

1. 緒言

腰痛症の代表的な原因は椎間板ヘルニアである。これは姿勢を変化させることで、腰椎を形成する5つの椎骨の位置が変わり、椎骨間の椎間板が変形し神経を圧迫することによって痛みや痺れが生じる。そのため、椎間板に負荷がどの程度作用しているのかを知ることができれば、腰痛の診断や治療、予防に有用であると考えられる。

現在までに椎間板負荷を計測する方法として、スウェーデンの整形外科医 Nachemson らが行った方法がある⁽¹⁾。直接椎間板にセンサを挿入し、椎間板にかかる圧力を計測するという方法であるが、外科手術を伴うため限られた機関でしか行えず、広く用いることは困難である。そこで本研究グループでは、体表面の腰椎部の形状を3次元動作解析装置により測定し信号処理することで、非侵襲的に椎間板負荷を推定する方法を提案してきた⁽²⁾。しかしこの3次元動作解析装置を使用するには測定前に撮影範囲を設定したり、測定部に特別なマーカーを貼り付けたりしないといけない。

そこで腰椎部の体表面形状を測定する新たな方法として、第1腰椎、第5腰椎、第1腰椎と第5腰椎の中心において、基準となる位置からの距離の差を、バネの弾性力の変化で読み取ることで、腰椎部の曲率半径を導出する方法を提案する。

2. 椎間板負荷推定の概要⁽²⁾

椎間板は各椎骨間に存在しクッションの役割をしていて、おもりなどを持たない前屈時には上下の椎骨はピン結合で連なっていると考えることができる。本研究では、腰椎が稼働する運動はそれぞれの腰椎が均一に動くと考え各椎間板に掛かる内圧も均一だと仮定し、腰椎部の体表面形状を円弧で近似して曲率半径を求め、姿勢変化に伴う腰椎系の曲率半径の変化から平均的な椎骨間の隙間変化を推定することで平均的な椎間板負荷を導出する。

3. 提案する体表面形状測定法

曲率半径を測定するために、矢高と弦長が必要である。そこで図1のように圧力センサを3つ用いる。弾性力の変化で矢高を求め、圧力センサの位置関係から弦長を求める。本研究では圧力センサの間隔を70mmとしたので、弦長は140mmとなる。以上の求められた数値から3点の座標に置き換え、一般形の円の方程式に代入し連立方程式を用いて曲率半径を算出する。図2に弦長が140mmのときの曲率半径と矢高の関係を示す。

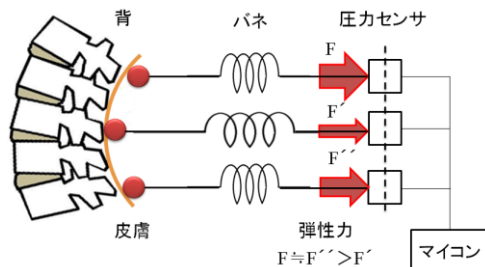


図1 本提案法の概要

4. 曲率半径測定実験

曲率半径が分かっている木材を、提案システムを用いて図3のように計測を行い、曲率半径を推定し、システムの妥当性を検討する。

測定する曲率半径は200mm～1000mm(200mm刻み)の5つで行った。表1はそれぞれの曲率半径において10回計測を行った結果の平均値と標準偏差をまとめたものである。

表1より曲率半径がある程度の精度とばらつきで推定できた。大きくなるにつれて精度が低下したが、図2より、曲率半径が大きくなるにつれて矢高の変化が小さくなることから、矢高のわずかな測定誤差が曲率半径の導出に大きく影響したと考える。

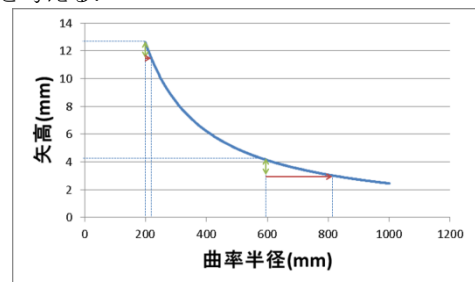


図2 曲率半径と矢高の関係



図3 実験風景

表1 曲率半径の推定結果

木材の曲率半径 (mm)	提案法による曲率半径	
	平均値(mm)	標準偏差(mm)
200	226.15	14.19
400	372.66	33.02
600	645.49	87.98
800	759.98	116.71
1000	797.81	176.97

5. 結言

体表面から曲率半径を推定するための新たなセンサシステムを提案し、あらかじめ曲率半径が既知である木材を測定した結果、曲率半径がある程度の精度で推定が可能であった。今後は人の腰椎部で計測を行えるように改良し、姿勢変化による負荷の傾向がとれるのか確認を行っていく予定である。

文献

- (1) B.J.G.Andersson., R.Örtengren., A.Nachemson., and G.Elfström., “LUMBAR DISC PRESSURE AND MYOELECTRIC BACK MUSCLE ACTIVITY DURING SITTING”, I. Studies on an Experimental Chair, Scand J Rehab Med 6, 1974, pp. 104-114.
- (2) 芝田京子, 井上喜雄, 岩田祥孝, 片川準也, 藤井涼, 腰椎系における椎間板負荷の非侵襲的な推定法, 日本機械学会論文集 C 編, Vol.78, No.791, pp.2483-2495, 2012