

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一分析¹

An analysis of a applicability to space design valuation by landscape simulation using a VRML browser¹

三谷哲雄²・山中英生³・河口真一郎⁴

Tetsuo MITANI, Hideo YAMANAKA and Shinitirou KAWAGUCHI

1. はじめに

景観設計においては、意思決定や合意形成、動機付け、確認、周知のために景観シミュレーションが利用されている。景観シミュレーションでは、情報の理解と受容を目的として、従来から写真や模型などが使用されてきた。一般に移動の自由度が増すほど空間表現力は高くなるといわれ、最近ではCGを用いたアニメーションも利用されている。しかしながら、これらは受動的な移動視によるアニメーション(受動視動画)であり、さらに自由度が増すと考えられる能動的な移動視(能動視動画)を用いた景観シミュレーションの応用例は少ない¹⁾。

近年、インターネット上でインタラクティブに3次元空間を表現する技法として、VRML(Virtual Reality Modeling Language)が開発され、普及している。VRMLは、3D空間を任意の視点から自由に眺めること(空間の能動視)ができる。また、高度な環境処理や空間共有などによって、仮想現実空間の表現力を高められる。このため、VRMLはインターネットによる3D情報の提示や仮想現実空間の表現手段としてだけでなく、景観シミュレーションへの利用も可能と考えられ、特に能動視動画の特徴を活かした新しい空間評価手法の開発や空間共有化による複数設計者による共同設計作業などが可能になると考えられる。

本研究では、このVRMLを援用した空間評価手法を開発するための基礎的研究の一環として、能動視可能なVRMLによる景観シミュレーションの空間評価への適用可能性について検討を試みた。具体的には、VRMLの空間提示メディアとしての評価を試みるとともに、VRMLを援用した景観シミュレーションによる空間評価メディアとしての利用可能性について検討を試みた。

2. 研究の視点

(1) VRML²⁾³⁾と景観シミュレーション

景観シミュレーションにおいては、空間認識や見えの提示などのために、空間の3次元処理や周辺環境の処理、多様な

視点への配慮、情報の正確性などの機能が要求される。

近年、急速に普及してきたインターネット上でプラットフォームに依存しないインタラクティブな3次元シーンの表現を目的として、共通言語の仕様が1994年から進められており、それがVRMLである。VRMLでは空間構成物の形状や色などを指定し、それを3次元空間へ配置する機能とともに、その空間構成物に動きや音、センサーを付加したり、高度なマッピング・環境処理(霧や光源などの表現)、マルチユーザ機能、高速動画処理技術(LODなど)、外部言語とのインターフェース(スクリプト制御)などの追加で、より高度な3次元仮想空間を表現できる。表-1は、VRMLの特徴とその利用特性について整理したものである。

表-1 VRMLの特徴と利用特性

VRMLの特徴	利用特性
プラットフォーム非依存	データ汎用性
インターネットでの利用 ・マルチユーザ機能	空間共有
高度な3次元処理 ・自由な視点移動 (能動的視点移動) ・センサー(構成物の存在) ・動き、音、環境処理	自由度の高い空間認識 ・多彩な視点 ・周辺環境の処理

このため、例えばゲームや3次元CADなどの空間情報の提示手段としてだけでなく、景観シミュレーションにおける空間提示手段としても利用可能と考えられる。特に、能動視動画の特徴を活かした新しい空間評価手法の開発、また空間共有化による複数の設計者や住民参加による共同設計作業などが可能になると考えられる。

(2) アフォーダンス理論

アメリカの心理学者ギブソンのアフォーダンス理論⁴⁾では、「環境」を「動物の周囲の世界」と定義し、その環境は「動物に対して行動や行為を誘発する情報」を持つとされ、これをアフォーダンスとしている。そのアフォーダンスの要因となる空間に存在する「想起された空間構成要素」をオブジェクトと呼んでいる。このアフォーダンスあるいはオブジェクトは良いものであれ悪いものであれ「すべての環境が備えたり用意したりしている」とされている。さらにギブソンは、「我々の周囲世界は能動的世界で、我々が認識するためにしていることは、環境に対して情報を探索すること」と述べている。つまり、空間にはアフォーダンスが存在し、そのアフォーダンスを含む情報は、受動的ではなく能動的な移動によって獲得す

1 キーワード：VRML、能動視動画、景観シミュレーション、空間評価

2 正会員 工博 流通科学大学情報学部経済情報学科

〒651-2188 流通科学大学

(078)796-4401 / (078)794-3054 / mitani@umds.ac.jp

3 正会員 工博 徳島大学工学部建設工学科

4 学生員 徳島大学工学部大学院

るものである。また、環境を探索すほど豊富な空間情報を得て空間認識は拡大すると述べている。

景観シミュレーションにおいて、こうしたアフォーダンスやオブジェクトの存在あるいはその影響を把握することは、街路空間の機能の抽出やその評価において重要な意味を持つと考えられる。しかしながら、景観シミュレーションなどによる仮想空間におけるアフォーダンスの研究は見られない。

(3) 分析の視点

そこで本研究では、能動視可能な VRML の景観シミュレーションへの適用可能性について、自由な視点移動すなわち能動的な移動視(能動視)機能に着目して、VRML の空間提示メディアとしての評価ならびに空間評価手段としての利用可能性について検討することにした。特に、空間評価手段としての利用可能性の検討では、アフォーダンス理論を適用し、仮想空間内でのアフォーダンスを確認することで、空間評価のためのアフォーダンス探索における VRML の利用可能性について検討した。具体的には、VRML で構築した仮想空間内を被験者に自由に閲覧させ、その後いくつかの質問に答えるアンケート実験を行った。実験の際、受動視(つまり能動視の程度が低い)動画と対比するために、能動視の程度を被験者の移動の自由度とみなすことで、被験者に3レベルの移動制約を設定した。

3. 実験概要

実験対象空間には、大阪市御堂筋の約1.1kmの区間をモデル化し、それを VRML によって構築した仮想空間を用いた。その空間の概略図を図-1に示す。ここでの空間データには、沿道建物、道路、歩道、街区、分離帯、街路樹の構成物のほかに、歩行者信号機、ベンチ、自販機、ゴミ箱を地物として配置した。なお、空間の VRML ファイルのサイズは約400KBとなった。空間構築には、オートデスク社製3次元CADの3D Studio VIZを用いた。

アンケート実験には、Pentium II (233MHz)で3次元グラフィックアクセラレータなしのPC上でCommunity Place(SONY 社製のVRML ブラウザ)によって実験を実施した。この環境下で動画再生は約3.0fpsであった。表示例を図-2に示す。

自由な視点位置、視線方向の設定ができる VRML に対して、従来の一般的な CGA 手法のワークスルーでは、予め決められた視点位置、視線方向でしか移動できず、受動的(つまり非能動的)な移動視と言える。そこで、ワークスルーのような非能動的移動視と能動的移動視とを対比するために、実験時の能動視の程度を変化させた。本研究では、能動視の程度を移動の自由度とみなし、実験時の

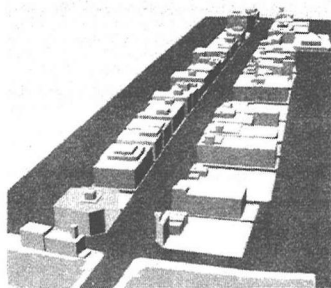


図-1 空間概略

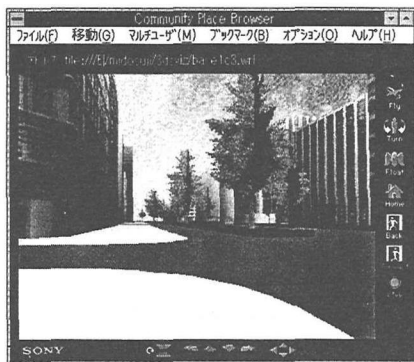


図-2 実験空間の表示例

表-3 視点移動の自由度

自由度	視点の移動制約
1次元	直線上のみ許可(視線方向は自由)
2次元	人の視点高さによる平面移動(〃)
3次元	仮想視点による自由な移動(〃)

被験者に対して表-3に示すような3種類の移動制約によって、1次元の自由度がもっとも能動視の程度が低くなるように設定した。実験の被験者属性を図-3に示す。

空間提示メディアについては、VRMLによる動画に関してユーザーインターフェイス、画質、レスポンスについての質問、空間認知度に関しては、臨場感、大きさ感、奥行き感、高さ感を、「感じる、やや感じる、普通、あまり感じない、感じない」の5段階の尺度で質問した。

具体的には、以下の手順で実験を行った。①:ブラウザの操作の練習。②:ある移動制約下で五分間、空間内を自由に閲覧。③:閲覧後にアンケートに答える。④:②とは異なる移動制約下で同様に閲覧。⑤:閲覧後、④と同じ項目と②から④へ自由度が変化したときの認知度の変化について答える。

空間評価メディアとしての利用可能性については、基本的に(1)と同時に実験を行った。ただし、②と④のアンケートでは、実験終了直後に仮想空間内で想起するもの(オブジェクト)を口頭で列挙させ、その中から良い印象を持ったもの(良オブジェクト)、悪い印象を持ったもの(悪オブジェクト)を

選択させた。さらに、空間の中でしたいと思ったこと(アフォーダンス)を口頭で列挙させた。

4. 空間表示装置の評価

(1) VRML 動画

今回の実験条件下での結果を図-4 に示す。ユーザーインターフェースは、PC 利用経験を問わず約 80% の人が難しいと回答している。画質は、利用経験豊富な人が問題を指摘しているが、利用経験の少ない人にとってはそれほど問題ではないことが分かる。動画のレスポンスは、利用歴に関係なく約 75% の人がその遅さを指摘している。以上のことから、ユーザーインターフェースには改良が望まれる。画質の評価は、画面解像度、発色数、マッピングなどに影響を受けるが、PC 経験者を考慮すれば改良が必要といえる。

(2) 空間認知度

図-5 に認知特性別の構成比を示す。凡例は「◎感じる・○やや感じる・普通・△あまり感じない・×感じない」である。いずれの項目も 50% 以上の被験者が「感じる」と答えている。VRML による動画は、被験者の良好な空間認知をもたらしている。ただし、呈示される空間は、その大きさは実感できるが臨場感については割合が若干低い。これは、今回の仮想空間の構成物や空間のリアリティ不足が 1 つの原因と考えられる。

(3) 移動自由度と空間認知度

図-6 は、移動制約別に集計したものである。臨場感、空間の大きさや奥行き感、移動制約のない 3 次元で割合が大きくなる傾向を示している。高さは、移動制約にあまり関係なく 70% 程度を示している。VRML による空間認知は、1 次元でも比較的良好で、総じて自由度が高いほど、空間認知は良好になる傾向が見られる。

図-7 は、移動制約の異なる 2 回の実験前後での空間認知度の変化を示したものである。いずれの項目でも、移動自由度の減少により空間認知が「悪化した」と回答

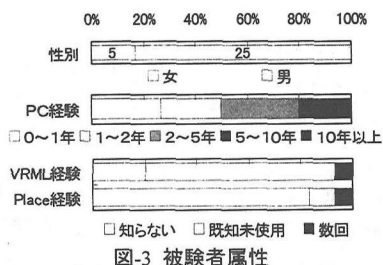


図-3 被験者属性

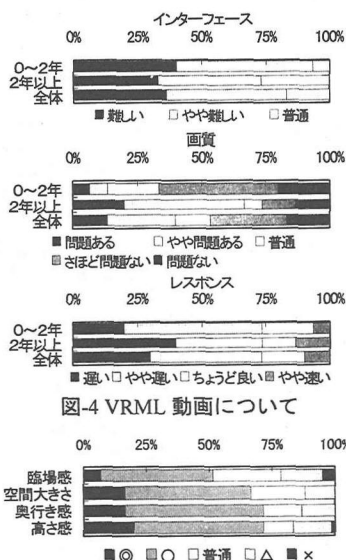


図-4 VRML 動画について

図-5 VRML を用いた空間認知

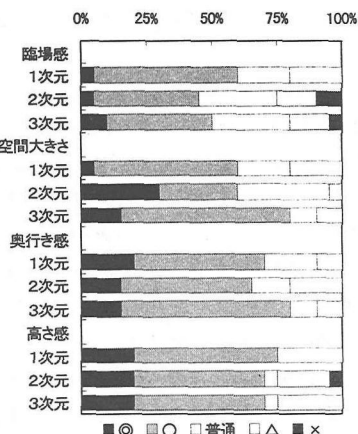


図-6 移動自由度と空間認知度

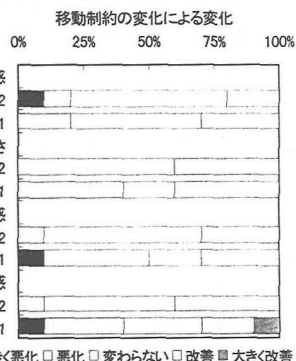


図-7 移動自由度の変化と空間認知度の変化

した被験者の割合は、3 次元から 2 次元への変化よりも 2 次元から 1 次元への変化の方が大きい。

5. アフォーダンス情報との関連分析

ここでは、被験者が想起したオブジェクトとアフォーダンスの個数を想起量と定義する。これが多いほど豊富な空間情報(アフォーダンス情報)を得ていると仮定して、移動制約と能動視の程度との関連、被験者の移動特性と得られる空間情報との関連を分析する。

(1) 想起量と移動制約との関連

分析した結果を図-8 に示す。グラフの縦軸はアフォーダンスとオブジェクトの想起量及び良・悪オブジェクトの指摘数、横軸は移動制約のタイプを示す。グラフ中の点は各移動制約における各項目の平均個数を表す。これによると平均オブジェクト想起量、平均良オブジェクトは移動制約が緩くなる、すなわち能動視の程度が高まるにつれて増加していることが分かる。

次に移動制約の異なる 2 回の実験の前後に着目して、

移動制約変化に伴うアフォーダンスの変化を分析した結果を図-9に示す。

グラフの縦軸はオブジェクト想起量及び悪オブジェクト指摘数、横軸は実験回数である。図より前回の実験より移動制約が厳しくなる、すなわち能動視の程度が低下するグループは、平均オブジェクト想起量、平均悪オブジェクト指摘数共に減少している。これに対して、移動制約が緩くなるつまり能動視の程度が高まるグループは、平均オブジェクト想起量、平均悪オブジェクト指摘数が共に増加している。

(2) 移動特性に着目した分析

次に、被験者の実験時の移動特性(視点移動、視線方向移動などの特性)とアフォーダンスとの関連を相関図等から判断して整理した結果が表-3である。これによると、アフォーダンス情報は総移動距離に関係していることがわかる。他の指標では全てのアフォーダンス情報に共通した関係は見られない。

そこで、移動距離帯とアフォーダンス情報との関連を示したのが図-10である。グラフの縦軸は各項目の指摘量を示している。これによると総移動距離が増えるにつれて各アフォーダンス情報の平均個数が増加していることがわかる。

6. おわりに

能動視可能な VRML による景観シミュレーションの空間評価への適用可能性について、VRML の空間提示メディアとしての評価を試みるとともに、VRML を援用した景観シミュレーションによる空間評価メディアとしての利用可能性について検討を試みた。空間提示における能動視の程度と人の感覚による空間認知度との関連分析から、VRML 動画については改善が必要なものの、能動視の程度が高まるほど空間認知度は良好なことが明らかになった。このことは、比較的安価にしかも能動的な移動視が可能な VRML の景観シミュレーションへの利用可能性を示唆していると考えられる。

一方、アフォーダンス理論を適用した空間評価については、移動制約が緩くなるにつれて各想起量が増大し、能動視の程度が高まるほど豊富な空間情報を得ていることが明らかとなった。また、観測者の移動の拡大に伴って空間情報は豊富になっていることが明らかとなった。このことは、仮想空間においてもアフォーダンスは存在し、能動的な移動視の可能な VRML は、こうしたアフォーダンス探索に有効な手段であることを示唆しているといえる。

今後の課題として、能動視における空間認識や空間評価の精度、正確性などを受動視と比較すること、またア

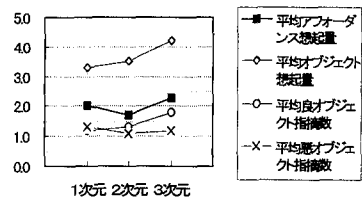


図-8 移動制約別アフォーダンス情報

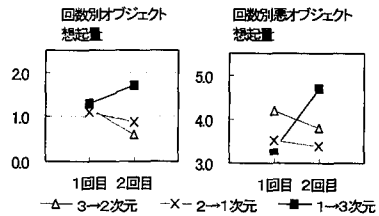


図-9 実験回数別オブジェクト想起量

表-3 アフォーダンス情報と移動特性との相関

移動特性	A	O _T	O _G	O _B
総移動距離	↑	↑	↑	↑
総回転移動角度	—	↑	—	↓
横断方向の移動幅	↓	—	—	↑
縦断方向の移動幅	↑	—	↑	—
立ち止まり回数	—	—	↓	↑
ティルティング回数	—	↑	—	↑
パンニング回数	↓	—	↓	—
総凝視時間	—	—	—	↓
最大凝視時間	—	↓	—	—
最小凝視時間	↑	↓	↓	—

A : アフォーダンス想起量 O_T : オブジェクト想起量
O_G : 良オブジェクト指摘数 O_B : 悪オブジェクト指摘数
↑ : 増加時に増加 ↓ : 増加時に減少 — : 関係が見られない

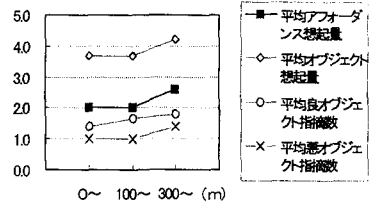


図-10 総移動距離とアフォーダンス情報との関連

フォーダンスに着目した空間評価については、その安定性と移動特性との関連を詳細に分析するとともに、街路空間以外への適用についての検討があげられる。

最後に、今回の実験空間のデータをご提供いただいた土橋氏(アバンスデザイン研究所)に記して感謝の意を表する。

【参考文献】

- 1) 榎原和彦, 小谷道泰, 土橋正彦, 山中英生, 吉川耕司 : 都市・土木のCGプレゼンテーション, 学芸出版社, 1997年
- 2) www.webcity.co.jp/info/andoh/vrml/vrml2.0/spec-jp/index.html : VRML仕様書(日本語版), 1996年
- 3) 中山茂 : VRML 2, 技法堂出版, 1997年
- 4) J.J.ギブソン(古崎敬ほか訳) : 生態学的視覚論, サイエンス社, 1985年