

シルエットを近似するタングラム問題生成システム

佐々木慧[†] 高井昌彰[‡]

北海道大学大学院情報科学研究科[†] 北海道大学情報基盤センター[‡]

1 はじめに

タングラムとは、シルエットパズルの一種であり、問題として提示された形状を、1つの正方形から切り分けられたいくつかのパーツを使って形作るパズルである。タングラムは、国や年齢を問わず世界的に親しまれており、国内でも教材として用いられることも多い[1]。しかし、Jelly Slocum らの調査によれば、現在作成されているタングラムの問題数は高々数千程度であり、問題のバリエーションについて課題がある[2]。

本稿では、タングラムで形成したい任意形状の画像を入力として与え、そのシルエットの近似形状を解とするタングラムの問題を、パーツの正方形化と総パーツ数の制約下で生成するシステムについて述べる。

ある。そこで、対象画像に外接する長方形領域の縦横比及びその領域に対する対象画像の占有割合を求め、対象画像を分割する格子の大きさを決定する。対象画像の占有割合が大きい程各格子を大きくし、縦横比を考慮した上で格子の数を16個未満にならない範囲で減少させる。逆に占有割合が小さい程格子を小さくし、格子の数を増加させる。入力画像 Fig.2(左)を格子化した図を Fig.2(右)に示す。

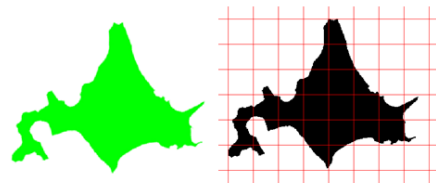


Fig.2 入力画像(左)と格子化(右)

2 はじめに

2.1 処理の概要

本システムの構成を Fig.1 に示す。ユーザはタングラムで作成したい画像(以下、対象画像と呼ぶ)をシステムに入力する。システムは対象画像のシルエットの格子化、サブパーツ化を順に行い、各格子に対するサブパーツの配置パターンを格子内パターンとして保持する。次に、制約下で対象画像と正方形の格子内パターンに対してパーツ化の可能性を探索する。

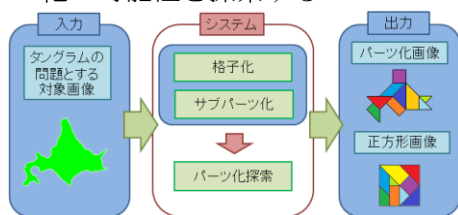


Fig.1 タングラム問題生成システムの構成

2.2 格子化

前処理として、入力された対象画像に対して二値化処理を施す。パーツ化の際、正方形画像では4×4格子上で探索が行われるため、対象画像に予め適度な大きさの格子を設定する必要がある。

2.3 サブパーツ化

格子化により形成された各正方格子をそのどちらかの対角線で2分割して得られる直角二等辺三角形をサブパーツと呼ぶ。また、対象画像を二値化したシルエット形状をサブパーツの組み合わせで近似し、各格子内のサブパーツを取得することをサブパーツ化と呼ぶ。各格子に対して2通りの対角線を引くと、4通りの領域がサブパーツ候補として得られるので、対象画像の占有割合が高いサブパーツが取得できる対角線を採用する。

正方形画像のパーツ化はサブパーツ32個で構成されるため、各サブパーツにおける対象画像の占有割合が高い順に32個を選択する。このとき選択されたサブパーツ群をサブパーツパターンと呼ぶ(Fig.3左上)。各格子内におけるサブパーツの選択パターンを格子内パターンと呼び、Fig.3(左下)の6パターンが存在する。これを各格子に対応づけたものを Fig.3(右)に示す。

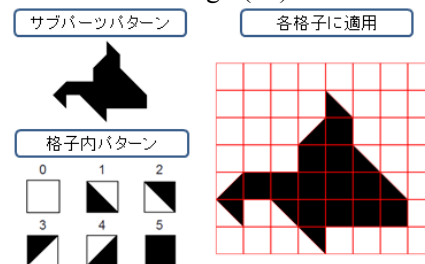


Fig.3 格子化

Tangram problem generation system with silhouette approximation

[†]Kei SASAKI, Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University

[‡]Yoshiaki TAKAI, Information Initiative Center, Hokkaido University

2.4 使用パーツの定義

パーツの種類は、タングラムの代表的なパーツ 9 種類(Fig.4)を使用する。左右非対称のパーツは裏返しのパターンも考慮するが、同じパーツとして扱う。

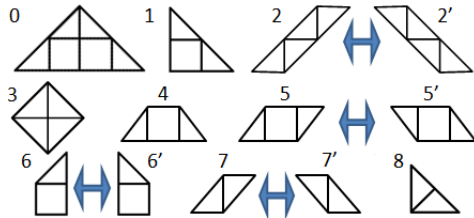


Fig.4 パーツの種類

2.5 パーツ化探索のアプローチ

2.3 節で得られたサブパーツパターンに対し、パーツで復元することをパーツ化と呼び、ふるい法のアプローチをもとに、以下の処理を順に行いパーツ化を実現する。

①探索ベクトルの列挙

パーツの各種類の個数を要素とする列を探索ベクトルと呼ぶ。同じ種類のパーツは最大 2 個まで使用可能とする。

②総パーツ数のフィルタ

総パーツ数（探索ベクトルの要素の和）が 7~9 の探索ベクトルのみを通す。

③総サブパーツ数のフィルタ

総サブパーツ数が 32 の探索ベクトルのみ通す。

④サブパーツパターンのフィルタ

1. 各サブパーツの隣接状態を取得する。
2. 隣接状態を基に、以下の優先度順でパーツを配置するサブパーツを決定する。
 - 2-1. 等辺の 1 辺のみが隣接している。
 - 2-2. 対辺のみが隣接している。
 - 2-3. 等辺の 2 辺が隣接している。
 - 2-4. 等辺の 1 辺と対辺が隣接している。
3. 優先度が最大のサブパーツに対し、探索ベクトル内で最大のパーツから順に配置可能性を判定し、可能なパーツを配置する。
4. 優先度が最大のサブパーツに対し、探索ベクトル内で未配置であるパーツの中で最大のパーツから順に配置可能性を判定し、可能なパーツを配置する。
5. 配置したパーツ部分を取り除き、1 に戻る。

⑤解の提示

解の難易度の評価値を提示する。

3 実行結果

現在、本システムは実装途中にあるが、パーツ化探索の基本的な動作確認のため、あるシルエット画像を入力に与えた際のシステムの振る舞いを検証した。その結果を Fig.5 に示す。

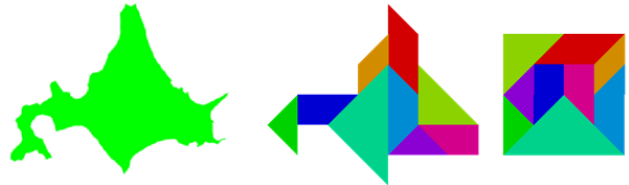


Fig.5 入力画像(左)と実行結果(中・右)

この例では 7 種類計 9 個のパーツを用いて、入力画像（北海道のシルエット）の近似形状と正方形配置が生成できていることが分かる。パーツ化探索に要する時間は約 3 分である。

本システムの実装は、開発言語に C++、画像処理ライブラリに OpenCV を用いている。また、CPU : Intel Core i7-3540M 3.00GHz, RAM : 8.00GB, OS : Windows 8.1 Pro の PC 上で本システムを実装した。

4 まとめと今後の課題

本稿では、与えられた任意形状のシルエットからタングラムの問題生成を行うシステムの概要について述べた。システムの完成に向けての課題としては、近似形状の評価やシルエットパズル問題としての難易度の設定、並びに探索手法の改善などがある。

参考文献

- [1]中野良樹: ”数理パズル「タングラム」の洞察的問題解決におけるトップダウン処理とボトムアップ処理の統合”, 秋田大学教育文化学部研究紀要, 教育科学, 67, pp.33-41 (2012)
- [2]Jelly Slocum et al, *The Tangram Book*, Sterling (2003)