

## パソコン利用による乳牛管理情報の収集と利用に関する研究

北海道農業試験場 竹下 潔

### はじめに

北海道は、わが国酪農の中心となっており、飼養頭数は全国の41%、牛乳生産量は37%を占め、将来も期待されている。また、乳牛の能力向上もめざましいものがあり、毎年100kg/年を越える乳量増加が続いている。305日乳量は7,800kg（乳検成績、北海道平均、平成元年度）になっており、10,000kg以上の割合は9.5%、8,000kg以上では44%を占めている。一方、消費者ニーズへの対応のため高品質牛乳の生産が求められるとともに乳製品の自由化等に対処するため生産性向上への期待も大きく、乳牛の能力向上、省力化、飼料費の節減等によりコストの削減が求められている。

乳牛の飼養管理面からみると、フリーストール牛舎—パーラ搾乳を基本にした乳牛飼養へと移行しはじめており、新技術の導入等による省力化や高能力牛への対応のため情報把握による精密化等生産性の高い管理技術の開発が期待されている。また、パソコンは最近急速に高性能化と低価格化を遂げ、個人でも利用可能となっており、乳牛の飼養管理への利用も可能になりつつある。

このような背景のもとで、北海道農業試験場では、フリーストール形式の牛舎として昭和58年に群管理試験牛舎、昭和63年に第1牛舎（総合試験牛舎）を建設するに至っている。また、将来の飼養管理技術を展望し、コンピュータ制御の機械システム等も取入れている。

本研究では、フリーストール牛舎—パーラ搾乳を念頭において、省力化・精密化の重要な要素である濃厚飼料自動給餌機及びパーラ搾乳等について、パソコンによる情報収集と処理解析による飼

養管理への利用を検討した。また、研究に必要なプログラム及び飼養標準に基づく計算の簡素化等ソフトウェアの開発等も行った。その概要を報告する。

### 1. 濃厚飼料給餌機について

コンピュータ制御の濃厚飼料自動給餌機は、群飼においても個体毎に一定量の濃厚飼料を給餌できることから、フリーストール牛舎の普及に伴って近年普及が進みつつある機器である。しかし、給餌機に対する乳牛の行動、効率的な利用法の研究は少なく、また日常管理では給餌機の動作及び牛における利用の情報は日報が得られるのみというものがほとんどである。

そこで、給餌機と制御機間の通信用データを他のパソコンで受信・解析することにより、日常管理での詳細な情報を得て牛群の行動解析、給餌機の動作・利用状態の把握及び視覚的なモニタリングの可能性等を検討した。

#### 1) ハード構成

使用した機器は、北海道農試第1牛舎に設置した3基の濃厚飼料自動給餌機である。この制御機の一部をメーカーで改造し給餌機から制御機への通信情報をRS-232Cへも出力できる機能を付加している。一方、ケーブルを介してデータを受信し、保存するため固定ディスクを備えたパソコン（NEC、PC-9801VM2）を使用した。

#### 2) 給餌機のデータ収録

パソコンのデータ収録用プログラムは、N88 BASIC ver6.0を用いて作成し、固定ディスクからの自動立ち上げとした。ファイル名には、

日付を用い、受信データを出力幅が一定のシーケンシャルで記録した。ファイルは午前9時を区切りに1日分毎にクローズする自動更新とした。収録データは、給餌機3基で一日当たり約85,000レコードを収録し、約2.6Mbの量であった。各レコードには、時刻、機番、通信コード、牛番、飼料残量等を含んでいる。この収録したデータは、給餌機から制御機への通信のすべてを含んでおり、給餌機の正常な動作を示すのみで牛が入居していないものも多く含まれている。この他、制御用データを持っているファイルは、ファイル名を変換して保存した。

### 3) 給餌機のデータ解析

データの処理解析プログラムは、すべてTURBO C ver2.0を用い、コンパイルして作成した。データファイルをランダムファイルとしてオープンし、オリジナルデータから3段階の処理を経て、入居毎のデータを作成した。処理はそれぞれ独立したプログラムで行い、処理結果はファイルを作成して書き込んだ。また処理条件のすべてをコマンドライン入力にしてバッチ処理により連続実行できる方式を採用した(図1)。1日分のデータを約15分で処理し、牛毎の入居時刻・回数、機械の停止時刻、異常動作、作業者の制御データの入力ミスの検索等も可能であることを示した。

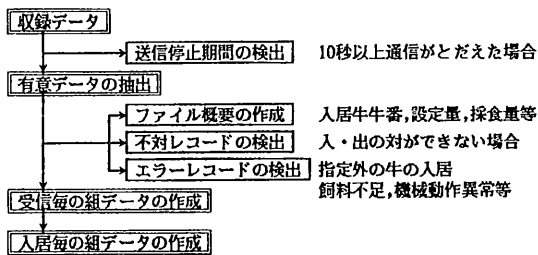


図1. 給餌機データの処理手順

処理結果は、識別用添字を付けたそれぞれのファイルにセーブした。

### 4) 給餌機利用の日内変動

泌乳中期の搾乳牛22頭を用いて利用状況を調査した。濃厚飼料の総給与量は1日当たり128kg(5.8kg/頭)でペレット約30%のほか穀類の圧パン、挽割を混合した自家配合である。給餌は全体を1日2分割に、給与開始時刻は午前9時30分に設定した。乳量の平均は約20kg/頭・日で、搾乳は1日2回である。

搾乳牛による給餌機利用の日内変動は、給与開始後5時間以上にもわたり90%以上の利用率が続くが、割当がなくなると10%以下に低下するなど変動が大きいことを示した。1日の利用時間11.5時間(31.2分/頭)で、利用回数は121(5.5回/頭)であった(図2)。牛の入居時間は採食量に最も左右されるが、入居回数は社会的序列の高い牛が有意に多いことを示した。採食中の競合も多発することを明らかにした。このことから分割回数や給与開始時刻の変更により、利用時の競合を減らし利用効率を上げることも可能であると考えられた。

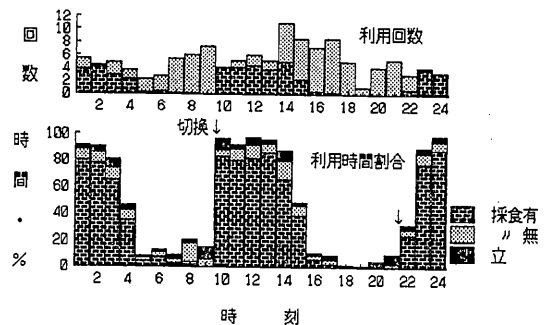


図2. 給餌機利用の日内変化

また、濃厚飼料給与量の少ない(全体で16kg)乾固牛・育成牛18頭の成績では、利用時間は4.5時間と少なく給与開始後すぐに採食された。利用回数は117回(6.5回/頭)と搾乳牛群と同等であった。

### 5) 給餌機のモニタリング

管理者が給餌機の利用、動作状況を容易に把握

するのを支援するため、給餌機への入居を経期的にCRTに表示し、視覚的にモニタリングするプログラムを作成した。このプログラムと処理データ（入居毎の組データ）を用いることにより牛群あるいは個体毎の利用状態を1日分表示することができる。これを2年間ほど使用した結果、牛群全体や個体毎の利用や競合の把握、残食の原因追求等給餌機の管理に効果的に利用できた。モニタリングの表示例を図3に示す。このほか人為的な制御条件の入力ミス、給餌機自体の故障、飼料搬送部分のトラブル等ハードの動作異常、制御プログラムに起因する異常等ソフトのバグの発見にも対応できた。さらに指定していない牛の入居の検索にも有効であった。

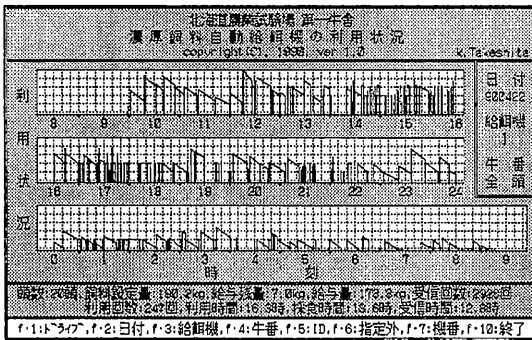


図3. 濃厚飼料自動給餌機の利用状況のモニタリング例

本試験では、実験用の詳細なデータを収集するため、大容量のファイルとなっているが、このモニタリングは給餌機への入居毎の組データのみで表示しており、必要データに限定して収録するとファイル容量は15~20kbと少ない。市販の給餌機でもモニタリングできる機能を付加することが望まれる。

## 2. 搾乳作業について

搾乳作業は、乳牛の飼養労働時間の50%以上を占めており、搾乳作業の効率化は労働時間短縮へ

の効果が大きい。パーラでは、4から10数頭が組になり搾乳を行うため、各牛の搾乳時間の斉一性は作業効率の重要な要因となる。とくに搾乳速度の遅い乳牛の混在は全体への影響が大きい。

搾乳性の指標としては、最高搾乳速度が多くの研究で取り上げられ、また誤差変動が少ないが、日常作業では最高搾乳速度の計測が困難なため、平均搾乳速度、搾乳時間、3分間乳量、3分間搾乳率等の簡便な指標が取り上げられている。

しかし、パソコンを利用することにより、搾乳量を短い時間間隔で正確かつ経時的に記録可能なことから日常作業での最高搾乳速度の計測を実施し、その分布、特性等を調査した。

また、つなぎ式牛舎を含め一般酪農家での計測の可能性を探るため可搬式乳量計を用いて検討した。

### 1) ハード構成

使用した機器は、北海道農試第1牛舎の4頭複列タンデムパーラに設置した8基のロッキングセンサ方式の乳量計である。乳量計の制御システムの一部をメーカーで改造し、制御機への通信情報をRS-232Cへも出力できる機能を付加したものをを用いた。データの受信・保存は、給餌機の場合と同様にパソコンを使用した。

### 2) 搾乳データの収録

搾乳データの収録は、日常の搾乳の全てを対象に行った。作業者は、搾乳開始時と終了時及び牛番が自動識別されない時に牛番の手入力を行っている。各手入力は通信コードにより識別できる。パソコンでは、RS-232Cから3~4秒間隔で受信したデータのうち、コードを識別し、各牛毎に開始から終了までのすべてのデータを収録した。収録項目は、時刻、ストール、コード、牛番、乳量等である。プログラムは、N88 BASICを使用し、日付と朝・夜の識別を入れたファイル名を使い、搾乳毎にファイルをクローズする自動更新を行った。1搾乳の収録ファイルは、40頭規模の

搾乳で約130kb, 1頭当たり120~130レコード程度である。

### 3) 搾乳データの解析

収録データから搾乳開始, 牛番の自動識別または手入力, 終了等のレコードをストール毎に抽出し, キー入力正常に行われたことを確認して次の解析を行った。また約2年間日常の搾乳に使用した結果, 通信コードの配列・乳量の変化から手入力等の操作ミス, ハードの動作異常, 制御プログラムのバグの検索も可能であることを示した。

収録したデータは, 収録時間間隔が3~4秒であるため, CRT上に時間-乳量曲線を描き, 10秒間隔の画面走査でグラフィック座標位置を求め乳量を計算した(図4)。各時間から1分間の増加乳量を計算し, 1分間当たりの搾乳速度とした。この画面処理の方法により時間間隔の異なるデータを容易に取り扱えることを示した。最高搾乳速度は, 搾乳速度曲線を約1週間平均し, その最大値とした。その他の搾乳指標についても10秒間隔の乳量データより計算した。解析プログラムは, TURBO Cを使用して作成した。

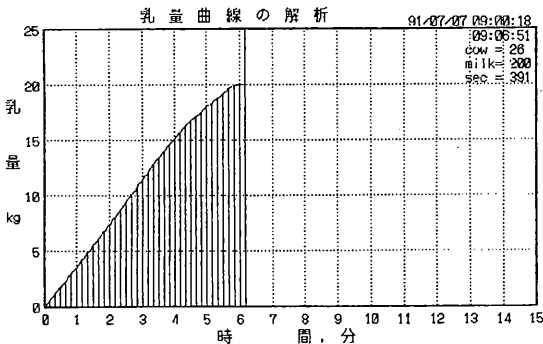


図4. 搾乳データの解析例

(時間-乳量曲線から10秒間隔の乳量データを作成)

### 4) 最高搾乳速度の分布

泌乳前期の乳牛33頭を供試して求めた最高搾乳速度は, 2.0~5.5kg/分に分布し, 3.0~5.0kg/分の間に70%以上が入ることを明らかにした(図5)。

また, 搾乳量の少ない部分に初産牛が集まる傾向であったが, 最高搾乳速度は産次による有意差が認められないこと, 搾乳量の多さとは直接の関係が認められないこと等を明らかにした。また牛個体毎の変動も大きく, 最高搾乳速度の遅い乳牛は淘汰の対象とすべきと思われた。

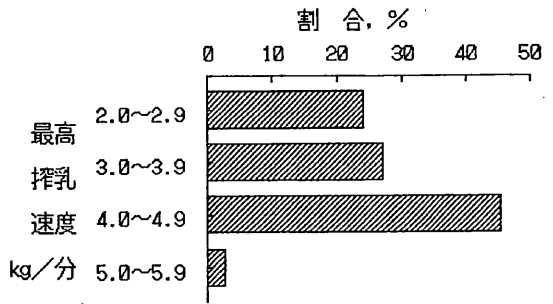


図5. 最高搾乳速度の分布

### 5) 各搾乳性指標間の関係

搾乳性の指標として取り上げた最高搾乳速度, 平均搾乳速度, 3分間乳量, 同搾乳速度との関係ではいずれも有意な正の相関が認められたが, それらと乳量及び搾乳時間との間には有意な関係は認められなかった。

### 6) 可搬式乳量計の作成と利用

一般酪農家で最高搾乳速度を計測するため, 持ち運びのできるロッキングセンサ方式の乳量計をメーカーで改造し, 乳量の表示とともに2秒間隔でRS-232Cに出力する機能を取り付けた。ケーブルを介して乳量データをパソコンで受取り, 日付・時間を付けて1レコードとしてファイルに書き込んだ。搾乳の開始と終了及び牛番はパソコンのキーを押すことにより, それぞれのコードを付けて記録した。収録及び解析プログラムは, パーラ搾乳に準じて作成した。この方式で酪農家の高能力牛を計測したところ, パーラに比べ乳量計の水平の維持等に注意が必要で人手を要するがカウシェードパイプライン方式の搾乳でも最高搾乳速度の測定が可能であることを示した。

### 3. 飼料給与管理について

高泌乳牛の養分要求量の水準は、一般牛に比べかなり多く、乾物摂取量の増加を上回ることから、泌乳に要する養分量等を正確に把握し、それを乾物摂取量をみて給与するなど栄養管理の精密化が要求される。

ここでは飼養標準に基づき養分要求量を計算するC言語関数を作成し、ユーザープログラムで容易に利用する方法を検討した。また、飼料給与の計算を実乳量による方法と近未来の予測乳量による方法を比較するため、近未来（1～3週間先）の乳量予測とそれによる乳牛飼養の実証を試みた。

#### 1) 飼養標準ライブラリの作成

乳牛の養分要求量の計算を容易に行うため、日本飼養標準・乳牛（1987年版）に示されたアルゴリズム等に基づき計算を行うC言語関数を作り、ライブラリ化を行った。C言語コンパイラとしては、TURBO C ver2.0を使用した。計算に必要な乳量、体重等の情報を関数の引数として持たせることにより、容易に養分要求量の計算結果を得ることができる。関数で計算できる要求量は、DM, CP, DCP, TDN, DE, Ca, P, ビタミンA, ビタミンDの9種類であり、養分要求量構造体のメンバーとした。関数は一般のコマンドと同様にコンパイル時にユーザープログラムとリンクすることにより簡単に使用できる。作成した関数は、成雌牛関係10種類、育成牛関係13種類、その他12種類である（表1）。

表1. 主な飼養標準関連関数（TURB C用）

関数名	機能
req_cow()	成雌牛の維持、産乳等に要する養分量の計算
req_cow_main()	成雌牛の維持に要する養分量の計算
req_cow_gest()	妊娠末期分娩前2か月間維持に加える養分量
req_milk_prod()	産乳に要する養分量の計算
cf_high_milk_prod()	高泌乳時の効率の低下に対応した補正係数の計算
cow_dm_intake()	成雌牛の泌乳時における乾物摂取量の計算
req_calf()	雌牛の育成に要する養分量の計算
req_calf_ca_p()	育成雌牛のCa, Pの要求量の計算
calf_dm_intake()	育成雌牛の乾物摂取量の計算
calf_growth()	育成雌牛の発育基準（体重）の計算

#### 2) 飼養標準ライブラリの利用

このライブラリを使用し、ユーザー作成のプログラムとリンクすることにより計算のアルゴリズムを省略してアプリケーションプログラムを作成することができる。その一例として、C言語ライブラリを用いた経産牛、育成牛の養分要求量計算のプログラムを作成した。飼養標準に記載されている数表等の計算・表示、任意の数値入力による養分要求量の計算と表示等を行うことができる。

また、泌乳曲線に基づき乳量や産次の補正を行って1乳期の必要養分量を計算するプログラム等も作成した。この結果は年間の飼料準備の計画等に活用できる。

#### 3) 飼料給与計算のための泌乳量予測

飼料給与計算を近未来の予測乳量に基づいて行うために個体毎の泌乳量予測プログラムを検討した。乳量予測はウッドの泌乳曲線に基づき1～3週間先を目標に行った。泌乳前期は、当該の泌乳牛の乳量では入力データ数の不足及び偏りが原因で泌乳量の予測は困難であった。そのため乳量水準毎の標準的な乳量曲線（北海道乳牛検定協会資料）を利用し、305日乳量で500kg毎にウッドのパラメータを計算して実乳量を当てはめて近未来の乳量を予測した。泌乳中後期の予測は実乳量を入力し、ウッドのパラメータを計算して行った。前期と中後期との切り替えを分娩後10週目することにより、近未来の乳量の予測が十分可能であることを示した。

#### 4) 乳量予測による乳牛の飼養管理

飼料給与計算の基になる乳量を近未来（2週間先）の予測乳量と実乳量による方法により養分要求量を求め、搾乳牛を飼養して比較試験を行った。搾乳牛12頭を2群に分け1乳期間供試し、飼料計算を週1回行った。305日乳量は、両群とも9,000kg前後と高い生産性を示したが、個体差が大きく有意差が認められなかった。飼料給与量も個体差が大きく有意差は認められないが、泌乳中後期の

乳量減少期には予測乳量の方が給与量は少ない傾向であった。また実乳量で計算した場合は、実乳量と予測乳量はほぼ一致したが、予測乳量を用いた場合は5%水準で実乳量が予測より高い結果であった。

## おわりに

本研究では、酪農の現場でパソコンを使用して、データを収録し、それを解析することにより日常作業の省力化や飼養管理の精密化等への利用を意図している。しかし、パソコンが自由に使用できるようになってまだ日も浅く、研究の蓄積も少な

く、端緒についたばかりと考えている。今後ハードウェアと結び付いたより効率的なシステム等の研究に取り組み、乳牛管理の発展に寄与したいと考えている。

日本畜産学会北海道支部賞を受賞するにあたりご推薦いただいた酪農学園大学教授西埜進氏、北海道立滝川畜産試験場長和泉康史氏、北海道農業試験場畜産部長（現九州農業試験場）滝川明宏氏また本試験の実施にご協力いただいた北海道農業試験場畜産部及び業務第3科職員各位に深甚なる謝意を表します。