

I-2 橋梁建設工事における施工支援FAAの適用

APPLICATION OF COLLABORATIVE SUPPORT FRAME ACCURATE ANIMATION
FOR BRIDGE CONSTRUCTION PROJECT

星野裕司* 小林一郎** 緒方正剛*** 福地良彦****
Yuji Hoshino Ichiro Kobayashi Seigo Ogata Yoshihiko Fukuchi

【抄録】土木プロジェクトは、多くの関係者（技術者、作業員、発注者、地域住民）が介在している。そのため関係者間の理解を統一するために効果的なプレゼンテーションが必要となる。また、特に建設ライフサイクルの施工段階では現場合わせの作業が伴うこともあるため、あらかじめ作業をCGで表現し、手順をビジュアルに理解しておくことで作業の効率化と安全性に繋がると考える。本論文では、施工段階の各工程を録画アニメーション（Frame Accurate Animation：以下FAA）で再現し、そのFAAをプレゼンテーションツールとして位置付け、その具体的に利用可能な局面を抽出する。さらに、熊本県芦北郡における佐敷大橋（仮称）建設工事における施工支援FAAの適用事例を紹介し、考察を加えるものである。

【Abstract】Frame Accurate Animation (FAA) has been applied to construction management practices through our studies. As a result of these applications, important issues were detected as follows; (1) application effectiveness, (2) production techniques, and (3) specific purposes of using FAA. This paper introduces roles of using FAA as a tool of the management presentation, and illustrates the production techniques referring to description technique of movie and architectural CG applications. Moreover, this paper refers to the phase of construction management out of the project lifecycle. A case study was performed on an actual bridge construction project in Kumamoto, Japan.

【キーワード】施工支援、録画アニメーション (FAA)、プレゼンテーション

【Keyword】Construction Support、Frame Accurate Animation、Presentation

1. はじめに

公共事業の各ライフサイクルにおいては作業が分担化・細分化していることもあり、図面や意見交換等による情報のやり取りだけでは事業全体の情報を伝達するのは容易なことではない。また、建設業界では建設CALS/ECの導入推進¹⁾に見られるように、情報化技術を積極的に導入しようとしている。その情

報化技術の1つとして、CGアニメーションが挙げられ、設計段階では多くの実用例が報告されている²⁾。

筆者らは、CGアニメーションの内の録画アニメーション（Frame Accurate Animation：以下、FAA）に着目し、いくつかの建設プロジェクトの施工段階に適用を行ってきた³⁾。これまでの適用を通して、① FAA作成時に利用目的や対象者を明確にしてい

* 正会員 熊本大学工学部環境システム工学科 助手 (〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39-1)

** 正会員 熊本大学工学部環境システム工学科 教授 (〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39-1)

*** 学生会員 熊本大学大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39-1)

**** 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)

②目的に応じたFAAの表現がされていない、③実用に向けてはFAAの役割と具体的な有効性を認知してもらうことが重要である、等の問題点や課題があることが確認された。

本論文では、施工現場における状況をFAAにより再現することで、施工支援を試みるものである。そのため、FAAを施工段階におけるひとつのプレゼンテーションツールとして位置付け、その具体的な利用可能な局面を抽出する。さらに、九州初のエクストラード橋である佐敷大橋（仮称）建設工事における施工支援FAAの適用事例を紹介し、考察を加える。

2. 施工段階におけるFAAによるプレゼンテーション

プレゼンテーションは、榊原ら⁴⁾によると、「認知・理解・確認・承認・同意・合意形成などの目的のために表現・提出・提示・発表を行うこと。あるいはそれが行われている状態、またはプレゼンテーションされたものやこと」と定義されている。利用分野によってはプレゼンテーションという言葉が違った意味合いとして解釈されている。例えば、ビジネスの分野では、特に説得のための手段として、また建築分野では、特に視覚的な表現による情報の伝達手段として、それぞれ捉えられている^{5)、6)}。これは、プレゼンテーションには次の4つのタイプがあるためである。

- ①説得型：対象者に意図することを理解、納得させ、行動を起こさせることを目的とする。
- ②説明型：対象者と情報を分かち合うこと、またある事柄について理解してもらったり、知識を与えることを目的とする。
- ③論証型：証拠を挙げて考え方の正当性を明らかにすることを目的とする。
- ④娯楽・感動型：対象者に面白さや感動を伝えることを目的とする。

また、プレゼンテーションの目的も、認知・理解・確認・承認・同意・合意形成など、数多く存在し、プレゼンテーションの目的が曖昧であると、その効果が薄れ、場合によっては逆効果となり、目的を達成できなくなる恐れもある。そのため、プレゼンテーションの目的が上記のどのタイプの意味合いが強いかが明確にしておくことが、効果的なプレゼンテーションをするためには重要となる。

施工段階におけるFAAの利用には、プレゼンテーションとシミュレーションの二つの利用形態があると思われる。利用目的によっては、プレゼンテーションとしての意味合いが強くなる場合やその逆も考えられる。しかしFAAは、狭義の意味ではシミュレーションしたものをプレゼンテーションのツールとして利用することになる。また、FAAは目的に応じたシナリオを考えることができるため、効果的なプレゼンテーションが行える。そこで、本論文では、

表-1 施工支援 FAA の具体的利用局面

	対 技術者	対 現場作業員	対 発注者	対 地域住民
主目的	説明型 (確認、合意形成)	説明・説得型 (確認、指示)	説得型 (承認、提案)	説得型 (理解、同意)
入札	入札金額見積りのための施工法、施工手順の決定		VE提案 (入札前VE) 技術提案	
施工計画	施工計画の検討補助及び設計変更のための代替案検討補助 ・契約条件の検討 (設計図等) (1)	協力会社への担当分野の説明	設計変更の承認 (4) VE提案 (入札後VE) 施工計画の承認	工事広報 ・着工から竣工までの景観 ・完成系の説明 (5) ・工事概要の説明 ・施工法の説明 ・環境保全計画の説明
施工管理	・施工法 ・工程計画 (2) ・機械、仮設備の配置計画	作業内容の説明 (3) ・安全指示 ・作業指導 ・交通指導	設計変更の承認 施工計画の変更説明 工程報告	苦情に対する説明

注：表中の番号は4章4.2具体的事例の各項番号に対応している

施工段階におけるFAAによるプレゼンテーションを施工支援FAAと呼ぶこととする。公共事業のように関係者が数多く介在している場合、効果的なプレゼンテーションを行なうためには、施工支援FAAの具体的な利用方法を整理し、対象者と目的を明確にする必要があると考える。そこで、施工段階における現状での重要事項や問題点を國島らの文献7)等からまとめ、文献8)～11)等から施工支援FAAの具体的な利用法を抽出した。まず、利用段階を①受注、②施工計画、③施工管理の3段階に分けた。また、対象者を①技術者、②作業員、③施主、④地域住民に分け、それぞれにおける利用局面とプレゼンテーションのタイプを表-1に整理した。ただし、施工支援FAAは技術者が利用するものであるため、対象者が技術者となっている箇所は、技術者間での検討、確認における利用となる。なお、ここでは、CGの作成自体は外注によっても良いが、FAAは技術者が作成するものと考えている。

以下に、表-1に示したFAAの具体的な利用局面において対象者別にFAAの利用効果について考察を加える。

(1)技術者への利用

技術者に対しては、施工計画の検討補助、設計変更および施工計画変更のための代替案検討補助などでの利用が考えられる。施工計画立案の検討や設計変更の検討をする際、できるだけ多くの関係者が施工計画立案の検討に参加し、その関係者間での合意形成によって、より合理的な施工計画の立案を追求していかなければならない。しかし、図面だけでは参加者全員が同じイメージを持つことは困難である。そこでFAAは、施工計画立案検討における参加者のイメージを明確にし、合意形成を円滑にするために利用される。ここでのFAAの利用形態は、シミュレーションとしての意味合いが強く、作業手順・構造物の形状・関連作業(工程上の制約条件)・相対位置の検討が可能である。そこで、表-1に挙げているような検討に有効であると考えられる。

(2)現場作業員への利用

現場作業員に対しては、作業の効率化、または安全教育・安全指示を目的とした、作業内容や危険箇所の説明をするための利用がある。作業効率の低下の主な要因の1つに、作業に対する未熟練が挙げられ

る。熟練していない者にとっては、言葉や図面のみの情報から状況を適確に判断することは困難であると思える。そこで、現場作業員に対するFAAの利用は未熟練者の判断を補助するために利用される。

また、労働災害の原因は様々あるが、特に施工状況の把握不足と現場作業員の労働災害に対する意識の低さが主な要因といわれている。そこで、施工者は安全性の向上のため作業内容や危険箇所の説明と同時に、労働災害に関する意識を向上させる必要がある。ここでの利用は、施工手順や状況を説明する説明型と、労働災害に気を付けて作業をさせる説得型のいずれのタイプであるともいえる。前者においては、わかりやすく適確に説明することが重要である。また、構造物の形状の確認を行えるような場合には正確性も重要となる。後者においては、気をつけなければいけないという現場作業員の意識を誘導する説得力が必要となる。

(3)発注者への利用

発注者に対しては、受注段階で新しい入札方式である技術総合評価式入札やVE提案付入札における、独自開発技術のPRと標準設計に対する代替案の提示がある。また、施工計画・施工の段階では、工計画の承認や設計変更の承認などがある。いずれの利用局面においても、独自開発技術や標準設計に対する代替案の妥当性・必要性を、発注者に対して適確に分かりやすく説明することが重要である。そこで、FAAは発注者に対する提案をし、承認してもらうことを目的として利用される。言い方を変えれば、良いところのみを提示すればよいため、作成者の意図がより反映されやすいFAAの利用が有効であると考えられる。受注という早期の段階においてアニメーションを作成することは困難であるが、設計段階での利用から2次利用したり、独自開発技術のCGデータをあらかじめストックすることで、問題の解消ができると考えられる。

(4)地域住民への利用

環境保全について地域住民の意識が向上していることから、騒音や振動などの実状が法規制の基準内にあるかどうかよりも、個人の不快感による苦情が出る場合もある。そのため、施工者は地域住民に対し、日常的に工事概要の説明や公害抑制対策のPRを積極的に行い、施工に対する理解を得て協調

の雰囲気を維持するようしなければならない。FAA は、建設に関する知識をあまり持たない地域住民に、施工方法などの工事概要や環境保全に対する対策について、わかり易く説明することが可能となる。例えば、自然環境に対しては、工期が長期に及ぶような際に、着工から竣工までの景観の変化をシミュレーションしたり、生活環境に影響を及ぼす振動や騒音に対する対策を説明するような時に有効であると考えられる。

ここでの利用は、プロジェクトを理解し協力してもらうことが目的であるため説得型に含まれる。

3. 施工支援FAA

施工支援FAAの作成は、①施工状況の再現と②制作者の意図のビジュアル化の2つに大きく分けられる。施工状況の再現は、シミュレーションとしての利用形態であり、施工段階では、現場の状況を予測することは非常に重要である。施工支援FAAは空間的表現（大きさの拡大・縮小、不可視化なものの可視化）と時間的表現（タイムスケールの伸縮）の2通りの表現ができる。大きさの拡大・縮小により、施工現場周辺の地形から鉄筋の一本一本まで施工現場全体を同時に再現できる。現実には見ることができないものをビジュアル化することで、地質や目に見えない内部構造を再現できる。タイムスケールの伸縮により、着工から竣工までの全工程を再現したり、ある複雑な工程だけを再現することもできる。以上のことから、施工段階において施工支援FAAにより再現し、予測できる事象は、①空間的表現から構造物の形状・相対位置、②時間的表現から施工方法・手順や関連する作業（工程上の制約条件）、等があると考えられる。また、FAAの利点に現場の状況をより忠実に再現できるという利点から、より正確に施工状況を予測する際に有効であると考えられる。

施工支援FAAは、静止画を連続して再生することでアニメーションにしている。これにより、対象者は、静止画を見るよりも、物体を立体的に認識することができる。また、図-1のように、FAAに再生ボ



図-1 FAAの各ボタン

タン、停止ボタン等をつけることにより、対象者は自分の見たい箇所を自由に見ることができる。さらに、その箇所の静止画を使用して、プリントアウトも自由に行える。なお、モデリングおよびFAAの各フレーム画像の作成にAutodesk社製AutoCADr14Jと3DStudioVIZを使用し、そこで作成された画像をMACROMEDIA社製Director5.0を用いて編集を行い、FAAを作成する。この編集作業によりFAAに各ボタン等を設けることができる。また、現段階での施工支援FAAの利用は、CD-ROMを用いている。

4. ケーススタディ

4.1 佐敷大橋建設工事の概要と特徴¹²⁾

佐敷大橋（仮称）は、熊本県芦北郡芦北町女島一計石地内に建設するもので、芦北2期地区広域営農団地農道（通称：オレンジベルト）整備事業の一環として行われるものである。佐敷大橋の諸元は、形式：PC3径間エクストラードロード橋、橋長：225m、幅員：9.25m～12.25m、工期：平成10年3月～平成12年11月となっている。芦北2期地区広域営農団地農道整備事業は、農業が盛んな熊本県南部の芦北地方の流通と輸送の改善による、地域農業の発展と経営の安定を目指して進められている広域農道の整備である。延長約25kmのこの道路はオレンジベルトと呼ばれ、国道3号線の代替的な役割も担うことが期待されている。

佐敷大橋建設工事は、九州でも初というエクストラードロード橋であるため、施工前例が少ないのが最大の特徴である。エクストラードロード橋は、従来の桁橋において上床版に配置されたPC鋼材をより効果的に用いるために斜材として桁の外に配置し、大偏心のプレストレスを主桁に作用させ、曲げモーメントを改善させた構造である。

4.2 具体的事例

以下に作成した施工支援FAAの適用事例を示し、各ケースにおいて考察を加える。

(1) 橋脚における配筋シミュレーション

ここでのFAAは、橋脚における配筋を再現したものであり、特に技術者を対象としたものである。本ケースでは、現場において鉄筋工との打ち合わせや技術者間の配筋検討に用いられた。通常、橋脚の配

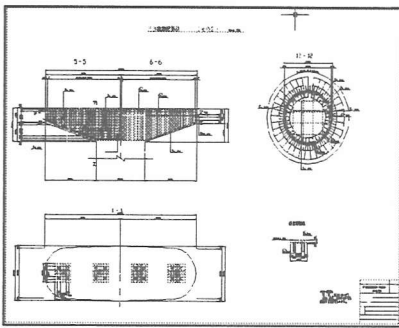


図-2 梁部配筋図

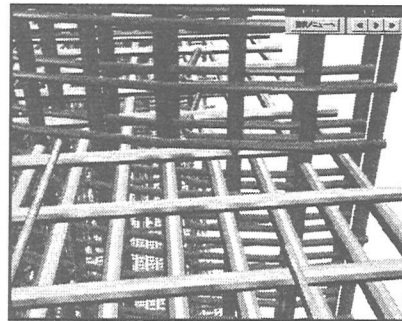


図-3 配筋 FAA

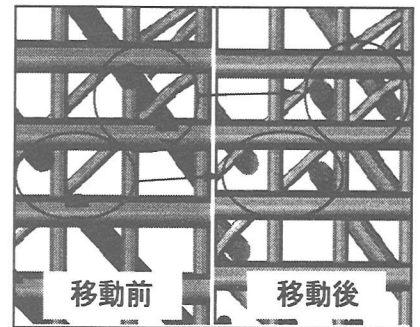
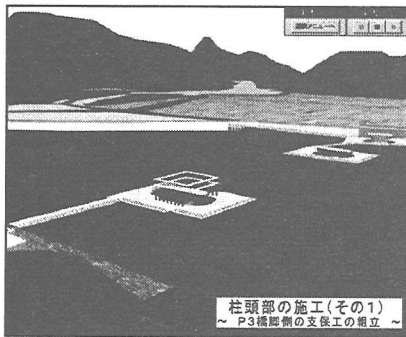
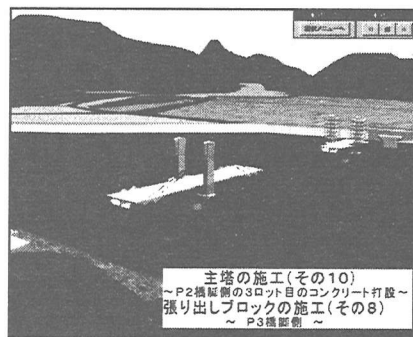


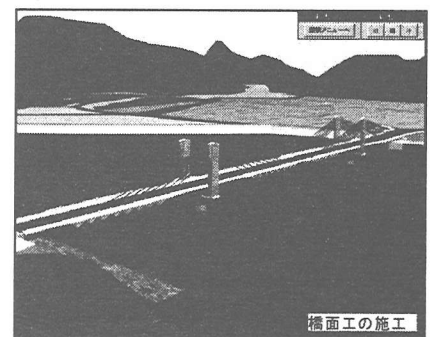
図-4 鉄筋移動検討画像



(a)柱頭部施工中



(b)張出し工、主塔工施工中



(c)橋梁完成

図-5 全工程 FAA

筋図は、頂版部、柱部、梁部それぞれが独立した形で与えられる(図-2)。同じ部内の鉄筋の太さは考慮して設計されるが、他の部位についてはほとんど考慮されない。そのため、頂版部と柱部、柱部と梁部は、鉄筋同士が干渉する恐れがある。技術者は事前に鉄筋工との打ち合わせにより、位置を移動したり切断・補強等の検討を行なうが、配筋図のみの検討では、鉄筋同士の干渉は実際の作業時にしか確認できず、結局のところ現場合わせとなるのが実状である。そこで、予め橋脚部における鉄筋を全て図面に従ってビジュアル化(図-3)することで、3つの部分を含んだ鉄筋の干渉チェックが可能となった。また、干渉した鉄筋を移動させ、他との干渉の有無をもチェックが可能であった(図-4)。

また、干渉する鉄筋の再配置が困難な場合、切断・補強が採られるが、発注者へこのFAAを見せることで設計変更の承認が得られるものとする。さらに、通常切張りや腹越し等の支保工と鉄筋との物理的干渉や、鉄筋組立の順序(特にスラップやはば止め鉄筋等の構造部材以外の組立順序)も問題となることから、そのような検討時においても多少の手直しにより再利用可能なものであると思われる。また、

これらのFAAおよび静止画は、技術者間で利用された後、作業員への作業内容の説明としても利用可能である。

(2) 全工程FAA

事業における各対象者(技術者、現場作業員、発注者、地域住民)への利用においても、最初にプロジェクトの全貌を把握してもらうことが重要だと考えられる。例えば、技術者に対しては、プロジェクトの全貌を効率良く把握することで合理的な施工計画立案を支援するために利用できると考えられ、地域住民に対しては事業に対するイメージアップを図るために利用できる。そこで、このFAAは表示・非表示機能を設定し、着工前から竣工までの主な工程を再現したものである(図-5)。これにより、地形を含めたプロジェクトの全貌を明確にすることが可能である。また表示・非表示の情報やオブジェクトの情報は、任意のフレームにおいて再利用可能であることから、このFAAの必要性として、これから紹介するほとんどのFAAのベースとして利用できると考えられる。

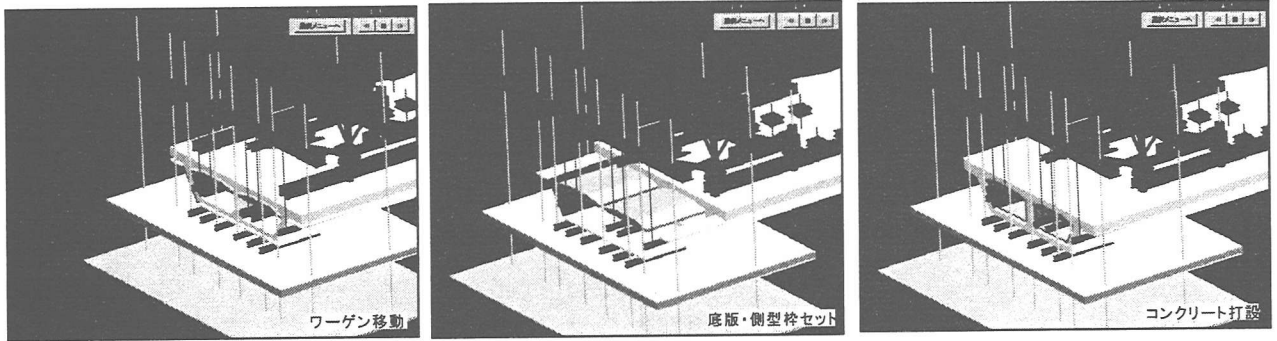
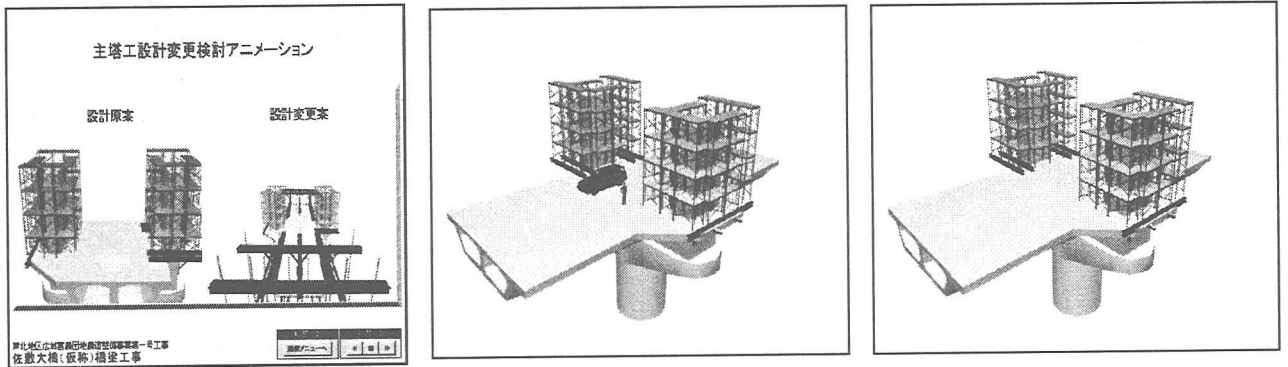


図-6 張出し工施工手順シミュレーション



(a) 代替案との比較

(b) スケール感のあるオブジェクトの配置

(c) オブジェクトの無いもの

図-7 主塔工設計変更承認 FAA

(3) 張り出し工施工手順シミュレーション

張出し工におけるワーゲン移動の手順を再現したもので(図-6)、未熟練者に対する新規入場者教育として作業説明、危険個所の指摘に利用できると思われる。理解を容易にするために、文字の説明を加えた。熟練した現場作業員には、あまり効果的ではないと考えられるが、図面等の情報からだけでは状況把握が困難な複雑な施工や危険を伴う作業においては、より詳細なシミュレーションを行うことで安全性の向上、作業の効率化の面で効果が得られると考えられる。また、FAA と記録ビデオとを併用することで、現場の状況をより正確に提供でき、容易に理解を促すと考えられる。

(4) 主塔工設計変更承認 FAA

主塔工と張出し工の作業順序の計画変更の説明において、設計原案と変更案を上空からのフライバイで見ること、比較・検討を行ったものである(図-7)。主塔工の作業工程において、原設計では先に主塔工を施工して張出し工に移る計画であったのに対し、代替案では、作業の容易さという点で張出し工

を3ブロック施工した後、主塔工の施工するという提案である。施工時に問題となるのは、作業スペースであり、事前に FAA により作業スペースを確認することで、効率の良い施工方法の選択が可能となる。施工状況の様子を代替案と比較しながら発注者に対して具体的に見せることで、設計変更の承認にも利用可能であると思われる。また、発注者への説明の前に技術者や協力会社との検討時にも利用可能であると思われる。この事例では、いかに作業しやすいスペースを確保できるかが重要となる。CAD データを用いることで簡単に作業スペースの面積を求めることができるので、数値的にも比較することが可能となる。さらに、スケール感のある現場作業員や自動車等のモデルを配置し、ビジュアルに検討できるようにした。

(5) 完成系シミュレーション及びCGフォトモンタージュ

地域住民にとっては、施工方法よりも、どのような構造物が建設されるのか、景観的にはどのように変化するのが重要になると思われる。そのため、

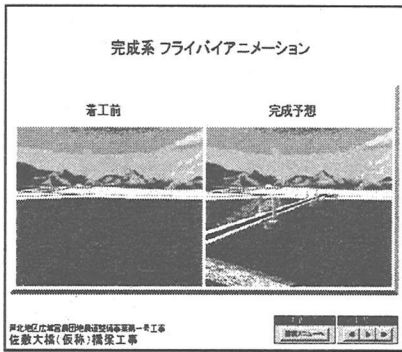


図-8 完成系シミュレーション
(上空からの視点を着工前と比較)

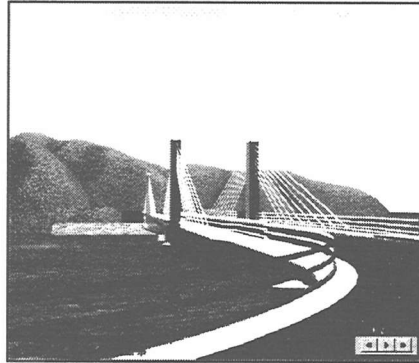


図-9 完成系シミュレーション
(車からの視点)

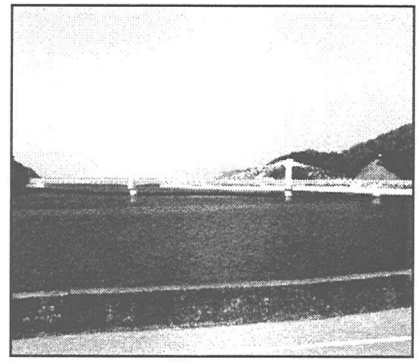


図-10 CG フォトモンタージュ

完成系の橋梁を上空・船・車から見たアニメーションを作成した(図-8、9)。施工者は円滑に施工を推進する上で地域住民との合意が必要となるため、地域住民に対し、工事概要の説明をする等イメージアップを図ることが必要である。そこで、全工程・完成系シミュレーションにより、住民の理解を求めようとするものである。さらに、現場写真と組み合わせることで、CGフォトモンタージュとしても利用可能である(図-10)。建設物を再現する方法としてCGフォトモンタージュはよく利用されている¹⁾³⁾。建設現場の上流側に夕日が綺麗な視点場があったため、そこから見たCGフォトモンタージュを作成した。この画像は、完成予想の看板として利用された。

4.3 適用を通しての考察

適用を通しての考察を FAA 作成と適用に着目し、以下に列挙する。

(1) 作成に関する考察

FAA 作成にあたり、誰が作成するのかが最初に問題となる。今回は筆者らが作成にあたり、図面を理解するのに多くの時間を費やした。また、外注した場合には要望に合った表現がされない恐れもある。一つのアニメーションを少しの手直して、様々な目的に応じたアニメーションの作成が可能である。そのため、施工者自身が作成すれば、より柔軟な対応ができ、最も効果的な FAA を作成できると思われる。この意味では、元請業者の設計部などの施工支援を行う部署で FAA 作成することが適当である考えられる。

次に、費用対効果を考えると作成時間が重要となる。今回の作成では、設計段階からの CAD デー

タを利用したこともあり、かなりの時間短縮となった。しかし、鉄筋シミュレーション作成においては初の試みであったこともあり、どのような表現が適当であるか考えることに多くの時間を費やした。今後実用に向けては、具体的な適用事例を蓄積し、FAA 作成マニュアルを作ることが望まれる。

(2) 適用に関する考察

最初に全工程シミュレーションを作成することにより、他の FAA 作成を効率良く作成できる。さらに、技術者や専門業者との打ち合わせにより、合理的な計画立案するための検討に利用したものは、設計変更になる場合には、発注者に対し代替案の正当性を強調する表現を加えることで、利用できると考える。

他社との差別化を図ることはこれからの建設業界には不可欠であると考えられる。そこで、発注者や地域住民への FAA 利用はサービスの一つであり、他社との差別化をすることに有効な情報技術である。サービスのために新しく作成するのではなく、技術者が利用した CG データを再利用することで作成可能である。これは FAA の有効性を示していると考えられる。

5. おわりに

本論文は、施工現場の状況を FAA により再現することで、施工支援を試みたものであり、それを施工支援 FAA として提案を行った。また実証実験として、熊本県佐敷大橋(仮称)建設工事に適用、考察したものである。以下に、研究を通して明らかにされたことを列挙する。

(1) FAA の利用により施工段階の現状における問題

点や課題の解決の可能性がある局面を抽出し、対象者ごとに具体的な利用可能性を示した。これにより、効果的な FAA を効率よく作成できることを示した。

- (2) FAA の利用価値は、利用局面としてまとめた表-1 の完成度に依存する。そのため、施工段階への FAA 適用の実用化に向けては、今後、表の関しても、さらに多くの利用局面の抽出など深く追究し、表の完成度を増すことが必要である。
- (3) 実証フィールドへの適用で、筆者らが過去に作成した FAA よりも利用目的や対象者を明確にしたものを作成できた。これは、具体的に利用可能である局面の抽出を行う必要があることを示している。また、施工者からの依頼を受け配筋シミュレーションの作成を行った。これは、実用レベルでの FAA 適用の可能性を示している。
- (4) FAA を施工者が活用すべき情報技術の一つとして位置づけた。しかし、発注者が FAA を利用する場合も多く考えられ、作成される FAA も異なると考えられる。そこで、今後はそのような施工者ではない関係者が利用する場合の FAA の利用可能性を追求する必要があると考える。

また、現在、建設省でも重要視されている公共事業実施者の説明責任 (Accountability) の重要性も高くなると予想されるため、FAA の利用がより効果的になると考えられる。作成時間においても、考察で述べたように設計段階からの CAD データを利用することにより、かなりの作業の短縮ができた。さらに今後は、設計段階において 3 次元 CAD データを作成するようになると考えられる。このように、FAA の費用対効果は建設業を取り巻く状況とともに大きく変化することからも、現時点では評価が困難であると考えられる。また、今回の事例でも施工支援 FAA は設計者が主として作成に携わったが、先にも述べた説明責任 (Accountability) を果たすためには、発注者の意図を反映することが必要であるし、発注者自身が CG 作成へ参加することが重要であると考えられる。

謝辞

本論文を執筆するに際し、熊本県芦北事務所の遠藤明男課長をはじめ耕地課の方々並びに鴻池・オリエンタル・佐藤JVの松田英夫所長をはじめ工事事務所の方々のご協力を頂きました。また、本論文の一部は、平成9～10年度・科学研究費(09650591)の支援を受けました。記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1)建設省HP : <http://www.moc.go.jp/>,1999.4.
- 2)例えば、Seigo Ogata, et al : APPLICATION OF VIRTUAL MODEL TO ACHIVE CONSENSUS FOR CONSTRUCTION PROJECT , First International Conference on New information Technologies for Decision Making in Civil Engineering, Volume2 pp.1217-1226,1998.
- 3)例えば、福地良彦他：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-，第23回土木情報システム論文集pp.1-8，土木学会，1998.
- 4)榊原和彦他：都市・公共土木のCGプレゼンテーション，学芸出版社，pp.9-29，1997.
- 5)例えば、八幡紘史：国際ビジネスでのプレゼンテーション，pp.25-39，日本生産性本部，1988.
- 6)例えば、田中英介：建築プレゼンテーションテクニック，グラフィック社，1989.
- 7)國島正彦他：建設マネジメント原論，pp.183-220，山海堂，1994.
- 8)大林剛郎：建設業の今後の展望，経済広報センター寄付講座，
URL : <http://www.mmstudio.miinet.or.jp/keio/>
- 9)土木施工管理技術研究会編：土木施工管理技術テキスト-施工管理編-，財団法人地域開発研究所，1998.
- 10)土木学会編：第四版土木工学ハンドブック I，技報堂出版，pp.895-896，1989.
- 11)土木学会編：第四版土木工学ハンドブック II，技報堂出版，pp.2242-2255，1989.
- 12)熊本県芦北事務所：明日へつなぐアレンジベルト，1997.
- 13)例えば、榊原和彦他：都市・公共土木のCGプレゼンテーション，学芸出版社，pp.78-83，1997.