

建築工事における非熟練者が参加可能な作業とその拡張に関する検討

構法計画研究室 小松 素宏

1. 序論

1-1. 背景

近年、建設作業者の高齢化に伴う退職率の増加と若年者の建設業への入職率の低迷が深刻な問題となってきた。こうした問題に対しては生産の工業化や機械化による品質の維持や、多能工の導入による生産性の向上等の対策がとられてきたが、将来的にはさらに熟練度の低い作業者が施工に参加することが十分に考えられる。一方で、製品の品質よりも建築のプロセスに参加することに価値を見出し、DIYを行う人が増えてきている。今日ではインターネット上にて様々な工事の施工要領が発信されており、一般の人でもそれらにアクセスしやすくなっている。以上より、多様な局面において建設工事のプロセスがより多様な人に対して開かれることが望まれているといえるが、現在でも建設工事には非熟練者に対して排他的な側面が多く存在し、DIYで行える範囲も限られている。

1-2. 目的

本研究では、熟練者が暗黙知として持つ技術のうち、非熟練者に開放可能なものを明らかにすることで、非熟練者が参加可能な作業を拡張する方法を検討することを目的とする。そこで本研究では、熟練者による工事の施工調査と工程分析およびDIY経験者による階段の製作実験を通じた熟練者との作業特性の比較を行った。

1-3. 既往研究と本研究の位置付け

田口らの研究¹⁾では熟練者と非熟練者の比較が行われていたが、製作物は簡易な間仕切り壁であり、また非熟練者もDIY経験の乏しい被験者としていた。本研究はDIY経験者を対象としており、また主要構造部の製作実験を行っている点で既往研究と異なる。

1-4. 本論の構成

本論は5つの章で構成されている。第1章で研究の背景と目的を述べる。第2章で内装工事に含まれる高難度作業の割合を示す。第3章で非熟練者による木製階段の製作実験を行い、製作精度、作業特性を熟練者と比較し、結果を述べる。第4章で非熟練者の施工への参加可能性について考察し、第5章で今後の展望を述べる。

2. 熟練者による内装工事に含まれる高難度作業の割合

2-1. 調査対象とした工事の概要と調査方法

熟練者による内装工事を対象とした施工調査と工程分析を行った。図3に対象物件の概要を示す。対象とする工事は鉄骨造3階建ての建物の最上階にボックス状の木製間仕切り壁を設置し、動物保護施設兼喫茶店とする計画である。表1に対象物件の仕様、表2に設置された設備系器具を示す。図3の平面図中央のボックス状の間仕切り壁は全て工場製作の木パネル壁を用いている。その他の新設壁は現場にて製作された。床以外の既存部分は現しにEP塗装仕上げとなっている。天井はトイレと厨房のみ新設されており、それぞれ合板天井と野縁現し天井となっている。表3に現場における業種ごとの工数(人・日)を示す。本工事は木パネル壁の設置、天井野縁の取り付け等、通常大工が行う作業を建具工が行う場面が多いという特徴があり、建具工の工数が多くなっている。調査としては、



図1 第一調査の対象とした現場



図2 第二調査の対象とした製作物

所在地	東京都目黒区	
工事内容	内装工事	
改修後用途	動物保護施設兼喫茶店	
工事面積	57.3㎡	
工期	2020/5/2~2020/7/16	
既存建物築年数	32年	
既存建物構造種別	鉄骨造	

図3 対象物件の概要

表1 対象物件の仕様

部位	詳細部位	面積・数量	下地	仕上げ
床	玄関土間	1.5㎡	既存コンクリート	モルタル金ゴテ仕上げ
	木下地床	55.8㎡	支持脚、パーティクルボード、木際根太、構造用合板	長尺シート
壁	既存壁	78.1㎡	既存ALC	EP塗装
	木パネル壁	48.4㎡	木芯材、シナ合板	EP塗装
	現場造作壁	12.0㎡	木垂木材、シナ合板	EP塗装
天井	既存天井	57.3㎡	既存デッキプレート	EP塗装
	合板天井	1.2㎡	木野縁、シナ合板	EP塗装
	野縁現し天井	7.5㎡	木野縁	EP塗装、中空ポリカ板
躯体	既存躯体	89.8㎡	既存鉄骨躯体	EP塗装
	既存アルミサッシ	7枚	既存アルミサッシ	くもりガラスフィルム
建具	パンチングメタル框戸	3枚	木框、アルミパンチングメタル、スチールFB	EP塗装
	アクリル框戸	2枚	木框、アクリル	EP塗装
	木製フラッシュ戸	2枚	シナ合板	EP塗装
	スツール、テーブル等	14個	ボイド管、MDF	EP塗装、メラミン板
家具	下駄箱	1個	ポリ合板	ポリ合板

表2 設置された設備系器具

設備分類	器具名と数量
空調設備	業務用エアコン×1、換気ダクト×1
給排水設備	洗面器×2、一層シンク×1、二層シンク×1、製氷機×1、便器×1
電気設備	壁付けコンセント×10、床出しコンセント×6、壁付け照明×2、ダクトレール×8、天井付けスピーカー×2

現場で行われた作業を対象に、タイムラプスカメラ2台により工程を記録し、記録した映像の分析を行った。撮影間隔は10秒とした。状況に応じてカメラを移動することで可能な限り多くの工程を撮影したが、撮影は着工から5作業日後にスタートしたため、床に関する工程が一部撮影できていない。また、工程中盤に行われた吹き付け塗装時にはカメラに塗料がかかる恐れがあったため4作業日分の塗装工事が撮影できていない。この他にもカメラの死角で行われたことで撮影ができていない作業がいくつかあり、本章における分析はあくまでも撮影できた範囲内のものである。なお、本調査は作業の難度を評価し、高難度作業の割合を明らかにする事が目的のため、移動や運搬等の付随作業は含めず、加工、組み立て等、具体的な施工作业のみを対象に要素作業ごとの工数を測定した。

2-2. 調査結果

2-2-1. 作業分類別の結果

図5に作業分類別の工数の割合を示す。ビス止めやボルト締め等の固定系作業、丸ノコ切断や穴あけ等の切削系作業が全体のおよそ半分を占める結果となった。これらの作業は大工、建具工のみでなく設備系の職種の作業でも多く見られた。

2-2-2. 難易度評価

本論における高難度作業を、各種工具の扱い方を理解している非熟練者が各作業を完遂するために経験の蓄積を要する作業と定義する。表4に高難度と判定した要素作業^{注1)}とその理由を示す。これらは筆者が記録映像にて作業者の動作を観察することで判定したものである。ただし、経験の蓄積を要するかどうかは個人の能力によって異なる場合があるという点において、この判定は絶対ではない。また、これらの中には筆者が実際に経験済みの作業と未経験の作業が混在しているため、判定の確からしさは作業によって異なっている。丸ノコ切断やビス止め等、状況に応じて難易度が変化する要素作業については表5に示す高難度判定基準を別に設け、同様に記録映像の観察から作業ごとに判定をしてみた。

2-2-3. 部位別の高難度作業の割合

部位ごとの高難度作業工数の割合を図5に示す。なお、高難度作業ではない要素作業は普通作業と呼ぶこととする。どの部位も、普通作業に比べて高難度作業が工数に占める割合は少ないことがわかった。床に関する高難度作業の工数が最も多くなっている。具体的には木下地床の下地合板加工時の丸ノコ切断、ビス止め等である。木下地床の仕上げが長尺シートのため、下地合板を敷き詰める際に隙間や段差を極力少なくする必要があり、これは一つ一つの作業に非常に高い精度を要する。そのため墨付けを含めた下地合板に関する工程のほとんどを高難度作業と判定した。その他に床の高難度作業としてはモルタル塗りつけ、モルタル金ゴテ押さえ、補修塗装、長尺シートのカッター切断の一部があった。

次いで高難度作業が工数に占める割合が多かったのは壁である。壁における高難度作業は現場造作壁の下地加工時の丸ノコ切断、ビス止め等である。塗装仕上げである現場造作壁も下地合板に求められる精度が高く、高難度作業であると判定した。木パネル壁も塗装仕上げであるが、前述の通りこれらは工場加工としていたため、現場の作業は基本的に貼り付けのみであり、現場にて調整が必要となった一部の作業を除いて高難度作業とは判定していない。

天井、建具に関しても高難度と判定した要素作業のほとんどが高い製作精度が要求されたものであり、本工事における高難度作業は加工精度に関するものが大半を占めていた。また、表4で定義した高難度作業は床の一部と設備類の工事に含まれ、割合は比較的小さいということが分かった。

3. 非熟練者による階段の製作実験

3-1. 工事の対象と調査方法

非熟練者による木製階段の製作を行い、熟練者により製作された類似形状の階段（以下、比較階段と呼ぶ）と施工精度を比較した。製作した階段は踊り場から下が棚階段、踊り場より上がさら桁階段となっている。

製作階段と比較階段の図面と施工フローを図6に示す。使用材料

表3 業種別の工数

業種	工数 (人・日)
塗装工	13
建具工	12.5
大工	12
水道工	6
空調工	5
床仕上げ工	4
電気工	3
左官工	1
サイン工	1
補修工	0.5

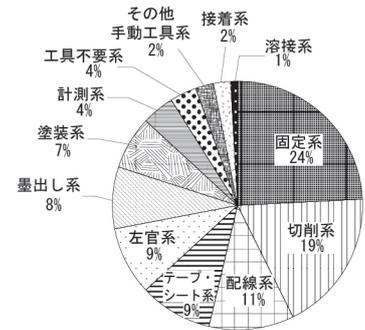


図4 作業分類別工数割合

表4 高難度作業定義

高難度要素作業	定義	高難度作業としての判定理由
金属穴あけ	電動工具を用いて金属系材料に穴をあける作業	金属系材料は強硬なため、穴をあける際ドリルの先端を安定させると同時に強く力をこめる必要があるため。
コンクリート穴あけ	電動工具を用いてコンクリートに穴をあける作業	コンクリートは強硬なため、穴をあける際ドリルの先端を安定させると同時に強く力をこめる必要があるため。また、穴を広げすぎないように注意する必要があるため。
カンナがけ	手ガンナを用いて材料を削る作業	力加減により削り具合が変化し、作業者の技能が仕上がりに大きく影響するため。
ノミ削り	手ノミを用いて材料を削る作業	力加減により削り具合が変化し、作業者の技能が仕上がりに大きく影響するため。
ガス溶接	ガス溶接機を用いて金属管を溶接する作業	ガス溶接機の扱いには多くの注意点があり、使用を誤ると周囲の部材にも影響を及ぼす可能性があるため。
モルタル塗り付け	金ゴテを用いてモルタルを塗り付ける作業	表面を平滑に仕上げるには作業者の技能が大きく影響するため。また、硬化後の修正が難しいため。
モルタル金ゴテ押さえ	金ゴテを用いてモルタルの表面を押さえつけて仕上げる作業	表面を平滑に仕上げるには作業者の技能が大きく影響するため。また、硬化後の修正が難しいため。
補修塗装	ヤスリ、パテ、スプレーガン、筆等を用いて欠損前の表面を塗装で再現する作業	さまざまな道具を利用した複合的な作業であり、作業者の技能が仕上がりに大きく影響するため。

表5 難易度の変化する要素作業と高難度判定基準

難易度が大きく変化する要素作業	高難度判定基準	
鉛筆墨付け	カッター切断	・加工に高い精度を要する作業 ・加工の際、困難な姿勢や通常時とは異なる道具の扱い方を要する作業
丸ノコ切断	ビス止め	
手ノコ切断	ネジ手回し調整	

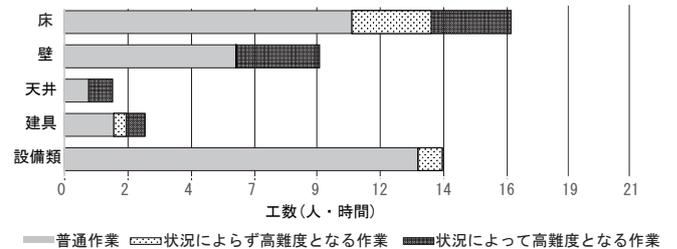


図5 部位別高難度作業工数割合

については、製作階段は合板、集成材、無垢材を使用しているのに対し、比較階段は合板のみを使用している上、段板の仕上げに縞鋼板を貼っているという相違がある。

製作方法に関して、踊り場について設計が大きく異なるため、さら桁階段部分と棚階段部分のみを対象に精度の比較を行う。

製作階段において、棚階段部分の部材はホームセンター等にプレカットを依頼した。そのため現場では主にビス止めによる固定の精度が求められる。さら桁階段は現場で切り出しから行うため、主に丸ノコ切断やノミ削りによる仕口の加工精度が求められる。比較階段においては棚階段、さら桁階段ともに工場にて組み立てまで行っているため、各部材の寸法精度は担保されており、現場においては建物躯体への追従に際して調整の精度が求められる。

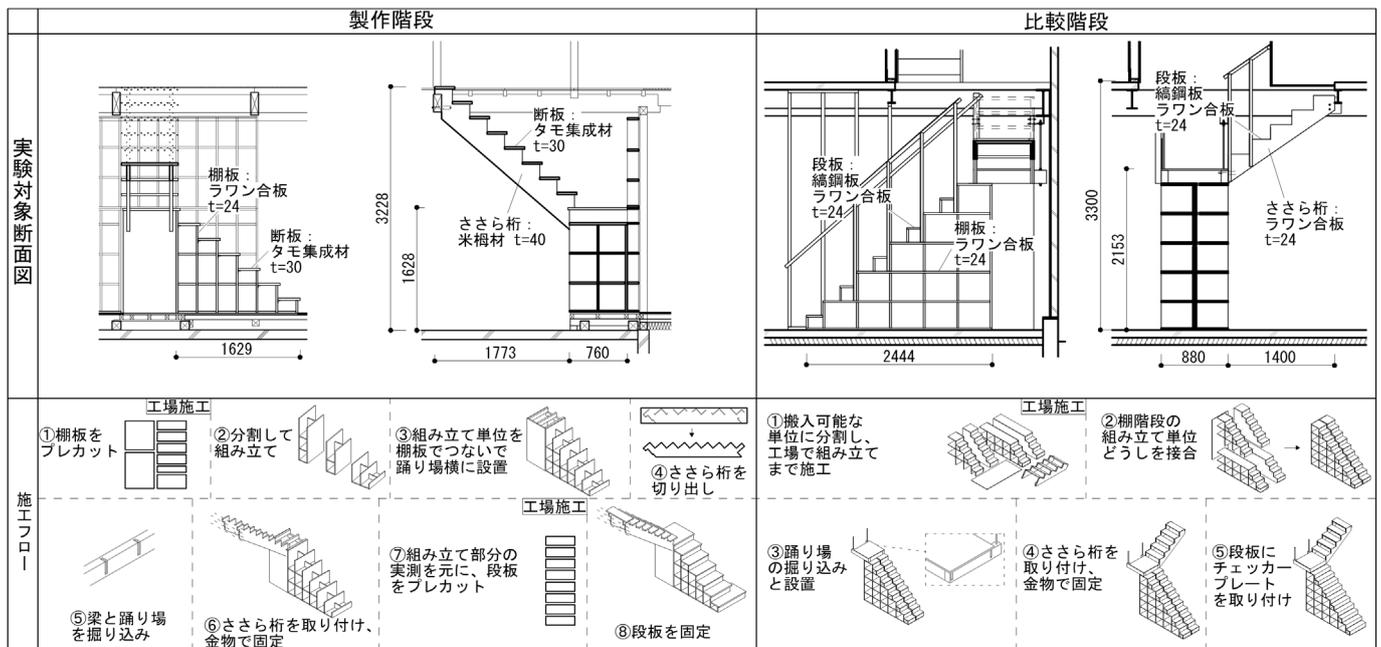


図6 対象製作物と比較階段の概要

製作後、図7に示す各部位の寸法測定を行った。測定にはコンパックス、差し金、レーザー距離計を用いた。設計値と測定値の差の絶対値を誤差値とし、部位ごとに箱ひげ図を用いてその分布を記述・比較した。ただし、既存の建物に追従するための現場での設計変更は、設計変更後の値を設計値とし、製作中に発生した歪み等が原因で設計変更が生じた場合は変更前の値を設計値とした。

さらに、実験参加者に対してDIYの経験年数と頻度に関するアンケート調査を行い、DIY熟練度をレベル1～レベル3の3段階で評価した。表6に早見表とレベルごとの人数を示す。

3-2. 調査結果

製作は慎重に行われたため、高難度と想定していた作業も大きな問題点は生じないまま施工が完了した。全体としては階段、棚としての使用に支障がない程度の製作ができた。仕口部分の彫り込み等、複雑な部分の施工にはモックアップを作成して確認しながら施工を行うなど、非熟練者ならではの工夫が行われた作業もあった。また、熟練者から製作方法について助言をもらうこともあった。

図8に比較階段との実測結果の比較を示す。本調査は非熟練者の作業特性を明らかにすることが目的のため、製作方法の違いが要因と判断できる結果の比較は不要と判断し、梗概においてはそれらについての言及は行わない。

棚階段部分は、段板の納まりと加工のタイミングに違いがあるため、比較にあたっては棚内寸と蹴上が有効と判断した。蹴上はそれほど差が見られなかったが、棚内寸は製作階段の方が誤差値が明確に大きい箇所が多い事が分かる。これはビス止めによって部材を止め付ける精度に差があったことを示している。

ささら桁階段部分では、比較階段が組み立てまで工場で行っていること、段板の納まりの違いを考慮し、蹴上のみが有効な比較であると判断した。蹴上に関しても、製作方法の異なる仕口付近の測定結果は排除している。この条件の上で比較を行うと比較階段の方が誤差値は小さかったがその差はわずかであった。また、両階段とも誤差値は1mm以内であり、高い精度が出ていると言える。

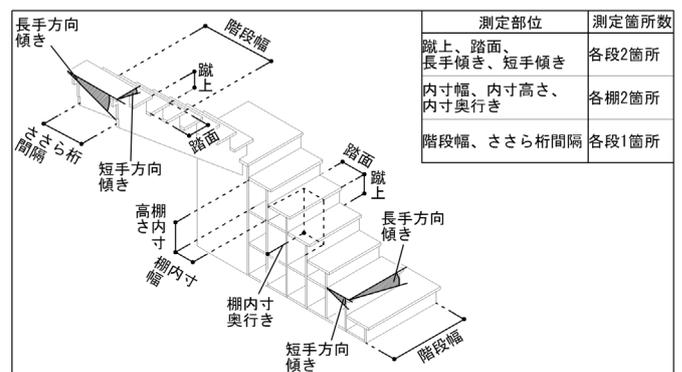


図7 測定部位と測定箇所数

表6 熟練レベル早見表と実験参加人数

DIY 経験年数	DIY 頻度	測定箇所数				
		数年に1回	数ヶ月に1回	月に1~2回	月に2~3回	月に4~8回
0~2ヶ月		1人				
3ヶ月~6ヶ月		1人			1人	
7ヶ月~1年			1人		1人	
1年半~2年				レベル2	3人	レベル3
3年以上			1人		1人	2人

続いて段板の傾きの測定結果を箱ひげ図にて示す(図9)。藤井らの研究²⁾を参照して、人間が床面の傾きを感じ始める角度を0.29°とし、図中に表記している。ささら桁階段部分は製作階段の方が傾きが小さかった。これは踊り場の製作方法の違いによるところも大きく、有効な比較とは言い切れないが、この結果からは製作階段の加工・取り付け精度がある程度達成されていると言える。取り付け時にはパッキン等での調整は発生しておらず、切り出しと彫り込みの精度がかなり高かったことがわかった。

棚階段部分では製作階段の方が傾きが顕著に大きくなっている。棚階段部分の段板の傾きは段板を支持する板の固定位置精度に依存するため、この結果においてもビス止めの精度の低さが表れていると言える。傾きにおいてもささら桁階段部分の精度が高く、棚階段部分の精度は低いという結果となった。

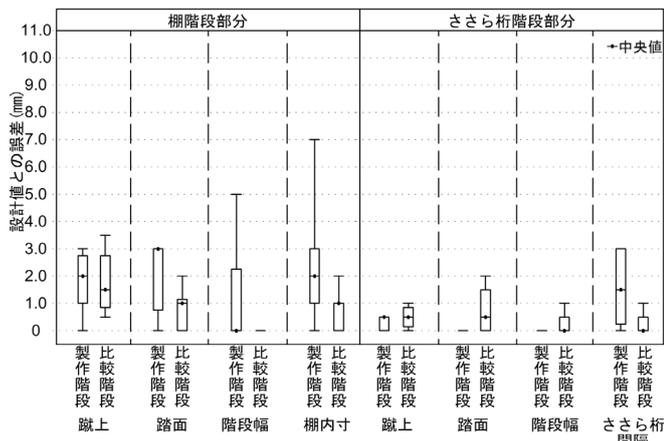


図8 階段の誤差値分布比較

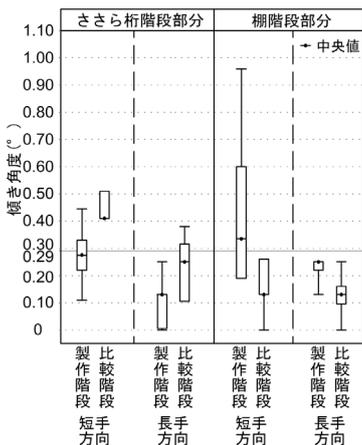


図9 段板の傾き分布比較

表7 実験参加者の概要

	熟練者A	非熟練者A	非熟練者B	非熟練者C
年齢	48歳	24歳	21歳	20歳
職業	大工	学生	学生	学生
経歴 職業 年数	17年	-	-	-
製作回数 ささら桁	12回	0回	0回	0回
製作回数 棚	10回	2回	0回	0回
レベル	熟練	レベル3	レベル2	レベル2

3-3. 非熟練者と熟練者の対照実験

3-3-1. 実験の概要

3-2. において、非熟練者の製作物は、切削系作業を主な作業とするささら桁階段部分では高い精度が達成でき、固定系作業を主な作業とする棚階段では誤差が大きい結果となった。

本章では同形状のささら桁、棚を熟練者、非熟練者がそれぞれ一つずつ製作を行う過程を記録し、精度と段取りの関係を調査する。製作物の概要を図10に、測定部位と測定箇所数を図11に示す。ささら桁では切断の精度と段取りの比較をする。棚においては棚階段同様、切り出しまではプレカットにて行ったため、基本的に固定の作業のみを分析対象とし、精度と段取りの比較を行う。

第2章と同様にタイムラプス動画にて制作の様子を撮影し、映像から作業工数を含めた詳細な段取りの抽出を行った。制作後、3-2.と同様に実測調査を行い、誤差値の分布を箱ひげ図として示した。

実験参加者の概要を表7に示す。熟練者Aは普段住宅の施工を主に行っている大工で、ささら桁、木製棚の製作回数も豊富である。非熟練者は熟練レベル3が一人、レベル2が二人参加した。熟練レベル3の非熟練者Aのみ木製棚の製作経験があった。非熟練者はささら桁の製作に際して墨付けの一部のみ二人で行い、それ以外の作業は一人で行った。棚の製作は二人一組で行った。熟練者はどちらの製作も一人で行った。

3-3-2. 実験の結果

誤差値の分布の比較を図12に示す。ささら桁においては熟練者の方が誤差値が大きく、棚では非熟練者の方が誤差値が大きいとい

	ささら桁	棚
製作物		
材料	米桐材 40mm×410mm×2800mm	ラワン合板 24mm(プレ加工済み)
主な 要素作業	寸法測定、鉛筆墨付け、丸ノコ切断、 手ノコ切断	寸法測定、鉛筆墨付け、ビス止め
実験参加者	熟練者A、非熟練者A、非熟練者B	熟練者A、非熟練者A、非熟練者C

図10 製作物の概要

	ささら桁	棚	
蹴上	各段1箇所ずつ	外寸幅	3箇所
踏面	各段1箇所ずつ	外寸高さ	3箇所
踏場側仕口	上記①～⑤	内寸幅	各段2箇所ずつ
梁側仕口	上記①～⑤	内寸高さ	各段2箇所ずつ

図11 測定部位と測定箇所数

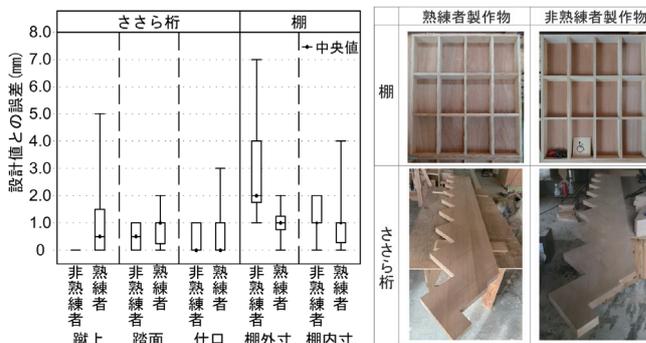


図12 ささら桁と棚の誤差値分布比較 図13 製作物の写真

う結果が得られた。これは3-2.の結果とも共通している。

これを踏まえた上でささら桁の工数・段取りの比較(図14)を行う。総工数は熟練者が非熟練者の半分近くとなっており、非熟練者は比較的慎重に施工を行っていたことがわかる。また、熟練者は墨出し系作業に多くの工数を割いているのに対し、非熟練者は工具不要系作業、切断系作業に工数を掛けている。本実験での工具が不要な作業は定規固定や定規調整等、切断作業のための準備作業がほとんどであり、非熟練者は総じて切断系作業についての工数がかかっていることが分かる。また、作業の段取りを見ていくと、熟練者が作業の前半に墨出し系作業を集中的に行い、後半では切断系作業を主に行っているのに対し、非熟練者は序盤にまとめて全体の墨出しはするものの、切断系作業を始めてからも頻りに墨出し系作業も行っていることが分かる。熟練者は丸ノコによる切断の際、自在定規等を手で抑えて切断を行っていたが、非熟練者は定規をクランプで材に留め付けてから切断を行っていた。この方法は切断を行う度に定規を止め付ける位置に墨付けをする必要があるため、煩雑な段取りとなっている。非熟練者の製作方法の方が手間のかかる分、失敗のリスクを防げる方法であり、実測の結果とも矛盾がない。後のヒアリングにて熟練者は、ささら桁は単体の精度よりも対となる2枚目のささら桁とズレが無いことが重要であるため、後に修正が加

わる可能性を考慮して作業を行っていたと話しており、過度に慎重にならずスムーズに加工を行っていた。対して非熟練者にとっては切削作業はやり直しが効かない作業という認識が強く、一回一回の切断をかなり慎重に行っていた。

棚の工数・段取りの比較(図15)を見てみると、非熟練者は墨付けを序盤に行ったあとは固定作業のみに徹していることがわかる。

一方、熟練者は固定作業に入ってから計測系作業や墨出し系作業を行い、また丸ノコによる微調整も行っている。これは、各部分の固定を行いながら、常に全体でのバランスを気にしながら施工しているためであったことが映像から分かった。対して、非熟練者は目の前の作業のみに集中しており、全体としての精度に意識が行っていなかった。これは図12にて棚外寸の誤差値の分布に大きく差がついていることから明らかである。

両実験に共通して、非熟練者は目の前の作業に集中しすぎてしまい、その後の段取り、製作物全体としての精度に意識が向いていないという傾向があった。

4. 非熟練者が高難度作業へ参加するための具体的な方法

第3章では棚の製作実験において、非熟練者は製作物全体の精度を意識できていないということが熟練者との比較から明らかになった。この問題点については、製作物のどの部分に精度を出す必要があるかを事前に整理し、作業前に非熟練者に伝える必要がある。ただし、注意点を理解した上で非熟練者が全体の精度を出すための作業を問題なく行うことができるかどうかはさらなる検証が必要である。

以上の通り、非熟練者がより高難度な作業に参加する上での注意点を精査には検証を複数回行う必要がある。具体的には、熟練者による作業の分析から、熟練者が意識している注意点をまとめ、非熟練者がそれを元に作業を行う過程をさらに分析するといった漸進的な方法での検証が必要である。

5. 結論

本研究では、現在の内装工事に含まれる高難度作業はそれほど多くなく、非熟練者が参加する余地があることがわかった。非熟練者がより高難度な作業に参加するためには、製作物全体の精度を担保する上での注意点を作業前に認識しておくことが必要であるということがわかった。このことに加え、非熟練者が高難度作業を行う際には、作業の前に製作の注意点を把握し、作業中は精度が必要な作業は熟練者にくらべ丁寧に行う必要があるため、工程に時間的な余裕を持つことが必要である。これらのことは非熟練者によるDIY、建設現場への非熟練工の導入のどちらに対しても共通して言えることである。

参考文献

- 1) 田口泰崇 他,DIYによる内装リフォーム実験報告-素人とプロの作業内容別比較検討-,日本建築学会大会学術講演梗概集(東海),2003.9,pp737-738
- 2) 藤井衛 他,兵庫県南部地震の液状化地帯における戸建住宅基礎の被害と修復-戸建住宅の基礎の修復に対する考え方-,土と基礎,46(7),1998.7,pp9-12

注

注1) 本研究における要素作業とは作業の分割可能な最小単位のこととする

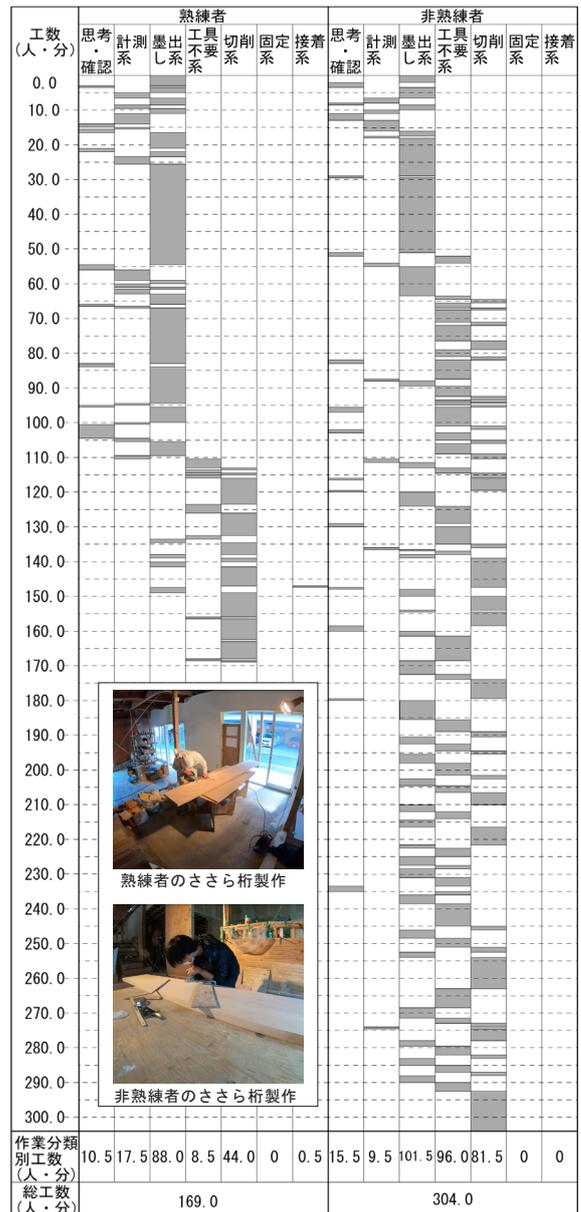


図14 ささら桁製作の工数・段取りの比較

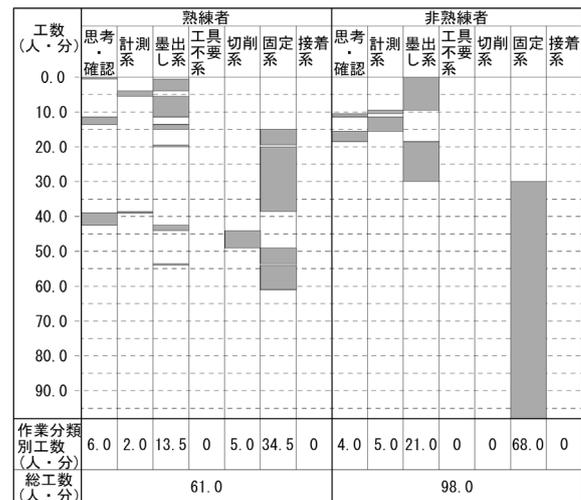


図15 棚製作の工数・段取りの比較