

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H04167

研究課題名（和文）ゲーミフィケーションによる対話データ収集基盤の構築と状況づけられた対話への利用

研究課題名（英文）Construction of a dialogue data collection platform by gamification and its application to situated dialogue

研究代表者

徳永 健伸（Tokunaga, Takenobu）

東京工業大学・情報理工学院・教授

研究者番号：20197875

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,110,000円

研究成果の概要（和文）：データ収集基盤の構築に注力した。具体的にはMinecraftのmod(Modification)とよばれるシステム拡張の枠組を利用してシステムを拡張し、以下の機能を持つ、対話データ収集基盤DDCraftを実装した。(1) ゲームプレイヤーの発話と各発話時点での世界の状況を一緒に記録する機能(2) 外部に用意した対話システムがゲームに参加できるようにするためのインターフェース機能(3) ゲーム参加者同士が自律的にペアを作り、個別の世界に移動して協働して課題を解決できる機能(4) プレイヤーが自分あるいは相手の発話にアノテーションをする機能。

研究成果の学術的意義や社会的意義

対話データ構築に関する先行研究では、本研究が着目する4つの観点（状況づけ、タスク指向、クラウドソーシング、ゲーミフィケーション）をすべて網羅しているものはない。また、対象とする対話に応じたデータ収集環境を構築してデータを収集している。本研究で構築したデータ収集基盤はタスク指向の状況づけられた対話を対象とした汎用のデータ収集基盤となっている。自然言語による対話を身近で有用なものにするためには、単なる命令や検索キーワードを自然言語に置換える道具ではなく、人間に寄り添い、人間と協働して問題を解決する対話システムの実現が必要である。本研究はそのために基礎データの構築に寄与する。

研究成果の概要（英文）：We focused on the construction of a data collection platform. Specifically, we implemented DDCraft, a dialogue data collection platform with the following functions by extending the system using the system extension framework called mod (modification) in Minecraft: (1) An interface function to record the game player's utterances together with the state of the world at the time of each utterance, (2) An interface function to allow an external dialogue system to participate in the game, (3) A function for recording the game players' utterances and the state of the world at the time of each utterance together, (4) An interface function to enable dialogue systems prepared externally to participate in the game, (5) A function that enables game participants to form autonomous pairs, move to individual worlds and solve problems collaboratively, (6) A function that allows players to annotate their own or their partner's speech.

研究分野：自然言語処理

キーワード：対話コーパス アノテーション 対話システム ゲーミジケーション クラウドソーシング

## 1 研究開始当初の背景

### 1.1 社会的背景と意義

スマートフォンやスマートスピーカの普及にともない、コンピュータとの対話を通して、必要な情報を得たり、家電製品を制御することが日常的になってきている。社会の高齢化を考えると、様々な機器とのインターフェースを使い易くすることは重要な社会的要請であり、そのための有力な技術が自然言語による対話技術である。対話システムは特定の目的を達成するためにおこなわれる「タスク指向型対話」と雑談などのように対話を続けること自体を目的とする「非タスク指向型対話」とに大別できる。スマートフォンなどの対話システムは雑談型の対話システムをベースに簡単な文脈を考慮した情報検索型の問い合わせを実現しているにすぎず、特定の目的に向って人間とシステムが協調的に対話をするレベルには至っていない。自然言語による対話を身近で有用なものにするためには、単なる命令や検索キーワードを自然言語に置換える道具ではなく、人間に寄り添い、人間と協働して問題を解決する対話システムの実現が必要である。

### 1.2 状況づけられた対話 (situated dialogue)

物理的空間を共有するロボットとの対話では、ロボットと人間がどのような位置関係にあるかなどを考慮した上で対話する必要がある。しかし、現在の対話ロボットは、そこまで深い処理を必要とする対話を射程としておらず、高価であるために一般家庭への普及はすぐには見込めない。一方、スマートフォンなどの音声対話システムは言語情報を中心とした人間との情報交換に特化しており、人間と物理的な場を共有する状況をそもそも考慮していない。しかしながら、深層学習による画像認識の高性能化によって、今後、スマートフォンやスマートスピーカーなどが「眼」を持ち、物理的な状況を把握できるようになれば、状況づけられた対話がますます重要となる。

### 1.3 タスク指向型対話

コンピュータによる言語の理解を定義することは困難な問題であり、人工知能研究が始まった当初から議論されてきた。評価という観点からは、対話の目的が不明確な雑談型対話よりも、対話が目的達成に寄与したかどうかという観点から評価できるタスク指向型対話の方が評価が容易である。状況づけられた対話では、世界の変化という観察可能な事象により評価がさらに容易になる。また、タスク指向型対話は、対話を通して目的を自然に効率よく達成できるという実用的な観点からも望ましい。

### 1.4 データ駆動アプローチ

この四半世紀、自然言語処理の研究分野では、実世界で産出されたさまざまな言語表現を集積し、それにさまざまな情報を付与した言語データ (コーパス) を整備し、これに機械学習の技術を適用することにより研究を進めてきた。このようなデータ駆動アプローチは特に単語への品詞付与や構文解析などの言語処理の基盤技術やインターネット上の製品レビューの分析などの特定の応用において目覚ましい成果をあげている。また、最近ではニューラルネット研究の進展によりさらに高性能な自然言語処理の応用システムも報告されている。しかしながら、対話処理においては、人間同士の対話は複雑な構造を持つことから、その多様性のために十分な量のデータを収集することが容易ではない。特に最近の研究の主流であるニューラルネットワークは一般に大量のデータを必要とするため、データ量の問題はますます深刻化している。

### 1.5 クラウドソーシング/ゲーミフィケーション

音声や画像を与えて、その内容を答えるような課題はコンピュータには困難であっても、人間なら容易に解ける。クラウドソーシングはこのような課題を安い単価で多数の不特定の作業者にネット上でおこなわせることで効率よくデータを収集する手法である。クラウドソーシングによって雑談型対話のデータを大量に収集する研究に比べ、タスク指向型対話のデータを収集した例は少ない。タスク指向型対話では、システムが提供する機能を必ずしも作業者が使いたくて使っているわけではなく、収集した対話データが、ある種の「やらせ」的な性質を持ち、自然さが失なわれてしまうという問題がある。ゲーミフィケーションはゲームの娯楽性を利用して作業者の動機づけを維持することを狙っている。クラウドソーシングの考え方にゲーミフィケーションを利用して作業者の動機づけを与えてやれば、タスク指向型対話においても大量の自然な対話データを収集できる。

## 2 研究の目的

本研究の目的は、タスク指向の状況づけられた対話のためのデータをクラウドソーシングとゲーミフィケーションにより収集するための基盤を構築し、この基盤によって収集したデータを用いて対話システムを実装し、その評価を通して収集したデータの有用性を示すことである。直近の主要な対話、言語資源関連の国際会議で発表された対話データ構築に関する研究を調査し、本研究が着目する4つの観点(状況づけ、タスク指向、クラウドソーシング、ゲーミフィケーション)から分類した結果、4つの観点をすべて網羅している先行研究はないことがわかった。各研究ではそれぞれ研究対象としている対話が異なるため、対象とする対話に応じたデータ収集環境を構築してデータを収集している。特に、状況づけられた対話をクラウドソーシングで収集した例はない。また、クラウドソーシングとゲーミフィケーションを組合せた研究は少なく、その唯一の例は雑談対話を対象としたものである。我々はタスク指向の状況づけられた対話を対象としたデータ収集基盤を目指している。

## 3 研究の方法

本研究では、この目的を達成するために以下の2つの研究項目を設定し、研究を進めた。

- (1) 状況づけられた対話のための対話データ収集基盤の構築
- (2) 収集したデータを用いた状況づけられた対話システムの実現と評価

### 3.1 対話データ収集基盤の構築

ゲーミフィケーションのためのプラットフォームとして Majang AB 社が開発した Minecraft (以下、MC) を使用する。MC では立方体のブロックで構成された三次元の仮想世界でプレイヤーがアバターを通して、ブロックを自由に設置・破棄して世界を変更できる。MC 自体に特定の目標があるわけではなく、プレイヤー自身が MC の世界の中で自分の目的を設定する。MC を使う理由は以下のとおりである。

- 複数のプレイヤーが対話を通して協調作業をできる。
- 物理法則を近似した三次元世界なので状況づけられた対話をおこなう環境に適している。
- 多様なオブジェクトのオントロジーが用意されており、新規追加もできる。
- mod とよばれるシステム拡張の枠組を利用してシステムを容易に拡張できる。
- ゲームの目標を自由に設定できるので、さまざまなタスク指向型対話を収集できる。

本研究では、ゲーム中の対話をその対話がおこなわれた状況も含めて記録・収集するデータ収集 mod と MC の世界のアバターと対話システムを結びつけ、対話システムがゲームに参加できるようにするインターフェース mod を作成し、これらを MC に組み込むことによってデータ収集基盤を構築する。

### 3.2 状況づけられた対話システムの実現と評価

データ収集基盤によって収集したデータの有用性を評価するために、本研究では、MC 内に宝探しゲームを構築し、データ収集をおこなう。このゲームはプレイヤーが目標となるアイテムを取得するためには対話システムにアイテムのある場所やその入手に必要な別のアイテムなどを尋ねる必要がある。それに適切に回答することが対話システムの主な役割となる。対話システムはゲーム内ではプレイヤーに対して課題の依頼者や助言者という役割を持つアバターとして存在するため、対話システムの発話が妥当であったかどうかはプレイヤーが目標を達成したかどうか、また、達成までにかかった時間で客観的に評価できる。

## 4 研究成果

### 4.1 対話データ収集基盤の構築

Minecraft の mod 拡張として、対話データ収集基盤 DDcraft を構築した。DDcraft は、データ収集者が自由に仮想世界を構築し、ペアで行われる書き言葉での対話のデータを収集するための機能を提供する。特定のタスクに依存するものではなく、データ収集者は独自のタスクを設計し、実装することができる。各機能は Minecraft の mod として実装されており、MC にこれらの mod を導入することで DDcraft を運用できる。DDcraft は、MC の仮想世界で行われる対話について、以下のデータを収集する。

- 発話内容とそのアノテーション
- 発話時の発話者の位置情報

- 視界の情報
- 操作可能なブロックの操作ログ

DDCraft による対話データの収集は、次のような流れでおこなう。データ収集者は MC サーバをインターネット上に公開し、プレイヤーがそこに MC クライアントを用いて接続する。全てのプレイヤーは、接続するとまず待合室の役割を果たす仮想世界(ロビーワールド)に集められる。その後、プレイヤーがシステムに申請することで、申請したプレイヤーから自動でペアが組まれ、対話を集めるためのタスクを実際に行う別の仮想世界(タスクワールドインスタンス)に転送される。各ペアがタスクを行う世界はそれぞれ独立しており、行動が他の世界に影響したり、発話が他の世界に届いたりすることはない。各仮想世界のログは別々に保存され、データ収集者はそこからペアごとのデータを取得することができる。タスクワールドインスタンスのテンプレートは、データ収集者が収集したい対話の内容に基づき自分で作成する必要がある。テンプレートは、MC 本来の機能を用いてゲーム内でブロックを配置することで作成できる他、非公式の編集ツールを用いて作成することができる。いずれの場合でも、データ収集者に専門知識は要求されない。DDCraft は、収集者が作成したテンプレートをコピーしてペアごとの仮想世界を作成する。

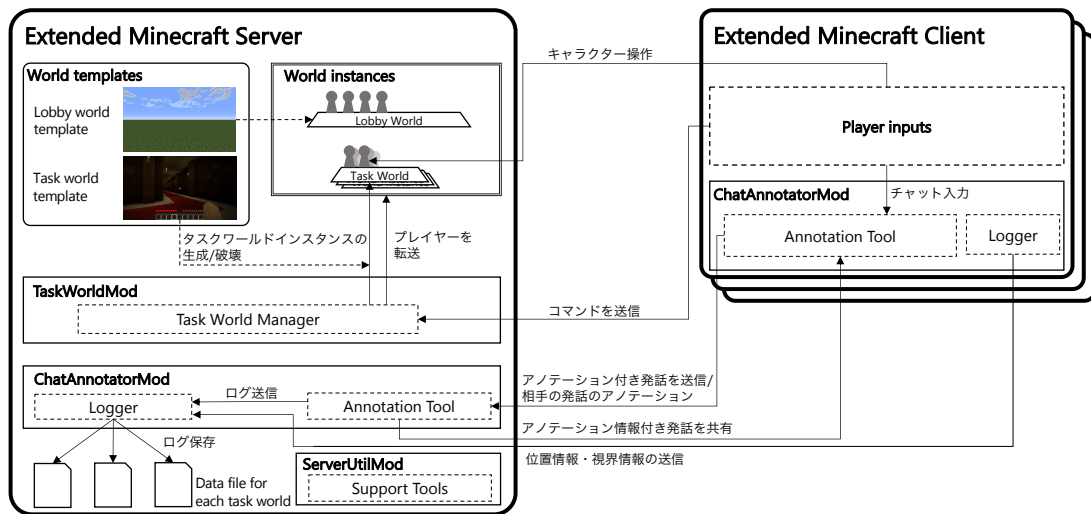


図 1: データ収集基盤 DDCraft のアーキテクチャ

基盤全体の構成を図 1 に示す。DDCraft は、データ収集者が運用する MC サーバ一つと、それぞれのプレイヤーが一人一つ使用する MC クライアントで構成される。基盤を構成する拡張機能は、対話ログ機能、アノテーション機能、タスクワールド管理機能、サーバ補助機能の 4 つのモジュールから成る。このうち、対話ログ機能とアノテーション機能はサーバとクライアント両方の拡張機能であり、二つのモジュールを合わせて ChatAnnotatorMod として実装されている。一方、タスクワールド管理機能 (TaskWorldMod) とサーバ補助機能 (ServerUtilMod) はサーバのみに導入される。それぞれのモジュールは、MinecraftForge を利用した mod として実装されている。MC にこれらの mod を導入することで基盤を運用できる。Forge は MC を拡張するためのオープンソースの API であり、MC の拡張手段としてよく用いられている。

#### 4.2 状況づけられた対話システムの実現と評価

構築したデータ収集基盤 DDCraft を用いて対話データの収集実験をおこない、DDCraft の評価をおこなった。データ収集のために宝探しゲームの一種である Mansion Task を実装し、データ収集をおこなう。Mansion Task は、状況づけられた対話の一つの特徴である参照表現や空間的な表現を誘発することを目的としたゲームである。同一のオブジェクトを複数配置することで、特定のオブジェクトを表現しようとしたプレイヤーに参照表現を使用させることを狙っている。プレイヤーに渡される地図には各部屋の説明がない代わりに、各部屋に存在するギミックとその種類・配置が記されている。また、プレイヤーごとに、「このボタンを押すことでこのドアが開く」などの追加情報が別々に与えられている。これらのギミックの説明は、プレイヤーの発話に影響を与えないよう記号のみで記した。プレイヤーらはゴールに辿り着くためにサブタスクを達成する必要がある。各サブタスクは、二人のプレイヤーが同時にギミックを操作しないと達成できないように設計されており、プレイヤー

同士の協調を促すように設計されている。例えばあるサブタスクは、一方のプレイヤーがボタンを押してドアを開けている間に、もう一方のプレイヤーがそのドアの先にあるボタンを押さないと達成できない。

表 1: ゲームをおこなった 10 人のプレイヤーによる、タスク後の任意アンケート結果

Question	No	Rather No	Neither	Rather Yes	Yes
Would play again?	0	0	1	1	8
Would play with no reward?	0	1	1	5	3
Was setting up easy?	0	0	0	2	8

Mansion Task のゲームをインターネット上に公開し、5 ペア (10 名) による対話データの収集をおこなった。表 1 に、ゲームに参加した 10 人のプレイヤーによる、ゲーム後のアンケート結果を示す。アンケートは任意回答だったが、10 人全員から回答を得た。アンケートでは、「設定は簡単だったか」という問いに関しては、全てのプレイヤーが "Rather Yes" 以上を選択している。そもそも設定がうまく行かずサーバに接続できなかったプレイヤーはこのアンケートに回答できないため、その点は考慮に入れる必要があるものの、普段から Minecraft で遊んでいるプレイヤーにとっては、Forge による mod の導入は困難でない可能性がある。また、「もう一度遊びたいか」という問いに対して "Yes" の回答が 8 割を占めており、「報酬がなくても遊びたいか」についても、少し消極的な回答が増えるものの、"Rather Yes" 以上の回答が 8 割を占めている。これらの回答から、プレイヤーが楽しんでゲームを行なったことが推測できる。このことから、ゲーム形式でタスクを行うことで、本研究が目的とするプレイヤーの動機づけができていと考えられる。また、全てのペアが最後までタスクを達成しており、DDCraft での対話収集では、基盤の設定やペア組みなどの壁があるものの、それらを乗り越えればプレイヤーが意欲的にタスクに取り組むことが示唆された。

表 2: Mansion Task を用いて収集したデータの情報

対話	対話時間	発話数			空間/参照表現個数
		プレイヤー 1	プレイヤー 2	合計	
1	6 分 07 秒	15	10	25	5
2	7 分 36 秒	13	13	26	5
3	9 分 16 秒	10	12	22	1
4	13 分 31 秒	27	21	48	5
5	10 分 55 秒	28	18	46	4
平均	9 分 29 秒			33.4	4

表 2 に、収集した対話データの対話時間、発話数、参照表現および空間的な表現の出現回数を示す。ここで、参照表現・空間的な表現として「他との位置関係によって説明されているもの」「this, that などの指示語で説明されているもの」を数えた。一発話中に複数の表現が出現した場合、それぞれを一つとして数える。対話はすべて英語のチャットで行われた。各ペアを比較すると、対話 1-3 と 4,5 で発話数の合計が大きく違っている。しかし、3 回目と 4 回目の試行ではタスク内容を変えていないため、プレイヤーの性格が原因で偶然この差異が現れたと考えている。また、対話 3 のペアでは参照表現が一度しか出現していない。プレイヤーが入力したコメントによれば、このペアの主なコミュニケーションは Minecraft 内のキャラクターの移動・腕の動きといった非言語情報で行われた、とあり、実際に収集した対話ログを見ると、このペアではギミック操作に関する発言が 2 回しかされていない。今回の実験で、DDCraft を用いることで、状況付けられた対話が収集できることが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 TSENG YI KAI, 徳永健伸, 横野光
2. 発表標題 質問応答におけるユーザ入力表現のドメイン固有の表現へのマッピング
3. 学会等名 言語処理学会第28回年次大会 (NLP2022) 発表論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小河晴菜, 徳永健伸, 横野光
2. 発表標題 Minecraftを用いた状況付けられたタスク指向型対話データの収集
3. 学会等名 言語処理学会第27回年次大会 (NLP2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Haruna Ogawa, Hitoshi Nishikawa, Takenobu Tokunaga and Hikaru Yokono
2. 発表標題 Gamification Platform for Collecting Task-oriented Dialogue Data
3. 学会等名 The 12th Language Resources and Evaluation Conference (LREC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Haruna Ogawa, Hitoshi Nishikawa, Takenobu Tokunaga and Hikaru Yokono
2. 発表標題 Gamification Platform for Collecting Task-oriented Dialogue Data
3. 学会等名 Proceedings of the 12th Language Resources and Evaluation Conference (LREC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Dolca Tellols, Takenobu Tokunaga and Hiifumi Yamamoto
2. 発表標題 Assessing Language Learners' Free Productive Vocabulary with Hidden-task-oriented Dialogue Systems
3. 学会等名 Proceedings of the 2nd Workshop on User-Aware Conversational Agents (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小河 晴菜, 西川 仁, 徳永 健伸, 横野 光
2. 発表標題 ゲーミフィケーションを用いた アノテーション付き対話データの収集基盤
3. 学会等名 言語処理学会第26回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hikaru Yokono
2. 発表標題 Collecting dialogue data using Minecraft- Gamification platform for building corpus -
3. 学会等名 The Games and Natural Language Processing Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔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	横野 光  (Yokono Hikaru)  (60535863)	明星大学・情報学部・准教授    (32685)	

6. 研究組織（つづき）

	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	西川 仁  (Nishikawa Hitoshi)  (00765026)	東京工業大学・情報理工学院・助教    (12608)	削除：2020年3月9日

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