

道路地図データベースシステムにおける空間オブジェクトの演算\*

6W-4

木内 範義†

† 筑波大学 理工学研究科

大保 信夫††

†† 筑波大学 電子・情報工学系

1 はじめに

現在、計算機を用いて大量のデータを扱う様々な応用分野において、データベース管理システム(DBMS)の高度利用が盛んになってきている。しかし、対象とするデータがより複雑化してきている理由から、従来型のDBMSでは十分な支援を行うことが困難である。特に地理情報システム(GIS)においては、“点”、“線”、“領域”といった、空間的な情報が存在し、且つDBMSに対しては、これらの空間情報に関する複雑な問い合わせが起こる可能性がある。そこで、このような複雑な問い合わせを、どのような機構を用いて、如何に効率良く処理していくかが、GISを扱う上で重要な点である。

以上のような背景から当研究グループでは、GISの一例として道路地図データベースを取り上げ、このデータベースシステムの構築を行なう過程で重要となる、空間情報の操作、及び処理について研究を行なっている。

本稿では、空間情報に関する問い合わせ中の演算に対するフィルタリング[1]に着目する。そして、比較的初期段階のフィルタとして空間索引機構[2]が利用可能であることを検討する。

2 道路地図データベース

2.1 実データ

本研究では、以下に示す基本データ等から成る「全国デジタル道路地図データベース」[3]の一部を対象とし、使用している。

**基本道路データ** 道路網を表現する上での結節点(交差点, 起点, 終点等)を示すノード、及びノード間を連結する線分(道路等)を示すリンク等が含まれる。

**背景データ** 施設の位置、地名等の表示位置を示す点及び、行政界、鉄道等を示す線、施設等の形状、水系等を示す面等が含まれる。

2.2 空間オブジェクト

2.1節より、道路地図データベースにおける基本の空間オブジェクトとして、以下の3種類を用意する。

- point : ノード及び施設等の位置を示す。
- line : リンク及び境界線等を示す。

\* Handling of Spatial Objects for Road Map Database Systems Noriyoshi KIUCHI†, Nobuo OHBO††

†Master's Degree Program in Sciences and Engineering, Univ. of Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

††Institute of Information Sciences and Electronics, Univ. of Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

- region : 交差点、施設等の形状を示す。

3 空間オブジェクトに対する操作

3.1 データモデルの構成

道路地図データベースを扱うためのモデルとして、図1に示す枠組を設定する。

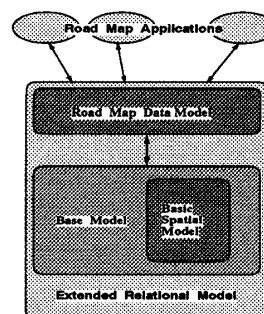


図1: 道路地図情報の処理に対するモデル構成

ここで、各モデルにおいて保持されるデータ型は以下のようになる。

**Basic Spatial Model** : 2.2節に示した、point, line, regionの各データ型(空間基本データ型)

**Base Model** : integer, real, char等のシステム組込みのデータ型及び空間基本データ型

**Road Map Data Model** : 道路を示す road, 交差点を示す intersection, 施設を示す facility等の、アプリケーションに即したデータ型

例えば、ユーザ又はアプリケーションレベルで“道路”として表現されるものは、内部では road といったデータ型によって解釈され、更に road は line, region 等の空間基本データ型の組み合わせで表現可能である。

つまり空間基本データ型に対して必要な演算を定義しておくことで、与えられる問い合わせを処理、評価することが可能である。

3.2 演算に対するフィルタリング

ある演算  $O$  を示す述語  $f$  が与えられた時、 $f$  は以下のように幾つかのフィルタを用いることで等価に分解可能である [1]。

$$f \rightarrow f_1 \wedge f_2 \wedge \dots \wedge f_n \wedge f$$

ここで各フィルタの最適適用順序は、フィルタリングに要するコストと、そのフィルタを用いることで得られる選択率(selectivity)から導出可能であることが示されている。この事は、空間オブジェクトの操作等の計算コストの高い演算に関しては、フィルタリング効果が大きく、且つ演算コストが低い基本空間演算への有効な分割が極めて重要であることを示している。

### 3.3 空間索引機構

今回、空間索引機構の一例として Skd-tree [2] を用いた。Skd-tree では検索アルゴリズムとして、*intersection search*, *containment search* の二つが実現できる。それぞれ探索領域に対して、前者は重なり合うオブジェクトを、後者は完全に含まれるオブジェクトを検索するアルゴリズムである。

### 3.4 問い合わせ例

道路地図データベースにおける地理的な情報を含む問い合わせとして、以下のようなものが考えられる。

“A 大学の敷地内を通る道路を検索せよ”

この問い合わせは、3.1節に従うと、以下のように見做すことができる。

“region A と overlap する line の検索”

### 3.5 シミュレーション

Skd-tree のような、空間オブジェクトを扱うことの可能な索引機構が、3.2節で示したフィルタの一つとして利用可能であることを検討するために、以下のシミュレーションを行なった。

#### 3.5.1 概要

図2に今回行なったシミュレーションの概要を示す。

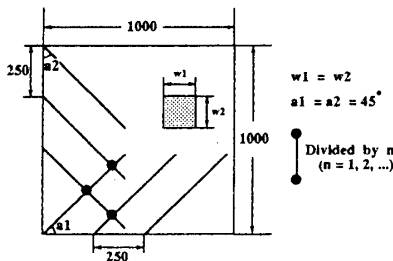


図2: シミュレーションの概要

ここでは、斜線を格子状に生成して擬似的に道路とし、且つ全ての交点を交差点であると見做す。更に交差点間を均等に分割することによって、道路地図データベース中に存在する補間点を実現する。

このようにして得られた線分を Skd-tree に格納し、乱数によって生成された問い合わせ領域 (Query Area) との overlap 演算についてシミュレーションを行なった。

補間点を設けることによって木構造はより深く複雑になり、検索に要するコストは増大するものと思われる。しかし補間点による分割が少ないほど、フォルストロップ (問い合わせ領域に対して、Skd-tree の block としては overlap するが、実際の object としては overlap しない場合) が大きくなると予想される。そこで、これらの値を検証し、最も効率の良い問い合わせ処理について検討することがシミュレーションの目的である。

#### 3.5.2 結果、考察

シミュレーションの結果を図3,4に示す。図3では、交差点間に置く補間点の数を変化させることにより、Skd-tree における葉ノードへのアクセス数の変化が確

認できる。より細かく分割するほど木構造は複雑になり、検索に要するコストが増えることを示している。

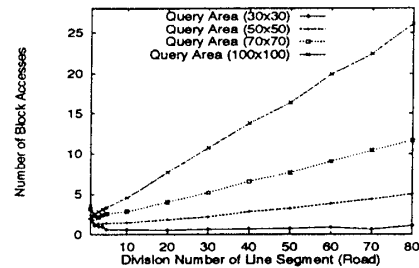


図3: 実験結果(1)

道路地図データベース中では、交差点間の線分と、その線分を補間点によって分割して得られる幾つかの線分とは、どちらも同一の空間オブジェクトを示す。そこで、分割によって得られるオブジェクト数の変化を調べた結果が図4である。

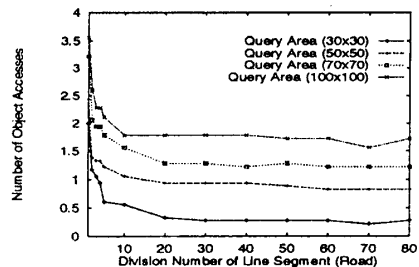


図4: 実験結果(2)

## 4 おわりに

本稿では、道路地図データベースシステムにおける問い合わせの処理に着目した。そして、基本となる空間オブジェクトの演算に対するフィルタリングの一例として、空間索引機構の利用について検討を行なった。

最後に、今後の研究方針を以下のようにまとめる。

- 空間オブジェクト、及び空間オブジェクト間の関係を定義する。特に、空間索引機構を用いた効率の良い評価法について検討する。
- 空間オブジェクトの演算に対するフィルタの設計と、そのフィルタリングによる検索コストの向上を図る。

## 参考文献

- [1] H. Chen, X. Yu, K. Yamaguchi, H. Kitagawa, N. Ohbo, Y. Fujiwara, *Decomposition - An approach for optimizing queries including ADT functions*, In *Information Processing Letters*, pp.327-333, Vol.43, No.6, 1992.
- [2] B. C. Ooi, *Efficient Query Processing in Geographic Information Systems*, In *Lecture Notes in Computer Science Vol.471*, Aug, 1990,
- [3] (財)日本デジタル道路地図協会, 全国デジタル道路地図データベース標準 第2.2版, Nov. 1992.