

階層的凸包を用いた2次元図形の簡略化に関する研究 2D Shape Simplification Using Hierarchy of Convex Hull

伊勢 朋実[†] 西尾 孝治[†] 小堀 研一[†]

Tomomi Ise Koji Nishio Ken-ichi Kobori

1. はじめに

ディスプレイ上に2D図形を表示するとき、局所的に把握したい場合は細部まで表示の方が形状を把握しやすい。しかし、大局的に把握したい場合は、細部まで表示することで逆に形状の概形を把握しづらくなる場合がある。このとき、周波数などを利用して不要な細部を簡略化する方法がある^{[1][2]}。しかし、周波数を用いた場合、形状の特徴を考慮して簡略化を行うことが困難である。そこで本研究では、形状の特徴を考慮した簡略化を行う。

2D図形は、凹形状と凸形状の組み合わせにより表現でき、図形を凸形状と凹形状の階層構造で表すことができる^[3]。このことから本研究ではまず、入力図形から凸包を作成し、凸包を構成していない点から更に凸包を構成することで木構造を作成する。木構造の各ノードの面積と親ノードとの関係性を評価することにより形状の特徴を考慮した簡略化を行う。

2. 提案手法

2.1 概要

提案手法の処理手順ではまず、2次元図形を入力とし、入力した図形から凸包を作成する。更に、凸包を構成しない点列から凸包を作成し、これを繰り返すことで木構造を作成する。次に、作成した木構造のノード毎に凸包の面積、親ノードと共有する2点間の距離を算出する。算出結果より、面積でノードの凸包を昇順に整列する。次に、整列したノードを閾値毎にグループに分け、グループ内で親ノードと共有する2点間の距離で降順に各ノードを再度整列する。簡略化順の決定では、木構造の末端ノードとその親ノードのグループ番号を用いる。全ての末端ノードの親ノードの中で最小のグループ番号より小さいグループ番号を持った末端ノードから順に削除することで簡略化を行う。

2.2 木構造作成

入力図形の特徴を抽出するため、入力図形から階層的に凸包を作成する。凸包の作成を階層的に行うことにより、図形の特徴的な部分は上階層のノード、図形のより詳細な部分は下階層のノードになるよう木構造を作成することができる。

木構造の例を図1に示し、以下で説明する。同図(a)を入力図形とすると、まず、入力図形から凸包を作成し、同図(b)に示すようにルートノードとする。次に、ルートノードの凸包を構成していない点から更に凸包を作成し、同図(b)のノード1のように、ルートノードの子ノードとする。同様に、ノード2とノード3に示すように凸包を作成する。このようにして、全ての点がいずれかの階層で凸包を構成する点となるように木構造を作成する。

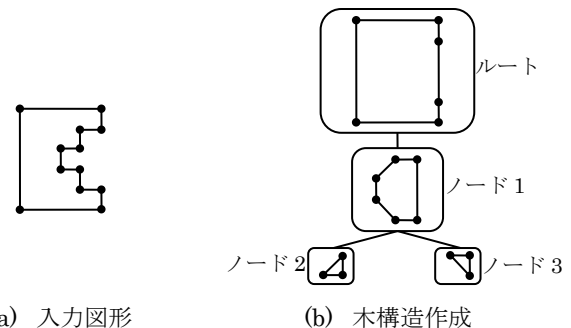


図1 木構造

2.3 評価基準算出

2.3.1 面積算出

ノードの凸包の面積が小さい場合は、削除しても図形全体の形状が大きく変わらず、人間が目視した場合でも不自然さを感じにくいと考えられる。また、階層的に凸包を作成したことから、形状全体を見た場合の詳細な部分がより面積の小さな凸包として木構造のノードとなる。よって、面積が小さいノードの凸包から簡略化を行う。

2.3.2 距離算出

階層化を行った子ノードは親ノードと共有する点が2点必ず存在する。図形全体を見たとき、面積が同程度の場合では、親ノードと共有する2点間の距離が短い方が図形に対しての影響度が高いと考えられる。よって、ノードの面積が同程度の場合は、親ノードと共有する2点間の距離が長いノードから簡略化を行う。

2.4 面積のグループ化

いくつかのノードの凸包を比べたとき、2.3.1項で得られたノードの面積差が微量の場合がある。これらを面積が小さいノードから簡略化を行うと、特徴的な部分が先に簡略化されてしまう場合がある。このような場合を避けるため、面積が同程度のノードであれば、親ノードと共有する2点間の距離が長いノードから簡略化を行う。

このとき、どの程度の面積の変化を同程度とするかについての閾値が必要となる。そこで、人間が図形を目視した場合、どの程度面積が変化すると感知するのかを検証するための実験を行った。その結果、図形の面積が約84%変化すると図形の面積変化を感知することがわかった。したがって提案手法では、実験結果より84%を人間が変化を感知する閾値とする。

[†] 大阪工業大学, Osaka Institute of Technology

2.5 簡略化部分決定

2.4節で得られた指標を基に、木構造の各ノードの簡略化順を決定し、任意の簡略化結果になるまでノードの凸包を削除することにより簡略化を行う。簡略化順決定の例を図2に示し、以下で説明する。

まず、各ノードの面積を降順に整列し、閾値毎にいくつかのグループに分割する。閾値は2.4節で得られた実験結果から84%を用いる。ノードの面積が最小の値から、面積変化が84%以内の面積があれば同一グループとし、面積が小さいノードから順にグループ番号をつける。同図のノード内の番号はグループ番号である。

簡略化順は木構造の各ノードのグループ番号を元に決定する。同図(a)の斜線ノードが末端ノードである。この末端ノードの親ノードの中で同図(a)の点線丸で囲まれたノードのような、最小のグループ番号を求め、これと末端ノードのグループ番号を比較し、同図(b)の斜線ノードのように、末端ノードのグループ番号の方が小さければ、グループ番号の小さいノードから簡略化を行う。同図(b)のように同じグループ番号のノードがある場合は、2.3.2項で得られた親ノードと共有する2点間の距離が長いノードから簡略化を行う。このように簡略化の順番を決定することによって、同図(a)の簡略化順は同図(c)ようになる。末端ノードの親ノードの中で最小のグループ番号よりも小さなグループ番号の末端ノードを全て削除した後、再度末端ノードを求め、同様の処理を行い、任意の簡略化結果になるまでノードの削除を行う。

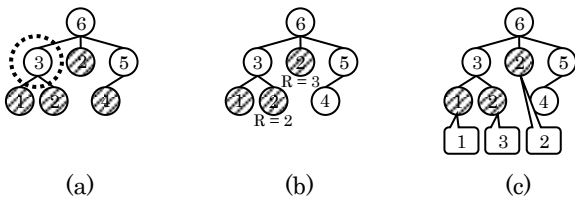


図2 簡略化順決定

3. 実験・考察

提案手法の有効性を検証するための実験と考察を行った。入力図形を図3、簡略化結果を図4に示す。また、図3、図4の点線円部分A、A'の拡大図を図5に示す。実験結果より、図3点線円部分Aのような特徴的な部分を図4点線円部分A'のように保持したまま、図3点線円部分Bのように微小に変化した部分を図4点線円部分B'のように滑らかに簡略化を行うことができた。

4. おわりに

本研究では、2次元図形の概形の特徴を考慮した簡略化手法を提案した。提案手法では、入力図形から階層的に凸包の木構造を作成した。また、作成した木構造のノード毎に凸包の面積、親ノードとの共有点の距離を求め、それぞれを用いて評価を行うことで簡略化を行うノードを決定した。

今後の課題として、現在入力図形は単一図形のみに対応しているため、複数図形にも対応したアルゴリズムの考案

が挙げられる。

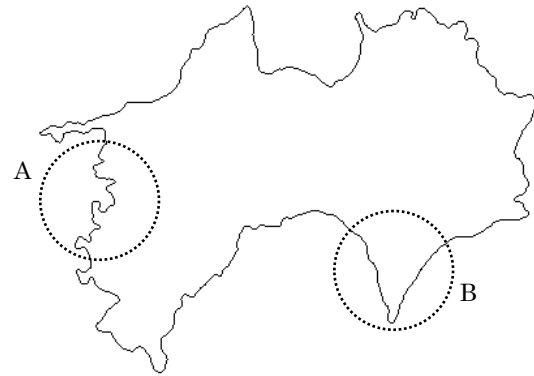


図3 入力図形

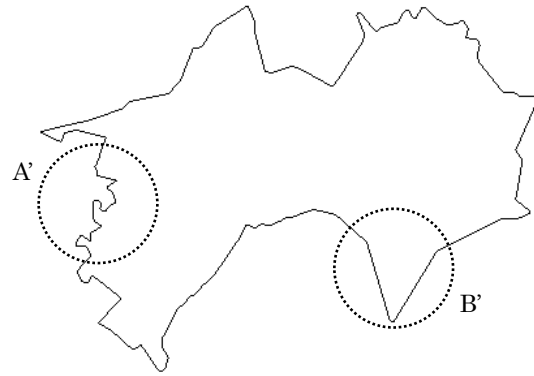


図4 簡略化結果

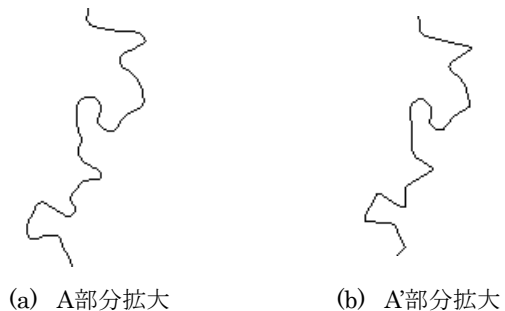


図5 拡大図

参考文献

- [1] F. Mokhtarian and A. Mackworth, "Scale-based description and recognition of planar curves and two-dimensional shapes", *IEEE Trans. Pattern Anal. & Mach. Intell.*, Vol. PAMI-8, No. 1, pp. 34-43, 1986.
- [2] J. Oliensis, "Local reproducible smoothing without shrinkage", *IEEE Trans. Pattern Anal. & Mach. Intell.*, Vol. 15, No. 3, pp. 307-312, 1993.
- [3] D. H. Ballard and C. M. Brown, "COMPUTER VISION", Prentice-Hall, pp. 258-259, 1982.