動的景観評価のためのインタラクティブレンダリングシステム

—動的な景観に対応する評価システムに関する研究—

INTERACTIVE RENDERING SYSTEM FOR ANIMATED ASSESSMENT OF LANDSCAPE

A research on the development of an interactive assessment system
for the dynamic aspect of landscape

李 煒 強*, 位 寄 和 久**, 両 角 光 男***

Alpha Wai Keung LEE, Kazuhisa IKI and Mitsuo MOROZUMI

With the public's high consciousness of public design, a new form of Collaborative Design incorporating Citizen Participation is necessary. This paper proposes the use of Dynamic Hypertext Mark-up Language and DirectAnimation in a Web-oriented Interactive Rendering System for Animated Assessment of Landscape. Interactive Color and Texture Rendering, Movement and Animation of VRML Models are made possible by inclusion of JavaScript, VBScript and Cascading Style Sheet. Efficiency is improved by User-side operations, Data-collection using CGI, and Presentation using TDC. To evaluate the efficiency of the above system, case study of its use in a Wind-farm project is undertaken. The result shows efficiency of the system.

Keywords : 3-D Interactive Renderer, Landscape Planning, Collaborative Design, World-Wide-Web (WWW),

DirectAnimation, Dynamic Hypertext Mark-up Language (DHTML)

三次元インタラクティブレンダラー, 景観計画, 協調設計, ワールドワイドウェブ,

DirectAnimation 技術, ダイナミック HTML,

1. はじめに

景観は、朝昼夕夜といった1日の時刻や、春夏秋冬といった季節などによって、その時々に応じた姿を見せ、また雨雪霧などの気象に応じて姿を変える。このような景観の変化を変動要因による景観の変化と呼ぶ。時刻による変化を考える時、太陽の方位、位置を考える必要がある。明るさ自体や、空の色も勿論であるが、光の方向によって変化する影や反射の具合は景観に大きい影響を与える。夜景にも目を向けると、自然の光源である月や星は勿論、人工照明も重要な要素と考えてよい。季節については、花見、紅葉狩りなど季節をその風景の変化と共に楽しむことが一般的である。季節の変化を体現する樹木などの導入や、季節に特有の気象の活用などがデザインにとって重要となる所以である。気象については、雨や霧は対象の姿を隠し、風は対象に動きを与え、雲はそれ自身が動くと共に太陽光線の条件を変え、雪は対象を覆うといったように、気象による微妙な変化は大きな視覚的な影響がある。さらに、動物や人間、自動車など動きのある景観構成要素が入る時、それを動的な景観と呼ぶことがあるが、これも景観の変化の1つと考えてよい。それらが景観に動きを与え、景観の中にあることによって、景観はより親密なものとなる。¹⁾ また、景観は観察者の視点によって変化する。本研究は景観のこうした動的側面の再現を含め、対話的に条件設定しながら景観シミュレーションを実行するためのレンダリングシステムの提案を目的としている。

2. 研究の目的

これまでの情報システム技術における動画に関する研究は主に、建築または景観計画の予測・評価及び動画自体のコストパフォーマンス・再現性などに関する研究という2つの流れがある。前者は、建築または景観計画における設計または施行過程などの検討のための動画の利用に関する研究である。例としては、山本靖ら²⁾による「オフサイト建築工事監理手法の検討(その4) 動画による監理手法の検討」、Ai ら³⁾による「An Approach to Generate 3D Animation by Integrating Building Model into Site Pictures」、Brady ら⁴⁾による「The Mind's Eye: Movement and Time in Architecture, Design and Representation」、Clayden ら⁵⁾による「Architecture in Landscape: Integrated CAD Environments for Contextually Situated Design」、Lyons ら⁶⁾による「Understanding Structural Movement Joints with CAAD Animation」などが挙げられる。後者は動画のクオリティ及びその表示メディアに関する研究である。例としては、庄司和正ら⁷⁾による「景観評価におけるコンピューターグラフィックスの利用に関する研究(その2) 静止画像、動画像と臨場感の関係」、Bermudez ら⁸⁾による「Media Interaction & Design Process: Establishing a Knowledge Base, Digital Design Studios: Do Computers Make a Difference?」、Burry ら⁹⁾による「The Cost and Value of Animation for Architectural Designers」、Mc Cartney ら¹⁰⁾による「Testing the Benefits of Animation」などが挙げられる。

* 熊本大学大学院自然科学研究科 博士後期課程・工修

** 熊本大学大学院自然科学研究科 教授・工博

*** 熊本大学工学部環境システム工学科 教授・工博

Graduate Student, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, M. Eng.
Prof., Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, Dr. Eng.
Prof., Dept. of Architecture and Civil Eng., Faculty of Eng., Kumamoto University, Dr. Eng.

景観の動的な性格を視覚表現する方法としてはCGビデオアニメーションが優れた成果をあげてきた。しかし、アニメーションは映像制作者の意図した筋書きに沿った観察のみが可能であり、観察者が条件を変えながら考えることはできなかった。本研究は、以上の研究と違って、従来のようにいくつかの代替案という限られた枠組みから案を選択するのではなく、ウェブ上で設計しながら、代替案を作成するという設計行為に直接参画して意見を反映できる、変動要因による景観の変化及び動的な景観の計画及び評価のための設計システムを提案する。筆者らの景観計画・評価におけるインターネットの利用に関する一連の研究(言葉¹¹⁾、2D画像¹²⁾、3Dモデル¹³⁾の利用、コストとの関係¹⁴⁾の続きとして、DirectAnimationによる構造化グラフィックスコントロール及びダイナミックHTML²²⁾(以下、DHTML)の対話性を利用することで、システムを構築した。意見収集のためには、Common Gateway Interface²³⁾(以下、CGI)、情報共有のためには、テーブルデータコントロール(以下、TDC)、データベースの更新のためには、File Transfer Protocol²⁴⁾(以下、FTP)を利用した。ここで、このシステムを「動的景観評価のためのインタラクティブレンダリングシステム」(Interactive Rendering System for Animated Assessment of Landscape, 以下、IRSA2)(図1)と名づける。そして、システムを検討するため、ケーススタディを行い、システムの有効性を確認した。

3. システムの仕様

景観計画において、計画案が実施された場合の状況を予測し、評価するためには、ヒアリングなどアンケート調査が不可欠である。しかし、「地域の制限がある」、「時間がかかる」という制約があるといった問題点がある。これらの問題点を克服するため、近年、Hypertext Mark-up Language(以下、HTML)によるウェブ上での調査・計画面での利用が普及し、時間的・地域的な制約を受けること

なく、より幅広く意見収集をすることができるようになってきた。意見収集の際の提示内容は、評価対象の操作性や実験を行う上での物理的制約から、写真及び画像処理された2次元媒体、ビデオ映像、模型などの視覚的表現媒体によって表示することが多い。しかし、HTMLを含め、これらの手法は予め想定した構図を表示する機能しかないため、景観構成要素を操作しながら評価する方法には向いていない。こうした課題に対応するため、以下の仕様を考慮した。

- ・インターネットブラウザ型：ウェブやスタンドアロンの利用。
- ・アプリケーション非依存型：汎用性、コストの削減。
- ・人工知能型：ユーザー側の作業及び表示環境の検討。
- ・対話型：リアルタイムアニメーション及びシミュレーション。
- ・ユーザー指向型：再現性、操作性、拡張性、効率性。
- ・情報共有型：同時情報の共有及び表示。
- ・ライブラリー型：資料及び調査結果の参照、ソート及びフィルタ。

4. システムの構築

景観デスクトップは、様々なインタラクティブ性のある機能をもった本研究のために構築したインターフェースである(図1)。インタラクティブシミュレーション及び結果の収集・表示のために用いる。景観デスクトップは、内部システムと外部システムに分かれており、ITAS¹¹⁾、ICPS¹²⁾、IRSCD¹³⁾、IRSC3D¹⁴⁾など筆者らが開発した景観評価・計画のためのツールが含まれる。IRSA2はその1つのツールとして、景観デスクトップを経由して利用する。景観デスクトップは、「システム」、「モデル」、「パレット」、「テキストチャ」、「コスト」、「アンケート」、「ファイル」の7つのダイアログボックスにまとめてあるタブメニューをはじめ、レンダリングフレーム、ポップアップフレーム、サイドフレーム、情報表示ツールの5つの部分で構成される(図2)。景観デスクトップは、以下DHTML、TDC及びDirectAnimationの利点を利用し、CGIと組合せて作成した。

図1 IRSA2を起動した際の景観デスクトップ(アンケート調査結果を検討する際)

図2 景観デスクトップの構成図

図3 DHTMLの概念

図4 TDCの概念

4.1. DHTML

HTML には、すでに作成済みの文字や画像などを表示する働きしかない。動的なウェブページを作る場合には通常、アニメーション GIF や Java アプレットを使ったり、ShockWave などプラグインソフトの力を借りることになる。しかし、こうした手段で動きを加えたウェブページも結局、制作者が定義した以上の動作は表現できない。また、ファイルサイズが大きくなりがちのため、ダウンロードの負担も生じる。

対話型ウェブページを作る場合には、スクリプトやプラグインなどを利用することになるが、情報のやり取りや内容の更新にはリロードが必要である。これはユーザーのみならず、サーバーにも負担になる。こうした HTML の弱点をカバーし、従来のウェブ上の問題を改善していきこうとする動きから生まれたのが DHTML である。DHTML(図3)は、リロードなどに頼ることなく対話型ウェブページを作ることができる HTML の拡張だといえる。HTML や Cascading Style Sheet⁵⁾ (以下 CSS) で定義されたページ上で、JavaScript や VBScript を使うことでページを更新せず、次の操作ができる。

- ・文字列、画像、マルチメディアコンテンツの色、スタイルの変更。
- ・ウェブページ上の全ての要素をアニメーションのように動かす。

4.2. TDC

これまで、標準的な HTML タグによるデータベースのファイルアクセスは非常に面倒で、大量の繰り返しを含むデータをユーザーに配信するためには通常、カスタムコントロール、CGI、Java アプレットなどが必要となる。これらの方式は、インプリメントするのが難しいだけでなく、サーバーのスループットに負担をかけている。

TDC(図4)のデータバインディング技術(Data Binding)⁹⁾により、HTML 拡張や組み込み可能なデータソースオブジェクトを使

えば、データドリブンなページでも最小限のスクリプトで簡単に作成できる。ユーザー側非同期にデータがダウンロードされるので、ページは即座に表示され反応が早くなる。一度データをダウンロードしてしまえば、サーバーとのやり取りなしに、データの並べ替えやフィルタが適用できる。データベースは HTML の外部に CSV ファイルなどのテキストファイルとして格納されるため、データの変更は、そのデータベース内のデータだけを変更すればよく、このウェブページだけでなく他のページでもその変更が反映される。

4.3. DirectAnimation

DirectX は、Windows ベースのコンピュータをマルチメディアプラットフォームにするために開発された技術であり、これによってフルカラーグラフィックス、ビデオ、3D アニメーション、サラウンドサウンドなどの豊富なマルチメディア要素を含むアプリケーションの開発が可能になる。Windows ファミリの OS に直接埋め込むことによって、DirectX は Windows 98 や Windows 2000、Internet Explorer に統合された機能の一部となるため、インタラクティブ性の高いアニメーションが可能である。

DirectAnimation は DirectX ファミリー API のコンポーネントの1つである。2D ベクタグラフィックス、3D グラフィックス、スプライト、オーディオ、ビデオなど多様な種類のメディアの動画化、ストリーム転送のための統一された総合的なサポートを提供する。基盤となるエンジンや実行時ライブラリを持つ COM API であるため、下記のように、幅広い機能を持ち、プログラマやクリエイターが利用できるようになっている。

- ・スクリプトで動きのあるウェブページプロパティの作成。
- ・Java, Visual Basic, C++で、ActiveX コントロールなどマルチメディアサポートや対話型機能を持つアプリケーションの開発。

図5 外部ウェブページ・色彩テーブル

注：括弧内は対応するファイルフォーマット

図6 外部ウェブページ・データベースの仕組み

5. 外部ウェブページ及び外部データベースの作成

図5は外部ウェブページである色彩テーブル参照時の画面例を示す。図6はウェブページ及び外部データベースの仕組みを示す。外部データベースは外部ウェブページによって表示される。

5.1. アンケート調査結果の収集

アンケート調査のパラメータ（環境設定、モデルの設定など）や被験者の個人情報データやコメントなどはCGIにより収集され、調査結果データベースに蓄積される。

5.2. 参考文献・ホームページから収集

参考資料として、以下にあげる項目についてのデータやリンク集を作成した。1. 各地の景観条例, 2. 色彩関連研究, 3. 地域の統計, 4. 関連の計画, 5. 関連のシステム, 6. 研究報告。

5.3. 現地で撮影・集音による収集

1) QTVRライブラリ及びQTVRテーブル

現地で魚眼レンズによって撮影した写真を画像変換ソフトにより、QTVRライブラリを作成した。そのQTVRの詳細（撮影状況など）はQTVRテーブルによって表示される。

2) 背景ライブラリ及び背景テーブル

画像変換ソフトにより、現地で撮影したムービーはムービーフォーマット AVI 方式に変換し、動的な背景として利用し、静止画像は画像フォーマット JPG 方式に変換し、静的な背景として利用される。撮影状況など背景の詳細は背景テーブルによって表示される。

3) 音声ライブラリ及び音声テーブル

現地で集音した音声は WAV 方式に変換し、BGM として利用される。録音状況など背景の詳細は音声テーブルによって表示される。

5.4. FTPによる仕様やファイルの更新

モデルパーツやイメージファイルなどはそれぞれの部品や部材など既製品の製造元から、FTPによって更新されるように想定した。以下のライブラリは、外部ウェブページとして利用されるため、仕様の変更・挿入・削除は、その制御するデータベースだけを変更すればよい。

1) モデルライブラリ及びモデルテーブル

本研究では、地形モデル、3Dモデル及びアニメーションモデルを、DirectX 7.0 SDK が提供した Conv3ds.exe ユーティリティを利用し、DirectX ファイルフォーマット (.x ファイル) に変換した。

2) テクスチャライブラリ及びテクスチャテーブル

テクスチャとしては、ウェブ上の利用を考え、各仕上げ材のテクスチャイメージを JPG 方式に変換した。

3) 色彩パレット及び色彩テーブル

日本工業規格である慣用色¹³⁾、色の手帖¹⁴⁾、塗料用標準色見本帳¹⁵⁾及び建築デザイン色票¹⁶⁾に基づいて、以下の4つのパレットをそれぞれ作成した：JIS 慣用色パレット¹⁷⁾、伝統色及び一般色パレット¹⁸⁾、塗料用パレット¹⁹⁾、建築デザイン用パレット²⁰⁾。作成方法については、まず、各色票にある色のマンセル値を求め、それぞれマンセル変換ツール²¹⁾を用いて R, G, B 値に変換した。

6. ケーススタディ

IRSA2では、色彩計画や配置計画の検討が可能だが、ここでは、動きのある景観構成要素の1例としての風車を検討対象物に選定し、色彩計画における利用に試行した。

6.1. 検討対象物の選定

風力発電用の風車²²⁾はエネルギー変換効率が高いプロペラ型が多く用いられており、大きさを分類すると、マイクロ風車（直径 3m 未満）、小型風車（直径 3m ~ 20m）、中型風車（直径 20m ~ 45m）、大型風車（直径 45m 以上）といった4種類がある。中・大型風車を導入する際、効率性の理由から、風車はできるだけ周辺に風の障害物のない場所、道路などアクセスの便の良い場所に設置される。さらに、規模が大きいため、可視領域が広く、周辺の自然環境、騒音問題などへの影響が大きい。風車のような大規模施設は実施によって景観に与える影響が大きく、多くの場合、一度実施するとそれを元に戻すことは不可能、もしくは膨大な資金や時間を要するため、実施に先立ち適切な評価者の意見を聞く必要がある。

図7 IRSA2のフロー (色彩計画の意識調査の例)

図8 アンケートダイアログボックス

図10 色彩パレット

図9 地形モデル

図11 ポップアップフレーム

6.2. 調査のフロー

IRSA2による風車の色彩計画の意識調査のフローを図7に示す。被験者・研究者・計画者（以下、参加者）は時間・地域・専門分野・背景を問わず、一般的に普及しているウェブブラウザを使い、同じプラットフォームで情報を共有する。

対象物は様々な視点から分析される。被験者はパラメーターでモデルの色・テクスチャ、モデルのスケール、カメラの設定を変更しながら、モデルを検討する。提案がまとまるまで、以上の過程は繰り返す。そして、その提案を登録すると計画者がその結果を参照できるようにする。

一方、研究者・計画者はIRSA2の結果表示ウェブページに登録された提案やそこで使われたパラメータをソートしたり、フィルタしたりすることができる。その結果を用いることで、被験者の提案を再現できる。再現したモデルは再び三次元で検討され、研究者・計画者がコメントを付すことができ、他の研究者・計画者の参考資料として利用できる。

被験者・設計者・研究者はウェブ上で、対話的に景観構成要素を変更しながら、動画を含めて短時間に高度のリアリティを有する景観を再現し予測できる。景観の評価主体である住民にとっては、従来のようにいくつかの代替案という限られた枠組みから案を選択するのではなく、ウェブ上で設計しながら、代替案を作成するという設計行為に直接参画して意見を反映できる。

6.3. 調査の内容

今回の調査では風力発電用の風車のベースカラーの色彩計画について行う。調査方法としては、まず、検討対象物であるプロペラ型風車のVRMLモデルを作成した。風車の再現性とその動きに色の選択が影響されると考えられるため、DHTML及びDirectAnimationより、風車の羽根を風速によって回転速度が変わるように動画化した。そして、IRSA2にのせ、アンケート調査を行う。被験者は建築

学科の在学生32人である。実際の利用を考え、評価項目はIRSA2に用意した塗料用標準色見本帳から作った塗料用パレットの全343色である。

IRSA2を使って、被験者から、図1で示した背景となる空、山脈に相応しくない¹²⁾と思う風車の色を選択してもらうことにした。本調査では、色に対する個人差の幅を把握するため、選択する色数は限定しないようにした。調査時間は20分程度である。

調査時、被験者は以下のとおりで説明された。

「この風力発電用の風車は高さ70mをもつ施設なので景観に対する影響が大きい。色に対する個人的な好みを考えず、主観的な感覚を避け、順番で後回しをしないように、風車の羽根の動きを見ながら、背景となる空、山脈とのバランスを考え、パレットから相応しくない色をクリックすることで選択してください。色の数は343色である」。

ユーザー側の作業及び表示環境はシステムによって自動的に検討される。調査時の作業環境は以下のとおりである。

1. OS: Windows 2000, 2. ブラウザ: Microsoft Internet Explorerバージョン 5.5, 3. 画面の有効な横幅: 1600ピクセル, 4. 画面の有効な縦幅: 1172ピクセル, 5. 画面の色深度: 32ビット。

6.4. 結果の分析

選択した背景に相応しくない色数は個人差があるが343色中33～339色という幅広い結果であったため、色彩に対する分析の際には、個人差の配慮が必要である。(選択した色数の平均: 204色)。本研究では、色相別及びトーン別による分析で平均絶対偏差¹³⁾及び1人あたり色数の割合^{14) 15)}を求め、以下の分析¹⁶⁾を行った。

1) 色相による分析

塗料用標準色見本帳にある色の色相別の数は表1に示す。調査結果より、系統別及び色相別の平均絶対偏差と1人あたり色数の割合を求めた。

図 12 色相による分析結果

系統別の結果(図12の付図)から見ると、平均絶対偏差が5以下、1人あたりの色数の割合が50%以下は無彩色(N)である。無彩色は個人差が小さく好感度が高いといえる。平均絶対偏差が5以下、1人あたりの色数の割合が50%以上の主要色相は昇順で青紫(PB)、紫(P)、黄赤(YR)、青緑(BG)、青(B)である。それらは、個人差によらず好感度が低いといえる。平均絶対偏差が5以上、1人あたりの色数の割合が50%以上の主要色相は昇順で黄(Y)、黄緑(GY)、赤(R)、緑(G)、赤紫(RP)である。それらは個人差はあるが好感度が低いことを示している。特に黄(Y)に関しては個人差が大きく、赤紫(RP)に関しては好感度も特に低く、それらを利用する際適切な配慮が必要とされる。

色相別の結果(図12)から見ると、色相はAからFまで6つのグループに分けることができる。平均絶対偏差が5以下、1人あたりの色数の割合が50%以下はグループA(N, 5P, 5PB)である。それらは個人差が小さく好感度が高いといえる。また、色相が7.5Pである色は1つしかないため、個人差を計ることが出来ないが、好感度が高いといえる。平均絶対偏差が5以上、1人あたりの色数の割合が50%以上はグループB(5GY, 5BG, 5YR, 5B, 2.5Y, 5R, 10Y, 5G, 2.5GY, 5RP, 7.5Y)である。それらは個人差が大きく好感度が低いといえる。平均絶対偏差が5程度、1人あたりの色数の割合が50%以上はグループC(10B, 10GY, 2.5R, 7.5YR, 10R, 7.5PB, 2.5G, 10BG, 2.5BG, 2.5B, 2.5P, 2.5YR, 7.5GY, 7.5R, 10G, 10RP, 2.5RP)である。それらは全体的に好感度が低いといえる。平均絶対偏差が5以上、1人あたりの色数の割合が50%以下はグループD(5Y, 6.25PB)である。それらは好感度が高いが、個人差が大きいため、利用する際適切な配慮が必要とする。平均絶対偏差が5程度、1人あたりの色数の割合が50%程度はグループE(10YR, 2.5PB)である。それらはグループAと同じ色彩計画する際適切なグループと考えられる。平均絶対偏差が5以下、1人あたりの色数の割合が60%程度はグループF(7.5BG, 7.5B)である。それらは候補色相と考えられる。

2) トーンによる分析

トーンの分類にはいくつかの方法があるが、本研究では、塗料用標準色見本帳に採用した、低彩度を表示するのに便利であるABC

表 1 色相別の色数

* 記号	数	記号	数	記号	数	記号	数	記号	数		
N	14	2.5OR	3	7.5OP	1	青	2.5OBG	5	GY	7.5OGY	5
	2.5OY	34	赤	5.0OR	18	青	2.5OPB	8	緑	5.0OBG	11
黄	5.0OY	28	R	7.5OR	8	紫	5.0OPB	10	BG	7.5OBG	3
	7.5OY	6	10.0OR	13	PB	6.25PB	2	10.0OBG	7	* 数は塗料用 標準色見本帳	
	10.0OY	11	赤	2.5ORP	3	7.5OPB	5	緑	2.5OG	の場合、色相	
黄	2.5OYR	8	紫	5.0ORP	6	2.5OB	3	G	5.0OG	12	の母数である。
赤	5.0OYR	18	RP	10.0ORP	6	青	5.0OB	9	黄	10.0OG	7
10.0OYR	13	紫	2.5OP	2	B	7.5OB	1	黄	2.5OGY	5	
YR	7.5OYR	28	P	5.0OP	8	10.0OB	8	緑	5.0OGY	11	

表 2 トーン別の色数

記号	ABCによる分類	数
Wt	White	2
lg	light Gray	4
md	medium Gray	4
dk	dark Gray	2
Bk	Black	2
off	off White	26
op	off Pale Gray	32
ol	off Light Gray	20
om	off Medium Gray	5
od	off Dark Gray	5
ob	off Black	1
vp	very pale	15
lg	light grayish	40
mg	medium grayish	27
dg	dark grayish	13
vd	very dark	3
pl	pale	12
sf	soft	24
dl	dull	16
dk	dark	13
lt	light	18
st	standard	21
dp	deep	10
vv	vivid	28

* 数は塗料用標準色見本帳の場合

図 13 トーンによる分析結果

方式を利用する。ABC方式によるトーン別の色数は表2に示す。調査結果より、トーン別の平均絶対偏差と1人あたり色数の割合を求めた。

トーン別の結果(図13)から見ると、トーンはPからSまで4つのグループに分けることができる。平均絶対偏差が3以下、1人あたりの色数の割合が50%以下はグループP(oW, oP, IG)である。それらは個人差が小さく好感度が高いといえる。全体的に好まれているため、色彩計画する際適切なグループと考えられる。平均絶対偏差が3以下、1人あたりの色数の割合が50%程度はグループQ(oL, mG, oD)である。平均絶対偏差が3以下、1人あたりの色数の割合が60%程度はグループR(vp, lg, oM, dG, oD, vd, mg, dg)である。グループQとグループRは個人差が小さく好感度が高く、候補トーンと考えられる。また、トーンがoBである色は1つしかないため、個人差を計ることが出来ないが、好感度が高いといえる。平均絶対偏差が3程度、1人あたりの色数の割合が65%以上はグループS(pl, sf, dk, dl, st, dp, vv)である。それらのトーンは全体的に好感度が低いといえる。特にdl及びvvに関しては、平均絶対偏差が3以下、1人あたりの色数の割合がdlの場合70%以上、vvの場合90%以上であるため、色彩計画する際適切なトーンとして利用すべきではない。また、Wtに関しては、1人あたりの色数の割合が20%程度であるが、平均絶対偏差が4以上であるため、個人差が大きく、色彩計画する際適切な考慮が必要である。ltに関しては、1人あたりの色数の割合が70%であり、平均絶対偏差が5以上であるため、個人差が大きく、好感度が低いため、適切なトーンとは考えられない。

7. システムの有効性

景観予測の結果は一般に視覚的媒体によって示される。その際には再現性、精度、操作性、コストを勘案する。本研究では、以上の視点から、IRSA2の有効性を検討した。

1) 再現性

・モデルパーツのテクスチャ、透明度などの特性及び現実の空間スケール、太陽の角度、消失点などの環境特性は、モデルダイアログボックスで設定できるようにした。

- ・背景となる画像またはムービーは、視点を日本人男子（20歳）の平均身長標準値にし、人間の視覚に近いレンズで撮影した。
- ・地形モデルは 50m メッシュで作成し、テクスチャをかけることで立体感・現実感を持ったモデルの多角度からの分析が可能。
- ・時刻の変化は X, Y, Z の 3 軸方向及び角度による指向性ライトソースの設定及び R, G, B 値による環境光の設定で再現できる。
- ・季節の変化は以上の指向性ライトソース及び環境光の設定及び背景となる画像またはムービーで再現できる。
- ・風による風車の羽根の動きはモデルパーツである羽根の回転速度の設定により調整し、雲の動きは背景となるムービーで再現し、霧は視界の深度の設定で調整できるため、気候による微妙な変化を動的にシミュレートすることができる。
- ・聴覚の影響を考慮し、現地で集音した音は BGM として利用される。選択ツールにより変更できるため、再現性は高いといえる。

2) 精度

- ・モデルは実物の図面から CAD で作成し、変換ツールで VRML に変換し、ベクトルデータとして表示されるため、評価時のスケールに関わらず、精度の高いシミュレーションが可能。
- ・カラー空間の範囲の差¹⁹⁾があるため、マンセル値から RGB 値への変更には誤差があるが、IRSA2 は色彩のウェブ上の利用を前提として作成したため、近似値の利用が適当と考えられる。
- ・人間の色彩知覚で判別できる色彩の種類は 600 万から 700 万という膨大な数となるが、1677 万色以上、色を表示できるモニタの普及より、精度の高いシミュレーションが可能。^{19) 20) 21)}

3) 操作性

- ・IRSA2 の本体のデータ量が 50KB 程度であるため、ウェブ上の利用に適するものと考えられる。そして、景観デスクトップを経由することで、他のシステムとの連携が可能であり、拡張できる。
- ・モデルパーツのテクスチャ、透明度などの特性及び現実の空間スケール、太陽の角度、消失点などの環境特性はアニメーションしながらも瞬時にできるので、検討時間を短縮することができる。
- ・ユーザー側の調査環境を調べることでツールは画面サイズに応じて自動的に配置され、ユーザーからの入力により変更される。例え左利きの人にとっても、異なる画面でも支障をきたさない。
- ・タブメニューを閉じることで全画面表示が可能。色彩パレット、サイドメニュー及びポップアップメニューはキーボードのファンクションキーによって表示・非表示することが可能。
- ・モデルの選択・移動・回転、パーツの変更・挿入・削除、テクスチャ・色・透明度の選択、視点及びカメラの設定よりモデルの断面・立面・平面・多角度からの考察、環境光、指向性ライトソース、ポイントライトソース、影、BGM などの環境設定、データベースの表示・検索・ソート・フィルタ、積算、送信などシステムの諸機能はすべて同じ画面で操作できる。
- ・FTP より、テクスチャ、モデル、色彩の仕様・内容の更新が可能。そして、サーバーにアップロードすることで共有される。
- ・収集したデータは TDC によってリロードをしなくても選択ツールによるフィルタまたはタイトルバーによるソートが可能。

4) コスト

- ・インターネットブラウザ型の IRSA2 はアプリケーション非依存型であるため、他アプリケーションへの出費が削減される。

- ・代替案の検討に使われたモデルのパーツ、仕上げのイメージファイル、音声ファイル、景観計画資料などはサーバーにあるライブラリーに保存されるため、作成したデータベースの再利用が可能。
- ・ウェブ上での利用という利点があり、CGI によって収集した調査結果が直接数値データとして利用でき、設計・計画・研究者側における作業の負担が軽減される。

8. 結論

景観をつくるのは住民であり、景観に対する共有価値を育てるためには、住民参加という手続きが必要になってくる。1988 年世田谷区「清掃工場の煙突」コンペによる色彩デザインの応募²²⁾では、地元小学校から 5 年生全員が参加するなどの反響を呼んだ。景観計画への住民参加を進めるには「自分たちの環境を自分たちなりに見つめる眼」を育てていかなければならないのである²³⁾。そして、「自分たちの町は自分たちの手で」という意識を育てていかなければならないのである。本研究は、ウェブ上で景観構成要素を操作しながら非専門家が参加できる、動的な景観に対応する評価システム、IRSA2 を提案した。そして、IRSA2 の有効性を検討するために、色彩計画のケーススタディを行い、動きのある風力発電用の風車のイメージと背景を考慮し、色彩調体系による分析を行った。結果としてはトーン及び色相から色彩の選好度を絞ることとその個人差の幅を示すことができ、色彩計画の方向性を示した。

IRSA2 を利用することで、これまで把握できなかった景観構成要素の選好性の個人差を考慮した景観計画が可能となり、色彩等の数値で判断し難い要因を反映した計画案を作成することができる。さらに、被験者・設計者・研究者はウェブ上で、時間・地域的な制約を受けることなく、対話的に景観構成要素を変更しながら、動画を含めて短時間に高度のリアリティを有する景観を再現し予測できる。景観の評価主体である住民にとっては、従来のようにいくつかの代替案という限られた枠組みから案を選択するのではなく、ウェブ上で設計を検討しながら、代替案を作成するという設計行為に直接参画して意見を反映でき、より主体的な景観計画プロセスへの道を拓くものである。また、このシステムはスタンドアロンでの利用も可能であり、現地調査や意識啓発ツールとして住民参加型のまちづくり支援システムとしての展開を考えている。

謝辞

資料収集及びシステムの作成にあたり、多大な協力を頂いた各行政機関の景観計画の担当者、電力開発の共同研究者、日本塗料工業会、ICC 及び GretagMacbeth の方々に深い感謝の意を表します。

注

- 注 1) Object-Oriented Graphics. グラフィックスを構成する基本的な要素として、直線、曲線、円、正方形などを使うものである。ビットを構成要素とするビットマップ・グラフィックスとは対照的に、色の塗り直しや形の回転、移動、拡大縮小などの操作が比較的容易にできる。構造化グラフィックス (Structured Graphics) ともいう。
- 注 2) Dynamic Hypertext Mark-up Language. HTML の拡張として、プラグインや Java アプレットを使用せず、ブラウザだけで動きのあるホームページを作成する技術。初めて DHTML をサポートしたブラウザが Internet Explorer 4.0 と Netscape Navigator 4.0 である。Internet Explorer と Netscape Navigator では完全な互換性がないという問題がある。本研究では、世界中もっとも利用率の高い Microsoft 社の Internet Explorer 5.5 に対応する DHTML で作成した。

- 注 3) ブラウザから外部プログラムを呼び出し起動させ、その実行結果をブラウザ上で表示する仕組み、例としてはアンケート処理や訪問者の自動登録などができる。
- 注 4) TCP/IP (国際標準のプロトコル) をベースとしたネットワークシステムで、ファイルを転送するためのプロトコル。ホスト・コンピュータへのアクセス、他のコンピュータとのファイルのやりとりなどができる。
- 注 5) HTML によるレイアウト機能を追加するためのフォーマット規格。
- 注 6) 慣用色 (168 色) には金色、銀色、ブロンズ色も含まれているが、マンセル値による表示がないため、ここでは扱わない。なお、「菖蒲色」と「あやめ」、「スカーレット」と「紅赤」及び「ココア色」と「栗色」という慣用色のマンセル値がそれぞれ一致しているため、ここでは同じ色と見なす。このため、ここでは慣用色の 162 色を利用している。
- 注 7) 色の手帖には 358 色が収録されているが、「丹」と「柿」、「ココア色」と「栗色」、「水浅葱」と「秘色」、「茶褐色」と「チョコレートグレイ」、「黄」と「蒲公英色」、「江戸茶」と「団十郎色茶」、「紺」と「ネービーブルー」、「花色」と「紺桔梗」、「スカーレット」と「紅赤」、「鼠色」と「灰色」と「グレー」、「漆黒」と「暗黒色」、「蠟色」と「黒」と「アイボリーブラック」、及び「鉛白色」と「スノーホワイト」と「乳白色」という伝統色及び一般色のマンセル値がそれぞれ一致しているため、ここでは同じ色と見なす。このため、ここでは色の手帖の 342 色 (以下、伝統色及び一般色) を利用している。
- 注 8) 塗料用標準色見本帳には 343 色が収録されている。
- 注 9) 建築デザイン色票には 460 色が収録されている。
- 注 10) Munsell Conversion で、マンセル値の三属性 (色相、明度、彩度) から、国際照明委員会 (La Commission Internationale de l'Eclairage, CIE) が推奨したデバイス非依存型のカラーモデルである XYZ 及び $L^*a^*b^*$ モデル、デバイス依存型のカラーモデルである商業印刷用の CMYK モデル及び CRT 管ディスプレイ用の RGB モデルへの変換または逆変換ができる。変換された値は CSV フォーマットでの保存が可能。本研究では、Munsell Conversion はマンセル値を Web 上で利用する RGB モデルへの変換のためのツールとして利用した。
- 注 11) 1995 年の気候変動に関する政府間パネル報告で異常気象との因果関係が明確に指摘された地球温暖化問題を抑制するためには、化石燃料を中心とするエネルギー消費の抑制に加えて、太陽エネルギーに由来する再生可能エネルギーへの転換が不可欠である。その中でも風力発電はすでに実用レベルに達している技術として、急速な普及期に入っている。
- 注 12) 相応しい色を選択させることは被験者に心理的な負担がかかるため、相応しくない色を選択させることにした。
- 注 13) 平均絶対偏差は、データ全体の平均値に対するそれぞれのデータの絶対偏差の平均であり、データの分散性を表す。
- 注 14) トーン別 1 人あたりの色数の割合: 「トーン別で選択した被験者全員の色の総数 / トーン別の色数 / 被験者数 $\times 100$ 」の式から求めた。
- 注 15) 色相別 1 人あたりの色数の割合: 「色相別で選択した被験者全員の色の総数 / 色相の色数 / 被験者数 $\times 100$ 」の式から求めた。
- 注 16) 本研究の目的は、1 つの色相から色彩計画に適切なトーンの範囲を絞るのではなく、色彩調和体系により、色相とトーンの範囲を絞ることを目的としている。PCCS をはじめとする色彩調和体系では、心理的感覚的な色の調子をトーンに等価する (文献 18 より)。つまり、トーンの種類は明度と彩度だけで決めるのではなく、色相によって変わるので、色相を無視することはできない。
- 注 17) RGB モデルには、デバイス依存型であるという制約がある。つまり、製造元の異なるデバイスではカラーが違っただけでなく、同じ製造元の同じデバイスでもカラーに差がある。どんなモニタも時間が経てばカラー表示が変化し、プロジェクトの作成に使用する他の電子デバイスと、定期的にキャリブレーションする必要がある。その問題点をカバーするためには、Microsoft 社と HP 社があらゆる電子デバイスで利用できる sRGB (Standard RGB) というインターネット標準の色域を開発した。現在、オーサリングソフトなどの拡張として、インターネット上の利用など sRGB の応用に関する動きが進んでいる。ところで、sRGB の色域は一般的なモニタに合わせて設計されているため、色域が狭すぎるという問題点もある。本研究では、インターネット上の利用を前提として作成したため、sRGB の利用が考えられる。

参考文献

- 1) 景観デザイン研究会: 景観用語辞典, 彰国社, 1998.11
- 2) 山本靖ほか 3 名: オフサイト建築工事監理手法の検討 (その 4) 動画による監理手法の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-2 分冊, pp.473, 2000.9
- 3) Ai, J.ほか 2 名: An Approach to Generate 3D Animation by Integrating Building Model into Site Pictures, Proceedings of the 5th Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, CAADRIA 2000, pp.433-439, 2000.5
- 4) Brady, Darlene A.: The Mind's Eye: Movement and Time in Architecture, Design and Representation, ACADIA Conference Proceedings, pp.85-93, 1997.10

- 5) Clayden, A. and Szalapaj, P.: Architecture in Landscape: Integrated CAD Environments for Contextually Situated Design, Challenges of the Future, eCAADe Conference Proceedings, 1997.11
- 6) Lyons ほか 2 名: Understanding Structural Movement Joints with CAAD Animation, eCAADe Conference Proceedings, 1993.11
- 7) 庄司和正ほか 5 名: 景観評価におけるコンピューターグラフィックスの利用に関する研究 (その 2) 静止画像、動画像と臨場感の関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-2 分冊, pp.411, 2000.9
- 8) Bermudez ほか 2 名: Media Interaction & Design Process: Establishing a Knowledge Base, Digital Design Studios: Do Computers Make a Difference? Proceedings of the 3rd Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, pp.6-25, 1998.10
- 9) Burry ほか 2 名: The Cost and Value of Animation for Architectural Designers, AVOCAD Conference Proceedings, pp.135-144, 1998.4
- 10) Mc Cartney ほか 2 名: Testing the Benefits of Animation, AVOCAD Conference Proceedings, pp.255-262, 1997.4
- 11) Lee, A. and Iki, K.: Use of DHTML For Interactive Assessment of Common Value For Townscape Conceptualization and Realization - Color Assessment, Case Study of Large-Scale Resort Facility in Aso Region, Kumamoto Prefecture, Japan, Proceedings of the 5th Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, pp.89-96, 2000.4
- 12) Lee, A. and Iki, K.: Interactive Rendering System for Cost Conscious Collaborative Design, Proceedings of the 3rd International Conference on Computer Aided Industrial Design and Computer-Aided Conceptual Design, 2000.11
- 13) Lee, A.ほか 2 名: インタラクティブ色彩計画システム, 日本建築学会計画系論文集, 第 537 号, pp.325-332, 2000.11
- 14) Lee, A.ほか 2 名: 協調設計のためのインタラクティブレンダリングシステム, 日本建築学会計画系論文集, 第 538 号, 2000.12 (掲載決定)
- 15) 日本規格協会: JIS ハンドブック 色彩 1999, 日本規格協会, 1999.4
- 16) 小学館辞典編集部: 色の手帖, 小学館, 1995.7
- 17) 日本塗料工業会: 塗料用標準色見本帳 (Y 版), 日本塗料工業会, 1999.1
- 18) 日本色彩研究所編: 建築デザイン色票・Design Color for Architecture 日本色研事業株式会社発行, 1973.7
- 19) Has, M. and Newman, T.: Color Management - Current Practice and The Adoption of a New Standard, TAGA, Vol.2, pp.748-771, 1995
- 20) Newman, T.: Improved Color for the World Wide Web - A Case Study in Color Management for Distributed Digital Media, Proceedings of the TAGA, Vol.2, pp.772-787, 1995
- 21) Stokes, M. and Anderson, M. et al.: A Standard Default Color Space for the Internet - sRGB, <http://www.color.org/sRGB.html>, 1996
- 22) 三船康道, まちづくりコラボレーション: まちづくりキーワード事典, 学芸出版社, 1997.10
- 23) 西村幸夫: 環境保全と景観創造—これからの都市風景へ向けて, 鹿児島出版社, 1997.9
- 24) 福田知弘: 夜間景観デザインのための協調活動支援システムの開発に関する研究, 大阪大学博士論文, 1999
- 25) 加賀有津子: 計画・設計のためのネットワーク型協調システムの研究, 大阪大学博士論文, 1996
- 26) 長舟利雄ほか 2 名: 代替案イメージ比較のための同期表示システム, JAVA 分散オブジェクトによるネットワークアプリケーション化, 日本情報・システム・利用技術シンポジウム論文集, pp.313, 1998.12
- 27) 中村明夫, 村上公哉, 尾島俊雄: 都市計画マスタープラン策定時の市民参加の一手法としてのインターネット利用に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 519 号, pp.211, 1999.5
- 28) 中村芳樹, 山本早里, 沢田敏実: 建築外部色彩のシミュレーションに関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 494 号, pp.7, 1997.4
- 29) 金鍾河ほか 3 名: 視点・視対象間距離による建物の色彩変化—CG による建物の距離感表現に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 486 号, pp.241, 1996.8
- 30) 川崎寧史, 宗本順三, 大影佳史: CG による色彩遠近効果の景観描写法に関する研究—フィルタ処理操作による色彩遠近効果の研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 511 号, pp.153, 1998.9

(2000年11月9日原稿受理, 2001年3月21日採用決定)