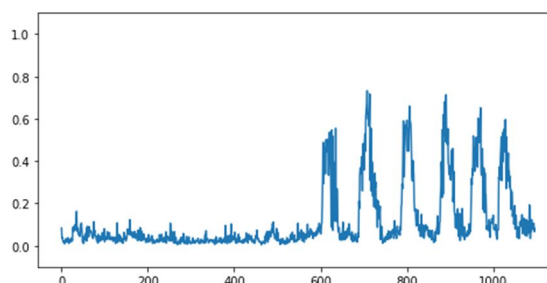


図2 自動抽出された嚥下特徴量の時間変化。後半に6回の唾液嚥下を計数できる。

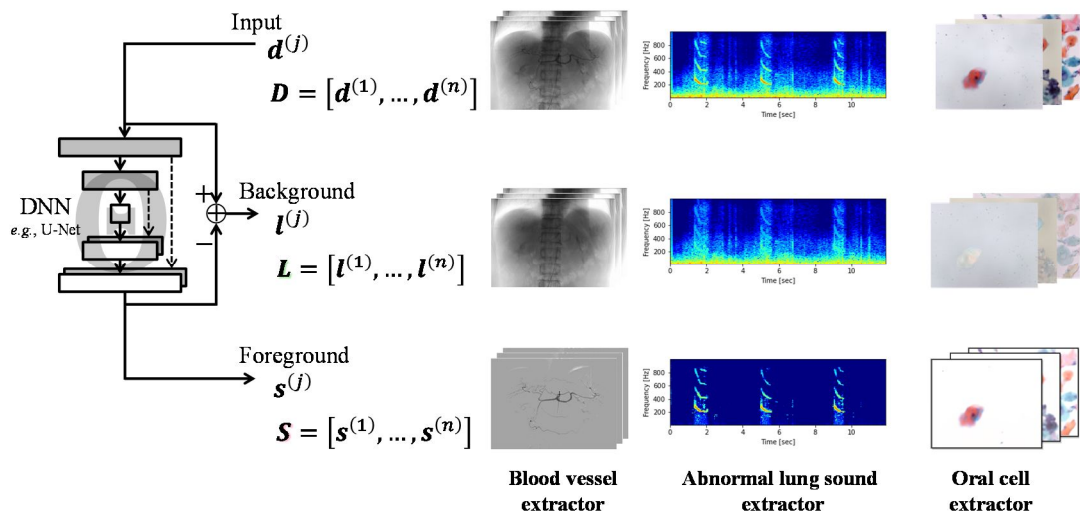


図3 L+Sモデルに基づくU-Netの学習。X線造影像の血管強調、連続性副雑音の抽出、細胞診画像からの細胞抽出と背景除去など、幅広い医工学応用を示すことができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5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 Keita Takeda, Kohei Fujiwara, Tomoya Sakai	4. 巻 1
2. 論文標題 Unsupervised deep learning for online foreground segmentation exploiting low-rank and sparse priors	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA)	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/DICTA56598.2022.10034581	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 Takumi Onomichi, Tomoya Sakai, Yasushi Obase	4. 巻 11(1)
2. 論文標題 Unsupervised deep learning of sparse signals against low-rank backgrounds with application to online lung sound separation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Signal Processing Systems	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） 10.18178/ijsp.11.1.1-6	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 Yukoo Hirano, Susiana Nugraha, Hiroyasu Siozu, Misako Higashijima, Tri Budi W Rahardjo	4. 巻 19
2. 論文標題 Measuring attentiveness toward oral care need: a comparative study of Indonesian care workers in Japan and Indonesia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Human Resources for Health	6. 最初と最後の頁 71
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s12960-021-00614-y	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 該当する

1. 著者名 Toshikazu Fukumitsu, Yasushi Obase, Yuji Ishimatsu, Shota Nakashima, Hiroshi Ishimoto, Noriho Sakamoto, Kosei Nishitsuji, Shunpei Shiwa, Tomoya Sakai, Sueharu Miyahara, Kazuto Ashizawa, Hiroshi Mukae, Ryo Kozu	4. 巻 19
2. 論文標題 The acoustic characteristics of fine crackles predict honeycombing on high-resolution computed tomography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 BMC Pulmonary Medicine	6. 最初と最後の頁 141-153
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s12890-019-0916-5	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 Morio Kawabe, Yuri Kokura, Takashi Ohnishi, Kazuya Nakano, Hideyuki Kato, Yoshihiko Ooka, Tomoya Sakai, Hideaki Haneishi	4. 巻 1180
2. 論文標題 Blood vessel enhancement in liver region from a sequence of angiograms taken under free breathing	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Pattern Recognition	6. 最初と最後の頁 141-149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-3651-9_13	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 -

〔学会発表〕 計43件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 酒井智弥
2. 発表標題 数理モデリングと深層学習の融合技術 ~ 帰納バイアスを生かす3つの戦略 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keita Takeda, Tomoya Sakai, Ikuo Katayama, Yukinori Takagi, Miho Sasaki, Sato Eida, Misa Sumi
2. 発表標題 Exploiting perfusion MR features for salivary gland tumor classification
3. 学会等名 The 13th Congress of Oral and Maxillo-Facial Radiology (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kohei Fujiwara, Yukinori Takagi, Tomoya Sakai, Miho Sasaki, Sato Eida, Ikuo Katayama, Misa Sumi
2. 発表標題 Machine learning-based prediction of treatment efficacy in patients with Sjogren's syndrome using ultrasound images of salivary glands
3. 学会等名 The 13th Congress of Oral and Maxillo-Facial Radiology (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keita Takeda, Kohei Fujiwara, Tomoya Sakai
2. 発表標題 Unsupervised deep learning for foreground segmentation based on low-rank and sparse priors
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武田 啓太, 藤原 航平, 松尾 和季, 見立 英史, 酒井 智弥
2. 発表標題 細胞を注視する口腔細胞診画像分類
3. 学会等名 第41回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takumi Onomichi, Tomoya Sakai, Yasushi Obase
2. 発表標題 Unsupervised deep learning of sparse signals against low-rank backgrounds with application to online lung sound separation
3. 学会等名 The 8th International Conference on Signal Processing (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keita Takeda, Kohei Fujiwara, Tomoya Sakai
2. 発表標題 Unsupervised deep learning for online foreground segmentation exploiting low-rank and sparse priors
3. 学会等名 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松尾 和季, 見立 英史, 酒井 智弥
2. 発表標題 視覚的に顕著な細胞の表現学習に基づく口腔細胞診
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shunta Matsumoto, Keita Takeda, Tomoya Sakai, Eiji Mitate
2. 発表標題 Unsupervised cell detection for oral cytology and effects of feature reduction
3. 学会等名 The 5th Conference on Biological Imaging and Medical AI
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 堤 隆斗, 松尾 和季, 酒井 智弥, 見立 英史, 緒方 絹子, 檜原 峻, 大場 誠悟, 朝比奈 泉
2. 発表標題 画像アノテーションを支援するための口腔細胞検出
3. 学会等名 第75回NPO法人日本口腔科学学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 見立 英史, 松尾 和季, 彌榮有美, Matthieu Moreau, 酒井 智弥, 緒方 絹子, 檜原 峻, 大場 誠悟, 朝比奈 泉
2. 発表標題 口腔細胞診画像の自動認識における液状細胞診の有効性について
3. 学会等名 第76回NPO法人日本口腔科学学会学術集会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 Matthieu Moreau, Ami Mie, Tomoya Sakai, Eji Mitate, David Rousseau
2. 発表標題 Deep learning-based low-cost oral cytology
3. 学会等名 International Symposium on Biomedical Imaging (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石橋 諒士, 酒井 智弥, 羽石 秀昭
2. 発表標題 低ランク性・スパース性に基づく教師なし深層学習による血管造影
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松尾 和季, 酒井 智弥, 見立 英史
2. 発表標題 視覚的顕著性を利用した注視による口腔細胞診
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田 啓太, 酒井 智弥, 角 美佐
2. 発表標題 ダイナミック造影MR画像による唾液腺腫瘍識別～画像の左右対称性を利用した特徴抽出～
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 酒井 智弥
2. 発表標題 スパースモデリングと深層学習の融合技術とその医工学応用
3. 学会等名 電気学会電子・情報・システム部門大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾道 拓海,酒井 智弥
2. 発表標題 教師なし深層学習可能なロバスト主成分分析による連続性ラ音の分離
3. 学会等名 第36回信号処理シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤原 航平,武田 啓太,高木 幸則,佐々木 美穂,柴田 智,片山 郁夫,角 美佐,酒井 智弥
2. 発表標題 耳下腺の超音波画像を用いたシェーグレン症候群の治療効果の予測
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田 啓太,角 美佐,酒井 智弥
2. 発表標題 ダイナミック造影MRIから得られる灌流特徴を利用した唾液腺腫瘍の識別
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Kohei Fujiwara, Yukinori Takagi, Miho Sasaki, Sato Eida, Ikuo Katayama, Misa Sumi, Tomoya Sakai
2 . 発表標題 Prediction of therapeutic response in Sjogren's syndrome using ultrasound images of salivary glands
3 . 学会等名 The 4th Conference on Biological Imaging and Medical AI
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Shunya Take, Keita Takeda, Tomoya Sakai, Eiji Mitate
2 . 発表標題 Modified U-Net for lymph node detection and metastasis classification from Cervical CT Images
3 . 学会等名 The 5th Conference on Biological Imaging and Medical AI
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Keita Takeda, Kohei Fujiwara, Tomoya Sakai, Eiji Mitate
2 . 発表標題 Unsupervised deep learning of cell segmentation for oral cytology
3 . 学会等名 The 6th Conference on Biological Imaging and Medical AI
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 中島 誉也, 尾長谷 靖, 深堀 範, 福島 千鶴, 山田 頼弥, 酒井 智弥, 船越 哲, 山下 鮎子, 西野 友哉, 迎 寛
2 . 発表標題 録音肺音の分離技術解析の透析前後のCOARSE CRACKLES変化への臨床的応用
3 . 学会等名 第87回日本呼吸器学会・日本結核病学会 非結核性抗酸菌症学会 日本サルコイドーシス/肉芽腫性疾患学会 九州支部秋季学術講演会
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 林浩之, 酒井智弥, 東嶋美佐子
2. 発表標題 地域高齢者の嚥下問題を早期に見つけるための検査法の紹介
3. 学会等名 第1回食と生活リハビリテーション研究学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林浩之, 酒井智弥, 東嶋美佐子
2. 発表標題 Evidenceに基づく食べる支援の追究
3. 学会等名 第1回食と生活リハビリテーション研究学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋拓渡, 高田寛之, 松永昭一
2. 発表標題 ラグ特徴量を用いた受注量予測
3. 学会等名 2021年度待ち行列シンポジウム「確率モデルとその応用」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryoji Ishibashi, Tomoya Sakai
2. 発表標題 Unsupervised deep learning with low-rank and sparse priors
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉木天子, 酒井智弥, 東嶋 美佐子
2. 発表標題 深度画像から嚙下特徴を抽出するスパースオートエンコーダ
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田頼弥, 周箏, 酒井智弥
2. 発表標題 スパース解法の計算グラフに基づく識別器の深層学習
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Zheng Zhou, Rabi Yamada, Tomoya Sakai
2. 発表標題 Preserving optimal step size of unfolded ISTA
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井智弥, 山田頼弥, 石橋諒士, 高田寛之
2. 発表標題 スパースモデルからの転移学習 ~ ふたつのアプローチと最適化の課題 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 毛利文哉, 高田寛之, 松永昭一, 酒井智弥
2. 発表標題 スパースモデリングを用いた肺音分離学習による断続性副雑音検出
3. 学会等名 第28回電子情報通信学会九州支部学生会講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 武田啓太, 松成孝泰, 高田寛之, 酒井智弥, 見立英史, 大場誠悟, 緒方絹子, 榎原峻, 朝比奈泉
2. 発表標題 CT画像の深層学習による頸部リンパ節の検出と口腔がん転移の判定
3. 学会等名 第39回日本口腔腫瘍学会総会・学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松尾和季, 見立英史, 彌榮有美, Matthieu Moreau, 緒方絹子, 榎原峻, 大場誠悟, 酒井智弥, 朝比奈泉
2. 発表標題 口腔細胞診における深層学習への注視機構の導入とその効果
3. 学会等名 第39回日本口腔腫瘍学会総会・学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryoji Ishibashi, Tomoya Sakai, Takashi Ohnishi, Hideaki Haneishi
2. 発表標題 Unsupervised deep learning for blood vessel enhancement from free-breathing angiography
3. 学会等名 The 3rd Conference on Biological Imaging and Medical AI
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋拓渡、高田寛之、松永昭一
2. 発表標題 機械学習による受注仕事量の推定
3. 学会等名 2020年度待ち行列シンポジウム「確率モデルとその応用」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 彌榮有美, 見立英史, 三好亮平, 宮田ゆかり, 梅根健太, 石川玄, 周箏, 緒方絹子, 檜原峻, 宮本潤哉, 高田寛之, 酒井智弥, 大場誠悟, 朝比奈泉
2. 発表標題 深層学習による口腔細胞診および診断に役立つ画像特徴の考察
3. 学会等名 第38回日本口腔腫瘍学会総会・学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石川玄, 見立英史, 三好亮平, 宮田ゆかり, 梅根健太, 彌榮有美, 周箏, 緒方絹子, 檜原峻, 宮本潤哉, 高田寛之, 酒井智弥, 大場誠悟, 朝比奈泉
2. 発表標題 CT画像における頸部リンパ節の自動検出と口腔がん転移識別
3. 学会等名 第38回日本口腔腫瘍学会総会・学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮田ゆかり, 酒井智弥, 吉木天子, 東嶋美佐子
2. 発表標題 反復唾液嚥下に伴う前頸部の変形を非侵襲的に計測した信号の比較
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三好亮平, 酒井智弥, 大西峻, 羽石秀昭
2. 発表標題 低ランク・スパース近似のDNN表現と学習 ~ 自然呼吸下X線血管造影への応用 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Misako Higashijima
2. 発表標題 Developing an oral care check list for Indonesia caregivers : through aspects of rehabilitation
3. 学会等名 Kaigo to Japan, "KAIGO to Asia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増田紗依, 山下優, 高田寛之, 酒井智弥, 松永昭一
2. 発表標題 聴診箇所ごとの音響特徴を考慮した肺疾患患者識別
3. 学会等名 第27回電子情報通信学会九州支部学生講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高田寛之
2. 発表標題 LSTMを用いた時系列分析について
3. 学会等名 2019年度待ち行列シンポジウム「確率モデルとその応用」
4. 発表年 2020年



〔図書〕 計1件

1. 著者名 石川齊, 古川宏, 杉原素子, 田端幸枝, 寺山久美子, 宮前珠子, 長尾徹, 野田和恵, 三浦香織, 荻原喜茂, 加藤雅子, 斎藤さわ子, 稲富宏之, 種村留美, 種村純, 陣内大輔, 坂井一也, 前田潔, 大窪むつみ, 東嶋美佐子, 他96人	4. 発行年 2021年
2. 出版社 文光堂	5. 総ページ数 1384
3. 書名 作業療法技術ガイド	

〔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
研究分担者	高田 寛之  (Takada Hiroyuki)  (10297616)	長崎大学・情報データ科学部・助教    (17301)	
研究分担者	東嶋 美佐子  (Higashijima Misako)  (40279005)	西九州大学・リハビリテーション学部・教授    (37201)	
研究分担者	尾長谷 靖  (Obase Yasushi)  (40399762)	長崎大学・医歯薬学総合研究科(医学系)・准教授    (17301)	
研究分担者	松永 昭一  (Matsunaga Shoichi)  (90380815)	長崎大学・情報データ科学部・客員研究員    (17301)	
研究分担者	宮本 潤哉  (Miyamoto Junya)  (20789565)	長崎大学・病院(医学系)・助教    (17301)	削除：2019年10月7日

## 6. 研究組織（つづき）

	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	武田 啓太  (Takeda Keita)	長崎大学・工学研究科  (17301)	
研究協力者	角 美佐  (Sumi Misa)  (90284702)	長崎大学・医歯薬学総合研究科（歯学系）・教授  (17301)	
研究協力者	見立 英史  (Mitate Eiji)  (00552019)	金沢医科大学・医学部・講師	
研究協力者	羽石 秀昭  (Haneishi Hideaki)  (20228521)	千葉大学・フロンティア医工学センター・教授	

## 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