

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：32677

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K20416

研究課題名（和文）ビジネスAIアライメントモデルに基づいたサービス設計に関する研究

研究課題名（英文）Research on service design method based on business-AI alignment

研究代表者

竹内 広宜（Takeuchi, Hironori）

武蔵大学・経済学部・教授

研究者番号：80824119

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、新しいAIサービスシステムの検討で事業部門と開発部門が効果的に協働する課題を解決するために、ビジネスAIアライメントモデルの構築・評価とその活用方法の確立を目的とした。そしてITの組織内活用で用いられているビジネスITアライメントの考え方をAIサービスシステムの実現に対して拡張し、新しいAIサービスシステムの検討にあたり、組織の目標、業務、AIサービスシステムの関係性をビジネスAIアライメントモデルとして表現した。これにより、AIサービスを提供する事業部門と開発部門の間でサービスやその価値に対する共通理解と合意形成ができ、効果的なプロジェクト管理が可能となることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、AIサービスシステムの開発プロジェクトに関して、ステークホルダー間で共通理解をもつためのモデルとともに、プロジェクトの対象にあわせモデルを具体化する手法を確立した。これにより、AIプロジェクトの実践者が自らモデルを作成し、円滑にプロジェクトを推進できるようになり、リスク管理などにも活用できることが確認された。結果、AIプロジェクトの失敗要因を回避できることが示された。また、研究途中に新たに同定された課題である開発関連知識のモデル化について、MLプロジェクトのアンチパターンの整備を行い、広くプロジェクトで再利用可能な知識を公開し、実用化に貢献した。

研究成果の概要（英文）：In this research, we consider the construction of a model on a project developing an Artificial Intelligence (AI) system and propose a modeling approach to represent the project for various application domains by using Enterprise Architecture (EA) modeling. By the proposed modeling approach, we confirmed that project members from both business and development divisions can have a common understanding regarding the project, and the efficiency of the AI technologies applied in the project can be assessed from a business viewpoint.

研究分野：サービス工学

キーワード：AIサービスシステム ビジネスITアライメント エンタープライズアーキテクチャ パターン モデリング

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

クラウドコンピューティング技術の実用化が大きく進み、機械学習アルゴリズムや自然言語処理、音声認識といった人工知能の要素技術が API (Application Programming Interface) として利用可能となってきた。それに伴い、さまざまなエンタープライズ領域において、これらの人工知能の要素技術(AI 技術)を活用した新しいサービスの実現が始まった。

しかしながら、AI 技術を用いた新しいサービスシステム(AI サービスシステム)の開発プロジェクトでは、事業部門側の担当者が対象業務に関連したデータを加工し、訓練データとして準備することが求められる。また、機械学習をもとにした AI 技術は帰納的であるため、出力が必ずしも意図したものとはならない。これらの点が従来のサービスシステムが持つ特徴と大きく異なることから、「利用者の要件を定式化し機能を実現する従来のアプローチが取れないため事業部門側の積極的な参画が難しい」、「機械学習などの要素技術の精度とビジネス価値が直接結びつかず開発したサービスの評価が困難」といった問題点が生じている。その結果、事業部門が AI サービスシステムの開発プロジェクト(AI プロジェクト)の状況に満足せず、検証段階で止まってしまう状況が生じている。

このような問題を含め、機械学習をはじめとした AI 技術の実用化における課題について、2016 年以降、国際会議ワークショップで議論が行われるようになった。また国内では、機械学習工学という研究分野が提唱され 2018 年より日本ソフトウェア科学会内に機械学習工学研究会が設立されている。AI プロジェクトの企画・構想段階では、新しいサービスの実現を検討する際、事業部門と開発部門が効果的に協働する必要があり、そのためのプロジェクト管理およびサービス設計手法を解明する必要があった。

2. 研究の目的

本研究では、新しい AI サービスシステムの検討で事業部門と開発部門が効果的に協働する課題を解決するために、ビジネス AI アライメントモデルの構築・評価とその活用方法の確立を目的とする。IT を、企業をはじめとした組織で活用する際には、組織の目標やその業務プロセスと、IT との関連性を紐づけるビジネス IT アライメントが重要視されている。ビジネス IT アライメントを可視化することで、経営者は導入を検討している IT アプリケーションが経営上の課題にどのように貢献するのか、また、IT 担当者は業務プロセスにどのように IT アプリケーションを適用することが望ましいのかが理解できる。その結果、IT を用いた組織の変革が迅速に行われると期待されている。このビジネス IT アライメントの考え方を AI サービスシステムの実現に対して拡張することを本研究の目的とした。

新しい AI サービスシステムの検討にあたり、組織の目標、業務、AI サービスシステムの関係性をビジネス AI アライメントモデルとして表現することで、AI サービスを提供する事業部門と開発部門の間で実現するサービスやその価値に対する共通理解と合意形成ができ、効果的なプロジェクト管理が可能となると考えた。

3. 研究の方法

まず 1 年目に、先行準備研究の成果を基にビジネス AI アライメントモデルを開発し、国際会議での情報収集や関連研究者との議論を通してモデルの洗練を行った。具体的には、AI プロジェクトのプロジェクト管理上に関する先行準備研究の成果を基に、エンタープライズアーキテクチャー(Enterprise Architecture: EA)を用いてビジネス AI アライメントモデルを開発し、国際会議 Intelligent Decision Technology 2019 で発表を行い、情報収集を行った。また、ビジネス AI アライメントモデルの作成で明らかになった AI プロジェクトにおけるステークホルダーの役割をもとに、EA に基づいた AI プロジェクトのプロセスモデルを考案し、KES2019 にて発表した。さらに、国内研究会での発表を通して、ビジネス AI アライメントをプロジェクト対象にあわせて具体化するビジネス分析の必要性を見出した。

2 年目には、平成 31 年度の活動成果であるビジネス AI アライメントモデルについて被験者アンケートを通して評価する。その結果を含め学術論文としてまとめ、投稿する。また、実プロジェクトにおいてビジネス AI アライメントモデルを適用し、その効果的な活用方法を考案する。モデルの適用方法に関する成果を国際会議(IEEE EDOC など)で発表するとともに、1 年目と同様の研究会で年 2 回発表し、他の研究者からの意見を得ることに加え、モデルとプロジェクト実践における活用方法の分析結果を公表することで研究コミュニティの活性化を行う。

【3 年目の研究計画】

これまでの研究成果全体を、国際会議(IEEE EDOC など)で発表するとともに、学術論文としてもまとめ投稿する。並行して、実務者が実プロジェクトにおいて活用することを想定し、モデルやその活用方法についての実践上のガイドラインや、モデル作成やサービス設計のパターンを文

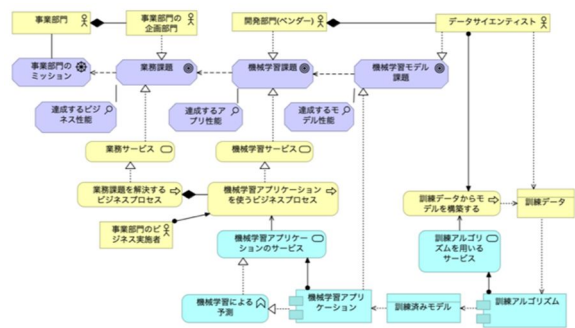
書として作成する。作成した文書は、国内研究会での議論を反映した上で、公開する。

4. 研究成果

(1) ビジネス AI アライメントモデル

ビジネス AI アライメントモデルについては、汎用モデルを準備研究の段階で提案してきた。

そのモデルを右に示す。しかし、2019 年度で国際会議での発表・議論を通して、実用に向けては、その精緻化と実際のプロジェクトに対する具体化手法の検討が必要であることがわかった。この研究課題に対して、既存のビジネス分析手法をもとにした、ビジネス AI アライメントモデルの具体化手法を考案し、国内研究会で報告した。そしてその議論の内容をもとに手法を発展させ、2020 年度の国際会議にて発表した。この手法については、機械学習工学研究会のコミュニティなどで実務家への紹介をし、2020 年度後半より実利用における評価を開始しはじめた。また、ビジネスと AI の整合性という観点で、業務に対して AI を適用できるかどうかについて適用可能性を評価する必要性を同定し、その評価手法の提案も国内研究会での発表を通して行った。

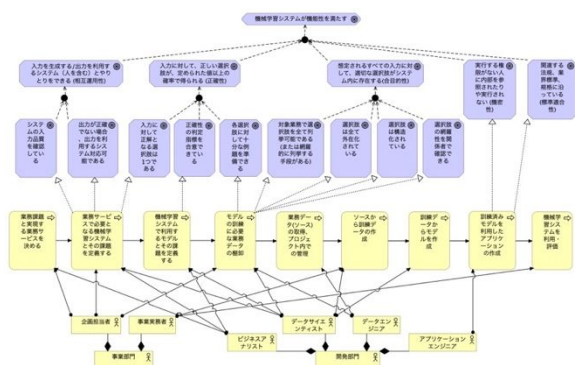


ビジネス AI アライメントモデルについては実務家による評価を通して、その洗練と活用法に関する研究開発を進めた。前者については、ML プロジェクトキャンパスと呼ばれるキャンパス形式で機械学習を活用するプロジェクトをモデル化する手法と本研究のアライメントモデルとの比較を行い両者が補完的な関係であることを示した。また、キャンパスモデルの構成方法を、アライメントモデルを使って導出し、検証を行った。後者については、アライメントモデルを用いて AI システムの動作原理の説明が非 AI 専門家に対して効果的に行えることを、被験者実験を通して検証した。

また、ビジネス AI アライメントモデルを検討する上で、実践プロジェクトのデータの重要性を確認し、その収集方法を検討した。様々な形式で行われている AI プロジェクトの実践状況を表現する手法を提案し、2020 年度・2021 年度に機械学習工学研究会のワークショップで実務家を交えた実験を行った。結果、実践プロジェクトのデータを統一した形式で得られた。また、収集されたデータとその活用方法について、機械学習工学のコミュニティで活発に議論することができた。

(2) 保証ケースに基づいた AI サービスシステム開発モデル

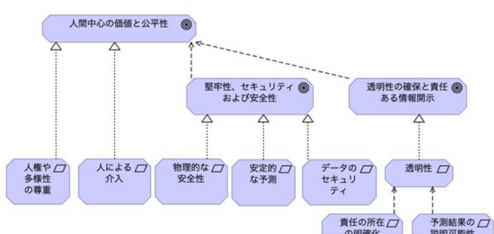
ビジネス AI アライメントモデルに関して、準備研究として進めてきた内容をもとに、AI サービスシステムの PoC 開発プロセスのエンタープライズアーキテクチャを用いて右図のようにモデル化した。また、そのモデルをもとに実施済みプロジェクトを分析することで、機械学習技術をはじめとした AI 要素技術の活用における典型的なプロジェクト管理における課題を回避できる可能性があることがわかった。このモデルは国内研究会で議論を重ねたのち、ハンガリーブタペストでの国際会議 (KES) で発表し、エンタープライズモデリングの第一人者の一人である Alfred Zimmerman 教授 (リュートリンゲン大学) と議論した。その議論を通して、Zimmerman 教授の研究コミュニティとのリレーションが深まり、2020 年度以降、KES Human-Centered Intelligent Systems と呼ばれる国際会議で継続的に研究発表する布石となった。



その議論を通して、Zimmerman 教授の研究コミュニティとのリレーションが深まり、2020 年度以降、KES Human-Centered Intelligent Systems と呼ばれる国際会議で継続的に研究発表する布石となった。

(3) AI サービスシステムの社会受容性分析

ビジネス AI アライメントモデルを用いたプロジェクト実践を通して、ビジネスと AI の間の整合性 (アライメント) だけでなく、開発したサービスシステムが社会に受け入れられる社会受容性の重要性を同定した。そして設計したサービスが社会受容性を満たすかどうかを分析する手法を考案し、実例を通して検証した。具体的にはさまざまな国や国際組織が制定している AI 原則をもとに社会受容性の構成要素を右図のように定義し、AI サービスシ



システムの種別に対して重要視すべき構成要素の間の関係をモデル化した。そして、提案モデルを用いた事例分析を通してプロジェクトで検討する AI サービスシステムが社会受容性を持つかどうかを評価できることが確認された。この研究成果の発表は、2021 年度に国内会議で発表した後、2022 年度に KES Human-centered Intelligent Systems 2022 で発表し、Best Paper Award を受賞した。

(4)AI プロジェクトの実施に関する知識獲得

本研究を進めるにあたって確立した研究コミュニティの中で、機械学習(ML)システムに関するデザインパターンを整備する活動に関わる機会を 2020 年度に得た。その活動を通して、AI/機械学習を活用するプロジェクトのモデル化だけでなく、プロジェクトで適用するパターンなどの知識もステークホルダー間で共通理解する必要があることを認識した。ビジネス AI アライメントモデルの作成から得た着想をもとに、ML システムのアーキテクチャデザインパターンをエントラプライズアーキテクチャとして構造化する手法を開発した。そして、パターンをモデルとして整備できることを、実例を通して実証した。

一方、プロジェクト実践における課題の解決策であるパターンのモデル化について実務家と議論したところ、「AI/ML プロジェクトでは解決策を理解できてもそれをどのような場合に適用するかがわからず有効活用 できない」というフィードバックを得た。これにより、解決策を適用すべき状況を知識として整備する必要があるという新たな研究課題を着想した。2022 年度に、この研究課題に対して ML プロジェクトにおける「不吉な匂い」に関するモデルの提案と収集を行い、ソフトウェア科学会にて研究報告を行った(2022 年度ソフトウェア科学会高橋奨励賞を受賞)。また、収集した危険な匂いに対して解決策を割り当て ML プロジェクトに関する 14 のアンチパターンを整備し、その成果を国内会議で発表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 0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 Takeuchi Hironori	4. 巻 12
2. 論文標題 Enterprise Architecture-Based Project Assurance Model for the Proof-of-Concept of AI Service Systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Systems and Software Security and Protection	6. 最初と最後の頁 63 ~ 77
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4018/IJSSSP.2021010104	査読の有無 無
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 Hironori	4. 巻 8
2. 論文標題 Method for Identifying Business Goals and Tasks for AI Service System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Information Engineering Express	6. 最初と最後の頁 1 ~ 1
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.52731/iee.v8.i2.712	査読の有無 無
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 Hironori, Imazaki Kota, Kuno Noriyoshi, Doi Takuo, Motohashi Yosuke	4. 巻 16
2. 論文標題 Constructing reusable knowledge for machine learning projects based on project practices	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Intelligent Decision Technologies	6. 最初と最後の頁 725 ~ 735
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3233/IDT-220252	査読の有無 無
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32件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 14件）

1. 発表者名 Hironori Takeuchi, Haruhiko Kaiya, Hiroyuki Nakagawa, Shinpei Ogata
2. 発表標題 Reference Model for Agile Development of Machine Learning-based Service Systems
3. 学会等名 3rd International Workshop on Machine Learning Systems Engineering（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hironori Takeuchi, Takuo Doi, Hironori Washizaki, Satoshi Okuda, and Nobukazu Yoshioka
2. 発表標題 Enterprise Architecture based Representation of Architecture and Design Patterns for Machine Learning Systems
3. 学会等名 13th Workshop on Service oriented Enterprise Architecture for Enterprise Engineering (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hironori Takeuchi, Azuki Ichitsuka, Taketo Iino, Shoki Ishikawa, and Keito Saito
2. 発表標題 Assessment Method for Identifying Business Activities to be Replaced by AI Technologies
3. 学会等名 25th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hironori Takeuchi, Ryutaro Iga, Kenta Katayama, Hina Mitsuyama, Ryota Motegi, and Arisa Uematsu
2. 発表標題 Identification of Business Goals of AI Service System based on GQM+Strategies
3. 学会等名 6th International Conference on Enterprise Architecture and Information Systems (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hironori Takeuchi, Yu Ito, Risa Nishiyama, and Tetsu Isomura
2. 発表標題 Modeling of Machine Learning Projects using ArchiMate
3. 学会等名 14th International Conference on Human Centered Intelligent Systems (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹内広宜, 吉岡信和, 鷺崎弘宜
2. 発表標題 社会受容性に基づいたMLサービスシステムのリスク分析法
3. 学会等名 人工知能学会 第30回知識流通ネットワーク研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹内広宜, 今崎耕太, 久野倫義, 土肥拓生, 本橋洋介
2. 発表標題 参照モデルを用いた機械学習プロジェクトの知見収集とパターンの作成
3. 学会等名 信学技法 KBSE2022-01
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹内広宜, 市塚亜月, 飯野貴斗, 石川翔暉, 前田美幸, 宮澤優花
2. 発表標題 社会受容性を持つAIサービスの設計についての検討
3. 学会等名 信学技法 SC2021-11
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹内広宜, 小形真平, 海谷治彦, 中川博之
2. 発表標題 エンタープライズアーキテクチャを用いた機械学習サービスシステムのアジャイル開発モデル
3. 学会等名 信学技法 KBSE2021-05
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hironori Takeuchi, Takuo Doi, Yoshinori Kuno, Yosuke Motohash
2. 発表標題 Collecting Data of Machine Learning Projects for Deriving Insights
3. 学会等名 2nd International Workshop on Machine Learning Systems Engineering, (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hironori Takeuchi and Shuichiro Yamamoto,
2. 発表標題 Business Analysis Method for Constructing Business-AI Alignment Model ”
3. 学会等名 24th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hironori Takeuchi, Yukino Oyama, and Kazuki Yamamoto
2. 発表標題 Adoptability Assessment of AI Service Systems
3. 学会等名 3th Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering (JCKBSE) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hironori Takeuchi and Shuichiro Yamamoto
2. 発表標題 Method for Assessing the Applicability of AI Service Systems
3. 学会等名 13th International Conference on Human Centered Intelligent Systems (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹内広宜, 伊賀龍太郎, 植松有咲, 片山健太, 三ツ山ひな, 茂木亮太
2. 発表標題 AIサービス設計におけるGQM+Strategiesを用いた業務課題同定の実践
3. 学会等名 人工知能学会 第28回知識流通ネットワーク研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹内広宜, 飯野貴斗, 石川翔暉, 市塚亜月, 齋藤圭杜
2. 発表標題 AI技術に代替される仕事の評価方法
3. 学会等名 信学技法 KBSE2021-03
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹内広宜, 伊藤優, 山本修一郎
2. 発表標題 EAモデリングを通じた機械学習プロジェクトキャンパスの構成法
3. 学会等名 信学技法 SC2020-11
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹内広宜, 土肥拓生, 鷺崎弘宜, 奥田聡
2. 発表標題 機械学習応用システムのアーキテクチャ・デザインパターンのArchiMateを用いた表現方法
3. 学会等名 人工知能学会 第27回知識流通ネットワーク研究会, SIG-KSN-027-05
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹内広宜, 大山雪乃, 山本和毅
2. 発表標題 AIサービスシステムの採用可能性を評価する手法
3. 学会等名 信学技法 KBSE2020-09
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hironori Takeuchi and Shuichiro Yamamoto
2. 発表標題 Business AI Alignment Modeling Based on Enterprise Architecture
3. 学会等名 11th International Conference of Intelligent Decision Technologies (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hironori Takeuchi and Shuichiro Yamamoto
2. 発表標題 AI Service System Development Using Enterprise Architecture Modeling
3. 学会等名 23rd International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹内広宜, 山本修一郎, 秋原史記, 石井旬, 星野史晶
2. 発表標題 エンタープライズアーキテクチャを用いたAIサービスシステム開発のモデル化とその実践
3. 学会等名 電子情報通信学会 知能ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹内広宜, 山本修一郎
2. 発表標題 オフィス向けAIサービスシステムのためのビジネスITアライメントモデルの作成手法
3. 学会等名 電子情報通信学会 知識とAI研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹内広宜, 山本修一郎
2. 発表標題 AI技術の適用可能性を評価するための業務分析手法
3. 学会等名 電子情報通信学会 知能ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hironori Takeuchi, Azuki Ichitsuka, Taketo Iino, Shoki Ishikawa, Miyuki Maeda, and Yuka Miyazawa
2. 発表標題 Method for Assessing Social Acceptability of AI Service Systems
3. 学会等名 15th International KES Conference on Human Centered Intelligent Systems (HCIS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hironori Takeuchi, Kota Imazaki, Noriyoshi Kuno, Takuo Doi, Yosuke Motohashi
2. 発表標題 Collecting Insights and Developing Patterns for Machine Learning Projects based on Project Practices
3. 学会等名 14th Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering (JCKBSE) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hironori Takeuchi, Yu Ito, Shuichiro Yamamoto
2. 発表標題 Method for Constructing Machine Learning Project Canvas Based on Enterprise Architecture Modeling
3. 学会等名 26th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹内広宜, 小形真平, 海谷治彦, 中川博之
2. 発表標題 意思決定プロセスモデルを活用した機械学習プロジェクトに関する知見の体系化
3. 学会等名 電子情報通信学会 サービスコンピューティング研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹内広宜, 今崎耕太, 本橋洋介, 久野倫義, 土肥拓生
2. 発表標題 機械学習サービスシステム開発プロジェクトにおける危険な匂いと実践に基づく収集
3. 学会等名 日本ソフトウェア科学会第39回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹内広宜, 小形真平, 海谷治彦, 中川博之
2. 発表標題 機械学習プロジェクトの実施における不吉な匂いとその認知度の調査
3. 学会等名 電子情報通信学会 知能ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹内広宜, 山本修一郎
2. 発表標題 機械学習技術適用プロジェクトにおける知識とその活用のモデル化
3. 学会等名 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会ウィンターワークショップ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 竹内広宜, 小形真平, 海谷治彦, 中川博之
2. 発表標題 機械学習プロジェクトにおけるアンチパターンとその整備
3. 学会等名 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 竹内広宜, 山本修一郎
2. 発表標題 機械学習プロジェクトにおける課題解決のための知識のモデル化
3. 学会等名 電子情報通信学会 知能ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 石川 冬樹、丸山 宏、柿沼 太一、竹内 広宜、土橋 昌、中川 裕志、原 聡、堀内 新吾、鷺崎 弘宜	4. 発行年 2022年
2. 出版社 講談社	5. 総ページ数 336
3. 書名 機械学習工学	

1. 著者名 吉岡 信和、鷺崎 弘宜、内平 直志、竹内 広宜	4. 発行年 2023年
2. 出版社 科学情報出版	5. 総ページ数 262
3. 書名 AIプロジェクトマネージャのための機械学習工学	

〔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

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