

〔 短報 〕

搾乳自動離脱装置の作動特性*¹稲野 一郎*² 竹中 秀行*² 高橋 圭二*² 原 令幸*³

搾乳自動離脱装置の点検システムを開発し、市販自動離脱装置20機種 of 作動特性を調査した。離脱装置を作動させるときの乳汁流量検知を電気伝導度によって行っている方式では、作動させる時の乳汁流量のばらつきは小さかった。乳量計との兼用方式では、設定値との差が大きくなる機種もあった。光学式などのように乳汁通過間隔で離脱のタイミングを決めている機種では、誤差が大きい傾向であった。容積式流量計を用いた方式では設定値に対する誤差、ばらつきとも15%以下と小さかった。

緒 言

搾乳自動離脱装置とは、搾乳終了時に乳汁が設定流量以下になると真空圧などの力で乳頭からクラスタを自動的に外す装置である。この装置の作動は基本的な3要素「搾乳初期の遅延時間」、「離脱時の流量」、「離脱までの遅延時間」で構成されている。「搾乳初期の遅延時間」は搾乳が終わった牛や乾乳牛にクラスタが取りつけられたとき、ある一定時間内に泌乳しなければ離脱するためのものである。「離脱時の流量」は離脱動作を開始するための乳量で、これを検知する方法は電気伝導度によるもの、容積式乳量計によるもの、光学式のものがある。さらに「離脱時の流量」以下になってから「離脱までの遅延時間」を設け、離脱時の乳量以下の時間がある一定時間以上継続しないと離脱しないようになっている機種もある。離脱時には、まず真空圧を遮断して乳頭端の真空圧を解放してからクラスタを引くようにし、乳頭にストレスがかからないようにしている機種もある。

搾乳労働の軽減や過搾乳防止を目的に、このクラスタ自動離脱装置が普及しているが、離脱条件と個体ごとの乳汁流量との関連性については明確ではない。このため、現場ではミルカとは異銘柄の離脱装置を使用する例があり、混乱を招いている。このような混乱を解消するには自動離脱装置の作動特性を明らかにしなければならない。

しかし、現在の北海道のミルカ点検基準は平成2年度の指導参考になった「搾乳設備の設置点検基準」であるが、このなかには真空度や排気量の点検方法はあるものの、自動離脱装置に関する点検方法は示されていない。また、一部の機種では専用のチェック装置があるが、汎用的な点検機械は開発されていない。

そこで自動離脱装置の作動特性を明らかにするためにはその点検システムを新たに開発した。

方 法

1. 搾乳自動離脱装置点検システムの開発

「離脱時の流量」計測のため、精度の高い制御計測法を採用し、市販の機器を基に、コンピュータ制御式の装置を開発した。開発した流量自動制御装置の制御精度を把握し、「離脱時の流量」を高精度で計測するための流量制御曲線を決定した。

2. 自動離脱装置の作動特性調査

自動離脱作動時の流量計測には37℃～38℃の新鮮な牛乳を使用した。流量は3.0ℓ/分を2分間維持した後、徐々に測定流量域まで下げ、その後、30秒間で0.05ℓ/分下げ、その流量を50秒間維持し、自動離脱が作動するまで、このサイクルを繰り返した。流量検知部により乳頭先端部で3kPa以上の真空度低下が起きると、乳頭先端の圧力が変動しやすくなり*¹、ドロップレツツ（牛乳の逆流）*²が起きやすくなる。このため、ここではミルククロウの出口付近にチーズを取りつけ、クロウ内圧力を圧力トランスデューサによって測定した。

試験に供試したのは未使用の市販20機種でそのうち9機種は使用中のものも併せて調査し、使用期間による作動精度の変化を調査した（表1）。

1996年11月1日受理

*¹ 本報の一部は1996年度農業機械学会北海道支部会で発表した。

*² 北海道立根釧農業試験場、086-11、標津郡中標津町

*³ 同上（現、北海道立中央農業試験場、069-13、夕張郡長沼町）

表1 調査機種

ミルカの種類	離脱タイミング検知方式		
	電気伝導度	容 積 式	光 学 式
カウシェード用	E, G, I, K, M, O, S		
ミルクングパーラ用	A, B, J, P, Q	C, D, L, N, R, F, T	H

結 果

1. 搾乳自動離脱装置点検システムの開発

(1) 流量自動制御装置の開発

本装置は流量制御弁及び電磁流量計と、これらとオンラインでつながったデジタル指示調節計及びコンピュータからなる(図1)。流量制御は、コンピュータに入力するソフトウェア上で命令するが、手動によっても可能とした。また、時間軸に対する流量を入力することによって図2に示したような流量制御曲線を作成することができる。コンピュータはこの曲線に基づき、1秒間隔で設定流量を電流値に置き換え、デジタル指示調節計に送る。デジタル指示調節計は電磁流量計からの実際の流量値が設定流量値に近づくよう、流量制御弁に信号(4~20 mA)を送り、弁を操作する。デジタル指示調節計では比例積分動作を行い、実流量値と設定値の偏差を小さくする。

試験用パイプラインの牛乳配管長は6,520mmであり、配管内径は51mm (VP50)、平均勾配を43/1000とした。ミルクロー出口から配管までの水頭差はハイライン配管方式の場合で1,385mm、ローラインで690mmに設定した。設定真空度などの個々の設定値は各機種毎の設定に従った。

(2) 流量自動制御装置の精度試験

本試験装置による流量制御ではフィードバックに時間

を要するため、設定流量より実流量がやや遅れて推移する。この遅れ時間は搾乳終了時の設定流量0.4 l/分の時、流量増加時で10.6秒、減少時で8.2秒であった。自動離脱作動時の流量測定時には、流量計から自動離脱装置の流量検出部までタイムラグがあるため、50秒間流量を一定に保ち、その後、30秒間で0.05 l/分流量を減少させ、この80秒を1サイクルとし、このサイクルを離脱装置が作動するまで繰り返した。新鮮な牛乳を使用して、設定値と実流量との差を比較した結果、差は図2に示したように小さく、有意差(5%)はなかった。特に480秒以降では設定流量と実流量の差がほとんどなくなるので、目標となる離脱時の流量をその時間帯に設定するように終了時付近の流量曲線を決定した。なお、最大流量を3 l/分とし、2分間維持するように設定した。

以上により本システムは流量の正確性および再現性が高く、自動離脱装置の搾乳終了時の流量を高精度で測定できると考えられた。

2. 作動特性調査

(1) 作動時の流量 離脱装置を作動させる流量の設定値と平均測定値の関係を図3、図4、図5に、また搾乳終了時の流量とその測定値のばらつきの関係を図6、図7、図8に示した。カウシェード用のうち電気伝導度で感知している機種Eの「離脱時の流量」は未使用品では設定値と同程度であり、比例関係にあったが、使用中のものでは設定値よりやや低めの値を示した。これは調査時の

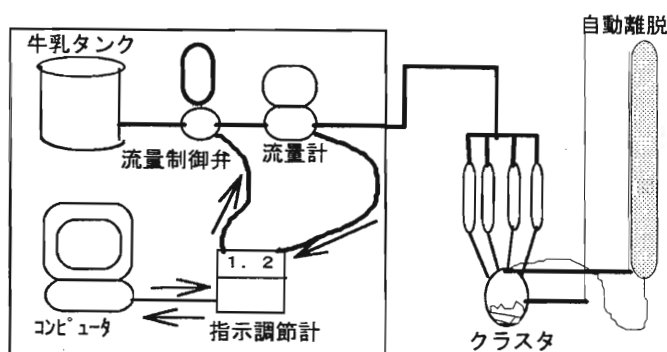


図1 自動流量制御装置の構成

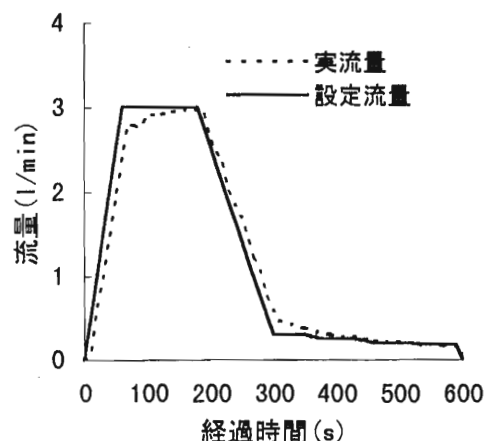


図2 自動流量制御装置の構成

乳汁が異なっていたためと考えられ、設定流量に対する作動流量の変動係数も6%程度と小さく、問題はなかった。

機種Gは電気伝導度による乳量計と離脱センサを兼ねているため、低乳量での計測誤差が大きくなりやすく、偏差が大きくなった。機種Oは変動係数が大きく、測定値がばらついているが、これは乳汁の通過間隔を離脱のタイミングとしており、センサ部の乳汁の流れ方はライナの拍動によって変わりやすく、常に一定ではないためと考えられた。その他のI, K, M, Q, S機種は設定値と測定値の差は小さく、測定値のばらつきも小さかった。

ミルク用で電気伝導度で離脱時期を感知している機種は機種Bを除けば、設定値と測定値の差は小さく、測定値のばらつきも小さかった。機種Bは測定値が設定値のほぼ倍の値を示したが、測定値のばらつきは小さかった。機種J, Pのように搾乳終了時の設定流量が0.3ℓ/分以下の機種では変動係数が大きくなる機種もあった。

容積式の機種C, D, L, Nは非常にばらつきは小さかった。光学式の機種Hでは乳汁の流れの間隔を離脱タイミングとしている。ローラインミルカではミルクローからの乳汁の流れは落差に従って流れ、低流量時でも乳汁が流れている状態になるため、流量タイミングを

変えても測定値に差はなかった。乳汁通過間隔を離脱タイミングとしている機種OとHは、変動係数が大きく、ばらつく傾向にあった。

電気伝導度を乳量計に用いた場合、一部の機種では低流量でのセンサ誤差が大きいため、設定値との差と変動が大きくなった。

光学式などのように乳汁通過間隔により、離脱のタイミングを決めている機種ではセンサ部の流れの状況が変化しやすいため、誤差が大きくなるような傾向があった。

パーラ用の容積式では設定値に対する誤差、ばらつきとも15%以下であった。

また、使用期間による作動特性の変化は、今回の調査では確認できなかった。

(2) 流量検知部の圧力低下 機種Sが6.08kPaと非常に大きく、機種Kが3.40kPaとやや高めだったのを除くと、カウシェード用では0.07kPa～2.77kPa、ミルク用で電気伝導度と光学式の機種は0.00～2.16kPaでいずれも3kPa以下であった。容積式はミルクメータを兼ねているため、離脱装置の圧力損失を計測するというよりはむしろミルクメータの圧力損失を計測することになる。ミルクメータの圧力損失はパーラシステムの真空ポンプ必要排気量算出基礎の中に含まれて設計されているので、問題はない。

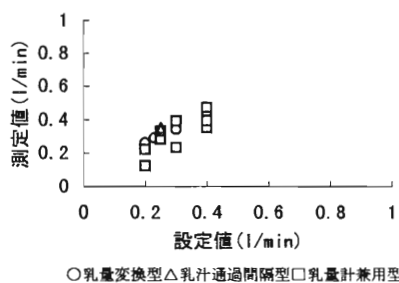


図3 離脱作動時の流量
(電気伝導度, ハイライン)

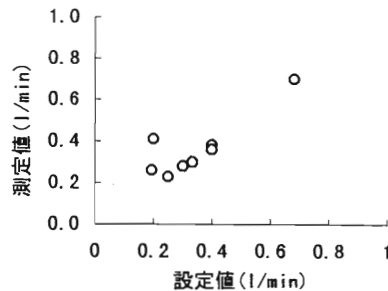


図4 離脱作動時の流量
(電気伝導度, ローライン)

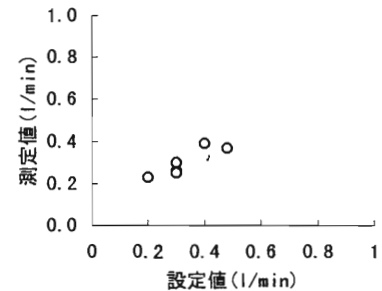


図5 離脱作動時の流量
(容積式)

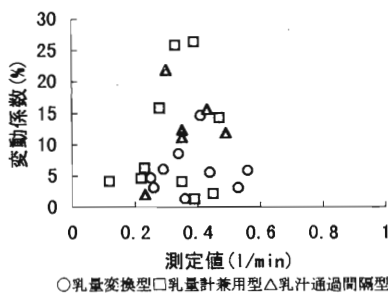


図6 離脱作動時の流量のばらつき
(電気伝導度, ハイライン)

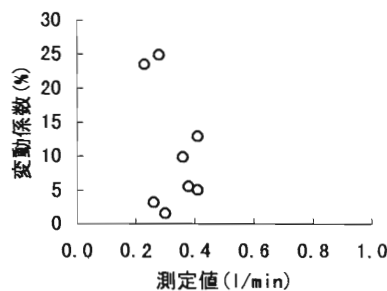


図7 離脱作動時の流量のばらつき
(電気伝導度, ローライン)

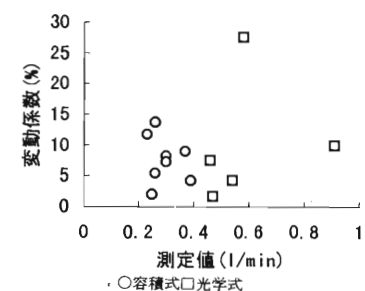


図8 離脱作動時の流量のばらつき
(容積式, 光学式)

考 察

離脱時の流量を調べるには二つの手法がある。実際の搾乳中における泌乳量を測定しつつ、離脱時の流量を調べる方法と、実験的に流量を人為的に変えて装置の作動状況を調査する方法である。実際の搾乳中の泌乳量は乳牛により様々でかつ複雑な変化をするため、離脱時の流量を特定するのは非常に困難である。しかし、流量を人為的に変えて、どの流量で離脱されるかを調べれば比較的容易に離脱流量を特定できる。そこで本試験では流量制御を主眼に点検システムを開発した。これまで搾乳自動離脱装置の点検のための試験装置が無く、本試験で製作した流量制御システムは十分利用可能であることがわかった。本試験では種々の流量検知方法に対応するため、新鮮な牛乳を使用して行ったが、電気伝導度を流量検知に用いている機種ではアルカリ水溶液（アルカリ洗剤の希釈溶液）で計測可能なものもある。

電気伝導度を直接、離脱時の流量検出に用いる方式では、乳汁が異なると離脱作動時の流量も変化することがあった。同一個体の乳汁でもサイレージの品質が変わっ

たときや疾病時に、電気伝導度は変化し、しかも個体差がある。結果として、離脱装置作動のための乳汁流量値が変わる。流量値が低すぎると、過搾乳やストレス、高すぎると残乳の原因になる。したがって、この方式では、平素、搾乳時の牛の行動や乳頭の状態、離脱時の泌乳状況などに留意が必要であろう。

搾乳終了時の流量は電気伝導度によって微妙に変化するが、同一乳汁に対しては変化しない。離脱作動時の流量測定時に同一乳汁やアルカリ水溶液を使用したときの測定値のばらつきは自動離脱装置の性能を把握する上で重要な項目の一つであり、基準を策定する上での指標となりうる。

引用文献

- 1) Thompson, P.D. , Sieber, R.L. " Milking machine effects on impacts, and teat and lesions. " Proc.Int. Wkp. Mach.. Milk and Mastitis, Moorepark, 1980. p.61
- 2) Hamann, J. " Automatic Cluster Removers. " Bulletin of Int. Dairy Fed., **242**, 11 (1989).

Actuating Flow Rate of Automatic Cluster Removers

Ichiro INANO^{*1} Hideyuki TAKENAKA^{*2}
Keiji TAKAHASHI Yosiyuki HARA^{*4}

^{*1} Hokkaido Konsen Agricultural Experiment Station, Nakashibetsu Hokkaido, 086 - 11, Japan

^{*2} ibid.(present; Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma Hokkaido, 069 - 13, Japan)