

意思決定支援型エキスパートCADシステムの構築に関する研究：ロータリ耕うん軸の最適設計への応用

陳, 鵬
九州大学農学部農業機械学教室

坂井, 純
九州大学農学部農業機械学教室

溝田, 武人
福岡工業大学電子機械工学科

野口, 良造
九州大学農学部農業機械学教室

<https://doi.org/10.15017/23334>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 44 (4), pp.143-164, 1990-03. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：

意思決定支援型エキスパート CAD システムの構築に関する研究

— ロータリ耕うん軸の最適設計への応用 —

陳 鵬・坂井 純・溝田 武人*・野口 良造

九州大学農学部農業機械学教室

*福岡工業大学電子機械工学科

(1989年11月30日 受理)

Study on EXPERT CAD SYSTEM for Decision Making in Optimum Design — Application to the Optimum Design of Rotary Tiller Shaft —

PENG CHEN, JUN SAKAI and RYOZO NOGUCHI

Laboratory of Agricultural Machinery,
Faculty of Agriculture, Kyushu University,
Fukuoka 812

*TAKETO MIZOTA

Department of Electronic and Mechanical
Engineering, Fukuoka Institute of Technology,
Fukuoka 811-02

1. 緒 言

コンピュータ技術の発展に伴い、急速に普及してきたエキスパートシステムは、すでに研究室での理論的な研究段階から生産現場、ビジネスオフィスなどでの実用段階に達し、注目を浴びている。エキスパートシステムの重要な特徴は、ある特定の領域において知識を問題解決の主役とする対象に対して、その分野での専門家（エキスパート）の知識をコンピュータに蓄えることにより、コンピュータに専門家と同程度、あるいは専門家に近い問題解決能力を持たせることにある。

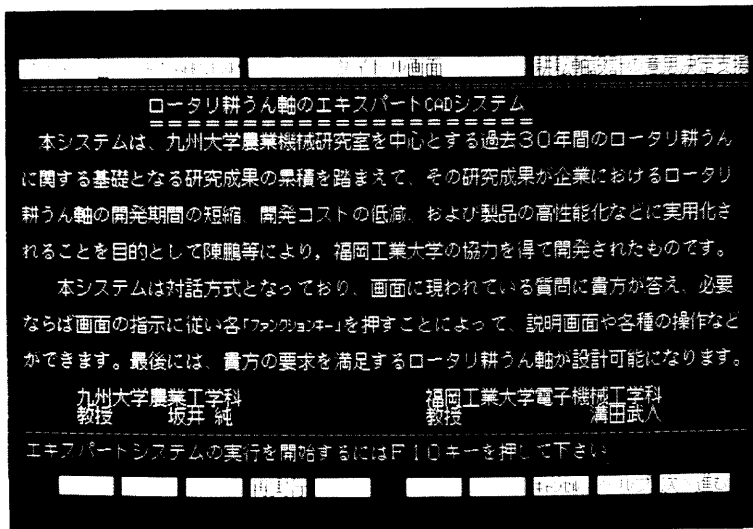
機械設計分野において、設計過程は企画設計と詳細設計（詳細製作図の作成を含む）との2段階に分けることができる。まず企画設計とは、与えられた使用目的および仕様情報などをもとにして、満足すべき機能を最適に定め、構造の形状を合理的に設計することである。詳細設計は定められた機能と形状情報に基づいて、更に各部の具体的な寸法を決定し、製作図面の作成を行なうことである。従来のCADシステムは、主に詳細設計段階における図形処理を中心とするシステムである。これに対して、エキスパートCADシステムは、

企画設計と詳細設計とを合わせた全設計過程において、専門家のもっている知識を有効に活用することにより設計者の最適設計に関する意思決定を支援する知識型のCADシステムである。

ロータリ耕うん機（ロータリ耕うん部、以下、ロータリと略称する）は日本および中国の稲作農村で最も多く使用されている主要な耕うん機械である。したがって、ロータリの性能を最適に設計することは非常に重要な課題である。本論文の筆者の一人である坂井らはロータリ耕うんシステムの設計に関する研究を30年間にわたり行っており、系統的な理論成果をおさめている。しかし、これらの成果のうち、耕うん軸の設計理論については、現在までに企業における企画設計で一部分しか応用されていない。これは、ロータリが苛酷な圃場条件で作業し、作業の対象が土壌であるため、レオロジーとしての取り扱いが必要であり、各設計要因は多岐にわたり非常に複雑となる。更に、耕うん軸に取り付けられている耕うん刃の配列案は天文学的に膨大な数にのぼるために、従来からの手作業的な設計手法では、今までの研究成果である知識ベースとしての諸理論を十分に使いこなせない訳である。したがって、最適配列を探索するために、コンピュータの



(a) タイトル画面



(b) システムの概要の説明

写真1 タイトル画面とシステムの概要説明画面

導入が不可欠である。また、そのための最適計画法を確立附加すれば、軸の設計理論を実際に応用することが可能となる。

現在の企業におけるロータリ耕うん軸の企画設計は、経験と勘に頼り試行錯誤的に長期間かけて行なわれている。また、市販の耕うん軸は性能面において改良すべき余地があることも判っている。したがって、耕うん軸に関する最適設計への意思決定を応援するエキスパートCADシステムを構築することは、製品開

発期間の短縮化、開発コストの低減化、および製品の高性能化などに大いに貢献することになる。

ロータリ耕うん軸の最適設計理論およびエキスパートCADシステムのための性能評価法などはすでに別紙で発表した(坂井ら1979, 坂井ら1988, Jun SAKAI et al. 1989; 坂井ら印刷中-a, 坂井ら印刷中-b, 陳ら投稿中-a, 陳ら投稿中-b)。

一般にエキスパートシステムは、分析型意思決定問題と設計型意思決定問題を対象とする2種類あると言

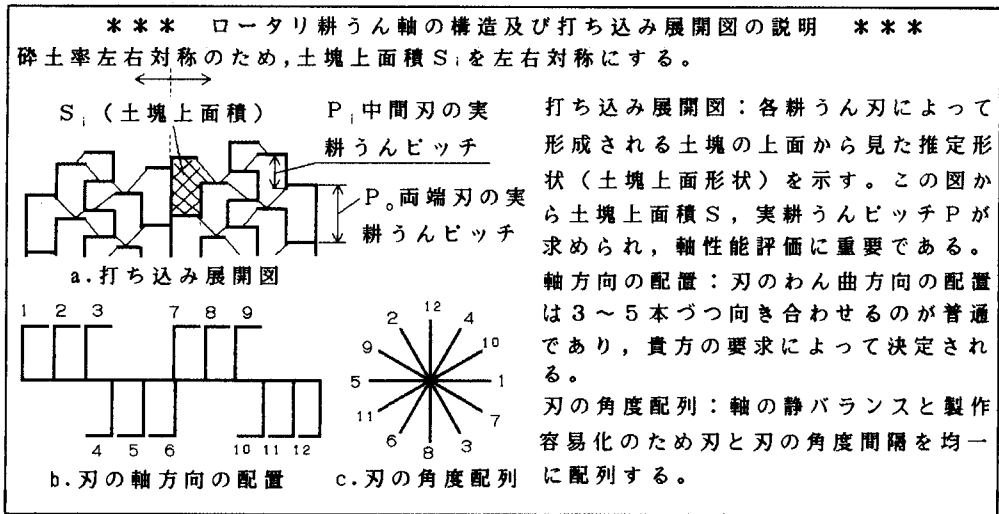


図1 ロータリ耕うん軸の構造及び打ち込み展開図の説明画面

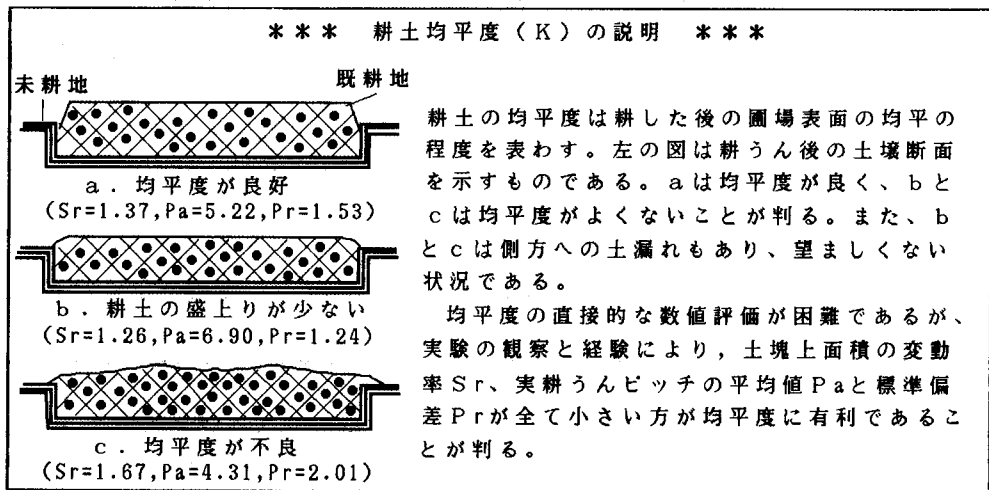


図2 耕土均平度 (K) の説明画面

われている(上野1985)。本論文の目的は、ロータリ耕うん軸に関する最適設計理論および性能評価法に基づいて、エキスパートツール(「創玄」)(エー・アイ・ソフト株式会社1986)を使って、設計型意思決定のエキスパートCADシステムの構築法を検討し、それを耕うん軸の最適設計に応用することにある。

次にシステムの構築法を述べる前に、あらかじめ次章では本研究に用いる各専門用語を説明し、システムを駆動した場合に必要な応じて表示できる説明画面を紹介する。

2. エキスパートシステムの説明 機能および各用語の説明

(1) 説明機能

知識型CADシステムは、推論により最終結論を出す理由をユーザ(このエキスパートCADシステムを用いて設計する人)に説明し、ユーザの納得を得なければならない。特に意思決定過程において、ユーザがコンピュータと対話しながらこれを行う。ユーザが最も望ましいと考える設計案が最終的に導かれるためには、専門家の考え方、助言および学術用語の説明が重

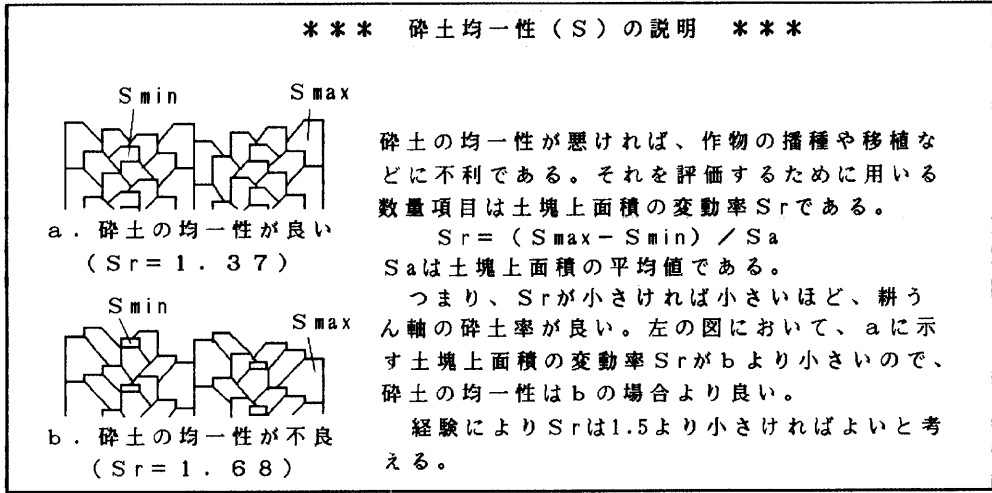


図3 碎土均一性 (S) の説明画面

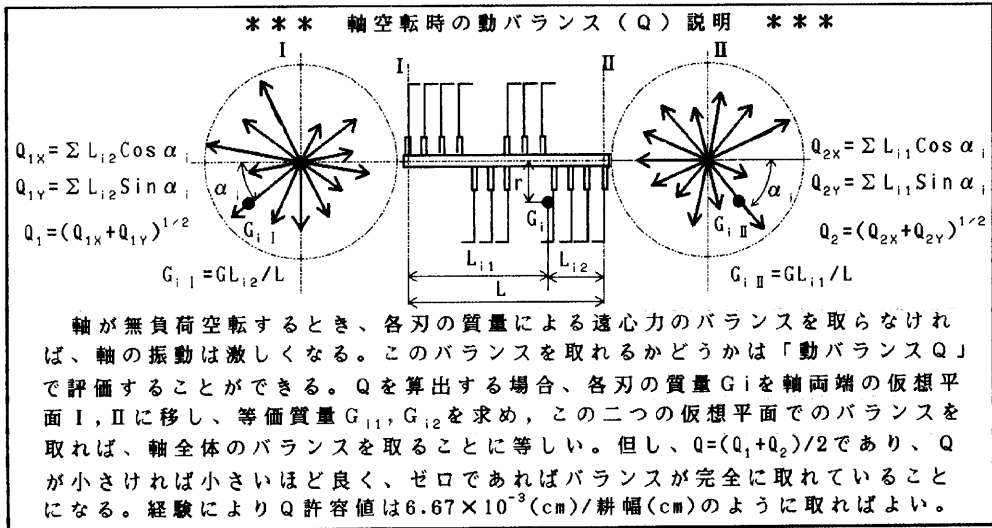


図4 軸空転時の動バランス (Q) の説明画面

要である。したがって、本システムでは、エキスパートツールに属する why と how の機能のほか、各専門用語、専門家の助言および設計の進め方などの説明画面を多く設け、ユーザの意思決定を助けている。

(2) 各用語およびその説明画面

1) ロータリ耕うん軸上の刃の配列 (坂井ら1988, 坂井ら印刷中-a)

写真1(a), (b)に、本システムの起動直後に現れるタイトル画面と、本システム全体の概要説明画面を示す。ロータリ耕うん軸には写真1のaに示すように耕う

ん刃が取り付けられる。図1の中のbは「刃の軸方向の配置」、図1の中のcは「刃の角度配列」を示す。軸方向の配置のパターンは刃のわん曲方向を同一にした配列が3~4本づつを向き合わせて構成され、ユーザの耕うん条件に対する要求により選択される。角度の配列は刃と刃の間の角度間隔が軸の静バランスおよび製造上の容易さなどを考慮して等間隔に配列される。したがって、N本刃の配列組合せは $(N-1)!$ (例えば、 $N=34$ 本刃の場合は、 $(34-1)! = 8.68 \times 10^{88}$) となる。任意の耕うん軸の総合性能が評価されるためには、

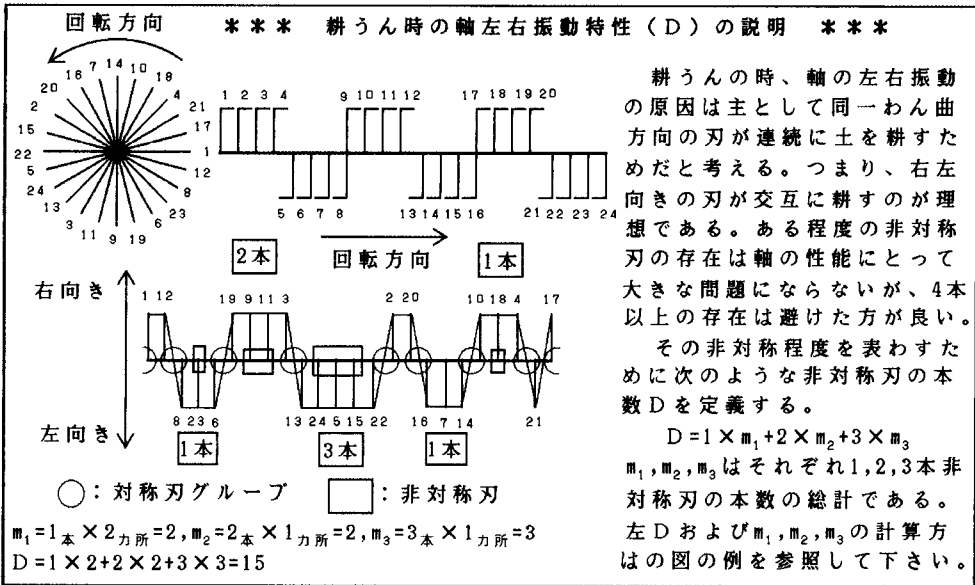


図5 耕うん時の軸左右振動特性 (D) の説明画面

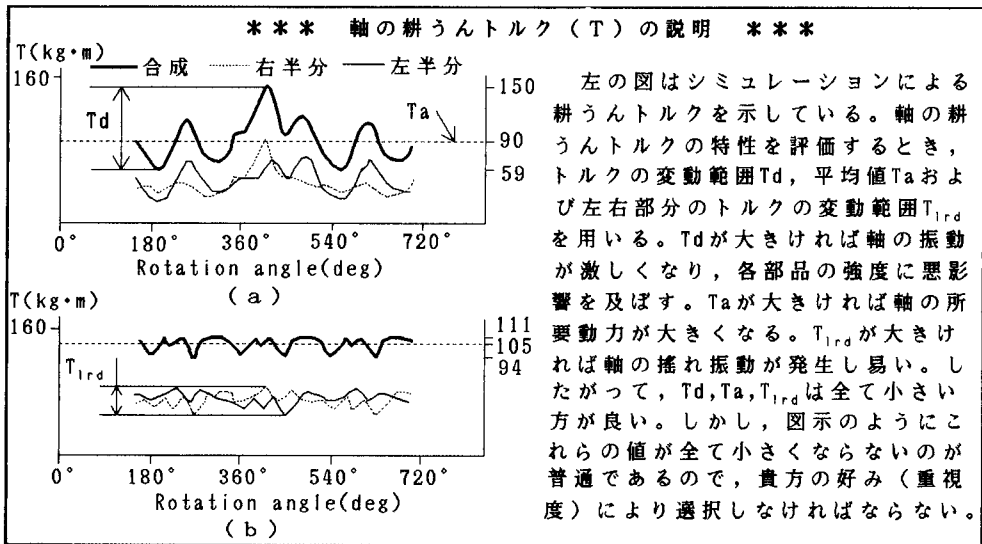


図6 軸の耕うんトルク (T) の説明画面

総合性能を構成する各性能項目の良否を表現する値がシミュレーションにより予測されなければならない。図1の中のアに示す「打ち込み展開図」は軸の性能予測のために重要な役割を有している。

2) 軸の性能評価の項目

これについての詳細はすでに別紙(坂井ら1979, 坂

井ら1988, 1989; 坂井ら印刷中-a)で発表されているので、ここでは結果だけを紹介する。

a) 耕うん後の耕土表面の均平度 (K) (図2)

- 決定要素: 実耕うんピッチの標準偏差 Pr
- 実耕うんピッチの平均値 Pa
- 土塊上面積の変動率 Sr

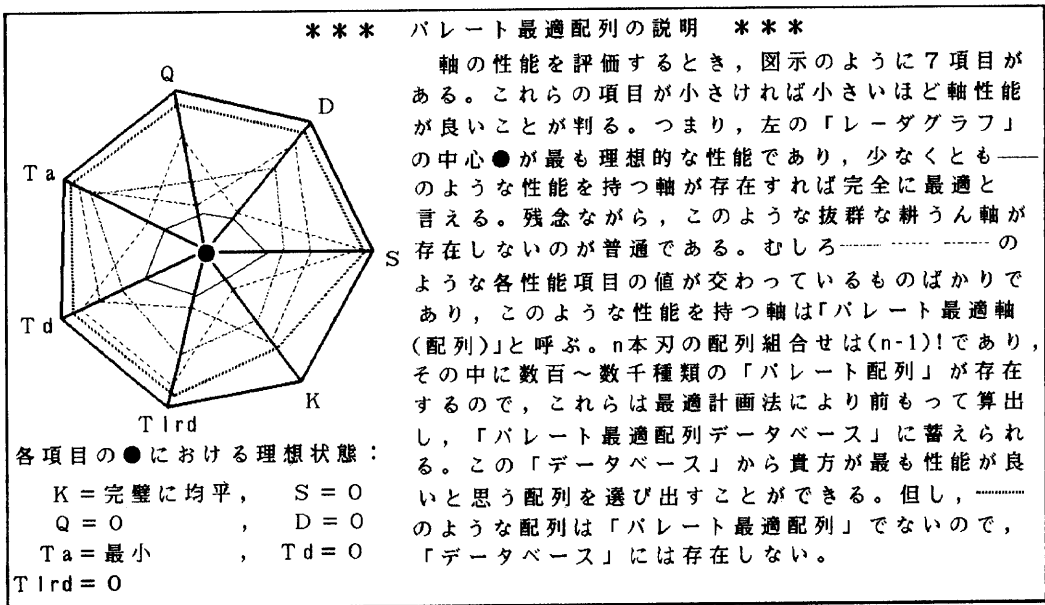


図7 バレート最適配列の説明画面

b) 碎上の均一性(耕土の荒さ)(S)(図3)

決定要素: 土塊上面積の変動率 S_r

c) 無負荷(空転)時の動バランス(Q)(図4)

決定要素: 動バランス係数 Q

d) 耕うん時の軸左右振動特性(D)(図5)

決定要素: 非対象刃の本数 D

e) 耕うん時の刃の土塊抱き込み度(L)

決定要素: 隣接刃の間の角度の間隔 α_{ij}

この項目は最適計画法によりバレート最適配列(図7で説明)を算出するとき、拘束条件として使われたので、「バレート最適軸のデータベース」中の配列は全てこの条件を満足している。よって、ユーザが意思決定により「選好最適軸」(図9で説明)を選ぶときには、この項目(L)を評価する必要はない。したがって、本システムにはこの項目(L)を入れていない。

f) 耕うん時の軸の振動特性(Td)(図6)

決定要素: 耕うんトルクの変動範囲(Td)

g) 耕うん時の所要動力(Ta)(図6)

決定要素: 耕うんトルクの平均値 Ta

h) 耕うん時の軸の揺れ振動特性(Tlrd)(図6)

決定要素: 軸の左右部分の耕うんトルクの変動範囲 Tlrd

以上の各評価項目 a)~h)の値が小さければ小さいほど軸の性能は良好である。

3) 「バレート最適軸(配列)のデータベース」

「バレート最適軸(配列)のデータベース」の意味(瀬尾1984, 坂井ら印刷中-b, 陳ら投稿中-a)は図7に説明されている。この中にはユーザが設計したい耕うん軸の優良な試案が多数存在し、この中からユーザにとって最も望ましいと思う刃の配列設計案が意思決定により選ばれる。

4) 多段決定の最適計画法(陳ら投稿中-a)

前述のように、N本(N=12~80)の刃の配列組合せは(N-1)!であるから、この膨大な探索空間からバレート最適配列を探すことは、大型コンピュータを用いても非常に困難である。そこで、図8に示すように、N本刃の軸の刃をグループに分けて考え、更に、前述の各性能項目を拘束条件として多段決定の最適計画法を用い、多段評価と最適計算を行うようにすれば、計算量を大幅に減少させ得る。このようにして、「バレート最適軸のデータベース」を比較的早く構築することができた。

5) 「選好最適軸」(陳ら投稿中-b)

「選好最適軸」の説明は図9に示す。この「選好最適軸」は「バレート最適軸のデータベース」からユーザの意思決定により、各性能項目に重みを付け、下述の星座グラフ選好評価法にしたがって選出される軸である。選出する方法と手順は次章で述べる。

6) 「星座グラフ選好評価法」(陳ら投稿中-b)

図10に示す「星座グラフ」(脇本1979)はもともと多

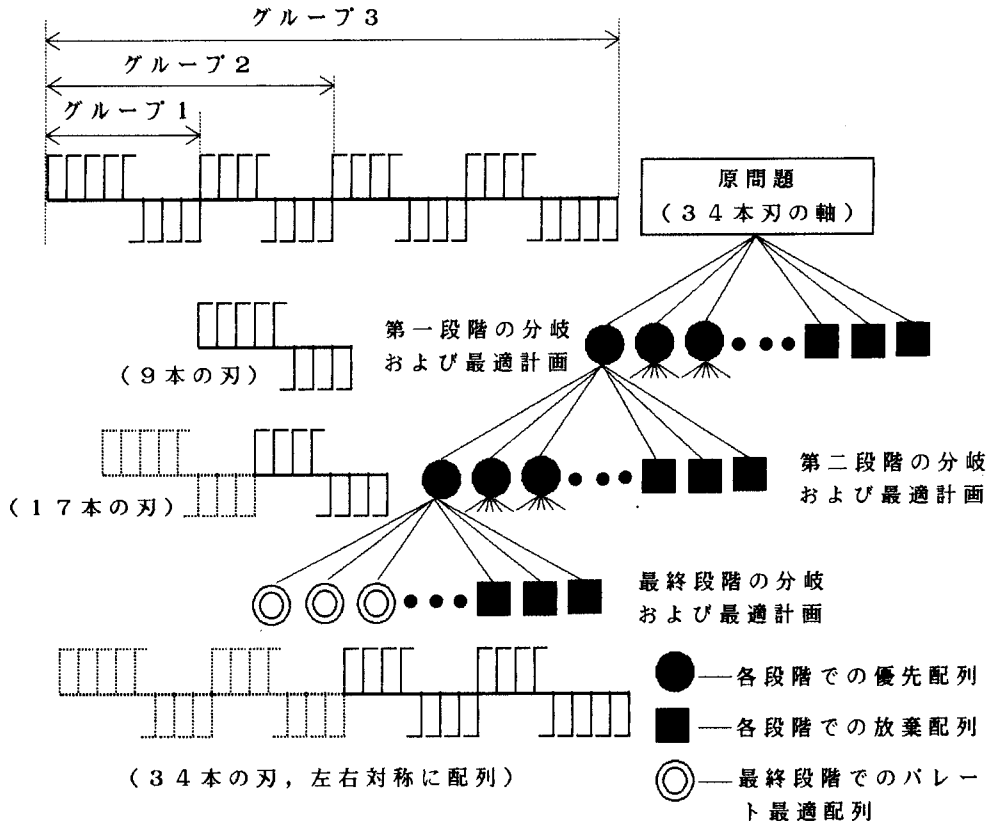


図8 多段決定によるロータリー耕うん刃の最適配列の計算法

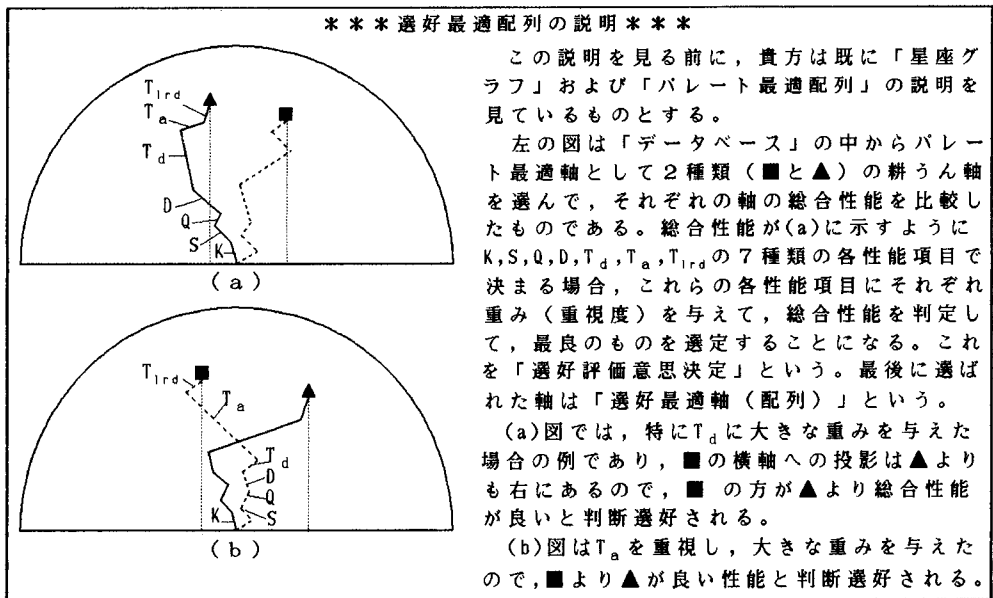


図9 選好最適配列の説明画面

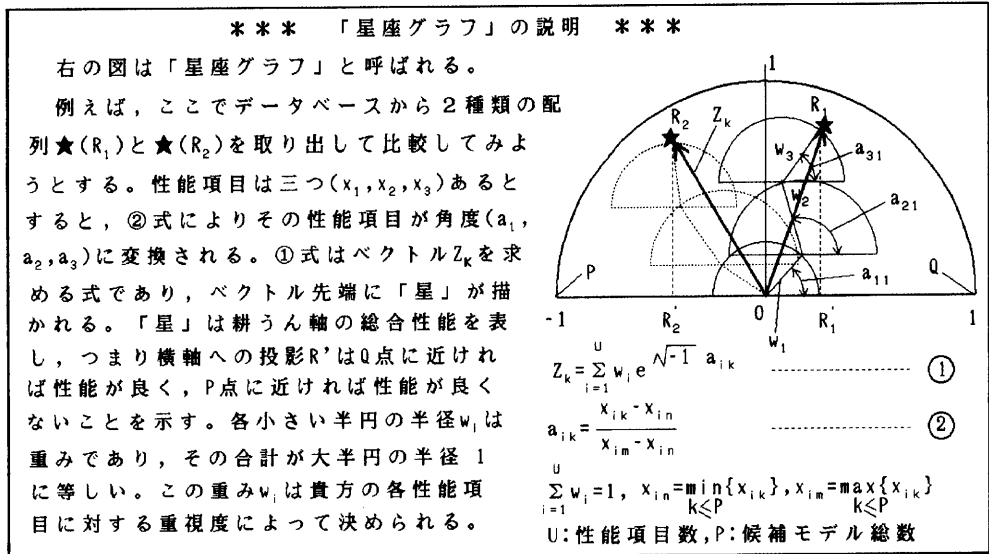


図10 「星座グラフ」の説明画面

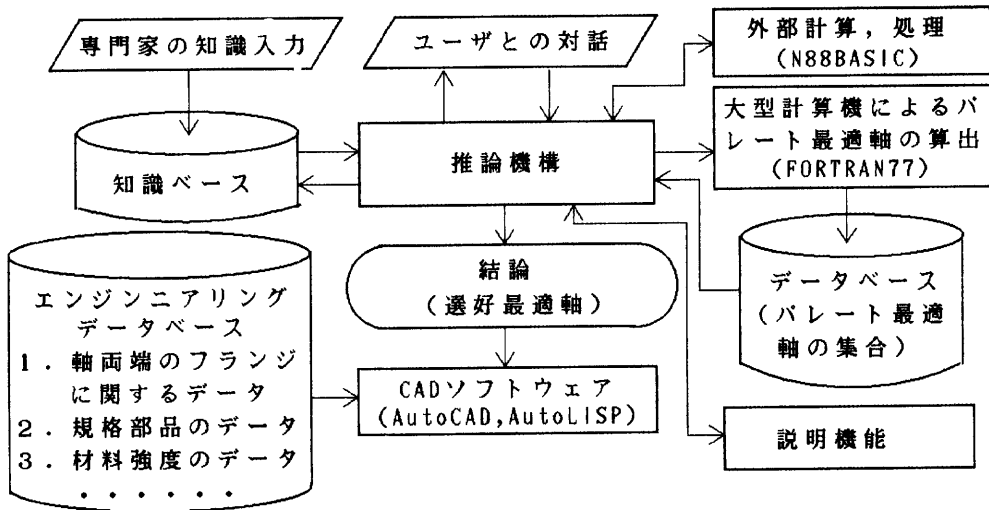


図11 システムの構造

変数解析に用いられる統計グラフであり、本研究では、「選好最適軸」を選出するために、「星座グラフ」を選好評価に導入し、その過程をグラフ化した。したがって、「星座グラフ」を用いた選好評価過程は「星座グラフ選好評価法」と呼ぶ。

3. システムの構築法と構造

本システムを構築する場合、図11に示すように大型計算機、パーソナル・コンピュータを使い、エキスパートツールおよびCADソフトウェアなどを利用し

た。本節では、ロータリ耕うん軸の最適設計を知識ベースにより支援する際の問題点と対策およびシステムの構造について論じる。

(1) 構築時における問題点と対策

ロータリ耕うん軸の最適設計を行う場合、困難なこととして次の諸点がまとめられる。

- ① 目的関数(各性能の評価項目)が多く、しかもこれらの目的関数はほとんど直接に方程式で表すことができないから、極値の算出は困難である。
- ② 刃の配列組合せの数は膨大であるため、最適配列

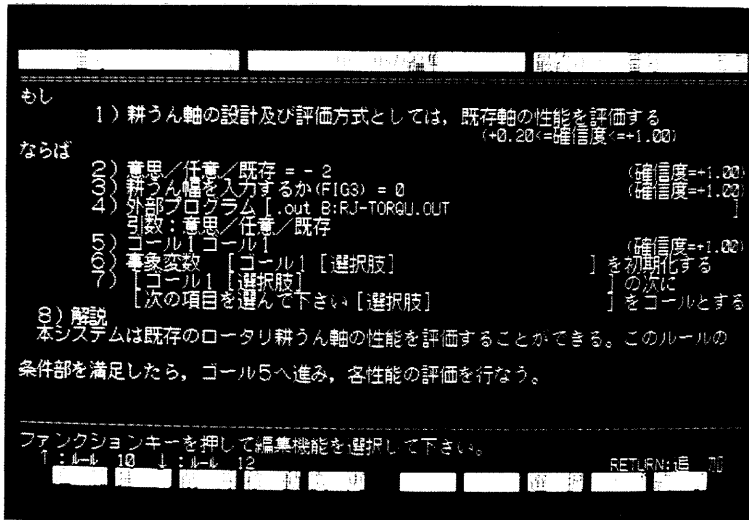


写真2 知識ベースの中のルールの一例

の探索のための最適計画法がなければ、最適配列を算出することは不可能に近い。

③ 最適計算の結果として「パレート最適配列のデータベース」が得られるが、その中からは、ユーザの要求および各性能項目に対する重視度により、「選好最適配列」を選出しなければならない。

以上の諸点を解決するために、本システムには以下の対策を講じる。

大型計算機 (FORTRAN 77) を利用して、多段決定の最適計画法によりパレート最適配列を求め、最適設計の候補モデル群として「パレート最適配列のデータベース」を前もって構築する。設計者は本システムを使い、専門家の設計の考え方をを用いて、その助言による対話方式で意思決定を行なうことにより、各性能項目に重みを与えて、自分が最も望ましいと思う「選好最適軸」を評価し、企画設計することができる。

最後に、これらの結論から CAD ソフトウェアを使って自動的に部品図を作成することができる。

(2) システムの構造

上述の対策に基づいて本システムは図11に示すように構築される。システムにおける主な構成要素は次のとおりである。

1) 知識ベース

知識ベースは専門家の問題解決に対するノウハウをルールとしてコンピュータに蓄えて管理するところである。本システムにおける知識ベースは「創玄」が採用しているプロダクションルール (if-then ルール) と

いう形式で耕うん軸の評価と設計に関する知識を表現する。写真2にはルールの一例を示す。

2) メタルールの機能

メタルールは知識のための知識であり、推論の流れをコントロールするためのルールである。ロータリ耕うん軸の最適設計の意思決定において、設計者に選ばれた設計および評価方式に応じて、専門家は推論の流れ、ユーザへの質問順序および評価、設計の繰り返しなどをコントロールすることが必要であり、またルールをグループ化して階層的に整理するために、本システムではメタルールの機能を多く使用している。

3) 事象変数および数値変数

事象とは事実であり、ルールの条件部と結論部に現れる事実 (例えば、「最も重視する項目は K (均平度) である」など) のことである。事象の中をいくつかの状態 (選択肢) で表現するものは事象変数と呼ばれる。写真3にはその一例を示す。

数値で事実を表現する変数が数値変数である。本システムでは、刃の本数 (N)、刃の軸方向の配置パターン (PATTERN) などは数値変数であり、写真4はその一例である。

4) パレート最適軸 (配列) のデータベース

これについての意味は前節にすでに説明された。このデータベースには図17, 18に示すように刃の本数と軸方向の配置パターンの別に、各パレート最適軸の番号、刃の配列および各性能項目が記録されている。

5) 推論機構

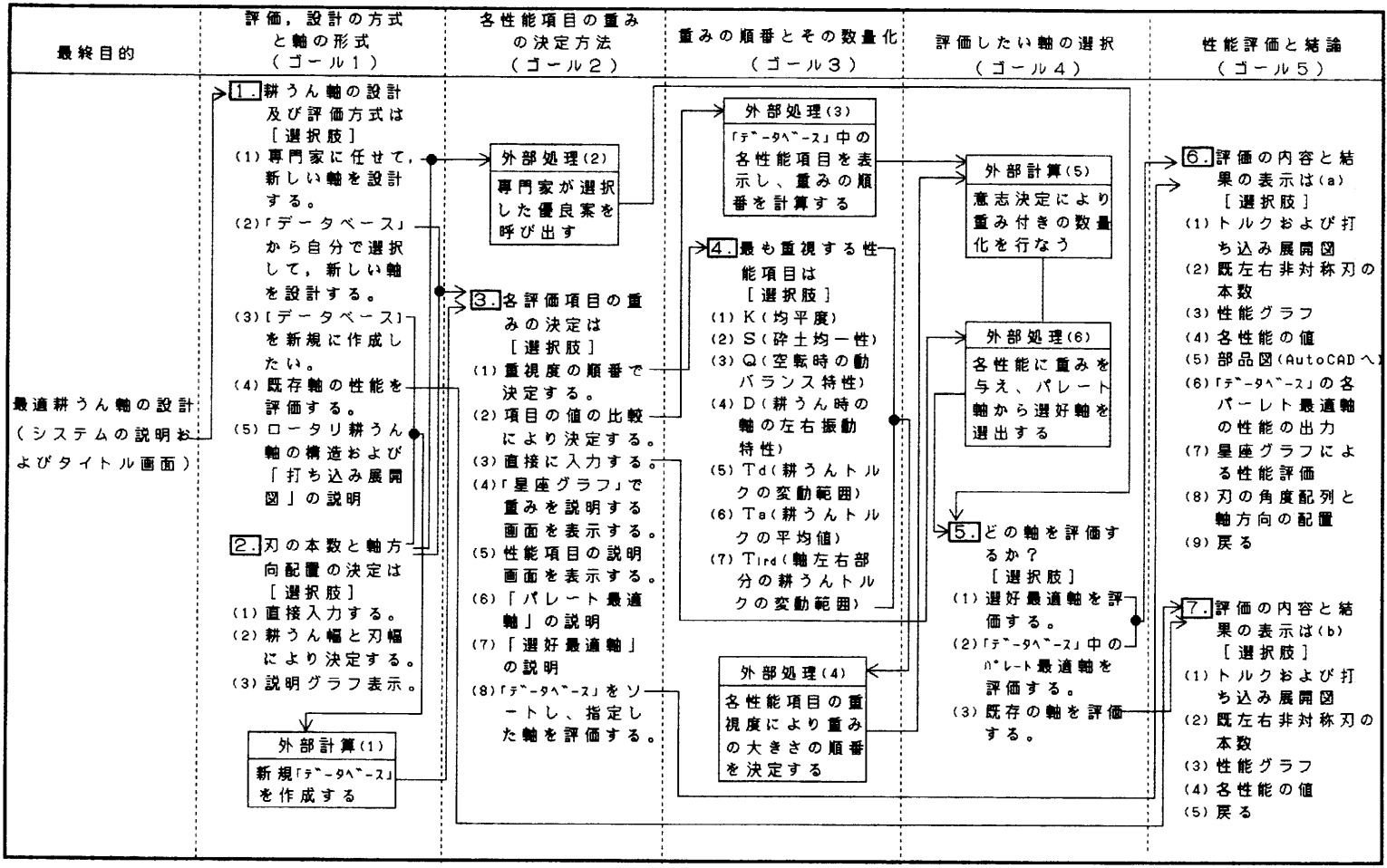


図12 システムの階層図

各評価項目の最大・最小値 (34本刃)

項目	最小値	最大値
1. 耕土の均平度.....K	2.32	3.98
2. 碎土の均一性.....S	1.20	1.60
3. 無負荷時のバランス.....Q	0.02	10.87
4. 右左非対称刃の本数.....D	2	18
5. トルクの変動範囲.....T _d	15	81
6. トルクの平均値.....T _a	82	121
7. 左右トルクの変動範囲.....T _{lrd}	12	56

次の質問に答えて下さい

下記2つの配列につき各項目の値が示されています。貴方は
 についてどちらが比較的好ましいと思いますか、番号を
 入力してください。

	K	S _d	Q	D	T _d	T _a	T _{lrd}
①:	<input type="text" value="2.32"/>	1.60	10.87	18	81	121	56
⑧:	3.98	1.60	10.87	18	81	<input type="text" value="82"/>	56

番号?

(a)

次の質問に答えて下さい

貴方の意志決定により各重みの順番は次の通りです。

$$W_6(T_a) > W_5(T_d) > W_2(S) > W_1(K) > W_4(D) > W_3(Q) > W_7(T_{lrd})$$

宜しいでしょうか? (y/n)

(b)

図13 対話方式による重み付きの意志決定の例

ユーザが自分の能力を發揮したい、あるいは専門家が選んだ選好最適耕うん軸に対して自分の要求を満足できない場合には(2)の方式を選んで意思決定により最も望ましいと思う結果を選出することができる。パレート最適軸のデータベースには軸の番号、各性能項目の値、刃の角度配列などが記憶されている。選好最適軸を選出する場合、軸の性能項目にユーザが重視度により重みをつけ、軸の性能を比較することによって最後に選好最適軸が選出される。ゴール2(「事象変数3」)は各性能項目の重み付きの決定方法の選択である。

a. 「事象変数3」の「選択肢」(1)が選ばれたとき、ユーザがデータベース中の各性能項目の数値の意味を詳しく知らなくても、各性能項目に対する重視度の順番を決定するだけで重みの値を決定することができ

る。

この場合の決定順番としては、まずゴール3の「事象変数4」で最も重視する性能項目を選ぶ。次に写真5のように最も重視する項目が他の各項目に対する相対的な重視度を決定し、各性能項目の重み大きさの順番が決定される。最後に、外部プログラム(N88 BASIC)を呼び出し、「AHP (Analytic Hierarchy Process=階層分析法)」(陳ら投稿中-b, 刀根1986)により各重みの値は計算され、ゴール4, 5へ進む。

b. 「事象変数3」の「選択肢」(2)が選ばれたとき、ユーザがデータベースの中の各性能項目の数値を見ながら、対話方式でそれぞれを比較して、重みの大きさの順番を決定する。最後に外部プログラム(N88 BASIC)を呼び出し、意思決定の数量化原理(トレードオフ)(Ralph and Howard 1976)により重みの値

次の質問に答えて下さい

次に示す⑧番目配列の T_a (最大値)は「 \leftarrow 」キーを押すたびに小さくなりますが、貴方は⑧と③番配列の性能がほぼ同じだと思えば、「y」を入力下さい。

	K	S ₀	Q	D	T _d	T _a	T _{l r d}
⑧:	3.98	1.60	10.87	18	81	121	56
③:	3.98	1.60	10.87	18	15	121	56

Y?

(c)

次の質問に答えて下さい

貴方の意志決定により各評価項目の重みの数量化の結果を下記に示します。

$w_1=0.14, w_2=0.15, w_3=0.09, w_4=0.11, w_5=0.17, w_6=0.21, w_7=0.13$

注意：
先程、貴方が決めた重みの順番は
 $w_6(T_a) > w_5(T_d) > w_2(S) > w_1(K) > w_4(D) > \{w_3(Q)\} > \{w_7(T_{l r d})\}$
ですが、 $\{ \}$ の部分には矛盾があります。

もう一度決め直しますか? (y/n)

(d)

図13 対話方式による重み付きの意志決定の例

$w_1 = [0.145 \quad]$

[重み]

注意!

項目が全部7項目であるから、 $w_1 \sim w_7$ までの総和は、

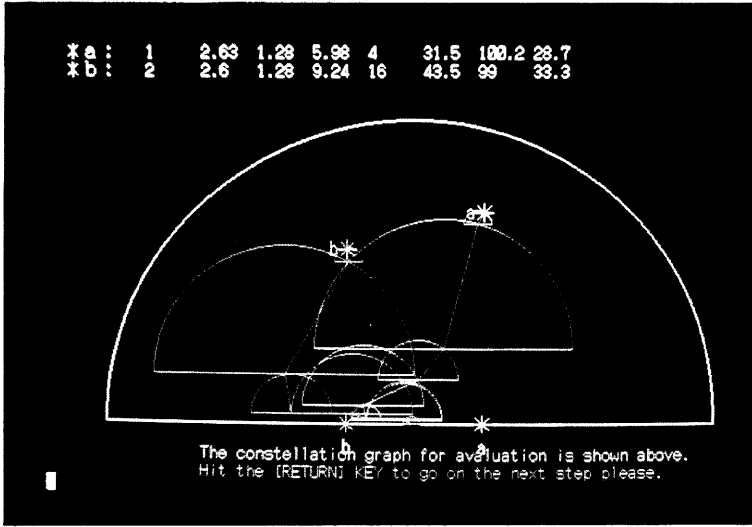
$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 + w_7 = 1$$

でなければなりません。なお、有効小数点は3桁として入力して下さい。

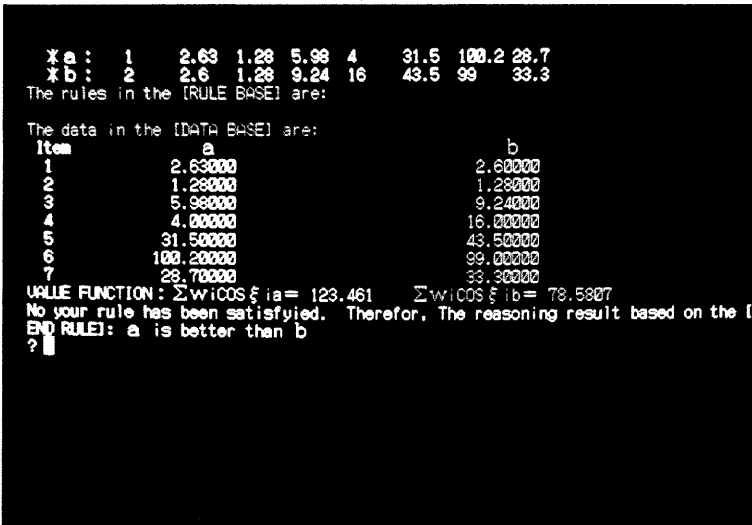
数値データを入力してください
値がわからない場合にはFキーを押してください

RETURN: 入力

写真6 キーボードより重み入力の一例



(a) 星座グラフによる選好



(b) 選好の結論

写真7 選好最適軸の選出の一画面

が計算される。図13はこの決定過程を示す。最後にゴール4, 5へ進む。

c. 「事象変数3」の「選択肢」(3)が選ばれたとき、ユーザが各性能項目の重みの値を直接にキーボードから入力することができる。但し、7つの性能項目の重みの総和は1となるように入力しなければならない。各重みの値を入力した後、ゴール4, 5へ進む。写真6は重みの入力画面を示す。

各重みを決定した後、選好最適軸は星座グラフ選好

法により選択される。写真7は選択する過程の一画面を示す。

ここで、もしある性能項目の重みの値に1を与え、他のすべての性能項目の重みの値に0を与えれば、その性能項目の値が最小である軸が選好最適軸として最終に選ばれる。例えば、性能項目 T_0 の重み w_0 に1を与えれば、星座グラフは図14のようになる。したがって、データベースから T_0 が最小となる軸が選ばれ、ゴール5でその軸性能を評価することができる。

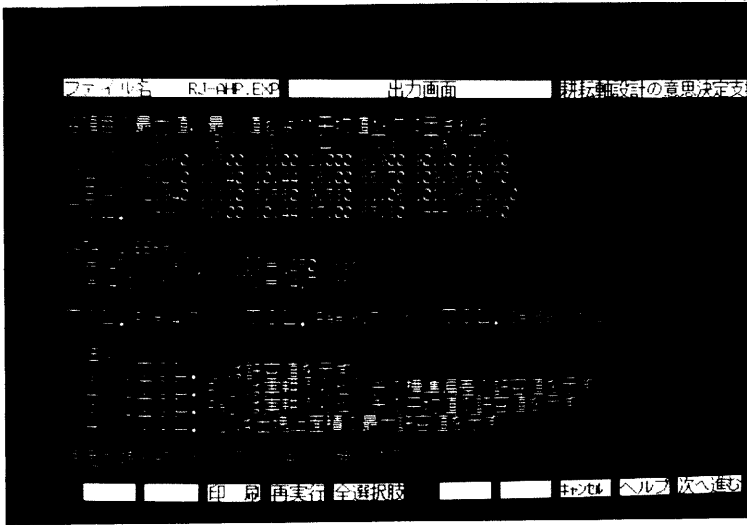
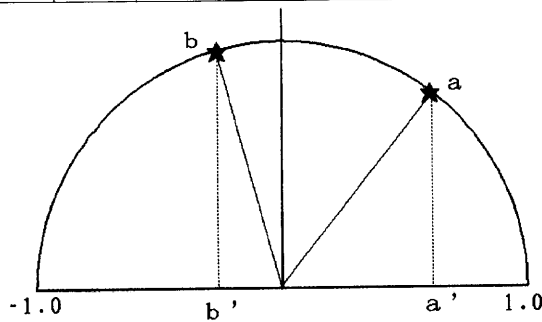


写真8 データベース中の各性能項目の最大、最小、平均および許容値

項目		K	S	Q	D	T _d	T _a	T _{1rd}
配 列	a	2.01	1.11	9.2	8	10.5	92.2	28.6
	b	2.21	1.89	3.4	4	18.0	87.1	24.8
重 み		0	0	0	0	1	0	0



aとbを比べ、aの方が選好最適軸であると推論する。

図14. T_dの重みに1を与えたときの星座グラフ

d. 「事象変数3」の「選択肢」(8)が選ばれたとき、まず写真8のようにデータベース中の各性能項目の最大値、最小値および平均値などが表示される。次に図15のように指定された性能項目に対してデータベースをソートし、入力されたその性能項目の上限値より小さい(或は、等しい)値をもつ配列が図15のようにプリンタに出力される。ゴール5でこれらの軸を評価することができる。

3) 「(3) データベースを新規に作成したい」

既存のデータベースの中にユーザが設計したい耕うん軸の種類が存在しない場合には、この項目を選んでその種類の軸のパレート最適耕うん軸のデータベースを新規に作成することができる。なお、刃の本数が多い場合、計算量が膨大であるため、大型計算機が利用されなければならない。したがって、本システムを起動するパソコンが大型コンピュータにつながっていなければ、この項目は選択できない。

新規のデータベースが作成された後の流れは2)の

データベースをソートして評価する

(1) K, (2) S, (3) Q, (4) D, (5) T_d , (6) T_a , (7) T_{Ird} ソートしたい性能項目の番号を入力して下さい： 5
 その項目の上限値を入力して下さい： 15
 注：データベース中の全ての配列のうち、指定された項目がこの上限値より小さい値をもつ配列はプリンタに出力される。

プリンタの準備が出来ましたか (Y/N) ? ■

ソートの結果

ソート条件： $T_d \leq 15$

番号	K	S	Q	D	T_d	T_a	T_{Ird}
12	2.56	1.31	5.6	5	11.5	102.3	34.6
35	2.13	1.24	2.6	4	14.2	100.1	28.6
87	2.98	1.15	8.2	9	9.3	87.8	51.7
125	1.99	1.56	5.6	5	11.5	102.3	34.6
201	2.54	1.06	7.6	14	13.7	112.5	39.7
223	2.21	1.89	9.2	16	15.0	92.3	31.9
850	2.01	1.11	3.4	8	7.5	85.3	24.8

図15. ソートおよび評価の例

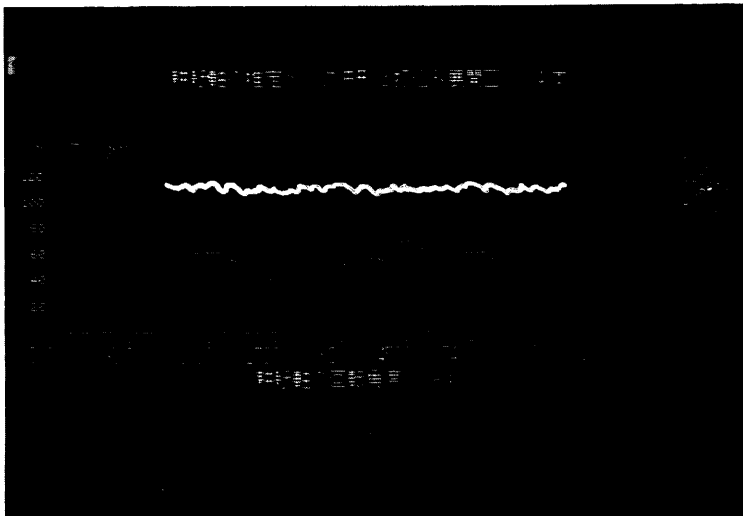


写真9 耕うんトルクおよび打ち込み展開図

場合と同じになる。

4) 「(4)既存軸の性能を評価する」

この「選択肢」が選ばれたとき、ゴール5へとばし、既存の耕うん軸の性能を評価することができる。評価が終わったら、ゴール1に戻ることができる。

5. 推論結果および性能評価

ゴール1の評価, 設計の方式と軸形式を選択した後、

メタルールにより推論の流れはコントロールされる。

新規軸の設計(「事象変数1」の選択肢(1), (2), (3))を選択された場合、いずれもゴール4を経て、ゴール5の「事象変数6」に到達する。ゴール4の「事象変数5」には3つの選択肢があり、それぞれの意味は次のとおりである。

a. ゴール4の事象変数5 (どの軸を評価するか?)

[選択肢]

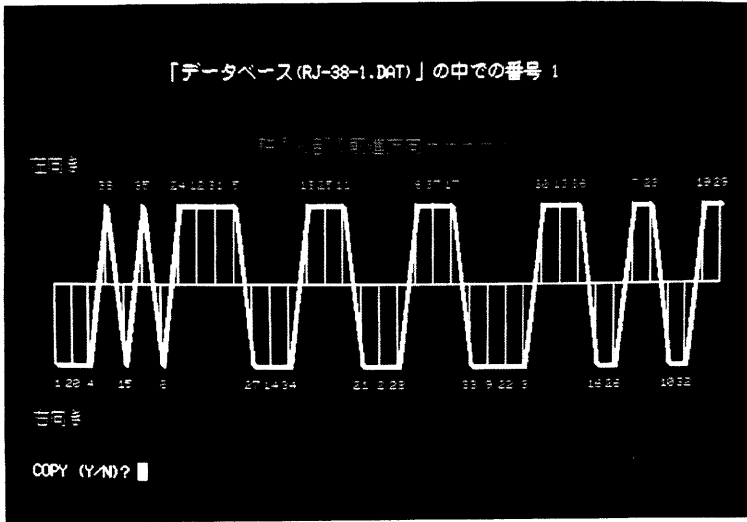


写真10 左右非対称刃の本数

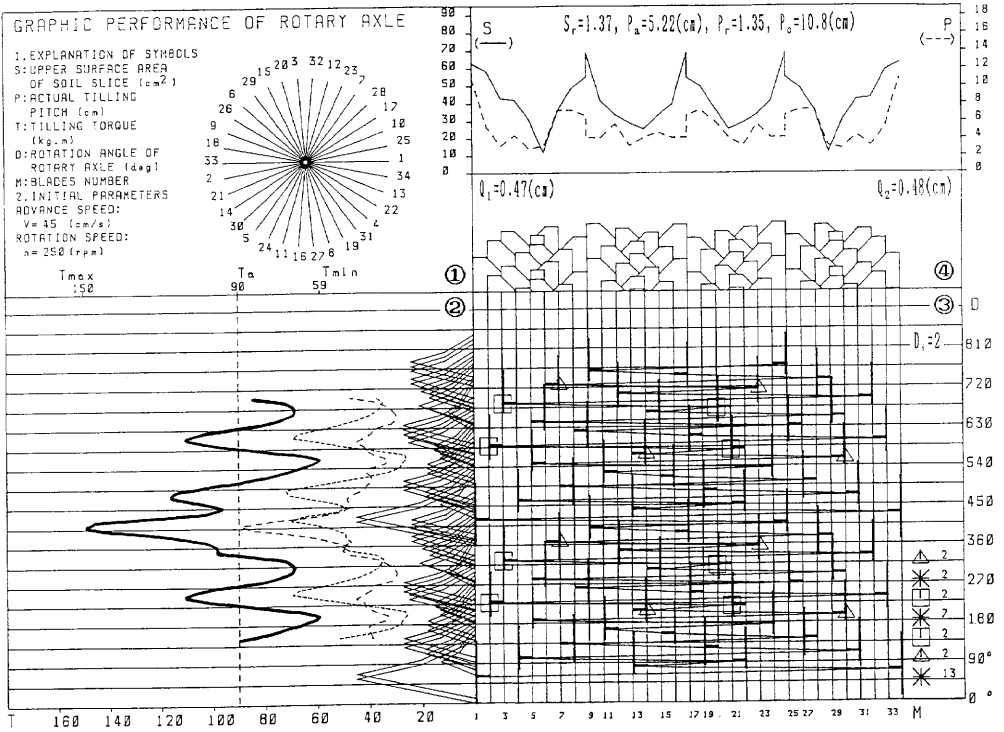


図16 ロータリー耕うん軸の性能グラフ

*** 軸の性能項目の値 ***							
1. データファイル名: RJ-34-1.DATA							
2. データ番号(No.): 192							
3. 初期値: V (前進速度) = 45 (cm/s)							
N (回転速度) = 250 (rpm)							
w (刃の幅) = 45 (cm)							
w _p (耕うん幅) = 150 (cm)							
n (刃の本数) = 34							
PATAN (パターン番号) = 1							
4. 性能項目値:							
No.	K	S	Q	D	T _d	T _a	T _{1rd}
192	3.21	1.29	6.52	4	23.44	90.2	35.16

図17 軸の性能項目の値

(1) 選好最適軸を評価する

上記の意思決定により選択された選好最適軸の結果(刃の配列角度や部品図など)の表示および性能評価(各性能項目値)をゴール5にて行なう。

(2) 「データベース」中のパレット最適軸を評価する。

「データベース」中の各パレット最適軸(図7参照)の性能評価(各性能項目値)をしたい場合、これを選択してゴール5にて行なう。

(3) 既存の軸を評価する。

市販されているロータリ耕うん軸の性能を評価したい場合、これを選択してゴール5にて行なう。

ゴール5の「事象変数6」には9つの選択肢があり、それぞれの意味は次に示す。

b. ゴール5の事象変数6(評価の内容と結果の表示)
[選択肢]

(1) トルクおよび打ち込み展開図

この項では、シミュレーションによる耕うんトルクのおよび打ち込み展開図の表示を行なう。シミュレーション手法は文献(坂井ら1979, 坂井ら印刷中-a, 坂井ら印刷中-b)に詳しく論じている。写真9はその一例(図1, 3, 6参照)を示す。

(2) 左右非対称刃の本数

図5に示す耕うん時のわん曲方向非対象刃の本数を表示する。写真10はその一例である。

(3) 性能グラフ

耕うん軸の総合性能を視覚的に表すために、筆者らは「ロータリ耕うん軸の性能グラフ」(陳ら投稿中-a)を提案した。図16は性能グラフの一例を示す。

(4) 各性能の値

選択された軸の性能項目の値をプリンタへ出力する。図17はその一例を示す。

(5) 部品図(AutoCADへ)

本システムをAutoCADと結合する(溝田ら1990)ことによって、推論の結果はAutoCADへ転送し、軸の詳細部品図を描く。写真11はその一例を示す。

(6) 「データベース」の各パレット最適軸性能の出力

事象変数2で決めた形式の耕うん軸の全てのパレット最適軸(「データベース」に含まれる)の性能項目値をプリンタへ出力する。図18はその部分例を示す

(7) 星座グラフによる性能評価

意思決定によって定めた各性能項目の重みを用いて、星座グラフ(図9, 10)による軸性能を評価する。写真7(a)を参照されたい。

(8) 刃の配列角度と軸方向の配置

写真12に示すように刃の角度の配列および軸方向の配置を表示する。

なお、既存耕うん軸の評価をするとき、「事象変数」7で行い、各[選択肢]の意味は上述と同じである。

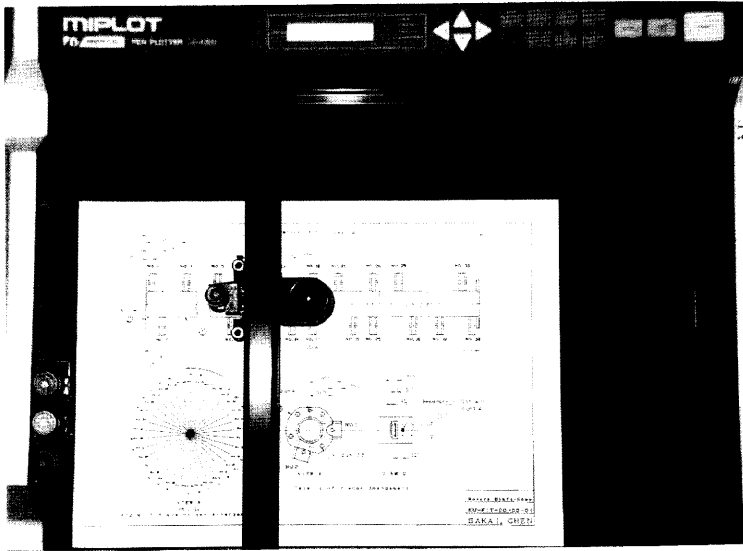


写真11 部品図のプロッタへの出力

*** 軸の性能項目の値 ***

1. データファイル名 : RJ-34-1.DATA
2. データ番号(No.) : 1~1938
3.
 - 初期値 : V (前進速度) = 45 (cm/s)
 - N (回転速度) = 250 (rpm)
 - w (刃の幅) = 45 (cm)
 - w_p (耕うん幅) = 150 (cm)
 - n (刃の本数) = 34
 - PATAN (パターン番号) = 1
4. 性能項目値 :

No.	K	S	Q	D	T _d	T _a	T _{1rd}
1	2.91	1.32	9.52	6	43.50	105.2	45.56
2	3.21	1.26	5.52	15	53.20	112.1	50.36
3	2.48	1.42	8.33	8			62
	2.87	1.01	5.5				
1937				6	19.46	101.6	35.72
1938	2.41	1.06	10.52	5	23.20	96.1	35.72

図18 「データベース」中の全ての軸の性能項目の値

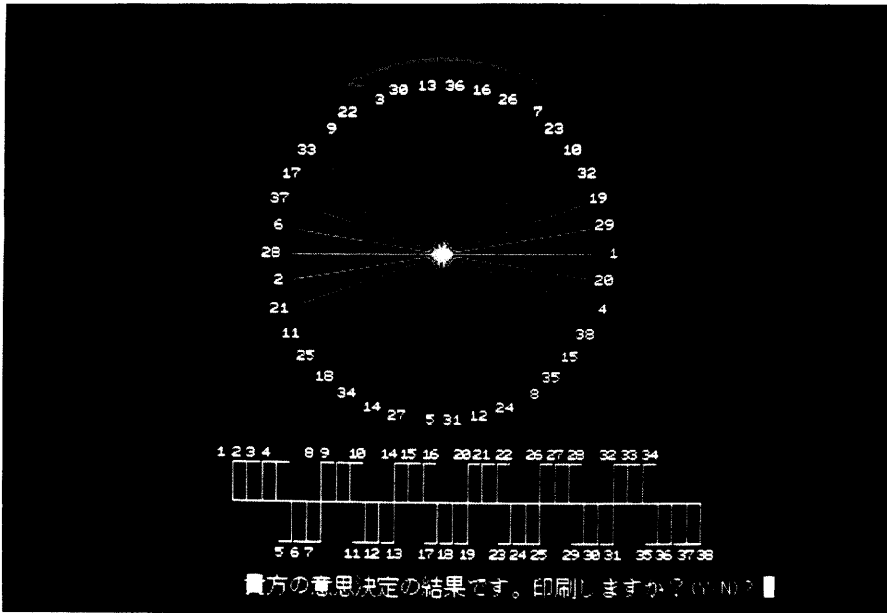


写真12 刃の配列角度および軸方向の配置

6. 要 約 文 献

本研究では、日本および中国の農村で最も多く使われているロータリ耕うん軸設計において、専門家の知識の活用および設計者の能力が発揮できるために、現在までに検討してきたロータリ耕うん軸の性能評価法および最適設計法に基づいて、意思決定支援型のエキスパート CAD システムを構築した。このエキスパート CAD システムを実際の設計に応用した結果、本システムでは、コンピュータが設計者と対話しながら設計を進め、設計者がコンピュータの質問に答え、必要な性能パラメータなどを入力することにより迅速に企画設計ができる。

本論文は本システムについて次の内容を報告した。

- 1) システムの構築法および構築手順
- 2) システムの構造および各構成要素
- 3) 全システムの流れおよび操作法
- 4) システムによる推論演繹結果

また、本研究で検討した構築法は、耕うん軸に類似する他の機械部品の設計支援のためのエキスパート CAD システムの構築に対しても、参考になり得ると考えられる。本システムの意思決定における曖昧な事象に関する「確信度」の導入は現在検討中である。

ユー・アイ・ソフト株式会社 1986 「創玄」マニュアル

Keeney R. L. and H. Raiffa 1976 Decision with multiple objectives

溝田武人・野口良造・陳 鵬・坂井 純・中島健二郎・森園善輝 1990 対話型言語 (BASIC) とパーソナルコンピュータ CAD システムの結合。福岡工業大学研究論文集, 23(1)

坂井 純・柴田安雄 1979 トラクタ用ロータリ耕うん軸の配列設計理論。農業機械学会誌, 40(1): 29-40

坂井 純・陳 鵬・山中捷一郎・野口良造 1988 エキスパートシステムのためのロータリ耕うん軸の性能評価法。農業機械学九州支部誌, 37: 1-7

Sakai, J. P. Chen, S. Yamanaka and T. Mizota 1989 EXPERT CAD SYSTEM in the design of rotary tiller. Proceeding of First International Symposium on Agricultural engineering CHINA

坂井 純・陳 鵬・山中捷一郎 印刷中-a ロータリ耕うん軸の最適設計理論及びエキスパート CAD システムの研究 (第1報)。農業機械学会誌

- 坂井 純・陳 鵬・山中捷一郎 印刷中－b ロータリ
 耕うん軸の最適設計理論及びエキスパート
 CAD システムの研究 (第2報), 農業機械学会誌
- 瀬尾英巳子 1984 多目的評価と意志決定, 日本評論
 社, 東京.
- 陳 鵬・坂井 純・野口良造 印刷中－a ロータリ
 耕うん軸の最適設計理論及びエキスパート CAD
 システムの研究 (第3報), 農業機械学会誌
- 陳 鵬・坂井 純・野口良造 印刷中－b ロータリ
 耕うん軸の最適設計理論及びエキスパート CAD
 システムの研究 (第4報), 農業機械学会誌
- 刀根 薫 1988 ゲーム感覚意志決定法, 日科技連出
 版社, 東京.
- 上野晴樹 1985 知識工学入門, オーム社, 東京.
- 脇本和昌 1979 多変量グラフ解析法, 朝倉書店, 東
 京.

Summary

An EXPERT CAD SYSTEM for decision making in the design of a rotary shaft of the tiller has been built in this study by summarizing all the necessary results of our researches on the design theories, so that expert knowledge can be usefully applied to the planning design of the rotary shaft and the designer can also demonstrate his ability in the design process. As the results using the EXPERT CAD SYSTEM in the practical design, it enables the designer to achieve the planning design of the optimum rotary shaft quickly by means of conversation with the computer and inputting his desirable performance parameters of the rotary tiller into the system.

In this paper, the authors report the following contents about the EXPERT CAD SYSTEM.

- 1) the building method and procedure ;
- 2) the construction and components ;
- 3) the whole flow scheme and operation method ;
- 4) the final results of the deduction inference.