

令和 2 年 7 月 8 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01798

研究課題名(和文)組込指向脳型計算機の確立とホームロボットへの応用

研究課題名(英文)A Brain-Like Computer for Embedded Systems and Its Application to Home Robots

研究代表者

田向 権 (TAMUKOH, HAKARU)

九州工業大学・大学院生命体工学研究科・准教授

研究者番号：90432955

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：組込指向脳型計算機の実現を目指し、様々なハードウェア指向ニューラルネットワークとそれらのデジタルハードウェアアーキテクチャ、Robot Operating SystemからFPGA内部の知的処理回路へ容易にアクセス可能とするROS-FPGA、物体認識用データセットの半自動生成法などを提案した。これらをホームサービスロボットへ集約、ホームロボットの国際競技会であるRoboCupとWRSで、世界大会3連覇を果たした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は、ホームロボットへの応用を軸に、組込指向脳型計算機の方向性を示したものである。本成果を活用したホームロボットが世界大会3連覇を達成していることから、その有効性は極めて高く、我が国が得意とする組み込みシステムや自動車・ロボット分野へ大きな波及効果が見込め、その社会的意義は大きい。また、分野横断研究の成果として複数領域からの受賞を果たしている。従来の学問体系では成し得ない研究成果が得られており、高い学術的意義を示すことが出来た。

研究成果の概要(英文)：This research project aims to realize an embedded brain-like computer system. Toward the brain-like computer, we proposed various hardware-oriented neural networks and their digital hardware architectures, a ROS-FPGA that enables easy access to FPGA internal intelligent circuits from the robot operating system space, and a semi-automatic dataset generation method for training object recognition systems. We integrated these functions into a home service robot for RoboCup and WRS competitions and won the world championship third times.

研究分野：脳型計算機システム

キーワード：脳型計算機 Deep Learning FPGA デジタルハードウェア ロボットモデルウェア ROS RoboCup  
ホームロボット

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、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

深層学習による一般画像認識や音声認識等のクラウドサービスが次々と実用化される中、深層学習の次なる応用ターゲットとして、ロボットや自動車といった組込み分野が注目されている。しかし、回路規模や消費電力の面から、深層学習の組込み応用への道筋は立っていない。

研究代表者である田向はこれまでに、様々なニューラルネットワークのハードウェア化により脳型計算機システムの実現にアプローチしてきた。この中で、回路化の際に生じる誤差を積極活用することで様々な学習アルゴリズムの性能を向上する理論構築やその回路アーキテクチャ等、ソフトコンピューティング分野のハードウェア研究者ならではの提案を多数行ってきた。また、応用面も重視しており、画像処理回路やサービスロボットへの応用にも力を入れてきた。これらの経験と実績より、組込み分野における実用的な脳型計算機の実現には、組込みという視点から学習アルゴリズムを徹底的に考え直すとともに、それに基づく新たな回路実現法が必要不可欠で、かつ、単なる回路設計に留まるのではなく、実際のロボットを対象とした実応用に即したシステム開発が重要であることを確信していた。そこで、発展著しいホームロボットを軸に、脳型計算機システムの理論、回路、応用が一体となった研究計画を立案するに至った。

### 2. 研究の目的

全ての“モノ”へと脳型計算機システムを組込むことを目指し、理論、回路、応用の分野横断研究で目的達成へ挑む(図1)。

- (1) 理論：メモリ量と演算量を削減した様々なニューラルネットワークのハードウェア指向アルゴリズムと、ニューラルネットワークの組込応用で不可欠な転移学習や学習用データの半自動生成手法を構築する。
- (2) 回路：書き換え可能半導体 Field Programmable Gate Array (FPGA) を活用し、理論パートで構築したアルゴリズムの専用アーキテクチャを実現する脳型再構成デバイスを実現する。また、FPGA をロボットシステムと簡便に接続するための手法も検討する。
- (3) 応用：得られた成果をホームロボットの頭脳として応用し、世界最大のホームロボットの国際競技会 RoboCup@Home リーグでのデモンストレーションを通して有効性を評価する。

### 3. 研究の方法

理論班では、ニューラルネットワークのメモリ量と回路量削減を目指した、各種ハードウェア指向アルゴリズムを構築する。具体的には、メモリ量、演算量、双方の削減に寄与する多値精度ニューラルネットワーク、ネットワークの対称性を活かしたシナプス共有構造による回路規模の削減、ハードウェア指向の Dropout など、多様なアプローチによりハードウェア化に適したアルゴリズム探索を目指す。回路班では、上記ハードウェア指向アルゴリズムをベースに、ハードウェア記述言語 Verilog HDL や高位合成言語を用いて FPGA 実装を目指す。また、ロボットミドルウェアのデファクトスタンダードである Robot Operating System (ROS) から FPGA 内部回路を自在に操る手法を構築する。これらを通して、脳型計算機のロボット組込みにアプローチする。応用班では、ロボット応用という観点から、深度画像情報を導入した畳み込みニューラルネットワークとそのハードウェア指向アルゴリズムや、競技会現場での学習データによりロボットの視覚を短時間で構築する手法を提案する。これらの成果を融合し、RoboCup@Home リーグへと挑む。

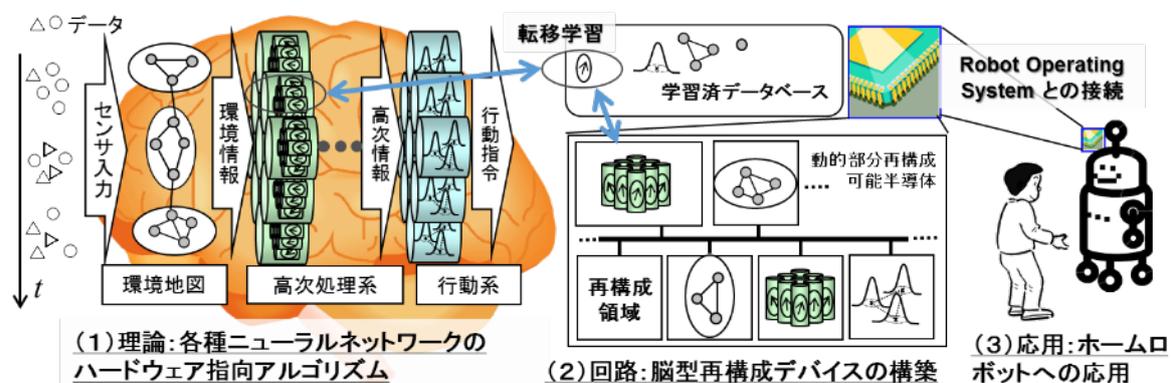


図1 本研究の全体像。理論、回路、応用の分野横断研究で組込指向脳型計算機の実現へ挑む。

#### 4. 研究成果

本科研費研究で得られた研究成果の中から代表的なものを概説する。全成果およびそれらの詳細は発表文献をご参照頂きたい。

##### 4-1: 理論

(1) Mixed Precision Weight Networks (多値精度の重みを持つニューラルネットワーク)

2 値 (-1, 1), 3 値 (-1, 0, 1), 32 ビット精度の重みが混合するニューラルネットワークを構築することで、認識精度、スパース性(ネットワーク中の重みが0となる割合。重み 0 の部分は計算をスキップできる)、メモリ量のトレードオフを実現出来ることを示した。表 1 にその結果を示す。認識精度 (Accuracy) を保ちつつ、スパース性 (Sparsity) が大きく上がり、重み格納に必要なメモリ量 (Bit of weights) を削減できていることが分かる。

表 1 Mixed Precision Weight Networks の結果。  
VGG-16 による CIFAR-100 データセット認識。

	Full Precision (32-bit)	Mixed Precision
Accuracy	0.615	0.6319
Sparsity	None	0.64
Bit of weights (bit)	472.4 M	24.25 M

(2) ハードウェア指向 Dropout アルゴリズム

Dropout はニューラルネットワークの学習時に、一定の確率でニューロンの動作を止める手法で、オーバーフィッティングを解決できることが広く知られている。提案手法では、事前定義した Dropout マスクをリング状に構成してローテーションすることで、従来手法の確率動作無し、すなわち、乱数生成器不要のハードウェアが構築できることを示した。リカレントニューラルネットワークに提案手法を適用した事例を発表した 2018 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA2018)において、筆頭著者の Yoeng Jye Yeoh が Best Student Paper Award を受賞した。

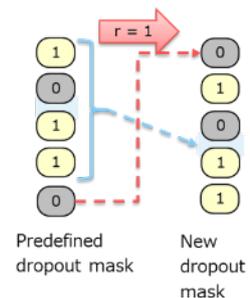


図 2 ハードウェア指向 Dropout アルゴリズム

(3) 各種ハードウェア指向ニューラルネットワーク

上記に加えて、シナプス共有構造 Autoencoder や、階層型自己組織化マップ、時分割積和演算方式カオスボルツマンマシン、パルス結合振動子レザバーなど、多数のハードウェア指向ニューラルネットワークを提案した。

##### 4-2: 回路

(4) 各種ニューラルネットワークの FPGA 実装

回路記述言語 Verilog HDL や高位合成 (HLS: High Level Synthesis) を活用し、2 値化 VGG11, Mixed Precision Weight Networks, カオスボルツマンマシン, シナプス共有構造 Autoencoder, 階層型自己組織化マップ, パルス結合振動子レザバー, Echo State Network, 最適化器 Pigeon-Inspired Optimization などの専用アーキテクチャを開発し FPGA へと実装, 性能を評価した。

(5) ROS-FPGA: COMTA (Connective Object for Middleware To Accelerator)

ROS 空間から FPGA でアクセラレートされた高効率な演算システムを簡単に活用する仕組みを提案した。高負荷な知的処理をアクセラレータにオフロードすることで、ロボットのメインコンピュータの負荷を大きく下げつつロボットシステム全体の電力エネルギー効率化に寄与する。COMTA によりメモリや回路インタフェースが自動生成されることで、回路技術者にとってはインタフェース記述に要する工数がゼロとなる。また、ロボットプログラマにとっては、FPGA や複雑な通信路が抽象化されることで、ROS 空間から FPGA 内部で実行される知的処理回路を容易に活用出来る。

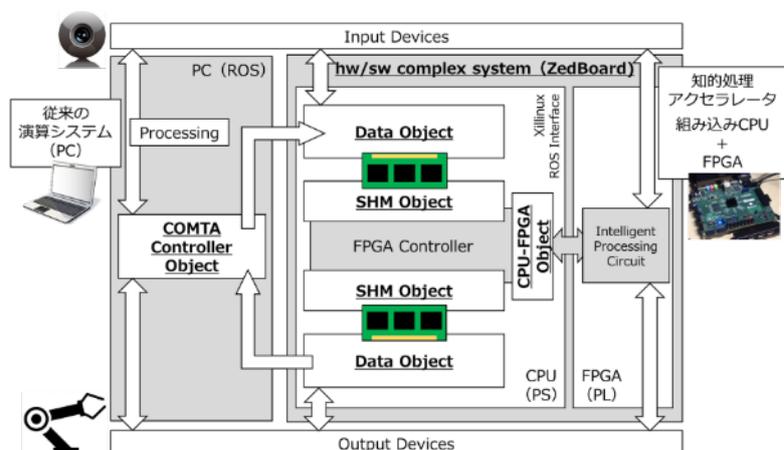


図 3 COMTA 概略図。ROS 空間から FPGA 内部の知的処理回路へ容易にアクセス可能な仕組みを提供する。

#### (6) 専用チップのロボット搭載

ROS-FPGA を応用して、時間領域アナログ積和演算方式 CMOS バイナリコネクタネットワーク (TACT) 専用チップを TOYOTA HSR ロボットへ実装，人物追跡へと応用し，回路とシステムの分野で世界最大の国際会議 The IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2019)にてデモ発表した．この成果が Best Live Demonstration Award を受賞し，極めて高い評価を得た．

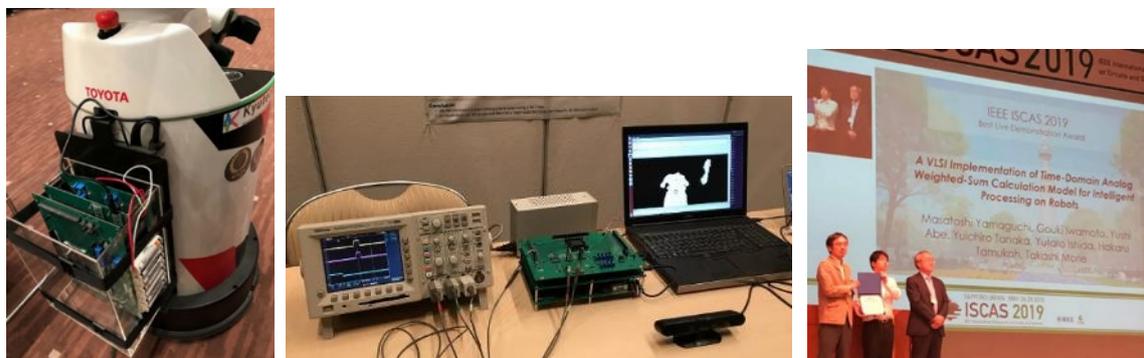


図 4 専用チップのロボット搭載例．左：TOYOTA HSR に TACT チップを搭載した様子．中：TACT チップによる人物検出の様子．右：ISCAS2019 での Best Live Demo 受賞．

#### 4-3：応用

(7) 物体認識用データセットの半自動生成と転移学習を用いた短時間でのロボット視覚の構築

深層畳込ニューラルネットワーク (DCNN) はロボットの視覚を構築する上で欠かせないが，その学習には膨大な教師付きデータセットが必要になる．しかし，限られた時間内に，ロボット競技会などの現場で膨大な画像データを撮影し，アノテーション (画像内のどこに何が映っているかという教師情報を人手で付与する作業) することは事実上不可能である．データセット収集とアノテーションは深層学習のロボット応用を阻む大きな壁となっている．この問題を解決するために，図 5 に示すデータセットの半自動生成法を提案した．(1) RGB-D カメラを用いて背景画像を撮影する．(2) クロマキーを背景とした回転テーブルに認識対象物を置き，複数視点からの画像を取得する．(3) クロマキーを抜くことで物体領域のみの画像を抽出する．(4) 背景と物体画像を合成する．(5) 画像合成時において，物体情報と位置情報は全て既知のため，この情報を基にアノテーション情報を画像に付与する．ImageNet で学習されたネットワークの特徴抽出層を転移学習し，提案手法で得られた 140 万枚のデータセットにより分類層を再学習することで，データセット取得から DCNN 構築までを約半日で完了できることを示した．DCNN の構築にかかる時間を大幅に短縮することができ，深層学習のロボット応用に大きな道筋をつけた．

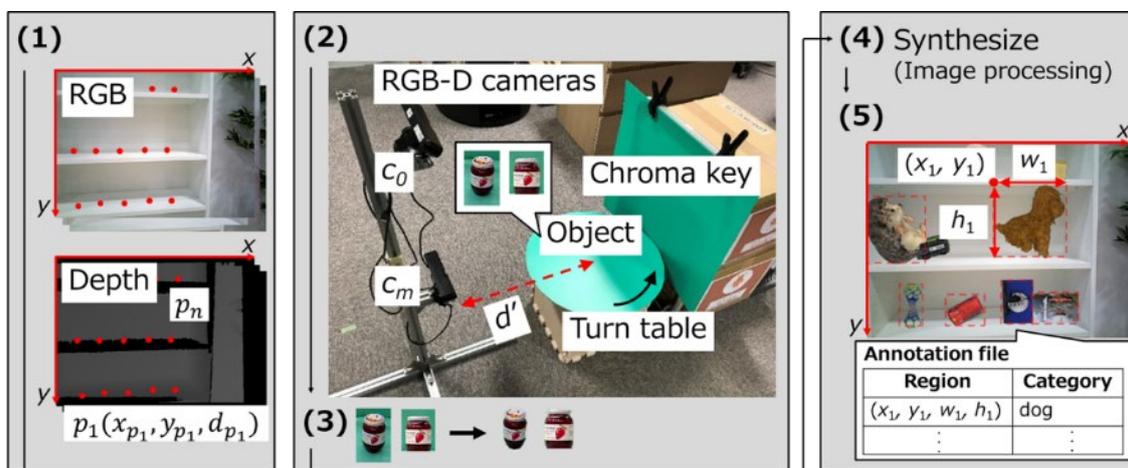


図 5 データセット半自動生成法．図中の括弧番号は文中の番号と対応する．

(8) 深度画像を活用した DCNN

ホームロボットには距離を計測できる RGB-D カメラが搭載されている。Depth 画像は被写体までの距離を画像化したもので、色や模様などに左右されずに物体の形状特徴を取り出すことが出来る。そこで RGB-D カメラの能力を最大限に引き出すために、通常の RGB ストリームに加えて、Depth ストリームを持つ、Dual Stream CNN を提案した。提案手法は RGB のみの CNN に比べて認識性能が向上するとともに、ネットワークを 2 値化することで、FPGA 実装時にメモリ量を 32 分の 1 に、4600 万回の乗算を完全に除去できることを示した。

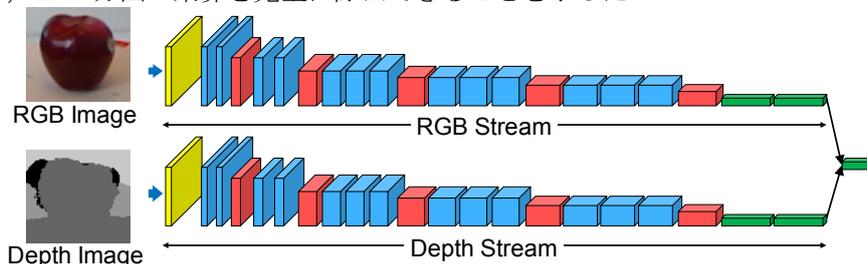


図 6 Dual Stream CNN の構造.

(9) ホームロボットののための各種技術開発

これまでに紹介してきた各種研究成果に加えて、ホームサービスロボットの様々な機能を実現するために、音声インタラクションシステムの構築や、特定人物検出・追跡のための画像と Laser Range Finder のセンサフュージョン、ロボットアームのビジュアルフィードバック制御、自律ナビゲーション、ピックアンドプレイタスクのための画像認識、把持点推定システムの構築など、多数の技術開発を行い、ホームサービスロボット Exi@および TOYOTA HSR への実装を行った。



図 7 ホームロボット。  
左 : Exi@, 右 : HSR.

(10) ホームロボット国際競技会でのデモンストレーション

本研究で得られた成果をホームロボットへと集約し、RoboCup や World Robot Summit といった国際競技会でのデモンストレーションを実施した。RoboCup@Home は生活支援ロボットに関する世界最大の競技会で、RoboCup の中でも最も成長中のリーグである。レストランの従業員や、食事の後片付けといった、人間との共同作業タスクの達成度を競うと共に、アカデミックな側面も重視されており、得点の半分は研究プレゼンテーションにて評価される。

研究代表者が率いる九州工業大学の Hibikino-Musashi@Home チームは、本研究期間中、世界大会 3 連覇 (RoboCup 2017, 2018, WRS 2018) を含む世界トップの成績を残すとともに、ホームサービスロボットの研究開発実績が、経済産業大臣賞、日本ロボット学会特別賞、人工知能学会賞をはじめとする多数の受賞に輝いた。これにより、本研究計画の成果が卓越したレベルにあることを示すことが出来た。

表 2 ロボット競技会の主な成績

2017.7	RoboCup 2017 Nagoya DSPL: 優勝
2018.5	RoboCup Japan Open 2018 大垣 DSPL: 準優勝 OPL: 優勝
2018.6	RoboCup 2018 Montreal DSPL: 優勝 P&G Dishwasher Award 受賞
2018.10	World Robot Summit 2018 リアルスペース 優勝 (経済産業大臣賞) ロボット学会特別賞 受賞
2019.5	RoboCup Asia-Pacific TianJin Invitational Tournament 2019 準優勝
2019.7	RoboCup 2019 Sydney DSPL: 3位
2019.8	RoboCup Japan Open 2019 ながおか OPL: 優勝 DSPL: 優勝



図 8 RoboCup 2017 優勝時の表彰台。

RoboCup や WRS の競技中動画を下記 URL からご覧いただけます。世界大会優勝ロボットをご覧ください。  
<https://youtu.be/HbhiwgBE10o>

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計30件（うち査読付論文 30件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Suzuki Akihiro, Morie Takashi, Tamukoh Hakaru	4. 巻 13
2. 論文標題 A shared synapse architecture for efficient FPGA implementation of autoencoders	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0194049
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194049">https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194049</a>	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 Yoeng Jye Yeoh, Hakaru Tamukoh	4. 巻 -
2. 論文標題 Alternative Dropout for Hardware Implementation in Recurrent Neural Networks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of 2018 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA2018)	6. 最初と最後の頁 RS-13
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 Akihiro Suzuki, Hakaru Tamukoh	4. 巻 -
2. 論文標題 Reverse Reconstruction of Anomaly Input Using Autoencoders	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of 2018 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS2018)	6. 最初と最後の頁 FM1B-3
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 Yuichiro Tanaka, Hakaru Tamukoh	4. 巻 -
2. 論文標題 Application of digital hardware of deep self-organizing map network	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of Asia Pacific Conference on Robot IoT System Development and Platform 2018 (APRIS2018)	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) 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 Ishida Yutaro, Morie Takashi, Tamukoh Hakaru	4. 巻 -
2. 論文標題 Live Demonstration: A Hardware Accelerated Robot Middleware Package for Intelligent Processing on Robots	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2018)	6. 最初と最後の頁 C2P-U
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISCAS.2018.8351837	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 Ishida Yutaro, Morie Takashi, Tamukoh Hakaru	4. 巻 -
2. 論文標題 A Hardware Accelerated Robot Middleware Package for Intelligent Processing on Robots	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2018)	6. 最初と最後の頁 A2P-0
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISCAS.2018.8351722	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 Fuengfusin Ninnart, Tamukoh Hakaru	4. 巻 11302
2. 論文標題 Mixed Precision Weight Networks: Training Neural Networks with Varied Precision Weights	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Neural Information Processing - 25th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP2018), Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 614-623
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-04179-3_54	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 Dinda Pramanta, Takashi Morie, Hakaru Tamukoh	4. 巻 4
2. 論文標題 Synchronization of Pulse-Coupled Phase Oscillators over Multi-FPGA Communication Links	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Robotics, Networking and Artificial Life	6. 最初と最後の頁 91-96
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yeoh Yoeng Jye, Morie Takashi, Tamukoh Hakaru	4. 巻 10639
2. 論文標題 A Hardware-Oriented Dropout Algorithm for Efficient FPGA Implementation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Liu D., Xie S., Li Y., Zhao D., El-Alfy ES. (eds) Neural Information Processing. ICONIP 2017. Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 821-829
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-319-70136-3_87">https://doi.org/10.1007/978-3-319-70136-3_87</a>	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 Yuichiro Tanaka and Hakaru Tamukoh	4. 巻 10613
2. 論文標題 Hardware implementation of Deep Self-Organizing Map Networks	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 6th International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN2017), Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 439-441
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 Sansei Hori, Mireya Zapata, Jordi Madrenas, Takashi Morie and Hakaru Tamukoh	4. 巻 10613
2. 論文標題 An Implementation of a Spiking Neural Network Using Digital Spiking Silicon Neuron Model on a SIMD Processor	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 26th International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN2017), Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 437-438
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 該当する

1. 著者名 Daisuke Shuto, Kouji Okumura, Naoki Matsubara, Shaoning Pang, Hakaru Tamukoh and Abdolhossein Sarrafzadeh	4. 巻 -
2. 論文標題 Robust Boat Detection System using HSV Adaptive Background Modeling and Multiresolution Co-occurrence Histograms of Oriented Gradients	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of Int. Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA2017)	6. 最初と最後の頁 128-132
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 該当する

1. 著者名 Yamasaki Yuta, Ooe Shiryu, Suzuki Akihiro, Kuno Kazuhiro, Yamada Hideo, Enokida Shuichi, Tamukoh Hakaru	4. 巻 5
2. 論文標題 Evaluation of Hardware Oriented MRCoHOG using Logic Simulation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 12th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications	6. 最初と最後の頁 341-345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5220/0006165803410345	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 Ishida Yutaro, Morie Takashi, Tamukoh Hakaru	4. 巻 -
2. 論文標題 A hardware intelligent processing accelerator for domestic service robots	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 1~11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1080/01691864.2020.1769726">https://doi.org/10.1080/01691864.2020.1769726</a>	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 Ishida Yutaro, Kyushu Institute of Technology 2-4 Hibikino, Wakamatsu-ku, Kitakyushu, Fukuoka 808-0196, Japan, Tamukoh Hakaru	4. 巻 32
2. 論文標題 Semi-Automatic Dataset Generation for Object Detection and Recognition and its Evaluation on Domestic Service Robots	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 245 ~ 253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2020.p0245	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 Al aama Obada, Tamukoh Hakaru	4. 巻 7
2. 論文標題 Training Autoencoder using Three Different Reversed Color Models for Anomaly Detection	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Robotics, Networking and Artificial Life	6. 最初と最後の頁 35 ~ 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.2991/jrnal.k.200512.008">https://doi.org/10.2991/jrnal.k.200512.008</a>	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 Honda Kentaro, Tamukoh Hakaru	4. 巻 7
2. 論文標題 A Hardware-Oriented Echo State Network and its FPGA Implementation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Robotics, Networking and Artificial Life	6. 最初と最後の頁 58 ~ 62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.2991/jrnal.k.200512.012">https://doi.org/10.2991/jrnal.k.200512.012</a>	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 Abe Yushi, Ishida Yutaro, Ono Tomohiro, Tamukoh Hakaru	4. 巻 25
2. 論文標題 Acceleration of training dataset generation by 3D scanning of objects	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of International Conference on Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 197 ~ 200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5954/ICAROB.2020.OS20-4	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 Ono Tomohiro, Tamukoh Hakaru	4. 巻 25
2. 論文標題 A Fast Pick-and-Place Method for Home Service Robots using 3D point clouds	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of International Conference on Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 195 ~ 196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5954/ICAROB.2020.OS20-3	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 Fuengfusin Ninnart, Tamukoh Hakaru	4. 巻 25
2. 論文標題 Network with Sub-Networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of International Conference on Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 191 ~ 194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5954/ICAROB.2020.OS20-2	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 Pramanta Dinda, Tamukoh Hakaru	4. 巻 -
2. 論文標題 High-Speed Synchronization of Pulse-Coupled Phase Oscillators on Multi-FPGA	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 In: Gedeon T., Wong K., Lee M. (eds) Neural Information Processing. ICONIP 2019. Communications in Computer and Information Science	6. 最初と最後の頁 318 ~ 329
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-36802-9_34">https://doi.org/10.1007/978-3-030-36802-9_34</a>	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 Yutaro Ishida, Hakaru Tamukoh	4. 巻 -
2. 論文標題 High-Level Synthesis System to Integrate SoC and ROS	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of Asia Pacific Conference on Robot IoT System Development and Platform 2019 (APRIS2019)	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) 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 Ryogo Miyazaki, Hakaru Tamukoh	4. 巻 -
2. 論文標題 Construction and verification of person tracking system in autonomous robot for education	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of Asia Pacific Conference on Robot IoT System Development and Platform 2019 (APRIS2019)	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) 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 Yoshimoto Yuma, Shuto Daisuke, Tamukoh Hakaru	4. 巻 -
2. 論文標題 FPGA-enabled Binarized Convolutional Neural Networks toward Real-time Embedded Object Recognition System for Service Robots	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 2019 IEEE International Circuits and Systems Symposium (ICSyS)	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) 10.1109/ICSyS47076.2019.8982469	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 Yuma Yoshimoto, Muhammad Farhan Mustafa, Wan Zuha Wan Hasan, Hakaru Tamukoh	4. 巻 -
2. 論文標題 A Quick Data Generation Method for Training Object Detection Algorithms in Home Environments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 2019 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA2019)	6. 最初と最後の頁 7~10
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 該当する

1. 著者名 Tanaka Yuichiro, Tamukoh Hakaru	4. 巻 -
2. 論文標題 Hardware Implementation of Brain-Inspired Amygdala Model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 2019 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)	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) 10.1109/ISCAS.2019.8702430	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 Yamaguchi Masatoshi, Iwamoto Gouki, Abe Yushi, Tanaka Yuichiro, Ishida Yutaro, Tamukoh Hakaru, Morie Takashi	4. 巻 -
2. 論文標題 Live Demonstration: A VLSI Implementation of Time-Domain Analog Weighted-Sum Calculation Model for Intelligent Processing on Robots	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 2019 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)	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) 10.1109/ISCAS.2019.8702222	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 Tanaka Yuichiro, Tamukoh Hakaru	4. 巻 -
2. 論文標題 Live Demonstration: Hardware Implementation of Brain-Inspired Amygdala Model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 2019 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)	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) 10.1109/ISCAS.2019.8702213	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 Hayashi Tatsuya, Tamukoh Hakaru, Kubota Ryosuke	4. 巻 -
2. 論文標題 Modified hierarchical k-nearest neighbor method with application to land-cover classification	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. SPIE 11049, International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) 2019	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) doi.org/10.1117/12.2521356	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 Ono Tomohiro, Kubota Ryosuke, Suetake Noriaki, Tamukoh Hakaru	4. 巻 -
2. 論文標題 A hardware implementation of Craik-O'Brien effect-based contrast improvement for dichromats	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. SPIE 11049, International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) 2019	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) doi.org/10.1117/12.2521580	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59件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Yoeng Jye Yeoh, Hakaru Tamukoh
2. 発表標題 Alternative Dropout for Hardware Implementation in Recurrent Neural Networks
3. 学会等名 2018 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuma Yoshimoto, Hakaru Tamukoh
2. 発表標題 Object Recognition System using Deep Learning with Depth Images for Service Robots
3. 学会等名 2018 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akihiro Suzuki, Hakaru Tamukoh
2. 発表標題 Reverse Reconstruction of Anomaly Input Using Autoencoders
3. 学会等名 2018 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuichiro Tanaka, Hakaru Tamukoh
2. 発表標題 Application of digital hardware of deep self-organizing map network
3. 学会等名 Asia Pacific Conference on Robot IoT System Development and Platform 2018 (APRIS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yutaro Ishida, Takashi Morie, Hakaru Tamukoh
2. 発表標題 Live Demonstration: A Hardware Accelerated Robot Middleware Package for Intelligent Processing on Robots
3. 学会等名 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yutaro Ishida, Takashi Morie, Hakaru Tamukoh
2. 発表標題 A Hardware Accelerated Robot Middleware Package for Intelligent Processing on Robots
3. 学会等名 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉元 裕真, 田向 権
2. 発表標題 Depth画像を用いたハードウェア指向一般物体認識ニューラルネットワーク
3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会(SIS)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小野 智寛, 久保田 良輔, 末竹 規哲, 田向 権
2. 発表標題 二色覚のコントラスト改善を目的としたクレイク・オブライエン効果のハードウェア実装に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会(SIS)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中 悠一郎, 田向 権
2. 発表標題 ヒューマンロボットインタラクションを通じて人の好みを学習する扁桃体モデルの実装
3. 学会等名 第36回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 林 達治, 本田健太郎, 田向 権
2. 発表標題 モデルの生成に深層学習を用いたFPGA モデル予測制御システム
3. 学会等名 SOFT九州支部夏季ワークショップ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長嶺 佑哉, 吉弘 憲大, 榎田 修一, 田向 権
2. 発表標題 高精度な人物検出システムのFPGA実装にむけて
3. 学会等名 SOFT九州支部夏季ワークショップ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮崎 棕瑚, Merve Eksiler, 田向 権
2. 発表標題 自律走行ロボットにおける人物追跡システムの構築と検証
3. 学会等名 SOFT九州支部夏季ワークショップ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿部 佑志, 田向 権
2. 発表標題 ハードウェア指向MRCoHOG特徴量とBinarized Neural Networkを用いた画像認識
3. 学会等名 SOFT九州支部夏季ワークショップ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉元 裕真, 堀 三晟, 石田 裕太郎, 木山 雄太, 黒田 裕貴, 田中 悠一朗, 久野 昌隆, 藤田 啓斗, 新谷 嘉也, 岩元 剛毅, 橋本 康平, 森江 隆, 田向 権
2. 発表標題 競技会活動を通じたホームサービスロボットの研究開発
3. 学会等名 ROBOMECH
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本田 健太郎, 田向 権
2. 発表標題 制御問題への適用に向けた組み込みDeep Neural Networks
3. 学会等名 電子情報通信学会2018総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田向 権, 西田 健, 石田 裕太郎
2. 発表標題 高速化・省電力化が期待されるロボットの知的処理
3. 学会等名 電子情報通信学会リコンフィギャラブルシステム研究会 (RECONF) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森江 隆, 田向 権
2. 発表標題 家庭用サービスロボットへの適用に向けた脳型知能集積回路の開発
3. 学会等名 第31回回路とシステムワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoeng Jye Yeoh, Takashi Morie and Hakaru Tamukoh
2. 発表標題 A Hardware Oriented Dropout Algorithm for Efficient FPGA Implementation
3. 学会等名 24th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuichiro Tanaka and Hakaru Tamukoh
2. 発表標題 Hardware implementation of Deep Self-Organizing Map Networks
3. 学会等名 26th International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sansei Hori, Mireya Zapata, Jordi Madrenas, Takashi Morie and Hakaru Tamukoh
2. 発表標題 An Implementation of a Spiking Neural Network Using Digital Spiking Silicon Neuron Model on a SIMD Processor
3. 学会等名 26th International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Daisuke Shuto, Kouji Okumura, Naoki Matsubara, Shaoning Pang, Hakaru Tamukoh and Abdolhossein Sarrafzadeh
2. 発表標題 Robust Boat Detection System using HSV Adaptive Background Modeling and Multiresolution Co-occurrence Histograms of Oriented Gradients
3. 学会等名 Int. Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuta Yamasaki, Shiryu Ooe, Akihiro Suzuki, Kazuhiro Kuno, Hideo Yamada, Shuichi Enokida, and Hakaru Tamukoh
2. 発表標題 Evaluation of Hardware Oriented MRCoHOG and Digital Circuit Using Logic Simulation
3. 学会等名 12th International Joint Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Dinda Pramanta, Takashi Morie, Hakaru Tamukoh
2. 発表標題 Implementation of multi-FPGA Communication using Pulse-Coupled Phase Oscillators
3. 学会等名 the 2017 International Conference On Artificial Life And Robotics (ICAROB2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshiya Aratani, Yeoh Yoeng Jye, Akihiro Suzuki, Daisuke Shuto, Takashi Morie, and Hakaru Tamukoh
2. 発表標題 Multi-Valued Quantization Neural Networks toward Hardware Implementation
3. 学会等名 the 2017 International Conference On Artificial Life And Robotics (ICAROB2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉元 裕真, 田向 権
2. 発表標題 Depth画像を活用した深層学習によるホームサービスロボット向け一般物体認識システムの構築
3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会(SIS)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木 章央, 田向 権
2. 発表標題 異常入力を反転するAutoencoder
3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会(SIS)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川島 一郎, 山口 正登志, 鈴木 秀幸, 森江 隆, 田向 権
2. 発表標題 カオスポルツマンマシンのFPGA実装
3. 学会等名 第27回日本神経回路学会全国大会 (JNNS2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 ヨー ヨン ジェ, 森江 隆, 田向 権
2. 発表標題 乱数生成器不要の簡略型Dropoutアルゴリズム
3. 学会等名 第27回日本神経回路学会全国大会 (JNNS2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中 悠一郎, 田向 権
2. 発表標題 Deep Self-Organizing Map NetworksのFPGA実装
3. 学会等名 第27回日本神経回路学会全国大会 (JNNS2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石田 裕太郎, 堀 三晟, 木山 雄太, 黒田 裕貴, 田中 悠一郎, 久野 昌隆, 吉元 裕真, 今村 有杜, 日巻 智貴, 新谷 嘉也, 岩元 剛毅, 橋本 康平, 森江 隆, 田向 権
2. 発表標題 Hibikino-Musashi@Homeにおけるロボット開発
3. 学会等名 第7回インテリジェントホームロボティクス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉元 裕真, 田向 権
2. 発表標題 RoboCup@Homeにおけるホームサービスロボットのための一般物体認識システム
3. 学会等名 SOFT九州支部夏季ワークショップ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川島 一郎, 山口 正登志, 鈴木 秀幸, 森江 隆, 田向 権
2. 発表標題 カオスポルツマンマシンの省リソースハードウェア実装手法
3. 学会等名 SOFT九州支部夏季ワークショップ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 阿部 佑志, 田向 権
2. 発表標題 ホームサービスロボット向け一般物体認識システム
3. 学会等名 SOFT九州支部夏季ワークショップ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石田 裕太郎, 大川 猛, 田向 権
2. 発表標題 FPGAのためのロボットミドルウェアインタフェースの基礎検討
3. 学会等名 第61回システム制御情報学会研究発表講演会 (SCI ' 17)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉元 裕真, 田向 権
2. 発表標題 物体認識アルゴリズムをFPGAに実装するための基礎研究
3. 学会等名 電子情報通信学会2017総合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 首藤 大輔, 奥村 弘治, 田向 権
2. 発表標題 環境変化に頑健な組み込みポートカウンティングシステム
3. 学会等名 電子情報通信学会2017総合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀 三晟, Mireya Zapata, Jordi Madrenas, 森江隆, 田向 権
2. 発表標題 FPGAを用いたSIMDプロセッサによるDigital Spiking Silicon Neuronの実装
3. 学会等名 電子情報通信学会2017総合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中 悠一郎, 田向 権
2. 発表標題 自己組織化マップによって構成されるディープニューラルネットワークのハードウェア化
3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会(SIS)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Sansei Hori, Takashi Morie, and Hakaru Tamukoh
2 . 発表標題 A hardware-oriented random number generation method for restricted Boltzmann machines
3 . 学会等名 the 5th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Akihiro Suzuki , Takashi Morie, and Hakaru Tamukoh
2 . 発表標題 Stacked Autoencoders with Shared Synapse Architecture for Digital Hardware Implementation
3 . 学会等名 the 5th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Takashi Ohkawa, Yutaro Ishida, Yuhei Sugata, Hakaru Tamukoh
2 . 発表標題 ROS-Compliant FPGA Component Technology - FPGA installation into ROS
3 . 学会等名 ROSCon 2017 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Yutaro Ishida, Yuichiro Tanaka, Sansei Hori, Yuta Kiyama, Yuki Kuroda, Masataka Hisano, Hiroto Fujita, Yuma Yoshimoto, Yoshiya Aratani, Goki Iwamoto, Kohei Hashimoto, Dinda Pramanta, Yushi Abe, Takashi Morie and Hakaru Tamukoh
2 . 発表標題 Approach to accelerate the development of practical home service robots - RoboCup@Home DSPL -
3 . 学会等名 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2017), RO-MAN Workshop: HRI for Service Robots in RoboCup@Home ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 田向 権
2. 発表標題 サービスロボットのための知的処理と組込指向ニューラルネットワーク
3. 学会等名 DAシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田向 権
2. 発表標題 サービスロボットのためのソフトコンピューティングとhw/sw複合体
3. 学会等名 第30回 回路とシステムのワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田向 権
2. 発表標題 ホームサービスロボットの脳型人工知能のための回路とシステム
3. 学会等名 電子情報通信学会回路とシステム研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田向 権
2. 発表標題 生活支援ロボットのための組込み脳型人工知能
3. 学会等名 令和元年度QBPワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hakaru Tamukoh
2. 発表標題 Hardware Accelerators for Brain-Like Artificial Intelligence on Home Service Robots
3. 学会等名 2019 4th IEEE International Circuits and Systems Symposium (ICSyS 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田向 権
2. 発表標題 RoboCupとWRS：世界大会3連覇を達成ホームロボットの組込み画像認識
3. 学会等名 NVIDIA JETSON Meet-up #13 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野 智寛, 石田 裕太郎, 阿部 佑志, 田向 権
2. 発表標題 ホームサービスロボットにおける物体把持のための把持点推定
3. 学会等名 第9回インテリジェントホームロボティクス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本田 健太郎, 岩谷 直樹, 田中 勇氣, 堀口 辰也, 中村 敏明, 田向 権
2. 発表標題 モデル予測制御のためのハードウェア指向Neural Network
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿部 佑志, 石田 裕太郎, 小野 智寛, 田向 権
2. 発表標題 物体の3Dスキャンによるホームサービスロボット向け学習データセット作製の高速化
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林 達治, 本田 健太郎, 田中 勇氣, 堀口 辰也, 中村 敏明, 田向 権
2. 発表標題 Pigeon-Inspired Optimizationのハードウェア指向化
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村 勇吾, 長嶺 佑哉, 田向 権
2. 発表標題 画像認識システムのFPGA実装に向けた回路資源の有効利用に関する検討
3. 学会等名 S0FT九州支部夏季ワークショップ2019in福岡
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金岡 大樹, 石田 裕太郎, 田向 権
2. 発表標題 ホームサービスロボットにおける触覚情報を用いた物体認識
3. 学会等名 S0FT九州支部夏季ワークショップ2019in福岡
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 徳野 将士, 本田 健太郎, 田向 権
2. 発表標題 深層学習を用いたモデル予測制御のFPGA実装
3. 学会等名 SOFT九州支部夏季ワークショップ2019in福岡
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木 章央, 田向 権
2. 発表標題 中間層に余剰ニューロンを持った自己符号化器
3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会(SIS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀 三晟, 田向 権
2. 発表標題 ニューラルネットワークのハードウェア実装に向けた乱数生成手法の提案と検証
3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会(SIS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野 智寛, 堀 三晟, 石田 裕太郎, 田中 悠一郎, 吉元 裕真, 阿部 佑志, 武藤 冬樹, 椋島 康平, 福宿 将士, 坂田 拓馬, 吉井 拓巳, 上村 大地, 金丸 和樹, 中村 健太郎, 西村 雄太, 森江 隆, 田向 権
2. 発表標題 社会実装を目指したホームサービスロボットの研究開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2019 in Hiroshima
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木 章央, 田向 権
2. 発表標題 補色で再構成するAutoencoder
3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会(SIS)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 西田 健、森田 賢、岡田 浩之、原 祥堯、山崎 公俊、田向 権、垣内 洋平、大川 一也、齋藤 功、田中 良道、有田 裕太、石田 裕太郎	4. 発行年 2018年
2. 出版社 森北出版	5. 総ページ数 304
3. 書名 実用ロボット開発のためのROSプログラミング	

〔産業財産権〕

〔その他〕

九州工業大学 田向研究室 <a href="https://www.brain.kyutech.ac.jp/~tamukoh/">https://www.brain.kyutech.ac.jp/~tamukoh/</a> Hibikino-Musashi@Home <a href="http://www.brain.kyutech.ac.jp/~hma/wordpress/">http://www.brain.kyutech.ac.jp/~hma/wordpress/</a>
---

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	森江 隆  (MORIE TAKASHI)  (20294530)	九州工業大学・大学院生命体工学研究科・教授    (17104)	

