

現場主体による目的指向構造化知識の手法と対話システムによる 支援の検討

Investigation of Method to Structure Knowledge by Worker with Dialogue-Based Assistant System

伊集院 幸輝^{1*} 小早川 真衣子¹ 西村 拓一¹
Koki Ijuin¹ Maiko Kobayakawa¹ Takuichi Nishimura¹

¹ 国立研究開発法人産業技術総合研究所

¹ National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Abstract: 熟練作業者の高齢化を背景に、製造業や介護の分野において、熟練従事者の知識を集約し、人材育成やヒューマンエラーの防止に活用することが求められている。そこで、本研究は、知識の更新可能性と効率的な収集を目的とした現場主体による目的指向の知識構造化の新たな手法の提案と、知識の構造化を支援する対話システムの設計を行なった。提案手法の実現可能性を検証するため、介護現場について予備実験を行い、知識の円滑な収集を支援する対話システムの構築手法について検討する。

1 はじめに

団塊世代の熟練作業者の定年退職による知識流出を背景に、介護現場や製造業において、熟練者の知識を集約し、人材育成 [1] やヒューマンエラーの予防に活用できる技術が求められている。それらの知識流出の対策の一環として、それぞれの現場では作業工程の各行為の手順の把握を目的としたマニュアルが作成されている。しかし、それらのマニュアルはその行為が果たすべき目的については記述されておらず、熟練者の判断等に関する知識を十分にカバーしきれていない。そのため、新人作業従事者は行為と順序が持つ重要性を把握できず、重要な行為を行わない、行為の順番を取り違えるといったヒューマンエラーが起きる可能性が高い。それぞれの現場における知識の集約への支援が高齢社会となった日本において急務である。

作業工程における行為の目的を明確にする従来手法として、西村らは目的指向で行為を構造的に記述する知識表現モデル“CHARM”を提案した [2]。CHARMは、行為を目的に注目して記述させる。ある行為を、それを達成するために必要な行為の系列に分解することで、行為間の目的達成関係を明らかにしている (図 1)。結果として、各行為の目的の把握を容易にする。西村らは、CHARM を介護行為に適用する際、教科書に基づいて共通となる介護行為に関する知識を記述し提供

することで、作業従事者による知識記述を促進する方法を提案した [3]。しかし、介護現場、製造業における作業工程は独自の工程が多数あり、教科書も存在しない場合もあり、専門家が共通知識を構築することが困難または非効率的である。

本研究では、知識構築専門家による共通知識を必要とせず、作業者が自ら現場固有の知識を構築できる新たな手法の提案と、その構築を支援する対話システムの構築を目的とする。本研究の流れとして、提案手法による知識構造化が可能かを、ファシリテーターによる支援のもと、人手での知識構造化を予備実験的にを行い検証し、そこから得られた知見をもとに、作業従事者が構築可能であるフローチャート的な構築を AI が対話的に支援する。

本論文では、まず新たに提案する作業フローと目的指向ツリーによる知識構造化手法について記述し、その後予備実験の構成・結果について論じる。その後、それらの知見をもとに対話システムをどのように構築していくかについて検討した考察について記述する。

2 作業フローと目的指向ツリーによる知識構造化手法

2.1 概要

従来の研究では、知識の構造化には、教科書の知識を元に、知識構築専門家によるプロトタイプ構造化知

*連絡先：国立研究開発法人産業技術総合研究所
135-0064 東京都江東区青海 2-4-7 産業技術総合研究所 臨海副都心
センター 別館
E-main: koki-ijuuin@aist.go.jp

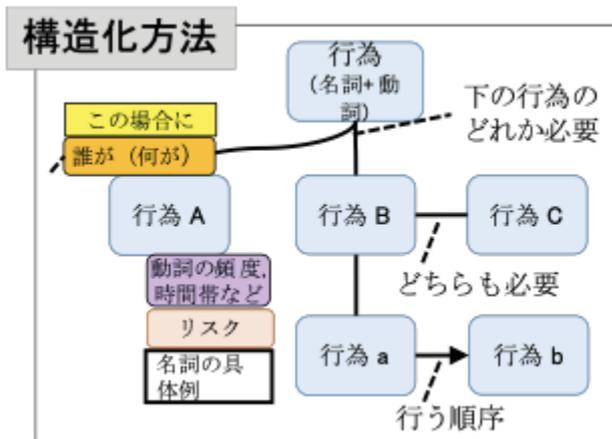


図 1: CHARM による目的指向構造化の概略図。

識の作成・作業従事者とのワークショップによる改善のプロセスを経ていた [3]。しかし、十分な教科書が存在しない介護現場や製造業の作業工程において、プロトタイプ目的指向構造化知識の作成の段階で、作業従事者との連携が必要であった。また、ワークショップでの目的指向構造化知識の修正箇所も多く、目的指向構造化知識の構築は、時間的・人的コストが高いという問題があった。そこで、多量の目的指向構造化知識を容易に獲得できるよう、本研究は既存マニュアルの作業工程フローチャートを活用し、現場主体によるボトムアップでの目的指向構造化知識の構築方法を提案する。

本研究で提案する手法は、作業工程を時系列に並べたフローチャート(以下、作業フロー)と、作業工程にとって主とならない作業行為の目的を階層化した目的指向ツリー(以下、目的指向ツリー)の2つによって構成される。2つの形に分けることで、時系列情報の把握の容易さと、従来の目的指向での知識構造化では構築が難しかった複数の目的へ対応できるようになる。

2.2 作業フロー

作業フローは、特定の作業を達成するために行う必要のある行為を行為ノードに分割・階層化し、時系列順に並べたものである。根ノードには、「特定の作業名」を記述し、下層に詳細の行為ノードを記述する。同層の行為ノードは、矢印、又は直線で連結されており、矢印の場合はその順序で、線の場合は順不同でその行為を行なっている必要がある。各ノードの階層は、上層の行為ノードを達成するためには、下層の行為ノードを行う必要があるといった、目的関係を記述している。これにより、作業工程の時系列情報を損なわずに、情報が付与できる。また、行為ノードは、従来手法と同様にその行為の持つリスク、行為を行う条件等を付与できるような形となる(図 1)。

作業フローを用いるメリットとして、作成時間の短縮と構築の容易さが挙げられる。従来の手法では現場でのワークショップ実施前に、知識構築専門家が目的指向構造化知識の雛形を構築していた。過去の事例として、介護分野における一つの作業工程(介助)についての雛形の構築には、知識構築専門家が作業工程について理解し、その上で各行為の分割や階層化を行っていたため、2週間程度の時間を要していた [3]。

本提案手法では、作業フローの行為ノードについて、可能な限り既存のマニュアルや教科書の手順をそのまま活用するよう記述ルールを変更した。具体的には、作業手順の最小単位として「一つの動詞」で表現されることをルールとして設定しており、複数の動詞で構成される作業手順については、動詞の数だけ行為ノードを生成している。また、作業手順の大項目・小項目をもとに階層関係を定義し、大項目行為ノードの下に小項目行為ノード、さらにその下に作業手順の行為ノードとなるようにした(図 2)。これらの変更により、作業フローの雛形作成にかかる時間を短縮することができ、また OCR 技術などでの作業フローの自動生成の実現可能性がある形となった。



図 2: 既存のマニュアルをもとに構築した作業フローの例。

2.3 目的指向ツリー

目的指向ツリーは、作業フローにおける階層関係と同様な記述ルールを持つが、行為の時系列情報を考慮しない木構造である。目的指向ツリーを構築する目的として、作業フローでは時系列情報を保持するために記述できなかった複数の目的を持つ行為に対して対応可能であることと、特定の作業を達成するために必要条件ではない目的を記述できることである(図 3)。例として、介護現場における「食事介助を行う」という知識において、介護行為としての目的は、食事を被介護者に食べさせることにある。しかし、実際に介護士にヒヤリングを行ったところ、教科書に記述されていない、「被介護者の残存能力を維持する」等といった目的を持ちつつ、介護行為を行なっていることが明らかとなった。これらの目的は、作業の達成には直接的に寄与しないものの、安全かつ良質な介護を行う上で非常に重要な要因と筆者らは捉え、またそれらが熟練介護

士の持つ明文化されていない知識であると考えた。他の例として、製造業現場においては、ある行為を行う際に、その小項目を達成するためには重要ではないが、のちの工程で手戻りが発生しやすくなる行為があることが明らかとなり、熟練作業従事者は時系列情報の拘束がある作業フローで記述できない目的意識を持って行為に取り組んでいることがわかった。これらのような事例に対応するため、作業フローから独立した目的指向ツリーを構築することで、時系列情報を損なうことなく、熟練者の知を獲得できる形となる。

目的指向ツリーを構築する他のメリットとして、構築の容易さが挙げられる。これまでの目的指向での知識構造化は、時系列情報を保持しつつ熟練者の明文化されていない目的の階層化と取り組んできた。しかし、その手法では知識の構造化を行う際に、作業工程全体の階層関係と時系列関係が崩れないように新たな目的を追加・修正する必要があり、現場の熟練者主体による知識構造化が困難であった。本手法は、目的の階層化部分について作業フローの行為ごとに着目し、目的指向ツリーと連結することが可能であり、比較的容易に構築ができる。他のメリットとして、各行為に付与できる目的と目的指向ツリーの数に上限がないため、複数の熟練者から並列して知識の獲得が可能である。



図 3: 作業フローに対して目的指向ツリーを関連づけた例

3 知識構造化ワークショップによる提案手法の検証実験

本提案手法の実現可能性を検証するため、まず人のファシリテーターによる支援のもと、現場主体での知識構造化を行なった。予備実験を行なった環境として、2つの介護施設（以下介護施設 A、介護施設 B）で食事介助について、それぞれ熟練介護士に協力いただき、各作業に関して 1 時間程度の知識構造化ワークショップを実施した。

以下にワークショップの実施方法について記す。

3.1 知識構造化ワークショップの前準備

ワークショップの前準備として、作業フローの雛形の構築を行なった。作業フローの構築の際には、産総研で開発した知識構造化支援ツール「KNeXaR」を利用した。実験に協力してくれた介護施設のうち、1 施設（介護施設 A）は食事介助に関する独自のマニュアルを保持していた。そのため、作業フローは、介護施設 A では独自のマニュアルを元に、介護施設 B では教科書を元に構築した。それぞれ、行為ノード数は介護施設 A については 45 個、介護施設 B については 56 個となった。それぞれの作業フローの雛形構築には、3 日程度要した。

構築した作業フローの例は図 4 である。

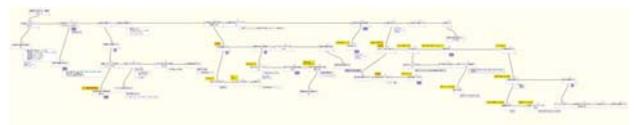


図 4: 食事介助に関する作業フローの例

3.2 知識構造化ワークショップの実施

前準備で用意した作業フローを A1 サイズに拡大印刷し、紙ベースでの知識構造化ワークショップを、介護施設 A で 2 回、介護施設 B で 1 回の計 3 回実施した。各ワークショップで、3 名の熟練介護士に協力いただき、紙ベースの作業フローの修正と、目的指向ツリーの構築をお願いした。本研究チームのうち、2 人がファシリテーターとして参加し、ワークショップの趣旨と作業フローの説明や、熟練介護士への質問を行なった。

追加・変更したい行為や目的は、ポストイットに記入した上で、作業フローに追加や、目的指向ツリー構築用の白紙の模造紙の上に貼り付け、階層関係や時系列関係を直接紙の上に線を引いていった。図 5,6 は、それぞれ介護施設 A でのワークショップで作られた作業フローと目的指向ツリーである。

3.3 知識構造化ワークショップの振り返り

知識構造化ワークショップが終了後、熟練者に聞き取り調査を行なった。その結果、作業フローについては、「従来のマニュアルや教科書知識と比べて拡張性が高く、知識構造化の改善を通じて、他の介護士の意識の共有ができた」、「行為の時系列情報を把握しやすいため、順序が重要である被介護者の生命に関わる介護行為を行う際の、新人教育などに活用できる」などの意見を得ることができた。また、目的指向ツリーについては、「従来のマニュアルに記述されていない、介護

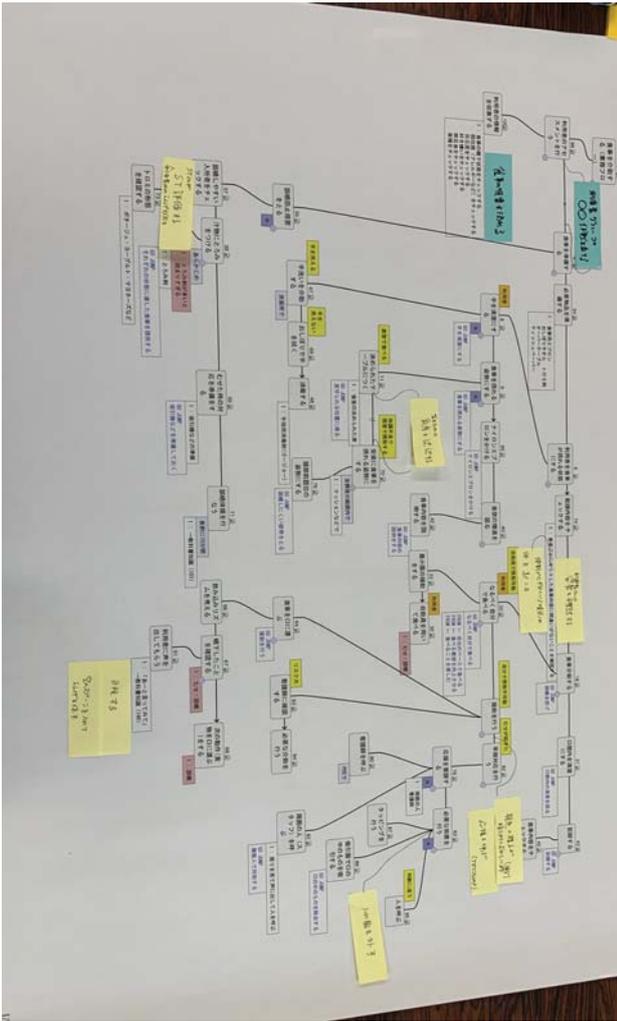


図 5: 実際にワークショップで修正された作業フロー

行為を行う際の判断部分に関わる知識を記述することができた」、「他の介護士がどのような工夫や考えのもと介護しているかがわかった。新人などにも同じことをして、考え方を比較して見てみたい」などの意見があった。その他の意見として、「知識構造化の大切さもワークショップによる共有の大事さもわかるが、特にワークショップを継続して実施するのは、時間的に厳しい」「あらかじめ作業フローを見せてくれたら、1人でも目的指向ツリーのタネとなるような行為ノードも作れそうだ。」といった声もあった。

ヒヤリング終了後、得られた知識を元に KNeXaR 上で作業フロー・目的指向ツリーの更新を行なった(図7)。目的指向ツリーの葉ノードは、それぞれ作業フローの行為ノードと連結されている。

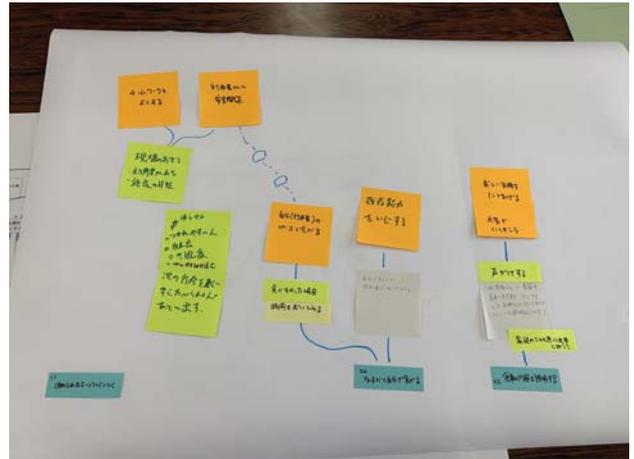


図 6: 実際にワークショップで構築された目的指向ツリー

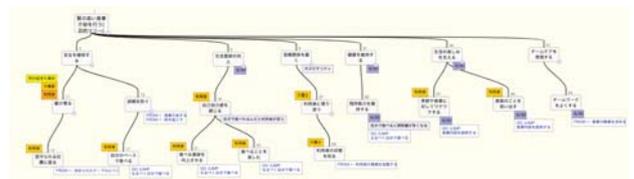


図 7: 実際にワークショップで構築された目的指向ツリーを KNeXaR に反映した結果

3.4 知識構造化ワークショップの考察

知識構造化ワークショップを通じて、本提案手法の実現可能性について検証した。その結果、現場主体での知識構造化は軽度の支援のもと可能であり、かつ、熟練者から有用である可能性が示唆された。しかし、実施したワークショップでは、ファシリテーターによる支援が多々見られた。具体的には、作業フローに対して、熟練者が違和感を覚えても、具体的にどのような行為をどの箇所に追加すべきか等がすぐさま思い浮かばないケースがあり、そういった時に、ファシリテーターは手順を一つずつ振り返る手伝いを行っていた。また、「確認する」や「準備する」などといった行為ノードに着目し、熟練者に詳細な説明や、確認する際に意識している内容などについての説明をお願いしたりしていた。

これらのことから、対話システムによる知識構造化の支援を行う際には、作業フローの振り返りの支援、より詳細に聞き出す必要のある行為ノードの発見などが必要である可能性が高い。

4 知識構造化を支援する対話システムの検討

本提案手法による知識構造化を支援する対話システムについて検討する。本対話システムは、システム利用者との対話を通じて、特定の作業工程における行為ノードの追加・修正と、新たな目的の追加を行うことを目的とする。本研究では、システム利用者から、行為ノードに対して新たな目的・リスクの獲得を行う、基本的な構造と、システムの流れについて提案する。

4.1 対話システムの概要

本対話システムは、知識構造化支援ツール KNeXaR との連携して、構築する。作業フローや目的指向ツリーのデータは、KNeXaR もサーバ内に保持されており、検索用の WebAPI によってその詳細情報が獲得できる。本対話システムは、KNeXaR の構造化知識の描画機能を活用し、知識構造化の直感的な支援を将来的な目標として設定しているが、本研究では、対話システムの基礎的な部分と、新たな目的の獲得部分に着目したため、まず、slackbot を活用したテキストベースでのチャットボットの開発経過について報告する。

現状構築している対話システムは、図 8 のような 3 つのフェイズからなる。まず、新たに情報を追加したい行為ノードの検索・指定を行う。その後、指定したノードに対して、既存の作業ツリーに書かれている目的・リスク以外のものがないか確認し、ある場合は入力をお願いする。最後に、指定したノードを、作業手順上次のノードになるよう指定し直し、再度目的・リスクがないかをシステム利用者に聞く。本システムは、この作業を繰り返すことで知識の獲得を目指す。

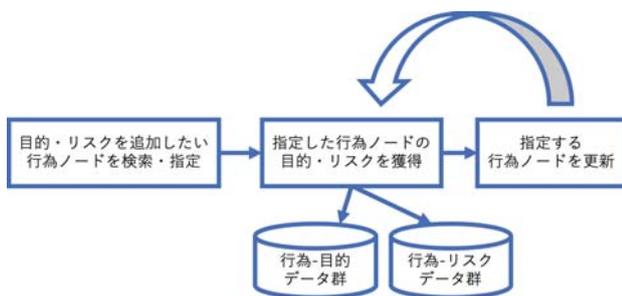


図 8: 対話システムのフェイズの模式図

4.2 行為ノードの検索・指定

行為ノードの検索には、システム利用者からの入力文に対して MeCab[5] で形態素解析し、名詞と動詞に

ついて行為ノードの検索を行う。その際、行為ノードの作業行為名だけではなく、リスクなどの他の部分についても検索を行い、マッチしたものを行為ノード ID と共に全て列挙する。その後、システム利用者に指定したいノード ID を入力してもらう。図 9 に行為ノードの検索・指定の例を示す。

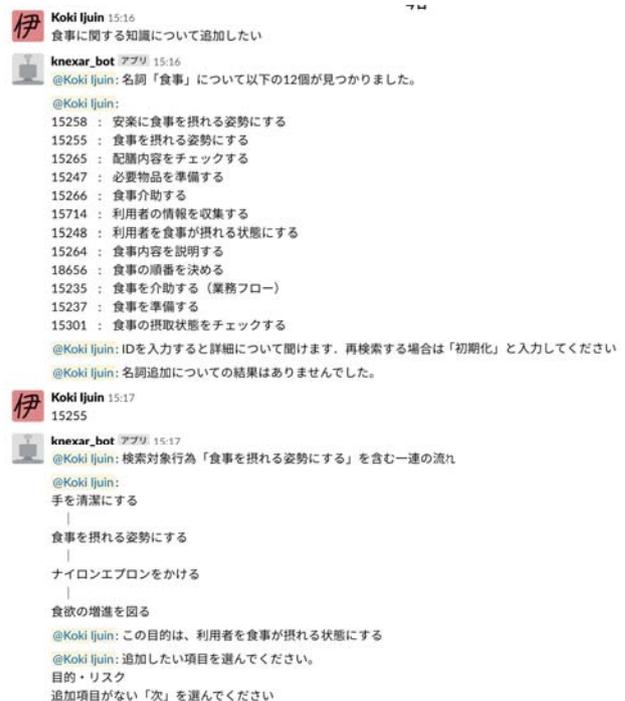


図 9: 対話システムでの行為ノードの検索と指定の対話例

4.3 新たな目的・リスクの獲得と指定行為ノードの更新

指定したノードに対して、記述されていない目的やリスクがないかをシステム利用者に確認する。ある場合は、システム利用者はその目的とリスクを対話システムへと入力する。現状、KNeXaR にはデータのインポートできる WebAPI がないため、作業フローの行為ノード ID と編集日時を tsv 形式で保持している。現在、KNeXaR 側の改良を行なっているため、将来的には、対話システムから作業フローと目的指向ツリーの編集が可能になる予定である。

目的やリスクの追加が終了、又は追加項目がない場合は、指定する行為ノードの変更を行う。ワークショップによる知識構造化の様子から、システム利用者は行為を時系列順で参照することが多かったため、システムに対しても、「次」と入力することで、作業フロー上で次に来る葉ノードを自動で検索するようにしている。

また、検索フェイズに戻ることも可能である。一連の流れを、図 10 に示す。



図 10: 対話システムでの新たな目的の追加と、指定した行為ノードの変更の対話例

4.4 対話システム開発における今後の予定

本対話システムは、システム利用者から、新たな目的を効率的に獲得することを目的としている。そのためには、対話システムによる、自然言語処理による支援と、対話技術としての支援の両面からの支援が必要であると考ええる。

自然言語処理による支援として、獲得した目的の主語・述語関係を判別し、将来的に使いやすいデータ構造で保持する機能、新たに追加された目的同士で文の類似度を算出し、同様な目的がすでに構築されていないか判別する機能などを想定している。

対話技術としての支援として、予備実験におけるファシリテーターが行っていたような、作業フローにおける、詳細に聞く必要のある行為ノードの推薦を行う機能や、システム利用者の職種や勤続年数などに応じて質問する内容を変える機能といったものを想定している。

5 まとめ

本研究は、熟練者の持つ知識を効率的に収集するために、現場主体による目的指向での知識構造化の新たな手法の提案・予備実験による検討と知識構造化を支援する対話システムの設計に関する検討を行なった。ワークショップによる人手での知識構造化予備実験の結果、作業フローと目的指向ツリーを組み合わせた本提案手法により、研究者による前準備時間の短縮、熟練者から新たな目的の獲得が見られた。また、ワークショップから得られた知見をもとに、対話システムの基本設計を行なった。

今後は、知識構造化を支援する対話システムの構築を進めると共に、構築した構造化知識を活用できるような、知識を共有する対話システムの開発にも取り組んでいく予定である。

謝辞

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務の結果得られたものです。本研究を行うにあたって、知識構造化ワークショップ等にご協力いただいた、社会医療法人財団董仙会 様に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 経済産業省: 2018 年版ものづくり白書, (2018)
- [2] Nishimura, Satoshi and Kitamura, Yoshinobu and Sasajima, Munehiko and Williamson, Akiko and Kinoshita, Chikako and Hirao, Akemi and Hattori, Kanetoshi and Mizoguchi, Riichiro: CHARM as activity model to share knowledge and transmit procedural knowledge and its application to nursing guidelines integration., *Journal of Advanced Computational Intelligence*, Vol. 17, No. 2, pp. 208–220 (2013)
- [3] 西村悟史 and 毛利陽子 and 山中泉 and 中村美佳 and 高山薫 and 西村拓一: 社会福祉法人内の介護マニュアル統一を通じた知識発現の改良, *デジタルプラクティス*, Vol. 10, No. 1, pp. 244–266 (2019)
- [4] Nishimura, Satoshi and Fukuda, Ken and Nishimura, Takuichi: Knowledge Explication: Current Situation and Future Prospects., *CAID@IJCAI*, pp. 27–33 (2017)
- [5] Mecab: Yet another part-of-speech and morphological analyzer., <http://mecab.sourceforge.jp> (2006)