

縦型背骨曲がり測定機用3次元接触センサーの開発

日本大学大学院 ○頼所 孝俊 日本大学 小林 義和, 白井 健二

縦型背骨曲がり測定機用自動センシング装置の接触センサー部の精度向上をはかるため、新しい原理に基づく接触センサーを開発した。この接触センサーシステムは、接触によって発生する円部応力分布をもとに接触変形理論から表面変位を算出し、表面変位を3次元表示する。また、センサー部を背骨に沿って走査することによりセンサー部に現れる表面変位のデータを取得し、背骨曲がり自動表示する。

1 緒言

近年、背骨の曲がり等の変形状態の人を治療する方法として、カイロプラクティックなどの治療法が注目されている。しかしながら、現状では背骨の変形を診断するためには、触診による方法のみである。一方、これまでに開発した横型背骨曲がり測定機は、患者がベッド上うつ伏せの状態にて医師の触診により患部の検査を行っていた。

そこで、これらの問題点を解決するため縦型背骨曲がり測定機を開発した。この装置は、患者が直立の状態にて測定する。ここでは背骨の変形の測定は自動ではあるが、現状では測定の誤差が大きい。

本研究は、縦型背骨曲がり測定機用自動センシング装置のセンサー部の精度向上をはかるため、高精度のセンシング装置を開発し、測定誤差を小さくすることを目的としている。

2 システム構成

図1に縦型背骨曲がり測定機のシステム構成を示す。本システムは、患者の背骨を測定するための装置、測定子、測定子の圧力を制御するためのコンプレッサ、制御用のPC（パーソナルコンピュータ）から構成されている。制御用PC内には、図2に示すように縦型背骨曲がり測定用プログラムが格納されている。このプログラムは、垂直、水平、前後位置がリアルタイムで表示される装置制御用プログラムと原点合わせ、接触式、非接触式の変更などを制御できる背骨形状表示プログラムの2種類がある。

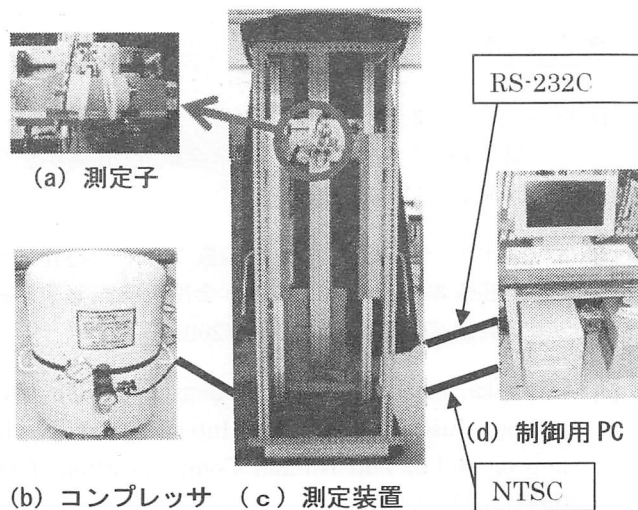


図1 縦型背骨曲がり測定機のシステム構成

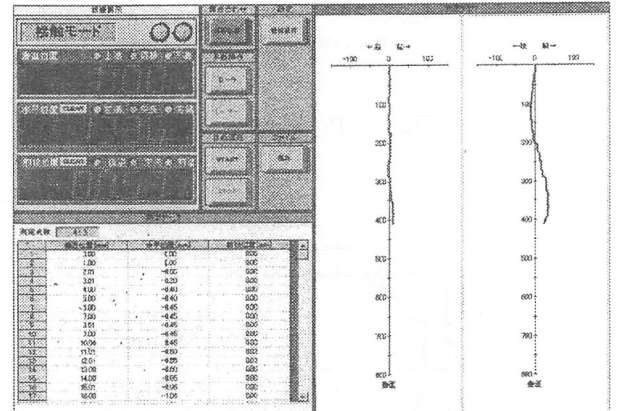


図2 縦型背骨曲がり測定機のインターフェース

3 接触センサーシステム

3.1 現状の接触センサーシステムの問題点

試作した現状の縦型背骨曲がり測定機で測定をしてみると、測定子の2つのローラが背骨から外れてしまう場合があった。そこで、測定の精度向上のためにセンサー一部を改良することとした。

その方法は、測定子にローラではなく、接触センサーシートを用いることにより精度向上をはかるものである。しかしながら、現状の接触センサーシートは、非常に薄く背骨のように不規則な形状の物体を測定した場合、接触センサーシートが歪み、正確な測定が出来ない。したがって、新しい接触センサーシステムを開発することとした。

3.2 新接触センサーシステム

現状の接触センサーにおいては、不規則な形状の物体を測定することは、困難である。そこで、図3に示すようなセンサー構造を考案し、他点接触において発生する円部応力から表面変位を算出することとした。

これは、圧力センサーと測定対象である不規則な物体の間に規則的に並んだ半球の剛体と弾性体を挟み込んだモデルである。これによって、測定物がセンサーに接触する際、面接触から点接触に変移することによって、不規則な物体においても物体と剛体の接触は全て点接触になる。そして、物体によって押し込まれた半球剛体は、弾性体との間に等分布応力が発生する。そして、弾性体の厚みを考慮しながら発生する応力を算出し、圧力センサーに表面変位を算出させるものである。

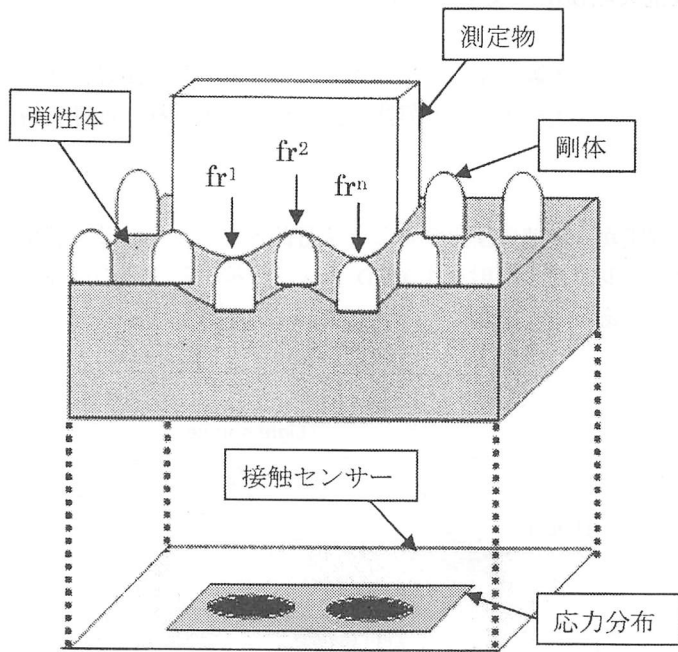


図3 接触センサーシステムのモデル

3.3 接触センサーシステムの原理

接触センサーシステムは、測定物を半球剛体上において、半球剛体と弾性体との接触面に等分布応力を出力させる。そして、弾性体の厚さを考慮し接触センサーに応力分布を表示させることによって、測定物の形状を認識する。

まず、半球剛体と測定物が接触した状態について考える。半球剛体の頂点は独立に変形すると考えたとき、測定物を押し込むことにより、接触面が変位するが、突起は半球剛体であるため、この突起は変位しない。しかしながら、半球剛体は弾性体と接触しているので半球剛体と弾性体の間に測定物と突起物との間の表面変位と同様の表面変位が出力できると推定できる。また、半球剛体と弾性体の接触面には等分布応力が出力されることから各半球剛体にかかる弾性体の表面変位を算出することができる。

これらのことから、弾性体の表面変位と弾性体の厚さを考慮した等分布応力が弾性体の底面に出力されることにより、接触センサーに応力分布が出力されるので、その応力分布から表面変位を算出する。応力分布から表面変位を算出するためには、次の式(1)によって求めることができる。

$$\delta^i = w_o^i + \sum_{j=1}^n w_d^{i,j} \quad (1)$$

ここで、

δ^i : 表面変位

w_o : 応力分布

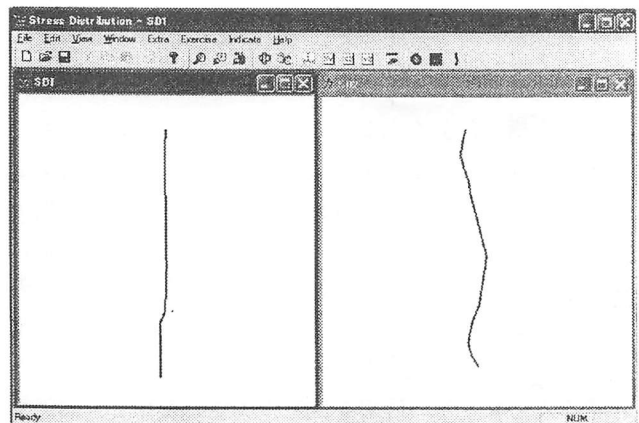
w_d : 距離 d 離れた場所から受ける応力分布

この式(1)を用いることによって、応力分布から表面変位を3次元表示させることができる。また、測定物の形状も表示できる。

4 接触センサーシステムを応用した背骨形状表示

前述の接触センサーシステムの考えを応用することによって、背骨形状を表示することができる。すなわち、人間の背中は不規則な形状をしているため、この不規則な形状である背骨を接触センサーシステムで背骨を走査することによって背骨形状を表示することが可能である。

図4に、背骨形状が測定できた場合の背骨形状の3次元表示を示す。このプログラムは座標値を表示させるプログラムであるが、今回提案した接触センサーシステムでデータを取得することにより図4に示すものと同様に3次元表示が可能となる。



(a) 左右方向

(b) 前後方向

図4 センサーシステムを利用した背骨形状の予想図

4 結言

4.1 結論

接触センサーシステムのモデルを考案し、その方法を確立し、以下の結論を得た。

- (1) 新しい接触センサーシステムを考案することによって半球剛体の円部応力分布を算出することができる。
- (2) 剛体半球の円部応力分布を算出することによりセンサーに測定物形状の応力分布を表示できる。
- (3) 不規則な形状の物体の応力分布ができることから背骨上にセンサーを走査させることによりその形状が測定可能となる。

4.2 今後の課題

- (1) シリコンゴム以外の弾性体においてもシミュレーションを行い、接触センサーシステムに最適な弾性体を見つける。
- (2) 接触センサーモデルを実際に開発することにより、応力分布が接触センサーに出力されるのかを実験する。
- (3) 応力分布された接触センサーから測定物の認識をする。

参考文献

- [1] 小林 義和：マイクロトライボロジー環境下における機能性表面評価に関する研究，博士論文(2003)
- [2] K.L.Johnson: Contact Mechanics, Cambridge Univ. Press, (1985)