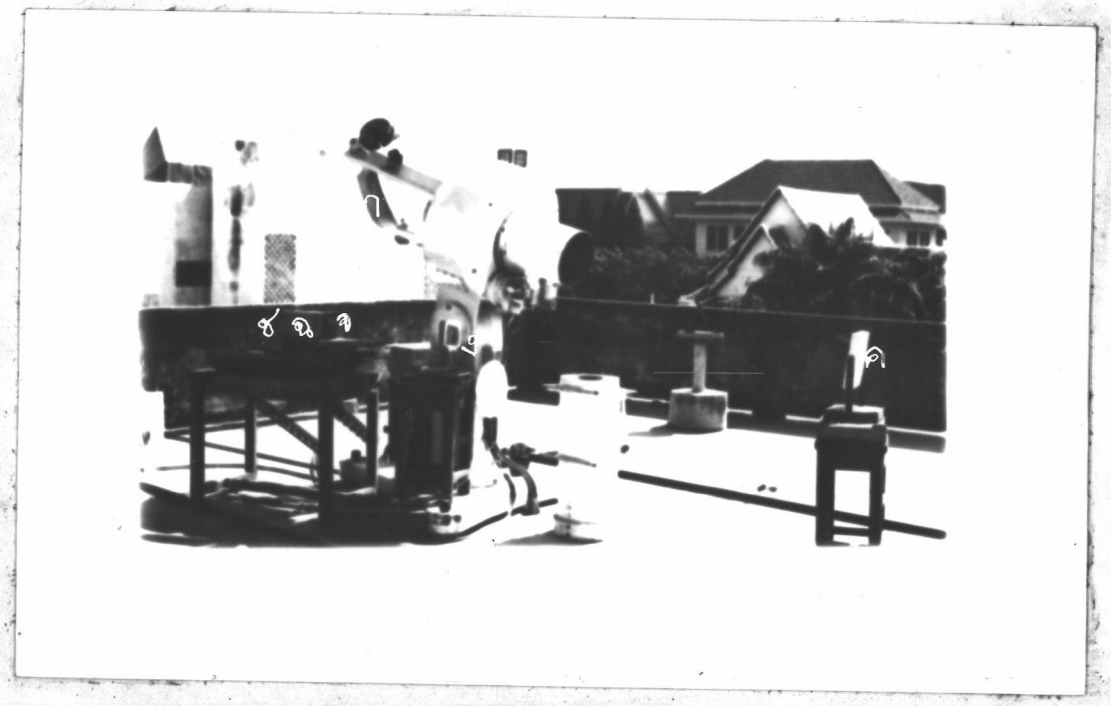
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาฟิลาเมนต์ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วนหลัก คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกตการณ์ดวงอาทิตย์ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการหายนาดของฟิลาเมนต์

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้สังเกตการณ์ดวงอาทิตย์



รูปที่ 3.1 การจัดเครื่องมือในการถ่ายภาพดวงอาทิตย์

ในการสังเกตปรากฏการณ์ของดวงอาทิตย์โดยเฉพาะฟิลาเมนต์ ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษสองชั้น คือ ส่วนที่ติดตามดวงอาทิตย์เพื่อให้ภาพดวงอาทิตย์ปรากฏที่ตำแหน่งที่คงที่ และตัวกรองแสงความยาวคลื่น H_α เพื่อให้ได้ภาพดวงอาทิตย์ที่ชั้นบรรยากาศโครโมสเฟียร์ อุปกรณ์ที่ใช้ติดตามดวงอาทิตย์คือเครื่องโพลาเฮลิโอสตาท (Polar Heliostat) ตั้งอยู่บนดาดฟ้า ตึกฟิสิกส์ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อุปกรณ์ที่ใช้มีตำแหน่งต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.1 โดย ก. เป็นกระจกสะท้อนแสงแผ่นที่ 1 ข. เป็น กล้องโทรทรรศน์ ค. เป็นกระจกสะท้อนแสงแผ่นที่ 2 ง. เป็นเลนส์วัตถุ จ. เป็นเลนส์

ขยายภาพ ฉ. เป็นตัวกรองแสง H_α ช. เป็นกล้องถ่ายรูปที่ใช้บันทึกภาพ

3.1.1 กระจกสะท้อนแสงแผ่นที่ 1

(ส่วน ก.ในรูปที่ 3.1) เป็นกระจกแผ่นกลมเรียบทำจากกระเบื้องทนความร้อนที่ไม่ขยายตัว ผิวหน้าฉาบด้วยอลูมิเนียมเคลือบด้วยซิลิคอนมอนนอกไซด์ ทำหน้าที่รับแสงจากดวงอาทิตย์แล้วสะท้อนที่ผิวหน้าผ่านตัวกล้องโทรทรรศน์สู่กระจกสะท้อนแสงแผ่นที่ 2

3.1.2 กล้องโทรทรรศน์

(ส่วน ข.ในรูปที่ 3.1) กล้องโทรทรรศน์ทำหน้าที่ยึดกระจกสะท้อนแสงแผ่นที่ 1 (ส่วน ก.ในรูปที่ 3.1)โดยมีแกนหมุนรอบตัวเองของกล้องชี้ไปที่ขั้วเหนือของท้องฟ้า (North Celestial Pole) ซึ่งทำมุมกับแนวระดับเท่ากับเส้นรุ้งที่ตั้งกล้อง ที่กรุงเทพมีค่าประมาณ 14 องศา ตัวกล้องนี้หมุนรอบแกนหมุนรอบตัวเองเพื่อติดตามดวงอาทิตย์ด้วยแรงขับเคลื่อนของมอเตอร์ในอัตรา 1 รอบใน 1 วัน

3.1.3 กระจกสะท้อนแสงแผ่นที่ 2

(ส่วน ค.ในรูปที่ 3.1) เป็นกระจกชนิดเดียวกันกับกระจกส่วน ก.ในรูปที่ 3.1 ทำหน้าที่สะท้อนแสงที่มาจากส่วน ก.สู่เลนส์วัตถุ (ส่วน ง. ในรูปที่ 3.1)

3.1.4 เลนส์วัตถุ (ส่วน ง.ในรูปที่ 3.1) ที่ใช้เป็นเลนส์คู่ที่ฝนขึ้น (ดังกล่าวในบทที่ 2) มีเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องเปิดขณะใช้งาน 8 เซนติเมตร ได้ภาพดวงอาทิตย์เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร ซึ่งเล็กเกินไป จึงต้องใช้เลนส์ขยายภาพ (ส่วน จ. ในรูปที่ 3.1) ช่วยให้ภาพโตขึ้น

3.1.5 เลนส์ขยายภาพ

เนื่องจากภาพมีขนาดเล็กเกินไปจึงใช้เลนส์เว้า (ส่วนจ.ในรูปที่ 3.1) มาช่วยขยายภาพดวงอาทิตย์จากเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร เป็น 1.2 เซนติเมตร เลนส์นี้อยู่ระหว่างเลนส์วัตถุและตัวกรองแสง

3.1.6 ตัวกรองแสงความยาวคลื่น H_α

(ส่วน ฉ. ในรูปที่ 3.1) ทำหน้าที่กรองแสงจากดวงอาทิตย์ให้เหลือเพียงความยาวคลื่น H_α

ขนาด 6562.8 อังสตรอม โดยใช้เครื่องกรองแสงคลื่นเดียวขนาดไฮโดรเจนอัลฟาแบบ A ของบริษัทไซส์ (Zeiss Hydrogen-Alpha Monochromator Type A) ซึ่งสามารถเลือกแถบแสงผ่าน (bandpass) เป็นความกว้าง 0.25 และ 0.50 อังสตรอม เครื่องกรองแสงนี้สามารถเปลี่ยนตำแหน่งศูนย์กลางความยาวคลื่นของแถบแสงผ่านจากความยาวคลื่น H_α ได้ถึง ± 16 อังสตรอม

เครื่องกรองแสงมีตัวควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 45 องศา เซลเซียสในตัวเองเพื่อให้คุณสมบัติของผลึกที่ใช้ทำเครื่องกรองแสงเท่ากับที่ออกแบบใช้งาน ในการใช้งานจริงต้องเปิดเครื่องกรองแสงทิ้งไว้ประมาณ 45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิของเครื่องกรองแสงนี้คงที่

3.1.7 ส่วนบันทึกภาพ

ใช้กล้องถ่ายรูปเพนแทก (Pentax) ที่ถอดเลนส์หน้ากล้องออกบันทึกภาพดวงอาทิตย์ลงบนฟิล์มโกดาลิธของโกดัก (Kodalith Pan Film 2568) ขนาด 35 มิลลิเมตร ใช้น้ำยาล้างฟิล์มเบอร์ D-19 ใช้เวลาล้าง 3 นาที

การบันทึกภาพที่ H_α และ H_α ± 0.25 อังสตรอมใช้เวลาเปิดหน้ากล้อง 1/125 วินาที ที่ H_α ± 0.50 อังสตรอมใช้เวลาเปิดหน้ากล้อง 1/250 วินาที และที่ H_α ± 1 อังสตรอมใช้เวลาเปิดหน้ากล้อง 1/500 วินาที ในวันที่ท้องฟ้ามัว เวลาเปิดหน้ากล้องต้องใช้นานขึ้นอีกหนึ่งเท่าหรือบางวันถึง 2 เท่า คือจาก 1/125 วินาที เป็น 1/60 วินาที ถึง 1/30 วินาที สำหรับภาพที่ H_α

การบันทึกภาพที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เริ่มจาก 30 ธันวาคม 2523 ถึง 1 มีนาคม 2524 บันทึกเวลาประมาณ 9.00 น. และ 15.00 น. บางวัน บันทึกภาพได้เพียงครั้งเดียวและบางวันไม่ได้เลย เนื่องจากท้องฟ้ามีเมฆมาก

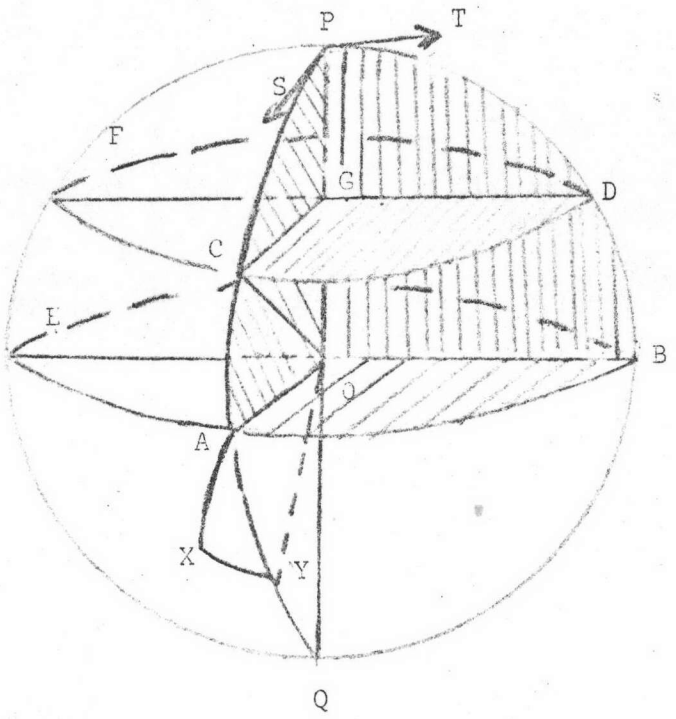
ในการอัดภาพเพื่อใช้ศึกษาอัดลงบนกระดาษโกดักแบบโบรมเมสโค (Bromesko WSG.2S) ใช้น้ำยาล้างรูปเบอร์ D-72 ด้วยขนาดขยาย 6 เท่า

3.2 วิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาขนาดฟิลาเมนต์

ปรากฏการณ์ที่น่าสนใจอันหนึ่งของฟิลาเมนต์คือการเปลี่ยนแปลงมิติ (dimension) ของมันโดยเฉพาะอย่างยิ่งความยาว เราจึงต้องสร้างอุปกรณ์เพื่อใช้วัดหามิตินี้ นั่นก็คือ กริด (grid) ซึ่ง

เป็นรูปเงาของทรงกลมที่ลดจาก 3 มิติ เหลือ 2 มิติ กรีดสร้างขึ้นตามทฤษฎีสามเหลี่ยมทรงกลม (spherical triangle)

3.2.1 ทฤษฎีสามเหลี่ยมทรงกลม



รูปที่ 3.2 เรขาคณิตส่วนต่าง ๆ ของทรงกลม

พิจารณาทรงกลมที่มี O เป็นจุดศูนย์กลางมีรัศมี R ตามรูปที่ 3.2 ระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของทรงกลมเรียกวงกลมใหญ่ (great circle) เช่น EAB, PCAQ ส่วนระนาบที่ตัดผิวทรงกลมแต่ไม่ผ่านจุดศูนย์กลางทรงกลมเรียกวงกลมเล็ก (small circle) เช่น FCD

ให้ QOP เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกลมตั้งได้ฉากกับระนาบวงกลมใหญ่ EAB ระนาบ FCD ขนานกับระนาบ EAB ตัดแกนPOQ ที่ G P และ Q เรียกว่า ขั้ว (poles) ของทรงกลมให้วงกลมใหญ่ PCAQ ตัดวงกลม FCA และ EAB ที่จุด C และจุด A ตามลำดับ

พิจารณาวงกลมใหญ่ PA และ PB ตัดกันที่ P ลาก PS และ PT สัมผัสกับ PA และ PB ตามลำดับ จะได้ว่า PT ตั้งฉากกับรัศมี OP ของวงกลมใหญ่ PB และอยู่ในระนาบ POB จึงขนานกับ OB ในทำนองเดียวกัน PS ก็ขนานกับรัศมี OA มุม SPT เรียกว่ามุมทรงกลม (spherical angle) ที่ P ซึ่งอยู่ระหว่างวงกลมใหญ่ PA และ PB มีขนาดเท่ากับมุม AOB โดย AB เป็นส่วนโค้ง

ของวงกลมใหญ่ที่มี P เป็นยั้วและอยู่ระหว่างวงกลมใหญ่ PA และ PB ดังนั้นจะเห็นว่ามุมทรงกลมต้องเกิดจากการตัดกันของวงกลมใหญ่เสมอ

จากจุดกำหนด 3 จุดบนผิวทรงกลมและจุดทั้งสามนี้สามารถเชื่อมต่อกันได้โดยใช้วงกลมใหญ่ในครึ่งวงกลมเดียวกัน เราเรียกสามเหลี่ยมที่เกิดจากการเชื่อมจุดทั้งสามว่า สามเหลี่ยมทรงกลม ตามรูป 3.2 A X Y เป็นสามเหลี่ยมทรงกลมที่ต่อกันด้วยวงกลมใหญ่ A X, AY และ XY โดยมีแต่ละส่วนของวงกลมใหญ่เป็นด้านประกอบ

ในการหาความยาวของเส้นที่วางตัวตามวงกลมใหญ่ เช่น AY หาได้จากสมการ 3.1 (Smart, 1965)

$$AY = R \times \text{มุม } AOY \qquad 3.1$$

เมื่อ R เป็นรัศมีของทรงกลม

ในกรณีที่ต้องการหาขนาดของส่วนที่อยู่บนวงกลมเล็กต้องพยายามทำให้สัมพันธ์กับส่วนของวงกลมใหญ่เสมอ เช่น ส่วนโค้ง CD บนวงกลมเล็ก FCD หาความยาวได้จากสมการ 3.2 หรือ 3.3 (Smart, 1965)

$$CD = AB \cos \hat{AOC} \qquad 3.2$$

$$CD = AB \sin \hat{POC} \qquad 3.3$$

โดย AB AC และ PC ต่างก็เป็นส่วนของวงกลมใหญ่

3.2.2 การสร้างกริด

กริดที่สร้างขึ้นใช้มีอยู่ 2 แบบ ใช้อ้างเปรียบเทียบกัน แบบแรกเป็นกริดแบบอิเควเตอร์ มีแนวอิเควเตอร์พาดกลางดวง และมียั้วทั้งสองอยู่ตรงข้ามกัน อีกแบบเป็นกริดแบบยั้ว มียั้วอยู่ตรงกลาง และมีเส้นอิเควเตอร์อยู่ที่ขอบดวง

3.2.2.1 กริดแบบอิเควเตอร์

เป็นกริดที่สร้างขึ้นโดยอาศัยเส้นรุ้ง (latitude) และเส้นแวง (longitude) เส้นรุ้งจะขนานกับเส้นอิเควเตอร์เสมอเพราะเป็นทางเดินของจุดที่ทำมุมกับเส้นอิเควเตอร์ที่เท่ากัน

และเส้นแวงเป็นวงกลมใหญ่ที่ผ่านขั้วทั้งสอง ระยะห่างของเส้นรุ้งจากแนวอเควเตอร์คำนวณได้จากสมการ 3.4

$$R' = R \sin \theta \qquad 3.4$$

โดย R' เป็นระยะห่างของแนวเส้นรุ้งจากอิเควเตอร์

R เป็นรัศมีของวงกลมที่ใช้

θ เป็นค่าเส้นรุ้งจาก 0 ถึง 90 องศา

รูปถ่ายที่ใช้วิเคราะห์มีรัศมียาว 3.6 เซนติเมตร หรือ 96 หน่วย เมื่อ 1 หน่วยมีค่า 1/64 นิ้ว จะได้ระยะห่างของแต่ละแนวเส้นรุ้งจากแนวอิเควเตอร์เป็นตามตาราง 3.1 จากค่าดังกล่าวเราสร้างเส้นรุ้งบนวงกลมได้ซึ่งเป็นวงกลมเล็ก

เส้นแวงหนึ่ง ๆ ต้องมีระยะห่างเชิงมุมจากเส้นเมอริเดียนหลัก (prime meridian) เท่ากัน เส้นแวงที่ปรากฏต้องตัดแบ่งส่วนของวงกลมเล็ก (เส้นรุ้งต่าง ๆ) ให้รองรับมุมที่แนวเมอริเดียนหลักให้เท่ากัน แต่ขนาดของแต่ละวงกลมเล็กไม่เท่ากัน ดังนั้นระยะห่างจากเมอริเดียนหลัก (แนวเหนือใต้ NS) ไปยังเส้นแวงเดียวกันที่เส้นรุ้ง ต่างกันจึงไม่เท่ากัน แต่มุมจากแนว NS ไปยังเส้นรุ้งนั้นจะเท่ากันเสมอ เช่นเส้นแวง 20 องศา

ตาราง 3.1 ระยะห่างของเส้นรุ้งจากแนวอิเควเตอร์

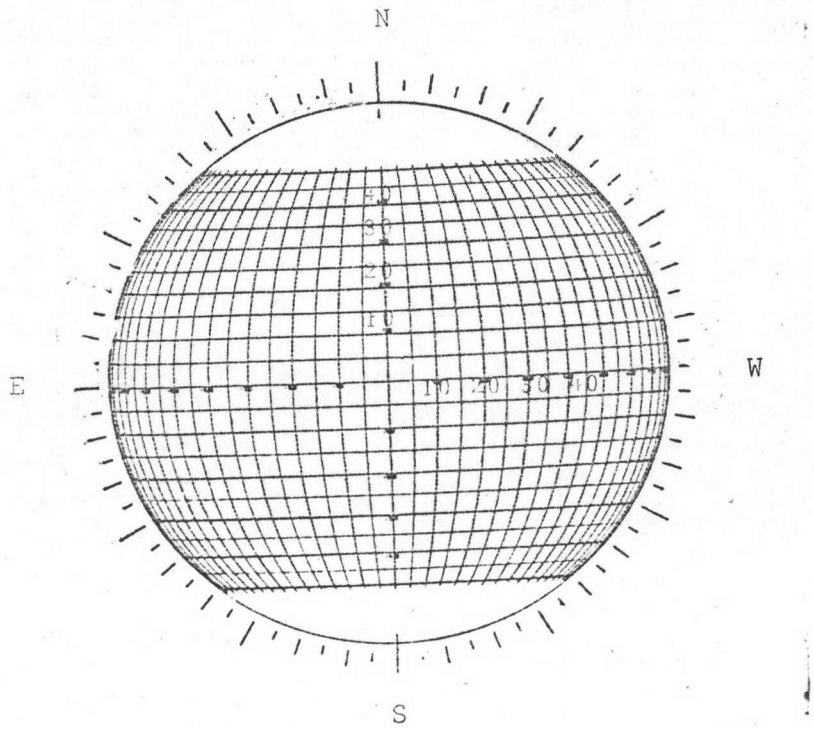
มุมเส้นรุ้ง (องศา)	ระยะห่างจากแนวอิเควเตอร์ (หน่วย)
0	0.00
10	15.80
20	31.12
30	45.50
40	58.49
50	69.71
60	78.81
70	85.51
80	89.62
90	92.00

ตารางที่ 3.2 ระยะของเส้นแวงจากแนวเหนือใต้

เส้นแวง (องศา)	ระยะห่างจากแนว NS (หน่วย) ที่เส้นรุ้ง								
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	15.80	15.56	14.85	13.68	12.10	10.16	7.90	5.40	2.74
20	31.12	30.65	29.24	26.95	23.84	20.00	15.56	10.64	5.40
30	45.50	44.81	42.76	39.40	34.86	29.25	22.75	15.56	7.90
40	58.49	57.60	54.96	50.65	44.80	37.60	29.24	20.00	10.16
50	69.71	68.65	65.50	65.37	53.40	44.81	34.85	23.84	12.10
60	78.81	77.61	74.06	68.25	60.37	50.66	39.40	26.95	13.68
70	85.51	84.60	80.73	74.40	65.81	55.22	42.95	29.38	14.92
80	85.62	88.26	84.21	77.61	68.65	57.61	44.81	30.65	15.56

จะห่างจากแนว NS 31.12 หน่วยที่อิเควเตอร์ แต่ห่างจากแนว NS เพียง 29.25 หน่วยที่เส้นรุ้ง 20 องศา ขณะเดียวกันเส้นแวงนี้ห่างจากแนว NS เป็นมุม 20 องศาเท่ากันทั้งที่อิเควเตอร์และที่เส้นรุ้ง 20 องศา

เนื่องจากระยะของเส้นแวงเดียวกันที่เส้นรุ้งต่างกันมีขนาดต่างกันตามขนาดวงกลมเล็ก เราจึงคำนวณหาระยะห่างจากแนว NS ของเส้นแวงเดียวกันที่เส้นรุ้งต่างกันได้จากสมการระยะทางของวงกลมเล็กตามสมการ 3.2 รายละเอียดดังตาราง 3.2 โดย 1 หน่วยคือ 1/64 นิ้ว เมื่อได้ระยะต่าง ๆ แล้วเรานำไปเขียนในรูปที่มีเส้นรุ้งแล้ว สุดท้ายลากเส้นแวงตามจุดต่าง ๆ จะได้กริดแบบอิเควเตอร์ดังรูป 3.3



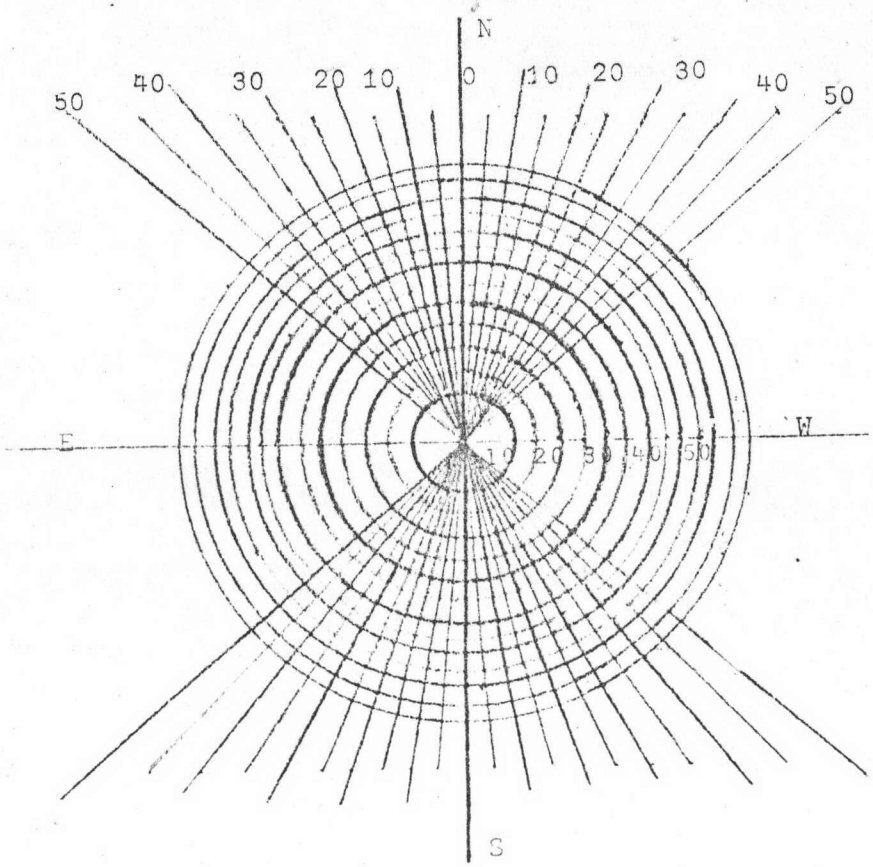
รูปที่ 3.3 กริดแบบอิเควเตอร์

3.2.2.2 กริดแบบยั้วอยู่ที่ศูนย์กลาง

โดยยึดแนวจากผู้สังเกตสังเกตไปที่กลางดวงเป็นหลัก วัตถุบนผิวดวงที่บริเวณไกลจากศูนย์กลางออกไปปรากฏแคบลงตามสัมการ 3.4 โดยมีขอบวงเป็นเส้นอิเควเตอร์ เส้นรุ้งซึ่งขนานกับเส้นอิเควเตอร์ที่มุมต่าง ๆ หาได้จากตาราง 3.1 เส้นแวงสร้างขึ้นโดยอาศัยหลักที่ว่ามุมรอบจุดจะมีได้ 360 องศา จากเส้นแวงตัดเส้นรุ้งที่สร้างขึ้นจะได้กริดแบบยั้วอยู่ที่ศูนย์กลาง ดังรูปที่ 3.4

3.3 การใช้กริด

เมื่อสร้างกริดแล้วนำกริดนี้ไปฮัดลำเนาลงบนแผ่นฟิล์มใสขนาดเท่ารูปถ่ายดวงอาทิตย์ที่ใช้ศึกษา เวลาใช้วางกริดทับลงไปบนรูปถ่ายโดยให้ขอบกริดทับกับขอบรูปถ่ายโดยให้ตำแหน่งเส้นอิเควเตอร์ของกริดแบบอิเควเตอร์ หรือเส้นแวงที่ 0 องศาของกริดแบบยั้วผ่านบริเวณกึ่งกลางของฟิลาเมนต์ที่จะวัดความยาว ค่าที่อ่านได้จากกริดมีค่าเป็นมุมองศา การอ่านค่ามีอยู่ 3 ลักษณะ



รูปที่ 3.4 กริดแบบยั้ว

1. ถ้าพิลาเมนตัวางตัวตามวงกลมใหญ่ คือเส้นอิเควเตอร์หรือเส้นแวงเส้นใดเส้นหนึ่งในกริดแบบอิเควเตอร์ และเส้นที่ผ่านจุดศูนย์กลางกริดในกริดแบบยั้ว ขนาดที่อ่านได้คือขนาดเชิงมุมของพิลาเมนต์จริงไม่ต้องคำนวณต่อ

2. ถ้าพิลาเมนตัวางตัวตามวงกลมเล็ก คือตามเส้นรุ้งของกริดแบบอิเควเตอร์ และในเส้นรุ้งของกริดแบบยั้ว ขนาดที่อ่านได้จะมีค่ามากกว่าเป็นจริงต้องคำนวณหาค่าจริงจากสมการ 3.2 หรือ 3.3

3. ถ้าพิลาเมนตัวางตัวไม่เป็นระเบียบซึ่งเป็นประเภทที่มีจำนวนมากที่สุด ประเภทนี้เราต้องทราบมุมที่พิลาเมนต์นั้นรองรับที่ยั้วดวง และต้องทราบขนาดของอีกสองด้านที่ประกอบเป็นมุมนั้น ซึ่งจะเป็นรูปสามเหลี่ยมทรงกลมโดยมีพิลาเมนต์เป็นด้านหนึ่งของสามเหลี่ยมนั้น การคำนวณหาขนาดต้องใช้สมการของสามเหลี่ยมทรงกลมตามสมการ 3.5 (Smart, 1965)

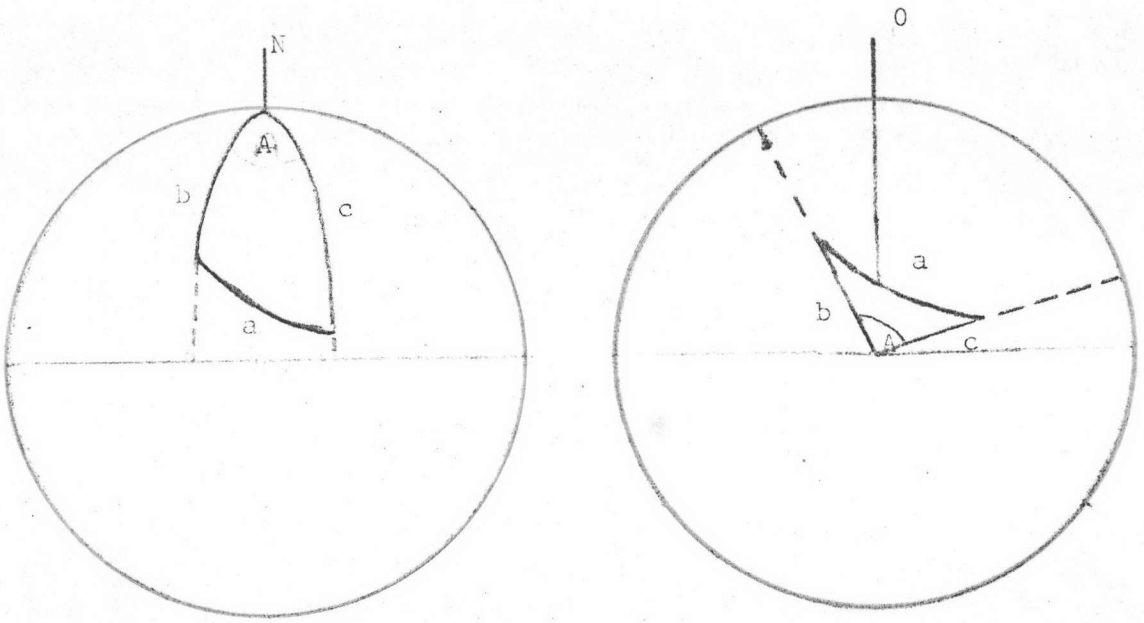
$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A \qquad 3.5$$

เมื่อ a เป็นพิลาเมนต์ที่ต้องการหาขนาดเป็นองศา

b, c เป็นความยาวของด้านที่ประกอบกันเป็นมุมยอดวัดเป็นองศา

A เป็นมุมยอดที่ตรงข้ามกับด้าน a หน่วยเป็นองศา

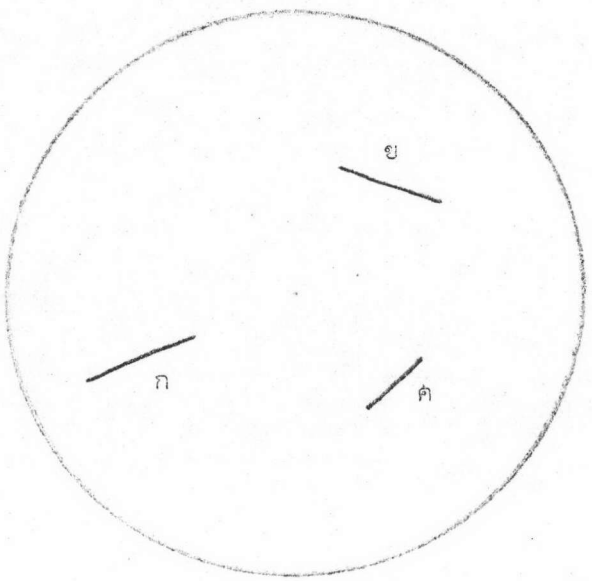
ในการคำนวณจริงนั้น A เป็นมุมที่ขั้วดวงตรงข้ามกับพิลาเมนต์ a ส่วน b และ c เป็นเส้นรุ้งประชิดมุม A ดังรูปที่ 3.5



ก. กริดแบบอิเควเตอร์ ข. กริดแบบขั้ว

รูปที่ 3.5 สามเหลี่ยมทรงกลมที่ปรากฏบนกริด

.3.4 ตัวอย่างการคำนวณ



รูปที่ 3.6 รูปตัวอย่างที่ใช้คำนวณ

สมมติมีพิลาเมนต์ ก ข และ ค วางตัวอยู่ที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนดวงอาทิตย์ดังรูปที่ 3.6 เริ่มจากเอากริดทาบอ่านค่ามุมต่าง ๆ ที่รองรับด้วยพิลาเมนต์นั้นแล้วคำนวณหาค่าความยาวพิลาเมนต์นั้น ตามสมการ 3.1 3.2 3.3 หรือ 3.5

3.4.1 ใช้กริดแบบอิเควเตอร์

พิลาเมนต์ ก พิลาเมนต์ ก อยู่ตามเส้นแวง 0 องศา จากละติจูด 23 องศาเหนือ ถึง 54 องศาเหนือ เนื่องจากวางตัวตามแนววงกลมใหญ่

$\therefore$ พิลาเมนต์ ก ยาว = 54 - 23

= 31 องศา

พิลาเมนต์ ข วางตัวจากเส้นรุ้ง 10 องศาเหนือ 28 องศาตะวันตก ถึง 10 องศาใต้ 39 องศาตะวันตก ตัดเส้นอิเควเตอร์ที่ 32 องศาตะวันตก

จะเห็นว่าพิลาเมนต์นี้วางตัวทั้งในบริเวณขั้วเหนือและและขั้วใต้ของกริดจึงต้องแบ่งการคำนวณเป็นส่องส่วนซีกเหนือและซีกใต้

ในซีกเหนือ มุมยอดที่ขั้ว = 32 - 28

= 4 องศา

อยู่ที่ตำแหน่งเส้นรุ้งที่ 10 องศาและ 0 องศา ดังนั้นด้านประกอบมุมยอดจึงเป็น 80 องศาและ 90 องศา ตามลำดับ

ดังนั้นจากสมการ 3.5 เรามี $A = 4^{\circ}$ $b = 80^{\circ}$ $C = 90^{\circ}$

$\therefore \cos a = \cos 80^{\circ} \cos 90^{\circ} + \sin 80^{\circ} \sin 90^{\circ} \cos 4^{\circ}$

$= .9824$

$a = 10.76$ องศา

ในซีกใต้ มุมยอดที่ขั้ว = 39 - 32

= 7 องศา

ในทำนองเดียวกัน $b = 80$ องศา $c = 90$ องศา

$\therefore \cos a = \cos 80^{\circ} \cos 90^{\circ} + \sin 80^{\circ} \sin 90^{\circ} \cos 7^{\circ}$

$= .9744$

$a = 12.19$

$\therefore$ พิลาเมนต์ ข ยาว = 10.76 + 12.19

= 23.0 องศา

พิลาเมนต์ ค วางตัวตามเส้นรุ้ง 30 องศา จาก 9 องศา ตะวันตกถึง 8.5 องศาตะวันออก เนื่องจากวางตัวตามวงกลมเล็กที่เส้นรุ้ง 30 องศา

มุมที่ขั้ว = 9 + 8.5

= 17.5 องศา

จากสมการ 3.2 มี AB = 17.5 องศา มุม AC = 30 องศา

ความยาวพลาเมนต์ = $17.5 \cos 30^{\circ}$

= 15.2 องศา

3.4.2 ใช้กรีดแบบยั้ว

พลาเมนต์ ก วางตัวตามเส้นแวง 0 องศาจากเส้นรุ้ง 24 องศา ถึงเส้นรุ้ง 55 องศา

∴ พลาเมนต์ ก ยาว = 55 - 24

= 31

พลาเมนต์ ข วางตัวยาวจากเส้นแวง 20 องศาตะวันตกเส้นรุ้ง 25 องศา ถึงเส้นแวง 20 องศาตะวันออกเส้นรุ้ง 37 องศา

∴ มุมยอด A = 20 + 20

= 40 องศา

ด้าน b = 29 องศา

ด้าน c = 37 องศา

จากสมการ 3.5 ได้

$\cos a = \cos 29^{\circ} \cos 37^{\circ} + \sin 29^{\circ} \sin 37^{\circ} \cos 40^{\circ}$

= 0.9219

พลาเมนต์ยาว = 22.8 องศา

พลาเมนต์ ค วางตัวจากเส้นแวง 15 องศาตะวันตกเส้นรุ้ง 30 องศา ถึงเส้นแวง16 องศาตะวันออก เส้นรุ้ง 28 องศา

∴ มุมยอด A = 15 + 16

= 31 องศา

ด้าน b = 30 องศา

ด้าน c = 28 องศา

จากสมการ 3.5

$$\cos a = \cos 30^{\circ} \cos 28^{\circ} + \sin 30^{\circ} \sin 28^{\circ} \cos 31^{\circ}$$

$$= 0.9658$$

พิลาเมนต์ยาว = 15.0 องศา

จากการใช้กริดทั้งสองลองวัดดูหลาย ๆ ค่าพบว่าให้ค่าใกล้เคียงกัน จากตัวอย่างการคำนวณแสดงค่าเปรียบเทียบในตาราง 3.3

ตารางที่ 3.3 ความยาวพิลาเมนต์เปรียบเทียบเมื่อใช้กริดสองแบบ

	ความยาวพิลาเมนต์จำลอง (องศา)		
	ก	ข	ค
กริดแบบศูนย์สูตร์	31	23.0	15.2
กริดแบบขั้ว	31	22.8	15.0

ความแตกต่างนี้เกิดจากสเกลมุมนั้นละเอียดเพียง 1 องศา การอ่านค่าจึงไม่ค่อยแม่นยำ ทำให้การคำนวณมีค่าแตกต่างกันบ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าที่ขอบดวงอาทิตย์ หรือที่ศูนย์กลางดวงอาทิตย์ เมื่อใช้กริดแบบต่างกันวัดค่าจะต่างกัน

เพื่อความถูกต้องมากที่สุด ในกรณีพิลาเมนต์อยู่ใกล้ขอบดวง เราใช้กริดแบบขั้วจะได้ค่าที่อ่านได้ละเอียดแม่นยำกว่า ส่วนพิลาเมนต์ที่อยู่ใกล้ศูนย์กลางภาพใช้กริดแบบอิเควเตอร์จะได้ค่าที่แม่นยำกว่า