

移動オブジェクトに対する効率的な地理情報配信手法

羅 勇[†] 天笠 俊之[†] 吉川 正俊^{†,‡} 植村 俊亮[†]

[†] 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

[‡] 国立情報学研究所 ソフトウェア研究系

[†] 〒 630-0101 奈良県生駒市高山町 8916-5

[‡] 〒 101-8430 東京都千代田区一ツ橋 2-1-2

{la-yu, amagasa, yosikawa, uemura}@is.aist-nara.ac.jp

あらまし 小型の携帯端末や携帯電話が普及した今日、地理情報システム (GIS) が注目され、これらの移動オブジェクトに対する情報提供が重要となっている。しかし移動オブジェクトには、無線ネットワークの帯域幅が狭いことや、搭載されるメモリ量が少ないなどの問題がある。そこで本論文では、索引構造を伴う空間データ配信環境を前提とした効率的な情報配信手法を提案する。本手法では地図などの地理情報に加えて近傍の関連情報をサーバで集中的に管理し、移動オブジェクトには利用者にとって必要だと思われるデータだけを配信する。特に情報配信を効率化するため、移動オブジェクトの速度と方角を考慮し、移動オブジェクトのグループ化を行ない、グループごとに地理データベースに一括して問合せする。最終的に返ってきた結果データを XML 形式の放送木として構築する。本研究を通じ、我々は、グループの有効な維持更新方法及び速度量を考慮した問合せを提示し、動的な XML 形式の放送木構築を実現した。

キーワード 移動端末、放送木、位置情報、地理情報、グループ化

An Efficient Scheme for Broadcasting Geographic Information to Moving Objects

Yong Luo[†], Toshiyuki Amagasa[†], Masatoshi Yoshikawa^{†,‡}, and Shunsuke Uemura[†]

[†] Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

[‡] Software Research Division, National Institute of Informatics

[†] 8916-5 Takayama, Ikoma, Nara 630-0101, Japan

[‡] 2-1-2 Hitotsubashi, Chiyoda, Tokyo 104-8430, Japan

{la-yu, amagasa, yosikawa, uemura}@is.aist-nara.ac.jp

Abstract As the concern with GIS (Geographic information system) has been growing, information broadcast for moving object represented by the mobile device. is important. However, there are problems that mobile device has narrow bandwidth in wireless network and few amount of memory. This paper proposes a method for broadcasting the data considered to be required for users to moving objects. Specifically, the moving objects are grouped on the basis of the speed and the direction of them. For increasing efficiency of processing, complement search algorithm is also taken in.

Key words Moving Object, Broadcast Tree, Positional Information, Geographic Information, Grouping

1 はじめに

計算機技術の発展に伴い、PDA、携帯電話に代表される高性能で小型の情報端末が広く普及している。これらの携帯端末は、「いつでも、どこでも」利用できることから、利用者の現在の位置に依存した情報を素早く入手できることが望まれる。GPS レシーバの小型化・高精度化や、携帯電話 (PHS) の電波を用いた位置測定技術の進歩はこれを後押ししており、今や携帯電話に GPS レシーバが搭載されるまでになっている。

情報端末には、以前と比較して大容量の記憶領域と高速な処理装置が装備されるようになったとはいえ、サーバ側の計算機能力はそれ以上の速度で進歩しており、両者の処理能力には依然として大きな隔りがある。すなわち、端末が独立して全ての処理を行なうには能力が十分とは言えない。また、これをサポートする無線ネットワークの通信容量も有線と比べるとはるかに低いので、必要なデータ全てをネットワークを通じて入手することはできない。例えば、カーナビゲーションシステムでは詳細な地図、経路探索を提供できるが、あくまでも内蔵の記録媒体に格納されている地理データベースしか利用することができない。

このような状況を打開する有力な手法として期待されているのが、データ放送である [1][2][3]。データ放送を利用すれば、端末側に全てのデータを収納するだけの容量がなくとも、必要な情報だけを受信することによって目的に合った情報を利用することができる。端的な例としては、街を歩いていてある店の近くに来るとその店の最新商品についての情報が自動的に端末に表示されるといったことが挙げられる。

このとき、サービスを提供する側には現在行われている位置情報サービスに加えて、利用者の位置に基づいて周辺の関連情報を各種データベースに問い合わせ、その結果をまとめ上げて端末に向けて放送するという高度な処理が必要になる。端末の数が少ないときには個別に対応できるかもしれないが、大量の端末を相手にしなければならない場合には処理を効率化する工夫が必要である。

本論文では、端末を位置と移動速度、方向によるグループ化し、グループ単位にデータを放送することによって効率のよい移動端末の管理、必要な情報の送信を実現した。具体的には、まず、移動端末に対して、位置、速度、方向という特徴量でクラスタリングを行う。互いに近接し、似た速度と方向を持つ端末を同じグループに分類することができた。そして速度と方向をパラメータとする楕円状の問合せ範囲を用いることで、グループごとにそのグループの移動範囲を考慮した情報提供を可能にした。最後に XML による放送木の構築法を示した。まだクラスタリングを繰り返して行うコストを避けるため、グループごとの最小包囲矩形の面積を用いるクラスタの維持更新方法を提示した。本論文の構成は以下の通り。2章で関連研究を紹介し、3章で提案した手法の概要を説明する。4章は中心的に放送

木構築の全過程を述べる。位置、速度、方向に基づくグループの生成及び更新、データベースへの問合せ範囲の決定、XML 形式の放送木の構築などを詳細に説明する。そして、5章にはまとめと今後の課題を述べる。

2 関連研究

移動端末に関する情報提示については既に多くの研究が行われている。移動オブジェクトの位置に応じて、最適な関連情報を提示する研究としては、[4]がある。この手法では、移動オブジェクトの経路を考慮して、問合せを行なう時点の最適な近傍情報を提示する手法を提案している。また、移動オブジェクトの位置データを効率よく検索するための研究としては [5]がある。この研究では、移動オブジェクトの位置と速度に線形予測を導入した上で索引付けし、効率の良い検索を実現している。

空間データを伴うデータ放送に関する研究としては、[1]がある。記憶容量の少ない端末において、巨大な空間索引を付与することを可能にするために、木構造の各節点にその節点を根とする部分木に格納されている情報を持たせ、部分的な木の巡回を可能にしている。[1]はすでに存在している空間索引をいかに効率良く放送するかに関心が当てられているが、本論文では、その前段階として、空間情報を伴った情報をどのように構成するかについて議論する点異なる。

3 想定する環境と提案手法の概要

3.1 想定する環境

本研究では、移動端末に対する情報配信の環境として以下の2点を仮定する：(1) 地理情報サーバは、ある一定の範囲の地理情報をまとめてクライアント (移動端末) に配信する。この地理情報にはそれぞれの部分情報がどの地域のものであるかを示すタグ情報が付随しており、これを受信したクライアントは、自分が必要とする地域の情報だけをタグ情報を手がかりに選択的に受信することができる。これにより、端末に搭載されているメモリ量に依存しないデータ放送が可能となる。(2) 情報配信サーバは各時刻において移動端末の位置情報、移動速度、移動方向を得ることができる。この中で位置情報は必須である一方、速度、方向は必須としない。後者が得られない場合は、直前の位置と現在の位置から移動速度と方向を推定する。推定方法については以下に具体的な計算方法を述べる。

3.2 提案手法の概要

図1に提案手法の処理の概要を示す。

step1: サーバ側は時刻ごとに各端末からの位置情報を取得して、時系列順に位置 DB に格納する。同時に位置データを元に端末の速度、方向を計算し、位置 DB に格納する。

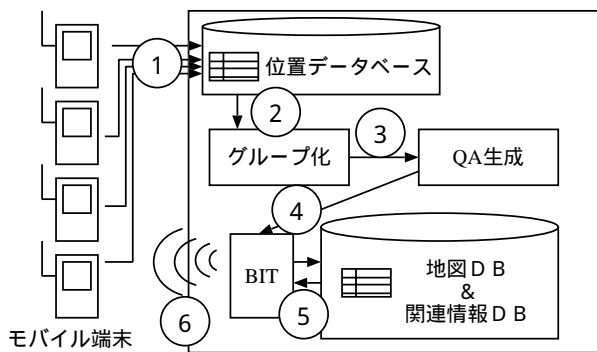


図 1: 処理過程

step2: データ放送を始める前、ある時刻 t の時点で位置 DB に格納されている各端末の最新の位置、速度、方角などのデータを取り出す。さらにこれらから特徴量を抽出してクラスタリングを行い、端末をグループ分けする。これによって、近くに位置し、かつ移動する方向と速度が似ている端末をグループに分けることができる。

step3: step2 で作成された各グループごとに、各グループの端末の分布密度と速度値の大きさなどを考慮して、グループ内の全端末位置を包含する QA (Query Area) を計算する。

step4, 5: 各グループから生成された QA を用いて、地図 DB と関連情報 DB に問合せを行ない、得られた関連情報の結果を BIT (Broadcasted Index Tree) として構成する。

step6: 最後に得られた BIT を放送する。

4 グループに基づく移動端末のための放送木の構築

4.1 位置データベース

位置データベースの役割は、各端末から収集した位置、速度及びこれらから算出された移動方向の情報を格納する。

位置情報: 通常、GPS から取得される位置情報は、緯度、経度であるが、平面直角座標系の座標に変換しておく (日本測量協会の HP で "TKY2WGS" 変換ソフトを入手可能)。一定の時間間隔ごとに移動端末の所在位置データを取得して、各々の端末の識別 ID とともに、時系列順でデータベースに格納する。

速度情報: 速度を提供できる端末では、その情報をそのまま用いる。そうでない端末の二つの状況を考えれば、速度データを提供できない端末は直前の位置から速度値を推定する。

1. 移動端末の最初のデータを取得した時は速度値を 0 とする。

2. 2 回目以降、取得した最新の位置データ (\mathbf{p}_{t_i}) と 1 つ前の位置データ ($\mathbf{p}_{t_{i-1}}$) から、平均速度を算出する。 $\mathbf{p} = (x, y)$ を位置データとすると、現在の速度 v_{t_i} は次のように求める。

$$v_{t_i} = \frac{|\mathbf{p}_{t_i} - \mathbf{p}_{t_{i-1}}|}{t_i - t_{i-1}} = \frac{\sqrt{(x_{t_i} - x_{t_{i-1}})^2 + (y_{t_i} - y_{t_{i-1}})^2}}{t_i - t_{i-1}}$$

なお v_{t_i} があまりにも小さい場合は誤差と考え $v_{t_i} = 0$ とする。

方向情報: 移動端末の移動方向は平面直角座標系の x 座標軸の正方向となす角度 θ で表される。以下のように推定される。

1. 移動端末の最初のデータを取得した時、進行方向 θ_{t_i} は不定であるとする。
2. 2 回目以降、取得した最新の位置データと 1 つ前の位置データから、進行方向を算出する。 $\mathbf{p} = (x, y)$ を位置データとすると

$$\cos \theta_{t_i} = \frac{x_{t_i} - x_{t_{i-1}}}{\sqrt{(x_{t_i} - x_{t_{i-1}})^2 + (y_{t_i} - y_{t_{i-1}})^2}}$$

よって、逆三角関数を求めれば

$$\theta_{t_i} = \cos^{-1} \left(\frac{x_{t_i} - x_{t_{i-1}}}{\sqrt{(x_{t_i} - x_{t_{i-1}})^2 + (y_{t_i} - y_{t_{i-1}})^2}} \right)$$

もし、 $(x_{t_i} - x_{t_{i-1}})^2 + (y_{t_i} - y_{t_{i-1}})^2$ が閾値より小さい場合、移動端末が静止状態になったと見なし $\theta_{t_i} = 0$ にする。

4.2 移動端末のグループ化

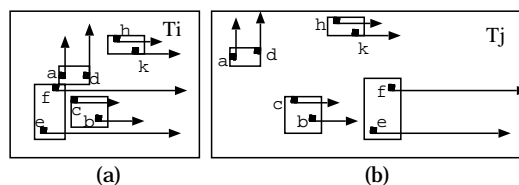


図 2: 端末のクラスタリング

図 2 にグループ分けの例を示す。時刻 T_i において端末間の距離関係だけに着目すると、 $\{a, b, c, d, e, f\}$ と $\{h, k\}$ の二つのグループに分けられそうだが、次の時刻 T_j では、グループ $\{a, b, c, d, e, f\}$ は大きく広がってしまう。そこで本研究では、各移動端末の向きと速度を考慮してグループ分けを行なう。よって、図 2 の例では、 $\{a, d\}$, $\{c, b\}$, $\{e, f\}$, $\{h, k\}$ とグループ化することが適当と考える。

4.2.1 初期グループの生成

クラスタリングは、特徴空間に分布する複数の点をそれらの分布状態に応じ、いくつかのグループに分割する処理技術である。我々は、移動端末の位置 (x, y) 、速度値 (v) 及び方角 (θ) の3つのデータの特徴量とし、4次元特徴空間を構成する。この4次元特徴空間内で移動端末をグループ化することによって互いに近接し、かつ殆ど同じ速度で、似た方向に進む移動端末をグループ分けできると考えられる。

まず、複数の移動端末を $M = \{m_1, m_2, \dots, m_N\}$ で表し、クラスタを $C_i (i = 1, 2, \dots)$ とする。前処理として、位置データベースから、位置、速度値、方角などのデータを取り出す時、予め位置データの x 座標で昇順ソートしておく。さらに位置、速度値、方角の定義域が取り得る範囲は大きく異なるので、これらの3つの特徴量を正規化する必要がある。一般に正規化手法としては、平均と分散による正規化方法が考えられる。

グループ分けを行うには、色々なクラスタリング手法が存在する。効率のよいクラスタリング手法を使って、移動端末をグループ化するべきが、しかしどのクラスタリング手法を使っても後の説明に支障がないので、説明をしやすいするため、本論文では、もっともシンプルな NN(Nearest Neighbor)[6] というクラスタリング技法を使うことにする。クラスタリングの処理手順は、次の通りである。

ステップ1 処理した移動端末の数を示す定数 $NP = 1$ とする。

作成したグループの数を示す定数 $NC = 1$ とする。

m_{NP} を標準移動端末とするグループ C_{NC} を作る。

ステップ2 次の距離を求める。

$$d_{min} = \min_{1 \leq i \leq NC} \{d(m_{(NP+1)}, C_i)\}$$

$d(m_{(NP+1)}, C_i)$ は移動端末とクラスタ C_i 間の距離を意味する。T を一定のしきい値として、求めた d_{min} の値に応じて以下の処理を行う。

$d_{min} < T$ のとき、 $m_{(NP+1)}$ を d_{min} を与える C_i に属させる。

$d_{min} \geq T$ のとき、 $m_{(NP+1)}$ を標準移動端末とする新しいグループ $C_{(NC+1)}$ を作り、NC の値を1だけ増やす。

NP の値を1だけ増やす。

ステップ3 $NP > N$ のとき、すべての処理を終了する。

$NP \leq N$ のとき、ステップ2に戻る。

4.2.2 グループの更新

移動端末は時間の経過とともに移動するので、作成した端末グループ(クラスタ)をそれに合わせて更新しなければ

ならない。しかし単位時間ごとにクラスタリングを繰り返して行うのは効率が悪いので、最新の状態を反映したクラスタを効率良く求める手法が必要である。

ここで本論文で用いている特徴ベクトル $m = (x, y, v, \theta)$ を見ると、同一のグループに属する端末は、位置、移動速度、移動方向が良く似たものであるといえる。すなわち、次の時刻においても同様のグループを形成すると期待できる。このことから、提案手法ではグループの維持を次のように行なう(図3): (1) 時刻 t_j において、グループ毎に全ての端末を囲む最小包囲矩形(MBR; Minimum Bounding Rectangle)とその面積を求める。(2) 時刻 t_{j+1} でも同様に包囲矩形を求め t_j における面積と比較する。両者の差がある閾値より大きければグループ更新を行なう。(3) 更新対象のそれぞれのグループにおいて、最も中心から外れた端末の特徴ベクトルのコサイン相関値から求め、他のグループへの再投入を試みる。他に近接したグループがなければその端末を中心とする新たなグループを生成する。

以下に具体的な計算方法を示す。

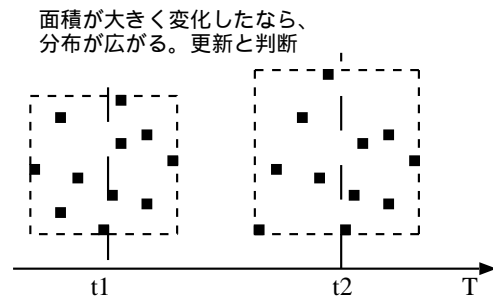


図3: 面積による更新の判断

1. グループ C_k が時刻 t_i に生成されたとする。各時刻 $t_j (t_j \geq t_i)$ において、所属する端末の包囲矩形の面積を計算する。グループ k の包囲矩形の座標を $(x_{max}(C_k, t_j), y_{max}(C_k, t_j)), (x_{min}(C_k, t_j), y_{min}(C_k, t_j))$ とすると、面積 $S_{(C_k, t_j)}$ は次のように求められる。

$$S_{(C_k, t_j)} = (x_{max}(C_k, t_j) - x_{min}(C_k, t_j)) \times (y_{max}(C_k, t_j) - y_{min}(C_k, t_j))$$
 特に、 C_k が生成された時点における包囲矩形の面積を標準矩形面積 $S_{(C_k, t_i)}$ と呼ぶ。
2. グループを更新するかどうかを判断するためには、包囲矩形の面積を比較する。すなわち時刻 t_j で包囲矩形の面積 $S_{(C_k, t_j)}$ と標準矩形面積 $S_{(C_k, t_i)}$ の比がある閾値 w 以上になる場合 ($w \leq S_{(C_k, t_j)} / S_{(C_k, t_i)}$) そのグループが更新の対象となる。
3. 更新対象のグループに対して、グループの平均から大きく外れている端末を求める。

- (a) 更新対象のグループ C_k において、それに含まれている端末の特徴ベクトルの平均値 ($m_{ave}(C_k, t_j)$) いる、中心と半径 T によって規定されるクラスタの $x - y$ 座標を利用しての $x - y$ 座標を利用するものである (図 4(a)) .

$$\cos \beta(C_k, t_j) = \frac{\langle m(C_k, t_j), m_{ave}(C_k, t_j) \rangle}{\|m(C_k, t_j)\| \cdot \|m_{ave}(C_k, t_j)\|}$$

ただし \langle, \rangle は内積を表す .

- (b) 結果の類似度を昇順に整列する .
- (c) 類似度のもっとも低い端末から 1 つずつ取り出し、残った移動端末での矩形面積を計算する . これと標準矩形面積の比をとり w より小さくなるまで繰り返す .

4. 抽出した移動端末の再編成

上で求めたグループから外れた端末について、新たに参加するグループを探索する . もし適切なグループが見つからなければ新たなグループを作成する .

- (a) 抽出された $m_{out}(C_k, t_j)$ と既存のグループ $C_{(k, t_j)}$ の中心との距離 $d(m_{out}(C_k, t_j), (x(C_k, t_j), y(C_k, t_j)))$ を求める .
- (b) クラスタ生成時の半径 T について $d(m_{out}(C_k, t_j), (x(C_k, t_j), y(C_k, t_j))) < T$ なら C_k に含める . そのようなグループがない場合は、これを中心とした新たなグループを生成する .

4.3 Query Area (QA) の生成

上で述べた手法で生成されたそれぞれの端末グループに対して、そのグループの周辺の地理情報を一括して送信する . これをここでは Query Area (QA) と呼ぶ . QA を用いることにより、サーバは個別のクライアントに関してその位置を特定し、関連する地理情報を検索し、放送するという手間を削減することができる . 一方、データを受信する側としては、得られる地理情報が広範囲に渡ってしまうことや、個別のクライアントが発する細かい要求に答えづらいという欠点もある . ここでは放送の対象を一般的な地理情報と仮定することで、これらの問題には立ち入らないことにする .

具体的な処理手順は、まずそれぞれの端末グループの位置に基づいて、そのグループが必要とする情報を含む領域 (QA) を求める . 情報配信サーバは QA に基づいて、地理情報サーバへ地理情報の検索を要求する . 得られたグループごとの検索結果は、1 つのデータ構造 (放送木、BIT; Broadcasted Index Tree) にまとめられる . BIT は木構造を持ち、各部分木がひとつの値域に関連した情報を持っている . また中間ノードにはそれ以下の部分木がどの値域の情報を保持しているかというタグ情報が含まれるため、これを受信したクライアント端末は、自分が必要とする情報だけを選択的に受信することが可能である .

QA を計算する一番単純な方法は、グループを包摂して中心と半径 T によって規定されるクラスタの $x - y$ 座標を利用するものである (図 4(a)) .

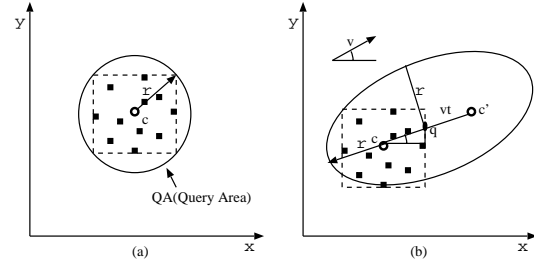


図 4: 問合せ範囲の決定

しかし円状の QA による問合せ領域から得られた地理情報は、グループがほぼ静止した状態であれば有効であるが、そうでない場合、すなわちグループがある程度の速度で移動している場合には有効であるとは言えない . BIT が放送される周期を τ とすると、各グループにおいて必要な情報が得られる間隔は平均 $\frac{\tau}{2}$ である . その間グループは $\frac{\tau}{2}v$ だけ移動しているので、その移動先の部分も放送されるデータに含まれるべきである . 我々は、このような移動端末の特性に沿った QA を得るため楕円を利用した QA を生成する .

図 4 (b) に例を示す . まずクラスタの中心 c を新しく生成しようとする QA の 1 つの焦点とする . τ 時間内 (放送木の構築にかかる時間と放送周期を考慮して決める) に c が θ 方向に $v\tau$ だけ移動すると推測できる (θ と v はこのグループの方向と速度の平均) . よって c の新しい移動先を c' とすれば、 c と c' を焦点として、 r を半短軸、 $r + \frac{v\tau}{2}$ を半長軸とする楕円を得ることができる . この時楕円の中心 q の座標は、 $(c_x + \frac{v\tau}{2} \cos \theta, c_y + \frac{v\tau}{2} \sin \theta)$ である .

このようにして得られた楕円は、速度値が 0、すなわちグループが静止している時は c を円心とする円になる . 移動している場合は、その速度に応じて移動方向に伸長し q を中心とする楕円状になる . 速度に変化する楕円体を QA にすることによって、歩行者、自動車などのような速度差のある移動端末にも柔軟に対応でき、異なる範囲の情報提供を実現できる .

具体的な計算方法を述べる . 中心を $q(c_x + \frac{v\tau}{2} \cos \theta, c_y + \frac{v\tau}{2} \sin \theta)$ とすると、楕円は次の楕円体距離式で表すことができる .

$$\begin{aligned} (p - q)^T M (p - q) &= \begin{vmatrix} x - q_x & y - q_y \\ a & c \\ c & b \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x - q_x \\ y - q_y \end{vmatrix} \\ &= \begin{vmatrix} X & Y \\ a & c \\ c & b \end{vmatrix} \begin{vmatrix} X \\ Y \end{vmatrix} \\ &= 1 \end{aligned} \quad (1)$$

式1では、行列 $M = \begin{vmatrix} a & c \\ c & b \end{vmatrix}$ を適切に設定することで、楕円の大きさ、向きを自由に調節できる。しかし M を設定する必要がある。ここで、我々が求める楕円は、式2で表される楕円と同じ形状で、違うのは θ の向きを持つことだけであるから、

$$\begin{aligned} \frac{(x' - q_x)^2}{(r + \frac{v\tau}{2})^2} + \frac{(y' - q_y)^2}{r^2} &= \frac{(x' - q_x)^2}{A^2} + \frac{(y' - q_y)^2}{B^2} \\ &= \frac{X'^2}{A^2} + \frac{Y'^2}{B^2} \\ &= 1 \end{aligned} \quad (2)$$

よって、式1, 2の間には、次の関係が存在する。

$$\begin{vmatrix} X \\ Y \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{vmatrix} \begin{vmatrix} X' \\ Y' \end{vmatrix} \quad (3)$$

$X = X' \cos \theta - Y' \sin \theta$, $Y = X' \sin \theta + Y' \cos \theta$ を式1の $aX^2 + 2cXY + bY^2 = 1$ に代入すれば、

$$\begin{aligned} (a \cos^2 \theta + 2c \cos \theta \sin \theta + b \sin^2 \theta)X'^2 + \\ (-2a \cos \theta \sin \theta + 2c(\cos^2 \theta - \sin^2 \theta) + 2b \cos \theta \sin \theta)X'Y' \\ + (a \sin^2 \theta - 2c \sin \theta \cos \theta + b \cos^2 \theta)Y'^2 = 1 \end{aligned} \quad (4)$$

式4を得られる。式4は実質式2と同じ楕円を表しているので、 $X'Y'$ の項の係数部分を0とすると、

$$-2a \cos \theta \sin \theta + 2c(\cos^2 \theta - \sin^2 \theta) + 2b \cos \theta \sin \theta = 0$$

より

$$\tan 2\theta = \frac{2c}{a-b} \quad (5)$$

式2, 4, 5により、次のような方程式を得られる。

$$\begin{vmatrix} \cos^2 \theta & \sin^2 \theta & 2c \cos \theta \sin \theta \\ \sin^2 \theta & \cos^2 \theta & -2c \sin \theta \cos \theta \\ \tan 2\theta & -\tan 2\theta & -2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a \\ b \\ c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{1}{A^2} \\ \frac{1}{B^2} \\ 0 \end{vmatrix} \quad (6)$$

θ , A , B は、既に知られているので、上の式を求めれば、 a , b , c を得ることができる。つまり式1の中の M を計算することができる。よって、式1が表した楕円を QA として、データベースに問合せれば、この楕円に包含される関連情報を取り出すことが可能である。

4.4 BIT の生成

この節では、得られた結果データをどのように BIT に構築するかを述べる。BIT 生成の流れを図5に示す。QA を用いて地理情報データベースに問合せを行ない、その領域内の関連情報を取得する。得られた情報は BIT としてまとめられ、一括してクライアントに放送される。

本手法では BIT を XML によって記述する。XML は本質的に木構造を有しており、木構造を利用して R-tree の

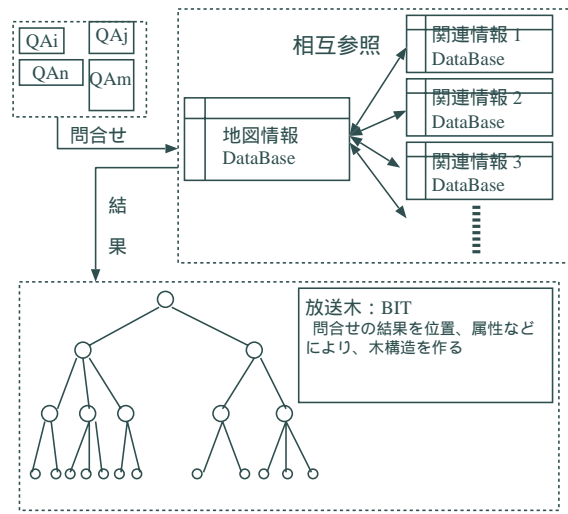


図5: BIT の生成

ような空間分割を行なう(図7)。すなわち、根ノードは全体空間を表しており、根ノードの直下には、各グループを包摂する包圍矩形が割り当てられ、さらに再帰的に分割される。各グループに対応するノードには、グループIDと地図上での位置が割り当てられており、クライアントはこの情報を頼りに、自分が取得すべき情報を知ることができる。

ただし、近接したQAが多数存在する場合、図6のように重複した地理讓歩が多く含まれてしまうことになるが、この解決方法は今後の課題である。

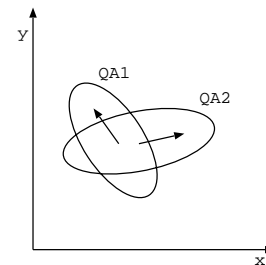


図6: 重複したQA

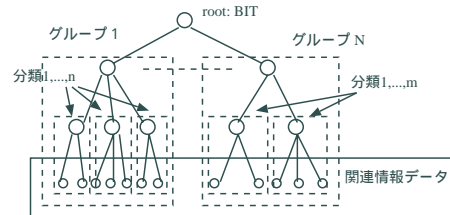


図7: XML による BIT

以下、BIT の構築の様子を詳細に説明する。根要素だけを持つ XML 木を生成する。最初のグループの問合せ結果

が返ってきたら、根要素に以下のように子ノードを追加する。

```
<group id="1" x-min="10" y-min="10"
      x-max="30" y-max="40">
  <category name="建物">
    <item x="15" y="25">通天閣</item>
    .....
  </category>
  <category name="駅">
    <item x="28" y="35">JR 新今宮</item>
    .....
  </category>
</group>
```

group 要素の属性 "x-min", "y-min", "x-max", "y-max" は座標を表している。グループの最小包囲矩形の対角線状の頂点座標である。category 要素は、データベースに格納される関連情報の分類に従って結果データを格納する。item 要素の属性 "x", "y" は、その地理情報オブジェクトの位置座標を表している。

このように、グループごとに地理データベースから問合せの結果が返ってきたら、XML 形式に生成し、ルート要素に子ノードとして追加していく。最終的に次のような BIT が得られる。

```
<root:BIT>
  <group id="1" ...>
    ...
  </group>
  <group id="2" ...>
    ...
  </group>
  ...
</root:BIT>
```

構成された BIT は、サーバによって順次放送される。放送されたデータは、移動端末側では SAX (simple API for XML) を用いて処理されることを想定している。SAX では、XML 文書のタグに基づいたイベント系列に従って処理を行なうことができ、自分が必要とする部分文書だけを、少ないメモリで高速に処理することができる。

5 まとめと今後の課題

本論文では、グループに基づいた地理情報データ放送方式を提案した。まず、時刻ごとに移動するモバイル端末の位置情報が得られることを前提として、端末のグループを生成する手法と、移動する端末を考慮したグループの更新手法を提案した。また、グループの移動速度や方向を考慮した Query Area を用いることによって、地理情報を一括して取得し、BIT として放送する手法を提案した。今後は、提案手法を実装しその有効性を評価する予定である。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省科学技術研究費基盤研究 (課題番号: 11480088, 12680417, 12780309), ならびに科学技術振興事業団 (JST) の戦略的基礎研究推進事業 (CREST) 「高度メディア社会の生活情報技術」プログラムの支援によるものである。ここに記して感謝を表す。

また、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科マルチメディア統合システム講座の上田さんより貴重なコメントを頂いた。

参考文献

- [1] Susanne Hambrusch, Chuan-Ming Liu, Walid G. Aref, and Sunil Prabhakar. Query Processing in Broadcasted Spatial Index Trees*. In *Advances in Spatial and Temporal Databases*, pp. 502 – 521, 2001.
- [2] M.-S. Chen, P. S. Yu, and K.-L. Wu. Indexed sequential data broadcasting in wireless mobile computing. In *Proceedings of the 17-th International Conference on Distributed Computing Systems(ICDCS)*, 1997.
- [3] S.-C. Lo and A.L.P. Chen. Optimal index and data allocation in multiple broadcast channels. In *Proceedings of 2000 IEEE International Conference on Data Engineering*, pp. 293 – 304, 2000.
- [4] 河島徹, 石川佳治, 北川博之. 移動オブジェクトに対する連続的な最近傍問合せ. 情報処理学会研究報告, 2000-DBS-122, pp. 267 – 274, 2000.
- [5] Saltenis S., Jensen C. S., Leutenegger S. T., and Mario A. Lopez. Indexing the Positions of Continuously Moving Objects. *Proc. of the 2000 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pp. 331 – 342, 2000.
- [6] 安居院猛, 長尾智晴. 画像の処理と認識, 第 6 章, p. 94. 昭晃堂, 2001.
- [7] 南卓朗, 田名部淳, 河野浩之. 空間インデックスを用いた移動オブジェクト管理システムの構成と性能比較. 信学技報, Vol. 2001, No. 44, pp. 57–64, 2001.