

## I-1 Web 上での耐震解析用ベンチマーク公開システムの構築

## Establishment of a cooperative database for benchmark test of structural analysis under severe earthquake motion on the web

伊藤 義人<sup>1</sup>  
Yoshito Itoh石山 隆弘<sup>2</sup>  
Takahiro Ishiyama宇佐美 勉<sup>3</sup>  
Tsutomu Usami

【抄録】非線形解析を行い妥当な解を得られるかどうかは、解析を行う人の経験知識による所が大きく、実務上の障害となっている。この障害を取り除くには解の妥当性を検証するためのベンチマークが必要である。本研究では、土木学会鋼構造委員会鋼構造物の耐震検討小委員会でまとめられた耐震解析用のベンチマークを Web 上で公開できる環境を整え、非線形解析を行う技術者と研究者を支援するデータベースを構築した。データベースでは Web 上での検索を効率よく進めるための規格 Dublin Core に従ったメタデータを扱い、データの追加・更新を継続的に進める環境を整えた。利用者にとって非常に有用な情報を公開する事ができる事を明らかにした。

【Abstract】The knowledge and experiences are necessary to obtain an appropriate result of the nonlinear analysis of structures under the severe earthquake motion. The benchmark data support to verify the validity of numerical analysis results. In this study, a new distributed collaboration database system for benchmark data of the nonlinear analysis on the Internet has been established. The system supports engineers and researchers to perform nonlinear analysis of structures. The database deals with the metadata following Dublin Core which is the standard for searching smoothly on Internet. And the functions of addition and modification of nonlinear analysis results and their metadata have also been installed onto the system. It is classified from the trial usage that the developed system is very useful for engineers and researchers.

【キーワード】耐震解析, ベンチマークデータ, メタデータ, XML, Java, データベース, Dublin Core

【Keywords】Structural analysis, Benchmark data, Metadata, XML, Java, Database, Dublin Core

## 1. 序論

## 1. 1 解析用ベンチマークの必要性和情報公開

1995 年の阪神大震災において、構造物は完全な倒壊もしくは一部損傷など、地盤の状態や構造物の強度により大小さまざまな被害を受け、構造物の機能性・安全性に関して大きな教訓となった。

それを受けて 1996 年 12 月には道路橋示方書が改訂され、さらに今後は、従来の仕様設計から、要求性能を満たす性能を構造物に保有させる性能照査型設計へと移行しつつあるのが世界的な傾向である。建築分野においては平成 5 年から平成 7 年にかけて建設省総合技術開発プロジェクト「新

1 フェロー会員 工博 教授, 附属図書館長, 名古屋大学理工学総合研究センター (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)  
2 学生会員 名古屋大学工学研究科土木工学専攻 (同上)  
3 フェロー会員 工博 教授, 名古屋大学工学研究科土木工学専攻 (同上)

「建築構造体系の開発」が実施され、性能照査型設計への基礎と課題が示された。平成10年には建築基準法が改正され、建築基準の性能の規定化への準備が整いつつある。土木分野の道路橋示方書においても性能照査型設計法への改訂作業が進められている。

このように土木・建築分野で性能照査型設計が注目を集めているが、実務にこれを適用するためにはいくつかの問題がある。極大地震時の終局状態には構造物が塑性化し変形も大きくなる事から、従来から行われてきた弾性解析や保有水平耐力法では十分ではなく、動的非線形解析を行う必要があるとされている。また、動的非線形解析では時間増分の大きさなどが、収束判定の指標となる許容誤差などに大きな影響を与え、これらの諸量が適当に設定されていないと妥当な解を得ることができない。現状では、このような諸量は解析を行う技術者や研究者が設定する必要があるため、解析を行う技術者や研究者の非線形解析に対する経験的知識に依存するところが大きい。こういった非線形解析に不慣れた技術者や研究者が解析結果の妥当性を検証するために、信頼のおける解析結果（ベンチマークテスト）の情報を公開し提供する事は非常に有意義な事である。

一方これまでに、名古屋大学では図-1、図-2に示す MDISS<sup>1)</sup>、XDISS<sup>2)</sup>などのデータベースを利用したインターネット上での情報公開の研究が行われている。XDISSでは Dublin Core<sup>6)</sup>と呼ばれるインターネット上での検索を効率良く進めるための規格を採用し、情報資源に対するメタデータを取り扱うことによって、その成果を挙げている。

### 1. 2 研究目的

本研究では非線形解析を行う技術者や研究者を支援するための耐震解析用のベンチマークを公開・提供できる環境を整える事を目的としている。ベンチマークの公開方法としては、現在印刷媒体が大半を占めているが、この欠点を補完しベンチマークの量的質的な改善を図るためインターネットを利用した公開を行う。ベンチマーク情報はデータベースで扱い、技術者や研究者の協力を得

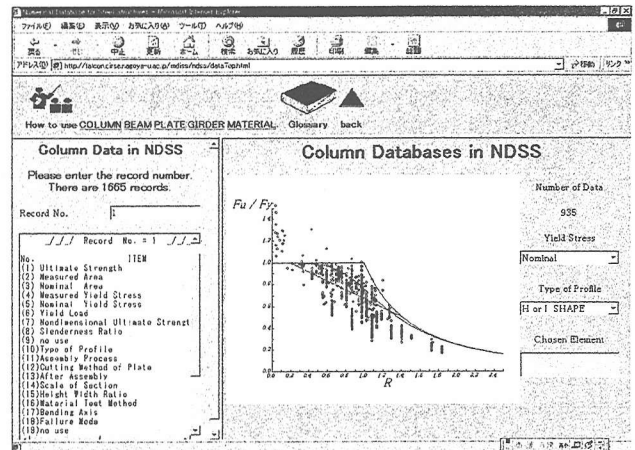


図-1 MDISSの利用例

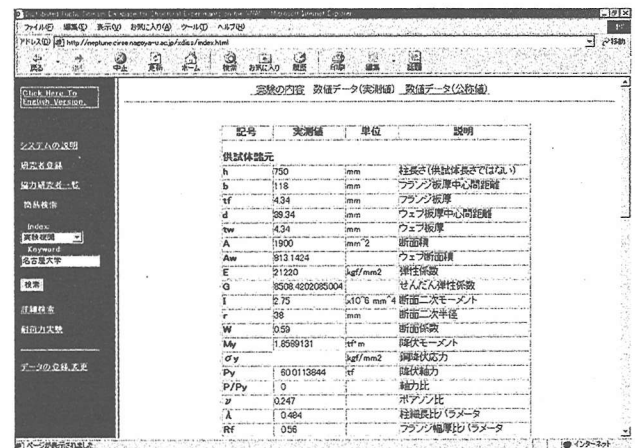


図-2 XDISSの利用例

やすくするために分散協調型のデータベースを作成する。データベースの検索用には Dublin Coreの規格に従ったメタデータを取り扱う。

今回開発するデータベースシステムにアクセスする事により、ベンチマークの閲覧から追加・修正までの情報公開に関する作業を、容易かつ効率的に行える環境の整備を目標としている。

### 2. 取り扱う解析情報

本研究では大きく分けて解析結果データとそのメタデータの二種類のデータを取り扱う。解析結果データとは解析を行った後に得られる数値結果、もしくはそれらの値から算出される  $\delta/\delta_y$  ( $\delta$ : 水平変位,  $\delta_y$ : 降伏水平変位) や  $H/H_y$  ( $H$ : 水平荷重,  $H_y$ : 降伏水平荷重) 等の数値を指し、メタデータというのはその解析データの内容を説明するデータの事を言う。メタデータは表-2に示すように、解析を行った人・解析を行った年・データのフォーマット形式等がある。

## 2. 1 対象とした解析結果データ

土木学会鋼構造委員会・鋼構造物の耐震検討小委員会（委員長 宇佐美勉 名古屋大学教授）において、その前身である鋼構造新技術小委員会 WG（平成3年4月～平成8年3月）を引きつぎ耐震照査法に関する検討がなされており、耐震設計をより高度化するために照査方法・解析ソフトとベンチマーク・実験方法・設計コンセプトについて研究調査が行われた。今回ベンチマークとして公開する解析結果は、この委員会によって作成された報告書，“鋼構造物の耐震解析用ベンチマークと耐震設計法の高度化”<sup>3)</sup>に記載されているものを主な対象とした。この報告書は現在、印刷媒体によって発行されており、内容自体は非常に良くまとまっているが、印刷媒体であるため必要な情報を探すのには手間がかかり、追加修正も不可能である。そこで、この報告書などを電子化し Web サーバ上で提供する事により、利用者にとって一層使い勝手の良いベンチマークを提供できるようにする。なお、サーバ上では、分散協調型のデータベースとして作成する。これは、今後のデータ追加や修正作業を、そのデータを作成した機関が自由に行うことを可能にするためである。

この報告書の中では表-1の解析について記述している。この報告書では4大学、6企業において様々な解析モデル・解析方法で非線形解析を行い、その結果をまとめ、精度の比較検討を行っている。

静的解析では、土木学会鋼構造新技術小委員会にて提案されたコンクリート部分充填鋼製橋脚の保有水平耐力法に基づいた耐震設計法（鋼構造新技術小委員会、1996）に用いる、複数の静的非線形解析ソフトの精度検討を行っている。対象とする構造は単柱式橋脚、逆L字型橋脚、1層ラーメン橋脚、2層ラーメン橋脚についてである。これらのモデルに対し、応力ひずみ関係に鋼構造新技術小委員会・耐震研究 WG 最終報告書（鋼構造新技術小委員会、1996）の鋼材およびコンクリートを使用し、解析ソフトを変えて解析を行っている。

鋼製橋脚の静的解析では、種々の構成則による鋼製橋脚の静的繰り返し解析を行っている。解析

表-1 対象とするベンチマークデータ

解析種類	件数
静的解析	33
鋼製橋脚の静的繰り返し解析	19
鋼製橋脚の時刻歴応答解析	106
連続高架橋の時刻歴応答解析	15

モデルは T 型鋼製橋脚と逆 L 字型鋼製橋脚について、それぞれ補剛箱形断面とパイプ断面を対象とし、構成則を修正 2 曲面モデル、3 曲面モデル、移動硬化則、等方硬化則と変えている。

鋼製橋脚の時刻歴応答解析では、T 形橋脚のパイプ断面と箱形断面、逆 L 形鋼製橋脚の面内方向および面外方向について解析方法を変えて解析を行い、最大荷重と最大応答変位および残留変位の比較検討を行っている。また、免震支承として鉛プラグ入り積層ゴム支承を有する橋脚についても同様に比較検討を行っている。入力地震動は HKB(T-R)地震動、HKB(T-R)地震動を 1.5 倍した地震動、JMA(N-S)地震動、JR-Takatori(N-S)地震動である。

連続高架橋の時刻歴応答解析の解析モデルとして 4 本の橋脚を有する 3 径間連続高架橋においては、鋼製の可動及び固定支承を持つ場合、水平反力分散支承を持つ場合、免震支承として鉛プラグ入り積層ゴム支承を持つ場合の 3 種類の解析である。それぞれについて、硬化則が移動硬化則、2 曲面モデルの場合について、解析ソフトを変えて解析を行っている。

## 2. 2 解析メタデータと Dublin Core

現在インターネット上には個人・企業の Web ページを代表とする様々なタイプの情報資源が存在する。環境さえ整えば誰でも自由に情報公開を行え、すべてのインターネット利用者と情報資源を共有できる。また、公開内容の変更・追加等が容易であるのはインターネットの優位点である。しかし、情報資源のほとんどが管理者または作成者の自由意志によって作成されたものであり、書式・言語等もそれぞれ異なるため、それら膨大な量の情報資源の中から特定の情報を引き出したい時には、検索エンジンを利用してキーワードに合

致する情報が返されても、その中に必要とした情報資源が無く、結局は必要な情報を得られないといったこともある。こういった問題を解決するために提案されているのが Dublin Core<sup>6)</sup> である。

Dublin Core は正式名称を Dublin Core Metadata Element Set と言い、1995 年アメリカオハイオ州のダブリン(Dublin)で開かれたワークショップで提案された。インターネット上での情報資源に対し、情報資源そのものではなく情報資源のメタデータを扱う事により検索を効率よく行おうとするものである。検索を行う際に情報資源のメタデータを扱うとしても、そのメタデータの記述方法が統一されていなければ検索の効率は決して良くはならない。そこで、Dublin Core では 15 の基本的なメタデータの記述項目を定めている。

Dublin Core は元来博物学の分野で用いられていた規格である。しかし、15 項目のうち不必要な項目もしくは該当する情報が無い項目は空白にしておける事や、検索効率上昇の妨げにならない範囲で独自の項目を拡張できるため様々な分野の情報資源に適用可能である<sup>7), 8)</sup>。今回、耐震解析の分野に適用したデータエレメントを表-2 に示す。(1)~(15)が Dublin Core で定められている基本項目であり、(16)はベンチマークデータファイルのデータタイプと所在(URL)を扱うために新たに設

けた項目である。その他、今回取り扱う情報資源の特徴を踏まえ“(8)資源タイプ”は解析ベンチマークに固定し“(14)対象範囲”は該当する要素が無いためすべて空白とした。

メタデータの記述に用いる言語については、Dublin Core としての取り決めは行われていないが、基本的に Dublin Core の記述は RDF(Resource Description Framework)に基づくことになっている。RDF とは W3C<sup>5)</sup> が定義を進めている WWW 文書のためのメタデータ記述方式である。現在、RDF では記述言語はインターネットに対応したデータ定義言語 XML を用いるとしている。XML については 4. で後述する。Dublin Core については 2001 年 1 月までに 8 回の Workshop が行われており、最新の情報は Dublin Core の Web ページで入手する事ができる。

### 3. システム設計

#### 3. 1 分散協調型データベース

インターネットを介してデータベースを用いた情報公開を行う事を考えたとき、その方法は大きく分けて 2 つある。1 つはインターネット上のデータベースサーバにすべての情報を集める集中管理型のデータベースを構築する方法であり、もう 1 つはインターネット上の任意のサーバに情報

表-2 Dublin Coreの15要素適用例と追加した要素

要素名	ラベル名	解析情報に適用	実際の記述例
(1)タイトル	Title	解析のタイトル	鋼製橋脚の時刻歴応答解析
(2)著作者・作者	Creator	解析を行った機関	名古屋大学
(3)主題・キーワード	Subject	解析モデル	T型橋脚
(4)内容記述	Description	解析方法	SDOFモデルによる解析
(5)公開者	Publisher	公開者	名古屋大学伊藤研究室
(6)寄与者	Contributor	寄与者	名古屋大学
(7)日付	Date	解析を行った年	2000
(8)資源タイプ	Type	解析ベンチマーク (固定)	解析ベンチマーク
(9)形式	Format	ファイル形式 (拡張子)	xml.jpg
(10)資源識別子	Identifier	登録整理番号	1
(11)情報源	Source	メタデータの出所	名古屋大学
(12)言語	Language	メタデータを記述している言語	Japanese
(13)関係	Relation	引用した文献	土木学会鋼構造委員会： 鋼構造物の耐震解析用ベンチ マークと耐震設計法の高度化
(14)対象範囲	Coverage	表記なし	
(15)権利管理	Rights	著作権記述の所在(URL)	http://www.nagoya-u.ac.jp
(16)データ	Data	データタイプと所在(URL)	解析数値結果, http://www.nagoya-u.ac.jp

資源を設置し、そのメタデータのみをデータベースサーバで管理する分散協調型のデータベースである。分散協調型のデータベースを構築する際には以下のような長所があげられる。

- 1) 閲覧者はデータベースサーバに接続しメタデータを参照する事によって、情報資源は分散していても、登録されている情報資源をあたかも一カ所にあるように統一的に扱う事ができる。
- 2) 情報資源の公開範囲を公開者の意志で自由に設定することが可能であり、著作権の管理をデータベース管理者が行う必要がなくなり、そこから発生する問題を回避できる。
- 3) 情報資源に対するメタデータのみを扱うため、データベースサーバの負荷が軽減される。
- 4) データベースサーバ、もしくは情報資源を設置しているサーバでトラブルが発生しても被害は一部ですむ。
- 5) 情報の追加は基本的に公開者側で行われるため、管理者の負担が軽減される。

また、短所として以下のものが挙げられる。

- 1) メタデータが適当に登録されないと検索が効率よく進まない。
- 2) ネットワークを介した処理が主になるため、セキュリティの関係上、情報資源に対して複雑な処理を行う事ができない。

集中型と分散協調型は、それぞれ一長一短があり、データベースの用途により、ふさわしいデータベースの形式を選ぶと良い。例えばインターネットを利用した商品販売では、データベースを利用する人は販売店と購入者に限られてくる。この事例で分散協調型のデータベースを構築してもその特徴を活かす事はできず、集中管理型のデータベースで十分なパフォーマンスを達成できる。顧客が集中した際のサーバ負荷なども数年前までは問題事項であったが、近年ハードウェアの性能は著しく向上しており、この問題に関しては既に考慮する必要性も薄れつつある。

一方、本研究のシステムのように、情報提供者と情報利用者が共に複数の場合は、分散協調型のデータベースの特徴を活かせることも多い。

### 3. 2 システムの概要

本研究では耐震解析用ベンチマークを公開する事を目的としている。このような情報資源は多くの研究者・研究機関や技術者の協力が無くては実用に活かせるものを提供することはできない。また、研究者が情報公開を考えた時に、その手間からデータベースを作成することへの敬遠傾向があるため、データ整理・収集等を特定の研究グループもしくは研究機関が独立に作業している事が多く、グループ内や機関内での使用にとどまっているデータベースも多い。このような現状を踏まえて、研究者・技術者の協力を得やすく外部に開かれた分散協調型のデータベースを構築する事により解析用ベンチマークを公開・提供することにした。

今回、主に扱うのは解析結果の数値とそこから生成される複数のグラフ、解析モデルの解説ファイルとする。解析結果の数値データは図-3に示すようにインターネット上の任意のサーバに設置し、それらの解析結果に対する Dublin Core<sup>6)</sup>に基づいた解析メタデータをデータベースサーバで取り扱う。ベンチマーク閲覧者はデータベースサーバに接続する事により登録されている解析結果ファイルの内容を閲覧する事ができる。今回データベースサーバで取り扱うメタデータの記述には RDF に従い XML を用いる事とする。

分散環境に設置する解析数値結果のファイルは CSV(Comma Separated Value)形式で用意する事とする。CSV ファイルは図-4に示すようにコンマで区切られたテキストベースのファイルであるため、表計算ソフトなどに非依存であることや、空白が少ない等、単調な数値を扱うデータフォーマットとして優れているためである。また、今回のシステムにはこのファイルからグラフを描画する機能を持たせるため、プログラムでの処理のしやすさも考慮し CSV 形式をとることにした。ここで、CSV ファイルを用いてのグラフ描画プログラムの動作原理を図-5に示す。閲覧者から、ある CSV ファイルのグラフを閲覧したいというリクエストをサーバが受けると、サーバに組み込んだプログラムが閲覧者から指定された CSV ファイル(解析数値結果ファイル)を読みに行く。

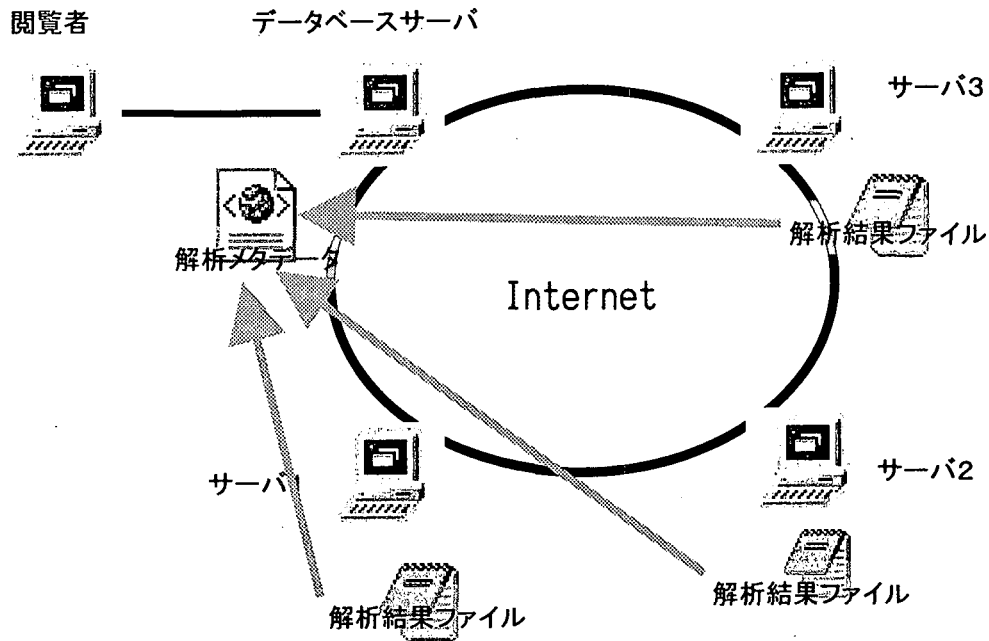


図-3 分散環境の構築例

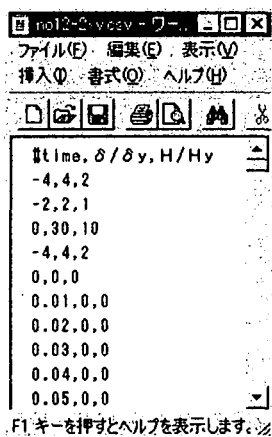


図-4 csvファイル記述例

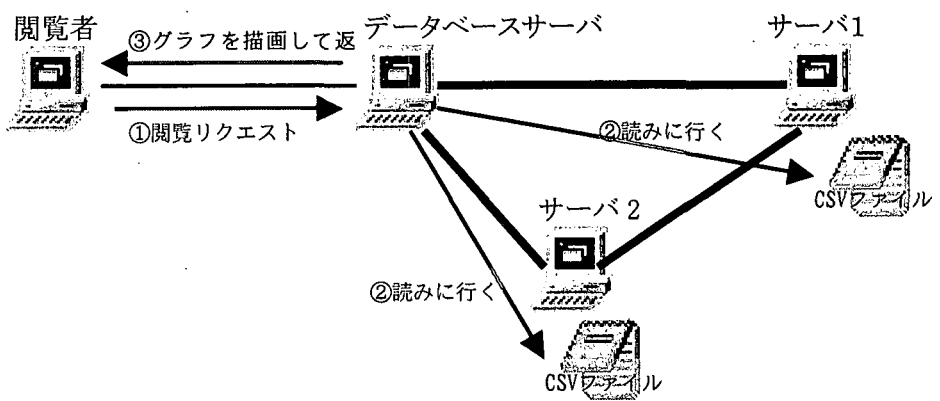


図-5 グラフ描画の仕組み

サーバ側でそれらの数値からグラフを描き、閲覧者に返す仕組みである。このような手法をとる事により、あらかじめグラフの画像ファイルを用意する必要がない。今後も継続的にデータを追加していく事を考えれば、データ準備に要する負担を軽くし、研究者や技術者の自発的な協力を促す効果があると考えられる。

#### 4. システムの実装

##### 4.1 XMLデータを格納するデータベース

本研究で取り扱うDublin Coreに従ったメタデータはXMLで記述する事が推奨されている<sup>6)</sup>。このXMLはタグの拡張方法を含めて厳密に定義された文法を持つので、機械的に処理するのに向い

ている。XMLはブラウザで表示するとは限らず、ブラウザ以外のアプリケーションで処理するという使い方もできる。あるアプリケーションを開発するときに、そのアプリケーションが扱う文書データのフォーマットをXMLで定義すれば、機械的に処理しやすくかつ厳密な定義をすることができるので、データの信頼性や生産性を高めることができる。

メタデータは一般的にはXMLで記述するためツリー構造を形成している。このような大規模なXML文書を効率的に保管するアプリケーションがODBMS (Object Oriented DataBase Management System) である。ODBMSはコンピュータ内で扱われる多数のプログラムやデータ (オブジェク

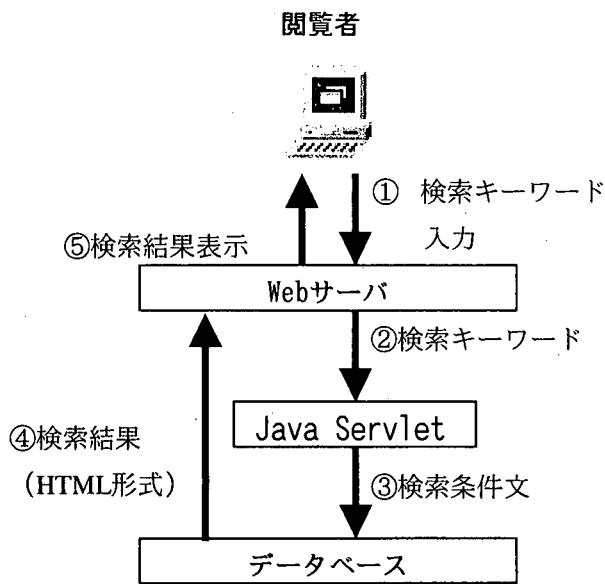


図-6 Javaの働き

ト)を、それらが形成する複雑な参照関係を維持したままディスク上に保存するデータベースとして開発されたものである。ツリー構造を持つデータについても、その構造を維持したまま格納できる。ODBMSはXML文書内部の個々のデータが形成するツリー構造をそのまま扱うことができ、データ検索などの処理も効率的に行うことができる。

そこで、本研究ではメタデータを格納するデータベースソフトに、XMLを直接格納することができるデータベースサーバeXcelon (eXcelon社製)を採用した。また、eXcelonはJavaに対応しているため、WWWサーバと連携してブラウザからのデータ処理を行うようなアプリケーションを容易に構築できる。

#### 4. 2 データ処理に用いた言語—Java—

JavaにはApplet, Application, Servletの3つの実行形態があり、Webベースのアプリケーションでは、この3つのうちAppletもしくはServletを用いてWebサーバと交信することになる。今回のシステムにおいては、利用可能な機能の制限が少ないJava Servletを用いて読覧者とデータベース間の処理を行った。図-6に検索時のデータベースサーバ内の処理の流れを示す。データベースはSQLに基づいた文字列を受け取り、その文字列に従って

データベース内の検索、データの追加等を行う。図-6の例ではJavaは読覧者の検索キーワードをデータベースが処理できるSQL検索文に変換する役割を果たしている。この他、解析数値結果の出力、グラフの描画にもJavaを用いている。

### 5. システムの機能

今回開発したシステムは以下のURLから利用できる。

<http://neptune.cirse.nagoya-u.ac.jp/bmdb/index.htm>

その機能として主に以下の3つの機能を開発した。

- 1) ベンチマークテスト結果の検索機能
- 2) ベンチマークテスト結果の追加修正機能
- 3) ベンチマークテスト結果の閲覧機能

本章ではこの3つの機能の特徴について述べる。システムは日英対応として、すべてのページに対して英語版を作成した。Topページに英語版へのリンクを貼っており機能はすべて同じである。また、分散型データベースとしての動作確認のため、研究室内に別サーバを一時的に設置して、解析結果のCSVファイルを設置しその動作を確認した。

#### 5. 1 情報の検索機能

ベンチマークの検索では、解析タイトル、解析機関、公開者、解析モデル、解析年などのDublin Coreを適用した項目に対してのキーワード検索が行えるようにした。現在、キーワードは一項目につき一つまでしか対応していないが、複数の項目に対してキーワードを設定する事は可能である。各項目に対して代表的な検索キーワードを予めこちらで用意してあり、経験の浅い利用者にも扱い易い設計になっている。

検索結果は、一旦解析情報のヘッダライン (ID番号・解析タイトル・公開者・解析機関・解析年)のみが一覧表示される。これはキーワードの該当する件数が多すぎた時にそのすべてを表示すると、処理が重くなり、1画面の情報量が多すぎて分かりづらくなる等の問題を避けるためである。この一覧表示からも詳細なベンチマーク情報へのリンクを設けてあり、すぐに必要な情報を参照できるようにしている。

図-7の解析情報の詳細表示画面では、解析メタ

データに加えて、CSVファイルで分散して設置している解析数値結果の所在(URL)を表示している。また、そのCSVファイルの内容を表示するためのリンクとCSVファイルから描いたグラフへのリンクを設けた。その他、解析モデルの諸量・図などへのリンクもここから参照できる。

### 5.2 情報の追加・変更機能

新たなベンチマーク追加や、すでに自分が追加したベンチマークについて修正・削除を行う際には、まず、データベースの利用者登録をしなければならぬようにした。これは、無関係なデータを登録されたり、不正利用によってベンチマークの改竄が行われたりするのを防ぐためである。利用者登録には、氏名・ログイン名、E-mailアドレス、所属等いくつかの項目を設けた。ここで登録されたE-mailアドレスには、後に自動的にデータの追加・変更ページへのログイン用パスワードが発行される。パスワード発行に1ステップ置いたのは、利用者が意図的であるにしろ無いにしろ利用できないE-mailアドレスを入力した場合を考慮したためである。この手法をとることにより、データベースの追加・変更機能の利用者と連絡のつく手段を確保する事ができる。

データの追加ではDublin Coreの15項目に加え、解析数値結果のCSVファイルと解析モデル説明のためのファイル（画像・テキストファイル等、こ

れらは公開者側が準備する）のURLを登録できる。その他、公開者が特に公開したい情報があれば、そのデータの内容、ファイル形式（拡張子）、ファイルを設置したURLを登録できるようにした。

登録内容の変更に関しては、各利用者が自分で登録した分についてのみ変更を加えることができる。変更できる項目は追加の時と全く同じであり、Dublin Coreの15項目とCSVファイルおよびその他のデータファイルの諸情報である。

今回、データの追加が問題なく行えるか確認するために“鋼構造物の耐震解析用ベンチマークと耐震設計法の高度化”の報告書に記載されている以外のデータも登録した。このデータは図-8に示すもので、地盤の効果を考慮したモデルを利用した耐震解析結果<sup>4)</sup>であり、地盤固定モデルのグラフとメッシュモデルの地盤のグラフを比較しながら閲覧できるように出力する事もできる。

### 5.3 情報の閲覧機能

今回、初期のデータとして準備した“鋼構造物の耐震解析用ベンチマークと耐震設計法の高度化”報告書に記載されているデータに関しては別

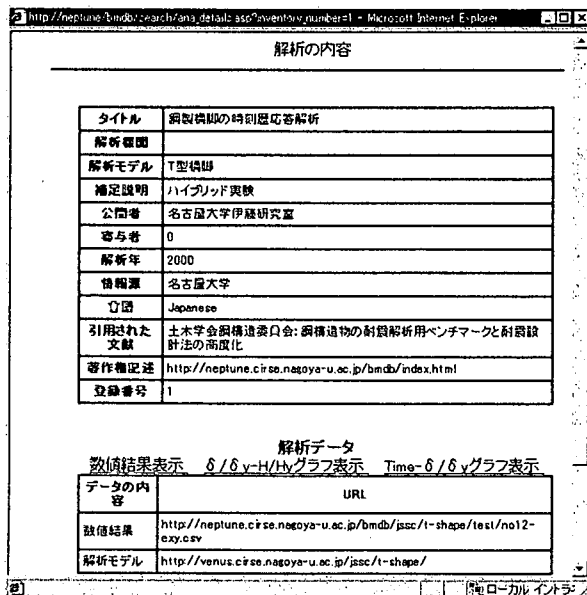


図-7 解析メタデータ表示例

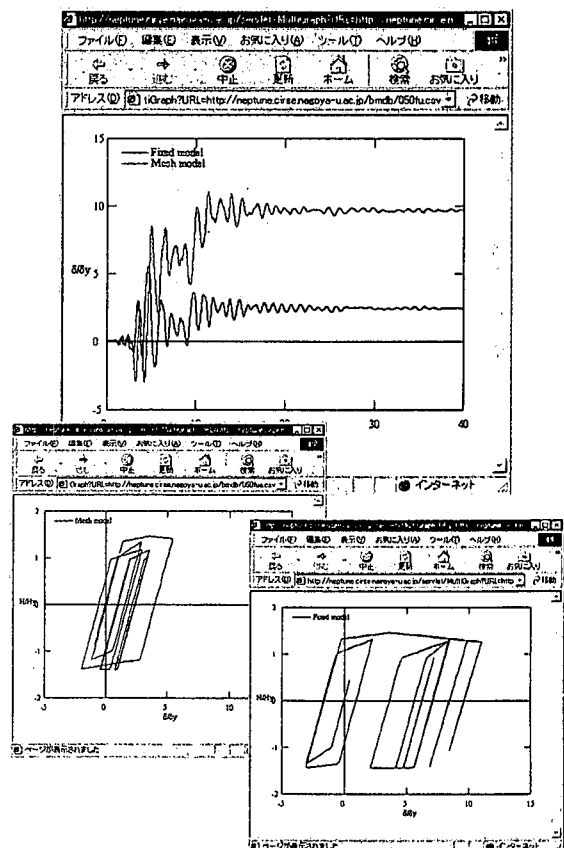


図-8 解析結果の追加事例



途ツリー形式の閲覧ページを開発した。ベンチマーク閲覧には数値、グラフおよび解析メタデータを同時に比較できる方がシステムとして利便性が高いと考えたため、画面を4つのフィールドに分け(図-9)、それぞれの情報を比較しながら閲覧できる形式を採用した。4つのフィールドはそれぞれ次のような機能を分担している。

- ① メニューフィールド
- ② 解析結果表示フィールド
- ③ メタデータ表示フィールド
- ④ グラフ表示フィールド

閲覧ベンチマークの選択、描画するグラフタイプ(Time-H/Hyグラフか $\delta/\delta y$ -H/Hy)の選択、表示する数値結果やメタデータの選択等、②~④のフィールドの表示内容を変更する操作は①のメニューから行う。

②に表示される数値データファイルはネットワーク上の任意のサーバに設置することができ、そのURLをデータベースで扱うことで利用可能な状態にしている。

今回のシステムにおいて、データベースサーバで取り扱っているDublin Coreに準拠したメタデータは③のフィールドに表示される。また、解析モデルの解説や図などは、説明文が長くなり1画面に納めると画面構成が非常に煩雑になってしまうため、この③のメタデータ表示フィールドからリンクを貼り、必要に応じて別ウィンドウを開いて閲覧できるようにした。このフィールドには数値

データファイルへのリンクも設けてあるため必要に応じてダウンロードする事も可能である。

④のフィールドに表示されるグラフについてはJPEG(Joint Photographic Experts Group)等の画像ファイルとして扱っているわけではなく、3.2で説明したグラフ描画プログラムを用いて、②で表示される数値結果のデータ(CSV形式のファイル)を読み込み、グラフを描画する。このフィールドには多種のグラフが表示可能であり、今回の報告書で取り扱われた荷重-変位履歴曲線、変位時刻歴等の非線形解析における結果を示すグラフを、現在約360種表示可能である。これらのグラフの詳細な数値については②のフィールドで閲覧するか、もしくは③のフィールドから数値データファイルをダウンロードする事によって参照できる。

以上のような機能を有したデータベースシステムを研究者に試験的に公開し、その際に得られたフィードバック(利用者側の意見)とその対策を以下にまとめる。

- 1) 解析数値結果が少々見づらい。  
表示される時はスペース区切りに変換するなどの対策を行った。
- 2) 近年はクライアントのハードも高速化しており、アクセスが増加した時の事を考慮すると、グラフの描画の処理はサーバ側ではなくクライアント側で行う方が良いのではないか。

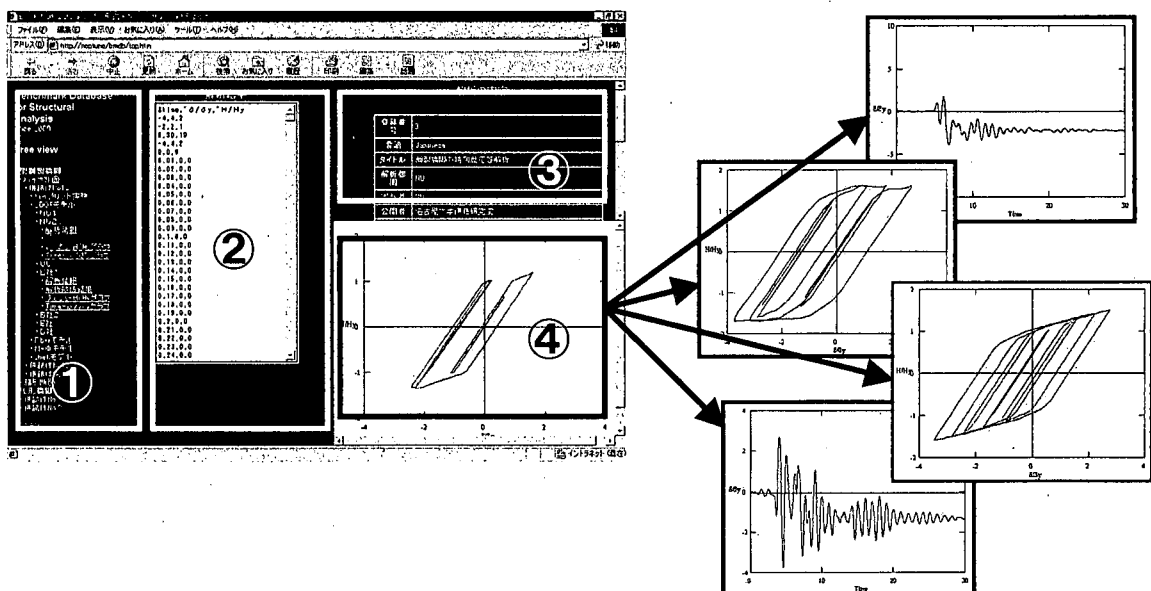


図-9 閲覧画面表示例

この意見の導入には慎重な検討が必要のため現在保留中である。

- 3) システムのインターフェースは、情報技術に不慣れな技術者や研究者にも扱いやすいものになっているが、マウスを特定の箇所に合わせてナビゲートが表示されるなどの機能の付加や表示スタイルの見直しなどをすることにより、更に手軽に利用できるようになるのではないかと。

一部のページについてはスタイルを見直し修正した。

- 4) システム全体としては良くできており、有用なものになっている。

## 6. 結論

本研究においてインターネット上に耐震解析用ベンチマークテストを取り扱ったデータベースシステムを構築し、以下のような結果が得られた。

- 1) 耐震解析用ベンチマークをWeb上で閲覧可能にし、扱いやすいインターフェースを提供することにより、情報技術に不慣れな利用者にも扱いが容易で、ベンチマークテスト結果の検索・閲覧を効率よく行えるシステムを構築した。
- 2) 画像・映像情報とテキスト情報を組み合わせた耐震解析用ベンチマークテスト結果の閲覧を可能にし、表現性豊かな表現形態をとることによって、耐震解析における荷重-変位履歴曲線や変位時刻歴等の情報を視覚的にわかりやすく提供できる環境を整えた。
- 3) インターネット上での検索を効率よく行うための標準規格であるDublin Coreを、土木分野において鋼構造実験情報以外にも適用し、その汎用性を確認した。
- 4) より理想的な分散協調型のデータベースシステムを構築することにより、著作権など様々な問題を回避し、今後も継続的に耐震解析用ベンチマークを追加可能な環境を整え、一度登録した内容に関しても登録者が適宜変更を加えられるようになった。
- 5) 近年の情報技術を踏まえた、将来的に情報技術の観点から持続可能なシステムを構築した。

今回構築したデータベースシステムに限らず、Web上のアプリケーションはメッセージの送信フォームや電子メールを用いることによって、利用者の忌憚りの無い意見を得やすい。このような利用者の意見を取り入れ、より扱いやすいシステムへと発展させていく事は最も重要である。また、現時点で寄せられている利用者の意見を一部反映しきれていないため、今後対応する必要がある。

現在扱っているベンチマークテスト結果は“鋼構造物の耐震解析用ベンチマークと耐震設計法の高度化報告書”に記載されているものが主であり、今後、技術者や研究者に協力を呼びかけ、これ以外のベンチマーク情報も登録してもらう事によりシステムの利用価値が一層高まると考える。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、東洋情報システムの渡辺健司氏、輪崎博司氏にご協力をいただきました。記して謝意を表します。また、鋼構造物の耐震検討小委員会の委員の方々には厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1)伊藤義人・輪崎博司・宇佐美勉：インターネット上での鋼構造実験情報公開システムの開発に関する研究，第23回土木情報システムシンポジウム論文集 Vol.7, 土木学会, 1998, pp.33-40.
- 2)伊藤義人・輪崎博司：鋼構造実験における分散・協調型情報公開に関する研究，土木学会論文集（投稿中），2000.
- 3)土木学会鋼構造委員会・鋼構造物の耐震検討小委員会：鋼構造物の耐震解析用ベンチマークと耐震設計法の高度化，土木学会, 2000.
- 4)葛西昭・河村康文・宇佐美勉：鋼製橋脚-基礎-地盤連成系の大地震挙動，構造工学論文集，Vol.46A,2000,pp.745-756.
- 5)World Wide Web Consortium:<http://www.w3.org/>.
- 6)Dublin Core Metadata Initiative  
<http://purl.oclc.org/dc/>.
- 7)Gilliland S., Anne J. K., Yasmin B. L., and William E.: Application of Dublin Core metadata in the description of digital primary sources in elementary school classrooms, Journal of the American Society for Information Science, Volume 51, Issue 2, 2000, pp. 193-201.
- 8)Kerstin F., and Lars D.: Extensible use of RDF in a business context, Computer Networks, Volume 33, Issues 1-6, 2000, pp. 347-364.