

# 政策研究向けインターネット調査システムの設計と実装

## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF INTERNET SURVEY SYSTEM FOR POLYCY STUDIES

蟻川 浩<sup>1)</sup>, 曹 陽<sup>2)</sup>, 松本 茂<sup>3)</sup>

Hiroshi Arikawa, Yang Cao and Shigeru Matsumoto

1) 博士 (工学) 奈良産業大学 情報学部 (〒636-8503 奈良県生駒郡三郷町立野北 3-12-1, hiro-ari@pglab.org)

2) 博士 (社会学) 中国科学院 心理研究所 (100101 北京市朝阳区大屯路甲 4 号, qvg02310@nifty.com)

3) Ph.D (Economics) 青山学院大学 経済学部 (〒150-8366 東京都渋谷区渋谷 4-4-25, shmatsumoto@aoyamagakuin.jp)

This paper describes to design and implementation of internet survey system for policy studies. Internet survey is method to analysis of social studies in recent year. We have researched the method of internet survey for policy studies from a variety of angles. In this paper, we propose an internet survey system using “access logs.” Then, we illustrate the how to implement the internet survey system. By using the access logs, we can obtain some respondents behavior.

**Key Words:** *Internet Survey, Access Logs, Policy Studies*

### 1. はじめに

有益な政策提案を行うために、また様々な社会問題を解決するためには、マイクロ・データを収集するとともに統計学を活用して緻密な分析を行うことが求められる。一方、マイクロ・データの収集ならびに収集のための準備には膨大な時間がかかることが指摘されている。近年、マイクロ・データを迅速に収集する方法としてインターネット調査が注目されるようになった。

インターネット調査の長所は、情報通信技術を駆使することでマイクロ・データの収集にかかる各種コストを低減できることである。一方、収集したデータのサンプルの性格が不明確であるなど指摘されている。

我々は、インターネット調査法と政策研究のための展開を目的として研究を行っている。特に、既存の調査法である郵送アンケート調査法等との比較を通じて、インターネット調査法に含まれる問題点の抽出と改善、またインターネット調査をさらに発展させるための研究に着手している。本稿では、政策研究での活用を目的としたインターネット調査システムの設計について述べる。インターネット調査では回答者の回答にかかる時間の測定や回答場所の推定が可能であることに注目し、アクセスログを活用したインターネット調査システムを設計した。また、インターネット調査システムをクラウド・コンピューティング環境にて利用することを考慮して、各種作業用ソフトウェアおよびJavaサーブレット環境とPHP環境向けのサーバソフトウェアの実装を行った。ソフトウェアの実装を通じて得られた知見を述べる。

### 2. インターネット調査

本稿では、インターネット技術を活用したアンケート

調査をインターネット調査と定義する。具体的には、WWWブラウザを活用し、ネットワークに接続されているアンケートを回収する計算機 (アンケート・サーバ) にアクセスしてもらう形態を指す。

インターネット調査のメリットとして、(1) 迅速にデータ収集が可能であること、(2) 調査に係る各種コストが低く抑えられること、(3) 質問事項に静止画像および動画画像が利用できること、である。WWWブラウザを活用するのでオンラインでの調査であること、アンケート・サーバが質問票提示、回答結果の回収、データ集計を機械処理できるため、中でも調査後に係る作業を大幅に軽減できることが挙げられる。また、回答者はWWWブラウザが動作する端末があればどこでも回答可能になり、調査員の人件費等も抑えられる。さらに、主要WWWブラウザは、静止画、動画を問わずカラー画像が扱えるので、動画画像を含む宣伝用コンテンツの事前調査など、視覚で訴えるアンケート調査が可能になった。

一方、インターネット調査はサンプルの性格が不明確であることが指摘されている<sup>1,2)</sup>。アンケート調査による実証的検証では「誰を、どのように選び、確実に捕捉したか。また、どのように回答したか」という調査の基本事項が満たされなければならない。中でも「どのように回収したか」の事項において、郵送アンケート調査等では各設問に回答する時間を測定できないが、インターネット調査においては質問票の提示方法によって各設問に回答する時間を測定することができる。曹、前田らは、インターネット調査のアンケート・サーバに記録されたアクセスログから各設問の回答にかかる時間を抽出することで、インターネット調査において回答時間という説明変数を取り出せることを示している<sup>3,4,5,6)</sup>。曹、前田ら

の研究により、他の調査方法（観察法、実験法、面接法、質問紙法）では測定が困難とされた「時間制約下における人間の意思決定は思考過程の違い」を説明できるようになり、インターネット調査の新たな価値が見出された。

### 3. 政策研究向けインターネット調査システム

#### 3.1 インターネット調査システムの設計

インターネット調査システムを設計するにあたり、本稿では、原則として必要最低限の機能を提供する方針とする。ネットワークを活用したアプリケーションの開発ではしばしばサーバ側による障害なのか、ネットワーク側の障害なのかの判断を迫られる。アプリケーション開発で発生する障害を少しでも減らすべく、必要最低限の機能に絞り込むことにした。また、提案するインターネット調査システムは、回答結果の分析に関するソフトウェアの開発は行わない。マイクロ・データを取り扱うことを主とする研究者や実務担当者は高度統計処理ソフトウェアを活用した分析を主とする。したがって、回答結果をCSV形式のデータファイルに変換される機能を提供するだけで十分と判断した。

近年、一部の調査会社では登録されているモニタからアンケート依頼主の条件に該当するモニタのみを抽出し、外部のアンケート・サーバに誘導するサービスが提供されるようになった。本稿ではモニタ誘導サービスと呼ぶ。モニタ誘導サービスにより、アンケート調査の基本事項である「誰を、どのように選んだか」について満足できると考え、提案するインターネット調査システムはモニタ誘導サービスを積極的に活用することとする。もし、アンケート分析において、性別、年齢、家族構成など回答者の属性情報が必要な場合は、質問票にこれらの属性情報を得るなどの工夫で対処する。

本稿で提案するインターネット調査システムの全体像を図1に示す。回答者はWWWブラウザを通じてアンケートに回答するため、これらの機能はすべてWWWサーバソフトウェアと連携して動作する。提案するインターネット調査システムは以下の機能を有する。

##### 回答者認証機能(authentication module)

WWWサーバへのアクセスが正規の回答者によるものかを確認する機能を提供する。当該システムに予め登録されている回答者のみ認証され、後述の機能が有効になる。また、認証されていることを示す情報を回答者に送信する。

##### 質問提示機能(sender module)

回答者に質問を提示する機能を提供する。質問は原則として複数の設問で構成される。回答者は設問ごとにHTTPリダイレクトを使って質問データを受信する。

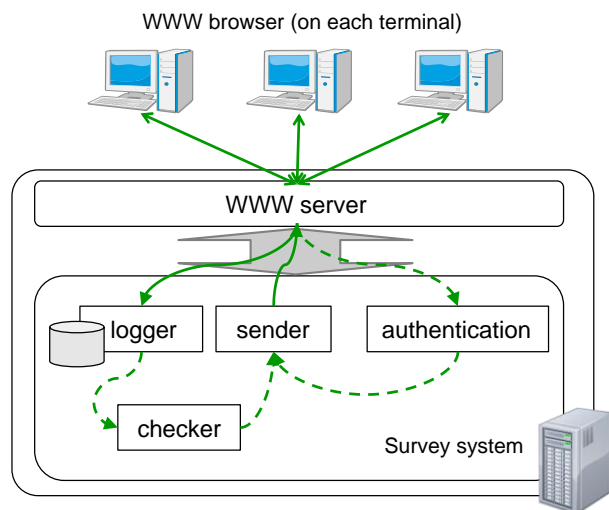


図1 インターネット調査システムの全体像

##### 回答記録機能(logger module)

回答者からの回答を記録する機能を提供する。回答者認証機能で認証されたことを示す情報、回答時刻、設問番号、回答結果の4つの情報を一組としてデータベース等に記録される。

##### 回答確認機能(checker module)

回答者からの結果に回答漏れがないかを確認する機能を提供する。政策研究向けの質問は択一選択および複数選択の質問で構成されることが多く、択一選択および複数選択の結果を中心に確認することで無回答を防ぐ。回答結果がある条件を満足する場合には、該当する質問に誘導するよう質問提示機能に伝える。一方、無回答の場合は、同一の質問を回答するよう質問提示機能に伝える。

WWWサーバソフトウェアと連携するものとは別に、インターネット調査システムを円滑に動作させるためのツールを別途準備する。具体的には、回答者認証時に使うデータベースを作成するツール、質問票データからWWWコンテンツへ変換するツール、データベースに格納されている回答結果をCSVファイルに加工するための回答結果出力ツールである。

#### 3.2 回答者の特定方法

提案するインターネット調査システムでは、回答者を以下の方法で特定する。

はじめに「回答者が認識可能な文字列」と「当該システムで判別するためのID値」の組をもつデータベースを準備する。

前者の文字列は、回答者が予め知っているものとする。インターネット調査会社のモニタ誘導サービスを活用する場合は調査会社が回答者に対して当該システムを利用するために通知される情報である。多くの場合、謝礼等

を支払う際の照合専用アカウントに該当する。インターネット調査会社が回答者に対して連絡するので、当該システムでは照合専用アカウントを照会し、正当な回答者であることを確認する。また、当該システムを単独で利用する場合は、あらかじめ回答者が募集されていることが前提であるが、別途照合専用の情報（例えば、回答者の連絡用メールアドレス）を準備する。

後者のID値は回答数に応じてID値の桁数を決定する。IDは1以上の値だが、当該システムでは文字列として取り扱う。桁数に満たないID値はゼロで埋める（例えば、IDの桁数を5とした場合、1から9999までの値は00001から09999とする）。

回答者の認証はデータベースに登録されている情報をもとに行われ、回答者に「当該システムで判別するためのID値」を提示する。また、「当該システムで判別するためのID値」を活用して、回答者の回答状況を把握する。具体的には、RFC2965で定義されているcookieを利用して回答者にID値を配布する。自宅およびSOHOなどのネットワーク環境の場合、ブロードバンドルータ等を用いていることが多い。ブロードバンドルータは1つのグローバルIPアドレスと複数のプライベートIPアドレスとをNAT機能によって接続し、プライベートIPアドレスを割り当てられた計算機のインターネットアクセスを可能にしている。したがって、ブロードバンドルータの配下に複数の回答者が存在した場合、IPアドレスだけで回答者の特定ができないことになる。そこで、現状のインターネット接続環境を考慮するとWWWブラウザ単位で回答者を特定するのが妥当と考え、cookieの枠組みを活用して回答者のWWWブラウザにID値を記録させることにした。なお、アンケートの終了とともにWWWブラウザ側で記録されたcookie情報は消去される。

### 3. 3 質問票の取り扱いと質問コンテンツの作成

政策研究のためのアンケート調査では、アンケート実施者は回答者に適切に回答してもらうための質問票を設計する。本稿では、アンケート調査における質問票自体が既に設計されているものとする。

一般的に質問票は複数の設問で構成されている。また、回答者は最初の設問から最後の設問に向かって回答するよう設計されている。質問票中、条件分岐となる質問があるが、次以降の設問に答えるかを判断するものが多く、判断結果が偽の場合はいくつかの設問を飛び越えるにとどまり、回答済みの質問に戻ることはない。したがって、質問票全体を眺めた場合、質問の流れは有向非循環グラフ(DAG)で表現される。

本稿で提案するインターネット調査システムは、回答者への質問提示は設問別に分けることにした。ここで、回答者に提示される設問別のWWWコンテンツを質問コンテンツと呼ぶことにする。

設問番号, 小問番号, 質問形態, 質問文, 項目 1, 項目 2, ...

図2 質問票データファイルの形式

設問番号, 小問番号, 質問形態, 次番号, 条件値, 移動先番号

図3 フロー情報データファイルの形式

大量の質問を一度に提示することは回答者の回答意欲を低下させる。また、我々は回答者の各設問における回答時間を得ることを目的としている。質問の流れがDAGであることに注目すると、回答者の回答内容に応じて設問を提示することが可能と考え、設問別にWWWコンテンツを作成することにした。以下で質問コンテンツの作成方法を述べる。

質問コンテンツの作成に必要なアンケート情報（質問票）の情報は図2および図3に示すようにCSV形式のファイルとして作成する。図2は質問内容を記述したものの、また図3は質問内容の流れを記述したものである。図3のデータをフロー情報と呼ぶ。これらの情報は1小問あたり1行で記述される。

設問番号、小問番号はそれぞれ質問コンテンツ単位に割り振られる番号、質問単位で割り振られる番号である。

質問形態は、択一選択、複数選択、値入力、スケール尺度の4種類のうちいずれかを選択する。

質問コンテンツの遷移を示すフロー情報は次番号、条件値、移動先番号を定義する。原則として次番号の項目には次の設問番号の値を設定する。また、条件分岐が要求される設問では、条件値と移動先の設問番号を記述する。本稿で提案するインターネット調査システムでは、制約として質問形態が択一選択のときのみ条件分岐を許すことにした。また、フロー情報はDAGで表現されていることを確認する。

質問コンテンツは設問番号別にコンテンツファイルを作成する。各設問の質問コンテンツファイルはWWWブラウザで閲覧可能にすべく、HTMLのフォームタグを使って記述する。加えて、WWWブラウザのcookie情報から当該システムで判別するためのID値を取り出すコードを記述する。取り出されたID値は回答結果と一緒に送信されるよう、隠し属性タグで記述する。質問形態が択一選択、複数選択、値入力の場合、質問コンテンツの質問事項はそれぞれラジオボタntag、チェックボックstag、テキストボックstagを用いて記述する。また、質問形態がスケール尺度の場合、ラジオボックstagを用いて記述する。

### 3. 4 アクセスログの活用

提案するインターネット調査システムでは、回答時間を説明変数として取り出し、質の高いアンケート結果を得ることを考えている。そこで、調査システムの通信記

録から回答者の回答環境と各設問の回答時間を推定する。前者はグローバルIPアドレスからインターネット調査システムにアクセスしている地域を推定する。後者は質問コンテンツにアクセスされてから回答結果を送信するまでの時刻を回答時間として定義する。後者は現時点では、回答者が謝礼目当てであるかを確認する際に用いる。謝礼目的である回答者は質問内容に興味がないので、回答時間が極端に短いと想定できる。そこで、回答結果と回答時間を総合的に判断し、謝礼目的の回答者かを確認する。アンケート結果から謝礼目的の回答者の情報を取り去ることで、アンケート結果自体の品質を向上することにつながる。また、調査票の設計においても有益な効果もたらす。例えば、調査項目に対する回答者の認知上の差異を検討できるなど、さまざまな展開が可能になる。

#### 4. インターネット調査システムの実装

インターネット上でサービスを提供する場合、これまではサーバ専用の計算機と必要最低限のトラフィックを確保したネットワークを準備してきた。近年、クラウド・コンピューティングの概念および技術が浸透した結果、インターネット上でのサービス提供形態やWebプログラミング開発形態が大きく変化している。計算機環境においては、Google App EngineやAmazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2)に代表されるように計算機の処理能力を時間単位で購入できる環境が整備されている。また、一定性能を維持しつつも月額料金が低価格のレンタルサーバも多数存在するようになった。Webプログラミング環境は、一般的になりつつある Perl/CGI, PHP, Javaサーバレット以外にRuby on Railsなど、様々なWebプログラミング環境が揃いつつある。加えて、それらの開発上のノウハウも数多く蓄積された結果から、作業コストのかからない開発方法も提案されている。我々も、このような環境の変化を積極的に活用しながらソフトウェア実装することが望ましいと考えた。

本稿では、インターネット調査システムを実装するにあたり、インターネット調査システムのサーバ部分に相当するソフトウェアの実装は必要最低限の機能のみとした。また、質問コンテンツの生成など、サーバ部分の動作に直接影響しないツールについては、Perl, Rubyなどの高機能スクリプト言語を活用して実装した。多くのUNIX環境ではPerlやRubyなどのインタプリタはインストールされている。また、Windows環境においてもPerlやRubyのインタプリタがインストール可能である。これらの方針により、ツール等の実装にかかる負担を減らすことにした。また、クラウド・コンピューティングを視野に入れたシステム開発を心掛け、Javaサーバレット環境およびPHP環境の2種類について取り上げる。まず、サーバの環境に依存しないツールの実装について説明したあと、Javaサーバレット環境およびPHP環境それぞれにおけるインターネット調査システムの実装上の工夫について述

べる。

##### 4. 1 サーバ環境に依存しないツールの開発

質問コンテンツを作成するツール、回答者の情報を格納したデータベースを作成するためのツール、データベースに格納された回答結果およびアクセスログをCSVファイルに変換するツールはスクリプト言語Perlを用いて実装した。なお、本稿では質問コンテンツを作成するツールについて述べる。

質問コンテンツを作成するツールは、図2で示したフォーマットで書かれたデータファイルから、HTMLのフォームタグを使ったデータファイルに書き換える。後述するJavaサーバレット環境およびPHP環境で質問コンテンツを使えるようにしなければならない。そこで、Javaサーバレット環境およびPHP環境の質問コンテンツにそれぞれ図4および図5のコードを書き加える。図4および図5のコードはWWWブラウザのcookie情報を読み取るコードである。また、回答者を識別するための情報を送信するために質問コンテンツに書き加える。書き加えるコードを図6および図7に示す。さらに、図3で示したフォーマットで書かれたデータファイルから、次の質問コンテンツを記したデータファイルを作成する。すべての質問コンテンツに対応するようデータファイルが作成される。加えて、「択一選択」の質問に限り条件分岐を許可するよう制約を設けた。択一選択の質問かつ条件値が記されている場合に限り条件と次のコンテンツ設問番号をデータファイルに追記するように実装した。

##### 4. 2 Javaサーバレット環境で動作するサーバソフトウェアの実装

2008年よりGoogle社はGoogle App Engineと呼ばれるWebアプリケーション実行環境を提供している。利用できるWebアプリケーションの言語はPython, Java, Go(Google社が開発した専用言語)と制約があるもののGoogle社が有する巨大な計算機システムを使って高性能Webアプリケーションを実行できる。アクセス数やデータ転送量に基づいて従量制で課金されるが、一定量は無料であることや課金レートが安価であることから注目されている。対応している言語のうちJavaはJavaサーバレットで書かれたコードをGoogleの計算機システム向けに仕様変更するだけでよいので、Javaサーバレットのプログラミングに慣れている開発者には適当な計算機環境が安価で入手できる。そもそも、JavaサーバレットによるWebプログラムは大量のリクエスト処理に適しているので、Javaサーバレットによるインターネット調査システムの実装は妥当であると考えた。そこで、Google App Engineで動作させることを視野に、本稿ではJavaサーバレットエンジンであるTomcatで動作するインターネット調査システムを実装した。

```

<%@ page import="java.net.*"
contentType="text/html; charset=UTF-8" %>
<%
Cookie cookies[] = request.getCookies();
Cookie respondentIDcookie=null;

if(cookies!=null) {
    for(int i=0;i<cookies.length; i++) {
        if(cookies[i].getName().
            equals("respondentID")) {
                respondentIDcookie=cookies[i];
            }}}

String respondentID;
if(respondentIDcookie==null) {
    respondentID = "-99999";
} else {
    respondentID = URLDecoder.decode(
        respondentIDcookie.getValue());
}
%>

```

図4 質問コンテンツに追加するコード(サーブレット)

```

<?php
if( isset($_COOKIE['respondentID']) ){
    $respvalue = $_COOKIE['respondentID'];
} else{
    $respvalue = -1;
}
?>

```

図5 質問コンテンツに追加するコード(PHP)

```

<input type="hidden" name="respid"
value="<%= respondentID %>" >

```

図6 回答者ID送信部分のコード(サーブレット)

```

<input type="hidden" name="respid"
value="<?= $respValue; ?>">

```

図7 回答者ID送信部分のコード(PHP)

TomcatはWWWサーバソフトウェアのApacheと連携するよう設定した。回答情報はURL変数に記述してサーバ側に送信するよう実装したので、Apacheのアクセスログにも回答情報が記録される。また、Apacheのアクセスログには、回答時刻とIPアドレスが記録されるので、回答者の回答時間と回答場所等が推定しやすくなる。



図8 WWWブラウザでの表示例

Tomcatのルートディレクトリに相当する部分に実装したプログラム(クラスファイル)と質問コンテンツ、各種データベースファイルを配置した。回答者情報を格納したデータベース、回答結果が格納されるデータベースはSQLJetを使って実装した。SQLJetはSQLite準拠のデータベースファイルをJavaプログラムからアクセスできるライブラリである。そのため、SQLiteのターミナルプログラムからデータベースを修正できる。なお、当該システムでは非対応だが、Google App Engineに適用する場合は、Datatore Java APIを活用するようコードを書き換えることになる。

図8に実装したシステムを使ってアンケートに回答する際のWWWブラウザの表示例を示す。図8の表示例は、設問がスケール尺度の場合である。実装したシステムでは簡素化されたものを提示するが、スタイルシートなどを活用することでより綺麗な質問画面を提示できる。

#### 4.3 PHP環境で動作するサーバソフトウェアの実装

レンタルサーバを提供する業者もまたクラウド・コンピューティングの技術を積極的に利用している。仮想化技術と高性能CPUを搭載した計算機により、1台の計算機(ホスト計算機)で複数のサーバ計算機を生産できるようになった。また、ホスト計算機が故障しても別のホスト計算機でサービスを提供できる。この結果、サーバ計算機の1台あたりの月額単価が安価で提供されるようになった。また、サービスの復旧にかかる時間が従来以上に短縮できるため、サーバ計算機の故障耐性が大幅に向上した。

レンタルサーバのハードウェアおよび運用の観点では安価で質の高いサービスが提供されるものの、利用者からみれば1台のサーバ計算機に変わらない。Amazon社が提供するAmazon EC2やさくらインターネット社が提供するさくらのVPSなどはサーバ計算機としてLinuxサーバを提供しており、Javaサーブレット環境の導入するこ

とでJavaサーバ環境のサーバソフトウェアを適用できるが、多くのレンタルサーバではJavaサーバ環境を構築できるとは限らない。依然としてPHP、Perl/CGIによるWebアプリケーションのみ実行可能となっている。このような事情から、本稿で提案するインターネット調査システムをPHPで動作するよう新たに実装した。

PHP環境で動作するサーバソフトウェアは原則としてJavaサーバ環境で動作するソフトウェアと同一の挙動になるよう実装した。相違点としては、回答結果を格納するためのデータベースへ記録する方法を簡素化した。Javaサーバ環境はサーバエンジンが大量のリクエストを処理できるので、データベースへの同時書き込みに対して適切に処理される。一方、PHPでは1リクエストに対してApache側の子プロセス（もしくはスレッド）が生成される。複数の回答者が同時に送信するとデータベースファイルへの書き込みが同時に発生することになり、結果としてソフトウェア全体の性能低下につながることを考えた。そこで、PHPで動作するシステムでは、回答情報をSQLiteなどのデータベースシステムを使わず、Apacheのログファイルに直接出力するよう改良した。アンケート結果はApacheのログファイルから取得できるよう外部のツールを実装することで対処した。

## 5. 関連研究

クラウド・コンピューティングを活用したアンケートシステムの構築という観点では、Google社はGoogleドキュメントのスプレッドシートが挙げられる。GoogleドキュメントはWWWブラウザ上でオフィススイツを使えるようにしたものである。その一機能であるスプレッドシートにはアンケートフォームを作成する機能が含まれており、アンケートフォームの作成、アンケート実施、アンケート結果の収集と分布図程度のグラフ作成をすべてWWWブラウザだけで行うことができる。アンケートフォームは択一選択、複数選択、スケール尺度の他に、リスト一覧からの選択なども存在する。条件分岐を含む質問を含めることができる。アンケートを実施する際、原則として誰でも回答できる状態だが、Googleアカウントの所有者に限定することもできる。アンケート結果はGoogleドキュメントのスプレッドシートにアクセスした時間を主キーとする情報として出力される。アンケート実施者はGoogleアカウントを有することでこれらの機能を使えることから、本稿で提案するインターネット調査システムよりも手軽にかつ迅速にアンケートが実施できる。一方、設問別の回答時刻を測定できないこと、回答場所の情報を収集するのが難しいので、我々の目的を満たささない。

## 6. おわりに

本稿では、政策研究向けインターネット調査システムの設計と実装について述べた。本稿で提案するインターネット調査システムでは、サーバ計算機のアクセスログを用いることで回答者の回答にかかる時間の測定や回答場所の推定ができるように設計した。また、クラウド・コンピューティング環境を視野に入れたインターネット調査システムのプロトタイプ実装を行い、得られた知見を述べた。本稿では質問票をWWWコンテンツに変換するためのツール実装で工夫した点について示すとともに、Javaサーバ環境とPHP環境それぞれの環境に適したサーバソフトウェアの実装上の工夫を示した。今後、インターネット調査会社のシステムと連携した実験や経済政策に関するインターネット調査の実施を通じて、本稿で提案するインターネット調査システムの性能評価を行う。また、これらのツールの改良等を通じて、インターネット調査法のあるべき姿を提示する。

**謝辞:**本研究の一部は平成22年度文部科学省委託業務「特色ある共同研究拠点の整備の推進事業」による委託を受けて行った。

### 参考文献

- 1) 林知己夫, 調査環境の変化と新しい調査法の抱える問題, 統計数理, Vol.49(1), p.199,2001
- 2) 大隅昇, インターネット調査の何が問題か: 現状の問題と解決すべきこと, 新情報, Vol.91, pp.1-24, 2004
- 3) 曹 陽, 同期型オンラインシステムを用いた施設選択実験—回答者の特徴を理解するためのアクセスログの活用事例2—, 日本社会心理学会第50回大会・日本グループ・ダイナミクス学会第56回大会合同大会論文集, pp.6-9, 2009
- 4) Shigeru Matsumoto, Hiroshi Arikawa, Taiyo Maeda, Tadahiko Murata, Agent heterogeneity and facility congestion, PG Lab Discussion Paper Series, No.44, pp.1-22, 2009.
- 5) 前田 太陽, 松本 茂, 名取 良太, 曹 陽, 蟻川 浩, 村田 忠彦, 仮想環境下での選択行動のための実験環境を提供するPSEシステムの開発, 第12回問題解決環境ワークショップ論文集, pp.17-20, 2009.
- 6) Taiyo Maeda, Tadahiko Murata, Daichi Kotaka, Shigeru Matsumoto, Yang Cao, Social Simulation Based on Human Behavioral Data Collected by Web-Based Experimental System, Journal of Convergence Information Technology, Vol.5(4), pp.141-151, 2011.