

ITS のための移動オブジェクト管理データ構造 —移動特性に基づく移動オブジェクトの管理方式—

出木原 裕順[†] 中村 泰明[‡]

広島国際大学工学部[†] 日本情報通信研究開発機構[‡] T. T. T. 株式会社[‡]

1. はじめに

近年, ITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) の分野では, 情報通信技術の発展により, 車両と道路とが情報を交換する路車間通信だけでなく, 車両と車両とが情報を交換する車車間通信の技術が注目されている[1-2]. これらの分野では, 道路交通の様々な問題解決や効率化のために, 単独的で局部的な観点だけでなく, 協調的で広域的な観点が必要不可欠となる.

そこで, 本研究では, 地理情報システムと ITS との有益な融和を目指し, 車両や移動情報端末などの移動オブジェクトと, 道路や建物, 地形などの地理オブジェクトとを効率的に管理する空間データ構造の開発を目的とする. 提案法では, 移動オブジェクトの移動特性に着目し, 内部ノード葉による移動オブジェクト管理, 及び Bottom-up 検索[3]の改良を行っている. また, シミュレーション実験により, 従来法と比較実験を行うことで, 有用性を示している.

2. 移動オブジェクトの管理データ構造

2次元平面や3次元空間中のオブジェクトを効率的に関するデータ構造として, k-d 木, R 木, BD 木, 及び MD 木[4]などの空間データ構造が数多く提案されている. 本研究では, 多次元完全平衡木でメモリ効率に優れた MD 木を基盤のデータ構造として採用する. 図1に MD 木の簡単な例を示す. MD 木は, 2-3 木を基にした木構造であり, 内部ノードと葉ノードの 2 種類のノードをもつ. オブジェクトの位置によって, 平面を再帰的に分割し, 分割された領域を各葉ノードに対応させて管理する. 内部ノードは, そのノード以下の管理領域を包含する領域を管理している. オブジェクトは葉に格納され, 検索時には, 頂点

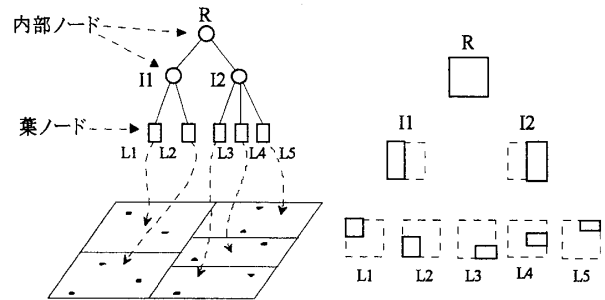


図1. MD 木と分割領域の管理

の内部ノード(根)から各ノードや葉ノードの管理領域を調べながら木をたどり, 検出した葉中のオブジェクトを探索する(以下, Top-down 検索). 逆に, オブジェクト自身が格納されている葉を記録しておき, アクセスする際に根からではなく, 直接的に葉ノードへアクセスする方式(以下, Bottom-up 検索[3])も可能である. Bottom-up 検索は, 必要があれば葉ノードから根方向へ向かって木をたどりながらオブジェクトの探索も行われる. 本研究では, 移動情報端末のような GPS 報告型のアクセスを Top-down 検索, 路車間通信のようなセンサー感知型のアクセスを Bottom-up 検索とみなすこととする.

3. 提案法

提案法では, 移動オブジェクトの特性に従って効率的にデータを管理するために, 内部ノード葉による移動オブジェクトの管理, 及び Bottom-up 検索の改良という 2 つの新しい概念を用いて MD 木の拡張を行う. まず, 提案法の概要を述べ, 次に各方式について説明する.

提案法を用いてある領域内の移動オブジェクトと地理オブジェクトを管理する場合, 事前にその領域内の地理オブジェクト群に従って, データ構造を一括処理で構築しておく. 地理オブジェクトは, 移動オブジェクトと比較すると時間変動が非常に小さいため, ここでは静的オブジェクトとみなして一括構築を実施し, 最適化されたデータ構造を準備する. その構築されたデータ構造の領域分割にしたがって, 時間経過と共に移動する移動オブジェクトを管理する.

A Management Data Structure of Moving Objects for ITS
-Management Method of Moving Objects based Moving Properties-

[†]Hiroiyuki DEKIHARA · Faculty of Engineering, Hiroshima International University

[‡]Yasuaki NAKAMURA · Japan Data and Communication Research Institute and Tokyo Head Office, T.T.T. Co., Ltd.

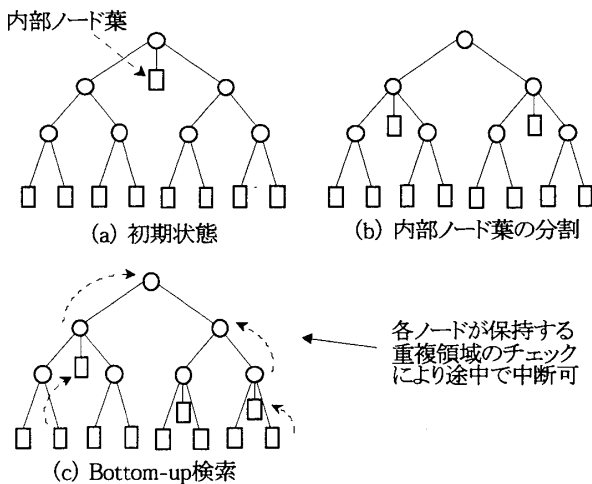


図 2. 内部ノード葉と Bottom-up 検索

3. 1 内部ノード葉

移動オブジェクトを管理する際には、内部ノードに移動オブジェクトを格納する専用の葉ノード（以下、内部ノード葉）を用意して移動オブジェクトの管理を行う。これにより、事前に構築されたデータ構造の修正を極力少なくすることで、更新コストの削減を実現する。図 2 (a-b) に、内部ノード葉による移動オブジェクトの管理の例を示す。初期状態では、根のみ内部ノード葉を保持している（図 2 (a) 参照）。移動オブジェクトの挿入に従って、内部ノード葉が一杯になると、内部ノード葉の分割が、子ノードの管理領域に従って行われる（図 2 (b) 参照）。

3. 2 Bottom-up 検索の改良

Bottom-up 検索の改良では、葉ノードに自身の上位層に位置する内部ノード葉へのポインタを保持させる。Bottom-up 検索の際には、そのポインタ先の内部ノード葉を探索し、必要があれば、その親ノード以下、もしくは親ノード以上をたどって必要なオブジェクトを探索する。なお、線分や矩形などの空間的広がりをもつオブジェクトを管理する場合、Bottom-up 検索は常に葉ノードから根まで探索しなければならない。この問題を解決するために、提案法では、各ノードに重複領域を管理させる。重複領域を調べることで、上位層を更にたどる必要の有無が確認可能となる。これにより、空間的な広がりをもつ

表 1. 構築コストと最近傍検索結果

	構築コスト		最近傍検索(範囲:1%)	
	内部ノード数	葉ノード数	通過ノード数	探索葉数
MD木	1,013	1,200	13	3
Bentley	1,412	1,411	15	5
提案法	511	1,132	9	9

オブジェクトを管理する場合でも、Bottom-up 検索時に適切な内部ノードで検索を終了することが可能となる（図 2 (c) 参照）。

4. シミュレーション実験

シミュレーション実験では、従来法として、MD 木と Bentley 方式を構築した。データ構造の管理領域を正方形領域（10,000×10,000）とし、地理オブジェクトを 1 万個の矩形データ、移動オブジェクトを 1 万個の点データとする。構築コストと検索性能の実験結果を表 1 に示す。構築コストは、木構造に必要な記憶容量を内部ノード数と葉ノード数で比較する。また、検索性能は、周辺範囲（全データ領域に対する割合：1%）の最近傍検索時にたどる内部ノード数（通過ノード数）と葉ノード数（探索葉数）で評価する。表 1 より、提案法の特徴、特に構築コストでの優位性が確認できた。また、検索性能においても、今回のケースでは、通過ノード数と探索葉数の合計で、提案法と従来法は、同程度の検索性能であることが確認できた。

5. おわりに

本研究では、移動オブジェクトと地理オブジェクトを効率的に管理する空間データ構造の方式を新しく開発した。シミュレーション実験により、提案法は、従来法であるオリジナルの MD 木や Bottom-up 検索方式よりも、構築コストが低く、検索性能が同程度になることが確認できた。今後の課題としては、過去情報や移動履歴の管理、及び車車間通信で構築されたアドホックネットワークとの連動性に関する研究などが上げられる。なお、本方式は、他の空間データ構造への応用も理論的に可能である。

参考文献

- [1] 津川定之：車車間通信とその応用，自動車技術，Vol.58, No.2, p26-p31, 2004.
- [2] S. Kato, et al. : Vehicle Control Algorithms for Cooperative Driving With Automated Vehicles and Inter-Vehicle Communications, IEEE Trans. on ITS, Vol.3, No.3, pp.155-161, 2002.
- [3] J. L. Bentley : K-d trees for Semidynamic Point Sets, Proc. ACM Symp. on 6th SCG, pp. 187-197, 1990.
- [4] Y. Nakamura, et al. : The MD-tree: An Efficient Data Management Structure for Spatial Objects, IEEE trans. KDE., Vol.5, No.4, pp.682-694, 1993.