

## ワイヤレス慣性センサと Android 端末を用いた姿勢改善支援システム

システム工学群

知能メカトロダイナミクス研究室 1180123 西田 隼人

## 1. 緒言

腰痛は、腰部に起こる痛み、炎症などを感じる状態のことをいい、腰痛の原因は、車の運転時やデスクワーク時に歪みのある姿勢を長時間取ってしまうことや重量物を持つなどの腰に大きな負荷のかかる姿勢や動作が考えられる。日常生活の中で、鏡などを使わずに自らがどのような姿勢をとっているのかを自覚することは困難であり、作業に集中するあまり無意識のうちに姿勢が崩れてしまい、猫背や平背などの腰に負担の大きい姿勢に陥ってしまう。そこで、日常生活内で自らの姿勢を自覚し、負担の少ない姿勢に改善することができれば、腰痛の予防につながると考えられる。

従来までの姿勢矯正の方法は、姿勢が崩れ骨格系に歪みがある場合は整形外科やカイロプラクティックでの施術矯正があるが、使用者にとっては受け身的であり、一時的な処置であるために、日常生活内で腰に負担の大きい姿勢を繰り返せば、再び歪みが生じる。能動的な方法としては、姿勢改善ストレッチなども多く提案されているが、万人共通の方法なので、個人毎に異なる姿勢の歪みの矯正には適さない。個人差のある歪みに対応した能動的な姿勢矯正法として先行研究では、頭部・背部・腰部に加速度センサを取り付け、前後方向での各部の傾斜角を求め、基準姿勢との角度差によって、リアルタイムで姿勢が悪化したことを特定し、通知音を使って使用者に知らせるシステムがある<sup>(1)</sup>が、姿勢データを保存する仕組みはない。

本研究グループでは長時間姿勢をモニタリングして使用者の姿勢の癖を見つけ出すことが姿勢改善において有用と考えている。そこで、本研究で提案するシステムは、装着の負担を低減したセンサシステムにより姿勢を測定し、多量の姿勢データを長期保存することで、使用者の姿勢の癖を特定し、これを基に個人にあった姿勢改善方法を提供する。そして、無意識にとってしまう習慣的な腰に負担の大きい姿勢を使用者に自覚させ、使用者が能動的に腰に負担の少ない姿勢へ改善することを目的とする。フィードバックの方法としては、本研究グループでこれまでにを行った姿勢形状の可視化<sup>(2)</sup>と腰椎椎間板負荷<sup>(3)</sup><sup>(4)</sup><sup>(5)</sup>を組み合わせた表示を考えている。本報では、クラウドサーバ上に蓄積した姿勢データから使用者の姿勢の癖を見つけ出すために、ワイヤレス慣性センサにより測定した多量の姿勢データをクラウドサーバ上に長期保存する仕組みの開発と、慣性センサを用いての姿勢推定アルゴリズムの提案を行う。

## 2. 姿勢改善支援システムの概要

生活習慣による腰痛予防のために、日常生活の妨げとならないような小型軽量のセンサシステムを使用者に装着してもらうことで日常生活を送りながら現状の姿勢を計測してクラウドサーバ上に蓄積していく。時々刻々の姿勢データから使用者がどう改善すれば正しい姿勢になるかを姿勢形状と共に示し、蓄積した姿勢データから使用者の姿勢の癖を見つけ出し、使用者ごとに適した姿勢改善方法を提供する。計測対象の姿勢は、骨格系への歪みを誘発すると考えられる長

時間の同じ姿勢、ゆっくりと崩れていくようなほぼ静止している姿勢などである。計測した姿勢データすべてをデバイスを通してクラウドサーバ上に長期保存し、デバイスで閲覧することにより、使用者が自身の姿勢を認識し、使用者の意思で能動的に正しい姿勢へ改善するような支援システム(図1)を提案する。

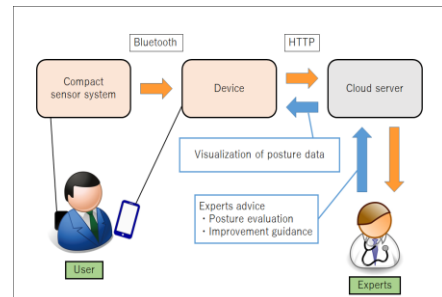


Fig. 1 Summary of the proposal system

使用者へのフィードバックは、姿勢の変化をリアルタイムで通知することや、蓄積した姿勢データを使用者が直感的に姿勢の良し悪しを理解できるように編集した姿勢データをデバイス上で可視化することを考えている。また、編集した姿勢データを専門家に見てもらいアドバイスを付加できるような仕組みを追加し、使用者が日常生活の姿勢を自主的に見直し、改善できるようにすることも考えている。

本報では、提案するシステムの内センサとデバイス、クラウドサーバの通信のためのアプリケーション開発と、フィードバックの検討として慣性センサを使用している姿勢推定アルゴリズムの提案に取り組んだ。センサは、慣性センサを使用する。今回は、ATR-Promotions社製の小型無線多機能センサである TSND151 を 4 個使用した。デバイスは、センサとクラウドサーバの両方との通信が容易に行なうことができるスマートフォン(本報では Android 端末)を選択した。クラウドサーバは、Ubuntu 16.04.2 LTS サーバで、レスポンスは JSON 形式のものを使用した。センサとデバイスの通信は Bluetooth 通信、デバイスとクラウドサーバの通信は HTTP 通信で行った。

## 3. デバイス内で動作する開発したアプリケーション

開発したアプリケーションは、ATR-Promotions社の Sensor Controller for Android をベースにクォータニオン計測設定とクラウドサーバとの通信プログラムを追記したものとなっている。開発したアプリケーションのメインメニュー画面を図2に示す。センサ設定では、慣性センサ内蔵のセンサの使用の有無、計測レンジ、計測周期、計測データ送信の有無、計測データのセンサ内への記録有無を使用する慣性センサごとに行う。グラフ設定では、各センサ値の時刻歴波形の出力設定を行う。環境設定では、計測データの保存先を設定する。設定終了後、接続開始、計測開始の順にボタンを押すことで、計測を開始することができる。端末の戻るボタンを

押すと計測が終了する。計測した姿勢データは、図3のようなCSV形式で記録される。1カラム目は計測データ種別、2カラム目は時刻(計測した日の0時を0とする経過時間[msec])、3カラム目以降はクォータニオン W, X, Y, Z, 加速度 X, Y, Z, 角速度 X, Y, Z の値が格納される。



Fig. 2 Screen of the developed application

qags	79750810	9843	0	0	-156	9897	500	2324	18	67	-30
qags	79750820	9843	0	0	-156	9809	494	2298	36	18	-36
qags	79750830	9843	0	0	-156	9871	482	2330	30	-12	-36
qags	79750840	9843	0	0	-156	9877	456	2341	18	-12	-42
qags	79750850	9843	0	0	-156	9881	457	2357	-18	24	-24
qags	79750860	9843	0	0	-156	9888	489	2352	-18	97	-6
qags	79750870	9843	0	156	-156	9858	535	2301	-60	189	-36
qags	79750880	9843	0	156	-156	9838	521	2332	-140	207	-42
qags	79750890	9843	0	156	-156	9851	491	2338	-134	158	-67
qags	79750900	9843	0	156	-156	9846	496	2281	-79	109	-85

Fig. 3 CSV file contents

#### 4. 少数の慣性センサを用いた姿勢推定と評価

既報<sup>(2)(5)</sup>から本報では、慣性センサを4個使用して脊柱形状の推定と腰椎椎間板の負荷推定を同時に行うこととした。図4に4個の慣性センサの貼り付け位置と、比較検証用のモーションキャプチャのマーカー貼り付け位置を示す。慣性センサの貼付位置は、上からT4, T10, L1/L2間, L5/S1間とした。既報<sup>(2)</sup>より1, 2, 4番目の慣性センサを使うことで、脊柱形状の推定を行う。慣性センサのロール角を見ることで、脊柱形状を推定できると考えた。既報<sup>(5)</sup>より3, 4番目の慣性センサを使うことで、腰椎椎間板の負荷推定を行う。姿勢評価の測定範囲は既報<sup>(2)</sup>と同様に脊柱を構成する頸椎(2椎, C6~C7), 胸椎(12椎, T1~T12), 腰椎(5椎, L1~L5), 仙骨(1椎, S1)の計20椎とし、モーションキャプチャのマーカーを貼付した。

今回は、ゆっくりと体を前に倒す動作を対象とし、計測開始時に直立立位の姿勢をとり、その後ゆっくりと前屈する。直立立位を基準として3秒後、6秒後の脊柱形状と負荷比をモーションキャプチャと慣性センサから求め、比較する。被験者は男性1名(22歳, 身長1.71m, 体重74kg)で行った。実験は本学倫理審査委員会の承認を得て、被験者には内容を説明し同意を得た上で実施した。腰椎椎間板の負荷推定結果を図5に示し、脊柱形状の推定結果を図6に示す。図5の腰椎椎間板の負荷推定は、測定開始直後の直立立位の姿勢の負荷を100として正規化し、3秒後、6秒後の負荷比を表している。

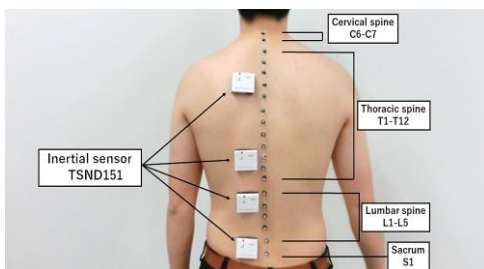


Fig. 4 Motion capture markers and sensors position

図5より3秒後、6秒後共に慣性センサとモーションキャプチャとの間で1%と5%の誤差が生じているが、前傾するごとに負荷比が増大するという既報<sup>(5)</sup>と同様の傾向が得られた。図6より脊柱のS字カーブの特徴と時間が経過するごとに前傾している様子を得ることができた。

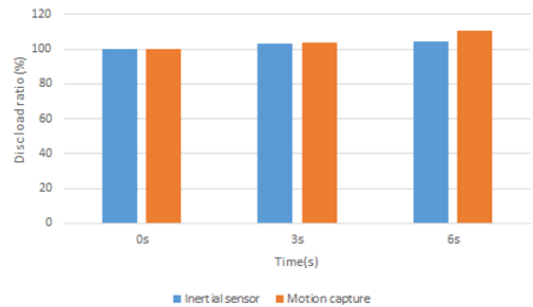


Fig. 5 Load estimation result

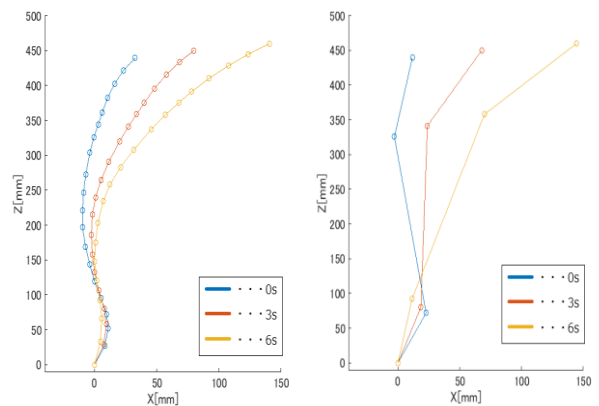


Fig. 6 Measurement result of standing posture change with motion capture(left) and inertial sensors(right)

#### 5. 結言

本研究では、センサとデバイス、クラウドサーバの通信のためのアプリケーション開発と、少数の慣性センサを用いた姿勢推定と評価を行った。センサとデバイス、クラウドサーバの通信部分の開発により提案する姿勢改善支援システムの完成の見通しが得られた。また、少数の慣性センサを用いた姿勢推定では、脊柱形状の特徴が得られ、腰椎椎間板の負荷も推定することができた。これにより提案システムにおける姿勢評価への適用が可能である見通しが得られた。

#### 文献

- 森拓馬 他, ウェアラブル加速度センサを利用した姿勢改善補助システム, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2014 論文集 2014, pp. 126-130
- 飯塚卓邦 他, 姿勢改善サポートシステムのための脊柱形状の推定, 日本機械学会 中国四国支部 第55期総会・講演会 2017
- 芝田京子 他, 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, 2012, pp. 130-141.
- 鈴木佑 他, 動作中における腰椎椎間板負荷の非侵襲的な推定, 日本機械学会 中国四国学生会 第47回学生員卒業研究発表講演会, 2017, pp. 313-1-313-3.
- 津吉康仁 他, 慣性センサを用いた前傾姿勢時の腰椎椎間板負荷推定法, 第50回日本人間工学会中国・四国支部大会 2017