

## 太陽観察グラスの透過率測定 I\*

大西浩次\*<sup>1,2,3</sup>・齋藤泉\*<sup>2,3,4</sup>・安藤享平\*<sup>2,5</sup>・大川拓也\*<sup>2,3,6</sup>・小野智子\*<sup>2,7</sup>  
 篠原秀雄\*<sup>2,3,8</sup>・高橋淳\*<sup>2,9</sup>・松尾厚\*<sup>2,3,10</sup>・奥野勉\*<sup>11</sup>

### The measurement of the transmittance of the filter for sunlight I

Kouji Ohnishi, Izumi Saito, Kyohei Ando, Takuya Ohkawa, Tomoko Ono,  
 Hideo Shinohara, Jun Takahashi, Atsushi Matsuo and Tsutomu Okuno

May 21, 2012, solar eclipse was observed in Japan. This time, annular eclipse occurred over a wide range; i.e. the southern part of Kyushu, the southern part of Shikoku, the southern part of the Kinki, the southern part of the Chubu, such as the Kanto. Other regions became a partial solar eclipse. Approximately 83 million people are living in the path of annular phase, we were expected many people to observe the eclipse. Eclipse is a valuable opportunity to increase interest in science. On the other hand, when observing the sun, it runs a strong risk that leads to trouble in the eyes of people due to the strong sunlight. For example, in the case of the eclipse in Germany in 1912, solar eclipse retinopathy patients of 3,500 has occurred. We conducted our activities for many people to observe the eclipse safe. One of them is the spread of safe solar eclipse observation method, another is a research study of the safety of the solar eclipse glasses.

In this paper, we report the transmittance measured in the various filters; solar viewing glass on the market, and their substitutes. These are valuable archival material related to solar observation glass for the solar eclipse in the future.

キーワード：金環日食，2012年金環日食，日食網膜症，日食メガネ，透過率

### 1. はじめに

2012年5月21日，金環日食とそれに伴う食分の大きな部分日食が日本国内の全域で観察された。

今回の金環日食では，太陽がリング状に見える金環になる領域（金環帯）に，およそ8300万人の人々が住んでおり，それ以外の領域でも大きく欠けた日食が観測できた。このため，全国の多くの人々が金環日食や部分日食を観察すると想定できた。日食は顕著な天文現象であるので，児童・生徒にとって，その観察は理科学習への強い動機付けとなり，宇宙における地球・月・太陽の位置や運動を実体験できる非常に貴重な学習機会の場にもなる。また，一般市民の科学への関心を高め，科学リテラシーを向上させる貴重な機会にもなる。一方で，太陽を観察するときには，太陽の強い光を減光するための適切な観察用フィルタ（太陽観察グラス）を使用しないと，日食網膜症などの眼の障害が生じるリスクを伴う<sup>1)</sup>。このため，私たちは，多くの人々が日食を安全に観察できる様にするための2つの活動を行ってきた。

そのひとつが，安全な日食観察法の普及活動であり，もうひとつが，日食メガネの安全性に関する調査研究である。

---

\* 本研究は，国立天文台先端技術センターATC施設利用（2008年11月～2012年9月），および，JSPS科研費基盤研究（C）23501085「児童・生徒一人一人が安全かつ主体的に日食を観測するための教材の開発とその評価」（代表：大西浩次）の助成を受けたものです。

- \*1 長野工業高等専門学校一般科教授，
- \*2 天文教育普及研究会，日食の安全な観察推進WG
- \*3 日本天文協議会，2012年金環日食日本委員会
- \*4 栃木県子ども総合科学館，
- \*5 郡山市ふれあい科学館，
- \*6 独立行政法人宇宙航空研究開発機構
- \*7 自然科学研究機構 国立天文台，
- \*8 埼玉県立草加東高等学校，
- \*9 茨城県立水海道第一高等学校，
- \*10 山口県立山口博物館，
- \*11 労働安全衛生総合研究所

原稿受付 2014年5月20日

我々は、日食メガネの安全性に関する調査研究のための基礎資料・安全性の確認のために、2012年の日食直前の時点で(1)市販されている太陽観察グラス、及び、(2)ススガラスや溶接用遮光プレートなど、太陽観察グラスの代用品として使われる可能性の高いフィルタ類など80種類のサンプルの収集と透過率の測定を行った。透過率の測定では、国立天文台先端技術センターの分光光度計や労働安全衛生総合研究所の分光放射輝度計を使用した。

それらの結果の一部については、速報として日食の前にウェブページ等で広く公開してきた<sup>2,3,4)</sup>が、本論文「太陽観察グラスの透過率測定 I, および, II」は、これらの測定の詳細を報告する。

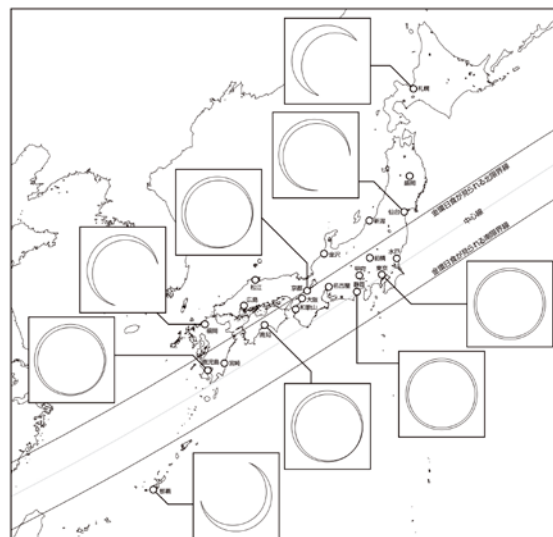
この第1報では、2012年の日食の特徴、この時点での日食網膜症の理解、及び、国内外での太陽観察グラスの規格などについてまとめる。

第2報では、これらを踏まえて、2012年時点で入手可能であった80種類の太陽観察グラス及びその代用品の透過率と視感透過率を具体的に示す。これらは、将来の国内外で起こる日食における安全な日食観察法の普及のための基礎資料となるとともに、2009年と2012年の日食における記録的資料のひとつになるだろう。

## 2. 2012年の金環日食

2012年5月21日(月)の朝、日本全域の広い範囲で日食が起きた(図1)。なかでも、多くの人々が居住する九州南部・四国の大部分・紀伊半島から関東付近にかけた帯状の範囲(金環帯と呼び、神戸・大阪・京都・名古屋・横浜・東京などを含む)では、太陽の周辺部分以外を月が隠し、太陽の縁のみがリング状に輝く「金環日食」となった(図2)。日本のその他の地域でも太陽が大きく欠ける「部分日食」となり、その欠け具合は前述の帯状の地域に近いほど大きく欠けた。

日本で金環日食が起こるのは、1987年に沖縄地方で見られて以来25年ぶりであったが、東京(都心)に限れば、1839年9月8日以来173年ぶり、大阪では282年ぶり、名古屋では、実に932年ぶりの現象であった<sup>5)</sup>。この日食は、観察地点によりその見え方は違ってくるが、おおむね午前6時すぎに始まり、午前9時すぎに終わる。金環食になるのは午前7時半頃で、金環食の継続時間は国内で一番長い地点で5分間程度である。この金環日食の最大の特徴は、金環日食の起こる金環帯の領域に、日本人口のおよそ3分の2、約8300万人の方が居住していることにある。



主な地点			
地名	食の始め	食の最大	食の終わり
札幌	6時33分07秒	7時49分49秒	9時17分35秒
仙台	6時23分46秒	7時40分16秒	9時08分08秒
福岡	6時15分51秒	7時25分26秒	8時45分43秒
那覇	6時06分21秒	7時13分00秒	8時29分58秒

金環日食が見られる主な地点					
地名	食の始め	金環日食の始め	食の最大の時刻	金環日食の終わり	食の終わり
東京	6時19分02秒	7時31分59秒	7時34分30秒	7時37分00秒	9時02分37秒
静岡	6時17分43秒	7時29分44秒	7時32分13秒	7時34分42秒	8時59分10秒
京都	6時17分41秒	7時30分00秒	7時30分35秒	7時31分09秒	8時55分17秒
高知	6時15分24秒	7時25分11秒	7時26分46秒	7時28分21秒	8時49分35秒
鹿児島	6時12分49秒	7時20分05秒	7時22分11秒	7時24分17秒	8時42分26秒

予報時刻は国立天文台による。(計算地点における時刻です)

図1 金環日食となる金環帯とその中心線、国内の主な地点における食の最大の図(上)、主要地点の金環日食の時刻(下)

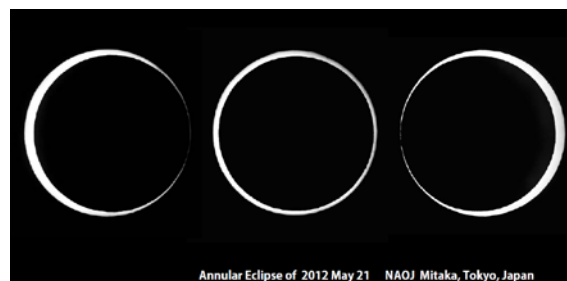


図2 2012年5月21日の金環日食

撮影者：大西浩次、撮影場所：国立天文台三鷹キャンパス(東京都三鷹市)

表1 金環食の食分と観測可能な総人数

	人口	割合%
金環食	83384694	65.12
食分0.95以上	55062894	43.00
食分0.90以上	120015274	93.72
食分0.85以上	124254624	97.03
食分0.80以上	128004937	99.96
食分0.75以上	128056026	100.00

全国各地の市町村役場の所在地の日食の食分と市町村人口を食分ごとに総計した。

表 1 は、全国各地の市町村役場の所在地の日食の食分と市町村人口の総計であるが、食分 0.9 以上で日本の人口の 93%以上に、食分 0.75 以上で日本の人口の 100%になる<sup>6)</sup>。

これだけ広範囲で金環日食が起こるのは、1080 年 12 月 14 日以来 932 年ぶりであるが、現在の日本の人口を考えると、今回の金環日食は日本史上最も多くの人々が観察できる金環日食であったといえる<sup>5)</sup>。

### 3. 日食観察と目の安全性

日食は顕著な天文現象であり、宇宙における地球・月・太陽の位置や運動を実体験できるという非常に貴重な機会である。しかし、観察の対象が極めて明るい太陽であるため、金環日食は皆既日食と異なり、月と太陽が重なった時でも、常にまぶしい太陽面が見えていることに注意が必要である。

2009 年 7 月 22 日の皆既日食の時に、天文教育普及研究会の世界天文年プロジェクトワーキンググループの中に「太陽フィルタ測定チーム」が設置された。筆者の多くはこのチームのメンバーとして、世界天文年 2009 年日本委員会<sup>\*1</sup>の推奨する日食グラスをはじめ複数の太陽観察グラスについて、可視から近赤外域にわたっての透過率を測定し、その安全性を検証してきた<sup>2)</sup>。この日食観察後、天文教育普及研究会・世界天文年プロジェクト WG 等による安全な日食観察法の広報活動の効果を検証するために、眼の障害についてウェブを通じたアンケート調査を行い、14 件の症例の報告を得た。これらはいずれも太陽観察グラスの誤った方法での使用や、不適切な代用品の使用により生じた症状であった<sup>1,5,7)</sup>。

このように、2012 年 5 月 21 日の金環日食を安全に楽しむためには、適切な情報発信がきわめて重要である。

今回の金環日食では、2009 年の皆既日食の時より、遙かに多くの人々が観察可能で、かつ、常にまぶし

\*1 2009 年、ガリレオ・ガリレイが初めて望遠鏡を夜空に向け、宇宙への扉を開いた 1609 年から、ちょうど 400 年の節目の年であった。国際連合(UN)、ユネスコ(国連教育科学文化機関)、国際天文学連合(IAU)は、この 2009 年を「世界天文年」と定め、天文学の普及と教育のための全世界的活動を行った。日本では、IAU 世界天文年 2009 ワーキンググループ日本代表である海部宣男(現 IAU 会長)を委員長とする「世界天文年 2009 日本委員会」を組織し、日本学術会議をはじめとする主要研究組織・研究所・大学のみならず、生涯学習や教育普及に関連する団体と幅広く協力しながら、天文学の普及と教育のための活動を行った。

い太陽面が見えている事から、数千人規模での眼の障害の発生が想定された<sup>6)</sup>。

そこで、国内天文関連団体・機関の合同組織「日本天文協議会」<sup>\*2</sup>のワーキンググループの一つ「2012 年金環日食日本委員会」<sup>\*3</sup>を設立し、安全な日食観察をめざす 4 つの柱を掲げて活動を展開した<sup>8,9,10)</sup>。

1. 日食観察に関する知識を周知する。
2. 安全知識の基礎となる日食メガネなどの観察方法に関する調査研究を行う。
3. 日食関連イベントなど観察の機会提供に関する情報を収集・発信する。
4. シンポジウムを開催し日食に関心をもつ方々の情報交換の場を創出する。

2012 年金環日食日本委員会の主要な成果の一つとして、日本眼科学会、日本眼科医会とも協力し、日食を安全に観察するための方法及び注意事項等を「2012 年 5 月 21 日 日食を安全に観察するために」としてまとめ、文部科学省より、学校及び社会教育施設に周知したことが挙げられる<sup>11,12)</sup>。

このような、国民全体に日食観察の正しい方法の周知を行うための基礎的な資料として、市販の太陽観察グラスやその代用品として使われてきたススガラスや現像済みのフィルムなどを使ったフィルタの安全性を自分たちで測定・確認することが重要である。

\*2 「日本天文協議会」は、世界天文年 2009 の成果を引き継ぎ、日本の天文研究・教育・普及・アマチュア活動が一体となって、天文と科学の理解を日本の社会に広げるための合同組織(会長:海部宣男(現 IAU 会長))である。日本天文協議会は、現時点で 8 団体から構成されている。社団法人 日本天文学会、自然科学研究機構 国立天文台、宇宙航空研究開発機構、天文教育普及研究会、日本プラネタリアム協議会、日本公開天文台協会、日本天文愛好者連絡会、星空を守る会

\*3 「2012 年金環日食日本委員会」は、金環日食を安全に楽しむための適切な情報発信を行うことをめざした委員会である。委員は、海部宣男委員長(日本天文協議会会長/元国立天文台長/放送大学)、大西浩次副委員長(日本天文協議会運営委員/天文教育普及研究会)、飯塚礼子(天文教育普及研究会 金環日食調査 WG)、大川拓也(国立天文台)、大越 治、齋藤 泉(天文教育普及研究会 安全な日食観察推進 WG)、阪本成一(独立行政法人 宇宙航空研究開発機構)、佐藤幹哉、篠原秀雄(天文教育普及研究会 安全な日食観察推進 WG)、塩田和生、塚田 健(日本プラネタリアム協議会)、船越浩海(日本公開天文台協会)、洞口俊博(日本公開天文台協会)、松尾 厚(天文教育普及研究会 安全な日食観察推進 WG)、三島和久(日本プラネタリアム協議会)、森 友和、山田陽志郎である。

本研究は、2012年金環日食日本委員会の4つの柱の内、2番目に関する研究のひとつ、天文教育普及研究会の「日食の安全な観察推進ワーキンググループ」が中心として行った太陽観察グラス、及び、その代用品の透過率測定の結果である<sup>13,14,15)</sup>。

#### 4. 日食網膜症

日食網膜症は、日食性網膜炎、太陽性網膜炎、日光網膜炎などとも呼ばれ、太陽を直視あるいはそれに近い状態で見た場合に、網膜が損傷を受けることにより発症する。自覚症状としては、中心暗点（視野の中央に暗い点が見える、視野の中心部分が暗く見えにくい）、視力低下（中程度の場合が多い：1.2→0.5（重い場合は→0.1））、霧視（かすんで見える）、流涙、眼痛、字が抜けて見えるなどである。太陽光による眼障害（日光網膜炎）は、古代ギリシア時代から知られ、紀元前4世紀にプラトンによっても記述されている<sup>16)</sup>。ガリレオ・ガリレイ（1564-1642）も自作の望遠鏡で障害を受けたとの記録がある<sup>1)</sup>。

日食観察後の視力低下が初めて医学的に認められたのは、1722年の日食の時、「日食による失明」（eclipse blindness）と呼ばれた。その後、19世紀に日食網膜症（eclipse retinopathy）または日光網膜症（solar retinopathy）と命名された。日本では、1888年に8例の症例報告があり、1912年の日食において、ドイツで3,500人が発症し社会問題となった<sup>16)</sup>。日本国内では、1936年（昭11年）6月の北海道北東部皆既日食では90例が報告されており<sup>16)</sup>、1982年までに医学誌だけでも210例の報告がある。これらの症例数は医師を受診し、かつ医学誌で報告されたものだけなので、潜在例ははるかに多いはずである。実際に、2009年の皆既日食の後に、天文教育普及研究会「太陽フィルタ測定チーム」による眼障害についてウェブを通じたアンケート調査では、14件の症例の報告を得た<sup>1,2)</sup>。

日食網膜症の原因は、一般的には日食を不適切な方法で観察したことによる。

事実、2009年の14件の症例は、いずれも太陽観察グラスの誤った方法での使用や、不適切な代用品の使用により生じた症状であった<sup>5)</sup>。

発症機構としては、古くは漠然と太陽光線による「網膜の熱的損傷」とされていた<sup>17,18,19)</sup>。しかし、近年、日光網膜炎は可視光の中で波長が短い光、すなわち紫色や青色光に網膜がさらされることによって生じる光化学的な反応の結果であることが明らかになってきた<sup>20)</sup>。

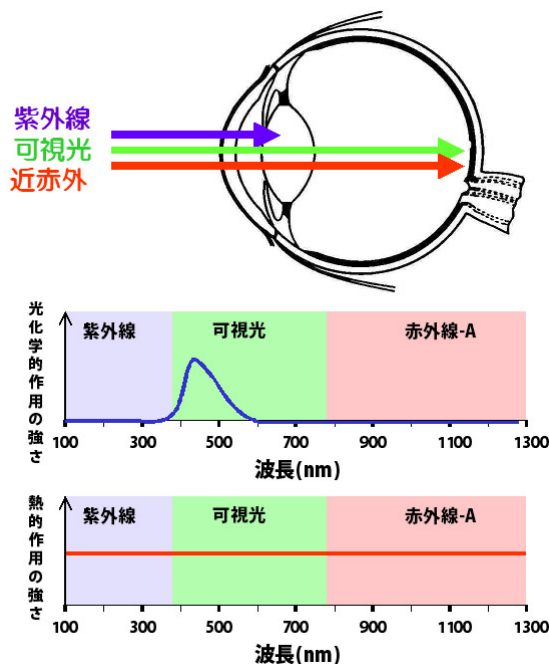


図3 光（紫外線、可視光、赤外線）の網膜への影響（光化学的作用と熱的作用の波長依存性）

現在では日光網膜炎は「光化学反応による網膜視細胞と網膜上皮細胞の障害」とであるとされ、「青色光（ブルーライト）による網膜の損傷」と呼ばれている<sup>21,22)</sup>。図3は、太陽光による網膜障害の波長に対する重み関数を光化学的作用と熱的作用に分けて示している。光化学的作用は、青色光（ブルーライト）で大きな作用があるのに対して、熱的作用は全波長領域で同等の重みがある<sup>22)</sup>。瞳孔径が7mmのような特別な場合には網膜内の温度が上昇し、熱障害も起こりうる<sup>22)</sup>。

以前は、網膜の熱損傷を防ぐために赤外線の遮光の必要性が喧伝されていたが、現在では赤外線よりも可視光、特に光化学反応に関係する青色光（ブルーライト）の影響が大きいと考えられている。実際に太陽直視用フィルタに関する欧州規格では、赤外線透過率は3%以下であれば良いとされる。一方、快晴で太陽高度が高い場合には、青色光（ブルーライト）の影響で、太陽をわずか0.8秒直視しただけでも、網膜損傷の危険性があると指摘されている<sup>23)</sup>。

このような事実を踏まえ、2012年金環日食日本委員会では、可視光線のうちとくに短波長（380nm～500nm付近）の青色光（ブルーライト）によって引き起こされる光化学作用が眼の網膜を傷める主な原因であるという知見を広く紹介した。

### 5. 遮光フィルタの基準・規格<sup>24)</sup>

2012年の金環日食の時点で、太陽直視観察用の遮光フィルタに関する国際規格、および、国内規格は無かった。天文業界の中では、日食ごとに Sky and Telescope 誌や NASA などが、カナダのウォータールー大学教授 Chou, B. Ralph による見解が紹介されてきた。このため、2009年の皆既日食に向けて、世界天文年 2009年日本委員会は、日食ガラスの安全性の基準として、1999年のヨーロッパ日食における基準や Chou, B. Ralph の見解を元に広報活動を行った。a)~e)は Chou, B. Ralph の見解である<sup>25,26,27,28)</sup>。なお、c)と d)では、赤外域での基準が異なるようだが、d)の基準が新しい見解と思われる。

- a) 地上に到達する紫外線は、波長 290nm 以上である。315nm~380nmの紫外線は、目のレンズ（水晶体）で吸収されるので網膜に達しない。通常の太陽フィルタは紫外線を十分に防いでいるので、普通は紫外線についての心配は無用である。
- b) 380nm~1,400nmの光の大部分は目を透過し、網膜に達する。
- c) 380nm~1,400nmの光に対して、透過率 32ppm<sup>(\*)</sup>のフィルタ（溶接用遮光板#12）は安全である。
- d) 安全なフィルタの透過率は、可視域（380nm~780nm）で 32ppm 以下（100~1,000 倍の安全率を見込む）、近赤外域（780nm~1400nm）で 5,000ppm（0.5%）以下である。
- e) 見よい（まぶしさが和らぐ）のは、3ppm（溶接用遮光板#14）の透過率である。

ここで、赤外線に関する厳しい遮光性（0.5%以下）の要求は、日食網膜症（日光網膜炎）の主原因が赤外線による「網膜の熱的損傷」のためであるとしているためである。しかし、現在では、日食網膜症の主原因は、赤外線ではなく、青色光（ブルーライト）であることが分かってきている。

欧州では、太陽直視用フィルタについての欧州標準化委員会（CEN）の規格（EN1836:2005+A1:2007（E））があり、その概要は表1のとおりである。なお、表1の E12-E16 は、それぞれ「JIS 12 番」「JIS 13 番」などは、溶接用遮光板の（日本工業規格）JIS 規格は比較的対応が取れている。JIS 規格の概要を表2に示す。なお、欧州規格では、赤外線領域は、JIS 規格よりも緩やかな赤外線透過率 3%以下であれば良いとされている。これらは、日食網膜症に関する最新の成果の反映であると考えられる。

表1 EN1836:2005+A1:2007（E）の透過率の規格

遮光度 番号	紫外域 280~380nm	可視域 最大 (ppm) 最小 (ppm)	赤外域 (ppm) 780nm~
E12	可視域に 同じ	32 12	30000 (3%)
E13	可視域に 同じ	12 4.4	30000 (3%)
E14	可視域に 同じ	4.4 1.6	30000 (3%)
E15	可視域に 同じ	1.6 0.61	30000 (3%)
E16	可視域に 同じ	0.61 0.23	30000 (3%)

透過率は ppm(=part per million=1000000 分の 1)

表2 JIS（JIS T8141 しゃ光保護具）の透過率の規格

遮光度 番号	紫外域 (ppm) 313nm 365nm	可視域 最大 (ppm) 標準 (ppm) 最小 (ppm)	赤外域 (ppm) 780~1300nm 1300~2000nm
11	3 6.0	85 52 32	500 1500(0.15%)
12	2.0 以下 2.0	32 19 12	270 960
13	0.76 以下 0.76	12 7.2 4.4	140 600
14	0.27 以下 0.27	4.4 2.7 1.6	70 400

透過率は ppm(=part per million=1000000 分の 1)

JIS 規格 12 番相当以上の濃度であれば、おおむね安全な濃度（遮光度）と言える。

現在、2007年の欧州標準化委員会（CEN）の規格（EN1836:2005+A1:2007（E））に準じて、太陽観察フィルタを含む「目と顔の保護」に関する一連の ISO 規格に関する国際規格化作業が進められており数年内に制定される状況である。

国際規格化された場合には日本国内にも適用されることになる。このため、2012年の時点では、欧州規格を準用して安全性を判断することとした。



## 6. 透過率の測定

天文教育普及研究会の世界天文年プロジェクトワーキンググループの「太陽フィルタ測定チーム」は、2009年世界天文年後に「日食の安全な観察推進ワーキンググループ」と改称し、2012年の金環日食に向けた安全な日食観察方法の検証のために、市販の太陽観察グラス及びその代用品として使われる可能性の高いものについての透過率を測定した<sup>2,3,4,15)</sup>。この測定は、国立天文台先端技術センターの施設利用プロジェクトにより、以下のように4年間にわたり実施した。

- (I) 2008年11月～2009年9月  
「太陽観測用フィルタの透過性能の測定」  
(代表 齋藤泉)
- (II) 2009年10月～2010年9月  
「太陽観察用フィルタとその代用品の透過率測定」(代表 大西浩次)
- (III) 2010年10月～2011年9月  
「太陽観察用フィルタとその代用品の透過率測定II」(代表 大西浩次)
- (IV) 2011年10月～2012年9月  
「金環日食に向けた太陽観察用フィルタの透過率測定」(代表 齋藤泉)

透過率の測定には主に国立天文台先端技術センターの分光光度計SolidSpec-3700(島津製作所)を使用し、補助的に分光光度計UV3100PC(島津製作所)を使用した。しかし、太陽観察グラスの透過率は、可視領域では10万分の1と極めて低いため、両分光光度計の測定限界に近く、サンプルによっては、S/Nが悪い、あるいは、透過率の上限を決めることしかできなかった。そこで、労働安全衛生総合研究所の分光放射輝度計Spectra Scan PR705 (PHOTO RESEARCH, Inc.)、および、キセノン光源ASAHI SPECTRA MAX-302(朝日分光株式会社)を使用し、可視光領域で8桁に及ぶ広いダイナミックレンジで透過率の再測定を行った。

また、サンプル表面の状態の観察と撮影は、顕微鏡MM-40(Nikon)を使用した。

## 7. 視感透過率への変換

溶接用遮光プレートなどのJIS規格に用いられている可視域の透過率は、眼の分光感度を考慮した視感透過率である。そこで、分光光度計を用いて測定した分光透過率を、次の式(遮光保護具(JIS T8141:2003)からの抜粋)によって視感透過率を求める。

1) 紫外部試験  
分光光度計を用いて波長313nm及び365nmにおける透過率を測定する。

2) 可視部試験  
分光光度計を用いて波長域 380～780nm の分光透過率を測定し、次の式によって計算する。  
なお、「標準イルミナントA」は、透過率の測定時に使用する標準光源である。

$T(\lambda)$  : 試験フィルタの分光透過率

$V(\lambda)$  : 2度視野における明所標準比視感度

$Pe_{\lambda}$  : 標準イルミナントAの分光分布

$T_v$  : 視感透過率(%)

$$T_v(\%) = \frac{\int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} Pe_{\lambda} T(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} Pe_{\lambda} V(\lambda) d\lambda} \times 100$$

3) 近赤外部試験  
分光光度計を用いて波長域 780～1300nm の分光透過率を測定し、次の式によって計算する。

$T_{NIR}$  : 近赤外透過率(%)

$$T_{NIR}(\%) = \frac{1}{520} \int_{780\text{nm}}^{1300\text{nm}} T(\lambda) d\lambda \times 100$$

なお、標準光源(イルミナントA)及び明所での目の感度(比視感度)の波長依存性を、Appendixで示す。

## 8. まとめと論文 II への展望

この第1報では、2012年の日食の特徴、この時点での日食網膜症の理解、及び、国内外での太陽観察グラスの規格などについてまとめた。

日食網膜症の直接的な原因は、一般的には日食を不適切な方法で観察したことによることがわかっている。これは、単に太陽観察用メガネを使用するに留まらず、正しい使い方の啓発が重要である。

一方、日食網膜症の発症機構としては、以前は、「網膜の熱的損傷」であると考えられていたが、現在では、「光化学反応による網膜視細胞と網膜上皮細胞の障害」であると考えられている。これは、光(紫外線、可視光、赤外線)のうち、可視光、特に光化学反応に関係する青色光(ブルーライト)の影響が大きい。

2012年金環日食日本委員会では、このような事実を踏まえて、金環日食に於ける目の安全性についての広報活動を行った。その実例として、2009年7月22日の皆既日食の前に展開された世界天文年2009日本委員会による広報と、2012年5月21日の金環日食へ向けて活動中の2012年金環日食日本委員会による広報では、両者とも、太陽を肉眼で直接見つめると眼に障害

を負う危険性があることを警告している点では共通しているが、その原因として、2009年には紫外線や赤外線を指摘していたのに対し、2012年には、可視光線のうちとくに短波長（380nm～500nm付近）の青色光（ブルーライト）によって引き起こされる光化学作用が眼の網膜を傷める主な原因であるという知見を普及させた。

また、2012年の日食へ向けて、日本眼科学会、日本眼科医会との協力関係築き、日食網膜症に関する国際ワークショップを開催し、日食網膜症についての正確な理解の普及のための研究を行った。

ところで、2009年の皆既日食に向けて、世界天文年2009年日本委員会は、日食グラスの製作を企画した。このとき、日食グラスの安全性の基準として1999年のヨーロッパ日食における基準や5章で示したChou, B. Ralphの見解を基準とした。これらは、日食網膜症の主原因が赤外線による「網膜の熱的損傷」であるとしている。このため、赤外線に関しては非常に厳しい遮光性（0.5%以下）を要求していた。しかし、日食網膜症の主原因が、青色光（ブルーライト）であることは、「眼科」の世界では20年以上前から常識になっていたのである。事実、2007年の欧州規格では、赤外線透過率は3%以下であれば良いとされる。このことは、われわれを始めとする世界各地で天文学普及活動を行っている者が、他分野（眼科医や国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP))の研究成果を迅速に反映しなかったということが言える。今後の天文普及活動において、他分野の状況を十分に研究する必要がある。

今後、太陽直視用フィルタの国際規格が制定されると、日本もこれに準じたJIS規格を制定する必要がある。この動きを今後も見守る必要がある。なお、太陽直視用フィルタの国際規格は、赤外線透過率が3%以下であれば良いことになるだろう。そうすれば、日食グラスの材質などが大幅に変更される可能性がある。このような意味でも、2012年段階の市販の日食グラスの傾向をしっかりと確かめて置くことは記録的にも価値があるだろう。

論文IIでは、市販の太陽観察用グラスをはじめ、ススのガラス板、感光したフィルム、X線フィルムなどの日食観測において以前使用されていた代用品や2009年の日食の際に目の障害を起こしたフィルタの代用品、さらにお菓子の袋やCDなどの日食観測フィルタの代用として使用されそうなサンプルの透過率の測定結果を具体的に示すことにする。

本稿が、太陽観察の基礎資料として活用され、将来、安全に太陽観察が行われることを願っている。

## 謝 辞

本研究は、国立天文台先端技術センターATC 施設利用（2008年11月～2012年9月）、および、JSPS 科研費基盤研究（C）23501085「児童・生徒一人一人が安全かつ主体的に日食を観測するための教材の開発とその評価」（代表：大西浩次）の助成を受けたものです。

最後に、測定に関する様々なサポートをいただいた三ツ井健司氏をはじめとする国立天文台先端技術センターの方々、また、サンプルを提供していただいた多くの方々に感謝する。

## 参 考 文 献

- 1) 尾花明, 高橋淳, 大西浩次, 篠原秀雄, 松尾厚 齋藤泉, 大川拓也, 小野智子: “2009年皆既日食による眼障害の発生状況”, 日本眼科学会雑誌, 115(7): 589-594(2011)
- 2) 大西浩次, 高橋淳, 篠原秀雄, 松尾厚, 齋藤泉, 大川拓也, 小野智子: “太陽観察用各種フィルタ類およびその代用品の透過率測定”, (2009).  
<http://tenkyo.net/iva/eclipse/glass1.pdf>
- 3) 齋藤泉, 安藤享平, 大川拓也, 大西浩次, 小野智子, 篠原秀雄, 高橋淳, 松尾厚: “太陽観察における代用品の透過率測定結果について（中間報告1）”, (2012)  
<http://tenkyo.net/iva/eclipse/glass2.pdf>
- 4) 齋藤泉, 安藤享平, 大川拓也, 大西浩次, 小野智子, 篠原秀雄, 高橋淳, 松尾厚: “太陽観察における代用品の透過率測定結果について（中間報告2）”, (2012)  
<http://tenkyo.net/iva/eclipse/glass3.pdf>
- 5) 大西浩次: “金環日食を迎え撃つ, 日本史上最大人数が観察できる金環日食を安全に”, 日本天文学会 2012年春季年会記者発表 (2012年3月18日)  
<http://www.solar2012.jp/asi2012a/index.html>
- 6) 齋藤泉, 海部宣男, 大西浩次, 大川拓也, 大越治, 佐藤幹哉, 篠原秀雄, 塩田和生, 塚田健, 松尾厚, 三島和久, 森友和, 山田陽志郎: “2012年金環日食の日本での見え方と人口分布”, 日本天文学会 2012年春季年会予稿集, Y25a, 330(2012).
- 7) 大西浩次, 高橋淳, 篠原秀雄, 松尾厚, 齋藤泉, 大川拓也, 小野智子: “日食観察用フィルタの透過率測定”, 日本天文学会 2009年秋季年会予稿集 Y12b, (2009)

- 8) 大西浩次, 松尾 厚, 安藤享平, 大川拓也, 小野智子, 齋藤 泉, 篠原秀雄, 高橋 淳, 海部宣男, 大越 治, 佐藤幹哉, 塩田和生, 塚田 健, 船越浩海, 洞口俊博, 三島和久, 森 友和, 山田陽志郎: “2012年金環日食委員会の活動”, 天文教育 24(2) 4-10 (2012)
- 9) 大西浩次, 海部宣男, 大川拓也, 大越 治, 齋藤泉, 佐藤幹哉, 篠原秀雄, 塩田和生, 塚田 健, 松尾 厚, 三島和久, 森 友和, 山田陽志郎: “2012年金環日食日本委員の活動”, 日本天文学会 2012年春季年会予稿集, Y24a, 330(2012).
- 10) 大西浩次, 海部宣男, 飯塚礼子, 大川拓也, 大越治, 齋藤 泉, 阪本成一, 佐藤幹哉, 篠原秀雄, 塩田和生, 塚田 健, 船越浩海, 洞口俊博, 松尾 厚, 三島和久, 森 友和, 山田陽志郎: “2012年金環日食を迎え撃つ; 2012年金環日食日本委員会の活動報告”, 日本天文学会 2012年秋季年会予稿集, Y09a, 312(2012).
- 11) 日本天文協議会, 財団法人日本眼科学会, 社団法人日本眼科医会: “日食を安全に観察するために”, 文部科学省 HP  
[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/science/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2012/03/27/1319109\\_1\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2012/03/27/1319109_1_1.pdf)
- 12) 文部科学省 HP :  
 “5月21日の日食観察における注意事項”  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/kaihatu/space/event/detail/1319108.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/kaihatu/space/event/detail/1319108.htm)
- 13) 齋藤泉, 大西浩次, 大川拓也, 篠原秀雄, 松尾厚, 安藤享平, 小野智子, 高橋淳, 海部宣男, 飯塚礼子, 大越治, 阪本成一, 佐藤幹哉, 塩田和生, 塚田健, 船越浩海, 洞口俊博, 三島和久, 森友和, 山田陽志郎: “日食観察グラスの安全性について”, 日本天文学会 2012年秋季年会予稿集, Y24a, 317(2012)
- 14) 齋藤泉, 安藤享平, 大川拓也, 大西浩次, 小野智子, 篠原秀雄, 高橋淳, 松尾厚: “日食を安全に観察するため～透過率測定の間報報告～”, 天文教育, 3月号, 15-19 (2012)
- 15) 齋藤泉, 安藤享平, 大川拓也, 大西浩次, 小野智子, 篠原秀雄, 高橋淳, 松尾厚, 奥野勉: “日食の安全な観察を目指して～日食の安全な観察推進WGの活動～”, 天文教育, 7月号, 22-29 (2013)
- 16) 秋元直子, 阿部春樹, 難波克彦, 松田章男: “日光網膜炎と予後”, 臨床眼科, 34(3) : 355(1980)
- 17) Geeraets, W.J., Nooney, T.W., Svoboda, J.R. and Ching, F.G.: “Solar retinopathy following the Eclipse of March 7, 1970.”, Medical Collage of Virginia Quartely, 6, 1:3(1969)
- 18) Penner, R. and Mcnair, J.N.: “Eclipse blindness. Repotr of an epidemic in the military population of Hawaii”. Am. J. Ophthalmol., 61:0452(1966)
- 19) Macfaul, P.A.: “Visual prognosis after solar retinopathy”. Br. J. Ophthalmol. , 53: 534 (1969)
- 20) Ham, W.T. and Mueeller, H.A.: “Retinal sensitivity to damage from short wavelength light.”, Nature, 260:153(1976)
- 21) Sliney, D.H. and Wolbarsht, M.L.: “Safety with lasers and other optical radiation sources”, New York: Plenum Press, (1980)
- 22) 国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) :  
 Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3μm). Health Physics 73 (3): 539-554; 1997  
 吉田道利, 松尾厚, 富田晃彦, 大島修, 仲野誠, 篠原秀雄, 福江純 訳 「広帯域の非コヒーレント光学放射(0.38 マイクロメートル から 3 マイクロメートル)に対する 曝露限界のガイドライン」  
<http://tenkyo.net/iya/eclipse/broadband120211.pdf>
- 23) Okuno. T.: “Hazards of solar blue light”, Applied Optics, 47(16):2988(2008.6)
- 24) 松尾厚, 安藤享平, 大川拓也, 大西浩次, 小野智子, 齋藤泉, 篠原秀雄, 高橋淳: “日食を安全に観察するため～遮光フィルタの規格など～”, 天文教育, 3月号, 11-14 (2012)
- 25) Chou, B. R.: “Safe Solar Filters”, Sky&Tel., August, 119-121 (1981)
- 26) Chou, B. R.: “Solar Filter Safety”, Sky&Tel., February, 36-40 (1998)
- 27) Chou, B. R.: “Observing the Eclipse - Eye Safety and Solar Eclipses”.  
<http://umbra.nascom.nasa.gov/eclipse/010621/text/eye-safety.html>
- 28) Chou, B. R.: “Solar Filters Time for an International Standard”.  
<http://www.mreclipse.com/Special/filters.html>



太陽観察ガラスの透過率測定 I

Appendix

標準光源（イルミナント A）及び明所での目の感度（比視感度）

波長 $\lambda$ [nm]	標準イルミナント A Pe $\lambda$	標準比視感度 V( $\lambda$ )	波長 $\lambda$ [nm]	標準イルミナント A Pe $\lambda$	標準比視感度 V( $\lambda$ )
380	9.7951	3.90000E-05	446	31.2909	3.13108E-02
381	10.0096	4.29573E-05	447	31.7345	3.29160E-02
382	10.2273	4.69146E-05	448	32.1815	3.45211E-02
383	10.4481	5.20455E-05	449	32.6320	3.62606E-02
384	10.6722	5.71764E-05	450	33.0859	3.80000E-02
385	10.8996	6.47603E-05	451	33.5432	3.98840E-02
386	11.1302	7.23442E-05	452	34.0040	4.17680E-02
387	11.3640	9.61721E-05	453	34.4682	4.38053E-02
388	11.6012	1.20000E-04	454	34.9358	4.58427E-02
389	11.8416	1.20000E-04	455	35.4068	4.80432E-02
390	12.0853	1.20000E-04	456	35.8811	5.02437E-02
391	12.3324	1.35746E-04	457	36.3588	5.26121E-02
392	12.5828	1.51492E-04	458	36.8399	5.49806E-02
393	12.8366	1.71654E-04	459	37.3243	5.74903E-02
394	13.0938	1.91816E-04	460	37.8121	6.00000E-02
395	13.3543	2.19361E-04	461	38.3031	6.26388E-02
396	13.6182	2.46907E-04	462	38.7975	6.52775E-02
397	13.8855	2.82713E-04	463	39.2951	6.80943E-02
398	14.1563	3.18520E-04	464	39.7960	7.09111E-02
399	14.4304	3.57260E-04	465	40.3002	7.39635E-02
400	14.7080	3.96000E-04	466	40.8076	7.70160E-02
401	14.9891	4.34512E-04	467	41.3182	8.03414E-02
402	15.2736	4.73024E-04	468	41.8320	8.36668E-02
403	15.5616	5.22621E-04	469	42.3491	8.73234E-02
404	15.8530	5.72219E-04	470	42.8693	9.09800E-02
405	16.1480	6.48389E-04	471	43.3926	9.50129E-02
406	16.4464	7.24560E-04	472	43.9192	9.90458E-02
407	16.7484	7.24560E-04	473	44.4488	1.03465E-01
408	17.0538	7.24560E-04	474	44.9816	1.07885E-01
409	17.3628	9.67280E-04	475	45.5174	1.12708E-01
410	17.6753	1.21000E-03	476	46.0563	1.17532E-01
411	17.9913	1.37038E-03	477	46.5983	1.22762E-01
412	18.3108	1.53075E-03	478	47.1433	1.27993E-01
413	18.6339	1.73304E-03	479	47.6913	1.33506E-01
414	18.9605	1.93532E-03	480	48.2423	1.39020E-01
415	19.2907	2.19506E-03	481	48.7963	1.44745E-01
416	19.6244	2.45480E-03	482	49.3533	1.50469E-01
417	19.9617	2.78630E-03	483	49.9132	1.56594E-01
418	20.3026	3.11780E-03	484	50.4760	1.62718E-01
419	20.6470	3.55890E-03	485	51.0418	1.69480E-01
420	20.9950	4.00000E-03	486	51.6104	1.76243E-01
421	21.3465	4.57966E-03	487	52.1818	1.83758E-01
422	21.7016	5.15932E-03	488	52.7561	1.91274E-01
423	22.0603	5.85274E-03	489	53.3332	1.99647E-01
424	22.4225	6.54616E-03	490	53.9132	2.08020E-01
425	22.7883	7.31633E-03	491	54.4958	2.17377E-01
426	23.1577	8.08651E-03	492	55.0813	2.26735E-01
427	23.5307	8.92709E-03	493	55.6694	2.37108E-01
428	23.9072	9.76768E-03	494	56.2603	2.47481E-01
429	24.2873	1.06838E-02	495	56.8539	2.58833E-01
430	24.6709	1.16000E-02	496	57.4501	2.70185E-01
431	25.0581	1.25914E-02	497	58.0489	2.82618E-01
432	25.4489	1.35827E-02	498	58.6504	2.95051E-01
433	25.8432	1.46489E-02	499	59.2545	3.09025E-01
434	26.2411	1.57151E-02	500	59.8611	3.23000E-01
435	26.6425	1.68612E-02	501	60.4703	3.38843E-01
436	27.0475	1.80074E-02	502	61.0820	3.54686E-01
437	27.4560	1.92306E-02	503	61.6962	3.71987E-01
438	27.8681	2.04539E-02	504	62.3128	3.89288E-01
439	28.2836	2.17270E-02	505	62.9320	4.07459E-01
440	28.7027	2.30000E-02	506	63.5535	4.25630E-01
441	29.1253	2.43051E-02	507	64.1775	4.44512E-01
442	29.5515	2.56102E-02	508	64.8038	4.63394E-01
443	29.9811	2.69807E-02	509	65.4325	4.83197E-01
444	30.4142	2.83513E-02	510	66.0635	5.03000E-01
445	30.8508	2.98310E-02	511	66.6968	5.23756E-01

512	67.3324	5.44512E-01	583	116.6220	8.38487E-01
513	67.9702	5.65739E-01	584	117.3510	8.27581E-01
514	68.6102	5.86965E-01	585	118.0800	8.16188E-01
515	69.2525	6.08155E-01	586	118.8100	8.04795E-01
516	69.8969	6.29346E-01	587	119.5400	7.92993E-01
517	70.5435	6.50110E-01	588	120.2700	7.81192E-01
518	71.1922	6.70875E-01	589	121.0010	7.69096E-01
519	71.8430	6.90438E-01	590	121.7310	7.57000E-01
520	72.4959	7.10000E-01	591	122.4620	7.44711E-01
521	73.1508	7.27732E-01	592	123.1930	7.32422E-01
522	73.8077	7.45464E-01	593	123.9240	7.19959E-01
523	74.4666	7.61650E-01	594	124.6550	7.07497E-01
524	75.1275	7.77837E-01	595	125.3860	6.94858E-01
525	75.7903	7.92974E-01	596	126.1180	6.82219E-01
526	76.4551	8.08110E-01	597	126.8490	6.69447E-01
527	77.1217	8.22209E-01	598	127.5800	6.56674E-01
528	77.7902	8.36307E-01	599	128.3120	6.43837E-01
529	78.4605	8.49153E-01	600	129.0430	6.31000E-01
530	79.1326	8.62000E-01	601	129.7740	6.18157E-01
531	79.8065	8.73481E-01	602	130.5050	6.05314E-01
532	80.4821	8.84962E-01	603	131.2360	5.92476E-01
533	81.1595	8.95203E-01	604	131.9660	5.79638E-01
534	81.8386	9.05443E-01	605	132.6970	5.66800E-01
535	82.5193	9.14589E-01	606	133.4270	5.53961E-01
536	83.2017	9.23734E-01	607	134.1570	5.41157E-01
537	83.8856	9.31828E-01	608	134.8870	5.28353E-01
538	84.5712	9.39923E-01	609	135.6170	5.15676E-01
539	85.2584	9.46961E-01	610	136.3460	5.03000E-01
540	85.9470	9.54000E-01	611	137.0750	4.90515E-01
541	86.6372	9.60004E-01	612	137.8040	4.78030E-01
542	87.3288	9.66007E-01	613	138.5320	4.65717E-01
543	88.0219	9.71015E-01	614	139.2600	4.53403E-01
544	88.7165	9.76023E-01	615	139.9880	4.41242E-01
545	89.4124	9.80057E-01	616	140.7150	4.29080E-01
546	90.1097	9.84092E-01	617	141.4410	4.17056E-01
547	90.8083	9.87203E-01	618	142.1670	4.05032E-01
548	91.5082	9.90313E-01	619	142.8930	3.93016E-01
549	92.2095	9.92631E-01	620	143.6180	3.81000E-01
550	92.9120	9.94950E-01	621	144.3430	3.68914E-01
551	93.6157	9.96524E-01	622	145.0670	3.56827E-01
552	94.3206	9.98098E-01	623	145.7900	3.44822E-01
553	95.0267	9.98923E-01	624	146.5130	3.32818E-01
554	95.7339	9.99748E-01	625	147.2350	3.21078E-01
555	96.4423	9.99802E-01	626	147.9570	3.09338E-01
556	97.1518	9.99857E-01	627	148.6780	2.97966E-01
557	97.8623	9.99091E-01	628	149.3980	2.86594E-01
558	98.5739	9.98326E-01	629	150.1170	2.75797E-01
559	99.2864	9.96663E-01	630	150.8360	2.65000E-01
560	100.0000	9.95000E-01	631	151.5540	2.54945E-01
561	100.7150	9.92371E-01	632	152.2710	2.44890E-01
562	101.4300	9.89743E-01	633	152.9880	2.35471E-01
563	102.1460	9.86233E-01	634	153.7040	2.26053E-01
564	102.8640	9.82724E-01	635	154.4180	2.17107E-01
565	103.5820	9.78404E-01	636	155.1320	2.08162E-01
566	104.3010	9.74084E-01	637	155.8450	1.99658E-01
567	105.0200	9.68970E-01	638	156.5580	1.91155E-01
568	105.7410	9.63857E-01	639	157.2690	1.83078E-01
569	106.4620	9.57928E-01	640	157.9790	1.75000E-01
570	107.1840	9.52000E-01	641	158.6890	1.67323E-01
571	107.9060	9.45250E-01	642	159.3970	1.59646E-01
572	108.6300	9.38499E-01	645	161.5160	1.38313E-01
573	109.3540	9.30978E-01	646	162.2210	1.31500E-01
574	110.0780	9.23458E-01	647	162.9240	1.25140E-01
575	110.8030	9.15232E-01	648	163.6260	1.18779E-01
576	111.5290	9.07006E-01	649	164.3270	1.12890E-01
577	112.2550	8.98106E-01	650	165.0280	1.07000E-01
578	112.9820	8.89205E-01	651	165.7260	1.01594E-01
579	113.7090	8.79602E-01	652	166.4240	9.61886E-02
580	114.4360	8.70000E-01	653	167.1210	9.12267E-02
581	115.1640	8.59696E-01	654	167.8160	8.62649E-02
582	115.8930	8.49392E-01	655	168.5100	8.16927E-02

太陽観察グラスの透過率測定 I

656	169.2030	7.71206E-02	719	209.7780	1.12555E-03
657	169.8950	7.29154E-02	720	210.3650	1.04700E-03
658	170.5860	6.87101E-02	721	210.9490	9.79054E-04
659	171.2750	6.48550E-02	722	211.5320	9.11109E-04
660	171.9630	6.10000E-02	723	212.1120	8.52174E-04
661	172.6500	5.74775E-02	724	212.6910	7.93238E-04
662	173.3350	5.39550E-02	725	213.2680	7.41661E-04
663	174.0190	5.07523E-02	726	213.8420	6.90083E-04
664	174.7020	4.75497E-02	727	214.4150	6.44789E-04
665	175.3830	4.46542E-02	728	214.9850	5.99496E-04
666	176.0630	4.17587E-02	729	215.5530	5.59748E-04
667	176.7410	3.91613E-02	730	216.1200	5.20000E-04
668	177.4190	3.65638E-02	731	216.6840	4.85026E-04
669	178.0940	3.42819E-02	732	217.2460	4.50053E-04
670	178.7690	3.20000E-02	733	217.8060	4.19386E-04
671	179.4410	3.00383E-02	734	218.3640	3.88718E-04
672	180.1130	2.80766E-02	735	218.9200	3.62051E-04
673	180.7830	2.63923E-02	736	219.4730	3.35384E-04
674	181.4510	2.47081E-02	737	220.0250	3.12275E-04
675	182.1180	2.32544E-02	738	220.5740	2.89166E-04
676	182.7830	2.18008E-02	739	221.1220	2.69183E-04
677	183.4470	2.05409E-02	740	221.6670	2.49200E-04
678	184.1090	1.92811E-02	741	222.2100	2.31943E-04
679	184.7700	1.81405E-02	742	222.7510	2.14686E-04
680	185.4290	1.70000E-02	743	223.2900	1.99867E-04
681	186.0870	1.59186E-02	744	223.8260	1.85048E-04
682	186.7430	1.48372E-02	745	224.3610	1.72413E-04
683	187.3970	1.38360E-02	746	224.8930	1.59778E-04
684	188.0500	1.28348E-02	747	225.4230	1.49040E-04
685	188.7010	1.19515E-02	748	225.9510	1.38302E-04
686	189.3500	1.10683E-02	749	226.4770	1.29151E-04
687	189.9980	1.03008E-02	750	227.0000	1.20000E-04
688	190.6440	9.53331E-03	751	227.5220	1.12161E-04
689	191.2880	8.87166E-03	752	228.0410	1.04322E-04
690	191.9310	8.21000E-03	753	228.5580	9.75841E-05
691	192.5720	7.64771E-03	754	229.0730	9.08459E-05
692	193.2110	7.08542E-03	755	229.5850	8.49963E-05
693	193.8490	6.61195E-03	756	230.0960	7.91467E-05
694	194.4840	6.13849E-03	757	230.6040	7.40313E-05
695	195.1180	5.74077E-03	758	231.1100	6.89160E-05
696	195.7500	5.34306E-03	759	231.6140	6.44580E-05
697	196.3810	5.00973E-03	760	232.1150	6.00000E-05
698	197.0090	4.67640E-03	761	232.6150	5.61128E-05
699	197.6360	4.38920E-03	762	233.1120	5.22256E-05
700	198.2610	4.10200E-03	763	233.6060	4.88365E-05
701	198.8840	3.84555E-03	764	234.0990	4.54475E-05
702	199.5060	3.58910E-03	765	234.5890	4.25043E-05
703	200.1250	3.36160E-03	766	235.0780	3.95610E-05
704	200.7430	3.13409E-03	767	235.5640	3.70049E-05
705	201.3590	2.93612E-03	768	236.0470	3.44487E-05
706	201.9720	2.73814E-03	769	236.5290	3.22243E-05
707	202.5840	2.56569E-03	770	237.0080	3.00000E-05
708	203.1950	2.39324E-03	771	237.4850	2.80568E-05
709	203.8030	2.24212E-03	772	237.9590	2.61136E-05
710	204.4090	2.09100E-03	773	238.4320	2.44191E-05
711	205.0130	1.95779E-03	774	238.9020	2.27246E-05
712	205.6160	1.82458E-03	775	239.3700	2.12516E-05
713	206.2160	1.70738E-03	776	239.8360	1.97786E-05
714	206.8150	1.59019E-03	777	240.2990	1.84977E-05
715	207.4110	1.48734E-03	778	240.7600	1.72169E-05
716	208.0060	1.38450E-03	779	241.2190	1.61034E-05
717	208.5990	1.29429E-03	780	241.6750	1.49900E-05
718	209.1890	1.20409E-03			