

第二次審査（論文公開審査）結果の要旨

Analysis of Cranial Morphology of Healthy Infants Using Homologous Modeling

相同モデルを用いた健常乳児における頭蓋形態の解析

日本医科大学大学院医学研究科 形成再建再生医学分野
大学院生 桑原 広輔

The Journal of Craniofacial Surgery, Volume 30, number 1, 2019 掲載
DOI: 10.1097/SCS.0000000000004893

頭蓋縫合早期癒合症などの頭蓋変形に変形を来す疾患の治療は乳児期に行われることが多く、その主な目的は十分な頭蓋内容積と良好な頭蓋形態の獲得である。そのため健常児の頭蓋形態のデータは疾患の治療目標として重要な意味を持つ。しかしこれまでの研究では、頭蓋形態を評価する方法として頭囲や Cephalic Index（頭幅/頭長×100）などの二次元的な測定値の算出などの報告が多く、いずれも頭蓋形態の 3 次元的特徴を表現するには不十分であり、また日本人の健常な小児における頭蓋形態を解析した報告は極めて少ない。本研究では世界で初めて相同モデルを健常乳児の頭蓋の CT データに応用し、日本人健常乳児の頭蓋形態を 3 次元・網羅的に解析した。相同モデルとは、解剖学的に対応付けられた同一点数を使って、同一位相幾何構造の多面体で物体形状を表現された 3 次元画像である。それぞれの座標点は相同モデル間で対応しているため比較や平均化などの統計処理が可能となる。

乳児の頭部 CT データのうち、正常頭蓋と判断された 20 例を収集した。CT データを相同モデル作成ソフトウェア mHBM と相同モデル支援ソフトウェア BODY-Rugle を用いて相同モデル化することに成功した。さらに、個々の相同モデルを構成するすべての頂点について、平均化と主成分分析の統計処理を行った。

各頂点座標値の平均を計算することにより、20 人の乳児の平均頭蓋モデルが作成された。この平均モデルは治療目標や治療結果を 3 次元的に評価し、わかりやすく表示する手段として極めて有用だと考えられた。主成分分析では 3 次元人体形状統計処理ソフトウェア HBS を用い、頭蓋形態の個人差を説明するための要素（主成分）を算出した。さらにこれらが関連する -3SD から +3SD まで強調された仮想 3 次元画像の変化を示すアニメーションを作成し、それらを視覚的に解釈することによって、各主成分の意味を解剖学および臨床的に説明し、頭蓋形態を特徴付ける 3 次元要素を抽出した。第 1 主成分は頭蓋の大きさ、

第 2 主成分は頭蓋の前傾および後傾、第 3 主成分は斜頭症様の変化を示した。第 4 と第 5 主成分は頭蓋の縦横径に関係していた。第 6 主成分は側頭部の突出、第 7 主成分は、後頭部の突出に関連していた。第 2、4、5 主成分は頭蓋の前後径に直接的に関与するが現在の臨床指標ではいずれの変化も長頭・短頭変化を表す Cephalic Index の大小のみで記述される。しかし、例えば第 2 主成分である頭蓋の前傾と後傾は、頭蓋の個人差を説明する 2 番目に影響力のある要素にかかわらず臨床的にはあまり注目されていない。そのため本手法で抽出された回転や傾きなどの 3 次元的な形態的特徴は頭蓋形態の分類、または成長や疾患における形態変化を説明するための新しい重要な要素となりうると考えられた。また、第 3 主成分の斜頭様変化は変形性斜頭症の分類である Argenta の grading に極めて類似しており、既存の形態分類を裏付ける結果を導くことができることも示唆された。

これらの結果から、相同モデルは頭蓋形態を 3 次元的・網羅的に解析する為の手段として大変有用であると考えられた。

二次審査においては、結果が明瞭で、臨床的発展性のある研究であることが確認された。3次元のデータを数値化して解析することに関して、ランドマークを29点用意したことに試行錯誤があったのかという質問に対して、複雑な形状をした眼窩などでは多くのランドマークが必要であったが、頭頂部など比較的平坦な部位では少ないランドマークで画像を構築できたと回答された。実際の臨床応用では、どのように評価するのが適切か、という質問に対して、たとえば乳児検診などで $\pm 2SD$ 以上の患者に対して治療介入することが行われているが、その診断を補助する役割を持てるのではないか、という展望が示された。3DCT などの三次元画像と比べて臨床上どのような利点があるかという問いに対しては、個々の詳細な解剖学的評価は3DCTの方が優れているが、標準との比較という意味で特に有意義であると回答された。さらに、考古学などへの発展性などについても議論された。

よって本研究は頭蓋形態異常の機序解明に留まらず臨床的にも発展性のある重要な研究であることが確認された。以上より、本論文は学位論文として価値あるものと認定した。