

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11807

研究課題名（和文）マルチプラットフォームAI開発向けネットワーク構造設計・合成・解析システムの構築

研究課題名（英文）Network structure design, synthesis, and analysis system for multi-platform AI development

研究代表者

黒木 修隆（Kuroki, Nobutaka）

神戸大学・工学研究科・准教授

研究者番号：90273763

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本プロジェクトは画像処理を目的とする視覚系AIの設計を支援することを目標として実施された。アプリケーションとして「3次元計測」、「異常検知」、「スポーツ解析」、「フェイク画像（改ざん）検知」、「超解像技術」および「AI画像生成」の実装を行った。これらの研究成果は論文3件、国際会議3件、および国内会議21件において発表した。特に「3次元計測」については「日刊建設工業新聞」に取り上げられ（2023/1/11記事）、また、「AI画像生成」に関してはVisual Computing 2023にてサイバーエージェント賞を受賞（2023年9月）するなど、学会および産業界に大きく貢献することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在の社会がAIに期待する能力の中でも、視覚系の能力とされる「監視」「画像認識」「画像生成」に関しては、国際競争も激しく、特に注目されている。本プロジェクトはこれらに関する新しいネットワーク構造を次々と提案および公開してきた。特に「3次元計測」についてはAIによって粒状物の体積を推定できることを示し、複数の新聞で取り上げられた。また、「AI画像生成」に関しては、抽象的なキーワードからバーチャルなインテリアをAIで生成できることを示し、画像電子学会において受賞した。これらの技術は産業界やエンターテインメント業界においても非常に有益な技術であり、快適で安全な社会の実現に貢献するものである。

研究成果の概要（英文）：The goal of this project was to support the design of visual AI for image processing purposes. As applications, we implemented "3D measurement", "anomaly detection", "sports analysis", "fake image (tampering) detection", "super-resolution technology", and "AI image generation". These research results were presented in 3 papers, 3 international conferences, and 21 domestic conferences. In particular, "3D measurement" was featured in the news paper of "Nikkan Kensetsu Kogyo Shimbun" (article on 1/11/2023), and "AI image generation" received the Cyber Agent Award at Visual Computing 2023 (September 2023). The project has made significant contributions to academia and industry.

研究分野：Image processing

キーワード：AI 画像処理 ニューラルネットワーク Deep learning 機械学習

## 1. 研究開始当初の背景

近年は画像認識や音声認識の分野において AI 型の信号処理が大きな成果を挙げており、世界で研究・開発競争が激化している。そのような中で、AI の開発ベンダが乱立しており、各社が利用する AI プラットフォームも Chainer、Caffe、TensorFlow など様々である。研究者は、アプリケーションの最終的な実装形態を見据えながら、ソフトウェアやハードウェアの選択を迫られる状況であった。例えば、Xilinx 社は自社製品の FPGA をターゲットに、ルネサス社は自社製品のマイコンシリーズをターゲットにした AI 開発環境を提供している。自社の利益を追求するメカにはやむをえない戦略である。しかし、これらの実装方法は近い将来、より生物に近い並列計算と超低消費電力のアーキテクチャに取って代わられる可能性がある。AI の性能面の研究においては、開発環境よりも、むしろネットワーク構造の設計、およびそのノウハウの蓄積が重要であり、それはその時代の開発ツールや実装形態には依存しないことが望ましいと考えた。

一方で、当時のニューラルネットワークは 10 層を超える深層モデルが続々と登場した。5 層程度のネットワークモデルの設計スタイルは層単位で連結を記述したが、10 層を超えるモデルは、もはや段数などのパラメータを指定するだけの自動生成になりつつあった。AI の研究者に関しては、内部を解析する研究と、完成したモデルを使う応用研究に分かれ始めた。後者の AI を応用したい技術者にとっては、内部の挙動を層単位で解析して細かく理解することは一層困難になり、またその必要性も薄れつつあった。ニューラルネットワークはより粒度の大きいモジュール単位の選択とそれらの結合による効果を理解することが重要であった。

## 2. 研究の目的

本プロジェクトは人工知能 (AI) 型のアプリケーション開発を支援するため、マルチプラットフォームにおいてニューラル・ネットワークの構造設計、生成、解析を行うシステムの構築を目的として開始された。これが実現すれば、研究者は AI の本質的な性能の改善に専念でき、開発効率が飛躍的に向上することが期待された。そして、本プロジェクトの成功によって日本の AI 産業の発展および国際競争力の向上につながることを期待した。

## 3. 研究の方法

本研究は、ニューラルネットワークの中でも視覚情報系のモデル (監視カメラや画像処理を目的とする AI) を充実させることを目標とし、特定の AI プラットフォームや実装形態に依存せず、AI のネットワーク構造を設計・解析することを目指した。CNN をベースとするネットワークモデルを収集・調査し、それらを基本的な構成要素に分解して整理する。それらを公開することで、他の研究者らがいつでも再利用可能な状況を作る。これによって産業界に貢献すると共に、AI 技術者の育成に利用する計画であった。

一方、世界の AI 研究者の間では PyTorch と呼ばれるライブラリが爆発的な広がりを見せた。そして、作成した AI モデルは論文発表と同時に GitHub のようなソースコード共有システムで公開され、多くの技術者が無償で利用・修正できる環境が整った。本プロジェクトもこの流れを利用し、研究の方向を PyTorch による AI モデルのモジュール化と応用に専念することとした。

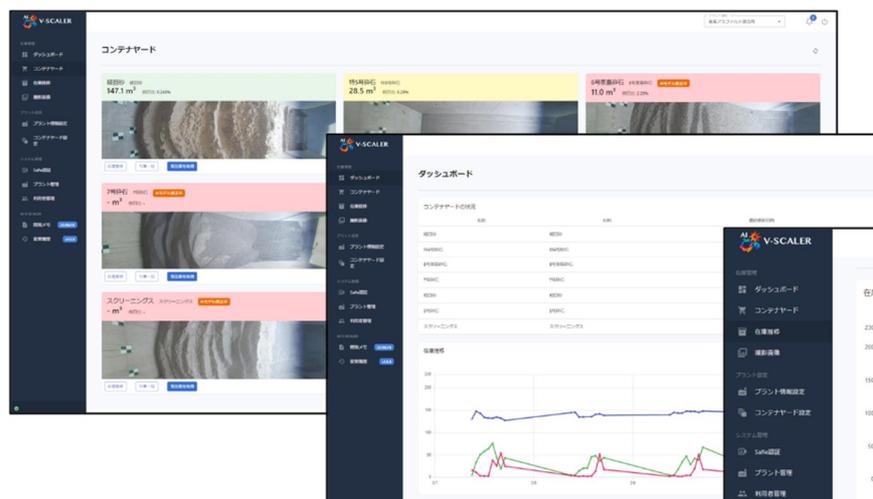


図 1 研究成果 1: AI による体積推定システム ( 日刊建設工業新聞、2023/1/11 掲載 )

#### 4. 研究成果

1年目(2021年度)はAIを用いた様々なアプリケーションを収集・整理した。視覚(カメラ)を用いたアプリケーションの代表例として、「画像認識」、「3次元計測」、「異常検知」、「スポーツ解析」、「フェイク画像(改ざん)検知」および「超解像技術」の実装および動作確認を行った。これらの研究成果は論文1件、国際会議1件、および国内会議7件において発表した。

2年目(2022年度)は、上記の様々なアプリケーションを設計するためのGUIの作成に着手した。視覚(カメラ)を用いたアプリケーションの代表例として、「3次元計測」、「スポーツ解析」の実装および動作確認を行った。これらの研究成果は論文1件、および国内会議5件において発表した。特に「3次元計測」については、実装した体積推定システムが「日刊建設工業新聞」、および「建設通信新聞」に取り上げられ、高い評価を得た。(2023/1/11「大林道路と神戸大が共同開発、AIで数量算出、業務時間を9割削減。)

3年目(2023年度)は、提案システムの応用例として「AI画像生成」、「音楽解析」のアプリケーション開発を行った。これらの研究成果は論文1件、国際会議2件、および国内会議9件において発表した。特にVisual Computing 2023にて発表した「内観シミュレーター」に関しては、抽象的なキーワードからバーチャルなインテリアをAIで生成できることを示し、サイバーエージェント賞を受賞するなど注目を集めた(2023年9月)。

以上のように、本プロジェクトはAI分野の学会および産業界に大きく貢献することができた。



図2 研究成果2: 生成AIを用いた内観シミュレーター(サイバーエージェント賞受賞、2023年9月)



和風

図3 バーチャル・インテリア生成の様子: AIが実写を1秒で和風の空間に変換

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 0件）

1. 著者名 Ohtani Shinya, Kuroki Nobutaka, Numa Masahiro	4. 巻 未定
2. 論文標題 SRFLOW Attention: Super Resolution with Multi Head Attention for Effective Use of Low Resolution Information	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/tee.24086	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 TAKEUCHI Yuta, AOYAMA Shunya, SATO Masanori, KUROKI Nobutaka, ICHIOKA Yoshihiro, SUGANUMA Naoaki	4. 巻 78
2. 論文標題 A STUDY ON AGGREGATE VOLUME ESTIMATION IN STOCK YARD WITH AI BASED IMAGE RECOGNITION	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. F3 (Civil Engineering Informatics)	6. 最初と最後の頁 15～20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejcei.78.1_15	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 Urazoe Kazuya, Kuroki Nobutaka, Maenaka Akihiro, Tsutsumi Hironori, Iwabuchi Mizuki, Fuchuya Kosuke, Hirose Tetsuya, Numa Masahiro	4. 巻 16
2. 論文標題 Automated Fish Bone Detection in X Ray Images with Convolutional Neural Network and Synthetic Image Generation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 1510～1517
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/tee.23448	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27件（うち招待講演 0件／うち国際学会 3件）

1. 発表者名 S. Ishikawa, N. Kuroki, M. Numa
2. 発表標題 A CNN network suitable for fpga implementation in surveillance camera systems
3. 学会等名 The 25th Workshop on Synthesis And System Integration of Mixed Information Technologies (SASIMI 2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 K. Numata, N. Kuroki, M. Numa
2. 発表標題 Lightweight monocular depth estimation network using separable convolution
3. 学会等名 The 25th Workshop on Synthesis And System Integration of Mixed Information Technologies (SASIMI 2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 神谷 媛, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 YOLOv7を用いた音符と五線の同時検出に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤禎美, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 デジタルメイクシステムにおける流行スタイルの学習と推薦に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 葉木達矢, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 内観シミュレーションへのCycleGANの応用方法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 神谷 媛, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 YOLOv7を用いた五線譜の遠近補正と音符の認識に関する研究
3. 学会等名 第138回音楽情報科学研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河端佑一郎, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 層多重化構造に基づくCNNのハードウェア化に向けた適応的グループ化畳み込み手法
3. 学会等名 第22回情報科学技術フォーラム (FIT2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 沼田和樹, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 Separable畳み込みを用いた単眼深度推定ネットワークの軽量化
3. 学会等名 第22回情報科学技術フォーラム (FIT2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小椋隆生, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 YOLOv7を用いたドラム譜の認識のための音楽記号の分解と統合に関する研究
3. 学会等名 第22回情報科学技術フォーラム (FIT2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 片平悠斗, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 単眼カメラによるバドミントン選手の追跡とコート上の位置推定
3. 学会等名 第22回情報科学技術フォーラム (FIT2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 葉木達也, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 CycleGANを用いた画像生成による内観シミュレーションに関する研究
3. 学会等名 Visual Computing 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤禎美, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 デジタルメイクのための流行スタイルの学習および推薦システムの実装
3. 学会等名 Visual Computing 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 倉地明陽, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 MediaPipe Handsとゲートタイム情報を利用したピアノ演奏の運指認識に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 橋井友也, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 AIによるジャンプ分類のためのフィギュアスケート選手の動作解析に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 宇貞勇輝, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 動的部分再構成可能なFPGAを用いた複数の入力解像度に対応した超解像CNNの実装
3. 学会等名 第21回情報科学技術フォーラム (FIT2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本晃暉, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 画像分類CNNのFPGA実装に向けたインクリメンタル量子化手法によるリソース削減
3. 学会等名 第21回情報科学技術フォーラム (FIT2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Soichiro Terasaki, Nobutaka Kuroki, and Masahiro Numa
2. 発表標題 Parallel and cascaded connections of multi-scale convolutional neural networks for reconstruction-based anomaly detection
3. 学会等名 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 辰巳 守, 森 一紀, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 FPGA実装に向けた超解像CNNのリソース削減手法適用による低消費電力化
3. 学会等名 第20回情報科学技術フォーラム (FIT2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笠島華乃, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 FPGA実装に向けた部分2値化CNNの蒸留に基づく精度向上
3. 学会等名 第20回情報科学技術フォーラム (FIT2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Urazoe, N. Kuroki, Y. Kato, S. Ohtani, T. Hirose, and M. Numa
2. 発表標題 A tiny convolutional neural network for image super-resolution
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻井大夢, 多谷邦彦, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 YCbCr空間におけるDCTとCNNを用いた画像内の改ざん領域の検出
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本浩介, 玉衛淳輝, 黒木修隆, 平野健介, 沼 昌宏
2. 発表標題 テニス映像における選手およびボールの追跡方法に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大石一哉, 玉衛淳輝, 黒木修隆, 平野健介, 沼 昌宏
2. 発表標題 サッカー中継映像におけるYOLOv4を用いたフィールド特徴点と選手の同時検出
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 玉串祐太郎, 村岡雄太, 黒木修隆, 沼 昌宏
2. 発表標題 CNNを用いたファッションの学習とコーディネート推薦
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告
4. 発表年 2022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
研究分担者	沼 昌宏  (Numa Masahiro)  (60188787)	神戸大学・工学研究科・教授    (14501)	

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
---------	---------