

Tree Methodにおけるカド太さ保証

明治大学 総合数理学部 現象数理学科 池田研 4年

1. 背景

Lang[1][2]により, Tree Methodという折り紙作品設計手法が考案された. Tree Methodを用いることで, 題材を抽象化して木に変換し, その木に対応するような基本形を折り出せる展開図を作成できる. その展開図から折り出せる基本形では**カドの太さが保証されず**, 題材によってはうまく再現ができない.

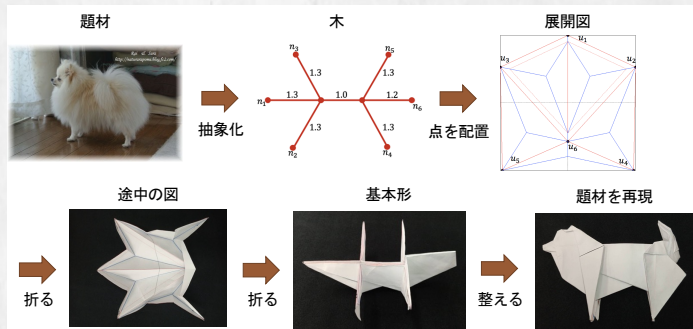


図1. Tree Methodを用いたボメラニアン再現の流れ(一部[3]より引用). カドの長さや接続の仕方は保証されるが, 太さは保証されず, 胴体部分のボリューム感がうまく表現できていない.

2. 目標

- ① Tree Methodを修正し, カドの太さを保証した展開図を作成する**手法を提案する**.
- ② 実際に作品設計を行い, Tree Methodと比較して**提案手法の有用性**を示す.

3. Tree Method

Tree Methodの設定

- n_i ...木の端節点
- l_{ij} ...木における n_i, n_j 間の長さ
- $u_i = (u_{ix}, u_{iy})$... n_i に対応する紙上の点
- I ...端節点の添字 i の集合
- P ...紙の1辺の長さ
- m ...木に対する紙のスケール

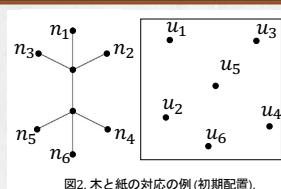


図2. 木と紙の対応の例(初期配置).

木での距離は紙での距離以下... $ml_{ij} \leq \sqrt{(u_{ix} - u_{jx})^2 + (u_{iy} - u_{jy})^2}$

スケール最適化... m を最大化するような u_i の配置を求めること.

実効パス... $ml_{ij} = \sqrt{(u_{ix} - u_{jx})^2 + (u_{iy} - u_{jy})^2}$ である直線 $u_i u_j$.

実効多角形...実効パスまたは紙の境界が辺である多角形.

普遍的分子...任意の実効多角形に対して作成できる展開図.

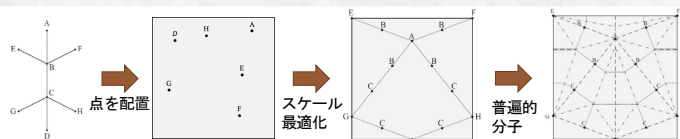


図3. Tree Methodの流れ ([2]より引用).

4. 提案手法-角度最適化

Tree Methodを用いて作成した展開図を修正することで, 基本形におけるカドの太さを保証する展開図を作成する.

カドを太くするために**カドの頂点の角度を大きくする**.

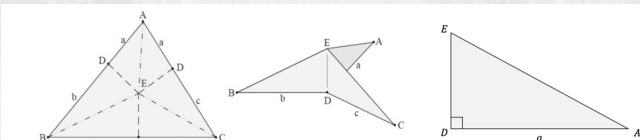


図4. 実効多角形ABCと, 普遍的分子に従ってABCを折ったもの, 及びAを頂点とするカド(一部[2]より引用).

角度最適化...実効多角形の内角がカドの太さを保証する値になるような u_i の配置を求めること.

5. 提案手法-パス実効化

角度最適化によって u_i の配置が変わり, 実効パスだった直線が実効パスではなくなることで正方形が実効多角形にうまく分割されず, 普遍的分子が構築できないことがある.

普遍的分子を構築するために, **実効多角形に分割する**.

パス実効化...実効パスだった直線が実効パスとなるような u_i の配置を求めること.

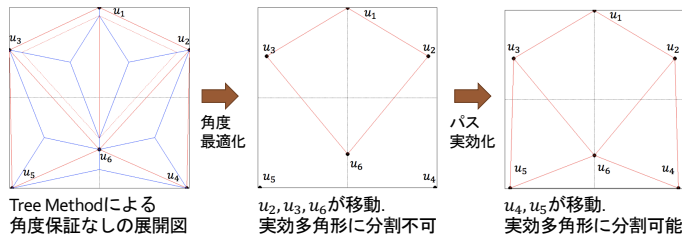


図5. 角度最適化とパス実効化の流れ.

6. Tree Methodとの比較

図1の木を用いて, Tree Methodによって展開図を作成した. また, 提案手法によって u_1, u_2, u_3 を頂点とするカドの太さを1.1として保証する展開図を作成した. 図6の二つの展開図から基本形を折り出し, それぞれに対してボメラニアンを再現した.

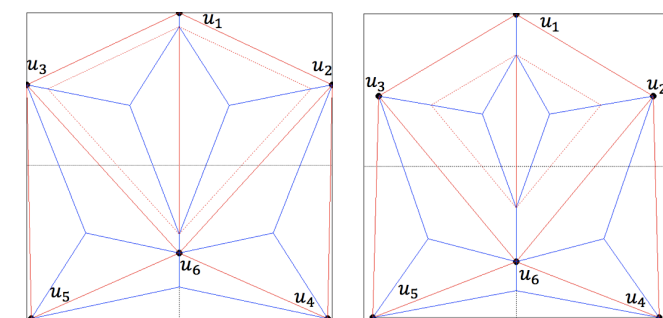


図6. 図1の木を元に作成したTree Methodによる展開図(左)と, 提案手法による展開図(右). 赤い実線は実効パス, 青い実線は普遍的分子による折り線, 赤い点線は普遍的分子構築の際に使用する線である. 原則として, 青い実線を各折り, 赤い実線を山折りすることで基本形を折り出すことができる.

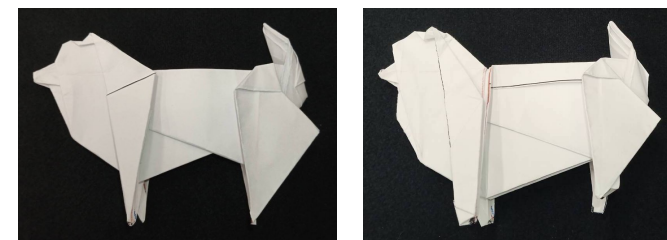


図7. 図6(左)の展開図を用いて再現したボメラニアン(左)と, 図6(右)の展開図を用いて再現したボメラニアン(右). 提案手法を用いてカドの太さを保証をした方が, 図1のボメラニアンにおける胴体部分のボリュームをより表現できている. 同一の折り方を用いて再現しているが, 基本形の形状が異なるため, ボメラニアンの細部の形状が異なる.

Good...提案手法を用いた方が**題材をより再現できる**.

Bad...提案手法を用いた方が**紙の使用効率が悪くなる**.

7. 結論

- ① Tree Methodに角度最適化とパス実効化を加えたカドの太さを保証する**手法を提案した**.
- ② 提案手法を用いることで, **Tree Methodよりも題材を再現できることを示した**.

参考文献
 [1] R. J. Lang, 「TreeMaker 4.0」, <https://janogami.com/wp-content/uploads/2016/04/TreeMaker4.pdf>
 [2] R. J. Lang, 「The Tree Method of Origami design」,
http://www.janogami.com/wp-content/uploads/2015/09/TreeMkr4oin_s.pdf
 [3] 「ワルファカットのティンクくん ーV」, <http://naturarapome.blog.fc2.com/blog-entry-240.html>