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.

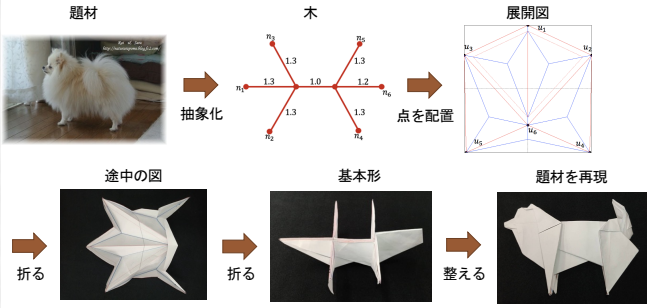

図1. Tree Methodを用いたポメラニアン再現の流れ (一部[3]より引用).
カドの長さと接続の仕方は保証されるが, 太さは保証されず, 胴体部分のボリューム感がうまく表現できていない.

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

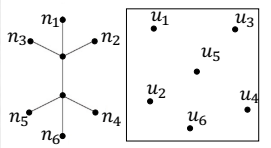

図2. 木と紙の対応の例 (初期配置).

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$u_iu_j$.

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.

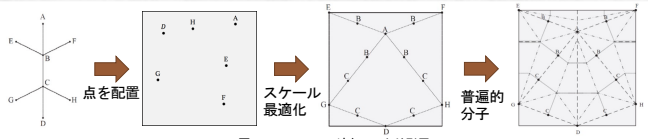

図3. Tree Methodの流れ ([2]より引用).

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**.

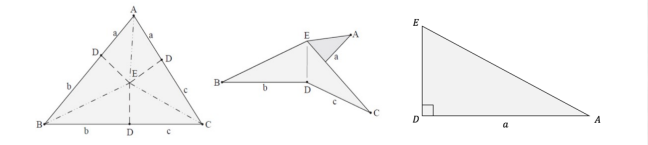

図4. 実効多角形ABCと, 普遍的分子に従ってABCを折ったもの, 及びAを頂点とするカド (一部[2]より引用).

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.

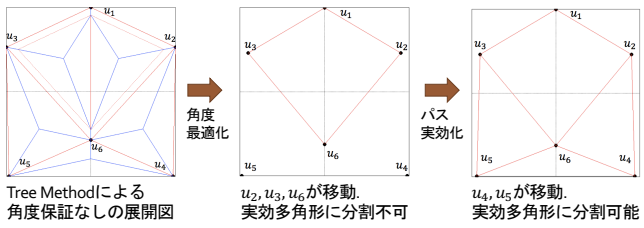

図5. 角度最適化とパス実効化の流れ.

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, それぞれに対してポメラニアンを再現した.

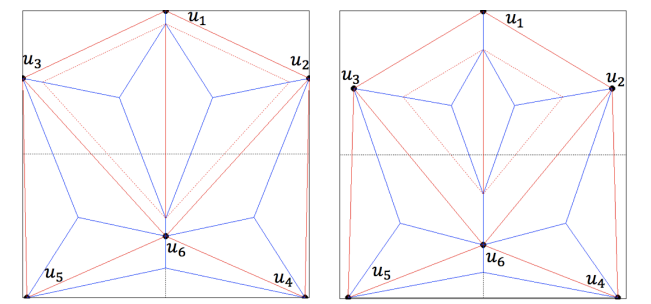

図6. 図1の木を元に作成したTree Methodによる展開図 (左) と, 提案手法による展開図 (右).
赤い実線は実効パス, 青い実線は普遍的分子による折り線, 赤い点線は普遍的分子構築の際に使用する線である.
原則として, 青い実線を谷折り, 赤い実線を山折りすることで基本形を折り出すことが出来る.

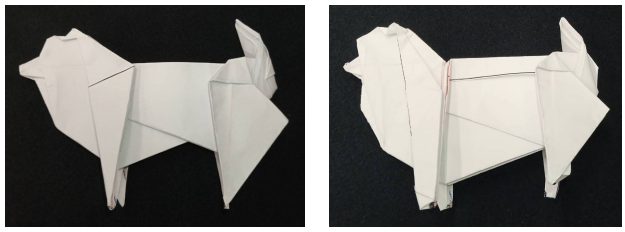

図7. 図6(左)の展開図を用いて再現したポメラニアン (左) と, 図6(右)の展開図を用いて再現したポメラニアン (右).
提案手法を用いてカドの太さ保証をした方が, 図1のポメラニアンにおける胴体部分のボリュームをより表現できている.
同一の折り方を用いて再現しているが, 基本形の形状が異なるため, ポメラニアンの細部の形状が異なっている.

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://langorigami.com/wp-content/uploads/2015/09/TreeMkr4.0.pdf
[2] R. J. Lang, 「The Tree Method of Origami design」, http://www.langorigami.com/wpcontent/uploads/2015/09/TreeMkr4.0jp_s.pdf
[3] 「ウルフカットのティンクくん　一V」, http://naturarapome.blog.fc2.com/blog-entry-249.html