

VRMLを用いた景観シミュレーションの利用環境分析*

The using feasibility of VRML method for the landscape visual simulating

永井英樹** 山中英生*** 山口行一**** 三谷哲雄*****

By Hideki Nagai, Hideo Yamanaka, Yukikazu Yamaguchi, Tetsuo Mitani

1. はじめに

景観シミュレーションは、都市公共空間の計画・設計に係わる意志決定や合意形成のための手法として注目されている。景観シミュレーションの手法としては、CG・パース・模型などが挙げられるが、近年バーチャルリアリティを利用した疑似体験的シミュレーション手法が景観計画に応用されようとしている。その中でVRML¹⁾²⁾ (Virtual Reality Modeling Language) は、普及したパソコンシステムを用いることができ、安価にバーチャル・リアリティ環境を得られるため、VRMLを景観シミュレーションに用いる試みが着目されている。

VRMLの特徴は、3次元空間内を自分の意志に従って自由に移動できる移動視が可能なこと。その環境が安価に構成できること。さらにインターネット上で3次元空間を表示でき、空間の共有をネット上で行うといった形態の利用が可能である。という点が挙げられる。

VRMLはその機能の拡張に伴ってより写実的な仮想空間を作成することが可能となったが、その反面、転送時間が長い、レスポンスが悪い、ブラウザ上の操作性が悪い等の問題点が浮上してきた。そこで本研究では実際の公園と河川整備計画の空間をもとに作成した仮想三次元空間を用いて、使用者による操作性評価と提示性能との関連を分析し、VRMLの利用環境のあり方について分析した。

2. 研究のレビュー

VRMLを景観シミュレーションとして用いるための研究として、アミンは、インターネット上におけるVRMLの空間構成を明らかにした。これはインターネット上でVRMLを呈示し、インターネットアンケートに

より意見を収集し、合意形成をはかるという画期的な方法として注目される。

また三谷は、VRMLの能動的な移動視に着目して、VRMLの空間評価手法としての有効性を明らかにした。

これによりVRMLの能動視がアニメーション等の受動視に比べて空間評価メディアとしての利用度が高いということは分かった。しかし、VRMLを利用する上での必要な操作性について明らかになっていない。

3. 公園空間VRMLの操作性評価

(1) 空間のモデリングおよび実験方法

実験空間は徳島市の末広公園(1500 m²)を基本として4種類のモデリング方法で構築した。ケースA・B・D・Cの順にプリミティブ数・ファイルサイズが大きくなる。B・Cはモデリングの形状を変えずにプリミティブを分割することで作成している。ケースDは他の3空間に比べて樹木のモデリングが詳細となっている。空間の概略を図-1、2に、空間のサイズ等を表-1に示す。

各公園施設のオブジェクトはオートデスク社製3次元CADの「3D Studio Viz R2」で作成した。徳島市の公園管理資料および改築時の実施設計図面にに基づきモデリングを行っている。構築する段階で、すべてのオブジェクトを基本図形(四角柱、円柱、球等)のみで構築している。VRMLではポリゴンでオブジェクトを構築するとファイルサイズ等が大きくなり、操作性に問題がでるためである。

今回、構築した空間はVRMLでの利用ファイルの作成を容易にするために画像マッピングは使用しなかった。また、構築作業の手間を省くために、CADなどでよく使われているレイヤ構造を用いて空間を構築した。空間の構築の流れを図-3に表す。

実験は、操作性と表現性に関してケースAとその他の3つを比較する方法で行い、被験者に操作性の評価、空間表現性の評価を質問した。また、VRMLのプラグインは、SONY社のCommunity Place Browser 2.0を使用し、JAVAプログラムを開発して経路出力ができるようにした。動作環境はWindows98でメインメモリ256MB、450MHzのPCを使用した。

実験の被験者は、徳島大学の学生10名である。

* キーワード：景観、空間整備、公園・緑地

**正会員 修士 (株)アーバン・プロジェクト 技術部

(〒770-0816 徳島市助任本町5丁目50 TEL088-655-5500 FAX088-655-7733)

***正会員 工博 徳島大学工学部 教授 建設工学科

****正会員 修士 徳島大学工学部 助手 (同上)

*****正会員 工博 流通科学大学 情報学部 経済情報学科
(〒651-2188 神戸市西区学園西町3-1 TEL078-796-4401)

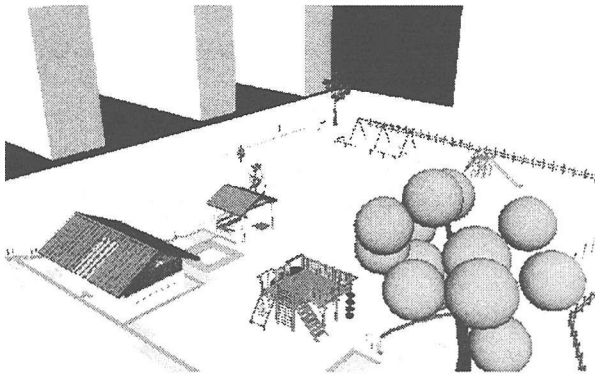


図-1 ケースA, B, Cの概略図

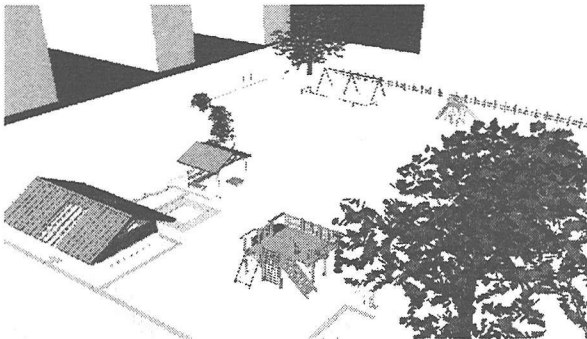


図-2 ケースDの概略図

各オブジェクトの作成
(3D Studio Viz R2)

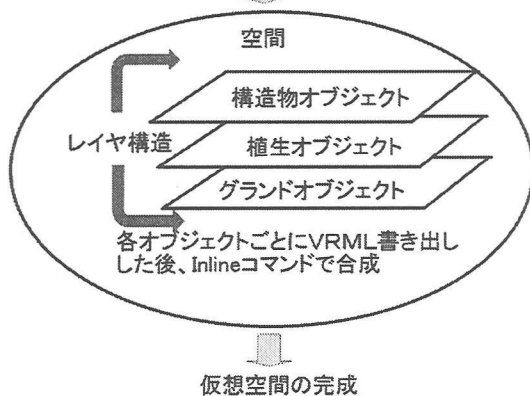


図-3 空間構築の流れ

表-1 モデリングのケース

	ファイルサイズ(MB)	プリミティブ数(個)
ケースA	2.6	5289
ケースB	3.2	21850
ケースC	6.1	48488
ケースD	5.5	37376

(2) 操作性に関する実験結果

図-4は、操作性に関してケースBをケースAと比較した結果である。移動の正確性について「移動できなかった」といった回答は少なく、マウスの操作では、移動速度、経路移動の正確さ、奥行き感、色彩は、「同じ」「分からない」と回答した被験者が40%、45%、40%、60%、70%と多い。操作性においてはケースBもケースAも変

わりがないことが分かる。図-5は、ケースCをケースAと比較した結果である。ケースCでは移動の正確性、マウスの操作、視点移動、移動速度、経路移動の正確さ、奥行き感について「移動できなかった」と指摘する被験者が100%、「難しい」と指摘する被験者が100%、「スムーズではなかった」と指摘する被験者が90%、「遅い」と指摘する被験者が60%、「見ることができなかった」と指摘する被験者が80%、「実感できなかった」と指摘する被験者が70%と多い。ケースCはケースAと比べ、明らかに操作性において問題があることが分かる。

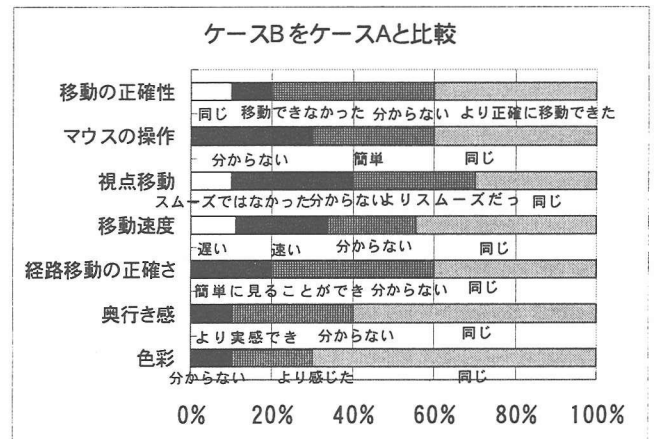


図-4 ケースBとケースAの操作性に関する調査結果

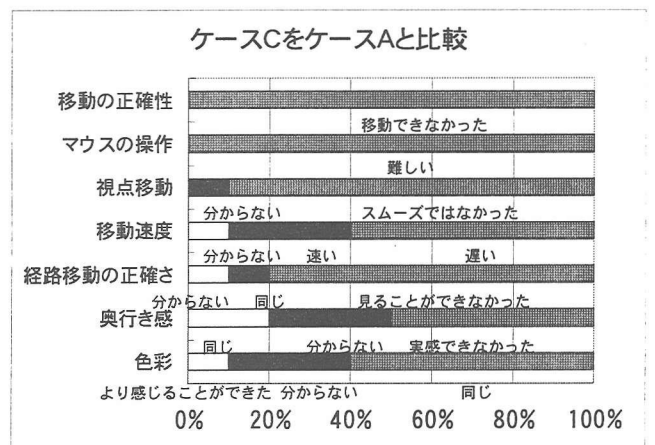


図-5 ケースCとケースAの操作性に関する調査結果

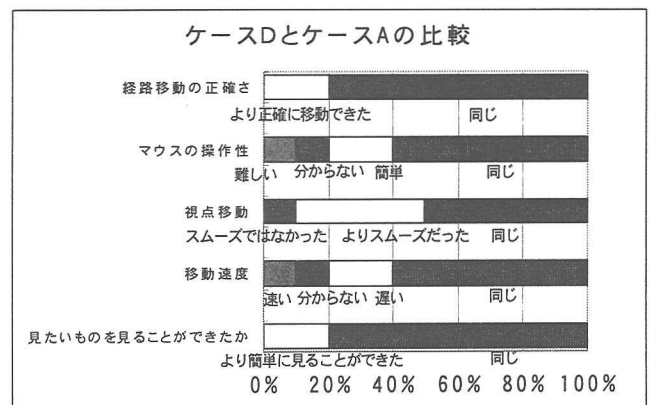


図-6 ケースDとケースAの操作性に関する調査結果

ケースDをケースAと比較した場合(図-6)については、経路移動の正確さ、マウスの操作、視点移動、移動速度、見たいものを見ることができたかについて、「同じ」と指摘した被験者が、80%、60%、50%、60%、80%となっている。ケースAと操作性においては変化がないことがわかる。

(3) 被験者のケースAとケースC、Dの経路結果

JAVA プログラミングによりファイル出力したケースAとケースC、Dの被験者経路結果の一例を図-7,8,9に示す。この際、できるだけVRMLの経験回数から得られる慣れを防ぐため、実験の各回毎に被験者に与えた経路は変更した。ただし各ケースを比較するためにベースとなるルート(プランコの背面、東屋の前、遊具の横など)は変更せず、スタート地点、ゴール地点のみを変更した。これらから共通の部分を比較してみると、ケースCにおいてはスムーズで的確な移動をすることが困難で、ケースDでは、ケースAと変わりなくスムーズに移動することができている。多くの被験者で同様の結果となっていた。

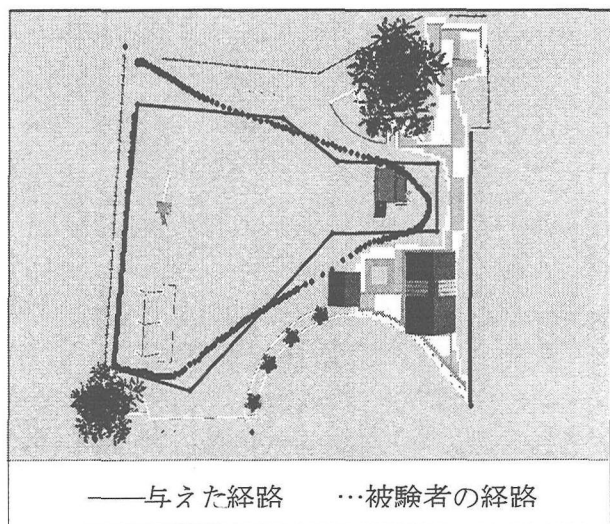


図-7 ケースAの被験者経路の一例

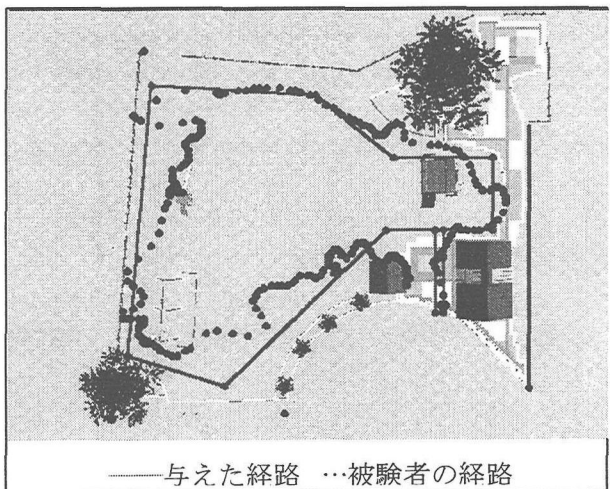


図-8 ケースCの被験者経路の一例

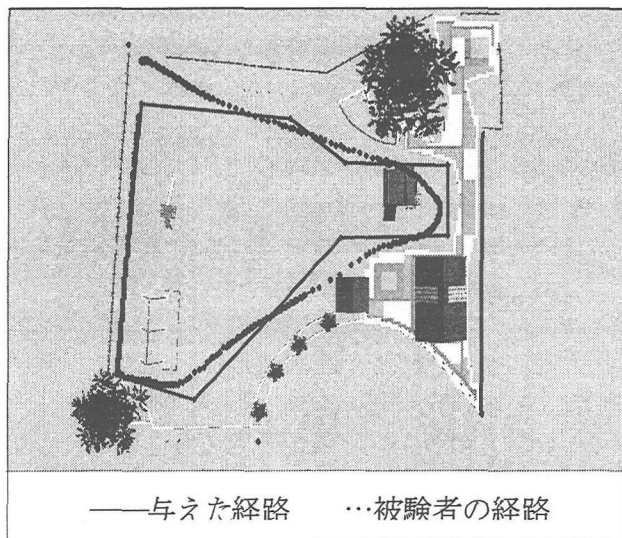


図-9 ケースDの被験者経路の一例

(4) 動画キャプチャーによる擬似的フレームレイト

動画キャプチャー⁵⁾を用いて1秒間のフレーム数を測定した結果を図-10に示す。ケースA・Bは1秒間に7コマ表示、ケースCは3コマの表示となっており、ケースDは4コマ表示となっている。いずれのフレーム数もなめらかな動画を得られるレベル(10フレーム/秒以上)は得られていないが、実験と同時に起こったアンケート調査の結果からケースCのみが被験者に操作上の不快感を与えたことがわかった。(図-5)このことからVRMLの利用には少なくとも4コマ/秒以下になると操作性に影響が出てくるといえる。

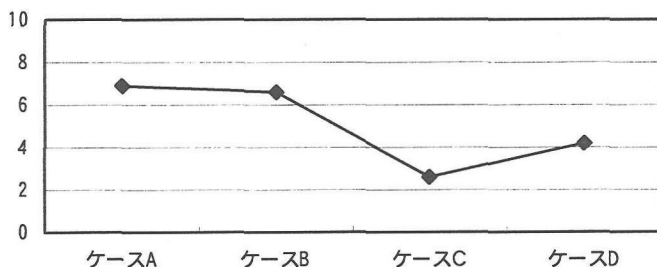


図-10 動画キャプチャーによる擬似的フレームレイト

(5) 表現性に関する実験結果

図-11は、CG画像のケースDをケースAと比較した表現性に関する結果である。臨場感、植生の高さは「より感じた」「より実感できた」と回答した被験者が90%、75%で、植生の写実性を高めることで空間に臨場感が生じることが明らかとなった。しかし、樹木形状については「感じられなかった」という回答が70%と多かった。樹木の表現方法は今後の改良点の一つといえる。

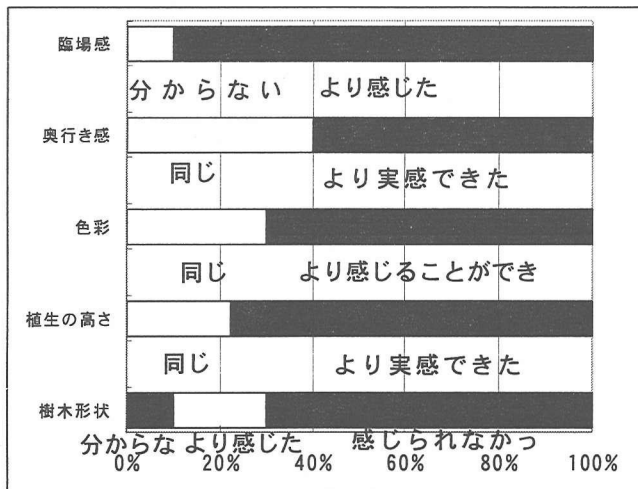


図-11 ケースDとケースAの表現性に関する調査結果

(6) 平均移動速度

図-12 は被験者の移動中の平均移動速度をケース A とケース C で比較した結果を示している。ケース C ではケース A よりほとんどの被験者で速度が遅く、ケース C では全被験者で 1m/秒を下回っていることが分かる。この結果とアンケート調査結果から、VRML においては、歩行する際の速度 1m/秒 (3.6km/h) 程度を下回ると操作性に影響を与えることが示唆できる。

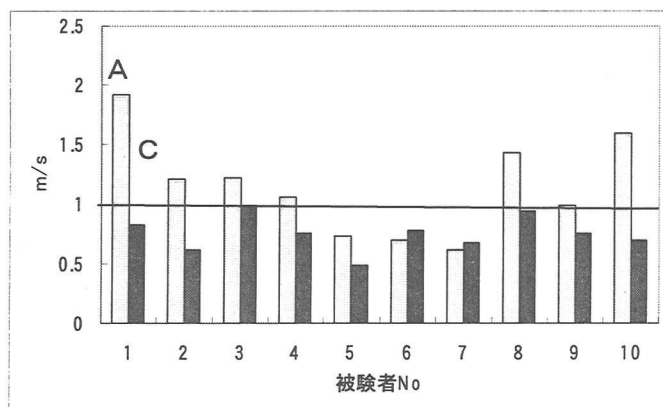


図-12 ケースAとCの平均移動速度の違い

4. 河川空間におけるVRMLの操作性について

(1) 空間のモデリングおよび実験方法

次に高低差や橋など複雑な歩行空間を含む空間での操作性について分析するため、河川空間を用いた実験を行った。

実験空間は徳島市の興源寺川河川整備計画の基本設計案の中流を基本として4種類のモデリング方法で構築した。ケースA・B・D・Cの順にファイルサイズが大きくなる。ケースB・C・Dは、見かけ上はケースAと同じであるが、レスポンスを悪くするために透明のオブジェクトの量を変化させている。空間の概略を図-13に、空間のサイズを表-2に示す。

この河川空間は公園空間と同様、オートデスク社製3次元CADの「3D Studio Viz R2」で作成した。河川空間においては、地形が複雑なことから多くのオブジェクトは、ポリゴンで構築されている。

また、構築の際に留意した点は、リアリティの向上のために、河川敷、植生等に最低限の画像マッピングを使用した。さらに公園空間同様、構築作業の手間を省くために、CADなどでよく使われているレイヤ構造を用いて空間を構築した。

実験は、操作性に関してケースAとその他の3つを比較する方法で行い、被験者に操作性の評価を質問した。VRMLのプラグインは、SONY社のCommunity Place Browser 2.0を使用し、JAVAプログラムで経路を出力できるようにした。

動作環境はWindows98でメインメモリ256MB、450MHzのPCである。また実験の被験者は、徳島大学の学生12名である。

表-2 モデリングのケース

	ファイルサイズ(MB)
ケースA	2.6
ケースB	3.8
ケースC	5.8
ケースD	7.1

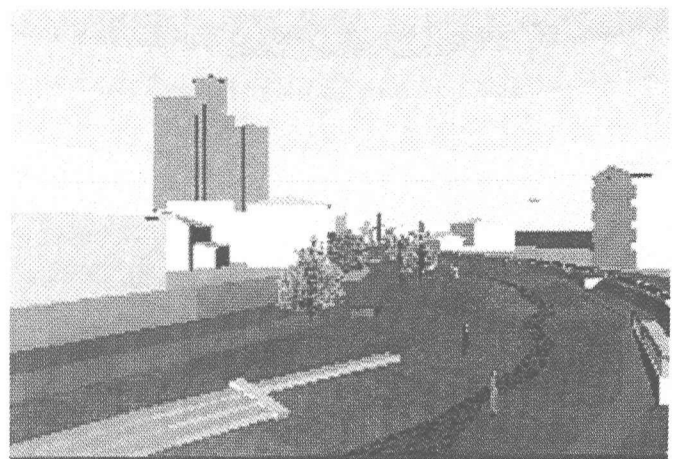


図-13 河川空間ケースA, B, C, Dの概略図

(2) 操作性に関する実験結果

操作性に関してケースB,C,DをケースAと比較した場合、移動正確性(図-14)においては、ケースB,C,Dの順に操作が難しくなっていることがわかる。オブジェクト数の増加が操作に影響を与えていることが分かる。

移動速度(図-15)においても、ケースB,C,Dの順に「Aよりもやや遅い」「Aよりも遅い」という評価が増えていることが分かる。

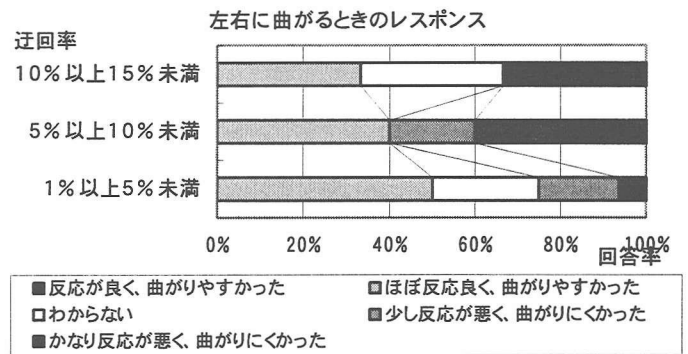
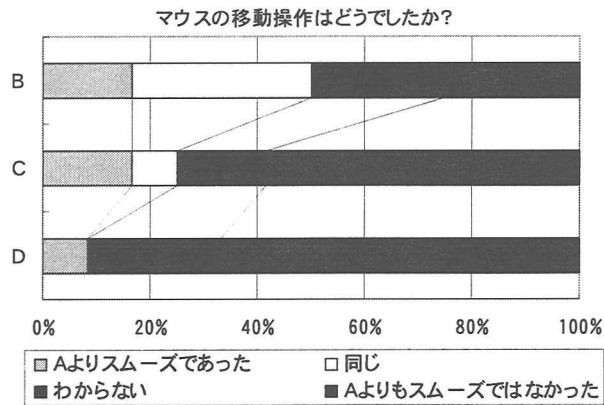


図-17 迂回率と左右に曲がるときのレスポンスに関する評価の関係

(3) 迂回率と感覚指標の関係

JAVA プログラムより出力した各被験者の経路情報を使って迂回率を算出した。ここで迂回率の算出式は次のようになる。

$$\text{迂回率} = \frac{|\text{被験者の総移動距離} - \text{経路距離}|}{\text{経路距離}}$$

この迂回率と操作性に関する感覚指標の結果を図-16 と図-17 に示す。

迂回率と移動速度に関する評価の関係では、迂回率が高くなるにつれて、移動速度が遅いという評価が増える結果となった。つまり、迂回率が操作性の良し悪しを把握する目安になるということが言える。

迂回率と左右に曲がるときのレスポンスに関する評価の関係でも、迂回率が高くなるにつれて「曲がりやすかった」という評価が少なくなることから、迂回率が操作性の良し悪しを判断する目安になるということがわかった。

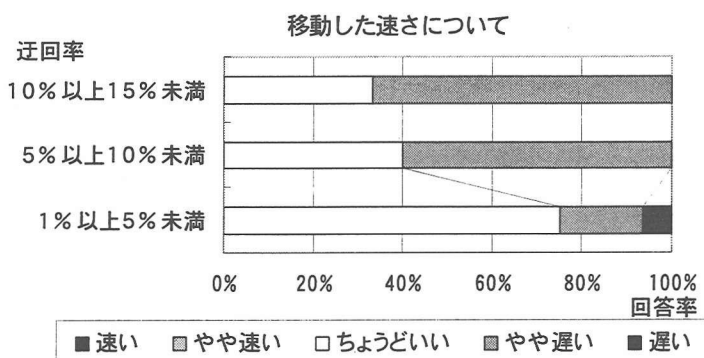


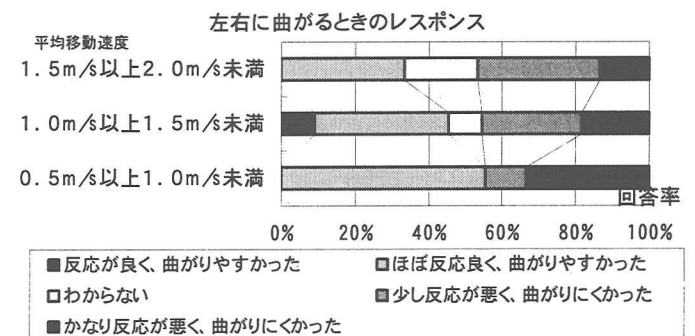
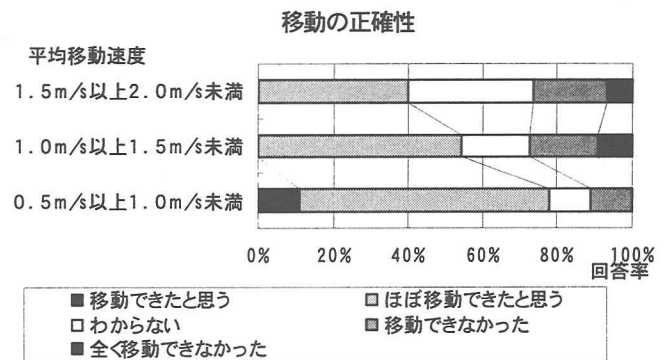
図-16 迂回率と移動速度に関する評価の関係

(4) 平均移動速度と感覚指標との関係

JAVA プログラムより出力した各被験者の経路情報を使って平均移動速度を算出した。ここで平均移動速度の算出式は次のようになる。

$$\text{平均移動速度} = \frac{\text{被験者の総移動距離}}{\text{被験者の移動時間}}$$

この平均移動速度と操作性に関する感覚指標の結果を図-18 と図-19 に示す。



平均移動速度と移動正確性に関する評価の関係では、平均移動速度が速くなるにつれて「移動できた」という評価が少なくなる結果となった。一般には、移動速度が速くなるにつれて、「移動できた」という評価が増えると考えられるが、今回の実験では経路の難しさや高低差を含む空間であったため、でゆっくりと移動した人の方が正確に移動できたことなどが原因と考えられる。

平均移動速度と左右に曲がるときのレスポンスに関する評価の関係でも同様に平均移動速度が速くなるにつれて、「曲がりやすかった」という評価が少なくなっている。

(5) 動画キャプチャーによる擬似的フレームレイト

動画キャプチャー³⁾を用いて1秒間のフレーム数を測定した結果を図-20に示す。ケースAは1秒間に4コマ以上表示しているが、被験者の悪い評価からケースC,Dにおいては、4フレーム以下となっている。4コマ/秒以下のフレームレイトでは公園と同様、満足のいく操作性は得られないことがこの空間でも明らかになっている。

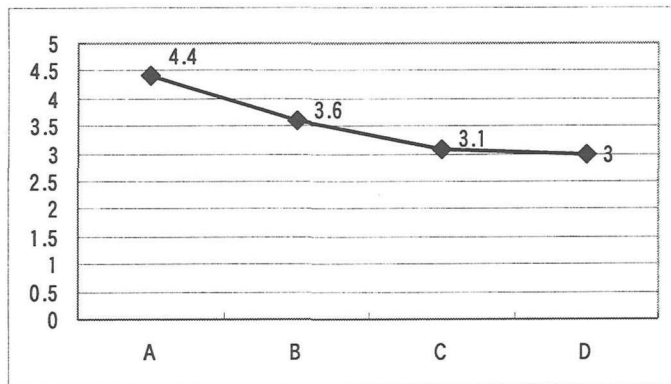


図-20 動画キャプチャーによる擬似的フレームレイト

5. 空間評価におけるVRMLの有効性について

(1) 概要

VRMLの能動的移動視は、高低差の認識に優れるという特徴が見られる。そこでここでは、実験空間に徳島市の興源寺川河川整備計画の基本設計案を基本とし、河川の高水敷の高低差の変化案の評価に利用することを試みた。実験空間については、中流、下流に分けてそれぞれ3パターン構築した。空間の概略を図-21に示す。

実験は、高水敷の違う河川空間を被験者に見せ、高水敷の高低差について評価してもらった。

VRMLのプラグインは、レンダリング機能に定評のあるSGI社のCosmo Player 2.1.1を使用した。

動作環境はWindows98でメインメモリ256MB、450MHzのPCを使用した。

実験の被験者は、徳島市の興源寺川周辺住民、徳島市ワークショップ研究会、土木・建築の専門家、徳島市職員の19名である。

VRMLの操作については、事前調査で周辺住民には、VRMLの操作が非常に難しく、空間評価に集中できないことが判明したため、VRMLを使い慣れたスタッフが住民の「行きたいところ」「見たいところ」を聞きながら操作をし、住民に空間を評価してもらった。

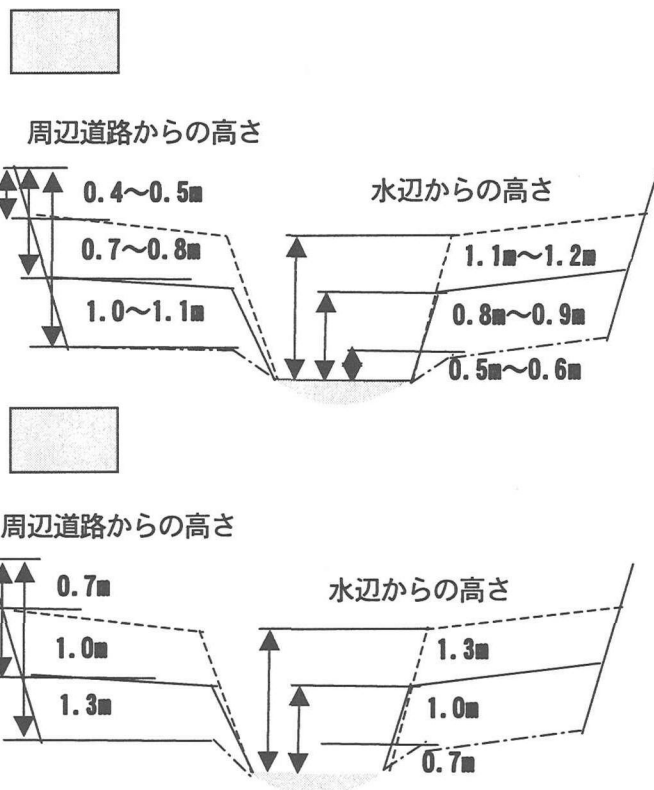


図-21 空間評価用空間の概要

(2) 「水辺への近寄り安さ」について

中流の水辺への近寄り安さについての評価結果を図-22に示し、下流の水辺への近寄り安さの評価結果を図-23に示す。

中流では、水辺から0.5m~0.6m、0.8m~0.9mの高水敷の空間で「近寄りやすい」という評価が高い。

下流においても水辺から0.7m、1.0mの高水敷の空間で「近寄りやすい」という評価が高くなっている。

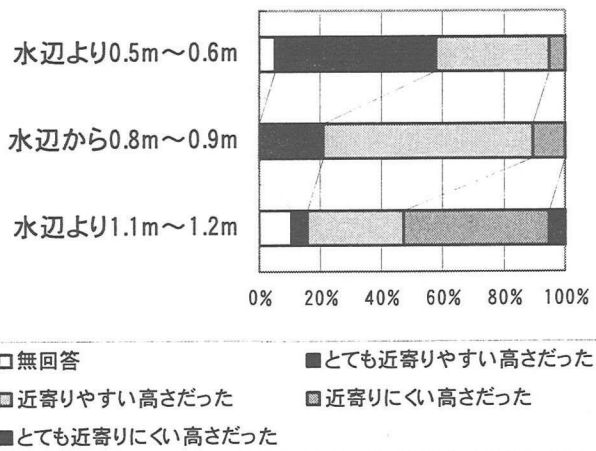


図-22 中流における「水辺への近寄り安さ」に関する評価

6. おわりに

公園空間での操作性に関する実験からは、第1に擬似的フレームレイトの測定結果より1秒間に4コマ程度の確保が最低限必要と考えられ、これを下回ると操作性に問題があり、能動視を目的とした景観シミュレーションに適さないことが分かった。第2に「移動のしやすさ」「快適さ」は平均移動速度で評価でき、歩行速度の最小値1m/秒程度の程度の確保は必要と考えられる。又、表現性に関する実験からは能動視に問題ない範囲で樹木の写実性と臨場感を増すことが可能であることが分かった。

河川空間での操作性に関する実験からは、VRMLの操作性の良し悪しは迂回率で判断できることは分かった。また迂回率が高くなるのは、フレームレイト等の操作性が低い場合に加えて、せまい橋など移動に技量を要する場所の形状が影響していた。空間評価にあたっては、VRMLの操作性を考慮して、通行空間にガイド（例えば透明のガードレール等）を設置などの工夫も必要と考えられる。

空間評価実験からは、30cm（階段1段程度）の違いをVRMLでは比較的正確に評価することに成功していることから、高低差に関する空間評価にはVRMLが有効であるということがわかった。

今後の課題としては、VRMLでのリアリティの目安を被験者の満足度から分析し、表現性上の必要なレベルを検討することが必要と考えられ、実際に参加型計画において設計のイメージをワークショップの参加者に伝えるツールとして使用し、有効性を検討することも課題と考えている。また、景観シミュレーションにおいてVRMLとアニメーションの利用の選択基準を検討することや現実の空間評価とVRMLでの評価の関連性を分析して、写実性、表現性、臨場感に関する検討を行う必要があると考えている。

<参考文献>

- 1) 中山茂：VRML2.0、技報堂出版、1997年
- 2) www.webcity.co.jp/info/andoh/vrml/vrml2.0/spec.jp/：VRML仕様書（日本語版）、1996年
- 3) ハマード アミン、杉原健一、林良嗣：3D-GIS及びインターネットを用いた都市景観評価の合意形成システム、土木計画学研究・論文集 No.22(1) 1999年10月
- 4) 三谷哲雄、山中英生、河口真一郎：VRMLを用いた景観シミュレーションの空間評価への適用可能性に関する基礎的分析1、土木計画学研究・論文集 No.16 1999年9月
- 5) www.vector.co.jp/soft/win95/art/se116379.html：Vector 動画キャラクター

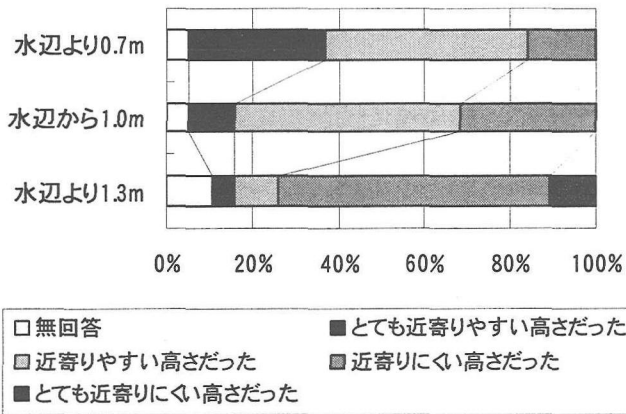


図-23 下流における「水辺への近寄りやすさ」に関する評価

(3) 「周辺道路との高低差」について

中流の周辺道路からの高低差の評価結果を図-24 に示し、下流の周辺道路からの高低差を被験者に評価してもらった結果を図-25 に示す。

中流では、周辺道路から 0.7m～0.8m、1.0m～1.1m の高水敷で「ちょうどよい高さ」という評価が高い。

下流においてもグラフより周辺道路から 1.0m、1.3m で「ちょうどよい高さ」という評価が高い。

高低差 30cm の差は静止画では認識しにくいのに対し VRML では高低差の認知ができていていることが分かる。

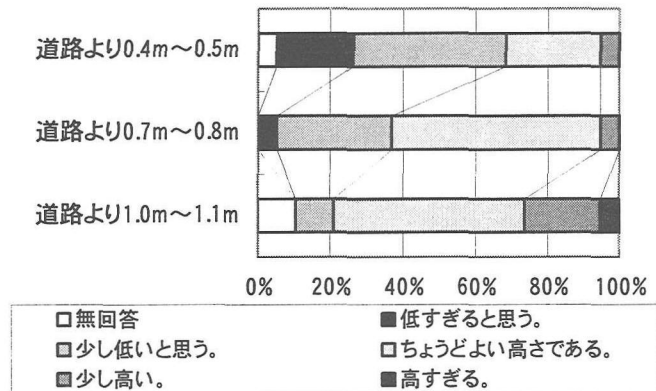


図-24 中流における周辺道路からの高低差に関する評価

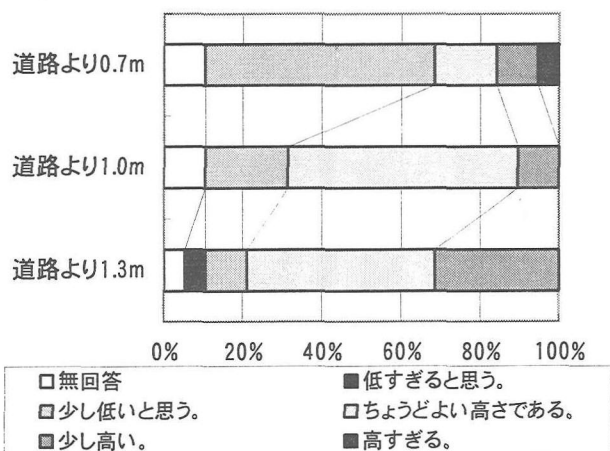


図-25 下流における周辺道路からの高低差に関する評価

VRMLを用いた景観シミュレーションの利用環境分析

永井英樹** 山中英生*** 山口行一**** 三谷哲雄*****

本研究では、VRML (Virtual Reality Modeling Language) を景観シミュレーションに応用した場合に重要となる操作性を検証した。空間情報量と操作性評価の関連の分析からは、フレームレイト、平均移動速度、迂回率から操作性の良し悪しとなる目安を見つけだし、植生表現によるVRMLの写実性の評価からは、能動視に問題ない範囲で樹木の写実性と臨場感を増すことが可能であることが分かった。更に高低差のある空間での評価におけるVRMLの有効性について分析からは、高低差に関する空間評価にはVRMLが有効であるということが確認できた。

The using feasibility of VRML method for the landscape visual simulating

Hideki Nagai**, Hideo Yamanaka***, Yukikazu Yamaguchi****, Tetsuo Mitani*****

This research aims at verifying the conditions for the operation in applying VRML to a landscape simulation. The conditions of frame rate, moving speed, and the rate of a detour became clear from experiments. By employing the experiments for the evaluation of space designs, it is clarified that VRML is effective in space evaluation with differences in objects' height.