

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：34323

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K20243

研究課題名（和文）機械学習サービス基盤の研究

研究課題名（英文）A Study on Machine Learning Service Infrastructure

研究代表者

中口 孝雄（Nakaguchi, Takao）

京都情報大学院大学・その他の研究科・准教授

研究者番号：20775762

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）：本研究では、機械学習技術を応用したアプリケーションソフトウェアの開発や、機械学習技術を組み合わせた新たな機能の作成を容易にするため、機械学習技術へのサービスコンピューティングの適用に取り組んだ。複数の機械学習技術の入出力を整理し17のサービスインタフェースを定義し、機械学習サービスを提供するためのサービス基盤を構築した。実際にその基盤上で149のサービスを作成し、サービスを組み合わせたサービスも作成し、サービスを呼び出すアプリケーションソフトウェアの構築例も作成した。研究を通じ2件の論文誌採択、1件の研究会発表を行い、作成したソフトウェアをオープンソースとして公開した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自然言語処理技術に対してはサービスコンピューティングを適用した言語サービス基盤が存在し、同種の技術を共通のサービスインタフェースで呼び出し、またサービスを組み合わせることで新たなサービスを作成できる。しかし、近年進歩の著しい画像認識や物体検出といった機械学習技術を用いた機能に関しては同様のものが存在しない。本研究では機械学習サービス基盤の実現に向け、複数の機械学習技術のサービスインタフェース定義、サービスの実行管理を行いサービスの組み合わせを可能とするフレームワークの作成、それらを利用したアプリケーション例の作成を行い、成果を論文発表、およびオープンソース化し、学会・社会へ提供した。

研究成果の概要（英文）：In this research, I worked on applying service computing to machine learning technology in order to facilitate the development of application software that applies machine learning technology and the creation of new functions by combining machine learning technology. I defined 17 service interfaces by organizing the inputs and outputs of multiple machine learning technologies and built a service infrastructure for providing machine learning services. I created 149 services using the platform, created new services that combine these services, and created an example application software that calls the services. Through the research, I have adopted 2 papers, presented 1 research meeting, and released the created software as open source.

研究分野：サービスコンピューティング

キーワード：サービスコンピューティング 機械学習 Webサービス

1. 研究開始当初の背景

従来ソフトウェアを部品化してネットワークを介して実行可能とし、さらに組み合わせる新たな機能を作成するためサービスコンピューティングが研究・導入されてきた。インタフェース記述(WSDL)、実行要求や実行結果の表現および送受信方法(SOAP)、サービスの複合化のための記述・実行(BPEL)といった様々な標準仕様を生み出し、それらを礎とした研究を生み出すと主に、実装したソフトウェアがオープンソースとして公開され、社会実装も進んだ。サービスコンピューティング、特に Web サービスを扱う場合では、特定の機能の入出力を定義した Web サービスインタフェースを定め、処理の単位を明確にしてリクエスト・レスポンス形式で利用する。自然言語処理技術にサービスコンピューティングを適用した言語グリッドでは、形態素解析器や翻訳器、辞書データなどのコーパスの検索機能などを Web サービス化し、それらを組み合わせる新しいサービスを構築できるサービス基盤を実現している。さらに、NPO や教育研究機関、民間組織により、その基盤が実際の多言語支援活動に用いられている。具体的には、NPO が実施する児童向け国際交流ワークショップにおける多言語支援を実現するため、汎用的な翻訳システムをサービス化したものと、NPO 固有の用語を格納した辞書をサービス化したものを組み合わせ、NPO の活動に特化した翻訳サービスを合成している。サービスは、NPO が開発したアプリケーションから、Web サービスプロトコルを用いて実行されている。

特定の分野にサービスコンピューティングを適用するためには、言語グリッドのように、その分野で行われている情報処理の方式を分類し、分類毎に Web サービスインタフェースを定めて、定めたインタフェース経由で実行できるように実際のプログラムやデータをサービス化する必要がある。具体的には、Web サービスインタフェースに対応し、実行リクエストを実際のプログラムの実行やデータの検索処理に変換し、また実行結果を Web サービスインタフェースの応答に対応した形式に変換するラッパープログラムを作成する必要がある。

近年深層学習を含めた機械学習技術の研究や様々な分野への適用が行われている。文字認識や物体認識、対話システムなど応用先は多岐にわたり、その研究成果は無料や安価で利用できるクラウドサービスやオープンソースソフトウェアなどの形で利用可能となっている。機械学習では、特定のタスクを実現するために、既存のデータを用いて学習器をトレーニングし学習結果をモデルファイルとして保存する。実際に処理を行う際には、文字や画像などの入力情報と、学習済みモデルファイルを用いて結果を生成する。機械学習の分野では、研究発表やソフトウェア公開およびバージョンアップのサイクルが速く、様々な技術が利用可能になる一方で、同種の技術でも利用のための呼び出しインタフェースやデータ形式が異なり、アプリケーションから利用する際に個別の対応を行う必要がある。サービスコンピューティングの導入により、技術を分類し、分類毎にインタフェースを定義してサービス化することにより、様々な技術が容易に利用できるようになり、組み合わせによる新たな機能の作成も可能となり、機械学習技術の社会的な応用が進むことが期待される。しかしながら、自然言語処理技術に対する言語グリッドのような仕組みは存在せず、サービスコンピューティングの適用可能性も明らかではないため、実際に適用して検証し、その結果をもとにサービス基盤を構築する試みが必要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、機械学習技術へのサービスコンピューティングの適用可能性を明らかにすること、および実際に適用し機械学習技術のサービスとしての利用を実現することである。今まで言語グリッドなどの自然言語処理向けのサービス基盤や、科学技術計算向けのサービス基盤が研究され公開されてきた。本研究では、機械学習やその応用技術をサービス化し、組み合わせによる新しいサービスの作成を実現する。これにより、機械学習技術のサービスとしての利用を容易にし、それらを活用したアプリケーションソフトウェアの開発や、それらを組み合わせる新たなサービスの開発を促進する。また、サービスインタフェースが定義されることで、今後の機械学習サービスもそのインタフェースに準拠すればアプリケーションソフトウェアから利用可能になるため、再利用性やアプリケーションとサービスの組み合わせの多様化が期待できる。また、機械学習技術のサービス化は、機械学習技術を用いた研究も容易にするため、特定の問題領域に応用する研究や、サービス基盤そのものの研究などの発展にも寄与する。

3. 研究の方法

本研究では、機械学習技術へのサービスコンピューティングの適用可能性を明らかにするため、まず既存の機能を分類し、分類毎にサービスインタフェース定義を作成した。この際、サービスの組み合わせが容易になるよう、インタフェース定義を追加する度に、既存のインタフェースとの整合性を検証しつつ進めた。また、同種の機能には同じインタフェースが使用できるよう、インタフェースの汎用性も確保した。この作業により、画像認識、物体検出、音声認識、画像生成、対話などを含む 17 のサービスインタフェースの定義を得た。

次に、実際に定義したインタフェースに基づきプログラムインタフェースを作成し、サービス実際に定義に基づき技術をサービス化した。この際、音声認識やカメラ画像を対象とした物体検出のような、継続的に入力を行いその処理結果も継続的に出力することを可能にするため、従来

のウェブサービスで採用されているリクエスト/レスポンス方式を拡張し、インタフェース定義を行った。具体的には、リクエストの種類として継続処理を開始するリクエストと処理するデータを送信するリクエスト、継続処理を停止するリクエストの3つを設けた。レスポンスはそれぞれ、継続処理の識別子、処理結果、処理結果を返すよう定義した。最初のリクエストのレスポンスとして取得した識別子を、他のリクエストのパラメータに含めることで、複数の継続処理が並行して実行されても、処理を識別できるようにした。また、継続的な音声認識では、データの送信回数と認識結果の数が対応しない。プログラムインタフェース上でこれを実現するため、処理結果は配列で返す定義とし、空配列も許容することとした。処理するデータを送信するリクエストおよび継続処理を停止するリクエストで空または複数の結果が返せることで、データ送信の回数と結果の数が非対称の場合でもリクエスト/レスポンス方式の呼び出しが破綻しない状態を確保した。これらの仕組みに基づいてサービスの管理を行うサービスフレームワークを開発し、オープンソースとして公開されている機械学習技術をサービス化して登録し、149のサービスが利用できる環境を作成した。

次に、サービスを組み合わせたサービスである複合サービスを、先に定義したサービスインタフェースに基づき作成する仕組みを整備した。複合サービスの実装にはJava言語を採用し、フレームワークの登録されているサービスを実行する機能を用意し、任意のサービスを組み合わせられるようにした。複合サービスもウェブサービスとしてフレームワークに登録し、定義されたインタフェースでアプリケーションから実行できる仕組みを整備した。加えて、アプリケーションからの実行時に、複合サービス内で呼び出すサービスを指定する機能を整備し、複合サービス自体の実装を変更せずにアプリケーションの指定に応じて呼び出すサービスを切り替えられるようにした。これにより、サービスインタフェースが同じであれば、任意のサービスや複合サービスを自由に組み合わせ実行できる環境を実現した。

最後に、研究を通じて得たサービス定義とそれに基づくサービスの有用性を実証するため、サービス呼び出しを行うプロトタイプアプリケーションと、実際の問題に対する利用例を作成した。プロトタイプアプリケーションでは、ウェブブラウザ上で動作し、定義したサービスインタフェース全てに対応したサービス呼び出しモジュールを備える。また、サービス基盤上に登録されているサービスの一覧を取得して利用者に提示し、利用者が希望のサービスを選択して実行できる機能を提供する。実際の問題に対する利用例としては、口腔ケア実施報告分析システムにおいて、報告内容を形態素解析で処理し、名詞の出現頻度からワードクラウドを作成して利用者に提示し、サービスを利用することで容易にアプリケーションが作成できることを示した。

4. 研究成果

本研究を通して、研究発表1件と論文投稿2件(再録済み)を行った。また、開発したソフトウェアをオープンソースソフトウェアとして公開した。

研究発表としては、電子情報通信学会サービスコンピューティング研究会において、「機械学習システムへの複合サービス技術の適用」というタイトルで発表を行なった。この発表において、サービスコンピューティングの自然言語処理分野への適用の際に整備された、資源(データやプログラム)とサービスインタフェース、ラッパーの役割分離を、機械学習分野に応用する際の問題点を指摘した。機械学習分野では、資源のデータフォーマットや呼び出しインタフェースが実装毎に異なり、機能の共通コンポーネント化が難しい点である。その解消に向け、既存の機械学習技術を分類し、サービスが備えるべきインタフェースを提案した。

論文投稿としては、日本応用情報学会論文誌(NAIS Journal)へ2件投稿を行い、採録された。一つは「機械学習サービスを登録・提供するサービス基盤の構築に向けて」であり、機械学習サービスに必要な、既存のウェブサービス技術の応用と、通信方式の拡張を提案した。通信方式の拡張では、連続的な入出力を実現するストリーム型の定義を導入し、継続的な音声認識機能のサービス化を可能にした。もう一つは「フォームサービスとスプレッドシートサービスおよびテキスト解析サービスを組み合わせた口腔ケア実施報告分析システム」である。これは、研究を通して開発したサービスを実際の医療現場の問題に適用し効果を実証したものである。具体的には、形態素解析とワードクラウド描画機能を組み合わせたサービスを試作し、実施報告書に記入されている症状やケア内容から出現頻度の高い語を可視化し、実施状況の把握と共有に活用した。その結果、従来意識されていなかった症状が可視化され、実施者の議論が活発化したことが報告されている。

研究を通して開発したソフトウェアは、ソースコード公開サイト(GitHub)を通じて成果公開している。また、提案したサービス基盤上で動作するサービスの開発も継続しており、現時点で17のサービスインタフェースと149のサービスが登録されている。今後さらに研究を進展させ論文投稿や成果公開を続けていく。

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 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 中口孝雄	4. 巻 15
2. 論文標題 機械学習サービスを登録・提供するサービス基盤の構築に向けて	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 NAIS Journal	6. 最初と最後の頁 66-72
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 堀口 尚史, 中口 孝雄, 佐藤 元昭	4. 巻 15
2. 論文標題 フォームサービスとスプレッドシートサービスを用いた 口腔ケア実施報告システム	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 NAIS Journal	6. 最初と最後の頁 57-65
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 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中口孝雄
2. 発表標題 機械学習システムへの複合サービス技術の適用
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 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究を通じて作成したソフトウェアを、オープンソースソフトウェアとして公開している。
<https://github.com/openlangrid/mlgrid-services/>

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