

# 2009年皆既日食、2010年元日月食、及び2010年金環日食の状況と 初等理科教育における日食・月食教材の位置づけと意義

木下 邦太朗  
帝京短期大学 こども教育学科

The situation of the 2009 total eclipse of the sun / 2010 new year's day eclipse of the moon / 2010 golden ring solar eclipse, and positioning and the significance of a solar eclipse and the eclipse of the moon teaching materials in the elementary science education

Kunitaro KINOSHITA  
Department of Childhood Education, Teikyo Junior College

## 1 はじめに

日食は太陽と地球の間に月が位置し、見かけ上、月が太陽を隠す現象である。日食の際の月は新月であるが、必ずしも新月であっても日食になるとは限らない。これは、黄道（地球の公転軌道）と白道（月の公転軌道）が約 $5^\circ$ 傾いているからである。

月が太陽を隠したときの影には本影と半影があるが、その本影に入った地球上の地点では皆既日食が観られ、半影に入った地点では部分日食が観られる。しかし、太陽の見かけの大きさが、月の見かけの大きさよりも大きい場合は、月が太陽を完全に隠し切れず、本影が地球に届かずに金環日食となる。

月食は月が地球の影によって隠される現象で、月が地球の本影に完全に隠された時は皆既月食になるが、本影に月の一部分が隠された時は部分月食、半影のみに隠された時は半影月食である。月食の際の月は満月であるが、日食と同様に黄道と白道の傾きによって、満月であっても、必ずしも月食になるとは限らない。

【表1】は2009年～2039年に世界で起こる金環日食、皆既日食、金環-皆既日食を示しているが、これらの日食は31年間に45回起こり、年平均は約1.5回となる。この数値からは金環日食や皆既日食が頻繁に起こっているように思えるが、日食の観られる場所は地球上の限られた場所であり、決して多いとは言えない。

このことは、上記31年間に日本で観られる皆既日食と金環日食が3回しかなく、明治以降2009年までの約140年間に日本で観られた皆既日食と金環日食が15回【表2】であったことから言える。しかも、天候条件を考えると、日食観測ができることは大変幸運なことである。

筆者は、「一生の内でも観るチャンスに恵まれることが大変少ない。」と言われる日食を観測する機会を平成21年7月から半年間に月食を含めて3回も得た。

1回目は平成21年7月22日の中国浙江省湖州市での皆既日食であり、2回目は平成22年1月1日の自宅（神奈川県川崎市）での部分月食（日本初の元日月食）であり、3回目は平成22年1月15日の中国山東省青島市での金環日食である。日本国内を離れたとは言え、半年間に皆既日食、金環日食、部分月食を観測できることは、稀であり、しかも幸運であったと言えよう。

平成21年7月22日の皆既日食は、我が国で46年ぶりの皆既日食であった。それに加えて、この年がガリレオ・ガリレイが初めて望遠鏡を夜空に向けて宇宙への扉を開いた年から400年の節目の年となる「世界天文年」だったことで、国内はもとより海外遠征組を含めて皆既日食に関するフィーバーぶりはかつて無いのだった。こうした、天文人口の増加は理科離れが叫ばれる今、大いに歓迎すべきことである。

こんな皆既日食に関する盛り上がりではあったが、日食当日の天候には恵まれず、国内では多くの観測者が集まったトカラ列島をはじめとする薩南諸島等では豪雨に見舞われて散々の状況だった。国内では、唯一硫黄島周辺の洋上での観測者のみが天候に恵まれた。

海外遠征組もトカラ列島等を覆った梅雨前線に伴う広範な雨雲がアジア大陸の皆既帯にかかり、国内同様に降雨や厚い雲で観測ができなかった場所が多かった。

筆者は、当初、中国の上海を観測地としていたが、出発間近に上海の西300kmの浙江省天荒坪に変更したため、梅雨前線沿いの雲の切れ間に入り、皆既日食の全過程を観測できた。【写真1】【写真2】【写真8】



【写真1】2009年皆既日食のコロナ  
(2009.7.22 10:34' 53.00") F3.4 1/60



【写真2】2009年皆既日食のダイヤモンドリング  
(2009.7.22 10:38' 38.00") 1/1250 ISO200



【写真3】2010年元日月食  
(2010.1.1 4:28' 37.00") 1/800 ISO800



【写真4】2010年金環日食  
(2010.1.15 17:52' 22.00") 1/640 ISO400

平成22年1月1日の元日月食(部分月食)は、日本海側を除き、全国的に穏やかな平成22年の年明けの空で起こった天文現象である。部分月食(最大食分8.2%)であることから余り関心はもたれなかったようだが、食の最大時が4時23分のため、初詣中に月食を見た人もかなりいたのではないだろうか。

我が国では明治5年(1872年)まで太陰太陽暦を用いており、毎月の1日は新月のため月は見えず、日食が起こることがあっても、月食が起こることは決してなかった。したがって、明治6年以降137年間で初めて元日に月食が起こったと言う点で若干の話題性はあったと言えよう。筆者は、この元日月食を川崎市麻生区の自宅の庭で観測した。【写真3】

上述の月食となった月は、その後、白道上を移動して、14日後の平成22年1月15日には、太陽を覆って金環日食を起こした。この金環日食は中央アフリカ共和国の西から始まり、中国の青島市で金環食が終了して間もなく日没となった日食である。

青島市での金環食の最大時の高度は $2^\circ$ と大変低く、西の地平線近くに厚い雲が棚引いている場合は、観測は不能に近い。しかし、厚さによっては太陽光が減光され、肉眼でも朱色に染まった夕焼け雲の中に金色に輝く輪を観測することができる。正に、金環である。

筆者は、当初、食の最大時がほぼ真南の天頂近くで、フィルターを通した太陽の環が白くしか見えないが、ディスクが低いと考えられるインド洋上のモルジブ共和国のバンドス島を観測地とした。

しかし、教材性を考え、高ディスクを有するものの金環(金色に輝く輪)を求めて観測地を青島市に変更した。その結果は、一部、中層雲を通しての観測ではあったが、欠け始めから金環食までは観測でき、「朱色に染まった夕焼け雲の中に金色に輝く輪」を観測することができた。【写真4】【写真10】なお、最初の観測候補地のバンドス島では、金環食5分前からスコールに見舞われ、観測ができなかったと聞いている。

以上、2009年7月22日の皆既日食から2010年1月15日までの半年間における2つの日食及び月食の観測について述べた。筆者が最初に日食観測を行ったのは、北海道網走市の天都山で1963年7月21日の皆既日食である。この皆既日食は20世紀最後の我が国における皆既日食であり、当時、大学4年生だった筆者は成東商会製の2.5インチ1000mmの屈折望遠鏡で観測した。

当時は現在のようにアマチュア天文家の数は多くはなかったが、著名な天文学者らが観測を行っていた。その中に宇宙飛行士毛利衛氏の若き日(高1)の姿があった。氏は後に15歳の時に見た皆既日食は、自分が宇宙飛行士になることに多大な影響を及ぼした 1)と記している。

日付	種類	サロス	日本	日付	種類	サロス	日本	日付	種類	サロス	日本
2009.07.22	皆既	136	○	2020.06.21	金環	137		2030.11.25	皆既	133	
2010.01.15	金環	141		2020.12.14	皆既	142		2031.05.21	金環	138	
2010.07.11	皆既	146		2021.06.10	金環	147		2031.11.14	金-皆	143	
2012.05.21	金環	128	○	2021.12.04	皆既	152		2032.05.09	金環	148	
2012.11.13	皆既	133		2023.04.20	金-皆	129		2033.03.30	皆既	120	
2013.05.10	金環	138		2023.10.14	金環	134		2034.03.20	皆既	130	
2013.11.03	金-皆	143		2024.04.08	皆既	139		2034.09.12	金環	135	
2014.04.29	金環	148		2024.10.02	金環	144		2035.03.09	金環	140	
2015.03.20	皆既	120		2026.02.17	金環	121		2035.09.02	皆既	145	○
2016.03.09	皆既	130		2026.08.12	皆既	126		2037.07.13	皆既	127	
2016.09.01	金環	135		2027.02.06	金環	131		2038.01.05	金環	132	
2017.02.26	金環	140		2027.08.02	皆既	136		2038.07.02	金環	137	
2017.08.21	皆既	145		2028.01.26	金環	141		2038.12.26	皆既	142	
2019.07.02	皆既	127		2028.07.22	皆既	146		2039.06.21	金環	147	
2019.12.26	金環	132		2030.06.01	金環	128		2039.12.15	皆既	152	

【表1】2009年～2039年に世界で起こる日食(金環日食・皆既日食)

日付	種類	継続時間	見られた場所
1872 (M05) 06.06	金環	4分 19.8秒	北海道中部
1883 (M16) 10.31	金環	10分 16.6秒	新潟、北関東
1887 (M20) 08.19	皆既	3分 49.8秒	能登 新潟 榑木
1896 (M29) 08.09	皆既	2分 43.1秒	北海道北部
1915 (T04) 08.11	金環	1分 33.1秒	小笠原母島
1918 (T07) 06.09	皆既	2分 22.7秒	伊豆島島
1936 (S11) 06.19	皆既	2分 31.4秒	北海道北東部
1941 (S16) 09.21	皆既	3分 21.8秒	石垣島、台湾

日付	種類	継続時間	見られた場所
1943 (S18) 02.05	皆既	2分 39.2秒	北海道中部、酒州
1948 (S23) 05.09	金-皆	(皆既) 0.3秒	礼文島
1958 (S33) 04.19	金環	7分 06.8秒	奄美トカラ八丈
1963 (S38) 07.21	皆既	1分 39.7秒	北海道東部
1987 (S62) 09.23	金環	3分 49.1秒	中国、沖縄
1988 (S63) 03.18	皆既	3分 46.8秒	小笠原沖
2009 (H21) 07.22	皆既	6分 39.0秒	トカラ、硫黄島

【表2】明治以降、2009までに日本の国土及び近海で観測された日食(金環日食・皆既日食)

筆者は、この皆既日食の感動や自然の神秘を子どもたちに伝えたいという想いから、小学校の教員になり、多くの理科好きの子どもたちを育ててきた。そして、現在、帝京短期大学と都留文科大学で、教員を目指す学生の教育をしているが、そこでは自然の不思議や面白さを体得してもらいたいと願っている。

1963年皆既日食以来2009年皆既日食までの46年間、国内では皆既日食を観測する機会に恵まれなかった。その間、筆者は何度か部分日食の観測をしたが、海外遠征をしなかったため、2009年皆既日食は筆者にとっても46年ぶりの皆既日食の観測となった。また、金環日食の観測は2010年金環日食が最初の経験となった。

上記のことや【表1】及び【表2】から、皆既日食や金環日食を観測できる機会は少なく、これらを実際に観測できることは大変稀である。同様に月食についても、その機会は大変少ない。

太陽と月の見かけの位置関係において、両者が接近しながら移動する様子を観察できるのは、日食や月食の機会にしかない。そうした視点から、日食や月食は子どもの時間・空間認識を育てる上で、貴重な教材となり得ると考える。

そこで、本研究では、次の視点から考察する。

- (1) 2009年皆既日食、2010年元日月食、及び2010年金環日食の状況
- (2) 2009年皆既日食における、食の進行に伴う気温及び環境の変化
- (3) 我が国の初等理科教育における、日食及び月食の位置づけ
- (4) 初等理科教育における、日食及び月食の教材としての価値

## 2 2009年皆既日食、2010年元日月食、及び2010年金環日食の状況

### (1) 1963年皆既日食

筆者が最初に皆既日食を観測したのは、昭和38年(1963年)7月21日の1963年皆既日食である。観測地は北海道網走市の天都山で、東京から13.5kgの成東商会製の2.5インチ1000mmの屈折望遠鏡を運んでの単独の観測だったが、現地で多くの観測仲間ができた。

この皆既日食は、当時、数少ない天文関係の書籍や雑誌に「本邦での今世紀最後の皆既日食が、北海道の一部で観測できる！」等と掲載された。筆者の初体験である皆既日食観測の感動は人生を変えるほど大きく、次に国内で観測できる46年後(2009年)に、薩南諸島で観測したいという夢はその時から大きく膨らんだ。

この皆既日食の皆既帯は北海道の富良野から始まり、斜里、知床半島に抜け、太平洋を経てアラスカに上陸し、カナダを横断し、太平洋上で日没を迎える幅約52kmの帯状の区域である。

1963年7月21日早朝、天都山でオホーツク海からの日の出を待った。黒い海面の上部が少しずつ白み出し、徐々に赤味がさしてきた。既に、日食は始まっており食分も進んで三日月型の太陽が昇ってくるはずである。

4時59分、暗い海面に一点の光が指したかと思うと、加藤清正の兜の様な三日月型の太陽が昇ってきた。太陽は昇りながら細くなり皆既に近づいていった。【写真5】三日月型の昇る太陽





【写真6】ダイヤモンドリング



【写真7】皆既時のコロナ

4時16分、太陽は完全に月に隠されて皆既になった。その瞬間、月表面の窪みから閃光が漏れた。皆既日食で最も美しい「ダイヤモンドリング」である。

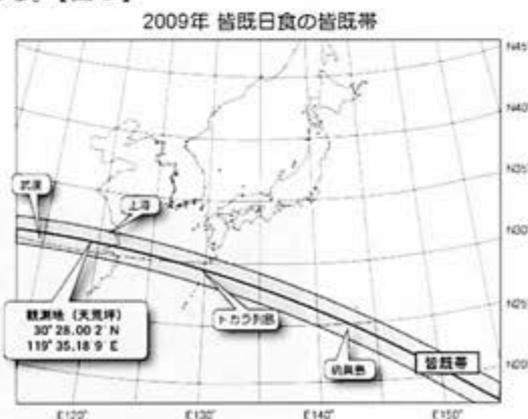
そして、ダイヤモンドリングが消えると黒い太陽の周りには白桃色のコロナが輝き、赤色のプロミネンスも輝いた。太陽の右上には、太陽に近く観測しにくい

水星が輝き、金星も明るく輝いていた。皆既の終末には再びダイヤモンドリングが現れ、僅か30秒間の皆既は完全に終了した。そして、欠けた太陽は徐々に元の太陽に復元していった。

一大天体ショーを観測した誰もが、感動の渦に包まれた。辺り一面に、この世で最も素晴らしいものを見たかのような呻き声とも思われる感動に満ちた声でいっぱいになったことを今でもはっきり記憶している。

## (2) 2009年皆既日食

2009年皆既日食は、世界時(UTC)2009年7月22日の0時53分に西インドのキャンバート湾で日の出とともに始まり、皆既帯のほぼ中心線は、インド北部の都市パトマ、ブータンの首都チンブー、中国の成都、重慶、武漢、上海を経て大陸を抜け、日本のトカラ列島、硫黄島、マーシャル諸島、ギルバート諸島を通過した後は陸上を通過することなく、タヒチ島の1000km手前の太平洋で日没を迎える。最大食は硫黄島の東280kmの地点で皆既継続時間6分39秒の今世紀最大の皆既日食である。【図1】



【図1】2009年皆既日食の皆既帯

2009年皆既日食は、筆者が1963年に北海道網走市で皆既日食を観測して以来46年ぶりに国内で観測できる皆既日食である。筆者は46年前から、この皆既日食を国内で観測したいという想いをもっており、奄美大島の観測地のテント一張り分を確保した。

しかし、相手が未定の相部屋ならぬ相テントであることや健康上の諸要素を考慮し、国内を断念し中国の上海市に観測地を変更することにした。その後、上海から300km西北西の浙江省湖州市安吉県天荒坪にあるダム湖(海拔881.7m)の周回道路を観測地とした。

何度か観測地を変更したが、天荒坪では薄い高層雲を通してではあるが、欠け始めから欠け終わりまでの全過程を観測することができた。その反面、トカラ列島(悪石島、宝島等の10島)や、屋久島・種子島南部・奄美大島北部には多数の観測者や観光客が集まったが皆既日食当日は生憎の悪天候となった。また、上海市でも皆既時には雨に見舞われ、観測はできなかったと聞く。観測地を変更したことが、こうも幸運をもたらしたのかと感謝した。

7月22日早朝、杭州市からバスで2時間。観測地に到着したのは現地時5時30分(日本時6時30分、以後、日本時で表記)。残念ながら、前日の下見の時より雲は厚い。雲を通して部分日食だけでも見られればと考え、奇跡を期待して観測機材等を準備しながら欠け始め時刻を待った。なんと、8時頃から太陽の方向だけ雲が薄くなり、雲を通して太陽が姿を見せ始めた。

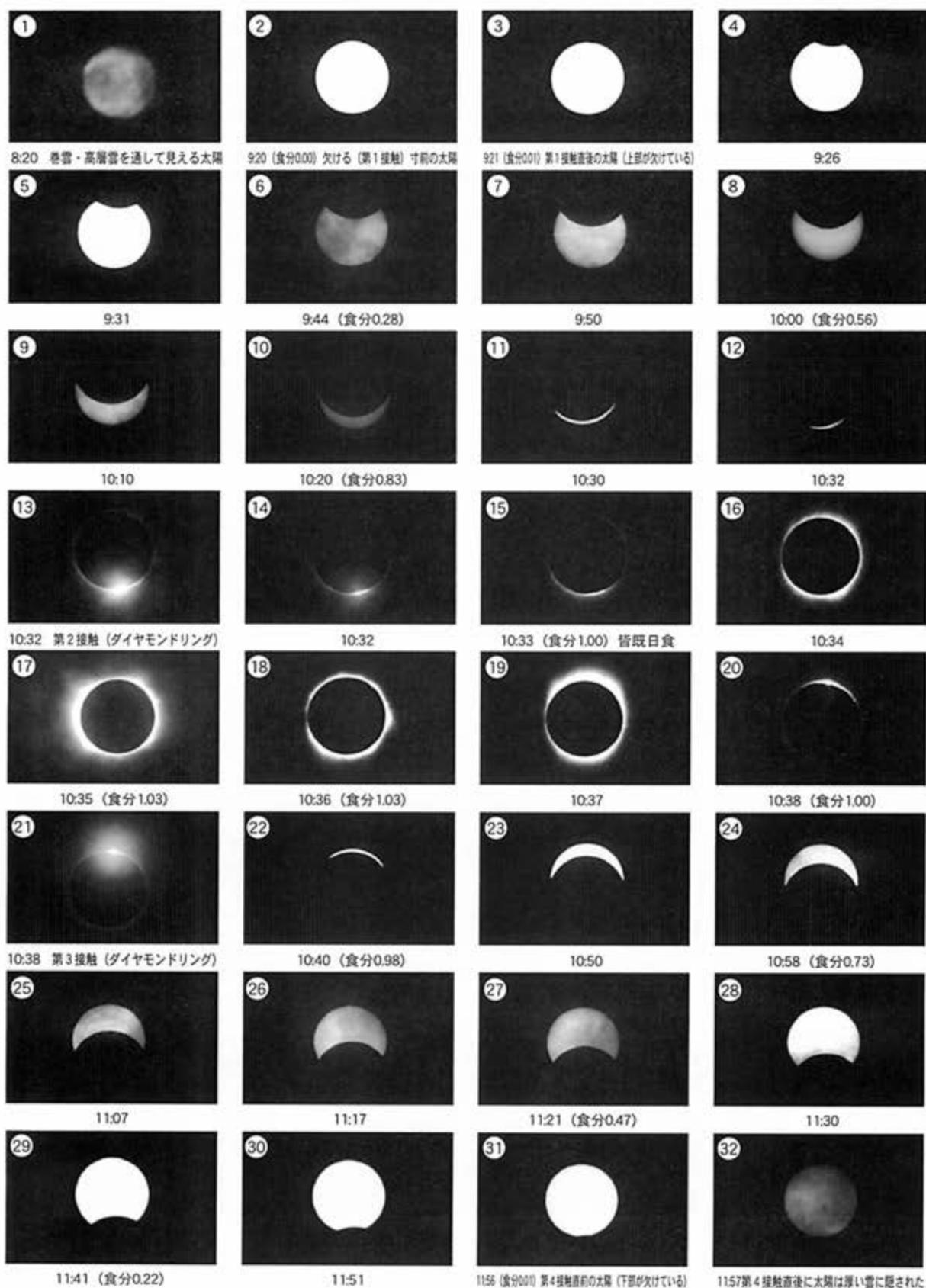
予定通り9時20分45秒、太陽は上部から欠け始め、皆既日食の開始を宣言した。太陽は徐々に欠け続け、皆既が近づくにつれて、辺り一面が夕方のように暗くなってきた。夕方と間違えて巣に戻る鳥たちが鳴き、飛び交っている。東からの強い風が吹き出し草むららがざわざわと音を立てている。空気の温度も下がり、かなり涼しく感じるようになった。

10時32分58秒、皆既直後に見られるダイヤモンドリングの瞬間が近づき、観測地一面に緊張の空気が張り詰め、秒読みをする声だけが湖面に響いた。一瞬、ウァー、ウァーと興奮の声が湖面にこだまして聞こえる。皆既日食で最も美しいとされるダイヤモンドリングが輝いた瞬間である。完全に皆既となり、フィルターなしで白桃色のコロナが広がっていく様子をはっきり観える。赤色のプロミネンスも観える。滅多に観ることの出来ない水星が見え、明るく金星も輝いている。

46年前と同じ光景で、同じ感動が蘇った。連写するカメラのシャッター音が響く。皆既の太陽に酔いながらシャッターを切っているうちに、皆既終了(10時38分38秒)直前に観られる2回目のダイヤモンドリングが再び輝いた。雲が移動し1回目よりも一層美しく見える。5分40秒の皆既が終わった。

## 2009皆既日食の食分変化 (2009.7.22)

(表示時刻は日本時 [JST] / 現地時間は - 1 時間)



観測地：中国浙江省湖州市安吉県天荒坪 (30° 28.00' 2" N / 119° 35.18' 9" E) 海拔881.7m

望遠鏡：タカハシ・ソーラーバック 2 (口径60mm 焦点距離370mm) カメラ：ニコンD90

【写真8】2009年皆既日食の食分変化

再び、細い太陽が顔を出し、徐々に欠けた太陽は元の姿へと回復し続け、11時57分57秒、世紀の一大天体ショーの全てが終了した。南天には、何もなかったかのように、真ん丸な太陽が地球に光と熱を供給している。【写真8】

筆者とともに格闘してくれた全ての機材を片付けて、ツアー全員で記念撮影をし、レストランに入るやいなや、外はバケツをひっくり返したような豪雨となり、雷まで鳴り出した。幸運の女神に導かれた、何とラッキーな観測だったことか。

### (3) 2010年元旦月食

この月食は部分月食であり、それほど珍しいものではない。しかし、我が国では明治5年(1872年)まで、太陰太陽暦を用いていたため、元日に満月となることなく、太陽暦となった明治6年から137年間で初めて迎えた元日月食である。

この部分月食は、アジア、ヨーロッパ、アフリカ、オーストラリアで観られ、最大食分は8%程度である。日本で観られた半影食の始まりは2時15.3分、部分食の始まりは3時51.6分、食の最大(食分8.2%)は4時22.7分、部分食の終わりは4時53.8分、半影食の終わりは6時30.1分である。

月食の前後には半影食があるが、肉眼観測では欠けている様子を捉えにくい。しかし、カメラ撮影による画像からは捉えることができ、食分がかなり進んでいるようにも見える。また、日食と異なり、半影により月面の欠け際はシャープには見えない。【写真3】【写真9】

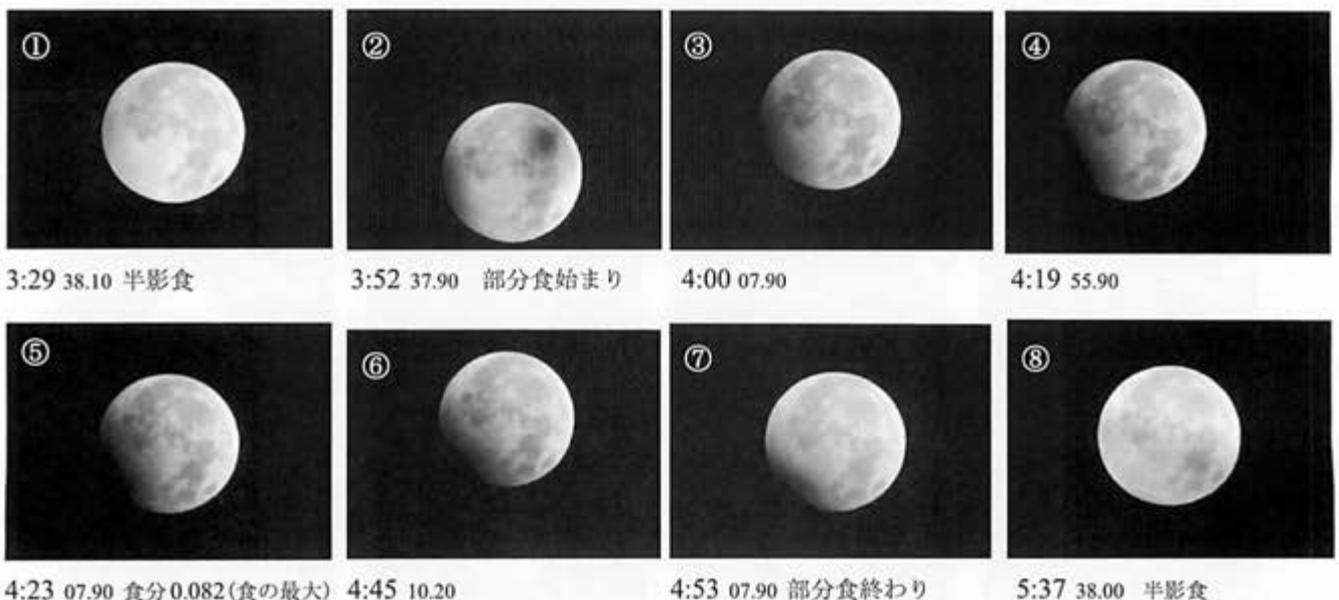
### (4) 2010年金環日食

2010年金環日食は、世界時(UTC)2010年1月15日の5時14分に中央アフリカ共和国の西端で日の出とともに始まり、金環帯のほぼ中心線はコンゴ、ウガンダ、ケニア、インド洋上のモルディブ、インドの南端、中国の大理などを経て、中国の青島で欠けたまま沈む日食である。【図2】金環継続時間の最大は11分8秒で、11分を越す金環日食は今後3043年までではない。また、この金環日食に伴う部分日食は、我が国においても関東以西で観測することが出来た。

筆者は6ヶ月前に、皆既日食を中国の浙江省湖州市安吉県天荒坪で観測した。多くの観測地が天候に恵まれなかったが、幸いにも欠け始めから欠け終わりまで、感動的な皆既日食を観測することができた。今回の日食は日没時の数分前に金環となり、地平線付近に雲があると観測が難しく観測条件として望ましくはなかったが、前回同様に幸運の女神に期待することにした。

## 2010年元日月食の食分変化(2010.1.1)

(表示時刻は日本時〔JST〕)

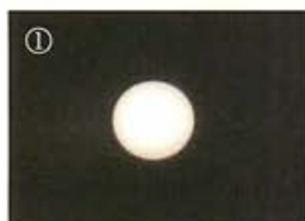


観測地：神奈川県川崎市麻生区(35° 35' 52.2" N / 139° 30' 59.2" E) 海拔 64.5m  
望遠鏡：タカハシ製ソーラーバック2 (口径 60mm 焦点距離 370mm)  
カメラ：ニコンD70

【写真9】2010年元日月食の食分変化

# 2010年金環日食の食分変化(2010.1.15)

(表示時刻は日本時〔JST〕 / 現地時間は-1時間)



① 16:34 59



② 16:38 00 第1接触直後



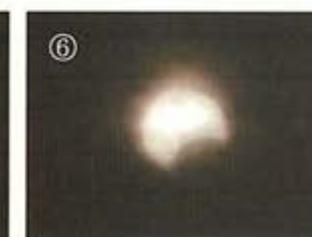
③ 16:39 01



④ 16:48 06



⑤ 16:58 11



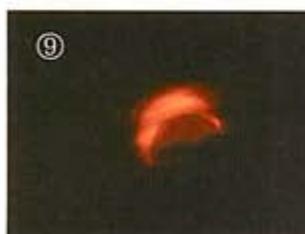
⑥ 17:07 17 中層雲を通して



⑦ 17:14 21



⑧ 17:27 31



⑨ 17:37 39



⑩ 17:48 56 夕焼け雲を通して



⑪ 17:49 43



⑫ 17:50 49



⑬ 17:51 21



⑭ 17:52 22 第2接触直後



⑮ 17:53 31



⑯ 17:53 52 第3接触前に日没



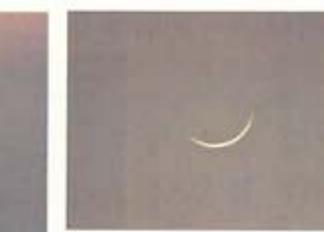
⑰ 16:55 49 雲の奥に金環が



⑱ 17:56 34



⑲ 17:57 56



2010.1.17 17:19 18  
金環日食後初めて見られた月  
〔月齢2.4〕

観測地：中国山東省青島市 (  $36^{\circ} 03' 21.4''$  N /  $120^{\circ} 20' 21.3''$  E ) 海拔 5m  
望遠鏡：タカハシ製ソーラーバック2 (口径 60mm 焦点距離 370mm)  
カメラ：ニコンD90

【写真10】2010年金環日食の食分変化



【図2】2010年金環日食の金環帯

観測地入りは前日の午後だったが、青島の空は全体的にどんよりとしており、夕方の西の空は薄雲で覆われ、翌日は少しでも雲が取れることを願った。

本番当日の青島の空は相変わらずどんよりしており、午後の西の空は前日より雲が多く厚く感じた。

日本時 16時 38分 (現地時 15時 38分。以後日本時で表記)、太陽はその右下部から欠け始め、フィルターを装着した望遠鏡を通してはつきり撮影できた。その後、太陽は徐々に月に隠され、食分を増していった。17時 07分頃には中層雲がかなり厚くなり、フィルターや ISO 感度調整が忙しくなった。17時 37分頃には太陽周辺の雲が更に厚くなり、望遠鏡からフィルターを外しても撮影には支障がなくなった。正に、夕焼け雲の中での金環日食が進行していった。

17時 52分、朱色の夕焼け雲の中で金色の輪は完全につながった。第 2 接触の瞬間である。その後は少しずつ下側の輪の太さを増していったが、均等な太さの金環 (最大食) にならないうちに下の輪が切れ始めた。残念ながら、地平線近くにたなびく厚い雲の中に沈みゆく日没となったのである。そして、しばらくの間は雲越しに金環が透けて見えていた。【写真 10】

当初、観測地としたモルジブ共和国バンドス島は第 2 接触 5 分前頃からスコールに見舞われたと聞く。今回も幸運の女神が微笑んでくれたようである。

金環日食を観測した翌々日 (1月 17日) の夕方、自宅で南西の空を見上げると青い空に月齢 2.4 の細い月を見つけた。この月こそ 2 日前に金環日食を起こした



【写真 11】金環日食後の細い月 (月齢 2.4) 立役者だった。 (2010.1.17 17:19' 18.00")

### 3 2009年皆既日食における、食の進行に伴う気温及び環境の変化

皆既日食で皆既に近づくと、鳥が鳴き出し、風が吹き、涼しくなるといわれる。しかし、このことに関する報告書は数少ない。

亀田孝夫らは、2003年 11月 23日の皆既日食を南極大陸のドームふじで観測し、雪面から 1.5 m での気温と雪面下の温度はそれぞれ 3.0 K、1.8 K 降下した。推定される雪面の温度は 4.6 K 降下した。気圧と風向は変化がなく、風速が気温の低下とともにおそらく 0.3 m/s 減少した。日食前後の自然の風速の変化が日食の真の効果を見分けることが困難にしている。2) と報告している。なお、観測当日の天気は、1 時間 4 分 37 秒は雲のないコンディションのもと、1 分 43 秒の間太陽は完全に遮蔽された。2) とある。

本報告書では、南極大陸という特殊な環境下でのデータではあるが、気温の低下があったことを示している。しかし、日食前後における自然の風速に影響される「日食中の風速の低下」について報告されているが、これは一般的に皆既日食の影響で風が吹くと言われることと反対の事実であり、大変興味深い。

また、大越治は 2001年 6月 21日のザンビア皆既日食で、6℃の気温低下 (25.5—19.5℃) を報告している。同氏は 2002年 12月 4日のボツワナ皆既日食においても、2.5℃の気温低下 (30.5—28.0℃) を報告している。

筆者は、今回の皆既日食の観測目的の一つに、食分の進行に伴う空気の温度変化の測定、及び環境の変化の状況把握を設定した。空気の温度測定には KN ラボラトリーズの超小型温度記録計「サーモクロン G タイプ温度ロガー」を用いた。

空気の温度の測定方法は、国内において上記の温度ロガーに測定開始時刻と観測間隔をプログラムし、帰国後に解析することにした。

温度ロガーは 5 個用意し、4 個は観測地の地上 5 cm、地上 50 cm、地上 90 cm、地上 130 cm の場所の空気の温度を測定できるようにスズランテープに固定し、当日は望遠鏡の鏡筒からつり下げられるようにした。残る 1 個は国内 (自宅: 川崎市麻生区) で同時に測定できるようにした。測定開始時刻は 2009年 7月 22日 (日食当日) の 4 時 00 分から 1 分間隔で開始から 1.4 日間とした。

日食観測中は、実際に空気の温度がどのような変化をしているかを捉えられないため、観測地では体感による変化の様子を記録することにした。観測当日の環境の変化の様子は、次の通りである。

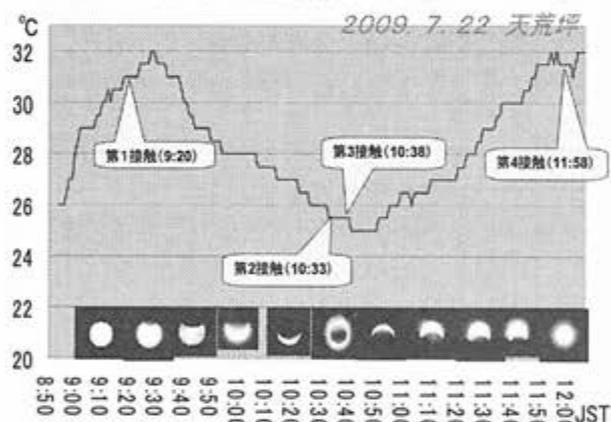
巻層雲を通して、9 時 20 分 45 秒、太陽は上部から欠け始めたことを確認した。徐々にではあるが着実に食

分を増していった。10時32分の第2接触が近づいてくると辺り一面が夕方のように暗くなってきた。夕方と間違えて巣に戻る鳥たちが鳴き、飛び交っている。東から強い風が吹き出し草むらがざわざと音を立てている。後に、観測の様子を撮影したビデオカメラの映像を見ると、筆者の髪は乱れ、常に風に飛ばされていることから、かなり強い風が吹いていたことが分かる。空気の温度も下がり、かなり涼しく感じられた。

空気の温度の変化は、帰国後に解析しグラフ化した。観測地に持参した4つの温度ロガー(地上5cm、50cm、90cm、130cm)の数値は、どれも同じような変化を示していたが、中でも地上50cmのものが顕著な変化を示した。

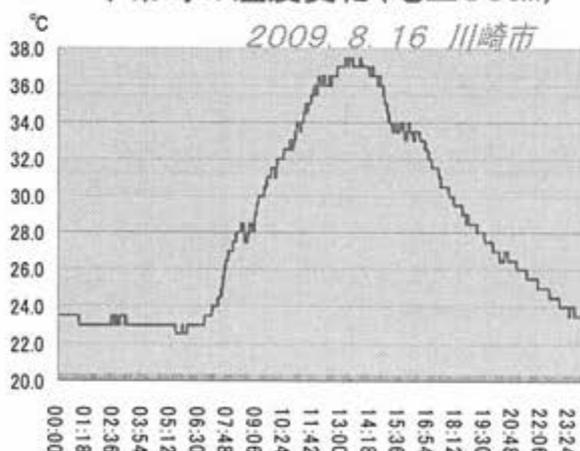
【グラフ1】は地上50cmの高さでの空気の温度変化を示したものである。8時55分の空気の温度は26℃で、第1接触9時20分には31℃まで上がり、その後も上昇し続け、8分後(9時28分)の32℃をピークにして下降に転じた。そこからは食分の増加とともに温度も下がり続けた。

### 皆既日食時の温度変化(地上50cm)



【グラフ1】皆既日食時の温度変化(地上50cm)

### 平常時の温度変化(地上50cm)



【グラフ2】平常時の温度変化(地上50cm)

第2接触10時33分には25.5℃まで下がったが、その後も下がり続けている。第3接触10時38分までの5分間は完全に太陽は月に隠された状態であるが、それを過ぎて太陽が見え始めても下がり、第3接触から12分後(10時50分)に上昇に転じた。その後は、食分が減少していくに伴い温度上昇が進み、第1接触後に下降に転じた際のピークの温度以上に回復していった。

このグラフから分かるように、第1、(第2)、第3接触と10分程度のずれはあるが、各接触と温度変化には大きな関係がある。また、日食に伴う温度変化は最高で7℃(32-25℃)の差があった。

これらの温度変化は、日食の前後で同一場所、同一時刻の測定をし、比較しなければはっきりしたことを言えないが、ツアーの関係でそれは不可能だった。そこで、帰国後、ほぼ日食と同じような天候の日(自宅(川崎市麻生区)で温度を測定し比べた。【グラフ2】

【グラフ1】と【グラフ2】を比較すると、大きな違いは、平常時の温度変化にも雲による小さな上がり下がりがあるが、それは最大でも1~2℃の範囲である。それに対して日食時の温度変化は7℃もの差があり、食の進行とともに変化している。

日食は宇宙空間において熱源である太陽を月が覆い、熱源を全て遮断してしまう。それに対して、雲による太陽熱の遮断は大気圏内の出来事であり、性格の異なるものである。

なお、トカラ列島周辺海域で洋上観測をした鹿児島大学水産学部の練習船「かごしま丸」での観測報告では、第2接触前に太陽は雲に隠されてしまったが、第2接触前の10:50から急に風速10m/sec以上の風が吹き始めて、第3接触後の11:20まで継続した。最大食時には風速が最大(12.7m/sec)になり、風向は南西から西(影の進行方向)に変化した。第3接触後の11:20に気温が2℃急に下がった。と報告されている。

照度に関しては、皆既日食当日、豪雨に見舞われた悪石島等の映像では明かりのない正に闇夜になったことが報道された。それにより、皆既食中は真っ暗になったと捉えられる。また、筆者と同一の観測地で株式会社ナリカ製の測定器を用いて天頂付近の照度を観測した観測者がいたが、皆既時の照度は0と報告している。しかし、筆者は、皆既食中にカメラや望遠鏡の操作もでき、隣で観測をしている人の様子もしっかり見ることができた。コロナの明るさはかなり明るく、三日月程度の明るさと言われる。悪石島では、その程度の皆既中の明るさが、厚い雨雲で遮られ闇となったのではないかと考える。

#### 4 小学校学習指導要領における日食及び月食の位置づけ

##### (1) 学習指導要領における天文教材の位置づけ

我が国における小学校学習指導要領は、昭和 22 年の小学校学習指導要領(試案)にはじまり、昭和 27 年の同試案の改訂、昭和 33 年の小学校学習指導要領告示に続き、その後、昭和 43 年、昭和 52 年、平成元年、平成 10 年、平成 20 年と 5 回の改訂があった。

それらの小学校学習指導要領における天文教材の位置づけを次に示す。

##### 昭和 22 年版 小学校学習指導要領理科編(試案)

<第 1 学年>
○「空と土の変化」 太陽(影絵、影の移動、季節と出入りの位置、夜と晝) 月(三日月・満月の位置、三日月・半月・満月の形、月夜の明るさ、月の見えない日) 星(星空の明るさ、一番星・二番星、宵の明星)
<第 2 学年>
○「空と土の変化」 太陽(日なたと日陰、) 月(三日月・半月・満月を描く、沈む三日月)
<第 3 学年>
○「空と土の変化」 星(著名な星座) 地球(地球儀、地球は球、晝夜)
<第 4 学年>
○「春の天気」 太陽(春分、高度、出入りの方角と時刻)
<第 5 学年>
○「夏の天気」 太陽(出入りの方位、通り道、正午の高度、夏至の昼夜の長さ、朝焼け・夕焼け) 星(星について) ○「秋の天気」 太陽(秋分、太陽と気温・水温) 月(月の観察) 星(星の観察) ○「冬の天気」 太陽(冬至、出入りの時刻と方位、正午の高度)

##### 昭和 27 年版 小学校学習指導要領理科編(試案)

<第 1 学年>
太陽(通り道、時の経過、朝夕の明るさと出没、出入りの方角) 月(出入りの方角、月の形の変化、半月前後の月の形の変化)
<第 2 学年>
太陽(時の経過、光と熱、出入りの方角と道筋) 月(満ち欠けの形の変化、満月・三日月の見える方角、出入りの方角と道筋)
<第 3 学年>
太陽(季節と日の出・日の入の方角) 星(北極星は真北にある、東西南北) 太陽・月・星(大きさ・距離)
<第 4 学年>
太陽(日々の出没の時刻と方角) 月(満ち欠けの順序性、月の出の位置の変化) 星(北斗七星やオリオン座の位置関係、東西南北、金星・火星・木星の動き) 太陽・月・星(大きさ・距離、光り方や表面の様子)
<第 5 学年>
太陽(春分・秋分の頃の出没の方向は東と西、日の出・日の入の方角、南中の高度) 月(満ち欠けに要する日数) 星(星や星座は東から西に動く) 日食・月食(起こるわけ)
<第 6 学年>
太陽(南中時刻が正午でない場所がある、影の動きで時刻を計れる、太陽暦と太陰暦) 地球(自転と昼夜、地軸の傾きと季節)

##### 昭和 33 年版 小学校学習指導要領理科編

<第 1 学年>
○「日なたと日かげ」「かげあそび」 太陽(日なたと日陰の明るさや暖かさ、影は光源の反対側にできる)
<第 2 学年>
○「太陽と月」 太陽(太陽は丸い、東から西に動く、東西南北の方角、影の動きと太陽の動き)

月（三日月・半月・満月などの形の変化）

＜第3学年＞

○「月」

月（表面の明暗、同時刻の位置や形の変化、丸いもの、東から西へ動く）

＜第4学年＞

○「星や星座」

星（おなじ星や星座の明るさや並び方と見分け方、季節と見える星、北極星の方角）

＜第5学年＞

○「太陽・月・星と地球の自転・昼夜のでき方」  
太陽・月（太陽と月の表面の様子の違い、月は太陽の光を受けて反射している、太陽は月より遠くにある）

星（北の空の星は北極星のまわりを回る、1日たつと大体元の位置に見える）

地球（自転する、球形である、昼夜のでき方）

＜第6学年＞

○「季節と太陽」

太陽（春分・夏至・秋分・冬至の日出・日入の方角・時刻・南中高度・昼夜の長さ、運行）

地球（自転と公転、季節）

昭和43年版 小学校学習指導要領理科編

＜第1学年＞

○「日なたと日かげ」

太陽（日なたと日陰の暖かさ、太陽の位置と日なたと日陰）

＜第2学年＞

○「太陽の動き」

太陽（朝・昼・夕の太陽の色や輝き、丸い、東から出て南を通過して西に入る）

＜第3学年＞

○「太陽と月」

太陽（日なたと日陰の土や水の温度の違い、日なたの土や水の温度と日光の当たり方）

月（東から出て南を通過して西に入る、同じ時刻でも日が違うと位置や形が変わる）

＜第4学年＞

○「星や星座」

星（明るさや色の違い、星の集まりの向き・位置・並び方、北極星の位置）

＜第5学年＞

○「星や太陽の動き」

星（北の空の星の動き、太陽の通り道付近の星の動き、1日たつと元の位置にくる）

太陽（1日たつと元の位置にくる）

＜第6学年＞

○「地球の形や動き」

月（太陽の光を受けて輝く球体で地球からの見え方で欠けて見える）

星（北極星を中心に1日に一回転する、）

地球（太陽の光を受けた球体で昼・夜がある、同じ速さで自転して1回転するのに1日かかる、回転軸は北極星の方向にある）

○「季節と太陽」

地球・太陽（日中の土の温度と太陽高度・照らされる時間、季節による気温の違いと太陽高度と昼の長さ）

昭和52年版 小学校学習指導要領理科編

＜第1学年＞

○「かげ」

太陽（日なたの影は同じ向きになっている）

＜第2学年＞

○「日なたと日かげ」

太陽（日陰の位置は太陽の動きで変わる）

＜第3学年＞

○「土・水・空気の温度と太陽」

太陽（土や水の温度は日なたと日陰で違う、土や空気の温度と晴れの日と曇りの日で違う、土・水・空気の温度は夏と冬で違う）

＜第4学年＞

○「太陽と月」

太陽（丸い形、絶えず動いていて東の方から出て南の空を通り西の方に入る）

月（丸い形だが日によって形が変わって見える、絶えず動いていて東の方から出て南の空を通り西の方に入る）

＜第5学年＞

○「星の動き」

星（明るさや色の違い、星の集まりと位置・向き・並び方、太陽の通り道近くの星の動き、北極星の周りの星の動き、1日たつとほぼ元の位置に見える）

＜第6学年＞

○「季節と太陽」  
太陽（気温と日光に温められた地温の関係、季節による気温の違いと太陽高度や昼の長さ）

平成元年版 小学校学習指導要領理科編

＜第3学年＞

○「日なたと日かげ」  
太陽（日陰は太陽を遮るとできる、日陰の位置は太陽の動きで変わる）

＜第5学年＞

○「太陽と月」  
太陽（絶えず動いていて東の方から出て南の空を通り西の方に入る、球形をしている、表面の様子）  
月（絶えず動いていて東の方から出て南の空を通り西の方に入る、球形をしており日によって形が変わって見える、輝いている側に太陽がある、表面の様子）

＜第6学年＞

○「星の動き」  
星（明るさや色、星の集まりと位置・向き・並び方、南天の星の動きは太陽と似ている、北天の星の動きは北極星を中心に回る、全天の星は1日たつとほぼ元の位置に見える）

平成10年版 小学校学習指導要領理科編

＜第3学年＞

○「日なたと日かげ」  
太陽（日陰は太陽を遮るとできる、日陰の位置は太陽の動きで変わる）

＜第4学年＞

○「月と星」  
月（絶えず動いている）  
星（明るさや色の違い、星の集まりは1日のうちで並び方は変わらないが位置が変わる）

平成20年版 小学校学習指導要領理科編

＜第3学年＞

○「太陽と地面の様子」  
太陽（日陰は太陽を遮るとできる、日陰の位置は太陽の動きで変わる）

＜第4学年＞

○「月と星」  
月（日によって形が変わって見え時刻によって位置が変わる）  
星（明るさや色の違い、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）

＜第6学年＞

○「月と太陽」  
月・太陽（月の輝いている側に太陽がある、月の形の見え方は太陽と月の位置関係で変わる、月と太陽の表面の様子）

(2) 学習指導要領における日食・月食の位置づけ

以上、小学校学習指導要領における天文教材（天体に係る内容）の位置づけを示したが、日食・月食の位置づけを明確に示しているのは、昭和27年版小学校学習指導要領（試案）のみである。同学習指導要領には理解・能力・態度の目標を次のように設定している。

学年の指導目標（第5学年）

- 1 a. 太陽・月・地球・星の運動について理解する。
  - b. 宇宙の広さや秩序に興味をもつ。
- I 理解の目標
  - A. 太陽・地球・月は一定の秩序に従って動く。
    16. 日食は月が太陽の前をきて、太陽が月のかげになったときに起る。月食は地球のかげが月に映ったときに起る。
- II 能力の目標
  - B. 見る能力と考える能力（問題をつかむ能力）
    1. 日食や月食はどうして起るか考える。（筋道のおった考え方をする能力）
      1. 太陽の光線で、月・地球の影ができることから、日食・月食の起るわけを考えることができる。
- III. 態度の目標（自ら進んで究明する態度）
  1. 日食・月食の起るわけを調べようとする。

日食及び月食の学習指導要領における明確な位置づけは、既に示したように、昭和 27 年版小学校学習指導要領（試案）のみである。同学習指導要領（試案）は昭和 27 年 2 月 20 日発行で、次の昭和 33 年版小学校学習指導要領は昭和 33 年 10 月 1 日に告示されている。

従って、【図 3】たのしい理科改版 5 年 - 1（大日本図書株式会社発行）が昭和 29 年 2 月 5 日初版発行、昭和 35 年 2 月 5 日改訂四版発行であることから、同教科書は作成期間を考えると、昭和 27 年版小学校学習指導要領（試案）による編纂であると考えられる。

ところが、筆者は昭和 27 年度に小学校 5 年生として、【図 4】理科の学習 5 年生上（学校図書株式会社発行）の教科書を用いて、日食及び月食に関する学習をしたことをはっきりと記憶している。同教科書は昭和 26 年

10 月 29 日発行であることから、昭和 22 年 5 月 26 日発行の昭和 22 年版小学校学習指導要領（試案）に基づいて編纂された教科書であると考えられる。

しかし、昭和 22 年版小学校学習指導要領（試案）の第 5 学年には、日食及び月食に関係があると考えられる内容は示されていない。若干関係があると思われる内容としては、次の事項をあげることができる。

- ◇ 太陽の出る方位・入る方位・通る道・正午の高さを調べて話しあう。
- ◇ 星や月を観察する。
- ◇ 日の出・日の入りの時刻・その時の太陽の方位・正午の太陽の高さを調べ、それをまとめてみる。



【図 3】たのしい理科 改版 5 年 - 1  
（大日本図書株式会社発行）  
昭和 29 年 2 月 5 日初版発行  
昭和 35 年 2 月 5 日改訂四版発行



## 5 日食に対する興味・関心

### (1) 2009年皆既日食をどのように見たか

2009年皆既日食は、我が国においては46年ぶりの皆既日食であり、世界天文年でもあったことから、日本はもとより、世界中が大変なフィーバーぶりであった。

ところが、多くの観測者や観光客を集めたトカラ列島や奄美大島などの島々では、生憎の悪天候となって観測ができなかった。海外においても、梅雨前線の影響で、観測ができたのはほんの一部の地域となった。唯一、天候に恵まれたのは硫黄島周辺の海域であり、家庭等に送られた映像の殆どが、この地域での素晴らしい観測の実況となった。

筆者は、このような状況にあって、どのような方法で、今回の皆既日食を見たかを調査した。調査対象は神奈川県にある私立大学附属小学校の6年生31名と、都内の私立短期大学の1年生36名である。

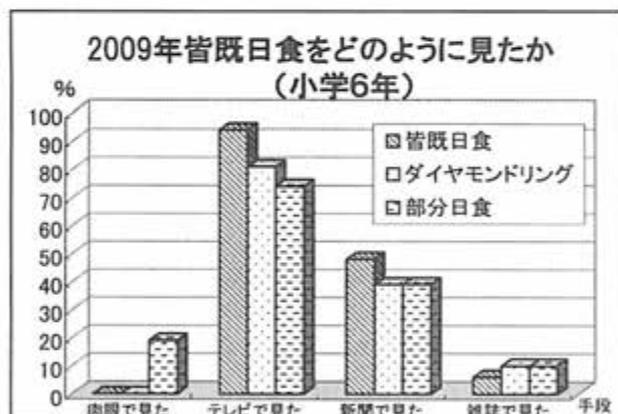
調査の時期は、小学生が11月上旬、短大生が10月上旬とした。調査方法はアンケート用紙を用いた。

皆既日食当日の東京・神奈川の天気は曇りまたは小雨という状況で、部分日食を殆ど見ることはできなかった。しかし、小学生の19%、短大生の3%が肉眼で部分日食を見ている。当日は、短大生は未だ授業があったため、見られなかったのかもしれない。

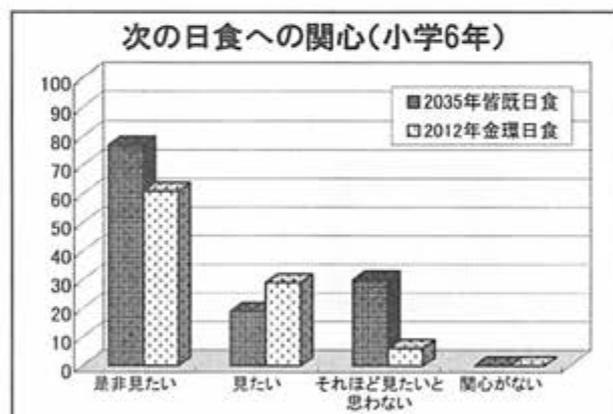
次に、皆既日食やダイヤモンドリングをどのような方法で見たかについては、小学生も短大生も、多い順にテレビ、新聞、雑誌となっている。しかし、テレビによる視聴では皆既日食を見た小学生が94%であるのに対して、短大生が61%と低く、全体的に短大生の方が小学生より30ポイントほど低くなっている。このことは、短大生はバイト等で忙しかったとはいえ、天体現象に小学生よりも関心が低いようである。

### (2) 次の日食に対する関心

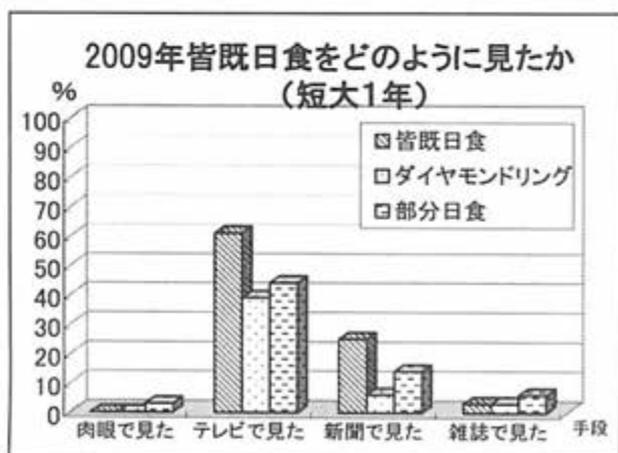
このことは、我が国で見られる2012年金環日食及び2035年皆既日食を見たいかという質問に対して、小学生が短大生より遙かに高く、しかも、小学生には感心が無いとする者がいないのに対して、短大生は6%いることから関心の低さがうかがえる。



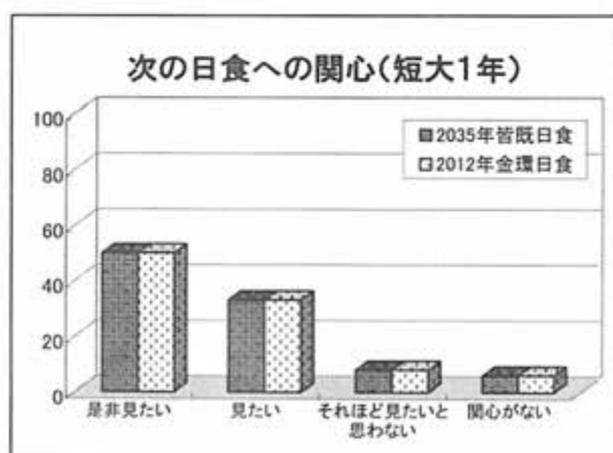
【グラフ3】皆既日食を見た方法 (小学生)



【グラフ5】次の日食に対する関心 (小学生)



【グラフ4】皆既日食を見た方法 (短大生)



【グラフ6】次の日食に対する関心 (短大生)

## 6 おわりに

2009年7月22日、筆者は多くの観測地が天候に恵まれなかったにもかかわらず、幸にも皆既日食の全過程を中国浙江省湖州市安吉県天荒坪で観測することに成功した。神秘的なダイヤモンドリング、コロナの広がり、皆既時の環境変化、等々がちょうど46年前(1963年7月21日)に、北海道網走市天都山で皆既日食を観測したときの感動を蘇らせた。この感動が当時大学4年生だった筆者を小学校で理科教育を専門とする教員になることを導いてくれた。

初等教育の段階から子どもたちが多くの自然体験を重ねていくこと、自然の神秘や不思議、そして面白さを体を通して直に感じ取ることが人間形成の上で大変意義深いことである。日食や月食などの観察を通して、子どもたちが宇宙のロマンに触れること、その感動は一生忘れることはないだろう。

理科離れ、自然離れ等がささやかれてから久しい。自然に触れる機会を子どもたちに、もっともっと用意してやるのが、我々大人の仕事ではないだろうか。

昭和22年版学習指導要領(試案)、昭和27年版学習指導要領(試案)によって編纂された教科書を見てみると、実に楽しい。多くの自然体験が、いっぱいつまっているからである。



【図6】第4学年用小学生の科学「空には何が見えるか、地面はどのようなになっているか」(文部省発行) 昭和23年7月15日発行

## 謝辞

本研究を行うにあたって、相模女子大学小学部教頭真辺英二先生には図面等の作成を、同部教諭荒井大輔先生には、児童の「日食に対する興味・関心」等に関するアンケート調査にご協力いただいたことを、深く感謝申し上げます。

## <引用文献>

- 1) 毛利衛「皆既日食ハンターズガイド」INFASパブリケーションズ 2009年 p22
- 2) Takao Kameda 「Total solar eclipse over Antarctica on 23 November 2003 and its effects on the atmosphere and snow near the ice sheet surface at Dome Fuji」2009年 p1-2
- 3) 仁科文子「日食情報2009 No.4」日食情報センター 2009年 p17

## <参考文献>

- 4) 木下邦太郎「ラッキーだった中国での皆既日食の観測」初等理科教育2009.10 農文協 2009年
- 5) 木下邦太郎「2009年皆既日食の観測」初等理科教育2009.10 農文協 2009年
- 6) 木下邦太郎「日本初の元日月食」初等理科教育2009.10 農文協 2009年
- 7) 誠文堂新光社「天文年鑑1963」1962年
- 8) 誠文堂新光社「天文年鑑2009」2008年
- 9) 誠文堂新光社「天文年鑑2010」2009年
- 10) 地人書館「天文手帳2009」2008年
- 11) 地人書館「天文手帳2010」2009年
- 12) 誠文堂新光社「星食・月食・日食観測」2009年
- 13) 誠文堂新光社「天文ガイド2010.1」2009年
- 14) アストロアース「皆既日食2009」2008年
- 15) アストロアース「皆既日食2010」2009年
- 16) アストロアース「星ナビ2009.8」2009年
- 17) アストロアース「星ナビ2009.10」2009年
- 18) 日食情報センター「日食情報 2009 No.1」2009年
- 19) 日食情報センター「日食情報 2009 No.2」2009年
- 20) 日食情報センター「日食情報 2009 No.3」2009年
- 21) 日食情報センター「日食情報 2009 No.4」2009年
- 22) 文部省「学習指導要領理科編(試案)1947年
- 23) 文部省「学習指導要領理科編(試案)1952年
- 24) 文部省「学習指導要領理科編 1958年
- 25) 文部省「学習指導要領理科編」1968年
- 26) 文部省「学習指導要領理科編 1977年
- 27) 文部省「学習指導要領理科編 1989年
- 28) 文部省「学習指導要領理科編 1998年
- 29) 文部省「学習指導要領理科編 2008年
- 30) 文部省「師範学校編集「小学讀本」四」1874年
- 31) 文部省「高等小学理科書 第二学年児童書」1912年
- 32) 文部省「第4学年用小学生の科学：空には何が見えるか、地面はどのようなになっているか」1948年
- 33) 学校図書株式会社「理科の学習 五年生上」1951年
- 34) 大日本図書株式会社「たのしい理科改版 5年-1」1960年
- 35) 学校図書株式会社「理科の学習 五年生上」1951年