

非エキスパート向け 3D-GUI 構築支援環境

及川 昌孝 李 殷碩* 白鳥 則郎

東北大学電気通信研究所 / 大学院情報科学研究科

* 韓国成均館大学工科大学情報工学科

3D-CG の利用と普及が進み仮想空間内のオブジェクトを直接操作するアプリケーション構築に対する要求が高まってきている。この要求に対する従来のアプローチは、エキスパートがエキスパート向けに準備された開発環境を駆使することであった。筆者らは非エキスパートユーザがこの 3D-GUI 構築要求に対応していくための支援環境を研究している。3D-GUI 構築における開発プロセスの分析・整理により、必要となる知識を列挙し、非エキスパートの抱える知識的な欠落を明確にしていく。その知識の欠落を補うために生活知識と事例活用を導入した方法論を述べるとともに、それに基づいた支援環境の提案を行なう。

A Support Environment of 3D-GUI Development for Non-Expert User

Masataka OIKAWA, Eun-Seok LEE* and Norio SHIRATORI

Research Institute of Electrical Communication /
Graduate School of Information Science, Tohoku University

*Department of Information Engineering, Faculty of Engineering,
Sung-Kyun-Kwan University, Seoul, Korea

Recently, interactive 3D graphics applications have received a great attention, not only by experts but also by ordinary non-expert users. There are, however, no suitable good toolkits for non-experts. Because the conventional toolkits direct toward 3D CG specialists, who have enough knowledge and experience about it. In this paper, we summary the development process of 3D CG, and furtherly investigate the knowledge to be necessary at integrating of such applications. And then we discuss the gap of knowledge which exists between expert and non-expert. And finally we propose a support environment of 3D-GUI development that facilitates such applications by non-expert users.

1 はじめに

近年3D-CGの利用と普及が進むにつれ、非エキスパートによる3D-CGの設計と保守、拡張などに対する関心と要求が高まっている。しかしながら、一般にVR(仮想現実感)を始めとする3D-CG分野においては、様々な基礎的/応用的知識と経験が必要とされる。

このため、これらの知識や経験をもたない一般ユーザ、すなわち非エキスパートによる上記の作業は非常に困難であり、従来のエキスパート向けの3D-CG開発支援環境[2],[3]では上記の要求に対処できないのが現状である。

本稿では、通常の3D-CG開発プロセスを分析・整理し、さらに各プロセスの中で必要とされる知識を分類する。また、分類内容を基に非エキスパートとの保持知識上のギャップに注目し、そのギャップを埋めるための方法論と支援環境を提案する。支援の方法論として日常生活で身につけている生活知識と事例提示・変換機構を取り上げ、システムの実装とアプリケーションの構築を通し評価する。現在、その試作と評価をともに行なっている。

以下、2章で3D-GUIの構成要素を分類し必要となる知識の整理を行ない、特に、本研究で対象とする非エキスパートのもつ知識との知識上のギャップについて考察する。3章では非エキスパートを支援するための方法論について述べ、4章で、3章での方法論に基づく支援環境を提案する。最後に5章でまとめを述べる。

2 3D-GUIの構成要素と必要知識

3D-GUIを使用したアプリケーション(以下、インタラクティブCG)の構築過程および各工程で必要となる知識/技術について整理する。

2.1 インタラクティブCGの構築プロセス

インタラクティブCGの構築は大きく分けて1)要求仕様/利用環境の分析、2)インタラクティブな空間へのCGオブジェクトの配置と、3)インタラクティブとそれに付随するアクションの設計/定義の工程に分けられる。これを更に細分化すると以下の7つのフェーズになる。

フェーズ 1: 使用するグラフィックライブラリ/グラフィックツールキット等の検討

フェーズ 2: 要求分析(システム分析)に基づいたシステム構成の検討

フェーズ 3: システム内部構造の検討

- (a) システム制御方式(基本メカニズム,モジュール分割,画面制御,入出力管理など)
- (b) データ管理方式(グラフィックデータ管理,グラフィック属性管理,グループ管理など)
- (c) アクションデータ管理方式(CGオブジェクトとのリンク管理など)

フェーズ 4: アプリケーションI/F(構造化プログラミングの共通ルーチン)の設計

- (a) システム制御ルーチン(プロセス制御,メモリ管理,入出力管理,通信管理など)
- (b) 操作パネル構築ルーチン(e.g. Xt, Motif)
- (c) CG定義/描画ルーチン(グラフィックライブラリの汎用I/F,マクロ化)
- (d) グラフィック制御ルーチン
- (e) アクション定義ルーチン(操作手法,実行プログラムの定義)
- (f) インタラクティブオブジェクト定義ルーチン

フェーズ 5: インタラクティブオブジェクトの行動設計

- 視覚的効果/行動

フェーズ 6: インタラクティブ空間の作成

上記のアプリケーションI/Fにより、CGオブジェクトの配置・アクションプログラムとのリンクを行なう。

フェーズ 7: アクションプログラムの作成

作成例を以下に示す。

- CGオブジェクト自身の行動/変化
- CGオブジェクトと空間環境へのCG効果
- 新たな環境の生起

| | 知識 | AP インタフェース | グラフィックツールキット | グラフィックスライブラリ |
|---|--------------|-----------------------|--|--|
| 1 | 要求分析知識 | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | 概要設計知識 | | ツールキットの利用知識獲得 (特徴, 機能, 利用法,...) 効率的なデータ管理方法 入力制御 / 入力データ管理 | グラフィックスライブラリの利用知識獲得 効率的なデータ管理方法 入力制御 / 入力データ管理 |
| 4 | 利用知識 製造知識 | 機能的なまとまりをもたせたプログラムの作成 | AP 向けのグラフィックスライブラリ の設計知識獲得 提供される部品から AP の要求する汎 用的な部品の構築 | AP 向けのグラフィックスライブラリ の設計知識獲得 細分化されたライブラリを的確にまと めた上位層に当たる「ツール」を構築 するための設計技術の獲得 機能分類作業 (システム制御系, メニュー 系, 描画系, 視覚系, 入出力管理系,...) |
| 5 | | | 簡易アニメーション技術の獲得 | 簡易アニメーション技術の獲得 |
| 6 | | モデリング知識 | モデリング知識 | モデリング知識 |
| 7 | | | | |

表 1: 各工程で必要となる作業内容

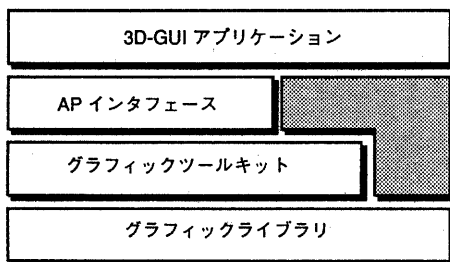


図 1: ツールキットの階層構造

2.2 必要知識の考察

上記の各工程における作業内容と必要となる知識 / 作業を、利用するツールのレベルに分けて考察した結果を表 1 に示す。ここで、フェーズ 1～2 における要求分析知識、フェーズ 3 における概要設計知識、フェーズ 4～7 におけるインタラクティブ CG 製造知識についてそれぞれまとめる。

ここで注意しなければならないのは、より高水準なツールを利用するほど構築に要する知識や開発規模は小さくなるが、そのツールの機能範囲を越えることを行なうためには、低水準なツールを使用した場合と同程度の知識および労力を必要とすることである (図 1 網掛け部参照)。

(1) 要求分析知識

構築したいインタラクティブ CG の機能要求を分析し、構築に必要な言語やグラフィックライブラリ / ツールキット類の選択、および設計・製造工程の作業計画の立案を行なうために必要となる知識である。

(2) 概要設計知識

システム構築は通常構造化プログラミングによって進められていく。構造化で必要となるのが、モジュール分割やシステムアーキテクチャ (制御方式, メモリ管理方式など) の検討のための知識である。

(3) 製造知識

モジュール分割された各機能をグラフィックスライブラリ / ツールキットを利用し具体化していくための知識である。ここでは、3D-CG の詳細な知識や利用技術が必要となる。

2.3 非エキスパートの知識の欠落

本稿では特に、インタラクティブ CG を非エキスパートが構築しようとした場合に遭遇する問題点に注目し、知識の欠落という観点から考察する。前節で考察を行なった必要知識は設計 / 製造工程ごとの

ものであるが、全工程に共通する知識として、1)3D-CGの知識、2)インタラクション知識、3)プログラミング知識の挙げられる。

1)3D-CGの知識としては、グラフィックス特有の用語から始まり、CGオブジェクトを配置した空間をどこから(Eye point)どの範囲(View volume)をどのように(透視投影・平行投影)見るかといった幾何学的知識、CGオブジェクトに立体感や陰影、材質感を与えるために基礎となる光と面に関する理論や原理といった物理学的知識が必要となる。

2)インタラクション知識としては、入力デバイスの監視や入力値の解析、入力イベントに呼応した処理(Callback)の実行手法やCGオブジェクトを3D空間で操作するための操作体系の検討と実現が必要となる。

3)プログラミング知識としては、上述の二つの知識を具体的に実現するためのグラフィックスライブラリの理解と対応づけが必要となる。

したがって、3D-CGを構築するためには、これらの知識に加えて、さらに、前節で考察した設計知識も必要となるため非エキスパートユーザに掛かる知的負荷は多大なものである。

3 支援のための方法論

非エキスパートにとってこれらの専門知識を学ぶことは相当な労力を必要とすることであり、構築に際しては身構えてしまい、構築作業自体を止めてしまうのが現状である。

3.1 支援方針

インタラクティブCGの構築過程(フェーズ1~7)における構築の本質となる部分、すなわちインタラクション設計の試行錯誤を繰り返し要求仕様を満足させていく部分はフェーズ5~7である。一方で非エキスパートにとっての知識の欠落や壁といったものはフェーズ1~4に集中あるいは起因していると思われる。

そのため、まず、フェーズ1~4に大きなギャップとして存在するグラフィックスプログラミングの知識とその利用経験から蓄積されているノウハウを極力必要としない環境の実現により、非エキスパートの知識的なギャップを埋めていくことを考えてい

く。次にインタラクティブCGの本質となるインタラクション設計に関して、事例を使用した再利用環境の実現により、構築の簡易性を高めていくことを考える。

前章で述べた3つの知識のうち、3)プログラミング知識はGUIを用いた支援環境においてソースコードを生成するビジュアルプログラミングとして解決することにし、1)3D-CG知識と2)インタラクション知識に対する支援方法を考察し、2つの知識のギャップを埋めるインタフェースにより3D-GUI構築支援環境を構成する。

3.2 3D-CGの比喩的理解

3D-CG知識とインタラクション知識に対する支援方法として、我々はエキスパートと非エキスパートで共通となる知識として日常生活で自然に学び身に付いている生活知識を取り上げ、この生活知識をインタフェースとして具体化することで、学習の軽減とインタラクティブCGの構築を容易なものとする。

具体的には、グラフィックスの知識欠落に対する生活知識を基にしたインタフェースを以下のように実現する。

空間にCGオブジェクトを定義し仮想空間を作り出す部分は、「つみき」の知識を用いて組合せと配置を行ない、陰影づけや照明効果は昼/夜といった時間的な概念や晴/曇といった天候の概念、ワット/ルクスといった照明器具で使用される尺度的概念をインタフェースとしてもたせる。

このように従来は0.0~1.0あるいは0~255の値で色や強度を思考錯誤的に設定している部分を幾何学的知識や物理学的知識を意識させない構成とした。

3.3 インタラクションの定義

従来、インタラクション部分の構築は、フェーズ1~4までの一連の作業の延長として「あらかじめ取り決めておいたCGオブジェクトに対してインタラクションをプログラミングレベルで組み込む」ことを行なうのが一般的なアプローチである。

このようなアプローチを取ることのできない非エキスパートに対し、CG空間でのインタラクションの事例を<CGオブジェクト、動作、アクションプロ

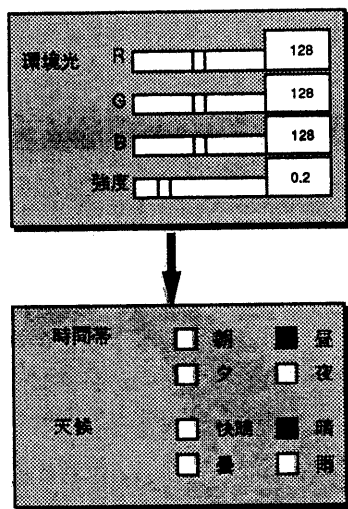


図 2: 光源の設定例

グラム>の構成で事例ベースとして準備し、例題を通した構築環境として支援を図る。特に、プログラミングの学習過程においてサンプルプログラムの提供が学習者にとって「改造しながら徐々に知識を深めそして広げていくのに役立つ」ことから、事例による支援には改造して再利用できる機構をもたせることを目標とした。

具体的には、インタラクションの知識欠落に対しては、事例をベースとする学習補助という面と「つみき」の部品に可動部分をもたせる支援策を取る。

可動部分の改変や設計には住宅図面で使われる記号や蛇口/スイッチといった特定の現象を引き起こす事物のカタログ化による支援を行なう。

4 支援システムの実装

支援システムのモジュール構成を図3に示し、各部位についてその特徴を以下に記述する。

4.1 支援システムの概要

(1) 空間設計機構

3D-CGの比喩的理解を支援する機構である。「つみき」知識の実現のために、基本となる3D図形を部品として用意する。さらに、机・照明器具といった

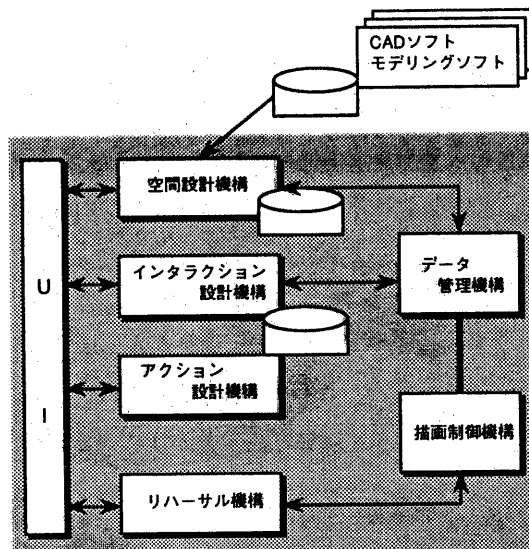


図 3: モジュール構成

身のまわりの生活用品を部品を組み合わせたマクロ部品として準備している。このマクロ部品が事例に相当し改変による拡張や学習効果を支援する。

また、基本空間の初期作成にCADソフト、モデリングソフトで作成されたデータファイル(DXF形式)を利用できるようにしている。

データは独自の内部形式に変換しデータ管理機構により保持する。

(2) インタラクション設計機構

空間設計機構により作成され、データ管理機構で保持されているオブジェクトデータに対し、動作(Action)と処理の本体となるコールバック関数を定義する。また、操作デバイスや操作手順の定義も行なう。

(3) アクション設計機構

事例としてカタログ化されているマクロ部品を改変して、利用者独自の事例構築を支援する機構である。ここでも生活知識や時間的概念・天候の概念による支援を行なう。

(4) リハーサル機構

3D-GUIシステム構築過程で、その動作の確認を行なう。

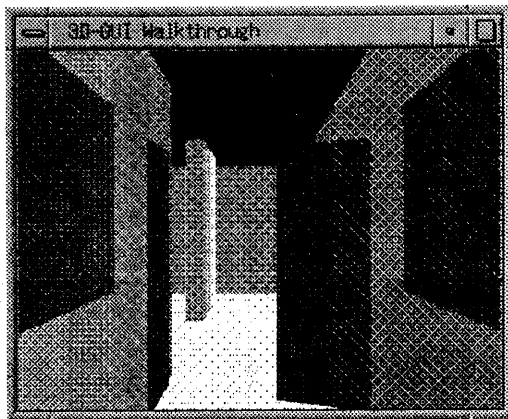


図 4: 室内ウォークスルーの例

(5) データ管理機構

3D-GUIを用いたシステムで利用するデータを管理する。管理データはオブジェクトデータとオブジェクト間の関連データであり、グループ化によりマクロ部品などの事例に対応する。

(6) 描画制御機構

データ管理機構により保持されているデータをディスプレイへ描画する。視点 / 視線の変更や拡大 / 縮小、光源変更などの基本的な操作機能を有する。

4.2 実装と評価

現在上述のモジュール構成をもつ支援環境としてのGUIベースのシステムならびにこの支援環境を通して構築するアプリケーションへの応用例として、図4に示すような扉に対するアクションを定義した当研究所構内を作成し、評価を行なっている。

なお、実装にはSGI社製グラフィックスワークステーションIndyを使用し、グラフィックスライブラリOpenGLをベースとしたイベント駆動型のツールキットを構成し、各モジュールの構築を行なっている。

5 まとめ

本稿では、仮想現実感やインタラクティブCGといった3D-GUIをベースとするアプリケーションの

構築支援を効率良く行なうために、特にその支援対象を非エキスパートに据えて知識の欠落に起因する問題点を洗い出した。その抽出された問題点に対し生活知識を用いた支援環境の提案を行ない、システムの実装を通じた考察を加えた。

今後、実際の適用例としてのアプリケーション構築を増やし、定性的かつ定量的な評価を行なうとともに、提案する構築支援システムの充実を図る予定である。

また、事例改変によるインタラクション設計およびそのコールバックとしてのアクションプログラムの構築支援の方法論の研究、生活知識を非エキスパート向けのインタフェースとして具体化していくための検討をさらに進める予定である。

参考文献

- [1] Robert C. Zeleznik, D. Brookshire Conner, Matthias M. Wloka, Daniel G. Aliaga, Nathan T. Huang, Philip M. Hubbard, Brian Knep, Henry Kaufman, John F. Hughes and Andries van Dam, "An Object-Oriented Framework for the Integration of Interactive Animation Techniques," In *Proceedings of the ACM SIGGRAPH, Computer Graphics*, vol. 25, No. 4, pp. 105-112, July 1991.
- [2] Paul S. Strauss, Rikk Carey, "An Object-Oriented 3D Graphics Toolkit," In *Proceedings of the ACM SIGGRAPH, Computer Graphics*, vol. 26, No. 2, pp. 341-349, July 1992.
- [3] D. Brookshire Conner, Scott A. Snibbe, Kenneth P. Herndon, Daniel C. Robbins, Robert C. Zeleznik and Andries van Dam, "Three-Dimensional Widgets," In *Special issue on the 1992 Symposium on Interactive 3D Graphics, Computer Graphics*, pp. 183-188. ACM SIGGRAPH, 1992.
- [4] Marc P. Stevens, Robert C. Zeleznik, John F. Hughes, "An Architecture for an Extensible 3D Interface Toolkit," In *Proceeding of UIST '94, ACM SIGGRAPH*, November 1994.
- [5] 朝日宣雄, 田中昭二, 李殷碩, 前中聡, "3次元をベースとしたUIMSの実現," 情報処理学会研究報告(ソフトウェア工学), pp. 109-116. July 1993.
- [6] 藤井哲也, 安田孝美, 横井茂樹, 鳥脇純一郎, "仮想都市空間のインタラクティブな映像体験システム," 第10回NICOGRAPH論文コンテスト論文集, pp. 240-250. November 1994.