

ウェアラブルコンピューティング環境における電子メールシステムの設計

上田 宏高 塚本 昌彦 西尾 章治郎

大阪大学大学院工学研究科情報システム工学専攻

本稿ではウェアラブルコンピューティング環境のための電子メールシステムについて述べる。ウェアラブルコンピューティング環境では、メッセージングの基盤として電子メールを利用することで、ユーザは協調作業、ナビゲーション、広告、備忘録、現実物体のアノテーションといった様々なサービス・アプリケーションを利用できるようになる。そこで本研究では、ウェアラブルコンピューティング環境での利用を念頭においてメールフォーマットおよびメールクライアントと情報サーバを設計した。本システムでは、メール作成者がメールにコマンドを埋め込むことによってそのメールの動作を指定することができる。ユーザは、時間や場所、センサからの入力値など様々な条件に応じてメールの動作を変えることができる。また、ウェアラブルコンピューティングを支援するために様々なメールサービスを付加している。

Design of an Electronic Mail System for Wearable Computing Environments

Hiroataka UEDA Masahiko TSUKAMOTO Shojiro NISHIO

Department of Information Systems Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University

This paper describes an electronic mail system for wearable computing environments. As a basis of messaging, a user can utilize the electronic mail for various purposes, such as group communication, collaboration, navigation, advertisement, remembrance, and annotation. In this system, we extend the conventional mail format and the server/client architecture. A mail author can specify the behavior of mail by embedding commands in the mail. Is the command, a user can specify in the mail various conditions such as time, location of the recipient, and input from various sensors to define adaptive behaviors of the mail. We also describe several other features to support user's wearable computing life.

1 はじめに

近年のマイクロエレクトロニクスの急速な発達により、コンピュータの劇的な小型化、軽量化が進行した。また、携帯電話の爆発的な普及に見られるように、通信手段のワイヤレス化の進行も顕著である。こうした状況下において、いつでもどこでもコンピュータを着て生活するウェアラブルコンピューティングが現実のものになりつつある。ウェアラブルコンピューティングを行う環境をウェアラブルコンピューティング環境と呼ぶ。ウェアラブルコンピューティングは、情報処理の在り方を変え、さらには社会インフラの在り様を変える可能性をもっていると見える [10]。ウェアラブルコンピューティングは、通常のコンピューティングと異なる次の3点がポイントと言える [14]。

- 常時電源オン（ネットワーク常時接続を含む）
- ハンズフリー
- 生活密着

すなわち、コンピュータには常時電源が入っており、有線あるいは無線によって常時ネットワークに

接続される可能性がある。ユーザは、ネットワークを通して様々な情報を得たり、他のユーザと通信を行う。従来よりもユーザ間のネットワークを通じたコミュニケーションの頻度が増加することが想定できる。

また、コンピュータはハンズフリーで利用できる。従来はユーザが机の上のコンピュータの前に座って、操作に集中することを強いられてきたが、ウェアラブルコンピューティングでは、様々な入出力デバイスを用いることで、どんな場所でも他の仕事をしながらでもコンピュータを操作することが可能となる。入力デバイスとしてはハーフサイズキーボード [11]、指輪型入力デバイス [2]、ペン入力 [4]、音声入力 [9] などが研究されている。出力にはHMD[12]を用いるものが多いが、音声や振動なども用いられている。実際には、完全なハンズフリーを実現することは困難だが、従来のコンピュータに比べて操作上の制限が少ない環境が実現できる。

最後のポイントは、ウェアラブルコンピューティングが一般的なものとなったとき、ウェアラブルコンピューティングは生活に密着した必要不可欠なものになる可能性がある点である。仕事に行くときには、スケジューリング、備忘録、アノテーション、協

調作業支援などのビジネスツールを搭載したスーツ型のコンピュータを着て、夜寝るときには健康管理機能やリラクゼーション機能を搭載したパジャマ型コンピュータを着て寝るような状況が考えられる。

以上のようにウェアラブルコンピューティング環境は従来のコンピューティング環境とは一線を画すものであり[15]、コンピュータシステムとしても従来の枠組みがそのまま有効であるとは限らない。本研究の目的は、この新たな環境における基盤となるシステムの構築にある。同様の視点に基づくアプローチとして、Augment-able Reality[6]などいくつかの研究がすでになされているが、本研究では、ウェアラブルコンピューティング環境において、特にさまざまなメッセージ交換の基盤となるシステムの構築に重点をおく。

以下、2章においてウェアラブルコンピューティング環境におけるメッセージング環境について考察し、3章において提案するWメールシステムの概要について述べる。4章でWメールシステムの設計について示し、5章で本稿のまとめと今後の課題について述べる。

2 メッセージ交換の基盤としての電子メール

ネットワークを介したサービスは、電子的なメッセージの交換を全てその土台としている。従来利用されてきた電子的なメッセージの交換システムとしては、電子メール、チャット、ニュース、WWWが挙げられる。ウェアラブルコンピューティング環境を想定する場合、システム構築の容易さ、既存のシステムとの親和性を考慮すると、新規にメッセージ交換システムを構築するよりは、既存のシステムを流用し、発展させた方が効率が良い。

WWWをメッセージ交換システムとしてみた場合、通常片方向通信で用いられるシステムであるので利用できない。想定する環境では、コンピュータはネットワークに常時接続されて利用されるので、メッセージ交換の頻度は必然的に増加し、コミュニケーションの同期性に対する要求が従来よりも強まると考えられる。同期性の高いシステムとしては、一般にチャットシステムがよく利用されているが、筆者らは、以下のような理由により、電子メールをメッセージ交換の基盤として導入することが妥当であると考えられる。

通信対象の選択の融通性

チャットやニュースなどでは通信相手をその場その場で柔軟に選択することは困難である。電子メールならば、通信相手を一人単位で選

択でき、メーリングリストを利用すればある特定のグループ内でメッセージ交換ができる。さらに、筆者らで開発したMILD[16]などのように、知識ベースを用いて推論を行うことにより、通信相手のグループを動的に構成することが可能であり、柔軟なグループ通信を行うことができる。

一時的な断線に対する頑強性

あるメンバ間でチャットを行おうとする場合、通常チャット専用のクライアントを用いて、チャットサービスを提供するサーバに接続する必要がある。会話内容はリアルタイムに各ユーザに伝えられるが、断線が生じた場合、その間の会話内容は失われる場合が多い。メールを用いれば、リアルタイム性は多少犠牲になるが、一時的な断線が生じて、後に復旧した際に、断線時の会話内容をメールサーバから得ることができる。ウェアラブルコンピューティング環境ではユーザの移動に伴い断線が頻繁に発生する可能性が高いため、頑強性は重要な要素となる。

以下では、ウェアラブルコンピューティング環境における電子メールをメッセージングの基盤とするWメールシステムを提案し、従来の電子メールの使い方を超越したさまざまな新しい利用法について議論する。

3 Wメールの機能

ウェアラブルコンピューティング環境の特長を活かしたメールシステム、Wメールの設計にあたり、本研究では、前述の3つの特長、すなわち、(1)常時電源オン、(2)ハンズフリー、(3)生活密着の3点を活かしたシステムの設計を試みた。以下では、それぞれの観点から、設計したシステムの機能について説明する。

3.1 常時電源オン

ウェアラブルコンピューティング環境では、多くの場合、コンピュータは常に電源が入った状態におかれ、無線あるいは有線を通してネットワークに接続される。この点を考慮すると、あるユーザからメールが到着したときに、ユーザがすぐそれを読み応答できることになる。そのような意味で、従来非同期のコミュニケーションツールだった電子メールが、ウェアラブルコンピューティング環境においては、同期性を強めることになる。すなわち、メールのチャッ

ト化が進むと言える。このことを踏まえて、W メールでは次の2つの機能を備える。

チャット型メールインタフェース

ウェアラブルコンピューティング環境では、直前のメールとの強い意味的なつながりをもった2,3行の短いメールがよく使われるようになることが想定できる。このようなメールに対しては、従来のメールシステムのインタフェースは各メールをブラウズするために操作が必要であり、一覧性がなく使いにくいと言える。それに対し、チャットクライアントのように発言者の名前と発言内容が組で表示され、前後の会話の流れを一面で把握することのできるインタフェースを用いることが有効である。メールはユーザの指定した条件毎に分類され、各分類のメールがチャット風のインタフェースで一画面に表示される。下部の送信欄に記入されたテキストは改行キーを押すことによって、送信先アドレスやサブジェクトが自動的に確定され、チャットに参加しているメンバにメールとして配送される。

受信時の動作指定

膨大なメールからどのようにして有用な情報を取り出すかという点は、もっとも重要な研究課題の一つである。これについてフィルタリングや検索などの手段が多くシステムで取られているが、ウェアラブルコンピューティング環境においては上記の点に加えて、情報の直感的な把握がより重要になる。従来のメールはその重要度や内容の違いによらず全て類似したシンボルで扱われ、他の多数のメールの中に埋没してしまう危険があった。現状では、メールを出すのに併せて、緊急の案件については「いま電子メールを出しましたから、読んでください」と電話で連絡するといったことが行われる。電子メールをより利用しやすくするためには、送信者が受信者側にメールの重要性などのさまざまな特性を伝達する手段を提供する必要がある。例えば、メールの到着時に送信者固有のメロディを鳴らしたり、ポップアップウィンドウに送信者の顔写真を出すという機能が有効である。携帯電話などに見られる振動機能も利用できる。こういったメール受信時の動作は、従来、受信者によって設定されてきたが、送信者にもその設定権限を与え、メール受信時には双方の設定に基づいて、その動作を決定する仕組みを提供することが有効である。

3.2 ハンズフリー

両手による作業をしながらメールのやり取りをするには音声メールの送信やメールの読み上げ、音声

による簡単な操作の実行などが有効である[7, 8]。市販されているアプリケーションにも同様の機能を提供するものがすでに存在しているが、ウェアラブルコンピューティング環境においてはその有効性はより強まると考えられる。音声入力に限らず、ポイントングデバイスやボタンなど、簡単な入力手段を利用することで、両手を自由に使いながら入力を行えるようにする配慮が必要である。

定型文の挿入

ウェアラブルコンピューティング環境では文章の入力が従来の環境に比べると行にくい場合が多いと想定される。そこで、挨拶や署名などを簡単な操作で挿入したり、テンプレートを用意して単語を埋めることで定型文を作成する仕組みを提供する。同様の機能は既存のアプリケーションにも数多く搭載されているが、各種センサの入力をもとに、ユーザの状況に応じた柔軟な文章の挿入が可能である。例えば、ユーザの場所をメールに自動的に付加すれば、人の居場所の把握が容易に行える。

多岐選択式メール

メールの返信を行うシステムとして、多岐選択式メールを導入する。多岐選択式メールは、マウスなどのポイントングデバイスで用意された回答を選択するだけで返事を書くことができるアンケートのようなメールである。メールの送信者は、相手への質問と、想定される回答の選択肢を用意しなければならないが、受信者は回答が送信者の想定内であれば、ほとんど手を煩わせることなく返事を出すことができる。多岐選択式メールは、問い毎に分割して表示され、ユーザはその回答に応じて、関係のない問いを飛ばすことができる。

全てのメールをこの多岐選択式メールで代用することは不可能だが、ウェアラブルコンピューティング環境でのメール利用では、多岐選択式メールで代用できる範囲は小さくないものと考えられる。すなわち、前述のようにメールがチャット化する状況では、ほんの一言二言からなる短いメールが支配的になると考えられる。

3.3 生活密着

ウェアラブルコンピューティング環境においては、ユーザはいつでもどこでもコンピュータを利用できる。そのため受信者がメールを受け取る状況は従来よりも多様になると考えられる。つまり、ユーザがメールを受け取る場所はオフィスだけに限らず、野外的場合もあるし、手を離せない時であれば、ぐっすり寝ている時もあると考えられる。このように

ウェアラブルコンピューティング環境は生活に密着したものであるため、メールの受信がユーザの生活に与える影響が大きい。Wメールではこの点を考慮し、ユーザの状況に応じてその動作を変える機能を提供する。メールの送信者はメールにタグによるコマンドを埋め込むことによってメールの動作を記述する。これはコマンドメールの一種であると言える。

受信者の状態によるメール動作の変化

受信者のコンピュータに付属した各種センサ [3] からの入力をもとにメールの動作を変化させることができる。例えば、コンピュータに生体センサが付属してユーザの状態を知ることができれば、ユーザが寝ているときにはメールの着信メロディを止めることができる。逆に重要なメールはユーザが寝ていたとしても起きるようにベルをならすということもできる。また、ユーザが車の運転など集中力を要求される作業に従事している場合には、メールの着信を遅らせることも可能である。こうした着信時の動作については、メールの送信者、受信者双方が指定可能で、優先度の高い方の動作が実行される仕組みを提供することが必要である。

受信者の位置によるメール動作の変化

受信者の位置や時間によってメールの内容を変化させたいという要求も考えられる。その結果、受信者と複数回のインタラクションを取るメールを書くこともできる。ある場所で会う約束をしているときに、送信者は待ち合わせ場所まで受信者を誘導するようなメールを書くことができる。大きな交差点や駅など必要所で次に向かう方向をナビゲートし、ユーザが間違った方向に向かったら警告を出すことができる。

ここで、位置情報の取得には様々なセンサを用いることができる [1]。室内では磁気センサ、慣性センサ、ジャイロセンサなどが利用できるし、室外ではGPSが利用できる。GPSを用いることができない場所ではPHSの基地局による位置情報を利用できる。また、赤外線などにより位置情報を伝えるマーカを用いて位置情報を得ることも可能である。

時間によるメール動作の変化

時間によってメールの動作を指定することも重要になる場合がある。例えば、次の日の朝早くいつも寝坊する人と待ち合わせをする時には、その人に目覚まし時計付のメールを送ることができる。着信したメールは翌朝指定された時間になれば、ベルを鳴らしてユーザを起こす。また、何時までに返事が欲しいといった緊急の要件の際には、その時間に近づ

くとユーザに返事を書くことを促すメッセージを出すといった利用法が考えられる。

PIM との連携

アドレス帳やスケジューラ、家計簿ソフトなどのPIMとの連携も、日常生活の中でのシステムの使い勝手を向上させる上で重要性の高い要素である。Wメールでは、メールの送信者が予め権限を与えられている場合、メールにコマンドを付加することで受信者のPIMを操作することを可能とする。

こうした機能には、いくつかの有効な利用状況が想定できる。毎週、上司は部下に次の週の部下のスケジュールをメールで送る。メールの到着と同時に部下のスケジューラが起動し、次の週の予定が更新される。上司は部下の休暇を取り消すこともできる。ある日部下が目覚めて上司のメールを読み、休暇の取り消しを知ったころには、部下のスケジューラの休暇の予定は出張に変わっており、部下の家計簿ソフトには、出張費が部下の口座に振り込まれていることが記載されている。

ローカル情報サーバ

ユーザの位置に応じた情報を提供するローカル情報サーバの導入を考える。ユーザは特定の位置に対応するローカル情報サーバのアドレスの対応表を保持する。ユーザがある位置に付随する情報を得たい場合、ユーザは対応するローカル情報サーバにメールを送り、自分のメールアドレスを通知する。サーバからはそのメールに対するリプライの形で、その位置に付随するローカル情報が送られる。例えば、商店に入ったときには、その商店の特価情報などを得ることができるし、博物館や美術館では、展示品に関する詳細な情報を得ることができる。

ユーザがある特定の場所にメッセージを残しておきたい場合、ローカル情報サーバにメッセージを沿えたメールを送ることで、その場所を訪れる他のユーザにその情報を伝えることができる。例えば、大学で講師が講義の直前になって休講にせざるを得なくなった場合を考える。その際、その講師は講義室に対して、「講義室にやってきた人物に対して休講を通知するメールを送る」旨のメールを送る。講義の時間になって集まってきた学生は、講義室に対してメールを出すことで、普段は出欠の確認と共に、講義資料が送られるが、この日は、休講であることが知らされる。

位置指向のWWWサービスとしては、モバイルインフォサーチ [5] が挙げられる。モバイルインフォサーチでは、GPSによる緯度経度情報を位置決定に使用し、与えられた位置に関連するページへのリンクを提示するシステムである。こういったシステム

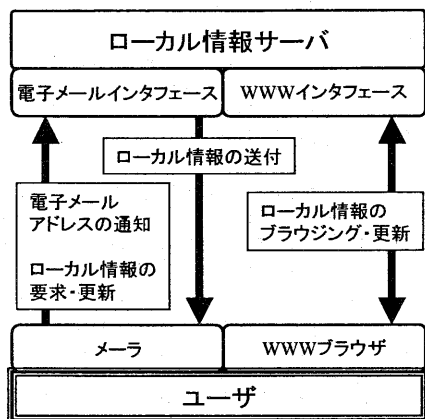


図 1: ローカル情報サーバ

と連携することによって、より広範囲の情報を得ることができる。

また、ユーザの位置に応じた情報を提供するシステムとして SpaceTag[13]がある。SpaceTag は、特定の場所で特定の時間に利用できる情報を実空間に添付することのできる汎用的なシステムである。ローカル情報サーバは、SpaceTag を電子メールを用いて実現するシステムであるとみなせる。電子メールを利用するため、既存のページなどの電子メール端末でも利用できる。

こうしたシステムの実現に必要なユーザの位置情報の取得手段として、セイコーエプソンのロカティオをはじめとする GPS を内蔵した個人用携帯端末が挙げられる。ロカティオに特有の機能として、地図情報を付加したメールを送ることができる点がある。地図をネットワーク上に用意しておき、その地図に位置情報を付加したメールを送ることで、位置に応じた情報を地図上に張り付けることができる。こうした地図をグループ内で共有したりすることで、ローカル情報をよりよく利用することができる。W メールシステムは、このようなサービスを、電子メールを用いてより汎用的にしたものであると考えられる。

このように、あらゆるモバイルアプリケーションをメールをベースとして提供することができる。メールベースで提供することの利点として、前述の点以外に、モバイルアプリケーションで導入されてきた独自のメッセージ配信システムを用意する必要がなく、メールを読める環境さえあれば、携帯電話でも PHS でもサブノートマシンでも、サービスを受けられることが挙げられる。

3.4 その他のサービス

Web ページ変換サーバ

メール機能や Web ブラウジング機能を備えた携帯電話や PHS が普及しているが、これらはウェアラブルコンピューティングを実現するものとみなすことができる。しかし、これらの機器は、そのメモリ量と表示領域の制限のため、メールや Web ページを読むのに、ユーザは多大な労力を強いられることがある。このような制限を緩和するため、メッセージの無駄な部分を省きサイズを極力減らし、文章の体裁を整えるような変換サーバがこれまでに多数構築されている。W メールにおいても各種コンピュータの特性に応じてメッセージの変換を行うサーバを提供することが必要である。

遠隔サービス

NTT DoCoMo の i-mode のように、携帯端末を通して、サービスを提供する店舗まで出向かなくても、バンキングやチケット予約、ホテルの予約まで様々なサービスを利用できる携帯端末が普及しはじめている。同様のサービスは W メール上でも簡単に実現することが可能である。その際、ユーザ認証や課金管理などの問題が発生するが、PGP による認証や、電子マネーに関する技術を利用することで回避できる。

4 システム設計

W メールを実現するにあたり以下の点を詳細に設計する必要がある。

- メール動作を記述するコマンドメールのフォーマット
- Wメールのクライアントシステム
- ローカル情報サーバ

最初の点については、まず、メールの柔軟な動作を指定するために、動作を指定するタグをメール内に埋め込む。タグは HTML3.2 をベースに一部のタグを追加・削除したもので、時間やセンサからの入力値などの条件に応じてメールの内容を変化させる条件分岐文をサポートする点をもっとも大きな拡張となる。

第2の Wメールのクライアントシステムについては、そのタグの指定にしたがって様々な動作を行える必要がある。種々のセンサ類からの入力をもとにユーザの状態を把握し、その状態に従ってメールの動作を変化させる機能が必要になる。また、動作

を指定するタグを意識せずに動作を指定できるインタフェースがあれば、簡単に複雑な動作をメールに含むことができるようになる。

最後に、ローカル情報サーバについては、位置に応じたローカル情報を保持し、ユーザに配布する機能に加えて、メールやWWWを通じたローカル情報の更新やそのサーバを利用したユーザ情報の管理を行う機能を提供することが必要となる。また、位置に応じたローカル情報サーバのアドレスをユーザに知らせる仕組みも必要である。これには赤外線などを用いた無線タグや、バーコードなどが利用できるし、ローカルサーバのアドレスを保持したサーバを運用することも考えられる。また、要所要所にローカル情報サーバのアドレスを記載しておけば極めて低コストにローカル情報の提供が行える。

現在これらのシステムについて、プロトタイプシステムの実装を進めている。

5 まとめ

本研究ではウェアラブルコンピューティング環境の基盤となるメッセージ交換システムとしてWメールを設計した。電子メールをメッセージングの基盤とするWメールを用いることにより、位置依存サービスなどウェアラブルコンピューティング環境の長をを活かしたサービスを低コストで提供、享受することが可能になる。今後の課題としては、プロトタイプシステムの実装および評価、また、より柔軟なユーザの要求に応じるための機能拡張が挙げられる。

謝辞

未筆ながら、本研究を進めるにあたって、西尾研究室の諸氏には有益なコメントを多数頂いた。ここに衷心より感謝の意を表わす。なお、本研究は、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業における研究プロジェクト「マルチメディア・コンテンツの高次処理の研究」(プロジェクト番号: JSPS-RFTF97P00501)によっている。ここに謝意を記す。

参考文献

- [1] Azuma, R. T.: A Survey of Augmented Reality, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 6, No. 4, pp. 355-385 (1997).
- [2] Fukumoto, M. and Tonomura, Y.: Body Coupled FingerRing: Wireless Wearable Keyboard, *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'97)*, pp. 147-154 (1997).
- [3] 板生清, 苗村潔: センサ通信網端末としてのウェアラブル情報機器, *情報処理学会研究報告 99-MBL-8*, pp. 15-21 (1999).
- [4] Masui, T.: An Efficient Text Input Method for Pen-based Computers, *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'98)*, Addison-Wesley, pp. 328-335 (1998).
- [5] 三浦信幸, 高橋克巳, 横路誠司, 島健一: 位置指向の情報統合~モバイルインフォサーチ2実験~, *情報処理学会第57回全国大会講演論文集(3)*, pp. 637-638, <http://www.kokono.net/> (1998).
- [6] Rekimoto, J., Ayatsuka, Y. and Hayashi, K.: Augment-able Reality: Situated Communication through Physical and Digital Spaces, *Proceedings of the International Symposium on Wearable Computing (ISWC'98)*, Pittsburgh (1998).
- [7] Roy, D. K., Sawhney, N., Schmandt, C. and Pentland, A.: Wearable Audio Computing: A Survey of Interaction Techniques, Technical Report 434, MIT Media Lab (1997).
- [8] Roy, D. K. and Schmandt, C.: NewsComm: A Hand-Held Interface for Interactive Access to Structured Audio, *Proceedings of CHI'96*, pp. 173-180 (1996).
- [9] Sawhney, N. and Schmandt, C.: Speaking and Listening on the Run: Design for Wearable Audio Computing, *Proceedings of the International Symposium on Wearable Computing (ISWC'98)*, Pittsburgh (1998).
- [10] Starner, T., Mann, S., Rhodes, B., Healey, J., Russel, K. B., Levine, J. and Pentland, A.: Wearable Computing and Augmented Reality, Technical Report 355, MIT Media Lab (1995).
- [11] Sugimoto, M. and Takahashi, K.: SHK: Single Hand Key Card for Mobile Devices, *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'96)*, pp. 7-8 (1996).
- [12] Sutherland, I.: A Head-mounted Three Dimensional Display, *Proceedings of FJCC*, pp. 757-764 (1968).
- [13] Tarumi, H., Morinaga, K., Nakao, M. and Kambayashi, Y.: SpaceTag: An Overlaid Virtual System and its Applications, *Proceedings of International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS'99)*, pp. 207-212 (1999).
- [14] 塚本昌彦: モバイルコンピューティングの展望—仮想空間と現実空間の統合に向けて—, *超集積化デバイス・システム第165委員会第9回研究会資料*, 日本学術振興会, pp. 11-18 (1999).
- [15] 塚本昌彦: モバイル先進アプリケーション, *共立出版bit*, Vol. 31, No. 1, pp. 31-38 (1999).
- [16] 上田宏高, 門林理恵子, 萩野浩明, 塚本昌彦, 西尾章治郎: 知識ベースシステムを用いた分散型メール配送システム MILD, *情報処理学会論文誌*, Vol. 39, No. 2, pp. 414-423 (1998).