

TM-1135

グループ知識獲得支援システム
GRAPEの研究開発

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

グループ知識獲得支援システム GRAPEの研究開発

國藤 進、上田晴康

(株)富士通研究所 国際情報社会科学研究所

〔概要〕 本講演では、著者らが研究開発中の知識獲得支援のためのグループウェアGRAPE(Groupware for Acquiring, Processing and Evaluating knowledge)の設計思想と研究開発の現状を、グループ協調作業支援という観点から紹介する。GRAPEは本来、分類・診断・決定問題用の知識獲得支援ツールとして設計され、現在、グループ意思決定支援やグループ・プランニング生成のための機能を充実しつつある。そこで、GRAPE同期・遠隔版の簡単な紹介を行った後、主としてその非同期・遠隔ツールや発想支援ツールへの展開可能性について論じ、最後にそのグループ協調作業支援のための統合的計算機環境の構築という視点からの考察結果について報告する。

1. 研究開発の経過

著者らは、知識システム構築最大の隘路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を研究開発中〔Kunifuji 89a, 89b, 90b, 90c, Ueda 90b, 90c, 91〕である。本研究分科会では、その使用経験〔Kunifuji 91a〕を踏まえて、主としてその非同期・遠隔ツールや発想支援ツール〔Kunifuji 91b〕への展開可能性について論じ、最後にそのグループ協調作業支援に関する考察結果について報告する。

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ー全員の合意形成支援を目指したツールである。同期・同室方式のグループウェアとしての実験を経た後、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。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〔Ueda 90c, 91〕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、計算量の爆発を巧みに(?)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の結果を表す相対的重要度付き決定木(主観的グループ評価木)となる。従って、GRAPEは分類・診断・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ピングを支援することができる。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ピングを支援できることを実証するために、KL1を用い、計画問題の並列制約プログラミングを用いた解決を支援する機能〔Ueda 90c, 91〕を検討中である。本機能の目標は並列度を引き出す新しい並列プログラミングの方法論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、著者らはグループ協調作業支援のための統合的計算機環境を構築する道を考察中である。

① 図中、右側の右に示されている式(1)はライソエラの構造を示している。
 ② ①: PUA(ポリウレタン)ライソエラ
 ③: ポリウレタン・ライソエラ
 ④: 両相ライソエラ

図1 GRAPE 初期知識ベース獲得機能
のシステム・フロー

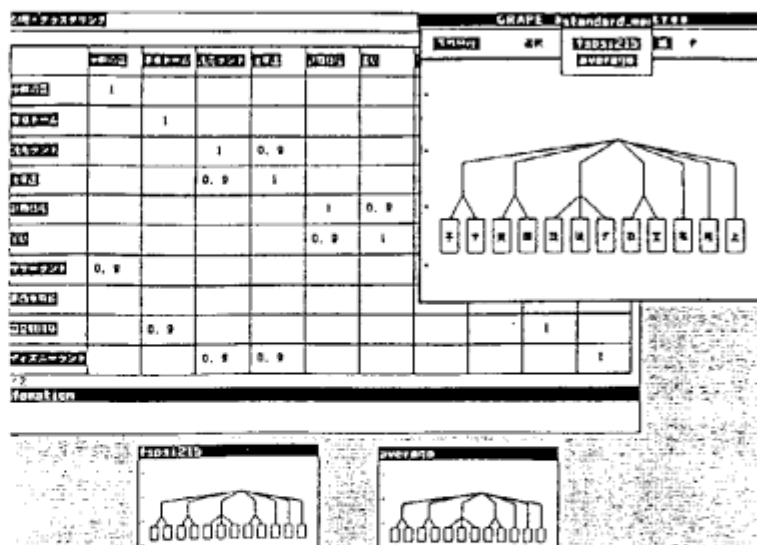


図2 WYSIWISによる類似度クラスタリングの入出力結果の表示（右上に自分の仮説のクラスタリング結果、左下に他人の仮説のクラスタリングの結果、右下にグループ平均の仮説のクラスタリング結果が表示されている。）

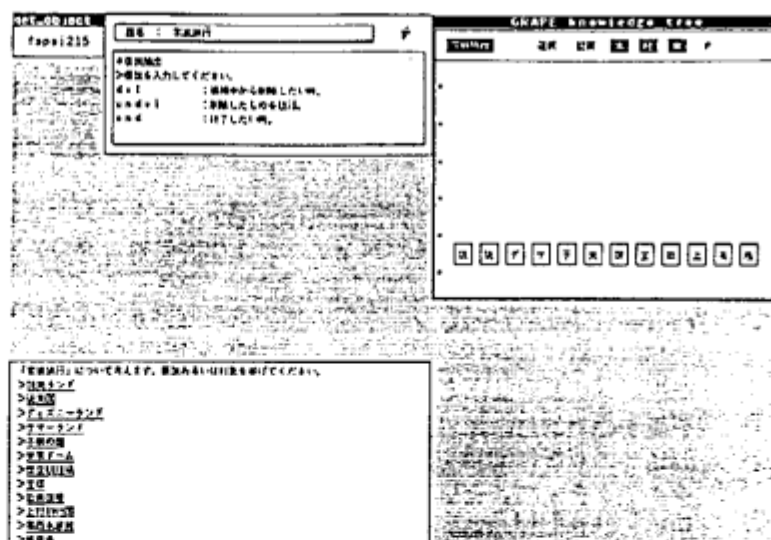


図3 仮説の入出力画面の例（左下にテキストベースの入力ウインドウ、右下にグラフベースの出力ウインドウが表示されている。仮説の追加や削除に対応して、右上のノードはリアルタイムに増減する。）

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与するグループでの討論などを通して、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、グルーピングと一行見出し作りといった手順を繰り返し、知識のネスティング、空間配置と関係付け、および文章化を行なっていく。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、D-ABDUCTOR等 [Fujitsu 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対話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（専門家・ユーザモデルの構築とそれに対する評価値の付与）を作成するグループウェアGRAPE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、参画者全員の意思を反映した相対的重要度付き決定木（主観的グループ評価木）を作成していく。

3. 同期・遠隔ツールとしての実験

グループウェア [Tazelaar 88, Ishii 89, 91] 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・システムの総称である。グループウェアの実現には、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 [Ishii 89, 91] がある。方式Ⅰは電子会議室ともいわれ、最もポピュラーなものである。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。方式Ⅲの実現については、次章で考察する。

GRAPEでは、まず第0版 [Kunifuji 90b, Ueda 90b] で方式Ⅰを実現し、次いで第Ⅰ版 [Kunifuji 90c] で方式Ⅱを実現した。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の実験を行なっている。

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を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、変数として理想的な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、司会者・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。そこで、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、司会者・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、それらの主観的判断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・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・インタフェースは、ユーザ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。

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。

4. 非同期・遠隔ツールへの拡張

GRAPEデモ見学の声は大別して、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

供して欲しいという意見に集約される。前者については、SUN 上のCESP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広がるのが期待される。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必要とされる訳ではない。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〔IPA 89〕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。

5. 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、この方法論にのっとり、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札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、表札づくりは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、この表札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に計画問題支援機能〔Ueda 90c, 91〕を付与することで、計画問題のラビッドプロトタイプリングを支援することを検討中である。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。

5. グループ協調作業支援ツールへの展開

GRAPE はグループ意思決定支援のためのグループウェアで、前章で示されたように、どちらかというグループでの収束的思考を支援する計算機環境である。そこで、（特に仮説の入力のところに、）発散的思考支援〔Watanabe 91〕のための諸機能を導入すれば、より優れたグループ協調作業支援のための統合的計算機環境になることが予想される。更にマクロ的機能展開を考えれば、その全てのモジュールにユーザとの対話的フィードバックの仕掛けを付与することが必須である。そうすることにより、デルファイ法等の社会学的手法をインプリメントすることが可能である。例えば、AHP モジュールでフィードバックをかけると、与えられた問題が競合的問題の場合でも、パーゲニング等のゲーム論的局面を支援できる。GRAPE では通信チャネルの容量を考え、コミュニケーションされる情報が基本的に文字列・数値データのみに制限した。来るべきハイパーメディア時代を想定すると、映像・音声等のより情報量の大きいチャネルを通じての通信を利用するグループウェアも登場する。そのようなマルチメディア環境での、グループ協調作業支援のための統合的計算機環境構築は今後の課題である。その際、最も大切なのはプロトコル解析を行い、現実のグループ問題解決におけるマンマシン・コミュニケーションの様相をじっくり観察し、そこからグループ協調の本質を抽出することである。

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、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。グループウェア、ハイパーメディア、分散協調型AI、仮想現実感といった要素技術が融合した世界に、協調問題解決支援環境構築という魅力的な研究領域がある。これら要素技術の進展、AI・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とそれらのハイブリッド化の発展は、近い将来、グループ協調作業支援のための知的増幅器として統合化され、新しい計算機環境を提供するであろう。

〔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システム開発に従事された富士通SSLの岩内雅直、大津建太、須永知之、太田祐紀子、井深克憲氏に感謝する。

〔参考文献〕

〔Fujitsu 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.

〔IPA 89〕新ソフトウェア構造化モデル調査委員会編：新ソフトウェア構造化モデルの現状と今後の課題、情報処理振興事業協会、Sept. 1989.

- [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, pp.113-117.
- [Ishii 91] 石井 裕: コンピュータを用いたグループワーク支援の研究動向, コンピュータソフトウェア, Vol.8, No.2, Mar. 1991, pp.14-26.
- [Kawakita 87] 川喜田二郎: K J 法, 中央公論社, 1987.
- [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.
- [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期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, 大津建太, 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回知能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, 大津建太: 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, 上田晴康, 岩内雅直, 大津建太: 知識獲得支援グループウェアGRAPE ー同期・遠隔ツールから発想支援ツールへー, 計測自動制御学会, 第13回知能システムシンポジウム, 東京工業大学, Mar.20, 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.
- [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, Dec. 1988, pp.242-282.
- [Tone 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、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、人工知能学会全国大会（第5回）論文集、学習院大学、June 27 1991, pp.437—440.

[Watanabe 91] 渡部 勇：緩い協調—協調情報フィルタリングシステム、情報処理学会第35回ヒューマンインタフェース研究会、北海学園大学, March 8, 1991.

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調に加算 （非従属性を許容すると、計算量の爆発）
評価 構造 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	ブレインストーミング	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