

[原著論文]

数学教育における教材「日時計」の教育的意義と利用例

守屋誠司

要 約

本稿では、数学教育における日時計の取り扱いについて、幾何教育の充実、数学的モデリングにおける数学モデルの発展、数学の文化史の指導、数学と理科の連携という観点から、その事例と教育的意義について述べた。幾何教育では、現在不十分である空間の幾何に関する内容を日時計の製作を通しながら充実できること、また、扱う学年によって総合幾何や解析幾何の具体的教材として適当であることを述べた。数学的モデリングでは、赤道型日時計を元に水平型や鉛直型日時計を製作する際、さらに、水平型日時計の時刻線を解析する際に数学モデルを発展させる過程が扱えることを述べた。数学の文化史では、林子平製作の日時計を分析したり、日時計の形の違いについて考察したりする中で、歴史や世界に目を向けられることを述べた。数学と理科の連携では、小学校では「時刻と時間」と「太陽の動き」、中学校では、「幾何の論証」と「地球と太陽」として適当であることを述べた。

キーワード：数学教育，教材研究，日時計，数学的モデリング

1. はじめに

数学教育の教材として日時計が注目されたのは、横地(1964)の幼児教育における時刻と太陽の運行の指導が最初と思われる。これ以来、幼児教育で時刻を指導する際に日時計を利用することが多くなってきた。横地(1971)では、幼児が牛乳びんを立ててその影を写し取る活動が紹介され、この活動の後で地面水平型日時計を製作するようにと、提案されている。

1980年代始めに横地によって中国の故宮に設置されている赤道平行型日時計が紹介されてからは、このタイプの日時計を教材として使った数学教育の実践が小学校や中学校で行われるようになった。このときから日時計は、時刻の指導に加えて、地球と太陽、二面角と言われる平面と平面のなす角、ノーモンと言われる影取棒と時刻板の垂直性を核に、空間の幾何、又は、立体幾何の教材として位置づけられるようになった。

本稿では、日時計の教材としての価値を検討し、数学教育の立場からその教材としての教育

的意義をまとめたい。

2. 日時計とは

古代から人の生活のリズムは太陽の運行と無関係ではなかった。日の出から日の入りの時間の長さから時刻を定め、また、日の出・日の入りの位置から節季を知り、作物の植え付けや収穫期を定めていたと考えられる。

日時計は、ノーモンの影が落ちる時刻板をどう置くかによって、大きく3つに分類できる。時刻板が地面と水平になっている「(地面)水平型日時計(以後、水平型とも略記)」(図1)、時刻板が赤道面と平行になっている「赤道(平行)型日時計又はコマ型日時計、円筒型日時計(以後、赤道型とも略記)」(図2)、時刻板が鉛直になっている「(地面)鉛直型日時計(以後、鉛直型とも略記)」(図3、図4)である。その他にも、図5は韓国の国宝845号に指定されている仰釜日時計がある。これは時刻と節季が同時に分かる完璧な球面日時計である。

さて、日時計製作では、その日時計が設置される場所の緯度が重要となる。緯度によって、水平型・鉛直型日時計ではノーモンと時刻板との角度や時刻板上の時刻線の引き方が変わる。また、赤道型日時計では時刻板と地面との二面角の大きさが変わる。

時刻線の引きが一番簡単なのは赤道型日時計であり、時刻板の中心から15度ずつ間隔で放射状に半直線を引くだけで良い。しかし、水平型や鉛直型日時計では、この線の引き方が複雑となり、通常は三角関数による計算を必要とする(横地(1980))。そこで、小学生が水平型日時計を製作する場合は、教師側が時刻線の入った時刻版を用意しておく必要があった。この点を渡邊(2000)は、小学校6年で赤道型日時計を製作した経験のある中学1年生に対して、作図だけで水平型日時計の時刻線を引く方法を指導し、中学1年生又は小学生でも自力で水平型日時計を製作できる可能性を示した。高度な計算を駆使するのはなく、簡単な作図による時刻線



図1 小原式水平型日時計。地球儀に影ができ、その部分が夜であることも示している。(相模原市立鹿島台小学校)



図2 赤道型日時計。李氏朝鮮第4代王世宗時代に制作された日時計で実物の7倍に拡大復元されている。(韓国：世宗博物館)



図3 鉛直型日時計。
ヨーロッパに多いタイプで南向きに作られている。(フランス: シャルトル大聖堂)

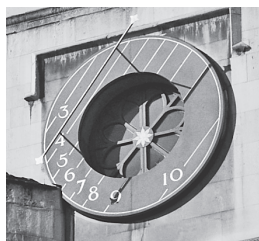


図4 東壁用鉛直型日時計。高緯度地域では、夏季の日の出、日の入りの位置が日本の場合より北によっているため、東西の壁に早朝や夕刻用の日時計がある。(ロンドン: 聖マーガレット教会)

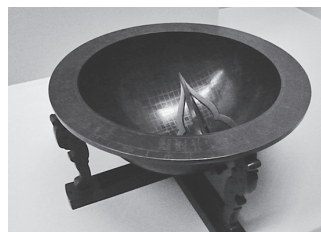


図5 仰釜日時計。オリジナルは世宗時代に製作された。(朝鮮王朝, 18世紀, 韓国: 国立古宮博物館)

の線引きは、指導上の進歩であった。なお、この作図方法を使うと鉛直型日時計の時刻板も同様に作成できる。作図や三角関数を利用した製作により、日時計は小学校低学年から高等学校まで、いずれの学年でもその学年に適応した方法で指導ができる教材となったのである。

3. 日時計の教育的意義

日時計を利用する教育的意義は、時刻の指導で有効であるということがまずあげられる。時刻と時間は小学校低学年で指導される内容であるが、起床、朝食、学校、帰宅、睡眠の生活時間に関連づけて、短針と長針によるアナログ時計の文字盤読みが指導される。この指導方法では文字盤読みが中心となるため、時刻は時計が決めるのであり、時計が止まっていると時間も止まっているという誤認識を起こしやすい。時刻と時計とは別の物であり、時刻は太陽の運行で決まってくることを知らせるために日時計を導入し、それで時刻を読みとる活動をさせる。その後で、より便利に時刻を知ることができる時計を導入するという指導が薦められる。以下では、時刻の指導以外での、日時計の教育的意義を述べる。

3.1 幾何教育の充実

現在の幾何教育の課題として、体系的な論証の指導が行われないこと、空間や立体の幾何の内容が少ないことがあげられる。これらを解決する教材の一つとして日時計が考えられる。

日時計では幾何の定理を多用する。例えば、赤道型日時計の原理を説明する際には、「平行線の同位角は等しい」、「円の接線において、中心と接点を結ぶ線分は接線と垂直に交わる」、また、時刻板とノーモンを垂直にするためには三垂線の定理を利用する。同位角に関する定理を導き出すために、守屋・丹(1999)では、小学校で学んだ作業活動を基にして公理や定義を設定し、体系的にこの定理を導き出すという論証のミニ体系を作った。この体系を基に守屋ら(2000)では、幾何教育の改良の一環として、中学3年生が、長方形の定義から始まり、2直線が平行だと同位角が等しいことまでを順に証明する内容を英語で学習した。さらに、その定理を生かして、赤道型日時計の原理を学習し、図6のようにそれを製作した。これら内容を学習した後で生徒らは、自分たちが学んだ内容について、ドイツのギムナジウムの同年齢生にテレビ会議システムを利用して説明・指導するという国際遠隔協同学習を実施した。図7は、地面と時刻版の角度が「 $90^\circ - \text{緯度}$ 」であることを説明している場面である。

空間の幾何に関しても、例えば、球面上の位置(緯度と経度)、球と接平面、平面と平面の平行、平面と平面が交わって作る角(二面角)、平面と直線の垂直(三垂線の定理)、地球と太陽の関係など、従来からの柱体や錐体中心の立体幾何とは違った空間の幾何の学習内容を扱える。さらに、赤道型から水平型日時計を製作する過程では、空間にある点(太陽)とノーモン、時刻版、地面の位置関係を扱うため、より空間認識を高められる。横地(1980)では、太陽の運行自体を証明の対象にしてさらに高度な内容を扱っており、高校生を対象にする空間の解析幾何の内容として適当である。

幾何の実利性という点でも日時計は有効である。先に述べたように論証で証明した内容が、日時計製作時に必要となる他に、渡邊(2008)では、製作された日時計で実際に時刻を計る際に、校庭に引かれた1本の南北線を平行にコピーする活動の中で、平行四辺形の性質を利用する授業を行っている。このように、日時計の授業では論証の必要性と実用性に触れられる。

なお、赤道型日時計を学習した生徒は、図8に示した市販の日時計キットの説明が間違っていることに気づくであろう。赤道型日時計のノーモンは北半球では常に天の北極を指し、夏季は時刻板の北面に落ちる影で時刻を知り、冬季は時刻板の南面に落ちる影で時刻を知る。この説明のように、季節によってノーモンの位置を変えることはない。



図6 中学3年生の作品



図7 ドイツへの日時計の指導

日時計(時刻)の見方など How to know waht time is it.

日時計は太陽がつくる棒の影の位置で時を知るものです。緯度により異なりますが、下の図表を参考に調整しましょう。はじめに午前12時に棒Aの影と文字盤の時刻を合わせ水平に置きます。但し、日本では太陽は春分、秋分を境にして赤道の北または南側を移動するので棒の位置を移動して板は春分から秋分は北の方に傾け、秋分から春分は南の方に傾けてください。

A sundial is a device that measures time by the position of stick's shadow.
There might be some difference by the area, so please adjust the position according to the list below.
Place the sundial on even surface to cast the shadow of stick A on the noon indicator.
Because in Japan, the sun passes the north or the south of the equator on the boundary of vernal equinox and autumnal equinox, please adjust the position of the stic at each season.

下の緯度表に基づいて棒の赤Aまたは棒Bの長さを調整する。
Adjust the length of Red A or B of Stick according to the list of latitude.

(春分～秋分) Winter time
太陽 Sun
北 north
緯度 latitude

(秋分～春分) Summer time
太陽 Sun
北 north
緯度 latitude

春分/3月下旬
Vernal equinox:
the end of March

秋分/9月下旬
Autumnal equinox:
the end of September

約43度
(約75mm)
●札幌
Sapporo

図8 市販のコマ型日時計の説明書から

3.2 数学的モデリングの指導

数学的モデリングの視点から日時計を検討してみたい。赤道型日時計の原理が分かりその製作を終えると、一応、日時計を作るという目的は終了する。しかし、それ以外の形をした日時計は同じように作られているのかという新たな課題が発生する。その際に、時刻板上の時刻線の引き方が赤道型日時計と違い、単純ではないことを知る。そこで、赤道型日時計を元に、作図や三角関数を使って、水平型・鉛直型日時計を製作していく。守屋・丹・宮本(2010)では、図9のように中学3年生を対象に作図によって水平型を製作する授業、さらに高校1年生を対象に三角関数を使って製作する授業の実際が報告されている。守屋ら(2005)でも、タイと日本の中学生による遠隔協同学習において、三角関数を利用して水平型日時計の時刻線の引き方を扱った。さらに、守屋ら(2011)では、教員養成教育の一環として、日本の学生・院生とドイツの学生が、日時計をテーマにした国際遠隔協同セミナーを実施した。ドイツの学生は、日本からの赤道型日時計の発表内容を発展させて、ドイツのいたる所で見られる鉛直型日時計の製作原理を発表した(図10)。これらの事例のようにして赤道型から水平型、鉛直型へと数学モデルを発展させることができるのである。

水平型の時刻板ら緯度の推定過程でも数学モデルの発展が可能である。水平型日時計の時刻板のみから、この日時計がどこで使えるか、つまり北緯何度の地点で使うために作られた日時計であるかを推測するという課題を設定する。先に紹介した守屋・丹・宮本(2010)では、中学3年生が水平型日時計を作成した後、宮城県塩釜市塩竈神社に保存されている林子平製作と伝

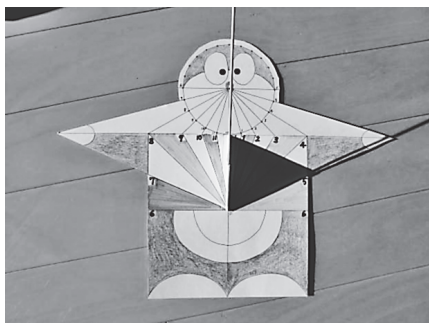


図9 水平型日時計(中学生作)

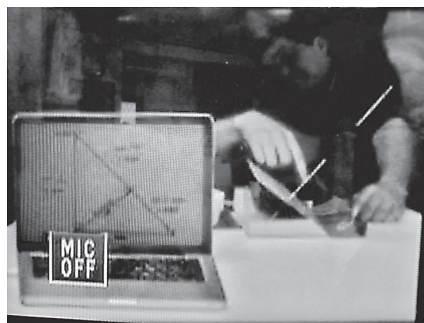


図10 鉛直型日時計の説明

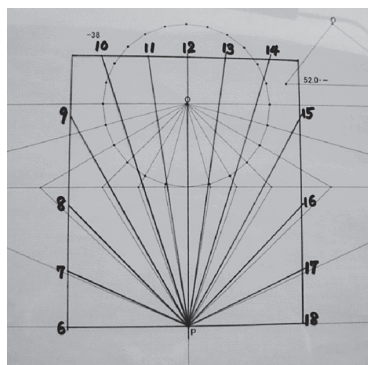


図11 北緯38度との比較

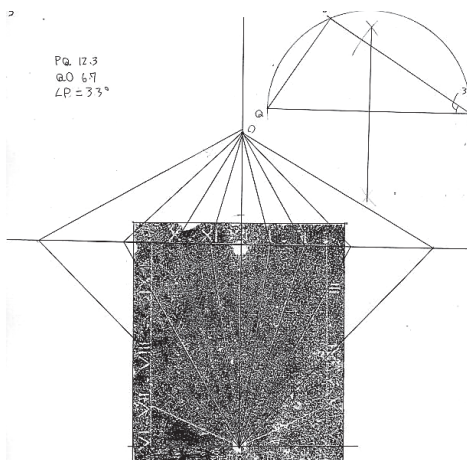


図12 作図による北緯の決定

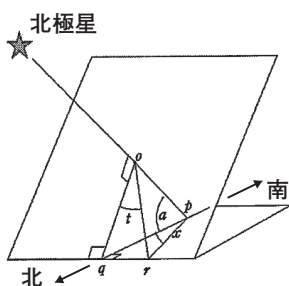


図13

わる水平型日時計の時刻板の解析を試みている。

最初は図11のように、教師が用意した各緯度における水平型日時計の時刻線をコピーしたOHPシートを、塩竈神社の日時計の時刻板に重ねていき、この日時計の使用されるべき緯度を推定するという方法を取った。

その次に、より詳しく分析する方法を考えることになる。既習の幾何の定理を用い、作図によって図12のような合同な直角三角形を描く。その図形の角の大きさを実測して、緯

度を推定したのである。

さらに、高校生を対象とするならば、図13において、 $pq = 1$ とすると、

$$a = \sin^{-1} \left(\frac{\tan x}{\tan t} \right)$$

を得られ、より発展した数学モデルで緯度を推定できる。

T. Kawasaki & S. Moriya (2011)で、図14のような、従来利用されている数学的モデリングの

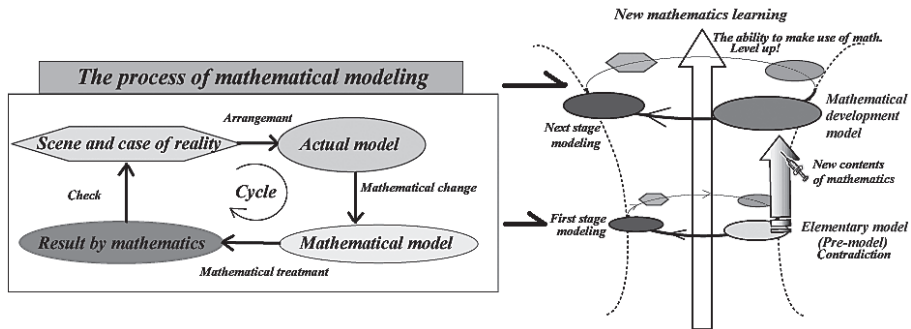


図14 数学的发展モデリング (T. Kawasaki & S. Moriya (2011))

サイクルを、階層的に積み上げる、数学的发展モデリングを提案している。この実践は、まさにこのモデリング例の一つとなる。三角関数を利用した分析に及べば、さらに発展した数学的モデリングとなる。

3.3 数学の文化史として

前節3.2で、林子平製作とされる水平型日時計の分析例を紹介した。生徒らは、この日時計の使用される場所が北緯33度付近であることを導いた。しかし、塩釜市の北緯は38.9度であるから、この日時計は、塩釜では正確な時刻を示さないことが分かる。33度は長崎に近く、本来は長崎あたりで使われるために作られた日時計であろうと結論づけた。実際に、長崎の出島には1766-67年に作られたと推測されている石の水平型日時計が現存する。林は、1975, 77, 82年の3回、長崎を訪ね、西洋の珍しい物を土産にしていた記録がある。出島に設置してあった珍しい水平型日時計を知り、その拓本を持ち帰り、その拓本を元にして石工に日時計を作らせ、それを塩竈神社に寄進したと推察できる。このような郷土の歴史に触れながら、数学を駆使して、歴史上の事実を解明していく授業に生徒らは意欲を持ち、数学や科学の重要性を知ることができた。

もう一つは、形や型の違いに着目することである。同じ赤道型でも緯度の違う国では、時刻板と地面との二面角の大きさが違う。例えば、北緯14.3度のタイのアユタヤでは、地面から時刻板は75.7度の角度となるため、日本の場合より起き上がっている。図15は、タイのアユタヤ郊外、バーンパイン宮殿の対岸にある Wat Niwet Thamaprawat の日時計である。ノーモンの傾きが小さく、時刻板が起き上がっていることを確認できる。ノーモンに付いている半円型の影取版を太陽の方向に合わせると、表の針が時刻を示すようになっている。この日時計は、説明板によると、1878年に、外国の海軍軍人が当時の王様チュワンコン(ラマ5世)に寄進した物とのことである。

韓国の赤道型日時計を先に紹介したが、世宗王はその技術を「明」から輸入したようで、赤

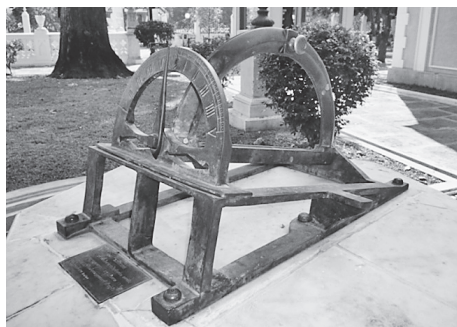


図15 低緯度の赤道型日時計



図16 孔廟・国子監の日時計

道型のルーツは中国であろうと推察できる。図16は、北京市雍和宮駅の南にある、孔廟・国子監の裏庭に設置されている日時計である。石で作られており、同様な形の日時計は、故宮でも数点確認できる。このように、日時計を調べてみると地域の歴史や文化財へとつながり、国際的視野を育成できる数学の文化史の教材としての価値が見いだされる。

3.4 数学と理科の連携より

日時計は理科の教材として利用されてきた。現行の小学校3年生用教科書では、地面に垂直に立てたノーモンである瓶の影取から、時刻と太陽の動きとの関係を扱っている。しかし、この方法では、日がたつにつれて同時刻での影の位置はずれてくる。1年中使える日時計を製作するためには、ノーモンを天の北極に向ける必要がある。このとき、ノーモンは、その地点の緯度と同じ角度で、地面と交わる。これらを小学校低学年生が理解することは難しいため、本格的な日時計製作は高学年の教材となる。

近年、数学教育と理科教育の連携について議論されることが多くなった(清原(2011))。横地(1964, 1971)の時刻と太陽の動き、守屋ら(1999, 2000)の論証と日時計製作、さらに、横地(1980)の「太陽と地球の幾何」のように、算数・数学と理科とは大いに関連し、日時計を中心にそれらは連携できる。しかも、そこで扱われる数学は決してレベルの低い内容ではない。例えば、高緯度地域の夏季では、壁の東面や西面、さらには北面にも鉛直型日時計が設置されている。その訳を考えさせることで、小学校高学年用の幾何と理科の総合学習となりえる。

さて、現行教科書では簡単な扱いとなっている日時計であるが、戦後昭和29年発行の小学校学習指導書理科編(文部省(1954))を読むと、実に詳細な説明がなされている。現在は入手しにくい本なので、日時計の部分のみを資料として最後に掲載した。日時計の原理や、赤道型日

時計から鉛直型日時計や水平型日時計を作図する手順が示され、さらに、均時差についての説明もある。これだけ丁寧な資料を掲載する意図は、同書の前書きから分かる。

「日常生活における自然についての経験を組織的に発展させるためには、こどもの時から自然に親しんで、自分から実験や観察や飼育・栽培等を試みて、問題を解決していく態度を身につけ、自然に対する目を開くことがたいせつである。

これらの学習活動を取りあげるにあたっては、こどもの発達程度を考慮し、こどもの興味に合った材料を、こどもの能力に合った方法で取扱いこどもが困難とする所を発見して、それを切り開いてやるのが、学習の効果をあげる上に必要なことである。

このためには、教師がまず、観察のしかたや栽培の方法をよく知り、その技能をじゅうぶん身につけておくことが先決問題である。これによつてはじめて、こどもは興味をもってこれを行い、成功の満足感にひたることができるであろうし、さらに研究しようとする意欲が盛んになるであろう。このように、教師の研究、こどもの学習意欲と満足感とは因となり果となって、こどもの自然に対する関心を、いっそう高めるようになる。」(文部省(1954)、前書きより、下線は筆者による)

ここで述べられているように、掲載されている日時計の原理と製作方法をそのまま子どもに指導するのではなく、教師自らがまず理解することが先決と云うのである。教科書の内容を指導する前提として、これだけの知識と技能を教師に要求し、「教材」の研究をしっかりと行えるように書かれている。この点は、学習指導要領の解説と指導・評価方法を中心にして記述されている現在の学習指導要領解説や手引きとは、編集意図が大いに違っている。

4 まとめ

本稿では、日時計にこだわり、その教材としての価値について、幾何教育、数学的モデリング教育、文化史、理科との連携の点から述べた。そして、日時計は、論証や空間の幾何を学習できる、数学モデルの発展を体験できる、歴史的・国際的視野を持てる、さらに、数学の実用性を体験できる教材であることを示した。

たかが日時計と言われそうだが、これほどに教育的利用価値のある教材は少ないと考える。より数学的に扱うには、横地(1980)が大変有益であり、高校2年生あたりの教材として適当と考える。

参考・引用文献

- 1) 文部省、『小学校学習指導書 理科編 I. 実験・観察等の方法 下』, 明治図書, 1954
- 2) 横地清, 「日時計の観察」, 横地清・中田喜直『幼児教育 II』, 三一書房, 1964, 55-56
- 3) 横地清, 「太陽の動きと時刻」, 横地清『母と子を結ぶ幼児教育の百科 2歳児～5歳児』, 三省堂, 1971, 282-283
- 4) 横地清, 「太陽と地球の幾何」, 横地清編著『数学教育学序説 下』, ぎょうせい, 1981, 72-103

- 5) 守屋誠司・田中克・丹洋一, 「中学校間の日独遠隔協同学習の実験結果と評価」, 『数学教育学会誌臨時増刊 2000年度数学教育学会春季年会発表論文集』, 2000, 148-150
- 6) 渡邊伸樹, 「赤道型日時計から地面水平型日時計への拡張」, 大阪教育大学数学教室 『数学教育研究』第30号, 2000, 109-121
- 7) 関口直甫, 『日時計 その原理と作り方』, 恒星社厚生閣, 2001
- 8) 守屋誠司・丹洋一, 「幾何の公理と証明」, 横地清監修 『第二学年の「選択数学」』, 明治図書, 2001, 55-77
- 9) 守屋誠司・大村隆之・池本博行・寺本京未・渡邊伸樹, 「テレビ会議システムを利用した創造性育成のための国際遠隔協同学習の研究」, 『数学教育学会誌』2004/Vol.45/No.3・4, 2005, 51-69
- 10) 渡邊伸樹, 「第5章 幾何」, 黒田恭史編著 『数学科教育法入門』, 共立出版, 2008, 96-126
- 11) 守屋誠司, 「塩釜神社の日時計と長崎出島の日時計の関係にかかわる仮説」, 玉川大学教育学部紀要 『論叢』2009, 2010, 19-27
- 12) 守屋誠司・丹洋一・宮本俊光, 「数学の授業における水平型日時計の扱いと授業実践の成果」, 玉川大学学術研究所 『教師養成研究センター紀要』第2号, 玉川大学, 2010, 1-10c
- 13) 守屋誠司・渡邊伸樹・佐々木真理・Mutfried Hartmann・Thomas Borys・Noppawan Theerapuncharoen・詫摩京未, 「テレビ会議を利用したエリート算数・数学教員養成のための遠隔協同授業・ゼミの研究(2)―日本・ドイツ・タイによる遠隔協同ゼミ実施の経緯と実際―」, 『数学教育学会誌臨時増刊 2011年度数学教育学会春季年会発表論文集』, 2011, 216-218
- 14) T. Kawasaki & S. Moriya. (2011), Using Modelling Experiences to Develop Japanese Senior High School Students' Awareness of the Interrelations between Mathematics and Science, G. Kaiser & W. Blum et al. (Eds.), Trend in Teaching and Learning of Mathematical Modelling (ICTMA14), New York: Springer, 603-615
- 15) 清原洋一, 「学習指導要領・理科改訂の特色及び理数教育の充実について」, 『数学教育学会誌臨時増刊 2011年度数学教育学会秋季例会発表論文集』, 2011, 159-161

資料 文部省『小学校学習指導書 理科編 I. 実験・視察の方法 下』, 明治図書, 1954 より

76 小学校学習指導書 理科編 I (下)

調べておき、当夜、月にうつる地球の影(月のかけ方)を写生する。その形はまるい弧をえがくことで、地球が丸いことがわかる。

11. 日どけいのつくり方

1. 日どけいの3種

日どけいは、昔からいろいろものがくふうされている。しかし、だいたい、こま形日どけい・垂直式日どけい・水平式日どけいの3種に大別することができる。これらの最も簡単なものについて、その製作法を示す。

日本の主要な土地の緯度表(度以下は五捨六入)

鹿 児 島	32°	鳥 取	36°	新 潟	38°
根 本	33°	和 歌 山	34°	山 形	39°
長 崎	33°	神 戸	35°	福 島	38°
富 崎	32°	大 阪	35°	水 戸	36°
大 分	33°	京 都	35°	仙 台	38°
大 福	34°	福 井	36°	盛 岡	40°
高 知	34°	金 沢	37°	青 森	41°
徳 島	34°	徳 島	35°	函 館	42°
松 山	34°	名 古 屋	35°	札 幌	43°
高 松	34°	富 山	37°	根 室	43°
広 島	34°	静 岡	35°	樺 内	45°
松 江	35°	甲 府	36°		
岡 山	35°	京 都	36°		

(各地の緯度の求め方については「自分の土地の緯度経度の出し方」参照)

IV 天体の動き 77

すことにする。

日どけいをつくるには、まず、その土地の緯度がわからなくてはならない。日どけいは、どの土地にもっていても使えるというのではなく、その土地の緯度に合わせてつくるものであるから、緯度を知ることが、まず第一に必要な。土地のおよその緯度は前ページの表の通りである。

2. こま形日どけいのつくり方

(1) 材料

板、または厚いボール紙(円板にするもの)
円板の軸にする木または竹

(2) つくり方

こま形日どけいは、日どけいのうちで最も簡単なものである。これは、円板の中心に木か竹の軸をさして、こまの形にしたものであるが、その中心棒の長さ、円板の直径との関係を計算して、その土地に適合するようにつくらなければならない。

製作する場合は、まず作図をして、それぞれの長さを決定する。

半紙の上に任意の直線ABを引く。次に $\angle BAC$ がその土地の緯度になるように直線ACを引く。Bから直線ABに垂線BCを立て、直角三角形ABCをつくる。次にBから斜辺ACに垂線BCをおろすと、BDの長さがこま形日どけいの円板の半径の長さになる。また、この作図のADの長さがこまの軸の長さ(円板から下)になる。これによって、こま形日どけいの傾きが決り、軸が北極星の方向に向くことになる。

作図で円板や軸の長さが決定したら製作にとりかかるとする。板、またはボール紙に、BDを半径とする円をかき、この円の周囲に、分度器で15°ごとに目もりを入れる。作図ができた円のまわりを切りと

78 小学校学習指導書 理科編 I (下)

る。15°ごとの目もりの一つに12をかき、次に左のほうへ11・10・9……右のほうへ1・2・3……と数字をかいて24等分する。

心棒はACより少し長いものを用意して、その一端から、ちょうどADの長さの所にしるしをつけ、目もり円板の中心の穴にさしこむ。そうして、ADの長さのしるしの所に円板がくるようにする。これでこま形日どけいができたのである。

(3) 使い方

心棒の軸を正しく南北に合わせ、12の目もりがいつもぼん下にくるように置く。これを日にあてると、軸の影が円板上の数字の所にうつる。うつった目もりで時刻がわかる。また、目もりを板の表にも裏にもつけておけば、夏の早朝でも影がよくうつってどけいの役目をはたしてくれる。

こま形日どけいの軸の長さと円板の半径との比

緯 度	軸の長さ	円板の半径	緯 度	軸の長さ	円板の半径
30°	100	57.7	38°	100	78.1
31°	100	60.1	39°	100	81.0
32°	100	62.5	40°	100	83.9
33°	100	64.9	41°	100	86.9
34°	100	67.5	42°	100	90.0
35°	100	70.0	43°	100	93.3
36°	100	72.7	44°	100	96.6
37°	100	75.4	45°	100	100.0

この表は、こま形日どけいの製作の時の円板の半径と、その土地の緯度に合わせてつくる軸の長さとの関係を表にしたものである。

これによって、たとえば、京都・大阪・神戸等の北緯35°の所で使う日どけいをつくるのであれば、円板の半径を7cmとしたときは、軸の10cmの所

IV 天体の動き 79

に円板をつける。こうすれば軸が北極星のほうに向く。

3. 垂直日どけいのつくり方

(1) 材料

うすい板、またはアルミニウム板
画用紙

(2) つくり方

垂直式というのは、日どけいを南向きの板べい等にかけて、日どけいの三角板でできる影で、時刻を知るものである。垂直式でも、次の水平式でも、この三角板を作らなければならない。

三角板は、次のようにして作図する。

底辺を10cmにとり、 $\angle CAB$ をその土地の緯度に等しくとって、直角三角形ABCを作る。

これと同じ形の三角板を、うすい板またはアルミニウム板から切る。アルミニウム等の金属を使う場合は、BCの所を1cmぐらいいよけいにとって、どけい板にとりつけられるように折り曲しておく。次に、これをもとにして、文字板の目もりを決める。

① この三

角形のBからACに垂線BDを引く。

② 画用紙

に直線EFを引き、その中

80 小学校学習指導書 理科編 I (F)

点GからEFに垂直なる直線GHを引く。

④ GH線上に、三角板のBCと同じ長さの点Kをとり、さらにKからHまでの長さをBDの長さに等しくとる。

⑤ HおよびKを通り、EFに平行な線LKM、NHOを引く。

⑥ Hを中心として、コンパスで任意の半円をかき、この弧上に15°おきに印の点をつける。中心Hからそれぞれの点に直線を引き、その延長がLMと交わる点をつくる。

⑦ これらの交点とGとを結ぶと、時刻の目もりができる。

⑧ これの中心線Kの所を12とし、右のほうへ午後の1・2・3・4……をとり、左へ午前の11・10・9・8……をとる。

⑨ 三角板のBC辺をKGにとりつけると、垂直式の日どけいができる。

⑩ 使い方
家の南側の日のよくあたる所、たとえば東西に長いかべとか、板べいに垂直につり下けて、三角板の影の目もりで時刻を知る。
このときの三角板の斜辺は、必ず北極星のほうを向くようにとりつけなければならない。

4. 水平式の日どけいのつくり方

(1) 材料
三角板にするうすい板、またはアルミニウム板
文字板にするうすい板、または厚紙

(2) つくり方
水平式の三角板のつくり方は、前の垂直式のものと同じであるが、ただこれを板にとりつける所がA Bになるから、A Bの所に1cm幅の余分の所をつくっておく。
文字板の目もりのとり方は、垂直式とちがってくる。

IV 天体の動き 81

① 両用紙か半紙に直線EFをとり、その中心Gから垂線GHを引く。(前と同じ)

② GHの線上にとるGKの長さは、ABの長さに、またKHはBDの長さにとる。(これがちがう)

③ Hを中心にして半円をかき、15°ずつに分ける。(前と同じ)

④ Hと、15°に分けたそれぞれの諸点を結ぶ。これらを延長して、LMと交わらせる。

⑤ この交点とGとを結んで目もりをつくる。

⑥ GからKに向かって右のほうへ午後の1・2・3・4・5、左のほうへ午前の11・10・9・8・7をとる。

⑦ 三角板を文字板につける。
これで水平式の日どけいができる。

⑧ 使い方
水平式は、文字板が水平に、三角板が正しく南北になるように置いて、この影の投げる目もりで時刻を読む。

82 小学校学習指導書 理科編 I (F)

水平式でも、垂直式でも、三角板が南北をさすようにするには、必ず磁石によって調べるのがたいせつである。

5. 日どけいをつくる材料
垂直式や水平式の日どけいをつくる場合、文字板や三角板には比較的じょうぶな材料を選ぶのがよい。
三角板はアルミニウムの板やトタン板が適当である。
文字板は、日に照らされてもあまりそらないベニア板でつくるとじょうぶである。
これにいろいろくふうして美しい色をつける。その一例として、ベニア板の素地に、はじめ赤のエナメルカラーを2〜3度塗って赤色層をつくり、よく乾かしてから、さらに白いエナメルカラーを2〜3度塗る。こうして乾かしてから、目もりを鉛筆でかいて、これを小刀でけずると、上面に塗った白色エナメルがかき取れて、下から赤エナメルが出て、なかなかおもしろいものができる。こうしたいろいろくふうがほしい。

IV 天体の動き 83

6. 日どけいの補正

日どけいは、その土地での太陽の南中を正午と見るようなくみであるため、実際の標準とけいとはあわないのがふつうである。それで、その土地の標準時と、日どけいで見た時刻とをあわせるには、次のような三つの補正が必要になる。

(1) 偏角補正
日どけいの三角板を正しく北に向けるためには磁石を使うのであるが、磁石そのものが正しい南北をさしてない。日本内地ではおよそ5°西に偏している。それで正しい南北をさすようにするには5°東へなおさなければならない。ただし、この5°は土地によって違うから、その土地の偏角を正しく調査したものを覚えておく必要がある。

わが国の各地の地磁気偏角

地 名	偏 角 (w)	地 名	偏 角 (w)
旭 川	7° 49.3'	新 潟	6° 18.9'
稚 内	8 21.5	豊 橋	5 24.4
札 幌	7 30.6	輪 島	6 11.2
野 辺 地	7 2.0	京 都	5 33.1
仙 台	6 8.1	鳥 取	5 55.1
秋 田	6 32.2	広 島	5 20.3
酒 田	6 25.5	徳 島	5 16.0
水 戸	5 30.3	宮 崎	4 31.9
八 王 寺	5 28.2	唐 津	5 1.4

(2) 経度の補正
日本の標準時は東経135°明石の土地の太陽南中時を正午としてあるから明石より東では南中が早く、明石より西では南中がおそくなる。それで、その土地と明石(135°)との経度の差による時間差を調べて、これを加えたり、減じたりしなければならない。明石より東では、日どけいの示す時刻から時間を引かなければならない。(85ページ自分の土地の緯度、経度

84 小学校学習指導書 理科編 I (下)

の出し方参照)

日本各地の時差 (東経135°明石を標準として)

明石よりも西の地方

地名	経度	補正時間 (+)	地名	経度	補正時間 (+)
鹿児島	130° 33'	18分	徳島	134° 33'	2分
熊本	130° 43'	17分	徳山	132° 46'	3分
長崎	129° 52'	20分	高松	134° 3'	2分
宮崎	131° 25'	14分	広島	132° 27'	10分
大分	131° 37'	14分	松江	133° 3'	8分
福岡	130° 24'	14分	岡山	133° 56'	4分
高知	133° 32'	6分	鳥取	134° 14'	3分

明石よりも東の地方

地名	経度	補正時間 (-)	地名	経度	補正時間 (-)
神戸	135° 11'	1分	東京	139° 45'	19分
和歌山	135° 10'	1分	山形	140° 21'	21分
大阪	135° 29'	2分	福島	140° 28'	22分
京都	135° 45'	3分	水戸	140° 29'	22分
福井	136° 13'	5分	仙台	140° 52'	24分
金沢	136° 39'	6分	盛岡	141° 9'	25分
岐阜	136° 46'	7分	青森	140° 44'	23分
名古屋	136° 55'	8分	函館	140° 42'	23分
富山	137° 13'	9分	札幌	141° 21'	25分
静岡	138° 23'	14分	札幌	145° 35'	42分
甲府	138° 34'	14分	稚内	141° 40'	27分
新潟	139° 2'	16分			

③ 時差補正

太陽の周りをまわる地球は、その公転軌道の位置によって動く速度が同じでないため、これを1年間平均したのが平均太陽時であるから、平均太陽時と、真太陽時との間に、月によっていくぶんかの時差がある。それをそのまま日どけいが示しているの、これを、次の表で補正しなければなら

IV 天体の動き 85

らない。

(4) 補正の公式

結局、その土地での日どけいの補正は、日どけいの指示時刻±その土地の経度補正±時差—標準時となる。

経度補正は、明石より東は—、西のほうは+である。

平均太陽時と真太陽時との差 (東京)

12. 自分の土地の緯度・経度の出し方

世界地図や地球儀を見ると、南北と東西に走るいくつかの線が引いてある。南北の線を経度の線(経線または子午線)、東西の線を緯度の線(緯線)という。経線は地球の北極と南極を結ぶ地球表面を通る半円周の線でありイギリスのロンドンの近くにあるグリニッチ天文台を通る経線をもとにして東西へ各180°に区切り、東へ180°までを東経何度といい、西へ180°までを西経何度という。

両極の一つから等しい距離にある東西に走る線を考えて、これを緯線と

86 小学校学習指導書 理科編 I (下)

いう。北極および南極から等しい距離にある緯線を赤道とよび0°とする。赤道から南北へ各90°に区切り、赤道から北のほうの緯度を北緯何度、南のほうを南緯何度とよぶ。

これによって、地球上の一点の位置を、東経何度何分、北緯何度何分と明確にいい表わすことができる。

1. 緯度のはかり方

(1) 春分や秋分の日

に、南中するときの太陽の高度をはかって、90°より引けば、その土地の緯度となる。

右の図で

Aは観測地

Zは天頂

ABはAにおいての地平線

SS'は太陽

∠SABは太陽の南中するときの高度

∠EOAはA地点の緯度を示す。∠EOA=∠SAZ=90°-∠SAB

したがって、春分や秋分の日(太陽が赤道の真上を照らす)の太陽の南中時の高度をはかって、90°より引けばその地点の緯度となるわけである。

(2) 夏至の日の

太陽の南中するときの高度をはかって23.5°を引き、さらに90°よりその値を引けばよい。

夏至の日には太陽は赤道の真上から

IV 天体の動き 87

照らさないで、23.5°の傾きをもって照らしている。

前の図で

∠SABは太陽の高度

AE'∥OE

∠AOE=∠ZAE'

=90°-∠E'AB

=90°-(∠SAB-∠SAE')

=90°-(∠SAB-23.5°)

(3) 理科年表によって、その日の太陽が緯度何度の真上を照らしているか(赤緯)を知れば、いつでも太陽の南中時の高度を求めて、その土地の緯度を知ることができる。

(4) 北極星の高さをはかればその土地のおよその緯度になる。

右の図で、

PP'は北極星の方向

∠BAPは北極星の高度

∠BAP=∠AOE

∠AOEはA点の緯度

しかし、北極星は正確には天の北極にはないので修正しなければならぬが、こどものふつうの観測では、そのままの値をとってよい。

北極星をとらえるには、市販の経緯儀がよい。

(5) 地図を見て、自分の土地の緯度・経度を出すことができる。むかしの陸地測量部、現在の地理調査所の地図を見ると、外の人にその土地の

緯度・経度がかいである。これによると、その土地の緯度・経度が、何度何分何秒まで求められる。小学校のこともでは20万分の1の地図を使って、何度何分まで見出す程度でよい。しかし、学校所在地の経緯度を知らうというには、少くとも5万分の1の地図を使わなければならない。

なお、近くに測候所があれば、そこで聞くのも一つの方法である。

2. 経度のはかり方

(1) 太陽の南中の時刻をもとにして求めることができる。

標準子午線にあたる土地では、観測した太陽の南中の時刻に、その日の時差だけ加減すれば標準時になる。その他の地方では観測による太陽の南中の時刻に時差を加減しても標準時とは違う。この違いは経度の違いにもとづく。

$$360^\circ \div (24 \times 60) = 360^\circ \div 1440 = 0.25^\circ$$

で、1分間に太陽は 0.25° だけ地球をまわる。

$$60' \times 0.25 = 15'$$

で、経度 $15'$ だけ移動することになる。だから明石における太陽の南中時より2分だけ早ければ、 135° より $30'$ だけ経度が東へよっていることになる。したがって、その土地の経度は $135^\circ 30'$ となるわけである。

(2) 地図によって経度を見出すのは、前項にも述べたとおりである。経度・緯度を観測によって求めることは、小学校のこともではやや困難である。教師の観測を見学することなら可能であろう。一般には、地図によって経度・緯度を求める方法を知らせたほうがよい。

13. 万年暦や柱かげ置のつくり方

1. 曆をつくるときの注意

(1) 利用しようとする目的に合った要素を選んで構成すること

たとえば、日めくりには、日めくりの利用の独特の目的がある。農業暦

Educational Significance of the Sundial and Examples of Classwork in Mathematics Education

Seiji MORIYA

Abstract

In this report, I considered the educational significance of the Sundial in mathematics education from several points of view; the improvement of geometry education, the development of mathematical modelling, the cultural history of mathematics and the interrelationship of mathematics and science.

keywords : Mathematics Education, Development of teaching material, Sundial, Mathematical modelling.