

研究指導 中澤 真 教授

着席した状態でのスマホ使用による姿勢悪化警告システムの開発 —「スマホ首」防止策の一環として—

渡部 莉央

1. はじめに

近年、スマートフォン(以下「スマホ」)の普及により、うつむいてスマホを操作する時間が増え、首の痛みや肩こりといった症状に悩まされる「スマホ首」が問題になっている[1]。また、「スマホ首」の状態が癖になってしまうとスマホを操作していなくても頸椎の弯曲がほぼ真つすぐになり、吐き気や不眠といった症状になる危険性も指摘されている[2]。「スマホ首」を解消するためには、鏡などを使用してセルフチェックをすることが有効であるが、無意識のうちに「スマホ首」の姿勢になってしまうことも多く、常時確認することは難しい。このため、何らかのシステムによって、姿勢が悪いことを自動で通知する仕組みが必要になる。

現在は、「スマホ首」の対策のために、ウェアラブルデバイスやスマホにインストールするアプリケーション(以下「アプリ」)がいくつか提供されている[3][4]。しかし、スマホとは別にウェアラブルデバイスを用意する負担がある点や、手に持ったスマホで「スマホ首」の状態を推定する精度が不明であるなどの問題もあり、十分に普及しているとは言い難い。

そこで本研究ではスマホの角度と首の角度の関係を定量的に評価し、操作しているスマホのセンサから首の角度を推定する精度を高める。それにより「スマホ首」の危険性がある悪い姿勢になっていることを的確に検出できるようなアプリを開発する。

2. スマホ使用による健康被害の現状

2.1 スマホ使用時間の実態

現在、個人におけるスマホの保有割合は67.6%となっていて[5]、スマホは広く普及している。また、スマホの利用者実態調査[6]では、スマホを3時間以上使用すると答えた人の割合は71.6%であった。このことから、多くの人がスマホを持っており、なおかつ長時間スマホを操作している傾向にあるといえる。しかし、長時間のスマホ利用は様々な健康被害の問題も引き起こしている。健康被害の例として、視力低下やめまい、首の痛みや肩こりといったものが挙げられる。とくに後者の症状は、長時間うつむいていることで引き起こされることが知られている。スマホを操作することによって長時間うつむいてしまい、このような症状が慢性化することを総称して「スマホ首」と呼ぶ[7]。

「スマホ首」を防止するためには、正しい姿勢でスマホを操作したり、スマホの使用を控えたりすることが

効果的であるが、利用者の多くはSNSや連絡手段など生活に必要なツールとしてスマホを長時間使用している[6]。そのため、使用時間の短縮によって「スマホ首」の予防に努めることは現実的ではない。また、姿勢の改善には、鏡などを使用してセルフチェックをすることが有効であるが、無意識のうちに「スマホ首」の姿勢になってしまうことも多く、常時確認することは難しい。しかし、姿勢が悪いことを自覚できれば、意識して姿勢を改善することが可能である。したがって、スマホの使用時間の短縮を目指すのではなく、姿勢改善を促すシステムを使用することで「スマホ首」を改善することが現実的であるといえる。

2.2 「スマホ首」を防止するシステムの実態

前述したように「スマホ首」という状態を防止するウェアラブルデバイスやアプリは既に開発されている[3][4]。ウェアラブルデバイスは実際に首の角度を計測できるため、「スマホ首」の判定精度が高いという利点はあるが、スマホとは別にウェアラブルデバイスを用意してはならないという欠点がある。一方、「スマホ首」をアプリで推定する場合はスマホ1台で利用することができるため利便性が高い。しかし、実際に首の角度を計測しているのではなく、カメラや手に持ったスマホの角度から首の角度を推定しているため、精度についての課題がある。このことから、アプリは首の角度を推定する精度を高めることができれば、「スマホ首」の防止策として理想的な方法になる。

スマホ単体で「スマホ首」を推定する方法は大きく分けて2つの方法がある。1つ目は内側のカメラを利用し、顔が画面に近づきすぎているか判定する方法だ。戸田ら[8]の研究では、PC内蔵のWebカメラ画像に基づいて画面と顔の間の距離を推定し、あらかじめ設定した推奨距離を下回ると、首の角度が悪化していると判定している。しかし、骨格や形状に伴うくぼみ部分が距離と照明環境によっては影となり、誤差が生まれるという課題がある。特にスマホを利用する際の照明環境は一定ではないことから、この方法で「スマホ首」を推定するのは難しい。

「スマホ首」を推定する2つ目の方法として、スマホの角度から、首の角度が悪化していないか推定するアプリが提供されている。Necker-姿勢改善アプリ[4]は手に持ったスマホの傾きが利用者の定めた一定以上の角度になるとうつむいた姿勢であると判定され、バイブレーションやダイアログによる警告を行う。しか

し、スマホの角度と首の角度の関係性を定量的に評価されたデータは公表されていない。このため、どのような方法で「スマホ首」の推定を行っているのかわからず、また、どの程度精度が高いのかわからないという課題がある。

このため、スマホの角度と首の角度の関係を定量的に評価し、操作しているスマホのセンサから首の角度を推定する精度を高め、それにより「スマホ首」の危険性がある悪い姿勢になっていることを的確に検出できるようなアプリを開発する。

3. 「スマホ首」の分析と判別

3.1 本アプリでの「スマホ首」判別の概要

スマホ使用時の首の傾き角度による、首への負荷のかかり方について、首の傾きが75度の場合¹は12.2kg、60度の場合18kg、30度の場合では27kgの重さが首にかかるという結果が示されている[9]。27kgは小学1年生の平均体重より重く、かなり負担がかかっている状態だといえる。よって、本研究では首の角度が30度以下である状態のことを「スマホ首」の判断基準とする。だが、一瞬「スマホ首」の状態であったとしても、身じろぎのように一時的な動きである可能性がある。これに対応するため、首の角度が30度以下の状態であり、その状態が10秒以上続いた場合は、一時的な身じろぎではないと判断し、「スマホ首」であると警告する仕様とする。

また、前述したように首の角度を推定するためには、スマホの角度と首の角度の関係を定量的に評価する必要がある。そこで、次節ではスマホと首の角度について分析し、関係性を明らかにした上でアプリ開発をする。

3.2 スマホと首の角度の計測方法

スマホの角度と首の角度の関係を定量的に評価するために、首の実際の角度を測定するためのスマホ、通常通り使用するスマホ、そしてスマホの角度を測定するためのスマホの合計3台を準備した。首の実際の角度を測定するスマホは、画面から見て左側面が底辺になるように被験者の額にバンドで固定した。また、首を左右に振らないことや、実際に操作するスマホを机や膝に固定しないようにすること、椅子に着席して操作することを条件とした。測定時は被験者に自分のスマホを通常通り操作してもらい、その間の首の角度とスマホの角度の時系列変化を測定用の2台のスマホで記録する。額に固定するスマホは加速度センサの値を(x, y, z)としてY軸周りの回転角度を θ とする。額に固定したスマホの角度 θ の計算式は①のようになる[10]。ただし、実際の首の角度と額に設置したスマホの角度は、取り付け位置によってズレが生じるため、首を真っ直ぐにした姿勢で1分間の

計測を行い、これを基点として補正計算する。例えば正しい姿勢の額に設置したスマホの平均角度が80度の場合、この値を90度の基点とすることになり、測定値に+10の補正をすることになる。

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

手に持つスマホは普段通り操作してもらうために、被験者個人のスマホの下に、角度測定用のスマホを重ねて測定する。なお、計測時のスマホの操作内容については定めないが、スマホを縦に持つことを条件とした。スマホの角度計算に使用する加速度センサの値を(x, y, z)としてZ軸周りの回転角度を φ とする。角度測定用のスマホの角度 φ の計算式は②のようになる[10]。

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

3.3 データの収集と分析

本研究では、首の角度を推定する4つの方法を考案し、それぞれの精度について検証するための実験を行った。なお、被験者数は10人である。

3.3.1 首とスマホの角度からの回帰式から推定

首と操作するスマホの角度の計測は、1秒間隔で行い、身じろぎなどの瞬間的な動きの影響を排除するために、10秒単位の平均値を計算して推移データを記録する。一人の被験者の計測時間は通常使用時の15分間に、あえて悪い姿勢でスマホを操作してもらった場合の5分間を加えた合計20分間とした。あえて悪い姿勢で測定したのは、長時間同じ姿勢しかしない被験者は、角度の変化がほぼないデータになってしまうためである。まず、被験者一人分のデータに対して散布図(図1参照)を描き、その傾向を確認した。相関係数は0.76となり、散布図は右肩上がりの傾向を示した。このため、うつむいて首の角度が小さい状態であると、手に持ったスマホの角度も小さく、反対に首が垂直に近い姿勢で、首の角度が大きい状態では、手に持ったスマホの角度も大きい傾向があることが読み取れる。次にこのデータに対する回帰分析をする。

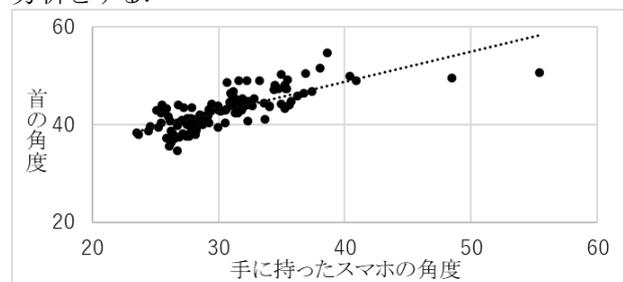


図1 被験者Aの散布図

首の角度をy、手に持ったスマホの角度をxとした回帰式は $y=0.62x+23.83$ となった。さらに、この回帰

¹ 首をまっすぐにした状態を90度とし、うつむくと角度が小さくなる。

式を用いた場合の予測精度を考えるために、実測値と予測値の二乗平均平方根誤差を算出した。この値は1.86となり、個人ごとに推定するのであれば、十分な精度が得られることがわかった。しかし、実際には利用者一人ひとりの計測値から回帰式を算出することはできないため、共通の回帰式を用意する必要がある。そこで被験者10人分のデータに対する散布図(図2)と回帰式について考える。

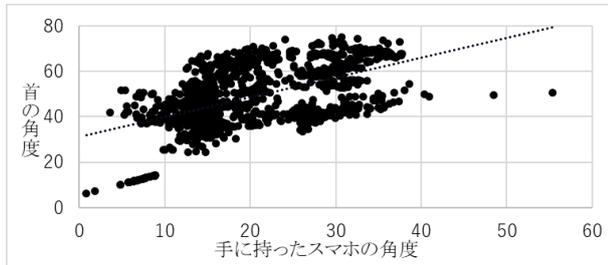


図2 被験者10人分の散布図

相関係数は0.60となり、散布図は右肩上がりの傾向を示した。しかし、個人ごとに回帰式を算出した場合と比べてばらつきは大きくなっているため、手に持ったスマホの角度から首の角度を正確に推定することが難しくなったことがわかる。この結果の回帰式は $y=0.92x+30.55$ となった。さらに回帰式を使った予測では、二乗平均平方根誤差が8.53となり、精度には改善の余地が残った。

3.3.2 キャリブレーションの手法1

前述したように、利用者全員に共通した回帰式で首の角度を推定した場合、二乗平均平方根誤差が8.53となったことから、この方法で高い推定精度を達成するのは厳しいといえる。しかし、一人ひとりの計測値から回帰式を算出した場合は二乗平均平方根誤差が低かったことから、操作するスマホの角度のみを使ったキャリブレーションによって、個人ごとに回帰式を算出することで、高い精度で首の角度を推定できる可能性があると考えた。提案するキャリブレーションの手法1は、首の角度を推定する前に、手に持っているスマホの角度を一定時間記録し、このデータから一人ひとり固有の回帰式を算出することで個人差に対応する。まず、1分間スマホを手に持った状態で頭が地面に対して垂直(90度)を意識して姿勢を正してもらい、使用しているスマホの平均角度aを算出する。次に、顔が地面に水平になるような姿勢(0度)でスマホを操作してもらい、使用しているスマホの平均角度bを算出する。首の角度とスマホの角度の関係を表す一次関数として、(90, a)と(0, b)の2点間を通る式を求め、これを個人ごとの回帰式とみなす。最後に、この回帰式を用いてスマホの角度から首の角度を推定する。

キャリブレーション1についての予測精度を求めるために、5人分のデータで二乗平均平方根誤差を算出したが、値が23.33と非常に大きな誤差になったため残りの被験者の実験を打ち切った。このことから、

キャリブレーションの手法1では首の角度を正しく推定することはできなかった。

3.3.3 キャリブレーションの手法2

次に提案する個人差に対応するキャリブレーションの手法2では、3.3.1で行った利用者全員に共通した回帰式の傾きと切片を個人ごとに補正する。具体的には、一人ひとりのスマホの基本の持ち方の違いを考慮して、最初の1分間の計測でスマホの平均角度を求め、それを標準角度とする。次に、その値から切片や傾きを補正する値を回帰分析で推定する。

この方法での二乗平均平方根誤差は7.76となり、共通の回帰式で首の角度を推定した場合よりも精度が改善された。

3.3.4 スマホのセンサ値で重回帰式

最後はスマホの各種センサ値を説明変数として、重回帰式によってダイレクトに首の角度を予測する方法について考える。これまでの方法は、加速度センサのみを使ってスマホの角度を算出し、この値から首の角度を予測していた。しかし、これに地磁気センサを加えることで、より多くの情報から正確に首の角度を推定できる可能性がある。まず、首の角度を目的変数とし、加速度センサ、地磁気センサの3軸の値、合計6個の説明変数で重回帰分析を行う。この結果、加速度センサy、加速度センサz、地磁気センサzにマルチコが発生した。その中で目的変数との相関係数が最も高いのは、加速度センサyである。そのため、マルチコが発生した2つのセンサおよび目的変数との相関が最も低い加速度センサx、合計3つの説明変数を除外して重回帰分析を行うこととした。その結果、使用する説明変数は加速度センサy、地磁気センサx、地磁気センサzとなり、重回帰式は以下のようになった。

$$y=90.87x_1+0.02x_2+0.03x_3+13.82$$

なお、説明変数は x_1 から順に加速度センサy、地磁気センサx、地磁気センサzの値である。また、決定係数は0.81となった。

この重回帰式を用いた場合の予測精度を考えるため、重回帰式に各センサの値を代入し、二乗平均平方根誤差を算出すると7.27となった。表1からもわかるように、重回帰分析を使った推定方法が今回行った4つの推定方法の中で二乗平均平方根誤差が最も小さい方法であることが明らかになった。

表1 「スマホ首」の推定方法比較

	二乗平均平方根誤差
首とスマホの角度の回帰式	8.53
キャリブレーションの手法1	23.33
キャリブレーションの手法2	7.76
スマホのセンサ値で重回帰式	7.27

4. 「スマホ首」警告アプリの開発

以上の結果を踏まえ、本研究で開発するアプリでは加速度センサy、地磁気センサx、zの値を用いて

首の角度を推定し、基準値である30度を超えている場合に「スマホ首」と判定し警告表示する仕様とする。

4.1 本アプリの動作環境

本アプリはAPIレベル15(Android 4.0.3)以降のOSを搭載したスマホで動作するように開発している。このため、実機での動作検証をAPIレベル29(Android10)のOSを搭載したスマホ端末Mi Note 10 Liteで行った。なお、開発環境はAndroid Studio 4.0.1、開発言語はKotlin 1.3.41を用いた。

4.2 本アプリの動作概要

本アプリを起動するとまず、スマホに内蔵されている加速度センサyの値と地磁気センサx, zの値を取得する。次に、各センサの値を使って首の推定角度を算出する(図 3(a))。3.3.4で算出した重回帰式に加速度センサyを x_1 、地磁気センサxを x_2 、地磁気センサzを x_3 に代入して首の推定角度yを算出する。首の推定角度が30度以下である場合(図 3(b))は、「スマホ首」の可能性があると、身じろぎかどうかの判定をする(図 3(c))。10秒以上首の推定角度が30度以下の状態が続くのであれば「スマホ首」と判断し、警告表示によって利用者に知らせる。「スマホ首」と判定され警告を表示した後や、「スマホ首」と判定されなかった場合は、再びスマホのセンサ値を取得し(図 3(a))、アプリを終了するまで前述の流れを繰り返す。

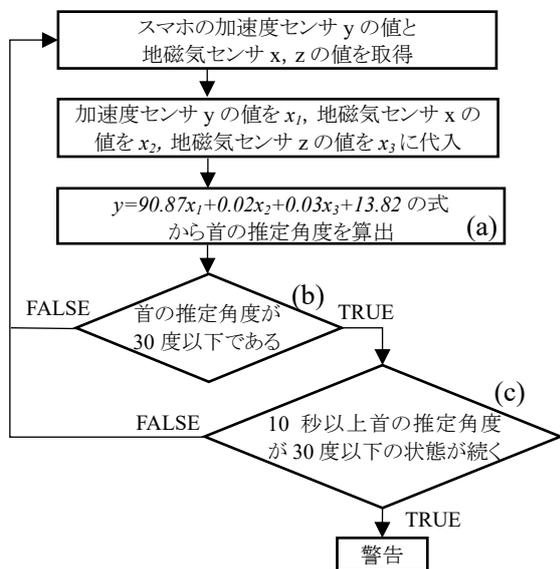


図 3 「スマホ首」推定のフロー

5. むすび

本研究では、4つの方法でスマホの角度と首の角度の関係を定量的に評価し、それぞれの二乗平均平方根誤差を比較することで、精度が高い推定方法を明らかにした。また、4つの方法の中で二乗平均平方根誤差が小さかった重回帰式を使った「スマホ首」推定アプリを開発した。このアプリを使うことで、スマホの操作時に姿勢が悪いと警告が表示されるため、

鏡などでセルフチェックをしなくても「スマホ首」であることを自覚し、姿勢を改善することが可能である。また、「スマホ首」の危険性がある悪い姿勢を推定できるセンサ値を明らかにしたことによって、判定の信頼性を高めることができた。

しかし、重回帰式を用いた手法でも、個人ごとに最適化した回帰式で予測した場合と比較すると二乗平均平方根誤差が大きいことから、より個人ごとの特性を考慮したキャリブレーションの方法を検討する必要がある。また、本研究では着席した姿勢に限定して「スマホ首」の危険性がある悪い姿勢を推定したが、ほかの姿勢でも推定できるようにすることも課題である。

参考文献

- [1] TENTAL, スマホがストレートネックの原因に。肩こり・首こりの解消法を紹介, https://tential.jp/journals/shoulder/stiff_shoulder/017, (参照 2021-02-06).
- [2] 本当は怖い「スマホ首」頭痛に吐き気、不眠までも日常生活の注意点とトレーニング法は？, 京都新聞 2020/11/11 付記事, <https://www.kyoto-np.co.jp/articles/-/397247>, (参照 2021-02-06).
- [3] 株式会社 EFG, ALEX PLUS, https://www.enjoyfg.com/brand/alex_plus/, (参照 2020-07-06).
- [4] Tomoya Muraki, Necker-姿勢改善アプリ-, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.muranoki3.necker&hl=ja>, (参照 2020-07-06).
- [5] 総務省, 令和 2 年度版 情報通信白書, 2020, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd252110.html>, (参照 2021-01-12).
- [6] MMD 研究所, 2019 年版 スマートフォン利用者実態調査, https://mmdlabo.jp/investigation/detail_1844.html, (参照 2020-07-06).
- [7] 日本医学柔整鍼灸専門学校, 【コラム】スマホ首(ストレートネック)の改善&予防!, https://www.jusei-sinkyu.com/judo/blog_sports/?p=5862, (参照 2020-07-06).
- [8] 戸田建ほか, “PC ディスプレイとユーザの顔間の適正距離維持促進システムおよびストレートネック予防への応用”, 電気学会研究資料, pp.1-6, 2015.
- [9] スマホを見ると首を傾けると、10 キロ以上の重みがかかる(研究結果), HUFFPOST 2014/11/25 付記事, https://www.huffingtonpost.jp/2014/11/25/staring-at-your-phone-all-day-is-killing_n_6216656.html, (参照 2020-07-06).
- [10] 吉本ゆかりほか, “スマートフォンを用いた頸部関節位置覚測位法の一検討”, 第 17 回情報科学技術フォーラム, pp.365-366, 2018.