

3W-5

ジェスチャを用いた計算機との対話における 遅延による影響の検討

金川 将成

清川 清

竹村 治雄

横矢 直和

奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1 はじめに

利用者を選ばない分かりやすいユーザインタフェースの構築を目指し、コンピュータグラフィクス (CG) による人物像に対してジェスチャや自然言語による対話を可能とするマルチモーダル対話システムが研究されている [1]。このようなジェスチャを用いた擬人化インタフェース (以下、ジェスチャインタフェース) では、ジェスチャの認識や CG の提示などに時間を要するため、ユーザの入力から計算機の応答までに大きな遅延が起きやすい。応答遅延は操作性やユーザの操作感を悪化させるため、応答遅延がユーザの感覚に与える影響を調査することが重要である。

従来、マウスの移動に遅れてカーソルが表示されるなどの、ユーザ自身の動作が遅れて反映される場合の遅延 (以下、自己動作遅延) の影響は調査されている [2]。しかし、たとえ高い即応性が要求されるシステムであっても、ユーザが計算機を自己の対峙者とみなす場合は、予め遅延を想定するため、自己動作遅延の場合と遅延の許容範囲が異なる可能性がある。そこで本研究では、計算機を対峙者とみなすようなジェスチャインタフェースに高い即応性が要求される場合について、許容できる最大の遅延量や知覚できる最小の遅延量を実験的に調査する。

2 ジェスチャインタフェースにおける応答遅延の主観評価実験

本章では、即応性が要求されるジェスチャインタフェースにおける応答遅延について、ユーザが許容できる最大の遅延量 d_{max} と、知覚できる最小の遅延量 d_{min} をそれぞれ計測するために実施した2つの実験について順に述べる。

2.1 実験システム

即応性が要求されるジェスチャインタフェースとして、ユーザと計算機がジャンケンを行うシステム (ジャンケンシステム) を構築し実験に用いた。実験にジャンケンを採用した理由は以下の3点である。

- ジェスチャが用いられる。
- 「対戦者」である計算機を自然にユーザの対峙

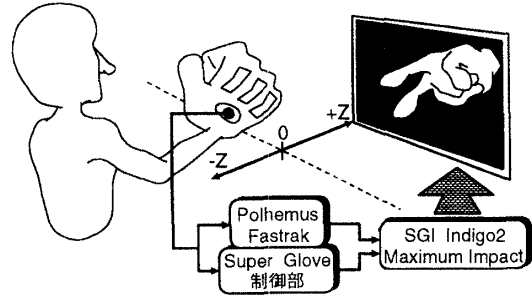


図1: 実験システムの構成

者とみなせる。

- 入力と応答が同時であると期待され、高い即応性が要求される。

構築した実験システムの構成を図1に示す。被験者は、図1に示す平面 $z=0$ より手前で動作を開始し、動作を終えた時点で拳が平面 $z=0$ を越えるようにジャンケンを行う。実験システムは、拳が平面 $z=0$ を越えた時点時刻 $t=0$ として、時間 d だけ遅延した時刻 $t=d$ で CG によりランダムな手形状 (グー、チョキ、パー) を提示する。このとき手形状は補間アニメーションを伴って変化する。以下の実験では、遅延 d をさまざまに変化させた場合に被験者が感じる印象をアンケート調査し、その結果から d_{max} と d_{min} を求める。

なお、実験システムでは、計算機に SGI 社 Indigo² Maximum Impact を用い、手の位置計測に3次元位置センサ Polhemus 社 3SPACE Fastrak を、手形状の認識に手形状入力装置 日商エレクトロニクス社 Super Glove をそれぞれ用いた。

2.2 遅延の最大許容量を調べる実験 (実験1)

実験1の目的は、ジャンケンシステムにおける遅延の最大許容量 d_{max} を求めることである。

2.2.1 設定

実験1の設定は以下の通りである。

- (1) 1.0 秒を許容されない遅延量とみなし、遅延を0秒から1.0秒まで16段階に変化させる。具体的には遅延 $d_i (0 \leq i \leq 15)$ を次のように設定した。

$$d_i(\text{秒}) = \begin{cases} 0.05 \times i & (i \leq 10) \\ 0.1 \times (i - 10) + 0.5 & (11 \leq i) \end{cases}$$

- (2) i を0~15でランダムに変化させ、(3)を繰り返す。以下、 k 回目の提示遅延量を $d(k)$ で表す。

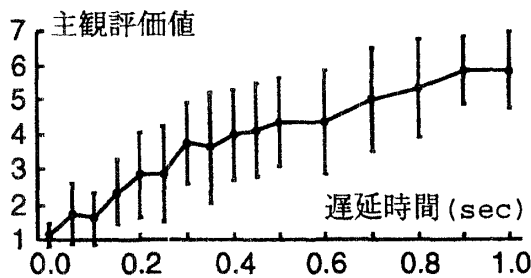


図 2: 実験 1 の結果

(3) ジャンケンシステムの遅延を $d(k)$ に設定し被験者に対戦させる。被験者は感じた遅延を表 1 の 7 段階で回答する。この際、被験者は評価を下すまで何度でもジャンケンを行える。なお、計算機の手形状のアニメーションは 5 フレーム (約 0.2 秒) とした。

2.2.2 結果と考察

本学の学生 8 名に対し、実験を行った。遅延時間 d_i に対する平均主観評価値とその誤差範囲を図 2 に示す。許容できる最大の遅延量 d_{max} は、平均主観評価値が 4 程度のときの遅延量と考えられる。本実験の場合、個人差が大きいものの平均的には $d_{max} \approx 0.4$ (秒) といえる。

なお、 $d(k-1)$ が小さい場合 $d(k)$ の遅延は感じやすく、 $d(k-1)$ が大きい場合 $d(k)$ の遅延は感じにくい、という傾向があった。主観評価値が完全には単調増加でないのは、与えた $d(k)$ が 1 系列のみで、直前の遅延に影響を受けたためと考えられる。

2.3 遅延の最小知覚量を調べる実験 (実験 2)

実験 2 の目的は、ジャンケンシステムにおける遅延の最小知覚量 d_{min} を求めることである。

2.3.1 設定

実験 2 の設定は以下の通りである。

- (1) 実験 1 で求めた最大許容量 d_{max} を考慮し、与える遅延の幅を 0 秒から 0.38 秒まで 20 段階に変化させる。具体的には遅延 $d_i (0 \leq i \leq 19)$ を d_i (秒) $= 0.02 \times i$ と設定した。
- (2) 各 d_i が 10 回ずつ出現するようにランダムな順で遅延を変化させ、(3) を 200 回繰り返す。以下、 k 回目の提示遅延量を $d(k)$ で表す。
- (3) ジャンケンシステムの遅延を $d(k)$ に設定し、被験者に対戦させる。被験者は遅延を感じる/感じないの 2 段階で回答する。この際、被験者は評価を下すまで何度でもジャンケンを行える。なお、実験 1 では計算機の手形状のアニメーションに時間が掛かりすぎて遅延を感じると報告した被験者がいたため、アニメーションは 2 フレーム (約 0.08 秒) とした。

表 1: 実験 1 における 7 段階主観評価の基準

1	遅延を全く感じない
2	遅延をほとんど感じない
3	遅延を感じるが気にならない
4	どちらでもない
5	遅延を感じ、やや気になる
6	遅延を感じ、かなり気になる
7	遅延を感じ、非常に気になる

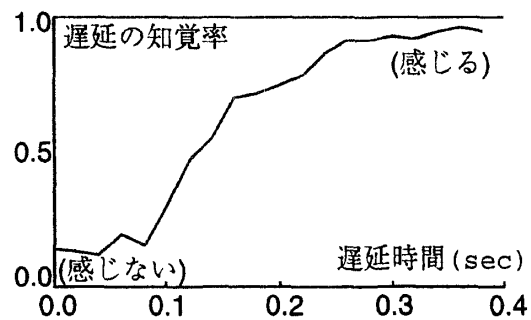


図 3: 実験 2 の結果

い。この際、被験者は評価を下すまで何度でもジャンケンを行える。なお、実験 1 では計算機の手形状のアニメーションに時間が掛かりすぎて遅延を感じると報告した被験者がいたため、アニメーションは 2 フレーム (約 0.08 秒) とした。

2.3.2 結果と考察

本学の学生 13 名に対し、実験を行った。このうち 6 名は実験 1 の経験者であった。遅延時間 d に対する知覚率の全被験者の平均値の変化を図 3 に示す。遅延がおおよそ $d = 0.08$ (秒) より小さい場合、遅延の知覚率は $d = 0$ の場合とほぼ等しく、 $d > 0.08$ では急激に知覚率が増加している。このことから、実験に用いたジャンケンシステムの場合、知覚できる最小の遅延量 d_{min} は $d_{min} \approx 0.08$ (秒) であるといえる。なお、実験 2 では計算機の手アニメーションに遅延を感じる被験者はいなかった。

3 まとめ

本稿では、計算機を対峙者とみなすようなジェスチャインタフェースに高い即応性が要求される場合における、応答遅延がユーザの感覚に与える影響を調査する実験について述べた。また実験結果から、許容できる最大の遅延量 (おおよそ 0.4 秒) や知覚できる最小の遅延量 (おおよそ 0.08 秒) を求めた。これらの値は快適なジェスチャインタフェース構築のための指標の 1 つとすることができると考える。

本稿で実験に用いたジャンケンシステムは認識や表示の遅延を無視できるほど単純なシステムであった。今後は、今回得られた値を考慮して遅延を感じないジェスチャインタフェース構築のための、複雑なジェスチャの高速・高精度の認識手法について検討する予定である。

参考文献

- [1] A. Takeuchi and K. Nagao: "Communicative Facial Displays as a New Conversational Modality," Proc. ACM Conf. on Human Factors in Computing Systems (INTERCHI '93), pp.187-193, 1993.
- [2] I. S. MacKenzie and C. Ware: "Lag as a determinant of human performance in interactive systems," Proc. ACM Conf. on Human Factors in Computing Systems (INTERCHI '93), pp.488-493, 1993.