

ビデオ会議における非母語話者の発話支援ツールの開発 および分析

須賀 馨太^{1,a)} Peinuan Qin² Zicheng Zhu² Yitian Yang² Yi-Chieh Lee^{2,b)} 山下 直美^{1,c)}

概要: 本研究は、ビデオ会議における非母語話者（NNS）のための発話支援ツールを開発・分析した。異なる言語圏の人々がお互いに協力して問題を解決したりプロジェクトを進めたりする際、共通言語を用いてコミュニケーションを取る場合が多いが、NNSは英語での発話に困難を経験することが多い。本研究では、OpenAI社のChatGPT-4という大規模言語モデルの能力を活用し、NNSが入力したキーワードと会話の文脈に基づいて発話文の提案を生成するツールを実装した。次に93人の参加者を対象に実験を行い、NNSの発話パフォーマンスと認知負荷に与える影響、およびNNSのコミュニケーション時の不安度を評価した。

結果として、NNSはツール使用による自信の向上や話の論理性の改善を感じることができたが、ツールの複雑さによって認知負荷が増加し、会話に集中したり注意を払えなかったりしたことが指摘された。

1. はじめに

現代社会において、国際的な協力はますます重要となっている。国籍を超えて協力し、異なる文化や言語を持つ人々と円滑にコミュニケーションをとることは、国際関係の構築に不可欠である。特にビジネスや学術の分野では、異なる国の人々の間で日常的な議論が盛んに行われている。このようなグローバルな協力関係において、共通言語（例えば英語）を用いてコミュニケーションが行われることが多い。しかし、共通言語を母国語としない人々（非母語話者、以降NNSと呼ぶ）は、非母語で思考を表現し、会話や議論を行う際にさまざまな問題に直面している。特にリアルタイムで行われるコミュニケーションにおいて、NNSは母国語とは異なる言語を使用することに困難や不安を感じることが多い [1]。その結果、NNSは自らの言語的な能力の問題と不安が組み合わさることで、自らの主張したい情報を伝えることが一層難しくなり、議論で発話を控えたり誤解を与え、コミュニケーションの齟齬が生じたりすることが起こる [2]。

この問題に対処しようとする多くの研究が行われている。リアルタイムの翻訳ツールの開発が例に挙げられる [3]。翻訳ツールを使用することで、NNSは自分の言葉で意見やア

イデアを表現できるが、翻訳の遅延と質の問題が依然として存在する。特にグループでの会話では、翻訳の遅延や文脈の理解に起因する問題が生じ、参加者が会話にスムーズに参加するのを困難にする。これによって参加者が会話に参加しにくくなる場合が多く、結果として全体でのコミュニケーションの質が低下してしまう。

本研究では、大規模な言語モデルや生成AIの能力を活用することでNNSが英語でのコミュニケーションにおいて参加度を上げることを目的としたNNS発話支援ツールを開発した。この支援ツールは、NNSが言いたいキーワードやフレーズを任意の言語で入力し、言語モデルがそのキーワードから発話の参考となる文を生成する。この文は、会話の文脈に基づいて適切に構築されており、NNSがより自然な会話を行えるようサポートしている。このアプローチにより、NNSは英語でのコミュニケーションにおいて自分の考えや意見を効果的に伝えることが可能となり、より円滑な協力・議論の構築に貢献できることを目指す。

2. 関連研究

リアルタイムコミュニケーションにおけるNNSを支援する研究の大半はNNSの理解を促進することに重点を置いている。例えば、母語話者（以降NSと呼ぶ）の発話速度を落とすことを促したり [4]、NSの発話を中断してNNSにより多くの時間を与えることで [5]、NNSの処理能力を強化し理解度を高めることを目指している。特定の条件下で会話に介入するエージェントを設けるアプローチ [6] も提

¹ 京都大学

² National University of Singapore

a) suga.keita.77r@st.kyoto-u.ac.jp

b) yclee@nus.edu.sg

c) naomiy@acm.org

案されている。これらの研究は NNS の参加を促進することを目的としているが、NNS に発話機会を与えるにとどまり、NNS の発話自体を支援しているわけではない。また、これらの支援を行っても、NNS にかかる認知負荷や発話に対する不安度が軽減されないことが課題となっている。

一方で、昨今の大規模言語処理や生成 AI の進展により、NNS が提供するわずかな手掛かりをもとに、コミュニケーションの文脈に沿った発話支援を実現できる可能性がある。本研究では、このアプローチの可能性を探求すべく、ChatGPT を活用して NNS の発話支援を試みた。具体的には、NNS が提供するキーワードなどのヒントに基づき、コミュニケーションの文脈に適した発話内容を生成する NNS 発話支援ツールを構築し、ユーザ実験を実施した。また、NNS がどのようにこの支援ツールを利用するかを分析することによって、このアプローチの妥当性と改善点を明らかにした。

3. アプローチと研究課題

OpenAI 社の ChatGPT-4 を使用し、AI ベースの支援ツールを開発した。この支援ツールを活用することで、NNS が NS とのコミュニケーションの過程で必要なサポートを受けることが可能になり、結果として、より円滑で効果的なコミュニケーションを実現することが期待できる。

研究課題は二点ある。第一の課題は NNS がこのツールをどのように利用しているかを詳しく分析することである。この目的は、NNS がツールを最大限に活用できるように設計を行い、その使い方や目的を理解することにある。第二の課題は、ツールが NNS の発話パフォーマンスと認知負荷に与える影響を明らかにすることである。この調査を通じて、ツールの効果を評価し、NNS にとっての有用性やポジティブな影響を与える改善案を検討する。

4. NNS 発話支援ツールの概要と実験手法

4.1 ツール構成

この NNS 発話支援ツールはビデオ通話アプリのユーザーインターフェースや機能とリアルタイムの文字起こしをベースとし、NNS の考えを文章化するための機能を追加したものである。NNS ユーザのユーザーインターフェースと各部分の説明を図 2 に示す。

NNS の発話支援ツールの機能、プロンプトの設定を説明する。NNS の発話支援ツールは、ユーザーからの任意の言語でのキーワード、フレーズ、文を受け入れる入力機能を持つ。ツールは、議論のトランスクリプト（会話の文脈情報）、ユーザーが入力したキーワード、事前設定された議論の目的に関する情報の 3 点に基づいて GPT-4 を使用して対応する発話の提案文を生成する。このプロセスは、議論の流れに即した有効な発言をサポートするために設計された。提案ツールの機能概略図を図 1 に示す。

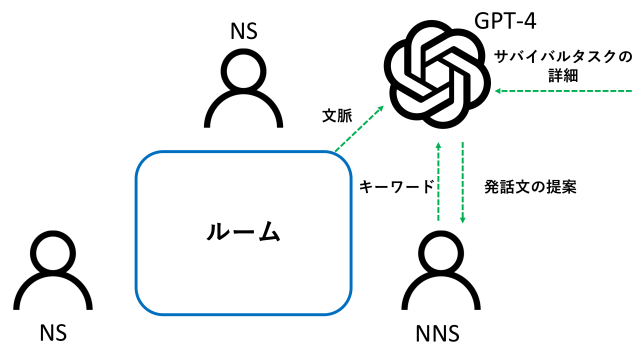


図 1 提案ツールの機能概略図



図 2 NNS（非母語話者）のツール画面

4.2 実験概要

実験の目的は第 3 章で明記した二つの研究課題を解くことであった。そこで本実験では、各 3 人でひとつのチームを作った。3 人の構成は 2 人が NS、1 人が NNS であり、NS が多数、NNS が少数となる最小単位となる 3 人とした。チームは、発話支援ツールへのアクセスの有無にかかわらず、2 つのディスカッション課題を遂行するために協力し、議論することが求められた。発話支援ツールを使用した状態と使用しない状態の両方で被験者内比較を行った。参加者のツールの相互作用と使用体験をログデータ、アンケート、そしてインタビューを通じて計測した。研究課題について、第一の課題（NNS がツールをどのように使用するか）にはログデータが必要となる。これにはツールの使用頻度、入力されたキーワード、ツールから生成された発話案などである。第二の研究課題（ツールが NNS の発話パフォーマンスに与える影響）には、インタビューデータとアンケートデータが必要である。これには参加者の主観的な体験やツールの使用感、発話の自信の変化が含まれる。

参加者について、93 人が本実験に参加した。NS はシン

ガポールで英語を母語とする地元住民であり、NNSはシンガポールまたはオーストラリア在住の中国語を母語とする学生であった。NS、NNSはランダムに各チームへの振り分けられ、各チームは、発話支援ツールの使用および非使用の両方の条件で2つのディスカッション課題を遂行した。参加者は1時間あたり\$18の報酬を受け取った。

4.3 実験の手順と内容

実験に先立ち、参加者全員に対して事前アンケートを実施し、性別・年齢・職業・英語圏の国で過ごした期間などの人口統計情報を収集した。また、NNS参加者には実験で使用する発話支援ツールの操作方法に関するチュートリアルを実施した。その後、ツールに慣れてもらうために、グループで本番課題を模した練習課題に取り組んでもらった。

実験では練習課題を実施した後、2つのメインタスクを実施した。課題は、練習課題も本番課題もサバイバルタスクを採用した。サバイバルタスクとは、参加者が仮想的な緊急事態や危機的なシナリオに置かれた状態で、限られたリソースを使って生き残る方法を考えるグループ課題のことである。サバイバルタスクは、集団での意思決定のスキルを評価するために使用されることが多い。例えば「海洋サバイバルタスク」では、沈没したヨットから回収したアイテム（コンパス、キャンパス・懐中電灯など）を生存における重要度に基づいて順位付けしていくまで議論を行い、グループで意思決定を行う。本実験では、練習課題は「北極サバイバルタスク」の修正版を用い、本番課題は「砂漠サバイバルタスク」と「海洋サバイバルタスク」の修正版を用いた。

実験完了後、NNS参加者を対象に、彼らの主観的な発話パフォーマンス、不安感、認知負荷を測定するために事後アンケートを実施した。これらは7点リッカート尺度（1=強く同意しない、7=強く同意する）を用いた。さらに、半構造化インタビューを通じてNNS参加者のツール使用に関する詳細な体験や感情についての情報を収集した。インタビューでは、ツールの使い勝手や対話中の自信や不安に与えた影響についての質問を行った。

5. 分析結果

5.1 NNSの発話支援機能の利用パターン

この章では、1つ目の研究課題を解くためにツールログとインタビューデータをもとに、NNSの入力行動に焦点を当てる。NNSがアンケートで自己評価した発話パフォーマンスをツール使用時と未使用時と比較したところ、有意な差は得られなかった（ツールの使用時の平均値: 4.27(SD=1.15)、未使用時の平均値: 4.32(SD=1.19)、 $t=-0.31$, $p=0.76$ ）。しかし、アンケートによると相当数のNNSが自身の話すパフォーマンスについて肯定的であった。全NNSのうち約2/5 (N=13)が、「ばらばらなアイデアを断片的にツール

に入力するだけで、それに基づいて完全な文が構成された。発話に必要な論理が取り入れられて組織的に見えるようになった。」と回答している。例えば、NNS-11はツールが「完全な文が生成されることが非常に便利である。」と説明している。また、NNS-24は「キーワードをタイピングするだけで議論に合った論理的なステートメントが生成され、自分のアイデアをより良く表現できる。」と述べており、NNS-18はツールを用いることで自身の発言の説得力を高めることができることを強調している。

次にNNSがツールにどのような支援を求めているかを理解するために入力パターンの分類を行い、それぞれのパターンに対して入力時間、入力文字数、修正文字数、および入力言語の優先順位を分析した。NNSの参加者は一人当たり2.41回入力を行なった。NNSの入力行動は、NNSがプロンプトに行った指示について「明確な指示あり」と「明確な指示なし」の2つの主要なグループに分けられた。主要なグループをさらに細分すると、「明確な指示あり」には「翻訳を求める (N=5)」と「意思決定支援を求める (N=34)」に分類でき、「明確な指示なし」には「見解を述べる (N=20)」と「キーワードのみ (N=16)」に分類できた。それぞれのグループについて詳細に表したものが次の図3である。

NNSが最も快適かつ効率的にコミュニケーションできるかを理解するため、各パターンでの平均入力時間、使用言語について述べる。入力パターン別での入力時間の分布を図4、使用言語での分布を図5に示す。翻訳を求めるパターンでは平均入力時間が7.6秒 (SD=3.1)、使用言語は主に英語であった。意思決定支援を求めるパターンでは、平均入力時間が87.3秒 (SD=65.8)、使用言語は、一つのシステムへの入力の中に母国語・英語が混合する傾向があった。見解を述べるパターンでは、平均入力時間が20.3秒 (SD=17.7)、使用言語では英語と母国語の使用が均等であった。キーワードのみのパターンでは平均入力時間が27.4秒 (SD=44.4)、使用言語は主に英語であった。図3での「翻訳を求める」の例では、英語を中国語への翻訳が要求されている。ただしこれは通常の翻訳ツールと異なり、目的の単語だけを入力するのではなく、追加の入力操作を行う必要があった。これは、システムが提供する内容が彼らが必要とするものよりも多かった可能性があり、それによって認知的負担が増加した可能性がある。しかし、インタビューでのNNSの意見によると、翻訳ツールの使用によるメリットについて話し合うことにより関心を示した。例えば、NNS-5は「このスピーキング支援機能は私にとって非常に役立つ。特に私が馴染みのない単語について、他の人が何を言っているのかを理解するのに助けになる。また、このツールを通じて単語の意味を見つけることができ、これによって対話において自信を持つことができる。」と述べている。

入力パターン・説明	入力例（日本語訳）	応答例（日本語訳）
翻訳を求める 特定の単語やフレーズの翻訳を求めるための簡潔な入力	translate yacht into Chinese ヨットを中国語に訳して	游艇 ヨット
意思決定を求める より複雑なシナリオや決定に関する助言を求めるための入力	map is most important, 给出原因 地図が一番重要, 理由を示して欲しい	I believe the map of the Atlantic Ocean should be our top priority. With the map, we could determine our location and navigate towards the nearest land. Secondly, I think the 20 square feet of opaque plastic sheeting is crucial. It could potentially assist us in floating on the ocean's surface or serve as protection against the elements. 大西洋の地図は最優先事項だと思う。地図があれば自分たちの位置を特定し、最も近い陸地に向かって航行することができる。次に、20平方フィートの不透明なビニールシートが重要だと思う。海面に浮くのを助けてくれるかもしれないし、風雨から身を守ってくれるかもしれない。
見解を述べる 特定のトピックに関して自身の視点を表現し、フィードバックを求めるための入力	要在 ocean 上能浮起来 海で浮かぶことができる	We need to ensure we can stay afloat in the ocean. Survival at sea relies heavily on our ability to remain above water. 私たちは海で浮いていられるようにする必要がある。海での生存は、水上に留まる能力に大きく依存している。
キーワードのみ 特定のキーワードや重要な語句を入力し、関連するアイデアや提案を得るためのパターン	rope 縄	The rope could also be useful as a potential life line, especially in a situation where one of us might fall overboard. It would be easier to pull them back in with the aid of a rope. I guess that's another practical use for it. ロープは命綱としても役に立つ。特に、私たちのうち誰かが海に落ちるかもしれない状況下ではロープの助けを借りてその人を引き戻すのは簡単だろう。これも実用的な使い方だと思う。

図 3 NNS の入力パターン

このように、NNS はシステムとの対話において、どの言語を使用するかはタスクの複雑さや認知的要求に大きく依存している。特に認知的に要求の高いタスクでは、母国語と第二言語（英語）を混ぜる傾向が見られた。

5.2 NNS の発話パフォーマンスと認知負荷

線型混合効果モデルを用いてツールの利用が NNS の認知負荷に与える影響を、ツールの未使用時と使用時で比較検証したが、ツールの使用は、NNS の認知負荷に有意な影響を与えなかった ($t=0.70, p=0.49$)。認知負荷の平均値はツール使用時で 3.52 (SD=1.12)、未使用時で 3.41 (SD=1.19) であり、認知負荷はツール使用時でやや増加した。これはツールの複雑さが原因と見られる。主に、ツールに情報を入力する時間、ツールが生成する応答を確認する時間、そして個人のアイデアとツールの応答を統合する作業に起因すると考えられる。インタビューでは、ツールの使用感、ツール自信と不安に関する影響、使用パターンとその狙い、入力方法、使用言語に関して質問を行い、その回答を分析した。インタビューデータからは、ツール使用が認知負荷を増加させる要因と減少させる要因が明らかになっている。認知負荷の増加の要因としては、(1) ツールへの入力、(2) ツールによる複雑な提案文、(3) ツールによる提案と自らのアイデアの統合の 3 点が挙げられる。

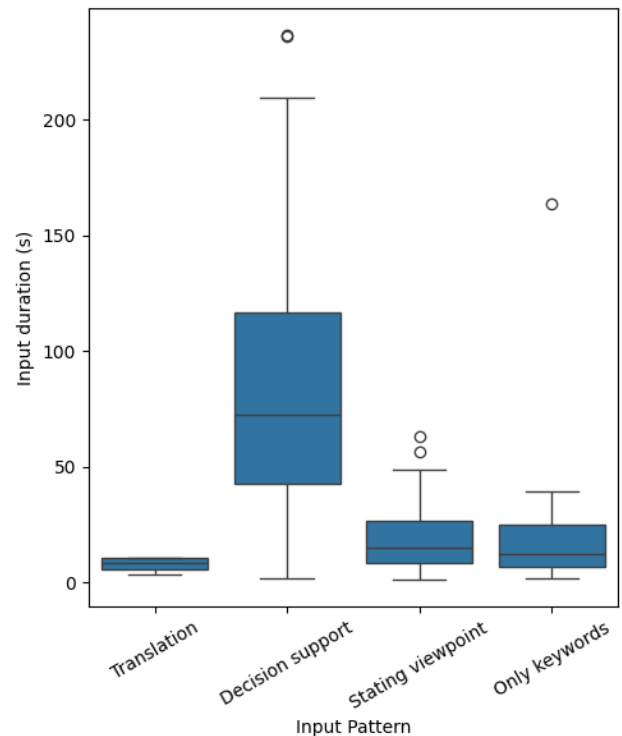


図 4 入力パターン別の入力時間

ツールへの入力作業については、多くの NNS がツールへの入力作業が負担であると回答した。特にタイピング速度が

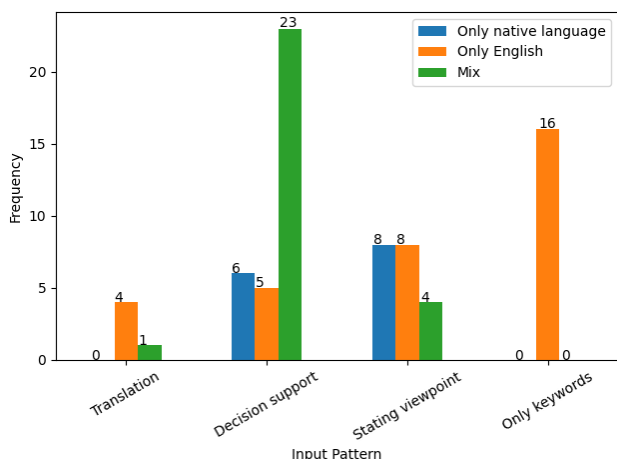


図 5 入力パターン別での使用言語の分布

遅い人は会話中に会話の内容と自分のアイデアの整理を切り替えることに苦勞し、マルチタスクによって負荷が高くなり、会話への積極的な参加が妨げられると述べた。ツールによる複雑な提案文について、時折、応答に未知の単語や複雑な構文が含まれていたことが報告された。ツール応答と個人のアイデアの統合については、一部の NNS からツールから提案された内容を自分の考えと統合するプロセスに高い負荷がかかったとの回答を得た。逆に、ツールの利用が認知負荷の減少に寄与した要因として、(1) ツールから知識を受け取ることによる理解度の向上、(2) 論理性の向上の二点が挙げられた。理解度の向上については、NNS はツールから新たな知識をもらったと回答した。例えば NNS-11 は「プラスチックシート」について言及された際に困惑した。しかし、システムは彼に、プラスチック袋を使って雨水や蒸発した海水を集めることを提案した。このような提案は、NNS がその場の会話に関連する文章を構築する際にかかる作業記憶の負担を軽減するものだった。論理性の向上について、一部の NNS から、自身の考えがまとまっていない状態でツールにばらばらのキーワードを入力した際に、それらのキーワードを元にして「最初に」「次に」「対照的に」といった言葉を使って論理的な考えを構築してくれたことが、自らの言葉の整理に役立ち、発話時に便利であると評価された。

最後に不安度についてである。事後アンケートにおいて 7 点リッカート尺度で NNS が評価した不安度のデータを線型混合効果モデルで分析し、NNS がツールを使用した際に、使用しない場合と比較してより多くの不安を経験したことが明らかになった ($t=2.84$, $p<0.05$)。

6. 考察

6.1 NNS のインタラクション

NNS が意思決定支援を求める際、入力時間が長く、修正文字数が多い傾向が入力の分析から明らかになった。これ

は、ツールによる複雑な応答を理解し適切に反応するために、NNS が多くの時間と労力を要することが原因と考えられる。さらに、ツールの返答を理解し、自分の言葉で適切に表現するまでの過程が、NNS にとって認知的に要求の高い作業となっている可能性がある。加えて入力にかかる時間が長いことから、NNS が自らの言いたいことを簡潔なプロンプトに要約する必要があることが推測される。これらの課題に対処するため、ツールの使用が NNS にとってより直感的であり、応答内容の整理や要約が容易になるような設計改善が求められる。これにより、NNS はツールを利用して意思決定支援を受ける際の認知負荷が軽減され、より適切な意思決定を行うことが可能になると考えられる。

入力パターンに基づく分析から、NNS が異なる種類のサポートを求める際には明確な言語の好みを示していることが分かった。入力言語のパターンにおいて、入力長と言語嗜好の間には強い関連があった。入力テキストの長さが増すにつれ NNS は複数の言語を組み合わせる傾向が見られた。これは、NNS が複雑な問題を解決しようとする際に第二言語の能力がアイデアを表現したり論理的に考えるのに十分でないために母国語も使用していることが原因と考えられる。NNS は、より複雑な思考や意思決定のプロセスにおいて母国語（中国語）と第二言語（英語）の組み合わせを利用することで、コミュニケーションの効率を高め、自らの認知負荷を軽減しようとしている。

6.2 ユーザー体験の深堀り

ツール使用時と未使用時の NNS の自己評価した発話パフォーマンスにおいて、有意な差は見られなかった。しかし、インタビューでは NNS がスピーチの論理性の向上や内容の充実を感じていることが示唆された。ツールによる支援によって、NNS は発話に対する自信を高め、発話内容をより練り上げる助けとなったことが考えられる。NNS は、ツールの返答に含まれる具体的な例や論理的な説明を通すことで、自分の考えをより効果的に整理し、表現することができたと考えられる。

ツールの使用が、未使用時と比較して NNS の不安度を増加させたことが分かった。NNS の中には、タイピング速度が遅い人や複数のタスクを同時に処理するのが難しい人がいた。特にこのような人にとって、入力プロセスが複雑なこと、生成された文章の中に不確実性のある表現が不安度増加の原因となっていた。これらの NNS は、システムへの入力に時間がかかったことで会話の流れについていくのが難しくなり、結果としてコミュニケーションの障壁を感じるようになった。さらに、システムが生成する提案の質や適切さに対する不確実性も NNS の不安を増大させたことが分かった。NNS は、ツールの生成した文章が自分の意図を正確に反映しているか、また実際の会話シナリオにどれほど役立つのかという点に不安を感じていた。このよ

うな状況は、NNS が対話中に重要な情報を見逃すリスクを高め、また自分の意見を効果的に表現する自信を失う原因となり、コミュニケーション能力に負の影響を与えていた可能性がある。このため、ツールの設計においては、使用の容易さと提案の品質に重点を置くことで NNS の不安を軽減し、より円滑にコミュニケーションを行える鍵となる。

統計的な結果では、ツールの使用が NNS の認知負荷に有意な影響を与えなかった。インタビューデータによって、ツールの使用が認知負荷を増加させる要因と減少させる要因の両方が明確化された。認知負荷の増加要因としては、情報の入力、ツールの仕組みの理解、およびツールの生成した文章と個人のアイデアの統合の過程が挙げられる。特に、ツールへの入力作業に時間を要し、ツールの生成した文章を理解し処理することが NNS に負荷を要するものであった。一方、認知負荷の減少要因としては、ツールの生成した文章に含まれる情報が、NNS の理解度を向上させたことが挙げられた。ツールが論理的な文章を生成する仕組みにより、NNS が自らの持つ断片的なアイデアから、整理されてかつ論理的な文章を構築することができ、言葉の整理と発話時の自信を高める助けとなったと考えられる。これらの分析から、システムの設計において認知負荷を軽減する機能を強化する必要がある。改善点を例示すると、直感的なユーザーインターフェースにすること、より明確で理解しやすい文章を生成するようにシステムに指示を出すことが挙げられる。このような改善を行うことで、NNS がシステムをより効果的に活用し、結果として自信を持ってコミュニケーションを取ることに役立つことが期待される。

7. おわりに

本研究は、ビデオ会議環境における非母語話者 (NNS) のコミュニケーションを支援するために発話支援ツールを開発し、その効果を調査するため被験者を募った上で実験を行い、結果を分析した。開発されたツールは ChatGPT-4 を活用し、NNS が入力したキーワードやこれまでの議論の文脈に基づいて会話文の例を生成する仕組みであった。これにより、NNS が英語でのコミュニケーションにおける自信を持ち、発話の質を向上することを目標とした。

実験結果からは、ツールが NNS の自信と発話の論理性を向上させた一方で、ツールの複雑性が認知負荷を増加させた可能性が示唆された。具体的には、NNS はツールを活用して自己表現の幅を広げることができた。しかし特に、ツールのインターフェースや操作性に関して NNS の認知負荷が増加したことは、今後のツール設計において改善すべき重要な要点である。

今後の課題では、ツールのユーザビリティのさらなる向上を狙い、NNS にとってより直感的で使いやすいインターフェースの開発、認知負荷を最小限に抑えつつ発話支援の質を向上させるアプローチの探求、NNS の多様なニーズに

応えるためのカスタマイズ可能な機能を実現したツールの設計の 3 点が挙げられる。

参考文献

- [1] Nastiti, Reni. "Foreign language anxiety in and outside the classroom: A case of a non-native speaking student living abroad." *LingTera* 10.1 (2023): 64-75.
- [2] NWSC, Wijewantha. "Speaking Anxiety in the Second Language Classroom: Learners' Perspective." *Proceedings of the 7th International Research Conference on Humanities Social Sciences (IRCHSS)*. 2021.
- [3] Pan, Yingxin, et al. Effects of automated transcription quality on non-native speakers' comprehension in real-time computer-mediated communication. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2010. p. 1725-1734.
- [4] Duan, Wen, Naomi Yamashita, and Susan R. Fussell. "Increasing native speakers' awareness of the need to slow down in multilingual conversations using a real-time speech speedometer." *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction* 3.CSCW (2019): 1-25.
- [5] Sweller, John. "Cognitive load during problem solving: Effects on learning." *Cognitive science* 12.2 (1988): 257-285.
- [6] Takase, Yutaka, Takashi Yoshino, and Y. Nakano. "Conversational robot with conversation coordination and intervention functionality in multi-party conversations." *IPSS Journal* 58.5 (2017): 967-980.