

## 軸組工法による木造住宅の生産工学的研究

神 山 幸 弘

## 目 次

1. 研究概要
2. 大工・左官作業に関する生産工学的調査
3. 技能工に関する労働科学的調査
4. 部材加工精度と建方精度に関する調査
5. 結 言

## 1. 研究の概要

## 1.1 研究目的

わが国の住宅建設は、木造戸建住宅が大半を占め、その工法は、在来工法と呼ばれる軸組工法が主流を占めている。この軸組工法は、伝統に根ざしており、地域的で技能の伝承という形で受け継がれているために、本来の良さとは別に、現代の国民の大半に供給する住宅の工法という点では、いくつかの問題点が指摘されている。例えば、性能面とか、品質のばらつきとか、工期、工程ならびに生産性をめぐる問題とか、技能に拘わる点があげられている。一方、労務費、材料費の高騰に対処するため、工法に対して各種の改良が設計者、施工者それぞれ独自の立場から提案され、実施されているのも、この工法の特質と言えよう。しかしながら、その改良工法も、本来の軸組工法が経験の積み重ねによって発生したものだけに、分析・統合する資料が得られずに、その追求すべき方向を見出し得ていない状況である。

このようなことを背景として、本研究は、軸組工法による木造住宅建築工事に対して、動作、作業、工程、精度等の調査を実施して、技能的作業を生産工学的ならびに労働科学的に解明して、その科学的管理方法を考究するとともに工法の改良ならびに新構法開発のための指針を得るべく実施するものである。本報告は、上記研究目的のうち、工程、作業、精度に関する調査結果について報告したものである。

## 1.2 研究の概要

本研究では、在来軸組工法を生産工学的な諸問題を出来るかぎり体系的に把握するため、住宅生産における「作業・工程」、生産にたづさわる「技能」、生産の結果としての「精度」の三つの視点より研究を進めた。それぞ

れば、

1. 大工・左官作業に関する生産工学的調査
2. 技能工に関する労働科学的調査
3. 部材加工精度と建方精度に関する調査

とし、以下に掲げる研究を行った。

## 1.2.1 大工・左官作業に関する生産工学的研究概要

本研究は、生産工学的手法による現場施工調査を実施して在来軸組工法の実態を統計的に把握、検討することによりその構法原理を生産特性面より解明することを目的とした。

主な調査研究項目を列挙すれば以下の如くである。

- 1) 作業内容、作業時間、作業順序、作業量に関する生産工学的現場施工調査を通しての大工・左官作業内容分析
- 2) 木工事・左官工事における作業時間変動要因の検討

## 1.2.2 技能工に関する労働科学的研究概要

本研究は、木造軸組工法住宅建設現場における調査・測定を通じ、技能の現状を把握しようとし、また屋内での実験により技能程度を把握する方法論を検討しようとしたものである。

## 1.2.3 部材加工精度と建方精度に関する研究概要

在来軸組工法は、その技術・技能が、準徒弟制度的な形で伝承されていることから、精度等に関する統一的な基準が定められていないのが現状である。本研究では、通常に施工される在来工法木造住宅の精度に関する実態を調査により明らかにするとともに、その結果にもとづいて、精度に関する施工の指針となる資料を提供しようとするものである。

木造住宅の場合の精度は、部材に関するものと、加工された部材を構成する施工に関するものの2つの側面があり、構造材については、前者は下小屋のきざみの精度、後者は現場での建方の精度に集約される。

本研究では、在来工法の特徴を最もよく表わす継手・仕口の加工精度を取り上げ、又建方精度に関する対象としては、最も重要とみられる柱の垂直精度を取り上げた。

## 2. 大工・左官作業に関する生産工学的調査

### 2.1 調査概要

#### 2.1.1 目的

軸組工法においては、その生産方式が個別散在的、労働集約的という特徴をもつと同時に現代の新構法を目差して幾多の改良構法があり、その構法は多岐に渡っている。これらの構法はその原理が明確にされないまま開発・改良されているために多くの混乱を招いている。本調査研究は、軸組工法の実態を施工調査を通して生産工学的に把握、検討することにより、その構法原理を作業特

性の面より解明しようとしたものである。

#### 2.1.2 工程分析

一般に作業研究をする際には、I・E的手法が応用されるが、木造住宅建設工事の分野においては手法として十分に確立されてはいない。そこで本調査では、木工事・左官工事が軸組工法木造住宅建設工事においてクリティカルパスになるものと仮定し、本調査に先だって予備調査を実施し、両工事の工程分析に基づく単位作業、要素作業分割ならびに作業時間の分類を行った。予備調査は、プラン、構法とも標準的と思われる軸組工法による住宅を選択し、昭和54年3月から4月の間に行った。工程分析の調査結果を梁材の墨つけから組立に至る作業を代表例として示せば図2-1の如くである。このような工程分析に基づき作業を後の各節で詳述するような要素作業に分割し、それらを図2-2に示すような分類で時間集計をした。

#### 2.1.3 調査項目

表2-1に本調査において実施した調査項目を、工程、集計分析項目によって分類して示した。調査項目は現場で直接作業者の作業状態を観察、測定し、あるいは作業の対象となる部材等について直接計測することによって得られる現場調査項目と、調査終了後に図面、木拾い調査、ヒアリング等によって得られる現場外調査項目とに分類した。

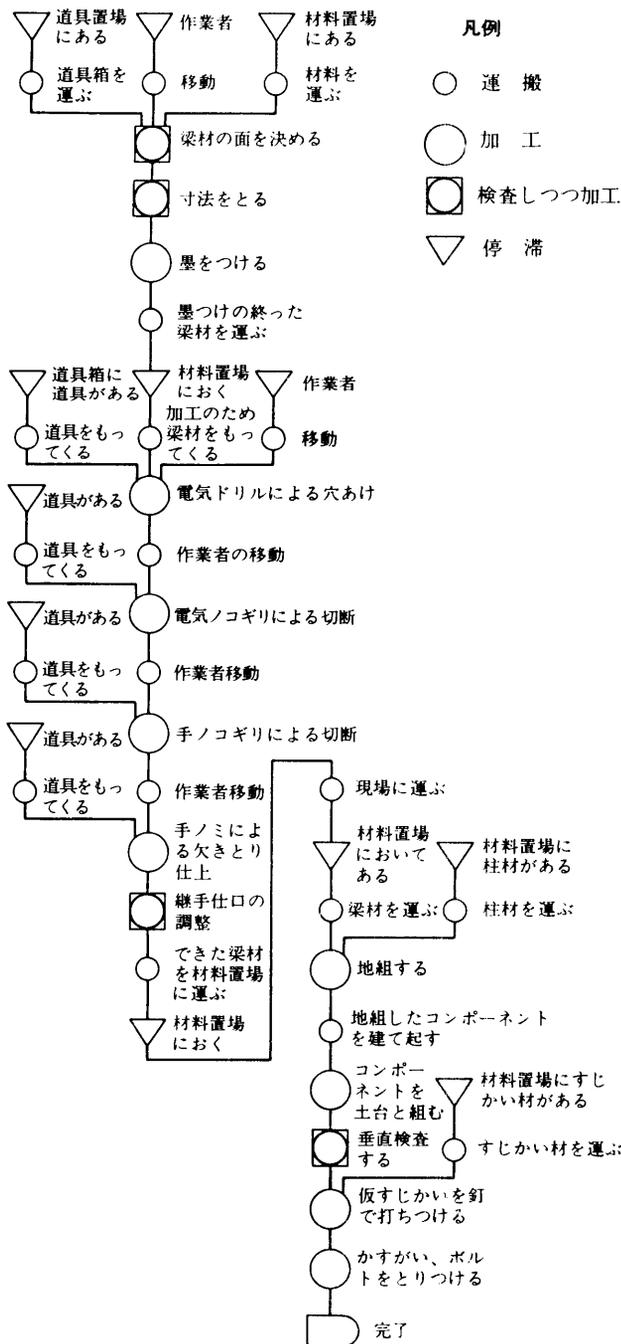


図2-1 梁材の墨つけ・加工・組立各単位作業の工程分析図

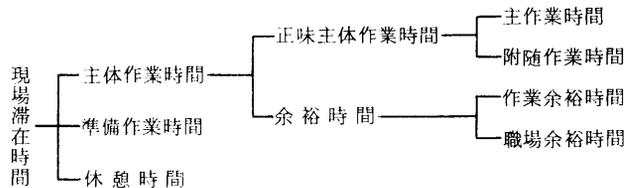


図2-2 現場滞在時間の分類

表2-1 工程別および集計項目別調査項目一覧

集計項目	工程			
	構造材加工工程	構造材組立工程	下地・造作・仕上加工・組立工程	左官工程
職人別	1, 2, ③	1, 2, ③	1, 2, ③	1, 2, ③
要素作業別	1, 2, 3,	1, 2, 3,	1, 2, 3,	1, 2, 3,
継手・仕口別	1, 2, 3,		1, 2, 3,	
部材別	1, 2, 3, 4, 5, ②	①②	1, 2, 3, 4, 5, ①②	
構造材組立単位別		1, 2, 3, 4, 5, 6,		
部位別	1, 2, 3, 5,	1, 2, 3,	1, 2, 3, 5,	1, 2, 3, ⑤⑥
工程別	1, 2, 3, 5, ④	1, 2, 3, ④	1, 2, 3, 5, ④	1, 2, 3, ④
調査項目リスト	現場調査項目	1.作業内容 2.作業時間 3.作業順序		
	現場外調査項目	4.継手・仕口種類と数 5.部材名 6.金物名		
		①金物寸法 ②作業順序 ③職人概要	④施工主体概要 ⑤塗り壁面積 ⑥塗り壁周囲長	

### 2.1.4 調査方法

調査は、木工事・左官工事の両工事について、上述した現場調査項目のうちの作業時間、作業内容、作業対象部材名、釘打数についてマンツーマン方式により観察、記録した。作業時間は、デジタル時計により秒単位まで計測した。また、現場外調査項目はヒアリング、図面等により調査した。

### 2.1.5 調査棟概要

表2-2に調査対象となった調査棟、第Ⅰ棟と第Ⅱ棟の概要を示した。いずれも東京近郊に建設された床面積、構法共に標準的な住宅であると思われる。

表2-2 調査対象概要

棟		第Ⅰ棟		第Ⅱ棟	
所在地		神奈川県横須賀市東逸見		東京都中野区若宮	
建物用途		在来軸組工法注文住宅		在来軸組工法建売住宅	
床面積	1階	50.3㎡		59.4㎡	
	2階	28.9㎡		39.6㎡	
	延床	79.2㎡		99.0㎡	
床構造法(mm)	1階	東・大引 90×90	東・大引 90×90	根太 38×45	根太 38×45
	2階	根太 45×90	根太 45×90	根太 38×45	根太 45×90
軸組構法(mm)	土台	105×105	土台 102×102	通柱 100×100	通柱 100×100
	筋違	30×100	筋違 30×100	筋違 30×100	筋違 30×100
軸組構法(mm)	梁・桁	120×150	梁・桁 120×150	120×210	120×210
		120×210		120×240	120×240
		120×240		120×270	
		100×100			
屋根構造法(mm)	小屋組	母屋・小屋束 90×90		母屋・小屋束 90×90	
	1階	檼 38×45 @450	檼 38×45 @450	瓦葺	瓦葺
屋根形状	2階	檼 38×45 @450	檼 38×45 @450	瓦葺	瓦葺
	切妻(4寸勾配)	切妻(4寸勾配)		切妻・一部寄棟(4寸勾配)	
建物階数		2		2	
調査期間		昭和54年5/29~7/31		昭和54年10/2~10/23	
調査範囲		基礎工事を除く着工から竣工まで		基礎工事から造作材組立まで	
施工主体	企業形態	個人経営		株式会社	
	従業員数	大工 3人		下請大工 40人	
	主な販売形態	在来軸組工法注文住宅		在来軸組工法建売住宅	
	年間建設棟数	3~4棟		60~70棟	
	坪単価	30~50万円/坪		40~60万円/坪	
	創業時期	昭和18年		昭和25年	
主材の仕入	主な供給地域	神奈川県横須賀近郊		東京都近郊・埼玉県南部	
	材料の仕入	特定の建材店より購入		会社で購入	
職人	大工分類	A	B	C	A
	年令	52	22	31	40
	経験年数	36	4	14	20
	備考	棟梁はAであり技能も標準以上と思われる。			

尚、調査範囲は第Ⅰ棟については着工より竣工まで、第Ⅱ棟は、構造材の組立工程を中心に調査を実施した。

## 2.2 調査棟の資材量及び労務量概要

本節においては着工より竣工まで調査した第Ⅰ棟について、建物の質的検討をふまえた上での職種別、部位別の正味主体作業労務量、並びに大工要素作業別労務量の検討を行なった。

### 2.2.1 仕上げ及び資材量の検討

第Ⅰ棟の各部位の仕上を外部、内部について示せば表2-3のごとくである。また各資材総量を表2-4に示した。総木材積の床面積当りの値は0.1968 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>であり平均的な値と言えよう。

表2-3 仕上表(1)外部仕上

部位	仕上・仕様
外壁	耐火ボード(厚10mm)下地の上に木目プリント亜鉛鉄板張り、妻小壁はメタルラス#20ばりの上に防水モルタル壁
屋根	アスファルトルーフィング(22kg)ぶきの上和瓦ぶき。一階部分屋根は瓦葺ぶきおよびアスファルトルーフィング(22kg)ぶきの上和瓦ぶき。
庇	庇水切は亜鉛鉄板#30、庇裏はメタルラス#20ばりの上に防水モルタル塗
軒	軒裏は、メタルラス#20ばりの上防水モルタル塗
塗装	防腐剤は土台の四面、地上約1mまで柱、間柱、筋違、ならびにコンクリートに接する木部はクレオソート塗仕上
基礎	コンクリート布基礎見え掛り部分は打放しの上、防水モルタル塗。
浴室	浴室外部腰壁はブロック積の上にモルタル塗

表2-3 仕上表(2)内部仕上

項目	床	壁			天井	備考
		巾木	腰	壁		
室名						
玄関	タイル仕上	同左	同左	シックイ塗り	石こうボード	
廊下	縁甲板張り	雑布摺付	シックイ塗り	同左	同左	
1F居間	畳敷	-	同左	同左	数目天井板張	
1F和室6帖	同左	-	同左	同左	同左	
台所	縁甲板張り	巾木付	同左	同左	石こうボード	縁甲板はさねはぎつき
浴室	タイル仕上	同左	同左	同左	同左	
便所	同左	同左	同左	同左	同左	器具一式付
洗面所	縁甲板張り	雑布摺付	シックイ塗り	同左	石こうボード	同左
1F押入れ	ラワン合板張り	同左	耐火ボード張	同左	ラワン合板張り	
天袋	同左	同左	同左	同左	同左	
仏壇	同左	同左	シックイ塗り	同左	同左	
2F洋間	モザイクパーケット	巾木付	化粧合板仕上	同左	石こうボード	
2F和室6帖	畳敷	-	シックイ塗り	同左	数目天井板張	
2F押入れ	ラワン合板張り	雑布摺付	耐火ボード張	同左	ラワン合板張り	

表 2-4 資材量表

資材名	項目部位 工程	総量(上段) (m³) 単位床面積当りの量(下段) (m³/m²)						計
		床	壁	屋根	天井	内部 付属品	外部 付属品	
木 材	構造	085 0.011	719 0.091	121 0.015	-	-	-	925 0.117
	下地	049 0.006	086 0.011	084 0.011	059 0.007	-	-	278 0.035
	造作	010 0.001	046 0.006	020 0.003	016 0.002	137 0.017	036 0.001	265 0.033
	仕上	061 0.008	022 0.003	-	008 0.001	-	-	091 0.011
	計	205 0.026	873 0.110	225 0.028	083 0.010	137 0.017	036 0.005	1559 0.1968
資材名		総量					単位床面積 積当り量	
金 物	ク	8分		0273(kg)	5,180(本)	0.0034(kg/m²)		
		1寸2分		8038(＃)	7,242(＃)	0.1015(＃)		
		1寸5分	48373(kg)	22689(＃)	13,115(＃)	0.2865(＃)		
	ギ	2寸	28811(本)	7011(＃)	1,793(＃)	0.0885(＃)		
		2寸5分		4092(＃)	712(＃)	0.0517(＃)		
		3寸		6306(＃)	769(＃)	0.0796(＃)		
物	アンカーボルト		16(本)	-	0.202(本)			
	羽子板ボルト	269(本)	51(＃)	-	0.644(＃)			
	かすがい		202(＃)	-	2.551(＃)			
外壁垂鉛鉄板	110,953(m²)	68(枚)	(18×0.9m)	-	-			
左官塗り壁	12475(m²)							
タ イ ル	12×12 (cm)	967(m²)	778(m²)	498(枚)	-			
	2.5×2.5 (cm)	2990(枚)	189(m²)	2492(枚)	-			
瓦	平		745(枚)					
	けらば	1,011(枚)	83(＃)					
	のき		63(＃)					
	棟		120(＃)					

2.2.2 職種別正味主体作業労務量

図2-3に第I棟の着工から竣工までに工事にたずさわった職種毎の正味主体作業労務量を単位床面積当りで示した。その他の職種には、建具工、経師工、塗装工、電気工、水道工、ガス工が含まれる。第I棟の全体の正味主体作業労務量は11.07人時/m²であり、これを一般に言われている歩掛り値で示せば約4.5人工/坪となりほぼ平均的な値であると言えよう。最も労務量の多いのは大工であり全体の51.5%、次いで左官が11.6%を占めていた。

2.2.3 部位別正味主体作業労務量

表2-5に調査棟を部位に分け、それぞれを加工、取り付けるのに要した労務量を下小屋と建設現場での労務量に分けて示した。まず実労務量をみると下小屋工程で最も労務量のかかっているのは軸組構造材であり、下小屋の全体労務量の約6割を占める。現場労務量においても壁が最も多く、特に内壁はしつくい塗りであったために全体の約18%を占めている。次に木材々積当りの労務量を見ると、造作は長押を含む内壁、敷居、鴨居等の開口部を中心に全般に非常に多くの労務量がかかっており、一般に軸組工法は造作に手間がかかるという見方を裏づけている。

分類 1. 大工(下小屋) 2. 大工(建方) 3. 大工(建方後)  
4. 葺(建方) 5. 葺(仮設外構) 6. 屋根工 7. 板金工  
8. 左官工 9. タイル工 10. その他

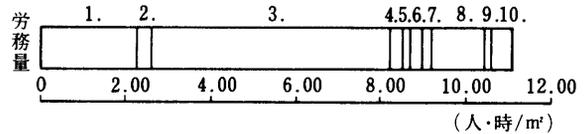


図2-3 職種別労務量

表 2-5 部位別労務量

注.) ※の単位は人・時/m²とする

労務 部 位	下小屋労務量			現場労務量			
	実労務量 (人・時) (%)	材積当り 労務量 (人・時) (%)	延床当り 労務量 (人・時) (%)	実労務量 (人・時) (%)	材積当り 労務量 (人・時) (%)	延床当り 労務量 (人・時) (%)	
軀 体	土台	1472 9.2	2140 164	0186 94	1200 22	1744 13	0152 22
	1 F 軸組	9183	1412	1159	395 72	840 0.6	0499 72
	2 F 軸組	573	108	573	1003 18	556 0.4	0127 18
造 作	小屋組	3233 202	2663 204	0408 202	603 11	497 0.4	0076 1.1
	床組	592 3.7	696 53	0075 3.7	268 4.9	3143 2.3	0338 4.9
	ボルト	-	-	-	197 0.4	0.03 0	0.025 0.05
下 地	床	-	-	-	780 14	1598 12	0098 1.4
	壁	-	-	-	5555 103	6926 51	0.701 10.1
	天井	-	-	-	1478 2.7	3284 24	0.187 2.72
	屋根	-	-	-	1557 2.9	1847 14	0.197 2.8
上 部	床	048 0.3	322 25	0006 0.3	8.03 1.5	5389 4.0	0101 1.5
	内壁	-	-	-	17.92 3.3	157.19 11.7	0.226 3.2
	外壁	-	-	-	4.00 0.7	57.97 4.3	0.051 0.7
	天井	1.73 11	1088 83	0.022 11	18.57 3.4	116.79 8.7	0.234 3.4
	開口部	11.6 7.2	400 306	0.146 7.2	51.82 9.5	178.69 13.3	0.654 9.5
	押入	0.33 0.2	0.26 0.2	0.004 0.2	1.995 3.7	1.599 1.2	0.252 3.6
	天袋	-	-	-	2.82 0.5	50.36 3.7	0.036 0.6
	階段	0.75 0.5	5.0 3.8	0.009 0.4	13.65 2.5	9.10 6.8	0.172 2.5
	軒・庇	0.43 0.3	2.15 1.7	0.005 0.2	3.580 2.5	17.90 13.3	0.452 6.5
	戸袋	-	-	-	11.87 2.2	41.28 3.1	0.151 2.2
仕 上	床	-	-	-	17.43 3.2	28.71 2.1	0.22 3.2
	内壁	-	-	-	97.45 17.9	※ 402 0.3	1.23 1.78
	外壁モ ルタル	-	-	-	18.75 3.5	※ 2.56 0.2	0.237 3.4
	外壁鉄 板	-	-	-	15.85 2.9	※ 0.14 0	0.199 2.9
	天井	-	-	-	13.85 2.5	16.488 1.22	0.175 2.5
屋根	-	-	-	9.90 1.8	0.01 0	0.125 1.8	

## 2.2.4 木工事要素作業別労務量

表2-6に木工事における要素作業別の労務量を集計して示した。釘打ち、組立て等の取り付けに要する労務量の主作業労務量に対する比は58.3%と大きく、加工のための労務量を上回っている。又、正味主体作業労務量の全体に対する比は約75%となっており残りの25%は準備や余裕作業となっている。

## 2.3 構造材加工工程の作業内容分析

### 2.3.1 要素作業分割

下小屋において行われる構造材の墨付けより部材加工に至るまでの工程分析をし作業を表2-7に示す18の要素作業に分割した。

### 2.3.2 継手仕口別加工手順と加工時間

図2-4は主な継手仕口の加工手順、加工時間を示したものである。尚、加工時間は表2-7に示した主作業時間と墨付け時間を集計したものである。実線は今回調査の実績値、破線は広瀬謙二氏の値<sup>(1)</sup>であり、その両者を比較すると、加工時間は後者の方が一般に2分前後長くなっており、加工手順は前者の方が複雑になっているが、こ

表2-6 要素作業別労務量

作業時間分類	労務量(人分)	割合(%)	要素作業	労務量(人分)	割合(%)
主作業	17663	45.5	1 切断	3,723	9.6
			2 釘打ち	5,273	13.5
			3 のみ加工	2,923	7.5
			4 かんながけ	1,561	4.0
			5 角穴あけ	563	1.5
			6 溝じゃくり	191	0.5
			7 組立て	2,744	7.1
			8 調整	576	1.5
			9 接着剤塗布	109	0.3
附随作業	9,589	24.7	10 部材類の荷下し運搬	4,968	12.7
			11 養生	62	0.2
			12 寸法測定	1,653	4.3
			13 墨付け	2,822	7.3
			14 仮取り付け	36	0.1
			15 分解	48	0.1
余裕	5,857	15.1	16 検査	1,062	2.7
			17 手戻り	294	0.8
			18 打合わせ	611	1.6
			19 清掃・後片付け	3,092	7.9
			20 手待ち	798	2.1
準備作業	5,700	14.7	21 加工機器準備	3,964	10.2
			22 作業者の移動	1,736	4.5
合計	38,809	100.0	合計	38,809	100.0

れは電動工具の普及が最も大きい原因と思われる。また作業による加工時間の差を、大工B(経験4年)、大工C(経験14年)の短柄受、間柱柄穴の加工時間でみると、60~70%大工Bの方が大きい。加工時間のみで大工技能の評価はできないが、やはり経験年数による技能の差は大きいようである。

### 2.3.3 作業別作業時間割合

構造材加工に携った3人の大工の作業内容別作業時間割合を図2-5に示した。大工A(経験36年)の他の作業者に比べて特に多い要素作業は10.の墨付け(33.0%)と11.の検査(11.5%)である。大工Bは、4.の角穴あけ(10.7%)、7.の運搬(13.4%)、14.の清掃、後片付け(10.8%)が多く、大工Cは1.の切断(16.9%)、2.のみ加工(17.5%)、3.のかんながけ(9.6%)、16.の工具類の調整(23.9%)が多く各作業者の経験年数による作業の分担が行われていることが分る。

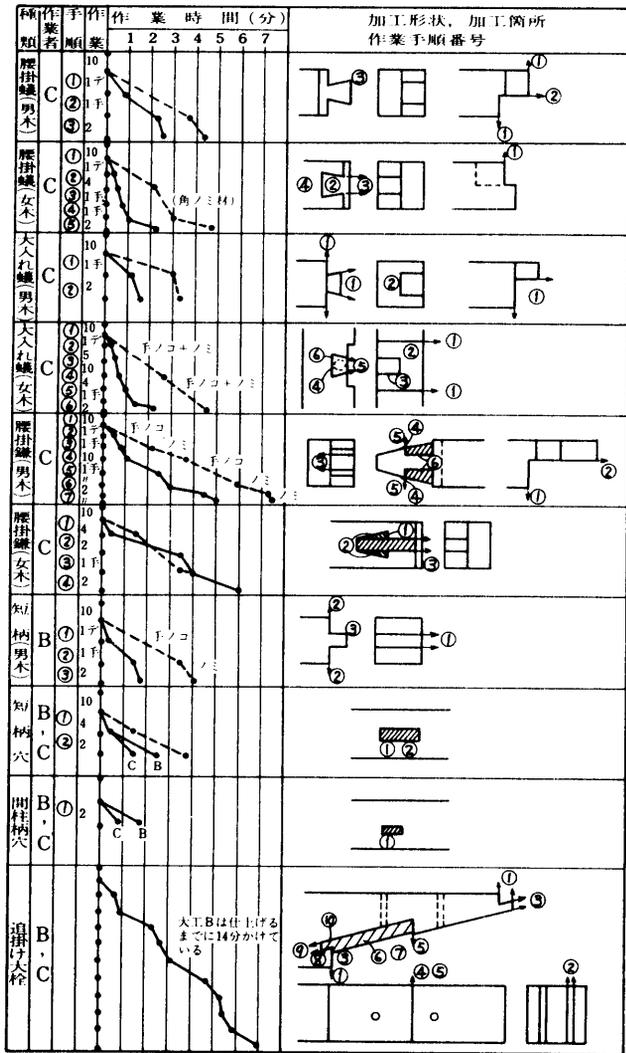
(1) 広瀬謙二:「木造仕口の作業性について」建築学会関東支部研究報告集 1968

表2-7. 構造材加工工程における要素作業分類表

作業時間構成			%	要素作業		
現場作業時間	正味主体作業時間	主作業時間	100	1. 切断(のこぎり又は電ノコによる加工)		
				2. のみ加工(チョウナ加工も含める)		
				3. かんながけ(電動ガンナによる切削も含める)		
				4. 角穴あけ(機械による)		
				5. 溝じゃくり( " )		
				6. 調整(加工途中部材の寸法、角度等の調整、でき上がった継手仕口を仮に組合わせ、その不都合な点を直す)		
		附随作業時間	100	100	100	7. 部材類の荷下し運搬、現場内の小運搬、移動、配置
						8. 養生(柱にとのこをぬる、養生紙をはる)
						9. 寸法測定(墨付けを伴わない寸法計測全般)
						10. 墨付け(墨を打つ行為がはいる作業全般)
在時間	余裕時間	100	100	11. 検査(図面チェック、材料の選択検査)		
				12. 手戻り時間(作業順序の間違い、取り付け間違い、後続作業が損傷を与えた手直し)		
				13. 作業の打合わせ(作業者が2人以上の場合)		
				14. 清掃、後片付け(養生とは区別する)		
				15. 手待ち時間(指示の不徹底による手待ち(部材の不足、不備による手待ち)、(工具類の不備、故障による手待ち)、(作業スペースなどの錯綜による手待ち)		
準備作業時間	100	100	100	16. 加工機械工具類の配置、移動、調整		
				17. 作業者の移動		
休憩時間			100	18. 休憩(定時休憩、昼休み、疲労回復のため休憩)		

表 2-8 建方工程における要素作業分類表

作業時間構成		要素作業	
		No.	
現場	主体作業時間	1. 地組	2. 組立て 3. 建て起し 4. ボルト締め, 鋸打ち 5. 荷重移動 6. くぎ打ち 7. 調整 8. 分解 9. 防腐剤塗り 10. 切断 11. のみによる欠き取り 12. かんながけ 13. 仮筋かいの取付け
		14. 部材類の荷下し, 運搬, 配置	
		15. 選・択	
現場	附随作業時間	16. 養生	
		17. 寸法測定	
		18. 垂直検査	
現場	余剰時間	19. 検査(図面チェック)	
		20. 手戻り	
		21. 作業の打合わせ	
現場	職場余剰時間	22. 清掃, 後片付け	
		23. 手待ち	
		24. 加工機械工具類の配置, 移動, 調整	
現場	準備作業時間	25. 作業者の移動	
		26. 考える	
現場	休憩時間	27. 休憩	



（作業番号は表1の要素作業番号による）  
1デは電ノコ加工, 1手は手ノコ加工を示す

図2-4 継手仕口別加工手順及び加工時間

表 2-9 作業者の概要

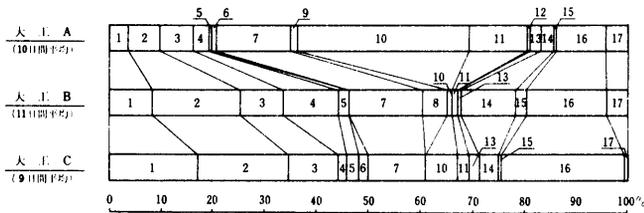


図2-5 作業員別要素作業時間比率

第 I 棟			第 II 棟		
作業員	年齢(才)	経験(年)	作業員	年齢(才)	経験(年)
大工 A	52	36	大工 A	40	20
" B	22	4	鳶 B	45	13
" C	31	14	" C	51	15
鳶 D	61	10	" D	53	21
" E	53	20	" E	43	18
" F	42	11	" F	59	35
" G	27	7			

## 2.4 構造材組立工程(建方)の作業内容分析

### 2.4.1 要素作業分割

建方工程の調査は基本的には構造材加工工程と同様に行ったが、要素作業には本工程特有のものがあ、予備調査の結果に基づいて表 2-8 のように分割した。

### 2.4.2 作業員の概要

建方工程は 2 棟調査したが、各棟の建方作業に従事した作業員の概要を示せば、表 2-9 のごとくである。

### 2.4.3 建方の作業範囲

建方は、両棟とも 1 日で終了したがその作業範囲は第 I 棟は柱の建方より野地板とりつけまで、第 II 棟は柱の建方より母屋、棟木のとりつけまでであった。

### 2.4.4 建方作業労務量

建方作業における大工と鳶の労務量を示せば表 2-10 のごとくである。第 I 棟の大工では休憩、主作業、附随作業の順、鳶では主作業、休憩、職場余裕の順に労務量割

表 2-10 建方作業時間別集計

棟	時間区分	職種	(人分)		%	時間区分	職種	(人分)		%	時間区分	職種	(人分)		%	時間区分	職種	人分	人分/m <sup>2</sup>	%						
			人分	(人分/m <sup>2</sup> )				人分	(人分/m <sup>2</sup> )				人分	(人分/m <sup>2</sup> )							人分	(人分/m <sup>2</sup> )				
第 I 棟	総現場滞在時間	大工 (3人)	1,606	20.3	100.0	総作業時間	大工	1,163	14.7	72.5	主体作業時間	大工	937	11.8	58.4	正作 味業	大工	744	9.4	46.3	主作 業時 間	大工	434	5.5	27.0	
			大工	642				8.1	29.6																	
		薫 (4人)	2,173	27.4			1,619	20.4	74.5			薫	1,355	17.1		62.4	余裕 時 間	大工	193	2.4	12.1	作 業 余 裕 時 間	大工	46	0.6	2.9
			薫	454									5.7	20.9				職 場 余 裕 時 間	大工	147			1.9	9.2		
			薫	226									2.9	14.1				薫	5	0.1	0.2	大工	449	5.7	20.2	
	準備作業時間																大工	226	2.9	14.1	薫	264	3.3	12.1		
	休憩時間																大工	443	5.6	27.5	薫	554	7.0	25.5		
	第 II 棟	総現場滞在時間	大工 (1人)	568	5.7	100.0	総作業時間	大工	436	4.4	76.7	主体作業時間	大工	367	3.7	64.5	正作 味業	大工	278	2.8	48.8	主作 業時 間	大工	169	1.7	29.5
				大工	424				4.3	22.3																
			薫 (5人)	1,898	19.2			1,338	13.5	70.5			薫	1,068	10.8		56.3	余裕 時 間	大工	704	7.1	37.1	附 随 作 業 時 間	大工	109	1.1
薫				280	2.8									14.8												
準備作業時間																			大工	89	0.9	15.7	薫	0	0	0
休憩時間																大工	364	3.7	19.7	薫	89	0.9	15.7			
準備作業時間																大工	69	0.7	12.2	薫	270	2.7	14.2			
休憩時間																大工	132	1.3	23.3	薫	560	5.4	29.5			

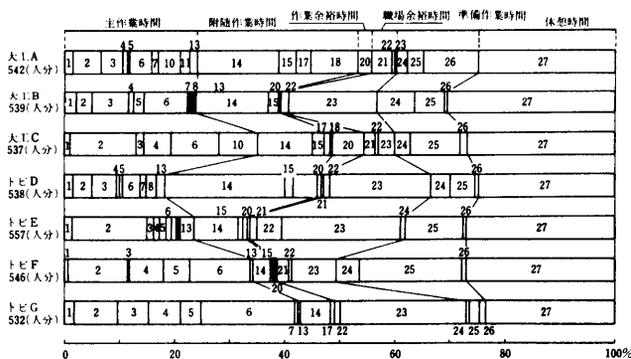


図2-6 第 I 棟 作業者別要素作業時間比率

合が高くなっている。第 II 棟においてもこのことはほぼ同様の傾向を示している。

2.4.5 作業者別要素作業比率

建方要素作業時間を作業者別に集計して示せば図 2-6、図 2-7のごとくである。第 I 棟の大工 A (棟梁) は 15. の選択、17. の寸法測定、18. の垂直検査が多く、第 II 棟の

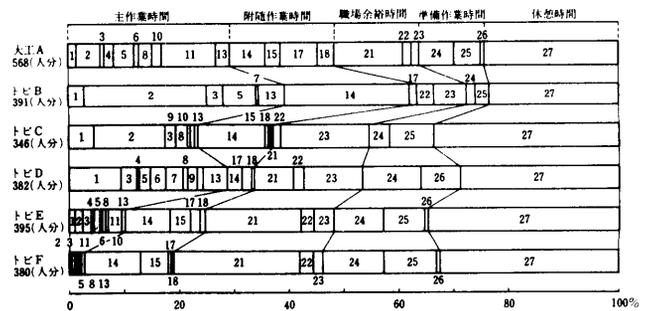


図2-7 第 II 棟 作業者別要素作業時間比率

大工 A にも同様の傾向が見られ、建方作業における棟梁の役割りが分る。次に棟別にみているならば、第 I 棟の主作業、特に 2. の組立てが全作業者にはほぼ平均して現われている。これは、各作業者が同種の作業に多く関わっていたことを示し、役割り分担が明確でなかったことを示している。一方、第 II 棟の主作業は A ~ D に集中し、組立てはほとんどが薫 B、C に集中している。これは、

表 2-11 部材別要素作業時間集計

部材番号	大工	要素作業 部材	主 作 業 時 間					附 随 作 業 時 間			合 計 (所要) 時 間 (分・秒)	
			切 断 (分・秒)	のみ加工 (分・秒)	かんなが け (分・秒)	組 立 て (分・秒)	釘 打 ち (分・秒)	接着剤塗 布 (分・秒)	調 整 (分・秒)	墨付け・ 寸法測定 ・仮取り 付け・分解 (分・秒)		養 生 (分・秒)
1	A	筋 違	1'45"	12'23"	-	0'52"	1'47"	-	-	4'02"	-	20'49"
2	A	間 柱	0'34"	-	-	0'18"	0'26"	-	-	0'47"	-	2'05"
3	B	貫	0'29"	-	-	0'24"	0'44"	-	-	0'14"	-	1'51"
4	A	大 引	0'58"	-	-	0'47"	0'58"	-	-	1'08"	-	3'51"
5	A	床 束	0'31"	-	-	0'27"	0'29"	-	-	0'48"	0'18"	2'33"
6	A	根 太	0'20"	-	-	0'20"	0'40"	-	-	0'08"	-	1'28"
7	A	根 太 掛 け	0'26"	-	-	0'14"	2'00"	-	-	2'38"	-	5'18"
8	A	根 が ら み	-	-	-	0'05"	0'20"	-	-	-	-	0'25"
9	B	胴 縁	0'15"	-	-	0'06"	0'40"	-	-	0'17"	-	1'18"
10	B	ラ ス 下 地 板	0'04"	-	-	0'07"	1'01"	-	-	0'30"	-	1'42"
11	C	プ ラ ス タ ー ボ ー ド	1'18"	-	-	1'13"	2'16"	-	-	1'40"	-	6'27"
12	B	耐 火 ボ ー ド	1'02"	-	-	0'12"	1'30"	-	-	0'55"	-	3'39"
13	B	仕 上 材 受 材	0'33"	-	-	0'16"	1'04"	-	-	-	-	1'53"
14	C	吊 木	0'22"	-	-	0'22"	1'17"	-	-	0'28"	-	1'29"
15	C	野 縁	0'46"	-	-	0'31"	1'06"	-	0'23"	0'57"	-	3'43"
16	C	野 縁 受	0'36"	-	-	0'22"	0'51"	-	-	0'17"	-	2'06"
17	C	洋 間 天 井 合 板	0'31"	-	-	0'27"	4'31"	-	-	1'01"	-	6'30"
18	C	広 小 舞	0'19"	-	-	0'35"	2'20"	-	-	0'08"	-	3'22"
19	C	登 り 淀	0'54"	-	-	0'05"	1'00"	-	-	0'17"	-	2'16"
20	C	瓦 棧	0'17"	-	-	-	0'30"	-	-	0'24"	-	1'11"
21	A	勝 手 口 か ま ち	1'57"	4'34"	-	2'51"	2'32"	-	1'14"	7'09"	-	20'17"
22	A	畳 寄 せ	0'36"	0'41"	-	0'54"	1'11"	-	-	1'09"	-	4'31"
23	A	雑 巾 摺	0'36"	-	-	0'58"	1'59"	-	-	0'58"	-	4'31"
24	A	見 切 り 縁	0'43"	-	0'33"	0'16"	1'17"	0'44"	-	0'58"	-	4'31"
25	A	押 縁	0'55"	-	2'55"	0'45"	2'02"	-	-	2'06"	-	8'43"
26	A	巾 木	1'24"	-	1'08"	0'18"	2'41"	-	-	3'08"	-	8'39"
27	C	回 り 縁	2'22"	1'49"	-	1'13"	2'05"	-	-	2'51"	-	10'20"
28	C	ト ア 枠	2'10"	1'13"	-	0'49"	2'01"	-	0'33"	3'26"	-	10'12"
29	C	窓 鴨 居	2'00"	1'51"	-	0'50"	3'10"	-	0'34"	2'28"	0'28"	11'21"
30	C	窓 敷 居	6'00"	6'20"	-	0'55"	2'39"	-	1'05"	4'35"	0'24"	21'58"
31	C	内 法 鴨 居	1'59"	1'08"	-	0'36"	1'50"	-	0'30"	2'36"	0'29"	9'08"
32	A	" 敷 居	3'31"	2'10"	-	0'30"	2'00"	-	0'43"	2'23"	0'57"	12'14"
33	C	長 押	6'59"	24'04"	-	1'21"	5'09"	2'37"	-	6'19"	0'27"	46'56"
34	A	押 入 根 太	0'10"	-	0'17"	0'36"	0'40"	-	-	0'04"	-	1'47"
35	B	押 入 根 太 掛 け	-	2'40"	-	0'41"	1'06"	-	-	1'28"	-	5'55"
36	B	押 入 床 板	4'50"	-	0'42"	4'53"	1'32"	-	-	8'12"	-	20'9"
37	B	押 入 天 井 合 板	0'52"	-	-	0'48"	2'10"	-	-	0'54"	-	4'44"
38	C	押 入 石 コウ ボ ー ド	1'15"	-	-	1'08"	2'06"	-	-	1'51"	-	6'20"
39	B	押 入 天 井 回 り 縁	0'57"	1'36"	-	1'35"	1'08"	-	-	1'49"	-	7'05"
40	C	押 入 雑 巾 摺	0'28"	-	-	0'01"	0'37"	-	-	0'15"	-	1'21"
41	C	押 入 胴 縁	0'28"	-	-	0'05"	1'36"	-	-	0'15"	-	2'24"
42	B	天 袋 床 板	3'36"	0'51"	0'14"	1'22"	5'55"	-	-	3'55"	-	15'53"
43	B	天 袋 根 太	6'15"	1'15"	-	0'46"	1'10"	-	-	2'42"	-	12'08"
44	A	天 袋 根 太 掛 け	1'47"	3'39"	-	3'20"	3'27"	-	-	0'57"	-	13'10"
45	C	破 風 板	0'45"	-	1'41"	1'34"	7'32"	-	-	3'00"	-	14'32"
46	C	鼻 隠 し	2'36"	-	2'10"	1'02"	6'14"	-	-	1'41"	-	13'43"
47	A	軒 天 下 地	0'42"	-	-	0'27"	3'09"	-	-	0'03"	-	4'21"
48	A	玄 関 軒 天	1'35"	-	-	0'17"	5'11"	-	-	1'36"	-	8'39"
49	A	軒 天 檼	0'18"	-	-	0'28"	0'42"	-	-	0'16"	-	1'44"
50	A	廊 下 縁 甲 板	-	-	-	0'29"	1'29"	-	0'21"	0'20"	-	2'39"
51	A	洋 間 内 壁 合 板	0'26"	-	-	0'34"	1'10"	6'10"	0'59"	0'19"	-	9'38"
52	C	和 室 天 井 板	0'55"	-	-	1'23"	3'58"	-	-	1'03"	-	7'19"
53	C	洋 間 天 井 吸 音 ボ ー ド	0'26"	-	-	0'23"	0'30"	0'15"	-	-	-	1'34"

第Ⅱ棟では第Ⅰ棟に比べ作業分担が積極的に行われていることを示していると考えられる。

## 2.5 下地・造作仕上材加工・取付工程の作業内容分析

### 2.5.1 要素作業分割

ここでは、表2-7に示した要素作業の他に、新たに「組立て」、「釘打ち」、「接着剤塗布」、「仮取り付け」、「分解」の5つを加え現場における木工事の作業研究を行った。

### 2.5.2 各部材の作業特性の検討

表2-11は現場において墨つけ、加工、取り付けられた主要木工事部材53種についての主作業時間と附随作業時間（運搬時間は除く）を示したものである。各時間は平均値を示してある。間柱、根太は加工、取り付け所要時間が2分前後と小さく、その部分が取り付け所要時間によって占められ

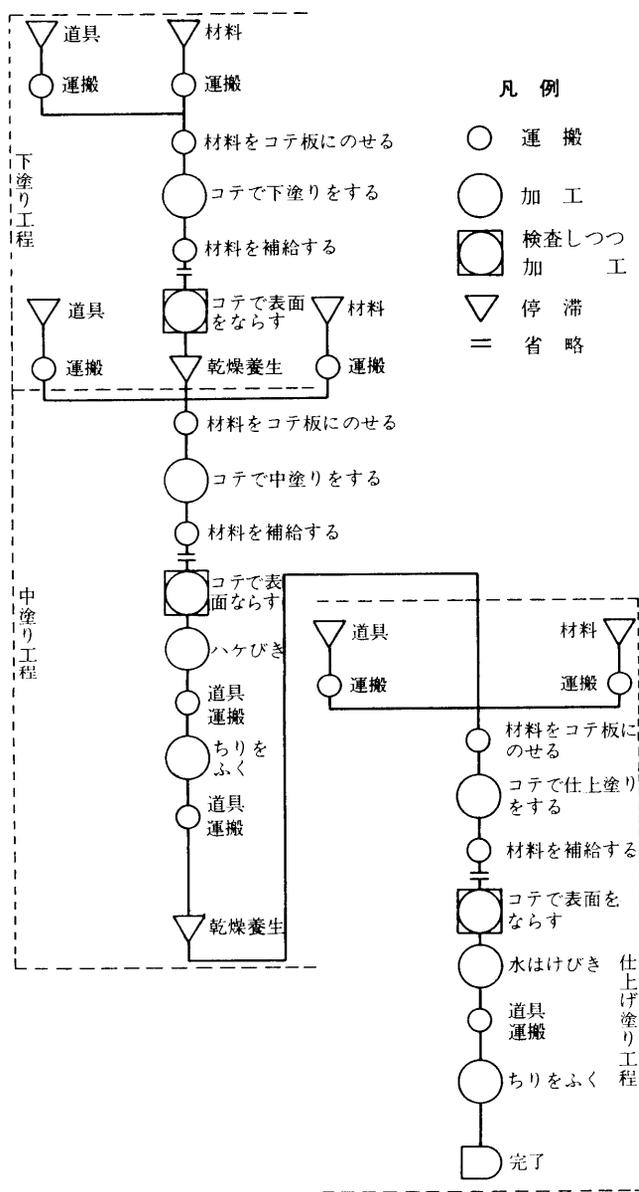


図2-8 左官工程分析図

ている。同様の傾向を示す部材としては、貫、野縁等がある。これらの部材の特徴としては、作業手順が、墨つけ→切断→組立て→釘打ちという4手順であり単純であること、同時に複数本が加工されること等があげられる。

一方、筋違、窓敷居は所要時間が21分前後と大きく、そのほとんどが加工時間によって占められており、同様の傾向を示す部材としては、長押、鴨居、ドア枠等の内法材があげられる。さらに、破風板、和室天井板の要素作業時間割合は、間柱、根太と同様の傾向にあるが、その加工、取り付け所要時間は大きくなっている。これは釘打ち本数の多さによるもので、巾広板、合板類がこのような傾向を示している。

## 2.6 左官工程の作業内容分析

### 2.6.1 要素作業分割

木工事と同様、左官工事においても、本調査に先立ち予備調査を実施し、その工程分析およびそれに基づく要素作業分割を行った。内壁しっくい塗りを例に工程分析の結果を示せば図2-8のごとくである。この図から分るように左官工事は大きく下塗り、中塗り、仕上げ塗りの3工程に分けられるので、それを塗壁面毎に単位作業とした。これら単位作業をさらに工程分析図に基づき表2-12に示すような要素作業に分割した。

### 2.6.2 要素作業別労務量

調査結果を要素作業別および作業分類別に示せば表2-13のごとくである。要素作業別労務量はコテ塗り作業が最も多く実数で3,185人分、総労務量に対する比で見ると41.2%を占めている。次いでコテによる表面ならしが1,086人分で14%、材料準備が871人分で11.3%とつづ

表2-12 左官工程における要素作業分類表

作業時間構成		%	要素作業
作	業	主 体 作 業	1. コテで塗る（コテに材料をのせ壁にぬりつけること）
			2. コテで表面をならす（材料を壁にぬりつけた後コテで表面を平らにすること）
			3. ちりをふく（壁の周囲の汚れた部分をちりふきによりふきとること）
業	余 裕	附 随 作 業	4. ハケびき（壁の表面が乾かないうちにハケをひいて表面を荒くすること）
			5. 移動
			6. 材料運搬
業	準 備	業	7. 材料をコテ板にのせる
			8. 打合せ（作業間の段取りのための話し合い）
			9. 手待ち（職場の錯綜による手待ち）
業	準 備	業	10. 材料準備
			11. 道具準備
			12. 清そう
業	休 息 時 間	業	13. 道具片付け
			14. 休憩（定時の休けいを含む）

表 2-13 左官作業分類別労務量集計

作業時間	(上段) 人分	割合 (%)	要素作業	(上段) 人分	割合 (%)
	(下段) 人分/m <sup>2</sup>			(下段) 人分/m <sup>2</sup>	
主作業	5148 650	66.5	1 コテ塗り	3185 402	41.2
			2 コテで表面をならす	1086 137	14.0
			3 ちりをふく	565 71	7.3
			4 ハケびき	312 39	4.0
附随作業	797 101	10.3	5 移動	227 29	2.9
			6 材料運搬	311 39	4.0
			7 材料をコテ板にのせる	259 33	3.3
余裕	47 0.6	0.6	8 打合せ	21 0.3	0.3
			9 手待ち	26 0.3	0.3
準備作業	1748 221	22.6	10 材料準備	871 11.0	11.3
			11 道具準備	315 4.0	4.1
			12 清そう	256 3.2	3.3
			13 道具片付け	306 3.9	4.0
合計	7,740	100.0	合計	7,740	100.0

いており、左官工事の総労務量の約67%は上記3つの作業によって占められていることが分る。さらに、全主作業労務量と全準備作業労務量の和の総労務量に占める割合をみると約90%となっており、残り10%が附随作業と余裕作業であり、特に打合わせ、手待ちの余裕作業は少く左官作業の特性を示していると考えられる。次に工程別に壁面積当りの主作業労務量を内壁しっくい塗りについてみると下塗りが2.3人分/m<sup>2</sup>、中塗りが5.3人分/m<sup>2</sup>、仕上塗りが8.4人分/m<sup>2</sup>であり、一方、各工程の平均塗厚はそれぞれ約4m/m、6m/m、2m/mで仕上塗りは下塗り、中塗りに比べ単位塗り量当りの作業時間が長い、これは、仕上塗りが特に精度を要求される作業であることによるものであろう。

## 2.7 木工事・左官工事各作業時間の変動要因の検討

ここでは、木工事、左官工事の作業時間を変動させる要因の抽出、検討を目的に各作業毎に統計的分析を行った。

### 2.7.1 構造材加工時間の変動要因の検討

構造材の加工時間を変動させる要因として継手・仕口別では継手・仕口形態の複雑性を表わす指標としての加工面数<sup>(2)</sup>、貫入箇所数<sup>(3)</sup>、また加工の量を表わす指標として切断面積<sup>(4)</sup>、欠き取り量<sup>(5)</sup>さらに電動工具をどの程度使用しているかを表わす指標として電動工具使用率<sup>(6)</sup>をとりあげ、それらと加工時間との相関係数を求めた。また、部材別では、土台、梁、桁、母屋、小屋束に関して切断面積、欠き取り量、加工箇所数、電動工具使用率をとりあげ、管柱、通柱については加工量として切削面積、溝切り体積を追

表 2-14 部材別・継手・仕口別加工時間と各要因との相関係数

要因	切断面積	欠き取り量	加工箇所数	電工具使用率	切削面積	溝切量	加工面積	貫入箇所数
管柱・通柱	0.15	0.81	0.75	-0.62	0.47	0.22	-	-
土台	0.23	0.90	0.89	-0.69	-	-	-	-
梁 桁	0.55	0.85	0.87	-0.63	-	-	-	-
母屋	0.64	0.19	0.71	-0.40	-	-	-	-
小屋束	0.38	0.31	-	-	-	-	-	-
継手・仕口	0.92	0.77	-	-0.13	-	-	0.92	0.63

表 2-15 組立て単位別作業時間と各要因との相関係数

時間	梁せい	ジョイント数	部材数	継手・仕口数	柱の区別
時間	0.56	0.51	0.58	0.47	0.12
梁せい		0.93	0.63	0.06	-0.33
ジョイント数			0.71	0.13	-0.27
部材数				0.65	0.41
継手仕口数					0.69
柱の区別					

加した。それぞれの相関係数を表2-14に示す。表で、管柱、通柱、土台、梁、桁については、欠き取り量、加工箇所数が加工時間と高い相関関係にあり、母屋では、むしろ切断面積、加工箇所数との相関が高い。またどの部材も電動工具使用率と加工時間との間には負の相関があり、電動工具を使用する率が高い程加工時間は短くなることを示している。継手・仕口別では、加工面数、切断面積、欠き取り量と加工時間との相関が高かった。

### 2.7.2 構造材組み立て時間の変動要因の検討

ここでは建方工程における組立て単位(建て起しの単位となるコンポーネント)別の建て起し所要時間とそれを変動させると思われる要因、つまり梁せい、部材数、ジョイント数、継手・仕口面数、管柱、通柱の区別等との相関関係を求めてみた。結果を表2-15に示す。建て起し所要時間との相関は、梁せい、部材数が比較的高かつ

- (2) 加工面数とは、切断、欠き取りにより木材に形成される面の総数をいう。
- (3) 貫入箇所数とは、材の内部へへこんだ部分でノミで欠き取る部分の総数をいう。
- (4) 切断面積とは、手ノコ、電動ノコにより加工された面の総面積をいう。
- (5) 欠き取り量とは、手ノミ、電動角ノミ、ドリル等によって欠きとられた部分の総体積をいう。
- (6) 電動工具使用率とは、加工時間中に占める電動工具使用間の割合を百分率で表わしたものである。  
右図に腰掛け蟻継ぎ女木を例として加工面数、貫入箇所数の算出例を示す。

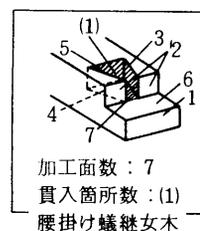


表 2-16 クラスタ分析による部材分類

a	間柱(2) 大引(4) 床束(5) 根太(6) 根太掛け(7) 野縁(15) 野縁受(16) 畳寄せ(22) 見切り縁(24) 押縁(25) 押入根太(34) 回り縁(27) 内法鴨居(31) 押入天井(39) 軒天垂(49)
b	貫(3) 根がらみ(8) 胴縁(9) ラス下地板(10) 仕上材受(13) 吊木(14) 広小舞(18) 登り淀(19) 材瓦(20) 雑布摺(23) 巾木(26) 押入雑布(40) 押入胴縁(41) 軒天下地(47) 廊下縁甲板(50) 洋間内壁合板(51) 洋間天井吹音ボード(53)
c	筋違(1) 勝手口かまち(21) ドア枠(28) 窓鴨居(29) 窓敷居(30) 内法敷居(32) 長押(33) 押入根太(35) 天袋根太(43) 天袋根太掛け(44)
d	プラスチックボード(11) 耐火ボード(12) 洋間天井合板(17) 押入床板(36) 押入天井合板(37) 押入石コウボード(38) 天袋床板(42) 破風板(45) 鼻隠(46) 玄関軒天(48) 和室天井板(52)

(注) カッコ内の数字は表 2.11 にあげた部材番号を示す

だが全体的には明快な相関は得られず、より多くのデータの積み重ねが必要であろう。

2.7.3 下地・造作仕上材加工・取付時間の変動要因の検討

ここでは、表 2-11 においてとりあげた 53 種の下地・造作仕上材について加工取付時間の変動要因を検討するための相関分析の前段階として、同表の全部材を生産特性上特徴を同じくする類似集団に分類するためにクラスタ分析を行った。その結果、53 種の部材は表 2-16 に示すような 4 グループに分類された。

次にこのクラスタ分析により分類した各グループ毎に加工取り付け時間と変動要因の相関係数を求め、結果を表 2-17 に示した。これより全般に加工面数、欠き取り量の相関係数が高い傾向にあり、現場木工事部材においてはこれらの 2 要因が加工・取付時間に大きな影響を及ぼしていることが分った。

2.7.4 左官作業時間の変動要因の検討

ここでは一塗壁面当りの左官作業時間を変動させる要因として、塗り壁面積、塗り壁ちり長さを取りあげ相関、重相関分析を行ってみた。結果を表 2-18 に示す。表より下塗り、仕上塗りでは各要因の相関係数は 0.9 前後と高いが、中塗りは低く、重相関係数にあっても同様の傾向を示している。これは、中塗りにおいては上記 2 要因の他に重要な要因が欠けていたことを示すもので、塗厚等をさらに考慮すべきことが示唆された。

表 2-17 加工取付け時間と各要因との相関係数

要因 グループ	加工面数	部材断面寸法		切断面積	切断面積	欠き取り量	欠き取り数	切削面積	切削面積	部材長	組立て個数	釘本数	釘長さ
		ヨコ	タテ										
a	0.44	-0.20	-0.28	0.27	-0.04	0.38	0.43	0.67	0.12	-0.06	0.17	0.19	-0.52
b	0.75	0.52	0.28	0.57	0.58	0.52	0.52	0.30	0.30	0.36	0.45	0.25	0.13
c	0.74	0.15	-0.13	0.17	0.05	0.74	0.16	-	-	0.79	0.42	0.31	0.53
d	0.46	0.05	-0.08	0.10	-0.06	0.55	0.55	0.22	0.30	0.23	0.15	0.12	0.00

表 2-18 左官各工程作業時間と各要因との相関係数

相関係数	工程			
	要因	下塗り工程	中塗り工程	仕上塗り工程
塗	塗り壁面積	0.92	0.65	0.89
	塗り壁ちり長さ	0.96	0.62	0.95
重相	相関係数	0.92	0.61	0.91

3. 技能工に関する労働科学的調査

3.1 調査・測定の方法論

3.1.1 行動の特性把握

A 作業内容の記録

現場作業に従事する作業者の作業内容は、1/100 分計ストップウォッチを用いた連続時間観測法による時間研究を行い記録した。記録は要素作業の単位で行い、同時にその姿勢、使用工具などの記録も行った。

B 作業動作及び姿勢

作業実施中の動作の状況は、主として 16 m/m フィルムを用いたメーションカメラによる記録を通じて行った。撮影のスピードは、対象の作業実施の速度に応じ 10 FPS-5 FPS とした。

作業実施中の姿勢は、作業記録と併行して記録した。

3.1.2 生体反応

A 心拍数

心拍数は、作業時に記録した心電波形から求めた。心電波形は図 3-1 の如く被験者の各適当部位に電極を貼付し、これに結ばれた FM 発信機を腰部に装着し、FM 波利用の医用テレメーター装置により作業時及び安静時の電波形を連続的にペンライティングレコーダに記録し、また逐次的にデータレコーダを用い磁気テープに記録する。

心電波形は、データレコーダに記録しトリガユニットにて矩形波に整形し、デジタルカウンタにより R-R 間のインターバルを 1/1,000 秒単位で紙テープ穿孔器により紙テープに変換し出力した。FACOM 270-20 小型電子計算システムを使用して、心拍数の時系列的変動、累積度数、移動平均、分布の傾向を表すヒストグラム、統

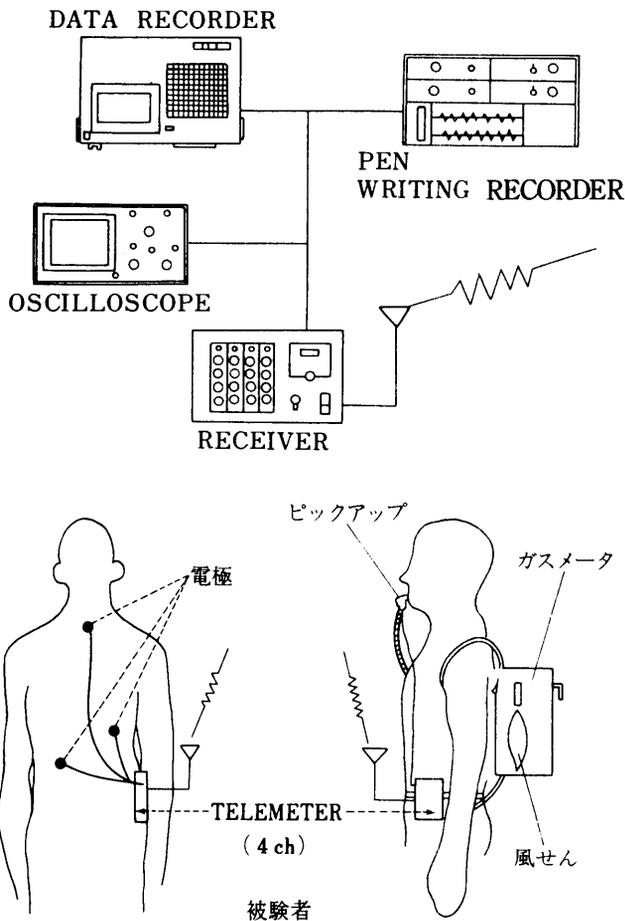


図 3-1 生体現象の測定システム

計解析用の諸値を求める 22 項目の測度及び心拍数の増加率を求めるデータ処理を行った。

#### B エネルギー消費量

作業実施中のエネルギー消費量は、作業中の作業者の呼吸を採集し、これを分析することにより行った。

呼吸は、作業中図 3-1 の如く作業者がくわえたマウスピース及びゴムホースを介し、レスピレーションガスメータを用いたゴム袋に採集した。作業者の背に装着したレスピレーションガスメータの重量は、作業者に負担を与える程のものではないが、作業のし易さを考慮すれば、若干の障害は考えられる。採集した呼吸は、呼吸ガス分析器を用い呼気中の  $O_2$  量及び  $CO_2$  量を求め分析した。

#### C 疲労

作業者が、作業を遂行することによって生体にもたらされる影響を調査するための疲労に関する調査は以下に示す項目について行った。

- (1) フリッカー値 ( CFF : Critical Flicker Fusion )
- (2) 自覚的疲労症状調査
- (3) 自覚疲労部位調査

CFF は、光源の前方でスリットのついたセクターを回転させ、初めに連続光として提示し、この連続光が断続

光として見え始める回転数を求めるものであり、大脳新皮質の興奮水準が得られるものとされている。

2 種の自覚疲労調査は、アンケート調査として行ったもので、作業前・後に作業者が記入することで作業者に生じた疲労の質、疲労を生ずる部位を求めるものである。

### 3.2 技能的工程に関する現状調査

#### 3.2.1 目的及び概要

在来工法による住宅建設を主な対象として、ここで行われる技能的作業工程の現状調査を試みた。在来工法住宅の建設には多くの技能職の参加が必要とされるがここでは、その代表的なものとして大工作業を中心として調査を行った。

#### 3.2.2 調査の対象

調査の対象とした住宅は、構法上それぞれ異なり、在来軸組型、改良軸組型及び木造パネル型の 3 種である。これらは、商業地域、近郊住居地及び新興住宅地域に位置し、いずれも敷地は比較的狭く、資材仮置、建設機械の進入などのための余地はきわめて少ない。

#### 3.2.3 被験者

大工作業実施時に生体現象の記録を行った被験者の概要を表 3-1 に示す。被験者のうちで最も長い経験を有するものは、13 年であった。また表中には調査時に被験者が果たすべき作業課題を記した。

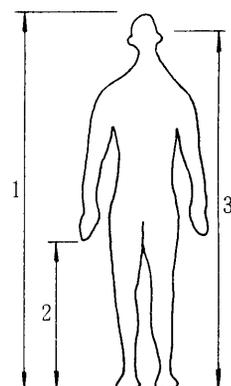
表 3-1 被験者の概要

測定現場	被験者	年齢	職種	経験年数	作業課題
A	SK	28	大工	13	在来軸組工法建方
B	KT	28	大工	3	改良軸組部材加工
C	OY	24	大工	8	改良軸組工法建方

各被験者の身体寸法の概要を表 3-2 に示す。

表 3-2 被験者の身体寸法の概要

身体 被験 者名	身体寸法				
	1. 身長 (cm)	2. 指先 端高 (cm)	3. 眼の高さ ~床面 (cm)	4. 座高 (cm)	5. 最大 肩幅 (cm)
SK	164.0	58.0	150.0	88.5	45.0
KT	158.0	59.0	148.0	85.5	42.0
OY	162.0	61.0	148.0	90.0	44.0



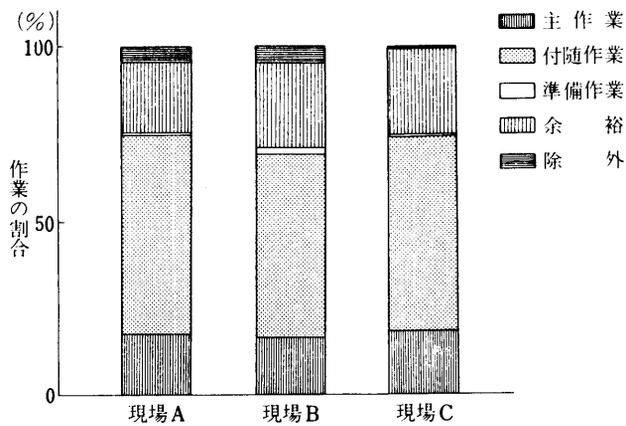


図3-2 時間研究集計結果

### 3.2.4 調査の結果及び検討

#### A 作業の内容

全作業時間に対する各作業要素の割合は、図3-2に示される如くであり、稼働率はどれもほぼ75ないし79%を占めている。全体的には、3現場における作業時間の構成には差がみられない。B現場では、改良工法を用いており部材は工場加工されているが、全作業時間の9.1%程度が現場での加工に費されている。図3-3に現場Aについて各作業内での技能を要する作業の割合とこの作業区間内での分平均心拍数とを示す。

技能を要する作業は、労働省職業訓練局技能検定試験基準及び青少年技能評定建築大工実技試験基準などを参考にして選んだ。この例では、技能を要する作業の割合

は低く、分平均心拍数は比較的高いが、両者の相関係数は0.39と低くほとんど相関はみられず、技能的作業の主体が、非身体的作業で構成されていることが示唆される。

#### B 作業姿勢

現場建込及び工場加工時の作業者のフィルム分析から得られた大作業の特徴的な作業姿勢の一例を図3-4に示す。

これらは、管柱をたてる、柱をよじのぼる、桁の上で梁を組む、梁の上で掛矢を打つ、梁の上でボルトを締める、のみ打ち等の作業である。これらの姿勢・動作は、柱をよじのぼる動作を除きいずれも肉体的負荷としては、大きなものと考えられないが、ほとんど生体負担としては高い値を示したものであり、不安定な姿勢、静的筋労作としての「支える」作業としての特徴がある。

#### C 生体反応

各作業について、1日8時間の労働の作業を継続することの可能な心拍数(DLG: Dauer Leistungs Grenze)を超える心拍数を示すものは、資材運搬・小梁組む・ボルトを締める・柱を登る・掛矢を打つ・柱を縛る・鼻かくし材を打ちつけるなどの作業である。

これは、資材運搬・柱を登るなどの作業を除き、いずれも動的負担より、むしろ静的筋労作あるいは、身体のバランスをとるために生ずる精的・神経的負荷によるものと思われる。

各作業現場における作業時平均心拍数を表3-3に示す。

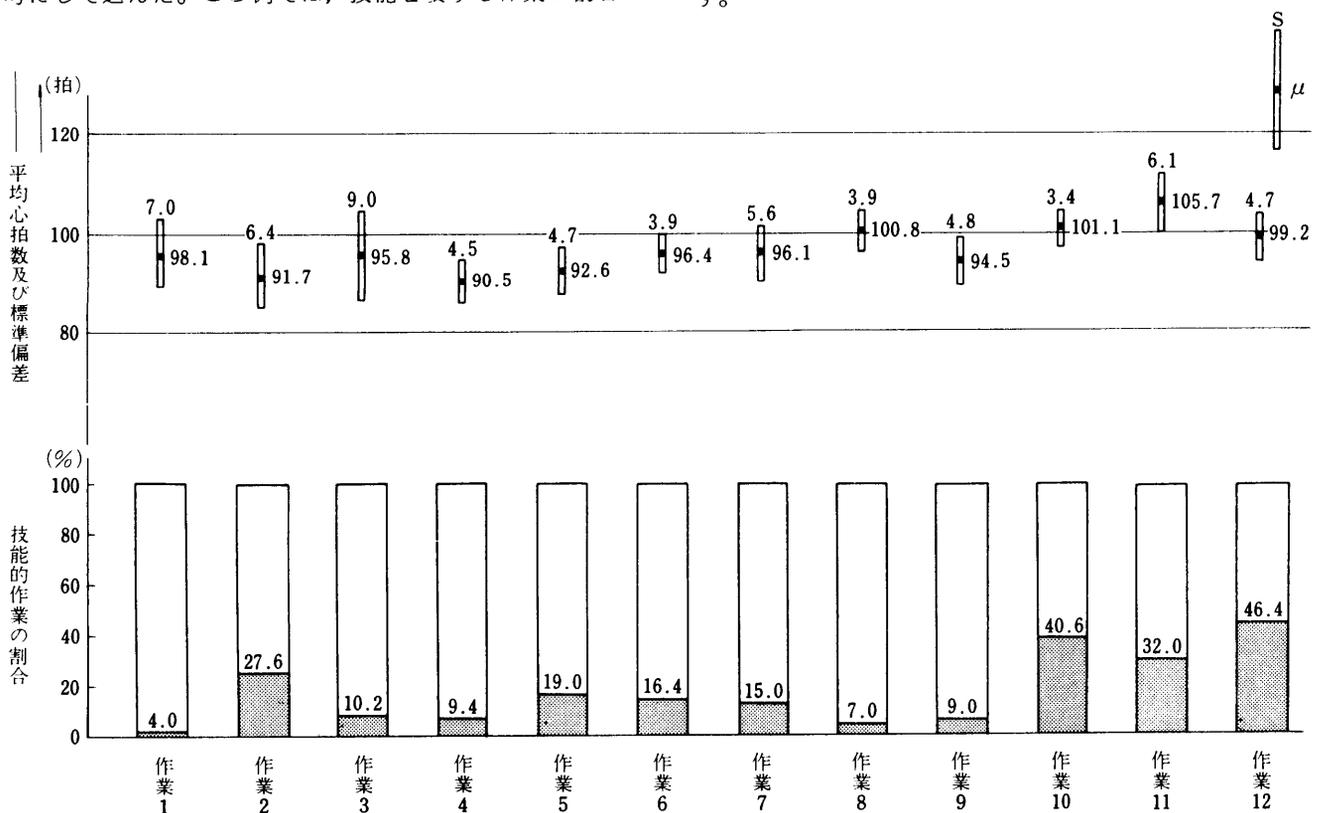


図3-3 技能的作業の割合と分平均心拍数 (現場A)

A. 掛矢打ち



B. ボルト締め

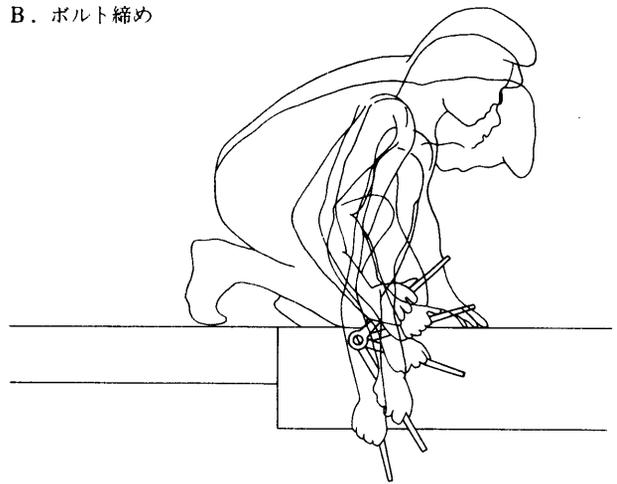


図3-4 現場における作業姿勢

ここで増加率 P は次式によって求めた。

$$P = \frac{HRA - HR_R}{HR_R} \times 100 (\%)$$

ただし

HRA : 作業時分平均心拍数

HR<sub>R</sub> : 安静時分平均心拍数

表3-3 作業時平均心拍数

作業現場	作業時平均心拍数 (PF/min)	増加率 (%)
A	97.1	34
B	98.6	18
C	112.5	17

表3-3における増加率は、安静時平均心拍数を基準とする作業時における平均心拍数の増加率を示すもので、作業現場Aにおける値は、非常に大きい負荷を示している。

安静時平均心拍数に対する作業時平均心拍数の増加の割合の例を現場Aについて、図3-5で示す。図中作業番号は、およそ30分毎に記録された心電波形10分間分の作業実体の番号を示している。

ここでは、作業前安静時平均心拍数に対して、作業10・作業11に著しく心拍数の増加が見られ、共に52.5%の増加率を示している。作業10の内容は、火打材を打つ・煽り止めを付けるという主作業が40.6%、運搬・移動などの付随作業が59.4%を占める。また、作業11については、電動ノコで切る・極木を打ちつけるという主作業が30.4%あり、その他に電動ノコを持つ・置く・資材の選択・移動などの付随作業が69.6%を占めている。

#### D 疲労

作業開始前のCFR値を基準とした作業終了時のCFR値の低下の割合(低下率(%))によれば、疲労に関する

明確な傾向は見られない。

自覚疲労に関する調査によれば、作業現場Aに於ける作業に腰・両足首への訴え及び身体的疲労症状ならびに神経感覚的の症状に属する疲労成分が見られた。

#### 3.2.5 大作業の構成

住宅建設における在来軸組による現場建方、下小屋における墨つけ及びきざみ、並びに木造パネル工法による現場建方の各作業及び動作に関する調査結果から技能工としての大工に要求される作業の構成を在来軸組現場建

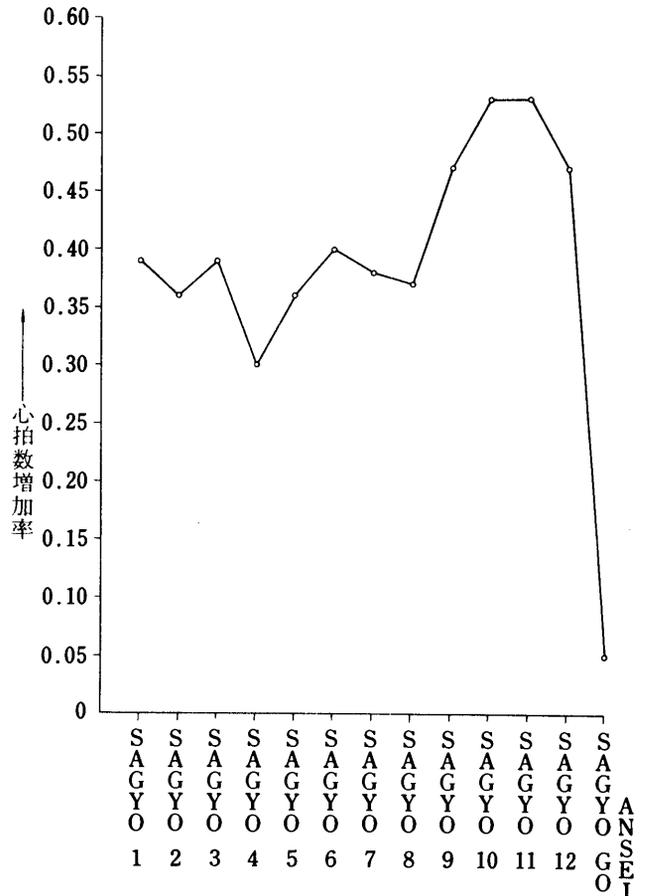


図3-5 分平均心拍数の増加率

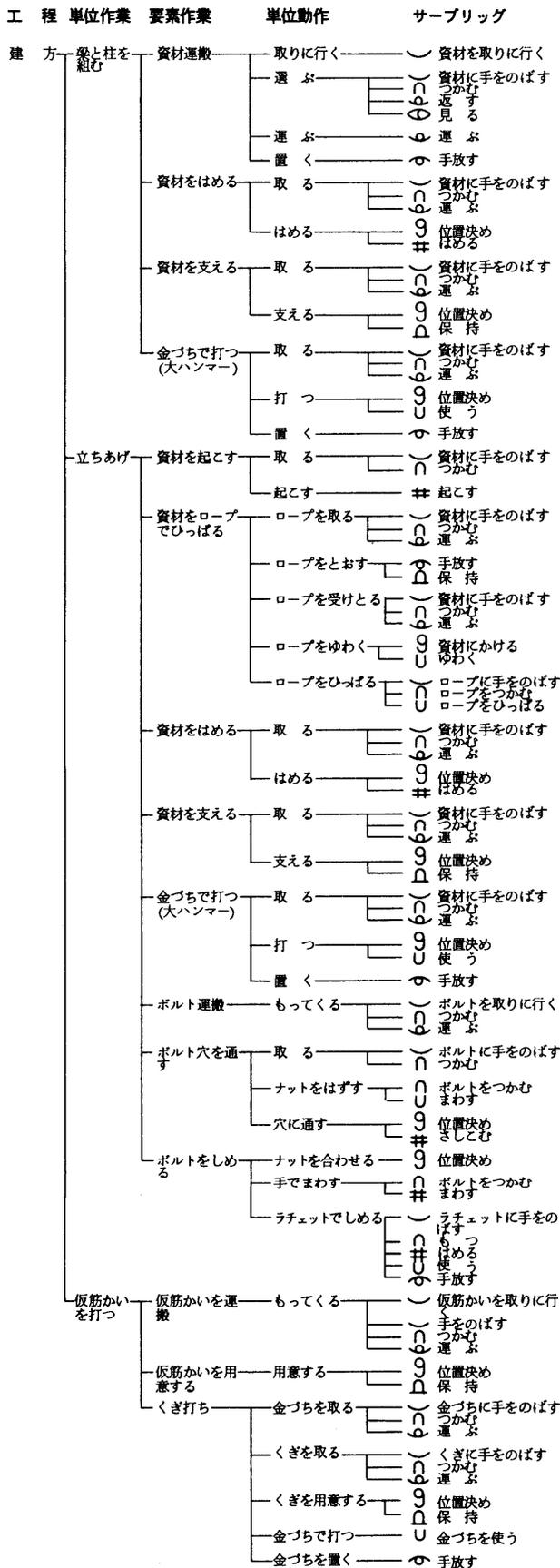


表 3・4 木造軸組工法建方

方の例で表 3-4 に示す。

表に示された作業は、大工による建設過程の主体作業となるもので、これらの作業に準備・後始末作業・余裕が組合わされて全工程を構成することになる。

### 3.3 モデル作業による技能水準把握

#### 3.3.1 概要

本測定・実験は、技能程度に差があると思われる技能工について、技能を要する作業を実施するための動作及び生体反応を検討することで、技能程度の把握を試みたものである。ここでは、職種として大工を選び、また被験者は、職業訓練所教官及び生徒の計 3 名を選んだ。指定した作業課題は、腰掛け蟻継ぎの作成及びくぎ打ちであるが、寸法については、標準とされるものとはしなかった。指定した腰掛け蟻継ぎの概略を図 3-6 に示す。

被験者に関する概要を表 3-5 に示す。

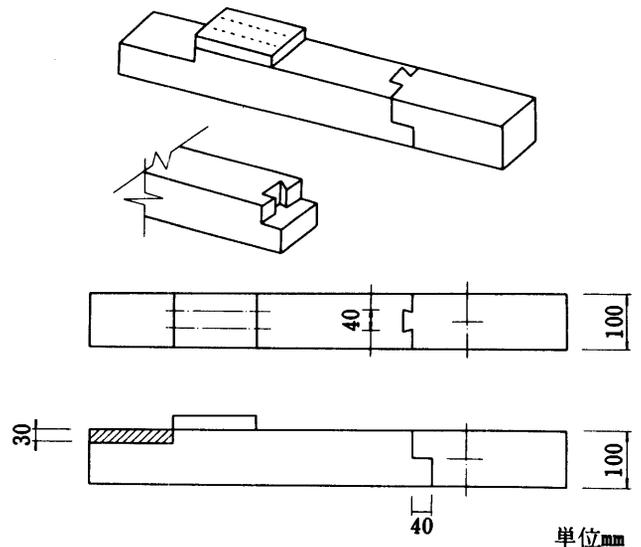


図 3-6 指定した腰掛け蟻継ぎ

表 3-5 被験者の概要

被験者	年齢(才)	経験年数(年)
IS	49	33
KU	17	1.5
KA	16	0.5

#### 3.3.2 作業の流れ

作業者の技能程度を工程の推移の滑かさにより把えようと試みた。各被験者の作業実施に要する工程の経時的变化の一部を図 3-7 に示す。

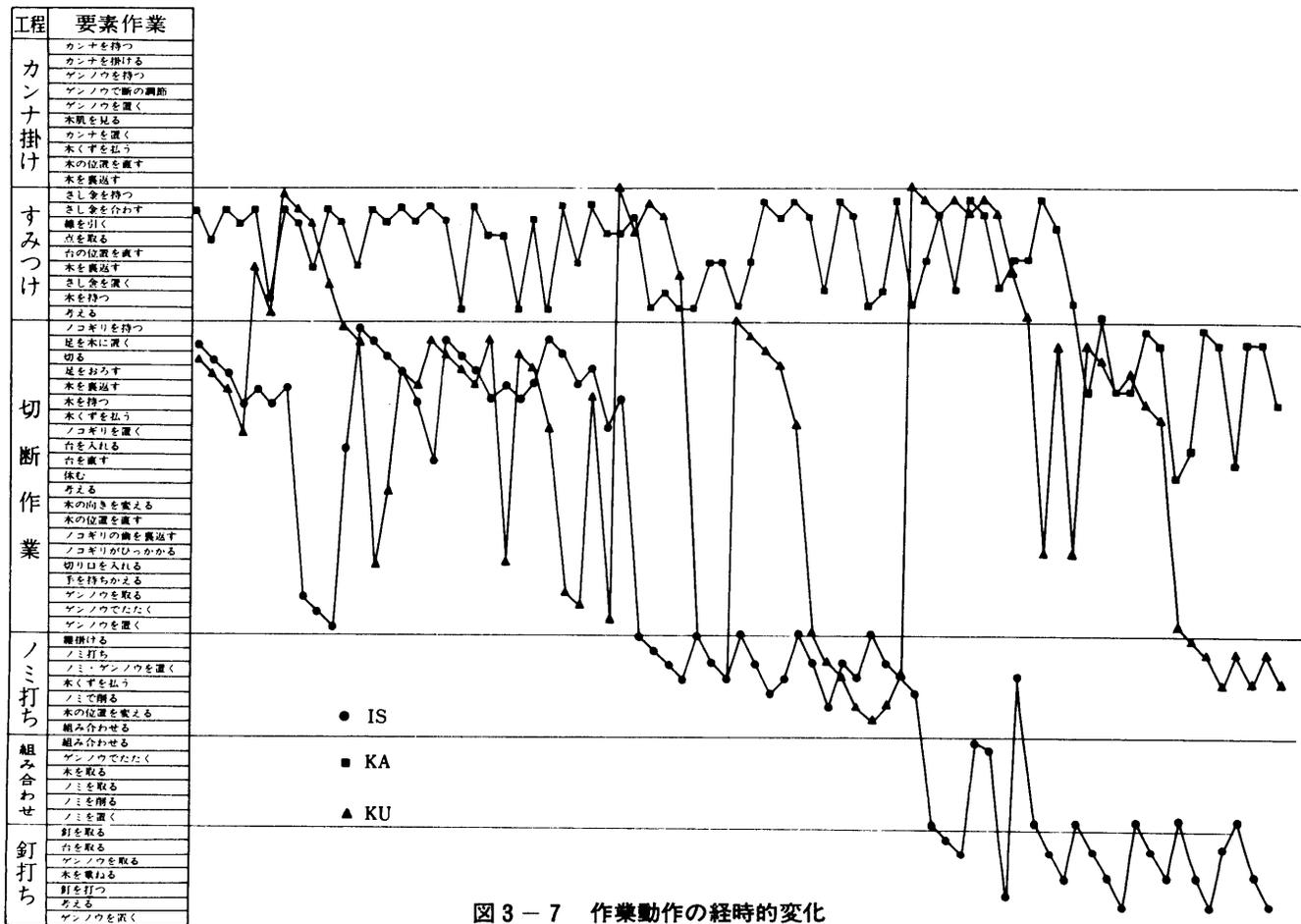


図 3-7 作業動作の経時的変化

図にも明らかな如く、熟練工には、工程内での作業が連続してサイクリックに繰り返されるのに対し、未熟練工に、工程間の推移が多く、不規則な繰り返しが見られる。また、墨つけに要する時間は、熟練工に短かく、未熟練工に長い。

ただし、切断作業に見られる部材の位置換えに要する回数及び所要時間が、被験者KAに最も大きく、IS・KUと続くのは、この部分の加工に全く異なる方法が用いられたため、ここでは、熟練工ISの方法によれば端材は出ない。

### 3.3.3 動作及び姿勢

作業実施中の16mmフィルムによる記録の分析により、作業者の身体部位・工具の動きの検討を行った。フィルムの分析により得られた各コマ間の距離から実際に動いた距離を換算して求め各工程（カンナ掛け、ノコギリによる切断、ノミ打ち、釘打ち）別にその平均、ばらつき等を求め検討した。

各作業についての両被験者の動作を中心としたフィルムからの読み取り結果を表3-6に示す。

被験者IS及びKUについて、体の動きと、工具の動き

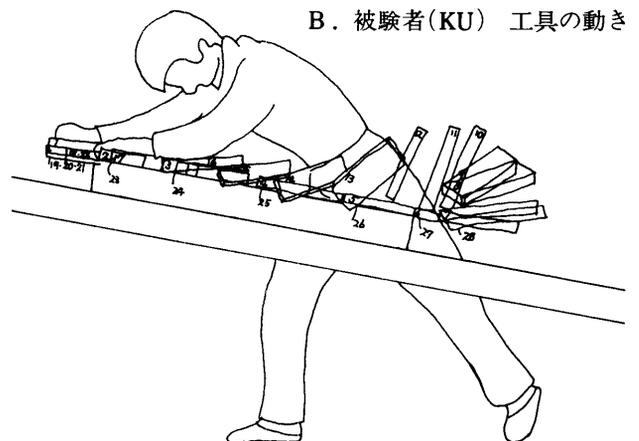
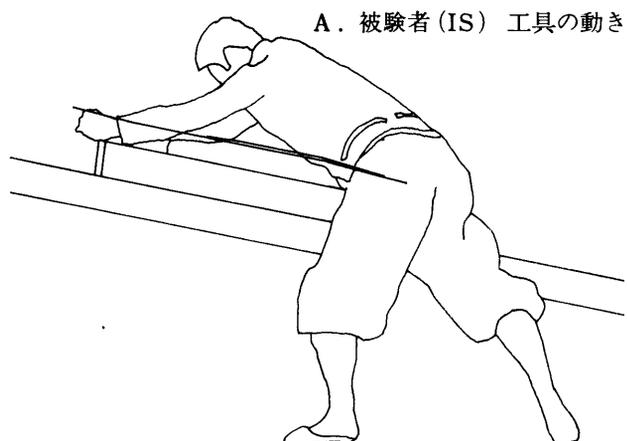
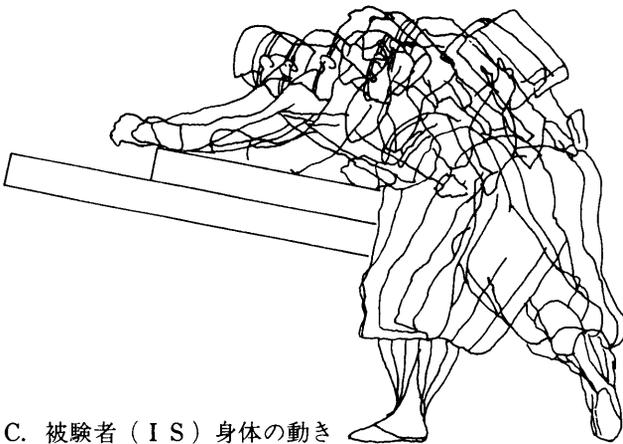


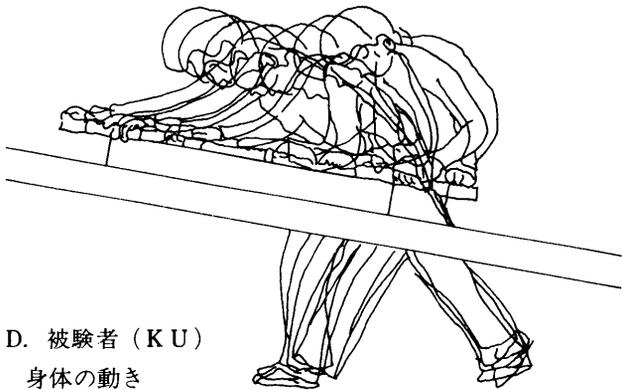
図 3-8 カンナ掛け作業

表 3-6 フィルム解析による動作の特徴

		被験者 IS	被験者 KU
カンナ	作業姿勢	作業台面に対して、カンナをおろすとき、頭が平行に動く。	作業台面に対して、カンナをおろすとき頭が、曲線を描いて移動する。
	特徴	腰の重心の移動によって、カンナを引き、足の先の位置は一定。元の位置へもどす時も最短距離を行くので時間もかからない。カンナを引き始めてからおろすまでが速い、一定の加速度を持つ。	足の位置の移動と腰の移動を使いながらカンナを引く、この為途中で一端遅くなってから又引き始めるので遅い。引き終わってから元の位置へもどす時も、最端距離を行くのではなく、時間がかかる。
ノコギリ	作業姿勢	腰の折り曲げが90°より大きい。	腰の折り曲げが90°より小さい。
	特徴	上体がわずかに上下する。ノコギリが木に入る角度がほぼ一定で約65°(木材とノコギリの角度)	上体全体が下りぎみ。上体が上下にゆれるので、ノコギリが木に入る角度がまちまち。
ノミ	作業姿勢	腕のみ動かす。上体は移動なし。目の高さ約40 cm	前傾姿勢。上体がゆれる。目の高さ約24 cm
	特徴	ノミを打つゲンノウに一定のリズムがある。角度及び位置一定。1回の振り降ろしから次の降りおろしの動作が速い。	ゲンノウのノミに当たる角度及び位置が不安定。1回振り降ると、ゲンノウのはねかえりが不安定な為ゲンノウの位置を合わせるため、次に振り降すまでの動作が遅い。
釘打ち	作業姿勢	上体は動かない。目の高さ約36 cm	上体は多少ゆれる。目の高さ約44 cm
	特徴	ゲンノウを一定のリズムで回数を多く、速く打っている。	ノミ打ちと同様に角度、位置が定まらない。



C. 被験者 (IS) 身体の動き



D. 被験者 (KU) 身体の動き

図 3-8 カンナ掛け作業(つづき)

とを検討する為のフィルム分析の結果の例をカンナ掛け作業について図 3-8 の A~D で示す。被験者 IS の姿勢の安定性・大きい速度・速度の変化の少ないこと、全身を使つての工具の使用などの特性を明らかに見ることができる。

### 3.3.4 生体反応

加工中の分平均心拍数及び作業前安静時の分平均心拍数を基準とした増加率を表 3-7 に示す。

表 3-7 作業時平均心拍数

被験者	作業平均心拍数 (PF/min)	増加率 (%)
IS	117.8	79
KU	126.1	45
KA	102.3	24

ここでは、熟練工である IS に非常に大きい心拍数の増加がみられる。

作業中の呼吸は、作業によるリズムに規制されるがこれが如何に適切におこなわれるかは作業の円滑な遂行に重要なことである。各作業者についての作業時分平均呼吸数の経時的な変化を求めた。IS・KU については、肉体的な負荷が大きく作業テンポの比較的早い作業で呼吸

数の増加がみられ、カンナ掛けの如き作業では安静時のものとほぼ変りがなかった。KA については、どの作業も安静から徐々に上昇し、作業のテンポの早い作業でも比較的平坦でかつ増加の程度が小さい。

IS について平均呼吸数の増加率の高さと共にバラツキの大きいことが、作業に応じた呼吸の調整が適切に行われたことによるものと思われる。

呼気分析により求めた作業中のエネルギー消費量を表 3-8 に示す。

表 3-8 エネルギー消費量

被験者	エネルギー消費量 (cal/min)
IS	2.207
KU	3.476

被験者KAについては、測定器の不調によりここでは、結果を求めていない。表に示される如くエネルギー消費量は、熟練者が低い値を示した。

作業によって被験者に生ずる疲労を検討する意味で、作業前及び作業後に行ったCFF値をもとに、作業前の平均値を基準とした作業後の値の変化を求めた。CFFは、神経的な活動や精神的要求が強いほど高進するが、やがて刺激に順応し、活動レベルが下がるにつれてCFFも低下してくる。そして作業が3時間以上も長くなれば低下度は大きく、かつ固定的になってくる。これを疲労と呼ぶわけであるが、本測定では、作業時間の短いこと、内容の精神的な刺激などが起因して、有意な低下は見られていない。

### 3.4 技能把握のための測定・研究方法論の検討

#### 3.4.1 測定方法

作業状況は、フィルム分析によるものを主体として、時間研究・姿勢の経時的記録を援用しているが、現場測定には秒間5コマ、部材加工時には秒間10コマ程度が最

低限度の撮影速度といえる。このため取り扱いの容易さを含めて、時間表示装置を付属したビデオコーダの利用が有効であるが、解像力に難点がみられる。しかしながら、細部にわたる定量化のみに限定せず、むしろ表情、体動などの意識下の表現の把握方法を追求する必要がある、この種の作業の把握には、必要と思われる。

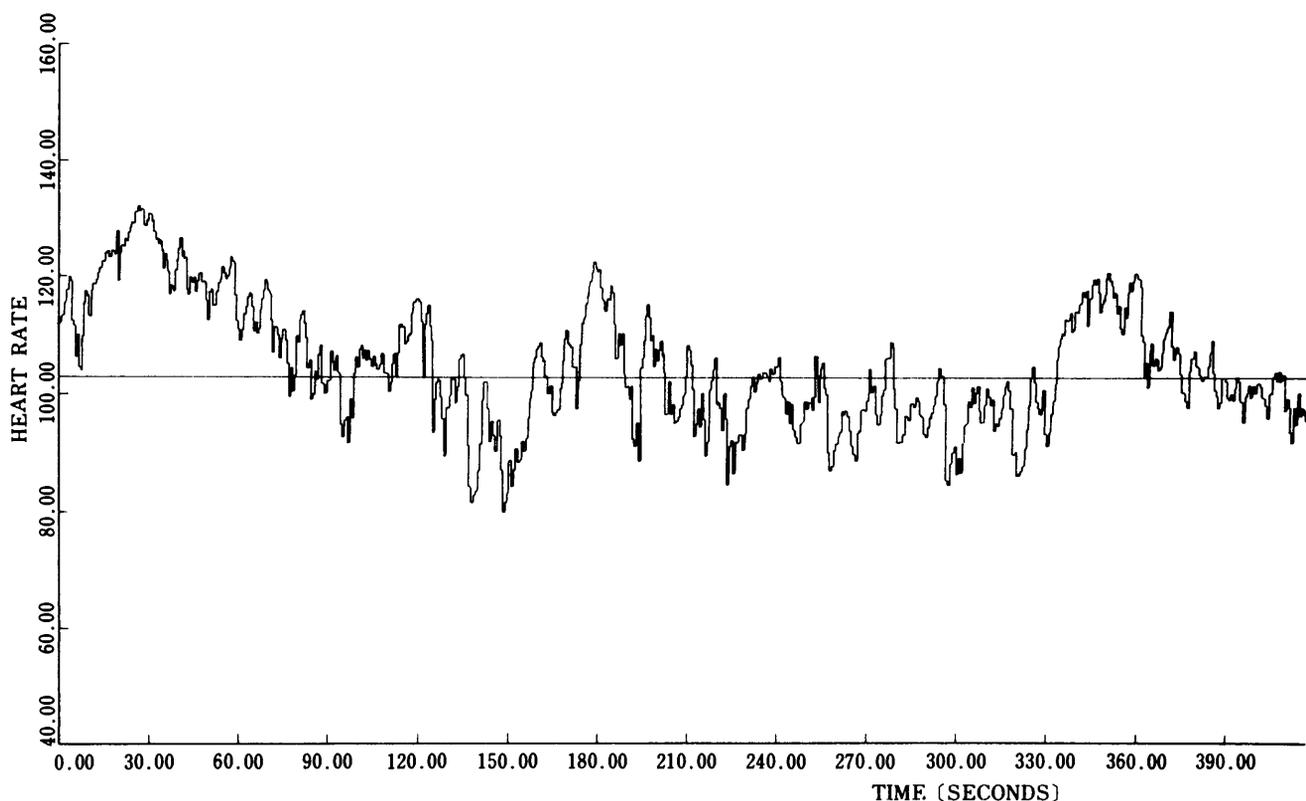
#### 3.4.2 結果の評価

仕上がり状況は、技能の質を決定づける最も重要な要因の1つに挙げられるが、この評価は定量化することが難しいため、本測定では、定性的な評価によったが、出来栄と所要時間、使用工具の質などの詳細な検討は更に必要である。

#### 3.4.3 生理・心理的方法

生体反応のうち心電波形の処理によりプロッターで描かれた心拍数の経時変化の例を図3-9に示す。ここでは、R-R間隔から一拍毎に分平均心拍数を得ているが、図にも明らかな如く、Sinus Arrhythmieによる時系列的な変化も含まれている。このため、技能工としての精神・神経的負荷の評価のために時系列的な変動の評価のための統計的諸測度 (Arrhythmie Quotient) も得ているが、このための方法論は更に追及する必要がある。

また現場におけるエネルギー消費量の測定のためには、呼気の採集が必要であるが、マウスピースによる会話の障害のため、これに換わり得る方法の開発が要求される。



TIME COURSE OF OBSERVED HEART RATES

図 3-9 心拍数の時系列的変化

#### 4. 部材加工精度と建方精度に関する調査

##### 4.1 調査概要

##### 4.1.1 調査の目的

本調査の目的は、在来工法木造住宅における精度の実態を明らかにするとともに、在来工法木造住宅の施工管理のための精度指針に関する資料を得ようとするものである。今回の調査の範囲は、そのうちの木工事に関し、継手、仕口の加工精度と構造材の建方精度、特に柱の垂直精度についての現場調査ならびに同建方精度確保に関するアンケート調査を実施した。

##### 4.1.2 調査項目及び方法

調査項目は、1.継手・仕口の加工精度、2.継手・仕口の組合せ寸法、3.柱の垂直精度の3項目を行った。

表4-1 調査建物概要

1	所在地	神奈川県横須賀市東逸見町	
2	供給形態	在来軸組工法 注文住宅	
3	床面積	1階 50.3 m <sup>2</sup>	2階 28.9 m <sup>2</sup>
	延床面積	79.2 m <sup>2</sup> (24.00坪)	
4	屋根形状	切妻	
5	年間仕事量	3~4棟(住宅中心)	
6	坪当り単価	30~50万円/坪	
7	大工	経験年数	備考
	A	36年	伝統的技能を持った大工
	B	4年	複雑な継手、仕口の加工及び墨付けは行えない。
	C	14年	技能的に標準と思われる大工
8	調査期間	1979年6月~7月	

調査方法は、加工精度については、「ノギス」を使用し、柱の垂直精度については、鉛直用傾斜計(ビーコック型)を用い、1mにつき0.5mmの倒れ勾配を最小単位として測定した。

##### 4.2 加工精度に関する調査結果

##### 4.2.1 調査建物概要

加工精度の調査を行った建物の概要、施工業者概要ならびに作業をした大工の概要は、表4-1の通りである。

##### 4.2.2 測定した継手・仕口の種類および数

加工精度に関し測定を行った継手・仕口の種類の、構造材を中心にし、その内訳は、表4-2の通りである。在来工法一手加工に区分されたものは、現在、通常の木工事において行われている方法であり、手のこ、のみ、電動のこ、電動角のみ、電動ドリルを工具として加工したものである。改良軸組工法とは、構造材の加工を全て自動木工機械により加工したものである。

##### 4.2.3 測定結果

測定結果は、加工の結果生じた継手・仕口の形態の「各辺の長さ」に番号をつけ、それに対応して、「辺番号」を付し、その長さの平均値、標準偏差を一覧表としたのが図4-1、表4-3であり、ここでは腰掛け鎌継のみをあげた。

##### 4.2.4 調査結果の検討と考察

##### A 継手・仕口別の加工精度について

継手・仕口を構成する「各辺の長さ」により加工の精度を求めたため、継手・仕口、各種類の加工精度の比較は、「各辺」の測定値の誤差の分布として求めた。

表4-4は、各継手・仕口毎に測定した辺の総数のう

表4-2 測定した継手・仕口の種類・数

部材名	在 来 工 法 ( 手 加 工 )					改良軸組工法 (機械加工)												
	継手・仕口名	個数	部材名	継手・仕口名	個数	部材名	継手・仕口名	個数	部材名	継手・仕口名	個数							
土	腰掛け鎌継ぎ(男木)	6	柱	平 柄(A)	80	胴	蟻 柄	59	小	腰掛け鎌継ぎ(男木)	6	短 柄	20					
	腰掛け鎌継ぎ(女木)	6		平 柄(B)	40		大入れ蟻掛け(女木)	59		腰掛け鎌継ぎ(女木)	6		短 柄 穴	20				
	腰掛け蟻継ぎ(男木)	3		平 柄(C)	25		短 柄 穴	40		腰掛け蟻継ぎ(男木)	5		継手(男木)	20				
	腰掛け蟻継ぎ(女木)	3		*平柄は長さの違いにより3つに分けた。	差		短 柄 穴 (貫通)	23		腰掛け蟻継ぎ(女木)	5		継手(女木)	20				
	短 柄 穴	39			し		根 太 影	34		短 柄 穴	33							
	蟻 柄	23			し		小 胴着短柄	18		梁	短 柄 穴 (貫通)		16					
	大入れ蟻掛け(女木)	23			し		中入れ胴着(短柄)	7		大 入 れ 柄	大 入 れ 柄		12					
	30本	大入れ平柄差し(男木)		5	(うち通柱4本)					69本	腰掛け鎌継ぎ(男木)		7	46本	蟻 柄	33		
		大入れ平柄差し(女木)		4							腰掛け鎌継ぎ(女木)		7		大入れ蟻掛け(女木)	33		
		大 入 れ 柄		1							腰掛け蟻継ぎ(男木)		3		かぶと蟻	12		
小 根 柄		3	腰掛け蟻継ぎ(女木)	7		落 と し 蟻			2									

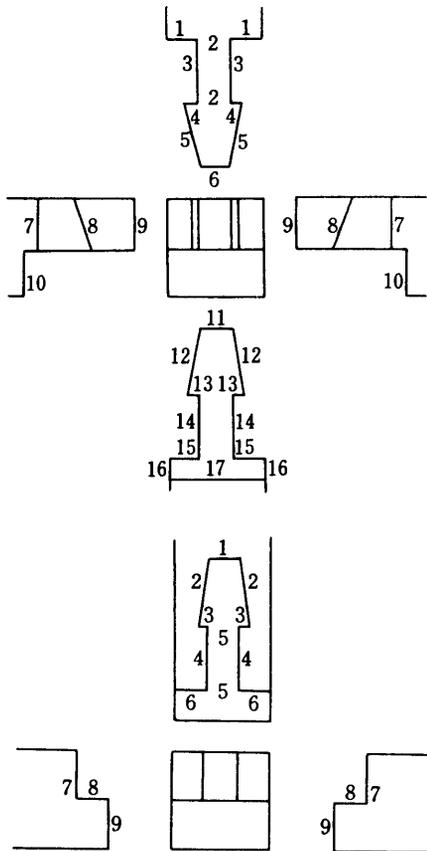


図4-1 辺番号

表4-3 加工寸法の集計結果

仕口名	辺	個数 n	平均 $\bar{X}$ (cm)	標準偏差 $\sigma$	$\bar{X} \pm 2\sigma$ 以上 (%)	$\bar{X} \pm 3\sigma$ 以上 (%)
腰掛け 鎌継ぎ (男木)	1	12	3.84	0.07	0	0
	2	12	3.03	0.06	8.33	0
	3	12	7.59	0.06	0	0
	4	10	0.77	0.09	0	0
	5	12	7.59	0.07	0	0
	6	6	3.13	0.08	0	0
	7	12	5.43	0.07	0	0
	8	12	5.54	0.09	0	0
	9	12	5.37	0.11	0	0
	10	12	5.40	0.23	0	0
	11	6	3.09	0.18	0	0
	12	12	7.17	0.08	8.33	0
	13	10	0.73	0.10	0	0
	14	12	8.13	0.13	8.33	0
	15	12	4.08	0.15	0	0
	16	12	1.59	0.04	8.33	0
	17	4	2.89	0.02	0	0
腰掛け 鎌継ぎ (女木)	1	6	3.07	0.04	0	0
	2	12	7.67	0.10	0	0
	3	12	0.78	0.05	0	0
	4	12	7.50	0.06	8.33	0
	5	12	3.11	0.06	0	0
	6	12	3.90	0.12	8.33	0
	7	10	5.49	0.10	10.33	0
	8	10	1.58	0.11	0	0
	9	10	5.37	0.11	0	0
	H	44	5.63	0.22	4.50	0

ち「各辺」における測定値が $\bar{X} \pm 2\sigma$ 以内に全てある辺数、 $\bar{X} \pm 2\sigma \sim \bar{X} \pm 3\sigma$ の範囲にあった辺数、 $\bar{X} \pm 3\sigma$ 以上の測定値が含まれた辺数により、加工誤差の分布を表したものである。

これらによれば、継手・仕口の種類、若しくはその形態の複雑さと、加工誤差の分布の大きさとは特に相関し

表4-4 継手・仕口別の加工誤差の分布

部材名	継手・仕口名	測定した辺数	測定値の全てが $\bar{X} \pm 2\sigma$ 以内であった辺数	測定値に $\bar{X} \pm 2\sigma$ から $\bar{X} \pm 3\sigma$ 以内の値が含まれた辺数	測定値に $\bar{X} \pm 3\sigma$ 以上の値が含まれた辺数
土台	腰掛け鎌継ぎ(男木)	17	13	4	0
	腰掛け鎌継ぎ(女木)	10	6	4	0
	腰掛け蟻継ぎ(男木)	12	11	1	0
	腰掛け蟻継ぎ(女木)	8	8	0	0
	短 柄 穴	2	1	0	1
	蟻 柄	11	4	7	0
	大入 蟻 掛け(女木)	6	0	3	3
	大 入 れ 柄	3	3	0	0
	柱	平 柄 (A)	5	0	1
平 柄 (B)		5	0	3	2
平 柄 (C)		5	1	3	1
胴差	蟻 柄	9	2	3	4
	大入 蟻 掛け(女木)	6	1	3	2
	短 柄 穴	2	0	0	2
	短 柄 穴(貫通)	2	0	0	2
	根 太 影	1	0	0	1
	小 胴 着 短 柄	5	2	2	1
小 屋 梁	中 入 れ 胴 着 短 柄	5	2	3	0
	腰掛け鎌継ぎ(男木)	17	3	14	0
	腰掛け鎌継ぎ(女木)	10	5	5	0
	大 入 れ 柄	3	0	2	1
	落 と し 蟻	4	2	2	0
	腰掛け鎌継ぎ(男木)	17	8	9	0
	腰掛け鎌継ぎ(女木)	10	7	3	0
	腰掛け蟻継ぎ(男木)	12	9	3	0
	腰掛け蟻継ぎ(女木)	8	7	1	0
	短 柄 穴	2	0	0	2
	短 柄 穴(貫通)	2	0	0	2
	大 入 れ 柄	3	1	0	1
	蟻 柄	11	3	6	2
	大入 蟻 掛け(女木)	6	0	5	1
かぶと 蟻	5	2	2	1	
落 と し 蟻	4	2	1	1	
短 柄	3	0	1	2	
短 柄 穴	2	0	2	0	
継手	継手(男木)	5	1	3	1
	継手(女木)	4	0	3	1

ているようには見られない。そして、相対的にみれば、形態の簡単な平柄、短柄穴などが、形態の複雑な継手・仕口より誤差の分布が大きい。

この理由としては、簡単な仕口等は、作業が雑になり勝ちなこと、及び、技能の低い大工が、この作業を行なうことなどが原因とみられる。

この他に誤差の分布が大きい原因として考えられる、「辺の長さ」と「加工した工具」との相関、ならびに「辺の長さ」と誤差の分布についてもその傾向を検討したが、明らかな傾向はみられない。

#### B 男木と女木の組合せ誤差について

一般に継手・仕口は、加工の際、墨線の内側、外側、中心のどこを加工するかにより、組合せの精度を調整している。組合せの間隙を少なくし又締め具合を良くするため、意識的に男木の一部の辺を大きくすると言われている。

これらを検討するため対応する女木の各辺の長さに対する男木の各辺の長さの差をまとめたものが表4-5で

ある。差は女木が長い場合を+記号で表わしてある。継手の組合せの上では、常識的にみて、容易に組合せさせるためには、女木の辺が長くなるが、「鎌継ぎ」の首の部分の長さは、男木の辺の長さが大きい程、組合せが容易となる。このような見方をした場合、表にあげた「腰掛け鎌継ぎ」と「腰掛け蟻継ぎ」では女木の方(若しくは受け入れる方)が平均的に殆んど大きく加工されている。したがって、一般的に行われる下小屋の構造材の刻みでは、男木を小さく、女木を大きく加工しているものとみられる。また、部材番号にしたがい、各継手・仕口を対応させて、その誤差を検討した結果も、大凡、同様な傾向である。

#### C 手加工と機械加工の加工誤差について

同様な仕口について、自動機械加工と手加工の場合の加工誤差を比較したが、誤差の分布は、機械加工、手加工殆んど変わらず平均値、標準偏差も大差がみられない。

表4-5 女木と男木の対応する辺長の差

	男 木		女 木		女木 $\bar{X}$ -男木 $\bar{X}$	
	辺番号	$\bar{X}$	辺番号	$\bar{X}$		
腰掛け鎌継ぎ (土台)	1	3.84	6	3.90	+ 0.06	
	15	4.08			- 0.18	
	2	3.03	5	3.11	+ 0.08	
	17	2.89			+ 0.22	
	3	7.59	4	7.50	- 0.09	
	14	8.13			- 0.63	
	4	0.77	3	0.78	+ 0.01	
	13	0.73			+ 0.05	
	5	7.59	2	7.67	+ 0.08	
	12	7.17			+ 0.50	
	6	3.13	1	3.07	- 0.06	
	11	3.09			- 0.02	
	7	5.43	7	5.49	+ 0.06	
	10	5.40	9	5.37	- 0.03	
腰掛け蟻継ぎ (土台)	1	4.51	4	4.64	+ 0.13	
	5	4.21			+ 0.43	
	2	6.01	2	6.12	+ 0.11	
	6	5.80			+ 0.32	
	3	3.86	1	3.81	- 0.05	
	7	4.11			- 0.30	
	4	3.13	3	3.15	+ 0.02	
	8	2.92			+ 0.23	
	9	5.45	6	5.48	+ 0.03	
	12	5.44	7	5.24	- 0.20	
	腰掛け鎌継ぎ (胴差)	1	3.54	6	3.55	+ 0.01
		15	3.64			+ 0.09
2		3.09	5	3.13	+ 0.04	
17		2.96			+ 0.17	
3		7.64	4	7.59	+ 0.05	
14		8.19			+ 0.60	
4		0.76	3	0.68	+ 0.08	
13		0.73			+ 0.05	

	男 木		女 木		女木 $\bar{X}$ -男木 $\bar{X}$	
	辺番号	$\bar{X}$	辺番号	$\bar{X}$		
腰掛け鎌継ぎ (胴差)	5	7.55	2	7.67	+ 0.12	
	12	7.08			+ 0.59	
	6	3.08	1	3.13	+ 0.05	
	11	3.05			+ 0.08	
	7	5.20	7	5.25	+ 0.05	
	10	5.22	9	5.10	- 0.12	
腰掛け蟻継ぎ (胴差)	1	4.58	4	4.73	+ 0.15	
	5	4.24			+ 0.49	
	2	7.56	2	7.79	+ 0.23	
	6	7.51			+ 0.28	
	3	3.56	1	4.11	+ 0.55	
	7	3.68			+ 0.43	
	4	3.13	3	3.21	+ 0.08	
	8	2.88			+ 0.33	
	9	5.23	6	5.23	± 0	
	12	5.06	7	5.10	+ 0.04	
	腰掛け鎌継ぎ (小屋梁)	1	3.55	6	3.38	- 0.17
		2	3.07	5	3.22	- 0.15
3		7.62	4	7.63	+ 0.01	
14		8.32			- 0.69	
4		0.75	3	0.70	- 0.05	
13		0.78			- 0.08	
5		7.58	2	7.73	- 0.15	
12		7.04			- 0.69	
6		3.17	1	3.12	- 0.05	
11		3.07			+ 0.05	
機械加工(継手)	7	5.11	7	5.26	+ 0.15	
	10	5.16	9	5.08	+ 0.08	
	2	0.89	1	0.94	+ 0.05	
	3	2.17	2	2.22	+ 0.05	
	4	2.31	3	2.29	- 0.02	
5	4.39	4	4.30	- 0.09		

### 4.3 建方精度に関する調査結果

#### 4.3.1 調査建物概要

建方精度については下記 11 棟について行った。

- A……注文住宅－在来軸組工法 3 棟
- B……建売住宅－在来軸組工法 5 棟
- C……注文住宅－枠組壁工法 2 棟
- D……注文住宅－改良軸組工法 1 棟

このような区分は、それぞれの住宅建設で、精度に差が生じているか否かについて検討するために選んだものであり、通常の状態で建設されたものである。

このうち C-1 棟は工程の都合で、柱の精度は測定出来ず、また D-1 については一部を行った。

#### 4.3.2 調査結果

調査した各建物の柱の垂直誤差結果は表 4-6 の通り

である。表中の X 方向…Y 方向は、柱の倒れた方向を示し、集計では 1, 2 階の柱を全て合計して表してある。測定値は、1 m 当りの倒れ勾配 mm (1 m につき 1 mm の場合は 1,000 分の 1) で表した。

また測定では X の + 方向 (左方向)・- 方向 (右方向) と測定されるが、絶対値で集計した。

平均値  $\bar{X}$  は、その建物の柱の X 方向 (左方向・右方向共) Y 方向 (図上では上方向・下方向共) の絶対値の平均であり、0.97 は、その建物の柱の倒れの平均が 1 m につき 0.97 mm であったことを示す。 $\sigma$  はその標準偏差、P は倒れの測定値が 2 mm 以内であった値の全体に対する比率 % を表している。0 mm ~ 1.0 mm は、全測定値中この範囲にあった値の比率 % である。Max は、その建物の測定の中での最大値である。又この測定値は特に記入ある

表 4-6 各棟別 柱の垂直誤差

建物名	方向	データ数 n	$\bar{X}$	$\sigma$	P (%)	0 mm ~ 1.0 mm (%)	1.5 mm ~ 2.0 mm (%)	2.5 mm ~ 3.0 mm (%)	3.5 mm ~ 4.0 mm (%)	4.5 mm ~ 5.0 mm (%)	5.5 mm 以上 (%)	Max (mm)	
A-1	瓦葺前	X	90	0.97	0.82	96.8	72.53	25.27	2.20	0	0	3.0	
		Y	92	0.97	0.80	97.9	70.33	25.27	3.30	0	0	1.10	3.0
	瓦葺後	X	87	1.01	1.30	87.3	65.51	21.84	6.90	3.45	1.15	1.15	7.0
		Y	84	1.47	1.16	84.5	50.59	32.94	8.24	3.53	2.35	1.18	5.5
A-2	X	95	1.99	1.46	66.3	40.00	20.32	15.79	12.63	1.05	4.21	6.5	
	Y	95	1.93	1.35	70.5	41.05	29.47	15.79	6.32	4.21	3.16	6.0	
A-3	瓦葺前	X	77	1.35	1.12	83.2	58.44	24.68	10.39	5.20	1.29	0	5.0
		Y	77	1.71	1.19	75.4	38.96	36.36	16.88	3.90	2.60	1.30	5.5
	瓦葺後	X	74	1.36	1.08	82.4	52.70	29.73	13.51	2.70	1.35	0	5.0
		Y	69	1.72	1.51	66.6	49.28	17.39	21.74	5.80	4.35	1.45	8.0
A 平均値	X	256	1.45	1.28	78.67	52.34	25.78	12.11	6.64	1.17	1.95	7.0	
	Y	249	1.71	1.34	73.87	46.59	27.31	14.86	5.22	3.61	2.10	8.0	
B-1	X	73	2.08	1.91	68.1	45.20	23.29	8.22	8.22	8.22	6.25	9.5	
	Y	76	1.41	1.13	79.5	47.37	34.21	14.47	3.95	1.32	1.32	5.0	
B-2	X	75	2.31	1.84	56.0	34.67	21.33	20.00	14.67	2.67	5.33	11.5	
	Y	75	2.28	1.90	60.0	36.00	24.00	13.33	10.67	6.67	9.33	7.5	
B-3	X	81	2.33	2.10	67.0	43.20	23.46	13.58	4.94	3.70	9.88	9.0	
	Y	81	2.43	1.67	61.0	38.27	23.46	13.58	12.35	9.88	3.70	4.0	
B-4	X	74	1.47	1.23	71.4	58.10	13.51	20.27	5.41	1.35	0	5.0	
	Y	74	1.81	1.44	63.1	40.54	27.03	18.92	8.11	2.70	2.70	6.0	
B-5	X	77	2.75	1.86	44.2	25.97	18.18	20.78	12.99	15.58	6.49	7.0	
	Y	78	1.58	1.53	76.9	58.97	17.95	7.69	11.54	1.28	2.56	4.0	
B 平均値	X	380	2.19	1.79	61.34	41.31	20.00	16.32	9.21	6.32	5.79	11.5	
	Y	384	1.90	1.53	68.1	41.93	25.26	13.54	9.38	4.43	3.91	7.5	
C-2	X	107	2.63	2.05	56.7	29.91	26.17	18.69	11.21	6.54	6.54	2.5	
	Y	107	1.93	1.50	66.3	42.06	24.30	22.43	5.61	2.80	2.80	9.5	
C-3	X	145	2.02	1.73	67.3	37.93	30.34	15.17	12.41	2.07	3.45	10.0	
	Y	146	1.75	1.36	68.0	41.10	26.03	21.92	7.53	0.68	1.37	6.0	
C 平均値	X	252	2.33	1.89	62.0	34.52	28.57	16.67	11.91	3.97	4.76	10.0	
	Y	253	1.84	1.43	67.3	41.50	25.30	22.13	6.72	1.58	1.98	9.5	
D-1	X	18	0.94	0.57	100.0	66.67	33.33	0	0	0	0	1.5	
	Y	18	2.05	1.94	72.2	50.00	22.22	0	0	27.78	0	5.0	

もの以外は、瓦葺後である。

### 4.3.3 調査結果の検討と考察

#### A 柱の垂直誤差の分布について

表4-6によれば誤差が1mm以内に入った比率と、2mm以内に入った比率をみる限りでは、Aの注文在来軸組工法が高く、B建売軸組工法、C枠組壁工法の順になっており、数値上では、Dが良いように見られるが、測定数が少ないため比較することは適切でない。

在来軸組工法の柱の垂直誤差が、どの程度に納まるべきかについては、色々な考え方があろうが、後述する「下げ振り」の精度でふれるように、現在の精度を確保する検査用具では、2mm以内の精度を期待することは無理であるので、全測定値に対する2mm以内の誤差の比率により、各建物の柱の垂直精度を検討した。

11棟の測定結果では、2mm以内の比率が70%以下のもの、70~80%のもの、80%以上のものに区分して見ることが出来、これによれば、70%以下のものは精度の良くないもの、80%以上が良いものとみる見方となろう。しかしながら、表4-6でみられる通り、その建物で生じた柱の垂直誤差の最大値が11.5mmの値もあるから許容される最大値をどこでおさえるかも重要な基準となるように考えられる。

#### B 垂直誤差の方向について

柱の垂直誤差が生ずる理由には、基礎天端、土台上端の水平誤差、部材の継手・仕口の加工誤差、軸方向の長さ誤差等が考えられる。調査結果では柱の倒れの方向は各種各様であり、加えて1、2階の相関性も少ない。このことは柱の大部分が管柱であることから、横架材間に取り付く際、上記理由が複合して生じていることなどが原因とみられる。

#### C 下げ振りの精度について

在来軸組工法では、現在、柱の垂直精度を検査するため市販の「防風下げ振り」と、通常の「下げ振り」の二種が用いられている。その両者の検査された柱の垂直誤差と、検査されていなかった柱（非検査柱）の垂直誤差について調査したものが表4-7である。

建物の全体の柱本数に対する検査本数は、20%以下である。この検査柱を、下げ振りの種類のみでみる限りでは「防風下げ振り」が、精度上で良い値を示している。但し、非検査柱の垂直誤差の値と比較しても同様の傾向であるから、検査精度の良さより、作業精度の良さを表わしていると見た方が適切であろう。

4-6表からみる限り「下げ振り」では、2mm以内—P値におさめることが、目標値のようにみられる。1m当り2mm以内とは横架材間距離2.7mとすれば5.4mmとなる。後述のアンケート調査の結果では、この目標値を横架材間距離で1分—3mm以内とするものが最も多い。その点を考察すれば、下げ振りで確保出来る精度の限界

表 4-7 検査方法と垂直誤差

#### A 防風下げ振り (A-1棟)

	方向	検査柱			非検査柱		
		n (個数)	$\bar{X}$ (平均)	P	n (個数)	$\bar{X}$ (平均)	P
1F・2F	X	19	0.66	100	72	0.98	97.22
	Y	11	0.86	100	80	0.99	95.00
	X・Y	30	0.73	100	152	0.98	96.05

#### B 下げ振り (A-3棟)

	方向	検査柱			非検査柱		
		n (個数)	$\bar{X}$ (平均)	P	n (個数)	$\bar{X}$ (平均)	P
1F・2F	X	9	1.00	88.89	68	1.40	82.35
	Y	13	1.62	76.92	64	1.73	75.00
	X・Y	22	1.36	81.82	132	1.56	78.79

と目標値とのギャップがあるようにみられる。

前掲の表4-6でみられる通り、瓦葺後の精度が瓦葺前より劣る。これについては、通説では、瓦による荷重が原因するものといわれているが、これに加えて本筋違の入れ方にも原因がある。即ち、柱の検査は通常「ゆがみ直し」後に行われ、仮筋違により固定される。その後瓦葺、本筋違入れが行われる。その後の検査、調整は難しいため、結局、瓦葺前、ゆがみ直し後の検査により精度は決められる。その後で本筋違を入れる際、無理に入れる場合には、これに原因するゆがみが生ずる。

## 4.4 建方精度に関するアンケート調査

### 4.4.1 調査概要

任意に選んだ在来軸組工法による住宅建設業者、108社に対し、アンケート用紙を郵送し回収する方法により行った。回収数は58社、回収率は55.2%である。(調査期間は昭和54年12月~昭和55年1月)

調査項目概要は、(1)会社概要 (2)下小屋(墨付、加工) (3)仮設、基礎工事 (4)土台据付け及び建方 (5)床組以降等であり、又、この中に住宅設計図を添付し、これに対する検査箇所、検査位置(基礎、土台据付け、建方、床組)等を求めた。

モデル設定した住宅概要は、木造2階建、瓦葺、床面積、1階66.1㎡、2階42.14㎡、延床面積、108.24㎡である。図4-2はモデル住宅1階床伏図を示す。

### 4.4.2 調査対象業者概要

アンケート調査に応じた業者概要は以下の通りである。

#### A 地域別業者数

北海道4社 東北4社 関東26社 中部11社

近畿7社 中国1社 四国2社 九州2社 不明1社

#### B 年間建設戸数別業者数

20棟以下41社 21~49棟4社、50~99棟3社

100棟以上8社 不明2社

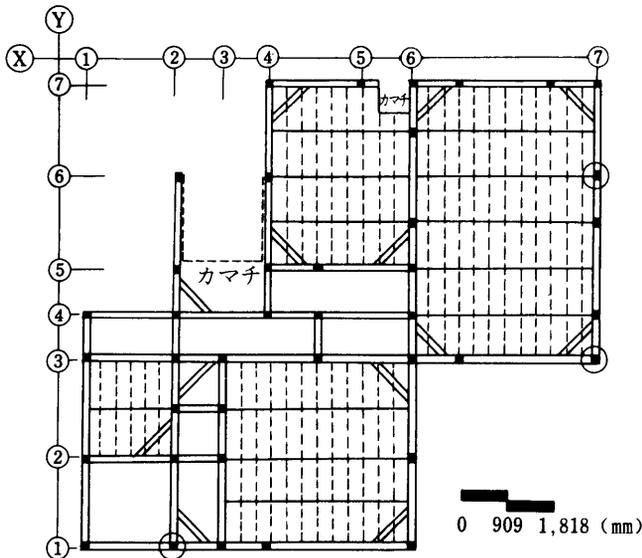


図4-2 モデル住宅1階床伏図

C 平均坪単価別業者数

24万円以下2社, 25~29万円7社, 30~34万円20社, 35~39万円15社, 40万円以上13社, 不明1社。

D 注文住宅占有状況

全て注文住宅であるのは38社, 年間建設戸数の8割以上が注文住宅である業者を含めて41社である。

E 規模(常用大工数)別業者数

1~4人15社, 5~9人22社, 10~19人11社, 20~49人2社, 50人以上3社, 不明5社。

4.4.3 調査結果と考察

建方精度の確保には、基礎、土台の水平状態が大きな影響を与えるが、結果でみる限りでは、土台の厚さが一定であるとの観点から基礎、土台共水平検査を行わない業者が4社みられたが、これらは基礎型枠の上端で水平を取り、コンクリート打設時に「コテ押え」を行うことで以後の作業を意識的に省略したものとみられる。土台据付後の水平の許容誤差は3mm(1分)以内とするのが一般的とみられ、管柱の傾きの許容誤差は1.5mm(0.5分)以内とするものと3mm(1分)とするものに大別される。又、4.5mm(1.5分)とするものは設問全体についての各精度の許容差を大きくみており、建方精度に対する認識が3段階に分かれるようにみられる。

以下に集計結果を表4-8~表4-24に示す。

表4-8 地縄張りに用いる器具

大 矩	27.5%
レ ベ ル	13.3
トランシット	16.8
尺 杖	21.2
巻 尺	21.2

表4-9 水盛りに用いる器具

レ ベ ル	79.1%
トランシット	7.5
水 盛 管	13.4

表4-10 遣方の方法

トランシットで直角+尺杖で寸法を出す	34.9%
大矩と下げ振り(直角)+尺杖で寸法を出す	50.8
上記の方法の併用	4.8
そ の 他	9.5

その他水糸を張り対角線を出す, 又は巻尺で大矩を出し, 尺杖で寸法を出す。

表4-11 仮設工事を行う職種

	大 工	現場監督	と び	決っていない
地縄張り	47.7%	33.0%	14.8%	4.5%
水 盛	49.5	30.5	14.7	5.3
遣 方	51.1	24.4	18.9	5.6

地縄張り, 水盛, 遣方を同じ職種が行う場合は, 65.5%である。

表4-12 基礎天端均し及び基礎の水平検査の有・無

	行 う	行わない
天 端 均 し	93.1%	6.9%
水 平 検 査	91.4%	8.6%

表4-13 基礎水平検査の方法

レベルにより読み取る	70.9%
水糸からの下がりを規矩で読み取る	23.6%
そ の 他	5.5%

その他: 布基礎側面の横墨から下がりを読む

表4-14 天端均しの塗厚

6mm以下	6.6%
7~14mm	17.8%
15~24mm	66.7%
25mm以上	8.9%

表4-15 土台

土台据付け時の水平検査の有・無

	行 う	行わない
水平検査	69.6%	30.4%

表4-16 水平検査の方法

バカ棒を当てレベルで読み取る	59.0%
水糸からの下がりを規矩で読み取る	33.3%
そ の 他	7.7%

その他 布基礎の陸墨から土台上端まで計る。

表4-17 水平検査時の許容誤差

1.5mm以下	22.2%
1.6~3.0mm	63.0%
3.1~4.5mm	0%
4.6mm以上	14.8%

表4-18 柱の建入れ検査器具

防風下げ振り	53.4%
手製下げ振り	39.7%
傾 斜 計	6.9%

表4-19 検査時期

1階軸組終了時, 小屋組終了時に各々行う	37.3%
小屋組終了時に1・2階各々に各々行う	62.7%

表4-22 建入れ再検査の有無(屋根工事後)

	行	行わない
再検査	42.9%	57.1%

表4-20 建入れ検査時の許容誤差(管柱の場合)

0 ~ 0.9 mm	9.1%
1.0 ~ 1.9 mm	20.0%
2.0 ~ 2.9 mm	21.8%
3.0 ~ 3.9 mm	36.4%
4.0 mm 以上	12.7%

表4-21 建入れ検査箇所数

縦横各々の通り1本づつ行	48.2%
出隅, 入隅, 中間の柱のみ行	33.9%
その他	17.9%

その他: 通柱のみ行。通りにつき2~3ヶ所行。

表4-23 モデル住宅による建入れ検査箇所数と位置  
水平建入れ検査箇所数の比率

	基礎	土台	柱	
			1階	2階
1~9ヶ所	9.8%	15.1%	14.9%	29.8%
10~19ヶ所	43.9%	45.5%	53.2%	53.2%
20~29ヶ所	39.0%	12.1%	29.8%	14.9%
30ヶ所以上	7.3%	27.3%	2.1%	2.1%

表4-24 水平建入れ検査位置

図上の柱位置	基礎	土台	柱	
			1階	2階
X <sub>1</sub> Y <sub>1</sub>	97.6%	97.0%	53.2%	
X <sub>1</sub> Y <sub>2</sub>	56.1%	42.4%	17.0%	
X <sub>1</sub> Y <sub>3</sub>	43.9%	48.5%	6.4%	
X <sub>1</sub> Y <sub>4</sub>	100%	97.0%	55.3%	
X <sub>2</sub> Y <sub>1</sub>	65.9%	63.6%	63.8%	72.3%
X <sub>2</sub> Y <sub>2</sub>	39.0%	39.4%	2.1%	0%
X <sub>2</sub> Y <sub>4</sub>	75.6%	63.6%	12.8%	
X <sub>2</sub> Y <sub>6</sub>	92.7%	90.9%	55.3%	
X <sub>3</sub> Y <sub>2</sub>	53.7%	45.5%	6.4%	2.1%
X <sub>4</sub> Y <sub>4</sub>	75.6%	75.8%	0%	4.2%
X <sub>4</sub> Y <sub>7</sub>	97.6%	97.0%	66.0%	
X <sub>5</sub> Y <sub>3</sub>	58.5%	42.4%	6.4%	0%
X <sub>6</sub> Y <sub>1</sub>	100%	100%	68.1%	72.3%
X <sub>6</sub> Y <sub>3</sub>	70.7%	81.8%	63.8%	51.1%
X <sub>6</sub> Y <sub>4</sub>	39.0%	39.4%	6.4%	19.1%
X <sub>6</sub> Y <sub>5</sub>	58.5%	63.6%	14.9%	8.5%
X <sub>6</sub> Y <sub>7</sub>	78.0%	90.9%	55.3%	
X <sub>7</sub> Y <sub>3</sub>	100%	100%	78.7%	74.5%
X <sub>7</sub> Y <sub>7</sub>	100%	100%	66.0%	

## 5. 結 言

大工・左官作業に関する生産工学的調査においては、生産工学的手法を用いて軸組工法による木造住宅建設工事について、木工事、左官工事を中心とした調査を実施した。その結果について、作業時間とそれを変動させる要因の検討をしたところ、構造材加工工程に関しては、継手・仕口別では形態の複雑性を表す要因及び加工量を表す要因が、また、部材別では、加工量を表す要因

が作業時間に相関の高いものとして抽出された。

構造材組立工程については、データの不足、現場組立作業特有の不確定要因の多さ等のために作業時間の変動要因の抽出は今回は困難であった。下地造作仕上材の加工取付工程では生産特性が多岐に渡る部材のグルーピングを行うためにクラスター分析を適用しその分類手法が有効なものであることを確認した後、時間変動要因の検討を行った。左官工程については、下塗り、仕上塗りでは変動要因として塗壁面積、塗壁ちり長さが抽出されたが、中塗りについてはさらに他の要因を考慮しなければならないことが示唆された。

また、今後の課題として、測定器具の一層の導入開発による、統計理論を基礎にした上での調査の省力化ということと共にデータの集計分析システムの開発が急務と考えている。一方、データそのものに関して言えば、その信頼性の検討、向上を図っていかねばならないことは当然のこととして、本調査に適用した調査分析手法を他工法にも応用した上でその有効性を確認していくと共に、各種木質系工法を共通の視点で評価していく手法の開発が必要と考えている。

技能工に関する人間工学的調査においては、現場における技能の実態調査及び技能把握のための方法論についての実験をおこなったもので、現場建方においては、生体負担の大きな作業は、静的筋労働及び不安定な姿勢に起因する精神・神経的負荷として作用し、また技能的作業の主体は非身体的負荷として作用し、このため疲労性状としては、神経感覚的症状に属する疲労成分が見られた。また、現場建方における大作業の構成要素をまとめて示した。

モデル作業による技能の把握のための実験では、16 m/mフィルムによる分析、生体負担の分析を通じ作業の流れの円滑さ、作業姿勢・動作の安定性、更に仕上げの程度などに差が見られ、これらの分析方法による技能程度の把握に要する方法論のための示唆が得られた。しかしながら、現場における実態を科学的に把握する方法は、状況に応じ柔軟に構成する必要があり、また実務的意味での技能程度の把握、技能改善・向上あるいは教育のための指針等の資料とするためには、大工の技能的工程の重要な部分と思われる下小屋における加工・墨付けを含め精神的負担の分析も加えて、更に測定例を増し、また結果の評価基準について詳細な検討を要する。

部材加工精度と建方精度に関する調査において得られた結果の概要と今後の方向は以下の通りである。

加工精度については、在来構法で通常用いられる継手・仕口について、その加工時に生ずる誤差を明らかにした。誤差の範囲は、大要 $\bar{X} \pm 2\sigma$ 以内にあるものが多く、組合せた場合の誤差では最大 $\pm 2.5$ mm位である。この結果は一棟分について行ったものであるため、普遍的な値

であるか否かについては、より多くの地域別等の調査が必要であると考えられる。

また加工の誤差によって生ずる、部材組合せ時の間隙については、その程度をどの範囲内とすべきかについて、力学的な検討も必要とされる。同時に誤差を生じさせている要因についての分析も、今後の課題となろう。

建方精度については、柱の垂直精度を中心に行ったが、現在建てられている木造住宅の柱の垂直誤差の概要は把握された。1 mにつき2 mmの柱の倒れ勾配を是とするか否かについては今後の研究が必要であるが、この値を一つの目安として、柱の垂直精度に関する検討が行い得るものと考えられる。

今回の調査で行わなかった横架材等の水平精度についても、同時に行う必要がある。

また垂直精度を測定する方法について、今回は簡易に測定出来る器具を用いたが、柱の垂直誤差が生ずる要因について分析を行うためには、より精密な測定器具が必要であると思われる。

#### <研究組織>

主査 神山幸弘(早稲田大学)  
    肱黒弘三(関東学院大学)  
    小林謙二(関東学院大学)  
    嘉納成男(早稲田大学)  
    山本順生(関東学院大学)  
    中島正夫(早稲田大学)