

パッシブデザイン手法を用いた参加型施工による 小規模木造建築のプロトタイプ開発

氏名 アルマザン ホルヘ^{※1} 氏名 清水 俊祐^{※2}, 角田 大^{※3}, 多田 大晟^{※4}

概要 本研究ではパッシブデザイン手法を用いた参加型施工による小規模木造建築のプロトタイプの開発を目的とした。パッシブデザイン手法と参加型施工の先駆的手法であるシーガル・メソッドを手掛かりに、環境性能に配慮した小規模木造建築を設計し、学生参加型で建設した。建設 WS の記録や参加者への事後アンケートの結果、ならびに環境性能の追跡調査結果を総合的に評価することで、環境性能に配慮した木造参加型施工手法について、社会・環境・技術・表現の側面から効果と課題を考察した。

1. 研究背景と目的

昨今、建築のユーザー参加型施工が注目されている。人々の協働により低予算で実現可能な参加型施工を用いることで、職人不足、建設費高騰、人々の交流機会減少、災害復興支援といった現代の様々な社会課題の解決が期待されているからである¹⁾。

近年、国内外で参加型施工の実践例が増加する一方で、その多くは建設時の祝祭的な効果に重きを置いているため²⁾、参加型施工の過程や、施工後の運用方法を批判的に振り返り、次への教訓を得る必要性を指摘する声も存在する³⁾。

1970 年代に遡る参加型施工の先駆的事例の中には、建設だけでなく維持管理にまで、ユーザーが主体的に関わることを可能とした事例も存在した。その代表的事例が Walter Segal 氏の開発したシーガル・メソッドであり、これまで英国を中心に数多くの参加型施工建築が実現された⁴⁾。それら事例の多くは 40 年以上もの間、ユーザー参加型で維持管理されてきた⁵⁾。なぜなら、

ホームセンターで入手可能な規格材料と、インパクトドライバーなど簡易な工具による手仕事で、誰でも建設可能な木造構法であり、竣工後も、資材入手からカスタマイズ・修繕まで容易に行えるからである⁶⁾。

しかしシーガル・メソッドは、戦後住宅不足の中でのローコストかつ迅速な建設手法に端を発しており、その環境性能の低さが問題視されていた⁷⁾。本研究では、その解決策としてパッシブデザイン手法に着目する。その手法は、建物の性能と自然エネルギーの活用により環境性能の向上を目指しているため、高度な冷暖房・照明機器を必要とせず、参加型施工との親和性が高い⁸⁾。

そこで本研究では、パッシブデザイン手法を用いた参加型施工可能な小規模木造建築のプロトタイプを開発した。設計したプロトタイプは学生参加型で実際に施工した。施工後の環境性能の追跡調査による計測データと施工データを総合的に評価することで、開発した手法の効果と課題を、構法と環境性能の両側面から明らかにした。

※1 慶應義塾大学 理工学部システムデザイン工学科 教授 ※2 慶應義塾大学 理工学研究科 開放環境科学専攻

※3 東日本旅客鉄道株式会社 ※4 慶應義塾大学 理工学研究科 総合デザイン工学専攻

【様式 2】

2.1 木造参加型施工手法の開発

環境性能に配慮した参加型施工可能な小規模木造建築のプロトタイプを設計した(図1)。敷地は通年で日照を得られる芝生地とし、予算 200 万円、4 畳半かつ木造の実験装置とした。パッシブデザイン手法とシーガル・メソッドを参考に設計を進めた。

パッシブデザイン手法より、夏季の十分な通風と日射遮蔽、冬季の日射取得を目指した空間構成とした。夏季は、東面の蔓性植物、南面の深い庇、西面の可動式縦ルーバー窓が室内への日射を遮蔽し、南北に設けられたセルフビルド可能な可動式建具により二方向換気を採用。冬季は、南東面の大開口、西面の可動式縦ルーバー窓により、終日

日射を室内に取り込む。以上の工夫により、冷暖房機器不要で、季節に応じ日射遮蔽と日射取得を切り替え可能な空間とした。

重機不要の建方実現のため、シーガル・メソッドに倣い、地組した木フレームを順次固定し躯体を組み上げる形式とした。木フレームの材寸は、シーガル・メソッドと異なり、在来木造との親和性と材の可搬性を考慮し 45×90mm のスギ材とした。

木フレーム同士の接合は、事前製作可能な構造パネルによる接合とした。木や鉄の筋交い材を別途用意したシーガル・メソッドとは異なり、構造材と断熱材を含む構造パネルで木フレーム同士を固定した。床・屋根・壁のそれぞれで、9 mm (床のみ 12 mm)

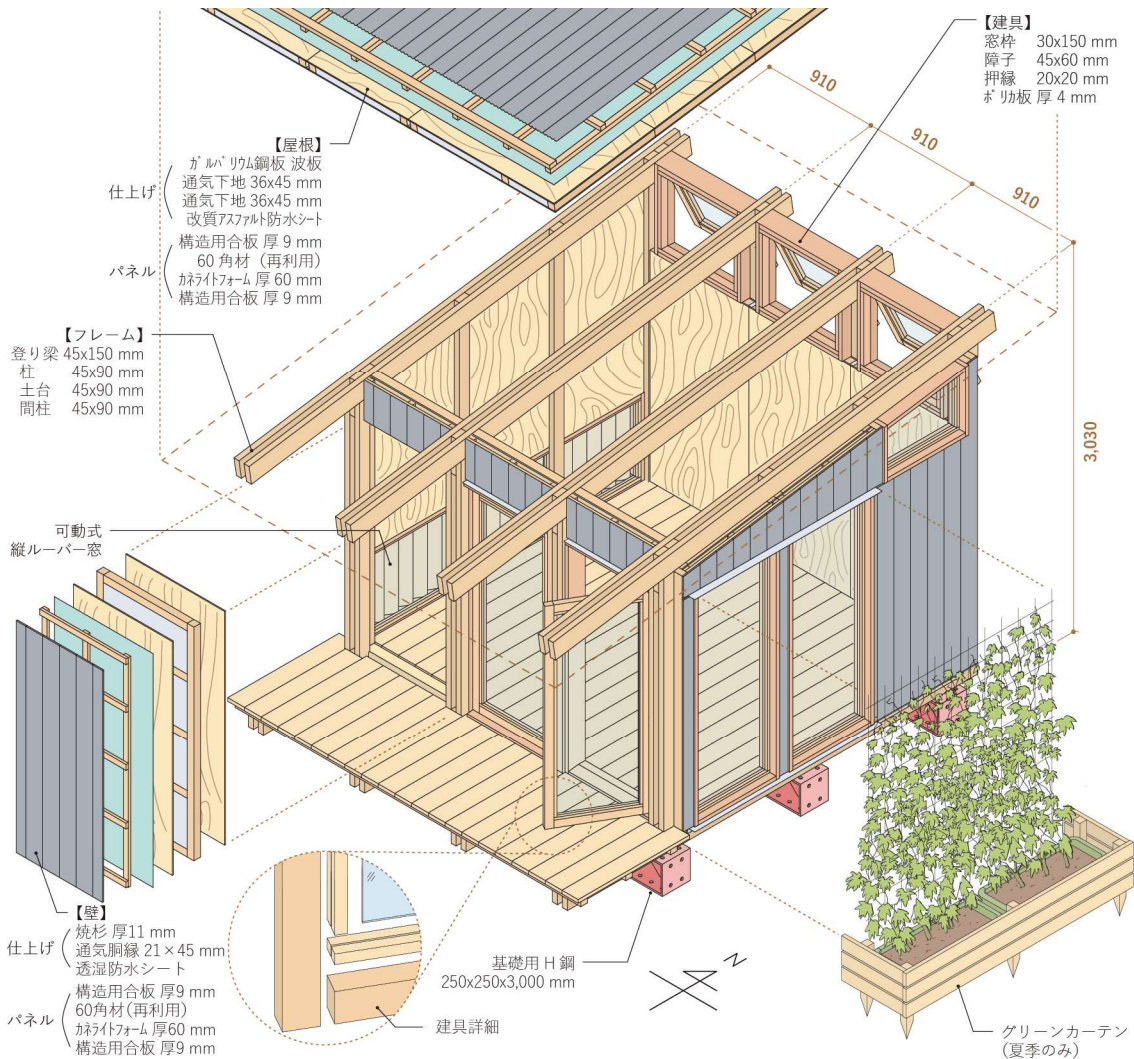


図1 プロトタイプの構成と詳細 (アルマザン研究室 作成)

【様式 2】

の構造用合板で 60 mm 角材と厚さ 60 mm のカネライトフォームを挟み込むだけで、誰でも容易に施工可能な設計とした。

基礎には、山留工事に使う H 形鋼を採用した。シーガル・メソッドでは、コンクリート平板を用いた簡易な基礎が多く見られたが、耐風・耐震性能を考慮して、80 kg/m の H 形鋼に、木フレームの土台を、荷締用ベルトで固定する納まりとした。

開口部に関して、シーガル・メソッドでは既製品を扱う事例や、アルミアングル、ガラス、木材を利用したセルフビルド可能な開口部の事例が見られたが、本プロトタイプでは、予算と現場での施工性を考慮して、木材、シリコン、ポリカーボネイト平板による開口部とした。嵌め殺し窓は、木製の窓枠に 4 mm 厚のポリカ板を、20×20 mm のスギ材で押縁する設計とした。建具は、45×60 mm のスギ材で組んだ障子に 4 mm 厚のポリカ板を、20×20 mm のスギ材で押縁することで、建具自体で固まる設計とした。構造パネル同様、建具も事前製作可能となり、現場での施工性向上を目指した。

外装仕上げは、日本の湿潤な気候への適応を目指し、通気層を設けた。壁・屋根の仕上げを、それぞれ焼杉板とガルバリウム鋼板とし、仕上材とパネル材の間に 2 層の通気胴縁を設け、壁体内の内部結露防止と、夏季の屋根・天井面の過度な温度上昇の抑制を目指しつつ、非専門家による参加型施工でも、粗が目立たないよう納まりとした。

以上の通り、日本の構造・気象条件に適応した参加型施工可能な実験装置を設計した。

2.2 木造参加型施工手法の実践

設計したプロトタイプを学生参加型で建設した (図 2)。施工期間は 2025 年 8 月 4 日から 29 日と残工事の計 21 日間であった。施工参加者は、公募した大学生 (学部 4 年から大学院の学生) からなる。

前半 (8 月 4 日～15 日) は大学構内の地下駐車場の一角で、研究室の学生が主導となり、壁・床・屋根・開口部パネルの制作と材料への墨付けを実施した。後半 (8 月 18 日～29 日、残工事) の現場作業では、大学から施工会社へ建設工事を発注し、現場監督指導の下、参加学生が現場作業を行った。全ての参加学生は施工会社とアルバイト契約を締結し、雇用保険の下で作業した。安全対策上の制約から、高所作業の屋根工事と一部の材料切削は、職人が実施した。

実践の様子は、動画、写真、タイムラプスビデオ、施工日誌で記録し、最終的に人工等を算出し、工程表としてまとめ、研究者視点での実践の評価を得た (図 3)。また各施工作業終了時に参加者へ実施した事後アンケート結果を KJ 法に倣って分析することで、参加者視点での評価も得た (図 4)。

前半のパネル制作で延べ 57.9 人工、後半の現場工事で延べ 90.1 人工の学生参加が生まれた。前半の屋内作業のうち、構造パネルの制作では、全ての参加者が 2 枚目以降の構造パネルを 1 枚目の半分程度の時間で終えることが出来ており、参加者の技能レベルに関わらず、即時上達の見込める作業であった。また後半の現場作業のうち、Day15 の屋根パネル取り付けの際、パネルの制作



図 2 建設されたプロトタイプの写真 (アルマゼン研究室撮影 *1: 2025年11月 *2: 2025年9月)

【様式 2】

誤差とフレームの立ち上がり誤差により、想定以上の施工時間を要した。床・壁パネルと異なり、パネルとフレームの引掛りが無かったため、正確な位置決め職人の助けが必要となった。非専門家による施工の精度向上のため、パネルの位置をフレーム側で決定できる構法への改善が求められる。

また参加者の評価では、本施工実験で扱った大半の作業で参加者の慣れが見られ、概して技術難易度の低い作業であると評価された。一方、パネル制作や開口部のビス打ち、運搬といった、目標の見えない繰り返し作業は、冗長で満足度が低く、また建て方等の高い精度が要求される作業では、手隙の時

間も多く、退屈さを訴える声が見られた。参加頻度の異なる参加者間での技術指導に伴う課題も挙がった。参加型施工の社会的効果を最大化するために必要とされる、WS運営上の課題が明らかとなった。

2.3 プロトタイプの実験性能の評価

建設後 1 年間をかけ、プロトタイプの実験性能を計測し、蓄熱・断熱・日射遮蔽・通風性能の観点で効果と課題を分析した。

日射遮蔽・通風性能に関しては一定の効果を得た。夏季に開口部開放条件を変えて実施した室内外気温変動の実測結果より、平均室内外気温差は 4.6°C 低減し効果が確

<p>Day 01 / 02 (10.1 人工)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料の搬入、仕分け 	<p>Day 03 / 04 (12.4 人工)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・壁パネルの制作 (8 枚) ・屋根パネルの制作 (10 枚) ・建具の制作 (1 枚) 	<p>Day 05 / 06 (8.8 人工)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・壁パネルの制作 (4 枚) ・屋根パネルの制作 (5 枚) ・床パネルの制作 (8 枚) 	<p>Day 07 / 08 (14.2 人工)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・壁、床パネル制作 (各 1 枚) ・建具の制作 (2 枚) ・各種パネル断熱材挿入 	<p>Day 09 / 10 (12.4 人工)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各種パネル塗装 ・建具の制作 (2 枚) ・木フレーム材 墨付け 
<p>Day 11 / 12 (18.6 人工)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料の移動 ・基礎用 H 鋼の設置 ・木フレームの制作 	<p>Day 13 / 14 (18.0 人工)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・躯体の建て方 ・床パネルの取り付け ・壁パネルの取り付け 	<p>Day 15 / 16 (17.3 人工)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・屋根パネルの取り付け ・下地材の施工 ・嵌め殺し窓の施工 	<p>Day 17 / 18 (12.5 人工)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・開口部の施工 ・下地材の施工 ・グリーンカーテンの設置 	<p>Day 19 / 20 / 21 (23.7 人工)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・下地材の施工 ・仕上げ材の施工 ・デッキの施工 

図 3 抜粋した工程と各日の人工、作業の様子

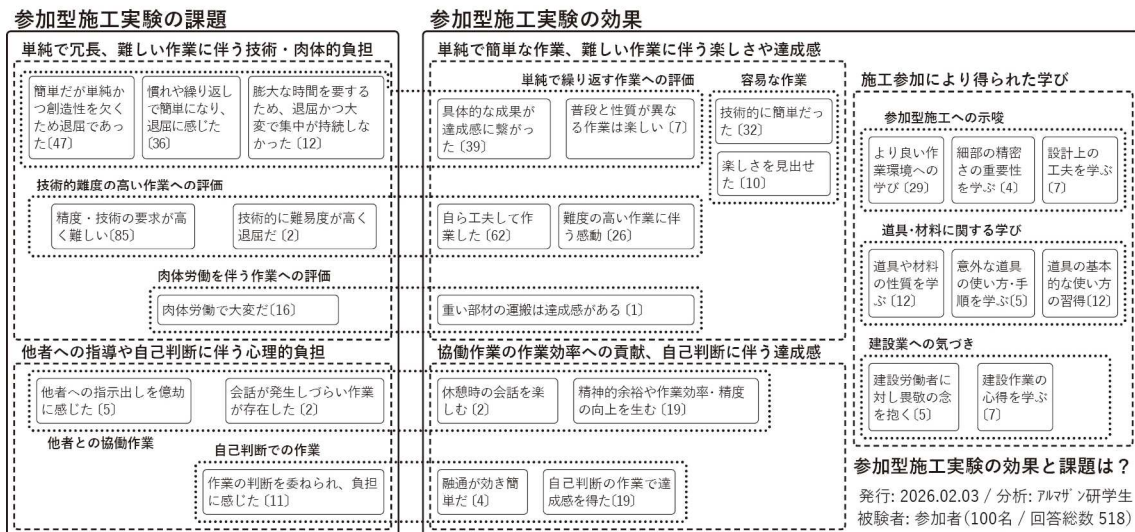


図 4 参加者への参加後アンケートの分析結果

【様式 2】

認められた (図 5)。

一方で、蓄熱・断熱性能に関しては、更なる改善が求められる。床面への後付けタイル設置により、理論熱容量 $1.2 \times 10^5 \text{ J/K}$ への改善を行い、室内外作用温度変動を設置前後で比較すると、Adaptive Comfort Standard の 80% 許容値の増加は 7% に留まり、効果は限定的であった (図 6)。断熱性能に関しては、構造パネルが熱容量 $0.49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ と、一定の断熱性能が確認されたが、木製開口部分は厚 4 mm のポリカーボネイト平板単層の構造により $5.71 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ と極端に低い断熱性能であった。複層開口部のモックアップ制作時、内部結露の問題が生じたため単層ポリカ板の構法としていたが、セルフビルド可能な複層開口部を検討するなど、構法上の改善が求められる。

3. 結論

本研究では、木造プロトタイプ的设计・施工の実践を通して、社会・環境・構法・表現

の複合的な視点から、参加型施工の効果と課題を検証した。

効果としては、構造パネルと木フレームの組合わせにより、躯体から仕上げまで学生主体で建設でき、建築施工への学びや参加者同士の交流も生み出された。また、焼杉と木フレーム、環境条件に応じて変化する開口部形状を統一的な表現として成立させる方法を示し、その開口部形状と配置は、屋内環境性能向上にも寄与していた。

その一方で各部構法については課題が残った。構造パネルの制作および取付の際、位置調整や精度確保といった手間と時間を要する作業が発生し、参加者からの評価が低く、工期の遅延を招く要因となった。さらに環境性能の面では、蓄熱性能や開口部の断熱性能が実測値・理論値ともに十分でなかった。本研究で実現された統一的な建築表現や参加者主体での施工性能を損なうことなく、各部構法においては、性能向上のための更なる検討が求められる。

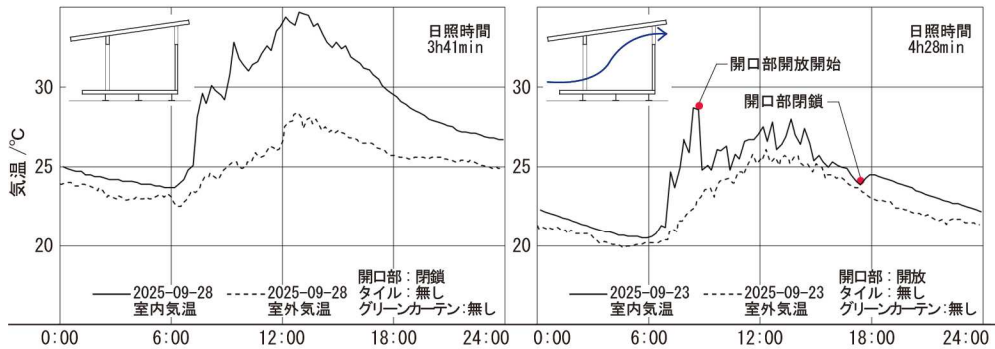


図 5 夏季における室内気温変動 (左: 開口部閉鎖時、右: 開口部開放時 ※おんどりTR72Aで計測)

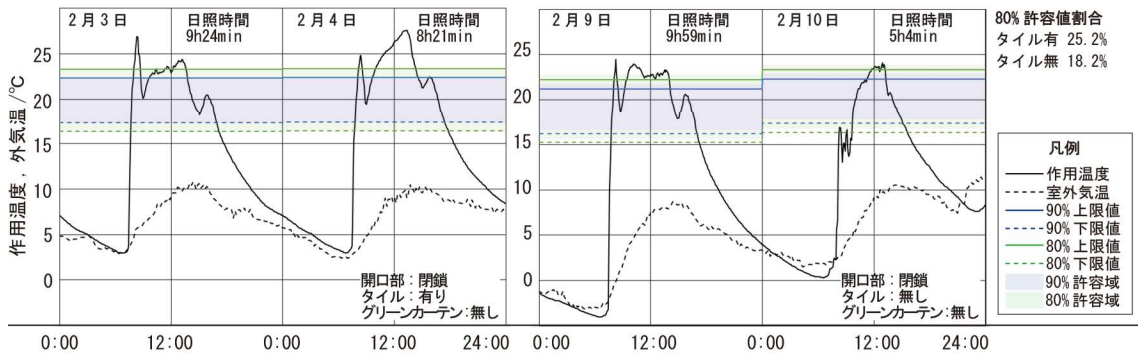


図 6 冬季に床タイル設置有無での室内気温変動 (左: 床タイル設置時、右: 床タイル非設置時 ※おんどりTR72Aで計測)

【様式 2】

参考文献等

- 1) 宮川 広大ら (2025) 近年の「新建築」誌及び「新建築住宅特集」誌における建築生産に関する取り組みをテーマとした言説からみる建築家の創作姿勢, 『日本建築学会計画系論文集』, 90(832), 1165-1176.
- 2) 秋吉 浩気 (2024) CO-BUILD—共に建てることの楽しさ, 『住宅特集』, no.455 76-77.
- 3) Bader, S.V. and Lepik, A.. (2020) *Experience in Action!*, (Munich, DETAIL), p.7.
- 4) Grahame, A. et. (2021) *Walter Segal: Self-built Architect*, (London: Lund Humphries), 159, 177-179.
- 5) Shimizu, S. and Almazán, J.(2025) Participatory construction and management methods for wooden architecture, *The Journal of Architecture*, 29 (5-6), 688-718.
- 6) Broome, J. (1986) THE SEGAL METHOD, *Architects Journal*, 5. Nov. 1986, 31-68.
- 7) Broome, J. et. (1995) *the self-build book*, 2nd ed. (Totnes: Green Earth Books), 188-190.
- 8) Broome, J. (2005) *The Green self-build book* (London: green books).