

## 分散マルチメディアデータベースシステムのための 協調型エージェントの機能及び性能評価

石原裕 広瀬直美 勝本道哲 柴田義孝

東洋大学 工学部 情報工学科

{ishihara,naomi,katsu,shibata}@yosemite.sb.cs.toyo.ac.jp

筆者らは、広域に分散する繊維デザイン画像データベースシステムのような大規模情報空間において、地域毎に自律分散する知識エージェントが、知識を利用して協調し、広域ネットワーク上で、特色のあるMDBを効率的に検索できるための協調型知識エージェント法を提案している。本研究では、地域毎に知識エージェントを自律分散させて、その地域に属するデータベースの特色情報を管理し、地域を越えてデータ検索が行われる場合には、エージェント間で協調させることにより、大規模情報空間に対応させ、また、地域内では、Selective OID法により、データベースサーバよりユーザが効率よく検索できる方法を提案する。本稿では、協調型知識エージェントのプロトタイプシステムを構築し、デザイン画像データベースのアプリケーションを用いて、本エージェントの機能及び性能評価を行い、さらに、シミュレーションによる評価の結果、本研究で提案する協調型知識エージェントの大規模環境に対する実用性を検討したので報告する。

## Evaluations of Cooperating Knowledge Agents for Distributed Multimedia Database System

Yutaka Ishihara, Naomi Hirose, Michiaki Katsumoto and Yoshitaka Shibata

Department of Information and Computer Sciences

Toyo University

{ishihara,naomi,katsu,shibata}@yosemite.sb.cs.toyo.ac.jp

We have developed Dynamic Hypermedia System(DHS) for widely distributed Textile Design Image Database System, which is based on Client-Agent-Server architecture where agents can effectively retrieve image data from distributed database using the Selective OID method. We propose Cooperating Knowledge Agent System(CKAS) which can effectively cooperate each other to exchange the knowledge with the locations of the agents and database for the objective query. In this paper, the implementation model of CKAS is presented and function and performance analysis of CKAS are described.

### 1 はじめに

筆者らは、繊維画像に代表される地場産業の地域ごとの特色を活用できる自律分散するマルチメディアデータベース(MDB)を統一して利用するために、ユーザの支援を行う知識エージェントと動的

リンク機能を導入したダイナミックハイパーメディアシステム(DHS)の開発研究を行っている[1]。

本研究では、分散型マルチメディアデータベースシステムとしてのデザイン画像データベースの大規

模化に対応すべく、効率的に分散データベースを検索する検索プロトコル Selective OID 法 [2] を導入した知識エージェントが、繊維産業における地域の特色を知識として有し、その知識を使用して、エージェント間協調を行うことで、ユーザのための大規模情報空間における特色を活かした検索支援を行う。知識エージェントは、協調において使用される知識を、1) そのエージェント自身が管理している場合、2) 他のエージェントが管理している場合、3) エージェントがどのエージェントに問い合わせをするば良いかを認識している場合、4) 認識していない場合のそれぞれに応じた四つの段階に分類し、効率的な情報提供を行う。本稿では、大規模システムのための協調型知識エージェントの実用性を評価するために、特色のある MDB を有効活用できる大規模デザイン画像データベースシステムのプロトタイプを構築し、シミュレーションによって大規模システムとしての実用性を評価した結果について述べる。

## 2 大規模デザイン画像データベースシステム

筆者らが開発しているデザイン画像データベースシステムでは、特色のある日本各地の古来の繊維産業で培ってきた繊維素材や絵柄といった情報をそれぞれの地域毎にデータベース化し、広域ネットワーク上に分散格納し、繊維産業における特色のある繊維画像と関連情報を、ユーザが柔軟かつ簡単な操作で利用できるものである。

### 2.1 システム構成

大規模デザイン画像データベースシステム (図1) は、DHS のユーザインターフェイスの機能を果たすクライアントエージェント、ユーザの MDB 検索支援を行う知識エージェント、マルチメディア情報を管理する MDB から構成される。ユーザステーションに存在するクライアントエージェントは、ユーザ個人の情報空間を提供し、ユーザからの検索要求 (UQ: User Query) を知識エージェントに発行する。UQ を受けた知識エージェントは、リンクマネージャを通して知識ベースにより UQ を解析し、MDB への検索要求 (AQ: Agent Query) に変換する。そして、その AQ を管理下にあるデータベースにマルチキャスト RPC に基づく Selective OID 法を用いて、

画像データを獲得し、クライアントエージェントに提供する。MDB は、リレーショナルデータベースモデルにより素材、柄、年代やキーワードなどのテキストデータとフルカラーのオリジナル画像を JPEG により圧縮した 400x282pixel の詳細画像データ、及び 256 色共通カラーを用いた 100x100pixel のブラウジング用画像データを格納している。

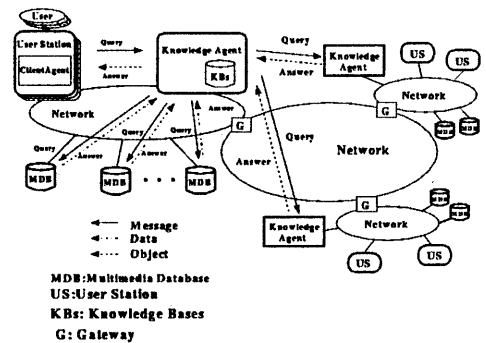


図1: 大規模デザイン画像データベースシステム

## 3 ダイナミックハイパーメディアシステム

デザイン画像データベースシステムは、ユーザに容易な情報検索と効果的なマルチメディア情報の提供を行うために、DHS をプラットフォームとして導入している。DHS は、ユーザインターフェイス、リンク及びオブジェクト管理機能、知識ベース機能を提供し、マルチメディア情報を、メタノード、フラス [3] によりオブジェクト化して管理する。フラスが、知識ベースのフレームとオブジェクト指向のクラスの双方の性質を持つことによって、オブジェクト指向的な操作と知識の利用が可能となり、ユーザに効果的なマルチメディア情報の提供を可能とする。

## 4 協調型知識エージェント

DHS を導入した本システムでは、システムの分散透過性とマルチメディア情報の統合の必要性のために、ユーザとデータベース間にユーザの情報検索の支援を行う知識エージェントを存在させる。知識エージェントは、DHS の情報空間の構築を行うことで、ユーザに対する柔軟な検索支援とマルチメ

ディア情報をオブジェクト化することで、容易な操作で効果的な提供を行う。

さらに、大規模情報空間を提供する大規模デザイン画像データベースにおいて、一つのエージェントで全てのデータベースを管理することは、大量なオブジェクト管理の困難さから不可能であり、複数のエージェントを地域毎に自律に存在させ、地域毎に特色を持ってデータベース化された MDB を管理させる。その知識エージェントは、その特色を知識として使用し、MDB への検索を行うが、要求に対する知識が利用できない場合は、他の知識エージェント間で協調を行い、知識を共用する。この様に、複数のエージェント間による協調により、大規模情報空間の提供を可能とし、ユーザは、知識エージェントにアクセスするだけで、広域に存在する知識エージェントが管理する MDB 群に容易にアクセスすることが可能となる。

#### 4.1 ドメイン

知識として使用する地域の特色を明確するために、また、知識エージェントがユーザの管理を行うために一つの知識エージェントとそれにアクセスを行う複数のユーザとそれが管理できる複数の MDB からなる独立した論理的な領域をドメインと定義する (図 2)。

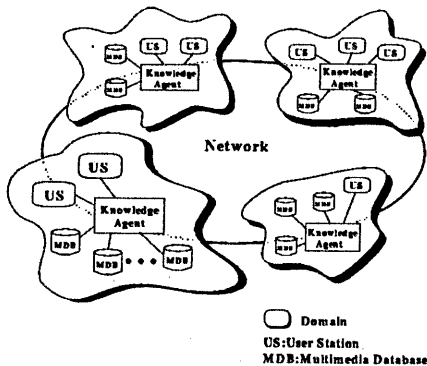


図 2: ドメイン

ユーザは、ドメイン内の知識エージェントにアクセスを行い、その知識エージェントからサービスが提供される。そして、知識エージェントは、知識を利用した検索支援を行い、ドメイン内でユーザの要求に適する結果を得られる場合は、そのドメイン

内の MDB に検索要求を行う。ドメインを定義したことにより、MDB の地域毎の自律分散性の確保を可能とし、そして、エージェントは、ドメイン内の情報の提供すれば良いので、大規模な情報空間の管理を避けることができる。また、同一ドメイン内にユーザの要求する結果が得られない場合は、ドメイン間でエージェントが協調することにより他のドメインの情報空間の提供を可能とし、大規模情報空間への対応が可能となる。

ドメインは、地域毎に知識エージェントを構築するシステム設計者によって、情報検索や情報管理を容易にするために目的や種類別に決定される。本研究では、デザイン画像データベースを例とし、日本各地のその地域でしかみられない特色を持っている地域をドメインとしている。

#### 4.2 検索方法

本システムの検索方法は、最初にドメイン間検索を行い、次にドメイン内 DB 検索を行う。例えば、ユーザからの検索要求 (UQ) が「大島紬」とすると、要求を受けた知識エージェントは、協調知識を使用して、大島紬のドメインを認識し、次に大島紬のドメイン内の知識エージェントにより、UQ をデータベースへの検索要求 (AQ) に変換し、ドメイン内の複数のデータベースに検索要求を発行する。ここで、エージェント-データベース間の検索プロトコルは、冗長なデータ転送を避けることができる Selective OID 法 (図 3) を採用する。その Selective OID 法は、エージェントから AQ を受け取った MDB が、データ中の OID のみを AQ の検索結果として転送する。AQ の検索結果を受け取ったエージェントでは、その OID の重複をチェックする。重複が除去できたら、各 OID を検索したメンバ DB に、選択された OID による Query を発行する。

#### 4.3 協調知識

知識エージェントは、ドメイン内で自律的に存在するために、どこにどのようなエージェントがどんな情報を持っているかが認識できない。そのために、エージェント間協調を行う場合には、協調知識を使用する。協調知識は、効率の良い協調を行うために、それぞれの場合に応じた以下に示すように四段階に分類している。その知識レベルを定義する。

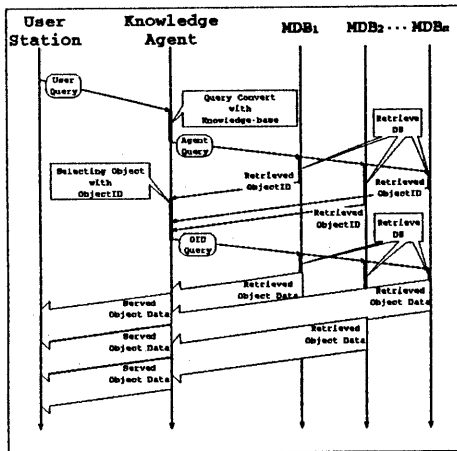


図 3: Selective OID 法

**協調知識レベル 1** 知識エージェント a は、ユーザ要求に対して自分の管理するドメイン内の MDB に関する知識を有する。

**協調知識レベル 2** 知識エージェント a は、自分のドメイン内にユーザの要求に適する知識を持っていないが、その要求に関して、協調知識レベル 1 を持つ知識エージェントに関する知識を有する。

**協調知識レベル 3** 知識エージェント a は、ユーザの要求に対してレベル 1 とレベル 2 の知識を持っていないが、その要求に関して、協調知識レベル 2 を持つと推測される知識エージェントに関する知識を有する。

**協調知識レベル 4** 知識エージェント a は、ユーザの要求に対して、レベル 1, 2, 3 の知識を有していないが、あるドメインの知識エージェントに関する知識を有する。

協調を行うには、自分自身が有する知識と協調する相手の知識を持つことが最低必要となる。さらに、単に問い合わせを行い、協調知識の獲得を行うための知識レベル 4 は、システム内に存在するエージェントを認識する必要があるために、知識レベル 3 は、知識レベル 2 を取得するために必要とされる。

## 5 協調方法

知識エージェントは、協調知識で定義したレベルに応じ、それぞれ case1、case2、case3、case4 の協調動作 [4] を行う。その協調動作の case1 は、ドメイン内でマルチメディア情報の提供を可能とし、case2 では、他のドメインの知識エージェントが管理するマルチメディア情報の提供を可能としている。さらに、case3 では、協調知識レベル 2 の獲得から case2 の動作、case4 では、知識レベル 4 で認識できる知識エージェントへのマルチキャストによる多くの協調知識の獲得から case2 の動作へ遷移し、協調知識を有効利用した MDB の特徴を活かした協調を行う。

また、エージェント間協調においては、協調型エージェントは、過去に協調したエージェントの応答時間を知識として有し、その知識を利用して、time out 制限を用いて障害を回避する。

ここで、知識レベル 3 を用いた case3 の協調動作の過程を説明する。

1. US から要求を受けた知識エージェント  $a_1$  は、要求に対して協調知識レベル 3 により知識エージェント  $a_2$  への問い合わせにより、協調知識レベル 2 を有する知識エージェントを認識できる。
2.  $a_1$  は、 $a_2$  に要求メッセージを発行する。
3. 要求メッセージを受けた  $a_2$  は、協調知識を使用して、結果メッセージ“ANSWER\_KNOWLEDGE”と共に協調知識レベル 2 の知識を  $a_1$  に返す。
4.  $a_2$  から結果を受け取った  $a_1$  は、協調知識レベル 2 の追加を行う。
5.  $a_1$  は、追加した協調知識によって知識エージェント  $a_3$  に対して case2 の協調処理を行う。

## 6 機能及び性能評価

本協調型分散データベースシステムの機能及び性能を評価するためにプロトタイプを構築した。本プロトタイプ (図 5) は、Ethernet の LAN に接続された複数のワークステーションをユーザステーション、協調型知識エージェント、2 台のデータベースサーバとしてドメインを構成し、13 のドメインを構築した。この協調型エージェントは、ネットワーク転送部分を、C 言語で、協調知識と DHS 空間は、

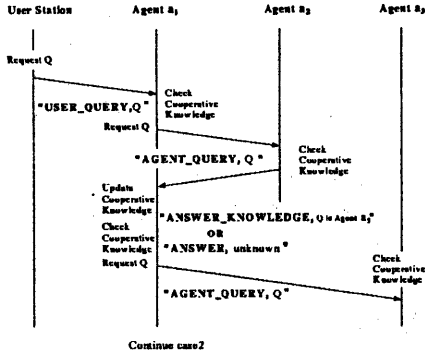


図 4: Case3 Process

知識ベース言語 IXLA で実装し、エージェント-DBサーバ間プロトコルは、Selective OID 法を導入し、DB 検索を可能とした。また、知識エージェントの協調とドメイン内における重複を含む場合の画像データの検索が可能となった。

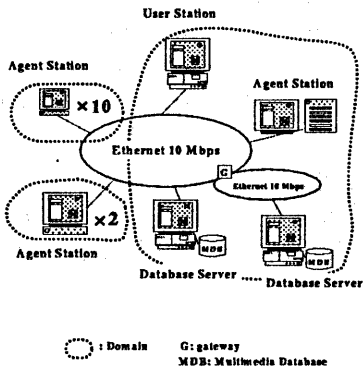


図 5: Prototype

プロトタイプを用いて、協調型エージェントの機能評価を行った。協調型エージェントが、繊維産業の特色を地域として検索に使用することで、特色を活かした検索を提供できることが確認できた。従って、ユーザが「落ち着いたある着物の画像がみたい」と要求した場合、エージェントが知識を使用してその特色を持つドメインを「加賀友禅」と認識し、協調知識を使用して協調し、加賀友禅の画像を格納した MDB を管理しているエージェントからマルチメディア情報の提供を可能にした。

また、本プロトタイプにおいて、協調型エージェントの性能評価を行うために、ユーザステーション

から MDB までの End-to-End 応答時間を測定し、その結果を表 1 に示す。協調における応答時間では、

	Response time [sec]
case1	2.3
case2	3.2
case3	5.0

表 1: 協調における End-to-End 応答時間

case1 及び case2 では、ユーザが満足できる応答時間であるといえる。case4 では、協調するエージェントの数が増え、各コンポーネント毎の応答時間を測定しました。図 6 は、協調するエージェントの数を 1~12 台と増加させたときの各コンポーネント毎の応答時間であり、横軸は、協調するエージェントの数、縦軸は、応答時間を示している。図 6 から、応答時間のうち、知識の追加時間が約半分占め、この追加時間がボトルネックとなっていることがわかった。

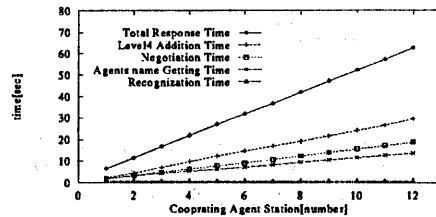


図 6: case4 における各コンポーネントの応答時間

さらに、大規模なデータベース空間への対応において、協調知識を使用して協調を行うために、1つのドメインで全ての DB を管理する場合と複数のドメイン間でエージェントが協調して動作する場合についてのメッセージ数の比較を用いて評価を行った。シミュレーションを行うにあたって、次のような仮定をおいた。

1. 全ての DB 数を  $m$  とする。
2. ドメイン内で検索されるイメージデータを格納している DB 数を  $n$  とする。すなわち、ドメイン数は  $m/n$  である。
3. 協調方法としては case2、すなわち、協調型エージェントは、イメージデータを持つドメインにメッセージを発行する。

この仮定により、協調知識を使用せずに、全てのDBを管理するエージェントが発行、取得するメッセージ数は、Selective OID法により、1回目は全てのDBに、2回目は重複を避けたイメージデータを持つDBに発行され、 $2m+2n$ となる。また、協調型エージェントにおいては、エージェント間メッセージ数の2に加え、Selective OID法によりドメイン内に発生するメッセージ数により、 $2+4n$ となる。

システム内に存在するドメインの数を2個、5個、10個とした場合の協調が行われない場合のエージェントのメッセージの数と協調型エージェントのメッセージ数の比較を図7に示す。図7の縦軸は、システム内に発行されたメッセージ数、横軸は、検索されるDBの数を示している。このグラフから、知識を使用しないエージェントに比べ、知識を使用する協調型エージェントは、メッセージ数におけるトラフィックが抑えられ、特にシステム内のドメインの数の増加につれて、その効果は最もよく現れている。

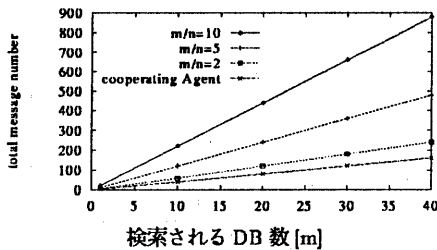


図7: Total Message Number

## 7 まとめ

本稿では、分散MDBの個々のデータベースの特徴を活かした協調を行う知識エージェントを実装し、プロトタイプを用いて協調型エージェントについて機能及び性能評価を行った。その結果、協調型知識エージェントは、知識を使用し、ドメイン間で協調を行うことにより、ユーザに分散環境において統一的な検索の提供を確認できた。また、End-to-End応答時間の結果から、case1及びcase2は、ユーザが満足できる応答時間を得られた。しかし、case4では、知識の追加がボトルネックとなり、ユーザが満足できる応答時間を得ることは、できなかった。また、協調を行わないエージェントと協調型エージェントのメッセージ数の比較では、ドメインの数の増

加に伴い、協調型エージェントが、メッセージによるトラフィックの面で大規模環境に対し有効であることがわかった。今後は、本稿で性能評価を行なった結果により満足できる応答時間が得られなかったcase3及びcase4の改善と知識を有効利用するための知識の階層化の検討を行い、さらに大規模情報空間を効率的に検索する実用的な協調型エージェントを検討する。

## 参考文献

- [1] M.Katsumoto and Y.Shibata, "Dynamic Hypermedia System using Knowledge Agent for Multimedia Information Networks", Proc. of JWCC-8, pp. C2-2-2~C2-2-8, 1993.
- [2] 広瀬, 勝本, 柴田, "分散型データベースシステムの検索方法及び性能評価", 情報処理ワークショップ論文集, Vol.94, No.1, pp.289-297, 1994.
- [3] M.Katsumoto, M.Fukuda, N.Irie and Y.Shibata, "Dynamic Hypermedia System based on Perceptual Link Method for Distributed Design Image Database", Proc. of ICOIN-9, pp.49-54, Dec.1994.
- [4] 石原, 勝本, 柴田, "分散マルチメディアデータベースシステムのためのエージェントによる協調方法", 情報処理学会第49回全国大会, 4W-4, 1994.