

令和 3 年 5 月 11 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03341

研究課題名（和文）サービス連携に基づく状況依存型多言語コミュニケーション環境の実現

研究課題名（英文）Realizing Situated Multi-Language Communication Environments Based on Service Composition

研究代表者

林 冬恵（Lin, Donghui）

京都大学・情報学研究科・特定准教授

研究者番号：90534131

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、Internet of Services (IoS)上に限られてきた多言語コミュニケーション環境にInternet of Things (IoT)技術に加えて、現場が要求する品質を満たす多言語コミュニケーション環境の実現を試みた。まず、利用者の文脈に応じる状況依存型サービス連携技術を開発し、言語サービスの高品質化を実現した。次に、IoS上の言語サービスとIoT上のデバイスを自由に組み合わせ、高品質の複合サービスを生み出す統合基盤を構築した。さらに、多言語コミュニケーション現場において、翻訳エージェント及び対話エージェントの実証研究を行い、基盤研究の成果を実世界に反映した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、サービスコンピューティングと言語資源の2つ分野に跨る研究である。まず、利用文脈に応じるサービス品質の高度化に関する取り組みは独創的な点であり、IoS上のWebサービスとIoT上のデバイスの連携に関する新技術の創出はサービスコンピューティング分野に貢献している。次に、現場の多言語コミュニケーション環境の高品質化に取り組むことによって、言語資源分野における言語資源の実用化に対する貢献が大きい。また、サービス連携に関する技術的な基礎研究を行うと共に実世界の多言語現場でその効果を検証し、社会的な意義が大きい。

研究成果の概要（英文）：To satisfy the requirements of Quality of Services (QoS) in the real fields, this research aims at realizing multi-language communication environments by integrating the language services on the Internet of Services (IoS) and physical devices on the Internet of Things (IoT). First, we developed the situated service composition technology to realize the high-quality language services. Then, we built an integrated architecture that enables the interoperability of language services and physical IoT devices. Moreover, we conducted the real-world experiments of translation agents and dialogue agents in multi-language communication fields to demonstrate the effectiveness of this research.

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 サービス連携 Internet of Things 多言語コミュニケーション環境
マルチエージェントシステム

1. 研究開始当初の背景

近年、深層学習に基づく機械翻訳や音声認識の精度が向上することによって、様々な現場において自然言語処理技術の活用が期待されている。一方、インバウンドのような多言語現場では、特定の文脈や文化に依存する事物を扱う場面が多いため、ニューラル機械翻訳など各々の技術の高度化だけでは高品質なコミュニケーション支援が困難である。特定の文脈における多言語支援では、機械翻訳以外にも、コミュニティ辞書や概念辞書、類似度計算、多言語隣接応答対応などの言語サービスを柔軟に連携する必要がある。また、利用者の状況を把握し適切なサービスを提供するには、Internet of Services (IoS) 上の言語サービスだけでなく、Internet of Things (IoT) 上のセンサーなどのデバイスも多言語環境に組み込むことが重要になってくる。

2. 研究の目的

本研究は、Internet of Services (IoS) 上に限られてきた多言語コミュニケーション環境に Internet of Things (IoT) 技術に加えて、状況依存型サービス連携の概念を導入することで、現場が要求する品質を満たす多言語コミュニケーション環境の実現を図る。具体的には、以下の2つの課題に取り組んだ。

(1) 利用文脈に応じるサービス連携の高品質化

サービス連携とは、サービス基盤に集積された基本となる原子サービスを組み合わせ、高い品質 (Quality of Service、または QoS) の複合サービスを構築する技術である。従来、複合サービスの自動構築は、人工知能分野のプランニング技術を用いたワークフローの自動生成や QoS 最適化に基づくサービスの自動選択に関する研究が主流だったが、多言語現場の利用者の要求が多様であるため、むしろ多数の複合サービス候補の中から利用者の状況を満足するものを推薦し、原子サービスを動的に当て嵌める研究が重要である。本研究は、IoT 上のセンサーなどのデバイスを用いて利用文脈を検出し、利用者の状況に応じる状況依存型サービス連携技術を開発することによって、言語サービスの高品質化を実現する。

(2) IoS と IoT を統合するサービス基盤の高度化

これまでに、多言語コミュニケーション環境は、IoS 基盤上の言語サービスの連携を中心に構築された。一方、多言語コミュニケーション現場の様々な利用文脈のサービス品質を満たすために、IoS 上の言語サービスだけでなく、IoT 上のセンサーなどの物理的なデバイスを多言語環境の一部として組み込む必要がある。しかしながら、IoT 上のセンサーから発生するストリームデータは、粒度が細かく、そのままでは IoS サービスの入力に適さないというデータの異質性問題がある。また、データの大規模性を対応するため、利用者の状況を検出する際に、多数のデバイスにより生じるイベントとそれに伴うアクションをリアルタイムに処理できるよう、従来の IoT 上のイベント処理機構を拡張する必要がある。本研究は、データの異質性と大規模性による課題に取り組み、IoS 上の言語サービスと IoT 上のセンサーなどのデバイスを自由に組み合わせるサービス基盤を構築し、実空間の状況依存型多言語コミュニケーション環境を実現する。

3. 研究の方法

(1) 利用文脈に応じるサービス連携の高品質化

従来のサービス連携問題は、サービスのコストや応答時間などの非機能的品質に関する QoS 最適化問題として研究されてきた。しかし、多言語現場では、特定の文脈における利用者が要求するサービス品質を満たすことが重要である。そこで、利用文脈に応じて複合サービスの自動推薦と原子サービスの自動選択が可能とする状況依存型サービス連携手法を実現する。まず、我々が運営する言語サービス基盤を用いて、多言語現場におけるサービス利用データを収集する。次に、利用者とサービス品質を含む 2 次元のデータに利用者の文脈を反映する「状況」の次元を導入し、サービス品質を最大化するための複合サービス推薦アルゴリズムを開発し評価を行う。

(2) IoS と IoT を統合するサービス基盤の高度化

現場の利用文脈が要求するサービス品質を満たすために、IoT 基盤上のセンサーなどのデバイスを多言語環境に組み込むことが重要になってくる。そこで、IoS 基盤上の多様な言語サービスと IoT 基盤上の多様なセンサーなどのデバイスを自由に組み合わせ、高品質の複合サービスを生み出すサービス統合基盤を構築する。まず、データの異質性と大規模性による技術的な課題を解決するために、IoS/IoT 統合機構のアーキテクチャを設計する。次に、IoS/IoT 統合基盤上においてサービスインタフェースの標準化を行い、言語サービスとセンサーなどのデバイスサービスとの相互接続と運用を可能とする。

また、本研究の方法として、IoT 技術を導入したサービス連携の基盤研究と多言語コミュニケーション現場における実証研究を、当初より並行して実施する。

4. 研究成果

(1) 利用文脈に応じるサービス連携の高品質化

まず、多言語コミュニケーションの高品質化のため、多言語サービス基盤「言語グリッド」における言語サービスの層と多言語アプリケーションの層の間に、サービス呼び出しコンポーネント層を実現し、多言語コミュニケーションのデザイン環境として拡張した。この成果は国際会議 IC4E 2019 において招待講演を行った。

次に、利用者とサービス品質 (QoS) を含む 2 次元のデータに利用者の文脈を反映する状況の次元を導入し、図 1 に示すように、サービス品質を最大化するための 2 段階状況依存型サービス推薦 (Situating Service Recommendation) アルゴリズムを開発した。具体的には、まずデータのスパース性に対応するため、機械学習を用いてサービスデータの拡張を行った。次に、テンソル分解を用いてサービス品質を予測した。また、多言語サービス基盤「言語グリッド」において、178, 126 回のサービス呼び出しデータを用いて提案手法を検証し、従来の手法よりもサービス品質の予測精度で 14% 向上させている。この成果は、サービスコンピューティングのトップ国際会議 IEEE SCC 2018 において発表した。ここで提案した状況依存型サービス推薦アルゴリズムは、今後 IoT サービスを用いて利用者の状況データを取得する場合も適用可能である。

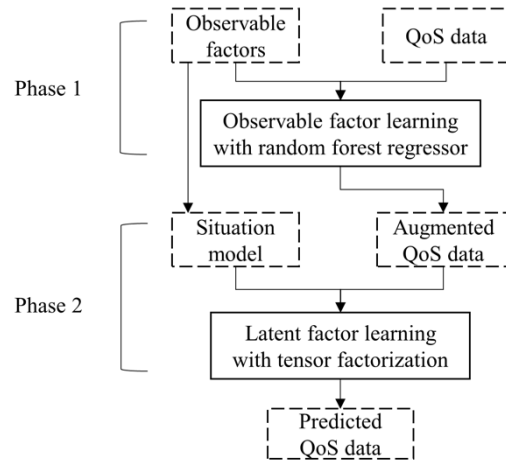


図 1 2 段階状況依存型サービス推薦

(2) IoS と IoT を統合するサービス基盤の高度化

まず、マルチエージェントシステムに基づいて、IoS と IoT を統合するサービス基盤を設計した。ネットワーク化されたサーバー上に、エージェント群を展開し、センサー・デバイス群を制御することが求められる。そこで、分散環境を制御するマクロエージェントと、分散問題解決のためのマイクロエージェントの 2 層構成のアーキテクチャを設計した。マクロエージェントは、各サーバー上に予めインストールされ、メタシナリオに従って周囲のマクロエージェントと通信し自己組織的にネットワークを形成する。一方、マイクロエージェントは、各サーバー上のデータ構造として実装され、マクロエージェントの制御下で問題解決を行う。これにより、マイクロエージェントは物理的な分散環境を意識することなく、別のサーバ上のマイクロエージェントとインタラクションをとることが可能になる。

次に、IoS サービスと IoT サービスとの相互接続を可能とするよう、サービスインタフェースの標準化機構と複合イベントの処理機構によって構成されるアーキテクチャ (図 2) を提案した。また、提案したアーキテクチャに基づき、異種の IoT デバイスと Web サービスを相互運用可能な統合基盤を実際に実現した。さらに、スマートホームに関するサービス機能を軸に、20 種類以上のサービスインタフェースを実際に設計し、基盤上の複合イベント処理を実現した。

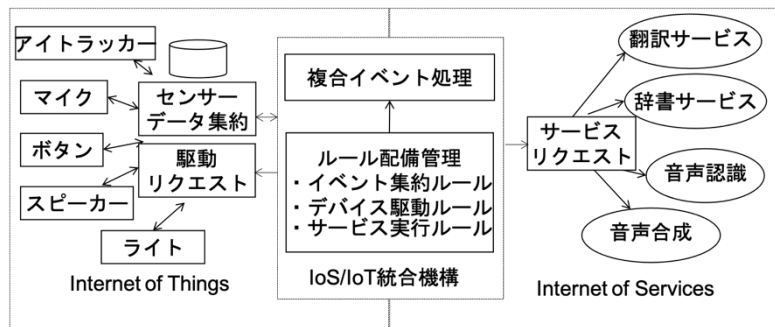


図 2 IoS/IoT 統合サービス基盤のアーキテクチャ

これらの成果に基づいて、人工知能とマルチエージェントのトップ会議である IJCAI/AAMAS 2018 (合同開催) において、International Workshop on Massively Multi-Agent Systems をオーガナイズし研究発表を行い、その論文集を Springer で出版した。このワークショップの開催をきっかけに、今後、IoT サービスとマルチエージェントの接点に関する研究コミュニティの形成が期待される。

本研究の基盤研究の成果を実世界に反映するため、翻訳エージェント及び対話エージェントの実現を対象として、並行に多言語コミュニケーション現場における実証研究を行った。まず、二種のコグニティブサービス (視線トラッキング、表情分析) を用いて、翻訳メッセージの受信者の反応に応じて、翻訳結果を適応させる翻訳エージェントを実現した。具体的には、受信者の表情の変化が起こった際に、受信者が凝視している箇所を検出し、代替候補の翻訳への置き換えを行う。次に、翻訳エージェントが文化差によるコミュニケーション齟齬を回避するために、単

語の画像検索結果から特徴量を抽出し、文化差を検出する手法を考案した。WordNet から抽出した 500 件の概念に本手法を適用したところ、検出精度は 76%を達成した。また、医療支援を対象に、様々な機械翻訳サービスや辞書サービス、隣接ペアサービスの連携により、文脈を考慮した対話エージェントを実装した。これらの成果は、言語資源に関する国際会議 LREC 2020 やコラボレーションに関する国際会議 CollabTech 2020 において発表した。

本研究期間では、新型コロナウイルス感染症の影響があるため、大規模な多言語コミュニケーション実証実験を実施するまでには至っていない。一方、本研究成果を用いた多言語コミュニケーションの現場での社会貢献を研究終了後も持続させるため、本研究の協力組織である特定非営利活動法人言語グリッドアソシエーションを中心に、今後も継続的にフィールドでの実証研究を行っていく予定である。

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 3件）

1. 著者名 Mondheera Pituxcoosuvann, Takao Nakaguchi, Donghui Lin, Toru Ishida	4. 巻 E103.D
2. 論文標題 Privacy-Aware Best-Balanced Multilingual Communication	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1288 ~ 1296
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2019KBP0008	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 西村一球, 村上陽平, Mondheera Pituxcoosuvann	4. 巻 Vol.23, No.2
2. 論文標題 画像特徴量に基づく文化差検出	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	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 Donghui Lin, Yohei Murakami, Toru Ishida	4. 巻 11
2. 論文標題 Towards Language Service Creation and Customization for Low-Resource Languages	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Information	6. 最初と最後の頁 67 ~ 67
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/info11020067	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 Victoria Abou-Khalil, Toru Ishida, Masayuki Otani, Brendan Flanagan, Hiroaki Ogata and Donghui Lin	4. 巻 13
2. 論文標題 Learning Culturally Situated Dialogue Strategies to Support Language Learners	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Research and Practice in Technology Enhanced Learning	6. 最初と最後の頁 1-20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s41039-018-0076-x	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22件(うち招待講演 1件/うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Shiyao Ding and Donghui Lin
2. 発表標題 Dynamic Task Allocation for Cost-Efficient Edge Cloud Computing
3. 学会等名 The 17th IEEE International Conference on Services Computing (IEEE SCC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Bowen Wei, Donghui Lin, and Shiyao Ding
2. 発表標題 A Constraint-based Approach to Edge Resource Allocation for Complex Event Processing
3. 学会等名 The 2020 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shiyao Ding and Donghui Lin
2. 発表標題 A Coalitional Markov Decision Process Model for Dynamic Coalition Formation among Agents
3. 学会等名 The 2020 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mondheera Pituxcoosuvann, Yohei Murakami, Donghui Lin, Toru Ishida
2. 発表標題 Effect of Cultural Misunderstanding Warning in MT-Mediated Communication
3. 学会等名 26th International Conference on Collaboration Technologies and Social Computing (CollabTech 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ikkyu Nishimura, Yohei Murakami, Mondheera Pituxcoosuvann
2. 発表標題 Image-Based Detection Criteria for Cultural Differences in Translation
3. 学会等名 26th International Conference on Collaboration Technologies and Social Computing (CollabTech 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Huichen Chou, Donghui Lin, Toru Ishida, Naomi Yamashita
2. 発表標題 Understanding Open Collaboration of Wikipedia Good Articles
3. 学会等名 The 22nd International Conference on Human-Computer Interaction (HCI 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mondheera Pituxcoosuvann, Takao Nakaguchi, Donghui Lin, Toru Ishida
2. 発表標題 Secure Agents for Supporting Best-Balanced Multilingual Communication
3. 学会等名 The 22nd International Conference on Human-Computer Interaction (HCI 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Donghui Lin, Masayuki Otani, Ryosuke Okuno, and Toru Ishida
2. 発表標題 Designing Multilingual Interactive Agents using Small Dialogue Corpora
3. 学会等名 The 12th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Huichen Chou, Donghui Lin, Takao Nakaguchi, and Toru Ishida
2. 発表標題 A Blockchain-based Collaboration Framework for Teaching Material Creation
3. 学会等名 The 23rd International Conference on Human-Computer Interaction (HCI 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Huichen Chou, Rafik Hadfi, Donghui Lin, and Takayuki Ito
2. 発表標題 Identifying Collaborative Editing Traits and Phases in Good Wikipedia Articles
3. 学会等名 ACM Collective Intelligence Conference 2021 (ACM CI 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川田愛華, 大谷雅之
2. 発表標題 環境急変に適應する半自律型スマートホームシステム
3. 学会等名 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松岡勇樹, 村上陽平
2. 発表標題 コグニティブサービスを用いた翻訳エージェント
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 2020年

1. 発表者名 張 禹王, 村上陽平
2. 発表標題 低資源言語ためのブロックチェーンに基づく非中央集権型辞書システム
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 2020年

1. 発表者名 元澤海月, 村上陽平, Mondheera Pituxcoosuvann
2. 発表標題 児童の異文化コラボレーションにおけるファシリテーションの分析
3. 学会等名 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mondheera Pituxcoosuvann, Donghui Lin, Toru Ishida
2. 発表標題 A Method for Automated Detection of Cultural Difference Based on Image Similarity
3. 学会等名 The 25th International Conference on Collaboration Technologies and Social Computing (CollabTech 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川田愛華, 田中優衣, 大谷雅之
2. 発表標題 ルールベースに基づく半自律型対話システム
3. 学会等名 第47回知能システムシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本直也, 森田響, 大谷雅之, 川北光起
2. 発表標題 マルチモーダルデータを用いた魚群の狂奔行動分析
3. 学会等名 第47回知能システムシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 地田大樹, 村上陽平
2. 発表標題 対訳辞書作成のための信頼に基づくクラウドソーシングの評価
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専門委員会第33回研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大久保弘基, 村上陽平
2. 発表標題 グラフ埋め込みを用いた代替サービスの推薦
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専門委員会第33回研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jiapeng Dai, Donghui Lin, Toru Ishida
2. 発表標題 A Two-Phase Method of QoS Prediction for Situated Service Recommendation
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Services Computing (SCC) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Donghui Lin
2. 発表標題 Multi-Language Service Design: Enabling Technologies and Applications
3. 学会等名 2019 10th International Conference on E-Education, E-Business, E-Management and E-Learning (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 向井 涼, 田中 高志, 大谷 雅之
2. 発表標題 機械翻訳における人の振る舞いを用いた誤訳検出
3. 学会等名 第46回知能システムシンポジウム
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 Donghui Lin, Toru Ishida, Franco Zambonelli, Itsuki Noda	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer, Cham	5. 総ページ数 163
3. 書名 Massively Multi-Agent Systems II	

1. 著者名 Donghui Lin, Yohei Murakami, Toru Ishida	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer, Cham	5. 総ページ数 163 (36-49)
3. 書名 "Integrating Internet of Services and Internet of Things from a Multiagent Perspective." Donghui Lin et al. (Eds.) Massively Multi-Agent Systems II.	

1. 著者名 Yohei Murakami, Takao Nakaguchi, Donghui Lin, Toru Ishida	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer, Cham	5. 総ページ数 163 (53-65)
3. 書名 "Two-Layer Architecture for Distributed Massively Multi-agent Systems." Donghui Lin et al. (Eds.) Massively Multi-Agent Systems II.	

〔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	村上 陽平 (Murakami Yohei) (00435786)	立命館大学・情報理工学部・准教授 (34315)	
研究分担者	大谷 雅之 (Otani Masayuki) (00782682)	近畿大学・理工学部・講師 (34419)	
研究分担者	石田 亨 (Ishida Toru) (20252489)	京都大学・情報学研究科・教授 (14301)	

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1件

国際研究集会 2018 International Workshop on Massively Multi-Agent Systems	開催年 2018年～2018年
--	--------------------

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