

学校数学における“数学の文化史”に関する教材開発(その1)

—日本における日時計発展史の一考察—

渡邊伸樹

(京都教育大学 数学科)

Development of teaching materials concerning “Cultural History of Mathematics” in school mathematics education I

—A study on the history of development of the sundial in Japan—

Nobuki WATANABE

2010年11月30日受理

抄録：日時計は、学校数学において有用な教材になることは以前から指摘されている。実際に、数々の実践がなされ、その効果も明らかにされている。しかしながら、教材化は未だ不十分な現状といえ、新たな日時計の教材化が望まれている。そこで本研究は、“数学の文化史”の観点から、日時計の教材化を行おうと考える。本稿では、教材開発の一視点として、日本で初めて設置されたといわれる地面水平型日時計（長崎県出島にある地面水平型日時計（以下、出島の日時計））と、日本人が初めて作成したとされる地面水平型日時計（宮城県仙台市の塩竈神社にある林子平作成の地面水平型日時計（以下、塩竈の日時計））を分析した。その結果、出島の日時計は数学的にはほぼ正確であり、一方、塩竈の日時計は数学的には正確ではないという特徴が示唆された。

キーワード：地面水平型日時計、出島、塩竈、緯度、教材、数学の文化史

I. はじめに

学校数学において、日時計の学習が有効に行われている先行研究はいくつかある（横地(1981)、渡邊(2000)、守屋・丹(2001)など）。渡邊(1999)(2007)では、実際に小学校や中学校の学校現場で、その段階に見合った教育実践がなされ、その教育効果が明らかにされている(Fig. 1, 2)。



Fig.1：中学校2年生の赤道型日時計設置の教育実践



Fig.2：小学校6年生の赤道型日時計作成の教育実践

日本だけでなくアフリカのザンビア共和国でも、日時計に関わる地球儀の幾何が高等学校の教材として扱われている(Fig.3)。さらには、理数科クラブによる全国数学コンクールでは、今年度はこの学習に基づいて生徒が作

成した「地面水平型の日時計」(Fig.4)が州大会で優勝^{註1}することからも、その教育的な有用性は国際的にも明らかといえる。

しかしながら、こうした学習ではその原理や理論を追求するものの、文化や歴史にふれることは少ない。すなわち“数学の文化史”からの観点から接近する教材は少ないと考える。

そこで本研究では、日時計の数学の文化史に関わる教材を開発することを目的とし、本稿では、まず、日時計が日本で最初に設置されたといわれる長崎県出島にある地面水平型日時計、また日本人が最初に作成したといわれる、宮城県仙台市の塩竈神社にある地面水平型日時計に焦点をあてて考察することにする。

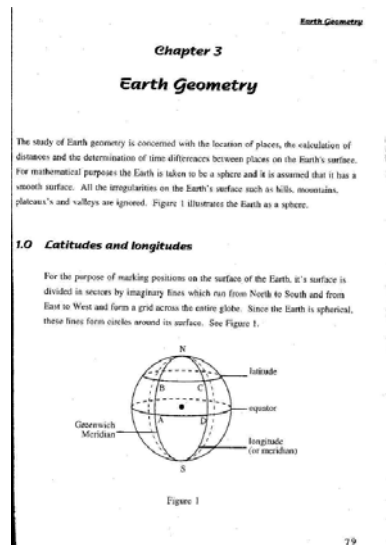


Fig. 3: ザンビアの高等学校の数学教科書“Earth Geometry”の単元



Fig. 4: 生徒の作品(地面水平型日時計)

II. 日時計の原理について

日時計は、赤道型日時計、地面水平型日時計、壁掛け型日時計等さまざまな種類が存在する。赤道型日時計と地面水平型日時計、壁掛け型日時計の構成原理は密接な関わりを持つ。以下、地面水平型日時計の原理を、原理の簡単な赤道型日時計の原理と比較することから探ることとする。

1. 赤道型日時計

赤道型日時計は、地軸と平行な位置関係にあるノーモン(影針)に対する太陽の影を、赤道面と平行に設置している文字盤に投影して時刻を表す時計である。なお、時刻目盛は文字盤の両面にかかれ、ノーモンは文字盤の両面に垂直に設置される。すなわち文字盤を貫く独特な形となる (Fig.5)。

(1) ノーモンのなす角について

以下、緯度、日時計(文字盤、ノーモン)の関係を述べる(詳しくは渡邊(2000)を参照されたい)。緯度 $=\angle L$ 、日時計のなす角(文字盤と地面のなす二面角) $=\angle T$ 、ノーモンのなす角 $=\angle \theta$ とすると、 $\angle L = \angle \theta$ である。さらに、 $\angle T = \angle R - \angle \theta$ となる。

(2) 文字盤の時刻目盛について

赤道型日時計の場合、太陽は文字盤と平行に1日に1周する。すなわち、1時間で中心角が 15° ($360^\circ \div 24 = 15^\circ$)で円周を動くこととなる。したがって、時刻目盛は、円を 15° ずつ分割したもので、時刻は右回りに刻まれる。ただし、設置する場所の緯度により、正午(12時)線(基準線)を調整する必要がある。日本においては、経度が 135 度であれば日本標準時の経度のため、南中が正午とみなせる。したがって、それ以外の場合は、基準線がずれることになる。

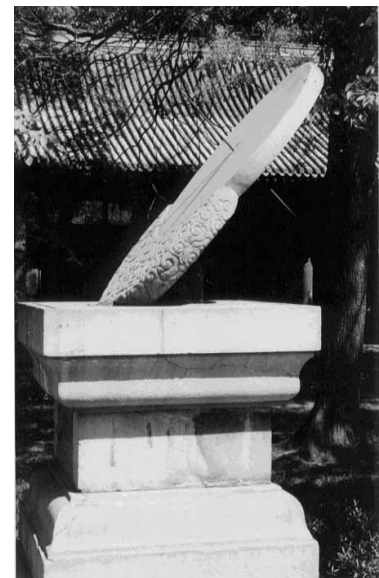


Fig. 5: 中国北京市の国子監にある赤道型日時計

2. 地面水平型日時計

一方、地面水平型日時計は文字盤を接平面上に置き（すなわち、文字盤が地面上にある）、ノーモンは地軸と平行になるようにする(Fig.6)。

(1) ノーモンについて

以下、緯度と日時計（文字盤、ノーモン）の関係を述べる。ノーモンのなす角を $\angle \theta$ とする。緯度 $=\angle L$ とすれば、 $\angle \theta = \angle L$ となる。

(2) 文字盤の時刻目盛について

次に地面水平型日時計の文字盤の時刻目盛について述べる。赤道型日時計とは、Fig.7のような関係が成り立つ。赤道型日時計(平面 α)において12時の時刻線から各時刻線の角度を ω 、地面水平型日時計(平面 β)において12時の時刻線から各時刻線の角度を ϕ とすれば、ノーモンのなす角(緯度) θ について、 $\theta = \sin^{-1}(\tan \phi / \tan \omega)$ という関係式(1)が成り立つ。



Fig. 6: 小学校にある地面水平型日時計

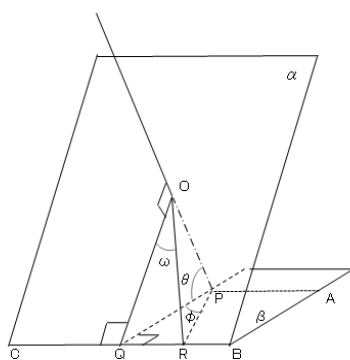


Fig.7:赤道型日時計(平面 α)と地面水平型日時計(平面 β)の関係

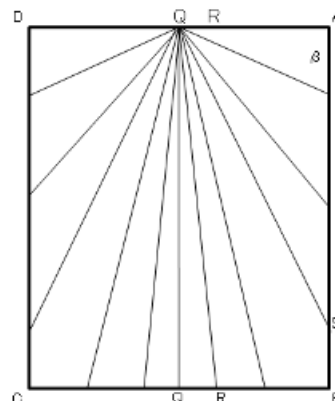


Fig.8:地面水平型日時計の文字盤(平面 β)

Ⅲ. 長崎県の出島にある出島の日時計と宮城県塩竈にある塩竈の日時計について

1. 出島の日時計、塩竈の日時計

(1) 出島の日時計について

屋外に据え付けられた日時計として、日本で最古のものは、出島にあるものだといわれている。この日時計を作らせたのは 1766.11.1(～1767.10.20)に出島に赴任したオランダ商館長ヘルマン・クリスチャン・カステンズ(Kastens, Herman Christian)である。したがって、この日時計は日本最古とは言われるが、日本人が独自に作成したものとは考えにくい。出島の日時計は、現在はそのレプリカが「出島和蘭商館跡」の庭園に展示され(Fig.9)、実物は倉庫にしまわれている。今回はその倉庫



Fig. 9 : 出島にある日時計のレプリカ

にしまわれている実物の日時計を、長崎市文化観光部出島復元整備室室長の山下氏を始め、山口氏、杉本氏他皆様のご協力により、実地調査することができた(Fig.10)。なお、日時計はおおよそ縦83cm×横68cm×厚さ4.5cmの大きさであり、大人3～4人でないと動かせない重さがある。また、以前は個人所有で屋外に展示されていたため、すでに文字盤の表面の目盛りや時刻線はかなり劣化している。



Fig. 10: 日時計の実物

(2) 塩竈の日時計について

一方、日本人が独自に作成した最古のものは、林子平(1738-1793)によるものとされることが多い(出島のものを複製したものとされている)。なお現在、林子平製作の塩竈の日時計は、塩竈神社博物館(宮城県塩竈市)に保存されている(Fig.11, 12)。塩竈神社博物館の資料『塩竈神社の文化財』によると「林子平が考案したと伝えられる。(中略)寛政四(1792)年に藤塚知明によって献上されたことがわかる」となっている。



Fig. 11: 塩竈神社博物館の日時計の目盛

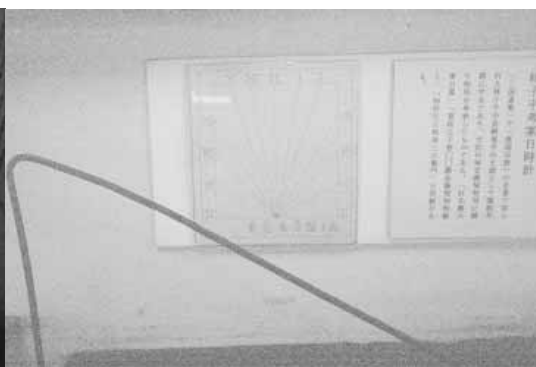


Fig. 12: 塩竈神社博物館の日時計のノーモン

2. 日時計の正確性

(1) 文字盤の時刻目盛について

出島の日時計については、守屋(2009)が出島のオリジナルの日時計を複製したレプリカの日時計の文字盤の目盛から、その正確性を確認している。そこで今回は、オリジナルの日時計の文字盤の目盛(Fig.13)を計測した数値から緯度 θ を逆算し、その正確性の検証を行う。

一方、塩竈の日時計については、渡邊(2006)がノーモンからその正確性を検証しているが、ノーモンが



Fig. 13: 出島の日時計の文字盤

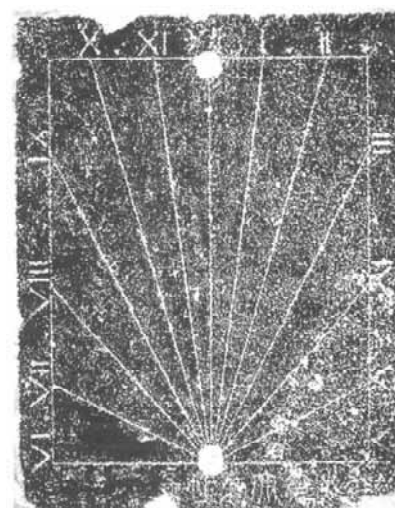


Fig. 14: 塩竈神社博物館の日時計の文字盤の拓本

正確に維持されてきたとは限らないため、オリジナルの日時計の文字盤の拓本の目盛(Fig.14)からその正確性の検証を行う。

θ を算出する方法としては、

[方法1] 12時の時刻線からの偏角 ϕ の大きさを実際に分度器で測定し関係式(1)を利用

[方法2] 文字盤にある時刻線等の長さの関係から逆正接関数を利用して ϕ の大きさを算出した上で関係式(1)を利用

の2つの方法を採用する(表中の記号は Fig.7, 8 に対応)。

出島の日時計について、各時刻線から算出した緯度 θ の平均値をとると、方法1では、32.9度、方法2では32.3度となる(Table1, 2)。出島の緯度が32.4度であることを考えると、かなり正確に(正確な理論に基づいて)作成されていることがわかる。

一方、同様に塩竈神社のものを、方法1, 2で θ を算出すると、平均値はそれぞれ、34.7度、34.4度となる(Table3, 4)。塩竈市の緯度が38.2度であることを考えると、出島の日時計を多少補正した可能性はあるものの、正確ではない(正確な理論で作成されたものではない)ことは確かである。

Table1: ϕ を分度器で実測(出島)

時刻線	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時
ω	75	60	45	30	15	0	15	30	45	60	75
ϕ (実測)	63.5	43.8	28.5	17	8	0	8.1	17.1	29	44.5	64
θ :緯度	32.51	33.6	32.9	32	31.6		32.1	32.2	33.66	34.6	33.3
θ (平均値)	32.85										

Table2: ϕ を逆正接関数の利用により算出(出島)

時刻線	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時
ω	75	60	45	30	15	0	15	30	45	60	75
縦(AB,CD)	72.5	72.5	72.5	72.5	72.5		72.5	72.5	72.5	72.5	72.5
横(AP,PD)	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6		27.5	27.5	27.5	27.5	27.5
SD	14.8	31.5	54.5						51.8	29.8	13.8
QR				22.2	10.3		10.4	22.3			
ϕ	63.43	43.2	28.5	17	8.09		8.16	17.1	27.96	42.7	63.4
θ :緯度	32.4	32.9	32.9	32	32		32.4	32.2	32.07	32.2	32.3
θ (平均値)	32.33										

Table3: ϕ を分度器で実測(塩竈)

時刻線	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時
ω	75	60	45	30	15	0	15	30	45	60	75
ϕ (実測)	65	45	30	18	8.5	0	8.5	18	29.6	44.9	65
θ :緯度	35.07	35.3	35.3	34.2	33.9		33.9	34.2	34.62	35.1	35.1
θ (平均値)	34.67										

Table4: ϕ を逆正接関数の利用により算出(塩竈)

時刻線	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時
ω	75	60	45	30	15	0	15	30	45	60	75
縦(AB,CD)	14	14	14	14	14		14	14	14	14	14
横(AP,PD)	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1		6	6	6	6	6
SD	2.7	6.1	10.8						10.9	6.2	2.8
QR				4.6	2.1		2	4.5			
ϕ	66.12	45	29.5	18.2	8.53		8.13	17.8	28.83	44.1	65
θ :緯度	37.26	35.3	34.4	34.7	34		32.2	33.8	33.4	34	35
θ (平均値)	34.41										

IV. おわりに

本稿では、日本で最初に設置されたといわれる長崎県の出島にある地面水平型日時計と、日本人が最初に作成したとされる宮城県仙台市の塩竈神社にある地面水平型日時計の正確性を検証した。出島の日時計はオリジナルの日時計の目盛の計測数値から、塩竈の日時計はオリジナルの日時計の文字盤の拓本の目盛の計測数値から、緯度を2つの方法で逆算し、その都市の緯度と比較することから検証を行った。その結果、出島の日時計は正確であり、一方、塩竈の日時計は正確ではないことが見いだされた。こうした算出方法や検証方法、また歴史的事実は十分に学校数学の教材となると考えられる。

そこで今後の課題としては、数学の文化史としてまとまった教材を開発し、実践することが挙げられる。

謝辞：本稿を執筆するにあたり、長崎市文化観光部出島復元整備室室長の山下雅寿氏を始め、室員の山口美由紀氏、杉本茂喜氏には、大変お忙しい中、貴重な日時計の見学準備から、資料提供、そして詳細な説明や案内まで、とても丁寧にそして親切にご対応して頂きました。心より感謝致します。

付記：本研究は、平成21-23年度科学研究費補助金「基盤研究(C)」(課題番号21500835)、及び平成21-22年度科学研究費補助金「若手研究(B)」(課題番号10362584)による。

註、及び引用・参考文献

註1 この実践は、高阪将人先生(Njsase 女子中高等学校)による。大会の詳細は次の通り。大会名：JETS, 大会の概要:JETSは1968年に始まった歴史ある活動で、現在は教育省とザンビア大学の協力により年1回開催される。地区予選、州大会、本大会とある。地区予選は8つの高校が参加し、各校2名ずつ代表を出し、審査員3名による投票で決まる。州の大会は、3つの地区の上位3名、計9名が参加し、審査員3名による投票で決まる。この州大会で、日時計の作品は1位を獲得。

荒川紘(1983)『日時計』, 海鳴社

後藤晶男(1985)『世界の日時計』, 豊住書店

橋本万平(1966)『日本の時刻制度』, 塙書房

守屋誠司, 丹洋一(2001)「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, 55-77

守屋誠司(2009)「林子平は塩竈神社の水平型日時計を考案したか?」, 数学教育学会『数学教育学会誌 臨時増刊(秋季例会 発表論文集)』, 19-21

長崎市出島史跡整備審議会編(1990)『出島図』, 中央公論美術出版

関口直甫(2001)『日時計』, 恒星社厚生閣

鹽竈神社博物館(2003)『鹽竈神社の文化財』, 9

田中克(2002)「ドイツに伝達・赤道型日時計」, 横地清監修『中学校数学+総合学習 2 国際理解の展開』, 明治図書, 53-75

Watanabe Nobuki(1999)*Learning of the "Geometry of the Globe"*, 大阪教育大学『数学教育研究』第29号, 125-129

渡邊伸樹(2000)「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『数学教育研究』第30号, 109-121

渡邊伸樹(2005)「地球儀の数学・赤道型日時計」, 横地清監修『算数科発展教科書 第3巻』, 明治図書, 118-136

渡邊伸樹(2006)「数学の文化史からみる日時計(その壺)」, 数学教育学会『数学教育学会誌 臨時増刊(春季年会 発表論文集)』, 164-166

渡邊伸樹(2007)「中学校における日時計の教育実践(その1)」, 数学教育学会『数学教育学会誌 臨時増刊(春季年会 発表論文集)』, 201-203

山口美由紀(2008)『長崎出島』, 同成社

横地清(1966)『父と子の数学』, 三一書房, 109-118

横地清(1981)「太陽と地球の幾何」, 横地清編『数学教育学序説 下』, 明治図書, 64-103