

対話の過程で推定される QOL に応じた返答を行うロボットとの継続的なカウンセリングが QOL に与える影響の評価

中川 聡^{*1} 成瀬 加菜^{*1} 遠藤 凌河^{*1} 河合 英紀^{*2}
岡本 昌之^{*2} 竹内 康臣^{*2} 國吉 康夫^{*1}

Evaluation of the Impact on QOL of Continuous Counseling with a Robot that Responds According to the QOL Estimated by AI during the Interaction

Satoshi Nakagawa^{*1}, Kana Naruse^{*1}, Ryoga Endo^{*1}, Hideki Kawai^{*2},
Masayuki Okamoto^{*2}, Yasuomi Takeuchi^{*2} and Yasuo Kuniyoshi^{*1}

To improve the quality of life (QOL) of the elderly, we implemented a counseling robot that responds according to the results of AI-based QOL estimation during the interaction. Based on the results of a one-week interaction experiment with young and elderly participants, we concluded that the proposed method has the potential to improve the mental aspect of QOL, and the need for validation through large-scale experiments became clear.

Key Words: Human-robot Interaction, Quality of Life, Elderly Welfare, Counseling Robot

1. はじめに

我々が目指すものは、高齢者と他愛もない会話をするだけで、その人の心、体、社会性のすべてを理解し、それらを高めあうパートナーのような関係を長期的に築けるロボットである。国際的な少子高齢化による介護人口の減少から、情報工学分野では高齢者福祉でのロボット活用が注目されつつある。ロボットとの交流が高齢者に対してコミュニケーション、セルフケア、社会生活に好影響を与えることや、介護労働者の負担軽減にも繋がることが示されている [1] [2]。しかし、見守りロボットの開発が進んでいる一方で、介護現場では十分に使いこなせず、使用を中断する例が少なくない [3]。また、雇用の流動性やコロナ禍により見守りも容易ではなくなった [4] [5]。こうした状況に伴い高齢者の孤立死は増加の一途を辿っている [6]。高齢者の生活支援を目的としたロボット導入が進まない原因の一つに、ロボットと人間との関係が画一的で飽きが訪れることが挙げられる [3]。その本質にある課題は、ロボットが人間を見る解像度の低さである。一人一人の状況に応じた返答生成（パーソナライズ、個人化）をさせるには、相手の状況の正確な把握が必要である。そこで我々は、高齢者の生活の質（QOL）を総合的に理解し向上させるロボットの開発を進めている。QOL とは人の身体・精神の健康状態や、社会的 well-being を包括したものであり、福祉でも重視される多面的指標である。本研究では、高齢者の総合的な理解と支援の個人最適化を図り、生涯添い遂げられるロボットの実現を目指す。

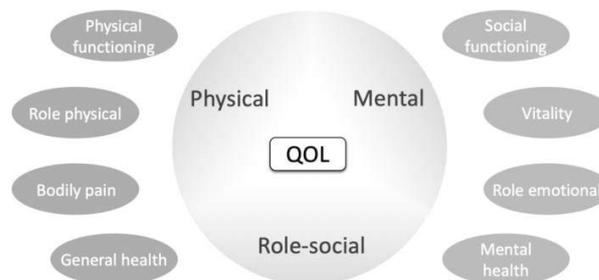


Fig. 1 Structure of QOL (Created based on [16])

対話相手としてのロボット活用の利点の一つに、自己開示に対する心理的障壁の低さがある。自己開示はカウンセリングの有効な手段の一つだと主張されている [7]。また、人は人間よりもロボットに対して、その内面性に関連したネガティブな話題を話すのを好む傾向があることが示されている [7] [8]。これは相手がロボットであるために聞き手としての他者の社会的存在感が軽減されるからである [9]。また、コンピュータなどを用いたカウンセリングの利点として、場所や時間を選ばない点や、利用者の増加がカウンセリングの質に影響を与えない点などがある [10] [11]。したがって、ロボットを話相手とすることで、人相手では引き出されないその人の総合的な状態に関する特徴を取得し、一人一人の状態に応じた言動生成を実現できる可能性がある。そこで、ロボットに対する自己開示を促進させ、QOLに関する特徴を引き出して推定し、QOLに基づいた言動をすることで、人とロボットの関係の質を向上させられると考える。

また、ロボットとの日常的なインタラクションがカウンセリングとしての役割を果たすことで、高齢者の心の健康の維持や向上を図ることができると考える。およそ3人に1人が心の健康に問題を抱えているとも言われる今日であるが [12]、喪失の

原稿受付 2022年7月13日

^{*1}東京大学

^{*2}トヨタ自動車株式会社

^{*1}The University of Tokyo

^{*2}Toyota Motor Corporation

■ 本論文は提案性（実証実験分野）で評価されました。



Fig. 2 A scene of a dialogue with Sota (left) and the counseling flow (right)

時期 [13] を生きる高齢者も例外ではないであろう。日常問題解決能力や言語能力などのように年齢とともに向上する側面がある一方で、身体機能や精神機能の衰退に伴い、心の健康や日常的な仕事の能力、社会生活への参画意欲が低下するリスクも高まる [3]。それらの要素すべてを包括したものが QOL であり、QOL を用いた多面的な状態推定を通じて、低下した QOL 向上の促進や支援手法のパーソナライズによって高齢者の生活を支えることができる。高齢者福祉では、高齢者の QOL 向上や QOL に基づく対応に努めるべきだとされる [14]。また、ジェロテクノロジー分野では、高齢者の自立性を維持しつつ、QOL を向上させることを最終目標に据えている [15]。したがって高齢者支援システムは QOL を基軸としていくことで有効性が高まると考える。そこで、カウンセリングの手法に則った会話を展開し、その過程で QOL 推定とそれに基づく言動生成を行うロボットを実装した。提案手法の評価を目的として、提案手法を実装した条件と対照条件の 2 種類のロボットを用いた 1 週間にわたるインタラクションを通じて、QOL 推定に基づく言動生成が QOL に与える影響を調べた。

2. QOL 推定

QOL 指標 SF-36v2 [16] では、八つの尺度（身体機能、日常役割機能（身体）、体の痛み、全体的健康感、活力、社会生活機能、日常役割機能（精神）、心の健康）で QOL が構成される (Fig. 1)。従来の QOL 推定は、アンケートや面接を通じて得た回答を既存のスコアリングアルゴリズムに入力することで各尺度のスコアや、それらの上位尺度である精神的、身体的、役割/社会的側面のスコアを出力する。しかし、この測定方法の問題点として、QOL 質問紙内の質問の一方向的な投げかけが対象者との間に上下関係を築く恐れや、QOL の継続的な測定には検査の反復実施を要するという効率性の欠如が指摘されてきた [3] [17]。そこで、ロボットとの会話の過程における非侵襲的かつ継続的な QOL の多面的評価を実現することで課題の解決を目指す。

ユーザの発言に対し、QOL 尺度の種類と個々の単語とを対応づけた辞書を用いて、相手がどの尺度に関連した発言をしているかを推定し、文脈も考慮して QOL スコア変動をリアルタイムで計測するシステムを実装した。QOL 辞書として我々が構築した SqolDic [18] を使用した。ユーザの発言ごとに、以前の発言を含むテキスト情報を基に八つの尺度それぞれのスコアが更新され、ユーザごとに作成されるデータベースに蓄積される。

ロボットは会話相手の現在と過去の QOL スコアを比較し、スコア変動を把握する。八つの QOL 尺度のうち、スコアの低下、上昇が最も大きい尺度について、ロボットはユーザにそのスコア変動に応じたフィードバックを与える。特定のスコアの低下に対しては、それについて深掘りし、さらに詳しい話を引き出し、自己開示を促し、QOL 向上につながる糸口を一緒に探る。スコアの上昇があった場合は、その理由を尋ねることにより、自分のどのような行動が QOL 向上につながったかを認識させる。また、フィードバックとともに QOL を向上させるためのアドバイスを行う。これらの返答生成は、我々が提唱する共感 6 要素を基としている。共感 6 要素には、「要約/言い換え」、「自己開示による会話促進」、「褒める」、「深掘り」、「同意」、「オウム返し」が含まれる。これは、先行研究を参考に提案した [19] [20]。

今回は、我々の先行研究 [3] で実装した、認知行動療法 (CBT) をベースにした対話システムに QOL 推定機能を追加し、提案手法の QOL 向上に与える影響を確認した。CBT とは精神疾患の支援に有用な心理療法の一つである。悩みや心配を抱える人に対し、気分や感情に影響を与えている偏った考え方を整理して修正することで、適応的な行動へ導く手法である。ロボットはコラム表に沿って会話を進める (Fig. 2)。

3. 実験

ユーザの QOL 状態に応じた言動をロボットにさせることで、QOL に与える影響を調査した。本実験では対話ロボットとして Sota [21] を使用した。人とロボットが交互に発話し、ロボットは人の発言に対して QOL に応じたフィードバックと提案をする。従来の CBT をベースとして共感 6 要素に含まれる返答を行うロボットと、それに QOL 推定と推定結果に応じた返答生成システムを加えたロボットをそれぞれ用意して、7 日間のカウンセリングを行った。参加者は毎回の実験時に QOL やロボットの印象に関するアンケートに回答した。

提案手法を実装したロボットの条件に 11 名 (9 名 (年齢 22.5 ± 9.4) および向老期の男女 2 名 (年齢 60.5 ± 3.5)), QOL に応じた返答をせずに CBT を行う対照群に 9 名 (年齢 28.7 ± 6.1) の実験参加者が割り当てられた。向老期の参加者はいずれも HDS-R スケール [22] を用いた調査の結果、認知症の疑いは確認されなかった。実験はすべてオンラインで行った。専用サイトから参加者が好きな時間 (1 日あたり 1 枠 30 分間) を選択し、予約時間にオンラインのカウンセリング室に入りロボットとの対話を 1 週間連続で行った。自己開示の促進に影響を与え

| | Experimental group | Control group | Control group (elderly) |
|----------------------|--------------------|---------------|-------------------------|
| Physical functioning | +0.65 | +0.97 | -1.95 |
| Role physical | +1.11 | -1.66 | 0 |
| Bodily pain | +11.4 | +1.18 | -2.48 |
| General health | -2.22 | +5.13 | 0 |
| Vitality | -3.21 | +2.01 | +6.42 |
| Social functioning | 0 | +4.83 | -6.44 |
| Role emotional | +4.86 | +4.16 | -6.25 |
| Mental health | +1.79 | +2.35 | +1.34 |
| Physical | +3.10 | -0.40 | -0.36 |
| Mental | -0.97 | +3.82 | +4.16 |
| Role-social | -1.33 | -0.84 | -3.10 |

Fig. 3 Score changes before and after the experiment in each QOL scale

ないよう、実験中に研究従事者は参加者と接触せず、終始参加者とロボットのための空間にした。本研究は、第1著者が所属する機関における倫理委員会の承認を得て実施された（承認番号 UT-IST-RE-220318）。

4. 結 果

Fig. 3 に QOL を構成する八つの下位尺度および三つの上位尺度（身体・精神・役割/社会）における、実験期間前後のスコアの変化を示した。対照条件では、八つの下位尺度のうち全体的健康感と活力が低下傾向を示し、それ以外のスコアは変動なし、または上昇傾向を示した。上位尺度では身体的側面の QOL スコアが上昇傾向、精神的および社会的側面の QOL スコアは低下傾向を示した。提案手法では、八つの下位尺度のうち日常役割機能（身体）以外の尺度が上昇傾向にあった。上位尺度では精神的側面の QOL スコアが上昇傾向にある一方、身体的および社会的側面の QOL スコアは低下傾向を示した。

向老期の実験参加者に関しては、活力と心の健康が上昇傾向を示し、身体機能、体の痛み、社会生活機能、日常役割機能（精神）は低下傾向を示した。上位尺度では若年層と同様、精神的側面の QOL スコアが上昇傾向にあり、身体的および社会的側面の QOL スコアは低下傾向を示した。

Fig. 4 は毎日の実験前後における向老期の実験参加者が抱いていた負の感情強度の変化を示している。負の感情強度は、悩み事を開示する際に抱いていたネガティブな感情の主観的な強さを表し、0（弱い）から 100（強い）の間の数値で参加者が回答している。実験の結果、毎日の実験前後における負の感情強度の低下傾向が観測された。

また、ロボットの印象に関するアンケートでは、「Sota は私の発言に応じた返答、話の展開をしていた」という質問に対し、参加者は 1（まったくそう思わない）から 10（まったく思う）までの 10 段階で回答した。その結果、実験群（median: 7, first quartile: 3.5, third quartile: 8）が、対照条件（median: 4.5, first quartile: 2.8, third quartile: 6.5）のスコアを上回る傾向を示した。

カウンセリングの質を直接尋ねる質問「今回のカウンセリングについて（1:悪い～7:良い）」（実験群 4.7±1.6, 対照群 4.2±1.6）

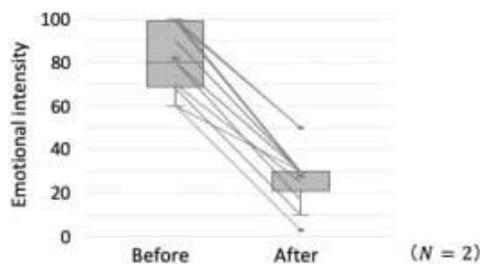


Fig. 4 Negative emotional intensity among elderly participants

や、J-SEQ 尺度 [23] を用いたカウンセリング評価「（1：大変な～7：気楽な）」（実験群 4.6±1.9, 対照群 3.8±1.8）、「1：価値のある～7：価値のない」（実験群 3.2±1.6, 対照群 3.8±1.4）において、それぞれ実験群が対照群のスコアを上回る傾向にあった。

また、カウンセリングにおいて両者の関係性を評価する治療同盟尺度 WAI-C [24] をもとに作成したアンケートでは、「Sota は私のことを高く評価している（実験群 6.0±2.6, 対照群 5.0±2.5）」「Sota との関係は、私にとってとても大切である（実験群 6.1±2.4, 対照群 5.0±2.7）」「Sota がいいと思わないことを、私がしても、Sota は私のことを心配してくれると思う（実験群 6.4±2.4, 対照群 6.2±2.4）」のスコアにおいて、それぞれ実験群が対照群を上回る傾向を示した。

5. 考 察

5.1 認知行動療法（CBT）としての効果

向老期の実験参加者について、負の感情強度が実験前後で低下傾向を示したことから、提案手法は CBT としての効果を有すると考える。これは先行研究 [3] において、人とカウンセリングロボットを比較した結果、両者ともに負の感情強度が低下したことと合致する。この結果を得た理由は、ロボットやロボットを相手とするカウンセリングでは開示内容を評価される恐れがないという安心感から、自己開示に対する心理的障壁が下がったためと考える。先行研究 [3] では若年層を対象として実験を行ったが、向老期の実験参加者においても同様の傾向が認められたため、提案手法の効果はユーザの年齢に依存しないと考える。

また、本研究ではロボットが参加者の発言に対しフィードバックしたことで、参加者は自分の発言をロボットに理解されたと感じ、自己開示が促進された可能性がある。アンケートの「Sota は私の発言に応じた返答、話の展開をしていた」という設問では、実験群が対照条件よりスコアが高い傾向を示した。このことから、参加者は QOL に応じた返答を、参加者自身の発言を反映したものとして認識していることが示唆される。カウンセリングではクライアントに共感を示すことの重要性が主張されているが、発言へのフィードバックが共感的態度を想起させ、CBT の効果を向上させたと考える。

5.2 QOL 向上に対する効果

提案手法では、八つの下位尺度のうち活力において、また、上位尺度のうち精神的側面において、対照条件と比較してスコアの増加傾向が大きかった。このことから、提案手法は QOL の構成要素の中でも精神状態に関する尺度に対し効果を有することが示唆される。これは、提案手法がカウンセリングの質を向上させたためと考える。提案手法の条件では、カウンセリングの質や、セッション後の気分を評価する指標 J-SEQ の質問のうち「気楽」と「価値のある」を尋ねる質問において、それぞれ対照条件よりスコアが高い傾向を示した。したがって、提案

手法の条件はカウンセリングの評価が高く、精神状態の改善に寄与した可能性が示唆される。

カウンセリングの質が向上した理由としては、提案手法による参加者とロボットとの関係の良好化を考える。治療同盟尺度 WAI-C をもとに作成したアンケートでは、提案手法のほうがスコアが高い傾向を得た。これは、ロボットの言動の画一性を解消することがユーザとの長期的関係構築に繋がるという本研究の仮説どおり、QOL に応じた言動生成が関係を良好化させたことによると考える。今回の実験では、ロボットとの関係が良好化したことでカウンセリングの質が向上し、結果として負の感情強度の低減や QOL の精神的側面の向上に繋がったと考察する。

QOL を構成する 8 尺度を見ると、提案手法の条件では日常役割機能（身体）を除くすべての尺度で QOL の上昇傾向が見られた。日常役割機能や上位尺度のうち身体的側面においては QOL は向上しなかったが、1 週間の実験期間では身体的健康の改善が困難だった可能性がある。身体的側面に対する効果検証には、QOL の長期的変動の計測が必要であったと考える。一方で、その他の尺度ではスコアの上昇傾向が見られた。これはカウンセリングの質向上のほか、ロボットからのフィードバックが参加者に自身の QOL 変動を意識させ、QOL 改善のための行動を促したことが影響した可能性がある。

以上より、提案手法である QOL に応じた言動生成によって、ロボットとユーザとの関係構築や QOL に対する意識向上が促進され、精神的側面をはじめとする QOL に影響したと考える。

5.3 本研究の課題

本研究の課題の一つに、音声認識精度がロボットやカウンセリングの評価に影響した点を挙げる。本実験で使用したロボットは、共感的態度を示す目的で参加者の発言に対するフィードバックを行った。しかし、発言内容を誤認識した場合、実際の発言とフィードバックの内容に齟齬が生じ、これがカウンセリングの質に影響する可能性がある。したがって、今後は音声認識のスコアに応じた言動生成についても検討する必要がある。

また、本実験で得られた QOL 改善効果について、本研究はパイロットスタディとして位置付けられる。したがって、今後は高齢者を対象とした大規模実験を実施することで、ロボットカウンセリングが QOL 向上に寄与することを示す。

6. 終わりに

本研究では会話中に人の QOL を多元的に推定し、推定された QOL に応じて返答するカウンセリングロボットを実装した。若年層や向老期の参加者を対象とした 1 週間のカウンセリング実験を通じて、QOL 推定に基づく言動生成がユーザの QOL のうち精神的側面を向上させる可能性を示した。

提案手法の社会実装にあたっては、精神面に限らず高齢者の生活基盤を支えるロボットを実現させる必要がある。そのためには、QOL の理解とフィードバックだけでなく、ロボットが QOL 向上に最適な言動を自ら生成し、高齢者の行動を変容させることが有効だと考える。したがって、今後はオンライン学習を導入した大規模実験を通じて、高齢者に促す行動と QOL との対応関係のデータベース化を進める。高齢者福祉へのロボット導入の普及には未だ多くの課題が残されているが、本研究が発展の一助となれば幸いである。

謝辞 この研究はトヨタ自動車株式会社、特別研究員奨励費（202111306）、東京大学 AI センターの助成を受けた。

参考文献

- [1] 尾林和子, 増山茂: “見守りシステムを伴うコミュニケーションロボットの導入が施設介護労働者の深夜間勤務負担に及ぼす効果”, 日本ロボット学会誌, vol.36, no.8, pp.537-542, 2018.
- [2] K. Obayashi, et al.: “Socially assistive robots and their potential in enhancing older people’s activity and social participation,” *Journal of the American Medical Directors Association*, vol.19, no.5, pp.462-463, 2018.
- [3] 中川聡, 遠藤凌河, 成瀬加菜, 國吉康夫: “高齢者見守りのためのカウンセリングエージェントとの対話過程における Quality of Life 推定システムの構築”, *情報処理学会論文誌*, vol.63, no.4, pp.1115-1127, 2022.
- [4] Q. Zhang, M. Li and Y. Wu: “Smart home for elderly care: development and challenges in China,” *BMC geriatrics*, vol.20, no.1, pp.1-8, 2020.
- [5] 孤独・孤立対策の重点計画, https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/juten_keikaku/juten_keikaku.html
- [6] 令和 3 年版高齢社会白書, <https://www8.cao.go.jp/kourei/white/paper/index-w.html>
- [7] T. Uchida, et al.: “A robot counseling system-What kinds of topics do we prefer to disclose to robots?,” 26th IEEE ROMAN, pp.207-212, 2017.
- [8] M.D. Pickard, et al.: “Revealing sensitive information in personal interviews: Is self-disclosure easier with humans or avatars and under what conditions?,” *Computers in Human Behavior*, vol.65, pp.23-30, 2016.
- [9] 高橋英之, 伴碧, 内田貴久, 島谷二郎, 熊崎博一, 守田知代, 吉川雄一郎, 石黒浩: “ロボットを用いた自己開示 促進システムの心理過程のモデル化”, *行動科学*, vol.57, no.1, pp.47-54, 2018.
- [10] R.B. Williams, et al.: “Patient use of a computer for prevention in primary care practice,” *Patient education and counseling*, vol.25, no.3, pp.283-292, 1995.
- [11] R.E. Glasgow, et al.: “Interactive computer technology, behavioral science, and family practice,” *Journal of family practice*, vol.48, pp.464-470, 1999.
- [12] R.P. Auerbach, et al.: “WHO World Mental Health Surveys International College Student Project: Prevalence and distribution of mental disorders,” *Journal of abnormal psychology*, vol.127, no.7, p.623, 2018.
- [13] R.J. Havighurst: *Developmental Tasks and Education*. Longman, 1953.
- [14] H. Masui, et al.: “Current issues in long-term care policy and research,” *Journal of the National Institute of Public Health*, vol.68, no.1, pp.34-44, 2019.
- [15] F.V. Riboni, et al.: “Technologically-enhanced psychological interventions for older adults: A scoping review,” *BMC Geriatrics*, vol.20, pp.1-11, 2020.
- [16] S. Fukuhara, et al.: “Translation, adaptation, and validation of the sf-36 health survey for use in Japan,” *Journal of Clinical Epidemiology*, vol.51, no.11, pp.1037-1044, 1998.
- [17] 赤間怜奈, ほか: “Quality of Life 情報の伝達補助を目的とする対話応答候補生成”, *自然言語処理*, vol.26, no.3, pp.579-612, 2019.
- [18] S. Nakagawa, H. Minlie and Y. Kuniyoshi: “Construction and Evaluation of QOL Specialized Dictionary SqolDic Using Vocabulary Meaning and QOL Scale,” *Electronics*, vol.10, no.4, p.417, 2021.
- [19] 白水始, 中原淳: “人の主体的な問題解決を促すロボットの役割”, *日本ロボット学会誌*, vol.29, no.10, pp.898-901, 2011.
- [20] 佐野睦夫, ほか: “カウンセリングロボットによる生活行動振り返り対話戦略と認知リハビリテーション支援システム”, *HCI*, vol.18, pp.1-7, 2017.
- [21] Sota, <https://sota.vstone.co.jp/home/>
- [22] 加藤伸司, ほか: “改訂長谷川式簡易知能評価スケール (HDS-R) の作成”, *老年精神医学雑誌*, vol.2, pp.1339-1347, 1991.
- [23] 桂川泰典, ほか: “日本語版セッション評価尺度 (The Japanese Session Evaluation Questionnaire: J-SEQ) 作成の試み”, *パーソナリティ研究*, vol.22, pp.73-76, 2013.
- [24] A.O. Horvath, et al.: “Development and validation of the Working Alliance Inventory,” *Journal of Counseling Psychology*, vol.36, no.2, pp.223-233, 1989.