

XMLによる分散データベースの構築と 統合利用に関する試み

山本 嘉一郎・伊藤 勝久

1 まえがき

1990年代に入ってコンピュータネットワークは「インターネット」として世界的規模へと拡大し、その後半以降、急速に普及・発展した。インターネットの急速な普及により、電子メールを使った新たなコミュニケーション環境やWebに代表される情報発信・収集環境をはじめとして、さまざまな形で情報通信環境に大きな変化が起こっている。今や、インターネットは重要な社会的基盤（インフラ）となっており、多くの情報活動がインターネットを基盤として進められている。

これにともない、情報処理システムとそのサービスも、インターネットやコンピュータネットワークを基礎に考えられるようになってきている。それまでの情報処理システムは個々のコンピュータの上で、あるいは特定のコンピュータを中心として構築され、その上で情報サービスや情報処理が行われてきた。今ではこれが大きく変わり、ネットワーク上に散在するコンピュータやこれらのコンピュータがもつ情報を利用し、コンピュータ間で自由に情報交換を行うという形に大きく変化してきている。このようにネット上に広く散在する情報資源（ハード・ソフト）を利用する考えは、「Webサービス」（日本ユニテック, 2002）に代表される。これらは「ネット時代の情報処理システム」として位置づけることができよう。

一方、情報提供法として中心的な役割を果たしているのはデータベースシステムである。データベースシステムにおいても同様の流れが見られる。従来のデータベースではいわゆる集中型が中心で、利用者は何らかの手段で特定のデータベースセンターにアクセスしてこれを利用してきた。インターネットが普及を始めても、当初はそのアクセス手段（オンライン利用を可能にする手段）としてのみインターネットが利用され、従来の利用形態と本質的には同じであった。この形態では、利用者はまず必要情報が存在するセンターを調べてから情報検索に入ることになる。これを、1つのサービスセンターにアクセスすればネット上に存在するあらゆるデータベースに対して検索が行われるようにできれば、その利便性や情報発見率は飛躍的に向上する。この中でまず必要となるのが、分散する複数のサイト上で提供されるデータベースに対して、1つのWebサイトやクライアントから自動的にアクセスできる、いわゆる「統合利用」の技術である。

「統合利用」についてはいくつかの研究・開発が行われているが、ほとんどは特定の情報を対象にしたものや、特定の環境での解決法である。その代表的なものとしてはYahoo (<http://www.yahoo.co.jp>) やGoogle (<http://www.google.co.jp>) のWeb検索サイトがある。これらでは一般に、インターネット上のWebサイトからあらかじめ定期的に検索情報を収集し、検索に備えるという方法が取られている。また、ReaD（研究開発支援総合ディレクトリ：<http://read.go.jp/>）では、目録・文献データベースについて、あらかじめ用意した5つの機関が提供するデータベースの検索が一元的に行えるサービスを提供している。これらは「ポータルサイト」的なものである。このほか、同様の分散データベースとその効果的利用法（統合利用）が種々実施されている。堀内他（2001）、高田他（2001）、李他（2002）などがあり、ネット環境を意識した効果的なデータベース等へのアクセス方法が研究されている。ただこれらはいずれも前述のように、特定の情報を対象に、分散するデータベースを一元的に検索するシステムやメタデータベースの開発・構築を主な目的としたものである。

しかし、だれでもが容易に「統合利用」の仕組みを実現できるような方法については、研究・開発の例は少なく、多くは上記のように、特定のサービスを目的として専用的に開発・研究されているものである。しかし、分散データベースによるデータベース構築とその統合利用は、たとえば研究者やそのグループレベルでも有用性はきわめて高いと考えられる。そこで本研究では、このようなネット上に分散するデータベースを事実上1つのデータベースとして検索できる、簡易な方法を検討した。本論では、今回検討した方法について、ケーススタディーとして仮想的に構築した分散データベースを使用し、その実用性について評価を行った。以下、その方法と結果について述べる。

2 分散データベースの統合利用

ネット（インターネット）上に分散するデータベースは図2.1のようなイメージで捉えることができる。ここで、すべての情報を1つのセンターに集中して存在させる必要がなければ、さまざまなメリットが生じる。とくに情報発生点が広く散在するような場合のデータベース構築、あるいは同様のサービスが各所で行われている場合の統合利用などに有効である。

本研究では、図2.1の「Webサイト」に利用者パソコンからアクセスすると、そこで提供される機能によって、登録されているすべてのサイトのデータベースから条件を満足する情報が検索されることをイメージしている。これにより、次のような効果が期待できる。

- ・利用者（情報を探そうとする人）は、どこに対象とするデータがあるかを
知る必要がない。
- ・利用者は、1つのWebサイト（情報サービスサイト）へアクセスするだけで、
対象となるデータベースサイトから網羅的に検索することができる。
- ・情報提供者は、情報の発生点でそれぞれがデータベースを構築/管理すれば
よく、1箇所に提供情報を収集する集中型に比べて、コストの低減やデータ
保守の迅速性などで大きなメリットがある。

ただこれを実現するには、分散するデータベースを統一的な方法で検索でき

る必要が生じる。つまり、データベース間で高い交換性が必要とされる。1つはデータ構造であり、もう1つは環境依存性のない（ハード・ソフトに依存しない）データ形式である。その解決にはXMLが有効であることが知られている（吉川, 2001）。XML形式のデータ（あるいは文書）は環境依存性がきわめて低く、原則としてどのような環境間でもデータの共有および交換が可能である。データ構造についても、XMLデータ自身をもつことが可能である。

そこで本研究では、データベースはXMLで作成するものとし、図2.1のようにネット上に散在するデータベースを対象として、統合的に検索が行われる方法を検討した。近年、ネット環境を意識して、データのXML化やXMLデータの操作ツールの開発は急速に進んでおり、データベースがXML文書として用意されることを前提とすることに無理はないものと考えられる。

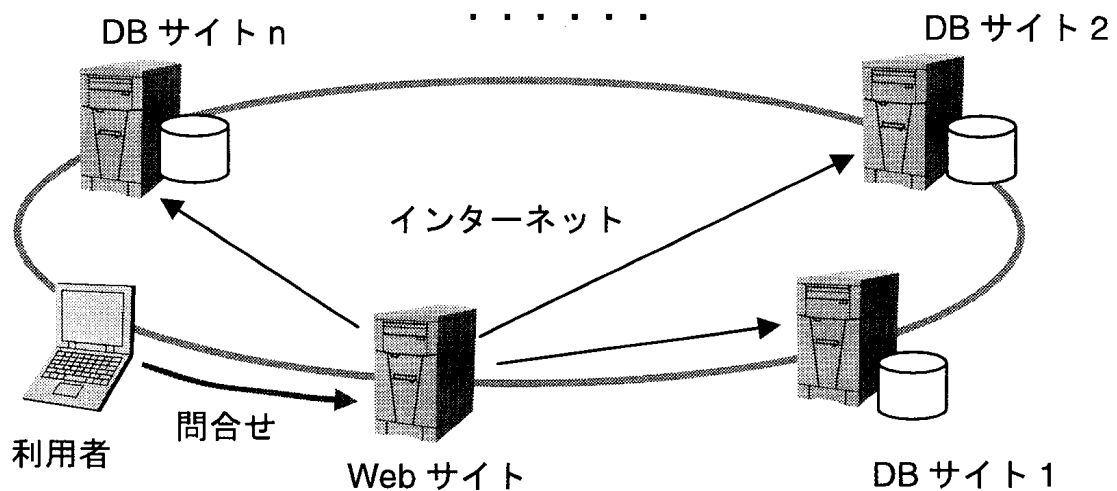


図2.1 分散データベースと統合利用のイメージ
(ネット上に分散するデータベース)

3 XMLとデータベース

XML (Extensible Markup Language) は図3.1のように、ホームページ記述言語のHTMLによく似たもので、一般にHTMLを拡張したものとされている（坂田, 2003）。HTMLでは文書の記述に「タグ」が用いられるが、この「タグ」はあらかじめ用意されたもので、文書の整形（画面上でどのように文書を見せ

るか)の役割を果たす。これに対してXMLでも同様に「タグ」が使用されるが、このタグは作成者が任意に定めることができ。「タグ」によって文書やデータの構造とその内容を記述することができる。その最も大きな特徴は、文書やデータをその構造を含めて表すところにあると理解される。したがって、XMLを使用することにより、それ自身でデータベースとして必要な情報を表すことが可能であり、XML文書そのものでかなり柔軟な構造のデータベースを表現することができる。以下、図3.1の例にしたがって、XMLによるデータベースがどのようなものであるかについて説明する。

図3.1は住所録をXML化したもので、通常のリレーショナル型のデータベースでは表3.1のようになる。このデータベースでは、「氏名」に対して、その属性として「住所」「電話番号」が用意されていると考えることができる。また全体を「住所録」としてまとめることができる。これは、このデータがもつ構

```
<?xml version="1.0" encoding="shift_JIS" ?>
<!DOCTYPE AddressBook (View Source for full doctype...)>
<AddressBook>
  <MainTitle>住所録</MainTitle>
  <Member number="A001">
    <Name>山田 太郎</Name>
    <Address>東京都世田谷区〇〇まち 1-1-1</ Address>
    <Tel>03-0001-5555</Tel>
    <Tel>090-1234-1111</ Tel>
  </Member>
  <Member number="A002">
    <Name>鈴木 一郎</Name>
    <Address>大阪市北区〇〇まち 2-1</Address>
    <Tel>06-001-3333</Tel>
    <Tel>090-2222-7777</Tel>
  </Member>
  < Member number="A003">
    .
    .
  </Member>
  .
  .
</AddressBook>
```

図3.1 XML文書の例

造で、その構造は図3.2のように表すことができる。XMLではこれを、各項目（氏名、住所など）に対して「タグ」（<AddressBook> </Addressbook>, <Name> </Name>, <Address> </Address>, <Tel> </Tel>）を用意し、図3.1のようにデータを表すことで、データの構造と内容を表現する。さらに図3.2中に

表3.1 レーショナルデータベースによる住所録データベース
図3.1に対するデータベース

会員番号	氏名	住所	電話 1	電話 2
A001	山田 太郎	東京都港区〇〇まち 1-1	03-0001-5555	090-1234-1111
A002	鈴木 一郎	大阪市北区〇〇まち 2-1	06-001-3333	090-2222-7777
...

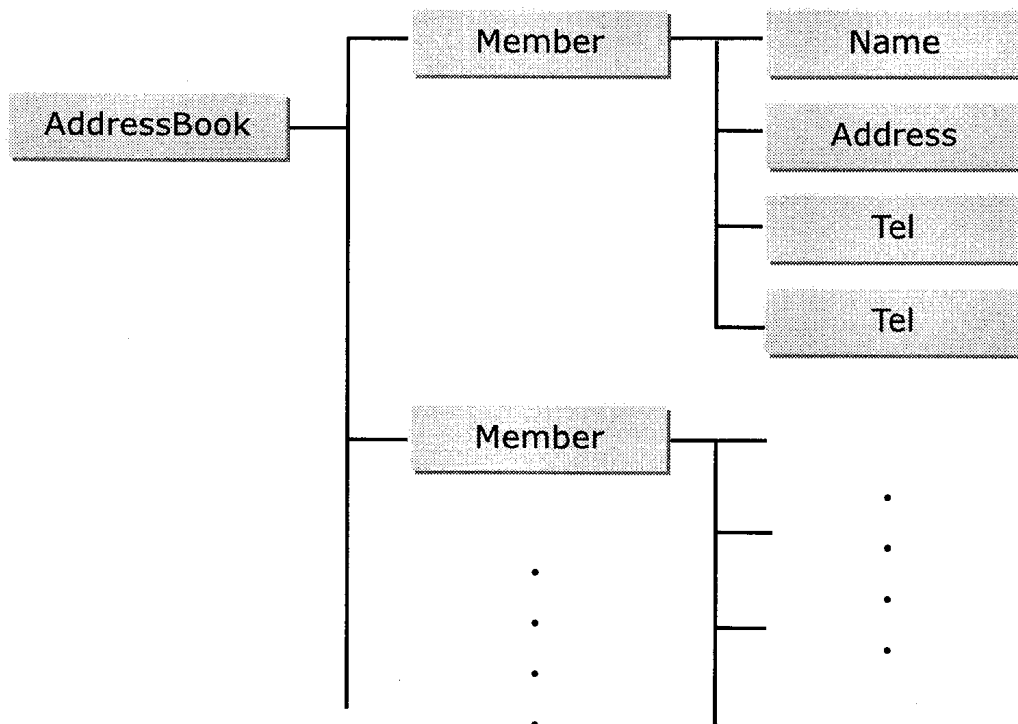


図3.2 XML文書の構造
図3.1のXML文書の場合

あるように、たとえば電話番号を複数持つ人に対しては、このタグ (<Tel></Tel>) で囲んだデータを繰り返すことによって表現できる。

4 複数サイトにあるXMLデータベースの統合検索

前2章で、分散データベースとその統合利用には、XMLデータベース (XML文書化されたデータベース) が有効であることを述べた。ここでは、XMLデータベースに対して、どのようにして分散データベースの統合利用ができるかについて考える。

4.1 XMLパーサとAPI

XMLデータ (または文書) の全体あるいは一部の表示などを行う方法にはいくつがあるが (坂田, 2002)、実用レベルの検索を可能にするには、ある程度これを自由に操作できる必要があり、XMLパーサの利用が有効と考えられる。XMLパーサはXMLデータの操作に必要な機能を提供しており、システム開発者はこれらの機能をライブラリ (部品集) のように利用する形でプログラムを開発することができる。そこで今回は、マイクロソフトが提供するXMLパーサMSXML4.0 (<http://www.microsoft.com/japan/>) を使用することとした。

XMLパーサは図4.1のように、XMLデータとプログラムの間に入るが、XMLパーサの機能をプログラムから使用するために、図の位置にAPI (Application Program Interface) が用意されている (坂田 (2002) のp. 215)。図のように、このAPIにはDOM (Document Object Model) とSAX (The Simple API for XML) がある。このうちDOMは、対象となるXMLデータ全体を一旦メモリーに読み込んで、そこにXMLデータの構造に従ったDOMツリーを構成する。検索はこのDOMツリー上で行うことができる。これに対してSAXは、一度にすべてのデータを読み込むのではなく、処理対象のデータを順次読み込んで処理をする。このため、大規模なデータではSAXの利用が向いている。しかし、DOMの方がプログラムの開発効率や処理速度の上で優れており、今回は小～中規模容量 (数千レコード、数MB) のデータベースを対象とし、APIにはDOMを採用した。

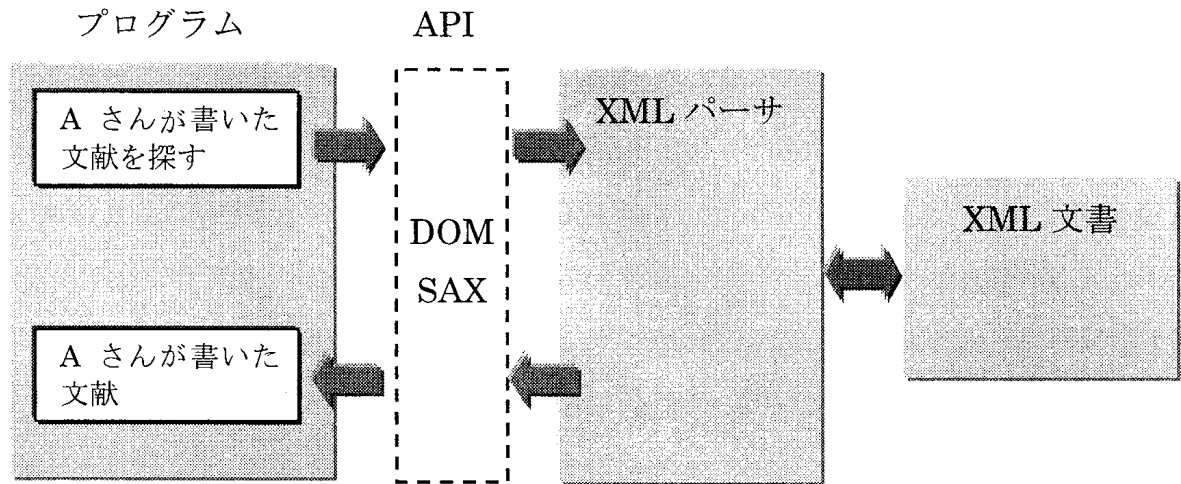


図 4.1 XMLパーサによるXML文書の操作
坂田 (2002) より

4.2 DOMによるネット上のXMLデータの検索

ネット上（サーバ上）のXMLデータをクライアントからDOMを使用して検索する場合、そのプログラムはVBScriptやJavaScriptなどで開発することができる。ここでは、後述するASP（Active Server Pages）との併用の必要性もあり、VBScriptを使用した。

VBScriptによるDOMを使用した検索の流れは図4.2のとおりである。まず対象となるXMLデータをDOM文書（DOM Document）として読み込み、クライアントのメモリー上に図4.2中央のようなDOMツリーを構成する。ここでDOMツリーは、DOM Documentのオブジェクトとしてアクセス可能となる。次に、このオブジェクトから順次、レコードを取り出し、レコードごとに検索条件を満足するかどうかをチェックする。このとき、検索条件を満足すれば、そのレコードの表示対象項目をツリーから取り出して表示し、次のレコードの取出しとチェックに進む。検索条件を満足しない場合は、そのまま次のレコードへ進む。すべてのレコードについてチェックが済むと、検索を終了する。

ここでレコードの取出しやフィールド値の取出しはすべて、DOMの当該レベルのノードにアクセスすることによって行う。このような操作がDOMの特徴の1つであり、効率よく検索ができるとともに、プログラムの作成を容易にし

ている。図4.2では、レコードの取出しはノードaへ順次アクセスする形で行われる。その各ノードへアクセスした状態で特定のフィールド、たとえばe1、をノードとしてアクセスし、その値を取り出す。取り出した値が条件を満足するかどうかを調べることにより、検索ができる。ヒット（検索条件を満足）したレコードについては、順次、表示対象のフィールドのノードへアクセスし、その値を取り出して表示する。

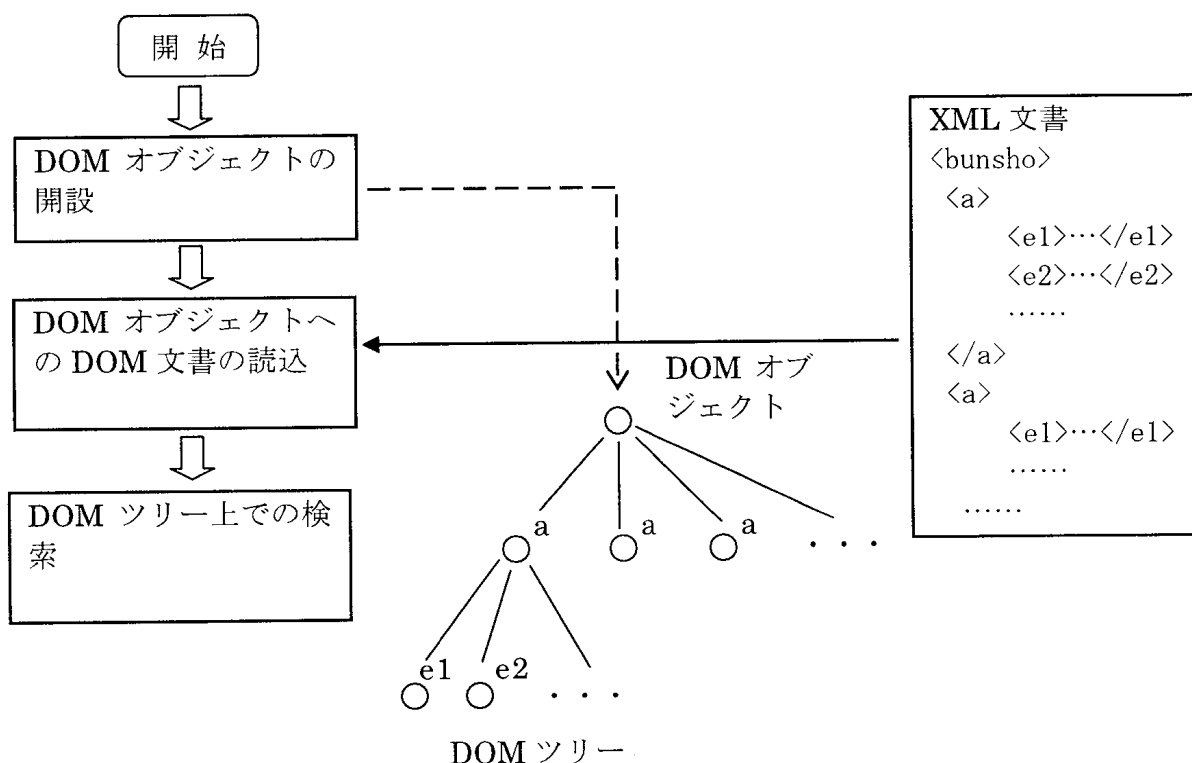


図4.2 DOM ツリーとDOMによる検索の手順

4.3 複数サイト上のXMLデータの検索

前述のようにDOMではまず、検索対象となるXMLデータを、あらかじめ用意されたDOM文書オブジェクトへ読み込む（図4.2参照）。このとき、読み込んでくるXML文書の所在は、URL（Uniform Resource Locator）で指示することができる。したがって、検索対象となるXMLデータはネット上のどこにあってもよい。その所在をURLで表わせればよい。たとえば、XMLデータが www.koka.ac.jp/xmldoc/bunken1.xml にあれば、VBScriptでは、このデータを読

み込むとき、次のように記述する。

```
xmldoc.load ("www.koka.ac.jp/xmldoc/bunken1.xml")
```

ここでxmldocはDOM文書オブジェクトへ付けた名前である。メソッドloadによりメモリー上にDOMツリーが形成され、このオブジェクト名xmldocでこれにアクセスすることができる。

したがって、複数のサイト上に検索対象のXMLデータがあるときは、上記の記述でURLを順次変えながら、各URLに対してDOMデータの読み込みと検索を繰り返せばよい。

4.4 検索サイトとプログラム

以上のように、DOMを利用することにより複数サイト上にあるXMLデータの検索が可能となる。このとき、情報検索は一般に、「データベースサイトへのアクセス」→「検索条件の入力」→「データベースサイトへの検索条件の送信」→「データベースサイトでの検索」→「クライアントへの回答」の手順で進められる。検索対象が複数サイトの場合、これを各データベースサイトに対して行うことになる。これをクライアント上ですべて行うようにすることは可能である。しかし、データベースに関する情報を持たないユーザ側ですべてをまかなうのは現実的ではない。そこで図4.3のように、クライアントから検索サービスサイト（Webサイト）にアクセスし、ブラウザ上に表示される検索画面（後出の図5.2参照）上で条件を指定することにより、すべてのデータベースサイトを対象に検索がされるようにするのが望ましい。その手順を図4.4に示す。

この図によると、まず検索条件が検索サービスサイトのサーバへ送られる。この条件（検索項目と条件値）を受けて、サーバ上に用意されたプログラムは複数サイト上のXMLデータを検索するVBScriptを作成して、クライアントのブラウザへ送る。このとき次の理由により、このVBScriptは検索指示の都度、ダイナミックに作成される必要がある。

- 1) 検索画面で入力された条件によってVBScript内の検索条件式を変える必

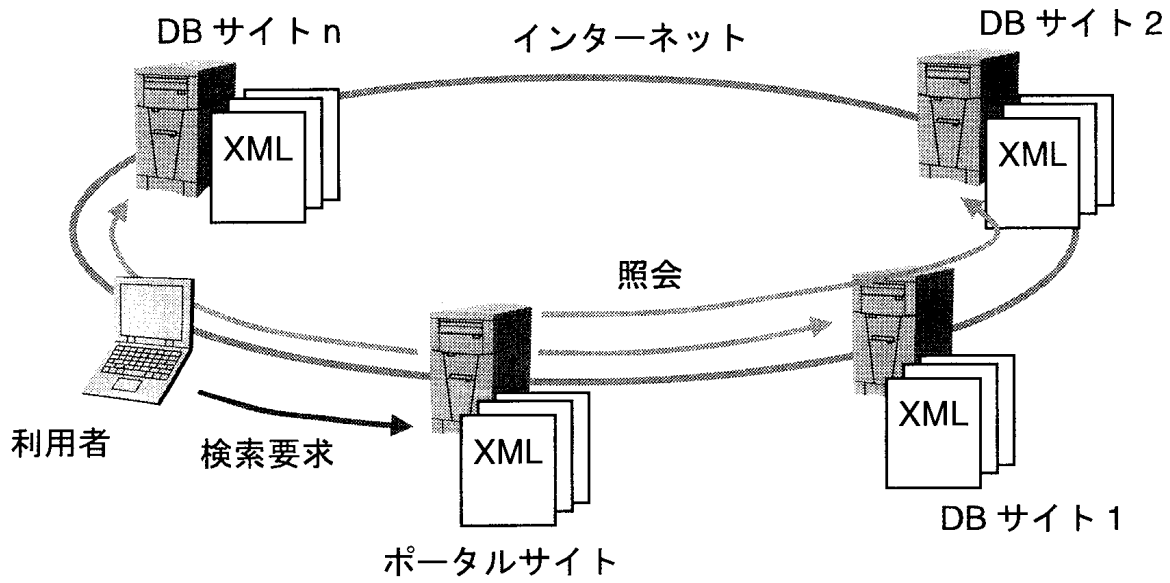


図 4.3 分散環境での XML データベース検索のイメージ
 サイトに分散する XML 文書としてのデータベースを、ポータルサイトにアクセスすることによってまとめて検索することができる。

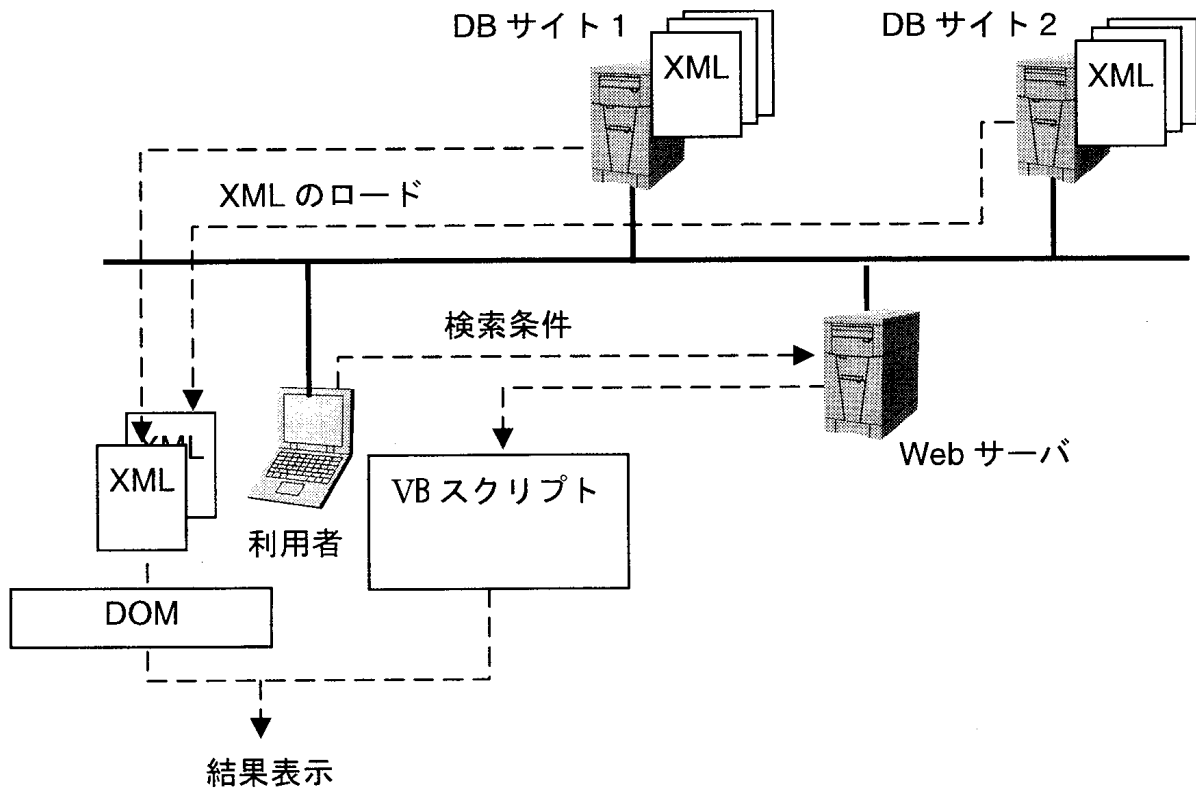


図 4.4 複数サイトにある XML 文書の検索イメージ

要がある。

2) XMLデータのURL（所在）が変わる場合がある。

今回は、この部分をASP（Active Server Pages、マイクロソフト社提供のサーバサイドスクリプト言語、山本（2000）参照）でプログラムすることにより解決した。このASPプログラムの構造は図4.5のとおりである。ASPプログラムはまず、検索条件入力ページのフォームで入力された値がWebサーバへ送信されることによってサーバ上で起動し、検索条件となる項目とその値の組合せを受け取る。またここで、XMLデータのURL（所在サイトのアドレス）を登録ファイルから読み込む。この後、すべてのURLに対して読み込まれた条件で検索を行うVBScriptを作成してブラウザへ送る。VBScriptを受け取ったクライアントは各URLに対して検索を行う。

5 ケーススタディー

前記の方法により、実際にXMLによる分散データベースを作成し、本方法に

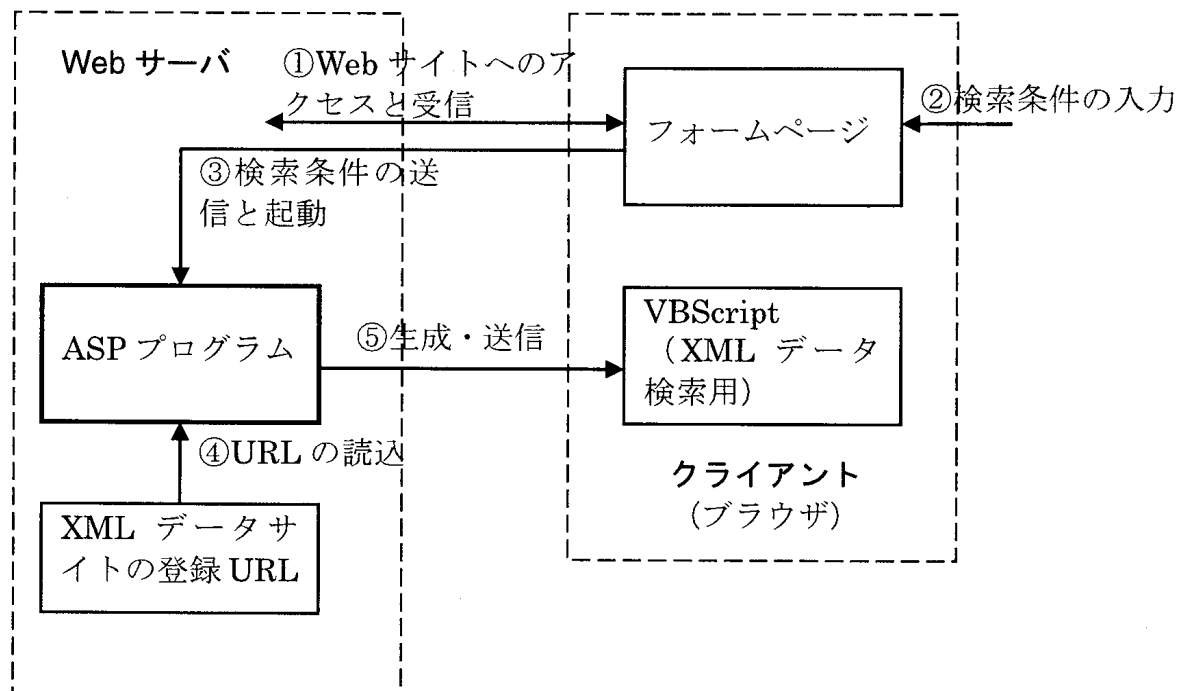


図4.5 複数サイトのDBを検索するためのASPプログラムの動作

XMLデータ検索用VBScriptのページをクライアントが受け取るまで

よる分散データベースの統合利用の可能性を確認した。また、実用上どの程度の使用が可能かを、いくつかの環境で実験し、その結果を評価した。以下、作成したデータベースとこれによる統合利用の実験結果について述べる。

5.1 データベースの概要

今回試験的に作成したXMLによるデータベースの概要は以下のとおりである。

(1) 収録資料

今回作成のデータベースでは、次のような資料を対象とした。これらは、関西サイエンスフォーラムに設置された「地震前兆情報の利活用を考える会」の活動の中で収集されたものである。同研究会における討議・検討において収集・参照してきた資料を参考に、地震の前兆とされる宏観異常に関する報告資料を可能な限り含まれるように考えて、資料の収集とデータベース化の試みが行われている（関西サイエンスフォーラム, 2004）。

収録資料は次のようなものからなり、一般の文献資料データベースととくに異なる部分としては、新聞等の記事類も対象としている点が挙げられる。

図書

論文（学術雑誌・紀要・研究所報告等）

記事（非学術雑誌、新聞、週刊誌）

その他

研究機関、団体等の案内パンフレット

(2) 収録項目

上記（1）の収録資料の種類から、収録項目は次のとおりとした。

論文・記事タイトル

著者

発行年月日

出版物名

種別（出版物種別）

出版社名

キーワード

要旨（新聞記事については、ほぼ全文）

(3) 分散データベース

分散データベースとしては、上記のデータベース（同じ内容）をネット上の3箇所に置くことによって用意した。これにより、前出の図4.3のような環境を作り出している。

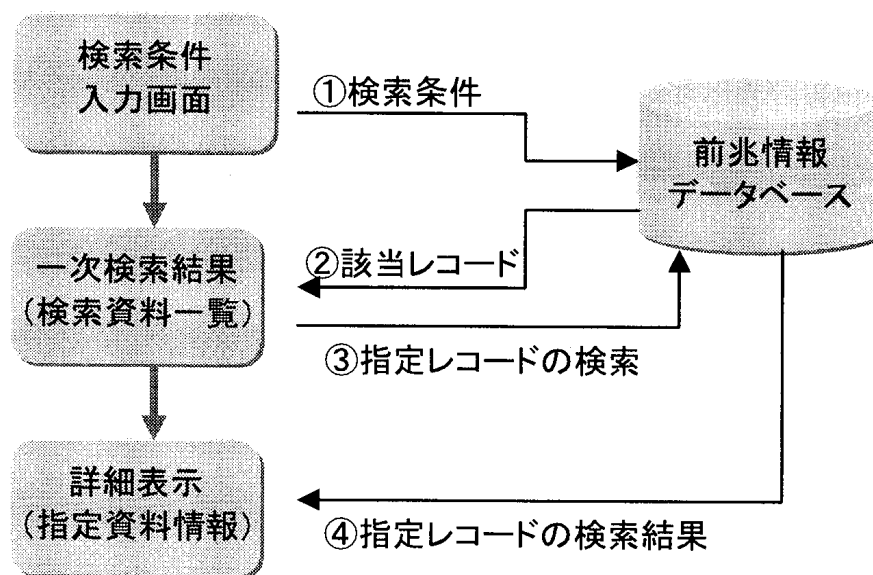


図5.1 検索の流れ

(4) 検索システム

検索の手順は図5.1のとおりで、次の手順で進められる。

- ① サービスサイトのWebページにアクセスし、ブラウザ上に表示される検索条件画面（図5.2）上で検索条件を入力する。入力後は「実行」ボタンを押す。検索条件は図5.2に示すように、次の中から3項目を選ぶことができる。
 - ・ タイトル（図書、論文、記事などの表題）
 - ・ 著者（または制作者）
 - ・ 出版年
 - ・ 種別（出版物の種別で、図書、論文等、記事（非学術雑誌）、記事（新聞、週刊誌）、その他の中から選択する。

- ・出版物名（図書名、雑誌名など）
- ・出版社名
- ・キーワード

以上のうち、「発行年」および「種別」を除いては部分一致検索で、条件として文字列を入力し、この文字列がデータベース中の当該項目の一部に含まれるものを検索する。また、条件項目間は「AND」条件となり、すべての条件を満足する資料が検索される。

② 検索結果の一覧表示

指定された条件を満足する資料の一覧が図5.3のように表示される。

③ 指定レコードの検索

一覧表示（図5.3）の中から、特定のレコードについて詳細（全項目）表示を要求する。一覧表示の中のID番号をクリックする。

④ 指定レコードの検索結果表示

詳細表示として、上記③のようにして指定された資料が、図5.4のように全項目について表示される。

(5) 検索結果

以上のように、図5.2～5.4は検索とその結果である。検索条件として、著者名に「池谷」を含み、タイトルに「地震」を含み、発行年が「2000」であることを指定している。図5.3の一覧表示に示すように、同一内容のデータベースを3箇所において検索をしているので、同じ結果が3通り得られている。以上のとおり、複数のDBサイトに対して、1つの検索サイトから1つの操作で検索が実行できる。

5.2 検索性能に関する実験とその評価

表5.1に示すようなケース1から3の3種類の環境で検索時間を測定する実験を行った。各実験ケースの環境は次のとおりである。なお、XMLデータベースとしては、いずれのケースにおいても、上記の資料データベースの複写によってレコード数を10倍にしたものを使用した。これを1つのデータベースサイト

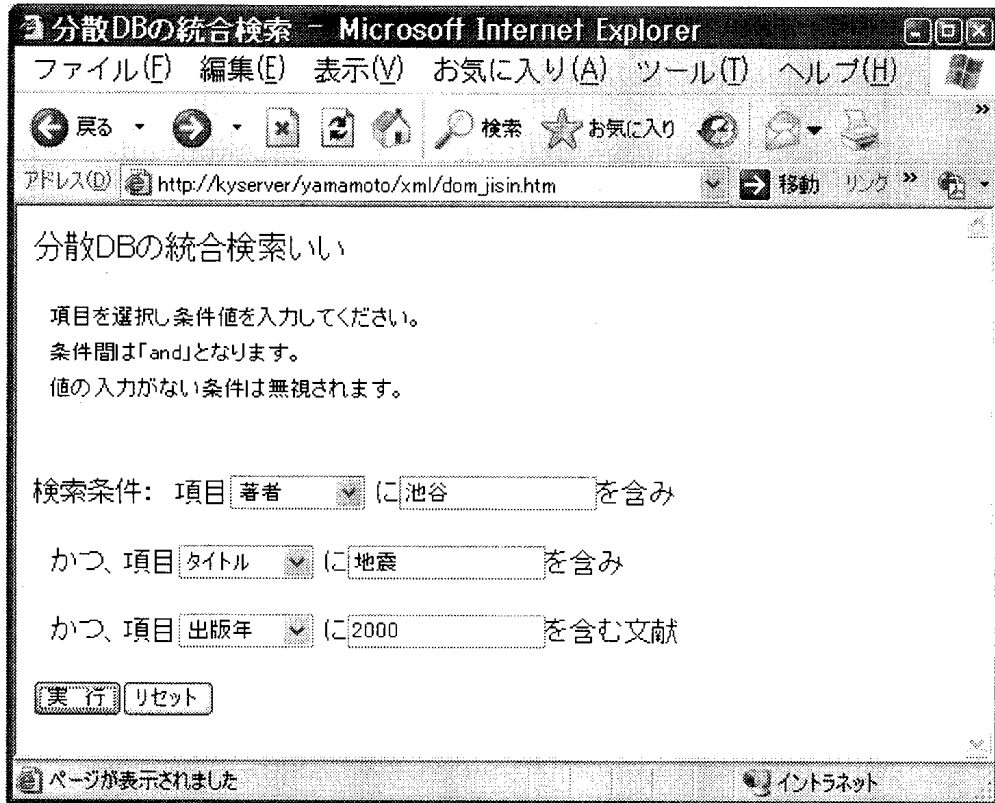


図 5.2 検索条件の入力画面

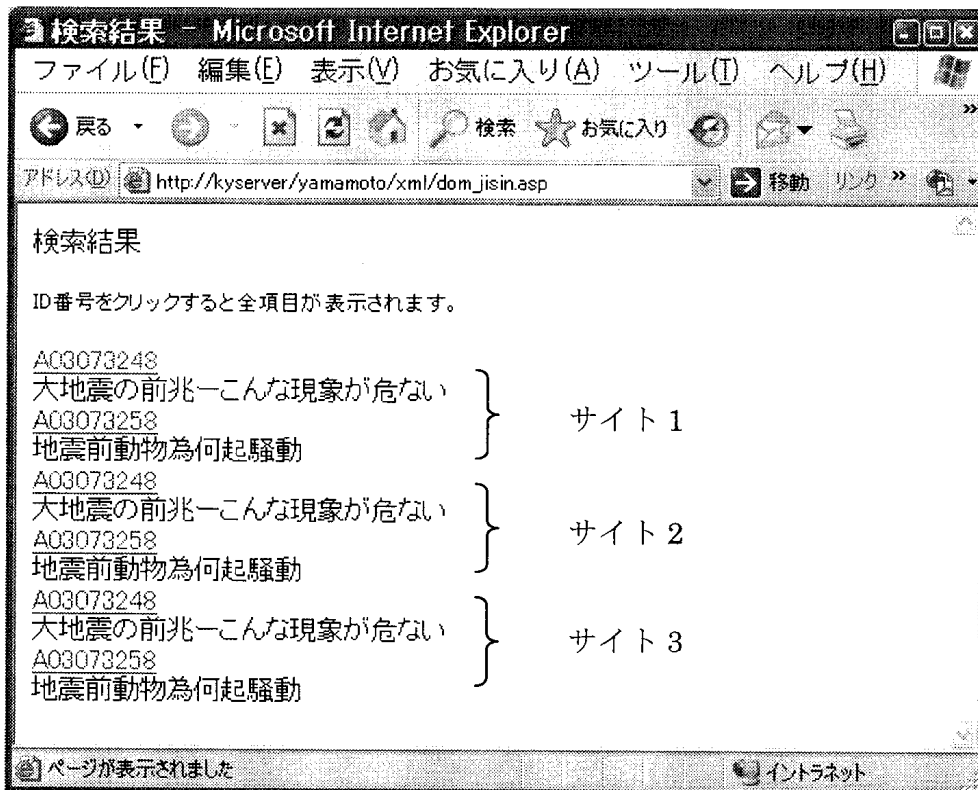


図 5.3 一時検索の結果

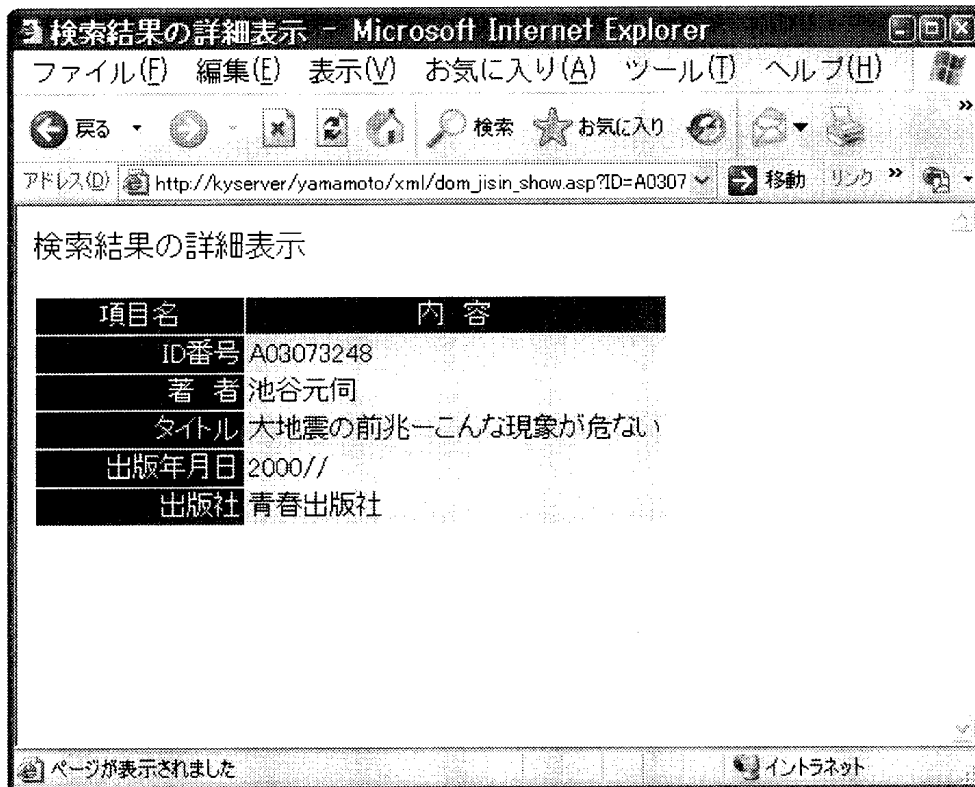


図 5.4 詳細表示

につき1つ置いている。

a) ケース1

検索を実行するPC上にWebサービスおよびデータベースが置かれている。したがってこのケースでは、データの取得にネットワークを経由しない。

b) ケース2

前出の図4.3のように、インターネット上に3箇所のXMLデータベースサイトと1箇所のWebサイトを置いた環境で、クライアントからWebサイトにアクセスして検索する。インターネットには、クライアント側ではCATVによる広帯域接続（最大20Mbpsの共用型）を、サーバ側では3Mbpsの専用型（帯域保障型）接続を使用した。このケースは、実際に使用される場合に最も一般的と考えられる環境として設定した。

c) ケース3

ケース2と同様の環境をすべてLAN上に置いたケースである。このケースではデータの送受信はインターネットを介さず、すべてLAN上で行われる。

ケース2と比較することにより、インターネットを介した場合にどの程度、所要時間が増加するかを見ることができる。

表5.1 XMLデータベース検索のパフォーマンス（所要時間）

ケース	条件	DB数	総所要時間	1DB当り所要時間
1	検索実行PC上にDB	1	4秒	4秒
2	検索実行PCとDBサーバは別 (広帯域インターネット経由)	3	18秒	6秒
3	検索実行PCとDBサーバは別 (LAN経由)	3	12秒	4秒

注) XMLデータベースのサイズ(1DB当り): 2,720レコード, 975KB

実験の結果（検索に要する時間）は表5.1のとおりである。表中の1DB（データベース）あたりの所要時間を比較すると、その違いを見ることができる。ケース1と3では、所要時間は同じであり、LAN（100Mbps）上ではネットワーク上でのデータの送受信による時間は無視できる程度である。所要時間は専ら、クライアント（検索用PC）上でのDOMによる検索に要する時間と考えられる。

ケース2では3に対して、1DBあたり2秒の所要時間増が生じている。この差は、インターネット上での送受信（主にXMLデータの読込）によるものと考えられる。しかしこの場合でも、3DBの合計で18秒であり、この程度（8,000件, 3MB）のデータの検索では十分、実用に耐えられるものと考えられる。

5 まとめ

コンピュータネットワーク（とくにインターネット）上に分散するデータベースを容易に統合利用できる方法を検討した。その結果、データはXML形式で用意し、XMLパーサを使用してAPIにDOMを利用することによって、これを実現できることが判明した。そこで、この方法によるプログラムを作成し、約3,000件（1MB）の資料抄録データベースが3箇所分散所在している場合を想定した性能テストを行った。その結果、この程度の規模のデータベースでは、本

方式による統合利用は実用的に十分な性能が得られることが確認された。研究者あるいはそのグループでの分散データベースの構築には十分適用できるものと考えられる。

ただ、今後いくつか改善すべき点が考えられる。まず、本方法ではクライアント（利用者のPC）にXMLパーサをインストールする必要がある。通常のブラウザ用プラグインに比べると利用者にやや技術的な知識を必要とするので、利用が円滑におこなわれえない可能性がある。通常のデータベースサービスのよう、すべてサーバ上で行われるようにするのが適当かもしれない。ただ、この方式は一方で、検索作業がクライアント上で行われることによってサーバの負荷を分散する効果がある。XMLパーサの機能がブラウザのプラグインのような形で用意できることが望ましいであろう。

本方式によって分散するデータベースを統合利用するには、現在のところ、各データベースが同じ書式（XML文書として同じ構造と内容）を持っている必要がある。より汎用的に利用されるには、各データベースが異なる構造や内容をもつ場合でも統合利用を可能にすることが必要となろう。また、今回の方法ではあらかじめデータベースの所在（URL）がわかっている必要がある。これらについても、XMLのさまざまな技術やWebサービス技術によって解決は可能であると思われる。

最後に、本研究を進めるにあたって、辻井 沙希、芝崎 瑠美（2003年度光華女子大学人間関係学部人間関係学科卒業）の両氏にはデータベース、プログラムの作成等で多大な助力をいただいた。ここに謝意を表します。

文献

坂田 健二（2002）：Windowsで学ぶXML, 技術評論社, 367 p..

高田 伸彦・田村 武志・大沢 一彦（2001）：XMLによるWeb上の論文検索システムの構築, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D-I, No.6, pp. 650-657.

日本ユニテック Digital Xpress 編集部（2002）：SOAP/UDP/WSDL Webサービス技術, 技術評論者, 429 p..

- 堀内 浩規・茂木 信二・小田 稔周 (2001) : XMLを用いた分散オブジェクトのアクセス方式の実装と評価, 情報処理, Vol. 42, Num. 2, pp.付録61-付録62
- 山本 嘉一郎 (2000) : WebとDBMS連携によるデータベースシステムの開発 (その2) - ASPを使用した開発とその利点 -, 情報地質, 第11巻, 第3号, pp.189-198.
- 山本 嘉一郎・伊藤 勝久 (2004) : 地震前兆現象に関する資料のデータベース化, 地震前兆情報の利活用に関する調査・研究と提言 (第2次報告書), 関西サイエンスフォーラム, pp. 79-85.
- 吉川 正俊 (2001) : Webデータベースの基盤技術としてのXML, 情報処理, 42巻, 7号, pp.638-642.
- 李 穎・石塚 英弘 (2002) : 「XMLに基づくコンピュータ処理可能な構造化デジタルオブジェクト」の概念によるWebリソースの検索システムの研究と開発, 情報知識学会誌, Vol.12, No.4, pp.53-68.