

エネルギー最小化モデルに基づいた アスキーアート自動生成システムの構築

静岡大学工学部システム工学科 安藤研究室 5021-3004 池田 勝洋

2008年2月

1. はじめに

アスキーアートとは、アスキーコードなどに含まれる文字・記号によって描かれたアートのことである。本研究では与えられた入力画像を最も忠実に再現するアスキーアートを出力する問題をエネルギー最小化問題としてモデル化し、このエネルギー最小化問題に対する Boykov et al. [1] のアルゴリズムを実装することによって、アスキーアート自動生成システムを構築した。

2. エネルギー最小化

メッシュとは入力画像が縦横一定の画素ごとに区切られたもののことである。 \mathcal{M} をメッシュの集合とし、 \mathcal{L} を文字の集合とする。入力画像を表現するアスキーアートを生成する問題は、全てのメッシュ $m \in \mathcal{M}$ に対して、区分的になめらかであり、かつ入力画像とできるだけ一致するように文字 $f^m \in \mathcal{L}$ を割り当てるラベル付け f を見出す問題として定式化される。すなわち、我々が見つけたい f は

$$E(f) = \sum_{\{m,n\} \in \mathcal{N}_{\mathcal{M}}} V_{m,n}(f^m, f^n) + \sum_{m \in \mathcal{M}} D_m(f^m) \quad (1)$$

の形のエネルギーを最小化するラベル付け f である。(1)式の第一項はどの程度 f が区分的になめらかでないかを表し、第二項は f と入力画像がどの程度一致していないかを表す。ここで、 $\mathcal{N}_{\mathcal{M}}$ は隣接するメッシュのペアの集合である。以降、 $V_{m,n}$ を V と書く。

文字画像とはメッシュと同サイズで、対応する各文字が書き込まれた画像のことである。文字 $l \in \mathcal{L}$ に対応する文字画像の画素 i の輝度は l_i で表す。

相互作用ペナルティ関数 V は以下のように定式化される。

$$V(f^m, f^n) = a \sum_{i \in \mathcal{I}} (f_i^m - f_i^n)^2. \quad (2)$$

ここで、 \mathcal{I} は文字画像のすべての画素の集合、 a は定数である。また、 $D_m(f^m)$ は次のように定式化される。

$$D_m(f^m) = b \sum_{i \in \mathcal{I}} \{(I_i^m - \bar{I}) - (f_i^m - \bar{l})\}^2. \quad (3)$$

ここで、 I_i^m は入力画像のメッシュ m の画素 i の輝度、 \bar{I} は入力画像のすべての画素の輝度の平均、 \bar{l} は文字画像すべての輝度の平均、 b は定数である。

3. アルゴリズム

任意のラベル付け f はメッシュの分割 $\mathbf{M} = \{\mathcal{M}_l | l \in \mathcal{L}\}$ によって唯一に表現することができる。ここで、 $\mathcal{M}_l =$

$\{m \in \mathcal{M} | f^m = l\}$ は文字 l を割り当てられたメッシュの部分集合である。文字 α, β のペアが与えられたとき、もし任意の文字 $l \neq \alpha, \beta$ に対して $\mathcal{M}_l = \mathcal{M}'_l$ なら、分割 \mathbf{M} (ラベル付け f)から新しい分割 \mathbf{M}' (ラベル付け f')への移動は α - β swapと呼ばれる。入力ラベル付け f (分割 \mathbf{M})と文字 α, β のペアが与えられたとき、 f の α - β swapの中で E を最小化するラベル付け \hat{f} は適切に定義されたグラフの最小カットを計算することで求めることができる。 α - β swapをアルゴリズム1の手順にしたがい繰り返すことで、 $E(f)$ の局所最小解に到達する。これを α - β swap アルゴリズムと呼ぶ。

アルゴリズム 1 α - β swap アルゴリズム

```
1:  $f$  を任意のラベル付けとする.  
2: repeat  
3:    $success \leftarrow 0$ .  
4:   for 各文字の組  $\{\alpha, \beta\} \subseteq \mathcal{L}$  do  
5:      $f$  の  $\alpha$ - $\beta$  swap の中で  $E$  を最小化するラベル付け  $\hat{f}$  を見つける.  
6:     if  $E(\hat{f}) < E(f)$  then  
7:        $f \leftarrow \hat{f}$ ,  $success \leftarrow 1$ .  
8:     end if  
9:   end for  
10: until ( $success = 0$ )
```

4. システムの構築

定義したエネルギー関数に対して、 α - β swap アルゴリズムをC言語によって実装した。最小カットアルゴリズムとして、Goldberg and Tarjan のプリフロー・プッシュアルゴリズムを使用した。

5. おわりに

本研究では、構築したシステムに対していくつかの入力画像を与えることで、それを再現するアスキーアートが得られることを確認した。特に、人や動物の顔のアップは忠実に再現できていた。

今後の課題としては、今回再現性に問題のあった風景などを入力画像として与えた場合の再現性の向上などが挙げられる。

参考文献

- [1] Y. Boykov, O. Veksler and R. Zabih: Fast approximate energy minimization via graph cuts. *IEEE Trans. on PAMI* **23** (2001) 1222-1239.