

## 分散環境におけるデジタルコンテンツのメタデータ管理システムに関する考察と評価

==== 藤井大輔\*、岡田至弘\*\*、小田義久\*\*\*

\*龍谷大学工学部電子情報学科

\*\*龍谷大学電子情報学専攻

\*\*\*龍谷大学大学院文学研究科

ネットワークコンピューティングの利用拡大に伴い、分散したデジタルコンテンツを取り扱う技術の需要が高まっている。本報告では「論理サイト」という階層的なマルチエージェントアーキテクチャを提案し、分散されたデジタルコンテンツのメタデータの集中的管理・組織化を試みる。その実装例として古典籍資料の画像データの分類・検索のための「メタデータ管理サイト」の設計とその動作の基礎的な評価実験を行う。

### An Consideration and Evaluation of An Metadata Manatgement System for Digital Contents under Distributed Environment

==== FUJII Daisuke\*, OKADA Yoshihiro\*\*, ODA Yoshihisa\*\*\*

\*Ryukoku University, Department of Electronics and Informatics,

\*\*Ryukoku University, Department of Electronics and Informatics,

\*\*\*Ryukoku University, Graduate School of Letters

According to the growth of network computing application, schemes to operate distributed digital contents are strongly demanded. In this article we propose 'logical site' of an layered multi-agent architecture to manage and organize the metadata of the distributed digital contents intensively. And as one of the implementation tasks, we plan 'Metadata Management Site' which classifies and retrieves the historic document images, and make basic experiment for its behavior.

#### 1. はじめに

近年、分散したマルチメディアコンテンツとそのメタデータに対して、分散環境を維持したままでコンテンツの変更・移動などにも動的に対応するためにマルチエージェントにもとづくシステムの研究開発が進められている[1][2][3]。本報告はこれらの研究にもとづき、階層化されたマルチエージェントシステムの中核となる中位層サブシステムの機能デザインと、その基本動作の評価実験についてまとめたものである。

情報処理、情報伝達のメディアを複数取り扱うためのマルチメディア情報処理は古くから研究されているが、ここ数年でその応用分野は専門技術的分野からごく一般的な民間利用へと飛躍的に拡大してきた。その結果ネットワーク上に分散したマ

ルチメディアデジタルコンテンツ（以降「分散コンテンツ」と略す）を対象として検索、操作、加工を動的に行う技術要求が高まってきており、現在盛んに研究・開発されている。しかしそれらの多くは特化された目的と対象のための応用システムであり、システムアーキテクチャとしての汎用性は必ずしも高いとはいえない。

他方、分散オブジェクト間通信については通信工学分野で、マルチエージェントアーキテクチャについては人工知能分野においてやはり古くから研究がなされており、現在では世界的規模の組織において体系的・統合的な規格化が進められている。このような状況に対し、分散コンテンツを対象とし高次情報との関係を動的に形成しつつ効率のよい処理を可能にするようなシステムアーキテクチャの研究意義を見出すことができる。

システム構築の観点から述べれば、分散コンテンツデータ—中でも美術データや博物データは容易には取扱いにくい特徴をもっている。a) 整理された形で存在しているとは限らない、b) データが偏在・分散している、c) データに特許権、所有権、使用权が存在する、d) メタデータの生成・管理手法が統一的ではない、e) 検索クエリはインタフェースに依存する、f) 結果の客観的評価が困難であるこれらの特徴はすなわち、上記のような分散コンテンツを対象としたシステムをデザインする際に、旧来の固定的・予定調和的なデータ処理システム構成を採用する限り、システムの利用性の向上はさほど望めないということにほかならない。この問題に対する一つの方策がマルチエージェントによる分散人工知能的アプローチである。このアーキテクチャは近年、FIPA[4]、CORBA[5]、OAA[6]など国際的な規格の進展とともに、有用かつ現実的なものになりつつある。例えば組織における意思決定支援システムや金融市場シミュレーションなど、経営実務分野をターゲットにして広がってきている[7][8]。

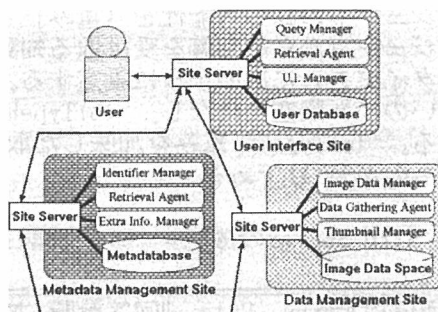
一方、マルチメディア系の分散コンテンツの処理システムに関しては、内容・種類・形式に依存しない透過性の高いアーキテクチャの成果は多くは見受けられない[9]—[11]。これには前述したような分散コンテンツの本質的な複雑さに起因することの他にもう一点、マルチエージェントシステムの設計・構築の困難さも考慮する必要がある。例えば a) あるタスクに対応するエージェントの数・規模の決定理論・手法、b) システムの効果、能力の客観評価方法、c) エージェント間コミュニケーションによる遅延の影響の測定法、d) エージェント間のコンフリクトの解消戦略、e) 大多数・大規模なエージェントを実用的に取扱うためのアーキテクチャ等々の課題が存在する。

## 2. 論理サイトの構成

### 2.1 階層化マルチエージェントアーキテクチャ

本研究では、多数のエージェントを特定の機能を持つ仮想的なグループに所属させ、エージェント同士のネゴシエーションや外部との通信を統括するエージェントを各々のグループに1つずつ設置した。このエージェントのグループをここでは「論理サイト」と呼び、通信統括のためのエージェントを「サイトサーバ」と呼ぶ。この論理サイトを機能単位とし、複数の論理サイトを組み合わせることで目的のシステムを構築する。このアーキテクチャを用いたメタデータ管理システムは [3]において自然画像データベースおよび古典籍画像データベースとして設計提案されている。システムの構築例を図(1)に示す。このシステムは 次の3種類の論理サイトで構成されている。(データ管理サイト): 実際のコンテンツデータまたはそのロケーション

ョンを表示するリンク情報と、基本的な一覧表示のためのサムネイル画像を扱う。  
 (メタデータ管理サイト): コンテンツデータから抽出されたさまざまな特徴情報と、  
 人間に評価され追加された意味情報、さらにメタデータのメタデータともいべき  
 メタデータID情報を管理する。(ユーザインタフェースサイト): 実際の利用者に対  
 して有用なインタフェースを提供し、処理を行った結果を提示する。



図(1) 提案システムの全体構成:  
 データ管理サイト、メタデータ管理サイト、  
 ユーザインタフェースサイトで構成される

## 2.2 論理サイトの定義

提案システムの構成についてはすでに述べたが、提案システムのアーキテクチャの中核をなす「論理サイト」について定義しておく。

*Definition:* 論理サイト

- 論理サイトはエージェントの集合体であり、サイト全体であるまとまった機能を発揮する。
- 論理サイトに属するエージェントは各種処理エージェント、データベースエージェント、サイトサーバの3種類である。
- 各種処理エージェントはそのサイトにおけるさまざまな処理のアルゴリズムを個別に実行する単位エージェントである。
- 各エージェントは論理的にかならず少なくともひとつの論理サイトに所属している。エージェントの負荷の高さ、処理能力等によって複数のサイトに所属することは妨げられない。
- データベースエージェントは必要に応じてサイト内に設定される。
- サイトサーバは外部からクエリーを受け取り、内部のエージェントと通信して適切な処理を行わせ、最適候補となる回答を選択する。
- サイトサーバはまた、他の論理サイトと通信し、クエリー・回答・サイトの状況情報などの情報を交換する。

## 2.3 サイトサーバの設計

論理サイトにおいて重要なのはやはり、サイトサーバの機能である。サイトサーバの処理の流れは、次のようになる。1. 外部よりクエリーを受け取る → 2. 入力クエリーを評価し、エージェントに評価済クエリーを渡す → 3. エージェントの回答を評価・診断し、外部に最終回答を返す。

サイトサーバの仕様は次のようになる。A. 入力クエリーの評価においては、サイトサーバはクエリーと処理の関係を記述したプロダクションルールをもっており、これに従って評価する。ここで、本実験の場合、このルールの持ち方を変化させ、論理サイトの動きの評価を行う。(a)TypeA:[クエリー→処理]の固定的なルールのみ。(b)TypeB:ルールなし。常に全エージェントにクエリーが投げられる。(c)TypeC:[クエリー→処理]の重みつきルール。特定のエージェントのみならず、あるクエリーに対する各エージェントの回答可能性を「重み」として保有。B. 最終回答の診断については、エージェントからの回答を受け取る知識空間(黑板)をもち、回答のコンフリクト処理はタイプごとに次のように設定する。(a)TypeA: 特定のエージェントとしか通信しないので知識空間はなし。(b)TypeB: 知識空間に置かれた回答をすべて最終回答とする。(c)TypeC: 重みを加味した取捨選択、優先度を回答する。上記仕様をまとめたものが表(1)である。

[表1:Site Serverの機能レベルと実験条件]

	通信相手	Srv. Rule	回答診断(方法)
TypeA	特定Ag	Query用のみ	なし
TypeB	全Ag	なし	あり(マージのみ)
TypeC	選択Ag	重みづけ	あり(重みつき診断)

(註)“Srv. Rule”とはサイトサーバの動作ルール、“回答診断”とはサイトサーバによる回答の選択的判断

われわれの目標は最適なTypeCのサイトサーバを実装することである。ここからわかるように、TypeCのインプリメントはルールの「重み」の決定方法が問題である。また、問題ごとに結果からのフィードバックによる重みの書き換えが必要となるため、汎用的かつ効果的なTypeCのサイトサーバを実装するのは容易ではないであろう。ただし本報告で行ったのは基本動作の評価なので、本実験では重みの書き換えや学習は行わず、重みは固定的なものとした。

### 3. 論理サイトの動作評価実験

#### 3.1 デジタルコンテンツとしての古典籍資料「大谷文書」

本報告で対象とするコンテンツは龍谷大学が所持する古典籍資料「大谷文書」である。大谷文書とは、1902年当時浄土真宗本願寺派第22代門主であった大谷光瑞の組織した大谷探検隊[12]がもたらした中央アジアの発掘物のうち、総点数8,000点を越える膨大な古文書類を総称している。漢文、西夏文字、ウイグル文字等複数の古代文字を含み、その種類も経典、俗文、商用文と広範囲にわたっているなど、世界的に貴重な中央アジアの古文書コレクションである。しかし残念ながら現在それらは一箇所ではなく旅順、ソウル、ロンドン等国外の図書館、博物館、美術館に、また日本国内においても各地の寺院、博物館、図書館等に散逸している[13]。また大谷探検隊以前・以後の発掘により同一文書が分離してまったく別の場所に保管されている可能性が高い。さらに、文書は数百年の経年によりちぎれたり焼かれたりして小片化・炭化・変色しており、人手による文書の同定・分析は極めて困難であると言わざるを得ない。本報告で使用する大谷文書のデジタルデータは以下のような特徴をもつ(図(3)に画像の例を示す)。(a)巻物経典をのぞく紙片類、約3,000点

(b)Kodak PhotoCD形式で撮影・保存 (c)多重解像度の静止画サイズ: 2048×3072から128×192まで5段階



図(3)大谷文書画像データの例

### 3.2 メタデータ管理サイトの動作評価実験

本報告では上記の大谷文書画像データを対象として、前節で紹介した3つの論理サイトのうちメタデータ管理サイトを設計提案する。分散コンテンツを扱う場合、コンテンツデータそのものではなくその特徴情報や位置情報を集めたメタデータの生成・管理・操作の方法がシステムの中核になる。提案システムではこのメタデータの管理および操作を行う論理サイトが、メタデータ管理サイトである。このメタデータ管理サイトでは、メタデータベース:内部にメタデータを一元管理するためのデータベースを持たせることにより、メタデータを集中管理する方法を採用している。これは分散したコンテンツデータの物理的な環境条件にメタデータを生成することによる影響を与えることを避けるためである。このメタデータ管理サイトの実装実験での評価を通じて、論理サイトの基礎能力の検証を行う。つまり、メタデータ管理サイトがどのように機能するかという動作解析、サイト内でのコミュニケーションやエージェント単位の処理の効率、サイト全体としての処理効率の測定・評価を目的とする。

今回設計したメタデータ管理サイトのエージェントは以下の通りである (図(1)の左下の論理サイトを参照)。

- 複数のメタデータ処理エージェント: (IDマネージャ):データのIDおよびメタデータのIDを管理する。(検索(処理)エージェント):検索エンジン、各種アルゴリズムをもつ複数のエージェント。(追加情報マネージャ):主に人間によって追加される高次情報を管理。
- 1つまたは複数のメタデータベース:メタデータ情報を集中的に管理する
- 1つのサイトサーバ:サイト内の通信と外部との通信をコントロールする

本実験の計画・設定を以下に述べる。

#### ・システム構成条件

メタデータ管理サイトは同一のメモリ空間内(つまり同じマシン)に実装。コンテンツデータはネットワークで接続された別のストレージ空間に蓄積。それらのマシンを100Base-TXのネットワークでTCP/IP接続。

#### ・実験条件

言語環境: UNIX(FreeBSD4.4-RELEASE) + C言語(gcc2.95.3) + CORBA実装系(ORBit0.5.8)。コンテンツデータ: 大谷文書データ(PhotoCD)約3,000点(メタ

データ): テキスト+サムネイルデータ (160x120pixel程度)、 (メタデータ解説情報): 基礎資料[14]--[18]より作成、 (クエリーは既与): Query1: 「同一紙片候補発見」、 Query2: 「画像入力による文字列マッチング」、 (処理エージェント): 行間行幅抽出、DBマッチング、 (サイトサーバの動き・制約条件): TypeA, TypeB, TypeC(第2.3節参照)

- Query1: 「同一紙片候補発見」 (LGLW) とする。

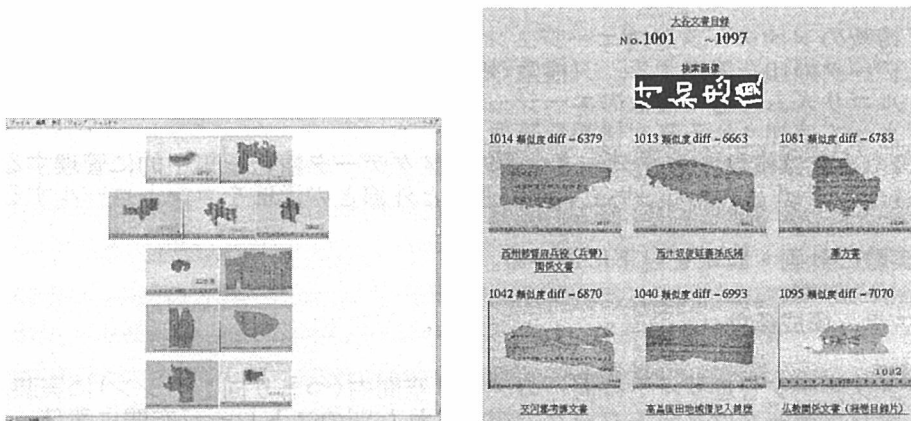
大谷文書紙片はちぎれて断片化しているものが数多くあり、一つの紙片だけでは元の文書全体の推測は困難である。その紙片と同じ文書の他の紙片を同定することは、古文書の解釈においてはなによりも重要なテーマなのである。本手法は、紙片中の行らしい部分を抽出し、行幅と行間距離を算出、その値によってグループ化し、同一紙片の候補群として提示する。

- Query2: 「画像入力による文字列マッチング」 (DPM) とする。

古文書にある文字は符号化されていない文字が多くまた、手書き文字を正しく認識するのは容易ではない。そこで、探したい文字・文字列をそのまま画像として入力し、マッチング処理を行って類似度を計算し、その結果を候補として提示する。本実験では、回転や変形にも比較的強いDPアルゴリズムを利用する[19]。

- サイトサーバのタイプ: 機能を3つのタイプに分類する(表(1)参照)。

(TypeA): Query1だけに対して特定のエージェントにのみ動作要求する。  
 (TypeB): 逆にどのクエリーも全エージェントに対して無差別要求を行う。  
 (TypeC): A, Bの中間であり、重みづけ情報をもって選択的にエージェントに要求を送る。



図(4) 処理結果: 左:LGLWによるグループ、右:DBMによるマッチング

## 4. 実験の評価

### 4.1 サイトの動作確認

2つのクエリーをメタデータ管理サイトが処理した結果を元に、データを集めてきたものが図(4)である。

当然であるが、この結果は各クエリーに対して単一のアルゴリズムを用いて計算した結果に等しい。しかしここでは2つのまったく処理内容の異なるクエリーを入力し、それに対してサイトサーバがクエリーを評価し処理エージェントを選択することができた—すなわちエージェントシステムのavailabilityを示したということの評価をしたい。

#### 4.2 システムの応答時間の測定

次にシステムの応答時間を測定した。サイトサーバがクエリーを受け取ってから、結果を返答するまでの時間を *応答時間* とする。それぞれのクエリーに対応する処理を行う単独のプログラムp(LGLW)とp(DPM)実行した応答時間を比較基準として、それぞれの差分を *遅延* とし、さらに応答時間を分母とする *遅延率* を求めた。この結果を表(2)に示す。

[表2:Site Serverの機能レベルによる応答時間]

	Query1	遅延1	遅延率1	Query2	遅延2	遅延率2
p(LGLW)	30.426	0.000	0.000	-----	-----	-----
p(DPM)	-----	-----	-----	639.065	0.000	0.000
TypeA	31.239	0.813	0.026	644.628	1.563	0.002
TypeB	640.380	1.315	0.002	640.891	1.826	0.003
TypeC	31.691	1.091	0.034	640.279	1.214	0.002

※応答時間の単位は秒。 *遅延*: 独立プログラムの応答時間との差分。 *遅延率*: 遅延 / 応答時間の値(0~1)。 *p(LGLW)*: 行間行幅抽出。画素数768x512の画像100枚に対する平均処理応答速度 *p(DPM)*: DP法によるマッチング。画素数502x50の文字列画像と60x25の手書き検索キー画像の類似度算出の平均応答速度

LGLWの処理とDPMの処理はまったく計算効率が異なる。DPMは極端に重いプログラム遅延率をみると、Query2よりもQuery1の方が高い。これは、Query2の対応処理であるDPマッチングは処理コストが高いので、通信コストが相対的に低くなっているせいである。またQuery1はサーバとの通信を100回行っているために遅延が明確になっていると考えられる。

#### 5. まとめ

本報告では、分散コンテンツを取り扱うシステムとして既に提案してきたマルチエージェントアーキテクチャの中で、「論理サイト」というサブシステムを提案し、「大谷文書」という古典籍画像コンテンツを材料として、実際にメタデータ管理システムを設計・実装し、基本動作を確認する実験を行った。この論理サイトの中核であるサイトサーバの機能レベルをTypeA, B, Cの3つに分け、2種類のまったく内容の異なるクエリーを入力した実験結果から、TypeA, TypeBに比べて、TypeCでは異なる種類・内容のクエリーに対して正しい処理を選択することができた。またそ

それぞれのクエリーに対して、従来の単一コンピュータ内で単一モジュールでの処理と比較して、分散システムとして通信量が相当生じるであろうにもかかわらず、遅延は寡少であり、トータルの応答時間は1%程度以内の低下に収まっている。このことより、論理サイト内でのサイトサーバ及びエージェントの動作は予測にほぼ沿ったものであり、応答速度も実用に耐え得るものであると思われる。今後のステップとしてはシステム全体のパフォーマンスの調整・評価を進めるために、a)他の論理サイトおよびサイトサーバ間通信の設計と評価、b)トータルシステムとしてのパフォーマンス実験、c)複数のシステムでの相互接続実験等の課題を検討していく。

## 参考文献

- [1] 津田修, 岡田至弘, 階層化領域属性記述に基づく画像データベースシステムの構築, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU'94)講演論文集I, pp. 289--296, 1994, 7.
- [2] 芝原努, 武田哲也, 岡田至弘, 処理過程を重視した画像処理エキスパートシステム, 情報処理学会第48回全国大会, pp. 2145--2146, 3, 1994.
- [3] 藤井大輔, 岡田至弘, マルチエージェントによるメタデータ管理と画像アーカイブへの適用, 電気関係学会関西支部連合大会, pp. G338,
- [4] FIPA(The Foundation for Intelligent Physical Agents ), <http://www.fipa.org/index.html>
- [5] CORBA(Common Object Request Broker Architecture), Getting Started with OMG specifications and Process, <http://www.omg.org/gettingstarted/>, Last Updated Friday, October 12, 2001
- [6] OAA(The Open Agent Architecture), The Open Agent Architecture, <http://www.ai.sri.com/~oaa>
- [7] 伊藤孝行, 新谷虎松, マルチエージェントシステムのための実装技術とその応用, 人工知能学会誌, 人工知能学会, Vol. 16, No. 4, pp. 469-475, July 2001.
- [8] Dasgupta, P., Narasimhan, et. al, MAgNET: Mobile Agents for Networked Electronic Trading, IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering, Special Issue on Web Applications, Vol. 11, No. 4, pp. 509-525, 1999.
- [9] Michail Salamasis and John Tait and Colin Hardy, An Agent-Based Hypermedia Framework for Designing and Developing Digital Libraries, IEEE, Proceedings of ADL '96, pp. 5--13, 1996.
- [10] Peter C. Weinstein and William P. Birmingham and Edmund H. Durfee, Agent-Based Digital Libraries: Decentralization and Coordination, IEEE Communication Magazine, pp. 110--115, Jan, 1999.
- [11] W. Chang and D. Murthy and Y. Mei and A. Zhang, Metadatabase and Search Agent for Multimedia Database Access over Internet, SUNY at Buffalo Technical Report, No. 96-24, Dec, 1996.
- [12] Rong Xinjian, Count Otani's Central Asian Expeditions, IDP Newsletter, <http://idp.bl.uk/IDP/idpnew10.html>, No. 10, 1998.
- [13] Susan Whitfield(Ed.), Japanese Collections of Dunhuang and Silk Road Manuscripts, IDP Newsletter, <http://idp.bl.uk/IDP/idpnew10.html>, No. 10, 1998.
- [14] 小田義久, 大谷文書集成 壹, 法蔵館, 1984.
- [15] 小田義久, 大谷文書集成 貳, 法蔵館, 1990.
- [16] 小田義久, 大谷文書目録 No. 1001~NO. 3000, 龍谷大学仏教文化研究所, 1986.
- [17] 小田義久, 大谷文書目録 No. 3001~NO. 4500, 龍谷大学仏教文化研究所, 1998.
- [18] 小田義久, 大谷文書文書の研究, 法蔵館, 1996.
- [19] 松本謙一 and 武田哲也 and 岡田至弘, DP マッチングを用いた形状類似度による例示画像検索, 第3回知能情報メディアシンポジウム論文集, pp. 279--284, Dec, 1997.