

非母語話者を支援する Speech Speed Awareness System による会話参加者への話速通知の効果

佐々木 孝輔^{1,a)} 井上 智雄^{2,b)}

受付日 2020年4月9日, 採録日 2020年10月6日

概要: 協調活動の国際化にともない母語話者 (NS) と非母語話者 (NNS) の会話機会は増えているが, NS と NNS の会話は時に容易ではない. 本研究では, NS と NNS による二者会話の支援のために, NS の話速が NNS にとって速い場合にそのことをスクリーン表示で知らせる Speech Speed Awareness System を提案する. 提案システムの効果を検討するために行った単語連想ゲームの会話実験から, NS と NNS の発話行動を分析した. その結果, 単語連想ゲームで NNS が NS に聞き返す頻度や正答率には有意な差は確認できなかったが, 提案システムによる通知の前後で NS の話速を低下させることと, 会話全体を通して NS の話速変化を穏やかにすることが分かった.

キーワード: 非対称第二言語会話, 会話支援, 話速, 行動調整, アウェアネス

Effects of the Notification of Native Speaker's Speech Rate on Asymmetric Second Language Conversation

KOSUKE SASAKI^{1,a)} TOMOO INOUE^{2,b)}

Received: April 9, 2020, Accepted: October 6, 2020

Abstract: With the internationalization of cooperative activities, opportunities for conversations between native speakers (NSs) and non-native speakers (NNSs) are increasing, but conversations between NSs and NNSs are not always easy. This paper proposes a Speech Speed Awareness System to support conversations between NSs and NNSs by displaying a screen when the speech rate of the NS becomes too fast for the NNS. We analyzed the speech behaviors of NSs and NNSs from a conversation experiment of word-association game conducted to examine the effectiveness of the proposed system. Although no significant differences in the frequency of NNSs asking back to NSs in the game or in the percentage of correct responses were found, we found that NSs' speech rate was reduced after notification by the proposed system and that NSs' speech rate changes were moderated throughout the conversation.

Keywords: asymmetric second language conversation, conversation support, speech rate, action coordination, awareness

1. はじめに

グローバル化により, 異なる母語を持つ人々の間での交流がさかんになっている. 母語を話す話者 (Native Speaker,

以下 NS) と, 母語ではない言葉を話す話者 (Non-Native Speaker, 以下 NNS) が会話を行うとき, NNS は NS に比べて, 会話中に用いられる言語の聴解力が不足しているために, NS の発言を理解できなくなる場合がある. 本研究では, NS と NNS による二者会話を支援することを目的とする. NNS が会話を理解できなくなる要因の 1 つに, NS の話速がある [1]. NS の話速が速くなるにつれて, NNS は会話の理解がしにくくなることが知られている [2], [3].

そこで本研究では Speech Speed Awareness System を提案する [4]. このシステムでは, NS の話速が速くなりすぎ

¹ 筑波大学大学院図書館情報メディア研究科
Graduate School of Library, Information and Media Studies,
University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8550, Japan

² 筑波大学図書館情報メディア系
Faculty of Library, Information and Media Science, Univer-
sity of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8550, Japan

a) ksasaki@slis.tsukuba.ac.jp

b) inooue@slis.tsukuba.ac.jp

ると、会話参加者全体に NS の発話が速いことを通知する。これは、NS に対して自発的に話速を落とすよう促すことを狙ったものである。NS1 名と NNS1 名のペア 24 組が 5 分間の単語連想ゲームの会話を行った実験 [5] からシステムの効果を検討するために、NS の話速について通知前後と会話全体の話速変化を分析した。また NNS の発話の聞き返し頻度と単語連想ゲームの結果、主観評価の結果から、NNS の会話理解に対する提案システムの効果を分析した。

結果は次のとおりである。まず NS の話速変化について、Speech Speed Awareness System が通知を行うことで、通知直後の NS の話速は通知直前より低下した。NNS も、システムの通知によって NS が話速を下げたので助かったという旨の主観評価をした。また会話全体を見ると NS の話速は、システムを使わない場合、より頻繁に変化しており、Speech Speed Awareness System は NS に話速が速いことに気づかせ、会話全体の話速の変化を比較的緩やかにしたことが分かった。一方で会話全体における NS の平均話速は、システムを使う場合と使わない場合で大きく変わらなかった。また、NNS の発話の聞き返し頻度および単語連想ゲームの正答率については、ともにシステムの有無による違いは見られなかった。

2. 関連研究

2.1 NNS の聴解特性

聴解のプロセスは直列的であり、相手の発話をワーキングメモリに格納し、その発話に対する処理を行うことで会話を理解する。第二言語会話において NNS がこのプロセスを実行するとき、NS が無意識に処理するこのプロセスを意識的に行う必要があり、NS と比較して処理に時間がかかることが指摘されている [6]。

Goh らは、NNS が会話を理解できない要因を多数指摘している。NNS 自身のその言語に対する語彙力の欠如をはじめ、「聞いたことを忘れてしまう」、「知っている単語に反応できない」、「単語は理解できるが文脈を理解できない」、「文意を考えているため次の発話を無視する」、「聞いた言葉からイメージが分からない」などという問題をあげている [7]。

また Bloomfield らによると、NNS の聴解能力に影響を与える要因として、NNS 自身のワーキングメモリや、その言語の流暢さ、および NS によって発話された内容とその発話の長さ、複雑さ、ポーズの長さ、話速が指摘されている。このうち、話速は他の要因と互いに影響を与えることで、NNS に対して発話理解を妨げる可能性を示している [1]。

NS が NNS と会話するとき、はじめはゆっくり話していても徐々に話速が速くなる可能性があり、特に日常会話では話速が急激に変わることが指摘されている [8]。また NNS の行動として、NS の発話が聞き取れなかった場合、

再度同じ発話を繰り返すよう要求する傾向がある。しかしこの要求を繰り返すことは、NNS に対して心理的な負担をかける [9]。話速は会話の聞き手が会話を理解できるかどうかに影響を与えるため、注視しなければならない要素の 1 つである。

Griffiths は NNS に対し、話速が異なる録音されたテキストを聞かせ、内容を理解したか調査した。その結果、話速が速い (200 wpm) テキストの理解度が、話速が遅い (150 wpm, 100 wpm) テキストに比べ大幅に下がったことを示した [2]。Zhao も、ビデオやオーディオなどから流れる英語音声を用いた、英語を非母語とする学習者の学習方法について、一般的な話速よりも遅く発話される音声を聞くことで、より良く内容を理解したことを示している [10]。さらに Jones らは Text-to-Speech 技術によって合成された合成音声においても、話速が速いと発話の内容の理解度が悪くなることを示している [11]。したがって、速い話速は NNS にとって発話内容の理解に悪い影響を与えることが分かる。

しかし第二言語学習においては、話速が遅いほどリスニング時の理解度が向上するとは限らず、適切な話速が存在する。Hayati は英語を非母語とする語学学習者に対して、英語のリスニング学習を 2 週間行わせ、理解度がどの程度向上したか測定した。測定の結果、話速が自然なリスニング教材を使った学習者のほうが、話速が自然な速度より遅いリスニング教材を使った学習者より理解度が向上したことが確認された [3]。

本研究で提案する Speech Speed Awareness System では、事前に NNS が聞き取りやすい話速を決定し、その話速より NS の話速が速くなったときに通知を行う。

2.2 Speech Speed Awareness System [4]

Speech Speed Awareness System は NS と NNS の二者会話において、NS との日常会話は行えるが、NS の発話が多くなったときに理解が追いつかなくなる NNS のためのシステムである。このシステムは会話中、NS の話速が一定の速度を超えたときに、会話参加者全体に NS の話速が速いことを表示する。本システムではディスプレイを 1 台、NS と NNS の対面会話の場に設置する。通常、会話中はディスプレイ上に緑色の背景で “GOOD” の表示がされる (図 1 左) が、NS の話速が事前に設定された閾値以上となると、赤色の背景で “FAST” の表示がされる (図 1 右)。この通知は会話参加者全員が見える位置で表示される。この通知により NS が自発的に話速を落とすことが期待される。

本研究では Speech Speed Awareness System を用いた NS と NNS の二者会話において、通知により NS の話速が低下するか分析したほか、システムが会話全体の NS と NNS の発話行動にどう影響するか分析した。



図 1 システムが表示する画面：左は話速が閾値以下の場合，右は話速が閾値より速い場合

Fig. 1 The system in use: (left) The native speaker's speech rate is the threshold or less. (right) The native speaker's speech rate is more than the threshold.

2.3 その他の第二言語会話支援

第二言語会話は様々な方法で支援されている。特に NNS が、NS の発話情報だけではなく視覚情報を取り入れることで、会話内容をより理解し、また二者間で会話の相互理解が深まることが示されている [12]。Inoue らは NS と NNS が遠隔環境下で会話している最中、NS が会話中の重要な単語や語句、理解し難いと考えられる語句をキーボードで入力し、その文字列を NNS に提示することで NNS を支援した [13]。また iGengo は、会話参加者の文化的背景の違いから生じる知識の差を埋めるために、会話中に登場した名詞を自動で取得し、説明文章や画像、関連語などその名詞に関する情報を NNS に表示するシステムである。iGengo によって第二言語会話を効果的に支援できる可能性が示されている [14]。また PaneLive は、多数の言語が発せられる会話、特に討論の場において、リアルタイムで共通言語に翻訳するシステムである [15]。ただしいずれも、人力入力による負担増加や音声認識の精度の問題があげられている。

一方で、Speech Speed Awareness System と同じく話速に注目して NNS の会話支援を行う Real-Time Speech Speedometer がある。この研究では多人数でのビデオ通話において、NS に自身の話速をフィードバックする Real-Time Speech Speedometer が同期・遠隔環境下の NS の発話行動にどのような影響を与えるか検討した。システムを用いた NS2 名と NNS1 名によるディスカッションの実験では、システムを用いても NS の会話中の平均話速は変わらない、ということが示された。また、実験後に行われたアンケート調査の結果から、NNS の会話の理解度に違いはなかったが、システムを用いた場合、NS は話速を落とそうとする意欲が上がり、システムを用いない場合は意欲が下がることが確認された [16]。

本研究では、NS の話速が速すぎる場合に、会話参加者全体にそのことを示す Speech Speed Awareness System の効果を分析した。

3. Speech Speed Awareness System を用いた会話実験 [5]

本研究では、Speech Speed Awareness System を用いた NS1 名、NNS1 名の 2 名による会話実験（筑波大学図書館

情報メディア系倫理審査委員会の承認を得た）[5] から、システムが NS と NNS の発話行動にどのような影響を与えるか分析した。

3.1 実験内容

Speech Speed Awareness System を用いて、日本語を母語とする NS と、日本語を母語としない NNS による会話実験を行った。この会話実験では実験タスクとして、NS と NNS に対して 1 セッション 5 分間で行う単語連想ゲームを行わせた。この単語連想ゲームでは、実験者はあらかじめ NS に 24 個の単語が記載された単語リストを渡した。NS には 5 分間でリスト中の単語をできるだけ多く NNS に答えさせるよう、ヒントを提示させた。例として単語リストの中に「図書館」という語句があれば、「本がたくさんある場所。自由に本を読んだり借りたりできる」などとヒントを出す。単語リスト中に使用された単語はすべて、初学者用の日本語の教科書 [17] に採録されているものとした。なお、会話のみで連想ゲームを行わせるために、ジェスチャの使用は禁止し、また同じ語を含むヒントは直接答えに結び付くため禁止とした。たとえば「図書館」という語句に対し、「図書室をいい換えた語」などというヒントは禁止とした。禁止事項に抵触した場合はルール違反と見なした。より多くの発話を導くために、NS と NNS の両者には、NNS が正しい語句を答えることができたなら 1 語につき 10 点を与え、NS がルール違反を犯した場合は 5 点を減点し、連想ゲームの合計点数が 150 点以上になると謝礼金が増えることをあらかじめ伝えた。これにより、5 分間という制限時間の中で多くの単語を NNS に答えさせるために、NS の話速が一般的な日常会話に比べて上がることが見込まれた。

3.2 Speech Speed Awareness System を用いた NS と NNS の二者会話環境

Speech Speed Awareness System では、NS の発話を取得し、話速を自動で計測する [4] が、その精度を考慮し、会話実験では実験者が PC 上で動作するツールを用いて、リアルタイムに話速を検出するしくみとした。このツールでは NS の発話中に、音節に応じてキーボードで何らかのキー入力を行い、1 秒ごとのキー入力の回数から話速を計測するしくみとなっている。たとえば「おはよう」という発話が 1 秒で行われた場合、音節数は 3 のため、実験者は 3 回キーを押下する。1 秒後にツールは話速として値 3 を返す。この話速が閾値を超えた場合、会話の場に置かれているディスプレイに、話速が速いことが表示される。

実験時の様子を図 2 に示す。NS と NNS は机を挟んで互いに向かい合って座っており、その距離は 1.2m とした。実験中の様子は、3 台のビデオカメラで録画した。1 台は実験風景の全景を、残り 2 台はそれぞれ NNS、NS を撮影し

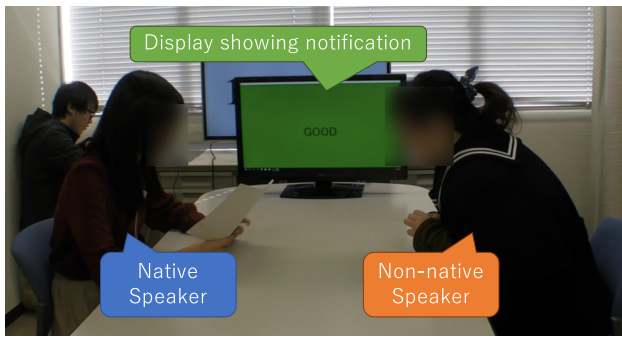


図 2 実験の様子（話速通知条件）。右の参加者が NNS

Fig. 2 The experiment conducted in this study (System condition). The right participant is a NNS.

た。また実験を行った部屋には、実験者を 2 名配置した。

3.3 実験条件

実験は、NS に対し話速が速いことを通知する条件（話速通知条件）と、通知しない条件（話速非通知条件）を順序相殺のうえ、参加者内計画で実施した。話速非通知条件では、NS に話速が速いことを表示するディスプレイを NS、NNS の双方の視界に入らないところに移動した。図 2 は話速通知条件での実験の様子を示している。

3.4 実験参加者

実験に参加する NS は商用掲示板にて募集を行った。また NNS は Web 上の留学生コミュニティにて募集を行い、日本での滞在歴が短い人、および日本語を用いるアルバイトに従事していない人を優先して募集した。実験に参加した NNS は全員、日本語で日常会話が可能とされる日本語能力試験*1 の N2 レベル以上を取得していた。実験に参加したのは NS と NNS 各 24 名の計 48 名（女性 24 名）で、NS と NNS それぞれ 1 名ずつ、互いが初対面のペアとなるよう組み合わせさせた 24 組である。

3.5 実験手続き

NNS の聴解能力により、どの程度の話速が速いと感じるかには個人差がある。そのため NNS は NS より先に実験を行う部屋に入室し、会話実験の事前タスクとして、話速の閾値を決定するタスクを行った。このタスクでは、NNS は 3 音節/秒から 12 音節/秒の、1 音節/秒刻みで計 10 段階の話速で再生される音声サンプルを聞き、早口だと感じる話速を決定させた。この話速が閾値となり、実験タスク中に NS の話速がこの閾値を超えた場合、話速が速いことがディスプレイに表示される。なお、この事前タスクで使用した音声サンプルには、高橋が提供している日本語の音声データベース*2 を利用した。事前タスク終了後、NS も実

験を行う部屋に入室し、実験者が実験説明を行い、両参加者からの同意を得た。続いて NS にピンマイクを装着させた。これは、ビデオカメラでは撮ることができない鮮明な音声を取得するためである。

その後、NS にのみ実験タスクで使用する、印刷された単語リストを 1 枚手渡し、1 分間の準備時間を与えた。この準備時間では、NS はリスト中の単語について NNS に提示するヒントを考え、NNS はその場で座ったまま待機した。

準備時間終了後、すぐに 5 分間の実験タスクを開始した。この間、実験者の 1 人はつねに NS の話速を計測し続けた。また別の実験者は、NNS が正答した語句の個数と、NS が犯したルール違反の回数を計測した。

5 分間のタスク終了後、NS、NNS の両者は質問紙に回答した。その後実験条件を入れ替えて、実験者は NS に単語リストを渡し、準備時間に入った。なお単語リストは複数種類用意しており、2 条件で異なる単語リストを使用した。

3.6 収集したデータ

本研究の実験で収集したデータは、まず実験の様子を撮影した映像データである。この映像データおよび、NS に取り付けられたピンマイクから、NS および NNS の発話はすべて鮮明に聞き取ることができた。

また条件ごとに、会話実験の後に質問紙調査を実施したが、質問紙への回答を行わずに実験を終了した参加ペアが 3 組いたため、24 組に対して行った実験のうち、質問紙調査の結果は 21 組分収集した。質問紙の内容は表 4 に示すとおりである。Q6~Q10 の質問項目は、話速通知条件で NS にのみ提示された。すべての項目に対し「まったくあてはまらない (1)」、「あてはまらない (2)」、「あまりあてはまらない (3)」、「どちらともいえない (4)」、「ややあてはまる (5)」、「あてはまる (6)」、「よくあてはまる (7)」の 7 段階の評価尺度で回答させた。また質問紙には自由記述の欄があり、実験参加者は実験タスクの感想などを自由に記述することができた。

なお、実験者が話速を測定するために使用したツールの入出力ログと、そのツールを操作して話速計測を行っている映像は収集しなかったため、実験時の話速通知の正確さは判断できなかった。ただし実験時に話速を計測する実験者は、事前にツールを用いて十分な練習を行い、その後実験を行った。

4. データ処理

取得したデータから、本システムが NS と NNS に与える効果を検討するために、以下のデータ処理を行った。

4.1 話速非通知条件でのシステムによる通知

話速非通知条件での NS の話速の変化を見るために、取得した 24 組分の話速非通知条件の実験映像を見ながら、実

*1 日本語能力試験 JLPT. <https://www.jlpt.jp/>

*2 高橋弘太研究室 > 音声データベース, <http://www.it.cei.uec.ac.jp/SRV-DB/>

験者が通知のタイミングをシミュレーションした。このシミュレーションにより、実際には通知が行われていない実験条件でシステムを動作させた場合にどのように通知が発生するか検討した。以降、話速非通知条件における通知とは、このシミュレーション結果を指す。

4.2 通知頻度に基づく外れ値の除外

話速通知条件および話速非通知条件のシステムの通知頻度(回/分)を算出した。24組の通知頻度のうち、話速通知条件における Pair 18 の通知頻度(3.2回/分)と話速非通知条件における Pair 21 の通知頻度(9.2回/分)が、平均値(話速通知条件: 0.65回/分, 話速非通知条件: 1.18回/分)から標準偏差(話速通知条件: 0.73回/分, 話速非通知条件: 1.99回/分)の3倍以上離れていたため、この2組を外れ値とした[18]。本研究では Speech Speed Awareness System の通知による NS の発話への影響を検討するため、以降の通知に関する分析では両条件とも、この2組を除いた22組分のデータを分析した。22組分の通知頻度は、話速通知条件で0.47回/分(SD: 0.41回/分)、話速非通知条件で0.85回/分(SD: 1.13回/分)であった。

4.3 発話と通知に関するデータ

収集した映像データおよび、話速非通知条件でのシミュレーションから、アノテーション作成ツール ELAN [19] を用いて、NS と NNS の両者の発話内容、発話時間、話速が速いことが通知された時刻および回数を取得した。1回の発話は、1秒以上同じ話者から発話がない場合に途切れたものとした。また書き起こした発話内容から、以下の式により正しい話速を算出した。

$$\text{話速 [音節/秒]} = \frac{\text{発話中の音節数 [音節]}}{\text{発話長 [秒]}}$$

以降の分析に用いた話速は、すべてこの実験後に算出した数値である。なお話速として、本研究の測定方法とは異なり1分あたりの単語数(word per minute)を用いる研究(たとえば文献[16])もある。

4.4 NNS の聞き返し頻度と単語連想ゲームの正答率

本研究では、以下の理由により NNS による NS への聞き返しの頻度と単語連想ゲームの正答率を計測した。

会話は大きく分けて、話し手が聞き手に発話を提示する Presenting フェーズと、聞き手から話し手が得たい回答を提示されるまでの Accepting フェーズの2段階により成り立つ。特に Presenting フェーズにおいて、話し手の発話がよく聞き取れなかった場合、聞き手は会話の聞き返しを行うなどして会話の修復を試みる[20]。NNS が会話の修復を多く行うことは、NNS が NS の発話を理解していないことにつながるため、本研究では NNS による聞き返しの頻度を計測した。また単語連想ゲームにおいて、少なくとも

NS が提示したヒントから NNS が正しい単語を導くことができれば、Presenting フェーズと Accepting フェーズを経て会話が成立したと評価できるため、単語連想ゲームの正答率を算出した。

5. データの分析

Speech Speed Awareness System が NS および NNS に及ぼす効果を検討するため、NS と NNS の発話行動と単語連想ゲームの正答率、そして質問紙調査に関する分析を行った。

まず NS の発話行動について、通知間隔の長さから、NS の話速が閾値を超えた間隔を分析した。また通知前後の話速を比較して Speech Speed Awareness System が NS の話速を落とすか分析した。また NS の発話の特徴として、発話頻度、セッション全体の平均話速、1回あたりの発話長を分析し、Speech Speed Awareness System がこれらに影響を与えるか検討した。NNS の発話行動については、会話修復を試みるための聞き返しの頻度に注目した。また単語連想ゲームの正答率の結果もふまえ、NNS の会話理解に対する提案システムの効果を分析した。質問紙調査については、特に表4中のQ1~Q5において、話速通知条件と話速非通知条件の間で、または NS と NNS の間で、会話参加者が会話中の印象や自身の行動の主観評価に違いが生じるか分析した。

5.1 NS の発話に関する分析

5.1.1 通知間隔から見る NS の話速の上昇頻度

各条件で、通知間隔時間の合計を通知間隔の数で除した通知間隔を比較した。通知間隔数および平均通知間隔を表1に示す。各条件の通知間隔の平均に差があるか検定を行った。通知間隔は独立した値であり、外れ値は除外されていること、またペアどうしの比較ではなくサンプルサイズが異なることから Welch の t 検定を行った結果、有意差が認められた($t(42) = 3.57, p < .01, \text{Cohen's } d = 0.81$)。この結果は、Speech Speed Awareness System を用いない場合に、NS の話速が閾値を超えることがより頻繁に起こることを示す。

5.1.2 通知前後の NS の話速変化

話速通知条件で発生した52回の通知のうち、1回のみ通知後に NS の発話がないままセッションが終了した。そのため51回の通知の直前直後の NS の話速について分析を行った。図3に示すとおり、通知が行われる直前の NS の話速は平均6.20音節/秒(SD: 2.16音節/秒)、通知後最初の NS の話速は平均5.14音節/秒(SD: 1.45音節/秒)であった。51回の通知前後の NS の話速について paired t-test を行った結果、有意差が見られ($t(50) = 3.23, p = .001, \text{Cohen's } d = 0.58$)、Speech Speed Awareness System の通知により、確かに NS の話速が低下していることが分

表 1 通知間隔数と平均通知間隔

Table 1 Number of spaces between notifications and average of the spaces' length.

	話速通知条件	話速非通知条件
通知間隔の合計 (秒)	1,858.49	1,974.50
通知間隔数	34	81
平均通知間隔 (秒)	54.66 (SD : 45.71)	24.38 (SD : 26.29)

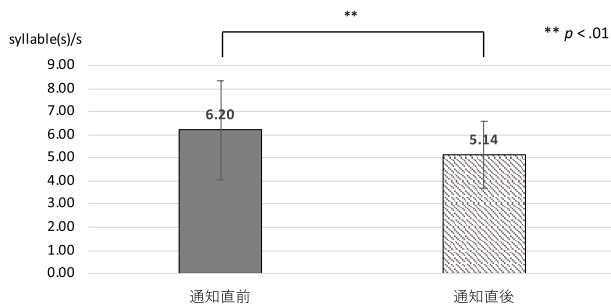


図 3 通知直前直後の NS の話速

Fig. 3 NS's speech rate before and after the notifications.

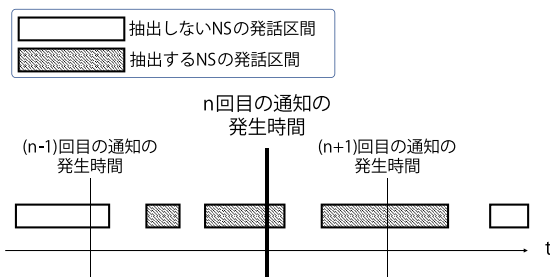


図 4 通知前後の発話抽出の例

Fig. 4 An example of extracting utterances before and after each notification.

かった。

また通知前後の NS の話速の変化を、発話単位だけではなく時間単位で検討した。まず話速通知条件、話速非通知条件ともに、発生もしくはシミュレーションしたすべての通知について、1つずつ通知に注目して、通知前後の発話を抽出した。注目している通知を当該ペアの n 回目の通知とすると、 $(n-1)$ 回目の通知より後に開始された発話かつ、 $(n+1)$ 回目の通知より前に開始された発話を抽出した (図 4 に示す発話抽出の例では、5つの発話のうち端の2つの白抜きの発話を除き、網掛けになっている3つの発話を抽出した)。

すべての通知に対して通知前後の発話を抽出した後、通知が発生した瞬間を 0 秒として、図 5 のようにすべての通知を 0 秒の位置で重ね、さらに抽出した発話区間も重ねたグラフを作成した。この図 5 では、縦軸は話速を、横軸は中央の太線を 0 秒とした時刻を示している。また抽出されたすべての発話は、縦の位置を話速とし、横軸に対し平行な薄い実線で示されている。

その後、通知の前後 0.1 秒ごとに、その時刻に発生して

表 2 NS の発話頻度と平均話速、平均発話長

Table 2 Number of NS's utterances, mean of speech rate, and speech length.

	(N=22)	話速通知条件	話速非通知条件
発話頻度 (回/分)		10.05 (SD : 3.51)	10.12 (SD : 3.89)
平均話速 (音節/秒)		5.14 (SD : 1.16)	5.24 (SD : 1.10)
平均発話長 (秒/回)		3.06 (SD : 1.34)	3.14 (SD : 1.29)

いた発話の話速の平均値を取得した。図 5 では、通知前 60 秒から通知後 60 秒まで、計 1,201 カ所の話速の平均値を算出し、グラフ中にプロットした後直線で結んだ (図 5 の濃い折れ線の実線)。これにより、0.1 秒ごとにサンプリングした話速を折れ線グラフにて表示した。また横軸に平行な破線で、各条件の NS の平均話速を表示した。なお話速の変化が見やすくなるよう、図 5 中のグラフの縦軸は、最小値が 3 音節/秒、最大値が 7 音節/秒となっている。

この図 5 から、通知直前の NS の話速と通知直後の NS の話速を比較して、確かに話速が低下していることが分かる。

5.1.3 NS の発話頻度と平均話速、発話長

会話実験における NS の平均発話頻度と、NS の話速の平均値、および NS の平均発話長を表 2 に示す。NS の発話頻度は話速通知条件で 10.05 回/分 (SD : 3.51 回/分)、話速非通知条件で 10.12 回/分 (SD : 3.89 回/分) だった。また平均話速は話速通知条件で 5.14 音節/秒 (SD : 1.16 音節/秒)、話速非通知条件で 5.24 音節/秒 (SD : 1.10 音節/秒) であり、平均発話長は話速通知条件で 3.06 秒/回 (SD : 1.34 秒/回)、話速非通知条件で 3.14 秒/回 (SD : 1.29 秒/回) だった。ペアごとに paired t-test を行った結果、条件間で発話頻度、平均話速、発話長のいずれにも有意差は認められなかった (発話頻度について $t(21) = -0.19, p = .85$; 平均話速について $t(21) = -1.14, p = .27$; 発話長について $t(21) = -0.48, p = .63$)。この結果はシステムの使用の有無によって、セッション全体の NS の発話頻度と平均話速、および 1 回あたりの発話長に差があるとはいえないことを示す。

5.2 NNS の聞き返し頻度と単語連想ゲームの正答率

NS の発話に対し、NNS がその発話内容を聞き返す頻度を計測した。本研究では実験中に見られた次のような NNS の発話を、聞き返しを行ったものとした。

- 「もう一度言ってください」のような、直前の NS の発話をもう一度繰り返すよう求める発言
- NS の直前の発話のすべて、もしくは一部を繰り返す形で聞き返す発言

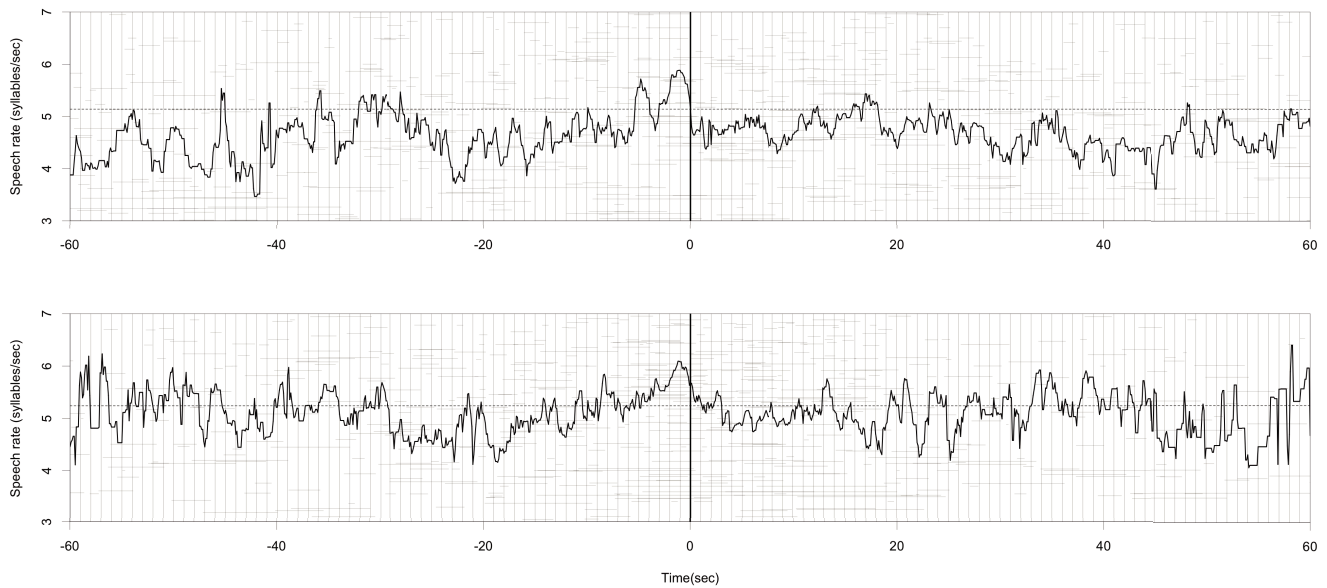


図 5 通知発生時を重ね合わせた話速グラフ：(上) 話速通知条件，(下) 話速非通知条件。縦軸は話速を，横軸は中心を 0 秒とした時間を示し，1 秒ごとに縦軸に平行な薄い実線を表示した。横軸に平行な薄い実線が抽出した発話区間，実線の折れ線が 0.1 秒ごとに取得した発話の平均値をつなげた線，0 秒の太線が通知時刻，横軸に平行な破線が NS の平均話速（話速通知条件：5.14 音節/秒，話速非通知条件：5.24 音節/秒）を示す

Fig. 5 Speech rate graph overlaid at the notifications. Upper graph shows the system condition and below graph shows the without system condition.

表 3 NNS による聞き返しと正答率

Table 3 Number of asking back and correct answer rate

(N=24)	話速通知条件	話速非通知条件
聞き返し頻度 (回/分)	0.18 (SD : 0.24)	0.13 (SD : 0.20)
正答率 (%)	55.2 (SD : 15.0)	55.1 (SD : 16.4)

- 「それはどういう意味ですか」のような，直前の NNS の発話の内容の意味を問うような発言

また NNS による単語連想ゲームの回答のうち，その内容が正答だった割合（正答率）を算出した。

聞き返しが行われた頻度および正答率を計測した結果を表 3 に示す。聞き返し頻度について Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ有意差は認められた ($p = .43$)。また正答率についてカイ二乗検定を行ったところ有意差は認められなかった ($\chi^2(1) \approx 0, p = 1.00$)。

5.3 質問紙調査に関する分析

質問紙調査について，各質問項目の度数分布，最頻値と中央値を表 4 に示す。Q1~Q5 の中央値について，Friedman 検定により条件（話速通知条件と話速非通知条件）と話者（NS と NNS）の 2 要因各 2 水準の間で差があるか分析したところ，Q5 「自分の話が速いと感じたことがあった」について有意差が認められた ($\chi^2(3) = 16.7, p < .01$) ため，さらに Steel-Dwass 法による多重比較を行った結果，話速

非通知条件における NS と NNS 間で有意差が認められた ($t = 2.96, p = .02$)。しかし条件間で「自分の話が速いと感じたことがあった」かについて違いはなく，NS や NNS の自身の話速に対する主観評価について，システムによる影響は見られなかった。

Q6~Q10 については，話速通知条件で NS にしか行っていない質問であるため比較対象はないが，おおむね NS はシステムの通知に気がついていること，システムが会話の妨げになっていないことがうかがえる。

6. 考察

6.1 システムが NS の発話に及ぼす影響

Speech Speed Awareness System は，話速が速いことを NS に提示するシステムであるが，このシステムを用いた場合と用いない場合で，NS の会話全体の平均話速に有意差は見られなかった。NS の話速に注目した Duan らの研究においても，NS に話速を提示することによって会話全体の NS の話速は低下しなかった [16]。一方で，Duan らの研究で確認された，NS に話速を提示すると 1 回あたりの発話長が短くなる，という様子は本研究では確認できなかった。Duan らの研究ではディスカッションの場でシステムを用いていたのに対し，本研究ではシステムを単語連想ゲームに用いた。このゲームでは，NS がヒントを出し NNS が答え，また NS がヒントを出す，というようにテンポの良い会話が行われたため，1 回の発話が長くなり

表 4 質問紙調査の度数分布, および最頻値, 中央値, 回答は「まったくあてはまらない (1)」～「よくあてはまる (7)」の 7 段階尺度

Table 4 Questionnaire result with 7-level Likert scale (1: strongly disagree – 7: strongly agree).

(* $p < .05$)

質問項目	回答者	話速通知条件							話速非通知条件							話速通知条件と話速非通知条件の中央値を比較した多重比較の p 値						
		1	2	3	4	5	6	7	最頻値	中央値	NS と NNS の中央値を比較した多重比較の p 値	1	2	3	4		5	6	7	最頻値	中央値	NS と NNS の中央値を比較した多重比較の p 値
Q1 「会話は楽しかった」	NS	0	0	0	3	5	9	4	6	6	.77	0	0	0	2	8	6	5	5	6	.47	1.00
	NNS	0	1	2	0	2	9	7	6	6		0	1	1	0	3	7	9	7	6		.96
Q2 「相手に理解をさせるストレスを感じた」	NS	4	4	6	1	4	2	0	3	3	.64	4	1	7	4	5	0	0	3	3		.99
	NNS	4	10	3	0	2	2	0	2	2		3	8	3	2	1	2	2	2	2	.94	.75
Q3 「相手の話をよく聞き取れた」	NS	0	0	1	2	4	8	6	6	6	.96	0	0	0	3	6	6	6	5,6,7	6	1.00	.99
	NNS	0	0	1	1	5	11	3	6	6		0	1	0	0	7	8	5	6	6		1.00
Q4 「自分がよく話せた」	NS	0	0	4	5	7	4	1	5	5	1.00	0	1	6	3	5	6	0	3,6	5	.98	.96
	NNS	0	1	3	4	9	3	1	5	5		0	2	4	5	6	4	0	5	4		.86
Q5 「自分の話が速いと感じたことがあった」	NS	2	0	6	1	6	6	0	3,5,6	5	.26	0	1	4	5	7	4	0	5	5	.02 *	1.00
	NNS	2	6	5	1	4	3	0	2	3		5	8	3	0	1	3	1	2	2		.59
Q6 「話が速すぎるといふ表示に気づいた」	NS	1	1	1	0	3	12	3	6	6												
Q7 「話が速すぎるといふ表示のタイミングは適切だった」	NS	0	0	6	8	2	3	2	4	4												
Q8 「話が速すぎるといふ表示によって自分はゆっくり話すようになった」	NS	0	1	3	3	6	6	2	5,6	5												
Q9 「システムは会話の妨げになった」	NS	6	6	9	0	0	0	0	3	2												
Q10 「システムの画面は見やすかった」	NS	0	1	3	3	3	7	4	6	6												

くかった。そのため、Speech Speed Awareness System は NS の 1 回の発話長に影響を及ぼさなかった可能性があると考えられる。

また図 5 を見ると、両条件ともに通知のタイミング前から次第に話速が上昇し、およそ通知の 1 秒前から話速が低下していることが分かる。本研究の実験では、Speech Speed Awareness System は 1 秒ごとに NS の話速が閾値より速いかどうか判断しているため、話速が上昇してから通知が提示されるまでに多少の遅れがある。ただし話速非通知条件における通知はシミュレーションしただけであり、実際の会話実験中に通知は行われていない。Speech Speed Awareness System は通知によって NS に話速が速いことを気づかせ、自身の話速を落とす発話行動調整を行わせる可能性があると考えられる。

さらにシステムによる通知の間隔は、話速非通知条件のほうが有意に短かった (表 1)。一方でセッション全体の平均話速は条件間で差が見られなかった。つまり話速非通知条件では、より頻繁に NS の話速が上昇するだけでなく下降している。いい換えれば Speech Speed Awareness System は NS に対し、話速が頻繁に変化することを抑制したことが分かる。

質問紙調査の自由記述では、NS がシステムによって自分の話速の変化に気づくことができたというコメントが見受けられた。「システムがあるとつい速く喋ってしまっ

ていることに気が付けるので、話の速度が意識できて良かったです」(Pair 10: NS), 「相手が NNS ということで常にゆっくりと話しているつもりでしたが意外と慌てて早口になってしまうことがあるとシステムのおかげで気づき、注意して話すことができるようになったと感じました」(Pair 15: NS) といったコメントは、NS が Speech Speed Awareness System の意図どおりに発話行動を調整しようとしたことを示唆している。

6.2 聞き返し頻度, 単語連想ゲームの正答率と質問紙調査から見る NNS への効果

本研究では NNS の聞き返しの頻度と単語連想ゲームの正答率を分析したが、条件間で差は見られなかった。これらの指標は NNS の会話理解の程度を直接示すものではないが、たとえば実験タスク中には、NNS が会話を理解しながらも正答となる日本語を知らないために回答できなかったと推測できる様子も見られた (布団という正答に対して「分かる、でも日本語分かんない忘れた」(Pair 17: NNS) など)。しかしこれらの指標は会話理解と深く関係し、一定の目安と見なせると考えている。

一方で質問紙調査の自由記述では、「話し相手の方がよくモニターを見ていたみたいで、一旦画面が赤になったら話のスピードを下げてくださいました」(Pair 10: NNS), 「画面で『FAST』が出たとき相手が話のスピードをすぐスロー

表 5 体験順序別の平均通知間隔 (秒)

Table 5 Mean of spaces' length between notifications (sec.) by experiment order.

	話速通知条件	話速非通知条件	p 値
話速通知条件を先に行った組	44.80 (SD : 33.69)	28.40 (SD : 31.62)	.09
話速非通知条件を先に行った組	68.76 (SD : 55.81)	21.32 (SD : 20.85)	.009 **

にしました。よく助かりました」(Pair 23 : NNS) というコメントが NNS から得られた。このことから NNS は、システムによって NS が話速を低下させたことに気づいた様子が見えなかった。

6.3 体験順序の影響

本研究で行った実験では話速通知条件と話速非通知条件があり、これら条件の体験順序が会話参加者に影響を及ぼす可能性が考えられるため、次の検討を行った。

6.3.1 平均通知間隔への影響

NS の発話行動について、全 22 組におけるシステムの平均通知間隔は、話速非通知条件の方が短かった (表 1)。話速通知条件を先に体験した 12 組と、話速非通知条件を先に体験した 10 組に分けた、各条件での平均通知間隔を表 5 に示す。

話速通知条件を先に行った組について、2 条件間で平均通知間隔に有意差は認められなかった (Welch の t 検定 : $t(37) = 1.74, p = .09$)。話速非通知条件を先に行った組については、話速非通知条件より話速通知条件で平均通知間隔が有意に長いことが認められた (Welch の t 検定 : $t(14) = 3.01, p = .009$)。

このことは、Speech Speed Awareness System を使用すると、その後もシステムの影響が残る可能性を示している。

6.3.2 主観評価への影響

質問紙調査の結果を収集した 21 組のうち、話速通知条件を先に体験した 11 組を対象に、表 4 の Q1~Q5 の中央値について条件 (話速通知条件と話速非通知条件) と話者 (NS と NNS) の 2 要因各 2 水準の間に差が生じるか、Friedman 検定により分析したところ、いずれの質問項目にも有意差は認められなかった。また話速非通知条件を先に体験した 10 組を対象に、同様に Friedman 検定を行ったところ、Q5 について有意差が認められた ($\chi^2(3) = 18.3, p < .01$) ため、さらに Steel-Dwass 法を用いて多重比較を行った結果、話速非通知条件における NS と NNS の間で有意差が認められた ($t = 2.73, p = .03$)。

このことは、システムを使用するとその後もシステムの影響が残る可能性を示しており、したがって 6.3.1 項の結果とも整合していることが分かる。

6.4 通知の表示方法による違い

本研究の会話実験では、話速通知条件の際に NS の話速が速いことの表示が、会話参加者全員に見えるように表示された。しかしこの表示を、たとえば NS にのみ表示させると、今回の結果が変わる可能性がある。前節にて述べたように、質問紙調査の自由記述から NNS も通知を見ていた様子が見えなかったが、NNS に通知が見えないような表示方法に変更すると、NNS が NS の話速変化に気がつき、会話をより理解できるようになるか、検証が必要である。また NS について、自分にしか通知が表示されない状態で、自身の発話行動がどのように変化するか、検討する余地がある。

7. 結論

本研究では、NS と NNS の二者会話において、NS の話速が速いことを会話参加者全体に通知する Speech Speed Awareness System を提案した [4]。24 組の会話実験 [5] において、システムが NS と NNS に与える効果を分析した結果、会話全体の NS の平均話速はシステムを使わない場合と変わらなかったが、通知によって NS の話速を低下させることが分かった。また本システムは NS の頻繁な話速上昇および下降を抑制することが分かった。さらに NS に対する Speech Speed Awareness System による気づきの効果は、システムの使用後も持続する可能性が見られた。

NNS の会話理解に関して本研究で用いた、NNS による聞き返しの頻度と実験タスクの正答率という指標においては、Speech Speed Awareness System は影響を与えたとはいえなかった。しかし質問紙調査の自由記述において NNS からは、システムを用いることで NS が話速を低下させているように助かったというような、システムを評価するコメントを得た。

謝辞 本研究の実施には高谷健斗氏の協力を得た。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- [1] Bloomfield, A., Wayland, S., Rhoades, E., Blodgett, A., Linck, J. and Ross, S.: What makes listening difficult? Factors affecting second language listening comprehension (2010).
- [2] Griffiths, R.: Speech Rate and NNS Comprehension: A Preliminary Study in Time-Benefit Analysis, *Language Learning*, Vol.40, pp.311–336 (online), DOI: 10.1111/j.1467-1770.1990.tb00666.x (2006).
- [3] Hayati, A.: The Effect of Speech Rate on Listening Comprehension of EFL learners, *Creative Education*, Vol.1 (online), DOI: 10.4236/ce.2010.12016 (2010).
- [4] Ye, J. and Inoue, T.: A Speech Speed Awareness System for Non-Native Speakers, *Proc. 19th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing Companion, CSCW '16 Companion*, pp.49–52, Association for Computing Machinery (online), DOI: 10.1145/2818052.2874322 (2016).

- [5] Inoue, T. and Liao, W.: Speech Speed Awareness System Slows Down Native Speaker's Talk, *Collaboration Technologies and Social Computing*, Nakanishi, H., Egi, H., Chounta, I.-A., Takada, H., Ichimura, S. and Hoppe, U. (Eds.), Cham, Springer International Publishing, pp.159–171 (2019).
- [6] Ikegami, M.: The Relationship between the stage of Development of student's Listening Comprehension Skills and the Effects of Pauses and Speech Speed, *Studies in Language and Literature*, Vol.32, No.1, pp.59–88 (online), available from <http://id.nii.ac.jp/1249/00002239/> (2012).
- [7] Goh, C.C.: A cognitive perspective on language learners' listening comprehension problems, *System*, Vol.28, No.1, pp.55–75 (online), DOI: [https://doi.org/10.1016/S0346-251X\(99\)00060-3](https://doi.org/10.1016/S0346-251X(99)00060-3) (2000).
- [8] Dellwo, V., Ferragne, E. and Pellegrino, F.: The perception of intended speech rate in English, French, and German (2006).
- [9] Yanagimachi, T., Nagano, K., Enai, M. and Baba, N.: Communication Problems and Solutions for International Students Speaking in Japanese, *Journal of JSEE*, Vol.61, pp.4.3–4.7 (online), DOI: 10.4307/jsee.61.4.3 (2013).
- [10] Zhao, Y.: The Effects of Listeners' Control of Speech Rate on Second Language Comprehension, *Applied Linguistics*, Vol.18, No.1, pp.49–68 (online), DOI: 10.1093/applin/18.1.49 (1997).
- [11] Jones, C., Berry, L. and Stevens, C.: Synthesized speech intelligibility and persuasion: Speech rate and non-native listeners, *Computer Speech & Language*, Vol.21, No.4, pp.641–651 (online), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csl.2007.03.001> (2007).
- [12] Hanawa, H., Song, X. and Inoue, T.: Key-Typing on Teleconference: Collaborative Effort on Cross-Cultural Discussion, *Collaboration Technologies and Social Computing*, Yoshino, T., Chen, G.-D., Zurita, G., Yuizono, T., Inoue, T. and Baloian, N. (Eds.), Springer Singapore, pp.74–88 (2016).
- [13] Inoue, T., Hanawa, H. and Song, X.: With a little help from my native friends: A method to boost non-native's language use in collaborative work, *Proc. 9th International Workshop on Informatics (IWIN 2015)*, pp.223–226 (2015).
- [14] Okamoto, K. and Yoshino, T.: Development and Evaluation of Face-to-face Intercultural Communication Support System Using Related Information of Nouns in Conversation, *IPSJ Journal*, Vol.52, No.3, pp.1213–1223 (2011) (online), available from <https://ci.nii.ac.jp/naid/110008507957/>.
- [15] Fukushima, T., Yoshino, T. and Kita, C.: Development of Non-native Language User Support System Panelive at Face-to-Face Discussion Using Common Language, *IEICE Trans. Information and Systems*, Vol.92, No.6, pp.719–728 (2009) (online), available from <https://ci.nii.ac.jp/naid/110007328888/en/>.
- [16] Duan, W., Yamashita, N. and Fussell, S.R.: Increasing Native Speakers' Awareness of the Need to Slow Down in Multilingual Conversations Using a Real-Time Speech Speedometer, *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.*, Vol.3, No.171 (online), DOI: 10.1145/3359273 (2019).
- [17] スリーエーネットワーク: みんなの日本語初級 I.
- [18] Osborne, J.W. and Overbay, A.: The power of outliers (and why researchers should ALWAYS check for them),

Practical Assessment, Research, and Evaluation, Vol.9, No.6 (online), DOI: <https://doi.org/10.7275/qf69-7k43> (2004).

- [19] Brugman, H. and Russel, A.: Annotating Multimedia/ Multi-modal Resources with ELAN, *Proc. 4th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'04)*, European Language Resources Association (ELRA) (2004) (online), available from <http://www.lrec-conf.org/proceedings/lrec2004/pdf/480.pdf>.
- [20] Clark, H.H. and Brennan, S.E.: Grounding in communication, *Perspectives on Socially Shared Cognition*, pp.127–149 (online), DOI: 10.1037/10096-006 (1991).



佐々木 孝輔 (学生会員)

筑波大学大学院図書館情報メディア研究科博士後期課程在学中。CSCW 研究に従事。



井上 智雄 (正会員)

筑波大学図書館情報メディア系教授。博士(工学)。専門は人間情報学、特にCSCW, HCI, 教育工学。情報処理学会論文賞, 同学会活動貢献賞, 同山下記念研究賞, ほか多数受賞。情報処理学会論文誌編集主査, 情報処理学会

論文誌: デジタルコンテンツ編集委員長, 情報処理学会グループウェアとネットワーク研究会幹事, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会委員長, ACM CSCW Papers Associate Chair, CollabTech Steering Committee, IEEE TC CSCWD 委員等歴任。『アイデア発想法と協同作業支援』(共立出版), 『Communication and Collaboration Support Systems』(IOS Press) 等執筆。本会シニア会員。