

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†

市村 哲^{††} 松浦 宣彦^{††}
岡田 謙一^{††} 松下 温^{††}

著者らは、「チーム」という作業形態を想定し、チームのためのコンピュータシステムを「チームウェア」と名づけ、研究、開発を行ってきた。本論文では、チームウェア・アプリケーションの核となるデータベースに関して議論を行う。協同作業においては、共有データを利用することができるだけでなく、個人的な情報や作業データを管理できる個人専用の作業空間が提供される必要がある。著者らは、チーム作業形態をモデル化するために個人の作業環境と協同作業環境の融合を実現するレイヤ構造を考案し、オブジェクト指向データベースのデータ管理構造に取り入れた。レイヤの独立性により個人作業環境を保証し、レイヤの透過性により個人作業環境と協同作業環境の融合を実現している。くわえて作業環境においては、興味のある項目に印を付ける、関連項目を結び付けるなど、個人の主観をデータに反映させることが重要である。PilotCard は、個人的に思い付いたことをメモしてテキスト、画像を問わず任意のデータに貼ることを可能にし、また、任意のデータ間にハイパーメディアリンクを構築することをユーザに許している。さらに PilotCard は、電子メールを介したハイパーリンク構築機能を持っており、PilotCard を電子メールに含めて他のメンバに渡すことにより、自分のデータと他人のデータとを結び付けることができる。現在、チームウェアデータベースは利用評価段階である。

1. はじめに

コンピュータ技術の急速な進歩により個人の生産性は飛躍的に向上してきた。と同時に、近年のパソコンやワークステーションの急速な普及はコンピュータ資源の個人占有化を促した。しかし、会社等の組織における実際の作業は複数人による協同作業という形態をとることが多く、一人で仕事を推進することはまれである。それにもかかわらず現在グループワークを支援する環境はあまりなく、個人の生産性向上にのみ重点が置かれている^{1)~3)}。そこで著者らは、「チーム」という作業形態を想定し、チームのためのコンピュータシステムを「チームウェア」と名づけ、研究、開発を行ってきた⁴⁾。チームウェアは、時間的、空間的に分散指向の強い作業を支援対象としており、分散型協調作業支援と蓄積型対話支援を主な目的としている^{5),6)}。本論文では、チームウェア・アプリケーションの核となるデータベース(以下「チームウェアデータベース」と呼ぶ)に関して議論し、その基盤スキームであるレイヤ構造と PilotCard 機構を提案する。

著者らは、チームを「達成すべき共通の目標に向か

って、各自に割り当てられた実作業を独立に進めていく、開発作業のエキスパートの集団」と定義している⁵⁾。例えばチームは、プログラム開発や、ドキュメントの協同作成などを行うために集められたエキスパートの集団であり、チームの中での個人の独立性は比較的高く、一人一人に割り当てられた仕事には各自が責任を負っている。例えばチームによる典型的な作業の進め方は次のようである。チームの各メンバは、既に決定している仕様書、会議の議事録、仕事のスケジュール等のプロジェクトの枠組みを参照しながら独立に作業を推進する。その間、特定のメンバ間で話し合いを行ってわからないことを解決しその結果を作業にフィードバックさせたり、未完製品を何人かで共有して助言を求め合いながら、あくまでも自分に割り当てられた仕事を成し遂げるために作業を行う。作業の最終段階では、個々に進めた作業結果は共有の場に提出され、統合、調整が実施される。個別作業過程に戻る必要性が生じることもあるが、全体の作業は集結に向かう。

このようなチームを資源管理形態の面から見ると、共有データだけを管理する従来の共有データベースシステムは、チーム作業形態に十分であるとは言えない。すなわち、共有データを利用できるだけでなく、個人的な情報や作業データを管理できる個人専用の作業空間が提供され、各自が独立して作業するための環境が整備されている必要がある。そこで著者らは、

† A Team-Oriented Database System Based on a Layered Architecture and a PilotCard Mechanism by SATOSHI ICHIMURA, NORIHIKO MATSUURA, KEN-ICHI OKADA and YUTAKA MATSUSHITA (Department of Instrumentation Engineering, Faculty of Science and Technology, Keio University).

†† 慶應義塾大学理工学部計測工学科

チーム作業形態をモデル化するために個人の作業環境と協同作業環境の融合を実現するレイヤ構造を考案し、オブジェクト指向データベースのデータ管理構造に取り入れることとした⁷⁾。このレイヤ構造では、各個人ごとに「個人用レイヤ」と呼ばれるレイヤが存在し、また、複数人に共有されるデータを管理する「共用レイヤ」が存在する。個人用レイヤと共用レイヤの間には透過性があり、共用レイヤ上の資源を個人用レイヤに継承することができるので、別のサイトに置かれた共有データをあたかも自分のデータのように扱うことができる。すなわち、レイヤの独立性により個人作業環境を保証し、レイヤの透過性により個人作業環境と協同作業環境の融合を実現している。

くわえてチーム内の各メンバの作業を支援する観点から、データに対する自分独自の主観（データに対する個人的な解釈）をデータ管理方法に反映でき、共有資源へも個人の主観に基づいてアクセスできる仕組みを、PilotCard 機構を導入することによって実現した。例えば、興味のある項目に印を付ける、ちょっとした思い付きをメモする、関連項目を結び付けるなど、個人の主観をデータ管理に反映させることが作業推進において極めて重要である。しかし従来のデータベースでは、あらかじめ決められている属性以外の情報を付加するための機能がなく、また、情報検索手段に関しても、属性値検索以外のデータへのアクセス法を提供していない。本論文で提案する PilotCard は、メモを書き込むための領域とリンクをたどるためのボタンを持ち、個人的に思い付いたことをメモしてテキスト、画像を問わず任意のデータ（個人専用データおよび共有データ）に貼ることを可能にし、また、任意のデータ間にハイパーメディアリンクを構築することをユーザに許している^{8),9)}。さらに、実際の協調活動では、作業の途中結果について他人に意見を求めることや、反対に他人から意見を求められることは日常茶飯事であり、また、未完製品でも特定のメンバの間では共有したいという要求もよく発生する。このために PilotCard は、電子メールを介したハイパーリンク構築機能を持っており、PilotCard を電子メールに含めて他のメンバに渡すことにより、ユーザは自分のデータと他人のデータとを結び付けることができる^{10),11)}。以上のように PilotCard は、統一的な操作により、メモ機能、リンク機能、検索機能、対話機能を

提供し、チーム内の各メンバの作業を支援する。

チームウェアデータベースは、現在実験システムの開発を終了し、利用評価を行っている段階である。本論文では、2章でレイヤ構造の特徴とその実現方法について述べ、3章で PilotCard の特徴および機能について述べる。4章ではシステム構成とユーザインタフェースについて述べ、5章ではチームウェアデータベースの利用評価に関して議論する。

2. レイヤ構造

快適な協調作業環境を実現するには、独立した個人作業環境が保証されていること、個人作業環境と協同作業環境が効果的に融合されていることが重要である。そこでチームウェアデータベースでは、チームのデータ管理にレイヤ構造を取り入れ、レイヤの独立性により個人作業環境を保証し、レイヤの透過性により個人作業環境と協同作業環境の融合を実現している。

2.1 レイヤ構造の概要と特徴

本論文では、レイヤを「利用者および利用グループごとに割り当てられた作業空間」と定義している。各レイヤは物理的に別々のコンピュータサイトに分散しているが、システム全体で論理的に層状に重なり合う構成をとっている（図1参照）。レイヤの種類は、複数人に共有される作業環境を提供する共用レイヤと、各個人に独立した作業環境を提供する個人用レイヤに分けられる。共用レイヤには、チーム全員に必要な情報、例えば会議の議事録、仕様書、スケジュール等の事前に定められたプロジェクトの枠組みや、参考資料や関連情報等のプロジェクトの進行にとって必要な知識が置かれる。また、プロジェクトの後半には、完成品や承認された個人の作業結果も置かれ、チーム全員に利用される。一方、個人用レイヤには、その個人に

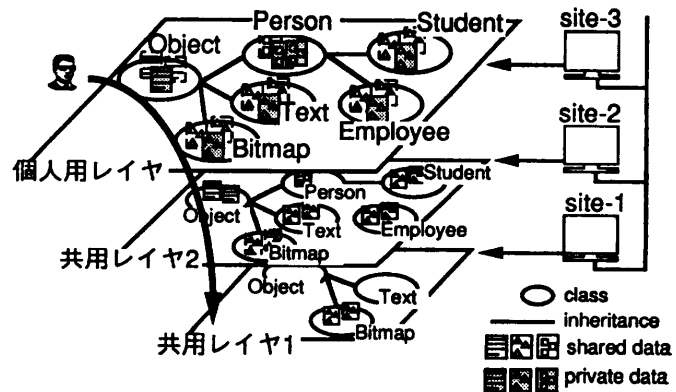


図1 レイヤ構造に基づく資源管理形態（多重レイヤ構造）
Fig. 1 Data sharing through a multi-layered architecture.

のみ必要な情報や作業の途中結果が置かれる。共用レイヤ上のデータのアクセス制御権は、チームリーダー、あるいはレイヤ管理者に委ねられており、原則的には、個人は共用レイヤ上のデータを読み出すことのみ可能で、管理者に無断で書き込むことは禁止されている。なぜなら、チーム作業形態において、一般ユーザが共用レイヤ上のデータを変更する必要性は極めて小さく、完成した作業結果を個人用レイヤ上から共用レイヤ上に移動する時のみ共用レイヤへの書き込み要求を管理者に発するからである（作業の途中結果を複数人で共有したい場合は、後述の PilotCard の対話機能を用いる）。一方、個人用レイヤ上のデータのアクセス制御権は、そのレイヤの所有者に属しており、許可が与えられることで他人のレイヤ上のデータを読む、あるいは読み書きすることができる。これにより、チームの各個人は個人に固有のレイヤ上で作業を進めることができるので、他人に惑わされない自分専用の作業環境を築けることが保証される。

このレイヤ構造の持つ重要な特徴として、レイヤの透過性がある（図1参照）。ここで言うレイヤの透過性とは、物理的に離れたサイト内の資源をあたかも自分のサイト内に存在するかのように扱うための機構であるが、著者らは、この位置透過性を分散オブジェクト指向データベースの構造に導入した。具体的に言うと、チーム全員で共有するような大域的なクラスやデータを共用レイヤ上に置き、共用レイヤ上にあるクラスが有する資源を個人用レイヤ上のクラスが継承するのである。このレイヤの透過性により、各ユーザは共用レイヤ上のデータを読むだけでなく、クラス属性やメソッドを個人用レイヤ上のクラスに継承することができ、共通部分を再構築することなしに自分の作業に適した独自の構造を構築することができる。従来の資源占有指向の作業環境（または個人用データベースシステム）の場合、作業に取り掛かる前に、各人は自分自身の作業環境や資源を一から構築しなければならず、また、一人一人が冗長に同一データを保持しなければならなかった。しかし、チーム全員に共通している部分はかなりの比重を占めると想像され、この共通部分を共用レイヤ上に置き、それらの資源を個人用レイヤ上に継承すれば作業能率を向上させることが可能である。

さらに、チームウェアデータベースでは、図2のように共用レイヤを多重構造にすることが可能である¹²⁾。実際の組織では、1つの大きなプロジェクトをいくつ

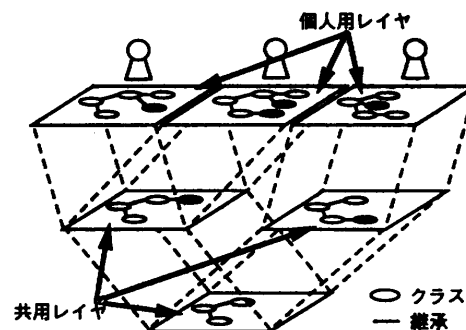


図2 多重レイヤ構造

Fig. 2 A multi-layered architecture.

ものサブプロジェクトに分けて仕事を推進する形態がしばしば見られるが、資源管理の面からは、共用レイヤを多重化することでこのような作業形態に適応できる。試作したデータベースシステムでは、ユーザの要求に応じて共用レイヤを何重にも多層化することができ、それら多重化された共用レイヤの間に前述したようなレイヤの透過性を持たせられる。

個人用データベースと共用データベースを統合したデータベースシステムは、数は少ないものの、CADデータベースとして研究・開発されたものが存在する。これらのシステムは共通に、共用データベースを共有データのリポジトリとして考えており、ユーザがチェックアウト操作¹³⁾を行うことにより、一時的に個人用データベースにデータを取り込めるようにしている。また逆に、個人用データベースに取り込まれたデータは、ユーザによる更新の後、チェックイン操作¹³⁾によって共用データベースに書き戻される。しかし、これらのデータベースシステムは、チームウェアデータベースとは異なり、個人用データベースを共用データベースからのコピーデータを置いておくための一時的なワークスペースとしてとらえている。さらに、レイヤ間に透過性がなく、ユーザはデータの物理的な存在場所を意識して作業を行うことが前提となっている。チームウェアデータベースでは、個人用レイヤと共用レイヤの間の透過性により、共用レイヤ上の資源を個人用レイヤに継承することができるので、別のサイトに存在する共有データをあたかも自分のサイト内のデータであるかのように扱うことができる。

2.2 レイヤ構造の実現方法

協調作業で共有されるデータはテキスト情報ばかりではなく図面や写真も多い。すなわち、マルチメディアを扱えるデータベースが必要となる^{14),15)}。さらに、チームの他のメンバが作成したデータにアクセスする

必要が生じたとき、その構造や扱い方を知らなくても単なる要求の発生だけで使用できることが望ましい⁵⁾。これは抽象データ型にはかならない。このように、マルチメディアを扱えること、抽象データ型であることなどはオブジェクト指向データベースの必要性を示唆している¹⁶⁾。これらのことから、レイヤ構造を実現するにあたって、オブジェクト指向データベースを実現手段として選んだ。

チームウェア設計にあたって、チーム協調活動における個人の独立性は高く、各メンバが個人専用のワークステーションを用いて分散環境で作業を進めていくという環境を想定しており、個人レイヤ上のデータは原則的に個人用ワークステーションの二次記憶装置に格納されることが好ましいと考えた。この形態は、個人データへアクセスする際にネットワークに余計な負荷を与えず、個人の生産性の向上のために望ましい形態である。各ワークステーション（1つのレイヤに対応する）には、1つのデータベースサーバが存在しており、データへのアクセス操作およびデータベースの一貫性の維持を司っている。個人用レイヤ上のデータへの参照は、ネットワークを介さず当該レイヤのデータベースサーバにアクセスすることにより実現され、一方、共用レイヤ上のデータへの参照は、ネットワークを介した当該レイヤ間のデータベースサーバ同士の通信によって実現される。このようにシステム内部では、データの物理的位置によって参照方法は異なるが、ユーザはデータの位置を意識する必要はなく、共用レイヤ上のデータに対しあたかも個人用レイヤ上のデータであるかのようにアクセスできる¹²⁾。

レイヤ構造を実現するために、オブジェクト識別子は分散環境でのオブジェクトの存在位置情報をその中に含んでいる。具体的には、オブジェクト識別子は、レイヤ識別子とそのレイヤ内でのインスタンス識別子のペアで表される。オブジェクト識別子の中にクラス識別子は含まれていないが、オブジェクト自身の中にどのクラスに属するオブジェクトであるかという制御情報が書かれており、各レイヤ上には、その制御情報をクラス識別子に変換するためのマッピングテーブルが用意されている¹⁰⁾。この方式をとることにより、クラス構造の変化（例えばクラスの再分割）に対応しやすくなる¹⁷⁾。特に、共用レイヤ上のクラス構造が変化するような時には、大量のデータを別のクラスに移動させなくてはならないが、この方式を用いればマッピングテーブルを変更するだけでよい。

また本システムでは、クラスを識別するために各クラスにクラス識別子を割り当てている。この識別子は各レイヤ内で一意に決まるものである。すなわち、クラスは先に述べたレイヤ識別子とクラス識別子のペアによりシステム全体で一意に決定できる。レイヤの透過性を実現するために、個人用レイヤ上の各クラスは、そのクラス定義の中に共用レイヤ上の対応するクラス（透過しているクラス）の識別子を保持しており、このクラス識別子を利用して共用レイヤ上のクラスのクラス属性やメソッドを継承する。さらに多重レイヤ構成に際しては、個人用レイヤ共用レイヤを問わず、レイヤ上の各クラスはそのクラス定義の中に、1層下位のレイヤ上の対応するクラスの識別子を保持しており、これを利用して下位レイヤ上の対応クラスのクラス定義を継承している。

分散型のオブジェクト指向データベースでの重要な問題の1つに、メソッドがどのサイトで実行されるかという問題がある。チームウェアデータベースでは、共用レイヤを管理するデータベースサーバの負荷を軽減し、メソッド実行処理の高速化をはかるために、共用レイヤ上のデータに対するメソッドの実行は、メソッドを起動した個人のワークステーション上で行われる¹⁰⁾。レイヤ間の透過性により、共用レイヤ上のクラスのクラス属性やメソッドは既に個人用レイヤに複製されており、共用レイヤ上のオブジェクト（オブジェクト本体）を個人のワークステーションに読み込んでメソッドを実行するという処理を行う。個人作業が大きな比率を占めるチーム作業形態では、共用レイヤ上のクラス定義が頻繁に変更されることはなく、共用レイヤのクラス定義と個人用レイヤのクラス定義の一貫性を保つことはパフォーマンスを損なうものではない。

3. PilotCard

作業環境においては、興味のある項目に印を付ける、ちょっとした思い付きをメモする、関連項目を結び付けるなど、従来のデータベースではサポートされていなかった、柔軟なデータ操作が求められる。これに関連して、協同作業環境においては、共有資源へ個人の主観に基づいてアクセスできる仕組みや、特定のメンバの間で作業の途中結果を共有するための仕組みが望まれる。本論文で提案する PilotCard は、これらの要求を満たすための、メモ機能、リンク機能、検索機能、対話機能を提供する。

3.1 PilotCard の概要と特徴

PilotCard は案内人という意味を持ち、ユーザは個人的に思いついたことをメモしてテキスト、画像を問わず、任意のデータに貼ることができる。さらに、データの属するクラス、属性に関わらず、個人のレイヤに存在するデータ同士、また共用レイヤに存在するデータと個人のレイヤに存在するデータの間で個人の主観に基づいてハイパーリンクを作成することを可能とする(図3参照)。PilotCard は、メモを書き込むための領域とリンクをたどるためのボタンを含み、任意のデータの任意の場所に貼ることができる機構を持ち、チームウェアデータベースの特殊クラスである PilotCard クラスのオブジェクトとして各個人レイヤ上にストアされ管理される。この PilotCard を用いることでマルチメディア対応のハイパーテキストシステムを実現できるということ、および、時間の経過と共に、関連事項という個人的なデータが蓄積されることが重要な特徴である。すなわち、PilotCard は、データベース設計段階において予期できなかった個人の主観を表現することが可能となるというユーザカスタマイズ機能を提供し、リンクを次々たどることでデータのナビゲーションとしての機能も兼ね備える。

さらに、PilotCard は電子メールを介したハイパーリンク構築機能を持っており、自分のデータに貼った PilotCard を電子メールに含めて他のメンバに渡すことにより、自分のデータと他人のデータとを結び付けることができる(ここで、PilotCard を電子メールに含ませるとは、PilotCard が貼られたデータのオブジェクト識別子とメモと制御情報を、後述のメールサーバが理解できる書式で電子メールに書き込むことを意味している)。今までにも複数人で共有されるハイパーテキストシステムは数多く研究・開発されてきた¹⁸⁾⁻²²⁾。しかしながら、いざユーザが自分のデータと他人のデータをリンクしようとした場合、他人に

よって管理されている巨大なハイパーネットワークの中を探しまわって、特定のノードを自分で探し出すしかなかった。特にチーム作業形態のように個人の独立性が高いような時、各メンバは他人がどのようにデータを管理しているかに関してまったく知らない場合がほとんどであり、自分の欲しい情報が他人のワークスペースの中でどこにどのような状態で存在するのかわからない。そこで著者らは、データの存在位置を知っているデータの所有者に探索を依頼し、そのデータへのアクセスポイントを受け取るという方法を考案した。このアクセスポイント(PilotCard)の受け渡しのために電子メールを用い、非同期でのインタパーソナルリンク構築を実現した。

3.2 PilotCard の機能

以下に、PilotCard の持つメモ機能、リンク機能、検索機能、対話機能を定義し、それぞれについて機能を説明する。

a) メモ機能: 作業中に気になったデータや再び参照する可能性のある箇所に PilotCard を貼り付け目印とする。PilotCard 上にメモを書き込む、不要になったら剥すなどが可能である。ユーザは自分のレイヤと共用レイヤ上のデータに PilotCard を自由に貼ることができる。ただし PilotCard は、PilotCard クラスのオブジェクトとして各個人レイヤ上で管理されており、共用レイヤ上に貼られた PilotCard でも、それを貼った個人にのみ見える。すなわち、共用レイヤ上のデータに論理的に貼られた PilotCard は、物理的には各個人のレイヤ上で管理されているので、共用レイヤ上のデータに貼られた他人の PilotCard に惑わされることはない。

b) リンク機能: PilotCard はリンク機能を持ち、これにより異なる種類のデータの間でも、個人の主観による関連付けを行うことができる。例えば、共用レイヤ上のデータ(共有データ)に対して、個人の観点でリンクを構築することにより、一般的には客観的な関連性しか持たない共有データに対し、新たに主観的な関連性を持たせることができる。メモ機能の項でも述べたように、共有データに貼ったリンクは自分専用のものであり、他人からは不可視である。このリンクをたどることにより、データへの連想的なアクセスが可能となり、後から自分の作業内容を点検するときなどに大きな助けとなる。

c) 検索機能: PilotCard を用いた検索としては、目印として PilotCard を貼ったということに重点を置

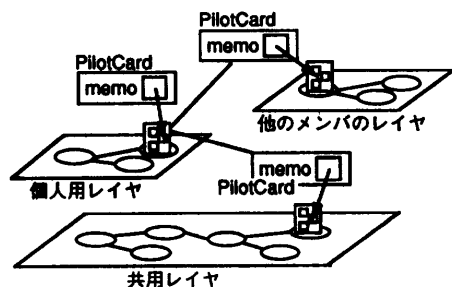


図3 PilotCard 機構
Fig. 3 PilotCard mechanisms.

き, PilotCard が貼られているデータを次々に呼び出すという機能と, PilotCard 上に書かれたメモをキーワードとして, その PilotCard が貼られているデータを呼び出すという機能が用意されている⁹⁾. これらの機能は, 人間の断片的な記憶による検索を支援する.

d) 対話機能: 自分のデータに貼り付けた PilotCard を電子メールに含ませて仲間に送り, 仲間自身によりその PilotCard を彼/彼女のデータに貼ってもらうことで, ハイパーリンクを複数人のデータ間に作

ることができる (図 4 参照). リンクやメモは共有されることになり, 関連情報が個人の壁を超えて結び付けられたことになる. この対話機能により, 仲間に対し依頼や助言をすること, まだ公開できないようなデータを限られた仲間同士だけで共有することなどが可能となる.

4. システム構成とユーザインタフェース

チームウェアは, 分散型協調作業支援と蓄積型対話支援を主な目的としており, レイヤ構造を持ったオブジェクト指向データベースと PilotCard に基づくハイパーメディアを統合することで, チームウェア・アプリケーションの核となるデータベースシステムを形成している. さらに, データベースとハイパーメディアを融合することによって, 今までに述べてきたように, ユーザに対してデータへの柔軟なアクセス手段を提供している. ユーザインタフェースの一例を図 5 に示すが, まとめると, ユーザは以下の 4 種類のデータアクセス手段を任意に選択し, 利用できる.

a) ブラウジング: オブジェクトブラウザを用いたデータのブラウジング機構 (図 5 参照)

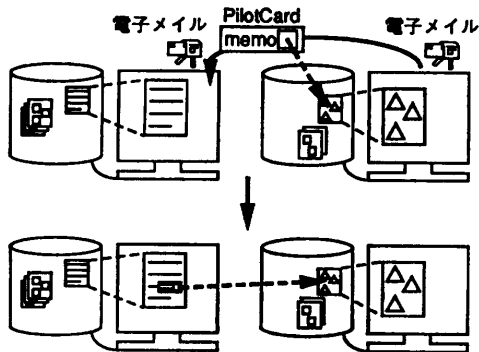


図 4 電子メールを用いたインターパーソナルリンク構築法
Fig. 4 Creating an interpersonal link through an E-mail system.

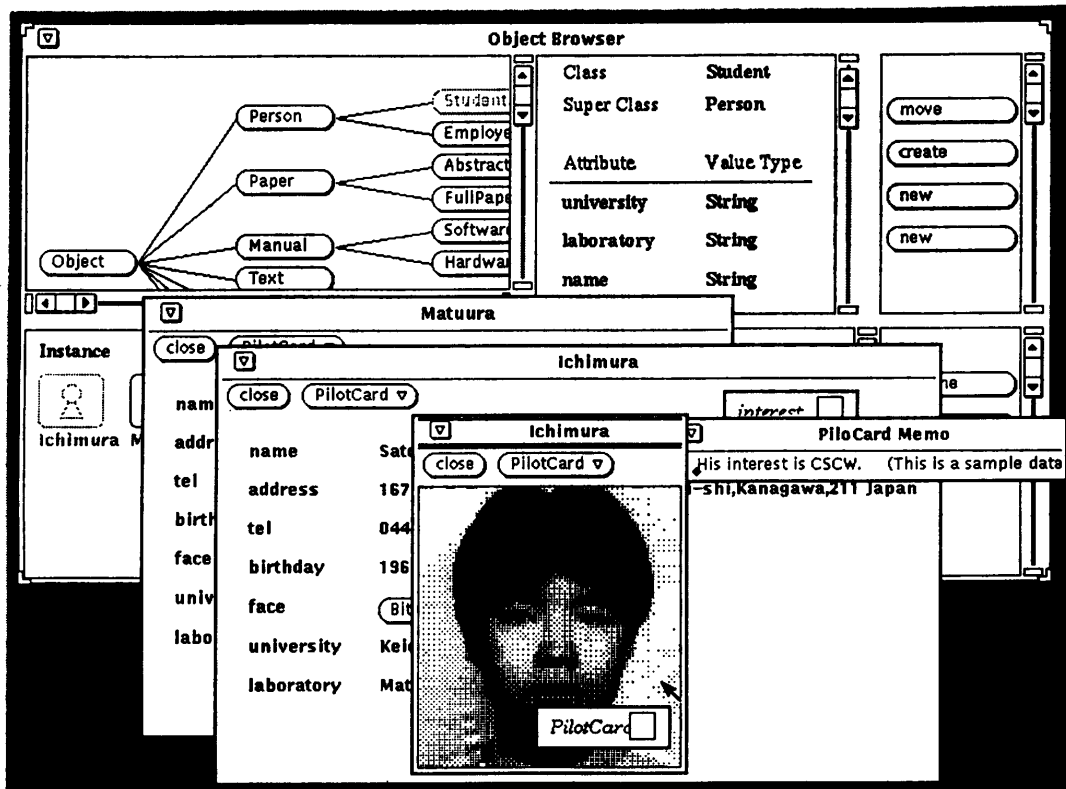


図 5 ユーザインタフェース
Fig. 5 An example of the user interface.

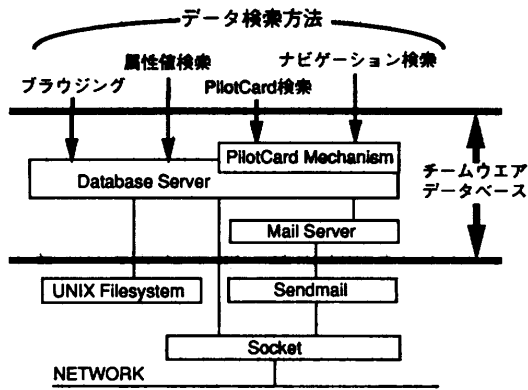


図 6 システム構成 (1 サイト内)
Fig. 6 The system configuration.

b) 属性値検索: 属性値検索のための QBE (Query-By-Example) 方式の条件検索機構⁸⁾

c) ナビゲーション検索: PilotCard のリンクをたどるナビゲーション検索機構

d) PilotCard 検索: PilotCard に書かれたメモを対象としたキーワード検索機構

本システムにおける 1 サイト内のシステム構成は図 6 のようになっている。図中の下向きの矢印は 4 種類のユーザアクセス手法を表している。図で表されているように、PilotCard 機構はデータベースサーバの中に埋め込まれているが、PilotCard が電子メールと共に転送される場合は、独自のメールサーバを介した後、既存の UNIX 電子メールシステムを用いて転送される。また、実装済みの実験システムでは、オブジェクトの保存に UNIX のファイルを用いているが、現在実装中のバージョンでは、不定長データに対応できるリレーショナルデータベースである Empress を採用し、データアクセス速度と信頼性の向上を目指している²³⁾。システムは Ether ネットで接続された Sun ワークステーション上で稼働しており、また、ユーザインタフェース部の構築のために XView ツールキットが使用されている。

5. チームウェアデータベースの利用評価

これまでに、著者らの研究室において、同じ研究グループに所属する学生を対象とした利用評価を行ってきた。被験者となったのは、グループウェアおよびデータベースの研究に 1 年～4 年携わった学生約 10 名であり、任意に 2～4 名のグループを形成して実験的な協同執筆作業を行った (データ数は、共用レイヤ/各個人用レイヤそれぞれについて数十から百程度である)。これらの利用者に対し、システムの特徴が協

同作業支援に有効かどうか、システムが抱える問題点はないかという点に関するアンケート調査を行った。ここでは、現在までに出された評価を基に、システムの有効性、問題点、今後の改良策に関して議論を行う。

被験者全員が有効性を認めたシステムの特徴は、PilotCard が提供するデータ操作の柔軟性であった。その中でも特に対話機能はグループの協同作業において効力を発揮した。実験対象としたデータの数が少なかったために、後から参照する際の目印として自分のデータに PilotCard を貼りつけるという必要性はほとんど生じなかったが、他人の作業データを参照しながら作業を進めなければならないという場合、たとえば相手の作業データ数が少なくとも、被験者らは相手の作業空間を探しまわるようなことはせず、PilotCard の対話機能を用いて自分の作業データと相手の作業データを結び付けた。作業データ数が増えるにしたがって、他人のデータ空間から特定のデータを探し出すのはますます難しくなるということから、PilotCard の対話機能はより効力を発揮することが予想できる。

各個人用レイヤ上のデータに貼られた PilotCard の数と比較して、共用レイヤ上のデータに貼られた PilotCard の数は遙かに多かった (すべての実験セッションにおいて 3 倍以上)。データ数の増加にとともに、個人の作業データに対しても PilotCard が貼られる頻度は増加するものと考えられるが、基本的に、PilotCard は共用レイヤ上のデータのような自分で作成していないデータ (多くの場合、共用レイヤ上のデータ) に対して頻繁に貼られるだろう。そもそも PilotCard の設計目的は、今まで自分独自の観点から眺めることができなかった情報に自分の主観に基づいてアクセスできるようにすることであり、実験結果はそれを反映したものであった。

システムの問題点に関して半数以上の被験者が指摘した事項は、個人が個人用レイヤから共用レイヤに作業結果を移動する際に、共用レイヤの管理者からいちいち承諾を得なくてもよいようにしてほしいということであった。共用レイヤに書き込まれた情報はその共用レイヤを使用しているすべてのユーザに無条件で見えてしまうということから、不適当な情報や冗長な情報が共用レイヤ上に不用意に書き込まれないために、共用レイヤへの書き込みは管理者の監視のもとで行えないようにしてきた。しかしながら、実際には管理者が不在の場合や他の仕事で忙しいような場合が多く、スムーズに作業が進まなかったということからこ

のような要望が多く出たのである。しかるに、管理者を介在させなくても、共用レイヤと個人用レイヤの間でのデータの移動が行え、またその際に、個人に割り当てられた作業の結果を共用レイヤの適切な場所（共用レイヤの管理者が意図した場所）に確実に格納するためのメカニズムが必要になる。そこで、この問題の解決策として CAD データベースで研究されているチェックイン・チェックアウトの機構をチームウェアデータベースに導入することを考えている。具体的には、各個人の作業結果を書き込むための領域をあらかじめ管理者が共用レイヤ上に確保しておき、ユーザが作業を始める時には、自分に割り当てられた共用レイヤ上の領域から作業結果を書き込むための「器」（疑似データ）をチェックアウトし、個人用レイヤ上で行った作業結果をその器に書き込み、その後、チェックイン操作によって共用レイヤに書き戻すのである。これにより共用レイヤの不用意な改変を防ぐことができる。

チームウェアデータベースでは、ユーザの要求に応じて共用レイヤを何重にも多層化することができ、それら多重化された共用レイヤの間に透過性を持たせることができるようになってきているが、現在の仕様では、組織構造が動的に変化するような状況に対応することが難しいという欠点がある。組織構造が変化したり、共有データを管理するサーバマシンが変更になった場合には、大量データの移動やオブジェクト識別子の付け替えを行わなくてはならないが、それにくわえ、個人用レイヤに複製されている共用レイヤ上のクラスのクラス定義をも一斉に変更しなくてはならない。パフォーマンスを損なうだけでなく、協同作業環境の変更を受けて個人の作業環境まで変わってしまうこともあり、使い慣れた作業環境を失うことにもなりかねない。ユーザの慣れ親しんだ作業環境を変化させることなく、動的に変化する協同作業環境といかにうまく融合させるかは、大きなテーマであり、著者らの今後の課題としたい。

6. おわりに

本論文では、チームという作業環境を想定し、その支援システムであるチームウェアの核となる支援環境およびデータベースについて、概要、設計理念、実現方法、ユーザインタフェース、利用評価を、実装システムの説明をまじえて述べた。また評価の結果、今後改善すべき問題点が明らかになり、これからの研究の指針を発見できた。評価に際しては研究室の学生を実

験対象としたが、実際のビジネスの場において使用してみる必要があるだろう。

コンピュータとネットワークの性能向上により、グループウェア実現の基盤はほぼできあがりつつあるが、グループの生産性を向上させるには、今まで個人が占有していた資源を、パーソナルなものからインタパーソナルなものへと進化させる工夫が必要となる。筆者らは、この観点からチームウェアデータベースについて述べたつもりである。

謝辞 チームウェアの実現に際して共に多くの議論を交わした稲村浩氏、三上敦氏、中野智加良氏、ならびにチームウェアデータベースの実装に際し協力しあった塚田晃司氏、伊藤陽子氏、平石真一氏、藤野剛氏、木川弘久氏に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Engelbart, D. and Lehtman, H.: Working Together, *BYTE*, Vol. 13, No. 13, pp. 245-252 (Dec. 1988).
- 2) 石井, 大久保: コンピュータを用いた人間の共同作業支援技術について, マルチメディア情報と分散協調シンポジウム論文集, 情報処理学会, pp. 27-36 (1989).
- 3) 市村, 松下: コンピュータとグループコミュニケーショングループウェアからのアプローチ, 情報処理学会研究報告, 91-OS-52-1 (1991).
- 4) 松下: 分散処理技術の新課題, 電子通信学会論文誌, Vol. J 74-B-I, No. 11, pp. 863-868 (1991).
- 5) 市村, 松浦, 岡田, 松下: 分散協調型作業支援システム—チームウェア, 1990年代の分散処理シンポジウム論文集, 情報処理学会, pp. 77-86 (1990).
- 6) 松浦, 市村, 平岩, 岡田, 松下: チーム協調のためのデータベースの提案, 電気/情報関連学会連合大会, Vol. 5, pp. 103-106 (1990).
- 7) Ichimura, S., Matsuura, N., Hiraiwa, S., Okada, K. and Matsushita, Y.: A Teamware Workbench for Information Management and Associative Retrieval in the Distributed Environment, *Proc. of IEEE CS 1st International Workshop on Interoperability in Multidatabase Systems*, pp. 330-333 (Apr. 1991).
- 8) Ichimura, S., Matsuura, N., Okada, K. and Matsushita, Y.: A Database System Suitable for Team Cooperative Work, *Proc. of Future Database '90 Far-East Workshop on Future Database System*, pp. 105-114 (Apr. 1990).
- 9) Matsuura, N., Ichimura, S., Hiraiwa, S., Okada, K. and Matsushita, Y.: A Teamware Workbench for Multimedia Information Management, *Proc. of ICS '90*, Vol. pp. 402-407

- (Dec. 1990).
- 10) Ichimura, S. and Matsushita, Y.: A Pilot-Card-Based Hypermedia Network Integrated with a Layered Architecture-Based OODBMS and an Object-Forwarding Mail System, *Proc. of ACM Computer Science Conference*, pp. 431-438 (Mar. 1992).
 - 11) Ichimura, S. and Matsushita, Y.: A Mail System for Automating Communication Based on Object-Forwarding Mechanism, *Proc. of ISCOM '91*, Vol. 2, pp. 638-641 (Dec. 1991).
 - 12) 塚田, 市村, 岡田, 松下: 並行協調作業の支援に適した多重レイヤ構造の提案, 情報処理学会研究報告, 91-DPS-52-10 (1991).
 - 13) Kim, W., Ballow, N. et al.: A Distributed Object-Oriented Database System Supporting Shared and Private Databases, *ACM Trans. on Information Systems*, Vol. 9, No. 1, pp. 31-51 (Jan. 1991).
 - 14) 石川, 泉田, 川戸: エンジニアリング業務支援とオブジェクト指向データベース, 情報処理, Vol. 32, No. 5, pp. 593-601 (1991).
 - 15) Thatte, S. M.: Report on the Object-Oriented Database Workshop: Implementation Aspects, *SIGMOD Record*, Vol. 17, No. 2, pp. 95-107 (Jun. 1988).
 - 16) Greif, I.: Data Sharing in Group Work, *ACM Trans. on Office Information Systems*, Vol. 5, No. 2, pp. 187-211 (Apr. 1987).
 - 17) Bertino, E. and Martino, L.: Object-Oriented Database Management Systems: Concepts and Issues, *IEEE Computer*, pp. 33-47 (Apr. 1991).
 - 18) Akscyn, R. M., McCracken, D. L. and Yoder, E. A.: KMS: A Distributed Hypermedia System for Managing Knowledge in Organizations, *Comm. ACM*, Vol. 31, No. 7, pp. 820-835 (Jul. 1988).
 - 19) Neuwirth, C. M., Kaufer, D. S., Chandhok, R. and Morris, J. H.: Issues in the Design of Computer Support for Co-authoring and Commenting, *Proc. of CSCW '90*, pp. 183-195 (1990).
 - 20) Leland, M. D. P., Fish, R. S. and Kraut, R. E.: Collaborative Document Production Using Quilt, *Proc. of CSCW '88*, pp. 206-215 (1988).
 - 21) Catlin, T., Bush, P. and Yankelovich, N.: InterNote: Extending a Hypermedia Framework to Support Annotative Collaboration, *Proc. of ACM Hypertext '89*, pp. 365-378 (1989).
 - 22) Utting, K. and Yankelovich, N.: Context and Orientation in Hypermedia Networks, *ACM Trans. on Information Systems*, Vol. 7, No. 1, pp. 58-84 (Jan. 1989).
 - 23) Empress 日本語マニュアル, Empress Software 社, MKC 社(1989).
(平成4年1月24日受付)
(平成4年6月12日採録)
- 市村 哲 (正会員)**
1966年生. 1989年慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業. 1991年同大学大学院理工学研究科修士課程修了. 現在, 同大学院理工学研究科博士後期課程計測工学専攻在学中. グループウェア, 分散処理, ヒューマンインタフェースなどの研究に従事. 人工知能学会会員.
- 松浦 宣彦 (正会員)**
1965年生. 平成元年慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業. 平成3年同大学院理工学研究科修士課程修了. 現在, 慶應義塾大学大学院理工学研究科博士後期課程計測工学専攻在学中. グループウェア, ヒューマンインタフェースに関する研究に従事. 人工知能学会会員.
- 岡田 謙一 (正会員)**
1973年慶應義塾大学工学部計測工学科卒業. 1975年同大学院修士課程修了. 1978年同大学院博士課程所定単位取得退学. 同年慶應義塾大学工学部計測工学科助手, 1985年同大学理工学部講師. 1990年~91年アーヘン工科大学客員研究員. 工学博士. グループウェアに興味を持つ. IEEE, 電子情報通信学会, 人工知能学会, 応用物理学会各会員.
- 松下 温 (正会員)**
1939年生. 1963年慶應義塾大学工学部電気工学科卒業. 同年沖電気工業(株)入社. 1968年イリノイ大学大学院コンピュータサイエンス学科卒業. 1989年より慶應義塾大学理工学部計測工学科教授. 工学博士. マルチメディア通信および処理に関するコンピュータネットワーク, 分散処理, グループウェア, ヒューマンインタフェースなどの研究に従事. 「コンピュータ・ネットワーク」(培風館), 「コンピュータネットワーク入門」(オーム社), 「インテリジェント LAN 入門」(オーム社), 「人工知能の実際」(近代科学社)など著書多数. 電子情報通信学会, 人工知能学会, IEEE, ACM, ファジィ学会各会員.