

## I-7 建設 CALS を目指した道路設計図面の電子標準化に関する研究

CALS-oriented standardization of digital road design drawings

田中克則<sup>†</sup>

Katsunori TANAKA

高橋広幸<sup>†</sup>

Hiroyuki TAKAHASHI

加藤 潔<sup>†</sup>

Kiyoshi KATO

【抄録】 建設 CALS では、情報の交換・共有を実現するために、情報の標準化が必要となる。本論文では、道路設計における CAD を利用した電子図面情報の標準化の試みについて述べる。ここでは、CAD のソフトウェアの機能および国内におけるデータの互換性についての実態調査結果に基づいて、データ交換を実現するための一手法として CAD を統一し、レイヤー構造、線種、色および作図操作について標準化した。さらに、設計への適用性や製図における作業性を確認するための実証フィールド実験により、この手法の有効性について検証した。

【Abstract】 Standardization of information is required for construction to realize the exchange and sharing of information. This paper proposes a technique for standardizing digital drawings with a CAD system for road design. The technique uses CAD and compatibility of data in Japan; layer information, line styles, color and figure drawing operations, are standardized. Moreover, a field experiment was carried out to confirm the technique's applicability to designing and usefulness for drafting. The result verified effectiveness of the technique.

【キーワード】 道路設計, 情報の標準化, CAD, CALS

【Keywords】 road-design, standardization of information, CAD, CALS

## 1. はじめに

近年の著しい情報処理技術の進展に伴って、社会全体で「CALS」の考え方を導入する動きが活発化し、建設業界でも同様の研究が開始されている<sup>1), 2)</sup>。建設 CALS とは、事業の進捗段階や各組織の間で情報の交換・連携・共有を図り、総事業費の縮減ならびに品質の向上を実現することによって効率的な事業の執行を目指すものである。日本道路公団（以下「JH」という）においても、高速道路の計画・調査・建設・管理の各段階において図面を電子化して共有すること、技術資料（調査・設計報告書など）を効率的に交換・保管・活用することおよび情報公開のために電子認証技術を導入することについて、それぞれ調査研究を進めている。

そこで、本文では、JH の各業務プロセスにおいて図面を共有・活用することを目的して、最も主要な方

法である CAD により、道路設計図面を電子化する場合の標準化について述べる。

## 2. 建設 CALS と CAD

### (1) 建設 CALS における図面の優位性

道路建設とは、端的にいうと地表面の形状を造り変えることである。そこでは様々な設計計算や比較検討を繰り返し、その集大成として道路設計図面が作成される。いわば設計図面は土木技術の粋であり、技術者は図面によってすべての情報を得るといっても過言ではない。

また、JH の技術系業務は、いわゆる道路の建設と管理に大別されるが、計画に基づいて測量・調査し、設計、施工して、維持管理するといった一連の流れをもつライフサイクルでもある。そこでの図面は、業務の核となり、建設着手から管理業務まで引き継がれる。

<sup>†</sup> 〒194-0035 町田市忠生 1-4-1 日本道路公団試験研究所技術情報課 TEL 0427-91-1621

以上のことから、設計図面を電子標準化することは、業務の合理化の観点から、最もその効果を期待できる。そこで、建設 CALS 導入にあたっては図面を優先し、特に電子標準化の優先度が高い道路設計図面について最初に着手することとした。

## (2) CAD 利用の現状

### a) 土木 CAD の現状

従来、土木分野における情報処理技術は、主に構造解析や水理計算などで大型コンピュータを主流として利用されてきた。ところが、近年では、機器の低価格化・小型化・高性能化に伴って、様々な形態での利用がパーソナルコンピュータでも可能となってきた。そのような情報処理技術の1つとして CAD があげられる。

CAD は、早くからマルチタスク環境を提供していた UNIX を OS (オペレーティングシステム) としていたためワークステーション上で稼動するものが多かったが、現在では、WindowsNT や Windows95 といった OS の登場により、ワークステーションからパーソナルコンピュータへ移行してきている。現在の主な CAD をまとめると表 2-1 のようになる。

一口に CAD といってもその利用段階は様々である。本来 CAD とはコンピュータによる設計支援のことをいうが、現在の道路設計における CAD とは 2 次元 CAD が一般的である。すなわち、初期のワードプロセッサがそうであったように、図面を清書することを目的とした CAD である。もっとも、そのような製図目的だけでも CAD で作成した図面には次のような利点がある。

- ①電子情報で作図するため、品質が低下せずに再利用でき、電子交換が容易である
- ②作図操作が精度に影響しないため、図面の品質が向上するとともに均衡する
- ③縮尺の概念がなく、部品が活用できるため作業性がよい
- ④データベースと連携できるため、必要な図面の検索が容易にできる

2次元 CAD に対して3次元 CAD では、道路設計において地形や地質などの複雑な3次元データを取扱うために、ハードウェア・ソフトウェアともにさらに高性能のシステムが必要となる。現段階では3次元地形デジタルデータを入手することが容易でないため、

表 2-1 道路設計における現状の主な CAD

製品名	メーカー・販売元	対応 OS				主な用途		
		Windows95	WindowsNT	UNIX	MAC	製図	3次元設計	その他
AutoCAD-R14J	オートデスク	○	○			○	○	
Imagination Engineer	日本インターグラフ	○	○			○		スケッチ
Solid Edge	日本インターグラフ	○	○				○	
Design Post Drafting	日本コンピュータビジョン	○	○			○		設計検討
CADSUPER FX For Windows	アンドール	○	○			○		
Solid Works 95	パナソニックテクノロジー	○	○				○	
図脳 RAPID4	フォトロン	○	○			○		
DesignCAD 2D/3D	マツボー	○	○			○	○	
I-DAES	日本 SDRC	○	○	○		○	○	
Pro/ENGINEER	日本 PTC	○	○	○		○	○	
Professional CADAM	ダットシステムズ	○	○	○		○	○	
ME10	日本ヒューレットパッカート	○	○	○		○	○	
CADRA	米エイトシステムズ	○	○	○		○	○	
MicroStation	ベンツシステムズ	○	○	○		○	○	
MICRO CADAM	キャダムシステムズ	○	○	○		○	○	
MicroGDS	インフォテックス	○	○	○		○	○	
ICAD/SX,MX	富士通	○	○	○		○	○	
AdvanceCAD	伊藤忠テクノサービス	○	○	○		○	○	
HICAD	日立製作所	○	○	○		○	○	
図王	三菱電機	○	○	○		○		
CADPAC-WIN	デザイノオートメーション	○	○	○		○	○	
jelly-9	旭技研	○	○			○		
JW_CAD	フリーウェア	○				○		
MiniCad6	イーアットイー	○	○		○	○	○	

土木においては3次元 CAD を広く一般化するまでには至っていないが、将来的には、3次元 CAD に発展させ設計や数量計算などの自動化により設計業務を効率化することを考えなければならない。

#### b) CAD の高度利用

業務実態の分析によると、設計や工事発注における業務では、図面と数量計算書の数量確認に多くの時間を費やしている結果であった。図面からの数量計算を自動化することにより効率化が図れることになる。

CAD では、図形情報に属性を付与して外部データベースと連携させるといった高度利用が可能である。したがって、CAD で作成した図面の旗上げ情報と数量計算書を連携させることにより、数量および計算の照査作業を省略することができる。

道路保全業務においては管理延長の伸びに対応した資産管理が要求されるが、更に防災・危機管理に対する要求レベルも高くなっていることから管理の効率化・正確化が必要となっている。このような問題を解決する一つの手法として、完成図面を CAD 化し、旗上げ情報と道路管理施設台帳を連携させて、平面図を資産データベース管理のユーザーインターフェースとして利用することが考えられる。

建設 CALS をより有効なものとするためには、CAD を製図道具として利用するだけでなく、CAD の高度利用を重要視すべきである。

#### (3) 情報交換における CAD の問題点

建設 CALS では、すべての書類、図面、仕様書などを電子化して、ネットワークを介した交換・共有を実現しようとしている。ところが、現段階での CAD は、各 CAD ソフト、機種および OS が異なる場合、データの互換性がほとんど確保できないという重大な問題点を抱えている。

現在、CAD にはデータ交換のための中間ファイル形式が存在する。米国では、1981年に ANSI 規格となった IGES (Initial Graphics Exchange Specification) がデータ交換用ファイル形式の標準として普及している。しかしながら、日本の土木業界では、IGES をサポートとした CAD が少なく、反対に DXF (Drawing Interchange File) に準拠しているものが多い。

DXF は Autodesk 社の製品である "AutoCAD" という CAD ソフトウェアのバージョン間でデータ交換

を行うための中間ファイル形式である。DXF は日本国内の土木業界に限定すれば事実上の標準ファイル形式といえるほど一般化しており、これを中間ファイル形式としてしている CAD ソフトウェアは現在でも数種類ある。しかしながら、これまでの研究<sup>1), 3)</sup>によると、DXF がそれらの CAD 間でのデータ交換を完全な形で保証できるものではないという結果が得られている。したがって、DXF により CAD データを完全な形で交換するためには、現状では CAD の機能を制限しなければならない。

一方、ISO では、CALS における国際標準規格として ISO10303 (通称 "STEP (Standard for the Exchange of Product model data)") を提唱している。STEP は、製品の企画・計画から廃棄に至るまでのライフサイクルにおいて発生するあらゆる情報を管理・伝達することを目的としている点で CAD ソフトウェア間のデータ交換のみを目的とした IGES や DXF などに代表される中間ファイル形式とは異なる。

現在 STEP では、図面に関しては、CAD 製図データ交換および機械部品の3次元形状と製品構成/管理データの交換について、それぞれ AP (アプリケーションプロトコル) のパート 201「2次元製図」およびパート 203「構成管理設計」に規定されている。なお、これに対応する CAD も開発されているが、国内ではほとんど普及していないのが現状である。さらに、STEP では製品規格が一意に定められる製造業を主体として AP を作成しているのが現状であり、いわゆる現場生産的な道路建設事業には現時点では適用が困難な面もあると考えられる。

以上から、現状では、ISO に準拠することや中間ファイル形式を規定することにより CAD データの互換性を完全に確保することが極めて困難であると考えられる。したがって、完全な形で CAD データを交換するためには、一般には CAD の機能を制限するかまたは CAD を特定するしかないと考えられる。これに対して、公的機関では汎用性を無視できないため、建設 CALS を実現する上では最も大きな問題となっている。

現在、電子化に向けた活動が活発化しているため、各組織がそれぞれの考えに基づいて電子化した場合、JH 内部でもデータ交換ができない状況となる可能性が高い。このようにならないようにするためには、で

きる限り早い時期に電子標準化の方向性を示唆する必要がある。ここでは、将来的には ISO の標準化に適合させることも考慮した上で、現時点で最適と考えられる道路設計図面の電子標準化を行うこととした。

### 3. 図面の電子標準化

#### (1) JH-CAD の必要条件

JH の技術業務で CAD を利用する場合、次のような条件を満足する必要がある。

- ①事業の各プロセスに一貫して利用できる
- ②外部機関とのデータ交換が可能である
- ③土木製図に必要な作図機能を有する
- ④パーソナルコンピュータで利用できる
- ⑤CAD 以外のデータベースとの連携が可能である

建設 CALS 実現のためには①～③は当然である。

先に述べたように、製図道具としてだけではなく、今後は、より高度に CAD を利用することが必要となるものと考えられる。したがって、JH が業務において CAD を活用するために④を、CAD の高度利用のために⑤をそれぞれ必要条件としている。

なお、今後の情報公開に対する社会的な要求から発注図面などを情報ネットワークにより提供することが必要となることが予測される。このため、ブラウザ

で表示できるファイル形式であることも考慮しておくべきである。

#### (2) ソフトウェア統一の必要性

建設 CALS が目指す情報通信技術を駆使したネットワークによる情報交換・共有も、電子標準化の上に成り立つものである。各機関・組織で異なる電子ファイルを交換することはできないため、電子ファイルの形式を統一する必要がある。

さらに、JH では、先に述べたとおり、CAD を活用することにより業務を合理化することを目指している。そのためには、CAD データと外部データベースとの連携を図るといった CAD の高度利用を実現することが必要条件である。そして、このような CAD の利用は、現状では特定の CAD の機能に依存するところが極めて大きい。したがって、CAD の高度利用を目的とする場合には、CAD データの電子ファイル形式を統一すると同時に、現段階では CAD を特定することが必要である。

一般に道路設計で使用する CAD には、汎用 CAD をカスタマイズして機能を拡張させたものと初めから専用の目的で開発されたものに大別できる。両者の大きな違いは汎用性である。後者は、入出力のファイル形式や地形データのフォーマットなどを専用のものに

表 3-1 汎用 CAD の比較

項目	汎用 CAD1	汎用 CAD2
ファイル形式	• DWG 形式	• DNG 形式
対応 OS	• Windows3.1, Windows95/NT • Alpha	• Windows3.1, Windows95/NT • Alpha
画面モード	• 汎用 CAD1 の複数起動可能 • 1 個の汎用 CAD1 の起動で 1 個の作図画面	• 汎用 CAD2 の複数起動可能 • 1 個の汎用 CAD2 の起動で複数作図画面の表示が可能
用紙設定	• 使用するプロッター、プリンターのドライバーに依存 • 出力時に用紙サイズの設定を行う	• 使用するプロッター、プリンターに依存する • 出力時に用紙サイズの設定を行う
作図単位	• 作図単位 • 作図領域の制限はない。ユーザがどの単位で作図するか自由に決定できる	• マスター単位とサブ単位が存在する • 作図領域が 2 の 32 乗(4,294,967,296)に制限されている。
画層基本	• 画層を Layer という • Layer 階層に制限は無い • Layer 名称は合計で半角 31 文字まで • Layer のグループ化が可能	• 画層を Level という • 合計で 64 までの画層しか設定不可能 • Level 名称は半角 16 文字、コメントが半角 32 文字まで • Level のグループ化が可能
作図空間	• モデル空間とペーパー空間	• 単一空間でペーパー空間は存在しない
異尺度	• ペーパー空間から作成する浮動ビューポートにより出力時に異尺度を解決する • 作図時は実態を 1 個作成すればよい • 浮動ビューポートの数量制限はない • ペーパー空間での図形 SNAP 可能	• 参照図形により異尺度を解決する • 出力時の図形 SNAP が不可能 • 図形に対する画層操作は不可能
廉価版ソフトウェア	DWG 形式でのファイル交換が可能な簡易ソフトウェアが一般に発売されている	• 汎用 CAD2 の機能を補足するアドオンソフトが存在しているが、汎用 CAD2 ユーザしか購入できない

指定している場合が多い。したがって、建設 CALS を目標とした CAD としては前者を選択すべきである。

(3) CAD の標準化に関する検討

a) 一般的な汎用 CAD

道路設計で使用する汎用 CAD には、国際的に見て、AutoCAD (以下「汎用 CAD1」という) と MicroStation (以下「汎用 CAD2」という) の2つが主流である。

汎用 CAD2 は、米国の多くの州政府道路局において標準的な CAD として位置付けられており、米国の道路設計の分野では主流となっている。しかしながら、日本語に対応していないこと等や日本国内のサポート体制が十分とは言い難い

これに対して、汎用 CAD1 は、土木学会土木情報システム委員会土木 CAD 小委員会の調査結果<sup>3)</sup> に示すように、国内ではおよそ半数の企業・機関で1番目あるいは2番目に利用されている。また、海外での実績についても汎用 CAD2 と同等であると考えられている。

b) CAD の比較検討

汎用 CAD1 と汎用 CAD2 との比較を表3-1に示す。両者の機能を比較した場合に、最も大きな違いの1つは AutoCAD のペーパー空間機能である。この機能は AutoCAD 特有の機能である。AutoCAD では、この機能により作図空間と出力空間を分離し、実寸法での作図が可能となっている。したがって、紙への出力を必要と考えた場合、AutoCAD のペーパー空間機能は使い易さの点で MicroStation を含めた多くの CAD に比べて有効であると考えられる。

また、画層数について、汎用 CAD2 では 64 を上限としているが、汎用 CAD1 には制限がない。建設 CALS では、設計・施工・維持管理といったそれぞれの業務プロセスにおいて、CAD データを編集・加工する。その際の道路設計平面図では、設計の規模にもよるが、おおむね 100~200 の画層数を必要とするものと考えられる。したがって、汎用 CAD2 ではライフサイクルのどこかで情報の欠落や上書きといった問題が発生する可能性がある。

日本国内での利用状況については、前述のとおり、汎用 CAD1 の利用が大多数であり、データ交換用の中間ファイル形式についても汎用 CAD1 で使用する DXF がデファクトスタンダードとなっている。

以上をまとめると、汎用 CAD1 は、

- ①CAD ソフトウェアとして国内での汎用性が高い
- ②中間ファイル形式 DXF のデータ互換性が高い
- ③ブラウザ表示を可能にするファイル形式 DWF をサポートしている

などの点で汎用 CAD2 に比べて有利である。

なお、各種作図機能については、若干操作性の違いがみられるものの、大きな差はない。

以上の比較検討結果から、汎用 CAD1 を基本とした図面作成の電子標準化について検討することとした。

(4) CAD データの標準化(プロトタイプ作成)

図面を CAD で作成するための標準化を試みるにあたって、CAD の概念、操作方法、データ交換などを勘案し標準化を図る項目を表3-2とした。なお、図面に関する基準や仕様で既に規定されている事項については、従前のものを踏襲するようにした。

a) 画層情報

CAD で最も重要な機能は画層である。CAD では何層もの画層を重ね合わせて一枚の図面を作成する。すなわち、CAD では画層によって、1つの図面を図形(オブジェクト)に分類し、図形情報を管理している。

したがって、データ交換においては、画層の名称により設計情報・図形情報を作成者以外の利用者に伝達することができるため、道路設計図面のうち特に平面図については、図面のどの部分をどのように画層分けするかによって、データ交換後の加筆・修正作業の効率化に大きく関わってくる。このため、名称からある程度内容を把握できるような画層の標準化が必要と

表3-2 CAD データの標準化の内容

種別	項目	標準化の内容
基本事項	画層	名称、階層構造、図枠
	線	線の種類、色番号、太さ
	文字	フォント、サイズ、縦横比、記述方法
	寸法スタイル	寸法作成機能の使用、矢印形状、文字の高さ
	ファイル名	ファイル名称の付け方、保存方法
	数量表	形状、文字コード
	交換媒体	媒体、ディレクトリ構成
作図作業	作図編集	座標原点、座標系、作図単位、縮尺
	ポリライン	作図編集におけるポリラインの使用
	ハッチング	作図編集におけるハッチングの使用

なる。

汎用 CAD1 では画層名称の長さを 31 文字までに規定しているため、3 階層で名称を構成することを原則とした。ここでは、第一階層を発生プロセスの頭文字（設計：D、施工：C、管理：M）を付けた図面区分、第二階層を図形（オブジェクト）区分、第三階層を共通オブジェクト（STA.や旗上げ情報など）と定め、それぞれの階層を“\_”で結合して1つの画層名称とした。なお、連絡等施設や休憩施設など特別の場合には 31 文字以内で 4 階層まで許すこととした。

#### b) 図形および文字

CAD による作図や加筆・修正において作業性を向上させるためには、ディスプレイ上で見やすい図面であってはならない。そのためには、図面に描く図形に対応して、線の種類や色さらに文字の大きさやフォントなどを統一する必要がある。ここでは、汎用 CAD1 の ByLayer 機能により、画層 と一対一に対応するように線の種類および色を規定することを原則とした。

線種については実線、点線、破線、一点鎖線、二点鎖線の 5 種とし、色については図形ごとに従来の規定に従って設定した。また、ブロック積み工、特殊のり面工、レベルバンクなどについては、ハッチング機能を使用することとし、ハッチングの番号を規定した。

なお、CAD における線の太さについては、作図・加筆・修正作業とは無関係であり、プロッター出力時のみ規定が必要となる。ここでは、出力時の線の太さについて、従来の規定に沿って設定した。

文字については、文字コード、フォント、文字の高さおよび縦横比、特殊文字の記述方法などを規定した。

#### c) 作図および加筆修正操作

建設 CALS では CAD データの交換を前提にしているため、次プロセスへ受け継ぐ CAD データはそこでの作業者が使い易いものであることが望ましい。特に JH が期待する CAD の外部データベースとの連携機能を活用するためには、CAD の作図機能のうち必要最小限を規定しておくことが必要である。ここでは、汎用 CAD1 の機能であるポリライン、ハッチングおよび寸法図形の使用を義務づけた。

これらは、作業時の図形選択を容易にするためにも必要であり、道路平面図などの複雑な図面ほど重要

となる。なお、自動設計プログラムなどを利用すると、特に寸法については汎用 CAD1 の寸法図形機能と合致しない場合もあるので注意する必要がある。

#### d) データ交換

現段階では、受発注者間の通信回線が容量不十分であるため、建設 CALS が目指すネットワークによる CAD データの交換・共有は困難である。そこで、CAD 図面を交換するためには、データを電子ファイルの形で何らかの媒体に保管することが必要となる。したがって、データ交換のために、電子ファイルの形式、ファイル名称、交換媒体および媒体への記録における約束ごとについて標準化する必要がある。

電子ファイルについては、汎用 CAD1 と完全互換であることから、バイナリ形式の場合には DWG、アスキー形式（中間ファイル形式）の場合には DXF をそれぞれ標準ファイル形式とした。なお、図面 1 枚ごとに 1 つのファイルを作成し、名称については、先頭に発生プロセスの頭文字を付けた半角英数文字による 256 文字以内で、内容を表現しているものとした。

また、データ交換用の媒体には、読み込み・書き込みの両方に汎用性のある MO を指定した。さらに、CAD データを MO に保管する場合のディレクトリ構成やラベルの記入項目などについても規定した。

## 4. 実証フィールド実験

### (1) 概要

前章の標準化検討を踏まえて、「CAD による図面作成要領（暫定案）共通編・道路土工設計編 Ver.1.01」（以下、「要領案」という）を策定した。この要領案に基づいた道路詳細設計をいわき工事事務所において実施した。この設計の概要を表 4-1 に示す。

この実証フィールド実験では、要領案をもとに道路設計図面の製図が実際に可能かどうかを確認するこ

表 4-1 道路詳細設計の概要

件名	常磐自動車道 上本町地区道路詳細設計
設計区分	幅杭設計後の詳細設計
施行箇所	自) 福島県双葉郡富岡町大字本岡地内 至) 福島県双葉郡富岡町大字上手岡地内
設計概要	道路設計 : 1.87 km ボックスカルバート : 5 基 パイプカルバート : 3 基 用排水設計 : 1 式

とを主な目的としている。当面、各業務プロセスにおいて要領案に基づいて実際に CAD により図面を作成できるかどうかの確認を先行し、その後、測量から設計へ、設計から工事へ、工事から管理へそれぞれで交換した CAD 図面を加筆・修正するときの作業性について検証する予定である。

## (2) 評価方法

ここでは実証実験を次のような観点から分析する。

### ①設計への適用性

### ②図面の品質および設計の精度

### ③製図における作業性

この①、②については、それぞれ要領案の問題点を抽出して修正することを目的としている。これらについては、本来であれば、複数の設計業者による各々の CAD 図面を比較検討する必要がある。しかしながら、実験対象数が十分でないため、ここでは要領案に従った成果品であるかを発注者が確認するとともに、CAD 図面を紙に出力した形で従来のインキング図面と相対的に比較することで評価することとした。

また、③については、製図作業を省力化できているかについて検証することを目的とする。具体的な手法としては、設計担当者へのアンケート調査を主体とする。この方法では、設計担当者の主観的な経験や判断に頼らざるを得ないが、ある程度の方向性を評価できるものと考えられる。

## (3) 実験結果

今回の実証フィールド実験では、地形図をラスターデータの形で CAD に取り込んで製図することを条件とした。なお、請負人の方針として、専用 CAD により基本的な作図を行い、その後汎用 CAD1 へ CAD データを変換するという設計手法を採用した。

要領案の設計への適用性および図面の品質に関しては次のような結果となった。なお、要領案を適用した CAD による道路設計図面の例を図 4-1 に示す。

- ① 従来の規定に従って線の色をレイヤーごと（図形ごと）に定めたが、機種によっては切土のり面を表示する茶色が画面上で視認しづらい
- ② 紙に出力した場合、線の太さに強弱がなくなる
- ③ 平面図を 800m ごとに分割して紙出力する場合、本来不要である部分も表示・印刷される
- ④ 水路など寸法どおりに作図すると、紙に出力した場合に線が重なることがある

- ⑤ ラウンディングなどの複合曲線部の旗上げ機能がない
- ⑥ 紙出力した時に文字が判別しづらい場合がある
- ⑦ 平面図については航空写真測量の地形図を、横断図については横断測量の地形図をそれぞれ使用しているため、のり面部などで平面図と地形図が一致しないところがある
- ⑧ その他に関しては特に問題はない

ここでの実験結果については、要領案の一部や従来の慣習などを若干変更することにより、ほとんどの点について対応可能であるが、重要な問題も含んでいる。特に、紙に出力したときの視認性および平面図の地形との整合性については重要である。

実際の工事現場では B1 版を A3 版に縮小した図面を紙の状態で使用。それは施工者だけでなく、監督者も同様である。CAD 図面を紙に出力したものが、従来のものと大きく違っているのは施工ミスの原因となる恐れがある。従来の慣習を変更する場合には、誤解を招くような表現・表記方法を避けるだけでなく、できれば実際の施工現場で使用して確認する必要がある。

また、地形平面図については、航空写真測量で作成したものを路線測量後に修正していないために、横断図と整合性が取れないことになる。これは現状の設計および製図においても同様な問題である。CAD の場合でも、ラスターデータのまま平面図を修正することは非常に手間がかかる。しかし、3 次元の地形デジタルデータを測量から設計へ受け渡しできれば、横断図と平面図のすり付けも容易である。

一方、製図における作業性に関しては次のような

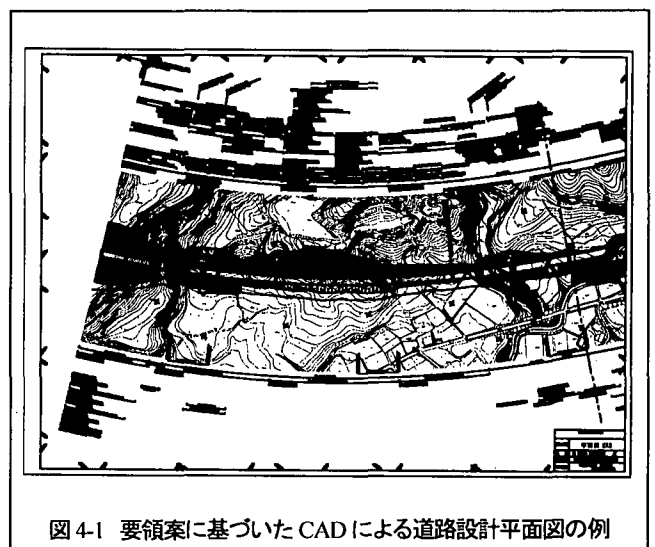


図 4-1 要領案に基づいた CAD による道路設計平面図の例

結果となった。

- ① 地形図のラスターデータに記されているグリッド線、道路線形、線形要素などを消去するのに時間を要した
- ② ある点に対して道路中心線からの垂線を描くために、アドオンソフトが必要となる
- ③ パソコン画面に対して描く図形が大きすぎるので、画面上だけでの道路平面図の旗上げは煩雑な作業となる
- ④ 平面図について設計区間に1ファイルで作図するため、分担作業できない
- ⑤ 横断図について、図形から算出した数量を表計算ソフトで表の形にしてCADに貼り付けた
- ⑥ 地形図ラスターデータの誤差を図上の2点でCADの機能により修正した

ここで、①については測量図面をラスターデータで扱う限り、解決できない問題である。②～⑥については、現段階ではCAD操作のテクニックによって解決しなければならないが、将来的にはCADの機能の発展も期待できる。以上のように、要領案を使用してCADにより図面を作成することが可能であることがわかった。

また、図面作成に要する時間について、従来のような手描き手法を1とした場合のCADで作図する手法に要する作業人数比を表4-2に示す。ここに記す比率は、CADによる図面作成において実際に要した人数を従来の方法で作図した場合に必要となると予測される人数で除した値である。なお、ここでいう人数とは実際に作業する人数を技師Bのそれに換算したものである。

今回の実験結果では、設計業者が行う製図作業については、従来と比較した場合に効率化しているとは言いがたい。これは、設計者がCADによる特定の仕様

に基づいた図面作成に熟練していないこと、専用CADからのデータ移行の問題、曲線に沿って旗上げする場合の汎用CAD1の機能の問題などが要因として考えられる。

#### (4) 今後の課題

まず、CADによって作成した図面をもとに実際の施工が可能であるかを確認する必要がある。これは工事段階での実証フィールド実験で確認できるが、できるだけ早く実施すべきである。

また、測量データ特に3次元地形デジタルデータについて、設計で活用できる形で標準化する必要がある。これにより、設計の精度が向上するばかりか、設計・製図作業を大幅に効率化できる。

#### 5. おわりに

建設CALSの実現に向けての道路設計図面の電子標準化の試みについて述べた。さらに、実証フィールド実験を行い、その結果から、本文で提案した標準化手法の有効性を確認した。

しかしながら、ここでは実証フィールド実験の対象数が少ないために、客観的な評価が十分とは言いがたい。今後は、より精度の高い評価を行うため実験対象数を増やして行う予定である。また、本文でも述べたように、各業務プロセス間で交換したCAD図面を加筆・修正するときの作業性について検証することも必要である。

なお、この要領案ではデータ交換のために試行的に汎用CADを特定しているが、これは試験研究所が図面の電子標準化の研究の一環として取りまとめたものであり、現在、要領案の適用については精度評価を行うための実証実験に限定していることを付記する。

#### 参考文献

- 1) 塚田幸広, 青山憲明, 光橋尚司. 総合情報の活用による建設事業の高度化: 土木学会論文集, No.581/VI-37, pp.1-15, 1997.
- 2) 土木学会・土木情報システム委員会・土木CAD小委員会: 平成7・8年度土木CAD小委員会活動報告概要書, 1997.
- 3) 土木学会・土木情報システム委員会・土木CAD小委員会: 土木CAD小委員会活動報告, 第21回土木情報システム講演集, pp.261-279, 1996.

表4-2 CADによる図面作成の従来との比較

項目	主な作業	従来との作業人数比
平面図	地形図のスキナー読み、作成・編集	2.2
縦断図	作成	1.1
標準横断図	作成	1.0
横断図	作成・編集	1.1
土積図	作成	1.0
ボックスカット	作成・編集	1.3