

## カプセル間通信による情報カプセル整理機構の検討

難波 功次, 谷口展郎, 塩野入 理, 櫻井 紀彦  
NTT サイバースペース研究所

「情報財」であるデジタルコンテンツがネットワークを介して盛んに流通されるようになるにつれ、コンテンツをその生成・配信・蓄積・利用・加工というライフサイクルにわたって保護しつつ、統合的に管理する仕組みが求められるようになってきた。我々は、これを実現するために自律情報カプセル *Matryoshka* を用いたフレームワークを検討している。本稿ではライフサイクルの管理における情報整理機能に注目し、*Matryoshka* カプセルに付加された通信機能を用いてカプセルの集合を自動的に整理する仕組みを提案する。

### A Study of An Information Capsule Organizing System Based on Capsule Communication Facility

Koji NAMBA, Noburo TANIGUCHI, Osamu SHIONOIRI, Norihiko SAKURAI  
NTT Cyber Space Laboratories

As digital contents are traded and distributed on the network, an system become needed to manage every content integratively through its life cycle - generation, distribution, store, use, and modification - with total intellectual property rights protection. For this purpose, we have proposed a framework based on an autonomous information capsule technology called *Matryoshka*. In this report, we focus on the information orchestration issue of the life cycle management, and present a study of an automatic information organizing system. In the system, each *Matryoshka* capsule communicates with each other to find relatives, and set a link to them to help users finding relative information.

#### 1. はじめに

ネットワークを介したデジタル情報の流通は、次第に我々の実際の生活に浸透つつある。しかし、そこには未だ多くの課題が残されている。

その一つに、流通される情報にまつわる知的所有権の問題がある。知的所有権の保護を実現するためには、情報の生成・配信・蓄積・利用・加工というライフサイクル全体を通して情報を管理する仕組みがあることが望ましい。さらに、この仕組みは情報の種類（音楽、画像、文章、数値など）や知的所有権の形態（著作権、著作隣接権、プライバシー権など）に依らず、統一的に扱えるものである必要がある。

われわれは、このような仕組みを実現する手段として、自律情報カプセル *Matryoshka* (マトリョーシカ) を流通単位とした情報流通フレームワークを提案してきた [1]。

*Matryoshka* は、流通対象となる情報（以下、コンテンツと呼ぶ）とその操作をおこなうプログラムを一つのファイル

にカプセル化したものである。情報の利用を著作権者が指定した利用制約条件に従って制御する等、コンテンツの自律的管理をおこなうことを可能にしている。

これまでに、*Matryoshka* フレームワークの一環として、*Matryoshka* カプセルを Web を介して配信するシステムや知的所有権を考慮しつつ加工をおこなう仕組みについての報告[2]がおこなわれている。本稿では、*Matryoshka* カプセルが多数蓄積される状況を想定し、このカプセルの集合を自動的に整理する仕組みを提案する。

#### 2. ライフサイクル管理と情報カプセル

デジタルコンテンツは、生成・蓄積・配信・利用・加工などといったフェーズをくり返しつつ、ネットワーク上のサイトからサイトへと流通していく[3]。ここで「サイト」とは、デジタルコンテンツを販売するモールや、そのコンテンツをダウンロードして利用するユーザーの端末といった、ネッ

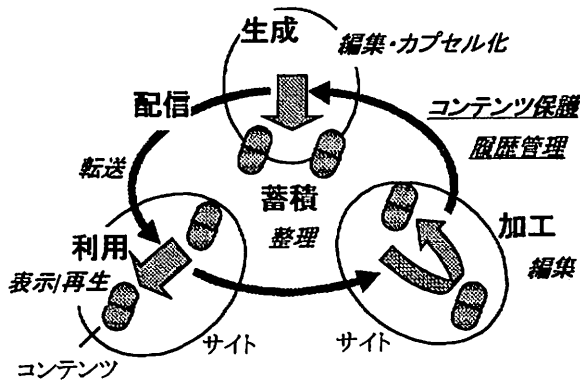


図1: コンテンツのライフサイクル

トワーク上の仮想的な「場」を指す)。以下、このようなデジタルコンテンツ流通の一連の流れをコンテンツのライフサイクルと呼ぶ(図1)。

デジタルコンテンツのライフサイクルを管理するためには、各フェーズに以下のような機能が要求される。

- ・生成フェーズ: 編集, カプセル化
- ・蓄積フェーズ: 整理
- ・配信フェーズ: 転送
- ・利用フェーズ: 表示/再生
- ・加工フェーズ: 編集

さらに、ライフサイクル全体に渡って、コンテンツ保護(著作権保護/プライバシー保護)機能や履歴管理機能が必要とされる

われわれは、デジタルコンテンツをそのライフサイクル全体に渡って統合的に管理するシステムの実現を目指し、情報カプセル Matryoshka を流通の単位とするライフサイクル管理のフレームワークを提案している。

情報カプセル Matryoshka は、コンテンツ、コンテンツ関連情報、コントロールを1つのファイル(=カプセル)にしたものである(図2)。

ここで、コンテンツ関連情報とは、コンテンツに関する付加的な情報である。例えば、楽曲のタイトルや演奏者、キー

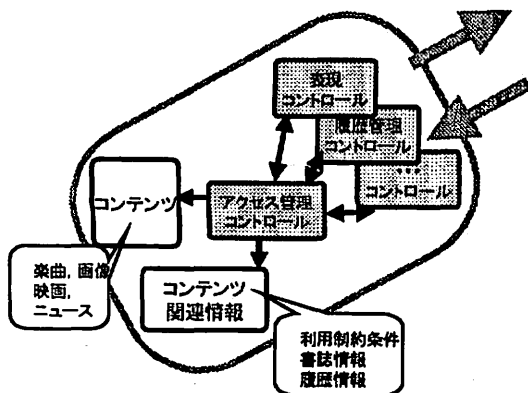


図2: Matryoshka カプセルの基本構成

ワードや要旨、視覚的・聴覚的特徴量といった書誌的な情報、利用期限や利用者制限といった利用制約条件、利用履歴回数などの履歴情報などがコンテンツ関連情報である。

コントロールとは、コンテンツやコンテンツ関連情報の表示や管理をおこなう実行プログラムである。コントロールには、コンテンツの表示や再生をおこなう表現コントロール、利用制約条件に基づいてコンテンツへのアクセス制御をおこなうアクセス管理コントロール、履歴情報を管理する履歴コントロールなどがある。カプセルに内包されたコンテンツやコンテンツ関連情報へのアクセスは必ずコントロールを介しておこなわれ、直接のアクセスはできないように設計されている。

Matryoshka カプセルでは、ライフサイクル管理に必要なとされる機能をコントロールとしてカプセルに内包し、コンテンツと共に流通させることによって、そのコンテンツライフサイクル全体に渡って、著作者の意図に沿った制御をおこなうことを目指している。われわれはこれまでに、利用制約条件に基づいてアクセス制御をおこなうアクセス管理コントロールを内包することで、利用制約条件を満たさない不正な利用から自律的に保護する機能を実現している。

### 3. ライフサイクル管理における情報整理

情報カプセルを「蓄積」するフェーズでは、多数の情報カプセルの中から必要とするカプセルを取得する行為を支援・促進する機能、すなわち情報カプセルを整理する機能が必要となる。

#### 3.1. 情報整理

われわれは「情報整理」を「情報の集合を個々の情報の間の関連性に基づいて構造化すること」と定義した。そして、多数の情報が「整理された状態」は、関連のある情報間に意味付きリンクが張られたグラフ状の構造として表現されるものと考えた(図3)。

意味付きリンクは、関連性の評価における観点(以後、関連タイプ)と評価結果(以後、関連スコア)の組により、関連性を表現する。

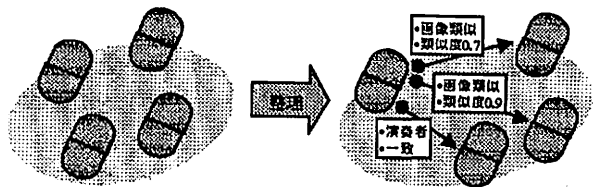


図3: 整理された状態

### 3.2. 情報カプセル整理システム

本稿で提案する情報カプセル整理システムは、あるサイトに存在する多数の情報カプセルを整理して蓄積し、利用者が関連する情報カプセルをリンクを介して渡り歩くことを可能にするシステムである。これにより、利用者は必要な情報を持つカプセルへのアクセスをより効率的におこなえるようになる。

以下、画像コンテンツを内包した情報カプセルの配信を例に、情報カプセル整理システムの動作イメージを述べる。

#### ○カプセルの配信・蓄積

コンテンツ提供者側のサイトから配信・ダウンロードされた画像カプセルは、利用者サイトの特定の場（以後、スプールと呼ぶ）で受信・蓄積される。この結果スプールには様々な種類のカプセルが多数蓄積されることになる。

スプールが新たな画像カプセル  $C_{new}$  を受信すると、整理システムは蓄積されていた他のカプセル  $C_{1..n}$  と  $C_{new}$  との間の関連性を評価し、関連がある場合には意味付きリンクを生成する。

例えば、画像の視覚的特徴が  $C_{new}$  と類似しているカプセル  $C_1$  には、 $C_{new}$  への意味付きリンク [関連タイプ: 画像類似, 関連スコア: 0.8] が付与される。同様にして、「著作者」や「ジャンル」が  $C_{new}$  と同一であるカプセル  $C_{23}$  にも  $C_{new}$  へのリンクが生成される。また、場合によっては、カプセル  $C_{new}$  にもカプセル  $C_{1..n}$  へのリンクが作成される (図4)。

#### ○カプセルの利用

カプセルを利用する際には、カプセルに付与されたリンクが、参照先カプセルとの関連タイプ・関連スコアと共に表示される。例えば  $C_1$  の利用者が類似した画像を探す場合には、利用者は、カプセル  $C_1$  のリンクのリスト中から、関連タイプが画像類似であり、関連スコアが高いリンクを選択すればよい。ハイパーリンク機能により、利用者は類似した画像を内包したカプセル  $C_{new}$  に容易にアクセスすることができる。

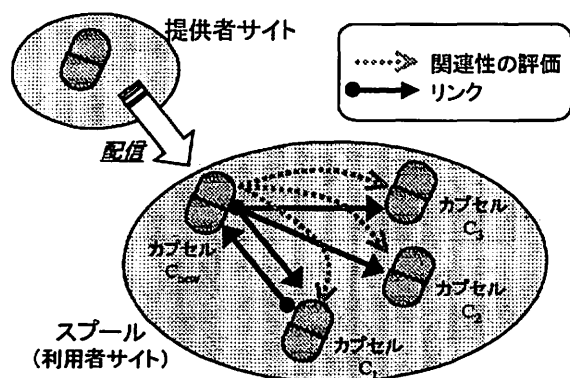


図4：関連性の評価とリンクの作成

また利用者がリンク選択する際に、探索したい関連タイプについてのリンクのみを提示したり、利用期限を過ぎたカプセルへのリンクを削除したりといったリンクの選択支援をおこなうことも考えている。

## 4. Matryoshka 整理システムの設計

前章で述べた情報カプセル整理システムを Matryoshka フレームワークで実現することを目標に、Matryoshka カプセルを整理するシステムの設計をおこなう。

### 4.1. 整理システムの要素技術

Matryoshka 整理システムは、Matryoshka カプセル間の関連性を同定する関連性評価機能、リンクの生成・運用を管理するリンクマネジメント機能、およびカプセルが連携して動作するための基盤となるカプセル通信機能からなる。

#### 4.1.1. 関連性評価機能

関連性評価機能は、Matryoshka カプセル間に存在する関連性を導出しリンクを作成するか否かを決定する。

Matryoshka カプセル間の関連性を評価するには、カプセルに内包されたコンテンツやコンテンツ関連情報（以下、関連性評価に用いられる情報を特に評価情報と呼ぶ）を参照する必要がある。しかし、Matryoshka では、評価情報は保護の対象でもあり、カプセルに内包された直接に参照することは許されていない。そこで、後述するカプセル通信 (4.1.3. 節) を用いて評価情報の参照・取得をおこない、関連性を導出する。

本システムでは、書誌的情報の一致性、文書や画像・音楽などコンテンツの内容的特徴の類似性などをカプセル間の関連性として取り扱う。関連スコアの導出手法は、性能や特徴の異なる多くの手法[4][5]が研究・実用化されており、本システムではこれらの手法を活用するスタンスをとる。

#### 4.1.2. リンクマネジメント機能

リンクマネジメント機能は、リンクの生成・利用・削除を管理する。この機能はリンク管理コントロールとしてカプセルに内包される

##### ○リンクの生成

関連性評価の結果、カプセル間に関連があると判定されたときには、リンク情報が生成されカプセルに付与される。リンク情報は、参照先カプセルの識別子、関連タイプ・関連スコア、その他の参照先カプセルの情報（タイトルや要旨など）からなる。

##### ○リンクの (動的な) 提示

カプセルに付与されたリンク情報を利用者に提示する。提示する情報やレイアウトは利用者の要求に応じて変更できる。例えば、利用者から「過去に多く利用されたものを

探したい」という要求が通知されると、リンク管理コントロールはカプセル通信機能を利用して参照先カプセルの「利用回数」の情報を動的に取得し、ソートして提示する。

#### ○ハイパージャンプ

リンクがクリックされると、参照先カプセルのコンテンツの表示・再生をおこなう。リンク管理コントロールは、リンクがクリックされたことを検出すると、カプセル通信機能を用いて参照先カプセルに表現コントロールの実行を要求する。

#### ○リンクの更新・削除

利用者の要求や参照先カプセルの状態の変化に応じて、リンク情報の書換えや削除をおこなう。例えば、参照先カプセルの利用期限が超過している場合には、リンクは削除される。参照先カプセルの状態の変化は、カプセル通信機能を用いて検出もしくは通知される。

### 4.1.3. カプセル通信機能

カプセル通信機能は、複数の Matryoshka カプセルやプログラムを連携して動作させる仕組みであり、カプセル通信言語、メッセージ処理機能、メッセージ配送機構により実現される。

カプセル通信機能による基本的な連携処理を以下に示す。

- (1)カプセルに内包された情報の受け渡し。  
e.g. 評価情報やリンク情報の取得など。
- (2) 他のカプセルやプログラムへの実行要求。  
e.g. 他カプセルのコンテンツの再生やリンクの更新など。
- (3) Matryoshka カプセルへの各種イベントの通知。  
e.g. 新規カプセルが配信されたことの通知など。

これらの処理においては、不正な利用からコンテンツを保護するために、通信する相手に応じて、実行要求の拒否や受け渡す情報量の変更をおこなう個別アクセス制御の機能が求められる。例えば、「通信相手が自分と同一の発行者により生成されたカプセルである場合のみ、評価情報を受け渡し」などである。

カプセル通信言語は、カプセルとの間でやり取りされるメッセージの意図や内容を規定するものである。現在はエージェント通信言語 KQML [6] (Knowledge Query and Manipulation Language)の論理構造に基づくものを想定し

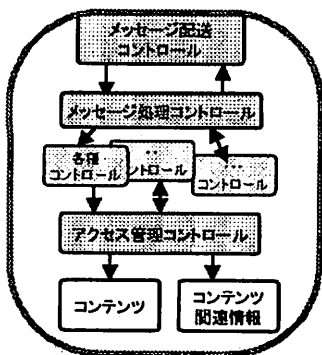


図5：通信機構を追加した Matryoshka カプセル

ている。

メッセージ処理機能は、カプセル通信言語に基づいたメッセージの生成/解釈およびメッセージにより実行されるコントロールの管理をおこなう。この機能は Matryoshka カプセルにはメッセージ処理コントロールとして内包される(図5)。

メッセージ処理コントロールは、カプセルが受け取ったメッセージをカプセル通信言語に基づいて解釈 (parse) し、その結果にしたがって適切なコントロールを呼び出す。場合によっては、新たなメッセージを生成して送信を依頼する。呼び出されたコントロールから内包するコンテンツや関連情報へのアクセスは、アクセス管理コントロールを介しておこなわれる。これにより連携処理においても、コンテンツは不正な利用から保護される。

メッセージ配送機能は、他のカプセルやプログラムとのメッセージの送受信を管理する。Matryoshka カプセルは一プロセスとして動作するため、各カプセルにメッセージ配送コントロールを内包し、プロセス間通信をおこなう。また通信先カプセルの特定やカプセルの起動・終了管理もおこなう。

## 4.2. 整理システムのアーキテクチャ

整理システムのアーキテクチャには、集中管理型のアプローチと分散管理型のアプローチが考えられる。

#### ○集中管理型アプローチ

スプール全体を管理する一つの主体 (以下、スプール管理機構と呼ぶ) が、他のカプセルから参照されるコンテンツ/関連情報の管理や関連性の評価を一元的におこなうモデルである。スプール管理機構は、スプール内に蓄積されたカプセルと通信をおこない、コンテンツ/関連情報を取得・蓄積する。他カプセルとのコンテンツ/関連情報の取得や関連性の評価は、スプール管理機構とのやり取りにより実現される。このモデルでは、カプセルはスプール管理機構に対してのみ通信をおこなう。(図6)

例えば、カプセル  $C_A$  が別のカプセル  $C_B$  と関連性の評価をおこなう場合、 $C_A$  はスプール管理機構との間で通信をおこない、 $C_B$  との関連性評価の実行を要求する。要求を受け取った

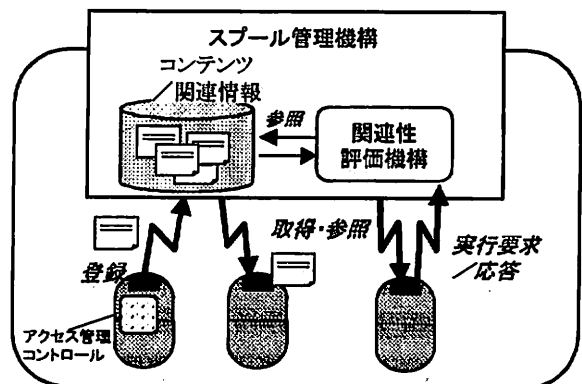


図6：集中管理型アーキテクチャ

スプール管理機構は、事前に登録されたコンテンツ/関連情報内の  $C_A$  および  $C_B$  の評価情報を参照し、関連スコアを導出して  $C_A$  に返す。

### ○分散管理型アプローチ

分散管理型のアプローチでは、コンテンツ/関連情報の管理は個々のカプセルによりおこなわれる。また関連性の評価も、個々のカプセルに内包された関連性評価コントロールにより実行される。他カプセルとのコンテンツ/関連情報の受け渡しや関連性評価はカプセルとやり取りにより実現される。このモデルでは、カプセルは他のカプセルと直接に通信をおこなう。(図7)

例えば、カプセル  $C_A$  が別のカプセル  $C_B$  と関連性の評価をおこなう場合には、 $C_A$  は  $C_B$  と直接に通信をおこない評価情報を取得する。次に  $C_A$  に内包された関連性評価コントロールが関連スコアを導出する。

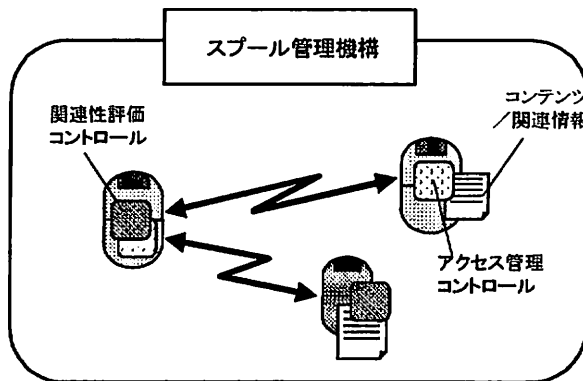


図7：分散管理型アーキテクチャ

### ●検討

通信・処理コストの面からは、集中管理型アプローチのほうがコストが低い。n 個のカプセルが蓄積されたスプールにおいて、あるカプセルが他の n-1 個のカプセルとの関連性を評価する例として考える。集中管理型アプローチでは、カプセルとスプール管理機構間で1回の問い合わせをおこなえばよいのに対し、分散管理型アプローチでは、n-1 個のカプセルに対して、問い合わせをおこなう必要がある。

また集中管理型アプローチでは、評価情報のインデックス作成等によって試行回数を減らすことができるが、分散管理型アプローチでは n-1 回の網羅的な試行が必要である。

コンテンツ保護という観点からみると、分散管理型アプローチに優位性がある。

集中管理型アプローチでは、コンテンツ/関連情報はスプール管理機構に受け渡され蓄積される。この蓄積された情報を不正な利用から保護(利用制約条件に沿った個別アクセス

制御など)するためには、また別の仕組みが必要となってしまう。

対して分散管理型アプローチでは、コンテンツ/関連情報は個々のカプセルに内包されたまま蓄積されているため、カプセル自身で不正な利用から保護することが可能である。また、個々のカプセルが関連性評価機能を持つことにより、(相手の評価情報を取得しさえすれば)評価情報を他者に受け渡さなくても、他のカプセルとの関連性を評価することができる。さらに、連携時にはカプセル同士で直接に通信するため、個別アクセス制御の実現も容易であると考えられる。

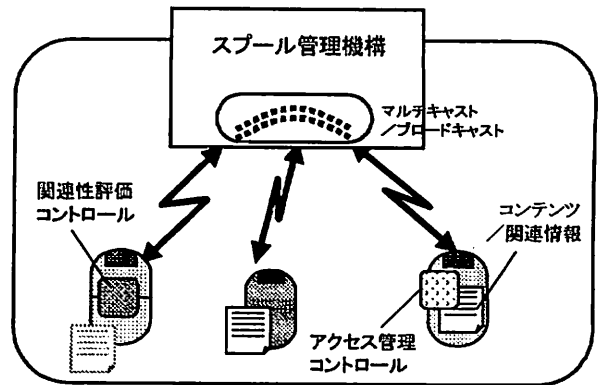


図8：整理システムのアーキテクチャ

以上の検討をもとに、われわれは、コンテンツ保護機能を実現しつつコストを低減するため、以下のようなアーキテクチャをとることを考えている(図8)。

コンテンツ/関連情報の管理は個々のカプセルがおこなう。これにより、Matryoshka カプセルがもつアクセス制御機構を活用した個別アクセス管理がおこなえる。関連性の評価も同様に個々のカプセルがおこなう。これにより、ライフサイクルを通じたコンテンツ保護機能を実現しつつ、Matryoshka カプセルの整理をおこなうことができる。

一方、通信については、スプール管理機構を経由したメッセージの送受信をおこなう。スプール管理機構にスプール内のカプセルへのブロードキャスト・マルチキャスト機能や、共有可能な情報を蓄積する機能を組み込むことで、通信コストや処理コストを抑制することを考えている。

## 5. プロトタイプ

現在、前章で述べたアーキテクチャに基づきプロトタイプを開発中である。プロトタイプは、画像およびその書誌情報(発行者/キーワード列/タイトルなど)・利用制約条件などを内包した Matryoshka カプセルと、スプール管理機構から構成され、Java で実装される。

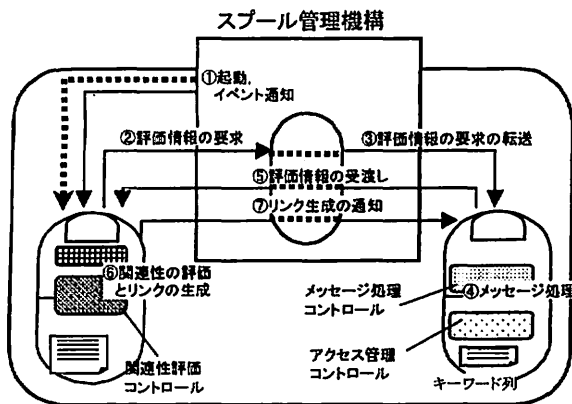


図9：関連性評価の動作例

以下、関連性の評価結果に応じてリンクを生成する処理を例に、プロトタイプ動作を概説する(図9)。

①スプール管理機構は、スプールにカプセル  $C_{new}$  が配信されたことを検出すると、 $C_{new}$  を起動し、さらに  $C_{new}$  に対して新規に配信されたカプセルであることを通知するメッセージを送信する

② $C_{new}$  は、スプール内に存在するカプセル  $C_{1..n}$  との関連性を評価するために、評価情報(ここではキーワード列)を要求するメッセージを作成し、自らの名前や発行者の情報を付加して、スプール管理機構に送信する。

③スプール管理機構は、カプセル  $C_{1..n}$  とコネクションを生成し、それぞれに対してメッセージを転送する。

④要求メッセージを受信したカプセル  $C_{1..n}$  の振舞いは様々である。以下、あるカプセル  $C_1$  の動作を例にとりて説明する。 $C_{new}$  からの要求メッセージはメッセージ処理コントロール内で解釈され、キーワード列を別のカプセルに受け渡す処理をおこなうコントロールが呼び出される。このコントロールがキーワード列へアクセスする際には、アクセス管理コントロールによって利用制約条件を満たすか否かチェックされる。

⑤キーワード列へのアクセスが許可されると、キーワード列を含んだメッセージが作成され、 $C_{new}$  に配信される。アクセスが許可されない場合、その旨を示すメッセージを返送する。また  $C_{new}$  に認証のためのさらに詳細な情報を要求することもある。

⑥カプセル  $C_1$  のキーワード列を含んだメッセージが  $C_{new}$  に配信されると、 $C_{new}$  の関連性評価コントロールは、処理を開始する。

まず、カプセル  $C_1$  から送られてきたキーワード列と、 $C_{new}$  自身のキーワード列をもとに関連スコアを算出する。この結果があらかじめ設定された閾値以上であれば、カプセル  $C_1$  を参照先とする意味付きリンクの作成を、リンク管理コントロールに依頼する。

⑦場合によっては、リンクが作成されたか否かを、カプセル  $C_1$  に通知する。

## 6. まとめ

本稿では、デジタルコンテンツのライフサイクル管理を目指す Matryoshka フレームワークの一環として、Matryoshka カプセルの集合を整理する仕組みを提案し、そのシステム構成について検討をおこなった。

提案システムでは、Matryoshka カプセルに通信機能を追加し、これを利用して、カプセル間での情報の受け渡しや、動作の要求をおこなう。この際、要求を受けた側のカプセルは利用制約条件に基づいてアクセス制御をおこなう。Matryoshka カプセル間の関連性は、カプセルが内包された関連性評価機構を用いて自律的に評価する。これらのメカニズムにより、関連のある Matryoshka カプセル間にリンクを作成するという整理機能と、コンテンツ保護機能を両立できることを示した。

今後、実装を通して本稿で述べた機構やそのアーキテクチャの検証をおこなっていく予定である。

## 参考文献

- [1] 谷口,森賀,久松,櫻井: "マルチメディア情報ベースとその格納単位 *Matryoshka*", 情処 DICOM'99 シンポジウム, 1999
- [2] 加賀美,森賀,塩野,櫻井: "コンテンツ流通における自律管理を目的としたカプセル化コンテンツ *Matryoshka*", 情処 DPS 97-18, 2000
- [3] 田中克己: "マルチメディアコンテンツのアクセスアーキテクチャ", ADBS '97, 1997
- [4] 串間,赤間,紺谷,山室: "色や形状等の表層の特徴にもとづく画像内容検索技術" 情処学会誌データベース vol40. No.SIG3 171-184, 1999
- [5] ConceptBase <http://www.justsystem.co.jp/product/applicat/cbs20/index.html>
- [6] Tim Finin, et al.: "KQML as an Agent Communication Language," CIKM'94, ACM Press, November 1994.