

ものづくりの見方や考え方を促す授業設計と 学習支援システム開発による技術・家庭科の授業改善に関する研究

実践者：関口実（現任校：名古屋市立桜田中学校）

1 学年

中学2年生

2 題材名

技術・家庭科（技術分野）「技術とものづくり」 防震対策を施した本棚を開発しよう

3 題材の目標

- ア 生活上生じた問題を解決するためにもものをつくることに有効であることに気づき、進んでものづくりに取り組もうとすることができる。（意欲・関心・態度）
- イ ものづくりを問題解決の手段として捉え、実生活で役立てることができる。（考え・工夫）
- ウ ものづくりに必要な知識を生かして、生活上生じた問題の解決に必要なものを設計することができる。（技能）
- エ ものづくりに必要となる構想・設計・製作といった各プロセスについて、その方法や考え方を理解することができる。（知識・理解）

4 題材の構想

4. 1 題材設定の理由

私は、以下のような生徒を育成したいと考え、「技術とものづくり」の学習を実践してきた。

- ・ ものづくりに必要な知識や技能を習得しているだけでなく、ものづくりに必要な構想・設計・製作といった各プロセス（以降「ものづくりの見方や考え方」と記す）について、その方法や考え方を理解している生徒。
- ・ ものづくりを問題解決の手段として捉え、実生活で実践しようとする生徒。

これまでの実践を通じて設計と製作をバランスよく扱い、「技術とものづくり」の学習を実践しようとしてきた。しかし、自分の実践を振り返ってみると、作品完成を重視するあまり設計に十分な時間をかけず、結果的に製作のみを重点的に扱った「技術とものづくり」の学習になっていた。その結果、生徒に作品完成の達成感を感じさせたり、ものづくりに必要な知識や技能を習得させたりすることはできたものの、めざす生徒を育成するには至らなかった。

そこで、本研究で、設計に重視した「技術とものづくり」の学習を実践し、「ものづくりの見方や考え方」を理解し、ものづくりを実生活で生じた問題解決の手段として捉え、実生活で実践しようとする生徒を育成したい。

4. 2 生徒の実態と題材の構想

小学校図画工作におけるものづくりは、ものを作って実生活で生じた問題を解決できることを経験させ学ばせることよりも、作ることの楽しさや自分の手で完成させることの喜びを体

感させることが重視されている。このため、美術的要素を多く含み、試行錯誤を繰り返しながらものを作り出すことをねらった作品製作が多い。本校2年生は、出身小学校による違いはあるものの小学校図画工作を中心に木製パズル、小物入れ、木箱（彫刻が中心）等の製作を通して、ものづくりを経験してきている。その経験から多くの生徒は、ものを作る楽しさや完成したときの喜びを体感してきており、ものづくりを好意的に捉え、興味や関心も高い。

生徒は、小学校4年生理科「電池のはたらき」、5年生理科「てことものの重さ」「ふりこの動きとおもりのはたらき」、6年生理科「電磁石のはたらき」の各単元で物理実験に取り組んできている。この経験から生徒は、「実験することで物理現象の仕組みや原理・原則を学ぶことができる」ということを学習してきている。小学校で学習してきた物理現象の仕組みや原理・原則については、忘れていたり、間違った解釈をしたりしている生徒もいるようであるが、「実験することで何か新しいことを発見できる」「既存の知識を確認したりより深く理解できたりできる」という期待感を強く持っている。

授業や実習を行っている時、座席近くの生徒同士で学習内容を確認し合ったり、分からないことを教え合ったりする姿が見られる。生徒に授業の感想を記録させると、「先生に聞いて分かった」「先生が見せてくれた作品が参考になった」という感想と並び、「〇〇について友達に聞いて分かった」「◇◇さんの作品がとてもすごくて参考になった」などといった感想が見受けられ、生徒同士が教え合っている姿が浮かび上がってくる。教師が個別に指導したり支援したりしながら授業や実習を進めるのと同様、こうした生徒の学び合いを活かしながら授業を進めることが、生徒一人ひとりにとって分かる授業を展開する上で有効な手段となると考える。本校の1年生についても中学校入学して初の授業だったにも関わらず、座席が近い生徒同士で学習内容について確認したり、分からないところを教え合ったりする姿が見られた。そこで、「分からないことや参考にしたいことがあったら座席を離れて自由に友達相談してもいいよ」と指示すると、出身小学校同士の男女別の集団で相談して一定の成果をあげることができた。

以上のことから本校2年生の生徒の実態は、以下のようにまとめられると考える。

- ・ 多くの実験経験から、実験から何か新しいことを発見したり、既存知識の理解を深められたりできることを実感しており、実験に対する期待感が高い。
- ・ ものづくりを好意的に捉えており、ものづくりに対する意欲関心が高いが、ものづくりを実生活に生じた問題を解決する手段として捉えきれていない。
- ・ 仲間と話し合うことで学習内容について理解していることを確認し合ったり、分からないことを教え合ったりすることができる。

4. 3 「見方や考え方」の理解を促す新しい教育方法

学習者が教科における「見方や考え方」を理解し知識を獲得する際、学習者同士の相互作用を促すと同時に、学習への参加過程を変化させながら、学習に取り組ませるように計画して授業を構築することが重要となる [正司和彦 2004]。このことを具体的にある単元を例に述べる

ことにする。図4. 1に示すようにある教科において、その教科の「見方や考え方」の理解を促すために4つの段階を考えることにする。

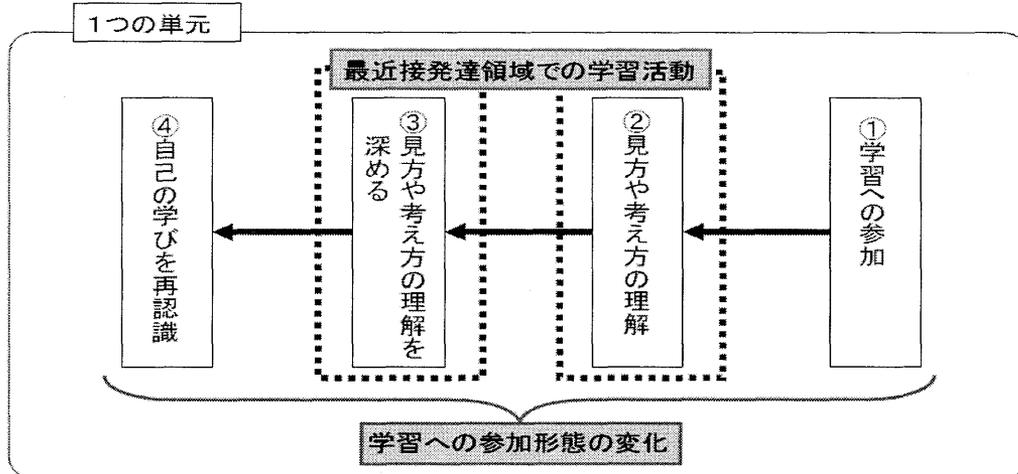


図4. 1 教科の「見方や考え方」の理解を促す単元

その4つの段階とは、①ある課題を通して教科の見方や考え方に出合う段階、②見方や考え方を学ぶ段階、③学んだ見方や考え方を実際に用いて課題の解決に取り組むことで、「見方や考え方」を理解する段階、④上記の3つの段階を振り返って、学びの過程を確認し、自分の学んだことや獲得した知識を再構築する段階である。

①の段階は、学習との出会いである。この段階で大切なことは、生徒の興味・関心を引き出すことであり、単元を貫く課題となるように生徒の実態を十分に把握した上で提示することである。この出会いが、その後の学習段階を成立させるかを左右するといっても過言ではない。

②の段階での課題は、その教科における「見方や考え方」について、初心者とも言える学習者にいかに確実に「見方や考え方」を学ばせることができるかである。確実に「見方や考え方」を学ばせるために相互作用が有効な手段となる。学習者が「見方や考え方」を学んで、知識を得たり、自分の考えを構築する中で、得た知識や考えを共に学んでいる学習者と検討したり、議論し合ったりすることで、互いの最近接発達領域 (Zone of Proximal Development) を刺激し合い、知識や考えを獲得できるのである [ヴィゴツキー1962]。

③の段階では、学びの中級者として②の段階で学んだ「見方や考え方」を実際に用いて、学習を貫く課題の解決に取り組むことで、「見方や考え方」の理解を深める。この段階でも学習者同士の相互作用によって理解を促すことができる。また、この段階で、学びの中級者から上級者への参加形態の変化を促すことができれば、「見方や考え方」の理解をより確実なものにすることができる。

④の段階では、①から③の学習段階を振り返り、これまでの学習で理解し、獲得した「見方や考え方」について、もう一度、自分自身で再確認することで、「見方や考え方」を身に付けた自分自身を自覚し、学びの再構築をすることができる。

この学習の流れは、社会的構成主義の中心的な学習理論となる正統的周辺参加論 [レイヴとヴェンガー1991] と最近接発達領域の場における相互作用論 [ヴィゴツキー1962] に基づき、

構築されている。すなわち、単元全体を構成する際には、達成すべき目的を明確にもった共同体への参加形態を周縁的な参加から中心的な参加へと変化させながら、その共同体に必要な知識や考えを身に付けていくというレイヴとヴェンガーによる正統的周辺参加論 (legitimate peripheral participation:LPP) の考えに基づいている。また、各学習段階での学びについては、最近接発達領域の場において相互作用することが、学びをより高次なものにするというヴィゴツキーの考えに基づいている。

4. 4 「ものづくりの見方や考え方」の理解を促す教育方法

前述の4. 3節の考えに基づき、「ものづくりの見方や考え方」の理解を促す設計学習の授業を構築する。授業の全体像を図4. 2に示す。

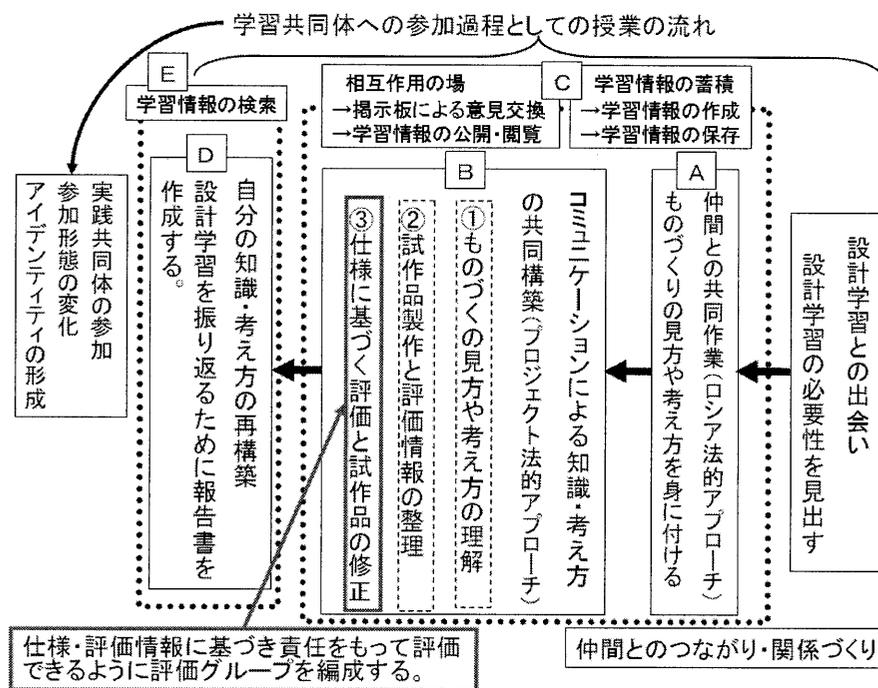


図4. 2 「ものづくりの見方や考え方」の理解を促す設計学習の流れ

まず、集団学習型のロシア法的アプローチを用いて設計学習を行い、学習者の「ものづくりの見方や考え方」の理解を図る(図4. 2 A)。次に、プロジェクト法的アプローチを用いてチームで設計学習する授業へと学習への参加形態を変化させる。集団中心の学習形態からチーム中心の学習形態へ変化させ、チーム内で設計要素担当を決め、個人に学びの責任を与えつつ、製品設計に取り組ませることで「ものづくりの見方や考え方」のさらなる理解を促す(図4. 2 B)。これらの学習活動において、学習システムを用い、相互作用や学習情報の蓄積の場を整える(図4. 2 C)。学習のまとめとして、蓄積された学習情報から設計学習を振り返る報告書を個々の学習者に作成させる。この活動により、学習者は自分の学びを自覚し、知識や考えを再構築し、「ものづくりの見方や考え方」を確認し、さらに理解を深めさせる(図4. 2 D, 図4. 2 E)。

5 指導計画

本実践は「防震対策を施した本棚を開発しよう」という題材を取り扱い、全16時間完了で行う。全体計画を表5. 1に示す。

表5. 1 授業の全体構成

学習段階 (時間数)	具体的な学習	学習者の視点	参加形態
設計学習との出会い (1時間)	資料から地震発生時の被害について再確認し、防震対策の必要性を理解する。	防震の必要性を感じ、設計学習に必要性を感じ、興味・関心を抱くという視点	個人 (集団指導)
オペレーション法的アプローチから「ものづくりの見方・考え方」を理解する。 (3時間)	仕様決定、機能設計、生産設計の見方と各段階で必要となる設計要素を要素ごとに分けて学習する。	ものづくりの見方・考え方を理解する学習者としての視点	個人 (集団指導)
プロジェクト法的アプローチから「ものづくりの見方・考え方」の理解を深める。 (4時間)	ものづくりの見方・考え方を生かして「防震対策を施した製品を開発する」ことを目標に製品を設計する。	ものづくりの見方考え方を生かして製品を設計するという設計者としての視点	開発グループ編成 保護公開承認グループ編成
試作品の製作 (2時間)	設計した作品を試作し、評価情報ファイルにまとめる。		開発グループ
仕様に基づき様々な視点から評価する。 (2時間)	仕様、法律遵守、環境配慮について、担当した設計要素から試作品を評価情報ファイルに基づいて評価する。	設計者からそれらのごとを評価するという評価者の視点に転換。	評価グループ
学んだこと確認し、成長を自覚する。 (2時間)	学習したことを振り返って、報告書を作成する。	学習を振り返り、自身自身の成長を見つめ直す視点	個人

6 準備物

- ・ブリッジコンテスト用材料 … 5mm× 5mm×900mm = 189本
- ・模型製作用材料【CP板】 … 210mm×600mm× 10mm = 42枚
- ・試作品製作材料【アガチス材】 … 210mm×600mm× 10mm = 42枚
- ・学習支援環境開発用ソフト File Maker 6 Unlimited

7 実践の様子

7. 1 設計学習との出会い

図7. 1に示す実験装置を提示して、「一本の角材を吊り橋に見立てて、どれくらいの重り（単二乾電池）をつり下げることができるか、予想しよう」という問いから授業を開始した。生徒は表7. 1に示すように実験内容の説明を聞き、思い思いに予想を立てた。

表7. 1 実験内容

設定項目	設定値
橋脚間	600mm
橋脚下	560mm
重りの位置	両端から300mmに重り
床と重り距離	300mm
材質と寸法	木材(5×5×900)
つり下げ基準	折れる. 重りが床につく.

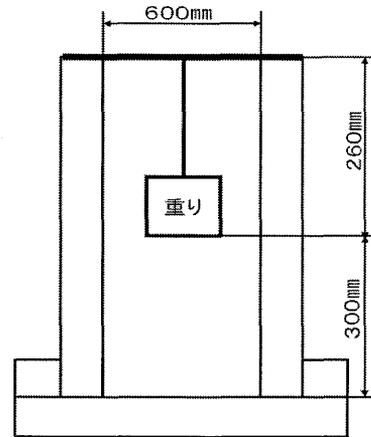


図7. 1 つり下げ実験

吊り橋に見立てた一本の角材に、重り（単二乾電池）を次々とつり下げていく。つり下げられるたびに角材がたわみを増していく。生徒からため息がこぼれる。自然と「今、〇〇個！」と数を数えはじめる生徒。「バシッ」と角材が折れる音が響くと共に、歓声がおこる。実験の結果は12個であった。

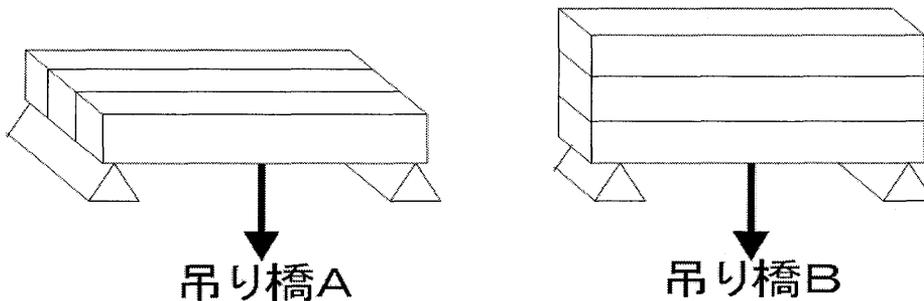


図7. 2 吊り橋Aと吊り橋B

続いて、同じ角材を三本用意して図7. 2のように「吊り橋A」と「吊り橋B」を提示し、「AとBの吊り橋ではどちらが強いか」という問いに対する予想を立て、掲示板に予想と理由を投稿した（図7. 3）。

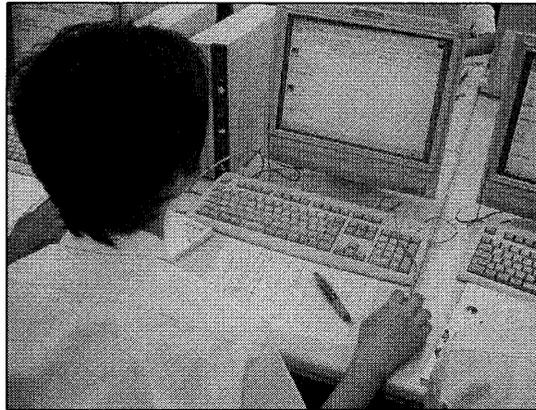


図7. 3 掲示板に意見を投稿する生徒

「吊り橋Aと吊り橋Bのどちらが強い」という問いに対して予想を立てたものの、理由があいまいだった生徒が、掲示板を活用し他生徒の意見を読んだり、その意見に対して質問したりするなど、意見交換を繰り返すことができた。この意見交換を通して、自分の予想の裏付けとなる理由を考え出したり、自分の予想を変更して理由をまとめたりするなど、予想と理由に対する自分なりの考えをまとめることができた。

「吊り橋Bの方が強い」と予想したある生徒は、その理由を「教科書に『長方形の角材の強度は、力の加わる方向に厚い方が強くなる』と書いてあるから」としていた。この生徒に代表されるように、ほとんどの生徒は、教科書やインターネットの検索結果を基にして、「吊り橋Bの方が強い」と予想した。

全員の生徒が予想と理由をまとめた段階で、実際に実験を行った。なお、実験は「吊り橋A」「吊り橋B」について同時に行った(図7. 4)。

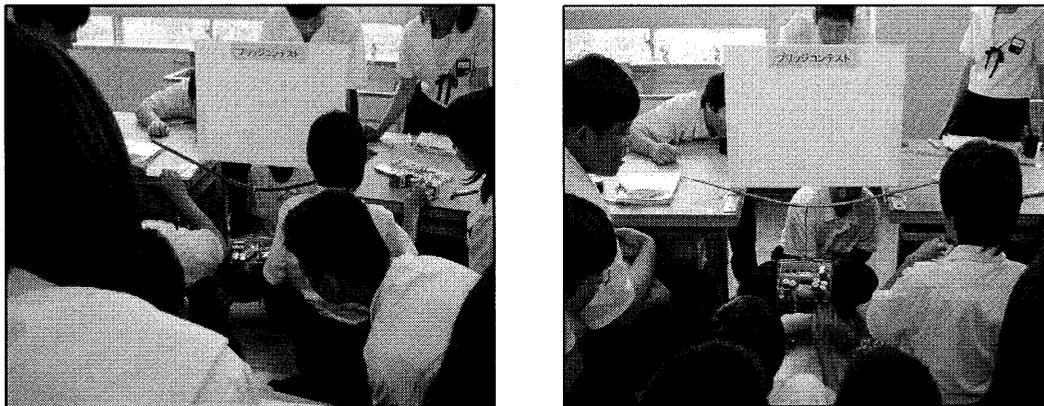


図7. 4 「吊り橋」の強度実験

生徒は重り(単2乾電池)を加えるたびに歓声をあげた。重りを30個加えた時、「バシッ」という音と共に「吊り橋B」が折れてしまった。

「吊り橋B」が強いと予想した生徒から驚きの声があがった。「吊り橋A」が強いと予想した少数の生徒は、大喜びである。「吊り橋A」は36個の重りに耐えることができた。

生徒からは口々に「教科書とは違う」「どうしてなの?」「吊り橋Aには何か細工があるのだ」「絶対おかしい」という意見が出された。ここで、この結果についての理由を教師から説明した。

生徒同士の話し合いをしなかったのは、教科書やインターネットから得た知識に対する生徒の認識では、結果を導き出すのは困難であること、何より、生徒がこの結果に驚き一刻も早く原因を知りたいという欲求が高まっていると判断したためである。

まず、はじめに教科書が間違っただけを記述しているのではなく、教科書の記述内容を間違っただけを捉えていることを説明した。

教科書やインターネットの資料では、1本からなる長方形の角材に用いている。一方、実験では、3本に分割された角材を用いている。

このような前提条件の違いから、教科書やインターネットで調べた内容は適用できないのである。

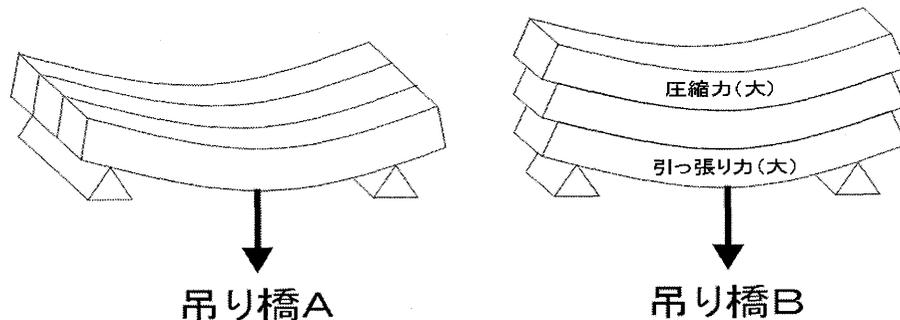


図7. 5 「吊り橋A」と「吊り橋B」の荷重に対する変形

図7. 5に示すように、3本に分かれている角材では、「吊り橋A」のように横に並べた時、3本とも一様に力が加わり、均等に変形が生じる。一方、「吊り橋B」のように縦に積み重ねた場合、一番上の角材には、圧縮力による変形が生じ、一番下の角材には、引っ張り力による変形が生じることになる。しかし、中央の角材には、上下の角材に力が分散されて上下の角材に比べて変形が生じにくくなる。このことは、「吊り橋A」と「吊り橋B」の両端の変形の様子を観察することでよく理解できる。このことから「吊り橋A」の方が強くなるのである。

この実験後、実際に建設された「吊り橋」について学習した。生徒はこれまで当たり前のように渡っていた吊り橋について、様々な科学技術が活用されていることを知り、考えてものをつくることの楽しさと大切さ、そして、難しさを学ぶことができた。

さらに、設計学習の必要性を確認させるために、社会における製品開発の考え方の源流となっている「タコマ橋の崩壊」について、ビデオを視聴させた。この活動により、実験で学んだことを振り返らせると共に、設計の重要性だけでなく設計がある想定に基づいて行われていることを再確認させ、考慮すべきことを前提条件として整理することがいかに重要なことであるかを理解させた。

7. 2 ロシア法的アプローチによる設計学習

(1) 実践の様子

生徒は瀬戸大橋建設過程を記録したビデオ（NHK「プロジェクトX」）を視聴し、製品開発の流れについて学習した（表7. 2）。

表7. 2 瀬戸大橋の建設と大まかな製品開発の流れ

開発段階	具体的な内容	考慮すべき点
仕様決定	<ul style="list-style-type: none"> ・瀬戸内海と本州を結ぶもの必要. ・猛烈な速さで潮の流れに耐える ・暴風に耐える 	<ul style="list-style-type: none"> ・四国で生活する人々の生活上生じた問題 ・制約条件
機能設計	<ul style="list-style-type: none"> ・1000m以上の橋を建設 ・橋を二重構造にして強度確保 ・道路と線路を設置. ・橋脚の設置数と橋脚間の距離. 	<ul style="list-style-type: none"> ・方法の考案と選定 →連絡船の増発 →橋の建設 ・必要機能の決定
生産設計	<ul style="list-style-type: none"> ・橋脚の海底基礎工事 ・橋部材の運搬方法 ・橋の組立方法 	<ul style="list-style-type: none"> ・建設方法検討 ・新技術開発

瀬戸大橋は昭和63年、18年の歳月を経て完成した。1000mを超える橋の上を列車が行き来するという世界でも例のない巨大橋である。この巨大橋建設のきっかけとなったのは、昭和30年に起きた修学旅行中の子供達100人が瀬戸内海に消えた紫雲丸の沈没事故だった。「瀬戸内海に橋をかけてほしい」四国各地から切実な声が巻き起こった。

ビデオ視聴から、表7. 2のような製品開発の大きな流れをまとめた。

この後、仕様決定、機能設計、生産設計についてそれらを構成する各要素について知り、設計要素ごとに調べたことや自分の考えを「ロシア学習ファイル」にまとめたり、ロシア掲示板を利用して仲間と話し合ったりしながら、設計要素ごとの理解を深めた（図7. 6）。

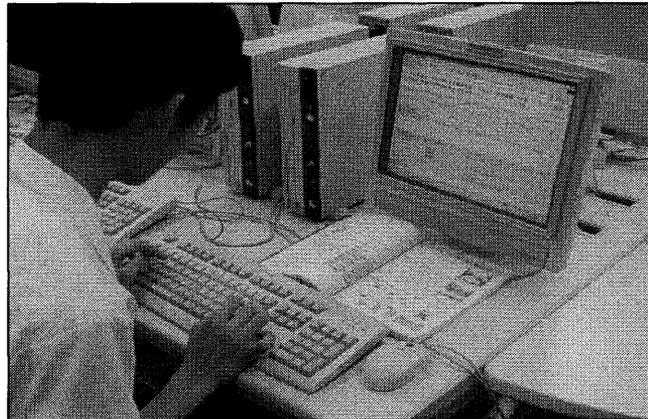


図7. 6 ロシア学習ファイルにまとめる生徒

設計要素に関する課題提示、調査活動・話し合い活用・考え構築、それらのまとめ活動、振り返り活動という授業展開で各設計要素について学習を進めた。また、設計要素ごとに学習した内容を定着させるために授業のはじめに5分を使って「確認テスト」を実施した。

ここで「ものづくりの見方や考え方」で理解させるべき、仕様決定、機能設計、生産設計という流れと各段階を構成する要素間の関係を理解させるために、「ブリッジコンテスト」を実施

した。設定条件は表7. 1に示した吊り橋実験に準じた。この条件に、表7. 3に示すように「ブリッジコンテスト」として新たな条件を追加した。

表7. 3 「ブリッジコンテスト」の条件

追加条件	具体的な内容	
製作目標	重さに耐えられる吊り橋を製作する	
制約条件	材料寸法 (mm)	5×5×900
	材料の量 (本)	3
	接合方法	輪ゴムで固定
	製作時間 (分)	20
判定方法	<ul style="list-style-type: none"> ・吊り橋が壊れた時の重りの数 ・70個加えた時点のたわみ量 	

生徒は、各学級で9チームに分かれて「どのチームよりも強い吊り橋」の開発を進めた。この「ブリッジコンテスト」を通して、材料の特徴や量、製作時間、構造など各段階を構成する要素について学んだことを基に考え、要素ごとの関係についても考えを深めた。

「ブリッジコンテスト」終了後、もう一度、仕様決定、機能設計、生産設計という設計段階と各段階を構成する要素について、自分の考えをまとめて、ロシア学習ファイルを記録した。各学級で最も強い吊り橋を製作できたチームに所属していた生徒のロシア学習ファイルには、材料を用いて丈夫な構造にするために三角形を形作ること、橋の支点と力点を有する材料については、幅を太くすることなどをまとめていた。このような考えをチームから学級、学級から学年全員の考えに広め、理解させるために、「ブリッジコンテスト」終了後、材料と構造と形状の関係に焦点をしばらく考えさせることをねらいとして「どの構造の吊り橋が最も強いかを予想しよう」という実験を実施した。ここでは図7. 7のような3つの構造の吊り橋を提示した。

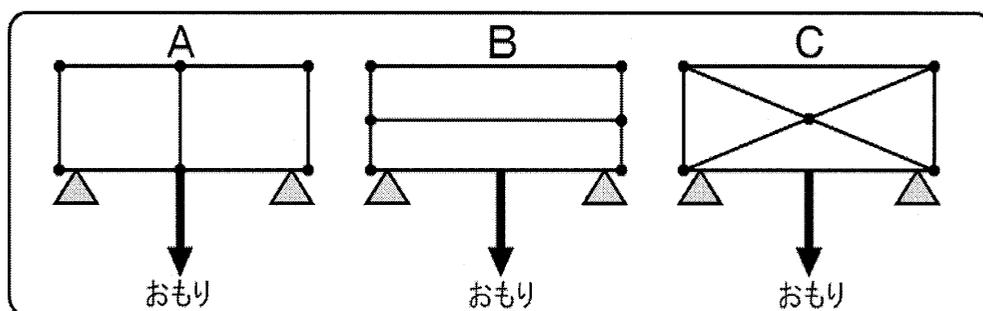
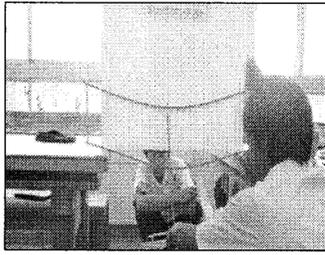
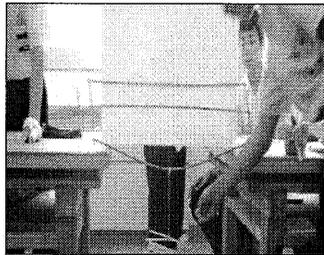


図7. 7 提示した3つの構造の吊り橋

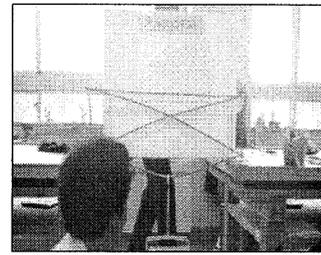
3つの形状について、これまで学んだことや「ブリッジコンテスト」の結果を基にして考え、予想した。「三角形の形がある橋が強くなる」と予想した生徒は、「吊り橋C」がまた最も強いと判断した。「吊り橋C」が最も強いと判断した生徒は、「使用している材料も一番多いから」ということも理由として挙げていた。大半の予想は、「吊り橋C」>「吊り橋B」>「吊り橋A」であった。実験の様子を図7. 8に示す。



吊り橋A:73個



吊り橋B:50個



吊り橋C:54個

図7. 8 実験の様子

実験結果は、大半の生徒の予想とは異なり、「吊り橋A」>「吊り橋C」>「吊り橋B」であった。ロシア掲示板を用いて、この実験結果について話し合った結果、「力の加わる位置に補強があること」「力の方向を考えて他の部材に力が分散するように構造を考えること」がまとめられた。

また、木材とプラスチック、金属の材料の違いを確認させるために同寸法の角材による強度実験を合わせて行った。

このような学習を通して、生徒は「ものづくりの見方や考え方」の理解を深めた。以下に、「材料と構造」、「安全性と利便性」についての関係に対する生徒の記述を示す(表7. 4)。

表7. 4 設計要素間の関係についての生徒の記述

関係	生徒の記述
材料と構造	<p>材料に強い強度がある場合、構造は簡単にできる。しかし、強度が強い材料は加工しにくいことが多いので、部品の形状は単純なものに限れることが多い。</p> <p>-----</p> <p>材料の強度に応じて形状や構造を変える必要がある。3つの要素は関係していて使用条件や使用目的に応じて重視する要素を決定し、要素間のバランスを考えなければならない。</p>
安全性と利便性	<p>力が加わる場所については、板を厚くしたり、部材を組み合わせたりすることで丈夫な構造にすることができ安全性を確保することができる。しかし、それによって作品が重くなったり使い勝手が悪くなったりすることがある。安全性と利便性は一方が勝ると一方が劣ってしまうような関係になるので、それぞれのバランスを考えてどちらも劣らないようにしなくてはならない。</p>

(2) 「ものづくりの見方や考え方」の理解状況

ロシア法的アプローチによる設計学習終了後、実践校で定期考査が実施された。このテストで「ものづくりの見方や考え方」の理解状況を把握した。その結果を表7. 5に示す。

表7. 5 「ものづくりの見方や考え方」の理解状況

得点分布 (点)	ものづくりの見方 (人)	ものづくりの考え方 (人)
0～ 5	23	72
6～10	33	7
11～15	67	72
16～20	114	86
合計 (人)	237	237

※ 生徒数は、251名。うち14名が定期テスト欠席。

この結果より、ロシア法的アプローチによる設計学習では、「ものづくりの見方」については概ね理解しているものと判断できるものの、「ものづくりの考え方」については、理解できている生徒と理解できていない生徒に二分されている状態であることが明らかになった。そこで、定期テストの見直しをすると共に、「ものづくりの見方や考え方」に関する補充プリントを用いて「ものづくりの見方」を振り返りつつ、材料と構造・形状の関係や安全性と利便性の関係など、「ものづくりの考え方」についての理解を図った。

また、この結果を踏まえてプロジェクト法的アプローチによる設計学習を実施するためのチームを編成した。各チームは男女混合とし、さらに、「ものづくりの見方や考え方」を十分理解している生徒、理解している生徒、理解できていない生徒ができるだけ含まれるように教師側で配慮しつつ、生徒の意見も加味して構成した。

7. 3 プロジェクト法的アプローチによる設計学習

東海地震、東南海地震の被害予想や対策についてまとめたWebページ（N市Webページ 図7. 9）を提示したり、都市における地震被害を想定しまとめたビデオ（NHKスペシャル「都市直下激震」図7. 10）を視聴させたりすることで「防震対策を施した本棚」を開発する必要性を感じさせ、プロジェクト法的アプローチによる設計学習をスタートした。

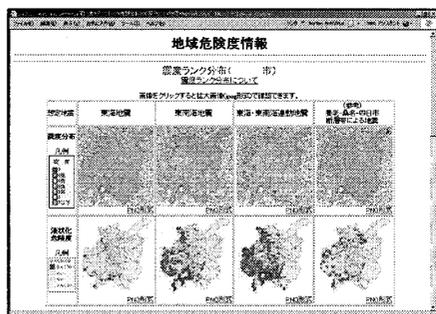


図7. 9 N市地震に関するWebページ

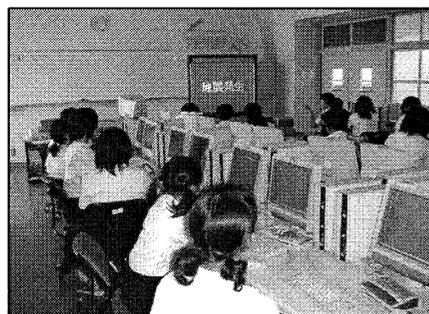


図7. 10 「都市直下激震」を視聴する様子

(1) 「防震対策を施した本棚」の開発

「防震対策を施した本棚」の制約条件を生徒に提示した(表7. 6).

表7. 6 「防震対策を施した本棚」の制約条件

項目	具体的な制約条件
使用条件	・机上で震度7の地震に1分30秒間耐えられる本棚. ・単行本サイズの本を10冊以上収納できる本棚.
開発期間	・設計時間4時間, 試作品製作2時間とする.
材料価格	・本棚の材料費が1,500円以内
使用材料	・基本的に木材を使用. 補強に金属・プラスチックも使用可.
法律遵守	・製造物責任法, 工業所有権等の法律を遵守する.
環境配慮	・修理しやすい製品, 処分しやすい製品等, 環境に配慮する.

生徒たちはチームごとに開発用掲示板を利用して, 開発ターゲットを決定し, 制約条件や開発ターゲットを念頭に置いて「開発する本棚の仕様」を決定した. ここで, 生徒から「掲示板を使って話し合うより直接チームで話した方がスムーズに話し合いが進むと思うので, そうしてもいいですか」という意見が出された. チーム内で解決すべき問題が共有されていて, 文字入力による話し合いではチーム内の話し合うスピードが鈍ること, 開発に際して生徒が思い描く本棚のイメージを伝える必要があるがそれを文字ではうまく伝えられないこと, 何より生徒がそのことを感じて, 意見を出していることから判断して, 「開発用掲示板」を利用した話し合いを中止して, 直接対話になる話し合いに切り替えた. そして, 直接対話では, 話し合いが記録できなくなってしまうので, 「開発用掲示板用紙」とポストウィットを用意して, 話した内容を要約して記録させるようにした. 「開発用掲示板用紙」を利用して, 開発の話し合いを進める様子を図7. 11に示す.

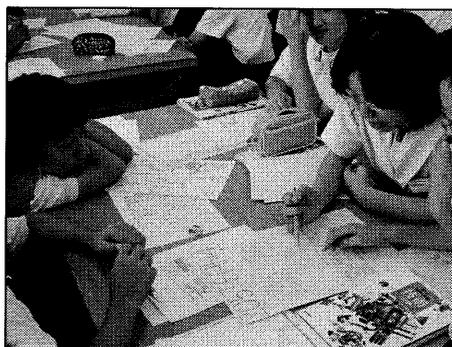


図7. 11 話し合いの様子

各チームで, 設計要素ごとに担当する責任者を決め, 担当する設計要素についてロシア法的アプローチで自分がまとめた学習ファイルを閲覧したり, 公開された学習ファイルを参照したりしながら, 機能設計に取り組んだ. 生徒は, チームで決定した仕様を実現すべく, 設計要素間で生じるトレードオフの関係について繰り返し, 話し合いながら具体的に機能設計をまとめた(表7. 7).

表7. 7 チーム8が決定した仕様と機能の具体化

開発対象：幼児、小学生（特に男の子）		
項目	重点	機能の具体化
使用条件	4	斜めに傾けて机と接する面を少なくする.
		本が飛び出さないように傾ける.
		本を制約条件よりたくさん収納できるようにする.
価格	4	材料費1500円以内で製作する
材料	4	木材, コルクボード
環境配慮	4	分解できるように固定に両面テープとネジを使う.
重点項目	5	コルクボードで時間割やメモを貼れるようにする.
		男の子が好むようにロケットのデザインにする.

この段階で、「防震対策を施した本棚」の開発に関するアイデアや工夫点で保護公開が求められた学習情報については、各チームから1名選出された6名の保護情報承認委員と教師で組織される「保護情報承認委員会」を開催して、保護情報として承認するか検討した。表5. 7に示したチームでは、「コルクボードで時間割やメモを貼れるようにする」というアイデアが保護情報として承認された。学習ファイルにまとめられた学習情報は必要なものを印刷したり、手書きでメモしたりするなどして、開発の参考にすることができた。チームによる開発では、授業の終わりに個人の学習をまとめる時間を設けたこの時、プロジェクト学習ファイルに自分が学習したこと、気づいたことなどをまとめさせ、次の授業への橋渡しとした。

このような学習を経て、表7. 7に示した仕様を具体化した「防震対策を施した本棚」の見取り図や木取り図を作成した（図7. 12）。

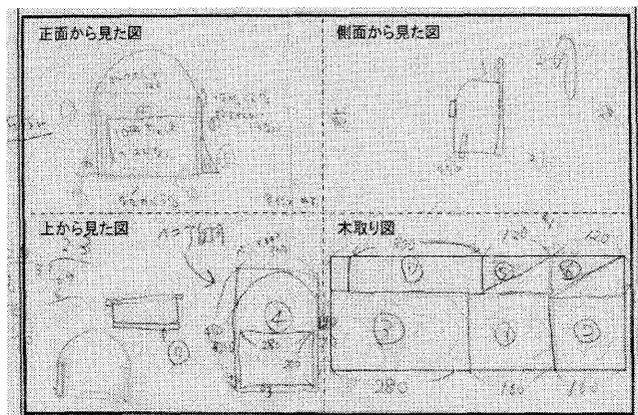


図7. 12 チーム8が開発した本棚の見取り図と木取り図

(2) 模型による評価

完成した木取り図から原寸大の模型を製作した。作成した模型を図5. 28に示す。製作した模型を用いて、木取り図が正確か、収納性が確保されているか、使い勝手はよいか等、チーム内で仕様に基づいて評価した。評価に基づき機能設計や設計図を修正した。

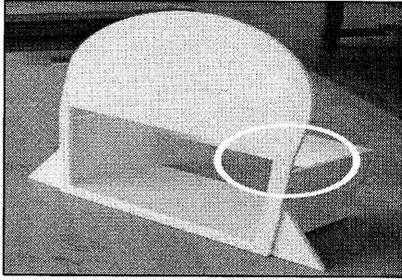


図7. 13 チーム8が製作した模型

チーム8は、製作した模型から評価した結果、収納性は十分確保できていることが確認され、木取り図も正確にかかれていることが分かった。しかし、コルクとベニヤ板の取り付け方法、本棚部分と掲示板部分(図中○部分)の強度が不足していることが分かった。これらの点を修正して試作品の製作に取り組んだ。

(3) 試作品の製作

開発した本棚を試作した(図7. 14)。本実践では、設計学習を重点的に進めるため、のこぎりやかんなといった工具の扱い方を指導しなかった。このため、生徒には、材料へのけがき、組み立て工程のみを行わせた。(設計学習後、作品製作で工具の扱い方を指導。)模型の製作によって完成品のイメージができていたため、組み立て作業はどのチームもスムーズに進んだ。

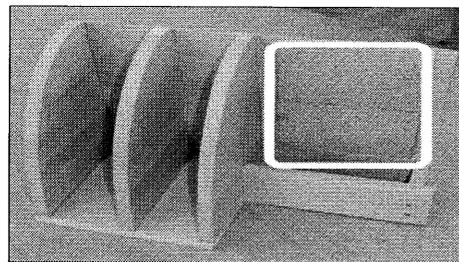
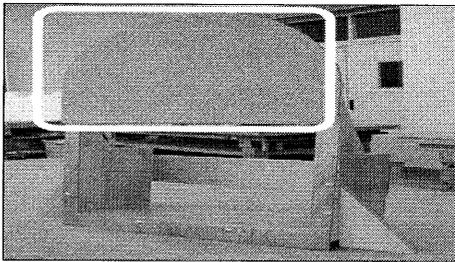


図7. 14 完成した試作品

試作品が完成すると、重大な問題が生じていることが報告された。図7. 14に示した2つの試作品は、共にコルクボードを用いた掲示板(図中の□部分)が取り付けられている。左側のチームはこの機能を保護情報として承認を受けていた。調査してみると、右側のチームは当初、掲示板ではなく鏡を取り付けることになっていたが、鏡では値段の面、安全面でふさわしくないと判断し、急遽、無断でアイデアを盗用したことが分かった。事情を聞いたところ、試作品の製作中に見て、アイデアを参考にしたとのことだった。盗用したチームのメンバーに陳謝させると共に、評価の際、減点処置を取ったが、アイデア保護方法について課題を残した。

(4) 性能試験(収納性と耐震性)

完成した試作品を用いて、本棚の性能試験を実施した。収納性については、実際に本を収納して確認した。耐震性については実践校から徒歩2分に位置する「M区防災センター」に出向き、地震体験装置(図7. 15)を借りて耐震実験を行い、確認した。

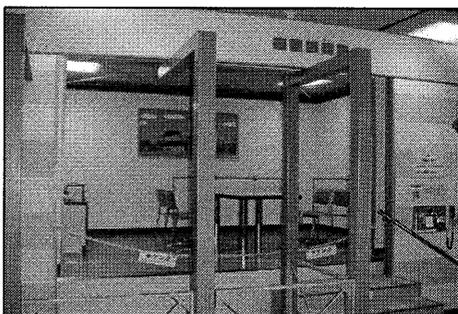


図7. 15 地震体験装置

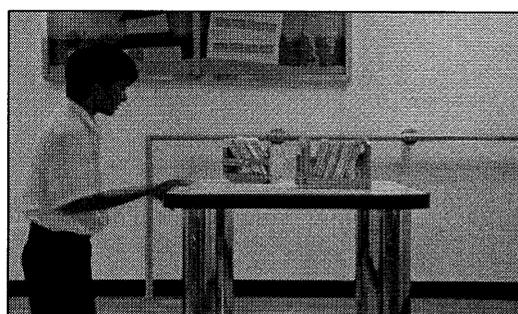


図7. 16 耐震実験の様子

(5) 仕様に基づく評価

開発されたすべての本棚について、設計要素担当者からなる「評価チーム」を編成し、仕様や性能試験の結果に基づき評価した。評価した結果は、「試作品評価学習ファイル」にまとめ、公開した。その一部を図7. 17に示す。

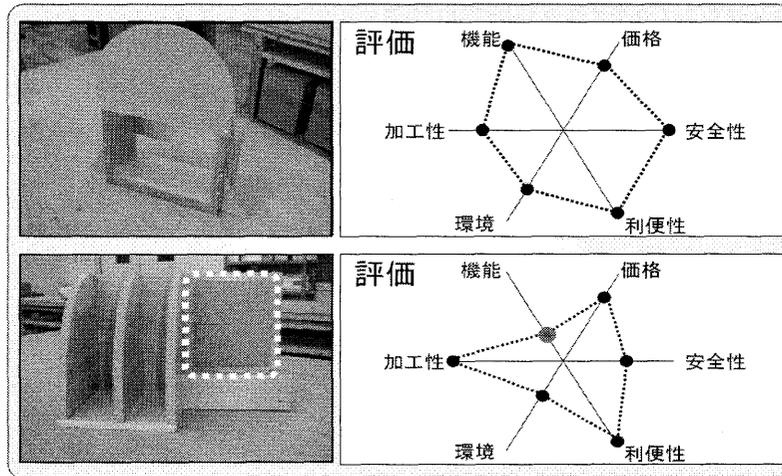


図7. 17 試作品の評価

生徒は、これまでの学習を通して理解してきた「ものづくりの見方や考え方」の知識を生かしながら、1つ1つの試作品について自分が担当した設計要素の視点から評価していた。環境に配慮して釘・木ねじ、ボンドを接合に用いずに製作した試作品に対しても、環境配慮は高い評価を下すものの、安全性の不安を指摘したり、加工性の困難さを指摘したりするなど、ものづくりで必要となるトータルバランスを考慮した評価を下していた。

7. 4 報告書の作成

学習のまとめとして「防震対策を施した本棚の開発」の報告書を作成させた。報告書は、これまでの学習で学んだ「ものづくりの見方や考え方」について自分の知識や考え方を振り返り再度まとめることができるように図7. 18に示すような形式でまとめさせた。



図7. 18 報告書作成用学習ファイルの形式

生徒は、「報告書学習ファイル」と「学習情報検索支援システム」を利用して、設計学習で、自分の学んだことを振り返りながら、報告書を作成することができた。

8 授業分析

本授業では、設計要素ごとに教師から与えられた課題に対して、教師からの説明を受けたり、自分で調査したことや考えたことをまとめたりする活動が中心となった。ここで学んだ設計要素の知識や考えを生かし、定着させること、設計要素間の関係を理解させることをねらいとして、「ブリッジコンテスト」を実施した。表8.1に示すような話し合いが掲示板上で行われた。

表8.1 「ブリッジコンテスト」での話し合い

	(生徒ア)	<u>三本の角材を横に並べたらどうだろう。① 早く出来るし…④</u>
つまり	(生徒イ)	それなら、30本以上つり下げることができるね。
でもね	(生徒ウ)	<u>横に並べるより縦に積んだ方が強くなるよ。②教科書にもそう書いてあったよ。⑤</u>
では	(生徒イ)	どれくらいつり下げられるの？
それは	(生徒ウ)	ちょっとわからないけど、30本よりは多いと思うよ。
それは	(生徒エ)	<u>教科書から計算すると90本以上はつり下げられそうだよ。⑥</u>
(なし)	(生徒イ)	すごいね。
でもね	(生徒ア)	でも、このアイディアはみんなも気づきそうだね。
それなら	(生徒エ)	何かもっと強くする構造はないかなあ (>・・<!!) 悩むね。
提案です	(生徒ウ)	<u>三角形を作ったらどうかなあ。そんな橋「きらく橋」の横にあった気がする。③</u>
質問です	(生徒ア)	三角形を作るってどういうことですか？意味がよく分かりません。
なるほど	(生徒エ)	<u>確かに「きらく橋」の横にそんな橋があるね。あの形は強いかもしれないね。⑥</u>

実践を開始したのは、5月中旬であり、生徒は新しい学級に参加して、1ヶ月あまりであった。実践校は、7学級という251名ということもあり、この時点で、学級内に友人は5名から6名程度である。この中で、掲示板による相互作用はとても有効であったと言える。この考察に関しては、本章3節で示した掲示板に対する生徒の意見からも明らかである。

掲示場で話し合われた内容は、「ブリッジコンテスト」で製作する吊り橋について、これまで調べた結果や自分の考えを基にして相互作用を繰り返し、アイディアを創出していく過程を読み取ることができる。表8.1に示した掲示板の内容では、①「横に3本並べるアイディア」→②「縦に3本積み重ねるアイディア」→③「三角を形作るアイディア」と意見交換を繰り返す中で、強度を高めるための考えを発展させていること、その発展過程の中で、「角材一本で10本程度つり下げられる」という実験結果から、これから製作しようとしている吊り橋の強度を予想しながら開発を進めようと、話し合いに関わっている生徒たちの意識が形成されていく過程を読み取ることができる。また、この話し合いでは、④「思いつきのアイディア」→⑤「教科書に基づいたアイディア」→⑥「身近な構造物にヒントを得たアイディア」と提案されるアイディアが変化している様子を読み取ることができる。このように掲示板を用いて繰り返し、仲間と相互作用することによって、実験条件の中で吊り橋の強度を強くするための方法を、思いつきから、実験結果や教科書から得られる知識、さらに、身近な構造物から得られたヒント

を基に見出そうという意識がこの話し合いに関わっている生徒たちの中に形成されていくことが明らかとなった。

「ブリッジコンテスト」後に行った材料の特性、形状と構造等の関係を考えさせる実験では、表8. 2に示すような話し合いが行われた。

表8. 2 材料の特性、形状と構造の関係を調べる話し合い

<p>実験結果 (生徒ア)</p> <p>実験の結果→A・C・Bの順番だった。理由→よくわからん①</p> <p>提案です (生徒イ)</p> <p>Aが一番強かった理由は、中心に縦に棒がつけてあったから棒全体がずれるのを防いだからじゃないかな?と思います。だからBの構造ではA、Cに比べてよわかったんだと思います。②でも、まだよくわからないことが多いので何か考えがあったら教えてください。</p> <p>つまり (生徒ウ)</p> <p>Aみたいに縦に棒が入っていると2本がつながり1本だけが下に下がらないから強くなる。Cみたいにばってんに入っているとぶら下げた場所は1本しかないからよわい。だけど、ふち同士はつながっているので少し強くなる。Bみたいに横に入っていると上の棒とつながってなくて完璧(?)なる1本だから折れやすくなる。④</p> <p>つまり (生徒イ)</p> <p>橋を丈夫にするには中心に柱を立てて力を支える棒を2本に増やせばよい。⑤材料をたくさん使えばいいって問題ではないと分かった</p> <p>意見です (生徒ア)</p> <p>Aがなぜ強かったかということと中心の柱のおかげで2本の棒でおもりを支えていたから⑥</p> <p>でもあの組み立て方で家を作ると危ないと思う!!⑦</p> <p>考えてみよう (教師)</p> <p>力のかかる場所と方向で、構造を変える必要があると思います。家にかかる力の場所と方向を考えて見ましょう。⑩</p>
<p>実験結果 (生徒工)</p> <p>結果は、Aが一番で、CとBの順番だった。予想と違った。よく見るとAとB、Cは、力が効いているところが2本になっているのと、一本になっているところが違う。③でも、どうしてCじゃないのかな。</p> <p>つまり (生徒ウ)</p> <p>Aみたいに縦に棒が入っていると2本がつながり1本だけが下に下がらないから強くなる。Cみたいにばってんに入っているとぶら下げた場所は1本しかないからよわい。だけど、ふち同士はつながっているので少し強くなる。Bみたいに横に入っていると上の棒とつながってなくて完璧(?)なる1本だから折れやすくなる。④</p> <p>なるほど (生徒工)</p> <p>うさんすごい!なぞが解けた気がする。BとCのことが微妙だけど、Aが一番になる理由は分かった!!⑧ でもそうすると、アさんの言うとおりの家では危ないかも⑨</p>

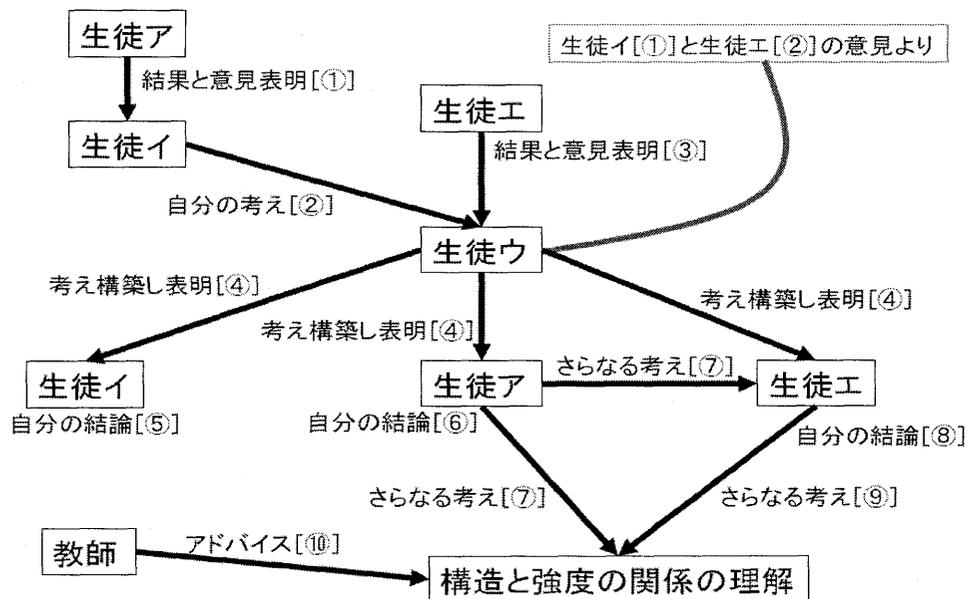


図8. 1 話し合いの関係図

表8. 2に示した話し合いの関係は、図8. 1に示すことができる。話し合いの内容を分析すると、生徒アが結果と理由が分からないという意見表明 [図8. 1の①] をしたことに対し、生徒イが返事として自分の考えを述べている [図8. 1の②]。一方、生徒エは、自分の予想とは違う結果に疑問を感じつつ、吊り橋B・吊り橋Cと吊り橋Aの違いを発見し、意見を述べている [図8. 1の③]。

ここで、生徒ウは、生徒イと生徒エの意見を読んで、それらの意見をまとめ、さらに自分の考えを付け加え、意見を述べている [図8. 1の④]。この生徒ウの意見を契機として、これまで実験結果に対する理由をうまくまとめられなかった生徒イと生徒エが自分たちの考えの延長上にある生徒ウの意見を読み、自分の考えを構築し、実験結果に対する自分の考えをまとめるに至った [図8. 1の⑤及び⑧]。また、生徒アも生徒ウの考えを参考にして、自分の考えをまとめることができた [図8. 1の⑥]。ここで、生徒アから出された疑問を読んだ生徒エも疑問に思い、疑問を表明している [図8. 1の⑨]。この生徒アと生徒エの疑問に、教師がアドバイスを述べると共に、考えを発展させるような意見を述べることで、「構造と強度の関係」についての理解を深めるきっかけとなった。以上のように、ロシア法的アプローチによる設計学習において、設計要素について課題を設定しながら、調べたことや考えを学習ファイルにまとめ、そのことを基に掲示板による相互作用を繰り返す、「ものづくりの見方や考え方」を理解する過程を読み取ることができる。このような相互作用を促すことができたのは、先に実施した吊り橋の強度実験によって生徒たちに課題の意味を理解させることができたこと、課題の解決方略を考える際、強度実験の結果、教科書の記述、さらに、身近に建設されている橋等について、検討することで導き出せる状況にあったことがあげられる。このような課題を提示した上で、掲示板を用いて、つなぎ詞を選択させながら、話し合いを進めさせることで、意見と意見のつなぎを意識した相互作用を促すことができると考える。

学習ファイルの公開・閲覧による相互作用は、閲覧者が学習ファイルの内容をどのように捉えたかをキーワードとして入力すること、学習ファイルの内容を点数化して評価することで行った。このことによって、学習ファイルの作成者は、記述内容の間違いを修正したり、学習情報に付加したキーワードを修正・追加したりすることができた。しかし、入力できるキーワードが選択肢として用意された言葉に限られていること、評価についても点数化され、十分に閲覧者の意見を伝えることができないことが問題点としてあげられる。今後は、記述内容を選択肢だけでなく、数行程度の自由欄を設けて自由に意見を入力できるようにすることで、学習ファイルの学習情報を基にした相互作用を促すことができると考える。

9 研究のまとめ

技術・家庭科技術分野「技術とものづくり」領域の学習において、生徒に「ものづくりの見方や考え方」を理解させるために、認知科学における社会的構成主義に基づき、新しい学習方法を構築し、その学習方法を実現するために学習支援システムを開発し、それらを取り入れた設計学習の授業を計画して授業実践を行った。

設計学習との出会いでは、生徒にとって今日的な課題である地震を取り扱ったこと、視聴覚教材や実験を取り入れたことから、生徒にものづくりの楽しさや必要性を感じさせ、ものづくりをする上で設計がいかに重要であるかを感じさせることができた。

ロシア法的アプローチによる設計学習では、「ものづくりの見方」を理解させることは一定の成果をあげることができた。しかし、「ものづくりの考え方」を理解させるには、実際にものを作る体験が必要であることが明らかとなった。

プロジェクト法的アプローチによる設計学習では、チーム内に責任ある役割分担をすることで、生徒一人ひとりに主体的な学習の参加を促し、コミュニケーションを活性化させることができた。また、グループから個人へと学習への参加形態を変化させることで、自分一人の力で学習を進め獲得した「ものづくりの見方や考え方」を確かなものとして定着させようとする生徒の成長が見られた。

報告書の作成では、これまで学んだことを振り返り自己の学びを確認することで、自分の成長を自覚した生徒の姿が見られた。

実践の結果から、生徒に「ものづくりの見方や考え方」を理解させることで、「生活上生じた問題を解決する手段」としてものづくりを捉えさせ、日常生活に生かしていこうとする態度を育成できることが明らかとなった。

しかし、チーム編成方法、相互作用を促す学習支援システムの在り方、学びを振り返る場等、改善する点も明らかとなってきた。今後は、これらの点についてさらに研究を深め、解決策を見出したいと考える。そして、全ての生徒にものづくり本来の意義を理解させ、自らの生活や社会をよりよくするためにこれらの力を生かすことができる生徒を育成していきたいと考える。

なお、本研究における実践は、名古屋市立東港中学校にて行った。