

バランスWiiボードを用いた犬の階段歩行の計測装置

梶浦 文夫

倉敷芸術科学大学生命科学部

(2011年10月1日 受理)

1. はじめに

近年イヌ、ネコを中心としたペットの室内飼いが増加している^{1) 2)}。それに伴って、特にイヌが階段を上り下りする機会も増加している。2足歩行の人間と違って、4足歩行のイヌの場合、階段の上りと下りでは四肢の前肢と後肢にかかる荷重の大きさにかかなりの違いがあることが予想される。しかし、人に関して床のすべりを調べた研究は数多く見られるが^{3) 4)}、イヌに関しては現在まで実験などが行われておらず、実際に四肢にどのような荷重がかかっているのかは明らかになっていない。そこで、イヌが階段を上り下りする際に、四肢にどの程度の荷重がかかっているのかを計測するための実験装置を製作し、2種類の勾配の階段を用いてイヌの階段歩行時の前肢および後肢にかかる荷重を測定することにした。

実験装置は、自作の木製の階段、任天堂のWiiFitPlusのバランスWiiボード⁵⁾、バランスWiiボードからのデータを受信するためのノートPC、大画面の液晶ディスプレイ、歩行の様子を撮影するための高速度ビデオカメラからなる。バランスWiiボードから送られてくる4隅の圧力センサーの計測値を受信し、CSV形式で記録するためのソフトは、VisualBasic2008とWiimoteLib1.7を用いて開発した^{6) 7)}。このソフトには、高速度ビデオカメラで記録する動画とバランスWiiボードからの計測データを同期する機能も実装した。

本論文では、バランスWiiボードからのデータ受信および動画との同期の工夫、荷重計測の精度など、階段昇降時のイヌの動きと四肢にかかる荷重を記録するための実験装置の開発と評価について報告する。

2. 実験装置の概要

イヌが階段歩行する際に四肢にかかる荷重を計測するための実験装置を製作した。その構成は以下の通りである。

- 木製階段 (4段、自作)
- ノートPC Acer Aspire One (Acer社製) OS: Windows XP
- USB-Bluetoothアダプタ BT-MicroEDR1X (PLANEX コミュニケーションズ社製)
- WiiFitPlus バランスWiiボード (Nintendo社製)

- 同期用液晶ディスプレイ 23inch (LG 電子社製)
- 高速度ビデオカメラ CASIO EXILIM EX-F1 (CASIO 社製)
- 記録用ソフト WiiBB (開発環境: VisualBasic2008 Professional + WiimoteLib1.7)

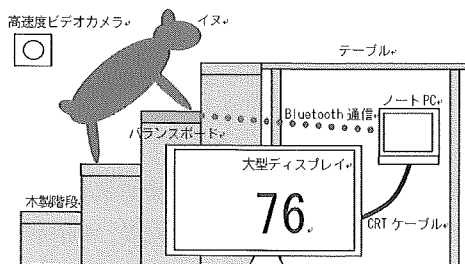


図1 実験装置全体図

また、図1にその全体像を示す。この図の高速度ビデオカメラは、手前のできるだけ遠い位置に置き、イヌや大型ディスプレイを含めて全ての実験装置全体が写るように撮影する。大型ディスプレイには、データが保存されるCSV形式ファイルの名前とその瞬間に記録される荷重値データの行番号が表示されている。したがって、ビデオ動画像の中に、大型ディスプレイを写し

込んでおけば、動画像ファイルとCSV形式のデータファイルとの対応、そして、動画像内の特定のフレームとその瞬間の荷重値データとの対応が分るようになってくる。

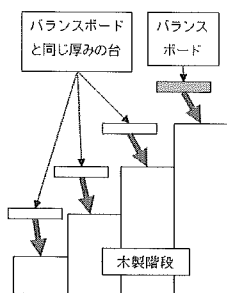


図2 木製階段とバランス Wii ボード

図2に木製階段の仕組みを示す。木製階段の各ステップには、バランス Wii ボードまたは同じ厚みの台を置いて使用する。したがって、木製階段を設計する場合は、目的の階段の高さよりバランス Wii ボードの厚みだけ低くしておく必要がある。バランス Wii ボードはどのステップ上にも載せることができ、それ以外のステップには木製の台を載せて同じ高さにする。

木製階段のステップとバランス Wii ボードは、両面テープを使って固定する。この時、バランス Wii ボードが周りのどの部分とも接触しないように固定する。また、残りの3つのステップには、同じ厚みの台を両面テープと布製ガムテープを使って固定する。そのように固定された状態の階段の写真を図3に示す。この写真の例では、下から1段目のステップにバランス Wii ボードが固定され、その他のステップには同じ厚みの台が固定されている。

記録用のソフトウェアは、VisualBasic2008 Professional上で開発した。Bluetooth通信機能を用いてバランス Wii ボードとパソコンとの間でデータを送受信するために、フリーウェアのWiimoteLib1.7を利用した。データの記録は、Microsoft Excelで開くことができるCSV形式にした。

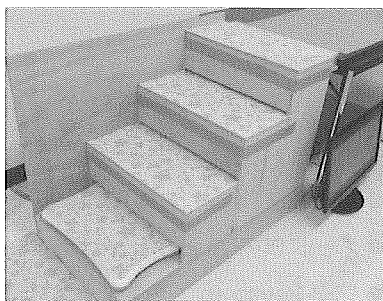


図3 木製階段

3. 計測方法

計測の手順の概略は、(1) バランス Wii ボードと PC との Bluetooth 接続、(2) 記録用ソフトの起動、(3) 高速度ビデオカメラ撮影開始および記録用ソフトでの記録開始、(4) イヌの歩行、(5) 高速度ビデオカメラ撮影終了および記録用ソフトでの記録終了、(6) 記録用ソフトで記録したデータの保存である。

バランス Wii ボードと PC とを Bluetooth 接続するには、図 4 のように Bluetooth 設定

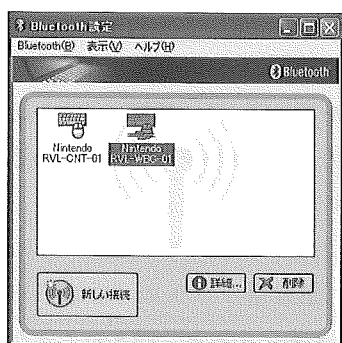


図 4 Bluetooth 接続画面

画面の中でバランス Wii ボードを選び、「新しい接続」を選択する。続いてバランス Wii ボードの背面の電池ボックス内にある赤色のボタンを押してしばらく待つと接続される。図 4 の左側のアイコンは未接続を表わし、右側のアイコンは接続されていることを表わしている。

次に、記録用ソフト「WiiBB」を起動する。正常に起動すると、図 5 のような画面が現れる。この画面の中の「Top Left」、「Top Right」、「Bottom Left」、「Bottom Right」の右側に表示されている数値は、それぞれ左上、右上、左下、右下の 4 隅にある圧力センサーにかかる荷重値（実際には 4 倍の値で、単位は Kg 重）である。ここまでで記録用ソフトの準備は完了である。同時に階段歩行させるイヌの準備、高速度ビデオカメラの準備しておく。

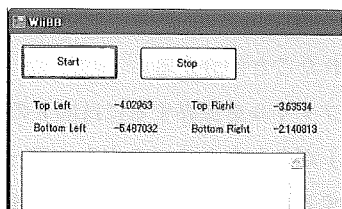


図 5 記録用ソフト起動時画面

記録を開始するには、図 5 の「Start」ボタンをクリックする。同時に高速度ビデオカメラの撮影を開始する。それからイヌの歩行を開始する。

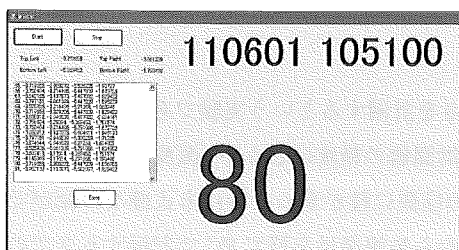


図 6 記録中の画面

図 6 に記録中の画面の例を示す。図の中の左側のテキストエリアに表示されているのは、左端から「行番号」、「左上荷重値」、「右上荷重値」、「左下荷重値」、「右下荷重値」である。これらのデータは 1 秒間に約 20 行記録される。実際には 1 秒間に 100 行程度まで記録できる。しかし、この速さで記録しながら行番号をディスプレイに表示すると、液晶

画面の表示速度が追い付かず、高速度ビデオカメラで撮影した動画から行番号が読み取れなくなる。そこで、プログラム中にウェイトを入れて記録スピードを落とすようにしている。

図 6 の右側上部の数字「110601 105100」は、記録開始日時「2011 年 06 月 01 日 10 時

	A	B	C	D	E
79	77	-3.52593	-3.06134	-5.29107	-1.6348
80	78	-3.60342	-3.17614	-5.36945	-1.75157
81	79	-4.14587	-3.17614	-5.29107	-1.7905
82	80	-3.71966	-2.90827	-5.44784	-1.55696
83	81	-3.95214	-3.13787	-5.683	-1.82942
84	82	-3.87464	-3.21441	-5.48703	-1.86835
85	83	-3.87464	-3.21441	-5.48703	-1.86835

図7 記録されるデータの形式

図7 記録されるデータの形式

51分00秒」を表わしている。このデータが保存される時には、この記録開始時刻がファイル名になるようにしている。つまり、この画面を写しこんだ動画に対応するデータファイルの名前は、「BB_110601_105100.csv」になる。画面の右側下部の数字「80」はこの瞬間に記録された計測値の行番号が80であることを表わしている。このデータファイルをMicrosoftExcelで開くと、図7のようになる。このExcel画面のA列に表示されているのがこの行番号である。動画像に写り込んだこの行番号を見れば、その瞬間にイヌの足

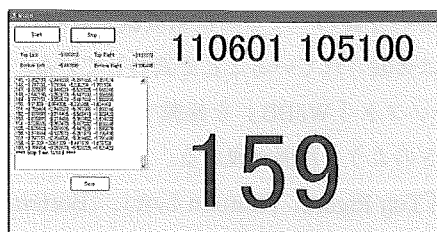


図8 記録終了時の画面

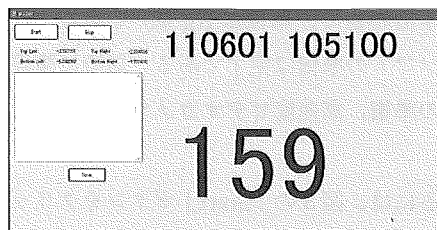


図9 保存完了時の画面

に掛かる荷重の大きさをデータファイル中のその行番号の行から読み取ることができる。

計測が終わったら、高速度ビデオカメラの撮影を終了し、記録用ソフトの「Stop」ボタンをクリックする。すると、図8のような画面になる。この画面から、今撮影が終わった動画に対応するデータファイル名の名前は「BB_110601_105100.csv」であり、159行のデータが記録されたことが分かる。

実際にデータファイルを保存するには図8の画面中の「Save」ボタンをクリックする。データの保存が完了すると、図9のように、テキストエリアに表示されていたデータは消え、次のデータを記録できる状態になる。

4. 装置の評価とまとめ

階段歩行時のイヌの四肢に掛かる荷重の大きさを計測するという実験であるため、次の点について計測精度を確かめた。それは、(1) 計測値の精度はどうか (医療用の体重計との比較)、(2) バランス Wii ボードの中央以外の位置に肢が乗った時にも正確な計測ができるか、(3) バランス Wii ボードでの荷重計測から無線通信を経て PC で記録するまでの時間的遅延がどの程度あるか、の3点である。

まず、本学教育動物病院内にある医療用の高精度体重計 (TANITA BWB-200) を用いて、2Kg重と6Kg重の重りを正確に作成し、それをバランス Wii ボードで計測した。その結果を図10に示す。グラフから、かなり正確に計測できていることが分かる。8Kg重の重りとは、2Kg重の重りと6Kg重の重りを合わせたものである。

2Kg重の重りに対する計測結果は、平均2.03Kg重 (計測回数312回、sd=0.06)、

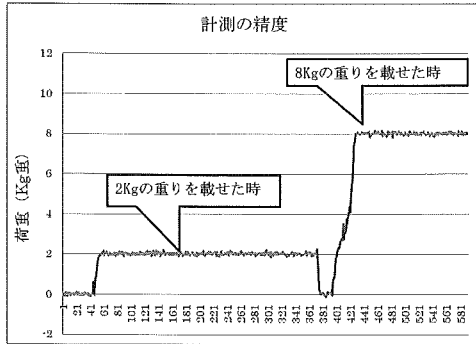


図 10 計測精度のテスト結果

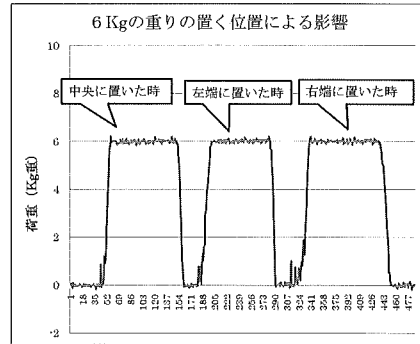


図 11 重りを置く位置による計測誤差のテスト結果

8Kg重の重りに対する計測結果は、平均 8.02Kg 重 (計測回数 163 回、sd=0.06) であった。

次に、バランス Wii ボードのどの位置に荷重を掛けるかによって計測される値に変化があるのかを調べた。今回の実験では、イヌを用いているため、実際の実験を行った時にイヌがバランス Wii ボードの盤面のどこの位置に肢をのせるかは分からない。そのため、荷重を加える位置によって計測される値が大きく変化するようでは実験に使用できない。

6Kg 重の重りをバランス Wii ボードの中央、左端、右端にのせて計測した結果を図 11 に示す。中央に置いたときの平均は 6.00Kg 重 (計測回数 92 回、sd=0.07)、左端に置いたときの平均は 6.02Kg 重 (計測回数 79 回、sd=0.06)、右端に置いたときの平均は 6.01Kg 重 (計測回数 94 回、sd=0.06) であった。

時間的な遅延については、高速度カメラによる動画と計測した荷重データの比較から、約 0.1 秒の遅延が認められた。



図 12 実験の様子

以上の結果から、計測の精度はかなり高く、また、荷重がかかる位置による測定誤差は十分に小さいことが分かった。

図 12 に、イヌを使った実験の様子を示す。実際にイヌを使った予備実験としてデータを集めてみた結果、十分に解析可能なデータを取得することができた。今後は、イヌを使った実験を十分に行って、最終目的であるイヌの階段歩行の解析を行っていきたい。

文献

- 1) 一般社団法人ペットフード協会HP, <http://www.petfood.or.jp/>
- 2) 株式会社富士経済, ペット関連市場調査, <https://www.fuji-keizai.co.jp/report/>
- 3) 横山裕, 小川慧, 小野英哲, 横井健, “ペットのすべりからみた床の安全性の評価方法に関する研究”, 日本建築学会構造系論文集 (624) pp.189-196, 2008.
- 4) 小野英哲, 河田秋澄, 宮本宗和, 吉岡丹, “床のすべりおよびその評価方法に関する研究”, 日本建築

学会論文報告集 (321) pp.1-8, 1982.

- 5) バランスWiiボード公式HP, <http://www.nintendo.co.jp/wii/rfpj/>
- 6) 白井暁彦・小坂崇之・木村秀敬・くるくる研究室, “WiiRemoteプログラミング”, オーム社, 2009.
- 7) WiimoteLibを使う, <http://hikakeya3.blog68.fc2.com/>

A System for Analyzing Dogs Walking on the Staircase with Wii Fit Balance Board

Fumio KAJIURA

*Dept. of Comparative Animal Science,
College of Life Science,
Kurashiki University of science and the Arts,
2640 Nishinoura, Tsurajima-cho, Kurashiki-shi, Okayama 712-8505, Japan*
(Received October 1, 2011)

Recently the number of pets, particularly dogs and cats indoors, has increased. Along with it, the frequency that the dog ascends and descends the stairs also increases. There are various dangers when the dog goes up and down stairs. Especially when the dog goes down stairs, there is a possibility that a considerably big load is added on the forefoot of the dog. So we designed and made a staircases for experiments. The staircase for experiments contains Wii balance board in order to measure the load of forefoot and other limbs of descending dogs. Wii balance board can communicate with PCs by the Bluetooth networks, so we can receive and save the data, while recording video of dogs walking up and down stairs.

This paper discusses on designing and evaluating of experimental staircases with Wii balance board for analyzing dogs walking up and down.