コストプランニングのためのインタラクティブレンダリングシステム —実施設計初期段階での利用について—

INTERACTIVE RENDERING SYSTEM FOR COST PLANNING Use in the early stage of working design

李 煒 強*, 位 寄 和 久**, 両 角 光 男***

Alpha Wai Keung LEE, Kazuhisa IKI and Mitsuo MOROZUMI

In Cost Planning, Collaboration among the 4 fields of Cost Planning, namely Construction Method, Structure, Design and Facility are important. This paper proposes the use of Architectural Database in a Web-oriented Interactive Rendering System for Cost Planning in the Early Stage of Working Design. Interactive Rendering of Building Models is possible by the use of DHTML and DirectAnimation. Architectural Databases are updated by FTP and can be referenced in the design process with the estimated cost. Data-collection and Presentation is improved by CGI and TDC. Case study of an office building is undertaken. The result shows efficiency of the system.

Keywords : 3-D Interactive Renderer, Cost 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, コストプランニング, 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

これまで進められてきたスクラップ・アンド・ビルドの考え方でなく、既存のものをできるだけ有効に活用しようという維持保全の気運が高まってきた。合理的な建物の運営管理が求められ、従来の建設時のコストを中心に考えてきた視点を改め、建物の企画・設計から運営管理までを含んだライフサイクルコスト^{①)} (以下 LCC) の視点で建物を評価することに関心が移ってきた。^{②)} 建築の計画には意匠計画、構造計画、設備計画、工法計画等があり、それぞれの分野の専門家による精緻な計画体系が出来上がっている。これらに加えて、「経済企画」というものを実務の作業として展開しようとする動きがある。^{③)} 一方、Douglas, J 氏^{④)} は、設計段階のコストプランニングの際、建築の形はどう影響するかという、設計面の角度からこれからのコスト・モデル作りについて設計とコストとの関係を提起し、建築の将来とコスト・アドバイザーの役割を語った。そこでは、コストプランニングというのは、工事費はどのように流れていくか、資金の投下はいつ行すべきか、総予算をどう計画するかだけでなく、各部のコストと性能を考えながら、バランスよく建物を設計し、建物の経済合理性を高めることが必要としている。

2. 研究の目的

これまでのコストプランニングに関する研究は主に、コストの構成分析及び仕様の確定過程分析という2つの流れがある。前者は、

企画・計画段階における建設コストとコスト要因の関連性の分析に関する研究である。例としては、松島修ら^{⑤)} による「連関分析による建築設備の建設コスト構成に関する評価手法の研究」、曾根陽子ら^{⑥)} による「公共建築トータルコスト管理指針策定の資料と要点 (世田谷区の事例)」^{⑦)}、越部毅ら^{⑧)} による「世田谷区公共建築トータルコスト管理業務におけるコストプランニングの導入に関する報告」などが挙げられる。後者はある事例における仕様の確定過程に関する研究である。例としては、李永鎬ら^{⑨)} による「設計事務所における仕様・コストの確定過程」などが挙げられる。

近年、ネット上で建設資材などのデータベースを公開するという動きが盛んになってきた。日本では、設備の製造元や建設物価調査会や dbNET^{⑩)} など組織によるものがあげられる。このようなデータベースを利用し、コストプランニングの検討に利用できる仕組みが望ましい。また、コストプランニングには工法、構造、意匠、設備といった性質の違う4分野があり、いずれも各分野の専門家の協力があってはじめて可能になることから、相互によく検討し合う必要がある。本研究では、以上の研究と違って、ネット上で公開された建設資材などのデータベースを利用し、設計思想^{⑪)} (建築主及び設計者の思い入れ) とコストとの関係を考え、ウェブ上における協調設計に適用できる、実施設計初期段階 (コスト比較・選択決定) におけるコストプランニングのためのシステムを構築することを目的とする。

* 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.

本研究は、オブジェクト指向グラフィックス²³⁾の概念を用いて、DirectX ソフト開発技術によるマルチメディアプラットフォームにより、DirectAnimation マルチメディアコントロール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 HTML²⁴⁾ (Dynamic Hypertext Mark-up Language, 以下、DHTML) の対話性を利用することと、意見収集のための Common Gateway Interface²⁵⁾ (以下、CGI)、情報共有のためのテーブルデータコントロール (Table Data Control, 以下、TDC)、データベースの更新のための File Transfer Protocol²⁶⁾ (以下、FTP) を利用した。ここでは、このシステムを「コストプランニング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 Cost Planning, 以下、IRSCP) (図1) と名づける。そして、民間企業におけるシステムの利用を想定したケーススタディを行い、IRSCP の有効性を確認した。

3. システムの仕様

実施設計の見積りのための部分別内訳²⁷⁾書式においては、躯体は基礎・柱・梁等各部分に、仕上げは外部と内部に、内部は部屋ごとに床・壁・天井等に分けられている。この区分に基づき、区分されたコストは設計の考え方と一致するので、コストスタディのコストの確認にも有効である。外部仕上げ(シェルターのコスト)は中科目として屋根、外壁、外部開口部、外部天井、外部雑に分けられる。これらはそれぞれに機能・設計上の目的があり、目的とコストがうまく合致するように設計することがコストプランニングの作業である。内部仕上げ(アメニティのコスト)は用途と目的に応じて選定された材料のグレードに従う。それは、多くの場合必ずしも性能のみで決定されず、テクスチャ、色合い等、数値で判断し難い次元で材料の選択が行われる。これによって、アメニティ(心地よさ、快適性)が実現されるのである。コストプランニングの場合、アメニティのコストとでもいえるべき感覚的なものをコストに置き換えて

とらえる必要があり、細かい材料に分解せずトータルインテリアとしての総合コストで判断するのが実務的である。グレードの設定は、できれば完成した建物の内部仕上げを見てそのアメニティを実感しながら、コストプランニングをするのがよい。施主、設計者との対話も具体的にモデルを中心として、それより良く、或いは、同じにということに進めていく方が間違いない上に説得力も高まる。⁸⁾以上のプロセスを対話的に支援するシステムが望ましい。

協調設計においては、計画案が実施された場合の状況を予測し、検討するためには、専門家の意見収集が不可欠である。しかし、時間的・地域的な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、HTML によるウェブの利用が普及し、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物理的制約から、合成写真、CG、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、構成要素を操作しながら検討する方法には向いていない。例えば、ある建物に対し、合成写真から仕上げを選択する場合、全種類の仕上げから選択するか、あるいは、限定された仕上げのみから選択するといった偏りが生じやすい手法に限られる。そのため、項目数の多い検討のための新しい手法が必要とされる。

以上の課題に対応するため、以下のシステムの仕様を考慮した。

- ・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：作業環境の検討及び目的別の積算機能。
- ・対話型：インタラクティブ性、リアルタイムシミュレーション。
- ・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：データの参照、ソート、フィルタの機能。

図1 コストプランニングのためのインタラクティブレンダリングシステムの構成

図2 IRSCPの構成図

図3 DHTMLの概念

図4 TDCの概念

図5 外部ウェブページの仕組み

4. システムの構築

IRSCPは、以下のDHTML、TDC及びDirectAnimationの利点を用いることで、様々な対話性をもった機能が利用できる(図1)。インタラクティブシミュレーションおよび結果の収集・表示のため、レンダリングウィンドウをはじめ、モデルフレーム、仕上げフレーム、結果表示フレーム、選択ツール、調整ツール、機能ツール、入力ツール、情報表示ツールの9つの部分で構成される(図2)。

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成する場合には通常、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⁹⁾。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やスタイルシート¹⁰⁾で定義されたページ上で、JScript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¹⁰⁾(Data Binding)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した技術であり、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、対話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、下記のような、幅広い機能をもつ。

- ・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。

7. システムの有効性

本システムの有効性を以下の視点から検討した。

1) 再現性

- ・モデルパーツの仕上げ、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、IRSCP の調整ツールで調整できるため、再現性の高いシミュレーションが可能。

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 IRSCP で表示されるため、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。
- ・人間の色彩知覚で判別できる色彩の種類は 600 ～ 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と考えられる¹³⁾。

3) 操作性

- ・モデルの仕上げ、透明度、スケールなどの変換が回転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。
- ・モデルはパーツの組み合わせとして表示されるため、パーツの変更、挿入などが容易にできる。
- ・FTP より、仕上げフレーム、モデルフレームの仕様の更新が可能。
- ・モデルのパーツ、イメージはサーバーにアップロードすることで共有され、IRSCP で表示することができるため、モデルの全体をダウンロードする必要はない。
- ・IRSCP 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。
- ・IRSCP はユーザー側の画面サイズに応じて自動的にツールを配置する機能を持っているため、異なるサイズの画面でも支障をきたさない。
- ・収集したデータは TDC によってリロードをしなくてもフィルタまたはソートすることが可能。
- ・モデルの更新・選択、パーツの変更・挿入、仕上げの変更・選択、断面・立面での考察、視点・環境設定の変更、モデルの移動・回転、データベースの検索・ソート・フィルタ、積算、送信などシステムの機能はすべて同じ画面で操作できるため、操作性が高い。

4) コスト

- ・インターネットブラウザ型の IRSCP 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建具など各部分のモデルパーツ、仕上げのイメージファイルなどはサーバーにあるライブラリに保存されるため、作成したパーツ、イメージなどの再利用が可能。
- ・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ることで、設計・計画者側における作業の負担が軽減される。

8. 結論

建築計画におけるコストプランニングは、時代と共に必要性を増し、現在、建築関係の各分野が1つになって解決していくことが課題である。コストを設計とは別の専門分野と考える傾向が見受けられる。設計や構法などの技術が、コストと共に把握されるべきであり、それぞれ独り歩きすべきではない。日本では、請負形態による

取引と流通の実情から、計画や設計・発注などの分野が、建築コストの実勢に入り込む隙間を与えられていないのが実情である。コストが別の分野とされることが多く、各段階における個々のコスト情報があまり公開されていないことも原因の1つである。

本研究では、ネット上で公開された建設資材などのデータベースを利用し、設計思想とコストとの関係を考え、ウェブ上における協調設計に適用できる、実施設計初期段階におけるコストプランニングのためのシステム、IRSCP を提案した。そして、民間企業におけるシステムの利用を検討するため、実現例を行い、システムの有効性を確認した。IRSCP を利用することで多分野からの参加者はデータベースからより生産性・効率性のよい建築資材・設備を選択し、目的別でイニシャルコストや LCC を算定することで、より効率よく予算を考慮しながら設計することができる。そして、他のアプリケーションに頼らず、コメントをしたり、提案したり、他の提案を参照したりすることも可能である。IRSCP は HTML 形式のインターネットブラウザ型であるため、ウェブ上またはローカル・スタンドアロンでの利用が可能であり、例えばサーバーにつながなくても、実施設計の見積り、建替えなどの予測及びコスト・アドバイスのための現地検討査への応用も考えられる。また、DHTML 及び DirectAnimation のインタラクティブ性及び拡張性により、ウェブ上においてのデザイニンググループワーク、インテリアデザイン、製品デザインなどでの利用も考えられる。特に、立体的な画像で建物の出来上がりの姿を表示する、DHTML 及び DirectAnimation によるシミュレーションは視覚に訴えるため、建築設計に効果的な支援システムであると考えられる。

今後、実際の検討事例を増しながら、コストプランニングにおける概算や躯体積算などコストプランニングの他段階での利用についてシステムを拡張し、システムの改善につなげて行きたい。

注

- 注 1) LCC とは、一般的には建物の設計・建築費などの初期投資と維持保全費、運用管理費など施設運営費および解体処分まで建物の一生に必要な費用をいう。BELCA モデルでは、40 年間の建物の LCC は初期投資である企画設計費と建設費が LCC に占める割合は 26%でしかなく、建設省官庁営前部モデルでは、65 年間の LCC では初期投資の割合は 17%まで下がり、施設の運営費は修繕改良費の 29%より低く、建設費の 4 倍から 5 倍にも達する。(文献 1 より)
- 注 2) 建設物価調査会の URL : <http://www.kensetu-bukka.or.jp>. dbNET の URL : <http://dbnet.watanabe.arch.waseda.ac.jp>. (2000 年 11 月、現在)
- 注 3) 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 4) 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 5.01 に対応する DHTML で作成した。
- 注 5) Common Gateway Interface の略、WWW 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 WWW ブラウザ上で表示する仕組み。例としては例えばアンケート処理や訪問者の自動登録などができる。
- 注 6) 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 7) 部分別内訳の大きな特長は、建築を躯体と仕上げに分け、それに仮設・土工・地業・設備・諸経費を加えたものである。本研究では、設計の視点から、仮設・土工・地業・設備・諸経費を除き、実施設計初期段階における躯体及び仕上げのコスト比較及び選択決定のためのシステムを構築した。

注 8) Cascading Style Sheet の略。以下 CSS。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 9) 本研究では、注 1 で示した修繕改良費の重要性を考え、システムで、イニシアルコストとの比較による資材の検討ができるように、その修繕改良費を建築資材のコスト情報に含むべきと提案した。コスト情報の内容は以下のとおり。ID, 材料名, 建設費, 修繕費単価, 修繕率, 修繕周期, 修繕回数, 周期現価係数, 更新費単価, 更新率, 更新周期, 更新回数, 周期現価係数, 備考。

参考文献

- 1) FM 推進連絡協議会：ファシリティマネジメント・ガイドブック，日刊工業新聞社，1999.4.23
- 2) 建築・設備維持保全推進協会：ビルディング LC（ライフサイクル）ビジネス百科，建築・設備維持保全推進協会，1992.6
- 3) Douglas, J.ほか：建築のコスト・プランニング，鹿島出版会，1988.6
- 4) 松島修，岡建雄，庄子博幸：連関分析による建築設備の建設コスト構成に関する評価手法の研究～事務所建物におけるスペース構成と建築設備工事費を用いた試算～，日本建築学会計画系論文集，第 483 号，pp.81，1996.5
- 5) 曾根陽子ほか 3 名：「公共建築トータルコスト管理指針」策定の資料と要点（世田谷区の事例），日本建築学会技術報告集，第 8 号，pp.211，1999.6
- 6) 越部毅ほか 5 名：世田谷区公共建築トータルコスト管理業務におけるコストプランニングの導入に関する報告，日本建築学会技術報告集，第 10 号，pp.269，2000.6
- 7) 李永鎭，古阪秀三，長岡弘明：設計事務所における仕様・コストの確定過程，日本建築学会計画系論文集，第 491 号，pp.175，1997.1
- 8) 黒田隆，田村誠邦，高橋照男：建築プロジェクトのコストプランニング，建設物価調査会，1993.11
- 9) アンク：Dynamic HTML ポケットリファレンス，技術評論社，1999.6
- 10) Pitts-Moultis, N.ほか：Dynamic HTML 実践ガイド，アスキー社，1999.3
- 11) 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
- 12) 高橋照男：これだけは知っておきたいコストプランニングの知識，鹿島出版会，1997.2
- 13) 橋本真一：インテリアリフォームのコストプランニング，建設物価調査会，1996.1
- 14) 日本建築積算協会：建築仕上りコストの基礎知識，日本建築積算協会，1999.3
- 15) 建設物価調査会：Construction & Material Costs in Japan 1999，建設物価調査会，1998.11.20
- 16) 高橋照男：これだけは知っておきたいコストプランニングの知識，鹿島出版会，1997.2
- 17) 黒田隆，大家準三・歌代昭男：建築生産コスト，建設物価調査会，1994.4.1
- 18) 黒田隆，吉田桂二・高橋照男：木造建築のコスト，建設物価調査会，1994.4.20
- 19) 田村誠邦：建築企画のフロンティア，建設物価調査会，1993.1.10
- 20) 黒田隆，大家準三：建築の施工管理と原価管理，1993.11.20
- 21) 建設工業経営研究会：建築数量積算基準，大成出版社，1993.1

(2000年8月25日原稿受理，2000年12月11日採用決定)