

3次元VR技術を用いた 建設・施工シミュレーションの活用

田代 則雄

建設・施工分野における3次元VR技術の適用について、既存の3次元バーチャルリアリティ（以下VR）ソフトに着目し、事例を挙げながらその可能性について考える。高まる「Accountability（アカウントビリティ：公共事業の説明責任）」意識の中、「解り易く説明性の高い情報提供手段」を実現する手段として有効であり、データ作成や容易な操作性も要求される。ここでは、実際の動作モデルの設定方法を説明しながら、適用事例を挙げ、その概要を紹介する。今後の建設・施工分野における3次元技術導入の参考になれば幸いである。

キーワード：3次元バーチャルリアリティ、シミュレーション、アカウントビリティ、合意形成、説明・協議

1. はじめに

公共事業における行政・国民間における情報の共有化・透明性への意識は、国土交通省が積極的に推し進める「Accountability（アカウントビリティ：公共事業の説明責任）」でも意味するように、次第に浸透し、高まりつつある。実際に、多くの事業で多様な手法により、「解り易く説明性の高い情報提供手段」が行われてきているが、建設事業に関する技術的知識も情報もまちまちな一般市民を対象とする状況で、どのような内容・方法で果たしていくのか、試行錯誤を繰り返しているのが現状である。

一方、建設業界におけるIT技術は、電子納品やCADの導入に続く新たな段階の1つとしてCADの「3次元化」の流れがあり、並行して3次元を扱うソフトウェアも高性能化され普及が進んでいる。

ここでは、「3次元」と「解り易く説明性の高い情報提供手段」を実現するひとつの手法として、VRソフトに着目し、建設施工分野での可能性を、以下の点について整理する。

- ① 3次元VRソフト「UC-win/Road」の概要
- ② バックホウを対象とした可動モデル設定過程
- ③ 適用事例

2. 3次元VRソフト「UC-win/Road」の概要

(1) 概要と基本機能

UC-win/Roadは、道路3次元設計ツールとしてスタートした後、景観デザイン及び様々なシミュレーション用機能を拡張し、プレゼンテーションに有効な機能も追加されて、3次元VR空間表現を行う総合的な合意形成・協議検討支援ツールとして育ってきた。

■ 主な適用分野

- ・ 地域住民の合意形成のためのリアルタイムプレゼンテーション
- ・ 走行シミュレーションによる道路線形計画、路線決定支援
- ・ 橋梁等各種構造物の形式、デザイン、彩色検討
- ・ 道路内部景観としての移動速度に応じた連続性、快

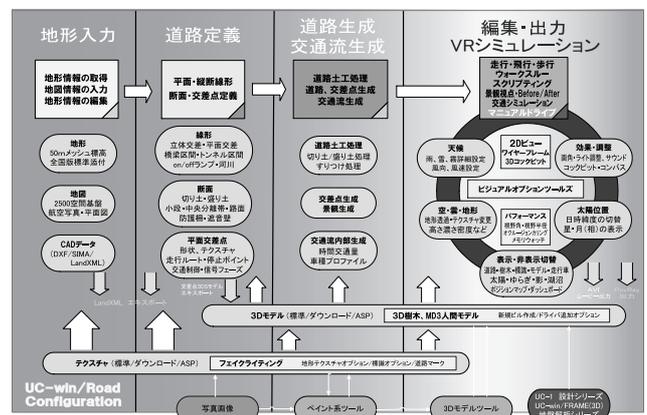


図-1 データ作成の流れと機能構造

適性検討

- ・道路外部景観としての周辺からの調和性等の検討
- ・標識、表示機の視認性確認、デザイン検討
- ・各種新工法・架設方法などの説明・検討

図-1は、データ作成の流れと機能構造を表したもので、以下に各STEPでの概要を示す。

■STEP1：地形の形成

- ・緯度・経度で管理され、国土地理院50mメッシュデータから形成。任意地形、外部3次元地形読み込みも可能。

■STEP2：道路線形定義

- ・平面線形を定義した後、縦断線形・横断面を設定して道路を作成。
- ・複数の道を定義し、平面・立体交差を表現。
- ・橋梁・トンネル区間の設定可能。

■STEP3：道路生成・モデル配置

- ・地形上、道路の切土・盛土法面や交差点他を自動形成しながら道路を生成。
- ・生成後、周辺構造物物をモデルとして配置。
- ・モデルには動作を設定可能。

■STEP4：シミュレーションの実行

- ・様々な描画機能を用いてシミュレーションを実行。
- ・スクリプト機能によりシナリオに沿った自動プレゼンテーションも可能。

(2) 動作環境 (必要システム) (表-1)

表-1 システム要件

[コンピュータ本体] PC/AT100%互換機
[オペレーティングシステム]

Microsoft Windows NT 4.0 SP3以降, 2000, XP

システム要件	推奨
CPU	Intel Pentium/Celeron (クロック 2 GHz 以上)
メモリ	1024 MB 以上
ハードディスク	800 MB 以上
ビデオカード	128 MB 以上, OpenGL 対応
ディスプレイ	1280 × 1024 ピクセル以上, 32 ビットカラー
その他	DVD-ROM ドライブ, サウンドボード

3. バックホウを対象とした可動モデル設定過程

モデルの動作は、「可動モデル」機能により行う。バックホウを例にその設定方法を紹介する。可動モデルを設定するまでの過程を図-2に示す。

(1) モデル動作の検討

モデルを構成するパーツごとに実際の動作を把握

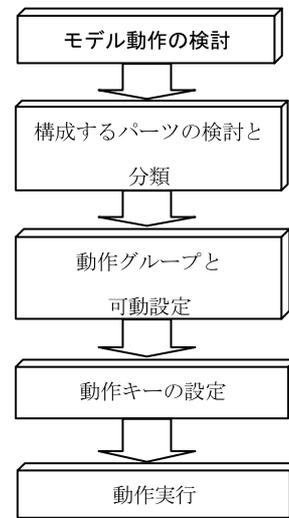
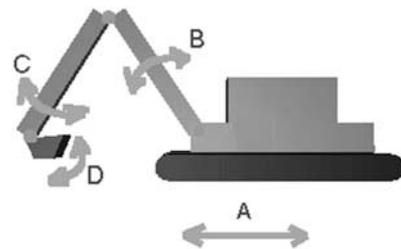


図-2 可動モデル設定の流れ

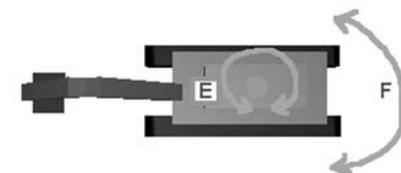


図-3 3D画面

■側面図



■上面図



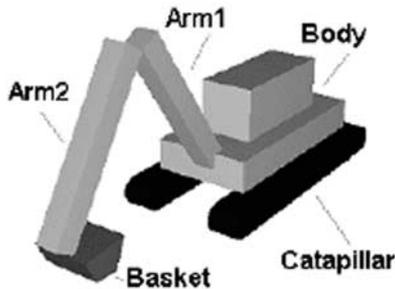
- A：建機全体の前後移動
- B：B点を基点とするアーム1の回転
- C：C点を基点とするアーム2の回転
- D：D点を基点とするバケットの回転
- E：旋回体から上部の旋回中心における回転
- F：建機全体の回転

図-4 可動モデルのパーツ

し、構成するパーツごとに、更に、パーツを階層的に設定したグループ単位ごとにその動作を整理する（図—3, 4）。

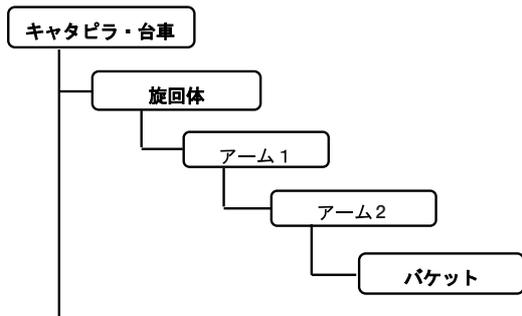
動作の基本である移動と回転設定について、任意の方向・量・順序を設定し、あらゆる動作を表現することができる。

(2) 構成するパーツの検討と分類（図—5）



図—5 可動モデルのパーツ

パーツ同士の追従動作を考え、それらの親子関係を「動作グループ」として定義し、親となる部品が動作をすると、子に設定された部品が親の中で相対的な動作を行う（図—6）。



図—6 動作グループ構成

(3) 動作グループと可動設定

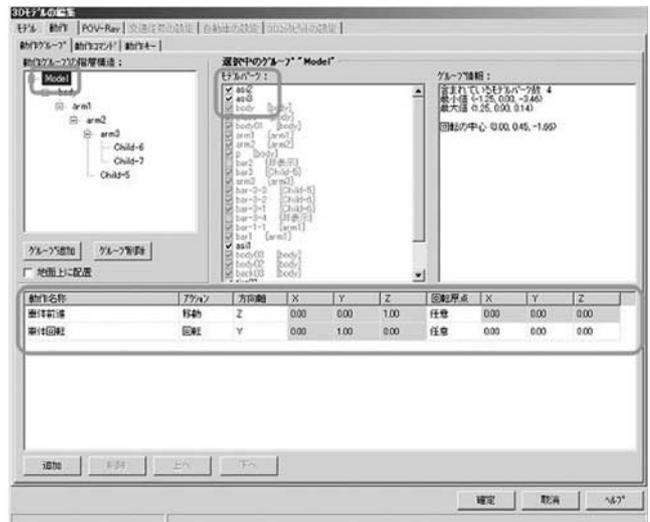
検討した動作グループとパーツごとに、前進・回転など基本動作を設定する（図—7）。

(4) 「動作コマンド」の設定

「動作グループと可動設定」で設定した動作グループ名、個別パーツ名を動作順に選択し、動作コマンドとして登録する（図—8）。ここでの組合せによって、モデル動作の検討で整理した実際の動作を正確に表現する事ができる。

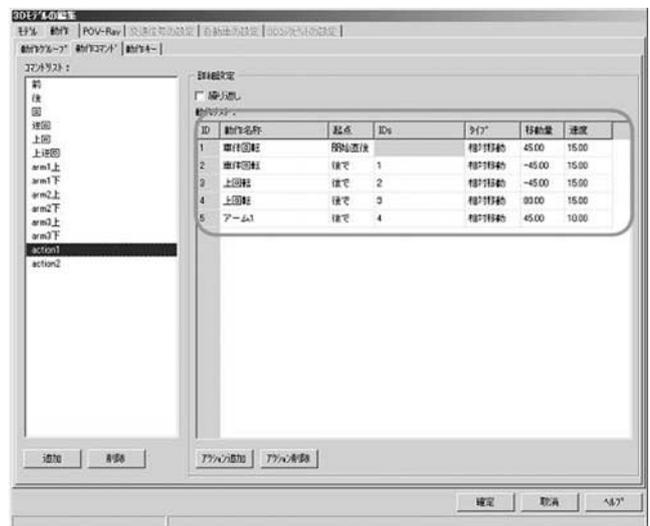
(5) 動作キーの設定とシミュレーションの実行

動作モデルを操作するため、キーボードのキーに対



動作名称	アクション	方向軸	X	Y	Z	回転原点	X	Y	Z
前進	移動	X	1.00	0.00	0.00	任意	0.00	0.00	0.00
後退	移動	X	1.00	0.00	0.00	任意	0.00	0.00	0.00
車体回転	回転	Y	0.00	1.00	0.00	任意	0.00	0.00	0.00

図—7 動作グループと可動モデル設定画面



ID	動作名称	起点	IDs	タイプ	移動量	速度
1	車体回転	開始直後	—	絶対移動	45.00	15.00
2	車体回転	後で	1	相対移動	-45.00	15.00
3	上回転	後で	2	相対移動	-45.00	15.00
4	上回転	後で	3	相対移動	30.00	15.00
5	アーム1	後で	4	相対移動	45.00	10.00

図—8 動作コマンド設定画面

し「動作コマンド」を割り当てて作業は終了である。作成された可動モデルを UC-win/Road の3次元空間上に配置し、キーボードのキー操作で動作シミュレーションを実行する。

4. 適用事例

可動モデルは、建機の様な実際に動く物だけでなく、

全てのオブジェクトに対し定義することができる。以下に、代表的な適用事例を挙げる。

■事例1：新しい高架橋急速施工工法シミュレーション

近年、都市部における高架橋の工事においては、交通渋滞に代表される経済損失や、環境への影響などに対する対策を求められ、実際の事業計画段階、あるいは施工段階においては、工事関係者及び地元住民への情報の公開・共有を図る事が重要とされる。

本事例は、都市部における橋梁事業において、工事短縮と景観に配慮した新たな急速施工技術として開発された工法の施工方法、施工環境、完成イメージ等の説明・協議用として作成したシミュレーションモデルである（図-9）。



図-9 半割りアーチ梁の架設

■事例2：遠隔操作マンマシンインターフェースの研究開発への適用

情報化施工への取り組みは、官・民において試行錯誤しながら進められている。

本事例は、無人化施工を始めとする、危険区域内での無人化遠隔操作による機械化施工として、現在、弊社が(独)土木研究所との共同研究中のテーマである。

遠隔操作における掘削精度・掘削作業効率を確保するためには、建設機械の作業状況をオペレータに伝える方法の良否が常に問題となってくる。本研究では、オペレータ側のインターフェイスに UC-win/Road の 3D インターフェイスを採用している。建設機械に搭載した GPS、地形レーザスキャン、ビデオカメラ装置から無線 LAN により受信した情報を、3次元 VR 空間上に現況地形形状を表現し、建機モデルにはその動作情報を定義して、リアルタイムに作業状況の確認

を行うオペレータマンマシンインターフェイスの実現を目指している（図-10）。

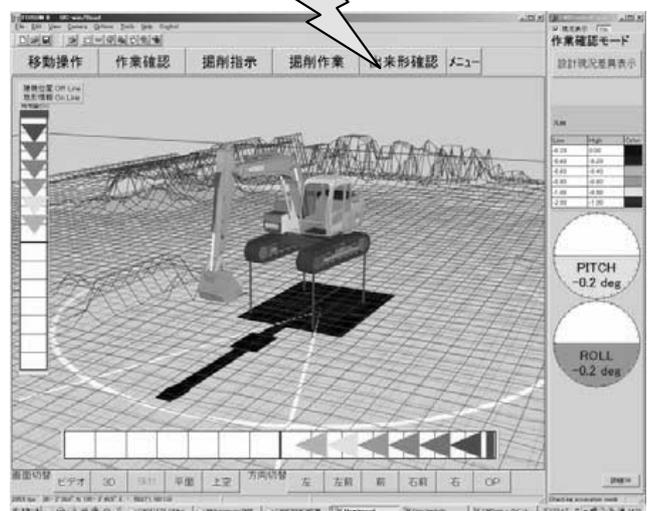


図-10 実際の画像と3DVR 描画画面

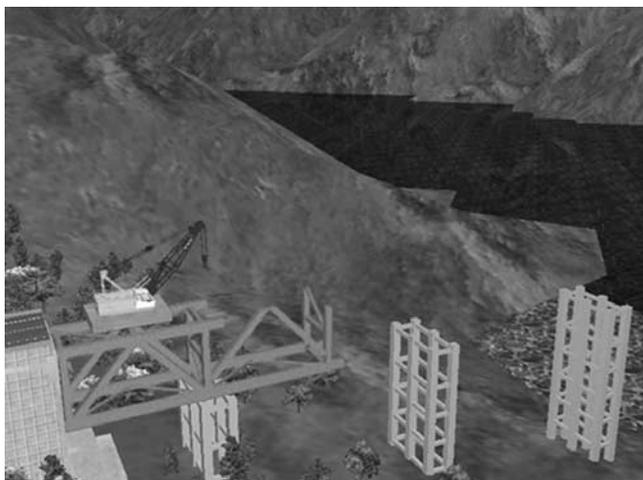
- ・ GPS 建機位置座標
- ・ ブーム／アーム／バケットの動作角度
- ・ 現状地形メッシュ（10 cm メッシュ）
- ・ 設計・現況地形メッシュの重ね合わせ
- ・ 設計・現況の差異表示機能

■事例3：自然と調和した橋梁計画シミュレーション

自然豊かな山間部に架橋される鋼トラス橋の施工段階における架設工法説明と、周囲景観とマッチした橋梁彩色の比較検討を行うために作成した。架設工法説明では、建設機械だけでなく、橋梁の細かい部品モデルにも可動設定を行い、橋体工の施工ステップを詳細に追うことが可能。完成後の状態では、橋梁全体の施工前、後の状態を瞬時に切替え表示し、周辺景観に溶け込む橋体の色の検討を行った（図-11）。

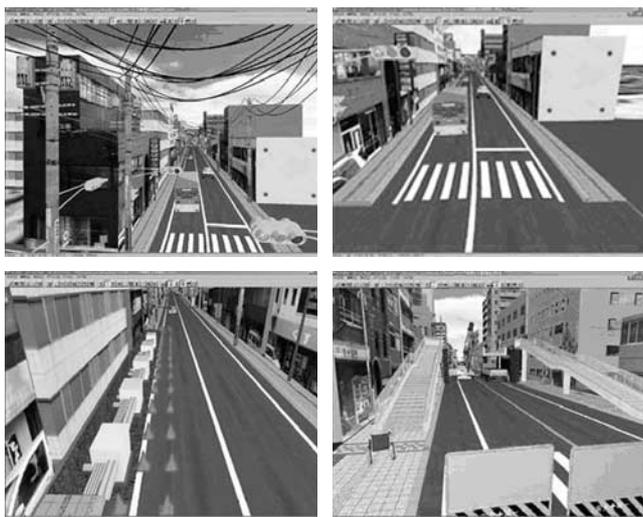
■事例4：幹線道路の無電柱化実現イメージ

国土交通省が推し進める「無電柱化推進計画」（平成 16 年 4 月）（電線類地中化計画ともいう）では、市



図一 11 俯瞰した位置からの施工状況確認画面

街地幹線道路を対象とした無電柱化をこの5年間でほぼ倍増させる計画で進行中である。本事例は、ある町の幹線道路を対象とし、無電柱化実現までのイメージを作成したモデルで、地域住民への説明及び工事に関する情報提供媒体として利用するために作成された。歩道部を妨害している現況を再現した後、電柱撤去、及び地中化までの施工過程をシミュレーションで作成し、完成後のイメージを表現した。歩行者視点による歩道部の歩行イメージなど、3Dシミュレーションを行った事での新発見もあり、その有効性が高く評価された(図一12)。



図一 12 電柱撤去前・後他画面

5. おわりに

以上、建設・施工分野においても、3次元という観点だけでなく、シミュレーション自体の活用による有効性は改めて言うまでもない。今後は、ユーザにとってそれらが如何に扱い易いかであろう。

最後に、「UC-win/Road」は、走行シミュレーションを基本とした多くの機能を持っており、以下に主要な機能を記述しておく。

- ①3次元道路設計CADとのデータ連動(LandXML)により3次元データの自動生成(道路線形・地形)
- ②道路走行マニュアルドライブ機能
- ③リアルタイムな天候・気候等の景観制御機能
- ④交差点での交通ルート、信号制御による交通流シミュレーション
- ⑤スクリプティングによる表現豊かなプレゼンテーション機能
- ⑥ユーザカスタマイズ可能な開発キットオプション

これまで多くのケースで利用されてきた「UC-win/Road」であるが、データの作成手法や操作方法的改善などの課題も残っている。それらを含め、今後、様々なシチュエーションに応えるための機能拡張を行い、現在以上に、作りやすく、簡単に使い、よりリアルで解りやすいソフトとして充実させていきたいと考えている。

とかく、現状における3次元技術の導入は、「難しい」「高価」と敬遠されがちだが、本報告での事例を参照され、微力でも冒頭に述べた社会的課題の解決手段、及び3次元技術の利用が進むきっかけになれば、幸いである。

JICMA

《参考文献》

- 1) 作業機械の遠隔操作におけるマンマシンインターフェイスの開発, 独土研企第3号(2007.4)
- 2) 田中成典監修: できる! 使える! バーチャルリアリティ~3次元VRの街づくり UC-win/Road 入門~(2006)

【筆者紹介】

田代 則雄 (たしろ のりお)
 (株)フォーラムエイト
 技術サポートグループ
 グループ長

