

4R-8

幾何データの近似性を考慮した
地理データベースでの幾何質問処理法有川正俊
(九大大型計算機センター)上林彌彦 今井 浩
(九大工学部)

1. まえがき

事務応用において、関係データベースは、その単純なデータ構造と操作の柔軟性により、有用なデータベースと考えられるようになった。しかし、地理情報処理やCADにおいては、操作性の点から機能不足であることが多くの論文で指摘されている[1]。本稿では、幾何データが持つ近似性を考慮した幾何質問処理法に対する、関係データベースの操作方法の拡張法を考察する。

2. 地理データベースにおける幾何データの扱い

地理データベースでは、幾何データを主データとする。代表的な幾何データとして、次の4つを挙げる。

- ① 点データ
- ② 曲線データ (折れ線データ)
- ③ 領域データ (多角形データ)
- ④ 曲面データ (格子点データ)

これらの幾何データは、全てが点データを基本とする離散データであることが特徴である。連続曲線、領域、曲面は、有限個の点データで代表して(近似して)、表現する必要がある(幾何データの近似性)。

地理データベースでは、この幾何データの近似性を如何に扱うかが重要な問題である。幾何データを扱う上で考慮すべきことは、①視覚化表現、②幾何データの合成・加工・分解操作、③利用者ビュー(内部データを見せるか見せないか、あるいはどういう形式で見せるか)、④質問言語、⑤幾何データの誤差評価、⑥データの階層管理、⑦離散幾何データに対する近似・補間処理、が挙げられる。本稿では、⑦を中心に幾何データの質問処理法を議論する。

次節以降での議論のために、曲線、曲面を以下の関係表で表現することを仮定する。

曲線(折れ線) : $(p, s_id) = (x, y, s_id)$
 曲面(格子点) : $(p, h) = (x, y, h)$
 (s_id: 点の連結順序, p: 点(x, y), h: 点(x, y)の高さ)

曲線:		曲面:
p		p
x	y	x
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮

[図1. 曲線、曲面データの概念図]

3. 地理データベースへの質問例

地理データベースに対する次の2つの質問を考える。

- (1)「道路Aと道路Bの交点pを求めよ」
- (2)「ある地点q(m, n)の高度hを求めよ」

ここで、道路A、道路B、標高を表す関係表をそれぞれ、「Road_A」、「Road_B」、「Mesh」とし、それぞれのスキーマは、2節で述べた「曲線」と「曲面」の形式とする。道路A、道路B、標高、地点の概念図を図2に示す。

上記の質問(1)、(2)を、次のようにSQLで記述した場合を考えてみる[2][3]。

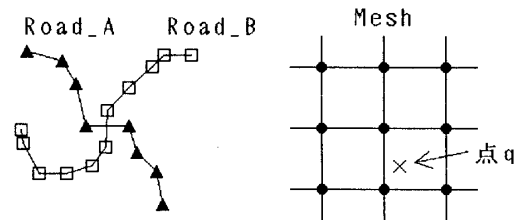
```
(1') select Road_A.p
      from Road_A, Road_B
      where Road_A.p = Road_B.p
```

```
(2') select Mesh.h
      from Mesh
      where Mesh.p = q
```

曲線と曲面は、現実には、図2で示すような離散データで表現されているので、上記のSQLの質問が有効なのは、以下のような特殊な場合だけである。

- (1') : 2つの折れ線の交点が必ず折れ線A、Bのどちらの要素点としても含まれる
- (2') : 地点qと格子点の位置が必ず一致する

すなわち、SQL質問(1')、(2')は、一般に、質問(1)、(2)を実現するものとはならない。



[図2. 幾何データの概念図]

4. 近似的等号による処理

SQL質問(1')、(2')を利用可能にするために、“近似的等号”の概念を導入する。これは、あるデータとあるデータがほぼ等しいことを表現するための演算子であり、SQLのwhere節で用いる。以下に、格子点pと地点qとの近似的等号(\approx)の定義例を示す。

```
define operator  $\approx$  (p: meshPointType, q: pointType)
is (p.x -  $\epsilon$   $\leq$  q.x < p.x +  $\epsilon$ )  $\wedge$  (p.y -  $\epsilon$   $\leq$  q.y < p.y +  $\epsilon$ )
[許容誤差  $\epsilon = (\text{格子幅} / 2)$ . mesh_point_typeは、格子点のデータ型. point_typeは、2D点のデータ型.]
```

SQL質問(2')の中で用いられている等号“=”を上記で定義した近似的等号“ \approx ”で置き換えると、質問(2')はもとの質問(2)をほぼ反映できる。このように、近似的等号は、幾何データでは大変重要である。

SQL質問(1')に対しても、折れ線の要素点に対する近似的等号を定義し、“=”を“ \approx ”で置き換えた質問に対する答えは、許容誤差 ϵ しだいであり、交点が必ず答えとして得られる保証もなく、また、交点でない接近点が答えとなる可能性もある。

5. 補間処理

4節では、近似的等号を用い、①ある折れ線とある折れ線の交差判定を2つの折れ線の要素点の距離が近いかどうかの判定で代用する方法、②ある地点の高さをその位置に最も近い格子点の高さで代用する方法を述べた。しかし、これらの方法には、次の2つの欠点がある。

- (A)幾何データの値を近い要素点の値で代用しているために精度が悪い
 (B)SQL質問(1')のように近似的等号が適さないものがある

この2つの問題点を解決するためには、補間処理が重要である。もとの質問(1),(2)は、それぞれ次のような補間処理により、答えを求める必要がある。

- (1): 道路A, Bの中でのそれぞれの連続する2要素点で表現される線分2本が交わる場合、その2つの線分を構成する4点から、交点を算出し答えとする。
 (2): 地点qを囲む4つの格子点の高さのデータを用いて、qの高さを線形補間により求める。

補間処理する際に用いる幾何データを“代表幾何データ”と呼ぶ。上記(1),(2)の補間処理の場合、それぞれ、交差2線分を表す4点、4つの格子点が代表幾何データである。

6. 補間処理に適した幾何データスキーマ

補間処理とは、同一形式の複数の数値データから1つの数値データを生成することである。補間処理する場合に必要なデータ単位を組として、関係表を作成する方法は、処理効率を良くし、質問の記述を容易にするという点で有効である。以下に、“曲線(折れ線)”と“曲面(格子点)”データの補間処理に適したデータスキーマ例を記す。

曲線(折れ線): (p_s, p_e, s_id) = (seg, s_id)
 (p_s, p_e: 始点, 終点, seg: 線分(p_s, p_e).)
 曲面(格子点): (box) = (box_p, box_h)
 = (p_ur, p_ul, p_lr, p_ll, h_ur, h_ul, h_lr, h_ll)
 (box: 長方形の4頂点(右上(ur), 左上(ul), 右下(lr), 左下(ll))の位置(box_p), 高さ(box_h).)

地理データベースでは、更新は頻繁に行わないので、上記のように冗長度を持たせ、処理効率を上げたほうがよい。この幾何データスキーマ用に補間処理用の演算子を用意することは有用である。演算子の例を以下に示す。

hight(p, box_p, box_h): 長方形box_pが点pを含むならば、box_hを補間し、その高さを求め、それを返す関数。

intersect(seg1, seg2): 2線分seg1, seg2が交差するならば、交点(x, y)を返す関数。

7. 補間処理を考慮した幾何データの利用者ビュー

利用者に対して、曲線および曲面を離散点データとして見せずに、連続点データとして見せることは利用者ビューとして大変有用である。つまり、利用者ビューとして、無限の組を持つ関係表を提供すると、全ての幾何質問は、“

点”を基本要素と想定して、容易に記述できる。たとえば、質問(1),(2)は、SQL質問(1'),(2')と記述できる。

無限個の組からなる仮想的な関係表同士の結合を、実際には、有限個の組からなる実関係表を用いて補間処理し、答えを算出する方法を“補間結合”と呼ぶ。補間結合の特徴は、結合した結果が2つの関係の直積の部分集合ではないことである。地理データベースでは、このような利用者ビューに対して作成された質問を解釈し、有限組の実関係表に対する質問に変換する。SQL質問(2')を書き直した例を以下に記す。ただし、格子の関係Meshを、Mesh:(box_p, box_h)とし、“include”は、幾何論理演算子とする。

```
select height(p, box_p, box_h)
from Mesh
where box_p include p
```

補間結合の質問を、結合の質問へ変換する基本原理は、次の通りである。

- (c) select 節の変換(出力記述の変換)
 仮想幾何データの出力記述を、代表幾何データ(実幾何データ)を用いた補間結果の出力記述に変換する。
 (b) from 節の変換(操作対象記述の変換)
 仮想幾何データに対する関係表を実幾何データに対する関係表に変換する。
 (a) where 節の変換(条件記述の変換)
 仮想幾何データどうしの論理式記述を、実幾何データ(仮想幾何データに対する代表幾何データ)どうしの論理式記述に変換する。

ここでは、代表的な2つの補間結合について述べた。この2つの例は、それぞれ、①2つの連続幾何対象の交差部分を求める質問、②2Dデータを3Dデータに変換する質問の代表例となっている。表1は、幾何質問(1)が(1a),(1b),(1c)を代表し、幾何質問(2)が(2a),(2b)を代表していることを示している。

8. むすび

地理データベースの質問で、幾何データを扱う場合に必要となる近似処理および補間処理について述べた。近似性を持つ幾何データに対する複雑な処理を、データ構造や利用者ビューの観点から、簡単に、かつ効率よく実行できるデータベーススキーマを整備することは重要である。

参考文献

- [1] Roxe, L.A. et al. "The POSTGRES Data Model", Proc. 13th Int. Conf. on VLDB, pp.83-96, 1987.
 [2] Roussopoulos, N. et al. "An Efficient Pictorial Database System for PSQL, IEEE Trans. Soft. Eng., Vol.14, No.5, pp.639-650, 1988.
 [3] 今井浩, 有松正知, 田川成己, 上林彌彦 「地理データベースにおける標高データの操作機能」, 昭和63年度電気関係学会九州支部連合会大会論文集, p547.

	点(2D)	曲線(2D)	領域(2D)(輪郭)	曲面(3D)(無限曲面)
点(2D)				(2)点の高さを求める
曲線(2D)		(1)交点を求める	(1a)曲線から領域に含まれる部分を切り出す	(2a)曲線の高さを求める
領域(2D)(輪郭)			(1b)2つの領域の重複部分(輪郭)を求める	(2b)領域の高さを求める(輪郭部が問題)
曲面(3D)(無限曲面)				(1c)交差曲線を求める

[表1. 点を基本要素とした利用者ビューに対する補間結合処理例]