

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11934

研究課題名（和文）暗領域模様の顕在化に特化した環境モニタリングのための超高速デノイジング

研究課題名（英文）Fast image denoising to enhance textures in dark areas for environmental monitoring

研究代表者

岩橋 政宏（Iwahashi, Masahiro）

長岡技術科学大学・工学研究科・教授

研究者番号：30251854

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）：本研究の目的は、ノイズバイアス補正法を深化させ、暗領域の模様を顕在化できる超高速なデノイジング手法を確立することである。「事前知識なしでノイズバイアスを補正する理論の確立」、「インターネット上のビッグデータを用いたノイズの発生モデルの推定」および「河川防災や道路メンテナンス等を目的とする自動診断システムへの提案手法の実装」のそれぞれについて技術構築に成功し、当初目的を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水害の対策としてモニタリングカメラが河川に設置されたり、道路メンテナンスや交通事故の対策としてドライブレコーダーが積極的に活用されるなど、映像モニタリングによる自動診断のニーズが急増している。しかしながら、高価な暗視カメラを使えない汎用的なモニタリングカメラの映像では、夜間や日陰等の暗い画像領域（暗領域）では模様が見えにくく、降雨時の流水の様子や、路面標示や車両ナンバー、人影などの識別が困難となる。本研究によって、このような問題を解決できるノイズバイアス法の深化に成功した。さらに、様々な分野の自動診断システムに資するデータ解析法への拡張に成功した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to develop the noise bias compensation method and establish a high-speed denoising method that can reveal patterns in dark areas. We succeeded in “establishing a theory to correct noise bias without prior knowledge,” “estimating a noise generation model using big data on the Internet,” and “constructing a method for automatic diagnosis systems such as river disaster prevention and road maintenance.” As a result, we achieved our initial objectives of this research.

研究分野：マルチメディア信号処理

キーワード：信号処理 画像処理 デノイジング ビッグデータ 自動診断システム

### 1. 研究開始当初の背景

年々深刻化する水害への対策としてモニタリングカメラが河川に設置されたり、道路メンテナンスや交通事故への対策としてドライブレコーダーが積極的に活用されるなど、映像モニタリングによる自動診断へのニーズが急増している。高価な暗視カメラを使えない汎用的なモニタリングカメラの映像では、夜間や日陰等の暗い画像領域（暗領域）では模様が見えにくく、降雨時の流水の様子や、路面標示や車両ナンバー、人影などの識別が困難となる。

従来技術では、暗領域の画素値に対してガンマ補正やヒストグラム均等化などのトーンマッピング (TM) を施すことで、暗い画像を明るくする対策がとられる。しかしこの場合、カメラ内の CCD で発生する熱雑音 (ノイズ) を TM が増幅するため、暗領域模様の視認性が著しく低下する問題が生じる。そこで本研究では、研究代表者らが開発したノイズバイアス補正法を深化させることで、暗領域の模様を顕在化できるノイズ除去 (デノイジング) 手法を確立する。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、ノイズバイアス補正法 (図 1) を深化させ、暗領域の模様を顕在化できる超高速なデノイジング手法を確立することである。線形フィルタや非線形フィルタが様々な場面で汎用的に利用されているが、これらは複数の画素値に重み値を乗算 (畳み込み処理) することで出力を得る。これに対しノイズバイアス補正法では、一つの画素値から補正值を減算しており、乗算器を用いないため従来法と比べて格段に処理が簡易であり超高速な動作が可能である (図 2)。しかし、ノイズと原画像の統計量が事前知識として必要となる難点がある。

そこで本研究では、

- この事前知識 (オーバーヘッド) を用いずにバイアス補正するために逆問題を導入した統計量の推定理論を確立し、
- 観測値等の事後情報およびインターネット上のビッグデータから前項で必要となるノイズの発生モデルを推定し、
- 河川防災や道路メンテナンス等を目的とする自動診断システム上に実装することを目的とする。

### 3. 研究の方法

上述の研究目的を達成するため、以下の方法をとった。

#### 【事前知識なしでノイズバイアスを補正する理論を確立する】

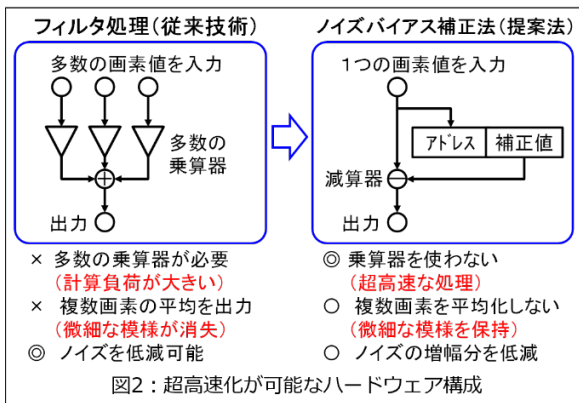
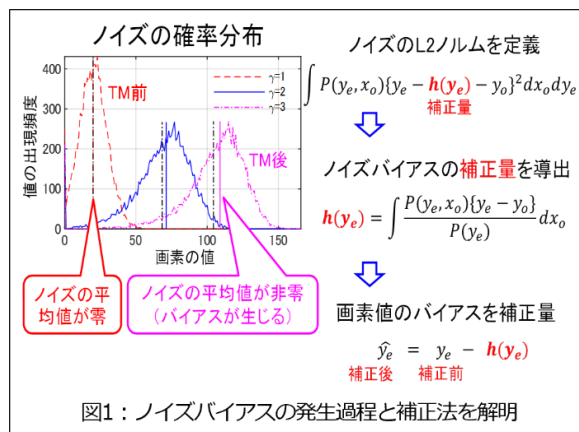
事前知識となる原画像の画素値とノイズが重畳した画像の画素値 (観測値) との共起確率を、事後に収集できる情報のみから推定する。まず、ノイズの発生モデルと原画像の確率分布から共起確率を得る。次に、観測値の確率分布を併用して逆問題 (劣決定問題) を解いて、原画像の確率分布を再構成する。以上により、ノイズの発生モデルのみから、事前知識である共起確率を推定する理論を確立する。

#### 【ノイズの発生モデルをインターネット上のビッグデータから推定可能とする】

実際の社会インフラで稼働している映像モニタリングシステムにおいて実用上十分な精度を得るため、インターネット上で獲得できる様々なデータを活用してノイズの発生モデルを推定する。本研究では、画像以外の情報、例えば、テキスト、SNS メッセージ、気象データ、各種センサ等のマルチモーダルデータから相補的に状況を判別する。さらに、河川の防災情報や道路メンテナンスに関わるビッグデータをクロウリングして潜在的な状況クラスタを階層的に顕在化させる。以上により、インターネット上の多種多様なビッグデータから、ノイズの発生モデルを安定的に正確に推定する技術を構築する。

#### 【河川防災や道路メンテナンス等を目的とする自動診断システム上に提案手法を実装する】

本研究では、河川監視カメラ映像およびドライブレコーダー映像など、種々のモニタリング映像を用いて詳細に分析を行い、自動診断システムを実装する。実装に伴う新たな課題として、欠損データや不良データによる診断精度の低下が想定される。これに対しては、マルチモーダ



ル相関分析技術を適用して、潜在的な相関を求めることで対処する。自動診断システムの AI 構築時に学習データが不足した場合は、大量データで学習済みのニューラルネットワークを用いたファインチューニングや少量データに適したアーキテクチャを適用する。システムの高速化については、NVIDIA Jetson 等へのハードウェア実装を行うことで、河川監視カメラやドライブレコーダー等に組み込まれるエッジデバイス上で提案技術を実行可能とする。

#### 4. 研究成果

各研究項目に対して、以下の成果を得た。

##### 【事前知識なしでノイズバイアスを補正する理論を確立する】

ノイズが重畳した画像に対して TM を施すことで生じるノイズバイアスの補正理論を構築した。具体的には、原画像の画素値とノイズが重畳した観測画像の画素値の共起確率を推定可能とすることで、事前知識を用いないノイズバイアス補正を実現し、夜間画像に対する実験により、提案手法の有効性を検証した。

##### 【ノイズの発生モデルをインターネット上のビッグデータから推定可能とする】

深層学習に基づく画像分類(画像の意味を表すラベルを推定する問題)に応用可能な研究成果を得た。インターネット上の画像は、投稿者やクラウドソーシングによるアノテーション等でラベルが付与されるが、誤ったラベル(ノイズラベル)が付与される場合がある。本研究では、ノイズラベルの補正という、近年注目されている新しいデノイズングの問題に取り組んだ。研究代表者らは、深層学習による分類結果の確信度を算出し、ノイズラベルが付与された画像を推定可能とした。さらに、提案手法をクロス

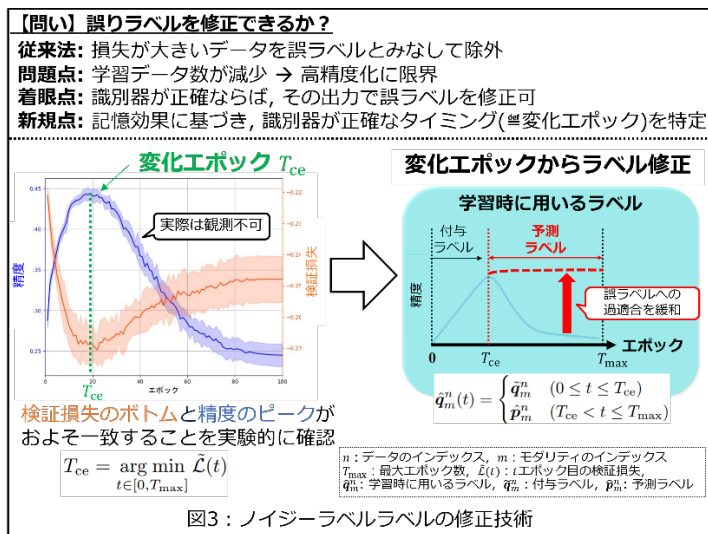


図3: ノイズラベルラベルの修正技術

モーダル検索(画像とテキストを横断した検索)に拡張することに成功した。具体的には、深層学習の記憶効果に基づき、識別器の弁別性が高くなるタイミングを特定することで、ノイズラベルを修正しながら画像とテキストの共通表現を獲得可能とした(図3)。

##### 【河川防災や道路メンテナンス等を目的とする自動診断システム上に提案手法を実装する】

河川防災や道路メンテナンス等のためのエッジ AI を実現するため、研究代表者らのデノイズング・画像分類アルゴリズムを NVIDIA Jetson というエッジデバイスに実装した。また、複数の分野における自動診断システムに資するデータ解析法を構築した。具体的には、浄水場での凝集剤の投与量決定を支援する映像予測技術を構築した。大量の学習データを必要とする既存技術と異なり、多解像度 Echo State Network という新たな手法を構築することで、学習データが少量の場合においても長期的な映像予測を実現した(図4)。さらに、少数方向の画像から火炎の3次元形状を観察可能とするスパースモデリング法や、酵母の培養状況の自動モニタリングを可能とする細胞小器官検出法、雪害対策のための除雪効果の定量化法の構築にも成功した。

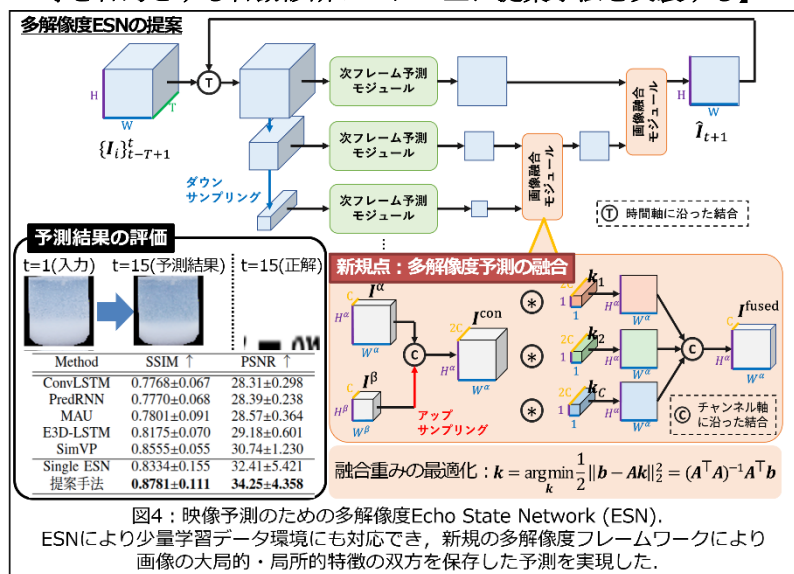


図4: 映像予測のための多解像度Echo State Network (ESN)。

ESNにより少量学習データ環境にも対応でき、新規の多解像度フレームワークにより画像の大局的・局所特徴の双方を保存した予測を実現した。

以上の技術構築に成功し、当初目的を達成する成果を得た。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Okamura Daiki, Harakawa Ryosuke, Iwahashi Masahiro	4. 巻 34
2. 論文標題 LCNME: Label Correction Using Network Prediction Based on Memorization Effects for Cross-Modal Retrieval With Noisy Labels	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology	6. 最初と最後の頁 590 ~ 602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TCSVT.2023.3286546	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 ul Husnain Anees, Mokhtar Norrima, Mohamed Shah Noraisyah, Dahari Mahidzal, Iwahashi Masahiro	4. 巻 7
2. 論文標題 A Systematic Literature Review (SLR) on Autonomous Path Planning of Unmanned Aerial Vehicles	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Drones	6. 最初と最後の頁 118 ~ 118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/drones7020118	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

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Sato Ryoga, Harakawa Ryosuke, Iwahashi Masahiro
2. 発表標題 Video Prediction Based on Multi-Resolution Echo State Networks for a Jar Test
3. 学会等名 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Herath Oshadhi, Motoya Kazunobu, Harakawa Ryosuke, Kamiishi Isao, Nakayama Tadachika, Iwahashi Masahiro
2. 発表標題 Investigating the Impact of the Snow Removal Process by Introducing Image Processing into Interrupted Time Series Analysis
3. 学会等名 International Conference on Research for Transport and Logistics Industry (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 植田聖也、高橋優花、原川良介、中村彰宏、志田洋介、小笠原渉、岩橋政宏
2. 発表標題 油脂酵母の多焦点画像に生じる明度変化を活用した領域抽出に関する検討
3. 学会等名 映像情報メディア学会技術報告
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 風間皓陽、原川良介、岩橋政宏
2. 発表標題 ARTTV法に基づく乱流火炎の三次元再構成の高精度化 完全燃焼と不完全燃焼の分離による試み
3. 学会等名 信号処理シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 今井雄貴、植田聖也、高橋優花、原川良介、中村彰宏、志田洋介、小笠原渉、岩橋政宏
2. 発表標題 顕微鏡画像を用いた油脂酵母の代謝生成物領域の抽出に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 信越支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤凌雅、原川良介、岩橋政宏
2. 発表標題 多解像度Echo State Networkによるジャーテスト映像予測
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Okamura Daiki, Harakawa Ryosuke, Iwahashi Masahiro
2. 発表標題 LCN: Label Correction Based on Network Prediction for Cross-Modal Retrieval with Noisy Labels
3. 学会等名 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡村大樹、原川良介、岩橋政宏
2. 発表標題 クロスモーダル検索のためのノイズラベルに頑健なネットワーク予測に基づくラベル修正
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 山田航平、原川良介、岩橋政宏
2. 発表標題 雪害対策のためのHawkes過程を用いたイベントの予測モデルに関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 信越支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Okamura Daiki, Harakawa Ryosuke, Iwahashi Masahiro
2. 発表標題 Learning from Noisy Labeled Samples Using Prediction Norm for Image Classification
3. 学会等名 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nishikawa Daichi、Harakawa Ryosuke、Iwahashi Masahiro
2. 発表標題 Multi-View Variational Autoencoder for Robust Classification against Irrelevant Data
3. 学会等名 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 植田 聖也、井谷 綾花、原川 良介、小笠原 渉、岩橋 政宏
2. 発表標題 多焦点画像合成を用いた油脂面積及び油脂量の推定
3. 学会等名 電子情報通信学会 信越支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦 能亜、原川 良介、門脇 敏、岩橋政宏
2. 発表標題 輪郭適応型正則化による乱流火炎の断層像再構成
3. 学会等名 電子情報通信学会 信越支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡村 大樹、原川 良介、岩橋 政宏
2. 発表標題 画像分類のための予測ノルムを用いたノイジーラベルデータに頑健なCNN
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

長岡技術科学大学 画像・メディア工学研究室  
https://tech.nagaokaut.ac.jp/

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	原川 良介  (Harakawa Ryosuke)  (20787022)	長岡技術科学大学・工学研究科・准教授   (13102)	
研究分担者	峯脇 さやか  (Minewaki Sayaka)  (20435473)	弓削商船高等専門学校・情報工学科・准教授   (56302)	

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			
マレーシア	University of Malaya			
パキスタン	The Islamia University of Bahawalpur			