



Title	頭蓋骨3次元Computer Graphics における立体マーカーを用いた基準平面と基準点の設定 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	茶谷, 竜仁
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(歯学)
Dissertation Number	甲第13042号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70744
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Tatsuhito_Chaya_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（歯学） 氏 名 茶 谷 竜 仁

学 位 論 文 題 名

頭蓋骨 3 次元 Computer Graphics における立体マーカーを用いた基準平面と基準点の設定

本研究では、Computed Tomography（以下 CT）から作成された頭蓋骨格の 3 次元 Computer Graphics（以下 3DCG）から各種立体マーカーを用いて 3 次元的な基準平面を自動で設定すること、これを基準として任意の計測点の座標化を可及的に自動化して行うこと、これらの再現性や精度がどの程度であるかを確認すること、を目的とした。

試料として乾燥頭蓋骨（以下頭蓋骨）7 体を用いた。CT 撮影には CT 撮影装置（東芝、Aquilion Prime）を用いた。撮影に際しては、右側 90 度から始めて左側 90 度まで 30 度ずつ 7 回水平方向に角度を変えて頭蓋骨を設置し、それぞれに対してスライス厚 0.50mm、管電圧 120kv、管電流 40mA、field of view 256×256mm で撮影を行った。7 体の頭蓋骨において、それぞれ 7 方向から撮影することで計 49 の Digital Imaging and Communication in Medicine（以下 DICOM）データを得た。次に、正面方向で撮影した DICOM データを用いて、Hounsfield Unit（以下 HU）値の骨抽出条件の閾値を -700HU から +500HU の範囲で 50HU ずつ 24 段階変えて、7 個体分計 168 データを得た。上記あわせて 217 の DICOM データから医用画像処理ソフトウェア（日本マテリアライズ、Mimics）を使用し、再構築間隔 0.50mm でそれぞれ別々に頭蓋骨の 3DCG を構築した。

2 次元での分析に用いられる基準平面である Frankfort horizontal plane（以下 FH 平面）にならって、3DCG に対して基準平面（以下 3DFH）を設定するにあたり、基準点を左右眼窩と左右外耳道の骨形態を利用して以下のように設定した。

1. 眼窩の基準点の設定

眼窩の骨形態に対して、眼窩内に最も大きく接する球体マーカーの位置を探索することとし、任意の探索開始点を起点として上下、前後、左右方向に 0.20mm 単位でこの球体マーカーを少しずつ大きくしながらコンピューター上で自動的に動かしていくことで探索した。球体のなかで、最大限に大きいものでかつ骨の CG と交叉する部分が最も小さい球体を Eye Ball として、左右の眼窩で設定した。

2. 外耳道部の基準点の設定

頭蓋骨 3DCG の側面観において、おおよその外耳道の入り口を探索開始点として任

意に設定し、コンピューター上で直径 6.0mm の球体マーカーが最も頭蓋骨の内側に近づいて骨に接していない球体の位置を、上下前後方向に 0.20mm 単位で自動的に探索し、Ear Ball として左右の外耳道で設定した。

3. 3DFH の設定

得られた 217 データの各 3DCG において左右眼の Eye Ball の最下点と左右 Ear Ball の中心 2 点の計 3 点で基準平面 (3DFH) を設定した。

3DCG 上における求めようとする計測点は、3DFH 及び 3D 正中矢状面を基準にし、立体マーカーを設定することで、表現できる。本研究では、セファロ分析に用いることが多い計測点を想定した 21 計測点の設定を行った。

各頭蓋骨における撮影方向を変えた 7 データから構築された 3DCG モデルにおいて、各計測点の座標のばらつきを調べるために、それぞれにおいて探索し求められた計測点の平均座標と各々の計測点との距離および 7 計測点間の距離を計測した。ボクセルの一边の長さが 0.50mm であるため、評価は 0.50mm 以下を許容範囲とした。また、骨抽出条件の閾値の差異が 3DCG 上に描出される骨形態に与える影響を検討するために、各頭蓋骨における HU 値の閾値を 24 段階変えた 24 データの 3DCG 上の計測点において計測点間の距離を計測した。

計測点設定のばらつきを検討するにあたり、1 体の頭蓋骨を用いて、本法による撮影方向を変えることで生じる計測点設定のばらつきと従来法の中では再現性が高いとされる手作業によるポインティング法による計測点設定のばらつきについて、計測点の平均座標と各々の計測点との距離を計測し、Wilcoxon の順位和検定で比較検討を行い、 $p < 0.05$ を有意水準とした。

以上の検討から、3DCG 上で眼窩の基準点および外耳道部の計測点はすべてのデータにおいて、1 つのみ設定することができた。さらに、これらの基準点から基準平面として 3DFH が 1 つのみ設定された。計測点の設定についても、基準平面に対して立体マーカーを用いることで、今回選択した全ての点の設定と座標化が可能であった。

また、7 体の乾燥頭蓋骨で 25 点すべての計測点は、撮影方向が異なる場合においても、HU 値の閾値を -600HU から +400HU の範囲で変化させた場合においても、それぞれの計測点間の距離の最大が 0.50mm 以下であった。

立体マーカーによる計測点設定のばらつきと手作業のポインティング法による計測点設定のばらつきを Wilcoxon の順位和検定で比較すると本法におけるばらつきが有意に小さかった

従来行われてきた、2 次元的な分析方法で頭蓋顎顔面形態の 3 次元的な構造を定量的に把握するには限界があり、矯正臨床における形態分析の主旨に基づいた計測を行う際には、3DCG 上で設定しうる新たな 3 次元上の計測点を設定する必要があることが指摘されている。計測点の設定に際しては、従来の 2 次元セファログラムの解剖学的特徴に対応させた 3DCG 上の計測点を用いることが多いが、計測点設定に際し、CT 撮影時における頭位の変化による撮影方向の変動や、立体構築時における骨

抽出条件の閾値の設定によって生じる 3DCG 上での描出の違いに対しては、重要性は理解されていても、評価はほとんどなされていないのが現状である

CT 撮影や立体構築の際における諸条件によって 3DCG の形態の差異がどの程度生じるのか、さらにはこうした形態の差異があっても高い再現性をもった基準平面や計測点を設定するにはどのような手法が良いのかを検討する必要がある、本研究においては、こうした問題を解決することを目的に検討を行った。

今回用いた手法は、直接 3DCG 上の点を手動で計測するのではなく、すべての任意の計測点について立体マーカーを介在させることで座標化し、しかも 3 自由度のみで表せるように工夫している。また、本研究で用いた立体マーカーは複数の領域のボクセル情報で計測点を自動的に設定しているため、数個のボクセルが変化しても計測に用いる立体マーカーの位置への影響は少ないことが考えられ、計測点の位置の再現性が高くなったと考察できる。このように水平方向の頭位によらず、さらには広い範囲の骨抽出条件下でも再現性が高いことは、今後の臨床応用が大いに期待できる手法であると考ええる。

本法により、CT から作成した頭蓋骨 3DCG において、様々な立体マーカーを用いることで、基準平面の設定、計測点の設定を任意に、高度の再現性を持って、自動で行う方法が確立された。