

## スマートフォンを用いた頸部関節位置覚測定法の一検討

## Study of Smartphone Based Measurement Method for Neck Joint Position Sense

吉本 ゆかり<sup>†</sup> 藤村 誠<sup>†</sup> 山下 裕<sup>‡</sup> 東 登志夫<sup>‡</sup>  
 Yukari Yoshimoto Makoto Fujimura Yuh Yamashita Toshio Higashi

## 1. はじめに

頸部痛患者の増加にともない、その対応が求められている。頸部痛に対する治療の評価には、Revel らが提案した Relocation Test が用いられる [1]。これは、頭部にレーザー照射器をとりつけ、頭部を正面、横方向、正面と向け、最初と最後の正面位置をレーザー光の照射位置で測定することで、頸部関節位置覚を求める方法である。しかし、測定空間の確保が必要とされ、照射位置を目視で測定しているため、記録に手間がかかり、測定値に大きな誤差が生じるという問題があった。

一方、スマートフォンには加速度センサなどの各種センサが搭載されており、さまざまな用途に用いられている。特に、センサを利用して人体の動作などの測定を行うアプリケーションもいくつか検討されている [2][3]。

本稿では、Relocation Test の問題解決のために、スマートフォンを用いた頸部関節位置覚測定方法を提案する。この方法では、従来の頸部関節位置覚の測定手順を考慮し、スマートフォンの加速度センサ、ジャイロセンサ、地磁気センサの値から頭部の傾斜および回旋角度を求める。

## 2. 頸部関節位置覚の測定方法

図 1 に、従来の頸部関節位置覚測定法である Relocation Test に必要な頭部姿勢の要素を示す [1]。図中の頭部に対する 3 次元座標軸 X, Y, Z における回旋角度を求める。X 軸周りの回旋は、頭部を左右に向ける回旋運動の回旋であり、正面を  $0^\circ$ 、左向きを正、右向きを負の角度とする。同様に、Y 軸周りの回旋は、頭部を前後に傾ける伸展、屈曲運動の回旋であり、Z 軸周りの回旋は頭部を左右に傾ける側屈運動の回旋である。

Relocation Test の手順は、安静正中位の頭部の角度を基準値として測定した後、数回の回旋、伸展、屈曲、側屈運動を行い、再度頭部を正中位に戻したときの頭部の角度と基準値との差を求める

ことで頸部関節位置覚を測定する。頭部の角度測定は、患者頭部に固定したレーザーポインターで数十 cm 先の壁を照射し、その照射位置から角度を算出することで行う。

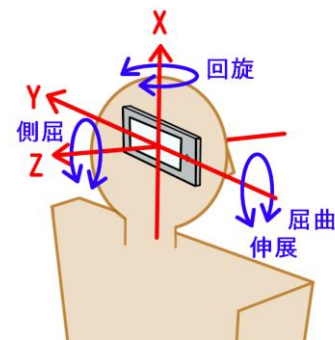


図 1 頭部の回転運動とスマートフォンの座標系

## 3. スマートフォンによる頸部関節測定方法

スマートフォンは市販の VR ゴーグルによって頭部に固定する。このため、図 1 に示すようにスマートフォンを横に倒した状態で角度の測定を行うこととなる。

スマートフォンの右手座標系における X 軸周りの回旋を回旋運動、Y 軸周りの回旋を伸展、屈曲運動、Z 軸周りの回旋を側屈運動のそれぞれの角度とする。また、これらの角度の測定は、加速度センサ、ジャイロセンサ、地磁気センサの値から算出する。

図 2 に、伸展、屈曲および側屈に相当するスマートフォンの Y, Z 軸周りの回旋角度を示す。加速度センサの値を  $(x, y, z)$  とし、重力加速度  $g = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = 1G$  とする。Y 軸周りの回旋角度を  $\theta$ 、Z 軸周りの回旋角度を  $\phi$  とすると、それぞれの計算式を次に示す [4]。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{y^2 + z^2}} \left( \frac{180}{\pi} \right) \quad (1)$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{y}{\sqrt{x^2 + z^2}} \left( \frac{180}{\pi} \right) \quad (2)$$

<sup>†</sup> 長崎大学大学院工学研究科

<sup>‡</sup> 長崎大学医学部保健学科

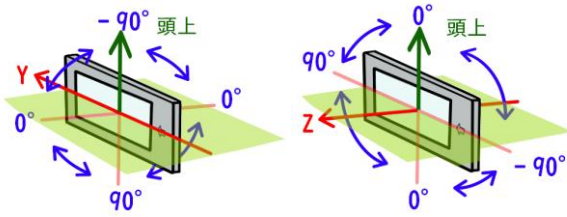


図 2 頭上を基準とした Y 軸, Z 軸周りの角度

#### 4. 評価実験

評価実験では、スマートフォンの加速度センサなどを用いた回転角度の測定について検証した。以下、Z 軸における回転角度について述べる。実験に用いたスマートフォンは紅米 Note4 (Xiaomi Redmi Note 4[5])であり、センサ測定値からの角度の算出のために Unity による測定システムを作成した。

スマートフォン、水準器および方位磁針を一緒に固定した台を、スマートフォンの X, Y, Z 軸の回転が可能な三脚に取り付けた。測定開始時のスマートフォンの初期姿勢はスマートフォンの X 軸負の方向と重力の正の方向, Z 軸負の方向と磁北への方向を合わせた姿勢とした。Z 軸の回転角度は初期姿勢から 5° 毎に静止後測定を行い、最大回転角度 50° まで測定した。また、センサ値のノイズ除去のためにデータ数 10 の平均移動を施した。この測定およびノイズ除去を各 5 回を行い、その平均値を求めた。また、センサ値から得た回転角度を絶対角度、初期姿勢時の回転角度を基準とした差分値を相対角度とした。なお、比較のため、水準器および方位磁針の値も記録した。

図 3 に Z 軸における回転角度算出結果を示す。図の横軸は水準器の測定値を、縦軸はスマートフォンの加速度センサの測定値から求めた絶対角度である。図 4 に、Z 軸の回転角度の絶対角度と相対角度の誤差を示す。図の横軸は水準器の測定値であり、縦軸はセンサ値から得た値と水準器の測定値との誤差である。

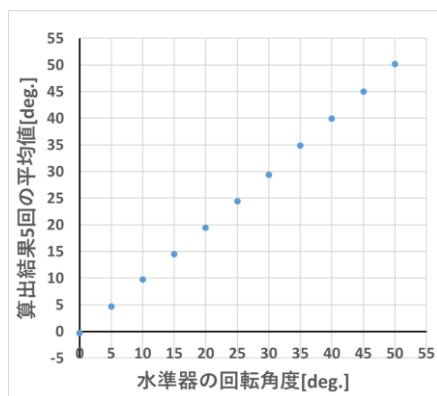


図 3 Z 軸の回転角度算出結果

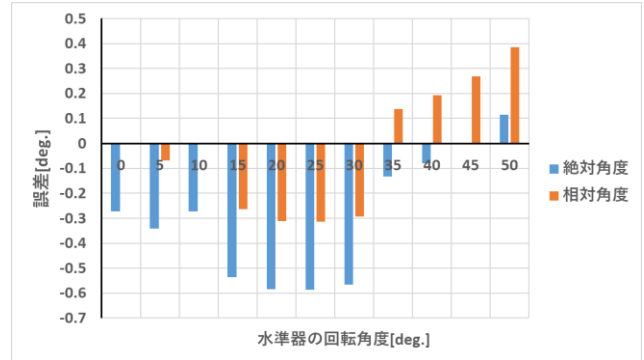


図 4 Z 軸の回転角度の絶対角度と相対角度の誤差

図 4 より、Z 軸の絶対角度の最大誤差は、水準器の回転角度が 25° のとき約 0.59° であることがわかる。絶対角度の誤差は、角度が 0° から 30° の範囲では大きく、35° から 50° の範囲では小さい。また、相対角度での誤差をみると、全体的に誤差が小さく、絶対角度の誤差と相補的であることがわかる。誤差は最大でも 1° より小さいため、頸部関節位置覚の評価に十分使用可能であると考えられる。

#### 5. まとめ

本稿では、近年増加している頸部痛の治療を評価する Relocation Test の問題点を解決するためにスマートフォンを用いた頸部関節位置覚の測定方法を提案した。頭部の傾斜および回旋角度をスマートフォンの加速度センサなどを用いて算出し、頸部関節位置覚を測定する方法である。

評価実験では、提案方法における側屈の測定精度について検証した。その結果、測定誤差が抑えられ、スマートフォンによる頸部関節位置覚の測定が十分可能であることがわかった。

今後の課題は、各センサの測定精度の特性や頸部運動及び姿勢を考慮した補正処理の改良などである。

#### 参考文献

- [1] Revel, Michel et al., "Changes in cervicocephalic kinesthesia after a proprioceptive rehabilitation program in patients with neck pain: A randomized controlled study", Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, Vol.75, Issue 8, pp.895 – 899, 1994.
- [2] 五百蔵重典, 他, "スマートフォン内蔵センサーを用いた複数フロアデッドレコニング", マルチメディア、分散協調とモバイルシンポジウム 2013 論文集, pp.723 – 735, 2013.
- [3] 小野田 公, 霍 明, "スマートフォンアプリケーションの傾斜角度計による関節位置覚検査の検討", 理学療法科学, Vol.31, No.4, pp.501-504, 2016.
- [4] Christopher J. Fisher, "加速度センサーによる傾きの検出", AN-1057, アナログ・デバイス株式会社, 2010.
- [5] Redmi Note4, <https://www.mi.com/in/note4/specs/>