

1. 論文名

数理計画法による乳牛の飼料給与設計プログラムの作成と利用

2. 著者名

樋口昭則（執筆時所属：北海道農業試験場農村計画部）

3. 掲載刊行物名（著書名）・出版社等

『北海道農試研究資料』第42号（1990）p1～p137、北海道農業試験場

4. 分析対象作目名・品種名

乳牛（ホルスタイン）へのグラスサイレージ、乾草、ヘイキューブ、ビートパルプ、配合飼料、大豆粕の6種類の飼料給与

5. 分析対象地域・分析対象経営

北海道農試内で飼養されている乳牛（体重686kg，日乳量36kg，4産）

6. 分析目的・内容

1) 分析目的

- ①従来から活用されている線形計画法を利用した乳牛の飼料給与設計結果を比較対象として目標計画法の有効性を検討する。
- ②経営目標は、飼料費、養分要求量、配合飼料給与、一定給与、平衡給与の5項目。
- ③各目標の優先順位とウエイトは、表1、表2のとおり。ただし、これは農家の経営方針により変動する性格であるため、開発されたプログラムでは優先順位とウエイトのパラメーターを変更するだけで容易に経営目標に応じた飼料設計を検討できる。

表1 目標計画法における優先順位の例（牛，No.41，36kg搾乳）

目 標 名	優先 順位	目 標 名	優先 順位
TDN不足回避	1	TDN過剰回避	2
CP //	3	CP //	2
DM //	2	DM //	1
DE //	5	DE //	5
D C P //	5	D C P //	5
Ca //	4	Ca //	5
P //	2	P //	5
配合飼料給与不足回避 ¹⁾	3	配合飼料給与過剰回避 ¹⁾	2
グラスサイレージ一定給与不足回避 ²⁾	2	グラスサイレージ一定給与過剰回避 ²⁾	2
ヘイキューブ平衡給与不足回避 ³⁾	3	ヘイキューブ平衡給与過剰回避 ³⁾	3
ビートパルプ // //	3	ビートパルプ // //	3
希望飼料費不足回避	6	希望飼料費超過回避	6

注1) 配合飼料は乳量の3分の1給与を目標とする。

2) グラスサイレージはサイロ利用の関係から、牛ごとに一定量給与を目標とする。

3) 給与飼料の急変を避けるために、飼料原料ごとに平衡給与を目標とする。

④さらに安い飼料費設計が可能か、さらに高い乳量水準に応じた飼料給与設計が可能かを目標計画法を援用して確認する（表3）。

2) どんな結果が得られたか

- ①実際の飼料給与実績と線形計画法および目標計画法の結果を比較すると、目標計画法の設計では、PとDCPが3～4%程度不足する解が得られたが大きな障害とは考えられず、制約条件は全て満たし、1日当たり飼料費は1,050円でこれらの中では最も小さい値である。このことより、目標計画法の援用により、従来の線形計画法による最適解より低コストでバランスの良い飼料設計が可能である事が示された（表4）。
- ②飼料費削減の可能性を探るために目標飼料費を1,000円、950円、900円と順次低下させ飼料給与設計を検討した。低コストの飼料設計ではTDN不足、DM超過など栄養バランスが悪くなる。さらに、乾草の給与がなくなり、グラスサイレージと配合飼料だけとなりCaとPの不足が生じるなどの問題が発生することが示された（表5）。
- ③日乳量10～50kgのそれぞれのレベルに対応した目標計画法を援用した飼料設計を検討した結果、45kg以上では制約条件が非常に厳しく、高泌乳牛の飼養給与設計は大変難しいことが明らかにされた（表6）。
- ④目標計画法による飼料設計が従来の線形計画法によるものより柔軟でかつ経済性の高い給与を可能とする事が明らかになった。

7. 使用した計画手法及び使用した計算ソフト

樋口昭則：数理計画法による乳牛の飼料給与設計プログラム

計算ソフト：BASICによるプログラムリスト添付

8. 単体表の表示

○一部表示（基本部分はすべて表示）

9. 単体表上の工夫箇所と主要な分析結果の図表表示

1) 単体表上の工夫箇所

- ①配合飼料は、乳量の3分の1程度を目標値としてこれを上回らないように設定している。
- ②貯蔵飼料であるグラスサイレージについては、毎日一定量を計画的に給与するため、優先順位を2位に設定した。
- ③飼料給与が急激に変化するのを避けるように平衡給与の制約を設定している。
- ④各目標に対するウエイトについては、目標値との積が100となるように設定している。
- ⑤上記プロセスの利益係数、技術係数等を計算するための具体的手順についても記述している。

2) 主要な分析結果の図表表示

表4 飼料給与実績と設計案

実績と設計案		設計案			
		1	2	3	
項 目	単 位	昭和62年 2月の 給与実績	目標計画法 による給与 設計案	線形計画法 による給与 設計案	
		飼料給与量			
グラスサイレージ	kg	26.0	26.0	28.6	
乾 草	〃	—	6.74	—	
ヘイキューブ	〃	3.0	—	2.4	
ビートパルプ	〃	2.4	—	1.92	
配合飼料	〃	12.0	12.0	11.13	
大豆粕	〃	—	—	1.48	
飼 料 費	円	1,093.4	1,050.18	1,111.9	
養分充足率	TDN	%	100.08	101.62	102.61
	CP	〃	111.14	108.06	125.93
	DM	〃	96.17	100.00	98.29
	DE	〃	100.80	102.32	103.24
	DGP	〃	127.79	121.93	150.00
	Ca	〃	123.61	103.26	118.16
	P	〃	93.57	96.64	100.00
	分析指標	粗飼料DM率	%	48.90	58.90
粗繊維含有率		〃	16.39	18.95	16.18
CP含有率		〃	15.74	14.72	17.45
Ca/P比			1.95	1.57	1.74

表5 目標飼料費を変化させた飼料給与設計案

設計案		設計案							
		1	2	3					
項 目	単 位	目標飼料費 1,000円	目標飼料費 950円	目標飼料費 900円					
		飼料給与量							
グラスサイレージ	kg	32.34	44.14	48.55					
乾 草	〃	5.85	1.59	—					
ヘイキューブ	〃	—	—	—					
ビートパルプ	〃	—	—	—					
配合飼料	〃	10.23	9.41	9.10					
大豆粕	〃	—	—	—					
飼 料 費	円	1,000	950	931					
養分充足率	TDN	%	100.0	100.0	100.0				
	CP	〃	106.88	107.78	108.11				
	DM	〃	100.0	100.0	100.0				
	DE	〃	100.52	100.37	100.32				
	DGP	〃	119.57	121.43	122.13				
	Ca	〃	100.17	98.98	98.54				
	P	〃	93.54	93.36	93.29				
	分析指標	粗飼料DM率	%	64.96	67.79	68.84			
粗繊維含有率		〃	19.66	18.74	18.40				
CP含有率		〃	14.56	14.68	14.73				
Ca/P比			1.58	1.56	1.56				
目標	差異変数名		不足	超過	不足	超過	不足	超過	
	養分	TDN	2	3	2	3	1	3	
		CP	4	3	4	3	4	3	
		DM	3	2	3	2	3	1	
		DE	6	6	6	6	6	6	
		DGP	6	6	6	6	6	6	
		Ca	5	6	5	6	5	6	
	優先順位	P	3	6	3	6	3	6	
		配合飼料給与		4	3	4	3	4	3
		一定給与グラスサイレージ		3	3	3	3	3	3
平衡給与ヘイキューブ		4	4	4	4	4	4		
平衡給与ビートパルプ		4	4	4	4	4	4		
飼 料 費		1	1	1	1	2	2		

表6 乳量が変化した場合の飼料給与設計案

項目	単位	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
		乳量 10kg	乳量 15kg	乳量 20kg	乳量 25kg	乳量 30kg	乳量 35kg	乳量 40kg	乳量 45kg D.M.超過	乳量 45kg T.D.N.不足	乳量 50kg D.M.超過	乳量 50kg T.D.N.不足	乳量 50kg D.M.超過	乳量 50kg T.D.N.不足	乳量 50kg D.M.超過	乳量 50kg T.D.N.不足	乳量 50kg D.M.超過	乳量 50kg T.D.N.不足	乳量 50kg D.M.超過	乳量 50kg T.D.N.不足	乳量 50kg D.M.超過	乳量 50kg T.D.N.不足	
粗飼料	kg	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
粗飼料	kg	6.14	7.63	1.5	2.98	5.5	8.83	7.77	11.52	10.87	12.75	11.21	10.87	12.75	11.21	10.87	12.75	11.21	10.87	12.75	11.21	10.87	
粗飼料	kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
粗飼料	kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
粗飼料	kg	-	-	4.67	8.33	10.0	11.67	13.33	15.0	16.67	18.33	20.0	21.67	23.33	25.0	26.67	28.33	30.0	31.67	33.33	35.0	36.67	
粗飼料	kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
粗飼料	kg	444.27	488.85	531.67	574.27	615.0	656.44	695.5	734.5	772.5	810.5	848.5	886.5	924.5	962.5	1000.5	1038.5	1076.5	1114.5	1152.5	1190.5	1228.5	
T.D.N.	%	110.93	100.0	102.32	102.16	104.81	102.97	100.9	100.0	94.38	100.0	94.38	100.0	94.38	100.0	94.38	100.0	94.38	100.0	94.38	100.0	94.38	
CP	%	143.55	123.53	118.37	114.18	114.08	109.85	121.77	122.55	115.67	121.31	107.56	121.31	107.56	121.31	107.56	121.31	107.56	121.31	107.56	121.31	107.56	
DM	%	100.0	99.10	95.29	100.0	93.94	100.0	100.0	105.95	100.0	112.78	100.0	112.78	100.0	112.78	100.0	112.78	100.0	112.78	100.0	112.78	100.0	
DE	%	110.29	99.53	102.85	102.66	105.42	103.41	100.83	100.99	95.32	100.93	89.49	100.93	89.49	100.93	89.49	100.93	89.49	100.93	89.49	100.93	89.49	
DCP	%	149.49	124.82	135.01	129.72	128.81	123.78	145.09	146.67	138.42	145.02	128.59	145.02	128.59	145.02	128.59	145.02	128.59	145.02	128.59	145.02	128.59	
Cu	%	120.21	103.08	109.88	106.98	108.17	105.02	98.34	98.01	92.51	97.13	86.12	97.13	86.12	97.13	86.12	97.13	86.12	97.13	86.12	97.13	86.12	
P	%	98.17	85.95	100.0	98.48	100.0	97.42	96.75	97.16	91.70	94.62	85.47	94.62	85.47	94.62	85.47	94.62	85.47	94.62	85.47	94.62	85.47	
粗飼料	%	100.0	100.0	84.66	82.03	81.56	59.70	39.55	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	
粗飼料	%	26.99	27.50	18.46	18.57	19.21	19.13	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	
粗飼料	%	13.31	13.03	14.75	14.76	14.66	14.68	17.81	18.34	18.34	18.34	18.34	18.34	18.34	18.34	18.34	18.34	18.34	18.34	18.34	18.34	18.34	
粗飼料	%	1.66	1.67	1.56	1.57	1.57	1.58	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
T.D.N.	kg	8.31	9.97	11.62	13.4	15.67	17.82	20.05	22.37	22.37	24.76	24.76	24.76	24.76	24.76	24.76	24.76	24.76	24.76	24.76	24.76	24.76	
CP	kg	1.34	1.71	2.98	2.51	2.96	3.42	3.91	4.41	4.41	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	
DM	kg	14.7	16.1	17.5	19.4	24.48	25.59	28.70	27.81	27.81	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	
DE	Mcal	36.7	44.0	51.2	60.0	69.1	78.6	88.4	98.6	109.2	109.2	109.2	109.2	109.2	109.2	109.2	109.2	109.2	109.2	109.2	109.2	109.2	
DCP	kg	0.84	1.08	1.32	1.80	1.89	2.19	2.51	2.83	2.83	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	
Cu	g	53	67	81	98	115	133	152	171	171	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	
P	g	39	48	57	68	79	91	103	115	115	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	

注) 成分要求量は日本飼養標準に準じ、乳量30kg-50kgのD.M.C.PはV.M.C.Pの推定式(表1)を用いた。

10. 使用データ及びその特徴

	事例調査データ	統計データ	試験研究データ	各県の標準技術体系
粗収益	○			
費用	○			
技術係数	○		○	
制約量			○	

注1) 農試内飼養牛の試験データを利用。

2) 養分要求量は、「日本飼養標準(乳牛, 1987)」

3) ただし, DM 要求量は早坂ら(1989)の推定式を利用した。

11. 関連文献

樋口昭則『目標計画法による飼料給与設計』「関東東山東海農業経営研究会資料」第68号(1986) p91~p97

福川忠照『目標計画法(1)』「オペレーションリサーチ」(1975) P53~P58

12. その他

取りまとめ: 折登一隆