

解説



ハイパーメディアの研究動向†

金子 朝 男††

1. はじめに

ハイパーメディアやハイパーテキストは、関連する情報をリンクで関係付けて記憶しておき、ある情報の関連情報を素早く画面に呼び出して見られるようにするものである。以後ハイパーテキストとハイパーメディアを区別せず、ハイパーメディアと呼ぶ。従来の、紙に書かれた文章が紙の左から右に、上の行から下の行へと直線的に繋がっていたのに対し、ハイパーメディアではこれにとられない記述ができる。

ハイパーメディアは単純な機構の割に、さまざまな効果・用途が言われている。たとえば、利用者インタフェース、情報検索ツール、大規模な情報共有、コミュニケーションメディア、思考支援などである。このような用途が期待される背景として、ネットワーク、プロセッサ、データ記録技術などの飛躍的進歩と、人々が実際に使えるレベルでのそれらの機能や能力の差が大ききことがあげられる。たとえば、CD-ROM は約 600 メガバイトの情報を記録できるが、この情報の検索を従来手法のみで行うならば、利用者には情報を捜せない不満が募るであろう。さらに、この画面数万枚の情報を、従来の画面操作インタフェースで読み進むのならば、多くの者は利用を断念してしまうのではなからうか。

ハイパーメディアはコンピュータやネットワークの技術的進歩を、人々の実際の利用レベルにおける便利さに結びつける機構としての可能性が期待されている。利用者インタフェース、情報検索に関しては今までに開発されたシステムがそれらの期待に応えつつある。

ハイパーメディアの研究を分類すると、(a)応

用プロトタイプの開発で、ハイパーメディアでこんなことができるという研究、(b)ハイパーメディアシステムの構築要素技術の研究開発、(c)ハイパーメディアをネットワークやシミュレーションなどと統合したシステムの研究、に大別される。

当初は(a)が中心であったが、最近(b)が中心となり、(c)も増えつつある。

本稿では、まず 2. でハイパーメディアに関連する用語を説明し、3. ではハイパーメディアの役割を検討する。4. では最近の研究を個々に説明し、5. で今後の課題を考える。

2. ハイパーメディアの構造

狭義の意味でのハイパーメディアは、非線形な情報の記述である。すなわち、従来の紙の上に表した情報が一次的に繋がっていたのに対し、ハイパーメディアは多数の方向に説明を続けることができる。

ハイパーメディアは、関連する情報(ノード)を関係(リンク)付けて記憶しておき、ある情報の関連情報を素早く画面に呼び出して見られるようにする。図-1 参照。

ノード (node): 関係付けられる情報を「ノード」と言う。ノードの単位は文書全体のこともあるし、カード、図、音声でもよい。

リンク (link): ハイパーメディアの関係付けを「リンク」と言う。関係付けられた情報を呼び出すとき、その時点で画面にある呼び元のノードと、呼び出されるノードとがある。片方向リンクはリンクの方向が決まっているもので、双方向はどちらからでも他を呼ぶことができる。

アンカ (anchor): 呼び元のノード内や、呼び出されるノード内にある、リンクの先端のことをアンカと言う。

リンクマーク (link marker): アンカ位置には、画面上にその旨のマークが表示される。たとえば文

† Survey of Hypermedia Studies by Asao KANEKO (C&C Information Technology Research Laboratories, NEC Corporation).

†† NEC C&C 情報研究所

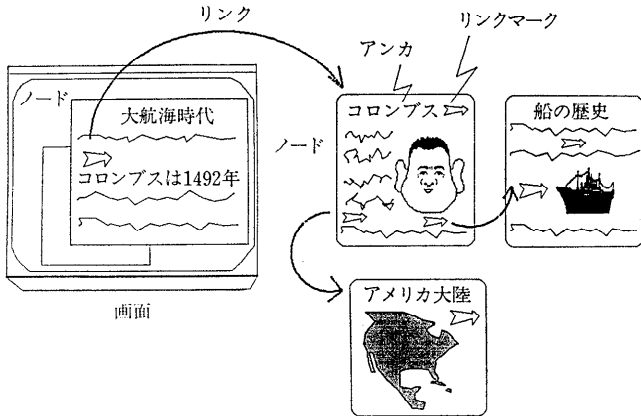


図-1 ハイパーメディア

章中であれば、単語が太字で示されたり、単語の上に矢印が示されたりする。リンクで関係付けられた情報を画面に呼び出すときは、リンクマークの選択指示をする。たとえば、マウスをこの位置に合わせてクリックすると、リンク先のアンカが表示される。

ブラウジング (browsing): リンクをたどって関連情報を見てゆくことを、ブラウジングとかナビゲーション (navigation) と言う。

グラフィックブラウザ (graphic browser): ノードとリンクの関連した地図であり、図-5 が例である。

広義の意味でのハイパーメディアは、「従来メディアを越える情報表現・流通・利用形態」を言う。単に、ノードとリンクの利用でなく、たとえば、表現メディアとして音声・動画が使える、利用者と対話ができる、などの紙にない特性を積極的に活かす (活かそうとする) ものを言う。この意味でのハイパーメディアの定義は人により異なっている。

3. ハイパーメディアの役割

ハイパーメディアは、まず情報メディアとしての役割が期待される。表-1 にメディアの発達史を示す。表は、第5期までは文献 1) を参考にして作成し、第6期を追加した。第6期のメディアは、ディスプレイとその奥にある便利な機能として捉えられ、利用者にはディスプレイの奥の処理過程は見えず、ブラックボックスとして認識されると思われる。ハイパーメディアはこの新しいメ

ディアを造り出す重要な技術要素であると考えられる。ブラックボックスは、ネットワーク、データベース、意思決定支援、AI、シミュレーションなどの機能を含み、これらの技術をハイパーメディアが融合して新しいメディアを実現すると考えられる。第5期までのメディアと新メディアが大きく異なるのは加工機能を包含することである。第6期のメディアを「電紙」と呼ぶ人もいる。

ハイパーメディアの役割として、情報検索ツール、利用者インタフェース、文書作成支援、電子ライブラリ構築、

思考支援などがあげられている。これらは、著者の情報生成から読者の利用までのサイクルとの関係で捉えられる。図-2 に情報サイクルとハイパーメディアの役割との関係を示す。

表-1 メディアの発達

	第1期 言語	第2期 文字	第3期 紙	第4期 印刷	第5期 電子	第6期 電紙
認識形態	言語 絵	文字		写真 動画		
伝達	大声 のろし	手紙	手紙	本 新聞 写真	電話 テレビ FAX	統合化
記録	語りべ 壁画	木簡 羊皮紙	紙 本	木 フィルム	テープ ディスク	
加工	人間による直接処理					

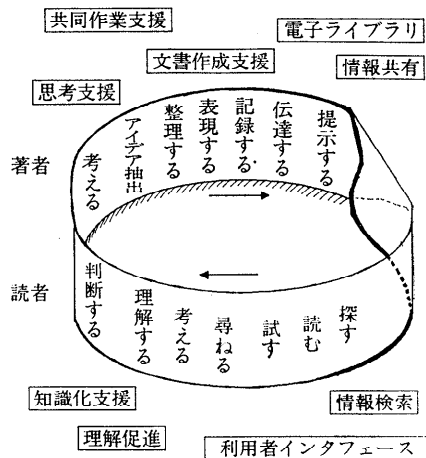


図-2 情報サイクルとハイパーメディアの役割

ハイパーメディアの歴史は1945年のMemexにまで遡ることができる。このMemexを発案したBushとその後に続く、EngelbartやNelsonなど創始者たちの開発の道は平坦ではなく、創世期につきもののドラマをとまなっている。興味のある方は文献2)を参照されたい。また、ハイパーメディアの解説・調査報告としては文献3)から8)などがある。

4. 研究の紹介

狭義の意味でのハイパーメディアの研究を紹介する。「はじめに」で述べたように、現在の研究は、ハイパーメディアシステムの構築要素技術に関するものが多い。ここでは、図-2に示した読者支援と著者支援の観点から分類した要素技術を中心に、最近の研究を説明する。

4.1 モデル

モデルは、ハイパーメディアシステムの枠組みを表現するものである。ハイパーメディアシステムはそれぞれ固有のモデルに基づく。このモデルは、オブジェクト指向に基づくものが多く、たとえば、ドイツの国立研究所GMDのアイデア抽出支援システムSEPIA⁹⁾がある。

ハイパーメディアは情報が皆に使えるようになっていることが望まれ、これを可能にするための参照モデルが検討されている。参照モデルの目標はバランスの取れたハイパーメディアシステムを設計することや、相互に変換可能にするための標準を与えることである。

ハイパーメディアのモデル化の課題として、ハイパーメディアの多様性を吸収することがある。多様性の例として、ハイパーメディアのノードの違いがある。アップルのHyperCardや、Aksycynらが開発したKMS¹⁰⁾のノードは、画面に固定のサイズでありそれぞれカードとかフレームと呼

ばれる。Office Workstations Limited (OWL) のGuideやブラウン大学のIntermedia¹¹⁾では非定型であり、画面に表示されていない情報はスクロールして見る。また、リンクのアンカとして、HyperCardのようにカードを取るものと、Intermediaのように任意の場所(たとえば単語)が取れるものがある。

いくつかの参照モデルが検討されている。その中で大勢の関係者を集めて検討したモデルとしてDexterモデルがある。Dexterモデル¹²⁾は、三つのレイヤ、runtime layer, storage layer, within-component layerから構成される(図-4参照)。storage layerはハイパーメディアのノードやリンクのネットワーク構造を実現する、runtime layerは利用者との対話部分を扱い、within-component layerはノードの中の構造や内容を扱う。storage layerとruntime layerの違いは、前者が固定化されたノード、リンクの関係を扱うのに対し、後者は利用者がリンクをたどったり、編集しているときの動的な関係を扱う。

Dexterモデルが細かく検討しているのはstorage layerである。storage layerでは、アトムとリンクと合成コンポーネントの三種類のコンポーネントを記述する。アトムが普通のノードに対応する。合成コンポーネントは、他のコンポーネントを合成したものである。たとえば、あるアトムから他のアトムに一方リンクがあることを示す基本的な定義は、図-3のように行う。

他の参照モデルとして、デンマーク工科大学のLangeが提案したモデル¹³⁾がある。Dexterに比べてハイパーメディア機能を細かくモデル化しているが、汎用性はそのぶん減少している。

以上のモデルでは時間的な要素が入っていない。時間を考慮したモデルも提案されており、4.4の1)(4)や4.6で紹介する。ただし、それらのモデルは、Dexterモデルなどに比べて一般的なハイパーメディアを表現する能力は乏しい。

4.2 アーキテクチャ

アーキテクチャの課題としてまず、ハードウェア、OS、データベース、アプリケーションプログラムなどからなる全体構成の中で、ハイパーメディア機能をどこにもたせるかがある。従来

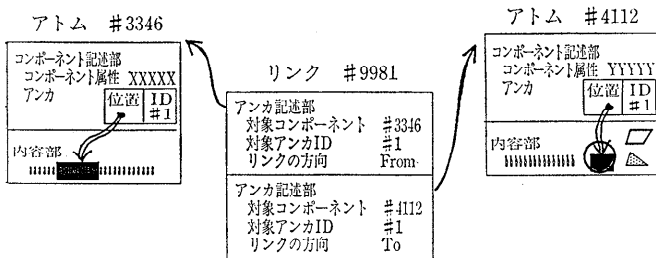
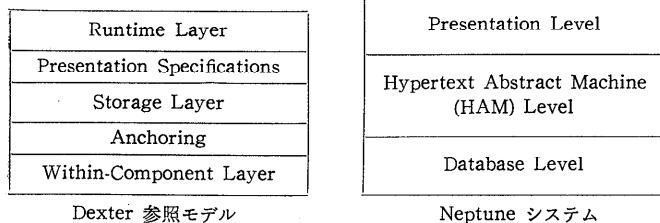


図-3 Dexterモデルによる指定方法¹²⁾

図-4 ハイパーメディアのアーキテクチャ^{13),14)}

のアプリケーションはアプリケーションごとにこれを実現する機能を備えた。しかしこの方法では、利用者インタフェースが多数できる、異なったアプリケーションが管理する情報間にはリンクが張れない、などの問題が生じる。ハイパーメディアエンジンはこの問題を解決するものとして提案され、アプリケーションプログラムにハイパーメディアの機能を提供する。

ハイパーメディアエンジンとして3階層からなる構成が提案されている。テクトロンクスで研究開発されているソフトウェア開発環境である Neptune システムがこの例である¹⁴⁾。Neptune システムは、Presentation Level, Hypertext Abstract Machine (HAM), Database Level で構成される。リンク付けやブラウジングを実行する部分は Hypertext Abstract Machine である。また、NTTの外村の提案¹⁵⁾するデータ構造部や 4.1 で説明した Dexter モデルも3階層からなる。図-4を参照。

アーキテクチャの他の課題として、ハイパーメディアに適したデータベース管理や OS などの実現がある。

神戸大学の Qian ら¹⁶⁾は、オブジェクト指向データベースを用いてハイパーメディアを実現する方式を提案している。この方式では二階層のスキーマをもち、オブジェクト指向データベースとしてのタイプスキーマの上に、ハイパーメディアを実現するビュースキーマを定義する。タイプスキーマで定義される章や節や著者などのフィジカル・オブジェクトと同様に、ビュースキーマで定義される文や単語などのコンセプトual・オブジェクトもリンクの対象にできる。また、富士通の石川の研究¹⁷⁾ではオブジェクト指向型知識ベースシステム Jasmine をハイパーメディアエンジンとして用いている。

4.3 読者支援

1) 情報検索

(1) ブラウジング

情報検索は大きく分けて、フィルタリングと、ブラウジングに分かれる。フィルタリングは、不要な情報を対象外として必要な情報を大まかに取り出すことであり、従来型検索の分類や

キーワードの手法を用いる。ブラウジングは、記載箇所を見つける作業であり、ハイパーメディアはこのブラウジングに関係する。

ハイパーメディアの機能、特にブラウジングはリンクの特性に影響される。今までに種々のリンクが検討されている。

機能的には、①注意書き的な情報を示す、②ドキュメントの構成を示す、たとえば章節の階層構造を表現するリンク、③参照関係を示す、などのリンクがある。①は脚注、頭注などの補助説明に相当し、②や③は読者が興味に従って読み進むことを可能とする。さらに、これらの情報間を関係付けるリンクのほかに、情報や情報に付加された処理を制御するリンクも提案されている。これには、④音声や動画などの時間経過を必要とするメディアの起動・停止などの制御をする、⑤処理(プロセス)を起動する、⑥更新情報などの伝搬を行う、などのリンクがある。⑥の更新の伝搬に関しては、自動的に伝搬させる Hot link や利用者の指示で伝搬させる Warm link, などがある¹⁸⁾。

リンクの構成的な分類では、通常のリンクのほかに、①複数のノードをつなげるリンク、②リンクをリンク先とするリンク、③リンクに種類(タイプ)を付けて区別するもの、などがある。

また、リンクの対象ノードの決め方に関する分類では、①外延的指定 (Extensional) と②内包的指定 (Intensional) に分けられる¹⁹⁾。外延的指定はノード間のリンクを個別に指定するものである。これに対して、内包的指定は同じ属性をもつノードを間接的に結合するものであり、この代表例は、指定されたキーワードや分類項目と同じものを有するノードを検索してリンク先とする場合である²⁰⁾。同じような観点の分類に静的リンクと動的リンクがある。静的リンクはリンク先ノードが固定のものであり、動的リンクは、検索結果をリンク先とするように、状況によってリンク先が変

わるリンクを言う。

神戸大学の平山・田中ら^{16),21)}はリンク定義言語を用いてリンク先ノードを指定する動的リンクを提案している。SQL ふうの言語を用いて仮想リンクの対象ノードの属性を記述しておき、実行時に検索が行われ実際のノードが選択される。リコーの小川ら²²⁾はこの検索をファジィ検索方式に基づいて行う「ファジィ動的リンク」を提案している。

また、三菱電機の炭田ら²³⁾の提案する知識メディアステーションでは、ハイパーメディアと推論機構を統合し、推論結果に応じて参照関係を変えられるようにした動的リンクを用いている。

(2) 迷い子問題の対策

ブラウジングの問題として、読者がブラウジングしているうちにどこにいるか分からなくなり、必要なノードに到達できないことが起こる。この問題を迷い子問題と言う。迷い子問題の対処方法に関して多数の研究が行われている。以下に例をあげる。

パス (path): 連続した複数のリンクを決められた順序でたどらせることにより目的のノードに導く^{24),25)}。パスはネットワークの一部からなるサブネットワークを抽出して利用者に提供するものである。

グラフィックブラウザ: ノードとリンクの関連を示す地図を画面に表示し、そのときの現在地の

ノードを明示する。図-5 は Intermedia の例である。この例では中央の、利用者が読み進んだ履歴を示す Path 部分と、下の、現在処理対象のドキュメントとリンクでつながったドキュメントをアルファベット順に示す Map 部分からなる²⁶⁾。

目次: Furnas の提案する Fisheye views²⁷⁾ は、図-6 に示すように現在地ノードに近い部分は詳細に、遠いノードは大まかに表示する。

しおり: ブラウジング中に付けて、後で戻れるようにする。

ブラウジング履歴表: ブラウジングしたノード列を表示し、前に見たノードに戻れるようにする。

(3) 情報検索技術との統合

情報検索は昔からコンピュータを用いて行われており、ハイパーメディアとは独立に多くの検索手法が研究されてきた。ハイパーメディアと従来の検索手法との統合も必要である。特に、情報が大量になった場合、ブラウジングだけで目的の情報を見つけるのは難しく、キーワードや分類など従来の情報検索手法を使うことが必須になる。

ワシントン大学の Frisse は、医療用ハンドブックのブラウジングの起点ノードを決めるのに、従来の情報検索の技法を使う方法を提案している²⁸⁾。起点ノードは、利用者が指定したキーワードを基にして、ノードの重みを計算して決める。重みの計算は、利用者が概括的な説明から読み始めることができるような算出方法を採用している。

日立の木内ら²⁹⁾は、概念と関係で構成する概念階層木を基にした検索を提案する。たとえば、概念「組織・機関」と「ハードウェア」の間に関係「～で開発された」のリンクを張っておき、これらの知識ベースを用いて、情報検索式とブラウジングによる検索を実現する。

2) 理解促進

(1) エキスパートシステムとの統合

エキスパートシステムは、利用者の問題に解決案を与えるが、なぜその案が良いかの情報を十分に与えない場合が

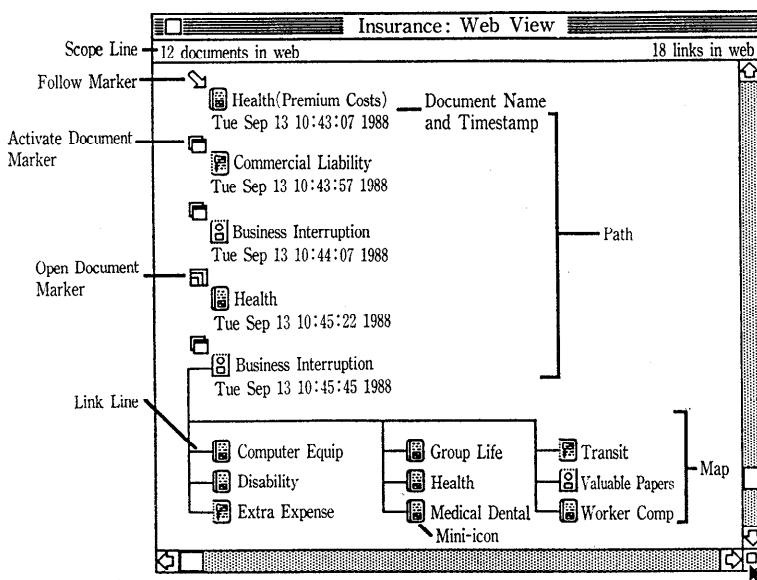
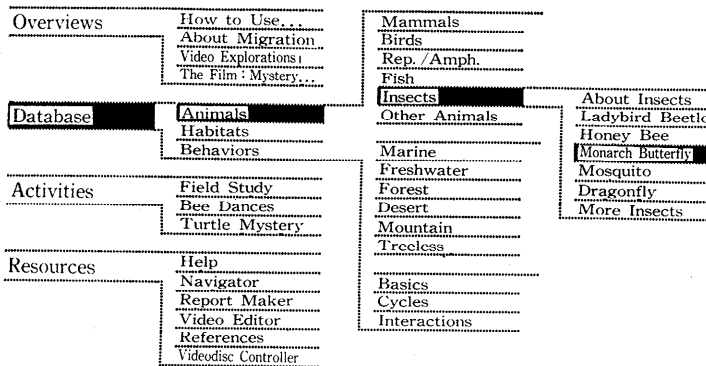


図-5 Intermedia のグラフィックブラウザ²⁶⁾

図-6 Fisheye views²⁷⁾

多い。コロラド大学で開発している JANUS³⁰⁾ や、PHIDIAS³¹⁾ は建築設計用のエキスパートシステムとハイパーメディアを結合することにより、この課題を解決する。JANUS は、設計図描画部分と設計吟味部分からなる。設計図描画部分は、設計図を作成する CAD であり、設計吟味部分は、設計図が適切かどうかを検討する。後者はこのために、設計ノウハウの根拠や関連をハイパーメディア構造でもつ。

JANUS には設計時に働く警告機能がある。たとえば、利用者が台所の備品の配置を設計しているときにそれを監視し、調理用コンロと流し場が近すぎる、などと警告を発する。利用者は、ハイパーメディア機能を用いて設計吟味部分を調べ、その警告の根拠を知ることができる。

(2) ハイパーメディアでの処理指定

ハイパーメディアのノードとして、データだけでなく処理（プロセス）も含むシステムがある。たとえば KMS¹⁰⁾ はリンクのアンカがプロセス名でもよく、そこへのブラウジング指示とはプロセスの起動を意味する。この機能は横河ヒューレット・パッカートの電脳杭³²⁾も提供している。

プロセスを組み込んだ場合、リンク選択指示により、新しいノードを画面に呼び出すブラウジングの基本的な形に加えて、画面にすでに表示されているノードに処理を施し変化させることも可能になる。たとえば、リンクマークの選択指示により、画面上でシミュレーションを実行して見せるものがある。これにより、読者（利用者）により理解しやすいような表現で情報を提示する。

さらに、ノードでの処理機能をより重視したのもある。北海道大学の田中が提案する Intelli-

gentPad³³⁾ はプロセス付き表示情報をノードとするようなハイパーメディアとして捉えられる。IntelligentPad では、テキスト／画像／音声などのマルチメディア情報が編集表示機能をもつプロセスと一体化され、紙のイメージをもつパッドとしてモデル化される。パッドを他のパッドに貼り付けることにより個々のパッドの機能が合成され、より複雑な機能を実現する。Model-View-Controller 構造をもちこれらの間に更新伝搬や情報送付のリンクが張られる。

3) 利用者インタフェース

大容量の情報をディスプレイ上で読めるインタフェース（読み進む・戻る・比べる・見て考える）が必要である。このために、情報の空間を自由に動き廻る感じを与えるインタフェースが要請される。また、ディスプレイ作業に合った書法／読み方の記号が必要である。これは、紙の文書の句読点や脚注などに相当し、よりディスプレイ作業に適したものがあると考えられる。

デンマーク工科大学の Nielsen は、利用者インタフェースとして以下の考察をしている³⁴⁾。

- ①変化と統一性：利用者がディスプレイ上で読み進んでいくとき、たとえば、本文から付録に移ったときに、それが視覚的にすぐ分かるようにする。
- ②情報の位置づけ：既述したグラフィックブラウザは保有する情報の概観を示す。
- ③逆戻り読み：読者が前に見ていた画面に次々と戻れる機能を提供する。また、読者がどう読み進んできたかの履歴表を示す。
- ④読んだ痕跡：利用者が読んだ箇所には自動的にその痕跡が付くようにする。また、一度見たノードにつながるリンクマークには特別な印を付加しておくことにより、必要のないのに何度も呼び出す無駄を避けるようにする。

4.4 著者支援

1) 文書作成（オーサリング）

(1) ハイパーメディアエンジニアリング

ハイパーメディアの作成は、従来の紙のドキュメントの作成に比べて、新しい支援機能が必要になる。オーサリングに関して以下の要請がある。

①マルチメディアを扱える。②リンクが簡単に付けられる。また、利用者がどのようにブラウジングしても不都合が生じないように、チェック機能をもつ。この意味でハイパーメディアはプログラム開発と同様の性質をもつ。③適切なノードサイズやリンクの張り方などの作成ガイドラインを備える。④機械的作業に加えて知的作業、構想から評価の過程までの総合作業、などの支援をする。

プログラム開発におけるソフトウェアエンジニアリングのように、ハイパーメディアドキュメント作成におけるハイパーメディアエンジニアリングが提唱されている。Search Technology Inc. の Glushko はハイパーメディアが対象とする情報は、複数種類のドキュメントを含まないとおもしろいものはできないと主張し、ドキュメントの組合せや、結合の見せ方、などの考察をしている³⁵⁾。

メリーランド大学の Shneiderman はハイパーメディアに適したドキュメントの条件として、①多数のフラグメントからなる大量の情報、②フラグメントは互いに関連する、③利用者は一時には一部しか使わない、をあげている³⁶⁾。

英国ケント大学の Brown は、Guide を使ったハイパーメディアの作成実験により、よく起こしがちな欠陥を抽出した³⁷⁾。たとえば、ある箇所の説明用に作った資料を、不注意に他の箇所にもリンクして共有してしまい、その結果、ノードを見る順序により説明が理解できなくなる、などをあげている。また、ハイパーメディアの保守は大きな問題であると指摘している。

(2) ノードとリンクの作成

たとえばブラウン大学の Intermedia¹¹⁾ で使用するメディアはテキスト、表、イメージ、三次元データで、情報間を双方向リンクで結合する。文書作成用に、テキストワープロ、三次元表現のデータ作成エディタ、年表作成エディタなどが使える。リンク付けはまず、文書中にリンク元アンカを指定する。次にメニューから「リンク付け開始」コマンドを選び、リンク先アンカを指定する。

オーサリングで同じ種類のドキュメントを多数作成する場合は、固定部分をテンプレート (template) として決め、可変部分のみを個々に作成するのが効率的である³⁸⁾。Intermedia のテンプレート³⁹⁾はリンクの張られた複数ドキュメントをテン

プレートとして定義することができる。

(3) ハイパーメディア化処理の自動化

記述が定型的な文書を対象とした自動処理化の研究がある。キャノンの根本ら⁴⁰⁾は、ハイパーメディアフォーマットデータの構造を定義する文書記述を作成し、これを用いて辞書の記述の論理構造や言葉の間の意味関係を表すリンクを自動生成する方式を提案している。京大の黒橋ら⁴¹⁾は情報科学辞典を対象とし、用語からその説明箇所や、関連する用語間に、リンクを自動的に張る方式を提案している。また、東芝の土井らの提案⁴²⁾では日本語文章を形態素解析して、文書の階層構造(章節)や参照構造(図や表)を抽出し、これをリンクで結ぶ。

ノードの個数が非常に多くなった場合は、個々のノードをそのまま画面に見せるのではなく、集合化して全体の把握を容易にすることが求められる。NEC の原ら⁴³⁾は、ハイパーメディアに適した自動クラスタリング手法を提案している。

グラフィックブラウザの自動作成の研究も行われている。図-5 に示したのは Intermedia のグラフィックブラウザであり、自動生成されたものである。MIT の Gloor の提案する CYBERMAP⁴⁴⁾は、ノードに付与された共通インデックスから類似度を算出し、これをもとにノードをグループ化して図示し、ブラウジングツールとして提供する。

(4) 時間系列表示を考えたオーサリング

音声や動画を扱うと情報提示に時間の概念が必要になる。マルチメディア情報を提示するオーサリングシステムとして NEC の小川らのビデオブック^{45), 46)}がある。このオーサリングシステムは、「メディア・トリガ・シーンモデル」をベースにして、マルチメディア情報の一連の提示をシナリオで記述する。このモデルはテキスト、動画などのメディアの提示やリンク関係を視覚的に把握できるようにしたモデルであり、画面提示の時間空間中にシーン、メディア、トリガを配置することにより、提示順序・提示継続時間・提示位置を指定する。図-7 を参照。

動画を含むプレゼンテーションシステムの実現方式の提案として大阪大学の Harmony がある⁴⁷⁾。シナリオ、リンク、メディアオブジェクト、ストレージの4階層をもち、情報の時系列の表示をメディアオブジェクト間のメッセージで実現する。

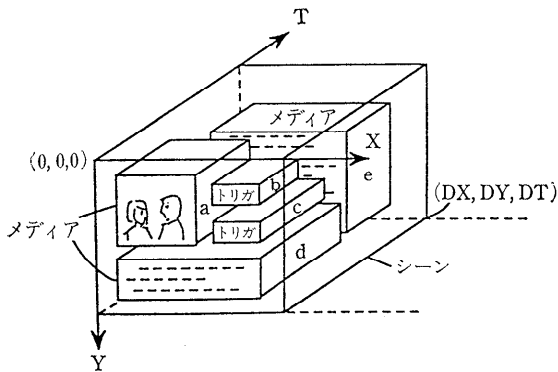


図-7 ビデオブックのメディア・トリガ・シーンモデル⁴⁵⁾

このメッセージをハイパーメディアのリンクとみなす。

また、時間系列表示の研究としてメリーランド大学の Trellis model がある⁴⁶⁾。このモデルは、時間付きペトリネット表現を用いることにより、ハイパーメディアのノードとリンクの静的構造関係を表すだけでなく、利用者との対話を制御したり、複数ノードの同期した表示の制御などの動的処理の表現を可能とする。

2) 思考支援や問題解決の支援

ハイパーメディアの利用として概念形成やアイデア抽出・整理の支援がある。アイデアを画面以上に断片として並べ、関連づけやグループ化により考えを整理していく。Xerox の NoteCards⁴⁹⁾ はこのような作業に使えるように開発された。より特化したシステムもある。

ソフトウェア開発支援システムとして gIBIS (graphical IBIS)⁵⁰⁾ がある。IBIS (Issue Based Information System) 方式は、ある課題 (Issue) に対して、解決策 (Position) やその解決策の利点・欠点 (Argument) を考えて議論を展開する方法である。gIBIS はこの IBIS を画面以上に配置して展開するものである。ノードには、Issue/Position/Argument の 3 種類のタイプがあり、リンクには 9 種類のタイプがある。たとえば、Position と Argument のノードを関係付けるリンクには、Supports (利点) と Objects-to (欠点) の 2 種類がある。gIBIS を用いて、ソフト開発で生じる重要な情報を記録し、これを開発の後々のフェーズで使えるようにすることにより開発の効率化を図る。NCR の 5 人からなる開発グループはソフト開発の要求分析や設計会議の記録などにこれを

2 年以上使用し、問題の発見や会議の効率化に効果があったと報告している⁵¹⁾。また、ドイツの GMD では、オーサリングの初期におけるアイデアの抽出を支援するシステム SEPIA を研究開発している⁵²⁾。

Xerox の Aquanet⁵³⁾ は、知識の構造化作業を支援するツールである。gIBIS と同じく、ハイパーメディアのネットワーク構造の全体像を把握しやすいよう表示する機能や、ノードやリンクにタイプを付加する機能がある。Aquanet は、gIBIS や SEPIA と異なり、ノードタイプやリンクタイプを問題に即して利用者が定義する。図-8 の上は問題解析手法として定義した Argument の例を示す。この Argument は三つのノードからなり、ノードの内容は文章などに加えて、図の右上に示すように、Argument 自体を取ることでもできる。

3) グループ共同作業支援

グループ共同作業にハイパーメディアを用いることにより、内容の濃いコミュニケーションが実現できるであろうという期待がある。

ただし、既存のハイパーメディアシステムの多くは、個人や少人数グループの利用を想定したものが多く、共同作業支援システムにするには機能の追加が必要である。必要な機能として、①並列アクセス制御、②セキュリティ機能、③カスタマイズ機能、④個人が付けるリンクと共有リンクを区別して扱う機能、などがあげられる。

提案されている共同作業支援システムとして前に説明した gIBIS⁵⁰⁾ がある。これはグループによるソフトウェア開発を支援するシステムである。

共同著作を支援するツールとして Intermedia の InterNote がある¹⁸⁾。これはある著者が書いた原稿に対して、他の人が簡単にアノテーションを付けられるシステムである。著者が自分の原稿に付けられたアノテーションを整理する機能や、原稿の文章中にアノテーションの表現をそのまま取り込む機能が提供される。図-9 を参照。

この実現のために Warm Link を提案している。Warm Link は利用者の指示によりリンクにつながったノードの情報が他のノードに伝搬される機構のリンクを言う。この Warm Link に対して二つの機能を提供する。一つは、利用者が現在開いているノードのアンカの情報をリンク先のアンカに送り、そのノードの内容を更新する機能

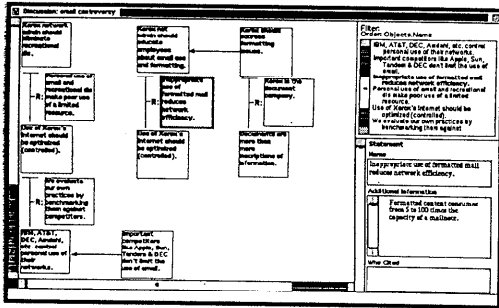
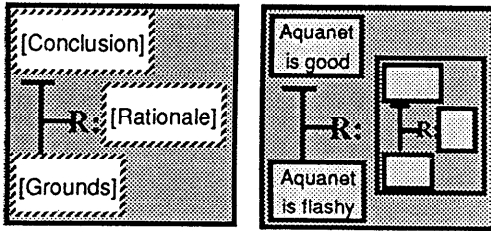


図-8 Aquanet の画面例⁵³⁾

(push) であり、他は逆に現在のアンカにリンク先アンカから取り込む機能 (pull) である。

4.5 ハイパーメディアの有効性評価

ハイパーメディアシステムの有効性に関する評価実験が報告されており、また、評価に関するサーベイもある⁵⁴⁾。

たとえば、①ハイパーメディアと紙のドキュメントの検索のしやすさの比較、②それらを教育に用いたときの学習効果の比較、③ハイパーメディアとオンラインマニュアルの比較、④グラフィックブラウザの有無による検索時間の比較、⑤ドク

ュメントの構成方法を各ノードの情報量を大きくしてノード数を小さくする場合と、その逆の場合の使いやすさの比較、⑥年齢とハイパーメディアの使い方、等々が報告されている。

実験結果は、片方（たとえばハイパーメディアを用いた場合）が他（たとえば、紙のドキュメントを用いた場合）の50%のものから、400%くらいまでさまざまである。多くの場合、ハイパーメディアに良い評価結果となっている。ただし、実験者がハイパーメディアの開発研究者であることや、実験室での小規模な利用実験であることを考慮する必要があり、信頼度の高い評価結果を得るために、さらなる実験が必要である。

4.6 標準化活動

ハイパーメディアに関連する ISO (The International Organization for Standardization) のドキュメント標準化では以下の三つの作業が進行している。まず、1988年に ISO で標準化された、ODA (Open Document Architecture) はデータ構造・転送・交換規約の標準化を目指しており、現在はハイパーメディア (HyperODA) や音メディアの記述を検討している。

また、SGML (Standard Generalized Markup Language) は1986年に ISO で標準化され、文書の構造記述メタ言語の提供を目的としている。ISO では SGML をベースに時間依存事象を記述するモデル HyTime (HyperMedia/Time-based Document)^{55)~57)} を検討している。

さらに、マルチメディア/ハイパーメディア応用

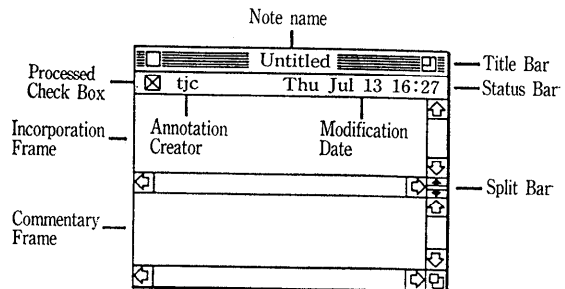
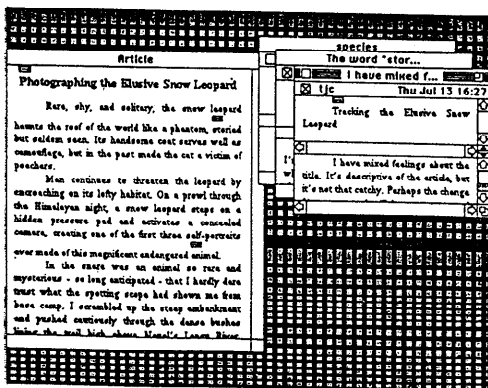


図-9 グループウェア InterNote の画面例⁵⁸⁾

のための共通基盤として MHEG (Multimedia and Hypermedia Information Coding Expert Group) も検討している。特徴は、オブジェクト指向に基づくメディア操作のクラス階層表現であり、プレゼンテーションなどの応用を想定している。以上の ODA と SGML の標準化は ISO/IEC JTC 1 (The International Electrotechnical Committee) (Joint Technical Committee) の SC 18 (Sub-Committee) で検討しており、MHEG は SC 29 で行っている。

また、米国 National Institute of Standards and Technology が主催でハイパーメディアの開発者・研究者によるハイパーメディア標準化会議が、1990年1月に開催され、既述した Dexter モデルや、Lange のモデルなどが発表された。ISO やこれらの活動に対して、多数の異なる標準案が出てしまうことが懸念される。

5. 今後の課題

ハイパーメディアに関する研究開発の今後の課題について検討する。

要素技術：現在、既存システムを用いてハイパーメディアアプリケーションを開発しようとすると、まだ多くの不都合に直面する。この不備を解決する技術が必要である。

ハイパーメディアエンジニアリング：実用的な見地からのドキュメンテーション作成技術の研究、特に、大量情報のハイパーメディア化技術が必要である。また、おもしろいハイパーメディアアプリケーションの出現が望まれる。

統合システム化：ハイパーメディアをネットワークやデータベースなどと統合発展させ、システムが扱う任意の情報を、ハイパーメディアの対象にできるようにする研究が必要である。

標準化：電子化ドキュメントの普及により、標準化の検討が本格的になるであろう。特に、SGML にハイパーメディア機能を組み込んだ標準案の早期普及が期待される。

新しいツールの創出：ハイパーメディアと他の機能との結合で新しい便利なツールを産み出していく研究が必要である。ハイパーメディアをグループウェアとして用いる研究の活発化が期待される。広義のハイパーメディア：紙や印刷を越える情報メディア構築の研究が望まれる。人間は紙メディアを手にして以来、この便利なメディアから

技術課題

1. 情報関係付け (リンクも含めて) の多様化
2. オープンシステム
3. 共同作業支援
4. 大規模情報空間に対するユーザインタフェース
5. 大規模ハイパーテキスト
6. カスタマイズと拡張性
7. ハイパーメディアネットワーク上での処理の指定

市場性に関する課題

1. ハイパーメディアに適した情報・顧客、妥当な価格
2. 標準化
3. 大量に普及する方法

図-10 F.G. Halasz が提起するハイパーメディアの課題⁵⁴⁾

の恩恵を受けるとともに、情報活動や思考方法まで二次元平面上に情報を展開するという物理的制約を受けてきた。ハイパーメディアを利用し、この制約による影響から脱却した新しい情報伝達・記録・加工メディアが生まれることが望まれる。

なお、Xerox の Halasz は 1988 年にハイパーメディアの課題として 7 つの技術課題を提起した⁴⁹⁾、学会 Hypertext '91 の講演では図-10 に示す改訂版を提案している⁵⁸⁾。

6. おわりに

ハイパーメディアの構想は 1945 年に文書化され、1960 年代に実際の開発が始まった。その後はごく限られた範囲で研究開発・利用されていた。1987 年に米国で開かれた Hypertext '87 の会議とアップルの HyperCard の発売で一種のブームとなり、現在もこれが継続している。

現在のハイパーメディアシステムはまだ未熟であるといえる。総体的な機能や使いやすさに問題があり作成・利用ノウハウの蓄積も不十分である。近年、ハイパーメディアの研究は盛んになっており、この技術が大きな進展を始めている。今後これらの研究成果を使ったより便利で使いやすいシステムの出現が期待される。

ハイパーメディアは今後、より基本的な機能として発展しつつ、他の機能との結合で新しい便利なツールを産み出していくと考えられる。また、コンピュータをコミュニケーションメディアとして使うことが定着してきているが、ハイパーメディアはネットワークやシミュレーションなどの技術を融合し、革新的なコミュニケーションメディアを創る可能性をもっている。今後の展開に期待したい。

謝辞 有益な助言をいただいた NEC C & C 情報研究所 小川隆一氏, 原 良憲氏に感謝します。また, 1989 年から 2 年間にわたりいろいろ教えていただいた情報処理開発協会 知的ハイパーテキスト調査研究委員会^{5),6)}の方々に深謝します。

参考文献

- 1) 北原安定: 高度情報社会へ向けての電気通信—INS の理念と特質—, 情報処理, Vol. 25, No. 4, 1984, pp. 433-442 (1984).
- 2) ハワード・ラインゴールド, 訳: 栗田昭平, 青木真美: 思考のための道具, p. 472, パーソナルメディア社 (1987).
- 3) Nielsen, J.: *Hypertext & Hypermedia*, p. 263, Academic Press Inc. (1990).
- 4) Conklin, J.: *Hypertext: An Introduction and Survey*, COMPUTER, Vol. 20, No. 9, pp. 17-41 (1987).
- 5) 知的ハイパーテキストに関する調査研究, 日本情報処理開発協会 (1990).
- 6) 知的ハイパーテキストに関する調査研究報告書, 日本情報処理開発協会 (1991).
- 7) 金子朝男: ハイパーメディアの研究動向, 情報処理学会第 42 回全国大会チュートリアル資料, pp. 17-31 (1991).
- 8) 原 良憲: ハイパーメディア入門, bit, Vol. 22, No. 8, pp. 35-42 (1990).
- 9) Thüring, M., Haake, J. M. and Hannemann, J.: *What's Eliza doing in the Chinese Room? Incoherent hyperdocuments—and how to avoid them*, Hypertext '91, pp. 161-177 (1991).
- 10) Aksycyn, 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 (1988).
- 11) Haan, B. J., Kahn, P., Riley, V. A., Coombs, J. H. and Meyrowitz, N. K.: *IRIS Hypermedia Services*, Comm. ACM, Vol. 35, No. 1, pp. 36-51 (1992).
- 12) Halasz, F. and Schwartz, M.: *The Dexter Hypertext Reference Model*, Hypertext Standardization Workshop, pp. 95-133 (1990).
- 13) Lange, D. B.: *A Formal Model of Hypertext*, Hypertext Standardization Workshop, pp. 145-166 (1990).
- 14) Campbell, B. and Goodman, J. M.: *HAM: A General Purpose Hypertext Abstract Machine*, Comm. ACM, Vol. 31, No. 7, pp. 856-861 (1988).
- 15) 外村佳伸: ハイパーメディアシステム構成のためのデータ構造とその応用に関する一考察, 電子情報通信学会, 画像工学研究会, IE 88-3, pp. 17-24 (1988).
- 16) Qian, Q. and Tanaka, K.: *Towards a Hypertext Database Model Based on Type/View Schemata and Generalized Links*, オブジェクトテクノロジーの高度応用に関するワークショップ, pp. 11-21 (1992).
- 17) 石川 博: 次世代ハイパーメディアエンジンとしてのオブジェクト指向型知識ベース管理システム, 電子情報通信学会, データ工学研究会, DE 89-30, pp. 9-16 (1989).
- 18) Catlin, T., Bush, P. and Yankelovich, N.: *Inter-Note: Extending a Hypermedia Framework to Support Annotative Collaboration*, Hypertext '89, pp. 365-378 (1989).
- 19) DeRose, S. J.: *Expanding the Notion of Links*, Hypertext '89, pp. 249-267 (1989).
- 20) Hara, Y. and Kaneko, A.: *A New Multimedia Electronic Book and Its Functional Capabilities, User-Oriented, Context-Based, Text and Image Handling (RIAO)*, pp. 114-123 (1988).
- 21) 平山伸一, 西川記史, 難波克己, 田中克己: リンク言語を有するハイパーテキストシステム: Text-Link-III, 情報処理学会, データベース・システム研究会, 78-7, pp. 63-70 (1990).
- 22) 小川泰嗣, 森田哲也, 金矢光久: ハイパーテキストのためのファジィ動的リンク機能, 人工知能学会研究会, HICG-9101-2, pp. 9-18 (1991).
- 23) 炭田昌人, 熊谷秀光, 瀧口伸雄: 知識メディアステーションにおけるハイパーメディアの実現, 情報処理学会, ヒューマンインタフェース研究会, 24-1, pp. 1-10 (1989).
- 24) Trigg, R. H.: *Guided Tours and Tabletops: Tools for Communicating in a Hypertext Environment*, ACM Trans. Office Inf. Syst., Vol. 6, No. 4, pp. 398-414 (1988).
- 25) Zellweger, P. T.: *Scripted Documents: A Hypermedia Path Mechanism*, Hypertext '89, pp. 1-14 (1989).
- 26) Utting, K. and Yankelovich, N.: *Context and Orientation in Hypermedia Networks*, ACM Trans. Inf. Syst., Vol. 7, No. 1, pp. 58-84 (1989).
- 27) Furnas, G. W.: *Generalized Fisheye Views*, ACM CHI, pp. 16-23 (1986).
- 28) Frisse, M.: *Searching for Information in a Hypertext Medical Handbook*, Comm. ACM, Vol. 31, No. 7, pp. 880-886 (1988).
- 29) 木内伊都子, 畠山 敦, 大木 優, 藤沢浩道: 知的検索を目指した Concept Browser, 情報処理学会, 情報学基礎研究会, FI-13-4, pp. 1-8 (1989).
- 30) Fischer, G., McCall, R. and Morch, A.: *JANUS: Integrating Hypertext with a Knowledge-Based Design Environment*, Hypertext '89, pp. 105-117 (1989).
- 31) McCall, R., Bennett, P., D'Oronzio, P., Ostwald, J., Shipman, F. III and Wallace, N.: *PHIDIAS: Integrating CAD Graphics into Dynamic Hypertext*, ECHT, pp. 152-165 (1990).
- 32) 本田克己, 佐久間卓哉: 電脳機: 実用大規模ハイパーメディアシステムの課題, 電子情報通信学会, データ工学研究会, DE 89-29, pp. 1-8 (1989).
- 33) 田中 譲: IntelligentPad: 思考支援のためのアクティブメディアシステムを目指して, 電子情報通信学会, データ工学研究会, DE 89-33, pp. 33-40 (1989).

- 34) Nielsen, J.: *The Art of Navigating Hypertext* Comm. ACM, Vol. 33, No. 3, pp. 296-310 (1990).
- 35) Glushko, R. J.: *Design Issues for Multi-Documents Hypertexts*, *Hypertext '89*, pp. 51-60 (1989).
- 36) Shneiderman, B. et al.: *The Advantages of Hypertext for Large Information Spaces; Where are the Big Systems?*, *ECHT*, pp. 343-346 (1990).
- 37) Brown, P. J.: *Assessing the Quality of Hypertext Document*, *ECHT*, pp. 1-12 (1990).
- 38) Jordan, D. S., Russell, D. M., Jensen, A. S. and Rogers, R. A.: *Facilitating the Development of Representations in Hypertext with IDE*, *Hypertext '89*, pp. 93-104 (1989).
- 39) Catlin, K. S. and Garrett, L. N.: *Hypermedia Templates: An Author's Tool*, *Hypertext '91*, pp. 147-160 (1991).
- 40) 根本治朗, 内藤広志, 山下真司, 松山洋一, 棚木孝一: 辞書ハイパーテキスト/ハイパーテキスト間のデータベースシステム研究会, 86-3, pp. 17-26 (1991).
- 41) 黒橋禎夫, 長尾 真, 佐藤理史, 村上雅彦: 専門用語事典のハイパーテキストシステム, 情報処理学会情報メディア研究会, 91-IM-1-4, pp. 1-8 (1991).
- 42) 土井美和子, 福井美和子, 山口浩司, 竹林洋一, 岩井 勇: プレーンテキスト/ハイパーテキスト間の変換, 情報処理学会, 情報学基礎研究会, FI-13-5, pp. 1-8 (1989).
- 43) Hara, Y., Keller, A. M. and Wiederhold, G.: *Implementing Hypertext Database Relations through Aggregations and Exceptions*, *Hypertext '91*, pp. 75-90 (1991).
- 44) Gloor, P. A.: *CYBERMAP Yet Another Way of Navigating in Hyperspace*, *Hypertext '91*, pp. 107-121 (1991).
- 45) Ogawa, R., Harada, H. and Kaneko, A.: *Scenario-Based Hypermedia: A Model and a System*, *ECHT*, pp. 38-51 (1990).
- 46) 小川隆一, 原田浩明: マルチメディアシナリオ記述のためのデータモデルとオーサリング環境について, 電子情報通信学会, データ工学研究会, DE-91-3, pp. 17-24 (1991).
- 47) 藤川和利, 梶本雅人, 有吉勇介, 下條真司, 松浦敏雄, 西尾章治郎, 宮原秀夫: マルチメディアプレゼンテーションシステム Harmony, 電子情報通信学会, ヒューマンコミュニケーション研究会, HC 90-14, pp. 53-60 (1990).
- 48) Stotts, P. D. and Furuta, R.: *Temporal Hyperprogramming*, Univ. Maryland, UMIACS-89-113, 1-18 (1989).
- 49) Halasz, F. G.: *Reflections on NoteCards: Seven Issues for the Next Generation of Hypermedia Systems*, *Comm ACM*, Vol. 31, No. 7, pp. 836-855 (1988).
- 50) Conklin, J. and Begeman, M. L.: *gIBIS: A Hypertext Tool for Exploratory Policy Discussion* *ACM Trans. Office Inf. Syst.*, Vol. 6, No. 4, pp. 303-331 (1988).
- 51) Yakemovic, K. C. B. and Conklin, J.: *Report on a Development Project Use of an Issue-Based Information System*, *CSCW*, pp. 105-118 (1990).
- 52) Streitz, N. A., Hannemann, J. and Thuring, M.: *From Ideas and Arguments to Hyperdocuments: Traveling through Activity Spaces*, *Hypertext '89*, pp. 343-364 (1989).
- 53) Marshall, C. C., Halasz, F. G., Rogers, R. A. and Janssen, W. C. Jr.: *Aquanet: A Hypertext Tool to Hold Your Knowledge in Place*, *Hypertext '91*, pp. 261-276 (1991).
- 54) Nielsen, J.: *The Matters that Really Matter for Hypertext Usability*, *Hypertext '89* pp. 239-248 (1989).
- 55) Newcomb, S. R., Kipp, N. A. and Newcomb, V. T.: *The Hytime*, *Comm. ACM*, Vol. 34, No. 11, pp. 67-83 (1991).
- 56) Goldfarb, C. F.: HyTime, ハイパーメディアのデータ交換に不可欠な国際標準に, 日経エレクトロニクス, No. 542, pp. 275-281 (1991).
- 57) *HyperMedia/Timebased Document (HyTime) and Standard Music Description Language (SMDL) User Needs and Functional Specification*, X3 V 1. 8 M SD-6 Second Draft (1990).
- 58) Halasz, F. G.: *Seven Issues: Revisited, slides*, *Hypertext '91 Keynote Talk* (1991).

学会誌・研究会の特集

- 59) 情報処理学会, 情報学基礎研究会, 13-1~8 (1989).
- 60) 電子情報通信学会, データ工学研究会, DE 89-29~35 (1989).
- 61) 情報学シンポジウム, 日本学会会議など共催, pp. 107-186 (1989).
- 62) 情報処理学会第42回全国大会チュートリアル資料 p. 90 (1991).
- 63) 電子情報通信学会, 教育工学研究会 ET 91-24~37 (1991).
- 64) *Hypertext '87*, p. 434, Hypertext Planning Committee (1987).
- 65) *Special Issues on Electronic Publishing Technologies*, *Computer*, Vol. 21, No. 1, pp. 12-96 (1988).
- 66) *Special Issues on Hypertext*, *Comm. ACM*, Vol. 31, No. 7, pp. 816-895 (1988).
- 67) *ACM Trans. Inf. Syst.*, Vol. 7, No. 1, p. 1-100 (1989).
- 68) *Hypertext '89*, p. 403, ACM (1989).
- 69) *ECHT (European Conference on Hypertext)* (1990).
- 70) *Hypertext '91*, p. 485, ACM Press (1991).

(平成4年7月24日受付)



金子 朝男 (正会員)

1949年生。1972年東京教育大学理学部応用数理学科卒業。同年, NEC入社。以来, 研究所にて, 分散データベース, ファイリングシステム, 電子本, マルチメディアシステムなどの研究開発に従事。現在は C&C 情報研究所情報基礎研究部研究課長。ACM, ASIS 各会員。