

SketchUp と Jw_cad を用いた建築模型製作支援方法

川 窪 広 明

要 旨

本研究は、学生が苦手とする建築模型のパーツ設計支援に対し、学生が使いこなせる 2 次元 CAD と 3 次元 CAD を利用するというアイデアに基づいたものである。建築模型のパーツ作成に、まず 2 次元 CAD の Jw_cad によって平面図と立面図を作成し、そのデータを 3 次元 CAD の SketchUp に読み込む。続いて、立面図について平面上の一軸と縦軸の 2 軸に加え、平面上のもう一軸上に前後関係を考慮して各パーツを配置した加軸立面図を作成する。そしてスチレンボードの厚さを加えた 3 次元モデルとして、組み立てシミュレーションとパーツの加工方法を Sketchup 上で行う。最後に SketchUp の表示を平行投影とし、東西南北の各立面と平面について作成した 2 次元 dxf ファイルを Jw_cad に読み込んで印刷し、スチレンボードに弱接着の接着剤で貼ってカッターでパーツを切断する。本研究において、これらのステップによって正確な建築模型パーツを作成できることがわかった。特に SketchUp による組み立てシミュレーションの段階でパーツの問題箇所を視覚的に確認、修正することができるため、建築模型作成の効率化にも有効である。

キーワード：スケッチアップ、建築模型、平行投影、CAD

1. はじめに

建築の設計者にとって、建築模型は顧客に対する作品のプレゼンテーションのみならず、設計段階におけるデザインスタディにおいて非常に有効なツールである。建物の外観を表現する立面図は、建物を東西南北各方位より眺めた図面であり、大学の設計教育でも課題として必ずその製図が求められる。しかし、建物の2面が見える位置、例えば南東から眺めたときの「見え方」を2次元に描かれた南立面図と東立面図により把握するのは、設計経験の浅い学生にとって難しい作業である。それに対し3次元の立体である建築模型は、任意の位置から「見え方」を視覚的に把握できるため、スタディ模型と呼ばれる簡易な模型を用いたデザインスタディにより、効率的に設計を進めることができる。また魅力的なプレゼンテーション用の建築模型は、設計教育の授業課題にあっても見る側に「作品が持つストーリー」を起草させる。残念ながら、本学の建築コースで約20年間製図教育を担当してきた筆者の経験では、設計段階でスタディ模型を使ってデザインスタディを行う学生は非常に少ない。プレゼンテーション用の模型についても、立面図と模型が異なるという根本的な矛盾に気づかずに提出されたものが多く見受けられる。このように学生がスタディ模型を使用しない、あるいは模型製作を苦手とする理由として、「模型のパーツの作り方がわからない」、「模型組み立ての手順が難しい」というものが多い。

一方、近年では3次元CADが普及し、簡単な操作によりパソコンで建物のパースペクティブ画像、いわゆるパースを作成できるようになった。本学でもCAD演習の授業で3次元CADの教育を行っており、半期の教育で使いこなせるようになる学生が多い。また模型製作は苦手だが、3次元CADは使っていて楽しいと語る学生も多く、その理由として「カッターナイフでパーツを切り抜き、接着剤を使って組み立てる必要がない」、「模型製作と異なり、失敗してもすぐに修正できる」を挙げている。

しかし3次元CADは、あくまでディスプレイ上、すなわち2次元平面上に『視覚的に立体的に見える』疑似3次元画像を映し出すものである。建築模型の空間認知に対する有効性について、岸らは視覚障がい者の空間認知教材として建築模型を利用することで、空間認知を促す学習効果や立体的なメンタルマップの形成の促進補助効果を報告している¹⁾。このような効果は晴眼者にも期待できるものであり、建築模型は視覚に触覚を加えたデザインスタディが可能であることを意味する。視覚による空間認知については、3次元の立体である建築模型の方が、疑似3次元の画像として表示される3次元CADより優れていることは言うまでもない。また触覚による空間認知は3次元CADでは不可能である。

本研究は、「学生が使いこなせる2次元CADと3次元CADを苦手とする建築模

型のパーツ設計支援に利用する」というアイデアに基づくものである。このような研究としては、小室のプロジェクトマップ用大型建築模型のパーツ製作図作成に関するもの²⁾、土肥らによる間取り設計から建築模型製作までを一連の作業で行うことができるシステムに関するもの³⁾がある。小室の研究は、2次元CADで模型材料である発泡スチロールの厚みを考慮した立面図を作図し、パーツの図面とするものであり、実際の立面図をそのままパーツ製作に使用するものではない。また土肥らの研究は、建築模型のパーツを自動生成するシステム開発に関するもので、2010年の報告ではシステム開発途上のことであるが、以後の成果は報告されていない。本研究では、2次元CADで作成した平面図と立面図のデータを3次元CADに読み込んで、スチレンボードを用いた縮尺1/200の建築模型のパーツを設計するとともに、パーツのチェックと組み立てシミュレーションにより建築模型製作を支援する方法を検討する。

2. CAD ソフトウェアの準備

本研究で使用する2次元CADソフトウェアは、本学の基礎CAD演習とCAD演習Iで使用しているJw_cad、3次元CADソフトウェアは、CAD演習IIとCAD演習IIIで使用しているSketchUpである。

2-1 2次元CAD

2次元CADのJw_cadはフリーソフトで、作者のホームページからダウンロードできる^{注1)}。2019年12月時点でバージョン8.10bと7.11が公開されているが、本研究では7.11を使用した。また製図データをSketchUpに引き渡す外部変形プラグインとして、RSjww.batを使用した。このプラグインもフリーソフトとして、作者のホームページからダウンロードできる^{注2)}。2019年12月時点では、RSJww_2018-04-08.zipが公開されている。zipファイルを解凍した後、Jw_cadがインストールされているフォルダ、C:\JwwにRSjww.batをコピーする。

2-2 3次元CAD

3次元CADのSketchUpは、SketchUp2017 make (Windows 64bit版)を使用した。SketchUpには、作品を商用利用可能な有料のPro版があるが、makeはフリー

注1) <http://www.jwcad.net/download.htm>

注2) <http://hinoado.com/JS/index.php?Jww/> 外部変形/RSJww

ソフトとして Trimble 社のホームページからダウンロードできる^{注3)}。またプラグインとして、RSJww.rb と Make Faces.rb を使用した。RSJww.rb は、Jw_cad から出力したデータを読み込むプラグインで、Jw_cad のプラグインとしてダウンロードした RSJww_2018-04-08.zip に含まれている。また Make Faces.rb は面を作成するプラグインで、smustard.com のホームページからダウンロードできる^{注4)}。これらのプラグインは、SketchUp のプラグインフォルダ^{注5)}にコピーする。

2-3 SketchUp の設定

①ショートカットキー

SketchUp デフォルトのショートカットキーの他、表 1 に示す本手法において使用頻度の高いコマンドについてショートカットキーを設定する。設定は、メニューバーのウィンドウ→環境設定→ショートカットで表示されるショートカットキーのウィンドウで行う (図 1)。

なお、SketchUp では、コンテキストメニュー (図形を指示して右クリックした場合に表示されるメニュー) にあるコマンドは、そのコマンドを使用する図形が描かれていないとショートカットを設定できない。したがって表 1 の 6、7 のコマンドは下記のように図形を描いた上で設定する。

- 1) 任意の長方形を描く
- 2) 面を選択
- 3) ショートカット指定画面を表示
- 4) 「編集(E)/アイテム/選択/境界エッジ」に Ctrl + E と入力し + ボタンをクリック
- 5) OK ボタンをクリック
- 6) 面の選択状態で、グループ化
- 7) ショートカット指定画面を表示
- 8) 「編集(E)/アイテム/分解」に Shift + Ctrl + G を入力し、+ ボタンをクリック
- 9) OK ボタンをクリック

注 3) <https://www.SketchUp.com/download/all> (Trimble 社のユーザー登録 (無料) が必要である。)

注 4) <http://www.smustard.com/script/MakeFaces>

注 5) SketchUp2017 make のプラグインフォルダは、C:\ユーザー\ユーザー名\AppData\Roaming\SketchUp\SketchUp 2017\SketchUp\Plugins である。ただし、AppData は隠しフォルダとなっているため、Windows を隠しフォルダを表示する設定に変更する必要がある。

表1 ショートカットの設定

	コマンド	ショートカット
1	ツール(T)/Make Faces	Ctrl + F
2	ツール(T)/軸	X
3	ツール(T)/選択	Space
4	表示(V)/軸をリセット(ワールド)	Alt + X
5	編集(E)/グループを作成	Ctrl + G
6	編集(E)/アイテム/選択/境界エッジ	Ctrl + E
7	編集(E)/アイテム/分解	Shift + Ctrl + G



図1 SketchUpのショートカットキー設定ウインド

②描画

「線描画を続ける」のチェックを外す。

③メニューバーの設定

本研究では、建築模型のパーツをレイヤ分けして作成する。SketchUpには、2種類のレイヤウインドがある。トレイのレイヤウインドはデフォルト画面上に表示されているが、パーツのレイヤ移動に必要なツールバーのレイヤウインドは表示されないため、下記のように表示する。

- 1) ツールバーの表示→ツールバーをクリック
- 2) ツールバーウインドのレイヤにチェックを入れる
- 3) 閉じるボタンをクリック

④軸の定義

SketchUpには、赤、緑、青の3本の空間軸がある。赤軸と緑軸で構成される面を地面、青軸を高さ方向の軸とする。

3. 模型組み立てのルール

3-1 縮尺と模型の作り込み

建築図面では、縮尺に応じた図面表現を行う。例えば、平面図における引き違い窓の表現は、縮尺1/50、1/100、1/200と縮尺が小さくなる（分母が大きくなる）に従い、図2のように簡略化して表記される。建築模型に関しても同様に、幅2,000 mm、高さ1,000 mmの引き違い窓の場合、一般の戸建て住宅模型に使われる縮尺1/50では、実寸は幅40 mm、高さ20 mmとなるため窓枠やガラスフレームまで作り込む。一方、小規模のオフィスビルなどの模型に使われる縮尺1/200では、幅10 mm、高さ5 mmとなるため、壁に空けた長方形の穴の裏側に貼ったボードの中心に0.5 mmのラインテープを貼り「引き違い窓らしさ」を表現する。

3-2 角の定義と模型作成における角の処理

複数の面が接合する角を6種類に定義し、スチレンボードによる模型の製作において下記のように処理する。

- ①出隅……厚さ1 mmのスチレンボードの場合、片方の端部1 mmを紙1枚を残してスチレンを取り除き、L字となった部分に他方を接着する（図3-①a）。厚さ2 mm以上スチレンボードの場合、両方の端部をスチレンボードの厚みの幅で45度に斜めカットし接着する（図3-①b）
- ②入り隅……片方のスチレンボードの断面を直接他方の端部に直接接着（トン付け）する（図3-②）
- ③T字……乗り越す面に他方のスチレンボードの断面をトン付けする（図3-③）
- ④一部出隅……T字として処理する（図3-④）

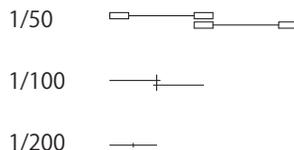


図2 平面図における引き違い窓の表現

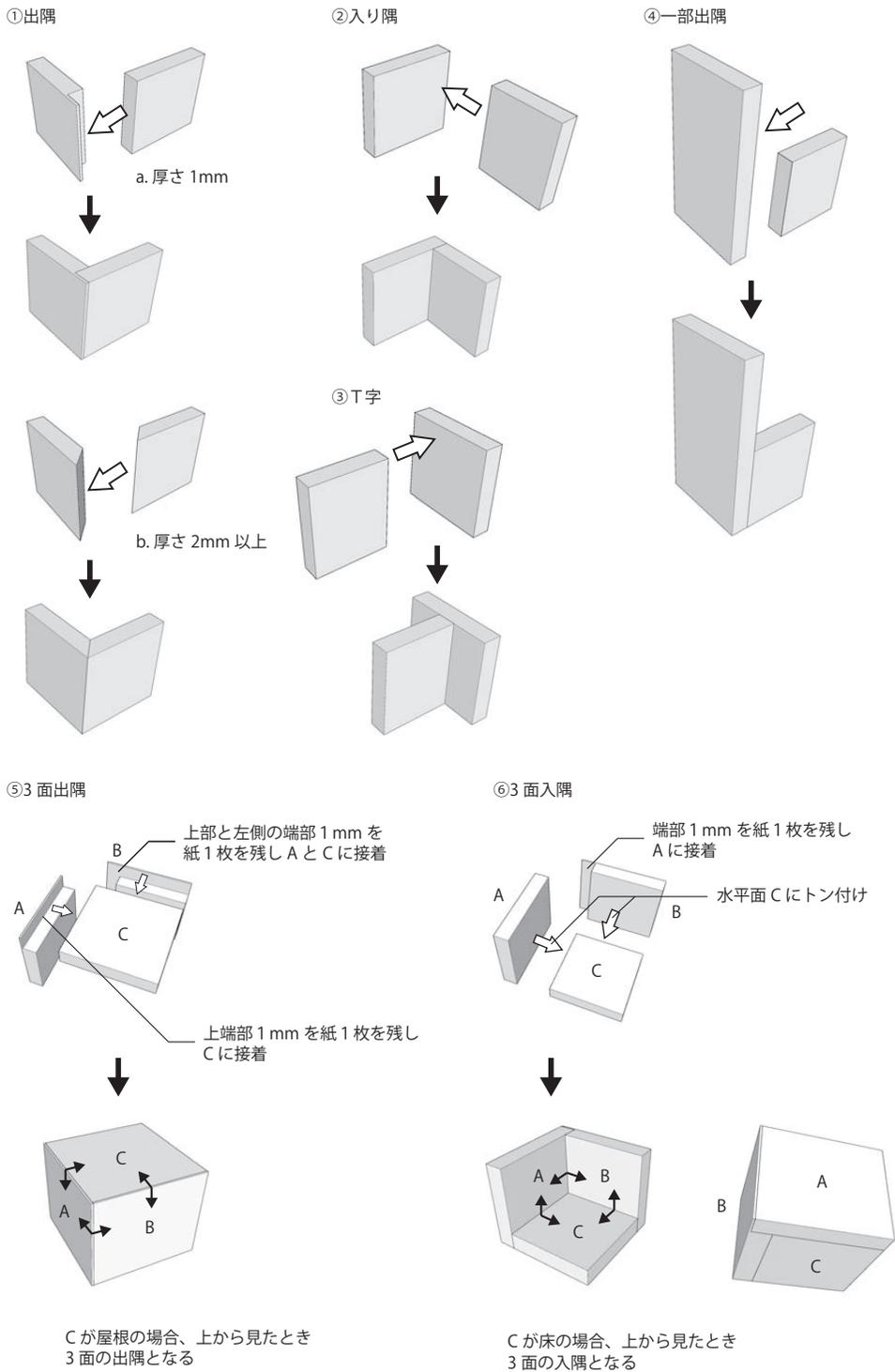


図 3 角の定義と模型作成における角の処理

- ⑤ 3面出隅……陸屋根のように3面が出隅となる場合、2面の壁は片方の横端部1mmを紙1枚を残し接着する。屋根となる水平面は、2面の壁の上端部1mmを紙1枚残し接着する（図3-⑤）
- ⑥ 3面入隅……ベランダ床のように3面が入隅となる場合、壁となる2面は片方の横端部1mmを紙1枚を残して接着する。床となる水平面は、2面の壁にトン付けする（図3-⑥）

4. Jw_cadによる模型製作用図面の製図

本研究では、縮尺1/200の鉄筋コンクリート造2階建集合住宅の建築模型を作成例とする。本学の設計製図演習Ⅲでも鉄筋コンクリート造の集合住宅の設計を課しており、学生は縮尺1/200の平面図、立面図、断面図を鉛筆で手書きする。このとき図4のCAD図面に示すように、平面図には主な設備や家具、寸法、室名を、また立面図には引き違い窓の窓枠や玄関扉を表現する。

一方、建築模型では、室内の設備や家具を表現しない。また外観にも窓枠や玄関扉を表現しない。したがって模型製作用の図面として、図5のようにこれらの表現を省略した平面図と立面図を同一グループの同一レイヤ上に作成する。図面が完成したら、重複する線を編集→データ整理→連結整理コマンドにより消去する^{注6)}。続いて下記のようにSketchUpに読み込むファイルを作成する。

- 1) メニューバーのその他から、「外部変形」を選択
- 2) RSjww.batをダブルクリックで起動
- 3) コントロールバーの「2）左下基点」をクリック
- 4) 左下から立面図と平面図を囲むように終点を左クリック
- 5) コントロールバーの「選択確定」をクリック（ここでjwwフォルダ内にJWC_TEMPファイルが作成される）

注6) この時点でファイルを保存する。

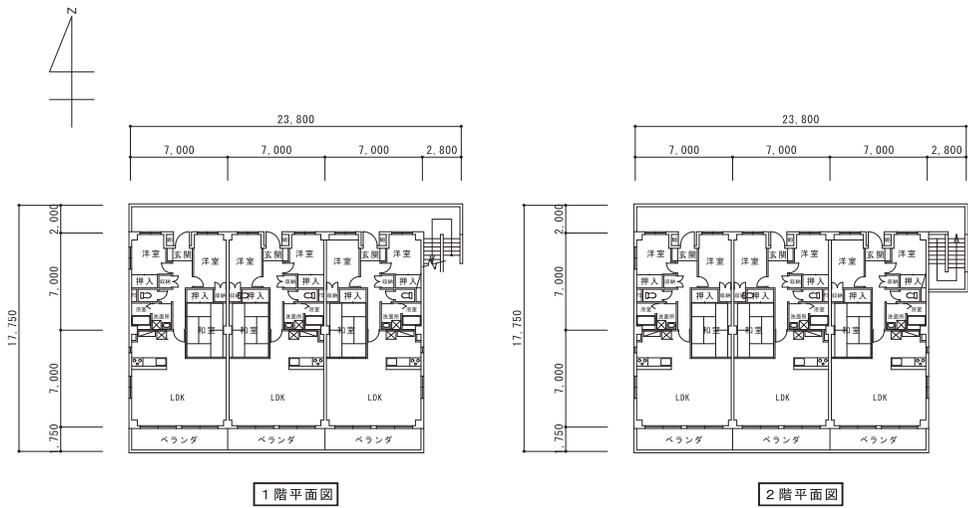


図4 2階建て集合住宅平面図

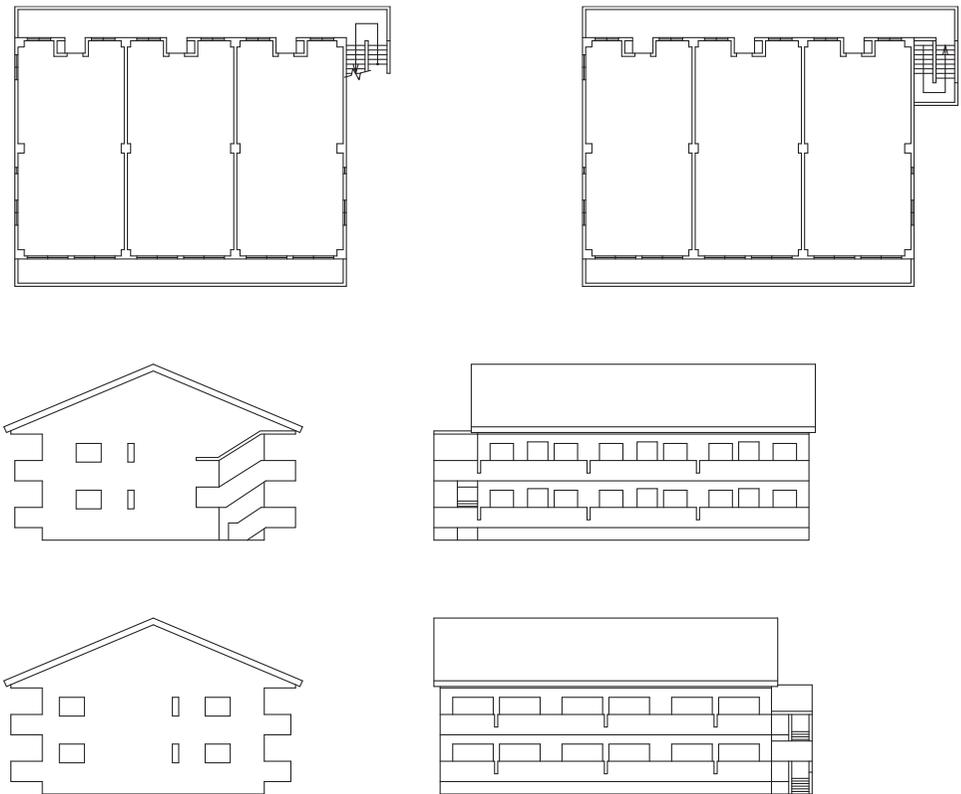


図5 表現を省略した平面図と立面図

5. SketchUp によるパーツの作成

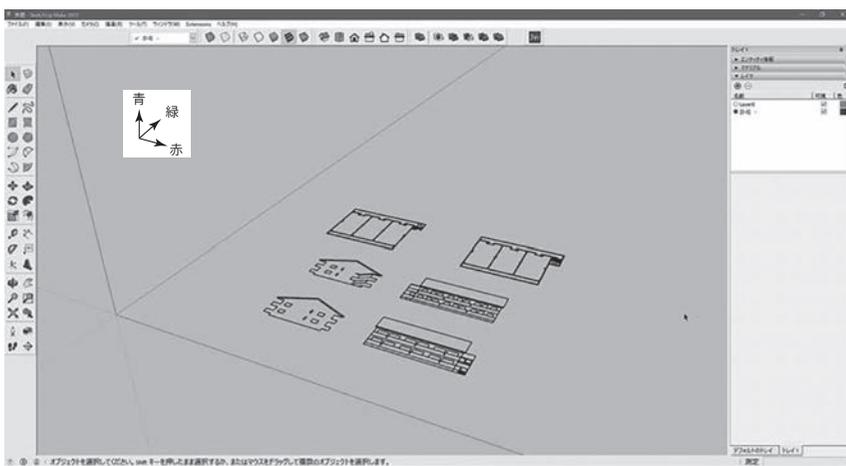
5-1 Jw_cad データの読み込み

下記のように Jw_cad で作成した模型製作用図面を読み込む。

- 1) SketchUp を起動
- 2) ツールバーの JW アイコンをクリック
- 3) 変換条件ウインドはそのまま、OK をクリック (図 6 -①)
- 4) FileName ウインドの OK をクリック
- 5) SketchUp の赤-緑軸平面上に平面図と立面図が表示される (図 6 -②)
- 6) 図を選択した後、Shift + Ctrl + G キーを数回押してグループを分解する



①変換条件ウインド



②SketchUp に読み込まれた平面図と立面図

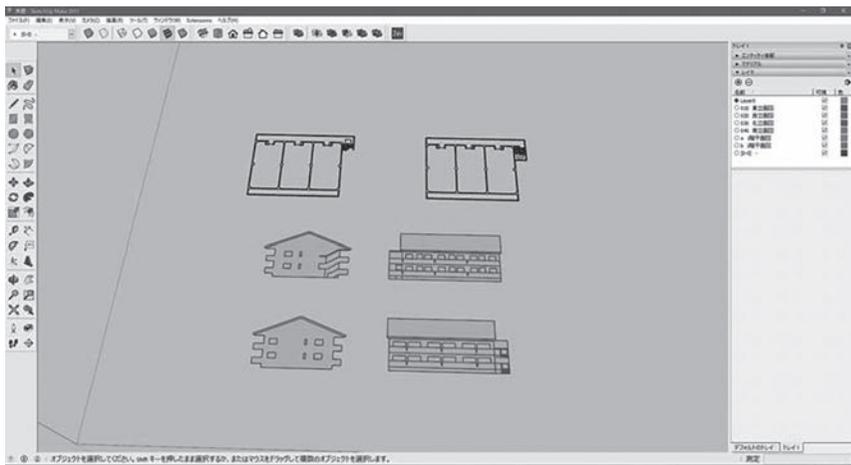
図 6 Jw_cad データの読み込み

5-2 面の作成とレイヤの分類

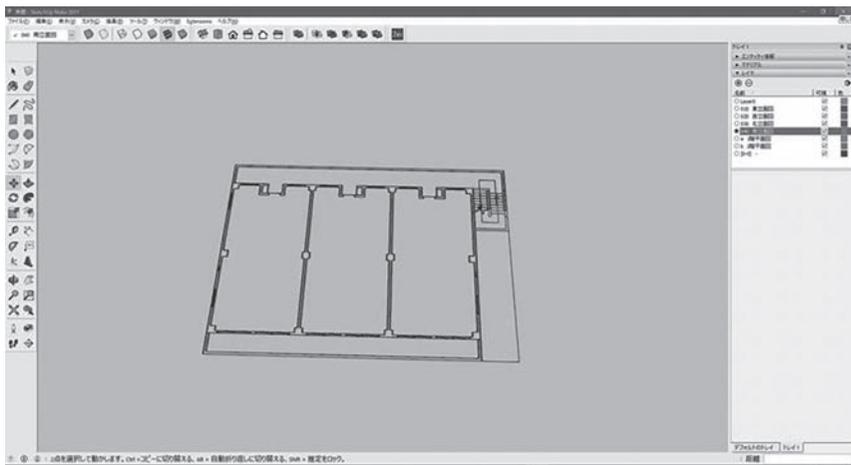
Jw_cad で作成した図形は、線データであり、線で囲まれている部分も面が定義されていないため、SketchUp の Make Faces.rb によって立面図の面を作成する。

- 1) 4面の立面図を範囲指定(平面図は含めない)。選択されると線が青く表示される
- 2) Make Faces (Ctrl + F) で面を作成 (図7-①)

5-1の操作により Jw_cad のデータは、Jw_cad のレイヤ名(この例では、「0-0」-)で



①立面図に面を作成



②1階と2階の平面図を重ねる

図7 面の作成と壁の配置準備

ある) が付けられた SketchUp のレイヤに読み込まれる。そこで、各階平面図と各立面図を別々のレイヤに移動する。

表2 レイヤ名

a	1階平面図
b	2階平面図
010	東立面図
020	西立面図
030	北立面図
040	南立面図

- 1) トレイのレイヤウインドの+をクリックし、表2に示す新しいレイヤを作成
- 2) 1階平面図を範囲指定
- 3) ツールバーのレイヤウインドで「a 1階平面図」を選択。
この操作により、1階平面図が a 1階平面図レイヤに移動する
- 4) トレイのレイヤウインドの「a 1階平面図」を選択 (ラジオボタンをチェック)。
この操作により、a 1階平面図レイヤが書き込みレイヤとなる
- 5) 1階平面図を範囲指定し、Ctrl + G キーを押してグループ化。この操作で1階平面図のグループが a 1階平面図に作られる
- 6) 同様な操作により、2階平面図および各立面図を対応するレイヤに移動し、グループ化する
- 7) トレイのレイヤウインドの「0-0」-を選択
- 8) -をクリックし、「0-0」-を消去
- 9) 2階平面図を1階平面図に重ね合わせる。この平面図の上に立面図より作成した壁を配置する (図7-②)

5-3 SketchUp のレイヤの特徴

SketchUp のレイヤの機能は、Illustrator と大きく異なる。本研究で提案する手法においては、まずこの特徴を理解することが重要である。

Illustrator では、レイヤに図形を作成した場合、その図形の辺や面のみを他のレイヤに移動することはできない。一方、SketchUp では、辺のみ、あるいは面のみを他のレイヤに移動することができる。例えば、図8-①のようにレイヤ1に描いた長方形について、1辺をレイヤ2に、面 (辺を含まない) をレイヤ3に移動した後、レイヤ2とレイヤ3を非表示にすると図8-②のように画面には3本の辺のみが表示される。レイヤ3のみを表示 (レイヤ1とレイヤ2を非表示) した状態では、図8-③のように辺がない面が表示される。

また Illustrator では、複数のレイヤに作成された図形をグループ化すると、上層レイヤにグループが作成され、下層レイヤの図形はすべてそのレイヤに移動する。一方、SketchUp では、レイヤの上層、下層に関係なく、図形が元のレイヤから移動しない状態で書き込みレイヤにグループが作成される。例えば、レイヤ1に長方形、レイヤ2に円を作成し、レイヤ3を書き込みレイヤとしてグループ化すると、レイヤ3

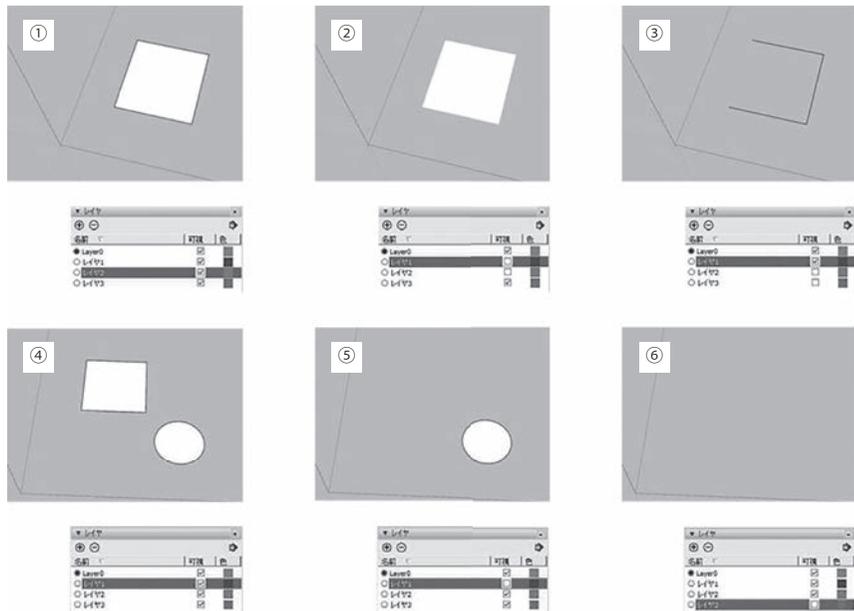


図8 SketchUpのレイヤの特徴

に長方形+円のグループが作成される。図8-④はすべてのレイヤが表示であり、長方形と円が表示される。図8-⑤はレイヤ1が非表示、レイヤ2とレイヤ3が表示であり、円のみが表示される。それに対し、図8-⑥はレイヤ1とレイヤ2が表示、レイヤ3が非表示であり、長方形、円ともに表示されない。すなわちグループを非表示にすると、そのグループに含まれる図形すべてが非表示となる。

6. 壁の組み立て

面を作成した東西南北の立面を青軸（鉛直軸）方向に立ち上げ、平面図の外部壁面に配置する。

- 1) 2階平面図のレイヤを非表示
- 2) 東立面図を拡大表示
- 3) 回転コマンドで赤軸回りに90度回転し、立面図を立ち上げる
- 4) 回転コマンドで青軸回りに90度回転
- 5) 1階平面図の東側外壁の線上に配置
- 6) 北、西、南立面図に対して同様な操作を行い、1階平面図の4面に壁を作成する（図9）

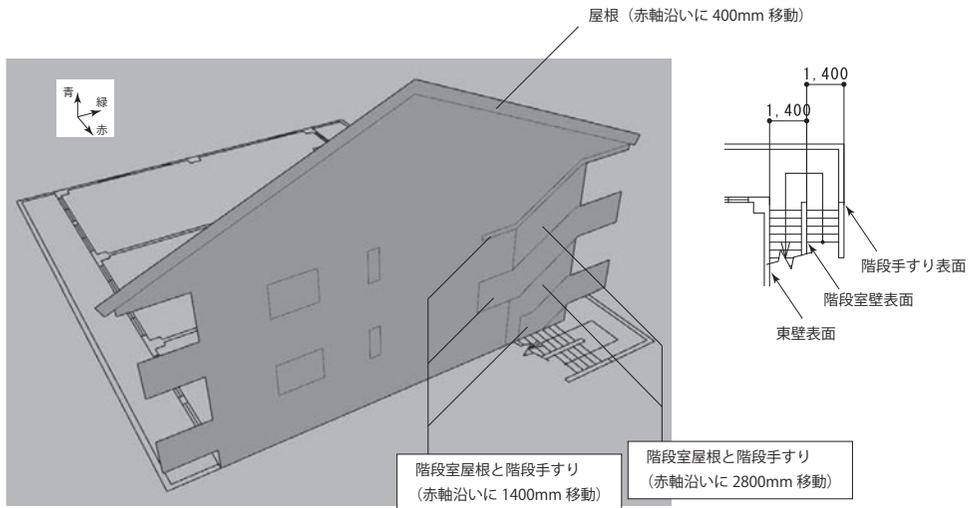


図9 1階平面図の4面に壁を作成

7. 加軸立面図の作成

7-1 面の移動

図9の各立面図は、赤-青軸、あるいは緑-青軸上に配置されている。この立面図に一軸を加えて階段手すりや屋根などをこの軸に沿って移動し、外壁からの距離を有する立面図（加軸立面図）を作成する。例えば、東壁面は、下記のように加軸立面図を作成する。

- 1) 北、西、南立面図を非表示とする
- 2) トレイのレイヤウインドの+をクリックし、表3に示す5個の新しいレイヤを作成
- 3) 東立面図のグループ解除 (Shift + Ctrl + G)
- 4) 013 階段手すりレイヤを書き込みレイヤにする
- 5) 階段手すりを選択 (図10-①)
- 6) 面の境界線を選択 (Ctrl + E) (図10-②)
- 7) ツールバーのレイヤを013 階段手すりにする。この操作により、階段手すりの面と辺が013 階段手すりレイヤに移動
- 8) グループ化 (Ctrl + G) (図10-③)
- 9) グループを赤軸に沿って2,800 mm 移動 (図10-④)

表 3 加軸立面図に追加するレイヤ

東面	北面	西面	南面
011 東壁面	041 北壁面	021 西壁面	031 南壁面
012 階段壁	042 北廊下手すり	022 屋根	032 南ベランダ下手すり
013 東階段手すり	043 北軒		033 南軒
014 階段室屋根			034 階段手すり
015 屋根			

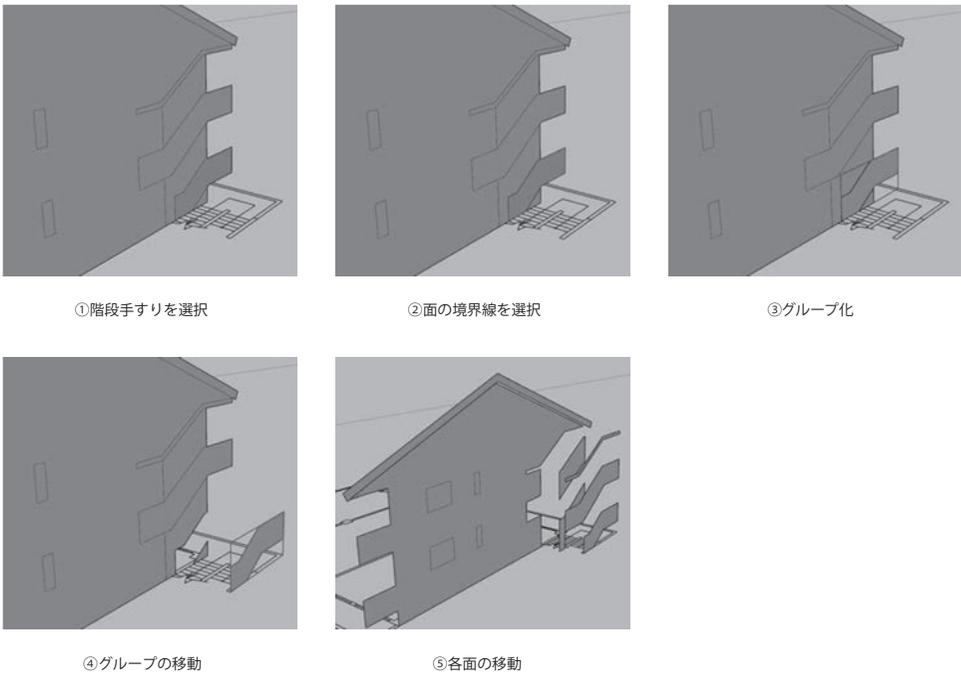


図10 面の移動

同様に階段室屋根を013 階段室屋根レイヤにグループ化し2,800 mm 移動、階段壁を012 階段壁レイヤにグループ化し1,400 mm 移動、屋根を015 屋根レイヤにグループ化し400 mm 移動する(図10-⑤)。続いて壁面を011 東壁面にグループ化する。最後に空になった010 東立面図レイヤを消去する。なお、書き込みレイヤの設定とツールバーのレイヤ選択によるレイヤ移動が正しく行われないとレイヤ消去ができない。

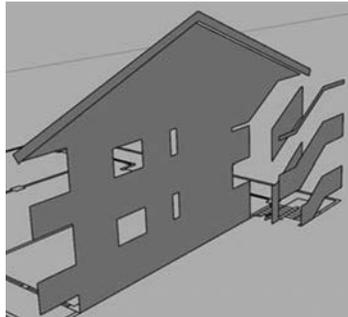


図11 窓の穴開け

7-2 窓の穴開け

SketchUp は、面内に含まれる図形を面に垂直軸方向に移動できない。東壁面の窓は壁面内に含まれるため、穴を開ける（図11）。窓は、壁面の裏側にスチレンボードを貼り付けて表現する。

7-3 壁面の修復

重なり合った壁面を赤軸に沿って異なった位置に移動すると、奥の面に欠損が生じる。そのため下記のように修復を行う。

- 1) 012 階段壁レイヤをパーツ書き込みレイヤにする
- 2) 013 階段手すり、014 階段室屋根、015 屋根の各レイヤを非表示
- 3) 図形のグループを全て解除（図12-①）
- 4) 欠損部を修復（図12-②）
- 5) 修復完了後、内部の線を消去（図12-③、④）
- 6) 同様に東壁面の修復を行う

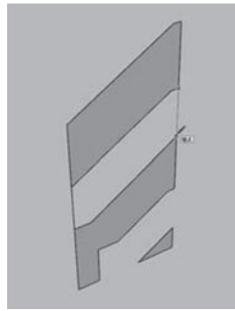
残りの立面について、6-1と6-2の手順で加軸立面図を完成する（図13）。ただし、下記の点に注意する。

①屋根の処理

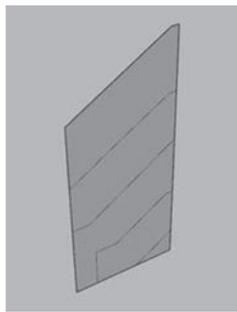
南立面図と北立面図には、屋根と階段室屋根の斜面が現れる。屋根は、東立面図に表現される破風をプッシュプルコマンドにより伸長して作成するため、南立面図と北立面図の屋根は消去する。



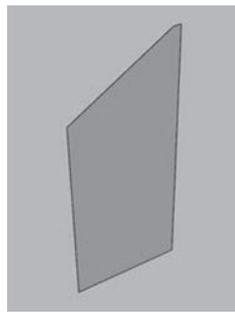
①階段壁レイヤの表示



②欠損部を修復



③欠損部修復完成



④内部の線を消去

図12 壁面の修正

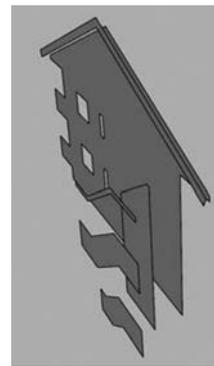


図13 東壁面修復完了

②階段の処理

階段は、手すりに隠れている部分が多いため、最後に作成する。したがって立面図に現れる階段部分を消去する。

③窓の修復

ベランダや廊下の手すりに隠れている窓の一部は、立面図を参考に高さを考慮して修復する。

④アルコーブの作成とレイヤ移動

各住戸の入り口は、北壁面から1,000 mm 奥にある。このアルコーブ部分は、プッシュプルコマンドで作成する(図14)。また、表4に示すアルコーブの各壁のレイヤを作成し、6か所のアルコーブの壁を対応レイヤに移動し、グループ化する。

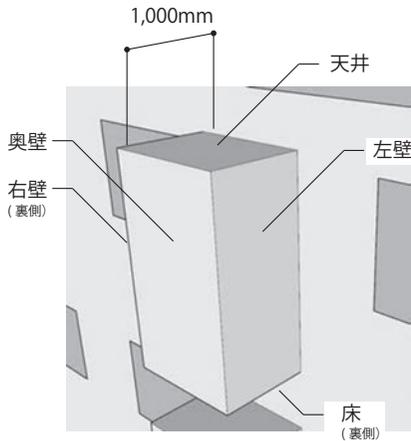


図14 アルコーブの作成

表4 アルコーブのレイヤ

北面	
044	アルコーブ天井
045	アルコーブ左壁
046	アルコーブ右壁
048	アルコーブ奥

8. 加軸平面図の作成

模型に表現される平面は、北側の廊下、南側のベランダ、階段の踏面、軒裏である。

8-1 床の作成

表5に示すレイヤを作成し、まず廊下とベランダの平面を1階平面図と2階平面図から作成する。

- 1) a 1階平面図、051 北側廊下レイヤのみを表示
- 2) 1階平面図のグループを分解
- 3) 階段の上り記号を消去
- 4) a 1階平面図を書き込みレイヤにする
- 5) 平面図を範囲指定し、Make Faces で面を作成
- 6) 051 北側廊下を書き込みレイヤにする
- 7) 廊下床面を選択
- 8) 境界線を選択
- 9) ツールバーのレイヤを051 北側廊下にする
- 10) 廊下床面をグループ化
- 11) 青軸（垂直軸）に沿って1,000 mm 移動
- 12) 051 北側廊下を非表示、052 南側ベランダを表示
- 13) 052 南側ベランダを書き込みレイヤにする
- 14) 廊下床面を選択

表5 窓のレイヤ

061	東窓
062	西窓
063	南窓
064	北窓

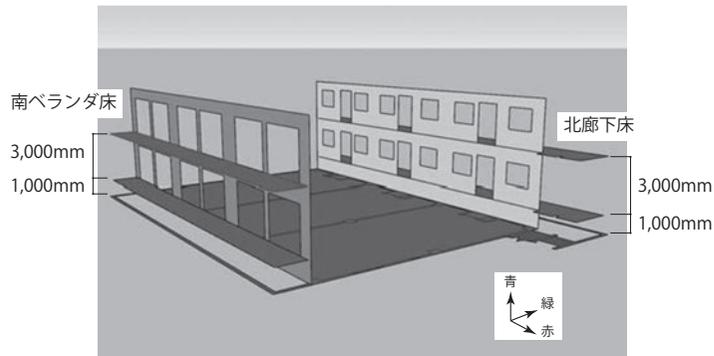


図15 廊下とベランダの平面作成

- 15) 境界線を選択
- 16) ツールバーのレイヤを052 南側ベランダにする
- 17) ベランダ床面をグループ化
- 18) 青軸（垂直軸）に沿って1,000 mm 移動
- 19) a 1階平面図を非表示、b 2階平面図を表示
- 20) 2階平面図のグループを分解
- 21) b 2階平面図を書き込みレイヤにする
- 22) 平面図を範囲指定し、Make Faces で面を作成
- 23) 051 北側廊下を書き込みレイヤにする
- 24) 廊下床面を選択
- 25) 境界線選択
- 26) ツールバーのレイヤを051 北側廊下にする
- 27) 廊下床面をグループ化
- 28) 青軸（垂直軸）に沿って4,000 mm 移動
- 29) 051 北側廊下を非表示、052 南側ベランダを表示
- 30) 052 南側ベランダを書き込みレイヤにする
- 31) 廊下床面を選択
- 32) 境界線を選択
- 33) ツールバーのレイヤを052 南側ベランダにする
- 34) ベランダ床面をグループ化
- 35) 青軸（垂直軸）に沿って4,000 mm 移動（図15）

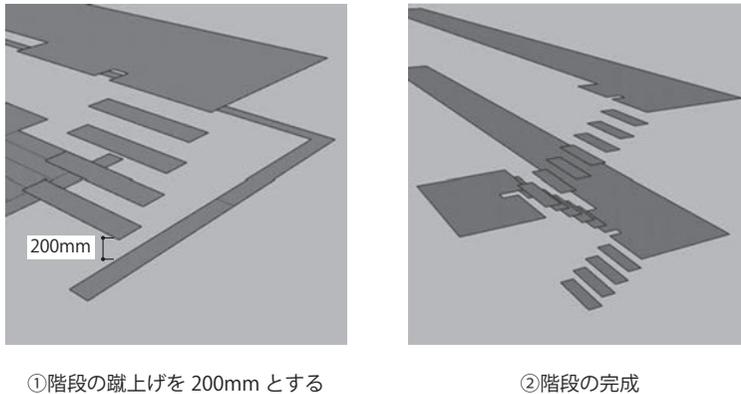


図16 階段ステップの作成

8-2 階段ステップ（踏面）の作成

階段は、1階平面図と2階平面図から作成する。

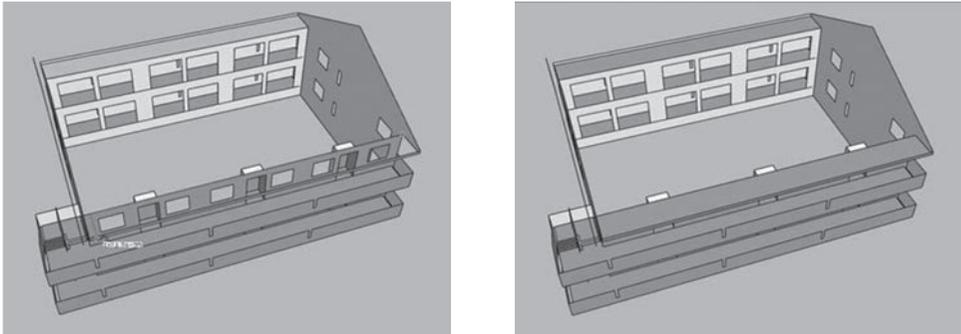
- 1) a 1階平面図、053 階段踏面のレイヤのみを表示
- 2) 053 階段踏面のレイヤを書き込みレイヤにする
- 3) 最初の階段の踏面を選択
- 4) 境界線を選択
- 5) ツールバーのレイヤを053 階段踏面にする
- 6) 階段の踏面をグループ化
- 7) 青軸に沿って（上方）に200 mm 移動
- 8) 同様に他の階段の踏面を青軸に沿って200 mm ずつ高くしながら移動（図16-①）
- 9) a 1階平面図を非表示、b 2階平面図を表示
- 10) 1階から2階への階段を同様に作成する（図16-②）

8-3 軒裏の作成

軒裏は平面図に表わされないため、014 階段屋根、015 屋根以外のレイヤを表示状態にして SketchUp 上で長方形コマンドにより作成する（図17）。

9. 壁の厚みの付加

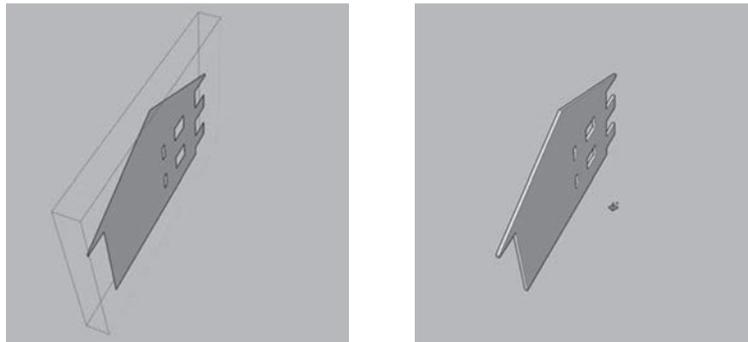
この段階で4つの立面と平面の加軸立面図が完成した。この図に実際のスチレンボードの厚みを加え、組み立てのシミュレーションを行う。今回は縮尺1/200の模型を1 mm厚のスチレンボードで作成するため、壁厚を200 mm とする。



①長方形コマンドで軒裏を作成

②軒裏の完成

図17 軒裏の作成



①グループ内部操作可能状態

②プッシュプルコマンドで
200mmの壁厚とする

図18 壁の厚みの付加

- 1) 011 東壁面レイヤを書き込みレイヤとして、このレイヤのみを表示
- 2) グループを左ダブルクリック。この操作でグループ内部操作可能となる (図18-①)
- 3) プッシュプルコマンドで室内側に厚さ200 mm の壁を作成 (図18-②)
- 4) 全面を選択
- 5) 東壁面は緑軸に平行であるため、ペイントコマンドで緑に着色

同様に014 階段室屋根、015 屋根、053 階段踏面のレイヤを1つずつ表示しながら壁の厚みを付加する。なお、緑軸に平行な面は緑、赤軸に平行な面は赤に着色する。また地面に平行な051 北側廊下床、052 南側ベランダ床、044 アルコーブ天井、047 アルコーブ床、054 軒裏以外は、青に着色する (図19)。

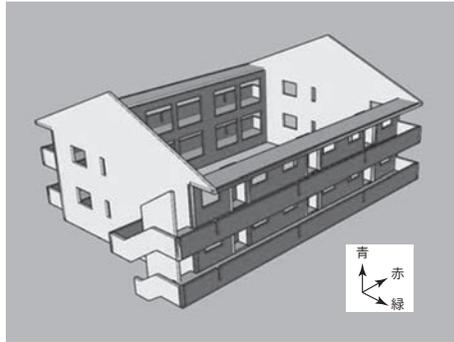


図19 壁の完成

10. 屋根と階段踏面の作成

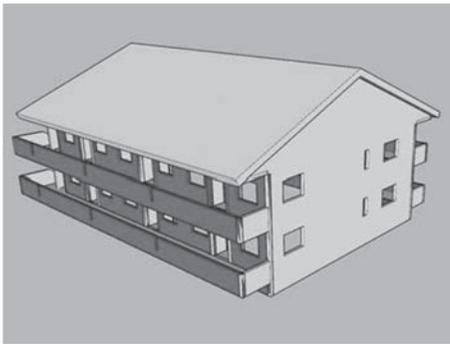
10-1 屋根の作成

屋根は厚さが400 mm であるため、模型では 2 mm のスチレンボードを使用する。このとき破風と軒にはスチロールの断面が現れる。屋根と階段室屋根は、加軸立面図の屋根面をプッシュプルコマンドで伸縮して作成する。

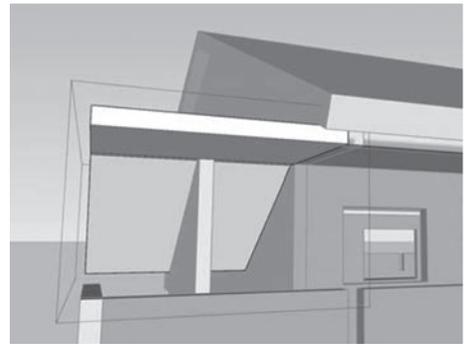
- 1) 015 屋根と022 屋根レイヤを表示
- 2) 015 屋根をパーツ書き込みレイヤにする
- 3) グループを左ダブルクリック
- 4) プッシュプルコマンドで022 屋根レイヤのグループ位置まで伸長
- 5) トレイのレイヤウインドの022 屋根レイヤを選択し、-ボタンをクリック。このとき「エンティティを含むレイヤを削除」が表示されるので、「内容を削除する」にチェックを入れOK をクリック
- 6) 022 屋根レイヤが削除され、屋根が完成する (図20-①)
- 7) 014 階段室屋根レイヤを表示
- 8) 014 階段室屋根レイヤをパーツ書き込みレイヤにする
- 9) グループを左ダブルクリック
- 10) プッシュプルコマンドで東壁面まで伸長 (図20-②)

10-2 階段の作成

階段は蹴上げが200 mm であるため、各ステップを厚さ 1 mm のスチレンボードで作成する。また踏面が300 mm であるため縮尺 1/200の模型では奥行き1.5 mm となるが、階段のステップ同士を貼り合わせるのりしろを1.5 mm 加えた奥行き 3 mm と



①屋根の完成



②階段室屋根の作成

図20 軒裏の作成

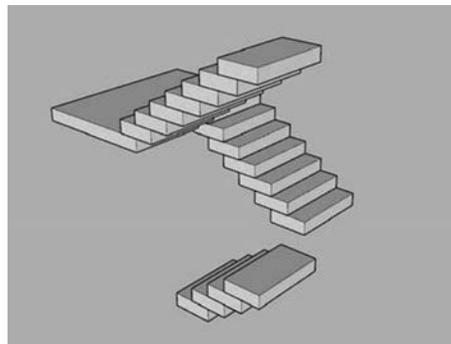


図21 階段の完成

する。

- 1) 053 階段踏面を書き込みレイヤとし、他のレイヤを非表示とする
- 2) グループを左ダブルクリック
- 3) プッシュプルコマンドで200 mm 伸長
- 4) 次のステップと重なり合う方向に300 mm 伸長
- 5) 全面を選択
- 6) ペイントコマンドで青に着色
- 7) ステップは同じ大きさなので、上段の位置に Ctrl + M でコピーする
- 8) 上段の平面を消去 (図21)

10-3 階段室の手すり作成

011 東壁面、012 階段壁、041 北壁面を表示すると、図22-①に示す部分に手すりがないことがわかる。この手すりは、北立面図では手前のベランダ手すりに隠れて表

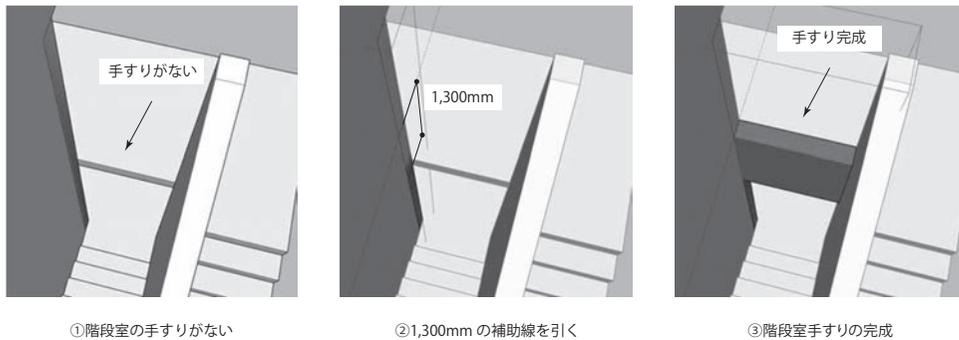


図22 階段室の手すり作成

示されない。この手すりを下記のように作成する。

- 1) 041 北壁面をパーツ書き込みレイヤにする
- 2) グループを左ダブルクリック
- 3) 廊下床の下の部分に壁厚と同じ長さ200 mm の直線を引く
- 4) 高さ1,100 mm の手すりを作成するため、メジャーツールにより廊下床の厚み200 mm を加えた1,300 mm の補助線を引く (図22-②)
- 5) 補助線の位置に壁厚と同じ長さ200 mm の直線を引く
- 6) 直線間の面をプッシュプルツールで1,200 mm 階段壁方向に伸長 (図22-③)。この操作により、北壁面と同じ面に階段室の手すりが作成される

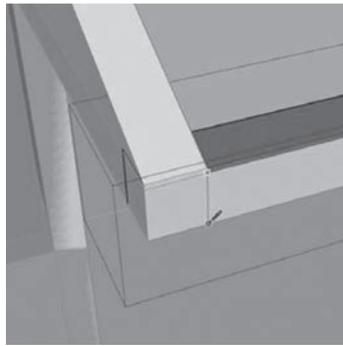
11. 角の処理

3-2で述べた方法により、SketchUp 上で角の処理を行う。例えば、東壁面、階段室、軒部分の角は下記のように処理する。

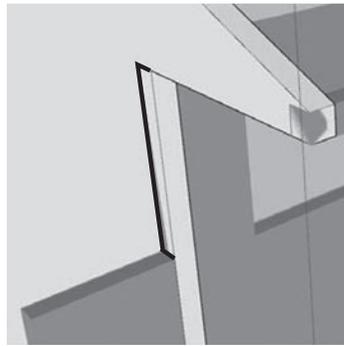
①東壁面、軒、軒裏の3面入隅

- スチレンボードを加工する部分は、交差する部分が色の混じった状態が表示される。
- 軒の端部1 mm を紙1枚を残してスチロールを取り除き、軒と接着する。
- 水平面となる軒裏に東壁面と軒をトン付けする。

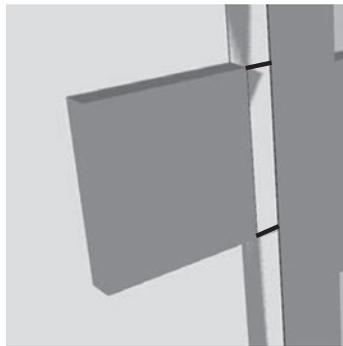
- 1) 011 東壁面、041 北壁面、043 北軒、054 軒裏のみを表示
- 2) 043 北軒をパーツ書き込みレイヤにする
- 3) グループをダブルクリック



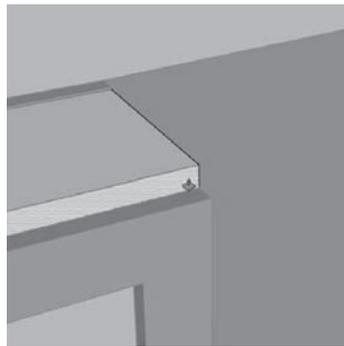
①東壁面、軒、軒裏の3面入隅



②東壁面と北壁面の出隅



③東壁面と階段手すり（北壁面）のT字



④軒裏と北壁面のT字

図23 東壁面、階段室、軒部分の角の処理

- 4) 東壁面との交差位置に線ツールで線を引く(図23-①)。この線が、スチレンボードを取り除く範囲を示す
- 5) 軒裏をダブルクリック
- 6) 東壁面との交差面をプッシュプルで200 mm 伸縮
- 7) 軒との交差面を200 mm 伸縮

②東壁面と北壁面の出隅

- 東壁面が北壁面の交差する部分（軒裏から階段手すりまでの間）の1 mm を紙1枚残してスチロールを取り除き、北壁面と接着する。

- 1) 東壁面をダブルクリック
- 2) 011 東壁面をパーツ書き込みレイヤにする
- 3) グループをダブルクリック

- 4) 軒裏から階段手すりの間の北壁面との交差位置 (図23-②の太線部分) に線ツールで線を引く。この線が、スチレンボードを取り除く範囲を示す

③東壁面と階段手すり (北壁面) の T 字

- 階段手すりが東壁面と交差する部分は T 字となるため、東壁面に手すりを差し込む。

- 1) 東壁面をダブルクリック
- 2) 011 東壁面をパーツ書き込みレイヤにする
- 3) グループをダブルクリック
- 4) 東壁面の厚み部分 (図23-③) と階段手すりの交差位置に線ツールで線を引く
- 5) この間の面をプッシュプルで 200 mm 圧縮

④階段手すりと階段壁の一部出隅

- この部分は、階段手すりとは階段壁に交差がないので処理は必要ない。

⑤軒裏と北壁面の T 字

- 軒裏と北壁面が接触していないので、上部の軒裏を北壁面の厚み分伸張する。

- 1) 軒裏をダブルクリック
- 2) 北壁面と接する面を 200 mm 伸張 (図23-④)

12. 同一平面上のパーツの一体化

模型のパーツ数を減らし、工作を簡単にするため、同一平面上にあるパーツで一体化できるものを下記のように処理する。

①北側廊下床とアルコーブ床

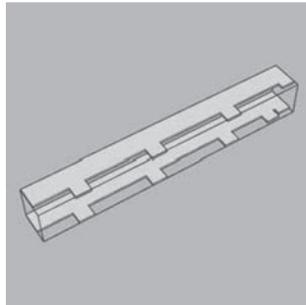
- 1) 047 アルコーブ床と051 北側廊下床のみを表示
- 2) 051 北側廊下床を書き込みレイヤにする
- 3) 全体を選択
- 4) グループを分解
- 5) 北側廊下床とアルコーブ床との接線を消去し一体化
- 6) 全体を選択
- 7) ツールバーのレイヤを051 北側廊下床にする。これで選択されたグループが051

北側廊下床レイヤに移動する

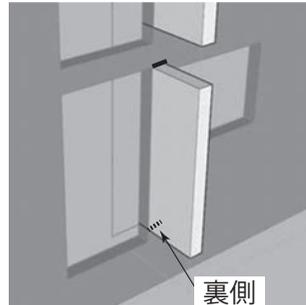
- 8) 一体化した北側廊下床とアルコーブ床をグループ化 (図24-①)
- 9) 047 アルコーブ床レイヤを消去

②アルコーブ左壁、アルコーブ右壁、アルコーブ奥

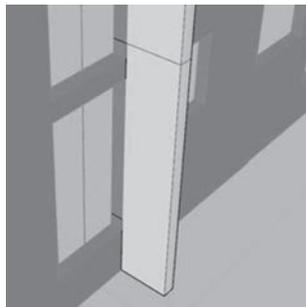
- 1) 041 北壁面と045 アルコーブ左壁レイヤのみを表示
- 2) 045 アルコーブ左壁を書き込みレイヤにする
- 3) アルコーブ左壁をダブルクリック
- 4) 1階アルコーブ左壁と北面壁が交差する上下の位置に線ツールで線を引く (図24-②)
- 5) プッシュプルコマンドで1階の壁上部を2階まで伸張
- 6) 壁同士の接線を消去
- 7) 同様に046 アルコーブ右壁を処理する
- 8) プッシュプルコマンドで1階の壁下部を北面壁下部まで1,000 mm 伸張 (図24-



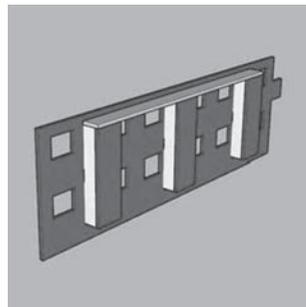
①北側廊下床とアルコーブ床の一体化



②上下の交差する位置に線を引く (太線)



③1階の壁上部を2階まで、下部を北面壁下部まで伸張



④アルコーブ天井の一体化

図24 同一平面上のモデルの一体化

③)

- 9) 045 アルコーブ、046 アルコーブ右壁、048 アルコーブ奥レイヤを表示
- 10) 048 アルコーブ奥を書き込みレイヤにする
- 11) アルコーブ奥をダブルクリック
- 12) 1階壁を2階まで伸張
- 13) 壁同士の接線を消去
- 14) アルコーブ奥の壁左右面を200 mm 伸張
- 15) アルコーブ奥の壁下面をアルコーブ左面の下部まで1,000 mm 伸張
- 16) 044 アルコーブ天井を表示
- 17) アルコーブ天井をダブルクリック
- 18) アルコーブ天井を左右と奥の壁までそれぞれ200 mm 伸張
- 19) 左右のアルコーブ天井を中央のアルコーブ天井まで伸張
- 20) 接線を消去 (図24-④)

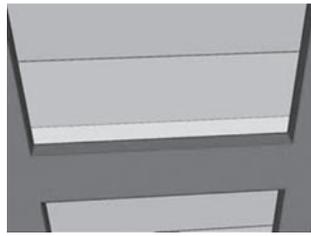
③南側ベランダ床と南壁面

南壁面の窓の下部と南ベランダ床は同一の高さとなるため、ベランダと窓下部の角がT字となるように処理する。

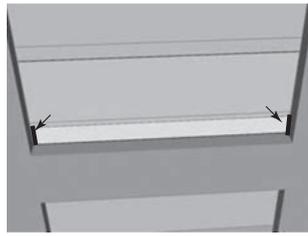
- 1) 031 南壁面レイヤと052 南側ベランダ床を表示
- 2) 031 南壁面レイヤを書き込みレイヤにする
- 3) 南壁面をダブルクリック
- 4) 窓の下部の面をプッシュプルコマンドで200 mm 下方に押し下げる (図25-①)
- 5) 052 南側ベランダ床を書き込みレイヤにする
- 6) 南側ベランダ床をダブルクリック
- 7) 南側ベランダ床が窓に接する面の左右に線ツールで直線を引く (図25-②)
- 8) プッシュプルコマンドでベランダ床を窓の上まで200 mm 伸張 (図25-③)

④軒裏

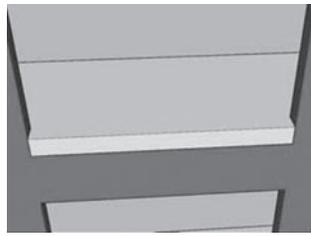
- 1) 054 軒裏レイヤのみを表示
- 2) 054 軒裏レイヤを書き込みレイヤにする
- 3) グループを分解
- 4) 片方を伸張し一体化する
- 5) 軒裏同士の接線を消去
- 6) 一体化したグループをグループ化



①窓の下部の面を押し下げる



②窓に接する面に直線を引く (矢印)



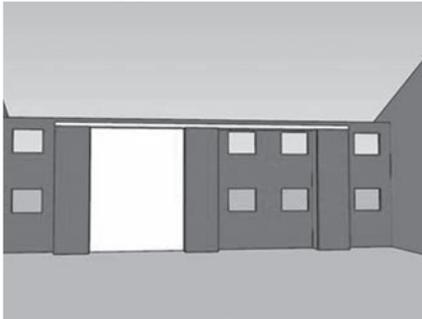
③ベランダ床を窓の上まで伸張

図25 南側ベランダ床と南壁面の一体化

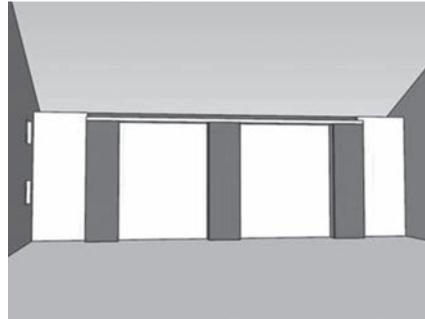
13. 窓の作成

窓は、東西南北の隔壁面の裏側に1 mm厚のスチレンボードを貼り付けて表現する。なお、引き違い窓は、窓の中心に幅0.5 mmの白色のラインテープを貼ることでリアル感を増すことができる。

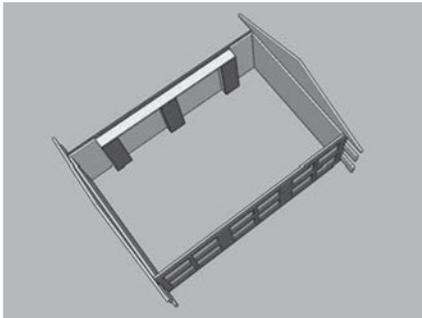
- 1) 表4に示す4つのレイヤを作成
- 2) 064 北窓レイヤをパーツ書き込みレイヤにする
- 3) 064 北窓レイヤ、041 北壁面、045 アルコーブ左壁、046 アルコーブ右壁、044 アルコーブ天井、048 アルコーブ奥のみを表示
- 4) アルコーブに挟まれた面について、アルコーブ天井から1階のアルコーブ床の範囲に長方形コマンドで長方形を作成 (図26-①)
- 5) 奥方向に200 mm 伸張
- 6) 北壁面下部まで伸張
- 7) 064 北窓レイヤのみを表示、他のレイヤを非表示
- 8) 全体を選択
- 9) グループ化
- 10) 他のアルコーブに挟まれた面についても同様に処理



①アルコーブに挟まれた窓



②北壁面の窓完成



③窓の完成

図26 窓の作成

- 11) 041 北壁面、045 アルコーブ左壁、046 アルコーブ右壁、044 アルコーブ天井、011 東壁面、021 西壁面を表示
- 12) 東壁面と北壁面の上部の交差点から1階のアルコーブ床の範囲に長方形コマンドで長方形を作成
- 13) 奥方向に200 mm 伸張
- 14) 北壁面下部まで伸張
- 15) 064 北窓レイヤのみを表示、他のレイヤを非表示
- 16) 全体を選択
- 17) グループ化
- 18) 西壁面に接する面の窓についても同様に処理 (図26-②)

同様に南壁面、東壁面、西壁面の窓を作成する。なお、東壁面と西壁面の窓は、北壁面と南壁面の間に挟まるように作成する。(図26-③)

ファイルを Jw_cad で読み込むことができる。通常、SketchUp の画像は遠近法によるパースで表示されるが、パーツ図を作成する場合は、平行投影により面に正対した状態で 2 次元の dxf ファイルを出力する。また各パーツはレイヤごとに出力を行う。例えば、東壁面の dxf ファイル出力は下記のように行う。

- 1) メニューバーの「カメラ」→「平行投影」を選択
- 2) 011 東壁面レイヤのみを表示
- 3) ツールバーのビューアイコン (図29-①) の立面アイコンをクリックし、壁面と正対した状態にする。この例では、右側面図 (右から 3 個目) をクリックした
- 4) メニューバーの「ファイル」→「エクスポート」→「2D グラフィック」を選択
- 5) ファイル保存ウインドで、ファイルの種類から「AutoCAD DXF ファイル (*.dxf)」を選択 (図29-②)
- 6) ファイル名に SketchUp のレイヤ名を入力し、エクスポートをクリック
- 7) 保存を確認するウインドで OK をクリック

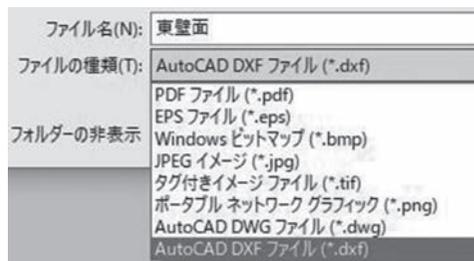
14-3 屋根のパーツ図作成

屋根と階段屋根は、異なる角度の傾斜面で構成されているので、傾斜面を分解し、水平面とした後、dxf ファイルを作成する。

- 1) 015 屋根レイヤのみを表示
- 2) 015 屋根レイヤを書き込みレイヤにする



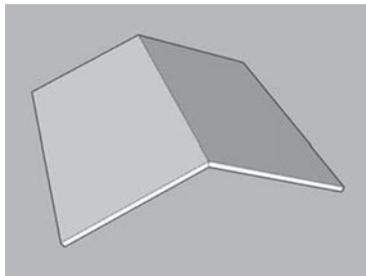
①ビューアイコン



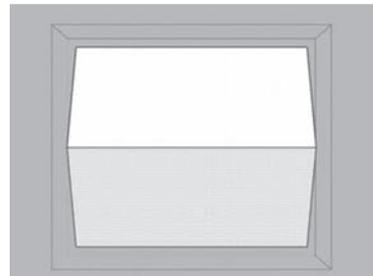
②AutoCAD DXF ファイル (*.dxf) の選択

図29 建築模型用パーツ図の作成

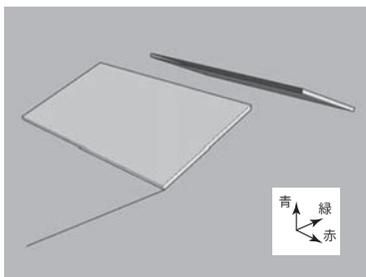
- 3) グループを分解
- 4) 両面の破風に棟の位置から線コマンドで線を引く (図30-①)
- 5) ツールバーのビューアイコンの平面図 (左から2個目) をクリック
- 6) 屋根の半分を選択し、グループ化する (図30-②)
- 7) 他の半分のをを選択し、グループ化する
- 8) ツールバーのビューアイコンの等角図 (左端) をクリック
- 9) 片方のグループを緑軸に沿って7,000 mm 程度移動し、軒の角から緑軸方向に



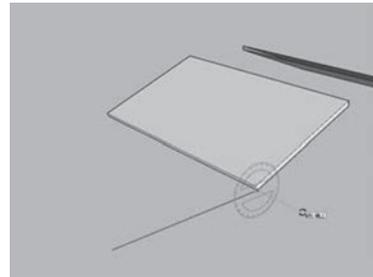
①破風に線を引く



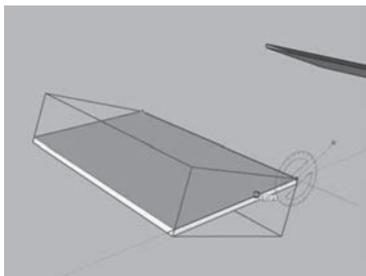
②屋根の半分をグループ化



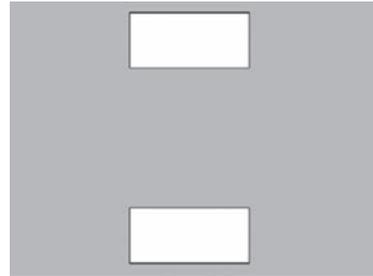
③グループを水平移動し、
緑軸方向に線を引く



④回転コマンドを屋根の角に
合わせる



⑤屋根の辺が線と重なる
まで回転



⑥屋根を上面から眺た状態

図30 屋根のパーツ図作成

1,0000 mm 程度の線を引く (図30-③)

- 10) グループを選択
- 11) 回転コマンドで軒の角を中心に屋根の辺が線と重なるまで回転する (図30-④)。この操作により、屋根の斜面が水平面になる (図30-⑤)
- 12) 他のグループも同様に斜面を水平面にする
- 13) メニューバーのカメラ→平行投影を選択
- 14) ツールバーのビューアイコンの平面図アイコンをクリックし、屋根を上面から眺める状態にする (図30-⑥)。なお、二重線の内側は、2 mm のスチレンボードを加工する際、斜め切りの基準線となる
- 15) dxf ファイルを作成

階段室屋根についても同様に3個のパーツに分解し、斜面を水平面にして dxf ファイルを出力する。

14-4 重なり合ったパーツの dxf ファイル作成

北側廊下床、南側ベランダ床といった水平面は、上面から眺めると1階と2階が重なり合う。また、階段踏面も重なり合った部分がある。これらの水平面は、面が重ならないように一方を水平方向に移動した上で dxf ファイルを作成する。例えば、北側廊下床は下記のように行う。

- 1) 051 北側廊下床レイヤのみを表示 (図31-①)
- 2) 051 北側廊下床レイヤを書き込みレイヤにする
- 3) グループを分解
- 4) メニューバーの「カメラ」→「平行投影」を選択
- 5) ツールバーのビューアイコンの側面図あるいは正面図ボタンをクリックし、1階と2階の廊下床が分離して表示される状態にする (図31-②)
- 6) 各グループを別々にグループ化
- 7) 片方のグループを重ならない位置まで平行移動 (図31-③)
- 8) メニューバーの「カメラ」→「平行投影」を選択
- 9) ツールバーのビューアイコンの平面図アイコンをクリック (図31-④)

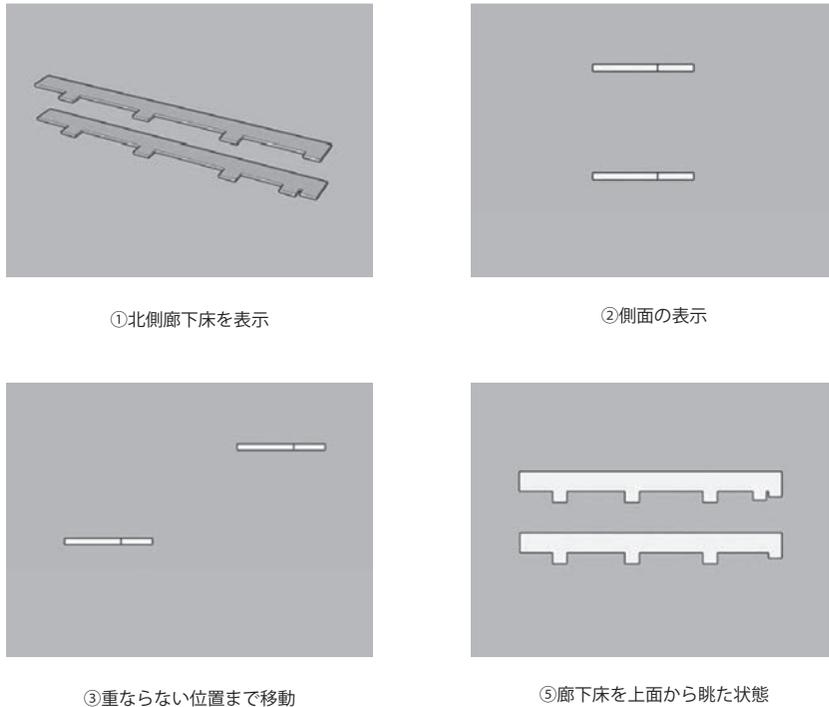


図31 北側廊下床のパーツ図作成

15. Jw_cad への読み込みとパーツ図の印刷

出力した dxf ファイルは、Jw_cad で読み込み、印刷してスチレンボードからパーツを切り出す下図とする。

- 1) Jw_cad の「ファイル」→「DXF ファイルを開く」で、目的のファイルを開く。このときグループ 0 - レイヤ 0 にデータが読み込まれているが、画面に何も表示されない。これは読み込まれたファイルの縮尺が非常に小さいためである (図32-①)
- 2) Jw_cad の縮尺部分をクリック
- 3) 縮尺・読取設定ウインドの縮尺の分母を200とし、全レイヤグループの縮尺変更チェックを入れる (図32-②)
- 4) 「OK」をクリックすると、読み込まれた dxf ファイルが表示される (図32-③)
- 5) 他のパーツの dxf ファイルを読み込み、コピー・アンド・ペーストで適宜パーツをまとめた下図を作成 (図32-④)
- 6) 下図はスチレンボードに貼り、線に沿ってカッターで切断するため、Jw_cad の「設定」→「基本設定」→「色・画面」で対応する線色の線幅を1に設定し、最

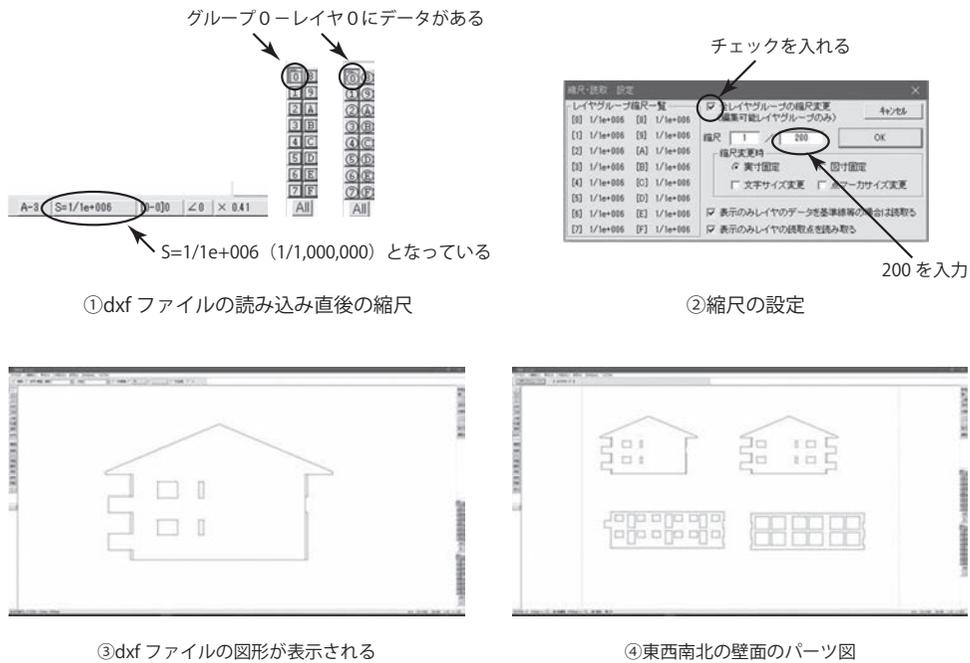


図32 Jw_cad への dxf ファイル読み込み

も細かい線で印刷する（プリンター用紙はコピー用紙を使用する）

16. パーツの切り出しと組み立て

印刷された紙を1mm スチレンボードに貼る。このとき使用する接着剤は、接着力の弱い「はってをはがせるのり」を使用する。このタイプののりには、スプレータイプとスティックタイプがあるが、スプレータイプは噴射量が多いと下図の紙がはがしにくくなり、スチレンボード表面の汚れが目立つため、本研究ではScotchの「はってをはがせるスティックのり」を使用した。

パーツの切断は、外壁については、まず窓を切り抜いてから外周を切断する。また、出隅、3面出隅、3面入隅では、加工する部分がパーツの裏側となることに注意する。写真1は東西南北の壁を切り出したパーツ、写真2と写真3は完成した建築模型である。また、写真4は、引き違い窓を0.5mmの白いラインテープで表現した部分である。

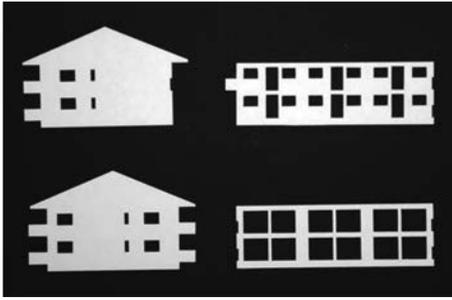


写真1 東西南北の壁を切り出したパーツ



写真2 完成した集合住宅の建築模型
(南東面)

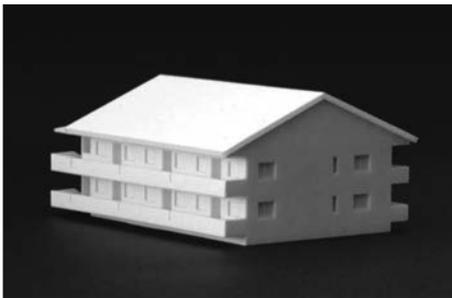


写真3 完成した集合住宅の建築模型
(北西面)



写真4 0.5 mm の白いラインテープによる
引き違い窓の表現

17. まとめ

本研究は、「CAD は使えるが、建築模型の製作は苦手である」という学生に対し、CAD を利用して正確な模型パーツを作成する手法を提案するものである。本研究により、CAD 教育で使用しているフリーソフトの Jw_cad と SketchUp2017 make を使用して、① Jw_cad で東西南北の立面図を作成、② SketchUp で加軸立面図と加軸平面図から 3 次元のバーチャル模型パーツを作成、③ 模型パーツの dxf ファイルを出力、④ Jw_cad で模型パーツの下図を出力という 4 ステップの作業により、正確な模型パーツを作成できることがわかった。また特にこの手法では、Jw_cad で作成した立面図に間違いがある場合は 3 次元グループにずれが生じるため、ステップ②の段階で問題箇所を視覚的に確認、修正することができる。さらに、面同士の接合による角を 6 種類に分類し、それぞれの加工法を定義することで、スチレンボードの他面と接着する部分の加工についても SketchUp 上で事前に検討することができる。

しかし、この手法には下記のような問題点が考えられる。

- ① SketchUp は独特のレイヤ構造を持つため、パーツの線や面と、それらを一体化したグループとを同じレイヤに配置する必要がある。もしレイヤが異なる場合、パーツ単位の dxf ファイルを出力する際、パーツの一部が表示されない、あるいは他のパーツが表示されるといった事象が起きる。
- ② 模型パーツが増えると、SketchUp のレイヤも増える。したがってパーツが多い模型を製作する場合、レイヤ管理やレイヤの切り替えが煩雑になる。またレイヤ名を日本語で表記した場合、レイヤウインドの表示に規則性を持たせることが難しい。本研究では、東西南北の壁面に関連するパーツのレイヤに01から04、床などの水平面に関連するレイヤに05、窓に関連するレイヤに06を先頭に付した名称として、レイヤウインドの並びをわかりやすくする工夫をした。
- ③ Jw_cad、SketchUp とともにプラグインが必要である。プラグインは web から入手するが、web が閉鎖されると入手できなくなる可能性がある。また、web 版の SketchUp^{注7)} では、プラグインが組み込めないため、本手法は使用できない。

【参考文献】

- 1) 岸啓明, 大西康伸: 視覚障がい者の空間認知教育のための情報技術を用いた建築模型製作に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), p. 779-780, 2017
- 2) 小室晴陽: CAD・CG データを活用したプロジェクトマッピング用大型模型の製作方法について, 北翔大学北方圏学術センター年報, 6, p. 85-91, 2014
- 3) 土肥雅志, 三谷純, 福井幸男, 金森由博: 間取り作成アプリケーションからのスチレンボード建築模型用展開図の自動作成, 日本図学学会大会学術講演論文集, p. 95-98, 2010

注7) <https://app.SketchUp.com/app>