

球形放散虫骨格生成のための凸多面体形成

吉野隆¹, 松岡篤², 栗原敏之², 岸本直子³, 木元克典⁴, 松浦執⁵, 石田直人²

1)東洋大学工学部, 2)新潟大学理学部, 3)(独)宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部, 4)(独)海洋研究開発機構地球環境観測研究センター, 5)東海大学開発工学部

E-mail: tyoshino@toyonet.toyo.ac.jp

Polytope Formation for Skeleton Generation of Spherical Radiolaria

T. Yoshino¹, A. Matsuoka², T. Kurihara², N. Kishimoto³, K. Kimoto⁴, S. Matsuura⁵, and N. Ishida²

1) Toyo Univ., 2) Niigata Univ., 3) ISAS/JAXA, 4) IORGC/JAMSTEC, 5) Tokai Univ.

Keywords: Radiolaria, polytope formation, silica, skeleton, spherical

1. はじめに

筆者らは海洋性プランクトンの進化や多様性についての知見を宇宙構造物の設計に活かすべく横断型の研究プロジェクトを進行させている[1]. プランクトンの形態を数理的に解析するための方法のひとつとして, 本講演では球形の放散虫の骨格を再現するために凸多面体形成方法について議論する.

2. 研究対象と考えられる戦略

本講演では最も簡単な対象として球形の放散虫を選択した. その一例を図-1に示す. 放散虫の骨格は多様なので, すべての骨格に共通する最適化法を検討することは現状では難しいためである. 球形の放散虫は糸状の仮足を放射状に伸ばして捕食する[2]. これは, 全方向に平等に捕食の機会を持たせることを意味している. また, 特殊な方向がないことで媒体の流れに対して柔軟に対応しやすいという特徴もある. 生体の内外で圧力差がないので水圧の影響も考える必要がないので, 以下では力学的な影響は無視する.

放散虫の骨格はシリカでできているので一度作ると壊すことができない. これは, 最終的な構造を見据えて骨格を作っていること(もしくは最終的な骨格が有利でないと生存競争に勝ち残れないこと)を意味している. そのため, ここでは最終的な形態の合理性のみ注目することにした.

以下では単位球に内接するように無次元化した骨格について議論する. これによって形態にのみ注目することができる. しかし, 将来的な目標としては, 現実の大きさが議論の対象になる可能性が高い. すべての生物の大きさにはその理由があるはずである.

球形放散虫の骨格形成戦略として, 「骨格が作る凸包の体積最大となること」を仮定した. へこみを作ることは体積の損失に繋がるので不利な要因となるため, 骨格自体が凸多面体になっていることが望ましい. 今回はこの仮説のもとで計算した結果を紹介する.

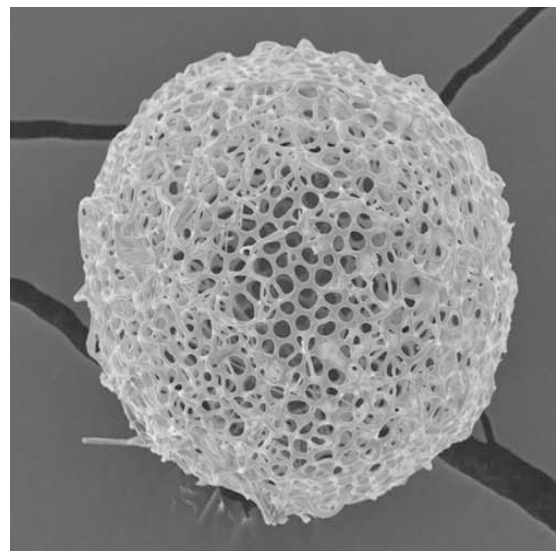


図-1: 球形骨格を持つ放散虫の例.

骨格は球面上に配置された点のボロノイ多面体であることを仮説に導入した。理由は二点あり、一点は観察結果にそのような骨格が多いこと、もう一点は骨格の総量を少なくするためにはひとつの頂点から出る辺の数が少ない方が効率がよいと考えられることである。この仮説に至るまでの議論については講演にて説明する予定である。

3. 計算方法と結果

穴となる点の数を決め、単位球面上に与えられた数の点(母点)をランダムに配置した。さらに、母点を球面上でランダムウォークさせて最適配置を探索した。点の配置から得られるボロノイ多面体を作る凸包の体積を目的関数とし、その最大化を試みた。探索にはシミュレーテッド・アニーリング法を用いて局所的な最小化を避けたが、数値計算なので結果はあくまでも「最大に近いもの」である。得られたボロノイ多面体は単位球の中心からの距離で規格化し単位球に内接するようにした。母点をランダムに配置しただけのボロノイ多面体の例を図-2に示す。点の数が多き場合には球形に近くなる。このような骨格をもつ放散虫も観察されており、図-1に挙げた例はこれに近いものと言えなくもない。

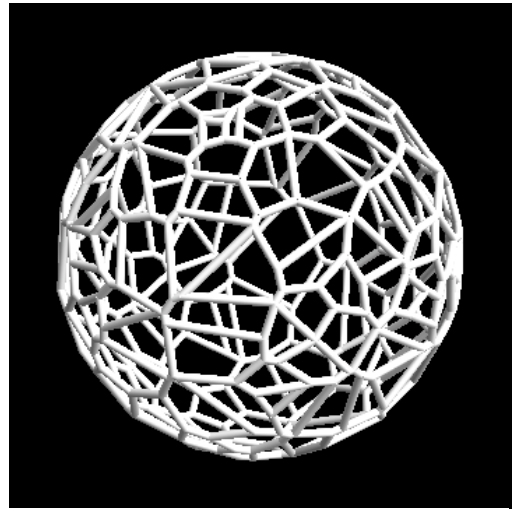


図-2 : 球面上のランダムな点配置から得られる骨格の例。

穴の数が少ない場合について計算した結果を図-3に示す。左から 5, 6, 10, 12 の場合である。図には作成した骨格図形と同時に母点を球で示した。薄くて見えない可能性が高いが外接球も示している。本稿執筆時点では 12 の場合に正十二面体は得られていない。これは計算結果があくまでも近似解であることや大域最適化の難しさを示す例として注目すべき問題である。その他の計算結果と正多面体や放散虫骨格の関係については講演において議論する。

文献

- [1] 岸本直子ほか(2007) 横断型プランクトン研究プロジェクトについて, 形の科学会誌, 22, 37-38 (シンポジウム要旨) .
- [2] Matsuoka, A. (2007) Living radiolarian feeding mechanisms: new light on past marine ecosystems. *Swiss j. geosci.*, 100, 273-279.

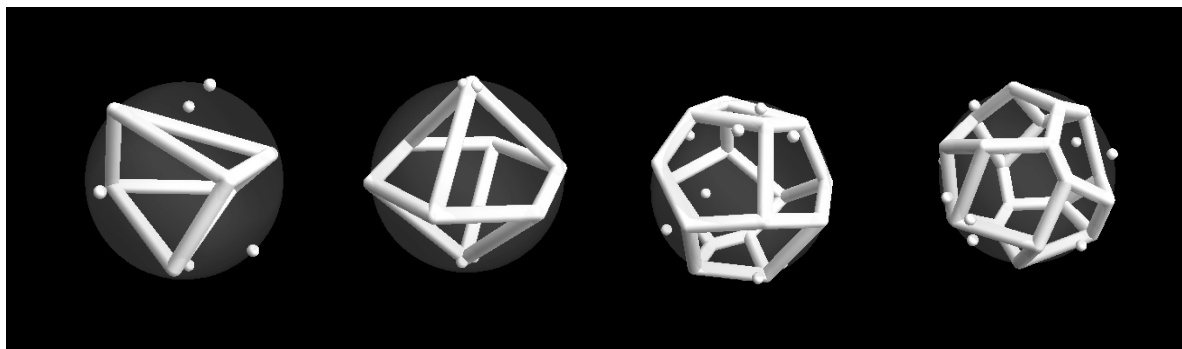


図-3 : ボロノイ多面体を作る凸包の体積最大化の結果。