

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 20 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24780255

研究課題名(和文) 3次元加速度センサーを用いた新たな放牧家畜エネルギー消費量推定法の確立

研究課題名(英文) Development of a new method to estimate energy expenditure of grazing ruminants using a three-dimensional accelerometer

研究代表者

大石 風人(OISHI, Kazato)

京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・助教

研究者番号：50452280

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：放牧家畜のエネルギー消費量を推定することは、効率的に家畜管理を行う上で重要である。本研究では、動物の加速度指標の1つである動的体加速度(DBA)が放牧家畜(ウシ・ヤギ・ヒツジ)のエネルギー消費量の推定指標として利用可能かどうかを、従来の指標である心拍数と同時測定を行うことで検証した。まず、家畜動物種を超えて成り立つDBAと心拍数との共通関係式を新たに開発し、心拍数あたりのエネルギー消費量既報値と組み合わせることで、種や品種を超えて放牧家畜のエネルギー消費量が推定できることを示した。さらに、DBAを従来の代謝エネルギーシステムに組み込んだ簡易なエネルギー消費量推定法を開発することができた。

研究成果の概要(英文)：Estimating the energy expenditure of farm animals at pasture is important for efficient animal management. In the present study, we tested the potential use of an acceleration index, dynamic body acceleration (DBA), as a new proxy for estimating the energy expenditure of grazing farm animals (cattle, goats and sheep) with the simultaneous evaluation of a conventional proxy, heart rate. First, by combining a newly established common equation between DBA and heart rate with the previously reported energy expenditure per heartbeat, we could estimate the energy expenditure of the tested animals, and the results indicated that DBA is a good proxy for estimating the energy expenditure of grazing farm animals across species and breeds. Moreover, we could develop an easier new method for estimating energy expenditure by incorporating DBA into a conventional metabolizable energy system.

研究分野：家畜生産システム

キーワード：家畜 放牧 エネルギー消費量 加速度

### 1. 研究開始当初の背景

家畜の適切な飼料給与量を求めるために家畜のエネルギー消費量 (EE) を推定することは古くから行われている。特に、耕作放棄地等の様々な放牧条件下における放牧家畜の EE を推定することは、適切な補助飼料給与量を把握するために重要となる。この主な方法として、まず実験的に心拍数と酸素消費量を測定して酸素消費量推定式を作成し、連続的に測定した放牧家畜の心拍数をその推定式に導入する方法がある。しかし、林地や耕作放棄地、急傾斜の中山間地など様々な土地条件において、自由放牧下の家畜の心拍数を正確に長時間連続測定することは困難であるため、心拍数を用いた放牧家畜の EE 推定は汎用的とは言えず、より簡易な推定法の開発が求められている。

### 2. 研究の目的

放牧家畜の EE 推定を行う新たな手法として、3 軸方向の加速度センサーを対象の放牧家畜に装着し、そこで得られる加速度値により算出する動的体加速度 (DBA) を指標として、放牧家畜の EE を行動情報から推定する簡易な手法を新たに開発することを本研究の目的とした。この DBA は自由行動下の動物の EE 推定を行う目的で発案されたもので、現在までウ科の鳥類や人、魚類などを対象として DBA と EE との関係が検討されているが、大型哺乳動物に対して未だ評価は行われていない。そのため本研究において、放牧家畜を対象として DBA と EE との関係性を新たに評価し、DBA による EE 推定法の確立を目指した。

### 3. 研究の方法

本研究は以下の 2 つの軸で実施した。

#### (1) 放牧家畜に対するエネルギー消費量推定指標としての DBA の利用可能性の検証

まず、放牧家畜 (ウシ・ヤギ・ヒツジ) に 3 軸加速度センサーおよび心拍計を装着して同時に長時間データを収集した。次に、加速度データを用いて DBA を算出し、その値と心拍数との関係性を数式化した。なおこの研究においては、DBA として最初に Wilson ら (2006) によって開発された Overall DBA (ODBA) を DBA として用いた。

#### (2) DBA を用いた新たな放牧家畜エネルギー消費量推定法の確立

体重を補正係数とみなして家畜種を超えた心拍数とエネルギー消費量との関係式を開発し、それと先の DBA の関係式とを組み合わせることで DBA によるエネルギー消費

量推定式が開発できるかを検討した。さらに、より簡易な推定式として、従来から家畜飼養標準で用いられている代謝エネルギーシステムの一部に DBA の情報を統合することで、DBA のみを用いた新たな放牧家畜エネルギー消費量推定法を開発した。なお、代謝エネルギーシステムに DBA を組みこむ方法では、改良型 DBA として Qasem ら (2012) によって報告された Vectorial DBA (VeDBA) を DBA として用いた。

### 4. 研究成果

#### (1) 放牧家畜に対するエネルギー消費量推定指標としての DBA の利用可能性の検証

まず、心拍数と DBA のデータの取得精度を検討した結果、加速度データより算出する DBA は常にデータが得られる一方、心拍数データは装着に労力が必要であるにも関わらず電極のずれ等が原因でデータが一時的に欠損することがみられ、データ取得の点で DBA が簡易で優れていることが明らかとなった。

次に、心拍数を従属変数、DBA を独立変数として、DBA が心拍数に及ぼす影響を解析した。その結果、全ての動物種、個体において、DBA は心拍数の変化に有意な効果を及ぼすことが示された。また、その心拍数に対する DBA の決定係数は平均で 0.73 と高く、従来のエネルギー消費量の代替指標として利用されてきた心拍数の変化を DBA によって表すことが可能であることが示された。一方、DBA と心拍数との関係性は動物種や個体によって異なることが示された。以下に個体ごとの DBA と心拍数との関係を示す。

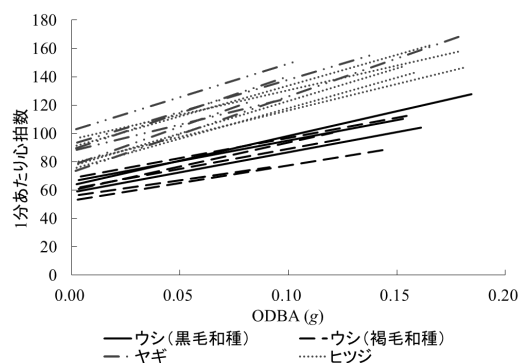


図 1 個体ごとの DBA と心拍数との関係

この図を見ると、DBA と心拍数との線形関係は、傾き、切片ともに個体ごとに異なることが伺えるが、この違いを体重の違いとして評価することを検討した結果、傾きと切片ともに、動物種や個体の違いを超えて体重のアロメトリー式で示すことができることが明らかとなった。その結果、試験対象となった家畜動物種や個体の違いを超えて、次に示す共

通の DBA と心拍数の関係式が得られた。

$$HR = 147.263 \cdot M^{-0.141} + 889.640 \cdot M^{-0.179} \cdot ODBA$$

(HR:心拍数、M:体重、ODBA:DBA)

(2)DBA を用いた新たな放牧家畜エネルギー消費量推定法の確立

研究(1)の結果を受け、まず DBA による先述の心拍数推定式に、既存の家畜種ごとの心拍数 - 酸素消費量のデータから作成した心拍数 - 酸素消費量推定式を合成し、DBA と体重による以下の酸素消費量推定式を作成した。なお、エネルギー消費量は酸素消費量に定数を乗じて推定できる。

$$VO_2 = 15.139 \cdot M^{0.794} + 38.467 \cdot M^{0.835} \cdot ODBA$$

(VO<sub>2</sub>:酸素消費量 ml/min)

この式を用いて、すでに報告されている他の動物種における DBA - 酸素消費量の関係性と本研究対象動物におけるそれとの比較を実施した結果を図2に示す。

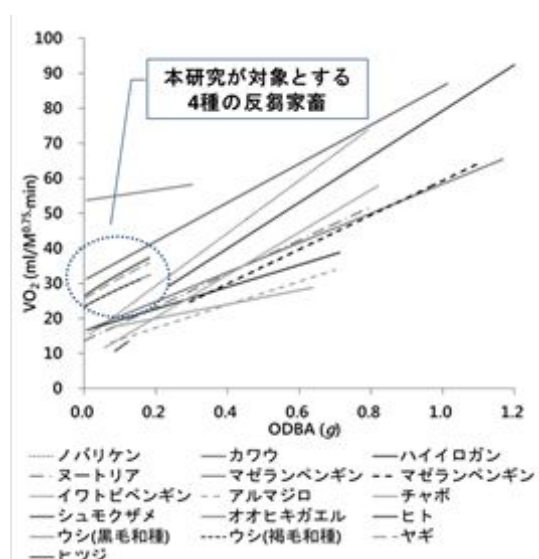


図2 広範な動物種における DBA と酸素消費量との関係

この結果、本研究が対象にした4種(ウシ2品種・ヤギ・ヒツジ)においても、DBAをもとに他の動物種と同様の傾向でエネルギー消費量が推定できることが示された。

次に、心拍数の推定を介さずに DBA から直接エネルギー消費量を推定する方法を検討した結果、以下のように、英国飼養標準(ARC)の代謝エネルギー要求量推定式における活動に必要なエネルギー量を DBA により推定すれば、従来の報告値と同等の値が得られることが明らかとなった。

$$ME_m = (F + AC_{grazing}) / km$$

$$AC_{grazing} = (DBA_{grazing} / DBA_{housing}) \times AC_{housing}$$

ここで、 $ME_m$  は維持に必要な代謝エネルギー量、 $F$  は絶食時代謝量、 $km$  はエネルギー利用率、 $AC_{grazing}$  は放牧時の活動に必要なエネルギー量、 $AC_{housing}$  は各種飼養標準すでに報告されている舎飼いでの活動によるエネルギー要求量、 $DBA_{grazing}$  と  $DBA_{housing}$  はそれぞれ放牧時の DBA、舎飼い時の DBA を示す。すなわちこの方法では、舎飼い時の DBA と放牧時の DBA を測定してそれらの比を取り、舎飼い時における活動に必要なエネルギー量を乗じることで、放牧時の活動に必要なエネルギー量を推定している。この方法による推定では、心拍数を測定する必要が無いためデータ取得が簡易であり、また代謝エネルギー(ME)のみならず正味エネルギー(NE)を直接推定できる点が優れていると考えられる。この方法を用いれば、様々な放牧条件下での家畜のエネルギー消費量を加速度データのみで推定することができるため、有効な方法であると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計4件)

Miwa M., Oishi, K., Nakagawa, Y., Maeno, H., Anzai, H., Kumagai, H., Okano, K., Tobioka, H., and Hirooka, H. Application of overall dynamic body acceleration as a proxy for estimating the energy expenditure of grazing farm animals: Relationship with heart rate. PloS ONE, 10(6): e0128042. 2015. (査読有)  
DOI: 10.1371/journal.pone.0128042

Miwa, M., Oishi, K., Nakagawa, Y., Maeno, H., Kumagai, H., Hirano, M., Yoshioka, M., Tobioka, H., Okano, K., and Hirooka, H. Development of a new method to estimate energy expenditure of grazing ruminants using body acceleration index. Sustainable Livestock Production in the Perspective of Food Security, Policy, Genetic Resources, and Climate Change. Proceedings of the 16th Animal Science Congress, The Asian Australasian Association of Animal Production Societies, Yogyakarta, Indonesia. pp 667. 2014. (査読有)

中川 靖浩・大石 風人・前野 宏倫・平野 幹典・吉岡 正行・熊谷 元・飛岡 久弥・広岡 博之. GPSを用いた放牧牛のエネルギー消費量推定法と心拍数測定による推定法との比較. 日本畜産学会報 84: 67-76. 2013. (査読有)  
DOI: 10.2508/chikusan.84.67

Miwa, M., Oishi, K., Nakagawa, Y., Maeno, H., Kumagai, H., Hirano, M., Yoshioka, M., Tobioka, H., and Hirooka, H. 2012. Relationship between heart rate and overall dynamic body acceleration: in case of grazing cattle. Improving Smallholder and Industrial Livestock Production for Enhancing Food Security, Environment and Human Welfare. Proceedings of the 15th Animal Science Congress, The Asian Australasian Association of Animal Production Societies, Bangkok, Thailand. pp 622. 2012. (査読有)

〔学会発表〕(計2件)

大石 風人・家畜生産システムにおける環境影響および経済性の総合的評価(招待講演). システム農学会 2014 年度秋季大会 in 京都. シンポジウム「地球環境問題解決へのシステム論的アプローチ」. 京都市. 2014 年 10 月 17 日.

三輪 雅史・大石 風人・中川 靖浩・熊谷 元・平野 幹典・吉岡 正行・大田 良介・久保 和弘・飛岡 久弥・広岡 博之. 放牧条件下におけるウシの心拍数と 3 軸動的体加速度(ODBA)との関係解析. システム農学会 2012 年度春季大会. A07. 鳥取市. 2012 年 5 月 13 日

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.animprod.kais.kyoto-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

大石 風人 (OISHI, Kazato)

京都大学・大学院農学研究科・助教

研究者番号: 5 0 4 5 2 2 8 0