

平成 21 年 5 月 25 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18500067
 研究課題名（和文） 認知・行動特性に基づく情報通信システムの応答遅延評価と遅延補償
 研究課題名（英文） Evaluation and Compensation of Transmission Delays of Information Communication Systems Based on Human Cognition and Behavior

研究代表者
 大西 仁 (OHNISHI HITOSHI)
 独立行政法人メディア教育開発センター・研究開発部・准教授
 研究者番号：40280549

研究成果の概要：

情報通信システムの応答遅延はシステムの使い勝手を悪くする一因である。本研究では、人間の認知・行動特性に注目し、その観点から(1)通信システムの応答遅延の影響を評価する、(2)影響を減じる方法を開発することを目的とし、以下の成果を得た。(1)ユーザが気づかない程度の小さな遅延でもユーザの半ば無意識的な学習のパフォーマンスが低下することを示した。(2)遅延により生じた余計な間を小音量の雑音で埋めることにより遅延の影響を減じることができることを示した。(3)映像と音声の非同期が与える影響は、母語の自然発話とその他では大きく特性が異なることを示した。また、映像と音声の非同期(ずれ)が与える影響の評価は、閾値(ターゲット)付近のずれで測定しないと、順応(なれ)の影響で測定値がずれてしまい、逆に順応の性質を利用すれば非同期の許容限が広がり、遅延量を減らすことができることを示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	800,000	0	800,000
2007 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2008 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	690,000	3,790,000

研究分野：認知科学

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：通信遅延, QoE (Quality of Experience), 遅延補償, 言語条件づけ, 認知, 行動

1. 研究開始当初の背景

衛星通信での会話において通信遅延により会話がぎくしゃくしたり、Web アクセスのちえんにいらつくなど、情報通信システムの応答遅延は、システムの使い勝手を悪くする。電話などを通して会話する際、通常の会話であれば 400 ミリ秒以下の(往復)遅延には気づ

かない。しかし、ユーザは漠然とした違和感を感じたり、会話が盛り上がらないといった影響が出る可能性がある。その場合にユーザは遅延に気づかず、会話品質劣化の原因が遅延に帰属されないため、評定尺度法による主観評価やインタビューといった言語報告に頼る方法では遅延の影響が測定できない。こ

のような小さな遅延の微妙な影響を評価するにはユーザの言語報告に頼らない方法が必要である。また、人間の認知・行動特性を利用すれば、物理的・経済的理由で遅延を減らせない場合にその影響を軽減できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、ユーザが気づかない程度の小さな遅延や遅延量の変動の影響をユーザの行動の変化として捉えて測定することにより、遅延の与える影響をより明確にする。また、人間の認知特性を利用することにより、情報・通信システム利用時に通信ネットワークの遅延など物理的に取り除けないコミュニケーションの阻害要因がある場合でも、その影響を最小限に押さえる方法を開発する。

3. 研究の方法

(1) 言語条件づけを用いた微小な遅延が与える心理的影響の測定

小さな遅延が与える心理的影響を被験者に尋ねても、「なんとなく違和感がある」程度の情報しか得られない。本研究では言語条件づけと呼ばれる、日常会話において話者の言語行動が聞き手の反応によって無意識的に変化する現象を理由し、被験者の言語報告に頼らず、微小な遅延の心理的影響を評価した。

実験手続きと考え方は以下の通りである。

①被験者に合成音声で名詞単語を呈示する。②被験者は呈示された単語を鸚鵡返しで発音する。③音声認識システムで被験者が鸚鵡返しした音声を認識システムで認識する。①で呈示した単語と正しく認識されたら「正解」、正しく認識されなかったら「残念」と被験者にフィードバックし、呈示単語を変えて①に戻る。

以上を繰り返すことにより、正認識率が上昇する。すなわち、被験者は正しく認識されやすい発音を学習する。これは、日常会話において話者の言語行動(話の内容だけでなく、声の大きさや身振りも)が変化する言語条件づけに相当する。上記③のフィードバックに遅延を入れれば、通信遅延のある通話に相当する。フィードバックに遅延を入れることにより、正認識率の上昇率が鈍ったら、遅延が言語条件づけを阻害している、つまり通常の会話では自然に生じる言語条件づけ現象が小さな通信遅延により生じなくなり、ユーザは違和感を感じたり、違和感を感じないが会話が盛り上がらなかつたりといった行動レベルでの影響があることを示すことができる。

(2) 認知特性に基づく遅延が与える心理的

影響の軽減

通信遅延があると、話者に聞き手の反応が届くまでに余計な間が生じる。遅延により生じた余計な間に雑音などを重畳し、見かけ上余計な間をなくすことにより、物理的に遅延量が変化しなくても、その心理的影響が軽減できるか検討した。実験は(1)の言語条件づけ課題を用い、③のフィードバック遅延により生じた間(無音部)に刺激呈示を行い、正認識率を指標に評価を行った。

(3) 映像と音声の非同期が視聴覚統合に与える影響

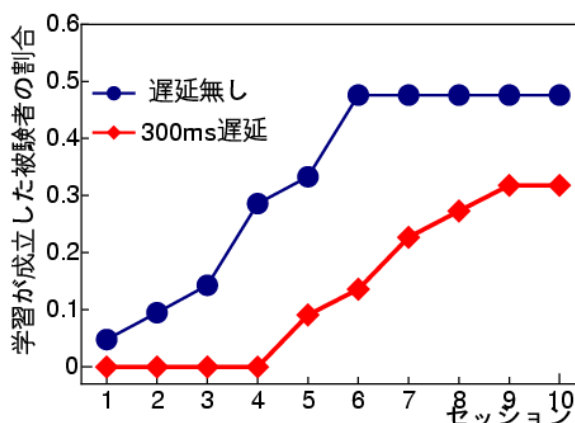
映像と音声が時間的にずれた影響を心理物理的に測定する。すなわち、様々なずれの大きさを持つ刺激を被験者に呈示し、同時性判断(映像と音声が同時/ずれている)、違和感判断(違和感を感じる/感じない)を判断させ、非同期検知の閾値、違和感の閾値を測定する。

順応の影響を測定するには、同時性判断を行う前に特定のずれを持つ刺激を繰り返し呈示したり、同時性判断課題におけるずれの大きさの分布を変化させる。

4. 研究成果

(1) 言語条件づけを用いた微小な遅延が与える心理的影響の測定

方法(1)に類似した学習課題を用いて、300ミリ秒のフィードバック遅延が学習に与える影響について実験した。その結果、300ミリ秒の遅延により学習が阻害することが明らかになった(図)。被験者は300ミリ秒の遅延に気づいていなかった。

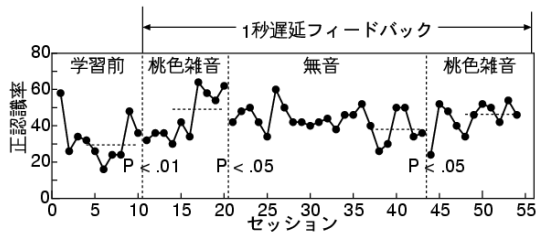


この結果は、被験者が気づかない程度の小さな通信遅延でもユーザの行動に影響を与える可能性があることを示している。また、遅延は情動だけでなく、認知・行動に影響を与えていることを示している。一般に行われている主観評価は、被験者が遅延に気づくことが前提であることから、このような影響は

従来の方法では評価できない。

(2) 認知特性に基づく遅延が与える心理的影響の軽減

方法(2)に基づき、言語条件づけ課題のフィードバックに1秒の遅延を入れた。研究成果(1)と同様に、フィードバックに遅延が入ることにより言語条件づけが阻害され、音声認識システムによる正認識率は増加しにくくなる。フィードバックに遅延が入ると、フィードバックが返るまでに無音の間が生じる。この無音の間に小さな音を被せることにより、物理的な遅延量に変化がなくても遅延が与える影響を軽減できるというのが基本的なアイデアである。実験では、遅延により生じる間を埋める方法として、小音量の純音を用いる方法と、小音量の桃色雑音を用いる方法について検討した。両者とも同様の結果で、小音量の純音や雑音を被せることにより、無音の場合より音声認識システムによる正認識率が高くなり、遅延保証効果があることが確認された(図)。

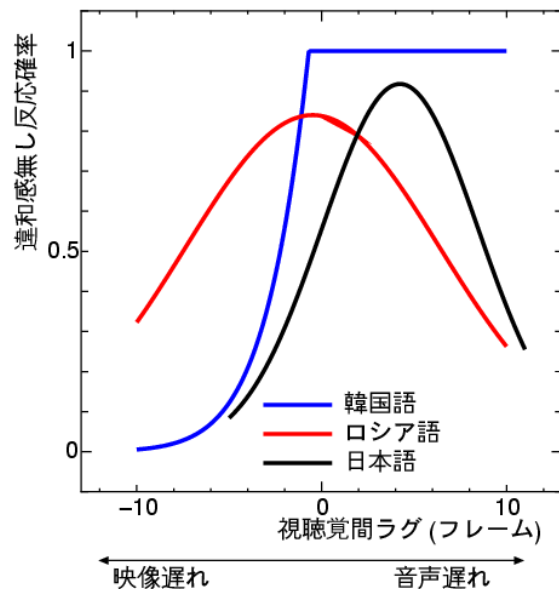


この結果は物理的・経済的制約により通信遅延が減らせない状況において、人間の認知・行動特性を利用することにより、遅延の影響を軽減できる可能性を示している。間に被せる音は小音量でも効果があるので、実用的な方法と考えられる。なお、本科研費申請前に、音を被せる代わりに視覚的表示を行うことにより遅延補償ができるか検討したが、音を被せるほどの効果は得られなかった。視覚表示は見ない限り効果は得られないが、音は強制的に耳に入るためと考えられる。言語条件づけ行動分析学の術語であるが、本研究のような遅延補償効果はこれまでに報告されておらず、心理学的にも興味深い現象と言える。

(3) 映像と音声の非同期が視聴覚統合に与える影響

映像と音声の非同期(時間的ずれ、ラグ)に関して、映像の遅れに関しては非常に敏感であるのに対し、音声の遅れには比較的鈍感であることが知られている。一方、洋画の吹替えやアニメーションは口の動きと言葉が合っていないにも関わらずあまり違和感がない。これらの現象を整合的に説明する理論は提案されていない。非同期による違和感発生のメカニズムが明らかになれば、洋画の吹替

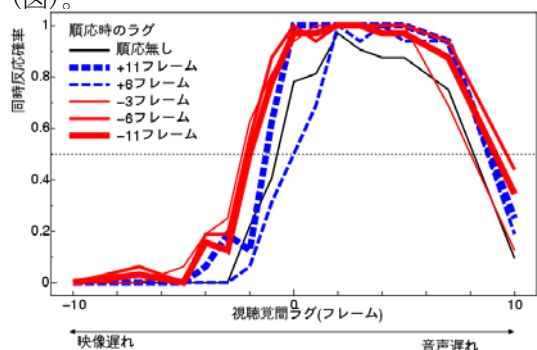
えやアニメーションの高品質化もかかってくる。違和感発生のメカニズムを検討する最初の検討として、日本語、ロシア語、韓国語によるスピーチのビデオに様々な大きさのラグを入れ、違和感を感じるか否かを心理物理的手法で検討した。下図は特定の視聴覚間ラグの刺激を観察して違和感がないと反応した確率をプロットしたものである。日本語の刺激の時には、映像の遅れには敏感であるのに対し、音声の遅れには鈍感であった。これは ITU-R Recommendation BT-1359-1 にも記されているように、よく知られている現象である。一方、ロシア語の刺激の時にはそのようなパターンは見られなかった。ロシア語は被験者が意味を理解できない外国語であることが原因かもしれない。ところが、被験者が意味を理解できない外国語でも、韓国語の刺激の時は、日本語刺激の時と類似したパターンとなった。



これらの現象がどのような原因で生じたかは分かっていない。現在二つの仮説を立て検討している。一つは韓国語と日本語の音声特性が類似しているというものである。もう一つは韓国人と日本人の顔が類似しているというものである。これらの仮説を検討するため、使用言語と相貌を変化させて検討を続けている。

実験心理学では、視聴覚相互作用、特に同時性や時間順序の知覚への関心が高まっている。この領域の中での重要な知見の一つに、ラグのある刺激を観察し続けると、そのラグを打ち消す方向に同時性判断がシフトする、より大雑把に言えばラグのある刺激が同時に感じられるように順応する、というものがある。これらの実験では、フラッシュとパルスストーンのような単純な刺激が用いら

れることが多い。自然なスピーチを刺激とする場合でも同様のことが成り立つか否かは分からない。もし、自然なスピーチでも同様の現象が成り立つのならば、映像配信時の非同期の許容限が広がり、映像を用いたコミュニケーションの応用範囲が広がる。そこで、被験者に160秒間ラグのある刺激を観察した後、様々なラグのある刺激の映像と音声が生じているか否かを判断させた。実験の結果、先行研究の多くで示された、最も同時と判断されるラグ(主観的同時点)の順応による変化は示されず、順応により全体的に同時と判断されやすくなることが明らかになった(図)。



これらの結果は、比較的小さな非同期は短時間で順応が生じ、ユーザが気にしなくなることを示しており、貧弱な再生装置や通信門で映像を伝送する場合にも、使用に耐える可能性を示している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者は下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- (1) Ohnishi, H. and Mochizuki, K. (2009). Effect of small transmission delay on human behavior in audio communication, *IEICE Transactions on Communications*, Vol.E-92B, No. 3, pp.1020-1022. 査読有り

[学会発表] (計 21 件)

- (1) 大西仁・望月要・岡本悠花 (2009/03/20) 視聴覚情報の非同期が視聴覚統合に与える影響(1): 視聴対象話者の相貌の影響, 電子情報通信学会総合大会, 愛媛大学

- (2) 望月要・大西仁・岡本悠花 (2009/03/20) 視聴覚情報の非同期が視聴覚統合に与える影響(2): 非同期知覚に対する唇の動きの貢献, 電子情報通信学会総合大会, 愛媛大学
- (3) 大西仁・望月要 (2008/12/19) 音声・映像の非同期が与える心理的效果: 使用言語の影響, 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会, 東北大学
- (4) 大西仁・望月要 (2008/11/14) 遅延の変動がユーザの作業成績と遅延の知覚に与える影響, 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会, 日本大学
- (5) 大西仁・望月要 (2008/09/25) 音声映像の非同期と視聴覚統合(2), 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会, 四国電力総合研修所
- (6) 大西仁 (2008/09/17) 知覚・行動特性から見るQoE: 通信遅延の影響 (チュートリアル講演), 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 明治大学
- (7) 大西仁 (2008/09/08) 時間の関わる認知現象の科学(指定討論者), 日本認知科学会学習と対話研究会, 京都工芸繊維大学
- (8) 望月要・大西仁 (2008/09/07) 視聴覚情報の非同期と視聴覚統合: 洋画の吹替えにあまり違和感を覚えないのはなぜか?, 日本認知科学会第25回大会, 同志社大学

- (9) 大西仁・望月要 (2008/07/17) 音声映像の非同期と視聴覚統合, 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会, 釧路市生涯学習センター
- (10) 大西仁・望月要 (2008/03/20). 「視聴覚情報の非同期が与える心理的影響(1): 使用言語が非同期検出と違和感誘発に与える影響」, 電子情報通信学会総合大会, 北九州学研都市
- (11) 望月要・大西仁 (2008/03/20). 「視聴覚情報の非同期が与える心理的影響(2): 心理物理学的方法による使用言語の影響の分析」, 電子情報通信学会総合大会, 北九州学研都市
- (12) 大西仁・望月要 (2007/11/15) 「伝送遅延が与える心理的影響の軽減」, 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会, 福岡システムLSI総合開発センター
- (13) Mochizuki, K. and Ohnishi, H. (2007/05/26). The effects of brief delays and non-differential auditory feedback stimuli on the performance of verbal conditioning, The Thirty-third Annual ABA (Association for Behavior Analysis) Convention., Manchester Grand Hyatt San Diego
- (14) 大西仁・望月要 (2007/04/21) 「伝送遅延がコミュニケーションに与える心理的影響の軽減」, 電子情報通信学会思考と言語研究会, 機械振興会館
- (15) 望月要・大西仁 (2007/03/22) 伝送遅延がコミュニケーションに与える心理的影響の軽減(1): 非分化性音声応答と純音の比較, 電子情報通信学会総合大会, 名城大学
- (16) 大西仁・望月要 (2007/03/22) 伝送遅延がコミュニケーションに与える心理的影響の軽減(2): 非分化性音声応答と桃色雑音の比較, 電子情報通信学会総合大会, 名城大学
- (17) 望月要・大西仁 (2006/09/02) 言語条件づけにおける強化遅延と非分化性応答刺激の効果(3): 純音との比較, 日本行動分析学会第24回年次大会, 関西学院大学
- (18) 大西仁・望月要 (2006/08/03). 「無意味相槌の被覆による伝送遅延がコミュニケーションに与える心理的影響の軽減」, 日本認知科学会, 中京大学
- (19) Mochizuki, K. and Ohnishi, H. (2006/05/29) The effects of brief delays and non-differential visual feedback stimuli on the performance of verbal conditioning, The Thirty-second Annual ABA (Association for Behavior Analysis), Convention, Hyatt Regency Atlanta.
- (20) 大西仁・望月要 (2006/04/21) 伝送遅延がコミュニケーションに与える心理的影響とその軽減: 非分化性音声応答と視覚刺激の効果の比較」, 電子情報通信学会思考と言語研究会, 機械振興会館
- (21) 大西仁・望月要 (2006/04/17) 伝送遅延

がコミュニケーションに与える心理的影響の軽減：非分化性音声反応と視覚刺激の効果の比較，電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会，秋田大学

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

(1) 慶應義塾大学法学部「自然科学特論」の講義の中で本研究を紹介（2006～2008年度）

(2) 東京工業大学大学院理工学研究科集積システム専攻のゼミにゲストとして本研究を紹介（2006年12月，2007年12月）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大西 仁 (OHNISHI HITOSHI)

独立行政法人メディア教育開発センター・研究開発部・准教授

研究者番号： 40280549

(2) 研究分担者

望月 要 (MOCHIZUKI KANAME)

帝京大学・文学部・准教授

研究者番号： 80280543

(3) 連携研究者