

解説



グループウェアの実現に向けて

3. グループワークのための情報共有技術†

村 永 哲 郎†† 守 安 隆††

1. はじめに

近年マルチメディア・ワークステーションの開発、計算機ネットワークの高速化を背景として、分散環境での複数人による協調作業、すなわちグループワークを支援するグループウェアの研究開発が活発化している^{1),2)}。

グループワークが円滑に行われるためには、そのグループのメンバー間で作業の状況が相互によく把握されている必要がある。作業対象そのものや、ほかの人が今行っている作業、全体の仕事の進捗などの情報が共有されることで、互いのコミュニケーションが円滑になり、協調作業が促進される。したがってグループウェアの研究開発においては、共有情報への効率的で効果的なアクセス方法を提供することが、重要な技術問題の一つとなっている。

グループワークを効果的に行うための情報共有環境には、大きく二つの要求があると考えられる。一つは多種多様なデータ型を扱えること、もう一つはグループのメンバー間で調整されたアクセスができることである。

これらの要求に対して、一つには人間が読めるそのままの形式で、マルチメディア情報を共有するアプローチがある。その一方で、共有する情報の構造化を進めて、計算機が解釈して処理(推論)できる形式すなわち知識ベースを共有して、協調作業間の調整などの支援を行うアプローチがある。これらはそれぞれ独立して研究が進められてきたが、両方の情報が混在する共有形態も考えられ始めている。

本稿では、まず 2. にてグループワークにおける情報共有形態の枠組を提案し、情報の特性に基づき共有形態の分類を試みる。次に 3. で、ハイパメディア技術に基づく非構造的なマルチメディア情報の共有について述べる。そして 4. で、計算機に解釈可能な構造的な情報である知識の共有技術について説明する。そして、非構造的な情報と構造的な知識の混在する共有形態について述べる。最後に 5. で将来の展望として、二つのアプローチを統合すると考えられる知識メディアの概念について言及する。

2. グループワークにおける情報の共有

2.1 情報の共有形態の分類

企業などの組織においてよく行われるグループワークとして、製品の設計・開発、文書作成などがある。ソフトウェアの共同開発も代表的な協調作業の一つである^{3),4)}。これらの仕事は、複数の人間が情報のある期間にわたって共有し、それをもとに随時コミュニケーションをとることによって行われる。

各種グループワークに共通すると考えられる情報共有形態の枠組を図-1 に示す。協調作業空間、個人作業空間、ライブラリ空間の三種類の情報空間を利用して、グループワークは行われる。製品の設計開発を例にとると、各設計者は自分が担当となる部分を、自分の個人作業空間内で作る。ある程度できあがった時点で途中成果を協調作業空間に移して、ほかの設計者と共有する。そして共有した途中成果物について議論・レビューなどを行う。また新たなアイディアやノウハウを知るために、各作業空間からライブラリ空間にアクセスして文献などの参照情報を得るときもある。

ここで共有される情報は、大きく分けて以下の三種類があると考えられる。

† Information Sharing in Group Work by Tetsuro MURANAGA and Takashi MORIYASU (Research Lab. II, Communication and Information Systems Research Laboratories, Research and Development Center, Toshiba Corporation).

†† (株)東芝 研究開発センター 情報・通信システム研究所第二研究所

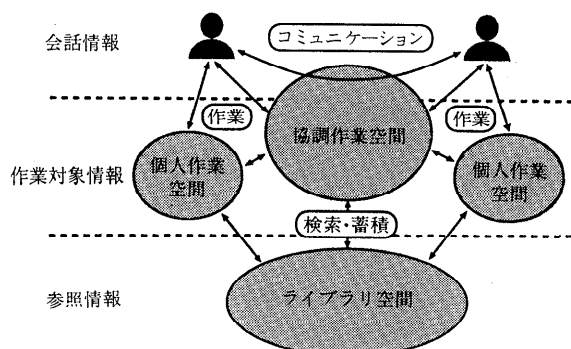


図-1 情報共有形態のモデル

1. 作業対象情報

設計開発中の途中成果物（たとえば仕様書や設計図面、シミュレーション・データなど）のように、協調作業の対象そのものの情報。一部、個人作業空間に移されることもあるが、基本的には協調作業空間内で共有される。

2. 会話情報

途中成果物に関する議論（設計者どうしの会話、共同開発者の意見・コメントなど）のように、作業対象についてのコミュニケーション。協調作業空間内で共有される。

3. 参照情報

仕事に関する過去からのノウハウ、本や論文といった文献のように、間接的に参照する情報。ライブラリ空間に蓄積・検索される。

この三種類の情報を特徴づける性質として、共有情報の持続性があると思われる。すなわち共有される情報がどのくらい有効か持続性の観点から考えると、会話情報は一時的なもの、作業対象情報は設計・開発などの仕事を行っている期間中ずっと保持すべきもの、参照情報はさらに長く永続的な情報でライブラリとして共有するものと分

類される。

持続性に加えて、さらに情報を共有する相手への距離という軸を導入して、情報共有形態を分類したのが、図-2である。

情報を交換し共有する相手への距離とは、その相手と組織的にどのくらい離れているかを示す軸である。すなわち自分と同じ目的をもって働いているグループ／チーム、同じ組織に属する人（つまり、より大局的な目的を共有しているものの当面独立して仕事をしている人）、組織の外にいる人である。組織として典型的なのは企業であるが、非営利団体でもよいし、また趣味の集まりでもよい。

一時的な会話情報の交換は、チームや自分が属する組織といったところで主に行われる。成果物のような作業情報は、仕事に密接に関連しており、チームの各メンバーが中心になってアクセスする。ノウハウや文献のような参照情報はチーム、所属組織といった境界を越えて共有される。

現在研究開発が行われているグループウェアは、支援する協調作業形態により、同期（即時）型／非同期（蓄積）型の分類がなされるが、共有情報の持続性による分類は、それと密接に関連すると思われる。デスクトップ・ワークステーション会議のような同期型のシステム^{5)~9)}は、主に一時的な情報交換を支援する。複数人向けのハイパメディアのような非同期蓄積型のシステムは、成果物のような作業対象情報の共有を支援する。データベース、情報検索システムは、ライブラリ的な参照情報の管理を支援する。これらは少しずつ支援する領域が重なっており、またその重なる領域も大きくなりつつある。たとえばハイパメディアは、会話情報や参照情報の管理にも適用されており、また同期型のコミュニケーション支援のための拡張も行われている（図-2）。

2.2 共有情報の構造化レベルに基づく分類

情報共有技術の開発にあたり、共有する情報の構造化を行うかどうかで、二通りのアプローチがあると考えられる。一つは、情報の構造化を行わずに、人間が扱っているそのままの形式で共有して、情報の持つ意味の解釈は人間に任せようというものである。もう一つは、情報の構造化を進めて計算機処理による

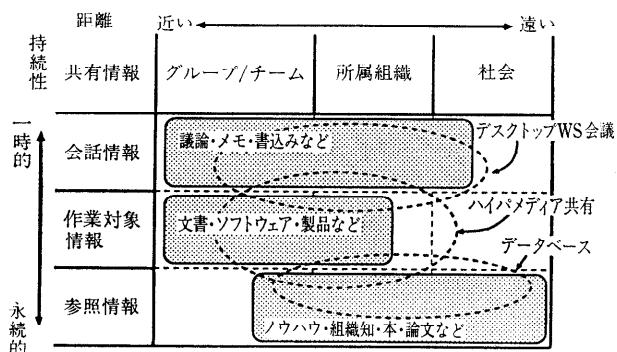


図-2 情報共有形態の分類

情報の内容の解釈を導入していこうというものである*。前者はマルチメディア技術、後者は知識処理（人工知能）技術を志向する。

人間が扱い、人間に読めるそのままの形式で共有される情報は、文字、図形、画像、音声といったマルチメディア情報である。自然言語理解、画像理解などの研究が行われているものの、一般にこれらのマルチメディア情報表現から、計算機がその内容のもつ意味を抽出して解釈することは困難である。そこで意味理解を人間に任せるのが前者のアプローチである。それに対し、共有する情報を構造化して現実世界のモデル化能力・表現力を高めると同時に、それを計算機が解釈して処理することにより、柔軟で調整された共有支援を目指す後者のアプローチでは、知識処理（人工知能）技術が必要となる。

またハイパメディア技術は、前者のアプローチにノード／リンクという単純なネットワーク構造を導入し、マルチメディア情報を相互に関連づけて管理するものであるととらえられる。ノードの内容の解釈は人間に任せる一方で、ノード間の関係づけによる構造化を導入したアプローチであり、二つのアプローチの中間に位置づけられる。

ここまで情報と知識という語を明確に区別せずに使ってきたが、以下では次のように使い分ける。一般に計算機科学では、知識という語は「現実世界の表現・モデル化であり、計算機によりその意味を解釈して処理（推論）が可能な情報」と、より限定的に用いられており、本稿ではそれにならう。知識は、フレーム、意味ネットワーク、ルール、論理といった知識表現により記述される。構造化された情報を共有するアプローチは、知識を共有するアプローチである。一方、「知識以外の情報」を以下では情報と呼ぶことにする。

「情報」と「知識」の共有技術は、それぞれ独立して発展してきたが、まったく無関係というものではない。最近ではこれらを統合するような試みがある。それは準構造的な (semi-structured) 情報ということで、知識（計算機可読）と知識以外の情報（人間可読）と混在させて共有し、人間と計算機のコミュニケーション・メディアとしよう

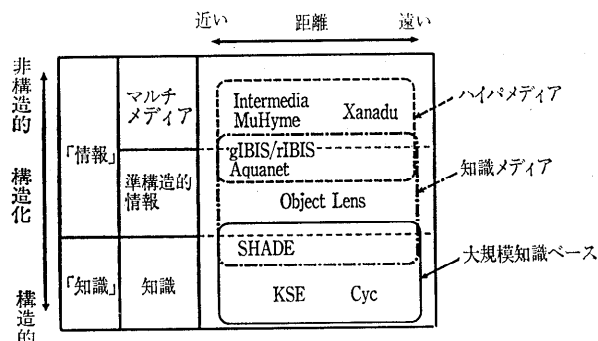


図-3 情報の構造化レベルに基づく分類

とするものである。Xerox の M. Stefik¹¹⁾ はこれを新しい「知識メディア」と呼ぶ。

本稿で説明する各システムを、共有情報の構造化の度合と、共有相手への距離とから分類したものが図-3 である。

2.3 情報共有に関する技術課題

情報や知識の共有技術として、データベース技術は不可欠である。ここまでグループワークにおける情報共有を、共有形態と情報構造化の観点からとらえたが、それぞれの視点から技術要求・課題を整理すると以下ようになる。これは Greif¹²⁾ による指摘と重複する。

(a) 共有形態からの要求・課題：

- 永続性
- 連想アクセス（検索）
- 並行制御（長時間トランザクション、通知、調整を含む）
- アクセス制御
- 版管理

協調作業空間における情報共有は、従来のデータベース技術とは相反する要求をもつ。データベースの並行制御が共有データへのアクセスを一人一人が独立して行っているように見せかけるものであるのに対し、協調作業空間では別の人と情報を共有していることを各ユーザに意識させる必要がある。つまり通知、調整、長時間トランザクションなどを考慮した並行制御が要求される。

また個人作業空間と協調作業空間の間での情報の一貫性の維持、会話情報と作業対象情報の統合的な管理、共有相手との距離が大きくなったときに異種環境間で相互に運用するための中間言語・プロトコルの開発なども技術課題である。

(b) 情報の構造化からの要求・課題：

- データ抽象化（オブジェクト）

* これは石井¹⁰⁾の指摘するグループウェア設計における非構造的アプローチと構造的アプローチの対比に似ている。

- オブジェクト間のリンク機能
- 継承
- トリガ

上にあげられた要件は、ハイパメディア、オブジェクト指向データベース^{13)~15)}、知識表現といった分野で、それぞれ独立に取り組まれている技術である。データの抽象化・継承はオブジェクト指向や知識表現アプローチ、オブジェクト間リンクはハイパメディア・アプローチ、トリガは知識処理におけるルールに相当する。またデータの抽象化を進めてリンクの構造化まで追求すると、意味ネットワークのような知識表現アプローチに近くなる。このようにこれらは独立に発展してきた分野であるが、相互に関連するところが多い。

以下ではグループワークにおける情報共有を、ハイパメディアによる「情報」(知識以外の情報)共有(3.)と、知識処理アプローチによる「知識」共有(4.)との二つにわけて述べる。4.の後半では、「情報」と「知識」との統合アプローチ、準構造的な情報の共有を説明する。

3. ハイパメディアによる情報の共有

3.1 ハイパメディアによる情報管理

ハイパメディアは、ハイパテキストの概念をマルチメディアに適用したものである。ハイパテキストとは「テキストを越える」テキスト、すなわち非線形的な構造をもつ文書のこと、文書のある部分(ノードという)から別の部分へと、リンクが張られ、その間を自由に飛び回って読むことができる。ノードに文字(テキスト)ばかりでなく、画像、音声といったマルチメディア情報を含むことができるハイパテキストのことを、一般にハイパメディアと呼ぶ*。

ハイパメディアは、ノード/リンクという単純な構成要素により、データベース内のマルチメディア情報を構造化して、統合的に管理する技術であるといえる¹⁷⁾。ハイパメディアはまず、個人用の情報管理ツールとして発達してきた。しかし当初より、NLS¹⁸⁾にみられるように、ハイパメディアをグループワークに利用することが考えられていたし、また分散・複数ユーザ用のハイパテキストを使って世界的な規模で情報を共有しよう

という Xanadu¹⁹⁾ のような試みもある。

まず協調作業空間での作業対象情報や会話情報を共有管理するグループメモリとしてのハイパメディアについて述べる(3.2)。ここでは共有情報へのアクセスを調整する必要があり、並行制御、版管理などが技術課題となる。そのあとでライブラリ空間での参照情報を管理する分散型ハイパメディアについて説明する(3.3)。

3.2 グループメモリとしてのハイパメディア Intermedia

Brown 大学では古くからハイパメディアの研究を行っている。Intermedia^{20), 21)}はオブジェクト指向アーキテクチャで構築され、そのデータベースとしてオブジェクト指向データベースとの接続も図られた²²⁾。オブジェクト指向データベースでは、オブジェクトを識別子で参照し、オブジェクト間のリンクも識別子により容易に実現できる。したがってハイパメディアのようにポインタ接続によりネットワーク構造を形成するデータを扱うためには、関係データベースよりオブジェクト指向データベースのほうが、効率的に実現できるという結果を報告している。

また Intermedia をグループウェアとして利用する試みとして、文書作成時のコメントづけ操作に注目し、少ないステップで行うためのリンクづけ機構(warm link)を導入している²³⁾。これによりノード間のデータの受渡しが単純に行え、引用がしやすくなっている。

Intermedia のほか、NoteCards²⁴⁾、KMS²⁵⁾、Neptune²⁶⁾といった早くからハイパメディア研究が行われていたところでも、グループウェア化の試みがなされている^{27), 28)}。

gIBIS/rIBIS

共有されるハイパテキストに、協調活動のモデルを導入することにより、円滑な支援を行うアプローチがある。gIBIS²⁹⁾はその代表的なものである。

gIBIS は IBIS (Issue Based Information Systems) という意思決定の際の議論のモデルを導入し、それをハイパテキストで視覚的に操作できるようにした。IBIS モデルを図-4に示す。問題(issue)、問題に対する立場(position)、意見(argument)というノードの間に、賛成/反対、質問、一般化/特殊化などのリンクを張ることにより、議論

* ハイパテキスト/ハイパメディアの歴史的な発展は、田中¹⁶⁾が詳しい。

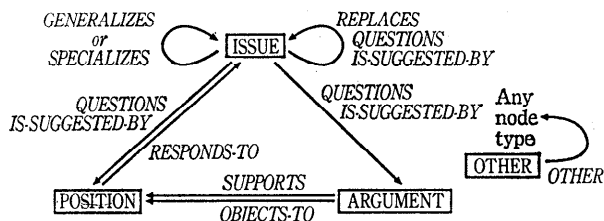


図-4 IBIS 議論モデル (Conklin ら²⁹⁾より引用)

を構造化してハイパテキストとして管理する。このネットワークを視覚的にブラウズして検索することができる。問題のブレークダウンを行ううえで議論の焦点をきちんと把握したり、議論の不完全な部分や一貫しない部分を発見したりするのに有効であったと報告されている。

rIBIS³⁰⁾ は gIBIS の同期型版である。ノード／リンク単位で更新時にロックする疎結合 (loosely-coupled) モードと、全員が表示を共有する密結合 (tightly-coupled) モードをもち、その間の状態遷移が容易に行えるようになっている。彼らの経験によれば、疎結合と密結合の切替が有効であったこと、さまざまな要因があるので正確な比較ではないが、あらかじめ計画された会議よりも、数人が自発的に始めた議論のほうが、結果的に少人数・短時間で集中的な討論ができたと報告されている。

gIBIS は CM/1 という形で商品化されている³¹⁾。IBIS モデルが拡張されてノードとリンクの種類を増やし、たとえばファイル管理にも使えるようになっている。また決定 (decision) ノードを導入し、それをサポートする立場・意見を同色で表現するなどの工夫がなされている。非同期型の協調作業を主に支援するが、共有ノードへの変更は即時にほかのユーザへ通知される。

PilotCard

PilotCard³²⁾ では、グループ作業を支援するためのデータベースに、レイヤ構造とハイパメディアのリンクづけ機能を導入している。これは個人／共有双方の情報空間をレイヤ構造により実現し、これらの間のアクセスを容易にするために、PilotCard という特別なノードを提供する。

Hoopertext

Berlin ら³³⁾が開発した Hoopertext というオブジェクト指向のハイパテキストでは、ハイパテキストをマルチユーザ化するにあたっての諸問題を

整理した。とくに共有情報へのアクセスの並行制御や、他ユーザの状態を通知することの重要性を指摘し、システムの設計方針を示している。

MuHyme

MuHyme^{34),35)} では、ビジネス分野における共同文書作成という応用領域において、ハイパメディア技術に並行制御や通知機能を取り込むことにより、情報共有環境を実現した。MuHyme では、作成中のマルチメディア文書を章・節・図といった構成要素を単位として、ハイパメディアのノード群に分解し、リンクづけによりネットワーク状に組織化する。

コメントづけが共同文書作成における中心的な非同期コミュニケーションの手法であると考え、コメント自体もハイパメディアのノードとして、データモデルの中に組み込んでいる。こうすることにより、文書（作業対象情報）とコメント（対象についての会話情報）とを、同じ枠組の中で相互に関連づけて共有管理することが可能となった。

協調作業空間における共有データへのアクセス手法として、個人／協調作業空間にまたがる版管理、長時間並行制御、グループワークを促進するための他ユーザの状態の通知機能の特徴とする。オブジェクト指向データベースを利用してこれらの機能を実現している。図-5に MuHyme の画面を示す。ハイパメディアのリンク機能を使って、音声によるコメントを入力したところである。

SEPIA

ハイパメディアの共有は、非同期型グループワークを支援するものが多い。最近になって同期型、つまりリアルタイムでの対話を支援するハイパメディアが研究されている。SEPIA は同期型／非同期型両方のコミュニケーションを可能にしたハイパメディアシステムである³⁶⁾。同期型としては rIBIS と同様に、共有データへのアクセス時にロックを用いてそれを視覚化する疎結合モードと、各ユーザの画面を一致させて遠隔ポインタが使える密結合モードとがあり、これらのモードに加えて非同期モードとの間の遷移が容易に行えるところに特徴がある。

ABC

ABC (Artifact-Based Collaboration) は、その名

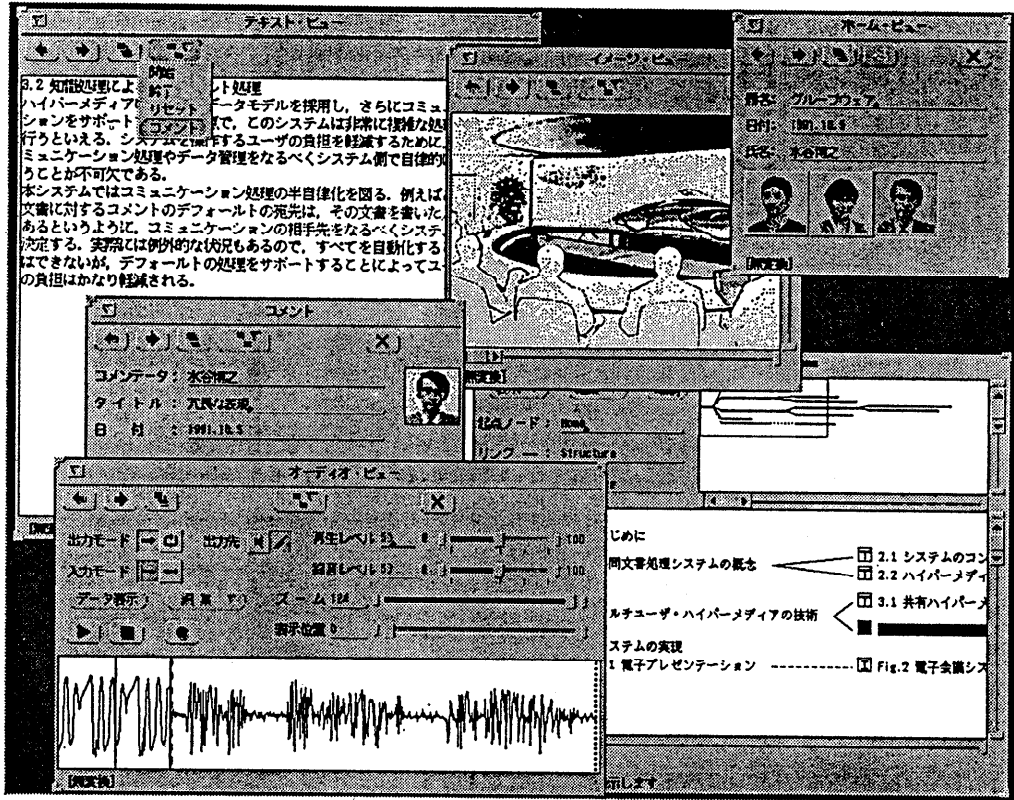


図-5 MuHyme の画面例

が示すとおり、成果物、すなわち作業対象情報を共有することを考えたハイパメディアシステムである³⁷⁾。ハイパーリンク機能のほかに、共有ウィンドウによる同期型 WYSIWIS (What You See Is What I See) のグループワークも支援する³⁸⁾。

各システムはそれぞれ協調作業空間での並行制御、版管理などの問題に取り組んでいるが、最適な解は結局適用するグループワークに依存して決まる。したがってグループワークに共通する方法を取り出して、ツールキット化することが将来の方向として考えられる。

3.3 分散ハイパメディア

組織の外にあるより永続的でライブラリ的な参照情報の管理・アクセス手段としてのハイパメディアを紹介する。アクセス用プロトコルの開発が課題である。

Xanadu

T. Nelson¹⁹⁾ は、地球規模で統合化された情報組織化環境として、Xanadu を提唱した。ハイパテキストということばは、T. Nelson により作られており、V. Bush や D. Engelbart とともに、ハ

イパテキストのパイオニアといえる。Xanadu はクライアント/サーバ型の実現がなされ、その通信用に FeBe と呼ばれるプロトコルが実装されている。またユーザからは透明に分散サーバを実現するために、サーバどうしの BeBe プロトコルも設計中とのことである。

WWW (World Wide Web)

WWW は世界規模のハイパテキストのネットワークを構築しようとするプロジェクトであり、CERN (the European Laboratory for Particle Physics) が中心になって、高エネルギー物理学分野での情報共有を目的として進められている。情報検索技術とハイパテキスト・ブラウザとの組合せであり、各種動作環境用のブラウザが作られている。

そのほか、広域の情報検索プロジェクトに WAIS (Wide Area Information Services), Gopher などがあり、インターネット上での利用が始まっている。

電子図書館

電子図書館の試みは、CORE³⁹⁾, Mercury などみられる。これらのフロントエンドとなるユー

ザインタフェースとして、ハイパテキストが用いられている。詳しくは安達らによる解説⁴⁰⁾を参照されたい。

4. 知識の共有

4.1 大規模知識ベース

大規模知識ベースのプロジェクトは、エキスパートシステムなどの知的システムを構築するのに必要となる共通知識を集めて、ライブラリ的に共有しようとするものである。その構築アーキテクチャには、統一的な枠組のもとで一つの知識ベースを作り上げる集中型と、複数の知識ベースを協調させる分散型とがある。集中型は全体として一貫したものが作れるが、同意を得られていない知識エンジニアどうしがもつ知識を一つの枠組の中に取り込むのが難しい。一方分散型では異なる知識表現間で意味を保存する必要がある。そのために知識ベース間での概念の表現プリミティブ(オントロジ)の統一、知識表現間の変換が重要になる。

Cyc

Cyc⁴¹⁾ は、一般の多くの人々が共有する事実や経験則などの一般的な知識・常識を大量に蓄積し、さまざまな用途に共通に利用することを目的にした大規模知識ベース開発のプロジェクトである。エキスパートシステムは、予測しなかった状況に遭遇した途端に、問題解決能力が急激に低下するという脆さをもつ。そのようなときに、より一般的な常識にたち戻って推論する枠組を考えている。集中型アーキテクチャで、CycL と呼ばれるフレーム・ベースの知識表現言語を用いる。Cyc では、初めは人が知識を与えていくが、ある程度の量の知識が蓄積された後は、類推などを用いた自律的な学習を期待している。その規模は数百万フレームである。

KSE (Knowledge Sharing Effort)

知識をライブラリとして共有し、再利用するための研究として、米国の KSE の活動⁴²⁾がある。複数の知識ベースを相互に運用する分散型のアーキテクチャであり、異なる知識表現間の仲介を行う中間言語、通信プロトコルの研究開発が行われている。KSE は DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency), AFOSR (the Air Force Office of Scientific Research) などをスポンサと

して、知識共有のための四つの要素技術について、それぞれ次のワーキンググループが活動している。

1. Interlingua Working Group

異なる知識処理システム間の知識の変換を仲介する言語の研究開発を行う。拡張一階述語論理をベースとする KIF (Knowledge Interchange Format)⁴³⁾ の仕様と、代表的な知識表現言語との双方向の変換機構を開発している。

2. Knowledge Representation System Specification (KRSS) Working Group

知識表現の違いを吸収するパラダイムとそこで要求される標準的な言語仕様の研究を行う。

3. External Interfaces Working Group

知識レベルでの対話の研究を行う。知識処理におけるシステム間の対話通信のプロトコル KQML (Knowledge Query and Manipulation Language)⁴⁴⁾を開発している。

4. Shared, Reusable Knowledge Bases Working Group

知識の共有の原点となる共通の概念(オントロジ)の統合化の研究を行う。オントロジを共通化するための言語 Ontolingua⁴⁵⁾の研究開発を行っている。

日本では、EDR (日本電子化辞書研究所)の横井ら⁴⁶⁾が中心となって、自然言語、マルチメディアを含めた知識ドキュメントの大規模なアーカイブを目指す NOAH プロジェクトが進められている。また ASTEM (京都高度技術研究所)における大規模知識ベース研究プロジェクトとして、溝口⁴⁷⁾を中心に共通となるタスクオントロジの研究、西田⁴⁸⁾を中心に協調問題解決のための共通のプロトコル、ターミノロジ、情報表現の研究が進められている。

4.2 ハイパメディアによる情報の構造化

3. で述べたように、ハイパメディアは、人間がそのままの形式で理解できるマルチメディア情報の共有管理の枠組としてとらえることができた。ノードには文字、図表、画像といったデータが人間に理解できるそのままの形式で入っており、その内容の解釈は人間に任されている。一方ノードを結ぶリンクは、ネットワーク構造を作り上げる。このリンクに属性を与えたり、リンク自身をさらに構造化させたりすることにより、ハイパメ

ディアの記述力・モデル化能力をさらに高めることが可能となる。先に述べた gIBIS はその典型例である。つまりノードとリンクに、議論の構造を表現するための型を導入し、一つの意味ネットワークを作り上げている。

ハイパメディアのノード／リンクモデルと、フレームシステムや意味ネットワークといった知識表現は、類似した構造をもつ。ハイパメディアの表現能力を上げて、情報の構造化を進めることにより、ハイパメディアの情報の一部を計算機が解釈して処理できるところが増えてくる。ある意味で「情報」（知識以外の情報）と「知識」のギャップが小さくなり、ハイパメディアがその橋渡しとなる可能性がある。

Aquanet

ハイパテキストを「知識の構造化」、すなわち情報の解釈やアイデアの組織化に用いる提案として、Xerox の Aquanet⁴⁹⁾ がある。Aquanet では、先に述べた gIBIS が議論の構造化にハイパテキストを用いているように、論理の展開にハイパテキストを用いている^{*}。結論である Conclusion と、それに基づく Grounds と、Grounds から結論を導く Rationale という三つの基本ノードが論理展開を構成し、個人あるいはグループでの知識の構造化を支援する。

Aquanet 以外でもハイパメディアを知識表現化しようとする試みは、最近増えてきており、Nanard⁵⁰⁾ は、ハイパメディアのノードとリンクに型を与え、型間の関係により知識を記述して、知的なナビゲーションやデータ管理を行う。また Kaindl⁵¹⁾ は、知識ベースのオブジェクトの表現と、これに対応する人が理解するための情報をひとつのノードに統合し、知識獲得を行うことを目指している。

4.3 情報と知識の混在—準構造的アプローチ

前節で述べた方向は、人間が理解する非構造的な情報と、計算機が解釈する構造的な情報（知識）とが混在する共有形態を示唆する。一般に準構造的 (semi-structured) と呼ばれるアプローチである。

Object Lens

メールはもともと人が読む情報であるが、そのヘッダ情報は人が読むことができるし計算機処理

を施す部分でもある。MIT で作られた Object Lens⁵²⁾ では、このヘッダ情報の記述を拡張して、フレーム的な構造表現を許した。これによりヘッダの表現能力を高めると同時に、ルールによる推論を導入して、メールのフィルタリング・自動返答などの支援機能を実現している。つまり人の読む情報を、計算機にも解釈可能なように拡張して、人間にも機械にも可読な情報の混在、すなわち準構造的な表現を導入したのである。最近では部品化を進めて Oval という名前になった⁵³⁾。Malone⁵⁴⁾ は準構造的な情報表現を導入することにより、調整されたコミュニケーション・メディアが実現できると結論している。

SHADE (SHARED Dependency Engineering)

SHADE⁵⁵⁾ は、Stanford 大学が中心になって研究を進めている協調設計開発の支援環境である。設計で必要とされる知識を共有することにより、製品開発に携わるメンバー間での情報の共有や、調整されたコミュニケーションをサポートする。ユーザ（人間）と設計ツール（計算機）の間のコミュニケーション・メディアとして働き、とくに設計の変更に関連する人やツールに動的に通知したり、設計の依存関係を自律的に管理したりすることを目指している。

SHADE でも準構造的な表現、すなわち計算機に解釈可能な形式的な知識と、一般の文書や特定のツール用のデータなど、人間に読める非形式的な表現との混在が許されており、それらの間の関係づけが可能である。また非形式的な表現から形式的な表現への展開を支援する。

SHADE では共有される知識表現（言語と語い）、異種ツール間でのデータ形式の違いをカプセル化するプロトコルが必要となる。4.1 に述べた知識共有・再利用の研究活動 KSE で開発中の知識表現・伝達言語、プロトコル、共通語いが SHADE では用いられる。

5. おわりに—知識メディアに向けて

グループワークにおける情報共有技術について述べた。ハイパメディア技術、知識共有技術、そしてこれら二つの独立して発展してきた技術を融合して、人間に理解できる非構造的な情報と、計算機に処理できる構造的な知識とを混在して共有する技術が作られつつある。

^{*} 文献 49) には、“NoteCards meets gIBIS” とある。

本という情報の蓄積媒体に対して、ハイパメディアは電子化により、新しい付加価値をもたらした。一方エキスパートシステムのような知識ベースは、本のように記録するだけでなく、知識を蓄積し利用することができるアクティブなメディアである。この二つのメディア、人間に可読なメディアと計算機処理可能なメディアの間に、人と計算機とが協調する形態が考えられる。それは人と人、人と計算機、計算機どうしが相互に作用できる新しいコミュニケーション・メディアであり、Stefik¹¹⁾ が提唱する知識メディア (knowledge medium) へのアプローチにほかならない。

知識メディアは、人間と機械とが協調して知的な活動ができる環境であり、CSCW 技術、知識処理技術を利用した「知識の生成・流通・利用を半自動的にサービスする情報ネットワーク」である。グループウェアの基盤となる情報と知識の共有環境の将来像として、知識メディアの概念は一つの方向を示唆しているように思われる。

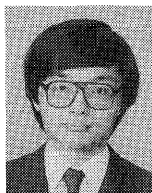
参 考 文 献

- 1) Ellis, C. A., Gibbs, S. J. and Rein, G. L.: Groupware—Some Issues and Experiences, *Communications of the ACM*, Vol. 14, No. 1, pp. 38-58 (1991).
- 2) 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, pp. 14-26 (1991).
- 3) 垂水浩幸: グループウェアのソフトウェア開発への応用, 情報処理, Vol. 33, No. 1, pp. 22-31 (1992).
- 4) 坂下善彦: 分散開発環境の事例と今後の展望, 情報処理, Vol. 33, No. 1, pp. 32-39 (1992).
- 5) Ahuja, S. R., Ensor, J. R. and Horn, D. N.: The Rapport Multimedia Conferencing System, In *Proceedings of the Conference on Office Information Systems (COIS '88)*, pp. 1-8 (1988).
- 6) Lauwer, J. C.: Replicated Architecture for Sharing Window System: A Critique, In *Proceedings of the Conference on Office Information Systems (COIS '90)*, pp. 249-260 (1990).
- 7) Crowley, T., Milazzo, P., Baker, E., Forsdick, H. and Tomlinson, R.: MMConf: An Infrastructure for Building Shared Multimedia Applications, In *Proceedings of the 1990 Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW '90)*, pp. 329-342 (1990).
- 8) Watabe, K., Sakata, S., Maeno, K., Fukuoka, H. and Ohmori, T.: Distributed Multiparty Desktop Conferencing System: MERMAID, In *Proceedings of the 1990 Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW '90)*, pp. 27-38, ACM (1990).
- 9) Ishii, H. and Miyake, N.: Toward an Open Shared Workspace: Computer and Video Fusion Approach of TeamWorkStation, *Communications of the ACM*, Vol. 34, No. 12, pp. 37-50 (1991).
- 10) 石井 裕: グループウェアのデザイン構造的アプローチと非構造的アプローチ, *bit*, Vol. 23, No. 3, pp. 37-47 (1991).
- 11) Stefik, M.: The Next Knowledge Medium, *The AI Magazine*, Vol. 7, No. 1, pp. 34-46, Spring (1986).
- 12) Greif, I. and Sarin, S.: Data Sharing in Group Work, *ACM Transactions on Office Information Systems*, Vol. 5, No. 2, pp. 187-211 (1987).
- 13) Zdonik, S. B. and Maier, D., editors: *Reading in Object-Oriented Database Systems*, Morgan Kaufmann (1990).
- 14) Cattell, R. G. G.: *Object Data Management: Object-Oriented and Extended Relational Database Systems*, Addison-Wesley (1991).
- 15) 宮崎収兄, 川越恭二 (eds.): 特集「オブジェクト指向データベースシステム」, 情報処理, Vol. 32, No. 5 (1991).
- 16) 田中 譲: ハイパーテキストとハイパーメディア—コンピュータからマインドツールへ, コンピュータソフトウェア, Vol. 8, No. 5, pp. 403-415 (Sep. 1991).
- 17) Conklin, J.: Hypertext: An Introduction and Survey, *IEEE Computer*, Vol. 20, No. 9, pp. 17-41 (Sep. 1987).
- 18) Engelbart, D. C. and English, W. K.: A Research Center for Augmenting Human Intellect, In *AFIP Proceedings Fall Joint Computer Conference*, pp. 395-410 (1968).
- 19) Nelson, T. H.: Replacing the Printed Word: A Complete Literary System, In *IFIP 1980*, pp. 1013-1023, North-Holland (1980).
- 20) Yankelovich, N., Meyrowitz, N. and van Dam, A.: Reading and Writing the Electronic Book, *IEEE Computer*, Vol. 18, No. 10, pp. 15-30 (Oct. 1985).
- 21) Meyrowitz, N.: Intermedia: The Architecture and Construction of an Object-Oriented Hypermedia System and Applications Framework, In *OOPSLA '86*, pp. 186-201 (1986).
- 22) Smith, K. E. and Zdonik, S. B.: Intermedia: A Case Study of the Differences between Relational and Object-Oriented Database Systems, In *OOPSLA '87*, pp. 452-465 (1987).
- 23) Catlin, T., Bush, P. and Yankelovich, N.: InterNote: Extending a Hypermedia Framework to Support Annotative Collaboration, In *Hypertext '89 Proceedings*, pp. 365-378 (1989).
- 24) Halasz, F. G.: Reflections on NoteCards: Seven Issues for the Next Generation of Hypermedia Systems, *Communications of the ACM*, Vol. 31, No. 7, pp. 836-852 (July 1988).
- 25) Akscyn, R. M., McCracken, D. L. and Yoder, E. A.: KMS: A Distributed Hypermedia System

- for Managing Knowledge in Organizations, *Communications of the ACM*, Vol. 31, No. 7, pp. 820-835 (July 1988).
- 26) Delisle, N. M. and Schwartz, M. D.: Contexts—A Partitioning Concept for Hypertext, *ACM Transactions on Office Information Systems*, Vol. 5, No. 2, pp. 168-186 (1987).
 - 27) Trigg, R. H., Suchman, L. A. and Halasz, F. G.: Supporting Collaboration in NoteCards, In *Proceedings of the 1986 Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW '86)*, pp. 153-162 (1986).
 - 28) Yoder, E., Akscyn, R. and McCracken, D.: Collaboration in KMS, A Shared Hypermedia System, In *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '89)*, pp. 37-42 (1989).
 - 29) Conklin, J. and Begeman, M. L.: gIBIS: A Hypertext Tool for Exploratory Policy Discussion, *ACM Transaction on Office Information Systems*, Vol. 6, No. 4, pp. 303-331 (1988).
 - 30) Rein, G. L. and Ellis, C. A.: rIBIS: A Real-Time Group Hypertext System, In Greenberg, S. editor, *Computer-Supported Cooperative Work and Groupware*, chapter 12, pp. 223-241, Academic Press (1991).
 - 31) Corporate Memory Systems, Inc.: CM/1: For Process and Quality Improvement.
 - 32) 市村 哲, 松浦宣彦, 岡田謙一, 松下 温: レイヤ構造と PilotCard 機構に基づく協同作業支援データベース, *情報処理学会論文誌*, Vol. 33, No. 9, pp. 1152-1160 (Sep. 1992).
 - 33) Berlin, L. M. and O'Day, V. L.: Platform and Application Issues in Multi-User Hypertext, In Gibbs, S. and Verrijin-Stuart, A. A., editors, *Proceedings of the IFIP WG 8.4 Conference on Multi-User Interfaces and Applications*, pp. 293-309 (1990).
 - 34) 村永哲郎, 守安 隆, 友田一郎: ハイパーメディアを用いたグループウェア MuHyme の設計と実現, *情報処理学会 グループウェア研究グループ研究会*, Vol. GW-1, pp. 59-66 (June 1992).
 - 35) 村永哲郎, 守安 隆, 友田一郎, 水谷博之: ハイパーメディアに基づく共同文書作成環境 MuHyme, *情報処理学会論文誌*, Vol. 34, No. 6, pp. 1395-1405 (1993).
 - 36) Haake, J. M. and Wilson, B.: Supporting Collaborative Writing of Hyperdocuments in SEPIA, In *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW '92)*, pp. 138-146 (1992).
 - 37) Smith, J. B. and Smith, F. D.: ABC: A Hypermedia System for Artifact-Based Collaboration, In *Hypertext '91 Proceedings*, pp. 179-192 (1991).
 - 38) Jeffay, K., Lin, J. K., Menges, J., Smith, F. D. and Smith, J. B.: Architecture of the Artifact-Based Collaboration System Matrix, In *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW '92)*, pp. 195-202 (1992).
 - 39) Egan, D. E., Lesk, M. E., Ketchum, R. D., Lochbaum, C. C., Remde, J. R., Littman, M. and Landauer, T. K.: Hypertext for the Electronic Library? CORE Sample Results, In *Hypertext '91, Proceedings*, pp. 299-312 (Dec. 1991).
 - 40) 安達 淳, 橋詰宏達: 欧米における「電子図書館」プロジェクト, *情報処理*, Vol. 33, No. 10, pp. 1154-1161 (1992).
 - 41) Lenat, D. B. and Guha, R. V.: *Building Large Knowledge-Based Systems: Representation and Inference in the CYC Project*, Addison-Wesley (1989).
 - 42) Neches, R., Fikes, R., Finin, T., Gruber, T., Patil, R., Senator, T. and Swartout, W. R.: Enabling Technology for Knowledge Sharing, *AI Magazine*, Vol. 12, No. 3, pp. 16-36 (1991).
 - 43) Genesereth, M. R. and Fikes, R. E. (eds.): Knowledge Interchange Format, version 3.0 reference manual, *Technical Report Logic-92-1*, Computer Science Department, Stanford University (Mar. 1992).
 - 44) Finin, T., Weber, J., Wiederhold, G., Genesereth, M., Fritzson, R., McKay, D., McGuire, J., Pelavin, P., Shapiro, S. and Beck, C.: Specification of the KQML Agent-Communication Language, *Technical Report, EIT*, Palo Alto, CA (1992).
 - 45) Gruber, T. R.: Ontolingua: A Mechanism to Support Portable Ontologies, *Technical Report KSL.91-66*, Stanford University, Knowledge Systems Laboratory (Mar. 1992).
 - 46) 横井俊夫: 知識処理と自然言語処理の融合としての大規模知識ベース—電子化辞書から知識アーカイブへ—, *人工知能学会誌*, Vol. 8, No. 3, pp. 286-296 (May 1993).
 - 47) 溝口理一郎他: 知識の再利用を目指したタスクの分析とタスクオートロジーの整備, *人工知能学会研究会資料*, 第 SIG-F/H/K/I-9201-6 (12/4) 巻, pp. 41-48 (Dec. 1992).
 - 48) 西田豊明: 大規模知識ベース構築への私案, *電子情報通信学会技術研究報告「人工知能と知識処理」*, pp. 1-267-1-268 (Jan. 1991).
 - 49) Marshall, C. C., Halasz, F. G., Rogers, R. A. and Janssen, W. C. Jr.: Aquanet: A Hypertext Tool to Hold Your Knowledge in Place, In *Hypertext '91 Proceedings*, pp. 261-275 (Dec. 1991).
 - 50) Nanard, J. and Nanard, M.: Using Structured Types to Incorporate Knowledge in Hypertext, In *Hypertext '91 Proceedings*, pp. 329-343 (Dec. 1991).
 - 51) Kaindl, H. and Snaprud, M.: Hypertext and Structured Object Representation: A Unifying View, In *Hypertext '91 Proceedings*, pp. 345-358 (Dec. 1991).
 - 52) Lai, K.-Y., Malone, T. W. and Yu, K.-C.: Object Lens: A "Spreadsheet" for Cooperative Work, *ACM Transactions on Office Information Systems*

- tems, Vol. 6, No. 4, pp. 332-353 (1988).
- 53) Malone, T.W., Lai, K.-Y. and Fry, C.: Experiments with Oval: A Radically Tailorable Tool for Cooperative Work, In *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW '92)*, pp. 289-297 (1992).
- 54) Malone, T. W., Grant, K. R., Lai, K.-Y., Rao, R. and Rosenblitt, D.: Semistructured Messages Are Surprisingly Useful for Computer-Supported Coordination, *ACM Transaction on Office Information Systems*, Vol. 5, No. 2, pp. 115-131 (1986).
- 55) Gruber, T. R., Tenenbaum, J. M. and Weber, J. C.: Toward a Knowledge Medium for Collaborative Product Development, In *Proceedings of the Second International Conference on Artificial Intelligence in Design*, pp. 413-432, Kluwer Academic (1992).

(平成5年4月28日受付)



村永 哲郎 (正会員)

1961年生. 1984年東京大学工学部計数工学科卒業. 同年(株)東芝入社. 以来, 研究開発センター情報・通信システム研究所において, 知識処理システム, グループウェアの研究開発に従事. 共訳書「メンタルモデル」(産業図書). ACM, 人工知能学会各会員.



守安 隆 (正会員)

1954年生. 1977年京都大学工学部精密工学科卒業. 1982年同博士課程修了, 1983年東京芝浦電気(株)(現, 東芝)入社. 以来, 研究開発センター情報・通信システム研究所において, AI, グループウェアの研究開発に従事. 1987~89年 Edinburgh 大学 AIAI 駐在研究員. IEEE, 人工知能学会, 計測自動制御学会各会員.

