

カイロプラクティックのためのCGを用いた人体背骨測定システムの開発*

和田 勝*¹、小林 義和*¹、白井 健二*¹

Development of Backbone Measuring System Applying Computer Graphics for Chiropractic

Masaru WADA, Yoshikazu KOBAYASHI, Kenji SHIRAI

概要

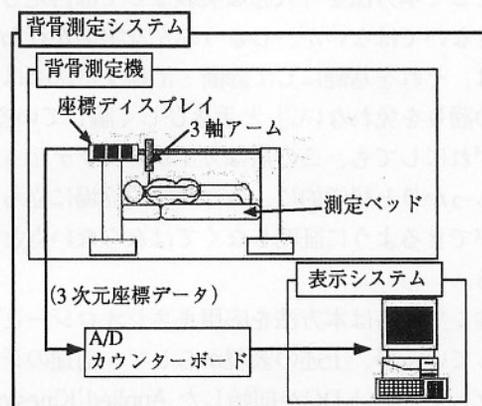
従来よりカイロプラクティックで行われている手技療法による評価をより明確化するため、背骨の曲がりやを測定する測定機と、コンピュータグラフィックスを用いた3次元表示システムを開発した。この背骨測定システムは、非常に簡便に背骨の曲がりやを測定でき、放射線を用いた測定機と違い人体に悪影響を及ぼすことはない。また、実際の人体における測定結果では、治療前後で背骨の曲がりやの矯正具合を定量的に表せることを確認した。この背骨表示システムはコンピュータに不慣れな施術者でも簡単に扱えるようユーザインタフェースをシンプルにし、背骨の表示をリアルにすることにより被験者への説明をし易いように配慮を行った。

キーワード：カイロプラクティック、コンピュータグラフィックス、バーチャルリアリティ

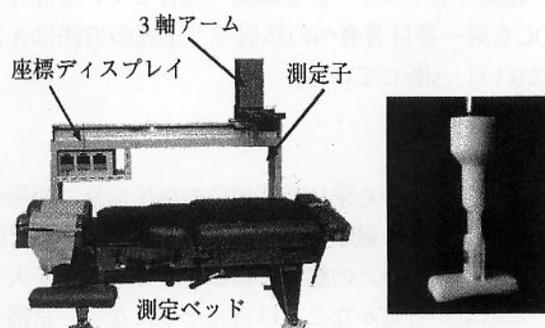
1. 緒言

医療分野においてコンピュータグラフィックス (CG) を用いた体内内部の可視化や施術シミュレーションが行われつつある⁽¹⁾⁽²⁾。これらのバーチャルリアリティ技術により、より多くの施術情報を施術者に与えることが可能となり、より正確な施術方法を患者に施すことができる。また、施術者の施術トレーニングへの活用も期待されている。

カイロプラクティックは被験者の背骨を触診し、手技療法によって改善する施術方法である。カイロプラクティックにおける背骨の可視化の試みとして、従来の研究ではモアレトポグラフィやサーモグラフィを用いた施術効果の確認を行っている研究がある⁽³⁾。しかし、現状の施術現場の多くは、被験者に対する説明は直接患部を見ることができないために、施術後に被験者に結果を問診して改善されたことを確認するだけであった。このような施術方法では、施術の良否は施術者の技術および経験に頼ることが大きく、また被験者に対する説明においてもどのくらい背骨が曲がっているか、施術後の効果がどのくらいあったかというような定量的な説明を行うことは難しかった⁽⁴⁾。そこで本研究では測定子を背骨に沿って走査することにより、背骨の3次元座標を測定する背骨測定機を開発し、そ



(a) システム構成



(b) 背骨測定機写真

(c) 測定子

図1 背骨測定システムの概要

原稿受付 平成12年4月6日

*1 日本大学工学部

(〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1)

の表示ソフトウェアとしてCG技術を用いて、測定データから背骨の形状を3次元的に表示するシステムを作成した。そして、この測定システムを用い、実際に人体に対し測定を行い、背骨の曲がりの評価を試みた。その結果、この測定システムは短時間で測定を行え、また被験者および施術者に対して背骨の曲がり具合を確認しやすくするなど、その有用性を確認した。

2. 背骨測定システム

2.1 背骨測定機

背骨測定システムは、図1(a)に示すように背骨測定機と測定より得た3次元座標データを表示するためのコンピュータを含む3次元背骨表示システムにより構成されている。背骨の測定では、まず図1(b)に示す背骨測定機において、被験者を測定ベッドにうつ伏せに寝かせて、図2に示すように、第1胸椎から第5腰椎まで3軸アーム先端に取り付けられた測定子を背骨に沿って移動させて、背骨が位置する座標の測定をする。測定子は図1(c)の写真に示す構造をしており、背骨に沿って移動できるように先端は凹形状をしている。また、移動方向に微小回転できるように構造にすることにより被験者への感触を和らげている。座標データは3軸アームのX、Y、Z方向の移動量をリニアエンコーダにより計測し、アナログデータとして表示システムへ送られる。この時、第1頸椎から第7頸椎は、測定誤差が生じやすいので測定対象外とした。背骨測定機から得られたデータはA/D交換されて、コンピュータの画面上に数値で表示される。この際、データ交換には、24ビットアップダウンカウンターボードを用い、背骨測定機のX、Y、Z軸方向に移動した時に発するパルス信号をカウントし、各座標毎に任意に設定したカウント比較値と一致したときの座標値を測定データとしてコンピュータ内に保存する。そして、測定データをもとにディスプレイ上で背骨を3次元CGとして表示することにより、背骨の施術効果を確認する。一回の測定に要する時間は約1分程度と非常に短い。そのため、被験者に与える精神的苦痛も他の測定機と比べ小さいと考えられる。

2.2 背骨表示システム

本システムは図3(a)にあるように3次元的に背骨全体を表示する。図中にある背骨の長さとは頸椎から腰椎までの長さを表しており、この例では500mmとなっている。ここでの表示アルゴリズムは、①文献⁽⁵⁾で調べた人間の平均的な各椎骨の長さの割合をもとに、測定データを各椎骨に分割し、②椎骨間のなす角度を算出する。そして、③そのなす角度を用いて、3

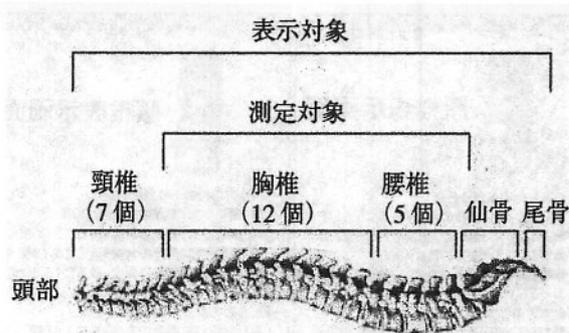
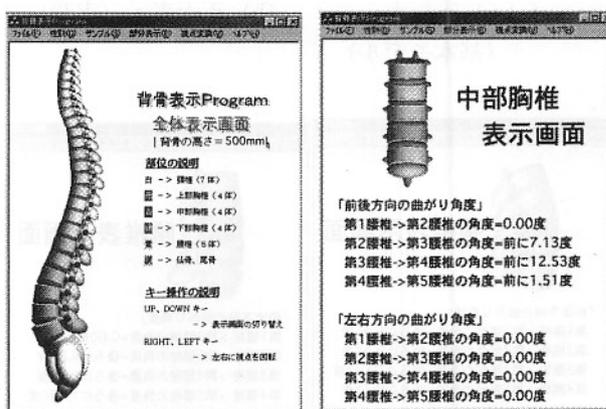
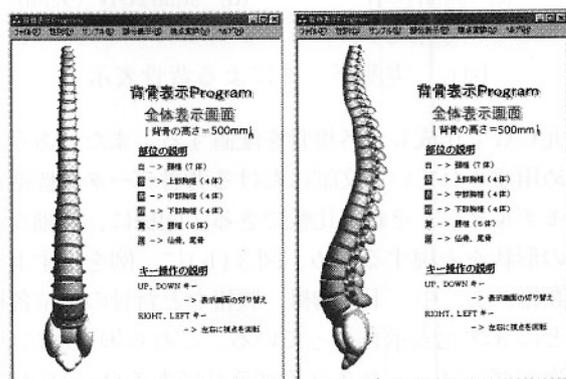


図2 測定対象



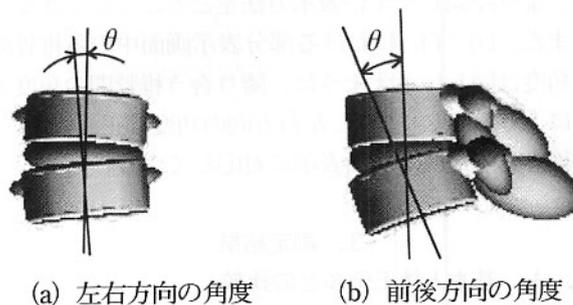
(a) 全体表示 (b) 部分表示

図3 背骨測定シミュレータの表示画面



(a) 正面表示 (b) 側面表示

図4 回転操作による背骨表示例

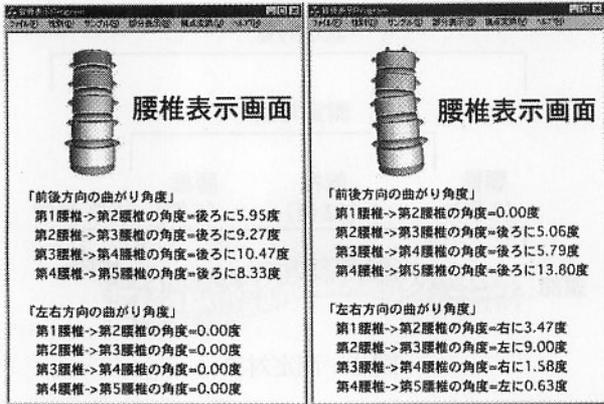


(a) 左右方向の角度 (b) 前後方向の角度

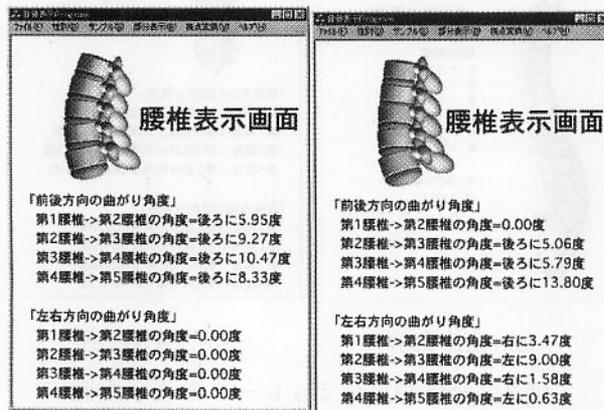
図5 椎骨間の角度の算出

表1 被験者のプロフィール

| 被験者 | A | B |
|-----------|------------------------------------|------------------------------------|
| 体重(kg) | 54 | 50 |
| 身長(cm) | 170 | 150 |
| 性別 | 男 | 男 |
| その他, 特記事項 | 1) クラブ活動でアーチェリー部に所属. 2) 既往症: なし | 1) クラブ活動でアーチェリー部に所属. 2) 既往症: なし |



(a) 正面表示 (基本モデル) (b) 正面表示 (実測)



(c) 側面表示 (基本モデル) (d) 側面表示 (実測)

図6 実測データによる背骨表示

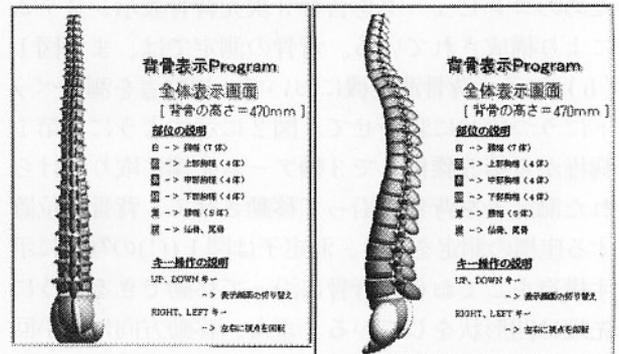
次元CGで作成した各椎骨を配置する。また、あらかじめ用意されている文献における背骨データを標準背骨モデルとし、それと比較できる。同様に、詳細な背骨の形状を表現するため、図3(b)に一例を示すように頸椎、上、中、下部胸椎、腰椎など背骨の部位各称ごとに3次元表示を行っている。これらの表示には、3次元グラフィックスライブラリであるOpenGLを使用した。このことにより、各部分ごとの色分けや陰影処理、図4に示すようにカーソルやマウスを用いた背骨の回転表示など動的な表示を簡単に行うことができ、より認識しやすい表示方法をとることができる。

また、図3(b)における部分表示画面中の各椎骨間の角度は図5に示すように、隣り合う椎骨間の角度差 θ により算出している。左右方向の角度は正面表示に、前後方向の角度は側面表示に対応している。

3. 測定結果

3.1 基本人体モデルとの比較

背骨測定システムの有用性を確認するため、人間の被験者に対し測定を行った例を図6に示す。被験者は



(a) 矯正前 (背面表示) (b) 矯正前 (側面表示)

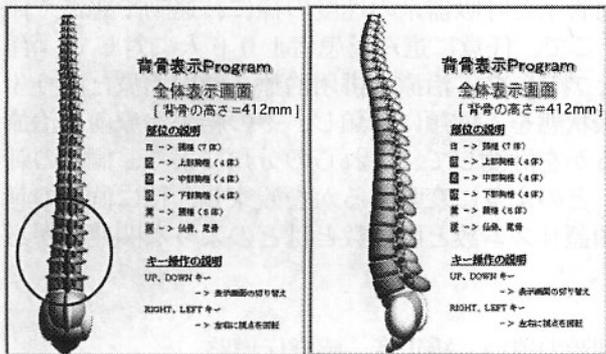
図7 被験者Aの測定結果

身長167cmの成人男性である。一例として、図6では腰椎を表示した。図6(a)、(c)は文献上の人間の平均骨格をもとに作成した基本モデルであり、図6(b)、(d)は測定データより作成したものである。図6(a)、(b)の正面表示の比較から、被験者の第2腰椎と第3腰椎の左の椎間板に狭窄が見られる。これは図6(b)中の「左右方向の曲がり角度」内の「第2腰椎と第3腰椎の角度」=9.00度となっており、図6(a)の基本モデルより非常に大きくなっていることにより確認できる。また、図6(c)、(d)の側面表示の比較からは基本モデルに比べ被験者の腰椎は前弯が少なくなっていることがわかる。これは「前後方向の曲がり角度」内の第1腰椎から第4腰椎間のそれぞれの角度が基本モデルと比べて小さくなっていることから確認できる。また、この被験者は第4腰椎と第5腰椎の椎間板に、後方部で狭窄が見られる。これも、基本モデルと比べて第4腰椎と第5腰椎の角度が8.33度から13.80度へと非常に大きくなっていることから確認できる。

このように被験者の測定と同時にその結果を3次元的に確認でき、定量データである椎骨間の角度を表示することで施術者の施術技術面での支援と被験者への施術面、精神面両方の支援となることができる。



(a) 矯正前 (背面表示) (b) 矯正前 (側面表示)



(c) 矯正後 (背面表示) (d) 矯正前 (側面表示)

図8 被験者Bの測定結果

3. 2 矯正結果例

図7、図8には表1で示されるプロフィールを持つ被験者に対して行った実測結果である。図7の被験者Aは背面表示で見られるように、中部胸椎で若干の左側弯が見られるが、下部胸椎から腰椎は比較的まっすぐな背骨をしている。これは、施術者の触診の結果と対応しており、矯正は行っていない。

図8に示す被験者Bは、施術者による触診の結果、腰椎付近が曲がっているという回答を得たが、測定結果でも図8(a)に見られるように腰椎の部分で左側弯の結果を得た。このことから、施術者の触診結果と測定機による測定結果は良い一致を見せているといえる。また、腰椎が曲がった被験者Bに対して、施術者による矯正を施した結果、図8(c)のように腰椎部

分の曲がりの改善が見られる結果を得た。

4. 結言

カイロプラクティックを対象とした、背骨測定システムを作成し、実際に測定を行いその有用性を確認した。本研究では特に測定データの3次元的可視化を主に行った結果、次のようにまとめられる。

(1) 本システムは3次元座標測定機を用い背骨の曲がりを測定している。そのため放射線測定機などの人体に影響が心配される測定、検査機器と違い人体には影響がなく、安心して検査が行える。

(2) 3次元グラフィックスライブラリを用い背骨を3次元表示することで、定量的に背骨の曲がり具合を評価できるため、施術者と被験者のコンセンサスがスムーズになった。

(3) 背骨表示において全体表示、部分表示と分けて表示することにより、マクロな評価と詳細な評価ができ、より現実的な施術、説明が行える。

今後の課題としては以下の事柄が上げられる。

(1) より多くのデータを採取し、疾病の病状と背骨の曲がりの相関関係を解析し、施術者の施術面に対してより積極的に支援できるシステムの構築を行う。

(2) 本システムの測定部の正確さを確認するため、測定原理の異なる他の測定機との比較、検討する。

(3) 実際の施術者と被験者のコミュニケーションの場はこの背骨測定システムを入れ、その有用性の確認、問題点の検討を行う。

参考文献

- (1) Stephane Cotin, Herve Delingette and Nicholas Ayache : Real-Time elastic deformations of soft tissues for surgery simulation, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol.5, No.1, (1999), pp.62-73
- (2) R.Onbuci, T.Miyazawa et al : Integrated medical image system for cancer research and treatment, IBM J. Res. Develop, Vol.40, No.2, (1996), pp.185-210
- (3) K.Adachi : One of the hypotheses that I inferred from the date that proved the effect of manipulation (It had included the hypotheses about supplementary nutritive remedy), The Bulletin of the Cyukyo College, Vol.24, No1, (1998), pp.45-68
- (4) M.Wada and S.Omata : New Method for examining therapeutic Values of chiropractic, '97 World Chiropractic Congress, (1997), pp192-193
- (5) 鈴木隆雄 : 日本人のからだ、朝倉書店、(1997)、P.265