

実世界指向型 イングリッシュオークションシステムの開発

下柿元 法道[†], 山下 淳[†], 葛岡 英明[†],
Christian Heath^{††}, Paul Luff^{††}, Dirk vom Lehn^{††}

[†] 筑波大学大学院システム情報工学研究科 ^{††} King's College London

実世界で行われる、いわゆる「イングリッシュオークション」は年々活況になってきている。その一方、様々な理由から遠隔地から参加したいという希望が出ているのも事実であるが、電話での参加か、事前入札だけに限られているのが現状である。今回の研究では、イングリッシュオークションへの遠隔参加を可能にするために必要となる要件を考察したのち、今回開発したプロトタイプシステムを紹介し、競売人が使用する「知的な」ハンマーの性能評価を行った。

Development of augmented interface for the remote auction

Norimichi Shimokakimoto[†], Jun Yamashita[†], Hideaki Kuzuoka[†],
Christian Heath^{††}, Paul Luff^{††}, Dirk vom Lehn^{††}

[†] University of Tsukuba

^{††} King's College London

Auctions, both traditional and electronic, are a pervasive social organisation for the valuation and exchange of goods and services. Despite the long-standing interest in integrating internet contributions into the more traditional auction such initiatives have remained problematic. We consider the organization of interaction of sales of fine art and antiques and develop a prototype 'intelligent' gavel system that is designed to enhance remote participation and ease the flexible ways in which internet contributions are legitimately integrated into live auctions. In this paper, we introduce prototype system that enable remote users to participate local auction and the result of primary result of the gavel interface.

1 はじめに

「イングリッシュオークション」とは、いわゆるオークションハウスで行われるオークションのうち、落札者に対して競売人が売値をつり上げてゆく方式のオークションのことを指す。ローマ時代近辺で発達した、しかし実に簡単な方式の競売方式でありながらも、ヨーロッパにおいてはここ数十年で特に成功を収めており、日本においてもこの方式のオークションは年々活発になりつつある。扱われている商品も、古美術品から政府による放出品まで広い分野にまたがっている。

イングリッシュオークションでは、その時点で最も高い落札価格を提示した落札者を競売人がハンマーで次々と指名することで売値をつり上げる。

そのスピードは驚異的な早さである。日本で行われているオークションの一つに、株式会社毎日オークションズが主催する「毎日オークション」があるが、その会場ではたった1時間の間に150ロットもの商品を、1つの会場だけで捌いていることは驚きに値する。

現在、イングリッシュオークションに参加する方法として、実際にオークションハウスまで出向く方法と、代理人を通して電話で参加する方法、あるいは手紙類であらかじめ落札価格を主催者に通知する方法がある。しかし、現状では遠隔地からの参加はあまり主流ではない。

一方、インターネット上でのオークション、いわゆるネットオークションも近年盛んになっている。

取引される商品は日常雑貨的なものも含まれるため、決して品質が高い取引とは言えないが、2007年度のイギリスにおける eBay の実績では、6億5000万件の物品を、総額160億ドルで取引したということである。既に取引金額については、インターネットオークションはイングリッシュオークションを超えているが、もしネットオークションの参加者が遠隔参加の形でイングリッシュオークションに参加することが可能となれば、より多くの参加者が高品質な落札物を手にすることも可能となる。

本研究では、このような背景のもと、イングリッシュオークションに遠隔地から参加できるシステムの研究を日英共同で行っている。研究目的の一つはシステムの開発であるが、もう一つの目的は、遠隔オークションシステムを利用したオークションの分析を行うことによって、オークションのメカニズムの解析や、対人コミュニケーションの分析、いわゆる CSCW 研究¹⁾を行うことにある。

この論文では、プロトタイプとして作成した遠隔オークションシステムの紹介、特にオークションでは重要となる競売人が持つハンマーの動きをキャプチャする技術について述べたあと、初歩的な実験の結果を示す。

2 イングリッシュオークションに要求される技術

イングリッシュオークションにおける入札手段は、会場での直接入札か、代理人経由の電話参加、およびあらかじめ入札価格を主催者に伝えておく方法の3つがある。

代理人を通して遠隔地から参加する場合、代理人は遠隔入札者に場の雰囲気、競売人の様子など、駆け引きに必要な情報を伝える必要があるが、これらの情報を電話で遠隔地にいる入札者に伝えるのは容易ではない。前述したように、1時間で150ロットの商品が落札されるような雰囲気について、代理人が口頭で説明するのも、遠隔地の入札者が会話だけで理解することも難しいことは明らかである。

競売人の役割は、単に高値を提示した入札者を指し示すだけではない。競売人は、ハンマーを使って会場の入札者と高度なコミュニケーションを行っている。イングリッシュオークションの基本的な

進め方は、入札希望者全体のうち2名だけに絞って落札値のつり上げを行うことだが、そのつり上げ手法としてハンマーの動きが効果的に使われている。当然、ハンマーの動きから、自分が現在の最高入札者 (Current winner) であることを理解させられるようなハンマーの動きも競売人には要求される。

このような背景より、我々はイングリッシュオークションに要求される技術を次の3つと考えている。

- ハンマーを用いたジェスチャーの遠隔地への伝達
- 競売人と入札者のコミュニケーション支援
- 会場の雰囲気への伝達

3 関連研究

オークションやそのメカニズムについては社会科学、特に経済学や計量経済学分野においては常に話題となっている^{2, 3, 4)}。

電子掲示板方式のオークションに関しては、宮崎ら⁵⁾や松谷ら⁶⁾が電子オークションにおける不正談合を防止するための仕組みについて提案している。

ジェスチャインタフェイスやその評価については、木村ら⁷⁾が広視野ディスプレイに対するジェスチャ入力のためのシステムを設計している。宮里ら⁸⁾は仮想空間を通した指さし行為の知覚について検討している。Nacentaらによる Perspective cursor⁹⁾では、マウスカーソルが複数画面を移動するときのカーソル位置の提示方法について提案している。

テレビ会議に代表される遠隔コミュニケーションの研究においては、前田らによる MAJIC¹⁰⁾や山下らによる Agora¹¹⁾のほか、森井らによる眼のCGアニメーションと視線の知覚に関する検討¹²⁾、黒須らによるディスプレイに表示する人物像の大きさと臨場感に関する検討¹³⁾などの検討が行われている。

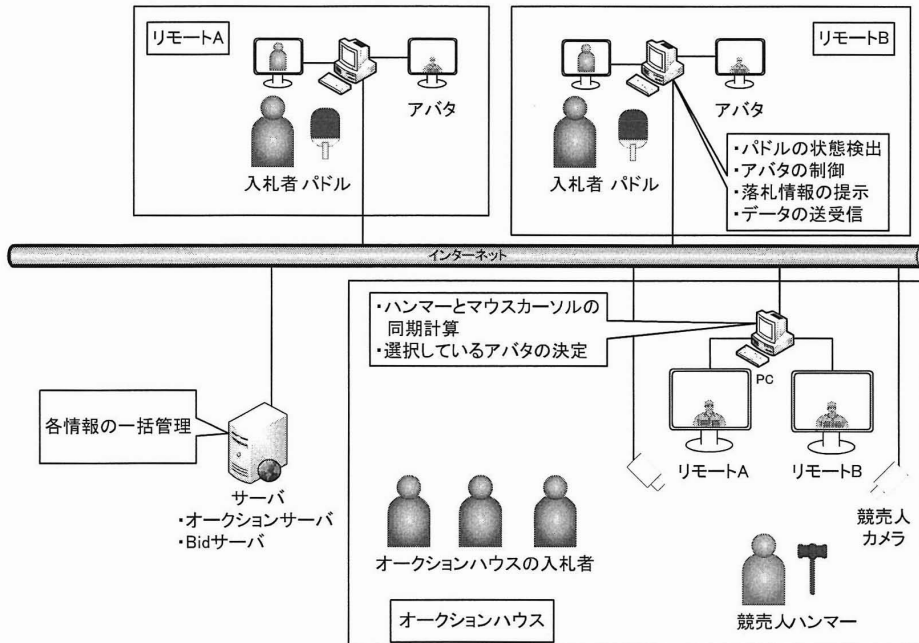


Fig. 1 システム構成

4 実世界指向イングリッシュオークションシステム

4.1 システムの概要

このシステムは、競売人のハンマーの動作を検出するために三次元の位置計測が可能な磁気センサを搭載したハンマー (Intelligent Gavel)、遠隔入札者が入札の意志を示すためのパドル (Intelligent Paddle)、パドルの動きにあわせてオークションハウスに設置されたスクリーン上に投影されるアバター、落札品のロット番号や写真、現在の最高入札額と入札者を表示するディスプレイ、および全体の動作を管理するサーバから構成されている。図1にシステムの構成図を示す。

4.2 Intelligent Gavel

Intelligent Gavel とは、遠隔オークションで競売人が落札の進行に使用するハンマー (Gavel) のことである。このハンマーの外観を図2に示す。

ハンマーには、動作を計測するための磁気センサとして、Polhemous 社の FASTRAK の磁気センサを1つ搭載している。また、後述するキャリ

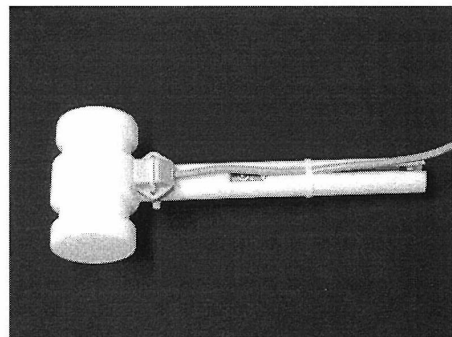


Fig. 2 Intelligent Gavel

ブレーション作業を容易に進めるために、ハンマーにはレーザーポインタが内蔵されている。本物のハンマーは木製だが、このハンマーは ABS 樹脂を用いたラビットプロトタイプ装置を用いて、ほぼ同寸となるよう作成した。

磁気センサからの出力を元に、その時点でのハ

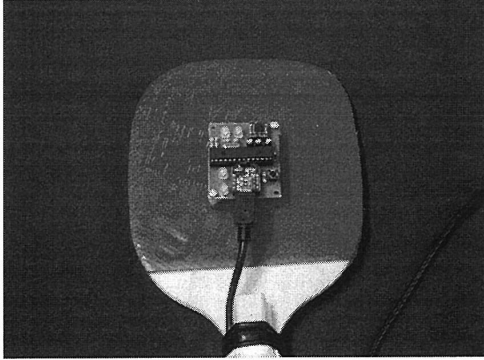


Fig. 3 Intelligent Paddle

ハンマーの向きを計測するためのアプリケーションを開発している。ハンマーをアバタが表示されているディスプレイに向けてることにより、ハンマーをマウスポインタの操作装置として利用することが可能となっている。アプリケーションの開発は Microsoft VisualBasic6.0 で行った。

4.3 Intelligent Paddle

通常、イングリッシュオークションでは各参加者には番号が書かれたパドルが渡され、落札の意志をこのパドルの上げ下げによって競売人に示す。このシステムにおいては、遠隔地の入札者も同様の行為で入札意志を示すことができるように、センサを内蔵した Intelligent Paddle を開発している。このパドルの外観を図3に示す。

卓球のラケット型をしたこのパドルには、保持角度を測定するためにカイオニクス社の3軸加速度センサを搭載したモジュールである KXM52-1050 を搭載している。加速度センサからの出力はアナログのため、出力値を Microchip 社のマイクロコントローラである PIC18F252 で A/D 変換を行い、角度に変換している。この加速度センサは非常に高感度なため、出力電圧は $1\mu F$ のコンデンサによるフィルタ回路を通してしている。演算結果は USB インタフェイスを経由して PC に送られ、PC 上のアプリケーションで追加処理が行われる。PC 上で稼働しているアプリケーションでの処理は、パドルの上げ下げ角度の判定に対するヒステリシスの設定と、オークションサーバでのデータ送信である。

遠隔参加者がパドルを操作すると、その動きにあわせてオークションハウスのアバタの状態も変化する。アバタの状態は、そのときのパドルとハンマーの状態により図4に示す4種類の表示に変化する。

遠隔入札者がパドルを扱っていない状態では、アバタは図4の(a)の状態になっている。遠隔入札者が落札を希望するためパドルを持ち上げると、アバタの状態が図4の(b)へと変化する。

この状態のとき、競売人が手を挙げているアバタにハンマーを向けると、アバタの背景は緑色に変化し(図4の(b))、現在選択されていることを示す。遠隔入札者と競売人の中で価格形成の合意を得られた場合、競売人はボタンを押すことによって遠隔入札者を現在の落札者として認定する(図4の(d))。

実世界での価格形成は、ハンマーの動きと会話、および視線によって決定され、ボタンのように確定を行う装置は使われていない。現状のシステムでは視線等を用いた価格形成のメカニズムを十分に解析していないため、便宜的にボタンを用いているが、これは今後コミュニケーション分析を行うことでアルゴリズムを推定し、自動化する必要がある。

5 ハンマーを用いたマウスポインタ操作

5.1 キャリブレーション

ハンマーの動きをそのとき操作しているディスプレイ上のマウスカーソルの動作と同期させるために、システムを稼働する前にはキャリブレーション処理を行っている。キャリブレーションでは、図5のようにディスプレイの左下と右上の2点を用いてキャリブレーションを行う。

磁気センサのソースを原点として3次元の座標系が作られる。ディスプレイの左下と右上に対して、それぞれ2回ずつキャリブレーションを行う。2回キャリブレーションよりディスプレイの左下と右上の座標が求まる。このときの、キャリブレーションのモデルを図6に示す。

ここで、ハンマーの座標を $H_1(x, y, z)$, $H_2(x, y, z)$, 磁気センサから取得する方位角、仰角をそれぞれ $(\theta_{a_1}, \theta_{e_1})$, $(\theta_{a_2}, \theta_{e_2})$ 、求めるディスプレイの左下の座標と右上の座標をそれぞれ $D_L(x, y, z)$, $D_R(x, y, z)$ とする。



Fig. 4 アバタ画面

まず、ディスプレイの左下座標 $D_L(x, y, z)$ のキャリブレーションを行う。設定条件よりキャリブレーション点 H_1 とディスプレイの左下 D_L を結ぶ直線、キャリブレーション点 H_2 とディスプレイの左下 D_L とを結ぶ直線は

$$y_{H_1} - y_{D_L} = \tan \theta_{a_1} (x_{H_1} - x_{D_L}) \quad (1)$$

$$y_{H_2} - y_{D_L} = \tan \theta_{a_2} (x_{H_2} - x_{D_L}) \quad (2)$$

となる。この2式の交点が求めるディスプレイ座標 $D_L(x, y, z)$ となる。

したがって、求めるディスプレイ座標 $D_L(x, y, z)$ はそれぞれ

$$x_{D_L} = \frac{-y_{H_1} + y_{H_2} + x_{H_1} \tan \theta_{a_1} - x_{H_2} \tan \theta_{a_2}}{\tan \theta_{a_1} - \tan \theta_{a_2}} \quad (3)$$

$$y_{D_L} = y_{H_1} + \tan \theta_{a_1} (x_{D_L} - x_{H_1}) \quad (4)$$

$$z_{D_L} = Z_{H_1} + \tan \theta_{e_1} (x_{D_L} - x_{H_1}) \quad (5)$$

となる。

ディスプレイの右上座標 $D_R(x, y, z)$ についても同様にして求める。

5.2 マウスポインタの動作

キャリブレーションから求めたディスプレイの座標と、ハンマーが向いている方向から、現在ハンマーがディスプレイ上のどの点を指しているのかを計算することができる。

設定条件を図7に示す。ハンマーが指しているディスプレイ上の点の座標を $D(x, y, z)$ 、ディス

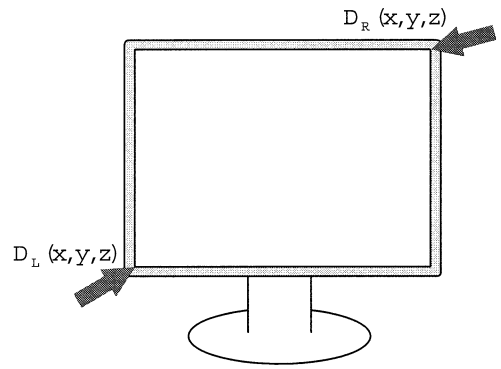


Fig. 5 ディスプレイ上のキャリブレーション点

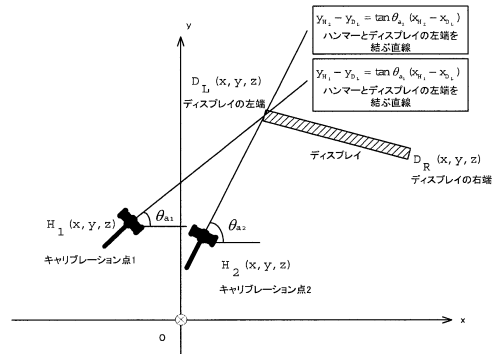


Fig. 6 xy 座標でのディスプレイキャリブレーション

レイの両端の座標を $D_L(x, y, z)$, $D_R(x, y, z)$ とすると、設定条件より

$$y_{D_L} - y_D = \frac{y_{D_L} - y_{D_R}}{x_{D_L} - x_{D_R}}(x_{D_L} - x_D) \quad (6)$$

$$y_H - y_D = \tan \theta_a (x_H - x_D) \quad (7)$$

が与えられ、2直線の交点が求める座標となる。したがって、(6)、(7)より求める座標は

$$x_D = \frac{\frac{y_{D_L} - y_{D_R}}{x_{D_L} - x_{D_R}} x_{D_L} - y_{D_L} - x_H \tan \theta_a + y_H}{\frac{y_{D_L} - y_{D_R}}{x_{D_L} - x_{D_R}} - \tan \theta_a} \quad (8)$$

$$y_D = y_H + \tan \theta_a (x_D - x_H) \quad (9)$$

同様に、 z 座標は

$$z_D = z_H + \tan \theta_a (x_D - x_H) \quad (10)$$

となる。

以上の式より、ハンマーの向きとその向きにディスプレイが存在する場合のマウスポインタの位置を決定することが可能となる。

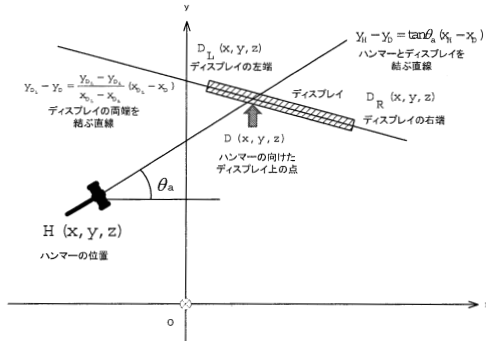


Fig. 7 ハンマーを向けている位置の計算

6 性能実験

前節で実装したアルゴリズムを用いることで、競売人がハンマーを用いて素早く、しかも正確に指し示すことが可能かどうか調べるための実験を行った。今回の実験では、競売人役の被験者として大学生を中心に実験を行った。

6.1 実験設定

被験者の正面 300cm に、アバタを表示する 42 型ディスプレイと 37 型ディスプレイを置いた。2 つのディスプレイの間隔は 80cm と設定し、競売人はディスプレイの間に立つように指示した。実験環境を図 8 に示す。被験者に課した実験課題は、2 つのアバタのうち手が上がったアバタにハンマーを向け、決定ボタンを押すことである。

実験は、アバタの大きさをディスプレイサイズの 1 倍、0.5 倍、0.25 倍の 3 種類を用意し、それぞれのサイズに対して 8 名の被験者が各 20 回の試行を行うことで、選択時間の比較を行った。8 名の被験者は被験者内配置とし、順序効果を相殺するために被験者ごとに提示するアバタのサイズの順序を入れ替えた。以下、3 種類のアバタの大きさをそれぞれ、大、中、小と表現する。

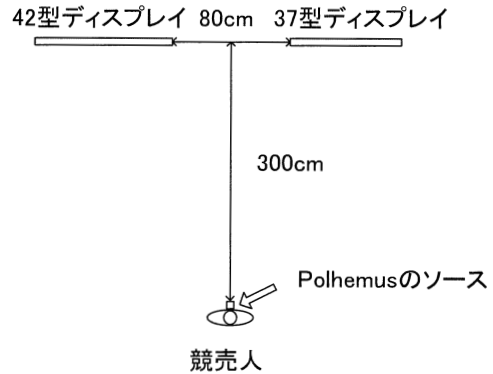


Fig. 8 実験環境

6.2 実験結果

各タスクにおける、アバタの手が上がった状態になってから被験者がアバタにハンマーを向け決定ボタンを押すまでの時間を図 9 に示す。一元配置分散分析を行ったところ、アバタのサイズに反比例して選択時間は増加しているものの、アバタの大きさの違いによるポインティング時間には有意な差は見られなかった。

一方、実験結果を左側のアバタの選択時間と右側のアバタの選択時間で整理した図を図をそれぞれ図 10、図 11 に示す。

これらのデータに対して一元配置分散分析で検

定を行った結果、左側のアバタをポインティングするのに要する時間には、アバタの大きさに関係なく有意な差が見られなかったが、右側のアバタの選択時間ではデータの差に有意な差が見られた ($p < .05$)。さらに下位検定を行ったところ、アバタのサイズで大と小の間でポインティング時間に有意な差があった ($p < .05$)。

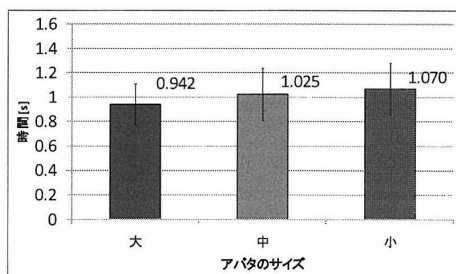


Fig. 9 決定ボタンを押すまでの時間

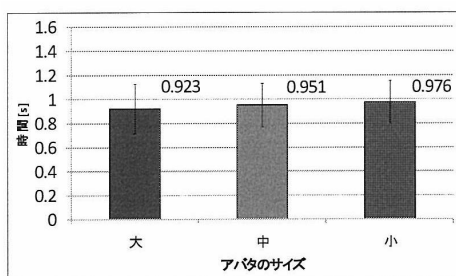


Fig. 10 左側のアバタにおける決定ボタンを押すまでの時間

6.3 考察

今回の実験では図 11 のように競売人が右側のアバタを選択するとき時間に要していることがわかった。この理由を実験後にインタビューした被験者の感想と、実験中に記録したビデオデータの分析より、ディスプレイの中間地点をハンマーでさしている時のマウスカーソルの表示方法が原因ではないかと推測している。

2つのディスプレイ間にハンマーを持ってきた場合、今回の実装では右側ディスプレイの左端にマウスポインタを表示するようにしていた。この

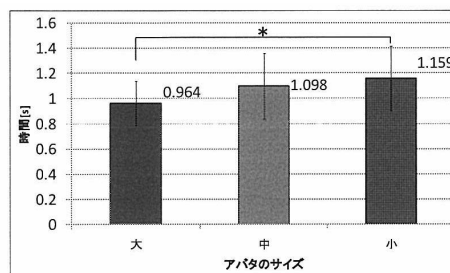


Fig. 11 右側のアバタにおける決定ボタンを押すまでの時間 (* : $p < .05$)

表示を見た被験者は、ハンマーを右に少しずらすだけでアバタに向けられると思ったが、実際には被験者が思った以上にハンマーを右に向ける必要があったため、ポインティング時間に差が生じたうえ、大きさによるポインティング時間に有意な差が生じたものとられる。また、今回の実験では被験者はすべて右利きだったため、ハンマーを外に向けるような動作、つまり右側のアバタを選択する動作に時間を要する結果になったのではないかと考えられる。

ディスプレイ間でのマウスポインタの表現方法については、Nacenta らによる Perspectivecursor⁹⁾のほか、多くの研究で取り扱われている。これらの研究成果を参考に改良を行いたい。

7 今後の展望

本研究ではシステムの要件に基づき実世界指向のイングリッシュオークションシステムを構築した。

今回の実験では競売人のハンマーの動作に対してシステムの性能評価実験を行ったが、これはシステムの基本的な部分の一部にしか過ぎない。実際には時間遅れの影響や、遠隔コミュニケーションに存在する環境の非対称性の問題など、調査すべき課題は数多く残っている。

今後はこれらの実験を重ねることによって、オークションにおける遠隔コミュニケーション、特に価格形成の合意時におけるコミュニケーションの手法について調べる予定である。

8 おわりに

本論文では日常行われているイングリッシュオークションに対し、遠隔地からの落札者が参加でき

るようなシステムの提案を行った。

遠隔入札者はパドルを挙げることで入札の意思を示し、その様子をアバタに表示させ、表示されたアバタに競売人が確認しハンマーを向け、スイッチを押すことで入札が確定される実世界指向のイングリッシュオークションシステムを構築した。

その実装の一つとして競売人と遠隔落札者とのコミュニケーションに重要となるハンマーを用いたマウスポインタの制御方法について実装と実験結果の考察を行った。

実験の結果、被験者の左右に表示されるアバタに対するポインティング時間について、左右合計して比較した場合にはデータに有意な違いは生じなかったが、左右個別に検定を行った場合、右側のアバタに対するポインティング時間に有意な差が生じていることがわかった。また、この原因のひとつとして、ディスプレイ間にハンマーを持ってきたときのマウスポインタの表示方法に原因があるのではないかという考察を得た。

参考文献

- 1) 三樹弘之：CSCW 研究における社会的分析の利用，情報処理学会研究会報告 98-GW-28, pp. 25-36 (1998).
- 2) Menezes, F. M. and Monteiro, P. K.: *An Introduction to Auction Theory*, Oxford University Press (2005).
- 3) Krishna, V.: *Auction Theory*, London: Academic Press (2002).
- 4) Klemperer, P.: Auction Theory: A Guide to the Literature, *Journal of Economic Surveys*, Vol. 13, No. 3, pp. 227-286 (1999).
- 5) 宮崎真悟，櫻井幸一：公開掲示板を用いた競り下げ電子オークション方式，情報処理学会論文誌，Vol. 40, No. 8, pp. 3329-3336 (19990815).
- 6) 松谷俊宏，横尾真，岩崎敦：架空名義入札に頑健な組合せオークションプロトコルの提案と評価：バンドルサイズ優先プロトコル（マルチエージェントの理論，< 特集 > マルチエージェントの理論と応用），情報処理学会論文誌，Vol. 47, No. 5, pp. 1406-1414 (20060515).
- 7) 木村朝子，柴田史久，鶴田剛史，酒井理生，鬼柳牧子，田村秀行：ジェスチャ操作を活用する広視野電子作業空間の設計と実装（ユーザインタフェースとインタラクティブシステム），情報処理学会論文誌，Vol. 47, No. 4, pp. 1327-1339 (20060415).
- 8) 宮里勉，岸野文郎：臨場感通信会議における仮想空間を介した指差し指示動作知覚の評価，電情報通信学会論文誌 D-II, J80-D-II, No. 5, pp. 1221-1230 (1997).
- 9) Nacenta, M. A., Sallam, S., Champoux, B., Subramanian, S. and Gutwin, C.: Perspective cursor: perspective-based interaction for multi-display environments, *CHI '06: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, pp. 289-298 (2006).
- 10) 前田典彦，Jeong, G., 市川裕介，岡田謙一，松下温：MAJIC：場の雰囲気重視したTV会議，情報処理学会研究報告. マルチメディア通信と分散処理研究会報告，Vol. 94, No. 12, pp. 57-64 (19940127).
- 11) 山下淳，葛岡英明，井上直人，山崎敬一：コミュニケーションにおけるフィードバックを支援した実画像通信システムの開発，情報処理学会論文誌，Vol. 25, No. 1, pp. 300 - 310 (2004).
- 12) 森井精啓，岸野文郎，鉄谷信二：眼のCGアニメーションと視線の知覚に関する検討，電子情報通信学会論文誌. A, 基礎・境界，Vol. 78, No. 4, pp. 512-522 (19950425).
- 13) 黒須正明，山本仁，本宮志江，三村到：臨場感通信における画面上の人体サイズ，情報処理学会研究会報告 95-GW-13, Vol. 95, No. 67, pp. 43-48 (1995).