

結晶学に基づく日本式双晶のプロシージャルモデリング

村田 雅樹[†] 盧 承鐸[‡] 柿本 正憲[‡]

東京工科大学[†] 東京工科大学/プロメテック CG リサーチ[‡]

1. はじめに

コンピュータグラフィックス技術により、複雑な自然物をより写實的に生成することが求められている。しかし水晶などの鉱石類はその複雑な形状などから、制作に時間と手間がかかってしまう。

そのような鉱石の一つに日本式双晶というものがある(図 1)。水晶の一種である日本式双晶はさまざまな条件を有していることや、その特殊な形状などから生成方法は自明ではない。



図 1 日本式双晶の標本写真
([1]より引用)

本研究では、日本式双晶を対象にしたプロシージャルモデリングを行うことを目的とする。さらに多数の双晶を任意の物体上に配置することで水晶の群生を生成する。

2. 関連研究

桜井[2]は時間変化に対応した結晶外形を求めるプログラムを提案した。ミラー指数や格子定数など結晶の形状に関わる数値を基に、結晶系から直交座標への変換や交点の計算などを行うことで任意の結晶外形を得る。

北ら[3]はレジン複製のための型取りを前提とした水晶のプロシージャル生成手法を提案した。水晶の幾何形状を示すミラー指数を用いて単晶の生成を行った。また生成した単晶を物体の表面上に分布させることで水晶の群生を生成した。

いずれの手法においても、単晶のみを対象としており、双晶の生成は想定されていない。

3. 提案手法

3.1 概要

提案手法では結晶学における定義に基づき、日本式双晶の形状生成をパラメトリックに行う。また、生成した日本式双晶を任意の物体上に配置することで水晶の群生を生成する。

3.2 日本式双晶の生成

日本式双晶には軍配型、ハート型、V字型の3種類の形状が存在する[1]。いずれの形状も、接合面を中心に単晶が鏡映で並んで構成されている。また、単晶の主軸が $84^\circ 33'$ の角度で交わっている。提案手法ではこれらの知見に基づき片方の単晶形状を生成した上、鏡映変換でもう片方を得ることで日本式双晶の形状を生成する。

日本式双晶の具体的な生成手順を示す。単晶の生成には、桜井が提案した手法[2]を用いる。この手法では、格子定数、ミラー指数、結晶内部の任意の原点からの距離の3つの初期値を設定することで、直交座標系における結晶の外形が求まる。次に、生成された単晶をあらかじめ設定された角度で変換し、鏡映変換をすることにより双晶を構成する。

しかし、これだけでは特定時刻における双晶形状のみ表現可能であり、双晶の成長は表現できない。そこで提案手法では、双晶の成長度を表すパラメータ v を付加することで、任意の時刻における双晶の形状を表現する。任意の時刻は異なる成長段階の2つの双晶形状に付与する(図 2)。これにより、既存手法では表現できなかった双晶の形状も表現可能になる。

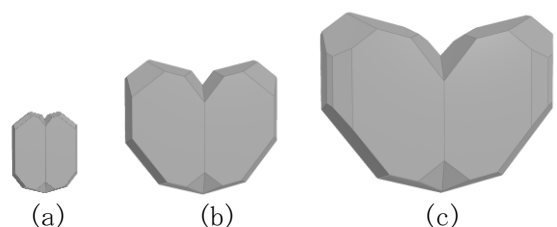


図 2 任意の時刻の付与例。

(a) の軍配型を $v=0$ 、(c) の V 字型を $v=1$ に設定。
(b) は $v=0.5$ で(a)と(c)の中間形状である。

3.3 水晶群生の生成

水晶群生には日本式双晶だけでなく、さまざまな水晶が混在している。本研究では日本式双晶に加えて、大きさの異なる3種の単晶である単晶(大)、単晶(中)、単晶(小)を使用する。水晶は以下の手順で配置する。

1. 候補点の分布
2. 配置点の選択と配置点以外の点削除
3. 水晶の配置

まず手順1では、任意の物体上に水晶を配置するための候補点を生成する。候補点は水晶が隙間なく並んでいる群生の特徴を再現するため、密になるように生成する。

次に手順2では、水晶の生成個数に基づき配置点をランダムで選択する。このとき選択した点を基準として配置する水晶の半径内にある点については、配置点として選ばれないようにする。配置点の選択が完了したら、配置点以外の点を削除する。

手順3では配置点上に水晶を配置する。配置する際に、パラメータによる形状変化などを反映させる。手順1から手順3を繰り返すことにより、水晶群生を生成する。

4. 結果

提案手法による日本式双晶の生成結果例は図3の通りである。パラメータ v の値は(a)が $v=0.25$ 、(b)は $v=0.75$ である。日本式双晶は外観より前述したV字型、ハート型、軍配型の3種類に分類することができる。一般的に、軍配型からハート形、V字型の順に成長する[1][4]。それに伴い、双晶のサイズも大きくなる。

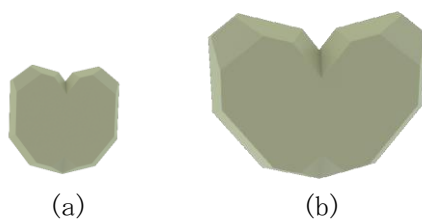


図3 日本式双晶の生成結果

図4は半球表面上に生成した水晶群生の描画結果である。日本式双晶は一般的な水晶に比べて、大きく成長する[1][4]。そのためパラメータの調節により日本式双晶が大きくなるようにした。日本式双晶の個数は10個、単晶(大)は150個、単晶(中)は300個、単晶(小)は500個である。

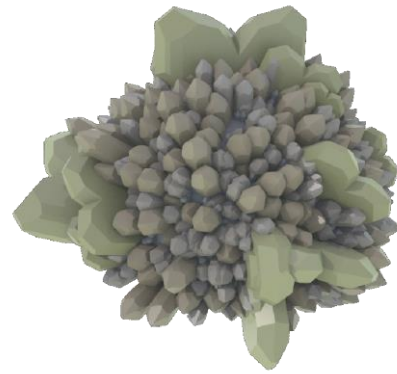


図4 半球表面上に水晶群生を生成した結果

図5は洞窟内部に群生を生成した結果である。日本式双晶の個数は40個、単晶(大)は40個、単晶(中)は200個、単晶(小)は300個である。



図5 洞窟内部に水晶群生を生成した結果

5. おわりに

本研究では、結晶学の定義に基づき日本式双晶の生成を行った。また、洞窟など任意の物体上に水晶を配置することで水晶群生を生成した。

今後の課題としては、よりリアルなレンダリングの実現に加え、不純物や亀裂など温度や圧力といった周囲の環境によって生じる現象を反映させることが考えられる。

参考文献

- [1] iStone, 「日本式双晶」, <https://www.istone.org/nippon-q.html> (2023/1/13)
- [2] 桜井敏雄, コンピュータによる結晶外形の作図, 信州大学教育学部, 信州大学教育学部紀要, Vol. 63, pp. 109-118, 1988.
- [3] 北直樹, 月井智史, 都留美知子, 水晶のプロシージャルモデリング, 情報処理学会, Visual Computing, 2020.
- [4] 砂川一郎. 水晶のブラジルおよび日本式双晶: モルフォロジーと組織の特徴の成因: 宝石素, 宝石学会誌, Vol. 20, No. 1-4, pp. 23-26, 1999.