

シンセティック・メディア・アーキテクチャ

田中 譲

北海道大学工学部電気工学科

IntelligentPadシステムは我々の知的活動のための開放型包括的統合環境を持ったシンセティック・メディア・システムである。このシステムはすべてのものをパッド、つまり一枚の紙として表現する。異なる種類のパッドは異なる機能を持っている。複数のパッドを別の一枚のパッドに貼ることにより、新しいレイアウトと新しい機能を持った合成パッドを定義することができる。現システムは100種類以上のプリミティブパッドを用意している。共有コピー演算とフィールドパッドを用いることにより、計算機支援協調作業のための共有パッド環境を定義することができる。IntelligentPadは4種類の異なるパッド管理法を用意している。それらは、(1)パッドのビジュアルカタログ誌、(2)ハイパーメディア・ネットワーク、(3)フォームベース(書類ベース)、(4)パッドベースの4種類である。

SYNTHETIC MEDIA ARCHITECTURE

Yuzuru Tanaka

Electrical Engineering Department, Hokkaido University

N-13, W-8, Sapporo, 060 JAPAN

The IntelligentPad system is a synthetic media system with an overall integrated open environment for our intellectual activities. It represents everything as a pad or a sheet of paper. Different kinds of pads have different functions. Pasting of pads on another pad defines a composite pad with a new layout and a new function. The current system provides more than 100 different types of primitive pads. The shared-copy operation and the field pad enable us to define a shared pad environment for CSCW. IntelligentPad has four different ways of managing pads, i.e., (1) visual catalogs of pads, (2) hypermedia networks, (3) form bases, and (4) pad bases.

1. はじめに

現在の高度情報社会は、情報の生産能力が情報の編集・加工処理および管理・検索・抽出能力に比べて極端に高められた社会である。膨大な一次情報の氾濫の中で、もっと多くの情報を摂取しなくてはならないという脅迫観念が常に我々を責めつけている。脅迫観念に追い立てられて膨大な情報を収集しても、これを分析し加工して活用することは充分には行えていない。情報化がこのままの方向で進むと、高度情報処理技術は豊かな生活をもたらすどころか、リチャード・ワーマンのいう情報不安症患者を急増させることになるであろう(1)。この原因は、従来の情報処理技術の開発が情報そのものの生態をよく理解することなく行われてきたからではないかと反省させられる。

情報処理を論じるに際して、各種の情報がどのように伝達され、どう分類整理され、いかに獲得され、膨大な情報の中からなぜ抽出され、あるいは捨てられるか、どのように抽出されるか、というような情報そのものの生態に関する観察とその体系化が十分に議論されていなかったように思われる。今後、情報処理が取り扱う情報の種類が急速に増加するにしたいが、各種の情報の生態を理解することが情報処理システムの設計に不可欠になるであろう。情報の生態系の場合は、社会、コミュニティ、オフィス、家庭と様々である。それぞれの空間において種々のメディアが計算機上にのり、計算機は計算をする機械から、種々のメディアを統合したメタ・メディアへの脱皮を目指しつつある。しかし、情報の生態についてのメンタル・モデルが技術者の頭の中に未だ形成されていないことが開発の大きな障害になっている。

カール・セイガンは「エデンの恐竜」の中で、生物の知能の進化について次のようなことを述べている(2)。もともと生物は情報を遺伝子に記録して保存し、子孫へと継承するだけであった。その後、神経節が発達し、脳を持つことになり、獲得情報を脳へ記録し保存できるようになった。これにより、各個体ごとに獲得知識の積み上げが可能になったが、記録されている情報を他者に伝えるには言葉の発達を待たねばならなかった。遺伝子情報に対し、脳に保存される情報は体内情報と呼ばれる。その後、人類は紙と印刷技術を発明し、獲得情報を脳にだけではなく、体外に印刷物として保存するようになった。これにより、時間と空間を共有しない他者にも、情報を伝達することが可能になった。個人が獲得した知識が、情報として外在化されることにより、それを他者が受け継ぎ、発展させることが可能になった。

遺伝子情報は親から子への制限された情報継承である。体内情報の利用と、言語の発達は、時間と空間を共有する者の間で情報の継承を可能にし、コミュニティ文化を生む。体外情報の利用は時間と空間を越えた情報の継承をも可能にし、人類全体が文化を共有することになる。

知識の積み上げが可能であるためには、過去に獲得された知識の引用が可能でなくてはならない。体内情報の利用のみで、情報の外在化が行われない状況では、引用は体内情報に対してのみ可能であり、知識の積み上げは個体ごとに閉じた活動でしかあり得ない。体外情報の利用により、外在化された情報が蓄積され、他者による引用が時間と空間を超えて可能となり、知識の積み上げが各個体内で閉じた

活動から、歴史を通して人類全体で共有される活動へと変革した。

人類の文化の発展をこのように振り返ってみると、文化とは、外在化された情報が共有され、引用されて新しい情報を生み、それらが順に積み上げられたものと考えられることができる。情報の外在化によって、個体が獲得した情報が体外に記録・保存され、コミュニティにおいて流通するようになり、共有されるようになる。そうすると、保存されている情報の引用が可能になり、それを用いて新しい情報を編集することが可能になる。新しい情報は同様に共有され、コミュニティが保存する共有知識の上に積み上げられる。これが文化といわれるものである。

この過程で、我々は情報の(1)外在化、(2)記録・保存、(3)流通、(4)共有、(5)引用、(6)編集を行っている。コンピュータが真に文化の担い手となるためには、これらの6つの情報活動をすべて統合的に支援できなくてはならない。しかし、現在のコンピュータは、情報生産能力には優れているが、情報の記録・保存、流通、共有、引用、編集を支援する能力は、生産能力に匹敵していない。

このアンバランスは、外在化された情報をコンピュータに取りこむ際の困難に起因している。現在、種々のメディアを用いて外在化されている情報の多くは、コンピュータにとっては画像や映像でしかなく、そのままでは情報内容に依存した処理や管理をコンピュータ処理することはできない。情報を外在化する際にもコンピュータが用いられることが多いが、一度コンピュータの外に出た情報は、コンピュータ上で生産された際に用いられた内部表現を剥奪されてしまう。

この問題の解決には2つのアプローチが考えられる。第一の方法は、種々のメディアを用いて外在化されている情報を、コンピュータがそのまま取り込み、情報内容を理解できるようにコンピュータの能力を高めることである。第二の方法は、情報の外在化、記録・保存、流通、共有、引用、編集を、一貫した内部表現を用いてコンピュータで支援し、オフライン媒体を用いて流通させる場合にも、この内部表現を付随させる方法である。

著者の研究室では、この2つのアプローチの何れにも重要性を認めており、第一のアプローチとして、印刷文書を直接処理するワードプロセッサ機能や、画像のままの文書に対する文字列探索機能などを統合したトランスメディア・システムの研究と(3,4)、ビデオ映像のカット変り自動検出法や、ビデオ映像における任意オブジェクトの全映像探索法の研究を行ってきた(5)。一方、第二のアプローチとして、IntelligentPadシステムの研究を4年間行ってきた(6,7,8)。本稿では、IntelligentPadシステムに関し、その開発思想、アーキテクチャ、特殊機能などについて概説する。

2. マルチメディアからシンセティック・メディアへ

1970年代以後のオフィス情報処理支援技術は以下の3世代に分けて考えることができる(9)。

- | | |
|---------|----------------------------------|
| 1. 第1世代 | 1970年頃～1980年頃
テキスト処理および数票処理支援 |
| 2. 第2世代 | 1980年頃～1990年頃
複合文書作成支援 |
| 3. 第3世代 | 1990年頃～ |

ハイパーメディアによる総合的支援

第1世代は、ワードプロセッシング、スプレッドシート、データベース、電子メールなどのツールに代表される、テキスト処理支援と数票処理支援であった。

第2世代では、DTP(Desktop Publishing)システムが普及し、プレゼンテーションを意識した複合文書の作成支援技術が発達した。DTPではテキスト中に図表や図面、画像を自在に配置した文書の作成と印刷が可能となった。マルチメディア情報の取り込みはDTPから始まったといえる(図2.1)。TgXやPostScriptなどの印刷フォントやフォーマット

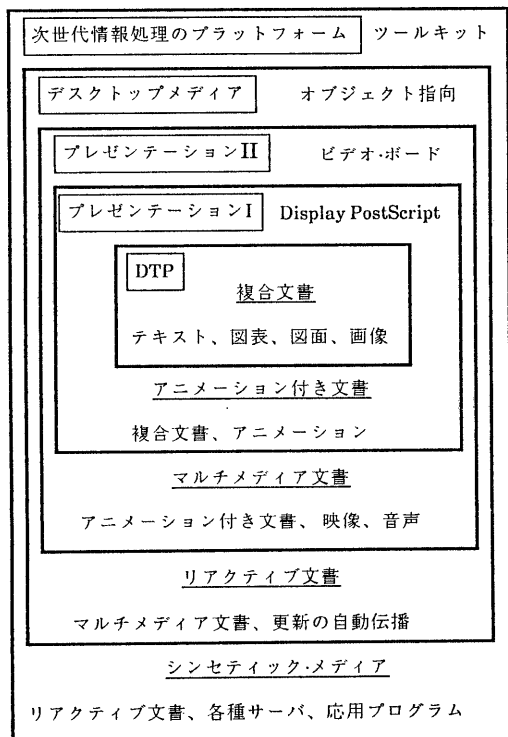


図2.1 複合文書からメディア・オブジェクトへの発展

を制御する言語が開発され、ディスプレイ上でも印刷形式で表示できるようになり、WYSIWYGの設計思想が広まった。さらに、印刷形式でアニメーションを記述できるDisplay PostScriptが開発されたことにより、複合文書中にアニメーションを埋め込んで、これを電子メールで送るといったようなことも可能になった。

この間、CD-ROM、LD、LD-ROMなどのメディアが発達し、ビデオ映像を他のウィンドウと混在させて表示する機能を持ったビデオ・ボードが各社から発表され、最大72分のビデオ映像を圧縮してCD-ROMに格納するDVIなどの圧縮技術も進歩した。これを受けて、複合文書中に音声やビデオクリップなども埋め込みプレゼンテーションに用いる試みも現れてきた。

このような試みは、複合文書が、その要素として、ユーザ操作に反応して状態変化をおこす要素も持つように一般化されていった。このような複合文書をリアクティブ・ドキュメントという。リアクティブ・ドキュメントでは、文書中の

数票の数値を書き換えると対応するチャートが自動的に書き換えられる。

そして今、新しい電子メディアであるハイパーメディアを用いて、(1)文書だけでなく、(2)図面、画像、映像、動画、音声などのマルチメディア、さらには(3)各種サービス機能、(4)アプリケーション・プログラムなどのすべてを、紙のイメージをもった可視的オブジェクトとみなして統一的に取扱い、統合管理して、オフィス情報処理を総合的に支援しようとする試みが始まりつつある。

この新しい試みでは、紙のイメージをもった可視的オブジェクトをメディア・オブジェクトといい、メディア間の連想的結合や動的連携を、メディア間にリンクを張ることにより設定する。第1世代、第2世代のツールはこのネットワークのノードとして他のツールやアプリケーション・プログラムと有機的に連携される。これにより、利用者は、オフィス情報処理におけるあらゆる側面の処理支援を、それら相互間の処理連携を意識することなく、総合的な支援環境の中で利用することができる。このような環境は包括的統合環境(Overall Integrated Environment)と呼ばれる。

包括的統合環境としてハイパーメディアを見た場合、従来のシステムでは、標準的な機能は予めいくつかのノード・タイプとして用意される。新たに必要になった新しいノード・タイプやリンク・タイプを自在に導入し、既存のものとは有機的に組み合わせて用いることは許されていない。このようなシステムはクローズド・システムと呼ばれる。一方、将来必要になるであろう種々の複合文書やアプリケーション・ツールのすべてに対して対応するノード・タイプやリンク・タイプを予めシステム側で用意しておくことは不可能である。このことから、今後、オープンな包括的統合ハイパーメディア・アーキテクチャの開発が望まれる。このようなシステムは次世代情報処理システムのプラットフォームとして位置づけることができる。

オープンな包括的統合ハイパーメディアシステムの実現には、(1)メディアのツールキット化、(2)部品の組合せによる合成プログラミングの採用、(3)部品の追加登録機能、(4)プラットフォームの標準化とオフライン媒体を用いたメディアの流通機構の実現が必要である。さらに、部品の組合せによるメディア合成を思考過程を妨げることなく即座に行うためには、直接操作によるメディア合成が可能であることが望ましい。このようなメディア・アーキテクチャをシンセティック・メディア・アーキテクチャという。

3. シンセティック・メディアとマインドツール

コンピュータによる知的活動支援システムには、(1)知的活動の代行システムと(2)知的活動のツールシステムの2つの方向がある。後者はマインドツール(思考の道具)とも呼ばれる。マインドツールシステムにおける最大の留意点は、各ツールの機能と使用法が直感的に把握できることと、利用可能なツールを組み合わせで新しいツールを容易に構成できることである。

マインドツール・システムでは我々の思考過程を通して、すべての過程を一様な表現形態を用いて滞りなくトータルに支援することが必要である。途中で表現形態を変えることは、マシンにもユーザにもそれぞれの理解の基盤となっている表現の変換を強いることになり、双方共に負担を強いることになる。思考過程は図3.1に示すように、「考えつく」、「試みる」、「結果をみる」の3種類の行為の繰り返

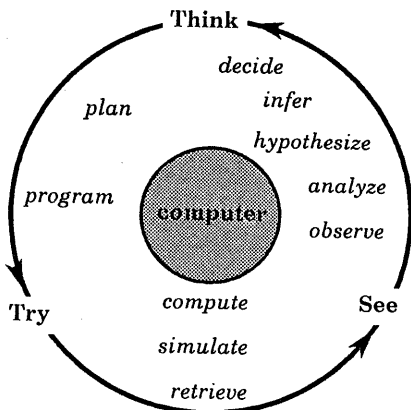


図3.1 思考過程の循環構造と計算機による支援

しである。人はある考えを考えたとき、プランを練り、そのプランを実現して、実際に試してみる。その結果を見て分析評価することにより、そこから新しい考えが思いつく。このようなサイクルを繰り返しながら、問題の解決へと次第に近づいていく。よいマインドツールシステムはこのサイクルが滞りなく速やかに回転するように支援しなくてはならない。

このサイクルの内、「試みる」から「結果を見る」に至る推移は、高速計算、高速シミュレーション、高速情報検索などにより支援でき、現在の高性能計算システムがこれらの支援を既に行っている。「結果を見る」から「考えつく」に至る推移は、結果の観察、分析を要し、それに基づき仮説が立てられ、推論が行われ、最後に決定が下される。この推移はAIの発展により既にあるいは近い将来に支援される。

最後に残った「考えつく」から「試みる」に至る推移は計画立案やプログラミングを要す。計算機支援環境ではこの推移はプログラミングを必要とする。この行為の支援には自動プログラミングやビジュアル・プログラミングが考えられる。しかしこれらの手法は仕様の記述やプログラムの制御構造の記述を要すことから、考えたことを即座に試みるには適していない。より直接的に欲しい機能を実現できる手法が必要である。このような要求を満たすのは、部品の再利用とそれらの組合せによる機能合成を用いるラビッド・プロトタイピングの手法である。

種々の支援ツールやデータの表現形態は「考えつく」、「試みる」、「結果をみる」のサイクルを通して一様にすべきであるが、同時に、問題設定、試行錯誤、計画策定、報告書作成、実施、評価の問題解決のライフサイクルにおいても表現形態を一様に保つことが望ましい。このようなことから、表現形態としては紙メディアのメタファが最も望ましいということになる。そこでツールもドキュメントも紙のメタファを用いた表現形態を持つオブジェクトとして取り扱う。このようなオブジェクトをメディアオブジェクトと呼ぶ。

これに伴い、「考えつく」から「試みる」に至る推移を支援するラビッド・プロトタイピングには、メディアオブジェクトを部品化し、それらの組合せにより種々の機能のメディアを合成し得るシンセティック・メディア・アーキテクチャの採用が望ましい。IntelligentPadはこのような考えに

より開発されたシステムである。IntelligentPadではメディア・オブジェクトをパッドと呼んでいる。

「試みる」から「結果を見る」に至る推移は、高速計算パッド、有限要素法パッド、各種シミュレーションパッド、データベース検索パッド、文献検索パッド等々の各種高性能処理パッドを開発することにより支援することができる。「結果を見る」から「考えつく」に至る推移は、知識獲得パッド、統計分析パッド、検定評価パッド、仮説推論パッド、演繹推論パッド、帰納推論パッド、発想推論パッド、意志決定パッド等々の各種AI処理パッドを開発することにより支援することができる。「考えつく」から「試みる」に至る推移は、各種パッドの貼り合わせ機能により支援する。紙の上に紙を並べて貼るように、マウスを操作してディスプレイ上で各種機能を持ったパッドを貼り合わせ、新しいレイアウトと新しい機能を持った合成パッドを定義することができる。

4. IntelligentPadのアーキテクチャ

4.1 IntelligentPadの概要

IntelligentPadは、すべての部品に状態を持たせ、すべての部品をメディア・オブジェクトと見なすことができるようにしている。IntelligentPadでは、メディア・オブジェクトをパッドと呼んでいる。パッドはディスプレイ上ではウィンドウとして表現される。パッドの上には複数のパッドを貼ることができる。この操作はマウスを用いてスクリーン上のパッドに対して直接行うことができる。これにより、レイアウトのデザインが自在にできるだけでなく、パッドの機能合成が可能である。パッドの貼り合わせにより合成されたパッドは一枚のパッドとして利用される。

IntelligentPadでは基本的部品がプリミティブ・パッドとしてあらかじめ用意される。現在、100種類程のプリミティブ・パッドが用意されている。合成によって作られたパッドも、再利用可能な形で登録しておくことができる。

各プリミティブ・パッドはMVC(モデル、ビュー、コントローラ)構造をもっている。任意のパッドは非共有コピーや共有コピーをとることができる。

IntelligentPadはSmalltalkを用いて開発されたが、プラットフォームのオープン・アーキテクチャ化を目指して、Xウィンドウをパッド化するXPadの開発も進んでいる。

4.2 IntelligentPadが目指す開放型統合メディア環境

IntelligentPadシステムの研究は、これらの要素技術を開発することにより、次世代情報処理のプラットフォームとして、図4.1のような分散開放型の包括的統合プラットフォームを実現することを目指している。このシステムでは、パッドというメディアを用いることにより、情報をパッドという統一的形態で外在化でき、パッドはパッドベースと呼ばれるオブジェクト指向データベースに保存・蓄積され統合管理される。検索機能を用いて必要とするパッドを自在に検索し引用することができる。パッドはメール機能によってネットワークを介して他のサイトへ転送することができる。種々のプリミティブ・パッドや合成パッドをオフライン媒体に格納して社会に流通させ、必要に応じてシステムに取りこんで利用することができる。取り込んだ合成パッドからパッドを剥がしたり、別のパッドを貼り付けることにより、ドキュメントやツールを編集しなおし、異なる観点から評価したり活用することができる。場パッドと

呼ばれる特殊パッドの共有コピーを用いて、作業環境を共有しながら共同作業をすることが可能である。このように、情報の外在化、記録保存、流通、共有、引用、編集のすべての行為を統合的に支援することが可能となる。これらの機能のうち、パッドベースと流通機能を除くすべての機能は既に開発済みである。パッドベースは索引付け機能の開発を残している。

パッドベースはGemStoneオブジェクト指向データベース管理システムを用いて開発されている。通常のデータベースが少品種大量のデータ管理に適しているのに対し、パッドベースは、多品種で各品種ごとには少量であるが、全体としては大量のパッドを管理・検索できなくてはならない。この種のオブジェクト管理はジャンク・オブジェクト管理と呼ばれており、新しい管理・検索手法を必要とする。

パッドのメール機能は電子メールの拡張である。電子メールではデータを転送すればよいが、パッドの転送では、転送先でパッドを動作させ得ることを保証している。これは、オブジェクト・マイグレーションが起きることを意味している。

協調作業の支援は、パッドの利用環境を複数ワークステーションで共有する機能を必要とする。共有には、オブジェクト共有、イベント共有、ビュー共有の3種類が考えられる。オブジェクト共有とは、同一パッドの共有コピーをワークステーションごとに持つ共有形態である。イベント共有とは、同一オブジェクトに対するユーザイベントの検出場の共有コピーをワークステーションごとに持つ共有形態である。この検出場をパッドとして表現したものを場パッドという。ビュー共有は、ディスプレイ表示の一部を複数ワークステーションで共有する共有形態である。

オブジェクト共有とイベント共有機能は既に実現されている。ビュー共有はまだ実現されていないが、実現に際して

技術上の問題はない。場パッドは協調作業の作業台の役目を果たす。

メディア・オブジェクトをオフライン媒体を用いて流通させるようにするには、プラットフォームの標準化と共に、外部で定義されたメディア・オブジェクトを取りこみ実行させることができなくてはならない。オブジェクト指向システムでは、オブジェクトの定義にクラス階層が参照されるが、多くのシステムでは実行時にもクラス階層が参照される。このようなシステムでは、異なるクラス階層を持つワークステーション上で開発されたオブジェクトを取り込んで実行することはできない。現在のIntelligentPadはこの問題を解決していない。

IntelligentPadでは、パッドの貼り合わせによる機能合成とは別に、複数のパッドを統制して制御するために、それらのパッドの舞台となるステージパッドと、その舞台上での動作を記述するイベント駆動型のスクリプト言語の開発も行われている。

IntelligentPadのようなシンセティック・メディア・システムにおいて、既存のアプリケーション・プログラムやデータベース・システムなどの各種サービスをこのシステムに統合するには、既存のプログラムにビュー・オブジェクトとコントローラ・オブジェクトを付加してこれをパッドとして扱えるようにすればよい。IntelligentPadプロジェクトでは、これを可能にするべく、MVCのVCのみをSmalltalkで記述し、Mの記述には言語を選ばないバージョンを開発している。

4.3 IntelligentPadの実現機構

各プリミティブパッドはSmalltalk-80のMVC構造を単純化した構造を持っている。M(model)がパッドの内部機構を定義し、V(view)がパッドの画面上での形態を定義する。C(controller)はマウス操作に対するパッドの反応を定義す

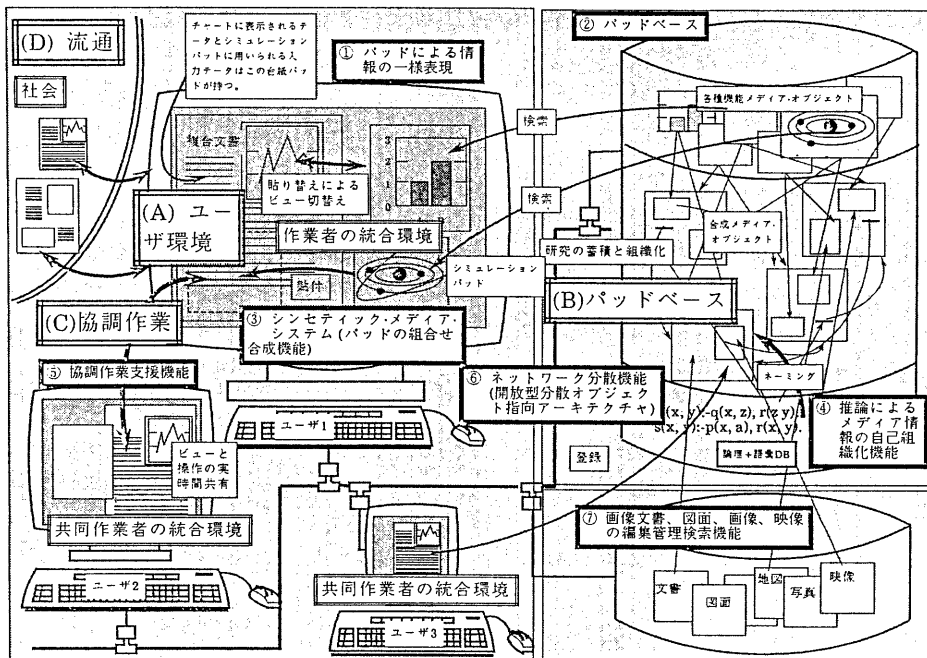


図4.1 IntelligentPadが目指す分散開放型の包括的統合メディア環境

る。MからVへの更新伝搬とCからV、VからMへのメッセージ送出の2種類のリンクが張られている。これらを図4.2に示す。各パッドの状態の一部の要素は外部からアクセスす

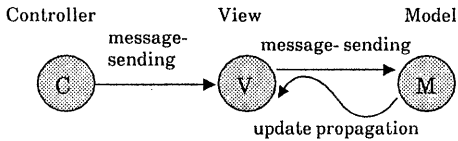


図4.2 パッドの内部構造

ることができる。アクセス可能な要素は可観測要素あるいはスロットと呼ばれ、スロット名が与えられている。

Smalltalk-80のMVCは、元来は、ディスプレイ・オブジェクト(VC)をモデル(M)から独立させるために導入されたプログラミング・スタイルである。この独立性により、同一モデルに対し異なるディスプレイ・オブジェクトを連結することにより、ロック・アンド・フィールを変えることができる。IntelligentPadでは、これは異なる目的でMVC構造を用いている。各パッドは分解されることはなく、MとVCの組合せがユーザによって変更されることはない。同一アプリケーション・プログラムに対するロック・アンド・フィールを変えるには、アプリケーション・プログラムをパッド化したパッドの上に貼る入出力用のパッドを取り替えればよい。

パッド P_1 にパッド P_2 か P_2 のアイコンを貼ると両者の間に図4.3に示すようなリンクが張られ従属関係が設定される。 P_1 をマスターパッド、 P_2 をサブパッドという。同種のパッドは貼られたさいにマスターとの間に同じインターフェースを持つ。マスターに対する入力機器として働くパッドはマスターに対してsetメッセージを送る。setメッセージはスロット名と送出値をパラメータとしてもつ。スロット名はマスターパッドの可観測要素のうちの1つの名前で、要素が1つの場合には省略できる。どのパッドも、その状態が変化したときには、自分に更新従属なパッドにupdateメッセージを送る。出力機器としての機能を持つサブパッドにupdateメッセージが送られると、そのサブパッドはそのマスターの更新後の可観測値を読み取るために、gimeメッセージを送り返す。gimeメッセージは読み出したい可観測要素のスロット名をパラメータとして持つ。すべてのパッドはgimeメッセージを理解することができ、指定された可観測要素の値を返す。これらのメッセージが図4.3に示す標準インターフェースを構成する。

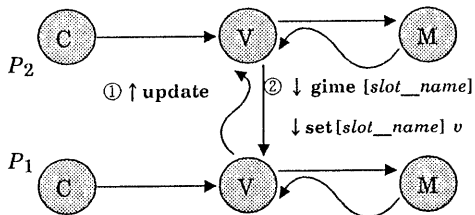


図4.3 パッド間の標準インターフェース

パッドの可観測要素の値は配列等の構造データであってもよい。貼りつけるパッドをマスターパッドの適切な可観測要素に対応付けることができるように、貼りつけの際、台紙はスロット名のリストをポップアップメニューにして表

示する。ユーザがこの中から適切な出力を選ぶことによって、サブパッドにこのスロット名が保持される。

新しいパッドは、Smalltalk-80のプログラムで定義するか、既にあるパッドを貼り合わせて合成することができる。

4.4 パッドの合成例

図4.4は合成パッドのハードコピーである。このパッドに用いられている制御可能なパラメータも実は縦型パラメータパッドに透明の縦型スライダパッドを貼付して合成したものである。パラメータパッドは出力装置として働くが、このパッドも状態を持っている。状態の値は表示されている値に等しい。縦型スライダパッドはパッドの領域内でマウスの縦方向の相対位置を検知し、その値 $y(0 \leq y \leq 1.0)$ をマスターパッドに入力する機能を持つ。したがって、透明のスライダパッドを貼られたパラメータパッドはマウスでバーの高さを制御可能な入出力両方の機能を持った装置になる。

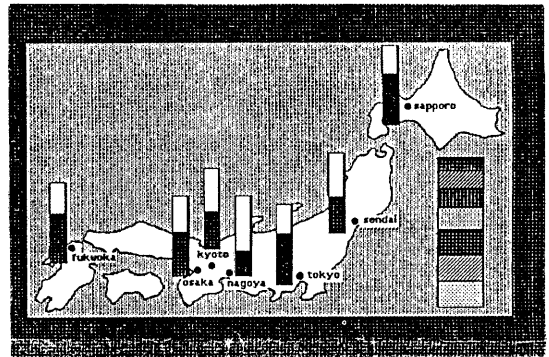


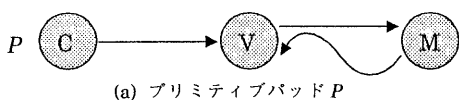
図4.4 合成パッドの例

図の台紙は連想リストを格納する機能を持ったパッドである。描かれている日本地図はイメージリグで読み込んだ単なる画像であり、台紙の機能には何ら関連を持たない。台紙に貼られた帯グラフは、帯グラフパッドを貼ったもので、連想リスト中のすべての要素のレコード部の値の割合を表示する。制御可能なパラメータを新たに貼付すると、台紙はこの値を連想リストに登録する際に対応スロット名を何にするかを問い合わせる。このスロット名はマスターパッドとスレイブパッドの両方に記憶される。貼付後にパラメータの値を変えると、台紙にこのパラメータの保持しているスロット名と値が送られ、台紙に格納された連想リスト中の対応する要素の値が変更される。これにより台紙の状態が更新され、この事実が台紙上のすべてのパッドに知らされる。この例では、すべての制御可能なパラメータと帯グラフがこの通知を受ける。通知を受けた各パッドは自身が表示する値を台紙から読み取るために台紙に要求を出す。

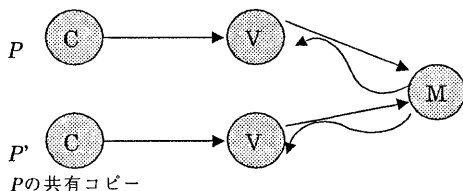
この例の外にも、総計100余りの各種のプリミティブパッドが既に開発されている。

4.5 パッドの共有コピーと場パッド

IntelligentPadでは、パッドの共有コピーをとることが可能である。図4.5(a)に示すプリミティブパッド P の共有コピーをとると、図4.5(b)のように、M部を共有し、VC部を個別に持つ2枚のパッド P と P' が得られる。



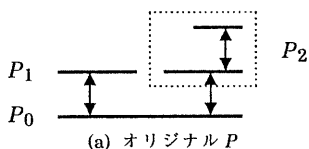
(a) プリミティブパッド P



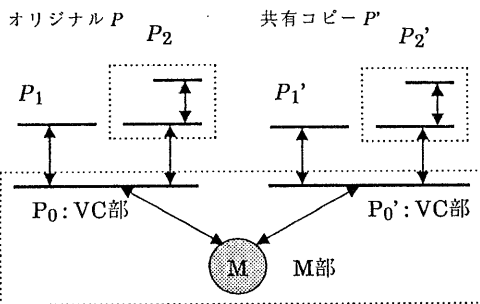
(b) PとPの共有コピー P'

図4.5 プリミティブパッドの共有コピー

合成パッドに対して共有コピーをとると、図4.6に示すように台紙のみが共有コピーをとられる。パッドPの共有コピー



(a) オリジナル P



(b) PとPの共有コピー P'

図4.6 合成パッドの共有コピー

P'は、Pがどこに貼られているかに関係なく、任意のパッドに貼ることができる。共有コピーをメールにして他ユーザや他サイトに送付することができる。受信側でこのパッドを開いておくと、送信側でオリジナルに状態変化がおきた際に、同様の変化が受信側にも自動的に伝えられる。

共有コピーはオリジナルとコピーの一方の状態変化を他方に自動的に伝えることはできるが、一方に新たにパッドを貼付するなどのユーザ操作をも他方でシミュレートすることはできない。IntelligentPadは、この機能を実現するための特別なパッドを用意している。このパッドは場パッド (field pad) と名付けられている。場パッドの上には任意個の任意種類のパッドを置くことができる。場パッドをコピーすると、その上に置かれているパッドもすべて一緒にコピーされる。場パッドは、その状態値として、その領域上でユーザが最後に要求した操作要求そのものを保持する。操作にはマウスの移動、マウスボタンのクリック、キーボード入力がある。場パッドのいずれかの共有コピーでユーザの操作要求が検出されると、これらのコピーが共有するモデル部の状態が更新され、その値がオリジナルを合

むすべてのコピーに伝えられる。各共有コピーは更新伝播を受けて、操作要求を受け取る。場パッドにはデータとして受け取った操作要求を自身の領域上で再現する機能を実現されている。これにより、各コピー上で操作要求が対象パッドに対して同時に適用される。

場パッドは、その上に貼られているパッドに対するユーザの操作要求をすべて横取りしなくてはならない。Smalltalk版のIntelligentPadでは、この仕組みを以下のように実現している。IntelligentPadではパッドのコントローラ(C部)にはすべて同一のものが用いられている。パッドに対するユーザ操作要求はそのコントローラによって検出される。コントローラが検出した操作要求を解析し対応するコマンドをビュー(V部)に送ることにより、操作要求に対する応答が実行される。このように、コントローラは要求検出部と要求解析部よりなる。場パッド上に、直接あるいは間に何枚かのパッドを挟んで、あるパッドが貼られると、このパッドに対する操作要求を場パッドが横取りできるように、システムがこのパッドのコントローラをFCと呼ばれるコントローラに自動的に取り替える。FCはコントローラの要求検出部と要求解析部を分離したもので、操作要求を検出すると、検出位置情報と共に検出要求を下に敷かれている場パッドに伝える。複数枚の場パッドが下に敷かれている場合は一番上の場パッドに伝えられる。

操作要求の対応パッドへの適用は以下のように行われる。場パッドは操作要求に付随する位置情報を用いて、自身の管理する領域のその位置にあるパッドをサブパッド・リストを用いて一枚ずつ下から順に辿り、最上位のパッドを見つける。このパッドは操作対象パッドに外ならない。そのパッドのFCの要求解析部に操作要求を伝えることにより、操作が正しく適用される。

場パッドの上で操作を続ける限りは、すべての共有コピー上のパッドの配置が常に同一に保たれる。場パッドとパッドの共有コピーはCSCWシステム構築のための基本機能を提供している。したがって、パッドの貼り合わせによって定義できる環境はすべて、複数ユーザで共有する協調作業環境にすることができる。

場パッドはこの外にも、入力データを逐次格納する機能を持ったパッドに貼り付けて、イベントログの記録機能をもった合成パッドとして用いることもできる。

4.6. パッドの管理と検索

IntelligentPadにおけるパッドの管理には、(1)ブラウザ、(2)ナビゲーション、(3)条件検索の3形態がある。

ブラウザは種々のパッドを登録したカタログ誌で、これをめくりながら目的とするパッドを目で探すことができる。IntelligentPadはカタログ誌の作成用に、バインダーパッドと呼ばれるパッドを用意している。これは、写真台帳やスクラップブックの役割をするパッドで、任意枚数のページを持たせることができ、各ページには任意のパッドやパッドのアイコンを自由に貼り付けることができる。バインダーパッドの後部には索引ページが必要な枚数だけ自動的に用意され、バインダーパッドにパッドやアイコンを貼り付けると、その名前とページが自動的に索引に登録される。索引ページはメニューウィンドウになっており、マウスで名前を選ぶと、そのパッドないしはアイコンが貼られているページが自動的に開かれる。見つかったパッドやアイコン

はコピーして用いることができる。バインダーパッドの先頭には目次ページがあり、構成を自由に設定することができる。目次もメニューウィンドウになっている。

ナビゲーションはハイパーメディアで採用されている管理手法である。IntelligentPadでは、パッドのアイコンを別のパッドにボタンとして貼るによりリンクを張ることができる。このリンクは参照リンクと機能結合リンクの2つの役目を果たす。参照機能のみを用いることもできる。さらに、テキストパッドは、パッドに表示される文書中の任意の文字列に他の任意のパッドを関連づけ、この文字列がクリックされたときに対応するパッドを呼び出す機能を持つ。この文字列の指定には2種類が用意されており、特定の箇所での出現を指定することもできれば、出現箇所を特定しない指定も可能である。これらの機能により、ナビゲーション機能を実現している。

条件検索を用いた管理は、(1)フォームベース機能と(2)パッドベース機能に分類される。フォームベースは同一フォーマットのパッドを一括管理する。これに対しパッドベースは異なるフォーマットのパッドも一緒に管理する。

フォームベースは基本パッドの合成により容易に構成することができる。IntelligentPadでは、パッドの貼り合わせが自在なので、ステージパッドやフィールドパッドを項目として持つ書類を定義し、そのフォームベースを定義することすらも可能である。フォームベースでの検索要求の指定はQBE方式で行える。

パッドベースは種々のプリミティブパッドと合成パッドを一括管理し、特定のパッドを検索する機能を提供する。各パッドはニックネーム、登録番号、合成構造、構成パッドの可観測値等の属性を持っており、これらのいずれもが検索条件に用いられ得る。パッドの登録番号はパッドの型を規定すると考えてよい。これらの属性とその値をもってパッドを特徴づけることができる。

検索条件は、図4.7に示すように貼り合わせ構造の一部と、

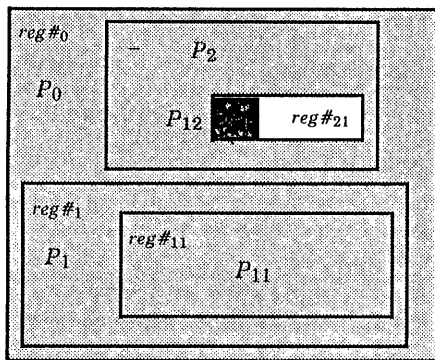


図4.7 検索条件の表現法

一部の可観測値を規定することにより指定できる。この条件によって検索される合成パッドは、規定された構造を部分構造として持つすべてのパッドである。特定の登録番号を持った構成要素を規定するには、同じ登録番号の任意のパッドを検索用に用いられればよい。そのパッドの可観測値まで規定するか否かは、そのパッドのプロパティシートを開いて指定する。パッドの種類を特定しない構成要素に対し

ては、すべてのパッドとマッチングがとれるように定義された特別なパッドが用いられる。

IntelligentPadでは、パッドベースの実現にGemStoneが用いられている。検索パッドはさらに基本機能に分解されており、検索機能の部品パッド化が行われている。

5. おわりに

我々の文化は、我々が情報の(1)外在化、(2)記録・保存、(3)流通、(4)共有、(5)引用、(6)編集を行うことによって積み上げられていく。コンピュータが真に文化の担い手となるためには、これらの6つの情報活動をすべて統合的に支援できなくてはならない。

IntelligentPadは、分散開放型の包括的統合プラットフォームの実現を目指すメディアシステムである。このシステムでは、パッドというメディアを用いることにより、ドキュメントもツールもパッドという統一的形態で表現する。パッドにパッドを貼るにより、種々の合成パッドのレイアウトデザインと機能合成を容易に行える。種々の機能がパッドとして部品化されて用意されている。パッドに記録された情報はパッドの統合管理検索機能によって保存され、自在に引用することができる。種々のツールやドキュメントをパッドとして社会に流通させ、必要に応じてシステムに取りこんで利用することができる。取り込んだパッドからパッドを剥がしたり、別のパッドを貼り付けることにより、ドキュメントやツールを編集しなおし、異なる観点から評価したり活用することができる。場パッドの共有コピーを用いて作業環境を共有しながら共同作業することができる。このように、情報の外在化、記録・保存、流通、共有、引用、編集のすべての行為を統合的に支援することが可能となる。

参考文献

- (1) Wurman, R. S., *Information Anxiety*, Bantam, 1989.
- (2) Sagan, C., *The Dragons of Eden*, Random House Inc., 1977.
- (3) Tanaka, Y., and Takahashi, K., *Transmedia Machine, NATO ASI Series, vol. F24: Database machines*, Springer-Verlag, 1985, 459-471
- (4) Tanaka, T., and Torii, H., *Transmedia Machine and its Keyword Search over Image Texts, RIAO 88 Conf.*, MIT, Cambridge, March 1988, 248-258.
- (5) Nagasaka, A., and Tanaka, Y., *Automatic Video Indexing and Full-Video Search, IFIP WG 2.6 2nd Working Conf. on Visual Database Systems*, Budapest, Oct. 1991 (to be presented).
- (6) Tanaka, Y. and Imataki, T., *IntelligentPad: A Hypermedia System allowing Functional Composition of Active Media Objects through Direct Manipulations, IFIP '89*, San Francisco, Aug. 1989, 541-546.
- (7) Tanaka, Y., *A Toolkit System for the Synthesis and the Management of Active Media Objects, 1st Int'l Conf. on Deductive and Object-Oriented Databases*, Kyoto, Dec. 1989.
- (8) Tanaka, Y., *A Synthetic Dynamic-Media System, Int'l Conf. on Multimedia Information Systems*, Singapore, Jan., 1991, pp.299-310.
- (9) Naffah, N., *The Future Office Automation, IFIP '89*, San Francisco, Aug. 1989, 745-750.