

U-MOS : 各種情報の収集・編集・表示機能を有する 大学運営業務支援システム

田岡 智志^{†1} 高藤 大介^{†1} 渡邊 敏正^{†1}

大学などの部局運営における業務の大半は、教職員や学生などの構成員から種々のデータを収集し、それを編集するといった作業であり、これに膨大な時間や労力が費されている。たとえば、学生による授業評価アンケートなどの各種アンケート収集、卒業研究、修士研究などの題目や概要の収集、教員の活動状況調査（業績リストの作成やさまざまな活動記録の集約）、中期計画や長期ビジョンなどの原案提示や意見集約、などが代表的な例である。筆者らは、これら種々のデータを収集し、所定のフォーマットに編集/表示する大学運営業務支援システム U-MOS を開発している。U-MOS は 3 つのサブシステムの総称であり、その中で中心的なサブシステムである ENGSYS は、上記の作業に関して 6 年以上にわたって広島大学大学院工学研究科の運営を支援してきた。本論文では、ENGSYS に重点をおいて U-MOS の概要を報告する。

U-MOS: A System for Supporting University Management Operation in Collecting/Editing/Displaying Various Information

SATOSHI TAOKA,^{†1} DAISUKE TAKAFUJI^{†1}
and TOSHIMASA WATANABE^{†1}

Currently, collecting various information from members, for example, staffs and students, and its editing are main operations for university management, and a large amount of time and effort are spent on such operations. As typical examples of such operations, collecting and editing class evaluation by students, titles for bachelor's or master's theses, and activity records of professors. Showing proposals for middle/long-range plans for university management and collecting various comments on them are also included in these examples. We have developed a University Management Operation System (U-MOS) for collecting/editing/displaying various information. U-MOS consists of three subsystems, and ENGSYS, the main subsystem, has been supporting management of Graduate School of Engineering, Hiroshima University for more than six

years. In this paper, an outline of U-MOS is reported mainly with emphasis on ENGSYS.

1. はじめに

大学などの部局運営における業務の大半は、教職員や学生などの構成員から種々のデータを収集し、それを編集するといった作業であり、これに膨大な時間や労力が費されている。大学運営業務は、教務関連業務と運営関連業務に大別される。

教務関連業務に関しては、各大学でさまざまなシステムが導入されている。たとえば、学生の履修登録のためのシステム³⁾、学生への連絡システム⁴⁾、教育や授業を支援するシステム⁶⁾などが開発されている。また、商用システムとして大学事務システム GAKUEN²⁾ や学生向情報発信システム CampusVision¹⁾ などがあり、入試、教務、就職などの学務関連データを扱う。広島大学においても、これらの商用システムと同様な教務関連業務処理システム「もみじ」を外注で開発して運用している。これらのシステムを利用することで、教務関連情報の提出、収集、共有などの効率的処理を実現している。

次に、運営関連業務に注目する。これに該当する作業としては、たとえば、学生による授業評価アンケートなどの各種アンケート収集、卒業研究、修士研究などの題目や概要の収集、教員の活動状況調査（業績リストの作成やさまざまな活動記録の集約）(図 1 参照)、中期計画や長期ビジョンなどの原案提示や意見集約、などが代表的な例である。

筆者らは、特に運営関連業務の処理効率化を目指して、これら種々のデータを収集し、所定のフォーマットに編集/表示する大学運営業務支援システム U-MOS (“ユーモス”) を開発している。U-MOS は 3 つのサブシステムの総称である。ENGSYS はその中で中心的なサブシステムであり、上記の作業に関して 6 年以上にわたって広島大学大学院工学研究科の運営を支援してきた。なお、ENGSYS が備える機能は一部局に固有なものだけでなく他部局で利用可能であることに注意されたい。今後、他部局での使用を実現してゆく予定である。なお、残り 2 つのサブシステムである広島大学研究者総覧システムおよび広島大学アンケートシステムはすでに本学全体で利用されている。

ENGSYS のように豊富な大学運営業務支援機能を備えるシステムについて報告した論文、

^{†1} 広島大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Hiroshima University

あるいは、ENGYSYS で採用している階層的ディレクトリによるデータ保存方式や改竄防止方式を採用しているシステムについて報告した論文は、著者が知る限り存在しない。

本論文の目的は、U-MOS 設計の基本方針、開発目標とその達成度、システム実装と今後の課題を報告することである。システム実装に関しては、中心的サブシステムである ENGYSYS に焦点を絞って説明する。他の 2 つのサブシステムについては別の機会に報告する予定である。本論文の構成としては、2 章で U-MOS の概要、3 章でその開発目標を示し、各々の現状を説明する。4 章以降は ENGYSYS に重点を置き、4 章で ENGYSYS の主な機能、5 章で ENGYSYS の実装方法を示す。6 章で性能評価および考察を行う。7 章で関連システムを紹介する。最後に 8 章でまとめと今後の課題について述べる。

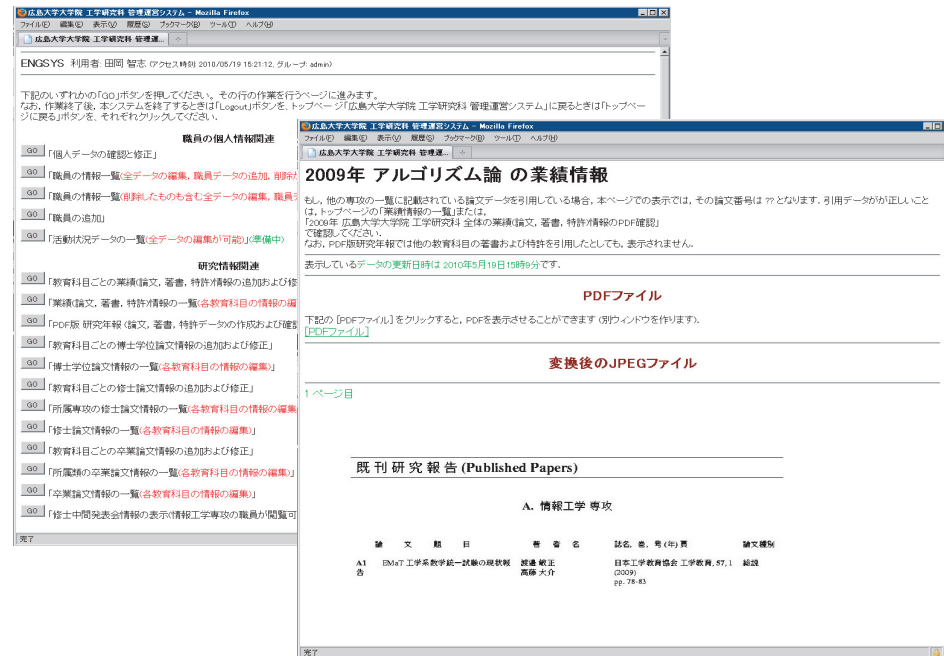


図 1 広島大学大学院工学研究科管理運営支援システム ENGYSYS (U-MOS の中心的サブシステム)
Fig. 1 ENGYSYS: a system for supporting management of Graduate School of Engineering, Hiroshima University.

2. U-MOS の概要

本章では U-MOS を構成する 3 つのサブシステムそれぞれの概要を示す。

2.1 広島大学大学院工学研究科運営支援システム ENGYSYS

U-MOS の中心的なサブシステムであり、学生用システムと教職員用システムから構成されている (図 2 参照)。ENGYSYS は豊富な機能を持っているが、その中の主な機能を以下に示す (図 1 はその Web ページである)。

- 工学研究科所属教職員約 300 名の個人データ (Email アドレス, 内線番号, 居室など) の管理
 - 業績データ (論文, 著書, 特許に関するデータを毎年約 1,000 件) の提出, 整形
 - 卒業研究題目, 修士研究題目の提出と集計
 - 工学部, 工学研究科所属の学生約 3,000 名のデータ管理
 - 工学部, 工学研究科の専門科目を受講する学生に対する授業評価アンケートの収集と集計 (各セメスタごとに 30,000 件以上の授業アンケートデータを取り扱う)
- データの性質上, 本システムのユーザに対して閲覧・変更などの操作を制限する必要がある

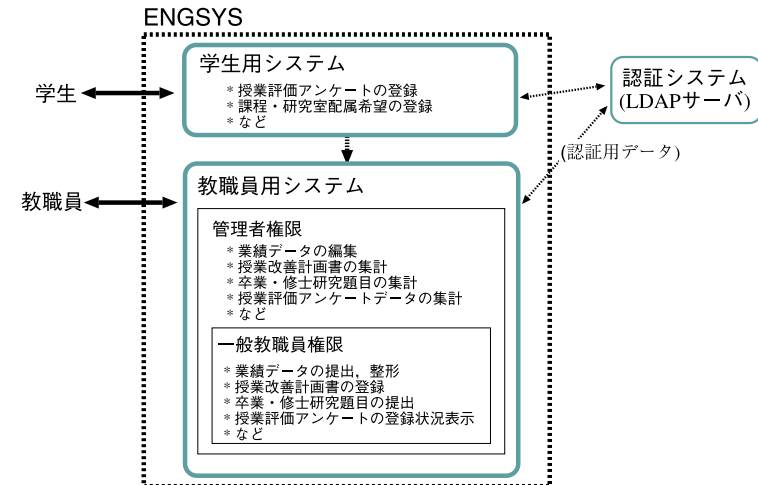


図 2 ENGYSYS の概要: 矢印はデータの流れを表し, 簡条書きの各項目は利用できる操作を示している
Fig. 2 An outline of ENGYSYS: each arrow represents flow of data and each listed term denotes an available operation.

るため、きめ細かく各種の操作制限の設置機能を実現している。さらに、Web システムの重要な要素である「安定性」は非常に高い。加えて、セキュリティやバックアップ対策にも十分に配慮したシステムになっている。

なお、ENGSYS は、広島大学工学研究科の年度計画作成に際して教員の研究関連データを整備することも担っており、自己点検評価の資料作成などに利用されている。さらに、本システムで扱う授業関連情報は、JABEE (日本技術者教育認定機構: Japan Accreditation Board for Engineering Education) の報告書作成にも利用されている。

2.2 広島大学研究者総覧システム

広島大学の教員 (約 1,600 名) の総覧を生成するためのシステムで、2009 年から使用されている。全教員の活動情報を蓄えた CSV 形式データから、教員の総覧を自動生成することができる。

2.3 広島大学アンケートシステム

本システムは、広島大学の全教職員 (約 4,000 名) を対象としたアンケートシステムで、ENGSYS の認証機能などの基本機能および 4.7 節で説明する汎用的な情報収集機能から構成されたシステムである。2008 年に OS (基本ソフトウェア) および PC の保有状況調査、2009 年に USB メモリの利用状況調査で利用された。

3. U-MOS の開発目標

U-MOS は次の 6 つの方針に基づき開発を進めている。これらは本学および他大学における運営業務を分析した結果、効率化やセキュリティ維持に必要な機能、およびシステム導入の容易性などを考慮して決定したものである。

- (方針 1) さまざまなデータの収集に柔軟に対応できる。
- (方針 2) 登録データを最大限に利用して入力および編集を効率化する。
- (方針 3) 所属や立場 (業務の担当教員) などで、情報の閲覧・操作などの権限を分ける。
- (方針 4) ユーザ環境への依存性を極力排除する。
- (方針 5) 高負荷環境下でも安定して動作する。
- (方針 6) 登録データを強固なセキュリティとバックアップ機能で保護する。

なお、個人認証などには全国に先駆けて導入されている全学電子認証システムを有効に利用している。

上記の基本方針を満たし、かつ大学運営業務全体を担うための統合的システムは筆者らが調査した限り見当たらない。U-MOS はこのような統合的システムであるだけでなく、その

実装にも種々の工夫が組み込まれており、システムとしての存在意義と実装技術の両面から大学運営の効率化に貢献できるものと考えられる。この考え方に基づき、以降の章では、U-MOS の中心的なサブシステムである ENGSYS の機能や実現方法に焦点を当てて説明する。理解を助けるために、対応する開発方針の番号を章の見出しに追記している。

4. U-MOS の主な機能 : (方針 1) と (方針 2) に関連

U-MOS の主な機能を、ENGSYS に焦点を当てて説明する。ENGSYS は 20 以上の機能を備えている。以下では、その中の主な機能を紹介する。

4.1 個人情報の扱い

ENGSYS は、ユーザの個人情報として、氏名とその読み、所属部署 (教職員の場合、学部組織と大学院組織の 2 種類)、所属研究室 (教育科目)、Email アドレス、教職員の場合にはさらに、役職、権限など、を保存している。ただし、「一般教職員権限」を持つ教職員あるいは学生は、機能の操作権限に関わる情報 (部署、研究室、役職、権限など) を変更することはできない。一方、「管理者権限」を持つユーザは、自分自身だけでなく他のユーザのこれらすべての情報を変更することができる。

4.2 学生および職員のアカウント、授業履修データ、授業データの更新機能

広島大学では、教務関連業務処理システム「もみじ」により、授業や学生に関するさまざまな情報を提供している。たとえば、担当授業、シラバス、学生の履修・成績情報、進路の登録や、就職活動の支援に関するデータなどである。

ENGSYS は「もみじ」や教職員の人事システムと独立して動作しており、情報の自動共有は行っていない。そこで、本システムに必要な情報の更新やアカウントの作成・削除は、本システムの利用頻度が低い時期 5~7 月初旬と 12~1 月初旬それぞれの期間内で 1 回ずつ行っている。授業や学生関連のデータについては、「もみじ」から入手した CSV 形式のデータを専用のスクリプトを用いて取り込むことで更新を行っている。この具体的な更新作業は以下のとおりである。

- 所属学生のアカウントの生成、削除、更新 (約 3,000 名)
- 各学生の履修授業登録 (約 30,000 件)
- 各教員の担当授業登録 (約 500 件)
- 指導教員・チュータへの担当学生の割当て (約 3,000 名)

本システムは個々の教員や学生の個人情報を更新する機能も備えている。教員の個人データ (氏名、職階など) については、この機能を使い手動で随時更新している。ただし、これ

ら個人情報を更新できる機能は、「管理者権限」を持つユーザのみ利用可能である。

4.3 業績情報（論文、著書、特許に関する情報）の提出，整形

広島大学大学院工学研究科および工学部では，毎年，所属教職員が発表した論文，著書，特許に関する業績情報（約 1,000 件）および博士論文の要旨を含む情報（約 60 件）を冊子にまとめ年報として発行している。

〔データ収集機能〕ENGYSYS は，年報を作成するための情報を提出する機能，冊子を作成するためにその情報を整形する機能，などを備えている。業績情報を重複なく年報に掲載するために，研究室ごとにとりまとめて登録する方式を採用している。もし，他の研究室の教職員と共著になっている場合には，著者として最初に表記されている教職員が所属する研究室のデータとして登録する。これ以外の研究室はそのデータを参照する形式のデータを登録する。

〔編集・表示機能〕(1) 特殊文字。題目や博士論文要旨などにギリシャ文字，上付き文字，下付き文字をはじめとする \forall , \notin などさまざまな特殊文字が使われていることがある。これらは HTML 形式の表記で記入する。

(2) フォーマット。登録データは HTML 形式のデータであるが，この形式は冊子作成には適していない。そこで，冊子作成支援のために PDF 形式ファイルを生成できるようにしている（図 1 の右側のウィンドウ内に表示しているデータは整形後のものである）。整形フォーマットは当部局で長年使ってきたものをターゲットとしている。このことも含めた編集操作がシステム内のボタンをクリックするだけで可能である。この機能では，HTML コマンドを \TeX コマンドに変換し，清書には文書整形システム \TeX を利用している。なお，すべての HTML コマンドに対応しているわけではないが，現在までに必要になったコマンドには対応している。

4.4 授業評価アンケートと授業改善計画

〔授業評価アンケート〕広島大学では，学生に対して授業評価アンケートを，授業の終盤にマークシートを配布して記入する方式を基本として全学的に実施してきた。学部授業については以前から実施していたが，大学院授業については 2008 年度から実施している。マークシートで実施すると，マークの取り込み作業や自由記入のコメントの電子データ変換（つまり，データ打ち込み）作業を外部委託する必要があり，大学全体では毎期ごとに非常に高いコストがかかっている。また，自由記入のコメントの打ち込みミスも見受けられる。

全学の基本方針とは別に，コスト削減やデータの二次利用などを目的として，工学部では 2003 年度から，工学研究科では全学に先駆けて 2005 年度から，本システムにより授業評

価アンケートを実施している。また，端末 PC だけでなく携帯電話からのアクセスも可能にしており，90%近い回答率を維持してきた*1。

ENGYSYS が備えている授業評価アンケートに関連する具体的な機能を，以下に権限別に列挙する。

- 学生権限
 - (a) 授業評価アンケートの登録
 - (b) オンライン授業評価アンケートの感想の登録
- 一般教職員権限
 - (a) 指導教員，チュータとして担当している学生の授業評価アンケートの登録状況閲覧
 - (b) 授業評価アンケート授業改善計画書の登録
- 管理者権限
 - (a) 授業評価アンケートの全データの獲得と閲覧
 - (b) 授業評価アンケートの提出状況の閲覧
 - (c) 授業評価アンケート授業改善計画書の登録情報一覧とダウンロード
 - (d) オンライン授業評価アンケートの感想の閲覧
- 外部スクリプト
 - (a) 授業評価アンケート開始の案内メールの送付
 - (b) 全科目未回答の学生に督促メールの送付

なお，学生が授業評価アンケートを回答する画面には，その学生が履修している授業の一覧が表示され，そこから科目を選択して回答できる。さらに，選択後に表示される記入ページにはその科目のシラバスへのリンクも設け，学生が回答する際の労力を低減させている。

〔授業改善計画〕授業評価アンケート授業改善計画とは，学生が登録した授業評価アンケートの結果をふまえた教員自身の授業についての自己評価と改善計画のことである。ENGYSYS でこれらの登録と集計を行うことができる。各教員は担当している科目のみ登録可能である。一方，管理者権限で登録状況を確認ことができ，未登録の場合に教員に対する督促を支援できる。なお，この改善計画の情報は，JABEE の報告書作成や自己点検評価などにも利用され，その際に必要となる情報を効率良く収集することに大きく貢献している。

〔データ形式とアンケート回収率改善策〕すべてのデータは CSV 形式で獲得できる。ア

*1 2009 年度から授業評価アンケートは教務関連業務処理システム「もみじ」で全学的に実施することとなった。ただし，本システムで備えている機能の一部は未実装で，改良すべき点も多々ある。

アンケート回収率改善については、指導教員・チュータへの支援機能として、担当学生の中で全科目未登録である学生を列挙する機能を用意している。これは、指導教員・チュータからの督促にも利用されている。また、外部スクリプトにより、全科目未回答の学生に督促メールを送付する機能も取り込んでいる。最近では、携帯電話を定額料金で契約していることも多く、アンケートの回答率向上を目的に、本アンケートのサブシステムは携帯電話からの回答を可能にしている。ただし、携帯電話は画面が小さいので、別の URL を用意して、携帯電話用に省略形のアンケート文言を表示するようにしている。

4.5 卒業研究題目、修士研究題目の提出と集計

工学部、工学研究科では年度末に、卒業研究題目、修士研究題目を収集している。ENGYSYS 導入以前は、表計算ソフト用ファイルを各研究室に配布し、研究室単位で記入し、それを単位（学科単位）で集め、工学部学務教務に提出していた。期限どおり提出されないことによる遅延が起き、類でまとめる作業は 20 余りの研究室数であっても半日から 1 日かかっていた。また、コピー作業での間違いも発生していた。

ENGYSYS では、業績データと同様に研究室ごとに教職員がデータを提出できるようにしている。研究室に配属されている学生（卒業研究に着手した学部生、大学院生）の氏名や主査などの基礎データは、本システムに登録されている情報を利用し、ユーザが入力する必要はない。すなわち、題目（および修士論文の場合は副査）を入力するだけでよい。また、卒業または修了予定者のうち、その年度で卒業または修了しない学生については、その旨のマークを付ければ、事務職員に伝達される。また、これらの情報を各専攻での発表会プログラム作成に利用するために表示順（発表順）を指定することが可能となっている。

以上のすべての情報を CSV 形式データとしてダウンロードできる。ただし、管理者権限の場合は全データを閲覧および取得が可能であるが、一般教職員権限の場合は所属部署分データのみ限定している。本機能により収集した題目などの情報は、卒業・修了証明書などに利用されるため、CSV 形式データを介して「もみじ」に登録される。

一方、事務職員にとっては、登録データが確認できるようにしているため未提出研究室を特定することが可能で、督促作業を補助している。

4.6 課程配属希望、研究室配属希望の提出と集計

広島大学工学部では、第一類～第四類までの 4 つの類に分かれて入学した後に、基本的には 2 回生で 3～4 の課程に分かれて進み、4 回生で研究室に配属する（すなわち、学生集合が細分化してゆく）方針をとっている。そのため課程配属や研究室配属の希望データを学生から受け取り、種々の分析、集計に基づいて配属を決定する必要がある。各課程や各研究室

に配属される学生数に制限があるので調整が必要である。対象学生が教室に集まり調整する方法をとると、やむをえない事情で欠席した学生にとって不利になること、直接的交渉がえって決定までの時間を長くするなどの問題があった。この問題解消を目的として、第二類では、ENGYSYS を利用して対象学生に希望調査を行い、その登録データと成績情報などに基づき、すべての学生の配属を決定している。

全課程に対する希望順、研究室に対しては第 1～第 10 希望までの希望順を、対象学生各々が本システムの課程配属希望提出機能や研究室配属希望提出機能を利用して、1～2 カ月の期間中に登録する（ただし、指定期間外の登録は禁止している）。この機能に関する管理権限を持つユーザは、希望データ一覧を閲覧でき、かつその CSV 形式データをダウンロードすることができる。

4.7 各種アンケートの回答提出とデータ集計機能

ENGYSYS は、さまざまな情報収集を行うための機能を容易に追加・修正できる柔軟性を有している。

[設問設定] アンケートの設問数は可変であり、各設問の回答形式として、select タグを用いた任意項目の選択操作、select タグを用いた整数値の選択操作、テキスト入力フィールドまたは textarea タグを用いた自由記入操作、のいずれかを自由に選択することができる。また、select タグを用いた選択形式で選択肢の標準値を設定できる。これらの回答形式は、設問の文言とともに設定ファイルに記述して設定する。

[回答許可の制御とデータの扱い] アンケートの回答登録許可期間を設けることも可能で、それ以外の期間にはデータを受け付けない。ユーザは設問の回答と保存だけでなく、保存データの変更も可能である。管理者はシステムから保存されたデータを CSV 形式でダウンロードすることができる。

本システムの柔軟性の有効性を示す一例をあげておく。工学研究科の教職員全員に対して、約 50 の設問からなるアンケート調査が必要となり、そのデータ収集のための機能を本システムに追加して実施したことがある。このとき、すべての機能追加を、設問の問い合わせ方などに関する吟味の時間も含めて 10 数時間で終了することができた。この時間は主に文言の吟味に費やし、システムへの追加作業は 3 時間程度であった。

5. U-MOS の実装方法 : (方針 3) ~ (方針 6) に関連

本章では、U-MOS の実装方法として、ENGYSYS に焦点を当ててその概要を説明する。

5.1 ENGSYS の動作環境

[ソフトウェア] ENGSYS が必要とするソフトウェアを以下に示す。

OS : Red Hat Linux (Unix 系の他の OS (たとえば FreeBSD) でも動作する)

Web サーバ : Apache (待機プロセスの上限 (MaxSpareServers) を 10 に設定)

開発言語 : Perl (14 種類の Perl モジュールを追加)

その他 : 文書整形システム TeX, PostScript (PDF) のインタプリタ Ghostscript, メール送付コマンド sendmail

追加した Perl モジュールの内訳は, LDAP 関連が 11 種類, その他は MIME 関連, チェックサム関連, ファイルタイプ検査の 3 種類であり, すべて CPAN で配布されている一般的なモジュールである。

[ハードウェア] PC のハードウェア構成は以下のとおりである。

CPU : Intel Pentium4 Xeon 3.06 GHz を 2 機搭載 (HT: Hyper-Threading Technology により 4 つの CPU が利用可能)

メモリ : 1 GB

ハードディスク : 10,000 rpm Ultra320 SCSI HDD を RAID 5 構成で使用 (総容量 150 GB)

5.2 CGI ファイルと機能別の URL

ENGSYS では, 開発の効率化や並行処理を考慮して, 4 章 (または図 2) に示した機能ごとに CGI ファイルを分けている。したがって機能ごとに URL は異なる。ただし, 1 つの機能を複数の CGI ファイルで構成している場合も存在し, さらに, CGI ファイルに引数を渡して 1 つの CGI ファイルで複数の動作をする場合も存在する。

システムの基本 URL にアクセスして, 認証に成功すると, メインメニューのページが開き (たとえば, 図 1 の左側ウィンドウ), この項目から操作を選択することで, ユーザは当該機能を選択できる。

機能ごとに URL が異なるため, 各機能の URL に直接アクセスする場合についても, 基本 URL へのアクセスと同様な認証を行うようにしている。

一般的には, 各ユーザに対して基本 URL でのメインメニューから項目を選ぶように案内しているが, その機能の URL 自体を案内することも可能である。授業評価アンケートにおける携帯電話用の URL については, この性質を利用している。

本システムの CGI は, システム内のボタンを押されたら起動し, 最小限の処理をして終了し, 次のボタンが押されるまで何も処理をしないようになっている。たとえば, 保存されているアンケートの情報を変更する場合, 記入・変更用のページを作成するための CGI

が起動し, 表示した直後に CGI は終了する (このとき保存情報は入力フォームに代入されている)。また, 保存ボタンを押すと, 保存のための CGI が起動し, 保存が完了した直後に CGI は終了する。この間のユーザによる変更作業継続中は, システムは何も処理しない。これにより, 多くの同時アクセスに対するシステムの安定性を実現している。

5.3 操作権限 : (方針 3) に関連

権限の種類は, 図 2 に示した管理者権限や一般教職員権限に加えて, 事務系学部担当者や大学院担当者の権限なども用意している。

さらに, 一般教職員権限を持つ教員がある 1 つの専攻, たとえば情報工学専攻, に属していた場合, その専攻の修士研究題目は閲覧できるが, 他の専攻, たとえば機械システム工学専攻, の修士研究題目は閲覧できない, という細かな設定もしている。

教員は, 基本的に学部組織と大学院組織のいずれにも属しているが, それらの組織に属している教員集合が一致しているとは限らない。たとえば, 学部組織の第二類 (工学部の約 4 分の 1 の組織であり, 他大学の学科に該当する) に属している教員 A, 教員 B, 教員 C は, 大学院組織では, すべて異なる組織, たとえば教員 A は情報工学専攻, 教員 B は複雑システム工学専攻, 教員 C は先端物質科学研究科の量子物質科学専攻, に属していることがある。このような組織構成に応じた権限設定が必須となるが, 本システムはこのような複雑な状況にも対応できる権限設定機能を実現している。具体的には, 個人情報として学部組織と大学院組織の部署を保存し, それを参照することで実現している。そしてこれらの権限や所属の違いで, 操作できる機能が制限されるようになっている。図 2 では, 管理者権限と一般教職員権限で利用できる機能を細線の四角で囲んで表現している。

5.4 ユーザ環境への依存性排除 : (方針 4) に関連

Cookie はユーザの個人情報を流出する原因になる可能性があるため, ユーザによってはブラウザで利用できないように設定している場合がある。JavaScript も同様である。このようなユーザ環境への依存性を極力排除するため, 本システムでは Cookie や JavaScript を利用していない。このことにより, w3m などのテキストブラウザでも本システムを利用することが可能である。

なお, Cookie はユーザとシステム間のセッション保持に使われる。しかしながら, 5.12 節で説明するように, 1 人のユーザが同時に複数ログインして使用する場合を実現することが困難である。このことには注意されたい。

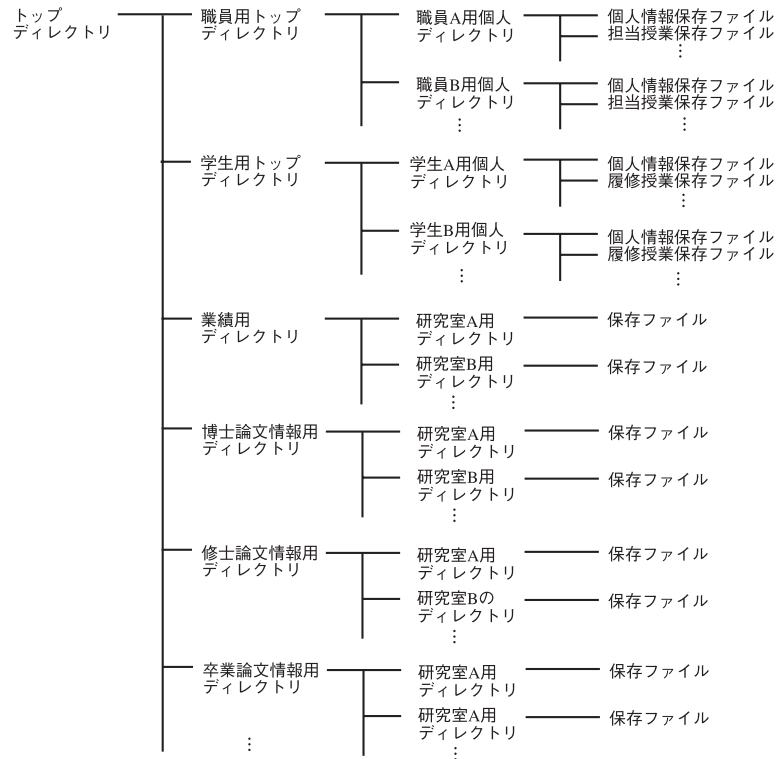


図 3 ENGSYS における情報保存のディレクトリとファイルの階層構造

Fig. 3 The hierarchical structure of directories and files for saving information in ENGSYS.

5.5 データの保存方式と安定性の確保 : (方針 5) に関連

5.5.1 基本方針

[ディレクトリやファイルの使用] 以下の理由 (主に、安定性確保のため) から、多くの Web システムで利用されている MySQL や PostgreSQL などのリレーショナルデータベース管理システム (RDBMS) は使用せず、ディレクトリやファイルを駆使してデータを保存している (図 3 参照)。

RDBMS では、データベースにアクセスするために Web サーバからデータベースシステムへの接続を確立しておかなければならない。また、その接続数の上限をあらかじめ決める

必要がある。したがって接続が枯渇しないように新たな接続の確立や不要な接続の切断といった管理操作が必要になる。そのため、高負荷になって接続不可能な状態に陥ると Web システムが動作しなくなるという状況が発生する。また、これら RDBMS は SQL という言語記述で制御されるが、これを利用した「SQL インジェクション」と呼ばれる外部からの攻撃により、保存データの漏洩などが起きる可能性がある。SQL インジェクションは広く知られている攻撃手法であり、RDBMS を利用する際にはシステム設計に十分な注意が必要となる。

[バックアップ] RDBMS はバックアップ機能を備えており、障害が発生すると、データ量に関わらずいったんシステムを停止して、障害前の状態に戻す作業を RDBMS 独自のコマンドにより行う。このためにデータベースファイル、制御ファイルなどを別マシンに定期的にコピーして保管する必要がある。RDBMS の場合、ディスク消費量と復旧時間を考えると、フルバックアップ (全データをコピー) と差分バックアップ (前回との差分をコピー) を併用することが考えられる。しかし、一部のファイルを復元する場合でも、これらの複数のバックアップデータと多量の変更履歴を把握することが必要なため復旧に時間がかかってしまう可能性がある。

一方、本システムでは、復旧するデータ量に依存するが、システムを停止することなく復旧可能である。たとえば、1 つのファイルを編集前の状態に戻す場合、5.9 節で説明する「バックアップ方式」で蓄えていた過去のファイルをコピーするだけである。また、システムの開発時に、Unix 系 OS に付属するコマンド diff などを使うことで変更前のデータと簡単に比較することができ、デバックが容易である。

本システムに保存されているすべてのデータを別マシンにバックアップ (保管) する場合、保存データが格納されているトップディレクトリ以下をコピーする。この際、pdumpfs というバックアップツールを用いることで、最適なバックアップが可能である。pdumpfs は、バックアップ対象のディレクトリ全体のスナップショットを、バックアップ先のディレクトリに“年/月/日”というディレクトリを作ってまったく同じ状態で保存する。初回 (初日) のみバックアップ対象のディレクトリ全体をコピーして、2 回目 (2 日目) 以降は変更されたファイルはコピーして、変更されなかったファイルは以前のファイルへのハードリンクを作る。これにより、ディスクの消費量を節約でき、さらに、対象ディレクトリの状態をそのまま保存しているため、直感的で分かりやすく、迅速な復旧作業が可能である。また、本システムでは最小単位にデータを分割して保存しており、ディスク消費量を最小限に抑えることができる。これも本システムの利点の 1 つである。

[分かりやすいファイル管理] RDBMS は一般的に PDF や画像などのバイナリファイルを蓄えることに不向きである。バイナリファイルを蓄えるディレクトリを作り、そこに保管することが一般的である。すると、データ数が増加するとそのディレクトリが煩雑になり、さらにバイナリファイルとそれを管理するユーザなどの関係が分かりにくくなる。本システムではこのようなことを回避するため、関係性の高い適切なディレクトリにバイナリファイルを蓄えるようにすることで、整理された状態で保存している。

5.5.2 具体的方策

[ファイル管理と操作競合の回避] ユーザ ID をディレクトリ名に対応させ (図 3 の「教員 A 用個人ディレクトリ」、「学生 A 用個人ディレクトリ」など)、そのディレクトリにそのユーザ ID に関連する情報を蓄える (図 3 の「個人情報ファイル」、「担当授業保存ファイル」など)。また、研究室単位で情報を共有するようなデータについては、研究室の ID を決めておき、それによりディレクトリを分けて (図 3 の「業績用ディレクトリ」など)、その中にファイルを蓄えている (図 3 の「保存ファイル」)。以上のように、ディレクトリをユーザごとに、またはデータのまとまりごとに階層化し、さらに、これらに蓄える保存ファイルは最小単位に分割している。これにより、複数ユーザによる同じデータの操作 (操作の競合) が、できるだけ起きないように設計している。

[排他処理] しかし、操作の競合を完全に避けることはできない。そこで排他処理をする必要が生じるが、その場合でも排他処理する時間を極力短くしている。この排他処理の具体的な方法を説明する。

システムに蓄えられているデータの読み出し時は排他処理をせず、記述されたデータをシステム内に書き込む一瞬のみ排他制御をする。ただし、ユーザ A の読み出し後から書き込み前までに他のユーザ B により保存データが書き換えられていた場合に、ユーザ A が変更した情報をそのまま保存するとユーザ B の情報が消えてしまう。この場合は、ユーザ A の情報を破棄することにしている。すなわち、ユーザ A の書き込み時にエラーとして、ユーザ A の修正は保存できないようにしている。

この理由は以下のとおりである。ユーザ A の変更を破棄せずにそのまま保存すると、ユーザ B にとっては自身の変更が反映されなかったことに気が付かない事態が発生しうる。しかしながら、本システムが採用しているようにユーザ A の変更を破棄することでユーザ A には当該データが修正されたことを通知することができるので、ユーザ A は適切に対処することが可能となる。

このことを実現するために、該当データを 1 つのファイルに保存する際に、そのファイル

の変更操作実施回数も一緒に保存し、読み出し時と書き込み時でその回数が増えているかをチェックする。

なお、排他処理をする場合、たとえばユーザ A があるデータの編集を開始して終了するまで、他のユーザが同じデータを読み書きできないようにする方式も考えられる。しかし、この排他処理方式では、他のユーザは該当データの操作 (表示) を待たなければならない。もし多くのユーザが同時刻にそのデータの操作することが起きた場合には、ユーザによってはシステムがハングアップした状態になることがある。

一方、図 3 のようにデータを階層的なディレクトリの保存ファイルに保存し、本システムのような排他処理を行う方式については、アクセス数が非常に多い状態でもシステムが実際に安定して動作することが、現場での実使用において確かめられている。

[情報漏洩に対する堅牢さ] 本システムの情報保存方式では、Web サーバの管理者権限以上の権限を持つユーザとして Web サーバに不正アクセスされると、保存ファイルから情報を獲得できる。一方、RDBMS を使用する場合には、RDBMS に不正アクセスされると、同様に情報の獲得が可能である。このことから、本システムの情報保存形式の漏洩に対する堅牢さは RDBMS を用いる場合と同程度と考えられる。

5.6 ユーザの認証方法 : (方針 6) に関連

[ユーザ認証] ENGSYS は、ユーザ ID とパスワードで認証を行っている。ユーザ ID として、学生は学生番号、教職員は教職員番号を用いている。ユーザの認証方法として、(AUTH-1) 本システムに蓄えているパスワードを参照する方法 (AUTH-2) LDAP サーバである外部の認証サーバのパスワードを参照する方法の 2 種類を用意している。設定ファイルの 1 つの変数を変更するのみでこれらの切替えが可能になっている。

[パスワードのユーザへの伝達手段] まず、(AUTH-2) の認証サーバは他のシステムでも利用され、しかるべき部署 (事務局) で配布・管理しているので、(AUTH-1) の場合のみ説明する。本システムの付属コマンドを利用すればシステムに蓄えられているパスワードを記述した PDF ファイルを生成することができるので、それを印刷して配布・伝達することができる。また、パスワードをメールで配布することも可能である。さらに、ユーザがパスワードを忘れた場合の対処機能も備えている。すなわち、本システムのパスワード再発行機能がユーザ ID とメールアドレスを受け取ると、それらを保存データと照合し、それらが一致した場合に、そのメールアドレス宛に新しいパスワードを送付することが可能である。

本システムは、運用開始から (AUTH-1) を利用してきたが、学生が複数のパスワード

を保有する必要があった。その手間を削減することを大きな理由として、2008 年秋から (AUTH-2) を利用している。

5.7 ページの暗号化 : (方針 6) に関連

システムを安全に利用するために、SSL (Secure Socket Layer) を導入した HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Security) にユーザをアクセスさせる。ただし、これによりアクセスができなくなる環境もあるので (最近はほとんどないが、以前は携帯電話などが該当した)、次のように対応している。

(i) 5.6 節で示した認証方法 (AUTH-1) を利用する場合、HTTPS を利用しない URL (以後 HTTP URL と表記) にもアクセスを可能にしている。これにアクセスした場合には、できる限り暗号化した HTTPS を利用する URL (以後 HTTPS URL と表記) にアクセスすることを促すメッセージを表示している。ただし、システムに関して広範囲に案内する場合には、HTTPS URL を知らせるようにしている。

(ii) 5.6 節の認証方法 (AUTH-2) を利用する場合、ユーザ ID やパスワードは他の多くのシステムで利用されており、万一それらが漏洩すると影響する範囲が大きい。そこで、HTTP URL にアクセスした場合には、HTTPS URL にアクセスすることを指示するメッセージのみ表示する。

5.8 ページの期限切れ、ユーザ権限や送信データの改竄防止 : (方針 6) に関連

ENGSSYS は、Cookie を利用せず、かつページの期限切れチェック機能、およびユーザ権限の改竄防止の機能を実現し、強いセキュリティ保持能力を具備している。その実現方法を以下の (1) ~ (5) で示す。

[ページ期限チェック機能、ユーザ権限改竄防止機能]

- (1) ボタンが押されると、呼び出される CGI に対して、現在のページを表示した時刻とユーザ ID の情報が渡される。
- (2) さらに、次の (a) と (b) を連結した文字列を暗号化した値を渡す (Web システムのユーザは、暗号化した値を知ることが可能であるが、元の文字列は推測できない。このことには注意されたい)。
 - (a) (1) の時刻とユーザ ID ;
 - (b) あらかじめシステム内に保存している適当な文字列やシステムに登録されている役職などの文字列を連結したもの。
- (3) (改竄防止) 呼び出された CGI では、最初に、渡された時刻とユーザ ID および (2) (b) と同様に生成した文字列を使い、(2) と同様に暗号化した値を生成する。もし表示時刻

やユーザ ID の改竄が生じると、ここで暗号化した値と渡された値に不一致が発生し、認証を要求する。

- (4) (ページ期限チェック) 前のページの表示時刻と現在の時刻を比較し、システムに登録されている期限を越えていた場合には認証を要求する。
- (5) (3) または (4) の認証に成功すれば、作業を継続することができる。

なお、ユーザが本システムのページを HTML ファイルとして保存した場合、後でそのファイルをブラウザで表示すればシステムの利用を続行できる可能性がある。本システムでは表示ページをブラウザにキャッシュされないようにしているが、ユーザが使う PC の管理者が悪意を持っていればブラウザを改造するなどしてページを入手することができる。すると「なりすまし」ができる可能性がある。一方、Cookie を利用して改竄防止などの処置を実現する方法が存在するが、こちらにおいても保存している Cookie の値を悪用すれば同様に「なりすまし」が可能な場合がある。したがってセキュリティ保持能力は同程度と考えている。

もしデータが書き換えられたとしても 5.9 ~ 5.11 節で説明するバックアップ機能と保存された操作ログの組合せにより元の状態に復元することが可能である。

5.9 バックアップ機能 : (方針 6) に関連

5.5 節で示したとおり、ENGSSYS が扱うデータは、最小単位に分割されて、各々をファイルで蓄えている。内容に変更があった場合には、該当ファイルに上書き保存する前に、当該ファイル名を別ファイル名に変更している。具体的には、図 3 の個人情報保存ファイルの名前の最後に「.(修正回数)」なる拡張子を付加したファイル名に変更して同じディレクトリに保存している。これにより、過去に保存されていたすべての情報を参照できる。たとえば、文字化けが起きたとしても古いファイルに文字化けする前のデータが保存されている可能性が高く、これでデータの復旧を行うことが可能である。

5.10 ユーザアカウントの削除 : (方針 6) に関連

教職員については退職、学生については卒業または修了にともなって、システム内の該当アカウントを削除する必要がある。4.2 節で示したような更新をしているが、その際に間違えて削除する危険性もある。また、教職員は、復職する場合もありうる。さらに、削除された個人ディレクトリに蓄えられているファイルを参照することが必要な場合もある。

これらを考慮して、本システムでは、ユーザのアカウントを削除する場合、そのユーザの個人用ディレクトリを消去するのではなく、その個人用ディレクトリ内に「delete」ファイルを作り、システムで参照する場合には、基本的にそのアカウントを除外して処理する。ま

た、「delete」ファイルを取り除けばアカウントを復活することができる。

5.11 操作ログの保存 : (方針 6) に関連

各ユーザがどの機能を使ってどのような操作を行ったかを示す操作ログはすべて保存している。具体的には、各ユーザの個人ディレクトリ内に、そのユーザが、システムを利用中にボタンを押した時刻(1秒単位まで)とそのボタンを押すことで次に動作する機能情報(CGIのファイル名とその動作に関わる引数:詳細は5.2節参照)を保存している。

操作ログデータとバックアップデータ(5.9節参照)の組合せにより、システムに不具合が起きた場合などでも復旧作業が迅速に行うことができる。ただし、これらバックアップデータと操作ログデータは、現状ではWebシステム内で参照できるようにはなっておらず、保存ファイルを直接参照する必要がある。特別な権限のユーザのみ参照できるような機能を持たせるのが好ましいと考えられるが、未実装である。

5.12 1人のユーザによる同時複数ログイン

本システムでは、1人のユーザが同時に複数ログインして操作することが可能である。複数の機能を同時に使う場合や開発者が複数のユーザでログインして権限に関するテストをする場合、などに利用される。これは5.8節で示した方式を採用し、ページ内にセッション・改竄防止の情報を持たせていることで実現できている。

なお、Cookieを利用したシステムは、一般的にこのような同時に複数ログインをすることができない。システムから送付するCookieの情報をうまく生成すれば、同様なことが可能かもしれないが、非常に複雑な実装が必要となると考えられる。

6. U-MOSの性能評価および考察

U-MOSの性能評価として、ENGSYSに焦点を当てて(方針1)~(方針6)について評価する。

6.1 (方針1)~(方針4)について

4章で示した各種機能に対して、(方針1)の柔軟性、および(方針2)の効率性に関するユーザからの改善要請は些細なものがあつたが、これらにはすぐに対応してきた。「効率的である」という意見はこれまでに多数あつた。また、(方針3)の権限、および(方針4)の依存性についての指摘は特になかった。以上から(方針1)~(方針4)は実用レベルまで達成できていると考えている。今後はより客観的な評価にも取り組む予定である。

6.2 (方針6)について

4.3節で紹介した業績情報の提出機能に関連して、提出されたデータが文字化けしたこと

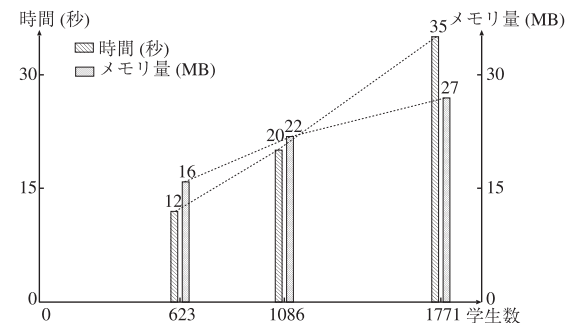


図4 学生数, CPU時間, メモリ量の関係

Fig. 4 Relationship of the number of students, CPU time and amount of memory.

が何度か発生した。このとき、システム全体を停止することなく過去のデータから文字化けが起きていない最新の状態で復旧する対処を行うことができた。バックアップ機能としては実用レベルまで達成できていると考えている。一方、5.8節でセキュリティの強度について議論したが、理論的あるいは実験的検証はまだ行っておらず、今後の課題である。

6.3 (方針5)について

ENGSYSを5.1節で示した計算機環境で稼働させ、2005年1月20日から2010年5月17日までの約5年4カ月の期間について、1秒単位で記録した操作ログ(5.11節参照)を解析し、(方針5)の安定性について検証した。なお、この間の全ユーザ数は9,996名で、全ユーザの操作回数は540,207件であった。また、有効ユーザ数は約3,400名である。したがって、下記で示す数値は断りがない限りユーザ数が約3,400名の場合であることに留意されたい。

6.3.1 CGIの実行時間と使用メモリ量

一般教職員権限を持つユーザが利用可能な機能の中で、所属類の学部生の一覧表示が最も処理時間のかかる機能の1つである。この機能は学生は利用できない。表示する学生数、CPU時間、使用メモリ量の関係を図4に示す。ただし、623名は現在第二類に所属する学生数で、1,086名と1,771名のデータは過去の学生アカウントを復活させて計測した。一方、学生が利用できる機能で最も処理時間のかかる機能の1つである授業評価アンケートの記入ページを表示する実行時間は0.001秒以下で、使用メモリは1MB程度であった。

すべての機能(CGI)の実行時間を計測していないが、実行時間の平均は1秒以内であると考えられる。

表 1 (1) 1 秒単位で計測した同時アクセス数の分布状況; (2) 同じユーザが 5 分以内に次の操作を行ったならば, その間はシステムを継続使用していると見なした場合の同時使用ユーザ数の分布状況

Table 1 (1) Distribution of the numbers of simultaneous access per second; (2) distribution of the numbers of simultaneous operating users, where "an operating user" is a user who cricks one or more operation buttons twice within five minutes, the number of operating users are counted per second, and their distribution is shown.

(1)		(2)	
同時アクセス数	件数	同時使用ユーザ数	件数
10	1	60 ~ 65	401
9	2	50 ~ 59	945
8	6	40 ~ 49	1,320
7	34	30 ~ 39	2,165
6	74	20 ~ 29	5,218
5	221	10 ~ 19	23,680
4	588	1 ~ 9	7,891,513
3	1,966		
2	15,935		
1	498,224		

6.3.2 同時アクセス数

システムを同時に操作するようなアクセス数(同時アクセス数)を秒単位で考える。表 1 (1) に, 1 秒単位で計測した同時アクセス数の内訳を示す。その数値が Apache の待機プロセスの上限値 (MaxSpareServers) である 10 になった状況が 1 度起きていることが分かる*1。また, 同時アクセス数が 8 以上であった 9 件について状況を調べた。その 9 件中 7 件については筆者の 1 人が 2005 年と 2006 年に担当した学生実験 (受講者が約 90 名程度の授業) の各々で「使用している PC を用いて授業評価アンケートを提出するように」と指示した際に起きており, その全ユーザは当該実験の受講生であった。この際に, システムの動作が悪いという報告は受けていない。以上から, Apache のプロセス数は 10 で十分であり*2, さらに CGI の実行時間を 1 秒以内と考えると, 平均 1.04 程度 (= 総操作回数 / 表 1 (1) の件数の総和) のプロセス数を使用していると予想できる。

6.3.3 同時使用ユーザ数

次に, 本システムを同時に使用していたユーザ数について考える。5.11 節で述べたとお

り, 操作ログはシステム内でボタンを押した瞬間の時刻と次に動作する機能がペアとなっている情報である。また, システムの使用を終了するためのログアウトボタンは用意しているが, これを押して終了しているとは限らない。これらの理由からユーザが継続使用している時間帯を正確に調べることは困難である。このことは他のシステムでも同様と思われる。

そこで, ユーザがシステムのあるボタンを押して同じユーザが次のボタンを押すまでの時間が 5 分以内ならば (授業評価アンケートを 1 科目あたりの回答にかかる時間は長くて 5 分と想定している), その間はシステムを継続使用していると見なして計測することとした。各ユーザに対して, ENGSYS の使用履歴をこのようにボタン操作時刻に着目して継続使用期間を求める。各時刻 (秒単位) で継続使用期が重なるユーザを同時使用ユーザと考え, このユーザ数を同時使用ユーザ数として計測した。その結果を表 1 (2) に示す。たとえば, 表 1 (2) の第 1 行目は同時使用ユーザ数が 60 から 65 であった時刻が計測期間中に合計 401 回あったことを示している。これにより同時使用ユーザ数の最大値は 65 であることが分かる (ただし, 教職員のみを対象にした場合の最大値は 8 であった)。つまり, 同時に 65 名のユーザが利用していたと考えられる。

6.3.4 全使用メモリ量

1 つのプロセスの使用メモリ量, 瞬間の同時アクセス数, 実行時間に関する考察から, PC のメインメモリが 1 GB でも十分に安定して動作していたと判断できる。

6.3.5 結論

以上から, ユーザ数が現在のユーザ数ならば, 過重負荷に陥らず十分に安定してシステムが動作すると判断できる。さらに, 本システムは 5 年前の PC 上で動作しているが, 最近の高性能 PC を利用すれば, 下記の理由から広島大学の全構成員 (約 20,000 名) 以上のユーザに対しても耐えうるシステムであると予想できる。

広島大学の全構成員数 (約 20,000 名) は工学研究科 (約 3,400 名) の約 6 倍である。図 4 から, 6 倍のユーザ数になると所属類の学部生の一覧機能の CPU 時間は 72 秒, 使用メモリ量は 96 MB になると仮定する。本システムのログにより, 継続使用期間を 72 秒として同時使用ユーザ数を計測すると最大値は 45 であった (教職員のみを対象にした場合の最大値は 6 であった)。よって, 同時使用ユーザ数は, $6 \times 45 = 270$ となる。以上から, 必要とされるメモリ量は, $96 \text{ MB} \times 270 = 25.9 \text{ GB}$ と予想できる。また, 使用メモリ 96 MB をすべて HDD から読み取ったとすると, 1 秒あたり $96 \text{ MB} / 72 \text{ 秒} = 1.3 \text{ MB}$ となる。この場合にはシステムが 1 秒あたりに読み書きするデータ量は, $1.3 \text{ MB} \times 270 = 351 \text{ MB}$ 程度となる。いずれも高性能 PC のスペック程度である。しかし, 構成員の約 8 割が学生で, 学生

*1 これは 2006 年 7 月 18 日 15 時 6 分 32 秒に起きていた。

*2 Web サーバとして一般的な Apache は 1 つの接続に 1 つのプロセスを割り当てて処理することに注意されたい。

が利用できる機能で使用するメモリ量は1MB程度であり、実行時間が0.001秒以下であった(6.3.1項参照)ことなどを考慮すると、必要とされるメモリ量は25.9GBの3割程度で、HDDが読み書きするデータ量は351MB/秒の3割程度になると予想できる。

6.4 その他:発生したトラブルついて

6.4.1 メール送付機能

本システムは、メールの送付にsendmailを使っている。ブラウザで操作して対象学生に授業評価アンケート(4.4節参照)に関するメールをいっせいで送付した際に、一部のユーザに同じメールが複数送信された(実行中にこの現象に気が付きプロセスを停止させた)。これは、使用できないメールアドレスに送付した際にエラーが発生して、そのエラーがスクリプトを介してWebサーバに伝えられ、そのつどWebサーバがスクリプトを実行したことが原因であったと思われる。これに対しては、コマンドラインで実行するように変更することでとりあえず対処したが、この問題の改善は今後の課題である。

6.4.2 認証用パスワード

独自パスワード(5.6節の認証方法(AUTH-1)参照)で運用していた際に生じたことである。教職員のアカウントを追加した直後にパスワードをメールで送付するように設定していたが、「ユーザがその受信をほとんど意識していないときにパスワードが記述されたメールを送付する方法は、セキュリティ上の問題がある」という指摘を受けた。そこで、本システムに備わっているパスワード再発行機能を利用して、ユーザの意思に従ってパスワードを入手してもらう方法に変更した。

一方、学生からはパスワードの入手方法が難しいという意見が多くあった。また、パスワードは、文字と数字からなる文字列を乱数で生成していたが、覚えにくいという意見があったので、数字4桁に変更した。その後、今度は数字4桁では簡単すぎるという意見が数件あった。

しかし、2008年から全学構成員のための認証サーバを用いる方法(5.6節の認証方法(AUTH-2)参照)に変更してからはパスワードに関する意見はなかった。

7. U-MOSに関連するシステム

ENGYSYSを含めてU-MOSと同様な設計方針で筆者らが開発したシステム(広島大学研究者総覧システム、広島大学アンケートシステムは除く)を以下に示しておく。

- 広島大学産学共同活動テーマデータベース「ひまわり」

「ひまわり」とは、広島大学からの社会に向けて産学共同活動テーマを公開・発信する

のためのデータベースである。現在のデータ数(テーマ数)は日英合わせて約700件である。2003年から継続使用している。

- EMaT(工学系数学統一試験)運営システム

2003年からEMaT(この前身となる試験も含む)の運用、受験申込受付、成績提供、各種統計計算、などに利用され、毎年数千名のデータを扱い、合計約1万件のデータを扱う。これまでの7年間で関連ページのアクセス数は7万件以上を記録している。

8. おわりに

本論文では、筆者らが開発している大学運営業務支援のためのシステムU-MOSの設計方針、実装方法などを報告した。U-MOSは運営支援、研究者総覧、アンケートシステムの3つのサブシステムからなる。本論文では、U-MOSの中心的なサブシステムであり、運営支援システムであるENGYSYSに重点をおいて報告した。ENGYSYS以外の2つのサブシステムは全学で使用中等である。ENGYSYSは工学部・工学研究科で使用中等であるが、汎用性が高く全学使用の実現を目指している。U-MOSの有効性は高く、7章で示したシステムも合わせて広島大学工学部・大学院工学研究科および広島大学全体の運営効率化に大きく貢献している。本論文では、実際のデータを用いてシステムの性能評価を行い、それに基づいて有効性も示した。

今後の課題としては、検証関連について負荷実験などを行い本システムの有効性をさらに詳細に検証すること、セキュリティの強度に関して検証すること、などがある。システム開発に関連しては、ENGYSYSを全学使用を対象としたシステムへと拡張すること、大学内には支援可能な業務がまだ多く存在しているのでそれらに対応した機能を追加することがある。加えて、さらなる効率化およびセキュリティ強化、対応文字コードの改良、などがある。

U-MOSは大学運営業務支援に関して有用な機能を多数備えている。一方で、ユーザ環境への依存性が非常に低く、他大学への移植性がきわめて良好である、という特徴を有する。これらの試用、導入について興味を持たれた場合には、遠慮なく当方まで問合せをされたい。

参 考 文 献

- 1) 学生向情報発信システム CampusVision . <http://www.hitachi-system.co.jp/campus/>
- 2) 大学事務システム GAKUEN . <http://www.jast-gakuen.com/>
- 3) 檜垣泰彦, 阿由葉努, 土屋 俊: 履修登録システムの構築と運用, 電子情報通信学会論文誌(D-I), Vol.J88-D-I, No.2, pp.517-526 (2005).
- 4) 檜垣泰彦, 阿由葉努, 土屋 俊: 電子メールによる学生連絡サブシステムの設計と運

用, 電子情報通信学会論文誌 (D), Vol.J89-D, No.3, pp.457-468 (2006).

5) 田岡智志, 渡邊敏正: AllConf: カンファレンス運営支援 Web システム, *IEICE Fundamentals Review*, Vol.2, No.1, pp.66-80 (2008).

6) 花川典子, 赤澤佳子, 森 章, 前田利之, 井上俊治, 筒井茂義: シームレス環境を実現した Web ベース統合教育支援システムの構築, 電子情報通信学会論文誌 (D-I), Vol.J88-D-I, No.2, pp.498-507 (2005).

(平成 22 年 5 月 21 日受付)

(平成 22 年 11 月 5 日採録)



田岡 智志 (正会員)

1968 年生 .1991 年広島大学卒業 .1991 年広島大学工学部研究生 .1994 年広島大学大学院工学研究科博士課程前期修了 .1995 年より広島大学助手 .2005 年より広島大学助教 .2003 年博士 (工学) 取得 . 効率的アルゴリズムの設計, ペトリネット理論, 実用的 Web システムの開発等の研究に従事 . IEEE, 電子情報通信学会各会員 .



高藤 大介 (正会員)

1970 年生 .1993 年広島大学卒業 .1995 年広島大学大学院工学研究科博士課程前期修了 .1999 年より広島大学助手 .2005 年より広島大学助教 . グラフアルゴリズムの解析と設計, VLSI レイアウト等の研究に従事 . IEEE, 電子情報通信学会各会員 .



渡邊 敏正 (正会員)

1949 年生 .1972 年広島大学卒業 .1974 年広島大学大学院工学研究科修士課程修了 .1977 年東北大学大学院工学研究科博士課程修了 .1977 年 9 月まで東北大学助手 .1977 年 10 月より広島大学助手 .1981 年より広島大学助教授 .1993 年より広島大学教授 .1986 年より 1987 年まで文部省在外研究員 (イリノイ大学等) .2008 年電子情報通信学会フェロー称号授与 . グラフアルゴリズムの解析と設計, 計算の複雑さ, ペトリネット理論, VLSI レイアウト, 並列計算等の研究に従事 . 工学博士 . IEEE, ACM, 電子情報通信学会各会員 .