

# 建築部品の幾何学的特性と建築空間の関係

構法計画研究室 大野将毅

## 1. 序論

### 1-1. 研究背景

建築部品<sup>注1)</sup>には多種多様な形が存在している。建築部品のカタログを見ると、同種の部品でもデザインには豊富な種類が存在する。しかし、色や素材の違いを考慮しなければ、それらの建築部品はほとんどが同じ形である。佐藤考一らの研究<sup>1)</sup>においても“建築の個別性は建物の部位に着目すれば一定の繰り返しを表れ建築物の個別性は減縮される”と述べられている。建築部品の色や素材には、十分なバリエーションがあるために建築物の個性性は保たれている。対照的に、建築物と同じように空間を構成する自動車は、ドアハンドル等だけではなく空間を構成する車体やドアも含めて曲面が多く使われ、車種が変われば同じ形の部品はあまり見られない。自動車では各部品の形が変われば車体全体の形も変化する。自動車は量産品であるが、部品に着目すれば複雑な形が多様にあることがわかる。しかし、建築物では部品の形に全体の形が依存することは少ない。建築部品の形が単純であることは建築物のプロダクトとしての特徴のひとつであると考えられる。本研究では、建築部品の形の性質を建築部品の幾何学的特性と捉え研究を行う。

### 1-2. 既往研究

建築部品の製造プロセスの実態調査とオープンシステム理論における建築部品論の再検討を行った佐藤考一らの研究<sup>2)</sup>や、開口部に焦点をあて、各建築部品の機能を定量的に表示し生産手段の工業化のための方法論を検討した剣持吟の研究<sup>3)</sup>など、建築部品に関する研究では、生産技術や運搬方式など、その時代の生産システムを踏まえた上で、建築部品の在り方が考察されてきた。一方で建築部品の形については寸法調査や時代ごとの変遷といった分析にとどまっている。そこで本研究では、建築部品の形に着目して分析を行うことで、建築部品の特徴を検討する。

### 1-3. 研究目的

上記の背景を踏まえつつ、本研究では建築部品の幾何学的特性を分析し、建築空間との関係を明らかにすることを目的とする。現在多軸加工機や3Dプリンター等の部品加工技術が発達している。加工技術の発達により建築部品の形や建築物そのものの形が変化し、建築設計や施工の在り方も変化していくと予想できる。建築部品の幾何学的特性を明らかにすることは、今後変化していく建築生産を鑑みても意義があると考えられる。

### 1-4. 論文構成

まず建築部品の幾何学的特性を明らかにするために、2章ではカタログ調査によって建築部品の形を分析し、分類を行う。3章では生産方式による形の制約条件を整理し、4章で建築部品の使われ方の違いから形の分類を行う。5章では、2章及び3章、4章の分析結果をもとに、建築部品の幾何学的特性と建築空間の関係を住宅の事例を用いて明らかにし、自動車の場合と比較をすることで建築物の特性を考察する。6章は総括であり、本研究の成果と今後の課題を述べる。

## 2. 建築部品の幾何学的特性の分析

### 2-1. カタログ調査による建築部品の形の分析

#### 2-1-1. 調査方法

まず、カタログ調査により建築部品の形について分析を行い、建築部品の幾何学的特性に関して考察を行う。本研究ではLIXIL<sup>5)</sup>と三協アルミ<sup>6)</sup>が提供しているWEBカタログから各建築部品の情報収集を行った。カタログに掲載されている写真から形の分析を行い、寸法から各建築部品の大きさの変更可能範囲の分析を行う。

#### 2-1-2. カタログ調査による建築部品の形の分析

室内用ドア、床仕上げ材について一部の例を挙げて示す。室内用ドアはドア枠、ドア板材、丁番、ドアハンドルに分けて分析を行う(表1)。ドア板材やドア枠は同一の断面形状が連結する箇所があるため、長さや幅の変更が容易である。高さ方向も断面形状が同じであるが、必要性が小さいために固定寸法となっている。ドアハンドルは寸法等の指定はなく10種類の形から選択できるのみである。ドアハンドルやクレセント錠、スイッチプレートなどの外形が複雑なものほど多種多様な形から選択が可能になり、ドア枠や板ガラス、床タイル材などの単純な形のものほど寸法変更により外形の変更が可能であることがわかる。カタログ調査の分析から建築部品の複雑さは2つの要素から分類ができるとの仮説が成り立つ。1つは断面形状が同一断面であるかそうでないかであり、2つ目は外形に曲面を含むか含まないかである。その仮説のもと建築部品の形を分類する。

表1 建築部品のカタログ調査表

建築部品	寸法	形の分析
フラッシュ構造ドア	ドア板材	W: 591・677・697・723・767・811 H: 1983 長方形の平滑な板状 高さ方向、幅方向共に断面形状が同じ
	ドア枠	W: 648・734・754・780・824・868 H: 2023 四角柱の形が組み合わさっている ケーシング枠がつくと壁厚に対応可能
	ドアハンドル	- ドア板に接する面が平滑なこと以外は自由な形 同一断面ではない ドア板によらず自由に形を選択できる
	丁番	- 長方形の板と円柱の形が組み合わさっている 形の種類はない
床タイル	マルモア	736×1475×10.0 736×736×10.0 長方形の形状と正方形の形状を選択できる 断面形状が同じ
	トリロジー	594×594×10.0 正方形の形状 断面形状が同じ
	ブリットストーン	445×894×9.5 146×894×9.5 2種類の長方形の形状 断面形状が同じ
	クロロ	598×598×9.0 正方形の形状 断面形状が同じ

### 2-2. 建築部品の形の分類

前節のカタログ調査の収集に基づき建築部品の形の分類を行う。フローリング、アルミサッシ、スイッチプレート、障子を対象とし、形の分類方法を述べる。フローリング(図1)は全体の形が矩形で構成されていて端部も直角である。またb方向の断面を見ると全体が同一断面である。アルミサッシ(図2)はc方向の断面すべてが同一形状である。またd部分を確認すると突出部の頂部が曲面であ

るため曲面を含む形に分類できる。スイッチプレート（図3）はe端部に曲面があり、ねじ穴にも曲面がある。また、f断面とg断面では断面形状が異なる。障子（図4）はh部分を見ると四角柱状の棒材が組み合わされた形である。またi断面とj断面を比べると断面形状が異なる。以上の分類結果を表2に示す。

### 2-3. 小結

建築部品の幾何学的特性を曲面使用の有無と断面形状から4種類に分類した。すなわち、第1象限に分類されている部品の幾何学的特性は形に曲面を含まず、特定方向の断面形状が同一である。第2象限の部品は形に曲面を含み、特定方向の断面形状が同一である。第3象限の部品は形に曲面を含み、特定方向に異なる断面形状がある。第4象限の部品は形に曲面を含まず、特定方向に異なる断面形状がある。このように建築部品の幾何学的特性はそれぞれことなり、「外形に曲面を含むか」と「特定方向に異なる断面形状があるか」の2つの要素で分類可能であることが明らかとなった。

表2 建築部品の形の分類

	形に曲面を含む		形に曲面を含まない	
断一面方向形状が同一	アルミサッシ	ダクトレール（照明）	床タイル	窓枠
	巾木	カーテンレール	フローリング	板ガラス
	畳	廻り縁	ドア枠	乾式天井材
	階段手摺		フラッシュ構造ドア	
断一面方向形状が異なる	巾木コーナー材	手摺受け	障子	
	スイッチプレート	丁番	框組構造ドア	
	ドアハンドル	電灯カバー	レンジフード	
	クレセント錠	換気口	壁タイル（一部）	
	サイディングボード	換気口カバー		

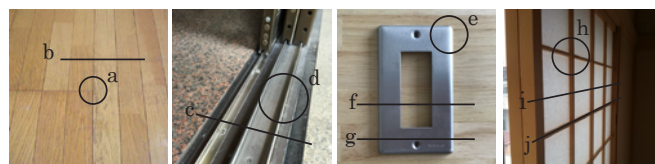


図1 フローリング 図2 アルミサッシ 図3 スwitchプレート 図4 障子

## 3. 生産方式と建築部品の形の関係

### 3-1. 部品加工技術の分類

生産方式による建築部品の形の制約条件について整理を行う。建築生産の工業化に伴い建築部品の加工技術はより発展していき、量産品においても同じ部品を大量生産するだけでなく、多品種生産を行うことも可能になった。加工技術によって、生産することのできる建築部品の形は異なるが、それぞれが効率的に生産されている。各加工技術を加工の種類と加工材料に着目して分類を行ったものを表3に示す。加工方法は、型を用いて所定の形を得るものを成形、不要な部分を取り除き所定の形を得るものを除去、材料同士を結合させ所定の形を得るものを結合、材料を積層させて所定の形を得るものを積層とし分類を行った。金属の加工方法は多いようだがこれは金属材料の種類が多いためである。樹脂加工のブロー成形は金属加工の鋳造技術と似た方式であり、出来上がる形の制限に樹脂と金属で違いがないことがわかる。

表3 部品加工技術の分類

加工種類	成形		除去		結合		積層
金属	鋳造	せん断加工	切削加工	穴あき加工	溶接	接着	3Dプリンター（積層）
	鍛造	プレス加工	研削加工	打ち抜き加工	圧接	ボルト締め	3Dプリンター（焼結）
	押し出し	圧延加工	切断加工	レーザー加工			
	引き抜き	曲げ加工					
樹脂	射出成形	ブロー成形	打ち抜き加工	切削加工	溶接	接着	3Dプリンター（積層）
	押し出し	注型成形	ウォータージェット加工				3Dプリンター（光造形）
	曲げ加工	圧縮成形					
ガラス	曲げガラス	フロート法					3Dプリンター（積層）

表4 加工技術による形の制約条件の整理

	曲面	角	正確な形の生産	形の変更	大きさの変更
鋳造	○	○	○	○	○
鍛造	○	○	○	○	○
押し出し	○	×	○	○	○
引き抜き	○	×	○	○	○
せん断加工	○	○	△	○	○
プレス加工	○	×	○	○	○
圧延加工	○	×	×	×	○
曲げ加工	○	×	△	○	○
切削加工	○	×	○	○	○
打ち抜き加工	○	×	△	○	○
レーザー加工	○	×	○	○	○
溶接	○	×	○	—	—
ブロー成形	○	○	○	○	○
注型成形	○	○	○	○	○
圧縮成形	○	×	○	○	○
ウォータージェット加工	○	×	○	○	○
積層成形	○	×	△	○	○
光造形	○	○	○	○	○
凡例	○生産できる形 △加工後に付加的作業を要する ×生産できない形				

### 3-2. 生産方式と建築部品の形の関係

加工技術による形の制約条件を整理し表4に示す。押し出しや引き抜き加工では正確な角を造ることは難しくR角になってしまう。せん断加工や打ち抜き加工は要求された形を生産するために余計な部分を取り除く付加的な作業が発生するために△に分類した。積層造形はフィラメントを積み上げる際に角を造るのは難しく、積層した際の凹凸が表面にできてしまう。一般的に流通している3Dプリンターは樹脂の積層型であり、形の自由度は高いがデータ通りの正確な形を造ることは難しい。

### 3-3. 小結

生産方式による建築部品の形の制約条件を整理した。複雑な形の部品であるほど鋳造や鍛造、ブロー成形等の成形技術によって製造されていることがわかる。また、除去や結合の加工ほど単純な形であることがわかる。加工技術との関連を見ると、技術的制約により曲面になってしまう場合が見られるため、個別の部材として見ると、2章で行った分類のように、曲面を持つ部材が複雑な形であるとは必ずしも言い難い。以上の分析により建築部品の幾何学的特性が表面に現れる外形の形のみによらず、生産方式による技術的制約が関係することが明らかとなった。

## 4. 建築部品の使われ方による形の分析

### 4-1. 建築部品の使われ方による形の分類方法

この章では建築部品の使われ方による分類を行う。建築部品の使われ方を表5に示す4種類に分類する。すなわち、同種の部品が直接接続し、繰り返して用いられる連結反復型、同種の部品が離れた位置で繰り返して用いられる分節反復型、切れ目なく同じ形状が連続している一体連続型、反復して用いられずに1つで用いる非反復型である。

### 4-2. 建築部品の使われ方による形の分類

次に、この分類方法を用いて、建築部品とその使い方に関する分析を行う。その結果を表6に示す。連結反復型に分類される建築部

品は矩形の部品が多く、同種の部品を繰り返し反復して用いることで平面を充填することができる。そのため住宅の床、壁、天井といった平面に用いられる部品が多くなったと考えられる。分節反復型に分類される建築部品は天井や壁面の連結反復型の部品に埋め込むように使われる部品が多い。一体連続型の部品は同一の断面形状であり、天井や壁面に外付けされる部品が多い。非反復型に分類される部品は形の複雑な部品が多くある。非反復型の部品は他の部材と接する面積が小さいため、自由な形とすることが可能である。

#### 4-3. 小結

以上の分類結果から連結反復型の部品では単純な形である部品が多く、非反復型の部品では複雑な形の部品が多いことがわかる。連結反復型の部品は同種の部品を繰り返し用いられるため、平面充填が可能な形である必要がある。そのため、単純な形の部品が多いと考えられる。非反復型の部品は同種の部品を並べて用いることがないため外形への制約が少ない。分節反復型は矩形の部品と曲面を含む部品の両方がある。これは非反復型と同じように同種の部品を並べて用いられないためであるが、窓枠やドア等の連結反復型としても用いることが可能な部品もある。分節反復型の部品も矩形であれば接続しつつ反復可能であると考えられる。

### 5. 実例を用いた建築部品の幾何学的特性と建築空間の関係

#### 5-1. 調査対象の概要と分析方法

##### 5-1-1. 調査対象の概要

以上の分析をもとに具体的住宅を対象とした分析を行い、建築部品の幾何学的特性と建築空間の関係を考察する。図5に本研究で調査を行った範囲の間取り図として示す。

対象住宅 竣工日 平成29年8月31日

設計・施工会社 大和ハウス

構造 軽量鉄骨

型式適合認定を取得している

##### 5-1-2. 分析方法

図6に対象住宅の窓を用いて例示する。窓枠は形に曲面を含まず、同一の断面形状がある幾何学的特性を持っており、分節反復型である。壁面に埋め込まれるように用いられるため、窓枠は壁との取り合いが勝っていると考えられる。また、埋め込むために、壁面を削る必要があるため、窓枠は壁面に形の影響を与えている。クレセント錠は窓ガラスに取り付けられている。非反復型であり、形に曲面を含み、異なる断面形状がある幾何学的特性を持つ部品である。隣接する建築部品との接地面積は少なく、形の制約が少ないことがわかる。つまりクレセント錠は窓に取り付けられているが、形の影響を受けない。以上のことから建築部品の形は部品同士の取り合いに制約されていることがわかる。建築部品の形が部品同士の取り合いに勝ち負けが生じる場合と勝ち負けが生じない場合に分け、取り合い図として記述していく。

#### 5-2. 建築部品の形の影響に着目した部品の取り合い

図7の取り合い関係図より、分析を行う。それぞれの建築部品に着目すると、幾何学的特性がAとCの断面形状が同一である部品が多く、分節反復型と連結反復型の部品が多くあることがわかる。また、取り合い関係に着目すると、形に曲面を含み、特定方向に異なる断面形状があるBの部品であり、かつ、非反復型の部品はすべて、取

表5 建築部品の使われ方による形の分類方法

連結反復型	同種の部品が繰り返し用いられる。反復の仕方は部品同士が直接、接続して用いられている。	一体連続型	切れ目なく、同じ形状が連続している。
分節反復型	同種の部品が繰り返し用いられる。部品同士は直接、接続はせずに離れた位置で反復する。	非反復型	同種の部品を繰り返し用いられることはない。1つで用いられる

表6 建築部品の使われ方による形の分類表

連結反復型	床タイル フローリング	畳 壁タイル	天井材 サイディングボード
分節反復型	フラッシュ構造ドア 枠組構造ドア 窓ガラス	ドア枠 窓枠 アルミサッシ	スイッチプレート 換気口 点検口
一体連続型	巾木 廻り縁	手摺 ダクトレール	コーナー巾木 コーナー廻り縁
非反復型	ドアハンドル 電灯カバー	クレセント錠 レンジフード	ドアクローザー

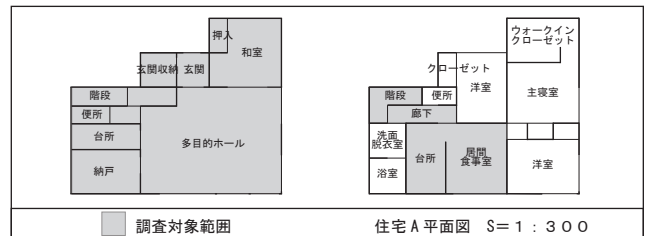


図5 対象住宅の間取り図と調査対象範囲



図6 対象住宅の玄関における建築部品

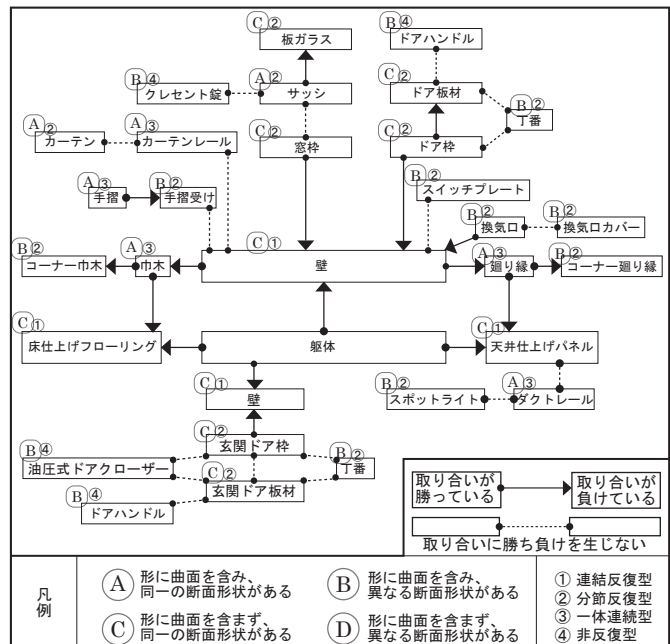


図7 対象住宅の玄関における建築部品の取り合い図

り合い関係に勝ち負けを生じない関係である。つまり、その建築部品は、隣接する建築部品に対して、形の制約を与えないことがわかる。躯体と取り合う部品は形に曲面を含まず、特定方向の断面形状が同一である C の部品のみであり、建築空間に占める面積が大きい部品であることが見てわかる。

### 5-3. 建築部品の幾何学的特性と建築空間の関係

前節の分析より、建築空間には特定方向の断面形状が同一である部品が多く、壁や躯体と取り合う部品は矩形で形成された同一断面の部品が多数を占めていることが明らかとなった。連結反復型の部品や分節反復型の部品が多くあることから、建築空間には反復して用いられる部品が多く存在していることが明らかとなった。更に、非反復型であり、かつ B の部品はすべて、取り合い関係に勝ち負けを生じない関係であることが明らかとなった。以上のことから、建築空間では、表面に現れる建築部品のうち、矩形であり、反復して用いられる部品の占める割合が大きく、曲面を含み、特定方向の断面形状が異なる部品の占める割合が小さいことが明らかとなった。

### 5-5. 自動車における部品の幾何学的特性と空間の関係

比較のため自動車<sup>2)</sup>を対象として、内装部品の取り合い関係を調査した。その結果を図8に示す。自動車部品は連結反復型の部品と一体連続型の部品は無く、非反復型の部品と分節反復型の部品で形成されていることが図から読み取れる。また、分節反復型の部品は自動車の特性上、同じ平面内で反復することは無い。自動車部品の幾何学的特性は形に曲面を含み、異なる断面形状がある B の部品のみで形成されていることが明らかとなった。また、形に曲面を含み、異なる断面形状がある部品が、他の部品に対して取り合い関係に勝ち負けを生じている場合がある。そのため、その部品と取り合う部品も曲面を含む部品になる場合があると考えられる。以上の分析より、自動車の内部空間に使われる部品はすべて、形に曲面を含み、異なる断面形状がある B の幾何学的特性を持った部品であることが明らかとなった。更に、自動車は使われている部品が形に曲面を含み、特定方向の断面形状が異なる部品が多いため、内部空間が複雑化していることが明らかとなった。

### 5-6. 小結

建築部品の幾何学的特性と建築空間の関係を建築部品の取り合い図から分析し、比較のため自動車を対象として同様の分析を行った。自動車では連結反復型の部品と一体連続型の部品が無く、分節反復型の部品と非反復型の部品が用いられている。一方で、建築物は連結反復型や分節反復型の反復して使われる部品が多くあることが明らかになった。建築物は自動車に比べ、外形に曲面を含み、特定方向の断面形状が異なり、非反復型の部品が、隣接する部品と取り合う場合が少ないことが取り合い関係図から考察できる。また、自動車では内部空間に使われる部品が、すべて、B の同じ幾何学的特性を持っているのに対し、建築物では、異なる幾何学的特性を持つ部品を組み合わせることで空間を形成していることが明らかとなった。自動車では、形に曲面を含み、特定方向の断面形状が異なる、B の幾何学的特性を持ち、非反復型である部品が勝ち負けを生じる取り合い関係を持つ場合がある。一方で、建築物では形に曲面を含み、特定方向の断面形状が異なる B の幾何学的特性を持ち、非反復型である部品は取り合い関係に勝ち負けを生じない関係の部品のみであることが明らかとなった。

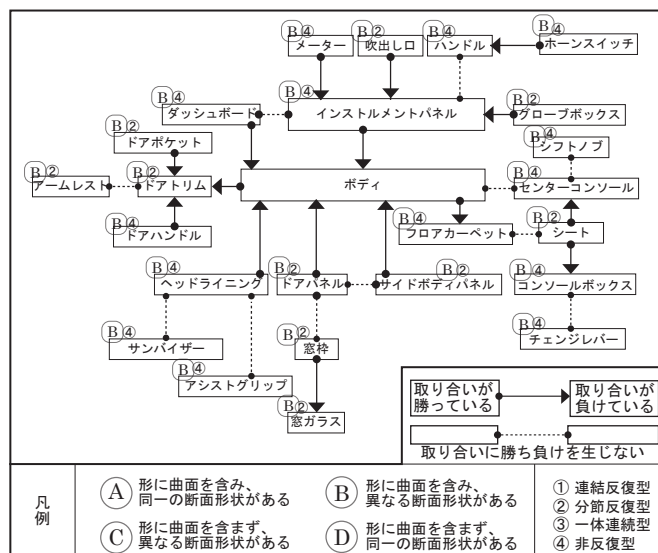


図8 形の関係に着目した自動車部品の取り合い図

## 6. 結論

### 6-1. 本研究の成果

本研究の成果を以下に順に示す。建築部品の幾何学的特性はそれぞれ異なり、「外形に曲面を含むか」と「特定方向に同一な断面形状が現れるか」によって分類ができることが明らかとなった。また、建築部品の幾何学的特性は外形の特徴だけでなく、生産方式による技術的制約があることが明らかとなった。自動車の部品の幾何学的特性はすべて同じであるのに対して、建築物では幾何学的特性が異なる部品を組み合わせることで空間を形成していることが明らかとなった。建築物は矩形の平面充填が容易な形の部品が多く使われている。そのことから、同じ部品を用いて、大きさや用途の違う空間を形成することが可能であることが明らかとなった。また、曲面を含み、特定方向に異なる断面形状を持つ部品が、隣接する部品と連関する場合が少ないことが明らかとなった。それにより、ある建築部品を取り換えることや、部品の形を変えることが容易になることが考えられる。

### 参考文献

- 1) 佐藤考一他, 設計志向型部品の成立要件とその役割に関する考察 - 設計志向型建築部品に関する研究その1 -, 日本建築学会計画系論文集第5432001, 5 pp139-145
- 2) 佐藤考一他, 建築部品の生産特性に関する研究 日本建築学会大会学術梗概講演集, 1993. 9 pp815-816
- 3) 剣持吟, 開口部論, 東京大学学位論文, 1965
- 4) 松村秀一, 「部品」概念を中心とした建築生産論, 日本建築学会第10回「建築生産と管理技術」シンポジウム論文集, 1994. 7 pp159-166
- 5) LIXIL が出している WEB カタログを参照している。  
[https://webcatalog.lixil.co.jp/iportal/CatalogDetail.do?method=initial\\_screen&catalogID=1201488000&volumeID=LXL13001&designID=newinter](https://webcatalog.lixil.co.jp/iportal/CatalogDetail.do?method=initial_screen&catalogID=1201488000&volumeID=LXL13001&designID=newinter)
- 6) 三協アルミが出している WEB カタログを参照している。  
<https://apps.st-grp.co.jp/iportal/CatalogSearch.do?method=catalogSearchByAnyCategories&volumeID=STAWC001&categoryID=581160000&designID=WCAT001>

### 注釈

- 注1) 既往研究で建築部品は「建築の生産上の分割単位」と定義されているが、本研究では「物の分割可能単位」として定義する。例えばドアは板材、ドア枠、ドアノブ、丁番をそれぞれ別の建築部品としてとらえる。
- 注2) 本研究ではマツダ株式会社の MAZDA2 コンパクトカーを対象として内装部品の取り合い図を作成し分析を行った。