

4Q-8

PMR quadtree を用いた線分・領域・画像データの統合管理

— 領域管理とスクロール性能の評価 —

北村 操代 中村 泰明 阿部 茂
三菱電機(株) 中央研究所

1 はじめに

地理情報システムや設備管理システムでは、点、線分、多角形領域、画像等のデータの管理が要求される。これまでも多角形領域を Quadtree^[1] を用いて管理するいくつかの手法が提案がされている^[2,3]。筆者らは画像データと図形データを単一の quadtree で管理する方式^[4]を提案した。

ここでは本方式による領域データの管理・検索性能を評価した結果を示す。また、画像の高速表示のための最適な分割サイズの決定法を提案し、本方式と RISC EWS により、専用装置なしで高速なスクロール表示が可能であることを示す。

2 データ管理構造の概略

2.1 木の構築法

Quadtree では空間を再帰的に等分割し、分割空間をノード(節)に対応させ階層的に管理する。本稿の quadtree による領域管理法は以下の特徴を持つ。(1)多角形の辺(領域の境界線)が分割空間と重なる場合はノードに領域 ID と辺を記憶する。(2)領域がある分割空間を含む場合は領域 ID のみ記憶する。(3)投入時にノード中の辺の数がある値(分割基準値)を越えるとき、そのノード中の領域データを子ノードに振り分ける。但し、その分割空間を完全に包含している領域は子ノードに振り分けず、そのノードにとどめる。

点および線分は PMR quadtree^[4]と同様の方法で管理する。画像は適当な大きさの長方形に分割され、長方形の領域として木に投入される(図1)^[4]。

2.2 木の構造

ノードは次のような構造である。

{children[4], pp, pv, pr, pi}

但し、children は子ノードへのポインタ、pp, pv, pr, pi はそれぞれ点、線分、領域、画像の管理用データへのポインタである。これらの管理用データは1つのノードのみから指される。領域の管理用データは n 個の領域を次のような配列のリストで管理する。

{p[n], edges[n], next}

但し、p は図形データへのポインタである。edges はこの分割空間と重なる辺を高々 2 個持つ。next は次要素へのポインタである。図形データは以下のような情報を持つ。

{位置情報, 形状情報, 属性, etc.}

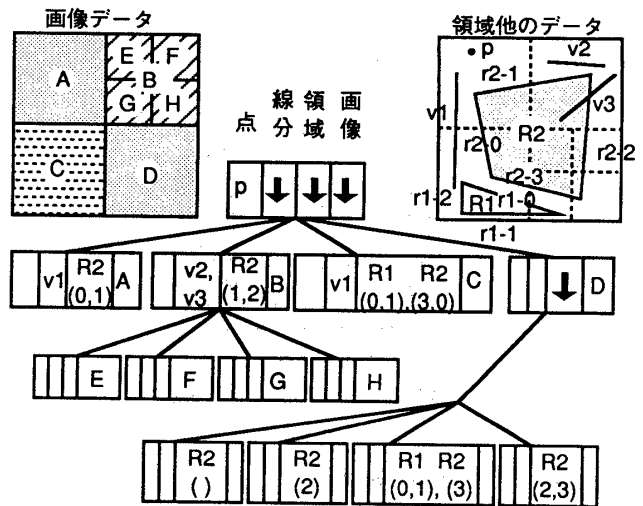


図 1: 1つの quadtree で管理した例

(点、線分の分割基準値を 2, 領域の分割基準値を 3 とする.)

表 1: 木の構築時間

領域数	500	1000	1500
CPU 時間(秒)	0.750	1.767	3.100

表 2: 投入後の木の形態

領域数	500	1000	1500
総ノード数	1057	2421	4269
1 領域が管理されているノード数	1.69	2.25	2.63
1ノード中の 1 領域あたりの辺の数	2.03	1.65	1.41

3 領域管理の性能評価

木構造の構築時間、投入後の木の形態、および範囲検索に要した時間とたどったノード数を求めた。領域データは、500,1000,1500 個の四角形が空間中に一様に分布しているものを用いた。分割基準値は 10 とした。範囲検索は、検索範囲の幅が全空間の幅の 0.1~2.1 % である正方形をランダムに与えた。計算機は DEC station 5000 を用いた。この条件のもとで行った実験結果を表 1,2 および図 2 に示す。

木の構築時間は十分短く、データ数の増加に伴う増加率はオーダー $n \log n$ である(表 1)。表 2 から 1つの領域が管理されるノードの数はデータの密度により異なるが、1~3 個である。また、分割基準値を 10 とすることにより、1つのノード中にある領域の辺の数は平均 2 本以下となり、1つのノード内で点の内部判定を行う際に

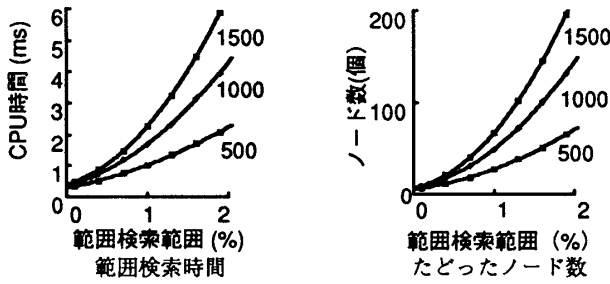


図 2: 範囲検索に要する時間とたどったノード数

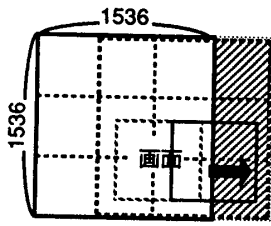


図 3: スクロール方式
(斜線部の画像ファイルを読み込む。)

有利である。一方、範囲検索時にたどったノード数は、全ノードのそれぞれ 2.58%(500), 2.01%(1000), 1.57%(1500) と少なく、検索に要する時間も十分短い(図 2)。

4 高速スクロール表示のための画像分割サイズの決定法

高速化のためスクロール時には画像のみを表示する。描画に必要な画像(図 3)の検索を行い、主記憶上にないデータが必要な時はファイルを読み込み主記憶に転送する。スクロール終了時に図形データを描画する。

スクロールに要する時間(読み込み、表示など)を最短とする画像分割サイズを求める。今、ウィンドウ(正方形)の幅を w (pixel)、分割後の画像の幅を $k \cdot w$ 、深さを d 、圧縮率を p とする。また、シーク時間を A (ms/回)、データをディスクから主記憶に転送する速度を s (bit/ms)、主記憶内のデータ転送速度を v (bit/ms)、圧縮画像の復号化の速度を t (bit/ms) とする。スクロール処理には、主記憶からのみデータを読み出す場合と、主記憶上にない範囲のデータが必要になりディスクから読み出す場合との 2 通りがある。前者の処理は常に必要なので、後者の処理時間を最短とする分割サイズを求める。一方向に y (pixel) スクロールする間に必要なファイルアクセスを伴う画像再現時間 T (ms) は

$$T \approx \left(\frac{y}{w} \frac{1}{k} + 0.5\right) \left\{ \left\{ A + \left(\frac{1}{s} + \frac{1}{t}\right) p w^2 d k^2 \right\} \cdot \left(\frac{1}{k} + 0.5\right) + \frac{w^2 d}{v} \left(1 - \frac{1}{4} k^2\right) \right\} \quad (1)$$

である。この T を最小とする k を求めればよい。

画面サイズを 1000×1000 (pixel) とし、ランレングス画像データを分割管理する。最適サイズを求めるため(1)式で $p = 0.4, d = 1, y = 1000, w = 1000, t = 2053, s = 15000, A = 15.0, v = 40000$ とすると、グラフは図 4 の様になり、 T は $k = 0.58$ のときに最小となる。以下、画像の分割の大きさを 512×512 (pixel) とする。

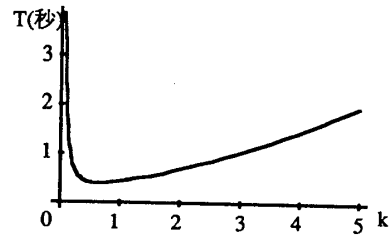


図 4: k と T のグラフ

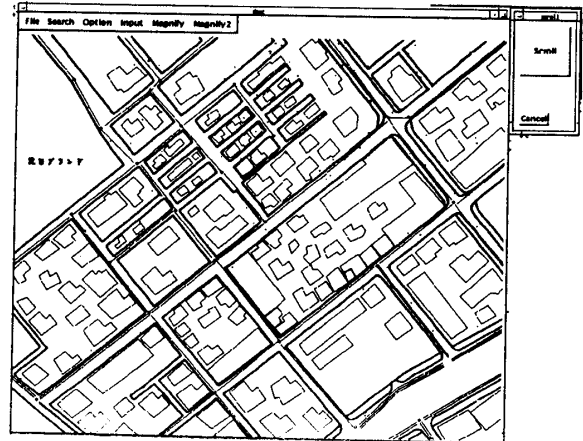


図 5: 画面例

5 スクロール方式の性能評価

図 5 に X ウィンドウおよび MOTIF を用いたシステムの画面例を示す。このシステムでファイル読み込みを必要とするスクロール 1 回に要する時間を測定した。表 3 に測定結果を示す。

ファイル転送を伴わない場合は、実験によれば 10(コマ/秒)程度の速度でスクロールが可能であった。一方、ファイル転送を伴う場合には表 3 中の処理が全て必要となり、3(コマ/秒)程度の速度でスクロールできる。

6 おわりに

本手法と RISC EWS によれば、特殊な装置なしで領域の検索を高速に行うことができ、実用的な速度で画像をスクロール表示できることが確認できた。

参考文献

[1] H.Samet:The Design and Analysis of Spatial Data Structures, Addison-Wesley,1990
 [2] 今宮他:強化 4 分木~, 情処 CG と CAD シンポ,1984
 [3] 市原他: 4 分木図形データ検索手法, 情処 36 全大
 [4] 北村他:PMR quadtree~, 情処 41 全大

表 3: 1 コマのスクロールに要する時間(単位 ms)

	上下	左右	斜め 45°
画面上の移動	40.8	40.0	38.8
主記憶から画面への転送	22.5	30.5	49.2
主記憶中の画像の移動	37.5	55.0	25.0
ファイル読み込み	22.5	20.0	42.5
復元(描画)	115.0	112.5	197.5
計	238.3	258.0	353.0