

国土交通省版・景観シミュレータのヒストリー（1993～2009）

ーソフトウェアの完成を目指してー

○小林 英之*1

キーワード：景観 シミュレーション 多言語 バージョン管理 完成

はじめに

あるソフトウェアの機能や適用例を題材とした論文、紹介記事、技術資料等はいくつか、開発過程そのものを扱ったものは少ない。それらは概ね、着手段階での構想・計画や、開発成果の社会的普及を目的とした機能追加歴等に関するものであり、様々の失敗経験を含む開発過程を遡って系統的に記録したヒストリーや、完成段階における諸問題を扱った論考は極めて少ない。

筆者は、15年来、日中韓にまたがる十数名のプログラマーが開発に関与してきた景観シミュレータに関して、現場投入に伴い形成された枝分かれバージョンを統合する作業を昨年度に行った。その際の知見に基づいて、目標とする機能を一通り実現した後、ソフトウェアとして未完成のままエンドレスあるいはオープンエンドとしないための、完成段階における諸問題について考察する。

1. 国土交通省版・景観シミュレータ開発過程

米国のロス暴動の復興のために三次元CGが作成されたことなどに触発され、バブル崩壊後、景気対策需要が高まる中1993～96年度に実施された建設省総合技術開発プロジェクト「美しい景観の創造技術の開発」の1課題として、建築・都市・土木各分野共通のソフトとして建築研究所と土木研究所の共同で任意の視点から三次元の地物や土木建築施設を検討することができる景観シミュレータの開発を着手した。この成果は1996年からフリーウェアとしてWEB公開した、景観検討のための草分け的な三次元CGシステムである。最初の現場投入は1996年の、福岡市内の峰花台団地の建替（中層～高層）で、現場にマシンを持ち込んで入居予定者に自由な視点移動による景観シミュレーションを行った例としては国内初である。当時の状況は、文献(1)を参照されたい。

1.1. プロトタイプ段階(Ver.1.00, 1995)

グラフィック・ワークステーション(UNIX)を用いビューワとしての機能に限定した。暫定データ形式を定め、CADで作成・変換した構造物三次元データをコンバートし、背景写真と合成する。「視点抽出」機能により背景写真を解析し、同じ視点から構造物の透視図を作り位置精度を追求した。構造物のカラー編集機能を用意した。

1.2. モデリング機能の整備(Ver.2.03, 1997)

WindowsNT3.5、95をプラットフォームに加えた。ファイル保存機能と、直方体、球、多角錐、型鋼、階段など様々の基本的な立体図形をパラメトリックに生成す

る外部関数(.exe)によりモデリング機能を提供した。外部関数はユーザーが追加可能とした。更に景観データベースから、樹木や点景等の基本的な部品を選択し配置できるようにした。全三次元で福岡市内の団地建替の地元説明、三陸国道で高規格道路の内部検討に使用した。韓国からの要請に応じて、共同研究を開始した。

1.3. 市街地自動生成(Ver.2.05, 1999)

都市計画条件を設定して市街地を自動生成する機能、商店等の写真からテクスチャ付き立体を作成する機能、ステレオ空中写真から地形+市街地をデータベース化する手法(官民共同研究)など、モデリング機能を拡充し実用性を高めた。福島市の区画整理事務所や幕張駅南口の再開発事務所で地元説明に利用して頂きながら、バグ報告や改善要望に迅速に対応するように努めた。メモリーリーク解消は、形状の生成・削除を繰り返すモデリングや都市計画シミュレーションを安定化させた。

1.4. データ WEB 配信(Ver.2.07,2001)

WEB サーバーから配信する三次元データを、WEBブラウザと景観シミュレータを連携させて表示できるようにした。ユーザーが作成・編集した三次元データを意見と共に投稿し、審査員の判定の上公開するサーバー機能を開発した。15ヶ所のモデル現場で、ステレオ空中写真から作成した現況市街地データの上にまちづくり計画案を乗せ、WEB公開した²⁾。Windows ME、2000に対応する中で、多くの潜在バグを発見し解決した。

1.5. 分野毎に目的を特化した機能追加(1998～2004)

機能追加のニーズが生じた場合、その時点における最も安定したソースコードに、直接追加する方法が最も効率が高い。土木各分野のニーズに対応するために、1997～99年度に、土木研究所において高規格道路やダムなどの土木系現場における各種調査業務の中で2.00から出発して、豊富な機能をもつVer.2.5, 3.2, 4.0の系列への改良が進んだ。一方、建築研究所において再開発等の現場担当者による使用をサポートするために、市街地生成機能(1.3)を開発した際には、本体とは別の実行形式を連動させる方法を取り、本体部分に関しては機能追加を抑えて、安定性を追求してデバッグを進めたVer.2.0X系列を引き続きリリースした。

国土技術政策総合研究所に統合された2001年以降は、国営公園のための編集機能追加等に際して、デバッグの進んだ安定性の高い2.07を機能拡張の出発点としたが、

これも本体部分に対する機能追加として実施された。また、2001年度に作成した、ステレオ表示機能や、大規模なデータを高速表示する（メモリを大量消費する）も、目的を特化した別実行形式の形を採った。

結果的に、分野別のニーズに応じた各種の実行形式の枝分かれバージョンが生じることとなった。

1.6.多言語版(2006)

1997年に、日韓科学技術協力協定の中に、「景観シミュレーション技術の地域開発へ応用」が採択され、建設省建築研究所と韓国農業基盤公社農漁村研究院の間で共同研究が開始された。その中でソフトウェアの韓国語への翻訳と、韓国側での開発成果の還元が行われた。この段階での翻訳移植は、ソースコードを翻訳する形で行った。同様の方法によりインドネシア語への翻訳移植も行った。しかし、この方法では、日本側でデバッグや機能追加を行う度に、その結果を反映させるために、現地でのソースコード修正と再ビルドを行う必要があった。また、枝分かれバージョンの各種機能に対応することは困難であった。しかしながら、国際化に対応する中で、言語に依存する文字列定数をヘッダーファイルに集約するなどのソースコードの言語依存部分の整理が進んだ。

国際化を進展させ、2006年度に、言語に依存するメニュー、メッセージ、ヘルプ等を全て外部テキスト化し、同じ実行形式で複数言語を使用できる統一的機構を開発した。これは、インドネシアでの、まちづくりワークショップに投入された⁴⁾。これにより、言語に起因するバージョン枝分かれの問題が解決した。

1.7. 完成を目指した集約作業(Ver.2.09, 2007~8)

機能が異なる各枝分かれバージョンのソースコードを再整理し、各分野共通の基幹部分を一本化するとともに、分野固有の目的機能を、必要となった時点でロードするプラグイン DLL として、ソースコードにおいて分離・独立させ、選択的に追加できる機構を追加した。さらに、基幹部分を多言語機能に連動して、基幹部分から起動される外部関数やプラグイン DLL も動的に使用言語を切り替える機構（ライブラリ関数）を用意した。

更に、この機構を用いて、これまでの枝分かれバージョンから、分野毎の編集機能として、水際等地形編集、トンネル、園路、道路法面の編集を拾い出し、分野別のプラグイン DLL の実装例として分離独立させた。

一方、従来の枝分かれバージョンから、共通性の高いステレオ表示機能、高速表示機能、影の表示などは、基幹部分に統合し、選択的に利用できるようにした。

現在、プラグイン DLL による新たな機能開発や、新たな言語への翻訳移植、あるいは本システム（図形処理アルゴリズム等）を部品として利用し、システムを行なおうとする開発者・プログラマのための解説書を執筆中

である(近刊)。ソースコードに関しても、公開のためにデバッグ途上のコメントアウト部分等を整理した。

図1は、以上の経過を整理したものである。

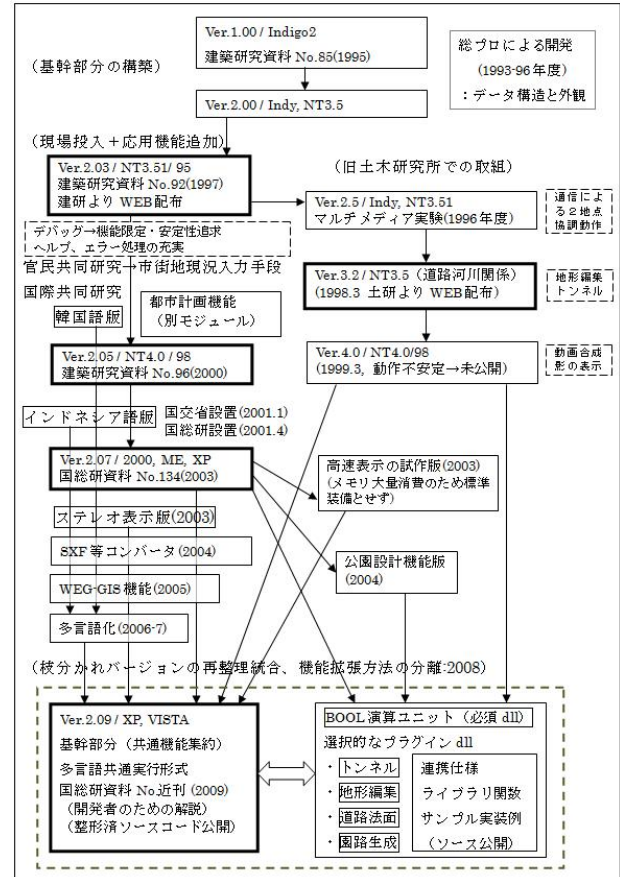


図1：景観シミュレータの開発経緯と統合化

2. 開発における理念と現実

2.1. 機能拡張と安定性追求の調和

大規模な機能開発は、プログラミング業務の役務発注として実施してきた。これに加えて、個別現場の景観検討業務やデータ作成に付随して部分的な機能追加や改良も施された。ソフトウェア外注の納品段階においては、多くの場合比較的小さなサンプル・データによるテストを経たのみであり、多くの場合、実際の設計対象物等のデータによる検証が不十分である。新たな現場での使用に際して報告されるバグが、開発に関係した業務とは空間的・時間的に隔たっている場合、デバッグをクレームとしてプログラマに要求することに限界がある。また、デバッグを主目的とした再外注は通常困難であった。

これまでの開発期間の中で最もデバッグが進んだ時期は、1997-8年であるが、この間のデバッグ、エラー対策、ヘルプの改良等は殆ど、研究所職員により直接ソースコードやコンテンツを修正する形で行われた。

しかし、このようなデバッグ作業と同一時期に外注により開発による機能追加が行われた部分に関しては、バージョンの枝分かれが生じ、デバッグの結果が必ずしも

十分に反映されない結果となった。経験的に、デバッグを進める時期は、機能追加が停止している期間であることが、全体的な開発効率が高い、とすることができる。

2.2. ハード、OS と開発環境の変化への適応

OS の更新に伴い、潜在バグの顕在化が起こる。とりわけ、2001 年度の開発における操作環境条件となった Windows ME は、既存の多くのソフトウェアで障害が生じることにより、不評・短命な OS であったが、景観シミュレータの場合、OS の欠陥に起因する障害ではなく、それまでの Windows98 上で正常に動作している潜在バグが顕在化した場合が殆どであった。ポインタ変数の不適切な使用や、配列の限界を超えたアクセス、オート変数へのポインタを使い続けることなどによるバグは、それ以前の OS においては、原因発生から暫く操作が行われた後に、顕在化する場合が多く、原因と結果の関係が見極めにくい。これに対して、原因発生後直ちに障害となって現れる OS は、むしろ原因の特定を容易化した。

2.3. データ形式の一貫性と進化

景観シミュレータの開発当初には、三次元データを記述する標準的な形式がまだ存在していなかったことから、独自のデータ形式（内部メモリ上のデータ構造と、外部ファイル形式）を定め、これを用いてシステム開発を進めるとともに、汎用部品や適用事例の蓄積を進めてきた。データの標準化を指向するものではなく、このデータ形式に関しては、現在まで全く変更を加えていない。

一方、その後 GIS や CAD、仮想現実等における技術が急速に発展する中で、各種データ形式が定義され、一部は ISO によりオーソライズされたこともある。これらの生成流転に対処して、主要なデータ形式に関する入出力の機能（ファイル・コンバータ）を作成してきた⁽³⁾⁽⁵⁾。

景観シミュレータで定めたデータ形式は、地物固有の属性（形状、位置、マテリアル等の基本属性と、ユーザーが付加する任意属性）と、具体的な表示のために必要な太陽等の光源配置や、重要な視点などの、個々の情況に関するシーンの定義を別ファイルに分離した点に特徴がある。その後普及した、三次元データの WEB 配信を目的とした VRML 言語においては、構造は類似していたものの、これらが一体化されていた。

3. 完成の条件

3.1. オペレーションの可逆性と持続可能性

初期の単純なビューワとしての景観シミュレーションでは、1 回のデータ構築ができれば十分であった。このような目的のソフトウェアのためには、データ構築部分だけが存在すれば十分で、双対する除却処理は不要である。しかし、モデリング作業を実装後は、起動から終了までの間に数十～数百回の構築と除却が行われる。更に市街地生成等のシミュレーションを行うためには数万回

以上の構築と除却に耐えるメモリ管理の持続性が求められた。このためには、内部データ構造に対して、構築機能に対応した除却機能を「可逆的」に用意し、各オペレーションに際して漏れなく実装する必要が生じた。なおかつ、動作安定性のためには既に除却されたデータを再除却しようとするバグも十分に除去する必要が生じた。

3.2. 想定外のデータやユーザー操作に対する安定性

現場からのバグ報告に加えて、各種展示会や子供等も操作する体験教室などが経験的な改良の機会となった。

例えば固定長配列の長さを、プログラマ（必ずしもシミュレーションを行う対象の専門家であるとは限らない）が、「この程度確保しておけば十分」と判断して適当に設定した部分が、データが高度化した後にオーバーフローを起こす。システムのリソース（メモリ容量など）が許す限り、無制限の長さの配列を確保できるようにコーディングするためには、一定の手間が必要となる。納期が限られた外注の中でこの条件を確保することは難しい。常識的なデータと操作では判定できないため、検収段階でソースコードの品質検査を行う必要がある。

3.3. OS と開発環境の変化に対する安定性

未来の OS が予見できないため、絶対的な解決はない。同一実行形式が複数時期の OS 環境上で動作するようにコーディングする努力を、数次にわたる OS の更新を超えて続ける以外にない。Windows XP から VISTA への移行に際して、修正が 2 個所で済んだことは、一定の意味があると考えている。

3.4. 機能拡張の方法の分離・明確化と技術資料の整備

短期的に新たなニーズに応えるためには、ソースコードの基幹部分に直接機能拡張を行う方法が効率的であるが、この方法では無数の枝分かれバージョンが発生する。モデリングのために初期から提供した「外部関数」は、この問題を回避しつつ、ユーザーが自由に形状生成機能を拡張できるものの、現在メモリ上の構築されている地物を削除・編集することができなかった。

昨年度に導入したプラグイン DLL による方法では、基幹部分への機能追加と同じ条件で、既存の地物に対するあらゆる編集操作を開発可能としている。これを実現するために、基幹部分から基本的な処理を行うライブラリ関数をエクスポートしており、DLL 側からは、これを用いて全てのデータやシステム状態にアクセスできる。但し、完成度の低い DLL が走行中にシステムをダウンさせることもありうる。

長期的には、開発に関与した人材が入れ替わった後にも、継続的に機能拡張が行える状態を実現することが必要である。このために解説書で技術資料の整備を行った。

3.5. 記録保存と公開

過去のトラブル対策が個別記録に残されていると、後

日、別のトラブルに対処する場合の参考資料となる。景観シミュレータの場合には、1997年頃から、バグ・レポート様式を用意し1枚紙のレポートに問題と対処の記録を残した。2002年以降は、情報公開のためのサーバー上にバグ・レポートのコーナーを設け、電子的な投稿・記録を行った(sim2.nilim.go.jp/AprilFool)。機能改善に関する提案と対処結果についても、同様に処理している。

4. 展望

地理空間情報活用推進基本法(NSDI 法)が目指すように、情報化された国土が形成されつつある。1～4次元電子データとしてパーツが蓄積されるとともに、全体マップへの統合が進みつつある。

国土交通省においても、既に運用段階にある電子納品(CALS/EC)において、三次元データが検討され始めた(H20-)。従来は、三次元データ処理は主に機械化施工をターゲットに研究・開発されてきたが、設計から竣工後の維持管理まで利用するとすれば、業務形態を大きく変えることとなる。

このような資源の充実に加えて、景観法は、個別施設設計を超えた地域における有形地物全体の調和を求めている。たとえ、美しい構造物が建設されても、その周辺にある居住地や里山・田畑等の風景が荒廃すれば、良好な景観は維持できない。また、低炭素社会や気候変動の影響等は、可視的な地物を、美的な意味での景観よりも広い概念であるランドスケープとして、地物の背後にある不可視属性をも可視化し評価することを要求している。

4.1. 開発の主体

オープン・ソースの公共財である基幹部分と分離しているプラグイン部分は、外部関数と同様、知的財産としてもDLLは基幹部分から分離される。外部関数やプラグインに関してはオープン・ソースやフリーウェアではない知財形態が可能である。その主体や開発体制は国内外を問わず任意である。

4.2. 方法

現在のプラグイン実装例は地形編集等に関係したモデリング目的のものであるが、アニメーション等の表示系の機能も可能である。また、必要であれば、基幹部分よりも巨大なモジュールを開発することも可能である。

一般的に、ソフトウェア開発においては、ゼロベースの開発よりも、ビルドが通り、動作が確認できる既存ソースコードを出発点として機能を作りこんでいく方法が能率的である。プラグインDLLのサンプルを出発点として開発を進めていくことは、枝分かれの問題を生じることなく、三次元の地物を扱う各種機能をローコスト・短期間で開発を進めるための方法を提供している。

4.3. 用途目的

現在までに開発してきた景観シミュレータは、主に有

形地物(公共インフラ、住宅・市街地等の民間資産、その内外の自然生態など)をコンピュータ上に可視的に再現し、設計検討や合意形成に資することを主な目的として開発されてきた。このために必要な一通りの「当たり前機能」を実現し、無償の公共財として提供したものができている。

今後の方向としては、これを発射台とした外部関数やプラグインDLLの形で各種の開発が期待できる。従来の延長上の実務的な各種応用機能の開発に加えて、公共性の高い開発目的としては、大きく二つの方向があると考えている。その一つは、有形地物の中に蓄積し、あるいはそこに流れている不可視の実体(例えば、水や炭素などの化学物質やエネルギーなど)を地物に関連づけ可視化するような用途である(物質系外延)。もう一つは、景観法に限らず、各種の人が定め、あるいは発見したルールや法則性、更には過去の記録などを組み込んでいく方向(情報系外延)である(図2)。

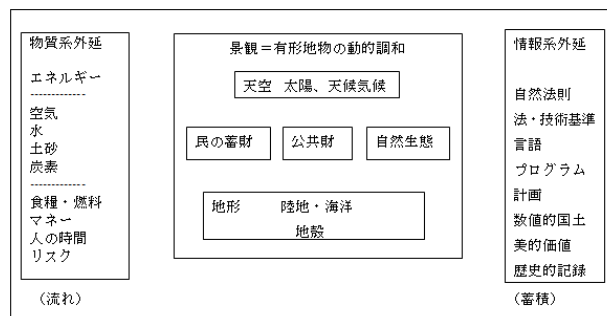


図2：景観シミュレーションの対象とその外延

[参考文献]

- (1)堀内正弘ほか(共著)「景観デザインにおけるシミュレーション・評価・プレゼンテーションの活用とその実際」工業技術会 1996.5
- (2)小林英之「まちづくり・コミュニケーション・システム 操作・運用マニュアル」(国土技術政策総合研究所 資料 No.134, 2003.9
- (3)小林英之「電子納品データ(SXF)と、5mメッシュ数値地図を用いた景観検討用データの生成」情報システム利用技術シンポジウム論文集 No.27(2004.12)
- (4)H. Kobayashi: "Monitoring CO₂ Emission in Indonesian Planned Housing Complexes and Designing Alternative Future Images", Technical Notes of NILIM No.440, 2008.3
- (5)小林英之「データ活用による景観シミュレーションの試み」土木研究センター：土木技術資料(2009.2)
- (6) URL <http://sim.nilim.go.jp>

*1 国土交通省国土技術政策総合研究所
高度情報化研究センター住宅情報システム研究官 工博