

移動型データベースのビュー維持手法

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 [‡]シャープ(株)技術本部

近年、無線通信技術と計算機ハードウェア技術の急速な発展のために、ユーザは携帯端末やパーソナルコンピュータを利用することで、あらゆる場所からネットワーク上のさまざまな情報を利用することが可能になった。筆者らは、このような環境において移動体もつデータを統合利用するために、ビューメカニズムを提案し、その有効性を示した[9]。構築されたビューを維持するためには、移動体の移動性や小資源性、さらには無線通信の不安定性といった点を考慮しなければならない。本稿では、このような特質から生じるさまざまな問題を解決するためのいくつかのビュー維持手法を提案し、それらの比較を行なう。

View Maintenance for Mobile Databases

Akira NAKAAKI[†] Bo-jiang LIU[†] Masahiko TSUKAMOTO[‡] Shojiro NISHIO[†]

[†]Dept. of Information Systems Engineering, Faculty of Engineering, Osaka University

[‡]Information Technology Research Laboratories, SHARP Corp.

As technologies of wireless communications and computer hardware have been rapidly growing, users can access to a wide of variety of information from anywhere using handy terminals or portable personal computers. We have shown in our previous paper[9] that the view mechanism is valid for integrating mobile data in such environments. However, different from conventional distributed computing environments, in order to maintain the constructed view in mobile computing environments, it is required to consider seriously several important issues such as mobility, compactness of users' terminals, and instability of wireless communications. For resolving such problems, we will propose in this paper several methods for maintaining view in mobile computing environments, and compare the features of those proposed mechanisms.

1 はじめに

近年、ネットワーク技術と計算機ハードウェア技術の急速な発展に伴い、無線通信の基盤が整備され、赤外線や電波などの通信機能を備えた携帯端末やパーソナルコンピュータが出現してきた[14]. その結果、携帯端末のユーザは場所を固定せず、また、移動中でさえもリモートデータベースから情報を取得したり携帯端末間でデータを交換することが可能になった[3]. これらの移動可能な端末は移動ホストと呼ばれ、移動ホストを含む新しい計算機環境は移動計算機環境と呼ばれる。移動計算機環境では、今までの固定ネットワークではできなかったさまざまな新しいサービスを提供することができる[5, 6, 7]. 特に、データ交換サービスを提供する移動体通信プロトコル[12, 13]や、移動ホストがもつデータへ問合せを行なうための移動体問合せプロトコル[15], その他さまざまなデータ管理手法に関する研究[1, 8]が盛んに行なわれている。

このように移動計算機環境における基礎的なサービス環境が整備されていくなかで、複数の移動ホストがもつデータ(移動データ)を統合して利用したいというさらに高度な要求が出現しつつある[9]. これは例えば、次のような利用方法をふまえたものである。

- ある部署のすべての社員が携帯端末をもち、本社部長が、ある時間ある場所にいる社員を検索して、新たな業務指示を行なう。
- 医者が携帯端末上に往診データベースを構築し、医療センターでこの情報を統合利用する。
- 遊園地などのアミューズメント施設において、客の流れや統計情報を獲得して、スタッフの配置やサービス内容の変更を行なう。
- カーナビゲーションシステムにおけるデータを統合し、自動車の集中性や移動性等の統計情報を獲得して渋滞情報のサービスを提供する。

文献[9]では、このような要素を考慮したデー

タ管理手法として移動体ビュー(Mobile View)と呼ぶビューメカニズムを提案しており、データベースに蓄積された移動データを統合利用するための枠組を提供している。ユーザは移動体ビューを利用することで、分散して存在する移動ホストのデータをあたかも手元にあるかのように、また、選択的に利用することが可能となる。一般に分散データベースにおけるビューには、ビューへ問合せがかかる度にデータベースとして保持するデータ(基底データ)からビューを計算する(一般にビューを具体化すると呼ばれる)ものと、常に具体化しておくもの[2, 4, 11]が知られているが、分散環境と同様に移動計算機環境でも次の理由により後者が適している。

- 問合せに対する応答が速い。
- 具体化されたビューにインデックスを張れる。

ここで、通常の分散データベースにおいて、基底データの変化に応じてビューをどのように維持するかが問題となり、これを解決するための維持手法が提案されている[10]. この手法は、分散したデータベースがネットワークに固定されていることを前提としている。これに対し、移動計算機環境においては、次の点を考慮する必要がある。

- 対象データベースが時間と共に変化する。
- 移動ホストはネットワークに接続したまま移動することが可能である。
- 電池やバッテリーで駆動する携帯端末は、電力の消費を抑えるため頻繁にかつ計画的にネットワークから切断する。
- 移動ホストの計算やデータ保持の能力および通信能力に制限が加えられる可能性がある。

そこで、本稿では、これらの点を考慮して移動体ビューの維持手法について考察する。以下、2章では移動計算機環境と移動体ビューの構築について述べ、3章では二種類の移動体ビューのうちの一つの維持手法について、また、4章でもう一方の維持手法について述べる。そして最後に、5章で本稿のまとめと今後の研究課題について述べる。

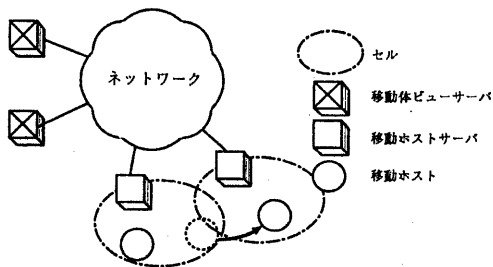


図 1: 移動計算機環境

2 移動体ビューの構築

この章では、移動計算機環境の構成および各構成要素の役割について述べ、さらに移動体ビューの構築の流れについて説明する。移動計算機環境は文献[9]のモデルに基づき図1のように示される。移動ホスト (Mobile Host: MH) はネットワーク上で自由に移動可能な計算機であり、ネットワークへの接続は移動ホストサーバ (Mobile Host Server: MHS) と呼ぶ計算機によってサポートされる。MHS は、MH とのデータ交換や MH の位置情報の管理の一端を担う。MHS の通信可能な範囲はセル (Cell) によって表される。MH は、セル内で制御信号を定期的に MHS に通知することで自分の存在を知らせ、MHS は、この信号を受け取った時点で MH が接続したと判断し、信号が送られてこなくなった時点で切断したと判断する。本稿で扱うシステムでは、さらに移動体ビューサーバ (Mobile View Server: MVS) と呼ぶ計算機が存在を仮定する。各 MH がもつ移動データを統合利用する移動体ビューは、MVS において構築される。これらのデータベースのスキーマおよび名前は統一されており、さらに、MHS および MVS はネットワークに固定されていると仮定する。

移動計算機環境において、移動体ビューは、ビュー定義に記述された条件に従ってビューの対象となる MH を指定し、指定された MH がもつ移動データに対してデータアクセスを行なうことによって構築される。対象となる MH は次のいずれかの方法で指定することができる。

- **MHS 指定:** 指定した MHS に接続している MH のうち、ビュー定義の MH 選択条件節を満たすものを対象とする。
- **MH 指定:** ホスト名や識別子で直接指定した複数の MH のうち、ネットワークに接続しかつ選択条件節を満たすものを対象とする。

対象となる MH が指定されると、次に MH がもつ基底データにビュー定義の本体であるビュースキーマを適用する。得られた結果を本稿では全情報と呼ぶことにし、これらを集めてビューとして MVS が保持する。この具体化されたビューは基底データと対応がとれている必要があり、基底データの変化等に応じてビューを維持する必要がある。ビュー維持の方法については3章、4章で考察するが、いずれの考察においても、挿入、削除といった基底データへの更新情報である基底差分情報からビュー差分情報を計算するか[2, 4]、もしくは、最新の基底データから全情報を計算し直してビュー差分情報としてビューに反映させるか、どちらかの方法が状況に応じて選択される。

以下では、MHS 指定と MH 指定それぞれによるビューがどのように定義され、どのように維持されるかについて述べる。

3 MHS 指定ビューの維持

この章では、MHS 指定によりビューの対象となる MH の移動データから構築されるビューが、基底データ等の変化に応じてどのように維持されるかについて述べる。MHS 指定ビューの定義には文献[9]の構文を使用する。MHS 指定ビューの定義例を示す。

例 1 (MHS 指定ビューの定義例): 会社の建物内にいる営業マンのスケジュール情報を検索したい場合には、次のようにビューを定義する。

```
create view 営業マンスケジュール
from database スケジュール of
1F の MHS, 2F の MHS, 3F の MHS
```

```

where belong = 営業部
class スケジュール情報
  includes ( select s
             from s in スケジュール
             where s.type = 仕事 )
with quality 100

```

where 節は所属が営業部である社員だけを選択するための条件節である。この定義では、基底データの変化等は 100 秒以内にビューに反映されることが保証される。

移動体ビューは、データが分散しているという点で分散環境におけるビューと似ており、分散環境において利用されているビュー維持手法を利用することが考えられる。分散環境では、ビューを維持するために以下の三つの手法が有効であると考えられている。

- スキーマ分配によるトラップ法: ビューサーバ (VS) はビュー定義を予めデータベースサーバ (DBS) 分配しておき、DBS は基底データが変化する度にその内容を VS に通知する。
- スキーマ分配による定期的通知法: VS はビュー定義を予め DBS に分配しておき、DBS は基底データの更新内容を定期的に VS に通知する。
- 定期的問合せ法: VS は定期的に DBS へ問合せで最新の基底データを集める。

これらの手法は、分散したデータベースがネットワークに固定されていることを前提としている。これに対し、移動計算機環境では次のような点を考察する必要がある。

- 対象となるデータベースの変化: ビューの対象となるデータベースは MH の接続/切断によって変化するため、各 MH がビューの対象となるかどうかを適切な時点で判断しなければならない。もし新たに対象に加わればその

MH のもつ基底データをビューに反映し、対象から外れればその MH に関連するデータを全て削除する。

- 通信容量および計算能力の制限: MHS と MH 間の通信媒体は無線であり、通信容量に制限が加えられる。また、MH が小型携帯端末である場合には計算能力は必ずしも十分ではない。
- 連続した移動: MH がビュー定義で指定された MHS 間を連続して移動する場合にはビューの対象は変化しないため、ビューはこの影響を受けてはならない。

以下、3.1 節から 3.3 節では、これらの項目を考慮したビュー維持手法を挙げ、3.4 節で三つの手法の比較を行なう。

3.1 トラップ法によるビュー維持

前述のように、一般にビューの対象となる MH は接続/切断によって変化するため、トラップ法では、MH が接続した時点で対象となるかどうかを判断してビュー定義を MH に通知し、MH は切断した時点でビュー定義を削除することになる。このとき、MH の接続/切断を検知できるのは MHS のみであり、よって、トラップ法では、MHS にビュー定義を予め通知しておいて MH への通知等の制御を依頼することになる。

一般に対象となるかどうかの判断は、MH がもつ名前や所属等のユーザ情報にビュー定義の選択条件節を適用して行なう。これは、MH にユーザ情報を要求して MHS で判断しても良いが、ネットワーク上をユーザ情報が流れることになるため、伝送コストやプライバシーの問題から不适当である。これに対し、選択条件節を MH に送って、MH 自身がその条件を満たすかどうかを答えることで実現できる。その MH がビューの対象となるならば、トラップ法ではビュー定義を即時に通知し、MH はこの定義を基に全情報を計算して MHS を介して MVS に送る。次に、MH が基底データを更新すると、その時点で基底差分情報からビュー差分情報を計算して MVS に送る。切断した場合

には、MHSはこれを検知した時点でMVSに通知し、MVSはそのMHが関連する情報を全て削除する。MHはビュー定義を削除する。

このような手法は、通信コスト削減という観点からは有効であると考えられるが、MHが情報を計算することは好ましくない。通信コストよりもMHの計算コストを重視する場合には、MHは基底データや基底差分情報をMHSに送りMHSが計算を代行するべきである。また、連続した移動を考慮していないため一度情報が削除されて再び挿入されることになり、連続した移動がビューに影響を及ぼさないとという前提に反する。MVSが二つの通知（切断通知と接続における全情報）を受け取った場合にはそれらを見捨てることで問題を解決できるが、無駄な情報が流れるので効率が悪い。これにはいくつかの解決方法が挙げられる。

- MHSはMVSに対して接続/切断の通知のみを行ない、MVSは接続通知を受け取った時点でそれが新規のMHかどうかを判断し、新規のMHならば全情報を問合せる。ただし、確認に時間がかかるという問題がある。
- 各MHSがビューの対象となっているMHの識別子を保持し、MHが接続して時点でこれを調べる。各MHSがもつ情報の一貫性を保たなければならないという問題がある。
- 一度接続したMHはビュー定義を保持しておく、MHSはこの存在によって連続移動を認知する。定義をいつ削除するが問題となる。

3.2 定期的通知法によるビュー維持

定期的通知法はトラップ法と似ているが、事象発生時ではなく定期的にその内容をMVSに通知する点で異なる。従って、移動頻度が高い場合には接続/切断による通信コストを削減でき、また、更新によって生じる情報を最小化できるという利点がある。

しかし、ビュー定義で指定されたMHS間を移動するMHの情報がビューに反映されない場合がある。これは、各MHSの通知周期が同期してい

ないことから生じる問題であり、MHの接続時間が通知周期の谷間にはまった場合に生じる。この問題は、接続/切断時にMHSが全情報または切断通知をMVSに即時に通知することで解決できるが、定期的通知法の利点が損なわれてしまう。そこで、いくつかの解決方法を以下に挙げる。

- MHSは接続/切断時に通知のみをMVSに即時に送り、MVSはこの情報を基に移動したMHに定期的に全情報を問合せる。
- 接続時にMHにビュー定義を通知し、MHは時間が来た時点でMVSに全情報を通知する。

これらの解決方法の分類は、時間管理をどこで行なうかに対応している。同様に、基底データの更新をどのようにビューに反映するかも、時間管理をどこで行なうかによって手法が異なってくる。

- MHが管理: MHは定期的に差分情報を計算し、MHSを介してMVSに通知する。
- MHSが管理: MHSがMHの更新内容をまとめてMVSに定期的に通知する。従って、定期通知時にMHS側に必要な情報が揃ってさえいれば、MHSとMHの間でどのような維持手法が用いられてもよい。例えば、トラップ法と問合せ法を使用することができる。

3.3 問合せ法によるビュー維持

問合せ法では、MVSは、問合せの度にビュー定義をその時点で接続しているMHに通知し、MHは問合せに対して全情報を計算して答えるだけでよい。MHがビューの対象となるかどうかの判断もこのときに行なわれる。問合せ法では接続/切断を考慮する必要がない。

3.4 維持手法の比較

この節では3.1節から3.3節で述べた維持手法をいくつかの観点から定性的に比較する。

- 通信量: トラップ法では事象発生の際に差分情報を通知するため、通信量の総計は更新頻

度に比例する。定期的通知法では差分情報を最小化することができる。問合せ法では全情報しか問合せられない。更新頻度や移動頻度が高くなるとトラップ法では通信量の総計が増大するが、定期的通知法では同じデータの更新や頻繁な移動は無視できるので必ずしも増えない。逆に各頻度が低くなるとこの二つの手法の通信量に大差はない。問合せ法では更新頻度および移動頻度に関係なく通信量は一定であるが、通信容量の限られた無線通信部に一度に大量のデータが流れる可能性があるという問題がある。

- 通信回数: 更新頻度や移動頻度が高くなるとトラップ法では通信回数が増大するが、定期的通知法や問合せ法では一定である。逆に頻度が低くなると、トラップ法ではそれに比例して通信回数も減るが、他の二つの手法では無駄な通信が行なわれることになる。従って、各頻度が高いときには定期的通知法か問合せ法が、低いときにはトラップ法がよい。
- MH におけるコスト: スキーマ分配法では MH がビュー定義を保持しなければならず、管理すべきビューの数が増えればこの負荷も増大する。定期的通知法ではそれに加えて時間管理をしなければならない。問合せ法ではこのような MH 側におけるビュー管理の必要性はなく、MHS からビュー定義が送られてくる度に答えるだけでよい。従って、ビューの数が多い場合には問合せ法がよい。いずれの手法においても情報の計算を MHS が代行できるが、トラップ法の場合には更新内容がビューに関係ない場合も MHS に通知しなければならない。

4 MH 指定ビューの維持

この章では、直接指定された MH がもつ移動データから構築されるビューがどのように維持されるかについて述べる。MH 指定ビューは次のように定義される。

例 2 (MH 指定によるビューの定義例): ある研究グループに所属する職員ユーザのスケジュールを基に、ミーティングのスケジュールを調整したい場合には次のように定義する。

```
create view ミーティングスケジュール調整
from database スケジュール of
移動体通信研究グループ
where status = 職員
class スケジュール情報
includes ( select s
from s in スケジュール
where s.type = 仕事 )
with quality 100
```

MH 指定ビューでは、MHS 指定ビューと違って MH の存在範囲が限られていないのでその位置情報も有益な情報となり、“グループ構成員の現在の居場所を知りたい”といったような利用方法も考えられる。文献 [9] は、このような利用をサポートするには位置問合せ (LQ: Location Query)、存在問合せ (Existence Query: EQ)、データ問合せ (Data Query: DQ) といった三つの問合せ [15] が必要であるとしており、そのために問合せ法によるビュー維持手法を提案している。また、その処理方法として次の五つの問合せ処理方法 [16] に基づく手法を提示している*。

SBN (Single Broadcast Notification): 接続時に MHS は全ての MVS に MH の位置情報を通知する。LQ では MVS は何もせず、EQ および DQ では MVS は MHS に問合せる。

WBN (double Broadcast Notification): SBN における接続時の動作に加えて、MHS は全ての MVS に MH の切断を通知する。LQ および EQ では MVS は何もせず、DQ では MVS は MHS に問合せる。

*SBN, BQF, SDN は、文献 [15, 9] では BN, BQ, DN と呼んでいるが、ルーティングプロトコルにおける手法の名称 [12] との混同をさけるため、文献 [16] および本稿では名称を変更している。

BQF (Broadcast Query Forwarding):

MVS が全ての MHS に MH の各情報を問合せ
せる。

SDN (Single Default Notification): 接続時
に MHS がその MH の位置情報を管理するデ
フォルトサーバ (Default Server: DS) に MH
の接続を通知する。LQ では MVS はその MH
を管理する DS に問合せ、EQ および DQ では
一度問合せを DS に送って DS がこれを MHS
に転送する。

WDN (Double Default Notification): DN
の接続時の動作に加えて、切断時に MHS が
DS に MH の切断を通知する。LQ および EQ
では MVS はその MH を管理する DS に問合せ、
DQ では一度問合せを DS に送って DS が
これを MHS に転送する。

これらの手法は情報提供者と消費者の関係が一对
であることを前提としているが、ビュー維持では
多対一関係になるためこれらの手法を多対一関係
に拡張し最適化を図る必要がある。さらに、MHS
指定ビューの場合と同様に、スキーマ分配法も有
効であると考えられる。例えば、ある特定の施設に
おける移動体ビューの利用のように、MH がビュー
の存在を認知している場合にはこの手法が有効に
なる可能性がある。

また MH 指定ビューでは、MHS 指定ビューと
違って、ビュー定義時にビューの対象となる MH
を一度特定すれば、接続/切断を除いてその集合
は変化しないことに注意しなければならない。

4.1 問合せ法によるビュー維持

この節では前述の五つの問合せ処理方法を拡張
したビュー維持手法について考察する。

SBN, WBN 拡張によるビュー維持: 位置情報
の管理および LQ の処理は従来と同様である
が、MVS は EQ または DQ によって MHS に
問合せるとき、複数の MH が接続する MHS に
は一度問合せだけで十分である。また、MHS

と MH の間は無線通信ゆえ、MHS は問合せ
内容を一度ブロードキャストするだけでよい。
このように一つの MHS に複数の MH が接続
している場合には効率の向上を図れる。

BQF 拡張によるビュー維持: 従来のように、
MVS はそれぞれの MH に対してブロードキャ
ストするのではなく、複数の MH に対して一
度行なうだけでよい。

SDN, WDN 拡張によるビュー維持: 位置情報
の管理は従来と同様である。複数の MH が同
じ DS で管理されている場合には、MVS はこ
の DS に対して一度だけ各問合せを行えば
よい。しかし、MH が異なる DS で管理されて
いるとそれぞれの DS に各問合せを行わな
なければならない。EQ または DQ において、異
なる DS が同じ MHS へ問合せる場合には SBN
や WBN と比べてさらに効率が悪くなる。

4.2 スキーマ分配法によるビュー維持

スキーマ分配法の考察において、MVS はビュー
定義時にビュー定義を MH に通知し、MH は接続/
切断に関係なくビュー定義を保持しておく
と仮定する。この手法では次のような利点がある。

- ビュー定義の通知が一度で済むので通信コストを抑えることができる。
- MVS が MH の位置情報を管理していない場合でも、MH の接続/切断を容易に検出できる。

MHS 指定ビューでは新たに接続した MH の全
情報を MVS に通知していたが、情報を MVS に
キャッシュすることによりこのような通知を行
わなくてもよい。MH 指定ビューでは対象数が限
られているので、このようなキャッシュ手法が有
効であると考えられる。MVS は、接続通知を受
け取った時点で情報をキャッシュからビューに回
復し、切断時にはビューから削除する。削除通知
をどのシステムが行なうかについては注意が必要
である。当然一度切断すると MH は MVS に通知
することができないが、MHS に予め MH の切断

をMVSに通知することを依頼しておくことでこれを解決することができる。このとき、接続時にMHがMHSにビュー定義を通知しておけば、削除の通知だけではなく情報の計算を依頼することもできる。

トラップ法ではこれらの動作を事象発生時に行ない、定期的通知法では定期的に行なう。

5 おわりに

本稿では、移動計算機環境におけるデータ管理方法の一つである移動体ビューの維持手法を提案し、その概要を述べた。移動体ビューを維持するためには、移動体の移動、小資源性、無線通信の不安定性といった点から生じる問題などを考慮しなければならず、本稿で提案した維持手法によってこれらが解決できる。

今後の研究課題としては次のものが挙げられる。

(1) 維持手法の比較: 本稿で挙げた手法を定量的に比較する。(2) 維持手法の動的な適用: 移動頻度や更新頻度、ネットワーク負荷等にに応じて、維持手法を動的に適用する。(3) MVS および MHS の移動性: MH においてビューを定義したり、ネットワークを無視してMH間で直接ビューを構築したりするような状況における最適な維持手法について考察する。(4) MH がもつデータベーススキーマの相違性: 任意のMHを対象とするアプリケーションにおいて、データベーススキーマを統一するのは困難である。(5) 複合的ビュー維持のための手法: 一つのビューでMHS指定とMH指定を合わせて使用する場合も考えられる。

参考文献

- [1] Alonso, R. and Korth, H.F. : Database System Issues in Nomadic Computing, *Proc. of ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pp.388-392, 1993.
- [2] 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.
- [3] Forman, G.H. and Zahorjian, J. : The Challenges of Mobile Computing, *IEEE COMPUTER*, Vol.27, No.4, pp.38-47, 1994.
- [4] Gupta, A., Mumick, I.S., and Subrahmanian, V.S. : Maintaining Views Incrementally, *Proc. of ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pp.157-166 1993.
- [5] Imielinski, T. and Badrinath, B.R. : Querying in Highly Mobile Distributed Environments, *Proc. of VLDB'92*, pp.34-39, 1993.
- [6] Imielinski, T. and Badrinath, B.R. : Data Management for Mobile Computing, *SIGMOD RECORD*, Vol.22, No.1, pp.34-39, 1993.
- [7] 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.
- [8] Korth, H.F. and Imielinski, T. : Mobile Computing Fertile Research Area or Black Hole?, *Proc. of VLDB'93*, pp.699-700, 1993.
- [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] Segev, A. and Park, J. : Maintaining Materialized Views in Distributed Databases, *Proc. of Data Engineering*, pp.262-270, 1989.
- [11] Shmueli, O. and Alon, I. : Maintenance of Views, *Proc. of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pp.240-255, 1984.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Tsukamoto, M., Tanaka, R., and Nishio, S. : On Query Processing Strategies for Mobile Computing, *Proc. of Workshop on Mobile and Wireless Information Systems(MOBIDATA)*, 1994.
- [16] Tsukamoto, M., Tanaka, R., and Nishio, S.: Strategies for Query Processing in Mobile Computing Environments, *Mobile and Wireless Information Systems(MOBIDATA)* (Imielinski, T. and Korth, H.F.(eds.)), 1995 (to appear).