

データ活用による景観シミュレーションの試み

小林英之*

1. 景観シミュレーション

3次元データとして表現された地物を任意の視点から眺めることを、素朴な意味での景観シミュレーションとして理解するならば、多くのソフトウェア製品が現在では利用可能となっている。

近年、CAD^{*1}をベースとした電子納品や、地形を表現する高精度の数値地図、ステレオ衛星画像をはじめ、様々の形状に関するデジタルデータが容易・安価に入手可能になってきた。3次元データであれば適切な形式に変換することにより、また2次元データであれば紙図面に代わる下図として用いることにより、景観シミュレーションが容易かつローコストに実行できる条件が熟してきた。

コンピュータ内に地形や構造物を再現することは、設計計画、合意形成、建設工事、サービス提供、維持管理のあらゆる面でのサービス向上につながる。一度作成したデータを多角的に再利用できることが、その鍵となる。景観シミュレーションへのデータ活用の試みは、その試金石である。

2. 国土交通省版・景観シミュレータ開発経緯

バブル崩壊後の1993～96年度に建設省総合技

術開発プロジェクト「美しい景観の創造技術の開発」が実施された。景観シミュレータは、土木・建築・都市各分野共通のソフトとして土木研究所と建築研究所の共同で開発が着手され'96年からフリーウェアとしてWEB公開された、草分け的なシステムである。当初の理念は①マルチプラットフォーム、②オープンソース、③フリーウェア、④オブジェクト指向であり、開発にあたっては、ユーザーに触れる外観から作り始め、各種機能を次第に奥の方に作り込んでいく順序とした。

VRML^{*2}登場以前の、初期のデータ形式と、基本的な操作（ヒューマン・インターフェース）を現在まで全く変えておらず、Windows Vistaに対応した約46万ステップの最新版においても、15年前のデータとの互換を保っている。平成13年に、国総研に移管されてからの、ダウンロードサイト^{文末参照}のアクセス数は、34,000程度である。

2.1 プロトタイプ段階(Ver.1.00, 1995年公開)

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。

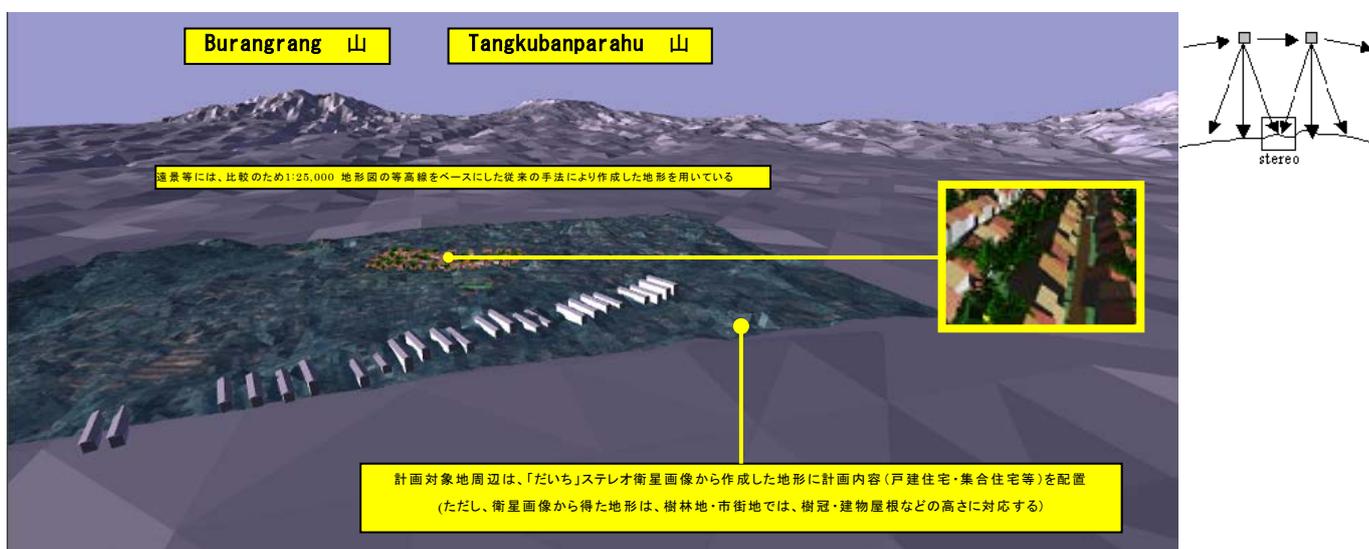


図-1 ステレオ衛星画像を活用したインドネシア・バンドン市のまちづくり検討データ（遠景）

「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⁾。

2.2 モデリング機能の構築(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えの地元説明、三陸国道で高規格道路の内部検討に使用した。韓国農漁村研究院との共同研究を開始した²⁾。

2.3 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・リークを解消し、形状の生成・削除を繰り返すモデリング作業の持続可能性を高め安定化させた³⁾。

2.4 データWEB配信(Ver.2.07,2001)

サーバーから三次元データを配信し、WEBブラウザと景観シミュレータを連携させて表示を行なえるようにした。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追加した。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。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⁴⁾。

2.5 分野毎に目的を特化した機能追加('98~'04)

ダムや国営公園等での応用に際して、影、高速表示、地形編集等の部分的機能拡張が行なわれた。分野により異なる現場ニーズに対応した枝分かれバージョンが生じた。

2.6 多言語版(2006)

日韓共同研究の中で試みた国際化を進展させ、

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ようにした。インドネシアでのまちづくりワークショップに投入した⁵⁾。言語依存部分を全て外部化したことにより、同じ実行形式を多言語で利用する方法により、デバッグや機能改善の結果を、プログラマによる再コンパイル等の作業なしに、直ちに各国語バージョンに反映させることができる。また、翻訳家によりテキスト・ファイルを新たな言語に関して用意することにより、同じ実行形式のままその言語で利用できるようになった。

現在、2.5と2.6のソースを整理し、共通の基本部分に、選択的な機能(dll)を選択的に追加できる多国語バージョンをとりまとめると共に、これまでのソフトウェア開発成果への機能拡充や、本システムの一部の部品としての利用を行なう開発者・プログラマのための解説書を執筆中である。

3. データ活用による景観シミュレーションの実例

景観法が成立した2004年にはSXF*⁶⁾形式による電子納品や、5mメッシュによる高精度数値地図が利用可能となった。2006年からは、ステレオ衛星画像が実用的な価格で利用可能になった。そこで、これらを例として、データ活用のための機能開発と、データ作成の事例を具体的に解説する。

3.1 高精度数値地図

景観シミュレータ開発に着手した'93年当時は、国土地理院において建設技術評価制度が行なわれ、ステレオ空中写真自動解析技術の検定のため、メッシュで標高を表現した指定形式での解析結果DEM*³⁾データの提出が条件とされた。この形式の地形データは、各社・各システムがコンバータを有していたことから、これをハブとする景観検討用コンバータを作成したことが出発点となった。その後、国土地理院から提供開始された50mメッシュ数値地図や、いくつかの景観検討現場での測量結果を利用するために、適宜拡充を行った。当時、「DEM」と称するデータには、それぞれ微妙な形式の違いが存在していた。

2003年度には、レーザー・スキャナーの測量結果に基づく、5mメッシュの数値地図が、大都市

圏を中心に提供開始されたため、福岡地域に関して未公開データの景観検討の応用可能性を試した。

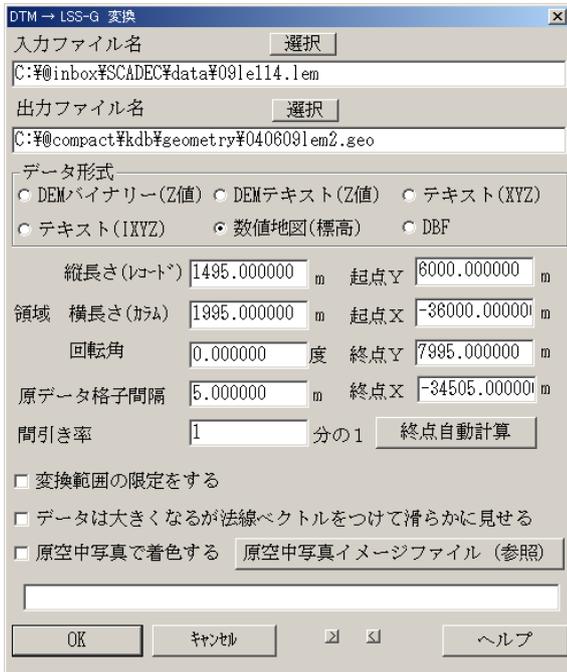


図-2 数値地図変換のパラメータ設定画面

5mメッシュの数値地図は、「.lem」の拡張子を持つ、従来の数値地図とは形式が異なるテキストデータで、一つのファイルが、東西2,000m、南北1,500mの領域（1:2,500基本図の範囲）に対応し、横400ドット分の標高値が1行で記述され、300行で一つのファイルとなっている。

標高値は、10倍された整数値となっている。水面等、標高が未定領域に関しては、-9999の数値が記入されている。各図郭ファイルに一つのインデックスファイルが添付され、測量年月日、四隅の緯度経度、国家座標系による範囲その他の諸元が記述されている。

これを三次元の地表面に変換するために、メッシュを構成する頂点座標から、地形の曲がり方向に応じて、凹凸が少なくなる向きにグリッドを斜め分割した三角形群を生成した。標高未定義のメッシュ点に関しては、標高ゼロとして処理した。

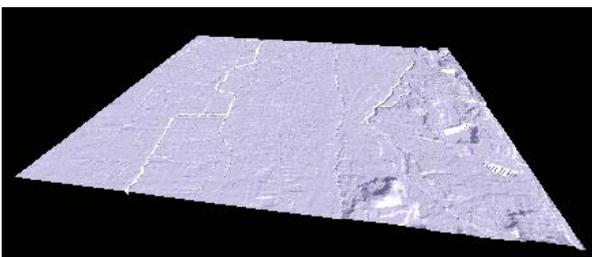


図-3 高精度数値地図の変換結果（福岡市）

3.2 SXF⁵

電子納品のデータ(SXF)は、JACICに設置された検討委員会でCALSS²の一環として検討が進められているものであり、SXF3.0まで進んでいるが、まだ基本的に二次元CADの形式であって、三次元の形式はまだ定められていない。

2004年に道路局の依頼で、利用可能性検討を行なった福岡西道路の場合、配置図(1:25,000)、平面図(1:500)、横断面図(1:100)、縦断面図(1:1,000)、交差点図(1:200)、その他各種詳細図の多数ファイル群から構成されていた。三次元形状を生成するために、断面図と中心線の軌跡を抽出し、これらから「掃引体」として路面の立体形を作成した。

3.2.1 基本的な変換方法

SXFは基本的にテキスト形式であり、各図面は複数のレイヤーを有する。これらを利用するために、景観シミュレータの新たな「外部関数」として、scadec2.exeを作成した。パラメータ指定部では、ユーザーがファイルを指定した段階でファイルの中に含まれているレイヤー名称を一覧表示し、必要部分のみ選択できるようにした。各ファイルにはオブジェクト毎に記述寸法の単位の定義（多くmm）が行われているため、出力する際には、図面上の図形ではなく、三次元空間に、高さゼロの平面図形を、原寸で生成した。

3.2.2 断面形

高架道路の橋梁部分は、断面形と中心線軌跡を求め、掃引することで三次元形状を生成できる。

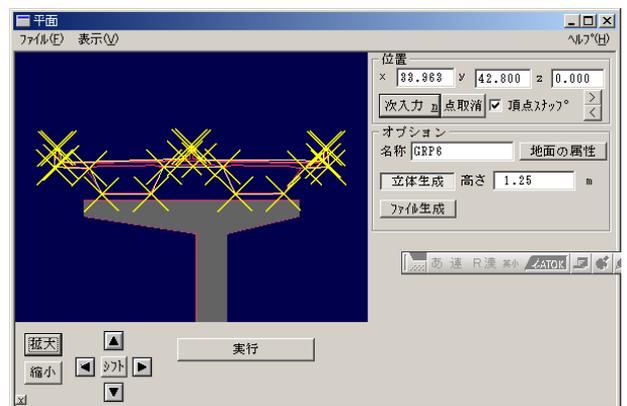


図-4 高架部断面の抽出

まず断面図には、橋梁部のように構造物の断面が描かれている部分と、橋脚部のように見え掛りが描かれている部分があるが、色や線種から識別

することができなかつたため、手動で抽出した。橋梁部などの断面に関しては、景観検討に必要な外形を頂点列として拾い出し、道路断面ファイルとして保存する(図-4)。

橋脚部に関しては、外形を抽出した上で、奥行(厚さ)を与えて直ちに三次元形状を生成し、配置するための部品として保存する(図-5)。

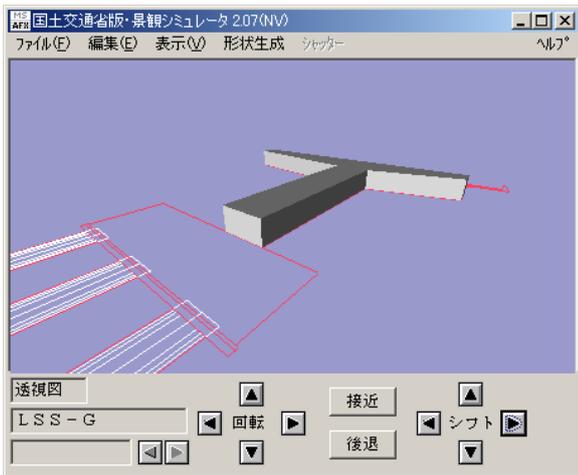


図-5 橋脚部に奥行きを与え立体化

紙図面から立体を起こす場合、スキャナ画像を原寸の長方形にテクスチャとして貼り込んだ図形を下図として概形を作り、書き込み寸法をオペレータが図面から読み取って、数値で手入力補正する。これと比較すると、同じ二次元図面からの手作業であってもCADデータから必要部分を拾う作業は、「頂点スナップ」機能により、頂点近傍をクリックするだけで正確な座標値を伴う図形を拾い出すことができ、感覚的には10倍以上の能率で作業を進めることができた。

3.2.3 中心線軌跡

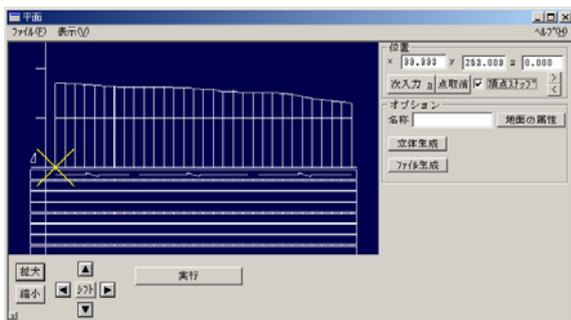


図-6 縦断(黄×印は手作業による原点の指定)

中心線高さは縦断図という特殊な形式の図面で記述されている。水平方向は原寸、高さ方向は10倍された縮尺で図中の座標値が与えられてい

る。路面に関しては、直線部(勾配一定の区間)は長い一つの線分として、また勾配の変化点付近は、1m単位の細分された線群で曲線が近似されている。そこで、中心線を記述するレイヤーだけを変換した線分群の接続関係を解析し、一つながりのポリライン(折れ線)に変換するような処理機能を作成した。縦断図は、区間全体をいくつかの図に分割して表現されているために、更に相互接続するために平行移動を行った上で合体し、全区間の軌跡を作成しファイルとして保存する。

縦断図は、全区間が複数の図面に分割されている。また、水平位置やカーブの形状は、平面図から拾う必要がある。このような作業の便宜のため、中心線軌跡(折れ線)の座標値群を、表計算ソフトなどで処理できるCSV形式で入出力できる機能も用意した。

3.2.4 道路の形状生成

以上の手順で作成した断面形を、中心線軌跡に沿って掃引して、橋梁部の立体形状を作成した(図-7)。具体的には外部関数としてVer.2.03の段階から提供している「掃引体1面」(sweep1.exe)に、断面形と中心線軌跡の二つのファイル名を引数として渡すことにより実行する。

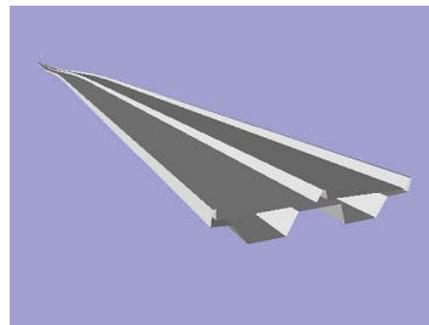


図-7 断面形と中心線軌跡から道路高架部の形状を掃引し生成

3.2.5 地形と構造物の合成

数値地図から作製した地形の上に、道路の橋梁部と、橋脚を配置し、点景を加えて景観画像とした(図-8,9)。全工程を操作手順書にまとめた。

今後SXFデータの活用の流れが形成されれば、レイヤー名、ファイル名の付け方等が慣習的に定まり、必要とする図郭の必要な図形部分を探す作業が自動化できよう。また、寸法線矢印や点字ブロック等に膨大な線分が使われデータを肥大化させているような点も改善されると期待したい。



図-8 地形+道路+点景(俯瞰)

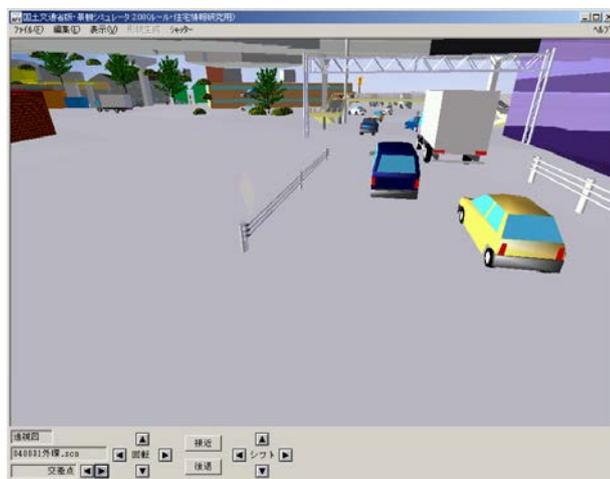


図-9 地形+道路+点景(地上の視点より)

3.3 ステレオ衛星画像

途上国における地球温暖化対策の可能性を検討するために、1999年からインドネシアをフィールドとして調査研究を進める中、2006年から、「だいち(ALOS)」衛星(PRISMセンサー)が利用可能となった。公開された地形図の精度が低く、空中写真の利用が軍事的理由等により制約されている地域での調査研究や計画策定のためには、衛星画像から得られた地形データは極めて有用である。

バンドン市及びチレボン市の既存の計画的に開発された団地(各5ha規模)を対象に、衛星画像を用いながら現況調査を行なった上で、代替的な将来像の設計検討を行った。その結果を三次元データとして表現し、建築・都市計画の専門家以外の地元代表、地方政府、学識経験者を招いたワークショップにおいてプレゼンテーションし、質疑応答を行ない、実現可能性等に関して討論を

行なう素材とした(図-1)。

とりわけ、海岸線など、海拔の基準となる要素が画像に含まれる場合に解析の精度を高くすることができるため、今後海面上昇の影響評価や対策の検討のために、ステレオ衛星画像解析が有効に活用される可能性がある。

4. 景観構成要素データベースの拡充

景観検討用に作成されたデータから、汎用性の高い要素を選択して、データベースに登録しておくことにより、以後の景観検討の際に、点景として、単体配置、リニア配置、エリア配置するための部品として利用できる。公開開始以後、乗り物、ストリート・ファニチャ、沿道のビル、マンション、団地を構成する戸建住宅、公園の遊具、様々な樹木、草花などを継続的に増補してきた。

図-8,9は、既存データから生成した地形と建造物の周囲に、電子納品データの中に含まれていた現況図(画像)などを参考にしながら、景観構成要素データベースに登録されている建物、駐車場、車両、ガードレール等を配置したものである。

5. 機能拡張の仕組み

5.1 パラメトリック部品(外部関数)

初期のVer.2.03の段階から、基本的な図形をパラメトリックな部品として生成する機能を用意した。基本部分と別の実行形式をユーザーが作成・追加登録できる機構により、その後も多くの部品が追加された。その中には、ファイルコンバータも含まれており、本稿で紹介したScadec2以前にも、例えばDXF、VRML^{*6}ファイルや、延焼シミュレーション形式からのコンバータを、ファイル名を引数とする外部関数として提供している。

ユーザーは、作業中の地物の中に新たに図形を追加作成したり、作成済みのパラメトリック部品のパラメータを変更する形で使用・操作する。

5.2 プラグイン(dll)

現在とりまとめ中の最新版においては、現在シーン中に存在する地形や建造物等を選択し加工する機能を追加できるようにするため、プラグインdllによる機能追加の方法を用意した。これにより、新たに追加する高度な編集機能を、枝分かれバージョンを形成することなく、本体とは独

立したdllとして開発・デバッグできるような環境が整った。プラグインの中においても、本体が保有する図形編集などの基本機能に係るライブラリ関数を使うことができる。この機構を用いて、枝分かれしたバージョンから、特定の分野に選択的に利用されるような機能を、実装例としてdllの形に分離した。道路法面生成、公園の園路生成、トンネル生成等の機能である。

6. 公共財としてのソフトウェア

最後に、民間の商用ソフトではなく、公的機関が開発するフリーウェアの意味について考察する。

(1)適切な既存ソフトが商品としてまだ存在しない時期の行政実務のためのソフト開発(90年代)
専従の職員ではなく、一般職員が、毎日ではなく説明会の直前等に使うような場合、単純でわかりやすい、変わらない操作環境が求められる。

(2)商用ソフト等が普及する段階(2000年～)
オープンソースとすることで、民業圧迫や、開発を受注した業者の技術独占を防止した。但し、この種の商用ソフトの最低性能水準を規定する間接的効果はあった可能性がある。研究開発のための基礎あるいは部品として、引き続き有用である。

(3)国際協力のプラットフォーム(1996年～)
ソースコード非公開の国産民間ソフトウェアをベースとした、公的資金による国際協力への展開はありえない。オープンソースの公的なソフトウェアが存在することにより、自由に翻訳・移植を行なうことができ、技術開発の国際的役割分担と成果の共有が可能となった³⁾。

(4)データ形式(1993年～)
時空・物・場所をデジタルに記述する公開データ形式が少なくとも1種類存在し、解説とサン

ル・データが公開され、改良可能なビューワ、モデラーが入手容易であることに意味がある。ある形式が唯一独占的である必要は全くない。新しい形式が出現・普及した場合、コンバータ等により互換を図ることは困難ではない。コンバータの作成のためには、緻密な仕様書よりも、仕様の各項目を示す豊富なサンプル・データが公開されている方が、作業を進めやすい。公開されない形式や、頻繁に変更される形式は、存在する意味がない。

三次元データ形式は自然言語に近い世界である。

おわりに

三次元地物データを編集・表示する基本システムを構築・デバッグし、更に機能拡張の仕組みを用意したことは、新たなデータ・ソースや処理ニーズに迅速・柔軟に対応することを可能とした。

文献

- 1) 小林英之：三次元CGによる土木建築施設のための景観検討システム—プロトタイプ版(Ver.1.0)—, 建築研究資料No.85, 1995
- 2) 小林英之：建設省版景観シミュレータ・操作自習の手引き(Ver.2.03), 建築研究資料No.92, 1997
- 3) 小林英之：成熟都市シミュレータVer.1.0+景観シミュレータVer.2.05実務マニュアル, 建築研究資料No.96, 2000
- 4) 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
- 5) H.Kobayashi: "Monitoring CO₂ Emission in Indonesian Planned Housing Complexes and Designing Alternative Future Images", 国土技術政策総合研究所資料, No.440, 2008

*

URL : <http://sim.nilim.go.jp> より、システム、操作マニュアル、ソースコード、適用実例ほか各種関連資料を公開しています。
平成13,14,15,19および20年度国土技術研究会にシミュレーションの実施例をポスター展示しました。

小林英之*



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・一級建築士
Dr. Hideyuki KOBAYASHI

本文中の略語：

- *1 CAD: Computer-Aided Design
- *2 CALS: Continuous Acquisition and Life-cycle Support
- *3 DEM: Digital Elevation Model
- *4 SCADEC: Standard CAD data Exchange format in japanese Construction field
- *5 SXF: Scadec*4 data eXchange Format
- *6 VRML: Virtual Reality Modeling Language