

豊田 崇仁 古川慈之 和田顕男 増田 宏

東京大学 人工物工学研究センター

1. はじめに

地図情報は地図情報システム (Geographic Information System, GIS) の基盤として用いられ、近年の GIS の急速な利用の広がりに伴い、重要度を増している。この中で、ベクトル型地図データは、画像による配信に変わる次世代の地図情報として普及が望まれるが、制作に莫大な費用がかかる一方、著作権を保護する技術が確立していない事が普及を妨げている。このため、著作権問題を技術的に解決する必要がある。本稿では、そのための技術として電子透かしについて着目し、その手法の検討したので、それについて報告する。

2. 電子透かしとベクトル型地図データ

電子透かしとは、電子コンテンツの著作権保護のために、情報の冗長性を活用してコンテンツに情報を埋め込む技術の総称であり、コンテンツ原本に対し、埋め込む透かしデータを用いて改変を加えることで透かし入りコンテンツを作成する。本研究では、ベクトル型地図コンテンツに固有な電子透かしを開発し、不正コピーが抑制できる環境を構築することを目的とする。この場合、(1) 攻撃(=透かしを破壊されるような改変)に対して頑強であること、(2) 埋め込めるデータ容量が著作権情報を記述するのに十分であることが求められる。

本研究では、ベクトル型地図データに対する電子透かしを考える。このデータは図1に示すような地物オブジェクトにより地図上の物体を表現している。地物オブジェクトには、住宅などの閉じた図形をあらわす polygon、道路などの開いた図形をあらわす polyline、特定の地点を表現する symbol、地図中の文字列を表す text がある。これらの幾何と位相は vertex と edge によって構成することができる。すなわち、ベクトル型地図データでは、電子透かしの埋め込み対象はこれらの地物オブジェクトと考えられ、改変の余地があるのは地物オブジェクトの位相と幾何、および文字列ということになる。

3. 電子透かし手法

電子透かしの埋め込みと取り出しのための処理の

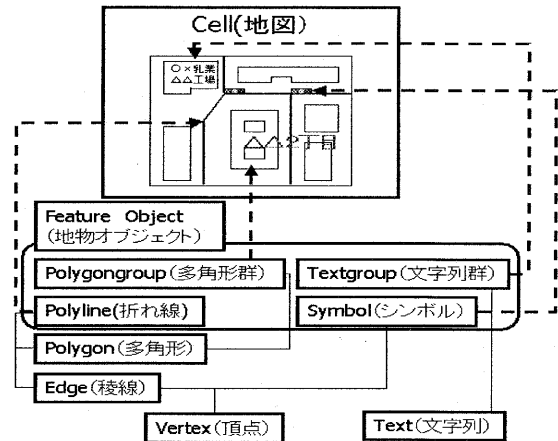


図1 ベクトル型地図情報のデータ構造

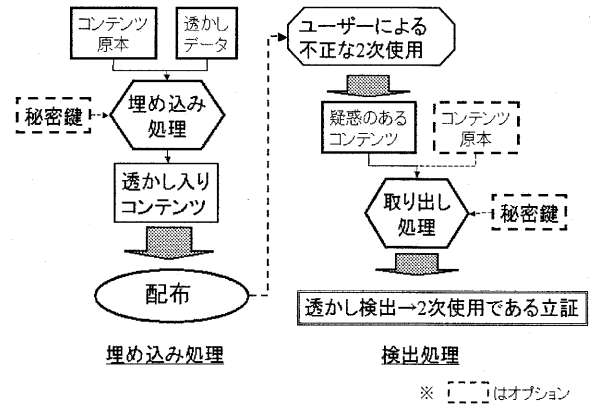


図2 電子透かし・埋め込みの流れ

流れを図2に示す。

電子透かしはコンテンツの冗長部に対して埋め込まれるが、地図データでは画像や音声に比べてデータ量が少なく、透かしを埋め込める部分が限定されている。また、地物オブジェクトの挿入や削除が容易であり、地図の切り取りはごく一般的に行われる。そこで、(1) 原本を保持し、それとの比較により電子透かしの取り出す、(2) 冗長性に応じた複数の手法を用意しておき、それらを組み合わせるというアプローチにより堅牢性を確保するものとする。以下に電子透かし埋め込み手法を示す。

3.1. 直接埋め込み手法

地物オブジェクトに直接に透かしを埋め込む方法を以下に列挙する。

- (1) ファイル中の順序変更：地物オブジェクトのファイル中の出現順序は任意である。そこで、この順序を入れ替えることで、情報を埋め込む。
- (2) 頂点挿入：ポリラインとポリゴンに対しては、edge を分割して vertex を追加することによって透かしを埋め込む。品質を保つために頂点数が閾値以上のもの限定し、追加する頂点は地物要素1個につき一つとする。
- (3) ポリゴンの頂点順序：ポリゴンを構成する座標列の開始位置によって情報を埋め込むことができる。
- (4) 頂点移動：シンボル、ポリライン、ポリゴン、テキストの座標を移動することで透かしを埋め込む。ただし、複数のシンボル、ポリライン、ポリゴンが同一の座標を共有するときには、知覚可能な隙間やずれが生じるので、一致、直角性、平行性が維持されないときには移動をしないように制約をつける。
- (5) テキストの文字置換：文字を別の文字に置き換えても実用上問題のないケースでは、文字を置き換えることで透かしを埋め込む。全角空白と半角空白2個などがこれに相当する。

3.2. 周波数領域を利用した手法

この手法は、ポリゴン頂点移動の一形態ともいえるが、堅牢性を高めるために文献[2]と同様に周波数領域を利用した手法を用い、ポリゴンについて重心と頂点の距離を変化させることによって透かしを埋め込む。住宅地図ではその主たる情報はポリゴンで表現された建物の情報なので、埋め込める透かしのデータ量を大きくすることができる。

なお、実装したアルゴリズムの概略は以下のようになる。①利用できるポリゴン（他と頂点を共有したり、環状の建物を表わすものは除外）を選び、配列に格納、②ポリゴンごとに重心→頂点のベクトルのノルム $n_i (i = 1, 2, \dots, n)$ を計算、配列に格納、③ $n'_i = n_i (1 + \alpha w_i) (i = 1, 2, \dots, n : w_i \text{は透かし系列 (実数列)})$ 。埋め込むデータを予めエンコードし、用意しておく)なる $\{n'_i\}$ を計算し、対応する重心→頂点のベクトルが n_i と一致するよう頂点を移動する。さらに、重心→頂点の距離をノルム長等の順で並べたものを wavelet 変換して周波数領域に埋め込み、またスペクトラム拡散を応用することで、透かしデータ自体のエンコードを行なう。

4. 実験結果

以上述べた手法のうち、3.1の手法については、実際の地図データに透かしを埋め込んだときのデータ量を評価した。結果を表1に示す。数字はビット数を示し、括弧内は地物オブジェクトの個数を示している。データは、地域性を考慮して、非住宅地として函館湾岸、郊外住宅地として町田市、都心として新宿区の一部を用いた。この結果から、ある程度

	函館	町田	新宿
ポリライン 頂点挿入	73 (518)	372 (2150)	227 (3229)
ポリライン 頂点移動	50 (518)	311 (2150)	120 (3229)
テキスト 置換	5 (263)	3 (467)	37 (3187)
テキスト 移動	23 (263)	46 (467)	315 (3187)
ポリゴン 頂点挿入	43 (156)	58 (190)	375 (1295)
ポリゴン 頂点順序	43 (156)	58 (190)	375 (1295)

表1. 電子透かし埋め込み量

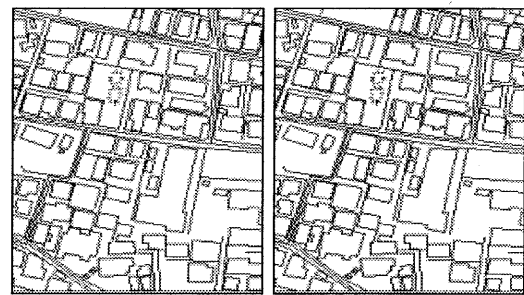


図3. 周波数領域で埋め込み (左が原本)

の密度の住宅地であれば、十分な電子透かしとしてデータ量が埋め込めていることがわかる。非住宅地では埋め込めるビット数は少ないが、そもそも地図の価値が高いのは住宅数が多い場合なので、実用上はこれで十分であると考えられる。

一方、3.2の手法に対しては、1647個のポリゴンを持つ地図に対して、955個のポリゴンを利用して5731ビットの透かしを埋め込むことができた。地図は図3のようになり、原本と比較して十分な品質が得られることを確認した。

5. まとめ

ベクトル型地図データのための電子透かしの埋め込み手法を考案した。また、実装を行い、埋め込みデータ量の評価を行った。現在、外乱に対する透かし強度の評価を行っているところである。

なお、本研究は、情報処理振興事業協会 先端的情報化推進基盤整備事業として実施したものである。地図データは(株)ゼンリンより提供頂いた。

参考文献

- [1] 栗原他, "ベクトル表記されたデータに対する電子透かし,"情報処理学会 コンピュータセキュリティ 9-1 (2000).
- [2] 北村伊久裕, 金井 理, 岸浪建史: "ウェーブレット変換に基づくベクトル型地図データへの電子透かし手法,"地理情報システム学会講演論文集 vol.9, pp.417-422 (2000).