

コンテンツデータモデルとアルゴリズム機能モデルの分析に基づく 形状モデルのための汎用電子透かし手法

5Y-05

北村 伊久裕, 金井 理, 岸浪 建史

北海道大学大学院工学研究科

1. はじめに

近年, 2次元ベクトル型地図, 3次元メッシュモデル, 3次元 Digital Elevation Model(DEM)等の形状モデルの著作権保護が望まれており, その手法として種々の電子透かし手法が提案され始めている^{[1][2][3]}. しかしこれらの手法は, 対象とするコンテンツの構造が類似しているにも関わらず, コンテンツ毎に別々に開発されている. そこで本研究では, 既提案の電子透かし手法を, 埋め込み対象となるコンテンツの汎用データモデルとアルゴリズムの汎用機能モデルに基づき, 体系的に分析することで, 形状モデル用の統一的な電子透かしソフトウェアの開発基盤となる汎用電子透かしサーバーを構築し, 電子透かしアルゴリズム開発の効率化を目的とする.

2. 汎用電子透かし手法の基本概念

本研究の形状モデルに対する汎用電子透かし手法の基本概念を図1に示す. まず, ①オリジナル形状モデルを汎用データモデル形式へ変換する. ②これらのモデルに対し, 汎用機能モデル形式へ書き換えられた各透かし埋め込み・抽出アルゴリズムを適用する. これは, モデル間の見かけ上のフォーマットの差を吸収し, 統一的かつ正確な併用可能性や流用可能性の判定を可能にするためである. この概念を実装した汎用電子透かしサーバーにより, ①新規電子透かしアルゴリズムの実装の効率化, ②併用や流用の可能範囲の自動判定, ③併用や流用処理の実現, がサーバー上で統一的に行えるようになり, 透かしアルゴリズムの性能向上や適用範囲拡大が期待できる.

3. 形状モデルコンテンツの汎用データモデル

本研究では, 形状モデルとして, 2次元ベクトル型地図, 3次元メッシュモデル, 3次元DEMのような2次元, 3次元の幾何要素・位相要素からなるモデルを電子透かし手法の対象とする. 一般に形状モデル用の電子透かし埋め込みアルゴリズムは, 順序付けられた幾何要素・位相要素の一部を利用して透かしピットを埋め

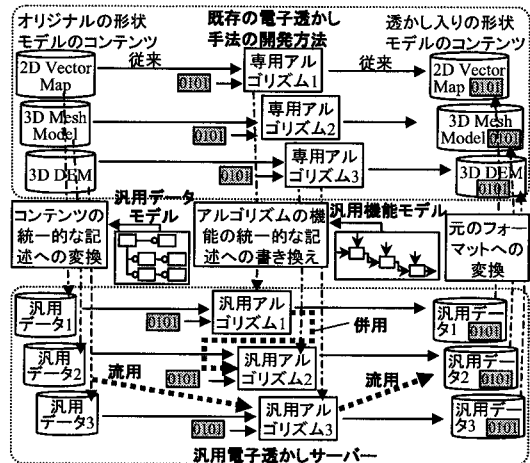


図1: 汎用電子透かし手法の基本概念

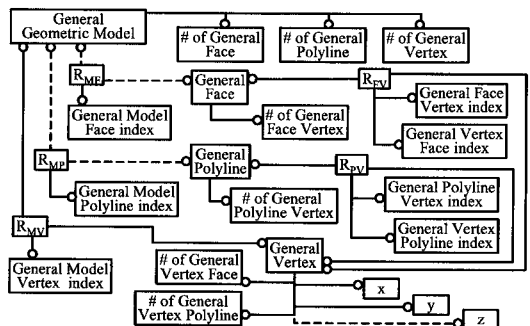


図2: コンテンツの汎用データモデル (EXPRESS-G表現)

込む原理のものが多く, そこで, 位相要素間の順序関係を明示的に表せる図2のような形状モデルコンテンツの汎用データモデルを構築した. このモデルでは, あるエンティティのインスタンスが他のエンティティの順序付けられたインスタンス集合を参照する場合, その順序関係はエンティティ間の関係 R_{xx} で表される. これにより, どの幾何要素・位相要素が透かし埋め込みにより変更されるかをモデル上で明確に特定でき, 併用可能性の判定を統一的かつ正確に行うことが可能となる.

4. 電子透かしアルゴリズムの汎用機能モデル

埋め込みと抽出のアルゴリズムの汎用機能モデルを図3, 図4のように表す. 埋め込み・抽出は9個のルールに従い, あるモデルデータから, 埋め込み・抽出用の

Generic Digital Watermarking Method for Geometric Models based on the Analysis of Data Model of Content and Functional Models, Ikuhiro KITAMURA, Satoshi KANAI and Takeshi KISHINAMI, Hokkaido Univ., Kita13, Nishi8, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido, 060-8628, Japan

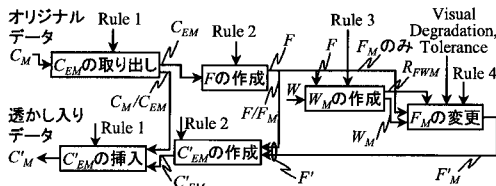


図3: アルゴリズムの汎用機能モデル(埋め込み)

別のモデルデータが作成されていく事で行われる。以下に概要を説明する。

まず、透かし埋め込みは、①Rule 1 に従い、汎用データモデル (図2) 内の要素を使って表現されたオリジナルモデルデータ C_M から、透かし埋め込みに関与する要素からなるモデルデータ $C_{EM} (\subseteq C_M)$ を取り出す。②Rule 2 に従い、 C_{EM} から透かし埋め込み用特徴モデルデータ F を作成する。この時、透かしビットが割り当てられる最小単位も決定される。この最小単位の列を $F_M (\subseteq F)$ とする。③Rule 3 に従い、透かしビット列 W から、 F_M と対応付けが可能な透かしビット列 W_M を作成し、同時に F_M と W_M の対応関係 R_{FFM} も作成される。④Rule 4 に従い、 F_M を W_M に従って変更し、 F'_M を作成する。ここで、記号 ' が付くものは透かし入りデータを表すとする。⑤この後、 F'_M を Rule 1 と Rule 2 に従い、 C'_M を作成することで、透かしの埋め込みは完了する。

次に、透かし抽出は、①埋め込み時と同様に、 C_M から Rule 1 と Rule 2 に従い、 F を作成する。②Rule 5 に従い、 C_M から、 C'_{EM} の作成に関与する要素からなるオリジナルモデルデータ $C_{EX} (\subseteq C_M)$ を取り出す。ここで①②は、抽出にオリジナルデータを必要とする手法の場合のみ実行される。③Rule 6 に従い、 C'_M から、 C'_{EM} の作成に関与する要素からなる透かし入りモデルデータ $C'_{EX} (\subseteq C'_M)$ を取り出す。④Rule 7 に従い、 C'_{EX} (と C_{EX}) から C'_{EM} を作成する。ここで作成した C'_{EM} が、透かし埋め込み直後の C'_{EM} と全く同じなら、埋め込んだ透かしが正しく抽出できる。⑤Rule 8 に従い、 C'_{EM} (と F) から、 F' (と F_M と F'_M の対応関係 R_{FFM}) が作成される。また同時に、 $F'_M (\subseteq F')$ も作成される。⑥Rule 9 に従い、 F'_M から (R_{FFM} を用いて、 F_M と比較することで) W_M を抽出する。⑦Rule 3 に従い、 W_M から W を作成し、透かしの抽出は完了する。また、透かし埋め込みにより実際に値が変更される要素モデルデータを $C_E (\subseteq C_{EM})$ とする。さらに、記号 ~ が付く場合、データモデルのみを表すとする。

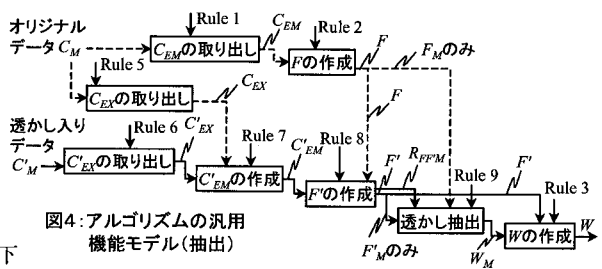


図4: アルゴリズムの汎用機能モデル(抽出)

5. 併用可能性や流用可能性の判定条件

5.1 アルゴリズムの併用可能性の判定条件

アルゴリズムが併用可能であるとは、あるアルゴリズム A_i により透かしの埋め込んだ後、別のアルゴリズム A_j により多重に透かしの埋め込み、その後、両方の透かしが正しく抽出できることを指す。この場合、特に、 A_i, A_j の順に併用可能であると呼び、その必要条件は、式(1)を満たすことである。

$$\tilde{C}_{EXi} \cap \tilde{C}_{Ej} = \phi \quad (1)$$

5.2 アルゴリズムの流用可能性の判定条件

アルゴリズムが流用可能であるとは、本来対象ではないコンテンツに対し、アルゴリズム内の全ての機能を流用し、埋め込み・抽出ができることを指す。ここで、 $\tilde{C}_{MX}, \tilde{C}_{MY}$ を、オリジナルフォーマットの形状モデル X, Y を汎用データモデル形式へ変換したデータモデルとする時、本来の埋め込み対象コンテンツが C_{MX} であるアルゴリズム A_i が、 C_{MY} に対し流用可能である必要条件是、 $\tilde{C}_{MX} \subseteq \tilde{C}_{MY}$ を満たすことである。また、機能モデル上の各機能をより分析することで、アルゴリズムの機能毎の流用も可能である。

6. おわりに

本報では、形状モデルのための汎用コンテンツデータモデルと電子透かしアルゴリズムの汎用機能モデルを提案し、アルゴリズムの併用可能性や流用可能性の判定条件を明らかにした。今後の課題として、汎用電子透かしサーバーの構築が挙げられる。

参考文献

[1] 豊田 他: ベクトル型地図情報の電子透かしに関する研究, *Proc. IPSJ* (CD-ROM), 1R-07, (2001).
 [2] Ohbuchi, R. 他: Watermarking three-dimensional polygonal models, *Proc. ACM Multimedia '97*, ACM Press, New York, pp.261-272 (1997).
 [3] 北村 他: 離散フーリエ変換に基づくベクトル型データへの電子透かし手法, *Proc. IPSJ* (CD-ROM), 1R-01, (2001).