

建築設計情報の記述メディアと製作物の表現型

—家具と小屋の製作実験を通して—

構法計画研究室 佐塚有希

1. 本研究の目的

1.1. 背景・目的

何らかの構造物を製作する際は、その手順を記したメディアが必要となる。その種類は多様であるが、各メディアがもつ情報量や記述方法の特性によって製作過程や製作物そのものに差異が生まることがある。つまり、こうした手順書はどのような製作に適しているかがそれぞれ異なる。建築においては、現在は正投影図を主体とする設計図が設計者のデザインを伝えるメディアとなっており、施工者はそれにしたがって施工することが一般的となっている。このとき、建物は設計者の描く図面通りにつくられることが原則であり、施工現場で即興的に設計内容を変更することは基本的に許容されていない。つまり、建築における設計図は設計内容を厳密に伝達することを重視した記述方法となっているのであり、施工者等が自身の考えを設計に反映させることは困難である。また、厳密な記述方法であるために、設計内容の読解に知識や経験が必要とする。加えて、施工者やユーザーなど設計者以外による設計変更を促したい場面では不向きである。しかし、家具などの小規模な構造物ではユーザーによる設計の変更を促すことが必要な場面も考えられる。また、建築においても施工者による設計の変更を許容することを検討する余地はある。設計者以外が設計に参加する可能性を開くことで、設計者と施工者の間にある階層的な構造を解消する手段の一つになると考えた。そこで、本研究では、様々な記述方法が製作物のあり方やその製作方法に与える影響を調査・分析し、さらにその結果を踏まえて設計内容の変更を許容する設計情報の記述方法を開発し、その有効性を検証することを目的とする。

1.2. 研究方法

はじめに、設計情報の代表的な記述方法の基本的特性を明らかにするとともに、簡単な家具の製作実験を通して記述方法と設計・施工過程および実際の製作物との関係を分析する。得られた成果をもとに、製作の際に製作者自身が設計内容の一部を決定可能な新しい記述方法を開発し、さらにその効果を実験で分析をする。最後に、以上の結果をふまえて今後の展望をまとめる。

2. 記述方法の変遷と建築における正投影図

印刷技術が発明される前は手描きによる図面のコピーは信用されなかったため、正確なコピーが必要な場合はイメージを用いず文字や数字など非視覚的フォーマットで記述していた。しかし印刷技術の発達が図面のコピーを容易にし、技術的な情報をイメージなどの視覚的フォーマットでも記録し伝達するようになった。それにより正投影図や透視図法を用いたスケッチなどが3次元の構造物を製作するための記述方法として用いられるようになったが、建築において正投影図が一般的になっているのは、産業革命を発端とする工業化社会での実作用図法としての規格化の影響や作図効率の担保等が理由である²⁾。

3. 既存の記述方法の検証

3.1. 記述方法の種類

まず、代表的な設計情報の記述方法を整理し、表1にまとめた。

表1 建築記述方法の基本情報

	図面例 内容	情報量	スケール感	把握容易性	完成物の やりやすさ	製作方法の 自由度	製作内容との 設計方法との 相違
(a) 正投影図	(例) 	多い	捉えやすい	やや低い	やや低い	高い	5
(b) 組立図	(例) 	少ない	やや捉えにくい	やや高い	やや低い	普通	4
(c) 組立説明書	(例) 	多い	捉えにくい	高い	高い	低い	5
(d) 動画	(例) 	やや多い	捉えやすい	やや低い	高い	低い	4

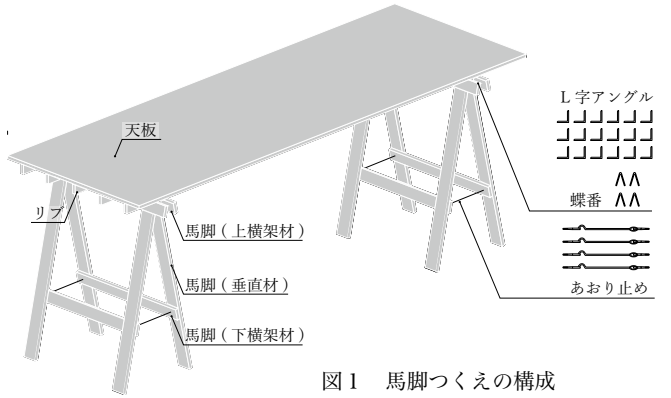


図1 馬脚つくえの構成

図面の例は本研究で開発した馬脚つくえ（図1）としている。ここではイメージやテキストによる説明の多さを示す「情報量」、寸法のわかりやすさを示す「スケール感」、製作前に製作物の完成後の姿をどの程度想定できるかの度合いを示す「完成形の把握容易性」、製作をする上でわかりやすさを示す「製作方法の分りやすさ」、製作方法と設計内容を製作者がどの程度決められるかを示す「製作方法と設計内容の自由度」をそれぞれについて5段階で評価した。それぞれの記述方法についての詳細はこの節で述べ、「製作方法と設計内容の自由度」はさらに5項目に分け、次の節で述べる。

(a) 正投影図

建築において一般的に用いられている記述方法である。二次元情報である平面図、断面図、立面図など設計物をあらゆる方面から記述する必要がある。情報量は多く、縮尺の提示もあるためスケール感はとらえやすい。一方で、製作方法を規定しないなど製作にはある程度の自由度がある反面、専門性が必要であり、また複数の正投影図から全体像を把握する必要があるため全体像の把握には知識や経験を要する。

(b) 組立図

ユーザーに向けた家具の組み立ての説明等に用いるものであり、言葉による説明を排除することができる。アイソメ図やアクソメ図を使用していることから完成形や構成などは把握しやすいが、情報量は正投影図に比べると少なく、製作方法の分りやすさはやや低いと評価できる。

(c) 組立説明書

製作手順や納まりなど組み立てについての文章を併記して説明されており、情報量・完成形の把握容易性などのどの点においても優れたわかりやすい記述方法である。縮尺が定まっていないことが多く、スケール感は捉えにくい。加えて、丁寧な説明がある反面、製作方法の変更の自由度が低く、非熟練者向けの記述方法であると言える。

(d) 動画

情報量が多く、製作の手順がわかりやすい記述方法である。スケール感も捉えやすいが、説明を容易にするため接写が多くなる傾向にあり、その場合、全体像は捉えにくくなる。一般的には非熟練者のために用いられる記述方法であり、熟練者に対しては伝達効率が悪い側面がある。

これらの記述方法には各々向き不向きがあり、熟練者にとって組立説明書や動画は情報過多であるため、作業効率が下がることがありうる。また一方で、非熟練者にとって正投影図は不親切な記述方法であり、製作の難易度があがってしまう可能性がある。

3. 2. 各記述方法の製作方法と設計内容の変更・選択可能性の分析

各記述方法について、製作方法および設計内容の変更・選択可能性に関する項目を、それぞれについて5段階で評価を行った（表2）。以下にその詳細を述べる。

(a) 正投影図

「天板・リブ・馬脚」などといった部品別の記述ではなく、「平面図・断面図・立面図」という投影方向別の記述のため、製作手順は規定されない。基準線と寸法が記述されている場合は墨付けの自由度はやや低い。詳細が記載されていない場合は細部設計の変更可能性はある程度高い。一方で形状、寸法、材料に関しては明確に記述されて

表2 製作方法と設計内容の変更・選択可能性の分析

		(a)正投影図	(b)組立図	(c)組立説明書	(d)動画
製作方法	製作手順	5	4	2	1
	墨付け方法	4	4	1	1
設計内容	納まり	5	3	1	1
	寸法	1	1	1	1
	材料	1	3	3	1

* 1～5の5段階で評価しており、数字が大きいほど自由度が高い。

表3 技能レベル

技能段階	判定基準
初級	電動工具を使用して家具などを製作した経験が1回以下
中級	電動工具を使用して家具などを製作した経験経験が2回以上4回以下
上級	電動工具を使用して家具などを製作した経験経験が5回以上

いるため選択可能性は小さい。

(b) 組立図

製作手順は特に記述されていないが、正投影図と違って部位別に記述されているため、ある程度は規定されると考えられる。墨付け方法は正投影図と同様である。納まりはアイソメ図で規定できる箇所があるため変更可能性はやや小さい。アイソメ図は全体像の把握が容易な反面、形状の変更は行いにくい。文章での説明がない場合、材料に関しては正投影図より選択可能性が大きい。

(c) 組立説明書

製作手順は明確に記述されているため規定されやすい。また、墨付け方法も指定する記述がある場合は自由度が低い。メディア内に大きさや材料の明記がある場合は、形状や材料も選択可能性は小さいと考えられる。

(d) 動画

メディアの特性上、工程を順に示すのが通常であり、製作手順は規定される。また、接写が多い場合は墨付け方法や納まりが製作者に伝わりやすく、その変更可能性は小さい。形状や材料に関しても情報が伝わりやすく、したがって選択可能性は小さい。

3. 3. 実験による検証

以上の分析をふまえ、その実際を検証することを目的として、開発した馬脚つくえを用いた以下の実験を行う。

3. 3. 1. 概要と目的

馬脚つくえを表1に示した(a)-(c)の記述方法で記述した。この馬脚つくえは天板・リブ・馬脚で構成されており、厚さが同一の合板からそれぞれの部材を切り出して製作するものである。それらをL字アングル・蝶番・あおり止めの3種類の金物とビスを用いて乾式で組み立てるだけの非常に簡単な構成である。ここでは簡単な家具を実験の題材とすることで、被験者の属性を多様なものとし、それぞれの記述方法がどのような場面で有効なのかを分析する。

3. 3. 2. 実験の方法

まずはじめに、記述方法の違いだけではなく、被験者がどの程度製作経験があるかによっても製作物に差異が生じると考えられるため、技能レベル（表3）を設定した。

技能レベルで初級者～上級者に相当する参加者をつのり、表1の(a)-(c)の記述方法のいずれかで表された製作図を配布し馬脚つくえを製作する。この馬脚つくえは図2に示す通りある程度寸法を自由に設定可能なため、実験ごとに異なるサイズで製作図を描いた。木材割付・カットはあらかじめ行っておく。被験者には製作図に加え

丁寧な文章説明があったためか手戻りや誤差はほとんどみられず、結果として製作物の出来上がりが最も良好であった。しかし製作ミスも生じており、中級者 K は説明書に記述のあった上横架材・下横架材の垂直材との接合部に注意を払いすぎた結果、上横架材の位置を間違えてしまった(図 7)。これは、垂直材に先に下横架材を取り付けするのではなく、上横架材を先に取り付けていれば防げた可能性があるため、説明書の製作手順に忠実にしたがってしまったがゆ

えのミスといえる。また、上級者 L は天板とリブを取り付けるアングルのビス止めを一列忘れていたという製作ミスをした。これは製作経験の多い上級者にとっては必要以上の説明があり、説明が煩雑なために生じたミスであると考えられる。なお、製作手順は想定したものとほぼ同じであった。

3.3.4. 新しい記述方法の開発

既存の記述方法を用いた実験では製作手順など、製作方法にはある程度違いが見られたが、製作物にはほぼ違いがみられず、設計内容の変更・選択可能性は小さいことがわかった。既存の記述方法は各部の寸法を数値情報として細かく記述する点が共通しており、それがビス位置以外の納まりの違いが生まれなかった要因であると考えられる。またいずれも全体像が把握しやすいため形状にも変化が起こらなかったと考えられる。以上をふまえて、製作方法だけでなく設計内容の変更・選択可能な記述方法を確立すべく、新しい記述方法を開発した(図8)。それにしたがって記述した設計情報に関するメディアを、以降「接合部説明図」と呼ぶこととする。

ここで開発した記述方法は部材の端部および取り付けのみを記述することが特徴であり、形状や大きさにも工夫が加えられることを企図している。このような考え方は既存の部分詳細図などにも見られるが、一方で部分詳細図と異なる点は、部材同士の位置関係や寸法を指定する際に絶対寸法を用いることを極力避け、ある部材の何等分の位置に別部材を取り付ける、というように、相対的に指定する形式を採用している点である。これはアルゴリズムミックデザインにおけるパラメトリックな記述方法に近い。これにより全体の形状、各部の寸法、納まりに違いが生まれることを企図している。以降小屋の製作実験を通してこの記述方法の検証を行う。

4. 接合部説明図の検証

検証に際しては、図9に示すような小屋の設計情報を接合部説明図として描いた(図10)。

4.1. 製作方法と設計内容の選択可能性の分析

接合部説明図の記述方法は絶対寸法に関する記述がないため、形状や寸法に違いが生じやすいと推測される。また、ここでは壁材の角度も自由に変更できる設計としたが、これを構造的に成り立たせるため元々の設計が制約されている側面もある。製作手順や墨付け方法も記述されていないため製作方法の自由度も高い。材料も明記はしていないが、木材を用いるのが現実的であるため選択可能性は小さいと考え、提供する資材は木材のみとした。

4.2. 実験による検証

4.2.1. 概要と目的

本実験においても3.3.と同様の技能レベルを設けた。

ここで設計した小屋はAフレームにより支持する形状である。使用する材は30mm×40mm材の木・合板・蝶番・ビスであり、乾式工法による施工が可能な非常に簡単なつくりとなっている。形状とおさまりに工夫がみられるよう接合部に蝶番を用いたり、材と材の取り付けに遊びを設けるなど工夫を行った。またAフレーム形状と柱の頂点部への蝶番の採用は、施工に慣れていない初級者が頭上での作業を減らすことができるよう配慮をした結果でもある。

4.2.2. 実験の方法

各技能レベルの被験者が2人ずつのペアとなり、図10の接合部説明図を用いて小屋を製作した。木材、金物、ビスおよびインパクト

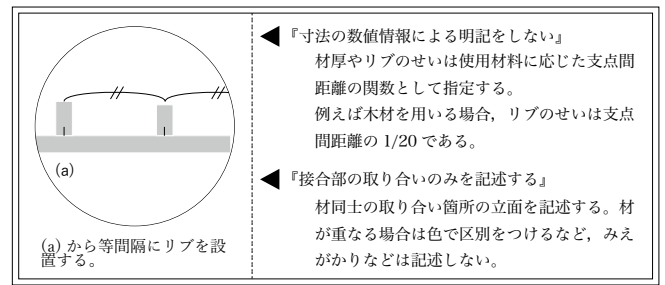


図8 新しい記述方法の概要

表5 製作方法と設計内容の変更・選択可能性の分析

製作方法	製作手順	5
	墨付け方法	5
設計内容	納まり	4
	寸法	5
	材料	1

* 1～5の5段階で評価しており、数字が大きいくほど自由度が高い。

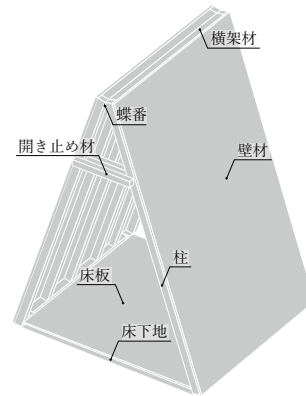


図9 小屋の構成

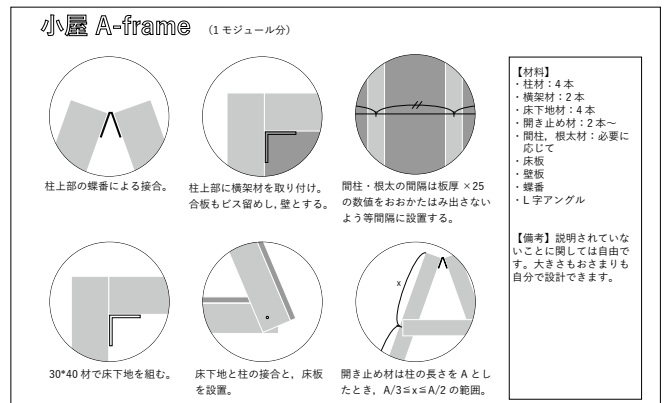


図10 小屋の接合部説明図

ドライバー(人数分)、丸ノコ、手ノコ等の工具はあらかじめ用意した。ただし、被験者は寸法やおさまりをある程度設計した上で製作にとりかかる。初級者が被験者となった実験で丸ノコの使用が不慣れな場合は、中級者以上の丸ノコ使用に長けている人物が立ち会い安全確保して実施した。また実験は以下の方法で記録した。

①製作の様子の把握: 定点でのビデオ撮影を行い、製作に要した時間・工程・手戻り等を製作後に分析する。

②製作物の評価: 製作後に製作物の形状、寸法や納まり等加えられた変更や工夫を明らかにする。

4.2.3. 実験の結果と考察

各実験の概要を表6に示した。

製作手順は図11に示した通り、墨を部位ごとに打つケースや、墨付けを適度に済ませてから組立に取り掛かるケースなどがあり、自由度が高いといえる。また墨付け方法もどの技能レベルにおいても各々の設計に応じた工夫がみられたため、自由度は高いと言える。初級者を被験者とした実験では、柱・横架材の接合時のガイドとして完成した床を使用する様子もみられた。一方、技能レベルが低くなければなるほどカットのし忘れなどによる手戻りも確認されたが、

これは 3. 3. の既存の記述方法の実験においても確認されているため、開発した記述方法に起因するものではないと考えられる。中級者を被験者とした実験では、組立済の床を作業台として壁板を加工していたために床をともにカットしてしまうミスがあったが、設計の修正を行い即座に製作を開始していた。こうした即興的な修正が可能なることから、接合部説明図は設計を強く規定しない記述であるといえる。

各部の納まりについてみると、上級者は木材の加工技能が高く、図 12 や図 13 に示すように接合箇所を取り合う部材と揃えてカットして納めていた。小屋の頂部は本来は蝶番を使用することで角度が自由になる設計であったが、上級者は全体の断面形状を正三角形に決定し、それに応じた独自の納まりとしていた。また形状が正三角形であることにより角度が限定されるため、棟木断面をその角度と同接にカットするなど、丸ノコ作業の熟練者ならではの納まりの工夫もみられた。しかしこれらはあきらかに図面の指示と異なる納まりであり、変更可能な範囲が伝わりにくい記述であることが課題である。中級者は図 14 のように間柱の取り付けに工夫がみられた。間柱を精度高く斜めカットして納めるにはそれなりの技能が必要であり、その納まりを選択したのは中級者ならではといえる。初級者も同様に技能レベルに応じた納まりの設計を行っていた。また、蝶番を柱ではなく横架材に数個取り付けたり、図 15 のように開き止め材をななめカットして取り付けられている様子がみられた。図 15 のような斜めカットは図 14 に示した納まりとは違って逃げがあるため、丸ノコに不慣れな初級者でも可能な加工であったと考えられる。

製作物の寸法も様々なものとなった(図 16)。大きさはおおむね技能レベルに応じた結果になったが、寸法が変更可能な記述方法を開発するという目的は達成できたと言える。

5. 結論と展望

5. 1. 記述方法の検証のまとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

第一に、既存の記述方法を用いて記述したメディアを用いた製作実験を通じて、製作方法の自由度が高い記述方法と低い記述方法があることがわかった。一方でどれも設計内容の変更・選択可能性は小さく、自由度が低いことが明らかになった。

第二に、製作方法だけでなく設計内容の変更・選択可能性の大きい記述方法を新しく開発し、その記述方法を用いて記述した接合部説明図による製作実験を通して、製作方法と設計内容のいずれに対しても自由度の高い記述方法であることがわかった。また、既存の記述方法でもみられるような製作途中でのミスに対しても即興的に変更し修正することを可能とすることもわかった。これは施工者が設計に参加する可能性を開きうることを意味する。一方で設計情報が正確に伝達できなかったとみなせる結果も見られた。このことは図面による指定箇所と変更・選択可能箇所の判別がしにくい表記があったことを示しており、記述方法として課題が残った。

5. 2. 今後の展望

今回開発した記述方法を用いた接合部説明図は寸法と角度が自由だからこそ、それを成り立たせるための納まりを設計者はデザインする必要がある。従来は設計者は寸法と仕様をデザインし図面によって厳格に指定していたのだが、この記述方法を用いた場合、設計者はパラメトリックに建築をデザインし、設計の変更や選択を現場に

表 6 小屋の実験の概要

実験	被験者	製作経験回数		製作物の大きさ	
1	初級者M: 初級者N	M: 1回	N: 1回	壁: 910*750	床: 850*600
2	中級者O: 中級者P	O: 4回	S: 4回	壁: 1690*1450	床: 1630*910
3	上級者Q: 上級者R	Q: 5回以上	R: 5回以上	壁: 1825*1605	床: 1820*1630

初級者M 初級者N	壁下地	設計	
	壁		
	床下地		
中級者O 中級者P	壁下地	設計	
	壁		
	床下地		
上級者Q 上級者R	壁下地	設計	
	壁		
	床下地		

(判例) ●: 墨付け ▽: 加工 * : 組立
■: 手戻り箇所

注)ここでは製作手順を評価するため時間は示さず、簡素化した。
注)各項目の中央のプロットは共同作業、上下のプロットは単独作業を表している。

図 11 製作工程



図 12 上級者の上部のおさまり

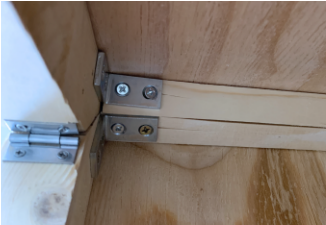


図 13 上級者の棟木のおさまり



図 14 中級者の間柱のおさまり



図 15 初級者の開き止めの取付

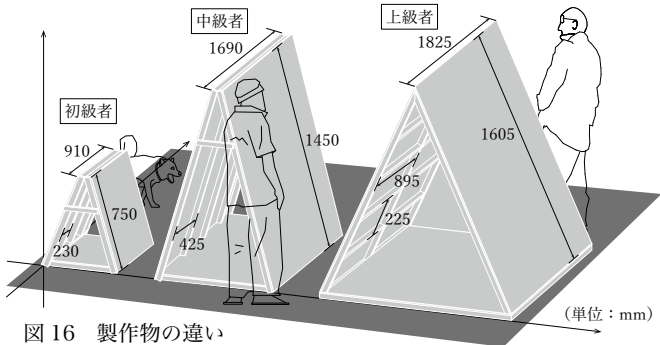


図 16 製作物の違い

委ねることが当たり前になっているかもしれない。設計者が施工者に設計の判断を任せるその様は、設計者と施工者の関係を対等にするにつなると言えるのではないだろうか。建築は常に更新を続けるのである。

参考文献

1) マリオ・カルポ (著), 美濃部幸郎 (訳)『アルファベットそしてアルゴリズム表記法による建築—ルネサンスからデジタル革命へ』, 鹿島出版会, 2014.
2) 井村俊一: 透視図法の歴史についての一考察, 金沢美術工芸大学紀要 (54), 73-83, 2010