

IoT デバイスを用いた酪牛の行動検知・認識

西川 凜^{1,a)} Thanh Le Tien² Chinakrit Lorpiyanon⁴ 竹本 正志^{3,1} Binh Thi Thanh Huynh²
中條 拓伯^{1,b)}

概要 :

酪農業界への就業人口は減少傾向にあり、効率化が求められている。そのためセンサなど IoT を応用して睡眠や反芻といった家畜の行動を分析し、健康状態を把握する研究が進められている。本論文では、酪牛の頸部に 3 軸加速度センサを装着し、取得したデータに wavelet 変換を用いて運動の特徴を抽出した。その際、wavelet 変換で得られたデータは次元数が多く計算負荷が大きいため、3 種類の次元数を減らす手法を検証した。

キーワード : IoT, wavelet 変換, 次元削減

Detection and recognition of behavior of cow by using IoT device

RIN NISHIKAWA^{1,a)} THANH LE TIEN² CHINAKRIT LORPIYANON⁴ MASASHI TAKEMOTO^{3,1}
HUYNH THI THANH BINH² HIRONORI NAKAJO^{1,b)}

Abstract:

Since the number of farmers is decreasing, efficiency of farming has been required. For this reason, researches are underway to analyze behavior of livestock such as sleep and ruminant by applying an IoT technology to detect health condition of them. In this paper, we have set three-axes acceleration sensor on a neck of a cow to extract features of its movement using wavelet transformation. In addition, since data obtained by wavelet transformation has a large number of dimensions, we have verified three kinds of method to reduce these dimensions.

Keywords: IoT, Wavelet Transformation, Dimensional reduction

1. はじめに

日本国内において酪農業界の就業人口は減少傾向にあり、酪農家の戸数は昭和 45 年で 30 万戸だったのに対し、平成 28 年には 5 万戸以下まで減少した [1]。また、牛肉や乳製品に対する需要の増加もあり、肉牛、乳牛の生産率の効率化が求められている [2]。その解決策の一つとして、近年では、酪農の自動化のために、Internet of Things (IoT) の適用が試みられている。具体的には、センサ技術を活用

し、酪牛の活動状況を分析し、健康状態を把握する研究が進められており、特に酪牛の発情の検知は重要な課題であり、IoT 技術による発情の自動検知が実現できれば、生産量向上とともに、労働コストの削減などといった効果が期待されている。牛舎や牧場における酪牛の動作は緩慢であり、加速度計から得られたデータ (以下、運動データとする) や GPS から得られた移動速度から、酪牛の動作状況の中で、特に発生頻度の低い発情時における激しい動きの検出に IoT 技術が適用できる。

そこで、本研究では酪牛の動作状況を把握するために、各酪牛の頸部に 3 軸加速度センサを装着し、定期的に収集した大量のデータ群から特徴を抽出して分類を試みる。現状においては牛舎や牧場における衛生面の問題により、実際の酪牛の動作と加速度センサからのデータとの対比は行えず、まずは加速度センサからのデータ群に対してのみ

¹ 東京農工大学

TUAT, Koganei, Tokyo 184-8588, Japan

² Hanoi University of Science and Technology

³ BeatCraft Inc.

Sumida, Tokyo 130-0013, Japan

⁴ Faculty of Information and Communication Technology, Mahidol University

a) nisikawa@nj.cs.tuat.ac.jp

b) nakajo@cc.tuat.ac.jp

wavelet 変換を施し、変換結果から特徴を抽出する。

しかしながら、wavelet 変換結果のデータ量は膨大なものとなるため、変換結果に対して次元削減を行う必要がある。そのために、3つの次元削減手法を試み、それぞれの手法に対して削減の前後における分類結果を比較し、最適な次元削減手法を検討する。

以下、2章で関連研究を示し、3章で提案する酪牛の動作特徴抽出・分類システムを説明し、4章で次元削減手法、5章でその評価結果を示し、6章でまとめる。

2. 関連研究

2.1 頸部装着運動センサによる酪牛の行動分類

[3]において3軸加速度センサとGPS端末を内蔵したデバイスを酪牛に取り付け、forage(飼料摂取), rest(休息), ruminate(反芻), travel(移動), other active(その他)の5つの行動に分類する研究が行われた。加速度センサにより酪牛の頭部の3方向の加速度を、GPS端末により酪牛の移動速度を、それぞれサンプリング周波数10Hzと4Hzでデータ収集を行うものである。得られたデータの中で特に特徴が大きく現れた3種類のデータ(加速度センサからの上下軸の加速度の平均と標準偏差、およびGPS端末から得られた移動速度)を分類に用いた。この3種類のデータからそれぞれ、酪牛の5つの行動に対応するヒストグラムを作成し、そこから決定木を生成して行動の分類を行った。結果として、分類された行動の多くはforageとrestなどの動きの少ない行動であることがわかった。

2.2 酪牛の追跡データによる分類

[4]では2.1節と同様に加速度センサによって得られた酪牛の頭部の上下左右の角度、GPS端末から得られた移動速度を、サンプリング周波数を0.02Hzで収集して、行動をactiveとinactiveの2種類に分類する研究が行われた。収集した角度データと移動速度データから、それぞれ散布図を作成し、k-means法によってactive, inactiveに分類する。その結果、activeとinactiveで明確に分かれた結果となり、多くのデータがinactiveに分類された。また、サンプリング周波数が低下した際の分類への影響の評価も行い、inactiveの分類に対しては周波数低下の影響が少ないという結果が得られた。

これらの研究では酪牛の頸部に装着したデバイスから得られた加速度と移動速度の2つのデータを用いている。

そこで本研究では頭部動作の加速度のみでも特徴抽出・分類が可能であると判断し、GPS端末を用いずに3軸加速度計から得られたデータのみで分類を試みる。GPS端末を用いないことにより、コストや電力の削減、デバイスの軽量化による酪牛への負担軽減等が見込める。

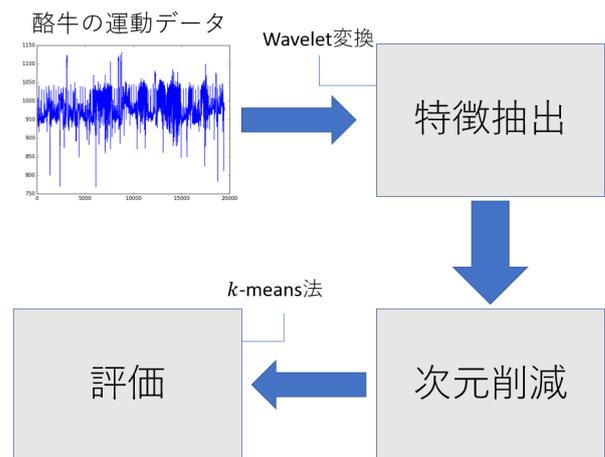


図1 行動検知・分類システム

3. 酪牛の行動検知・分類システム

本研究において、酪牛の行動を検知するために、酪牛の頸部に3軸加速度センサデバイスを取り付け、収集した加速度データに変換を行い、特徴の抽出を行う。

図1に、データ取得から特徴抽出・分類までの全体像を示す。

3.1 データ収集方法

7頭の酪牛に3軸の加速度センサと通信用のBluetooth Low Energyを搭載したセンサデバイスを頸部に取り付け、そのデバイスから無線で、0.25Hzで7日間分のデータを収集する。

収集したデータは各軸の加速度センサの平均値を、式1に示すactivity(運動量、値は0~4000)としてサーバに転送し保存する。

$$activity = \sqrt{(XavgG)^2 + (YavgG)^2 + (ZavgG)^2} \quad (1)$$

3.2 wavelet 変換による特徴抽出

酪牛のactivityの平均値は個体によって大きく異なるため、wavelet変換前にactivityの値により正規化を施す。正規化後のactivityを、式2に示す $n(activity)$ として用いる。

$$n(activity) = \frac{activity - \mu(activity)}{\sigma(activity)} \quad (2)$$

ここで $\mu(activity)$ はactivityの平均値を表し、 $\sigma(activity)$ はactivityの標準偏差を表す。平均値と標準偏差はそれぞれactivity64個分の平均値と標準偏差を用いる。

一定時間ごとに正規化を行うことによって、その時間内でどのような特徴が現れているのかを検証する。正規化した $n(activity)$ を表1の条件でwavelet変換を行う。変換には、pythonのswanモジュールのcwt関数を用いる[5]。

表 1 wavelet 変換の条件

周波数範囲	0.01~1.0Hz
スケール解像度 (周波数の刻み幅)	0.01Hz
時間幅	64 サンプル (64 × 4 秒)

表 1 の条件によって得られる wavelet 変換されたデータは 99×64 次元のデータとなる。

3.3 k -means 法によるクラスタリング

wavelet 変換して得られたデータを k -means 法によって、 99×64 次元空間のクラスタリングを行う。最適なクラスタ数を検討するために、クラスタの数は、4,6,8,12,16 の 5 種類で行うこととする。クラスの数が多くなるほど、より詳細に酪牛の行動を分類できるが、分類精度とのトレードオフとなる。

4. 次元削減による分類負荷の軽減

wavelet 変換で得られたデータは 99×64 で次元数が多く、分類に要する計算負荷が大きくなってしまふ。そこで、計算負荷を軽減するためにデータの次元削減を試みる。

本研究では、以下に示す 3 つの次元削減手法を試み、次元削減したのちに、3.3 節と同様の条件でクラスタリングを行い、その分類結果を比較することで、次元削減手法の評価を行う。

削減前後それぞれで k -means 法によって得られたクラスタを要素数順にソートし、削減前後の各クラスタの変化量を求める。削減前のソート結果を R_w 、削減後のソート結果を R_r として、変化量 C を式 3 により求める。

$$C = |\dim(R_w) - \dim(R_r)| \quad (3)$$

データの間引きによる次元削減

99 行の周波数データから 3 の倍数の行データのみ抽出を行い 33 行に削減し、64 列の時間データからは偶数列データのみ抽出を行い 32 列に削減する。これより次元削減後は 33×32 次元となり、削減率は $1/6$ となる。

時間方向の平均による次元削減

各周波数 (99 個) に対しての全時間分の平均値を用いて次元削減を行う。次元削減後は 99×1 次元となり、削減率は $1/64$ となる。

周波数方向の平均による次元削減

各時間 (64 個) に対しての全周波数分の平均を用いて次元削減を行う。次元削減後は 1×64 次元となり、削減率は $1/99$ である。

5. 各次元削減手法の評価

図 2 図 3 それぞれにクラスタ数が 6, 12 の場合のソート結果を、図 4 に各削減の変化量 C を示す。

データの間引きによる次元削減

変化量 C の平均は 298 と、他の 2 つと比べて極めて少なく、どのクラスタリングでも図 2 と同様に、ひとつだけ他のクラスタより突出して要素数の多いクラスタが現れた。これは削減前の結果と類似し、データの総量が減少していることに対し良好な結果が見られたことから、データの間引きによる次元削減は削減手法として適していると判断できる。

時間方向の平均による次元削減

変化量 C の平均が 1,835 と最も大きい結果であり、どのクラスタリングでも図 2 と同様にクラスタ数が突出して多いクラスタが存在し、クラスタ数の割合が削減前から乖離している結果となった。したがって、時間方向の削減は次元削減手法として不適切である。これは wavelet 変換が時間情報を考慮した変換であり、この手法では得られた時間情報が消失されてしまったからであると考えられる。

周波数方向の平均による次元削減

変化量 C の平均が 1,562 と大きい結果であったが、時間方向の平均よりは低いものとなっていて、どのクラスタリングでも図 2 と同様に、ひとつだけ他のクラスタより突出して要素数の多いクラスタが存在する結果となった。この結果は間引きによる削減ほどでは無いが削減前の結果と類似していた。周波数方向の次元削減は時間方向の削減よりも削減率が高いうえで、より良好な結果が得られたことから、周波数方向の次元削減は削減手法として適していると判断できる。

また図 3 では、クラスタ数の突出して多いクラスタが 2 つあるクラスタ数の結果も存在したことから、2 つの特徴を抽出していると推測できる。しかしながら、クラスタ数が最小の 4 と最大の 16 の 2 つからこの結果が現れ、他のクラスタ数ではこのような特徴は現れないことから、クラスタ数が少ない、または過剰であることを示しているとも推測できる。

6. まとめ

酪牛の動作状況を把握するために、wavelet 変換を用いて酪牛より得られた運動量から特徴を抽出したが、この変換結果は次元数が多くデータ量が大い。よってデータを次元削減した際の削減前に対する影響を評価した。間引き、時間方向の平均、周波数方向の平均の 3 つの次元削減手法を用いた結果、データの間引きは次元削減手法として適切であると結論を得た。また時間方向による削減では wavelet 変換の特性上、得られた特徴を失ってしまうため不適切であると結論を得た。周波数方向の平均を用いた削減は時間方向の削減よりも高い削減率で得られた特徴を保持が可能であると、結論を得た。これらの結果から、実際の酪牛の動作状況を参照するための有用な特徴の抽出が可能になる。

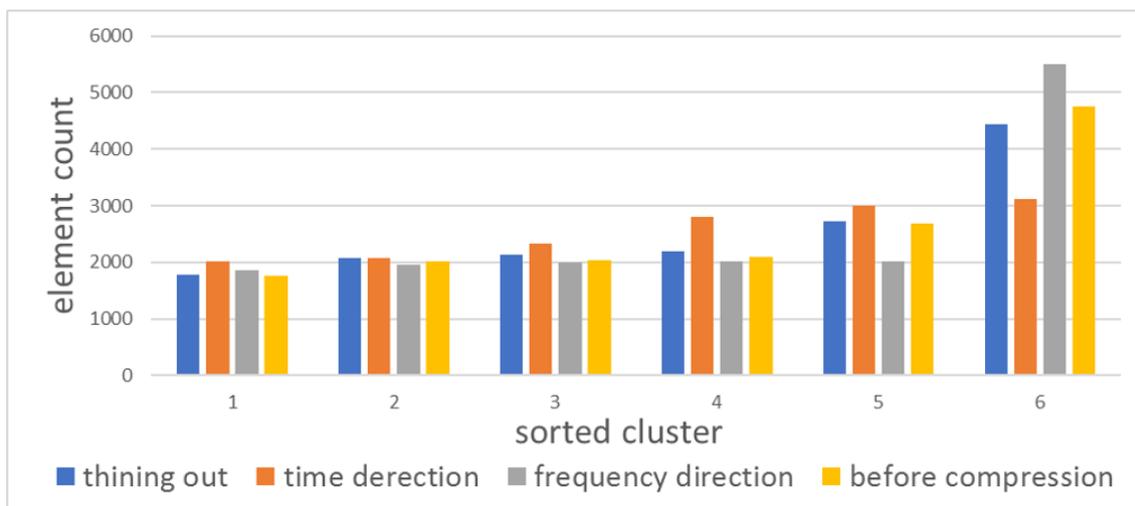


図 2 ソートしたクラスタリング結果例 (クラスタ数=6)

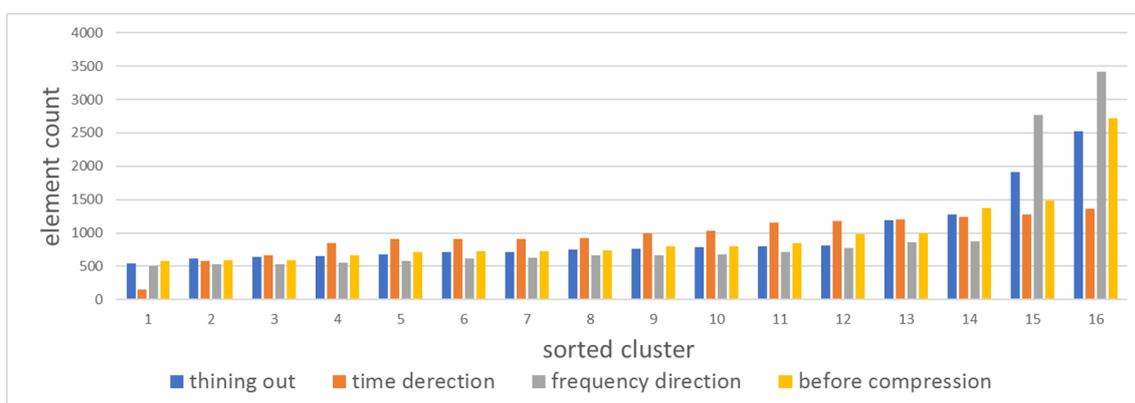


図 3 ソートしたクラスタリング結果例 (クラスタ数=16)

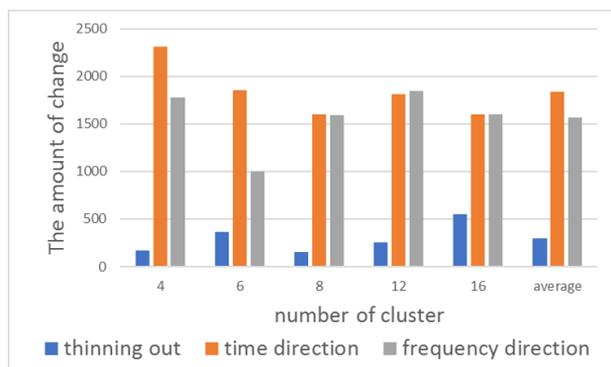


図 4 各次元削減後のクラスタリング変化量 C

参考文献

- [1] 一般社団法人 日本乳業業界:日本の酪農の現在 <http://www.nyukyou.jp/detail/farming/farming01.html> Acces 2018.1.23
- [2] 独立行政法人農畜産業振興機構 (alic):平成 28 年度 牛乳・乳製品の消費動向に関する調査 報告書【要約編】 p5-6
- [3] L.A. Gonzalez ,G.J. Bishop-Hurley, R.N. Handock, C.Crossman "Behavioral classification of data from collars containing motion sensors in grazing cattle" Computers and Electronics in Agriculture 110, p91-102, 2015
- [4] M. Schwager, D. M. Anderson, Z. Butler, D. Rus, "Robust classification of animal tracking data" Computers and Electronics in Agriculture 56, p46-59,2007
- [5] python :swan 0.7.0 <https://docs.scipy.org/doc/numpy-1.13.0/reference/routines.random.html> Acces 2017.12.15

本研究の今後の課題として, wavelet 変換の条件の変更や PCA などの他の次元削減手法, 機械学習などの他の評価手法, 実際に酪牛の動作状況を参照した際のパラメータ調節等があげられる.

謝辞 本研究の一部は, JSPS 科研費基盤研究 (C)16K00078 による支援を得た.