I-21 JAVAによる鋼単純プレートガーダー橋設計支援システムの開発
Development of Design Support System for Steel Girder Bridges using JAVA

皆川 勝　　松本 和久
Masaru MINAGAWA　Kazuhisa MATSUMOTO

〔抄録〕各種土木構造物の設計においては製図の電子化についてはかなりの進展が見られるものの，現行の設計基準類は電子化されていないために，その参照は容易でなく，特に初級技術者や学生にとって，それを系統的に理解することはきわめて困難である．一方，設計自体の自動化・電子化は業務では進んでいるが教育的観点から，それらをそのまま導入することは望ましいとはいえない．

そこで，本研究では，初級技術者及び学生を対象とした鋼単純プレートガーター橋の設計支援システムを構築した．開発システムは JAVA と HTML を使用して記述され，HTML 化した設計示方書とリンクさせることにより，自動的に，あるいは必要に応じて，対応する設計基準の規定を容易に参照できるようにしている．

〔ABSTRACT〕Even though electronic drawing in some courses on design practice is increasingly getting popular in educational organizations, it is still a hard work for college students to refer design specifications during design process and quite a few organization has introduced a computer-aided design system for the design practice.

In this study, a computer aided design system is developed for the purpose of utilizing in some courses on the design practice of steel girder bridges in colleges. The developed system was described by means of JAVA and HTML and linked with an electronic specification described by HTML in order to make it much easier for college students to refer in design process.

〔ｷｰﾜｰﾄﾞ〕 鋼橋，設計支援システム，JAVA，HTML，示方書の電子化
〔Keywords〕Steel bridges, Design support systems, JAVA, HTML, Electronic specifications

1. はじめに

近年のインターネットのための基盤整備とソフトウェア技術の進歩により，設計支援や教育のための情報システムはインターネットを基本としたものへ急速に変貌を遂げつつある．本研究では，インターネット上で配信することを前提として HTML と JAVA 言語を用いて，教育的利用を念頭に置いた鋼単純プレートガーダー橋の設計支援システムを構築した．

WWW を用いた教育支援システムとしては，例えば角田の計算力学教育でのインタラクティブシステム [1]，松田らの語学学習教材の WWW による配信システム [2]，妹尾の人文社会系の科目における Web を活用したプロジェクト型授業の実践 [3]等，多数あるが，基本的には HTML で記述された電子データのネットワーク上での交換を基本としてシステムが構築されている場合が多い．

HTML による情報交換に関する適用研究も多い．例えば，浦野らは，国勢調査，調査年表，論文などの異なる種類の情報をデータベース化して建設情報の横断的な情報公開を可能にするために，HTML による情報交換の方法論を検討している [4]．銭谷は，HTML と GIF 画像に標準化したデータを用いて，バス系統網の情報を提示するシステムを開発した [5]．また，桑原らは，パーソナル EWS を目指して，具

連絡先：東京都世田谷区玉堤 1-28-1　武蔵工業大学工学部土木工学科
Tel：03-3707-3111 (内線 3252),Fax: 03-5707-2226 , E-mail: mminagaw@eng.musashi-tech.ac.jp

体例として技術基準をHTMLで記述している[6].

一方, VRMLを用いたシステム開発も研究レベルでは盛んである.萩原らは,VRMLとJAVAによる分散景観シミュレーションシステムを開発し,これにより事業者などの情報提供者が景観情報をWWW上で開示できるばかりでなく,地域住民などの利用者が対話的に自分の好む景観を作成し,さらにその結果を収集することを可能にしている[7].石倉らは,GUIにWWWを用いてネットワークを通じて高度な解析や図化処理を行うシステムを社内運用している[8].ここでも,解析結果の可視化にVRMLを用いている.また,兎らは,橋梁データベースをVRMLを利用して構築し,環境デザインにこれを用いて有効性を検証しており[9],蒔苗らは,ネットワーク上で情報共有を可能とするために,VRMLにより構造データを記述して道路線形の設計をすることの課題と将来性を論じている[10].

このように現在Webページの記述に広く用いられているHTMLを情報交換に利用する例は多いが,これはHTMLのもつ軽快さによるものと思われる.CGによるバーチャルリアリティをWeb上で実現する場合にはVRMLを用いることが必要である.実務における設計支援システムではCGデータを扱うことが重要であるので,今後VRMLの利用がますます増えると予想される.しかし,多数の学生を対象とする学習支援システムにおいては,極力サーバの負荷を軽減することが必要であり,VRMLを学習支援に用いている例は現状では少ないと思われる.

オブジェクト指向プログラミングの適用研究としては,山田らの交通流シミュレーションの開発に関する研究[11],藤田らの構造解析システムの開発[12],井上らの橋梁計画設計支援システムの構築[13]などがあるが,インターネット上での情報共有・交換を前提とする場合にはJAVA言語は強力な武器である.

教育機関における各種の設計においては製図の電子化についてはかなりの進展が見られるものの,設計基準類の参照は特に初級技術者及び学生にとってはきわめて困難な作業であり[14],設計自体の自動化・電子化も進んでいない.このことは,教育現場においては設計のプロセスの単純な自動化・電子化は教育的観点から必ずしも望ましくないことによる.

そこで,本研究では,初級土木技術者及び土木工学科学生を対象とした鋼単純プレートガーダー橋の設計のための,特に教育的効果を重視した設計支援システムを構築した.開発システムにおいては,異なるOSにおいて同一の設計環境を提供するためにJAVAとHTMLを使用して,設計プロセスを使用者が意識できるよう会話型のシステムとした.また,電子化(HTML化)した設計示方書とリンクさせることにより,必要に応じて設計基準の対応する規定を容易に参照できるようにしている.

2. JAVAとHTMLを用いたシステム開発の意義[15]

(1)JAVA

JAVAは1995年にSun Microsystemsによって発表された言語であり,オブジェクト指向の概念が取り入れられている. JAVAはインタプリタを通すことによりMicrosoft Windows 95 / NT 4.0・Sun Solaris・MacOS・Unixなどの異なるOS上で実行することが可能であり,このことによってインターネット上でのソフトウェアの公開が可能となる.

他の計算機用高級言語と同様に,JAVAにおいてもソースコードをコンパイルする.しかし,JAVAの場合,コンパイラが出力するファイルは「バイト・コード」と呼ばれる「仮想マシン」用の「言葉」で書かれており,実行するにはインタプリタが必要である.しかし,バイト・コードで使われている「言葉」は機種やOSに依存しないため,インタプリタさえあればどんなOS上でも実行できる.したがって,現在急速に普及が進んでいるインターネット技術を用いることによって,機種やOSを限定せずに,同じソフトウェアを実行することができることになる.

(2)HTML

HTML(Hyper Text Markup Language)は,国際標準の文章構造記述言語であるSGML(Standard Generalized Markup Language)のハイパーテキストのための一応用であり[16],テキストデータの互換性を高めるために,構造と見え方の分離という特

性をSGMLから継承している. HTMLにはJAVAプログラムを埋め込むためのタグが用意されているので, アプレット形式でコンパイルしたJAVAアプレットを使用し, WWW上で動作させることができる。このように, JAVAのインタープリタと適当なブラウザさえあれば, ネットワーク上で同じソフトウェアを実行することができる.

3. 鋼プレートガーダー橋の設計

対象は主桁並列形式の単純非合成鋼プレートガーダー道路橋である. 設計時に設定される条件は,

橋の支間
幅員
歩車道の区別
活荷重(A活荷重かB活荷重か)
床版種類

である. また, このほかに設計上の注意事項として, 以下の項目を設定している.

1)最新の道路橋示方書・共通編／鋼橋編に準拠する.
2)工場製作はすべて溶接とし, 現場接合は高力ボルトとする.
3)現場への最大搬入長さは15mとする.
4)使用する鋼板は標準板厚のものとする.
5)I桁を構成する主断面に用いる材種は統一する.
6)仮定鋼重と実鋼重の差は5%以内とする.
7)床版のスパン長を定める際には, T荷重の車輪間隔に配慮する.
8)高力ボルトを使用する場合には, F10T/M22を用いる.
9)高力ボルトの縁端距離は原則として40mmとする.
10)現場継手部において, 連結板は母材の断面変化のテーパー部から20mm以上離す.
11)すみ肉溶接と突き合わせ溶接との間隔は100mm以上あける.
12)垂直補剛材のフランジへの溶接
(a)支点上は引張・圧縮フランジ共に溶接し, 力の流れを確実にする.
(b)横桁取り付け部 及び対傾構取り付け部は, 圧縮フランジのみ溶接し, 引張フランジとはメタルタッチとする.
(c)その他の箇所については圧縮フランジのみに溶接し, 引張フランジとの間は空けておく.
13)主桁の水平補剛材は原則として1段とする. また, 水平補剛材と腹板のすみ肉溶接のサイズは4mmとする.

適用される示方書は日本道路協会が発行している道路橋示方書・同解説の鋼橋編・共通編の最新版[17]である.多くの基準類がそうであるように, 同示方書は初級技術者や学生が参照することは必ずしも容易ではない.

4. 開発システム

(1)開発環境

本研究で開発したシステムの開発環境は, OSがMicrosoft Windows95であり, JAVAプログラムの開発にはJAVA Development Kit(Ver.1.02)[18),19)] (以下, JDKと呼ぶ) を用いた. また, ブラウザとしてはNetscape Navigator TM Version 3.01 Gold (ja)を用いた. 以下に述べるシステムを構成するHTML及びJAVAプログラムなどは, すべて上記の開発環境の元で著者らが, 文献20)-23)を参考にしつつ独自に書き下したものであり, JAVA言語の開発元が提供しているJDK以外に特に開発ツールなどは用いていない.

(2)クラス設計

クラスとは共通情報を継承するためのオブジェクトである. 図-1に開発したシステムのクラス構成を示す. JAVAはクラスの動的リンクが可能なため, 部分部分に分かれた機能をクラス化することで, 将来計算・照査方法が変更されたとしてもその部分のクラスを拡張または組み替えることで対応できる.

判断クラスは, 以下の各設計プロセス[24)]に対応して設定している.

process1.class　設計条件設定
process2.class　設計条件入力

階層1	階層2	階層内クラス	機能
dante	civil	mainbank.class	判断スーパークラス
		word.class	文字クラス
		civil1.class	計算クラス
	data	stock_data.class	データ格納クラス
	display	display.class	UIスーパークラス
		inputdisplay.class	入力ダイアログクラス
		choicedisplay.class	選択ダイアログクラス
		datadisplay.class	データ表示クラス

図–1 開発システムのクラス構成

process3.class　床版の設計
process4.class　主桁の荷重・断面力算定
process5.class　主桁の断面決定
process6.class　主桁補剛材の設計
process7.class　主桁現場継手の設計
process8.class　対傾構の設計
process9.class　横桁の設計
process10.class 横構の設計
process11.class 製作そりとたわみ照査
process12.class 鋼重チェック

なお，これらの各クラスの上位クラスとして判断スーパークラスを設定している．

計算クラスでは，判断クラス内において実行される計算式を静的なメソッドとして含んでいる．

文字クラスにおいては，unicode 化された日本語を格納する．クラスの中に unicode が含まれていると，再度コンパイル時にエラーがでるという JDK1.02 のバグに対処するための設定である．

データ格納クラスは，データ部分をクラス化してクラス毎に引き継ぐためのクラスである．

UI(User Interface)スーパークラスは数値入力，結果表示などの機能を有し，入力ダイアログ，選択ダイアログ，データ表示の各クラスがその下位クラスにある．

(3)実行形態及び画面構成

HTML には JAVA プログラムを埋め込むタグが定義されているので，作成した JAVA 言語クラス群を JAVA applet 形式という HTML に埋め込む形式に変換し，HTML ファイルを作成してブラウザを通して実行させる．実行後，表示される各種の図表や文章を参照しつつ，GUI(Graphical User Interface)に従い設計を進める．

図–2 にブラウザに表示される画面構成を示す．画面は，以下の3つで構成した．

フレーム①：JAVA プログラムを呼び出す
フレーム②：設計プロセスまたはマニュアルを表示する
フレーム③：参照文献・図表を表示する

なお，本システムは，設計機能と共に，設計方法を自学自習できるように設計マニュアルを提示する教育機能を持たせており，上記のフレーム②にはどちらか選択されたほうのプロセスが表示される．

設計機能を用いる場合，設計プロセスの進行状況に合わせてフレーム②に設計過程を表示する．数値入力などで参照文献が必要な個所では自動的にフレーム③に文献・図・表を表示する．使用者はこのフ

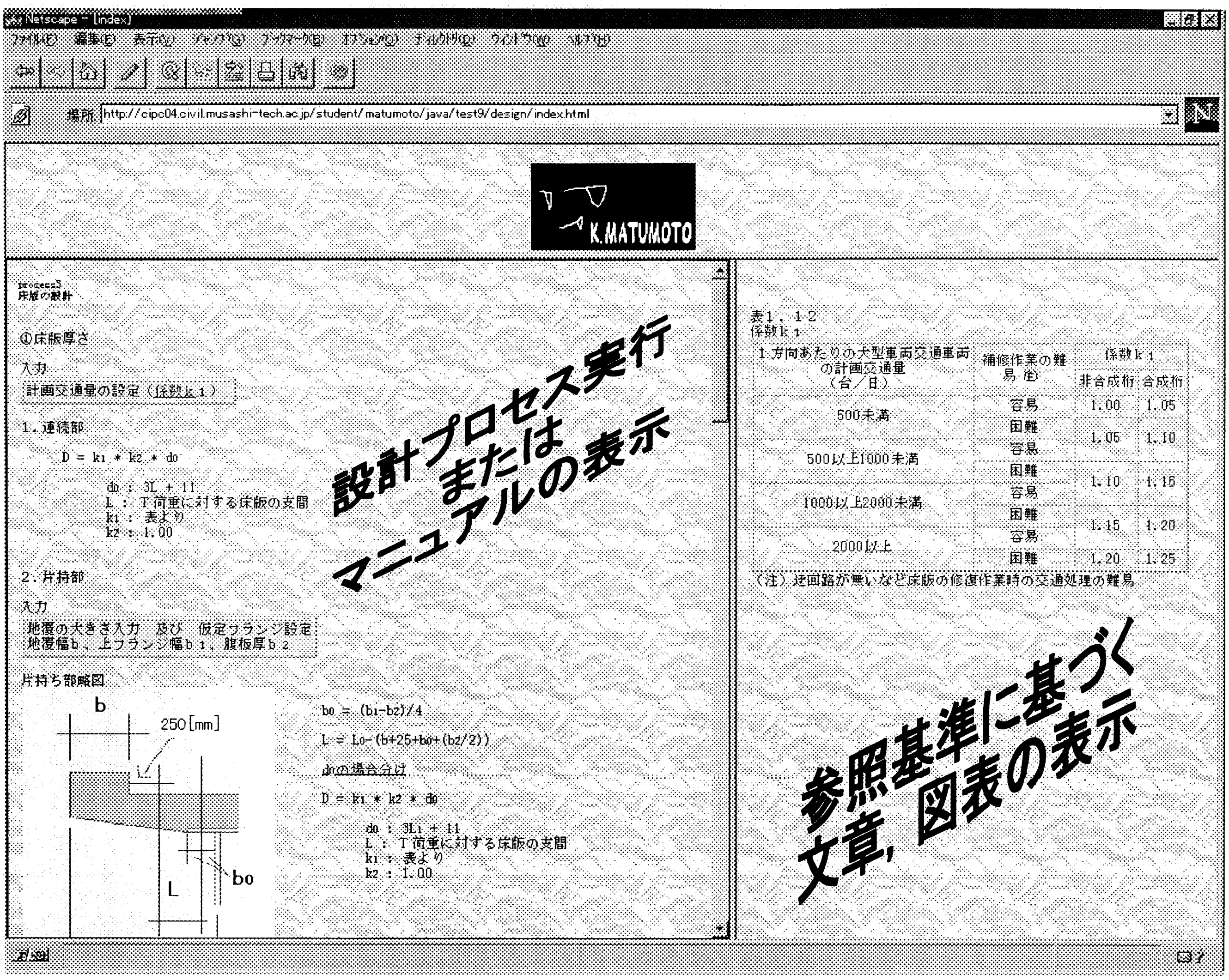


図-2 画面構成（①JAVA 実行，②設計プロセス・マニュアル表示，③参照する文章，図表表示

レーム②・③の表示を見ながら会話形式で随時提示される入力ダイアログボックスあるいは選択ダイアログボックスにおいて適当な入力を与えて設計を進める．

入力された数値及び計算結果はプロセスごとに表示する．JAVA applet の制限でファイルに対してのアクセスが禁止されているため（アプリケーションとして作成すればアクセス禁止はなくなるがブラウザ上での動作は出来ない），使用者は必要な結果を記録する．照査結果が個々に表示され，必要に応じて使用者は設計プロセスを繰り返す．

また，設計マニュアル機能を用いる場合には，設計方法を利用者が自習できるように，マニュアルをフレーム②に表示する．

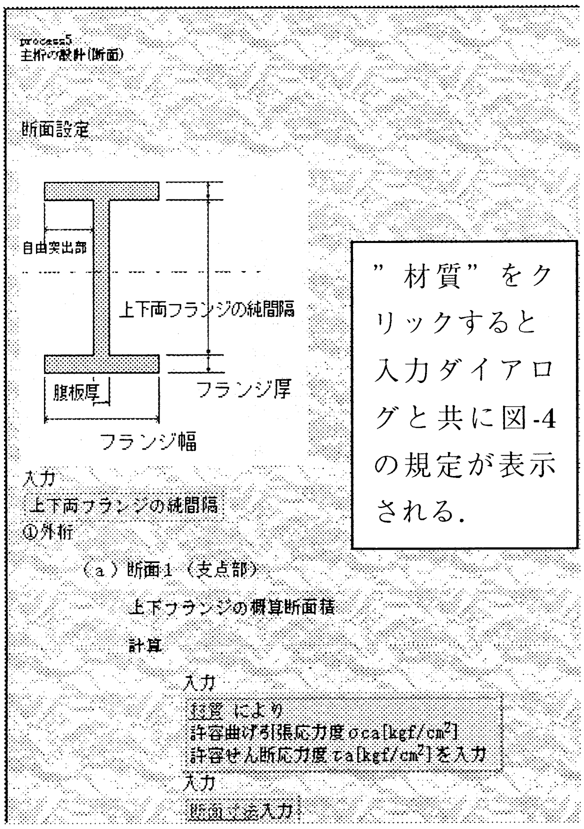
5. 利用例

(1)設計機能

具体的な利用状況を前掲の process5 主桁の断面決定の一部分を例に取って示す．

process5 に設計が進むと，図-3 に示すように自動的にフレーム②に設計過程が表示され，使用者はその画面を見つつ以下のように設計を進める．

1)断面設定図を確認し，上下両フランジの純間隔を表示される入力ダイアログにキーボードより入力．
2)プログラムは外桁支点部の断面計算へ
3) 許容曲げ引張応力度・許容せん断応力度を設定．この入力処理に入ると同時に入力ダイアログと図-4



図–3　設計プロセスの利用例

2．2．1構造用鋼材の許容応力度

（1）構造用鋼材の許容軸引張応力度および許容曲げ引張応力度は表2．2．1に示す値とする。

表2．2．1　許容軸引張応力度および許容曲げ引張応力度[kgf/cm²]

鋼種	SS400 SM400 SMA400W	SM490	SM490Y SM520 SMA490W	SM570 SMA570W
軸方向引張応力度	1400	1900	2100	2600

中略

（4）構造用鋼材の許容せん断応力度および許容支圧応力度は、それぞれ表2．2．4に示す値とする。

表2．2．4　構造用鋼材の許容せん断応力度および許容支圧応力度(kgf/cm²)

鋼種 応力の種類		SS400 SM400 SMA400W	SM490	SM490Y SM520 SMA490W	SM570 SMA570W
せん断応力度		800	1100	1200	1500
支圧応力度	ヘルツ公式で算出する場合	6000	7000	——	——
	鋼板と鋼板との間の支圧応力度	2100	2800	3100	3900

以下省略

図–4　設計中に参照された示方書の規定

に示す参照図表が表示され，使用者は表を参考にして数値を入力する．

(2)設計マニュアル機能

HTML で記述されたプログラム進行に従い表示される設計マニュアルおよび参照図表は， JAVA プログラムを作動させなくても，図–5 の左側フレームに示すようにブラウザ等で表示することができる．また，マニュアル中に適宜リンクを設定しており，設計過程で参照図表が示される右側フレームには，示方書規定や参考となる文章，図表がマウスクリックのみで表示される．この例ではすみ肉溶接についてのリンクをクリックすると，規定の解説が右画面に表示される．

6. おわりに

本研究では，インターネット上で配信することを念頭に，JAVA と HTML を用いて鋼単純プレートガーダー橋の設計支援システムを開発した．開発システムでは（1）関連示方書を適宜ダイナミックに参照しながら設計作業を進めること，及び（2）示方書をハイパーリンクによって適宜参照しながら設計手順を web 上で学習すること，を可能にしている．これを利用することによって，項目の羅列的に記述されている示方書をきわめて容易に参照しながら，設計プロセスを実際に体験することができる．しかも数値計算はシステム内で実行されるので，より好ましい設計を模索することに重点を置くことができる．

また，実行環境の一つとしてブラウザを選択しているため，インターネット上で公開及び実行することができる．インターネットのオープンな環境をそのまま利用することにより，多くのユーザーが JAVA の拡張性を活用することになり，その結果多種多様なプログラムに成長させることができる．

しかし，JAVA 自体がまだ新しい言語であるため未熟な部分も多い．当面の問題点としてインタプリタの不完全さがあげられる．ここで開発した JAVA 言語による設計支援システムは，実行環境として Windows95 に最適化したもので，異なる OS でまったく同一の実行環境を実現したとは言い難い．しかし，多大な労力を必要とする設計プロセス及び，必ずしも容易でない設計基準の参照を，GUI 環境

図–5 設計マニュアル画面における，マニュアル表示とリンクによる示方書規定の表示

を用いて電子化したことで，教育的効果を低下させることなく能率化できる支援システムを構築することができたと考えている.

なお，本論文は松本（現東洋建設勤務）が武蔵工業大学在学時に皆川の指導のもとに開発したシステムに関してまとめたものである.

参考文献

1)角田和己：WWW によるインタラクティブ教育システムの検討—計算力学教育における［インターネットの利用について，私情協ジャーナル，Vol.7, No.1, pp.6-7, 1997.
2)松田憲・岩居弘樹：CD-ROM 教材から Web 配信型教材へ一立命館大学における CALL 教材開発—，私情協ジャーナル，Vol.6, No.4, pp.20-22, 1997.
3)妹尾堅一郎：ホームページを活用した学習環境と授業運営—Web 活用からハイパーテキスト作成まで，私情協ジャーナル，Vol.6, No.4, pp.26-28, 1997.
4)浦野隆・小野裕明：インターネットによる建設情報の提供手法，土木情報システム論文集，土木学会，Vol.5, pp.147-154, 1996.
5)銭谷善信：バス系統網の情報提示とデータの標準化，土木情報システム論文集，土木学会，Vol.5, pp.179-186, 1996.
6)桑原清・井口光雄：PEWS における HTML の活用，第 21 回土木情報システム講演集，土木学会，pp.145-148, 1996.
7)萩原豊・渡辺成子・槙良人：VRML と JAVA による分散景観シミュレーション，第 22 回土木情報システム講演集，土木学会，pp.167-170, 1997.
8)石倉正英・エリッククルーズ・青野利夫：JAVA,VRML を利用したリモート数値解析システムの開発，第 22 回土木情報システム講演集，土木学会，pp.187-190, 1997.

9)兎成浩・福田知弘・草間晴幸・笹田剛史：橋梁環境デザインにおける VRML の利用，土木情報システム論文集，土木学会，Vol.5，pp.91-98，1996.

10)蒔苗耕司・藤井章博：VRML を利用した道路の線形設計，第 21 回土木情報システム講演集，土木学会，pp.185-188，1996.

11)山田稔・嘉藤忍・村本信夫：交通流シミュレーションのオブジェクト指向開発と再利用性に関する研究，土木情報システム論文集，土木学会，Vol.6，pp.95-102，1997.

12)藤田亮一・高橋良和・家村浩和：オブジェクト指向構造解析システムにおける構造物モジュールの構築，土木情報システム論文集，土木学会，Vol.6，pp.119-126，1997.

13)井上智正・伊藤義人：オブジェクト指向アプローチによる橋梁計画設計支援システムのモデル化に関する研究，土木情報システム論文集，土木学会，Vol.6，pp.165-172，1997.

14)Nobuyosi Yabuki and Kincho H.Law,:An object-logic model for the representation and processing of design standards:pp.133-159,Engineer with Computer,1993.9.

15)大谷卓史・武藤健志：はじめての JAVA，技術評論社，1996.3.

16)例えば吉岡誠編著：SGML を使いこなす，pp.22，オーム社，1997.

17)日本道路協会：道路橋示方書(Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編)・同解説，丸善株式会社，1996.12.

18)Sun Microsystems:http://www.sun.com/

19)日本サン・マイクロシステムズ株式会社:http://www.sun.co.jp/

20)川西朝雄：JAVA 入門，技術評論社，1994.2.

21)JAVA メイリングリスト :http://JAVA-house.center.nitech.ac.jp/ml/topics/

22)JAVA カンファレンス:http://www.JAVA-fj.or.jp/

23)JAVAFAQ:http://www.webcity.co.jp/info/andoh/JAVA/JAVAfaq.HTML

24)山寺徳明・板垣秀克・大貫一生・高野晴夫・池内武文・小田桐直幸・吉原忠：鋼桁橋の設計計算例，山海堂，1991.5.