事例紹介

人の主体的な問題解決を促すロボットの役割

On the Roles of Robots for Human-Centered Problem Solving

白水 始^{*1} 中原 淳^{*2} ^{*1}中京大学 ^{*2}東京大学Hajime Shirouzu^{*1} and Jun Nakahara^{*2} ^{*1}Chukyo University ^{*2}The University of Tokyo

1. 人の主体的な問題解決とロボットの役割

本特集「人ロボット共生学」の狙いの一つは、人とかわり合うロボットによって人々の学び合いを支援・促進する方法を明らかにすることである。特に、どんな場面でも適切な情報を提供できる「よい話し手」としての役割を期待されがちだったロボットに対し、特定場面での人の会話の「よい聞き手」の役割を果たせられないかを重点的に検討している。その狙いに従えば、人が何らかの問題を解く場面でも、ロボットが良質な説明やヒントを提供して人の問題解決を促進できるかではなく、ロボットが聞き手として人の思考や反省（内省）を促すことで問題解決を支援できるかという新しいタイプの問いを立てることになる。

そこで本研究では、事例1として大学生を対象としたキャリアカウンセリング、事例2として同じく大学生を対象とした物理の共同問題解決場面を取り上げ、ロボットが聞き手としていかに機能しうるかを検討した。この二つの場面は一見かけ離れて見えるが、人が自ら問題を引き受け、それを解くことで知識を主体的に構成する点では共通する。学習研究では、こうした過程を知識構成過程と呼び、学習者中心の学習環境によってこれをいかに引き起こすかについて多くの知見を蓄積してきた[1]。その蓄積の中から、必ずしも教員が完全な説明を提供したり、仲間が良質なモデルになったりせずとも、学習者同士が不完全な説明を互いに吟味し補い合うことで活発な知識構成活動が起こりうる事が示唆されつつある[2][3]。しかし、これらの知見は自然な学習場面で収集されたものであるため、統制して実験した場合にどの程度再現性高く観察できるかは明らかではない。そこで本研究では、遠隔操作できるロボットを用いて、プロのカウンセラーがカウンセリングする場合とロボットが行う場合との比較（事例1）や、問題解決中に正

解へと誘導する声かけと単に学習者同士の発話を繰り返す声かけを行う場合との比較（事例2）を行って、ロボットの不完全さが逆に人を問題解決の主体とし、自分で考えて答えを導こうとする構成努力を引き出す可能性を示唆した。

2. 事例1：ロボットによるキャリアカウンセリング

事例1においては、ロボットによるキャリアカウンセリング実施の試行的実験を行った。すなわち、ロボットを擬似的なキャリアカウンセラーに見立て、大学生ないしは大学院生の実験参加者を対象にした対一のキャリアカウンセリングを実施し、そこでどのようなインタラクションが生起するかを、探索的に分析した。

キャリアとは一般に「個人の生涯を通じて、仕事にかかわる経験や活動に関連した態度や行動の、個人的に知覚された連鎖」のことをさす[4][5]。この定義によるならば、それは個人が一生涯をかけて行う仕事経験の意味づけのプロセスにほかならない。近年の中等教育・高等教育においては、早くから職業意識・キャリア適正を見い出す機会として、キャリアカウンセリングの重要性が指摘されている。ポストバブルによって、企業の終身雇用制度が事実上崩壊し、日本社会は雇用流動性の高い社会に移行しつつある。そのような社会背景のもと若年労働者のジョブマッチングを円滑にすることや、さらには、生涯にわたり自らのキャリア形成に自覚をもつことが求められている。

キャリアカウンセリングは、通常、カウンセラーと相談者が対一の対話を通して実践される。キャリアカウンセリングのプロセスの中でも、もっとも基礎的で、かつ、若年層に実施されて意味があると思われるものが、キャリア選択時における自分のキャリアアンカー（自己の強み）を見い出すプロセスである[6]。

本研究では、大学生ないしは大学院生の7名の被験者を、プロのキャリアカウンセラーによるカウンセリングを行う「キャリアカウンセラー群」と「ロボットによるキャリアカウンセリング」を行う「ロボット群」に分けて、キャリアアンカーを見い出す1時間弱程度のカウンセリングを受けさせた。「ロボット群」では、ヴィストン社製「Robovie R3」（図1）を、プロのキャリアカウンセラーが参加者から見え

原 2011年9月29日

キーワード: Knowledge Construction, Robot as Good Listener, Career Counseling, Joint Problem Solving, Revoice

^{*1}〒470-0393 豊田市貝津町床立 101^{*2}〒113-0033 文京区本郷 7-3-1^{*1}Toyota-shi, Aichi^{*2}Bunkyo-ku, Tokyo

図1 ロボットによるキャリアカウンセリングの様子

ない場所で遠隔操作した。

実験の手続きは下記のように行った。まず、参加者は10分程度のキャリアアンカーの概念の説明を受ける。その後、セルフアセスメントシートに10分程度で記入する。その後は、「キャリアカウンセラー群」と「ロボット群」に分かれ、キャリアアンカーに関する半定型化したカウンセリングを15分にわたって受ける。このカウンセリングでは、キャリアカウンセラーないしはロボットから、参加者に自分の「高校時代の強み」「大学入学時の強み」「大学入学後の強み」に関する問いかけを行う。その後、カウンセリングに関するリフレクションを10分程度促す。カウンセラー群においては、15分のカウンセリングのうち、印象深かった自己の回答項目をあげてもらい、カウンセラーがもう一度、その内容を復唱する。ロボット群においては、同様に15分の中で印象深かった項目をあげてもらい、ロボットが、そのインタビュー場面を記録したビデオを、参加者の前面にあるプロジェクタに投射する(図1)。最後に、現在の段階で、参加者が自らのキャリアアンカーだと思われるものを5分程度で発表するという内容である。

取得したデータは、カウンセリングの全プロセスにおける発話データ、ビデオデータ、事前・事後のキャリアに関する質問紙調査、カウンセリングプロセスに対する満足度調査、事後のインタビュー記録である。これらのデータを対象にして、二群において、キャリアカウンセリングの実施過程、キャリアカウンセリングに対する主観的評価にどのような差が生じるかを探索的に検証した。

分析の結果、二群間のコミュニケーションのスムーズさ、カウンセリングのクオリティに対する満足度等の主観的評価は、キャリアカウンセリング群のほうが、ロボット群よりも高いことが分かった。ロボットの現在のコミュニケーション能力の限界を考えると、これは予想される結果である。

しかし、一方で、ロボット群の参加者の中には、ロボットが「頼りない存在」であるため、自分で意識的にキャリアを振り返り、メモをとるなどして、キャリアアンカーの意味生成を行ったという現象が事例として生まれた。

一般にキャリアカウンセリングには、アボリアがつきま

とう。つまり、キャリアの形成主体は、相談者(この場合は実験参加者)であるのにもかかわらず、ともすれば、キャリアの専門家であるカウンセラーに自己のキャリア形成に関する回答を求めてしまうということである。当然のことながら、カウンセラーは相談者の求める回答には答えない。あくまでカウンセラーが行うのは、参加者自身によるキャリア形成の支援である。

しかし、ロボット群の参加者の中には、「キャリアカウンセラーだったら、ついつい相手に答えがあると思って頼ってしまうけれど、相手がロボットだから、自分でストーリーをつくらなきゃと思う」と認識し、ロボットを発話の記録主体と位置づけ、自分でメモをつくり、メモの記録内容を最終過程において統合し、キャリアアンカーを意味づけた者が存在した。これは一事例に過ぎないものの、ロボットが「聞き手」として機能する可能性を示唆している。

また技術的な知見としては、今回の実証実験の結果、ロボットによるキャリアカウンセリングを円滑に行うためには、ロボットと参加者の間で、カウンセリング冒頭に、短い自己紹介などを相互に行うなどして、ラポールを形成することや、参加者の発話内容をリピーティング(繰り返す)することなどの重要性が分かった。

今後の研究課題は、得られた知見をもとに、ピアカウンセリングを促す主体としてロボットを位置づけ、実証実験を行うことである。ピアカウンセリングとは、同じ境遇の者同士の相互援助的なカウンセリングであり、今回の場合に照らして考えるならば、大学生同士が自らのキャリアに対して、相互に問いかけを行うことをさす。このピアカウンセリング過程をいかにロボットが支援し、そこでどのようなインタラクションが生起するかを探索したい。

3. 事例2:ロボットのリボイス効果

3.1 実験目的

事例2では、大学生の共同問題解決場面において、二人の議論を促すロボットの会話プロンプトを検討する。具体的には、物理の問題解決に際して、人の発話を繰り返す「リボイス(revoice)」という手法を取り上げた。リボイスは従来、教師の考える正解へと生徒を誘導する役割が重視されてきたが[7]、生徒の発話を繰り返すことで思考を内省的に再吟味させる新たな役割を示したい。

そこで、計45名の大学生を対象とした実験を行い、ペアの学生とロボット一体を1グループとし、学生の発話中のキーワードをロボットが繰り返すだけの「単純リボイス群」(12名)、規範的理解に沿ったキーワードにはロボットが肯定的にリボイスし、沿わないものには否定的にリボイスする「誘導リボイス群」(12名)、および、3名の学生がグループをなす「人のみ(統制)群」(21名)の3群を比較した。全群に「糸巻き問題」と呼ばれる物理の難問を解

(a) 糸巻き問題

(b) トイレtpーパー問題

図 2

(a) 糸巻き問題の議論風景

(b) 解説視聴風景

図 3

かせ、その後、学生のみ（ロボット抜き）で転移課題を解かせた。

3.2 実験手順

実験には卓上型ロボット Robovie-W を用いた（図 3）。高さ 30 [cm] で 17 自由度を持ち、カメラ、スピーカー、マイクを内蔵する。遠隔操作で発話・行動の生成が可能で、音声合成ソフト（XIMERA）で実際の発話を行う。

以下、単純リボイス群を例に実験手順を説明する。まず、参加者を 2 人ずつ着席させ、ロボットと自由に触れ合う時間を 5 分取った。次に、図 2 (a) の糸巻き問題が印刷された用紙を 1 人 1 枚配布し、10 分間、自由に話し合わせながら課題に取り組ませた。この問題は机と平行に糸を引っ張ったときに糸巻きがどちらに転がるかを問う問題である（正解は左）[8]。その後、糸巻きを配り、実験させて結果を確認した上で、6 分間、その理由を議論させた（図 3(a)）。

糸巻き問題の解決・議論中に、ロボットは参加者の会話に応じてリボイスを行った。リボイスは、遠隔操作者が「一塊の話を聞いて、二人が黙ったとき、塊ごとに一番のキーワードを発話する」原則で、事前に入力されたプロンプトのボタンを押すか、またはテキスト入力することで行った。

プロンプトの事前入力のために、本実験に先行して 12 名の大学生に糸巻き問題を議論させ、糸巻きを渡す前の予測段階および渡したあとの議論段階の頻出語を同定した。頻出語には、物理学的に正しい用語、正しくない用語、無関連な用語が含まれる。これを単純リボイス群では正否にか

かわらずそのまま反復したが、誘導リボイス群では評価的語尾を付けた。例えば、参加者が「右に転がる」という誤答を議論する場合、前者は「右に転がる」とのみリボイスし、後者は「右に転がるかなあ」とリボイスするプロンプトを用意した。なお、遠隔操作者には、問題をよく理解し操作を十分練習した学部生 4 名、院生 2 名を用意し、ロボットの操作回数について群間で偏りが小さくなるよう配置した。

糸巻き問題の議論後、5 分間、答えと理由に関する解説をスクリーンに流して視聴させた。ロボットもスクリーンに顔を向け、ともに視聴している見えを作り出した（図 3(b)）。解説が終わり次第、ロボットは参加者に向き直り、「左に行く理由は何だったの？」「要点は？」などと順に尋ね、まとめを求めた。5 分経過時にロボットの電源を切った。

次いで、図 2 (b) の問題が印刷された用紙を 1 人 1 枚配布し、5 分間、自由に話し合わせ、答えと理由を記述させた。この問題は支えと平行に糸を引っ張ったときにどちらに転がるかを問うものである（正解は右）。その後、教卓で教員がトイレtpーパーを用いて実演し、5 分間かけて理由を再議論・記述させた。最後に 10 分程度でロボットに関するアンケートとインタビューを行った。以上すべてをビデオ、IC レコーダ、遠隔操作システムのログで記録した。

誘導リボイス群の手順は、リボイスの仕方を除いて、単純リボイス群とすべて同じだった。人のみの統制群の手順も、レクチャ後の議論のプロンプトが用紙で与えられる点を除いて上記 2 群と同じであった。

図4 転移課題の正答率と理由記述率

3.3 結果と考察

転移課題のトイレットペーパー問題において正答を予測できた割合、および物理学的に正しい理由記述を行えた割合を図4に示した。図に見るとおり、正答率は群間で大差がないが、理由の記述率は単純リボイス群が他を上回り、知識の自力構成が促されたことが示唆された。

次に、各群においてロボットがいかなる相手と認知されたかを実験後のアンケートとインタビュー結果から検討した。まず、ロボットが答えを知っていると感じた割合は、単純リボイス群で58%、誘導リボイス群で75%と想定どおりの結果となった。次に「人で言うところのどのような相手か」という問いへの回答を5種類に大別したところ、単純リボイス群では58%が「自分と同等な友達」という回答だったのに対し、誘導リボイス群では1名も見られなかった。代わりに、「ガイドする教員」や「(いつもなぜかを聞いてくる)子供」など、異質でobtrusiveな存在として捉えられた可能性がうかがえた。「ロボットと再度学びたいか」という問いにも、単純リボイス群では83%が「はい」と答えたのに対し、誘導リボイス群では50%とどまった。

最後に、遠隔操作履歴およびビデオを用いて、ロボットと人の相互作用の特徴を調べたところ、誘導リボイス群では、ロボットが評価的な語尾をつけたことで「答えを知っている存在」と捉えられ、その答えを参加者が相互作用的に引きだそうとする過程が生じやすかったのが分かった。一方、単純リボイス群では、ロボットのリボイスをヒントとして、参加者が理由を語り合うなど自力で知識構成を進める過程が起きやすかったことがうかがえた。それが転移課題に根拠付きで解答することを可能にしたと推測される。

4. 結 論

学習者主体の学びの支援にロボットを使うことを考えると、ロボットは「新しい」情報を次々提供するよりも、むしろ学習者の「いまの理解」を尊重し、その言動を記録し再提示することで、まさに「再考」を促す支援を行ったほうがよい可能性がこれら二つの事例から示唆されたと言える。ロボットによって、キャリアアンカー生成のために再生されたクライアントの「強み」の報告や、物理の問題解決のためにリボイス（再声化）された「キーワード」は、それ自体では、話者にとって新情報を含まない、不完全な断片にしか過ぎない。しかし、ロボットの役割認知とも相まって、学習者が主体的にそれを統合しようとする、知識構成のためのデータとして機能するのだと考えられる。こうした観点は、今後の学習研究における支援のあり方とロボットのデザインの仕方に見直しを迫る。ロボットがよく考えられた、しかしミニマムな支援を行う「聞き手」となることで、人の学び合いを促す環境を構築してゆきたい。

謝 辞 本研究は新学術領域「人口ロボット共生学」における「ロボットによる協調学習支援と学習コミュニティの形成」(21118007)の助成を受けた。

参 考 文 献

- [1] J.D. Bransford, A.L. Brown and R.R. Cocking (eds.): How people learn. National Academy Press, 1999.
- [2] D.L. Schwartz and T. Martin: "Inventing to prepare for learning: The hidden efficiency of original student production in statistics instruction," *Cognition & Instruction*, vol.22, pp.129-184, 2004.
- [3] N. Miyake, J. Oshima and H. Shirouzu: "Robots as a research partner for promoting young children's collaborative learning," *Proc. of the 6th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 2011.
- [4] D.T. Hall and Associates: *Career Development in Organizations*. Jossey-Bass, 1986.
- [5] D.T. Hall: *Career in and out of Organizations*. Sage Publications, 2002.
- [6] E. Schein (著), 金井壽宏 (訳): *キャリアアンカー*. 白桃書房, 2003.
- [7] M.C. O'Connor and S. Michaels: 'Shifting participant frameworks,' in D. Hicks (ed.), *Discourse, learning, and schooling*, pp.63-103, Cambridge University Press, 1996.
- [8] 安西祐一郎: *問題解決の心理学*. 中公新書, 1985.

白水 始 (Hajime Shirouzu)

2000年名古屋大学文学研究科心理学専攻博士課程中途退学。同年中京大学情報科学部講師、2007年から情報理工学部准教授。現在に至る。専門は学習科学。テーマはロボットを利用した協調学習支援。2009年「認知科学」奨励賞。博士(認知科学)。日本認知科学会、教育心理学会、AERA、Cognitive Science Society、ISLS等会員。(日本ロボット学会正会員)

中原 淳 (Jun Nakahara)

東京大学大学院総合教育研究センター准教授。大阪大学大学院人間科学研究科、放送大学助手、MIT客員研究員等を経て、現職。大阪大学博士(人間科学)。専門は経営学習論、組織行動論。組織学会、経営行動科学会、日本教育工学会等会員。