

## 3Dモデリングデータからの構造解析用データ作成システムの開発

仲 沢 武 志

### 概 要

建物の基本計画から意匠設計・構造設計および施工プロセスさらに維持管理までを一元化した情報で管理する手法がBIM(Building Information Modeling)として提唱され、普及しつつある。BIMで使用するツールの多くはベンダーから提供されているツールあるいはその組み合わせで用いられるのが現状であろう。この状況は、広範な検討対象を定型的に実施するには大変有効であると考えられるが、提供される環境からはずれた検討を実施するには、改良や相当な工夫が必要となることが予想される。また、BIMでは3次元データを扱うことが多く、データの作成自体も扱うソフトによっては必ずしも容易ではない。

そこで、比較的容易に操作性を習得できる3次元モデリングソフト(3Dモデリングソフト)から、種々の検討項目に対するデータを作成する方法が望まれる。ここでは、その1手段としてSketchUpでモデリングデータを作成し、構造設計あるいは構造解析用にデータを変換するシステムの内容について報告する。

### Development of a structural analysis data preparation system from 3D modeling data.

### Abstract

Building Information Modeling (BIM) is an approach to centralizing information management, incorporating basic planning, design, structural design, construction process and maintenance evaluation for buildings. BIM applications are provided by several vendors as convenient tools for standard design process. However, it is difficult to use these tools to design buildings using non-standard procedures. We develop the new system to provide data easily in the case of custom procedure.

In this report, a data translation system from 3 dimensional modeling data by sketchup to structural analysis data is presented.

キーワード: モデリングアプリ、構造解析、BIM、  
データ連携

## §1. はじめに

建物の基本計画から意匠設計・構造設計および施工プロセスさらに維持管理までを一元化した情報で管理する手段が BIM (Building Information Modeling) として提唱され、普及しつつある。BIM では、建物の形状などの情報を扱うデータはモデリングソフトや CAD を使って作成される 3 次元データを対象とするが、その際に 3 次元データで「何を検討するのか？」という点で様々な展開がされている。

検討対象の内、構造設計や構造解析に着目した場合、3 次元の形状データをそのままの形でソリッド要素である四面体や八面体の要素を使って FEM のような解析データに変換することも可能ではある。このように変換された解析データは都合が良いところもあるが、一般に設計では線材や面材のような部材解析による構造応答が重要となることが多い。したがって、部材解析を実施する場合には、3 次元モデリングデータを線材や面材に縮約させる必要が生じる。

しかしながら、この縮約を可能とするツールは、現状ほぼ皆無に等しく、構造一貫設計ツールでデータを作成し、CAD やモデリングツール用のデータに変換する手順が主流となっている。作成される 3 次元データ自体の汎用的な使用を考えると、CAD やモデリングツールでデータの作成を開始するのが効率的であると考えられる。

そこで、3 次元モデリングデータで作成したデータを線材や面材のような構造部材解析用データに変換するツールをここでは開発した。本文はその開発内容を示すものである。

なお、本文では、3 次元データ作成のモデリングツールとして SketchUp の使用を前提として、自社で開発したデータ変換ツールとの連携を示している。SketchUp を使用するの、他の CAD やモデリングソフトに比べて簡単に操作を実施できることを考慮したためである。加えて、SketchUp は DXF 形式のファイルもプラグインで扱えるため、その形状データは、他のモデリングアプリへも容易に読み込ませることができる。

## §2. BIM 構造解析用ツールの現状と課題

構造設計あるいは構造解析用の BIM ツール(以下構造 BIM ツールと記す)として提供されているデータの流れの一例を、ここで開発するシステムとともに図 1<sup>1)</sup>に示す。この図には、3D データを扱うアプリとして Revit を中心とした状況を示してある。図 1 の大枠右側 B) の部分はデータ連携の現状であり、大枠左側 A) には本システムを示している。なお、前提から、ここでは構造に関連した部分を記述している。

大枠 B) におけるデータの流れは、大きく 2 種類の系統が

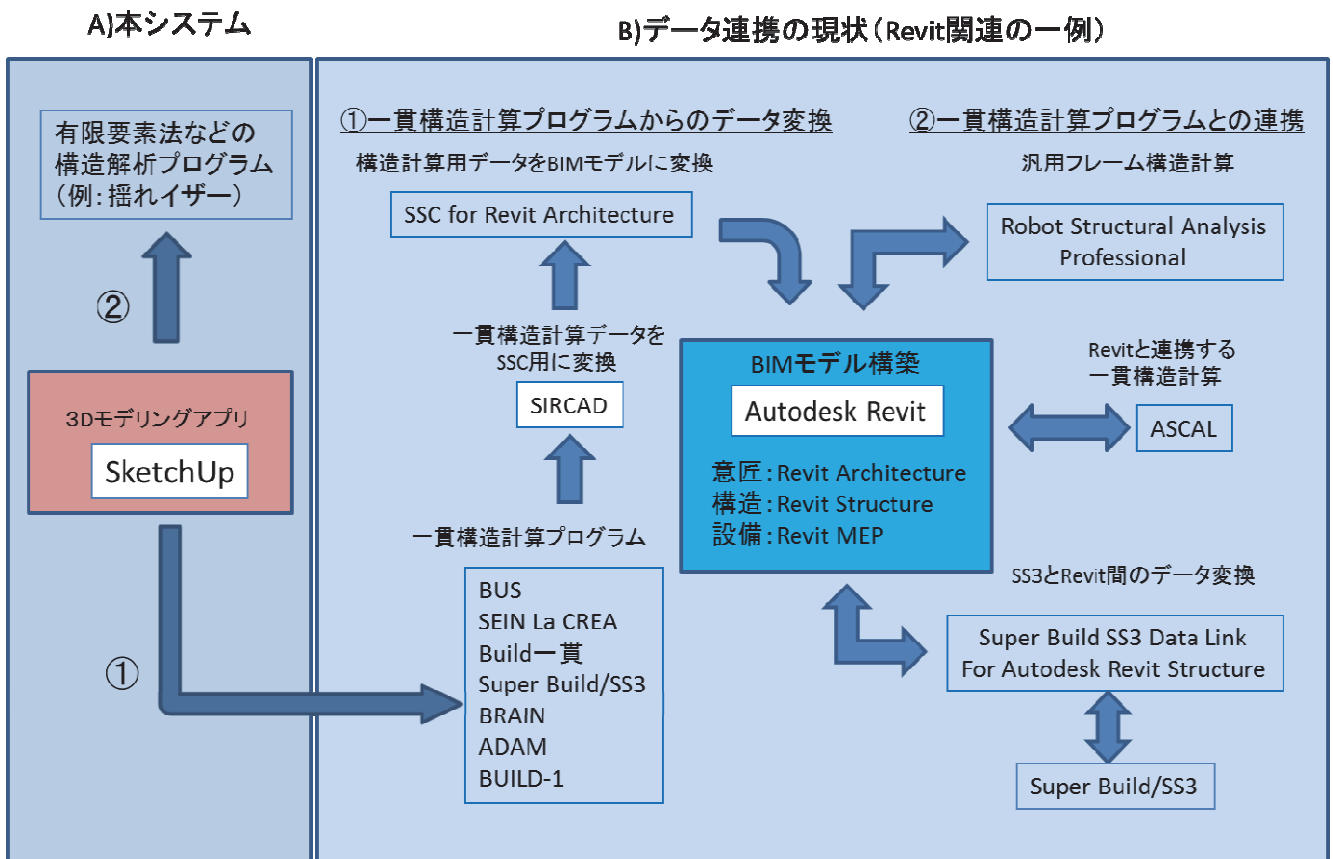


図 1 データ連携の現状<sup>1)</sup>と課題

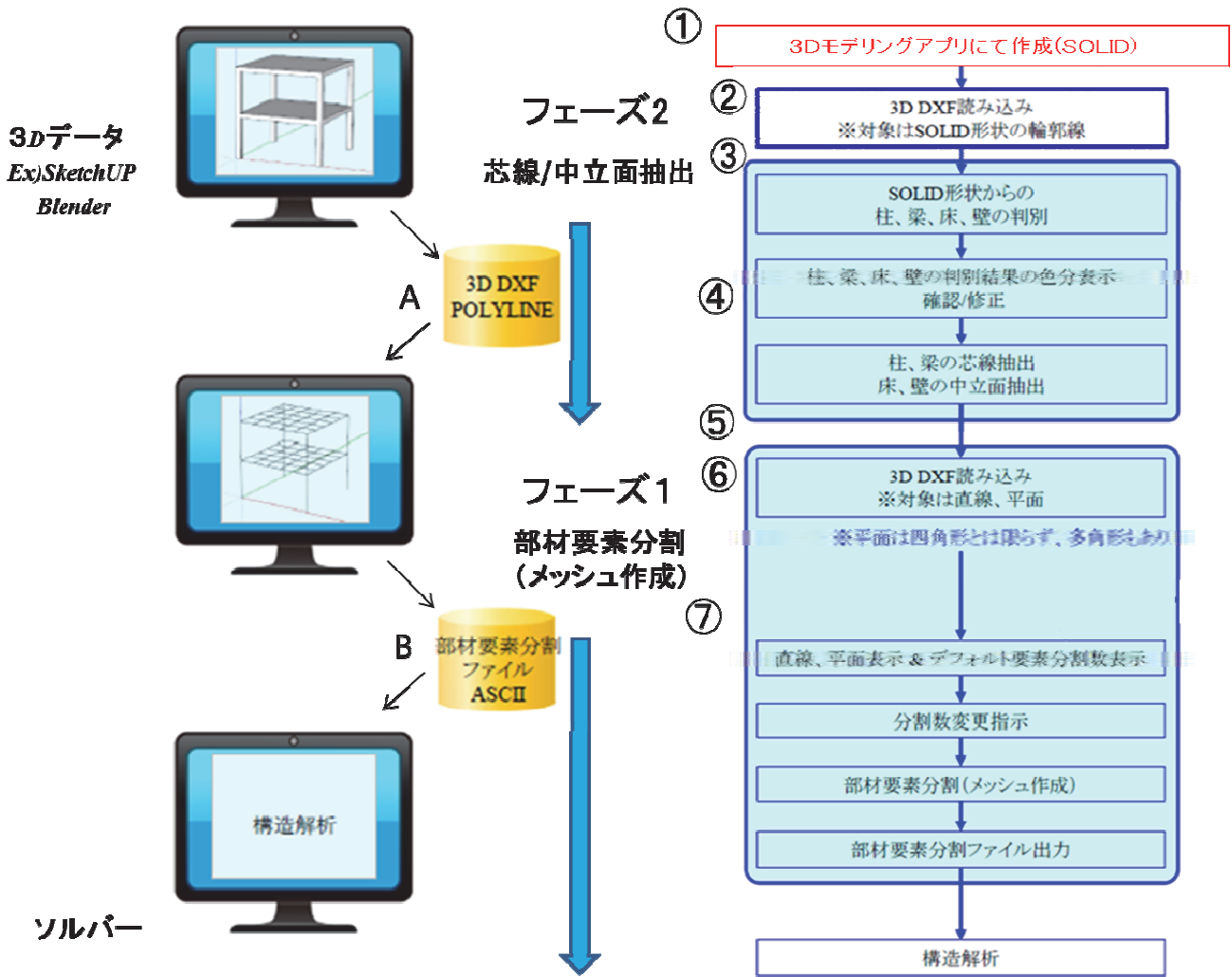


図2 開発システムの構成

ある。左側 B)①部分は、一貫構造計算プログラムからデータを作成し、これを Revit に読み込ませるための手順である。そこでは、一貫構造計算プログラムで作成されたデータを多彩なデータ形式に対応できる機能を装備している SIRCAD に読み込ませ、SIRCAD の機能によって Revit 用データに変換する手続きが実施される。これに対して、大枠右側 B)②部分のデータの流れは、構造計算プログラムと Revit の間でのデータ連携を示している。これらは、各構造計算プログラム専用の変換機能でデータを相互で共有するシステムが形成されている。このため、各構造計算プログラム間でデータ連携が可能というわけではない。

このように、構造 BIM におけるデータの流れは、各ベンダーが各々で使用者に作業環境を提供しているのが現状である。これは定型的な検討を実施するには有効であるが、独自性あるいは特殊な検討に対して直ちに対応することは困難であることは容易に想像がつく。

ここでは Revit を例としてデータの流れを記述した。この

他にも ArchiCAD や GLOOBE に関するデータ連携も文献 1) には示されているが、状況に大きな違いはない。

このように、現状提供されているシステムは、構造設計を実施するためのデータを先に作成して、BIM 汎用データに変換する手順が主流となっている。

しかしながら、建物の検討は、一般に用途を考慮した上で形状から検討を進めるのが通常の手順と考えられる。その形状データを川上データとして、一度作成したデータを汎用的に使用するのが効率的であることを考えると、構造データから作成するのではなく、形状データから作成して様々な用途に対応するように変換する手順が最も自然で、有効な作業と考えられる。本システムはこの点を考慮し、操作性も容易な形に展開したものであり、図 1 の大枠 A) に示すような流れのシステムを構築している。

なお、本システムのデータの流れは、適切なデータ形式に整えることで、現状の一貫構造設計ツールとの連携 A)①

部分だけでなく、A)②部分のように有限要素法などの構造解析プログラムへも適用可能であって、データをより広範囲で効率的に使用することが可能となる。

### § 3. 開発したデータ変換システムの概要

ここで開発したシステムの概要を図 2 に示す。同図に示したように、本システムはフェーズ 1 とフェーズ 2 とで構成される。フェーズ 1 は線材や面材に落とし込んだ DXF から非構造格子型データ（有限要素メッシュ）を作成するフェーズである。SketchUp で線材や面材によって構成される描画データを作成し DXF でエクスポートする。これをフェーズ 1 に入力することで解析データを作成することも可能である。しかしながら、一般に SketchUp のようなモデリングソフトで作成されるデータは、実体に近い形の 3 次元立体データとなることが多い。このようなときは、この実体に近い 3 次元立体データを線材や面材に変換する作業が発生する。この役割を担うのがフェーズ 2 である。

すなわち、通常の作業の流れは、図 2 を参照しつつ、

- ① SketchUp によって実体に近い 3 次元データを作成する。
  - ② 作成されたデータを SketchUp のプラグインを使って DXF 形式エクスポートする。
  - ③ フェーズ 2 アプリに上記の DXF ファイルを入力する。
  - ④ フェーズ 2 の機能で実体的 3 次元データを線材や面材に縮約する。
  - ⑤ 縮約されたデータを DXF 形式で出力する。（出力機能は標準装備）
  - ⑥ 上で出力されたデータをフェーズ 1 アプリに入力する。
  - ⑦ フェーズ 1 の機能で、非構造格子型データを作成する。
- という手順で実施する。

### § 4. 適用例

ここでは、開発したシステムの流れを説明するために、例題を通して具体的な作業手順を示す。例題は小規模な建物としているが、手順としては一般性を持っている。

また、作成されたデータは、建物の環境性能を検討できるツールである「揺れイザ」<sup>3)</sup>などに入力することで、その活用性を示すことができる。

#### 4.1 SketchUp によるデータ作成

SketchUp の操作に関する詳細は他書に譲る<sup>2)</sup>こととし、

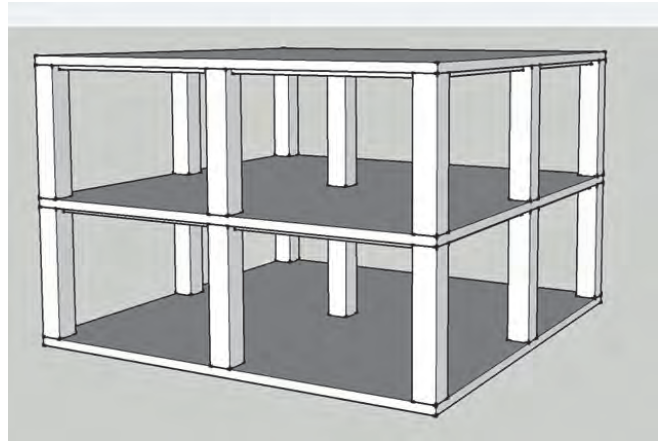


図 3 SketchUp データ

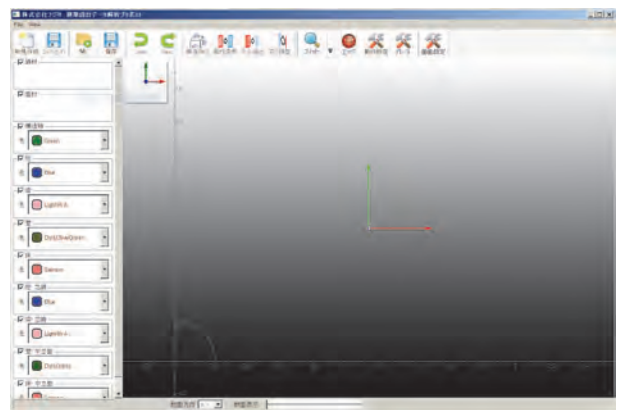


図 4 フェーズ 2 初期画面

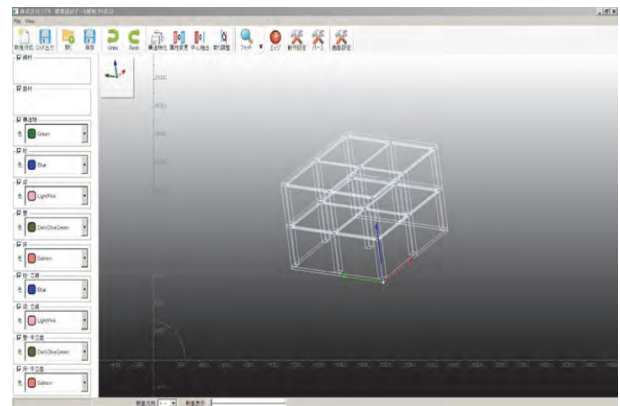


図 5 フェーズ 2 へのデータ入力

本システムの作業手順を図 2 に関連させながら示す。まず、図 3 のような実体的立体モデルデータを SketchUp で作成する(図 2①)。作成されたデータは SketchUp 標準のデータ形式ではなく、DXF ファイルでエクスポートする(図 2② および A)。DXF ファイルを用いるのは、以降の作業において、加工しやすいデータ形式であることが理由である。

#### 4.2 フェーズ 2 による形状データの縮約

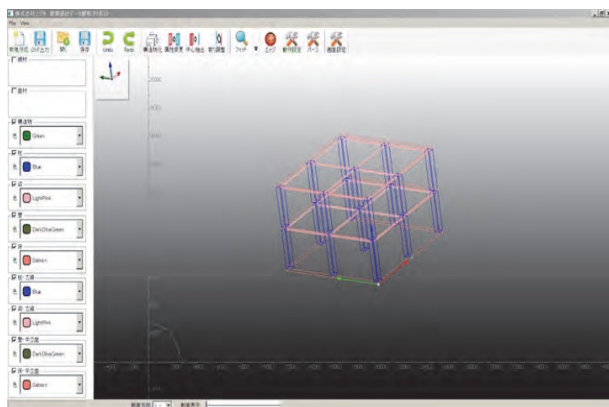


図 6 部材としての閉区間の区分け

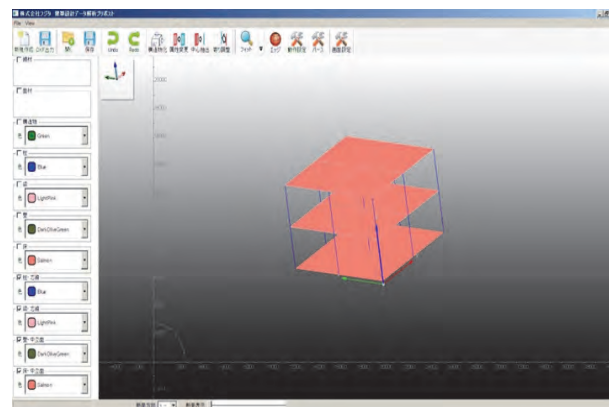


図 9 線材・面材の表示

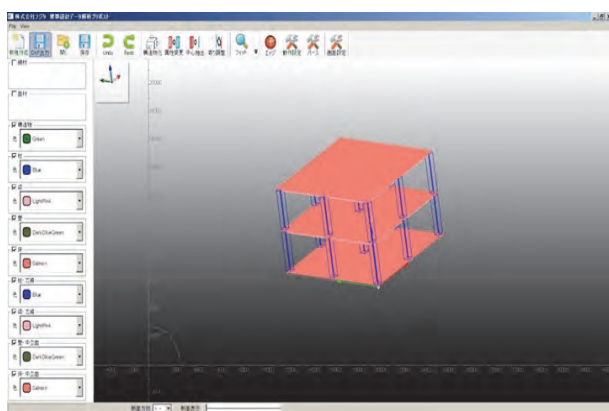


図 7 線材・面材への縮約

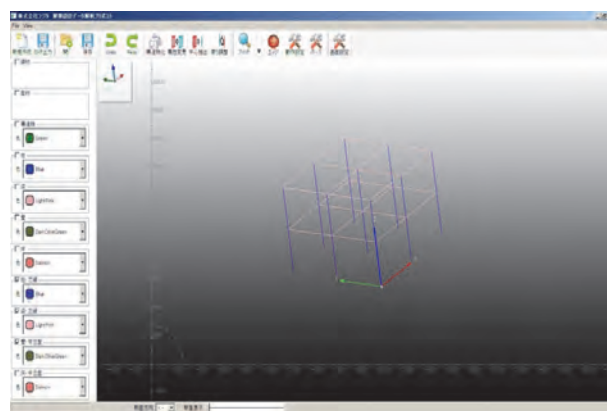


図 10 線材のみの表示

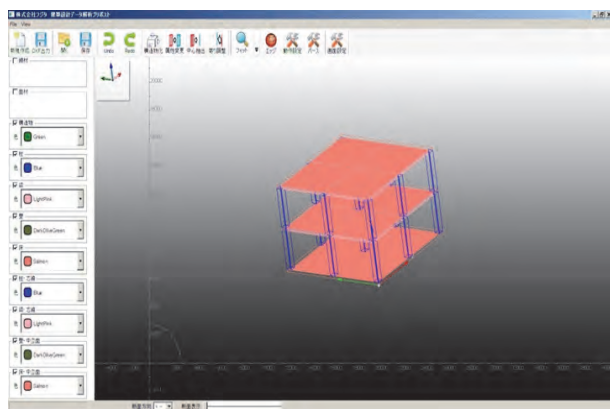


図 8 寄りの調整

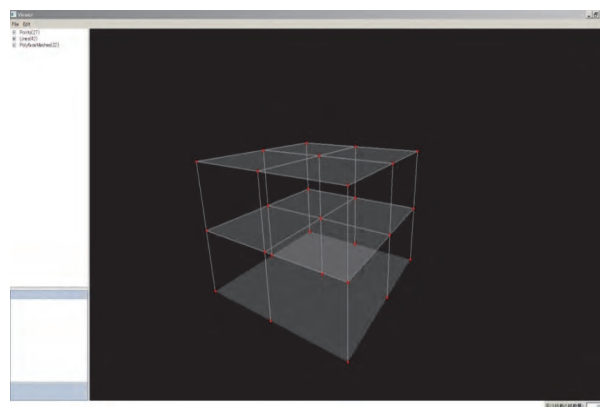


図 11 フェーズ 2 のデータ入力

図 3 の SketchUp データをフェーズ 2 に入力する。図 4 はフェーズ 2 の初期画面である。ここに、SketchUp で作成された DXF データを読み込ませる(図 2③)。読み込ませた様子が図 5 である。以下の記述は図 2 の④で実施される処理である。この段階で描画されているのは単に線の集合体である。これらの線の集合体を構造部材として認識させる。認識は、各閉区間の縦横比などでルール化している。各閉区間を部材として認識させた結果を図 6 に示す。ここまで

で、SketchUp でのデータを部材として認識させた状態で再現したこととなる。次に、この状態で各閉区間を線材・面材に縮約させる。その結果を図 7 に示す。これで、構造部材としての形状を作成できたこととなるが、このままでは、各部材端部に食い違いが生じていて、解析モデルとしては一般に不都合が生じる。そこで部材の端部を揃える意味として寄りの処理を施す。図では明確には確認できないが、この様子を示したものが図 8 である。作成された線材と面材の

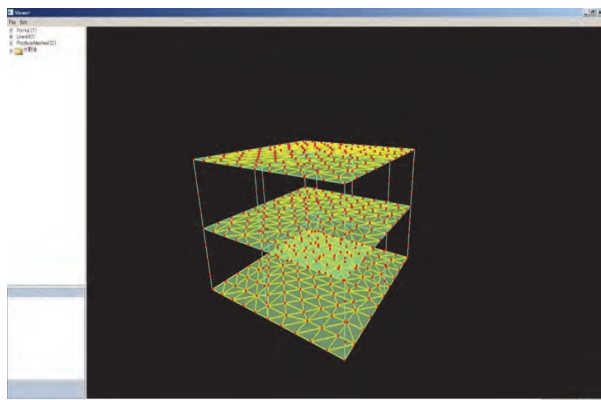


図 12 非構造格子型データの作成

みを表示したものが図 9 である。なお、参考のために線材のみ表示した状態を図 10 に示す。以上で、実体的立体モデルデータが線材および面材に縮約され、構造部材解析のデータとして使用できる状態になる。図 9 の状態のデータを DXF 出力してフェーズ 1 に渡すことで非構造格子型データを作成する(図 2⑤および B)。

#### 4.3 フェーズ 1 による非構造格子型データの作成

フェーズ 2 で作成されたデータをフェーズ 1 に読み込ませたものが図 11 である(図 2⑥)。これより、図 2 の⑦の処理から、図 12 のような非構造格子型データがボタンクリックで作成され、構造解析データとして使用可能となる。

## §5. おわりに

CAD や 3 次元のモデリングソフトで実体的な立体データを作成し、建物の情報を一元化して管理する手法である BIM に関する 1 ツールとして本システムを開発した。このシステムは、構造設計や構造解析の入力データを作成するために、3D データを部材メッシュへ変換することを機能としている。通常、各ベンダーが提供している個々の計算ソフトにはそれぞれ固有のデータ作成機能が搭載されているが、それらは一般に各ソフトに特化したものとなっている。これに対して、本システムは、提供される設計計算ツールや解析ソルバーのデータ形式が明確であれば、広範囲に適用が可能であって、汎用的なデータ作成ツールとして使える可能性を持っている。しかしながら、システムのプロセスから理解できる様に、データの縮約操作が入るため本システムを通したデータは不可逆的なものとなり、CAD やモデリングのアプリに戻すことはできないということが仕様となっている。それでも前提としている SketchUp の 3 次元描画の操作が容易であることを考えると、優位性が発揮される場面は大いにあり得ると考えられる。

## 参考文献

- 1) 建設総合ポータルサイト、けんせつ Plaza: BIM モデルを有効活用する解析・シミュレーションソフトガイド、インターネットホームページ  
(<http://www.kensetsu-plaza.com/kiiji/post/551>)
- 2) 例えば、山梨知彦: GoogleSketchUp、スーパーテクニク、日本実業出版社。
- 3) 仲沢武志他: 有限要素法による床振動解析システム「揺れイザーⅢ」の開発、フジタ技術研究報告第 50 号、2014

## ひとこと



仲沢 武志

BIM を前提に多くのツールがベンダーから提供されている。各ツールを閉じた形で使用することは、それはそれで大変便利な環境で作業できるが、少し離れた形でデータを作成するツールも、解析の方向性によっては必要である。今後、その展開を試みる。