

慣性センサを用いた行動検出試行

伊藤敏^{*1}, 王琳琳^{*1}, 鷲野嘉映^{*1}, 井上祥史^{*2}

^{*1} 岐阜聖徳学園大学 ^{*2} 北海道教育大学

Behavior Detection using an Inertial Sensor

Itou Satoshi^{*1}, Wang Linlin^{*1}, Washino Kaei^{*1}, Inoue Shoshi^{*2}

^{*1} Gifu Shotoku Gakuen University ^{*2} Hokkaido University of Education

We developed a small size motion recorder to analysis the artifact of a human physical movement. The device recorded the data of the acceleration and gyroscope of each component x, y, and z axes to a csv file. The sensor device was mounted at a forehead for detection of head movement, and was mounted at an abdominal for detection breathing. In this study, we measured the learning state as the load of copying of the digits.

キーワード: 慣性センサ, 行動, 姿勢, 呼吸

1. はじめに

学習者は学習中にさまざまな行動をする。それらの行動には、学習活動において必然的に生じるもの、「癖」などに分類される行動があると思われる。さらに、学習時における心理的状态を反映させている可能性も否定できない。学習者の行動特性を、これら全ての要素によって評価することは、非常に困難を伴う。ところで、近年小型の慣性センサが安価で入手可能となり、これらのセンサを使用した人間の行動に伴う姿勢や状態を推定する試みなどがなされている⁽¹⁾。

本研究では、頭部の動きに焦点を絞り、課題中の頭部の動きを検出し数値化することを試みた。さらに、慣性センサを用いた呼吸の吸気と呼気の繰返しの検出の可能性について検討した。

2. 方法

2.1 装置の概要

頭部の動きを記録するための慣性センサを装着する部位として、筆者らが開発中の自律神経機能評価用脈波計の測定部位として有用であった額部とし、慣性センサを額脈波計の横に配置した⁽²⁾。慣性センサとして、それぞれ x, y, z の 3 軸の加速度, 角速度, 磁気センサを内蔵している MUP-9150 を用いた⁽³⁾。今回の

研究においては加速度と角速度のセンサ機能を用いた。加速度は±2G(G:重力加速度単位 9.8m/s²), 角速度 ±250 degree/s のレンジを用い, サンプリング周波数は 50Hz とした。額脈波装置と慣性センサを複合させた装置の概要を図 1 に示す。センサから得られたデータをマイクロプロセッサで処理をして, シリアルデータとして出力し, IEEE802 経由で受信機に送信して, 受信側で SD カードへ時間とともに記録した。SD カードに記録されたデータを PC 上で 0.4Hz のローパスフィルタで処理をして, 雑音を除去した後, 解析に用いた。慣性センサ装置の概要を図 2 に示す。

呼吸検出のための装着部位としては腹部 (または) 胸部とした。検出用に用いる装置は額に装着する装置

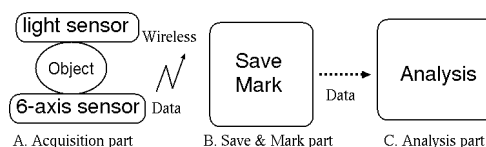


図 1 ブロックダイアグラム

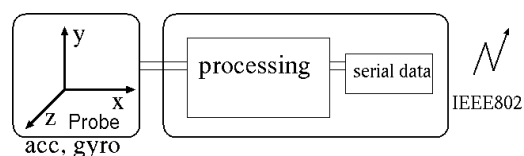


図 2 慣性センサのブロックダイアグラム

と同様の仕様であるが、シリアルデータを直接 SD Card へ保存可能である。サンプリング周波数は 30Hz を用いた。装置は、外観サイズ 35×75×12mm、質量 27g で、計測は装置のみで独立して用いることが可能である⁽⁴⁾。SD カードに直接保存されたデータは PC 上で 0.4Hz のローパスフィルタで処理をして、雑音を除去した後、解析に用いた。

本報告では、右ねじが進行する方向を角速度の正の方向とした。

2.2 装置の装着

額部に装置を装着した様子、および加速度・角速度の 3 軸座標軸を図 3 に示す。今回の実験では、頭を前後に傾げることで x 軸が回転し、頭を左右に回転することで y 軸が回転し、首をかしげることで z 軸が回転することになる。

腹部(または胸部)への装置の装着場所、および加速度・角速度の 3 軸座標を図 4 に示す。事前検討の結果に基づき、男性は腹部、女性は腹部と胸部の間で胸部に近い部位に装着した。この部位においては、腹部または胸部の動きは主に y 軸の回転に反映される。

2.3 装置の検証

額に装着した慣性センサのデータが正しく頭部の動きを反映しているかの検証を、以下の方法で行った。

加速度センサの検証として、連続した 3 つの頭部の状態における測定を実施した。すなわち、立位で 1. 顔を仰向け、(z 軸が上, x, y 軸が水平) 2. 顔を正面、(y 軸が上, x, y 軸が水平) 3. 首を左に傾げる (x 軸が下, y, x 軸が水平) 動作を行った。その結果を図 5 に示す。1 の状態では z 軸のみがおよそ 1 を示し、x, y 値がゼロである。2 の状態では、y 値のみが 1 を示す。3 の状態では、x 値のみが -1 である。結果はすべて予想される値を示し、慣性センサがハード・ソフト両面で頭部の動きを把握可能であることが示された。

角速度センサ値の検証として、連続して顔を正面に向けた静止状態から、1. 顔を下に向けて、左右にずらすことなく戻すことで、x 軸を正回転、2. 正面から顔を左へ回転し、上下にずらすことなく戻すことで z 軸を負回転させた時のデータを確認した。結果を図 6

に示す。x 軸で正の方向への回転が見られ、続いて z 軸負方向の回転が観察された。結果はすべて予想される値を示し、角速度においても、慣性センサがハード・ソフト両面で頭部の動きを把握可能であることが示された。

2.4 実験

2.4.1 課題プロトコル

座位でディスプレイに表示された数字を紙に書き写す課題を実施した。机上のディスプレイ上に 1 行に 12 桁の数字(擬似乱数で生成)を表示し、1 画面 16 行ずつ表示をした。課題の制限時間は 3 分で、課題の前後に 30 秒の安静(座位)状態をとった。安静、課題の開始および終了は口頭による合図で行った。

2.4.2 実験協力者と課題中の計測

20 代男性 3 名、30 代女性 1 名、50 代男性 1 名、60 代男性 1 名を対象に試行を行った。全員が右利きであった。額部への装置装着および計測開始・終了は実験実施者により管理され、腹部(胸部)への装着および計測管理は実験実施者の合図で実験協力者により行われた。

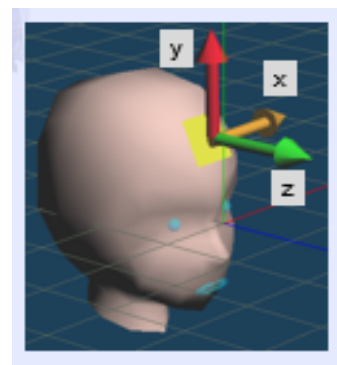


図 3 上：額に装着した様子
下：3 軸座標の方向

3. 計測結果

計測結果の一部として 20 代男性での結果を示す。

図 7 に脈波から求めた拍動間隔(心拍数の逆数)の時間変化, 図 8 に額部の加速度と角速度の時間変化, 図 9 に腹部変動の時間変化を示す。図 7 から, 課題開始直後から拍動間隔が短くなり, 心拍が増加していることが示された。図 8 の加速度 z 軸の値は顔の動きを反映するが, 課題開始直後から値が減少し, 課題終了後に最初の値に戻った。これは課題中, 顔をやや下に向けた結果を反映している。角速度 x 軸の値は課題開始から大きく変動し, 顔の上げ下げが盛んに行われていることを示している。y 軸は正の成分が目立ち, 画面から紙へ顔を向ける(右回り: 顔を左方向へ向ける動作)際にすばやく回転し, 紙から画面への移動が緩やかであることを示している。角速度 z 軸の値はほとんど変動がなく, 課題遂行中に顔を傾ける動作がなかったことを示している。図 9 の角速度 y 軸の値は呼吸を反映するが, 課題開始と同時に呼吸が規則的に, かつ速くなっていることを示している。

図 10 に別の 20 代男性の額部の加速度, 角速度の結果を示す。図 8 と比較して, 角速度 z 軸の値が大きく変動している。これは図 8 の実験協力者は課題遂行中に顔を傾ける動作がほとんどなかったが, 図 10 の実験協力者は頻りに顔を傾け, それにより写し取りを行っていることを示している。こうした両者の動作の違いは, 課題遂行中の動きを目視した時にも観察された。拍動間隔および呼吸の変動は他の実験協力者と同様の变化を示した。

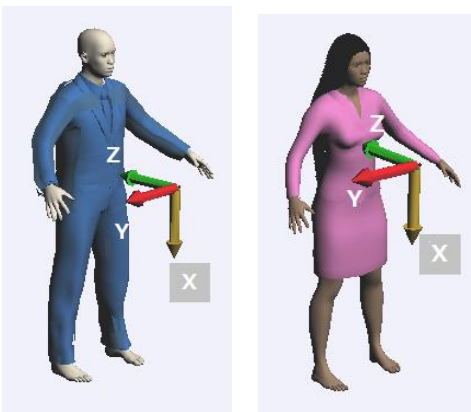


図 4 装着の場所と座標の向き
左: 男性 腹部; 右: 女性 胸部

図 11 に 30 代女性の腹部(胸部)の角速度結果を示す。呼吸を反映すると思われる x 軸の変動と同時に, 腹部(胸部)のねじれを反映する z 軸の回転が見られる。これは図 12 に示すように, 腹部(胸部)の z 軸のねじれと顔の y 軸回転とが連動していることを示し, 写し取り作業時に顔の回転だけでなく体をねじる動作を伴っていたためと思われる。拍動間隔は課題により変化せず, 呼吸の変動は不鮮明であった。画面から紙へ顔を向ける動作は他の実験協力者と同様の变化を示した。

6 名の計測結果から, 共通する点は, 次の 3 点がある。頭部の動きからは, ディスプレイ画面から紙に数字を写し取る課題中, 1. 顔の上下動作を伴う, 2. 画面から紙へ顔の方向を移動する際はすばやく, 戻す際はゆっくりと回転する, 腹部(胸部)の動きからは, 3. 課題中, 呼吸は, やや速く規則的になった。顔の上下動作は課題が, その行動を起こすように意図したものであり, 意図通りの動きと思われる。2 の顔の向き回転は, 実験協力者に課題の概要のみを伝え, 写し取る行為に顔の回転を制限する統制を行わなかったに発生したものと思われる。一方で, この顔の回転は右利きの人が自然に行う行動である可能性がある。その他に

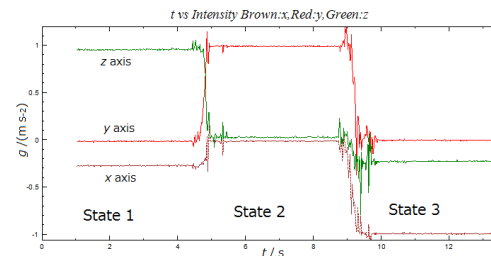


図 5 3 状態での加速度検証

1st: 顔仰向け; 2nd: 顔正面; 3rd: 顔を下へ

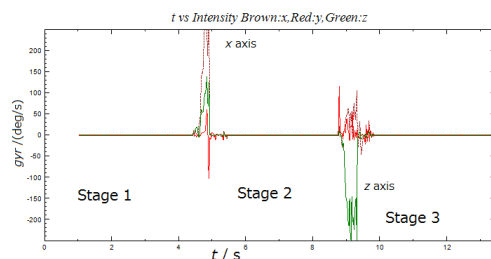


図 6 角速度の検証

2 つの動き

1st: 顔を下へ (clockwise) around x axis;

2nd: 正面を向いたまま顔を左へ (counterclockwise) around z axis

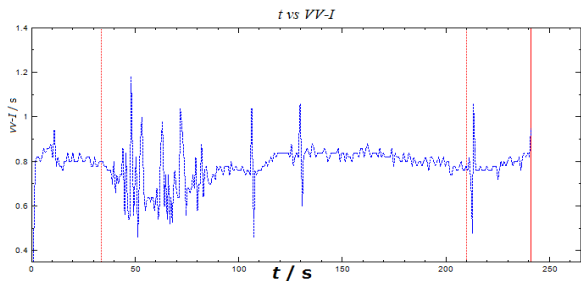


図7 額脈波計測からの拍動間隔変化

実験協力者の癖と思われる行動があった．このような動きはビデオで記録して観測をした場合に見落とす可能性がある．今後，計測事例を増やし共通すると思われる行動様式を明確にする必要がある．

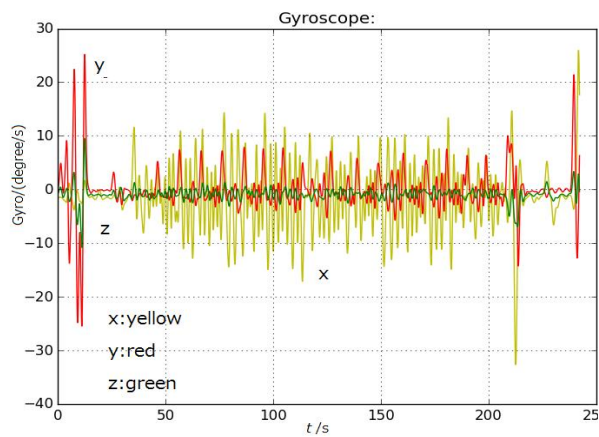
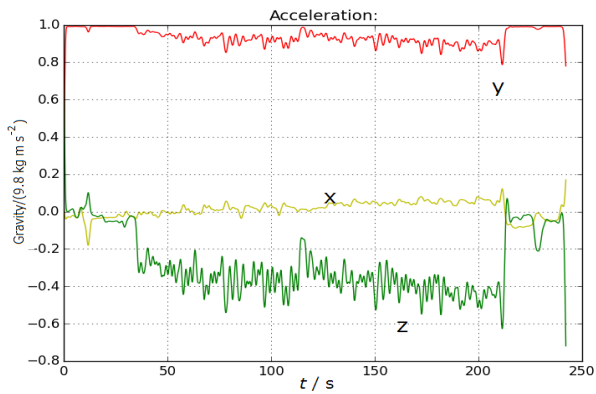


図8 額(頭)の動き 上：加速度 下：角速度

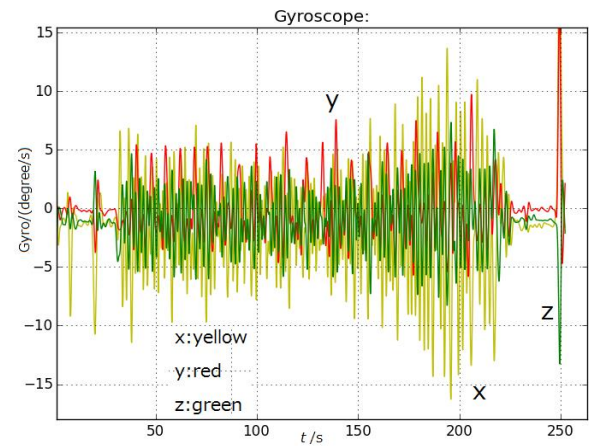
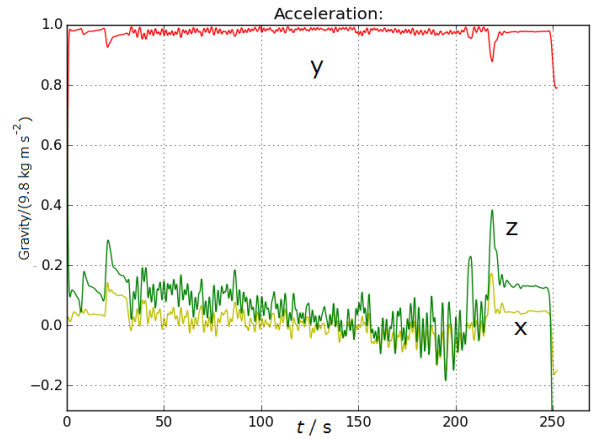


図10 額(頭)の動き 上：加速度 下：角速度

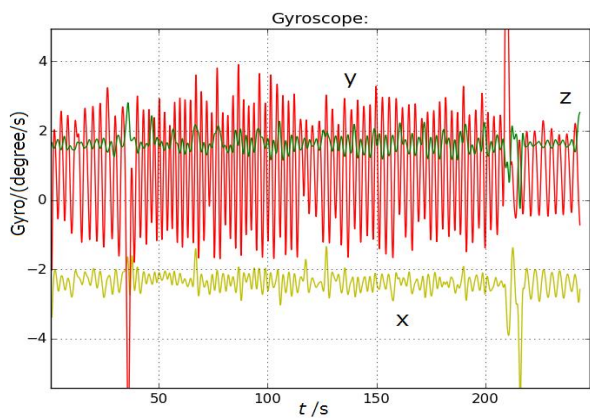


図9 腹部の角速度変化

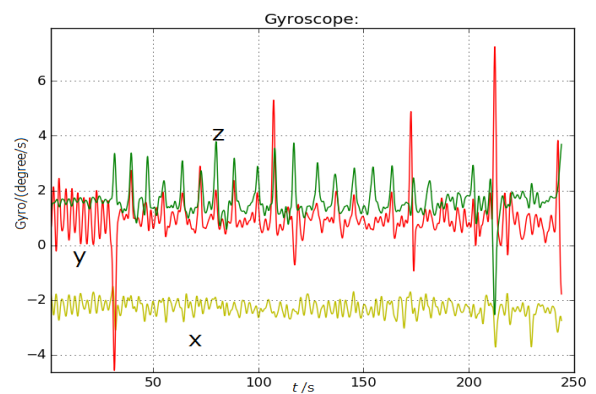


図11 腹部(胸部)の角速度

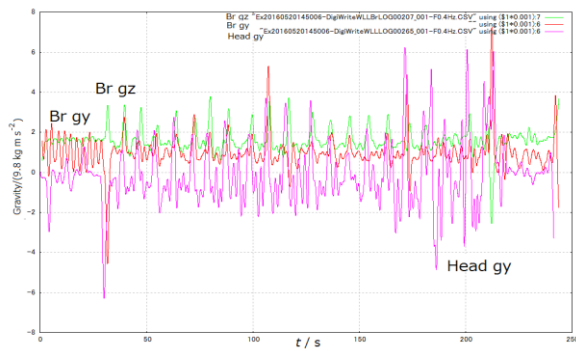


図 12 腹部と額部の動き

4. まとめ

慣性センサを利用して、頭部および腹部(胸部)の加速度・角速度変化を調べた。その結果、顔の上げ下げが必要な課題では、意図通りの動きが認められた。また、ビデオで記録した場合に見過ごす可能性がある動きを検出できる可能性を示した。

謝辞

本研究の一部は科研費 (26350203, 16K01083)の助成を受けた。

参 考 文 献

- (1) 李凱, 熊崎忠, 三枝正彦:”モーショセンサを用いた学習活動の状態推定手法の開発”, 教育システム情報学会誌, 第 33 卷, 2 号, pp110-113 (2016)
- (2) Itou, S, Washino, K. and Inoue, S. : “Development of an Instrument for Plethysmography on the forehead”, 教育医学, 第 61 卷, 第 2 号, pp.198-205 (2015)
- (3) InvenSense : <http://www.invensense.com/products/motion-tracking/9-axis/mpu-9150/> (2016 年 5 月確認)
- (4) 伊藤敏, 王琳琳, 鷺野嘉映, 井上祥史:”慣性センサを用いた呼吸計測の試み”, 教育システム情報学会第 41 回全国大会発表予定, 宇都宮 (2016)