

Comparative study of the use of Wii controller-WiiFit and gyrosensor-Force plate for human body dynamics identification.
鹿野 秀介 (ベンチャー研究室) SHIKANO Hideyuki

Human body dynamics identification is useful in some medical fields, because it provide with the inertial parameters of the patient. Generally an optical motion capture and a force plate are use as input of the identification algorithm. However, they are expensive and difficult to use, so that patients can not use them easily. Therefore, low cost and small devices are needed for patient, to be used at home. In this study, we choose Wii controller built-in gyro sensor and WiiFit built-in force sensor as alternative devices to gyro sensor and force plate. Besides, we inspect Wii devices by comparing gyro sensor and force plate. And we investigate the possibility to identify the dynamics using these information.

Keywords: Wii controller, WiiFit, dynamics identification, motion capture

1. 緒言

医療現場でのリハビリや健康管理において、人体の力学特性の計測は生体の解析において重要と考える。特に個人特性の簡便な計測法の実現は医療診断の改善、健康支援を可能にする^[1]。例えば、筋肉量の変化、脂質量の変化や身体の全重心位置の計測は診断精度の向上や動作解析に役立つ^[1]。

これらを計算するには各身体部位の質量、重心といった力学的な情報が必要である。力学特性解析のための各身体部位の質量・重心・慣性テンソルを求めるにはロボティクス分野でのヒューマノイドロボットの力学パラメータ同定技術を用いる事で全身の運動と外力の計測のみで全身の力学パラメータを求められる^[2]。従来の計測では、関節角度や一般化座標系に光学的なモーションキャプチャと床反力計を用いている。しかし、計測機器が高価で大掛かりな実験環境を必要とするため患者自身が自宅等で計測をすることは困難である。今後は患者自身が自宅等で運動計測を行えるようになることが各々の健康改善に大いに役立つと考えられる。

そのために比較的安価なジャイロセンサで加速度、角速度を計測し、逆運動学の計算により各関節角度を導出する手法が研究されているがジャイロセンサも一般の人が購入するには安価ではない。

そこで本研究では、上述した装置の代替器としてWiiリモコン (Fig. 1) とWiiフィット (Fig. 2) を取り上げる。Wiiリモコンには加速度、角速度センサが、Wiiフィットからは床反力を測るひずみセンサが内蔵されているため、必要なパラメータは計算可能であると考えられる。また機器自体も安価で持ち運びが可能なため目標とする自宅等での運動計測にも適しているという利点がある。

本研究では、Wii機器からデータを取得し、ジャイロセンサと床反力計との比較により、データがどの程度有効であるかを求める。また、Wii機器のデータを使用した場合の同定可能性を調べる。



Fig. 1 Wii controller



Fig. 2 Wii Fit

2. Wii 機器からのデータ取得方法

現在、Wii機器は加速度、角速度センサやひずみセンサを有する事からロボットや自作ゲームのコントローラーとして使用する研究が行われている^[3]。そのため、Wii機器からデータを読み取るAPIも開発されており、その多くがフリー公開されている。PCとWii機器との通信にはBluetoothのUSBアダプタ (Bluetooth ver 2.1+EDR, class 2) を使用した無線通信をし、APIをプログラム (言語: C#) に組み

込みWii機器からデータを取得した。

3. Wii リモコンからのデータ取得

共に3軸の加速度、角速度センサを有する事から、Wiiリモコンとジャイロセンサを組み合わせて同じ運動を計測し、Wiiリモコンの性能を評価した。

Wiiリモコンでもジャイロセンサと同等のデータを取得出来る事、また今回使用したジャイロセンサよりも加速度、角速度の検出範囲が大きいため、Wiiリモコンが素早い動きの同定に有効である事が示せた。3軸全て同様の結果であったためX軸の結果のみ図に示す。

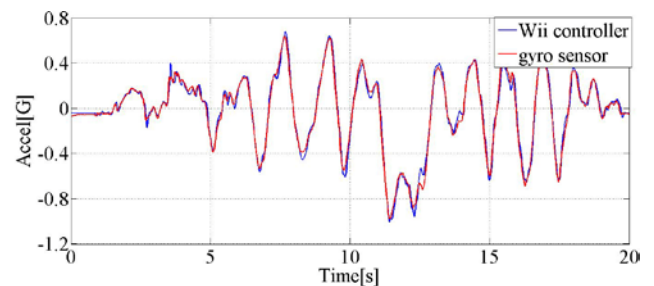


Fig. 4 Acceleration of X-axis

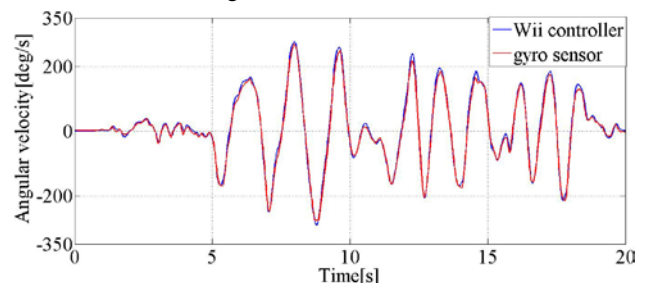


Fig. 5 Angular velocity of X-axis

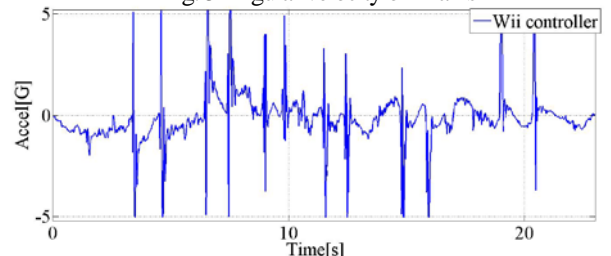


Fig. 6 Detecting range of acceleration

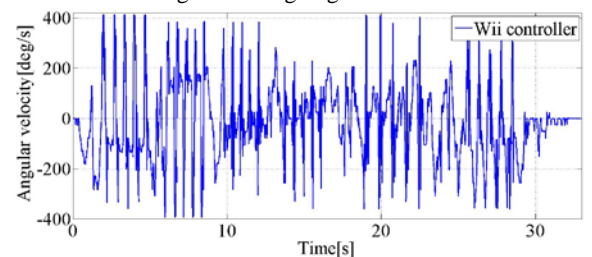


Fig. 7 Detecting range of angular velocity

4. Wii フィットからのデータ取得

Wii フィットからは床反力 F_z , ZMP (Zero Moment Point) の X, Y 座標が得られる。またこれを元にモーメント M_x , M_y も求まる。サンプリング周期 65Hz にてデータが得られるので、重心位置の時間変化が確認できるため運動の計測に使用可能である。

5. 力学同定について

n リンク, N_j リンクの運動方程式は、式 (1) である^[14]。

$$\begin{bmatrix} H_{O1} & H_{O2} \\ H_{C1} & H_{C2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{q}_0 \\ \ddot{q}_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_0 \\ b_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \tau \end{bmatrix} + \sum_{k=1}^{N_c} \begin{bmatrix} J_{Ok}^T \\ J_{Ck}^T \end{bmatrix} f_k^{ext} \quad (1)$$

式 (1) の上段に注目し、今回用いるベースリンクの運動方程式の形に直すと式 (2) になる。

$$Y_{OB} \phi_B = F \quad (2)$$

- Y_{OB} は ϕ_B にかかるリグレッサ行列
- ϕ_B は全リンクの最小力学パラメータ
- F は ベースリンクにかかる全外力

である。式 (2) を利用して力学パラメータの同定を行うには、関節角度 q_C , ベースリンクの一般化座標 q_0 ,

ベースリンクにかかる全外力

$$F = [F_x \ F_y \ F_z \ M_x \ M_y \ M_z]^T$$

を計測すれば良い。

しかし Wii フィットから得るデータを F_{Wii} とすると、

$$F_{Wii} = [F_z \ M_x \ M_y]^T$$

の 3 軸パラメータとなる。これに従い $Y_{OB,Wii}$ の行数も 6 行から 3 行と変化する。この影響によって全ての最小力学パラメータが同定出来ない可能性がある。

そのためモーションキャプチャと床反力計で得たデータを元に 3 軸パラメータでの力学同定を行い検証する。

検証方法として $Y_{OB,Wii}$ のランク数を確認する。

15 個のリンクから構成される 34 自由度の人体モデルの最小力学パラメータは $\phi_B = [\phi_{B0}^T \ \phi_{B1}^T \ \dots \ \phi_{B14}^T]^T$ の 128 行のベクトルである。また、サンプリング時刻 $t (0 \leq t \leq T_s)$ において Y_{OB} は (6×サンプリング数) 行、128 列の行列となり、全パラメータが同定出来た場合 $\text{rank}(Y_{OB}) = 128$ となる。

よって床反力計から得た 6 軸データから Wii フィットから得られる 3 軸データのみを取り出し F_{Wii} と置いた。これにより、 $Y_{OB,Wii}$ も、

(3×サンプリング数) 行、128 列の行列となる。このようにパラメータの行数を減らした上で力学同定を行った。全最小力学パラメータが求まるには $Y_{OB,Wii}$ の行が独立であることが必要であり、 $\text{rank}(Y_{OB,Wii})$ を求めた結果 128 となった。これより 3 軸のパラメータでも全最小力学パラメータを同定可能である。

同定して得た最小力学パラメータとリグレッサ行列から床反力を求め、床反力計から直接得たデータと比較した図を示す。

6. 結論と今後の展開

Wii リモコンがジャイロセンサよりも、素早い運動計測に適している事、Wii フィットの 3 軸パラメータでも力学同定を過不足なく行える事を示した。しかし、今回同定に用いたデータはモーションキャプチャと床反力計のデータであったため、Wii 機器での力学同定結果は示していない。今後は逆運動学の計算を用いて Wii リモコンから関節角度を求め、Wii 機器のみでの力学同定を行い、結果を考察する必要がある。

7. 参考文献

- [1] G. Venture, K. Ayusawa and Y. Nakamura, "A Numerical Method For Choosing Motions With Optimal Excitation Properties For Identification Of Biped Dynamics," An Application to Human, Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp1236-1231, Kobe, Japan, 2009.
- [2] 鮎澤光, ベンチャー・ジェンチャン, 中村仁彦, "ベースリンクの運動方程式を利用した脚形ロボットの基底力学パラメータの可同定性"

ラメータの可同定性"

第 14 回ロボティクスシンポジウム予稿集, pp.7-14, 2009.

[3] 白井暁彦, 小坂崇之, くるくる研究室, 木村秀敬, WiiRemote プログラミング, (オーム社), 2009.

[4] ベンチャー・ジェンチャン, 鮎澤光, 中村仁彦, "ヒューマノイドロボットの同定法を用いた人間の力学パラメータの同定,"

第 26 回日本ロボット学会学術講演会, 2008.

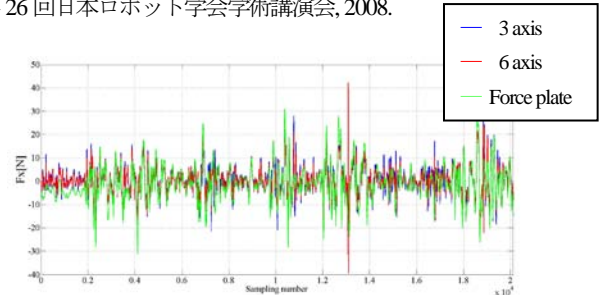


Fig. 8 Validation figure for F_x

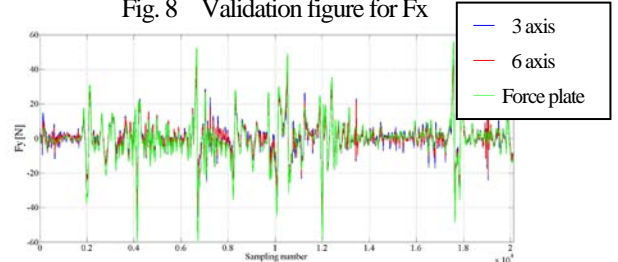


Fig. 9 Validation figure for F_y

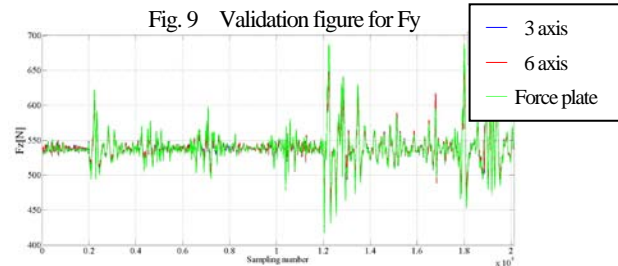


Fig. 10 Validation figure for F_z

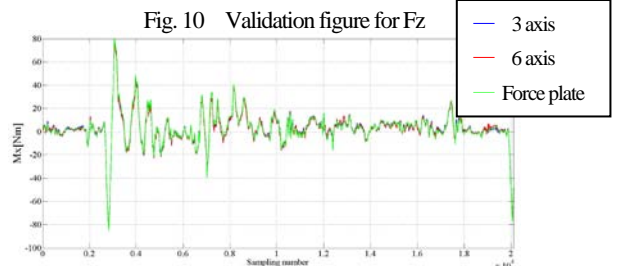


Fig. 11 Validation figure for M_x

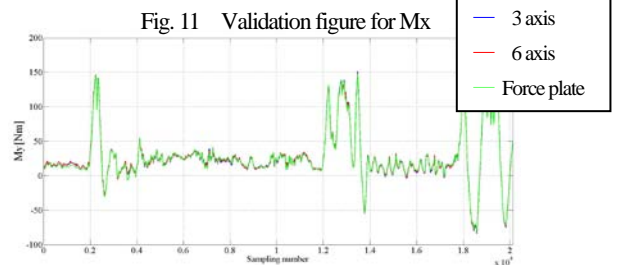


Fig. 12 Validation figure for M_y

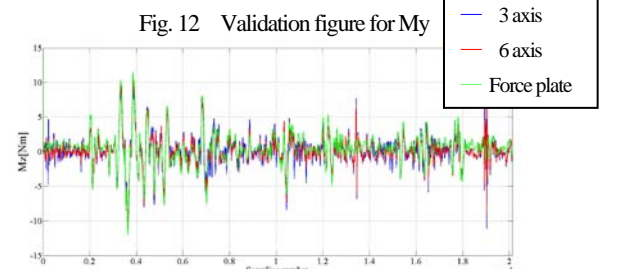


Fig. 13 Validation figure for M_z