

# 学位論文要約

氏 名 田 村 倫 也

題 目 3 軸加速度センサを用いた牛の行動解析，反芻行動解析および  
疾病予知に関する研究

乳牛の周産期疾病は経営損失およびアニマルウェルフェアの観点から問題視されている。疾病発症前には生理状態の変動が先行し，それは行動変化としても現れる。近年，経営の大規模化に伴い労働力不足が深刻化し，牛の行動観察不足から管理失宜へつながることが危惧されている。それを解消する手段として生体センシング技術の研究が多数行われ，牛の反芻行動に焦点をあてたものもあるが，その多くは長時間のデータ集積が必要であるという欠点が存在し，また現場応用のためには管理が容易である必要がある。本研究は，3 軸加速度センサを用いて簡易でよりリアルタイムな反芻行動モニタリング法を確立し，さらに加速度パラメータを用いた疾病発症予測指標を確立することを目的とした。

第 2 章では頸部装着 3 軸加速度センサによる牛の行動分類を試みた。38 頭のホルスタイン種雌牛を用い一般行動に伴う頸部加速度データ変動を計測し，パラメータとして活動量および変化量を算出した。採食，反芻，伏臥休息行動それぞれで特徴的な加速度波形が得られ，パラメータは 3 行動間で明確な差を認めた。さらに決定木学習により分類閾値を算出したところ，採食，反芻，伏臥休息行動を高精度に分類可能であることが明らかとなった。

第 3 章では，FFT アルゴリズムを用いて反芻時加速度データを解析し主となる周波数を算出し，実際の咀嚼回数と比較し検証した。ホルスタイン種雌牛 6 頭を用い，反芻行動時の頸部加速度と高速度カメラによる頭頸部の動作映像を同期して記録した。FFT 解析により加速度データから咀嚼速度を算出し，動画からは単位時間あたりの咀嚼回数をカウントし咀嚼速度を算出した。両者の咀嚼速度には互換性が認められた。

さらにパラメータとして嚥下間隔を加え，第 4 章では計 4 つのパラメータの変動要因を検索した。試験 I では乾乳期乳牛，泌乳期乳牛，舎飼黒毛和種，放牧黒毛和種の 4 群（計 74 頭）について，反芻時頸部加速度パラメータを比較した。泌乳期乳牛では活動量および変化量が高値を示し，濃厚飼料増給に対応し反芻時咀嚼運動を強化，かつ食塊あたりの咀嚼時間を増やし唾液分泌を増加させていた可能性が推察された。黒毛和種牛においては生草の給与により嚥下間隔が短縮したものと推察された。さらに品種差による影響も示唆された。第 4 章試験 II では計 53 頭のホルスタイン種乳牛を用い，PSPS を用いた TMR 粒度測定により 4 群に分類し，群間でパラメータを比較した。活動量および変化量は繊維分の摂取低下により低値を示す一方で，第一胃 pH の低下に伴い高値を示す可能性が推察された。咀嚼速度は摂取繊維長が短い場合に高速化することが示唆された。繊維長が短い TMR 環境下においては嚥下間隔が延長し，咀嚼行動の変化により唾液分泌を促している可能性が考えられた。

第 5 章ではホルスタイン種乾乳牛 6 頭を用いた試験により，実験的に高デンプン飼料を給与したうえで第一胃 pH，血液生化学性状，および反芻時頸部加速度パラメータを継続的に評価した。高デンプン群では低デンプン群に比べ第一胃 pH が低下し変動性が増加した。血液生化学検査では BUN を除き有意な変動を認めなかった。高デンプン群において Day3 の一時的な活動量の低下，Day4 以降で活動量の増加，咀嚼速度の高速化，嚥下間隔の延長が

認められた。飼料変更当日は咀嚼行動が抑制されるが、翌日以降は第一胃 pH 変動に対する代償反応として咀嚼運動が亢進したものと考えられた。反芻時頸部加速度パラメータは血液生化学成分よりも鋭敏に第一胃環境変動を反映している可能性が示唆された。

第 6 章ではホルスタイン種乾乳牛 15 頭（疾病群 6 頭，健康群 9 頭）を供試し，分娩前 47～7 日に血液生化学検査および反芻時頸部加速度パラメータ測定を実施した。血液生化学検査では有意な変動および差を認めなかった。活動量および変化量は，疾病群において分娩が近づくにつれ低下した。また咀嚼速度は健康群では分娩前に高速化する一方，疾病群では低速化し，嚥下間隔は疾病群において分娩前に短縮した。健康群においては反芻行動の強度を維持あるいは亢進させ第一胃環境を維持していたものと考えられ，疾病群では咀嚼行動が減弱し不安定な第一胃環境のまま分娩を迎え，疾病発症に至った可能性が推察された。

以上より，頸部装着 3 軸加速度センサを用いた反芻時頸部加速度パラメータの計測方法が確立され，パラメータは第一胃環境の変動を鋭敏に反映することが明らかとなった。本デバイスは反芻行動モニタリングにより日常的な第一胃環境評価手法として応用可能であると考えられる。さらに乾乳期乳牛に使用することで疾病発症高リスク個体の早期摘発に活用できることが示唆された。頸部装着 3 軸加速度センサは非侵襲的検査であり装着や管理も容易であることから，応用価値の高いものであると考えられた。

# 学 位 論 文 要 約

氏 名 TAMURA, Tomoya

題 目 Behavior Analysis, Rumination Analysis and Disease Prediction  
in Cattle Using 3-axis Accelerometers  
(3 軸加速度センサを用いた牛の行動解析, 反芻行動解析および疾  
病予知に関する研究)

Periparturient diseases in dairy cattle cause not only economic loss, but also concerns of farm animal welfare. Physiological as well as behavioral changes precede the onset of symptoms. Recent expansion in the size of dairy farming has resulted in labor shortage. This elicits concerns of insufficient behavioral observation of cattle which might lead to management failure. In order to assist behavioral observation, many studies have been conducted on sensing technology to monitor animal behavior (including rumination behavior in cattle). Drawbacks of these techniques are long-term data collection and difficulties of equipment management. The purpose of this study was to establish a monitoring method using 3-axis accelerometers, which enables the simpler and more real-time rumination behavior. We also aimed to find disease prediction indicators based on acceleration parameters.

In the second chapter, behavior classification of cows using neck-mounted 3-axis accelerometers was performed. Thirty-eight Holstein cows were used in this study. Acceleration data associated with general behavior was measured, and “activity level” and “variation” were calculated as parameters. Characteristic acceleration waveforms were obtained for each of eating, rumination, and lying behavior, and there were clear differences in the parameters between these three behaviors. Eating, rumination, and lying behavior can be classified with high accuracy using the threshold calculated with decision tree learning.

In the third chapter, rumination acceleration data were analyzed using the FFT algorithm to calculate the dominant frequency and compared with the actual number of chewing. Using six Holstein cows, the acceleration of the neck movements during rumination and the motion image of the head and neck by the high-speed camera were recorded in synchronization. The mastication speed was calculated by FFT analysis from acceleration data. From the video recording, the number of chewing per unit time was counted and the mastication speed was calculated. Compatibility was found between each “mastication speed”.

Adding “swallowing interval” as one parameter, we also examined the fluctuation factors of four parameters in the fourth chapter. In exam I, acceleration parameters at rumination were compared for 4 groups (74 cows in total): dry cows,

lactating cows, Japanese Black housing cows, and Japanese Black grazing cows. In lactating cows, activity level and variation were high. It suggested that the masticatory movement was enhanced during rumination, and the masticatory time per bolus increased saliva secretion. Moreover, swallowing interval was shortened by feeding raw grass in Japanese Black cattle. Breeds differences were also suggested. In exam II, 53 Holstein cows were divided into 4 groups by TMR particle size using PSPS, and the parameters were compared. Results showed that the activity level and variation reduced with decrease in fiber intake, while these values increased with decrease in rumen pH. The results also showed that mastication speed increased when fiber length was shortened. TMR with short fiber length might prolong swallowing interval and promote saliva secretion.

In the fifth chapter, rumen pH, blood properties, and acceleration parameters at rumination were continuously evaluated after experimentally feeding a high-starch diet. Six Holstein dry cows were used in this study. The high starch group showed lower rumen pH and increased variability than the low-starch group. Blood biochemical tests showed no significant changes except BUN. The high-starch group showed temporary decrease in activity level on Day 3 followed by increase from Day 4, as well as increase in mastication speed and swallowing interval. Although the masticatory behavior was suppressed on the day of changing feed components, masticatory movement might have been enhanced from the next day as a compensatory reaction to rumen pH fluctuation. Acceleration parameters at rumination may reflect environmental changes inside the rumen more sensitively than blood biochemical components.

In the sixth chapter, blood biochemical tests and acceleration parameter measurements were performed 47 to 7 days before calving in order to investigate the association of these parameters with periparturient diseases. Fifteen Holstein dry cows (6 in the disease group, 9 in the healthy group) were used. Blood biochemical tests showed no significant changes or differences between groups. Activity level and variation decreased as calving approached in the disease group. Mastication speed increased before calving in the healthy group, while it decreased in the disease group. Swallowing interval was shortened before calving in the disease group. In the healthy group, rumination behavior did not change or enhanced to maintain the rumen environment. On the other hand, masticatory behavior was weakened toward the time of calving in the disease group, which suggested unstable rumen environment might have lead onset of the disease.

In conclusion, we established the method of measuring acceleration parameters at rumination with neck-mounted 3-axis accelerometers. These parameters sensitively reflected the rumen environment. This device can be used for evaluation of day-to-day rumen environment monitoring rumination behavior. Furthermore, application of this device in dry cows might help early detection of cows with high risk of periparturient diseases. The neck-mounted 3-axis accelerometer is considered to have high utility value due to its non-invasive nature and easiness of wearing

and managing.