

中学校技術科のガイダンス的な内容において 耐震構造を題材とした教材の開発

魚住 明生*・野村 聡志**

Development of Teaching Material to Earthquake-Proof Construction in Guidance of Technology Education

Akio UOZUMI and Satoshi NOMURA

要 旨

平成 20 年度告示の中学校学習指導要領¹⁾では、小学校での学習を踏まえた中学校技術・家庭科技術分野(以下、中学校技術科とする。)におけるガイダンス的な内容を設定することが示されている。この内容では、本教科を初めて学ぶ生徒たちに、「技術」や「ものづくり」などの概念を理解させると共に、3 年間の学習の見通しをもたせ、技術を学ぶことへの興味・関心を高めることをねらいとしている。中学校技術科の学習において生徒に興味・関心を喚起するためには、生徒が主体的に取り組むことができる実践的・体験的な学習活動が不可欠である。さらに、その活動に必然性があり、生徒の身近な技術事象に関連する活動であれば、生徒の興味・関心を高めることに有効であると考えられる。

本研究では、中学校技術科のガイダンス的な内容において生徒の身近な技術事象に関連づけた、実践的・体験的な学習を取り入れた授業を提案する。具体的には、耐震構造の製作を題材として、簡易式の耐震強度試験機を教材として開発し、それをを用いた学習過程を構築した。

1. はじめに

今日、私たちは自動車やパソコン、携帯電話など、身の回りの様々な技術を活用し、日々の生活を快適に過ごしている。一方、排気ガス等による大気汚染や水質汚染、地球温暖化など様々な環境問題が派生している。これらの解決においても科学技術が必要不可欠である。このように、技術は私たちの生活と密接に関連しており、今後このことはさらに進展すると考える。

21 世紀は新しい知識・情報・技術が政治・経済・文化をはじめ社会のあらゆる領域での活動の基盤として飛躍的に重要性を増す「知識基盤社会」の時代であると言われている。このような社会では、アイデアなど知識そのものや人材をめぐる国際競争を加速させる。一方で、異なる文化や文明との共存や国際協力の必要性を増大させている。学校教育においては、確かな学力、豊かな心、健やかな体の調和を重視する生き

る力をはぐくむことがますます重要になっており、生徒自身が教科の本質を理解し、その教科を学ぶことに意義や課題を見だし、自ら学び、解決していく能力・態度の育成が望まれている。

2008 年に告示された中学校学習指導要領解説技術・家庭編¹⁾では、技術・家庭科の指導を体系的に行う視点から、ガイダンス的な内容を設定し、第 1 学年の最初に履修させることが示されている。この内容では、技術科を初めて学ぶ生徒たちに、「技術」や「ものづくり」などの概念、つまり『技術の本質』を明確化し、その価値を認識させることをねらいとしている。この指導においては、「我が国の生活や産業にかかわるものづくりの技術を取り上げ、これらが我が国の文化や伝統を支えてきたことについても気づかせる」こと、中学校での「3 学年間の学習の見通しをもたせる」ことに配慮することが示されている。このことは、ガイダンス的な内容の授業において、生徒が技術が社会で

* 三重大学教育学部

** 元 三重大学教育学部学生

果たしている役割や環境とのかかわりに興味・関心を持ち、自ら学習し、知識や技能を身につけ、向上していくことを期待していると考え。しかし、この内容に関する研究はまだ緒についたばかりであり、具体的な題材等も開発されておらず、早急に対応することが求められている。

本研究では、中学校技術科のガイダンス的な内容において、生徒が技術の本質を理解し、技術への興味・関心を高めることをねらいとして、生徒の身近な事象に関連つけた題材を設定し、実践的・体験的な学習活動を取り入れた学習過程を構築することを目的としている。

2. 先行の授業実践とその検討

研究を進めるにあたり、三重県内の附属中学校1年生4クラスを対象に、2単位時間（50分×2回）の授業（ここでは、この授業を「先行の授業実践」とする。）を行った。授業での題材は、「地震に強い家を考えよう」である。この題材を取り上げた理由として、以下のことが挙げられる。

古来より人類は、洪水や台風、火災、地震といった自然災害等の様々な脅威に瀕してきた。その自然災害から身を守るため、人類は自然と共存し、安全かつ安心した暮らしを得るための知恵として『技術』を創造してきたと考える。その中でも、日本は1年に3,000回以上も地震が起こる地域に属し、東日本大震災や兵庫県南部地震、新潟県中越地震では、甚大な被害が出ている。近々、三重県においても東海地震と東南海地震、南海地震が連動した巨大地震が起こることが予想されている。私たちにとって地震は差し迫った脅威であり、その備えとして耐震等の技術が創造されている。ここでは、生活に必要な不可欠な家屋における耐震を題材として取り上げることで、生徒は自らのものとして学習課題を受け止め、自身の生活と関連させて考え、積極的に取り組むことが期待できる。

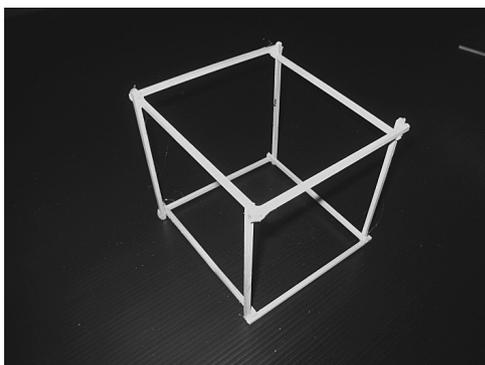


図1 家屋の基本構造模型

この授業実践の第1時では、まず人類がなぜ技術を創造したのかを説明した後、近々東海地震が起こる危険性が高いことと、それに備えた家屋の耐震が大切であることを示す。次に、木造一戸建ての家屋を想定した立方体の基本構造模型（図1）を提示し、地震に耐えられる丈夫な構造を考えることを説明する。その際、丈夫な構造の例として鉄橋や東京タワー等の写真を提示し、どのような構造が丈夫であるかを学習プリントをもとに考えさせる。

最後に、以上のことを基にして耐震構造についてグループごとに話し合わせ、考えさせて、基本構造模型を補強を施させる。この授業の本時案（第1時）を資料1に、この授業で使用した学習プリントを資料2に示す。

第2時では、前時に補強を施した基本構造模型を用いて耐久コンテストを行う。まず、コンテストを行う前に、各グループごとに自分たちの工夫を1分程度で紹介させる。耐久コンテストは、自分たちが補強を施した基本構造模型がどれだけの荷重まで耐えられるかを競わせるために、模型の上に約1~2kgの鉄の錘を1個ずつ載せていき、その荷重に5秒間崩れずに耐えることができれば、次の錘を載せるという方法で実施する。なお、錘は全部で9個（最大荷重：20kg）用意した。最後に、多くの錘を載せることのできたグループの模型に見られる共通の工夫点を発見させる。この授業の本時案（第2時）を資料3に、この授業で使用した学習プリントを資料4に示す。

2. 2 授業の検討

先行の授業実践を検討するために、授業後に生徒（2学級、80名）が学習プリントに記述した内容を分類した。その結果を以下に示す。

【分かったこと】

- ・向かい合った面だけでなく、側面全面に補強することが必要。：13件
- ・おもりを載せるとき、そっと載せると崩れない。：5件
- ・学校の耐震にも意味があり、大切。：4件
- ・崩れる時は平行四辺形になって崩れる。：4件
- ・三角形の構造にすると強くなる。：3件
- ・1つのおもりが載ったらほとんどの確率で全部のおもりが載る。：1件
- ・おもりを載せるときのバランスが大切。：1件
- ・ほとんどの班が三角形の補強を行っていた。：1件

【思ったこと】

- ・思ったよりおもりに耐えられてびっくりした。：15件
- ・ドキドキしておもしろかった。楽しかった。：8件

- ・ボンドのくっつけ方がダメだったから崩れてしまった。くっつけ方がかんじんだと思った。：5件
- ・崩れなくてつまらなかった。：5件
- ・デザインも大切だと思った。：3件
- ・自分の家は大丈夫か心配になった。：3件
- ・崩れてしまい、悔しかった。：2件
- ・学校だけでなく他の場所の耐震も見つきたい。：2件
- ・揺れなかったら地震じゃない。：2件
- ・耐震は建物にはなくてはならないものだと思った。：1件
- ・地震が起きた時の耐震方法はいろいろあっておもしろかった。：1件
- ・地震の耐震はだれが考えたのか。：1件
- ・三角形の力ってすごいと思った。：1件
- ・今は三角形で今後の地震の対策をとっているのだと思った。：1件
- ・バランスも大切だと思った。：1件

生徒が学習プリントに記述した【分かったこと】と【思ったこと】の分類から、「崩れるか、崩れないかドキドキしておもしろかった。」「思ったよりもおもりに耐えられてびっくりした。」という記述が多数見られ、生徒がコンテスト形式の授業に興味・関心を示していることが窺える。また、「自分の家は大丈夫か心配になった。」「耐震の構造を探してみたいと思った。」という記述から、生徒がコンテストで学んだことを身のまわりの事象と関連づけていることが分かった。一方、「揺れなかったら地震じゃない。」という記述も見受けられた。生徒の工夫の中に揺れに耐えることを想定したもの（例えば、柱から地面に突っ張り棒を付けるというようなもの。）も多く見られた。模型の上から荷重を加えるというコンテストのやり方が地震のイメージからかけ離れていたのではないかと考える。実際、生徒が地震の揺れに耐えるようにした工夫は、本授業実践では十分に機能しなかった。また、生徒の感想からは、授業への興味・関心を示す記述は見られたが、技術そのものへのものはあまり見られなかった。ガイダンス的な内容のねらいとコンテストのねらいが乖離していることが考えられる。具体的には、三角形の構造（トラス構造）が強いことが分かったや、耐震を行うことが大切だという記述はあっても、技術と人間の関わりまで考察するようなものは見られなかった。中には、崩れなくてつまらなかったという感想も見られ、生徒が耐久コンテストの目的を誤って捉えていることが分かった。

以上のことから、耐震を題材として生徒に技術の本質への気づきを促すためには、地震が生徒にとって差し迫った脅威であり、その脅威から身を守るためには耐震技術が必要であることを自らの課題として捉える

ことができる学習を組織する必要がある。先行の授業実践での耐久コンテストのように、荷重を積載して構造の工夫を競うものでは現実からかけ離れており、生徒は自らの課題として受け止めることができないと考える。以上のことから、本研究では、地震の揺れに対する家屋の構造を工夫し、どれだけの震度の揺れに耐えることができるかを実験で検証する学習を組織するために、地震の揺れを再現できる教材を開発し、それを用いた学習過程を構築することとした。

3. 教材の開発

3. 1 教材開発のコンセプト

地震の揺れを再現できる教材を開発するにおいて、本研究では以下の4点を基本方針とした。

【教材開発の基本方針】

- ・実際の地震の震度に対応した揺れを再現でき、揺れの大きさを調節できる。
- ・技術科における授業時数削減を考慮して、2単位時間の授業で実施することができる。
- ・比較的簡単な機構で、容易に製作できる。
- ・学校現場において入手しやすい材料で製作でき、安価である。

これらのことを基にして、地震の揺れを再現できる教材を開発するために、既往の研究と地震の揺れに関わる要素について検討した。

3. 2 教材の検討

3. 2. 1 既往の研究の検討

名古屋大学の福和ら²⁾が広く市民に防災意識を啓発し、耐震化を促す振動実験教材として「ぶるる」という教材を開発している。「ぶるる」は、「手回しぶるる」と「電動ぶるる」「台車ぶるる」「紙ぶるる」等、様々な種類の教材が開発されている。本研究では、手回しハンドルを回転させることにより振動台を水平方向に振動させる「手回しぶるる」と、その手回し型を電動式にし、一定かつ再現性のある揺れを起こすことができる「電動ぶるる」の2つの教材の仕組みを参考にし、教材を開発することとした。

3. 2. 2 地震について

(1) 建物の固有周期と地震による共振

地震には揺れははじめから終わりまで様々な周期の揺れが混在している。過去の地震では、1秒以下の短い周期の揺れの方が揺れの強さが大きく、建物に与える影響も大きい傾向があることが分かっている。過去に発生した地震とその周期を表1に示す。

建物は、地震動が到達すればそれにより振動する。

表1 過去に起こった地震と周期

過去に発生した地震	周期 (秒)
阪神・淡路大震災	0.40~1.00
十勝沖地震	3.40~7.50
鳥取県西部地震	0.60~0.90
芸予地震	0.20~0.25
宮城県北部地震	0.90~1.80

表2 震度階級と加速度の関係

震度	加速度 (m/s ²)
震度4	0.4~ 1.1
震度5弱	1.1~ 2.4
震度5強	2.4~ 5.2
震度6弱	5.2~ 8.3
震度6強	8.3~15.0
震度7	15.0~

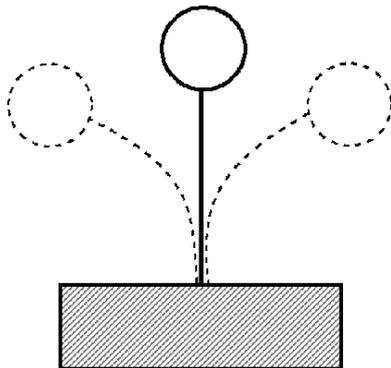


図2 倒立振り子

建物は、簡単に考えれば図2のような錘を板ばねで支えている倒立振り子と同じである。この振り子は押すと板ばねの剛さと重さで決定される一定の周期で振動する。これを固有周期という。倒立振り子では、錘の重さは建物の重量に相当し、振り子のバネの剛さは建物の構造や材料によって決まる剛さに相当する。剛いほど周期は短くなる。

建物の固有周期と同じ周期の地震動が入ると建物の揺れは大きくなる。これを共振という。例えば、建物の周期が1秒であるとする。地震動の周期も1秒であるとする。まず最初に、振動によって建物が+方向に動き出す。1秒後、建物は元の状態に戻るが、そのとき、+方向に速度をもっている。その時に再び+方向に力が働くと、建物はもっと大きく+方向へ動く。こうして繰り返すごとに建物は大きく動くようになる。これが共振現象である。

(2) 加速度について

地震は、地殻が何らかの原因により破壊し、そこからの波動により地面が振動する現象である。このような、地殻の断層運動で生じ、地球内部を伝播する弾性波を地震動という。地震動には、大きく分けてP波とS波、表面波の3種類の弾性波がある。伝播速度はP波、S波、表面波の順に早く、振動周期は、0.1~数秒程度でありP波、S波、表面波の順に長い。

地震の大きさの程度を表すものの1つに震度がある。震度は各土地の揺れの強さの程度を表し、震度0~7の8段階と5弱、5強、6弱、6強の計10段階で表わされる。震度階の大きさは、機器により観測した加速

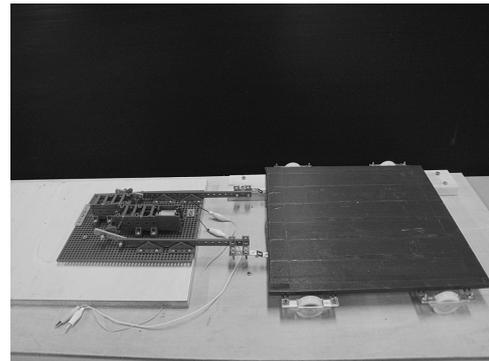


図3 開発した教材『簡易耐震強度試験機』

度波形から計算される。一般に震源または震央から遠いほど小さくなる。計測震度の計算には、加速度の大きさの他にも、揺れの周期や継続時間が考慮され、最大加速度が大きい場所が震度も大きくなるとは限らない。強震動は地震や観測点の地盤や地形などによって異なる。ここで、気象庁震度階級による各々の震度に相当する加速度³⁾を表2に示す。

開発した教材『簡易耐震強度試験機』を図3に示す。この教材は、既往の研究での教材「ぶるる」の仕組みを参考にし、往復スライダ・クランク機構を用いて、モーターの回転運動を振動板の水平運動に変換し、振動させるものである。なお、教材の振幅は一定で、加える電圧を可変させ周波数を増減させることにより、振動の加速度を調整できる。

教材には、市販のギアボックスや車輪、合板等、学校現場において比較的簡単に、安価に入手できるものを使用している。この教材に使用した材料を表3に、教材の全体図を資料5に示す。

補強を施す家屋の基本構造模型には先行の授業実践と同様のもの(図1)を使用するが、教材の振動をより実際の地震動に近づけるためには相似則を考える必要がある。相似則とは、「縮小した実験供試体を使用する実験を行う場合には、相似則を考慮して適切に実験供試体の設計・製作を行うとともに、加振条件を設定する。」⁴⁾ことである。

基本構造模型の大きさは各辺150mmである。木造一戸建ての家屋の重さを30t(延床面積130㎡の

表3 教材に使用した材料

名称	規格	数量
モーター	マブチ DC モーター RE 260 RA	1
ギヤボックス	キクイチ・ダイレクトギヤボックス	2
合板	300 mm×300 mm×8 mm	1
	400 mm×300 mm×15 mm	1
	1000 mm×400 mm×6 mm	1
基盤	キクイチ・ベースユニット	2
ラック & ピニオン	キクイチ・ラックフレームセット	2
車輪	直径 350 mm	4

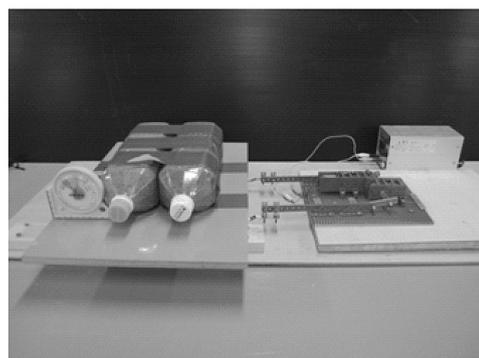


図4 振動実験のセッティング図

$$m = \left(\frac{S_L - 1}{S_L^3} \right) M \quad (1)$$

(m:模型の重さ S_L :縮尺率 M:木造家屋の重さ)

時)⁵⁾とすると、この模型の縮尺率 S_L は $\sqrt{130} / 0.15 \approx 76$ となる。1/76に縮尺した模型の重さを m とすると、 m は(1)より5.12 kgと求められる。

ここで、相似則を満足するには、質量の次元が2乗で、体積の次元が3乗であることから、密度は-1乗の次元となる。そのため、実際の構造物よりも大きな密度の材料を用いる必要があることになる。実験では、木造の家屋を想定しており、材料が同じであることから密度は調整することはできない。そのため、相似則を満足できないことになる。これを解決するために、別途付加質量をかけて調整する必要がある。この付加すべき質量 Δm も同様の式より、 5.87×10^{-4} kgと求められる。しかし、この Δm は非常に小さい値であるため、考慮しなくてよいものとする。よって、本教材では約5 kgのおもりをのせて振動することが求められる。この荷重において揺れの速度をなるべく落とさず、出力のトルクを大きくするために、ギヤボックスを2つ連結させることで対応した。このことにより、2171:1のギヤ比を設定することができた。

3. 3 教材の振動実験

開発した教材の機能を検証することを目的として、振動実験を行った。まず、実験に用いた器具を以下に示す。

- ・安定化電源 DK-806
- ・ワニ口クリップ導線
- ・錘 5 kg
- ・家屋の基本構造模型
- ・数取器

3. 3. 1 実験の方法

実験では、図4のように器具等を設置し、振動板の上に5 kgの錘を載せて振動させ、その時の電圧、周期、加速度を計測した。なお、錘は2リットルのペッ



図5 傾斜角度測定器

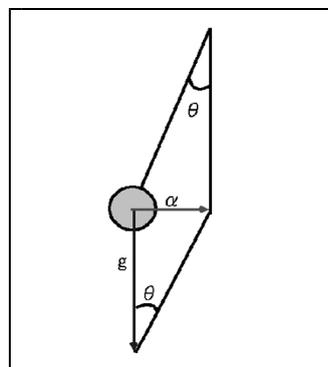


図6 加速度と角度の関係図

トボトルに砂をつめたものを使用する。周期は、1分間に何回振動したかを記録し、60/回数(秒)の式から求めた。加速度は、市販の傾斜角度測定器⁶⁾(図5)を用いて、振動板が振動した時の鉛直方向となす角 θ を求め、その角度から $\tan \theta$ を算出して求めた(図6)。

$$\tan \theta = \frac{\alpha \text{ 水平方向の力 (加速度)}}{g \text{ 鉛直方向の力 (重力)}} \quad (2)$$

$$\therefore \text{ 加速度 : } \alpha = \tan \theta \times g$$

なお、本研究で使用したモーターは、定格電圧が3.0 Vであるため、1.3 V~3.0 Vまでの電圧をかけて計測した。

表4 教材における振動実験の結果

電圧 (V)	周期 (秒)	加速度 (m/s^2)
1.3	0.95	0.44
1.4	0.82	0.67
1.5	0.75	0.89
1.6	0.61	1.11
1.7	0.60	1.11
1.8	0.58	1.56
1.9	0.53	2.22
2.0	0.52	2.22
2.1	0.50	4.44
2.2	0.47	5.11
2.3	0.46	5.56
2.4	0.45	6.67
2.5	0.43	6.67
2.6	0.42	7.78
2.7	0.41	7.78
2.8	0.41	8.89
2.9	0.39	8.89
3.0	0.39	9.33

表5 震度と加速度、電圧における加速度

震度	加速度 (m/s^2)	電圧 (V)
震度4	0.4~1.1	1.3~1.4
震度5弱	1.1~2.4	1.5~2.0
震度5強	2.4~5.2	2.1~2.2
震度6弱	5.2~8.3	2.3~2.7
震度6強	8.3~15.0	2.8~3.0

3. 3. 2 実験の結果

開発した教材の振動実験から得た結果を表4に示す。

周期の計測結果と表2を対比して、この教材の周期は地震動の周期の範囲内にあることが示された。震度と加速度、電圧の関係を表5に示す。

この実験の結果から、この教材は概ね震度4~震度6強までの揺れを再現できることが分かった。その後、基本構造模型を振動台に載せ振動実験を行ったところ、震度5弱の揺れで破損することを確認した。以上のことより、本研究で開発した教材『簡易耐震強度試験機』が地震の揺れを再現できることがわかった。なお、本教材が再現できるのは揺れの加速度であり、震度そのものを再現するものではない。

4. 学習過程の構築

中学校技術・家庭科技術分野のガイダンス的な内容の授業において、開発した教材を用いた学習過程を構築する。具体的には、先行の授業実践の検討と、ここでの新学習指導要領の検討をもとに、ガイダンス的な

内容における学習過程を構築する。

4. 1 学習指導要領の検討

新学習指導要領の検討では、中学校学習指導要領解説技術・家庭編¹⁾を基にして行うこととした。技術分野を学ぶ意義は、知識や技術を習得させるとともに、実践的・体験的な学習活動を通して技術を適切に評価し、工夫・創造して活用する能力と態度の育成である。そのために、3年間の学びに見通しを立てさせ、体系的な学習指導をすることが求められる。

今回の学習指導要領の改訂で、第1学年の最初に、ガイダンス的な内容の指導が位置づけられた。ガイダンス的な内容は、技術分野の中の「A材料と加工に関する技術」に含まれ、「(1)生活や産業の中で利用されている技術」での指導内容として、次のア、イのことが示されている。

ア 技術が生活の向上や産業の継承と発展に果たしている役割について考えること。

イ 技術の進展と環境との関係について考えること。

この内容では、技術が人間の生活を向上させ、我が国における産業の継承と発展に影響を与えていることや、技術が環境問題の原因と解決に深くかかわっていることに気づかせ、社会に果たしている役割と技術の進展と環境との関係について関心を持たせることをねらいとしている。また、この指導では、伝統的な製品や建築物に見られる技術が我が国の文化や伝統を支えてきたことや、技術の進展が資源やエネルギーの有効利用、自然環境の保全に貢献していることについても気づかせることに配慮するよう示されている。

4. 2 構築した学習過程

題材：「地震に強い家を考えよう」において構築した学習過程を、導入、展開、終末の3つの部分に分けて、以下に解説する。なお、生徒の中には実際に震災を体験し、地震へのトラウマがある場合も考えられることから、事前に生徒の地震に対する意識を把握するアンケートを実施する。もし、生徒の中に地震へのトラウマ等がある者がいる場合は、題材の取り扱い方には十分に留意することとする。

(1) 導入

導入では、まず生徒に身近にある技術について考えさせ、発表させる。出された意見を基にして、自分たちの身の回りにはたくさんの技術が活用され、そのことにより快適な生活を営むことができていることに気づかせる。その後、技術が創造されてきた経緯として、人類が自然の中で生活していく過程で、様々な自然の脅威に直面していたこと、それらの脅威から命を守るために技術を創造し、自然と共存してきたことを示す。特に、日本では地震により大きな被害が出ていること

や、近々巨大地震が起こる危険性が高いこと、地震は身近な脅威であることを、地震の起きた地域の様子の写真や地震による死者数、倒壊した建物の数などを提示することで伝える。このような地震から身を守り、安全な生活を得るための手段として、耐震技術等が重要であることを説明する。導入部のまとめとして、本時は人類が技術を創造してきた歴史を振り返る活動として、木造家屋の基本構造模型に補強を施し、地震に強い構造にすることを伝える。

(2) 展開

展開での学習活動は大きく2つの内容に分かれている。1つは基本構造模型の補強と、もう1つは補強した模型の強度を測る耐震強度試験である。基本構造模型の補強では、まず学習プリントを配り、各自で地震に強い補強を考える。その後、グループで個々の考えたことを相互に発表し、話し合い、意見をまとめる。意見がまとまったグループは配られた基本構造模型に配布された材料を用いて補強を施していく。材料の接着には先行の授業実践と同様にグルーガンを使用する。このとき、基本構造模型は家屋を想定したものであり、室内を横切る補強は実際にはありえないこと、限りある資源を大切にすること、模型の上面には屋根があることから、(1) 空間を遮るような工夫はしない。(2) より少ない材料で補強を施す。(3) 模型の上面を飛び出すような工夫はしない。という補強する上での3つのルールを設定した。

耐震強度試験においては、補強を施した基本構造模型の上に約5kgの錘を載せ、開発した教材『簡易耐震強度試験機』を用いて振動させる。自分たちが補強した模型が震度いくつまで耐えることができるのかを観察し、その結果を配布した記録用紙に記録させる。1班から順に2班ずつ試験を行う。振動に対して、5秒間破損せずに耐えることができれば、その震度に対して耐震性能があるとする。なお、時間の計測は指導者が行う。振動に耐えられず、破損した際は、その直前の震度を記録用紙に記録する。コンテストの基準として、室内に見立てた空間が完全に壊れてしまうのを破損とする。全班の試験が終了後、展開部のまとめとして、その結果からどのような構造が地震に強いのかを考えさせる。

(3) 終末

終末では、本時のまとめを行う。耐震強度試験の結果を振り返りながら、柱と柱の間の空間を三角形に区切るように斜めの筋交いを入れるように補強すると強くなることを確認する。さらに、地震に強い伝統的な構造が使われている建物の例として、法隆寺の五重塔^{7・8)}と東京スカイツリー⁹⁾の構造を紹介する。法隆寺の五重塔は、これまでに地震による倒壊例がなく、

耐震性に優れた建物と言われている。その高い耐震性の理由には「心柱」が大きな役割を果たしていると考えられている。心柱とは仏塔などの中心部に建てた柱のことをいい、振動を減衰させる「かんぬき」のような働きをする。東京スカイツリーはこの伝統的な構造と質量付加機構と呼ばれる現代の制震技術を応用している。質量付加機構とは、地震時などに、構造物本体とタイミングがずれて振動する付加質量(=錘)を加えることで、本体と錘の揺れを相殺させて、構造物全体の揺れを抑制する制震システムである。東京スカイツリーではこの錘に心柱が用いられていることを説明する。最後に、本時の授業のまとめとして、次の3点を確認する。

- ① 人類は自然災害から身を守り、生活を豊かにするために技術を創造してきたこと。
- ② 技術が進歩し、生活が豊かになる一方で排気ガスや水質汚染等の様々な環境問題が起こっていること。
- ③ これらの解決においても新しい技術が求められていること。

以上のようにして構築したガイダンス的な内容における授業の本時案を、資料6に示す。

5. おわりに

本研究は、中学校技術科のガイダンス的な内容において、実践的・体験的な学習を取り入れた授業を提案することを目的として行った。まず、先行の授業実践の検討し、その成果と課題を明らかにした。次に、それらを基に、既往の研究での振動実験教材を参考にし、地震の揺れを再現できる教材を開発した。さらに、授業実施の準備段階として開発した教材の有効性を検証することを目的に、この教材を用いた振動実験を行った。最後に、先行の授業実践、並びに新学習指導要領の検討結果を基にして、ガイダンス的な内容における実践的・体験的な学習活動を取り入れた学習過程を構築した。

今後の課題として、本教材では最大震度が震度7以上の揺れや、長周期の揺れが再現できないことが挙げられる。これらのことを再現できるように、教材を改良する。また、本研究では耐震補強の視点からしか実験ができなかったが、今後は免震や制震についても実験できるような基本構造模型へ追加する部材を検討する必要がある。さらに、今後、開発した教材と構築した学習過程を用いて授業実践を行い、学校現場での有用性を実証的に検討していくこととする。

附 記

本論文は、野村聡志の作成した論文（2010年度三重大学教育学部卒業論文）を基に、指導教員であった魚住明生がまとめ直したものである。

文 献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭編（2008）
- 2) 福和和夫、原徹夫、小出栄治、倉田和己、鶴田庸介：建物耐震化促進のための振動実験教材の開発、日本建築学会技術報告集（22）、p. 613（2005）
- 3) 国土庁：地震被害想定マニュアル（2001）
- 4) 独立行政法人土木研究所耐震研究グループ耐震チーム：橋の耐震性能の評価に活用する実験に関するガイドライン（案）（橋脚の正負交番載荷実験方法及び振動台実験方法）、p.32（2006）
- 5) 「耐震」＋「制震」MGEO（エムジオ）ミサワホーム
<http://www.misawa.co.jp/kodate/tokutyou/pop-up/mgeo/about/structure/index.html>（参照 2010/10/20）
- 6) ダイソーの「傾斜時計」
<http://www.2.hamajima.co.jp/~tenjin/labo/kasoku/kasoku.htm>
（参照 2010/09/20）
- 7) 法隆寺の話
<http://www.seizuyoushiya.com/gojyuunotou.htm>
（参照 2010/09/29）
- 8) 法隆寺は耐震設計の教科書【プラント地震防災アソシエイツ】
<http://pedpa.co.jp/library/tower.html>（参照 2010/01/13）
- 9) 日建設計 東京スカイツリー設計プロジェクト 構造技術の紹介
<http://www.nikken.co.jp/ja/skytree/structure>
（参照 2010/09/29）

中学校技術科のガイダンス的な内容において耐震構造を題材とした教材の開発

資料1 先行の授業実践での本時案（第1時）

○目標

- ・技術を学習する意味を考えることができる。
- ・地震に強い家にするには、どうすればいいかを考え、実習を通して、班で協力して、形にすることができる。
- ・けがに注意し、安全に作業することができる。

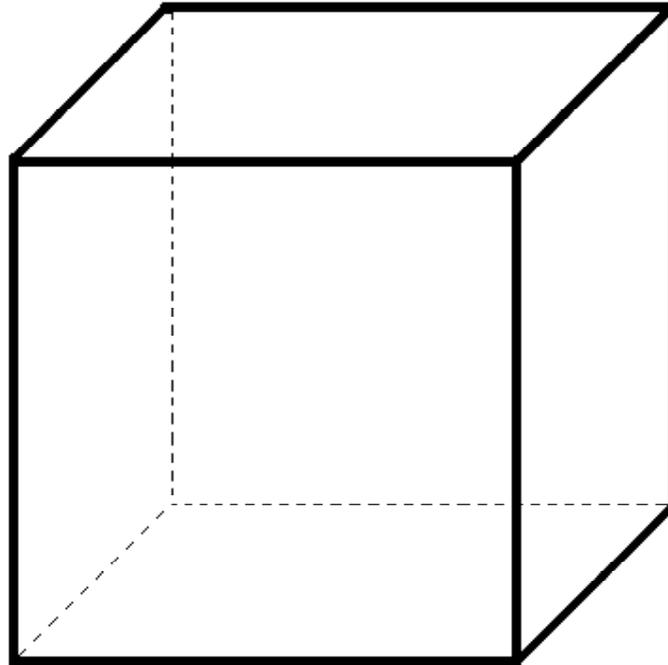
○準備物：割りばし、基本構造模型、グルーガン、ダンボール、学習プリント、ハサミ、ニッパー

学 習 活 動	時 間	指 導 上 の 留 意 点
1. 技術について考える。	7分	<ul style="list-style-type: none"> ・「今、私たちの身の回りにある技術と聞いて、何を思いうかべますか。」と発問し、発表させる。 ・生徒からは、「テレビ」、「エアコン」、「自動車」などの発言が予想される。 ・ある程度発言が出たら、なぜこのような技術が創造されてきたのかを考えさせる。
2. 本時の学習内容を聞き確認する。	2分	<ul style="list-style-type: none"> ・「今後30年以内に東海地震が起こるというニュースをよく耳にします。それと同時に、耐震工事という言葉もよく聞くようになりましたね。今日はその、地震と耐震工事について考えてみましょう。」と伝え、授業への導入を図る。 ・学習プリントを配布し、プリントの図に自分の考えをかき込ませる。
3. 丈夫な構造を考える。	3分	<ul style="list-style-type: none"> ・実習の手順・注意事項を演示しながら説明する。
4. 実習の手順、注意を聞く。	6分	<p>【実習の手順】</p> <ol style="list-style-type: none"> ①自分の考えた工夫を班で話し合う。 ②話し合ったことを基に補強する。 <p>【注意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○模型に配布された材料をグルーガンで接着し、補強していく。 ○家屋の空間を遮るような補強は禁止する。それ以外の補強は、配布された材料の範囲内であれば認めることとする。
5. 班で話し合い、作業する。	26分	<ul style="list-style-type: none"> ・グルーガンの使い方、注意点を演示しながら説明する。 ・家屋の基本構造模型を配り、補強を行わせる。 ・机間指導を行い、工夫をしている様子を確認する。 ・机間指導しながら、安全に工具を使い、作業ができていないかを確認する。安全に作業できていない場合は、演示を交えながらその場で指導する。
6. 片付けをし、次時の予定を聞く。	5分	<ul style="list-style-type: none"> ・終了5分前になったら作業を終わらせ、片付けをするように指示する。 ・次時に耐久コンテストを行うことを告げ、補強ができていない班は次時まで完成させておくように伝える。

丈夫な構造を考えよう

組 番 班 名前 _____

下の図に丈夫な構造にする工夫をかき加えてみましょう。



工夫した点

•

•

•

丈夫な構造の例

①鉄橋



②タワー



中学校技術科のガイダンス的な内容において耐震構造を題材とした教材の開発

資料3 先行の授業実践での本時案（第2時）

○目標

- ・耐久コンテストを通して構造を丈夫にする工夫、技術の大切さを考えることができる。

○準備物：錘、構造の図、記録用紙、補強した基本構造模型、筆記用具、前回の学習プリント

学習活動	時間	指導上の留意点
1. 本時の学習の内容を聞き確認する。	3分	<ul style="list-style-type: none"> ・授業が始まるまでに、前時に補強した家屋の基本構造模型を取りに行かせる。 ・「今日は、前回丈夫にしたみんなの家の耐久性を競う、耐久コンテストを行います。」と伝え、授業の導入を図る。
2. 耐久コンテストの方法や注意点を聞く。	2分	<ul style="list-style-type: none"> ・耐久コンテストの手順、方法を演示ながら説明する。 ・「耐久コンテストは、地震で土砂が崩れて、家の上に堆積したという設定で行います。」と説明する。 <p>【コンテストの手順】</p> <ol style="list-style-type: none"> ①1班から順に2班ずつコンテストを行う。 ②コンテストの前に、班で工夫した点を発表させる。 ③コンテストでは、模型の上に錘を乗せていき、荷重にどれだけ耐えられるのかを競う。 ④荷重に対して5秒間耐えることができれば合格とする。計時は指導者が行う。 ⑤荷重に耐えきれず、破損した際は壊れる直前の荷重を記録用紙に記録する。なお、コンテストの基準として、部屋に見立てた空間が完全に壊れてしまうことを破損とする。
3. 耐久コンテストを行う。	25分	<ul style="list-style-type: none"> ・記録用紙を配布する。 ・教室前方の2つの机でコンテストを行う。 ・コンテストをしていない班は、している班の模型の様子をよく観察するように指導する。
4. 授業のまとめをする。	15分	<ul style="list-style-type: none"> ・全ての班がコンテストを終えたら、授業のまとめを行う。 ・構造を丈夫にする工夫を図と模型を用いて説明する。 <p>【構造を丈夫にする工夫】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○柱は上からかかる力(伸び縮みの力)には強いが、横方向のからかかる力(曲げる力)には弱い。 ○柱を梁(横方向の木材)でつないただけでは横方向の力がかかると歪んでしまう。 ○地震の時に建物が壊れるのは、曲げる力が加わり変形することで起こる。地震に強い建物を作るには、材料に曲げる力が加わらないようにする。 ○筋交いという斜めの木材を入れると変形しにくくなる。柱と筋交いの間の空間は三角形に分けられる。これに横から曲げる力を加えると、曲げる力が伸び縮みの力に変わる。
5. 後片付けをする。	5分	<ul style="list-style-type: none"> ・校内で見られる耐震構造を示し、様々な技術が人間の生活を守るために考えられてきたことを説明し、技術が社会に果たしている役割を考えさせる。 ・授業の感想とわかったことをプリントに書き込ませる。 ・片づけをする。 ・補強した基本構造模型と記録用紙、前時の学習プリントを回収する。

耐久コンテスト ～ 記録用紙 ～

組 番 班 名前

【耐久コンテストのルール】

- コンテストは、おもりの荷重にどれだけ耐えられるか、耐久性を競う。
- おもりの荷重に5秒間耐えることができれば、合格とする。
- 荷重に耐えきれず、破損してしまったら、その直前のおもりの重さをこの用紙に記入する。
- コンテストをしていない班は、している班の構造の工夫を探すようにしっかりと観察する。

記録：おもり 個（ kg）

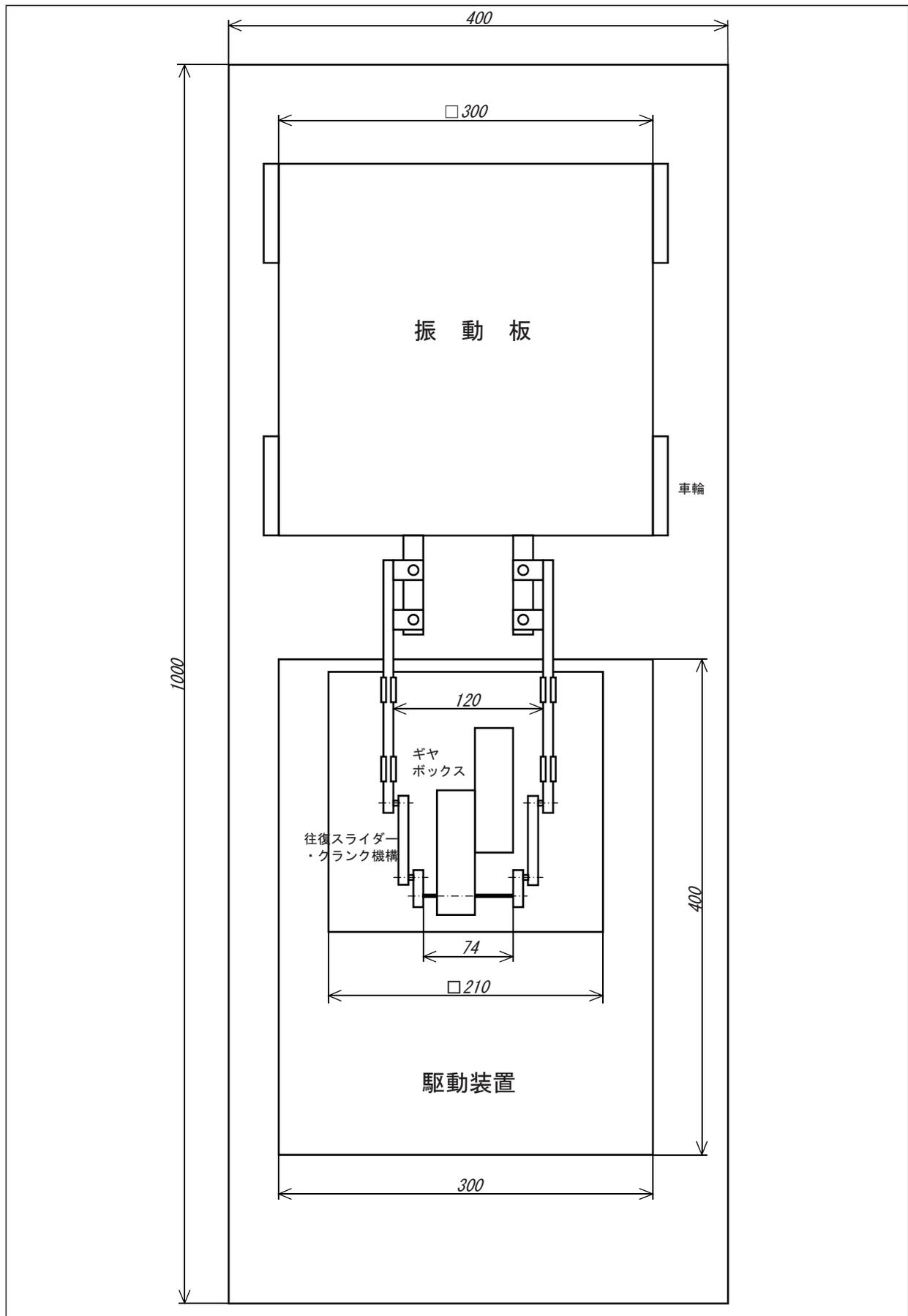
他の班の良いところ

コンテストを終えて、わかったこと、思ったこと。

【わかったこと】

【思ったこと】

資料5 教材『簡易耐震試験機』の全体図



資料6 構築したガイダンス的な内容の授業での本時案（100分）

○目標

・技術の発展が自分たちの生活に与えてきた影響と、果たしている役割について考え、技術に関心をもつ。

○準備物：地震災害での写真、被害数の表、グルーガン、基本構造模型、角材（4mm×4mm）、はさみ、ニッパー、学習プリント、耐震強度試験機、5kgのおもり、記録用紙

学 習 活 動 ・ 内 容	時 間	指 導 上 の 留 意 点
1. 身の回りの技術について考える。	5分	<ul style="list-style-type: none"> 「今、みんなの生活の中には、たくさんの技術が使われています。その技術を見つけてみましょう。」と身の回りの技術に目を向けて考えるよう問いかけを行う。
2. 技術があることで、生活が安全になったことを知る。	3分	<ul style="list-style-type: none"> 出てきた意見を基に、技術が進歩することで自分たちの生活が安全に、便利になっていることに気づかせる。
3. なぜ技術が創造されてきたのかを考える。	4分	<ul style="list-style-type: none"> なぜ、技術が創造されてきたのかを考えさせる。
4. 今、東海地震等の大地震が差し迫った脅威であり、家を丈夫にすることが大切であることを知る。	5分	<ul style="list-style-type: none"> 近々東海地震等の大地震が起きることを紹介し、地震災害被害での写真や数値を見せ、地震が自分たちにとって脅威であることを説明する。 その地震から命を守るには、家屋の耐震が大切であることを説明する。
5. 本時の学習内容を知る。 ・家屋の基本構造模型に補強を加える。 ・耐震強度試験を行う。 ・グルーガンの使い方を知る。	3分	<ul style="list-style-type: none"> 本時は木製の基本構造模型をグループで1個補強し、地震の揺れに耐えるものにする、その後耐震強度試験を行うことを説明する。
6. どのような構造が地震に強いのかまず個人で考え、その後グループで話し合い、丈夫な家の模型を製作する。	30分	<ul style="list-style-type: none"> どのような構造が地震に強いのか個人で考えさせる。 その後、グループで活動させる。作業中は安全に工具を使い、作業できているか机間指導を行う。
7. 耐震強度試験を行う。 ・模型に5kgのおもりを載せて振動させる。 ・どれだけの振動に耐えられるのか見る。 ・より大きな振動に耐えることのできたグループの模型に共通する構造を見つける。	35分	<ul style="list-style-type: none"> 耐震強度試験について、実際に基本構造模型を用いて実演し、説明する。 耐震強度試験の結果から、どのような構造が地震の揺れに強いのか考えさせ、発表させる。 伝統的な建築技術が使われている今の建物の例として、法隆寺、東京スカイツリーについて説明をする。
8. 技術の正面と負の面について気づく。 ・技術の向上が生活を豊かにすること。 ・技術の進歩は環境に影響を及ぼす場合があること。 ・そのことに関する問題にも技術が貢献していること。	10分	<ul style="list-style-type: none"> ものをつくる技術だけでなく、エネルギー変換の技術、生物育成の技術、情報の技術など様々な技術の進歩により、安全で快適な生活が送れていること。一方で、技術の進歩により様々な環境問題が派生していることを気づかせる。 技術の進歩が資源やエネルギーの有効利用、自然環境の保全に貢献していることに気づかせる。
9. 後片づけをする。	5分	<ul style="list-style-type: none"> グループで協力して片づけをさせる。