

「1/10組立模型を用いて地震に強い木造の家の仕組みと室内環境を体験してみよう」建築講座の活動報告 その1

“Let’s experience in 1/10 assembly model a strong wooden house mechanism to earthquake” architecture course of activity report Part 1

後藤 哲男
GOTO Tetsuo

広川 智子¹
HIROKAWA Tomoko

キーワード：建築教育、方法、模型
Keywords：Architectural education, seismic structure, scale sense, model

We performed a hands-on lesson about architectural structure using a model of scale 1/10 until the last year. This year we carried out a hands-on lesson about the seismic structure and scale sense using the same model. Through this class, we have been studying the method of architectural education for junior high school students. This paper is its report.

1. はじめに

2009年から長岡市内の3中学校の中学生を対象に「地震に強い木造の家の仕組みを1/10の組立模型で体験してみよう」という講座を行い今年で7年目を迎えている。この経験を通じて子供達の空間認識の未熟さと建築教育の役割や重要性について理解した。同時に建築教育の方法が未成熟であることを確認した。昨年度は、今まで(2009年～2013年)積み重ねてきた建築教育のカリキュラムの検証を行い、新たな方法を提案²した。今年度は1/10組立模型を用いた新しい教育方法の体系化を目指す。

活動報告その1では①構造「建物の成立と制震構造」②空間「部屋のイメージ、スケール」について分りやすく、短時間で楽しく展開するために何を伝えたいのか整理し、提案、講座にて実践した。また、幅広い反応を観察するため対象者は小学生から高校生とした。

教育学的視点は引き続き新潟大学の飯野由香利教授³と新潟大学4年中田早香さんから協力頂き1年間の様々な建築講座の取り組みの成果を検証した。本論は、建築講座1

日目の構造内容の研究の報告である。

ちなみに建築講座は長岡造形大学特別研究費から長岡市内の3中学校の建築講座の運営に係る費用をあて、科学研究費助成事業(学術研究助成基金)の助成を受けながら今まで開発してきた方法(耐震構造)の検証と新たな構造、環境、空間の教授法と効果について検証・分析しながら建築教育の研究を行っている。

2. 実施概要

建築講座の対象は中学生と高校生。小学生を対象としたイベントに参加した。主な日程順は下記の通りである。

- ①新潟県立新潟工業高等学校(以下、工業高校とする)
1年生建築科(39名)
7月17日 構造と環境(各2時間)
- ②長岡市立山古志中学校(以下、山古志中とする)
1年生(6名)
7月29日、8月5日構造と環境(各3時間)
- ③三条市わくわく科学フェスティバル
(以下、フェスティバルとする)(小学生約100人⁴)
8月7日 構造と環境(5時間30分)
- ④長岡市立北中学校(以下、北中とする)
3年生(37名)
8月27日、28日 構造と環境(各3時間)
- ⑤新潟県立長岡農業高等学校(以下、農業高校とする)
3年生農業学科生活デザインコース(19名)
10月23日 構造(2時間)
- ⑥長岡市立青葉台中学校(以下、青葉台中とする)
2年生(24～26名×3組)
10月16日、20日、11月17日 構造(各3時間)
11月24日、27日、12月1日 環境(各3時間)

様々な反応を観察し調査・分析するため以下の内容も同時に実施した。

事前打合わせ(長岡市内3中学校と工業高校)、事前学習(長岡市内3中学校)、講座前後のアンケート(長岡市内3中学校、工業高校、農業高校)、理解度アンケート(フェスティバル(小学生))、感想文(長岡市内3中学校)、事後打ち合わせ(工業高校)である。

1年間の合計実施日数は13日。受講者は277名である。建築講座の実施前後に新潟大学の飯野研究室、長岡造形大学の後藤研究室にて打ち合わせを重ね、アンケート結果の分析から意見交換を行い、次の展開を確認し合う。

本年の活動報告は、新潟大学飯野研究室の研究報告も参考に、長岡造形大学特別研究として大学紀要集に報告する。中学生を対象とした建築教育の独自報告書も併せて作成する。

3. 地震に強い方法と講座内容のポイント

中学生は11年前の新潟県中越地震を避難した経験がある。幼心に被災家屋を目の当たりにし怖い思いをした。地震後は学校の耐震補強や住宅の耐震診断など耐震性への取組も積極的に行われている。耐震性について関心を寄せている人が多い中、実際何をすれば耐震化したと言えるのか子供はおろか大人に至るまでよく分らないのが現状である。そこで木造住宅の耐震システムを分かりやすく説明し実際に1/10模型を使い自分なりに設計し組立てる。組立てた模型を起振装置で揺らし地震に対する建物の動き方を体験する。次に耐震要素(筋かい等)を付加する事により建物の強さを実感し耐震システムを経験的に理解する事が狙いである。この一連の体験を通して中学校で学習している数学や物理学が基礎になっていることを理解させる。本年は新たに制震構造も追加し、地震に強い木造の仕組みの方法について幅広く伝える。構造講座について以下の3点をポイントとした。

第1に建築講座は各中学校で次第にカリキュラムとして定着しつつある。中学生も先生も毎年変わり、毎年教え方も工夫し、内容も建築の構造に関わる数式を使わずに分かりやすく図と体験と可視化で解説するように努めている。今までの教育方法を更に改善し、構造教育を確立する。

第2に構造についてピン節合の不安定、制震構造、力の流れの可視化などスライドの改良と教材を増やすことで分かりやすい方法を探る。

第3に、空間について講座前の事前学習の経験を充実させ、講座にて理解しやすい内容を目指す。また、縮尺1/10の畳など教材を増やすことで、部屋の広さと高さをイメージしやすい方法を検討する。

以上3点のポイントを考慮しながら構造講座を展開した。詳しい講座内容は図1の通りである。

毎回、講座後に主講師とTAが意見交換を行い(写真1)、アンケート結果と併せて次回の改善案の準備を進めた。

4. 構造教育の詳細

1) 構造講座の流れ

■教育方法

建築講座の展開は「木造施工方法」、「模型と空間」、「1/10模型の組立てと実験」の3項目が主体となる(図1)。「木造施工方法」は今までの講座内容(黒枠)を継続し、「模型と空間」と「1/10模型の組立てと実験」は、新たな内容(赤枠)を追加した。講座前後の内容は5校とも共通している。変更内容は講座時間と場所の関係により、組立てる模型を平屋建てから2階建てにした。また、揺れの実験は起振装置で行うか、起振装置が運べない場合は手で揺らす2通りとした。追加した内容についての概要は以下の通りである。

まず第1に、ピン構造の不安定を体験し、構造を成り立たせるための方法を分かりやすくするために北中から「アーキテクチャ」(緑色)を追加した。北中では1/10の門型の際、同時に解説した。話が重なる(筋かい、角度を固定、三角形について)ため、青葉台中1組以降は、1/10模型の門型の解説前にアーキテクチャの解説を行った。講座の流れとして模型の蓋を開け、部材種類の説明と尺貫法の

説明後に、アーキテクチャを行い、次に1/10の門型の順番となった。しかし、模型の説明後は模型作業に集中した方が進行は円滑になるため青葉台中2組以降、アーキテクチャで建築の基本を伝えたのち1/10模型の作業へ展開した。これにより、建物の基本から実際の木造へ分りやすくなったと考える。

第2に、地震に強い方法には耐震構造以外にもあることを解説するため「制震用筋かい」(赤枠)を追加した。講座の前半の1/10模型の門型や1坪タイプの体験と、後半の平屋建て、2階建てで制震用筋かいを取り付けた。手や起振装置で揺れを生徒が確認している際に解説する。時間の関係により体験の機会は不規則だが、繰り返し体験することで理解が深まると考えた。

第3に、力の流れを可視化するために「パネの柱」制作し(写真2)、青葉台中3組に追加した。梁以外でも変化が見えることで力の流れを理解しやすいと考えた。

構造面では、不安定と建物の成立、地震に強い仕組みの種類、力の流れについて理解を深めるために改良した。空間面では、縮尺1/10の模型を見て実際の部屋の広さを想像しやすいように、山古志中以降に「1/10畳」、青葉台中以降に「1/10人形」(赤枠)を追加した。生徒の反応を確認しながら種類を増やした。また、畳の敷き方を黒板に板書してもらい畳の敷き方に祝儀、不祝儀があること、畳の枚数で広さが決まることを同時に伝えた。

今までの積み重ねにより確立しつつある構造講座だが、より簡単に単純にする方法、追加した教材の種類やタイミングなど試行錯誤した。



写真1 講座後の意見交換の様子



写真2 パネの柱を制作している様子

概要		新潟工業高校 1年生(39名) 2時間	山古志中 1年生(5名) 3時間	北中 3年生(34名) 3時間	青葉台中 2年1組(24名) 3時間	青葉台中 2年2組(26名) 3時間	長岡農業高校 3年(19名) 2時間	青葉台中 2年3組(23名) 3時間	
講座前まで	空間認識と寸法の関係		<div style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> ・アンケート ・人体寸法計測 ・自宅の自分の部屋計測 </div>					<div style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> ・アンケート ・人体寸法計測 ・自宅の自分の部屋計測 </div>	
	アンケート	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; text-align: center;">アンケート (講座前)</div>							
講座内容	木造施工方法	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">建物(木造)が出来るまで(スライド)</div>						<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">地震とは？など口頭で説明</div>	
	模型と空間	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: yellow;">模型の説明、尺貫法、縮尺、空間</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; text-align: center; margin-top: 5px;">1/10畳 追加</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: orange; width: 15%;"> ピン構造、門型ラーメン構造(門型、1坪) 筋かい、面材、火打ち </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: orange; width: 15%;"> ピン構造、門型ラーメン構造 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: green; width: 15%;"> アーキテクチャ(5階建) 不安定、安定 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: orange; width: 15%;"> アーキテクチャ(5階建) 不安定、安定 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: orange; width: 15%;"> ピン構造、門型ラーメン構造(門型、1坪)筋かい、面材、火打ち </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: green; width: 15%;"> アーキテクチャ(5階建) 不安定、安定 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: orange; width: 15%;"> 門型と1坪組立筋かい、面材、火打ち </div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; background-color: orange; width: 15%;"> 門型に制震用筋かい取付け </div> </div>				<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; background-color: green;">アーキテクチャ(5階建) 不安定、安定</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: yellow; margin-top: 10px;"> 模型の説明、尺貫法、縮尺、空間 </div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; text-align: center; margin-top: 5px;">1/10畳 追加</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; background-color: white; width: 15%;"> 1/10人形(男女大人) 追加 </div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; background-color: white; width: 15%;"> 1/10人形(男女大人+子供) 追加 </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: orange; margin-top: 10px;"> ピン構造、門型ラーメン構造(門型、1坪)筋かい、面材、火打ち </div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; background-color: white; margin-top: 5px;"> 門型か1坪タイプに制震用筋かい取付け </div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; background-color: white; margin-top: 5px; text-align: center;"> バネ付の柱 追加 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: white; margin-top: 10px; text-align: center;"> 間取りにおける窓や出入り口の重要性 </div>			
1/10模型の組立てと実験	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">間取りにおける窓や出入り口の重要性</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: orange; width: 15%;">平屋建て組立て</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: orange; width: 40%;">2階建て組立て</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: orange; width: 15%;">平屋建て組立て</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: orange; width: 15%;">2階建て組立て</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: yellow; width: 15%;">起振装置で揺らして確認</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: yellow; width: 40%;">手で揺らして確認</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: yellow; width: 15%;">起振装置で揺らして確認</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: yellow; width: 15%;">手で揺らして確認</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: orange; text-align: center; margin-top: 10px;">耐震補強</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; background-color: white; width: 15%;">1班に制震用筋かい取付け</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; background-color: white; width: 15%;">1班に制震用筋かい取付け</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; background-color: white; width: 15%;">1班に制震用筋かい取付け</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; background-color: white; width: 15%;">1班に制震用筋かい取付け</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: yellow; width: 15%;">起振装置で揺らして確認</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: yellow; width: 40%;">手で揺らして確認</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: yellow; width: 15%;">起振装置で揺らして確認</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: yellow; width: 15%;">手で揺らして確認</div> </div>				<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; text-align: center;">耐震補強のポイント</div>				
講座後	アンケート	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">アンケート (講座後)</div>							
講座後	感想	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">感想文</div>						<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">感想文</div>	

...今までのカリキュラム
 ...今年新たに追加した内容
 ...新たな体験
 ...今までの体験
 ...今までの体験

図1 構造(耐震・制震)内容のダイアグラム

5. 構造「建物の成立と制震構造」

1) アーキテクチャ

■きっかけ

昨年の長岡市内3中学校のアンケート結果から講座の進め方について「ピン構造と門型ラーメン構造の仕組み」が「分りやすい」と回答した割合は平均27%と全項目の中で最も分りにくい結果(図2)であった。実際の木造は接合部が継手や仕口(ホゾや蟻継ぎ)のためピン節合に近いが、各部材が支え合っているため建物として自立している。そのため、耐震補強をする前の軸組も「不安定」という意識は分りづらいのではないかと考えられる。

本年は、フェスティバルにて小学6年生を対象にアーキテクチャを制作した。これはピン節合で5階建てを組む遊びの道具である。ピン節合は建物が成立しない=不安定である。自立させるために筋かみや楔で角を固定する。小学生はTA⁵や家族と協力し組立てた。この経験から小学生にも分りやすくピン節合の不安定を実感してもらえた。

■教育方法

フェスティバルの経験をもとに木造のピン接合と不安定を分りやすくするためアーキテクチャを活用することとした。アーキテクチャは、安定した状態にするための方法として、筋かみを1本(片筋かみ)入れた場合は「静定」、2本(たすき掛け)入れるとより安全になる「不静定」であることを伝えることができる。北中以降の建築講座ではアーキテクチャを取入れ、どのタイミングで説明すると効果的なのか検討した。北中では、1/10模型の柱2本に梁を架け門型を組立てた後にアーキテクチャの解説をしたため、作業が重なり同じ作業を繰り返している印象となった。そのため青葉台中1組から模型説明の後に、アーキテクチャを行いピン節合の不安定を強調した(写真3)。青葉台中2組から最初にアーキテクチャを行い建物を成立させるための方法、ピン節合の不安定、建築の単純を伝える位置づけとした。

■効果

工業高校は1年生だが部材名を既に学習しており組立作業が早く理解力も高い影響か「ピン構造と門型ラーメン構造は理解できましたか」という問いの理解度は94%と高い結果(図3)となった。山古志中は、人数が6名で一人一人に丁寧に説明ができたことで理解が100%となった。北中以降1/10組立模型とアーキテクチャを併せて解説し、講座後のアンケート結果(図3)の通り「とても理解できた」が47%で全体の「理解できた」側の割合も94%という結果になった。青葉台中からは地震に耐える構造という問いで確認した。角度を固定するという回答が50%から100%と理解度が高まりアーキテクチャの経験から地震に耐える構造について把握できたと考える。

■反省、今後に向けて

建物に作用した力を地面に伝える役割を果たす支点(ピン支点、ローラー支点、固定支点)についても解説する必要がある。

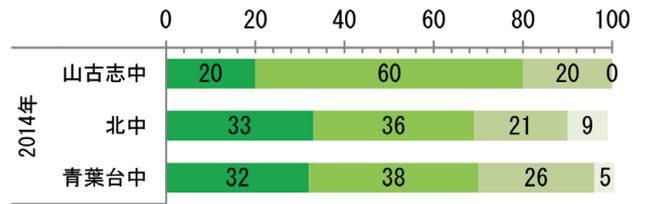


図2 ピン構造と門型ラーメン構造の仕組み(2014年)



写真3 アーキテクチャを組立て(青葉台中)

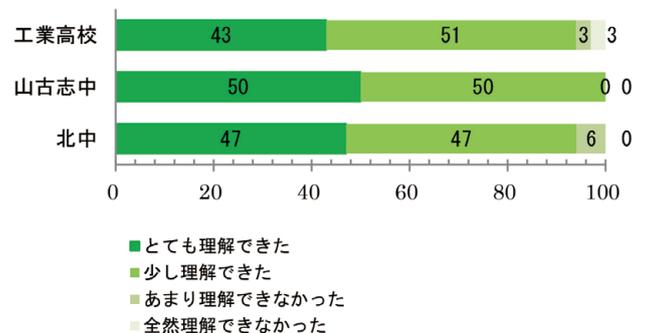


図3 ピン構造と門型ラーメン構造の仕組み(2015年)

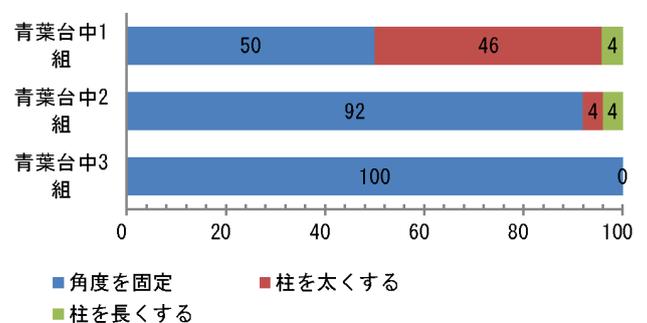


図4 地震に耐える構造の回答

2) 制震用筋かい

■きっかけ

2009年から地震に強い木造の仕組みとして「耐震」のみを行っていた。地震に強い方法として新たに「制震」も解説し模型の可能性を広げるため2014年の秋から制震用筋かいの開発に取り組んだ。

■開発

開発する上で特に注意した点は3点である。

- ① 分かりやすい仕組みとして今までの耐震用の筋かいと扱い方を変更せず、同様に扱うことができやすさを継続すること。
 - ② バネの伸縮を可視化するために透明の塩ビ材を用いること。
 - ③ 座屈しない造りは、筋かいの一部にバネを取付けるため通常の筋かいと強度に近い構造体とする。切断した筋かいの一方を塩ビ材に固定し一方は可動とする。
- 以上の注意点を考慮した筋かいとするため設計・制作し最初の試作品が完成した(写真4)。

試作品は、前述した①～③の工夫点が活かされる形として確認できた。一方、幾つかの問題点も見出した。

- 1) バネの伸縮について、縮んだ時は座屈し伸びた時は、ずっと伸び続けるため元に戻らない。
- 2) バネの力が弱く縮むと大きく座屈する。

問題点を解決するため、バネの伸縮を調整するストッパー(安全装置)を取付けた。伸縮幅は、1/10組立模型の柱と梁などの四隅の隙間も含めた可動範囲内とする。バネの座屈に対する考慮は、バネを2本取り付けた筋かいも試作した。最初のバネ1本より力が分散するため座屈は小さい。しかし、制作時間は非常にかかる。

検討した結果、1本の押しバネの可視化を目指すこととした。バネの強さは筋かいの幅厚、制作のしやすさ、軽さを考慮してステンレス製の線径0.32mm×外形5mm、最大荷重0.17kg、最大圧縮長さ5mmの押しバネを選択した。試作を重ね2015年の3月に完成した(写真5)。完成した筋かいを16本(1階8本+2階8本)制作し、1/10組立模型の2階建てに取付け確認した(写真6)。バネの伸縮、取付け方など確認したのち完成した筋かいを見本に少し簡略化し合計150本制作した。

■教育方法

教育方法は工業高校から門型(柱2本を立て梁を架けた門型の状態)や1坪タイプ(柱4本を立て梁を架けた状態【写真7】)2階建を組立てた際に制震用筋かいを取付け、制震について解説した。講座場所の違いにより、起振装置の実験により制震用筋かいの効果を確かめられた場合と手で揺らし確認したことがある。

更に青葉台中以降は制震が理解できた具体的な内容を確認するためアンケートの問いを変更した。問いに当てはまる意味を選択し正解率を確認した。

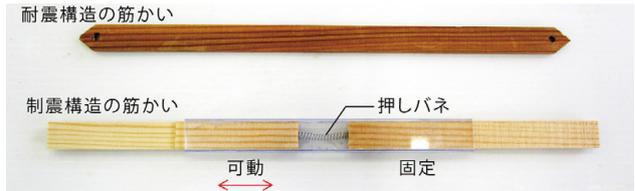


写真4 耐震用筋かいと初期の制震用筋かい

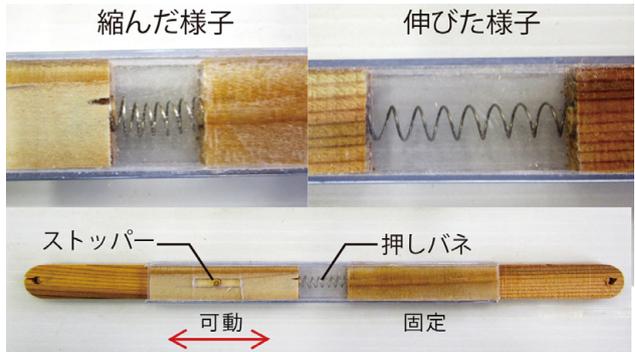


写真5 開発した制震用筋かい



写真6 模型の四隅に取付け確認



写真7 1坪タイプに制震用筋かいを取付け(北中)

■効果

講座前の制震について「制震は知っていますか？」の問いにはほぼ0% (図5) だった。これは各校とも同様に制震について分からないと認識し、本講座が初めての経験になることが分かる。

講座後は「制震は理解できましたか？」の問いに「とても理解できた」が平均40%で、全体の「理解できた」側は83~92%と高い結果となった (図6)。

耐震用筋かいと制震用筋かいを交互に取り付け比較したことでその違いと変化を実感できた効果と考える。また、門型や1坪タイプ、2階建てと何度も取り付けたことで全体の理解も高まった可能性がある。

更に、制震の言葉と意味「地震の力を弱める」を正しく理解していた正解率の平均は70%である (図7)。

言葉の意味を正しく理解するためには、起振装置の実験と実験時の解説が大きく影響したと考えられる。

起振装置とは、水平起振器と電力増幅器とファンクションジェネレーションの3体を繋いで行う振動実験の装置である。水平方向の振動により模型の揺れ方を観察できる。また、周波数と揺れの大きさを電力増幅器のつまみで調整し、揺れ方を変更することも可能である。この起振装置を用いて制震用筋かいを取付けた模型をのせ揺れ方を確認する。起振装置の周波数の違いにより、バネの伸縮幅が大きく影響する。そのバネの様子と模型全体の振動を併せて目視することで制震構造の効果を把握でき、理解度が深まる。

講座場所の違いと機器の不具合により工業高校と農業高校は、起振装置の実験は行わず手で揺らし制震について確認した。手で揺らすことはバネの伸縮について把握できるが、建物全体にとってどのような効果があるのか一定の比較ができないため伝わりにくい可能性がある。そのため、制震の説明では「地震の力を構造体が吸収し、力を制御して模型全体の揺れを小さくする」について、「吸収する」「制御」というキーワードをポイントに分りやすく説明することにより理解度は高まると考える。

今後も制震について可能な範囲で起振装置の実験を実施し、より丁寧な説明と観察する時間が重要である。

■反省、今後に向けて

門型や1坪タイプなど何度も、くり返し説明と体験を行うことが理解しやすい方法として今後、重要となる。

また、耐震と制震を比較することで、それぞれの特徴の理解にもつながる。

更に、修学旅行で行く機会もある五重塔や東京スカイツリーは制震構造である。身近な構造体が地震対策として活用されていることを同時に説明することで分りやすかった可能性もある。

本年から初めての制震構造だったが、アンケート結果と講座内の生徒らの様子から一定の効果が伺えた。

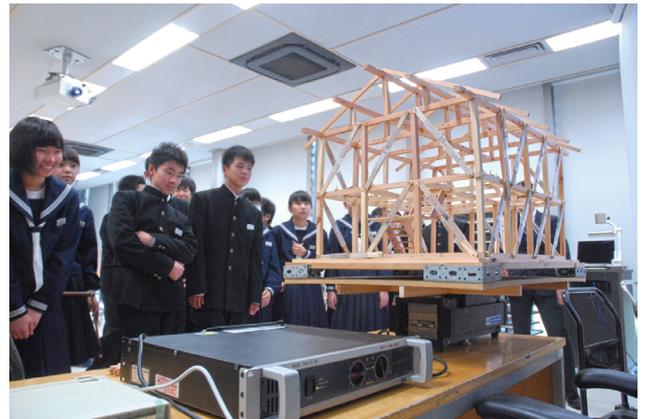


写真8 起振装置で制震用筋かいを実験 (青葉台中)

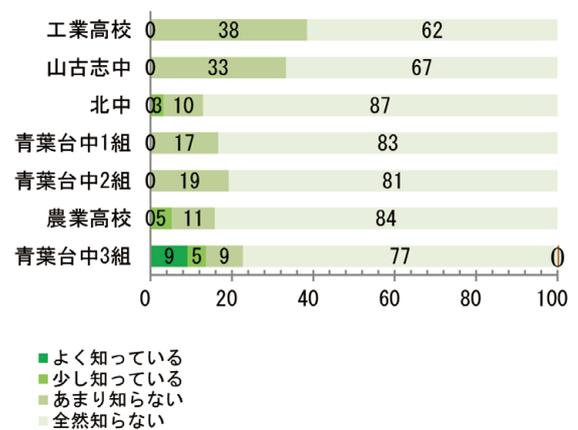


図5 講座前の制震に関する理解の回答

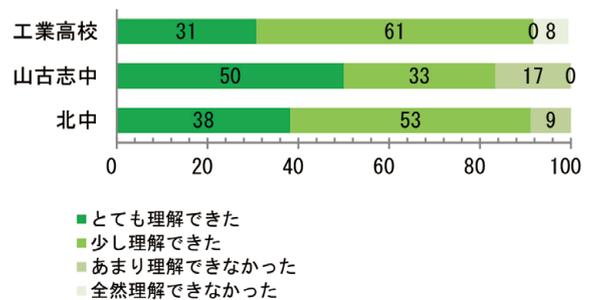


図6 講座後の制震に関する理解の回答

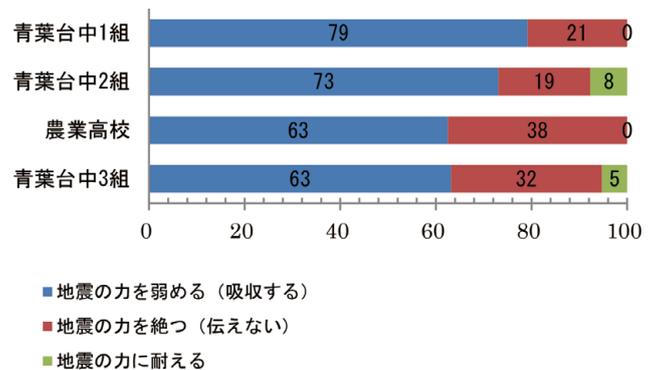


図7 制震とは？の問いに選択した回答

3) 力の流れ (柱と梁) とスライドの改良

■きっかけ

青葉台中以降、力の流れによる各部材の役割について調査した。講座後のアンケートにて「柱がある理由」「梁がある理由」の問いで3択（複数回答可）にして回答してもらい理解度を確認した。

柱のある理由はどれも（図8）正しいが建築講座内では、特に荷重（力）について解説している。「屋根や上階の床などを支える」は、建築の起源⁶の際に屋根を支える樹木（柱）として講座前半に解説している。「部屋の間仕切りをする」は特に説明をしていない。「仕切る」は各自の認識や知識であると考え。講座内で何度も話した「伝える」は平均51%（青葉台中1組～農業高校）であり約半数の理解に留まっている（図8）。一方、梁のある理由は「床や家具などの重さを柱に伝える」と「屋根や上階の床などを支える」が平均59～48%（青葉台中1組～農業高校）であった（図9）。

梁は「伝える」「支える」が各学校とも同じくらいの認識なことに対し、柱は「支える」は90%以上で「伝える」が平均51%と差について考える。梁は、2mmの薄い梁材を用いて力の流れを可視化したことで梁の「支える」「伝える」が同時に高まったが柱には、変化が見えないため力の流れが分りにくいと考えられる。

■開発

力の流れを可視化するためにバネを組み込んだ柱を開発した。試作品の柱2本を制作し、柱を2本立てその間を厚さ2mmの薄い梁を取り付け、柱と梁の変形を確認した（写真9）。

■教育方法

昨年、力の流れを可視化するために厚さ2mmの薄い梁を用意した。内容は、柱や梁・小屋組みは色々な力（荷重）を受け部材の内部で引っ張られたり、圧縮したり捻じれるなど変形をしている。部材内部は大きな力を受け、その力が流れて釣り合い状態になるまで部材は変形する。十分な耐力を持つ部材には力を受けた際の大きな変化は見えない。しかし、その力の流れを可視化するため2本の柱に薄い梁（2mm）を架け、集中荷重をかけるように指で梁を押すと湾曲する。湾曲はもとに戻そうとする力になって両側の柱に力が流れていくという説明である。本年も昨年の内容を引き続き行い、青葉台中2組からスライド説明も改良して建物にかかる荷重（力）として「鉛直荷重」と「水平荷重」の説明も行うようにした（図10）。同時に3組からバネのある柱を2本用意し建築講座に取り入れる。

■効果、反省、今後に向けて

スライドとバネの柱を追加したが、アンケート結果では理解度は高まらなかった（図8）。バネの柱は代表者1名が体感し解説した。今後、全員で体験できるように本数を増やし効果の検証する。

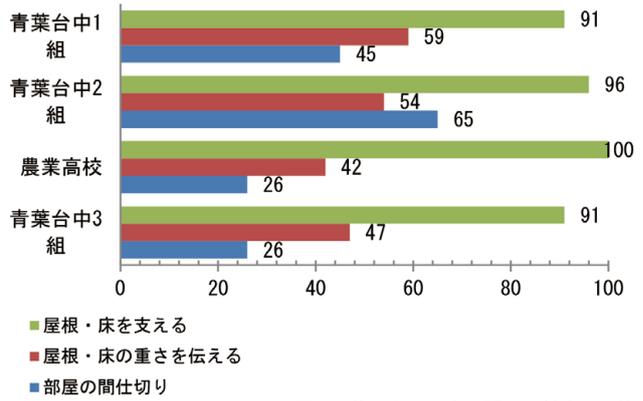


図8 柱のある理由の問いに対する回答

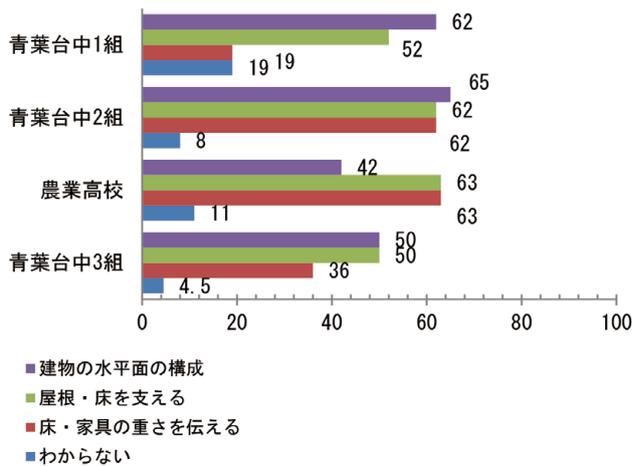


図9 梁のある理由の問いに対する回答

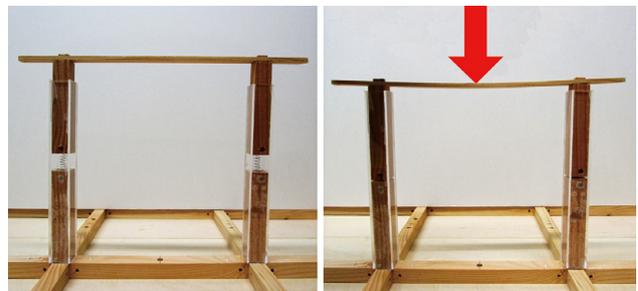


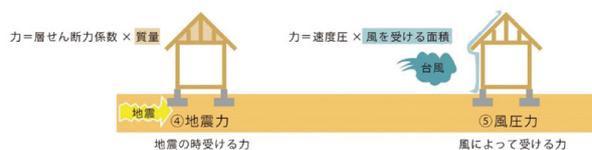
写真9 開発したバネのある柱と薄い梁

・建物の荷重

(1) 鉛直 (↓) 方向の荷重は、地球の重力によって作用する荷重



(2) 水平 (↔) 方向の荷重は、建物に対して横から作用する荷重



※他にも土圧、水圧など色々あるが、主に①～⑤について考える

図10 新たに作ったスライド

6. 空間「部屋のイメージ、スケール」

1) 事前学習の効果

■きっかけ

2011年から2014年まで建築講座を行う前の事前学習は各中学校にお願いした。事前学習のポイントは自分の家の自分の部屋の観察や学校の教室の観察(どこに窓があって、どこに入り口があるか)であった。各中学校にお願いしていた結果、アンケート調査から各事前学習内容が講座内容の理解に影響が見られた。例えば、将来住みたい家を平面図で考えてきた学校など、理解度は高かった。本年は事前学習の用紙を後藤研究室で作成し、A3用紙にまとめ各中学校へ配布した。建築講座を受講する前の生徒の部屋の広さに関する実態を把握し、中学生の寸法や部屋の寸法を物差し(巻尺)で計測することで、部屋の広さの感覚と部屋の寸法の間隔を近づけるための内容と位置づけた。

■教育方法

事前学習の内容は①～④の順番で行う。①最初に部屋の広さ(○㎡、○畳)や天井の高さ(○m)について考えたことはあるか確認した(図11)。部屋の広さや高さについて「考えたことがある」と答えている中学生は0～17%であった。大半の中学生が「考えたことがない」と答えており、意識していないことが伺える。

②部屋の広さの感覚と基準内容を確認した。最初に自宅の自分の部屋(もしくはいつも居る部屋)の広さの感覚と実際に計測した部屋の大きさをクロス集計した(図12)。自宅の自分の部屋(もしくはいつも居る部屋)は山古志中と青葉台中が6畳について50%「丁度良い」と実感している。北中は6畳と6畳未満が各21%「丁度良い」と実感している。全体的に自分の部屋は、6畳が「自分に合っている」と認識していることが分かる。

③居間(リビング)の広さの感覚と自分の部屋を比較した時の基準について確認した。広さの感覚と実際に計測した部屋の大きさをクロス集計した。自宅の居間(リビング)についての感覚は12畳以上が各中学校で1番「丁度良い」と感じている。山古志中は75%、青葉台中が35%、北中が24%であった。次いで10畳と8畳と続いている。12畳以上で「やや狭い、狭い」という回答もある理由としては「視覚的な圧迫感」や「家族が快適に過ごせていない」という理由をあげている。リビングの使い方、家具や家族の人数など空間を把握するうえで狭さを実感している。

④計測して中学生の部屋の広さの感覚と寸法の間隔について理解できたか確認した。「理解できた」側の回答は全体的に67～100%であった。最初に空間について考えたことがあると答えた割合が0～17%から53～100%上昇した結果となった。

■効果、今後に向けて

人体寸法や部屋の広さ、高さの計測の経験から理解できたという中学生の割合が高まった。建築講座前の学習内容として空間を把握するきっかけになったようである。事前学習内容を更に検討し、中学生が理解できたと実感しやすい方法を探る。

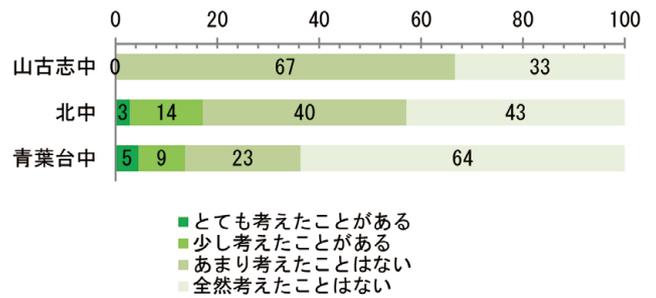


図11 広さや高さを考えたことがあるかの問いの回答

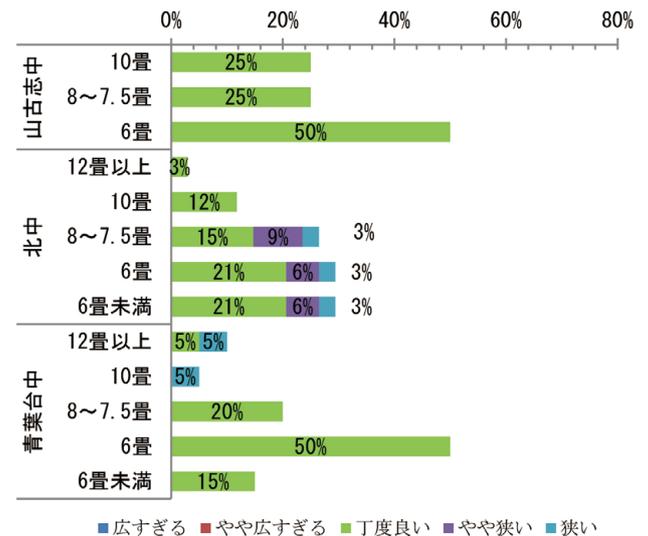


図12 部屋(自宅の自分の部屋)の感覚と広さ

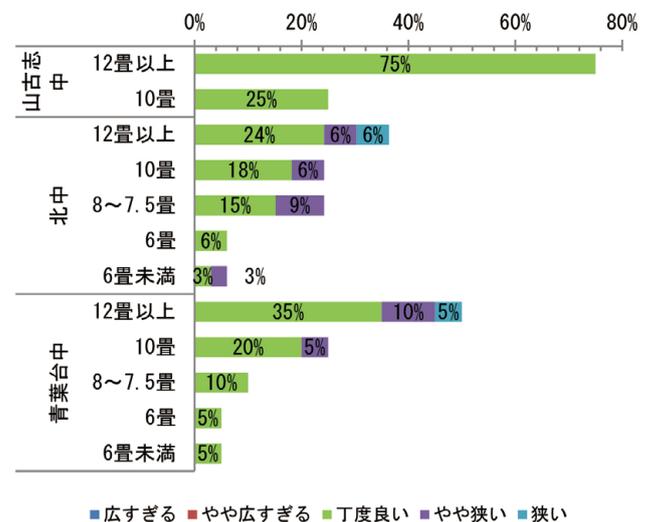


図13 居間(リビング)と自室の比較における感覚と広さ

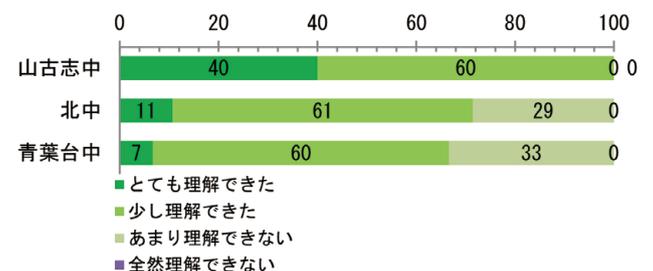


図14 感覚と計測の理解

2) 1/10 畳

■きっかけ

建築講座内にて生徒へ自宅の自分の部屋の大きさを尋ね、6畳や8畳の広さを示す畳の敷き方を黒板に板書してもらったが、「黒板で板書した畳と模型の縮尺の関係が分かっていないのではないか」という声が講座後の意見交換であった。この反省もふまえ山古志中以降、1/10組立模型の土台の上に1/10畳を敷いて6畳や8畳の広さを知ることのできる小さな畳を制作した。また、1/1の畳を用意し1/10と比較する。

■教育方法

講座前の各中学校で行う事前学習では、畳1枚の大きさの記入欄を設けているが、回答率は低い（山古志中0%、北中6%、青葉台中5%）。建築講座当日は、縮尺1/10と尺貫法（1間とは？畳の大きさとは？）について詳しく解説する必要がある。山古志中からは1/10の畳を8枚用意し（写真10）、各中学校の代表者1名に土台の上で1/10の畳を並べてもらい全員で確認する。青葉台中2組以降は、1/10の畳8枚を10班に配布し各班全員で確認する。

調査方法はアンケートにて山古志中以降、講座後に6畳や8畳の部屋の広さと自分の広さの感覚を習得できたのか確認した。青葉台中以降は、長さとの名称と図を選択する形式をアンケートに追加した。

■効果

講座後、広さの感覚を習得できたか確認した。各校の回答は図15に示す。山古志中は少人数のため6人中3人が一緒に畳を敷いて確認したことで全体の理解は高い結果となった。北中は、「とても習得できた」が30%であり、約1割が「習得できなかった」と回答している。また、青葉台中1組は1/10畳8枚を各班に回して敷いてもらい理解を高めようとしたが、主講師の話の聞けなくなる手が止まるなど進行に支障が生じた。この結果、青葉台中2組から各班全員に1/10の畳（80枚）を用意し一斉に敷く作業を行うこととした。広さの感覚を「とても習得できた」と答えた生徒は北中の30%から48%と徐々に高まった。「習得できた」側も100%となった。各班に1/10の畳を配布し並べながら部屋をイメージしたことで全員が広さの感覚の理解が深まったと考えられる。

更に、青葉台中1組は、大きさ、長さの言葉と形（寸法）を正しく理解していた正解率は平均68%であった。一部、図の選択に迷いが見られ、記入方法を間違える生徒も数名いた。問いと図の表現を見やすくする必要がある。また、1組では8枚の畳を回して敷いた結果、全体の正解率67~71%だったと考えられる。青葉台中2組は問いと図の位置を見やすくしたことで、記入方法を間違える生徒はいなかった。2組は1/10の畳を各班に配布したことで大きさについての正解率が平均93%と高い結果になった。

■反省、今後に向けて

今後模型内に入っている参考書や定規など使って分りやすく伝えるための方法が求められる。



写真10 1/10畳を敷いている様子（山古志中）

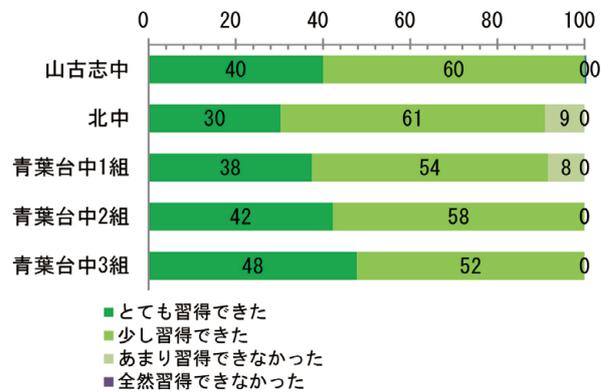


図15 広さの感覚の問いに対する回答

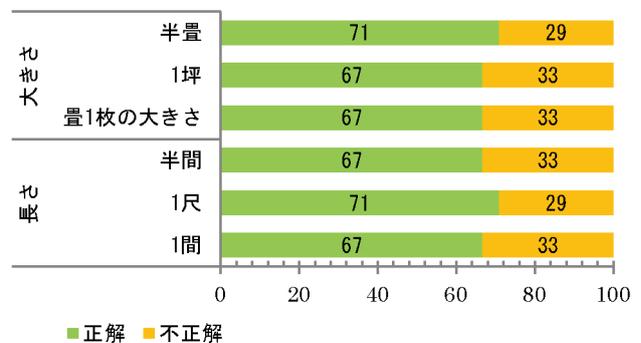


図16 青葉台中1組の回答

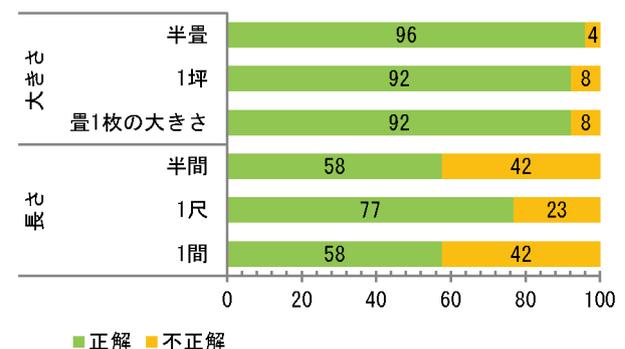


図17 青葉台中2組の回答

3) 1/10 人形

■きっかけ

山古志中から青葉台中3組まで事前学習や1/10 畳など、スケール感覚を高めるため用意をした。しかし、いざ1/10 組立模型で2階建を組立てるとき間取りを決めるまで時間が非常にかかる。1/10 組立模型の3次元に立ち上がった際、一層スケール感覚を把握しやすい仕掛けの必要性を実感した。そこで、1/10の人形を用意し1坪や2階建てを組立てる際、模型内外に入れてスケール感覚を更にも高めることを目指した。

■教育方法

青葉台中2組では1/10の人形は紙を切り抜いた状態だったが、生徒は足の部分を折って、人形を立たせようとしていた。その様子から1/10の人形は立たせるように作り直し、人形の種類も小学生や幼児など増やした。

講座内では1坪タイプ(写真11)の中に入れて1/10の比較や2階建て(写真12,13)を組立てる際間取りをイメージしやすいよう1/10人形を各班に配布した。

■効果

模型を覗いた時、部屋を想像できたのかアンケートで確認した(図18)。青葉台中2組から1/10の人形を用いた結果、模型を覗いて広さを「とても想像できた」と答えた生徒は42%と高まった。全体の理解も92%だった。新たに1/10の人形(大人男女)を各班に配布したことで想像する基準として役立ち、想像できた割合も北中と青葉台中1組より高まった可能性が高い。生徒も組立てながら1/10の人形を模型の中に入れて「この部屋狭いかもしれない」という声があり1/10の人形の効果はあった。また、起振装置で実験する際も模型内に1/10人形を入れた。ゆらゆら揺れている1/10人形の様子から地震をイメージしていたようである。

■反省、今後に向けて

現在大人の男女と子供(幼児と小学生)の1/10人形を用意したが、より親しみやすい中学生の男女の1/10人形も用意し、効果を検証する。

7. まとめ

本年は建築講座の1日目では構造、空間について様々な試みを行った。

- ・構造は今までの建築教育の経験を活かし、新たな要素(アーキテクチャ、制震用筋かい等)を加え、分りやすさを追求しアンケート結果からも効果を実証できた。
- ・空間は、事前学習の効果と1/10の畳と人形の要素により空間把握しやすい教育方法となった。1/10畳などアンケート結果からも理解が高まったことを確認できた。2階建ての設計作業など、間取りのイメージを高める方法を今後も提案する。

本年の経験をもとに、構造教育の新たな方法を探り、研究を引き続き行う。建築講座2日目の環境講座については、その2で報告する。



写真11 1坪タイプに1/10人形を入れる(青葉台中)



写真12 2階建ての模型内に1/10人形(青葉台中)



写真13 模型の1階に1/10人形(青葉台中)

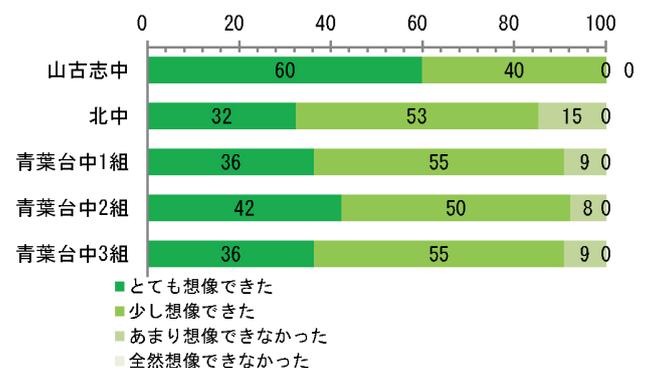


図18 模型を覗いた時部屋を想像できたのかに対する回答

注釈

- ¹ 長岡造形大学 研究員
- ² 長岡造形大学：長岡造形大学研究紀要 第12号、SPP「地震に強い木造の家の仕組みを1/10組立模型で体験してみよう」、pp132-138、2014
- ³ 新潟大学 人文社会・教育科学系 教授（長岡造形大学 非常勤講師）
- ⁴ 三条市教育委員会 三条市科学教育推進事業：第11回わくわく科学フェスティバル 事業のまとめ、p1、2015
内容は以下の通りである。「当日の参加者総数866名」
- ⁵ TAはティーチングアシスタントの略。主に大学生、研究員。
- ⁶ マルク・アントワーン・ロージエ著、三宅理一訳：建築試論、中央公論美術出版、1986.1
1753年に刊行されたマルク・アントワーン・ロージエの建築試論では、建築の原型的形態を「原始の小屋」と称する挿絵で紹介している。