

VDTワークステーションレイアウト設定 のためのエキスパートシステムの構築 (1)

—Developing an expert system for setting
VDT workstation layout (1)—

平 沢 尚 毅

1. VDTワークステーションレイアウトのカスタマイズについて

近年、情報処理技術の急激な発展に伴い、産業のみならず、教育、家庭環境までもコンピュータが導入されるに至っている。そのため、VDT(Visual Display Terminal) が種々の環境へ普及している。しかし、VDT が利用者へ納入される場合、多くの場合は物納のみであり、そのため、利用環境に合わせてVDT をカスタマイズするのは、一般には利用者が行っているのが現状である。通常、利用者にはカスタマイズをするための専門的な知識はないので、不適切にVDT環境が設定されたまま放置されていることが予想される。利用者の健康を考える上でも、生産性を向上させる上でも、利用者への適切なカスタマイズは重要な問題である。このことは製造業の側から見れば、利用者へのカスタマイズまでをサービスの一貫とした新しい付加価値を創造する可能性も開ける。

しかし、国内では教育機関の不備もあり、カスタマイズを行う専門家であるエルゴノミスト(人間工学専門家)が不足しているのが現状であり、最近、資格制度が検討され始めた状況である。そのため、専門家を教育すると同時に、カスタマイズのための知識を整備する必要がある。

代表的なカスタマイズのための知識としては労働省通達⁴⁾がある。いわゆるVDTガイドラインである。この他、企業等の独自のガイドラインや人間工

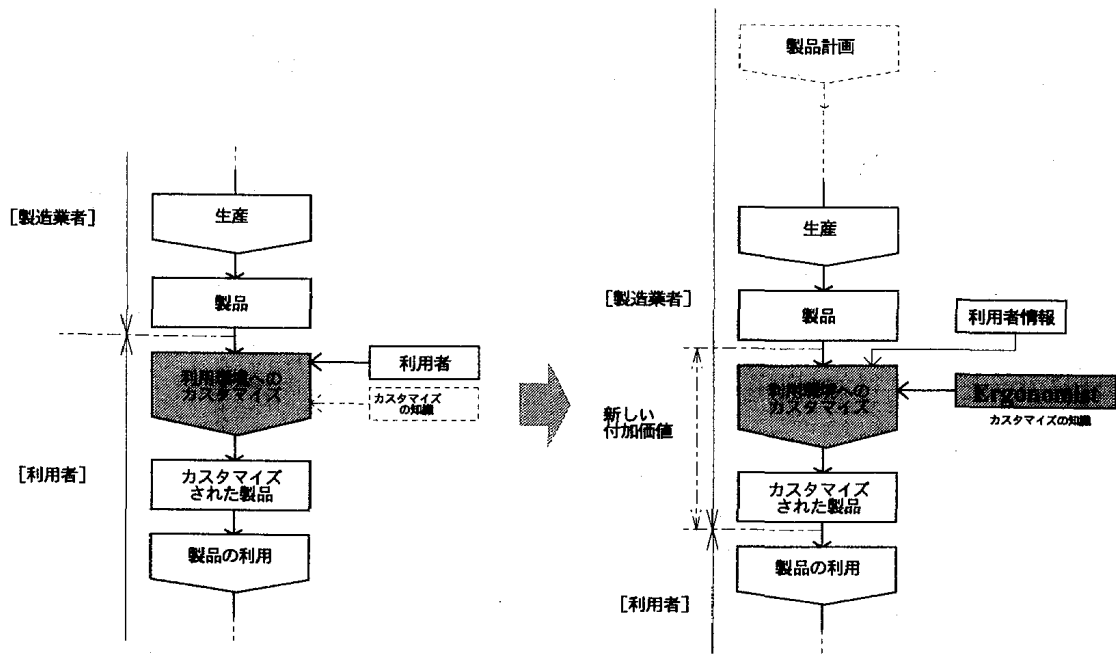


図1. 利用者へのカスタマイズによる製品の納入の差

表1 VDT作業のための労働衛生上の指針（昭和60年12月20日付）

労働省労働基準局長通達「4作業管理 (3)調整」より引用

- イ 椅子に深く腰をかけて背もたれに背を十分にたて、履き物の足裏全体が床に接した姿勢を基本とすること。また、書見台及び十分な広さをもち、かつ、すべりにくい足台を必要に応じて備えること。
- ロ 椅子と大腿部膝側背面との間には手指が押し入る程度のゆとりがあり、大腿部に無理な圧力が加わらないようにすること。
- ハ 上腕をほぼ鉛直に垂らし、かつ、上腕と前腕の角度を90°又はそれ以上の適当な角度を保持したときに、キーボードに自然に手指がとどくようにすること。
- ニ CRTディスプレイは、その画面の上端が眼の位置より下になるような高さにする。また、おおむね40cm以上の視距離が確保できるようにすること。
- ホ CRTディスプレイ画面とキーボード又は書類との視距離の差が極端に大きくなく、かつ、適切な視野範囲になるようにすること。

学関連のハンドブック（例えば⁵⁾）がある。ところが、総じてこれらの人間工学情報は実際の利用環境への適用方法について示していないため、あまり有効に利用されるものとなっていない。有効に利用するためには人間工学情報を利用可能な形式に加工し、かつ加工された情報を適切に管理する必要がある。したがって、本研究はVDTワークステーションのレイアウトを適切に設定するための有効な人間工学情報の利用および管理の方法について検討した。

2. レイアウト設定のためのエキスパートシステムの基本仕様

2-1. 基本要件

VDTワークステーションのレイアウトを利用者に適切に設定するとは、身体計測値等の個人情報、作業形態、作業域・作業台・椅子等の利用環境の情報等を前提条件として、人間工学的知見から判断し、最も適切なレイアウト設定値を求めることである。ここでの人間工学的知見とはガイドライン等の推奨条件を指すが、これには次のような特徴がある。

- 定性的な記述が多い。
- VDT構成要素（以下コンポーネント）ごとに分類されている。
- 利用者の身体計測値分布に対する許容範囲として設定している。
- 個々人の身体寸法等へ適応させる方法がない。
- 多様な作業形態を考慮していない。
- 機種や機能の差異による多様な利用環境への対応がない。

さらに、VDTワークステーションのレイアウトを設定する場合には次の条件を考慮しなければならない。

- 機種更新が頻繁に起こる。

- 新しい入力デバイス等の開発が予想される。
- コンポーネントの中にはレイアウト設定法が確立されていないものもある。

以上から適切なレイアウトを設定するための基本要件は次のように整理できる。

- ①身体寸法等の個人情報から定量的にレイアウト設定値を求める
- ②種々の作業形態による変動を組み込む

これらの要求については、個人の作業姿勢からコンポーネントレイアウト設定値を求めるためのアルゴリズムとして、インタラクティブモデル⁴⁾を提案している。

- ③多様な利用機器の設置条件から適切なレイアウト設定アルゴリズムを推論する

この場合、設定アルゴリズムが更新される可能性もあるので、この推論方式とアルゴリズムとは独立して管理できることが望ましい。

- ④コンポーネント情報とそのレイアウト設定アルゴリズムの更新が容易である

前述の条件からコンポーネントとそのレイアウト設定アルゴリズムの情報は頻繁に更新される可能性がある。したがって、これらの変更によってシステム全体の変更を最小限にとどめることが必要である。

- ⑤コンポーネントごとに異なるレイアウト要素を柔軟に表現できる

ディスプレイと椅子とではレイアウト要素が異なるように、コンポーネントごとにレイアウト要素が異なる。そのため、これらの情報を管理するためには表形式よりも柔軟な表現方法が必要である。

2-2. システム概要

前述の要求を満足するために、利用者、利用環境、作業形態の諸条件を入力することにより、適切なコンポーネントアルゴリズムを推論し、そのアルゴリズムからレイアウト設定値を求めるシステムを開発する。このシステムには柔

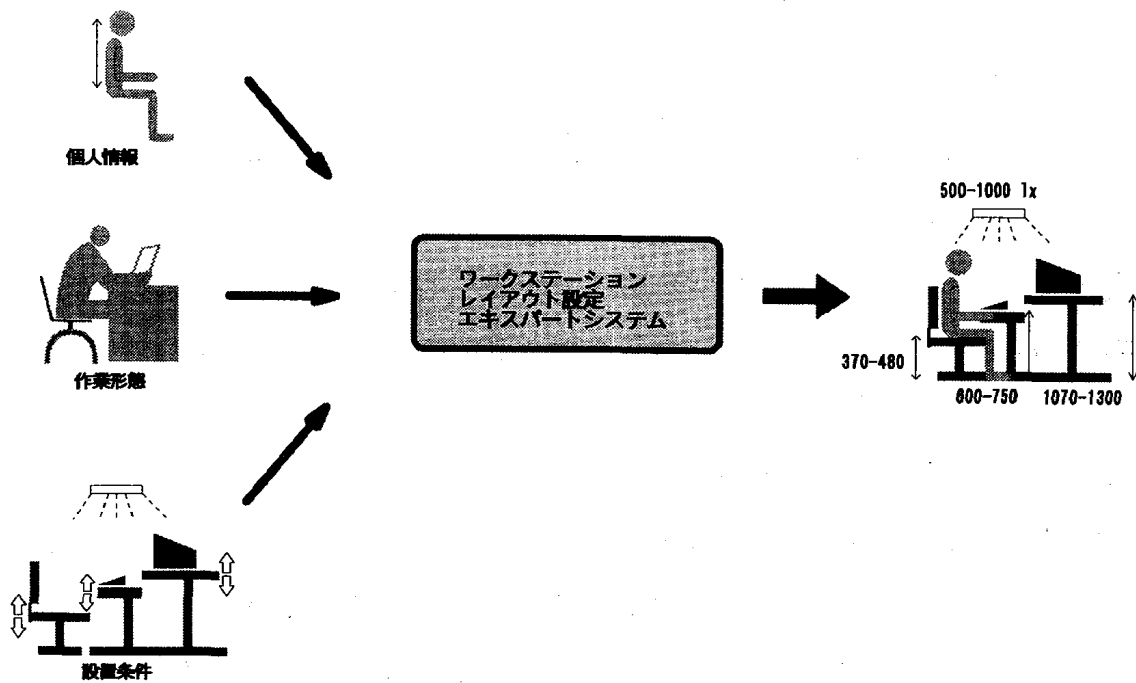


図2. レイアウト設定エキスパートシステム概略

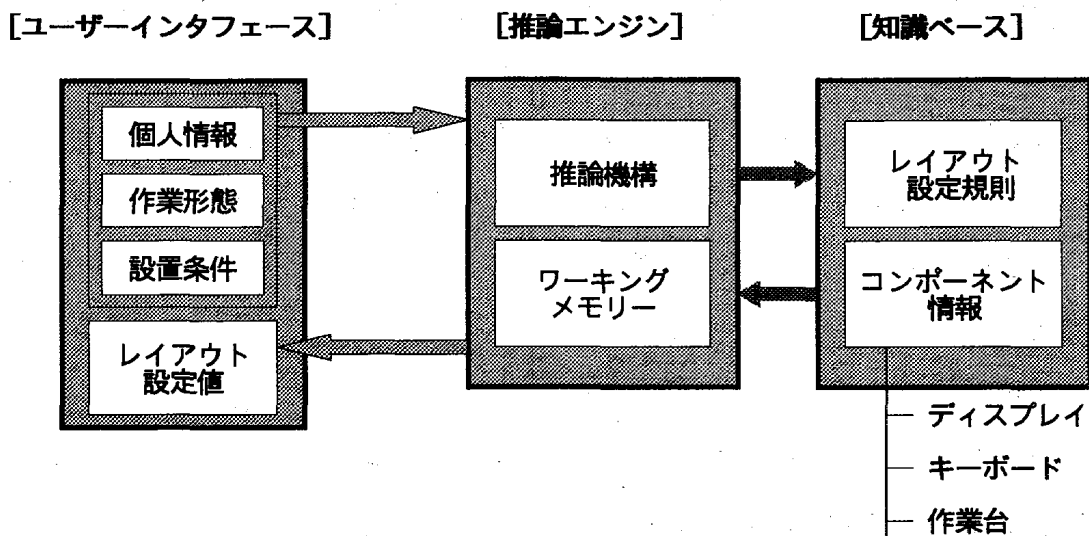


図3. レイアウト設定エキスパートシステムの基本構成

表2 レイアウト設定エキスパートシステム基本構成

■入	力：身体寸法値・作業形態・設置条件
■出	力：コンポーネントのレイアウト設定値
■知識ベース：	
①コンポーネント情報（フレーム）	
□寸法値	
□レイアウト設定値	
□設定アルゴリズム	
②レイアウト設定規則（プロダクションルール）	

軟なデータ表現が可能で、かつ推論ルールを含むエキスパートシステムが有効と考えられる。このシステムの概略と基本構成を図2, 3に示す。

2-3. コンポーネント情報

コンポーネントが持つ情報はエキスパートシステムにおけるファクトにあたる。この情報はコンポーネントのレイアウト設定値とコンポーネント固有の寸法値が主たるものである。さらに、この設定値を求めるための設定アルゴリズムがあり、このアルゴリズムを表したものがインタラクティブモデルである。

このモデルは、作業者とコンポーネントとの間の幾何学的な関係を記述したモデルである。これは、コンポーネントレイアウトの決定要因(layout factors)と、これと直接関係する作業者の身体部位とのインタラクティブな変数(interactive variables)と作業姿勢の特徴点を取り組んだ変数(working posture variables)による簡潔な数式モデルである。このモデルから算出された結果がレイアウト設定値となる。

以上から、コンポーネント情報には表3の情報項目が含まれていなければならない。これらの情報を整理する上で要求されることは、システム全体を変更することなくコンポー

表3 コンポーネント情報

①コンポーネント寸法値
②コンポーネントレイアウト設定値
③インタラクティブ変数
④作業姿勢変数

ネットおよびそのレイアウト設定アルゴリズムを追加・修正等の更新が容易であることである。また、コンポーネントごとにレイアウト要素が異なるため、表形式以上の柔軟なデータ表現が可能なが必要である。したがって、コンポーネント情報を整理するために、フレームによる表現⁶⁾を採択した。フレームにより前述の情報を次のように設計する。

(1) フレームとスロット

VDTワークステーションはコンポーネントによって構成されているので、ワークステーションとコンポーネントの構成関係を基本的なフレームとして表現する。次に、それぞれのコンポーネントに寸法値とレイアウト設定値の項目を割り当てる。この2つをスロットとすることもできるが、レイアウト設定値の場合、その下位にインタラクティブモデルの諸情報を割り当てなければならないので、更新の容易さを考えて、各コンポーネントの下位のフレームを設定する。インタラクティブ変数、作業姿勢変数そしてモデル式はこのフレームのスロットとする。

(2) クラスとインスタンス

フレーム表現の重要な特徴として上位のフレームから下位のフレームへの継承がある。ワークステーションとコンポーネントのような全体-部分関係のような構成関係からは継承は行われない。この継承を有効的に利用するために、(1)で述べたプロトタイプとしてのコンポーネントと具体的なコンポーネントのフレームを設定する。すなわち、クラスとしてのコンポーネントとインスタンスとしてのコンポーネントに分離する。

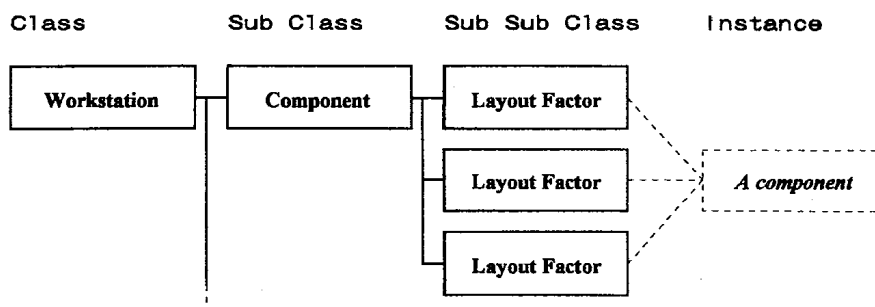


図4. コンポーネントにおけるクラスとインスタンスの関係

(3) 付加手続き

一般にフレームには(1)のような宣言型知識以外に手続き型知識を埋め込む込むことができる。この付加手続きを利用して、インタラクティブモデルの各変数のスロットに値が入った時点で、モデル式からレイアウト設定値を算出し、結果を設定値のスロットへ代入する。

(4) ディスプレイの例

ディスプレイを例に上げると、ワークステーションのサブクラスとしてコンポーネントを設定し、さらにそのサブクラスとしてディスプレイのレイアウト設定要素としてのフレームを設定する。これらは大別すると、側面系と平面系の2つである。側面系のディスプレイ高さのフレームに着目すると、そのスロットにはレイアウト設定値とインタラクティブ変数としての視距離と視線角度があり、姿勢変数としては眼・作業台面距離がある。これらのスロットに値が全て埋まると付加手続きとして、ディスプレイ高さを求めるアルゴリズムが起動する。

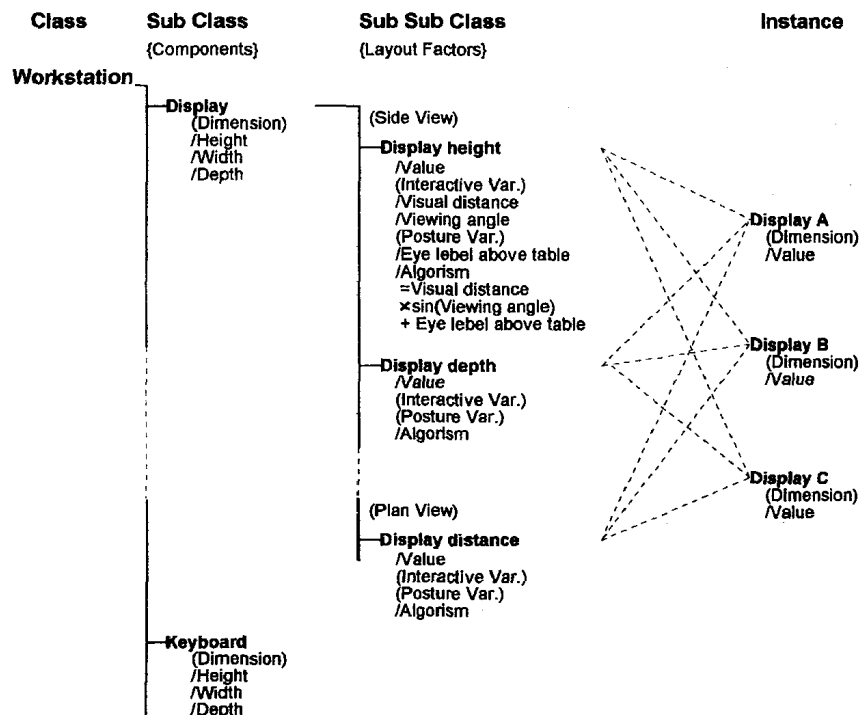


図5. ディスプレイのレイアウト情報のフレーム表現の例

以上のようにして定義した各々のレイアウト設定要素フレームのロットは、実際のディスプレイのインスタンスへ多重継承されて、レイアウト設定値が埋め込まれる。

2-4. レイアウト設定アルゴリズムの選択規則

(1) 設置条件

一般的な人間工学推奨値や条件は、例えば『椅子の座面高』のようなコンポーネントの要素ごとに整理されている。しかし、コンポーネントは単体として存在しているのではなく、キーボード、椅子といったその他のコンポーネントとともに関連して構成されているので、設置条件によってはレイアウトを設定する際に干渉が生ずる場合がある。

設置条件として考えられることは、まず、コンポーネントの機種が決定されているかどうかがある。これにより機種の寸法値が規定されるため、その他のコンポーネントへ寸法上の制約が与えられる。機種が決定されていない場合でも、その特性が決まっていれば代表的な寸法値を推定できる。例えば、ディスプレイが14インチのものを利用するとすれば、ある程度寸法値は予測できる。一般的な値は各コンポーネントのインスタンスフレームのデフォルトとして設定することができる。

次の条件として考えられることは、各コンポーネントのレイアウト要素が調節可能かどうかということである。全てのコンポーネントが自由に調節できれば望ましいが、実際は事務机や椅子を流用する場合もありえるので、レイアウトに制約が生まれる。

(2) レイアウト設定アルゴリズムの干渉

レイアウトは2つの側面から設定される。1つは側面から見たレイアウトで、もう1つは上面から見た平面上のレイアウトである。側面から見た場合のレイアウトの項目としては、高さ、奥行、角度等があり、上面から見た場合には、距離、幅、奥行、方向等がある。一般的には各コンポーネントのこれらの項目ごとに人間工学推奨条件や設定値が設定されている。各コンポーネントレ

レイアウト設定値から全体のレイアウトを設定する際に、設置条件によって要素ごとの干渉が生ずる場合がある。この場合に、どのコンポーネントのレイアウトを優先して設定するかを指定しなければならない。すなわち、どのコンポーネントのレイアウト設定アルゴリズムを選択するかについての規則を決めなければならない。同時に、コンポーネントは複数あるので、どういう手順でレイアウトを設定していくかという規則も決める。これらの規則に基づいて、与えられた設置条件から考えられる全てのアルゴリズムを推論する。そのため、利用する推論方式は前向き推論とする。

(3) 側面系レイアウトの高さ設定規則の例

例として、側面系のレイアウトの中の高さを設定するための規則を検討する。コンポーネントの高さを設定する場合、ある高さを基準として調節する場合と、対象とするコンポーネントは調節せずに、他のコンポーネントの高さを調節していく場合の2通りがある(図6)。この2つの方法を利用して、優先

表4 レイアウトの2つの系

1. 側面系レイアウト
①高さ
②奥行
③角度
④その他
2. 平面系レイアウト
①距離
②奥行
③幅
④方向
⑤奥行

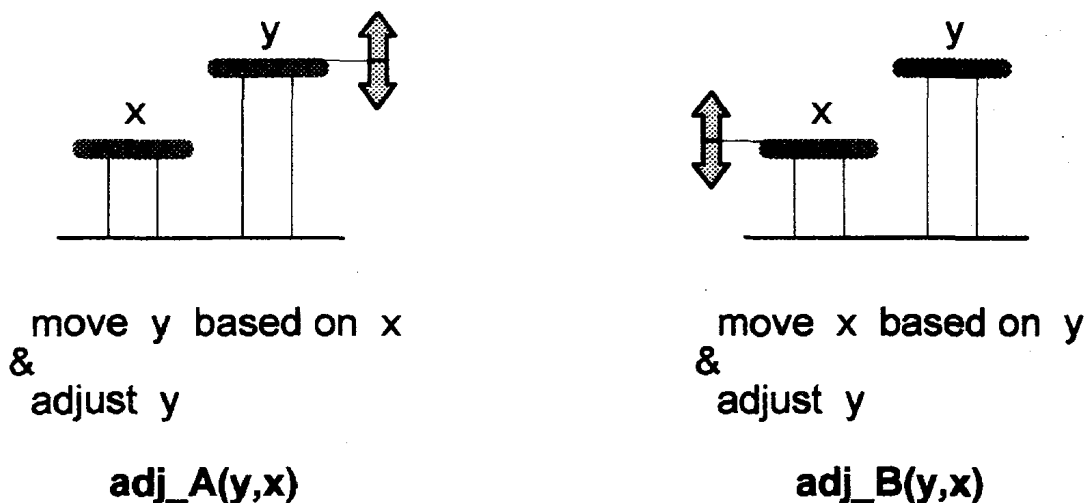


図6. コンポーネントの高さ調節の方法

するアルゴリズムと設定の手順を記述したものが表5である。

表5 設置条件に対する高さ調節の手順

	premise			procedure			action step		
	C Chair	K Keyboard	D Display	(1)	(2)	(3)	C Chair	K Keyboard	D Display
1	○	○	○	adj A(C,F)	adj A(K,C)	adj A(D,K)	1	2	3
2	×	○	○	adj A(K,C)	adj A(D,K)	—	—	1	2
3	○	×	○	adj A(C,F)	adj A(D,C)	—	1	—	2
4	○	×	○	adj B(K,C)	adj A(D,K)	—	—	1	2
5	○	○	×	adj A(C,F)	adj A(K,C)	—	1	2	—
6	○	○	×	adj B(D,C)	adj A(K,C)	—	—	2	1
7	×	×	○	adj A(D,C)	—	—	—	—	1
8	×	○	×	adj A(K,C)	—	—	—	1	—
9	○	×	×	adj A(C,F)	—	—	1	—	—
10	○	×	×	adj B(K,C)	—	—	—	1	—
11	○	×	×	adj B(D,C)	—	—	—	—	1
12	×	×	×	—	—	—	—	—	—

○：調節可 ×：固定 F：床面

3. プロトタイプシステムの開発

3-1. パーソナルコンピュータ上でのプロトタイプシステム開発

基本仕様をもとにパーソナルコンピュータ（NEC社製PC9801RA）を利用して、エキスパートシェル「大創玄」（エー・アイ・ソフト社製）上にプロトタイプを開発中である。エキスパートシェル「大創玄」は図7に示すように知識ベースエディタと前向き・後向き・論理型の3種類の推論方式を用意している推論エンジンを備えている。取り扱いが可能な知識ベースはフレームベース、ルールベース、述語論理である。また、各種の付加手続きを備えている。

このシェルの特徴として、dBASE等のデータベース、Lotus等のスプレッドシート、そしてC言語等との入出力のインタフェースを有していることが上げられる。そのため、エキスパートシステム単体にとどまらず、本シェルを中心とした大規模なシステムへの拡張が可能になっている¹⁾。

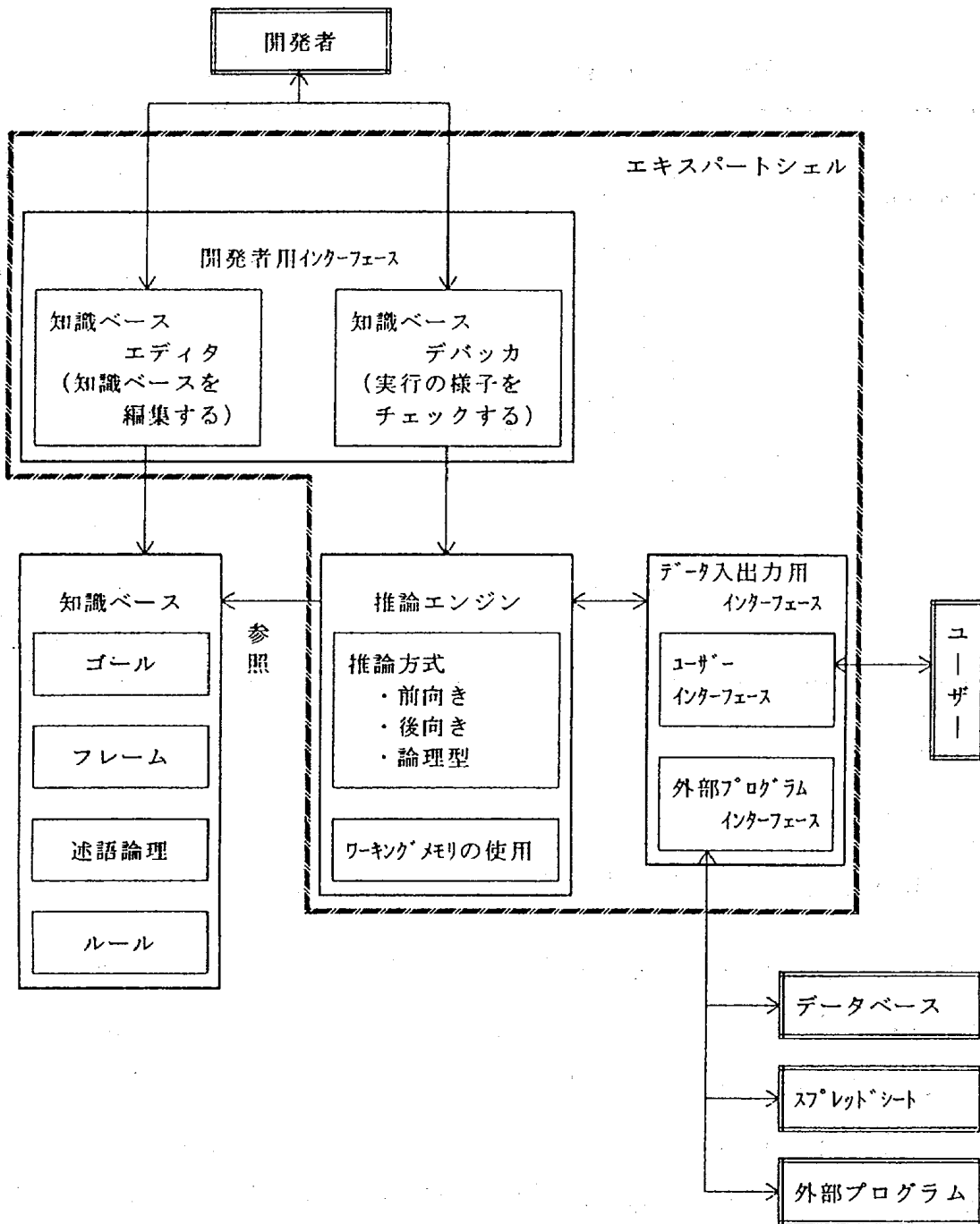


図7. エキスパートシェル「大創玄」の構成¹⁾

3-2. システムの基本的な流れ

図8に示すように本システムは、利用者が個人情報、作業形態、設置条件に関する項目を順番に入力することによって、コンポーネントの側面系レイアウトと平面系レイアウトに関するルールが起動されて、最終的に個々のコンポーネントごとのレイアウト設定値が出力されるという手順で実行される。現在のところ、側面系レイアウトのルールが整備されている。

入力する個人情報は身長を初めとした8項目の身体計測値と履物高さである。作業形態は、Grandjean²⁾によるVDT作業分類から選択させることにしている。

設置条件は、機種寸法がわかる場合にそのまま入力し、機種の特性がわかる場合は、その特性を選択させることにより一般的な規定値を利用する。

出力はコンポーネントごとにレイアウト設定値を出力することにした。現在は、前述のように側面系のレイアウト設定値を出力できる。

表6 個人情報の項目

- ①身長
- ②座高
- ③座面・眼高距離
- ④座面・肘頭点距離
- ⑤前方前腕長
- ⑥肩先点・肘頭点距離
- ⑦殿・ふくらはぎ距離
- ⑧下腿高
- ⑨履物高さ

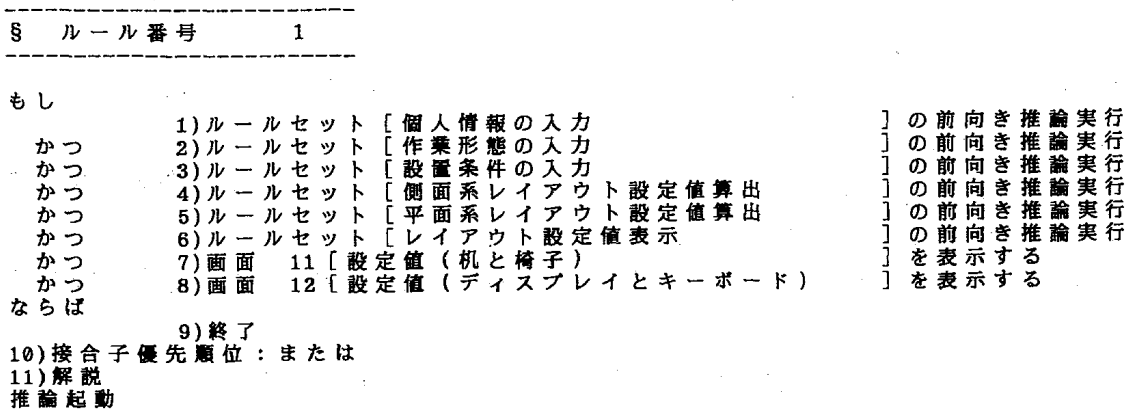


図8. 基本となるルールの流れ

4. まとめ

VDT ワークステーションレイアウトを利用者へ適切に設定するために、人間工学情報の有効な利用および管理する方法を検討し、知識工学を活用した手法を提案した。具体的にはレイアウト設定のアルゴリズムを知識ベース化したエキスパートシステムの基本的な仕様を明らかにした。現在、パーソナルコンピュータで起動するエキスパートシェル上でプロトタイプを開発中である。

今後の課題としては次の項目を検討する必要がある。

①平面系のレイアウト設定アルゴリズムの開発

②コンポーネントの規定値となるインスタンスを追加

これによって、コンポーネント寸法値の入力の煩雑さを縮小する。

③身体寸法値の推定

自分の身体寸法値として一般的に認識されているものは、身長程度であり、他の寸法値は計測しなければわからない。そのため、身長から他の計測値を推定できる手法を導入する。さらに、現システムは数値の出力しか行われないので、今後、汎用性を考えるとグラフィカルなインタフェースが必要となる。そのため、C言語等で開発したグラフィクスとのリンクが必要と考えている。

□参 考 文 献

- 1) エー・アイ・ソフト社編；大創玄テクニカル大事典（基礎編・応用編），エー・アイ・ソフト社，1991
- 2) Grandjean, E.; Ergonomics in Computerized Offices, Taylor & Francis, London, 1987
- 3) 平沢尚毅；ディスプレイレイアウトを設定するモデルの開発，小樽商科大学『商学討究』，Vol. 44, No. 3, 1993
- 4) 労働省労働基準局；VDT 作業のための労働衛生上の指針，中央労働災害防止協会，p 5-18, 1985
- 5) Salvendy, G. 編；新人間工学ハンドブック，同文書院，1989
- 6) 上野晴樹，石塚満編；知識の表現と利用，オーム社，1987