

研 究 報 告 書

「仮想世界のデータを用いたドメイン適応による実世界質問応答の高度化」

研究期間：2018年10月～2020年3月

研究者番号：50189

研究者：宮西 大樹

1. 研究のねらい

スマートスピーカーの普及に伴い、スマートデバイスによる質問応答が日常生活の中に織り込まれつつある。行動認識システムや屋内測位システムが検出した人・モノ・環境などの状況の変化を質問応答できる「実世界質問応答」が実現できれば、人の記憶支援・紛失物の発見・人の監視や見守りといった実世界に根ざした知的システムを作成できるようになる。従来の実世界質問応答では、近年数多くの質問応答の課題で高い性能を示すニューラルネットワークで構成した質問応答モデルが用いられてきた。このニューラルネットを用いたモデルは、高精度な質問応答が可能であるものの、性能を発揮するために、質問文・実世界のログ（ストーリー）・解答文の3つ組からなる学習データが大量に必要なことになる。しかし、実世界をセンシングして取得したデータはプライバシーの問題やラベリングに多大な労力を要するため、大量かつ多様な学習データを集めることが極めて難しい。そこで、本研究では、プライバシーの問題がなく、大量かつ多様なデータを生成できるライフシミュレーターから日常生活のストーリーを自動的に生成し、この仮想世界のストーリーから質問応答のデータセットを作成する。そして、この作成した大量のデータセットを用いてニューラル質問応答モデルの学習を行い、このモデルを現実世界のデータに適用することで、実世界質問応答の問題を高精度に解くことが本研究のねらいである。

2. 研究成果

(1) 概要

現実世界の状況やその変化を理解し、日常生活の出来事に関する様々な質問に答えることができる知的システムの実現は、数多くの実用的なアプリケーションに繋がる。例えば、「今朝、私は何を食いましたか?」、「鈴木さんは今日の部屋にいるの?」、「リモコンが見当たらないけど、今どこにある?」、「佐藤さんは食後にちゃんと薬を飲みましたか?」といった質問に解答することができれば、記憶補助・人や遺失物の探索・見守りシステムなどに応用することができる。このような知的システムの実現に向けて、実世界質問応答という課題が提案されている(Miyanishi+, IJCAI 2018)。実世界質問応答の目的は、行動認識や屋内測位などの技術を用いて言語化した日常生活の記録から、実世界の状況を問う質問に対して正しい答えを出力することである。実世界質問応答は、複雑な推論と多様な回答の出力が必要であるため、従来の方法では、外部記憶機構を持つニューラル質問応答モデルが用いられてきた。このニューラルネット質問応答モデルは高精度な質問応答が可能であるものの、性能を発揮するために、学習データが大量に必要なことになる。しかし、日常生活動作に関するデータはプライバシーやラベリングコストの観点から大量に取得することが困難である。

そこで、本研究課題ではこの問題を解決するため、Simulation to Real QA (Sim2RealQA) という新たな枠組みを提案した(図1)。

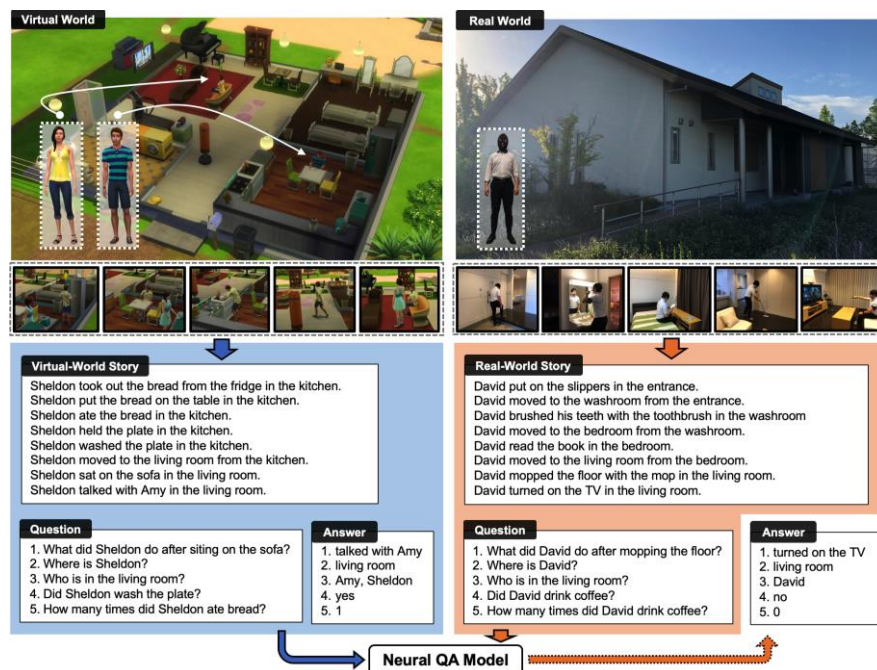


図1：Simulation to Real QA の概要図

Sim2RealQA では、プライバシーを侵害することなく十分な量の学習データを作るため、人の日常生活を模倣するシミュレータを使用する。現実世界の質問応答の問題を高精度に解くため、仮想世界の日常生活行動のデータをもとに作成した大量の質問応答データセットを用いてニューラル質問応答モデルを訓練し、このモデルを用いて実世界質問応答の問題を解く。Sim2RealQA の枠組みを評価するため、実際の家屋とライフシミュレーションゲーム内の日常生活行動のログデータをもとに 仮想・現実双方の質問応答データセットを作成した(研究項目1)。また、このデータセットを用いて、実世界の解答ラベルがない場合に、仮想世界のデータが実世界の質問応答に役立つかどうかを検証した(研究項目2)

(2) 詳細

研究項目1：現実世界と仮想世界のクロスドメイン質問応答データセットの作成

- 現実世界のストーリーの作成：現実世界の日常生活行動データを取得するため、行動実験を行った。行動実験ではウェアラブルカメラを被験者5人に装着し、20 個程度の日常生活行動を実際の家屋で連続して行ってもらった。例えば、被験者は、寝室でコーヒーを飲んだ後、カップを持ち、ソファから立ち上がり、リビングからキッチンに移動して、カップを台所のシンク洗う、といった一連の日常生活行動を行う。このデータに対して、誰が・いつ・どこで・何をしたかといったテキストデータを人手付与し、実世界での日常生活行動のストーリーとした。
- 仮想世界のストーリーの作成：現実世界の質問応答の学習データを収集することは困難であるため、ライフシミュレーションゲーム“The Sims”を用いて人の日常生活行動をシ

ミュレーションし、日常生活のストーリーを自動的に生成した。The Sims では、用意した屋内環境やキャラクターの性格によって、仮想世界のキャラクターの行動が変容するように設計されている。そこで、多様な行動を取得するため、3つの屋内環境を用意し、各住居者(環境1:男&猫・男&犬・女&猫・女&犬, 環境2:男&男・女&女・女&男, 環境3 夫婦&子供(男)・夫婦&子供(女))に関する日常生活のストーリーを30日分ずつ取得した。

- 質問応答データセットの作成 作成した実世界・仮想世界のストーリーと予め用意した実世界の状況を問う質問のテンプレートとルールベースの質問応答システムを用いて質問応答データセットを作成した。質問は実世界の状況(人物の場所, 物体の場所, 人物の行動, 行動の対象となった物体など)を問うものを 22 個用意した。ルールベースの質問応答システムは文法構造を手がかりにして真の解答を導き出すことができる。最終的に 54,770 個のストーリー文と 22,000 個の質問・解答ペアからなる質問応答データセットを作成することができた(図2)。

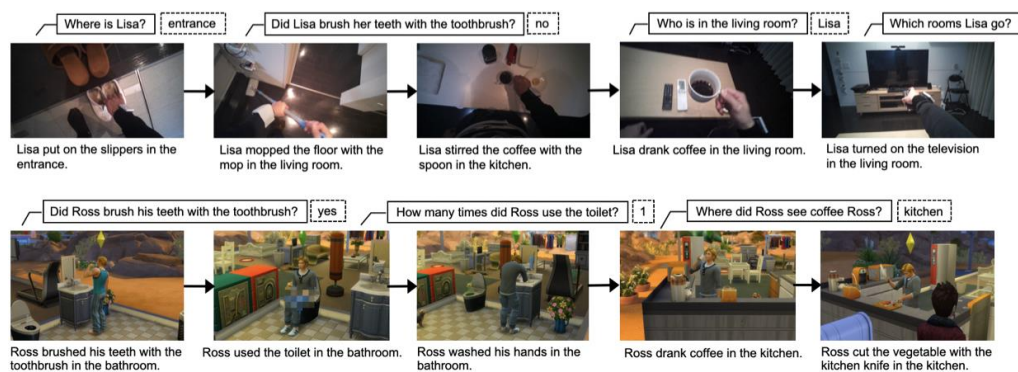


図2: 現実世界と仮想世界の質問応答データセットの例

研究項目2: Sim2RealQA の有効性検証

- Sim2RealQA の枠組みが有効であるかどうかについて、複数の質問応答モデルを用いて検証した。モデルとしては、既存の質問応答課題で標準的に用いられるニューラル質問応答モデル(図3・4の RNN, RNN-AT, RNN-PG, DMN に対応)と、質問文とストーリー文の適合度を計算する注意機構と入力データを出力にコピーする機構を組み合わせたドメインの違いに頑健なニューラル質問応答モデル(図3・4の DMN-PG に対応)を用意した。
- 仮想世界のデータ量の効果: モデルの学習に使う仮想世界の学習データの量と実世界質問応答の精度の関係を見たところ、用意した学習ベースの手法は、仮想世界のデータ量の増加に対して、対数的に精度が良くなることがわかった(図3)。これはシミュレーションによって多くの学習データを作り、それをモデルの学習に使うことで、実世界の質問応答の問題をより高精度に解けることを示している。
- Simulation to Real の有効性: 次に、実世界のデータで学習する方法(Train on target)と仮想世界のデータで学習する方法(Sim2RealQA)を比較することで、Sim2RealQA の有

効性を検証した。図4より、実世界の学習データの量が増加するにつれて、Train on target の精度は対数的に向上するが、学習データが100から1000と少ない場合は精度が著しく低いことがわかる。一方、この場合、仮想世界のデータで学習を行う Sim2RealQA は Train on target の性能を大きく上回ることがわかった。この結果は、実世界のラベルが取得困難な場合、Sim2RealQA の枠組みが非常に有効なアプローチであることを示している。

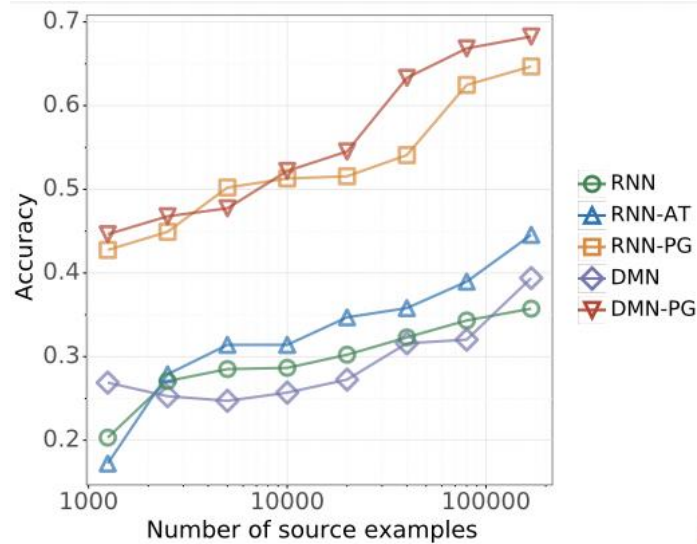


図3: 仮想世界のデータ量の効果: 横軸は仮想世界の学習データの量, 縦軸は Sim2RealQA の精度を表す。

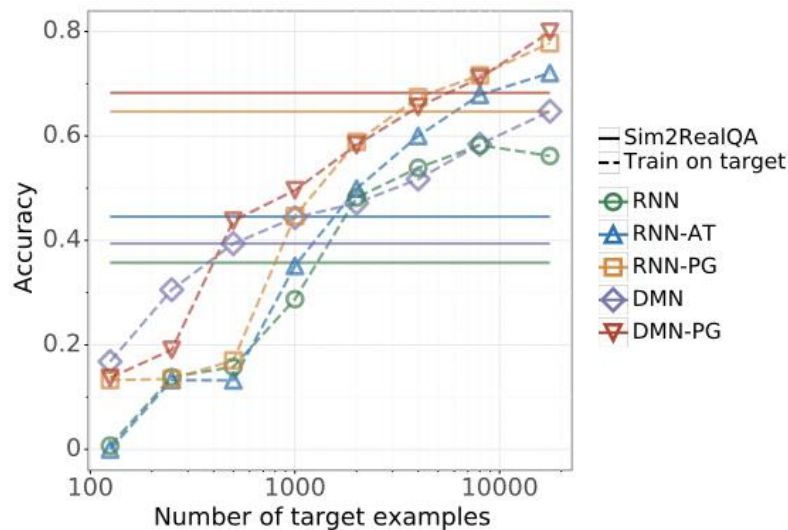


図4: Sim2RealQA の有効性: 横軸は現実世界の学習データの量, 縦軸は現実世界のデータでテストしたときの精度を表す。

現在, この成果をまとめた論文を国際論文誌に投稿中である。

3. 今後の展開

今回の研究成果から、ライフシミュレーションの結果をもとに質問応答データを作成し、その仮想世界のデータで学習したモデルを用いることで、実世界で何が起きているかを精度良く把握できることがわかった。今回は屋内の限られたデータで手法の有効性を検証したが、今後は病院や会社などのデータに適用し、患者の見守りや医療関係者・従業員の行動の把握など開かれた世界で駆動するシステムを実現していきたい。また、今回作成した実世界質問応答システムを言語データだけでなく映像データに適用できるように拡張することで、人とのインタラクションを通じて現実世界を理解するロボットが実現できるようになると考えている。

4. 自己評価

多少の研究計画の変更はあったものの、概ね研究提案の内容は達成でき、研究成果を論文としてまとめることができた。現在1件を国際論文誌に投稿中であり、もう1件を近日中に国際会議へ投稿する予定である。今回作成した質問応答データセットについては論文が採択された後、公開する予定である。研究の遂行にあたり、書籍や計算機、行動実験に利用する機器の購入、論文の英文校正の費用などに研究費を使用した。今回の研究成果をまとめた論文が期間中に採択されなかったため、国際会議の旅費として使用することはできなかったが、それ以外は概ね計画通りに執行することができた。

本研究は、現実世界の日常生活に関するデータが入手困難な点を、日常生活をシミュレートするゲームのデータを利用することで克服する手法を提案した。これは実世界の自然言語処理課題を解くためにシミュレーションが重要な役割を果たすことを示した先駆的な研究であり、本研究をきっかけに、シミュレーション・ユビキタスコンピューティング・自然言語処理の融合が促進されていくことが期待される。

5. 主な研究成果リスト

(1)論文(原著論文)発表

該当なし(投稿中が1件、投稿準備中が1件)

(2)特許出願

研究期間累積件数:0件

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

1. 宮西 大樹, 前川 卓也, 川鍋 一晃. Sim2RealQA: ニューラル質問応答モデルの仮想世界から現実世界への転移. 情報処理学会 第240回自然言語処理研究会. 岩手. 2019年6月13日