

◆ CALS 特集 ◆

調査－設計－積算段階の情報活用方策に関する研究

河上 誠* 松井健一** 萩野谷守泉***

1. はじめに

現状の公共事業は、設計施工分離発注を原則とし、たくさんの関係者が係わって執行されている。ここでの情報流通は、紙による交換が主体となつておらず、近年の電子情報利用技術の発展が著しいなか理想的な状態とは言えない。

この状況を踏まえ、CALS^{注1)}の概念を建設事業に取り入れた「建設 CALS」の取り組みが進められている。建設 CALS は、建設事業における計画・調査、設計・積算、施工・維持管理のライフサイクル全般を対象とした統合的情報システムの構築を目指しており、業務の効率化、品質の確保、建設コスト縮減の効果が期待されている。

土木研究所では、平成 8 年度から平成 10 年度で総合技術開発プロジェクト「統合情報活用による建設事業の高度化技術に関する研究」(以下「CALS 総プロ」という。)を実施し、建設 CALS の実現に必要な標準化、規格化などの要素技術の開発や具体的な情報活用方策について 5 つのワーキンググループを設け官民共同で研究を行った。

本文は、この CALS 総プロのうち、調査・設計・積算段階の情報活用方策をテーマに研究を行った「調査設計ワーキンググループ」(以下「調査設計 WG」という)^{注2)}の取り組みについて概要を報告する。

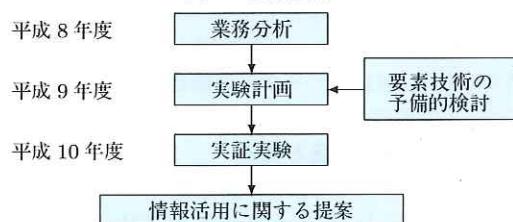
2. 研究の概要

調査設計 WG では、道路事業を対象に、実業務での情報の受け渡しに関するルールの確立とその実現性を主テーマに取り組みを行った。

研究は、業務分析をもとに着目すべき視点を見出す事から始め、その要素技術(活用技術)の予備的検討、想定した実業務での実証実験とステップを踏んで行った(表-1)。

Practical Use of Information on Survey, Design, and Estimation Stages

表-1 研究行程



3. 業務分析

現状業務プロセスの課題を整理し、検討すべき視点を見出すことを目的に、調査～設計～積算までの業務プロセスの分析を行った¹⁾。現状の業務は、情報が複雑に絡み合って流れが漠然としていることから、分析は、各フェーズ(業務段階)内の情報の整理と、フェーズ間の情報の整理を行った。

各フェーズ内の整理は、現プロセスのモジュール(構成単位)を踏まえた分析が可能である簡易的な構造化分析^{注3)}を用いて行い、フェーズ間の情報の整理は、プロセスと関係構造および情報を正規化(定義)することが可能な IDEF0^{注4)}を用いて行った。業務分析の結果より抽出した着目点(課題と要求事項)を(1)～(4)に示す。

(1) 情報の電子化・データベース化

現在、測量や地質調査結果等の共通基盤情報は、紙ベースの受け渡しが主流で、設計時においては CAD^{注5)}にデータを再入力するなど非効率な状況である。これらの情報を電子化・データベース化し、CAD 等の各システムで活用できることが望まれる。

(2) 設計情報(数量等)の連携

現在、設計計算、CAD 製図、数量算出は別な作業として行っているため、設計変更、設計修正に

注 1) CALS : Continuous Acquisition and Life-cycle Support. 「継続的な調達とライフサイクルの支援」

注 2) 建設省土木研究所、(財)日本建設情報総合センター、(株)オリエンタルコンサルタンツ、(株)建設技術研究所、国際航業(株)、(株)長大、日本電気(株)、パシフィックコンサルタント(株)、(株)パソコ、復建調査設計(株)、三井建設(株)

注 3) 構造化分析：データフローに着目した分析手法。

注 4) IDEF0 : Integration Definition for Function Modeling. 「統合定義による機能モデリング手法」

表-2 要素技術に関する検討結果

情報分類	対象プロセス	検討内容	検討の結果
地形データ (3次元DM) ・1/1000航測図化 ・1/500TS	・道路設計 (概略、予備、詳細) ・橋梁設計 (予備、詳細)	・各種システムでの読み込み ・構造化編集 ・3次元データ取得項目	・3次元データ項目、データ取得内容の決定。 ・構造化データ作成。 ・DXF形式でのデータ読み込み確認。
地質データ (ボーリング柱状図) ・JACIC仕様データ	・橋梁設計 (予備、詳細)	・市販ソフト利用 ・地質情報検索システム利用 ・地質データ、図化データ利用 ・一般図への表示	・地盤情報検索システム(JACIC仕様)のデータは市販の柱状図作成システムに受け渡しが可能。 ・CAD図面への合成はDXF変換が必要。 ・地質情報検索システムは、建設省地方建設局のインターネットでしか利用できず利用者が限られる。
GIS利用 ・1/5000航測図化	・路線選定	・主要GISソフトの比較 ・解析機能の満足度 ・利用データへの要求	・主要なGISソフトの汎用機能で処理が可能。 ・機能の差によるデータ連携に課題が残る。 ・調査データの情報基盤としての整備が必要。
データ分析	・道路設計 (予備、詳細) ・橋梁設計 (予備、詳細)	・プロセス間のデータ流通分析 ・図面データに着目 ・CADレイヤー構成検討に反映	・次工程に引き継ぐべきデータを多く含む図面は、平面図、縦断図、横断図の順。 ・次工程に引き継ぐべきデータは、平面線形、縦断線形、交差道路、交差河川等の平面線形上に交差する構造物の位置情報。
CADデータ (レイヤー構造)	・道路詳細設計 ・橋梁詳細設計	・外国の事例調査 ・レイヤー名称、線種、線色 ・レイヤー構成案	・図面区分の識別子、ライフサイクル識別子等を勘案し、レイヤー名称を決定。 ・データ分析より各図面のレイヤー構成案作成。
CADデータ (数量連携)	・道路詳細設計 ・橋梁詳細設計	・数量算出方法 ・プロトタイプの作成	・道路設計における、平面図の旗上げに着目したCADと表計算ソフトとの連携方法。 ・橋梁設計における、配筋図の加工図と重量表、鉄筋数量集計表に着目した連携方法。 ・CAD上で動くアプリケーションのプロトタイプ作成。

時間と費用がかかり、ミスの原因ともなっている。

また、積算作業では設計数量を積算条件を加味した積算数量に再編集している。

設計情報は、前後の作業を勘案しCAD等の各システムで連携されることが望まれる。

(3) 制度や基準の再検討

土木製図基準や各発注者で定めている作図要領等は、手書きの紙ベースを対象として定められている。これらの基準は、電子的な取り扱いを踏まえて修正する必要があり、発注者により内容が異なる基準類(共通仕様書や設計基準等)は、受注者が個別の対応を必要とし、設計ミスの原因ともなるので併せて統一する必要がある。

(4) 業務成果物のビジュアル化

各設計段階で作成される資料は、設計計算を伴うこと等から2次元の専門的な表現となっている。協議、説明会等を想定した場合、一般の人にも分かり易い資料で提示する必要があり、資料の作成にあたっては3次元定義のCADとCG^{注6)}の組み合わせ、GIS^{注7)}の活用が望まれる。

注5) CAD : Computer Aided Design. 「コンピューター支援による製図・設計」

注6) CG : Computer Graphics. 「コンピュータグラフィックス」

注7) GIS : Geographic Information System. 「地理情報システム」

4. 要素技術の予備的検討

CALS的手法の適用にあたり、個々の要素技術について予備的な検討を行った²⁾。

(1)～(5)に概要を、表-2に検討結果を示す。

(1) 地形データ

公共測量作業規程の数値地形測量で定められている数値地形図(DM)は、地図表現の目的で使用されることが多く、現状では設計作業に殆ど利用されていない。

設計作業(CAD・GIS利用)で電子的に地形データを活用するために、DMのデータ取得・編集内容について検討を行った。

(2) 地質データ

建設省直轄業務の地質調査成果であるボーリングデータは、(財)日本建設情報総合センター(JACIC)の仕様で集積されている。設計作業(CAD利用)で電子的にボーリングデータを活用するためには、データ変換、図化等について検討を行った。

(3) GIS利用

現在、机上で実施している路線検討作業に、GISを利用するため、主要GISソフトの機能の調査、データ交換等について検討を行った。

(4) CAD データ

CAD で作成した図面データを円滑に交換・連携するためには、画層とそこに入れるべき内容、線種・線色について約束事が必要である。図面データの分析をもとに、構築物単位に図面種別、ライフサイクル情報を表現した画層名称等についてレイヤー構成の検討を行った。

(5) CAD データと数量連携

現在、図面の作成とは別の作業として行っている数量算出作業を、CAD データ(図形、文字、数值等)と数量を連動させて行う仕組み(プロトタイプ作成等)について検討を行った。

5. 実証実験

要素技術の予備的検討を踏まえ、道路概略・予備設計段階、道路詳細設計段階、橋梁詳細設計段階の 3 つのフェーズを設定し実験を行った。

5.1 道路概略予備設計段階実証実験

DM 作成から、道路概略設計(1/2,500)、道路予備設計(1/1,000)を実施した。DM の作成は、予備的検討の結果から、被覆を構成する線分について始終点座標を一致させる等の編集をした 3 次元データとして作成した。

(1) 道路概略設計

1) 実験目的

CAD(路線線形)、GIS(調査データ解析)を用いて定量的に路線の評価が可能か検証する。

2) 実験内容

・比較路線の設定

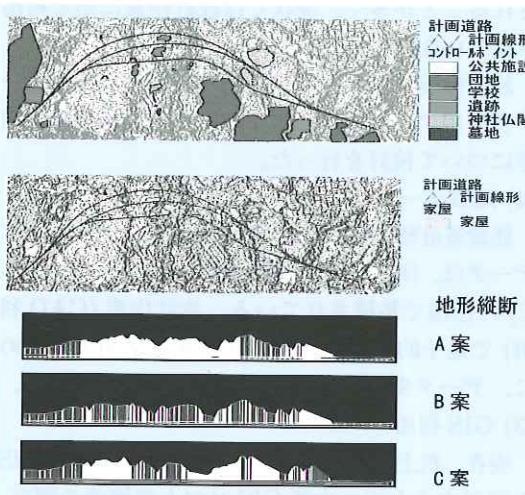


図-1 路線設定平面図、縦断図

表層地質、公共施設、家屋データによりコントロール図を作成し、DM を用いた平面図に配置して、比較路線 3 案を設定した(図-1)。

・自然、社会的評価の定量化

設定した路線に対して GIS のグリッド機能を用いて、地表面傾斜分布、家屋分布、地質分布を定量化項目としてグリッドデータ(解析のための格子状データ)を作成し、各路線が通過するグリッド数を計算した。図-2 に地表傾斜角度による定量化の例を示す。

3) 実験結果

CAD と GIS を連携させて調査データを扱うことが可能であることと、各種の調査データを用いた新しい評価の可能性を確認した。しかし、GIS の機能によっては調査データや線形データの再生に弊害が生じることや色彩のグラデーション表示が難しきものがある。今後の課題としては、調査データ等の定量化に伴う重み付けと路線評価のためのルール(基準)の検討が必要である。

(2) 道路予備設計

1) 実験目的

3 次元化した DM を道路 CAD システムに取り込んで線形検討、図面作成、プレゼンテーション資料の作成が効率的に実施可能か検証する。

2) 実験内容

・図面作成、線形決定

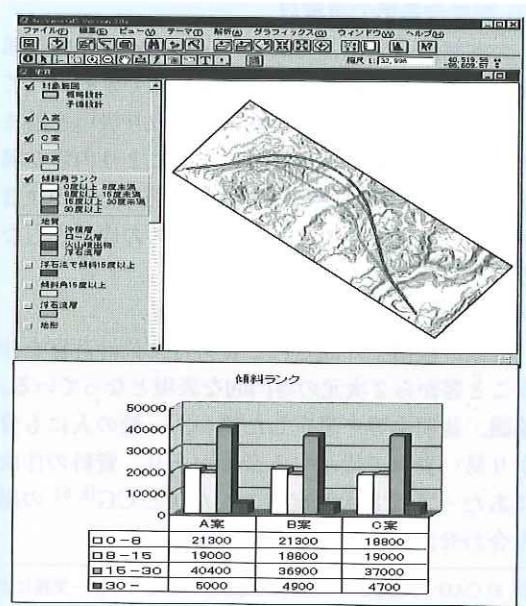


図-2 定量評価の例(地表面傾斜)

概略設計より受け渡された線形、調査データをもとに DM(1/1,000) を CAD に取り込み平面図、縦横断図を作成し、土量バランスによる縦断線形の調整を行った。

・プレゼンテーション資料の作成

3 次元 DM に TIN (Triangulated Irregular Network) を生成させ、現況地形モデルを作成し、CAD 上で道路線形情報を与えて計画モデルを作成した(図-3)。

3) 実験結果

3 次元 DM を CAD で問題なく使用でき、これまでの既成図のスキヤニング、ラスターべクター変換の作業なしに直ぐに設計作業が行えた。

線形調整は、土量、法面等の算出が自動的にできることから効率的に行えたが、平面図の法面等の精度を十分に満足するには、計算ピッチを現状 20m から 5m 程度にする必要がある。また、図面体裁を整えるための旗上げ記載や作図修正作業は、従来と変わらず手間を要した。

今回作成の DM は、設計作業に十分適用可能であったが、今後は、DM データ作成にあたってのデータ取得や編集における決め事が必要である。このとき、設計の内容により DM の作成レベルは異なるため、DM 作成費用も考慮したとりまとめが必要である。

ビジュアルな協議・説明資料は、DM 利用により、設計段階に応じた作成が可能であるが、設計条件に応じて用いる詳細な地形モデル化手法についての検討が今後の課題である。

5.2 道路詳細設計段階実証実験

予備設計の結果から DM を使用し、道路(土工)

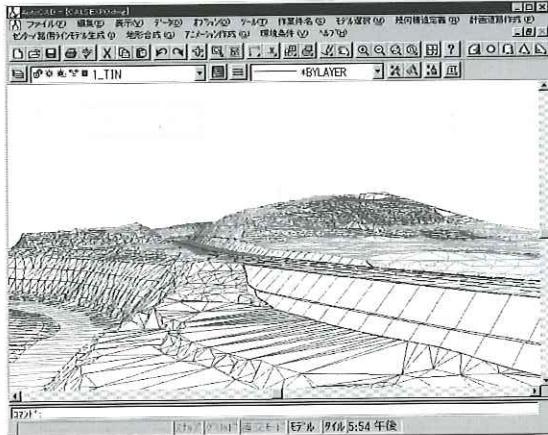


図-3 3 次元計画モデル図

詳細設計(1/1,000)を実施した。

(1) 実験目的

これまでに検討した道路詳細設計(土工)の CAD レイヤー構成案に関して、作業効率性、妥当性等を検証する。また、CAD 図面と数量の連携による数量算出手法を検証する。

(2) 実験内容

1) レイヤー構成案による図面作成

作成したレイヤー構成案に基づいた、レイヤー構造、レイヤー名称、レイヤー数、線種・線色設定等に従って、平面図、縦横断図の作成を行った。

2) CAD データ連携による数量算出

平面図上にある旗上げ情報に関する文字列を利用し数量を簡易なアプリケーションを用いて算出した。算出処理の方法は、あらかじめ CAD データである旗上げの記号、文字列(形式、幅、長さ、始点、終点等)を決めておき、必要な文字列を表計算ソフトの文字列リストにテキストで抽出し、この抽出データを数量算出条件にあわせ計算させて数量集計結果とした。

図-4 に数量連携の概念図を示す。

(3) 実験結果

DM を利用することにより、現況地盤の抽出が容易となり、線形が決定してしまえば縦横断図の作成は短時間で可能であった。しかし、数量と連携する平面図の旗上げ作成は、自動化出来ないため作業の低減効果がない。線形の品質保持の観点では、CAD データの他に、幅杭・IP 点の座標要素を数値データで CAD 上に直接設定できることからミスの防止となる。

レイヤー構成案は、レイヤー名称、レイヤー数等は適当で概ね妥当と判断されるが、作業者の不慣れによる作業効率低下があった。これについては、習熟すれば解消されると考えている。

CAD データと数量の連携は、実証がまだ十分な段階とは言えず、基本的な仕組みの一つとしての検証に留まった。数量は、他工種の検討も今後の課題であり、更なる CAD～数量算出～積算の連携に関する取り組みが必要である。

5.3 橋梁詳細設計段階実証実験

DM と地質データを使用し、橋梁詳細設計を実施した。

(1) 実験目的

これまでに検討した橋梁詳細設計の CAD レイ

ヤー構成案に関する作業効率性、妥当性等を検証する。また、CAD図面と数量の連携による数量算出手法を検証する。

(2) 実験内容

1) 地質(柱状図)データ活用

地質情報伝達システム(JACIC仕様の地質柱状図データ)と市販の柱状図作成システムを用いて作成したデータを、橋梁一般図に图形情報として合成した。

2) レイヤー構成案による図面作成

橋梁のレイヤー構成案に基づいた、レイヤー構

造、レイヤー名称、レイヤー数、線種・線色設定等に従って、橋梁一般図、橋台構造図、配筋図を作成した。

3) CAD図面と数量連携

鉄筋加工図、鉄筋重量表、数量集計表を連携させるプログラムを作成し数量を算出した。データ処理の方法は、データ入力画面に形状、線分寸法、角度を入力し、このデータをもとに作成したシステムを通して自動的にCADで鉄筋加工図を作画させるとともに鉄筋重量表を作成する。同じく入力データから数量算出条件にあわせた処理を作成

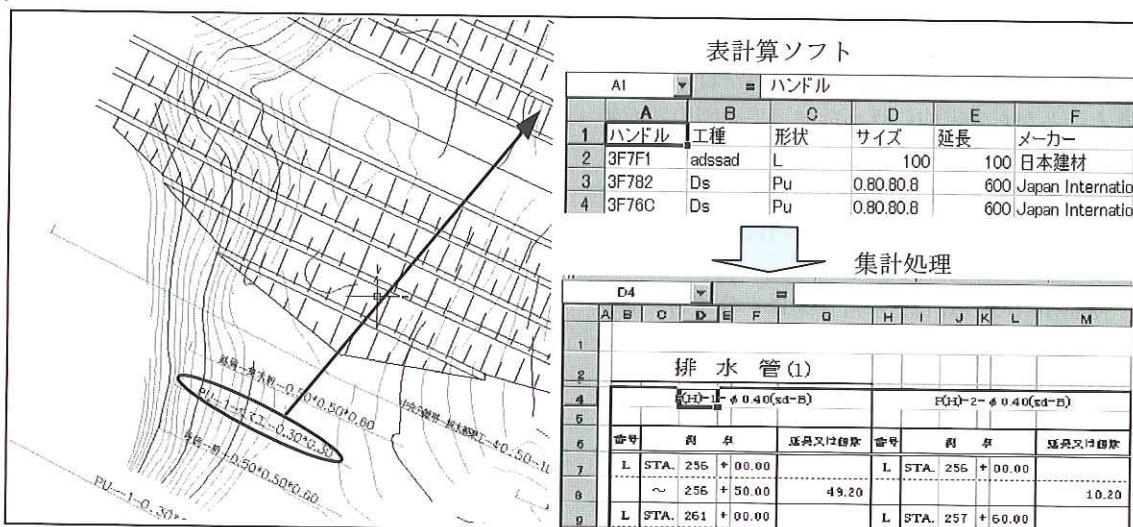


図-4 数量連携概念図

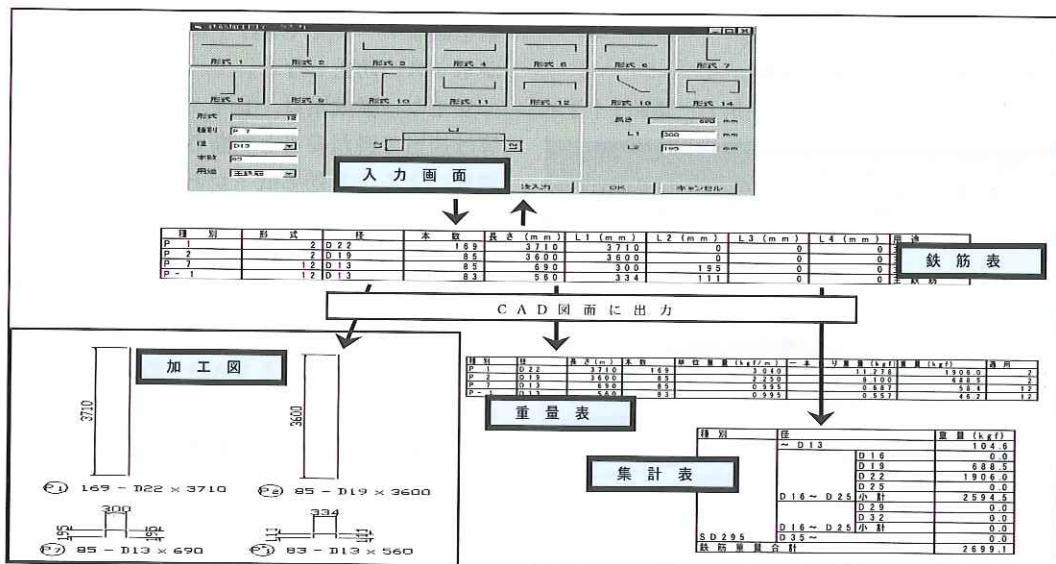


図-5 数量連携概念図

システムで行い表計算ソフトの数量集計表に出力させた。図-5に数量連携の概念図を示す。

(3) 実験結果

市販の柱状図作成システムを利用して柱状図を作成し、データ変換することで CAD と柱状図データの連携は可能である。このことから、従来の地質模様の作画が不要となる。

しかし、データの精度を担保するため柱状図孔口標高に加え X-Y 座標情報の付加が必要である。その際は測量図と同等の精度であることが望まれる。

レイヤー構成案は、不慣れによる作業の低下はあったが、図面情報の連携時と照査時の有効性が確認できた。しかし、レイヤー数が多くなるとミスの原因となるので注意が必要である。

また、レイヤーを遵守する仕組みが必要で、CAD 製図における作画の決め事を基準として作成することが必要である。

CAD 図面と数量の連携は、システム作成による実現性を確認できたが、入力画面に作成するデータに基づきすべて処理されることから入力データにミスがあれば数量も違ってしまうので注意が必要である。

現状の 2 次元 CAD での作画は材料そのものを描いていないので数量算出項目によっては限界がある。今後は、3 次元設計も踏まえて作画と数量が直接リンクする仕組みも考えられる。

CAD と数量のシステム的な開発は、数量算出に関する基本的な考え方を CAD ベンダー等へ提供し、開発を促すことも必要である。

6. おわりに

本文は、CALS 総プロにおける調査設計 WG の実証実験までの取り組みを紹介したが、この結果を踏まえて、「CAD 製図基準(案)」と「DM データ取得仕様(案)」の作成に着手した。

CAD 製図基準(案)は、建設省の各地方建設局で定めている作図要領を踏襲した形で CAD 製図に関する決め事を示したもので、CALS 総プロの図面文書の標準化ワーキンググループと共同で作成を行なった。DM データ取得仕様(案)は、数値地形測量のデータを設計に使用することを前提として、そこで作成される地形データのあり方を、データ取得・編集の留意事項として示したものである。

今回の研究における各種の取り組みは、実業務に直結する内容であることから業界全体の効率化、品質確保、コスト縮減に向けて重要な出発点となると考えている。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：統合情報活用による建設事業の高度化技術に関する研究、平成 8 年度共同研究報告書、1997.5
- 2) 建設省土木研究所：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(その 2)、共同研究報告書第 208 号、1998.8

河上 誠*



建設省土木研究所
建設マネジメント技術研究
センター建設システム課
技術企画係長
Makoto KAWAKAMI

松井健一**



同 建設システム課長
Kenichi MATSUI

萩野谷守泉***



同 建設システム課長補佐
Morimoto HAGINOYA