

|                  |  |
|------------------|--|
| Title            | メタレベル・データベース技術による旅客流動分析・可視化・情報配信システムの実現  |
| Sub Title        |  |
| Author           | 清木, 康(Kiyoki, Yasushi)<br>倉林, 修一(Kurabayashi, Shuichi)   |
| Publisher        | 慶應義塾大学湘南藤沢学会   |
| Publication year | 2012   |
| Jtitle           | 交通運輸情報プロジェクトレビュー No.21 (2012. ) ,p.12- 24  |
| JaLC DOI         |  |
| Abstract         | 我々がすでに提案している"メタレベルシステムのデータ統合方式"を基礎として,本研究では,鉄道利用環境における移動履歴データに内在する状況・環境変化の"分析,認識,抽出"を行い,状況・環境変化に応じて,異種のデータベース群(ODデータ,経路データ,および,旅客分布ヒューリスティックス)を動的に統合し,新たな価値を有する情報を生成する手法を設計・開発し,旅客流動分析・可視化・情報配信を細粒度で実現する"旅客流動分析システム"の基本設計を行った。本システムは,鉄道実空間において発生する事象,現象としての旅客流動に自動的に反応し,鉄道における旅客流動に関する情報に合致する運行情報を抽出,合成し,自動配信する。新しい鉄道実空間と鉄道情報空間の間を連動する鉄道情報環境を実現する。この方式は,時空間を対象とした多様な計量機能をメタレベルに設定することにより,応用に応じた多様な時空間的計量を実現し,マルチデータベースシステムから適切な情報を検索・結合する。具体的には,時間的な計量空間,および,空間的な計量空間の設定,更に,その機構における関連性の計量に要する文脈の定式化,および,実現をおこなった。また,提案方式はメタレベルシステムにおいて異種の計量システム群を統合することにより,それら計量システム固有の適用範囲を拡大する。 |
| Notes            | 2012年度慶應義塾大学JR東日本寄附講座報告書<br>慶應義塾大学交通運輸情報プロジェクト<br>その1: JR東日本寄附講座担当教員の活動報告  |
| Genre            | Technical Report   |
| URL              | <a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO92001006-00000021-0012">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO92001006-00000021-0012</a>  |

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

# メタレベル・データベース技術による 旅客流動分析・可視化・情報配信システムの実現

清木 康 倉林 修一  
慶應義塾大学 SFC 環境情報学部

## 研究組織

研究代表者： 清木 康(慶應義塾大学環境情報学部、政策・メディア研究科)

研究担当者：

倉林 修一(慶應義塾大学環境情報学部)

慶應義塾大学 SFC・清木研究室(MDBL)

佐々木史織(慶應義塾大学政策・メディア研究科)

浦木麻子(慶應義塾大学政策・メディア研究科)

酒造 推(慶應義塾大学 SFC 研究所 JR 東日本交通運輸情報プロジェクト派遣研究員)

## 概要

我々がすでに提案している“メタレベルシステムのデータ統合方式”を基礎として、本研究では、鉄道利用環境における移動履歴データに内在する状況・環境変化の“分析、認識、抽出”を行い、状況・環境変化に応じて、異種のデータベース群 (ODデータ、経路データ、および、旅客分布ヒューリスティクス) を動的に統合し、新たな価値を有する情報を生成する手法を設計・開発し、旅客流動分析・可視化・情報配信を細粒度で実現する“旅客流動分析システム”の基本設計を行った。本システムは、鉄道実空間において発生する事象、現象としての旅客流動に自動的に反応し、鉄道における旅客流動に関する情報に合致する運行情報を抽出、合成し、自動配信する、新しい鉄道実空間と鉄道情報空間の間を連動する鉄道情報環境を実現する。この方式は、時空間を対象とした多様な計量機能をメタレベルに設定することにより、応用に応じた多様な時空間的計量を実現し、マルチデータベースシステムから適切な情報を検索・結合する。具体的には、時間的な計量空間、および、空間的な計量空間の設定、更に、その機構における関連性の計量に要する文脈の定式化、および、実現をおこなった。また、提案方式はメタレベルシステムにおいて異種の計量システム群を統合することにより、それら計量システム固有の適用範囲を拡大する。

## 1. メタレベル・データベースシステム

SFCにおける我々のMDBL研究室(Multimedia Database Laboratory)では、データベースシステムに関する数々の研究プロジェクトを推進し、そこで得られた研究成果をデータベースシステム、マルチメディアシステムに関する国際学会および国際学術雑誌などにおいて発表している。研究プロジェクトのひとつである“アクティブ・メタデータベースシステム”では、複数の異種データベース群を時間的、空間的、意味的に、かつ、それらをダイナミックに連結する新しいマルチデータベースシステムの実現方式、および、そのシステムによるデータマイニング方式の研究を行っている。

広域ネットワークに連結された独立なデータベース群を対象とした検索・統合機構の実現によって、それらのデータベース群の利用価値は飛躍的に増大する。従来の異種データベース間検索・統合は、データ間の等価性、類似性、包含性などの関連性の評価によって異種データベース群を連結するために、異種データベースに含まれるデータ間の関連性をパターン表現の対として静的に記述し、その記述中のパターン表現と異種データベースに含まれるパターン表現のパターンマッチングによって実現されている。異種データベース間の関連性記述においては、各データベース間において各々の関連性に関する記述が必要となり、その組み合わせ数は多く、関連性記述の生成および更新のオーバーヘッドは大きい。また、既存のデータ検索・統合機能(関連性評価機能)群の、適用範囲、評価対象関連性、および、実現方式は互いに異なっているので、それらを直接組み合わせるには、それらの間のデータ形式

変換を行う必要がある。本稿では、関連性評価機能の適用範囲を互いに補完する異種データベース間検索・統合機能の実現方式を解説する。本方式の特徴は、異種データベース間検索・統合機能を実現するために、異種データベース間の多様な関連性を包括的に評価するメタレベルシステムを実現している点にある。さらに、関連性評価機能間でのそれらに独立な共通データ表現の受け渡しによって、データベース間での直接的なデータ表現変換機能の構築を不要とする。本方式により、たとえば、時間表現、および、空間表現を対象とした検索・統合機能群の連結による、異種データベース間に含まれるデータ群からのプラン生成が可能になる。

本研究では、“アクティブ・メタデータベースシステム”を基礎として、鉄道交通環境の情報分析を目的とした“旅客流動分析システム”についての検討を行い、JR東日本株式会社フロンティアサービス研究所との研究会合を伴って、旅客流動分析方式の基本設計を行い、システム化へ向けての基本的な構成方式について検討を行った。本方式は、異種データベース環境におけるデータ間の同一性、等価性、類似性、包含性、方向性、連結性などの関連性の評価を行う機能（関連性評価機能）群の連結による異種データベース間検索・統合方式を用いた旅客流動分析を実現するものである。

### 1.1 異種データベース間連結を実現するためのアプローチ

マルチデータベースシステム環境においては、異種ローカルデータベース群の動的な連結を行なうために、ローカルデータベース群の上位レベルにメタレベル・システムアーキテクチャを設定し、メタレベルシステムへの問い合わせ発行を行なう環境を実現する。このシステムでは、アプリケーションはローカルデータベースから独立に、メタレベルシステムを対象として設計される。

メタレベルシステムは、各ローカルデータベースを対象とした共通の操作系とデータ構造を規定する。ローカルデータベースシステム側はそれらを自分の処理系に対応する形式に変換するマッピング機構を実現する。それにより、ローカルなデータベースは、コネクション・メリットを生み出す構成要素としてマルチデータベース環境の中に結合される。

近年、広域ネットワークの高速化、および、データベース関連技術の向上により、多くのデータベース群がネットワークに接続されている。このような既存のデータベース群は、それぞれが独立に構築され、独立に管理・運用されている。これら異種データベース群を相互に接続する機構の実現は、データベース群の価値を高めることができる。

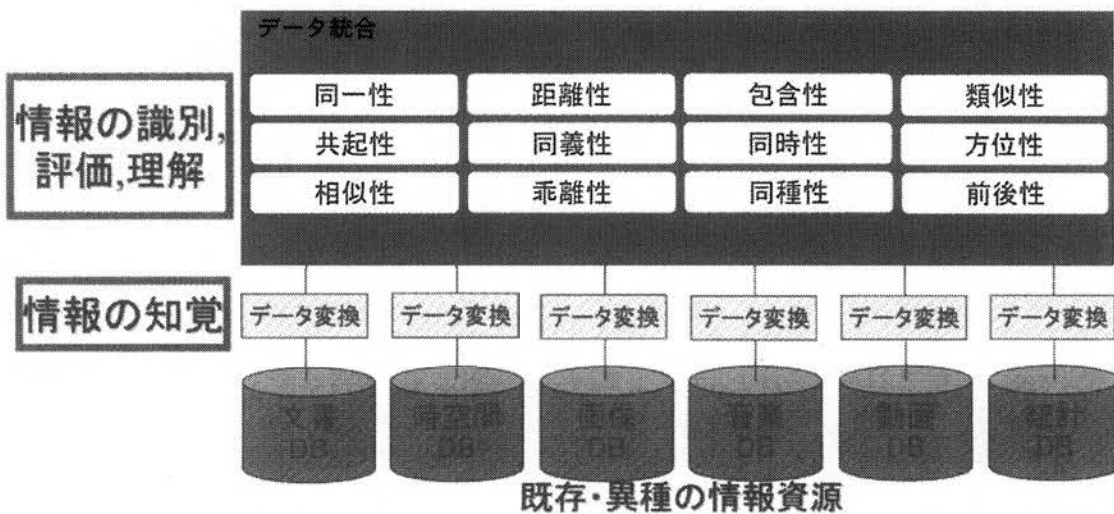


図1-1 マルチデータベースによる異種データベース連結

# 時間的・空間的データベース

|                   | Global Schema Approach                               | Federated Schema Approach                           | Multidatabase Language Approach               | NEW Approach                        |
|-------------------|--|---|---|-------------------------------------|
| データベーススキーマの異種性の扱い | メタレベルに Global Schema を構築し、すべてのデータを Global Schema に写像 | n層からなるスキーマ統合サブシステムを用いて Federated Schema に写像         | Multidatabase Language System を用いてスキーマの異種性を解消 | データベース間の異種性を解消し、統一スキーマを構築           |
| データベース間結合オペレーション  | Global Schema に写像されたデータを対象に <u>パターンマッチング</u> を適用     | Federated Schema に写像されたデータを対象に <u>パターンマッチング</u> を適用 | スキーマ統合オペレーションと共に <u>パターンマッチング</u> を適用         | スキーマ統合オペレーションと <u>パターンマッチング</u> を適用 |

図1-2 マルチデータベースの分類と時空間データ統合

## 1.2 異種データベース間での時空間連結

時空間データベースの概念をマルチデータベース環境の抽象層(以下単にメタレベルと記す)へ導入することは、広域ネットワーク環境における異種データベース間の相互接続性(異種データベースの連結によってそれらの価値を高める性質)を向上させる。その理由は次の通りである。互接続対象データベース群は、独立に作成されており、異なるドメインのデータを含むので、異種データベース間データ検索・結合のためのシステムは、そのデータのドメインを識別する機構とそのドメインに応じたデータ間の関連性計量機構を必要とする。そして、時間・空間データ検索・結合機能は、本質的に計量空間(計量を行うための空間)上に配置された異なるドメインのデータの識別機構、および、それらのデータ間の関連性計量機構を有している。

ここでは、広域ネットワーク環境に存在するデータベース群を対象とした、異なるドメインのデータ間の時間的関連性、および、空間的関連性の計量を伴う異種データベース間データ検索・結合方式をまとめる。この方式を融合型関連性計量機構を有する異種データベース間データ検索・結合方式、この方式を実現するマルチデータベースシステムを、我々は“メタレベル・データベースシステム”と呼ぶ。

ネットワークの広域化に伴い、ネットワーク上でアクセス可能なデータベース数は年々増大している。これらの異種データベース群を対象としたデータ検索・統合のためのマルチデータベースシステムを実現することにより、それらのデータベース群の利用価値は飛躍的に増大する。そのような環境では、それらのデータベースは各々独立に作成されており、それらに含まれるデータ群は、同じ内容を表すが異なる表現形式を持つ、あるいは、異なる内容を表すが同一表現形式を持つという状況が発生する。

従来の異種データベース間の検索・統合は、データ間の等価性、類似性、包含性などのデータ間に内在する性質(本稿では、これらの性質を関連性と総称する)の評価によって異種データベース群を連結するために、異種データベースに含まれるデータ間の関連性をパターン表現の対として静的に記述し、その記述中のパターン表現と異種データベースに含まれるパターン表現のパターンマッチングによって実現されている。しかし、現在、多数のデータベース群が広域ネットワークに連結されており、さらに、アクセス可能なデータベース数が増加している中で、関連性記述の生成、および、更新のオーバーヘッドは大きい。現在、データ間に内在する多種の関連性を包括的に評価するための機構によるデータ間検索・統合は実現されておらず、既存のデータ検索・統合機能群は、適用範囲、評価対象関連性、および、

操作系、対象データ構造などの実現方式は異なり、既存のデータ検索・統合機能群を直接組み合わせて利用するためには、データ検索・統合機能間のデータ表現形式変換機能を実現する必要がある。1次元統合方式は、1次元ユークリッド空間上の時間データ表現を対象とした検索・統合システムとして実現され、包含性、方向性、および、連結性を評価する。3次元統合方式は、3次元ユークリッド空間上の空間データ表現を対象とした検索・統合システムとして実現され、包含性、方向性、および、連結性を評価する。我々が提案する[12]の方式、単語データ表現を対象とした意味的連想検索方式では、1単語表現は、多義性を持つという前提の上で、文脈や状況に応じて、その意味を確定し、多義性を排除した単語表現間の同義性を評価する。この[12]の方式は、各データは、約2000次元の正規直交空間上のベクトルとして定義される。

ここで、データ間の同一性、類似性、包含性などの評価を行う機能を関連性評価機能と定義する。関連性評価関数群を組み合わせて利用する方式に関して、 $n$ 個の関連性評価関数群を直接組み合わせる場合には、 $n(n-1)$ のデータ変換機能を実現する必要がある。広域ネットワークを介してアクセス可能なデータ表現の種類は多く、それらの間に内在する関連性の種類も多いので、広域ネットワーク環境においては、 $n$ が大きくなり、そのデータ変換機能群の作成、および、変換処理のオーバーヘッドは無視できない。さらに、既存データベースに含まれるデータの表現形式、および、データ操作の単位（データ粒度）の相違は、関連性評価機能群のそれと異なり、既存データベースに含まれるデータを、直接的に、関連性評価機能群に適用することはできないので、異種データベース群を対象とした検索・統合機能の実現を困難にしている。

ここでは、関連性評価機能の適用範囲を互いに補完する異種データベース間検索・統合機能の実現方式を解説する。さらに、本方式によって、マルチデータベース環境を対象とした検索・統合機能の適用範囲の拡大を示すために、前提として、広域ネットワークを介してアクセス可能なデータ表現形式に、文字列表現、時間データ表現、および、空間データ表現を設定し、文字列表現、時間データ表現、および、空間データ表現を対象とした関連性評価機能群を本システムへ段階的に連結することによって、問合せ結果の精度の変化を評価するための実験の結果を示す。

まず、主にデータ統合操作の実現方式について述べる。利用者によって与えられるデータと既存データベースに含まれるデータ間の関連性評価を伴う検索操作、および、異種データベースに含まれるデータ群の関連性評価を伴う統合操作は、操作対象データの配置位置が異なるだけで、同一のデータ間関連性評価方式によって実現可能である。

この方式の特徴は、関連性評価機能群、あるいは、既存データベースシステム群を本システムへ連結する場合において、本システムの変更を行うことなく、それらを連結可能とする機構を実現している点にある。その手順は、次のとおりである。(1) 既存データベースシステムの実現方式に依存しない一段抽象度の高いメタレベルに、関連性評価を統一的行うための共有計算空間を設定する。(2) メタレベル共有計算空間を関連性評価機能群の計算空間によって構成し、各部分共有計算空間上の評価結果群を合成する機構を実現する。関連性評価機能群の計算空間群、および、それ上の値の構造は異なり、それらの評価結果群を直接合成することは困難であるので、本方式の各計算空間で生成された評価結果群の合成機構は、各計算空間上の評価対象となる値にメタレベルで有効な名前を割り当て、その名前を各計算空間間で受け渡す機構として実現する。これにより、関連性評価機能群の実現方式に依存せずに、関連性評価機能群の連結を実現する。(3) 既存データベースに含まれるデータ群をメタレベル共有計算空間上の対応する値に写像する機能を実現することによって、既存データベースシステムの本システムへの統一的連結を可能にする。メタレベルにおける関連性評価機能群の実行制御を行うシステムをメタレベルシステムと定義する。さらに、本方式では、関連性評価機能間における、それらに独立な共通データ表現の受け渡しによって、関連性評価機能群を直接連結する場合に必要な関連性評価機能間のデータ表現形式変換機能を不要とする。

現在提案されている異種データベース間データ統合方式は、次の3方式に分類される。我々が提案している“メタレベルシステム”は、第3方式として位置づけられる。

方式1 ローカルデータベースに含まれるデータの標準データ形式への変換による異種データベース間データ

統合方式この方式による検索・統合のための操作は、次の手順によって行われる。(1) 標準データを



対象としたスキーマ設計者は、ローカルデータベースに含まれるデータの標準データ表現形式、および、標準スキーマへの変換・写像操作を示す。(2) マルチデータベースシステムの利用者は、異種データベース間検索・統合操作を行うための問合せを標準スキーマに対する検索・統合操作として記述し、マルチデータベースシステムに発行する。(3) マルチデータベースシステムは、(2)において発行された問合せを、(1)において定義されたデータ表現形式に関する変換・写像定義にしたがって、ローカルデータベースのデータ表現形式、および、スキーマ構造を対象とした部分問合せ群に展開する。(4) (3)において生成された部分問合せ群を対応するローカルデータベースシステム群に渡し、実行する。それらの結果を、(1)において定義されたスキーマ構造に関する変換・写像定義にしたがって、標準データ形式に変換・写像する。(5) (4)において生成された部分問合せ結果群を統合する。標準データ形式の種類に応じて、主に次のデータ統合方式に分類される。

#### 方式1.1 構造型データ形式

この方式は、異種データベースに含まれるデータ間の関連を、スキーマ構造を用いて間接的に記述する方式である。Garlic、および、DISCOは、ODMGを拡張したオブジェクト・モデルに基づいたグローバル・スキーマ構造により、異種データベース間データ統合を実現している。

#### 方式1.2 半構造型データ形式

この方式は、方式1.1と異なり、異種データベース間のデータ間関連を直接記述することによって、異種データベース間のデータ統合を実現する方式である。この方式では、方式1.1の方式と比べて、構造型データとして記述できないデータをデータ統合の対象とすることが可能である。TSIMMISは、オブジェクト識別と入れ子の概念のみをサポートしたオブジェクトモデルOEMを標準データ形式として用いているシステムである。

方式2 マルチデータベース言語による異種データベースを対象とした統合的アクセス方式SchemaSQLは、異種リレーショナル・データベース間のスキーマ相違性を解決するために、問合せの記述対象を、検索者の想定するリレーショナル・スキーマとし、実行時に、問合せに記述されたリレーショナル・スキーマ構造とローカルデータベースのリレーショナル・スキーマ構造の間の写像を動的に行う機構を実現した。さらに、検索者の想定するリレーショナル・スキーマ構造を対象とした問合せを記述可能にするために、従来のSQLにおいて個別に記述されたスキーマ操作、および、データ操作を総合的に記述可能にするSchemaSQL言語を開発した。この方式では、方式1と異なり、常に、検索者の想定するスキーマ構造を用いて、異種データベースに含まれるデータにアクセスすることが可能である。

#### 方式3 関連性評価機能を有する既存システム群を利用した異種データベース間データ統合方式

この方式は、複数の異種データ構造を融合したデータ表現を標準データ形式として用いることによって、ローカルデータベースに含まれるデータに対して、標準データ形式を構成する部分データ構造毎に定義されるデータ操作系を組み合わせる利用することが可能になる。NR/SD+は、リレーショナルデータベースに含まれるデータとSGMLドキュメント・データを対象とした検索・統合のための統一的機構を実現するために、SGML形式、および、ネステッド・リレーション形式を融合したデータ形式を標準データ形式として設定し、SGMLドキュメントを対象としたリージョン代数演算、および、ネステッド・リレーションを対象とした演算の連結を実現している。本システムは、文字列表現、時間データ表現、および、空間データ表現を対象とした関連性評価機能を有する既存システム群を組み合わせる機能を実現する。

空間データベースシステムに関する研究分野において、OGISが提案されている。OGISは、異種地理情報システム間の相互運用を実現するためのシステムに関する標準仕様を提供する。OGISによって実現されたシステムは、地理的関連性評価機能群を有しており、具体的には、それらの機能群は、異種地理情報システムにおいて定義された異形式の地図上のデータを対象とした検索・統合機能として使用される。本システムは、時間データ表現、および、空間データ表現に加え、それら以外の広域ネットワークを介してアクセス可能なデータ群を対象とした異種データベース間データ検索・統合機能を実現するために、時間的関連性評価機能、および、空間的関連性評価機能に加え、それら以外の関連性評価機能群を連結するための統一的手法を実現する。これによって、時間的、および、空間的関連性評価機能が生成する情報と他の関連性評価機能群が生成する情報を統合した新しい情報の生成を可能にする。

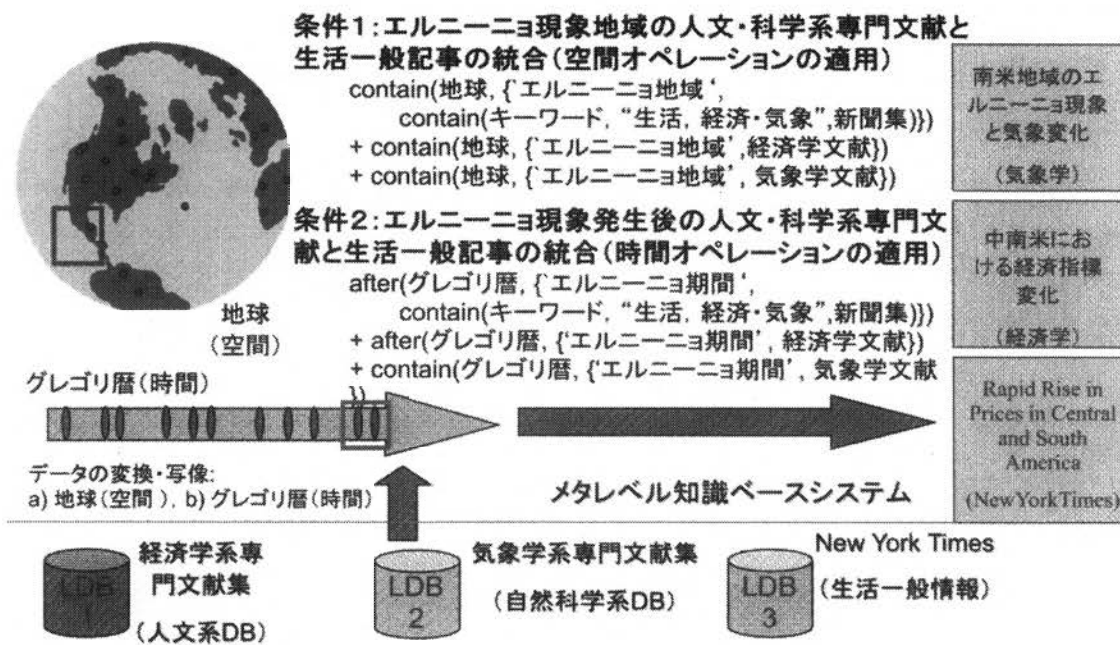


図 1-3 メタレベル・データベースシステムによる時空間データベース統合の応用

## 2. 旅客流動分析システム

### 2.1 基本データ構造

本研究では、鉄道利用環境における移動履歴データに内在する、状況・環境変化の“分析、認識、抽出”を行い、状況・環境変化に応じて、既存・異種のデータベース群 (ODデータ, 経路データ, および, 旅客分布ヒューリスティックス) を動的に統合し、新たな価値を有する情報を獲得する手法を設計・開発し、旅客流動分析・可視化・情報配信を細粒度で実現する“Fine-Grained 旅客流動分析システム”の基本設計を行った。本システムは、鉄道実空間において発生する事象、現象としての旅客流動に自動的に反応し、鉄道における旅客流動に関する情報に合致する運行情報を抽出、合成し、自動配信する、新しい鉄道実空間と鉄道情報空間の間を連動する鉄道情報環境を実現する (図 2-1)。

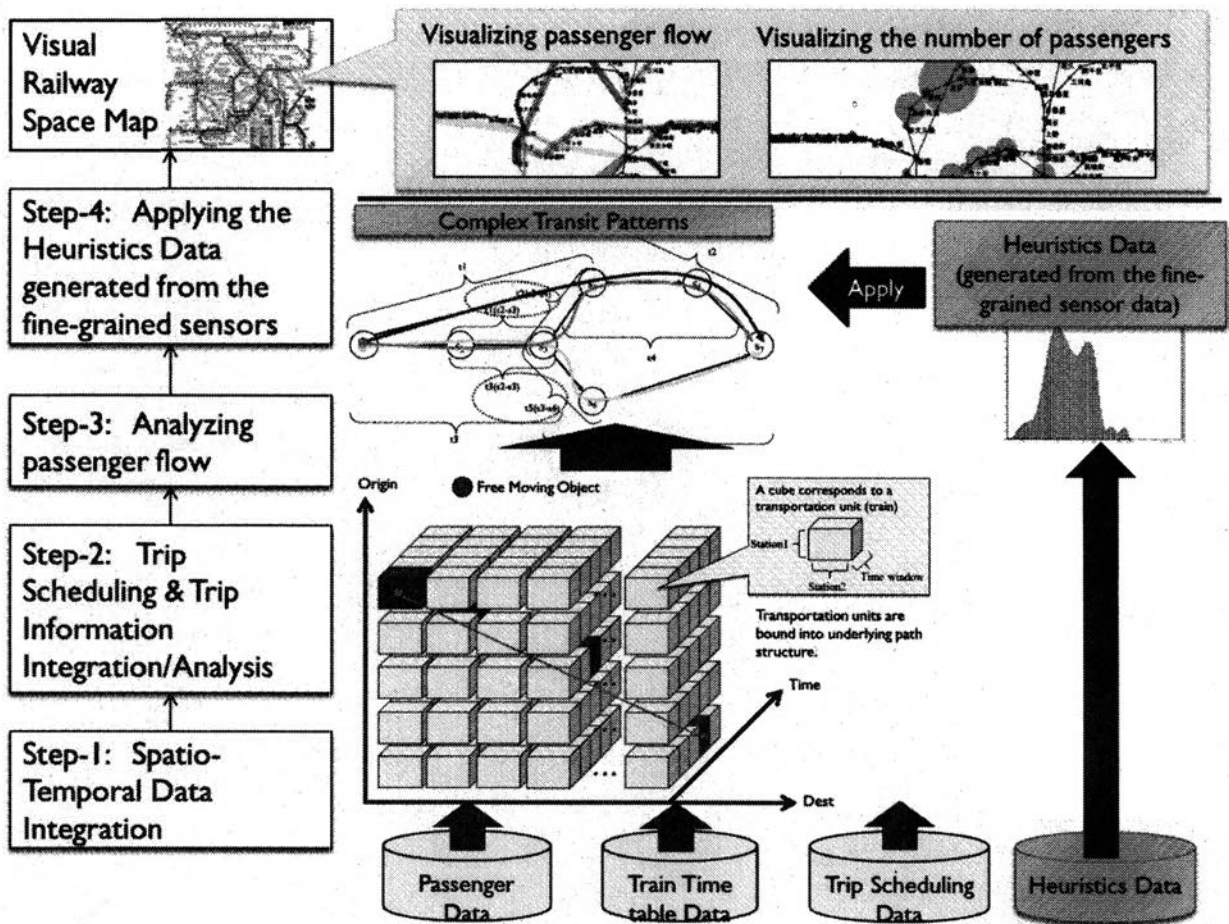


図 2-1 OD データ，経路データ，および，旅客分布ヒューリスティックスの統合による旅客流動分析・可視化・情報配信

## 2.2. 基本機能と応用

本研究における“Fine-Grained 旅客流動分析システム”は，鉄道実空間環境におけるセンシング・データに内在する状況・環境変化の抽出，認識を行い，鉄道情報空間上において既存・異種の DB 群を動的に統合，分析（マルチデータベース対象のマイニング）し，実空間に発生している状況を可視化し，実空間上の利用者を対象とした可視化情報配信を実現する。本研究では，旅客分布ヒューリスティックスを適用することにより，次の 3 項目を分析・可視化するシステムを構築する。



① 路線内における旅客の増減（混雑度の時間的変化）の把握

8:50

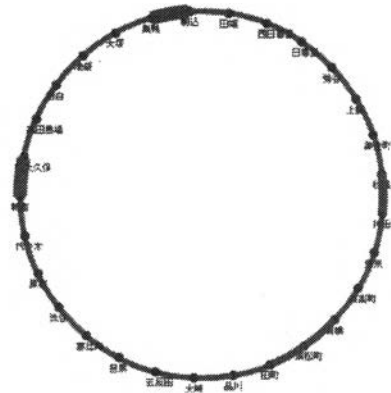
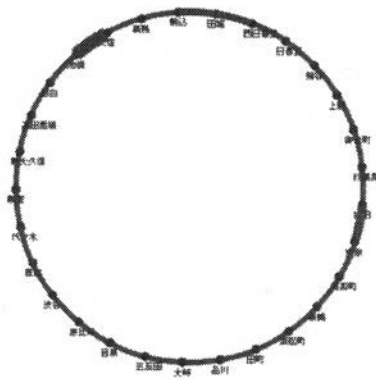
8:51

minutes: 0

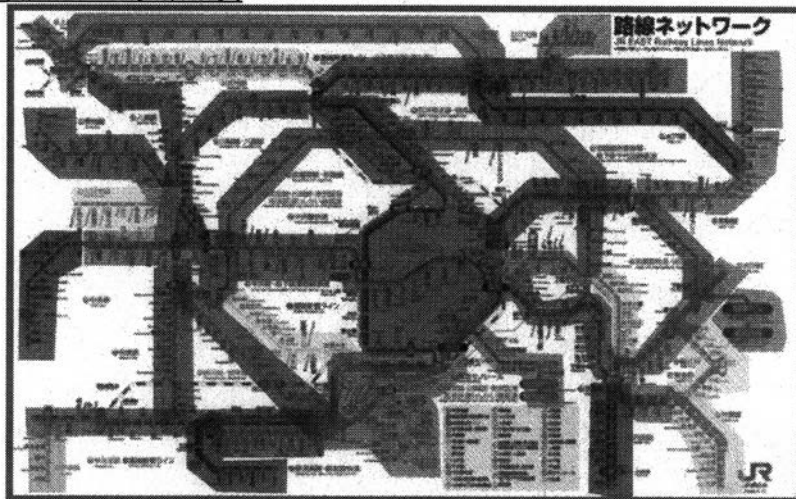
60

minutes: 0

60



② 過去データの利用による流動予測



(イメージ図： ○月○日 午後○時の混雑予想)

図 2-1-1 メタレベル・データベースシステムにおける時空間分析を実現する  
“旅客流動分析システム”

③ 乗換に伴う駅構内の混雑度の時間的变化

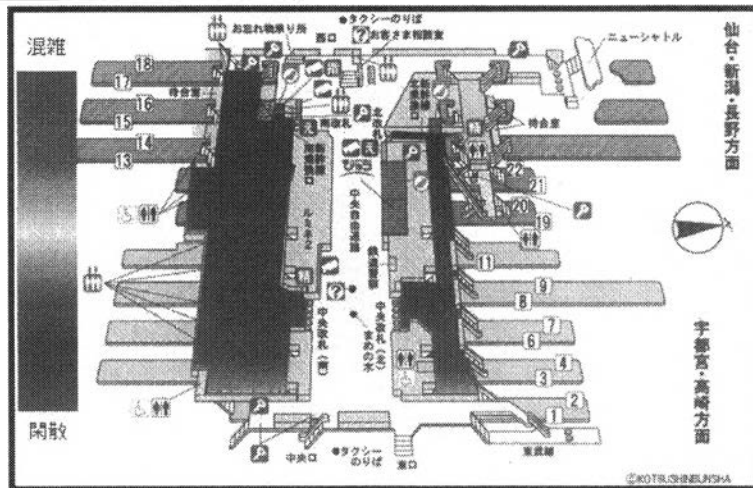


図 2-1-2 “旅客流動分析システム” による駅構内流動分析と可視化

本研究では、OD データから、混雑量、流動量を自動的に計量し、従来把握することができなかった旅客流動の実数を体系的に分析するための基盤データ構造として、ODT (Origin × Destination × Time) Cube モデルを設計した。本モデルでは、旅客者を、発駅、着駅、および、時間の 3 属性により識別する。例えば、「渋谷発・横浜着・10 時台=200 人」のように、OD データは構成されている。したがって、本システムにおいて、旅客流動とは、Origin と Destination のみが固定され、1 時間単位の幅のある 3 次元空間中において、有意な部分空間を選択し、選択した部分空間に旅客人数を割り当てていく方式としてモデル化することができる。この空間を、ODTCube と呼ぶこととする (図)。

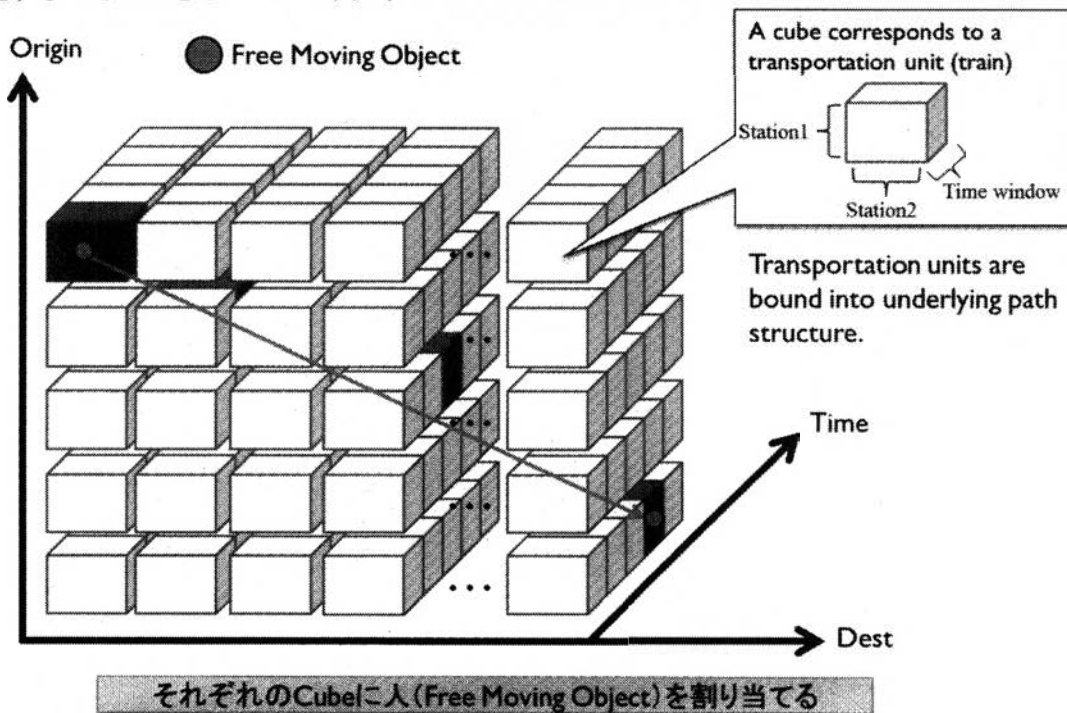
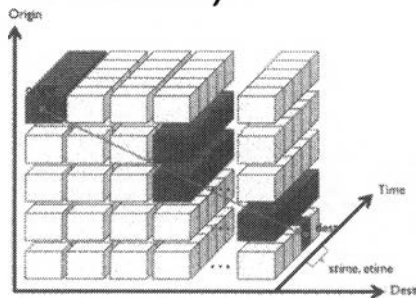


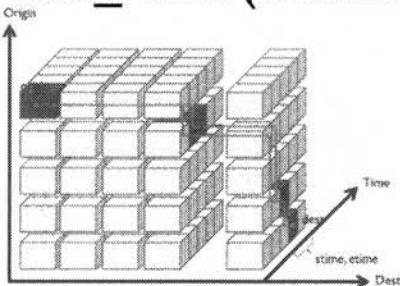
図 2-2 ODT Cube の概要 : Origin-Dest-Time の関係の 3 次元的モデル化

▶ search\_route(origin int, dest int, rdate date, stime time, etime time)



- 可能性のあるすべての経路を列挙
- 時間軸方向に多数の経路が存在
- 例: T10着の場合は、10:00 ~ 10:59の列車に乗っている可能性がある

▶ filter\_route (constraints)



- Constraintsを与え、現実的に蓋然性の高い経路を絞り込む
- Constraints例:
  - 乗客は目的地に近づく移動のみを行う(逆方向の移動は伴わない)
  - 乗客は駅構内で滞留しない
  - 乗換時は後続の最も短時間で乗車可能な列車に乗車する
  - 駅から速やかに退出する

図 2-3 ODT Cube Generation Functions

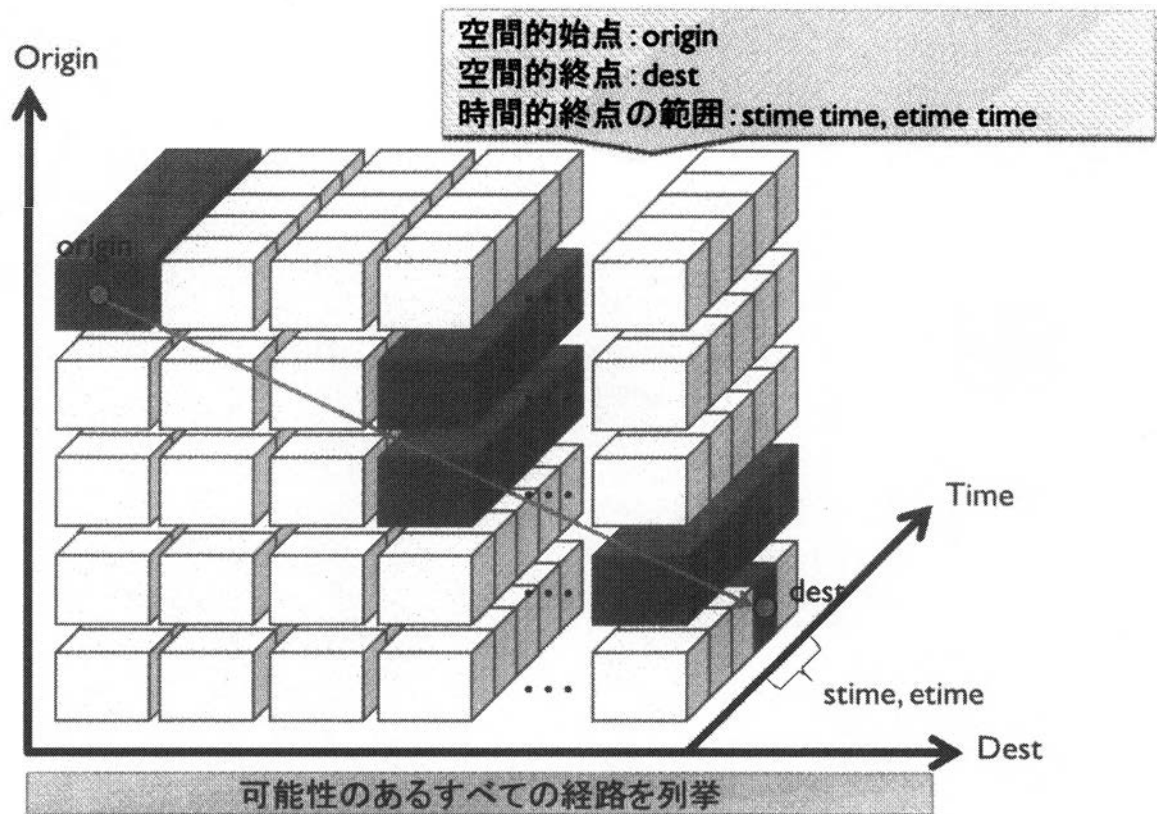


図 2-4 空間的視点・経路・終点による流動分析

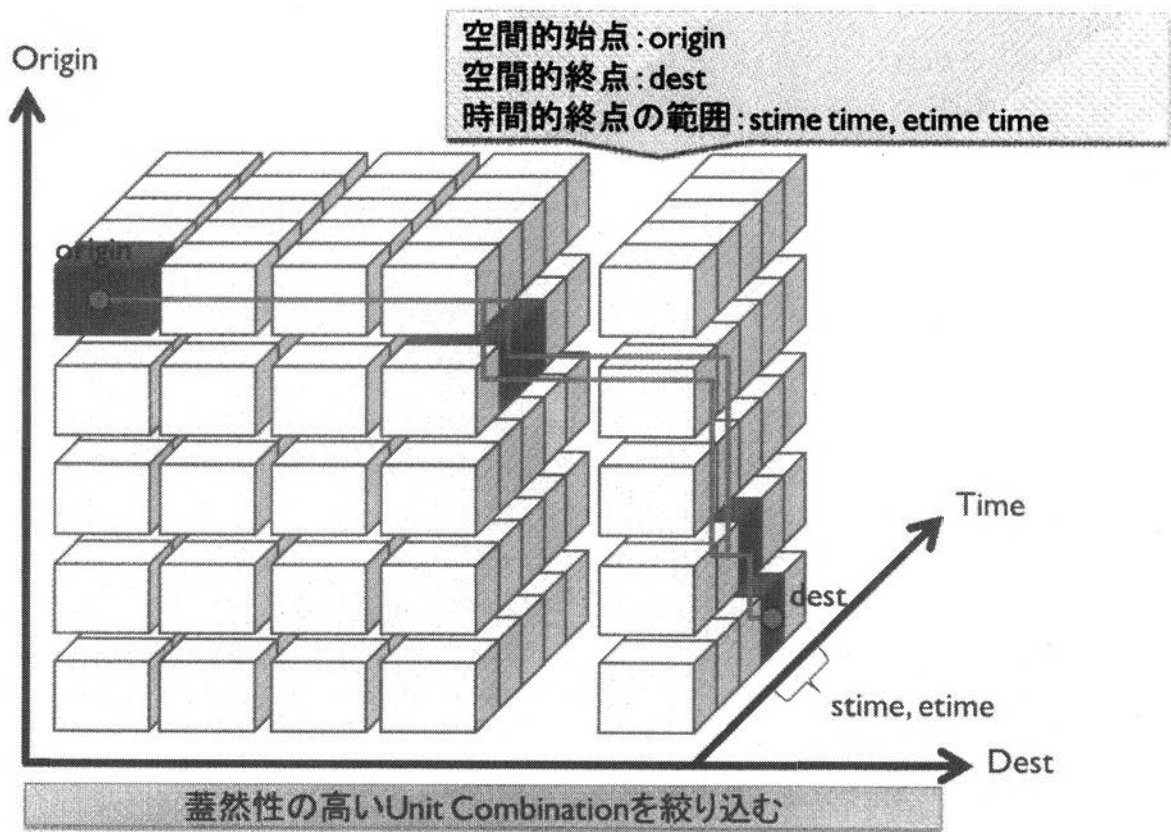


図 2-5 蓋然性の高いルート選択

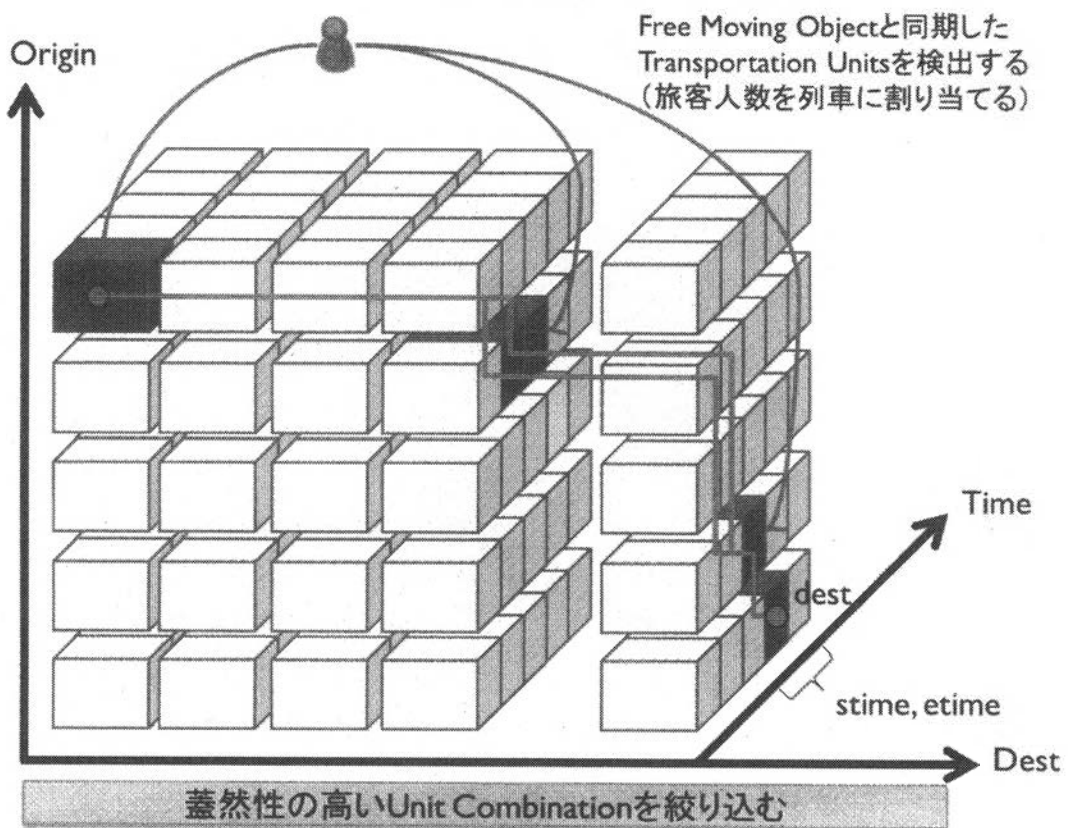


図 2-6 旅客流動人数割り当て

### 3. まとめと今後の展望

本稿では、その基礎となるマルチデータベース構築のための我々の“メタレベル・データベースシステム”実現方式として、異種データベース間でのデータ間の同一性、等価性、類似性、包含性、方向性、連結性などの関連性の評価を行う機能(関連性評価機能)群の連結によるマルチデータベース間検索・統合方式を解説した。異種データベース間データ連結、統合は、交通運輸分野においても、新しい多くの応用を開拓するベースとなるものとして期待されている。本研究では、“メタレベル・データベースシステム”の重要な応用対象である交通運輸情報に関する技術として、鉄道交通環境の情報分析を目的とした“旅客流動分析システム”についての検討を行い、情報分析方式の基本設計を行った。

今後の研究として、本研究をさらに発展させ、実際の鉄道利用環境における動的な流動可視化システムの様々な応用、活用の可能性を探り、実際にそれらに適用することが重要である。本研究が目指す“交通運輸と情報システムの連携・連動”は、現在の交通運輸環境において最も本質的なものの一つであり、今後も、多様な情報システムを駆使した交通運輸環境構築、新サービス、ニュービジネスへの展開を視野に入れた研究活動を行っていく。

### 参考文献

- [1] Allen, J.F.: "Maintaining Knowledge about Temporal Intervals", Comm. of the ACM, No. 26, pp.832-843 (1983).
- [2] Bright, M.W., Hurson, A.R. and Pakzad, S.H.: "A Taxonomy and Current Issues in Multidatabase System," IEEE Computer, Vol.25, No.3, pp.50-59 (1992)
- [3] Chawathe, S., Garcia-Molina, H., Hammer, J., Ireland, K., Papakonstantinou, Y., Ullman, J. and Widom, J.: "The TSIMMIS Project: Integration of Heterogeneous Information Sources", Proc. the 10th Meeting of the IPSJ, pp.7-18, Japan (1994).
- [4] Egenhofer, M.J.: "Spatial Relations: Models, Inferences, and their Future Application", Proc. Advanced Database Symposium '96, separate volume, Japan (1996).
- [5] Garcia-Molina, H., Papakonstantinou, Y., Quass, D., Rajaraman, A., Sagiv, Y., Ullman, J. and Widom, J.: "The TSIMMIS Approach to Mediation: Data Models and Languages", Journal of Intelligent Information Systems, No.8, No.2, pp.117-132 (1997).
- [6] Haas, L., Kossmann, D., Wimmers, E. and Yang, J.: "An Optimizer for Heterogeneous Systems with Non-Standard Data and Search Capabilities", In Special Issue on Query Processing for Non-Standard Data, IEEE Data Engineering Bulletin, Vol.19, No.4, pp.37-43 (1996).
- [7] Haas, L., Kossmann, D., Wimmers, E. and Yang, J.: "Optimizing Queries across Diverse Data Sources", Proc. the 23rd International Conference on Very Large Data Bases, pp.276-285 (1997).
- [8] 細川宜秀,清木~康: "関数型計算によるマルチデータベースシステムの問合せ処理方式", 情報処理学会論文誌 Vol.39, No.7, pp.2217-2230 (1998).
- [9] 加藤誠巳: "経路探索問題とその応用", 情報処理, Vol.39, No.6, pp.552-557 (1998).
- [10] Kent, A., Berry, M., Leuhrs, F. and Perry, J.: "Machine literature searching: VIII. Operational criteria for designing information retrieval systems", American Documentation, Vol.6, No.2, pp.93-101 (1955).
- [11] Kitagawa, T. and Kiyoki, Y.: "The mathematical model of meaning and its application to multidatabase systems", Proc. the 3rd IEEE Int. Workshop on Research Issues on Data Engineering: Interoperability in Multidatabase Systems, pp.130-135 (1993).
- [12] Kiyoki, Y., Kitagawa, T. and Hitomi, Y.: "A fundamental framework for realizing semantic interoperability in a multidatabase environment", Journal of Integrated Computer-Aided Engineering, Vol.2, No.1, pp.3-20, John Wiley & Sons (1995).
- [13] Lakshmanan, L.V.S, Sadri, F. and Subramanian, I.N.: "SchemaSQL -- A language for Interoperability in Relational Multi-database systems", {¥em Proc. the 22rd International Conference on Very Large Data Bases}, pp.239-250, India (1996).
- [14] Litwin, W., Mark, L. and Roussopoulos, N.: Interoperability of Multiple Autonomous Databases, {¥em ACM Comp. Surveys,} Vol.22, No.3, pp.267-293 (1990).
- [15] Masunaga, Y.: "A temporal expansion to the multimedia object model in OMEGA", Proc. the 4th International Conference on Database Systems for Advanced Applications (DASFAA'95), pp.430-440 (1995).



- [16] 森嶋厚行,北川博之: ``構造化文書とデータベースの統合利用のためのデータモデル NR/SD+とその問合せ処理'', 情報処理学会論文誌 Vol.39, No.4, pp.954--967 (1998).
- [17] Open GIS Consortium(OGC): ``The OpenGIS™ Guide, Introduction to Interoperable Geoprocessing, Part1.'', Available via WWW from <http://www.opengis.org/public/>(1996).
- [18] Papakonstantinou, Y., Garcia-Molina, H., and Widom, J.: ``Object Exchange Across Heterogeneous Information Sources'', IEEE International Conference on Data Engineering, pp.251--260, Taiwan (1995).
- [19] Sheth, A. and Larson, J.A.: ``Federated database systems for managing distributed, heterogeneous, and autonomous databases'', ACM Computing Surveys, Vol.22, No.3, pp.183--236 (1990).
- [20] Tomasic, A., Raschid, L. and Valduriez, P.: ``A Data Model and Query Processing Techniques for Scaling Access to Distributed Heterogeneous Databases in Disco'', Invited paper in the IEEE Transactions on Computers, special issue on Distributed Computing Systems (1997).
- [21] Tomasic, A., Raschid, L. and Valduriez, P.: ``Scaling Heterogeneous Distributed Databases and the Design of DISCO'', Proc. the 16th International Conference on Distributed Computing Systems, pp.449--457 (1996).
- [22] ``UniSQL/X User's Manual'', NTT データ通信 (1995).
- [23] Yoshida, N., Kiyoki, Y., and Kitagawa, T.: ``An Associative Search Method Based on Symbolic Filtering and Semantic Ordering for Database Systems'', Proc. the 7th IFIP 2.6 Working Conference on Database Semantics (DS-7), pp.215--237, Switzerland (1997).
- [24] Yu, A. and Chen, J. (with the POSTGRES Group): ``The POSTGRES95 User Manual'', Computer Science Div., Department of EECS. University of California at Berkeley (1995).