

# 手首・肘の回転によるスマートフォンUIの制御

中野馨介<sup>†</sup> 藤田 悟<sup>‡</sup>

法政大学情報科学部

## 1. 序論

近年、スマートフォンの普及に伴い、多くの人々がwebページをどこでも見ることが可能になった。一方で、多くのwebページはPCの画面サイズに合わせて作られている。このため、スマートフォンではスクロールを多用するか、あるいは、全体を見渡すために文字を小さくするなど操作に関して改善の余地が残る。この問題点に対し、スマートフォンの傾き角度を利用してUIを改善する研究がある[1]。この研究では端末の加速度センサを用いて重力方向と表示面の角度を傾きとし、この角度を用いてスクロールする方向と速さを決定する。しかし、傾け方は人の端末の握り方によって異なり、スマートフォンのX, Y軸に合わせた傾け方は手に負担がかかる。この負担がかかる理由は、傾け方の回転軸と、手首や肘の回転軸が揃っていないためと考えた。そこで本研究ではユーザの腕の可動域に合わせたユーザインタフェースの構築を目指した。ジャイロセンサによって関節の自然な回転軸を抽出し、その軸を中心とした回転量によって画面のスクロール量を制御するというものである。以下、本論文では、回転軸の決定方法、回転量の測定について順に述べる。

## 2. 関連研究

Webページの閲覧性を向上する先行研究として加藤らの研究がある[1]。この研究では携帯端末の課題として、大画面のPCと比較して、画面情報量の低下や操作性の低下を取り上げた。これに対して補助ボタンや補助メニューを用いる、あるいは端末の傾き角度を用いて、情報量や操作性に対する改良を行った研究がある。しかし、これらの研究だけでは、多大な情報を持った巨大なwebページでは、必要な情報を素早く取得するためにスクロールの動作が増えることになる。これを解決するためにはスクロールする動作自体を改良し、簡易かつ直感的にスクロール量を調整できる必要がある。また傾きを決定するための端末の軸は、傾ける手の動きにあっておらず、傾けにくいという問題点がある。よって本研究では、スクロールの部分に改良を加え、操作性の向上を試み、先行研究では対応しきれない部分を補い、より快適な閲覧性を提供することを試みる。

## 3. 手首・肘回転座標系

### 3.1 関節の動きに基づく座標系の設計

本研究ではスマートフォンのスクロールの手法として、従来の様に指を使ってスクロールするのではなく、ジャイロセンサを使い、端末の傾き角度によってスクロールさせるインタフェースを提案する。一般に傾きの測定や傾きを利用したアプリケーションは端末座標系を用いる。

User interface on smartphone using the rotation angles of wrist and elbow

<sup>†</sup>1 Keisuke Nakano

<sup>‡</sup>2 Satoru Fujita

<sup>‡</sup>Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University

しかし、腕、手首の動きやすさを考慮すると端末座標系のX, Y軸に片手で端末を傾けるのは、不自然かつ微調整が難しい動きになる。そこで本研究では独自に手首肘回転座標系を定める。すなわち、手首の回転軸を横軸、肘の回転軸を縦軸として画面をスクロールさせる。

図1に手首・肘回転座標系の概念図を表す。手首回転とは肘を固定した時に手首だけを回転して、端末を回すことができる回転軸である。端末のX軸Y軸ではなく、利用者が端末を保持した状態で、自然に手首を回転した時に得られる回転動作である。

一方肘回転とは、端末を保持した手の肘を頂点に、端末を目から見て前後に移動させる回転量である。これも端末のX, Y軸とは独立であるが、一般的にはX軸の回転に近いものと考えられる。以上2つの回転軸はいずれも人の関節の動きに沿った回転軸である。よって、無理に端末をある方向に傾ける動作と違って、1つの関節だけを使って利用して達成可能な動きであり、利用者に負担の少ない運動と考えられる。

## 3.2 計量方法

### 3.2.1 回転軸の取得

端末の回転軸を決めるため、本研究ではロドリゲスの公式を用いる。ロドリゲスの公式とはヨー、ピッチ、ロールで表された3次元の回転を回転軸ベクトルと回転角に変換する公式である。ヨー、ピッチ、ロールをそれぞれ $\phi$ ,  $\theta$ ,  $\phi$ と表した時、回転行列Mは式(1)で表される。一方、回転軸の単位ベクトル(端末座標系)を $T=(T_x, T_y, T_z)$ 、回転量を $\omega$ とすると、ヨー、ピッチ、ロールと $\omega$ , Tの関係は式(2)(3)で表される。ここでMはMの転置行列である。センサの測定値 $\phi$ ,  $\theta$ ,  $\phi$ ごとに回転軸ベクトルTが決定されるが、人の手の動きを反映した計量であるため、回転軸は一つに定まらない。すなわち、回転軸のゆらぎと、測定の誤差を含んで回転軸が得られる。本研究では人それぞれに手首と肘の回転軸を決定したいため、計算された回転軸から代表軸を決定しなければならない。回転軸は(x, y, z)座標で与えられるが、比較を容易にするため、一旦、端末の極座標 $\alpha$ ,  $\beta$ に変換する。この平面から回転軸の代表値を求めるが、外れ値が存在しやすいため、平均値を使って代表値を決定すると誤差が大きくなる。そこで本研究では、収集された $\alpha$ ,  $\beta$ のそれぞれについて中央値を求め、その組み合わせを代表値とした。

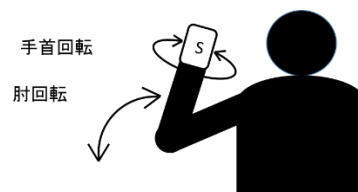


図1. 手首・肘回転座標系の概念図

末の軸に合わせた傾け方を用いた端末回転軸中心手法の

$$M = \begin{bmatrix} \cos\Phi\cos\theta & \cos\Phi\sin\theta\sin\psi - \sin\Phi\cos\psi & \cos\Phi\sin\theta\cos\psi + \sin\Phi\sin\psi \\ \sin\Phi\cos\theta & \sin\Phi\sin\theta\sin\psi + \cos\Phi\cos\psi & \sin\Phi\sin\theta\cos\psi - \cos\theta\sin\psi \\ -\sin\theta & \cos\Phi\sin\psi & \cos\theta\cos\psi \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\sin\omega R = \frac{M - M'}{2} \quad (2)$$

$$R = \begin{bmatrix} 0 & -T_z & T_y \\ T_z & 0 & -T_x \\ -T_y & T_x & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

### 3.2.2 回転量の算出

次に 3.2.1 で決定した軸回りの回転量の計算を行う。一般に、端末の回転状態は、固定された地上座標上に回転した端末の状態を用いて表現する。しかし本研究での回転状態は地上座標系ではなく、端末座標系を軸にロール、ピッチ、ヨーのそれぞれの回転量を計測しているため、端末座標系を回転させてしまうと回転状態の計算が複雑になる。また本研究の手法では、少量の回転の動きを連続して取得し、それを一つの回転として判断する。そこで本研究では端末座標系を回転軸として固定し、本来端末が回転する角度分だけ地表座標系を逆回転させる。そして、最終的に回転後の地表座標軸を求め、今度は回転前後の地表座標系から端末の1点の動きを観測する。これを端末の回転と定義する。回転量は先に求めた回転軸回りの回転量として計算できる。

### 4.実装概要と事前準備

端末の回転情報の取得には Android 端末のジャイロセンサを用いて各軸方向の状態情報を取得する。このインタフェースを使う前に、予めユーザごとに端末を持って肘と手首を回転してもらい、適切な手首肘回転座標系を定める。3.1で示したように関節に沿った動きを予め行ってもらい回転軸を決定することでインタフェースの利用が可能とする。次にブラウザのようなスクロール量が必要なアプリケーションとこの回転量を同期させる。スクロール量は、回転量が 180 度の時を最大とし、それ以上の回転量の場合、180度とする。上記のインタフェースは画面上に特定の大きさのボタンを作成し、そのボタンが押されている間に端末を傾け、ボタンを離れた時、傾けた量からスクロール量決定しスクロールを行う。これにより意図しないスクロールを防ぐ。

## 5.実験

### 5.1 実験概要

設定した軸を用いてスクロールが正しく行われているかを検証する。スクロール量を比較するために実験で検証するページの大きさは 3000px×3000px とし、1マス 100px×100px の四角形を 30×30 並べる。それぞれに右端から順番に数字を並べる。さらに、このマスとは別に、ページ上に 100×100 の大きさの正方形を用意する。その正方形は、ページにスクロール要求が出た時に、同量の位置移動を行う。この正方形が指すマスの番号の移動量でスクロール量が簡易に確認できる。この UI を複数のユーザに利用してもらい、指定した番号のマスに正方形を重ねる実験を行ってもらった。実験には、本研究で設定した手首・肘軸に合わせた傾け方を用いた本手法と、端

両方をそれぞれ独立に 20 回ずつ行う。スクロール量を決定してからスクロールするまでの動作を 1 回の動作とし、狙ったマスまでのスクロールする回数を数え、その平均と分散を比較する。

### 5.2 実験結果

端末座標中心手法	15 マス	24 マス	30 マス
平均	3.9	5.2	1.9
分散	2.19	3.06	0.59
本手法	15 マス	24 マス	30 マス
平均	4	4.4	1.6
分散	1.5	0.94	0.24

表 1. 端末回転軸中心手法と本手法の比較結果

## 6.考察

5.3 実験結果より、本手法では、想定したスクロール量に近い量を出すことに成功した。本手法が端末回転軸中心法よりも少ない回数で意図した場所へのスクロールを行えたことから有用性があると考えられる。本研究の課題として、誤差の問題が挙げられる。現在の実装は、リアルタイム性が悪く、意図した場所への移動が容易でない。画面を見ながら調整するように変更する。また現在角度をスクロール量としているが、角度をスクロール速度とし、量は時間というインタフェースについても考える。

将来的な発展としては、30 マススクロールの精度が高かったことから、スクロール量をそのまま比例するのではなく、複数段階のフェーズに分けて、測定した回転量がどのフェーズであるか判定し、フェーズ毎の決められたスクロール量を与えるという手法にすることにより精度の高い結果が得られるのではないかと考えられる。

## 7.終わりに

本研究ではスマートフォンのジャイロセンサを用いて、肘・手首回転座標系による新たなインタフェースを提案した。本研究ではロドリゲスの公式により端末座標系を肘・手首回転座標系に変換することでユーザごとに座標系を用いることが可能となった。このインタフェースにより多大なスクロールを 1 つの動作で行うことが可能となり、操作量を減少出来たと考えられる。

### 参考文献

- [1] 加藤 清志, 芦田 和正, 兼吉 昭雄, 情報処理学会研究報告. HI, ヒューマンインタフェース研究会報告 99(9), 7-12, 1999-01-29