

## 乳牛の行動モニタリングに関する新技術

帯広畜産大学 畜産生命科学研究部門

かしわむら ふみろう  
柏村 文郎

## 1. 行動モニター技術

酪農における規模拡大、すなわち牧場一戸当たりの飼養頭数の増加は現在も続いている。小規模な家族経営では、牛の個体識別やそれぞれの牛のボディコンディションや毛づやなどをきめ細かく観察し、牛群を管理することが可能である。しかし、100頭以上の牛群では個人の肉眼観察のみで、全ての個体をきめ細かに管理することは難しい。また小規模経営でも経営主の高齢化にともなう体力や記憶力の低下に伴い、これまで出来ていたことができなくなるという状況も生じてくる。乳牛の管理において個体の状態や行動を観察することは基本であるが、上記の理由でそれが難しくなっているのが現状であろう。

乳牛の飼養管理において様々な科学的な情報が利用できるようになってきた。飼料の成分分析と飼養標準を用いた飼料設計や乳検情報を活用した繁殖管理や育種計画、さらに血液成分によるプロファイルテストも取り入れられるようになってきた。また、行動の自動検知技術も少しずつではあるが普及しつつある。最もよく知られているのは、発情発見の補助器具としての**活動量モニター機器**である。これは牛の肢または首に振動検知スイッチや加速度センサを取り付け、牛の活動量を測定するものである。次によく知られているのは**分娩警報装置**である。これは温度センサを牛の膻内に挿入して、それが分娩の時に体外へ押し出された時の温度差（膻温と環境温度の差）から分娩を知らせるものである。さらにこの機器は温度センサを利用しているという特徴から、分娩時以外にも、発情時の体温変化を捉えるなどの用途も研究されている。

## 2. 反芻行動のモニター

今回紹介するのは最近注目されている**反芻モニター装置**である。まず、反芻行動をモニターして何になるかを手短かに解説する。牛が摂取した飼料は、反芻胃に一時貯留され、植物繊維であるセルロースやヘミセルロースが微生物の作用によって発酵・分解される。その間、反芻胃内容物は貯留されるだけではなく反芻行動により口中に吐き戻され、再咀嚼される。このことで飼料片はより微細化され、消化されやすくなる。反芻胃のpHは中性から弱酸性（pH6.2~7.2）が好ましいとされているが、易発酵性の糖やデンプン質の多い飼料（濃厚飼料や春先の牧草）が給与されると発酵が急激に進行し酸性化しやすい。その点、牛の唾液はアルカリ性（pH8.1~8.8）であり、吐き戻された食塊は唾液と混合されることにより中和され、反芻胃に戻されることになる。反芻モニター装置は、この二つの機能が正常に働いているか監視するものである。牛は体調不良（ケトーシス、脂肪肝、乳熱、ダウンナー症候群、第四胃変胃、ルーメンアシドーシスなど）で採食量が減少すると反芻時間（普通は7~9時間）も減少する。また発情などで活動量が増加したときも反芻時間は減少する。反芻行動の減少の原因としては、粗飼料の給与不足や摂取した粗飼料のサイズが小さいことが挙げられる。粗飼料の不足は多くの場合、濃厚飼料の多給と関係している。また粗飼料のサイズはデントコーン収穫時の切断長やTMR調製時のミキシング時間と関係する。さらにTMRの牛の選択採食とも関係していることが知られている。なぜなら牛は、TMRの粗飼料と濃厚飼料が分離

した場合、濃厚飼料を先に食べるため亜急性アシドーシス (SARA ; 反芻胃内 pH が 5.5 より低くなる) になりやすい。また産後の回復も反芻行動をモニターすることで確認できるのではないかという研究も進行中である。

### 3. 反芻行動の自動検出技術

反芻行動の自動検出技術の概要についていくつか紹介する。研究手段としては、古くから反芻行動の記録が行われており、牛の口の周りにゴム管を巻き、咀嚼にともなうゴム管内の空気圧の変化を直接記録するニューモグラフ、ゴム管の変わりにストレインゲージを用いてその歪みの変化を電氣的に記録する方法、顎に電極を貼り筋電図をとる方法、テープスイッチを用いて口の動きを検知する方法、頭絡にマイクを取り付け咀嚼音を記録する方法などが挙げられる。これらは全て口の周りに咀嚼の動きを捉えるための装置を取り付けなくてはならないため、頭絡のような装置が必要となり実用面では利用しづらいという欠点がある。

ところが最近、牛の首輪に装着するだけで反芻行動をモニターできる機器が現れ、商品化された (ヒータイム HR ; SCR エンジニアリング Ltd.)。その原理は首から伝わる音を検知するものである。その機器に関する研究論文では、機器による反芻時間と直接観察による反芻時間の相関は  $r=0.93$  であったと報告されている (Schirmann, 2009)。著者らが以前に行ったストレインゲージを用いた研究において、摂食行動の咀嚼パターンと反芻行動のそれを比較すると明らかな違いがみられた (図 1)。摂食時は咀嚼運動が不規則であり、咀嚼も途切れることはない。一方、反芻時は咀嚼パターンが規則的で、特に特徴的なのは、およそ 1 分毎にみられる咀嚼の中断である。この波形を分析したところ、摂食時の咀嚼間隔は  $805 \pm 127$  (平均  $\pm$  SD) ミリ秒、反芻時の咀嚼間隔は  $899 \pm 74$  ミリ秒、反芻時の食塊吐き出し間隔は  $51,977 \pm 5,960$  ミリ秒であった。また反芻時の咀嚼中断は食塊の嚥

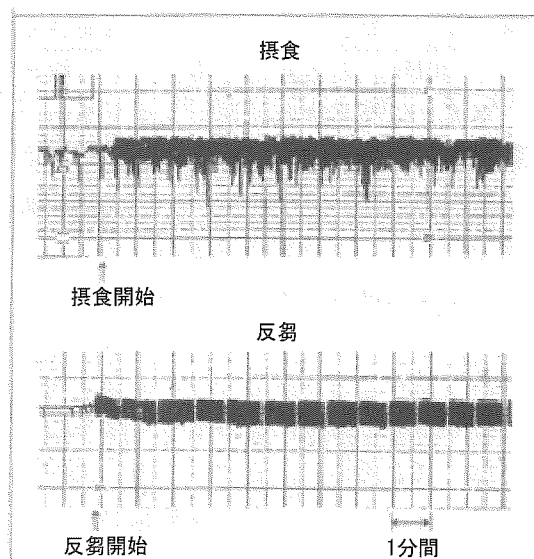


図 1 ストレインゲージによる顎の動きの記録 (上が摂食、下が反芻)

下から次の食塊の吐出までの間隔で、その時間は  $6,040 \pm 466$  ミリ秒であった。このような咀嚼パターンの違いを利用して自動的に反芻行動の判別が可能となる (柏村, 1992)。

最近もう一つ、首に装着して反芻行動を識別する研究が進められている (岡本, 2008)。それは加速度計と温度センサを組み合わせた技術である。牛は摂食行動のとき立位姿勢で頭部を下げて咀嚼し、反芻行動のときは頭部を上げた状態 (反芻行動の 80% 以上は伏臥の姿勢で行われる) で咀嚼することを利用して。この装置では、加速度センサの加速度の方向の違い (正值と負値) の他、頭を上げたとき温度センサが胸部に触れ、頭を下げたとき温度センサが顎に触れることを利用している点が特徴である。

### 4. 高感度低周波センサ

筆者らは反芻行動モニターの新技術として高感度低周波センサの利用を研究している (特許出願中)。高感度低周波センサとは、空気圧の微小変化を検出するものである。信号検出範囲は  $0.2 \sim 100\text{Hz}$  の低周波領域であり、検出圧力は  $\pm 10\text{mPa/bit}$  (半導体センサの 100 倍の感度) と非常に高感度である。この高感度低周波センサを牛の首輪に装着し、咀嚼に伴

う首の筋肉の動きにより発生する低周波振動（0.2～20Hz）を空気圧の変化として検出する。写真1は高感度低周波センサを革製のバックに入れ牛の首に装着したときのものである（個体識別のタグも装着されている）。低周波振動のデータは無線送信され、ノートPCに接続した受信機で受信された後、一旦ハードディスクに保存される。現在は波形データ解析法も開発しているためこのような形態をとっているが、実用化に当たってはSDカードや微小電力無線による回収方法も検討する必要がある。ちなみにその振動波形をスペクトル分析すると反芻時には1.3Hz付近に特徴的なスペクトルのピークがみられることが確認されている。この反芻時の特徴をケプストラム分析により抽出し、さらに音声認識で利用されているパターン認識の手法を用いることにより反芻行動を識別する。現在はまだ研究途中であるが、この機器で識別した反芻行動と目視観察の結果を1分ごとに比較したところ、その一致率は93%であり、ほぼ実用化レベルに達していると考えられる。さらに、この高感度低周波センサを牛の前肢管部に装着すると牛の脈拍を検知できることも判明した（神谷，2012）。

#### 5. 今後の家畜の行動モニタリング

近年、様々なセンサが開発され、それも安価に生産されるようになってきた。それらのセンサを上手に使うと、動物の様々な行動をかなり正確にモニタリングできるはずである。牛の主要な行動としては、起立、横臥、歩行、摂食、反芻が上げられる。これらの行動に関して、これまでに多くの研究成果が蓄積され、また多くの貴重な知見が見出されてきた。しかし、これらの行動を把握する手段は主に、長時間の目視またはビデオカメラによる観察に頼らざるを得なかった。このような観察には多くの時間と人手を要するため現場で応用する技術としては使われることはなかった。しかし、新たに開発されつつあるセンサとその信号処理技術を組み合わせることで多くの

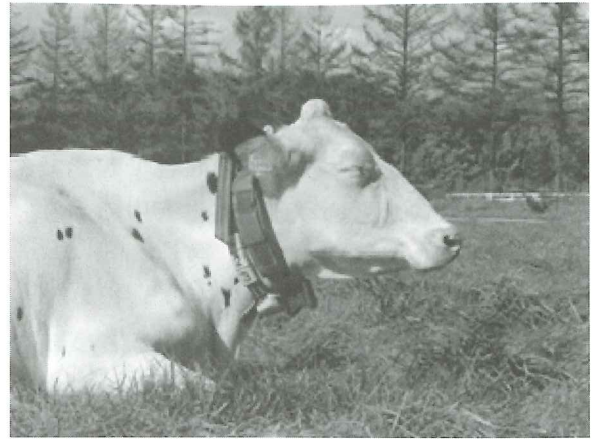


写真1 高感度低周波センサを首輪につけた牛

可能性が秘められている。精密酪農という言葉があるが、センサ技術とコンピュータ、さらには情報処理技術の融合によって、大規模農場でも乳牛の個体管理が容易にできる時代が、今まさに始まろうとしていることを感ずる昨今である。

#### 参考文献

- 岡本全弘（2008）反芻動物の健康管理システム、反芻動物の健康管理方法および反芻動物の健康管理システム用首輪。公開特許公報（A），特開 2008-228573（特願 2007-68041）。
- 柏村文郎・磯谷彩恵・古村圭子・新出陽三（1992）データロガーによる牛のそしゃく行動の記録と採食・反芻の自動判別法に関する検討。日本家畜管理研究会誌，28（1）；8-9。
- 神谷香住・保成孝・柏村文郎・堂腰顕・長岡浩・山崎周一（2012）乳牛の肢に装着した高感度低周波センサーから得られる生理的・行動的情報。Animal Behaviour and Management. 48(1):19.
- Schirmann, K, M.A.G. von Keyserlingk, D.M. Weary, D.M. Veira, and W. Heuwieser. (2009) Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. J. Dairy Sci. 92:6052-6055.