

VR 技術を利用した環境アセスメントと植栽計画

○今泉 潤^{*1}

キーワード：環境アセスメント 植栽計画 VR

1. はじめに

環境アセスメントとは、開発事業を実施する際に、あらかじめその事業が環境に与える影響を予測・評価するものである。近年、制度アセス（法や条例による手続き）の対象とならない中小規模の開発事業で、より良い事業をめざす立場からの、自発的な環境配慮の取り組みである「自主簡易アセスメント」が注目されている。「自主簡易アセスメント」は、制度やマニュアルにしばられず、自由度が高く、事業PRとしても取り組めるものとして、持続可能な社会のために定着が期待されている。中小規模の開発事業でも、自主的な環境アセスメントを広げること、社会的な環境の質をより高めることができると考えられている。そのためには、誰もが利用・理解ができる、環境シミュレーションの技術の普及が必要になると考えられる。

中でも、3DVR（バーチャルリアリティ）による環境シミュレーションが、合意形成の難しさや問題点を解決すると考えられている。例えば、計画の前後の変化をVRで可視化することにより、住民の評価を仰いだり意見を聴いたり、より理解を得られると考えられる。

2. 技術報告の目的

本稿では、自主簡易アセスメントを視野に入れた、3DVRを用いた環境シミュレーションを行うための技術開発について報告する。

環境アセスメントは多様な分野の調査が必要であるが、その中でも重要と思われる、緑化、日照に着目する。表1でまとめた、緑化、日照に関する4種類のアセスメントを3DVR上で実施するという目的のために、3DVRシミュレーションソフトUC-win/Roadで動作する環境アセスメントプラグインを開発し実装した。

表1 VRで実施するアセスメント

緑化	緑視率の評価
	経年変化を考慮した樹木のシミュレーション
日照	日照障害の確認
	太陽光パネルの反射光の予測

3. 緑視率の評価

緑視率とは、視界に入る自然の緑の割合のことである。国土交通省による社会実験では、緑視率が25%以上確保されていると人は安心感を覚えるとされている。緑化の成果を数値的に評価するものとして、自治体における調査な

どで利用されている。

環境アセスメントプラグインの「緑視率の評価」機能は、3DVR空間内のある地点から見た画面をキャプチャし、その画像データを元に緑視率を算出するものである。図1は、3DVR空間のある視点からの画面と、「緑視率の評価」機能を実行したものである。

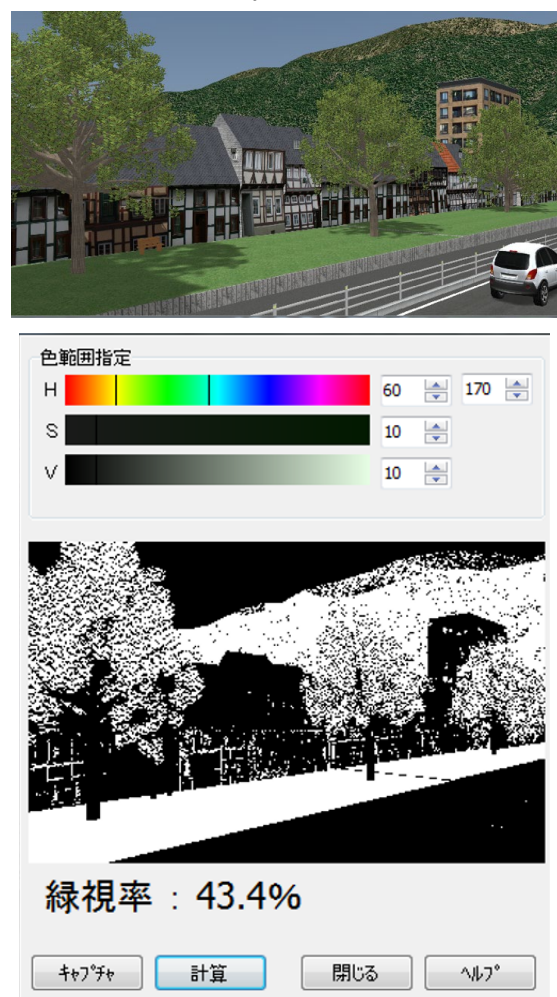


図1 VRと緑視率計算画面

キャプチャされた画像内で、緑と判定する色の範囲については、HSV形式で指定を行っている。表2で示すH（色相）の指定範囲内かつ、S（彩度）の指定値以上、V（明度）の指定値以上の色を持つ画像上の部分を抜き出し、画像全体の範囲に対する比率（緑視率）がパーセントで表示される。

表 2 各値の指定範囲

値	指定範囲
H (色相)	0 ～ 3 6 0
S (彩度)	0 ～ 1 0 0 %
V (明度)	0 ～ 1 0 0 %

また、色の範囲だけでなく、本プラグインで実装された機能として、緑視率の評価の際に、表示されている各モデルのモデルタイプに応じた評価を行うことが可能である。

例えば緑色の塗装の壁面を除外し、街路樹や芝生などの自然のオブジェクトに限定した評価を行い、緑視率をより正確に算出できる。

緑視率は通常、開発や緑化の事業の施工後評価として使用されるが、3DVRを活用することで、事業の計画段階で緑化を評価できるというメリットがある。

4. 経年変化を考慮した樹木のシミュレーション

従来からの基本機能として、2D及び3D樹木モデル作成機能があったが、L-Systemという樹木成長アルゴリズムを用いた樹木モデルの機能が実装された。

L-Systemとはフラクタルの思想に基づき、同じ模様をスケールを変えて繰り返すことで天然のオブジェクトに「見せかける」ことを可能にする、主に菌類や藻類などの広義の意味での生物の成長パターンの研究に用いられてきた仕組みである。

L-Systemは一般論として以下の数式で表される。

$G = \{V, S, \omega, P\}$,

V：置換規則 Pにより順次置き換えられる変数の集合。

S：計算が進んでも変化しない定数の集合。

ω ：初期状態を示す V の要素からなる文字列。

P：Vを変化させてゆく置換規則の集合。

この L-System を樹木の成長に応用し、経年変化を考慮した樹木モデルを用い成長のシミュレーションができるようになった。樹木の幹の形状を決定する初期状態と枝の成長法則を示す成長ルールのパラメータを設定することにより様々な形状の樹木を作成することができる(図 6)。初期状態と成長ルールは、回転角度(ヨー、ピッチ、ロール)、長さ・太さとそれらの減衰係数を入力する。

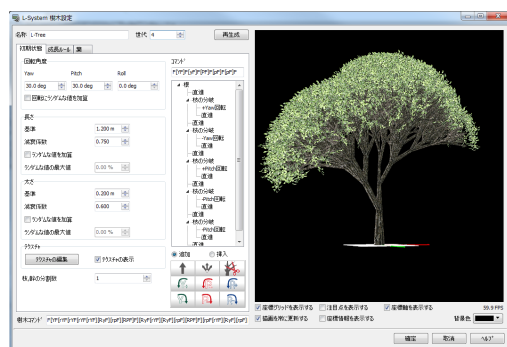


図 2 L-System の設定画面

成長ルールのコマンドは下記の組み合わせで表現され、表 3 の例のように表記される。

F：直進

y：ヨー角回転(マイナス回り)、Y：ヨー角回転(プラス回り)
(p、Pはピッチ角、r、Rはロール角として表される)

[、]：枝の分岐の始点、末端部分

L-Systemでは世代が一つ進むごとに、各枝の末端の直進部分が成長ルールに置換される。

樹木モデルのパラメータのうち枝の成長度合いを変更することにより、樹木の成長を擬似的に再現することができ、これにより、VRシミュレーションの中で、樹木の将来の状態の予測が可能になった。図 7 に成長ルールのコマンドと、生成した枝の例を示す。

表 3 成長ルールの例

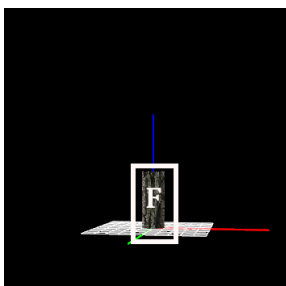
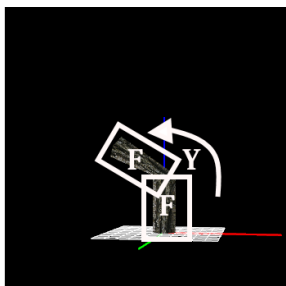
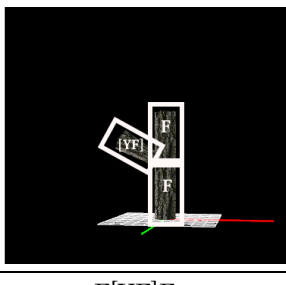
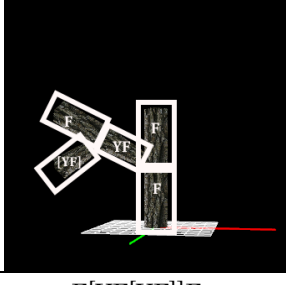
	
F	FYF
	
F[YF]F	F[YF[YF]]F



図 3 成長シミュレーション

また、同一の樹木モデルの幹と葉のテクスチャを編集することができ、OpenGLを用いたライティング処理として、アンビエント、ディフューズ、スペキュラー、シャイネスの表現が可能である(図 8)。

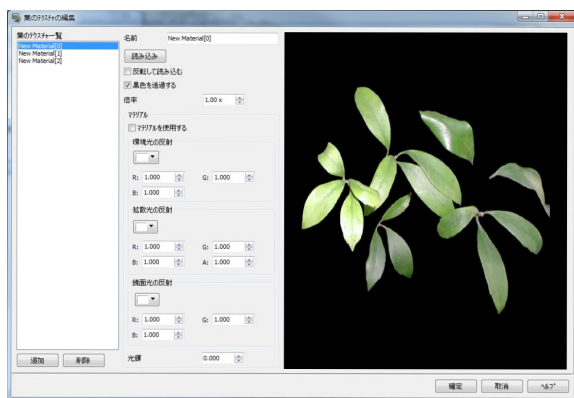


図 4 葉のテクスチャ編集画面

これらの設定により、リアルな表現や、四季の変化の再現ができ、植栽計画に生かすことが可能である。(図 9)。

また、本機能によって作成された樹木モデルは、VR 空間上に配置するだけでなく外部出力も可能である。

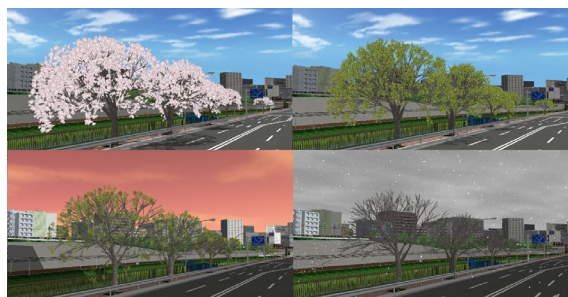


図 5 四季の変化の表現

5. 日照障害の確認

建築物や鉄道や高速道路などの高架構造物による日陰が近隣にもたらす日照障害は事業開始時点から問題になる事象であり、特に中高層建築物を建築する際は開発許可申請や住民説明が必要になる。

「日照障害の確認」機能では、VR の画面上で、日照計算したい場面を表示し、選択した対象モデルに対して、日照計算を行う。

「日照障害」の確認機能では、まず、画面上で対象の建物などをクリックして選択すると、選択した対象モデルに黄色の枠が表示される。次に「日照計算」ボタンにより、指定の日・時刻での、1 時間毎の日照による周囲の建物からの影が対象の建物にどのように影響するかを計算し判定する。モデルの上面中心位置で前述の判定が行われ、結果が画面上に、日照がある場合は○、日影になった場合は×と表示される(図 2)。

VR 空間の中では太陽の位置が緯度・経度・時刻によって自動計算されており、判定のための計算では、太陽位置から対象モデルまでの距離と、太陽位置から VR ソフト本体で描画を行っているオブジェクトを対象としたデプスバッファの対象位置に描画されているピクセルとの距離を比較している。



※黄色枠が対象建物

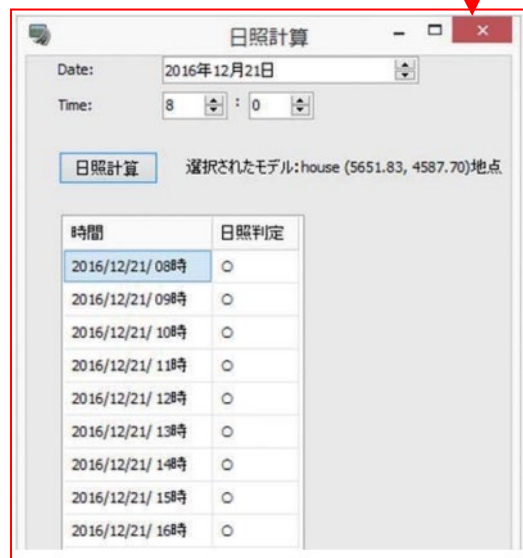


図 6 日照計算の VR 画面と計算結果画面

デフォルトの計算日は冬至の日が設定されている。日照計算では毎時単位の計算だが、より細かな時間の状態を、VR 空間の中で視覚的に確認する事も可能である。

例えば、視点を移動し、図 3 のように、対象建物から見た障害の状況も確認できる。



図 7 対象建物側から見た日照障害の状況

6. 太陽光パネル反射光の予測

全国で設置が進められている発電のための太陽光パネルは、近隣への影響を考慮した設計が必要であり、環境影響について住民説明を求められることがある。簡易的には図 4 のように 2 次元的に検討が可能であるが、隣接するビルや道路など、周辺環境全体を含めた検討はこれだけでは困難である。

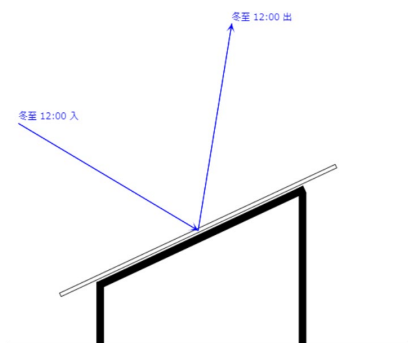
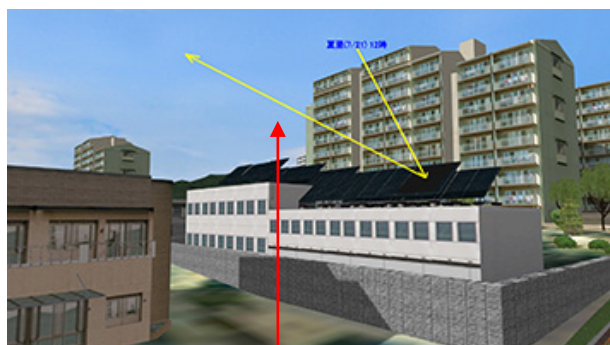


図 8 2D での反射光予測

「太陽光パネル反射光チェック」機能では、太陽光発電パネルを設置した場合の太陽の反射光の方向を確認することができる。

時刻は夏至と冬至から指定し、反射を計算する位置は、経緯度入力または空間上のクリックで指定する。パネルの大きさ、高さ、斜度、向きを設定することで、時間ごとの太陽光の入射角および反射角を確認することができる。反射光矢印の長さは、スライドバーで調節できる(図 5)。

例えば、冬至における南からの低い太陽光の反射が北側の高層建築に到達するか、夏至における日の出や日の入の太陽光の反射は周囲の道路を通行する乗用車に影響するか、設置の斜度を何度にすれば影響がないかなどを検証することが可能となる。



太陽光パネル反射光チェック

位置の設定

北緯34.905025 deg

東経135.525664 deg

北緯・東経をクリックして入力する

地表からの高さ7.6700 m

太陽光パネルの斜度45.0 deg

太陽光パネルの向き180.0000 deg

画面の設定

☒ 描画する

反射光矢印の長さ(m)17.4847 (m)

太陽光パネルの辺の長さ(m)3.00 m

描画	日付・時刻	太陽の方位(deg)	太陽の仰角(deg)	反射光の方位(deg)	反射光の仰角(deg)
☐	夏至(7/21) 5:00	64.10	-64	90.71	-25.90
☐	夏至(7/21) 6:00	72.31	10.77	78.71	-17.69
☐	夏至(7/21) 7:00	80.05	22.71	66.98	-9.95
☐	夏至(7/21) 8:00	87.97	34.92	55.06	-2.03
☐	夏至(7/21) 9:00	97.06	47.20	42.58	7.06
☐	夏至(7/21) 10:00	109.47	59.16	29.37	19.47
☐	夏至(7/21) 11:00	131.20	69.85	15.44	41.20
☒	夏至(7/21) 12:00	175.95	75.61	1.04	85.95
☐	夏至(7/21) 13:00	224.12	71.11	13.40	45.88
☐	夏至(7/21) 14:00	248.17	60.80	27.43	21.83
☐	夏至(7/21) 15:00	261.38	48.92	40.76	8.62
☐	夏至(7/21) 16:00	270.77	36.65	53.34	-7.77
☐	夏至(7/21) 17:00	278.77	24.40	65.34	-8.77

図 9 3DVR での反射光予測

7. まとめ

VR ソフトに実装された「緑視率の評価」「経年変化を考慮した樹木のシミュレーション」「日照障害の確認」「太陽光パネル反射光の予測」という 4 種類の機能と効果について述べた。

「緑視率の評価」機能では、3DVR 空間上の任意の視点からの緑視率の計測ができた。つまり、本来施工後でなければ不可能である、配置した植栽による緑視率の評価を、計画段階で可能にした。

「経年変化を考慮した樹木のシミュレーション」では、フラクタル思想に基づいた樹木成長アルゴリズムを用いた樹木を生成できた。樹木モデルに時間・成長の概念が加わり、経年変化による将来の状態を VR 内でシミュレーションができるようになった。

「日照障害の確認」機能では、3DVR 空間上で、対象建物に対しての、周囲の建物からの日照障害を判定できた。さらに空間内で視点移動することで、障害の状況を詳細に確認することが可能である。これにより、障害の時間帯と実際の建物などの計上・位置関係の状況が同時に認識でき、設計検討の時間を短縮できる。

「太陽光パネル反射光の予測」機能では、3DVR 空間内に太陽光パネルを設置し、ある時間帯の太陽の反射光を確認することができた。2D の図面による検証だけでは不可能な、高層ビルや周辺道路への反射の影響の詳細な確認、パネルの設置斜度・位置の検討・設計を、同時に行うことが可能となった。

これらの機能とその効果が示しているのは、本来、詳細設計や現場での施工時、さらに施工後でしかわからないことが検討段階で知ることができ、その場で調整、修正ができることである。また、2D であれば複数の図面を見比べたりする必要があるが、これらの機能での検討・プランの修正を短時間で行える。これは、VR 空間内での設計行為とも言える。さらに、瞬時に関係者間での認識の共有が可能になるため、合意形成を加速することも可能になる。これらを同時に行うことで、設計行為の短縮化や高密度化を図ることができる。

さらに、設計行為や合意形成の短縮化は単純にコスト削減になり、導入のハードルが下がることにつながる。

設計の短縮化と高密度化により、コスト削減と、さらに言えば、付加価値の高い設計ができる。これらのことから、今後、3DVR による環境シミュレーションが普及することが期待できる。

【参考文献】

- 1) 傘木 宏夫：環境アセス&VR クラウド ～環境コミュニケーションの新展開

*1 株式会社フォーラムエイト 修士（工学）