

遠隔回想法のための肩乗り型 ファシリテーションロボットシステムの提案

Proposal of a Shoulder-Mounted Facilitation Robot System for Remote Reminiscence Therapy

伊藤 龍之介^{1*} 福地 庸介² 松室 拓秀³ 中西 建心³ 今井 倫太¹
Ryunosuke Ito¹ Yosuke Fukuchi² Takuho Matsumuro³ Kenshin Nakanishi³ Michita Imai¹

¹ 慶應義塾大学理工学部

¹ Faculty of Science and Technology, Keio University

² 東京都立大学システムデザイン学部

² Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

³ 慶應義塾大学大学院 理工学研究科

³ The Graduate School of Science and Technology, Keio University

Abstract: The objective of this study is to develop a conversational support system that enhances memory recall in remote environments and contributes to dementia prevention. To achieve this, we propose RIMER (Remote Interactive Memory Enhancement Robot), a wearable facilitation robot that utilizes reminiscence therapy and a large-scale language model. By using a shoulder-mounted camera to capture real-time visual information, RIMER dynamically generates context-aware questions and prioritizes the speech of remote users, effectively supporting memory recall. In the experiment, we evaluated the conversation volume and memory recall facilitation effect of RIMER and confirmed its effectiveness.

1 序論

高齢化の進行に伴い、認知症患者の増加が社会問題となっている [1]. 認知症の予防・改善策として、Butler が提唱した回想法 (Reminiscence Therapy) が注目されている [2]. 回想法は、過去の出来事や思い出を振り返ることで心理的および認知的な改善を促す心理療法の 1 つである。特に、思い出に基づいた会話を広げていくことでより効果的な認知的改善が期待できる。

回想法を用いた既存研究として、Masashi Hata らは、高齢者が遠隔地にいる家族とビデオ通話を行う際に、回想法に適した写真を推定し、高齢者と家族に写真を提示するシステムを提案した [3]. また、ロボットを用いた回想法に関する既存研究として、大津らは、懐かしい日用品が描かれた「思い出カード」をユーザに提示し、ユーザが選択した思い出カードに関する会話をロボットとおこなう回想支援をおこなった [4].

しかし、既存研究にはそれぞれ課題が残されている。Masashi Hata らの提案システムは、家族が高齢者に対

して質問の題材を提示するだけで、家族が質問文を考えることを前提としているため、家族に対して一定の知識が求められるという課題がある。大津らの研究では、ロボットがユーザに対して事前定義された質問を行うため、会話の柔軟性が低い。さらに、対面を想定しているため、遠隔地で実施することが出来ない。また、Masashi Hata らの研究と大津らの研究では、事前に用意された写真を基に会話をするため、高齢者が写真に関する記憶以外の記憶を十分に想起できない可能性がある。

本稿では、遠隔地における大規模言語モデルと回想法を利用して記憶の想起を促進させる肩乗り型ファシリテーションロボットシステム、RIMER (Remote Interactive Memory Enhancement Robot) を提案する。RIMER は、遠隔地における会話を想定して設計しているため、遠隔で記憶の想起を図ることができる。RIMER の優れている点は、遠隔者側の発言を多く引き出すことで、遠隔者側の記憶の想起をより促進させることができる点である。さらに、大規模言語モデルを使用することで、会話の状況に即した柔軟な質問文を生成することができる。

*連絡先：慶應義塾大学理工学部
〒 223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1
E-mail: itou@ailab.ics.keio.ac.jp

2 RIMER

本稿では、従来の回想法支援システムが抱える問題を解決するために、遠隔環境における対話の活性化と記憶想起の促進を目的とした肩乗り型ファシリテーションロボットシステム RIMER (Remote Interactive Memory Enhancement Robot) を提案する。

RIMER は、ビデオ会議ツールを用いて屋内と屋外にいる両者がビデオ通話をしている状況を想定したシステムである。両ユーザのうち、屋内側ユーザをリモートユーザ、屋外側ユーザをローカルユーザと定義する。リモートユーザは回想法の対象者であり、RIMER によって記憶の想起が促進される。ローカルユーザは回想法を実施するために、リモートユーザの思い出の場所へと赴き、ビデオ会議ツールを通して現地の映像を共有する。現地映像の撮影には、ユーザの肩に装着する肩乗りロボットを使用する。また、肩乗りロボットは共有するための映像とは別に、現地の情報を取得するために画像を撮影する。RIMER では、リモートユーザとローカルユーザの会話内容、ローカルユーザが装着する肩乗りロボットが撮影した画像に基づいて大規模言語モデルによって質問文を生成する。質問文を生成する際に、質問する対象者としてリモートユーザを多く選択することで、リモートユーザの発言量を増加させる。そして、選択した対象者に生成した質問文を用いて質問する。RIMER を用いることで、リモートユーザが共有されている思い出の場所の映像を見ながら会話をすることができる。また、現在の状況に沿ったファシリテーションがおこなわれるため、両ユーザにおける会話内容を考える負担の軽減が期待できる。そして、リモートユーザの発言量を増加させることで、記憶の想起をより促進させることができる。

RIMER の主な新規性は以下の 4 点である。

2.1 リモートユーザの発言量増加による記憶想起の促進

RIMER の最大の優れている点は、リモートユーザに多く発言を促す設計にした点である。従来の回想法支援では、ロボットが一律に質問を行うか、支援者が主体的に質問を考える必要があった。しかし、リモートユーザが十分に発言しない場合、記憶想起が促進されにくくなる。

リモートユーザにおける発言量の問題に対して、RIMER では、リモートユーザの発言を優先的に引き出すように質問を提示する仕組みを導入した。具体的には、リモートユーザにのみ質問するフェーズ、リモート・ローカル両ユーザに質問するフェーズ、ローカルユーザにのみ質問するフェーズの 3 段階に分かれている。それぞれのフェーズについて説明する。

2.1.1 リモートユーザにのみ質問するフェーズ

リモートユーザの発言量を増加させたいため、リモートユーザにのみ質問をする最低回数、ask-indoor を事前定義する。事前調査の結果、ask-indoor は 3 回が妥当だと判断し、定義した。質問をした回数が ask-indoor 未満である場合、リモートユーザの記憶想起を促すため、リモートユーザのみに質問を行う。

2.1.2 リモート・ローカル双方に質問するフェーズ

質問をした回数が ask-indoor 以上になった場合、ローカルユーザにも質問をするべきかを判断する。記録した今までの会話ログから、まだリモートユーザと会話をする必要があるか、それともローカルユーザにも話を振って会話を広げる必要があるかを大規模言語モデルによって判定をおこなった。判定項目は、「まだリモートユーザの記憶の想起を促進させる必要があるか」、「まだリモートユーザの会話を深掘る必要があるか」の 2 つである。判定項目のどちらかが必要だと判定された場合には、リモートユーザにのみ質問をする。一方で、判定項目の両方共必要ないと判定した場合には、リモート・ローカルの両ユーザに質問をする。

2.1.3 ローカルユーザに質問するフェーズ

記憶の想起という観点では、リモートユーザにのみ発言を促すように質問をしても良いが、会話のファシリテーションという目的も含まれるため、ローカルユーザにも発言を促すことが重要である。したがって、ローカルユーザに必ず質問するための会話の最高回数、ask-outdoor を事前定義する。ask-outdoor も ask-indoor と同様に、事前調査の結果、ask-outdoor は 5 回が妥当だと判断し、定義した。リモートユーザのみとリモート・ローカルの両ユーザに質問をした回数の合計が ask-outdoor になった場合、ローカルユーザにのみ質問をする。

3 段階のフェーズによる設計によって、リモートユーザの発言量が増え、記憶の想起をより効果的に促進できる。さらに、リモートユーザとローカルユーザの発言量のバランスを取りながら、会話を活性化させることが可能となる。

2.2 遠隔環境での回想支援の実現

従来の回想法支援システムの多くは対面環境を前提としていたため、遠隔地にいる高齢者への適用が困難であった。RIMER では、リモートユーザとローカルユーザの対話をサポートする肩乗り型ロボットを活用

し、現地の映像を共有することで、遠隔環境でも回想法を実施できるようにした。現地映像の共有により、対面での実施が難しい状況でも回想法を用いた記憶想起支援が可能となる。

2.3 大規模言語モデルを活用した動的な質問生成

従来のロボット支援システムでは、事前に定義された質問を用いることが一般的であり、会話の柔軟性が低かった。RIMERでは、大規模言語モデルを活用することで、会話の文脈や現地の映像情報に基づいて適切な質問をリアルタイムに生成する。特に、リモートユーザの記憶想起を促進するために、回想法に基づいた質問を自動的に作成し、両ユーザが一定時間無言になったタイミングで質問する仕組みを構築した。

2.4 肩乗りロボットを用いた現地情報の活用

従来の回想法支援システムでは、事前に用意された写真を用いることが一般的であったため、個々のリモートユーザに最適化された記憶想起支援が困難であった。RIMERでは、ローカルユーザが装着する肩乗りロボットのカメラを用いて、映像の撮影とは別に、リアルタイムに取得した現地の画像を基に質問を生成する。したがって、固定された写真ではなく、リモートユーザの思い出のある場所の映像・画像を用いたより効果的な回想支援が可能となる。

3 実験

RIMERの有効性を検証するために、リモートユーザの記憶想起の促進と対話の活性化の観点から実験を実施した。

3.1 実験内容

本実験では、回想法の有無による記憶想起の違いと、RIMERのファシリテーションによる対話の活性化の違いを検証するために、3つのグループを比較した。比較結果から、RIMERによるリモートユーザの発話・記憶想起促進効果と、両ユーザ間の対話活性化効果を明らかにする。

3.2 実験条件

本実験には、慶應義塾大学の学生9名（男性7名、女性2名、平均年齢21.6歳）が参加した。実験は2者間で行われ、参加者はリモートユーザとローカルユーザの役割に分けられた。リモートユーザは記憶想起の対象者であり、室内のPCからビデオ通話に参加した。一方、ローカルユーザは、屋外（慶應義塾大学矢上キャンパス内）を歩行しながら、肩乗りロボットを装着し、リモートユーザに映像を共有した。

本実験では、Zoomを使用し、リモートユーザはローカルユーザの肩乗りロボットに搭載されたカメラの映像をリアルタイムで受信した。RIMERによる質問は、合成音声を用いて行い、リモートユーザとローカルユーザの双方が聞き取れるように設定した。

また、実験参加者を表1のように3つのグループに分けた。

表1: 実験で分けた3つのグループ

	回想法	ファシリテーション
グループ1	○	○
グループ2	×	○
グループ3	×	×

グループ1は回想法を用いた質問を行い、RIMERによるファシリテーションを実施するグループである。グループ2は、回想法を用いない質問を行うが、RIMERによるファシリテーションは実施するグループである。グループ3は、RIMERを使用せず、会話を行うグループである。

3.3 実験手続き

本実験では、リモートユーザとローカルユーザのペアを作成し、それぞれの役割を説明した後に開始した。まず、システムの概要を説明し、自然な会話を行うように指示を与えた。その後、RIMERが「私は2人の会話をファシリテートするシステムです。まず、お互いの自己紹介をしてください。」と音声出力を行い、リモートユーザとローカルユーザに自己紹介をするように促した。

本会話セッションでは、ローカルユーザが矢上キャンパス内を歩行しながら、リモートユーザと会話をおこなった。会話の流れに応じて、RIMERが質問をおこない、会話を促進するように設計された（グループ1、2）。会話が停滞すると、RIMERは自動で質問文を生

成し、音声合成を用いて質問した。グループ3はファシリテーションをおこなわずに会話をした。

セッション終了後、参加者にアンケートを実施し、会話の活性化や記憶想起に関する主観的評価を収集した。加えて、会話量を計測し、各グループ間で比較をおこなった。

3.4 評価項目

本実験の評価は、主観評価と会話量の測定の2つの方法でおこなった。主観評価では、参加者に7段階のリッカート尺度を用いたアンケートを実施した。アンケートでは、「会話の盛り上がり」「会話の継続性」「記憶想起」の3つの観点について評価をおこなった。アンケート項目を表2に示す。

表 2: 7段階のリッカート尺度を用いたアンケート項目

	質問内容
質問 1	会話は盛り上がりましたか？
質問 2	会話を続けるのが容易でしたか？
質問 3	会話を通して昔の記憶を思い出しましたか？

会話量の測定では、双方が会話に参加していることを重視して、会話の1往復を1回としてカウントし、グループ間で平均会話量の比較をした。

3.5 実験結果

各質問における回答結果を図1,2,3に示す。

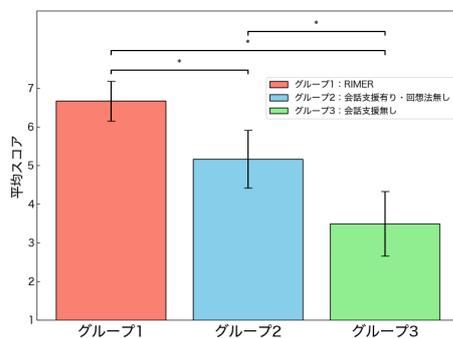


図 1: 各グループにおける質問 1 の結果 (*は有意水準 5%)

質問 1 における回答結果より、クラスカル・ウォリス検定によってグループ全体の有意差検定をおこなっ

た結果、有意差が認められた ($p < 0.01$)。次に、スティール・ドゥワース検定を用いた分析の結果、グループ1と2、1と3、2と3のすべての組み合わせで有意差が認められた ($p < 0.05$)。

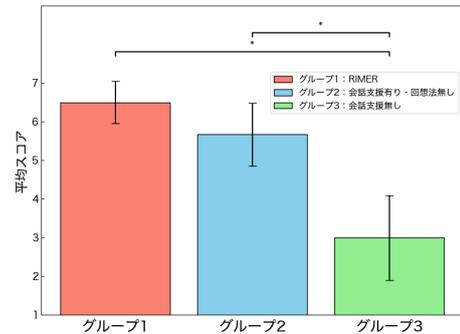


図 2: 各グループにおける質問 2 の結果 (*は有意水準 5%)

質問 2 における回答結果より、クラスカル・ウォリス検定によってグループ全体の有意差検定をおこなった結果、有意差が認められた ($p < 0.01$)。次に、スティール・ドゥワース検定によって、各グループ間の有意差検定をおこなった結果、グループ1と2間では、有意差は認められなかった ($p > 0.05$)。一方で、グループ1と3、2と3間では、有意差が得られた ($p < 0.05$)。

質問 1,2 における回答結果の分析より、ファシリテーションによって、会話が活発化し、会話の継続が容易になったことが分かる。

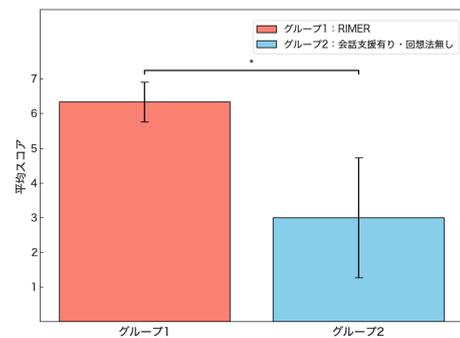


図 3: 各グループのリモートユーザにおける質問 3 の結果 (*は有意水準 5%)

質問 3 における回答結果より、ウィルコクソンの順位和検定によって、有意差検定をおこなった。グループ1と2のリモートユーザ間での p 値は、 $p = 0.0495 < 0.05$ となり、有意差が得られた。したがって、遠隔地における回想法を用いた会話を通じた回想支援は効果的であることが分かり、リモートユーザの記憶の想起を促進したことが分かる。

次に、各グループにおける、各ペアの会話数の計測結果を図4に示す。

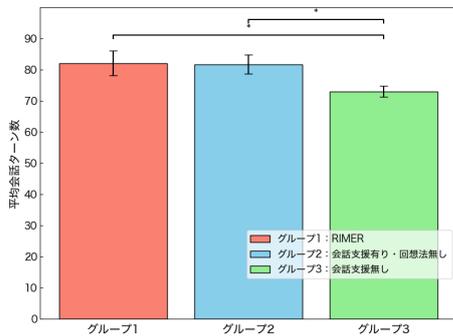


図4: 各グループの平均会話量 (*は有意水準5%)

図4より、一元配置の分散分析によってグループ全体の有意差検定をおこなったところ、有意差が認められた ($p < 0.02$)。次に、Tukey 検定によって、各グループ間の有意差検定をおこなった。グループ1と2の間では有意差は認められなかった ($p > 0.05$)。一方で、グループ1と3、2と3の間では有意差が認められた ($p < 0.05$)。したがって、会話量の分析より、グループ1と2のリモートユーザの発話割合がグループ3と比較して有意に高く、RIMERによるリモートユーザの発話促進効果が示された。特に、リモートユーザが過去の記憶に関連する質問に対して積極的に発話する傾向が見られ、RIMERの設計が記憶想起に適していることが確認された。

4 考察

4.1 対話活性化効果

まず、会話の活性化効果について、RIMERを用いたグループでは、ファシリテーションを行わなかったグループに比べて会話が活発になったことが確認された。特に、回想法を用いたファシリテーションを行った場合、会話の活発性がより高まり、会話が自然に展開する傾向が見られた。参加者の回答からも、回想法に基づいた質問が、過去のエピソードに関する具体的な発話を引き出すことにつながり、対話の深まりに寄与していることが示された。一方、回想法を用いない場合でも一定の対話促進効果は見られたが、話題が現在の出来事に集中しやすく、会話の展開が制限される傾向があった。また、ファシリテーションがない場合、参加者は話題を自ら考える必要があり、会話の流れが停滞しやすくなった。したがって、RIMERによるファシリテーションが会話の活性化に効果的であり、特に回想法を組み合わせることで、効果がさらに高まることが示された。

4.2 記憶想起効果

次に、記憶の想起効果について、回想法を用いたグループでは、過去の記憶を想起する機会が増えたことが確認された。特に、遠隔地の映像と組み合わせることで、参加者は自身の過去の経験をより具体的に振り返ることができた。記憶の想起における結果は、回想法が記憶の想起を促進するという既存研究の知見と一致しており、RIEMRが遠隔環境においても有効であることを示している。一方、回想法を用いない場合、会話の中心が現在の出来事に移り、記憶の想起を促す効果は限定的であった。

分析結果から、RIMERは遠隔環境における回想法を用いたファシリテーションに有効であり、会話の活性化と記憶の想起の両面で有益であることが確認された。特に、回想法に基づいた質問を適応的に生成し、会話の流れを自然に維持することが、高齢者の記憶想起を促す上で重要であることが示された。一方で、本実験では若年層の参加者を対象としており、高齢者を対象とした実験を行うことで、さらなる有効性の検証が求められる。また、システムの継続使用による効果や、異なる対話環境における適用可能性についても今後の研究課題として挙げられる。

5 結論

本稿では、大規模言語モデルと回想法を活用した遠隔回想法のための肩乗り型ファシリテーションロボットシステム、RIMER (Remote Interactive Memory Enhancement Robot) を提案した。RIMERは、リモートユーザとローカルユーザの会話内容と屋外の現地情報を基に、大規模言語モデルによって質問文を生成し、ユーザに質問する。現地の情報は、ローカルユーザが装着した肩乗りロボットに搭載したカメラで撮影した画像から取得することができる。RIMERによって、リモートユーザの発言量が増加し、リモートユーザの記憶の想起がより促進される。実験では、RIMERの有効性を検証するために、RIMERを用いたファシリテーション、回想法に基づかないファシリテーション、そしてファシリテーションをおこなわない条件の3つのグループを比較した。結果として、RIMERを用いたグループでは、ファシリテーションをおこなわないグループよりも会話量が増加し、他のグループよりもリモートユーザに対する記憶の想起を促進させる効果が示された。将来研究として、高齢者の認知症予防に向けたシステムの改善や、ユーザ同士の共通点の探索、ユーザの心理状態に基づいた会話支援が考えられる。

謝辞

本研究は、JST, CREST, JPMJCR19A1 の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] 内閣府: 高齢社会白書,
<https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2022/zenbun/04pdf/index.html>, (2007)
- [2] R. N. Butler: The life review: An interpretation of reminiscence in the aged, *Psychiatry*, pp.65-76 (1963)
- [3] Masashi Hata, Tetsuya Matsumoto, Yoshinori Takeuchi, Hiroaki Kudo and Noboru Ohnishi: Reminiscence Therapy Based Communication System Between Elderly Person Living Alone and his/her Family, *IEICE Technical Report*, pp.1-6(2014)
- [4] 大津 耕陽, 泉 朋子: 思い出カードを用いたロボットによる回想支援-高齢者施設での対話と検証の過程に着目した分析-, *Human-Agent Interaction Symposium 2024*, (2024)