

TM-1136

知識獲得支援グループウェアGRAPE

国藤 進、上田 晴康 (富士通)

November, 1991

© 1991, ICOT

ICOT

Mita Kokusai Bldg. 21F
4-28 Mita 1-Chome
Minato-ku Tokyo 108 Japan

(03)3456-3191 ~5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

知識獲得支援グループウェア GRAPE

國藤 進、上田晴康 (財富士通研究所国際情報社会科学研究所)

Knowledge Acquisition Support Groupware GRAPE

Susumu KUNIFUJI, Haruyasu UEDA

International Institute for Advanced Study of Social Information Science

FUJITSU LABORATORIES LTD.

Shinkamata 1-chome, Ota-ku, Tokyo 144, JAPAN

Abstract. GRAPE(Groupware for Acquiring, Processing and Evaluating knowledge) is a knowledge acquisition support groupware for group decision-making. We researched and developed an initial knowledge-base acquisition function Version 1 of GRAPE. Version 1 of GRAPE is a realtime and distributed groupware like a tele-conference system, and is implemented on ESP(an object-oriented Prolog) machine PSI-II. After we went through practical experiences of Version 1 of GRAPE, we consider and present an extension of GRAPE as an abduction support multimedia groupware.

Keywords. knowledge acquisition; a realtime and distributed groupware; hypotheses clustering; dependency analysis; analytic hierarchy process; group decision-making; abduction support system

1. はじめに

著者らは、知識システム構築最大のボトルネックである知識獲得ボトルネックを解消するため、知識獲得支援グループウェアGRAPE(Groupware for Acquiring, Processing and Evaluating knowledge)を構築中[Kunifuji 89a, 89b, 90b, Ueda 90b]である。本シンポジウムでは、その使用経験[Kunifuji 91a]を踏まえて、主として同期・遠隔ツールから発想支援ツールへ展開するための方路について論じる。GRAPEはもともと、知識システム構築の上流工程支援とグループメンバ全員の合意形成支援を目指したツールである。グループウェアとしての素直な発展を期し、同期・同室方式の試行実験を経た後、いわゆるクライアント・サーバ型の同期・遠隔方式[Kunifuji 90c]への設計変更を行い、そこでの試行実験を重ねている段階である。

GRAPEは初期知識ベース獲得機能と計画問題支援機能とからなり、前者の同期・遠隔方式は現在、複数のProlog専用ワークステーションPSI-IIをつないで試行実験中で、後者は基本アルゴリズムをKL1で検討中である。その際、なるべく多項式時間アルゴリズムを採用したり、問題のサイズを分割したり、あるいは高度の問題はユーザの判断に委ねたりして、計算量の爆発を避ける工夫が随所になされている。

GRAPE 初期知識ベース獲得機能は、図1のシステム・フローに見られるように、基本的に三つのモジュール(仮説構造化、属性構造化、および評価構造決定)からなる。GRAPEでは、仮説構造化モジュールで類似度クラスタリング(Ueda 90a)、属性構造化モジュールで拡張ISM(Extended Interpretive Structural Modelling: システムの拡張構造モデリング法)[Kunifuji 90a]、評価構造決定モジュールでAHP(Analytic Hierarchy Process: 階層化意思決定法)[Saaty 80]を用いた初期知識ベース獲得機能をインプリメントした。本機能を用いて得られた初期知識ベースは、グループ全員の合意形成をあらわす重要度付き決定木(主観的評価木)となる。従って、GRAPEは分類問題、決定問題等の解析型問題を解決する際のラビッドプロトタイプを支援するのが得意である。

また同一アーキテクチャで、合成型問題のラビッドプロトタイプを支援できることを実証するために、並列論理プログラミング言語KL1を用い、並列制約解消系に基づく計画問題解決支援機能[Ueda 90c, 91]を検討中である。本機能の研究目標は、並列度を引き出す新しい並列アルゴリズムを提案することにある。このようなシステムの研究開発を通して、著者らは発想支援のためのグループウェアを構築する道を考慮中である。

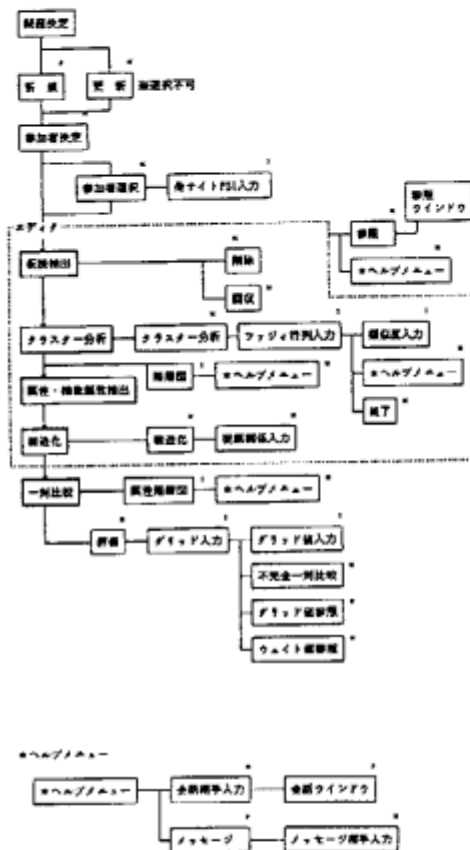


図1 GRAPE 初期知識ベース獲得機能のシステム・フロー

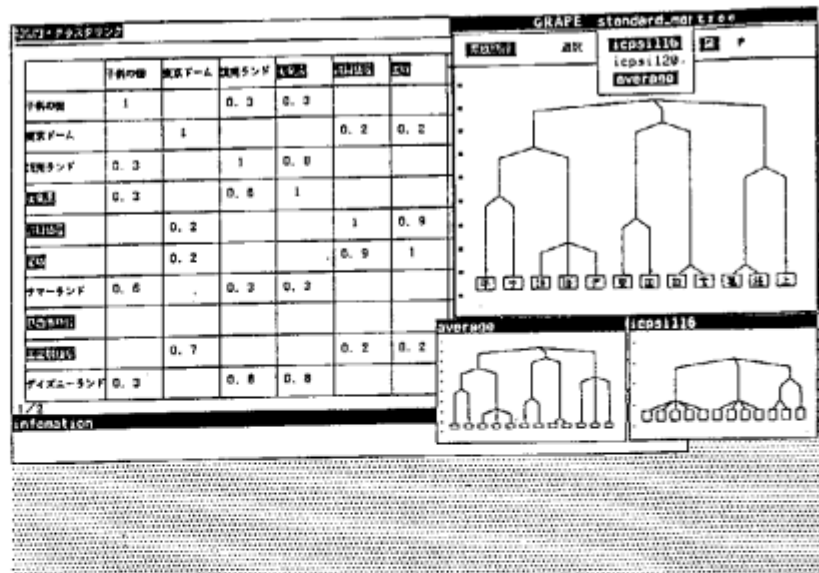


図2 WYSIWIS による類似度クラスタリングの入出力結果の表示 (右上に自分の仮説のクラスタリング結果、左下に他人の仮説のクラスタリングの結果、右下にグループ平均の仮説のクラスタリング結果が表示されている。)

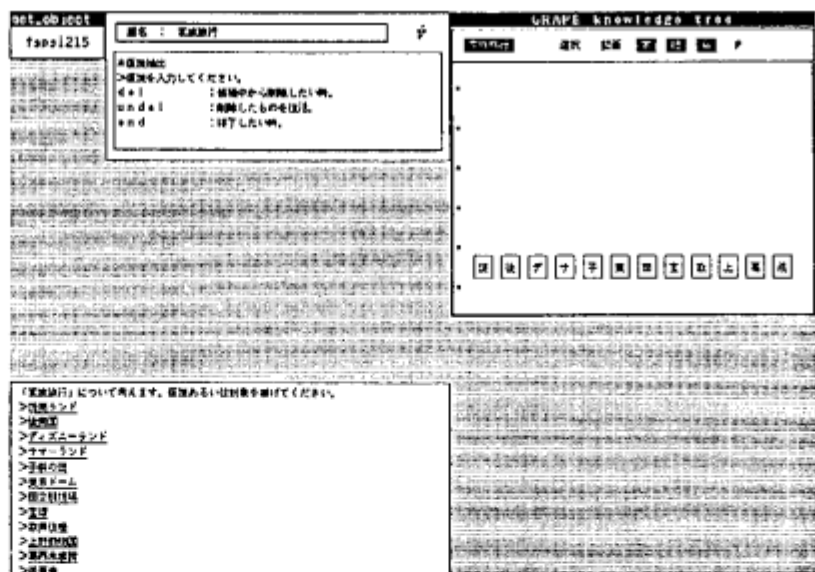


図3 仮説の入出力画面の例 (左下にテキストベースの入力ウィンドウ、右下にグラフベースの出力ウィンドウが表示されている。仮説の追加や削除に対応して、右上のノードはリアルタイムに増減する。)

2. 知識獲得とグループ問題解決

知識獲得は知識ベース・システム構築の際の最大のボトルネック [Lenat 86] である。知識獲得は知識ベース・システム構築の上流工程を占め、その開発工数の半分以上を占めるといわれている。知識獲得ボトルネック問題を解決するために、一人の専門家のみならず、複数の専門家・ユーザ層（以下、与えられた問題を解決する計画作りに、積極的に参加していることを強調し、参画者と呼ぶ）からなるその問題に関するグループでのディスカッションなどを通してグループ・メンバ全員が協力して問題の定式化や、問題評価の骨組みを作成する場合は多い。それにもかかわらず、従来からの知識獲得支援ツールは基本的に一人の専門家からの知識獲得を想定しており、複数の参画者からの知識獲得を対象にするツールはほとんど存在しない。

日本の企業では、KJ法 [Kawakita 87] などを利用したグループ問題解決のノウハウを結集して、顧客であるユーザの要求を分析して、こういった問題を解決する場合も多い。KJ法では、ブレンストーミング、ラベル集め、グループビンゴと一行見出し作りといった手順を繰り返して、知識のネスティング、空間配置と関係付け、および文章化を行っていく。KJ法をコンピュータで支援する多くのシステムがインプリメントされつつある (KJエディタ、CONSIST T、D ABDUCTOR等 [Fujitsu Laboratories 91]) が、それらは知識ベースの作成を直接の目標としていない。

この問題に対して、著者らは「KJ法の精神」でのシステム設計を行い、複数の参画者から個別の知識を抽出し、ブレンストーミング風のディスカッションや各種システム工学手法などを用いて、問題に対する初期知識ベース（構造化された専門家・ユーザモデルと問題の評価構造の構築）を作成するグループウェアGRAPE [Kunifuji 89a, 89b, 90b, Ueda 90b] を研究開発中である。GRAPEでは、ネットワークでつながれたマシンを操作している複数の参画者が他人の入力した仮説（代替案）や属性（評価項目）を、「WYSIWIS (What You See Is What I See)」 [Stefik 87] で見ながら、互いに関連知識を入力する。この際に各人は、自分の知っている知識だけを入力すればよい。GRAPEは各人の入力した個別知識をシステム工学手法で分析して、初期知識ベースの枠組みとなる決定木（階層的代替案）を形成し、画面に表示する。各人はこの決定木をWYSIWISで見ながら、入力した知識を修正したり、一対比較などの主観的評価を繰り返し、参画者全員の意味を反映した相対的重要度付き決定木（主観的評価木）を作成していく。

3. 同期・同室ツールから同期・遠隔ツールへ

グループウェア [Tazelaar 88, Ishii 89] とは協調問題解決を行うグループのチームワーク支援を目的に設計されたコンピュータ・システムの総称で、計算能力の進化形態であるAI技術、記憶媒体の進化形態であるメディア技術、

通信ネットワークの進化形態であるコミュニケーション技術の融合技術として、今まさに誕生しようとしている。グループウェアの実現には、文献 [Ishii 89a] に見られように、同期・同室ツール（以下、方式Ⅰと呼ぶ）、同期・遠隔ツール（以下、方式Ⅱ）、非同期・遠隔ツール（以下、方式Ⅲ）の3つの段階がある。方式Ⅰの代表例が、Xerox PARCが開発したColab [Stefik 87] である。Colabは同室で協調的に問題解決する際の支援を行なうために開発された実験的会議室、いわばブレン・ストーミングを支援するためのコンピュータ黒板である。全ての参画者が必要な入出力情報を共有ウィンドウで見れるようにするWYSIWISを用いた情報の共有環境を実現している。

会議への参加者が多忙な場合には、全員が同室に集まることが難しい場合も多い。方式Ⅱは、このような場合に必要となり、ネットワーク社会の現代人にとって最も標準的な使い方を提供する。一方、方式Ⅲは、超多忙な人々にとって最も期待される方式で、自分の空き時間をその問題の解決に割り当てる方式である。ただし、この方式のツール実現には、非同期・遠隔でありながら、誰がどのようにして問題解決のステップを次に進めるべく決断すべきかという大問題がある。すなわち、必要な情報は全部集まったのか、議論は十分なされたのか、などの不安感が拭い去りがたい。

GRAPEでは、まず第0版 [Kunifuji 90b, Ueda 90b] で方式Ⅰを実現し、次いで第1版 [Kunifuji 90c] で方式Ⅱを実現すべく開発を進めている。方式Ⅲの実現は前述のような検討課題を抱えているので、方式Ⅱの実現完了後に、別途、研究開発計画を立てる予定である。現在、複数のProlog専用ワークステーションPSI-IIをつないで、方式Ⅰと方式Ⅱの試作実験を行なっている段階である。

第0版ではまず、グループウェアに必要な基本機能として、WYSIWISによる入出力知識の参画者間共有、「不完全情報許容（三人寄れば文殊の智慧）」、「親子対等民主主義（参画者対等原理）」を実現した。

WYSIWISによる入出力知識の参画者間共有とは、各人の入力知識およびシステムによるその分析結果の出力知識などを、その問題解決に参加している人全員に情報公開することである。例えば図2では、自分の仮説のクラスタリング結果、他人の仮説のクラスタリング結果、グループ平均の仮説のクラスタリング結果が表示されている。この機能により、参画者は必要に応じて他人の知識も参照できることになり、安心して自分の思考を展開することができる。自分だけでは思い付かない仮説や属性を他人から表示されることにより、自分の発散的思考活動が刺激を受け、活性化され、思いがけない問題解決のヒントを得ることもあろう。他人とのコミュニケーションを促進するには、このようなWYSIWISによる情報公開環境が基本となると考える。

不完全情報許容機能は類似度クラスタリングとAHPにおいて実現した。不完全情報許容機能とは、個々人の不完全

な情報を暗黙値で補完する機能である。類似度クラスタリングでは、個々人のよく知っている知識（類似度）のみ入力することにする。すなわち、その人が確信のもてない類似度の暗黙値を0（類似度なし）とし、知らないことは知らないで済ませる立場である。同様にAHPにおいても、不完全一対比較行列を用いた不完全情報の補完法であるHarker法〔Harker 87〕を用いて、確信のもてない一対比較は入力する必要はない。このことは確信のもてない一対比較値を、変数として理想の場合の一対比較行列から推定していくことを意味する。このような補完のなされた不完全情報は次の親子対等民主主義機能のところでグループ全体の知識にマージされて、初めて「三人寄れば文殊の智慧」的な完全な知識へと統合されるわけである。

親子対等民主主義機能は、司会役・参加者が別々に入力した知識をグループとしての知識に統合する際に、どの知識も対等にマージしようという機能である。個々人の入力知識を類似度クラスタリング、拡張ISM やAHP などのシステム工学的手法を用いてマージする際に行なう。類似度クラスタリングで各人の類似度行列をグループとしての類似度行列にマージする際には、類似度は距離尺度に近い性質をもつので、各人の類似度の算術平均値をグループとしてマージされた類似度とする。拡張ISM での各人の従属性のマージは簡単で、グループ全体での従属性は単純にマージされるだけである。AHPでは、一対比較行列が比尺度で評価対象間の比のみが意味をもつので、グループとしての一対比較行列は幾何平均を用いてマージ〔Tone 86〕される。どちらの処理でも、司会役・参加者という役割の区別に係わらず、個別知識をグループの知識としてマージする際に、それらの重要度を対等に扱うという民主的精神を反映したものである。

更に第1版では、WYSIWISの徹底によるユーザー・インタフェースの改良、「チャット（おしゃべり、耳打ち）」機能などを追加して方式Ⅱに対応できるようにし、グループウェアとしての機能を向上させた。

第1版におけるユーザー・インタフェースは、ユーザーがグループウェアを利用した場合に必要な多くの情報を得ることに重点において設計した。例えば、どのマシンがコミュニケーションに参加しているのか、その処理を終了したマシンはどれか、など参画者が他者の状態を知るための情報が陽に表示されるようになった。また、入力知識やシステムの分析結果の表示において、図3左下のテキストベースの入力ウィンドウと図3右上のグラフベースの出力ウィンドウという役割分担、図3右上に見られる仮説の増減に伴うクラスタリング結果のリアルタイムの表示、入力データの修正によるクラスタリング結果の後戻り機能をつけ加えた。

チャット機能はサブ・グループや個人間のコミュニケーションを支援する機能としてつけ加えた。議論進行中にも、別のウィンドウを開いて、特定の相手と意思の確認や打ち

合わせを行なうことができる。おもな用途として、入力された仮説、属性等のキーワードが理解不十分のときの確認、および全員の決定の前に特定の誰かとの耳打ちなどを想定している。これによって参画者が一堂に会さなくともディスカッションを進めることが可能になるため、特に方式Ⅱのツールにおいて必須である。

4. 初期知識ベース獲得機能

上述のグループウェア機能をもつGRAPE初期知識ベース獲得機能について述べる。

知識ベース・システムの開発は、図4に見られるように、1)ラビッドプロトタイプリング、2)プロトタイプリング、3)実用システム開発の3フェイズからなる。フェイズ1)では知識ベースの設計に伴う初期知識ベース獲得を、フェイズ2)では初期知識ベースから知識ベースへの洗練に伴う一般知識の獲得を、フェイズ3)では知識ベースのチューニングに伴う例外知識の獲得を行なう。初期知識ベース獲得機能はシステム分析の各種手法を駆使して、特にフェーズ1)における専門家/ユーザ・モデルの同定、知識表現の選択、知識の抽出の過程を支援する。すなわち、問題定式化を支援する過程を通じて、その問題のラビッド・プロトタイプリング用の知識ベースを作成する。また、並行して開発を進めている計画問題支援機能は作成した初期知識ベースに対し、制約プログラミングと事例ベース推論を用い、主としてフェーズ2), 3)における知識の抽出、知識の変換、知識ベースの管理の過程を支援する。

GRAPE初期知識ベース獲得機能では、ラビッドプロトタイプリングにおけるグループ全体の主観的評価木が生成される。初期知識ベース獲得機能は、問題決定部、基本（グループ）決定部、決定調整（コンサルテーション）部の三つのモジュールからなる。このうちソフトウェア・モジュールとして試作が完了したのは基本決定部のみで、決定調整部は現在、再利用の方式確立として試作検討中である。問題決定部は、GRAPEで解くべき問題を決定する部分で、機械化の困難な部分である。少なくとも、解くべき問題はクリアで、グループ問題解決に参画する人々はその問題を明確に理解させる必要がある。コミュニケーション機能の充実で、問題決定部の仕様化を検討中である。基本決定部で問題に関与する全てのグループメンバーが参加し、その問題に対するグループ全員の知識をマージした初期知識ベースを生成する。基本決定部は、基本的に三つのモジュール（仮説構造化、属性構造化、および評価構造決定）からなる。GRAPEでは、仮説構造化モジュールで類似度クラスタリング、属性構造化モジュールで拡張ISM、評価構造決定モジュールでAHPを用いた初期知識ベース獲得機能を実現した。最後に、決定調整部でグループ構成員と専門家とのコンサルテーション・プロセスなどを通じて、グループ決定の結果を調整していく。

以上述べたGRAPEで実現された機能のうち、グループウ

ェア機能をまとめた一覧表が表1である。

5. 実行例

旅行の行先決定問題について、実際の入出力例を用いて説明する。

①問題の設定：システム立ち上げの前に、解くべき問題とその問題のグループ意思決定に参加するグループ・メンバーを決定しておく。参画者間で問題意識を共通にしておくことは、電子会議を知的かつ生産的に進めるための決定的要因となるため、この過程は重要である。

②参画者の決定：司会役が図5のようにサーバ・マシンを立ち上げる。他の参画者はクライアント・マシンに配置される。参画者決定のための機能として、(単数、複数、終了)のマシン選択機能やメンバーの追加・削除機能がある。また参画者の人数は、3～6人位が理想的であろう。参画者の人数がやたら多いと、会議で合意をとるのが困難と同じ現象を呈する。司会役の役割は、以下に述べる各実行過程に関連したデータが揃っているかを確認し、揃っていれば次の実行過程に進行する決定を行い、実行過程全体の進行の同期をとることである。

③仮説の入力：与えられた問題に対して、各自がその問題の解の候補(グループ旅行では、グループで行きたい旅行先という仮説)を片っ端から入力する。図3に画面例を示す。テキスト・ベースのウィンドウから参画者が入力した仮説は、グラフィックス・ベースのウィンドウにノードとして出力される。参画者が仮説を追加(削除)するたびに仮説に対応するノードがひとつづつ増える(減る)ので、現在どのような仮説が挙がっているかが一目でわかる。

④仮説の構造化：これらの全ての仮説に対して、GRAPEはシステム工学でよく知られているクラスタ分析を行ない、仮説間の構造化を抽出していく。クラスタ分析の手法として、(KJ法を含む)マニュアル法、類似度クラスタリング、林の数量化理論などがある。GRAPEでは類似度クラスタリングを採用したので、クラスタリングに要する時間は行列のサイズに比例し、他の方法に比べて極めて高速である。類似度クラスタリングでは、各自が自分の分かる分について仮説間の類似度を、図2に示されるように行列の要素として入力していく。この類似度入力に対しては、類似度行列に関して対称性と推移性という制約を満足するかどうか、入力と同時にチェックされる。ここに対称性とは類似度行列の対角成分が同じ値であることをいう。また推移性とは、任意の二つの仮説間類似度は中間仮説を介した類似度よりも大であることを意味する。チャット機能などを用いて、全員の入力が終了したことを確認したら、グループ全体の類似度の値の算出過程に入る。システムは、類似度クラスタリング・アルゴリズムをグループ全体の類似度行列に対して適用し、図2の右ウィンドウのような階層的なクラスタ木を生成し、表示する。表示の際には、クラスタ化された木構造表示ルーチンのセンタリング[Shin

tani 86,90]を行なう。類似度行列の作成途中段階の木構造はリアルタイムに表示する。なお、類似度の修正によって、クラスタリング過程を後戻りすることも可能である。

⑤属性の入力：グループ全体のクラスタ木の下の方から順次、各参画者がクラスタ化された概念を特徴づける属性を与える(図6)。さらに、クラスタ化された概念を分離するための概念(以下、差別化属性)を、それを特徴づける属性とその逆の属性(以下、対属性)とのペアの形で入力する(図7)。差別化属性はAHPの一对比較で用いる評価項目の抽出に、対属性は一对比較の際の主観的評価に利用する。いずれの入力においても、ノードごとに対応する別ウィンドウを開き、入力をリアルタイムに表示できる。なお、属性を与える際には、該当する仮説を反転表示させるなど、入力し易いように工夫している。

⑥属性の構造化：クラスタ木の葉に近い方から、図8に見られるように、各参画者が属性間の従属関係を入力していく。これに拡張ISMを適用し、互いに従属しあう属性が等価な属性とみなした縮退した従属構造(骨格構造)を抽出する(図8)。この骨格構造の先頭にある属性がその階層木の分岐点における互いに独立な属性同士である。

⑦一对比較：図10の右上に見られるように、属性ごとに、その属性に含まれる仮説についての一对比較を行ない、どちらがどちらの何倍重要かという値を入力する。同様にして、互いに独立な属性同士的一对比較を行なう。比較値が入力できない場合には空白のままにしておき、GRAPEが前述のHarker法を利用して空欄を補完する。全員が入力を終わると、参画者ごとの一对比較行列を、グループ全体としての値を幾何平均として求める。これは、一对比較行列が比尺度だからである。一对比較値の入力も、全体の整合性を保持するために一对比較に関する推移性制約を満足しなければいけない。この部分の画面インタフェースには、当研究所で開発された問題解決支援環境「KORE/EDEN」の入出力インタフェース[Shintani 86,89,90]を利用している。次に、AHPを適用し、一对比較行列の最大固有ベクトルを計算する。その結果、図11の真ん中で示されるように、その分岐点における各属性/仮説ごとの重要度を主観的評価値として表示する。

⑧グループ全体の決定木の作成：⑦の過程を繰り返すことで、与えられた問題に対して、グループ全員が提案した仮説(代替案)を、考えられるあらゆる属性(評価項目)で主観的に評価した決定木を得ることができる。すなわち、仮説の階層木全体から見たこの木の葉にある相対的重要度を計算することができる。実行結果を図12に示す。

6. 非同期・遠隔ツールへの拡張

GRAPEのデモを見学された方々の要求を集約すると、①より汎用のワークステーション環境で提供して欲しいという意見と、②このような問題解決の場面に直面する人々は極めて多忙な人が多いので非同期・遠隔ツールを提供して

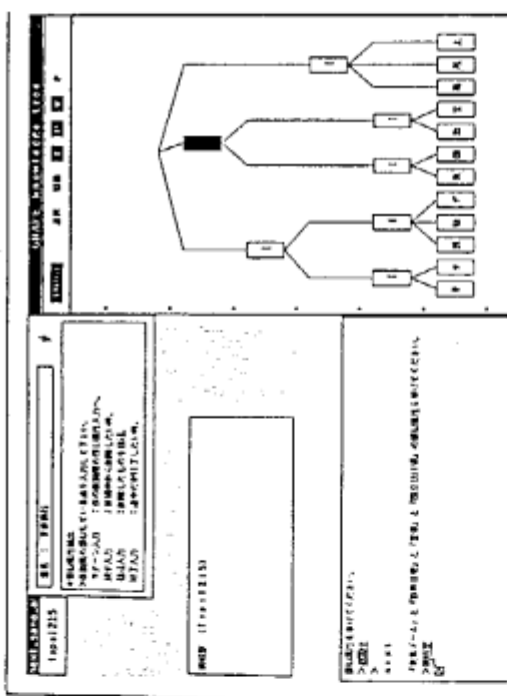


図 6 ■ 類似属性の入出力例。
左下ウィンドウからそれぞれのサブクラスを特徴づける類似属性が入力されている。

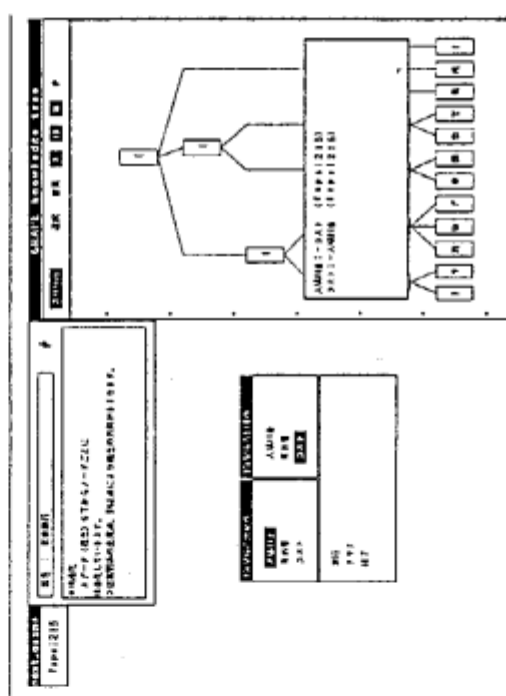


図 8 ■ 拡張 ISM による属性間従属関係の入出力途中の例。
左下ウィンドウの左上から従属関係の出発点が、右上から従属関係の到達点がマウスで選択され、その従属関係分析の結果が右ウィンドウの該当ノードにウィンドウ表示される。本例では、コストと入場料金が等価な属性とみなされ、どちらかが削除される。

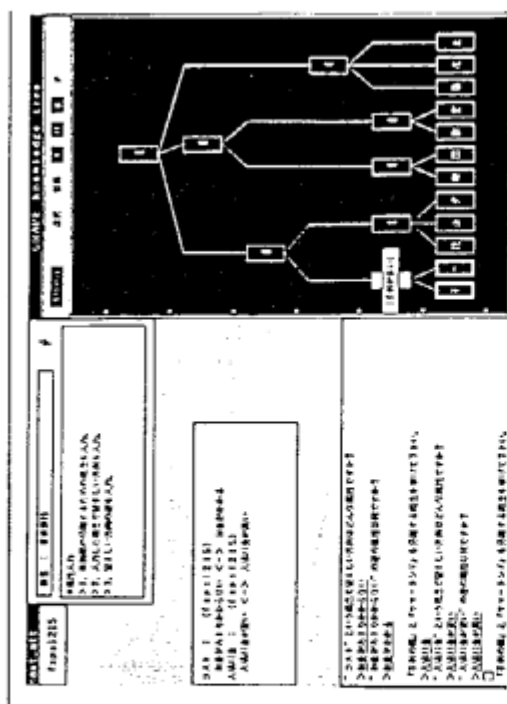


図 7 ■ 差別化属性の入出力例。
左下ウィンドウからサブクラス分離のための属性-対属性のペアが入力されている。

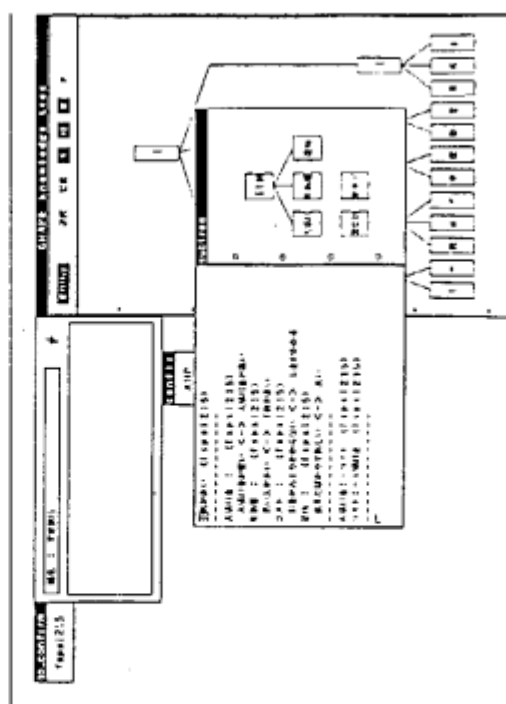


図 9 ■ 拡張 ISM による属性間従属関係の分析結果。
中央ウィンドウに従属関係分析の結果が表示されている。それを、分かりやすくグラフ表示したのが、中央右ウィンドウの階層表示である。

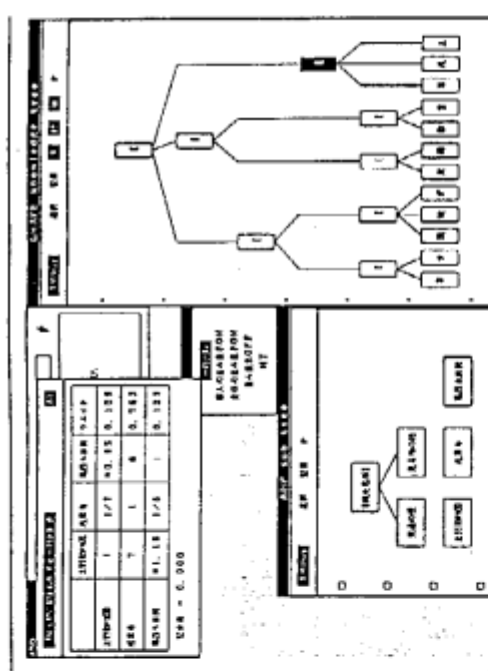
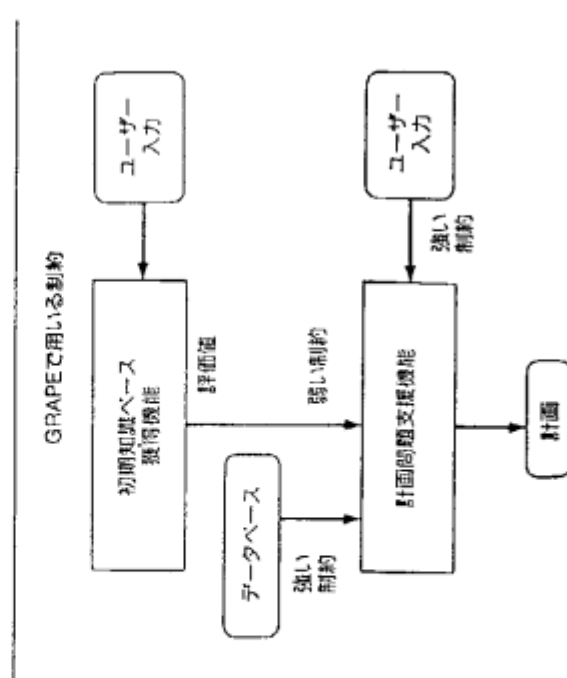
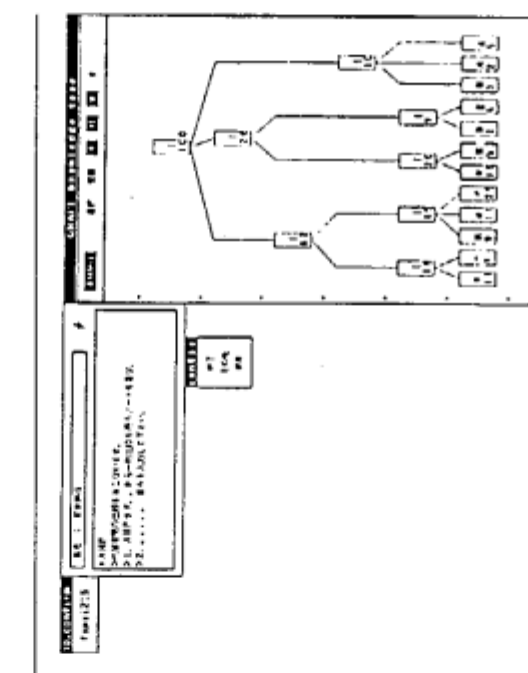


図10 ■ Harker 法による一対比較行列の補完の例。
左上の一対比較行列を入力した状態で Harker 法を呼び出すと、葛西上野動物園の一対比較値が補完される。*付で表示される。また、補完された一対比較行列に基づく固有ベクトル値が評価値として表示される。ウエイト(重み)のところに表示される。



欲しいという意見が集中することが多い。前者については、SUN 上のC-ESP に期待することにして、ここでは後者について考察する。

いうまでもなく、このようなツールは同期・遠隔でなく、非同期・遠隔とすることで、そのアプリケーション領域が格段に拡がることを期待される。ただし、方式Ⅲのツール実現には、非同期・遠隔でありながら、誰がどのようにして問題解決のステップを次に進めるべく決断すべきかという大問題がある。必要な情報は全部集まったのか、議論は十分なされたのか、などの不安感が拭い去りがたい。そこで、方式Ⅲのグループウェアを構築するには、極めて斬新なアイデアを必要とする。

そのようなアイデアの一番目は、部分的に同期と非同期を組み合わせる方式がある。類似度クラスタリング、拡張ISMやAHPのアルゴリズムを適用する直前において、関連データが全て揃っていることが要求されるが、それ以外のデータ入力時には必ずしも同期入力が要求される訳ではない。そこで、この同期のタイミングのみ、同期入力を強要すること方式が考えられる。

二番目のアイデアは非同期入力を許容するように本ツールを拡張することである。この場合、最初に先行する人が与問題に対して、限り無く専門家に近い人で、全体をリードできる優れた概念木を提示できる人であれば、グループ全体の意見はそのような人の概念に触発されて、発展的に収束するかもしれない。先行する人が他の人々の納得し得ない概念木を提示するだけの能力の人であれば、残念ながらグループの意見は収束せず、返って困難な様相を呈するであろう。なぜなら、GRAPE のもつ収束的思考のガイド能力は全く役に立たないであろう。

三番目のアイデアは非同期入力を許容するように、エージェント指向の新しい言語パラダイムを導入することである。この考えが一番自然な非同期ツールの実現手段と思われるが、残念ながらことに現在のところ、このような言語自体が存在しない。現状では、このような言語の提案それ自体が研究課題である。しかも、本方式だと収束的思考のみならず発散的思考をガイドする機能をインプリメントする可能性が、潜在的に存在するものと思われる。

7. 発想支援ツールへの展開

著者の一人は知識同化機構、知識調節機構やトランザクション管理機構といった一連の知識ベース管理システム [Kunifuji 85, Kitakami 85] に関する研究、および発想推論の原型を与えると思われる仮説推論システムに関する一連の研究 [Kunifuji 86b] を通して、人工知能的接近のある種の明確な理論的限界を認識しだすにいたった。それは組み合わせ爆発に伴う計算量の壁である。この計算量の壁を超える抜本的アプローチとして、知識ベースシステムの知識獲得の方法論を調べた。その結果、標準的な知識獲得方法論 [Kunifuji 86a] を得たが、この方法論のど

り、計算量の壁を巧みに回避する新しいタイプの知識獲得支援システムの研究開発に着手した。それが、今回紹介した知識獲得支援グループウェアGRAPE である。

GRAPE 初期知識ベース獲得機構の実行プロセスを、本研究開発の動機であったKJ法での概念構造化機能と比較したのが、表2である。GRAPE での仮説入力とKJ法の紙きれづくりは、ほぼ一対一に対応する。類似度あるいは親近感に基づく類似度クラスタリングや紙きれ集めも、精神においては一致する。KJ法の方が自然言語を利用した複雑な表きれづくりプロセスを経て、何段にもネストされたグルーピングを行っている。GRAPE にはKJ法のような空間配置はない。また従属関係分析の一種である拡張ISMは、KJ法の関連づけのうち、因果関係に代表される矢印のみを、理論的に精緻に分析しているに過ぎない。最後に採用した一対比較による主観的評価手法であるAHPは、KJ法での衆目評価法と似ているが、前者は部分的に主観的評価を繰り返す中で全体の評価を求めていくのに対し、後者は全体の中での部分的評価を主観的に定めている。このように見ると、表きれづくりはKJ法の独断場であり、機械化の困難なプロセスであることは明らかである。KJ法という人間中心の手法のもつ特徴は、この表きれづくりにおける自然言語のもつ言語的直感と、空間配置や衆目評価における人間の認知空間的直感を、最大限に利用していることにある。いずれにせよ、現状のGRAPEはKJ法をベースに置いたので、収束的思考支援の機能中心にインプリメントしてあり、発散的思考支援の機能が余り埋め込まれていない。

現在、GRAPEに、図13に見られるような計画問題支援機能 [Ueda 90c, 91] を付与し、計画問題のラビッドプロトタイプングを支援する機能を設計中である。その際、並列制約指向の論理型言語を用い、強い制約と弱い制約をもつ制約解消系を実現し、初期知識ベースとして得られた候補の評価値や評価項目を用いて、両制約を満足する評価値の高いプランニング (スケジュール) 系列を並列に生成する予定である。このような機能の付与は、直観的にはKJ法A型図解をKJ法B型文章化 [Kawakita 87] に展開することに相当する。

8. おわりに

GRAPE研究開発の最終目標として、表3に記したような様々な機能を追加し、理想的な知識獲得支援グループウェアgrapeへと機能拡張していく予定である。そのような理想的grapeの長期的波及効果として、図14に見られるような知識ベースの自動知識獲得、グループ意思決定、合意形成支援のみならず、ブレインストーミング支援、知的生産の技術支援、ソフトウェア・プロセスの上流工程支援を挙げることができる。このようなタイプのグループウェア技術と分散協調型ソフトウェア技術が融合した世界に、いわゆる発想支援システム構築 [Kunifuji 91b] につながる魅力的な一大研究領域がある。すなわち、グループウェア、

ハイパーメディア、ネットワークなどの技術的発展、AIのみならず、ニューロファジィといった新しいアーキテクチャの登場、およびそれらの融合技術の発展可能性は、近い将来、「機械の得意なことは機械にまかし、人間の得意なことは人間にまかす発想支援システム」[Fujitsu Laboratories 91] の構築が期待される。

〔謝辞〕本研究の一部は、第5世代コンピュータ・プロジェクトの一環として行われた。本研究に関連し貴重な先行研究をされた当研究所戸田光彦部長、新谷虎松、平石邦彦、片山佳則研究員、GRAPE 初期知識ベース獲得機能開発に従事された富士通SSL の岩内雅直氏、大津健太氏、須永知之氏、太田祐紀子嬢、および井深克憲氏に感謝する。

〔参考文献〕

[Fujitsu Laboratories 91] 富士通研究所国際情報社会科学研究所編：発想支援システムの構築に向けて、第7回国際研シンポジウム報告書、1991年3月。

[Harker 87] Harker, P.T. and Vargas, L.V.: The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's AHP, Management Science, Vol. 33, pp. 1383-1403, 1987.

[Ishii 89] 石井 裕：グループワークのコンピュータ支援に関する研究動向、Human Interface N&R, Vol. 4, 1989, p. 113-117.

[Kitakami 85] 北上 始、國藤 進、宮地泰造、古川康一：論理プログラミング言語Prologによる知識ベース管理システム、情報処理、Vol. 26 No. 11, 1985.

[Kawakita 87] 川喜田二郎：KJ法、中央公論社、1987.

[Kunifuji 85] 國藤 進、北上 始、宮地泰造、古川康一、知識工学の基礎と応用〔第4回〕—Prologにおける知識ベースの管理—、計測と制御、Vol. 24 No. 6, 1985.

[Kunifuji 86a] 國藤 進、小林重信、岩下安男、岡 夏樹、諏訪 基：エキスパート・システム開発事例における知識獲得と学習、知識システム方法論夏季シンポジウム報告書、富士通・国際研、昭和61年9月。

[Kunifuji 86b] 國藤 進、鶴巻宏治、古川康一：仮説選定機構の一実現法、人工知能学会誌、Vol. 1 No. 2, 1986年12月。

[Kunifuji 89a] 國藤 進、上田晴康、須永知之、井深克憲、岩内雅直：グループ知識獲得支援システムGRAPE 構想、計測自動制御学会、第10回知識工学シンポジウム講演論文集、北海道大学、pp. 47-52, Oct. 19, 1989.

[Kunifuji 89b] 國藤 進、上田晴康、須永知之、井深克憲、岩内雅直：グループ知識獲得支援システムGRAPE における初期知識ベース獲得機能、人工知能学会研究会資料SIG-HICG-8903-5, pp. 41-50, Dec. 6, 1989.

[Kunifuji 90a] 國藤 進、上田晴康、須永知之、井深克

憲、岩内雅直：知識獲得支援のためのグループウェアGRAPE における属性構造化、計測自動制御学会、第11回知識・知能システムシンポジウム、国立教育会館、Mar. 12, 1990.

[Kunifuji 90b] 國藤 進、上田晴康、須永知之、岩内雅直：グループ知識獲得支援システムGRAPE における概念構造化プロセス分析、日本認知科学会第7回大会発表論文集、九州工業大学、July 6, 1990.

[Kunifuji 90c] 國藤 進、上田晴康、岩内雅直、大津健太、須永知之：GRAPE の初期知識ベース獲得機能第1版—研究開発構想と研究開発現状—、計測自動制御学会、第12回知識システムシンポジウム、三田出版会／大阪、Oct. 23, 1990.

[Kunifuji 91a] 國藤 進、上田晴康、岩内雅直、大津健太：グループ問題解決のための知識獲得支援ツールGRAPE：日経AI別冊、1991冬号、pp. 144-153, Jan. 1991.

[Kunifuji 91b] 國藤 進：パネル討論「発想支援システムの構築に向けて」、計測自動制御学会、第13回知識システムシンポジウム、東京工業大学、Mar. 19, 1991.

[Lenat 86] Lenat, D., Prakash, M. and Shepherd, M.: CYC: Using Common Sense Knowledge to Overcome Brittleness and Knowledge Acquisition Bottlenecks, AI Magazine, Vol. 6, No. 4, pp. 65-85, 1986.

[Saaty 80] Saaty, T.L.: The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, 1980.

[Shintani 86] 新谷虎松、片山佳則、平石邦彦：問題解決支援環境KORE（その2）—知識記憶利用機構KORE/EDENとその応用—、情報処理学会昭和61年前期全国大会、1145-1146, 1986.

[Shintani 89] 新谷虎松：代替案選択支援機構における主観的評価の一貫性保持、Proc. of the LPC'89, pp. 79-87, July 1989.

[Shintani 90] Shintani, T.: Knowledge Table: an approach to speeding up the search for relational information in knowledge base, JIP, IPSJ, 1990 (accepted).

[Stefik 87] Stefik, M., Foster, G., Bobrow, D.G., Kahn, K., Lanning, S., and Suchman, L.: Beyond the Chalkboard: Computer Support for Collaboration and Problem Solving in Meetings, CACM, Vol. 30 No. 1, Jan. 1987, pp. 32-47.

[Tazelaar 88] Tazelaar, J.M. (ed.): Groupware, BYTE, p. 242-282, Dec. 1988.

[Tune 86] 刀根 薫：ゲーム感覚意志決定法、日科技連、1986.

[Ueda 90a] 上田晴康、國藤 進、井深克憲、須永知之、岩内雅直：知識獲得支援のためのグループウェアGRAPE における仮説構造化、計測自動制御学会、第11回知識・知能システムシンポジウム、国立教育会館、Mar. 12, 1990.

[Ueda 90b] 上田晴康、國藤 進、須永知之、岩内雅直：知識獲得支援のためのグループウェアGRAPE とその実現について、人工知能学会、第4回全国大会論文集、学習院大学、July 24, 1990.

〔Ueda 90c〕 上田晴康、國藤 進、岩内雅直、大津健太：
GRAPE の計画問題支援機能—並列論理型言語に基づくアプ
ローチー、計測自動制御学会、第12回知能システムシンポ
ジウム、三田出版会／大阪、Oct. 23, 1990.

〔Ueda 91〕 上田晴康、國藤 進：計画問題支援のための
並列論理方制約処理系の設計と実現、人工知能学会第5回
全国大会論文集、学習院大学、June 27, 1991.

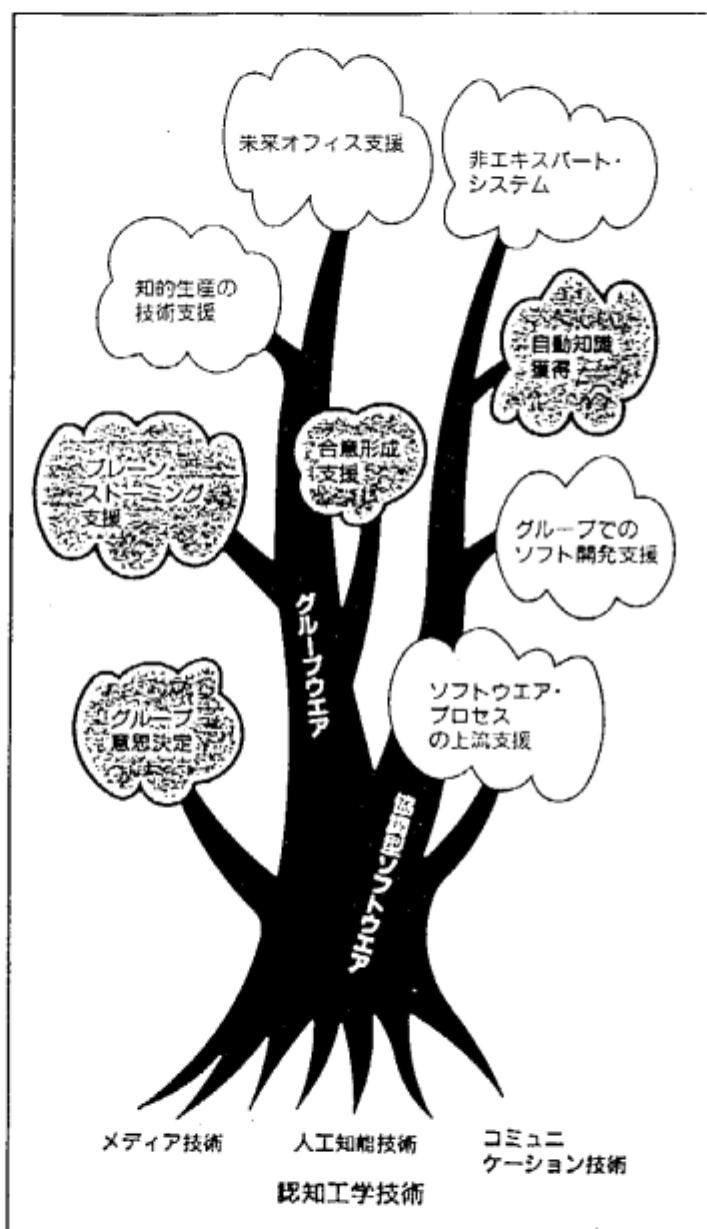


図 14 ■ 協調型グループウェア技術の波及効果。

モジュール	GRAPE (一台)	GRAPE (複数台)
仮説 構造化	類似度（推移性、対称性）による制約充足 不完全情報は、暗黙値 0 で補完	類似度（推移性、対称性）による制約充足 知らない知識は他人まかせ （三人寄れば文殊の智慧） 類似度のグループ値は算術平均と制約満足 平均木と個人木を分離・分割
属性 構造化	従属性分析（擬似推移性、射影性）による ループ縮約	グループ全体の従属性は単獨に加算 （非従属性を許容すると、計算量の爆発）
評価 構造化 決定	AHP（標準、新谷法で補完） 不完全情報は、Harker法で補完	知らない知識はシステムが補完 一対比較のグループ値は幾何平均
全体	WYSIWIS による入出力知識の共有 ユーザインタフェースの改良 チャット（おしゃべり、耳打ち）機能	

表 1 GRAPE のグループウェアとしての機能

モジュール	GRAPE	KJ法
入力	仮説入力	紙きれづくり
仮説 構造化	類似度クラスタリング ×（類似属性入力） △	紙きれ集め（親近感） 表札づくり グループ編成
属性 構造化	× 拡張ISM（従属関係分析）	空間配置 関連づけ（因果関係、矢印）
評価 構造化 決定	AHP （一対比較による主観的評価）	衆目評価 （全体の中での位置付けを踏まえた評価）
時系列 展開	並列制約プログラミングによる プラン系列（スケジュール）生成	KJ法B'型によるPERT （スケジュール）展開

表 2 GRAPE とKJ法の概念構造化機能の比較

モジュール	既存GRAPE	理想的grape で使える 技法、手法の例
入力	ブレーストーミング	発散的思考支援技術
仮説 構造化	類似度クラスタリング	林の数量化理論Ⅲ類 マニュアル法（KJ法A型）
属性 構造化	拡張ISM	属性クラスタリング（ID3等） マニュアル法（KJ法A型）
評価 構造化 決定	AHP 関連樹木法	多目的決定理論（多属性効用理論） 衆目評価法（KJ法A型）
時系列 展開	並列制約プログラミングを用いた 時系列展開	PERT/TIME を用いたスケジュール生成 ORを用いたスケジュール生成 制約プログラミングを用いた時系列展開 PERT展開（KJ法B'型）

表 3 予想されるGRAPE への拡張機能