

マルチデータベース環境における時間的關係、および、 空間的關係に関する解釈を伴うデータ統合方式の実現

細川 宜秀^{†1} 石橋 直樹^{†2}
八代 夕紀子^{†3} 清木 康^{†4}

本稿では、既存データベースに含まれる時間表現間、および、空間表現間の包含性、方向性、連結性の判定機能（関連性評価機能）群の連結を伴うデータ統合方式を提案する。本方式の特徴は、検索・統合のための、関連性評価機能を有する既存システム群を組み合わせて利用するための枠組を実現する点にある。さらに、本方式を実現した実験システム上でデータ結合精度に関する実験結果を示し、提案方式の有効性を明らかにする。

A Data Integration Method with Evaluating Temporal and Spatial Data Representations in a Multidatabase Environment.

YOSHIHIDE HOSOKAWA,^{†1} NAOKI ISHIBASHI,^{†2} YUKIKO YASHIRO^{†3}
and YASUSHI KIYOKI^{†4}

In this paper, we present a new data integration method which combines functions for evaluating temporal and spatial relationships between heterogeneous databases. The feature of this method is to realize to uniformly combine underlying systems with temporal and spatial data integration functions. We clarify feasibility and effectiveness of the method by showing some experimental results.

1. はじめに

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・統合を行うマルチデータベースシステム⁴⁾の実現は、それらのデータベース群の利用価値を飛躍的に増大させる。それらのデータベースは、各々独立に作成されているので、広域ネットワーク環境におけるアクセス可能なデータ表現形式の多様性、および、異なるデータベース間でのデータ表現形式の相違性により、それらを対象とした検索・統合を統一的行うことは困難である。広域ネットワーク環境におけるアクセス

可能なデータ表現形式の多様性に関しては、次の例のように、データ検索・統合方式の操作系、対象データ構造などの実現方式は異なるので、マルチデータベース環境を対象とした検索・統合のための統一的手法の実現を困難にしている。時間データ表現、および、空間データ表現を対象とした検索・統合機能では、包含性、方向性、および、連結性を評価する^{1),2)}。1)は、1次元ユークリッド空間上のデータを対象とした検索・統合システムとして実現され、2)は、3次元ユークリッド空間上のデータを対象とした検索・統合システムとして実現される。単語データ表現を対象とした意味的連想検索機能では、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³⁾。3)の対象は、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。データ間の同一性、類似性、包含性などのデータ間に内在する性質を関連性と定義し、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。異なるデータベース間でのデータ表現形式の相違性に関しては、既存データベースに含まれるデー

†1 筑波大学 電子・情報工学系
Institute of Information Sciences and Electronics,
University of Tsukuba
†2 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科
Graduate School of Media and Governance,
KEIO University
†3 お茶の水女子大学大学院理学研究科
Faculty of Science, Ochanomizu University
†4 慶應義塾大学環境情報学部
Faculty of Environmental Information, KEIO University

タの表現形式、および、データアクセスの単位は、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、関連性評価機能群に適用することはできないので、マルチデータベースシステムの検索・統合機能の実現を困難にしている。

本稿では、次の2項目を実現するマルチデータベースシステムの実現方式を提案する。

項目1 実現方式が異なる関連性評価機能群の統一的操作を実現する枠組み

項目2 実現方式が異なる関連性評価機能群の連結を実現する枠組み

さらに、時間的関連、および、空間的関連を対象とした関連性評価機能が連結された実験システムを構築し、そのシステム上での実験結果を示す。ここで、本稿では、次の理由により、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。

本方式の特徴は、異種データベースに含まれるデータ群に、実現方式の異なる関連性評価機能群を統一的に適用するために、次の手順によるデータ統合を実現している点にある。(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、多種多様なデータ間関連性評価を統一的に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。これにより、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。

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。本方式は、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

この方式は、標準データ形式の種類に応じて、主に次の2データ統合方式に分類される:(1.1) 構造型データ形式(1.2) 半構造型データ形式

問合せ: 次の条件を同時に満たす飛行機と列車の対を生成する。

- (1) 空港と駅の連所が一致する。
- (2) 列車から飛行機への乗り継ぎ時間が1時間以上2時間以下である。

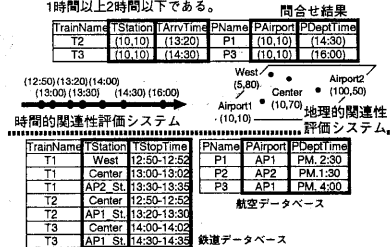


図1 地理的、および、時間的関連評価システムによる異種データベース間データ結合例

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

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ことで利用することが可能になる。

2. 時間的、および、地理的関連性評価を伴う異種データベース間データ統合例

本方式は、時間表現間、および、空間表現間の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ことによって、異種データベース間データ統合機能を実現する方式として位置づけられる。この既存システムを、関連性評価システムと定義する。図1は、鉄道データベース、および、航空データベース間の地理的関連性評価、時間的関連性評価、および、それらの複合操作によって、列車から飛行機への乗り継ぎスケジュールを生成する例を表している。「列車が空港に到着したころには、飛行機はすでにその空港を飛び立っている。」あるいは、「列車が到着する空港と飛行機が飛び立つ空港が異なる。」ような乗り継ぎ不可能なスケジュールを生成しないためには、図1に示すような、関連性評価機能群の連結を実現することは重要である。

3. 関連性評価機能群の連結を伴う異種データベース間データ結合方式

関連性評価機能群の評価対象となる関連性の種類、操作系、操作対象データ構造などの実現方式は、互いに異なるので、メタレベルシステムにおいて、次の2項目を実現することが重要である。

項目1 実現方式が異なる関連性評価機能群の統一的操作を実現する枠組み

項目2 実現方式が異なる関連性評価機能群の連結を実現する枠組み

本節では、上記2項目の実現方式について述べる。

3.1 関連性評価機能を有するシステム

メタレベルに連結された k 番目の関連性評価システム $SCR(k)$ の関連性評価機能、および、評価対象データ構造は、次のように定義される。

(E1) 計量対象空間 $CS(k, s)$

この空間は、関連性評価システム $SCR(k)$ の s 番目の関連性評価を行う空間を表し、次のメタレベルにおけるデータ表現構造により構成される。

(E1-1) 計量対象空間構造 $SSC(k)$

(E1-2) 計量対象空間上の値構造 $VSC(k, sn)$

この構造は、関連性評価システム $SCR(k)$

の計量対象空間上の1つの値構造を表す。

sn は、値構造識別子を表す。

(E2) 関連性評価演算 $PF(k, p)$

この関連性評価演算は、 $SCR(k)$ の計量対象空間上の値に対して適用される。 p は、演算識別子を表す。

3.2 メタレベルにおけるデータ表現形式

関連性評価機能群の連結による異種データベース間データ結合機能を実現するために、関連性評価機能の計算空間をメタレベル共有計算空間の部分空間として定義し、各部分共有計算空間における評価結果を合成する枠組みを実現する。メタレベルシステムにおいて、次の2項目の実現が重要である。

- (1) 関連性評価機能群の共通の入出力データ構造 (標準データ形式) の定義
- (2) 関連性評価機能における標準データの統一的評価方式

本方式では、関連性評価機能が処理可能な構造を有する部分共有計算空間上の値に名前を割り当て、名前と値の対表現形式を、メタレベル共有計算空間上の標準データ形式として定義し、関連性評価機能間において、名前を受け渡しする枠組みを実現する。これによって、実現方式が異なる関連性評価機能群における値の統一的評価機構を実現することが可能になる。さらに、名前は、関連性評価機能群に共通の入力データ形式であり、各機能間のデータ受け渡しを統一的手法によって実現するために、関連性評価機能によって出力される値間の関連を、値に割り当てられた名前の対によって表現する。

メタレベルにおける値表現、および、2値間の関連表現は、次のとおりである。

(D1) メタレベルにおける値表現形式

メタレベルにおける値表現を、計量対象空間上の値と対応する名前の対 (名前付き値) によって記述する。

$$[name, v_{[k, s, sn]}]$$

$v_{[k, s, sn]}$ は、計量対象空間 $CS(k, s)$ 上の $VSC(k, sn)$ という構造を有する値を表す。

(D2) 2値間の関連表現形式

関連性評価機能によって出力される2値間の関連は、名前の対によって表現される。次の対表現は、名前 $name_1$ を持つ値が名前 $name_2$ を持つ値と関連があることを表す。

$$(name_1, name_2)$$

3.3 メタレベルにおけるデータ操作関数群

メタレベルのデータ表現形式は、値表現、および、対表現によって定義されるので、メタレベルにおけるデータ操作機能として、値表現を対象としたデータ操作機能、対表現を対象としたデータ操作機能、および、値表現、ならびに、対表現を対象としたデータ操作機能を定義する。

(MP1) $joiner(V_1^{in}, V_2^{in}, \{PF_{[k, p]}, CS(k, s)\}) \rightarrow P^{out}$

この関数は、関連性評価関数 $PF_{[k, p]}$ を用いて、同一計量対象空間上の値から構成される2つの値集合 V_1^{in}, V_2^{in} それぞれに属する2値間の関連性を評価し、関連性が存在すると判断された2値の対から構成される対集合 P^{out} を生成する。対集合 P^{out} は、次のとおりである。

$$P^{out} = \{(n_1, n_2) | (\exists v_1, v_2) (([n_1, v_1] \in V_1^{in} \wedge [n_2, v_2] \in V_2^{in}) \wedge (V_1^{in}, V_2^{in} \subseteq CS(k, s)) \wedge (PF_{[k, p]}(v_1, v_2) = true))\}$$

(MP2) $union_V(V_1^{in}, V_2^{in}) \rightarrow V^{out}$

この関数は、2値集合の和集合を生成する。値集合 V^{out} は、次のとおりである。

$$V^{out} = \{[n, v] | (([n, v] \in V_1^{in}) \vee ([n, v] \in V_2^{in}))\}$$

(MP3) $difference_V(V_1^{in}, V_2^{in}) \rightarrow V^{out}$

この関数は、2値集合の差集合を生成する。値集合 V^{out} は、次のとおりである。

$$V^{out} = \{[n, v] | (([n, v] \in V_1^{in}) \wedge \neg([n, v] \in V_2^{in}))\}$$

(MP4) $reconstructor(P_1^{in}, P_2^{in}) \rightarrow P^{out}$

この関数は、対集合 P_1^{in} に属する対の第2要素の値と対集合 P_2^{in} に属する対の第1要素が一致するとき、 P_1^{in} の対の第1要素と P_2^{in} の対の第2要素によって構成される対を生成する。対集合 P^{out} は、次のとおりである。

$$P^{out} = \{(n_1, n_2) | (\exists n')((n_1, n') \in P_1^{in}) \wedge ((n', n_2) \in P_2^{in})\}$$

$$(MP5) selector_{PVV_1}(P^{in}, V^{in}) \rightarrow V^{out}$$

この関数は、対集合 P^{in} に属する対の第1要素であり、値集合 V^{in} に属する値を抽出する。値集合 V^{out} は、次のとおりである。

$$V^{out} = \{[n, v] | (\exists n')((n, n') \in P^{in}) \wedge ([n, v] \in V^{in})\}$$

$$(MP6) selector_{PVP_2}(P^{in}, V^{in}) \rightarrow V^{out}$$

この関数は、対集合 P^{in} に属する対の第2要素であり、値集合 V^{in} に属する値を抽出する。値集合 V^{out} は、次のとおりである。

$$V^{out} = \{[n, v] | (\exists n')((n', n) \in P^{in}) \wedge ([n, v] \in V^{in})\}$$

$$(MP7) selector_{PVP_1}(P^{in}, V^{in}) \rightarrow P^{out}$$

この関数は、値集合 V^{in} に属する値を第1要素に持つ対を対集合 P^{in} から抽出する。対集合 P^{out} は、次のとおりである。

$$P^{out} = \{(n_1, n_2) | (\exists v)((n_1, n_2) \in P^{in}) \wedge ([n_1, v] \in V^{in})\}$$

$$(MP8) selector_{PVP_2}(P^{in}, V^{in}) \rightarrow P^{out}$$

この関数は、値集合 V^{in} に属する値を第2要素に持つ対を対集合 P^{in} から抽出する。対集合 P^{out} は、次のとおりである。

$$P^{out} = \{(n_1, n_2) | (\exists v)((n_1, n_2) \in P^{in}) \wedge ([n_2, v] \in V^{in})\}$$

$$(MP9) union_P(P_1^{in}, P_2^{in}) \rightarrow P^{out}$$

この関数は、2対集合の和集合を生成する。対集合 P^{out} は、次のとおりである。

$$P^{out} = \{(n_1, n_2) | ((n_1, n_2) \in P_1^{in}) \vee ((n_1, n_2) \in P_2^{in})\}$$

$$(MP10) difference_P(P_1^{in}, P_2^{in}) \rightarrow P^{out}$$

この関数は、2対集合の差集合を生成する。対集合 P^{out} は、次のとおりである。

$$P^{out} = \{(n_1, n_2) | ((n_1, n_2) \in P_1^{in}) \wedge \neg((n_1, n_2) \in P_2^{in})\}$$

4. 実 験

4.1 評価方法

本実験では、マルチデータベース環境を実現するメタレベルシステムに関連性評価システムを統合する有効性を、関連性評価の代表的な対象である文字列、時間表現、および、地理表現について検証する。文字列表現を対象とした関連性評価システム $SCR(1)$ 、時間表現を対象とした関連性評価システム $SCR(2)$ 、および、地理表現を対象とした関連性評価システム $SCR(3)$ を段階的に連結することによって、関連性評価システム構成に応じた問合せに対する結合結果の精度の変化を定量的に評価する。表1は、本実験で使用した各関連性評価機能を表す。ここで、メタレベルにおける時間表現、および、地理表現を、それぞれ、1次元ユークリッド空間上のベクトル、および、2次元ユークリッド空間上のベクトルとして定義する。さらに、メタレベルにおける関連性評価システムの構成に応じて、次の4メタレベルシステムを構築した。

段階的に連結することによって、関連性評価システム構成に応じた問合せに対する結合結果の精度の変化を定量的に評価する。表1は、本実験で使用した各関連性評価機能を表す。ここで、メタレベルにおける時間表現、および、地理表現を、それぞれ、1次元ユークリッド空間上のベクトル、および、2次元ユークリッド空間上のベクトルとして定義する。さらに、メタレベルにおける関連性評価システムの構成に応じて、次の4メタレベルシステムを構築した。

Level 1 $SCR(1)$ を連結したメタレベルシステム

Level 2-1 $SCR(1)$ 、および、 $SCR(2)$ を連結したメタレベルシステム

Level 2-2 $SCR(1)$ 、および、 $SCR(3)$ を連結したメタレベルシステム

Level 3 $SCR(1)$ 、 $SCR(2)$ 、および、 $SCR(3)$ を連結したメタレベルシステム

また、Level1, Level2-1, Level2-2では、 $SCR(2)$ 、および、 $SCR(3)$ の両方を連結していないので、時間的関連性評価機能、および、地理的関連性評価機能を組み合わせて実行することは出来ない。しかし、時間表現、および、地理表現に文字列表現を対応させ、文字列表現間関連性評価によって、擬似的に時間表現間の包含性、および、空間表現間の包含性を評価することが可能である。たとえば、ローカルデータベース1に含まれる文字列表現“A市B町”とローカルデータベース2に含まれる文字列表現“A市C町”に対して、“A市B町”から“A市”と“B町”を、“A市C町”から“A市”と“C町”を生成し、市名に関するパターンマッチングによって、“B町”と“C町”が“A市”に属することを計量することが可能である。そこで、本実験では、他の関連性評価機能による擬似的評価を伴うデータ統合方式とLevel3によるデータ統合方式による結合精度を比較するために、次の2データ変換操作を設定した。

DC1 ローカルデータベースに含まれるデータ項目の分割、あるいは、合成を伴わない単純データ変換操作

DC2 アドレス情報に含まれるエリア情報抽出のようなローカルデータベースに含まれるデータ項目の分割、あるいは、合成を伴う高度データ変換操作

本実験では、関連性評価システムの構成、および、データ変換機能の構成に応じた7データ統合方式の結合精度を評価する(表2)。

本実験において実装されたメタレベルシステムには、2ローカルデータベースシステム(美術館情報を有するリレーショナルデータベース $ldbs1$ 、鉄道情報を有するリレーショナルデータベースシステム $ldbs2$)が連結

表1 実験で使った関連性評価機能

関連性評価システム	関連性評価機能	真を返す条件
SCR(1)	<i>sp_equal(s, s1, s2)</i>	CS(1, s)において、文字列表現 <i>s1, s2</i> は、一致する。
SCR(2)	<i>tt1_before(s, tp1, tp2)</i>	CS(2, s)において、時点 <i>tp1</i> は、時点 <i>tp2</i> より過去にある。
SCR(2)	<i>td1_lt(s, tp1, tp2, td)</i>	CS(2, s)において、2 時点 <i>tp1, tp2</i> は、期間 <i>td</i> 以内にある。
SCR(3)	<i>gdt1_lt(s, gp1, gp2, gd)</i>	CS(3, s)において、2 地点 <i>gp1, gp2</i> 間は、距離 <i>gd</i> 以内にある。

表2 評価対象データ統合方式
データ統合方式

(Level1, DC1)
(Level1, DC2)
(Level2-1, DC1)
(Level2-1, DC2)
(Level2-2, DC1)
(Level2-2, DC2)
(Level3)

されているものとする (表3)。美術館データベース、および、鉄道データベースには、それぞれ、100 タプル、および、6210 タプルのデータが格納されている。2 ローカルデータベースシステムは、PostgreSQL6.0⁵⁾ によって構築した。

本実験では、美術館訪問スケジュール生成に必要な時間的関連性、および、地理的関連性を扱うマルチデータベース・アプリケーションの実現可能性を評価するために、表2の7データ統合方式による結合結果を次の指標によって評価した。
適合率 = $\frac{\text{回答中の正解数}}{\text{回答数}}$ 、再現率 = $\frac{\text{正解中の回答数}}{\text{正解数}}$
本実験では、(Level3)の結果を正解として使用した。本実験で使用した問合せは、鉄道を利用して美術館を訪問するスケジュールを生成する次の4問合せである。

GQ1 美術館データベースと鉄道データベースを次の時間的連結性、時間的包含性、および、地理的連結性による結合問合せ: (1)美術館が駅から距離20以内にある。(2)美術館開館20分前に、(1)を満たす駅に到着する列車に乗車する。

GQ2 GQ1に比べて、2ローカルデータベース間の時間的連結時点、および、地理的連結地点の候補を縮小した問合せ: (1)美術館が駅から距離5以内にある。(2)美術館開館5分前に、(1)を満たす駅に到着する列車に乗車する。

GQ3 GQ1に比べて、2ローカルデータベース間の時間的連結時点、および、地理的連結地点の候補を拡大した問合せ: (1)美術館が駅から距離60以内にある。(2)美術館開館60分前に、(1)を満たす駅に到着する列車に乗車する。

GQ4 GQ1に比べて、時間的連結時点の候補を拡大し、地理的連結時点の候補を縮小した問合せ: (1)美術館が駅から距離10以内にある。(2)美術館開

```
data_conversion("museum",{NameToName,"name",CS(1,1),V1i
,{IntervalToStartPoint,"time",CS(2,1),V1sp},
,{IntervalToEndPoint,"time",CS(2,1),V1ap},
,{AddressToGPoint,"address",CS(3,1),V1gp})->Pm
data_conversion("train",{NameToName,"name",CS(1,1),V2tn},
,{DirectionToDirection,"direction",CS(1,1),V2td},
,{StationToGPoint,"station",CS(3,1),V2gp},
,{TimeToPoint,"arrival",CS(2,1),V2ap},
,{TimeToPoint,"departure",CS(2,1),V2dp})->Pt
joiner(V2ap,V1sp,{td1_lt,CS(2,1),V2ap,V1sp,{00:20}})->mP20
joiner(V2ap,V1sp,{tt1_before,CS(2,1),V2ap,V1sp})->mPb
intersectionP(mP20,mPb)->mPt
joiner(V2gp,V1gp,{gdt1_lt,CS(3,1),V2gp,V1gp,g(20)})->mPg
intersectionP(mPt,mPg)
```

図2 (Level3)による問合せGQ1記述

館30分前に、(1)を満たす駅に到着する列車に乗車する。

図2は、(Level3)による問合せGQ1に対応する問合せ記述を表す。

4.2 実験結果と考察

図3, 図4, 図5, および, 図6は、それぞれ、問合せGQ1, GQ2, GQ3, および, GQ4の問合せ結果の適合率、ならびに、再現率を表している。これらの結果より、Level1, Level2-1, および, Level2-2では、結合条件の変化に応じて、結合精度が著しく変化することが確認された。また、高度なデータ変換操作によって問合せ結果の再現率を上昇させることは可能だが、同時に適合率を向上させることは困難であることも確認された。さらに、高度データ変換操作を伴う結合精度は、常に単純データ変換操作よりも高いとは言えなかった。これらより、関連性評価機能群の連結を実現しないメタレベルシステムでは、そのアプリケーションは、結合精度を向上させるために、結合条件に応じて、データ変換機能、ならびに、データ間関連性擬似的評価機能の選択を動的に行う必要がある。しかし、その選択にもかかわらず、関連性評価機能群の連結を実現するメタレベルシステムの結合精度に達することは困難である。ゆえに、多種多様なマルチデータベース・アプリケーション実現に関して、提案システムの有効性を確認できた。

5. おわりに

マルチデータベースシステムは、異なるデータの表現形式や操作体系を持つ複数のデータベースシステムを統一的に扱うことを目的とするシステムとして位置付けられる。本稿では、関連性評価機能群の複合操作を伴う異

表3 実験ローカルデータベース

リレーション museum(ldbs1)			リレーション train(ldbs2)				
name	time	address	name	direction	station	arrival	departure
M000	09:30-19:30	lm-pr	T1	UP	S1	05:22	05:25
:	:	:	:	:	:	:	:
M099	12:30-16:30	oh-il	T4	DN	S25	24:03	24:06

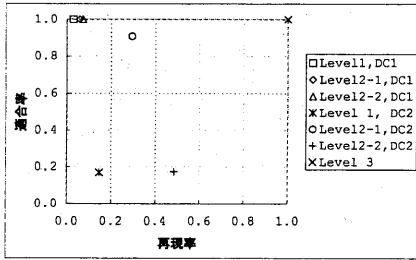


図3 問合せ GQ1 の適合率と再現率

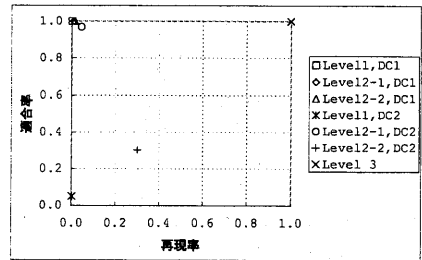


図5 問合せ GQ3 の適合率と再現率

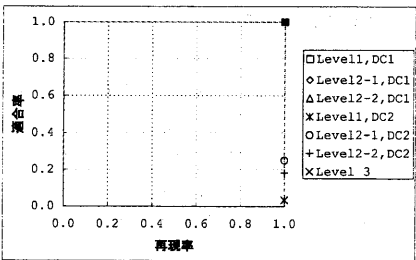


図4 問合せ GQ2 の適合率と再現率

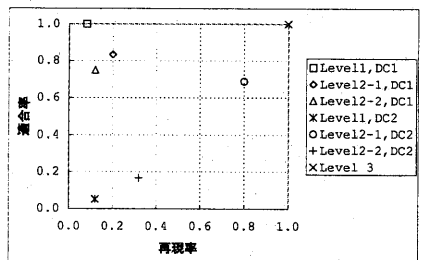


図6 問合せ GQ4 の適合率と再現率

種データベース間データ統合方式を提案した。さらに、提案方式を実現した実験システム上での問合せ処理実験の結果を示し、提案方式の有効性を明らかにした。今後は、マルチメディア・データを対象としたデータ結合方式を実現する予定である。

参考文献

- 1) Allen, J.F.: "Maintaining Knowledge about Temporal Intervals", *Comm. of the ACM*, No.26, pp.832-843 (1983).
- 2) Egenhofer, M.J.: "Spatial Relations: Models, Inferences, and their Future Application", *Proc. Advanced Database Symposium '96*, separate volume, Tokyo, Japan (1996).
- 3) Kiyoki, Y., Kitagawa, T. and Hitomi, Y.: "A fundamental framework for realizing seman-

tic interoperability in a multidatabase environment", *Journal of Integrated Computer-Aided Engineering*, Vol.2, No.1, pp.3-20, John Wiley & Sons (1995).

- 4) 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).
- 5) 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).