

蜘蛛の糸

深谷 力之助*

1. はじめに

天体の位置を精密に求めるための天文器械で子午環、子午儀、天頂儀等のようにマイクロメーターをもつものでは古くから蜘蛛の糸が重要な役割りを果たしてきた。

この種の望遠鏡の接眼部を覗くと視野の中に固定糸と可動糸とを見ることができるとはこれらは蜘蛛の糸なのである。最近では上質な平面ガラスに細線を刻んだものやタングステン線条等を使うものもあるがある種の蜘蛛の糸には脱却し難い数多くの利点が秘められている。

1969年3月東京天文台にあるゴーチェ 20 cm 子午環に新しいマイクロメーターを装着したが蜘蛛の糸以外に有利な糸を見出すことができないままに蜘蛛の糸を使用した。

このような次第から蜘蛛の糸とマイクロメーターとの関係を主題にしてお話しする。

2. マイクロメーター内部の説明

天文経緯度の観測器械の対物レンズの焦点面には視準軸（望遠鏡の回転軸と直角な視線方向に一致する光軸）に直角に固定糸を張った固定枠とこの固定枠に沿って動く可動枠とがある。この可動枠には糸が張ってありこれを可動糸と呼んでいる。

このような枠によってマイクロメーターの中心部が構成されている。

第1図に東京天文台の子午環に装着した最新マイクロメーターの内部を示す。

一般に固定糸は赤経方向つまり東西方向に直角に張

てあり赤経を観測するための可動糸は固定糸に並行に張ってある。また赤緯を観測するための可動糸は固定糸に直角に張ってある。

子午環のマイクロメーターの場合には同一の天体について子午線通過の前後で赤経および赤緯の観測をするために固定糸の面を挟んで赤経可動糸の面と赤緯可動糸の面との3面が焦点面に並列している。

これらを接眼レンズで拡大して見たとき3面が接眼レンズの焦点深度の範囲内に十分入っていなければならない。

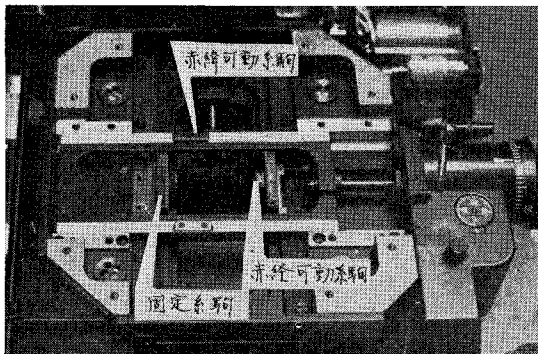
したがってこれら3面の間隔は0.1 mm 以内になっている。

第2図は赤経可動糸、固定糸および赤緯可動糸の関係を拡大して示している。それぞれの糸の太さは10~16ミクロンである。

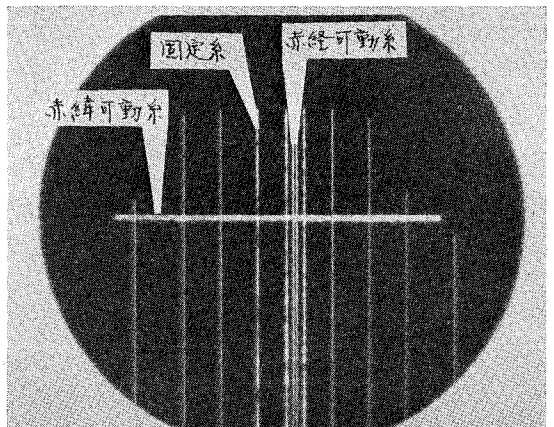
なお赤経可動糸は0.28 mm の間隔で2本が並列に、赤緯可動糸は0.22 mm の間隔で2本が並列に張ってある。

このマイクロメーターでの測定の単回誤差は ± 1.2 ミクロンなので糸の太さの10分の1まで測定していることになる。

古いマイクロメーターの可動枠には真鍮製のものが多いが、このマイクロメーターの可動枠は内燃機関のピストン等に使用される特殊鋳鉄を用いた。この特殊鋳鉄の熱膨張係数は 10.5×10^{-6} ($0^{\circ} \sim 100^{\circ} \text{C}$) なのでこれより大きい熱膨張係数をもつ材料を固定糸や可動糸の材料に用いると糸を張ったときの温度より高い温度では糸がたるむおそれがある。たとえば白金では熱膨張係数が $9.07 \times$



第1図



第2図

* 東京天文台
R. Fukaya: The Spider Thread

10^{-6} (50°C) でありイリジウムでは熱膨張係数が 6.58×10^{-6} ($17^{\circ}\sim 100^{\circ}\text{C}$) であるから固定糸や可動糸などとして使用可能である。

3. タングステンの糸

米国のワシントン海軍天文台にある 15 cm 子午環のマイクロメーターでは固定糸および可動糸等にタングステンの細線を使用している。(太さは約 50 ミクロンである。)

タングステンの特色¹⁾は、(1) 融点数がすべての金属中で最も高く (3382°C)、(2) 他の金属に合金してこれらを硬くする、(3) 非常に重い (比重 19.0~20.2)、(4) 常温では稀薄および濃厚の HF, H_2SO_4 , HCl, HNO_3 等に少しもおかされないから空気中ではあまり曇らない、等である。これらのうち (1)、(4) の性質と後述の抗張力の強さがマイクロメーターの糸として着目されたのであろうが金属材料学的に次のような困難がある。

純粋のタングステンはかなり展延性に富むが不純物のはそうでもなくて熔融とか鍛造とかがほとんど不可能である。したがってまず粉末を固めて棒状としたものに強い電流を通じて半熔融し $1300^{\circ}\sim 1400^{\circ}\text{C}$ の高温度で何十回も圧延や鍛造を繰返す。そうすると次第に展延性を生じ最後に線条に引抜くことができるのである。

タングステンの物理的性質および機械的性質について要点を示すと第 1 表のようになる。

第 1 表 タングステンの諸性質

色	銀白色
比重	19.0~20.2
融点	3382°C
熱膨張係数 (引抜き線)	4.98×10^{-6} ($0^{\circ}\sim 500^{\circ}\text{C}$)
抗張力 (細線)	500 kg/mm^2
縦弾性係数	$4.22 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$
展延性	相当あり
加工性	相当あり

タングステン線条の抗張力は驚異的である。たとえばニッケル鋼では $40\sim 80 \text{ kg/mm}^2$ であり 18-8 型不銹鋼では $65\sim 130 \text{ kg/mm}^2$ である。

さてこのような諸性質からタングステン線条がマイクロメーターの糸として使えることはわかるがコストの点でもはやわれわれには高嶺の花なのである。

子午環の新マイクロメーターに使用する糸が伝統をうけついで蜘蛛の糸に落着いたわけもつかないしれようというものである。

4. 蜘蛛の糸

先人に従えばマイクロメーターに使用する蜘蛛の糸は

女郎蜘蛛の糸に限るとのことである。しかもこの女郎蜘蛛の糸にも条件があって、ある人は巣を掛けようとする雌の女郎蜘蛛が早朝風に流している糸すなわち巣が出来上ったときにその巣を支える基糸ともいべき糸がムラがなくて最良であるといい、またある人は、女郎蜘蛛の雌が産んだ卵を糸の繭で包み越冬させているがこの繭から採れる糸が最高だともいっている。

しかるに筆者は研究心が足りなくともっぱら朝風の糸を採集してこれを利用してきた。幸い今まで不都合はなかったようである。

ところで辞典によると女郎蜘蛛について次のように説明している。

女郎蜘蛛は (1) 腹部に黄色と青黒色の模様がある大型の蜘蛛で節足動物コガネグモ科に属する。樹間に複雑な三重網を張るが巣の縦糸が分枝して平行になっているのが特徴で本州以南、朝鮮、中国等に分布している。

(2) コガネグモの方言。となつている²⁾。

また女郎蜘蛛 (斑蛛) は (1) 節足動物で雌は約 30 mm、雄は約 10 mm で歩脚は黒地で腿、脛に黄輪を有する。腹背は白黄地に 3 本の青黒帯があり側面後方に紅斑を有する。樹間に丸網を張りその中心に陣取っていて驚くと網をさかんにふるわせる。本州、四国、九州、朝鮮、台湾、中国等に分布している。

(2) コガネグモまたはナガコガネグモの誤称。ともなつている²⁾。

筆者が採集したものでは複雑な蜘蛛の網と丸い蜘蛛の網と両方あったがどちらかといえば丸い網の方が多かった。さてここにこがね蜘蛛の名前が出てきたので辞典でどのように説明しているかしらべてみる。

こがね蜘蛛は黒地に 3 本の黄色い縞模様がある大型の蜘蛛で節足動物コガネグモ科、体長 2 cm 内外、丸い網を張り X 字状の隠れ帯をつけ中央にあしを 2 本ずつ揃えてとまる、日本全土に分布している。

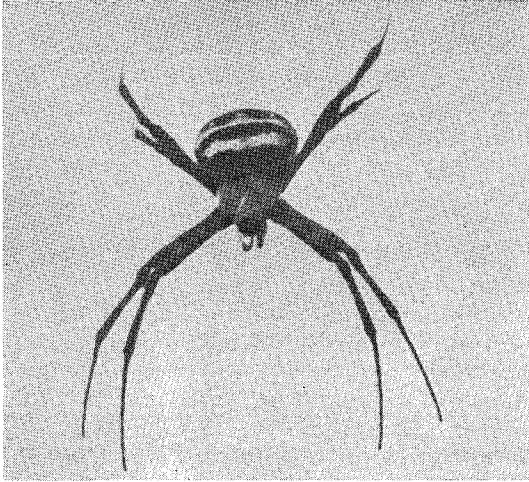
となつている²⁾。

またこがね蜘蛛の雌は 25 mm、雄は 8 mm で背甲は暗褐色の地が銀白色の短毛で覆われる。腹部の背面は黒褐色の地に 3 本の黄帯を走らす、草間や軒下に丸網を張り昆虫を捕食する、8 月産卵し 9 月中旬死滅、本州、四国、九州の特産で鹿児島では雌を訓練してクモ合戦をさせる。

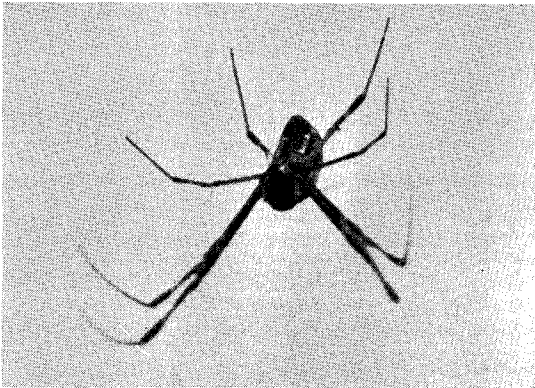
ともなつている²⁾。

少年の頃真夏に竿先につけた針金の輪にこがね蜘蛛の雄大な巣を失敬して歩いた記憶がある。この蜘蛛の糸は非常にねばる物質がついていて油蟬でもくつつくのである。したがって糸の弾力は十分ある。

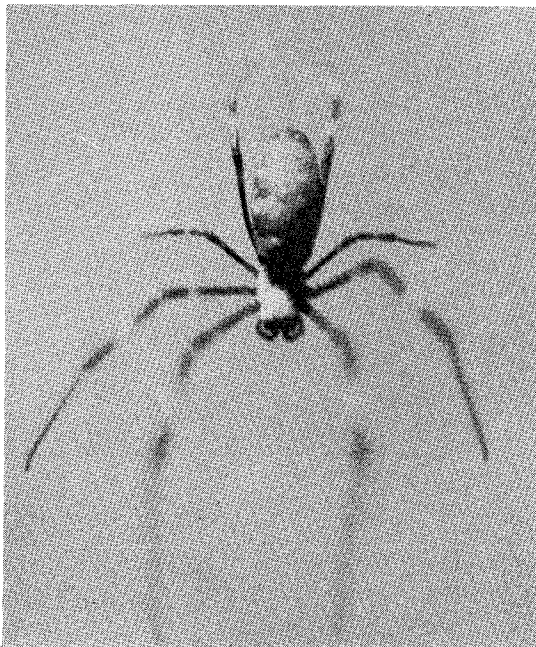
こがねぐもを第 3 図に、ながこがねぐもを第 4 図に、



第3図



第4図



第5図

第2表 蜘蛛の糸の諸性質

性質	こがねぐも	ながこがねぐも	女郎ぐも
基糸の太さ	太い	中	中
色	黄	やや黄ばんだ白	やや黄ばんだ白
引張り強さ (断線するとき)	相当あり	相当あり	相当あり
弾性	相当あり	相当あり	相当あり
細分化	可能	可能	可能
分割後の糸の一樣性	一樣	一樣	一樣

女郎ぐもを第5図に示す。あしののばし方にそれぞれ特徴がある。

こがね蜘蛛とながこがね蜘蛛は8月8日に神奈川県の大秦野付近で捕えたものであり女郎蜘蛛は東京天文台の構内で11月12日に写したものである。

こがね蜘蛛、ながこがね蜘蛛および女郎蜘蛛の糸について性質をしらべると第2表のようになる。

冒頭である種の蜘蛛の糸としたのは第2表に示すようにどの蜘蛛の糸も性質が類似しておりまた辞典の説明でもわかるように判然としないことによる。

しかし観測のとき明視野では蜘蛛糸を挟んで限と反対側に照明があるので糸が白いと透けてしまって具合が悪い。

したがって適当に色素を含んだこがね蜘蛛の糸が一番良いようである。ただしこがね蜘蛛の糸には粘る物質が多量にあって1~2年経過するところどころに瘤状に集まる性質がある。この瘤は糸の太さの数倍の大きさになるものもあってたまたま微光星が瘤の陰にかくれて観測不能になることがある。(このようになった糸は張り換える。)他方望遠鏡の姿勢による可動枠の変位をしらべるときこの瘤が格好のポイントを提供するという利点もある。

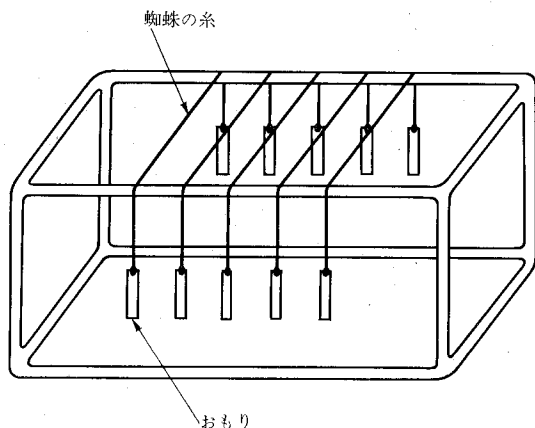
5. 蜘蛛の糸の実用

実際に蜘蛛の糸をマイクロメーターの枠に張るまでの手続きを説明する。

使用する蜘蛛の糸は前述のように巣のステーの糸すなわち基糸である。

まず長い材料から10cm位の長さに切取ったものの両端に0.5g程度のおもりをピッチによってブラ下げる。これを作業用の枠にのせて筆先でゴミを除いた後極く少量のエチルアルコールで清拭する。次に針の先端を典じた道具によって糸を分割してゆくのである。

次第に分割して(4~8本位にわかれる)太さが10ミクロン程度になったものをルーペでしらべて太さが一樣なものを選び出す。その糸の両端に0.2g程度のおもりをピッチでとめて第6図のように枠にならべ、振れを戻



第6図 枠にならべたくも糸

して一昼夜放置する。

このように適当な引張りを与えると蜘蛛糸のたるみがなくなって一直線となる。

可動枠および固定枠の糸を張る駒には糸を固定するために細溝が刻んであるので十分伸ばした蜘蛛糸をこの溝に挿入する。0.2g程度の引張りを与えたまま換れを除いてニスで固着する。数時間経過してニスが固まれば余分な部分を切取って完成する。出来上がった概要は第1図に示されるが糸の様子はわかり難いかもしれない。

使用した蜘蛛の糸について引張り強さの試験を行なった。その結果を第3表に示す。

この試験で求めた値から蜘蛛の糸の抗張力を計算すると $14 \sim 18 \text{ kg/mm}^2$ となる。これはタングステン線条の抗張力 (500 kg/mm^2) の約30分の1である。

また計算される縦弾性係数は 140 kg/mm^2 となりこれはタングステン線条の縦弾性係数 ($4.22 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$) の約300分の1である。

このことは蜘蛛の糸は切れやすく伸びやすいということである。

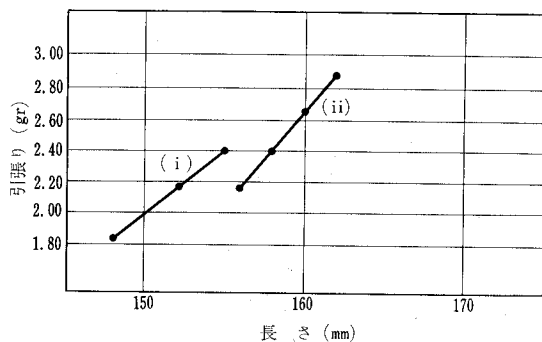
引張り力と蜘蛛糸の伸びとの関係をしらべてみたものが第4表 (i) および (ii) である。糸の太さはいずれも16ミクロンであるが多少の相異があるかもしれない。

これらを図示したものが第7図である。

また糸の弾性をしらべてみた。太さが12ミクロンの糸を50mmの長さの枠に0.2gの力で引張って両端を固定した場合、中央部を約2mm押しでも復原した。

6. おわりに

広く女郎蜘蛛と呼んでいるこがねぐも類の蜘蛛糸についていろいろと試験した結果は前述のようなことになるがマイクロメーターの測定糸として特に強調できるのは



第7図 くも糸の伸び

第3表 くも糸の強さ

	くも糸の太さ (ミクロン)	切れたときの 引張り力 (gr)	摘要
1	8	1.2	こがねぐも
2	10	1.4	"
3	16	3.6	"
4	16	3.6	女郎ぐも
5	23	5.1	こがねぐも

第4表 くも糸の伸び

(i) 16 ミクロンの糸 (ii) 16 ミクロンの糸

引張り力 (gr)	糸の伸び (mm)	引張り力 (gr)	糸の伸び (mm)
1.8	148	2.2	156
2.2	152	2.4	158
2.4	155	2.6	160
		2.9	162

明視野でも暗視野でも測定精度に差が生じないと同時に測定値の中心がズレないことである。

蜘蛛の糸の唯一の欠点は機械的性質としての引張りに弱いことである。

それと貯蔵を怠ったとき冬季には全く補給の方法がないことが観測者泣かせてである。

それにしても沢山の蜘蛛君をいじめてきたので地獄に落ちて助ける糸は下してもらえないだろうと観念している。

参考書

- 1) 飯高一郎：金属と合金 岩波書店
- 2) 学研編：新世紀辞典 学習研究社
- 3) 新村出編：広辞苑 岩波書店