

建設プロジェクトにおける合意形成のための バーチャルモデルの利用

APPLICATION OF VIRTUAL MODEL TO ACHIEVE CONSENSUS
FOR CONSTRUCTION PROJECT

○緒方正剛*

Seigo Ogata

小林一郎**

Ichiro Kobayashi

福地良彦***

Yoshihiko Fukuchi

【抄録】本論文は、建設業界における新たな合意形成のためのツールとしてバーチャルモデル (Virtual Model: VM) を提案する。VM は、バーチャルリアリティー (Virtual Reality: VR) の機能を一部利用した建設プロジェクト用の仮想空間に他の電子情報を統合した模型である。従来の模型や図面 (設計図、イメージパース図など) を利用する様々な局面での VM の効果的な利用法について検討を行う。従って、本論文では、建設プロジェクトの設計段階での適用事例として、大阪臨海地区再開発プロジェクトでの実証実験を試み、VM が合意形成のためのツールとして利用価値が高く、十分実用的なものであることを示す。

【Abstract】 This paper investigates the efficient application of Virtual Model (VM) in stead of using general plastic models currently used in various stages of construction process. As a result this paper introduces the use of the Virtual Model as a tool to achieve consensus among project team members in the design stage of project life cycle. Moreover this paper confirms a role of the Virtual Model for information technology implementation in the AEC industry in which CALS will be introduced. The pilot trial is implemented on a currently on-going industrial park readjustment project in Osaka, Japan.

【キーワード】 バーチャルモデル、合意形成、バーチャルリアリティー、建設プロジェクト

【Keyword】 Virtual Model, Achieve consensus, Virtual Reality, Construction Project

1. はじめに

VR (Virtual Reality: 仮想現実) とは、コンピュータの中に現実感をともなった仮想的な空間を創り出す技術のことである。これまで、主に映画やテレビゲームなどのエンターテインメントの分野で開発されてきた。しかし、数年来のパソコンの低価格化・高性能化により VR の利用はさらに一般化し、今日では日常のツールとして利用されつつある。さらに、インターネットの爆発的なブームの中で、VR 利用のため

の 3 次元モデリング言語である VRML (Virtual Reality Modeling Language) が登場した。現時点では、VRML の利用については処理速度などでまだ幾つかの問題点があり、土木分野でこれを十分に活用した事例は、設計に関するものがいくつかある程度であるが^{1), 2)}、CG の中で、VR の占める割合は確実に増大することが予想される。

一方で、我が国の建設業界の現状を考えると、CALS (Continuous Acquisition and Life-cycle Support :

* 学生員 熊本大学大学院自然科学研究科 (〒860-0862 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 (〒860-0862 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)

生産・調達・運用支援統合情報システム) 概念の導入 (以下、建設 CALS) のための研究開発が盛んに行われている。そのため、我国の建設業界の情報化が進むことは明白である。

本論文ではこれらのことを踏まえ、建設業界への VR 技術利用の第一歩として、建設プロジェクトでの利用を前提とした「バーチャルモデル (Virtual Model: VM)」としての利用を提案するものである。簡単に VM とは、従来の模型や図面 (設計図、イメージパース図など) を電子化し、プロジェクトに関する情報を電子的に統合したものである。筆者らは、ここで提案した VM を実際の建設プロジェクトに適用することで、様々な局面で関係者間の合意形成のために利用されている模型や図面の代わりのツールとして十分に利用価値の高いものであることを示す。

本論文は、まず第 2 章で、主に VM の定義付けと機能について述べる。第 3 章では、VM の実証フィールドでの実験として大阪臨海地区再開発プロジェクトへ適用し、その結果と併せ、VM の可能性について言及する。なお本論文では、実際の建設プロジェクトでの効率的な利用を前提としているため、VM の作成については一般的な Windows 対応機を用い、作成のためのソフトウェアも市販の Superscape 社製の VRT (Virtual Reality Toolkit) を使用した。

2. バーチャルモデル (VM)

2.1 バーチャルリアリティ (VR)

1989 年 6 月 7 日、サンフランシスコで開催された Texpo'89 で初めて VR (Virtual Reality) という言葉が使用された。このことによって、VR 技術の革新性がより明確になった。ここで言う Virtual とは「実際には実在しないけれども、機能としてそれが存在するのと同等の効果を持つ」という意味であり、Reality というのは「現実、実存」といった意味を持

つ。つまり VR とは、「計算機によって、人工的に合成された現実世界」と定義される³⁾。VR を実現させるための要素としては MIT の D.Zeltzer によると① Presence (プレゼンス)、② Interaction (インタラクション)、③ Autonomy (オートノミー) が必要とされる⁴⁾。表-1 に、それぞれの内容と、具体的な使用例を示す。現時点での VR の利用は、3つの要素全てを満足させるよりも目的に応じて一部を利用する方が利用者にとってはわかりやすく、利用しやすい技術であると言える。

2.2 グループ VR⁵⁾

VR は主にエンターテイメント分野で開発されてきたが、あらゆる分野での利用の可能性を持っている。現在では、インターネットを介して建築設計を行ったり、医療分野での研究や訓練のために積極的に用いられている。これらの事例は複数の利用者が協調作業をするために開発されたものであり、グループ VR と呼ばれている。グループ VR は、特に多言語、多文化の混在するヨーロッパにおいて、国境を越える共同事業や多国籍企業内での設計の効率化に積極的に利用されている。つまりグループ VR は、価値観の違う複数の人たちがある事柄について、議論しながら何らかの妥当な解を見つけるといった合意形成に利用するのに最適な使用方法である。文献 5) ではグループ VR は、グループ中の人数の違いから以下の 3つに分類されている。(1)40 人程度の大きなグループによる、ある特定の場所で利用可能な VR のための道具や利用技術。R.C.P.T. (Reality Center from Panoram Technologies) 社の GVR-120 に代表される VR シアターなどがこれにあたる。(2)小さなグループにおける協調設計をある特定の場所で行うために利用可能な VR のための道具や利用技術。Fakespace 社の BOOM などのテーブルトップやミニ

表-1: VR の構成要素

	構成要素	内容	使用例
①	Presence (プレゼンス)	創られた仮想空間の中に存在しているということ	HMD (Head Mounted Display: 眼鏡型の小型ディスプレイ)
②	Interaction (インタラクション)	利用者とコンピュータとの間に対話性を持たせること	対戦型ゲーム
③	Autonomy (オートノミー)	創り上げられた仮想空間が空間特有の規則に従って成立すること	ロールプレイングゲーム

シアターなどがこれにあたり、通常この実現のためには HMD などの器具を使用する。(3)遠隔地からの複数のユーザーによる協調設計を実現するための VR の道具や利用技術。例えば VRML に代表されるようなインターネットでの VR の利用が代表的な例である。

2.3 バーチャルモデル (VM) の利用

バーチャルモデル (VM) を提案するにあたり、まず用語の説明を兼ねて、次の言葉を定義する。

- ① 従来型模型 (PMU) : 英語の Physical Mock-Up の訳で、通常使用されている模型のことを指す。
- ② デジタルモックアップ (DMU) : 英語の Digital Mock-Up の訳で、コンピュータ内に作られた 3 次元の模型を指す。
- ③ バーチャルモックアップ (VMU) : 英語の Virtual Mock-Up の訳で、DMU の一種であるが、特に VR 空間での模型を指す。

(1) 従来型模型 (PMU) 利用

模型や図面は従来、関係者間における合意形成のためのツールとして用いられてきた。建設業界での模型の利用は、ある建設プロジェクトにおいて建設予定の施設とその周辺が作成され、図面と照らし合わせながらプロジェクトについて議論するのに役立てられてきた。しかし、模型からでは全体的なイメージは掴めてもプロジェクトの細部までは理解しにくく、一方図面からではある程度の経験があってもプロジェクトの概要を把握するのが困難であるといった点で問題も多い。またプロジェクトの規模が大きく、広範囲に渡るようなものであれば模型自体も大きくなり持ち運びが困難となる。このような場合、模型のある場所に工事関係者、住民が足を運び、その場で議論しなければならない。

また模型や図面の作成に関しては、大半が外注作業となるため、作成後に変更点があった場合は、その都度模型を作成し直す必要も生じる。さらに模型を関係者間で共有する必要がある場合は、複数作成しなければならない。このことから、従来の模型では、住民はもとより経験豊かな工事関係者ですら概要を理解した上でのプロジェクトに対する意見交換、さらに合意形成に達するのは困難であると言える。

(2) デジタルモックアップ (DMU) およびバーチャルモックアップ (VMU) 利用

自動車産業界において、車の設計開発生産準備業務の一環としてデジタルモックアップ (DMU) が利用されている。文献 6)によると DMU とは、全ての 3 次元の CAD データで車を組み立てる開発プロセスで、この CAD データを基に実物大の粘土模型を削りだして、デザインに関する最終案をまとめていくのに利用されている。例えば、企業のように閉鎖的な空間において、ある業務に携わる関係者のみでの合意形成のために用いられていることからわかるように、DMU は、限られた空間内での使用においてのみ有効であると言える。

また、VMU については、高度なグラフィック処理能力を必要とするため、大型コンピュータや EWS での利用が前提となる。さらに VMU では、現実感が有りすぎてプロジェクトのイメージが固定する恐れがあり、意見交換が活発に行われぬ可能性があるため、建設業界での利用は実用的ではないと言える。

(3) バーチャルモデル (VM) の提案

これまで VR 技術、グループ VR、DMU、VMU が合意形成に有効であるが、建設業界における利用を前提とした場合、ハード・ソフトの面で実用には不向きであり、またプロジェクトに対するイメージが固定し、意見交換が行われぬという問題点を指摘してきた。しかしその一方で筆者らは、一連の研究で VR 技術の利用方法次第では、設計時点での施設計画をほぼ忠実に表現し、構築した施設構造物を疑似体験することでプロジェクトをよりよく理解できるようになることを実証してきた⁷⁾¹¹⁾。

そのため本論文では、新たな合意形成のためのツールとして、コンピュータ内での模型の利用に加え、プロジェクトに関するあらゆる情報 (設計図、周辺地図、航空写真、現場写真、文書など) を電子化し、これらの電子データを積極的に組み込んだ模型をバーチャルモデル (Virtual Model : VM) と呼び、これを利用することを提案する。VM の使用目的としては、建設プロジェクトでの実用的な利用を前提として、①様々な利害を持った人々のプロジェクトに対する要望・意見の交換をよりスムーズにする、②工事関係者、地域住民に対しプロジェクトの概要をよりよ

く理解させる、③市販のパソコンレベルでの実用化（インターネットでの利用も含む）、④不特定多数の人の間で共有すること、と大きく4つのことを目的としている。

そのため、プロジェクトに対する意見交換を活発にするにはVRを完全に利用しない方が良くと考え、さらにVMとしては完全に実用的であることから、VMを定義し、この利用を提案するものである。また本論文では、単にVR空間内でVMUを利用するだけでなくことを強調するために、あえてバーチャルモデル（VM）という言葉を用いることとした。

VMの作成に関しては、時として外部のCG作成業者が請け負うこともあるが、主として設計担当者自身がその作成に携わることができる。そのため、議論の場で要望のあった全体的な変更、部分的な変更に対し、設計者の手によりVMの作り直しができるので時間の短縮、コスト削減に繋がる。またVMの閲覧は、利用者の観点で自由に視点移動することができる。そのため、建設プロジェクトの全体像、施設計画の細部に至るまで、PMUでは不可能、あるいは多くの困難を伴うような視点からの表示ができる。さらに工事関係者、住民に対するプレゼンテーションもノートパソコンやデスクトップパソコンがあれば場所、時間を問わず行える。

従ってVMは、PMUに比べ工事関係者、住民間での建設プロジェクトに関する意見交換をより活発にし、内容もよりよく理解でき、さらに合意形成もよりスムーズに進むことが期待できる。

2.4 バーチャルモデル（VM）の特徴

建設プロジェクトでの合意形成を促進するためのVMの特徴をまとめると以下の6通りである。ただし本論文におけるVMの利用については、2.3(3)で述べ

た利用目的の③、④が前提となっているため、掲載した図は全てインターネット上での利用例となっていることを断っておく。

- ①VM内の建造物の一部を表示・非表示、移動、消去が可能：構築された仮想空間に将来建設予定の施設を表示したVMが図-1、非表示にしているのが図-2である。図-1、2は、アイコンをクリックすることで切り替えることができる。また作成環境であれば空間内の建造物を任意に移動・消去、形状・色の変更などその場でできる。これにより、プロジェクトの一部変更による空間の変化や施設計画、配置計画の複数の案を検討する際に景観的な変化の比較や、工事着工前の状態と完成後の状態の比較がVMを見ながら容易に行える。
- ②VM内に任意の視点場、視点移動の軌跡を設定可能：VMに任意の視点をビューポイントとして設定することができる。ビューポイントはアイコンをクリックすることで切り替え可能である。例えば図-3は、建設予定の施設の北側から見た図である。プレゼンテーションを行う際に、その地区から見た視点を予め設定していくことで、プロジェクトの概要をよりよく説明することができる。また、視点移動の軌跡を設定することでPMUをビデオカメラで撮影しているのと同じ効果を期待することができ、操作の不慣れな人に対しても仮想空間の疑似体験を提供できる。このように予め利用者（プレゼンテーション相手）に即した設定をすることで、プロジェクトの説明を効率よく行うことができる。
- ③複数のVMをリンク可能：現時点でのパソコンの表現能力には限界があるので、VMが効率よく表現されない場合もある。VMでは、それを克服するために空間を作り分けることができる。図-4

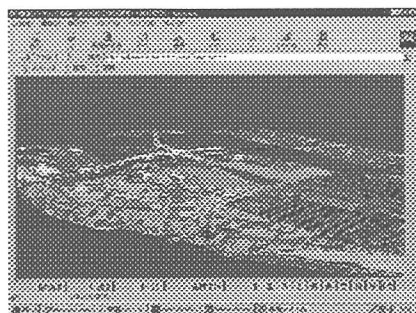


図-1：VMでの施設の表示



図-2：VMでの施設の非表示



図-3：視点場設定の例

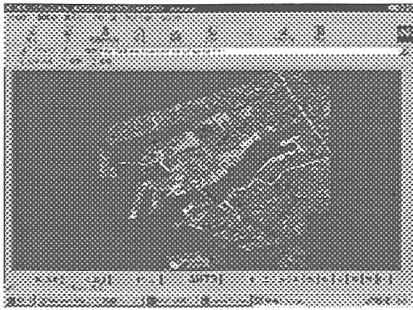


図-4：地域全体・電子情報の統合例1

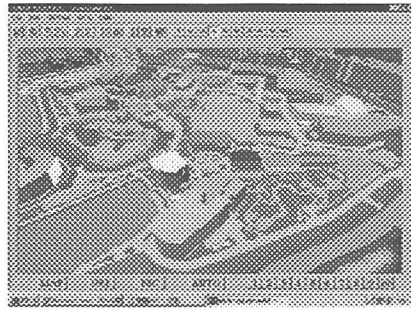


図-5：VM内の施設構造物

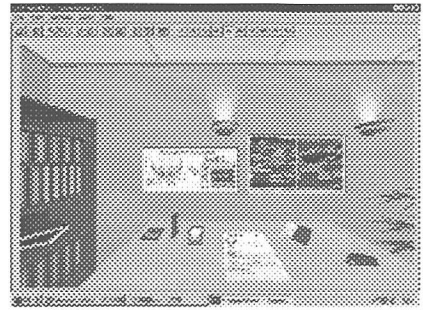


図-6：電子情報の統合例2

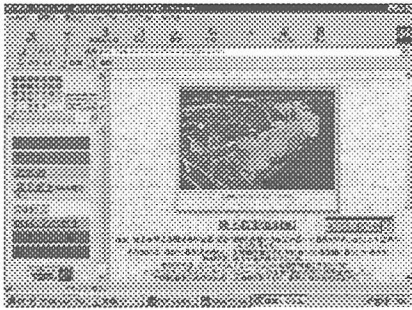


図-7：インターネット上での利用



図-8：プロジェクト予定地区

のようにプロジェクト予定地区を含めた地域全体を表示した VM と、図-5のように施設のみを表現した VM をリンクすることで、建設プロジェクトの位置関係やその内容までを効率よく表現できる。また、段階的に VM を作り分けることによって、設計の初期段階における複数の代替工程案や施工法案の検討にも利用することができる。あるいは工程毎の VM を作り、リンクを設定することでプロジェクトを時系列的に表現できる。

- ④ VM のコピーが容易：VM は電子データであるため、ファイルをコピーすることで、PMU を複数作るのと同様のことができる。関係者間で複数共有する必要がある場合でも簡単に作成でき、コスト、時間の面で無駄を省くことができる。また持ち運びの点でも、データをノートパソコンに保存しておくことで場所を問わず持ち運びができ、表示することができる。
- ⑤ 他の電子情報との統合が可能：図-4に示した地域全体の VM は、空間全体のイメージを効率よく表現するため航空写真を電子情報として統合した例である。また、図-6は、ある建設工事において図面、現場写真、事業に関するパンフレットを電子情報として VM に統合し、それらの情報を事務所の一隅から見た例である。これらの電子情報

はそれぞれに近づくことでより詳細な情報を得ることができる。そのためプロジェクトの概要をわかりやすい形で提供することができる。

- ⑥ インターネット上で利用可能：VM を VRML ファイルへ変換することができる。また必要に応じて、WWW 上のホームページとのリンクも設定できる。これは、VM 一つに情報を組み込むのではなく、Web 上のあらゆる情報を無限に組み込むことができる点で有効である。さらに遠隔地間でデータ転送をする場合、通常ファイル形式 (*.vrt) から圧縮ファイル形式 (*.svr) で書き出すことができる。そのため、データ量を約5分の1程度に抑えることができる。またインターネット上で VM の閲覧に必要なブラウザ (Superscape 社 VISCAPE 5.0) も、無償でダウンロードすることができる。図-7は、VM のインターネット上での利用例である。このようにホームページに載せることで情報を一般に公開でき、不特定多数の人々の間で共有、閲覧が可能となる。

3. ケーススタディー

本章では、これまでに提案してきた VM の実用レベルでの有効性の確認、VM を介した情報の共有化の具体例として、大阪臨海地区再開発プロジェクトへ

の適用事例を紹介する。実用レベルでの VM の有効性を確認することで、従来の模型や図面に変わる合意形成のためのツールとしての有効であることを実証できるものとする。

3.1 大阪臨海地区再開発プロジェクト

このプロジェクトは、大阪此花地区の正蓮寺川と安治川に挟まれた工業跡地（図-8）に計画されている大規模レジャー施設の建設に伴う周辺工業地帯の再開発計画である。此花西部臨海地区土地区画整理事業による再開発計画であり、区画面積：約 156.2ha、事業期間：平成7年8月～平成14年3月、事業費：約 890 億円の事業である。現在、部分的な敷地造成およびレジャー施設本体の発注は終わっているが、本格的な工事は始まっていないようである。つまり建設プロジェクトの設計段階であり、VM の実証実験のためのプロジェクトとして適していると言える。

3.2 合意形成の必要性とバーチャルモデルの適用

建設プロジェクトは一般に、社会基盤および生活基盤施設の建設に深く関わっている¹²⁾。そのため、施主、設計者、施工者といった工事関係者、さらに当該地区の住民まで含めた建設プロジェクトに何らかの形で関係している人々の間での情報の共有、お

よび共同利用が重要となる。建設プロジェクトの調査・計画段階において実現可能とされたプロジェクトは、次の設計段階において、より詳しい現場データを基に施工法を検討し、それに基づいた設計を行っていく。まず設計条件が設定され、次に技術調査が行われ、予備設計まで発展される。工事関係者は、それを基に用地取得など諸問題を考慮しながら予備設計を工期内にプロジェクトを完成させることを目的として詳細設計まで発展させる。一方で、プロジェクトを工期内に完成させるためには、当該地区の用地の買収・確保を円滑に進めるかどうか重要となってくる。用地の選定自体は、経済的・技術的に適当な用地が事前に幾つか選定されており、それから地権者となる地区住民との間で発生する問題あるいは社会問題など考慮しながら、用地を一つに絞っていく。そのため、工事関係者、住民との間のプロジェクトに関する相互理解は、プロジェクトを成功させるための重要な課題であると言える。また、この段階は次の施工段階へ移行するための準備期間でもあるので、この段階での施主、設計者、地域住民間でのプロジェクトに関する合意形成は、建設プロジェクトを進めていく上で重要であると考えられる。

先述のように VM は、仮想空間内を任意に視点移動できることから、利用者は、仮想空間内に構築さ

表-2：VM での営業活動リスト

No	日付	営業活動先	先方の要望など
1	H.8.4	レジャー施設のオーナー	周辺の CG 化、インターネット、建設の工程管理などの利用方法など検討の余地がある
2	H.8.4	レジャー施設のオーナー	周辺開発計画案を入れ込み、協議会でプレゼンに使用してみたい
3	H.8.8	R 社、レジャー施設のオーナー	レジャー施設内からの景観のアウトプットを要求、景観ツールとして非常に有効と評価
4	H.8.8	B 社	景観シミュレーションに非常に有効、今の段階でホテル計画は入れて欲しくない
5	H.8.9	W 社	高く評価
6	H.8.9	C 社	若手設計課員は CG 利用に積極的
7	H.8.9	S 社	製造所の景観整備を検討中で、これに非常に有効今後の協力の要請を受ける
8	H.8.9	D 社	パソコンでの CG を高く評価
9	H.8.9	E 社	評価高く、協議会のプレゼンに使える
10	H.8.10	F 社	パソコンレベルでの CG に評価
11	H.8.10	G 社	非常に興味深い
12	H.8.10	H 社	興味挙げ、換地計画時に利用可能か？
13	H.8.10	I 局	評価高い
14	H.8.10	J 社	船付場周辺の景観に非常に興味
15	H.8.10	K 所	非常にわかりやすく、パソコンレベルの CG を高く評価
16	H.8.11	L 社	シミュレーションをやるような相手を持ってほしい
17	H.8.11	M 社	非常にわかりやすい
18	H.8.11	N 社	パソコンレベルの CG に驚き
19	H.8.11	O 社	他の CG と比較して、パソコンレベルのプレゼンを評価
20	H.8.11	P 社	利用検討の価値がある
21	H.8.11	Q 社	レジャー施設内からの景観を再認識

れた建設プロジェクトを擬似的に体験することができる。建設プロジェクトを疑似体験することで、利用者自身の観点でプロジェクトに対するイメージを抱きやすく、さらに従来の方法よりも理解しやすくなり、より活発な意見交換が期待できる。また、VMの作成についても、主として設計担当者自身が作成に携わることができるので、計画の変更や要望に応じた全体的な修正あるいは部分的な修正も容易に行うことができる。そのため、関係者間での合意形成のためのツールとして適していると思われる。

3.3 適用における考察

本プロジェクトにおけるVMの適用は、主に企業による営業活動での利用となった。施主、地区周辺に工場・工場跡地を持つ企業（地権者）の延べ19社に対しVMを用いたプレゼンテーションを行った。このプレゼンテーションでは、営業活動以外の目的として、①プロジェクトの概要の把握、②工場・工場跡地の再利用、③施設建設に伴う景観的な変化の比較、④施設の位置関係の把握などを目的とした。

そこからの反応として、パソコンレベルでの利用を高く評価（9社）、検討の余地がある・使ってみたい（6社）、わかりやすい・興味深い（8社）、などの複数回答を得た。その反応の様子を表-2に示す。表-2にも示すように全体的に高く評価を受けており、実際、1社から協力の要請を受ける結果（表-2、No.7）となった。このことから、VMが、建設プロジェクトの設計段階においてプロジェクトに対するプレゼンテーションに非常に有効であったと言える。また、プロジェクト概要の把握を助けるといった点で、従来の模型や図面以上の利用価値があり、さらに関係者間でプロジェクトに対する要望・意見交換を活発に行い、合意形成に達するまでのツールとして適していたと思われる。

3.4 今後のバーチャルモデル

今回の適用で、工事関係者と住民間における合意形成のためのツールとしてVMが十分利用価値の高いものであることを確認した。現在我が国の建設業界では、建設省を中心とした建設CALS実現に向けての活動として、①フェーズ1（1996～1998年）、②フェーズ2（1999～2001年）、③フェーズ3（2002

～2004年）の3段階に分け、光ファイバー網など情報インフラの整備、国際基準にもとづく電子データの規準化、既存情報との連携、実証フィールドでの実験などが進められている¹³⁾¹⁵⁾。CALS導入による建設業界の情報化が進むにつれ、施工者の企画、設計段階での情報共有、情報インプットなどが可能になると予想される。そのため、この段階での施工者の役割は増し、施工性、施工方法も併せて議論が展開されるようになる。併せて、工事を円滑に進行させるには一般住民への情報の公開、さらに民意要望をいかに汲み上げ、種々の計画に取り入れるかが重要となる。これらを考慮すると、本論文で提案したVMの作成に設計者、施工者が一貫して携わることで工事の工程や進捗状況、施工方法や工事中の仮設構造物の用途・機能といった建設プロジェクトに関する情報をわかりやすい形で提供できる。つまり施主、設計者、施工者、地域住民まで含めた合意形成が円滑に進み、結果、建設費の縮減およびプロジェクト全体の工期短縮に繋がることが期待される。

本論文では、建設業界へのVR技術の利用の第一歩としてVMを提案し、建設プロジェクトの設計段階での利用を試みた。その結果、新たな合意形成のツールとしてVMが建設業界でも十分に活用できることを示すことができた。今後、設計段階への利用に留まらず、建設プロジェクトのライフサイクル全般を通して適用することで、建設CALSの目的でもある建設事業の効率化に大きく貢献することが期待できる。そのため、建設CALS実現に向けて、建設業界におけるVMの役割を確立していくことは必要不可欠である。そのためにも様々な建設プロジェクトでの実施例を数多く行い、新たなVMの利用価値を見出し、より有効な手法として改善していくことが必要であると考えられる。

4. 結論

本論文は、建設業界における新たな合意形成のツールとしてバーチャルモデル（VM）を提案し、大阪臨海地区再開発プロジェクトにおいて、その実証実験を行った。本論文で明らかとなった事柄をまとめると、以下のようである。

- (1) 2章で、建設プロジェクトにおいて工事関係者、地域住民間での合意形成がスムーズに達成できるように、積極的にプロジェクトに関する情報を電子的に統合したモデルをバーチャルモデル (VM) として提案した。また VM の利用目的として、①様々な利害を持った人々のプロジェクトに対する要望・意見の交換をよりスムーズにする、②工事関係者、地域住民に対しプロジェクトの概要をよりよく理解させる、③市販のパソコンレベルでの実用化、④不特定多数の人の中で共有する、という4つがあることを示した。
- (2) さらに2章では VM の特徴として、①構造物の表示・非表示、移動、消去が可能、②視点場・視点移動の軌跡を設定可能、③複数の VM をリンク可能、④VM のコピーが容易、⑤他の電子情報との統合が可能、⑥インターネット上で利用が可能という6通りを大阪臨海地区再開発プロジェクトでの適用事例とともに示した。また3章では、建設プロジェクトの設計段階における合意形成の必要性について述べた。今回の適用では主として

企業による営業活動での利用となったが、その活動内容から従来の模型などに比べ、建設プロジェクトを理解し、さらには関係者間での合意形成に達するためのツールとして利用価値が高いものであることを示した。また実際に営業活動での成果があったことからわかるように、建設業界における新たな合意形成のツールとして VM が実用レベルで十分利用可能であることを証明した。

- (3) 適用結果から、VM が建設業界における新たな合意形成のためのツールとして有効で、実用可能であることを述べた。今後、建設業界の情報化 (建設 CALS) が進むにつれ、VR の必要性は増していくことが予想される。VM の有効性を実証したことで、VR 関連技術の建設業界への導入について、その利用次第では十分利用可能であることを示すことができた。その上で、CALS 実現に向けて VM が占める重要な役割について展望し、より有効な合意形成のツールとして改善していくには、様々な建設プロジェクトでの実施事例の蓄積が必要であるが、これは今後の課題としたい。

【参考文献】

- 1) 兎 成浩、福田智弘、草間晴之、笹田剛史：橋梁デザインにおける VRML の利用,第 21 回土木学会土木情報システムシンポジウム論文集,pp91-98,1996.
- 2) 蒔苗耕司、藤井章博：VRML を利用した道路の線形設計,第 21 回土木学会土木情報システムシンポジウム講演集,pp185-188,1996.
- 3) 広瀬通孝：バーチャルリアリティ,オーム社,1995.
- 4) Zeltzer, D :Autonomy, Interaction and Presence, PRESENSE, Vol.1, No.1, pp.127-132, 1992.
- 5) Amy, R : THE DESIGN BENEFITS OF THE GROUP VR, COMPUTER GRAPHICS WORLD, February, pp21-26, A Penn Well Publication,1997.
- 6) 加藤 廣、長坂洵二、久保田貞夫：電子情報化と自動車産業,JAMAGAZINE 2月号,Vol.31,pp3-19, (社) 日本自動車工業会,1997.
- 7) 小林一郎、福地良彦、緒方正剛、中川博人：施設計画における合意形成の道具としての VR の利用,土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集,pp88-89,1997.
- 8) 緒方正剛、小林一郎、福地良彦、山根 崇：リアルタイムアニメーションを用いた意見調整の円滑化,土木学会西部支部講演概要集 (平成9年度),pp930-931,1998.
- 9) 原田千夏、小林一郎、福地良彦、緒方正剛：大阪臨海地区再開発計画へのリアルタイムアニメーションの適用,土木学会西部支部講演概要集 (平成8年度),pp872-873,1997.
- 10) Fukuchi Y, Kobayashi I :Computer Graphics Animation for Communication-expedited Construction Management, Proceedings for Worldwide ECCE Symposium,pp13-17, 1997.
- 11) 福地良彦、小林一郎、大村祐司、野村大樹：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,土木学会第 22 回土木情報システム論文集,pp149-156,1997.
- 12) 国島正彦、庄子幹雄：建設マネジメント原論,山海堂,1994.
- 13) 建設 CALS/EC センターホームページ：<http://www.cals.jacic.or.jp>,1月,1998.
- 14) 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官民共同研究,1997.
- 15) (社) 日本土木工業協会：CALS 検討WG平成8年度活動報告書,1997.