

投票理論に基づいた意思決定支援システムの試作

吉田 詠梨¹ 奥原 俊² 早川 知道³ 伊藤 孝行^{2,3}

概要：集団における意思決定では意見の集約が難しく、参加者の意見の反映が十分になされないことや、意思決定の参加自体が大きな負担になることが多い。そこで本研究では、グループの意思決定支援を行える投票管理支援システムを試作する。近年、インターネットを利用した投票サービスが普及しているが、既存のサービスでは、投票理論 [1] において単純多数決との一致確率が低いとされる単記投票を用いたものが多い。本システムは、単純多数決により近い結果が得られる固定数記名投票を採用し、投票の作成時に参加者数と候補数から導かれる 1 回の投票で 1 人が行える最適な投票数の推薦を行う。本研究では評価実験を行い、意思決定における本システムの影響を調査し、考察する。

1. はじめに

集団における意思決定は様々な状況で行われている。決定には様々な方法があり、代表者や権利を持つ少数の人で決める方法や、全員参加の話し合いで決める方法、または投票を行うなどの方法が挙げられる。しかし、集団における意思決定では、参加者の中でも発言できる者が少数であったり、実際はそれほど多数派ではない意見が採用されるなどして、参加者の意見の反映が十分になされないことがある。意思決定の方法によっては、参加者が多くの手間をかける必要があったり、場合によっては全員が集まる必要があるなど、参加者にとって大きな負担となることもある。

近年、インターネットを利用した意思決定支援システムが多く用いられている。インターネットを介した意思決定では、直接集まって意思決定を行う場合より拘束時間が短く、参加時刻を合わせる必要がない場合もある。文章の書き込みによる意思表示を行う場合は、他の参加者の発言が終わるのを待つ必要がないため、より多くの参加者が発言の機会を持つことができる。中でも投票サービスは多数存在し、無料で利用できる簡易なアンケートフォームや、簡単にブログやホームページに貼付けられるものなどが多く使われている。しかし既存のシステムは、投票への参加者が限定されていなかったり、単純多数決に近い結果が出にくい単記投票方式を採用したものがほとんどである。以上の理由により、既存のサービスはグループ意思決定に利用するには向かないものであると言える。

本研究では、グループの意思決定支援のための投票シス

テムを試作し、投票によるグループ意思決定支援を可能にすることを目的とする。既存のシステムでは投票への参加者が限定されていないものや、単純多数決に近い結果が出にくい単記投票方式を採用したものがほとんどである。そこで本研究で試作する投票システムでは、最も投票者の意見が反映される投票方法である単純多数決に、より近い結果が得られる固定数記名投票を採用する。投票の作成時に、投票者数と候補数から導かれる 1 回の投票で 1 人が行える最適な投票数の推薦を行う。本研究では、参加者の負担を減らすため、既存システムの手軽さを残したまま、より単純多数決に近い結果が得られる投票を行えるシステムを構築する。

本論文の構成を示す。2 章では、既存の投票サービスと本研究で実装するシステムの違いを述べる。3 章では、投票方式を紹介し、本システムに採用する投票方式とその理由を述べる。4 章では、試作したシステムの概要について述べる。5 章では、試作したシステムの評価、及び考察を行う。最後に 6 章で、得られた知見と今後の課題を述べ、本研究をまとめる。

2. 既存の投票システム

既存の投票サービスの特徴を調査したところ、単記投票を一つだけ行うサービス、項目を選択する数の決まっていない投票を行うサービス、及び二者を組み合わせる多項目のアンケートを実施するサービスの三種類が多くあることがわかった。

既存のサービスと本研究で試作した投票システムとの違いは、以下の 2 点である。

- 投票方法が投票理論 [1] に基づいて決められていない点

¹ 名古屋工業大学工学部情報工学科
² 名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻
³ 名古屋工業大学大学院工学研究科産業戦略工学専攻

● 投票への参加者が限定されていない点

1 点目について、本研究で比較したサービスでは、選択肢のうち1つを選択する方式、及び投票数の上限だけが決められているという方式であった。また、投票を行う前に投票経過を見ることができるサービスもあり、これから投票する参加者が他人の投票内容に影響される可能性がある。本システムでは投票の作成時に、3章で述べる投票理論に基づいて最適な投票数を推薦する機能を取り入れる。投票結果は投票期限が過ぎるまで公開されず、投票経過は確認できないようにする。

2 点目について、本研究ではグループ内での意思決定を目的としているため、投票できるのはグループメンバーのみにすべきである。紹介したサービスの他にも、参加者を登録メンバーに限定することのできる投票サービスの存在は認められなかった。本研究で実装する投票システムでは、あらかじめ指定したユーザのみが投票に参加できるという方式を採用した。

3. 投票方式

3.1 単純多数決

単純多数決は、一つの意思決定に対して複数の選択肢がある場合、すべての選択肢の組み合わせに対して二者択一の投票を行い、投票の結果を用いて順位付けした場合に1位になる選択肢が選ばれるという方式である。単純多数決で1位になった選択肢は、全ての組み合わせにおける二者択一で勝者となったものであるため、他の全ての選択肢と比較して、より支持されていると保証される。ゆえに、単純多数決は投票理論において、一つの基準とされている。

しかし、厳密に単純多数決を行おうとすると、選択肢数が増加するにつれて投票者の負担は大きくなる。全ての組み合わせについて投票を行う場合、選択肢が n 個になれば $n(n-1)/2$ 回の投票を行う必要があり、多くの時間と労力を要する。よって、選択肢が多い投票に対して単純多数決を行うのは困難である。

また、単純多数決では、循環順位が発生することがある。投票者が表1のような選好を持っている場合、比較の結果をまとめると、 $x > y > z > x$ ということになり、全ての選択肢に、より好ましい選択肢が存在することになる。循環順位は、選択肢が3つ以上あり、投票者が3人以上いる場合には常に発生しうる。選択肢数が増加していくと、循環順位の発生確率は急激に増加する。

循環順位が発生している場合でも、通常は選択肢 x と選択肢 y を比較し、勝者となった選択肢 x と残った選択肢 z で比較をおこなって選択肢 z が勝者となると、選択肢 z を最終決定として選択肢 y と選択肢 z の比較はおこなわれないことが多い。しかし、同様に選択肢 y と選択肢 z を最初に比較すると最終決定は選択肢 x となり、選択肢 z と選択肢 x を最初に比較すると選択肢 y に決定する。はじめにど

表 1 循環順位が発生する選好例

投票者	選好
1	$x > y > z$
2	$x > y > z$
3	$y > z > x$
4	$y > z > x$
5	$z > x > y$
6	$z > x > y$

の二者を比較するかによって最終的な勝者が変わってしまうことを、投票のパラドックス、あるいはコンドルセのパラドックス [2][3][4][5] と呼ぶ。

本論文では、循環順位が発生しない限り、単純多数決によって選ばれた選択肢がもっとも好ましい投票結果であるとし、単純多数決に近い結果であるほど投票者の意見を反映した投票であると定義する。

3.2 単記投票方式

単記投票の実施方法は、投票者が複数の選択肢の中から最も望ましいと思う選択肢を一つだけ選び、得票数が最大となった選択肢が採用されるというものである。単記投票方式は、投票で何かを決定する場合に最も用いられやすい方式であり、多数決と言えば単記投票を指す場合も多い。

単記投票で選出された選択肢は、最も多くの人が第一位に選んだ選択肢である。しかし、単記投票の勝者になるために必要な最小の得票数は、投票者数を選択肢数で割った数より少し多いだけでよい。選択肢が2つならば勝者となるために必要な票数は過半数であるが、選択肢が3つならば投票者の約33%以上、選択肢が5つならば20%以上にまで下がる。単記投票では、選択肢数が増えるにつれ単純多数決勝者との一致確率が急激に低下する。投票者数が9名の場合、選択肢数が10まで増えると、単純多数決勝者との一致確率は5割程度まで下がってしまう。単純多数決勝者となる選択肢が単記投票によって選ばれる可能性は、かなり低いと言える。

単記投票の結果、上位2位までに入った選択肢で決選投票を行う方法もよく用いられている。決選投票を行うことにより、投票結果の単純多数決勝者との一致確率はある程度改善される。しかし、はじめの単記投票で第2位までに入らない選択肢は決選投票の候補とはならず、勝者となることもないため、単純多数決の結果とは一致しない。はじめの単記投票の結果、もっとも好ましい選択肢が第2位までに入らない場合も多く、単純多数決との一致確率を保証することはできない。

3.3 認定投票

認定投票方式は、投票者がそれぞれの選択肢について投票するかしないかの2択を行うというものである。個人の投票数に制限はなく、投票者は好ましいと思うすべての選

択肢に投票することができる。認定投票の利点として、類似した選択肢間の競合を防げることが挙げられる。

認定投票は投票者にとってコストの低い投票方式である。投票者の多くは自分の選好順位をはじめから知っているわけではなく、選好順位を決める段階で多くの労力を要する。認定投票では、それぞれの選択肢について投票するか否かを決めるだけで良いため、選好順位を明確にする際の労力が必要ない。

認定投票には、投票者の選好構造が3分割以上ある場合に、投票者の投票行動が他者の投票行動に依存するという問題点がある。ある投票者の投票行動は、自身の選好が変化していないにも関わらず、自分以外の投票者による投票経過を参照することによって変化してしまう。

3.4 固定数記名投票

固定数記名投票は、投票者はあらかじめ決められた数の票を投票するという方式である。例えば、ある投票者が $x > y > z > a > b$ という選好を持っていたとする。一人当たりの投票数が2票と決められている場合、投票者は x 及び y に投票する。投票数が1票と決められている場合は、単記投票と同じである。

固定数記名投票方式では、投票結果の単純多数決勝者との一致確率は、一人当たりの投票数によって大きく変化する。固定数記名方式で適切な投票数によって投票が行われた場合、単記投票を行った場合よりも単純多数決勝者が選出される確率が高い。数多くのシミュレーション結果により、Fishburn は固定数記名投票の最適な投票数 k を式 (1) に最も近い整数と定めるのがよいとしている [6][7]。

$$k \approx \frac{m}{2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \right) \quad (1)$$

k :適切な投票数, m :選択肢数, n :投票者数

固定数記名投票を行う際、投票者は投票数より十分下位の選択肢については選好順位をはっきりさせる必要がない。好ましいと考えるものをすべて選んで指定された投票数に達する場合や、好ましくないと考える選択肢を除外して指定された投票数にするという方法をとることもできる。よって固定数記名投票では、単純多数決ほどには投票コストがかからないと言える。

以上より、本研究で実装する投票システムには、投票者の負担が比較的少なく、単純多数決に近い結果が得られる固定数記名投票を採用する。そして、最適な投票数を式 (1) によって定めることとする。

3.5 順位評定法

順位評定法では、投票者は自分の選好順位に基づいて、順位に対応する点数をそれぞれの選択肢に投票する方式で、Borda が単記投票の欠陥を補うものとして提案した方式である [8]。集計の結果、得点が最大になったものが勝者とさ

れる。順位に対する点数の与え方は一通りではなく、最下位以外のすべての選択肢に一点ずつ差を付けて配分し、最下位のものには点を入れないとする方式や、上位のいくつかの選択肢にのみ点数を配分し、残りの選択肢には点数を入れないとする方式などがある。

順位評定法を実施するにあたって、投票者は自分のすべての選択肢についての選好順位を明らかにする必要がある。しかし、自分の選好順位をはじめから把握している人は少なく、投票前に選好順位を明らかにする手順は、投票者にとって大きな負担にもなりうる。

4. 固定数記名方式を用いた投票システムの試作

4.1 システムの概要

本システムは、投票機能、投票作成機能、投票管理機能、及びユーザ情報編集機能を備えた Web システムである。少ない負担で、より単純多数決に近い投票結果を得ることを目的としている。投票方式として、3章で示した投票理論に基づき、固定数記名投票方式を採用した。

本システムはユーザ情報、及び投票の情報を記述したデータベースで構成されている。データベースには5つのテーブルがあり、それぞれにユーザ情報、投票情報、各選択肢の情報、ユーザと投票の関連づけ、及び個々の投票内容が格納されている。インターフェースは PHP[9] と HTML[10] を用いて作成した。データベースには MySQL を用いた。

4.2 システムの機能

本システムは、投票機能、ユーザ情報編集機能、投票作成機能、及び投票管理機能を備えている。試作したシステムの機能を、図1の画面遷移図を用いて説明する。

まずログインページから、メールアドレスとパスワードを入力してログインを行うと、(1)のインデックス画面が表示される。ログイン状態では、常に上部に表示されるナビゲーションバーから、(1)のインデックス、(6)のユーザ情報編集画面、及び(7)の管理用トップページを開くことができる。ログアウトもナビゲーションバーから行う。

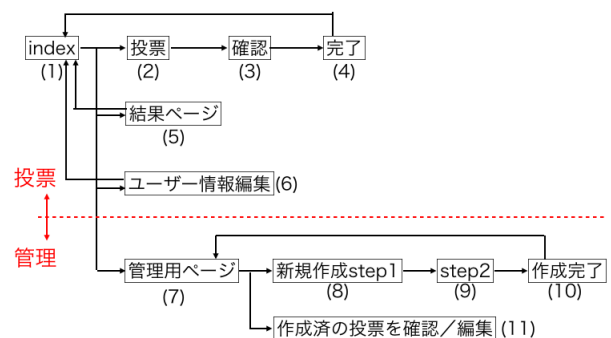


図1 画面遷移図



図 2 インデックス画面

図 2 は、(1) のインデックス画面の実行例である。インデックス画面には、それぞれの投票が、未投票のもの、投票済のもの、及び終了したものにわけて表示される。

【投票機能】

投票機能では、(2) の投票画面、(3) の投票確認画面、(4) の投票完了画面、及び (5) の結果表示画面が使われる。図 3 は、(2) の投票画面の実行例である。投票画面では、投票タイトル、投票の説明、投票締切、及び投票の管理者が表示される。以上に示した投票情報の下に、チェックボックスのついた選択肢とコメント記入欄が表示される。選択肢に正しい数のチェックを入れて投票ボタンを押すと、(3) の投票内容確認画面へ遷移する。投票内容確認画面では、選択した候補と入力したコメントが表示される。投票内容に変更がなければ、投票ボタンを押して (4) の投票完了画面へ遷移し、投票を完了する。(5) の投票結果表示画面では、投票タイトル、投票の説明、及び投票の管理者が表示され、その下に投票結果が表示される。投票結果は、投票

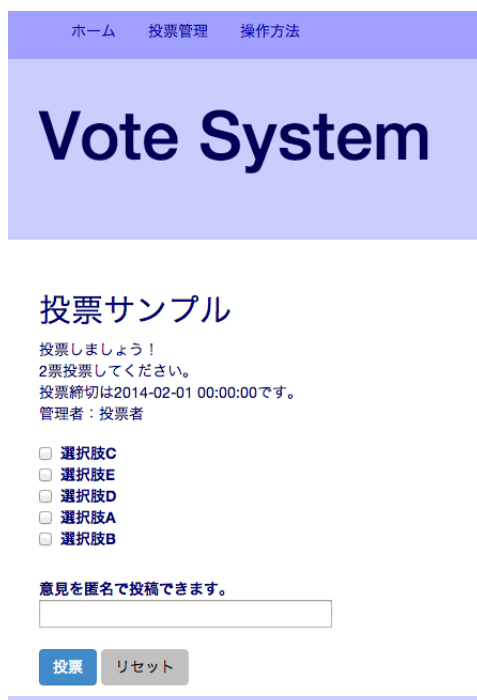


図 3 投票画面

された選択肢が得票数で降順になるように並べられており、結果の下にコメントが表示される。

【ユーザ情報編集機能】

ユーザ情報編集機能では (6) のユーザ情報編集画面のみを使う。ユーザ情報編集画面では、ユーザ名、メールアドレス、及びパスワードが表示され、それぞれ変更が行える。ユーザ情報の編集にはパスワードの入力が必要である。

【投票作成機能】

投票作成機能では、(8) 及び (9) の新規投票作成画面と、(10) の投票作成完了画面の 3 つが使われる。(7) の管理用トップページにて、(8) の新規投票作成画面へのリンクになったボタンを用いて、新規投票作成画面へと遷移する。

新規投票作成では、(8) 及び (9) の 2 ページにわたって投票情報の入力を行う。図 4 は、(8) の新規投票作成画面 1 の実行例である。新規投票作成画面では、ページの上部に、ユーザがどの段階にいるかが表示されている。新規投票作成画面 1 では、投票タイトル、投票の説明文、投票期限、選択肢、及び参加者を入力する。すべての項目に入力すると、(9) の新規投票作成画面 2 へ遷移することができる。(9) では、(8) のページで入力した情報の確認と、投票数の決定を行う。作成ボタンを押すと (10) の投票作成完了画面へ遷移し、投票の作成を完了する。

【投票管理機能】

投票管理機能では、(11) の投票情報編集画面のみを用いる。(11) の投票情報編集画面では、投票タイトルと投票の説明文、及び投票期限の変更が行える。管理者は編集画面から作成済みの投票を削除することができる。



図 4 新規投票作成画面

5. 評価実験

5.1 評価実験 A

評価実験 A では、試作した投票システムの動作確認、及び利用者の意見に基づいたシステムの評価を実施した。本システムによる投票実験および被験者によるアンケート評価を行った。

投票実験では、本投票システムの動作確認を目的とする。本実験では、大学研究室の忘年会会場を決定するための投票を行った。被験者は研究室に所属する 17 名で、会場の候補は 8 箇所である。期間は 2013 年 12 月 6 日から、同年 12 月 9 日とした。参考として、各選択肢には店の立地やメニューなどの情報を確認するための URL を添えた。投票の結果選ばれた候補は、実際に研究室の忘年会会場として利用した。

アンケート評価では、実際の利用者の意見に基づいたシステムの評価を目的とする。投票実験後、被験者に対して評価アンケートを実施した。評価項目は、回答者の属性、投票結果に対する評価、投票行動の理由、及びシステムの機能の 4 つの分類により行った。評価指標は、5 を最高評価として 1 から 5 の数字を用いた 5 段階で評価した。

5.2 評価実験 B

評価実験 B では、本システムで採用した投票方式の妥当性の検証を目的とする。本システムによる投票実験を行うと同時に、各選択肢に対する個人の選好順位を集計した。

本実験では、仮定の冬合宿の場所を決定するための投票を行った。被験者は研究室に所属する 17 名で、場所の候補は過去の合宿の実績をもとに 5 箇所を選定した。期間は 2014 年 1 月 11 日から、同年 1 月 14 日とした。

並行して、投票実験と同じ選択肢について、各選択肢に対する個人の選好順位を集計した。被験者は 5 箇所の候補にそれぞれ順位付けを行い、結果を集計することにより、システムに実装した固定数記名方式とは別の方式で投票を行った場合に得られる結果を調査し、投票実験の結果と比較を行った。

個人の選好順位の集計方法について説明する。本実験では、17 名の被験者が 5 つの選択肢に対して個々に順位付けを行ったものを、5 種類の方式で集計した。

はじめに、被験者の申告した選好順位から単純多数決の結果を得るため、以下の手順で集計を行った。

- (1) 個人のつけた順位から、二者択一を行った場合にどちらに投票するかを、すべての組み合わせについて明らかにする。
- (2) それぞれの組み合わせについて、1 の結果を合計し、二者択一の勝者を決める。
- (3) すべての組み合わせの勝敗から、全体の順位付けを

行う。

単記投票の結果を得るためには、それぞれの選択肢に対して何人が 1 位に選出したかを集計した。

単記投票後に決選投票を行う場合を再現するため、単記投票の結果上位 2 位までになった選択肢について、前述の単純多数決の結果を得るための手順 2 までの集計結果を用いて勝者を決定した。

固定数記名投票方式を行う場合の結果を再現するため、それぞれの選択肢に対して、1 位、及び 2 位に選出した人数を合計した値を得票数とした。比較のため、最適な投票数よりも多い 3 票を投票した場合の集計も行った。

最後に順位評定法の結果を再現した。本実験では選択肢数が 5 であるため、投票者それぞれが 1 位の選択肢に 4 点、2 位の選択肢に 3 点、3 位の選択肢に 2 点、4 位の選択肢に 1 点、5 位の選択肢に 0 点の点数をつけたとして計算した。

6. 考察

6.1 投票システムの考察

評価実験 A の実験結果に対し、考察を行う。投票の結果、1 位の項目は 10 票を集め、被験者数の過半数である約 59 %であった。1 位及び 2 位に入った候補の片方もしくは両方に投票した投票者は 15 名で、被験者の約 88 %にあたる。投票の結果、1 位の項目は被験者の約 59 %が支持しており、被験者の過半数の意見を反映していると言える。

アンケートの結果、投票結果に意見が反映されているという回答が約 93 %であった。投票結果で約 88 %の被験者が上位 2 位までに票を入れているという事実と合致している。被験者は、自分の投票した選択肢が上位に来ている場合には意見が反映されていると感じ、投票結果に納得したと考えられる。

アンケートより、投票結果に意見が反映されているという回答が約 93 %と高い割合であったのに対し、投票結果に満足しているという回答は約 53 %であり、被験者の半数程度であった。

満足したと答えなかった理由について、以下の二つが挙げられる。

- (1) 投票の結果 1 位になった項目だけが実際の活動に反映され、1 位の候補に投票しなかった半数近くの被験者の希望は叶えられない。
- (2) 被験者は投票した項目に対し、個々に優先度を持っている。しかし、固定数記名投票では投票した項目はすべて同等に扱われるため、一番好ましい選択肢が上位にならない場合は不満となる。

意見が反映されたと答えた割合と、満足したと答えた割合に差ができたことについては、自分の投票した項目が上位に入っているため意見が反映されていないとは言えないが、2 位以下の結果は実際の行動には結びつかないため、満足しているわけではないと考えられる。グループ意思決

定では参加者が複数いる以上、決定への参加者全員が満足する結果を得ることは困難であり、回答者の半数以上が満足していると答えた今回の結果は、多数の被験者が満足を得られるような投票であったと言える。

最適な投票数に対するアンケート結果について、投票数はちょうどよいとする回答が最も多かったが、それ意外では投票数が多いという回答が約 33 %あり、投票数が少ないという回答よりも多かった。選択肢数が増えると最適な投票数も増加するため、優先度が低い項目にも投票しなければならなくなったことが理由であると考えられる。

試作したシステムの機能に対するアンケート結果について、回答者のコメントを中心に考察する。

投票結果画面の見やすさについて、評価の平均は 3.3 で、やや低めであった。「レイアウトが見にくかった」、及び「文字が小さく、どれが選ばれたのかが強調されていない」というコメントが得られ、表示方法に改善の必要があることがわかった。

投票結果のわかりやすさについて、評価の平均は 3.5 であった。投票結果画面の見やすさについての評価と同様に、やや低めであった。投票結果画面の表示の問題についてのコメントの他に「見つけづらかった」というコメントがあった。投票結果へのリンクが、トップページの最下部に表示されることが原因であると考えられるため、トップページの表示方法に改善の必要がある。

以上より、実装したシステムのレイアウトや表示方法には、いくつかの改善が必要であるとわかった。

6.2 投票方式の考察

評価実験 B の実験結果に対し、考察を行う。本研究で試作した投票システムを用いた固定数記名投票の結果と、個人の選好順位を集計して得られた単純多数決の結果は、上位 2 位までが一致していた。一方、単記投票を再現した結果では、単純多数決において 2 位になった候補が勝者となった。単純多数決の勝者となる候補は、単記投票においては 3 位になるため、決選投票を行っても選出されないということがわかった。3 章で述べた投票理論において、単記投票よりも固定数記名投票のほうが単純多数決の結果と一致する確率が高いと説明した。本実験においても、システムに実装した固定数記名投票のほうが、単純多数決に近い結果を得ており、単記投票よりも適切な結果が得られたと言える。

5.2 節で、被験者が最も好ましくないとする候補 1 つに投票する場合についても集計を行ったところ、単記投票で上位二者になった 2 つの選択肢が、どちらも好ましくない選択肢の上位二つまでに選ばれた。上位二者となった 2 つの選択肢は、どちらも被験者によって好みが変わっており、個人の選好順位では 1 位と 5 位に集中していることが、前述の結果につながっている。以上の事実から、評価実験

B における単記投票の結果は適切でないと言える。

7. おわりに

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- 固定数記名投票方式を用いた投票実験の結果、選出された項目は被験者の過半数が支持した選択肢であった。
- 固定数記名投票では、単記投票を行った場合よりも単純多数決に近い結果が得られた。
- 被験者アンケートの結果、被験者の約 93 %が投票結果に意見が反映されていると感じている。
- 投票結果に意見が反映されたと感じることと、投票結果に満足することとは、必ずしも同じではない。
- 理論上では最適な投票数であっても、投票者にとっては投票数が多いと感じる場合がある。

以上の 5 項目から、本研究で実装したシステムでは、被験者の意見が反映される投票を行うことができた。しかし、理論上では好ましいとされている結果でも、上記の 4 点目や 5 点目で示した要因から、投票結果や投票方式のあり方が、意思決定への一部の参加者の感覚とは乖離している可能性がある。

本研究では、グループの意思決定支援のための投票システムを試作した。試作した投票システムには、投票理論において最も投票者の意見を反映するとされる単純多数決に、より近い結果が得られる固定数記名投票を採用した。評価実験の結果、投票実験で選出された選択肢は単純多数決の結果と一致し、被験者の大部分が投票結果に自分の意見が反映されたと感じていた。以上より、試作したシステムを用いた投票では、投票者の意見を反映した意思決定が行えることを確認できた。

参考文献

- [1] 佐伯胖 “「きめ方」の論理 社会的決定理論への招待”, 東京大学出版会,1980.
- [2] Condorcet, Marquis de. “Essai sur l'Apprication de l'Analyse, a la Probabilite des Decisions Rendues a la Pluralite des Voix”, Paris, 1785.
- [3] Riker, W.H., and Ordeshook, P.C. “An Introduction to Positive Political Theory”, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1973.
- [4] Brams, S.J. “Paradoxes in Politecs”, New York: Macmillan,1976.
- [5] Farquhason, R. “Theory of Voting”, New Haven, Conn.: Yale Univ. Press, 1969.
- [6] Fishburn, P.C. “Simple Voting Systems and Majority Rule”, Behavioral Science, 19, 1974, 166-176.
- [7] Fishburn, P.C. “Aspects of One-Stage Voting Rules”, Management Science, 21, 1974, 422-427.
- [8] Borda, J.C. “Memoire sur les Elections as Scrutin”, Histoire de l'Academie Royale des Sciences, 1781. English translation by A.de Grazia, Isis, 44, 1953, 42-51.
- [9] PHP: Hypertext Preprocessor, <http://www.php.net/>
- [10] HTML: HyperText Markup Language, <http://www.w3.org/TR/html5/>