

QUIK メディエータにおけるオブジェクト再考

横田一正

萬上裕 黒田崇

國島文生

岡山県立大学情報工学部
yokota@c.oka-pu.ac.jp
岡山県総社市窪木

京都大学大学院工学研究科
{banjou,tkuroda}@kuis.kyoto-u.ac.jp
京都市左京区吉田本町

奈良先端科学技術大学院大学
kunishi@is.aist-nara.ac.jp
奈良県生駒市高山町

ネットワーク上に分散した情報源を融合 / 統合するためにメディエータ言語 QUIK とそれに基づいたメディエータシステムを提案している。本稿ではまず、情報源間の矛盾を除去するための大域的な包摂制約を構築する際に必要となる情報源間のオブジェクトの同定の問題をいくつかの視点から検討する。次に、これらオブジェクトの情報を保持し、情報源の自動探索に本質的な役割を果たすデータディクショナリ / ディレクトリの構築について議論する。さらにこの QUIK メディエータシステムの応用として検討している文学データベースへのアプローチについても述べる。

Objects in QUIK Mediator Systems Reconsidered

Kazumasa Yokota

Yutaka Banjou

Takashi Kuroda

Okayama Prefectural University
yokota@c.oka-pu.ac.jp
Soja, Okayama 719-11

Kyoto University
{banjou,tkuroda}@kuis.kyoto-u.ac.jp
Yoshida-Honmachi, Sakyo, Kyoto 606-01

Takeo Kunishima

Nara Institute for Science and Technology
kunishi@is.aist-nara.ac.jp
Takayama-cho, Ikoma, Nara 630-01

We have proposed a mediator specification language, QUIK, based on a deductive object-oriented paradigm and its mediator systems to fuse and integrate distributed information sources. In this paper, we discuss how to identify distributed objects, which is necessary to construct the global subsumption relation for reducing inconsistencies. Further, we discuss how to maintain the data dictionary/directory, which includes distributed objects and plays an essential role of automatically searching information sources. As an application of a QUIK mediator system, we describe an approach for Celtic literature's databases.

1 はじめに

ネットワーク上に分散する複数の情報源を有効にアクセスし利用するために、われわれは演繹オブジェクト指向パラダイムに基づいた QUIK メディエータシステムを提案している [3, 4, 14]。QUIK 言語の特徴は以下のようにまとめられる。

- 1) TSIMMIS[7, 8] の OEM (object exchange model) と MSL (mediator specification language) の 2つの役割を持ち、TSIMMIS 同様階層的なメディエータ構造を可能にしている。
- 2) 識別子を基にした表現が可能であり、必ずしもメディエータ記述に対応していない情報を融合することができる。この点で Information Manifold[8] の特徴も持っている。
- 3) メディエータ (ラッパーを含む) のメタ情報を DD/D にもち、それを仮説生成の結果として利用することにより、情報源の自動探索を行うことができる。
- 4) 情報源間の矛盾を避けるために、複数の包摂関係のマージにより DD/D を動的に更新し、それを関連するメディエータに輸出することにより一貫した推論と継承を行うことができる。

さらに、QUIK 言語を利用することによって、以下のことを検討している。

- 1) 文献 [1, 12] のようにマルチエージェントでの交渉 / 協調方略を問合せ処理に組み込むこと。
- 2) 移動エージェントによるメタ情報などの情報の収集と、問合せ結果のフィルタリングを行うこと。
- 3) メディエータは人もカプセル化可能なので、それをワークフローなどの計算機援用協調作業に適用すること。

QUIK 言語は、簡単にいえば、演繹オブジェクト指向データベース言語 *Quixote*[10, 13] を分散環境に適用したものと考えることができる。*Quixote* との大きな違いは、分散した情報源は自律性が高いため、局所的な情報の定義と処理を導入したことと、仮説生成と情報源の自動探索を結び付けた点にある。異種分散協調問題解決器を目指したものに Helios[1] があり、そのデータベース分野への適用も提案されている [12] が、QUIK はメディエータという空間に限定することにより、具体的な探索方略や情報の融合 / 統合方式を提案していることである。

本稿では、2節で QUIK の概略を述べ、3節では包摂関係の融合に付随したオブジェクトの動的な扱いを検討する。4節では情報源の探索のための中核的な役割を果たす DD/D について検討する。5節では応用のひとつとして検討している文学データベースでのオブジェクトの扱いを議論する。6節では現状と今後の課題を述べる。

2 QUIK の概要

まずメディエータという用語であるが、QUIK ではラッパーとメディエータを共通に記述する。情報源自体と単純メディエータの関係は本稿では議論しないことにする。

2.1 QUIK オブジェクト

基本オブジェクトの集合 O 、ラベルの集合 L 、変数の集合 V からオブジェクト項が定義できる。

- 1) 基本オブジェクト、変数はオブジェクト項である。
- 2) $o \in O, l_1, l_2, \dots, l_n \in L$ 、オブジェクト項 o_1, o_2, \dots, o_n とすると、 $o[l_1 = o_1, l_2 = o_2, \dots, l_n = o_n]$ はオブジェクト項である。

基本オブジェクト項間には包摂関係が定義されており、これはオブジェクト項間の包摂関係に拡張できる。たとえば

$$o_1[l_{11} = o_{11}, \dots, l_{1m} = o_{1m}] \sqsubseteq o_2[l_{21}, \dots, o_{2n}]$$

def $o_1 \sqsubseteq o_2 \wedge \forall 1 \leq j \leq m, \exists 1 \leq i \leq n. (l_{2j} = l_{1i} \wedge o_{1i} \sqsubseteq o_{2j})$

半順序関係は容易に東に変換できるので、一般性を損なうことなく包摂関係は東であると仮定する。

ドット項は以下のように定義できる。

- 1) オブジェクト項 $o, l \in L$ ならば $o.l$ はドット項である。
- 2) ドット項 $d, l \in L$ とすると $d.l$ はドット項である。

オブジェクト項またはドット項 o_1, o_2 に対して、 $o_1 \sqsubseteq o_2$ を包摂制約という。包摂制約の集合に対しては決定可能な制約解消系が定義できる [9]。

オブジェクト項 o 、包摂制約の集合 C に対して、 $o|C$ を属性項と呼ぶ。この属性項が *Quixote* 同様、QUIK におけるオブジェクトとなる。包摂制約の略記として

$$o|C \cup \{l \sqsubseteq o'\} \Leftrightarrow o/[l \rightarrow o']|C$$

$$o|C \cup \{l \supseteq o'\} \Leftrightarrow o/[l \leftarrow o']|C$$

$$o|C \cup \{l \cong o'\} \Leftrightarrow o/[l = o']|C$$

が用いられる。

オブジェクト項間の包摂関係は包摂制約の継承を実現している。すなわちオブジェクト項 o_1, o_2 に対して、 o_1 が $l \in L$ を含まず、 $o_1 \sqsubseteq o_2$ ならば $o_1.l \sqsubseteq o_2.l$ となる。 o_1 が l を含めば例外継承である。多重継承は包摂制約のマージである。

2.2 メディエータとしての QUIK プログラム

QUIK プログラム P は、データディクショナリ/ディレクトリ (DD/D) D 、メディエータ関係 I 、包摂関係 S 、ルールの集合 R からなっている。つまり $P = (D, I, S, R)$ の四つ組である。一つの情報源に対し少なくとも一つの QUIK プログラムが定義される。

S は P 中の基本オブジェクト間の包摂関係であり、2.1節のようにオブジェクト項間の包摂関係を定義する。

I はメディエータ (QUIK プログラム) 間の関係を示しており、 P と関係を持っているメディエータの集合、およびそれらとの関係を、 P の環境という。

D はメディエータのメタデータであり、 P の環境内で定義されているデータを保存している。 D は、メディエータ識別子、オブジェクト識別子、属性名から以下のように構成されている。

$$D = (ID, \{ID_i, \{O_{ij}, \{L_{ijk}\}\}\})$$

ID は自己識別子、 ID_i は自己を含むメディエータ識別子、 O_{ij} は ID_i に含まれるオブジェクト識別子、 L_{ijk} はオブジェクト O_{ij} が持つ属性名である。 D はオブジェクト識別子、属性名からも参照可能であるとする。

R はルールの集合で、各ルールは以下の形式をしている。

$$a \leftarrow m_1 : a_1, \dots, m_n : a_n | C$$

m_i はメディエータ識別子で、 a, a_i ($1 \leq i \leq n$) は QUIKOTE と同じ属性項、 C はメディエータ識別子を含む包摂関係を集めた制約である。 $n=0$ のときそのルールはファクトと呼ばれる。メディエータ識別子を QUIKOTE のモジュール識別子と同様に構造化する (オブジェクト項を用いる) ことによって、ひとつの情報源に複数の共通モデルが記述されていたときそれらを区別することができる。

メディエータ識別子の手続き的意味は QUIKOTE におけるモジュールの外部参照と同じである。メディエータ識別子が省略されると自情報源を探索する。 I は、このメディエータがどのメディエータを参照するか、どのメディエータのルールを継承するかを指定する。

参照関係: $m_1 \sqsubseteq_R m_2$

継承関係: $m_1 \sqsubseteq_D m_2$

一般的に複数の情報源が与えられると、単なる外部参照か、継承かで意味が異なっているので2種類のメディエータ関係を導入した。ルールでの情報源の外部参照は、ここで規定する参照関係にしたがっていなければならない。これは包摂関係の一貫性を保つためである。

2.3 QUIK の導出とメディエータ探索

仮説生成は QUIKOTE では導出列を

$$(G_0, A_0, \emptyset) \Rightarrow (G_1, A_1, C_1) \Rightarrow \dots \Rightarrow (\emptyset, A_n, C_n)$$

の3つ組のノードの系列として考えた [13]。ここで、 G_i は未解消オブジェクト項の集合、 A_i は未解消包摂制約の集合、 C_i は解消済包摂制約の集合である。オブジェクトのゴールが充足されさえすれば、充足されない制約 A_n のみを仮説として生成し、解のひとつとして (\emptyset, A_n, C_n) を生成してきた。これはオブジェクトの存在は仮説としては生成しないが、その属性は仮説とすることに対応していた。

分散環境ではあらかじめ指定されたメディエータにオブジェクトが存在しないとしても、他のメディエータには存在するかもしれない。したがって上記の制限を緩和することが有効なことが多い。

いま、問合せ $?-G$ に対する失敗した導出列の最終ノードが $N_i = (G_i, A_i, C_i)$ であるとする。 D が、オブジェクトに対してメディエータ識別子を返すとする。 $G_i = G'_i \cup \{o@s_j\}$, $o@s_j \notin G'_i$ のとき、 D が o に対して $\{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ を返すとすれば、 N_i から

$$N_{i_1} = (G'_i \cup \{o@s_1\}, A_i, C_i)$$

$$N_{i_2} = (G'_i \cup \{o@s_2\}, A_i, C_i)$$

\vdots

$$N_{i_n} = (G'_i \cup \{o@s_n\}, A_i, C_i)$$

を生成することができる。さらにオブジェクトの存在が解消された後、属性に関する制約解消にも D を用いることができる。メディエータに対応する変数が実行時に束縛されていない場合、この D によってメディエータを見つける。

QUIK における導出には、最終ノード (G_n, A_n, C_n) の種類に応じて以下の種類がある。

1) $(\emptyset, \emptyset, C_n)$: 成功

2) (\emptyset, A_n, C_n) :

(a) DD/D を用い A_n を他のメディエータで探索

(b) 結果によって 1) か 2) を繰り返す

(c) A_n が解消できなければ仮説付き解として成功

3) (G_n, A_n, C_n) :

- (a) DD/D を用い G_n を他のメディアータで探索
- (b) $G_n = \emptyset$ となれば 1) か 2) の処理
- (c) G_n が解消できなければ ($G_{n-1}, A_{n-1}, C_{n-1}$) に対して 3) を繰り返す
- (d) $n = 0$ となれば失敗

3 オブジェクトの一貫性と DD/D

問合せを処理するためにはメディアータ環境の一貫性を保持することを考えなければならない。それは包摂関係の一貫性とオブジェクト識別性の一貫性である。

3.1 包摂関係の局所性と大域性

包摂関係は包摂制約の継承に影響を与えるために、ひとつのメディアータ環境では一貫性を保証しなければ導出の健全性はない。そこで QUIK では、各メディアータが持っている(局所的)包摂関係をマージすることにより大域的包摂関係を生成し、それを関連するメディアータに輸出することにより共通に使用することにする。

メディアータ m がメディアータ m_1, m_2, \dots, m_n を参照しているとき、それぞれの包摂関係を L, L_1, L_2, \dots, L_n とすると、 m の包摂関係は $L \cup L_1 \cup L_2 \cup \dots \cup L_n$ から得られる包摂関係である。一般的に束 L_1 と L_2 の合併 $L_1 \cup L_2$ は前順序集合にしなければならないが、この集合から束を生成するアルゴリズムはよく知られている [2] ので、QUIK ではこれによって大域的な包摂関係を生成する。

この際の問題は、前順序集合から半順序集合を生成するときの同値関係の扱いと、半順序集合から束を生成するときの新しく生成されるオブジェクトの扱いである。

メディアータ m_1, m_2 に包摂関係 $a \sqsubseteq b, b \sqsubseteq a$ (ただし a, b は基本オブジェクト) がそれぞれあったとき、以下の可能性(組合せを含む)がある。

- 1) 同じオブジェクトで、 m_1, m_2 において $a = b$ である。
- 2) 名前の置換で、 $m_1.a = m_2.b \wedge m_1.b = m_2.a$ である。
- 3) 異なったオブジェクトであり、新たな識別子 a', b' によって $m_1.a = a'$ または $m_2.b = b'$ として区別する。

また束生成時には

- 4) 新たなオブジェクトが生成される。

の可能性がある。基本オブジェクトは他の複合オブジェクトの別名でなければ、反対称律 1) によって生成される等値関係

は、文献 [3] の地理情報システムでの応用で指摘したような包摂関係の矛盾を生み出す可能性はない。メディアータ m がメディアータ m_1, m_2, \dots, m_n を参照しているとき、それぞれの包摂関係を L, L_1, L_2, \dots, L_n とすると、それらから自動的に生成される大域的包摂関係は $L' = \overline{L \cup L_1 \cup L_2 \cup \dots \cup L_n}$ であるが、実際には、半順序集合の生成と束の生成は、利用者との対話が不可欠でその支援環境が必要である。その結果生成される包摂関係の束 L' が関連するメディアータの DD/D すべてに輸出され、問合せに使用される。

3.2 オブジェクト識別性の一貫性

オブジェクト識別性をメディアータ環境内で大域的と仮定するのは必ずしも現実的ではない。ひとつには情報源間の方言の問題であり、もうひとつはオブジェクト自体の同定の曖昧さから来る問題である。前者については 3.1 節のような名前の管理によって制御する。

後者の例として、たとえば地理情報では、一つの川の一部を取り出し、それを別の名前の川として定義することができるような場合がある。一般的に地理情報はマルチメディア情報では、ひとつのオブジェクト o から一定の基準によって切り出された任意の部分をも別のオブジェクト o' として定義でき、かつそれが一定の性質 P (たとえば川であるという性質) を持っているような連続性をもっている場合、つまり $P(o), P(o')$ の場合、オブジェクトの識別性のみならず、包摂関係の無矛盾性の保持が困難となる。たとえば $o = o' [l = a], o' = o [l = b]$ という定義が存在しうる危険性がある。これは前節で述べた、別名定義を許した場合の反対称律から生成される等値関係の問題に対応しており、形式的にも問題である。

これに対応するために、オブジェクトの切り出し / 定義の「一定の基準」を形式的に定義する必要がある。地理情報には空間的な位置情報が基準として存在しうるし、ビデオのようなマルチメディアには時間情報という基準が存在する。このような応用に依存した基準を 3.1 節での大域的包摂関係生成に組み込むとともに、それぞれにふさわしい対話の支援環境を検討している。

4 DD/D の生成

これまで述べた DD/D は、メディアータ定義のための QUIK プログラムのデバッグ時と、問合せ時に必要とされ

る。とくに問合せ時には *QUIKOTE* で提案された条件付き問合せ [13] を可能にするために動的な生成が必須である。つまりメディアータ (D, I, S, R) に対する問合せは、条件 (D', I', S', R') とゴール $?-G$ と考えられ、仮想的なメディアータ ($D \cup D', I \cup I', S \cup S', R \cup R'$) の構築が必要となるためである。ここではその効率的な実現のためにいくつかの方式を検討する。

4.1 差分としての条件付加

メディアータ (D, I, S, R) は作成時に大域的包摂関係 GL およびオブジェクト識別性に関して無矛盾な状態になっているので、その状態を仮定する。条件 (D', I', S', R') が与えられたとき、以下の処理を行う。

- 1) $R := R \cup R'$ とする。
- 2) $I := I \cup I'$ 自体の非巡回性、および R の指定に対する非巡回性をチェックする。巡回していればエラー。 I' に新しいメディアータがあればそれを New_I とする。
- 3) D' の等値関係を E' とすると、 $E' \not\subseteq E \wedge S' \not\subseteq S$ ならば 6) に行く。そうでなければ $L := GL, Diff := \emptyset$ とする。
- 4) 利用者との対話によって $L' = \overline{L \cup E'}$, $L' = \overline{L \cup S'}$ をひとつずつ行い、以下の判定を行う。
 - 1) L' が L の保守的拡張であれば、 $L := L'$ とし、 $Diff := Diff \cup \text{差分}$ を生成する。
 - 2) L' が L の破壊的拡張であれば、 $L := L'$ とする。
- 5) 2つともが保守的拡張であれば、関連するメディアータに $Diff$ を送り、 New_I に L を送る。そうでなければ New_I を含むすべてのメディアータに L を送る。
- 6) $D := D \cup D', S := S \cup S'$ とする。

基本的には包摂関係が保守的拡張であれば、差分だけの処理とする。またこのような条件は上位メディアータとは影響を与えない。

4.2 更新情報の伝播

あるメディアータに更新が生じた場合に、その更新情報を

- 1) 自分を親とするメディアータ環境
- 2) 自分を含むメディアータ環境

に反映させる。メディアータ環境の親が更新情報をつかめば、上記の条件の付加と同様の処理を行い、関連するすべて

のメディアータ環境の一貫性を保証する。4.1節と異なっているのは、条件付き問合せの条件付加が入れ子トランザクションによって制御されるのに対し、この場合には無矛盾であればコミットされることである。

異種性の高いメディアータ環境を考えれば、オブジェクトの同定は利用者によって漸次的に行われると考えるのが自然である。そのために対象とするメディアータ環境でのオブジェクト同定の結果は、この更新情報もこの伝播として漸時的に処理される。

4.3 多重世界としてのメディアータ管理

動的に大域的な包摂関係を生成するのは効率的に問題なので、そのメディアータを含むメディアータ環境ごとに大域的な包摂関係が保持されており、管理される必要がある。

また、問合せ処理の並行性を確保するためには、同一環境の同一メディアータに対する複数の条件付加を考える必要がある。そのために条件付加があれば、メディアータはその問合せ用にコピーが行われる。このためには長期トランザクションのようなチェックアウト、チェックインの処理を検討している。

したがってメディアータにおける無矛盾性の管理は、静的なメディアータ環境と動的な問合せ環境の二重に考える必要がある。

5 文学データベースでのオブジェクトの扱い

QUIK メディアータシステムの応用のひとつとして文学データベースの検索システムを検討している。題材としては、ケルト (アイルランド) 文学の中から「デアドラ伝説」[6] を取り上げた。一般的に神話や伝説には数多くの変種が存在し、それらの間の差違が研究されている。「デアドラ伝説」も、基本的なストーリーの骨格は同一だが、短い物語は数ページ、長い物語は数百ページにもなる。本稿では、このシステムに対する要件を QUIK メディアータという観点から検討する。

データベースは1つの物語に対して基本的に以下の異種の3種類から構成されておりそれぞれ特有の検索機能がある。

テキスト文書	キーワード検索
構造化文書	構造を意識したキーワード検索
ストーリー記述	内容検索

ストーリーは何種類か抽象化レベルが考えられるがここでは単純化のために1種類と考えることにする。「デアドラ伝説」

のデータベース化はまだ始まったばかりであり、複数の研究者が分担してデータの入力や分析を行っており、ネットワークを介しての研究協力や利用が必要である。

構造化文書は SGML で書かれた巨大な複合オブジェクトであり、QUIK で表現する。ストーリー記述は QUIK に時間の記述と時間制約の解消系をもたせたものを考えており、登場人物、場所、時間、場などによるグラフ構造を持っている。3種類の文書は互いに関連しており、相互に対応部分をたどる必要がある。このような抽象化構造は文献[11]の階層に対応している。

メディアータは物語と文書の種類の二重構造になっている文書の種類に対応して QUIK メディアータは以下のように書かれる。

- 1) テキスト文書には文字列検索機能があり、キーワードによって文書中の位置の集合を返す。QUIK メディアータはその機能を出しインタフェースを記述する。

$$\text{txt}[id=N]/[kw=X, res=P*] \\ \leftarrow \text{call:search}(N, X, P*)$$

call は検索機能を出しインタフェースとする。

- 2) 構造化文書の場合、与えられたキーワードを含む指定されたタグの構造の集合を返す。

$$\text{co}[obj=O]/[kw=X, tag=T, res=S*] \\ \leftarrow O/[T=O'], \text{co}(O'), \\ \text{co}[obj=O']/[kw=X, tag=T, res=S*]$$

$$\text{co}[obj=O]/[kw=X, tag=T, res=S*] \\ \leftarrow O/[T=O'], \neg\text{co}(O'), \text{call:search}(O', T, S*)$$

- 3) ストーリー記述に関しては現在検討中であるが、QUIK の拡張表現であるので、時間制約の処理系以外の特殊な外部呼出しをすることなく処理できると考えている。ただし3.2節でのオブジェクトの同定が必要となる。

3者間の関係については、テキストでは位置、構造化文書では構造の位置、ストーリーでは場面/部分を持っており、それらの関連を保持する別のメディアータを作ることを検討している。さらにネットワーク上に分散した複数の「伝説」間の差違を研究するための上位メディアータと支援環境の要件についても検討中である。

6 おわりに

本稿では、文献[3, 14]の QUIK メディアータにおける探索に続き、文献[4]を拡張したものとして、分散したオブジェクトの同定問題を大域的包摂制約の制約と関連させて論

論し、DD/Dの保守についても検討した。今後応用の記述実験によって言語仕様と機能の再検討を行なう予定である。

現在 QUIK システムは岡山県立大と岡山理科大の共同で実装を行っており、まもなくプロトタイプシステムが動きはじめ、年度内には第1版の完成予定である。

参考文献

- [1] A. Aiba, K. Yokota, and H. Tsuda, "Heterogeneous Distributed Cooperative Problem Solving System Helios and Its Cooperation Mechanisms", *Int. J. of Cooperative Information Systems*, pp.369-385, vol.4, no.4, Dec., 1995.
- [2] Hassan Ait-Kaci, Robert Boyer, Patrik Lincoln, and Roger Nasr, "The Efficient Implementation of Object Inheritance", *MCC Tech. Report AI-102-87*, 1987.
- [3] 萬上裕, 黒田崇, 横田一正, "分散環境における仮説生成による問合せ機能の拡張", 情報処理学会, データベースシステム研究会, 神戸, Jan., 1996.
- [4] 黒田崇, 横田一正, 上林彌彦, "分散環境における包摂関係の統合と問い合わせ処理", 情報処理学会第53回全国大会, 千葉, Mar., 1997.
- [5] A. Levy, A. Rajaraman, and J. Ordille, "Querying Heterogeneous Information Sources Using Source Description", *Proc. VLDB'96*, pp.251-262, Bombay, Sep., 1996.
- [6] 三宅忠明, "ケルトの神話と伝説 — 悲恋ロマンス, デアドラについて", 岡山ケルト文化研究会, Mar., 1996.
- [7] Y. Papakonstantinou, S. Abiteboul, and H. Garcia-Molina, "Object Fusion in Mediator Systems", *Proc. VLDB'96*, pp.413-424, Bombay, Sep., 1996.
- [8] J. Ullman, "Information Integration Using Logical Views", *Proc. ICDT'97*, pp.19-40, Delphi, Jan., 1997.
- [9] H. Yasukawa and K. Yokota, "Labeled Graphs as Semantics of Objects", 情報処理学会データベースシステム & 人工知能合同研究会, 東京, Nov., 1990.
- [10] K. Yokota and H. Yasukawa, "Towards an Integrated Knowledge-Base Management System", *Proc. FGCS'92*, pp.89-112, 東京, Jun., 1992.
- [11] 横田一正, 柴崎真人, "データベースに判決は予測できるか?", 情報処理学会データベースシステム研究会 & 電子情報通信学会データ工学研究会合同ワークショップ (EDWIN), 長崎, Jul., 1993.
- [12] 横田一正, "マルチエージェントによるマルチデータベースの拡張", 情報処理学会データベースシステム研究会 & 電子情報通信学会データ工学研究会合同ワークショップ, 函館, Jul., 1994.
- [13] K. Yokota, T. Nishioka, H. Tsuda, and S. Tojo, "Query Processing for Partial Information Databases in QUIKOTE", *Proc. ICTAI'95*, pp.359-365, New Orleans, Nov., 1994.
- [14] K. Yokota, Y. Banjou, T. Kuroda, and T. Kunishima, "Extensions of Query Processing Facilities in Mediator Systems", to appear in *Proc. KRDB'97*, Athene, Aug., 1997.