

## 会話型処理方式のコンピューター利用による 乳牛個体別飼料給与診断・設計システム

永木正和

畜産経営学科酪農経営学研究室

### 1. 目 的

酪農の分野でのコンピューター利用は、地域によっては試験の域を出てかなりの成果を挙げている。近年、コンピューターが小型高性能化、低廉化して、農場で単独に購入し、利用できるようになったし、大型コンピューターを共同利用しながら、情報の発生現場、利用現場で実時間処理できるようになったからである。前者はパソコンを個人的に利用する方式で、後者は農協等の機関が大・中型コンピューターを運用する方式である。

いずれも一長一短があるが、後者は、①大量のデータを記憶できる、②関係者相互に情報を交換しあえる、③広域的な営農指導に直接利用できる、等の利点がある。将来は両方式の併用型利用方式に進むことによって、さらに有効な利用が図れそうである。しかし、利用の分野に依存するとしても、ユーザーがコンピューター利用やデータ処理に関連する十分な知識や経験に乏しい現段階では、機関運営によるコンピューター利用の方式をまず体系整備する必要がある。

そこで、本研究は、後者のコンピューター利用を前提にして、その利用の普及が最も期待され、同時に経営改善効果の期待されている乳牛の飼料給与診断と設計のコンピューター・ソフト・ウェアを開発する。もっとも、北海道では、既にホクレンや十勝農協連がこの種の事業を行なっているのではあるが、データの入出力と検索、およびデータ処理の進め方が不十分である。本研究では、統計的な処理方法とデータ・ベース概念を導入して、エンド・ユーザーの意志決定をより直接的に支えようとするような情報処理の体系化を試みる。また、当面飼料給与診断・設計を目的にしてシステムを開発するが、データの収集や管理の方法において、将来の酪農の総合的な情報処理システムへ発展させる上での知見を引き出す。

### 2. システム (OMFS) の概要

乳牛の飼料給与の診断と設計のためのソフト・ウェアとして開発した本システムに「OMFS」(On-line Multi-goal Feed Mixing System) という名称を与える。それは、OMFSがオンライン・システムであること、第2に、購入飼料の給与設計は「目標計画法」(Goal Programming)を適用して、意志決定者の多様な経営目標や飼料給与方針を同時に考慮して、ユーザー自身が満足水準を評価しながら弾力的にして繰返しの給与計画を立てるフィードバック・システムを採用しているからである。つまり、オン・ライン・システムと目標計画法との結合によって、意志決定者は実時間でコンピューターと会話しながら、自己の個別的な評価基準に照らして最も“望ましい”飼料給与計画を立案できるシステムである。

a) データ管理

OMFSは、大・中型のコンピュータを共同利用し合う方式を想定して開発されたものであるから、大記憶容量を活用してデータ・ベースを形成し、ここに蓄積され、更新されたデータと、カスタマー（酪農家）から実時間で投入されるデータとを利用して処理を進める。従って、データ・ベースを管理するサブ・システムとカスタマーの要求に応じた処理を実行するサブ・システムとからなる。その概念図を示したのが図-1である。

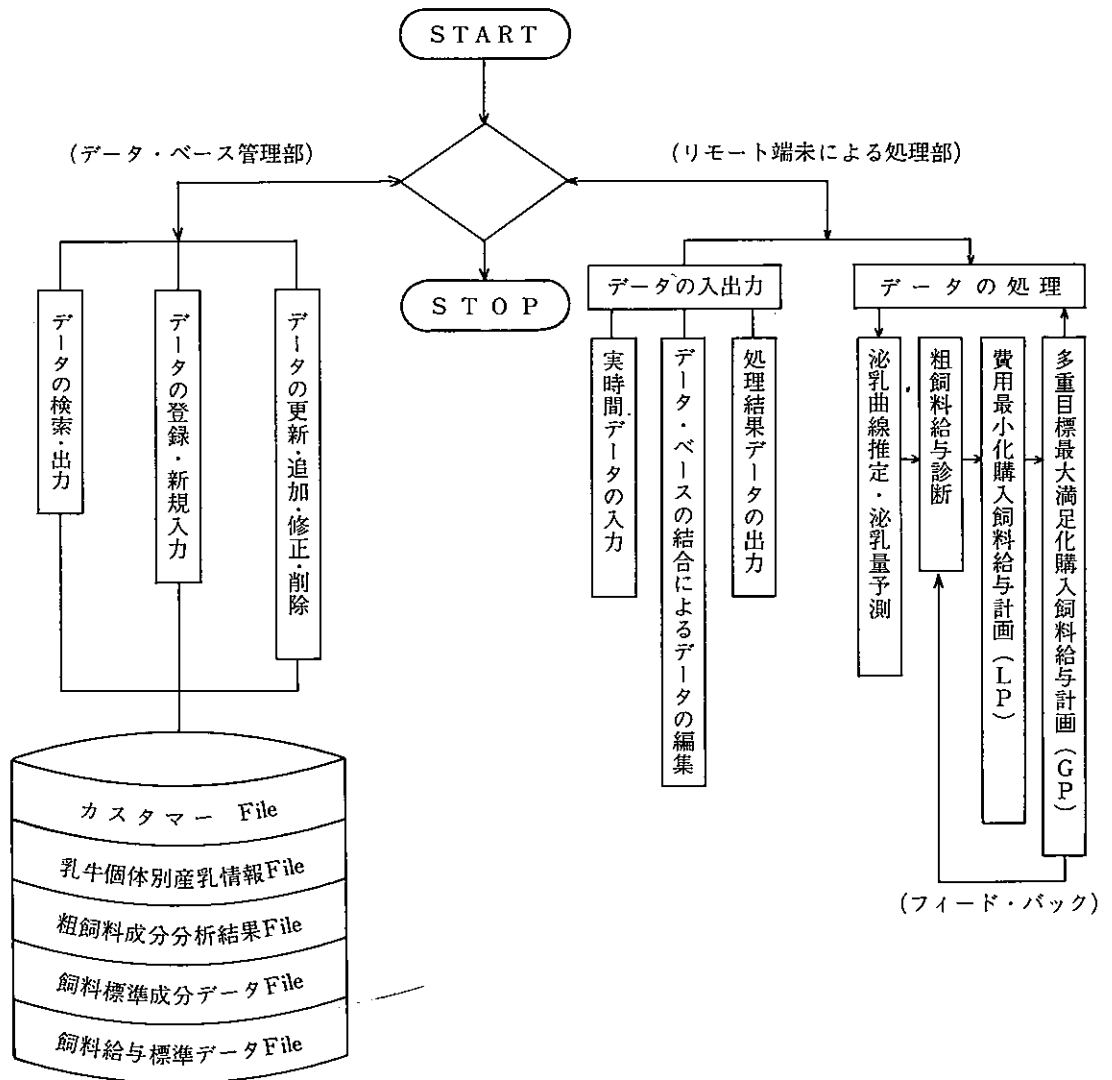


図-1 OMFSのシステム概念図

データ・ベース管理部では、データの種類に応じて、農協・普及所・乳検組合・生乳検査所・共済組合・粗飼料成分分析所等の端末からデータが入出力される。OMFSが管理するデータ・ベースは5種のファイルより成るが、それらは図-2のような内部配列の形式で管理されている。

「カスタマー・ファイル」は、農家が登録をした際に生成されるファイルであるが、毎年、粗

0	10	20	30	40	50	60	70	79														
カスターマニアファイル																						
農協コード	農場コード	農場名		粗飼料生産情報		牛群情報		間産乳頭当り年量														
		乾草	放牧	クラスサイレージ	フィロソサイレージ	その他(1)	その他(2)		一才以下	一才以下	一才以下	二五産	六産以上	乳雄牛								
乳牛個体別産乳情報ファイル		乳牛個体名		産次		305日乳量		産乳成績 (現在の産次における)														
農協コード	農場コード	乳牛個体識別	生年月日	最終分娩日	産次	初産時	二産時		三産時	四産時	五産時	六以上平均産時										
泌乳曲線推定パラメータ		①		②		③		④		⑤		⑥		⑦		⑧		⑨		⑩		
a <sub>0</sub>		b		c		a <sub>1</sub>		a <sub>e</sub>		産乳量		脂肪率										
相飼料成分分析結果ファイル																						
農協コード	農場コード	組飼料の種類	採入場所	年月日	分析時の	栄養成分 (%)						栄養成分 (%)										
						DM	CP	TDN	Ca	P	Mg	CF	DM	CP	TDN	Ca	P	Mg	CF			
飼料標準成分データファイル																						
飼料の種類	飼料名	購入単価	探食率	栄養成分 (%)																		
アコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ
飼料給与標準データファイル																						
アコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ	タコ

図-2 各種ファイルのレコード形式

飼料の自家生産量と、年間の時期別の1頭当たり粗飼料給与量の目安を得るための基礎的データが格納される。「乳牛個別産乳情報ファイル」には個別産乳量に関する情報が保存される。後述するが、個別別の日産乳量予測のための泌乳曲線の統計的推定を行なうので、個別別のその推定結果パラメータもここに保存しておく。

本システムが考慮する飼料の栄養成分の種類は、最小限DM, CP, TDN, CA, P, MG, CFの7種とする。粗飼料成分分析を実施している農場は、これを「粗飼料成分分析結果ファイル」に記録しておき、診断や設計の際にはそれを検索する。分析を実施していない場合には「飼料標準成分データ・ファイル」を利用する。購入飼料については、全て同ファイルを参照して栄養成分量を得る。

同ファイルと次の「飼料給与標準データ・ファイル」とは、データの作成機関（中央畜産会, NRC, ホクレン, 飼料メーカーetc.）で相違するが、どの成分表や飼料標準を参照するかはカスタマーの判断にゆだねられる。そのため、データの出展機関を明示することを前提にして、可能な限り多様なデータを収集、蓄積しておく。

#### b) 個別別、時期別の産乳量予測

飼料の給与設計は、乳牛の産乳能力を正確に把握することから着手しなければならないから、まず、個別別の産乳量を定期的に記録し、さらにそれらのデータに基づいて、設計時の乳量を予測する必要がある。そこで、OMFSでは、最初に個別別の泌乳曲線を推定する。

乳量形成要因としては、個体要因（遺伝的能力要因）、分娩後日数、分娩時期、産次、飼養環境・技術要因が考えられる。しかし、同一農場内では飼養環境・技術要因は考慮しなくてよい。また、同一個体では分娩時期が前回分娩期と異常に異なるとは考えられないので、この要因も無視して差しつかえない。

一般に、分娩後日数の経過に伴う泌乳曲線の推定式としてはWoodのモデルが経験的によくあてはまることが知られているので、本研究でもそれを基本にして、追加的に個体要因と産次とを考慮した個別別の泌乳曲線式を推定した。すなわち、

$$M = a_0 \cdot T^b \cdot e^{cT} \cdot a_g \cdot a_l \cdot U_{gl}$$

なる指数型関数モデルを設定して、パラメータ $a_0$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $a_g$ ,  $a_l$ を「共分散分析法」(Covariance Analysis)によって推定した。ただし、 $M$ は脂肪率4%換算乳量(FCM)、 $T$ は分娩後日数、 $a_g$ は遺伝的要因、 $a_l$ は産次数、 $U_{gl}$ は誤差項である。パラメータ推定値は「乳牛個別産乳情報ファイル」に記憶しておく。そうすることによって、特定の乳牛の特定時期の日産乳量や1乳期の総乳量の予測値が得られる。飼料給与計画はこれらの予測乳量を前提にして個別別に立案される。なお、補足的ながら、1乳期の乳量予測は乳牛個体の事前的な経済評価、すなわち淘汰判定の重要な判断素材を提供する。

#### c) 粗飼料の給与診断と設計

次のステップは粗飼料の給与診断である。最初に、給与診断、設計しようとする対象牛の産乳に関連した情報を「乳牛個別産乳情報ファイル」から検索し、FCM乳量予測値、および乾物要求量を算出する。さらに能力に応じた飼料給与標準を「飼料給与標準ファイル」から検索する。次に、給与を考慮している粗飼料の種類コードと1日当たり給与量とを利用者自身が端末から入力する。以上の手順を経ることによって、図-3に示すように、粗飼料の給与による必要栄養量の充足率をはじめとして、粗飼料中のDM/体重、CF/DH、(TDN-CP)/CP等、粗飼料給与上の

いくつかの主要な診断指標が出力される。カスタマーはこの指標を参照し、もし満足できなければ、改善計画案を立てて、それを再入力する。このように、繰り返し、コンピュータと会話して診断指標をチェックしながら、試行的方法によって粗飼料給与計画案を策定する。

ノウシヨク メイ ==> ナカキ マサカス                                  ノウシヨク CODE ==> 10                                  ノウキヨク CODE ==> 1  
 キンツツ ノ ヒツツケ ==> S59ネン 2カヅ 19ニチ

\*\*\*\*\* ファンセキ タイシヨク キヅク ニ カラレル シヨクネウ \*\*\*\*\*

シリヨク セツケイ ノ タイシヨク キヅク ==> サイテ-シヨク リンツン  
 シリヨク キヅク セツケイ ノ タイシヨク カヅツヒ ==> S59ネン 2カヅ 25ニチ  
 シリヨク セツケイ スルシキ ニ オケル ヨソク サンニユウ リヨウ (KG/DAY/HEAD) ==> 47.12  
 ニユウシ リツ (%) ==> 3.70  
 ゴシ ヲケイ ファン リツ (%) ==> 8.80  
 タイシヅク (KG) ==> 600.0  
 サンシ スウ ==> 3  
 ファンヘンコゝ ニツスウ ==> 25  
 ヒニユウ STAGE ==> ヒニユウ セツキ  
 FCM ニユウリヨウ ==> 45.00  
 カラツツ ヨウキヅクリヨウ ==> 23.10

\*\*\*\*\* ヲシリヨク キヅク ニ ヨル イヨウ イフマン リヨウ (KG/DAY/HEAD) \*\*\*\*\*

[シリヨク] [CODE]	---シリヨク--- ---メイ---	---[ファンセキ] ---(Y/N)---	[カラツツ] [シヨク]	DM	CP	TDN	CA	P	MG	CF
1	コーン グレ-シ	N	14.90 14.90	3.50	0.36	2.37	0.009	0.009	0.007	0.82
2	チモシー ノ カンソウ	N	9.50 9.50	7.99	0.85	4.69	0.022	0.020	0.013	2.67
ヲシリヨク ニ ヨル イヨウ ノ シヅクソク リヨウ (KG)			11.49	1.22	7.06	0.031	0.029	0.019	3.49	
ソシヨク ニ ヨル イヨウ ノ シヅクソク リツ (%)			49.7	32.9	41.9	19.0	25.2	35.1	94.4	
シヨク ヒヨクシヅク ニ タイスル ソク リヨウ (KG)			11.61	2.48	9.80	0.131	0.086	0.036	0.21	
コノ ニユウキヅク ノ セツク イヨウ リヨウ (KG)			23.10	3.70	16.86	0.162	0.115	0.055	3.70	
コノ ニユウキヅク ノ ノウコウ シリヨク カラ イル DM ノ シヨクケツ (DM ヒ %) ==>			50.0							
ヲシリヨク カラ キヅク オケル DM ワリアイ (%) ==>			49.74							
ソシヨク カラ キヅク オケル DM ノ タイシヅク ニ タイスル ワリアイ (%) ==>			1.91							
ヲシリヨク カラ キヅク オケル CF ワリアイ (%) ==>			94.43							
ヲシリヨク カラ キヅク オケル CF ノ ソシヨク DM ニ タイスル ワリアイ (%) ==>			30.38							
ヲシリヨク カラ キヅク オケル イヨウ リツ (TDN/CP-1) ==>			4.81							

イシヨク ノ ヲシリヨク キヅク シンタク シヨクネウ カラ  
 ハンタクン シテ コノ ヲシリヨク キヅク サイカク ハ マンソク 予キルカ ==>  ← (もし“N”と入力すれば新しい粗飼料給与計画案を再入力する“Y”と入力すれば、購入飼料の給与計画の策定に移る。)

図一 3 粗飼料の給与診断・設計の出力帳表

飼料給与計画において、初めに粗飼料の給与計画を立て、しかも、このような診断的、試行的方法によって立てるのは、概して自給粗飼料の生産費を正確に把握するのは困難である点と、自給飼料の給与計画が基本的には自給粗飼料の生産計画（あるいは生産量）に規定されてしまっている点にある。従って、生産される（あるいは、生産された）粗飼料を、年間を通じて過不足なく給与する計画を立てれば充分である。

d) 購入飼料の給与診断と設計

購入飼料は、乳牛の産乳能力から理論的に要求される栄養量と粗飼料の栄養給与量の差、すなわち不足量を給与すればよい。ただし、これらは、経営外部から調達するのであるから、可能な

限り低コストで調達しなければならない。そこで、多様な購入飼料給与の方法の中から、飼料費総額が最も安価であるような給与方法を設計する。

その方法が「費用最小化線型計画法」である。同法は、購入飼料費総額の最小化を給与設計の規範としているので、この方法によって算出した飼料給与計画は、栄養量の要求水準や飼料の購入単価が与えられた時に、あらゆる可能な飼料の組合せの中で費用最小となる給与計画を提示する。しかし、機械的に求められたそのような飼料給与計画が常にカスタマーに採用されるとは限らない。ただし、極限的な費用最小化の目安が得られるから、何らかの理由でこの計画案に不満足で、さらに代替案を模索する場合には、費用面での有益な情報を提供する。そこで、まず第1に「費用最小化線型計画法」による給与計画を立てる。

購入飼料の給与法は、カスタマーによって種々な考え方（方針、方法、信念）のある事実を看過してはならない。経営者は自己の経営環境や経験から、あるいは専門家のアドバイスを受けることによって個々の飼料給与設計方針を持っているはずである。すなわち、経済性は常に考慮されるとしても、自己の設計方針が納得できる水準で満たされていなければ実行できる給与計画案とはならない。この点に着目して、OMFSでは、購入飼料給与計画の策定に、費用最小化のみではなく、カスタマーが飼養技術に立脚した複数の目標（あるいは設計方針）（Multi-Goals）を設定し、しかも、それらに相対的な重要性を与えることによって、それらの達成度を自己評価しながら、最大満足を得る設計方法、すなわち、「満足化基準法」（Satisfying Criteria）を採用し、その設計方法として「目標計画法」を用いる。

目標計画法の数学的な理論体系や解法の説明は省略するが、線型計画法におけるスラック変数に替って、目標水準に対する不足偏差変数 $d^-$ と過剰偏差変数 $d^+$ を定義し、これらの偏差変数に対し、目標達成の優先順位を表わす順位係数（Priority Coefficient）や加重係数（Weight Coefficient）を与えて、優先順位別に目標の不達成度（Unachievement Degree）を最小にする購入飼料給与計画を提示する。

具体的には、データ・ベースに蓄積された情報や先の粗飼料給与診断から得た情報と、新たにコンピュータが問いかける何項目かの飼料設計に関する設問にカスタマーが解答する形式で入力する自己の設計方針に関する情報を用い、線型計画法、および目標計画法による会話型処理で購入飼料給与計画を立てる。カスタマーは演算結果から得られる個々の、および全体の目標（不）達成度を評価し、満足できなければ、再び設計方針を変更して再演算する。なお、OMFSが当面準備している設計方針に関する設問項目は図-4に示す。

費用最小化線型計画法による購入飼料最適給与計画案

↓ (ここに最適給与計画案, 購入飼料費総額, および主要な飼料給与診断指標が出力される)

上の飼料給与設計案は, 飼料給与標準を前提として, これを満たしながら, 購入飼料費総額が最小となる設計案を示したものです。そこで, これを参考にしながら, あなた自身が考えている購入飼料の設計指針を以下の説明に答える様式で示して下さい。

	飼養標準 (参考)	あなたの 目標水準	(U/A)	目標優先順位	加重係数
1) 購入飼料費総計	_____	<input type="text"/>	A	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2) 乳飼比	_____	<input type="text"/>	{ U A	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3) DM給与量	_____	<input type="text"/>	{ U A	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9) CF給与量	_____	<input type="text"/>	{ U A	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10) 濃厚飼料のDM比	_____	<input type="text"/>	A	<input type="text"/>	<input type="text"/>
11) 単味飼料1 (ビートパルプ)	_____	<input type="text"/>	A	<input type="text"/>	<input type="text"/>
⋮					
15) 単味飼料5 (大豆カス)	_____	<input type="text"/>	A	<input type="text"/>	<input type="text"/>
16) 給与飼料総体の栄養率	_____	<input type="text"/>	{ U A	<input type="text"/>	<input type="text"/>
17) 購入飼料の栄養率	_____	<input type="text"/>	{ U A	<input type="text"/>	<input type="text"/>
18) 給与飼料総体のCA/P比	_____	<input type="text"/>	{ U A	<input type="text"/>	<input type="text"/>
19) 給与飼料総体のCF/DM比	_____	<input type="text"/>	{ U A	<input type="text"/>	<input type="text"/>

- 注) ① Uは目標水準より低いケース, Aは目標水準より高いケース  
 ② 特に考慮する必要のない設問は無視して空白のままにしておく  
 ③ 目標水準は, 飼養標準を参考にしながら任意に定める。ただし, 「購入飼料費総計」の飼養標準欄は先の費用最小化線型計画法による購入飼料費総額が記入されている。  
 ④ 目標優先順位は同順位のもの複数項目あってもよく, その場合に限り加重係数を入力する。

以下に上の設計方針に従って購入飼料の給与に関する目標最大達成の計画案を提示します

↓ (ここに給与計画案, 目標達成度が出力される)

上の計画案に満足できるか (Y/N) ⇒

(“Y”の場合はここで処理が終了する。“N”の場合, さらに以下の手順で処理が続行する)

新たに別の購入飼料の給与を考慮するか (Y/N) ⇒

(“Y”ならその購入飼料名を入力する)

先に定めた設計方針を変更するか (Y/N) ⇒

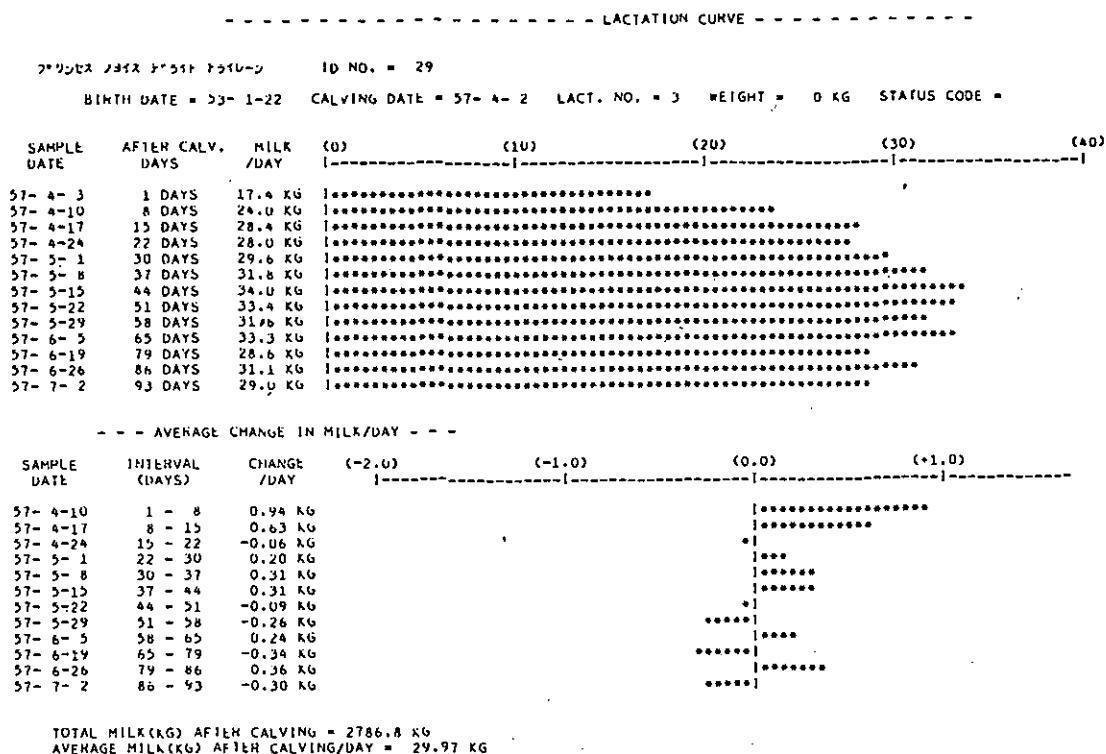
(“N”なら直ちに目標計画法による演算の段階へ返る。“Y”なら先の設計方針入力様式に従って設計方針の変更をした後で目標計画法による演算の段階へ返る)

図-4 購入飼料給与計画策定のための給与方針入力画面

### 3. 結 び

本研究で開発した乳牛飼料給与設計システムOMFSは、個体別乳量予測、粗飼料給与診断、設計、購入飼料の給与設計が体系的な流れの中で進められる。統計的、およびORの手法が採用され、基礎的なデータはデータ・ベースに蓄積されていて、しかも簡単な会話型処理によって、莫大なデータと高度な科学的知識を駆使した飼料給与設計が立てられるのが特徴である。

紙数の制約上、OMFSの使用例の紹介やOMFSの開発がもたらしたインプリケーションの考察は省略するが、本システムの開発が、将来の総合的な酪農経営支援情報システムの構築に重要な示唆を与えている。



附図 個体別泌乳曲線出力様式