

搾乳ロボットの現状と将来

新 出 陽 三

帯広畜産大学，帯広市稲田町西2線11 〒080

はじめに

広い牧場で乳房を微かに揺らしながら草を食む牛の群れは，人々の心を和ませる。牛や自然との触れ合い，家族が協力しながら行う作業など沢山の魅力が酪農業にはある。近年の酪農は高泌乳化と多頭数化，酪農業は他産業と競っている。これらのことが酪農家に過酷な労働を強い，糞尿公害を生み，酪農業は魅力のない産業と陰口を言われる原因となった。農林水産省の調査によると成人男子1日あたり年間労働時間は，飼育頭数30頭以上で2,765時間であるという。この労働時間の約半分は搾乳作業が占める。搾乳作業には土日・祭日はない。「新農政プラン」では，バイオテクノロジーや作業ロボットの技術開発によって，農業の魅了の回復をはかろうとしている。

牛は群れの動物である。多頭数を繋いで集約的に管理する方式には，種々の問題があることが指摘されている。牛の短命化も進んでいる。長期間繋いだまま拘束することは，牛の多くの行動を抑制する。管理労力を軽減するための単純な飼育環境は，牛にとっては退屈な環境であり悪癖や疾病を誘発する。このような集約的な乳牛管理方式には動物福祉の面から批判的な人々も増えてきている。牛にはもっと多様な生活が必要なのであろう。

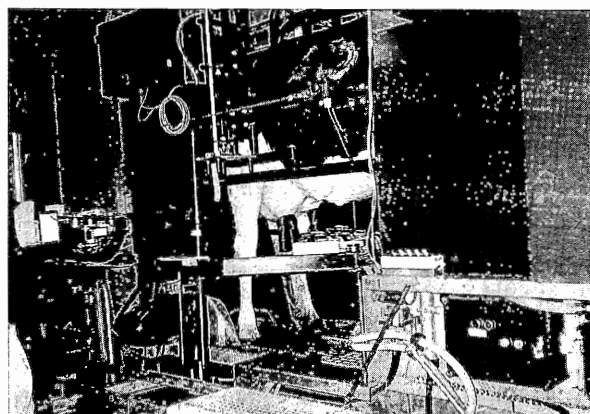
過酷な労働から酪農家を，行動の厳しい制限から牛を解放して，快適でゆとりのある生活を人にも牛にも可能にしたいというのが搾乳ロボットの開発研究の目指しているところである。

1. 開発研究の現状

1) 国内

1972年にわが国の搾乳ロボットの研究が開始された。国立の畜産試験場と農業機械化研究所（生研機構：生物系特定産業技術研究推進機構の前身）を手がけたのである。ロボットは完成して試験的な搾乳も行われたが，実用化にはいたらなかった。その後1986年に道立根釧農業試験場と道立工業試験場が共同で再び開発研究に着手したが，実用化までには到達できなかった。1988年に寒冷地における農業技術に関する国際シンポジウムが帯広畜産大学で開催されたのである。このシンポジウムにはロボットの研究開発に指導的な役割を果たしているオランダの国立農業機械研究所（IMAG）も参加し，オランダで開発した搾乳ロボットをビデオを使って紹介した。この頃からわが国において搾乳ロボットに関する関心が急に高まった。生研機構は積極的にヨーロッパの情報を収集した。繋ぎ牛舎での搾乳ロボットの開発研究に着手した。また，放し飼い牛舎での搾乳ロボットを開発する会社も設立されたのである。わが国においても国産の搾乳ロボットの開発研究が着々と進んでいる。一方，オランダが開発したロボットを基盤にして開発研究している企業もある。この企業はオランダのプロライオン社と技術提携し，1993年12月に帯広畜産大学に搾乳ロボットを設置して，大学と共同で実用化のための開発研究を開始した。さらに改良機1995年7月に栃木県那須町に，8月には北海道士幌町の農家に設置し，農家でのロボット搾乳を開始したのである。

わが国において帯広畜産大学の1号機の他に2台の搾乳ロボットが稼働している。



帯広畜産大学でのロボット搾乳

2) 国外

近年の搾乳ロボットの開発は、オランダが中心で進行している。オランダは酪農の酪農の自動化に関する国際シンポジウムを組織し、第1回を1978年に開催したのである。その後1982年に第2回を、1987年に第3回を開催した。これらのシンポジウムでは、電子個体識別装置、濃厚飼料や粗飼料の自動給与、自動体重計、発情牛自動発見装置、疾病牛の自動診断、搾乳ロボット、コンピュータを利用した栄養管理、育種・繁殖管理、経営管理などが発表された。すなわち、群管理の乳牛をコンピュータを利用して如何に精密な個体管理をするかがテーマであっ

た。1992年11月にはこれらの研究の集大成として「Prospects for Automatic Milking」というテーマで第4回のシンポジウムが開催されたのである。搾乳ロボットは夢物語ではなく現実となってきたのである。ヨーロッパでは5種のロボットが開発されている。その概要は表1の通りである。2種のロボットが販売されており、オランダを中心に35戸前後の農家でロボットが稼働している。

2. 搾乳ロボットの仕組み

ヨーロッパでは5種、わが国でも独自の搾乳ロボットの開発が行われている。表1に示したように種々の型のロボットがある。しかし、その基盤となる仕組みには共通している点が多い。帯広畜産大学で稼働しているオランダのプロライオン社のロボットを中心にその仕組みを解説する。

1) 搾乳ストールへの自発的な進入と退出

ミルクパーラ方式において、搾乳時刻が近づくると待機室に牛が集まってくる。しかしそれは数頭で、大部分の牛は搾乳者が追い込む。待機室にクラウドイングゲートがあり、それで牛を搾乳ストール（ボックス）に追い込んでいく。搾乳ロボットでは搾乳は自動的に始まる。牛が自発的に搾乳ストール（ボックス）に入り、搾乳後には素早く退出させる仕組みがロボット

表1 ヨーロッパの搾乳ロボット

開発組織（国）	主な乳頭位置 検知法	ティートカップ 装着方向	販売
プロライオン（オランダ）	超音波	横側（牛の）	開始
リィリィ（オランダ）	レーザー	横側	開始
デュフェルドルフ（ドイツ）	乳頭位置データ	横側	開発中
シルソー研究所（イギリス）	赤外線	後側（牛の）	開発中
ガスコイン・メロット（オランダ）	乳頭位置データ	後側	開発中

搾乳では必要である。

(1) 搾乳時刻を固定する搾乳方法

a. 搾乳開始の合図

帯広畜産大学では、4時と16時に搾乳を開始する1日2回搾乳、4時、12時、20時に開始する1日3回搾乳を搾乳ロボットで行った。これらの時刻に搾乳が開始したということを牛に知らせなければならない。この合図には直接的な合図と間接的な合図がある。

a) 直接的な合図

この合図には視覚によるもの（入口の扉が開く、搾乳室の点灯、入口の扉上信号灯的点灯）、聴覚によるもの（搾乳者の声、ミルカーの拍動音）がある。嗅覚による刺激に関する研究はない。

b) 間接的な合図

視覚、聴覚、嗅覚等による刺激が複合している場合が普通である。他の牛の動き、給餌や除糞作業（作業員や機械の動き、声や機械の作動音、飼料のかおり）が搾乳の合図になる。また、気温や日長の日周リズム、小鳥のさえずりなども合図となる。

c) 牛の生理的な合図

乳が溜まり乳房が張ってくるのが搾乳開始の生理的な合図になる場合がある。しかしこの合図は、牛の個体によっても異なりこれだけに頼ることはできない。

b. 搾乳室への進入を促進させる方法

a) 牛の自発性

搾乳室（入口、通路、搾乳ストール）や搾乳操作が牛にとって快適であることが大切である。不快な場所あるいは不快な操作を加えられる場所へは牛は自発的には行かない。

b) 飼料による誘導

搾乳ストール（ボックス）での濃厚飼料の給与および搾乳後の粗飼料と濃厚飼料の

給与は、牛を搾乳ストール（ボックス）へと誘導する。

c) 牛の生活リズムの形成

休息⇒搾乳⇒採食⇒休息の生活リズムを形成させる。1日2回搾乳の場合は休息⇒搾乳⇒採食⇒休息⇒搾乳⇒採食⇒休息の生活リズム、3回搾乳においては休息⇒搾乳⇒採食⇒休息⇒搾乳⇒採食⇒休息⇒搾乳⇒採食⇒休息の生活リズムを形成させる。

d) 餌場と休息場との間の通路にある扉の制御

搾乳開始時刻には全ての牛が休息場に入っていないなければならない。そのために餌場から休息場への通路には扉を付ける。この扉をタイムスイッチで制御し、開放、一方向にのみ開く（一方通行：餌場⇒休息場）、閉じるなどの制御を行う。

c. 帯広畜産大学で実施している方法

搾乳時刻になると搾乳室は点灯し、入口の扉が開き扉の上の信号灯も点灯する。さらにミルカーの拍動音が牛舎に流れる。全てのストール（帯広畜産大学の搾乳ロボットは2ストール）に牛が入ったら入口は閉じ、信号灯は消えて拍動音が止まる。搾乳ストール内では濃厚飼料1kgを給与する。搾乳が終了すると牛はストールから餌場へと退出する。この餌場では粗飼料と濃厚飼料とが採食できる。これが牛の搾乳室への自発的進入を促進している。また牛の移動の流れと扉の制御は以下のようにしている。

休息場（牛床）

↓ * 1

搾乳ストール（搾乳・濃厚飼料）

↓

餌場（粗飼料・濃厚飼料）

↓↑または↓ * 2

休息場（牛床）

* 1 : 搾乳時間の間だけ入口の扉が開閉, 搾乳ストール牛がいない時に扉が開く。

* 2 : 搾乳終了から次回搾乳開始の2時間前までは扉は開放 (餌場⇔休憩場)。

搾乳開始の2時間前から搾乳開始までは一方通行 (餌場→休憩場)。

搾乳中, 扉は閉鎖。

(2) 搾乳時刻を固定しない方法

可能な限り牛の行動を制限しないというのがロボットの理念である。牛が好む時間に搾乳ロボットに入り搾乳が行われるならば, 牛にも人にとっても好都合である。牛は好む時に餌を食べ, 休息し, そして搾乳されるのである。この方式が搾乳時刻を固定しないロボット搾乳である。搾乳時刻の合図や搾乳ストール (ボックス) への誘導法は搾乳時刻を固定する場合と変わらない。主な方法が3つある。

その1つ (I型) は濃厚飼料は搾乳ストール (ボックス) のみで給与し, 粗飼料の餌場と休憩場との牛の往来は自由とする。搾乳ストール (ボックス) に牛が入っていない場合には, 搾乳室の入口は開き放しで何時でも牛が進入できる。

2つ目 (II型) は搾乳ストール (ボックス) で少量の濃厚飼料を, 餌場で不足分の濃厚飼料と粗飼料 (コンプライートフィード) を給与する。休憩場 (牛床) ⇒搾乳ストール⇒餌場⇒休憩場 (牛床) とすべて一方通行とする。

他の1つ (III型) は搾乳室の入口の前に待機室 (待機路) を設置し, そこで濃厚飼料を給与する。

a. I型

搾乳ストール (搾乳・濃厚飼料)



休憩場 (牛床) ⇔ 餌場 (粗飼料)

b. II型

搾乳ストール (搾乳・濃厚飼料)



休憩場 (牛床) ← 餌場 (濃厚飼料・粗飼料)

c. III型

待機室 (濃厚飼料) → 搾乳ストール

(濃厚飼料少量)



休憩場 (牛床) ⇔ 餌場 (粗飼料)

III型では待機室の牛は搾乳ストール (ボックス) を通らないと餌場に行くことができない。帯広畜産大学ではII型の方式を採用し試験を行っている。

搾乳ロボットはタンデム型の搾乳ストール (ボックス) に設置してある。搾乳が終了するとストール (ボックス) の出口扉 (牛の前部の横扉) が開き, ストール (ボックス) の入口扉 (牛の後部の横扉) で腰部を押し牛を餌場へと追い出す。搾乳後は飼料が採食できる。このことも牛の退出の円滑化に役だっているのかもしれない。このような休憩場⇒搾乳室⇒餌場⇒休憩場へのような牛の動きをカウトラフィックという。

2) 牛の姿勢

ミルクカーの自動装着では, 牛の乳房の位置が変動することはなるべく避けたい。牛の体型は年齢や個体によって異なる。搾乳ストール (ボックス) での牛の立つ位置は後肢を基準とする。ストール (ボックス) の前方に設置してある飼槽は前後に移動し, 牛の体長に応じて搾乳ストール (ボックス) の長さを調節する。大型牛も小型牛でも乳房はほぼ同じ位置となる。ストール (ボックス) 床の左右後肢の蹄が着地する面は盛り上がり, 全ての牛の蹄の間隔がほぼ同じになる工夫が施されている。右後肢の蹄の前方の

床はスラットでしかも傾斜させ、右後肢を前方に出し難くしてある。搾乳ロボットは牛の右横から乳房に装着する。右後肢を前に出されると自動装着が難しい。また、前肢の蹄が着地する床面は後肢の床面より約15cm高い。乳房の底面を上げ、乳房を後肢の間から前方に出し、後肢の動きを軽く抑える。このように牛の姿勢は不快感を生じない程度に軽く制御して、ロボットの自動装着の環境を整えている。

3) 乳頭の洗浄と前搾り

搾乳の前には乳頭を洗浄し、前搾りをするのが普通である。搾乳ロボットにおいて種々の工夫がある。特別な乳頭洗浄装置で行う機種とティートカップを利用して行う機種とがある。帯広畜産大学が使用している機種は後者である。搾乳機が乳頭に装着するとティートカップのライナーから微温湯が噴出し、ライナーは拍動し前搾りが始まり10秒間続く。乳頭の洗浄水と前搾り乳は特別なジャーに溜まり廃棄される。搾乳はその後に始まる。

4) ミルカーの装着と離脱

乳頭位置の測定方法は機種によって異なる。帯広畜産大学のロボットは2種の超音波センサを利用している。2個の標準(基準)乳頭検知センサで右前乳頭的位置をx, y, zの座標として計測する。右乳頭位置が確定すると乳房の中央部に待機している微調整センサが回転しながら上下する。これによって右前乳頭と他の乳頭との間隔を測定する。乳頭位置が確定すると下から突き上げるようにティートカップが乳頭に装着される。乳頭位置座標はコンピュータに記憶され、次回の乳頭位置検出に利用される。乳頭が曲がったままティートカップが装着されることが希にある。各乳頭のミルクチューブでは乳電気伝導度を測定している。乳が搾れていない場合には、電気伝導度は測定できない。ティートカップがはずれ装着操作をやり直す。また、

牛はそれぞれ搾乳時に予想乳量を持つ。もし搾乳途中で牛が蹴りティートカップがはずれた場合にも、予想乳量の80%に達していない場合には、再びティートカップの装着がやり直される。ティートカップの離脱は従来の離脱装置と同じ方法で行われ、200g/30秒を基準としている。

帯広畜産大学のロボットは通常の搾乳機のように4つのティートカップがクローの部分で一体化している。しかしそれぞれが独立している型のロボットも開発されている。ロボットのアームがティートカップを1本ずつ乳頭に装着し、1本ずつ離脱する。一体化した型と独立型にはそれぞれ利点と欠点がある。

5) 搾乳の効率

搾乳ロボットの搾乳効率は、搾乳自体は通常のミルクパーラ搾乳と本質的には違いはない。したがって搾乳効率は、搾乳ストールへの牛の自発的進入効率によって大きく変わる。帯広畜産大学のシステムは、搾乳ストール(ボックス)が2つで、ミルカーが2台、ロボットが1台である。1台のロボットがレール上を走り2台のミルカーを操作している。牛がスムーズに入る場合で1日14頭/時である。搾乳ストール(ボックス)が3つ、ミルカーが3台ロボットが1台の場合は、18~19頭/時である。しかし、実際はもう少し効率は悪い。63頭の牛群で1日3回搾乳、3搾乳ストール(ボックス)のロボット搾乳では、1回の搾乳に要する時間は3時間40分~4時間位である。16~18頭/時となる。

6) 健康と生理状態の監視

放し飼い方式の乳牛管理方式では、搾乳作業が牛と人との唯一の接点である。人は搾乳作業を通して、牛の健康や生理状態を把握する。ロボット搾乳は無人で進む。牛の健康と生理状態を監視するシステムが必要である。搾乳ロボットはコンピュータで制御されている。コンピュー

タによる自動監視装置の開発が進んでいる。帯広畜産大学で使用しているロボットは、種々の牛個別別のデータを搾乳時毎にコンピュータに記憶している。個体番号、個体毎の搾乳ストール（ボックス）の長さ、乳頭位置、濃厚飼料の量、ティートカップ装着試行回数、搾乳開始時間、搾乳間隔、個別別の搾乳時毎の乳量や日乳量、期待乳量（10日間の乳量を基準）、分房乳の電気伝導度などが搾乳に関する主なものである。これらのデータを基にして、注意や警告が示される。搾乳間隔の注意や警告、期待乳量よりも実際の乳量が多い場合と少ない場合の警告、分房乳の電気伝導度が設定値より高い場合の警告などが主なものである。その他搾乳終了時の牛の体重や牛の活動度（発情の指標）をデータとしてコンピュータに記憶させることも可能である。これらのデータは疾病牛や発情牛の発見に利用される。

3. ロボット搾乳の課題

1) ミルカーの自動装着のできない牛

(1) 牛が搾乳室に自発的に入らない牛

若い牛は比較的行動が活発で問題はないが、老齢牛は牛床に横臥し搾乳室に入らない場合がある。また、肢蹄に傷害をもつ牛や疾病牛は自発的に入らないこともある。このような牛は、管理者が牛を追い込まなければならない。またロボット搾乳用の牛舎設計（搾乳室も含む）、牛群管理方法（特に給餌方法：タイムスッチによる自動給餌）の改良、牛の行動の同期性もこれからの課題である。

(2) 搾乳ストール（ボックス）には入るが、ミルカーの自動装置は出来ない牛

牛の乳房・乳頭の形状や搾乳ストールでの牛の姿勢によって自動装置が出来ない場合がある。帯広畜産大学で使用しているロボットは、超音波センサを利用して乳頭位置を測定する。

この方式では、乳頭の床面からの高さ・各乳頭の間隔・乳頭の長さや太さ・乳頭の角度などが自動装置に関与する要因である。特に前乳頭と後乳頭の床面からの高さに大きな違いがある場合、基準となる右前乳頭の傾きが大きい場合、左右の後乳頭が密着している場合は、装着が難しい。搾乳ストール（ボックス）の姿勢は、牛の癖、落ち着きの度合い、肢蹄の傷害有無によって変わる。これらの原因で自動装置ができないこともあるが、管理者の努力で対処できる。

(3) 自動装着できない牛の対処方法

短期的な方法と長期的な方法とがある。長期的な方法は乳牛の乳房・乳頭の形状の均一化をはかることである。これは乳牛の遺伝的改良によらなければならない。また、ロボットのセンシング方法や装着方法の改良もある。

短期的な方法はロボットでは自動搾乳に適した牛だけを使用する。不適な牛は適した牛と取り替えていくのも一つの方法である。日本の搾乳牛の何割が不適合牛であるかはまだ明らかではない。

a. 搾乳時刻を固定する場合

自動搾乳に失敗した牛は隔離室（セパレーション）へ送り分別する。この牛は自動搾乳が終了した後に再びロボット搾乳ストール（ボックス）で手動でミルカー装着を行う。

b. 搾乳時刻を固定しない場合

隔離室を利用することもできる。しかしこの方式は通常夕方から翌朝まで搾乳ロボットは止まることなく作動している。夕方に自動搾乳を失敗した牛は、管理者が対処しなければ翌朝まで隔離室に留まることになる。隔離室を利用する場合は管理者が少なくとも1日に3～4回は自動装着失敗牛を搾らなければならない。現在帯広畜産大学では、搾乳時刻を固定しない場合には隔離室を使用していない。失敗牛は、成功牛と同じように餌場へ送

り込んでいる。この場合の問題点は搾乳ストール（ボックス）での濃厚飼料の摂取である。失敗牛にも濃厚飼料が給与されている。この牛が再び搾乳ストール（ボックス）に入り餌を食べ、自動装着が再び失敗するというようなことが起こる。これを防ぐ方法としては搾乳ストール（ボックス）に牛が入る前に牛を分別するプリセクションの採用がある。自動搾乳失敗牛は、搾乳ストール（ボックス）には入れなくする方式がある。このような牛は少なくとも1日2回管理者が手動でミルクカーを装着する。

2) 搾乳衛生と乳質

帯広畜産大学で使用している搾乳ロボットは、ティートカップ内で乳頭だけの洗浄と前搾りを行う。また、ティートディッピングは行っていない（行うこともできる）。しかし、これらが原因で乳房炎の感染が増えたという結果は得られていない。バルク乳の生菌数も、1万/ml前後と特に問題はない。但し、フィルタは通常のミルクングパーラ搾乳より汚れている。乳房を汚さない管理が、ロボット搾乳には要求される。乳成分の濃度にも特別な変化は見られない。

搾乳時刻を固定する場合には、搾乳システムは搾乳後に自動洗浄する。搾乳時刻を固定しない場合にも、1日2回（朝と夕）にロボットを止め、自動洗浄している。この方式ではロボットが稼働している時間が長い（現在の試験では18～19時間/日）。1日2回の洗浄で夏季でも問題がないのかは検討しなければならない。但し、搾乳ロボットにはショートクリーニングという機能がある。40分間搾乳ストール（ボックス）で搾乳が行われない場合には、自動でそのストール（ボックス）の搾乳ラインを洗浄する。時間の設定は自由にできる。

3) 初乳牛と疾病牛

初乳と乳房炎乳はスペシャル乳に指定するとバルクには送乳しないで、それらを別に採取することができる。これらの牛の取り扱いには農家によって異なる。自発的に搾乳室に入った場合には、搾乳しないで隔離室へ送り、管理者がいるときにそれら牛を搾乳室に入れて搾乳するのも一つの方法である。

4) 牛の生理に及ぼす影響

(1) 泌乳生理

ロボット搾乳が乳汁排出反射に悪影響を及ぼすのではないかという懸念をもつ人もいる。しかし、乳量と乳質、搾乳速度、さらに乳房炎の発生からみて問題があるとは思われない。しかし、搾乳時のオキシトシンの分泌量の変化などの研究も必要なのであろう。また、ロボット搾乳では搾乳頻度や搾乳間隔が不規則となる場合がある。これらについても長時間の検討が必要である。

(2) 採食時間と頻度

ロボット搾乳では、特に搾乳時刻を固定した場合は搾乳後に採食する。搾乳直前から搾乳終了まで牛は餌を食べることができない（休息場で休んでいる）。1日2回搾乳は1日2回、3回搾乳の場合には3回の採食期がある。我々の研究では、コンプリートフィードで1日の採食時間は、3～5時間である。この採食時間や頻度が牛の生理に合致しているかどうかについても検討する必要があるかもしれない。

5) 管理者の搾乳作業への関与

ロボット搾乳は無人搾乳が原則であるが、現在は完全な無人で行うことはできない。ロボットによる自動装着の失敗牛、初乳牛、疾病牛、ロボット搾乳未経験牛等の世話をしなければならぬからである。また、搾乳室に自発的に進入しない牛の追い込みも必要であ

る。通常は管理者は搾乳終了の直前に搾乳室に来てこの処置を行う。搾乳時刻を固定しない場合には、搾乳間隔のチェックが必要となる。1日2回(朝夕)、搾乳間隔の開いた牛を選び、管理者が搾乳室に追い込まなければならない。搾乳室やバルククーラーの洗浄も必要である。

6) 搾乳ロボットの維持管理と故障対策

定期的な点検、特にティートカップの配置の点検を模擬乳頭を用いて行う。配線センサーの簡単な点検もおこなう。故障時にはコンピュータのスクリーンに故障のメッセージがでる。これを手がかりにして簡単な故障は自分で修理し、手に負えない故障の場合は業者を呼ぶ。搾乳ロボットは故障するとポケットベルでそれを知らせる機能もある。

7) 放牧牛のロボット搾乳

ロボット搾乳は搾乳室に牛が自発的に入るのが基本である。放牧牛の自動搾乳の方法も検討されてはいるが、まだまだ研究は少ない。

8) 搾乳ロボット導入時の牛の馴化

ミルクパーラ搾乳牛をロボットで搾乳するのは、比較的簡単である。繋ぎ飼いされた搾乳牛をロボット搾乳するのは難しい。しかし本質的にはミルクパーラ搾乳の場合と変わらない。餌を使い搾乳ストール(ボックス)に徐々に馴らして行く。ほぼ1~2週間内で搾乳ストール(ボックス)に馴れる。ストール内で落ち着いて濃厚飼料を摂取するまでに馴れた牛は、順次手で搾乳する。牛によっては最初から自動搾乳することもある。搾乳ストール(ボックス)で落ち着いた状態になった場合は、自動搾乳に切り替えても問題はない。牛のこの馴化は、牛群と管理者との信頼関係、搾乳室の設計や搾乳操作、作業者の性格、牛の気質や年齢などの影響を受ける。

9) 乳牛検定事業

ロボット搾乳の搾乳時間は長い。特に搾乳時間を固定しない場合には搾乳時間が20時間にも達することがある。乳成分の濃度を測定するための乳試料の採取が難しい。自動サンプラーや自動乳分析装置の開発の望ましい。また、搾乳回数が牛によって違ったり、同じ牛でも日によって変わることがある。さらに搾乳間隔が不揃いとなるという問題もある。このような乳生産資料を如何にして検定事業で使うかが課題の一つである。

4. ロボット搾乳の将来

農家の都合だけで家畜の管理技術が決められる時代は過ぎたようである。農家、消費者、家畜それぞれの立場を尊重するのがこれからの家畜管理技術である。農家は生産効率の良い技術を、消費者は安価で良質、しかも安全な生産物を生産する技術を、家畜は本質的な行動を抑制されない健康で快適な技術を求めている。家畜に苦痛を与えたり、公害を生むような技術は消費者は望まない。ケージ養鶏や養豚は禁止の方向で進んでいる。家畜の行動を束縛しない管理方式は、生産効率の低下や管理労力を強める恐れがある。家畜を放し飼いにしてコンピュータを利用して精密に管理するのが次代の家畜管理技術である。その一つがロボット搾乳による乳牛管理技術である。ロボット搾乳は、牛舎設計、搾乳、給餌、除糞などの全てが統合されて、初めて完全なものとなる。

1) 電子個体識別装置

電子個体識別装置は、主なもので7種乳牛に使用されている。牛の首にぶら下げる型、耳標型、皮下埋没型がある。帯広畜産大学のロボットではオランダ製の首にぶら下げる型のトランスポンダーを使用している。これがロボット搾乳には必須である。

2) 生体情報の監視

生体情報としては、体重、乳温、乳電気伝導度、牛の活動度（歩行度）、膈内壁の水和などが測定できる。電子個体識別装置とこれらの測定センサーとでロボット搾乳牛の健康状態や生理状態を監視している。将来は体温、心拍数、呼吸数などの生理情報や採食・反芻、横臥・起立などの行動情報もロボット搾乳の管理情報として利用できるようになるであろう。

3) コンピュータ

ロボット搾乳は、単なる自動搾乳の装置ではない。コンピュータによる乳牛管理システムである。搾乳ロボットは高機能のコンピュータで制御されている。このコンピュータは、(1)搾乳ロボットの制御、(2)カウトラフィックの制御、(3)情報の自動集積（乳情報、生理情報、行動情報）、(4)手動での情報の集積（繁殖情報、疾病情報、飼料・栄養情報、経営情報）、(5)通信によって提供される情報（育種情報、気象情報）、(6)データの解析（カウカレンダー、牛群の生産成績、センサからのデータの解析）、(7)報告（明確な形態でのデータの表示）などの機能を持ち、ロボット搾乳牛の管理の中核となる。

おしまいに

この技術は酪農家の作業労力を大幅に軽減し、家族経営の酪農家でも1日3～4回搾乳を可能にする。酪農家はゆとりのある知的な生活を楽しむことができるようになる。コンピュータを利用した精密な酪農業は若者にとって魅力的な産業となるであろう。

広い牧場でのんびりと草を食む牛の群れ。牛は次々と搾乳ストール（ボックス）に入りロボットで搾乳されて再び草地に戻る。放牧区への牛の移動はセンサとコンピュータで制御されている。酪

農家は時々牛を見回り、コンピュータによる牛の管理が適切に稼働しているか否かを牛を観察して判断する。このような光景が見られる時代が近づいている。

参考文献

- 1) DEVIR, S., A. H. IPEMA, P. J. M. HUISMANS (1993) Automatic milking and concentrates supplementation system based on the cow's voluntary visits : Livestock Environment 4 : 195-204, American Society of Agricultural Engineers.
- 2) DEVIR, S., J. A. RENKEMA, R. B. M. HUIRNE and A. H. IPEMA (1993) A new dairy control and management system in the automatic milking farm : Basic concepts components : J. Dairy Sci.76 : 3607-3616
- 3) FROAT, A. R. (1991) Robotic milking : Robotica 8 : 311-318
- 4) HOWE, S. (1993) Dairy producer's dream is now a reality : Farmers weekly 17 : 62-63
- 5) IPEMA, A. H., A. C. LIPPUS, S. H. METZ and W. ROSSING Eds. (1992) Prospects for automatic milking : Pudoc Sci. Pub. Wageningen
- 6) ORDOLFF, D. (1993) Developments in robotic milking : Bulletin of I D F 279 : 25-32
- 7) ROSSING, W., S. DEVIR, P. H. HOGWERF, A. H. IPEMA, C. C. KETEKAAR-DE LAUWERE and J. METZ-STEFANOWSKA (1994) Robotic milking : State of the Art, Dairy Systems for 21st Century : 92-100, American Society of Agriculture Engineers.
- 8) 生研機構 (1993) 欧州における搾乳ロボット

28/11

- 研究開発調査報告：生研報告：No 30
- 9) 生研機構 (1995) 搾乳の自動化に関する調査資料 (文献調査研究及び海外調査報告)
- 10) 新出陽三 (1993) 群管理と搾乳の自動化：日本家畜管理研究会誌 29 : 39-46
- 11) 新出陽三・松田従三 (1993) 搾乳ロボットと酪農：酪農総合研究所
- 12) 新出陽三 (1995) 搾乳ロボットの現状と将来：畜産技術479号：9-15
- 13) STREET, M. J., D. S. SPENCER and R. C. HALL (1993) The Silso automatic milking system : Measurement+Control 26 : 197-201