

## 論文題目

# 天文・気象分野における定点観測教材の開発と実践

宮城教育大学大学院教育学研究科

教科教育専攻理科教育専修

07075 齋藤弘一郎

## 学位論文要旨

理科の学習が観察・実験を行いその結果をもとに展開されるべきであることはすでに自明であり、学習指導要領にも観察・実験によって得られた結果から規則性や関係性を導く授業展開が明記されている。

本研究では、中学校における理科教育の現状について詳細な調査を行い、実施が困難とされる観察・実験の教材開発、授業実践を通して、観察・実験のあり方や効果的な教材について議論する。

2007年に県内の理科教師を対象として中学校理科の指導に関する調査を行った。調査項目は約20項目からなり、県内152校323名の中学校理科教師から回答が寄せられた。結果から、第2分野の観察・実験実施率が第1分野に比べて低く、中には演示実験を含めても実施率が30%を下回る領域も見られた。実施率が低い領域は地学領域が最も多く、次いで生物領域であった。天候や季節による影響、授業時間の制約、器材不足などがその理由としてあげられると同時に、中学校現場における準備や教材研究の時間不足、予算や設備不足の傾向も明かとなった。

PISSAやTIMSSの国際学力調査からは、理科に関する我が国の学力が評価される中、物理・化学に比べ地学領域の得点が低い傾向が見られる。国内の理科教師を対象にした調査からは中学校理科教師の地学領域への苦手意識も明らかになっている。これらの調査結果から、地学領域の得点および観察・実験の実施率の低さ、理科教師の地学領域への苦手意識との間に何らかの関連があると考えた。実施率の低い観察の中で特に機材や設備、授業時間による制約が原因と考えられる天文・気象分野において、定点観測システムを開発し、授業実践を通して効果を検証した。

天文分野における日周運動の観察は、地球の自転・公転、地軸の傾きの理解には必要でありながら、調査から様々な制約により実施されない傾向が見られた。実施したとしても、春夏秋冬の違いを導くに足りる観察結果を得ることは困難である。そこで、ネットワークカメラを使用し日周運動を常時撮影し、インターネット上に配信するシステム「ぜんてん」を開発した。システムの運用によって1年以上太陽の運動を撮影することに成功している。また、授業での効果的な活用のため、小型カメラを取り付けた地球儀カメラを開発した。これらの教材により、インターネットを媒体としているものの、太陽の日周運動を観察し、季節ごとの違いから自転・公転、地軸の傾きを導く授業実践を行った。実施後の調査では、興味関心を持って取り組んだとする生徒、地軸の傾きと自転公転による季節の違いを理解できたとする生徒が90%近くに上るなど一定の成果が見られた。

一方、気象分野では気象観測を行いその観測結果から気温と湿度の関係、天気と気圧の関係を見いだす学習を展開する。しかし実際に行った調査によるとその実施率は5割に満たない。観測機器の不足、授業時間による制約などがあげられ、対策として自動気象観測システムの利用が期待されるが、価格やネットワーク設定などの問題から教育現場への導入は進んでいないのが現状である。そこで、市販のUSBセンサーと低パワーPCを使用し、気温・湿度・気圧の自動計測を可能にした定点気象観測システム「てんきとり」を開発した。システムの運用により、気温、湿度、気圧を半年以上継続計測している。さらにインターネットを通して気象衛星画像や天気図などの授業に必要なデータを蓄積することが可能である(図2)。蓄積した気象データを用いて授業を展開することができた。校内の閲覧用PCでデータを日常的に提示することで、

事前学習としての効果とともに、気象への日常的な関わりを持たせることが可能となった。

教育現場において、コンピュータ・ネットワークの整備が進み、これらの機器をシミュレーションやアニメーションの提示という観察・実験の代用として利用される傾向がある。本研究ではコンピュータ・ネットワークによって定点観測システムを運用し、観察・実験を媒介した。コンピュータ・ネットワークの教育利用はシミュレーションやアニメーションなどによる仮想体験ではなく、このような観察・実験を補完し間接体験のための道具としての活用が本来あるべき姿であると考ええる。

指導要領には観察・実験の目的をその「実施」、「技能の習得」、「結果の分析」があげられている。現状では「結果の分析」に重点が置かれ、観察・実験が単に規則性や法則性を導く「教科書通り」の期待値を取得するために行われる傾向が強い。その場合再現性の低い地学領域の観察・実験の実施は必然的に敬遠されるのは当然の結果である。特に再現性の低い領域においては、観察・実験の目的を、現実体験そのもの、教科書通りではない自然の多様性や偶然性を体験させるための手段と捉える柔軟的な運用も必要と考える。

観察・実験の目的を柔軟に取り入れた授業を展開するには、教師に相当の知識と技量が要求される。今後より一層理科教師同士の連携を強化し、情報を共有することで、互いの指導力を向上させることが必要であると考ええる。教科指導力の向上こそ揺れ動く教育界の中で普遍的に教師に求められる資質であり学校教育の「芯」であると考ええる。

# 目次

## 論文題目

## 学位論文要旨

<b>第1章 序論</b> .....	<b>1</b>
1-1 はじめに .....	1
1-2 学習指導要領における観察・実験の取り扱い .....	1
1-3 理科の観察・実験に関する過去の調査報告 .....	4
1-4 国際学力調査にみる比較 .....	7
1-5 本研究のねらい .....	10
<b>第2章 実験・観察実施の実態調査</b> .....	<b>11</b>
2-1 はじめに .....	11
2-2 調査方法 .....	11
2-3 調査結果概要 .....	11
2-4 議論 .....	18
<b>第3章 天文分野の教材開発と実践</b> .....	<b>20</b>
3-1 はじめに .....	20
3-2 日周運動ライブ配信システム「ぜんてん」 .....	27
3-3 地球儀カメラ .....	31
3-4 授業実践 .....	34
3-5 成果と課題 .....	45
<b>第4章 気象観測教材の開発と実践</b> .....	<b>49</b>
4-1 はじめに .....	49
4-2 定点気象観測システム「てんきとり」 .....	54
4-3 授業実践 .....	61
4-4 成果と課題 .....	65
<b>第5章 結論</b> .....	<b>68</b>
5-1 観察・実験のありかた .....	68
5-2 コンピュータ・ネットワークの教材利用 .....	68
5-3 定点観測教材 .....	69
5-4 中学校理科教育の充実へ向けて .....	69
5-5 終わりに .....	71
<b>謝辞</b> .....	<b>72</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>73</b>

# 第1章 序論

## 1-1 はじめに

これまで理科教師として十数年の実践を通し、理科の学習指導の奥深さと共にその難しさを痛感してきた。恥ずかしながら新任の頃は教科書にある観察・実験の半分すら実施できず、知識の伝達が中心の授業展開がほとんどであった。今振り返れば当時の生徒には申し訳なくさえ思う。部活動、生徒指導、学級担任など、教科以外の校務に追われ、自分の教科指導に向き合うゆとりが足りなかった。観察・実験を取り入れようにも、準備や予備実験のための時間不足、マニュアル（指導書）通りに実施しても期待される結果が得られない、予算や設備の不足、学校に一つしかない理科室の使用制限など様々な要因によって取り入れることが困難であった。自分の力量不足にやや辟易しながら10年以上の実践を重ね、教科書にある観察・実験をほぼ一通り行う所までこぎ着けた。

今日、学校現場を取り巻く状況は大きく揺れ動いている。国際的な学力調査によってこれまでのゆとり教育が見直され、学力向上への転換が叫ばれ、国や県、市町村、学校それぞれが学力向上へ向けた対策を打ち出し始めた。指導要領の改訂とその前倒し実施、一斉学力調査、教員免許の更新制、数値目標の設定などこれらの対策は多岐にわたる。

このような変化の中でも翻弄されることなく効果的に理科教育を展開するために、理科教師の視点から理科教育の現状や課題について分析、議論を行うことが有効と考える。理科の指導が学習指導要領にどのように位置づけられ、現場でどのように授業が展開され、指導上何が課題で、どのような教材開発が必要とされているか、より具体的な観点から議論を展開することで、教科指導のあり方について模索したい。更にこれらの議論が学校現場における理科教育の向上に微力ながらも作用できるとすれば幸いである。

## 1-2 学習指導要領における観察・実験の取り扱い

学校現場でカリキュラム作成や指導の指針となるのが文部科学省の示す学習指導要領である。平成14年に施行された現行の中学校学習指導要領（以下現行指導要領とする）[1]や、教育基本法及び学校教育法の改正を受け、平成21年から移行措置が取られる新しい中学校学習指導要領（以下新指導要領とする）[2]において、理科の指導はどのように示されているか。

現行指導要領と新指導要領の第1「目標」、第2「各分野の目標」における観察・実験に関する表記をまとめた（表1-1）。どちらも「目標」に「観察・実験などを行い」と表記されていることから、観察・実験の実施そのものが理科の目標といえる。

「各分野の目標」では「観察・実験を行い」「観察・実験技能を習得」「観察・実験の結果を」と表記されており、観察・実験の必要性を、実施による実体験、技能習得、結果分析の3つの視点で記述している。「第3 指導計画の作成と内容の取扱い」にも「1-（2）十分な観察、実験の時間、課題解決のために探求する時間などを設けるよう配慮すること」さらに「2-（1）観察、実験、野外観察を重視する」と観察・実験の実施を位置づけている。さらに新指導要領では「1-（4）継続的な観察や季節を変えての定点観測」が加えられ、観察をより重視する傾向が見られる

表 1-1 中学校の現行指導要領と新指導要領における観察・実験に関する表記(「内容」を除く)[1] [2]

現行指導要領	新指導要領
<p><b>第1 目標</b>            自然に対する関心を高め、目的意識をもって<u>観察、実験</u>などを行い、科学的に調べる能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。</p> <p><b>第2 各分野の目標及び内容</b>  <b>〔第1分野〕</b>  <b>1 目標</b>            (1) 物質やエネルギーに関する事物・現象に対する関心を高め、その中に問題を見いだし意欲的に探究する活動を通して、規則性を発見したり課題を解決したりする方法を習得させる。            (2) 物理的な事物・現象についての<u>観察、実験</u>を行い、<u>観察・実験技能</u>を習得させ、<u>観察、実験の結果を考察</u>して自らの考えを導き出し表現する能力を育てるとともに、身近な物理現象、電流とその利用、運動の規則性などについて理解させ、これらの事象に対する科学的な見方や考え方を養う。            (3) 化学的な事物・現象についての<u>観察、実験</u>を行い、<u>観察・実験技能</u>を習得させ、<u>観察、実験の結果を考察</u>して自らの考えを導き出し表現する能力を育てるとともに、身の回りの物質、化学変化と原子、分子、物質と化学反応の利用などについて理解させ、これらの事象に対する科学的な見方や考え方を養う。            (4) 物質やエネルギーに関する事物・現象を調べる活動を通して、日常生活と関連付けて科学的に考える態度を養うとともに、自然を総合的に見るようにする。</p> <p><b>〔第2分野〕</b>  <b>1 目標</b>            (1) 生物とそれを取り巻く自然の事物・現象に対する関心を高め、その中に問題を見いだし意欲的に探究する活動を通して、規則性を発見したり課題を解決したりする方法を習得させる。            (2) 生物や生物現象についての<u>観察、実験</u>を行い、<u>観察・実験技能</u>を習得させ、<u>観察、実験の結果を考察</u>して自らの考えを導きだし表現する能力を育てるとともに、植物や動物の生活と種類、生物の細胞と生殖などについて理解させ、これらの事象に対する科学的な見方や考え方を養う。            (3) 地学的な事物・現象についての<u>観察、実験</u>を行い、<u>観察・実験技能</u>を習得させ、<u>観察、実験の結果を考察</u>して自らの考えを導きだし表現する能力を育てるとともに、大地の変化、天気とその変化、地球と宇宙などについて理解させ、これらの事象に対する科学的な見方や考え方を養う。</p>	<p><b>第1 目標</b>            自然の事物・現象に進んでかかわり、目的意識をもって<u>観察、実験</u>などを行い、科学的に探究する能力の基礎と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。</p> <p><b>第2 各分野の目標及び内容</b>  <b>〔第1分野〕</b>  <b>1 目標</b>            (1) 物質やエネルギーに関する事物・現象に進んでかかわり、その中に問題を見いだし意欲的に探究する活動を通して、規則性を発見したり課題を解決したりする方法を習得させる。            (2) 物理的な事物・現象についての<u>観察、実験</u>を行い、<u>観察・実験技能</u>を習得させ、<u>観察、実験の結果を分析</u>して解釈し表現する能力を育てるとともに、身近な物理現象、電流とその利用、運動とエネルギーなどについて理解させ、これらの事物・現象に対する科学的な見方や考え方を養う。            (3) 化学的な事物・現象についての<u>観察、実験</u>を行い、<u>観察・実験技能</u>を習得させ、<u>観察、実験の結果を分析</u>して解釈し表現する能力を育てるとともに、身の回りの物質、化学変化と原子・分子、化学変化とイオンなどについて理解させ、これらの事物・現象に対する科学的な見方や考え方を養う。            (4) 物質やエネルギーに関する事物・現象を調べる活動を行い、これらの活動を通して科学技術の発展と人間生活とのかかわりについて認識を深め、科学的に考える態度を養うとともに、自然を総合的に見るようにする。</p> <p><b>〔第2分野〕</b>  <b>1 目標</b>            (1) 生物とそれを取り巻く自然の事物・現象に進んでかかわり、その中に問題を見いだし意欲的に探究する活動を通して、多様性や規則性を発見したり課題を解決したりする方法を習得させる。            (2) 生物や生物現象についての<u>観察、実験</u>を行い、<u>観察・実験技能</u>を習得させ、<u>観察、実験の結果を分析</u>して解釈し表現する能力を育てるとともに、生物の生活と種類、生命の連続性などについて理解させ、これらの事物・現象に対する科学的な見方や考え方を養う。            (3) 地学的な事物・現象についての<u>観察、実験</u>を行い、<u>観察・実験技能</u>を習得させ、<u>観察、実験の結果を分析</u>して解釈し表現する能力を育てるとともに、大地の成り立ちと変化、気象とその変化、地球と宇宙などについて理解させ、これらの事物・現象に対する科学的な見方や考え方を養う。</p>

現行指導要領	新指導要領
<p>(4) 生物とそれを取り巻く自然の事物・現象を調べる活動を行い、自然の調べ方を身に付けるとともに、これらの活動を通して自然環境を保全し、生命を尊重する態度を育て、自然を総合的に見るができるようにする。</p> <p>第3 指導計画の作成と内容の取扱い</p> <p>1 指導計画の作成に当たっては、次の事項に配慮するものとする。</p> <p>(1) 3学年間を通して、各分野におよそ同程度の授業時数を配当すること。その際、各学年において両分野を扱い、各分野間及び各項目間の関連を十分考慮して、各分野の特徴的な見方や考え方が互いに補い合って育成されるようにすること。</p> <p>(2) 学校や生徒の実態に応じ、<u>十分な観察や実験の時間</u>、課題解決のために探究する時間などを設けるよう配慮すること。</p> <p>2 各分野の内容の指導については、次の事項に配慮するものとする。</p> <p>(1) <u>観察、実験、野外観察を重視</u>するとともに、地域の環境や学校の実態を生かし、自然を科学的に調べる能力の育成及び基本的な概念の形成が段階的に無理なく行えるようにすること。</p> <p>(2) 生命の尊重や自然環境の保全に関する態度が育成されるようにすること。</p> <p>3 <u>観察、実験、野外観察</u>の指導においては、特に事故防止に十分留意するとともに、使用薬品の管理及び廃棄についても適切な措置をとるよう配慮するものとする。</p> <p>4 各分野の指導に当たっては、<u>観察、実験</u>の過程での情報の検索、実験、データの処理、実験の計測などにおいて、コンピュータや情報通信ネットワークなどを積極的に活用するよう配慮するものとする。</p> <p>5 第2の内容の第1分野(7)のイの(ア)と第2分野(7)のイの(ア)については、生徒や学校、地域の実態に応じていずれかを選択するものとする。</p> <p>6 第2の内容の取扱いのうち内容の範囲や程度等を示す事項は、すべての生徒に対して指導するものとする内容の範囲や程度等を示したものであり、学校において特に必要がある場合には、この事項にかかわらず指導することができること。</p> <p>7 選択教科としての「理科」においては、生徒の特性等に応じ多様な学習活動が展開できるよう、第2の内容その他の内容で各学校が定めるものについて、課題研究、野外観察、補充的な学習、発展的な学習などの学習活動を各学校において適切に工夫して取り扱うものとする。</p>	<p>(4) 生物とそれを取り巻く自然の事物・現象を調べる活動を行い、これらの活動を通して生命を尊重し、自然環境の保全に寄与する態度を育て、自然を総合的に見るができるようにする。</p> <p>第3 指導計画の作成と内容の取扱い</p> <p>1 指導計画の作成に当たっては、次の事項に配慮するものとする。</p> <p>(1) 各学年においては、年間を通して、各分野におよそ同程度の授業時数を配当すること。その際、各分野間及び各項目間の関連を十分考慮して、各分野の特徴的な見方や考え方が互いに補い合って育成されるようにすること。</p> <p>(2) 学校や生徒の実態に応じ、<u>十分な観察や実験の時間</u>、課題解決のために探究する時間などを設けるようにすること。その際、問題を見だし観察、実験を計画する学習活動、観察、実験の結果を分析し解釈する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動が充実するよう配慮すること。</p> <p>(3) 原理や法則の理解を深めるためのものづくりを、各内容の特質に応じて適宜行うようにすること。</p> <p>(4) <u>継続的な観察や季節を変えての定点観測</u>を、各内容の特質に応じて適宜行うようにすること。</p> <p>(5) 博物館や科学学習センターなどと積極的に連携、協力を図るよう配慮すること。</p> <p>(6) 第1章総則の第1の2及び第3章道徳の第1に示す道徳教育の目標に基づき、道徳の時間などとの関連を考慮しながら、第3章道徳の第2に示す内容について、理科の特質に応じて適切な指導をすること</p> <p>2 各分野の内容の指導については、次の事項に配慮するものとする。</p> <p>(1) <u>観察、実験、野外観察を重視</u>するとともに、地域の環境や学校の実態を生かし、自然の事物・現象を科学的に探究する能力の基礎と態度の育成及び基本的な概念の形成が段階的に無理なく行えるようにすること。</p> <p>(2) 生命を尊重し、自然環境の保全に寄与する態度が育成されるようにすること。</p> <p>(3) 科学技術が日常生活や社会を豊かにしていることや安全性の向上に役立っていることに触れること。また、理科で学習することが様々な職業などと関係していることにも触れること。</p> <p>3 <u>観察、実験、野外観察</u>の指導においては、特に事故防止に十分留意するとともに、使用薬品の管理及び廃棄についても適切な措置をとるよう配慮するものとする。</p> <p>4 各分野の指導に当たっては、<u>観察、実験</u>の過程での情報の検索、実験、データの処理、実験の計測などにおいて、コンピュータや情報通信ネットワークなどを積極的かつ適切に活用するよう配慮するものとする。</p>

### 1-2-1 新学習指導要領解説における観察・実験の取り扱い

新指導要領に併せ中学校学習指導要領解説[3]（以下指導要領解説とする）が示されている。この指導要領解説は、指導要領の内容をより具体的な方法について示すもので、法的拘束力はないものの実際には、指導計画の作成や教科書編集などの指針となるものである。

今回の学習指導要領改訂の要点が、第1章総説に3理科改訂の要点としてまとめられている。(1)改訂に当たっての基本的な考え方、では、②科学的な思考力、表現力の育成を図ること、として「目的意識を持って観察、実験などを行うことは従前のものを継承し」と、これまでの観察実験を踏襲するとされている。同じく④科学的な体験、自然体験の充実を図ること、には「継続的な観察や季節を変えての定点観測」を示されている。さらに(2)内容の改善の要点、では「観察、実験の結果を分析して解釈するなどの学習活動を一層重視する」とされ、改訂に伴う観察・実験の重視を示唆している。

第2章理科の目標及び内容、には分野ごとに具体的な観察・実験の内容を具体的に示している。今回の改訂によって追加された観察・実験内容が加わった。

第3章指導計画の作成と内容の取扱い、1指導計画作成上の配慮事項に(4)継続的な観察などの充実、の項目が付け加えられた。気象観測や天体の動きについての規則性を見いだすために定点観測が有効であると明示されており、時間に伴う変化、対象の全体像を捉えることができるとしている。具体的な例として、前線の通過時や季節ごとの天気の特徴を把握するために、天気の変化やその規則性を捉えられる程度の期間、気象観測を行うこと、季節を変えて星座を観察させること、同じ時刻に見える星座の位置を一定期間ごとに観察させることが提示されている。

指導要領解説からも観察・実験の実施を元に授業が展開されるよう明示されている。今回の改訂でその傾向は踏襲され、観察・実験を重視する傾向がさらに強まったともいえる。

### 1-3 理科の観察・実験に関する過去の調査報告

観察、実験を行い、技能の習得と共にその結果から自然法則を導き出す。指導要領に記載されたこのような指導は実際にどの程度実施されているのだろうか。観察・実験の実施に関する調査の報告は意外にも少ない。

#### 1-3-1 「理科における野外観察学習のあり方」（島根県教育センター）

島根県教育センターが行った調査報告に「理科における野外観察学習のあり方I」[4]がある。これは昭和61年度、平成10年度の2回に渡って行った調査で、調査は小学校中学校別、単元毎の野外観察実施状況、学習形態、野外観察がしにくい領域などについてより具体的に行われた。調査結果によると、小学校の95%が野外観察を「(必ず、わりと)実施している」のに対し、中学校では54%にとどまるなど、小学校と中学校による差が大きい。報告によるとその原因として中学校が教科担任制のため時間割の変更柔軟に対応しにくい点、学習内容の量と時間の関係、受験体制などをあげている。野外観察学習実施上の問題点では、小中共に「時間不足」が最も多く、小学校では50%の学校が、中学校では80%以上が時間不足を問題としている。



### 1-3-2 「中学校の学習指導に関する実態調査」（ベネッセコーポレーション）

全国規模での調査として(株)ベネッセコーポレーションが毎年実施している「中学校の学習指導に関する実態調査」[5]がある。最新の調査は、2008年4月から7月まで全国の理科教員32,442名に調査用紙を配布し、そのうち約2割6,659名から回答が寄せられた。

観察・実験を年間何時間行っているかについては、実験を11時間以上行っているのは約80%であるのに対し、観察は約50%となった(図1-1)。この結果だけで観察・実験の実施が充分かどうか判断するには不十分である。担当する学級数に対する時数なのか、担当する全学級を対象とした合計の時数なのかについて質問に定義されていないためである。

「日々の指導の中で感じることに」の各項目では総じて時間不足の傾向が読み取れる(図1-2)。特に指導の準備にかけられる時間の不足を強く感じていることが分かる。図1-4から、この傾向は社会科との比較でもほぼ同様である。経年変化を見ると2005年に比べ2008年は時間の不足の傾向が強い(図1-4)。これは、社会科においても同様に年々教科指導以外の業務が学校現場に求められる傾向が強まっていることが原因と考えられる。

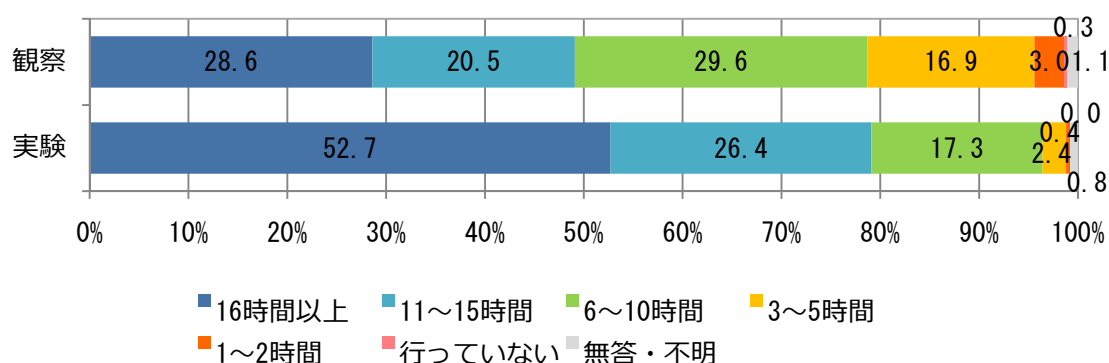


図 1-1 年間で行う観察・実験の時間数[5]

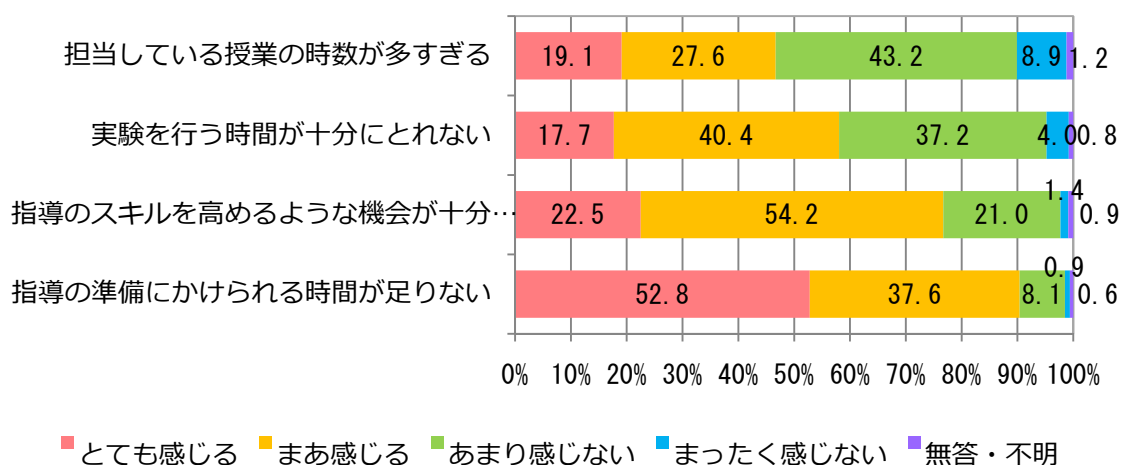


図 1-2 日々の指導で感じることに[5]

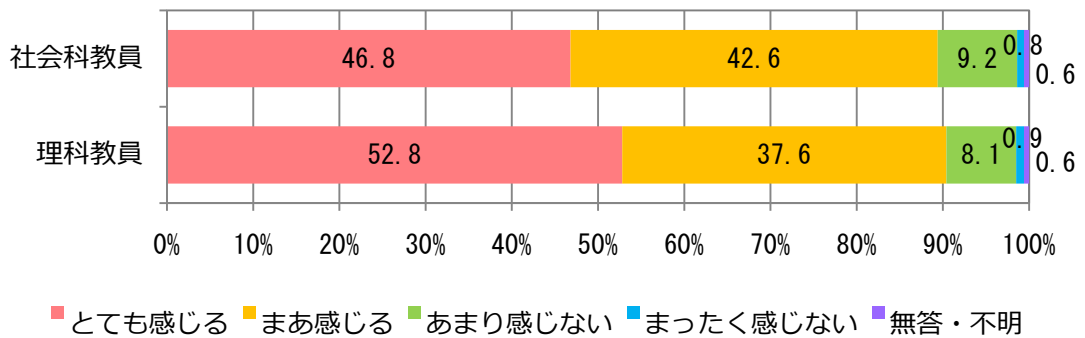


図 1-3 指導の準備にかけられる時間が足りないか（社会・理科）[5]

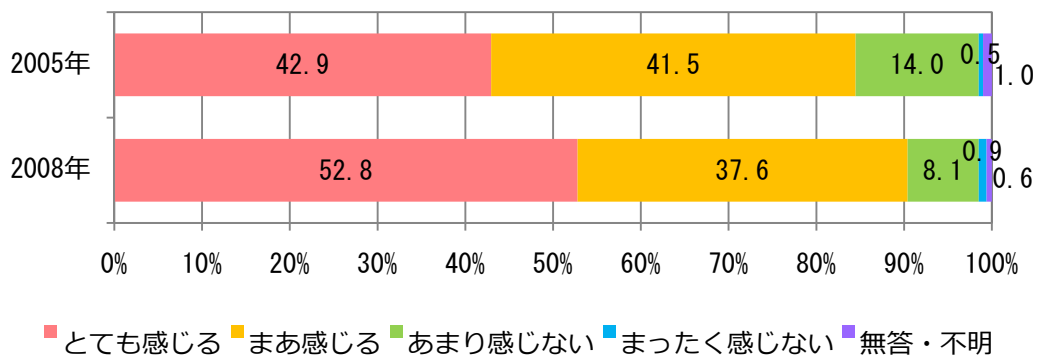


図 1-4 指導の準備にかけられる時間が足りないと感じるか（理科 経年変化）[5]

### 1-3-3 中学校理科教師実態調査（科学技術振興機構，国立教育政策研究所）

中学校理科教師実態調査[6]は，科学技術振興機構理科教育支援センターと国立教育政策研究所教育課程研究センターが2008年に初めて行った調査で，全国の公立中学校から無作為に抽出された337校の572名（内訳は各校理科主任337名，理科主任以外で最も年齢の若い理科教師235名）を対象にした調査である。図1-5から

観察・実験を行う準備や片付けの時間が不足という答えは約70%にのぼる。また，観察・実験に必要な設備備品や消耗品が不足している傾向が見られる。この傾向は，図1-6 2008年度における各校理科全体の設備備品費（337校），からも明かである。2008年度の理科設備備品費が全体の約

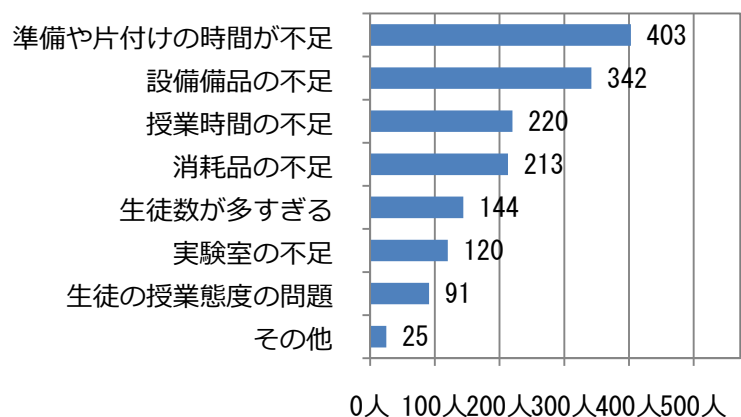


図 1-5 観察や実験を行うにあたり，障害となっていること複数選択（572人）[6]

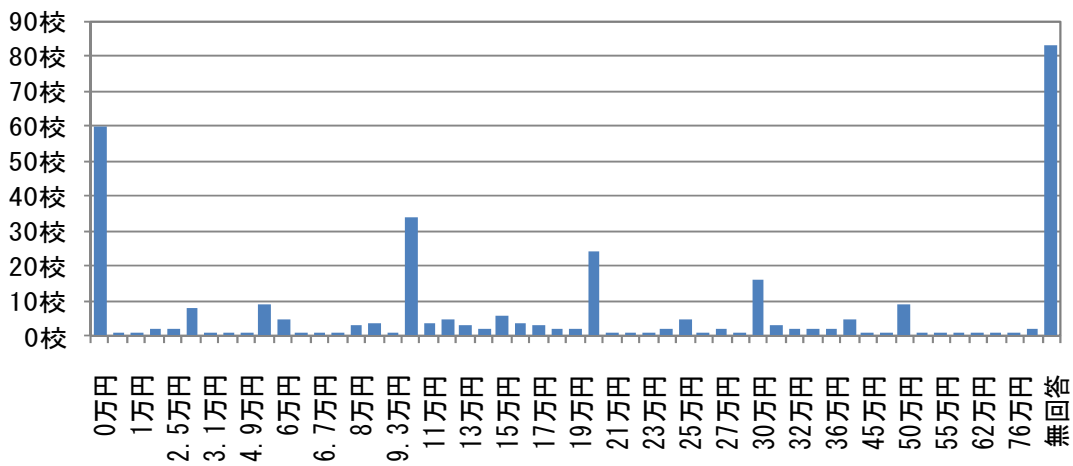


図 1-6 2008 年度における各校理科全体の設備備品費 (337 校) [6]

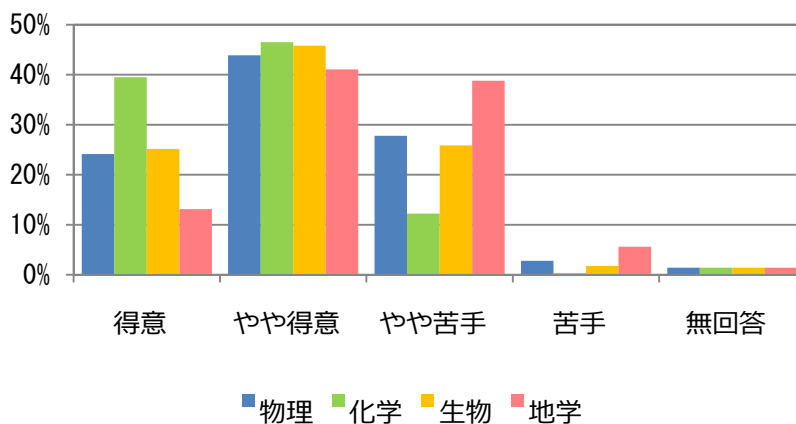


図 1-7 各領域の指導をどう感じるか (572 人) [6]

20%で0円という答えである。図 1-7 は物理, 化学, 生物, 地学各領域の指導に対する捉え方についての調査である。得意と答えた割合が多いのは化学領域で, 次いで生物物理の順である。地学領域を苦手と答えた教員の割合が最も多い (図 1-7)。

## 1-4 国際学力調査にみる比較

### 1-4-1 生徒の学習到達度調査 PISA 2006 年度版の結果

生徒の学習到達度調査

表 1-2 日本の平均得点と順位 [7]

PISA は, OECD 参加国が共同で行う学力調査である。最新版の 2006 年版は 57 개국・地域 (OECD 加盟 30 개국, 非加盟 27 개국・地域) から約 40 万人の 15 歳を対象に行われた [7]。表 1-2 日本の平均

OECD 加盟国の平均を 500 点とし, 順位は OECD 加盟国 (30 ヶ国) 中

項目	日本の平均得点	順位
科学的リテラシー science scale	531	3
科学的な疑問を認識すること identifying scientific issues scale	522	6
現象を科学的に説明すること explaining phenomena scientifically scale	527	4
科学的証拠を使うこと using scientific evidence scale	544	2

得点と順位，における結果から，科学的リテラシーなどのスキルに関する項目はほとんどが上位である。それに対して，自分の能力に対する自信や，科学の学習に対する動機付けは，ほぼ最下位であった（表 1-3）。

表 1-3 意欲など動機付けに関する項目 [7]

OECD 加盟国平均を 0.00 とし，順位は OECD 加盟国（30 ヶ国）中

項目	日本の平均指標	順位
自分の科学の能力に対する自信 self-efficacy in science	-0.53	30
将来の学習あるいは職業に役立つ instrumental motivation to learn science and performance	-0.43	30
将来を見据えた意欲 future-oriented motivation	-0.24	28

#### 1-4-2 国際数学・理科教育動向調査 TIMSS 2007 年度版の結果

国際数学・理科教育動向調査 TIMSS（2007 年度版[7]，2003 年度版 [10]）は，国際教育到達度評価学会（IEA）が，小学 4 年生，中学 2 年生を対象に実施する調査で，2007 年 3 月に実施した調査には 59 カ国が参加した。数学，理科の到達度を国際的な尺度によって調査するもので，前回は 2003 年に行われ 46 カ国が参加した。国立教育政策研究所で行った分析結果も報告されている（2007 年度版[9]，2003 年度版 [11]）。

##### (1) 得点

表 1-4 で日本の理科の結果を得点別に見ると，小学 4 年生が 548 点，36 ヶ国中第 4 位，中学 2 年生が 554 点で 49 ヶ国中 3 位と，いずれも上位である。

得点を表 1-5 で領域別に見る。小学 4 年生で「物理・化学」が 564 点で 2 位，「生物」が 530 点で 13 位，「地学」が 529 点で 13 位であった。中学 2 年生は「物理」が 558 点で 3 位，「化学」が 551 点で 3 位，生物が 553 点で 2 位，地学が 533 点で 6 位であった。どちらの学年においても他の領域に比べ地学領域の得点が低い。これら領域の分類方法は地学領域には気象と天文も含まれ，日本の理科教育における分

表 1-4 理科における日本の平均得点と順位 [8][10]

参加国平均は 2003 年小 4 を 489 点，中 2 を 474 点  
2007 年は小 4 と中 2 共に 500 点とする。

	2007 年		2003 年	
	平均得点	順位/全体	平均得点	順位/全体
小学 4 年生	548	4/36	543	3/25
中学 2 年生	554	3/49	552	6/46

表 1-5 2007 年日本の領域別平均得点[8] 各領域参加国平均を 500 点とする

小学 4 年は化学を物理に統合

	物理 Physics		化学 Chemistry		生物 Life science		地学 EarthScience	
	平均点	順位/全体	平均点	順位/全体	平均点	順位/全体	平均点	順位/全体
小学 4 年生	564	2/36			530	13/36	529	13/36
中学 2 年生	558	3/49	551	3/49	553	2/49	533	6/49

表 1-6 領域別平均得点の経年比較（中学 2 年生）[8] [10]

各領域参加国平均 2003 年を 474 点 2007 年平均 500 点とする。

	物理		化学		生物		地学	
	平均点	順位/全体	平均点	順位/全体	平均点	順位/全体	平均点	順位/全体
2003 年	552	3/46	564	4/46	549	5/46	530	12/46
2007 年	558	3/49	551	3/49	553	2/49	533	6/49

表 1-7 理科の勉強は楽しいか[9]

	強くそう思う		そう思う
	割合(国際平均)	順位	割合(国際平均)
小学 4 年生	57% (59%)	18 位/36 国	30% (24%)
中学 2 年生	18% (46%)	28 位/49 国	40% (32%)

表 1-8 理科の勉強に対する自信 (Self-Confidence in Learning Science)

	高いレベル		中間レベル	低いレベル
	割合(国際平均)	順位	割合(国際平均)	割合(国際平均)
小学 4 年生	53% (61%)	29 位	35% (30%)	12% (8%)
中学 2 年生	20% (61%)	30 位	44% (30%)	36% (8%)

類とほぼ同じと見なして良い。

表 1-6 で領域別の平均得点を比較しても、地学の得点が低い傾向は前回 2003 年の調査でも同様であることが分かる。

## (2) 質問紙

表 1-7 理科の勉強は楽しいか、に対し「強くそう思う」と答えた生徒は小学 4 年生が 57%で 18 位、中学 2 年生が 18%で 28 位であった（表 1-7）。

表 1-8 理科の勉強に対する自信、に対し「高いレベル」と答えた割合は小学 4 年生が 53%で 29 位、中学 2 年生が 20%で 30 位であった。理科の学習に対する動機付けや自信については最低レベルといえる。

### 1-4-3 調査結果から見える生徒像

PISA, TIMSS どちらの調査からも、ほぼ同じような傾向が見られた。日本は理科に関する得点が高く上位レベルである。一方、理科の学習に対する意欲や動機付け、自信などの項目が極端に低い。この傾向は学年が進む毎に大きくなる。数学にも同様の傾向が見られることから、文化や国民性、教育システム全体の影響が大きいと考えられる。また、理科に関しては物理・化学領域に比べると地学領域の得点が低い。各領域とも参加国全体の平均得点を基準（TIMSS2007 では 500 点）として得点を設

定しているため、問題の難易度の影響は小さく領域間の相対的な比較としての傾向と捉えられる。

## 1-5 本研究のねらい

学習指導要領では観察・実験が重視され、観察・実験の結果から自然の規則性や関係性を導く授業展開が示されている。教科書に様々な観察・実験が記載され、学力試験にも観察・実験に関する問題も多く出題される。前述の実態調査から見えた時間や設備が不足気味の学校現場のにおいてこれらの観察・実験の実施を伴う授業展開がそれ程容易ではないことが想像される。

日本の生徒の高い学力を持ちながら意欲等の動機付が低い傾向、他領域に比べ地学領域の得点が低い傾向、中学校理科教師の地学領域への苦手意識。そして、時間や予算が不足気味の学校現場。調査の報告から見えてくるこれらの傾向から、学校における理科教育のあり方について、更に具体的に細かく調査、分析する必要があると考える。

本研究では、中学校における理科教育の現状を県内全ての中学校を対象に観察・実験実施の観点から詳細に調査を行う。そして、調査によって明らかになった現状に対して、実施困難な領域の学習教材を開発する。開発した教材による授業実践を行い、その成果と課題から理科教育の観察・実験のあり方や実施へ向けて必要な方策についての具体的な方策を議論していく。これらの議論によって中学校の理科教育、理科教師の進むべき方向を明確にすることを目的とする。

第2章では2007年に宮城県内の理科教師を対象に行った実態調査結果について議論し、その結果から、比較的实施率の低かった天文分野についての教材開発と授業実践を第3章で、同じく気象分野についての教材開発と授業実践について第4章で議論する。第5章でこれらの研究成果を統括する。

## 第2章 実験・観察実施の実態調査

### 2-1 はじめに

学校現場における観察・実験の実施状況など理科の教科指導に関する具体的な調査や報告は少ない。そこで、宮城県内全ての中学校を対象に観察・実験の実施や教科指導や理科教師の現状についてより詳細な調査を行うことが必要と考えた。調査によってその実施率、実施困難な分野、分野ごとの偏りなどが明らかにし、具体的な議論を展開することができると思う。

以下は 2007 年に仙台市中学校教育研究会理科研究会、および宮城県連合中学校理科部会の協力を得て、宮城県内の中学校理科教員を対象に行った調査結果の概要である。

### 2-2 調査方法

調査対象は宮城県内の公立、私立中学校の全理科教師を対象とした。これまでの調査にない、より具体的なデータを取得することをねらいとし、県内で使用されている教科書[12]に記載の観察・実験の実施状況を中心に、予算や備品など設備の充足度、研修会への参加や情報の入手方法などの状況について計 19 項目にわたる調査を行った。

アンケート用紙による質問紙法で行い、仙台市に関しては、ほとんどの理科教師が仙台市中学校教育研究会理科研究会に所属しているため、同研究会を通して調査用紙を配布・回収した。その他宮城県内は理科教師の人数分の調査票を郵送で直接各学校へ送付、郵送によって回収した。

調査期間は 2007 年 11 月 5 日から 12 月 28 日で、宮城県内 230 校に送付し回答は 152 校 323 名から寄せられた。内訳は仙台市内 73 校中 68 校 172 名、県内 157 校中 84 校から 151 名（それぞれ国立、市立、県立を含む）である。学校単位の回収率は、仙台市立の中学校からの回答は 100%であったが、その他の県内は約 50%であった。したがって調査結果が全ての理科教師の現状を反映していると言い切れないものの、サンプル数の多さから比較的信頼性は高いと考える。

### 2-3 調査結果概要

以下に調査結果の概要を示す。より詳細な結果については添付「中学校理科の実験・観察指導に関する調査報告書」を参照されたい。

#### 2-3-1 回答者の構成

回答者の年代分布が図 2-1 回答者の年齢、である。40 代が最も多く、20 代が最も少ない。回答者の 60%以上が 40 歳代以上の教師である。

図 2-2 これまで学んだ専門領域、は教師の専門領域についての質問である。化学が最も多く、次いで生物、地学、物理の順であった。領域による差は多少見られるものの、ほ

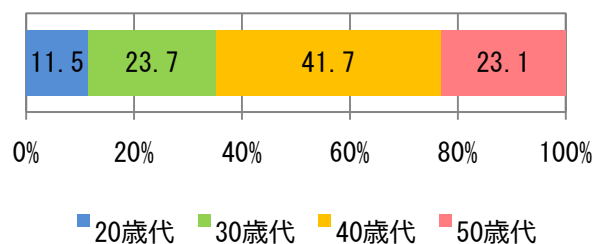


図 2-1 回答者の年齢

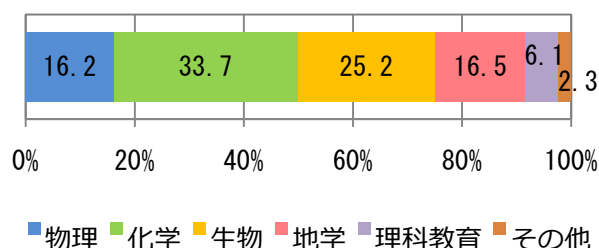


図 2-2 これまで学んだ専門領域

ば平均的に分散しているといえる。

### 2-3-2 実験準備のための時間や設備・予算等について

観察・実験を実施するための予算の充足度について、図 2-3 教材等の予算，によると「十分」「やや十分」を合わせて約 30%にとどまっている。これは、教材の準備のための環境整備が実験の実施率の向上につながる可能性も示唆しているといえる。

図 2-4 実験準備の時間，では「十分」，「やや十分」を合わせても 10%程度で，80%以上の教師が実験の準備や片付けの時間不足を感じていることになる。

図 2-5 同時使用で理科室が使用できないことがあるか，では理科室の使用が制限されるという回答が 70%を超えた。理科室の数が不十分という傾向がみられ。

図 2-6 備品・機器の整備状況，は実験器具等の備品の整備状況の調査結果である。7割以上の学校が「充分」「やや充分」と回答したのは，ガスバーナー，記録タイマー，スタンド，電流電圧計類，電源装置，試薬類，ビーカー試験管であり，化学・物理分野の備品の充足度は高い。

その一方，「やや不足」「不足」を合わせて7割を上回った器材は気象観測装置，岩石用ハンマー，地球儀，天体望遠鏡，保護眼鏡であり，地学分野の備品の不足の傾向が読み取れると共に保護眼鏡の不足から安全管理面で若干課題が残った。

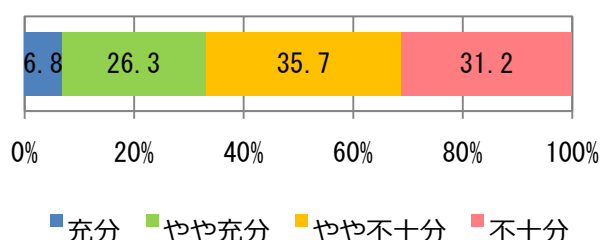


図 2-3 教材等の予算

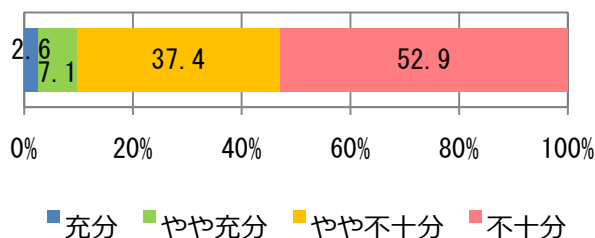


図 2-4 実験準備の時間

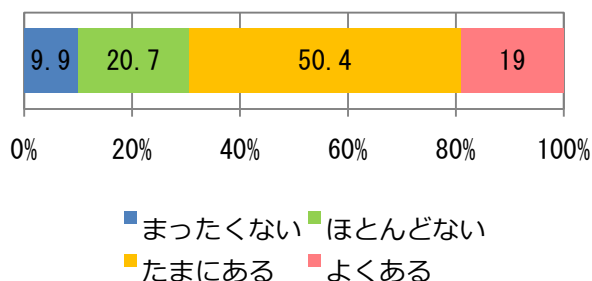


図 2-5 同時使用で理科室が使用できないことがあるか



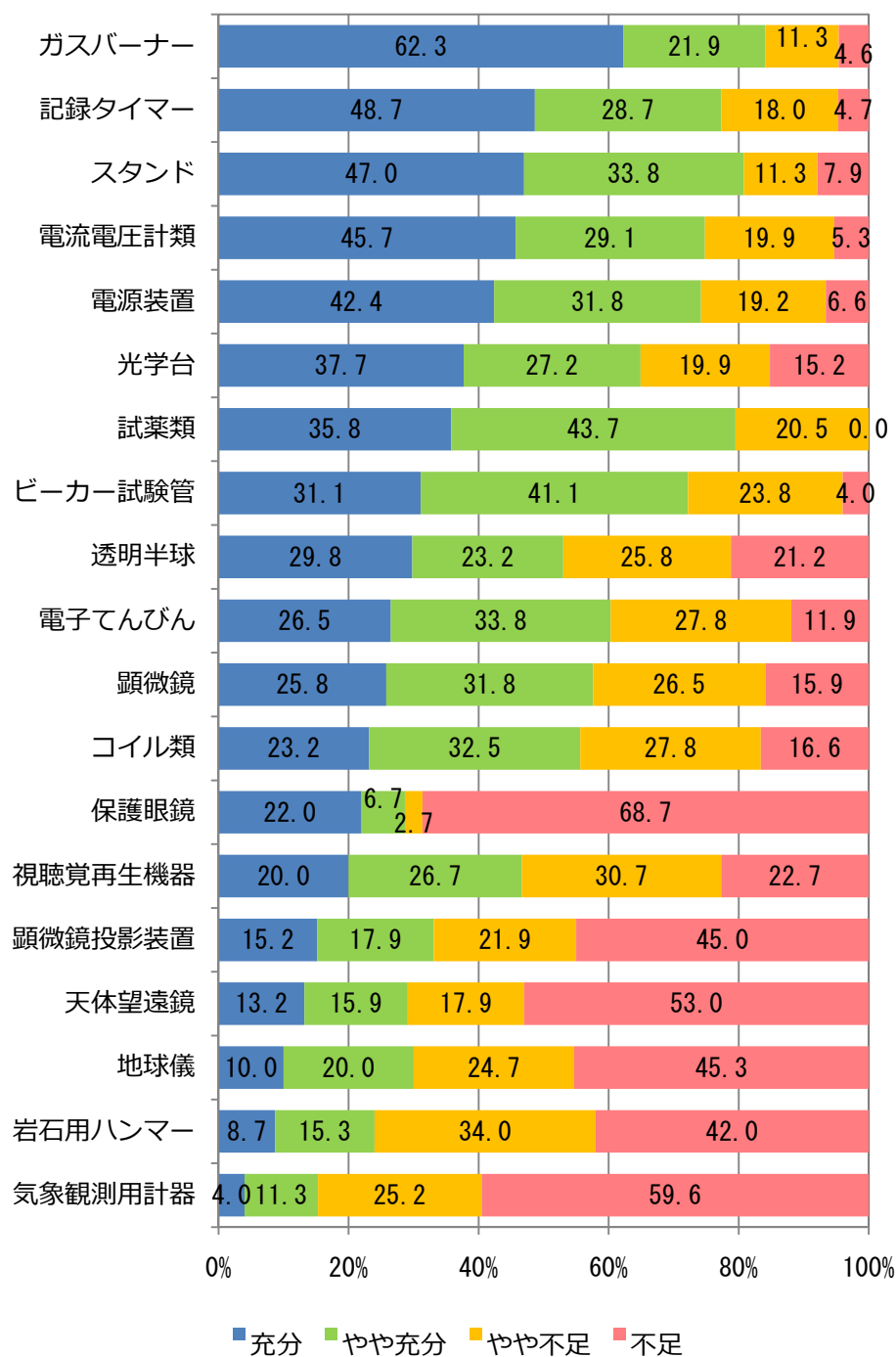


図 2-6 備品・機器の整備状況

### 2-3-3 観察・実験の実施状況

図 2-7 図 2-8 は観察実験の実施状況についての調査結果である。教科書（東京書籍「新編 新しい科学」）[12]に記載されている全ての観察・実験を対象（合計 64 種類）とした。担当する学年の実験・観察の実施状況を、実施する場合は生徒が行うか、教師による演示か、か、実施しないかについて調査した。

結果を第 1 分野（図 2-7）と第 2 分野（図 2-8）に分けて示す。各実験・観察項目に記載の数字は、各分野の教科書の記載順による 1 から 64 の通し番号（以後、実験項目番号とする）である。

演示実験を含めた実験・観察の実施率は、第1分野で平均 95%、第2分野平均 73%となり、第1分野は教科書掲載の実験・観察をほぼ網羅しているのに対し、第2分野の実施率が平均で20ポイント以上低い結果となった。全体では、「生徒が実施する」実験・観察項目が75%、「演示実験」が11%で、約85%の実験・観察が教科書に掲載された方法で行われている。

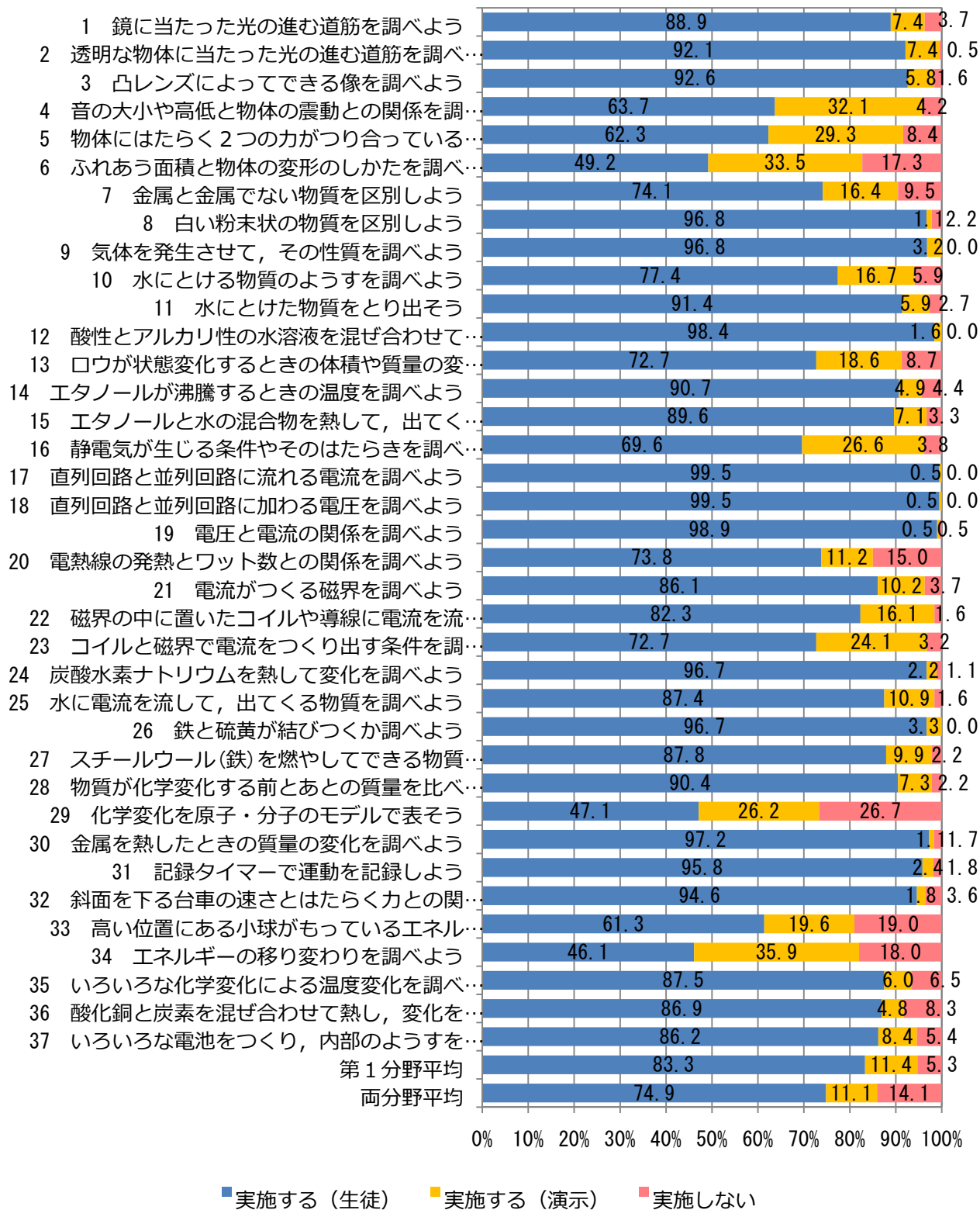
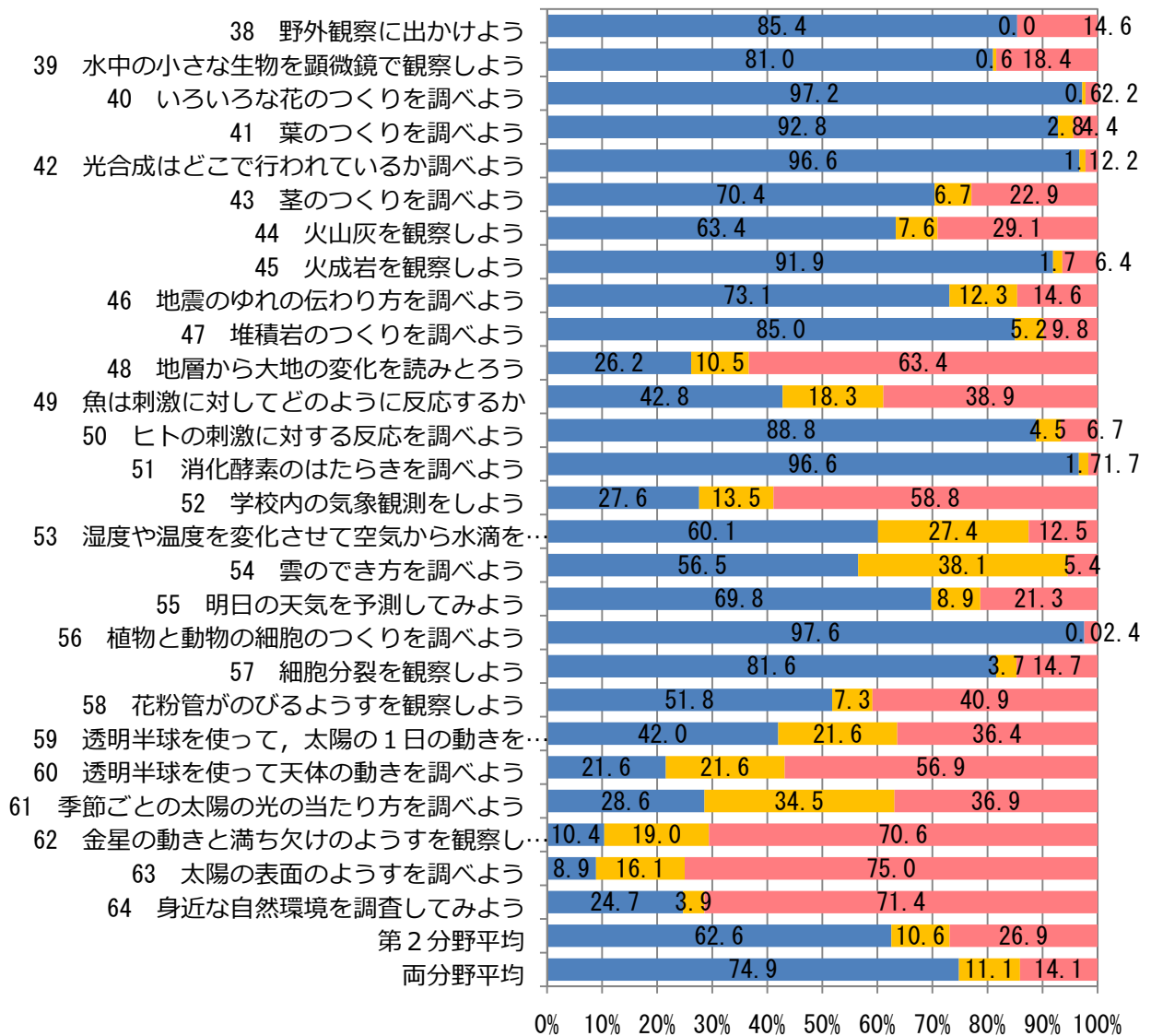
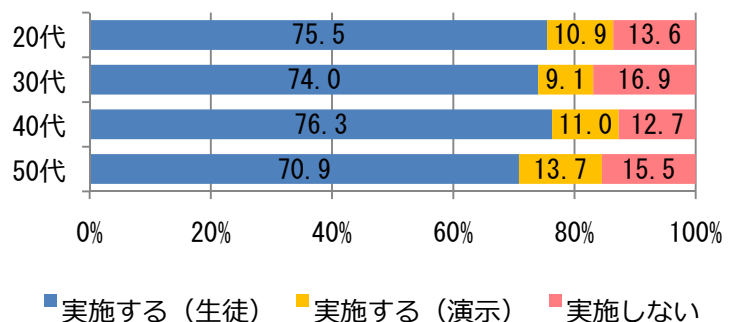


図 2-7 教科書記載の方法による実験・観察の実施状況（第1分野）



■実施する(生徒) ■実施する(演示) ■実施しない  
 図 2-8 教科書記載の方法による実験・観察の実施状況(第2分野)

年齢別実施状況では分野や単元によってばらつきの見られる観察・実験の実施率が、担当する教師の経験年数とどのような関連があるのかを調べた(図 2-9)。グラフを見る限り、経験年数と観察・実験の実施率にほとんど関連がみられない。実験観察の実施率は単に教師の経験に起因する要素ではない別の要素が関係している可能性があると考えられる。



■実施する(生徒) ■実施する(演示) ■実施しない  
 図 2-9 観察・実験の実施状況(年齢別)

### 2-3-4 実施率の低い観察・実験と実施上該当する要素

図 2-10 実施率の低い観察・実験と実施上該当する要素，は図 2-7，図 2-8 において実施率（生徒と演示の合計）が 70%以下だった観察・実験 10 項目について，実施率を折れ線グラフで表し，実施上該当する要素別に積み上げ棒グラフで表した。左に行くほど実施率が低い。また，積み上げ棒は，実施，未実施を問わず，実施上該当する要素にあげた数の合計（複数選択）である（全回答者数は 323 人）。また，各実験・観察項目を分野別に，物理分野 (P)，化学分野 (C)，生物分野 (B)，地学分野 (E)，その他 (N) と記号で分類した。実施率 50%以下の実験・観察は，実験番号 63「太陽の表面の様子を調べよう」（実施率 25%），64「身近な自然環境を調査してみよう」（同 29%），62「金星の動きと満ち欠けの様子を観察しよう」（29%），48「地層から大地の変化を読み取ろう」（37%），52「学校内の気象観測をしよう」（37%），58「透明半球を使って天体の動きを調べよう」（37%），49「花粉管がのびるようすを観察しよう」（37%），61「季節ごとの太陽の光の当たり方を調べよう」（37%），59「透明半球を使って、太陽の1日の動きを調べよう」（37%）

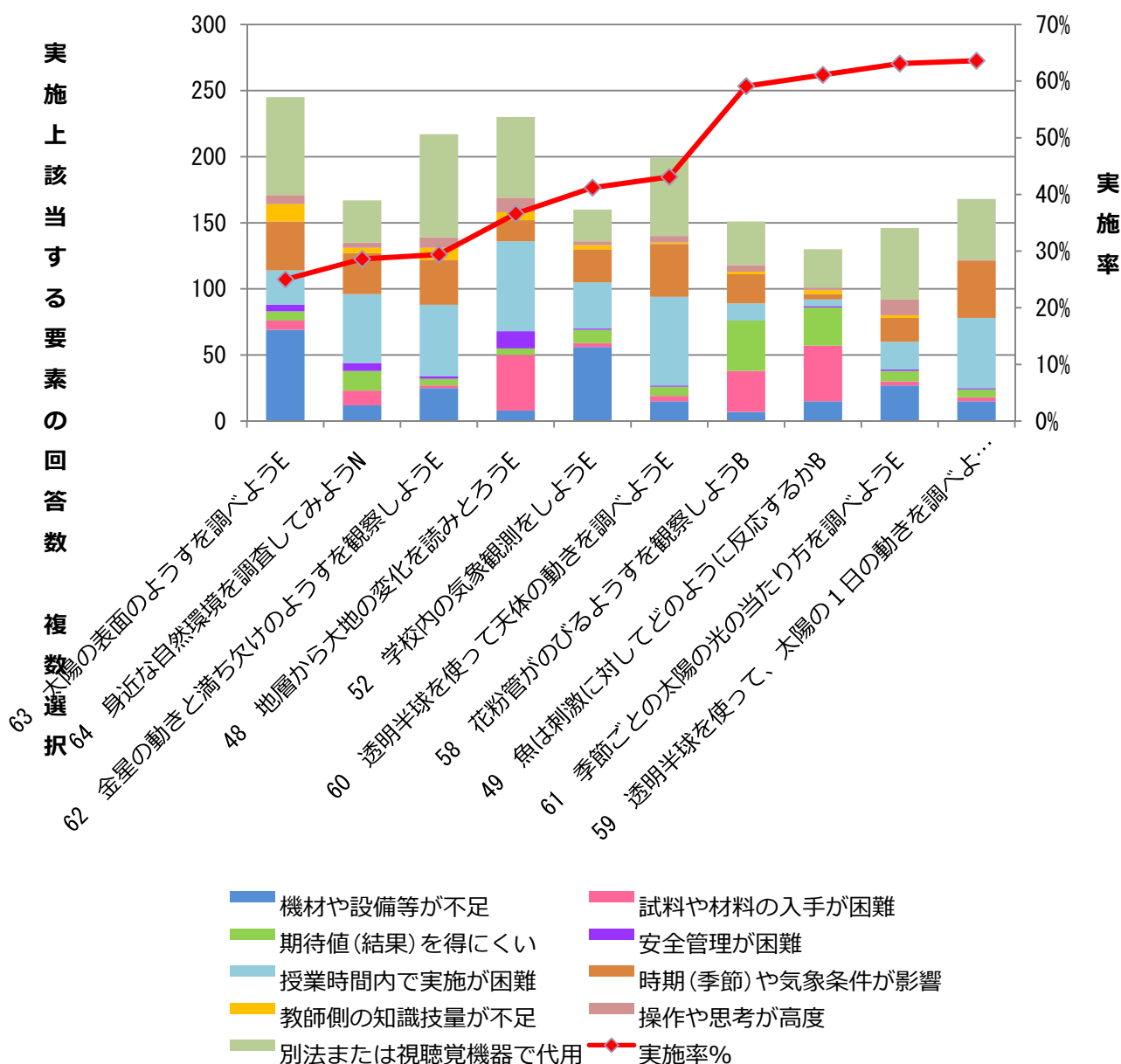


図 2-10 実施率の低い観察・実験と実施上該当する要素

実施率を折れ線グラフで表し，実施上該当する要素（複数選択）を積み上げ棒グラフで表した。数字は実験項目番号，アルファベット（P 物理，C 化学，E 地学，B 生物，N その他）は領域を表す。

観測をしよう」(41%)，60「透明半球を使って天体の動きを調べよう」(43%)であり，地学分野の特に天文と気象に集中している。

さらに，実施率 70%以下の実験・観察には，58「花粉管がのびる様子を観察しよう」(59%)，49「魚は刺激に対してどのように反応するか」(61%)，61「季節ごとの太陽の光の当たり方を調べよう」(63%)，59「透明半球を使って，太陽の一日の動きを調べよう」(64%)と続く。地学分野に加えて，生物分野における観察実験の実施が困難な傾向が見られる。

理由としては「授業時間内で実施が困難」「器材や設備等が不足」「時期や気象条件が影響」が多くあげられた。その結果これらの観察・実験は「別法又は視聴覚機器で代用」される傾向も考えられる。

### 2-3-5 教師の指導力向上に関する内容

教科指導に関する研修や情報取得についての調査項目を見る。図 2-12 教材研究のための時間，から教科指導に関する自己研修の時間について，50%以上が不十分であると感じていることが分かる。やや不十分を合わせると約 90%の教師が時間の不足を感じているといえる。

教師の研修の場として各地区教育研究会が存在する。教科部会が組織され，年に1から数回，授業検討会や研修会が行われている。図 2-11 研修会等への所属状況，から全体の約 80%とほとんどの教師が参加している。参加していない約 20%は教科領域以外の部会に所属する場合があると考えられる。また，教育研究会以外にも教育委員会による教育研修の機関が研修会を開催している。公的な研修会のほかにも教科指導に関する研修会や私的な理科サークルも存在し，これらへの参加は約 20%である。

図 2-13 研修会に参加できない理由，は教育研究会以外の研修不参加の理由についての結果である。時間の確保が一番の理由に挙げられている。

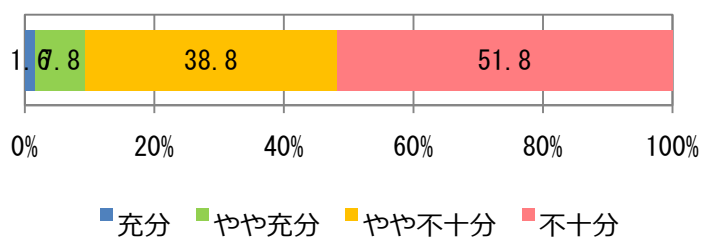


図 2-12 教材研究のための時間

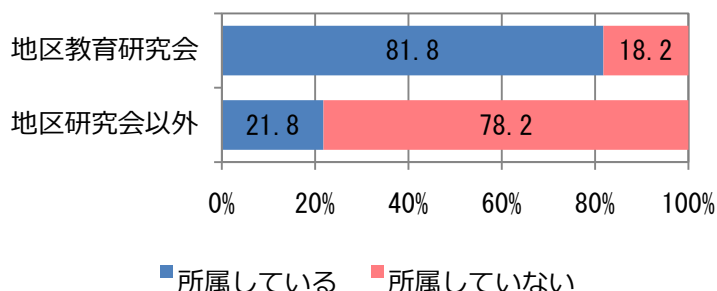


図 2-11 研修会等への所属状況

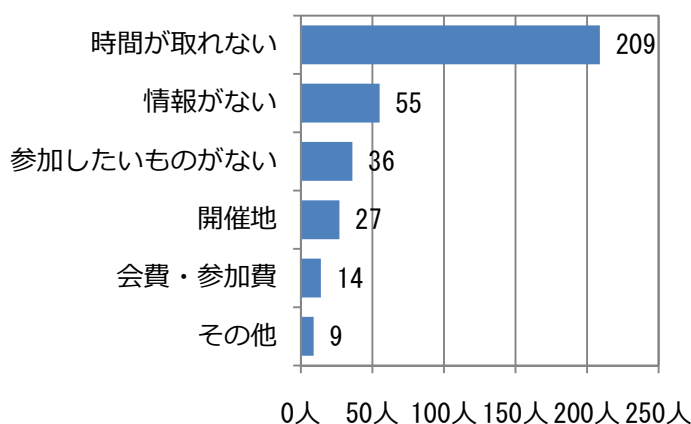


図 2-13 研修会に参加できない理由

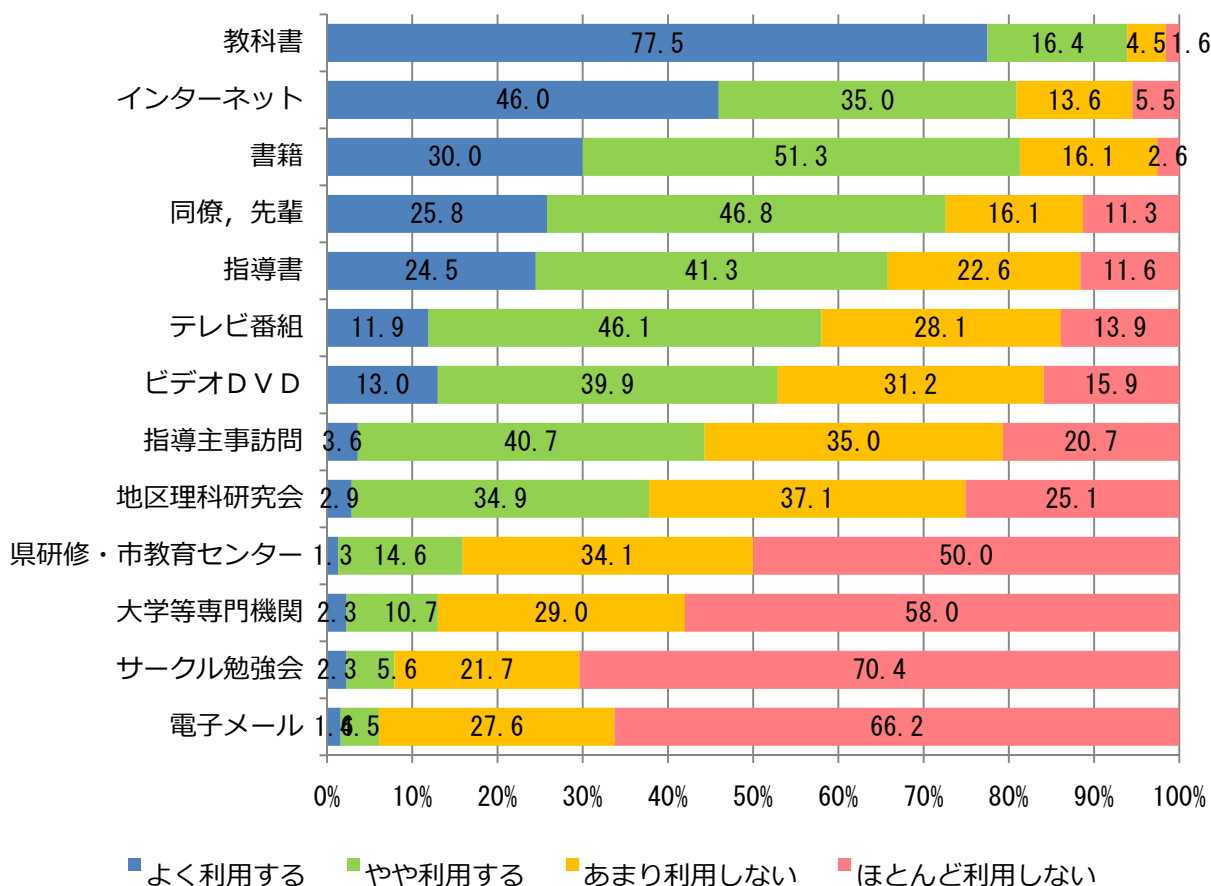


図 2-14 教科指導に関する情報の入手先

教科指導に関する情報の入手方法については、最も利用するのは教科書で、次いでインターネット、書籍の順となる（図 2-14）。毎年実施されている指導主事学校訪問や前述の地区理科学研究会はよく利用・やや利用するを合わせると 40%前後となっている。いずれも年に 1 回から数回の実施であるが情報の入手先としての意識は比較的高く、これらの研修会による情報交換は一定の効果を上げていると考える。

## 2-4 議論

### 2-4-1 学校における理科教育の現状

調査から様々な現状が明らかになった。まず回答者の年齢構成からは 40 歳代が約 40%と最も多く、50 歳代と 30 歳代が約 20%、20 歳代が約 10%と最も少ない傾向が見られた。40 歳代のベテラン教師が多いことで、ある程度の経験を積んだ後も指導力を向上し続けることができるかが重要になるであろう。教師の専門領域は化学分野がやや多く地学、物理がやや少ない結果であった。多少の差は見られるものの、全体的には平均した分布であると考えられる。

時間や設備、予算等についてはいずれも充分といえない現状で、備品・設備の整備状況は、充分・やや充分を合わせて 80%を越えた項目はガスバーナーとスタンドの 2 項目のみである。全体的に不足気味で、学習指導要領改訂による 2009 年度からの授業時数や内容の増加に伴い、観察・実験の数も増える。新たな設備・備品が必要となることから、今後更に教材準備のための予算確保が必要である。

高価な教材等については複数の学校間で共有するなどの工夫もあると思われる。なお、今回は充分か不十分かという観点のみによる調査であったため具体的な数値は把握していない。

学級、学年間で理科室の使用が重なる場合など、理科室の使用が制限される問題もある。理科室の絶対数が少ない場合もあるだろうが、時間割作成上理科室の使用を重複させないことを優先することが必要であり、理科室の運用を充分考慮した時間割編成が望まれる。また、携帯型のガスバーナーや、流し台など簡易な実験を教室で行えるようにする道具の整備も有効と考えられる。さらに、生徒数の減少による空き教室の利用など、今後は理科室の確保へ向けた実践研究等も期待されるであろう。

教師の資質向上へ向けた研修の機会も時間不足の影響が見られた。教材研究の時間を充分と答えた割合はわずか1.6%であった。

#### 2-4-2 観察・実験の実施が困難な領域における教材開発

観察・実験の実施率は1分野に比べ2分野が低い傾向がみられ、特に地学領域が低く次いで生物領域であった。

地学領域における観察の実施率が低いことと、TIMSSで2003、2007の複数年にわたって他の3領域（物理、化学、生物）に比べ得点が低かったことと関連が予想される（表1-5）。野外観察の多い地学領域では観察を伴わない知識伝達が中心の授業、あるいは教育現場に普及したコンピュータや視聴覚機器によるシミュレーションやアニメーションの提示による代用によって、地学領域における学習の魅力を逸していると考えられる。

項目別に見ると、花粉の観察、動物の観察、地質の観察の3つ（実験項目番号48、58、49）は試料の準備や期待値の取得を理由にあげているのに対し、気象と天文分野における観察（実験項目番号63、62、60、61、59）は授業時間や季節による制約、器材や設備不足の問題がほとんどである（図2-10）。このことは、気象と天文分野の観察・実験において、時間・季節の制約や機材・設備の問題が解決されれば実施可能となることを示唆している。コンピュータによる計測の自動化、ネットワークによる情報伝達、センサー類による定点観測が可能になれば、これらの制約を解決できると考える。

以降の章では、地学領域の天文分野、気象分野における定点観測教材の開発とその実践に関する研究について報告する。

## 第3章 天文分野の教材開発と実践

### 3-1 はじめに

#### 3-1-1 天文分野の学習における観察

##### (1) 学習指導要領から

第2章の調査において実施が難しい観察が天文分野に多く見られた。この分野の学習は小学校では現行指導要領「内容」C「地球を宇宙」にあたり、第3学年で太陽の動き、第4学年で月の形の変化、星の動きを学習する。新指導要領では、第6学年で月の形と太陽との位置関係、月と太陽の表面の違いを学習することになる。中学校では、これらの小学校での学習を含めた日周運動や年周運動がなぜ起きるのかその原因を地球の自転・公転と関連付けて学習することが中心的な内容となる（表 3-1）。

表 3-1 指導要領改訂に伴う天文分野の学習内容と授業時数[14][15][16][17]

##### 追加で新設された項目のみ詳細表記

	現行指導要領		新指導要領	
		実質時数 (標準時数)		実質時数 (標準時数)
小学3年	日なたと日かげをくらべよう	6 (8)	日なたと日かげをくらべよう	6 (8)
小学4年	夏の星	1 (1)	夏の星	1 (1)
	月の動き	3 (4)	月の動き	3 (4)
	星の動き	2 (3)	星の動き	2 (3)
	冬の星	1 (1)	冬の星	1 (1)
小学6年			太陽と月の形 (新設)	6 (6)
中学2年	地球と宇宙	17 (18)	地球と宇宙 月の運動と見え方 (新設) 日食・月食 (新設) 銀河系の存在 (新設)	20 (25)

※標準時数の約8割を実質時数に設定し、その差は問題演習などに当てる時間とする。

学習指導要領では、この分野の学習をどのように取り扱っているだろうか。新旧指導要領における観測に関する表記を、小学校については表 3-2、中学校については表 3-3 に示した。中学校における天文分野の学習は第3学年で行い、新指導要領では以前削除された月の運動と見え方、日食と月食の学習が付加される。惑星の観察については指導要領解説には記載されているものの、実施するとした前回の表記は指導要領からは削除された。



表 3-2 天文文分野における観測に関する項目、新指導要領と新指導要領解説（小学校）

学年	新指導要領	指導要領解説
小学 3年	<p>B 生命・地球 (3) 太陽と地面の様子 日陰の位置の変化や、日なたと日陰の地面の様子を調べ、太陽と地面の様子との関係についての考えをもつことができるようにする。</p> <p>ア 日陰は太陽の光を遮るとでき、日陰の位置は太陽の動きによって変わること。</p>	<p>ア 建物によってできる日陰や、物によってできる影を継続的に観察して、太陽が影の反対側にあることをとらえるようにする。また、太陽の位置については影をつくっている物を目印にして継続的に調べ、地面にできる影の位置の変化と太陽の位置の変化との関係をとらえるようにする。このとき、<u>太陽の位置を午前から午後にならって数回調べ、太陽が東の方から南の空を</u>通って西の方に動くことをとらえるようにする。</p>
小学 4年	<p>B 生命・地球 (4) 月と星 月や星を観察し、月の位置と星の明るさや色及び位置を調べ、月や星の特徴や動きについての考えをもつことができるようにする。</p> <p>ア 月は日によって形が変わって見え、1日のうちでも時刻によって位置が変わること。</p> <p>イ 空には、明るさや色の違う星があること。</p> <p>ウ 星の集まりは、1日のうちでも時刻によって、並び方は変わらないが、位置が変わること。</p>	<p>ア 地球から見た月は、東の方から昇り、南の空を通過して西の方に沈むように見える。また、月は三日月や満月など日によって形が変わって見える。ここでは、任意の時刻における月の位置を、<u>木や建物など地上の物を目印にして調べたり、方位で表したりする活動を行い、月の位置が時間の経過に伴って変わること</u>をとらえるようにする。なお、太陽と月の位置や月の形の見え方との関係については、第6学年「B(5) 月と太陽」で扱う。</p> <p>イ 夜空の星を観察することによって、いくつかの明るく輝く星や明るさの違う星が散らばっていること、星には青白い色や赤い色など色の違いがあることをとらえるようにする。また、このような星の特徴について児童が<u>直接観察する機会を多くもつ</u>ようにして、夜空に輝く無数の星に対する豊かな心情と天体に対する興味・関心をもつようにする。</p> <p>ウ 夜空の星を観察して、明るく輝く星をいくつか結んで何かの形に表すと星の集まりをつくることができ、それらの星の集まりを数時間後に観察すると位置を変えていることをとらえるようにする。ここでは、<u>月の観察と同様に、星の集まりを観察し、木や建物など地上の物を目印にして調べたり、方位で表したりする活動を行い、時間の経過に伴って並び方は変わらないが位置が変化していること</u>をとらえるようにする。</p>
小学 6年	<p>B 生命・地球 (5) 月と太陽 月と太陽を観察し、月の位置や形と太陽の位置を調べ、月の形の見え方や表面の様子についての考えをもつことができるようにする。</p> <p>ア 月の輝いている側に太陽があること。また、月の形の見え方は、太陽と月の位置関係によって変わること。</p> <p>イ 月の表面の様子は、太陽と違いがあること。</p>	<p>ア 月は日によって形が変わって見え、月の輝いている側に太陽があることを月と太陽の位置関係との関連でとらえるようにする。月に見立てたボールに光を当てるなどのモデル実験をして、太陽と月の位置と月の見え方の関係を調べ、月は日によって形が変わって見え、月の輝いている側に太陽があることをとらえるようにする。ただし、地球から見た太陽と月の位置関係で扱うものとする。なお、地球の外から月や太陽を見る見方については、中学校第3学年第2分野「(6) 地球と宇宙」で扱う。</p> <p>イ 月は太陽の光を反射しているが、太陽は自ら光を発している。また、月の表面にはクレーターなどが見える。これらのことを月の観察や映像、模型、資料の活用によりとらえるようにする。月の表面の様子は、<u>双眼鏡や望遠鏡で観察することが考えられる</u>。</p>

表 3-3 天文分野における観測に関する項目，新指導要領と新指導要領解説（中学校）

学年	新指導要領	指導要領解説（一部抜粋）
中学 2年	<p>2 内容</p> <p>(6) 地球と宇宙</p> <p><u>身近な天体の観察を通して，地球の運動について考察させるとともに，太陽や惑星の特徴及び月の運動と見え方を理解させ，太陽系や恒星など宇宙についての認識を深める。</u></p> <p>ア 天体の動きと地球の自転・公転</p> <p>(ア) 日周運動と自転</p> <p><u>天体の日周運動の観察を行い，その観察記録を地球の自転と関連付けてとらえること。</u></p> <p>(イ) 年周運動と公転</p> <p><u>星座の年周運動や太陽の南中高度の変化などの観察を行い，その観察記録を地球の公転や地軸の傾きと関連付けてとらえること。</u></p> <p>イ 太陽系と恒星</p> <p>(ア) 太陽の様子</p> <p><u>太陽の観察を行い，その観察記録や資料に基づいて，太陽の特徴を見いだすこと。</u></p> <p>(イ) 月の運動と見え方</p> <p><u>月の観察を行い，その観察記録や資料に基づいて，月の公転と見え方を関連付けてとらえること。</u></p> <p>(ウ) 惑星と恒星</p> <p><u>観測資料などを基に，惑星と恒星などの特徴を理解するとともに，惑星の見え方を太陽系の構造と関連付けてとらえること。</u></p>	<p>ここでは，身近な天体の観察を行い，その<u>観察記録や資料などを基に，地球の運動や太陽系の天体とその運動の様子を考察させるとともに，恒星の特徴をとらえさせ，宇宙についての認識を深めることが主なねらいである。</u></p> <p>その際，<u>天体の日周運動や年周運動，月や惑星を観察させたり，宇宙に関する資料を情報として与えたりして，地球と宇宙に関する興味・関心を高め，自ら探究しようとする態度を育成する。</u></p> <p>ア 天体の動きと地球の自転・公転</p> <p>ここでは，<u>太陽や星座の日周運動の観察を行い，天体の日周運動が地球の自転による相対運動であることをとらえさせる。さらに，季節ごとの星座の位置の変化や太陽の南中高度の変化を調べ，それらの観察記録を，地球が公転していることや地軸が傾いていることと関連付けて考察させ，天体の位置関係や運動についての相対的な見方や考え方を養うことが主なねらいである。</u></p> <p>イ 太陽系と恒星</p> <p>ここでは，<u>太陽及び月，金星の動きや見え方の観察を行い，その観察記録や資料から，太陽の形や大きさ，表面の様子などの特徴をとらえさせるとともに，月の見え方を公転と，金星の見え方を太陽系の構造と関連付けてとらえさせる。また，惑星と恒星の特徴を理解させ，太陽系の構造をとらえさせることが主なねらいである。</u></p>

内容としてア「天体の動きと地球の自転・公転」，(ア)「日周運動と自転」において，「天体の日周運動の観察を行い，その観察記録を地球の自転と関連付けてとらえること。」，更に(イ)「年周運動と公転」において，「星座の年周運動や太陽の南中高度の変化などの観察を行い，その観察記録を地球の公転や地軸の傾きと関連付けてとらえること。」と示されている。

新学習指導要領解説では，さらに具体的な指導方法として，(ア)「日周運動と自転」において「透明半球を用いて太陽の日周運動の経路を調べたり～」，(イ)年周運動と公転について「季節ごとに太陽の南中高度を継続的に観測させ～」と示している。以上のことから，学習指導要領や解説において天体の観察を行いその記録をもとに授業を展開することを重視していることが分かる。

## (2) 生徒のアンケートから

天文分野の学習を前に美里町立不動堂中学校3年生(70名)対象の意識調査を行った。結果から，約70%の生徒が天文の学習に興味を持っていることがわかる(図3-1)。

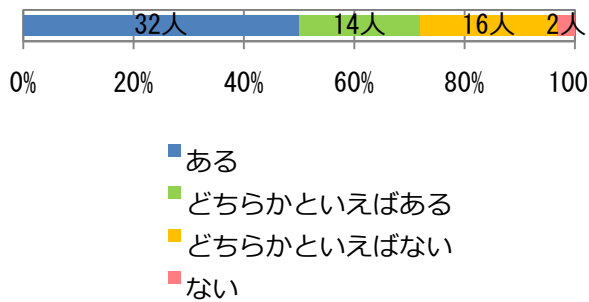


図 3-1 天文の学習に興味がありますか

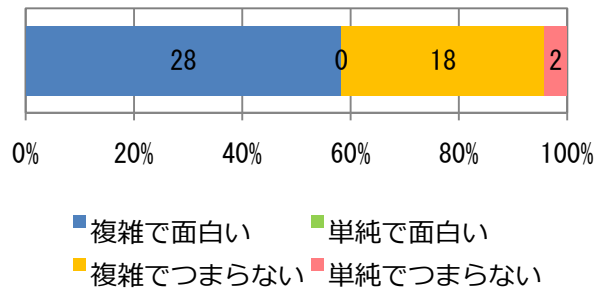


図 3-2 天文の学習に対するイメージ

天文の学習に対するイメージについて、90%以上の生徒が複雑であると受け止めている（図 3-1）。そのうち約 60%が面白いと答えたが約 4 割はつまらないと捉えている。

日周運動や年周運動を地球の自転、公転と関連付けて理解することは、立体的で視点の移動など複雑な思考を必要とするため生徒にとって難解な学習と捉えられがちである。その結果、「理解できた」生徒にとっては面白く、「理解できない」生徒にとってはつまらないと受け止められがちな学習となると考える。

### 3-1-2 日周運動の観察実施の現状と課題

日周運動の観察の実施状況を詳しく見ていきたい。図 3-3 日周運動観察の実施状況と平均との比較、は教科書に記載されている日周運動の観察（図 2-8 実験項目番号 59, 60）の実施率を示している。生徒実験として授業で観測を行う割合は、太陽の観察が約 40%、恒星の観察が約 20%である。1, 2 分野全体の平均約 70%、2 分野の平均約 60%と比べ実施率は低い。

図 3-4 から、これらの観察を実施するために様々な条件整備が必要であることが分かる。まず、恒星の日周運動を観察する場合は、夜間の活動となるため安全面など授業としての実施は難しい。太陽の観察は昼に可能であるが、日の出から日の入りまでを記録するためには始業前から放課後にかけて観察しなければならない。教科担任制の中学校においてはこれも実施を困難にしている要因となる。天候の影響を受けやすいという点も観察を困難にしている。事前に調整を行い、夜間や放課後の活動

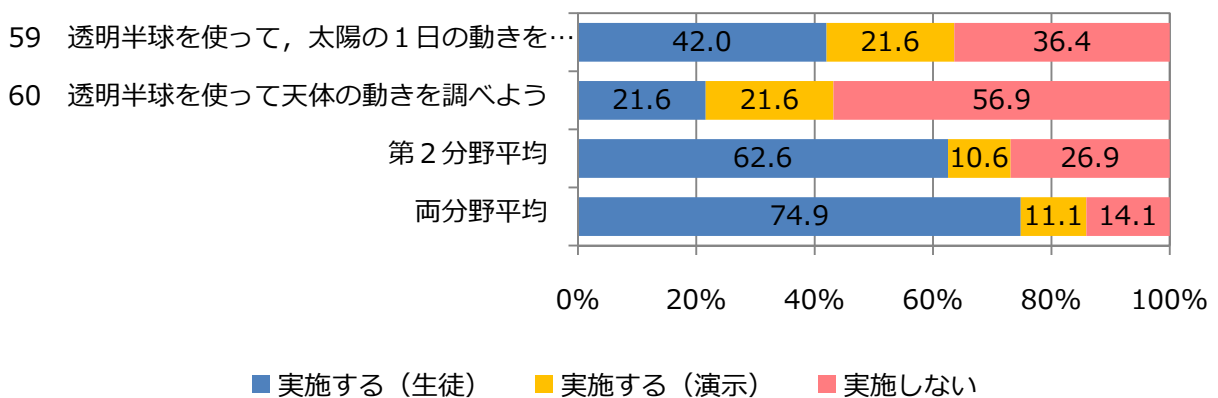
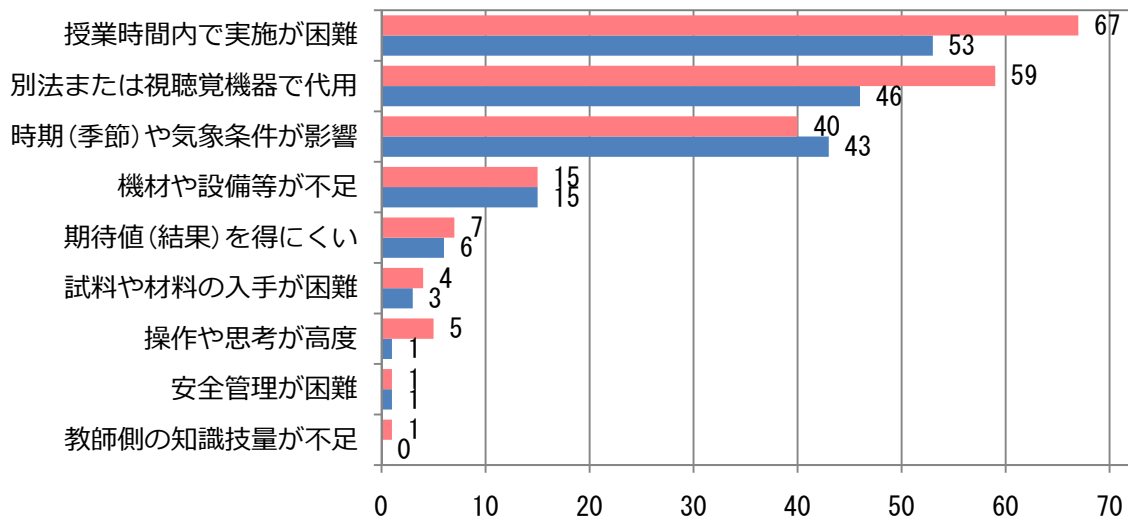


図 3-3 日周運動観察の実施状況と平均との比較



■ 透明半球を使って天体の動きを調べよう ■ 透明半球を使って、太陽の1日の動きを調べよう

図 3-4 日周運動に関する観察実施に該当する要素（複数選択）

が可能になったとしても、当日の天候によって観察できなくなるというリスクが大きい。

一方、少ないながらも観察を行うという答えもあるが、観察の記録から天体の日周運動と地球の自転を関連付けるためには、ある程度の継続観察が必要である。さらに季節ごとの変化から地球の公転を関連付けるとなると、年間を通した観測が必要である。観察を実施しているという答えの中で、これらの条件を満たすような観測を行っている例は決して多くはないと予想される。

### 3-1-3 観察の代替としてのシミュレーションやモデル

生徒が天文分野の学習に対して持っている高い興味・関心を損なうことなく授業を展開するためにも、立体的な思考を支援できるような活動が必要である。そのための一つの手段が観察の実施であり、観察による実体験無くして天体の運動と自転・公転、地軸の傾きを理解すること困難である。生徒の興味・関心だけではなく理解を深める上でも観察の実施は必要なのである。しかし、前述のように実施は困難である。このような矛盾の中で、授業はどのように展開されているのか。

図 3-4 から日周運動の観察で「別法、または視聴覚機器で代用」という回答が多かった。学校現場で日周運動の観察実施が難しいことは従来からの課題であった。発泡スチロール球を使った自作教材など、すでに様々な教材が開発されている。更に今日では学校でのコンピュータや液晶プロジェクタの整備が進み、これらを授業で活用するための天文シミュレーションソフトの入手が可能である。ステラナビゲータ（株）アストロアーツ社が市販され、Stellarium (<http://www.stellarium.org>) などの無料ソフトもインターネットを通してダウンロードできる。コンピュータとこれらシミュレーションソフトやアニメーションを組み合わせることで、指定した時刻や観測地の空をスクリーン上に提示することが可能である。時間を進め、戻すこともでき、日周運動はもちろん、季節による違いを提示することも可能である。教科書と黒板のみで展開される授業に比べれば、立体的な思考を助ける手法として効果があるようにも思える。もちろん天候による影響もない。最近のシミュレーションソ

フトはグラフィックも美しく、それらを使用した授業は一見スマートで優れた学習効果があるように思われる。準備にかけられる時間が不足している現場の教師にとってこれらのシミュレーションやアニメーションは非常に扱いやすい教材といえる。

新指導要領解説にも（ア）日周運動と自転について「天球儀や地球儀を用いたモデル実験やコンピュータシミュレーションを用いて視覚的にとらえさせるなど様々な工夫が考えられる。」（イ）年周運動と公転について「様々なモデル実験やコンピュータシミュレーションを用いて視覚的にとらえさせるなどの工夫が考えられる。」とその利用に触れている。

しかし、シミュレーションソフトの画像は作り物である。シミュレーションやアニメーションを生徒に示し観察に代用する学習は、知識の伝達や、思考の支援という面で一定の効果があると思われるが、実際に行われる観察とは根本的に異なる活動である。

### 3-1-4 ライブ配信プロジェクトと教材利用

#### (1) 既存のライブ配信

一方でシミュレーションによる画像ではなく、現実の空をライブ配信するプロジェクトが展開されている。全天の画像配信としてはNew Mexico Skies プロジェクト[18]がある。このウェブサイトでは米国New Mexico州に設置された魚眼レンズ付赤外線カメラで撮像した星空をリアルタイム配信している。4等級程度の恒星であれば認識でき、天の川も認識できる（図 3-5）。

i-CANプロジェクト[19]が2005年から展開され、世界各地に設置された無人の広角カメラを操作し、星空を観測することが可能である。世界7ヶ所に設置されたカメラをインターネットを通して操作することができ、星空をリアルタイム観察できる。カメラの設置場所の時差を生かした小中学校での授業実践も報告された。使用は無料で、授業に合わせて事前に予約することも可能である（図 3-6）。

他には、気象用であるが2000年に teiten2000 プロジェクトが展開された[20]。北海道から沖縄ま

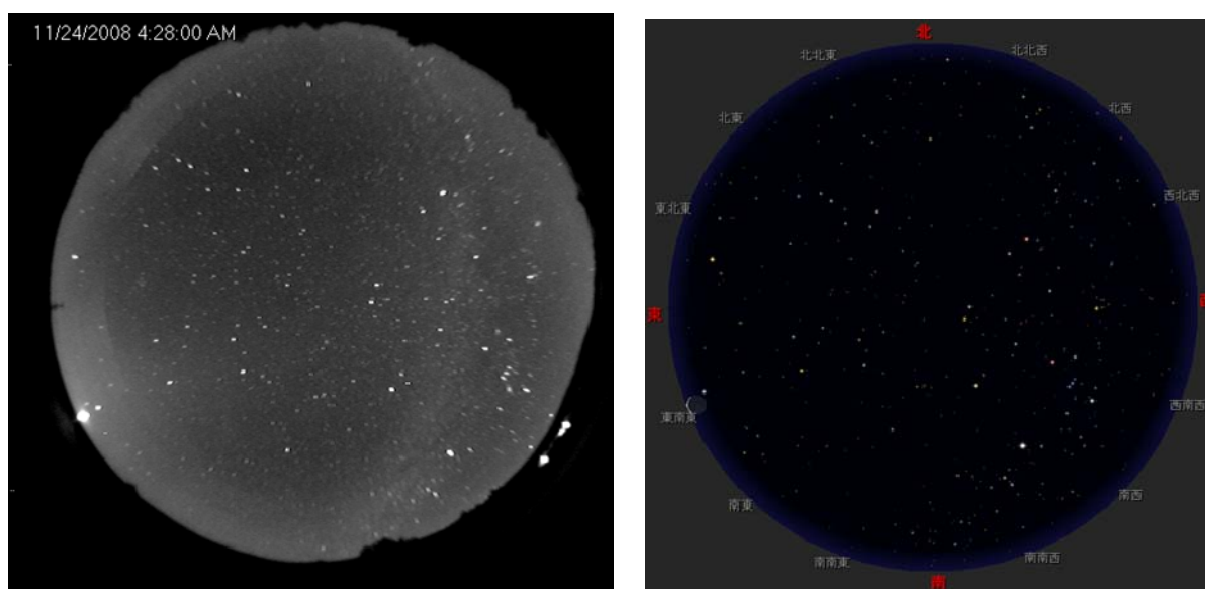


図 3-5 NewMexicoSkies による画像（左）と、StellaNavigator7 4.5 等星以下（右）  
同日同時刻の画像比較

で全国 18 ヶ所にオーストラリアを加えた計 19 ヶ所に気象観測装置とライブカメラを設置し気象データをリアルタイムで配信した。ライブカメラ画像は過去のデータを表示できるため、季節による昼と夜の長さを比較するなど、天文分野教材としての使用も可能である。

同じく気象観測用に整備されたお天気アイ[20]は仙台市内 10 校の小中学校の気象データと空の様子を公開している。魚眼レンズ付きカメラにより全天における太陽の位置を記録している。

こちらでも過去のデータ検索が可能で、季節による南中高度の比較や、昼の長さ日の出日の入り時刻の比較などが可能である。

ライブ配信とは異なるものの、千島[23]は魚眼レンズとデジタルカメラで季節ごと 1 日の太陽の動きを撮影し、その画像から太陽の日周運動を学習するプログラムを開発、実践した。画像から太陽の立体的な位置を理解させるため、透明半球上に記録する授業実践を行っている

以上の事例は、本物の画像を使用するという点で、シミュレーションソフトによる作り物の教材とは一線を画するといえる。インターネットなどの電子媒体が介在するため実際の観察とは異なるものの現実の空を素材とした教材である。

## (2) 教材利用上の課題

これらのライブ配信の日周運動教材としての使用を考えたい。リアルタイムで世界の星空を提供する New Mexico Skies プロジェクトは望遠鏡のある米国 NewMexico 州 Mayhill は北緯 33° 西経 105° 日本と近い緯度で、経度で約 110° の差がある。日本で授業を行う場合には NewMexico の星空（時差約 8 時間）をリアルタイムで表示することができる。

同じく i-CAN プロジェクトは観測ポイントの多さ、カメラの向きを操作できるインタラクティブ性が利点であり、ウェブサイトにはプロジェクト開始当初の授業実践例が多数紹介されている。

この二つはいずれもライブ配信に限ったシステムであり、実際の観察と同様当日の天候に左右される。晴れていなければ観察できず、New Mexico Skies は満月に近い月夜だと、画面全体が真っ白になってしまい実際の空とは大きく様子が異なる。

一日の天体の動き、季節による南中高度の違いなどの記録から地球の自転・公転を関連付ける学習を展開するには、リアルタイムの画像に加え過去の画像を表示できなければならない。

その点、お天気アイ、teiten2000 プロジェクトは、過去の画像検索が可能である。中学校の学習では、地軸の傾きと観測地の緯度と南中高度の関係を導く内容まで取り扱うため、ある程度の定量的な天体の位置を把握できることが必要となる。このシステムでは、定性的に太陽の位置を比較すること

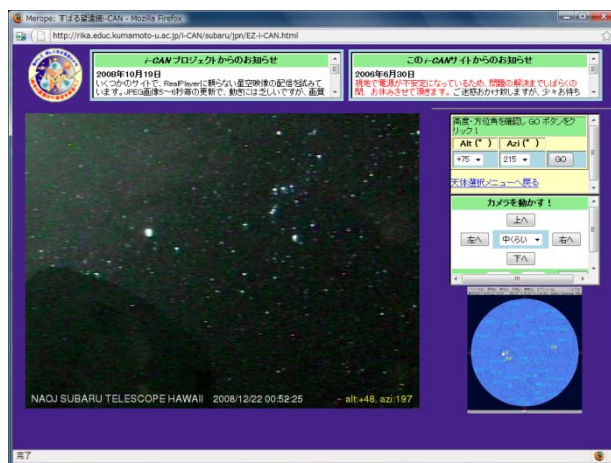


図 3-6 i-CAN すばる望遠鏡カメラからのリアルタイム画像

### オリオン座とシリウス

ができて、定量的な（南中高度、日の出日の入りや南中時刻）比較を生徒の手で行うことは困難である。

千島（2007）は、撮影した画像に高度方位線を重ね合わせるにより、学習教材として定量的な観察を可能にした。しかし、画像は2005年から2006年に撮影されたものである。現実に近づける教材を重視するのであれば、随時データを更新することが望ましい。

### 3-2 日周運動ライブ配信システム「ぜんてん」

#### 3-2-1 開発のねらい

これらライブ配信システムはモニター画面を通して観察を行うという点では、シミュレーションやアニメーションと同様である。両者の決定的な違いは、画面の向こうに本物があるか無いかである。インターネットを経由し、カメラのレンズを通してはいるものの、カメラの向こうには確かに現実の空が広がっているのである。これら既存のライブ配信システムに改良を加えることで、観察の実施が難しいとされた日周運動の学習を現実の空による教材で授業を行うことができると考えた。

日周運動の学習教材としてライブ配信システムを活用するには、過去のデータ蓄積、定量的観測、インターネット上への常時公開などいくつかの課題がある。

ネットワークカメラによる継続観測、サーバーによる画像の加工と蓄積、インターネットによるライブ配信やデータ公開等の機能を組み合わせることで、これらの課題を解決できると考え日周運動ライブ配信システム「ぜんてん」（以下「ぜんてん」とする）を開発した。

#### 3-2-2 システムの主な機能

##### (1) 全天における太陽の画像を常時撮影

魚眼レンズ付きネットワークカメラで全天における太陽の位置を常時10分間隔で撮影する。

##### (2) 画像の加工

高度方位を定量的に観測するため、撮影した画像に高度（15° 間隔）方位線（30° 間隔）を重ね合わせ、1日分の静止画をつないだ動画を作成する。

##### (3) ウェブサイトによる公開

カメラの画像データをウェブサイトですぐに配信する。過去の画像データはカレンダー形式のリンク先をクリックすることで検索とダウンロードが可能である。

#### 3-2-3 各部の仕様と機能

##### (1) 撮影部

デジタルカメラを使った撮影は、撮影する度に機器の設置や回収を行わなければならない、長期的にデータを提供し続けることは困難である。梅雨の時期など悪天候が続く季節も晴れ間を逃さずデータを記録するために365日24時間太陽の日周運動を撮影し続けるシステムが必要と考え、撮影にはネットワークカメラを用いた。

カメラは、BL-C1 (Panasonic) と CG-NCMN2 (corega) を使用した。両製品は、有線LANでネットワークに接続でき、インターネットを介しリアルタイムで画像配信ができる。SDカードなど記録メディア

アの回収を必要としないため、一度設置すれば電源の供給のみで故障がない限り継続して撮影できる。USB 接続のカメラに比べ、1 台当たりの価格は高くなるが、カメラ制御用の PC を必要とせず、カメラ単体で直接インターネットへ接続できるため、システム全体で考えると価格を低く押さえることができる。

魚眼コンバータレンズは、全天カメラ[23]やお天気アイ[18]で使用されているデジタルカメラ用魚眼コンバータレンズ、魚露目 8 号(フィット)を採用した。小型かつ安価で、180 度広角であること、コンバータレンズのため多種のカメラに接続可能である。等距離射影方式を採用しており、カメラ本体のレンズとの関係にもよるが、天頂からの角度と画像上の距離がほぼ比例の関係にある(図 3-7)。

屋外での長期運用には防水対策が重要である。ケースには防水・防塵ポリカーボネートボックス SPCM181815 (タカチ電気工業)を使用した。上カバー中央に直径 20mm の穴を開け、直径 10cm のアクリル(スモークタイプ)半球でレンズをカバーした。半球とツールボックスの間にはゴム板を入れ、更にシリコンパテで防水性を高めた(図 3-8)。

ケースから魚眼レンズ上部のみが外部に露出するため、直接太陽光がカメラを照射せず、撮像部の保護の役割も果たしている。電源と LAN ケーブルを 1 本にまとめることができる PoE 給電&受電アダプタセット CG-POEADP2 (corega) を使用し、受電アダプタで電源を LAN ケーブル 1 本にまとめ、ボックス内の給電アダプタでカメラに給電する。

2007 年 9 月に宮教大屋上(北緯 38 度 16 分東経 140 度 50 分)にカメラを設置し撮像を開始した。2008 年 3 月には国立天文台 VERA 石垣島局(北緯 24 度 24 分東経 124 度 10 分)に 2 台目のカメラを設置した。水平はカメラ上に置いた水準器で調整、方位については、シミュレーションソフトから太陽の南中時刻を求め、撮影した画像の太陽の位置との差がなくなるようにカメラの向きを調整した。

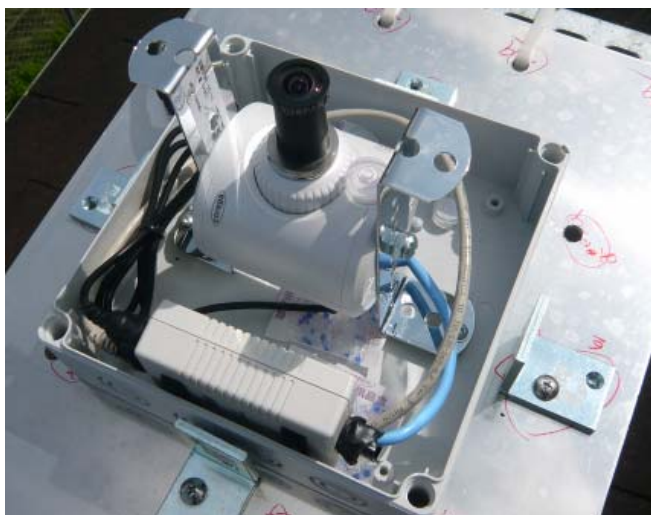


図 3-7 カメラ(中央白色)とレンズに取り付けた魚眼レンズ(黒色)

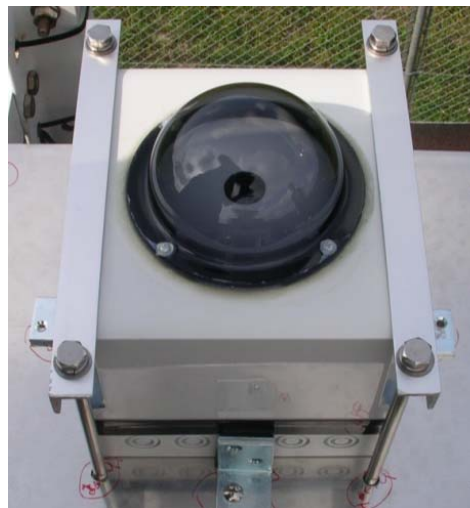


図 3-8 防塵防水ケース内に収めた概観



図 3-9 ぜんてん概要 →はデータの流れを示す

## (2) メインサーバー部

ネットワーク構成は図 3-9 に示したとおりである。

教材として学校現場へ画像を提供するため、データをウェブサイト上で公開した。

第 2 章における調査 (図 2-14) では、約 80%が情報の入手先としてインターネットを利用すると答えたことから、現在最も有効な方法と考えた。ネットワークカメラにはもともとインターネット上に直接配信する機能が備わっているが、一度にカメラに接続できるユーザー数 (BL-C1 が 20 ユーザー、CG-POEADP2 が 8 ユーザー) に限りがあり、同時に多数のアクセスがある場合に対応できない。

したがって、カメラ画像を一度メインサーバーに保存し、メインサーバーからインターネット上へ公開する方法をとった。メインサーバー OS は UNIX (FreeBSD 5.2.1) を使用し、カメラの画像取得には UNIX 用プログラム wget、高度方位線、時刻の合成に ImageMagick (<http://www.imagemagick.org>) これらを Perl 言語で作成したプログラムと cron によって制御している。機能と動作の詳細を表 3-4 メインサーバーにおけるプログラムと機能一覧、に示す。なお、Perl 言語による各プログラムは添付「ぜんてん Perl プログラム」を参照されたい。

表 3-4 メインサーバーにおけるプログラムと機能一覧

ファイル名	実行間隔	機能
Zen.pl	10分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当日のディレクトリを作成</li> <li>・仙台（宮教大）カメラ画像取得</li> <li>・画像の縮小，観測地名と日時を挿入，高度方位線を合成</li> <li>・1時間ごとのサムネイルを作成</li> </ul>
Re.pl	1時間 (毎時05分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動画作成用に画像のファイル名を4桁の通し番号に変更（宮教大カメラ，石垣島カメラ）</li> </ul>
MakeHtml.pl	1日 (毎日0時10分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メインページのhtml作成</li> <li>・当日のhtml作成(左フレーム)</li> <li>・前日のhtml作成</li> </ul>
MkCal.pl	1ヶ月 (毎月1日0時15分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カレンダーのhtml作成(右フレーム)</li> </ul>

crontab

```
*/10 * * * * /var/www/zenten/perl-bin/Zen.pl >/dev/null 2>&1
05 00 * * * /var/www/zenten/perl-bin/Re.pl >/dev/null 2>&1
10 00 * * * /var/www/zenten/perl-bin/MakeHtml.pl >/dev/null 2>&1
15 00 1 * * /var/www/zenten/perl-bin/MkCal.pl >/dev/null 2>&1
```

### (3) サブサーバー部

サブサーバーのOSにLinux (Ubuntu) を使用している。カメラとの通信には通常httpポート(80)を利用するが、カメラを設置したVERA石垣島観測局は国立天文台のネットワーク内にありhttpポートは外部に開かれていない。そのためサブサーバーを設置した。サブサーバーのVPNクライアントソフトを使用し天文台内のネットワーク内のカメラにVPN接続により画像を取得している。さらに、動画作成はFFmpeg (<http://ffmpeg.mplayerhq.hu/>) によって作成しているが、メインサーバーで動作できなかったため、サブサーバーがおこなっている。サブサーバーの機能詳細を表3-5に示す。

表 3-5 サブサーバーにおけるプログラムと機能一覧

ファイル名	実行間隔	機能
VeraGet.Pl	10分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・石垣島カメラ画像取得</li> <li>・画像の縮小，観測地名と日時を挿入，高度方位線を合成</li> <li>・画像をメインサーバーへ転送(ftp)</li> </ul>
FFmpegMI.pl	1日 毎日0時20分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メインサーバーから前日の全画像を取得</li> <li>・動画作成</li> <li>・動画をメインサーバーへ転送</li> </ul>

crontab

```
*/10 * * * * /home/zentensub/perl-bin/VeraGet.pl >/dev/null 2>&1
20 00 * * * /home/zentensub/perl-bin/FFmpegMI.pl >/dev/null 2>&1
```

### 3-2-4 公開用ウェブサイト

画像や動画はメインサーバーに保存される。これらのデータはウェブサイト (<http://zenten.miyakyo-u.ac.jp/>) で常時公開している (図 3-10 エラー! 参照元が見つかりません。)

②③に宮教大と石垣島の全天カメラの画像がリアルタイムで表示され、④に1時間毎の画像が縮小表示されている。過去のデータの表示を速やかに行えるように、右フレームにはカレンダーを表示、カレンダーの日付がその日のデータへのリンクとなっている。前日までの動画は②③をクリックすることで再生が可能である。インターネットに接続できない教室の授業でも使用できるよう、動画ファイルはダウンロードして保存することも可能である。

図 3-10 公開用ウェブサイトの表示

<http://zenten.miyakyo-u.ac.jp/top.html>

### 3-2-5 高度線の挿入と信頼度

画像から太陽の高度方位を読み取り、季節による日の出日の入り時刻や南中高度を較するためには、撮影した画像に高度線と方位線を挿入する必要がある。

千島 (2007) は透明半球にラインテープを貼り付け高度方位線としたが、今後の普及を考えると、市販の高度方位線入り透明半球を利用した方が効率的である。現在市販の透明半球で高度方位線が入っているのはヤガミ製グループ用透明半球 (10 個組) のみである。この透明半球は高度 15° 方位 30° 間隔で目盛線が入っているため、取得した画像にも同じ間隔で高度方位線を合成した。

合成位置の決定は、天文シミュレーションソフトステラナビゲーターから1時間毎の太陽の方位高度を求め、撮影した画像に合うように高度方位線を重ねた。

## 3-3 地球儀カメラ

### 3-3-1 地球儀カメラ開発に当たって

ライブ配信システムの運用により太陽の日周運動の撮影が可能となった。これらの画像を授業で使用する際に、太陽の位置を二次元のカメラ画像から、三次元の天球上への変換

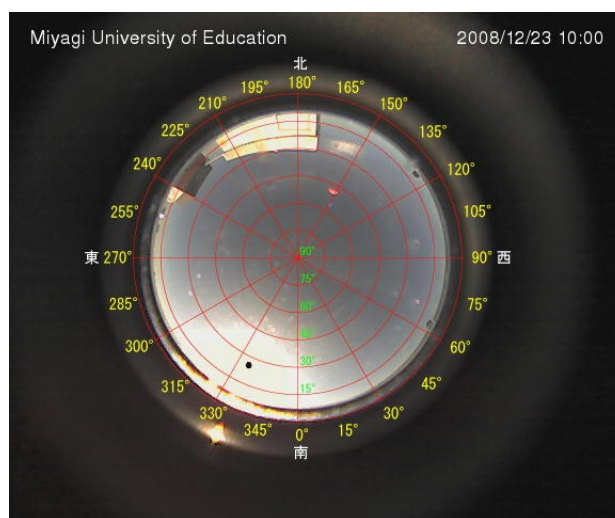


図 3-11 全天カメラで撮影した画像  
高度方位線と時刻が合成される

が問題となる。これは、魚眼レンズの特性や、地軸の傾きと自転による日周運動の規則性をまだ学習していない生徒にとって非常に高度な思考操作となる。

千島[23]は画像に入れた高度方位線から太陽の位置を読み取らせ透明半球へ記入させることで、生徒に二次元から三次元への変換を理解させた。回転する地球上から見た天体の動きを視覚的に理解させることが、天体の動きと自転・公転を関連付ける上で有効な支援となると考えた。そこで、魚眼レンズを取り付けた小型カメラを地球儀に設置したモデル教材「地球儀カメラ」を開発した。

地球儀にカメラを取り付ける教材は既に数多く報告されている。中高下(2000)[24]、若田(1994)[25]は、地球儀にビデオカメラや小型カメラを取り付け、電球や発泡スチロール球を太陽に見立て、日周運動を理解させる教材を開発し東レ理科教育賞で入賞した。

今回開発した地球儀カメラは、カメラに魚眼レンズを取り付けたことにより、カメラの向きを変えることなく、天球上を視野に捉えることができる。これにより地球儀の回転のみで天球上の太陽(電球)の動きを確認できる。地球儀を回転させたときに、カメラを通して見られる電球の運動は、実際の全天カメラにおける太陽の運動と同じである。

全天カメラの画像と組み合わせることにより平面から宇宙という立体への変換を支援できる教材である。

### 3-3-2 主な機能

図 3-12 に地球儀カメラの概要を示す。主な機能は以下の通りである。なお、製作方法などの詳細については添付「地球儀カメラ製作マニュアル」を参照されたい。

#### (1) 地球儀の回転によって日周運動を演示

魚眼レンズ付きカメラにより、地球儀を回転にともなう電球の動きは、太陽の日周運動として演示できる。地球の自転や公転による日周運動と年周運動、緯度の違いによる南中高度や日の出日の入り方角の違いなどこのモデルをつかって理解することができる。視点の移動が可能であることがこの教材の最も優れた特徴である。カメラの画像を図 3-16 に示す。

#### (2) カメラの位置を変えることにより観測地の変更が可能

カメラは磁石で固定し、取り付け位置を、北極、赤道、南半球に変えることにより、地球上の緯度による日周運動や年中高度の違いを示すことができる。

#### (3) 地軸の傾きの調節可能

地球儀の回転軸の角度を変更可能とする。公転面に対する地軸の傾きがある時と無いときの違いを演示による比較可能にする。

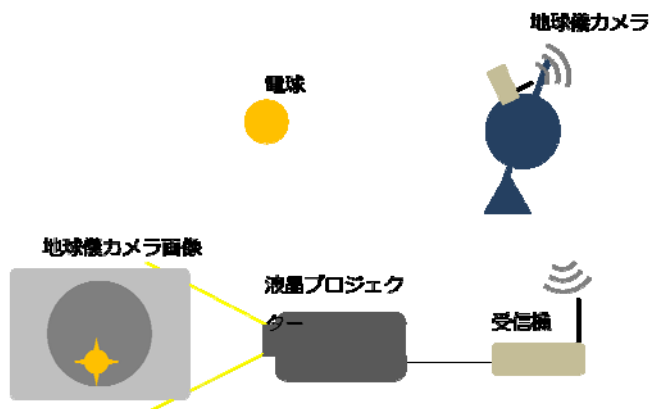


図 3-12 地球儀カメラ概要

### 3-3-3 各部の仕様

#### (1) カメラ部

防犯用小型ワイヤレスカメラに全天カメラに使用したのと同じ魚眼レンズを取り付けた。ワイヤレスにしたのは、地球儀を回転させたときや、太陽（電球）に対して公転させる際に配線が邪魔になるためである（図 3-13）。

ワイヤレスカメラは、カメラからの画像を専用の受信機で受信しモニターに映すことができ、電源に 9V 電池を使用できるため地球儀は完全にコードレスで回転移動できる。受信機のチャンネルを切り替えることで、複数のカメラの画像を選択して表示することも可能である。カメラのマウント部に磁石を取り付け、地球儀上の観測地には鉄製のワッシャーを取り付けることで、カメラを取り外し観測地を変更することも容易である。

#### (2) 地球儀部

市販の地球儀には子午環（アーム）があり、カメラを地球儀に接続して回転させるとカメラが子午環（アーム）に接触するため、カメラを取り付ける地球儀は自作した。カメラの電池を内部に格納するためでもある。

地球儀の土台には、カメラ用の三脚を使用した。地軸の傾きを変更可能にするためである。地軸の傾きを変えて演示するため、地球儀の接続部にはカメラ用止ネジ（メス・メス）E-6084（エツミ製）を使用した。このことにより、土台にカメラ用の三脚を使用できる。（図 3-14）。

地球儀本体は直径20センチの亚克力半球を2つ組み合わせさせた。内側にはキャノンペーパークラフト地球儀（<http://cp.c-ij.com/japan/papercraft/science/earth.html>）を印刷し、この半球内に貼り付けた。さらに、観測地として日本、赤道、極部分には鉄製のワッシャーを貼り付け、カメラを接続できるようにした。地軸を傾けて回転（自転）させると、教室中央の白熱球の動きは太陽の日周運動と同じであると確認できる（図 3-16、図 3-15）。



図 3-13 ワイヤレス魚眼カメラ



図 3-14 地球儀カメラと受信機



図 3-15 電球と地球儀カメラ

図 3-16 地球儀カメラと電球による日周運動の比較  
電球に対する地球儀カメラの位置を変えて撮影した

### 3-4 授業実践

配信システムの画像が、自転・公転と日周運動を関連付ける学習への効果を検証するため授業実践を行った。

授業Ⅰを2007年12月11日蔵王町立宮中学校で1時間、授業Ⅱを2008年12月9日(火)から2009年1月まで、美里町立不動堂中学校3年生を対象に4時間続きで行った。

#### 3-4-1 授業Ⅰ（宮中学校2007）1時間

生徒はすでに自転・公転と天体の運動の関連について学習しているため、補充学習としての実践になった。

季節毎の全天カメラの画像と動画を提示し、季節毎の軌跡を透明円すい上に色ペンで記入し、季節ごとの南中高度や日の出日の入り時刻を比較する。季節毎の太陽の日周運動の違いを立体的に把握させ、このような違いがなぜ起こるか、地球儀カメラを用いて太陽の日周運動と自転・公転の関連付けを確認した。

##### (1) 指導のねらい

- ・太陽の日周運動の観察結果から、季節による南中高度の変化（夏：南中高度が高く、昼が長い）を見出す。

- ・季節による変化が自転と公転によるものであることを理解させる。

## (2) 対象

蔵王町立宮中学校第3学年 53名

## (3) 準備物

- ・全天カメラの画像（2005年12月22日，2007年6月27日，2007年9月21日）
- ・地球儀カメラ
- ・液晶プロジェクタ
- ・透明円すいOHPシート
- ・水性ペン
- ・ペンタブレット

## (4) 指導過程

学習活動	教師の支援	支援の意図・留意点
<ul style="list-style-type: none"><li>・質問1：季節の特徴(夏と冬の違い) 夏：気温が高い，昼が長い… 冬：気温が低い，短い，雪が降る…</li><li>・質問2：季節の変化はなぜ起きる a：太陽と地球の距離 b：地球が傾いたまま公転している c：太陽の活動が夏に活発になる</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・透明半球に記入する際の注意</li><li>・全天画像についての説明</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・昼→太陽が出ている間</li><li>・全天画像の仕組みは簡潔に説明</li><li>・透明半球の目盛の見方を説明</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>・秋分の全天画像を提示</li><li>・時間入りの画像を提示</li><li>・秋分の全天画像(日周運動の軌跡)を円すい座標に記入し組み立てる。</li><li>・質問3：夏至の軌跡を(全天)予想。</li><li>・夏至の全天画像(日周運動の軌跡)を円すい座標に記入し組み立てる。</li><li>・記録から，南中高度と昼の長さを調べる。</li><li>・夏至の軌跡(全天)を予想，夏至の軌跡を見て，透明半球に記入，南中高度と昼の長さを調べる。</li><li>・季節によって，太陽の軌跡や南中高度が変わるのはなぜだろう？</li><li>・地軸が傾いたまま太陽のまわりを公転していることを知る。</li><li>・季節ごとの太陽の動きをテレビモニタで確認する</li><li>・地軸が垂直だと季節による変化がないことを確かめる。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・予想と理由を発表させる。</li><li>・冬至の全天画像を提示</li><li>・昼の長さ，南中高度について説明する。</li><li>・夏至の全天画像を提示</li><li>・太陽と地球儀(地軸の傾いた)を示す。</li><li>・地球儀と太陽のモデルを使い地球の公転のようすを示す。</li><li>・地球儀(魚眼ワイヤレスカメラ)で確かめる。</li><li>・同様の操作を，地軸を垂直にして行う。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・昼の長さの読み取りは0.5時間刻みで扱う。</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>・南極(白夜)の全天画像を見てどの季節に撮影したか考える。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・地球儀カメラで確かめる。</li></ul>	



図 3-17 授業実践 I 地球儀カメラによる演示（左），透明シートで日周運動を確認（右）

### 3-4-2 授業Ⅱ（不動堂中学校 2008）4 時間

前回の宮中学校とは異なり，通常の授業に組み込んでの実施となる。生徒が天文分野の学習を行うのは小学校 4 年生以来であり，天球の概念や自転・公転などの基礎知識を確認すると共に，天体の観察方法などについても丁寧に確認しながら授業を展開する必要がある。そのため，4 時間続きの授業プログラムを作成した。

#### (1) 指導のねらい

授業Ⅱ-1 時間目「太陽の日周運動を観察しよう」

全天カメラ画像から，太陽の位置を透明半球に記録する。記録から日の出，南中，日の入り時刻および南中高度を調べ太陽の日周運動について理解する。

授業Ⅱ-2 時間目「恒星の日周運動を調べよう」

透明半球の記録と，各方角の恒星の運動を記録した写真から恒星の日周運動について理解する。

授業Ⅱ-3 時間目「季節による日周運動の違いを調べよう」

夏秋冬の太陽の日周運動を透明半球に記録し，季節による違いを理解する。

授業Ⅱ-4 時間目「季節や緯度による日周運動の違いはなぜ起こるか」

季節による違いが地球の公転によることをモデル実験によって確認し，観測地の緯度と日周運動の関係について理解する。

#### (2) 対象

美里町立不動堂中学校第 3 学年

#### (3) 準備物

準備物

- ・全天カメラ画像（2008 年 7 月 1 日，9 月 9 日，12 月 8 日）
- ・液晶プロジェクタ
- ・透明半球（ヤガミ グループ用透明半球高度方位線入）10 個
- ・シール（ニチバン マイタックラベルリムカ ML-R120 140×5 色）
- ・ワークシート



(4) 指導過程

授業Ⅱ-1 時間目 「太陽の日周運動を観察しよう」

学習活動	教師の支援	支援の意図・留意点
<p><b>日周運動の観察方法</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・観測地点から見た空をドームに例えた半球を「天球」と呼びます</li> <li>・この天球上の太陽の動きを観察してみましょう。</li> <li>・天球上の太陽の動きを記録するには透明半球を使います。</li> <li>・太陽の位置を記録するには、透明半球の中心に観測者がいるとしてサインペンの影が中心に来るように記録する方法があります。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天球について説明する。</li> <li>・透明半球を使った日周運動の記憶の仕方について説明する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・透明半球と天球上の位置を関連付けるために天球の概念を確認する。</li> <li>・観測者が透明半球の中心に入ることを理解させる。</li> </ul>
<p>太陽の日周運動を観察しよう</p>		
<p><b>全天カメラによる日周運動</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・今回はカメラで撮影した画像を使います。</li> <li>・カメラに魚眼レンズをつけて天頂（真上）へ向けて撮影しました。画面の上が北、下が南になります。</li> <li>・12月8日の記録を見てみましょう。</li> <li>・動画を提示</li> </ul> <p><b>日周運動の記録</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・太陽の日周運動を詳しく調べるため1時間毎の太陽の位置を透明半球に記録していきましょう。</li> <li>・シールに8時から15時までの時間を書き、内側から貼っていきます。</li> <li>・1時間毎の位置を記録する。</li> </ul> <p><b>南中時刻、日の出、日の入り、南中高度を求め</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地平線と交わった所が日の出、日の入りの場所です。</li> <li>・日の入り、日の出時刻を求めてみましょう。</li> <li>・透明半球から南中高度を求めてみましょう。</li> <li>・昼の長さを求めてみましょう。</li> <li>・日の入りから日の出までの時間を求めさせる。</li> </ul> <p><b>まとめ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・太陽の動きを実際の方角で確認してみましょう。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地球儀カメラを提示する。天頂、東西南北を確認する。</li> <li>・動画を提示しながら、日の出日の入りの方角を確認する</li> <li>・シールに時刻を記入し、画像の高度方位線を目安に太陽の位置を透明半球に記録していく。</li> <li>・透明半球はグループで1つ使用。</li> <li>・日の出、南中、日の入りの地点を確認する。</li> <li>・記録の間隔が1時間であることから、何中時刻を求めさせる。</li> <li>・日の出、日の入り時刻を求めさせる。</li> <li>・南中高度について説明し、南中高度を求めさせる。</li> <li>・透明半球の記録から、太陽の位置を教室内の実際の方向で確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・魚眼レンズの特性を理解させることが必要である。</li> <li>・画像と透明半球の関連付けが困難である。初めの記録は十分確認しながら進める。</li> <li>・線で結ぶときは地平線まで延長することを確認する。</li> <li>・ここでの「昼」とは太陽が出ている時間であることを確認する。</li> <li>・透明半球の記録を実際の太陽の方向と結び付けてとらえさせる。</li> </ul>



図 3-18 授業Ⅱ-1 時間目 全天カメラの画像を提示（左），透明半球への記録（右）

天体の運動を調べよう

想像上の天井

地平面

地球

北

日周運動の記録

太陽

サインペン

透明半球

北

厚紙

天体が真南に来ること

観察結果から考えよう

- ・日の出時刻は？
- ・南中時刻は？
- ・日の入り時刻は？
- ・南中高度は？

図 3-19 授業Ⅱ-1 時間目用ワークシート

授業Ⅱ-2 時間目「恒星の日周運動を調べよう」

学習活動	教師の支援	支援の意図・留意点
<p><b>前時の確認</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>太陽は東から昇って西へ沈んでいました。天体が東から昇って西へ沈むような運動を日周運動といいます。</li> </ul>		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">恒星の日周運動を調べよう</div>		
<p><b>恒星の日周運動</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>太陽以外の星はどのような日周運動をしょう？</li> <li>東西南北各方角の日周運動を確認。</li> </ul> <p>このような日周運動はなぜ起きるのでしょうか？</p> <p>1日で1回転しますので、1時間で何度回転するのでしょうか？1時間で15°ですね。天体の日周運動は1時間約15°といえます。</p> <p><b>地球儀カメラによる確認</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地球を北極から見たときの様子です。このとき朝、昼、夕、夜はそれぞれの地点でしょう。</li> <li>先ほどのカメラを地球儀に取り付けます。</li> <li>このままでは日周運動は起きません。</li> <li>回転させます。</li> <li>地球上の観測地によって時刻は異なってきます。これを時差といいます。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>太陽以外の恒星の日周運動について観測結果から推測する。</li> <li>各方位における恒星の日周運動の記録から、それぞれの方角の記録かを推測させる。</li> <li>日周運動が自転によることに気づかせる。意見が出ない場合には、地球儀を提示する。</li> <li>太陽の当たる所が昼、太陽の当たらないところが夜であることを確認する。</li> <li>地球儀にカメラを取り付け回転させ、太陽（白熱球）の運動を確認することにより、日周運動と地球の自転、時差を理解させる。</li> <li>地球上の各地点における時差の確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>前時に行った透明半球の記録と日周運動の記録写真（教科書）から、恒星の運動を推測する。</li> <li>地球上の朝、昼、夕、夜の地点を理解させることが必要である。</li> </ul>

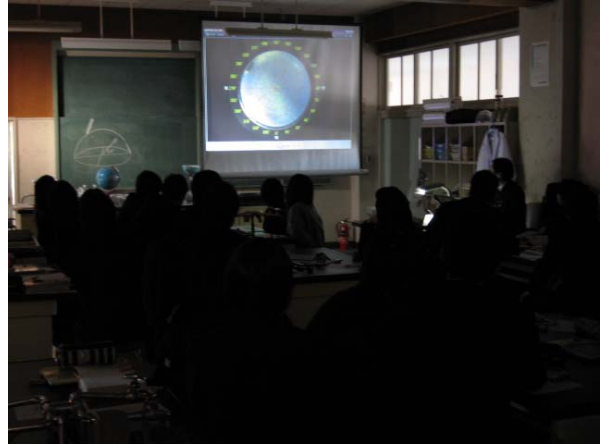
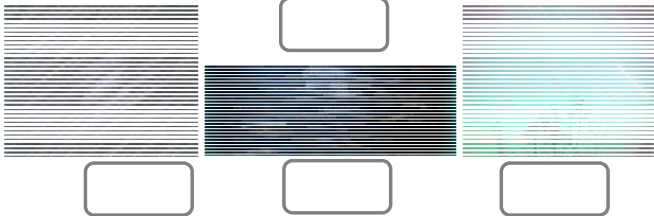


図 3-21 授業Ⅱ-2 時間目 南中高度を確認 (左), 地球儀カメラによる演示 (右)

地球の自転と日周運動

天体が  から  へ動く見かけの運動。  
 地球の  による。  
 1日で約  ° 1時間に約  °



自転の向き(北極側から見た場合)

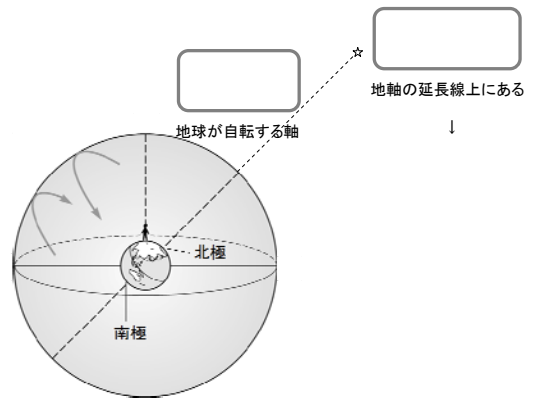
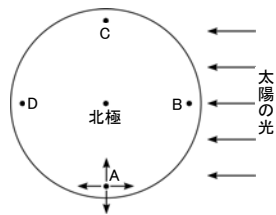


図 3-20 授業Ⅱ-2 時間目用ワークシート

授業Ⅱ-3 時間目「季節による日周運動の違いを調べよう」

学習活動	教師の支援	支援の意図・留意点
<p><b>季節による違い</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>季節によって日周運動にどのような違いがあるでしょうか？</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>南中高度，昼の長さの違い，気温など発表させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生徒の経験をもとに意見を引き出す。</li> </ul>
<p>季節による日周運動の違いを調べよう</p>		
<p><b>夏，秋の記録</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>夏7月1日の日周運動を提示。</li> <li>夏の1時間毎の太陽の位置を透明半球に記録しましょう。</li> <li>秋9月9日の日周運動を提示</li> <li>秋の1時間毎の太陽の位置を透明半球に記録しましょう。</li> </ul> <p><b>季節の比較から違いを考える</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1時間毎の位置をなめらかな線で結びましょう。</li> <li>透明半球の記録から，季節ごとの日の入り，日の出，南中時刻を求めましょう。</li> </ul> <p>夏：7/1 出4:17 入19:04            秋：9/9 出5:13 入17:54            冬：12/4 出6:41 入16:16            (ステラナビゲータから引用)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>昼の長さを求めましょう。</li> <li>次に南中高度を比べましょう。</li> </ul> <p>夏：7/1 南中74.8°            秋：9/9 南中57.0°            冬：12/4 南中29.0°</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>昼の長さを求めましょう。</li> </ul> <p><b>まとめ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>季節による日周運動の違いをまとめましょう。</li> </ul> <p>南中高度            日の出時刻            日の入り時刻            昼の長さ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>透明半球への記録は二度目だが，始めは確認しながら進める。</li> <li>「昼の長さ＝太陽の出ている時間」を確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>記録の誤差を考慮して，昼の長さは0.5時間程度のスケールで扱わせる。</li> </ul>

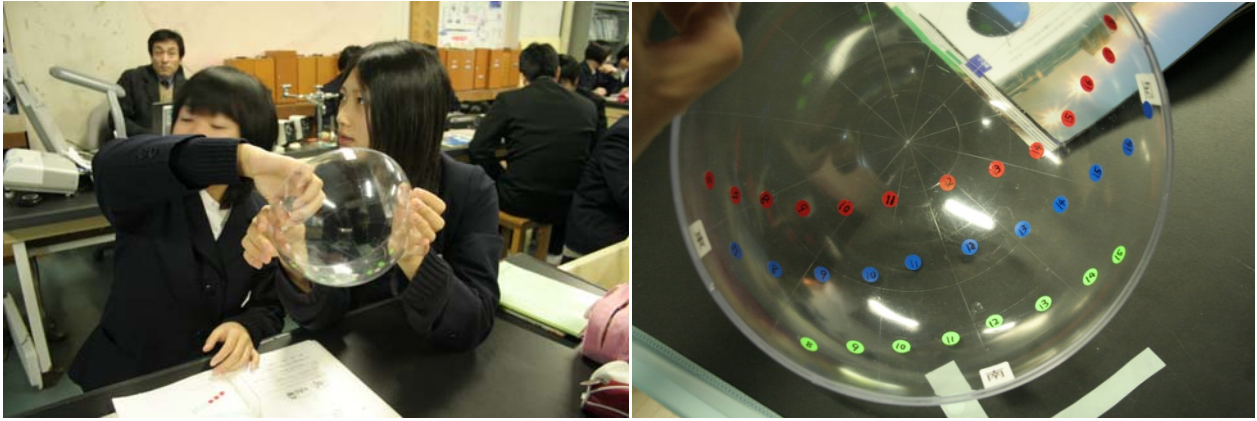


図 3-22 授業Ⅱ-3 時間目 透明半球に季節ごとの日周運動を記録 (左), 透明半球 (右)

季節のちがいは

	日の出時刻	日の入り時刻	昼の長さ	南中高度
夏 月 日				
春秋 月 日				
冬 月 日				

季節が生じるのは

を傾けた(23°)まま公転しているため

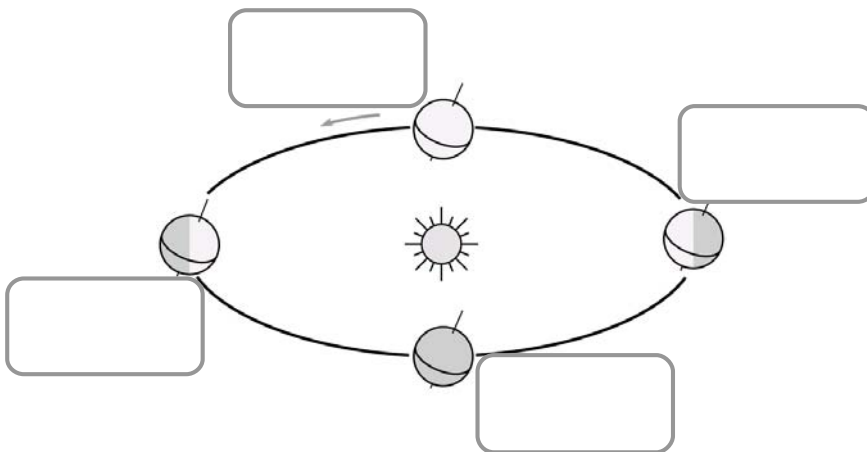


図 3-23 授業Ⅱ-3 時間目用ワークシート

授業Ⅱ-4 時間目「季節による日周運動の違いはなぜ起こるか」

学習活動	教師の支援	支援の意図・留意点
<p><b>前時の確認</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>季節による日周運動の違いを確認しましょう。</li> </ul>		
<p>季節による日周運動の違いはなぜ起こるか</p>		
<p><b>季節による違いと地軸の傾き</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>これらの季節による違いは何が原因なのでしょう？</li> <li>地球は自転しながら、太陽のまわりを1年で1周します。</li> <li>まず軸を傾けないで自転の向きに動かします。</li> <li>次に地軸を傾けてみます。</li> <li>季節の違いは、地軸を傾けたまま太陽のまわりを公転していることによる現象であることが分かります。</li> </ul> <p><b>作図による南中高度</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>仙台（北緯 38°）が冬のとき南中高度は何度になるか図を用いて考えてみましょう。</li> <li>夏の南中高度はどうなるでしょう。</li> </ul> <p><b>南半球、北極の日周運動</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>日本が夏の時、南半球のオーストラリアでの日周運動はどうなるのでしょうか？</li> <li>地球儀カメラで確認してみましょう。</li> <li>同じ時、北極では太陽の日周運動はどうなるのでしょうか。 日本と同じ、太陽が昇らない、太陽が沈まない</li> <li>地球儀カメラで確認してみましょう。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地球儀カメラで地軸の傾きがないと日周運動に違いがないことを示す。</li> <li>地軸の傾きがあると季節によって変化することを確認させる。</li> <li>作図によって緯度による南中高度の違いを理解させる。計算方法を示しながら確認する。</li> <li>夏の南中高度は生徒に求めさせる。</li> </ul> <p>北半球と南半球での日周運動の違いを予想させる。地球儀モデルによって予想を確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>これまでの学習内容から、夏至の時北極では太陽が沈まないことを導かせる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地球の自転と公転をモデルで示す。</li> <li>日の入りの方角や南中高度がほぼ、全天カメラの画像と同じであることも確認する。</li> <li>計算を簡単にするため地軸の傾きを 23° で扱う。</li> </ul>

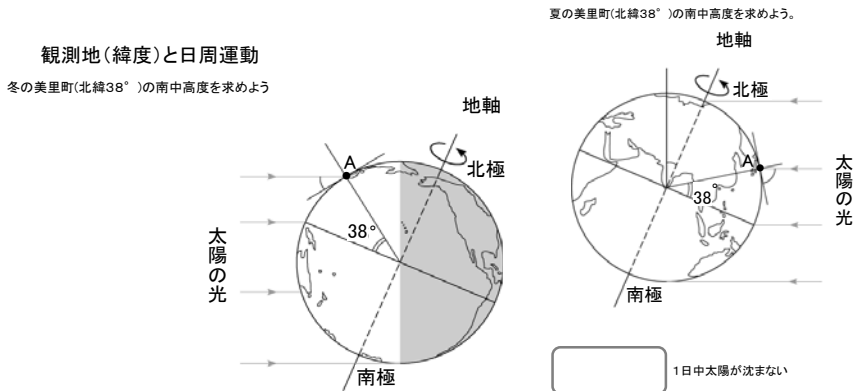


図 3-24 授業Ⅱ-4 時間目用ワークシート

### 3-4-3 授業を終えて

宮中学校での授業実践はシステム開発後初の実践であった。システムによる観測開始からの期間が短く、夏秋冬全ての画像を提供することができなかった。1時間という短時間での実践となったため、教師主導の場面が多かった。画像から太陽の位置を立体に起こす作業をあらかじめこちらで行った。このため、生徒の思考を深めるまでは至らなかったように思う。地球儀カメラの授業利用もこれが初めてだったが、地軸の傾き有無を比較することにより自転・公転と天体の運動を関連付けることに効果があったと思われる。事後踏査を見ると、興味・意欲の面からも高い評価をしている。また、理解の面で自己評価ではあるが全生徒が「分かった」と答えており、本システムによる観察が一定の効果があったと思われる（図 3-25）。

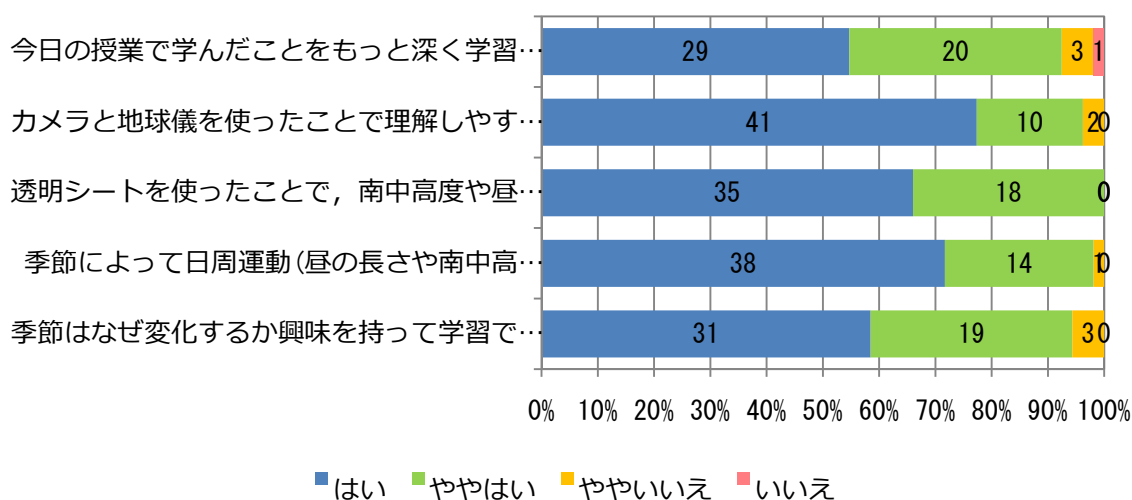


図 3-25 宮中学校実践後の調査結果

不動堂中学校での実践後にもアンケート調査を行った。興味を持って学習できたとする生徒の割合が50%、どちらかといえばできたを含めると90%を越えた。また、地軸の傾きと公転と季節の変化を理解できたと答えた生徒、観察を実際に行ってみたいと答えた生徒の割合がいずれも高い結果となった（図 3-26）。

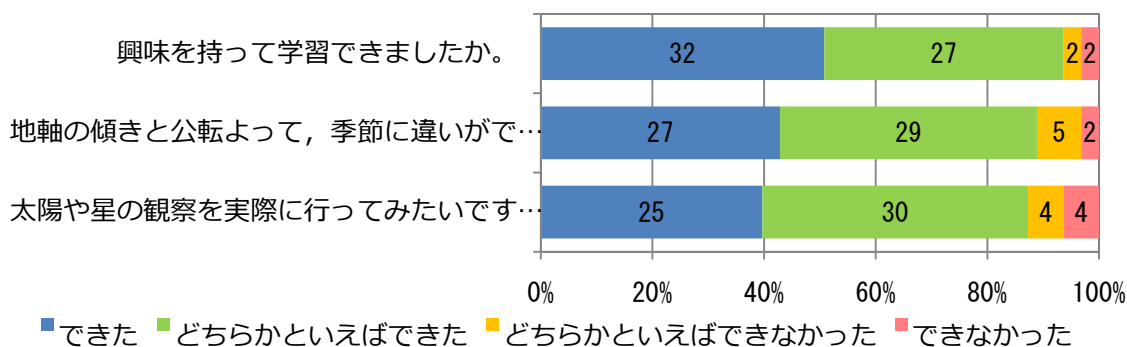
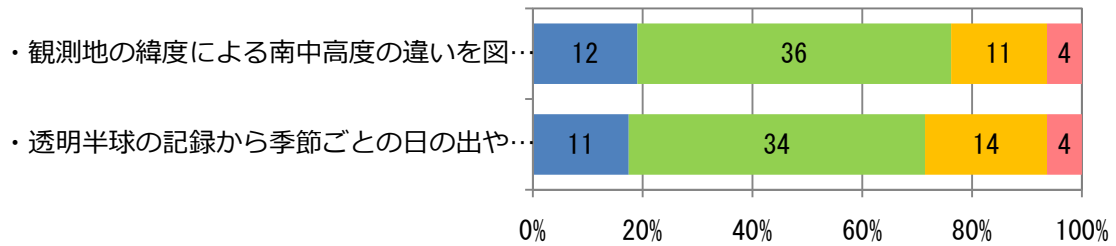


図 3-26 不動堂中学校での授業実践後の調査結果 1





■できた ■どちらかといえばできた ■どちらかといえばできなかった ■できなかった

それに比べ、観測地の緯度と南中高度の違いを考えることができた、透明半球から日の出や日の入りの時刻を求めることができたとする生徒の割合は比較的少ない。

### 3-5 成果と課題

#### 3-5-1 システム評価

システムの運用によって、各季節の日周運動を撮影することができた（エラー！参照元が見つかりません）。撮像部は故障もなく約1年にわたって撮影を続けられており、静止画、動画共に公開している。撮像部に使用した2種類のカメラのうち仙台に設置したカメラ BL-C1（Panasonic 社製）は太陽の像が黒く抜ける（図 3-27）。実際の観察で見ることのできる画像と極端に異なることは今後の検討課題である。

高度線の精度については、表 3-6 に撮影時における南中高度の理想値（国立天文台のウェブサイト <http://www.nao.ac.jp/koyomi/> を参照）と画像から読み取れる南中高度との差を示した。合成した高度線の信頼度の誤差は高度で  $2^\circ$  以内に収まっている。中学校の授業では観測地の緯度と南中高度の関係を導く内容があるが、この程度の誤差であれば授業の展開に対する影響は小さい。

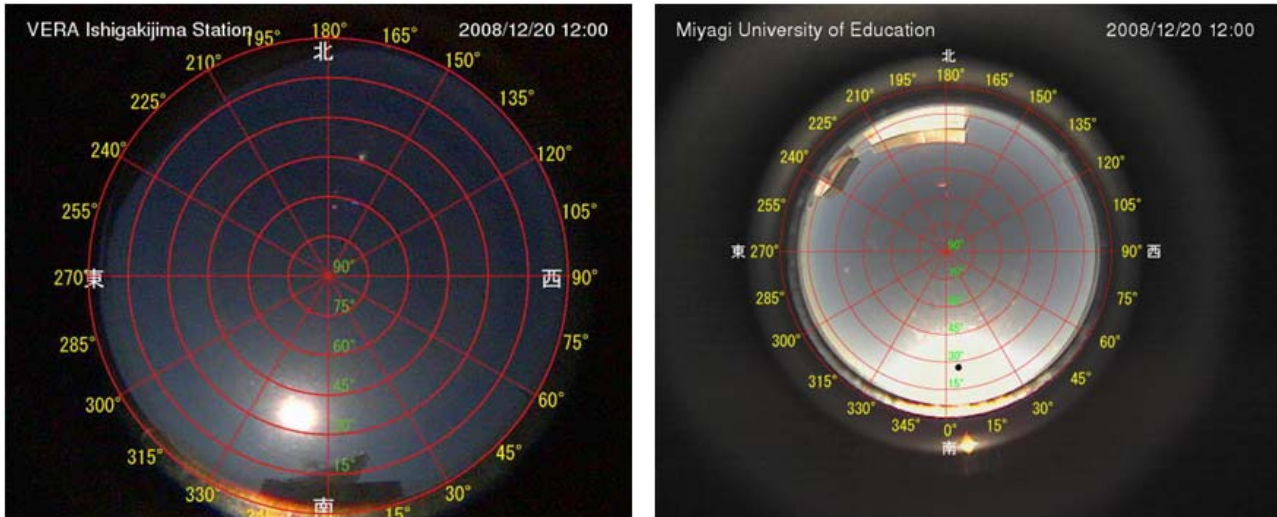


図 3-27 カメラによる太陽の像の比較, 石垣島 CG-NCMV2 (左) と宮教大 BL-C1 (右)

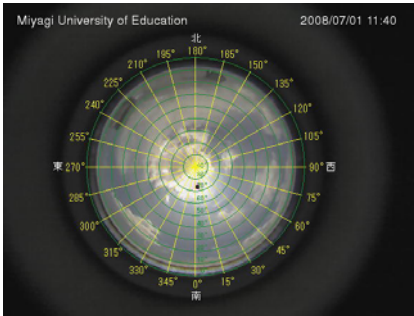
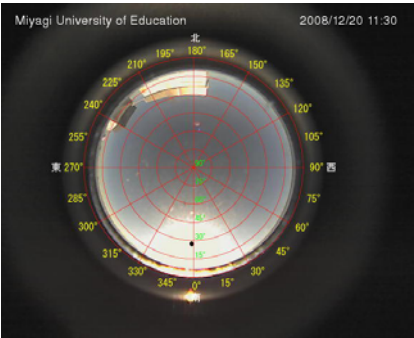
日付	南中時刻	理論値	画像	測定値	誤差
7月1日	11:41	75°		73°	2°
12月20日	11:34	28°		28°	0°

表 3-6 南中高度の比較 (理論値は国立天文台ウェブサイトを参照)

石垣島の全天カメラは国立天文台のネットワーク内に設置している。セキュリティ面からこのカメラへの接続にはVPN接続を行っているが、およそ1ヶ月に1度、天文台のネットワークの定期メンテナンスや停電などに伴うネットワークが切断される。その際VPN接続も切断されるが、再接続に障害が出る。今後の安定運用へ向けて原因の究明が必要である。

### 3-5-2 教材として

授業実践では様々な課題も明確になった。全天カメラの画像から透明半球に記録する作業は、予想以上に時間がかかった。事前の説明を確実にいき、はじめの1, 2回は記録を確認しながら進めていくことが必要であった。また、南中=正午と捉える生徒も見られたため、南中高度を調べさせる際には、南中時刻を確認する必要があることも分かった。授業では、日の出の位置をはじめの記録、日の入りを最後の記録と捉える生徒も見られた。始めと終わりの記録を更に延長し地平線と交わったところが、日の出日の入りの場所であることも確認する必要があった。

これら実践上の課題が明確になったことも一つの成果であるが、このシステムによって、これまで実施が困難（ほぼ不可能）な日周運動の観察結果を得ることができた。その画像を使用することでシミュレーションソフトを使用せず季節ごとの記録から自転・公転を関連付ける授業を実際に展開できたことが最も大きな成果であると考えられる。

開発者以外が授業実践を行ったことによって一般の学校現場においても充分実践が可能な教材といえる。使用した画像などのデータや、透明半球も学校現場で手に入るものであり、本教材を活用した授業をより多くの学校現場で展開できれば教材としての効果や課題がより明確になると期待できる。そのための方策として、ウェブサイトのレイアウトを工夫する必要がある。各季節において1日を通して太陽の位置が記録できた日をトップページからリンクするなどの方法があげられる。また、春夏秋冬各季節のデータをパッケージ化して一括ダウンロードできるようにすることも有効と考える。

地球儀カメラはカメラの向きを変えずに全天を視野に納めることができるため、内惑星（金星）の満ち欠けや、月の満ち欠けの学習にも応用できる可能性がある。地球儀カメラの普及については、製作マニュアルを作成して配布するなどの方法が考えられる。あるいは一括製作して配布することも有効であろう。

本システムは太陽の日周運動に焦点を絞ったため、太陽以外の恒星の日周運動を撮影することはできなかった。そのため恒星の日周運動の向きや回転方向は、太陽の観察記録から導く授業展開にせざるをえなかった。授業実践において太陽の運動から恒星の日周運動の向きを正しく導いた生徒も見られたが、北極星を中心とする北の空の動きを推測できた生徒は一部に限られた。今後、夜の恒星の日周運動も撮影できるシステムに拡張できれば、全天（全方位）における日周運動を確認でき効果的な学習教材として期待できる。

今回は仙台と石垣島に全天カメラを設置したが、今後更に緯度経度の異なる複数地点にカメラを設置したい。赤道直下、極付近に全天カメラを設置することができれば、緯度の違いによる天体の見え方の違いを、シミュレーションソフトではない現実の空によって確認することが可能になると考える。

### 3-5-3 天体分野における日周運動観測のありかた

このシステムによって太陽の日周運動を継続的に記録することができ、その季節ごとの記録から自転・公転を関連付ける授業を実際に展開できたことが最も大きな成果であると考えられる。撮影した画像を解析してみると、仙台の夏至付近は梅雨による長雨が多く晴天率は極端に低く、秋分の時期は長雨が少ないものの天気が変わりやすく1日を通した晴れ間は非常に少なかった。石垣島は年間を通して

雲が非常に多く、春分付近に1日を通して晴れる日はほとんど無いのである。天候の影響を受ける中で、自転、公転や地軸の傾きを関連付けるだけの各季節のデータを取得するには、長期間にわたる観測が必要であり、本システムの運用によってそれらのデータを撮影・配信が可能である。

反対にシステムの運用なくしては、日周運動の観察記録から自転・公転を関連付けるようなデータを取得することは非常に困難であることが分かる。その結果、観察は行われず、知識の伝達が中心、シミュレーションやアニメーションによる提示による代用による授業が展開される傾向にあると考える。

天文分野の観察に他の物理・化学領域の実験と同じような「観察記録から規則性や関係性を導く」目的を求めると自体に無理があると思われるのである。この分野に観察を組み込むのであればデータの取得ではなく、実体験そのものや学習内容の確認を目的としてはどうかと考える。透明半球による日周運動の記録は観察方法の意義や観察技能を養うことを目的としても良いと考える。地球の自転や公転、地軸の傾きを関連づけるだけの継続的なデータ収集は授業の中で行うのではなく、本システムのような自動定点観測によって補完するkとが望ましいと考える。天文分野における観察の目的を目的や領域の特性から柔軟に設定する必要があると考える。

## 第4章 気象観測教材の開発と実践

### 4-1 はじめに

#### 4-1-1 気象分野の学習指導

天体の観察の他に実施率が低い分野が気象の観測であった。気象分野は指導要領の改訂によって小学校では第3学年で「日なたと日かげをくらべよう」、第5学年で「天気と気温の変化」「台風と天気の変化」を学習し、中学校では第2学年で「天気とその変化」として学習する。

表 4-1 指導要領改訂に伴う気象分野の学習内容と授業時数[14][15][16][17]

追加で新設された項目のみ詳細表記

	現行指導要領		新指導要領	
		実質時数 (標準時数)		実質時数 (標準時数)
小学3年	日なたと日かげをくらべよう	6(8)	日なたと日かげをくらべよう	6(8)
小学4年			天気の様子 (1日の気温の変化) 5年から移行	4(5)
小学5年	天気と気温の変化	8(10)	天気と気温の変化	8(10)
	台風と天気の変化	3(4)	台風と天気の変化	3(4)
中学2年	天気とその変化	17(18)	天気とその変化 日本の天気の特徴(新設) 大気の動きと海洋の影響(新設)	24(32)

※標準時数の約8割を実質時数に設定し、その差は問題演習などに当てる時間とする。

表 4-2 新指導要領と解説における気象観測の取り扱い（小学校）

学年	新指導要領	指導要領解説
小学 3年	<p>B 生命・地球 (3) 太陽と地面の様子 日陰の位置の変化や、日なたと日陰の地面の様子を調べ、太陽と地面の様子との関係についての考えをもつことができるようにする。 ア 日陰は太陽の光を遮るとでき、日陰の位置は太陽の動きによって変わること。 イ 地面は太陽によって暖められ、日なたと日陰では地面の暖かさや湿り気に違いがあること。</p>	<p>イ 太陽の光が当たっている地面と当たっていない地面の暖かさや湿り気を体感や温度計などで調べ、それらに違いがあることをとらえるようにする。また、太陽の光がよく当たる場所で、朝と昼頃の地面の温度を測って比較し、太陽の光が地面を暖めていることをとらえるようにする。日なたと日陰の地面の暖かさを調べる活動については、手や足で地面に触れるなど体感を通して感じとるようにするとともに、温度計を用いて地面の温度を測定し、比較できるようにする。</p>
小学 4年	<p>B 生命・地球 (3) 天気の様子 1日の気温の変化や水が蒸発する様子などを観察し、天気や気温の変化、水と水蒸気との関係を調べ、天気の様子や自然界の水の変化についての考えをもつことができるようにする。 ア 天気によって1日の気温の変化の仕方に違いがあること。 イ 水は、水面や地面などから蒸発し、水蒸気になって空気中に含まれていくこと。また、空気中の水蒸気は、結露して再び水になって現れることがあること。</p>	<p>ア 1日の気温の変化の様子を調べてグラフに表すと、太陽が出ている晴れた穏やかな日には日中に気温が上がる山型のグラフになり、太陽が雲などでさえぎられている曇りや雨の日には高低差の小さい型のグラフになることがある。これらのことから、1日の気温の変化の仕方は天気によって違いがあることをとらえるようにする。</p>
小学 5年	<p>B 生命・地球 (4) 天気の変化 1日の雲の様子を観測したり、映像などの情報を活用したりして、雲の動きなどを調べ、天気の変化の仕方についての考えをもつことができるようにする。 ア 雲の量や動きは、天気の変化と関係があること。 イ 天気の変化は、映像などの気象情報を用いて予想できること。</p>	<p>ア 実際に空を観察しながら、1日の雲の量や動きを調べ、天気の変化と雲の量や動きが関係していることをとらえるようにする。また、実際に観察した結果と気象衛星からの情報などを関連付けながら、雲の形や量、動きの多様さに触れ、雲には様々なものがあることをとらえるようにする。ここでは、雨に関係する雲として、例えば、乱層雲などを扱うことが考えられる。 イ テレビや新聞、インターネットを活用し、数日間の天気の様子を調べ、天気はおよそ西から東へ変化していくという規則性があることをとらえるようにする。また、台風の進路についてはこの規則性が当てはまらないことや、台風がもたらす降雨は短時間に多量になることなどをとらえるようにする。</p>

表 4-3 新指導要領と解説における気象観測の取り扱い（中学校）

学年	新指導要領	指導要領解説（抜粋）
<p>中学 2年</p>	<p>2 内容 (4) 気象とその変化 身近な気象の観察、観測を通して、気象要素と天気の変化の関係を見いださせるとともに、気象現象についてそれが起こる仕組みと規則性についての認識を深める。 ア 気象観測     (ア) 気象観測         校庭などで気象観測を行い、観測方法や記録の仕方を身に付けるとともに、その観測記録などに基づいて、気温、湿度、気圧、風向などの変化と天気との関係を見いだすこと。 イ 天気の変化     (ア) 霧や雲の発生         霧や雲の発生についての観察、実験を行い、そのでき方を気圧、気温及び湿度の変化と関連付けてとらえること。     (イ) 前線の通過と天気の変化         前線の通過に伴う天気の変化の観測結果などに基づいて、その変化を暖気、寒気と関連付けてとらえること。 ウ 日本の気象     (ア) 日本の天気の特徴         天気図や気象衛星画像などから、日本の天気の特徴を気団と関連付けてとらえること。     (イ) 大気の動きと海洋の影響         気象衛星画像や調査記録などから、日本の気象を日本付近の大気の動きや海洋の影響に関連付けてとらえること。</p>	<p>ここでは、身近な場所で気象観測を継続的に行わせ、その観測記録や資料を基に、気象要素と天気の変化の関係を見いださせ、天気の変化が主として大気中の水の状態変化と大気の動きによって引き起こされていることを理解させるとともに、日本の天気の特徴をとらえさせ、気象現象の起こる仕組みと規則性についての認識を深めることが主なねらいである。 ア 気象観測     ここでは、主な気象要素である<u>気温、湿度、気圧、風向、風力の測定</u>を行い、観測器具の基本的な扱い方や観測方法と、観測から得られた気象データの記録の仕方を身に付けさせるとともに、これらの気象要素の変化及び相互の関連と天気との関係を見いださせることがねらいである。 イ 天気の変化     ここでは、霧や雲の発生、前線の通過に伴う天気の変化など、規模の大きい気象現象について、それが起こる仕組みと規則性を理解させることが主なねらいである。その際、身近に見られる気象現象や気象情報に関心をもたせ、各メディアからの様々な気象情報などを取り入れ、日常生活や社会との関連に十分配慮して、生徒の興味・関心を高めることが大切である。     <u>前線の通過の観測</u>は、その地域に実際に前線が通過する時をうまくとらえて実施する。「(4) ア気象観測」で行う気象観測の時期を前線の通過が予想される2～3日前から始めるように計画し、<u>観測結果の考察</u>を通して、前線の通過というのは暖気と寒気の境界が移動する現象であることを理解させる。前線通過の観測ができない場合は、天気図や気象衛星画像に加えて、地域の気象台の観測データなどにより同様の学習を行うことも考えられる。     なお、気象観測は、前線の通過が予想されるときや季節に特徴的な天気がみられるときを利用して、その天気の傾向がとらえられる程度の期間継続的に行い、観測の技能を定着させるとともに、その記録を今後の学習に生かすようにする。その際、データの連続性を補うため、自記温度計、自記湿度計、自記気圧計の活用を図ることも考えられる。 ウ 日本の気象     ここでは、天気図や気象衛星画像などを資料として、日本の天気の特徴を気団と関連付けてとらえさせるとともに、日本付近の大気の動きや海洋の影響に関連付けてとらえさせ、日本の気象についての認識を深めることが主なねらいである。</p>

表 4-2, 表 4-3 から新指導要領では小学校と中学校のいずれも気象分野の学習において観測の実施が位置づけられている。中学校では、気象観測によって得られたデータ（気温、湿度、気圧、降水量）から、その規則性や関係性を導く学習を行う。

具体的には、気温と湿度が対照的に変化すること、気温が朝方に最低になり昼すぎに最高になること、一般に気圧が高いと天気が良いこと、晴れの日には気温の差が大きく曇りや雨の日には気温の差が小さいなどの関係を観測結果から見いだすとしている。

#### 4-1-2 気象観測実施における課題

第 2 章の「中学校理科の実験観察指導に関する調査」から、実験項目番号 52 の観察「学校内の気象観測をしよう」を生徒実験として実施する割合は 30%を下回っており、実施しない割合は 60%近くになる（図 4-1）。

この実験に関する項目として、「機材や設備等が不足」が最も多くあげられている（図 4-2）。温度計であれば、グループ数そろえるのは容易であるが、湿度計、気圧計、風向風力計をグループ数準備することは困難であると予想できる。次いで多かったのが「授業時間内で実施が困難」であった。

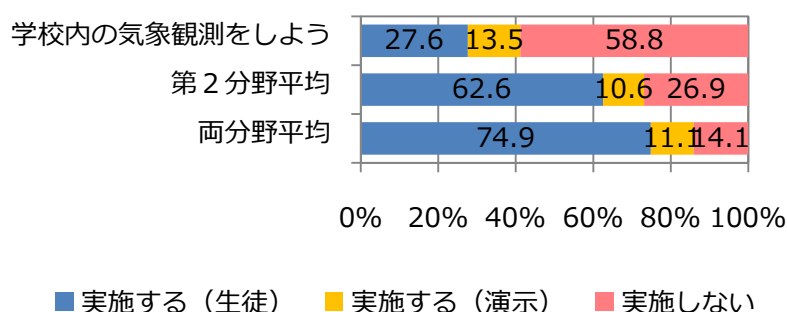


図 4-1 「学校内の気象観測をしよう」の実施状況[13]

#### 4-1-3 自動計測機器の利用

指導要領[2]では観測結果から気温や湿度の特徴、天気と気圧など相互の関係性を導くことが気象分野における観察の目的とされている。機材がそろえば 1 時間の授業内で気象観測を行うことは可能であるが、1 時間程度の観測記録から規則性や関係性を導くことは難しい。最低でも夜間を含め 1 日を通した継続観測が必要であり、さらに前線の通過に伴う気象の変化を記録するとなれば数日間、日本の天気の季節による特徴を見いだ

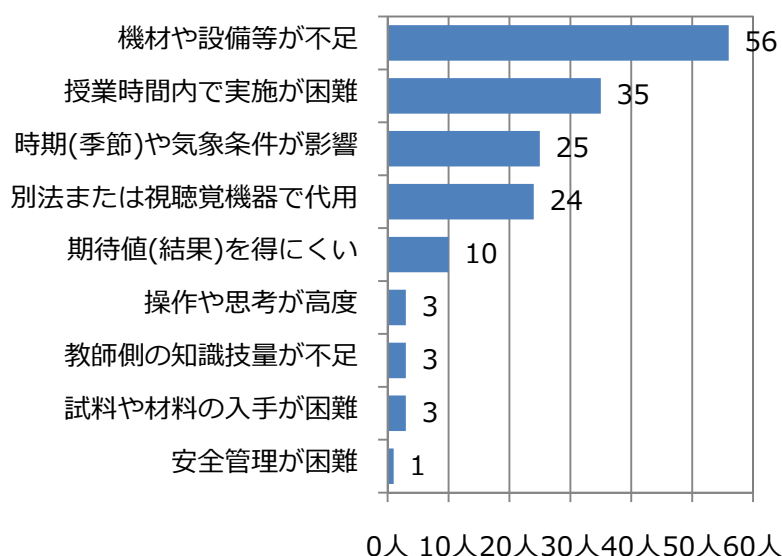


図 4-2 実施上当てはまる項目（学校内の気象観測をしよう）  
複数選択



すには数週間単位の観測が必要で、授業における観測によってこれらの学習素材となるデータを得ることは困難と予想される。データの入手だけを考えるならば、気象庁など気象関係のウェブサイト (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>) から簡単に入手できる。時間をかけて観測を行っても有用なデータが得られないことも観測の実施が敬遠される原因と考えられる。

このように制約の多い学校現場で継続的な気象観測を可能にするのが気象センサーによる自動計測である。新指導要領解説にも、「自記温度計、自記湿度計、自記気圧計の活用も考慮に入れ」と自動計測を推奨する表記がある。夜間を含めた継続計測が可能であることが最大の魅力である。学校現場へ導入可能な自動計測システムについて検討する。

### (1) 気象用データロガーによる自動計測

最も安価な方法が気象用データロガーの使用である。代表的な製品に、おんどとり (T&D)、キューブセンサー (スズキ教育ソフト) がこれにあたる (表 4-4 各社製気象用データロガーの比較)。センサー一体型のロガーを観測地に設置し、気温、湿度、気圧に限られるが、一定期間計測後に回収、コンピュータに接続してデータを取得しグラフ表示などの処理を行う。小型で扱いが容易であり、比較的安価であることも特徴である。

### (2) 定点観測システムによる自動計測

これに対し、インターネット百葉箱 (内田洋行) や電子百葉箱インターネット ECOLOGType1 (中村理工工業)、ウェザーバケット (アグリウェザー) に見られる定点観測システムがある。文部科学省の支援による広域定点観測網実証プロジェクト (teiten2000 プロジェクト) が平成 12 年度にスタートし 4 年間継続した [20]。全国 (国外) 19 の観測地による定点観測網のデータをインターネット上に公開した。このシステムを製品化したのがインターネット百葉箱 (内田洋行) である。気温、湿度、気圧、風向風力、降水量など計測できる要素が多い。ネットワークの利用により記録メディアの回収や電池交換の必要が無く継続観測が可能である。ウェブサーバーとしての機能を備えインターネットを通して外部からデータ閲覧が可能である。

第 3 章でも述べた仙台市科学館のお天気アイプロジェクトでは、仙台市内 10 校の小中学校の気温、湿度、気圧などの気象データと魚眼レンズ付きカメラによる空の様子を公開している。授業実践例も多数報告されている。

### (3) 自作システムによる自動計測

一方、市販のセンサー等を組み合わせ、システムを自作した事例もある。桑本 [26] は観測ユニット (気温、湿度、気圧) 及びデータ閲覧システムを自作し授業実践を行った。報告によると、気温や湿度と天気の関係など規則性の理解や、興

表 4-4 各社製気象用データロガーの比較  
製品仕様より

	おんどとり TR-73U	キューブセンサー Net
温度	○	○
湿度	○	×別売 13,440 円
気圧	○	×別売 19,740 円
定価	34,440 円	50,400 円
電源	単三電池 1 本 で 10 ヶ月	単三電池 4 本
データ 容量	8000 データ × 3 チャンネル	8000 データ
誤差	平均 ±0.3°C ±5%RH ±1.5hPa	-
備考		液温、光センサ 付属

味・関心を高める上で一定の効果があったとしている。

大木[28]は定点観測システムを開発し小学校に設置，市販の気象計測センサ（気温，湿度，気圧）と USB カメラによって撮影した画像データを，市教育委員会の運用するサーバー上でインターネット上に公開している。

これら自作システムは材料費が比較的安価であり，データの検索や提示方法など授業での使用を前提に開発されているのも特徴の一つである。

#### 4-1-4 自動計測導入における課題

これら自動計測システムを学校現場に導入する際の課題をまとめる。まず，安価な気象用データロガーは記録容量に限りがあるため，データ数がこれを越えると古いデータが上書きされる。継続観測のためには一定期間（おんどり TR-73U は 10 分間隔の計測で約 1 ヶ月半）ごとに，設置，回収，データ吸い上げという作業が必要になる。また，吸い上げたデータを生徒に提示するにはグラフ作成などの加工が必要である。

機能が豊富な定点観測システムは最も魅力的であるが，設置費用が非常に高価である（ウェブサーバーの設置維持費込みで数百万円）。さらに保守整備の維持費も必要である。第 3 章でも述べたが，平成 12 年度にスタートした teiten2000 プロジェクトは，平成 16 年度末でその支援が打ち切れ，19 あった観測地も現在ではほとんどデータをインターネット上に公開していない。

一方自作システムの場合，計測部の製作やサーバーの設定，システム構築まで専門的な知識や技術が必要であり学校現場への導入は困難で普及には至っていない。

### 4-2 定点気象観測システム「てんきとり」

#### 4-2-1 開発のねらい

学校に自動計測システムが導入できれば，計測機器を介した観測ではあるものの，継続観測により長期間のデータ取得が可能になる。AMeDAS からのデータを入手するのではなく，学校での実際の計測から得られたデータを使用することに意義があると考え。自動計測であるが，学校内における現実の観察だからである。そこで，これらの既存の計測システムに改良を加えた自作の定点気象観測システムを開発することが気象分野の学習に有効であると考えた。

コンピュータと自作プログラムによりデータの蓄積と長期間の継続観測を可能にし，インターネット上から天気図や衛星画像などの画像をダウンロード蓄積する。さらに，ネットワークの使用によって観測データを常時生徒へ提示する。既存の自動計測システムの利点を生かしつつ学習教材としての機能に特化した定点気象観測システム「てんきとり」を開発した。

#### 4-2-2 システムの主な機能

システムの主な機能は以下（1）から（4）の通りである。なお，システムの設置や導入方法についての詳細は添付「てんきとり導入マニュアル」を参照されたい。

##### （1）気温・湿度・気圧の計測とウェブカメラによる画像保存

センサーの気温，湿度，気圧データを計測用 PC に保存する。さらに，校庭へ向けたウェブカメラ

から画像を取得する。ウェブカメラの画像により、日照や降水の様子を大まかではあるが把握する。センサーからのデータはグラフ化する。

#### (2) 閲覧用 PC によるデータ表示と検索

常時生徒へのデータ提示を可能にするため、閲覧用 PC によって計測用 PC のデータの表示、検索を可能にした。

#### (3) 学校外へのデータ公開

気温、湿度、気圧データを学校外から閲覧可能にする。校外ウェブサーバーへのデータ転送による。

#### (4) 気象関係サイトから画像データ取得

インターネット上で公開されている天気図、気象衛星画像、雨雲レーダーなどの画像データを取得、保存する。

### 4-2-3 各部の仕様と機能

#### (1) USB モジュール部

センサーを搭載した USB モジュールは汎用性に優れた USB ポート接続で、日本国内で入手可能である。気温と湿度のみに限定で USB 温度・湿度計モジュール（ストロベリー・リナックス，4,980 円）（図 4-3 左）と、気温、湿度とともに気圧の計測が可能な USB Weather Board（SparkFunElectronics 13,650 円）（図 4-3 右）の 2 つに対応している。

表 4-5 各 USB モジュール搭載のセンサー精度（カタログ値）[29][30]

	USB 温度・湿度計モジュール	USB Weather Board
温度センサー (誤差範囲)	SHT-11 (Sensirion 社製) ±1.3°C -10~40°C	SHT-15 (Sensirion 社製) ±0.8°C -10~40°C
湿度センサー (誤差範囲)	SHT-11 (Sensirion 社製) ±5%	SHT-15 (Sensirion 社製) ±4%
気圧 (誤差範囲)		SCP1000 (VTI 社製) ±1.5hPa 絶対誤差

各 USB モジュールに使用されているセンサーの公表誤差を、表 4-5 にまとめた。いずれも中学校での計測での使用には支障のない精度といえる。

同一製品による個体差を調べるため、USB 温度・湿度計モジュール A, B, C を市販のラジエーションシールド内に設置して同時に 24 時間計測した。結果は図 4-4 のとおりである。モジュール A の平均値を基準に比較すると、モジュール B に-0.1°Cであるのに対し、モジュール C に+2.1°Cであった。相対的な変化の傾向は問題ない範囲である。また、湿度も同様に計測したところ、平均するとモジュール B に-6.7%モジュール C に-17.6%の差が見られた（図 4-5）。湿度は気温よりも局地的な違いが現れやすいためこれが誤差であるとは断定できない。

相対的な変化から規則性や関係性を導く中学校の気象観測学習において、USB 温度・湿度計モジュールの温度、湿度変化に対する相対的な計測値は、学習教材としての使用の範囲では問題が少ないと思われる。

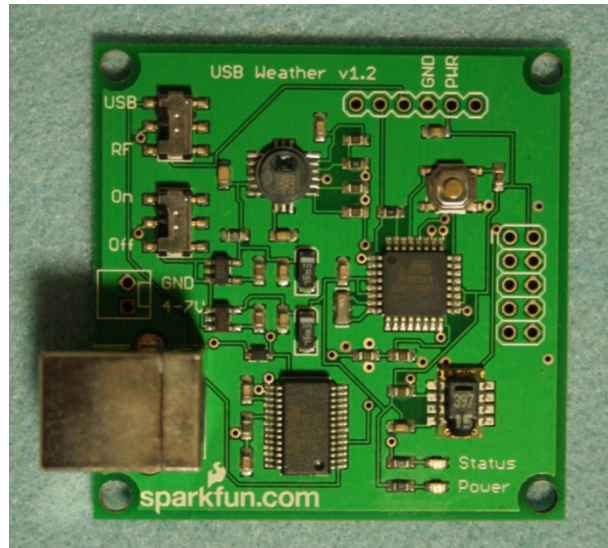
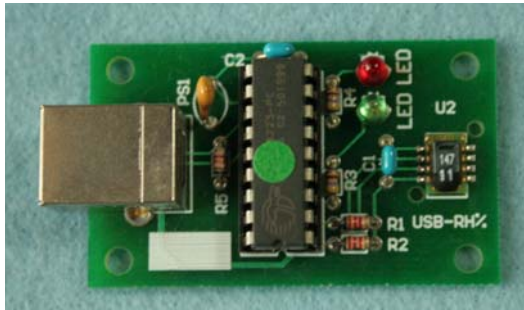


図 4-3 USB 温度・湿度計モジュール (左) と USB Weather Board (右)

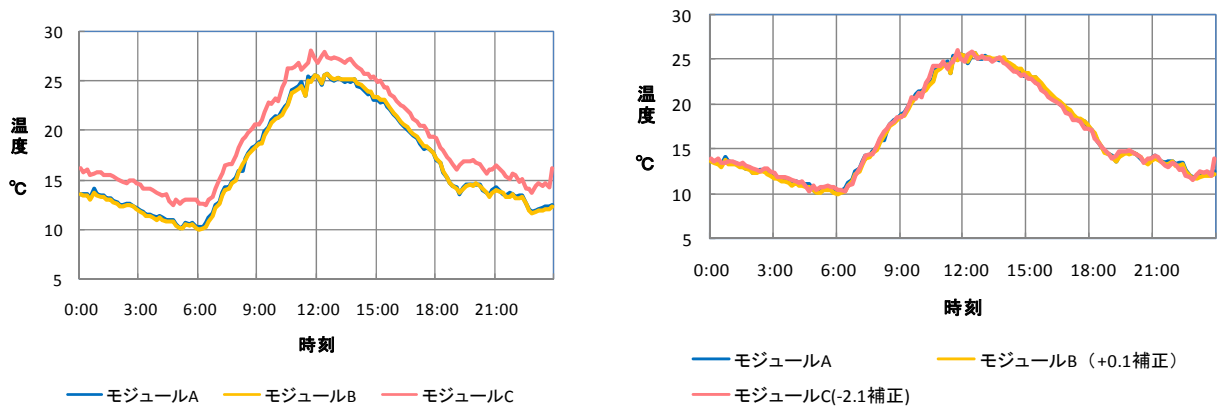


図 4-4 USB モジュール 3 台の同時計測結果 (左) と平均値による補正 (右) (気温)  
(USB 温度湿度モジュール)

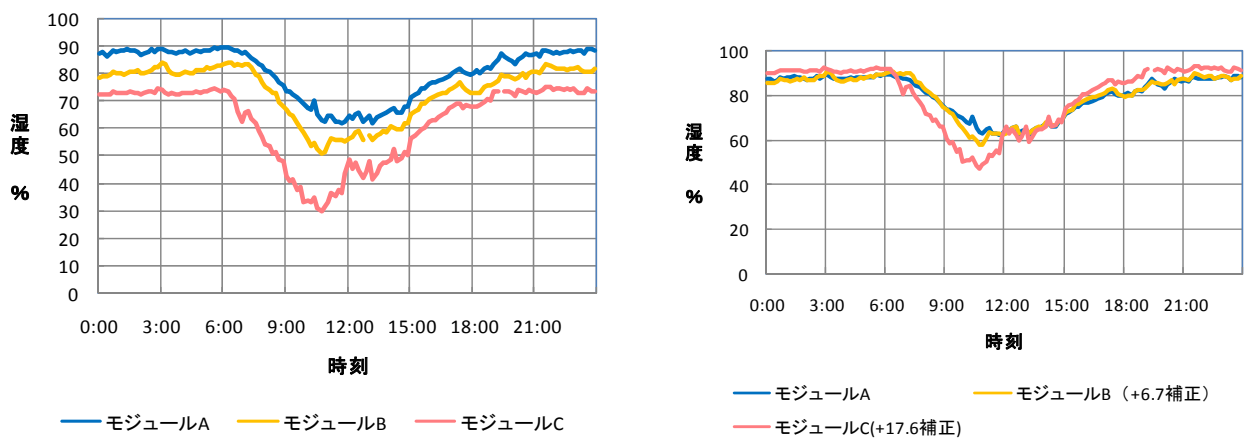


図 4-5 USB モジュール 3 台の同時計測結果 (左) と平均値による補正 (右) (湿度)  
(USB 温度湿度モジュール)

## (2) 計測用 PC 部

システムの概要を図 4-6 に示す。センサー部からのデータ取得、グラフ作成などほとんどの動作は計測用 PC と自作プログラムで制御した。使用する PC は OS に WindowsXP, USB ポート, LAN ポートがあれば特に高い性能は必要ではない (表 4-6)。プログラムは, Microsoft Visual Basic 2008 Express Edition で作成した。さらに計測用 PC を校内 LAN 上でウェブサーバーとして動作させ, 校内の閲覧用 PC へのデータ配信を行

表 4-6 運用に使用した計測用 PC, 閲覧用 PC

	計測用 PC	閲覧用 PC
機種	FMV-NB9/95	FMV-6500 CL4c
CPU	モバイル AMD Duron950MHz	Celeron 500MHz
メモリ	256MB	256MB
HDD	30GB	10.2GB
OS	WindowsXP Home Edition	Windows2000
導入ソフト	TENKITORI.exe (自作 VisualBasic プログラム)	FireFox2
	ListCam ver2.09e	
	Apache HTTP Server 2.2.9	

うため Apache HTTP Server 2.2.9 を使用した。また, 校庭へ向けたウェブカメラ画像の取得に ListCamVer2.09e([www.clavis.ne.jp/~listcam/index\\_j.ssi](http://www.clavis.ne.jp/~listcam/index_j.ssi))を使用した。これら3つのプログラムを組み合わせることで計測用 PC の動作が可能となる。開発当初にくらべシステム全体の初期設定が単純でメンテナンスも容易になった。

自作 Visual Basic プログラムは3種類開発した (表 4-7)。2種類のセンサーに対応した Basic 版,

図 4-6 てんきとり概要 →はデータの流れ

Standard 版，気温と湿度の計測およびグラフ表示のみを行う Compact 版である。Compact 版は計測用 PC とセンサー部による計測のみを行うため，ネットワーク設定が不要である。プログラムコード等についての詳細は付録「てんきとり VisualBasic プログラムコード」を参照されたい。

気象分野の学習には，気象観測によって得たデータと共に，天気図，気象衛星画像などの画像も必要である。教科書に掲載されているデータは過去のもので，現中学2年生が使用する教科書には3年前のデータが記載されている。システムによって観測したデータを天気図や衛星画像と関連付けるためにはこれら気象画像が必要である。インターネット上では気象関係のウェブサイトがこれらの画像データを公開しているが，公開したデータは数時間から数日単位で更新され，それ以前のデータは消去されてしまう。天気図は気象庁のウェブサイトから過去のデータが月別に PDF で公開されているが，1日1枚の提供で3時間毎の詳細な変化を比較することはできない。高知大学気象情報頁 (<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>) が気象衛星画像に限り，過去数年のデータを公開している。

表 4-7 自作 VisualBasic プログラム各版の機能比較

	Compact 版	Basic 版	Standard 版
対応センサー	USB 温度・湿度計モジュール		USB Weather Board
温度	○	○	○
湿度	○	○	○
気圧	×	×	○
WEB カメラ機能	×	○	○
閲覧用 PC による校内 LAN 経由での閲覧	×	○	○
気象画像ダウンロード	×	○	○
FTP 転送による校外サーバーへのアップロード	×	○	○

詳細なデータを(財)気象業務支援センターから購入することもできるが，開設や，基本料等を含めると天気図，降雨レーダー，衛星画像を含めると年間約100万円を越えてしまう。このため，本システムにインターネット上からこれらの画像を定期的にダウンロード，蓄積する機能を取り入れた。

計測データを校外から閲覧可能にすることは，自宅からデータ検索できるため事前に調べ学習として課題を与えるなど柔軟な活用が可能になる。外部からの閲覧を可能にするために外部に設置された学校ホームページ用サーバーを利用した。宮城県では現在すべての

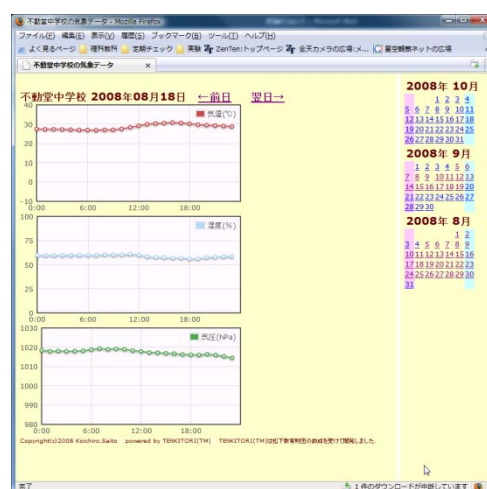


図 4-7 学校外ウェブサーバーの計測データ表示

学校のウェブサーバーが確保してあり、校内からFTP転送可能である。しかし、容量は30MBと小さいため、データを画像データとしてウェブサーバーにアップロードする方法では、限られたサーバー容量を圧迫してしまう。従って、データはサイズの小さいテキストデータでサーバーに保存した。JavaScriptを利用してテキストデータをもとにグラフを作成する。JavaScriptライブラリを利用することで折れ線グラフの描画を簡略化した。代表的なJavaScriptライブラリには、prototype, Dojo, jQueryなどがあり、それぞれグラフを描画できるプラグインも準備されている。気温のデータのマイナス値にも対応、グラフごとに線の色を設定でき、Y軸の最大最小の設定が可能、IEとFireFoxの両方に対応している点から、jQueryとそのプラグインのFlotを使用した。jQueryライブラリはわずか31KB(バージョン1.2.6)でプラグインのFlotは28KBと、動作のために必要なファイルサイズはわずか60KBほどである。

570×265ピクセルのグラフ画像をアップした場合、約12KBであるのに対し、この方法だと約3KBで済む。1年で約10MBと、学校用に用意されたウェブサーバーの容量で十分運用できるデータ量である。

### (3) 閲覧用PC部

計測用PCとUSBモジュールはUSBケーブルによる接続のため計測用PCとUSBモジュールとの距離は5m以内にするのが望ましい。このため、生徒に常時データを提供するためには閲覧用PCを別に設定し生徒の目に触れやすい場所に設置する(図4-9)。閲覧用PCはウェブブラウザのみ動作すればよいため旧型PCを使用した(表4-6)。PCをブラウザの起動、終了を自動で行わせるためにBootTimer(V1.407)を使用した。PCの起動と終了、ブラウザの起動をタイマー予約でき、土日には起動させず、平日のみ起動させることが可能である。

### (4) ラジエーションシールド

屋外に設置するセンサーを直射日光や輻射や雨から守り、更に通気性を確保するには、ラジエーションシールドを使用する。国内で入手可能なものにソーラーラジエーションシールドRS1(Onset Computer16,800円)がある。コストを削減のためラジエーションシールドを自作した。材料や製作方法の詳細については、添付「ラジエーションシールド製作マニュアル」を参照されたい。

製作したラジエーションシールドと市販のものと性能を比較するため、



図4-8 ラジエーションシールド 市販(左)と自作(右)

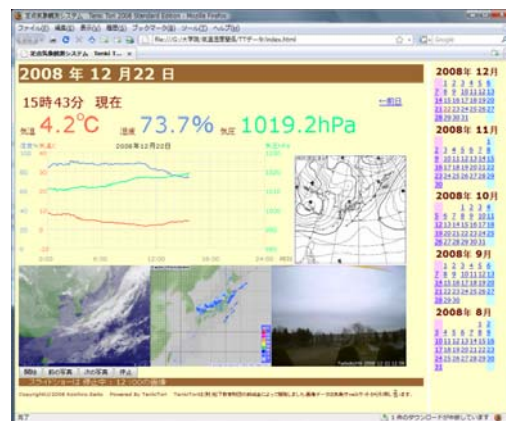


図4-9 校内に設置した閲覧用PCの表示



図 4-10 市販（右）自作（中）樹脂製カバー（左）  
比較

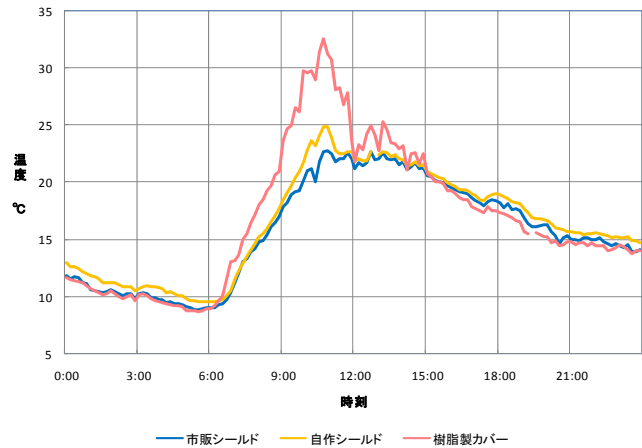


図 4-11 シールド別温度変化

日光による影響が大きい晴れた日に図 4-10 のように同時計測を行った。使用したセンサーは図 4-4 の A から C にそれぞれ対応する。図 4-11 はその結果である。

樹脂製カバーは直射日光が当たる昼間に高い数値を示した。明らかに直射日光による影響と考えられる。

自作シールドは午前 10 時から 11 時に市販シールドよりも約 2°C 高い数値を示している。この時間帯は太陽からの放射が強く、シールドの熱が効率よく放射されず、内部のセンサーに影響を与えたのではないかと推測する。シールド表面に遮熱塗料を塗布するなど、今後の改善が必要である。

#### 4-2-4 設置と運用

不動堂中学校に 2008 年 6 月に計測用 PC を校舎 2 階の理科室へ、閲覧用 PC を生徒用の玄関へ設置した（図 4-12、図 4-13）。屋上への設置も検討したが、USB モジュールの安定動作を優先させるためケーブルを短くすることを優先した。閲覧用 PC は生徒用玄関に設置することで、登下校時に生徒の目



図 4-12 校舎へのセンサー取り付け



図 4-13 生徒用玄関に設置した閲覧用 PC



に触れる機会を多くすることが目的である。月曜から金曜の生徒が登校する 8:00 に起動し、18:00 に終了させた。9 月から正式運用を開始し、さらに、設置マニュアル等を作成し岩沼市立岩沼小学校へ設置を行い、現在運用している。

### 4-3 授業実践

開発したシステムが気象の学習にどのような効果があるのかを検証するため、授業実践を行った。授業は 2008 年 12 月 2 日（火）から 12 月 18 日（木）まで美里町立不動堂中学校 2 年生 3 学級（78 名）を対象に各学級 2 時間ずつ行った。授業は連続しておらず。授業Ⅰは気象単元の前半部で、授業Ⅱは単元の半ばでの実施となる。

#### 4-3-1 授業実践Ⅰ，授業実践Ⅱ（不動堂中学校 2008）2 時間

##### (1) 指導のねらい

授業Ⅰ「気象の変化にはどのような決まりがあるか」

気象観測の結果から、気温や湿度の日変化の規則性や、気温と湿度、気圧と天気などの気象要素どうしの関連を見いだす。

授業Ⅱ「前線が近づくと天気はどのように変わるか」

前線が通過したときの天気の変化の観測結果などにもとづいて、その変化を暖気、寒気と関連づけてとらえ、前線の通過にともなう天気の変化を理解する。

##### (2) 対象

美里町立不動堂中学校第 2 学年（78 名）

##### (3) 準備物

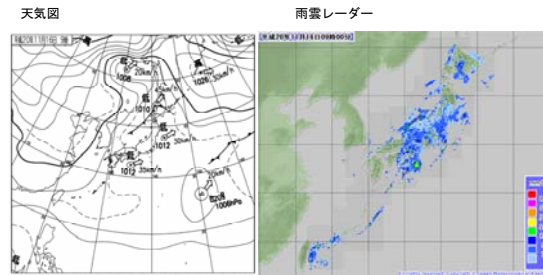
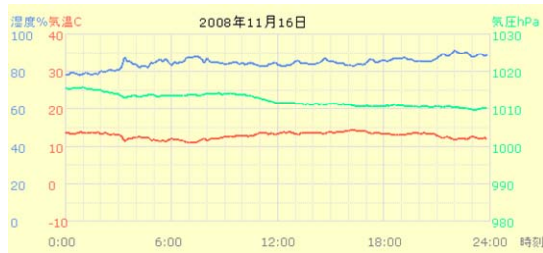
- ・気象観測データ（図 4-14 ワークシート）
- ・液晶プロジェクタ
- ・コンピュータ

(4) 指導過程

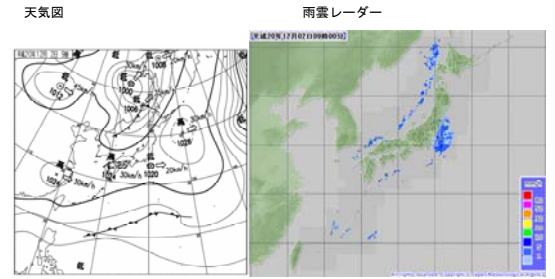
授業 I 「気象の変化にはどのような決まりがあるか」

学習活動	教師の支援	支援の意図・留意点
<p>本時の学習を確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>校舎に設置した気象観測装置の記録から、気温や湿度、気圧、天気の間係を調べましよう。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>目標を提示する。</li> </ul>	
<p>気象の変化にはどのような決まりがあるか</p>		
<p>曇（雨）の日と晴れの日気温、湿度、気圧を調べる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>これは11月16日（日）と12月2日（月）の気温、湿度、気圧のグラフです。</li> <li>気温を赤、湿度を青、気圧を緑でなぞりましよう。</li> </ul> <p>課題1：カメラ画像から天気を調べる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>11月16日曇り</li> <li>12月2日晴れ</li> </ul> <p>課題2：気温と湿度、気圧と天気の間係</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>気温と湿度の間係はどうか？</li> <li>天気と気圧の間係</li> </ul> <p>課題3：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>晴れの日気温が最低、最高になるのはいつか？</li> <li>晴れと曇りの日で気温の差が大きいのはどちらか？</li> <li>曇りの日の湿度は晴れの日と比べてどうか？</li> </ul> <p>結果からその理由を考察する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>気温が朝方最低になるのはなぜだろう？</li> <li>気温が昼すぎに最高になるのは？</li> <li>晴れの日の方が気温の変化が大きいのはなぜだろう？</li> </ul> <p>まとめ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>本時の学習をまとめましよう。</li> <li>11月16日と12月2日以外の日で確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>グラフを要素別に色分けさせる。</li> <li>二日間のデータを提示する。</li> <li>USB カメラの画像から天気を判断させる。</li> <li>気温が上がるのは太陽の光によること、気温が下がるのは熱が宇宙空間へ逃げることが示す。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生徒のプリントは白黒印刷のため。</li> <li>晴れと曇りの典型的なデータを選んでおく。</li> <li>気圧は天気図から読み取らせても良い。</li> <li>気象の変化は必ずしもこの通りにならないことも確認することが必要である。</li> </ul>

気象観測の結果から  
2008年11月16日(日)  
不動堂中学校の観測結果



2008年12月2日(月)  
不動堂中学校の観測結果



引用：天気図、雨雲レーダーの画像は気象庁 HP

図 4-14 ワークシート

曇りの日 11月16日(左) と 晴れの日 12月2日(右)

授業Ⅱ「前線が近づくと天気はどのように変わるか」

学習活動	教師の支援	支援の意図・留意点
<p>前時の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・寒冷前線と温暖前線について確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・目標を提示する。</li> </ul>	
<p>前線が近づくと天気はどのように変わるか</p>		
<p>前線通過後の気温の変化や、天気の変化について説明を聞く。</p> <p>寒冷前線の通過による気温、湿度の変化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2008年10月4日の天気図から、どんな前線が近づいていることがわかりますか。</li> <li>・観測結果から前線が通過した時刻は何時頃と考えられるでしょうか。</li> </ul> <p>寒冷前線の天気変化の特徴について説明を聞く。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本来気温が上がるところで気温が下がっている点を示す。</li> <li>・教科書から、風向の変化、天気の変化について補足する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・風向のデータが無いため教科書で補足する。</li> </ul>

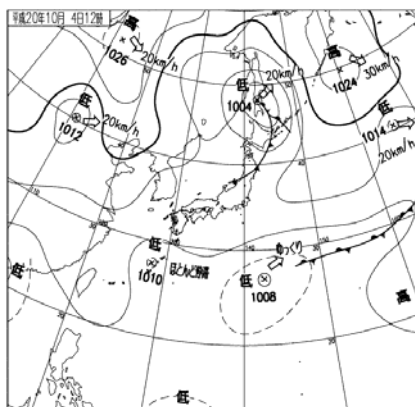


図 4-15 2008 年 10 月 4 日 12 時（寒冷前線通過前）の天気図

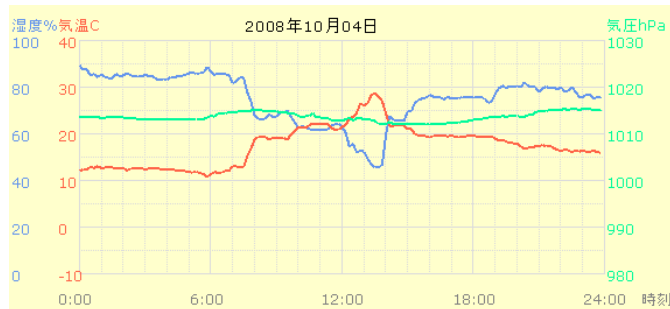


図 4-16 2008 年 10 月 4 日の記録。  
13 時過ぎから 15 時過ぎにかけて気温が下がっている。  
このとき寒冷前線の通過が考えられる。

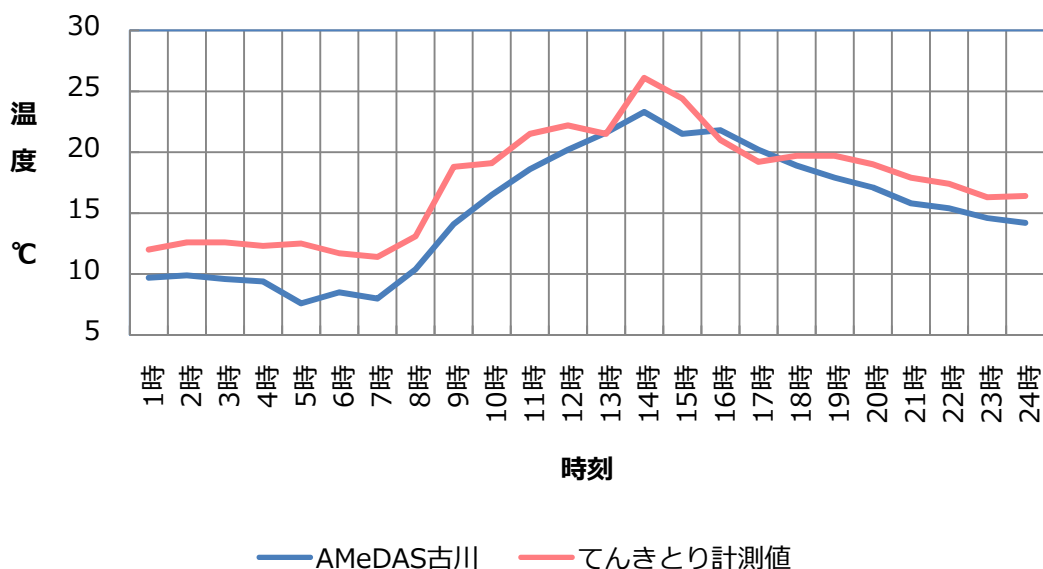


図 4-17 学校から近い古川の AMeDAS とてんきとりとの比較（08 年 10 月 4 日）  
前線通過と思われる 13 時過ぎを境に気温の低下が見られる

#### 4-3-2 授業を終えて

生徒はワークシートの気温と湿度と気圧のグラフ、天気図から気温と湿度の対照的な変化などの規則性を見つけることができていた。

システムの運用により、教科書の図や気象関係ウェブサイトからダウンロードしたデータではなく、実際に校内で観測したデータを用いて授業を展開することができた。天気図や衛星画像などが取得されているため、授業で使用する画像やデータを効率よく準備できた。

今回はデータをあらかじめワークシートに印刷したが、校内に設置した閲覧用 PC で過去のデータを検索することが可能であることから、気温と湿度、気圧と天気の関係について、事前に課題として与えることも可能である。

## 4-4 成果と課題

### 4-4-1 生徒のアンケート調査から

2008年9月から校内での運用を開始した。設置による効果を調査するため、2年生を対象に、設置前の9月に1回目、気象分野の授業を開始する直前の12月に2回目のアンケート方式による調査を行った。

図4-18から生徒の約半数は2、3日に1度以上はモニター画面を見ていることが分かる。生徒が普段使用する生徒用玄関にモニターを設置したこと、常時データを表示している点で効果があったと考えられる。

図4-18 図4-19は生徒が閲覧用PCからどの情報を得ているか質問した結果である(複数回答可)。気温が47名、次いで天気図が14名であった。気温に興味をもって閲覧用PCを見ていることが分かる。

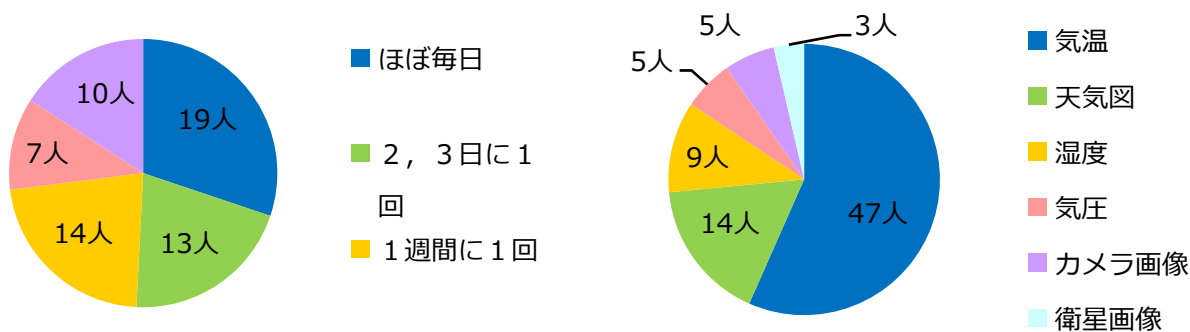


図 4-18 閲覧用PCでデータを見る頻度

図 4-19 閲覧用PCで何を見るか(複数回答)

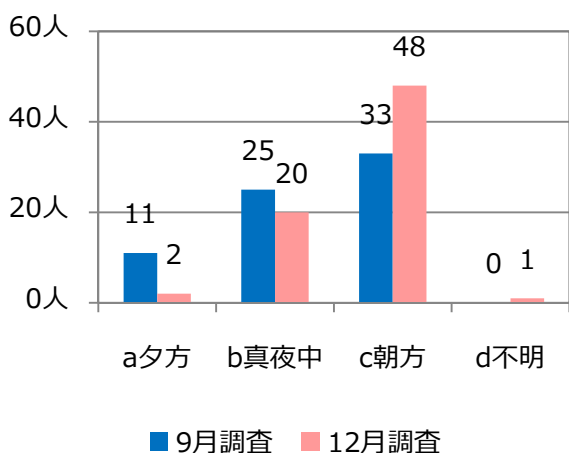


図 4-20 気温が最低になるのは

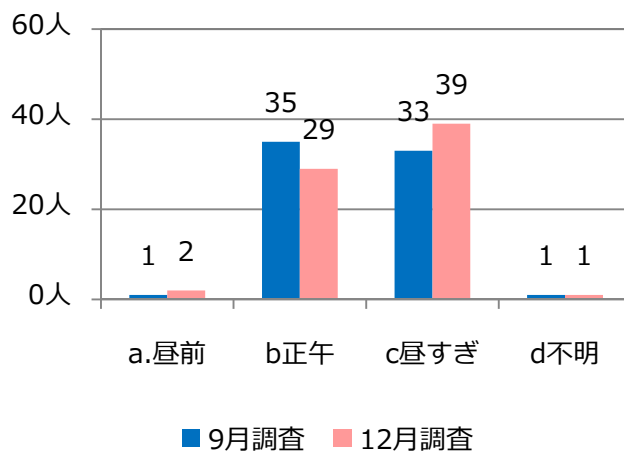


図 4-21 気温が最高になるのは

図 4-20, 図 4-21 で閲覧用 PC による生徒の変容を見るため 9 月と 12 月の調査を比較する。気象分野のに関する授業を行う前に最高気温や最低気温を示す時刻の正答率がやや高まっているといえる。

一方, 図 4-22 では気温と湿度の関係について正答率が下がっている。これは, 湿度について学習していないため, 湿度に対する関心が少ないためと思われる。

閲覧用 PC の設置によって, 気温の変化の規則性について理解が深まる傾向にあるといえる。一方で湿度など, 学習していない要素に関しての影響は小さいと考えられる。年間の学習の順序を変更し, 2 年生の授業が始まった 4 月に湿度や気圧など主な気象要素について学習を行うと閲覧用 PC による事前学習が効果的に行われると期待できる。

#### 4-4-2 標準学力検査 (CRT) 結果から

学習後に行った標準学力検査 (CRT) において, 気象観測領域の得点率が全国平均に対し学年全体で +3.2 ポイントと大きく上回った。理科全体の得点率が全国比 -0.8 ポイントであることから, システムによる効果があったものと考えられる。また, 自然事象への関心・意欲・態度が全国比 +2.3 ポイントであり, 間接的であるものの学習への意欲付けの面での効果も考えられる。

#### 4-4-3 システム評価

2008 年 9 月に正式運用を開始したシステムは大きな不具合が無く運用を継続している。大きな台風の直撃がなかったこともあり風雨による不具合はなかった。データの保存用に年間で約 1GB 程度のハードディスク領域さえ確保できれば今後も継続した運用が可能である。

常時閲覧可能なため, 生徒の興味・関心, 疑問に柔軟に対応できる。設置によって気象分野の事前学習教材としての効果も見られるが, 学習して得た知識を基に日常生活の中で閲覧用 PC によって確認し, 新たな発見をする。このような学習教材としての効果も期待できると考える。

普及のための導入コストを抑えることにも成功している。計測用 PC を除いた導入にかかる材料費を 1 万円以下に抑えた。

システムの課題として, USBWeatherBoard を使用する Standard 版において, 気温や湿度の数値が異常な値を示すことがあった。シリアルポートへのデータ転送時の問題と思われる。このため異常なデータを取得しないようにプログラムを改善する必要がある。現在は 10 分おきの瞬間値を計測しているが, 10 分間の平均値を求めることなどが有効と考える。また, PC の再起動によって設定が初期化されてしまうため, 設定をファイルに保存するなどの修正が必要である。校外サーバーへの FTP 転送はマ

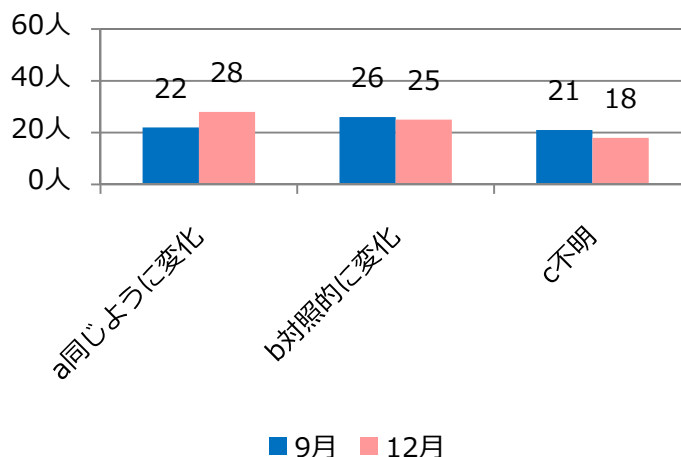


図 4-22 気温と湿度の関係

シンパワーを必要とするらしく、旧型の PC ではうまく動作しないこともあり、今後改善していきたい。

#### 4-4-4 気象観測の実施と定点観測システム

本システムによって実施が困難な気温や湿度を継続的に計測し、常時データを生徒に提示したことが学習教材として最も大きな成果である。必要なネットワークを基本的に校内 LAN にとどめたことも普及のためのポイントであった。今後システムの導入マニュアルを公開するなどして、他校への設置を検討していきたい。より多くの学校へ導入することで気象観測分野の学習教材としての活用と効果の検証等が活発に行われると期待できる。

本システムに蓄積された気温、湿度、気圧と天気の関係を導くためのデータを授業実践へ向けて検討していたところ、気象要素の変化や相互の関係が必ずしも教科書通りにならないことに気づいた。昼すぎに気温が最高になる、高気圧におおわれると晴れ、寒冷前線が通過すると気温が下がる、これらは数多くのデータの統計から得られる規則性である。定点観測によって得られたデータの中にはこれらの規則性には当てはまらないデータも見られた。気象現象に関する規則性や関係性をデータから導くことはそれ程単純ではなかった。

規則性や関係性を見出すためのデータ取得を目的とした場合、観測を授業で実施することは難しい。中学校での気象観測は計測そのものによる実体験を目的とし、データ取得の部分は定点観測による計測を利用すべきであると考ええる。現実に気象庁などが行っている計測は自動計測がほとんどである。学習後の日常生活において気温、湿度、気圧や風向と天気などに関する情報を常時提供する。学習した知識を基に気象に対して主体的に関わるの中で更に興味や理解を深めていく。このような学習の在り方が気象分野の学習としてはより自然で効果的であると考ええる。

これまで定点観測装置はネットワークや設置費用の条件整備により導入が困難であったが、既存のネットワークや PC を利用することで導入に必要な条件を簡易にすることができた。本システムの利用によって魅力ある気象分野の学習が展開されれば幸いである。

## 第5章 結論

### 5-1 観察・実験のありかた

観察・実験の実施は主にデータ取得とされ、得られたデータを用いて規則性や関係性を導く学習を展開することが、理科の学習の大きな流れとされている。しかし、定点観測教材の開発・実践を通して、規則性や関係性を導くためのデータ取得が適さない領域があることが分かった。特に地学領域における学習対象は気象、宇宙、大地である。これらの対象は観察・実験によって再現することが難しく、規則性や関係性を導くようなデータ取得が困難である場合が多い。現に、数日の気象観測から気温や湿度、気圧と天気と教科書通りの規則性や関係性を見いだすことは困難であった。透明半球を用いた太陽の観測でも天候や季節によって継続的なデータを取得できない場合が多い。

このような領域で期待値や理論値の取得を観察・実験の目的とすれば、物理・化学のような比較的再現性の高い領域での実施には意味があり、逆に地学領域のように再現性の低い領域では観察・実験を実施する意味が薄れてしまうだろう。そのため観察・実験を実施せず、知識の伝達中心の授業、あるいはシミュレーションやアニメーションによる観察の代用を助長することにつながる。それを防ぐには、理科の授業において、観察・実験の目的を柔軟に設定することが必要である。再現性の高い領域では実験結果から自然の規則性や関係性を導き、再現性の難しい領域では実体験そのもの、または自然の多様性、複雑さを学ぶことを目的とした実施が必要と考える。それによって、理科の学習が単に知識の伝達のみでなくなり理科を学習する動機付けを高め、理科離れを防ぐことにもつながると考える。

### 5-2 コンピュータ・ネットワークの教材利用

学校現場へのコンピュータやネットワーク整備が進み機器の低価格化によって液晶プロジェクタなどの視聴覚機器も以前に比べ配備されている。近年では電子黒板やデジタルペンなどの新しい機器の導入も試みられ、これらの情報伝達機器はそれまでの黒板と教科書といった授業スタイルに加え、教材提示の方法を多様化させ一定の学習効果を上げている。これらの機器によってシミュレーションやアニメーションの提示といった授業展開も可能となり、その授業は一見スマートで優れた学習効果があるように思われる。生徒も教師もあたかも授業後は「分かった」ような錯覚に陥ることがある。しかし、これらシミュレーションやアニメーションは疑似体験であり実体験とは異なる。

このような方向性とは一線を画す教材として、今回「ぜんてん」システムを開発し、シミュレーションの画像ではなく、実際に撮影した画像を用いて学習を行った。実物ではなくモニターに映し出された画像を教材としている点ではどちらも同じであるといえる。シミュレーションの画像が単に全天カメラの画像に変わっただけだという考え方もできる。もちろん実体験を通した学習展開が望ましいことは言うまでもない。全天カメラの画像は全天の広さ大きさに比べあまりにも小さい。

しかし、シミュレーションの画像がプログラムによって作り出されるのに対し、全天カメラの画像は、カメラのレンズ、CCD センサー、インターネットを媒介しているものの、レンズの向こうには間違いなく現実の空が広がっているのである。これが、シミュレーションとの決定的な違いである。

決してシミュレーションやアニメーションを否定しているわけではない。シミュレーションソフト



によって天体の名前や情報を事前に調べて観察することでその効果も高まり、普段の生活の中で見つけた星の名前を調べるにはシミュレーションソフトは便利な道具である。重要なのは、これら、コンピュータやネットワークなど情報機器を観察・実験の「代わり」として利用すべきではないということである。観察・実験の「仲介」「補助」として利用されることが重要であると考えられる。

### 5-3 定点観測教材

開発した定点観測システムにより気象分野と天文分野の観測を継続的に行い、長期間のデータを取得することができ、取得したデータによって、これまで困難とされていた観測記録からの規則性や関係性の関連付けも可能となった。定点観測システムは授業時間の制約や気象条件によって困難な観察・実験におけるデータ取得という面で効果がある。学習前や学習後における生徒への日常的なデータの提示が可能となった点も評価できる。

一方で定点観測システムはデータのこれら継続計測や生徒への提示を可能にしたのであり、決して観察・実験の代用が可能となったわけではないことを忘れてはならない。観察・実験の技能の習得は生徒の実体験によってのみ可能である。また、実体験そのものが理科の学習の一部であり、学習内容の定着の面からも実体験による効果は大きい。これら定点観測システムは、生徒による観察・実験をその機能によって補い、学習を更に発展させる活用によって最大限に効果を発揮すると考える。

開発から実践までの2年という短期間の実践による結論であるため、今後より多くの学校現場において実践を積み重ねられることによって定点観測教材の効果や課題、これらの分野における授業展開のあり方について更に議論が深められることが必要である。データの共有や他校への導入を開発の観点としたのはそのためでもあった。

### 5-4 中学校理科教育の充実へ向けて

これまでの調査や議論をもとに中学校理科教育の課題に対して必要且つ有効と考える方策をまとめる。

まずは、観察・実験の実施に関わる予算確保が必要である。単純に設備不足が原因の観察・実験は、設備が整備されれば実施が可能になるであろう。しかし、図 2-10 では実施困難な観察・実験として試料の入手困難や期待値の取得など、設備不足以外の項目も多く挙げられていた。これら観察・実験の実施に加え、日々進歩する科学技術への対応など理科教師には非常に多くの資質が求められる。これは大学卒業時に全て会得できるものではなく、むしろ現場での実践の積み重ねによって培われていく性質が強い。

すでに、教科指導力向上のための取組は様々な形で展開されている。文部科学省は平成 20 年度予算(案)主要事項[34]のなかで理数教育の充実を位置づけている。具体的な施策に、理科支援員等配置事業、理数系教員指導力向上研修、理科教材開発・活用支援、サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト、スーパーサイエンスハイスクール、国際科学技術コンテスト支援学力向上支援事業があげられ、既に実行されている。教育研究会も教師の手によって運営され、地区、都道府県、全国それぞれの単位で様々な活動が行われている。他にも、ボランティアを含めた理科教育に関する様々な組織が多くの人々によって運営され活動している。

それでも、調査結果からは教科指導にける時間が不足している現状が明らかである。本来あるべき、若手教師が先輩教師から学び理科教師として成長していく、そのような教師の育成システムがうまく機能していないことも懸念される。観察・実験の実施率に年齢による変化が見られないことにも何らかの関係があると考えられる。

ここで注目したいのが、前述の

国立教育政策研究所らの調査結果[6]に見られる図 5-1 他校の理科教師と会合する頻度、である。この結果を見ると、中学校の理科教師同士の情報交換の頻度として最も多い答えが年に1から数回程度（約75%）なのである。このことから、中学校理科教員同士の情報交換の機会が少ない現状がうかがい知れる。理由は様々であるが、近隣の学校にいながら、同一教科の教員の顔や名前が分からないことが実際には少なくない。

まずは理科教員相互のつながりを密にすること、これが指導力向上へ向けて今すぐ我々現場教師にできることであり、我々の課題でもあると考える。理科教員同士のつながりが強くなれば、教科指導に関する有用な情報、実践事例を共有でき、全体の指導力向上につながる。設備の共有の面でも効果が期待できる。

これは簡単なことではない。本来であれば直接顔を会わせる機会を増やすこと必要であるが、時間不足の現状では難しい。そこで、インターネットを媒体とする情報交換も一つの手段であると考えられる。宮城県教育研修センターでは、みやぎ先生ひろば (<http://aoi.edu-c.pref.miyagi.jp/netcommons/html>) を2006年から運用した。県内の小中高の教員がインターネット上で教科指導などに関する情報交換を行うシステムで、教員同士の情報共有が可能である。しかし現在では情報交換の場としての利用は少なく、運用の難しさが明らかである。メール配信のみのシンプルなメーリングリストにも可能性がある。代表的な例に新理科教育フォーラムが運営する新理科教育メーリングリスト (<http://www.rika.org/rikaml/>) がある。登録は無料で、会員数は現在1200名を越えている。内訳は中学校理科教員が最も多く次いで高校、小学校、一般、大学教員の順で、毎日数十通のメールによる情報交換が全会員宛に送付される。授業や実験実施上の疑問や時事情報、それに対する提言が投稿され、専門分野、研修会等の情報も共有できる。

電子媒体を介したとしても情報交換や相互交流を活発に行うことは簡単なことではない。しかし、小学校、中学校、高校、大学、研究機関、そして科学館や天文台、水族館や動物園、博物館など理科教育に携わる者同士による相互交流が活発になれば、理科教員の資質向上に大きな作用をもたらすのではないかと考える。

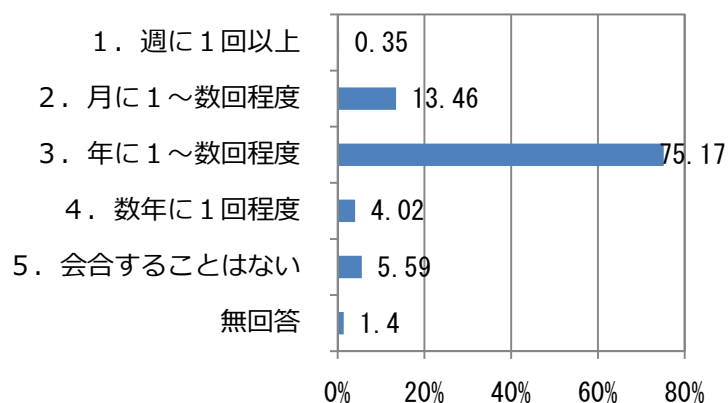


図 5-1 他校の理科教師と会合する頻度 (572 人対象) [6]

## 5-5 終わりに

理科教師としてこれまで、教科書に沿った観察・実験を行い、期待通りの結果をいかに導かせるかを考えて教材研究や指導に当たってきた。しかし、本研究を通して結果から規則性や必然性を導くことはもちろんのこと、多様性や偶然性についての指導をどう行うかもまた重要であることを強く感じた。自然には規則性や必然性と的一方で多様性や偶然性が同居する。あらためて理科の指導の奥の深さを感じることができた。規則性や法則性、多様性や偶然性を含めた自然と科学を大局的に捉え、その魅力をいかに生徒に伝えるかが我々理科教師に求められている。観察・実験はそのための一つ的手段に過ぎない。本当の「理科」の魅力を生徒に伝える。そんな教師を目指していきたい。

## 謝辞

本研究の計画から遂行，まとめにおいてお力添え及びご指導いただいた宮城教育大学教育学部理科教育講座の高田淑子教授に心から感謝いたします。同青木守弘教授、川村寿郎教授、菅原敏准教授には様々な場面におきましてご助言をいただき、深く感謝申し上げます。

アンケート調査の実施に際しご理解とご協力をいただいた仙台市中学校教育研究会理科部会会長，佐藤淳先生，長島康夫先生に感謝すると共に，調査に回答をお寄せいただいた宮城県内理科教員の皆さまに御礼申し上げます。

全天カメラの石垣島への設置と運用には国立天文台水沢VERA観測所，石垣島天文台の宮地竹史氏に大変お世話になり感謝いたします。

宮城教育大学教育学部鶴川義弘教示には，ぜんてんのシステム開発についてご指導ご助言をいただきました。感謝申し上げます。

気象観測装置の開発に当たっては，宮城教育大学教育学部水谷好成教授にご助言をいただきました。感謝申し上げます。

宮城教育大学惑星科学研究室の三浦宏明さん，伊藤友美さんにはアンケートの集計点検，全天カメラの開発などで支援をいただき感謝申し上げます。

派遣研修に当たって，宮城県教育委員会，北部教育事務所，美里町教育委員会，美里町立不動堂中学校佐々木賢治校長はじめ教職員の皆さまに多大なご協力とご指導をいただいたことに感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] 文部省, 1998, 中学校学習指導要領, 45-59
- [2] 文部科学省, 2008, 中学校学習指導要領, 44-60
- [3] 文部科学省, 2008, 中学校学習指導要領解説 理科編, 149pp
- [4] 島根県立松江教育センター第一研修課, H11, 理科における野外観察学習のあり方 (I) 島根県立松江教育センター研究紀要
- [5] Benesse 教育研究開発センター, 2008, 中学校の学習指導に関する実態調査報告書 2008, (株)ベネッセコーポレーション, 30pp
- [6] 科学技術振興機構理科教育支援センター国立教育政策研究所教育課程研究センター, 2008, 中学校理科教師実態調査集計結果 (速報), [http://rikashien.jst.go.jp/secondary/cpse\\_report\\_002.pdf](http://rikashien.jst.go.jp/secondary/cpse_report_002.pdf)
- [7] PISA 2006 Science Competencies for Tomorrow's World , 2007 , [http://www.pisa.oecd.org/document/2/0,3343,en\\_32252351\\_32236191\\_39718850\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.pisa.oecd.org/document/2/0,3343,en_32252351_32236191_39718850_1_1_1_1,00.html)
- [8] IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement), 2008, TIMSS 2007 International Mathematics and Science Reports [http://timss.bc.edu/TIMSS2007/intl\\_reports.html](http://timss.bc.edu/TIMSS2007/intl_reports.html)
- [9] 国立教育政策研究所, 2008, 国際数学・理科教育動向調査 2007 年調査 (TIMSS2007) 国際調査結果報告 (概要) <http://www.nier.go.jp/timss/2007/gaiyou2007.pdf>
- [10] IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement), 2004, TIMSS 2003 International Science Report, <http://timss.bc.edu/timss2003i/scienceD.html>
- [11] 国立教育政策研究所, 2004, 国際数学・理科教育動向調査 2003 年調査 (TIMSS2003) 国際調査結果報告 (概要)
- [12] 東京書籍, 2007, 新編新しい科学
- [13] 宮城教育大学惑星科学研究室, 2008, 中学校理科の実験・観察指導に関する調査報告書
- [14] 東京書籍, 2005, 小学校平成 17-22 年度用年間指導計画作成資料  
<http://ten.tokyo-shoseki.co.jp/information/200406/ten01290.htm>
- [15] 東京書籍, 2008, 小学校移行措置資料「新編 新しい理科」移行期年間指導計画  
<http://ten.tokyo-shoseki.co.jp/downloadfr1/htm/ery70919.htm>
- [16] 東京書籍, 2005, 中学校平成 18-21 年度年間指導計画作成資料  
<http://ten.tokyo-shoseki.co.jp/information/200505/ten01397.htm>
- [17] 東京書籍, 2008, 中学校移行措置資料 移行期年間指導計画作成資料  
<http://ten.tokyo-shoseki.co.jp/downloadfr1/htm/jry70923.htm>
- [18] New Mexico Skies <http://www.nmskies.com/allskycam.html>
- [19] i-CAN プロジェクト <http://rika.educ.kumamoto-u.ac.jp/i-CAN/jpn/index.html>
- [20] teiten2000 プロジェクト <http://teiten2000.jp/>
- [21] 仙台市科学館, 2006, お天気アイ, 科学技術振興機構地域科学館連携支援事業平成 18 年度報告書, 3, <http://rika.jst.go.jp/chiiki/18/1803.pdf>

- [22] 高田淑子, 千島拓朗, 斉藤正晴, 他, 2005, 教室で行う宇宙の実験-7: 全天カメラを用いた太陽の日周運動の映像教材の開発, 宮城教育大学紀要, 40, 101-106.
- [23] 千島拓朗, 2007, IT 機器を用いた天文教育プログラム開発, 宮城教育大学理科教育専修修士論文, 87pp.
- [24] 中高下亨, 2000, 小型 CCD カメラを搭載した地球儀の製作と実践, 東レ理科教育賞,  
[http://www.toray.co.jp/tsf/rika/pdf/rik\\_024.pdf](http://www.toray.co.jp/tsf/rika/pdf/rik_024.pdf)
- [25] 若田, 1994, 大型地球儀の活用ービデオカメラと透明半球の装着を試みてー, 東レ理科教育賞,  
[http://www.toray.co.jp/tsf/rika/pdf/rik\\_592.pdf](http://www.toray.co.jp/tsf/rika/pdf/rik_592.pdf)
- [26] 桑本康則, 1999, ネットワークを利用した自動気象観測システムの開発, 岡山県教育センター  
研究報告書第 52 号 研究員研究報告書
- [27] <http://www2.edu-ctr.pref.okayama.jp/edu-c/choken/h10/kuwamoto/index.htm>
- [28] 大木涼子, 2005, インターネットによる定点気象観測ユニットの試作, 第 4 回麗澤大学情報系  
ゼミ合同卒論発表会資料
- [29] SENSIRION 社ウェブサイト, <http://www.sensirion.com>
- [30] VTI 社ウェブサイト, <http://www.vti.fi/en/>
- [31] ストロベリー・リナックス, ウェブサイト <http://strawberry-linux.com/>
- [32] 科学技術振興機構, 2008, 中学校理科教育を充実し、科学技術創造立国の確固たる基盤をー学  
校と社会が一体となって、理科を学ぶ意義を子どもたちにー,  
[http://rikashien.jst.go.jp/secondary/cpse\\_report\\_003.pdf](http://rikashien.jst.go.jp/secondary/cpse_report_003.pdf)
- [33] ガリレオ・ガリレイ 宗教と科学のはざままで James MacLachlan 2007 大月書店
- [34] 文部科学省, 2008, 平成 20 年度予算額 (案) 主要事項 [説明資料],  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/20/01/08012109/008.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/20/01/08012109/008.pdf)