
人工知能・IoT 研究部門

2019 年度活動サマリー・研究成果・業績リスト

人工知能・IoT 研究部門

(部門長)	山田哲靖 教授	(部門研究員)	橋本幸二郎 講師
(副部門長)	土屋 健 准教授	広瀬啓雄 教授	木通秀樹 客員教授
		水野秀之 教授	

人工知能・IoT 研究部門 活動サマリー

1. 基本方針

- ① 人工知能・IoT 技術をシーズとし、地域を中心とした企業や自治体の抱える課題への応用的適用の研究を進める。研究については、研究部門内で協力して進めるとともに、他の研究部門・研究室との協力を図る。
- ② AI 研究に関する人的・物的リソースを確保する。
 - ・学内教員の相互研鑽を進めるとともに、外部講師を招いての講演会や、対外的な講演会を企画する。
 - ・AI ラボとして、部屋と設備を用意し、学内および外部企業との研究に活用する。
 - ・AI クラウドとして、AI 計算リソースを保有し、学内外に提供する。
 - ・学生、特に AI サークルのメンバを指導するとともに、学生アルバイトとして部門の運営の一部を手伝わせることで、学生の教育と研究部門の要員確保を兼ねる。
- ③ 広報的なアピールとして、テレビ・新聞取材、見学、講演、講義ライブ等への対応を行う。

2. 当初計画（2018 年度初時点）

以下のステップで進める。なお、進捗を踏まえて計画を随時見直す。

- ① 環境・体制整備、AI ラボ構築、AI クラウド構築・試験運用（2018 年度）
- ② AI クラウド学内運用、一部研究内容の授業への反映（2019 年度）
- ③ AI クラウド外部提供、研究内容の学生実験への反映、AI 社会人向けコース準備（2020 年度）

3. 修正計画

- (1) 2021 年度から実施予定であった AI 社会人向けコースを、2019 年度から一部前倒して実施する。（2018 年度末に修正）
 - ・カリキュラムの検討と講師の選定、予算の確保を行った。
 - ・2019 年度より、教材の開発（授業配信）、講義の環境（人工知能・IoT の実技実施環境）の構築を行う。
 - ・講義の一部分を 2019 年度から開講する。
- (2) AI ラボについては、大学としての維持管理を停止し、研究室個別での維持管理に移行。（2019 年度末に修正）

4. 重点項目の状況

(1) IoT・AI 人材育成講座

- 2020 年度からの本格開催に先立ち、コースの一部を 2019 年度に開催。2019/3/22～2020/1/15 の 11 回。

(2) AI クラウド

- 2 号館 2 階サーバー室に 200V 電源 4 系統を整備
- GPU サーバ 4 台 (8GPUx3、4GPUx1) とジョブディスパッチ用サーバ 3 台を設置
- ジョブスケジューラによる動的 GPU 割当とジョブ管理を実現⇒本技術を長野県で利用中
- 使用状況表示システムを開発 (AI サークルメンバによる)⇒本技術を長野県で利用中
- 2 号館 2 階サーバー室の空調システムを増設

(3) AI サークル

現在のサークルメンバーは 31 名 (院 1、学部 4～2 年生)。2019 年度の活動内容は以下の通り。

- 2019/10/2、NHK 長野のイブニング信州で AI サークルの活動が生中継された。
- 2019/3、AI サークルの活動が学生部表彰を受けた。

5. 研究開発成果 (概要)

(1) Head Mounted Display を用いた作業支援システムの支援挙動自動生成アルゴリズムの開発

- 目的：Head Mounted Display による作業支援挙動を作業映像から自動で生成する。
- 研究成果：深層学習モデルを組み合わせることにより、End-to-End でシステムの支援挙動モデルを学習できることを確認した。

(2) ディープラーニングによる受注予測技術の開発

- 目的：自動車生産・販売データ等を利用し、自動車部品受注数を高精度に予測する。
- 研究成果：リカレントニューラルネットワークの一種である ESN を適用することにより、カオス的な複雑な事象に対しても予測が可能となった。

(3) ディープニューラルネットワークによる空調制御の高度化技術

- 目的：空調制御に学習機能を組み込み、運用しながら最適化を図る。
- 研究成果：空調システムを一次遅れ+むだ時間系で表現し、一次遅れパラメータを推定。それを用いて PID 制御における PID ゲインを最適化できる目処が立った。

(4) ホーチミン市工科大学との連携研究

- 目的：大学の提携校であるホーチミン市工科大学と連携した研究を進める。

- 研究成果：ホーチミン市工科大学情報科学部の Quang 准教授、Khan 准教授の研究グループとフォグコンピューティング分野における分散機械学習基盤（理科大主導）と、信号の協調動作による交通最適化基盤（ホーチミン側主導）の研究を相互に意見交換して研究の推進、共同論文執筆を行った。

(5) スマートスピーカ向け情報基盤の研究

- 目的：IoT 技術応用システムの研究を進める。
- 研究成果：一般 web アプリをスマートスピーカ向けのアプリとして連携を可能とするスマートスピーカ向け情報基盤の研究の推進と、連携 web サービス試作を行った。

以上

【研究成果】

歩行動作からの情報取得に関する研究

1. 背景・目的

人の日常的な歩行動作には、様々な情報が含まれている。歩行動作から正確に変位が取得できれば GPS のような付加情報を用いず自律的に現在位置を取得でき、また歩行動作そのものも個人によって異なることから個人認証に用いることも可能である。さらには、疲労度によって歩行動作が異なることから疲労度の測定も可能になると考えられる。本研究では、特殊な機器ではなく一般的なカメラやスマートフォンに搭載されたセンサーなど日常的な機材を用いて歩行動作から様々な情報を抽出することで、ナビゲーションや個人認証等の様々な日常活動を支援するサービスの実現を目指す。

2. 今年度の研究成果

下記の研究を行った。

(1) 歩行動画からの姿勢情報に基づく個人識別

昨年度の一般的なカメラを用いて撮影した動画像からの Deep Learning を用いた歩容による個人識別からの発展として、本年度は個人認証を検討した。具体的には通常のビデオカメラで撮影した歩行時の動画像から公開技術である OpenPose を活用して抽出した関節位置を用いてオートエンコーダと Siamese Network を組み合わせ深層学習により本人認証を行った。実験結果は表 1 のとおりであり FAR（他人を誤って本人と識別）、FRR（本院を誤って他人として識別）の両方の誤り率において平均 1% 以下の精度での認証が可能であることが確認できた。

表 1 FRR、FAR
(各最大最小平均値)

	FRR	FAR
最大値	0.041	0.014
最小値	0.000	0.000
平均値	0.009	0.006

(2) 歩行動作からの疲労度推定

昨年度から引き続きストレスや疲労が歩行姿勢やリズムに与える変化の度合について検討するため、年度は人数や歩行の種類も複数にして歩行動作からの疲労度の推定検討を行った。まず肉体的および精神的疲労状態における歩行時の加速度から抽出した特徴量の分散分析を行い、疲労状態による特徴量への影響について検定を行った。肉体的疲労、精神的疲労のいずれも複数の特徴量で有意差が確認された。また疲労の種類と被験者の運動経験の有無により歩行動作における特徴量が異なるという知見が得られた。ここから疲労の種類と運動経験の有無にかかわらず歩行には影響があるものの、歩行動作に現れる変化は異なる可能性が高いということがわかる。またアンサンブル学習法の一つであるランダムフォレストを用いて疲労度の推定を試みた。被験者 6 名での肉体的疲労状態、精神的疲労状態、それぞれ 2 種類の疲労状態の識別実験の結果を表 2 に示す。表から精神的疲労の 1 種類の平常時と疲労度 1 の識別以外は非常に高い精度が得られていることがわかる。

表 2 疲労状態毎の推定精度

	平常時	疲労度 1	疲労度 2	疲労度 3	疲労度 4	疲労度 5
肉体的疲労 1	100	100	100	100	100	100
肉体的疲労 2	100	100	100	100	100	100
精神的疲労 1	87	86	100	100	100	
精神的疲労 2	100	100	100	100	—	

3. 今後の計画

2020 年度	認証精度の向上と疲労状態や被験者数の増加
2021 年度	システムへの実装

高齢者の音声による情報取得支援に関する研究

1. 背景・目的

高齢者の音声による情報把握の支援については、これまで多くの補聴器などの音響系の研究が行われてきた一方で、高齢者にとって内容を理解しやすいような音声の特徴に関する研究はあまり行われていない。本研究では高齢者にとって聞き取りやすい音声の生成方法の確立を目的として、高齢者にとって聞き取りやすい音声の特徴を分析し、次に得られた特徴に基づいて文章全体または文章の一部の内容に応じて韻律の制御を行なう高齢者向けの韻律制御方式を実現することで高齢者の情報格差を補償することが期待できる。

2. 今年度の研究成果

高齢者が聞き取りやすいと評価する話者の音声（模範発話）と、一般人の読み上げ音声（学生発話）の韻律的特徴の比較分析を行った。結果として声の高さ（基本周波数）の最大値に差異があること、模範発話は一定の話速を保つ傾向があること、さらに模範発話は学生発話より基本周波数の最大値が大きく変動する傾向があることが分かった。

3. 今後の計画

2020 年度	高齢者にとって聞き取りやすい音声の追加収集と分析
2021 年度	発話モデルの構築

Head Mounted Display を用いた作業支援システムの援挙動自動生成アルゴリズムの開発

1. 背景・目的

人中心の作業を担う中小企業において、少子高齢化に伴う人材不足が深刻な問題となっている。対して、Head Mounted Display (HMD) が作業を支援するツールとして注目を集めている。HMD は作業者の視界上にデジタル情報を重畳することができ、リアルタイムな情報教示が可能となる。それ故、適切なタイミングで適切な支援情報が提示されるよう設計することにより、初心者でも複雑な作業をこなすことが期待できる。

しかし、支援すべき作業の種類が多い場合、一つ一つの作業に対して支援挙動を設計する必要があり、設計者の負担は計り知れない。それ故、システムの支援挙動を自動設計できる技術が確立できれば、設計者の負担を軽減し、作業支援システムを構築することができる。

本研究では、ノート PC の修理作業を例に挙げる。計算機の修理を担う工場では、数十種類以上の計算機を扱う。そして、人材不足の影響により、その修理作業を一人で担う企業も存在する。この場合、作業には熟練が伴い、初心者には作業を任せることができない。それ故、HMD による作業支援システムは有効に働くと考えられるが、修理工程は何パターンも存在することから、上述した支援挙動設計の負担問題が浮上する。それ故、本研究では、ノート PC の修理作業を対象とした作業支援挙動の自動設計アルゴリズムを開発する。

2. 今年度の研究成果

図 1 に実験環境を示す。ここでは、ノート PC に対する作業箇所を、HMD を通じて提示するシステムを想定する。固定カメラより作業状況が映像とし

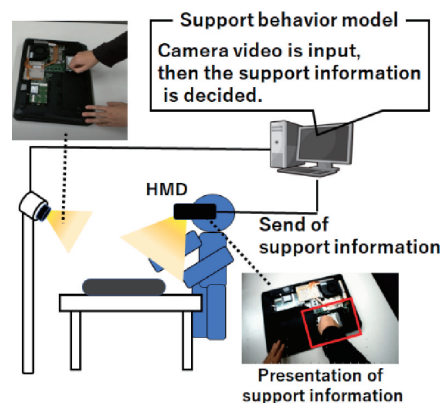


図 1 実験環境

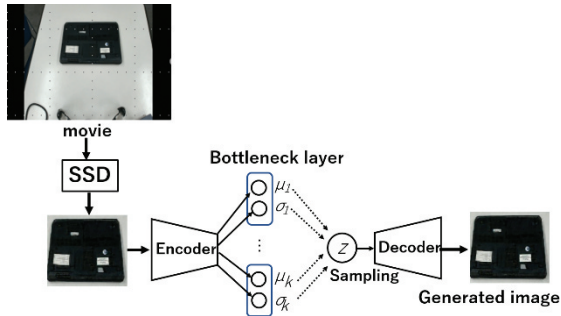


図2 VaDE-Markov Clustering Model

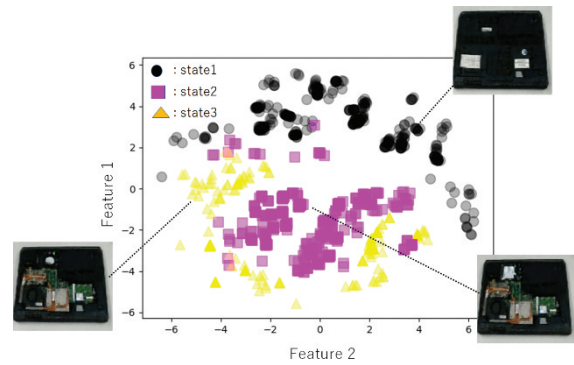


図3 作業工程モデルの特微量空間上可視化

て取得され、その映像に基づきシステムは作業箇所を決定、提示する。この支援挙動を自動で生成するため、今年度は深層学習に基づく作業工程モデルの自動設計アルゴリズムについて検討した。

システムが自律的に作業支援を行うためには、作業工程の理解、作業の予測、支援情報の選択処理が必要になる。作業工程の理解とは、作業工程を数理モデルで表現することを意味し、作業工程モデルをシステムに保持させることで、システムは現在と次の工程推定を可能とする。それ故、第一ステップとして、作業工程のモデル化手法を検討した。ただし、設計者の負担を軽減するため、作業映像から自動でモデルが生成できる仕組みとする。

図2に提案したモデルアーキテクチャを示す。提案モデルでは、作業映像を学習データとし、モデル内部で作業対象の識別モデル、作業対象の状態識別モデル、作業対象の状態遷移ネットワークが教師なしで生成される。図3に例として、Hard Disk Drive (HDD) の取り外し作業をモデル化し、そのモデルを可視化した図を示す。HDD の取り外し作業では、作業対象が3つの状態に遷移する。ここでは各状態の遷移が特微量空間の分布の遷移としてモデル化される。図3から状態が3つ生成されており、state1 から state3 までの状態遷移は実際の状態遷移を正しく表現していることを確認した。さらに表1に提案したモデルに基づく作業状態の認識精度を示す。ここでは、Battery 取り外し作業、HDD 取り外し作業、FAN 取り外し作業のそれぞれの作業工程モデルを生成し、各状態の識別精度を示す。結果より、高い精度で識別できていることが確認できる。

表1 提案モデルに基づく作業対象の各状態遷移時の状態認識と次の状態予測の成功率 [%]

	状態 1 [%]	状態 2 [%]	状態 3 [%]	状態 4 [%]	全体 [%]
Battery 取り外し	100.00	100.00			100.00
CPU 取り外し	100.00	93.00	100.00		92.00
FAN 取り外し	100.00	99.00	17.00	90.00	86.00

以上より、本研究ではシステムの支援挙動を自動生成するアルゴリズム開発を目的とし、今年度は、その叩き台として、作業工程のモデル化手法を提案した。現状、単純作業を例に挙げているが、この程度の作業内容であれば工程のモデル化は可能であり、工程間の画像情

報を利用することで支援挙動を自動で生成できると考えられる。

3. 今後の計画

2020 年度	支援挙動の自動生成と幾何学変換モデルの自動生成による情報提示の実現
2021 年度	様々な作業を想定した汎用性の評価

AI による空調制御の最適化

1. 背景・目的

空調制御の現状は、現在の室温データからフィードバック制御を用いて制御パラメータを求める仕組みである。空調設置時には各パラメータの値を設定するが、これは建物の立地条件や用途によって異なるためそれぞれに適した各パラメータ設定が必要であり、これを手動調整するため時間を費やしている。また、運転中は当初最適だと思われていた制御パラメータでは外乱に影響され良い運転ができないのが現状である。パラメータ調整には最適化手法やニューラルネットワークの活用が提案されているが、実装した事例が少ない。また空調システムへの実装事例においては、一度決めた各制御パラメータの設定値を基準に運用中に調整する簡易化手法が導入されている。本研究では、手動調整での空調制御に AI を活用し、より最適な運転が可能な空調システムを目指す。

2. 今年度の研究成果

図 1 に提案するシステム構成を示す。コンピュータ上で、空調システムを「一次遅れ+むだ時間」系で表現し、一次遅れパラメータをシミュレーションにより推定することで対象室内の特性を予想し、これらを基に目標室温にするための制御パラメータの最適解を導出し、コントローラのパラメータを自動的に書き換える。室温の現在値から未来予測をする部屋のシミュレータは、一次遅れパラメータと外部情報を基に、運用中に蓄積される過去のデータを学習する。制御パラメータを推定するコントローラ部分は、目標値と予想温度との差を考慮し最適な制御パラメータを推定する仕組みである。なお、パラメータの推定方法は

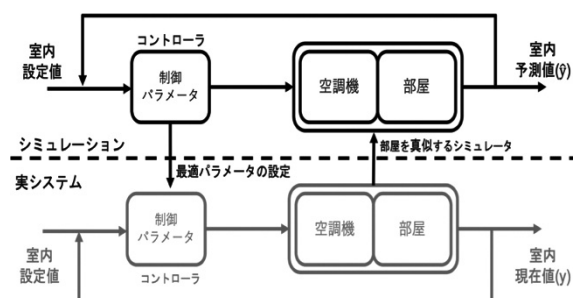


図 1 提案する空調制御方式

ベイズ最適化を使用し、あらゆる組み合わせの中から最適な解を求めることができる手法をとる。

図2に、手動調整での空調制御の室温変動を示す。低風量においてハンチングが見られ本来の制御に求める機能は、目標温度に対し到達時間を短縮し、オーバーシュートを低減しハンチングを抑制することであるが、現状では空調制御の機能を十分に果たしているとは言い難い状況である。図3に、提案する最適化方法での室温変動を示す。結果としては三点ある。(1) 立ち上がりの運転の制定時間に2時間所用した。(2) 低風量の際のハンチングが抑制され温度変化が安定した。(3) 制御パラメーターの探索時間に1時間15分所用した以上の三点が挙げられる。しかし、RMSEで2つの制御方法を制度比較すると全体的には今回提案した手法のほうが精度が高い結果となった。

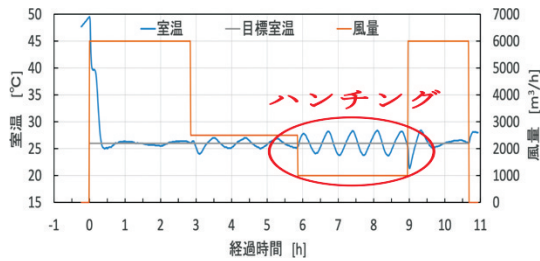


図2 手動調整

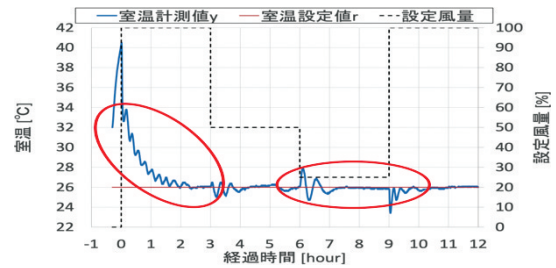


図3 提案手法

人工知能・IoT 研究開発部門 業績リスト

査読付き論文

- [1] Kohjiro Hashimoto, Tetsuyasu Yamada, Takeshi Tsuchiya, Kae Doki, Yuki Funabora, Shinji Doki, “Detection of Contributing Object to Driving Operations based on Hidden Markov Model”, *International Journal of Advanced Robotic System*, Vol.16, No.5, pp.1–15, 2019.
- [2] 土屋 健, 山田哲靖, 広瀬啓雄, 吉永浩和, 澤野弘明, 小柳恵一, “直近の取得 Web 情報に基づくユーザの現在の興味・指向の予測に関する研究”, *情報社会学会学会誌* Vol.14 (1) 5–17 3, 2019 年 8 月
- [3] Takeshi Tsuchiya, Ryuichi Mochizuki, Hiroo Hirose, Tetsuyasu Yamada, Keiichi Koyanagi, Quang Tran Minh, “Dynamic Data Management Strategy on Cloud Network by Fog Computing Model”, *Special issue of Springer Nature Computer Science (SNCS) Journal (Selected paper from FDSE 2019)* [印刷中]
- [4] Quang Tran Minh, Phat Nguyen Huu, Takeshi Tsuchiya and Michel Toulouse, “Designed Features for Openness in Fog Computing”, *Special issue of Springer Nature Computer Science (SNCS) Journal (Selected paper from FDSE 2019)* [印刷中]

査読付きプロシーディングス

- [1] OGIHARA, Mitsuhiro; MIZUNO, Hideyuki. Robust Gait Authentication Using Autoencoder and Decision Tree. In *Proc. of ICANN2019*. Springer, Cham pp. 698–702. 2019
- [2] Kohjiro Hashimoto, Tadashi Miyosawa, Tetsuyasu Yamada, Takeshi Tsuchiya, Kae Doki, Shinji Doki, “Quantification of Contributing Degree to Braking Operation of Driver based on the Hidden Markov Model”, *Proceedings of the 28th IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, pp.1711–1716, 2019.
- [3] Takeshi Tsuchiya, Ryuichi Mochizuki, Hiroo Hirose, Tetsuyasu Yamada, Keiichi Koyanagi, Quang Tran Minh, Tran Khanh Dang, “Dynamic Data Management Strategy on Cloud Network by Fog Computing Model”, *Int’l Conf. on Future Data and Security Engineering (FDSE 2018)*, *Springer Lecture Notes in Computer Science*, vol. 11814, pp. 332–342, Nov. 2019, Vietnam
- [4] Quang Tran Minh, Phat Nguyen Huu, Takeshi Tsuchiya and Michel Toulouse, “Openness in Fog Computing for the Internet of Things”, *Int’l Conf. on Future Data and Security Engineering (FDSE 2018)*, *Springer Lecture Notes in Computer Science*, vol. 11814, pp. 343–357, Nov. 2019, Vietnam
- [5] TSUCHIYA Takeshi, HIROSE Hiroo, YAMADA Tetsuyasu YOSHINAGA Hirokazu, KOYANAGI Keiichi, “Predicting User Interests Based on Their Latest Web Activities”, *Proc. of 13th Int. Conf. on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and*

Technologies (UBICOMM), Sep.2019, Portugal

- [6] TSUCHIYA Takeshi, YAMADA Tetsuyasu, “Research on Improvement of Information Platform for Local Tourism by Paragraph Vector”, Computational Intelligence and Mathematics for Tackling Complex Problems 115-121 2019 年 6 月

学会口頭発表

- [1] 前田, 岡本, 水野, “歩容データによる個人の識別と認証の検討”, 第 82 回情報処理学会 全国大会, 5U-03, 2020 年 3 月 【学生奨励賞受賞】
- [2] 岡本, 水野, 中嶋, “高齢者向け発話の韻律的特徴の分析”, 日本音響学会春季研究発表会, 3-P-27, 2020 年 3 月
- [3] 永坂茂之, 山田哲靖, 他, “学習機能による自動設定可能な PID 制御を用いた空調システムに関する研究開発”, 建築学会大会, 2019 年 9 月
- [4] 永坂茂之, 山田哲靖, 他, “空調における AI を活用した制御技術の開発”, 空気調和・衛生工学会大会, 2019 年 9 月
- [5] 土屋 健, 望月龍一, 広瀬啓雄, 山田哲靖, 澤野弘明, 小柳恵一, “特徴モデル結合による分散データ環境で機械学習を実現する情報プラットフォームの検討”, 信学技報, vol. 119, no. 477, LOIS2019-72, pp. 91-96, 2020 年 3 月
- [6] 望月龍一, 土屋 健, 広瀬啓雄, 山田哲靖, 澤野弘明, 小柳恵一, “フォグコンピューティングによるグループ環境に適応したデータ管理基盤の提案”, 研究報告インターネットと運用技術 (IOT), 2020-IOT-48 (12), 1-6 (2020-02-24)
- [7] 望月龍一, 土屋 健, 広瀬啓雄, 山田哲靖, 澤野弘明, 小柳恵一: “ユーザ環境に適応したデータ管理基盤の提案”, 令和元年度電気・電子・情報関係学会東海連大, 1 page (2019-9)
- [8] 土屋 健, 山田哲靖, 広瀬啓雄, 吉永浩和, 澤野弘明, 小柳恵一, “直近の取得 Web 情報に基づくユーザの現在の興味・指向の予測に関する研究”, 2019 年情報社会学会年次大会, 2019 年 8 月
- [9] 土屋 健, 山田哲靖, 広瀬啓雄, 吉永浩和, 澤野弘明, 小柳恵一, “直近の Web 行動に基づいたユーザ興味情報の予測手法の検討”, 情報ネットワーク研究会 IN2019-16, pp.13-18, 2019 年 8 月

外部資金の獲得

- [1] “分散ノードの協調による機械学習モデル構築を実現する情報基盤に関する研究”, 研究代表 土屋 健, GMO インターネット財団 2020 年度研究助成金, 1,000,000 円

講演・講義・実習

- [1] 2019/11/30 電気学会東海支部第 3 回若手セミナー 講演
- [2] 2019/7/3 諏訪清陵高等学校附属中学校 AI 講義
- [3] 2019/7/19 岡谷工業高校 AI 講義

- [4] 2019/9/10 長野工業高校, 松本工業高校 AI 講義
- [5] 2019/10/09 土屋 健, “IoT 人工知能が目指す先には何があるのか?”, テクノ財団 産学官交流連携会 in 松本

報道（新聞・TV）

- [1] 2019/04/04 長野日報および茅野市民新聞に, 贈呈式の記事が掲載
- [2] 2019/10/02 NHK 長野のイブニング信州で AI サークルの活動が生中継
- [3] 2020/03/27 AI クラウドの GPU コンピュータ管理技術を応用したシステムに関する新聞記事, “AI 技術導入ネット経由で”, 信濃毎日新聞, 2020/3/27 経済面
- [4] 2020/05/01 AI クラウドの GPU コンピュータ管理技術を応用したシステムに関する長野県のプレスリリース, “AI 技術の活用を促進するため AI 学習用並列処理コンピュータの遠隔地利用を開始します”, 長野県（産業労働部）プレスリリース 令和 2 年（2020 年）5 月 1 日

企業連携

- [1] テクロック：IoT 計測器の計測データの活用
- [2] 共進：受注数予測（中小企業白書に研究内容掲載）
- [3] ビップシステムズ：スマートスピーカー向け情報基盤の研究
- [4] NTT：高齢者向け音声合成方式の共同研究
- [5] 共進：八十二銀行私募債に係る機器贈呈式での AI ラボ公開
- [6] 新日本空調：AI 技術による空調制御の高度化