

研究代表者 京都工芸繊維大学教授 渋谷 雄

〔研究の目的〕

本研究では、メディアコミュニケーションの1つとして1対1の音声チャットを取り上げ、伝送遅延による不快感と発言の重畳を軽減するために、自分の発言の相手側における再生状況を表示する手法を提案し、実験により評価する。

〔研究の内容、成果〕

音声チャットにおける遅延の影響

本研究で対象とする音声チャットとは、インターネット等のコンピュータネットワークを介してPCユーザ同士が行う実時間音声対話のことである。音声チャットでは、送信側での発話が符号化され、送信され、受信側で復号化され、再生される。この発話から再生までに要する時間は0ではなく、音声チャットにおける発言の伝送には少なからず遅延が存在する。つまり一方が話し始めてから、それが他方に知覚され始めるまでに時間差、すなわち伝送遅延が生じる。

音声チャットにおいて伝送遅延が存在することによって生じる主な問題として、相手の応答遅れに対する不快感と、発言の意図しない重畳の2点がある。ここで不快感とは、相手の応答遅れに対する不安や不満感である。

音声チャットにおいて伝送遅延が存在すると、自分の発言終了から相手の発言開始を知覚するまでの時間が長くなる。これは自分の発言が相手に届くまで、またそれに対する相手の応答が自分に届くまでが伝送遅延時間分遅れるからである。応答遅れが適当な長さ(600ms)であると、人は対話相手に「丁寧である」等の良い印象を持つ。しかし、応答遅

れが長くなりすぎると、人は相手の応答が遅いことに不快を感じると考えられる。すなわち、相手の応答が無いことに対して不安に感じたり、不満を抱いてしまったりする場合があると考えられる。この不快感は、相手の応答遅れが伝送遅延によるものか相手の会話の間によるものかが区別できず、伝送遅延を相手の会話の間と解釈してしまう場合に生じると考えられる。

発言の重畳には意図的なものと意図しないものがある。意図的な重畳は自分の意見を強く主張したいときなどに、相手が発言していることを知覚していながらも自分の発言を開始するためによって生じる。意図しない重畳は相手が発言を開始することを知覚する前に、自分も発言を開始してしまうために生じる。

音声チャットにおいて伝送遅延が存在すると、存在しない場合と比較して、意図しない重畳が一層生じやすくなると考えられる。意図しない重畳が生じると、会話が円滑に進まなくなり、混乱が生じる。

提案手法

応答遅れは、往復の伝送遅延時間に相手の間(相手が自分の発言を聞き終わり、応答を開始するまでの時間)が加わったものである。しかし、人は両者を区別することができない。ここで、相手からの応答がない原因は、伝送遅延のため相手にまだ自分の発言が届いていないためであることがわかれば、応答遅れに対する不快感を軽減できると考えられる。そこで、本研究では相手側での自分の発言の再生状況を表示することを提案する。それによって話者は自分の発言の相手側での再生開始

や終了のタイミングを知ることができるので、応答がない間の相手の状況（まだ発言を聞いていない、聞いている、または、聞き終わった）がわかる。

さらに、自分の発言が終了した後、その発言が相手側で再生し終わり、相手が発言しないことを確認するまで次の発言を開始することを控えれば、意図しない重畳を減少させることができる。

発言の再生状況を話者に視覚的に表示する方法を考えるにあたり、再生状況の時間的変化に着目する。このとき、再生状況表示方法として、発言の再生開始と終了のタイミングのみを通知するために、そのタイミングで表示を切り替える方法と、開始から終了までの経過を表す方法の2通りが考えられる。以下、前者の表示方法を「再生中表示」、後者の表示方法を「再生過程表示」とする。再生中表示では、ユーザは自分の発言の相手側での再生開始と終了のタイミングのみ、つまり、再生中であるか否かを知ることができる（図1参照）。また、再生過程表示では、ユーザは再生開始と終了のタイミングに加えて、自分の発言が再生されている過程を知ることができる（図2参照）。

発言とそれに対応する表示が出る時間帯を図3に示す。再生状況が表示される時間帯は、実際に相手側で再生されている時間帯より伝送遅延時間分遅れる。そのため、図に示すように、相手側において自分の発言が終了してから相手が応答を開始するまでの時間と、表示が消えてから相手の応答が自分側で再生され始めるまでの時間が等しくなるため、相手が自分の発言に対して実際どれほどの間で応答しているのかわかる。

なお、図2に示す再生過程表示では、相手側で自分の発言がどこまで再生されたかを自分の画面にプログレスバーとして表示する。この表示では、自分が発言を開始すると、発言している間は白いバーが伸びていく。そし

て、相手側で再生が開始され、それを知らせるメッセージを受信すると、再生された時間分だけ赤いバーが白いバーに重なるように伸びていく。この表示が再生中表示と異なる点は、バーの伸びから自分の発言がどこまで再生され、あとどれくらいで再生し終わるかがわかることである。

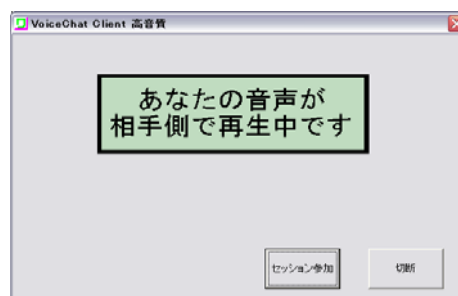


図1 再生中表示



図2 再生過程表示

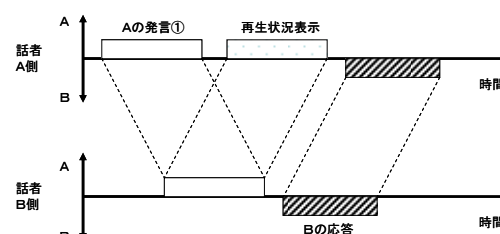


図3 再生状況の提示タイミング

実験

相手側での再生状況を提示することによって不快感と重畳が軽減されるかどうかを調べるために実験を行った。

被験者は同じ研究室に属する20代の学生10名であり、2人1組で計5組について実験を行った。なお、各組の被験者同士は互いのことをよく知っており、対面での会話もよく行っている間柄である。

実験条件は3種類の表示（表示なし、再生

中表示、および再生過程表示)と3つの伝送遅延時間(0.5秒、1.0秒、および1.5秒)の組み合わせで合計9通りである。被験者を別々の防音室に入室させ、ヘッドセットを利用して各会話につき5分間音声チャットを行わせた。

会話の内容を統制するために、テーマに沿ってあらかじめ用意された項目を、2人で相談して順位付けするというタスクを与えた。このとき、表示と伝送遅延時間による実験条件と会話のテーマの組み合わせが各被験者間で同一にならないようにバランスを取った。

各タスク終了後に、表示によって不快感が減少するかを調べるため、被験者にアンケートを記入させた。また、発言の重畳の分析に用いるために会話を録音した。

実験のためにクライアント・サーバ型の音声チャットシステムを実装した。また、ネットワーク上でパケット伝送遅延を生じさせるために、当研究室で開発したトラフィック遅延モジュール(TDM)を用いた。クライアントで録音された音声は一旦TDMに送信され、そこから一定時間後にサーバに送信されるようにすることで、また、反対にサーバから送信されてきた音声を一旦TDMに送信し、一定時間後にクライアントに送信されるようにすることで、音声の伝送に遅延を付加した。

また、各再生状況表示方法を実現するために、各チャットクライアントでは流入するオーディオストリームの再生開始および終了を検出し、その際にそれぞれ再生開始シグナルおよび再生終了シグナルを相手に送信する。相手側では再生開始シグナルを受信したときから再生中表示のメッセージや再生過程表示の赤いバーが表示され、再生終了シグナルを受信したときに再生中表示のメッセージが消え、赤いバーの伸びが終了する。さらに、再生過程表示では各チャットクライアントでオーディオ入力の開始および終了を検出し、その際に白いバーの伸びが開始および終了する。

なお、再生過程表示で用いるプログレスバーが表現できる発言の長さには上限がある。しかし、事前に行った音声チャット実験から、各被験者の1発言あたりの平均時間は2秒以下だったため、今回の実験では10秒まで表現可能とした。さらに、赤白両方のバーは0.2秒毎に伸びるように設定した。

会話分析方法

2人の話者AおよびBによる会話は以下の4状態からなる

- 状態A：話者Aのみが発言している状態
- 状態B：話者Bのみが発言している状態
- 状態M(mutual silence)：話者A、Bのどちらも発言していない状態
- 状態D(double talk)：話者A、Bが同時に発言している状態(発言が重畳した状態)

ここで、以下の2つの状態遷移が生じたとき、重畳が生じたものとする。

- 状態A→D→B(および状態B→D→A)
- 状態A→D→A(および状態B→D→B)

さらに、重畳は意図的なものと意図しないものとを区別する。本実験では、相手の発言の再生中に自分が発言を開始したために生じる重畳を意図的な重畳とし、相手の発言が再生中でないときに自分が発言を開始し、その後相手の発言の再生が開始されたため生じる重畳を意図しない重畳とする。

実験結果

各被験者の発言のうち、意図しない重畳を受けた発言の率(被重畳発言率)の平均値を図4に示す。対応のある2要因の分散分析の結果、表示法に関する主効果が認められ

($F(2,36)=11.454, p<0.01$), 表示なしの場合に比べて、再生中表示および再生過程表示の方が、被重畳発言率が有意に低かった($p<0.01$)。

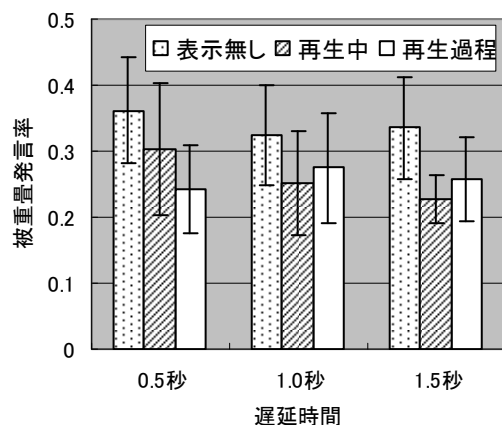


図 4 意図しない重畳を受けた発言率

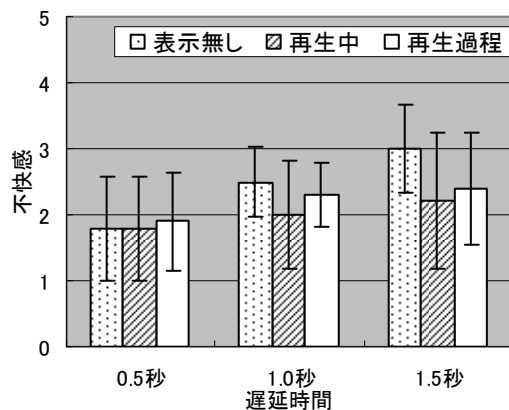


図 5 主観評価：不快感

不快感に関する主観評価の結果を図 5 に示す。対応のある 2 要因の分散分析の結果、遅延時間および表示法に関する主効果が認められ（それぞれ $F(2,36)=4.948, p<0.05$ および $F(2,36)=5.126, p<0.05$ ），遅延時間が 1.5 秒の場合は 0.5 秒の場合よりも有意に不快に感じており ($p<0.01$ ），表示なしの場合は，再生中表示の場合よりも有意に不快に感じていた ($p<0.01$) 。

考察

相手側の再生状況が提示されることによって，自分の発言が相手側で再生し終わり，相手の応答が返ってくるまで次の発言を控えた

ため意図しない重畳を受ける発言の率が低下したと考えられる。また，不快感に関する主観評価においても，再生中表示によって不快感が減少した。これは，応答が遅れているのは相手のためではなく，伝送遅延のためであることが表示によってわかるために，被験者の不快感が減少したと考えられる。これらの点から，本研究で提案する再生状況表示は，遅延が存在する音声チャットにおいて有用であるといえる。

まとめ

本研究では伝送遅延の存在する 1 対 1 の音声チャットにおいて，自分の発言の相手側での再生状況を表示することによって，不快感や重畳を軽減する手法を提案し，その効果を実験により示した。

【今後の研究の方向，課題】

今回の実験では，再生中表示と再生過程表示の影響に違いを見いだすことはできなかった。したがって，今後の課題の 1 つは，再生中表示と再生過程表示という表示法の違いによる影響をより詳細に分析することである。また，今回は 1 対 1 の音声チャットを取り上げたが，参加者が 3 名以上の場合，あるいはビデオ会議など他のメディアを利用したコミュニケーションにおける遅延時間の影響分析ならびに影響の軽減手法の提案を行う必要がある。

【成果の発表，論文等】

- 1) 中村恵美：音声チャットにおける再生状況提示による遅延の影響の軽減，京都工芸繊維大学工学科学研究科修士論文(2007)。
- 2) 電子情報通信学会論文誌等に投稿予定