

# (財)日本建設情報総合センター研究助成事業

## 電子納品データの再利用支援に関する研究

武蔵工業大学工学部都市基盤工学科  
戸田建設株式会社  
東芝ソリューション株式会社

皆川 勝  
佐藤 郁  
望月 義明

平成 17 年 9 月 30 日

## 研究の概要

国土交通省が発注者となって行っている公共事業の成果物の電子納品が行われているが、電子納品データは蓄積されるのみで再利用が円滑に行われていないことが課題としてあげられる。本研究では、データ利用者が二・三次的に利用する目的で電子納品データを収集し、それを独自の仕様で Web 上に一元管理することによって、蓄積された電子納品データを円滑に再利用できるプロトタイプシステムを試作した。本システムを用いた活動を通じてデータ利用者の必要とする電子納品データの再利用標準を見出すことが期待できる。次に、データ利用者の知識やノウハウを履歴として蓄積し、それを独自の仕様で Web 上に管理することによって、蓄積された電子納品データを円滑に利活用できるプロトタイプシステムを提案した。本システムを用いた活動を通じて蓄積されていく電子納品データの二次・三次的な有効利用方法を見出すことが期待できる。

このように、本研究では、電子納品データの利用性向上のためのツールの試作ならびに、その性能の向上のための提案を行っている。しかし、これらの研究で提案しているシステムは、利用すべき電子納品データが取得されていることを前提としており、効果的なデータ検索については検討していない。そこで実用段階を目指して、分散管理された電子納品データを対象として、検索用テンプレート及びその作成支援を含む電子納品データ高度検索支援システムを開発する。本システムは分散して管理された電子納品データを、おのおの独立データベースにあるいは連携したデータベースとして扱う高度検索システムである。一般に、データベースから情報を検索する場合、ユーザは自らの経験的な知識を駆使して、検索用語などの検索条件を定めて、試行錯誤的に検索を行う。このようなプロセスは利用者の当該分野に関する知識の量と質に大きく依存せざるをえないのが現状である。Knowledge Management や Data Mining などの知識獲得技術の大幅な進展と普及がその課題を克服するキー技術であることは論を待たない。しかし、時々刻々と蓄積され続けている建設情報である電子納品データの活用を始めるためには、上記の経験的技術者の検索実行のための経験知を検索テンプレートとして蓄積してゆくことは、データベース検索機能を向上させるために有効である。

## 目 次

1	はじめに-----	4
2	CALS/EC と電子納品データベースの概要-----	6
2.1	CALS と EC の誕生-----	6
2.2	建設 CALS/EC の導入効果-----	6
2.3	電子納品データベースの概要-----	7
3	電子納品データ再利用支援プロトタイプシステムにもたせる機能-----	9
3.1	電子納品データベースの課題-----	9
3.2	具備すべき機能-----	9
4	電子納品データ再利用支援プロトタイプシステムで使用した要素技術-----	12
4.1	Unified Modeling Language-----	12
4.2	Java 言語-----	12
4.3	Web アプリケーション技術-----	12
5	電子納品データ再利用支援プロトタイプシステムの試作-----	15
5.1	システム設計-----	15
5.2	システム実装-----	15
5.3	システムの操作手順における処理の流れ-----	15
6	知識蓄積型システムが具備すべき機能-----	20
7	提案する知識蓄積型システム-----	21
7.1	システム構成-----	21
7.2	ワークスペース-----	24
7.3	履歴・評価-----	25
7.4	データ変更部分の把握方法とファイルの関連性-----	26
7.5	更新・削除-----	27
7.6	コンカレント表の利用-----	27
7.7	HELP 機能-----	27
7.8	メール送信機能-----	27
8	マルチエージェントを用いたデータベース統合-----	29
9	統合データベースマネジメントシステムに使用する要素技術-----	32
9.1	建設情報データベースの分散設置の必要性-----	32
9.2	マルチエージェントフレームワーク-----	34
10	分散・独立・連携型電子納品検索システムの提案-----	37
10.1	エージェントの役割-----	38

10.2	マルチエージェントフレームワーク-----	38
10.3	エージェントの活動環境-----	40
10.4	エージェントシステムの構成-----	41
10.5	提案するシステム-----	43
11	結論-----	47
参考文献		

## 1. はじめに

建設 CALS/EC の電子納品データベースとは国土交通省が発注する公共事業における計画，設計，施工，維持・管理というライフサイクルの各段階において，従来紙として発生していた文章・画像・図面等の情報を基準・要領等に従って電子化し，Web 上で保管・再利用するシステムとして構築したものである．電子化されたそれぞれのデータを電子納品データと呼ぶが，建設業界において電子納品データを扱う標準として XML(eXtensible Markup Language：(以下，XML)1.0 勧告)<sup>1)</sup>が採用された．国土交通省が電子納品の運用に XML を用いたことから建設業界においてもこれを用いたデータ共有やデータ標準化に関する研究が行われている．

矢吹ら<sup>2)</sup>は，土木構造物・設備の維持管理や保守点検において，XML データベースを用いて異常を診断するための Web システムを構築した．蒔苗ら<sup>3)</sup>は道路案内標識の維持管理のプロトタイプシステムに Web3D 技術の 1 つである Virtual Reality Modeling Language (以下，VRML)をインターフェイスとして利用した XML データベースと VRML の連携したシステムを報告した．浪川ら<sup>4)</sup>は道路施設の維持管理に着目し，構造物を WebGIS で管理するシステムと，土木設計業務等の電子納品要領(案)に対応した XML データベースを連携したシステムを構築した．藤橋ら<sup>5)</sup>は地質ボーリングデータを対象とした XML データベースと WebGIS の連携システムを構築し，位置情報をキーとして地質調査資料整理要領(案)に則った成果品データを GIS で管理・検索する方法の一例を示した．これは XML データベースのインターフェイスに WebGIS を利用した例と言える．矢吹らは CAD 環境<sup>6)</sup>・水力発電所の水圧鉄管<sup>7)</sup>・鋼構造接合部<sup>8)</sup>・PC 中空床版<sup>9)</sup>・<sup>10)</sup>について構造物の 3 次元プロダクトモデルを提案し，データベースとしての検索が可能である点などを利点に挙げて XML で実装した．中山ら<sup>11)</sup>は国土交通省の各種要領(案)・基準(案)に準拠して建設 CALS/EC に対応した情報総合システムの概要とそのサブシステムとして開発した情報共有システムを報告し，発注者だけではなく受注者にもメリットが生じる必要があると指摘している．石倉ら<sup>12)</sup>は，発表論文の社内共有や共有文書の標準化を目的に，イントラネットに XML データベースを構築し，その活用事例を報告している．

米国<sup>13),14)</sup>では日本よりも早い時期から建設業界に IT を取り入れ，情報共有や事業効率の向上を目指してきた．しかし現在事務作業における文書処理の効率を向上させるパッケージソフトは多数存在するが，事業者同士の情報共有システムには進展がみられていない．フォーマットの統一問題や，情報設備の格差が主な原因と考えられている．この問題は日米の建設業界共通の問題であり，より良い情報共有技術の開発が求められている．国家主導の建設情報化推進方策として，国土交通省は電子納品データを検索，閲覧，管理，利活用するための電子納品保管管理システム<sup>15)</sup>を構築した．電子納品保管管理システムは納品された電子データを保管し，機関内部で納品された情報の検索や閲覧ができるシステムであるが，電子データの有効利用方法の指標を提示できていない．また，国家主導の建設業の情報化推進に対し，大手建設コンサルタント 3 社と IT ベンダー 5 社が共同で，情報資源

の共有のための新たな情報基盤"LCDM"<sup>16)</sup> (Life Cycle Data Management) の推進を図るための任意団体「LCDM フォーラム」を 2005 年 2 月 1 日に設立した。LCDM とは、対象物の生産過程から、完成後の維持管理などを含めたライフサイクル全体にわたるデータ連携・システム統合の実現を目指した概念の総称である。現在の建設 IT 環境は、データやシステムを連携させる枠組みがなく、また、既存システムのデータ構造が公開されていないなどの問題点が指摘されているが、さまざまなデータ標準の仕様やデータを利活用できる LCDM の情報基盤を確立することで、データ標準の利用促進と情報化投資の効率化の実現が可能になるとされている。2004 年 6 月、同機構に LCDM 研究会を発足させたのに併せ、関連企業が共同して団体設立の準備作業に着手している。

これらの流れの中で成果品電子納品データの管理・再利用に対しての基準を定めることが求められている。電子納品データを閲覧・検索するツールは多数存在するが、格納された電子納品データをどのように利用するかについて方向性は示されていない。このことは電子納品データをどのように利用していくことが有効利用につながるかの指標が定まっていないことが原因と考えられる。著者らは、電子納品データの有効利用を促進させるには電子納品データに「加工を施す環境」が必要と考え、第 1 段階として、蓄積された電子納品データを有効利用するための第一段階として、データ利用者が二・三次的に利用したい電子データを収集し、収集された電子データをさらにデータ利用者の仕様で分類し、データの管理を Web 上で一元的に行うプロトタイプシステムを試作した。

しかし、加工を施す環境が存在するだけでは利用者が電子データを有効利用させるには不十分であり、どのように電子データを加工してゆけばよいかの指標を示すことが、再利用を進めるためには不可欠である。一般に前例が無い状態で与えられた環境を利用することは能率が悪く、利用する側に大きな労力を強いることになる。このことから、本研究では電子納品データを対象として、それを加工して再利用するための環境と、その環境の利用履歴を把握して利用者に事例として提供することで電子納品データのより有効な再利用を促すシステムを提案する。本研究では前例を与える手段として「どのように利用したかの過去の履歴」をあたえることが問題解決の 1 つの方法になると考えた。過去の履歴とは電子納品データの過去の再利用状況をさす。

## 2. CALS/EC と電子納品データベースの概要

### 2.1 CALS と EC の誕生

Continuous Acquisition and Life-cycle Support(以下、CALS)はもともと米国の国防総省における調達や文章の電子化により業務を効率化する仕組みとして生まれた。この考えが民間企業にも広まり、企業間や組織間において、事業や製品等の計画、設計、製造、運用、保守というライフサイクルの各段階間や関係者間で発生する各種情報を電子化し、その伝達、共有、連携、再利用を効率的に行いコストの削減や生産性の向上を図ろうとする活動として CALS は捉えられている。Electronic Commerce(以下、EC)は電子商取引を意味し、公告、入札、発注、決済などの行為をインターネットなどのネットワーク上で実現することである。以上のことより、CALS/EC とは各分野の産業において事業執行の透明性の確保、品質の確保向上、業務実施の効率化によるコストの削減を求めつつ、事業のライフサイクルを通じて情報を電子化することによって、事業のライフサイクルをサポートすると共に統合情報管理システムの活動と目指す活動であるといえる。

### 2.2 建設 CALS/EC の導入効果

図-1 に示したように、公共機関が発注する公共事業における調査、計画、設計、管理の各段階において成果物を電子データとして扱い、その事業に関わる発注者、受注者、海外企業、他産業、国民が電子データを共有することによって、以下に示す業務体系の実現を想定することが出来る。

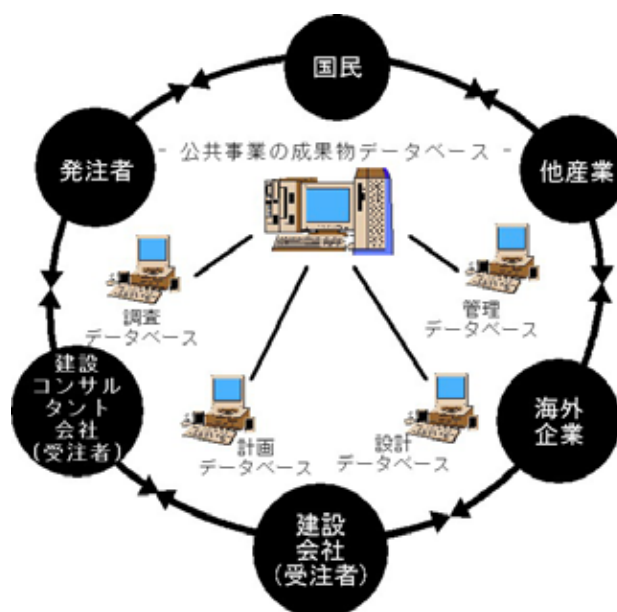


図 - 1 建設 CALS/EC の体系

- 確実かつ迅速な調達と取引
- 時間と場所の制約を受けない情報交換

表 - 1 CALS/EC の導入効果

	導入効果	導入効果の受益者		
		発注者	受注者	国民
情報の電子化	1.省資源	○	○	○
	2.省スペース	○	○	
	3.検索時間の短縮	○		○
	4.国民への説明能力の向上	○		○
通信ネットワークの使用	5.移動コストの削減		○	
	6.現場作業の安全性向上		○	
	7.住民情報サービスの向上			○
	8.防災・維持管理	○		○
情報の共有化	9.コストの縮減	○	○	○
	10.品質の向上	○	○	○
	11.社会資本の有効活用			○
	12.官民技術レベルの向上	○	○	

- 情報共有による業務処理のスピードアップ
- 情報連携による事業執行の円滑化
- 事業と施設のライフサイクルの一貫した支援

公共事業に建設 CALS/EC を導入することによって、表-1 に示した建設 CALS/EC の導入効果を得ることが出来ることから、公共事業に関わる発注者、受注者はもとより、公共事業の真の顧客である国民にとってもそのメリットは大きい。

### 2.3 電子納品データベースの概要

国土交通省は、平成 11 年 8 月に「デジタル写真管理情報基準(案)」<sup>17)</sup>を運用開始した後、平成 12 年 3 月に「土木設計業務等の電子納品要領(案)」<sup>18)</sup>、「工事完成図書の電子納品要領(案)」<sup>19)</sup>、「CAD 製図基準(案)」を策定、平成 12 年 6 月に「地質調査資料整理要領(案)」<sup>20)</sup>を改訂、平成 14 年 7 月に「測量成果電子納品要領(案)」<sup>21)</sup>(以下、要領案、基準案)を策定し、属性情報(件名、受注社名、概要等)、フォルダ構成、ファイル形式等を定めている。

現在行われている電子納品データベースの仕組みは、規定された要領案、基準案に基づいて成果物を構造化し電子化し、このデータを XSLT(eXtensible Stylesheet Language Transform) で体裁情報化し Web 上で標準化された電子納品データを視覚的に閲覧可能にするものである。そして国土交通省の定めている要領案、基準案を元に、工事受注者が受注した工事における工事完成図書を作成して



いく、手順を図-2 に示す。

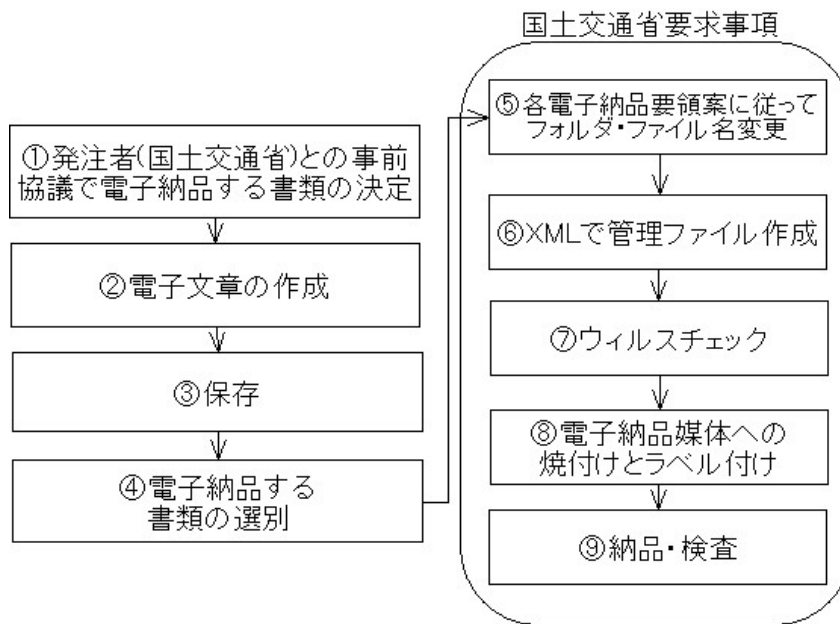


図-2 電子納品データとなる工事完成図書の作成手順

### 3. 電子納品データ再利用支援プロトタイプシステムにもたせる機能

#### 3.1 電子納品データベースの課題

蓄積された電子納品データベースはさまざまに二・三次利用されることにより大きなメリットを産出すと期待されている。そのためには、電子納品データを再利用できるデータとして再加工する必要があるが、再加工の仕様はデータ利用者によって一般に異なる。そのため、電子納品データを再加工するための何らかの標準を作成する必要がある。以上の課題を図-3 にまとめた。

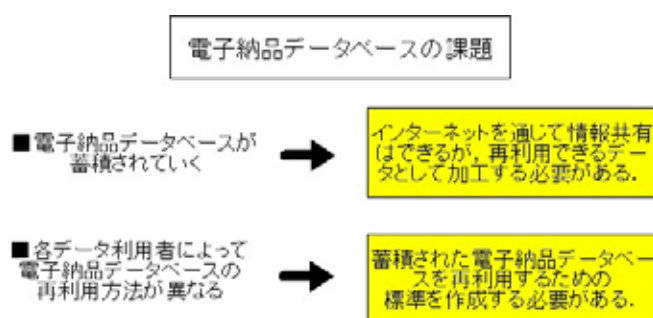


図-3 電子納品データベースの課題

#### 3.2 具備すべき機能

データ利用者が必要となる図面・写真・文書などのデータ(以下、データ)を抽出して自由に加工することができれば、蓄積された電子納品データベースの有効利用が可能となる。また、電子納品データベースはXMLでデータ構造が記述されているため、再利用するためのデータベースもXMLで作成し、そのXML構造を解析すれば、データ利用者はどのような仕様で再利用データベースを構築しているかを調査することができる。もしも、問題が発生した場合、それがデータ利用者間の問題であれば、電子掲示板などのデータ利用者間の情報共有ツールで問題点を共有し、データベースを修正すればよい。また、システムに問題がある場合はそのシステム管理者に電子メールで不具合を伝える機能も必要である。

以上のことから、本研究では以下の機能をもつシステムを構築することとした。

##### (1) データの再加工機能

- 必要なデータを蓄積されている電子納品データベースから収集する。
- 収集してきた各々のデータを管理するカテゴリーを作成し、カテゴリーの意味を決める。
- カテゴリーの更新・削除を行う。

- 決定したカテゴリーにデータを登録し，登録するデータに説明を加える．
- 登録したデータの更新・削除を行う．

(2) 再利用標準策定のための情報取得機能

- データ利用者が作成したカテゴリーに関する情報を取得する．
- データ利用者が実施したデータ管理に関する情報を取得する．

(3) 利用者間での問題点の共有機能

- データ利用者間で問題が生じた場合，それを伝達する手段としての電子掲示板機能．

(4) システムの不具合の報告機能

- システム間で問題が生じた場合，それをシステム管理者に伝える電子メール機能．

なお，すべての作業をインターネット上で行えるように Web ベースのアプリケーションを作成すべきことはいうまでもない．以上に示した機能を有するシステムの概要を図-4 に示す．

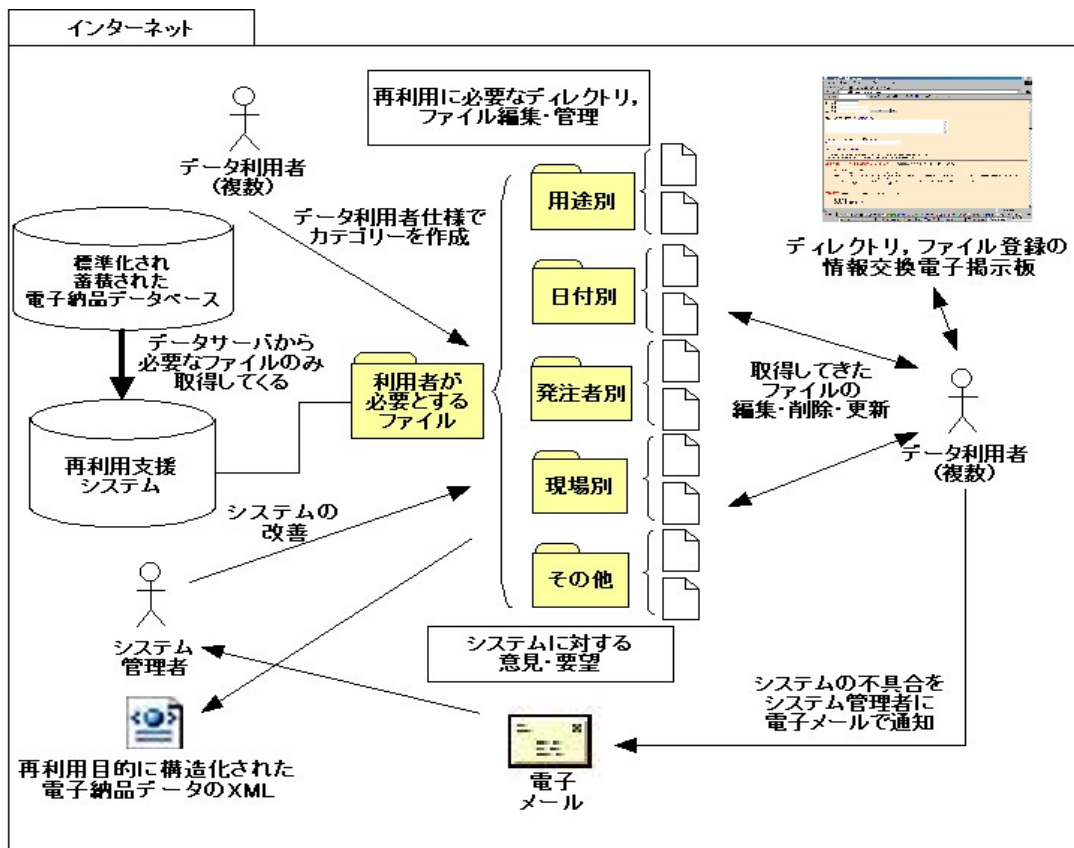


図-4 試作システムの概略図

## 4. 電子納品データ再利用支援プロトタイプシステムで使用した要素技術

### 4.1 Unified Modeling Language

Unified Modeling Language(以下 ,UML)とはシステム設計を行う言語で ,OMG(Object Modeling Group)<sup>22)</sup>により標準化された ,システムの成果物を仕様化 ,図式化して ,システムの設計図を作成するための世界標準言語である .UML を用いてシステム設計をすることによって ,現在開発しているシステムの工程を開発者同士でイメージとして共有できる .図-5 に示すように UML の知識がある者であれば ,世界中の誰とでもそのシステムのイメージを共有できる .UML には幾つかの表記法があり ,それらを組み合わせてシステムの全体像を図的に表現する .

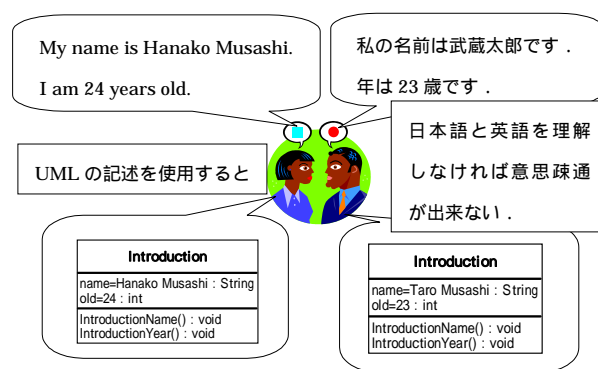


図-5 UML のイメージ

### 4.2 Java 言語

Java 言語は Sun Microsystems 社が 1991 年に開発したプログラミング言語であり ,C 言語に似た表記法を採用しているが ,オブジェクト指向言語である .また ,強力なセキュリティー機構や豊富なネットワーク関連の機能が標準で搭載されており ,ネットワーク環境で利用されることを強く意識した仕様になっている .そして Java 言語の汎用性の高さは Java 最大の特長であり ,「Write Once, Run Anywhere(一度コードを書けばどんな環境でも動作する)」というキャッチコピーで ,その利便性が強く主張されている .

### 4.3 Web アプリケーション技術

#### (1) Web アプリケーション

Web アプリケーションとは ,クライアントに Web ブラウザという単一のインターフェイスを通してさまざまなサービスを提供するアプリケーションのことである .図-6 で示すように ,クライアン

ト側に Web ブラウザさえあればよく、他のアプリケーションをインストールする必要がない。Web アプリケーションでは、アプリケーションに関する処理はサーバがすべて行うので、クライアントは処理結果を受け取るだけである。

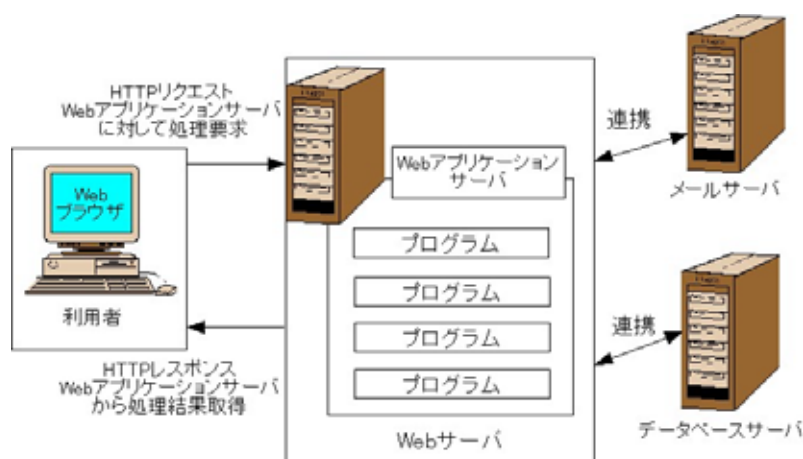


図-6 Web アプリケーションサーバの仕組み

## (2) Web アプリケーションサーバ

Web アプリケーションサーバは(1)で示した Web アプリケーションの機能を提供するサーバのことをいう。多くのサーバが単一の機能を提供するのに対して、Web アプリケーションサーバは、Web アプリケーションをサーバ上で実行してさまざまなサービスを提供する。

## (3) Java サーブレット

Java サーブレットは Sun Microsystems 社が 1995 年に提唱した言語で、Java 言語を Web アプリケーション開発に使用するという目的で考え出された言語である。Java サーブレットは Java 言語で記述するため、Java 言語の持っている特徴をそのまま持っている。

また、Java サーブレットは、サーブレットコンテナと呼ばれる実行環境が、Common Gateway Interface(以下、CGI)などと同じように Web サーバと連携している。CGI などとの相違点は、CGI はリクエストのたびにプロセスを生成しプログラムを実行するのに対し、Java サーブレットは常駐しているサーブレットコンテナに必要なプログラムを引っ張り出してきたり、コンテナ上で実行するという点にある。CGI などはリクエストの度にプロセスを生成するので、リクエストの数だけプロセスが発生する。しかし、Java サーブレットはプロセスよりも軽量のスレッドを用いる。複数のスレッドをあらかじめ用意しておき、リクエストごとにこのスレッドを割り当て並行的に処理されるため

他の技術と比べ、高速なサービスを提供できる。

#### (4) Java Server Pages

Java Server Pages(以下、JSP)はサーバサイドで処理を行う Java 言語である。JSP は PHP(Hypertext Preprocessor)や ASP(Active Server Pages)と同じサーバサイド・スクリプトである。Hyper Text Markup Language(以下、HTML)の中に Java 言語で書かれたソースコードを埋め込む。Java サーブレットは Web サーバと連携して動作し、さまざまな処理を行うには優れた道であるが、最終出力である HTML の生成という部分を扱うには扱いにくい。これに対し JSP はプログラムの流れは追いにくくなるという欠点はあるが、HTML の生成に関しては扱いやすいという利点がある。

## 5. 電子納品データ再利用支援プロトタイプシステムの概要

### 5.1 システム設計

本研究における Web アプリケーションサーバとして、オープンソースでインターネット上で無償配布が行われている Tomcat4.1.24(以下、Tomcat)を用いた。なお Tomcat は Web サーバとしての機能も果たしている。システム構築は UML でのシステムの設計を行い、Java 言語でシステムの実装を行った。

試作するシステムの UML による設計に関して、ユーザがシステムに要求する機能を表現するユースケース図(図-7)、システムの対象物(以下、オブジェクト)間での処理のやり取りを表現するシーケンス図(図-8)、オブジェクト間の静的なつながりを表現するコラボレーション図(図-9)、システムのひとまとまりの流れを示すアクティビティ図(図-10)を示す。これらの他にもシステムにおけるクラス間の静的なつながりを表現するクラス図、システムにおける一つのオブジェクトに対する生成から消滅までのライフサイクルを表現する状態チャート図、プログラムやソフトウェアの部分を表現するコンポーネント図、システム実行のハードウェアの構成を表現する配置図があるが紙面の都合で省略する。

### 5.2 システム実装

プログラムには Java サブレットを用いた。Java サブレットで記述されたプログラムが、必要な JSP ファイル、XML ファイル、XSLT ファイルを自動生成する仕組みとなっている。作成したプログラムを表-2 に示す。

### 5.3 システムの操作手順における処理の流れ

本研究で試作したシステムは図-10 のアクティビティ図に示した通りである。以下に試作したシステムの操作画面を示す。

図-11 の画面ではデータ利用者が作業ディレクトリを作成する。

図-12 の画面ではデータ利用者が作業ディレクトリを作成した後、データ利用者の仕様でデータを登録するためのカテゴリー作成とそのカテゴリーの意味を入力する。

図-13 の画面では作成したカテゴリーの表示を行っている。

図-14 の画面では作成したカテゴリーの更新、あるいは削除を行う。

図-15 の画面では作成したカテゴリーのディレクトリ構造を XML で表示している。

図-16 の画面では作成したカテゴリーにデータ登録を行う画面で、どのファイルを格納するか選択している。

図-17 の画面では登録するファイルの説明を入力する。

図-18 の画面では登録したファイルの表示を行っている。



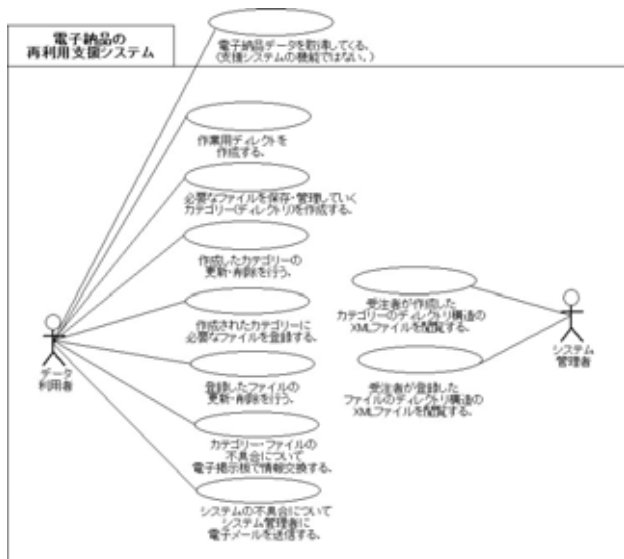


図-7 試作システムのユースケース図

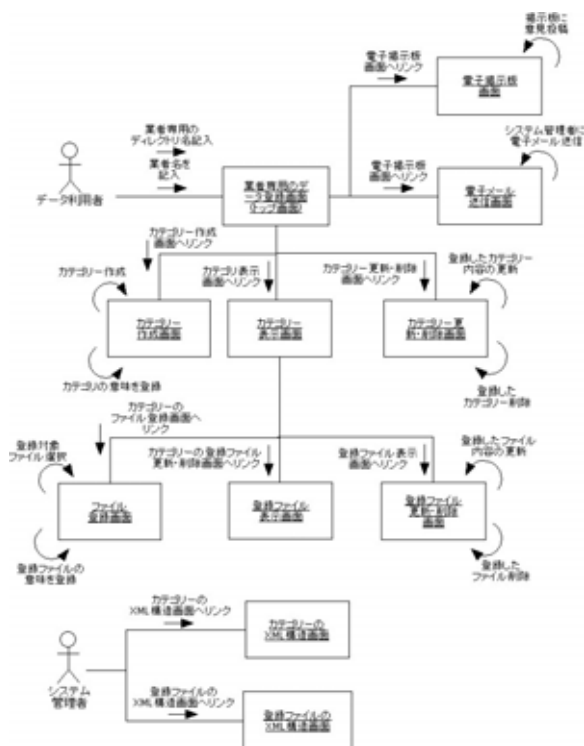


図-9 試作システムのコラボレーション図

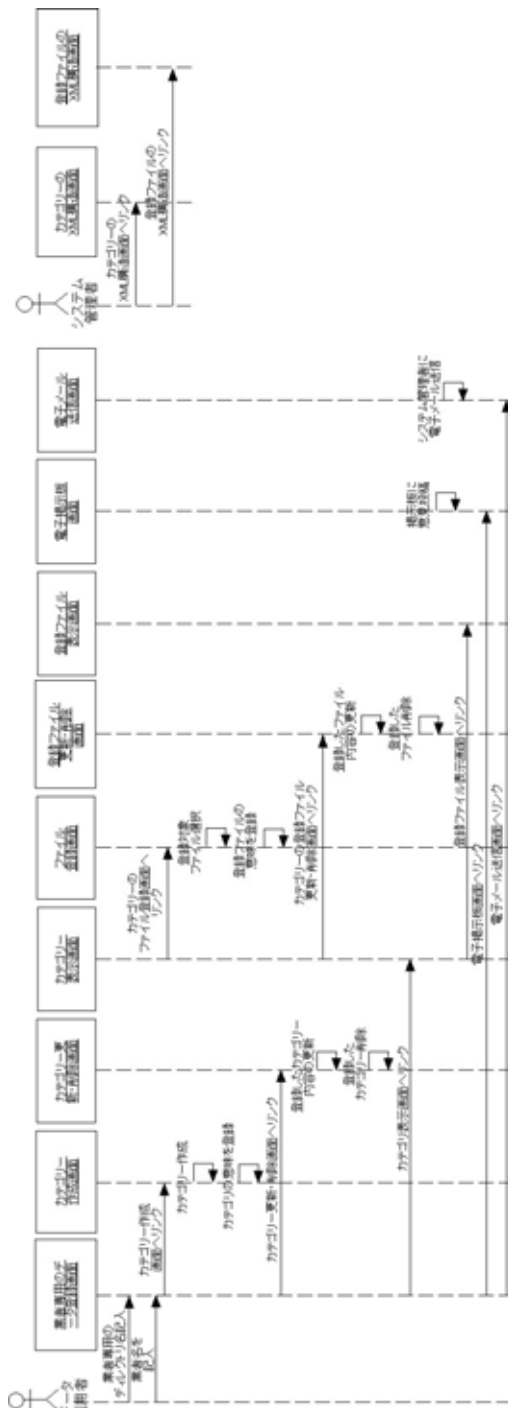


図-8 試作システムのシーケンス

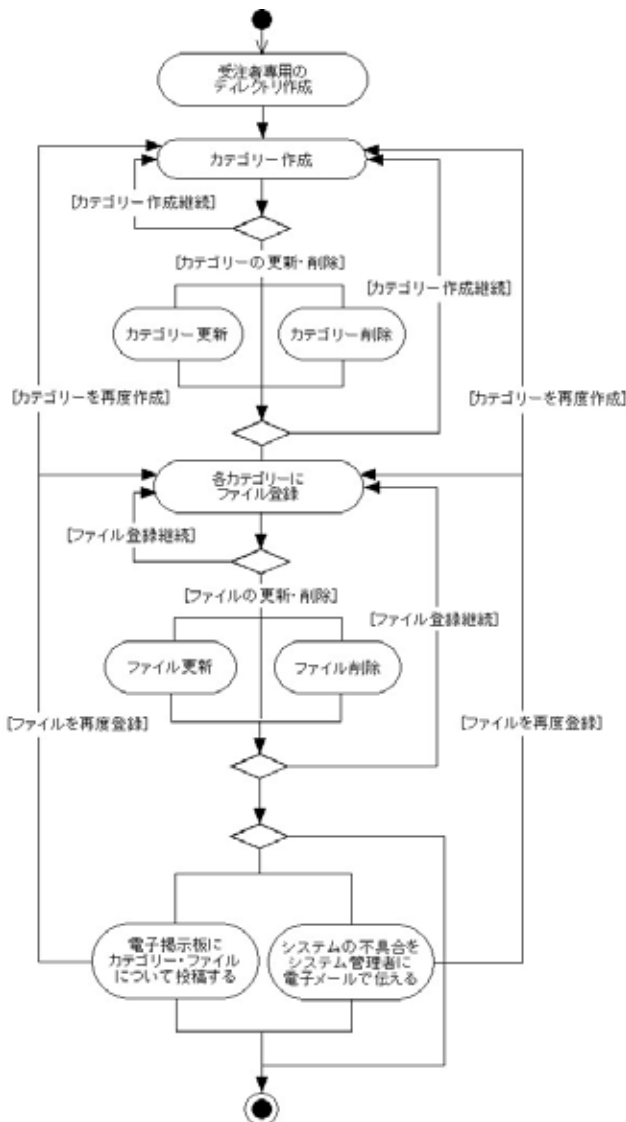


図-10 試作システムのアクティビティ図

表-2 試作システムのプログラム

ファイル名	生成のタイミング	内容
Dir.java	初めから生成	データ登録者が要求したカテゴリを作成する画面、ファイル登録する画面、カテゴリを作成するJSPファイル、カテゴリのデータ構造のXMLファイル・XSLTファイル、ファイル登録をするJSPファイル、登録ファイルのデータ構造のXMLファイル・XSLTファイルを生成する。
Dir_disp.java	初めから生成	データ利用者が作成したカテゴリ構造を表示する。
Dir_update.java	初めから生成	データ利用者が作成したカテゴリ構造を更新する。
Dir_remove.java	初めから生成	データ利用者が作成したカテゴリ構造を削除する。
File_disp.java	初めから生成	データ利用者が登録したファイル構造を表示する。
File_update.java	初めから生成	データ利用者が登録したファイル構造を更新する。
File_remove.java	初めから生成	データ利用者が登録したファイル構造を削除する。
BBS_Kiji.java	初めから生成	データ利用者間で情報共有するための電子掲示板の内容を表示する。
Kiji_Insert.java	初めから生成	データ利用者間での情報共有するための電子掲示板の内容の新規書き込みを行う。
Mail.java	初めから生成	システム内での不具合をシステム管理者に報告するための電子メールを送信する。
submit.jsp (カテゴリ作成)	Dir.javaの処理後生成	データ利用者が要求したカテゴリを作成する。
submit.jsp (ファイル登録)	Dir.javaの処理後生成	データ利用者が要求したファイルを登録する。
dir.xml	Dir.javaの処理後生成	データ利用者が作成したカテゴリのデータ構造
dir.xsl	Dir.javaの処理後生成	データ利用者が作成したカテゴリのデータ構造の体裁情報
file.xml	Dir.javaの処理後生成	データ利用者が登録したファイルのデータ構造
file.xsl	Dir.javaの処理後生成	データ利用者が登録したファイルのデータ構造の体裁情報

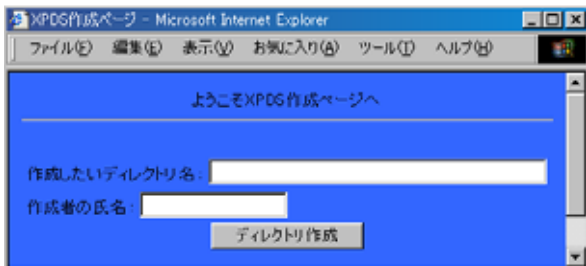


図-11 作業用ディレクトリ作成画面

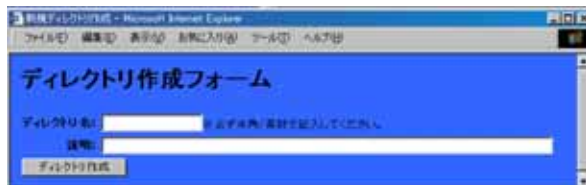


図-12 カテゴリ作成画面



図-13 カテゴリ表示画面



図-14 カテゴリ更新・削除画面

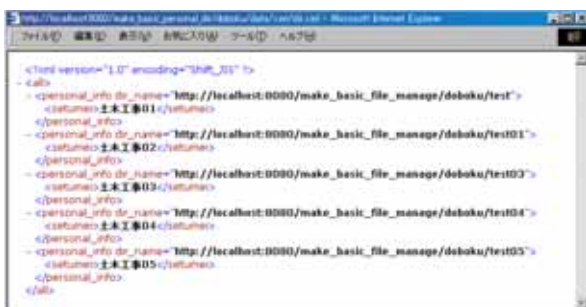


図-15 カテゴリのXML構造画面

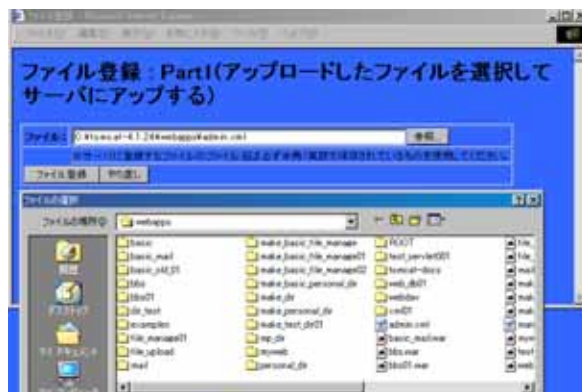


図-16 登録データの選択画面

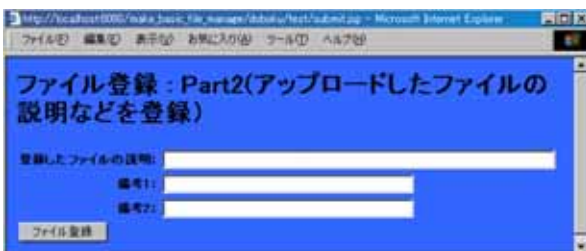


図-17 登録データの意味登録画面



図-16 登録データの選択画面



図-19 登録ファイルの表示画面



図-20 登録ファイルのXML構造画面

図-19の画面では登録したファイルの更新，削除を行っている．

図-20の画面では登録したファイルの登録データ構造をXMLで表示している．

## 6. 知識蓄積型システムが具備すべき機能

電子納品の完全実施により膨大な量の電子データが蓄積され続けている。電子納品保管管理システムが電子納品データに対する検索、閲覧、の中心になっているが、電子データの有効利用方法に関しては未だ具体的な方法論が確立されていない。電子データの利用方法を知識として蓄積することで次の利用者に利用方法を継承させ、前例となる利用方法を参考にしながら電子データを加工することで、円滑な電子データの有効利用を促進させる。

以上の提案に対してどのようなシステムが有用であるかを考察し、システムとして具備すべき点をまとめた。

- ユーザ登録を行う。ID、パスワードを設定する。
- ユーザ情報の更新・削除をする。
- 蓄積されている電子納品データベースから必要なデータを収集する。
- 収集したデータを加工する環境を提供する（データ加工スペース）
- 保存したデータが変更された場合・もしくは必要なくなった場合、データの更新・削除を行う。
- データ利用者が構築するディレクトリがどのような構造になっているか、またどのような評価を受けているかを管理するため、コンカレント表を作成する。
- ユーザの電子データ使用履歴を蓄積する。
- 電子データの加工履歴を知識として残す。
- データ加工スペースにおける作業中、過去の使用履歴を閲覧する。
- 電子データ使用履歴を自動通知する。
- システム間で問題が生じた場合、それをシステム管理者に伝える電子メール機能を作成する。
- 支援システムのヘルプ機能を具備する。
- 電子納品データベースに準拠させる。
- すべての作業がインターネット上で実行できる。

## 7. 提案する知識蓄積型システム

### 7.1 システム構成

提案システムはワークスペース、履歴閲覧、更新・削除、HELP、電子メールの五つの項目から構成される。提案するシステムはUMLを用いて設計した。図-21にシステムの構成図を示す。

#### (1) ユースケース図

ユースケース図はシステムが外部に提供する機能を表現する。システム利用者がシステムに対して要求する機能、動作をシステム利用者の視点で捉えた図である。そのためシステムがどのように動いているかという内部的なことについては考えずに「システムをどのように利用していくのか」という視点で作成していく図である。

ユースケース図は「ユースケース」と「アクター」というものを用いて作成する。ユースケースとは外部からみてシステムがどのような振る舞いをするか表現するものである。ユースケースの典型的な例として、システム利用者がシステムから受けるサービスのことを言う。アクターとはシステムに情報を渡したり、システムから情報を受け取ったりする外部の存在である。具体的にはシステムの利用者、システムを起動する人となる。提案するシステムのユースケース図を図-22に示す。

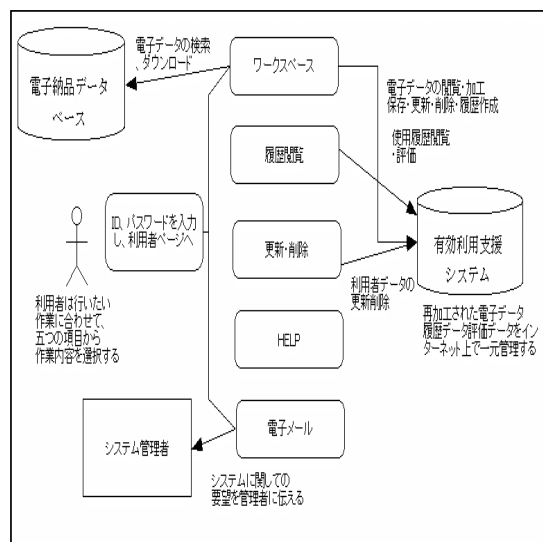


図-21 システムの構成図

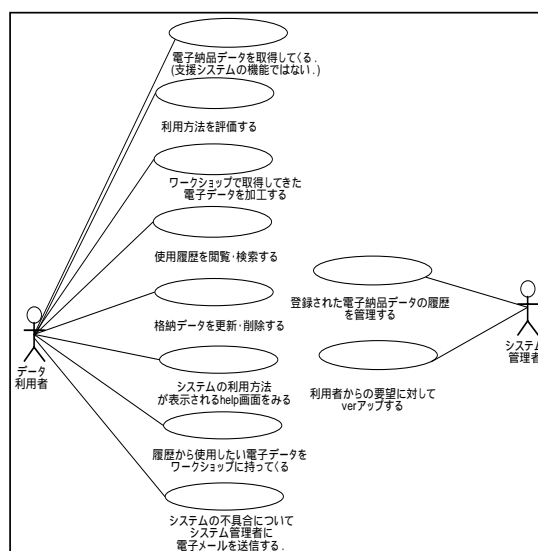


図-22 ユースケース

#### (2) シーケンス図

シーケンス図はシステムの動的な振る舞いを表現する図である。オブジェクト指向では、それぞれのオブジェクトがそれぞれの振る舞いをしながらシステムを運用していくが、オブジェクトは、自分自身の動作を果たすために、他のオブジェクトの情報を使用したり、作業を依頼したりする。

他のオブジェクトと、このようなやり取りをするためには、他のオブジェクトの操作を呼び出す必要がある。このようにして情報を伝えたり、処理を要求したりすることを「メッセージのやり取り」と呼ぶ。このような、オブジェクト同士のメッセージのやり取りを表現するためにシーケンス図のような相互作用図を作成した。提案するシステムのシーケンス図を図-23 に示す。

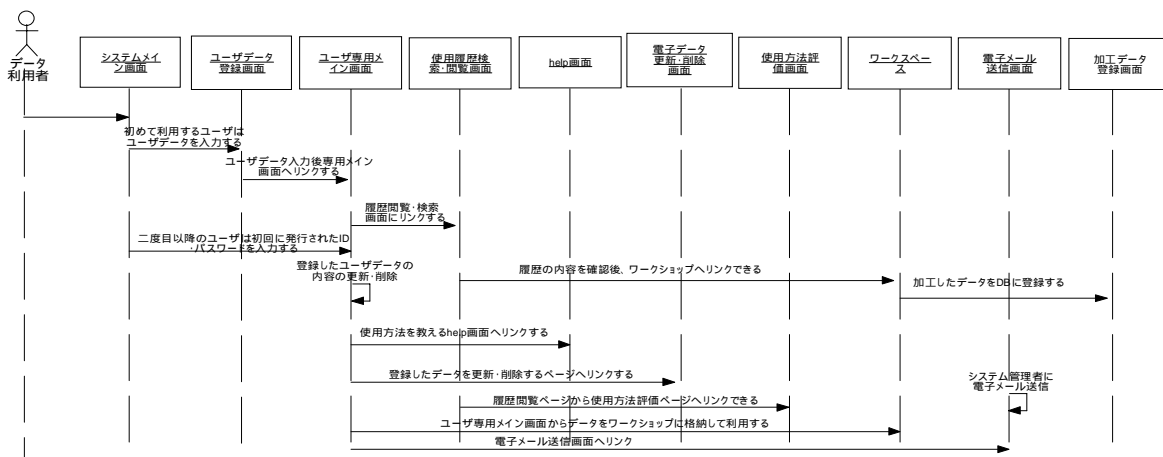


図-23 シーケンス図

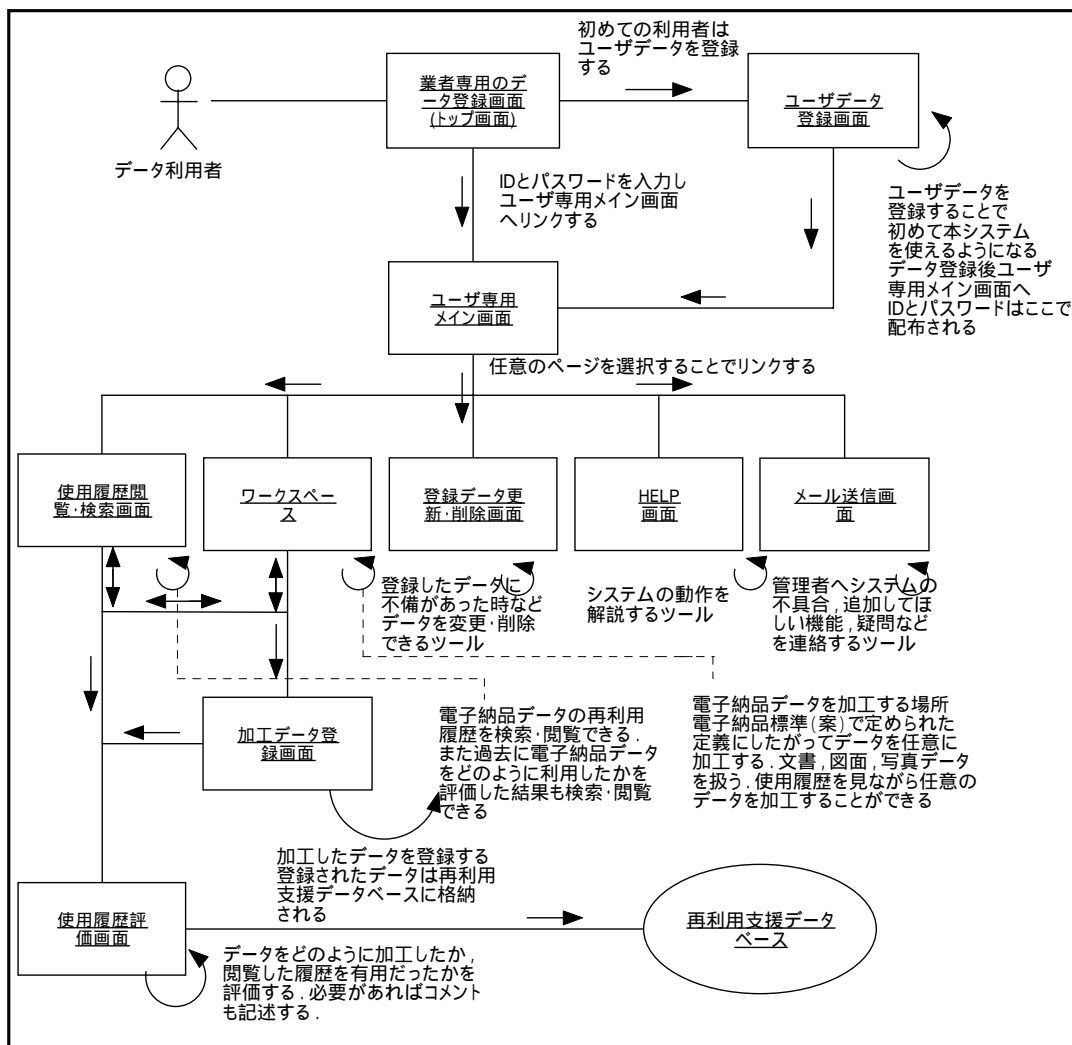


図-24 コラボレーション図

(3) コラボレーション図



コラボレーション図はシーケンス図と同様に、オブジェクト同士のやり取りを表現する図である。シーケンス図と見比べると基本的には同じシステム情報を示しているが、視点が異なっている。シーケンス図は上から下にシステムの処理の流れを表現する図であったが、コラボレーション図はそれぞれのオブジェクトを中心に処理のやり取りを表現するのに適している図である。提案するシステムのコラボレーション図を図-24 に示す。

## 7.2 ワークスペース

写真、CAD 図面、テキスト等の電子データを加工するためのスペースとする。ワークスペース機能内で行える作業を以下に示す。また、UML で記述した設計図を図-25 に、ワークスペースのイメージ図を図-26 に示す。

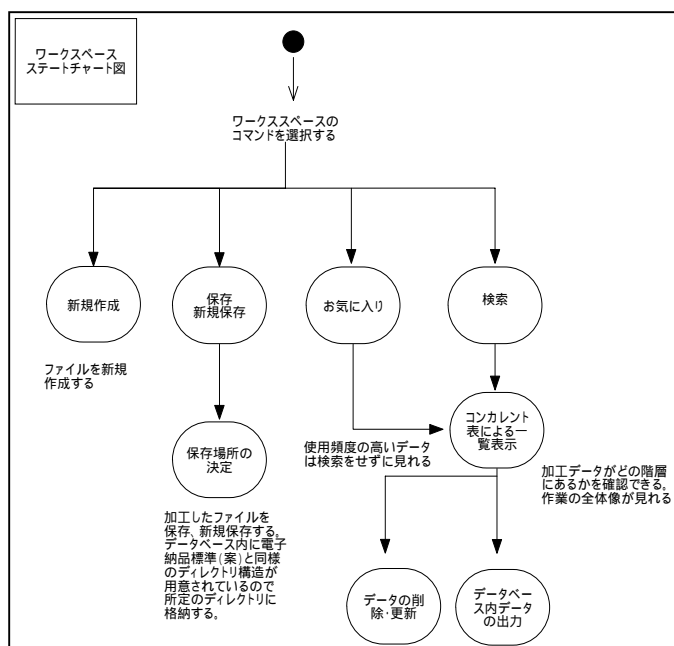


図-25 ワークスペースのステートチャート図

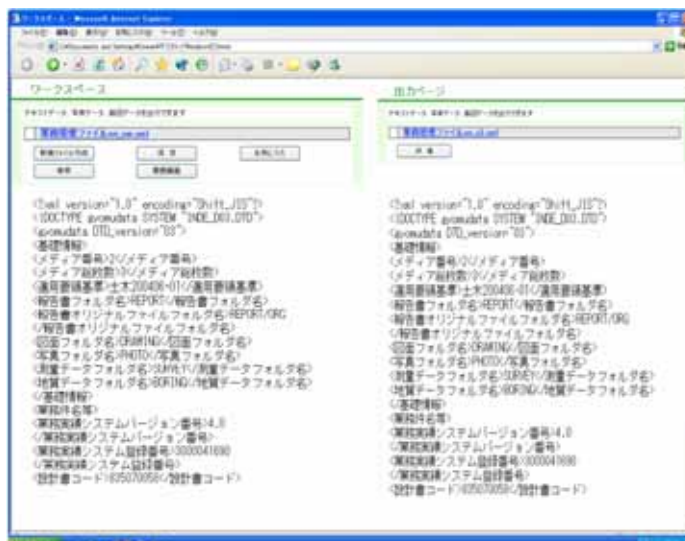


図-26 ワークスペースのイメージ図

## (1) ファイルの新規作成

新しい作業を行う際に使用 . 白紙の状態の作業スペースを新規に作成する . このスペースに電子納品データベース , 有効利用支援データベースから参考にするデータを出力する .

## (2) 保存・新規保存

加工したファイルを保存・新規保存する . 有効利用支援データベース内に電子納品標準 ( 案 ) と同様のディレクトリ構造が用意されているので , 電子納品標準 ( 案 ) に定められたディレクトリの構造範囲内で加工データを格納する . 格納データは有効利用支援データベースに格納される .

## (3) お気に入り

比較的良好に利用するワークスペースは , 検索の手間を省かせるため , お気に入りに登録できる . 選択することで選択されたデータのディレクトリ構造の一覧から , 利用したいデータファイルを選択する .

## (4) 検索

有効利用支援データベース内 , 電子納品データベース内を検索し , 利用したいデータを出力できる . 検索方法はキーワード検索や作業目的検索など , 現行の検索方法を利用する . 検索の結果 , 利用したいデータがあった場合はワークスペースに出力することができる . また有効利用データデータ内に格納されたデータの更新・削除を行うことができる

## 7.3 履歴・評価

他の利用者の電子データ利用方法を評価する機能 . 履歴・評価機能内で行える作業を以下に示す . また , UML で記述した設計図を図-27 に示す .

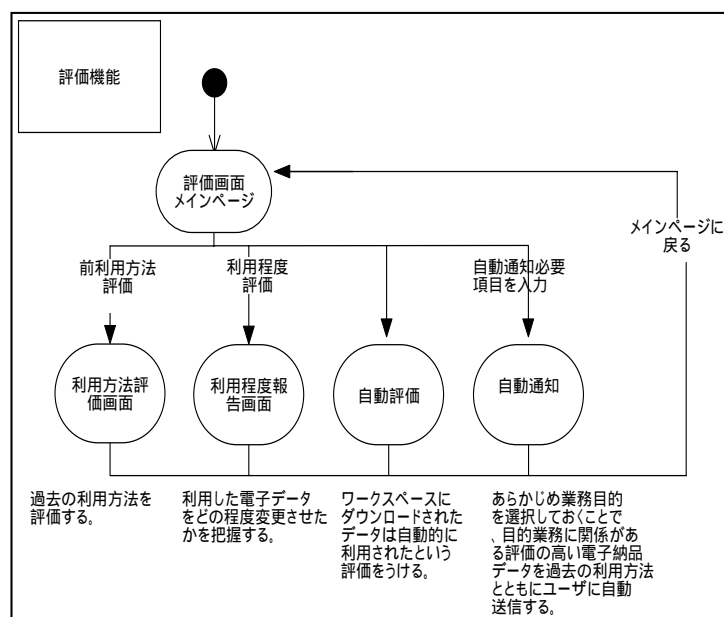


図-27 評価・履歴のステートチャート図

## (1) 利用方法評価

利用した個々のファイルが有用だったか、また業務目的に合わせて効率よくデータを使えたかを評価する。大変良い、良い、普通、悪い、大変悪いの5段階で評価する。また、利用者がコメントを残せるようにする。

総合的に過去のデータベースが効率よく利用されたかを評価する。大変良い、良い、普通、悪い、大変悪いの5段階で評価する。また、利用者のコメントを残せるようにする。

## (2) 加工度合い評価

利用した電子データをどの程度変更し、どのような業務にどのようなファイルをどの程度加工する必要があったかを把握することを目的とする。ユーザがファイルの加工度合を下記の5段階で評価する。

- 1, 閲覧のみ。加工無し。
- 2, 全体の30%未満の加工をする。
- 3, 全体の30%から60%の加工をする。
- 4, 全体の60%から90%の加工をする。
- 5, ほぼ全て加工する。

## (3) 評価

格納されている電子納品データにどの程度アクセスがあるかを把握することを目的とした機能として提案した。検索され、ワークスペースにデータが送られた時点で1評価とする。この評価は自動で行うため、ユーザが特別な作業をする必要はない。

## (4) 自動通知機能

ユーザのニーズに自動的に対応する機能、及びデータ検索にかかる時間を短縮させることを目的として提案した。あらかじめ業務目的を選択しておくことで、目的業務に関係がある評価の高い電子納品データを過去の利用方法とともにユーザに自動送信する。評価の高さの基準の設定はユーザが選べる。上記の3評価項目のどの項目にウエイトを置くかはユーザの判断とする。ユーザの業務効率の向上を目的とする。項目のキーワードを記入することでユーザのニーズを絞る方法、及び、項目を選択することでニーズを絞る方法を提案する。項目の種類。上記の3種の評価がそれぞれ何評価以上のものとするかは利用者の任意とする。

## 7.4 データ変更部分の把握方法とファイルの関連性

電子納品を行う際に必ず提出する業務管理ファイルの変更点からどの項目を再利用したかを把握する。また、電子納品要領(案)に定められたファイル命名規則に沿ってファイルの縦の互換性を把

握することができる。ファイル名のルートを固定し、再利用を繰り返すごとにファイル名の一部を変更する。ファイルのルート部が固定されていることから、ファイルの互換性を把握することができる。

## 7.5 更新・削除

本システムを利用する際に利用者はユーザデータを登録する。この登録したデータに不備、変更点が発生した際に登録データの更新・削除を行う。更新・削除の際、利用者の作業量を軽減させるため、項目ごとに登録データの変更ができるものとする。

## 7.6 コンカレント表の利用

有効利用支援データベースのディレクトリ構造は、電子納品データベースに準拠させる。電子納品データベースの各階層には、様々な種類のファイルが格納されており、ファイルを視覚的に把握することが容易でない。このことはデータの処理時間やスムーズな情報共有の障害となる。本システムでは視覚的にディレクトリの構造、内容を把握するため、コンカレント表を採用する。情報共有やコミュニケーションのシステムで協同作業(コラボレーション)を行う概念をコンカレントと言う。図-28にコンカレント表のイメージ図を、図-29に図-28のコンカレント表の構造図を示す。

は該当するファイルに過去の利用履歴があること示す。は履歴がないことを示す。閲覧回数は該当データの使用された回数を示す。利用者はディレクトリ構造の内部のどのデータに履歴があるか、また使用頻度がどの程度かを把握することができる。

コンカレント表内の がクリックされた場合、該当ファイルの詳細情報を表示する。詳細情報の内容は履歴・評価の値、加工の度合い、総合評価、過去の利用方法、利用者の名前、自動評価とした。詳細情報を閲覧後、そのデータを利用する意思があればワークスペースに出力させることができる。

## 7.7 HELP 機能

本システムの構成、動作を解説するツール。以下に示す 3 点から本システムの利用方法を支援する。各項目に具備されている機能

- 各機能の使い方
- 利用者権限
- キーワード検索

## 7.8 メール送信機能

本システムに対する意見、要望、疑問を利用者から管理者に伝える機能。管理者は利用者の声を本システムに反映させ、随時システムを進化させていくこととする。

ディレクトリ名	ファイル名	履歴情報	複製回数	ディレクトリ名	ファイル名	履歴情報	複製回数	ディレクトリ名	ファイル名	履歴情報	複製回数	
DRAWING	業務管理ファイル	○	6	MEET	MEET.XML	○	1	ORG				
					MEET_01.nnn	○	1					
					MEET_02.nnn	○	3					
				OTHERS	PLAN.XML	●	0		PLAN01_01.xxx	○	2	
				OTHERS.XML	○	2	PLAN01_02.xxx	○	1			
				OTHERS_01.nnn	●	0	PLAN01_01.yyy	○	1			

図-28 コンカレント表のイメージ図

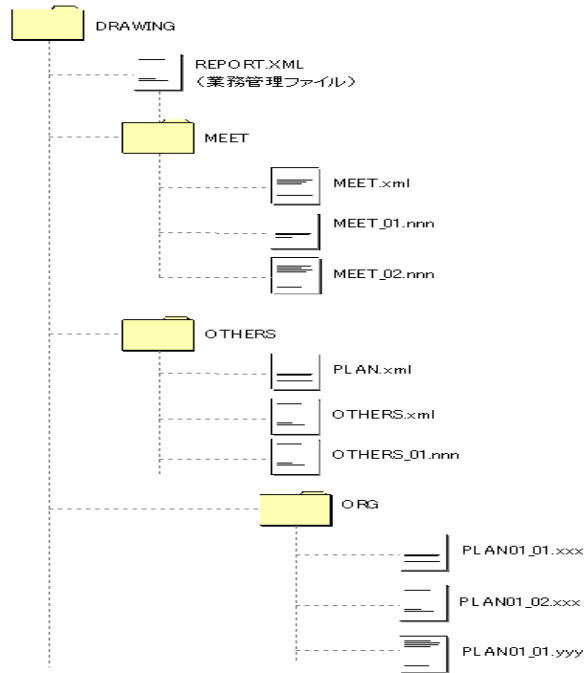


図-29 コンカレント表の構造図

## 8. マルチエージェントを用いたデータベース統合

英語の agent という語には「代理人」や「動作主」という意味があるが情報処理の分野において利用される「エージェント」という概念については様々な解釈がある。エージェントは一般に様々な条件を元に依頼に答えたり、不明な内容を補足したり条件を提示する「秘書」のような意味で利用されていることが多い。情報処理の分野では、「デジタルネットワーク上で自立的に行動し、協調、交渉、仲介、集約といった知的な作業を行うソフトウェアシステム」<sup>7)</sup>を広くエージェントと呼んでおり、直接人間からではなく、エージェントや他のソフトウェアなどから依頼を受けるソフトウェアもエージェントという概念に含まれる。本論文ではユーザから一定の権限を委託されてユーザに成り代わって作業を行うソフトウェアをエージェントと呼ぶことにする。

エージェントによるアプローチを利用した場合に、例えば、老朽化した橋脚を補修しなければならない状況では、以下のような手順でデータベースを活用することができる。すなわち、依頼者はエージェントに橋梁名称と GPS データを元に設計図を探すように依頼する。エージェントは GPS データの近くに橋梁が存在しないため、国土地理院のホームページにある GPS の換算システムを利用して旧測地系に変換し、再度検索したところ近い位置に橋梁を見つけ出す。次にその橋梁に関する設計図を検索するが見当たらないので、その橋梁の建設時の名称も含めて検索範囲を広げて検索を行い、建設当時の CAD 製図基準を参照して該当する図面を探し当て、図面の保存先を依頼者に検索条件とともに報告する。また、場所打ち杭の杭頭処理のような場合にも、依頼者はエージェントに担当範囲に関する全ての場所打ち杭の中からある杭径のものを探して場所と概要、杭頭処理の図面を見つけるように依頼する。エージェントは建設情報標準分類体系にアクセスし場所打ち杭には様々な種類があることを見つけ出し、それぞれについて検索を行い、該当する全ての工事についてその杭径を調査し、該当するものと特定できなかったものについてその場所と概要を、XML に記述されている適用した CAD 製図基準のバージョンにより杭頭処理の図面を検索条件とともに報告する。

このように、エージェントは依頼者に代わって様々な情報を検索し、サービスを利用して、その結果を報告する。もし、依頼者に十分な知識と経験があればエージェントと同様の処理を行って見つけ出すことができるかもしれない。しかし、エージェントの支援があれば依頼者の知識や経験以上の情報が取得できる可能性が高い。エージェントを利用しない場合の利用イメージを図-30 に、エージェントを利用した場合のイメージを図-31 に示す。

エージェントの形態としては、図-31 のように一つのエージェントが様々なシステムにアクセスして情報を取得する場合と図-32 のように、エージェントが別のエージェントに依頼して情報を取得する場合がある。後者のように複数のエージェントが連携して問題を解決するシステムをマルチエージェントシステムという。マルチエージェントシステムでは、エージェント間のコミュニケーション方法を規定しておくことで、エージェント同士が協力して問題を解決することができる。

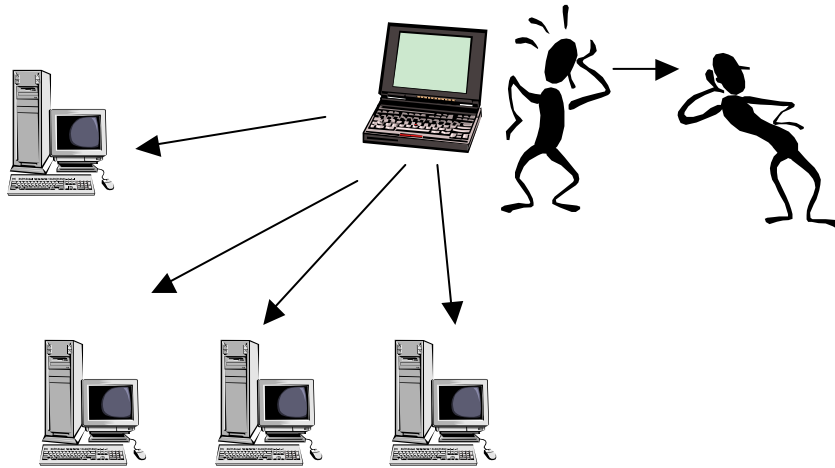


図-30 エージェントを利用しないイメージ

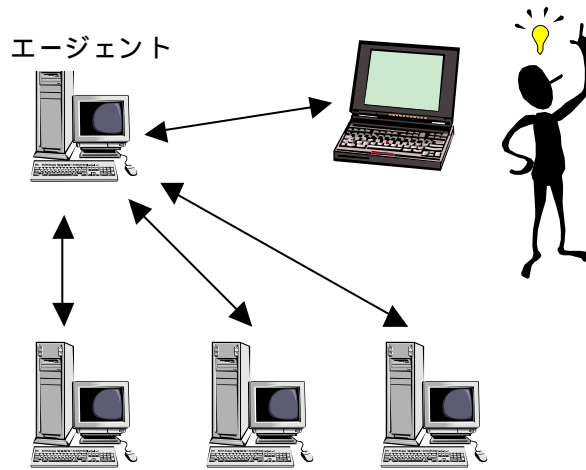


図-31 エージェントを利用したイメージ

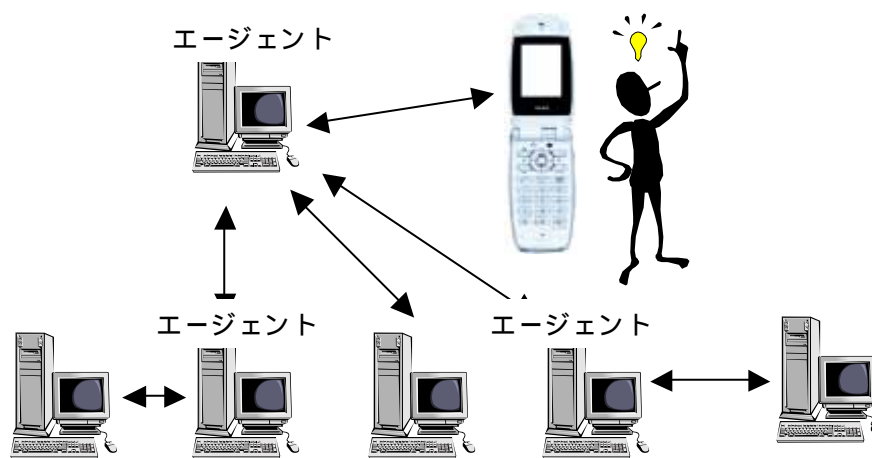


図-32 マルチエージェントの利用イメージ

「市町村情報を提供するエージェント」「用語の関連を調査するエージェント」などをネットワーク上に配置すれば、依頼者の依頼を受けたエージェントは「エージェントの場所を管理するエージェント」に問い合わせ、必要となるエージェントに依頼することが可能となる。



## 9. 統合データベースマネジメントシステムに使用する要素技術

### 9.1 建設情報データベースの分散設置の必要性

竣工図書として電子納品されたデータを 1 箇所に設置したサーバ群に保管することは、スペースや技術の面からも可能である。しかし、建設情報は新規に建設した構造物の竣工情報だけでなく、日常点検や事故、災害、老朽化による維持補修、事業用地や占用物件の管理や環境調査、利用者からの情報など様々な情報が発生する。このような日常的に発生する情報は、情報の収集場所や情報の利用者の近くで管理される。

例えば、日常点検の情報は点検者が蓄積し、異常が発見された時にその現象が突発的に発生したものを判断する手段となる。また、変化の傾向を把握している場合には、その変化の度合から重要な異常が発生する前に対処することが可能となる。しかし、1 人が日常点検可能なエリアは限定されるため、都道府県や省庁など全体の管理範囲が広範囲の場合には、必然的に日常点検の拠点は複数箇所に分散することになり、日常点検情報も分散して保管されることになる。この場合、日常点検結果から変化の兆候を把握するための情報は拠点内に限られるため、個々の拠点での事例は少ないが全国的に同様の傾向が現れている場合には、その把握は困難である。

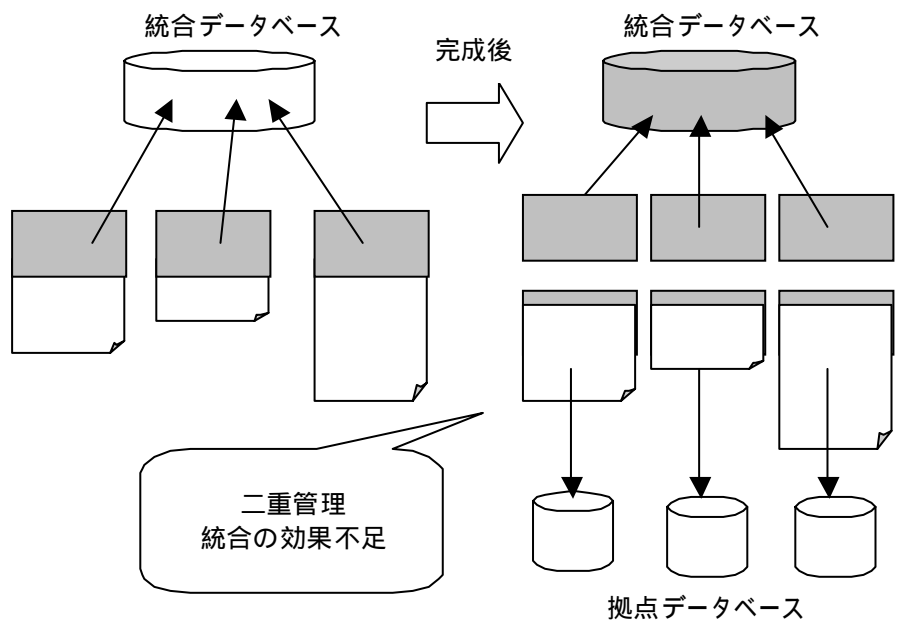
この相反する問題を解決する手法として、拠点間ネットワークを活用して全拠点の情報を 1 箇所に集めてデータベース化し、全国から利用できるようにする方法がある。このデータベースを「統合データベース」と呼んでいる。統合データベースとは、各拠点で現在利用している情報を一つの仕様のデータベースへ収納したものである。換言すれば、一つの仕様のデータベースに各拠点の情報を収容するためには、各拠点の情報を統一しなければならない。

統合データベースにおける仕様の統一手法としては、

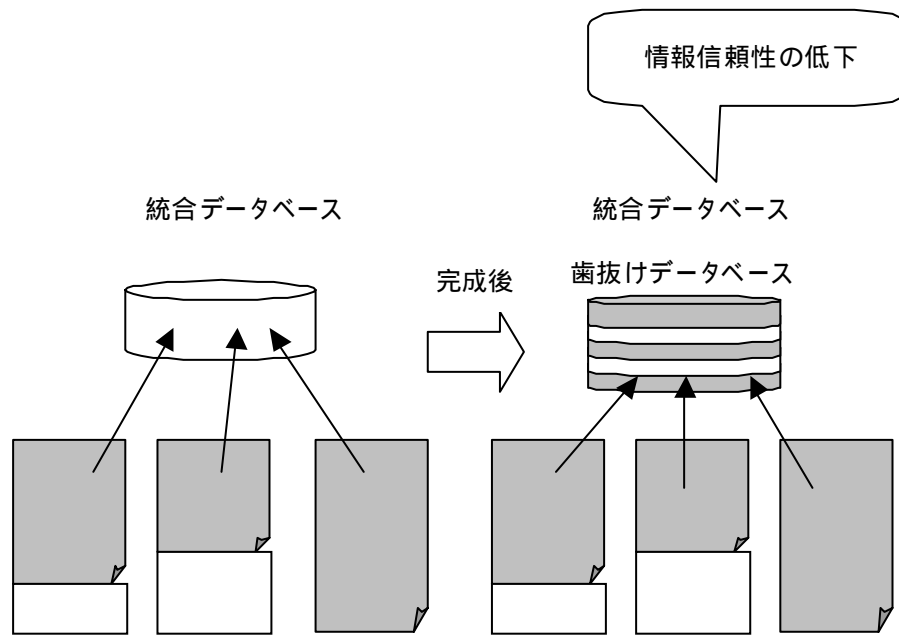
1. 全ての拠点に共通する情報だけを選択する手法
2. 全ての拠点で収集している情報を全て網羅させる手法
3. 1 と 2 の折衷的な手法

がある。1 の手法を採用した場合、不要な情報を取り除く効果はあるが、気候などの自然条件や伝統的な工法の採用などのため、一般的な管理項目だけで不十分な場合には独自に情報を追加しなければならない、二重管理になってしまい統合データベースの意味が薄れる（図-33(a)）。逆に 2 の全ての情報を網羅する手法では、各拠点の情報を選別する必要性がなくなるが、統合データベースの項目に未入力の部分が増加し、統合データベースの信頼性が低下するだけでなく、拠点ニーズの変化の度に統合データベースの再構築が必要となる。データベースの再構築は適時の対応は困難であるため柔軟性に欠けるシステムとなる（図-33(b)）。3 の折衷案の場合には、二重管理と信頼性、柔軟性の低下という両方の問題が生じる。

これらの問題を解決するための手法として用いられる方法が、インデックスによる手法である。インデックスによる手法とは、1 の方法と同様に共通項目を抽出して統合データベースとするが、拠点



(a)共通項目を抽出



(b)全ての項目を選択

図-33 仕様統一方法

のデータベースはそのまま運用しながら、共通項目データだけを統合データベースに登録する方法である（図-34）。

この手法を用いれば、各拠点の共通項目に限り相互参照が可能であり、限定的ではあるが、管轄範囲外事例の検索など、統合化のニーズを満足させることができる。また、拠点は従来の業務と変化がなく、将来発生するニーズにも拠点単位で対応可能となるため、拠点の利便性は低下しない。

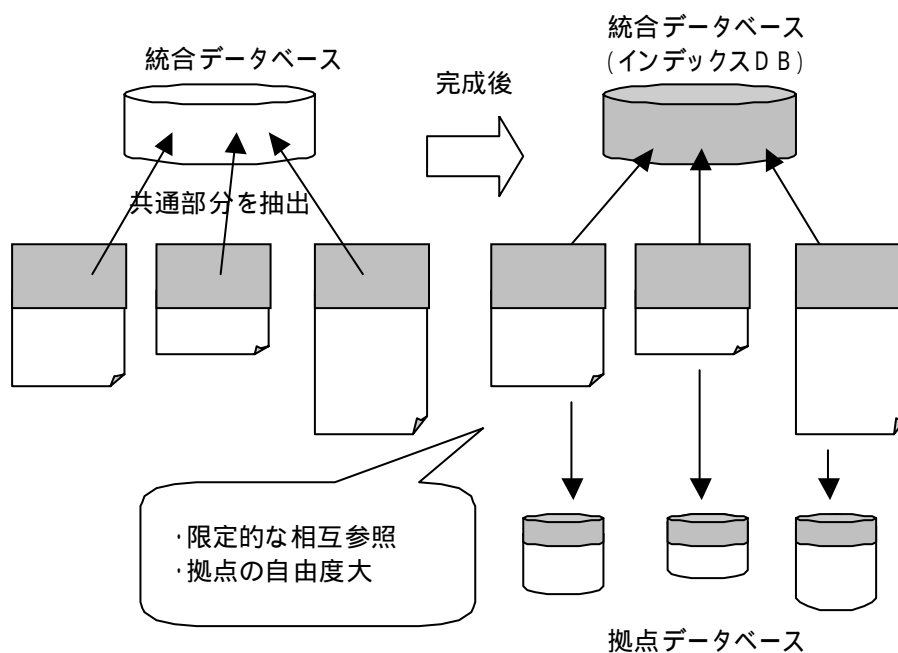


図-34 インデックスによる手法

しかし、ここで選定される共通項目はシステムの設計時に決定される項目であり、システムの完成時には既に新たな共通項目が必要になっている可能性もある。対象となる構造物の寿命が長期間に及ぶ建設情報の場合はこの問題はさらに顕著なることが予想され、インデックスによる手法でも解決は困難である。

## 9.2 マルチエージェントフレームワーク

エージェントは、パソコン、携帯電話、カーナビゲーションシステム、家電など近年急速に発展し続けるネットワークインフラに接続された機器の多様化を背景に、既存システムを生かした柔軟な協調分散システムを構築するための解決方法として注目されている。マルチエージェントシステムにおいて、エージェントは相互にコミュニケーションを取りながら協調作業を行う。相互のコミュニケーションを確立するためには、

- 手段
- 言語
- 意味

の3つの条件が一致する必要がある。

手段とは、人間同士がコミュニケーションを取る場合の音声やジェスチャーなどのことである。音声もジェスチャーも利用しない生物（昆虫など）と人間の間ではコミュニケーションが成立しない。エージェントにおいても手段を統一することによりコミュニケーションが可能となるため、どのような手段を利用するかといった統一が必要になる。

言語とは、同じ音声を利用しているにもかかわらず、英語と日本語のように言語が異なるとコミュニケーションが成立しない。同じ言語を利用していない場合には、通訳や仲介者の役割を果たすエージェントを利用することにより協調作業が可能となるが、言語の種類が増加すると、

- 依頼した仲介者が目的のエージェントの言語を理解しない
- 通訳者の数が増加して伝達を誤る
- 処理が遅くなる

など様々な影響が考えられるので、統一が望ましい。

最後に意味であるが、音声を利用して同じ言語を話したとしても単語が理解できない場合には正確なコミュニケーションが成立しない。例えば、「月について調べてほしい」と依頼があった時、月には天体の月(moon)と暦の月(month)があるということを知らず、天体の月に関する知識しか無かった場合には勝手に天体の月について調査して結果を提出してしまう。コミュニケーションを成立させるためには、天体の月か暦の月かを明示する必要がある。

#### (1) 手段の標準

手段の標準化は FIPA(Foundation for Intelligent Physical Agents)<sup>3)</sup>と OMG(Object Management Group)による Mobile Agent Facility<sup>4)</sup>が代表的なものである。FIPA はマルチエージェントの商用処理系の標準化を目指す非営利団体でコンピュータや通信関連の団体 (IBM、東芝、KDDI、NTT など) がメンバーとなっている。OMG は UML や CORBA など策定しているオブジェクト関係の標準化団体でオブジェクトレベルの相互運用に焦点をあてており、モバイルエージェントの標準化を行っている。FIPA や OMG の策定している標準は、マルチエージェント構築に必要な枠組みを提供している。このような枠組みをフレームワークと呼ぶ。

#### (2) 言語の標準

エージェント間で用いられる言語をエージェント間通信言語 (ACL:Agent Communication Language) と呼ぶ。代表的な ACL には DARPA(米国防総省高等研究計画局:Defense Advanced Research Project Agency)が中心になって開発した KQML(Knowledge Query and Manipulation Language)がある。KQML は知識の問合せや操作を目的としている。また、FIPA は KQML を基本に FIPA-ACL を定めている。FIPA は KQML と異なりビジネス向けの仕様であるため、ビジネス向けの遂行語が用意されている。また、FIPA は FIPA-ACL を XML 化した、FIPA ACL Message Representation in XML Specification(XML-ACL) を標準化している。

XML で記述するとタグが必要となるため行数は増加するが、XML はその普及によって解析を行うソフトウェアが手に入りやすいため、エージェントが ACL から遂行語や内容を取得する作業が容易になるといったメリットがある。

### （3） 意味の標準

言葉は「同義語」「狭義語」「広義語」「関連語」「反義語」など他の言葉との関係を示すことができる。「コンクリート」を中心に名称とその関係を考えると、「生コン」と「フレッシュコンクリート」は同義語、「鋼材」から見れば「鉄筋」は狭義語、逆に「鉄筋」から見れば「鋼材」は広義語となる。また、「鉄筋コンクリート」は「鉄筋」「コンクリート」「セメント」の関連語ということができる。しかし、「セメント」は「鉄筋コンクリート」を構成する要素であるが、「生コン」や「モルタル」の構成要素でもある。また、「均しコン」「21-8-40」は生コンを利用する場所や配合を示す言葉であるが、同義語などの表現だけではこれらの関係を表現することは困難である。そこで、エージェントではオントロジー(ontology)という概念が利用される。オントロジーとは、用語の定義と他との関係を明示したものである。オントロジーの概念を利用して、「コンクリート」を表現すると、『「コンクリート」には「強度」と「配合」がただ一つ存在し、「セメント」と「水」と「骨材」により構成され、硬化前は「フレッシュコンクリート」と呼ばれ、利用場所によっては「均しコン」と呼ばれる』と表現できる。このように、オントロジーの整備によって情報への到達がより容易になることが予想され、様々な分野で試みられている

## 10. 統合データベースマネジメントのためのプロトタイプシステム

これまで述べたように、本研究では、電子納品データの利用性向上のためのツールの試作ならびに、その性能の向上のための提案を行っている。しかし、これらの研究で提案しているシステムは、利用すべき電子納品データが取得されていることを前提としており、効果的なデータ検索については検討していない。そこで実用段階を目指して、分散管理された電子納品データを対象として、検索用テンプレート及びその作成支援を含む電子納品データ高度検索支援システムを開発する。本システムは分散して管理された電子納品データを、おのおの独立データベースにあるいは連携したデータベースとして扱いうる高度検索システムである。一般に、データベースから情報を検索する場合、ユーザは自らの経験的な知識を駆使して、検索用語などの検索条件を定めて、試行錯誤的に検索を行う。このようなプロセスは利用者の当該分野に関する知識の量と質に大きく依存せざるをえないのが現状である。Knowledge Management や Data Mining などの知識獲得技術の大幅な進展と普及がその課題を克服するキー技術であることは論を待たない。しかし、時々刻々と蓄積され続けている建設情報である電子納品データの活用を始めるためには、上記の経験的な技術者の検索実行のための経験知を検索テンプレートとして蓄積してゆくことは、データベース検索機能を向上させるために有効である。

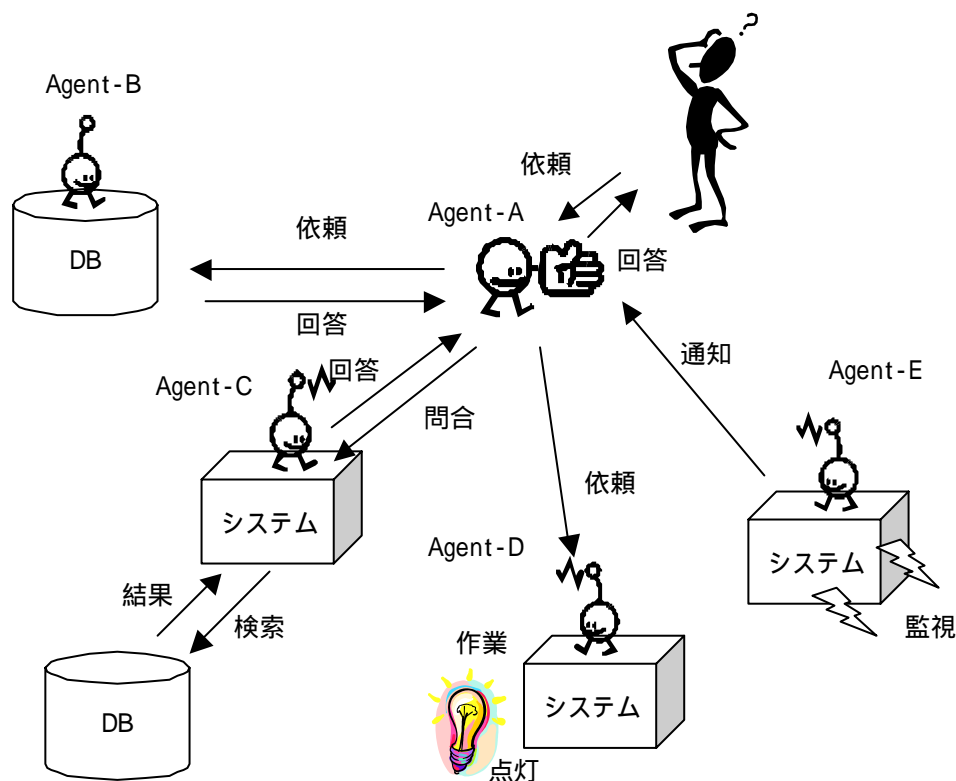


図-35 エージェントの活動

## 10.1 エージェントの役割

エージェントの役割は、前述のように、仲介、変換などの機能によってユーザになりかわって、分散独立したシステムの機能を利用することである。エージェントの活動イメージを図-35 に示す。

Agent-A はユーザの依頼を受けて、他のエージェントに依頼をして様々な作業を行う。例えば、

- Agent-B は Agent-A の依頼を受けて自らのデータベースを検索してその結果を Agent-A に回答する
- Agent-C は Agent-A から依頼を受けて別のデータベースにアクセスし、結果を Agent-A に回答する
- Agent-D は Agent-A から依頼を受けて電球の点灯という作業をする
- Agent-E は監視対象の異常を発見し、Agent-A に通知する
- Agent-A はこれらの情報を整理して、ユーザの要求する形式で回答する

などの活動を行う。

建設情報データベースの統合化においてエージェントは、

- 既存データベースの変更が少ないこと
- 個別データベースの変更情報が反映できること
- 個別データベースへの負荷の制御できること

の条件の下で構築される必要がある。

また、統合化する個々の建設情報データベースは

- 分散している
- システム環境（データ構造、仕様、OS、アプリケーション）が統一されていない
- 仕様変更が発生する
- 名称などの経時変化が発生する
- 言葉の意味や概念の変化が発生する

といった特徴があるため、エージェントはこれらの障壁をユーザになりかわって回避し、必要なサービスを利用する役割がある。

## 10.2 マルチエージェントフレームワーク

建設情報データベース統合化に利用するエージェントは、データベースの統合化だけでなく、監視システムなどの防災システムの統合や市民サービスに利用される可能性がある。前述のように、ビジネス向けのマルチエージェントフレームワークである FIPA の仕様を採用することとする。

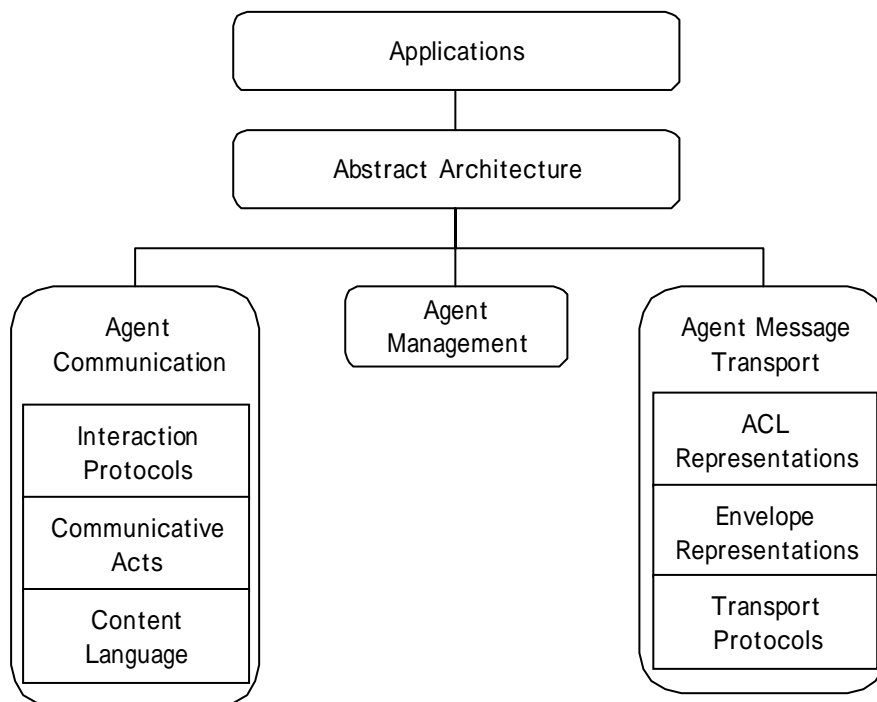


図 - 36 FIPA仕様

FIPA の仕様は図-36 に示すようにアプリケーション ( Applications )、アーキテクチャ概要 ( Abstract Architecture )、エージェント間通信 ( Agent Communication )、エージェント管理 ( Agent Management )、エージェントメッセージ配送 ( Agent Message Transport ) の 5 つのカテゴリで構成される。アプリケーションカテゴリはサービスの記述に関する項目であり、FIPA を利用したエージェントの仕様が収録されている。構成概要には FIPA フレームワークの概要が記されている。エージェント間通信 にはメッセージ交換の手順などが収録されている。ACL はここに収められている。エージェント管理 にはエージェントの管理に関する仕様が収録されている。エージェントメッセージ配送にはメッセージの配送用の仕様が収録されている。

本仕様作成にあたり下記の仕様を参照した。

- FIPA Abstract Architecture Specification, Standard, SC00001L
- FIPA ACL Message Structure Specification, Standard, SC00061G
- FIPA Management Specification, Standard, Standard, SC00023K
- FIPA Agent Message Transport Service Specification, Standard, SC00067F
- FIPA ACL Message Representation in XML Specification, Standard, SC00071E



### 10.3 エージェントの活動環境

エージェントがコンピュータ上で活動するための環境を図-37 に示す。エージェントはエージェントプラットフォーム (Agent Platform : AP) と呼ばれる領域内で活動し、この領域から外部へ出る

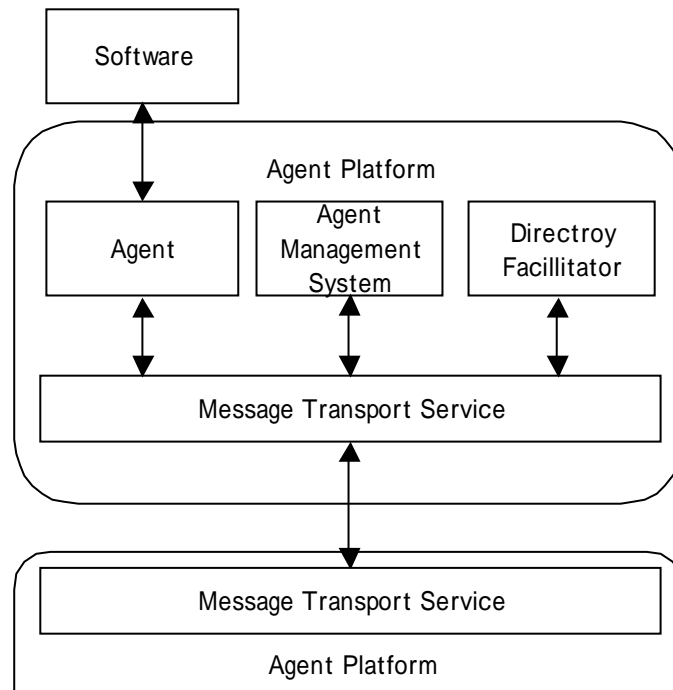


図 -37 エージェントの活動領域

ことはない。AP はエージェントが活動するインフラであり、

- コンピュータ、オペレーティングシステム (OS)
- エージェント支援ソフト
- エージェント管理用構成要素
- エージェント

により構成される。AP には他の複数のコンピュータを含むことができる。

エージェントは

- 一つのソフトウェアプロセスである
- 自律的に動作する
- AP から出ることはいできない
- コミュニケーションは ACL を用いる
- 一つの所有者 (Owner) と一つの識別子 (Agent ID : AID) を持つ

という特徴をもつ。

エージェント管理構成要素は、

- エージェント管理システム (Agent Managemetn System:AMS)

- メッセージ配送サービス(Message Transport Service:MTS)
- ディレクトリファシリテータ(Directory Facilitator:DF)

から構成される。

エージェント管理システム(AMS)は

- AP 全体を統轄管理
- AP 内もしくは AP に対する問合せを管理
- 一つの AP には一つの AMS しか存在しない
- エージェントは AMS から AID を取得しなければならない
- 複数のコンピュータに跨がる AP を管理することができる

という特徴がある。

メッセージ配送サービス(MTS)は、エージェントなどが AP 内外で通信を行う場合に中継するサービスである。ディレクトリファシリテータ(DF)は AP に必須の機能ではないが、エージェントに対してサービスリストの提供を行う。エージェントは DF に提供するサービスの登録や DF から他のエージェントのサービスを取得することができる。

#### 10.4 エージェントシステムの構成

エージェントシステムの最少構成は、エージェントプラットフォーム(AP)とその構成要素である、エージェント管理システム(AMS)、メッセージ配送サービス(MTS)、エージェントと、エージェントが操作するソフトウェアからなる。データベースを操作するエージェントの最少構成を図-38 に示す。この構成において、データベースを検索する場合の流れは下記のようなになる。

エージェント(Agent)はコンピュータ(Machine)上の OS(Operating System)上に構築された AP 内に AMS の管理下のもと生成される

OS 上にあるソフトウェアから Agent が検索要求を受ける

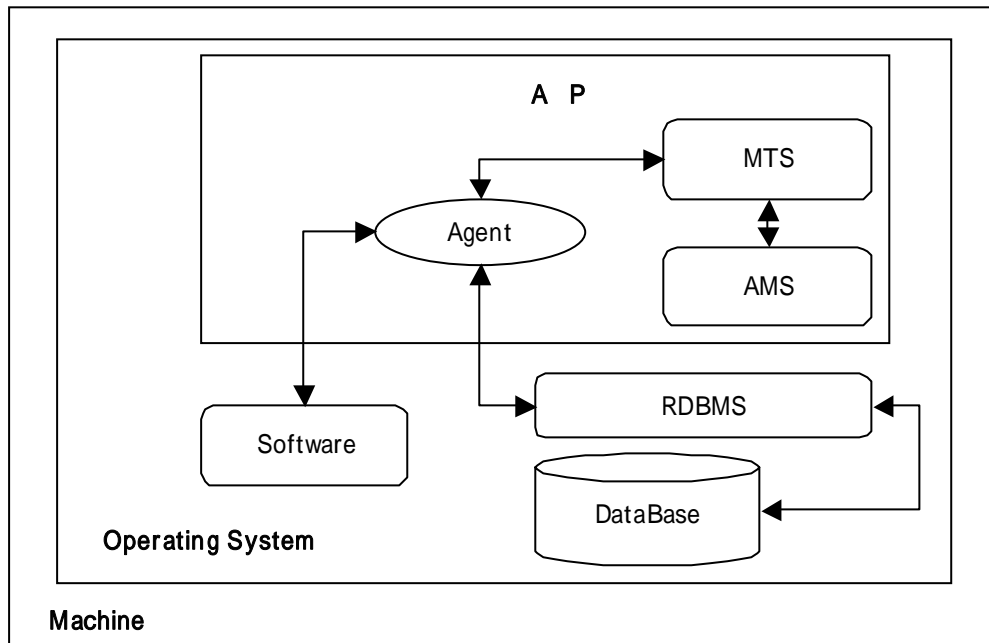


図-38 データベース操作エージェントの最少構成

Agent は RDBMS に対して検索操作を行う

RDBMS は DataBase を操作してその結果を Agent へ出力する

Agent は RDBMS からの出力を受け、Software に報告する。

複数台のコンピュータでエージェントシステムを構築する場合は、図-39 のようになる。コンピュータ間の通信は MTS を通じて行われる。AP の範囲が複数のコンピュータで構成される場合 (図-39(a)) には AMS は AP を構成するコンピュータ内に一つあれば良く、AP 内にある全てのコンピュータ内のエージェントはこの AMS が管理する。しかし、AMS のあるコンピュータに障害が起るとエージェントは AP 内のエージェントは管理できなくなるという欠点がある。AP がコンピュータ別に構築される場合 (図-39(b)) は、それぞれに AMS を置く必要があるが、構成するコンピュータに障害がおこっても、単独で機能する。以上のようなフレームワークを利用すれば、異なるコンピュータ内のソフトウェアは、エージェントを介して情報をやりとりすることが可能となる。

## 10.5 提案するシステム

図-39 に本システムの構成を示す。Web サーバ層であるシステム A，通信層であるシステム B，データベース層であるシステム C に分類される。システム A の主な機能は，ポータル機能，テンプレート作成機能である。

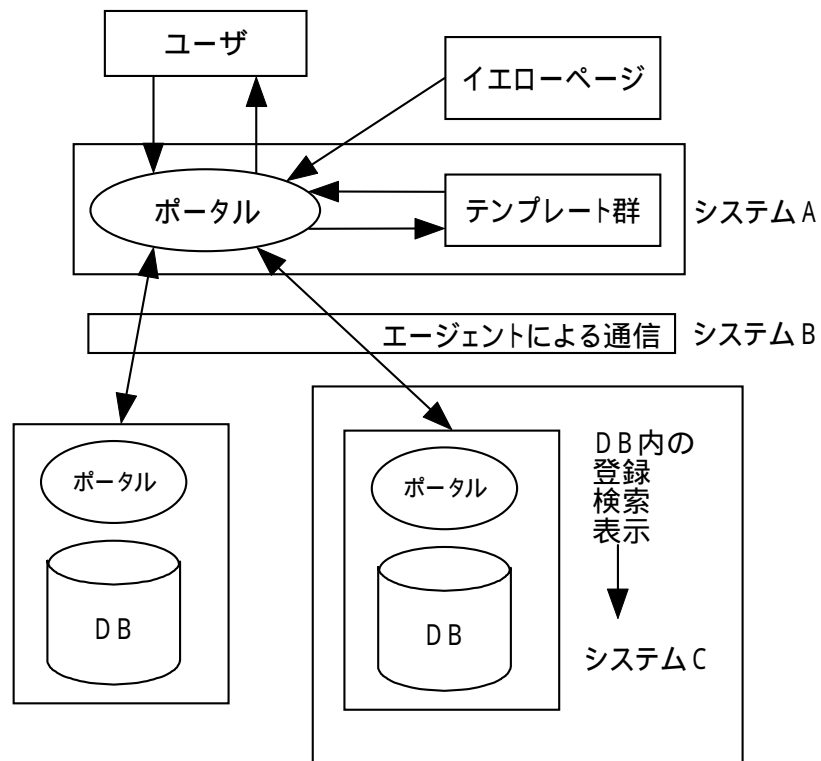


図-39 本提案システムの構成

### (1) ポータル機能

ポータルサービスは、利用者の直接的な窓口になるサービスであり必須のサービスである。ポータルサービスの機能としては、

- ユーザの要求を受ける（必須）
- 他のエージェントまたはサービスを利用する（必須）
- ユーザに回答する（必須）
- ユーザ情報から不足情報を補う

- ユーザに不足情報を問合せる
- エージェントからの要求を受ける
- エージェントへ回答する
- ユーザの情報を保持する
- ユーザの利用環境に合わせて情報を提供する

などがある。この他、擬人化したユーザインターフェースなどを提供するのもこのポータルサービスである。ネットワークには異なるポータルサービスの混在が可能で、サーバだけでなく個人の管理するパソコンや携帯電話にポータルサービスを設置できる。また、一つのポータルサービスが同時に複数のユーザにサービスを提供することや、一人のユーザが複数のポータルサービスを利用することも可能である。

本システムでは、ユーザはポータルから、検索機能や、テンプレート作成機能を利用する。検索機能（データの受け渡しや、結果の表示）はポータルが行う。ポータルから検索結果表示までの流れを図-40 に示す。

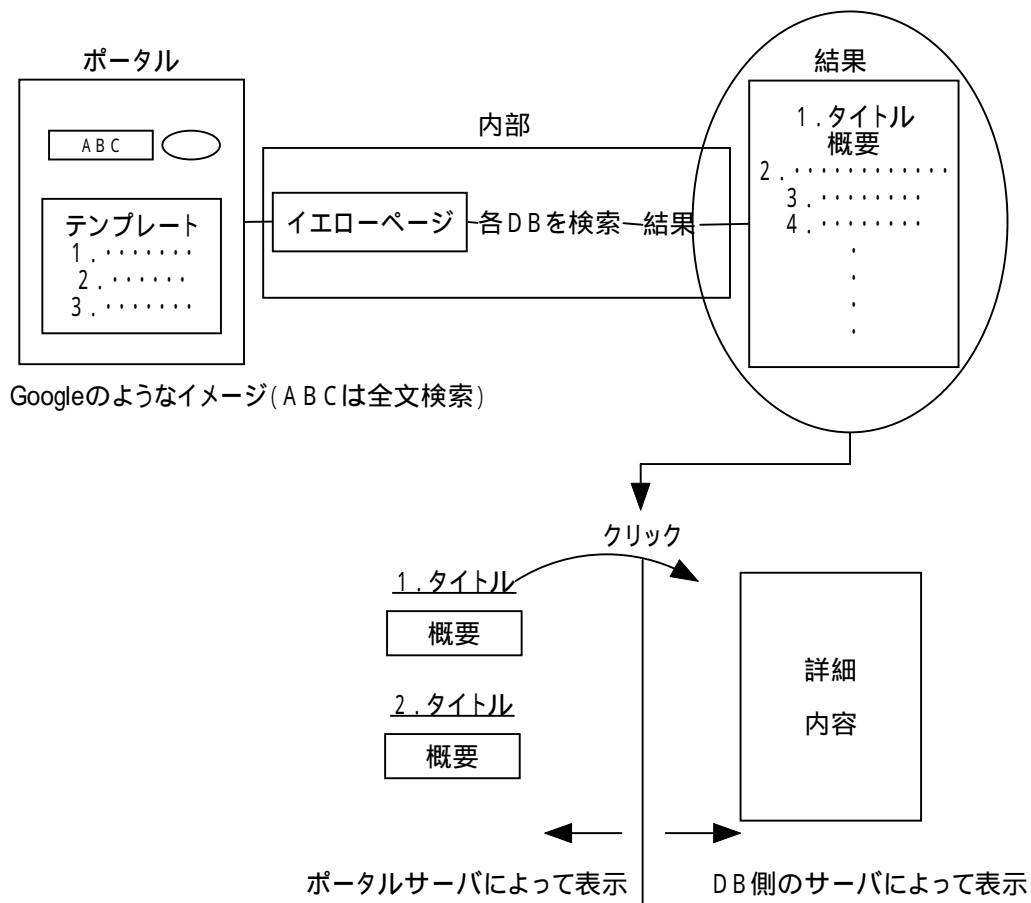


図-40 ポータルから検索結果表示までの流れ

## (2) 検索テンプレート作成機能

テンプレート作成のフローチャートを図-41 に示す .以下に、検索テンプレート作成機手順を示す。

- 作成手順は ,ポータル画面 作成情報入力 検索条件選択 表示条件選択 確認画面
- 始めにポータル画面の作成ページへのリンクから ,作成情報画面へ .
- 作成情報画面では ,テンプレート名 ,作成者名 ,検索種別 (工事 ,設計 ,計画など) ,検索内容を入力する .また ,同時に作成日時などを取得する .
- 検索条件選択では ,どのデータから検索したいのか ,検索対象を選択する .検索条件の横にあるチェックボックスによって選択する .
- 表示条件選択では ,検索した結果に対して ,どの情報を表示するかを選択する .選択方法は ,検索条件選択と同じ .
- 確認画面で ,作成したテンプレートの確認を行う .確認後 ,テンプレートがファイルとして出力され ,サーバに保存される .同時に ,作成情報がデータベースに保存される .

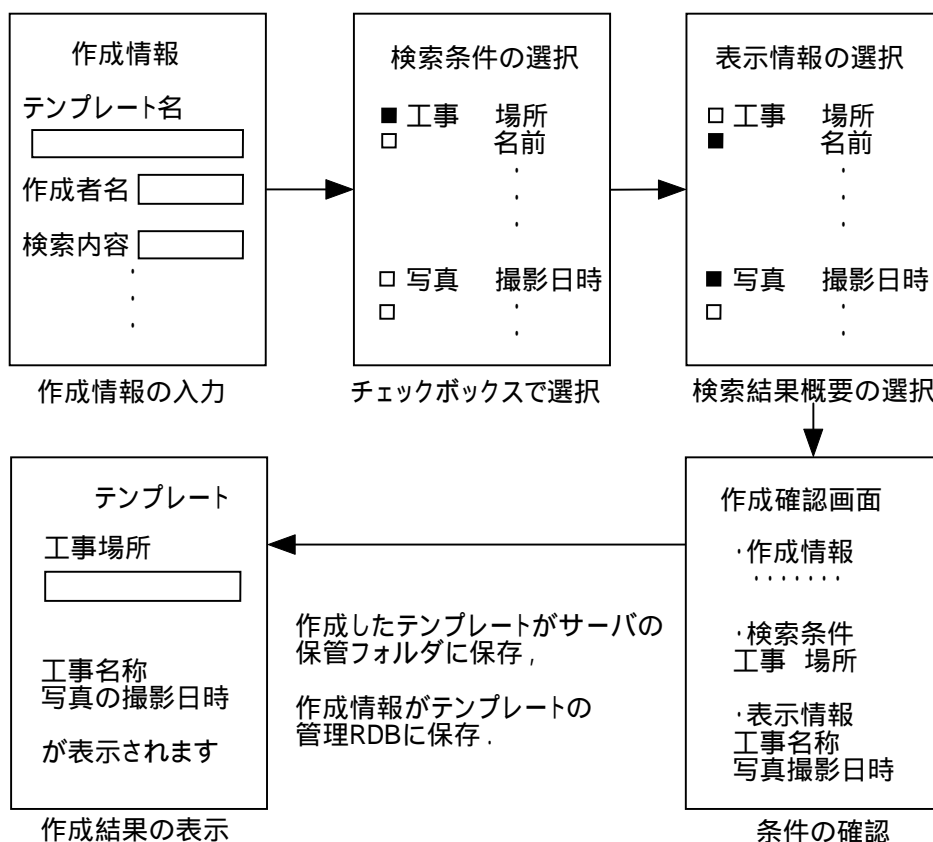


図-41 検索用テンプレート作成の流れ

### (3) 要素の抽出

本研究の検索対象である電子納品データは、図面情報や写真情報を XML (eXtensible Markup Language) ファイルにより管理している。XML とは、データの交換、再利用を目的とした汎用的なデータ記述言語である。XML ファイルは、階層構造で表現された要素(タグ)で構成されており、要素内に管理データが収められている。作成するテンプレートの検索条件が、検索したい内容の要素と一致させることで、ピンポイントに情報を入手できる。

しかし、要素は階層構造で記述されているため、その位置付けを把握しなければ検索条件とすることができない。そこで必要となるのが、要素の抽出である。それぞれの業務管理ファイルを構成する DTD (Document Type Definition: XML の構造を定義したもの) ファイルより、すべての要素の位置付けを抽出し、タグの対応表を作成した。この対応表を参照し、検索条件を決定する。また、対応表から参照して用いることで、今後 DTD の変化があった場合でも、システム全体を変化させることなく対応することができる。

## 11. 結論

国土交通省が中心になって進めている電子納品データベースシステムの運用にあたり、蓄積された電子納品データをどのように再利用するか、また再利用の標準をどのように定めていくかという課題に対して、本研究では、その課題解決のための Web アプリケーションを試作した。

試作したシステムは Web 上で操作が可能のため、このシステムさえあれば、必要とする情報を Web で共有し、データ管理を行うことが出来る。また、データの管理構造を XML で出力できるため、どのように再利用データベースが作成されているかを把握することもできる。今後このようなアプリケーションを用いて、電子納品データの再利用標準が確立されていくことが期待される。

本研究では国土交通省が中心になって行っている、工事完成図書を電子納品データとして納品する電子納品データベースシステムの運用にあたり、蓄積されていく電子納品データをどのように有効利用するか、また、有効利用の標準をどのように定めていくかという課題に対して、その課題解決のためのシステム構築を提案した。電子納品データの使用状況を履歴として残し、各工事における電子納品データの使用法、ユーザサイドのノウハウを蓄積していくことができるシステムを提案した。電子納品データベースから取り出されたデータがどのように利用されていくかを知識として残すことは、二次・三次的に利用する利用者にとってどのような電子データがどのように利用されてきたかを参考にすることができる。このことは業務効率の向上及び、電子納品データの再利用の支援につながる。本システムはユーザと共に成長していくシステムである。過去の電子データの利用方法が次の利用者の例となるような管理方法が確立されることで、様々な利用方法の中から多くの電子データ利用者に支持される利用方法が確立される。このことから多くの支持を得た電子データ利用方法に利用方法が収束していくことで、後に電子納品データ再利用案のひとつとなることが期待できる。

さらに、分散管理された電子納品データを対象として、検索用テンプレート及びその作成支援を含む電子納品データ高度検索支援システムを設計した。本システムは分散して管理された電子納品データを、おのおの独立データベースにあるいは連携したデータベースとして扱っている高度検索システムである。時々刻々と蓄積され続けている建設情報である電子納品データの活用を始めるためには、経験的技術者の検索実行のための経験知を検索テンプレートとして蓄積してゆくことは、データベース検索機能を向上させるために有効である。



## 参考文献

- 1) Kevin Dick, XML A Manager's Guide Second Edition, Addison-Wesley, 2003.
- 2) 矢吹信喜, 植田国彦, 小谷隼: 設備診断を目的とした Web サービスによる遠隔音響情報データベースの構築, 土木情報利用技術論文集, Vol.12, I-28, pp.257-264, 2003.10.
- 3) 蒔苗耕司, 伊東俊明: 道路建設管理システムインターフェイスへの Web3D の応用, 土木情報システム論文集, Vol.10, I-14, pp.121-128, 2001.10.
- 4) 浪川良春, 老 和久: WEB 統合型データ管理 GIS, 第 25 回土木情報システムシンポジウム講演集, I-27, pp.103-106, 2000.10.
- 5) 藤橋政範, 横山勲治, 佐原明弘, 村上大輔, 窪田諭: 建設 CALS/EC に対応した地質ボーリングデータの WebGIS 版管理システムの開発, 第 26 回土木情報システムシンポジウム講演集, I-7, pp.25-28, 2001.10.
- 6) 矢吹信喜, 伊東大輔: 3 次元プロダクトモデルと電子タグによる水圧鉄管の点検情報システム, 土木情報システム論文集, Vol.10, I-13, pp.113-120, 2001.10.
- 7) 矢吹信喜, 志谷倫章, 宮島良将, 岸徳光: 統合化された鋼構造接合部の設計システムに関する研究, 土木情報システム論文集, Vol.10, I-20, pp.175-184, 2001.10.
- 8) 矢吹信喜, 小谷隼, 小室雅人, ヒュンジュン・キム: マルチエージェントとプロダクトモデルを用いた 3 次元 CAD 環境, 第 27 回土木情報システムシンポジウム論文集, I-1, pp.1-8, 2002.10.
- 9) 矢吹信喜, 古川将也, 加藤佳孝, 横田勉, 小西哲史: プロダクトモデルによる PC 中空床版橋の設計照査と概略積算の統合化, 2001 年度土木情報システム論文集, Vol.10/ I-24, pp.213-220, 2001.10.
- 10) 矢吹信喜, 志谷倫章: IFC に基づいた PC 中空床版橋の 3 次元プロダクトモデルの開発, 第 27 回土木情報システムシンポジウム論文集, I-5, pp.35-44, 2002.10.
- 11) 山中俊幸, 井上直洋, 八幡泰史: 建設 CALS/EC に対応した情報共有システムの開発, 第 25 回土木情報システムシンポジウム講演集, I-26, pp.99-102, 2000.10.
- 12) 石倉正英, 山本隆彦, 大岩忠男, 畑久仁明: XML のイントラネット土木技術情報データベースへの適用, 第 25 回土木情報システムシンポジウム講演集, I-13, pp.49-52, 2000.10.
- 13) Ferhat Akau and Dan M.Frangopol: Computational Platform For Predicting Life time System Reliability Profiles for Different structure Types in a Network, ASCE Journal of computing in Civil Engineering: vol13, no2. PP.33-42, 2004.4
- 14) Tarek sayed;Arash Tavakolie;and Abdolmehdi Razui: Computing of Adaptive Network Based Fuzzy Inference Systems and B - spline Neuro - Fuzzy mode Choice Models, ASCE Journal of computing in Civil Engineering: vol11, no3. PP.47-56, 2003, 4
- 15) 国土交通省: CALS/EC 電子納品保管管理システム, <http://www.cecnet.co.jp/cals/psfthokn.htm>, 2001.1

- 16) LCDM フォーラム設立準備会：LCDM フォーラム設立について，2005.1.17
- 17) 国土交通省：デジタル写真管理情報基準(案)，  
<http://www.nilim.go.jp/japanese/denshi/calsec/rule/photo2.pdf>，2002.7.
- 18) 国土交通省：土木設計業務等の電子納品要領(案)，  
<http://www.nilim.go.jp/japanese/denshi/calsec/rule/design.pdf>，2001.8.
- 19) 国土交通省：工事完成図書の電子納品要領(案)，  
<http://www.nilim.go.jp/japanese/denshi/calsec/rule/const.pdf>，2001.8.
- 20) 国土交通省：C A D 製図基準(案)，  
<http://www.nilim.go.jp/japanese/denshi/calsec/rule/cad2.pdf>，2002.7.
- 21) 国土交通省：測量成果電子納品要領(案)，  
<http://www.nilim.go.jp/japanese/denshi/calsec/rule/survey.pdf>，2002.7.
- 22) Object Modeling Group：<http://www.omg.org/>，1997.1.
- 23) 西田豊明、木下哲男、北村泰彦、間瀬健二：エージェント工学、オーム社、2002 年