

腰痛予防のための曲げセンサを用いた腰椎曲率半径の推定

1. 緒言

腰痛症の中で代表的な腰痛症は椎間板ヘルニアである。これは腰椎部の椎骨間にある椎間板が変形し神経を圧迫することによって痛みなどの症状が出る。そのため、椎間板にかかる負荷を計測することができれば、腰痛の診断や治療、予防に有用であると考えられる。

これまでの有用な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<sup>(1)</sup>。これは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うことができず、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これまでに椎骨端部が背中の体表面に近い部分に存在していることに着目し、姿勢変化に伴い腰椎系の彎曲が変化することから、体表面の腰椎部の形状を 3 次元動作解析装置を用いて測定し信号処理をすることで、体を傷つけることなく椎間板負荷を推定する方法を提案し、椎間板圧の実測値と似た傾向が得られている<sup>(2)</sup>。

本研究では、3 次元動作解析装置に代わるより汎用性の高い腰椎部の彎曲の新しい測定方法を提案する。腰椎部を構成する 5 つの椎骨の椎骨端部に沿って曲げセンサを貼り付け、出力電圧の変化を読み取ることで腰椎部の彎曲を推定する。

2. 椎間板負荷推定の概要<sup>(2)</sup>

椎間板は各椎骨間に存在しており、上下の椎骨は椎間関節にてピン結合で連なっている。姿勢が変化すれば椎体間の隙間が変化することにより、椎間板負荷の変化は椎体間の隙間変化により生じているといえる。また、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. 提案する曲率半径の測定法

曲率半径を計測するために、第 1 腰椎から第 5 腰椎の椎骨端部に沿って曲げセンサを貼り付ける。曲げセンサは力が加わりセンサが曲がると抵抗値が変化する。そこで、姿勢の変化による曲げセンサにかかる電圧を A/D 変換し、出力電圧を読みとることで腰椎の曲率半径を推定する。

4. 曲率半径測定のための基礎実験

あらかじめ曲率半径が分かっている木材を用いて、試作したセンシングシステムにより抵抗値を計測した。

測定する曲率半径は、一般的に腰椎系の彎曲が取り得る範囲として、200mm, 400mm, 600mm, 800mm, 1000mm の 5 つで行った。図 1 はそれぞれの曲率半径において 3 回計測を行った結果をまとめた図である。

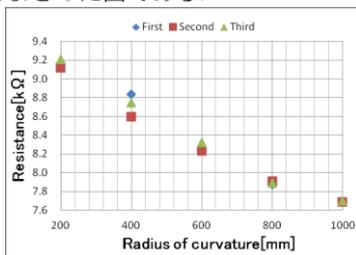


図 1 木片の曲率半径測定結果

図 1 より曲率半径が大きくなるにつれ抵抗値が小さくなっていることが確認できる。ばらつきが少なく曲率半径を推定可能な見通しが得られた。実際に人体の腰椎部に曲げセンサを貼り付けた際にデータシートとして使用するため、この計測値の平均値から求めた近似曲線を作製した。

5. 腰椎椎間板負荷の推定実験

被験者の腰椎部に曲げセンサを貼り付け、Nachemson らが行った実験と同様の静止した姿勢で測定を行い、妥当性を検討する。測定した姿勢は

- ①：立位姿勢でまっすぐ立った姿勢
- ②：①から上半身を 20 度前に倒した姿勢
- ③：座位姿勢でまっすぐ座った姿勢
- ④：③から上半身を 20 度前に倒した姿勢

の 4 姿勢であり、3 人の被験者 (A~C) で各 4 回ずつ行った。図 2 は、Nachemson の実験結果と、曲げセンサの出力電圧に対して 4 章で述べた近似曲線を用いて導出した曲率半径から椎間板負荷を推定した結果を比較したものである。

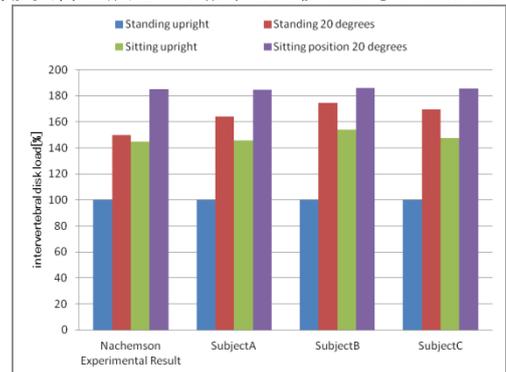


図 2 椎間板負荷の推定結果

図 2 より前屈姿勢になると曲率半径は大きくなり、椎間板への負荷も大きくなることから本研究で提案した推定法により静止中の椎間板負荷を推定することが可能であることが確認できた。

6. 結言

曲げセンサを用いて腰椎系体表面の曲率半径を推定する新たなセンサシステムを提案し、あらかじめ曲率半径が分かっている木材を使って実験した結果、曲率半径が推定可能であることが分かった。実際に腰椎部に貼り付け、曲率半径を推定し、椎間板負荷を比較したところ、実測データと同様の傾向が見られ、椎間板負荷推定の見通しが得られた。

文献

- (1) B.J.G.Andersson . , R.Örtengren . , A.Nachemson . , and G.Elfsström . , “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