

電子メールによる学生連絡サブシステムの設計と運用

檜垣 泰彦^{†,††} 阿由葉 努^{†††} 土屋 俊^{††††}

Design and Operation of E-mail Notification Subsystem for Students

Yasuhiko HIGAKI^{†,††}, Tsutomu AYUHA^{†††}, and Syun TUTIYA^{††††}

あらまし 大学では、シラバスや履修登録などの学務情報システムの利用が進んでいるが、本論文ではこのようなデータベースを中心に構成されているシステムで、電子メールを使って連絡・問合せを行うためのサブシステムの設計と運用について述べている。伝えたい人に、確実に、安心して、効率的に情報を伝えることのできるシステムを目指した。教職員と学生との連絡・問合せの流れとその性質に応じて、学生連絡用メーリングリスト、授業受講者メーリングリスト、授業担当者問合せ用アドレス、個人連絡用アドレスの機能を設けた。独自開発のメーリングリストマネージャを備えており、データベースとの連携、連絡用に特化したメーリングリスト、メーリングリストの階層的定義、学生・授業担当者の窓口アドレス、Web によるアドレス登録・修正、配送メールのアーカイブ、バウンスメール自動処理、重複メールの配送抑止等の機能を有している。2001 年度から 2005 年度はじめにかけての運用では、設計当時想定されていなかったウイルスメール発生による障害も見られたが、その設計がおおむね妥当であったことが確認できた。

キーワード メーリングリスト、データベースとの連携、学務情報システム、実運用データ

1. ま え が き

電子メールは即時性、十分な確実性を備え、広く使われている優れた通信手段である。携帯電話の電子メール機能を使えば、あらゆる場所でメールを受信可能であり、更に高い即時性を実現できる。電子メールは基本的には 1 対 1 の通信手段であるが、投稿用アドレスに送られたメールを登録者に同報するメーリングリストの仕組みを利用すると、1 対多（複数同報）の連絡手段とすることができる。

大学においても、シラバスや履修登録などの学務情報システムの利用が進んでいる [1] ~ [3]。これらのシステムでは随所に学生との連絡が必要となる場面がある。

大学環境における学生への連絡は従来、掲示板への掲示を主に用いてきた。電子メールの普及に伴い、最近では掲示板の代わりに電子メールを連絡手段として利用することが多くなってきている。学務情報システムはデータベースを中心として構成されたシステムである。本論文では、このようなデータベースを中心に構成されているシステムで電子メールを使って連絡・問合せを行うためのサブシステム（“学生連絡サブシステム”と称す）の設計と運用について述べる [4]。伝えたい人に、確実に、安心して、効率的に、情報を伝えることのできるサブシステムの実現を目的とした。

本サブシステムは 2001 年度に関連システムの一部として設計され、運用が開始された。その後運用の状況を見ながら必要に応じて改良を行った。本論文では 2001 年度に行った設計と、その後 2005 年度はじめまでの運用について述べ、その結果から設計の妥当性を検証する。各サブシステムはそれぞれの目的・要件をもとに設計されたが、本論文では学生連絡サブシステムについて論じる。

2. システム全体の概要

図 1 に本システム全体の構成図を示す。学生連絡サブシステムに関係する部分を中心に示している。学生

[†] 千葉大学大学院自然科学研究科情報科学専攻，千葉市
Division of Information Science, Graduate School of Science
and Technology, Chiba University, 1-33 Yayoi-cho, Inage-
ku, Chiba-shi, 263-8522 Japan

^{††} 千葉大学工学部，千葉市
Faculty of Engineering, Chiba University, 1-33 Yayoi-cho,
Inage-ku, Chiba-shi, 263-8522 Japan

^{†††} 千葉大学医学部附属病院，千葉市
Chiba University Hospital, 1-8-1 Inohana, Chuo-ku,
Chiba-shi, 260-8677 Japan

^{††††} 千葉大学文学部，千葉市
Faculty of Letters, Chiba University, 1-33 Yayoi-cho, Inage-
ku, Chiba-shi, 263-8522 Japan

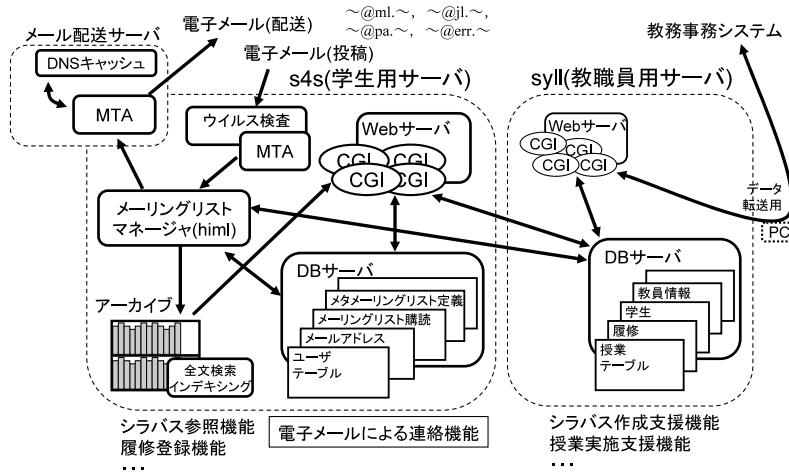


図 1 システム構成
Fig. 1 Structure of the system.

がログインして利用するサーバ(これを s4s と称す)と教職員がログインして使用するサーバ(これを syll と称す)とから構成されている [5]。s4s, syll とともに筆者らの開発によるものである [3] ~ [7]。s4s にはシラバス参照機能や履修登録の機能 [3] が実装されている。syll にはシラバス作成や受講者名簿のダウンロード等の授業実施支援の機能が実装されている [6], [7]。これらの機能は CGI 等のプログラムから両サーバのデータベースをアクセスすることで実現される。本論文で述べる電子メールによる連絡機能は学生用サーバ (s4s) の機能の一部である。工学部 (2001 年度時点で 5 学科) で利用され、学生数は 3,200 人強である。

これらのサーバは OS が FreeBSD [8] であり, apache [9], PostgreSQL [10] などのいわゆるオープンソースのソフトウェアで動作している。開発言語は主に perl を用いている。ハードウェアは s4s 用としては CPU が Pentium III 1GHz 二つの SMP 構成, メモリ 2GByte, ディスク容量 100 GByte RAID 5, syll 用として CPU が Pentium III 800MHz 二つの SMP 構成, メモリ 1 GByte, ディスク容量 180 GByte RAID 5, メール配送サーバとして CPU が Celeron 700 MHz, メモリ 1 GByte, ディスク容量 68 GByte のものを利用している。

図 1 の細部については 5. にて説明する。

3. 要件

本サブシステムの目的は、電子メールにより、伝え

たい人に、確実に、安心して、効率的に情報を伝えることである。この目的を実現するための要件として、以下を設定した。

(1) 連絡・問合せの流れとその性質に応じて適切な方法で情報を伝えるものであること 目的達成のためには、場面に依りて異なる仕様が必要となる。

(2) データベースと連携して動作するものであること メーリングリストの構成に必要な情報を直接関連するデータベースのテーブルから取得することで正確なメンバ登録を実現できるほか、運用の省力化も可能となり、伝えるべき人に効率的に連絡をとることが可能となる。

(3) 必要な人だけが投稿できること 多数へ同報するメーリングリストで、受信者が自由に投稿できると、勝手に不適切な情報を流すおそれがある。また、部外者までもが自由に投稿できてしまうと、迷惑メールのため連絡システムとして効率的に機能しなくなる。

(4) 階層的メーリングリストの定義が可能であること 内容に即して、よりの確な分類を行うことができ、効率的に情報を伝えることが可能となる。

(5) プライバシーに配慮したものであること 安心して利用できるシステムとするためには、実際にメール交換しない人に普段使用しているメールアドレスを知られないような設計が必要である。

(6) メールアドレスの登録・変更や購読選択は受信者自身で行えること いつも使っているメールアドレスのほかに、Web メールアドレス、携帯電話の

メールアドレスなど複数のメールアドレスを使い分けている学生が増えている。最近では迷惑メール対策のこともあり、メールアドレスの変更が頻繁に行われる。効率的で確実な運用の実現のためには、複数のメールアドレスの登録を受信者自身で行えるようにすることが必要である。また、提供されているメーリングリストのうち、必要なものを学生自身が選択購読できるようにすることで、ほしい情報を確実に得ることが可能となる。

(7) エラーメール(バウンスメール)の処理は自動で行えること 配送エラーとなったメールをもとに、登録アドレスリストを修正する作業は大変手間のかかる作業である。効率的で確実な運用実現のためには、一定基準で配送エラーになったアドレスへの配送を自動的に停止する機能が必要である。

(8) 投稿メールのアーカイブ機能を備えること アーカイブを Web でログインして読めるようにすることで、メールアドレスを登録していない場合や、登録してあったアドレスに事故で不達の場合でも自分あてのメッセージを読むことができ、より確実に連絡をとることが可能となる。また、アーカイブした記事に対する検索機能を設けることで情報の効率的利用が可能となる。

(9) 重複して同じメールを配送しない メーリングリストのクロスポストなどで同じメッセージが複数配送されるような場合でも、同じメールアドレスに同一のメッセージが複数配送されないように設計することで効率的な情報の伝達が実現できる。

(10) 多くの学生のメールアドレスが登録され、実際に利用されるシステムとすること 伝えたい人に確実に伝わるためには、十分なメールアドレス登録率が必要である。

4. 設 計

4.1 教職員と学生との間で連絡が必要となる場面

3. で述べた要件の(1)を明確にするため、まず大学環境における教職員と学生間での連絡・問合せの流れを整理する。

(1) 教職員が学生生活にかかわる行事や注意事項を学生に連絡する。ガイダンス、説明会、講演会懇談会などの開催連絡等。従来は学科・学年別掲示板への掲示を利用していた。

(2) 教職員が授業の受講生に授業の内容や授業のスケジュールについて連絡する。試験通知、休講通知

等。従来は教務系の専用掲示板を利用していた。

(3) 学生が授業担当教員に問合せを行う。授業・レポートに関する質問、試験・レポートの評価に関する問合せ等。従来は直接担当教員のもとを訪れることが多かった。

(4) 教職員がある特定の学生個人へ連絡をとる。再試験の通知、履修登録エラーに関する内容、授業料未納警告等。従来は呼出し用掲示板に氏名を掲示し、更に必要があれば窓口に呼び出していた。

これらの連絡を行うための仕組みとして、それぞれに対応して(1)学生連絡用メーリングリスト(2)授業受講者メーリングリスト(3)授業担当者問合せ用アドレス(4)個人連絡用アドレスの仕組みを設ける(1)(2)(4)はいずれも教職員から学生へ連絡をとる手段であるが、特定の授業の受講者への連絡は授業受講者メーリングリストを用い、他の人に知らせる必要のない、ある学生個人に関する連絡には個人連絡用アドレスを用いる。これら以外の学科・学年・コース別の一般的情報には学生連絡用メーリングリストを用いることとする。メーリングリストは参加者が意見を交わしながら議論を進めていく討論用のものと、発信者から受け手へ一方通行で情報を流す連絡専用のものに分類されるが、本サブシステムのメーリングリスト(学生連絡用メーリングリスト、授業受講者メーリングリスト)は後者に相当する。

4.2 データベースとの連携

要件の(2)に基づき、関連データベースから連携させるべき適切なテーブルを選択する。学生連絡用メーリングリストでは、学生テーブルの年次や所属の情報をもとに購読リストの初期化を行う。授業受講者メーリングリストでは、授業テーブル、履修テーブルと関連づけ、各授業別の受講者のメーリングリストを構成する。授業担当者問合せ用アドレスでは、授業テーブルの担当教員コードから、届いたメールを転送すべき教員を特定し、教員情報テーブルに登録されたアドレスに配送する。個人連絡用アドレスでは学生テーブルと関連づける。

4.3 投稿者の制限

要件の(3)に基づき、学生連絡用メーリングリスト、授業受講者メーリングリストについては購読者がこれらのメーリングリストに投稿できないように設計する。また、授業担当者問合せ用アドレス、個人連絡用アドレスについては迷惑メール防止のため、部外者から利用されないように設計する。その方法としては、

(1) 投稿できるアドレスを登録制にする方法

(2) 投稿用アドレスを知らせない方法

がある(1)の実現のためには、投稿する可能性のあるアドレスを登録したデータベースが必要となる。このデータベースには、学生連絡用メーリングリスト、授業受講者メーリングリストの場合は、全教職員のアドレスの登録が、授業担当者問合せ用アドレスの場合は全学生のアドレスの登録が、個人連絡用アドレスについては、全教職員と全学生のアドレスの登録が必要である。学生のアドレスについては、本システムのデータベースで対応可能であるが、非常勤を含む全教職員(約500人)のメールアドレスについては、運用上の理由から本システムでは管理できず、また、連携できるデータベースも存在しない。教員情報テーブルに記録されているアドレスは、一部の授業を担当する教員のものだけであり、この目的で利用するには不十分である。そのため、ここではこのようなデータベースの必要がない(2)の方法を採用する。学生連絡用メーリングリスト、授業受講者メーリングリストについては購読者に投稿用アドレスを知られないように設計する。授業担当者問合せ用アドレス、個人連絡用アドレスは関係者専用とし、部外者にこれらのアドレスが漏れないよう、運用に注意することで対応する。

4.4 メーリングリストの階層的定義

要件の(4)に基づき、メーリングリストの階層的定義が可能となるように設計する。例えば図2に示すように、T学科における年次(1, 2, 3, 4)、コース(a, b)別の基本メーリングリストとして $T1a, T1b, T2a, T2b, T3a, T3b, T4a, T4b$ を定義し、それらの上に更に年次別のメーリングリストとして $T1, T2, T3, T4$ 、学科全体用メーリングリストとして T を定義したいとき、 $T1, T2, T3, T4, T$ は $T1a, T1b, T2a, T2b, T3a, T3b, T4a, T4b$ を使って階層的に定義することができる。このようにメーリングリスト

T	T1	$T1a$	$T1 = T1a + T1b$
		$T1b$	
	T2	$T2a$	$T2 = T2a + T2b$
		$T2b$	
	T3	$T3a$	$T3 = T3a + T3b$
		$T3b$	
	T4	$T4a$	$T4 = T4a + T4b$
		$T4b$	

$$T = T1a + T1b + T2a + T2b + T3a + T3b + T4a + T4b$$

図2 メタメーリングリストの例

Fig. 2 Example of meta mailing list.

を更に複数まとめて定義したものを本サブシステムではメタメーリングリストと呼ぶ。メタメーリングリストも一般のメーリングリストと同様に定義し、配送先リストを得る時点で、その構成要素となる基本メーリングリストの登録者の和集合を作成し、配送を行う仕組みとする。また、メタメーリングリストへの投稿もアーカイブを行い、通常のメーリングリスト同様に扱う。メタメーリングリストも含め、本システムで定義した学生連絡用メーリングリスト数は86本である。

4.5 自分の個人メールアドレスを公開しない連絡窓口

要件の(5)に基づき、自分の普段使っているメールアドレスを公開せずに、教職員、学生間相互にメールで連絡がとれるような窓口アドレスを設けることとする。このような窓口アドレスに置き換えることにより、メールアドレスや、それに含まれる使用している携帯電話の会社名やプロバイダ名などの情報を、実際にメールの交換をしない人にまで知られずに済む。教職員については、担当する授業の授業コードを窓口アドレスとして用い、学生については、学籍番号を用いる。これらの窓口アドレスは、システム利用者はだれでも得ることのできる情報であるが、インターネットに公開されるシラバス等には掲載しない。教職員、学生間の相互連絡・問合せに用いることを目的としている。

4.6 メールアドレスの管理と購読手続き

要件の(6)に従って、メールアドレスの登録・変更は学生自身が必要に応じて行うことができるよう設計する。 $s4s$ では学籍番号をIDとし、各学生にパスワードを配布している[3]。このIDとパスワードを用いて $s4s$ のWebインタフェースをアクセスすることができるようになっている。

学生連絡用メーリングリストにおける購読変更も同様に学生自身で行えるよう設計する。自分のとっている授業や、留年などの関係で、在籍している年次と異なる年次・コースの情報をほしい場合がある。

要件の(7)に従い、契約切れやアドレスの変更などで不達となったメールアドレスの処理(バウンスメールの処理)は自動で行われるように設計する。登録アドレスへの配送が一定回数繰返しエラーとなると、自動的にそのアドレスへの配送を停止するよう設計する。

4.7 メールアーカイブ機能

要件(8)に従って、学生連絡用メーリングリスト、授業受講者メーリングリストについて、メーリングリ

ストに投稿された内容をアーカイブしておき、それらを後から参照・検索できるよう設計する。これらのアーカイブについては、購読していないものも参照できるよう設計する。個人連絡用アドレスについてもアーカイブするが、個人にあてたメッセージなので、他人が読めないように設計する。

4.8 重複メールの配送抑止

要件の(9)に従い、同じ内容のメールを同一アドレスに複数回配送しないように設計する。メールの特定は、メッセージIDを用いて特定することとする。この機能は別階層のメーリングリストへのクロスポスト時に効果を発揮するほか、万が一メーリングリストを介してメールがループする状況に陥ったとき、それを防ぐ役割も果たす。

4.9 メールアドレス登録率と流れる情報量の関係

教職員は、メールで多くの学生に連絡がとれるのであれば学生への連絡手段としてメールを利用する。その結果、メーリングリストには学生が必要とする情報が多く流れ始める。学生は、メールで流れるその有益な情報がほしいため、進んでメールアドレスをシステムに登録する。その結果、メールアドレス登録率が上昇し、メールだけですべての学生に連絡がとれるようになり、教職員はより多くの情報をメールで情報流すようになる。この循環を図示したのが図3である。この循環がうまく成立しないと、いわゆる悪循環となり、利用されないシステムとなってしまう。

要件(10)に従い、この循環を効果的に駆動するため、本システムでは次のようなルールをシステムの

一部として組み込む。電子メールで学生全員に情報が伝わるようになるまでは、掲示など他の従来の方法と併用せざるを得ない。教職員が学生連絡用メーリングリストに情報を流すと、あらかじめ決められた担当スタッフもその情報を受け取り、それをプリントアウトして、学生への連絡用掲示板に掲示する。つまり、情報を発信する教職員自身で掲示する必要がない。このルールが駆動力となり、図3の循環が効率的に機能することが期待できる。

5. 実装

図1の細部について説明する。学生連絡用メーリングリスト、授業受講者メーリングリスト、授業担当者問合せアドレス、個人連絡用アドレスに投稿されたメールは、MTA、ウイルス検査を経て、メーリングリストマネージャhimlで処理される。学生連絡用メーリングリスト、授業受講者メーリングリスト、個人連絡用アドレスへの投稿についてはアーカイブに保存する。s4sやsyllのデータベースをアクセスすることで配送アドレスを展開し、メール配送サーバ経由で配送を行う。s4sのデータベースサーバでは、利用者のID、パスワードが記録されたユーザテーブル、配送先メールアドレスが登録されているメールアドレステーブル、メーリングリストの購読情報が登録されているメーリングリスト購読テーブル、メタメーリングリストの定義情報が登録されているメタメーリングリスト定義テーブルが管理されている。syllのデータベースは、教務情報の原本となる教務事務システムとデータ転送用PCを介して連携[3]しており、授業コード、担当教員コードが記録された授業テーブル、授業コード、受講者の学籍番号が記録された履修テーブル、学籍番号、年次、所属が記録された学生テーブル、授業を担当する教員の教員コード、メールアドレスが記録された教員情報テーブルなどが管理されている。以下、実装の詳細について述べる。

5.1 メールアドレス

4.1に示した仕組み別に投稿用・窓口メールアドレスを表1のように分けて実装した。ドメイン部(@の右部分)で機能を分けることでローカル部(@の左部分)の自由度を増している。

配送先メールアドレスの登録にあたっては、確実にメールの届く間違いのないアドレスが登録されることが要求される。簡便な方法としては記入欄を二つ設け、2度同じアドレスを入力させる方法から、登録しよう

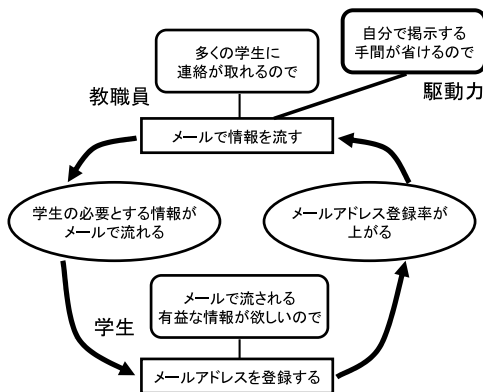


図3 メールアドレス登録率とメールで流される情報量の関係

Fig.3 Relation between the rate of e-mail address registration and the number of mail messages.

表 1 用途別メールアドレスとアドレス数

Table 1 E-mail addresses classified by purpose, and the number of addresses.

用途	メールアドレス	アドレス数
学生連絡用メーリングリスト	~@ml.~	86 件
授業受講者メーリングリスト	~@jl.~	823 件
授業担当者問合せ用アドレス	同上	823 件
個人連絡用アドレス (パウンスメール処理用)	~@pa.~ ~@err.~	3,285 件 —

(2003 年度)

とするアドレスに識別キー付のメールを送り、本人確認を行う方法までいくつか考えられるが、ここでは手続きが簡単で確認もできる、登録メールアドレスに確認メールを送る方法を採用した。

5.2 学生連絡用メーリングリスト

連絡専用とし、投稿用アドレスは購読者には見えないう実装した。具体的には、以下のようにヘッダを調整している。To:のアドレスのローカル部は“(メーリングリスト名)-readers”のような別のアドレスに差し替え、Cc:や Resent-To:は削除する。配送されたメールに返信した場合は、その所属の管理者へ配送されるようにした。

投稿された内容はメーリングリストごとにアーカイブされ、ユーザ認証を伴う Web インタフェースから参照することができる。また namazu [11] による全文検索を実装した。アーカイブではメーリングリスト別の参照だけではなく、購読している全メーリングリストについて、投稿時刻が新しい順に参照できるようにした。

5.3 授業受講者メーリングリスト

syll システムの履修登録情報は、教務事務システムへのフロントエンド的な役割を果たしており、信頼性の高いものである^(注1)。この履修登録情報(授業テーブル、履修テーブル)と、登録メールアドレスとを組み合わせて授業受講者メーリングリストの機能を実装した。教員情報テーブルに登録された、授業担当者のメールアドレスも配送先として含まれるほか、授業担当者が syll の Web インタフェース経由で、授業補助者のアドレスなどこれらに含まれない追加のアドレスも登録できるようにした。授業受講者メーリングリストも学生連絡用メーリングリスト同様、ヘッダの調整を行うことで投稿用アドレスが購読者のメールに現れない仕組みとした。配送されたメールへ返信した場合は、担当者のアドレスが登録されていればその担当者へ、登録されていない場合は、その所属(学科)の管

理者へ配送される仕組みとした。

授業受講者メーリングリストの場合もメーリングリストごとにアーカイブされており、s4s でその授業の授業詳細情報のページから参照することができる。また、自分の履修しているすべての授業について、時刻順に新しいものから参照できる入り口も用意した。

授業受講者メーリングリストと授業担当者問合せ用アドレスはメールアドレスのローカル部(@マークの左側部分)で識別するよう実装した。

5.4 授業担当者問合せ用アドレス

授業コードをもとにしたメールアドレスとし、学生に公開している。s4s のシラバスの該当する授業詳細情報のページからリンクしている。このページは ID とパスワードで保護された中にあり、不特定多数への公開はしていない。登録されているアドレスは、当該授業を担当している教員のうち、syll の教員情報テーブルにメールアドレスを登録している教員のものである。どの担当者も全く登録がない場合は学科の教育委員へ、その登録もない場合は管理者へメールが届くように実装した。教職員向けとなる本機能についてはメール内容のアーカイブは行っていない。

5.5 個人連絡用アドレス

学籍番号をもとにしたメールアドレスとし、登録されている各学生のメールアドレス(複数可)に配送する。この場合の個人連絡用アドレスは学生相互で利用することもできる。この個人連絡用アドレスへのメールはアーカイブもされ、s4s の Web インタフェースから自分だけが参照できる。メールアドレスの登録がない場合でもエラーとして返信することはせず、アーカイブだけを行う。このようにメールアドレスを登録せずにアーカイブ参照で利用することも可能である。

5.6 MTA の選択

本システムの試験運用では当初 MTA (Message Transfer Agent) として OS (FreeBSD) 標準搭載の sendmail [12] を利用していた。数千のアドレスへの配送に数時間を要し実用上問題のある配送遅れを生じたため、smtpfeed [13] と組み合わせて利用する改善を行い配送時間を十数分にまで改善することができた。更に qmail [14] を検討した結果、標準設定(並列配送数 20)で sendmail + smtpfeed と同等かそれ以上の速さで配送が可能であることが確認できた。次に

(注1): 2004 年度より syll システムの履修登録の機能は本システムとは別システムに移行した。その後は、履修登録の結果である履修テーブルを本システムに転送することで運用している。

述べるバウンスメールの処理の点でも qmail が有利であり、MTA として qmail を採用することとした。実運用では更に、専用のメール配送サーバを設け、並列配送数を 200 に上げて運用を行っている。また、DNS の名前引き処理速度を上げるため djbdns [15] に含まれる dnscache も併用している。この状態で 3,000 程度程度のメールを数分で配送可能となっており、実用上十分な配送速度が得られている。

5.7 バウンスメールの処理

配送したがエラーとなって返送されたメール(バウンスメール)は、表 1 に示す専用のアドレスに返されるように表書き発信者を設定して送信している。qmail [14] の VERP (Variable Envelope Return Paths) の機能を利用しており、どの配送アドレスからのエラーメールであるかの判定を確実に出来る。配送アドレスに対し、一定回数エラーが繰り返されると、そのアドレスへの配送は自動的に休止状態となるようにした。配送状態は、登録メールアドレスの編集ページで利用者自身により変更できるようになっている。配送エラーのカウンタの扱いにはいくつかの方法が考えられる。本システムでは、メール送出時にカウンタを -1 しておき、エラーメールが返された場合は +2 する方法をとっている。カウンタは 0 以上の値をとるものとし、その値が 6 に達すると配送停止とする。このルールに従えば一時的にエラーが発生し値が上昇しても、エラーが返されない正常な配送状態が続けば、エラーメールカウンタは 0 にリセットされることとなる。

5.8 メーリングリストマネージャhiml

本システム開発開始時に、メーリングリストマネージャの検討を行った。既存のもので採用できるものがあればそれを使う方針で臨んだが、データベースとの連携や階層構造を扱えることなどの要求を十分に満たすものが見つからなかったため、独自に作成する選択を行った。既成の信頼性の高い perl モジュール [16] を利用して独自のメーリングリストマネージャhimlを開発した。

図 4 に himl における処理の流れを示す。受付キューと配送キューの二つのキューをもっており、それぞれのキューを処理するための二つのデーモン(二重線の枠で表記)よりなる。このような分割した構成とすることでプログラムの開発やデバッグが容易となる上、障害発生時の対応も容易となる。

投稿用アドレスに配送されたメールは MTA (qmail) のバーチャルドメインと qmail のプログラム起動機能

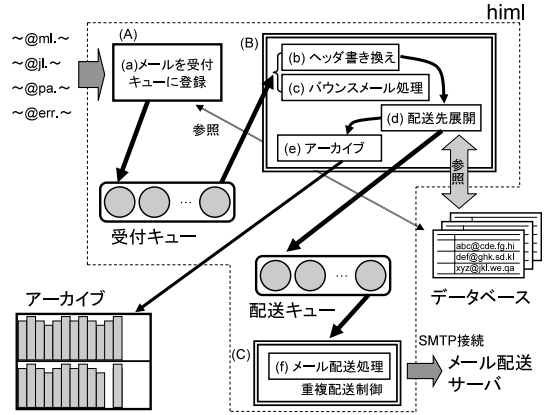


図 4 メーリングリストマネージャにおける処理の流れ
Fig. 4 Process flow in mailing list manager.

により起動されるプログラム (A) によって処理される。処理 (a) ではデータベースを参照の上、アドレスチェックを行い、存在するアドレスであればそのメールを受け付け、受付キューに登録する。存在しないメーリングリスト名や授業コード、学籍番号などを指定したメールはエラーメッセージとともにパーマメントエラーとして返送する。また、運用開始後ウイルスメール対策の一つとして追加した添付ファイルの拡張子のチェック(後述)もここで行う。危険な拡張子のファイルが添付されたメールの場合、エラーとして返送する。

受付キューに登録された待ち行列はデーモンとして動作しているプログラム (B) によって順次処理されていく。バウンスメールの場合は処理 (c) で VERP によって設定されている表書きあて先からバウンスもとのメールアドレスを割り出し、更にバウンスメールの内容からその原因となるメッセージを抜き出して、エラーカウンタを操作しエラー内容を記録する。通常の投稿メールの場合は (b) ヘッダの書き換えを行う。各種の管理用ヘッダの追加及び、学生連絡用メーリングリストや授業受講者メーリングリストへの投稿である場合は To の書き換えや Cc などの削除などヘッダの書き換えを行った上で、次の処理 (d) へ渡すための一時的なファイル形式として書き出す。(d) ではデータベースをアクセスしてそれぞれ対応するメールアドレスの検索を行い、配送先アドレスのリストを作成する。また、種類ごとに適切な表書き発信者を決定する。メーリングリストについては、表書き発信者のアドレスをバウンスメール処理用の仮想アドレスとなるように設定する。これらの処理の後、配送キューに登録する。(e) で

表 2 電子メールアドレスの登録数
Table 2 The number of e-mail addresses registered.

学科	1 年次	2 年次	3 年次	4 年次	合計
T 学科 (a コース)	24(52%)	36(84%)	38(86%)	45(85%)	143(77%)
T 学科 (b コース)	43(80%)	69(83%)	95(83%)	123(87%)	330(84%)
B 学科	66(43%)	87(58%)	111(68%)	151(78%)	415(63%)
C 学科	88(53%)	118(69%)	118(68%)	142(68%)	466(65%)
工学部全学生	281(39%)	455(61%)	533(67%)	689(69%)	1,958(60%)

(調査日 2003 年 5 月 6 日)

は Web インタフェースで参照できるようにアーカイブとして保存する処理を行う。

もう一つのデーモンである (C) により、配送キューの処理が行われる。このデーモンでは、メール配送サーバに SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) で接続し、配送キューの内容に従って、エンベロープの送信者とあて先を設定しながら順にメールを配送する処理を行う。

5.9 メール の二重配送の防止

メーリングリストのクロスポストにより同じメールが複数届くことを避けるため、図 4 のデーモン (C) の処理 (f) にて、一定期間、同じ配送アドレスに同じメッセージ ID のメールが配送されないように制御を行っている。配送したメールのメッセージ ID を、配送したメールアドレスとともに一定期間保存しておき、メール配送処理 (f) においてチェックする。既に配送記録があれば配送しない。

6. 運 用

6.1 利用状況

6.1.1 メールアドレスの登録率

表 2 に 2003 年 5 月 6 日時点のメールアドレス登録状況を示す。この時点での工学部全体のメールアドレス登録率は 60%であったが、その後登録率は増加し、2005 年 4 月 12 日時点では 92%にまで至っている。このとき (2005 年 4 月 12 日) のメールアドレス登録数は 4,160 件で、学生 1 人当たり平均 1.4 個のメールアドレスを登録していることになる。なお、携帯電話のメールアドレス登録数は 922 件であり、メールアドレスを登録している学生の 31%が携帯電話のアドレスを登録している。

6.1.2 各メーリングリストの利用状況

2004 年度 (2004 年 4 月 ~ 2005 年 3 月) において、システム全体で学生連絡用メーリングリストは 1,070 件の利用があった。授業受講者メーリングリストは

表 3 T 学科における学生連絡用メーリングリスト受信メール数

Table 3 The number of messages from message notification mailing list for students in T department.

メーリングリスト名	受信メール数 (通)		
	2002 年度	2003 年度	2004 年度
T1a	16 (98)	16 (100)	32 (113)
T1b	44 (126)	12 (96)	21 (102)
T2a	29 (138)	13 (123)	15 (127)
T2b	60 (169)	54 (164)	34 (146)
T3a	41 (193)	31 (225)	31 (221)
T3b	57 (209)	30 (224)	27 (217)
T4a	9 (182)	10 (157)	5 (186)
T4b	25 (198)	10 (157)	7 (188)
T1	10	10	6
T2	37	36	37
T3	80	120	115
T4	101	73	106
T	72	74	75
投稿数合計	583	493	517

注: ボールドはメタメーリングリスト。() 内の値はメタメーリングリストによる配送を加算した値。この表に示したのは、T 学科内の学生連絡用メーリングリストによる配送のみであり、工学部全体用ものは含まれていない。

199 の授業で 329 回利用された。個人連絡用アドレスにメールを受け取った学生は 809 人であった。学生連絡用メーリングリストの具体的利用状況の例として、表 3 に T 学科における学生連絡用メーリングリストへの投稿件数の推移を示す。階層構造は図 2 に示したとおりである。括弧内の値は、メタメーリングリストによる配送を加算した値であり、その基本メーリングリストを購読している学生が実際に受け取るメールの数である。学年、コースによってばらつきがあるが、年間約 100 通弱 ~ 200 通強の連絡メールを受け取っている。この表の数字から、各階層が内容によって適切に使い分けられている様子がうかがえる。

6.1.3 連絡掲示板への掲示ルールの効果

2002 年度 ~ 2004 年度の 3 年間に学生連絡用メーリングリストに投稿されたメールの数を比べると、4.9 後半で述べた方法をとった T 学科では 1,753 通であっ

たのに対し、B 学科では 217 通、C 学科では 188 通と T 学科より低い値にとどまっている。なお、表 2 に示すように 2003 年 5 月 6 日現在の各学科学生のメールアドレス登録率は、T 学科全体では 82%、B 学科、C 学科ではそれぞれ 63%、65%であり差が現れている。

6.2 ウイルスメールの増加とその対策

本システムと関連性の高い位置に筆者が設置した観測点におけるウイルスメールの検出数を図 5 に示す。2001 年上半期（1 月～6 月）までは届くメールにほとんどウイルスは検出されていない。2001 年下半期（7 月～12 月）に Aliz が 13 件観測された。このウイルスは、同時期に流行した Sircam とともに、メール感染はするが、以降猛威をふるうウイルスのような送信者の詐称は行わない。2002 年に入ると Klez が流行する。2003 年下半期には Sobig が流行し、2004 年に入ると Netsky が猛威をふるう。Klez 以降のこれらのウイルスの最大の特徴は、送信者（From:）を詐称することである。

本システム設計時点の 2001 年上半期では、まだこのような送信者を詐称するウイルスは現れておらず、メールにより感染するウイルスも一般的でなかったため、特別な対策は行わなかった。2001 年春に運用開始後、2002 年 4 月までは投稿用アドレスを学生に公開しない設計が有効に機能し、問題は発生しなかった。2002 年 4 月に、ある教員の PC が Klez に感染し、学生連絡用メーリングリストに Klez がばらまかれるという事件が発生した。対応として、投稿用アドレスの変更、各教員へ PC が感染することのないよう、注意を促した。このころ、大学にファイアウォールが設置され、大学全体用のメールサーバでウイルス検出が開始されたが、学内ネットワーク構成上の制約から、本

システムはこれとは独立した運用を継続した。

その後、2003 年の Sobig の流行に伴い、更に対策が必要と判断し、2003 年 8 月に、学生連絡用メーリングリスト、授業受講者メーリングリストにおいて、危険な拡張子（.pif, .scr, .exe, .com, .bat, .vbs）の添付ファイルを禁止する措置をとった。その結果、2003 年 10 月～2004 年 6 月までの期間、550 通のウイルスメールをブロックした。

2004 年に入ると Netsky が猛威をふるい始め、学生から個人連絡用アドレスへウイルスが届くとの苦情があり、根本的なウイルスメール対策が必要であると判断した。2004 年 6 月にフリーのウイルススキャナである clamav [17] とその qmail 用インタフェース qmail-scanner [18] を導入した。その後ウイルスによるトラブルは発生していない。導入以降、管理用アドレス、バウンスメール処理用アドレスに返されるものを含め、毎月 200～1,500 通のウイルスメールが検出され、ブロックされている。

6.3 迷惑メール対策

表 1 に示したアドレスはいずれも関係者間専用とし、部外者がアクセスできるページに掲載しないように注意して運用した。個人連絡用アドレスについては、このアドレスを外部のシステムに登録したり、関係者以外に通知しないよう学生を指導することで迷惑メール配送リストに掲載されるのを防ぐことができる。4 年間の運用において、表 1 に示したアドレスへの迷惑メールの問題は発生していない。

7. 評 価

(1) 教職員から学生への連絡では目的に応じて、学生連絡用メーリングリスト、授業受講者メーリングリスト、個人連絡用アドレスを利用できるよう設計した。これらを正しく使い分けることにより、伝えたい人に、効率的に情報を伝えることが可能である。利用状況は 6.1.2 で示したが、個人連絡用アドレスや授業受講者メーリングリストを利用すべき場面で認知度の高い学生連絡用メーリングリストを用いているケースが複数確認できた。メーリングリストの種類や数が増えることにより、どの場面でどれを使うべきかの判断が難しくなり、使用頻度の高い学生連絡用メーリングリストで代用してしまう傾向が認められた。教職員へ各連絡方法の使い分けについて更に周知徹底することで改善可能である。

(2) 正確な学生の在籍情報を保持する学生テーブ

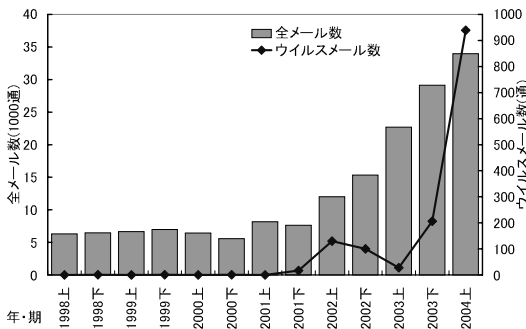


図 5 観測点で観測されたウイルスメール数

Fig. 5 The number of virus mails detected at an observation site.

ル、当該年度の授業開講情報を保持する授業テーブル、履修登録状況を保持する履修テーブルと連携することで、伝えるべき人に伝達することのできるシステムが実現できた。授業受講者メーリングリストでは、正規の受講者以外のメールアドレスも追加できるように設計するなど、データベースの登録状況にしばられることのない自由度も持っている。

(3) 学生連絡用メーリングリスト、授業受講者メーリングリストにおいては、投稿用アドレスを購読者に知らせない投稿制限方式をとった。4年間の運用において、数回、購読者自身がメールを流そうと試みた例があったが、そのメールは管理者に届き、適切に処理された。この方式では購読者のPCに投稿用アドレスが残らないため、このような本来の目的以外にも、その後流行したメール大量送信型のウイルス対策としても効果があった。投稿用アドレスに送られたウイルスメールは数通のみであり、原因は投稿用アドレスが記録されている職員のPCのウイルス感染であった。個人連絡用アドレス、授業担当者問合せ用アドレスについてはそのアドレスを関係者以外に知らせないことで迷惑メール対策とした。本システムの運用では投稿者制限、迷惑メール対策いづれについても効果が認められたが、アドレスを知らせない方式には漏えいの限界があり、最終的にはメールアドレスを保持するデータベースとの連携を実現させ、投稿アドレス制限と併用すべきである。

(4) メーリングリストの階層的定義ができるようにしたことで、表3に示したように、各階層が内容によって適切に使分けられており、効率的情報の伝達に貢献している。

(5) 授業担当者問合せ用アドレスや特に個人連絡用アドレスにおいては、プライバシーへの配慮から、窓口アドレスを設け、実際にメール交換しない人に普段使用しているメールアドレスを知られることのない設計とした。窓口アドレスで置き換えることにより、送信する側にとっても、学籍番号や授業コードが分かれば、相手のメールアドレスを調べることなくメールを送ることができ便利である。一部の利用者からは、具体的相手のアドレスが見えないため、送信時に不安を感じるなどの意見もあった。重要な連絡については、受信確認の返信を行うよう指導することで対応した。

(6) 学生自身でメールアドレスの登録・変更が行えるように設計したが、その結果、2004年度の実績で、総学生数3,241人中、998人が1,953回変更を行っ

ている。前年度からメールアドレスを変更しなかった学生も2,243人いるが、2回以上変更したのは431人、10回以上変更したのは10人であり、学生自身で変更できるようにした意義は認められる。

(7) 学生連絡用メーリングリスト、授業受講者メーリングリストについては、アーカイブを行うように設計したが、2004年度におけるアーカイブ数は1,070件、ファイルサイズは20MByteであった。これらを全文検索できるように設計したが、メールを見落とす場合に役立つほか、購読していないメーリングリストの検索も可能にした点が必要な情報収集に貢献した。

このように、購読メーリングリストを学生自身で追加・変更できるようにしたり、購読していない連絡用メーリングリストのアーカイブも参照できるようにした本システムの実装は、従来の掲示板の利点を引き継ぐものである。すなわち、従来の学年別に設けられた掲示板は、必要に応じて隣の学年のものを自由に見たり、掲示内容を探したりすることができたが、本システムの実装はそれと同等の機能を有している。

(8) 2004年度の実績で5,398件のバウンスメールがあり、それにより1,571回自動配信停止処理が行われている。これらの処理がメーリングリスト管理者の手を煩わせずに自動的に行われた点は効率的な運用の実現に効果があったと判断できる。

(9) 重複メールの配送を抑止する機構を組み込んだ結果、2004年度実績で、185,831通のメールが抑止され配送されなかった。これは主に学生連絡用メーリングリストでのクロスポストによるものである。学生1人当たり換算で、年間58通の無駄な重複メールを抑止できたことになり、効率的情報の伝達に効果があったと認められる。

(10) 6.1.3で述べたとおり、学生連絡用メーリングリストへ投稿すると掲示板への掲示が人手で行われる制度を設けた学科の同メーリングリストの利用状況は、その制度を設けなかった学科より情報の流量も多く、学生のメールアドレス登録率も高い結果となり、その効果が認められた。

(11) 6.1.1で示したように、携帯電話のアドレスを登録して利用している学生も多い。himlの設計としては、携帯電話用に特化した配送のための実装ができるよう設計しているが、現実装では送信側で配慮することとし、特別な実装は行っていない。添付ファイルの展開や配送禁止時間の設定機能を実装することで更

に確実に情報を伝えることができ、また安心して使用できるシステムとすることが期待できる。

(12) 文献 [3] において、学生と担当係とのより密接で確実な連絡手段の実装が求められた。この問題は、履修登録で問題を起こす学生の多くが、本システムへの電子メールアドレスの登録を行っていない点にある。他システムとの連携で、特にメールアドレスの登録が強く要求される場合には、例えば、履修登録時エラーがある場合は、電子メールアドレスの登録を必須とするなどの実装が効果的と思われる。

(13) 本サブシステムで、メーリングリストでの配送に要する時間の主な内訳は、データベースを検索して配送先アドレスを展開する時間とそれらの配送先アドレスへ配送処理を行う時間である。基本メーリングリスト数 55 本、登録ユーザ数 3,215 人、登録アドレス数 4,328 件の実運用環境において全ユーザにメールを送る処理の場合、ユーザテーブル、メールアドレステーブル、メーリングリスト購読テーブル、メタメーリングリスト定義テーブルの結合処理を含む、配送先アドレス展開に要する経過時間は 0.5 秒程度である。これをメール配送サーバにより配送するのに要する時間については、メールを受け取る先方のメールサーバやネットワークの状態、メールサイズにより異なるが、10 行程度のメールの場合、おおむね配送開始から 5 分経過後には先方のメールサーバが直ちに受取り可能なアドレスへの配送は完了している。

総合大学全学規模を想定した実運用の 10 倍規模の登録ユーザ数 (30,000 人)、登録アドレス数 (60,000 件)、メーリングリスト数 (1,000 本) の模擬データを用いた実験では、同様に配送先アドレス展開に要する時間は 5.4 秒であった。配送アドレス数が 10 倍となった場合、送られたメールを先方のサーバが直ちに受け取る仮定のもとでは配送処理に要する時間も 10 倍になると考えられる。したがって、総合大学全学規模で本サブシステムを運用する場合の、全ユーザへのメール送信処理において、先方のメールサーバが直ちに受け取り可能なアドレスへの配送は 50 分程度でできるものと見込まれる。なお、このような全学規模での運用においても、現在と同じメーリングリスト (例えば工学部学生全員) へのメール配送は、テーブルの結合と探索に要する時間が増えるため配送先アドレスの展開時間が 0.8 秒に増えるものの、大部分を占めるメール配送に必要な時間は配送メール数が同じなので学部単位の場合と変わりなく、全学規模で運用しても学部

単位での運用性能は維持できる。

8. 他のシステムとの比較

本サブシステムはシラバスや履修登録などの重要な機能に付随するものであり、これらの主となる機能については別途検討を行い、独自開発としている [3], [6], [7]。本サブシステムでは他の主となるシステムとの整合性を重視し、これら同様、独自開発することを選択した。

パッケージに含まれる形で本サブシステムと同様の機能を有する製品が存在する [2], [19] が、本サブシステムは、電子メールによるメーリングリストサーバの機能にアーカイブ機能を追加したものであるのに比べ、これらのパッケージは、Web ベースの掲示板機能に電子メール配送機能を追加したものである点が異なる。利用者、特に情報を発信する教職員にとって最も扱いやすい、使い慣れたメディアが電子メールである点はいまでも変わらない。また、隣の掲示板の内容を目にすることができるという従来の掲示板の利点を引き継ぐ本システムの実装は、情報発信時にメッセージの受信者を完全に特定してしまい、その結果、別学年への連絡を見ることができなくなってしまう実装よりも優れている。

9. む す び

データベースを中心とした学務情報システムに組み込むための学生連絡サブシステムの設計を行った。伝えたい人に、確実に、安心して、効率的に情報を伝えることができるサブシステムを目標として設計を行った。2001~2005 年度ははじめにかけての運用から、当時想定されていなかったウイルスメールの問題もあったが、その設計がおおむね妥当であったことが確認できた。

謝辞 本論文は [4] を発展させたものである。活発な議論を頂いたオフィスインフォメーションシステム研究会の皆様へ感謝致します。

文 献

- [1] 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,” 信学論 (D-I), vol.J88-D-I, no.2, pp.498-507, Feb. 2005.
- [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,” 信学論 (D-I), vol.J88-D-I, no.2, pp.517-526, Feb. 2005.
- [4] 檜垣泰彦, 阿由葉努, 土屋 俊, “電子メールによる学生

- 連絡システム”；信学技報，OIS2003-30，Sept. 2003.
- [5] 檜垣泰彦，板倉 勇，池田宏明，“教務事務支援システムの開発”；2002 信学総大，D-9-2 March 2002.
- [6] 檜垣泰彦，土屋 俊，伊藤公一，宮崎 清，“Web ベース授業支援システムの構築と運用”；日本工学教育協会平成 15 年度工学・工業教育研究講演会論文集，no.203，pp.609-612，Sept. 2003.
- [7] 檜垣泰彦，阿由葉努，土屋 俊，“授業運用支援システムの構築と運用”；信学技報，OIS2003-93，March 2004.
- [8] The FreeBSD project, <http://www.freebsd.org/>
- [9] The apache software foundation, <http://www.apache.org/>
- [10] The PostgreSQL global development group, <http://www.postgresql.org/>
- [11] 全文検索システム Namazu, <http://www.namazu.org/>
- [12] Sendmail Consortium, <http://www.sendmail.org/>
- [13] Smtppfeed home page, <http://member.wide.ad.jp/wg/smtp/smtppfeed.html>
- [14] qmail, <http://www.qmail.org/top.html>
- [15] djbdns: Domain Name System tools, <http://cr.yp.to/djbdns.html>
- [16] Comprehensive Perl Archive Network, <http://www.cpan.org/>
- [17] Clam AntiVirus, <http://www.clamav.net/>
- [18] Qmail-Scanner: Content Scanner for Qmail, <http://qmail-scanner.sourceforge.net/>
- [19] 学生向情報発信システム CampusVision, <http://www.hitachi-system.co.jp/campus/>

(平成 17 年 6 月 22 日受付，8 月 10 日再受付)



土屋 俊

千葉大学文学部行動科学科教授。心の哲学，言語哲学，論理学史，状況意味論，技術史・技術論，情報倫理，マルチメディア文書処理，対話構造及び対話理解・生成等に関する研究に従事。平 15 年度本会オフィスインフォメーションシステム研究賞受賞。



檜垣 泰彦 (正員)

昭 57 千葉大・工・電子卒。昭 59 同大学院工学研究科(修士課程)電子工学専攻了。同大・工助手。平 15 同大学院自然科学研究科(博士後期課程)入学。現在同大・工・都市環境システム学科助手。大学環境における情報システムに興味をもつ。平成 15 年度本会オフィスインフォメーションシステム研究賞受賞。情報処理学会会員。



阿由葉 努

平元千葉大・工・工業化学卒。同年より同学部教務第二係を振出しに各学部の教務係。平 16 年度まで，同大工学部教務係。授業管理，授業情報提供，学生情報提供などに興味をもつ。平 15 年度本会オフィスインフォメーションシステム研究賞受賞。