

3軸加速度センサを用いた牛の蹄病診断

岡田啓司^{1,2)†} 小林晴紀¹⁾ 花田直子¹⁾ 平沼宏子¹⁾ 林 奈央¹⁾
 嵐 泰弘^{2,3)} 千田 廉⁴⁾ 出口善隆^{1,5)} 佐藤 繁^{1,2)}

- 1) 岩手大学農学部獣医学課程 (〒020-8550 盛岡市上田3-18-8)
 2) 岐阜大学大学院連合獣医学研究科 3) 兵庫県農業共済組合連合会
 4) 甲南大学バイオフロンティア研究機構 5) 岩手大学大学院連合農学研究科

(2011年5月20日受付・2011年6月17日受理)

要 約 挙肢を行わない簡便な蹄病診断法の確立を目的として、3軸加速度センサと跛行スコアを組み合わせ、牛の跛行の主な原因となっている蹄底潰瘍および白帯病の摘発を試みた。その結果、正常牛の歩様は外蹄から着地し内蹄で踏み切り、重心が左右にぶれない安定した歩様であるため、跛行スコアは1、加速度変量総和は $3622 \pm 227 \text{m/s}^2$ で安定していた。蹄底潰瘍罹患牛は歩行時に罹患肢の内蹄と外蹄を同時に着地し、跛行スコアは2～3、加速度変量総和は $7225 \pm 877 \text{m/s}^2$ であり、正常牛に比べて有意 ($p < 0.01$) な高値を示した。白帯病罹患牛の加速度変量総和は正常牛と同様の値を示したが、跛行スコアは3～4であった。よって加速度センサと跛行スコアを組み合わせることにより蹄底潰瘍と白帯病を摘発できる可能性が示唆された。

——キーワード：牛、跛行スコア、蹄底潰瘍、加速度センサ、白帯病

.....産業動物臨床医誌 2(4): 183-188, 2011

1. はじめに

乳牛の蹄病罹患率はイギリスで22% [1]、アメリカで15% [2]と推定されており、その数は年々増加傾向にある [1]。蹄病に罹患すると乳牛の採食時間は半減して体重やボディコンディションスコアの低下をもたらす [3]、乳量も減少する [4]。白帯病や蹄底潰瘍の罹患牛は1頭につき1年で約370～570kgの乳量の損失があると言われている [1]。この蹄底潰瘍と白帯病は跛行の主な原因となっている [5]。跛行を呈する牛は健康牛に比べて牛群内での順位が下がり、闘争行動、摂食時時間、採食量の減少することが知られている [6]。蹄病による損耗は早期発見と的確な治療により軽減できるが、乳牛は本能的にその兆候を隠そうと行動する [3] ため、早期発見は困難である。蹄病牛は、罹患してから発見までに平均1カ月かかる [3] とされており、跛行が観察される2週間前から既に乳量が減少している [7]。

牛の跛行診断は馬の跛行検査法が準用されている。馬ではまず常歩や速歩検査、挙肢検査を行い、さらに確定診断のために屈曲および伸長検査、選択的神経周囲麻酔、関節内麻酔などを行う。ところが牛の場合、歩行訓練されることがないため、跛行や蹄病の診断は馬のように容易にはできない。現在行われている牛の跛行の診断法の1つに跛行スコアによる評価がある。跛行スコアは牛の正常に歩く能力を数値化したもので、5段階評価で行われる [8]。跛行スコアは平らな場所であれば評価可能という利便性はあるが、歩様異常の原因は特定できない。

加速度は体幹の動く勢いを表すもので、計測された細かい加速度をそれぞれの方向ベクトルに分割して加算したものが加速度変量である。3軸加速度センサは体の加速度の変化を前、後、左、右、上、下の6方向で測定する機器であり、歩行の変化を可視化してモニタリングすることができ、人のリハビリテーションなどで活用され

† 連絡責任者：岡田啓司 (岩手大学農学部獣医学課程 生産獣医療研究室)
 〒020-8550 盛岡市上田3-18-8 ☎・FAX 019-621-6237
 E-mail : keiji@iwate-u.ac.jp

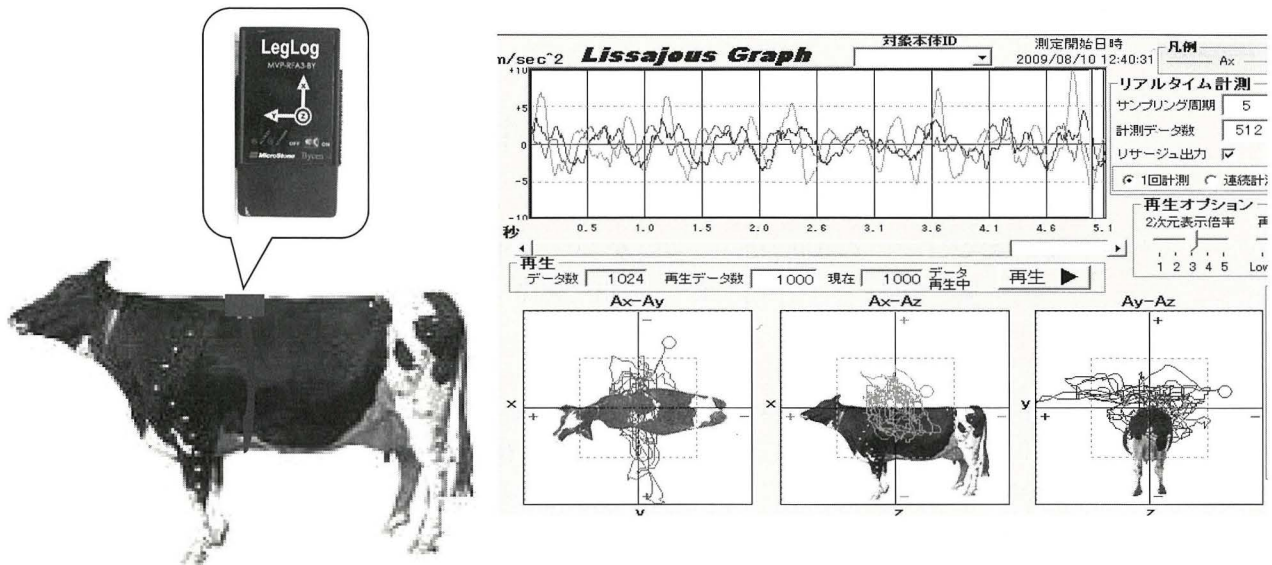


図1. 加速度センサの装着部位と出力データ

始めている。しかし牛における各蹄病における加速度変量の特徴についてはまだ解明されていない。

本試験は、挙肢を行わない簡便な蹄病診断法の確立を目的として、3軸加速度センサと跛行スコアを組み合わせ、牛の跛行の主な原因となっている蹄底潰瘍および白帯病の摘発を試みた。

2. 材料および方法

ホルスタイン種成乳牛の削蹄時に、蹄病がなく、歩様に異常が認められなかった11頭を正常牛とした。また蹄底潰瘍罹患牛4頭、白帯病罹患牛4頭を蹄病牛とした。各蹄病牛の罹患部位は表1に示した。削蹄前の歩様を跛行スコアを1～5の5段階で評価した [8]。また、一部の牛の歩様の状況を高速度カメラ（バイセン、神戸）で、全頭の歩様をビデオカメラで撮影して解析した。

蹄の処置前に牛舎内のコンクリート床を一定の速さで直線的に約10m歩行させ、歩行時の体幹加速度を測定した。測定には、無線型3軸加速度センサ（LegLOG：バイセン、神戸）とモーションレコーダ Ver. 2.5.1B（同上）を用いた。センサを専用のベルトで牛の背部最後胸椎上に固定し、データはBlue Toothを介してパーソナルコンピュータ（Panasonic CF-R4）中のモーションレコーダにてリアルタイムで受信して記録した（図1）。歩行は何往復か繰り返して行い、歩様が一定になったところでデータを採取した。サンプリング周期は200Hz、データ量は1回の歩行につき1024ポイントとし、正常牛と蹄病牛において6方向（前、後、左、右、上、下）の加速度変量の大きさ、3方向の加速度変量和（前後、左右、上下のそれぞれの加速度変量の絶対値の合計）および加速度変量総和（前後左右上下の加速度変量の絶対値の合

計）を比較した。

統計処理は二元配置分散分析およびボンフェローニの多重比較を行った。

3. 結果

蹄底潰瘍牛および白帯病牛の罹患肢と跛行スコアは表1に示した。正常牛の歩様は、四肢の動きが左右ほぼ対称で重心移動は少なく、蹄は外蹄反軸側から着地負重して、内蹄反軸側で踏み切っていた。蹄底潰瘍牛の歩様は体の動きが左右不対称であり、歩行時に罹患肢の内蹄と外蹄を同時に着地し同時に踏み切っていた。白帯病牛の歩様は歩幅が小さく歩行速度が緩慢であった。正常牛の跛行スコアは全頭とも1であった。蹄底潰瘍牛の跛行スコアは2と3が各2頭、白帯病牛の跛行スコアは1頭が3で、他の3頭は4であった。白帯病牛は蹄底潰瘍牛よりも強い背湾姿勢を示した。

正常牛、蹄底潰瘍牛および白帯病牛の各方向の加速度変量、および加速度変量総和を表2に示した。正常牛の各加速度変量の平均と標準誤差は、それぞれ前：654±

表1. 蹄病牛とその罹患肢

蹄病	牛No.	罹患肢	跛行スコア
蹄底潰瘍	1	左後肢外蹄	2
	2	右後肢外蹄	3
	3	左前肢内蹄	2
	4	左後肢内蹄・右後肢外蹄	3
白帯病	5	左後肢外蹄	3
	6	右後肢外蹄	4
	7	両後肢外蹄	4
	8	左前・両後肢内外蹄	4

表2. 正常牛, 蹄底潰瘍牛, 白帯病牛の各方向の加速度変量および加速度変量総和

	頭数	前	後	左	右	上	下	総和
正常牛	11	654 ± 65 a	652 ± 65 a	718 ± 64 a	737 ± 69 a	444 ± 42 a	417 ± 37 a	3622 ± 227 a
蹄底潰瘍牛	4	1477 ± 377 b	1490 ± 416 b	1325 ± 128 b	1338 ± 90 b	811 ± 64 b	783 ± 67 b	7225 ± 877 b
白帯病牛	4	503 ± 49 a	554 ± 61 a	595 ± 53 a	595 ± 86 a	385 ± 39 a	390 ± 42 a	3024 ± 315 a
平均 ± 標準誤差		a,b: 同一方向での異文字間で有意差あり p<0.01			加速度変量の単位: m/s ²		総和: 全項目の絶対値の合計	

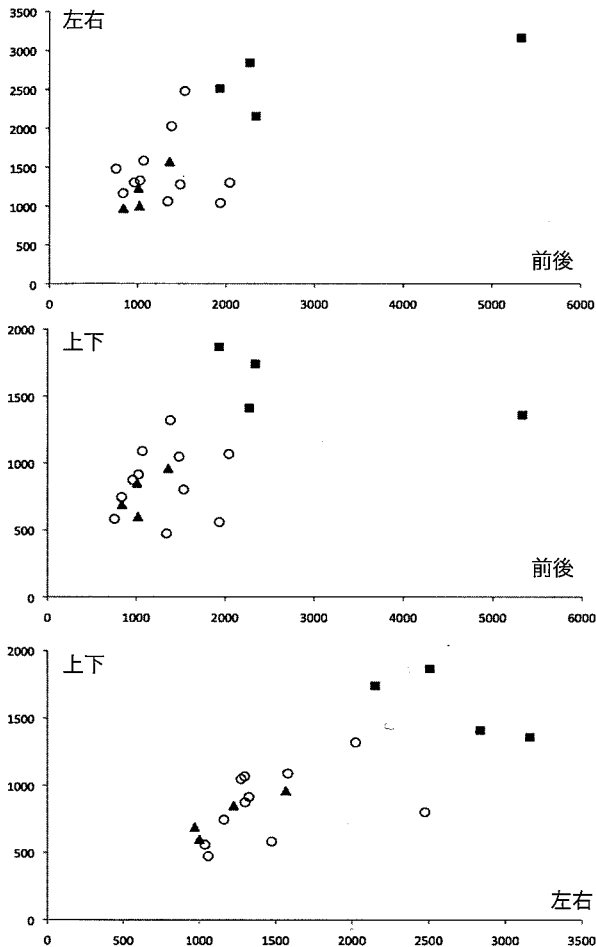


図2. 正常牛および蹄病牛の方向ごとの加速度変量と分布

○: 正常牛, ■: 蹄底潰瘍牛, ▲: 白帯病牛, 単位: m/s²

65m/s², 後: 652 ± 65m/s², 左: 718 ± 64m/s², 右: 737 ± 69m/s², 上: 444 ± 42m/s², 下: 417 ± 37m/s²であった。蹄底潰瘍牛の各方向の加速度変量は、いずれも正常牛および白帯病の牛よりも有意 (p<0.01) に大きな値を示した。正常牛と白帯病牛の間には有意な差異は認められなかった。

前後, 左右, 上下の各個体の加速度変量とを図2に示した。個体の分布においても蹄底潰瘍牛は正常牛に比べていずれの方向の加速度も大きい。白帯病牛は正常牛とほぼ同レベルであった。

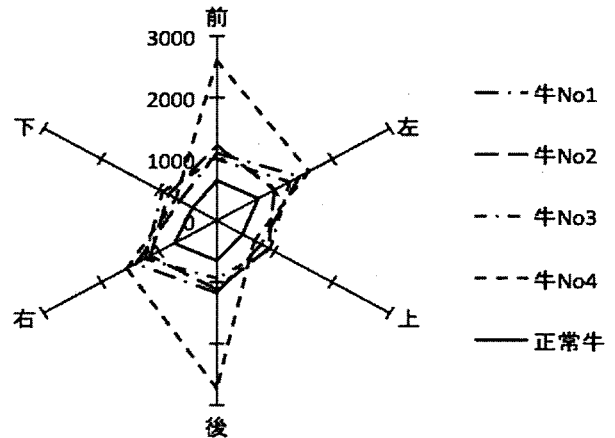


図3. 蹄底潰瘍牛の各方向の加速度
単位: m/s²

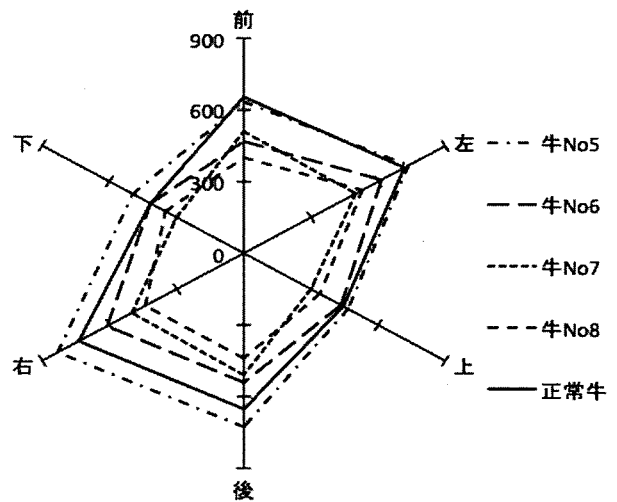


図4. 白帯病牛の各方向の加速度
単位: m/s²

蹄底潰瘍牛の各方向の加速度と、正常牛11頭の平均の加速度を図3に示した。2肢罹患牛の前後方向の加速度が正常牛および他の蹄底潰瘍牛と比べて大きな値を示した。内蹄罹患牛と外蹄罹患牛の間には差は認められなかった。白帯病牛の各方向の加速度と、正常牛11頭の平均の加速度を図4に示した。個体による違いは特に認められなかった。跛行スコアごとの加速度変量総和を図5に示した。正常牛, 蹄底潰瘍牛, 白帯病牛の加速度の分布域は明瞭に区分できた。なお拳肢検査により、蹄底潰瘍牛および白帯病牛の罹患肢患部はいずれも疼痛を認

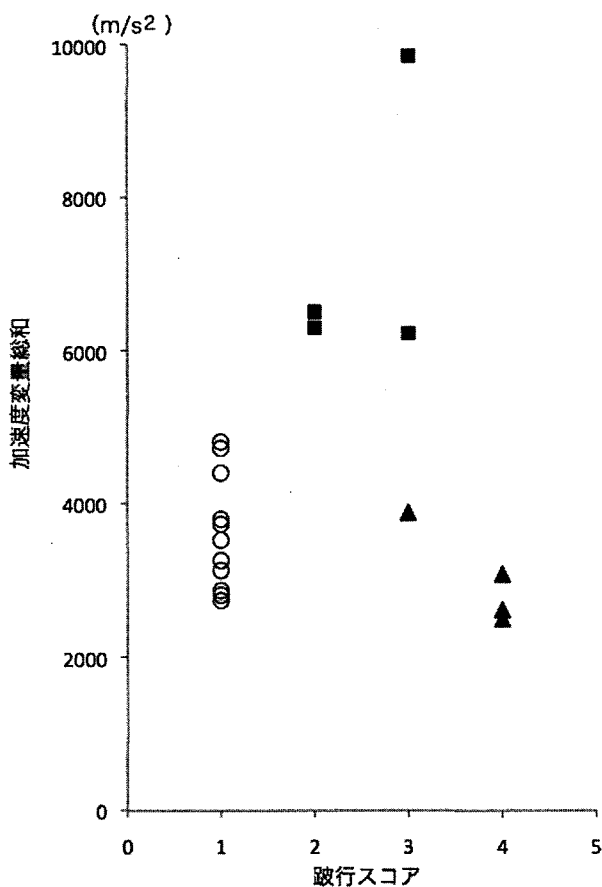


図5. 正常牛および蹄病牛の加速度変量総和と跛行スコア
○：正常牛，■：蹄底潰瘍牛，▲：白帯病牛

め、白帯病牛は特に疼痛症状が強く認められた。

4. 考察

正常な牛の歩様は通常、右前肢-左後肢-左前肢-右後肢の順に脚の移動が行われ、この時重心は対角にある2肢で支えられるため、左右への重心移動は少なく[9]、蹄は外蹄から着地する[10, 11]。本試験ではこのような歩様を示した正常牛の加速度変量は小さかった。

蹄や四肢に何らかの疾患のある牛は、疼痛を緩和するような歩様を示す[9, 12]。蹄病牛は正常牛に比べて歩幅が短く、歩行時の脚の挙上を低くすることで着地時の蹄への衝撃を軽減し疼痛を緩和しており、症状が重いほどその傾向が強い[9]。また、蹄病牛は健康肢に多くの負重をかけ、左右の負重切り替えを頻繁に行うことで罹患肢への負担を軽減し[12]、疼痛のため背湾姿勢をとることが多い。本試験で蹄底潰瘍牛は4頭とも歩行時に、疼痛に因ると考えられる背湾姿勢を示し、罹患肢の内蹄と外蹄を同時に着地し同時に踏み切っていた。内蹄と外蹄が同時に着地した場合、外蹄から着地し内蹄で踏み切る正常歩様に比べて蹄にかかる圧力が分散されるため、罹患蹄にかかる負重を少なくできる。これにより歩

行時の疼痛を緩和していたものと考えられた。蹄底潰瘍牛は正常牛と比較して加速度変量がいずれの方向も大きかった。これは蹄底潰瘍罹患牛が罹患肢以外の肢に負重を多くかける[9]ことから重心が動きやすく[10]、体が不規則に揺れて加速度が高い値を示したためと考えられた。加速度変量は内蹄罹患牛と外蹄罹患牛との間に差がなかった。これは両者の歩様が罹患肢の内蹄と外蹄を同時に着地し同時に踏み切るという、共通した歩様であるためであると考えられた。

白帯病に罹患すると、特に化膿部位はその疼痛が激しいため、跛行を生じる[12]。白帯病の4頭はいずれも強い背湾姿勢を示し、疼痛の大きさを示唆していた。白帯は歩行時に地面からの圧力を受ける蹄壁と、肢端の骨からの圧力を受ける蹄底の接合部であるために、白帯病に罹患すると着地時の疼痛は非常に大きくなることが考えられる。歩行が緩慢で加速度変量が正常牛とほぼ同等の値を示したのは、慎重に歩行することで蹄壁への衝撃を和らげ、疼痛を緩和していたためと考えられた[11]。

以上より、正常牛の歩様は外蹄から着地し内蹄で踏み切り、重心が左右にぶれない安定した歩様であるため、加速度変量は小さな値で安定していることが明らかになった。蹄底潰瘍罹患牛は歩行時に罹患肢の内蹄と外蹄を同時に着地し、加速度変量が正常牛に比べて高い値を示し、白帯病罹患牛は疼痛緩和のため、加速度変量は正常牛と同様の値を示したが、跛行スコアが高いことで正常牛と区別された。よって加速度センサと跛行スコアを組み合わせることにより蹄底潰瘍と白帯病を摘発できる可能性が示唆された。

5. 参考文献

1. Amory JR, et al : Association between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003-November 2004. *Prev Vet Med*, 83, 381-391 (2008)
2. Wells SJ, et al : Prevalence and severity of lameness in lactating dairy cows in a sample of Minnesota and Wisconsin herd, *J Am Vet Med Assoc*, 202, 78-82 (1993)
3. O'Callaghan K : Lameness and associated pain in cattle-Challenging traditional perceptions, *In Practice*, 24, 212-219 (2002)
4. Warnick LD, et al : The effect of lameness on milk production in dairy cattle, *J Dairy Sci*, 84, 1988-1997 (2001)
5. Murray RD, et al : Epidemiology of lameness in dairy cattle : Description and analysis of foot lesions,

- Vet Rec, 138, 586-591 (1996)
6. Manson FJ, Leaver JD : The effect of lameness on the feeding behavior of dairy cows, *Appl Anim Behav Sci*, 22, 87 (1989)
 7. Warnick LD, et al. : The effect of lameness on milk production in dairy cattle, *J Dairy Sci*, 84, 1988-1997 (2001)
 8. Sprecher DJ, et al. : A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance, *Theriogenology*, 47, 1179-1187 (1997)
 9. Flower FC, et al. : Hoof pathologies influence kinematic measures of dairy cow gait, *J Dairy Sci*, 88, 3166-3173 (2005)
 10. Meyer SW, et al. : Gait pattern of heifers before and after claw trimming: A high-speed cinematographic study on a treadmill, *J Dairy Sci*, 90, 670-676 (2007)
 11. Van der Tol PPJ, et al. : The vertical ground reaction force and the pressure distribution on the claws of dairy cows while walking on a flat substrate, *J Dairy Sci*, 86, 2875-2883 (2003)
 12. Neveux S, et al. : Hoof discomfort changes how dairy cattle distribute their body weight, *J Dairy Sci*, 89, 2503-2509 (2006)

Detection of hoof diseases in cattle using a triaxial accelerometer

K. Okada^{1,2)†}, H. Kobayashi¹⁾, N. Hanada¹⁾, H. Hiranuma¹⁾, N. Hayashi¹⁾
Y. Arashi^{2,3)}, H. Chida⁴⁾, Y. Deguchi^{1,5)}, S. Sato^{1,2)}

- 1) *Department of Veterinary Clinical Medicine, Faculty of Agriculture, Iwate University, 3-18-8 Ueda, Morioka 020-8550, Japan*
- 2) *The United Graduate School of Veterinary Medicine, Gifu University*
- 3) *Hyogo Prefectural Federation of Agricultural Mutual Aid Association*
- 4) *Frontier Research Organization For New Themes, Konan University*
- 5) *The United Graduate School of Agricultural Sciences, Iwate University*

ABSTRACT In order to establish an easier detection method for hoof diseases without raising hooves, we examined the effectiveness of triaxial accelerometer and gait score in detection of sole ulcer and white line disease. Cattle with healthy hooves placed their hooves on the ground using the lateral claws and then pushed off using their inner claws, and their locomotion score were classified in score 1. The mean vector sum of acceleration of these healthy cattle was $3622 \pm 227 \text{m/s}^2$. Cattle with sole ulcer set their affected hooves on the ground using both of the inner and lateral claws, locomotion score were classified in score 2 or 3, and the mean vector sum of acceleration was $7225 \pm 877 \text{m/s}^2$, which was significantly higher than that of healthy cattle ($p < 0.01$). Cattle with white line disease showed a mean vector sum of acceleration similar to that of healthy cattle, though their locomotion score were classified in score 3 or 4. These results suggested the usefulness of the combination of vector sum of acceleration and gait score for detection of sole ulcer and white line disease in cattle.

—Key Words : cattle, gait score, sole ulcer, triaxial accelerometer, white line disease

† Correspondence to : Keiji Okada (Department of Veterinary Clinical Medicine, Faculty of Agriculture, Iwate University) 3-18-8, Ueda, Morioka 020-8550, Japan
TEL 019-621-6237 FAX 019-621-6237 E-mail : keiji@iwate-u.ac.jp

.....Jpn. J. Large Anim. Clin. 2(4): 183-188, 2011