

## ベクトルデータへの電子透かしの一方式\*

3X-9 坂本 昌史 中村 高雄 小川 宏 富岡 淳樹 松浦 由美子 高嶋 洋一†  
NTT サイバースペース研究所‡

### 1 はじめに

デジタルコンテンツは、加工、編集、複製が容易に行なえることから、作者の意図しない不正行為が蔓延しやすく、著作権を保護することが困難となっている。「電子透かし」は人に知覚されないように、コンテンツへ別の情報を付与することを可能とする技術である。近年では動画像、静止画像や音楽コンテンツの著作権保護問題を、この「電子透かし」技術で解決しようとする試みが盛んになされている。一方、コンテンツとして例えば地図データのようなベクトルデータの著作権保護も重要な課題であり、本稿ではこれについての一方式を示す。

ベクトルデータに電子透かしを施す方法には、頂点の記述の方法を変更することで透かし情報を埋め込む方法と、頂点の座標値を操作することで透かし情報を埋め込む方法と大きく二通りの方法があり、前者のトポロジに透かしを埋め込む方法はベクトル形状を変化させず、埋め込みを行なうことができる。しかし、上書きやオブティマイズに弱い部分を持っている [1]。頂点の座標値に透かしを埋め込む方法は、前者の弱点部分を克服できるが、幾何学的な操作には弱い面を持っている。

本稿では、地図データで盛んに行なわれるであろうデータフォーマット変換への電子透かし耐性を考慮し、ベクトルデータへ頂点の座標値を変更することで電子透かし埋め込みを行ない、透かし読み取り時に埋め込み前のオリジナルのベクトルデータを必要としない電子透かし方式を提案し、本方式で読み出した透かし情報の信頼性についての評価を行なう。

### 2 ベクトルデータへの電子透かし方法

ベクトルで記述されるコンテンツは、本来データサイズを削減するために考案されたものであり、情報の冗長度は非常に小さいので電子透かし手法を適用するには多くの工夫が必要である。本提案方式では、数個の頂点の座標値をまとめて取り扱う方法で電子透かしを実現している。

#### 2.1 電子透かしの埋め込み方法

埋め込み前のデータなしに電子透かしを検索をすることなく読み取るには、読み取った値と比較するための基準値が必要である。ベクトル記述のコンテンツの場合、重要となってくるのは頂点の相対距離関係であり、原点の位置を基準点にすることはできない。従って座標値に論理マスクをかけることで、その座標の基準点を導き出す方法を用いた。以下にベクトルデータへの埋め込み処理フローの説明を行なう。

**Step.E1** 32ビットの鍵情報  $k$  からビット長  $N$  で定義域  $[0, 1]$  の疑似乱数系列  $r_{(n)}$  を生成する。

**Step.E2** 埋め込む情報をビット長  $N$  の長さへ引き延ばした埋め込みビット列  $s_{e(n)}$  と  $r_{(n)}$  との排他的論理和を

とり、埋め込みビット系列  $S_{e(n)}$  を生成する。

$$S_{e(n)} = s_{e(n)} \oplus r_{(n)} \quad (1)$$

**Step.E3** ベクトルデータの全空間を  $N$  個の、大きさ  $a \times a$  の空間エリア  $A^{(n)}$  に分割する。 ( $n = 1, 2, 3, \dots, N$ )

**Step.E4** エリア  $A^{(n)}$  に含まれる  $i$  番目の頂点  $V_i^{(n)}$  について、座標値  $V_i^{(n)}(x, y)$  と  $m$  ビット長の座標マスク  $M_m$  から以下の様にして、基準座標  $E_i(x, y)$  を得る。

$$E_i(x) = V_i(x) \wedge M_m \quad (2)$$

$$E_i(y) = V_i(y) \wedge M_m \quad (3)$$

得られた基準座標を基点にして、座標マスク  $M_m$  のビットを反転させた  $\overline{M_m}^2$  の範囲内で面積が等しくなるように  $0, 1$  の領域を定め、埋め込みビット系列  $S_{e(n)}$  により頂点座標  $V_i^{(n)}(x, y)$  を変更する (図 1)。

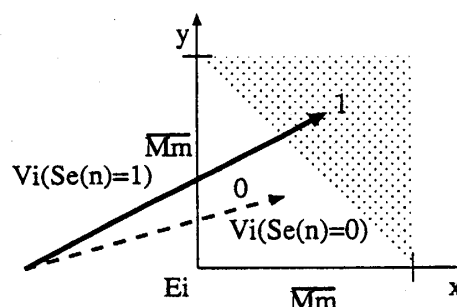


図 1: 透かし埋め込み操作

**Step.E5** 同エリア内に含まれる全ての頂点に対して、Step.E4 の処理を行なう。即ち、同エリア内の頂点群に対して等しいビット情報  $S_{e(n)}(x, y)$  が埋め込まれることになる。

**Step.E6** 全てのエリア  $A^{(n)}$  について Step.E4, Step.E5 の処理を施し、エリア  $A^{(n)}$  を全て元通りに結合する。

#### 2.2 電子透かし読み出し方法

透かし読み取り方法は、埋め込み方法と対をなすものである。従ってその処理も埋め込み処理とほぼ同等のものとなる。以下に透かし入りベクトルデータからの透かし読み取りの処理フローを説明する。

**Step.D1** ベクトルデータを  $a \times a$  の大きさの空間エリア  $A^{(n)}$  に分割する。

**Step.D2** 埋め込み時と同様の方法で、エリア  $A^{(n)}$  に含まれる頂点の座標  $V_i(x, y)$  と基準座標  $E_i(x, y)$  を求め、頂点の座標が位置している場所が、基準座標を基点として座標マスク  $M_m$  から定まる  $[0, 1]$  の領域のどこに属するのかを調査し、1ビットの透かし情報を読み取る。

\*A scheme of digital watermarking for vector data

†Masanobu Sakamoto, Takao Nakamura, Hiroshi Ogawa, Atsuki Tomioka, Yumiko Matsuura, Youichi Takashima

‡NTT Cyber Space Laboratories

Step.D3 エリア  $A^{(n)}$  内の全ての頂点の座標から読み取った、それぞれ1ビットの透かし情報について多数決を取り、これをエリア  $A^{(n)}$  から読み取った1ビットの電子透かし情報とする。

Step.D4 全てのエリアについて Step.D3 の処理を行ない、各エリアから読み取られた1ビットの電子透かし情報を結合し、読み出しビット系列  $S_{d(n)}$  を生成する。

Step.D5 32ビットの鍵情報  $k$  から生成されるビット長  $N$  で定義域  $[0, 1]$  の疑似乱数系列  $r^{(n)}$  と読み出しビット系列  $S_{d(n)}$  との排他的論理和をとることで、 $n$  ビット長へ拡張された状態の読み出しビット列  $s_{d(n)}$  が求まる。

Step.D6 得られた  $s_{d(n)}$  を図2の様に多数決をとり、透かし読み取り情報を得る。

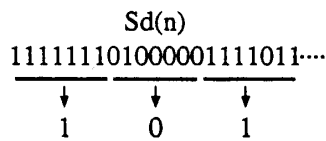


図 2: 読み出し情報の合成

### 3 実験

本提案の方式を用いて、実際のベクトルデータへの電子透かし埋め込みと読み出し実験を行なった。

実験データ：地図データ (DXF フォーマット)

地図のサイズ：500,000 × 300,000

頂点数：300個 ~ 12,000個

透かし情報量：8 bit

#### 3.1 読み取り信頼度

図3は様々な頂点数の地図データに対して、透かし埋め込み処理を施した直後に透かし読み取りを行ない、読み取れた情報の信頼度 [2] をはかったものである。読み取り処理で読み取った情報は、図2にある様な統計的に得られた結果であるため、その信頼度を確率で表すことができる。

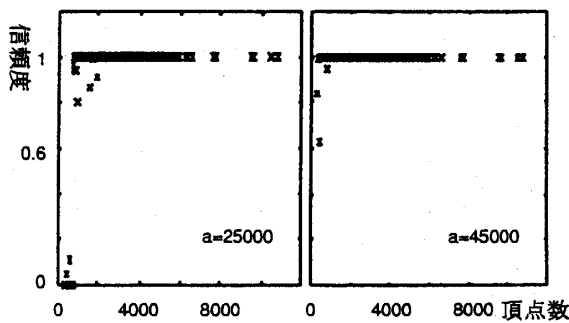


図 3: 読み取り信頼度

結果からすると、エリアの大きさを  $a = 45000$  とした場合、透かし埋め込み済みのほとんどの地図データから

100%に近い信頼度で透かし情報を読み取ることができている。しかし、 $a = 25000$  とした場合は、頂点数が750以下で読み取りが不可能となっている。これらの地図データを調べてみると、非常に偏りのある地図であることが分かった。即ち、 $a = 25000$  程度では、頂点を含まない領域が多くなり、透かしに対応しきれないと考えられる。

#### 3.2 埋め込み成功率

図4は、電子透かし埋め込みが頂点に対して実際に行なわれた割合を縦軸に示してある。今回の手法では、エリアを等分割したため、頂点を全く含まないエリア空間ができ、これが原因で成功率が必ずしも100%へ達していない。

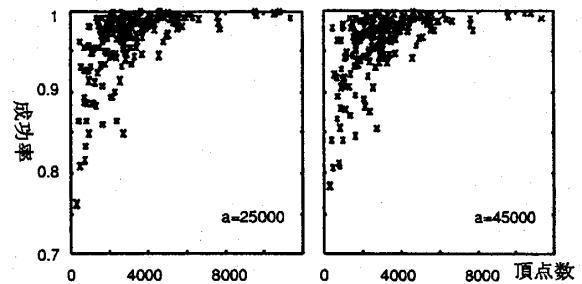


図 4: 埋め込み成功率

実験結果から、エリアを大きく取っているにも関わらず、埋め込む不可能なエリアが存在することが確認できる。本提案では、埋め込む情報を数倍から数十倍へ伸長しているため、読み出し時にこの埋め込み成功率の低さがほとんど影響してこないが、この問題点を解決することにより、さらなる埋め込み情報量の増大、電子透かしの耐性向上につながると思われる。

### 4 おわりに

ベクトルデータへの電子透かし方法において、頂点座標値に対しての情報埋め込みと原ベクトルデータを必要としない読み取り方法についての提案を行ない、2次元のベクトルデータである、地図データを用いた実験により本提案が有効な手法であることを確認した。しかし、様々なオペレーションに対する電子透かしの耐性の評価までは至らなかった。数個の座標に対して1ビットの割合で透かしが埋め込まれているため、頂点の追加、削除といったオペレーションについての耐性は期待できる。今後の課題としては、アフィン変換による攻撃耐性の向上を含む他攻撃耐性の評価とエリアの選び方の工夫、またさらに耐性向上のためにベクトルデータのトポロジへの電子透かし方法との融合などがあげられる。

#### 参考文献

- [1] 大淵, 増田, 青野, "3次元データへの情報埋め込み", <http://www.trl.ibm.co.jp/projects/s7340/embed/ipsj/ipsj.htm>
- [2] 小川, 中村, 富岡, 高嶋, "統計的手法を用いた電子透かし情報の信頼性評価について", 情報処理学会第57回全国大会, 3D08, 1998