

機能実行履歴を用いたソフトウェア機能の発見支援システム

森崎 修司^{†*} 白石 裕美^{†**} 大和 正武[†] 門田 暁人[†]
松本 健一[†] 鳥居 宏次^{††}

A Support System for Software Function Discovery Using Histories of
Function Executions

Shuuji MORISAKI^{†*}, Yumi SHIRAISHI^{†**}, Masatake YAMATO[†], Akito MONDEN[†],
Ken-ichi MATSUMOTO[†], and Koji TORII^{††}

あらまし 今日のアプリケーションソフトウェアの多くは、様々な使用目的を想定しているために非常に多機能であるが、その反面、ユーザにとって有用な機能を探し出すことは容易でない。本論文では、ソフトウェアの使用目的が似通ったユーザ間で機能実行履歴を相互参照可能とすることで、ユーザにとって有用な機能の発見を支援するシステムを提案する。提案するシステムは、機能実行履歴をより広範に長期間にわたって収集し、収集された大量の履歴を効率良く処理し、ユーザにとって未知、かつ、有用な機能の候補をわかりやすく提示することができる。Microsoft Word 2000、及び、PowerPoint 2000 を対象とした評価実験の結果、延べ9人の被験者は平均63.7個の機能を有用な機能の候補としてシステムより提示され、そのうちの平均16.1個の未知機能を見ることができた。また、発見した未知機能のうち、被験者が実際に有用であると答えた機能の割合はWordでは平均39.2%、PowerPointでは46.3%であった。

キーワード 操作履歴、ユーザ支援、知識の共有、協調フィルタリング、協調学習

1. ま え が き

ワープロ、表計算、作図ソフトなどの一般向けアプリケーションソフトウェアが提供する機能の数は増加の一途をたどっている。これらのソフトウェアは様々な用途、及び、ユーザを想定して開発されているため、多くの作業に不可欠となる基本的なものから、特定の状況においてユーザの操作数を大幅に削減し作業効率を高める高機能なものまで様々な粒度の機能が存在する。

しかし、機能数の増大はユーザの作業効率の向上（作業時間の短縮、操作数の減少）に直接結びついているとは考えにくい。その原因の一つは、特定の作業を

実施する際に必要となる機能、作業効率を高める機能が他の機能に埋もれてしまい、ユーザがそれらの機能を見ることが困難となるためである。作業効率を大幅に高める機能が存在していても、ユーザはあるかわからないその機能を探すよりは、基本機能の組合せで作業を進める傾向があることが観察されている[3]。例えば、文書編集ソフトウェアにおいて「文書中のフォントの種類だけを置換する」という粒度が大きい機能が提供されていても、ユーザはその機能が提供されていることに気づかず「テキストの選択」「フォントの指定」といった基本機能を数十から数百回実行することで、作業を済ませてしまう場合がある。多くのソフトウェアのオンラインヘルプでは、キーワードによる検索機能をユーザに提供しているが、ユーザがその存在すら想像できないような機能をキーワード検索により探し出すことは困難である。

ユーザにソフトウェアの機能の存在を知らせることを目的としたユーザ支援機能の一つに active help system [5], [16], [17] がある。active help system ではユーザの操作履歴に基づいてユーザの意図を推測す

[†] 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 生駒市
Graduate School of Information Science Nara Institute of
Science and Technology, Ikoma-shi, 630-0101 Japan

^{††} 奈良先端科学技術大学院大学 生駒市
Nara Institute of Science and Technology, Ikoma-shi, 630-
0101 Japan

* 現在、株式会社インターネットイニシアティブ

** 現在、シャープ株式会社

るためのユーザモデルをもち、ユーザが気づいていないと推測される機能をユーザに積極的に知らせる。しかし、機能が肥大化したソフトウェアでは、効果的なユーザモデルの構築、及び、適切な支援を行うことは容易ではない[6]。

筆者らはこれまでに、同一のソフトウェアを似通った目的で利用するユーザ間で使用機能の履歴（機能実行履歴）を相互参照することにより、機能の発見コストを小さくすることを目的とした方式を提案し、その効果を実験により確かめている[11],[12]。ユーザ間での履歴の相互参照は協調フィルタリング[1]の考えに基づくものである。すなわち、似通った興味をもつ他ユーザが収集した情報（ここでは、機能実行履歴）をもとに、大量の情報（ここでは、ソフトウェアが提供する多数の機能）の中から必要な情報（ここでは、有用な機能）を得る。これにより、ユーザモデルを構築することなく、有用な機能の発見を支援することができる。

ただし、文献[11]では、方式の評価に必要な最低限の機能をもつシステムが試作されたのみである。知識共有の観点からすれば、できるだけ大量の機能実行履歴を収集することが望ましいが、LANで接続された数台の計算機からの履歴収集を前提としており、広範に大量の機能実行履歴を収集することはできない。また、「機能実行履歴中の任意の部分系列」の一覧を表示できるだけで、ユーザにとって未知、かつ、有用な機能の候補をわかりやすく提示する方法についての議論はなされていない。

本論文では、文献[11]で提案した方式のうち、機能実行履歴の提示に関する部分をより具体化した上で、機能実行履歴をより広範に長期間にわたって収集し、収集された大量の履歴を効率良く処理し、ユーザにとって未知、かつ、有用な機能の候補をわかりやすく提示することのできるシステムを提案する。提案するシステムは、機能実行履歴の収集、及び、提示を行うクライアント、機能実行履歴を蓄積するサーバ、及び、それらを結ぶネットワークから構成される。対象ソフトウェアは Microsoft Office 2000 アプリケーションである。クライアントは、Office 2000 のプラグインモジュールとして実装した。サーバは Java Servlet として実装し、対象ソフトウェアに依存しない形式で機能実行履歴を蓄積できる。

以降、2.で提案するシステムの基盤となる方式について述べ、3.で提案システムについて述べる。4.で

システムの評価実験について述べ、5.で考察する。6.で関連研究について述べ、7.でまとめる。

2. ソフトウェア機能の発見支援方式

2.1 概要

本方式では、GUIメニューをもつソフトウェアの機能実行履歴を複数のユーザから収集し、履歴に含まれる各機能及び機能の部分系列に対してユーザごとの頻度情報を付加して、ユーザ間で相互参照可能にする。ここでいう機能実行履歴とは、ソフトウェア使用時にユーザが実行した機能名（選択されたメニュー項目の名称）とその実行日時を、ユーザごと、及び、ソフトウェアごとに時系列に並べたものであり、実行機能の種類数、履歴の行数等を属性としてもち。

本方式の概略を図1に示す。ユーザは、「機能実行履歴サーバ」とネットワークで結ばれた計算機上でソフトウェアを利用する。ユーザの計算機上で稼動する「機能実行履歴収集部」が機能実行履歴を収集し、ネットワークを通じて機能実行履歴サーバ上で稼動する「機能実行履歴蓄積部」へと送出する。機能実行履歴の収集と送出は自動的、かつ、ユーザの作業を妨げないように行われる。機能実行履歴サーバ上で稼動する「機能実行履歴送出部」はユーザからの要求にこたえて、蓄積した機能実行履歴に含まれる部分系列、または、ユーザ属性を送信する。ユーザの計算機上で稼動する「機能実行履歴提示部」は送信された機能実行履歴の部分系列から、機能ごとの実行頻度一覧、ユーザ

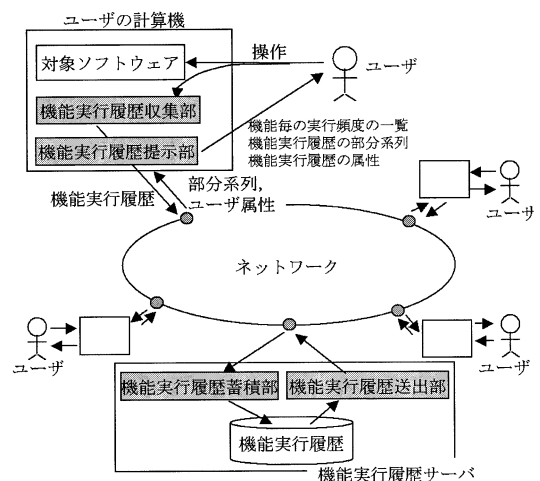


図1 ソフトウェア機能の発見支援方式
Fig.1 Overview of the architecture.

2000/02/03 18:51:01 ファイル->印刷プレビュー (&V)
 2000/02/03 18:51:14 ファイル->印刷 (&P)
 2000/02/03 18:51:16 ファイル->上書き保存 (&S)
 2000/02/03 18:51:23 ファイル->終了 (&X)

図 2 機能実行履歴

Fig. 2 An example of history of function executions.

が指定した機能を含む機能実行履歴の部分系列、及び、ユーザ属性を提示する。

2.2 機能実行履歴の収集・蓄積

機能実行履歴収集部はソフトウェアに対するユーザの操作を監視し、ソフトウェア機能の実行に関するものだけを機能実行履歴としてユーザの計算機上に蓄積する。機能実行履歴の例を図 2 に示す。図 2 の例では、一つの行が一つの機能実行に対応し、機能実行ごとに「実行日」「実行時刻」「メニュー項目名」が記録されている。メニュー項目名については、メニュー階層内での位置がわかるように、ルートメニューからの選択経路を付加する。例えば、図 2 に示す履歴の先頭行の場合、選択されたメニュー項目「印刷プレビュー」は、ルートメニュー「ファイル」のサブメニュー内に位置することがわかる。

機能実行履歴収集部は、蓄積した機能実行履歴を機能実行履歴サーバ上の機能実行履歴蓄積部に送出する。送出はソフトウェア終了時や一定量の機能実行履歴が蓄積されたとき等に行われる。送出の際、ソフトウェア名、及び、ユーザ名が機能実行履歴に付加される。

2.3 機能実行履歴の提示

文献 [11] では、ユーザに提示すべき情報として、「機能の実行頻度」「機能の実行時期」「ユーザ間での機能の実行割合」「ユーザの特性」「機能実行パターン（機能実行履歴中の任意の部分系列）」を挙げている。本論文では、これらのうち「機能の実行時期」を除く情報を、次の三つの「一覧表」としてユーザに提示する。

- 機能ごとの実行頻度の一覧：機能実行履歴に含まれる機能（長さ 1 の部分系列）をユーザごとの実行頻度とともに表形式で提示する。特に、履歴参照ユーザ以外のユーザのうち、その機能を 1 回以上実行したユーザの割合（実行割合）を情報として付加し、履歴参照ユーザが実行していない機能（実行頻度が 0 の機能）に対応する行を強調表示する。これにより、履歴参照ユーザにとって未知、かつ、有用な機能の候補の発見を支援する。

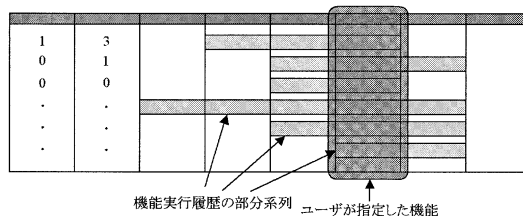


図 3 機能実行履歴の部分系列の提示方法

Fig. 3 Presentation of sequences contained in histories of function executions.

- 部分系列の一覧：長さ 2 以上の部分系列のうち、履歴参照ユーザが指定する特定の機能（指定機能）を含む系列のみを、ユーザごとの実行頻度とともに表形式で提示する。これにより、提示される部分系列の個数は、文献 [11] での方式に比べおよそ 5 分の 1 から 10 分の 1 となる。また、指定機能を中心とした KWIC (Key Word In Context) 形式で部分系列を表示することにより、指定機能と他の機能との間の共起や連鎖の関係の発見を支援する（図 3 参照）。

- 各ユーザの機能実行履歴の属性一覧：各ユーザの機能実行履歴に関する次の情報を表形式で提示する。
 - － 使用機能の種類数
 - － 履歴参照ユーザと共通する使用機能の数
 - － 行数（機能実行回数）
 - － 受信回数
 - － 初回受信日時

これらの情報により、履歴参照ユーザは、他ユーザの履歴が自分にとってどの程度参考になるかを知ることができる。例えば、「履歴参照ユーザと共通する使用機能の数」が多いユーザは、自分と似たような目的でソフトウェアを利用しており、未知、かつ、有用な機能の発見にその履歴が役に立つ可能性は高い。

3. システム

3.1 概要

システムの構成を図 4 に示す。システムはソフトウェアを実行する各ユーザの計算機上で実行されるクライアント、機能実行履歴を蓄積する一つのサーバ、及び、それらを結ぶネットワークで構成される。構成自体は、文献 [11] で試作したシステムと同様である。しかし、機能実行履歴をより広範に長期間にわたって収集し、収集された大量の履歴を処理できるよう、次のような変更を行った。

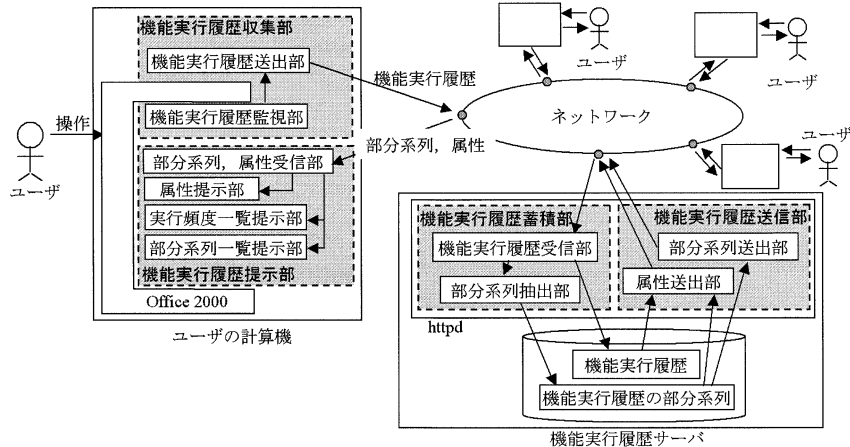


図 4 システムの構成
Fig. 4 System architecture.

(1) クライアントとサーバ間の通信には、Windows 等の OS が提供するファイル共有機能ではなく、HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) を使用する。これにより、LAN よりも広範なネットワークにおいて、機能実行履歴の送受信が可能になった。

(2) 機能実行履歴提示部、及び、機能実行履歴収集部の機能実行履歴監視部を、別アプリケーションではなく、Office 2000 のプラグインモジュール (COM add-in) として実装する。これにより、機能実行履歴提示部の起動に要する時間と手間が大幅に減少した。

(3) 機能実行履歴からの部分系列の抽出を、クライアント側ではなくサーバ側で行う。しかも、部分系列の抽出は履歴受信後直に行い、ソフトウェアごと、ユーザごとに蓄積しておく。クライアントへの部分系列の送出時には、ユーザごとの部分系列をマージするだけでよい。これにより、サーバからクライアントへのデータ送信 (機能実行履歴の部分系列送信) に要する時間が大幅に短縮された。また、履歴そのものはクライアントへ送信されないため、機能実行日時など、他ユーザに知られたくない情報を隠べいすることが容易になった。必要があれば、ユーザ名を匿名とすることも可能である。履歴提供者のプライバシーの確保は、多くのユーザから履歴を収集する上で重要である。

対象ソフトウェアとしては、膨大な機能を提供するソフトウェアの一つである Microsoft Office 2000 アプリケーション群を選んだ。Microsoft Office 2000 アプリケーションを構成する Word 2000, Excel 2000,

PowerPoint 2000 が提供するメニュー項目数は、contextual メニュー (マウスの右クリックで現れるメニュー) を含め、それぞれ約 500, 800, 400 である。

クライアントでは、Office 2000 アプリケーションとともに、機能実行履歴収集部、機能実行履歴提示部が実行される。機能実行履歴収集部の機能実行履歴送出处以外が COM add-in として実装されているため、Office 2000 アプリケーション群で共用でき、配布やインストールも容易である。クライアント各部分は Visual Basic で記述されており、規模は合計で約 1500 行である。

機能実行履歴サーバでは、機能実行履歴の蓄積のために、機能実行履歴受信部、及び、部分系列抽出部を実行する。また、機能実行履歴の参照のために部分系列送出处、及び、属性送出处を実行する。サーバで実行する各部分は Java Servlet として実装され、HTTPD (HTTP Daemon) とともに常駐し、クライアントからの要求を受け付ける。サーバの各部分は Java 言語で記述されており、規模は合計で約 7,000 行である。

3.2 機能実行履歴の収集

機能実行履歴収集時のデータの流れを図 5 に示す。図 5 中の矢印はデータの流れ、矢印についたラベルはデータの内容を表す。

機能実行履歴収集部は、Office 2000 とともに起動する。Office 2000 に対するメニュー選択、若しくは、メニュー選択と同等の結果が得られるショートカットボタンの押下のたびに、メニューのキャプション、若

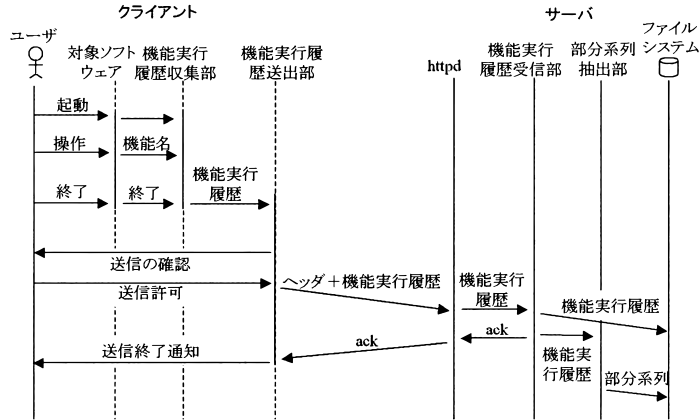


図 5 機能実行履歴収集のデータの流れ
 Fig. 5 Data flow on collecting histories of function executions.

しくは、ショートカットボタン名とその選択経路に実行日時を付加し、機能実行履歴としてクライアント上のファイルに蓄積する。Office 2000 終了時、機能実行履歴送出处を起動し、履歴ファイルを渡し、終了する。

機能実行履歴送出处はファイルを受け取り、ユーザに機能実行履歴を送信してよいかを尋ねる。ユーザが要求すれば、送信する履歴を表示する。ユーザが送信を許可しなかった場合、ファイルを削除した後、終了する。ユーザが送信を許可した場合、機能実行履歴サーバの HTTPD と接続し、ユーザ名、ソフトウェア名が記されたヘッダとともに、機能実行履歴を送出する。

機能実行履歴送出处が機能実行履歴を送信すると、HTTPD 経由で機能実行履歴受信部が呼び出される。機能実行履歴受信部は、機能実行履歴送出处が送信した機能実行履歴のヘッダからソフトウェア名、ユーザ名を取得し、機能実行履歴をソフトウェア名、ユーザ名により分類した上で、蓄積し、部分系列抽出部を呼び出す。また機能実行履歴送出处に受信が済んだことを知らせる。

部分系列抽出部は、受信した履歴に含まれる長さ 6 以下の部分系列を抽出する。部分系列は、ソフトウェアごと、ユーザごとに個別のファイルとして蓄積されている。履歴のヘッダから取得したソフトウェア名、ユーザ名に基づいて、抽出された部分系列は該当するファイルに追加される。

3.3 機能実行履歴の提示

機能実行履歴提示部は部分系列・属性受信部、属性

提示部、実行頻度一覧提示部、部分系列一覧提示部から構成される(図 4 参照)。図 6, 図 7, 図 8 は、それぞれ、機能ごとの実行頻度一覧、部分系列の一覧、機能実行履歴の属性の一覧を提示する画面の例である。

3.3.1 提示画面

Word 2000 における 5 名のユーザ (user A ~ user E) の機能実行履歴から生成した「機能ごとの実行頻度一覧」の提示画面例を図 6 に示す。提示画面中の表の各行は一つの機能に対応する。表の各列は左から順に、履歴参照ユーザ以外のユーザのうち、その機能を 1 回以上実行したユーザの割合 (実行割合)、ユーザごとの実行頻度の合計 (実行回数)、ユーザごとの実行頻度、そして、機能名 (メニュー項目名、若しくは、ショートカットボタン名)、である。表のヘッダ部分をクリックすることにより、「機能名」以外の項目をキーとして各行を昇順、降順に並べ換えることができる。

画面右端のドロップダウンリスト「ユーザ」で指定したユーザ (通常は、履歴参照ユーザ) が実行していない機能 (実行頻度が 0 の機能) に対応する行は、フォントをボールドにし、色も変えて表示される。これにより、履歴参照ユーザにとって未知の機能を容易に見ることができる。更に、それら機能のうち「実行割合」の値が高いものは、履歴参照ユーザにとって有用な機能である可能性が高い。

画面右端のチェックボックス「メニュー階層を表示」をチェックすると、機能名に「ルートメニューからの選択経路」を付加して表示することができる。ボタン「再読み込み」を押すと、機能実行履歴の送信を機能実行



図 6 機能ごとの実行頻度一覧の画面例
Fig. 6 Screen shot of list of each function and execution frequency.

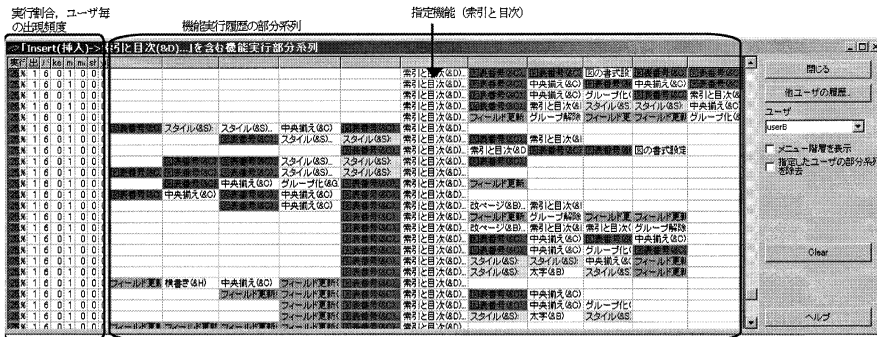


図 7 指定機能を中心とした部分系列一覧の画面例
Fig. 7 Screen shot of list of sequence contained in histories of function executions.

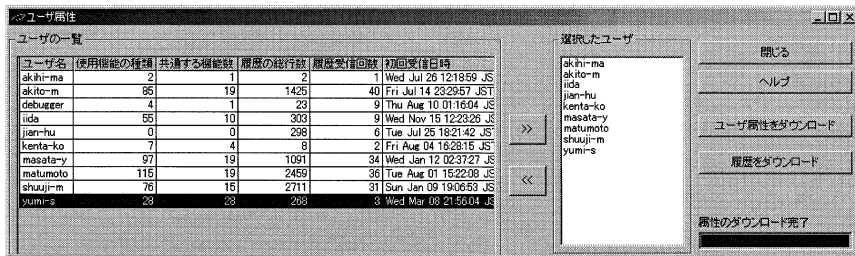


図 8 蓄積した機能実行履歴の属性一覧の画面例
Fig. 8 Screen shot of list of properties of function execution history.

履歴サーバに要求することができる。また、機能名を表す任意のセルをクリックする（選択する）と、そのセルに表示されている機能を「指定機能」として、次に述べる「部分系列の一覧」を表示することができる。

Word 2000 の機能実行履歴から生成した「部分系列の一覧」の提示画面例を図 7 に示す。提示画面中の表の各行は一つの部分系列に対応する。表の左半分には、図 6 に示した「機能ごとの実行頻度一覧」と同様

に、履歴参照ユーザ以外のユーザのうち、その部分系列を 1 回以上実行したユーザの割合（実行割合）、及び、ユーザごとの実行頻度を提示する。表の右半分では、「指定機能」を中心とした KWIC 形式で部分系列を提示する（図 3 参照）。図 7 の例では、機能「索引と目次」が指定機能である。

部分系列を表す任意のセルをクリックする（選択する）と、選択されたセル、及び、そのセルに表示されている機能と同一機能を表示するセルの背景が同一色で色付けされる。複数のセルを選択することができ、色付けに用いられる色は、選択のたびに変更される。これにより、「指定機能」と共起、あるいは、連鎖の関係にある機能を容易に見つけることができる。図 7 の例では、機能「スタイル」、「図表番号」、及び、「フィールド更新」が選択されている。いずれの機能も指定機能「索引と目次」とともに実行される場合の多いことがわかる。特に、機能「図表番号」は、指定機能「索引と目次」の直前に実行される場合の多いことがわかる。Word2000 では、機能「図表番号」で図表番号をテキストに挿入しておく、機能「索引と目次」によって「図目次」を作成することができる。

画面右端のチェックボックス「メニュー階層を表示」をチェックすると、部分系列中の機能名に「ルートメニューからの選択経路」を付加して表示することができる。また、チェックボックス「指定したユーザの部分系列削除」をチェックすると、ドロップダウンリスト「ユーザ」で指定したユーザ（通常は、履歴参照ユーザ）の履歴に含まれる部分系列を一覧表から削除することができる。

「各ユーザの機能実行履歴の属性一覧」の提示画面例を図 8 に示す。ボタン「ユーザ属性をダウンロード」を押すと、機能実行履歴サーバに蓄積されている全ユーザの機能実行履歴の属性を送信するようサーバに要求する。結果は、画面左側の表と画面右側のリスト「選択したユーザ」に表示される。

画面左側の表の各行は、1 人のユーザの機能実行履歴に対応する。表の各列は左から順に、ユーザ名、1 回以上実行したことのある機能数（使用機能の種類）、履歴参照ユーザと共通する使用機能の数（共通する機能数）、機能実行回数（履歴の総行数）、機能実行履歴の受信回数（履歴受信回数）、そして、機能実行履歴サーバが履歴を初めて受信した日時（初回受信日時）、である。表のヘッダ部分をクリックすることにより、それら項目をキーとして各行を昇順、降順に並べ換

ることができる。

画面右側のリスト「選択したユーザ」には、画面左側の表に履歴属性が表示されているユーザの名前が表示される。リスト中の任意のユーザ名を選択しボタン「<<」を押すことで、リストからユーザ名を削除することができる。また、画面右側の任意の行を選択し、ボタン「>>」を押すことで、リストにユーザ名を追加することができる。ボタン「履歴をダウンロード」を押すと、リスト「選択したユーザ」に表示されているユーザの機能実行履歴を送信するよう、機能実行履歴サーバに要求することができる。

3.3.2 データの流れ

機能実行履歴をユーザが参照する際のデータの流れを図 9 に示す。図 5 と同様に、図中の矢印はデータの流れを、矢印についたラベルはデータの内容を表す。図 9 (a) は属性・部分系列受信部が機能実行履歴の属性を機能実行履歴サーバに要求する際のデータの流れを表している。履歴を参照するユーザにより各ユーザの機能実行履歴の属性が要求されると、属性提示部を通じて、属性・部分系列受信部が通知を受ける。属性・部分系列受信部は、履歴を参照するユーザが起動しているソフトウェア名、及び、そのユーザ名を HTTPD 経由で属性送出部に送信する。

属性送出部は、ファイルシステムに蓄積されたユーザごとの部分系列、及び、ファイルの数、作成日時から、3.3.1 で述べた機能実行履歴の属性一覧を作成し、HTTPD 経由で属性・部分系列受信部に送信する。属性送出部からの属性は、図 10 に示すような XML (eXtensible Markup Language) で記述されている。したがって属性の項目に変更があった場合でも、属性提示部を変更する必要がない。属性・部分系列受信部は、受信した属性をパースし属性提示部に渡す。

図 9 (b) は属性・部分系列受信部が機能実行履歴の部分系列を機能実行履歴サーバに要求する際のデータの流れを表している。履歴参照ユーザにより、部分系列が要求されると、実行頻度一覧提示部、または、部分系列一覧提示部を通じて、属性・部分系列受信部が通知を受ける。属性・部分系列受信部は、履歴を参照するユーザが起動しているソフトウェア名、及び、ユーザ名、参照対象ユーザ名を HTTPD 経由で部分系列送出部に送信する。

部分系列送出部は、ファイルシステムに蓄積された各参照対象ユーザの機能実行履歴に含まれる部分系列とその出現頻度をマージし、ユーザごとの出現頻度を

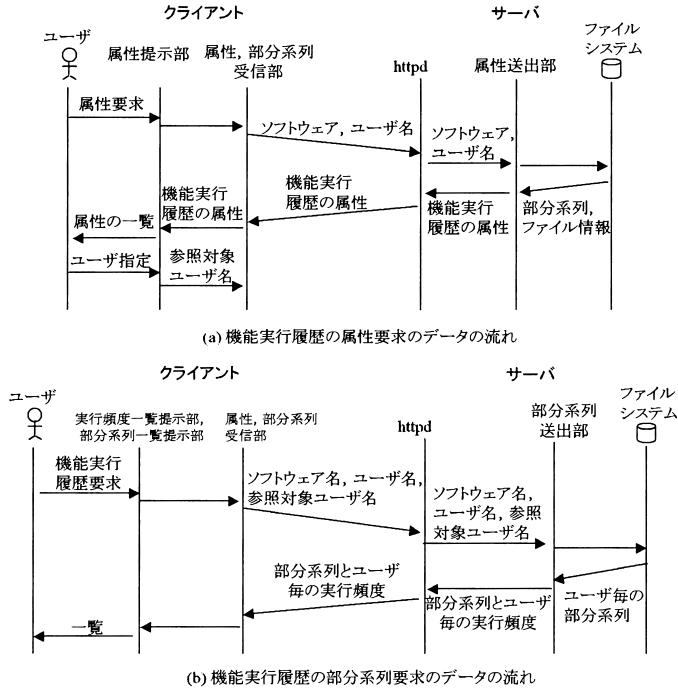


図 9 機能実行履歴提示のデータの流れ

Fig. 9 Data flow on presenting histories of function executions.

```

<userList>
<header>
  <userName type="string">ユーザ名</userName>
  <numberOfFunction type="number">使用機能の種類</numberOfFunction>
  <commonFunction type="number">共通する機能数</commonFunction>
  <linesOfHistory type="number">履歴の総行数</linesOfHistory>
  <numberOfReceived type="number">受信回数</numberOfReceived>
  <firstArrivedAt type="string">初回受信日時</firstArrivedAt>
</header>
<userProperty>
<user>
  <userName>userA</userName>
  <numberOfFunction>82</numberOfFunction>
  <commonFunction>82</commonFunction>
  <linesOfHistory>523</linesOfHistory>
  <numberOfReceived>16</numberOfReceived>
  <firstArrivedAt>Wed Jan 12 02:37:27 JST 2000</firstArrivedAt>
</user>
<user>
  .
  .
</user>
</userProperty>
</userList>
    
```

図 10 機能実行履歴の属性のフォーマット

Fig. 10 Format of property of histories of function executions.

付加した部分系列を、HTTPD 経由で属性・部分系列受信部に送信する。

ユーザごとの出現頻度を付加した部分系列を受信した属性・部分系列受信部は、実行頻度一覧提示部に長

さ 1 の部分系列を、部分系列一覧提示部に長さ 2 以上の部分系列を、それぞれ渡す。実行頻度一覧提示部、及び、部分系列一覧提示部は、渡された部分系列をもとに一覧を作成し、ユーザに提示する。

4. 評価実験

4.1 概要

システムの有効性を確認することを目的として、システムを用いた実験を行った。対象ソフトウェアは、Microsoft Word 2000 と PowerPoint 2000 である。被験者は、普段、これらのソフトウェアを論文執筆、研究発表用スライド作成に使用している。実験のあらまは以下のとおりである。

- 被験者は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科教官 1 名、学生 5 名の計 6 名である。

- 被験者の Word, PowerPoint の使用経験 (旧バージョンを含めた使用年数, 主な作成ドキュメント) を表 1, 表 2 に示す。

- 被験者からは、あらかじめ 1~10 か月間にわたり、論文執筆、研究発表用スライド作成時の機能実行履歴を収集している。

- 各被験者に提案システムを用いて 4.2 で述べるタスク (未知の機能の発見) を実行してもらった。また、発見した機能が自分にとって有用であるかどうかについて答えてもらった。

4.2 タスク

システムは、Word と PowerPoint のそれぞれについて、図 6 に示すような全被験者の機能ごとの実行頻度一覧をユーザに提示する。被験者は、自分の実行頻度がゼロとなっている機能を選んで、それらの機能の中から未知機能の発見を試みる。つまり、他の被験者のいずれかが 1 回以上実行した機能のうち自分が 1 回も実行したことのない機能が、有用な機能の候補となる。

表 1 被験者の Word 使用経験

Table 1 Background of subjects' MS Word.

被験者	使用年数	作成ドキュメント
S1	3 年	論文
S2	4 年	論文, ソフトウェア設計書
S3	2 年	論文, ソフトウェア設計書
S4	2 年	論文, 卒論, レポート
S5	2 年	論文, 卒論, レポート

表 2 被験者の PowerPoint 使用経験

Table 2 Background of subjects' MS PowerPoint.

	使用年数	作成ドキュメント
S1	4 年	輪講, 研究発表用スライド, 研究発表用ポスター
S2	4 年	輪講, 研究発表用スライド
S3	3 年	輪講, 研究発表用スライド, 研究発表用ポスター
S6	4 年	輪講, 研究発表用スライド

各被験者には、まず、候補となる各機能に対し、既知であったか、未知であったかを答えてもらう。次に、未知であった場合には、その機能を含む部分系列の一覧 (図 7 参照) の参照、機能の試用、オンラインヘルプの参照、のいずれかにより、機能の動きを理解してもらう。機能の動きを理解した上で、その機能が有用か (今後、論文執筆やスライド、ポスター作成の際に、その機能を使おうと思うか) を答えてもらう。

実験で使用した Word 2000, PowerPoint 2000 の機能実行履歴の概要を、それぞれ表 3, 表 4 に示す。Word 2000 の機能実行履歴は、論文を執筆する目的で使用したものだけが含まれる。PowerPoint 2000 の機能実行履歴は、輪講、研究発表用スライド、及び、ポスターを作成する目的で使用したものだけが含まれる。表 3, 表 4 からわかるように、履歴の行数が多い被験者ほど機能数 (実行機能の種類数) が多いとは限らない。また、各被験者の機能数には最大約 4 倍の差があったが、他の被験者が実行した機能をすべて包含して実行した被験者はいなかった。なお、各被験者の機能数を合計すると、Word では 123 個、Powerpoint では 130 個であった。

4.3 結果

実験結果を表 5, 及び、表 6 に示す。表 5, 表 6 中の「提示機能数」は、他の被験者のいずれかが 1 回以上実行した機能のうち自分が 1 回も実行したことのない機能の数である。「既知機能数」は、提示機能のうち被験者が既に使い方を知っていたと答えた機能の数である。「発見機能数」は、被験者が実験中にその存在に

表 3 実験に使用した Word 2000 の機能実行履歴

Table 3 Function execution history of MS Word 2000.

被験者	収集期間	履歴の行数	機能数
S1	1 か月	576	72
S2	10 か月	2318	59
S3	9 か月	657	92
S4	2 か月	268	28
S5	2 か月	298	43
合計	—	4117	123

表 4 実験に使用した PowerPoint 2000 の機能実行履歴

Table 4 Function execution history of MS PowerPoint 2000.

被験者	収集期間	履歴の行数	機能数
S1	1 か月	671	86
S2	1 か月	1114	69
S3	2 か月	1231	91
S6	1 か月	281	22
合計	—	3297	130

表 5 実験結果 (Word)
Table 5 Result of experiment (Word).

被験者	提示機能数	既知機能数	発見機能数	未発見機能数	有用機能数
S1	51	15	28	8	9 (32%)
S2	64	48	9	7	5 (56%)
S3	31	0	18	13	5 (28%)
S4	95	69	23	3	9 (39%)
S5	80	50	24	6	12 (50%)
平均	64.2	36.4	20.4	7.4	8.0 (39.2%)

表 6 実験結果 (PowerPoint)
Table 6 Result of experiment (PowerPoint).

被験者	提示機能数	既知機能数	発見機能数	未発見機能数	有用機能数
S1	44	24	16	4	4 (25%)
S2	61	36	9	16	6 (67%)
S3	39	33	3	3	2 (67%)
S6	108	76	15	17	8 (53%)
平均	63.0	42.3	10.8	10.0	5.0 (46.3%)

気づいて使い方を理解した機能の数である。「未発見機能数」は、機能名だけでは、機能の実行方法がわからず、オンラインヘルプによっても説明を得られず、被験者が機能の働きを理解できなかった機能の数である。「有用機能数」は、発見機能のうち、論文執筆、研究発表用スライド、ポスター作成において有用であり、今後使用する可能性が高いと被験者が答えた機能の数である。括弧内の割合は、「発見機能数」に対する「有用機能」の割合である。Word では、平均 39.2%、PowerPoint では、平均 46.3%であった。

なお、有用と判断されなかった機能としては、Word 2000 では「web ページとして保存」、「マクロ」等が、PowerPoint 2000 では「コントラスト」、「マクロ」等があった。

実験後の被験者から以下のような感想が得られた。

- システムにより提示された機能名だけでは、働きが想像できない機能であっても、その機能を含む部分系列を見ることにより、働きを理解できる機能があった。
- contextual メニューなど状況に依存して現れるメニュー項目の中には、システムにより提示される機能名とその選択経路だけでは、その機能の実行方法（メニューを出現させる方法）を容易に知ることができないものもあった。そのような機能であっても、機能名をキーワードとしてオンラインヘルプを検索することで実行方法を知ることができる場合があった。
- システムにより提示された機能名をキーワードとしてオンラインヘルプを検索しても、検索結果にその機能の説明が含まれず、機能の働きが理解できない

場合もあった。

評価実験終了後も、被験者 S5 を除く 5 名は、システムによる履歴収集を継続している。履歴を分析した結果、5 名それぞれが実験において有用と判断した機能の少なくとも一つは、実験終了後の 3 か月間に実際に利用されていることがわかった。特に、被験者 S3 は Word2000 において有用と判断した五つの機能すべてを実際に利用している。

5. 考 察

被験者が使用した機能（Word 2000 と PowerPoint 2000 において被験者 1 人当たり 62.4 個）の約 25%にあたる機能（同じく 16.1 個）を被験者に新たに発見させ、かつ、その約 40%にあたる機能（同じく 6.7 個）が有用と判断されたことは、提案システムによる協調フィルタリングの効果であると考えられる。ただし、提案システムでは、機能実行履歴に含まれる機能の数が、被験者が知り得る機能数の限界になる。実験においても、提示機能は被験者 1 人当たり 63.7 個であり、被験者が使用した機能と合わせても Word 2000 や PowerPoint 2000 が提供する機能の約 30%にすぎない。残る約 70%の中にも被験者にとって有用な機能は存在し、その割合が 40%を超える可能性を現時点で否定することはできない。提案システムの有用性を高めるためには、機能実行履歴に含まれる（有用な）機能の数を増やす工夫が必要である。例えば、対象ソフトウェアの機能に関して豊富な知識をもつ人間（エキスパート）をユーザに加える、多数の機能を利用しなければ遂行できないようなタスクを履歴収集中にユー

げに与える，等である．コスト的に見合うのであれば，有用な機能を数多く含む仮想的な機能実行履歴をエキスパートに作成してもらうことも考えられる．

提示機能（同じく 63.7 個）の約 60%にあたる機能（同じく 39.0 個）が被験者にとって既知であったことは，特定の被験者（ユーザ）が履歴収集期間中に既知機能の多くを使用しなくても，他ユーザの履歴からそれらを特定できる（推測できる）可能性を示している．ただし，ユーザにとって未知，かつ，有用な機能の候補をわかりやすく提示する，というシステムの目的からすれば，提示機能に占める既知機能の割合は低く抑えるべきである．割合が高い場合は，履歴収集期間の延長，ユーザグループの再編成，等が必要となる．

未発見機能（Word 2000 と PowerPoint 2000 において被験者 1 人当たり 8.6 個）の多くは，その実行コンテキストが再現できない機能であった．特に，contextual メニューから実行された機能の動きをその機能名やその実行系列から理解することは（オンラインヘルプを併用しても）多くの被験者にとって容易ではなかった．contextual メニューは，機能実行の対象（表，英文，等）に依存して現れる場合が多い．未発見機能数が多いと判断されるようであれば，機能実行履歴に機能実行対象の情報を付加することも考えられる．

有用と判断されなかった機能（Word 2000 と PowerPoint 2000 において被験者 1 人当たり 9.2 個）は，次の二つに分類することができる．

F1：利用することはないと判断された機能

Word 2000 の機能「web ページとして保存」は「論文を執筆する」という目的では（将来においても）利用するユーザは限られている．PowerPoint 2000 の機能「コントラスト」も，写真等をスライドに貼り付けないユーザにとっては不要な機能である．

F2：有用かどうか判断不能であった機能

Word 2000 と PowerPoint 2000 に共通する機能「マクロ」には豊富なオプションが用意されており，メニュー選択後に表示されるダイアログボックス（2 次ウィンドウ）でそれらオプションが設定される．現状のシステムでは，2 次ウィンドウ上での操作を履歴として収集することはできないため，機能が有用かどうか被験者は判断できなかった．

F1 に属する機能に関しては，ソフトウェアの利用目的やユーザの技術レベルの差異によるものであり，ユーザの判断を尊重すべきである．ただし，ソフトウェアの利用目的やユーザの技術レベルは時間とともに

に変化し，ある機能を利用するかどうかの判断基準も不変ではない．システムとしては，それらを有用な機能の候補として継続してユーザに提示すべきである．F2 に属する機能に関しては，2 次ウィンドウ上での操作も履歴として収集することで解決する．ただし，2 次ウィンドウ上での操作には，ドロップダウンリストからの項目の選択等，多様な操作が含まれるため，機能実行履歴の記述形式の再検討が必要となるかもしれない．

6. 関連研究

本提案システムと同様に，ソフトウェアユーザの行動を記述する手段として，ソフトウェアの実行（操作）履歴を用いる研究は数多く報告されている [2], [4]．例えば，森らは，X-window におけるマウス操作や打鍵などの詳細な操作履歴を収集，分析するツールを提案している [10]．彼らのシステムを用いれば，操作履歴に基づいて，ユーザ操作の再現，正規表現に似た形式での操作履歴の分析が可能である．

ユーザの操作履歴からユーザのおかれた状況を推測し，状況に応じてシステムがユーザを支援するシステムの研究も多く行われている．いずれも，操作履歴から状況を推測するためのユーザモデルの構築が必要である．例えば，文献 [9] で提案されている方式では，自然言語で入力されたユーザの質問と操作履歴とを組み合わせることで，操作履歴から状況を推測し，状況に適したヘルプを提示する．また，文献 [15] のように，操作履歴だけからユーザがソフトウェアの機能に気づいてないと推測される場合に，ソフトウェアが積極的にその機能をユーザに知らせるシステムも提案されている．しかし，本提案システムが対象とする多数の機能を提供するソフトウェアでは，多様なユーザの多様な履歴をユーザが気づいていない機能と関連づける必要があり，推測精度の高いユーザモデルを構築するコストは一般に非常に大きくなる．

多数のユーザのソフトウェアの実行（操作）履歴をネットワーク経由で収集するシステムはいくつか提案されている．Hilbert らは，ソフトウェア設計者の意図する操作系列と異なる操作をユーザが行うと，その詳細を電子メールで設計者に通知するシステムを開発している [7]．彼らのシステムを用いれば，ソフトウェア操作に対する設計者とユーザの認識のずれを知ることができ，ソフトウェア設計に役立てることができる．ただし，ユーザの操作と比較するための操作系列を設

計者があらかじめシステムに登録しておく必要がある。また、本提案システムのように、ユーザ間での利用知識の共有を支援する機能は有していない。

DYK(Did You Know) システム [13] や Tip of the Day [8] はユーザが気づいていない機能をユーザに知らせることを目的とし、ソフトウェアがもつ機能のうちの一つを選択し、その使い方をソフトウェア起動時などにユーザに提示する。しかし、提示する機能が既知であるかどうかの判断基準については、特に言及されていない。

7. む す び

本論文では、文献 [11] で提案した方式のうち、機能実行履歴の提示に関する部分をより具体化した上で、機能実行履歴をより広範に長期間にわたって収集し、収集された大量の履歴を効率良く処理し、ユーザにとって未知、かつ、有用な機能の候補をわかりやすく提示することのできるシステムを提案した。Microsoft Word 2000、及び、PowerPoint 2000 を対象とした評価実験の結果、延べ 9 人の被験者は平均 63.7 個の機能を有用な機能の候補としてシステムより提示され、そのうちの 16.1 個の未知機能を発見することができた。また、発見した未知機能のうち、被験者が自分にとって有用であると答えた機能の割合は、Word では平均 39.2%、PowerPoint では平均 46.3%であった。

提案システムは、既存のヘルプシステムなどの他のユーザ支援ツールと競合するものではない。つまり、従来のヘルプシステムを使うか提案システムを使うかの二者択一をユーザに迫るわけではない。提案システムは、ユーザにとって有用と思われる機能の発見には役立つが、発見した機能の使い方の詳細を調べるためには、既存のヘルプシステムを併用することがむしろ望まれる。

謝辞 本研究の一部は、新エネルギー・産業技術総合開発機構 新規産業創造型提案公募事業の援助によるものである。

文 献

- [1] D. Goldberg, D. Nichols, B.M. Oki, and D. Terry, "Using collaborative filtering to weave an information TAPESTRY," Commun. ACM, vol.35, no.12, pp.61-70, Dec. 1992.
- [2] 赤池英夫, 角田博保, "X-Window 上の利用者行動分析システム," 情処学論, vol.33, no.5, pp.736-745, 1992.
- [3] J.M. Carroll and M.B. Rosson, Paradox of the Active User, Interfacing Thought: Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction, MIT Press, 1987.
- [4] 海老名毅, 伊藤 昭, "X アプリケーションにおける可読性のある操作履歴の取得について," 信学技報, HC94-87, 1995.
- [5] G. Fischer, A.C. Lemke, and T. Schwab, "Knowledge-based help systems," Proc. International Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.161-167, ACM, 1985.
- [6] G. Fischer, "User modeling: The long and winding road," Proc. User Modeling Conference 99, pp.349-355, 1999.
- [7] D.M. Hilbert and D.F. Redmiles, "An approach to large-scale collection of application usage data over the Internet," Proc. 20th International Conference on Software Engineering, pp.136-145, 1998.
- [8] E. Horvitz, "Agents with beliefs: Reflections on Bayesian methods for user modeling," Proc. User Modeling Conference 97, pp.441-442, 1997.
- [9] 伊藤 昭, 海老名毅, 熊本忠彦, "対話型計算機利用支援におけるユーザ質問の分類と支援回答戦略," 信学論 (D-II), vol.J77-D-II, no.7, pp.1319-1328, July 1994.
- [10] 森 孝弘, 西田知博, 斎藤明紀, 都倉信樹, "大量の GUI 操作履歴を分析するための走査・再生ツール," 情処学研報, HI-69-1, pp.1-8, 1996.
- [11] 森崎修司, 門田暁人, 松本健一, 井上克郎, 鳥居宏次, "機能実行履歴を用いたソフトウェア利用知識の共有," 情処学論, vol.41, no.10, pp.2770-2781, 2000.
- [12] S. Morisaki, A. Monden, K. Matsumoto, K. Inoue, and K. Torii, "Two-level user interface evolution by sharing usage logs," Proc. International Workshop on Principles of Software Evolution 99, 1999.
- [13] D. Owen, Answers First, Then Questions, User-Centered System Design, New Perspectives on Human-Computer Interaction, pp.361-375, Lawrence Erlbaum Associates, 1986.
- [14] 白石裕美, 森崎修司, 門田暁人, 松本健一, 井上克郎, "未知機能の発見支援を目的としたソフトウェア機能実行履歴の提示," 情処学研報, GW-37-3, pp.13-18, 2000.
- [15] 高田光男, 西野順二, 小高知宏, 小倉久和, "UNIX 高機能シェルの行編集機能に対する適応型ヒューマンインタフェースの構築とその評価," 情処学論, vol.38, no.10, pp.1919-1927, 1997.
- [16] R. Wilensky, Y. Arens, and D. Chin, "Talking to UNIX in English: An overview of UC," Commun. ACM, vol.27, no.6, pp.574-593, 1984.
- [17] R. Winkels, J. Breuker, and N. denHaan, "Principles and practice of knowledge representation in EURO-HELP," Proc. International Conference on the Learning Sciences, pp.442-448, 1991.

(平成 12 年 8 月 28 日受付, 12 月 22 日再受付)



森崎 修司 (正員)

平 8 佐賀大・理工・情報科学卒。平 13 奈良先端科学技術大学院大学博士後期課程了。現在、株式会社インターネットイニシアティブ・博士(工学)。分散オブジェクト、協調フィルタリングに興味をもつ。



白石 裕美

平 11 創価大・工・情報システム卒。平 13 奈良先端科学技術大学院大学博士前期課程了。現在、シャープ株式会社。ユーザインタフェースに関する研究に興味をもつ。



大和 正武

平 9 立命館大・理工・情報卒。平 11 奈良先端科学技術大学院大学博士前期課程了。現在同大博士後期課程に在学中。視線インタフェース、プログラム理解に興味をもつ。



門田 暁人

平 6 名大・工・電気卒。平 10 奈良先端科学技術大学院大学博士後期課程了。同年奈良先端科学技術大学院大学助手。博士(工学)。ソフトウェアメトリクスの研究に従事。情報処理学会、日本ソフトウェア科学会各会員。



松本 健一 (正員)

昭 60 阪大・基礎工・情報卒。平元同大学院博士課程中退。同年同大基礎工学部情報工学科助手。平 5 奈良先端科学技術大学院大学助教授。平 13 同大教授。工博。Computer-Aided Empirical Software Engineering (CAESE) 環境、ソフトウェアメトリクス、ソフトウェアプロセス、視線インタフェースに関する研究に従事。情報処理学会、IEEE、ACM 各会員。



鳥居 宏次 (正員)

昭 37 阪大・工・通信卒。昭 42 同大学院博士課程了。同年電気試験所(現電子技術総合研究所)入所。昭 59 大阪大学基礎工学部情報工学科教授。平 4 奈良先端科学技術大学院大学教授。平 11 同大副学長。平 13 同大学長。工博。専門はソフトウェア工学。IEEE、ACM 及び情報処理学会の各フェロー。