

I-11 土木二次元電子図面データの交換基盤に関する基礎的研究

A STUDY FOR STANDARDIZED EXCHANGE OF
TWO-DIMENSIONAL CAD DATA ON CIVIL ENGINEERING三上市藏
Ichizou MIKAMI田中成典
Shigenori TANAKA村田真一
Shin'ichi MURATA

【抄録】 情報機器の普及に伴って、土木事業の各業務段階において二次元の電子図面が頻繁に利用されている。しかし、電子図面データの書き方に関する CAD 製図基準の標準化と交換ファイルフォーマットに関する交換基盤が現段階では確立されていないため、二次元の電子図面データを業務間で正確に交換することが難しい。

本研究では、二次元電子図面データの交換基盤の確立を目指し、二次元の図形オブジェクトを用いた電子図面データの作成システムおよび参照システムを開発した。図面データの標準化には ISO 標準の STEP/AP202 を準用した。また、設計技術者が新規に図形要素のスキーマを定義できる機能により、図面の作図、交換、再利用のプロセスを効率的に行うことが可能となった。

【Abstract】 2D-CAD data are utilized frequently in each work on civil engineering. However, the standardization for drafting by 2D-CAD and the basis for exchanging 2D-CAD data are not established at present. Therefore, it is difficult to exchange 2D-CAD data through each work precisely.

In this study, the systems for drawing and browsing of 2D-CAD data using 2D graphic objects were developed. These systems are used to exchange 2D-CAD data by standardizing in accordance with the STEP/AP202 standards of ISO. This system has the function that design engineers can define schema of graphic objects newly. Therefore, design engineers can draw, exchange, and reuse 2D-CAD data effectively by using this function.

【キーワード】 2D-CAD, 図面データの交換, STEP/AP202, インターネット

【Keyword】 two dimensional · computer aided design, exchange of cad data, STEP/AP202, Internet

1. まえがき

情報機器の普及に伴って、土木事業の各業務段階において二次元の電子図面が頻繁に利用されている。そこで発生する電子情報は、紙を媒体とした情報と異なって再利用が可能であるから、二次元の電子図面データは土木事業のライフサイクルにわたり継続的に活用¹⁾²⁾されることが望まれる。しかし、電子図面データの書き方に関する CAD 製図基準の標準化と交換ファイルフォーマットに関する交換基盤が現段階で

は確立されていないため、二次元の電子図面データを業務間で正確に交換することが難しい。

土木分野の電子図面データの交換基盤を確立するため、様々な関係機関、団体が活動している。建設省の総合技術開発プロジェクト³⁾では、STEPWG⁴⁾⁵⁾において STEP を用いたライフサイクル全般にわたるデータ交換実験を行っている。日本橋梁建設協会では、建設 CALSWG においてコスト縮減を前提にした図面データの交換基盤とその問題点について検討⁶⁾している。

連絡先 関西大学 工学部 土木工学科

〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35

TEL: 06-6368-1121 (内線 6521) FAX: 06-6368-0940 E-mail: GFH00126@nifty.ne.jp

IAI (International Alliance for Interoperability) では、建築構造物だけでなく土木構造物を含むデータの交換基盤のために、建設オブジェクトライブラリ IFC3.0 (Industry Foundation Classes) を検討⁷⁾している。建設業振興基金の建設 CAD データ交換コンソーシアムでは、実用化推進委員会の描画データ交換 WG において交換基盤のために、DXF 運用ガイドラインの策定、技術調査委員会の国際標準化技術 WG において STEP 導入を考慮したデータ交換仕様書の作成が行われている。日本パーソナルコンピュータソフトウェア協会では、オープン CAD フォーマット評議会において、CAD データの正確な交換を実現するための標準 CAD フォーマットを策定している。

これらの活動は、幾何形状の集合により表現した電子図面データの正確な交換を目指したものである。電子図面データの各図形が幾何形状で表現されている場合、それを加工、再利用するには、図形要素毎に操作する必要があり、図形要素間の連携はとれない。図形がオブジェクト化されているなら、属性値を変更するだけで良いので、図形はオブジェクト化されることが望ましい。

一方、著者らは分散協調型の標準化図面作成システム⁸⁾を開発した。このシステムは遠隔地に分散する技術者が、Web 上で同一の図面を協調作成できるシステムであり、電子図面データの標準化手法として、STEP の Part42 を用いている。

本研究では、二次元の図形オブジェクトの集合としての情報を交換でき、電子図面データの有効活用が可能のように二次元の図形オブジェクトを用いて二次元電子図面データを作成できるドメイン CAD ソフトウェア、参照するためのブラウザソフトウェアの開発を行う。二次元電子図面データの交換手法には、STEP/AP202 (製品モデルと連携した製図)⁹⁾を準用する。

STEP/AP202 を取り扱うシステムは、CAD データ交換標準開発コンソーシアムで開発¹⁾さ

れている。このシステムは利便性を向上させるために新規な図形をフィーチャとして定義しているが、予め策定されたフィーチャを利用する必要があり、設計技術者自信が新規にフィーチャを作成することはできない。

本研究では、設計技術者が作図に必要な任意の図形を STEP のスキーマとして定義できる機能を設ける。スキーマの定義のためには、入力するためのエディタ、解析するためのコンパイラ、定義されたスキーマを蓄積するスキーマライブラリを開発する。この機能によって設計技術者自身が図形をオブジェクト化することができ、図面の作図、交換、再利用のプロセスを効率的に行うことができる。スキーマの定義は、STEP の EXPRESS で表現されるため再利用できる。そして、土木構造物を二次元の図形オブジェクトの集合として表現し、二次元の電子図面データを交換、共有することができる。

2. システムの概要

公共事業に携わる関係者間で二次元電子図面データを円滑で正確に交換するために、STEP/AP202 に準拠した二次元図面の作成および参照システムを開発する。これを実現するためには、図面データの伝達手法と、図面データの交換手法とを考慮する必要がある。

2.1 図面データの伝達手法

図面データの円滑な交換を実現するため、伝達手法にインターネットの Web を採用し、図-1 に示すクライアント/サーバ型のシステムを開発する。技術者が容易に利用できるように、クライアントシステムは Web ブラウザ上で動作するように Java アプレット形式で開発する。サーバシステムは Web サーバ上で動作するように Java アプリケーション形式で開発する。

技術者は三次元のオブジェクトを対象として、Web ブラウザ上で形状情報、図面情報、連携情報、そして管理情報を入力する。図面作成システムは、作図された情報を元に二次元の電子図

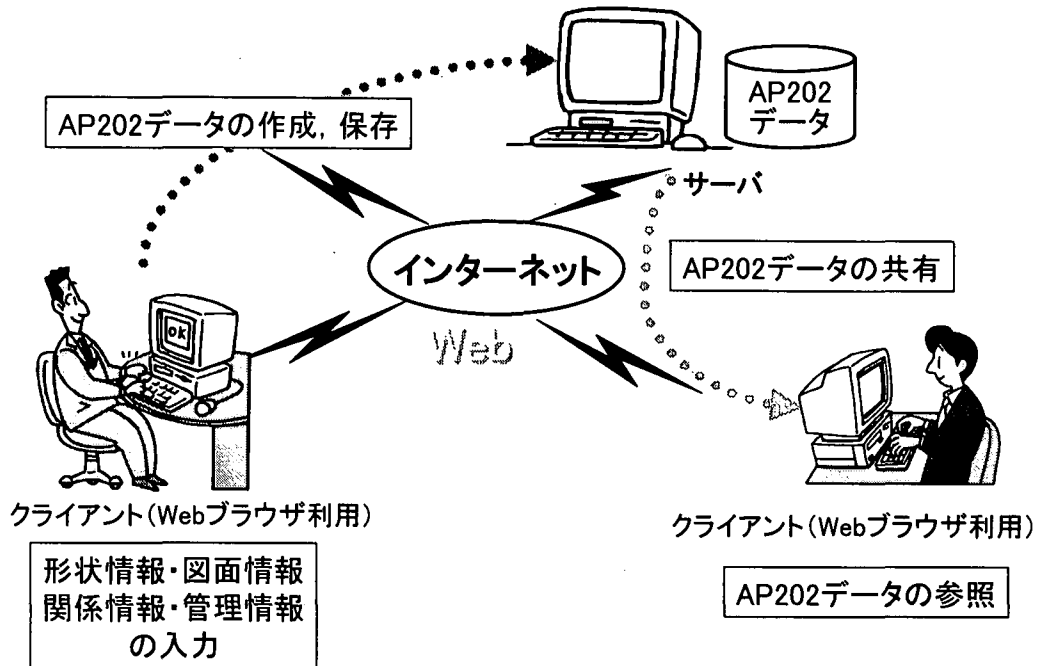


図-1 図面データの伝達手法

面データを作成する。図面参照システムは、作成された二次元電子図面データを Web ブラウザ上に表示する。形状情報、図面情報だけでなく、図面に表示されない連携情報と管理情報もダイアログにより表示する。これにより、関係技術者の誰でもが、二次元電子図面データをインターネットを通じて容易に参照することができる。

2. 2 図面データの交換手法

図面データの正確な交換を実現するため、交換手法に STEP/AP202 を準用する。STEP/AP202 は、製品モデルとの関係付けの情報を含む製図モデルに関する規格であり、利用価値が高い¹⁰⁾と考えられる。また、ISO 規格であるためデータの永続性が保証される。

本研究では、STEP/AP202 で規定されている情報のうち、土木分野で利用頻度の高い表-1 に示す情報（形状情報、図面情報、連携情報、管理情報）のみを取り扱う。ただし、線色は、赤、黄、緑、水色、青、紫、白、黒の8色、線種は、実線、点線、破線、一点鎖線、二点鎖線の5種類、線幅は細線、太線、極太線の3種類とする。また、技術者が新しくスキーマを定義

表-1 取り扱う情報の項目

	項目
形状情報	点
	曲線
図面情報	ビュー
	注記
	長さ寸法
	引き出し注記
	色
	線種
	線幅
	レイヤ
	グループ
	ハッチング
	図面表題
連携情報	図面シート
	用紙サイズ
管理情報	長さ寸法
	引き出し注記
	業務名称
	図面種別
	改訂番号
	図面名
	図面の機密区分
	図面の契約条項
	図面の承認情報
	承認の状態
	承認日
承認者	
図面の担当者	

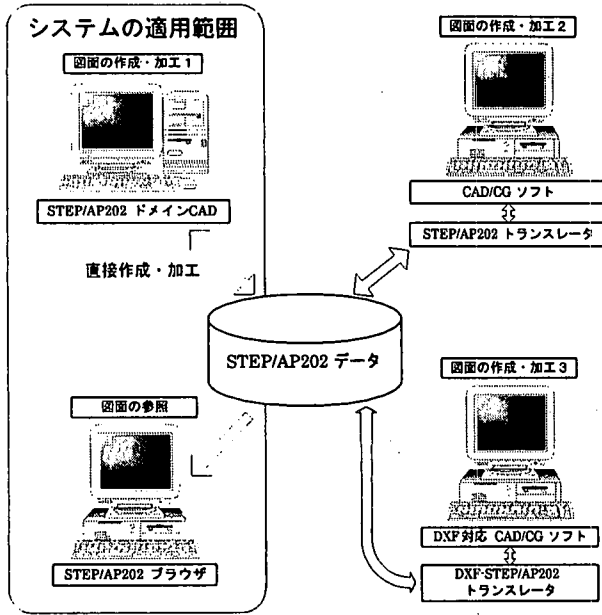


図-2 図面データの交換手法

することで、そのスキーマに従った要素を作成できる機能を設ける。この機能によって図形のオブジェクト化が可能になる。

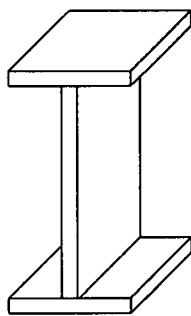
STEP/AP202 データを有効に活用するためには現在の CAD 利用状況を考慮すると図-2 に示すような交換基盤が必要となる。本研究では、直接図面作成・加工を行うためのドメイン CAD と図面データを参照するためのブラウザを開発する。これにより、受発注者間における STEP/AP202 に準拠した二次元電子図面データの交換が可能となる。

3. システムの機能

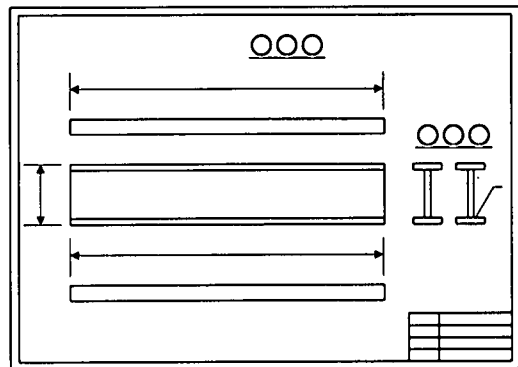
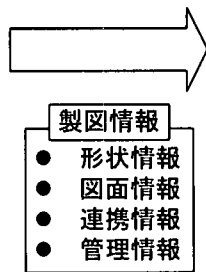
本システムは、ドメイン CAD により STEP/AP202 に準拠した図面データを作成する点、Part21 ファイルを直接取り扱う点、必要なスキーマを定義し、そのスキーマ定義に従って図面を作成できる点に特徴がある。

3.1 製図情報の入力

製図情報として、図面データに形状情報、図面情報、連携情報、管理情報を保持する(図-3)。形状情報は、ダイアログを利用して入力することで、図面描画ウインドウに描画される。図形要素を選択し、直接図形を描画することもできる。寸法線や引き出し注記などの図面情報は、ダイアログで情報を入力および選択後、図面描画ウインドウで範囲を指定することで描画される。レイヤは、レイヤ管理ウインドウを利用し、表示、追加、削除することができる。グループ機能は、複数の図形を選択後、グループボタンを押下することにより、グループ化される。連携情報は、寸法線や注記と関係付ける図形要素を指定することで、図形要素に付加される。これにより、技術者が図形を修正するとき寸法線や注記との関連を意識する必要がなくなる。管理情報は、管理情報ウインドウにおいて直接情報を入力する。入力した情報は、表題欄に反映される。



三次元の
オブジェクト



STEP/AP202に準拠した二次元製図

図-3 製図情報の入力のイメージ

表-2 使用するエンティティ

	項目	エンティティ
形状情報	点	cartesian_point
	曲線	curve
図面情報	ビュー	presentation_view
	注記	annotation_text_occurrence
	長さ寸法	linear_dimension
	引き出し注記	leader_directed_callout
	色	colour
	線種	draughting_pre_defined_curve_font
	線幅	length_measure_with_unit
	レイヤ	presentation_layer_usage
	グループ	group
	ハッチング	fill_area_style_hatching
	図面表題	draughting_title
	図面シート	drawing_sheet_revision
	用紙サイズ	presentation_size
	連携情報	長さ寸法
引き出し注記		shape_aspect_associativity
管理情報	業務名称	draughting_title
	図面種別	drawing_definition
	改訂番号	draughting_drawing_revision
	図面名	draughting_title
	図面の機密区分	draughting_security_classification_assignment
	図面の契約条項	contract
	図面の承認情報	approval
	承認の状態	approval_status
	承認日	approval_date_time
	承認者	approval_person_organization
	図面の担当者	person

3. 2 STEP/AP202 のエンティティ

本システムで取り扱う情報と STEP/AP202 で定義されているエンティティとの関連を表-2に示す。これらのエンティティを用いて作成した STEP/AP202 データの一部を図-4に示す。このデータでは、図形要素の線幅、色、線種、レイヤ、図面シートの情報を保持している。

このように、STEP/AP202 を用いることで、製図に関する有効な情報を取り扱う二次元電子図面データの標準化が可能となる。

3. 3 スキーマの定義

本システムでは、技術者が新規にスキーマを定義できる機能を設ける(図-5)。技術者は本システムのスキーマ定義用エディタを用いて、

STEP/AP202 のエンティティを組み合わせてスキーマを定義する。スキーマの定義には形式的データ仕様記述言語の EXPRESS を用いる。ここで定義されたスキーマは、コンパイラにより解析され、正しく定義されていれば EXPRESS 形式でスキーマライブラリに蓄積する。定義されたスキーマは専用ツールバーに表示され、これを利用して、新規の図形要素を作成できる。技術者が必要なスキーマを定義しオブジェクト化することにより、図面の作図効率が向上し、その図面データの再利用も容易になる。

新規に定義されたスキーマを用いて作成された電子図面データを交換するときは、Part21 ファイルとスキーマを定義した EXPRESS ファイルを交換する。

```

ISO-10303-21:
HEADER:
FILE_DESCRIPTION(' test data', 'AP202', '2:1');
FILE_NAME(' ap202_01.p21', '1999-05-15 T10:15:27',
(' S. Murata '));
FILE_SCHEMA(' ASSOCIATIVE_DRAUGHTING');
ENDSEC:
DATA:
.
.
#120 = DIMENSIONAL_EXPONENTS(1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0);
#121 = DIMENSIONAL_EXPONENTS(0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0);
#140 = (LENGTH_UNIT() NAMED_UNIT(#120) SI_UNIT(' MILLI... METRE. ));
#141 = LENGTH_MEASURE_WITH_UNIT( POSITIVE_LENGTH_MEASURE(25.4), #140);
#142 = (CONVERSION_BASED_UNIT(' INCH', #141) LENGTH_UNIT() NAMED_UNIT(#120));
#143 = (NAMED_UNIT(#121) PLANE_ANGLE_UNIT() SI_UNIT(' $, RADIAN. ));
#144 = (NAMED_UNIT(#121) SI_UNIT(' $, STERADIAN. ')) SOLID_ANGLE_UNIT();
#145 = (LENGTH_MEASURE_WITH_UNIT()
MEASURE_WITH_UNIT(LENGTH_MEASURE(0.000001), #412)
UNCERTAINTY_MEASURE_WITH_UNIT(' umwu1', ''));

#151 = DRAUGHTING_PRE_DEFINED_COLOUR(' green');
#158 = DRAUGHTING_PRE_DEFINED_CURVE_FONT(' continuous');
#195 = CURVE_STYLE(' green-continuous', #158, #197, #151);
#197 = LENGTH_MEASURE_WITH_UNIT( POSITIVE_LENGTH_MEASURE(0.125), #492);
#196 = PRESENTATION_STYLE_ASSIGNMENT(#195);
#200 = DRAUGHTING_PRE_DEFINED_TEXT_FONT(' ISO 3098-1 font B');

#476 = DRAUGHTING_DRAWING_REVISION(' A', #477, $);
#477 = DRAWING_DEFINITION(' SHAPELESS2', $);
#478 = DRAUGHTING_TITLE((#476), ' ENGLISH', ' Shapeless2');
#480 = DRAWING_SHEET_REVISION(' ', #514, #522, #530, #538, #546, #567, #503,
#556, #565, #483), #494, ' a');
#481 = DRAWING_SHEET_REVISION_USAGE(#480, #476, ' 1');

#482 = PRESENTATION_SIZE(#480, #483);
#483 = PLANAR_BOX(' ', 44, 34, #484);
#484 = AXIS2_PLACEMENT_2D(' ', #486, #485);
#485 = DIRECTION(' ', (1, 0, 0));
#486 = CARTESIAN_POINT(' ', (0, 0, 0));

#514 = (ANNOTATION_OCCURRENCE() ANNOTATION_TEXT_OCCURRENCE()
DRAUGHTING_ANNOTATION_OCCURRENCE()
REPRESENTATION_ITEM(' ') STYLED_ITEM((#511), #495)
GEOMETRIC_REPRESENTATION_ITEM());

#1000 = PRESENTED_ITEM_REPRESENTATION(#476, #1001);
#1001 = DRAUGHTING_PRESENTED_ITEM((#7));

#1002 = PRESENTATION_LAYER_ASSIGNMENT(' layerid', ' layername',
(#514, #522, #530, #538, #546, #567, #503, #556, #565));
#1003 = PRESENTATION_LAYER_USAGE(#1002, #480);
.
.
ENDSEC:
END-ISO-10303-21:
    
```

図-4 STEP/AP202 データの例 (一部)

3. 4 システム全体の流れ

二次元電子図面データを作成するときは、図-6に示すように、技術者が Web ブラウザを用いて、図面作成システムの Web ページにアクセスする。

形状情報、図面情報、連携情報、管理情報の入力および作図が終われば、STEP/AP202 に従い、図面データが作成される。ファイル形式は、STEP のファイル交換規格である Part21 形式とする。作成された二次元電子図面データは、サーバシステムに保存される。

二次元電子図面データを参照するときは、図-7に示すように、技術者が Web ブラウザを用いて、図面参照システムの Web ページにアクセスする。

参照したい図面データを指定すると、サーバシステムから Part21 形式の STEP/AP202 デー

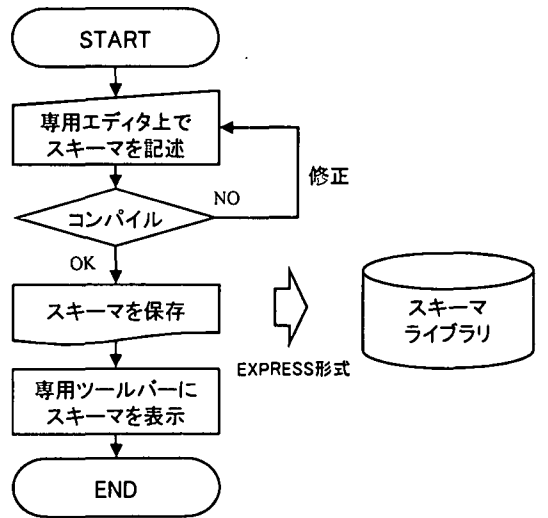


図-5 スキーマ定義のフロー

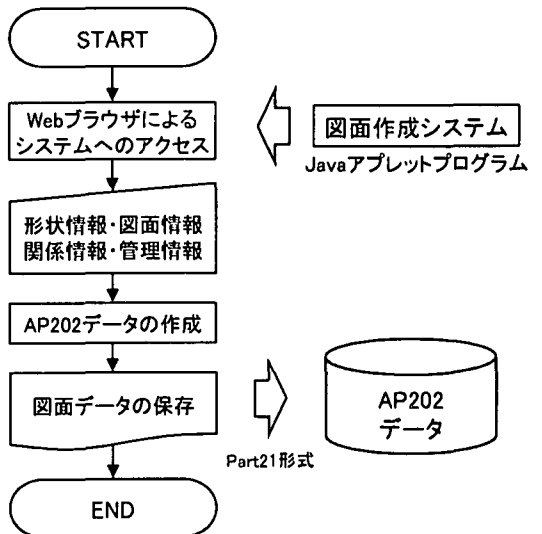


図-6 STEP/AP202 データ作成のフロー

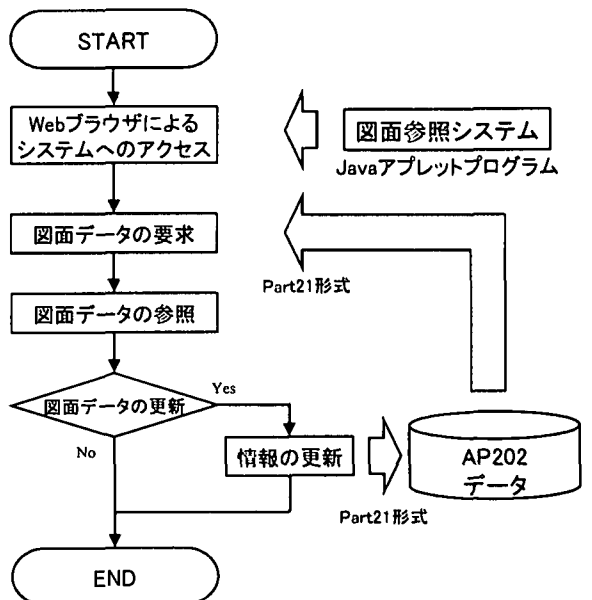


図-7 STEP/AP202 データ参照のフロー

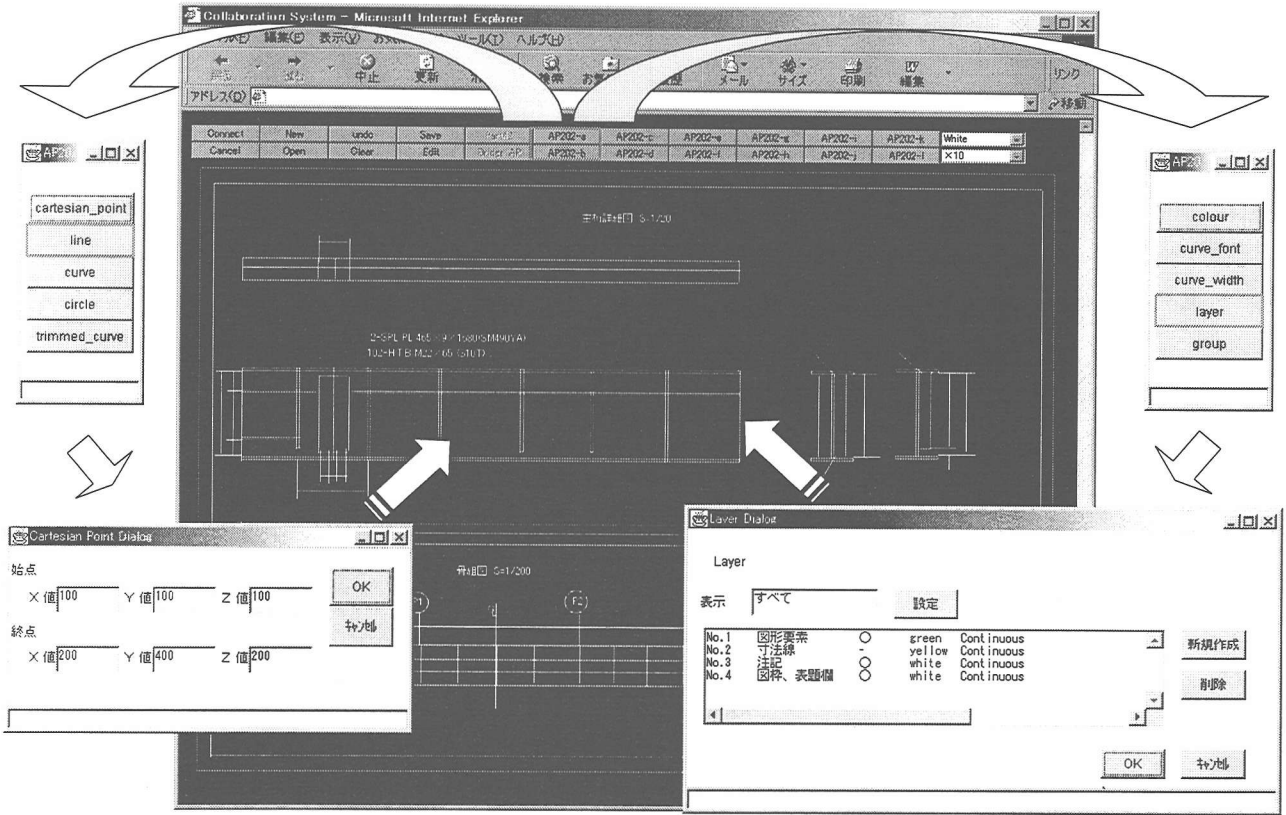


図-8 システムの利用例

タが送られ、図面描画ウインドウに表示される。これにより、技術者は図面データを参照することができる。また、管理情報は管理情報ダイアログで参照することができ、情報を更新することができる。

4. システムの開発

本システムは技術者が容易に利用できるように、クライアント/サーバ型とした。クライアントシステムは Web ブラウザ上で動作するように Java アプレット形式で開発した。サーバシステムは Web サーバ上で動作するように Java アプリケーション形式で開発した。サーバシステムとクライアントシステム間の通信には、Java のソケット技術を用いた。

クライアントシステムは、Java のバージョン 1.1 に対応した Web ブラウザ（例：Netscape Navigator 4.06 以上，Internet Explorer 4.01 以上）上で動作する。したがって、Windows95/98/NT だけでなく、Linux や Unix

など多くのクライアント環境において利用することが可能である。サーバシステムは、Sun Web Server1.0 と Java Server API を用いて稼働する。

システムの画面例を図-8 に示す。

5. あとがき

本研究では、二次元電子図面データの標準交換の基盤を確立するため、二次元の図形オブジェクトを用いた電子図面データの作成システムおよび参照システムを開発した。二次元電子図面データの標準化手法に STEP/AP202 を適用することで、土木分野の電子図面データの表現に必要な製図に関する情報を保持することが可能となった。Web をベースとしたシステムにすることで、図面データを即時に作成、参照できるようにした。設計技術者が作図に必要な図形要素を STEP のスキーマとして定義できる機能を設けることで、図形をオブジェクト化することができ、図面の作図、交換、再利用のプロ

セスを効率的に行うことが可能となった。そして、土木構造物を二次元の図形オブジェクトの集合として表現し、二次元の電子図面データを交換、共有することができる。

今後は種々の土木構造物を対象に必要なスキーマを定義し、ライブラリ化し、共有することが必要である。

最後に、本論文の作成に当たって、関西大学工学部土木工学科学生 早川勝也君から協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 藤崎 強 : CAD データ交換標準開発コンソーシアムについて, STEP 入門セミナー資料, オープンCADフォーマット評議会, pp.41-56, 1999.5.
- 2) 井上 和 : 二次元図面のSTEP/AP202での実装に向けて, STEP 入門セミナー資料, オープンCADフォーマット評議会, pp.117-137, 1999.5.
- 3) 統合情報活用による建設事業の高度化技術に関する共同研究報告書, 土木研究所資料, Vol.2, 1998.8.
- 4) 塚田幸広, 青山憲明, 光橋尚司 : 土木分野における技術情報データ交換規格 (STEP) の開発, 土木研究所資料, Vol.1, 1998.1.
- 5) 大下武志, 青山憲明, 光橋尚司 : 第2回STEP国際ワークショップ報告, 土木研究所資料, 1998.12.
- 6) 建設 CALS に関する検討報告書 (案), 日本橋梁建設協会, 1998.3.
- 7) IFC End User Guide (IFC1.5), International Alliance for Interoperability, 1998.7.
- 8) 三上市藏, 田中成典, 村田真一 : 分散協調型の標準化図面作成システムに関する基礎的研究, 土木情報システム論文集, 土木学会, Vol.7, pp.25-32, 1998.10.
- 9) ISO 10303-202 : Industrial automation system and integration · Product data representation and exchange · Part 202 “ Application protocol : Associative draughting,” International Organization for Standardization, 1996.8.
- 10) 平岡弘之 : CAD 図面交換のためのSTEP製品モデル, 精密工学会誌, Vol.59, pp.37-42, 1993.12.