



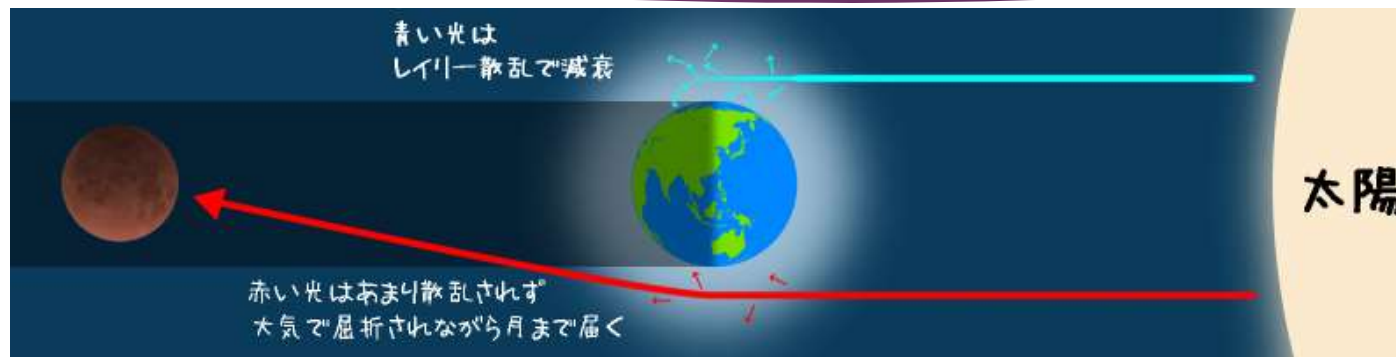
ターコイズフリンジを利用 した超低コストの成層圏オ ゾン層濃度測定方法

月食の際に、写真のように月面に青い帯が見える現象をターコイズフリンジと言います。



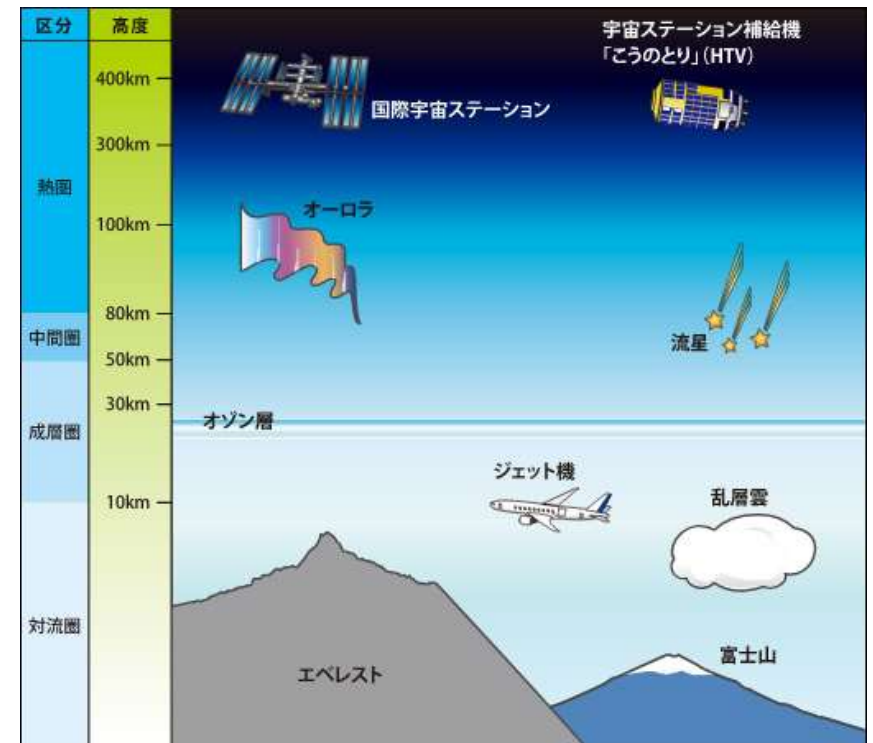
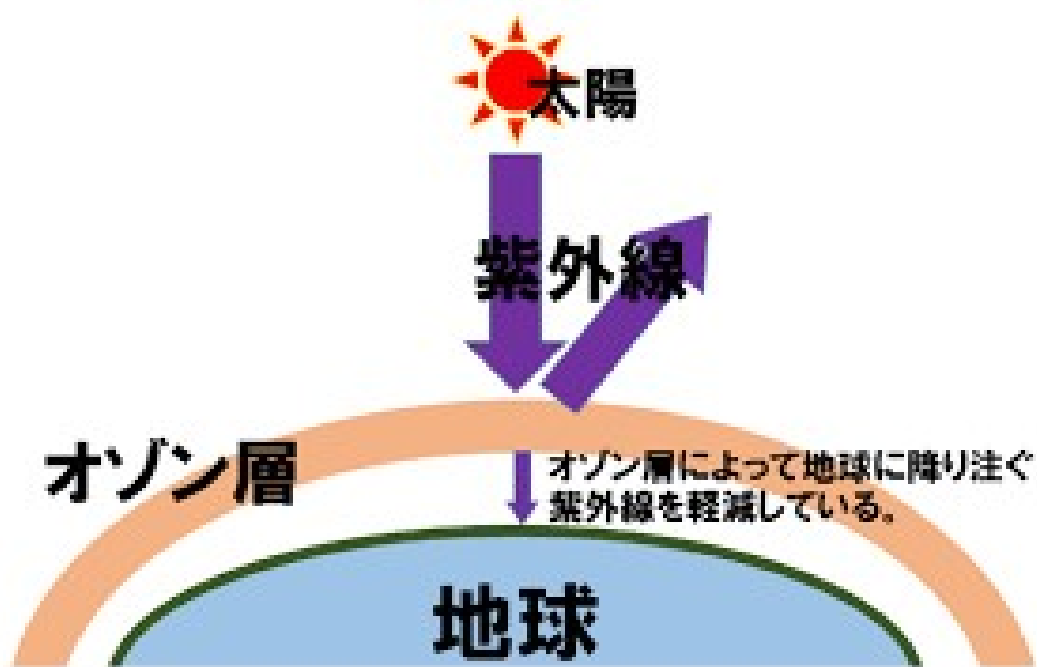
この現象は、ドイツのアマチュア天文家が、2007年に欧州で見られた皆既月食の際に、デジタルカメラにより発見したことになっていますが、実際には、1978年に筆者が眼視で発見し報告したものが、世界で最初の報告例だと思われています。

月食とは、月から見て太陽が地球に隠される現象です。

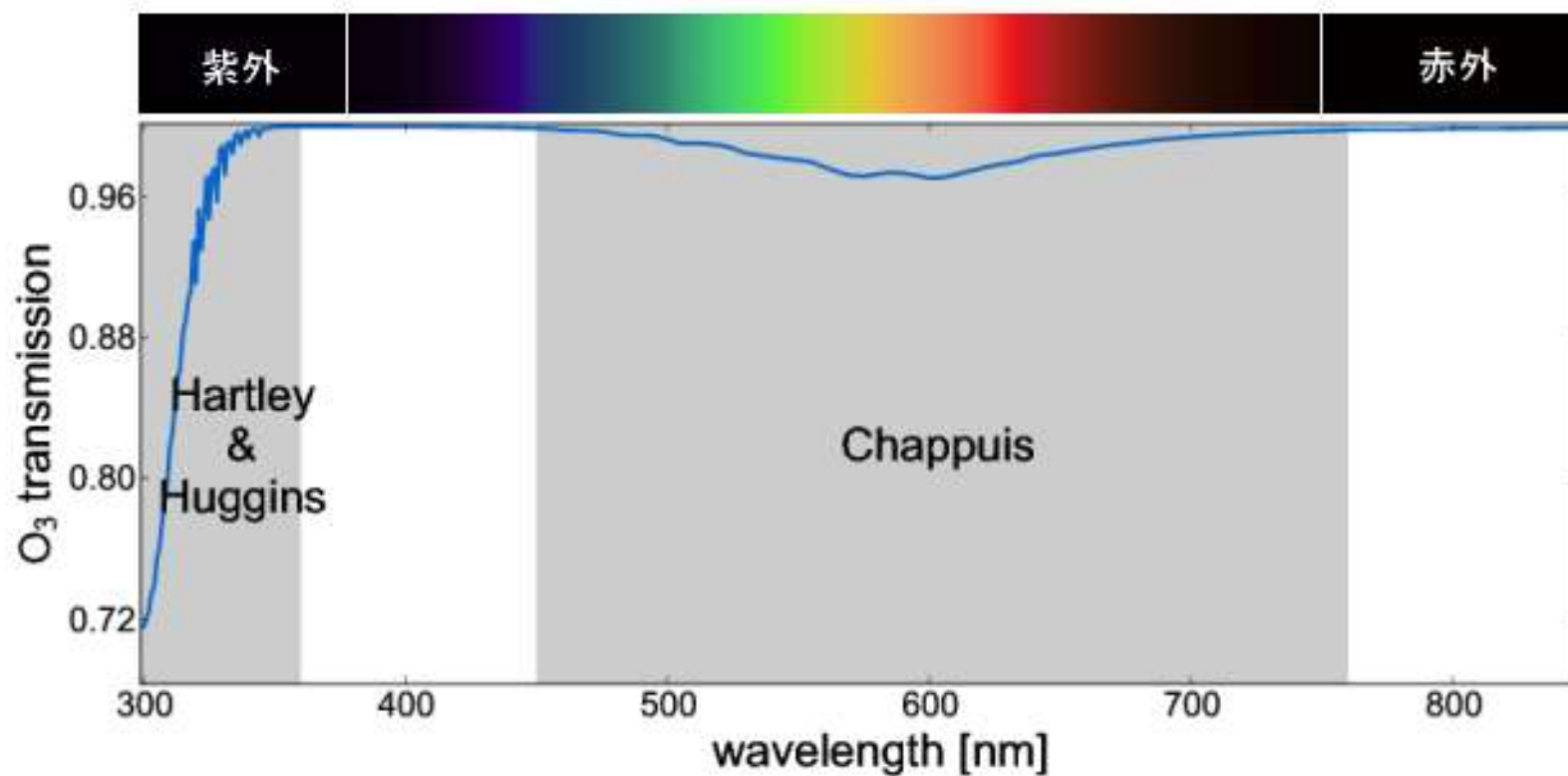


月食の際、地球には大気がありますので、太陽光線は、大気による屈折により内側に曲げられて月面に届くため、月面は真っ暗になりません。ただし、大気のレイリー散乱により青い光が散乱され尽くして、青い光が月面に届かないため、残った光だけが月面に届きます。これが月食が赤く見える原因です。

地球には太陽からの有害な紫外線を吸収してくれるものにオゾン層があります。オゾン層は地表から10キロメートルから50キロメートル程の間にある成層圏に多く存在しています。



ところで、オゾン層が吸収する光は紫外線ばかりではありません。可視光である600nmの波長を中心として、弱い吸収帯が可視光に存在しています。これを、シャピユイ帯と言います。



ターコイズフリンジとは、オゾン層が太陽光線から、シャピユイ帯が赤い光を吸収して、残りの光が月面に到達する現象です。

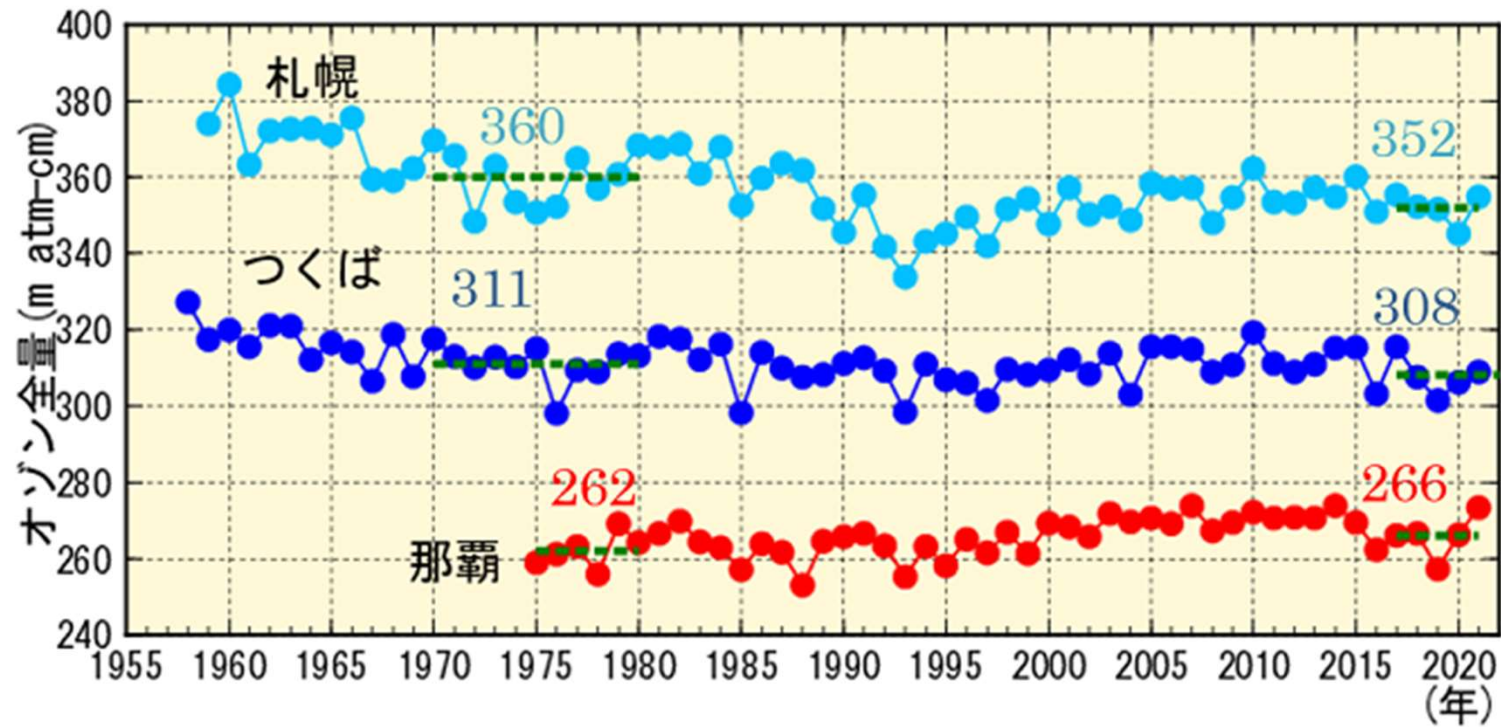


赤い光が吸収されるために、補色関係にある緑色が、目立つようになります。

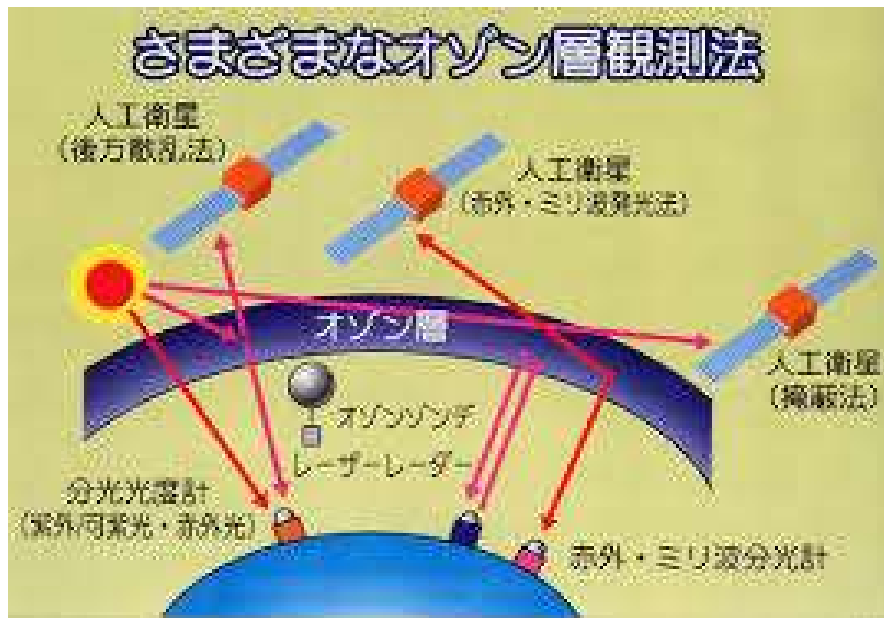


ある色が吸収されると、その補色関係にある色が目立ちます。
シャピユイ帯は600nmあたり（赤い色）に吸収帯のピークがあるため、ターコイズフリンジは青緑色に見えます。

ところでオゾン層の濃度は常に変化しています。



オゾン層の変化をさまざまな観測方法で測定していますが、どの方法を使っても、とてもお金がかかります。

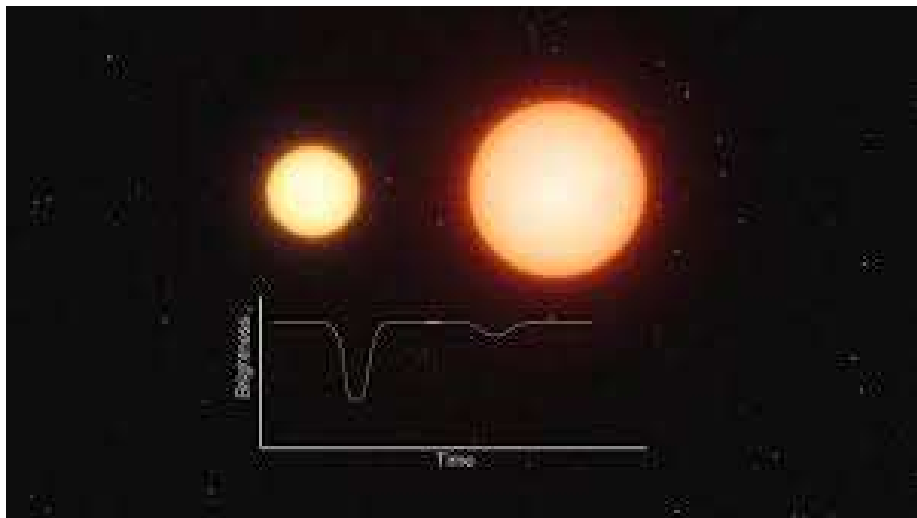


だったら、ターコイズフリンジの青さを測定したら、オゾン層の濃度を低コストで測定できるのでは？と思いますが残念ながらこの方法は使えません。



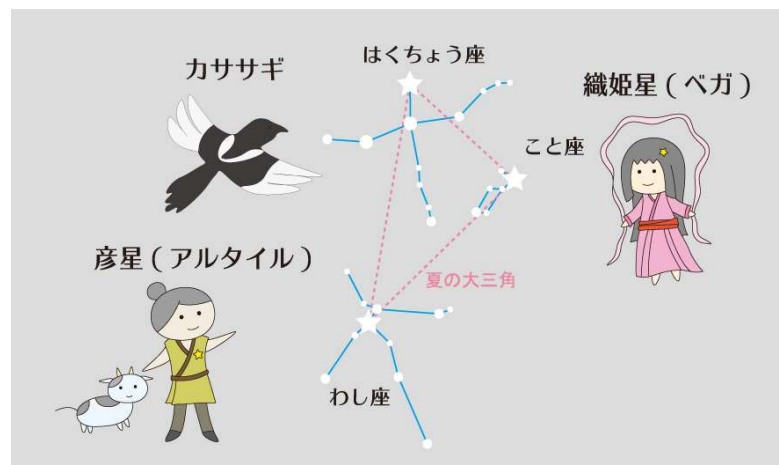
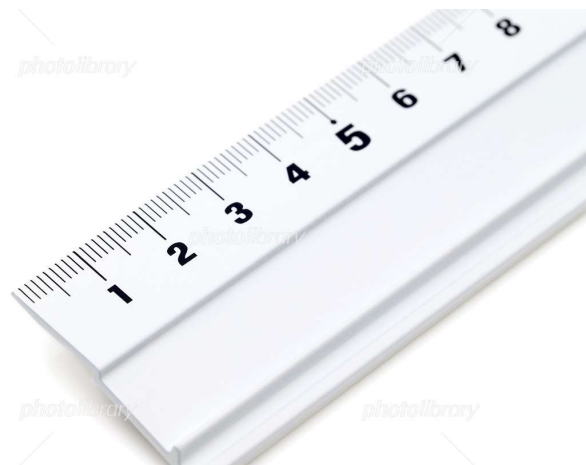
青さとは定性的なものであり、定量的な測定には、色味を使用することはできないからです。何か定量的な物差しが必要になります。

そこで、ターコイズFRINGEを定量的に測定するために、変光星を観測する方法に注目しました。



変光星の観測には、測光標準星という光度が変化しない星と比較して、変光星の光度を定量的に測定しています。

測光標準星は、宇宙にある物差しのよ
うなものです。



こと座の織姫星 (ベガ)
が代表的な測光標準星
です。

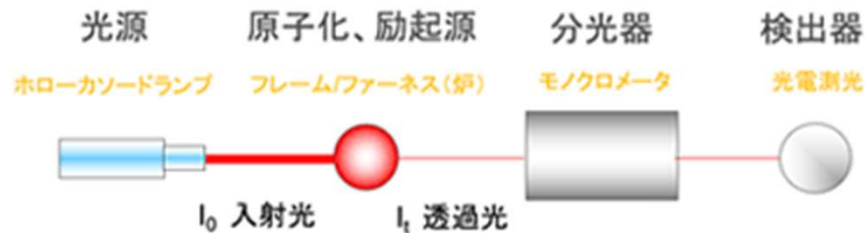
また、ターコイズフリンジの測定には、人工衛星に反射された太陽光線を使用しました。



図1：太陽光のオゾン層通過時模式図

これは、人工衛星の光度測定をすることにより、オゾン層の濃度が算出できると判断したためです。

オゾン層の濃度測定の実験原理は、分光光度計を地球規模に拡大したものです。



$$\text{Abs(吸光度)} = -\log(I_t/I_0) = \alpha C$$

左図、分光光度計は入射光と透過光の割合から励起した原子の存在量を求める例です。

図1. 原子吸光分光光度計の概要

方法は、2枚のバンドパスフィルター（オゾン吸光がある帯域とオゾン吸光がない帯域）を使用して、同時に人工衛星を撮影します。



- ① あらかじめ、人工衛星の軌道計算により、軌道上の領域を計算。
- ② 2台のカメラとフィルターを用いて、オゾン吸光がある場合の人工衛星の等級とオゾン吸光がない場合の人工衛星の等級を測定。測定の際には、測光標準星を使用するため、定量的な評価が可能となる。
- ③ ①と②の差から、オゾン濃度を算出。

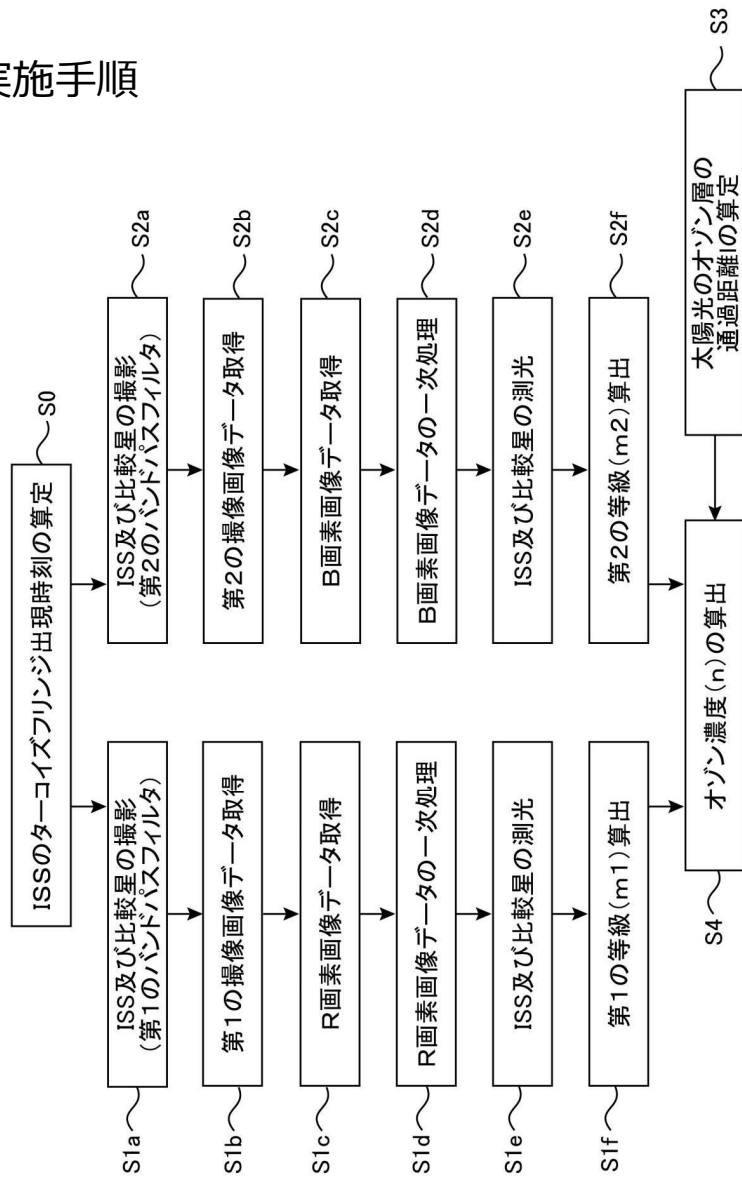
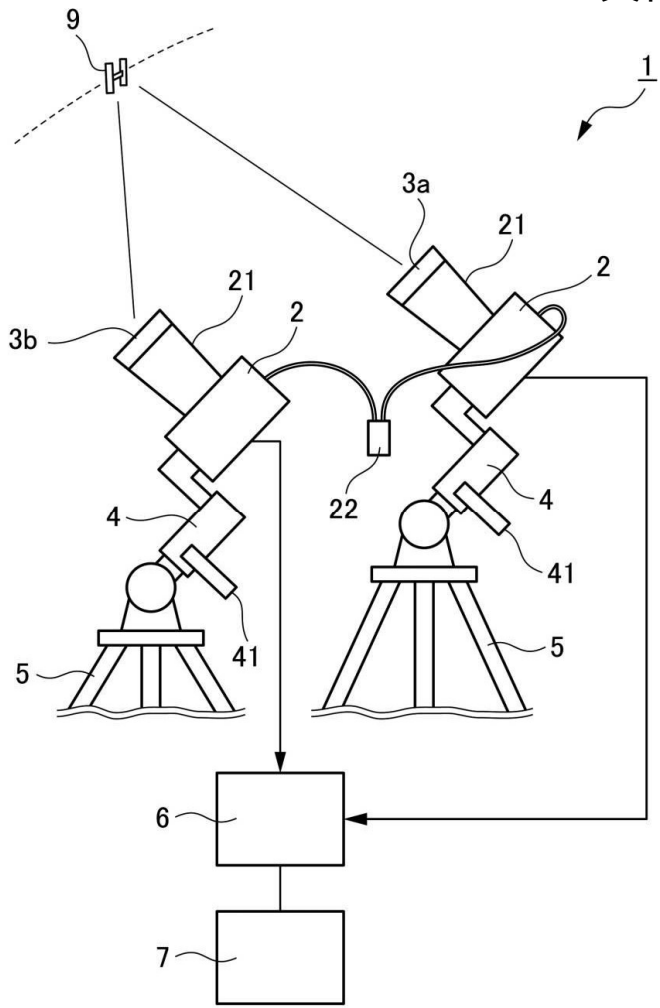
オゾン濃度の測定には、ランベルト・ベールの法則を使用します。

$$A = -\log_{10} \frac{I}{I_0} = \epsilon cl$$

Cは、オゾン濃度、lは光路長。

ϵ : モル吸光係数

具体的な実施形態と実施手順





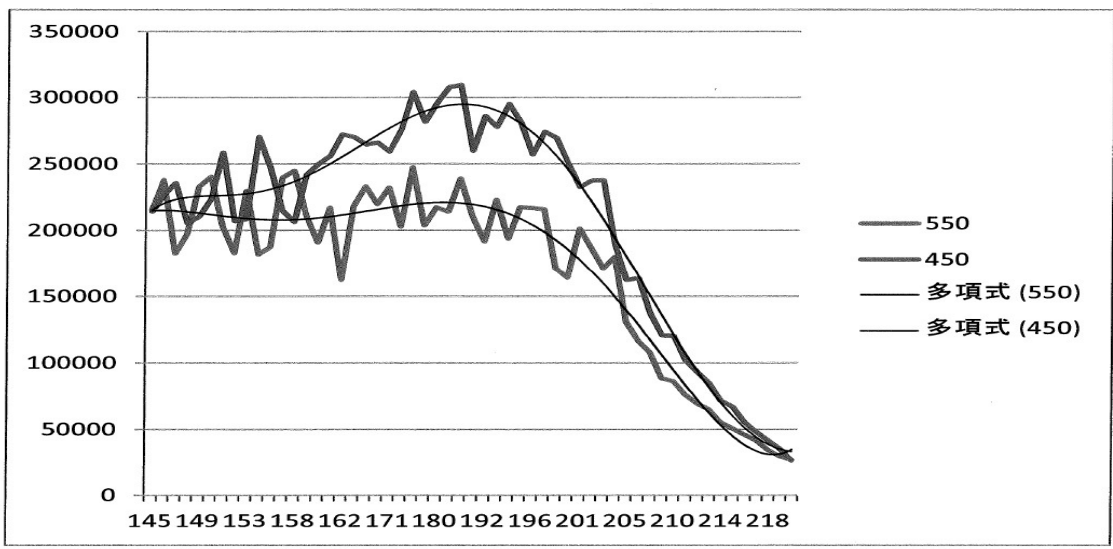
実際の観測結果が左グラフです。

シャピユイ帯のオゾン吸光がある帯域として550nm

シャピユイ帯のオゾン吸光がない帯域として450nm

の波長を選択しました。

2本の線の差が、オゾン層による吸光を表します。



特許査定 (特許出願2019-090616)

P.1

特許査定

| | |
|---------|-----------------|
| 特許出願の番号 | 特願2019-090616 |
| 起案日 | 令和 3年 6月 1日 |
| 特許庁審査官 | 佐野 浩樹 4071 2J00 |
| 発明の名称 | オゾン層の観測方法 |
| 請求項の数 | 2 |
| 特許出願人 | [REDACTED] |
| 代理人 | [REDACTED] |

この出願については、拒絶の理由を発見しないから、特許査定をします。

この発明は、特許取得されております。

