

## 音声対話エージェントを活用したサービス個人適応 に向けたユーザニーズ抽出手法の検討

中田 匠哉<sup>†</sup> 陳 思楠<sup>†</sup> 佐伯 幸郎<sup>††</sup> 中村 匡秀<sup>†,†††</sup>

<sup>†</sup> 神戸大学 〒 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

<sup>†††</sup> 理化学研究所・革新知能統合研究センター 〒 103-0027 東京都中央区日本橋 1-4-1

<sup>††</sup> 高知工科大学 〒 782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185

E-mail: <sup>†</sup>tnakata@ws.cs.kobe-u.ac.jp, <sup>††</sup>chensinan@gold.kobe-u.ac.jp, <sup>†††</sup>saiki.sachio@kochi-tech.ac.jp,  
<sup>††††</sup>masa-n@cmds.kobe-u.ac.jp

**あらまし** 機械学習や自然言語処理の発展によって、サービス個人適応の研究が盛んである。深層学習や対話に基づく先行研究が多く存在するが、機械学習の説明可能性などの欠点の克服とビッグデータ活用という強みの両立は困難である。本研究では、ユーザ可読性・対話による抽出の容易さ・機械学習への発展性の3つを兼ね備えたユーザニーズモデルを提案し、さらに提案ニーズの音声対話を用いた抽出手法を設計・構築する。具体的には、ニーズモデルに6W1H形式を採用することによって、シンプルで強力な対話フローを実現し、既存サービスとニーズの比較を同時に可能とする。システムのメインモジュールは音声対話エージェント、対話システム、自然言語処理によるニーズ抽出APIの3つである。本研究では、各モジュールを設計・実装・組み合わせることによって、ニーズ抽出システムを実現する。さらに実現したシステムを動作させることによってニーズモデルおよびシステムにおける簡易的な評価を実施する。本研究によって、ユーザ・システムの双方に可読性の高いニーズの抽出が可能となり、ユーザに受け入れられやすかつ効果的なサービス個人適応の実現に貢献する。

**キーワード** 個人適応, ニーズ, 音声対話, 自然言語処理, エージェント

## Using Speech Dialogue Agent to Extract User Needs for Service Personalization

Takuya NAKATA<sup>†</sup>, Sinan CHEN<sup>†</sup>, Sachio SAIKI<sup>††</sup>, and Masahide NAKAMURA<sup>†,†††</sup>

<sup>†</sup> Kobe University, Rokkodai-cho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo, 657-8501 Japan

<sup>†††</sup> Riken AIP, 1-4-1 Nihon-bashi, Chuo-ku, Tokyo, 103-0027 Japan

<sup>††</sup> Kochi University of Technology, 185 Tosayamadacho Miyanokuchi, Kami, Kochi, 782-8502 Japan

E-mail: <sup>†</sup>tnakata@ws.cs.kobe-u.ac.jp, <sup>††</sup>chensinan@gold.kobe-u.ac.jp, <sup>†††</sup>saiki.sachio@kochi-tech.ac.jp,  
<sup>††††</sup>masa-n@cmds.kobe-u.ac.jp

**Abstract** In recent years, there has been a lot of research on service personalization. Although there are many prior studies based on deep learning and dialogue, it is difficult to overcome the shortcomings of machine learning and the strengths of big data utilization. In this study, we propose a user needs model that combines user readability, ease of extraction through dialogue, and expandability to machine learning, and design and build a method for extracting the proposed needs using spoken dialogue. This research will contribute to the realization of effective personalized service personalization that is both acceptable to users and effective.

**Key words** Personalization, Needs, Voice dialogue, Natural language processing, Agent

## 1. はじめに

近年、機械学習 [1] や自然言語処理技術 [2] の発展によって、サービスの**個人適応** [3] に関する研究が盛んに行われている。サービス個人適応は、サービスの機能等を個人に合わせてカスタマイズすることで、消費者のサービス利用意欲を向上させるものである。個人適応の研究は大きく 2 つに分類できる。**機械学習**による推薦は、ユーザのサービス利用履歴に基づいて学習を行い、推薦優先度の高いサービスを提示するものである。一方、**対話**による個人適応は、エージェントを介してユーザとシステムで対話を行い、対話履歴をもとに明示的または暗黙的に提供するサービスを個人に合わせてカスタマイズするものである。最新の研究では、機械学習と対話を組み合わせた**会話型推薦システム**についての研究も多く行われている [4]。

従来の個人適応研究の課題としては、機械学習における説明可能性や公平性といった弱点とビッグデータの活用という利点をうまく両立できていないことが挙げられる [5]。そのため、本研究では、ユーザによる可読性と機械学習への適正を兼ね備えたニーズモデルを提案・設計し、提案するニーズモデルを抽出する対話システムを実現することを目的として設定した。研究のキーアイデアは、音声対話エージェントを通じて**6W1H 形式 (how, what, when, where, who, whom, why)** のニーズを抽出・蓄積することである。6W1H 形式は、多くのユーザにとって理解しやすい形式であるだけでなく、穴埋め形式のシンプルなニーズ抽出対話フローの実現を可能とする。さらに、コンテキストウェアサービスの表現形式としても応用でき、ニーズ・サービスの比較に基づくサービス推薦への発展が可能である。

本研究のアプローチは次のとおりである。

- (A1) ニーズモデルの設計
- (A2) ニーズ抽出対話システムの設計
- (A3) 対話フローの設計
- (A4) ニーズ抽出 API の設計
- (A5) 対話システムの実装と評価

初めに 6W1H ニーズモデルの設計を行い、次にニーズを抽出するための対話システムの設計を行う。システムの主要モジュールは、音声対話エージェント、対話型抽出システム、ニーズ抽出 API の 3 つである。(A3) では、ユーザと音声対話エージェント間の対話フローの設計を行う。(A4) では、ニーズ抽出 API において自然言語処理によってニーズ文をどのように 6W1H ニーズモデルに変換するかを説明する。具体的には、形態素解析器と構文解析器による各 6W1H 要素の抽出方法について述べる。最後に、実際に対話システムを実現・動作させることによって、ニーズモデル・システムの簡単な評価を行う。

## 2. 準備

### 2.1 個人適応

**個人適応 (パーソナライゼーション)** は、広義には「特定の人のニーズに合わせて何かを作る行為」である [6]。デジタル技術における個人適応は長く研究されている分野であり、「個人または個人の集団に対する個別の関連性を高めるために、システ

ムの機能性、インタフェース、情報アクセス、コンテンツ、独自性を変更するプロセス」を意味する [3]。個人適応の古典的なアプローチとしては、ユーザ自身によるサービス設定の変更と反映、機械学習による個人の嗜好の推定と推薦 [7]、会話型エージェントによる自然言語処理に基づく適応などがある。

### 2.2 機械学習による個人適応

**機械学習**分野において、特に近年は深層学習を用いた個人適応の研究が盛んにおこなわれている [7]。主な手法は協調フィルタリングを用いた**推薦 (レコメンデーション)** である [8]。サービス加入や商品の購入といったユーザのサービス利用履歴をもとに、深層学習によって適切なサービスをユーザに推薦する。協調フィルタリングは、特にオンラインショッピングサイトで活躍している技術である。

機械学習による個人適応にはいくつかの問題点が存在する。学習のためにサービス利用データが参照されるため、プライバシー・セキュリティへの懸念を抱く消費者が存在し、サービス利用意欲の低下に繋がっている。また、機械学習は完全に利用者の意図を汲み取ることが難しく、推薦の誤りによって購買行動を減少させるリスクが存在する。そのほかにも、どのような経緯で推薦が行われたかの説明可能性や、学習データに用いたユーザ層の偏りによる学習結果の公平性への危機感などが注目されている。

これらの問題の影響を受けて、近年では因果推論の研究や、**会話型推薦システム (Conversational Recommender System, CRS)** と呼ばれる対話と機械学習を組み合わせた手法が注目されている [4], [9]。

### 2.3 対話による個人適応

ユーザとシステムの**自然言語対話**に基づいた個人適応に関する研究も多く行われている。推薦の手法としては、**会話型検索システム (Conversational Search System)** が存在する [10]。会話型検索システムは、最初の会話でターゲットを初期化し、続く複数回の質問・返答・検索を通じて目的のサービスを推測し、最後に結果をユーザに提示して満足するかのフィードバックを得るものである。そのほかの個人適応としては、ユーザと会話を行うエージェントそのものを個人適応する研究がある [11]。明示的な質問や会話中の暗黙的な適応を通じて、エージェントが発話するメッセージや推薦機能などの処理全般をパーソナライズする。エージェントの適応は、特にヘルスケアアプリケーションの分野で研究が進んでいる。

我々の研究室でも個人適応やエージェントに関する研究が盛んに行われており、対話型個人適応への応用が期待できる。例えば、スマートシステムの個人適応フレームワークの研究 [12] や、高齢者の対話をサポートするエージェントの研究 [13] がある。

**会話型推薦システム (CRS)** は、機械学習による個人適応と対話による個人適応を組み合わせたものである。従来の機械学習と対話の連携研究では、ユーザの過去の行動から嗜好を推定し、優先度の高いサービス提案を一方的に投げかけるワンショット対話が多かった。一方、近年の CRS 研究においては、ユーザとシステム間で豊富なインタラクションを行うことで、ユーザが

質問やフィードバックを与えることを可能にした高度な推薦システムを扱うことが多い。

## 2.4 従来研究の問題と課題

個人適応に関する従来研究の問題をまとめる。まず、機械学習の問題点としては、ユーザのニーズをうまく読み取れない場合があること、公平性に欠けること、説明可能性が低いことが挙げられる。対話型個人適応の問題点は、機械学習を使わない場合に推薦の精度が落ちることである。CRS は、既存サービスと対話内容を機械学習によって直接結びつけることによって推薦を行うものであり、機械学習と同じ問題点がある。

これらの問題点を踏まえて、解決すべき課題として次を設定する。すなわち、適切なニーズモデルとその抽出方法および個人適応への活用方法の構築である。適切なニーズモデルとは、対話を通じた双方向的な抽出が可能であり、機械学習を用いた推薦への発展性があり、なおかつユーザが理解しやすいニーズモデルを指す。また、新たなニーズモデルをどのように対話を通じて抽出するかも課題である。さらに、抽出したニーズを活用した機械学習による個人適応の手法の構築も必要となる。

## 3. 提案手法

### 3.1 目的とキーアイデア

本研究の目的は、ユーザのサービスに関する要望をシステムとの対話を通じて取得し、サービス個人適応に効果的かつユーザが理解可能なニーズモデルとして蓄積する手法を構築することである。キーアイデアは、音声対話を通じた **6W1H** 形式のニーズ抽出・蓄積である。

本研究では、次の5つのアプローチにそって研究を進める。

- (A1) ニーズモデルの設計
- (A2) ニーズ抽出対話システムの設計
- (A3) 対話フローの設計
- (A4) ニーズ抽出 API の設計
- (A5) 対話システムの実装と評価

### 3.2 (A1) ニーズモデルの設計

あるユーザの特定のサービスに対する一つのニーズを、6W1H要素で定義する。6W1H要素は、what, when, where, who, whom, why, howであり、それぞれ次の意味を持つ。

- **how** : どのように実行するか (=実行するサービス)
- **what** : サービスで具体的に何をするか
- **when** : いつ実行するか
- **where** : どこで実行するか
- **who** : 誰が主体で実行するか
- **whom** : 誰に対して実行するか
- **why** : なぜ実行するか

例えば、「スマートスピーカーに毎朝 6:30 に天気予報が雨だったらリビングでおじいちゃんに聞こえるように大きな音でお知らせしてほしい」というニーズを6W1H要素で表現すると次のようになる。

- **how** : スマートスピーカー
- **what** : 聞こえるように大きな音でお知らせしてほしい
- **when** : 毎朝 6:30

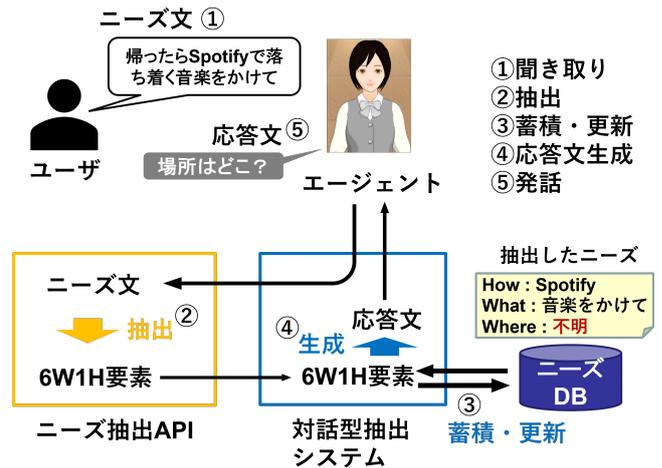


図1 ニーズ抽出対話システムのアーキテクチャ

- **where** : リビング
- **who** : なし
- **whom** : おじいちゃん
- **why** : 天気予報が雨だったら

ユーザのニーズは時間や条件によって変化するものであり、また誤っている場合もある。そのため、あるユーザの特定のサービスに対するニーズは複数存在してよいものとする。

6W1H ニーズモデルの妥当性としては、5W1Hを拡張した6W1Hという考え方多くの人にとって親しみやすく理解が容易な概念であることが挙げられる。また、各要素の穴埋め形式でエージェントが質疑応答を繰り返すことで、シンプルな対話フローでニーズの抽出が可能となる。さらに、6W1H要素はモノ・コトのコンテキストを表現可能である。コンテキストウェアサービスの実行トリガー・実行条件も同じ形式で表現でき、サービスを表現する形式として適切であると言える [14]。また、このことはニーズとサービスの比較・分析への発展性にも繋がる。

### 3.3 (A2) ニーズ抽出対話システムの設計

図1にニーズ抽出対話システムのアーキテクチャを示す。

アーキテクチャの主なアクターとモジュールは次の5つである。

- **ユーザ** : 特定サービスに対するニーズを持つ
- **エージェント** : ユーザと音声対話する
- **対話型抽出システム** : システムの中核
- **ニーズ抽出API** : ニーズを6W1H要素に変換する
- **ニーズDB** : ニーズを6W1H要素として蓄積するデータベース

アーキテクチャは次の5つの工程で動作する。

- (1) ニーズの聞き取り
- (2) ニーズの抽出
- (3) ニーズの蓄積・更新
- (4) 応答文の生成
- (5) 応答文の発話

まず、ニーズの聞き取りの工程では、ユーザがエージェント

に対してニーズ文を発話し、発話した内容をエージェントが音声認識 API を介してテキストに変換する。発話した内容は対話型抽出システムに送られる。次に、ニーズの抽出の工程では、対話型抽出システムがニーズ抽出 API にニーズ文を送信し、API 内部で自然言語処理によってニーズ文から 6W1H 要素を抽出する。抽出された 6W1H 要素は対話型抽出システムに返される。続いて、ニーズの蓄積・更新の工程では、6W1H 要素がニーズ DB へと蓄積される。一連のニーズ抽出の中で既に 6W1H 要素が蓄積されている場合、新旧のニーズをマージして新たなニーズとして更新する。そして、応答文の生成の工程では、対話型抽出システムが抽出中のニーズを参照して適切な応答文を生成する。応答文の具体的な内容は後述する。生成された応答文はエージェントに渡される。最後に、エージェントが応答文を発話する。応答文に対してユーザは新たなリアクションをエージェントに受け渡すことができ、システムは初めの工程から再び動作する。

### 3.4 (A3) 対話フローの設計

ユーザ・エージェントの対話は以下の流れで進行する。

Step 1. (ユーザの発話) エージェントにニーズを伝える。この時、特定のサービスへの言及がない場合は、ニーズに無関係な発話であるとみなして対話が終了する。

Step 2. (エージェントの発話) ユーザに不足した 6W1H 要素を尋ねる。全ての 6W1H 要素が既に充足されている場合はスキップして Step 4. に進む。

Step 3. (ユーザの発話) エージェントに不足した 6W1H 要素を伝えて Step 2. に戻る。または、これ以上ニーズを表現するうえで必要な要素がないことをエージェントに伝えて Step 4. に進む。

Step 4. (エージェントの発話) ユーザに抽出したニーズを示し、正しいニーズが抽出できているかどうか尋ねる。

Step 5. (ユーザの発話) エージェントに提示されたニーズが正しいかどうか答えて対話を終了する。ニーズが誤っていた場合、ユーザは再度 Step 1. に戻って要望を一から伝えることができる。

対話の各ステップでは、内部的に (A2) ニーズ抽出対話システムの設計で示したニーズ抽出処理が行われる。応答文は上記の対話フローに添って変化し、ユーザに不足した 6W1H 要素を尋ねる「時間、場所について追加の条件はありますか」という文や、抽出したニーズを確認する「○○といったことをお望みですか?」といった文が生成・発話される。

提案する対話フローでは、6W1H 要素の穴埋めという形式でニーズを抽出することによって、抽出したニーズに不足している要素がわかりやすくなっている。これにより、ユーザに対して要素の不足という観点からユーザ自身の持つニーズの再考を促すことで、見落とされていた要素を顕在化させるとともに、より適切なニーズの抽出が期待できる。

### 3.5 (A4) ニーズ抽出 API の設計

ニーズ抽出 API では、自然言語処理を用いてニーズ文から 6W1H 要素を抽出する。今回は、who と why を除いた 5 要素を抽出する簡易版のニーズ抽出器を実装した。自然言語処理



図 2 ニーズ抽出対話の画面

には、日本語の形態素解析器 JUMAN++ [15] および構文解析器 KNP [16] を活用した。

各要素の抽出方法を以下に示す。

- **how** : サービス名との完全文字列一致を確認。
- **when** : 時間に関する文節を抽出し、係受け関係で結合。
- **where** : 場所に関する形態素を含む文節を抽出し、係受け関係で結合。
- **whom** : 人物に関する形態素を含む文節を抽出し、係受け結合で結合。
- **what** : 述語に係る文節のうち他の 6W1H 要素に含まれない文節を結合

例えば、「メイちゃん」というバーチャルエージェントサービスが登録されている場合、「毎朝メイちゃんでお家のお父さんの体調を聞いてください」という文からニーズを抽出すると以下の要素が出力される。

- **how** : メイちゃん
- **when** : 毎朝
- **where** : 実家
- **whom** : お父さん
- **what** : 体調を聞いてください

### 3.6 (A5) 対話システムの実装と評価

今回構築した対話システムの実装について簡単に述べる。エージェントの実現には、我々の研究室の既存研究である音声対話エージェント (MMDAgent [17]: メイちゃん) を活用した [13]。処理は JavaScript で記述され、ブラウザ上で動作する。ユーザの音声入力をうけ、音声認識 API を用いてテキストに変換する。また、音声対話エージェントはユーザ管理サービスと紐づいており、対話しているユーザを同定することができる。対話型抽出システムは、Kotlin 言語で作られたバックエンドシステムで、Tomcat Web サーバー上で動作する。抽出したニーズは MySQL データベースに保存する。ニーズ抽出 API は、Python 上で JUMAN++ と KNP を用いて自然言語処理を行う。

図 2 にニーズ抽出対話の画面を示す。対話の繰り返しによってニーズを 6W1H 形式で抽出し、ユーザが分かりやすい形式で抽出したニーズを提示することができた。

図 2 はニーズ抽出がうまくいった結果であったが、ニーズ抽

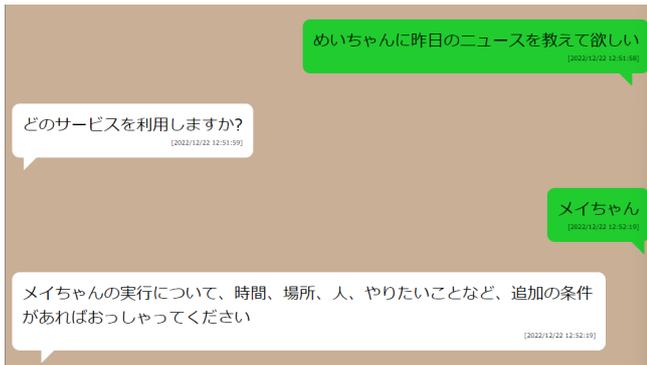


図3 音声認識に失敗した対話

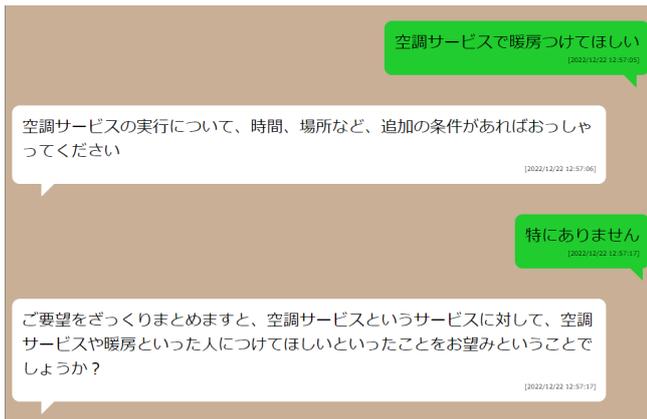


図4 ニーズ抽出に失敗した対話

出に失敗した対話も存在した。図3は、音声認識に失敗した対話である。正しいサービス名は「メイちゃん」だが、音声認識の結果として同音の「めいちゃん」という文字列が得られたため、正しいサービスが認識されなかった。再度音声認識を行うことで、正しい結果が得られた。図4は、ニーズの抽出に失敗した対話である。whom要素が適切に抽出されなかった。

#### 4. 考察

本研究で提案したニーズ抽出対話システムによって、対話から抽出可能でかつ人間が理解しやすいニーズの抽出が簡易的に実現できた。図2に示すようなニーズの確認文の生成は、6W1H要素を助詞で接続するシンプルな処理であり、6W1H要素で表現したニーズそのものがユーザにとって理解しやすい構造であると言える。

提案システムの改善点について述べる。今回の実装では、簡単のため動作主体を表す who と理由を表す why の抽出を省略した。そのため、ニーズ抽出 API の改良によって抽出を可能等する必要がある。who と why の抽出は助詞の解析によって可能であると考えられる。加えて、whom 要素の抽出失敗に見られるような抽出アルゴリズムの不具合も修正が必要である。また、音声認識の結果によっては実行サービスを表す how の抽出に失敗することがわかったことから、how の抽出により柔軟性を持たせることが必要である。方法としては、完全一致ではなく単語の類似度による判定が考えられる。さらに、音声認識の誤りがニーズの抽出精度に影響を及ぼさないようにするため

に、音声認識したテキストの正確性を向上させる必要がある。認識 API 自体を見直すか、または認識後の文章を修正する必要がある。

今後の課題は大きく2点である。1点目は、提案システムによってニーズが正しく検出できているかの確認を行う必要がある。2点目は、サービスの6W1H表現を行い、今回抽出したニーズとの比較に基づく推薦システムを構築することである。

#### 5. まとめ

本研究では、ユーザにとって理解しやすく機械学習への拡張性も兼ね備えた6W1Hニーズモデルを設計した。さらに、抽出システム、ニーズ抽出対話フロー、自然言語処理APIの設計を行い、実際にシステムを構築して簡単な評価を行った。その結果、提案モデル及び提案システムは可読性の高いニーズの抽出に有効であることが分かった。特に、6W1H要素の穴埋め形式による対話フローは設計のシンプルさとユーザニーズの深堀という利点を兼ね備えていることが分かった。

対話システムの課題としては、簡易化のために抽出を断念した who, why 要素の抽出と、音声認識精度を含めた抽出精度の向上が挙げられる。しかしながら、本研究によってニーズの抽出が十分に可能であることがわかったことから、優先して取り組むべき課題は別にあると考える。すなわち、抽出したニーズの評価実験と、抽出したニーズを活用した個人適応の研究である。本研究のさらなる発展によって、ユーザの主体性と機械学習の強みを両立し、高いユーザの満足度とサービス価値を生み出す、先進的で現実的なサービス個人適応の実現が可能となる。

**謝辞** 本研究の一部はJSPS科研費JP19H01138, JP20H05706, JP20H04014, JP20K11059, JP22H03699, JP19K02973, 特別研究員奨励費22J13217, および、立石科学技術振興財団の研究助成を受けて行われている。

#### 文献

- [1] A. Ferrari, D. Micucci, M. Mobilio, and P. Napolitano, "On the personalization of classification models for human activity recognition," IEEE Access, vol. PP, pp.32066–32079, 02 2020.
- [2] M. Zhou, N. Duan, S. Liu, and H.-Y. Shum, "Progress in neural nlp: Modeling, learning, and reasoning," Engineering, vol.6, pp.275–290, 01 2020.
- [3] H. Fan and M.S. Poole, "What is personalization? perspectives on the design and implementation of personalization in information systems," Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce, vol.16, no.3-4, pp.179–202, 2006.
- [4] D. Jannach, A. Manzoor, W. Cai, and L. Chen, "A survey on conversational recommender systems," ACM Computing Surveys, vol.54, pp.1–36, 05 2021.
- [5] K. Hollis, L. Soualmia, and B. Séroussi, "Artificial intelligence in health informatics: Hype or reality?," Yearbook of Medical Informatics, vol.28, pp.003–004, 08 2019.
- [6] "Cambridge dictionary | english dictionary, translations & thesaurus," <https://dictionary.cambridge.org/>. (Accessed on 12/22/2022).
- [7] D. Goldenberg, K. Kofman, J. Albert, S. Mizrahi, A. Horowitz, and I. Teinmaa, "Personalization in practice: Methods and applications," pp.1123–1126, WSDM '21, 03 2021.
- [8] C. Ajaegbu, "An optimized item-based collaborative filtering algorithm," Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, vol.12, pp.10629–10636, Dec. 2021.

- [9] H. Fang, C. Chen, Y. Long, G. Xu, and Y. Xiao, "Dtrskg: A deep travel conversational recommender system incorporating knowledge graph," *Mathematics*, vol.10, p.1402, 04 2022.
- [10] Y. Zhang, X. Chen, Q. Ai, L. Yang, and W. Croft, "Towards conversational search and recommendation: System ask, user respond, pp.177–186, *CIKM '18*, Oct. 2018.
- [11] A.B. Kocaballi, S. Berkovsky, J. Quiroz, L. Laranjo, H.L. Tong, D. Rezazadegan, A. Briatore, and E. Coiera, "The personalization of conversational agents in health care: Systematic review," *Journal of Medical Internet Research*, vol.21, p.e15360, Nov. 2019.
- [12] T. Nakata, S. Saiki, and M. Nakamura, "Characterizing smart systems with interactive personalization," *22nd IEEE-ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel Distributed Computing (SNPD2021)*, pp.8–14, Nov. 2021.
- [13] H. Ozono, S. Chen, and M. Nakamura, "Encouraging elderly self-care by integrating speech dialogue agent and wearable device," *8th International Conference, ITAP 2022, Held as Part of the 24th HCI International Conference, HCII 2022*, vol.LNCS 13331, pp.52–70, May 2022.
- [14] T. Nakata, S. Chen, and M. Nakamura, "Uni-messe: Unified rule-based message delivery service for efficient context-aware service integration," *Energies*, vol.15, no.5: 1729, Feb. 2022. <https://doi.org/10.3390/en15051729>.
- [15] H. Morita, D. Kawahara, and S. Kurohashi, "Morphological analysis for unsegmented languages using recurrent neural network language model, pp.2292–2297, 01 2015.
- [16] D. Kawahara and S. Kurohashi, "A fully-lexicalized probabilistic model for japanese syntactic and case structure analysis, vol.21, pp.176–183, 01 2006.
- [17] A. Lee, K. Oura, and K. Tokuda, "Mmdagent-a fully open-source toolkit for voice interaction systems, pp.8382–8385, Oct. 2013.