

バランス Wii ボードを用いた犬の階段歩行の計測と解析 (2)

梶浦 文夫

倉敷芸術科学大学生命科学部

(2013年10月1日 受理)

1. はじめに

最近ではイヌやネコなどのペットの室内飼いが増加しており^{1) 2)}、それに伴って、イヌが階段を上り下りする機会も増加していることが予想される。しかし、これまで人間に関しては床のすべりを調べた研究は数多く見られるが^{5) 6)}、イヌに関してはほとんど調べられていない。そこで、イヌに関しても今後さまざまな研究を進めるための基礎データを作成するため、2010年には階段歩行の際の前肢後肢に掛かる荷重を計測するための装置を開発し、2011年にはラブラドルレトリバーの雌を用いた階段歩行の計測を行い、本紙上で報告した^{3) 4)}。

2010年に開発した荷重計測装置は、任天堂のWiiFitPlusのバランスWiiボード⁷⁾、階段、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。また、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PCで受信し、CSV形式で記録するためソフトを自作した^{8) 9)}。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。

2011年の計測実験は、計測装置、緩急2種類の階段(公共施設用と一般家庭用)、ラブラドルレトリバーの雌1頭を用いて行った。実験の結果、特に下りでは勾配の急な階段ほどかかる荷重が大きいこと、一般家庭の平均的な勾配の階段では、下りのときの前肢に最も大きな荷重がかかることなどが分かった。また、その時の1本の前肢にかかる荷重はイヌの全体重の105%に達することなども分かった。

これらの先行研究の成果を受けて、本研究では同じ実験犬を用いて同様の計測をすることによって、1歳歳を取ったこと、体重が変化したことによる歩行の変化を調べた。また、今回の実験からバランスWiiボードを2台用いることによって、前肢後肢間の体重移動の様子を計測した。計測結果から、イヌは体重増加によって肢にかかる絶対的な荷重は増加しているものの、その増加量は体重の増加量に比べると小さいことが分かった。これは、肢にかかる荷重の増加を抑えるために肢を滑らかに接地するなど、瞬間的な荷重の増加を抑えているのではないかと推察される。

以下では、計測方法、結果と考察について述べる。

2. 計測方法

(1) 計測装置

計測装置は、荷重を計測するバランス wii ボード 2 台、データを記録する PC 2 台、ディスプレイ 2 台および記録ソフトからなる。バランス Wii ボードで計測した荷重値は、Bluetooth 通信を用いてパソコンに送られ、パソコンに CSV 形式で記録する。記録データは MS-Excel などの表計算ソフトで利用できる。前年度との違いは、バランス Wii ボード、記録用 PC、ディスプレイを 2 セット用いた点である。図 1 の写真の例では、階段の



図 1 計測装置

1 段目と 2 段目にバランス Wii ボードを固定し、同時に計測できるようにしている。これによって、前肢後肢間の荷重バランスが時間軸にそってどのように変化するかを記録できるようになった。

ディスプレイには、PC に記録されるデータのファイル名、現在の荷重値、記録されるデータの番号 (記録番号)

が表示される。データ記録用ソフトは、受信したデータを記録する瞬間に画面に大きなフォントで記録番号を表示するようにしている。高速度ビデオカメラで、この番号を含めて録画しておく、動画の中のある瞬間の荷重データは、そこに写っている記録番号から容易に検索できる。図 1 の写真の場合は「287」「288」というのが記録番号である。図 2 に記録されるデータの形式を示す。図 2 の中の A 列が記録番号、その右の 4 列は Wii ボー

	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 2 記録されるデータの形式

ドの 4 隅のセンサーが測定した荷重値である。動画に写っているディスプレイに表示された記録番号を見ることによって、その瞬間に記録された荷重データを、記録データから検索することができる。

バランス Wii ボードの測定精度は、非常に高いこと、ボードのどの位置に荷重をかけるかによる誤差も非常に小さいことが分かっている³⁾。計測装置を列挙すると以下の通りである。

◎ WiiFitPlus バランス wii ボード (Nintendo 社製) ◎ ノート PC Lenovo G560 (Lenovo 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) ◎ 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 EXILIM EX-F1 (CASIO 社製) ◎ 記録用ソフト WiiBB (著者が開発, 開発環境: VB2008Professional+Wiimotelib 1.7)

(2) 階段

◎ 一般家庭で標準的な木製階段 (踏み面 23.1cm、蹴上 21.5cm、階段幅 57cm)

◎ 公共施設の基準の木製階段 (踏み面 26cm、蹴上 18cm、階段幅 57cm)

(ステップに市販のペット用滑り止めマット貼付け。図 3 に 2 種類の階段を示す)

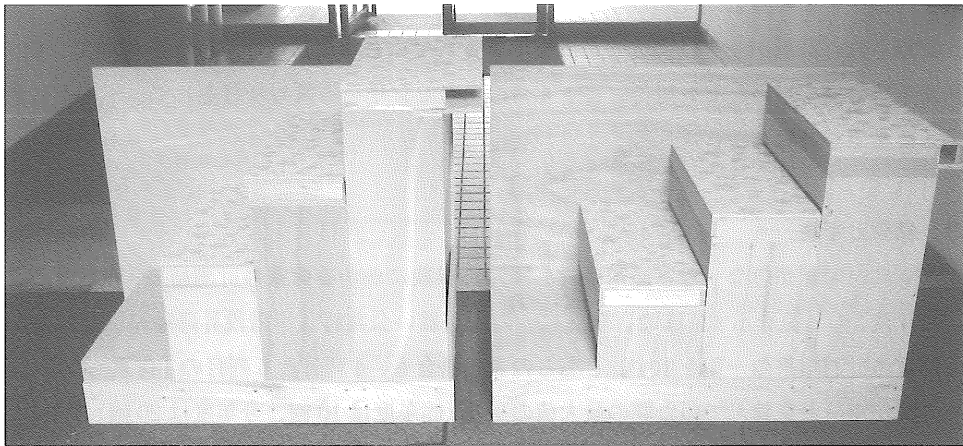


図 3 木製階段の比較 (左: 一般家庭で標準的な階段 右: 公共施設の基準の階段)

(3) 供試動物

イヌ: ラブラドル・レトリバー 雌 5 歳 (2012 年 8 月時点) 避妊済み

(4) 測定場所

倉敷芸術科学大学 7号館 1階 3116 教室

(5) 実験方法

公共施設の基準の階段と一般家庭で標準的な階段の 2 種類を用いて、実験犬に上り下りさせ、四肢にかかる荷重を計測した。荷重計測のための Wii ボードは階段のステップに両面テープで固定した。また Wii ボードを置かないステップには、Wii ボードと同じ厚みの台を置き、ステップ面の高さを揃えた。Wii ボード 2 台を 1 段目 + 2 段目、1 段目 + 3 段目、2 段目 + 3 段目に設置して、それぞれ 10 回ずつ計測した。また、計測を始める前に毎回実験犬の体重を記録した。したがって、2 種の階段ごとに、上り下りごとに、各ステップ 20 回分の実験データを記録することができた。

また、実験犬が黒色でビデオ映像から左右の肢を区別するのが難しいため、実験中は右

前肢と右後肢にペトラップを巻いて計測を行った。実験犬に階段を上り下りさせる際には、リードを持ち誘導する誘導者を決め、毎回同じ人が担当した。歩き始める前にはアイコンタクトを行い、歩くペースを合わせた。また、リードを常に緩ませイスが自分のペースで上り下りできるようにした。

イスを用いた実験であるため、不適切な動きをした場合のデータは除外した。したがって、結果として示すデータは、(1)一定のペースで上り下りした、(2)リードがたるんだ状態で外部から力を加えていない、(3)段を飛び越えたりせず全ての段に肢をついているものだけである。これらの基準を満たさなかった場合は、実験をやり直した。また、実験終了後にも高速度撮影したビデオ映像で動きをチェックし、条件に合わないデータを除外した。

(6) 計測データの補正

記録された計測データは図2のような形式をしている。これらのデータを用いて、(1)無荷重時の値を用いたゼロ補正、(2)4つの圧力センサーの値の合計をして、ボードにかかる荷重値を計算した。

3. 結果と考察

表1に、勾配が急な一般家庭用階段昇降時に四肢にかかる荷重の計測結果(昨年度および今年度)の一覧を示す。また、表2に、勾配が緩い公共施設用階段昇降時に四肢にかかる荷重の計測結果の一覧を示す。どちらの表の場合も、4列目と6列目の「荷重」の値は、その肢がボードを踏んでいた間の最大値の平均(昨年度は10回、今年度は20回)である。また、その荷重値が実験犬のその日の体重の何パーセントにあたるのかを「体重比」とし

表1 一般家庭用階段昇降時に四肢にかかる荷重(昨年度は10回、今年度は20回の平均)

上り/ 下り	計測	前後肢	昨年度		今年度		荷重 増減 増△ 減▼	体重比 増減 増△ 減▼
			荷重 (Kg重)	体重比	荷重 (Kg重)	体重比		
上り	1 段目	前肢	21.1	70.9%	20.1	62.4%	▼	▼
		後肢	23.8	80.0%	23.7	73.6%	▼	▼
	2 段目	前肢	17.4	58.9%	17.8	55.1%	△	▼
		後肢	20.8	70.3%	21.5	66.6%	△	▼
	3 段目	前肢	15.8	53.4%	17.6	54.5%	△	△
		後肢	14.8	50.0%	17.2	51.6%	△	△
下り	1 段目	前肢	31.2	104.7%	31.6	98.2%	△	▼
		後肢	19.5	65.4%	18.6	57.8%	▼	▼
	2 段目	前肢	26.9	91.2%	27.1	83.9%	△	▼
		後肢	15.1	51.0%	16.5	51.0%	△	-
	3 段目	前肢	22.4	75.8%	22.0	68.2%	▼	▼
		後肢	16.8	56.8%	17.5	50.8%	△	▼

それぞれ5列目および7列目に記している。実験は昨年度、今年度ともに2カ月にわたって実施されたため、その間に体重が変動している。昨年度の体重は29.3Kgから29.8Kg、今年度の体重は31.5Kgから33.8Kgである。昨年度に比べて今年度は体重の変動が大きいことが分かる。

表1と表2から、(1)勾配が急な一般家庭用階段の方が大きな荷重がかかっていることが分かった。また、(2)上りの場合も下りの場合も下側にある肢にかかる荷重が大きかった。そして、(3)イヌの身体の構造から上りの後肢よりも下りの前肢の方に大きな荷重がかかっていた。以上のことは昨年度の計測結果から分かっていたが、今年度の結果も同様であった。

昨年度と今年度の比較については、1歳の加齢と体重増加が同時に起こっているため、残念ながら2年間の計測結果だけからどちらの影響で変化が起ったのかを特定することはできない。この点に関しては、今後も毎年同じ実験を続けることによって、加齢と体重変動という2つの要因を分離できるのではないかとと思われる。ただ、断定はできないが、大型犬の4歳と5歳では筋力や運動能力の低下が顕著に表れるとも考えられないので、2年間の計測結果における変化の要因は主に体重増加にあるとして議論する。

表1および表2ともに、8列目の荷重の増減では、体重増加にしたがって増加傾向である(増加の△が多い)。一方、9列目の体重比(8列目の荷重をその時の体重で割った値)の増減は減少傾向である(減少の▼が多い)。これは、体重が増加したため肢にかかる荷重は増加するはずだが、肢への負担を減らそうと滑らかに接地するなどの動きの変化が起っているのではと推測される。この点については、今後の継続的な計測によって明らかにしていきたい。

表2 公共施設用階段昇降時に四肢にかかる荷重 (昨年度は10回、今年度は20回の平均)

上り / 下り	計測	前後肢	昨年度		今年度		荷重増減 増△ 減▼	体重比増減 増△ 減▼
			荷重 (Kg重)	体重比	荷重 (Kg重)	体重比		
上り	1段目	前肢	20.1	67.9%	19.7	62.5%	▼	▼
		後肢	19.9	67.1%	23.7	73.6%	△	△
	2段目	前肢	16.5	56.3%	18.7	58.6%	△	△
		後肢	18.9	64.2%	18.3	57.4%	▼	▼
	3段目	前肢	15.8	54.0%	17.5	54.7%	△	△
		後肢	13.7	46.6%	16.0	47.4%	△	△
下り	1段目	前肢	26.8	90.4%	28.4	90.0%	△	▼
		後肢	17.6	59.5%	17.7	56.2%	△	▼
	2段目	前肢	25.0	84.9%	25.8	80.8%	△	▼
		後肢	15.0	50.9%	16.4	52.3%	△	△
	3段目	前肢	21.5	73.2%	22.2	69.7%	△	▼
		後肢	15.8	53.9%	19.5	56.5%	△	△

表3 階段途中での前肢、後肢にかかる荷重

階段の種類	上り 下り	前後肢	昨年度		今年度		荷重 増減 増△ 減▼	体重比 増減 増△ 減▼
			荷重 (Kg重)	体重比	荷重 (Kg重)	体重比		
一般 家庭の 階段	上り	前肢	15.8	53.4%	17.6	54.5%	△	△
		後肢	23.8	80.0%	23.7	73.6%	▼	▼
	下り	前肢	31.2	104.7%	31.6	98.2%	△	▼
		後肢	16.8	56.8%	17.5	50.8%	△	▼
公共 施設の 階段	上り	前肢	15.8	54.0%	17.5	54.7%	△	△
		後肢	19.9	67.1%	23.7	76.6%	△	△
	下り	前肢	26.8	90.4%	28.4	90.0%	△	▼
		後肢	15.8	53.9%	19.5	56.5%	△	△

表1と表2から上り始めと上り終わり、下り始めと下り終わりの状態のデータを除き、上り途中および下り途中のデータのみを抽出して表3に示す。表3のデータは、身体の傾きが完全に階段の勾配と同じ状態になったときの荷重を表わしている。この表を見ると、ほとんど全ての場合に荷重は増加していることが分かる。昨年度の29.3～29.8Kgだった体重が今年度には31.5～33.8Kgと増加しているので、この肢にかかる荷重の増加は当然のことと考えられる。それに対して体重比で表わした荷重は、前肢も後肢も増加2減少2である。これらのことから、階段途中での計測データの場合でも、表1、表2で確認したのと同じように、体重増加による荷重増加はあるもののその増加量は小さくなっていることが確かめられた。

また、最も荷重のかかる下り・前肢の場合、荷重そのものは増加しているものの、他の場合と比較して増加幅が小さく、できるだけ負担を減らすためにゆっくり接地して瞬間的な荷重の増加が抑えられているのではないかと推測される。

4. まとめ

自作の計測装置を用いて、イヌが階段を歩行する時の四肢にかかる荷重を昨年度に続いて今年度も計測した。昨年度の結果と同様に、急な階段ほど大きな荷重がかかること、上りの場合は後肢に、下りの場合は前肢に大きな荷重がかかること、全体では下りの前肢に最も大きな荷重がかかることが確かめられた。2年間の計測結果の比較から、体重の増加によって肢にかかる荷重も大きくなること、しかし増加量は体重の増加量と比べて少ないこと、特に下りの前肢のように大きな荷重がかかる場合にその傾向が顕著であることなどが明らかとなった。この2年間の計測結果の変化には、加齢と体重増加という2つの要因が存在するため、変化の原因を断定することができないという問題点が残った。

今後は、毎年実験を継続することによって、体重の変化がほぼないと言える時の加齢による変化などについても調査していきたい。

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) 梶浦文夫, “バランスWiiボードを用いた犬の階段歩行の計測装置”, 倉敷芸術科学大学紀要No.17, pp.103-109 (2012).
- 4) 梶浦文夫他, “バランスWiiボードを用いた犬の階段歩行の計測と解析”, 倉敷芸術科学大学紀要No.18, pp.61-68 (2013).
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) バランスWiiボード公式HP, <http://www.nintendo.co.jp/wii/rfpj/>
- 8) 白井晁彦・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.
- 9) Wiimotelibを使う, <http://hikakeya3.blog68.fc2.com/>

An Analysis of Dogs Walking on the Staircase with Wii Fit Balance Board (2)

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, 2013)

Recently the number of pets, particularly indoor dogs and cats has been increasing. Along with that, the frequency that dogs ascend and descend on the stairs are also increasing. There are various dangers when dogs go up and down stairs. Especially when dogs go down stairs, there is a possibility that a considerably big load is added on the forefoot of the dog. So we measured the load of forefeet and other limbs of dogs descending stairs last year. As a result of the experiments, it is clear that the maximum weight was loaded the forefoot of dogs when they go down the stairs. And 105% of dogs' weight was loaded on one forefoot when dogs descend on the typical stairs.

This year's purpose of experiments is to measure the load of limbs of dogs going up and down the stairs in the same way as last year and to compare the results of two years experiments and finally to discuss on the differences of the two years results.