

9軸モーションセンサを用いたエンタテインメントシステムとしての車椅子動作の考察

小手川 誠也^{†1,a)} 韓 旭^{†1} 馬場 哲晃^{†1,b)} 串山 久美子^{†1,c)}

概要：本研究では、9軸モーションセンサを車椅子に取り付け、エンタテインメントシステムやパフォーマンスシステムの為の動作解析を目的としている。2020年のパラリンピック、障害者差別解消法、ダイバーシティの推進等、近年では社会参画の為の障害を取り除く試みが行われている。我々はこれまで、車椅子を対象とした訓練視線の為のエンタテインメントシステムを開発してきており、車椅子を活用した表現や娯楽に取り組んできた。本稿では、パフォーマンスの身体動作をメディア変換することを目的とし、9軸モーションセンサを車椅子に取り付けることで、スポーツや表現活動の中で、モーションデータを収集した。開発工程コストを下げる為、モーションデータは動画像と合わせて保存され、プログラム上で再生やデータの考察が可能となるアプリケーションを制作した。

キーワード：車椅子、アクセシビリティ、モーションセンサ、動作解析

1. はじめに

車椅子は、歩行機能に障害のある者に対して歩行機能を代替する役割をもつ。これまで車椅子における研究は、その移動機能の向上を目的としたものが多い。一方で、車椅子ユーザーの生活の質の観点からの発展も取り組まれており、車椅子バスケットボール、車椅子ラグビーなどのスポーツや車椅子ダンスなどの表現方法に特化した車椅子開発も行われている。2020年のパラリンピック、障害者差別解消法、ダイバーシティの推進など、社会参画の為の障害を取り除く試みが行われている中で、センサなどのテクノロジーを用いて車椅子に新しい価値を付加することで、車椅子ユーザーの生活の質の向上に取り組む活動が積極的に行われている。

本研究では、9軸モーションセンサを車椅子に取り付け動作解析をし、メディア変換を行うことで、スポーツ車椅子のパフォーマンス性向上や、表現活動の拡張が可能な車椅子用システムの開発に取り組んでいる。本研究に用いたモジュールは小さく取り付けが容易であるため既存の車椅子に応用可能である。

本稿では、基礎研究とし車椅子が日常で行える動作を録

画し、その特徴を見た。いくつかの解析結果とそれらを応用した使用例について報告する。

2. 関連研究

車椅子にテクノロジーを応用した研究は①車椅子周辺環境の解析を行う研究②車椅子の動作解析を行う研究、として分類することができる。

例えば前者に関しては、岩澤ら [1] は、電動車椅子の振動を取り付けた3軸加速度で地面状況を図りGPSで得た位置情報を元にマッピングすることで、路面情報の記録をし車椅子利用者の道選に役立てる研究を行っている。荒川ら [2] は、複数の車椅子に取り付けた加速度センサの情報をマッピングしかつ定期的に更新を行うことで最新の地面状況を提示し道選に役立てる研究を行っている。これらは、安全面の向上を目指したものが多い。

一方で車椅子の動作解析を行う研究はレクリエーションや表現手法など、エンタテインメント要素を含むものが多く見られる。Kathrinら [3] はkinectを用いて車椅子の前後左右を認識しゲームのコントローラとして使用することで、アクセシビリティ性の向上をはかる研究がある。望月ら [4] は、タイヤに角速度センサを取り付け、回転速度を図りタイヤをDJのディスクとみたと、音楽の再生をコントロールすることで、車椅子に乗る楽しみを向上する研究を行っている。

^{†1} 現在、首都大学東京システムデザイン研究科インダストリアルアート学域

Presently with TMU, Hino, Tokyo, Japan

a) kotegawa-tomoya@ed.tmu.ac.jp

b) baba@tmu.ac.jp

c) kushi@tmu.ac.jp

3. 予備実験

3.1 システム概要

近年、スポーツや表現活動において、身体や衣服にセンサを取り付け、パフォーマンス時のセンサ値を記録し解析することで、パフォーマンスの向上に生かす取り組みが多くみられる。本研究では車椅子の日常における動作の細かな解析を目的とするため、nnf 社^{*1}が開発している靴の素早い動きの解析を行えるスマートシューズ orphe のコアモジュールを用いて実験をおこなった。なお、スマートシューズ orphe はソール中央 (靴の下部中央) にモーションセンサを取り付けているため、車椅子にも同様に木で制作した治具を用いて下部中央にモジュールを取り付け実験を行った (図 1)。また、漕ぐ動作などは直接車輪にセンサを取り付け測るのが確実であるが、中央に取り付けたセンサー一つで解析可能であるか検討したく、orphe モジュールのみの使用を決めた。モジュールに実装された 9 軸モーションセ

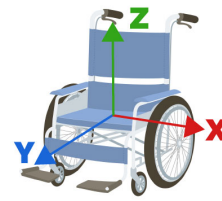


図 3 3 軸と車椅子の向きの対応

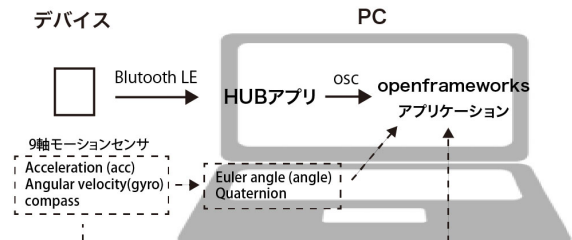


図 4 システム構成図

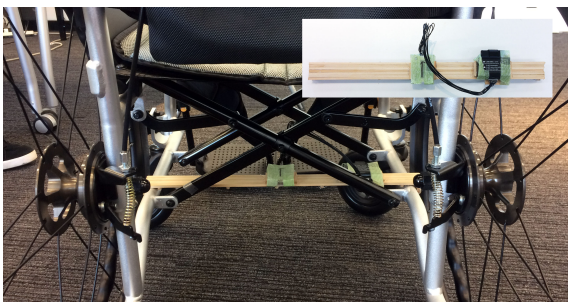


図 1 モジュールを取り付けた車椅子

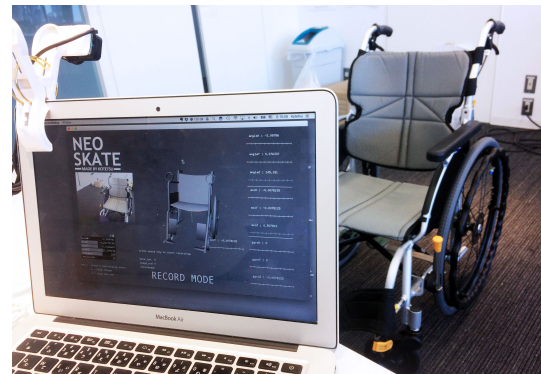


図 5 録画風景

ンサより加速度 (Acceleration : $\text{acc} [\text{m/s}^2]$), 角速度 (Angular velocity : $\text{gyro} [\text{rad/s}]$), コンパス (compass), またこれらを利用し各軸ごとの角度 (Euler angle : $\text{angle} [\text{rad}]$), クォータニオン (quaternion) を HUB アプリから osc 経由で openframeworks に取得し、動作解析を行う (図 2, 図 4)。開発工程コストを下げる為、モーションデータは動画像と合わせて保存され、プログラム上で再生やデータの考察が可能となるアプリケーションを制作した。それぞれの値と動作を見比べることでその特徴を捉えていく (図 5, 図 6)。

モーションデータ Motion sensor data

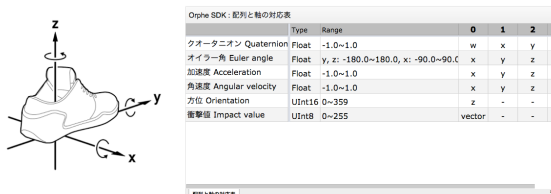


図 2 モジュールで取得可能なセンサ値と値の範囲

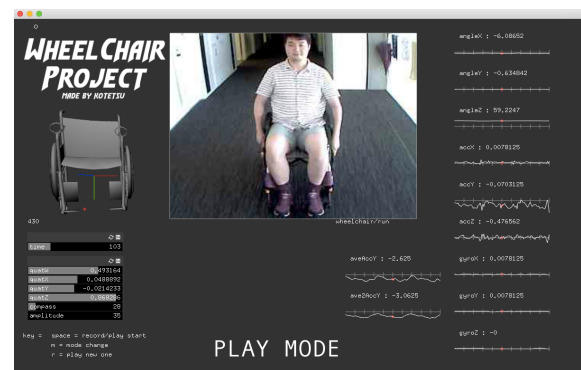


図 6 再生画面

3.2 動作解析

日常使いの車椅子でおこなえる動作である、走行、ブレーキ、回転、叩打、の 4 つに着目し解析を行った。なお、本システムでは一秒間に 50 回 (20msec) でセンサ値の書き出し、同タイミングで画像 (キャプチャ) の書き出しを行っている。

3.2.1 走行

5m の区間を時間を計測し走らせた。走行①(2.3km/h) と

*1 株式会社 no new folk studio

走行②(4.4km/h) に分け記録し特徴を見た。走行①時(図7)の操作者が車輪を回転させ始めた時に、各 acc 値の変化が大きくなることを確認した。走行②(図8)においては、車輪を回転させ始めた時に accY の値が+側に大きく動くことがわかった。また、走行②(図8)を時間 t の時の加速度値 a_t の前後 $(k-1)/2$ 個(実験時は $k=5$) ($a_{t-2}, a_{t-1}, a_t, a_{t+1}, a_{t+2}$) を足して定数 k で割る平均化を行ったところ(図9), 一定の周期性が見られた。その他の値で angleX に

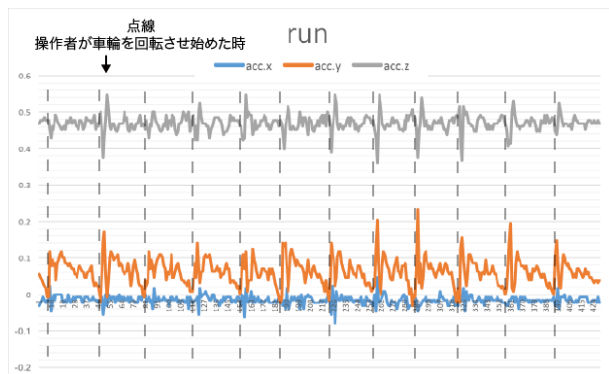


図7 走行①の3軸加速度のグラフ



図8 走行②の3軸加速度のグラフ

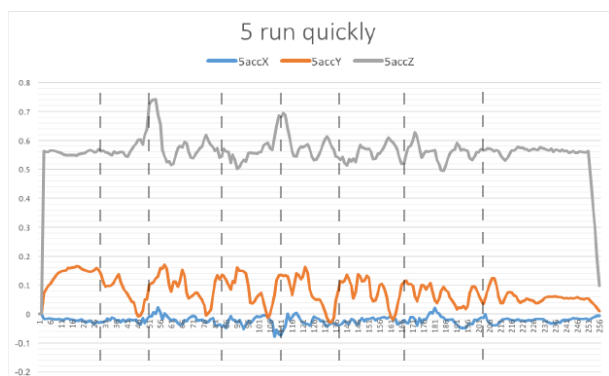


図9 図6のグラフを平均化したもの

も周期性が見られた(図10, 図11)。走行①時と走行②時に車輪を回転させ始めた後に angleX の値が大きく下がることわかった。

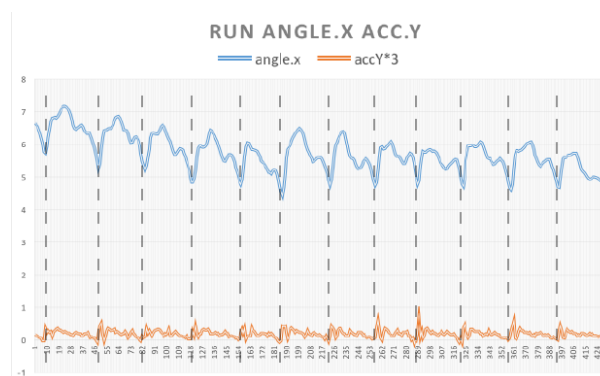


図10 走行①時の angleX と accY のグラフ

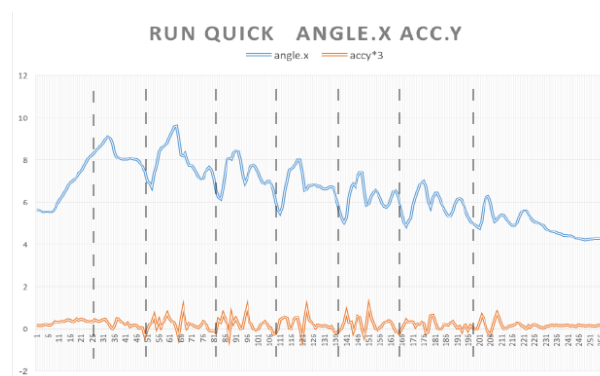


図11 走行②時の angleX と accY のグラフ

3.2.2 ブレーキ

ブレーキ時は accY が-方向(後方)に動く。また、様々な床での走行時と停止時の angleX を比較した(図12, 水→途中で停止, 赤→絨毯走行①, 灰→絨毯走行②, 黄→コンクリート, 青→20cm × 20cm のブロック, 緑→8cm × 15cm のブロック)。各々走行中にはある一定の数値帯におさまる、停止時には大きく値が下がっていることがわかる。accY が angleX を用いて走行と停止の認識が可能であると考えている。

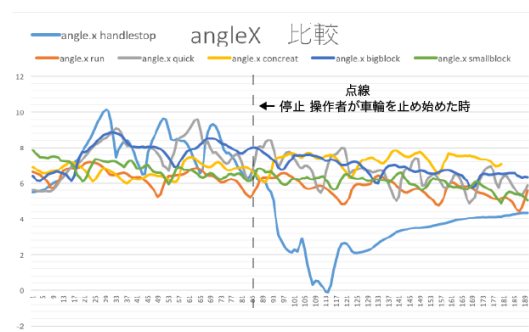


図12 各走行時と停止時の angleX を比較しグラフ

3.2.3 回転

その場で回転と走行中に 90° 回転する動作を記録した。回転に関しては angleZ で揺れの影響をほとんど受けることなく測ることが可能である。angle の値は-180° から 180° の範囲である。

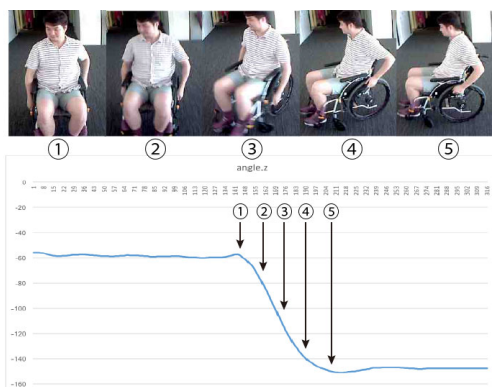


図 13 走行時に右に 90° 回転した時の angleZ のグラフ

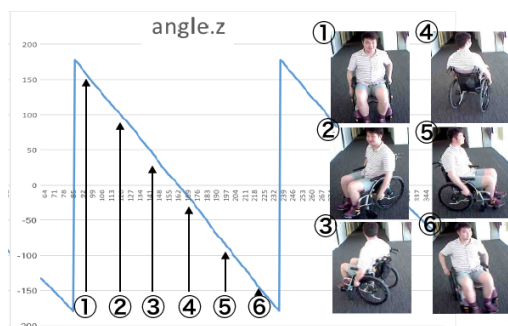


図 14 その場で右回り回転した時の angleZ のグラフ

3.2.4 叩打

車椅子の肘掛けを叩打する動作を記録した。垂直方向の Z 軸の加速度 (accZ) をみた。accZ に大きく影響を与えると考えられる段差を乗り越える時と、肘掛けを叩いた時の accZ の絶対値を比較すると、叩いた時の値の方が大きいことがわかった。

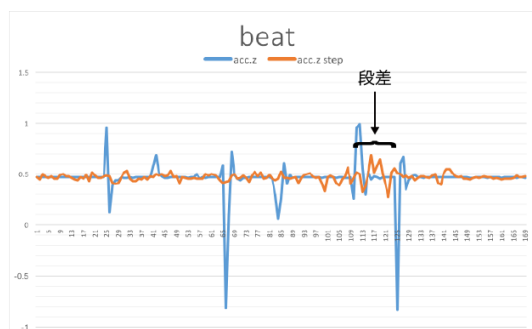


図 15 ユーザが肘掛けを叩いた際の値の変化

3.3 認識テスト

今回動作解析をおこなった、走行、ブレーキ、回転、叩打の 4 つに対して認識が可能であるか確かめるために、各々に機能をつけ動作に連動し音を鳴らすアプリケーションの開発を行った (図 16)。回転の変化量が閾値を越えると音となり、変化量に比例してボリュームが変わる。また、肘掛けを叩くと音が変わり、前と後ろに漕いだ数がそれぞれカウ

ントされるアプリケーションを制作した。回転に関しては angleZ を用いて正確に角度を認識し、さらに回転の速さ、右回り左回りの認識が可能であった。また、肘掛けを叩く動作も accZ に閾値を設けることで正確に認識可能であった。今回は漕ぎ動作を accY を使い閾値を設けて認識に挑戦したが、正確に動作を認識することはできなかった。

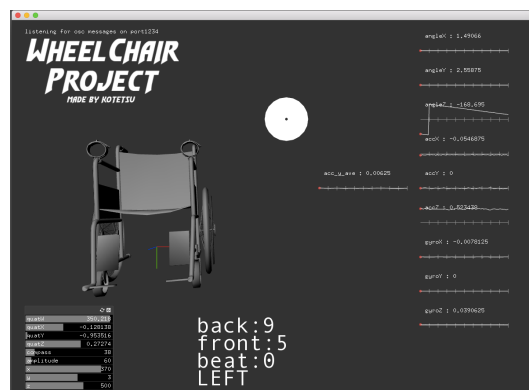


図 16 制作したアプリケーション画面

4. 展望

今回の実験を通して複数の動作の解析を行い、それぞれの特徴に関して報告した。また、特徴を用いた使用例を試し、いくつかの動作は正常に認識することを確認した。今後は特徴をより細かく分析し、認識できる動作を増やし具体的な使用例も模索していく。いずれは本システムを用いて、スポーツ車椅子のパフォーマンス向上やダンスなどのエンタテインメント表現の拡張を行える可能性を見出した。また、今回は車椅子の動作解析に取り組んだが、地面の状況や段差認識などの車椅子周辺の環境解析にも応用可能であると考えている。

参考文献

- [1] 岩澤有祐, and 矢入郁子. "3 軸加速度時系列データからの車椅子走行行動分析の研究." The 26th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence. 2012.
- [2] 荒井研一, et al. "一般車椅子利用者からのセンサ情報を活用したオンデマンド型バリアフリー情報提供システム." マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集 2016 (2016): 73-78.
- [3] Gerling, Kathrin M., Michael R. Kalyn, and Regan L. Mandryk. "KINECT wheels: wheelchair-accessible motion-based game interaction." CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2013.
- [4] 望月茂徳: 車椅子 DJ: 車輪回転速度に連動した音楽再生車椅子の開発, 情報処理学会研究報告, Vol. 2016-ARC-183, No. 1, pp. 1-3, 2016