

移動型データベースのためのビュー機構の設計および実装

白井博章 仲秋朗 劉渤江 塚本昌彦 西尾章治郎

大阪大学工学部情報システム工学科

email: {shirai, nakaaki, liu, tuka, nishio}@ise.eng.osaka-u.ac.jp

近年、無線 LAN や衛星通信などの無線通信技術が急速に発展し、ユーザは通信機能を備えた携帯可能な計算機を用いることで、場所を固定せずにネットワーク上の計算機や他の携帯端末のもつ資源を利用することが可能となった。筆者らはこのような移動体計算環境におけるデータ利用の利便性を高めるために、従来のデータベースビューメカニズムに基づき、移動端末がもつデータを仮想的に統合して利用するデータ管理メカニズム(移動体ビューと呼ぶ)を提案した。本稿では、実際に移動体ビュー機構の設計と実装を行ない、移動体計算環境においてデータの統合利用を実現するためにネットワーク上のさまざまなシステムが協調動作を行なう方法を明確にする。また、実装したシステムを用いてスケジューリング管理ツールを構築することで、移動体ビューの移動データ利用のための有効性と実用性を検証する。

Design and Implementation of a View Mechanism for Mobile Databases

Hiroaki SHIRAI Akira NAKAAKI Bo-jiang LIU Masahiko TSUKAMOTO Shojiro NISHIO

Dept. of Information Systems Engineering, Faculty of Engineering, Osaka University

As technologies of wireless communications, such as wireless LANs and satellite communications, have been rapidly advanced, users can make use of computer resources on fixed networks, handy terminals, and portable personal computers in a *mobile computing environment*. In order to realize high utilization of database systems in such a new computing environment, we have proposed a new notion *mobiview* based on the conventional database view mechanisms, which integrates various data stored on multiple mobile hosts. In this paper, we discuss the issue of design and implementation of a *mobiview* mechanism and make clear the method how to realize cooperation of various systems in the network for integrating data in a mobile computing environment. Using the implemented *mobiview* mechanism, we develop a tool for schedule management, and evaluate how the mechanism is effective and useful in developing mobile database applications.

1 はじめに

近年、衛星通信や無線LAN、赤外線通信などの無線通信技術が急速に発展し、携帯可能な計算機に無線通信機能を装備することが可能となり [1]、ユーザはこのような携帯端末 (移動ホスト) を用いて、固定ネットワークに存在する様々な情報や計算機資源、または他の携帯端末がもつ情報 (移動データ) を携帯端末より移動しながら利用することが可能となってきている。このような新たな計算機利用環境は移動体計算環境 (Mobile Computing Environment) と呼ばれる [2]。移動体計算環境では、従来の固定ネットワークではなかった様々なデータの利用方法が考えられ [3, 4]、移動ホストとのデータ交換に関する研究 [5, 6] や、移動データを他の計算機で利用するための移動データ問合せサービスを提供する移動体問合せプロトコル [7] をはじめとする様々なデータ管理手法に関する研究 [8] が盛んに行なわれている。

固定ネットワークから移動データを利用するには移動データが分散して存在していることから、これを利用するユーザもしくはアプリケーションは利用したい移動データを選別し収集するといったことを独自に行なわなければならない。これに対し、移動体計算環境においては移動データを選別、収集することは頻繁に必要となると考えられ、統合的に移動データを提供できる手段を提供することが求められている。

筆者らの研究グループでは移動データを統合利用するためのデータ管理手法として移動体ビュー (MobileView) を提案し、統合する移動データを指定もしくは選択する定義言語 [9, 10] の研究や、移動データ自体の変更や移動体の移動に伴う移動体ビューの変更を行なうための、移動体計算環境に対して効率的であるビューの維持手法 [11] についての研究を行ってきた。

移動体ビューは移動体ビューを構築するシステムにおいて定義されるものであるが、これを実際に移動体ビューを実現するには、ネットワーク内の多くの他システムの協調動作が必要であり、システムとして実現する方法は明確にされていない。そこで本稿では、移動体ビュー機構を実現するために複数のシステム内のモジュールとそれらが協調動作するためのプロトコルを設計し、実装を行なう。さらに構築した移動体ビュー機構を利用するアプリケーションを実装することで、移動体ビューの移動データを利用するアプリケーション構築のためのプラットフォームとしての有効性と、開発における実用性の検証を行なう。

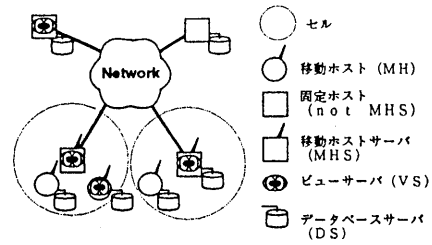


図 1: 移動体計算環境

以下、最初に2章では移動体計算環境および移動体ビューを概述するとともに、移動体ビューの維持手法について簡単に述べる。3章では、移動体ビューをシステムとして実現するための土台となるビュー機構の設計と実装について述べる。4章では、実装したビュー機構に基づいて、スケジュール管理を目的としたアプリケーションを実現することによって、移動体ビューの有効性を論じる。最後に5章では、結論として本稿のまとめと今後の研究課題を述べる。

2 移動体ビュー

この章では、最初に移動体計算環境の構成を示し、次に移動体ビューについて説明し、最後に移動体ビューの維持手法について述べる。

2.1 移動体計算環境

図1に示すように、移動体計算環境では移動ホスト (Mobile Host: MH)、移動ホストが固定ネットワークに接続することをサポートする移動ホストサーバ (Mobile Host Server: MHS)、および一般の固定ホスト (Stationary Host: SH) が存在する。MHSおよびSHは固定ネットワークを介して互いに接続しており、MHSはMHの固定ネットワークに対する接続状態や位置などの情報を管理する。

移動体計算環境では、ビューサーバ (View Server: VS) とデータベースサーバ (Database Server: DS) が存在し、VSにおいて移動体ビューを構築することができる。MH、MHS、SHはデータベースサーバになることができる。

本稿では、移動体ビューを実装する上で移動体計算環境に対して次の項目を前提条件として付加した。

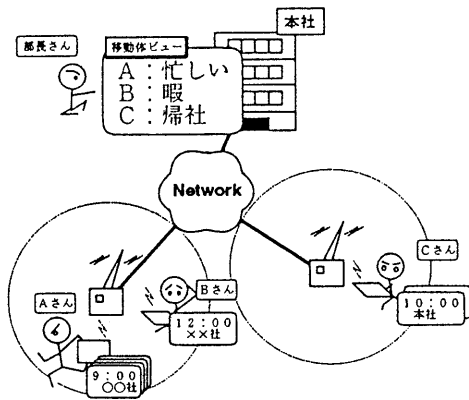


図 2: 移動体ビューの利用例

- 全てのデータベースのスキーマは統一されている。
- 各MHは一般のデータベースとは別に、MH自身を識別するために用いられる個々のMH固有の情報であるユーザ情報を保持している。
- 一つのMHが複数のMHSと同時に通信を行うことは許されない。

また、移動体ビューに関しても対象データはMHが保持する移動データのみであるものとし、VSはMHSもしくはSHで構築するものに限定している。

2.2 移動体ビュー

データベースビューとは、ユーザまたはアプリケーション毎にデータベースの一部を見せるメカニズムである。ユーザは、ビューを用いてデータを制限的もしくは選択的にアクセスすることができる。

移動体ビューとは、このようなデータベースビューの考え方と類似し、MH、SH、MHSなどの上に分散して存在するデータを選択し、仮想的に一元的な参照、利用を可能とするデータベースビューメカニズムとして提案された[9]。移動体ビューを用いることによって、ユーザもしくはアプリケーションは、移動データをまるで一括して存在しているかのように利用することが可能となる。

例えば、図2に示すように、ある会社で各営業マンが携帯端末を携帯し、それぞれ自分のスケジュールを移動データとして入力しているものとする。こ

```
CREATE VIEW ViewName{
  FROM database normal
  OF jungfrau , everest
  WHERE ResearchGroup='Mobile';
  CLASS MobileProfile
  INCLUDES(
    SELECT Profile.name,
      Profile.BloodType,
      Profile.Birthday,
      Profile.Address
    FROM Profile
  )
  WITH QUARITY 600;
};
```

図 3: 移動体ビューの定義例

これらの移動データに対して本社の方で移動体ビューを構築していることで、新たな業務が発生した場合に営業マン全員のスケジュールを俯瞰できるため、業務の発生した場所に近い社員でなおかつスケジュールの合う社員を効率的に検索し、即座にその業務に対応することを可能にする。

2.3 移動体ビューの定義構文

移動体ビューは、文献[9]で定義された構文を用いて定義することができる。移動体ビューの定義例を図3に示す。ビュー定義は次の三つの部分に分けられる。

- データベース指定: 'FROM' で始まる部分に記述し、移動体ビューが収集するデータを、セル指定および移動ホスト選択の両方を用いて指定する。

セル指定: MHSを指定することで、それに接続しているMHを指定する。MHSの指定には、ネットワークアドレスといった唯一識別子を用いる。

移動ホスト選択: セル指定に加えて、MHが保持しているユーザ情報に対して何らかの選択条件を適用することによって、個々のMHが移動体ビューの対象になるかどうかを指定する。

図 3 の例では、データベース指定部分は jungfrau, everest という MHS が指定されており、これらの MHS に接続している MH の中でユーザ情報の属性 ResearchGroup の値が Mobile である MH が移動体ビューの対象となる。

- クラス定義: 'CLASS' で始まる部分に記述し、データベース指定部分により指定された複数の MH がそれぞれ保持しているデータベースから構築する移動体ビューに必要なデータを記述する。記述は、データベース名の指定と SQL によるデータの選択を記述することができる。図 3 のように SQL は INCLUDES から始まる部分に書くことができ、この場合構築する移動体ビューは Profile テーブルから属性 name, BloodType, Birthday, Address の値をビューに集める。
- ビュー維持品質: 'WITH' で始まる部分に記述し、移動体ビューが保持しているデータと移動データとの間で相違を許す時間を定義するものであり、ユーザはここで指定した時間以内における移動データの変化を移動体ビューに反映させることを移動体ビューに要求できる。図 3 では現在から 600 秒前までの移動データの変更は移動体ビューに反映されることを保証している。

2.4 移動体ビューの維持手法

移動体ビューの構築方法としては、構築時に全対象となる移動データを収集する具体化ビューと、問合せもしくは利用時に全対象となる移動データを収集する仮想ビューの二手法が一般的である。移動体計算環境では、MH の数と無線通信部の不安定性を考慮に入れ具体化ビューを採用するのが適しており、その場合には移動体ビューの利用時の反応速度が速い。しかし、移動体ビューの対象となるデータの変更や MH の接続、切断、移動に対して移動体ビューにおけるデータにも変更を行なうといった移動体ビューの維持を行なわなければならない。文献 [11] では、移動データの変更と同時に移動体ビューの変更を行なうトラップ法や定期的な移動データの変更を移動体ビューに反映させる定期的問合せ法などさまざまな移動体ビューの維持手法が論じられている。

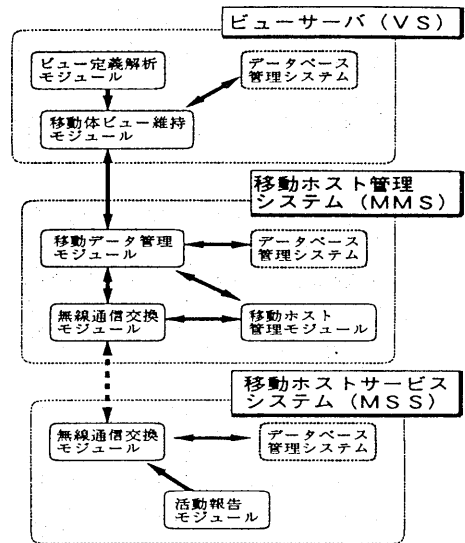


図 4: 移動体ビュー機構

3 ビュー機構の設計および実装

この章では、移動体ビューシステムの設計と実装について述べる。

移動体ビューの実現方法としては、数多くの移動ホストを対象とした場合でも移動体ビューを利用するときの反応速度が速い具体化ビューを採用し、また、移動ホストが頻繁に移動した場合でも通信コストとが激増しない定期的通知法を採用した。

図 4 に示されるように、移動体ビューは移動データの収集とその維持、ユーザやアプリケーションへのデータの提供を行なう VS、MHS において稼働する MH との通信や存在検出などの MH 管理を行なう移動ホスト管理システム (MHS Management System : MMS)、および MH において稼働している MHS との通信や自分の存在通知などを行なう MH サービスシステム (MH Service System : MSS) から構成される。この章では、これらのシステムについての詳細を述べたのちに、実装について述べる。

3.1 ビューサーバ (View Server : VS)

VS は移動体ビューの構築を実現するために、移動体ビュー定義の処理、移動体ビューの構築、移

動体ビューに対する問合せの処理を行なう。移動体ビューの構築における移動データの収集に関して、スキーマ分配と呼ぶ移動体ビュー定義の対象 MHS への配布によって、移動体ビューには関係のないデータの送信をなくしている。VS は (1) ビュー定義解析モジュール、(2) 移動体ビュー維持モジュール、(3) データベース管理システムから構成される。

ビュー定義解析モジュール ビュー定義解析モジュールは、ユーザもしくはアプリケーションが定義する移動体ビュー定義を解析しデータベース指定、クラス定義、ビュー維持品質への分割とスキーマ分配用の SQL への変換を行なう。

移動体ビュー維持モジュール ビュー定義解析モジュールによって解析された移動体ビュー定義に従い、スキーマ分配を行なう。またスキーマ分配従い、移動体ビューのための差分データが各 MSS より定期的に送信されてくるので、それをデータベース管理システムへ反映させる。さらに、VS は構築した移動体ビューを利用するユーザやアプリケーションに対しての問合せサービスも処理する。

データベース管理システム 構築された移動体ビューを蓄積するシステムである。

3.2 移動ホスト管理システム (MMS)

MMS は MHS において稼働し、MH との無線通信交換の実現、MH の存在検出、移動データ管理などを行なう。MMS を実現するにあたっては、MHS と MH 間の通信において以下のような問題点が考えられる。

- **MH の存在検出：**

MHS が MH の存在を検出するには、セルに MH が存在するだけでは不十分であり、両者間で何らかの制御が必要である。メディアによってはデータリンク層やネットワークプロトコルの機能を利用して MH の存在検出を行なうことも可能であるが、プロトコルや設定によってはその精度が大きく異なる。

- **通信容量の制限：**

ある移動体ビューに関わる MH の数が多い場合には、データ交換のための通信量が膨大なものになる可能性がある。これに対し、無線通信の通信容量は限られている。さらに、移動体ビューを構築する際には移動データを得

るために一度に大量のデータがこの無線通信部を流れる可能性があり、このとき十分な通信容量を確保できるとは限らない。

- **通信の不安定性：**

MHS と MH との間の通信媒体である無線は、電波障害などによって通信が不可能になりやすい。

通信の不安定性と容量の問題を考慮して、移動データの管理に関しては、MH の接続時にそれが保持してる全データを MHS に収集し、断線時に削除するトラップ法を用いた。

MMS は (1) 移動ホスト管理モジュール、(2) 移動データ管理モジュール、(3) データベース管理システム、(4) 無線通信交換モジュールで構成される。

移動ホスト管理モジュール MH の存在検出を行なうモジュールである。この検出はメディアに依存したプロトコルで行なえる場合もあるが、今回の実装にあたって、汎用性を高めるために、MH が定期的にハローパケットと呼ばれる MH の存在を知らせる制御信号を MMS に送信し、移動ホスト管理モジュールはこれの受信によって移動体の接続状態を検出した。また、MH の接続状態を他のモジュールへ通知する。接続していることに関してはハローパケットを見つけた時点で即検出とできるが、接続がなくなったことに関しては、ハローパケットの紛失などの通信の不安定性を考慮に入れる必要がある。ハローパケットの有効期限をハローパケット送信間隔の二倍強とし、有効期限が切れると接続がなくなったものとみなすこととした。このような接続検出方法は ES-IS プロトコル [12] などでも用いられており、一般的な手法であると考えられる。

移動データ管理モジュール トラップ法による移動データのデータベース管理システムへの登録と削除、および移動データ変更時のデータベース管理システムへの変更を処理するモジュールである。また、スキーマ分配法により配布されたビュー定義にしたがって、移動体ビューに必要なデータだけを定期的に移動体ビューに通知する。

データベース管理システム MMS におけるデータベース管理システムは、接続している MH の全データを保持するシステムである。

無線通信交換モジュール 無線通信部分の再送処理やエラー回復などを行なうモジュールである。

3.3 移動ホストサービスシステム (MSS)

移動ホストサービスシステムはMHにおいて稼働し、移動データの提供や自分の存在を知らせるハローパケットの送信などを行なう。これは、(1)活動報告モジュール、(2)データベース管理システム、(3)無線通信交換モジュールから構成される。

活動報告モジュール MHは自分の存在を知らせるためにMHSに定期的にハローパケットと呼ぶ制御信号を送る。このモジュールは、その送信を行なうためのものである。

データベース管理システム 移動データを保持し、MHSからのデータ問い合わせに答えるシステムである。

無線通信交換モジュール 無線通信部分の再送処理やエラー回復などを行なうモジュールである。

3.4 システム間プロトコル

移動データの変更時などに行なわなければならない移動体ビューの維持のために、前述の三つのシステムが協調して動作するためのプロトコルが必要となる。図5、6、7がそれぞれ“移動ホストが接続した場合にその移動データを移動体ビューに反映させるためのプロトコル”、“移動ホストが退出した場合にその移動データを移動体ビューから削除するためのプロトコル”、“移動データが変更された場合にその変更を移動体ビューに反映させるプロトコル”を表している。

移動体計算環境では、上記のプロトコルに従って通信中にMHが退出し移動データが受け取れないといったことが生じるが、その場合でも新しく図6のプロトコルに従って通信が行なわれ、そのMHの移動データはネットワーク上から全削除され移動体ビューに問題は生じない。

3.5 移動体ビューの実装

前節の設計に基づいて、MHとMHSとしてIBM社のThinkPad230Csを用いて実装を行なった。無線通信としてThinkPadの装備しているシリアル回線として利用可能な赤外線通信(9600bps)

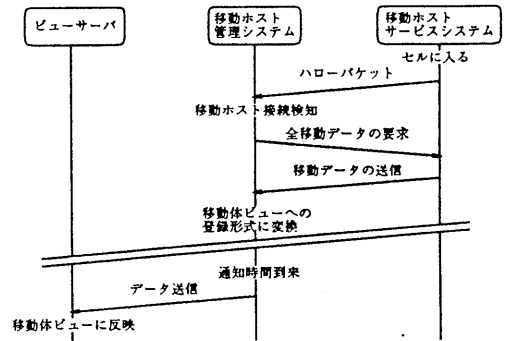


図5: 移動ホスト接続時のプロトコル

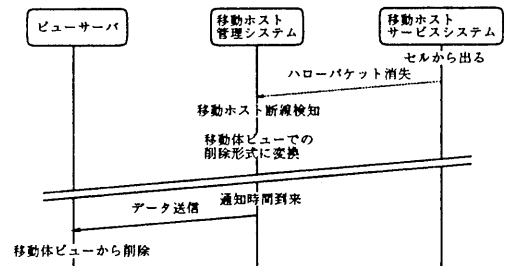


図6: 移動ホスト断線時のプロトコル

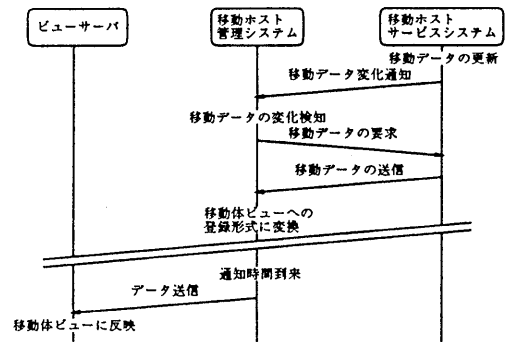


図7: 移動データ変更時のプロトコル

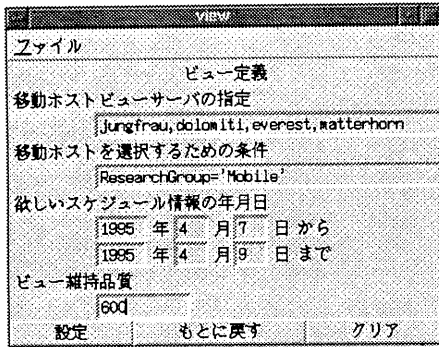


図 8: スケジュールデータ指定ウィンドウ

を用い、固定ネットワークとしてイーサネットと TCP/IP、OS は Linux を用いた。

現在の実装では各モジュールを別プロセスとして実装しており、一秒おきに受信データをポーリングしている。そのため最低でも移動ホスト接続から移動体ビューにそのデータが反映されるまでは 35 秒、移動ホストが退出してからは 10 秒、移動データ変更からは 35 秒が必要であり、ビュー維持品質はこれらの値以上に設定する必要がある。

4 移動体ビューを用いたアプリケーション例

前章では移動体ビューの設計と実装を述べたが、この章では実際に移動体ビューを利用して構築したアプリケーションの構築について述べる。

SH と違い MH はある個人に属していることが多いために、移動データとして利用者個人のスケジュールを入力し、管理することを計算機利用の主要な目的の一つになっている。しかし、現在そのスケジュールデータは個人が利用しているだけだが、ある会社、グループ内の人のスケジュールを統合し一覧表にすることによって新しい業務や将来の予定をたてやすくなり便利である。

目的にそった移動データを収集可能である移動体ビューを用いることで、簡単にスケジュール表示を行なうアプリケーションを実装した。以下ではその実装について述べる。

このアプリケーションのインターフェースとして、移動体ビューの機能に対応した次の二つのウィンドウからなる。

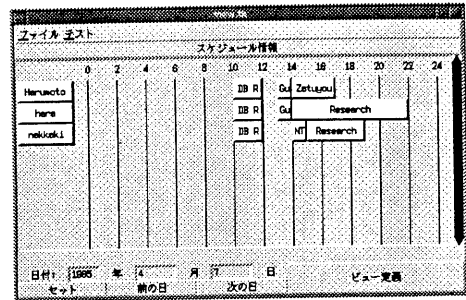


図 9: スケジュール表示ウィンドウ

- ビュー定義の指定、更新を行なうスケジュールデータ指定ウィンドウ (図 8)
- ビューの表示と問い合わせを行なうスケジュールデータ表示ウィンドウ (図 9)

MH のスケジュールを見るためには、まず図 8 のウィンドウ内で対象データの定義を行なう。“ビューサーバの指定”とは管理の対象となる範囲で、指定した MHS に接続している MH のみはその対象となる。“移動ホストを選択するための条件”とはビューの対象 MH の中でさらにこの条件にあった MH のみが対象となる。これは、ユーザ情報による MH の指定に対応している。また、“スケジュール情報の年月日”とはスケジュールの選択条件を表す。最後の“ビュー維持品質”は構築されたビューの正当性を指示する値である。以上がユーザにより設定されると、このアプリケーションは例えば図 10 に示されるような定義に変換し、移動体ビュー機構に送信する。そして、移動体ビュー機構がこの定義にしたがってスケジュールビューの構築が行なわれ、移動体ビューとして問合せなどをを用いた利用が可能となる。

さらに、図 9 において日付の設定を行なうと指定した日付に対応するデータの問合せに変換し、移動体ビューに送信することで指定した日付のデータを即座に得ることができる。

以上のように、移動体ビューを用いることでこのアプリケーションはユーザの要求からビュー定義、問合せへの変換を行なうだけで構成可能である。

5 おわりに

本稿では、移動体計算環境において移動ホストがもつデータベースである移動型データベースの

```

CREATE VIEW Schedule{
FROM database normal
OF jungfrau,dolomiti,everest,matterhorn
WHERE ResearchGroup='Mobile';
CLASS Schedule
INCLUDES(
SELECT UserInfo.Name,Schedule.Year,
Schedule.Month,Schedule.Day,
Schedule.StartHour,Schedule.StartMinutes,
Schedule.EndHour,Schedule.EndMinutes,
Schedule.Plan,Schedule.MHAddress
FROM Schedule,UserInfo
WHERE Schedule.MHAddress=UserInfo.MHAddress
AND UserInfo.ResearchGroup='Mobile' AND
(( Schedule.Month='1995' AND
Schedule.Month='4' AND Schedule.Day='7')
OR (( Schedule.Month='1995' AND
Schedule.Month='4' AND Schedule.Day='8')
OR (( Schedule.Month='1995' AND
Schedule.Month='4' AND Schedule.Day='9')
)))
)
WITH QUALITY 600;
};

```

図 10: 作成された移動体ビュー定義

統合化のために筆者らの研究グループが提案している移動体ビューの設計および実装を行なった。さらに、実装した移動体ビューを利用して、スケジュール管理アプリケーションを構築し、移動体ビューの有用性を確認した。

従来、統合的な移動データの利用に際してはその分散したデータの収集や選別が必須であり構築するアプリケーションが個々にそれらを行っていた。しかし、移動体ビューを用いることでそれらは自動的に収集、維持されるため移動データを利用するアプリケーションの開発には有効である。

なお本研究の一部は、財団法人立石科学技術振興財団からの助成金によるものである。

参考文献

- [1] 塚本昌彦: 変わる電子文具・可能性秘める赤外線通信, *Computer Today*, No.63, pp.46-51, 1994.
- [2] Forman, G.H. and Zahorjian, J.: The Challenges of Mobile Computing, *IEEE COMPUTER*, Vol.27, No.4, pp.38-47, 1994.
- [3] Imielinski, T. and Badrinath, B.R.: Data Management for Mobile Computing, *ACM SIGMOD RECORD*, Vol.22, No.1, pp.34-39, 1993.
- [4] Imielinski, T. and Badrinath, B.R.: Mobile Wireless Computing: Solutions and Challenges in Data Management, *Technical Report DCS-TR-296*, Department of Computer Science, Rutgers University, U.S., 1993.
- [5] Teraoka, F., Uehara, K., Sunahara, H., and Murai, J.: VIP: A Protocol Providing Host Mobility, *Communications of the ACM*, Vol.37, No.8, pp.67-76, 1994.
- [6] Tanaka, R. and Tsukamoto, M.: A CLNP-based Protocol for Mobile End Systems within an Area, *Proc. of IEEE International Conference on Network Protocols*, pp.64-71, 1993.
- [7] Tsukamoto, M., Tanaka, R., and Nishio, S.: Strategies for Query Processing in Mobile Computing Environments, Imielinski, T. and Korth, H.F.(eds.): *Mobile Computing*, Kluwer 1995 (to appear).
- [8] Blakeley, J.A., Larson, P.A., and Tompa, F.W.: Efficiently updating materialized views, *Proc. of ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pp.61-71, 1986.
- [9] 劉 渤江, 塚本昌彦, 西尾章治郎: 移動体計算環境におけるデータベースビュー, *Proc. of Advanced Database System Symposium'94*, pp.9-18, 1994.
- [10] 劉 渤江, 仲秋 朗, 塚本昌彦, 西尾章治郎: 移動体計算環境におけるデータベースビュー定義言語, 電子情報通信学会技術研究報告 DE95-4, pp.25-32, 1995.
- [11] 仲秋 朗, 劉 渤江, 塚本昌彦, 西尾章治郎: 移動型データベースのためのビュー維持手法, 情報処理学会第 102 回データベースシステム研究会報告, pp.33-40, 1995.
- [12] ISO 9542: Information Processing Systems - Telecommunications and Information Exchange between Systems - End System to Intermediate System Routing Exchange Protocol for Use in Conjunction with the Protocol for Providing the Connectionless-mode Network Service (ISO 8473), 1988.