

マルチメディア地理データベースにおける 4Q-5 文字配置の自動化

今井浩 青沼裕美 上林彌彦
九州大学

1. まえがき

利用者要求の高度化に伴い、近年盛んにマルチメディアデータベースの研究が行われてきた。しかし、それらの研究の多くはメディアの蓄積法や検索法に関するもので、異種データを取り扱うために起こる新たな問題—メディア間の相互作用—は、ほとんど研究されていない。本稿では、図形と文字の相互作用を考え、わかりやすく表示するためのユーザ・インタフェースである「文字自動配置機能」について述べる。

論理回路図、発電所の設備配置図、種々の地図などの図面をデータベースで管理することは、更新や検索を容易にし、関連情報との対応づけも行え、たいへん有用である。しかし図面中に、図形と、その各部を説明する文字を同時に表示する場合、文字を固定配置してはわかりやすい表示は望めない—というのは、図面の拡大率によっては意味のないほど希薄な情報しか表示されなかったり、その逆に詰まりすぎて文字が重なり、読めなくなったりする恐れがあるからである。また、図面作製時に人手で文字を配置することは、手間と時間を要する大変な作業である。そのため、図形と文字を扱うマルチメディアデータベースでは、文字のみを扱う従来のデータベースにはなかった特殊なユーザ・インタフェース機能が必要となる^[4]。これが「文字自動配置機能」である。文字自動配置機能は図形のデータと文字のデータを受け取り、それらを統合し、図面中に文字をレイアウトして出力する。本稿では、地図を対象とした地理データベースにおける文字自動配置機能のアルゴリズムを検討する。

2. 基本的事項

<部分図形> 実世界の1つの実体を表す図形の単位。地図中の部分図形を次の3種類に分類する。

- ・点図形 公共施設の記号や、場所を表す点など
- ・線図形 鉄道や河川、道路など
- ・領域図形 県境、などの行政界や、海岸線など

<マッチング> グラフ $G=(V, E)$ において、どの2要素も同じ節점에接続しない E の部分集合。

<独立点集合> グラフ $G=(V, E)$ において、どの2点間にも枝がない V の部分集合。

<交差グラフ> 平面上での幾何物体(線分、多角形など)を各々節点に対応づけ、交差する2つの幾何物体に対応する2節点を枝で結んだグラフ。

<最大可能な独立点集合が存在する条件>

$G=(V, E)$ を n 節点から成るグラフ、 X を G のマッチングとする。このとき、明らかに G の最大独立点集合としてとれる点の数は、最も多くて $(n - |X|)$ 個である。

G に $(n - |X|)$ 個の要素の独立点集合が存在する時、この独立点集合を「(マッチング X に関して)最大可能な独立点集合」と呼ぶことにする。

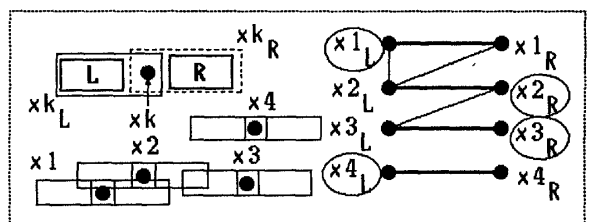
G に最大可能な独立点集合 S が存在する時、 G と、マッチング X は次の条件を満たしている。

- (1) $\{u, v\} \in X$ である各枝について、 $\{u, v\}$ のうち正確に1つが S の要素である。
- (2) マッチされていない節点は、全て S の要素である。

3. 点集合の自由度を2とした文字配置可能性の判定

地図中の点図形に地名などの文字列を配置するとき、その位置の候補は本来は連続的に無限に存在する。計算機で処理するために、例えば点の右、左、上、下、右上、左下などそれら候補を多自由度で離散化する。しかし後述するように、自由度が3以上の場合は、問題が格段に難しくなる恐れがあるため、1つの部分図形への候補を2つに限って自由度2の文字配置を仮定する。すると、文字どうしの重なりを避けて n 個の部分図形の全てに候補のどちらかに配置が可能であるか否かを、交差グラフを用いて判定できる。

<交差グラフの作成> 図1のように点図形 x_k の文字列は図のL, Rのどちらかに配置されるとする。この時、点図形 x_k と、LまたはRの中を含む長方形を各々 x_{kL} , x_{kR} とし、この2つを「 x_k への配置の候補」と呼ぶことにする。2 n 個の候補を節点で表わし、交差する候補に対応する節点を枝で結ぶ。また、同じ点に属する2つの候補 x_{iL} , x_{iR} に対応する2節点を結んでマッチングとする。これは、1つの点に対して2つの文字配置を同時に採用しないためである。



(a)点集合の配置の候補 (b)交差グラフ

図1 自由度2の点集合の配置可能性の判定

<配置可能性の判定>

得られた交差グラフ $G=(V, E)$ の節点数は $2n$ 、マッチングの数 $|X|$ は n である。従って、最大可能な独立点集合の

要素数は、 $|V|-|X| = 2n-n = n$ である。2節で述べた最大可能な独立点集合の存在条件、及び、同じ点に属する2候補はマッチされていることにより、Gにおけるn要素の独立点集合の有無は、n個の点集合に文字同士の重なりを回避して文字の配置が行えるか否かを示している。
 <充足可能性問題との関連>

各点図形の配置の自由度を2としたとき全点に文字の配置が可能であるか否かの問題は、論理学の2充足可能性判定問題に帰着して解くことができる。

例えば図1のように文字列が重なるとき、 x_{iL} , x_{iR} を各々 x_i , \bar{x}_i で表現すると、重なった文字列は同時に採用できないので次の式が得られる。

$$(x_1 \wedge x_2) \wedge (\bar{x}_1 \wedge \bar{x}_2) \wedge (\bar{x}_1 \wedge \bar{x}_2) \wedge (\bar{x}_2 \wedge x_3) - ①$$

ド・モルガンの法則で①を変形して

$$(\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2) \wedge (x_1 \vee \bar{x}_2) \wedge (x_1 \vee x_2) \wedge (x_2 \vee \bar{x}_3) - ②$$

②式を1にするような $x_1 \cdots x_n$ が存在するか否かが2充足可能性の問題であり、それはもとの図形での配置可能性を表している。

2充足可能性は多項式時間で解けるが、3充足可能性はNP完全問題である事が知られている。このことから自由度を3以上にすると、配置可能性を判定する問題が格段に難しくなるだろうと予想される。

<計算複雑度>

上の考察より、自由度2の問題が多項式時間で解けることがわかったが、この問題の場合、幾何的性質を利用してより効率よく解ける。実際、Imai, Asano^[3]が示したように、交差グラフを作るのではなく、内在的なデータ構造として実現することにより、交差グラフの最大可能な独立点集合の有無を判定するアルゴリズムを適用すると、この問題は $O(n \log n)^2$ の手間で解ける。

4. 領域図形、線図形への適用

領域図形への文字配置の候補も何らかの計算法(例えば領域を表す多角形を長方形で被覆した中心など)^[2]で求め、1番適する位置、2番目に適する位置の2つの自由度を持つとする。線図形も、例えば線図形を折れ線と考えて最も直線に近い部分、2番目に直線に近い部分などの2つの自由度を持つとする。線図形の名称は文字数だけの正方形で表示する時、交差判定は各正方形について別々に行い、交差グラフでは1つの正方形群を1つの節点として表現することにより、領域図形、線図形も含めて同様に判定できる(図2)。

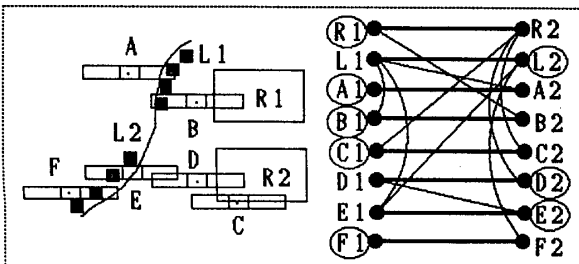


図2 点, 線, 領域への交差グラフの適用

また、交差グラフで文字と図形の重なりも考慮するこ

とが出来る。3章で述べた点集合への文字配置のアルゴリズムでは、配置の候補の長方形に、文字列と共に点図形まで含ませることにより、点図形-点図形、点図形-文字列、の重なり回避が保証できた。線図形、領域図形を含んだ地図においても、行政界などの境界線や川や鉄道などの線図形と重なる文字は交差グラフには表現しなければ、重なりが回避できる。

5. 2自由度で配置が不可能な場合の対処法

各々が2自由度を持つn点に対して配置が不可能であると判明すると、次の解決法として、①全点の自由度を3以上に増やす、②文字を配置できない点に他の候補(上下に縦書きにするなど)を仮定して局所的に解決する、が考えられる。しかし、さきに述べたように、自由度を3に増やすと問題が格段に難しくなる可能性が強いので②について考える。

このアルゴリズムでは交差グラフの探索をしながら独立点集合に節点を付加してゆく。そして隣接する独立点集合の要素同士に対して各々の処置を行う。ここで、次の処置法が考えられる。a.文字を配置できない点があれば、他候補を挙げて逐次的に解決しながら探索を続ける。b.交差グラフを用いて調べ、配置できる点にはひと通り配置する。その後残った点すべてに他の候補を仮定して再び判定する。c.bと同じくひと通り配置した後、残った点の文字を幾何的に図面の隙間に配置する(詳細は^[1]に譲る)。この時、文字の重なる2つの実体のうち、どちらを優先的に表示するかを決めるために、各実体は属性として重要度(各実体の属するクラスの重要性)の値をもっておく必要がある。交差グラフの探索を行う際有用な深さ優先探索の計算複雑度は、交差グラフの節点数をn、枝数をmとしたとき、 $O(n \log n + m)$ である。

6. むすび

文字の配置は本来は連続的に変化し得るものであるが、状態数を2だけに限ることにより配置の可能性の判定が速く行える。しかし2状態だけの配置では、文字自動配置機能としてまだ十分とはいえない。今後は5節で述べた対処法を発展させ、精密なアルゴリズムを確立することも必要であろう。

謝辞

有益なご助言を頂いた、本学助手 有川正俊氏、大学院生有松正知氏、ならびに研究室の諸氏に感謝致します。尚、本研究の一部は文部省科費による。

参考文献

[1] H. Imai, H. Aonuma, Y. Kambayashi : A Visual System of Displaying Characters in Maps nicely. In preparation.
 [2] 今井浩, 青沼裕美, 上林彌彦, 有川正俊 : 図形データベースにおける属性文字配置問題について. 電子情報通信学会情報・システム部門全国大会, 587, 1987年10月.
 [3] H. Imai, T. Asano : Efficient Algorithms for Geometric Graph Search Problems. SIAM J. COMPUT. Vol.15, No.2, May 1986, pp.478-494.
 [4] 上林彌彦, 有川正俊 : 図形データにおける概視機能とその実現. 情報処理学会データベース研究会資料, 86-DB-54, 1987年7月.