

(44) 設計初期段階における地形モデル空間の適用

吉田史朗¹・小林一郎²・緒方正剛³・藤田陽一⁴

¹学生会員 熊本大学大学院博士後期課程 自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2丁目39番1号)

E-mail: 138d9402@st.kumamoto-u.ac.jp

²正会員 工博 熊本大学大学院教授 自然科学研究科 (〒860-0862 熊本県熊本市中央区黒髪2丁目39番1号)

E-mail: ponts@gpo.kumamoto-u.ac.jp

³正会員 博(工)(一財)先端建設技術センター 技術調査部 参事 (〒112-0012 文京区大塚2丁目15番6号)

E-mail: ogata@actec.or.jp

⁴学生会員 熊本大学大学院博士後期課程 自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2丁目39番1号)

E-mail: 128d9406@st.kumamoto-u.ac.jp

設計業務は基本計画、概略設計、予備設計、詳細設計という4つの段階を経て業務が進められる。しかし、このような図面のみを利用した協議法では、事業が複雑化した場合や、設計対象が広大で複数の設計案が類似している場合においては全員が共通の認識を持つことが困難である。CALS/ECの取り組みにより、様々な分野においても建設事業の情報化が取り入れられている。しかしながら、個別要素の情報化は進んだものの「ライフサイクル全体を通じた情報運用」が達成されたとは言い難い。近年では、新たな取り組みとしてConstruction Information Modelingと呼ばれる概念が国交省を中心に提唱されている。

Key Words : Three-dimensional terrain, Digital Map, Status grasp

1. はじめに

従来の設計業務は、2次元図面を利用した協議が一般的であり、図面のみを利用した協議法では、全員が共通の認識を持つことが困難であった。一方で、CALS/EC¹⁾の取り組みにより、建設事業における情報化が進んでいる。3次元設計¹⁾や情報化施工など様々な分野においても情報化が取り入れられている。しかしながら、CALS/ECの目的である事業全体の情報化が達成されたとは言い難い。近年では、CALS/ECに変わる新たな取り組みとして Construction Information Modeling (以下、CIM)²⁾と呼ばれる概念が国交省を中心に提唱されている。建設ライフサイクル間に存在するデータ運用面での課題を、3次元モデルを基盤に据えることで解消し、データを一元管理することが目的である。

本論文では、CIMの目的が3次元モデルを基盤としたデータ運用であることを踏まえ、3次元地形モデルの運用を前提とした設計プロセスの可能性を提案する。

情報技術の進歩に伴い、建設分野における情報化が国土交通省を中心に推進されてきた。平成8年度に策定された「建設CALS整備基本構想」を皮切りに実務レベルでの取り組みが開始され、様々な情報の電子化が進められている。CALS/EC策定当初の目的は、従来は紙で交換されていた情報を電子化するとともに、ネットワークを活用して各業務プロセスをまたぐ情報の共有・有効活用を図り、公共事業の生産性やコスト縮減の実現であった。

「国土交通省アクションプログラム2008³⁾」の基本方針では、工事生産性の向上、維持管理の効率化、透明性の確保を図る視点から重要分野を6項目定め、ICTを活用した建設生産システムの構築を目指した(図-1)。6項目の中でも特に、目標①の電子入札と目標⑤の電子納品については、大きな成果を挙げている。これにより、情報の電子化により紙図面からCD-R等のメディアへの移行

- | |
|---------------------------------------|
| 目標-① 入札契約書類の完全電子化による手続きの効率化 |
| 目標-② 受発注者間のコミュニケーションの円滑化 |
| 目標-③ 調査・計画・設計・施工・管理を通じて利用可能な電子データの利活用 |
| 目標-④ 情報化施工の普及推進による工事の品質向上 |
| 目標-⑤ 電子納品化に対応した品質検査技術の開発 |
| 目標-⑥ CALS/ECの普及 |

図-1 AP2008の目標

2. 設計業務の情報化

(1) CALS/EC

が進んだが、電子化された情報が有効活用されることがなく保管されているだけであり、個別の要素は進歩を遂げたのに対して、当初の目的である「ライフサイクル全体を通じた情報運用」といったCALS/ECの意義は達成することができたとはいえず、今後の課題として挙げられる。

(2) CIM

a) 概要と目的

近年では国土交通省が新たな概念として CIM を提唱している。CIM とは、調査、設計、施工、維持管理の各段階において 3 次元モデルを一元的に共有・活用させることにより、建設ライフサイクルの初期から施工時の構造物を想定した各種検討を目指している。これらを考慮すると、CIM の目的は徹底したフロントローディングであると考えられる。

b) 概念

図-2はCIMを概念的に示した図である。縦軸と横軸はそれぞれ情報量と時間を表わしている。現状でのデータ運用は赤の実線で示すように、本来なら次工程での利用を考慮した成果物であるが、各業務で発生したデータが引き継がれていないことが多い。それに対し、青の破線はCIMでのデータの運用を示したものである。現状と比較して、CIMでは3次元測量機器の発達により公共データの充実が進んでおり、業務開始段階で3次元モデルを利用することを想定している。既にある一定の情報量を保持した段階から業務を開始し、各業務段階に応じた情報を3次元モデルに追加し、再構築することで各種検討を想定するのである。建設ライフサイクルの初期段階調査・設計段階において情報の増加量が多く、業務が進むにつれて情報の増加量が横ばいである点である。つまり、初期段階におけるデータ作成は極めて重要であり、3次元モデルはライフサイクル全体を想定したモデルでなくてはならない。これらから、CIMの普及に伴い既存の設計プロセスは変化することが予想される。

c) 課題

CIM を論じるにあたり、国と地方自治体の違いについても考慮しなければならない。現在、国の直轄事業で CIM の試行事業として詳細設計段階で取り組みがおこなわれている。数年後には地方自治体の業務においても普及することが想定できる。CIM を実現可能なデータの整備や人材育成、技能強化などへの対策は急務である。しかし、現状として受発注者間のデータ運用は十分に進んでおらず、今後対策を立てる必要がある。

3. 設計段階に応じた地形モデルの構築

(1) 概要（モデル空間）

CIM の目的と先行研究⁴⁾の分析を踏まえ、建設ライフサイクルの初期段階における 3 次元モデルの重要性を明確化した。そこで、本研究では調査・設計業務に着目し、各段階に応じた地形データの構築法を提案する。図-3は、本研究での提案を概念的に示したものである。分類した 4 つの段階を①第 1 段階（現況把握段階）、②第 2 段階（予備検討段階）、③第 3 段階（設計案比較段階）、④第 4 段階（詳細検討段階）とする。

(2) 地形モデルの作成方法

近年の測量機器の発達や、公共データの充実により、航空 LP を使って測量された地形データを誰でも容易に入手することが可能となった。そこで、現況把握の 3 次元モデル作成にあたり、国土地理院が提供している数値地図データを利用することで、地形データを短時間で取得することが可能となる。この手法で作成可能な地形モデルを図-4 に示す。本提案で作成した地形モデルに、位置合わせで座標を合わせ、航空写真を張り付けると、図-5 に示すようにおおまかではあるが地形の現況を把握することができる。数値地図データから作成した地形モデルは 5m メッシュのデータを基にするため、土地の

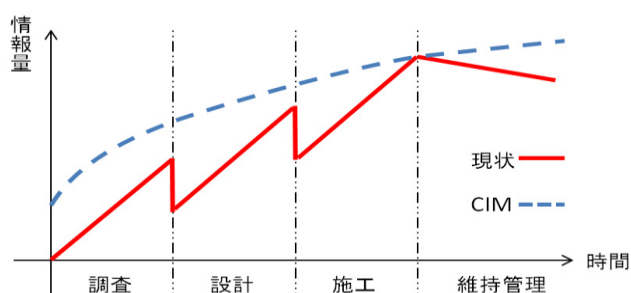


図-2 CIM 概念図（提案）

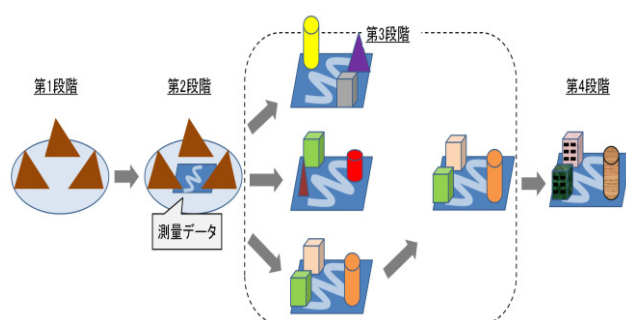


図-3 提案概念図

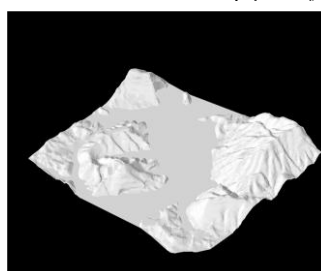


図-4 数値地図モデル

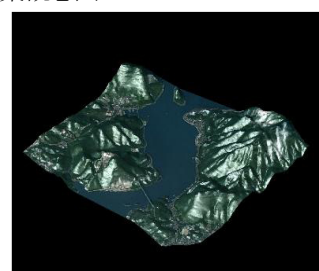


図-5 数値地図+航空写

起伏を鮮明には表現できないという欠点があり、遠くの山などの風景として見える地形を表現するには問題はないが、対象地の現況を正確に表現することができない。よって、設計案を具体化していく段階においては、数値地図データから作成した3次元モデルを基盤に据え、実際の測量データを追加し、より現況に近い形で3次元モデルを再編していく。

(3) 実施項目の分類

分類した各段階において、業務として実施すべき項目をまとめる。

a) 第1段階(現況把握段階)

現況の把握が目的であり現地踏査や測量、地質調査等をおこなう。これらの数値的な調査の他に、対象物が周辺一帯に占める役割や意義について把握することが目的である。成果物は測量データや地形図等がある。

b) 第2段階(予備検討段階)

現況把握から得た情報を基に設計対象となる敷地分析をおこない、基本計画を立案する。立案に際して、設計の主要となるエリアやポイントの設定する。また、設計対象内外を含めた動線についても考慮し、各構造物の配置について基本計画図として作成する。

c) 第3段階(設計案比較段階)

基本計画図を基に住民と意見交換をおこない、住民の要望を参考にした案を提示する。これらの住民を含めたWSを複数回実施することで基本計画をより具体化する。

d) 第4段階(詳細検討段階)

設計案の比較を踏まえて決定した案について、各構造物の寸法を決定し、構造・意匠・設備検討をおこなう。これらの結果を基に、部材の種類や数量の決定、土工量の算出、重機の選定をおこない、工事費用を見積もる。

ついて検証した。

a) 第1段階(現況把握段階)

計画立案の前段階として設計対象地を含めた周辺一帯を把握する必要があった。通常の業務であれば、現地踏査として複数関係者を交えて設計対象地内を歩きながら皆の共通認識のもと計画を立てることが一般的である。本事例においても、同様に現地踏査をおこない、計画立案の参考にしている。一方で、筆者は図-6に示す広域な3次元地形モデルを事前に作成した後に、現地踏査をおこなった。図-6中の破線は設計対象エリアを表わしており、①設計対象の周辺地形の把握、②アクセス道路の確認、③既存構造物の有無を事前に把握して現地に向かった。対象地内部に視点を移すことで図-7に示すように人間のアイレベルで周辺のおおまかな地形を把握することができた。また、事前にアクセス道路を確認できたことの意義は大きく、実際の利用者を想定したルートで現地まで移動し、現地踏査をおこなうことができた。

b) 第2段階(予備検討段階)

設計対象地の現況を把握した後に敷地分析をおこなった(図-8)。敷地分析をした結果、水源を中心とした地形の改変をおこない公園を整備することが決定し、それに伴うエリアの選定をおこなった(図-9)。エリア選定の条件としては、水源エリアの確保の他に駐車場エリアについて、それぞれのエリア間の標高差を考慮した動線の確認や、景観性の検討をおこなった。エリアを選定した後に、基本計画の立案をおこなっている。検討内容としては、①設計対象地へのアクセス道路の整備、②各エリア間の動線、③工事用道路の計画についてである。また、エリアの間には河川が流れており、工事用道路をつなぐための橋梁の配置についても検討する必要があった。設計対象地内の細かな地形を把握し、道路構造令に基づいた道路や歩道の設計を進めていた。

4. 適用事項

(1) 概要

事業内容は、熊本県における公園整備計画である。対象地は、山間部に位置する起伏のある土地です。しかし、アクセス道路である県道からの道路は十分に整備されておらず、公園までのアクセス道路や駐車場といった周辺一帯の整備をすることが本事業の目的である。

(2) 適用結果

現行業務は予備設計段階までが終了している段階であり、詳細設計は来年度以降に実施される。そのため、本事例は提案部分の現況把握段階から予備設計段階までを想定し3次元地形モデルを作成した。作成した3次元モデル空間を参考に、CIMの目的を踏まえた設計プロセスに



図-6 全体把握



図-7 現況把握



図-8 敷地分析



図-9 エリア選定

基本計画の検討項目のうちアクセス道路の整備について、業務受注者との意見交換の場では図-10 で示すような既存のアクセス道路の他にエリア 1 付近の町道から新たな道路を新設する案が適しているという意見に至った。要因としては、町道の標高とエリア 1 付近の標高に大きな差はなく、エリア 1 周辺を道路構造令から考慮した緩やかな傾斜で通すことで、エリア 1 を駐車場として確保できる点である。エリア 1 を平均標高よりも高めに造成することで、アクセス道路が急傾斜になるのを防ぐと同時に、トータルでの施工コストも考慮した。

アクセス道路の検討結果を基にエリア間の動線と工事用道路、橋梁配置についても検討した。エリア 1 に駐車場を設けることでエリア 1 から水源を有するエリア 2 までの利用者は歩行により対象地内を移動することが予想された。しかし、現況ではエリア 1、2 には布田川が存在するため、歩行者は大きく迂回してエリア 2 まで移動しなくてはならない。そこで、動線と工事用道路、橋梁位置を全て考慮して、図-11 の破線の位置が適しているという意見に至った。施工期間は工事用道路として利用し、施工完了後は利用者を想定した管理用道路として動線を考慮した。また、同時に既存駐車場への動線についても考慮した。当初計画では、図-12 中に示す道路案 1 のように橋梁付近から既存駐車場を結ぶ道として直線的な歩行者用道路が計画されていた。しかし、計画に沿って実際の利用者目線で確認したところ道路案 1 は傾斜が急であるという印象を受けた。道路案 1 と比べて移動距離は多くなるが緩やかな傾斜である道路案 2 が適しているという意見に至った。3 次元地形モデルを利用してこれら複数の検討項目を確認することで、基本計画立案までの流れに沿って検証した。

c) 第3段階(設計案比較段階)

予備検討段階での決定事項を参考として3つの配置案を提案した(図-13, 14, 15)。以下にその特徴を述べる。

配置案 1: 1 次案である基本計画を参考にしており、橋梁の位置を変更せず、動線についても大きな変更を加えていない。駐車場はエリア 1 内の道路から近い位置に 2 か所設けている。特徴としては、配置する橋梁は 1 つであるため施工のコストを抑えられるが、エリア 2 とエリア 3 を移動する際は利用者に負担が大きい点である。

配置案 2: 対象地外からアクセスする道路については 1 次案を参考にしており、設置する橋梁の位置は配置案 1 よりも河川の上流に設置することで、対象地の中心部に設置する。駐車場については、メイン駐車場とサブ駐車場を 2 つ設け、駐車場間は歩道を計画した。配置案 2 の特徴として、配置案 2 と比較した際に橋梁を設計対象地の中心に設置しており公園全体の移動にかかる負担を軽減できる。一方で、サブ駐車場からは水源付近までの移動距離が大きい点も特徴である。

配置案 3: 1 次案からアクセス道路の軌道を大きく変更した。湾曲していた配置案 1、2 のアクセス道路と異なり直線的な軌道で計画することで、エリア 1 内に比較的大きな駐車場を設けることができた。配置案 3 の大きな特徴として橋梁を 2 つ設置する点である。1 次案でアクセス道路付近に設置する橋梁とは別に河川の上流に追加で 1 つ設けることで、回遊可能な歩道を計画している。

5. おわりに

本論文では、数値地図を用いることで簡易的な3次元地形モデルを作成し、事業の現況把握から予備検討までの運用における設計プロセスの有意性を示した。今後は、詳細設計段階での利用法を模索するとともに、CIMにおける新たな3次元モデルの構築を目指す。

参考文献

- 1) 東耕吉孝他：道路設計のための 3 次元地形データの作成仕様の有用性検証，土木学会・土木利用技術論文集，Vol.18，pp.25-36，2009.
- 2) 石川雄一：CIM の導入に向けて，建設マネジメント技術 8 月号，pp.30-37，2012.
- 3) 国土交通省 CALS/EC 推進本部：国土交通省 CALS/EC アクションプログラム
<<http://www.mlit.go.jp/common/000036984.pdf>>
(入手 2013.06.15.)
- 4) 小林一郎他：モデル空間を用いた予備設計協議への点群データの活用，土木学会・土木情報利用技術論文集，Vol.19，pp.154-164，2010.



図-10 既存駐車場への動線



図-11 橋梁設置位置



図-12 アクセス道路



図-13 配置案 1



図-14 配置案 2



図-15 配置案 3