

テレポインタを用いた大規模グループコラボレーションのためのポインタ委譲

大澤 範高[†]

テレポインタを用いて多人数が協調作業する際に、自己のポインタの権限を他者のポインタに委譲できる機能を提案する。このポインタ委譲機能は一種の投票システムであり、多数の参加者があるインタラクティブ環境における公平なグループコラボレーションに役立てることができる。ポインタ委譲機能を持つテレポインタを代理ポインタと呼び、その視覚的表現によって、投票の重みを示すことができる。さらに、代理ポインタは、排他的な操作に対する競合を減らすためにオブジェクトの操作を一人もしくは少数のグループに制限するためにも利用できる。投票の重みの表現方法を静的および動的な条件下において評価する実験を実施した。

Pointer Delegation for Large Group Collaboration using Telepointers

Noritaka Osawa[†]

Pointer delegation, a new function for a telepointer, allows people to delegate the rights of their own pointers to the pointer of someone who they can trust, which helps to achieve better group collaboration through a kind of fair voting system in interactive environments that include many people. A telepointer that has a pointer delegation function is called a delegate pointer. The appearance of delegate pointers in an interactive environment can show the weight of voting. Moreover, delegate pointers can be used to limit the manipulators of objects to only one or a small group in order to reduce any conflicting manipulation. Experiments were conducted to evaluate the appropriateness of the appearance of pointers to show the voting weight under static and dynamic situations.

1. はじめに

情報通信技術の発展に伴って、遠隔地にいる多くの人々が情報交換することは容易になってきている。グループによる多地点間でのコラボレーションも通信の面からは容易になっている。ただし、音声によって多人数で相互にコミュニケーションをすることは難しい。これは、一時には一人のみが話すことができ、話者間の調整が必要なためである。一方、遠隔マウスカーソルであるテレポインタを用いて視覚的にコミュニケーションを同時に行うことは可能である。

テレポインタはグループウェアシステムで広く用いられてきており[1][2][3]、グループのメンバー間での情報共有の際に特に重要である[4][5][8]。各テレポインタは、関心のある点や領域を示したり、オブジェクトを操作するために利用したりすることができる。

しかし、個別のテレポインタを大規模なグループコラボレーションで用いる際には問題がある。たとえば、非常に多くの利用者がグループコラボレーションに参加する場合には、ビデオ画像や共有ワークスペースのような対象がスクリーン上の多くのポインタによって覆いつくされてしまうことが考えられる。これは、スクリーン面積が有限であるので共有するテレポインタ数が増えれば一般には不可避である。このような多数の参加者がいる場合には単純なテレポインタ共有による効果的なコラボレーションは困難になる。

そこで、新しい種類の共有ポインタである集合ポインタ(aggregate pointer)[6][7]をこれまでに提案してきた。共有ポインタは、大規模なグループコラボレーションを支援するために、ポインタの位置で表現された関心や意見を統合もしくは集約するために利用できる。集約された結果は、ポインタ群として利用者にフィードバックされる。集合ポインタは、人が、他者の意図や興味の全体的傾向を理解することを助けることができ、一種のグループウェアネスを利用者に与える。しかし、集合ポインタでグラフィカルなオブジェクトやボタンをクリックしたり、ドラッグしたりするなどの操作には困難がある。これは、集合ポインタが多くの個別のテレポインタによって間接的に制御されているためである。

この問題を解決するために、ポインタ委譲(pointer delegation)を提案する。これはテレポインタの新しい機能であり、委譲機能をもったポインタをここでは代理ポインタ(delegate pointer)と呼ぶ。代理ポインタは、多くの利用者の意思の集約・統合を一種の投票システムによって行い、公平性を実現できる。投票の重みは、外観で表すことができる。また、選択されたテレポインタの動きによって、オブジェクトを直接的に操作できる。投票の重みを示すポインタ表現の適切さを評価し、代理ポインタの適切性

[†] 千葉大学大学院融合科学研究科情報科学専攻
Chiba University

を調査するために実験を実施した。

大規模グループコラボレーションにおけるテレポイントの別の問題は、迷惑行為である。たとえ、利用者が各自のテレポイントはめったに動かさないとしても、利用者が多数の場合にはすべてのテレポイントが動かないときはほとんどないことが多くなる。しかし、それらの動きは意図的でないにせよ、利用者の注意をそらし、コラボレーションを妨げることになる。もちろん、テレポイントを過度に動かすような意図的な迷惑行為はコラボレーションを妨げる。本稿では、迷惑行為の問題を軽減させる方法について議論する。

2. 代理ポイント

先に述べたように、代理ポイントは委譲機能すなわち代理機能を持ったテレポイントである。利用者は自らのテレポイントの権限を他者のテレポイントに委譲することができる。委譲されたポイントは、委譲された重みを加えて持つ。その重みは何らかの視覚的特性によって表現できる。適切な視覚的特性を重みに割り当てることによって、利用者はテレポイントの委譲の状態を適切に理解することができる。

本稿では、ポイントの権限を他のポイントに委譲するための簡便な方法を提案する。その方法とは、ポイントをクリックすることが自分の権限を委譲する操作となるものである。この委譲操作を投票とも呼ぶ。ポイントをクリックするという行動がポイントへの投票にあたるからである。

説明を簡単にするために、ここでは初期状態において各テレポイントが 1 単位の重みを持っていると仮定する。テレポイント A の権限がテレポイント B に委譲されると、テレポイント A の重みは 0 に減り、テレポイント B の重みは 2 に増える。テレポイントの外観はその重みの変化に応じて変わる。

代理ポイントは、その元々の所有者によって制御され、自分のポイントの権限を他のポイントに委譲した利用者が代理ポイントを直接制御することはできない。このように、代理ポイントは、元々の所有者が個別テレポイントを使うのと同じ正確さでグラフィカルオブジェクトなどを操作するために利用することができる。

ある場面では、オブジェクトの操作は排他的になされるか、少数の利用者のみができるべきである。たとえば、一つのラジオボタンは、一つのポイントによって競合なく選択されるべきである。線画などの図的な注釈も、少数の利用者によって行われるべきである。なぜなら、多すぎる線画は画面を繁雑にし、目的を曖昧にしたりするからである。このような状況において代理ポイントが役立つ。オブジェクトを操作できる利用者は、その代理ポイントの重みによって制御することが可能である。

3. 操作

ポイント委譲には、投票とその取消という 2 種類の基本操作がある。複合した操作として、投票を変更するという操作もある。これらの操作を以下で説明し、図 1 に図示する。

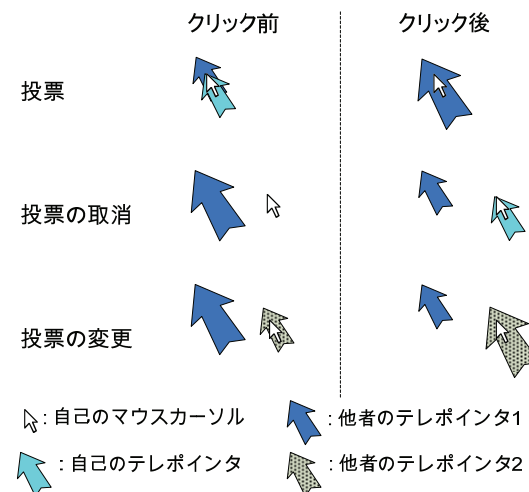


図 1: ポイント委譲

3.1 投票

上述のように、投票操作は単純である。利用者が自分のマウスカーソルで他者のテレポイントをクリックすると、クリックされたテレポイントに投票がなされる。利用者が、テレポイントの所有者が自分と同じ意見や興味を持っていると考えられるなどして権限を委譲したい際に、そのテレポイントの所有者に、利用者は自分のテレポイントの重み、つまり権限をゆだねることができる。

3.2 取消

利用者の投票は永久的なものではなく、取り消すことができる。たとえば、代理ポイントの動きが利用者の意図や興味に合致しないと考える際には、委譲を取り消すことができる。取消は、テレポイント以外の領域をクリックすることでできる。

3.3 変更

あるテレポイントへの現在の投票を取り消すと共に、別のテレポイントに投票したいことが考えられる。このような操作は容易に複合させることができる。別のテレポイントをクリックすることによって、これらの変更を行うことができる。

3.4 委譲の継承

他のテレポインタから委譲されている代理ポインタが別のテレポインタに権限を委譲する際の継承には考慮すべき選択肢がある。一つの選択肢は、委譲されている権限を含めてすべての権限を新しい代理ポインタに移す方法を採用することである。テレポインタ X が、テレポインタ Y と Z から委譲されており、テレポインタ X がテレポインタ W に委譲される場合を考える。X、Y、Z の重みはそれぞれ、3,0,0 であり、W の重みは 1 とする。X が W に委譲された後に、X の委譲先は W になる。W の重みは 4 で、X、Y、Z の重みはすべて 0 となる。この方式を入れ子委譲(nested delegation)と呼ぶ。また、この際に Y、Z の委譲先を X のままとするか W に変更するかも検討すべき点となる。

もう一つの選択肢は、他のテレポインタから委譲されているのであれば、その重みを元のテレポインタに返却し、自分自身の権限のみを新しい対象のテレポインタに委譲する方法である。言い換えると、テレポインタの Y と Z がその委譲していた重みを回復し、テレポインタ X が自分の重みのみをテレポインタ W に移動する。X、Y、Z、W の重みはそれぞれ、1,1,0,2 となる。この方式を単層委譲(flat delegation)と呼ぶ。図 2 に入れ子委譲と単層委譲を図示する。

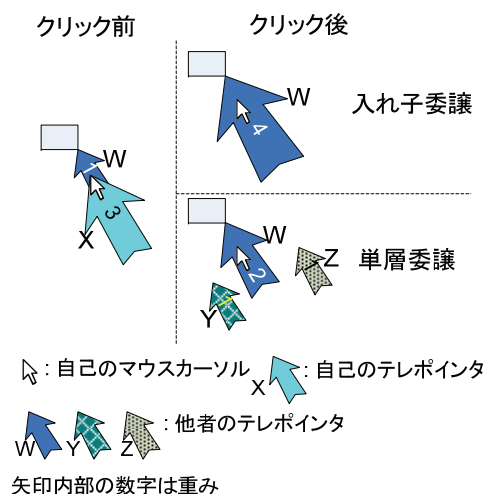


図 2: 委譲の継承方式

提案の代理ポインタは、入れ子委譲を採用している。これは、単層委譲は既に投票をしている利用者の意思に関係なく、再度投票を要求されるからである。毎回、投票済みの委譲を取り消すことは不必要と考える。なぜなら、上記のように、利用者は新しく委譲されたポインタが気に入らなければ、いつでも容易に投票を変更できるからである。

4. 迷惑行為

迷惑行為は大規模グループコラボレーションを妨げる。それらの迷惑行為は意図的な妨害の場合と意図していない雑音の場合がある。迷惑行為の例としては、テレポインタを必要以上に動かすことがある。

4.1 負の投票

迷惑行為に対する一つの対応策は負の投票を利用することである。利用者が正と負の投票のどちらもできる場合を考える。正の投票は、これまで説明してきたように、対象の重みを増加させるのに対して、負の投票は対象の重みを減少させる。重みの減少によって、ポインタ表現を変化させて迷惑行為をしているテレポインタを目立たなくしたり、オブジェクトの操作をできなくしたりする。

負の投票は効果がある一方で、他の解決すべき問題も生じさせる。一つの問題は、判断の誤りである。たとえ、誰かがある利用者は協調を妨げようとしていると考え、その利用者による行為を禁止すべきと考えたとしても、その利用者の行為は意図しない雑音で、協調から排除されるべきではないかもしれない。

もう一つの問題は、負の投票の悪用である。悪意をもった利用者が、正当な投票を妨げるために負の投票を利用することができる。さらに、正と負の投票の利用は代理ポインタ操作を複雑にする。これらの問題を解決し、迷惑行為の効果を低減するために負の投票をより効果的に活用する方法を見出すことは今後の課題である。

4.2 自動検出と目立たない表現

迷惑行為の影響を少なくするもう一つの方法は、それらの行為を自動検出し、迷惑行為をしているとみなされるテレポインタに目立たない表現を割り当てることである。たとえば、継続的な非常に速いテレポインタの動きは意図的であれ、意図しないものであれ迷惑行為と考えられ、テレポインタの移動速度と速い動きの継続期間から自動的に検出することができる。

迷惑行為の検出システムが開発されれば、その行為を目立たなくするための表現が必要になる。そこで、重みを表す適切な表現を見つけ、目立たない表現を見つけるために、以下のポインタ表現の評価を実験を通して行った。

5. 実験

代理ポインタの外観は、一般にその重みに応じて変更する必要がある。そこで、テレポインタの重みを表現するのに適切な表現の評価を行った。この実験では5種類の視覚的表現を対象にした: (a)ポインタの大きさ(以降グラフなどでは単に「大きさ」と記す場合がある。以降も同様)、(b)ポインタの不透明度(不透明度)、(c)ポインタを中心とした周辺円の大きさ(周辺円)、(d)背景をモノクロ化してポインタを中心とした色付けされた周辺円の大きさ(カラー領域円)、(e)背景の不透明度を高めてポインタを中心とした鮮明な周辺領域な大きさ(鮮明領域円)。これらのうち(d)の例を図3に示す。

重みを表すポインタの外観の適切さを評価するためにポインタが静止している場合(静的)と動いている場合(動的)の2種類の実験を実施した。実験には、大学生74名(男子47名、女子27名)が被験者として参加した。

実験では、まず手順と課題が被験者に説明され、被験者はどのように実験システムを利用するかを理解するために練習課題を行った。その練習セッションの後にデータ収集のためのセッションを行い、すべての課題を行った後に質問紙調査に回答した。

5.1 静的なポインタの重みの決定

複数のポインタがウィンドウ内に表示され、被験者にマウスカーソルを使って、最大の重みをもったポインタをクリックすることを求めた。実験で表示したポインタ数は1から10までであった。ポインタ位置はランダムに生成した。また、ポインタの重みの表現は、その課題で表示されるポインタ数を n とした場合、 i 番目のポインタの周辺円表現の場合の半径が $i \cdot 200/n + 100$ ピクセルとなるようにした。ポインタが表示される可能性のある領域の大きさは 800×600 ピクセルであった。

各被験者は各ポインタ表現に対して1セット20課題からなるタスクを2セット行った。1セット目は、すべてのポインタ表現で同じ条件の課題がポインタ表現ごとに異なる順序で提示された(以降、グラフなどでは「同一課題」と略記する)。2セット目は、ポインタ表現毎に、ランダムに生成した課題が提示された(ランダム課題)。課題はすべての被験者で同一であるが、ポインタ表現の提示順序は被験者毎に変えた。

解答に要した時間と解答の正確さを測定した。課題が表示されてからクリックが押されるまでの時間を測定し、1セットの課題すべての合計時間を解答時間とした。被験者がクリックした位置に最も近いポインタが最も重みの大きなポインタである場合に、そのクリックを正答とした。また、クリックされた位置と最も重いポインタの距離をピクセル単位で測定した。この距離を誤差距離と呼び、次の式で与えられる。

$$d = \|p_m - p_a\|$$

ここで、 p_m は、クリックされたマウスカーソルの位置であり、 p_a が最も重みの大き

なポインタの位置を示す。 $\|p_m - p_a\|$ は、 p_m と p_a との間のユークリッド距離を意味する。

実験結果の解答時間、正答数、誤差距離の平均をそれぞれ図4、図5、図6に示す。図中のエラーバーは標準偏差を表す。

ポインタの不透明度を用いた表現の正答率の平均は63%(正答数12.6)以下であったのに対し、他の表現は83.9%(正答数16.7)以上であった。さらに、ポインタの不透明度を用いた表現の平均解答時間は76秒以上であったが、他の表現を用いた場合の平均時間は50秒以下であった。これらの結果は、ポインタの不透明度の利用はポインタの重みの判別を難しくすることを示している。また、この結果は、ポインタの大きさや外周円の利用が重み表現にはより適当であり、迷惑行為が問題のテレポインタには高い透明度を割り当てた方が良いことを示唆している。

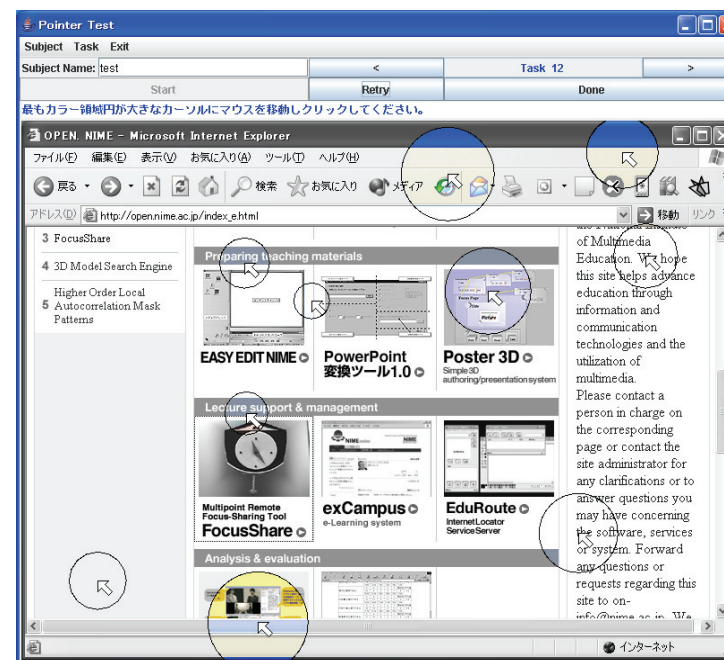


図3: カラー領域円の大きさを利用した重み表現例

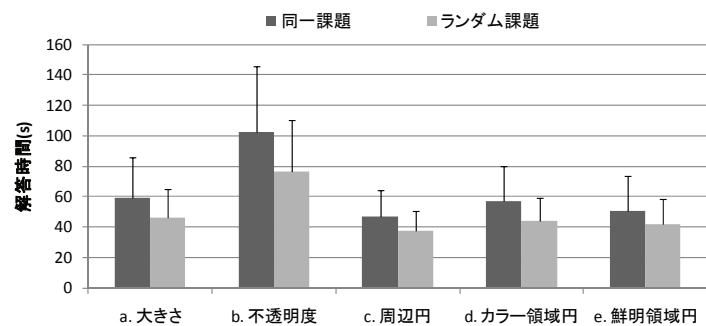


図 4: 解答時間

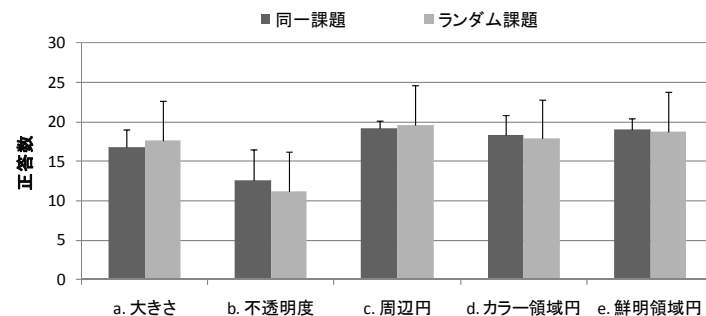


図 5: 正答数

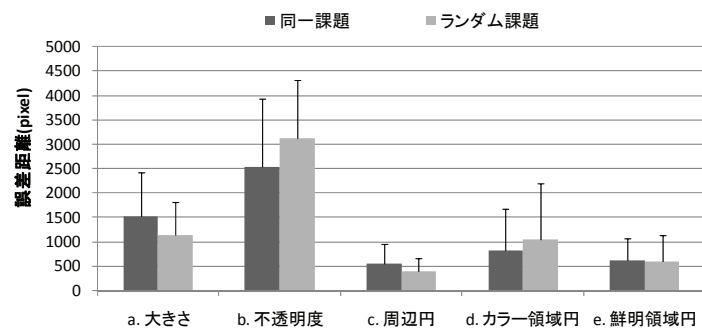


図 6: 誤差距離

5.2 動的なポイントへの追従

ウィンドウに複数の動くポイントが表示され、それらのポイントの中で最も重みの大きなポイントをマウスカーソルでなぞるよう被験者に求めた。これらのポイントの重みも動的に変化した。各被験者は各ポイント表現に対して 10 課題からなるタスクを 1 セット行った。表示したポイント数は 1 から 10 までであった。各ポイントの動きの軌跡はリサーチ曲線とした。リサーチ曲線はすべてがウィンドウ内に収まることを条件にランダムに生成した。また、ポイントの重みの変化は、正弦関数に従うとし、周期は最大 15 秒で、周辺円表現の場合の半径が 100~200 ピクセルになることを条件にランダムに生成した。各課題の長さは 30 秒とした。

マウスカーソルの位置と移動する最も重みの大きなポイントの位置との積分誤差距離を測定した。積分誤差距離は次の式で与えられる。記号の意味は前記の通りである。

$$D = \int \|p_m - p_a\| dt$$

図 7 は、動的なポイントへの追従実験における積分誤差距離の平均値を示している。静的ポイントの場合と同様に、ポイントの不透明度表現の場合には、誤差が大きい。

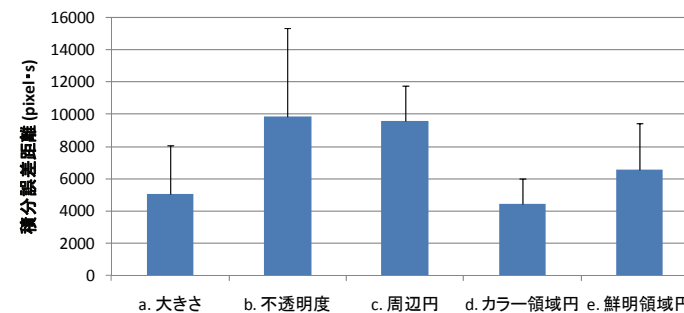


図 7: 動的ポイントの追従の際の積分誤差距離

5.3 主観評価

被験者に各表現の重みの判定のしやすさを静的な場合と動的な場合に区別して 5 段階評価をしてもらった。大きな値が判別しやすいことを示す。図 8 に結果を示す。主観評価においてもポイントの不透明度を利用した表現が、重みの判別には適していないことを示している。

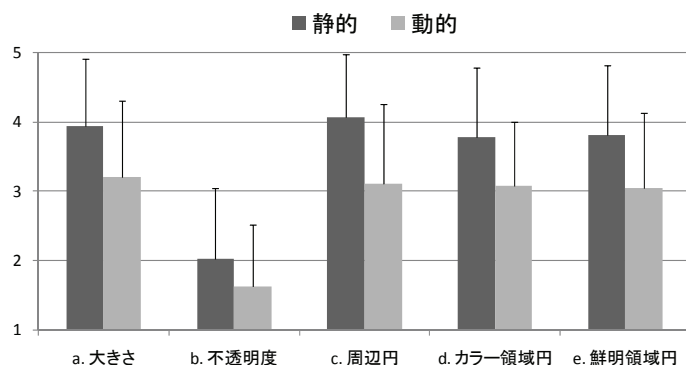


図 8: ポインタの重みの判別のしやすさ

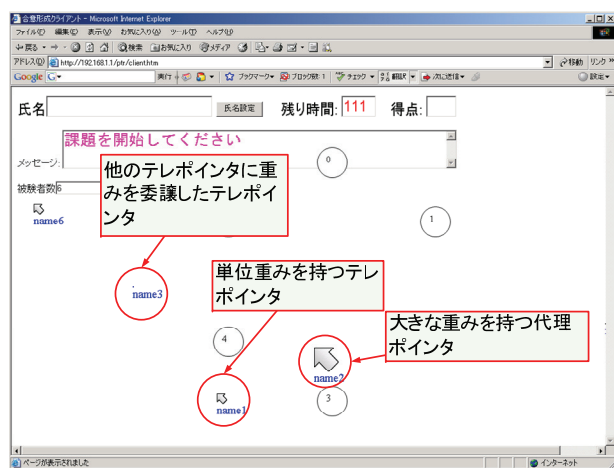


図 9: プロトタイプシステム

5.4 代理ポインタのユーザビリティ

代理ポインタのユーザビリティをテストするために Web ベースのプロトタイプシステムを開発した(図 9)。利用者は、Web ブラウザ上でテレポインタを共有する。システムは Ajax によって非同期にテレポインタの情報を交換する。プロトタイプシステム

ムでは、ポインタの大きさによって重みを表現した。

14 名の利用者がシステムを利用して、質問紙調査に回答し、代理ポインタの利用についてコメントした。クリックのみでできる操作は理解しやすく、使いやすいと評価された。この結果は、提案の代理ポインタが意図した設計に合致していたことを示している。

6. おわりに

本稿では、グループコラボレーションのためのポインタ委譲、すなわち、代理ポインタを提案した。また、代理ポインタの設計の選択肢と迷惑行為への対応策について論じた。代理ポインタは、オブジェクトを操作できる利用者の公平な選択に役立てることができ、個別のテレポインタを補完するものである。

より現実的な課題もしくは一種のゲームにおいてポインタ委譲を今後評価する予定である。今後の実験では、異なる種類の代理ポインタ表現も調査する予定である。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金(20300280)による。

参考文献

- [1] Eric A. Bier and Steven Freeman, "MMM: a user interface architecture for shared editors on a single screen," Proc. of the 4th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp. 79- 86, 1991.
- [2] S. A. Bly and S. L. Minneman, "Commune: a shared drawing surface," Proc. of the Conference on Office Information Systems, pp. 184-192, 1990.
- [3] Saul Greenberg, Carl Gutwin, and Mark Roseman, "Semantic Telepointers for Groupware," Proc. of the 6th Australian Conference on Computer-Human Interaction (OZCHI '96), p. 54-61, November 1996.
- [4] Carl Gutwin, and Reagan Penner, "Improving interpretation of remote gestures with telepointer traces," Proc. of the 2002 ACM conference on Computer Supported Cooperative Work, pp. 49-57, 2002.
- [5] Stephen Hayne, Mark Pendergast, and Saul Greenberg, "Implementing Gesturing with Cursors in Group Support Systems," Journal of Management Information Systems, Vol. 10 No. 3, Winter 1994, pp. 43-62, 1994.
- [6] 大澤 範高, "集合ポインタ", グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2005, pp.75-80, 2005.
- [7] Noritaka Osawa, "Aggregate Pointers to Support Large Group Collaboration using Telepointers," Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2006), Work-in-progress, Extended Abstracts, pp. 1169-1174, 2006.
- [8] Kenneth J. Rodham, and Dan R. Olsen, Jr., "Smart telepointers: maintaining telepointer consistency in the presence of user interface customization," ACM Transactions on Graphics, Volume 13, Issue 3, pp. 300-307, July 1994.