

CastingNet:大規模情報を分析するための ハイパーメディアアプリケーションフレームワーク^{†1}

石飛康浩 増田佳弘 植田学

富士ゼロックス(株)システム・コミュニケーション研究所

科学技術分野における多くの研究開発活動では、観測結果や実験結果として得られる大量かつ動的に変化する情報群を分析することにより、新たな発見や洞察が導かれる。

本論文では、これらの情報を有効にアクセスするための自動的な組織化機構を備えた、ハイパーメディアアプリケーションのためのフレームワークシステムCastingNetについて述べる。さらに、このシステムが採用する「フレーム軸モデル」と呼ぶハイパーメディアデータモデルについて述べる。このデータモデルを採用することにより、(1)大量情報群の自動的な組織化、(2)組織化情報と独立した情報群の共有、(3)視覚化された関係(ハイパーチャート)を介した情報群のナビゲーションなアクセス、が可能になる。

CastingNet: A Hypermedia Application Framework for Analyzing Large Information^{†2}

Yasuhiro Ishitobi Yoshihiro Masuda Manabu Ueda
Systems and Communications Research Lab., Fuji Xerox Co. Ltd.

In scientific research area, scientists find out new facts or insights through an analysis of large amount of data which are gained by actual observations or experiments.

In this paper, we discuss about a hypermedia application framework system, called "CastingNet". CastingNet provides automatic organizing mechanism for effective information access, and their hypermedia data model, called "Frame-Axis Model". This data model provides some features such as, (1) automatic information organizing, (2) information sharing which is irrelevant to their organization, and (3) navigational access via visualized relation, "HyperChart".

†1 本研究は、平成3年度に開始された、科学技術庁科学技術振興調整費によるプロジェクト「創造的研究開発支援のための自己組織型情報ベースシステムの構築に関する研究」の一頁である。

†2 This study was performed as a part of the project "Self Organizing Information-Base Systems for Creative Reserch and Development" through Special Coordination Funds of the Science and Thechnology Agency of the Japanese Government.

1 はじめに

科学技術分野で扱われる情報の量は、日々、膨大化する一方であり、創造的な研究開発活動を支援するためには、それら情報群の有効な組織化とアクセスを可能にする知的インタフェースを備えた情報ベースシステムが必要とされる。

従来、情報群のアクセスを考慮した組織化については、ハイパーメディア技術を中心に研究がおこなわれてきた。例えば、科学技術データのように、大量かつ動的に内容が変化する情報群を組織化するためには、ひとつずつ手作業でリンク付けるような組織化ではなく、自動リンクや動的リンク等の自動的に情報群を組織化するための機構が有効であると考えられる。これらの従来研究の中には、自動リンクや動的リンクに関する研究がある。

自動リンクについては、「医用テキストブック」[1]、「Oxford English Dictionary (OED)」[2][3]、「専門用語辞書のハイパーテキスト化」[4]、「テキストブックのハイパーテキストへの変換」[5]のように、文書構造の解析やキーワード照合によってフラットなテキストをハイパーテキスト化する方法と、「Shallow Apprentices」[6]、CYBERMAP[7]のようにキーワードの頻度によってノード間の類似度を計算しリンク付けるという、2種類の方法が提案されている。

動的リンクについては、SuperBook[8]、MICROCOSM[9]、TextLink[10]のように、リンクの機能をデータベースへの質問式として抽象化して実現する研究などがある。

しかし、従来の自動リンクの場合、リンク付けの規則を画一的かつ単純にしなければならないため、ユーザが必要としない冗長なリンクが張られてしまったり、ユーザが必要とする有効なリンクを張ることができないなどの問題があった。また、動的リンクについては、従来のリンクと同様にリンクの端点にひとつずつ質問式等を記述しなければならないという問題があった。

本論文では、ハイパーメディアデータモデルとして「フレーム軸モデル」を提案する。また、本データモデルに基づき、情報の組織化、組織化された情報の視覚化、ブラウジング、情報の共有について考察したハイパーメディアアプリケーションフレームワークシステム「CastingNet」について紹介する。

CastingNetの特徴は、

- (1) ハイパーメディアアプリケーション構築に必要な機能を解放すること
- (2) 「フレーム軸モデル」というハイパーメディアデータモデルを採用していること
- (3) フレーム軸モデルにより、従来のノード情報とリンク情報の独立管理、リンク情報の自動生成ができること

(4) 情報間の関係を視覚化したビューによるブラウジングインタフェースをもっていること

などが挙げられる。

第2章では、我々が考案したCastingNetのシステム構成、システムアーキテクチャについて述べる。次に、第3章では、CastingNetのデータモデル、および、このデータモデルに基づく情報の自動関係付けについて述べる。第4章では、情報間の関係の視覚化によるブラウジング方法について、第5章ではハイパーメディア情報の共有方法について述べる。最後に、第6章で今後の課題について述べる。

2 CastingNet

CastingNetは、ハイパーメディアアプリケーションの開発に必要となる基本的な機能を提供するシステムである。

2.1 システム構成

CastingNetにおけるシステム構成を図1に示し、以下におもな構成要素について説明する。

パーソナルストレージ

パーソナルストレージは、CastingNetにおけるデータストレージであり、後述する「ノードフレーム」と「関係軸」を格納する。

また、ユーザはCastingNetで提供される変換機構により、CD-ROM、データベースサーバ、オンラインデータベース等により提供される情報をノードフレームに変換し、個人的な情報としてパーソナルストレージに格納する。

ノードフレーム

ノードフレームは、従来のハイパーメディアにおけるノードに相当する要素である。従来のノードはフラットな構造をもち、ノードフレームは複数の属性によって構成されたフレーム構造をもつ点で異なる。ノードフレームは、CastingNetにおける情報を表現する。また、個々のノードフレームは、互いに独立した要素であり、他のCastingNetシステムとの間で自由に交換できる。

関係軸

関係軸は、従来のハイパーメディアシステムにおけるリンクに相当する要素である。従来のリンクは2項関係を表すバイナリリンクであり、関係軸はN項関係が表現できる点で異なる。関係軸は、ノードフレーム群の写像空間として捉えることができ、各関係軸には、その写像空間を定義するための関係付け規則が設定される。この規則により、各関係軸に写像されるノードフレームとその写像位置が自動的に決定される。

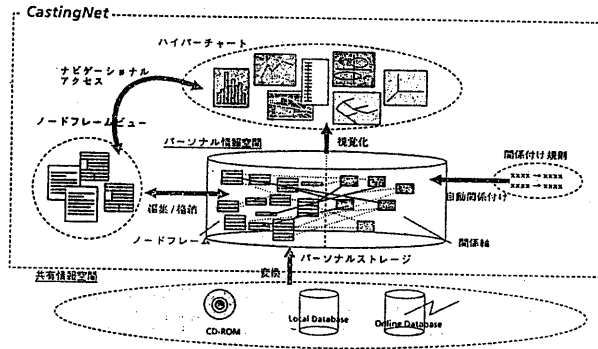


図1 システム構成の概要

ハイパーチャート

「ハイパーチャート」は、従来のハイパーメディアのオーバビューとスプレッドシートのチャートを合成したような機能を備えたものである。各関係軸に自動的に写像されたノードフレーム間の関係はチャート上の位置関係として視覚的に表示される。

また、ハイパーチャート上において、各ノードフレームはアイコンとして表示されており、ユーザは任意のアイコンを指示することにより、該当するノードフレームの内容をノードフレームビューとして表示させることができる。また、表示されたノードフレームビュー上で任意の属性を指定することにより、その属性値を写像対象とする関係軸をもつハイパーチャートを表示させることができる。このようにして、ユーザは、ハイパーチャートを介して情報(ノードフレーム)間をブラウジングすることができる。

2.2 システムアーキテクチャ

CastingNetは、ハイパーメディアアプリケーションを開発するためのフレームワークシステムであり、システムアーキテクチャとして、図2に示すようなレイヤリング構造を採用している。なお、レイヤリングアーキテクチャを採用する理由は、以下のとおりである。

- アプリケーションに対して機能を開放する
- システム自身の拡張を容易にする
- 複数のアプリケーションに対し、共通のマルチメディアインタフェースを提供する

なお、図2において、太枠で示した部分がCastingNetシステムに相当する部分であり、ここで提供される機能が、最上位のアプリケーションレイヤで開発されるハイパーメディアアプリケーションに提供される。

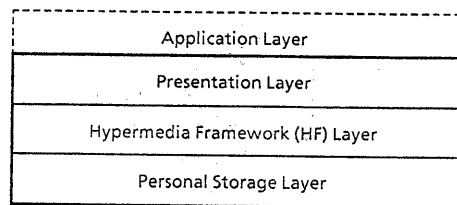


図2 CastingNetのシステムアーキテクチャ

3.1 フレーム軸モデル

従来のノードリンクモデルが「ノード」、「リンク」と呼ばれる基本要素によって構成されていたのに対し、フレーム軸モデルは、「ノードフレーム」、「関係軸」と呼ばれる要素によって構成される。なお、「ノードフレーム」と「関係軸」は、それぞれ、従来のノードリンクモデルにおける「ノード」と「リンク」に相当する。

また、「ノードフレーム」と「関係軸」は、以下のような特徴を持つ。

ノードフレーム

- ノードフレームは、従来のノードリンクモデルのようにカードや文書をメタファとするフラットな構造の情報ではなく、複数の属性で構成される「フレーム」として取り扱われる。なお、ノードフレームを構成する個々の属性を「エンティティ」と呼ぶ。
- エンティティは、属性名と属性値、そして、どの関係軸に自動的に写像されるかを示す写像型をもつ。
- ノードフレームは、情報名と情報を表すエンティティ群、そして、情報の種類を表す情報型(これをノードフレームカテゴリと呼ぶ)をもつ。

関係軸

- 関係軸は、2項関係を表す従来のリンクを一般化した広義の「N項関係」を表現する。

3 フレーム軸モデルにおける情報群の自動関係付け

- 関係軸は、自動関係付け規則を持つ。この規則はノードフレームを関係軸に写像するものであり、写像型、属性名、属性値の値域などのパラメータによって構成される。

ここで、従来のノードリンクモデルとフレーム軸モデルを比較する。従来のノードリンクモデルでは、フラットな構造を持つノード中にアンカーを埋め込みむことにより、リンク付けがおこなわれる。これに対し、フレーム軸モデルでは、関係軸を持つ関係付け規則により、ノードフレーム間の関係が関係軸上に写像される。また、従来のノードリンクモデルのリンクは静的な2項関係であるのに対し、フレーム軸モデルの関係軸は、動的なN項関係である。(図3)

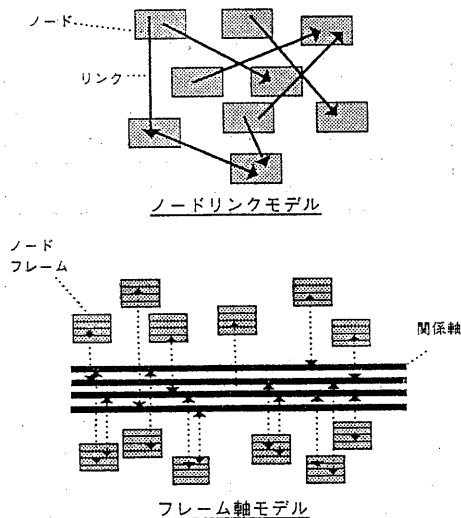


図3 ノードリンクモデルとフレーム軸モデル

3.2 情報の自動関係付け

フレーム軸モデルにおける関係軸は、概念的には時空間を表現する「軸」であり、ノードフレームは、それを構成するエンティティ(属性)に基づいてある関係軸上に自動的に写像される。

フレーム軸モデルでは、属性値の写像方法の違いにより、「項目軸 (Item Axis)」、「数値軸 (Numerical Axis)」の2種類の関係軸がある。

項目軸

「項目軸」は、項目名(キーワード)の集合によって構成される写像空間である。構造としては、階層構造、順序リスト、循環構造など、さまざまなものが指定できる。

ノードフレーム群の項目軸への自動的な写像は、ノードフレームが持つ属性値と項目軸上の項目名とのキーワード照合によりおこなわれる。すなわち、ノードフレーム中の

属性値と同じ名前を持つ項目軸中のキーワードに対して自動的に写像がおこなわれる。

項目軸による自動関係付けの様子を図4に示す。この例では、属性名"Place"である属性が属性値として"Conference Room 201"を持ち、属性名"Project"という属性が属性値として"CastingNet"を持つノードフレームが、それぞれ、項目軸"Rooms"、項目軸"Project"という項目軸中の同じ項目名を持つ軸に対して写像されている。

数値軸

「数値軸」は、時間、経度/緯度、優先度、件数、人数など、数値で表現される属性値に基づいた写像をおこなうための軸である。

ノードフレーム群の数値軸への自動的な写像では、属性値自身がすでに軸上の位置を示しているため、属性値を写像するための処理は特に行わない。ただし、属性と関係軸との間で単位が異なっていた場合には、写像の際に関係軸の単位に基づく属性値の正規化がおこなわれる。

数値軸による自動関係付けの様子を図5に示す。この例では、属性値"92 12/24 10:00"という日時が、"2902611600"というようなグリニッジ標準時間の値に正規化され、数値軸"Time"上の所定の位置に写像されている。

自動関係付け規則

フレーム軸モデルにおける自動関係付け規則は、以下の形式で与えられる。なお、この規則は関係軸ごとにひとつ設定され、各関係軸がこの規則を保持する。

自動関係付け規則 =

$$[\text{写像型}] \times [\text{属性名}] \times [\text{値域}] \quad \dots(1)$$

ここで、(1)式の各パラメータについて説明する。

「写像型」とは、エンティティの型であると同時に、関係軸の基本型でもある。写像型には、組み込みで用意されるName, String, Integer, Real, Time, Date, Yes-No, Fuzzyなどがあり、これらを派生させてユーザが定義する写像型を設定することができる。各ノードフレームを構成するエンティティはこの写像型のいずれかに属するオブジェクトとして生成される。

「属性名」には、ノードフレームを構成するエンティティのうち、関係軸に写像される対象となるエンティティの属性名が複数指定される。例えば、"Date", "Priority", "Attendants", "Organization"などの属性名が指定されることになる。

「値域」は、項目軸の場合、その写像空間を表す項目名(キーワード)の集合が、数値軸の場合、その属性型が理論的に取り得る値の範囲が指定される。例えば、(SET "HyperCard" "NoteCards" "KMS" "Analyst" "glBIS")のよう

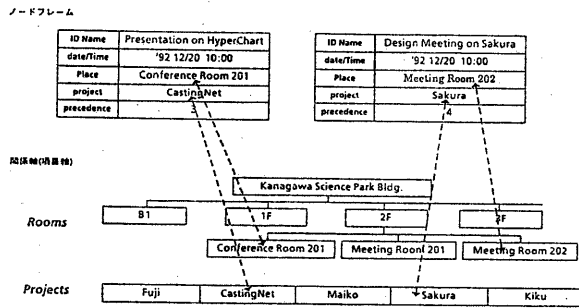


図4 項目軸の概念

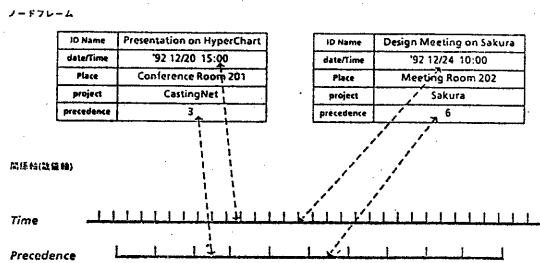


図5 関係軸の概念

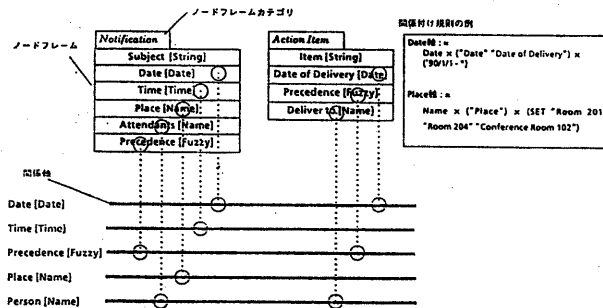


図6 関係付け規則の概念

なキーワードや、100~1200のような値の範囲が指定される。

自動関係付け規則の設定例の概念を図6にを示す。図6において、[]内は属性型を示していると同時に、関係軸の写像型でもある。

なお、関係軸は、図7に示すようなイベントに従って、写像可能なノードフレームを自動的に関係付ける。

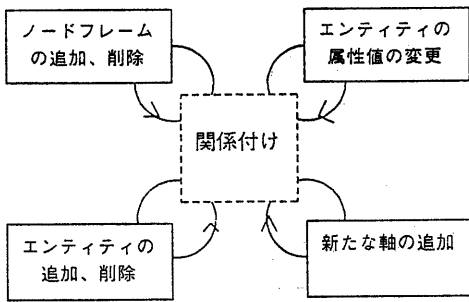


図7 関連付けを発火するイベント

4 ハイパーチャートを用いた情報ブラウジング

前章で述べたフレーム軸モデルに基づく自動関係付け機構により、ノードフレーム群は関係軸上に自動的に写像される。関係軸上に写像されたノードフレーム間の関係は、従来のハイパーメディアシステムのリンクのような2項関係として表現されるのではなく、複数のノードフレーム間のN項関係として表現される。このようにして生成された関係は、以下で述べるハイパーチャートによって視覚化されることにより、ユーザは情報空間をブラウジングすることができる。

4.1 ハイパーチャート

ハイパーチャートは、図8に示すような、ひとつ、あるいは複数の関係軸と、それらに写像されているノードフレーム群を表示したハイパーメディアにおけるオーバービューに相当するものである。

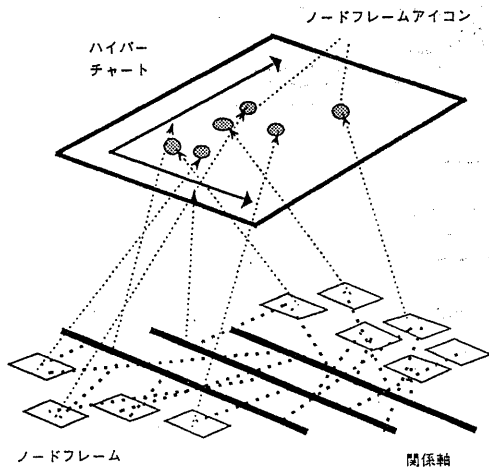


図8 ハイパーチャートの概念

各ハイパーチャート上において、各ノードフレームは、図8に示すような「ノードフレームアイコン (NodeFrame Icon)」と呼ばれるアイコンの形で表示される。

ユーザは、ハイパーチャート中のノードフレームアイコンを指示することにより、該当するノードフレームの内容をノードフレームビューとして表示させ、次に、そのノードフレームと関連するハイパーチャートへとブラウジングすることができる。

また、ハイパーチャートは、特定の関係軸に固定的に対応したビューではなく、ユーザの必要に応じて、関係軸の組み合わせたり、表示対象とするノードフレーム群を選択したり、数値処理をおこなった結果を動的に表示させたりすることができる。

なお、複数の関係軸を組み合わせる場合、それらの関係軸に共通に写像されているノードフレームが表示対象となる。

4.2 ノードフレーム群のフィルタリングインタフェース

フレーム軸モデルに基づいて情報を自動的に関係付ける場合、関係軸の定義が一般的になるにつれ、多くのノードフレームが写像されることになる。したがって、このような一般的な関係軸をハイパーチャートによって視覚化した場合、必要以上に多数のノードフレームアイコンが表示されてしまうことになる。

例えば、「日付」という一般的な関係軸を考えた場合、「納期」、「開催日」、「誕生日」などの属性で与えられる情報はすべてこの一つの関係軸上に写像されるため、これらの情報がすべてハイパーチャート上に表示されることになる。

一般に、この問題には、トレードオフが存在すると考えられる。すなわち、ユーザがブラウジング対象として広範囲の情報群を必要とする場合には、一般的な関係軸に基づいたハイパーチャートの表示が必要であり、限られた目的で使用される場合には、何らかの方法によって限定されたノードフレームだけを表示対象とするハイパーチャートが必要である。

このような要求に応えるため、CastingNetでは、表示対象とするノードフレームをユーザの必要に応じて選別するための2つの機能を備える。

- (1) 特殊化した関係軸を定義できるようにする。
- (2) 表示対象とするノードフレーム群をハイパーチャート上においてフィルタリングする。

これらのうち、(1)については既に述べた自動関係付け規則を用いて可能である。また、(2)については、ハイパーチャート上において表示対象となるノードフレーム群を、ノードフレームカテゴリ(情報型)、属性名、属性値の値域のようなパラメータによりフィルタリングすることが可能である。(図9)

ハイパーチャート

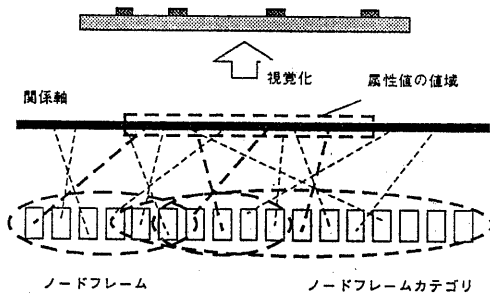


図9 ハイパーチャートにおける表示対象(ノードフレーム)のフィルタリング

4.3 ブラウジング

フレーム軸モデルの関係軸は、従来のハイパーメディアのリンクが提供するようなアクセスパスを表現するものではなく、複数のノードフレーム間の関係を表現するものである。したがって、情報をブラウジングするためのパスは決められておらず、ユーザは、ハイパーチャートとして表現された関係軸上の各ノードフレーム間の位置関係をもとに、次にアクセスする情報を決定する。

また、従来のスプレッドシートや統計解析システムのチャートでは、大量情報群の関係をチャート化することのみとどまり、チャートから個々の情報の詳細を逆参照することはできなかった。これに対し、ハイパーチャートは、ハイパーメディアのオーバービュー機能と同様にチャート上からの個々の情報への逆参照を可能にしている。

上記の情報のブラウジング過程は、overview、および、focusという2つのブラウジング関数によっておこなわれる。

overview

共通のエンティティ(属性)をもったノードフレーム群がハイパーチャートに表示されることにより、その属性における他のノードフレームとの関連を視覚的に把握することができる。このような意味で、従来のオーバービューのような機能を提供する。

focus

ハイパーチャート上に表示されたノードフレームアイコンを選択することにより、選択されたノードフレームのビューを開くことができ、他の属性を参照することができる。

5 ハイパーメディア情報の共有

CastingNetでは、研究途上の科学情報のような未体系的な情報を操作対象としており、その利用者(研究者)は、多種多様な情報リソースから研究に必要な情報を収集(Casting)し、利用者の主観的な視点からそれらの情報を分類・構造化する。そして、その中から新たな事実や法則を見つけ出す。

この場合、主観的な視点からの情報操作をおこなうためには、以下の理由により、第三者からの情報のアクセスを遮断する必要があると考える。

- ある情報に基づいて分析を進めている途中でその情報が第三者から更新された場合、論理が成り立たなくなってしまう。
- 主観的な視点から試行錯誤を繰り返されている情報を第三者が参照した場合、共有情報としての客観性をもっていないため危険である。

以上のことから、CastingNetにおける情報の共有は、利用者が主観的な情報操作を行うパーソナルストレージの外で行うことを前提としている。(図10)

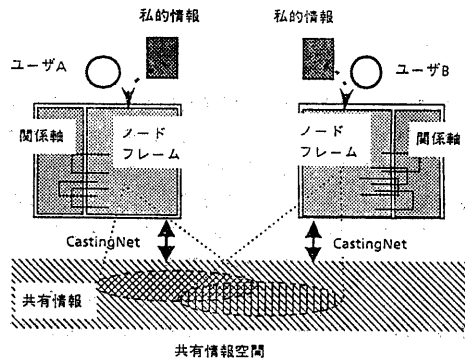


図10 CastingNetにおける情報共有の概念

したがって、研究者は、パーソナルストレージ上の研究情報がある程度の客観性をもち、研究グループ内で共有することが有効であると判断した時点で共有情報として展開する。このため、CastingNetでは、図11に示すような、メディアコンバータ(Media Converter)を提供することにより、情報の共有と情報の個人化を可能にしている。

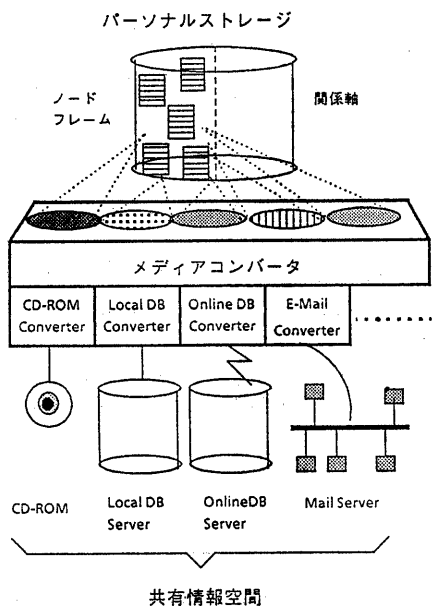


図11 情報共有のためのメディアコンバータ

6 おわりに

本論文では、研究途上の科学情報のような大量かつ未体系の情報群について、それらを自動的に組織化するための「フレーム軸モデル」というハイパーメディアデータモデルを提案した。また、本データモデルを採用したハイパーメディアアプリケーション開発のためのフレームワークシステム「CastingNet」における、関係を視覚化する「ハイパーチャート」、ハイパーチャートを用いた情報のブラウジング、ハイパーメディア情報の共有、について考察をおこなった。

今後の研究課題としては、以下のことが挙げられる。

- ハイパーチャート上における大量情報の表示/操作インタフェースの実現
- ハイパーチャートを介さないブラウジングの研究

謝辞

本研究の推進にあたり、常日頃ご努力いただいている科学技術庁科学技術振興局科学技術情報科の有森達男課長、甲斐靖幸氏、村松弘和氏、ならびに、本研究に対し貴重な助言をくださった、科学技術庁科学技術振興調整費「創造的研究開発支援のための自己組織型情報ベースシステムの構築に関する研究」プロジェクトのメンバーの方々に、深く感謝致します。

参考文献

- [1] Mark Frisse, "From Text to Hypertext", BYTE, Oct. 1988
- [2] D.R. Raymond, and F.W. Tompa, "Hypertext and the New Oxford English Dictionary", Proceedings of Hypertext '87, 1987
- [3] Eric Giguere, "Electronic Oxford", BYTE, Dec. 1989
- [4] 黒橋禎男, 長尾真, 佐藤理史, 村上雅彦, 専門用語辞書のハイパーテキストシステム, 情報処理研究会, 情報メディア, 1-4, 1991
- [5] Roy Rada, "Converting a Textbook to Hypertext", ACM Transactions on Information Systems, Vol.10, No.3, July 1992
- [6] Mark Bernstein, "An Apprentice That Discovers Hypertext Links", Proceedings of ECHT '90, 1990
- [7] Peter A. Gloor, "CYBERMAP: Yet Another Way of Navigating in Hyperspace", Proceedings of Hypertext '91, 1991
- [8] Dennis E. Egan, Joel R. Remde, Louis M. Gomez, Thomas K. Landauer, Jennifer Eberhardt, and Carol C. Lochbaum, "Formative Design-Evaluation of SuperBook", ACM Transactions on Office Information Systems, Vol. 7, No. 1, October 1989
- [9] Andrew M. Fountain, Wendy Hall, Ian Heath, and Hugh C. Davis, "MICROCOSM: An Open Model for Hypermedia With Dynamic Linking", Proceedings of ECHT '90, 1990
- [10] 田中克己, 「リンク定義言語を有するハイパーテキストシステム: TextLink-III」, 情報処理学会データベース研究会 DB 78-7, 1990