

皆既月食観察会における皆既月食の色の観察

佐藤幹哉*・成瀬裕子*

Observation report about the color of total lunar eclipse at the eclipse party

Mikiya Sato* and Yuko Naruse*

2014年10月8日の夕刻から宵にかけて、皆既月食が起こった。川崎市青少年科学館（かわさき宙と緑の科学館）では、この月食に合わせて皆既月食観察会を行った。その際、参加者に皆既月食の色について簡素化した方法で観察報告をしていただいた。この結果について報告する。

1. 背景

1-1. 2014年10月8日の皆既月食の概要

月食は、地球の影に月が入り込み、まるで月が欠けてしまったかのように見られる現象である。また、皆既月食は、月が地球の影に全て入る現象である。

2014年10月8日は、国内ではおよそ3年ぶりに好条件の皆既月食が観察できるため、多くの注目が集まった。各現象の時刻などを表1にまとめた。

表1. 2014年10月8日の皆既月食の概要。

現象	時刻	高度	方位	食分 (本影)
半影食の始め	17時14.1分	1.0	84.0	
部分食の始め	18時14.5分	12.6	92.3	0.000
皆既食の始め	19時24.6分	26.4	102.6	1.000
食の最大	19時54.6分	32.1	107.6	1.171
皆既食の終り	20時24.5分	37.7	113.2	1.000
部分食の終り	21時34.7分	49.7	130.0	0.000
半影食の終り	22時35.2分	57.6	151.1	

*データは月食各地予報（国立天文台2014 No.1）より。

高度・方位は科学館の経緯度における値

1-2 皆既月食の色について

皆既月食のときの月面は、地球の影に入るものの真っ暗にはならず、やや赤黒い、いわゆる「赤銅色」と表現される色で観察されることが多い。これは、地球の大気中を進んできた太陽光が、大気によって若干屈折し地球の影（本影）の中に入り込んで、わずかに月面を照らすためである。この際、大気中のエアロゾルなどで、波長の短い太陽光はほとんど散乱してしまい、波長の長い赤色光や橙色光が優位に入り込む。赤銅色として観察されるのは、このためである。

さらに、この皆既月食のときの月面の色（明るさ）は、毎回異なっており、黄色っぽい明るいものから、暗くてほぼ見えないようなものまで観察されている。皆既月食の色については、かつてフランスの天文学者のダンジョン氏（1890～1967）が詳しく研究しており、同氏自らが設けた「ダンジョンスケール（ダンジョンの尺度）」によってその色を規定し、調査している。このダンジョンス

ケールを表2に示す。

表2. ダンジョンスケール（尺度）。

尺度	月面の様子(日本語訳)	簡易表現
0	非常に暗い食。 月のとりわけ中心部は、ほぼ見えない。	黒
1	灰色か褐色がかかった暗い食。 月の細部を判別するのは難しい。	灰色または こげ茶色
2	赤もしくは赤茶けた暗い食。たいていの場合、影の中心に一つの非常に暗い斑点を伴う。外縁部は非常に明るい。	暗い赤
3	赤いレンガ色の食。影は、多くの場合、非常に明るいグレーもしくは黄色の部位によって縁取りされている。	明るい赤
4	赤銅色かオレンジ色の非常に明るい食。 外縁部は青みがかって大変明るい。	オレンジ

原文: Danjon (1920)、訳文と簡易表現: 国立天文台 (2007)

※注: 国立天文台 (2007) の訳文と簡易表現の内容は、佐藤が当時まとめたものである。

Danjon (1921) によれば、皆既月食の色は太陽黒点活動と関連して変化していると報告しているが、その理由の詳細は不明である。

一方で、近年においては、皆既月食の色は大気中（成層圏）のエアロゾルの量と密接に関連していると考えられている。すなわち、エアロゾル量が増加すると、赤色光まで散乱するため、光が届かずに皆既月食は暗くなる。逆に少ないときには橙色光や黄色光も届くようになって明るくオレンジ色になる。

エアロゾル量が増加する最大の要因は、火山の大規模な噴火である。火山の噴出物が成層圏に達すると、長期間に渡って大気中にエアロゾルが滞留し、さらに拡散して大気全体に広がっていく。こうして、皆既月食の際に月面を照らしている大気による屈折光のほとんどを散乱させてしまうのである。

1960年以降で、ダンジョンスケールがL=0または1となり、際だって暗く観測された皆既月食は、表3の通りである。

これらの皆既月食の直前には、アグン火山(1963年)、エルチチョン火山(1982年)、ピナトゥボ火山(1991年)という大規模な火山噴火が起こっている。1960年以

表 3. 暗く観測された皆既月食（1960 年以降）。

皆既月食の日付	ダンジョンスケール	影響したと考えられる火山噴火 (*3)
1963 年 12 月 30 日	0.2 (*1)	アグン火山 (インドネシア) 1963 年 2~5 月
1964 年 6 月 25 日	0.29 (*1)	
1982 年 12 月 30 日	0.25 (*1)	エルチチョン火山 (メキシコ) 1982 年 3~4 月
1993 年 6 月 4 日	1.0 (*2)	ピナトゥボ火山 (フィリピン) 1991 年 6 月

*1: Westfall (1989), *2: 佐藤 (1993), *3: 気象庁 (2013)

降で、成層圏エアロゾルが増加した火山噴火は、この 3 件だけである (気象庁, 2013)。逆に言えば、皆既月食の色を観測することは、成層圏のエアロゾル量の指標になる可能性があることになる。

そこで今回の皆既月食観測会に際し、参加者に「ダンジョンスケール」を観察してもらい、報告してもらったこととした。

2. 観察報告

2-1. 皆既月食観測会の概要

今回の皆既月食は、夕方から宵にかけて見られる好条件のものであったため、広く市民に呼びかけて、この月食を観察する「皆既月食観測会」を開催した。事前申込を設けずに多くの方が参加できる観測会を目指し、会場は当館前の中央広場にて行った。

当日はおよそ 750 名の参加者が集った。雲が多い天候ではあったが、食の最大付近の 19 時 50 分頃までは月食の様子を観察することができた。

2-2. 観察・報告の方法

数百人の参加が見込まれたため、観察方法や、報告方法は極力簡素化することにした。ダンジョンスケールについても、表 2 にあげた簡易表現を用いることとし、これを色の見本とともにパネルに貼り出した。参加者には小さなシールをその場で手渡し、実際に見えたと思われる色のパネルの欄に貼ってもらうこととした (図 1)。ま



図 1. 実際の報告の様子。

た「ダンジョンスケール」については、当日に配布した資料中にも記載して案内した。

なお、「ダンジョンスケール」の評価は、本来皆既月食全体を観察して評価するものであるが、今回については、皆既月食が始まった直後から呼びかけを行い報告してもらったこととした。図 2 は、実際に参加者によってシールが貼られたパネルである。報告の際には、子ども達が悩んだ末に、スケールの値の中間近くにシールを貼っていく姿が見られた。日食や月食といった天文現象の観測会では、ただ単に見て終わりになることも多いが、今回のように「ダンジョンスケール」というひとつの指標を設けることによって、簡素ではあるが、より科学的に観察する状況を作り出せたと考えられる。

2-3. 観察結果

実際の観察結果を表 4 および図 3 にまとめた。観察報告総数は 219 件であった。「ダンジョンスケール」の報告では、L=2 (暗い赤) とするものが最も多く、48.4% にのぼった。2 番目は L=4 (オレンジ) の 22.4% で、3 番目が L=3 (明るい赤) の 19.6% となった。L=0 (黒) と L=1 (灰色またはこげ茶色) は、それぞれ 3.7% と 5.9% であり、かなりの少数であった。多くの参加者にとって、今回の皆既月食中の月面が赤っぽく見えていたことがうかがわれる結果となった。ダンジョンスケールについて、平均値を求めると L= 2.51 となり、「暗い赤」と「明るい赤」の中間的な色合いという結果を得た。

一方で、最多数であった L=2 の報告数の次に感じられたのは、L=3 ではなく L=4 が多いという結果となった。これは、本来のダンジョンスケールに対して、簡易表現を用いているため、「明るい赤」(L=3) と「オレンジ」(L=4) との判別が少々難しく感じられたことが考えられる。今後は「明るい赤」よりも「オレンジ」の方が明るい色であるような表現を検討していきたい。

2-4. 他の観察との比較

同様の方法による皆既月食の観察は、国立天文台による「2014 年 10 月 8 日『皆既月食を観察しよう 2014』

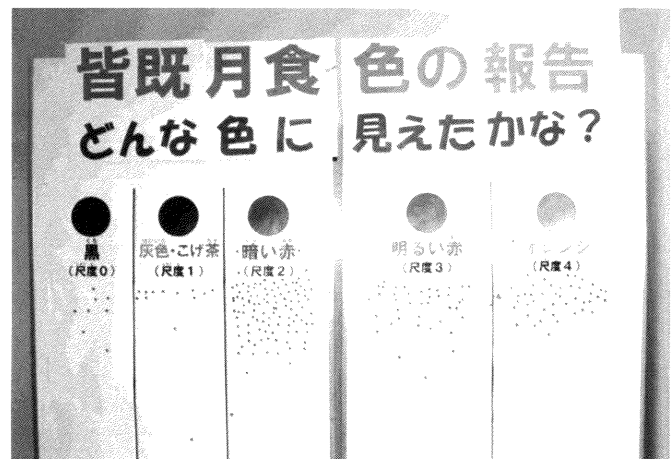


図 2. シールが貼られた報告ボード。

表 4. 観察報告結果.

ダンジョン スケール (L =)	簡易表現	報告 件数	割合
0	黒	8	3.7%
1	灰色またはこげ茶 色	13	5.9%
2	暗い赤	106	48.4%
3	明るい赤	43	19.6%
4	オレンジ	49	22.4%
合計		219	100.0%
スケール平均値 : L = 2.51			

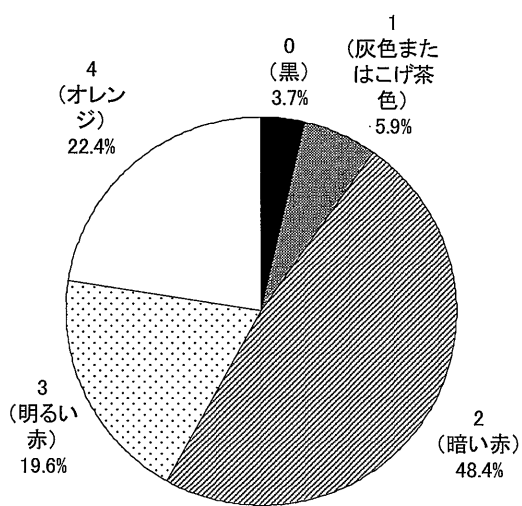


図 3. ダンジョンスケールの割合.

キャンペーン」でも行われた。ウェブ経由で全国の観察結果の報告を受け付けたものである(国立天文台, 2007)。同キャンペーンでは、皆既月食の現象中の時間帯を3つに区切り、それぞれで報告を受け付けることにしていた。その結果、ダンジョンスケールの平均値は、19時25分~44分がL=2.49(報告数905件)、19時45分~20時04分がL=2.29(同1075件)、20時05分~20時24分がL=2.43(同824件)であった(国立天文台, 2014)。当館では天候により観察できたのが19時50頃までだったため、国立天文台の19時25分~44分の結果と比較すると、当館の結果のL=2.51に対して国立天文台はL=2.49と、その差はわずかに0.02であり、ほとんど一致した。ある程度の報告件数が揃うと、同じ結果を得られることがうかがわれた。

2-5. 考察

今回、得られたダンジョンスケールの値について、過去の結果をもとに考察することにする。Westfall(1989)の報告にある1956年~1985年に起こった24回の皆既月食について、ダンジョンスケールを単純に平均すると、その値はL=1.91となる。今回の結果はL=2.51であり、これよりも0.6上回る結果となった。今回の「ダンジョンスケール」は、簡易表現を用いているため単純な比較

はできないものの、この結果は皆既月食としては、標準よりも明るい色であったと考えることができそうである。

また、1-2で述べたとおり、火山噴火の影響が出たと思われる場合には、月面はL=0~1の値のようになって観察される(表3)。今回の報告では、L=0と1を合計しても9.6%と1割に満たなかった。また、スケールの平均値も過去の平均を大きく上回っていた。したがって、成層圏のエアロゾル量について、火山噴火の影響は出ていない状況下であったのではないかと推測された。

3. まとめ

今回、2014年10月8日の皆既月食観察会に際して、参加者にダンジョンスケール(簡易表現)を用いた皆既月食の色の観察を促した。

結果は、皆既月食の月面としては標準よりも明るい色として観察された。簡素化した方法ではあったが、国立天文台で行われた大規模なキャンペーンと比較してほぼ同様の結果となり、科学的な考察も可能な結果を得られたと考えられる。一般的に見ることだけにとどまってしまう天文現象の大規模な観察会において、参加者とともに科学的な観点から観察できる有効な方法になり得ると考えられた。

4. 参考文献

- Danjon, A., 1920. *Comptes Rendus Acad. Paris.*, 171: 1127.
- Danjon, A., 1921. *L'Astronomie*, 35: 261-265.
- 気象庁(編), 2014. 気候変動監視レポート2013. p. 59, In: 世界と日本の気候変動および温室効果ガスとオゾン層等の状況について.
- 佐藤幹哉 1993. 月食観測報告. むぎ星(FAS府中天文同好会会誌), 44: 4-6.
- Westfall, J. E., 1989. *The Journal of the Association of Lunar and Planetary Observers*, 33(7-9): 112-117.
- Online Available from Internet
- 国立天文台, 2007. 2007年8月28日「皆既月食どんな色?」キャンペーン.
<http://www.nao.ac.jp/phenomena/20070828/color.html> (accessed on 2014-12-01)
- 国立天文台, 2014. No.1. 月食各地予報.
http://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/eclipse_x1.cgi (accessed on 2014-12-01)
- 国立天文台, 2014. No.2. 2014年10月8日「皆既月食を観察しよう2014」キャンペーン集計結果.
http://naojcamp.nao.ac.jp/phenomena/20141008-lunareclipse/doc/20141008_lunareclipse_result.pdf (accessed on 2014-12-01)