

I-1 施工段階におけるCGアニメーションの役割と有効性に関する考察 : 田島ダム建設工事での適用の総括

Role and Effectiveness of CG Animation on Construction Management
:Application for Construction of Tajima Dam

○福地良彦* 小林一郎** 野村大樹*** 山根 崇***
Yoshihiko Fukuchi Ichiro Kobayashi Daiki Nomura Takashi Yamane

【抄録】筆者らは、施工段階においてパソコンを用いたCGアニメーションの適用を提案し、その必要性和有効性について議論してきた。本論文では、筆者らのCGアニメーションの研究過程にふれるとともに、これまで蓄積した適用事例から得られた成果をもとに、施工段階におけるCGアニメーションの役割と有効性についてまとめる。さらに実証実験例として田島ダム建設工事を取り挙げ、CGアニメーションのみに着目し、その有効性の確認と問題点の抽出を行い、考察を加える。また、適用を通して新たな可能性を検討する。

【Abstract】 Computer graphics animation (CGA) systems provide the ability to integrate on-site engineers' expertise into construction management processes as well as design systems. This paper refers to the process of our studies about application of CGA for the construction management. We also describe a role and effectiveness of CGA on construction management. The pilot trial has been implemented on a dam construction project in Fukushima prefecture.

【キーワード】CG、施工管理、工程計画システム、周辺景観整備

【Keyword】 Computer Graphics, Construction Management

1. はじめに

CGアニメーション(以下CGA)を建設工事に適用する有効性は次の2点である。①建設前に実構造物の工事中あるいは完成後の具体的なイメージを得ることができる。②仮想空間内は現実では許されないことが表現可能である。このことにより、例えば計画段階に完成後の周辺整備について考えたり、工事中に危険作業のリハーサルを行ったりする際にその威力を発揮する。そのような観点から、東京湾横断道路¹⁾や明石海峡大橋建設工事²⁾など大規模建設プロジェクトにおいてCGAが適用されるようになった。これらの事例では主にグラフィックワークステーション(以下GWS)やエンジニアリングワークステーション(以下EWS)を利用しており、導入時のコストの問題や汎用性などの問題が指摘されていた。ところが、近年のCG関連のハ

ード・ソフトウェアは著しく高性能化・低価格化し、数年前のGWSやEWSに匹敵する処理能力を持つようになってきた。それにより、CGAがパソコンレベルで利用可能となった。

筆者らの研究では、まず、1996年に阪神淡路大震災後の高架道路橋復旧工事へCGAを適用した³⁾。この工事は構造物が錯綜し同時に数カ所で復旧工事が行われた上に、多くが夜間作業であった。そのため、現場の全貌や作業状況の把握のためにCGAを用いた。その結果、夜間の作業手順の確認や重機などの配置の検討に有効であることが確認された。この事例以降建設工事、特に施工段階にCGAを適用する研究を行っている。さらに、欧米諸国で研究が行われていたCIC、CICCといった概念^{4)~6)}を参考にして、建設プロジェクトライフサイクルのうち施工段階に着目し、ネットワーク関連技術、

* 正会員 (株)鴻池組土木本部技術企画部(〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町3-6-1) fukuchi@konoike.co.jp

** 正会員 熊本大学工学部環境システム工学科教授(〒860-0862 熊本市黒髪2-39-1)

*** 学生員 熊本大学大学院工学研究科

CAD・CG関連技術を核とする協調施工管理支援システム⁷⁾の構築を試みている。また、本システムの実証実験として、大規模土取り工事や田島ダム建設工事など、複数の現場に適用し、本システムにおけるCGAの役割と有効性について明確にしてきた⁸⁾。

CGAは録画アニメーションとリアルタイムアニメーション（以下RTA）の二つに大別されるが、事例を蓄積する中で、それらの特徴を様々な角度から検討した結果、次のことが分かった。①録画アニメーションはCGデータが大容量であっても再生時に影響しない特徴から、ほぼ忠実に現場の状況を再現でき、特に施工段階に有効である。②RTAは、仮想空間内を利用者の観点で自由に視点移動できることから、特に設計段階での関係者間の合意形成に有効である。しかし、この2つのアニメーションは、長所・短所を相互補完する関係にあるため、施工段階ではその併用を提案した。

本論文はまず2章で、これまでの事例をもとに、もう一度施工段階におけるCGA適用の有効性を明確にする。また、ダム工程計画へのRTAの適用と、周辺整備へのCGデータの2次的利用を提案し、その有効性について述べる。3章では、適用事例の集大成として、田島ダム建設工事における実証実験を紹介する。実証実験を通して、施工管理やダム周辺景観整備へCGAを適用することの有効性、データ作成時の注意点などを列挙し、考察を加えた。

なお、CGの作成に関しては、動作環境、機能、性能などの問題を考え使用するソフトを決定し、Autodesk社製のAutoCADr13J、3D-StudioR4、Superscape社製のVRT(Virtual Reality Toolkit)を使用した。いずれもWindows上で利用可能な標準的かつ高価でないソフトを使用しているため、十分実用的なものであることを付言しておく。

2. 施工管理へのCGアニメーションの適用

これまで、国島らの文献⁹⁾に従い、現状での施工管理における問題点を指摘し、その問題点を解決するツールの一つとして、状況把握を重視したCGAの適用を提案した。この章では、蓄積した幾つかの事例をもとに、施工段階におけるCGAの役割と有効性についてまとめる。また、工程計画の検討にRTAを適用する有効性を述べ、さらに、周辺整備計画の

景観検討へ、施工管理で用いたCGデータを2次的利用することを新たに提案し、その有効性についてまとめる。

2. 1 施工管理での録画アニメーションの利用

録画アニメーションの利点は、①CGデータが大容量であっても再生時に影響しない。②多数の光の反射や現実に近い陰影効果など洗練された表現ができる。そのため、重機など複雑な動きを再現でき、事前調査により得られたデータ（地形、既存の構造物など）を取り込むことで、ほぼ忠実に現場の状況を再現できる。それにより熟練していない現場関係者でも施工計画や現場の状況把握が容易になる。なお、状況把握を重要視した場合、施工計画のうち、工程計画、仮設備・機械配置計画をシミュレートしたものが有効であると考えられる。施工段階への録画アニメーション適用により以下のことに有効であると考えられる。

(1)施工計画の検討

仮設備や地形などを含めた施工状況を再現できるので施工上の不具合を事前に確認できる。例えば、物理的干渉部分の発見や搬出経路の確保などが挙げられる。

(2)作業の効率化・安全性の向上

複雑な施工や危険を伴う作業を事前にシミュレートすることにより、現場での誤った判断や躊躇を減少させ作業の効率化や安全性の向上につながる。

(3)施主や地域住民へのプレゼンテーション

工事PRのために沿道住民や現場見学者に施工要領、工事進捗状況の説明用として用い、工事への理解を深めてもらい、協力を得やすくする効果が期待できる。

2. 2 RTAによるリフトスケジュールの可視化

ダムコンクリート打設工程計画システム(図-2のAブロック)¹⁰⁾により作成されたリフトスケジュールを、打設工程計画RTA(図-2のBブロック)により3次元可視化する。これにより、最適化されたリフトスケジュールを3次元で任意の視点から検証できる新たなシステムが構成される。

Aブロックでは、全体工程に施工上の制約等を考慮し最適化されたリフトスケジュールが算出される。その結果はMS-Excelで表示されるが、Bブロックでの利用を可能とするため、CSVファイルに変換する。Bブロックでは、リフトスケジュールを3次元で任意の視点から検証できる。検証の結果、施工上の不具合が発見された場合、それを踏まえて新たなリフトスケジュールを作成し再度検証することが可能である。

ここで、Bブロックの打設工程計画RTAの作成手順を以下に示す。

①ダム堤体のオブジェクト作成

堤体はリフトスケジュールと対応させ、分割して作成する。今回は、3. 2で紹介する録画アニメーション作成時に生成された堤体のCADデータを読み込み、オブジェクトの作成時間の短縮を図った。地形データなどは容量の問題により、簡略化した。

②CSVデータ入力及び可視化プログラムの作成

このプログラムの作成にはSCL (Superscape Control Language) を用いる。これはC言語をベースとしたVRT独自のプログラミング言語である。CSVファイルにはブロックの打設日、打設箇所、コンクリート打設量などが含まれている。これを入力値として読み込み、①で作成したダム堤体オブジェクトに結び付ける。その結果、堤体を打設順序に従い連続的に立ち上がらせ、任意の時点でのダム堤体の打設状況や打設ブロック、打設量などを瞬時に表示できる。

③工事に関するその他の電子情報の付加

工事概要の計画書、現況写真による地域情報など、工事関係者や地域住民に提示する情報を電子化し付加する。

RTAによるリフトスケジュールの可視化により以下のような効果が期待される。

(1)3次元でのリフトスケジュールの検証

着工前に、ある段階でのリフトスケジュールにそった現場を可視化できる。コンクリート打設の進捗状況を順次表示でき、任意の時点での堤体の打設状況や打設ブロックをあらゆる視点から検証できるので、打設順序や打設箇所など、施工上の不具合の発見が可能である。リフトスケジュール

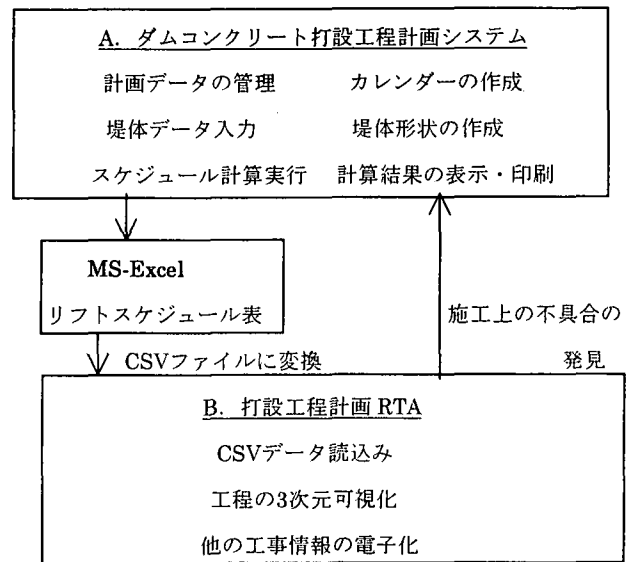


図-2 全体システムの構成

表では発見できなかった問題点があった場合、ダムコンクリート打設工程計画システムにより、再度リフトスケジュールを作成することができる。

(2)リフトスケジュール変更への対応

天候など、何らかの要因でリフトスケジュールが変更された場合、CSVデータ入力及び可視化プログラムにより、CSVファイルの変更だけで対応できる。また、読み込むCSVファイルを置き換えるだけで幾つものリフトスケジュールを容易に可視化できるため、複数の提案があった場合、それらを比較することにより、より良いリフトスケジュールを視覚的に検証し採用できる。

2. 3 周辺景観整備へのCG適用^{11)~15)}

近年、橋梁や道路工事の景観設計ではコンピュータを用いて画像処理した可視図による方法が用いられるようになってきている。なかでも、CGフォトモンタージュはよく用いられるようになってきているが、任意の視点場（上空など）からの画像を作成するのは困難であるうえ、広範囲に及ぶ複数の周辺整備計画には不向きであると思われる。また、周辺整備は本設工事と異なり、地形などを含んだCGを始めから作成するには時間やコスト的な問題が生じる。そこで、これらの問題点を解決するため施工管理で用いたCGデータを2次的に利用することを提案する。

2次的利用するCGデータは広域にわたる地形を表現しており、必要に応じた画像を任意の視点から作成することができる。そのため、CG適用によ

り従来の予測手法で生じる問題を解決でき、以下の点において特に効果があると考えられる。

- ① マテリアル（質感）の変更により夜間や季節感を表現でき¹³⁾、それらを考慮した計画検討ができる。
- ② 色・形・配置の様々なパターンを作成することで多くの代替案の比較検討を行うことができる。
- ③ 必要に応じた任意の視点場を選択することで様々な視点からの比較検討ができる。

以上のことから、模型や図面といった従来の予測手法に比べ、自然環境との調和や対比のイメージを容易に確認できると思われる。それにより、周辺整備における色・形・配置の比較検討や住民への説明にCGが有効であると考えられる。

3. 適用例

施工段階から周辺整備におけるCGA適用の実証実験例として、田島ダム建設工事を取り挙げる。実証実験として次の5つのステップを実行した。①現場関係者からの情報を収集、②CAD・CG技術を用いたCGAの作成、③インターネット・ホームページを通して画像の提供、④現場関係者による評価（アンケート）、⑤筆者らによる考察。ここでは、適用したアニメーションの紹介と、現場関係者による評価から考察を加える。

3. 1 田島ダムの概要と特徴¹⁶⁾

阿賀野川水系高野川の福島県南会津郡田島町大字高野地先に多目的ダムとして建設するもので、高野川総合開発の一環をなすものである(図3-1)。ダムは重力式コンクリートダムで、諸元については高さ36.0m、総貯水量523000m³、有効貯水容量451000m³で、洪水調節、流水の正常な機能の維持

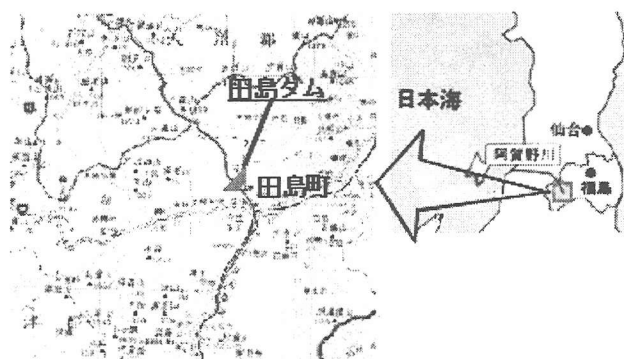


図3-1 田島ダム建設場所（文献16）より引用

及び水道用水の供給を目的としている。本工事の工事期間は、平成6年10月から平成11年3月までを予定している。

本工事の特徴は、一般的なダム工事と同様に、掘削工、基礎処理工、堤体工、仮設備工といった多くの工程を経ることにより、多くの施工関係者が関わる。また、現場が広く、工事期間が長いいため工事の全容を理解することが困難であることが挙げられる。また、本工事固有の特徴は、冬季に施工場所が雪に覆われ作業ができなくなり、工程の少しの遅れが工事の大幅な遅れとなるため、綿密な計画が必要であったことなどが挙げられる。

3. 2 録画アニメーションの適用

現場関係者（施工者12名）により、筆者らの作成した録画アニメーションの評価を行った。各アニメーションの紹介、現場関係者による評価をまとめ、考察を加える。

(1) 工程計画シミュレーション

ダム建設の主な工程（転流工、掘削工、仮設備工、堤体工、基礎処理工）を年間のバーチャートをもとに1ヶ月間隔で3次元視覚化した(図3-2)。施工手順や現場の状況変化を把握できるほか、工程

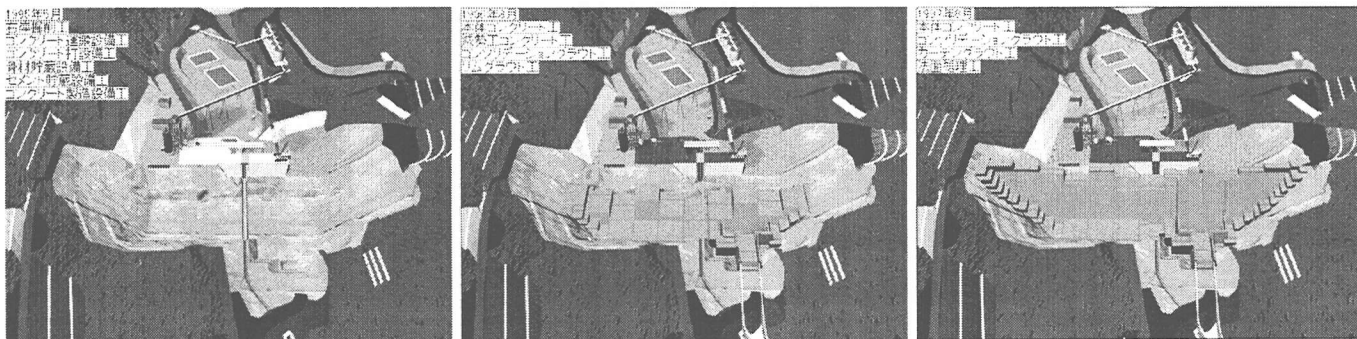


図3-2 工程計画シミュレーション

上の制約関係も確認できる。これにより、作業の効率化や工程計画の確認ができる。

(2) コンクリート打設シミュレーション

提体工のコンクリート打設状況を、重機を動かしてシミュレートした(図3-3)。視点を上空に置くと、コンクリート打設の施工手順や作業状況を把握し易くなる。また、クレーン操縦席に視点を置くと、オペレーターからの死角など、危険な個所が事前に確認できる。それにより、作業の効率化や安全性の向上につながると考えられる。

(3) 仮設備及び重機配置シミュレーション

仮設備計画に基づき仮設備及び使用機械の配置をシミュレートした(図3-4)。リフトスケジュールを考慮しているため、クレーンのブームとダム提体との干渉の有無が確認できるなど、配置計画の検討に有効であると考えられる。

(4) 現場関係者による評価

- ① 工程順序や現場の状況変化の大まかな把握に有効である。コンクリート打設にはグリーンカット、ダムフォームスライド、鉄筋組などの工程がある。そのため工程上の制約まで理解するためには、さらに詳しく工程を再現する必要がある。
- ② 熟練者でなくても施工手順・作業状況を容易に把握できるため、着工前の説明用として有効である。しかし、足場などが計画通りに再現されておらず、危険予知を可能とするためには、より忠実に現場状況を再現する必要がある。
- ③ 計画時の配置状況や搬出経路を確認するために有効である。また、クレーンの配置は数パターンの配置を図面で書いたものと、クレーンのオペレーターの経験によって行われる。このアニメーションでは図面の書き換えが不要となり、

堤体とブームの干渉チェックが出来る。しかし、仮設備及び重機の配置検討の際、ユーザーが自由にシミュレートできる方がより効果的である。また、計画立案検討時までアニメーションの作成が間に合うか否か疑問が残る。

(5) 考察

現場関係者から熟練者でなくても施工手順・作業状況を容易に把握できるという評価を受けた。そこから、施工管理における問題点の解決につながり、施工計画の検討、作業の効率化・安全性の向上に有効であると考えられる。以下に各アニメーションの有効な点と問題点について示す。

- ① 工程計画シミュレーションは、工程計画の検討や作業手順の確認に有効であると考えられる。ただし、作業量に見合う効果が得られるか検討したうえで、出来るだけ短期間で工程を再現する必要がある。
- ② 施工状況シミュレーションは、工程計画シミュレーションでは状況把握が困難な作業について、仮設備の配置や重機の動きを考慮した、より現場の状況を忠実に再現したものである。それにより、特に作業の効率化や安全性の向上に有効であると考えられる。ただし、危険予知を可能とするには足場などのオブジェクトをより詳細に再現する必要がある。
- ③ A-2ブロックにおけるクレーン配置のシミュレーション(図3-4)により、反時計回りにクレーンを旋回すると提体とブームが干渉することが確認できる。このように、仮設備及び重機の配置シミュレーションは、その配置計画の検討に有効である。今後は検討するユーザーが自由にかつ簡単に配置のシミュレートできるようなシステムの開発が望まれる。

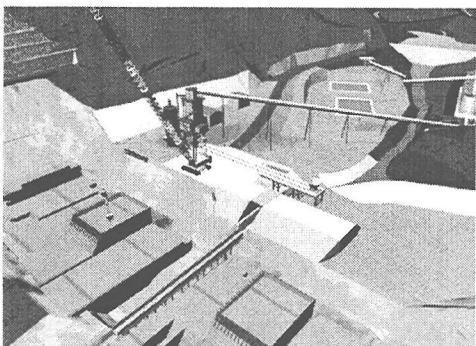


図3-3 コンクリート打設シミュレーション

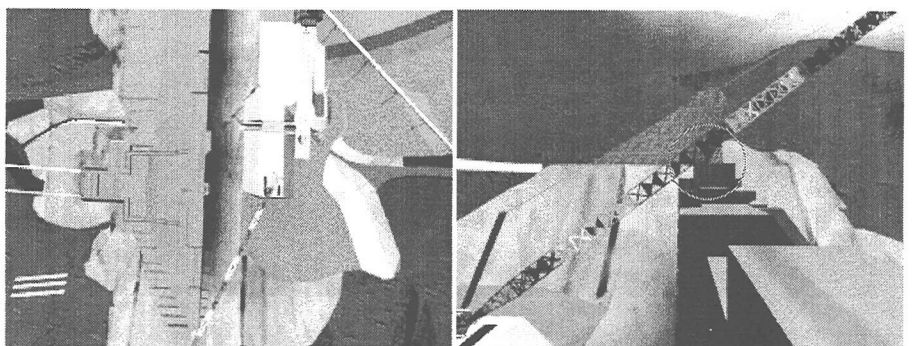


図3-4 クレーン配置シミュレーション

3.3 打設工程計画RTAの適用例

田島ダムについて打設工程計画RTAを適用した。以下に、3次元でのリフトスケジュールの検討、リフトスケジュール変更への対応、電子情報の付加の3つについて述べ、考察を行う。ただし、今回、打設工程計画RTAの提案はダム堤体の竣工間近であったため、実際の工程計画の検証には利用できず、現場による評価は行えなかった。

(1) 3次元でのリフトスケジュールの検討

リフトスケジュールを打設工程計画RTAにより3次元可視化した。図3-5は任意の時点でのコンクリートの打設状況を示している。この他にもダム堤体の着工から竣工までの工事の進捗状況や、打設するコンクリートの形状を3次元で任意の視点から見ることができた。その結果、正確に進捗状況、打設状況、打設形状を確認でき、リフトスケジュールの検討が可能となった。加えて、2ヶ月後、3ヶ月後の打設状況を見ることも可能なので、将来の打設状況を踏まえた検討も可能である。

(2) リフトスケジュール変更への対応

2つのリフトスケジュールを使い、工程の変更迅速に対応できるかを確認した。また、リフトスケジュールの変更前と変更後の工程を比較した(図3-6)。その結果、リフトスケジュールの変更にはCSVデータの置き換えだけで対応でき、変更後の検討も容易に行えることが確認できた。これにより、現場作業の停滞などを防ぐことができると考えられる。

(3) 電子情報の付加

工事に関する情報を電子化して取り入れることで、工事関係者間の情報の共有化を図った。図3-7は付加した電子情報の一例である。ダムの建設工事をはじめ大規模な工事では、設計図や建設事業の概要などの情報は、その量の多さや工期の長さ、また、多数の工事関係者の存在により、全ての人が

が工事の全容を理解することが困難である。しかし、電子情報として共有することで、工事関係者間で情報の食い違いといった問題を解決できる。

(4) 考察

今回は、ダムの工程計画のうち、リフトスケジュールだけを可視化した。ダムの建設には多くの制約条件、複雑な工程が入り組む。しかし、打設工程計画アニメーションでは、制約条件となる構造物の位置関係を容易に理解でき、複雑な工程を可視化できる。よって、多くの制約条件、複雑な工程が入り組んだものに適用したときに、より大きな効果があると考えられる。以下に、打設工程計画アニメーションの適用による有効点と問題点、今後の展望を述べる。

- ① リフトスケジュールの検討については、その有効性を確認できたが、ダム堤体だけの視覚化に終わった。今後は、リフトスケジュールに深く関係する他の工程や、リフトスケジュールにも横断方向に数ブロック分割する複雑なものがあるので、それらを可視化することで総合的な工程の検討を考えている。しかし、それには膨大なデータが必要となり、打設工程計画アニメーションのメリットであるインタラクティブという機能がスムーズに働かない。これには、打設工程計画アニメーションへの写真の利用やオブジェクトの簡略化などの処置でデータ量を減らす対応がとられる。
- ② リフトスケジュールの変更の対応については、迅速に行うことができた。また、幾つもの案を可視化できるので、複数の提案があった場合、その比較が容易に行えた。このことは、工程が頻繁に変更される可能性のある場合や数種類の工程比較が必要な場合に有効である。
- ③ 電子情報の付加で、情報の共有が可能となった。今後は、どのような情報が有効かを見極め、検索

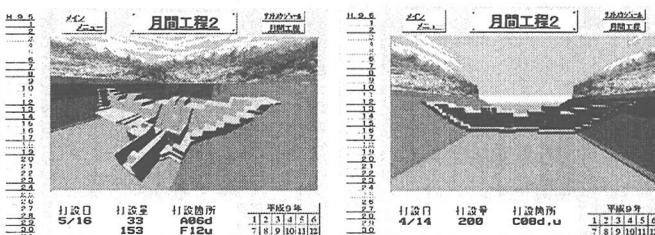


図3-5 5/16の打設状況

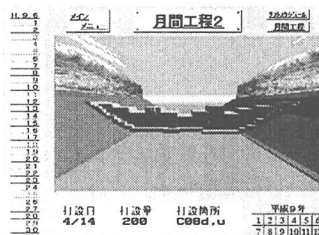


図3-6 異なるリフトスケジュールの可視化

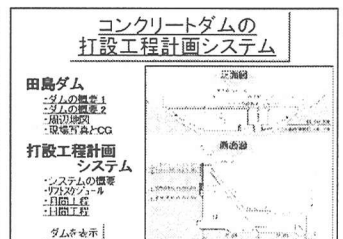
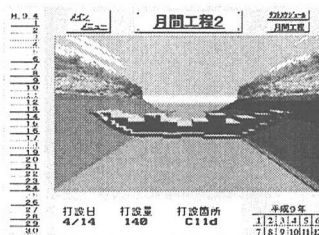


図3-7 ダムの概要図

などの機能を追加し、その管理を行う必要がある。

3.4 ダム周辺景観整備への適用

田島ダム周辺景観整備において駐車場、管理施設、植樹、高欄・照明灯の検討にCGを適用した。同時に施主5名、施工者7名に対してアンケートを行い評価を得た。以下にCGの内容と目的、施主・施工者の意見、考察についてまとめる。

(1)管理施設への適用

管理施設である管理棟、水位計室、取水室、放水室の4棟の外壁と屋根の色の検討に用いた。配色は景観条例により制限されており、この範囲内で色のパターンを変え画像を作成した(図3-8)。また、周辺のマテリアルを変更することで、季節の変化を考慮した色の検討ができると考えられる。

(2)植樹への適用

ダム湖周辺における植樹計画に対し、樹木の選定及びその配置の検討に用いた。そこで、桜、樺、桧の3種の樹木を作成し、それぞれ配置、間隔、視点を変えた画像を作成した(図3-9)。また、(1)と同様に季節の変化を考慮した検討ができると考えら

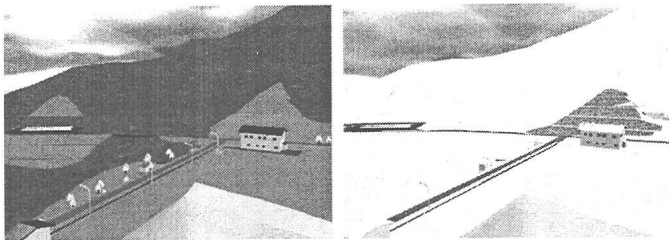


図3-8 管理棟の色比較

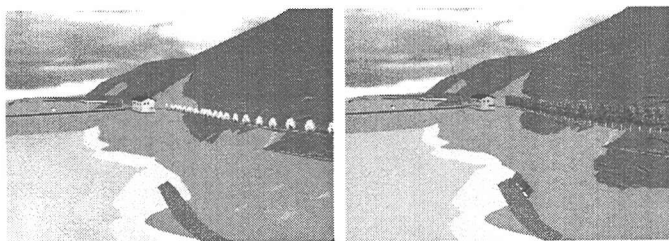


図3-9 植樹の検討

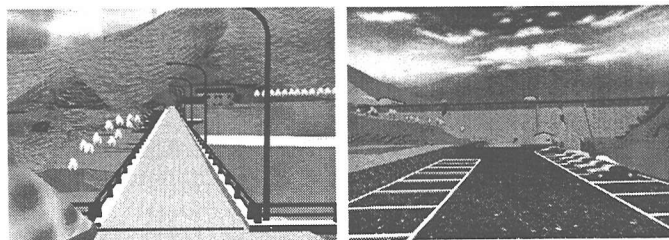


図3-10 高欄・照明灯の検討



図3-11 駐車場から見たダム

れる。

(3)高欄・照明灯への適用

高欄・照明灯及びフーチング上の手摺に対して、それぞれ色・形状の検討に用いた。他のオブジェクト(構造物)よりも詳細に再現し、近景からディテールの検討ができると考えられる(図3-10)。また、夜間の景観確認ができるように照明灯にライトを設定した。

(4)駐車場への適用

駐車場は駐車場所であるだけでなく、ダムの雄大さや周辺の景観を楽しむ視点場でもあるため、景観を考慮して整備する必要がある。そこで、CGにより複数の配置案を提示し、上空や駐車場から景観確認を行うことで、配置の検討を行った。(図3-11)

(5)現場関係者による評価

今回評価方法としてアンケート形式を採用した。それぞれの適用例に対し5段階評価(1:全く利用できない、2:利用できない、3:どちらとも言えない、4:利用できる、5:十分利用できる)を行い、併せて具体的な意見も求めた。以下にそれぞれの平均値と代表的な意見を示す。

- ① アンケートの結果、色の検討に関しては4.02、形状の検討に関しては3.92、配置の検討に関しては3.73という評価を得た。
 - ② 全ての構造物や地形の位置関係を正確に表現しているため、図面よりも現実味があり、より正確な配置検討が可能である。景観の確認において、より詳細部まで再現すると効果が上がるのではないか。
 - ③ 色の検討においては配色、視点を変えることで、多数のイメージを掴むことができた。しかし、秋の季節感が上手く表現できていない、冬の植栽表現が乏しい、などリアリティーが欠如して見える。
 - ④ 付帯設備の形状の検討においては、近景から照明灯や高欄などディテールの検討ができる。
- (6)考察
- ① 広範囲におよぶ複数の計画にCGを適用し、アンケートの結果から、色・形状・配置のいずれの検討についても利用できるという評価を得た。このことから、ダム周辺景観整備にCGが有効で

あったといえる。ただし、駐車場の配置については平均3.25となり若干低い値となった。これは、基本設計より設計が行われている付帯設備については、他と比べ効果が薄いものと思われる。

- ② 従来の予測手法では季節感の表現など困難であったが、適用を通して利用可能であると評価を得た。それにより新しい手法としてCGが有効であるといえる。また、周辺整備において地形を含んだCGを一から作成するのではなく、施工管理で用いたCGデータを二次的に利用することで、時間やコストの問題を解決できることが確認できた。
- ③ アンケートの際に比較対象がなくCGのみの評価となったため、問題点がリアリティーに集中した。しかし、色の検討に関して4.02と高い評価を得ており、従来の手法に比べるとリアリティーは問題にならないと思われる。さらにリアリティーを追求する必要があるれば、デジタルカメラでのマテリアル作成や、CGフォトモンタージュとの併用で解決できると考えられる。

4. 結論

(1) これまでの適用事例より得られた成果をもとに、施工段階におけるCGAの有効性と役割を示した。また、特に工程計画のRTAによる可視化により、工程の検討に有効であることを示した。さらに、二次的利用として周辺整備の景観検討に有効であることを提案した。

(2) 現場関係者による評価と適用を通して、施工段階及び周辺整備計画の景観検討にCGAを適用する有効性を確認し、同時に問題点の抽出を行った。今後、CGAを適用する際の道標となるべき事項を列挙しているため、この研究が先駆け的なものになれば幸いである。

最後に、今回の実証実験を通して次の2点について必要性を実感した。①CGA作成では、作成者はもちろん現場関係者という人間が関与しており、CGAの効果はその情報に携わる人に大きく依存する。そのため、CGAの効果を得るには両者の信頼関係が前提となる。②現場の評価（アンケート）を実証実験の結果とした。そのため、CGAの効果を数量的に評価することが困難であり、客観的に

評価する必要がある。そこで、今後CGAの実用に向けて事例を蓄積し客観的な評価をする必要がある。そして、CGAの新たな可能性を追求する必要があると考えられる。

謝辞 本研究を進めるにあたって、八巻誠一課長をはじめとする福島県南会津建設事務所の皆様や、(株)鴻池組の加藤正美所長、日根野賢司主任をはじめ、田島ダム建設現場の皆様には、現場サイドからの貴重な御意見や助言を頂きました。ここに記して感謝致します。

【参考文献】

- 1) 浜島鉦一郎他：「マルチメディアを用いた明石海峡大橋橋台工事のプレゼンテーション」、第18回土木情報システムシンポジウム講演集,pp17~20,土木学会,1993
- 2) 浜島鉦一郎他：「マルチメディアを利用した工事計画の住民説明」、第20回土木情報システムシンポジウム講演集,pp101~110,土木学会,1995
- 3) Yoshihiko Fukuchi : et al, "Computer Graphics Animation for Highway Reconstruction after Great Hanshin Earthquake", Proceedings of The Third Asian-Pacific Conference on Computational Mechanics, Vol. 3. 1996
- 4) Yoshihiko Fukuchi : Animation for Computer Integrated Construction : MIT, M.Thesis, 1994
- 5) Leever, David , Adapted from a talk at "Unicom Seminar on Collaborative Work, July, 1993
- 6) C.J.Anumba et al : Communications issues in concurrent life-cycle design and construction, BT Technology, Vol.15, No.1, January , 1997
- 7) 福地良彦他：「CGアニメーションを利用した協調化施工管理支援システムの開発」、第22回土木情報システムシンポジウム論文集,pp149~156,土木学会,1997
- 8) 福地良彦他：「施工管理へのCGアニメーションの適用」、第21回土木情報システムシンポジウム論文集,pp75~82,土木学会,1996
- 9) 國島正彦他：「建設マネジメント原論」,pp118~141,山海堂,1994
- 10) 安井英二他：「ダムコンクリート打設工程計画システムの実用性向上」、第22回土木情報システムシンポジウム講演集,pp53~56,土木学会,1997
- 11) 石井一郎他：「景観工学」,pp1~66,鹿島出版会,1990
- 12) 土木学会編：「水辺の景観設計」,pp188~189,技報堂出版,1991
- 13) 山内 徹：「LNG基地計画における3次元CGを用いた景観評価」、第22回土木情報システムシンポジウム講演集,pp171~174,1997
- 14) 榊原和彦他：「都市・公共土木のCGプレゼンテーション」,pp80~81,学芸出版社,1997
- 15) 坂本敦志他：「四季における樹木景観の色彩シミュレーション」,第22回土木情報システムシンポジウム論文集,pp141~148,1997
- 16) 福島県南会津建設事務所：「自然に親しみ自然と共に 田島ダム」：1994