

# ビジュアルプログラミング環境における設計支援プラットフォームの構築

## -その2- 個別機能の開発

# Construction of Design Support Platform in Visual Programming Environment

## -Part 2- Development of individual functions

○三浦 大作\*<sup>1</sup>, 佐竹 浩芳\*<sup>1</sup>, 太田 望\*<sup>1</sup>, 矢川 明弘\*<sup>1</sup>, 牧 真太郎\*<sup>1</sup>, 天利 竹宏\*<sup>1</sup>  
Daisaku Miura\*<sup>1</sup>, Hiroyoshi Satake\*<sup>1</sup>, Nozomu Ohta\*<sup>1</sup>, Akihiro Yagawa\*<sup>1</sup>, Shintaro Maki\*<sup>1</sup>, Takehiro Amari\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 清水建設株式会社 設計本部 デジタルデザインセンター

Shimizu Corporation | Design division | Digital Design Center

キーワード：コンピュータショナルデザイン；アルゴリズムックデザイン；  
パラメトリックデザイン；シミュレーション；ビジュアルプログラミング。

Keywords: Computational design ; Algorithmic design ; Parametric design ; Simulation; Visual programming.

### 1. はじめに

Shimz DDE は設計初期段階の検討プラットフォームとして、計画・デザイン・環境・構造の複合的検討および最適解の探索を目的としている。(Figure 1)

本稿では Shimz DDE のツール群の中で法規制チェック (Volume ツール) 及び環境評価ツール (屋外気流ツール) の開発、及び、複合的活用の取組みを報告する。

### 2. 開発手法

#### 2.1. 開発方針

今回の開発では、短いサイクルで開発・改良を行うことで使い勝手の良いツール群を開発することを目指した。

開発サイクルはツール毎に概ね3か月、各ツール内の機能実装・改良は2週間程度を目標に工程管理を行った。

#### 2.2. 開発基盤ソフトウェア

Shimz DDE は市販ソフトウェア Rhinoceros® (以下3DCAD) とそのビジュアルプログラミング環境 Grasshopper® (以下VP環境) を開発基盤ソフトウェアとして選択した。多種のファイル形式とのデータ互換性、設計担当者がプログラミング言語を用いることなくカスタマイズ可能な操作環境、サードパーティー製の各種プラグインによる拡張性を評価した。

これは、この取組みが開発したツール群を組み合わせた複合的評価や最適形状の探索ツールの作成を設計者自身が行うことを目的としているためである。(Figure 2)

#### 2.3. 開発言語

開発はビジュアルプログラミング環境の各種アドオンを活用し、不足する機能はVP環境内のスクリプティング機能 (Python、VisualBasic、C#) やAPIを利用したアドオン開発も併用している。

また、市販の解析ソフトとのデータ連携開発により解析結果の精度確保や解析時間短縮も目指している。

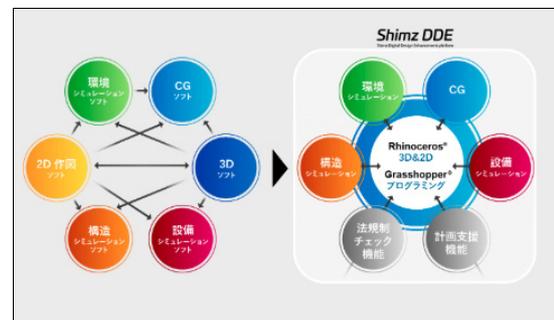


Figure 1. Concept of Shimz DDE

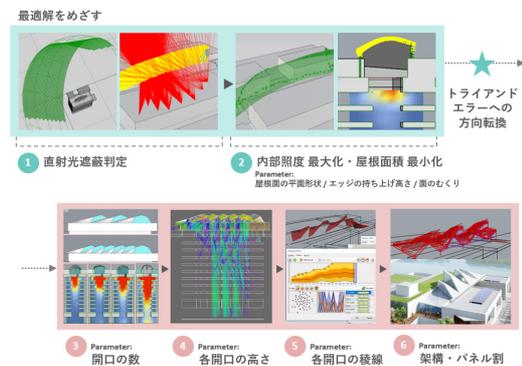


Figure 2. Optimization Case Study

### 3. 各ツールの開発状況

#### 3.1. Volume ツール

##### 3.1.1. 計算仕様とフェーズ設定

Volume ツールは建築基準法に基づく建築物各部分の高さ算定を行う。基準法各条文・付表で勾配・距離、規制時間等のパラメータは明示されているが、規制空間の立体形状生成や等時間日影図描画の手法が具体的に示されておらず、そのため立体形状生成・日影時間算定手法の作成と既存ソフトとの計算精度比較検証が必要となった。

以上を踏まえて今回の開発では、フェーズ1：計算手法の仮定と試作、フェーズ2：実用ソフト開発、フェーズ3：計画支援機能の拡大、の3段階で進めた。以下に各フェーズの詳細を示す。

### 3.1.2. フェーズ1：計算原理モデルの仮定と試作

フェーズ1の開発では道路/隣地/北側斜線及び高度斜線による斜線立体形状生成と計画建物の立体形状による時刻・等時間日影形状線の描画を目標とした。(Figure 3)

Volume ツールのプログラムは Figure 4 に示す通り、前述の“斜線検証機能”と“日影検証機能”、及び、両者に共通の“法的条件整理”で構成されている。

規制立体形状生成、及び、日影計算手法は市販法規制計算ソフト(ADS-Win)の開発元である生活産業研究所(株)に助言を頂き、斜線規制形状は道路・隣地等の規制毎の立体形状による切削により生成、等時間日影計算については、時刻毎の日射方向ベクトルとの交点でなく太陽軌道面と建物の交差図形から日影の開始・終了時刻の算定を行うものとした。(Figure 5)

フェーズ1の試作版と前述の市販ソフトで斜線・日影計算結果の比較を行い、斜線規制形状・時刻日影作図は同等の計算ピッチであればほぼ一致することが確認できたが、その場合の計算時間が対象ソフトの10倍以上となり、斜線・日影計算の妥当性確保だけでなく実用化に向けた計算の高速化を図る必要があること、また、実案件試行(5件)を通じて、表計算ソフトを用いた法規制条件等の入力操作が煩雑であること、及び、逆日影・天空率算定機能の追加も課題であることが分かった。

### 3.1.3. フェーズ2：実用ソフトの開発

上記課題に対して検討した結果、計算速度向上、逆日影・天空率計算機能はVP環境上での開発では困難であると判断し、生活産業研究所(株)からソルバプログラムの提供を受け、新規ツールとして開発を行った。(Figure 6)

これにより逆日影・天空率機能追加、計算速度向上、精度の保証に加え、敷地境界の辺数・高低差設定機能も強化され、実案件での適用範囲が拡大できた。

フェーズ2の完成時点から案件担当者に配布、活用を開始し、約半年間で30案件以上で活用された。

市販ソフトと同等の法規制計算機能に加え、基盤となる3DCADの表示・図形編集機能を活用することで説明資料の作成時間が半減できる効果を確認した。

### 3.1.4. フェーズ3：計画支援機能の拡大

VP環境でツール開発を行うメリットとして案件・目的に合わせたツールのカスタマイズを挙げたが、Volumeツールでは計画建築物形状の総当たり生成・選択ツールと組み合わせることで、“集団規定(斜線、天空率、日影、建蔽・容積率)の総合チェック”“逆天空率検討”“総合設計支援ツール”に機能を拡張し、最適案の探索に活用を拡大するための開発を進めている。(Figure 7)

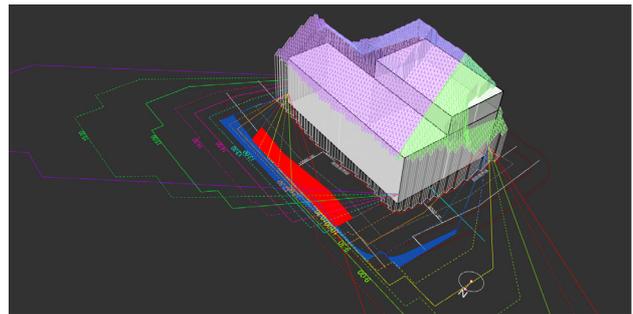


Figure 3. Result of Calculation

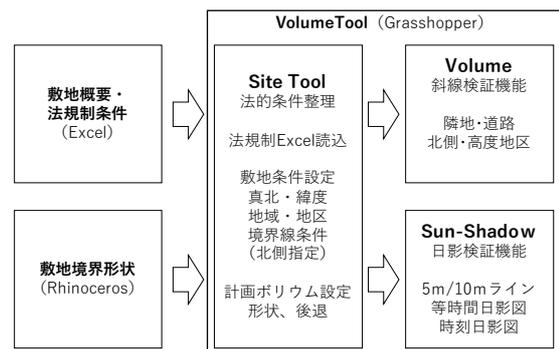


Figure 4. Block Diagram of Volume-tool (Phase.1)

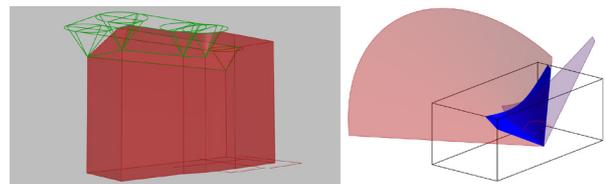


Figure 5. Examples of three-dimensional regulatory shapes

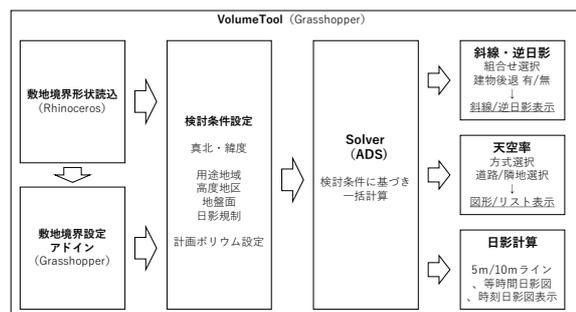


Figure 6. Block diagram of Volume-tool (Phase.2)

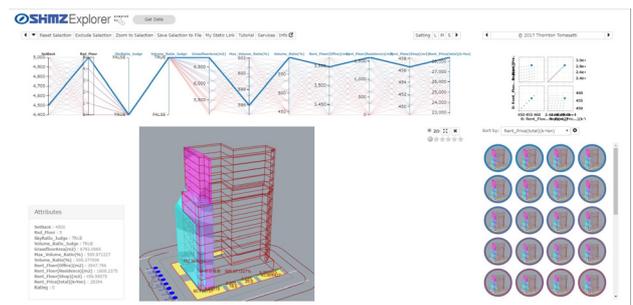


Figure 7. Optimization tool for Volume

## 3.2. 環境評価ツール

### 3.2.1. 全体概要

Figure8 に開発した代表的な環境評価ツールを示す。いずれも、解析専門家による設計後期の検証作業での利用を目指したものではなく、設計者自身による設計初期の計画案模索に利用するツールを目指して開発した。

そのためのシステム要件を、①設計者が簡便に解析モデルと解析条件を入力可能、②実用性を考慮した解析速度、③目的に対する解析精度の妥当性、と設定した。次項で屋外気流ツールを例にその性能について解説する。

### 3.2.2. 屋外気流ツールの開発

#### 3.2.2.1. ツール概要

屋外気流ツールは、自然換気計画の検討を目的としており、ボリュームスタディ段階から建屋周辺に流れる風を可視化することで、どこから風を取り込むのが効率的か、そもそも自然換気のポテンシャルを持つ敷地なのか、などを考察して計画への展開を可能にする。

Figure9 に屋外気流ツールのフロー図を示す。3DCAD のモデルと VP 環境上で設定する解析条件を CFD 解析ソフトに書き出す。解析後、VP 環境で結果を取得し可視化する。設計者は 3DCAD と VP 環境の操作のみで CFD 解析を行うことができる。

#### 3.2.2.2 解析領域と解析メッシュ分割の自動化

設計者が簡便に解析モデルと解析条件を入力可能（要件①）のように、解析領域と解析メッシュ分割の設定を規格化した (Figure10)。これらは解析結果に大きく影響し、CFD の専門的な経験が必要になるためである。解析領域はモデルの大きさと粗度区分から決定し、メッシュは解析対象を中心として入れ子状に領域を分け、段階的に粗くする。これを VP 環境でプログラミングして

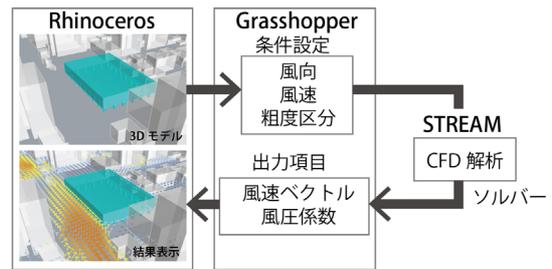


Figure 9. Diagram of Outdoor Wind Tool

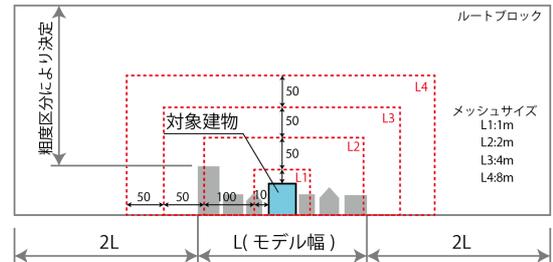


Figure 10. Calculation Area and Analysis Mesh Setting

自動化することで、設計者は風向風速、粗度区分のみを設定すればよく、誰でも適切な解析モデルを作成できる。

開発当初、設計へのフィードバックを考慮して、解析時間はデスクトップPC環境で1~2時間/ケースを目標とした。最小メッシュサイズを1mとし、前述したように解析メッシュを段階的に粗くすることで目標時間を達成し、実用性を考慮した解析速度（要件②）を確保できた。

#### 3.2.2.3 精度検証

目的に対する解析精度の妥当性（要件③）を検討するために精度検証を行った。(Figure 11) 詳細メッシュで解析した精解と本ツールの解析結果を比較したところ、風速の誤差は概ね±0.5m/s 以内に収まっており「設計初期に風の傾向をとらえる」という目的には十分な精度で

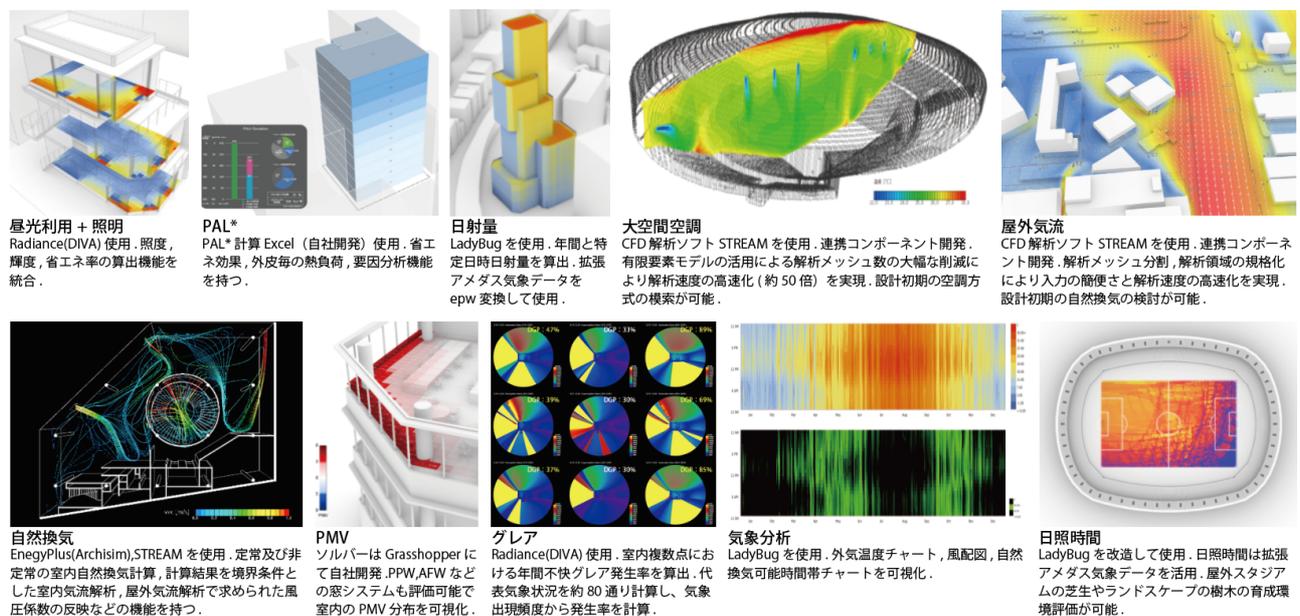


Figure 8. Shimz DDE Environmental Tools

あると判断した。一方、メッシュを粗くすることで、精解でみられる局所的なビル風のような風速が表れにくくなるため、風害のための風環境評価には適さないことをユーザーが認識して使用する必要がある。

### 3.2.2.4 自然換気ポテンシャルマップの作成

設計へのフィードバックを目的に、換気開口の配置計画のためのポテンシャルマップ作成機能を付加した (Figure 12)。本ツールは自動で 16 風向を解析し、結果の風圧係数を VP 環境に取得できる。取得した 16 風向の風圧係数に中間期の風向頻度分布を乗じて正負別に積算した値の分布を自然換気ポテンシャルマップとして表示する。正圧又は負圧が大きい部分に換気開口を配置することで中間期を通して安定した自然換気を行える。

## 4. 総合的な活用事例

前述の開発ツールを総合的な検討に活用した事例を紹介する。(Figure 13. 弊社 HP より抜粋<sup>1)</sup>)

この案件では Volume ツールによる斜線・天空率・日影検討、環境評価ツールによる屋外気流・PMV・昼光利用+照明シミュレーション、ワッフルスラブの構造最適化、及び、光環境と視線の最適化検討を行っている。

特に光環境と視線の最適化については環境評価ツールで提供している年間平均照度シミュレーションと設計担当者が独自に作成した可動ルーバー生成、視線評価の VP 環境プログラムを組み合わせ、案件独自の検討ツールとして建物の外観形成と室内空間の性能確保に活用することができた。(Figure 14. 同上<sup>1)</sup>)

## 5. まとめ

今回の設計初期段階の検討を目的としたツール開発では、従来の解析ソフトウェアと異なり、1 ケースごとの計算時間短縮が重要であることが分かった。これは従来のシミュレーションのような決定した案の性能確認ではなく、複数案からの選択・決定の為に用いるという目的、及び、元となる案がパラメトリックに多数存在するという検討条件によるものである。

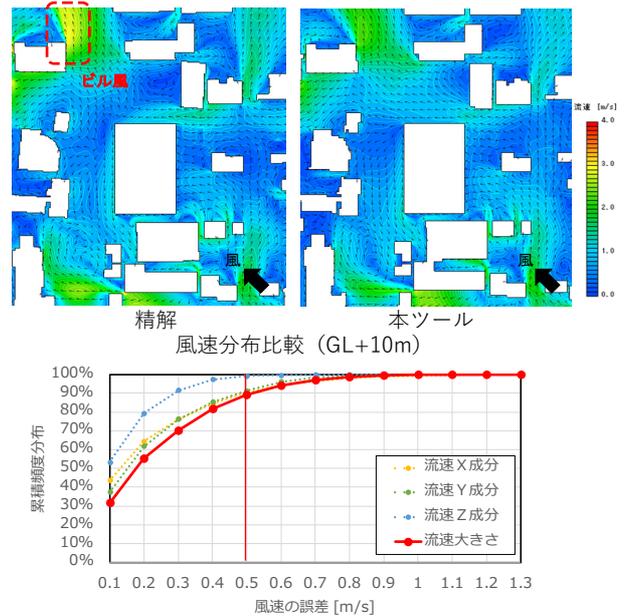
活用事例を通じて異なる分野のシミュレーションを複合評価する事のメリットが確認できたが、その一方で従来シミュレーションが活用されていなかった意匠・計画分野の評価手法の見解が不十分であり、他分野の検証と複合評価ができるものがまだ少ないこともわかった。

今後は意匠計画分野の定量的評価手法の調査研究とシミュレーション照合による評価手法の確立を目指したい。

**謝辞** 開発にご協力戴いた(株)アルゴリズムデザインラボ、生活産業研究所(株)、(株)ソフトウェアクレイドル他、各社の皆様にこの場を借りて御礼を申し上げます。

### [参考文献 等]

- 1) 清水建設 HP: シミズのコンピュータシミュレーション, 2019.9  
※RhinoCeros®, Grasshopper®は米国 McNeel 社の登録商標



解析条件：南東風、風速 3.0m/s (基準高さ 10m)、粗度区分Ⅲ (べき数 0.2)  
精解モデル：解析領域本ツールと同じ、領域全体を 1m メッシュ分割

Figure 11. Accuracy Verification

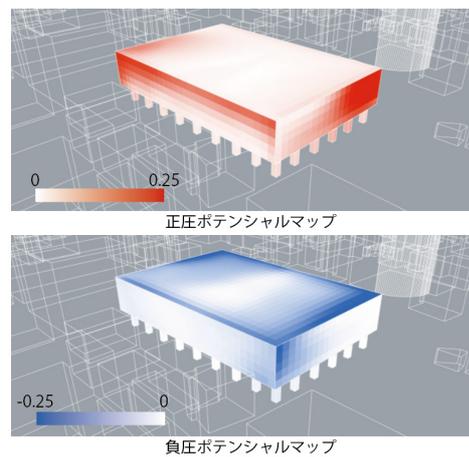


Figure 12. Natural Ventilation Potential Map



Figure 13. Case study

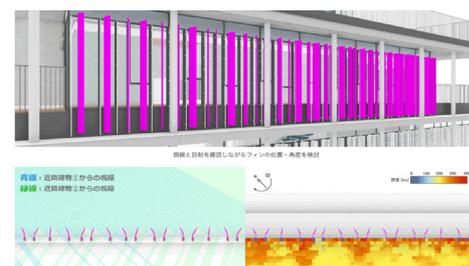


Figure 14. Visibility and brightness optimization