集合住宅の戸別改修工事における木製内装下地工法の生産性分析

新工法・在来工法の比較及びその習熟効果

PRODUCTIVITY ANALYSIS OF INTERIOR WOODEN FRAME WORK
IN ONE-UNIT-AT-A-TIME REFURBISHMENT OF APARTMENT HOUSE

New/conventional method of work and those practice effects

小見 康夫*

Yasuo OMI

In order to verify the effectiveness of new methods of work aiming at the productivity improvement in one-unit-at-a-time refurbishment of apartment house, I investigated and analyzed man-hour data of a new method of interior wooden frame work named "Gi system" in consideration of practice effect and comparative evaluation with the conventional method of work. At first, productivity of "Gi system" was inferior to the conventional method of work. But after practice effect, it decreased by 30%-50% and surpassed that by 15%-50%. It means there is room for productivity improvement even in discontinuous and scattered interior refurbishment work by using suitable new method of work.

Keywords : Man-hour Analysis, Labor Saving, Interior Frame Work, Refurbishment Work

工数分析, 省力化, 内装下地工事, 改修工事

1. はじめに

集合住宅の戸別改修における内装下地工事では、もっぱら在来工法、すなわち木製角材を現場カットして壁下地枠や天井野縁を組む工法（鋼製下地を用いる工法もあるが単材を現場で加工する点ではほぼ同様）が用いられており、プレファブ率を高めた内装下地工法による省力化の有効性については、これまでほとんど定量的に議論されることがなかった。

その主な理由は以下のように整理できる。

- ① 戸別改修工事にあつては、天井高さ、梁せい、基本モジュール等の寸法が物件毎に異なることはもちろん、図面と現状との不一致、クリープ等による躯体の変形など、内装下地で現場調整を必要とする要因が多岐にわたる。プレファブ化により部材を規格化すると、多くの場合、かえって現場調整に手間取るか、あるいは調整のための様々な役物をあらかじめ用意することになり、いずれにせよ有効なプレファブ工法を開発することがそもそも難しい。
- ② ある程度有効なプレファブ工法が開発されたとしても、新しい工法である限り、施工者には不慣れなものであり、最初からスムーズに工事が進むとは考えにくい。また、実際の工事を通じて施工上の工夫や修正等を加えながら、工法の完成度を高めることも不可欠である。つまり、施工者にとって当該工法に習熟するには、

一定程度の経験が必要になる。例えば集合住宅の新築工事では、多くの住戸の繰り返しにより、同一現場においてもある程度の習熟は期待できるが、戸別改修工事では習熟までに多くの現場での経験が必要となる上、同じ施工者がそれらの現場に従事し続けること自体が困難な場合が少なくない。施工者が替わった場合、習熟上は振り出しに戻ることを意味する。その結果、十分習熟せず、本来期待した効果を発揮できない、すなわち在来工法に対する優位性を示せない状況で、当該プレファブ工法の生産性が低く評価され、採用が継続されないまま消えてしまう可能性が高い。

- ③ さらに戸別改修工事では、生産性の評価そのものも困難である。同じ条件の住戸なら、両者の差分で概ね省力効果を把握できる。しかし、互いに異なる住戸で生産性を比較する際、数多くの事例データが収集できれば、単純な歩掛データからでも統計的に比較できるものの、そうでない場合（新工法の場合は通常これに該当する）はそれぞれの工数を詳細に測定し、直接関係のない工数を除外し、部位や作業内容を具体的に特定した上で比較する等の方法が必要になり、従来の歩掛データよりも詳細なデータ分析が必要になる。このため、戸別改修工事では新工法の実産性を定量的に同定すること自体が難しく、やはり採用が継続しにくい要因となっている。

* 東京都市大学工学部建築学科 准教授・博士(工学)

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Tokyo City University, Dr. Eng.

既報¹⁾において筆者らは、HDD 内蔵ビデオカメラの長時間撮影を用いた「連続観察法（作業者を終日連続して観察・記録する方法）」により、従来用いられてきた「ワークサンプリング法（一定間隔毎に瞬間的な作業状態を観察・記録する方法）」よりも詳細な工数分析を行い、上記③への対処方法、すなわち少ない事例データをもとにした生産性の分析方法を提示した。

本報の目的は、この方法を用い、戸別改修工事向けに開発された壁及び天井木製内装下地のプレファブ工法を対象とした工数分析・評価から、当該工法の「習熟効果」を同定し、さらに在来工法における同様の分析結果と比較することで、当該工法を習熟すれば在来工法を生産性でどの程度上回るかを比較検証することにある。これはすなわち、集合住宅の戸別改修工事においても、適切な新工法を用いれば、生産性の向上が可能なことを具体的に示すことと言える。

2. 対象工法の概要

主たる調査対象は、集合住宅のリノベーション再販事業者が開発した木製内装下地工法で、以下「Gi 工法^{注1)}」と呼ぶことにする。これはプレファブ化された一種の「下地パネル」を壁にも天井にも用いるもので、上下（天井の場合は外周）に敷設した「L 字ライナー」に当該パネルを一定間隔ごとに取り付けて下地組とするものである（図1～2）。パネルは高さ約2m・幅約60cm（通常のマンション用エレベータで搬送可能な寸法）で、高さが余る場合はカットし、不足する場合は棒材を継ぎ足して用いる。現場加工で幅を詰めることもあるが、複雑な部位やパネル寸法と大きく異なる部位には部分的に在来工法を併用することで、役物を必要としない単純な工法を実現している。

一方、Gi 工法と比較対象として在来工法についても同様の調査を行う。工法の概要（施工写真）を図3に示す。

3. 生産性分析の方法

生産性の分析・評価にあたり、ここではその範囲を工事現場での作業工数に絞ることとする。総合的な生産性の視点では、工場内でのプレファブ化の作業工数等も含まれるが、一日の工事時間や現場工期に制約の大きい戸別改修工事では、工事現場での省力化が特に大きな課題となり、また少なくとも習熟については現場工数の差分の分析で足りることから、議論を工事現場での作業工数に絞ることとする。具体的には以下の3事例の調査を実施する。

- I. 習熟無しの状況における Gi 工法の作業工数
- II. 習熟ありの状況における Gi 工法の作業工数
- III. 在来工法の作業工数

その上で、I・IIの比較により「習熟効果による Gi 工法の実産性の向上」を、それらとIIIの比較により、「在来工法に対する Gi 工法の実産性の評価」をそれぞれ行う。

なお、作業工数に関する基本的な定義・測定方法等は学会指針²⁾に従う。ただし、ここでは習熟による工数の変化を分析するため、さらに以下のように再分類・定義した^{注2)}。図4に全体像を示す。

- ① 総作業時間：非作業時間（＝当該工事とは無関係な行為の時間）と余裕時間（＝休憩時間）を除く全作業時間
- ② 主作業時間：当該工法・材料に直接関わる基本動作（「採寸」「加工」「運搬設置」「固定」）に費やされた時間

図1 Gi 工法の概要

図2 Gi 工法の施工写真

図3 在来工法の施工写真

図4 工数分析における各作業時間の定義

- ③ **その他作業時間**：付随作業時間（工具等の移動や短時間の打ち合わせ・考え事など、基本作業に付随して繰り返し費やされた時間）と付帯作業時間（準備や後片付けなど、一日の決まった時間帯だけに費やされた時間）を合わせた作業時間
- ④ **初回作業時間**：主作業時間のうち、⑤を除く作業時間
- ⑤ **手戻り作業時間**：主作業時間のうち、同一箇所の作業のやり直し等によって生じた作業時間

その根拠は、以下の作業仮説に基づく。

- ④ 習熟により、打ち合わせや相談・検討など、工法に不慣れなことに起因する時間が大幅に少なくなる（上記③が減少する）と予想されるが、その実態を明らかにする。
- ⑤ 習熟により、工法そのものの基本動作がスピードアップする（上記④が減少する）と予想されるが、その実態を明らかにする。
- ⑥ 習熟により、やり直し作業等の手戻りが少なくなる（上記⑤が減少する）と予想されるが、その実態を明らかにする。

なお時間計測は、撮影ビデオからひとまとまりの区間の部位をいくつか抽出し、具体的な作業部位・作業内容を判別し、それらに要した時間を（撮影時間表示を元に）秒単位で順次スプレッドシートに記録し、これらを積み上げて部位毎に集計・分析する^{注3)}。表1にその一部を示す。詳しくは既報²⁾を参照されたい。

表1 スプレッドシートによる作業時間の記録（一部）

作業場所	開始表示時刻	終了表示時刻	作業時間	主作業時間				その他作業時間	備考	手戻り作業
				採寸	加工	運搬設置	固定			
その他	0:50:14	0:50:24	00:14					00:14	壁出し	
その他	0:50:24	0:51:06	00:42					00:42	相談	
その他	0:51:06	0:52:23	01:07					01:07	壁出し	
その他	0:52:23	0:52:35	00:12					00:12	壁出し	
上ライナー	0:52:35	0:52:55	00:20			00:20				
上ライナー	0:52:55	0:53:20	00:25					00:25	躯体削り	
上ライナー	0:53:20	0:54:06	01:31				01:31			
パネル1	0:54:06	0:54:48	00:42	00:42						
パネル1	0:54:48	0:58:44	03:56		03:56					
パネル1	0:58:44	0:58:51	00:07			00:07				○
その他	0:58:51	1:01:54	03:03					03:03	検討	
下ライナー	1:01:54	1:02:04	00:07			00:07				
その他	1:02:04	1:05:48	03:44					03:44	検討	
下ライナー	1:05:48	1:06:18	00:30				00:30			
パネル1	1:05:48	1:06:35	00:47		00:47					
パネル1	1:06:35	1:06:44	00:09			00:09				○
パネル1	1:06:44	1:07:33	00:49	00:49						○
パネル1	1:07:33	1:07:49	00:16		00:16					○
パネル1	1:07:49	1:08:50	01:01			01:01				

4. 習熟効果による Gi 工法の生産性の変化

まず、Gi 工法の習熟無し／ありにおける生産性の違いを明らかにするため、以下に示す2つの物件で工数調査を行った（表2）。

表2 Gi 工法の調査物件（一部右段に続く）

	物件 A	物件 B
所在地	東京都豊島区高田	東京都豊島区南大塚
竣工年	1979 年	1975 年
建物外観
住戸面積	65.8 m ²	51.8 m ²

住戸平面 (リフォーム後)
調査期間	2011/2/9～18（正味7日間）	2012/1/13（正味1日）
備考	職人は2人（いずれも十分在来工法での施工経験あり）。Gi 工法は初めて。 基本的に別々に分かれて施工。これは、当該施工者の（在来工法の場合も含めた）基本的スタイルであり、それに従ったもの。観察・測定したのは、片方の1人が関わった部分の工数（ただし他方が手伝った工数も含む）。	職人は5人（手元1人以外の4人は十分在来工法での施工経験あり）。Gi 工法は8回目。2人2組＋手元1人で施工。これは、当該施工者の（在来工法の場合も含めた）基本スタイルであり、それに従ったもの。観察・測定したのは、片方の2人1組が関わった部分の工数（ただし当該部分における手元の工数を含む）。

図5 物件A(上)・B(下)の工数調査場所及び時間計測結果
※面積は施工見付け面積を表す

物件Aは職人にとって Gi 工法に初めて臨んだ現場であるのに対して、物件Bは職人にとって8回目（ただし両者は別の職人^{注4)}）の現場であり、ここでは物件Aを「習熟無し」、物件Bを「習熟あり」と見なす^{注5)}。図5は各物件における工数調査場所及び時間計測結果を（図4の①～⑤別に）示したものである。

これらをもとに、抽出した「表層壁（窓周りを除く）」「窓周り」「間仕切壁」「天井」の部位毎に^{注6)}施工見付け面積当たり作業時間（複数箇所の場合は加重平均）を求め、習熟無し・ありで比較・分析した。図6は「総作業時間」、図7は「主作業時間」、図8は「その他作業時間」の結果である。

これから、以下のことが読み取れる。

- ・習熟ありの場合、「総作業時間」の単位面積当たりの値（＝休憩時間等を一切含まない純粋な「歩掛り」、以下この意味で用いる）は習熟無しの場合に比べて大きく減少した（図6）。「表層壁」「窓周り」「間仕切壁」についてはいずれも約50%の減少、「窓」については約30%の減少となった。

・ただし、同じ壁でも歩掛り自体は場所で大きく異なる。開口部が無い「表層壁」に対し、加工手間が大きい「窓周り」の歩掛りは2倍強、一部開口等を有する「間仕切壁」の歩掛りは両者の中間程度となり、概ね実態が反映された。一方、「天井」の歩掛りは「間仕切壁」と同程度の結果となった。

・顕著なのは、習熟により「手戻り作業」が全ての部位で大幅に小さくなっていることであり（因みに「習熟あり」の総作業時間に対する割合では、最も大きな「表層壁」で7.8%、最も小さな「間仕切壁」で0.8%）、作業仮説⑥が検証されたことになる。

・「主作業時間」だけでみても、「総作業時間」の場合と概ね同じような減少傾向を示している（図7）。さらに作業別内訳でみても（天井の「加工」を除き）ほぼ全てで減少している。これらは習熟により当該工法の基本動作が全般的にスピードアップしたことを示すものであり、作業仮説⑥が検証されたことになる。

図6 面積当たり「総作業時間」の変化

図7 面積当たり「主作業時間」の変化

図8 面積当たり「その他作業時間」の変化

- ただし、ここでも壁に比べて天井の減少幅が相対的に小さい。これは、①壁に比べて天井は脚立に乗り降りしながらの施工になる、②（「加工」を除き）施工が上向き体勢になる、③天井は壁と違いパネルを面状に展開していくため、天井面の形状や長さによってパネルの歩留まりが異なり、同じような面積でも加工手間に比較的大きな差が生じることがある等の理由によると思われる。
- 「その他作業時間」もやはり習熟によって減少している（図8）。ただし内容別構成は部位・物件によりばらばらで、決まった傾向は読み取れない。そもそも不規則に発生する作業が主な対象となっているからだが、「検討・相談」が習熟ありで大きく減少している点では共通しており、作業仮説④が検証されたことになる。
- なお、「習熟無し」である物件Aの天井・表層壁それぞれ4つの調査対象の各歩掛りを、施工順にグラフにすると図9のようになった。データに極端なばらつきは認められず、また現場内における習熟効果も特に認めるには至らなかった。従って、いずれも上記の検証を妨げるものではなかったことを付記しておく。

図9 物件Aの歩掛りの時系列変化

表3 在来工法の調査物件	
	物件C
所在地	東京都調布市
竣工年	1974年
建物外観
住戸面積	87.1㎡
住戸平面 (リフォーム後)
調査期間	2010/12/20～25（実働5日間）
備考	職人は2人。基本的に別々に分かれて施工。観察・測定したのは、片方の1人が関わった部分の工数（ただし他方が手伝った工数も含む）なおこの職人は物件Aでの観察対象者と同一人物である。

5. 在来工法との比較によるGi工法の生産性の評価

次に、Gi工法の比較対象として、以下に示す在来工法物件についても同様の工数調査を行った（表3）。なお、物件Cで主な調査対象とした職人は物件Aと同一人物であり、在来工法の経験は豊富で十分に熟練している。

図10は工数調査場所及び時間計測結果を（図4の①～⑤別に）示したものである。これらをもとに、部位別の施工見付け面積当たり作業時間（複数箇所の場合は加重平均）を求めたものが図11、それらを物件A・Bと比較したのが図12である。

図10 物件Cの工数調査場所及び時間計測結果
※面積は施工見付け面積を表す

図11 在来工法の面積当たり「総作業時間」

これらより、以下のことが読み取れる。

- 図11を図7と比較すると、部位の傾向（窓周り＞間仕切り壁＞表層壁＝天井という相対的關係）はほぼ同じであることがわかる。また作業内訳で比較すると、「手戻り作業」が極めて少なくなっており、その構成は物件A（習熟無し）よりも物件B（習熟あり）に近い。在来工法が十分に習熟した工法であることを考えると、手戻り作業の少なさの観点から、物件Bは十分に習熟していること、逆に（物件Cと同じ職人による手戻り作業の多さは）物件Aが未習熟であることの傍証となっていることがわかる。

図 12 3 物件における面積当たり「総作業時間」の比較
※括弧内は物件Cを100%としたときの相対値

・図 12 をみると、どの部位でも概ね物件A>物件C>物件Bの関係になっている（比較的加工度の低い「表層壁」のみA≒Cとなった）。つまり Gi 工法の歩掛りは、習熟無しでは在来工法より大きかったが、習熟ありでは（部位により異なるが約 15%～50%の範囲で）いずれも小さくなっており、在来工法を生産性で大きく上回ったことが示されている。

6. 結論

本報では、戸別改修工事の生産性向上を目的とした新工法導入の有効性を検証するため、木製内装下地工事を対象に、Gi 工法の習熟効果による生産性の改善と、在来工法をベンチマークとした相対評価を行った。

その結果、戸別改修のような工事物件においても、習熟により歩掛りが大きく改善することが明らかになった。また、習熟における3つの効果、すなわち「工法そのものの基本動作のスピードアップ」「手戻り作業の減少」「検討・相談など基本動作以外の作業の減少」をそれぞれ定量的に確認することができた。

また在来工法との比較から、新工法も習熟することで在来工法と似た傾向を示すようになること、習熟前は生産性で在来工法に劣るとしても、習熟後にはそれを凌ぐことが十分可能であることを定量的に示した。これは、新工法を採用する場合、習熟を考慮に入れなければその生産性を正しく評価できず、それまでは試行錯誤（工法改善や施工マニュアルの整備等を含む）を重ねる必要があることを示唆するものである。常に同じ専門工事業者・職人が携わるとは限らない戸別改修においては、設計者や施工者が、新工法を習熟に達するまで採用し続けることができるかが最も難しい問題であるが、ここでは具体例に基づき、習熟に至るプロセスと効果を示すことができた。

以上は木製内装下地工事という特定の工種、それも特定の工法における結果に過ぎないが、そもそも戸別改修工事における新しい工法の工数実態に関する既往研究はほとんど無いため、(少なくとも定性的な意味では) 他の工種・工法の参考になり得ると考えられる。

同時に、さらに知見を増やすには調査対象を他の工種・工法にも広げる必要があるが、今後の課題としたい。また今回の成果が、戸別改修工事における新工法の開発・導入の促進に資することを期待したい。

最後に、本調査研究に当たっては、(株)インテリックス空間設計に多くのご協力を頂いた。また現場記録及びデータ整理等では、東京都市大学小見研究室（当時）の藤原正寛君、大木章弘君、寺川洋君にご尽力頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 小見康夫・海老原享圭：RC集合住宅の戸別改修工事における天井地下パネルの工数分析とその評価，日本建築学会技術報告集 第17巻第36号，pp717-721，2011.6
- 2) (社)日本建築学会：作業能率測定指針，1990.2

注

- 注 1) 正式名称は「Good-infill 工法」だが本報では「Gi 工法」と略記する。
- 注 2) 本報では「工数」を汎用的な意味で用い、具体的な作業内容により細分化したものを「作業時間」と呼んでいるが、本質的には同じものである。単位はいずれも人・時間だが、分析上は細かい時間に行われる作業が大部分であり、人・(時:分:秒)を用いている。
- 注 3) 本研究の目的は、条件が異なる戸別改修物件において各々の生産性を相対評価し、「新工法は習熟すれば在来工法に生産性で上回り得るか」に対する回答を得ることである。相対評価であれば、代表的な部位毎の比較ができれば、物件の個性を捨象した形での議論ができる。従って、住戸内全ての壁・天井下地の総作業時間ではなく（そもそも特定の職人に注目しているため、住戸内全ての計測は行っていない）、部位・区間をいくつか抽出し、当該部位・区間における総作業時間を計測し、それらを面積当たりの歩掛りに変換して物件間で比較した。区間の抽出にあたっては、調査対象の職人が連続的に施工した「ひとまとまりの区間」で、出入隅や特殊な納めを含まない部分とした。出入隅や特殊な納めでは Gi 工法・在来工法とも同じような作業となっておりほとんど差が生じないと判断されるからである（Gi 工法は約物を設定していないため、在来工法との差が生じにくい）。なお、物件 A に比べて物件 B の調査箇所（面積）が少ないが、これは当初予定していた工程が大きすぎたため、調査期間外に未施工部分が残されたことによる。ただし習熟している場合には単位面積当たり工数のばらつきは比較的小さいと考えられること（手戻り時間の減少等がこれを裏付けている）、反対にばらつきが大きいと考えられる物件 A では比較的多くの調査箇所を観察していることなどから、有効な分析が可能と判断した。
- 注 4) 職人には個人差や仕事の進め方の差がある。同じ 1 人の職人である物件 A と（後出の）物件 C は同じ条件と見なせるが、物件 B は職人が異なり、しかも 2 人 1 組という方法の違いもある。今回調査対象とした職人はいずれも十分な経験年数があることから大きな個人差はないとの前提に立つが、「もしも物件 B を物件 A・C と同一の方法で施工したら結果はもっと良く（悪く）なったのではないか」との疑問は当然考えられる。ここでは注 3) と同じく、相対評価できればよいとの立場から「少なくとも 2 人 1 組という方法で習熟すれば、在来工法を 1 人で行う方法（これはごく一般的な方法である）に比べて、生産性向上が実現可能である」ことが具体的に示せばよいと考える。
- 注 5) 戸別改修工事における実効的な生産性を判断するにあたり、8 回も経験すれば習熟したと見なすのが適当と判断される（さらに多くの経験が必要ならば、そもそも当該工法を普及させるのは極めて困難になる）。実際、職人への聞き取り調査では『もうこの工法には慣れた』との回答が得られている。
- 注 6) これら以外の代表的な施工部位に「梁形」があるが、両物件ともその多くを在来工法で施工した（梁せいが小さくパネルを使うのは非効率と判断した）ため、分析対象から外した。これは、当該工法がそもそも「パネルの使用が非効率な部分は無理をせずに現場の判断によって在来工法を併用する」との方針に沿うものである。

(2012年3月26日原稿受理，2012年8月17日採用決定)