

## II-1 CAD による数量算出の取り組み

### Examination of quantity calculation using the CAD software

坂森計則<sup>1</sup>・青山憲明<sup>1</sup>・遠藤和重<sup>1</sup>・川上雅一<sup>2</sup>

Kazunori Sakamori, Noriaki Aoyama, Kazushige Endo, and Masakazu Kawakami

**抄録：**平成 13 年度の電子納品開始以降、直轄事業における設計図面は SXF (P21) 形式による CAD データで納品されている。電子納品開始以前、紙の図面を用いた設計では、三斜誘致法、プランメータ等により数量算出を実施していたが、CAD ソフトによる数量算出を行い、その結果を電子納品する仕組みを確立すれば、業務の効率化、後工程への確実な情報伝達などの効果が期待される。著者らは、道路土工を対象に、詳細設計、積算・発注、施工段階の数量算出に関する作業プロセスを整理し、プロセス間のデータ流通を考慮した上で、CAD による数量算出方法を検討した。また、CAD による数量算出要領を作成し、市販の CAD ソフトを用いた実証実験を行った。本稿では、その取り組み内容を報告する。

**キーワード：** CALS, 数量算出, CAD, SXF

**Keywords :** CALS, quantity calculation, CAD, SXF

#### 1. まえがき

これまで、公共事業の設計では、紙の図面を用いて三斜誘致法、プランメータ等により数量が算出されていた。一方、CAD ソフトを用いた設計では、CAD データから長さ、面積などを効率的に拾い出せるため、工事数量総括表等の自動作成による業務の効率化やコスト縮減効果が期待されている。

国土交通省では、CALS/EC の施策<sup>1-2)</sup>として CAD による数量算出を推進している。

CAD による数量算出は、市販 CAD ソフトの面積計算機能などを利用し、すでに設計者等で実施されているところである。しかし、設計、積算・発注、施工という建設事業の一連のライフサイクルを通じて数量算出結果を下流工程へ適切に流通させる制度面も含めた仕組みはこれまで十分な検討がなされていない。

このような背景から、著者らは、ライフサイクル間のデータの受渡しを考慮した上で、CAD による数量算出、電子納品方法を検討しており、本稿ではその取り組みを報告する。

#### 2. 研究方法

##### (1) 研究対象

本研究では、道路事業における設計、積算・発注、施工のプロセスを対象に、道路土工の数量算出を検討する。また、CAD による数量算出では、一般に普及し

ている 2 次元 CAD ソフトの使用を前提とする。

##### (2) 実施手順

本研究における検討手順を次に示す。

- ・数量算出プロセスの整理
- ・CAD による数量算出方針の検討
- ・CAD による数量算出要領の作成
- ・CAD ソフトによる実証実験

##### 3. 数量算出プロセスの整理

数量算出は、**図 - 1** に示すように、設計業務での数量の算出及び照査、発注準備のための図面及び数量の調整及び検算、施工業者による数量の検算・現地との整合・精査・協議、変更のための図面変更と数量の算出、完成後の実績値の算出など、設計から完成までの一連のプロセスとして抽出される<sup>3-5)</sup>。

道路事業を対象に、詳細設計から施工へ至る作業プロセスと、道路土工を対象とした数量算出に関わる詳細プロセスの対比を**表 - 1** に示す。数量算出結果は、詳細設計、積算・発注、施工のプロセスを通じて、設計業者、発注者、施工業者に受け渡されている。下流工程では、前工程から受け渡された数量算出結果を利用して、再計算、検算、照査などが実施される。検討にあたっては、単なる CAD ソフトによる数量の自動集計ではなく、ライフサイクルを通じたデータ流通を考慮する必要がある。

**表 - 1** の数量算出に関わる作業プロセスのうち、

1 : 正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室  
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地, Tel :029-864-7490, E-mail : sakamori-k924c@nilim.go.jp)

2 : 正会員 財団法人日本建設情報総合センター 建設情報研究所 CALS/EC 部

CAD ソフトを用いた作業は、詳細設計を例にすると、(11)数量計算が抽出される。土工量算出の具体的な作業手順は次のとおりとなる。

- ・ 横断面図から土質区分、施工区分ごとにエリア分けした数量根拠図を作成
- ・ 対象エリアの面積を計測し数量根拠図に記載
- ・ 計測した断面ごとの面積を数量計算書に転記し、表計算ソフト等で平均断面法により体積を計算

本研究では、6章に示すとおり、CADソフトによる実証実験を実施しているが、CADソフトを利用する上記の作業プロセスを実証実験の対象範囲としている。なお、詳細設計以外の積算・発注、施工でもCADソフトによる数量算出の実施手順はほぼ同様であり、上記の作業手順の検証は、積算・発注、施工プロセスにも適用可能と考えられる。

#### 4. CADによる数量算出方針の検討

数量算出結果は、設計、積算・発注、施工を通じて再利用される成果であり、後工程で第三者が照査・検証できる必要がある。

紙の図面の場合、数量計算書の一部として、拾出したエリア及び面積を明示した数量根拠図を作成しており、後工程で照査・検証が可能であった。CADデータの場合でも、数量根拠図を電子納品することで、後工程におけるデータ照査・検証を可能とする必要がある。

本研究では、数量根拠図として、横断面のCADデータにレイヤを追加して電子納品し、そのレイヤ構成はCAD製図基準(案)<sup>6)</sup>に則る方針とした。

また、数量根拠図に記載された対象エリアの面積は数量計算書に転記されるが、転記作業を不要とし業務の効率化、転記ミス防止などを図るため、CADソフトから面積等の数量データを出力する必要がある。SXFでは、CADデータの図形に意味を持たせる属性を付加できる<sup>7)</sup>。SXFの属性ファイル用属性付加機構(ATRF)を適用すれば、属性データは、図面ファイル(P21)とは別途、XML形式で記述された属性ファイル(SAF)として保存される。これにより、属性ファイルに数量データを記載し、数量計算書を作成するための表計算ソフト等に読み込めば転記作業が不要となる。

本研究では、属性データの仕様は、SXF Ver.3.1仕様書・同解説 附属書 属性付加機構編<sup>7)</sup>、SXF Ver.3.1属性セット策定ガイドライン<sup>8)</sup>に則り作成する方針とした。

#### 5. CADによる数量算出要領の作成

4章の方針に従い、CADデータのレイヤ構成、属性データの仕様等をまとめた属性セットを検討し、CAD

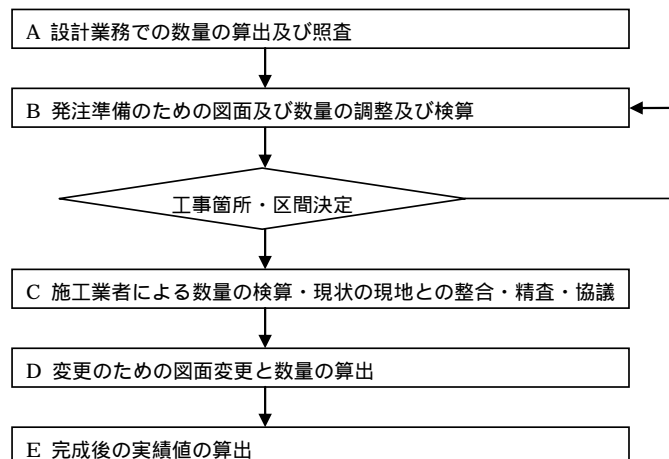


図 - 1 数量算出に関わる概略プロセス

表 - 1 数量算出に関わる詳細プロセス (道路土工)

業務プロセス	実施者	作業プロセス	数量算出に関わる詳細作業プロセス (道路土工)
詳細設計	設計業者	(1)設計計画	
		(2)現地踏査	
		(3)平面・縦断設計	平面設計細部検討 縦断線形決定
		(4)横断設計	土層線想定 法面勾配・構造決定
		(5)道路付帯構造物設計	
		(6)小構造物設計	
		(7)仮設構造物設計	
		(8)用排水設計	
		(9)施工計画	
		(10)設計図	路線図作成 平面図作成 縦断図作成 標準横断図作成 横断図作成 土積図作成 詳細図作成
		(11)数量計算	数量根拠図作成 数量算出 数量計算書作成 (数量集計表作成)
		(12)照査	数量の照査
		(13)報告書作成	
積算発注	発注者	工事開始時告示	発注工区の数量算出 工事箇所・区間決定 工期決定
		積算・発注	工事数量総括表作成 工事予定価格算出 設計図書作成 発注数量のチェック
		見積・入札	見積価格算出 見積書作成
		施工計画	工事数量確認
工事施工	施工業者	契約変更	変更となる数量の算出
		既済部分払い	既済部分の数量の算出
		竣工	完成図作成 出来形数量の算出 発注数量との確認

による数量算出要領として取りまとめた。同要領に則った CAD データを電子納品することで、後工程への情報伝達を確実なものとする。

### (1) レイヤ構成の検討

CAD 製図基準(案)では、レイヤ構成要素として、[責任主体]-[図面オブジェクト]-[作図要素]-[ユーザ定義領域]を規定しており、4 階層目のユーザ定義領域を利用して新規レイヤを追加できる。数量根拠図を格納するレイヤは、ユーザ定義領域を利用して新規レイヤとして追加する。

レイヤ構成は、表 - 2 の例のように、土木工事積算体系レベル 3 (種別) に当たる掘削工、路体盛土工、路床盛土工ごとに定義した。また、施工区分ごとにレイヤを、土質区分ごとに色分けして格納する方針とした。なお、レイヤ、色区分については既存成果品の CAD データ等を参考に決定したが、道路土工以外の他工種を含めて標準的な仕様を検討する必要がある、今後の検討課題である。

### (2) 属性セットの検討

SXF Ver.3.1 仕様書・同解説 附属書 属性付加機構編<sup>7)</sup>では、属性ファイル用属性付加機構 (ATRF) を適用する場合の属性値として、次の 2 種類を定義している。

- 一般的な属性値：図面ファイル中の図形等に任意のタイプの属性値を付与する。
- 特別な属性値 (\$\$\$)：図面ファイル中の文字列に文字列の内容を属性として付与する。

道路土工の数量算出を対象とした場合、具体的には次の属性付与方法となる。

- 一般的な属性値：施工区分、土質区分ごとのエリア (閉空間) に対し、既定義ハッチング (Area-Control) を付与し、ハッチングに属性値を付与する方法。
- 特別な属性値 (\$\$\$)：図面中に記載する面積の数値 (文字列) に属性値を付与する方法。

属性付与方法の比較・評価結果は、表 - 3 のとおりである。ファイル間の値の整合性、業務の効率化を考慮すれば、属性付与方法としては、特別な属性値 (\$\$\$) を採用する方が望ましい。ただし、本研究では、一般的な 2 次元 CAD ソフトの使用を前提としており、市販の CAD ソフトを調査した結果、属性付与方法への対応状況がまちまちであった。そのため、現時点では仕様を統一できないと判断し、両方法を許容する形で、属性セットを作成し、CAD による数量算出要領として取りまとめた。

補足となるが、6 章に示す実証実験では、複数の市販 CAD ソフトで実験を行ったが、ソフトの対応状況に応じて、一般的な属性値、特別な属性値 (\$\$\$) のいずれかで実験を行っている。今後は、属性付与方法を統一し、市販ソフトへの実装を図っていくことが課題である。

表 - 2 数量根拠図のレイヤ構成の例 (掘削工)

レベル 4 (細別)	数量区分		レイヤ名	色
	施工区分	土質区分		
掘削 (土砂)	片切部	砂・砂質土	x-STR-STRY -DIG1	赤
		粘性土		青紫
		礫質土		青
		岩塊・玉石		マジエンダ
	オープン カット部	砂・砂質土	x-STR-STRY -DIG2	赤
		粘性土		青紫
礫質土		青		
	岩塊・玉石		マジエンダ	
掘削 (軟岩)	片切部	軟岩 1	x-STR-STRY -DIG 3	赤
		軟岩 2		青紫
	オープン カット部	軟岩 1	x-STR-STRY -DIG 4	青
		軟岩 2		マジエンダ
掘削 (硬岩)	片切部	中硬岩	x-STR-STRY -DIG 5	赤
		硬岩 1		青紫
	オープン カット部	中硬岩	x-STR-STRY -DIG 6	青
		硬岩 1		マジエンダ

表 - 3 属性付与方法の比較・評価

	一般的な属性値	特別な属性値 (\$\$\$)
P21 と SAF ファイルの 値の整合性	属性値を任意に付与できるので、不整合が発生する可能性がある。 x	図面の文字列を属性値とするので不整合は発生しない。
図面の表記 法	任意	測点毎に土工断面量をまとめた表記法に統一する
照査	横断面図と数量根拠図の数値および属性ファイルの属性値の整合を確認するため、従来より照査対象が増える。 x	横断面図と数量根拠図の数値について整合を確認するため、従来と照査対象は変わらない。

凡例 : 優れている, x : 劣る, : どちらともいえない

## 6. CAD ソフトによる実証実験

5 章の CAD による数量算出要領に基づき、CAD ソフトを用いた実証実験を実施した。CAD ソフトは、OCF 検定に合格し、属性付与が可能な市販ソフト 3 種類を選定した。なお、CAD による数量算出要領は、SXF Ver.3.1 にも対応するように検討しているが、市販 CAD ソフトが SXF Ver.3.1 未対応だったため、SXF Ver.3.0 で実験を行った。

実証実験では、実務で用いられた図面 (CAD データ) を収集し、CAD による数量算出結果との比較検証を行っている。収集した図面は、一連のプロジェクトの詳細設計図 (当初)、詳細設計図 (修正)、発注図、工事完成図であるが、数量根拠図、数量計算書の有無等の諸事情から、今回は詳細設計図 (当初)、詳細設計図 (修正)、発注図の各図面を用いて検証した。

実証実験の流れを次に示す。

- 収集した図面 (数量根拠図) に対し、エリアごとに既定義ハッチングを付与、断面積を計測し、数値 (文字列) を記載。

- ・エリアごとのハッチングまたは断面積の数値（文字列）に属性を付与．
- ・属性値を記載した属性ファイル（SAF）を出力し，収集した数量計算書と比較し，結果を確認．

実験で使用した数量根拠図，数量算出結果として出力した属性ファイル（SAF）の例を図 - 2，図 - 3にそれぞれ示す．詳細設計図（当初），詳細設計図（修正），発注図の各ケース，市販 CAD ソフト 3 種類ともに全て同じ結果となり，著者らが提案する CAD による数量算出方法の妥当性，一般的な CAD ソフトでも対応可能であることが確認できた．

また，実証実験では，業務の効率化の視点からも検証しており，プランメータによる計測と CAD による

計測の業務時間を比較している．プランメータによる計測は 2 時間 10 分，CAD による計測は 1 時間 50 分となり，今回の実証実験では 1 図面当たり 20 分の短縮効果が確認できた．

## 7. あとがき

本研究では，数量算出に関わる業務の効率化，後工程への確実な情報伝達を目指し，道路土工を対象に，CAD による数量算出，電子納品方法を検討した．数量算出結果は，設計，積算・発注，施工のライフサイクルを通じて再利用される成果であるため，数量算出プロセスを整理し，ライフサイクルを通じたデータ流通を考慮した上で，適切な CAD による数量算出，電子納品方法を検討した．

具体的には，断面図の CAD データのレイヤの一部として数量根拠図を作成し，数量根拠図とリンクする形で数量データを記載した属性ファイルを作成する方針とし，CAD による数量算出要領として取りまとめた．

また，市販の 3 種類の CAD ソフトを利用して実証実験を実施したが，著者らが提案する CAD による数量算出方法の妥当性や業務効率化への寄与が確認できた．

今後の課題としては，CAD データのレイヤ構成，属性セットは，道路土工以外の工種も含めて，標準的な仕様を検討する必要があることから，他工種を含めた仕様を検討していく必要がある．また，提案した数量算出方法を電子納品として適用するためには，市販 CAD ソフトの対応が不可欠であり，今後，業務プロセスをより詳細に分析してユーザビリティを考慮した上で，ソフトウェア機能要件を規定する必要がある．

**謝辞：**本研究を遂行するにあたり，中部地方整備局企画部技術管理課には実証実験などで多大なご協力を賜った．ここに記して感謝の意を表する．

## 参考文献

- 1) 国土交通省：「国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2005」の策定について，2006 年 3 月．
- 2) 国土交通省：「国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008」の策定について，2009 年 3 月．
- 3) 国土交通省中部地方整備局：設計業務等共通仕様書，2008 年 9 月．
- 4) 国土交通省：平成 20 年度版土木工事数量算出要領(案)，2008 年 4 月．
- 5) 国土交通省中部地方整備局：土木工事共通仕様書，2007 年 9 月．
- 6) 国土交通省：CAD 製図基準(案)平成 20 年 5 月版，2008 年 5 月．
- 7) 国土交通省：SXF Ver.3.1 仕様書・同解説 附属書 属性付加機構編，2007 年 11 月．
- 8) 建設情報標準化委員会図面/モデル情報交換小委員会：SXF Ver3.1 属性セット策定ガイドライン，2007 年 11 月．

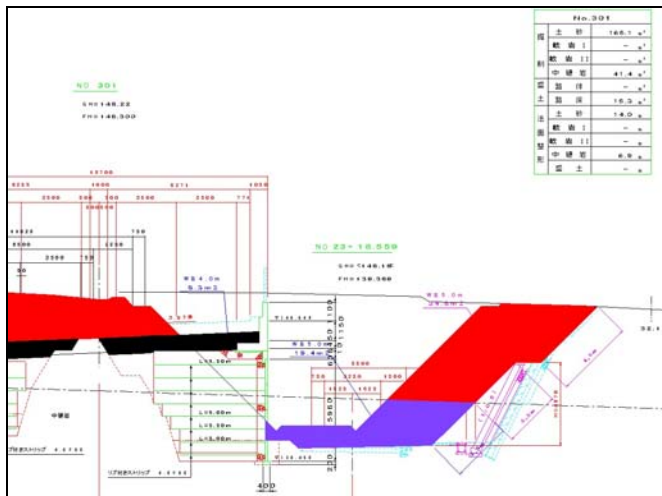


図 - 2 数量根拠図の例

```
<?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS"?>
<SxfAttributeXML version="3.0" date="2009-02-03" sxfFile="D0CS003Z.
P21" application="XXCAD2008">
  <Figure id="11" name="掘削:土砂">
    <AttributeSet name="土工量算出用属性セット" version="1.0"
designedBy="国土交通省">
      <Attr name="掘削:土砂" type="ARE" unit="m2">4.7</Attr>
    </AttributeSet>
  </Figure>
  <Figure id="13" name="掘削:中硬岩">
    <AttributeSet name="土工量算出用属性セット" version="1.0"
designedBy="国土交通省">
      <Attr name="掘削:中硬岩" type="ARE" unit="m2">24.2</Attr>
    </AttributeSet>
  </Figure>
  <Figure id="16" name="盛土:路体盛土">
    <AttributeSet name="土工量算出用属性セット" version="1.0"
designedBy="国土交通省">
      <Attr name="盛土:路体盛土" type="ARE" unit="m2">32.2</Attr>
    </AttributeSet>
  </Figure>
  <!--途中省略-->
  <Figure id="17" name="測点名 + 追加距離">
    <AttributeSet name="土工量算出用属性セット" version="1.0"
designedBy="国土交通省">
      <Attr name="測点名" type="STR">NO 299</Attr>
      <Attr name="追加距離" type="LEN" unit="m">7.990</Attr>
    </AttributeSet>
  </Figure>
</SxfAttributeXML>
```

図 - 3 属性ファイル（SAF）の記述例