บทที่ 3
วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 การสังเกตการณ์ ดร. ระวี ภาวิไล ได้ทำการสังเกตการณ์ดาวหาง อิเคยา-เซกิ ณ ท้องฟ้าจำลอง กรุงเทพ ตั้งแต่วันที่ 10 ตุลาคม 2508 ถึงวันที่ 27 พฤศจิกายน 2508 การถ่ายภาพดาวหางนี้มีหลักว่า ต้องเปิดหน้ากล้องทิ้งไว้นานเพราะแสงดาวจางมาก ฉะนั้นขณะที่ถ่ายภาพจึงต้องหันกล้องถ่ายให้ภาพดาวหางตกลงบนฟิล์มตรงตำแหน่งเดิมอยู่ตลอดเวลา วิธีทำก็คือ เอากล้องถ่ายภาพผูกติดกับกล้องโทรทรรศน์ แล้วใช้กลไกของกล้องโทรทรรศน์หันกล้องทั้งสองตามดาวหางไป ต้องคอยดูด้วยตาให้ดาวอยู่ตรงจุดกำหนดในกล้องโทรทรรศน์นั้นตลอดเวลา โดยอาศัยส่วนใจกลางของดาวหางที่ปรากฏสุกสว่างมากเป็นหลัก

เนื่องจากทัศนวิสัยในพระนครและธนบุรี มีเมฆฝนตลอดต้นและกลางเดือนตุลาคม จึงเป็นอุปสรรคสำหรับการติดตามสังเกตการณ์และถ่ายภาพเป็นอย่างยิ่งผู้เขียนเป็นเพียงผู้สังเกตการณ์เท่านั้น

3.2 การเลือกฟิล์มและฟิล์มกระจก (film and plate) นำฟิล์มเนกาทิฟ (negative) ของดาวหางที่ถ่ายได้มาเลือกภาพเพื่อนำไปอัดขยายต่อไป การเลือกภาพมีหลักใหญ่ ๆ อยู่ 2 ประการคือ (1) ฟิล์มนั้น ๆ ควรจะมีภาพดาวหางอยู่อย่างชัดเจนทั้งหัวและหางของดาวหาง (2) ฟิล์มนั้น ๆ ควรจะมีภาพดวงดาวปรากฏอยู่เป็นจำนวนมากพอ และดวงดาวที่ปรากฏอยู่นั้น จะต้องเป็นดวงดาวที่ปรากฏอยู่ในแผนที่ดาวด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในการหาตำแหน่งของดาวหางในแต่ละวัน และการวัดมุมโพซิชั่นของหางดาวหาง (Position Angle of Tails) และมุมโพซิชั่นของรัศมีเวคเตอร์ (Position Angle of Radius Vectors) ที่กระทำต่อแนวเหนือใต้จากทิศเหนือของท้องฟ้าด้วย แบ่งคุณภาพของฟิล์มทั้งหมดออกเป็น 4 อันดับด้วย

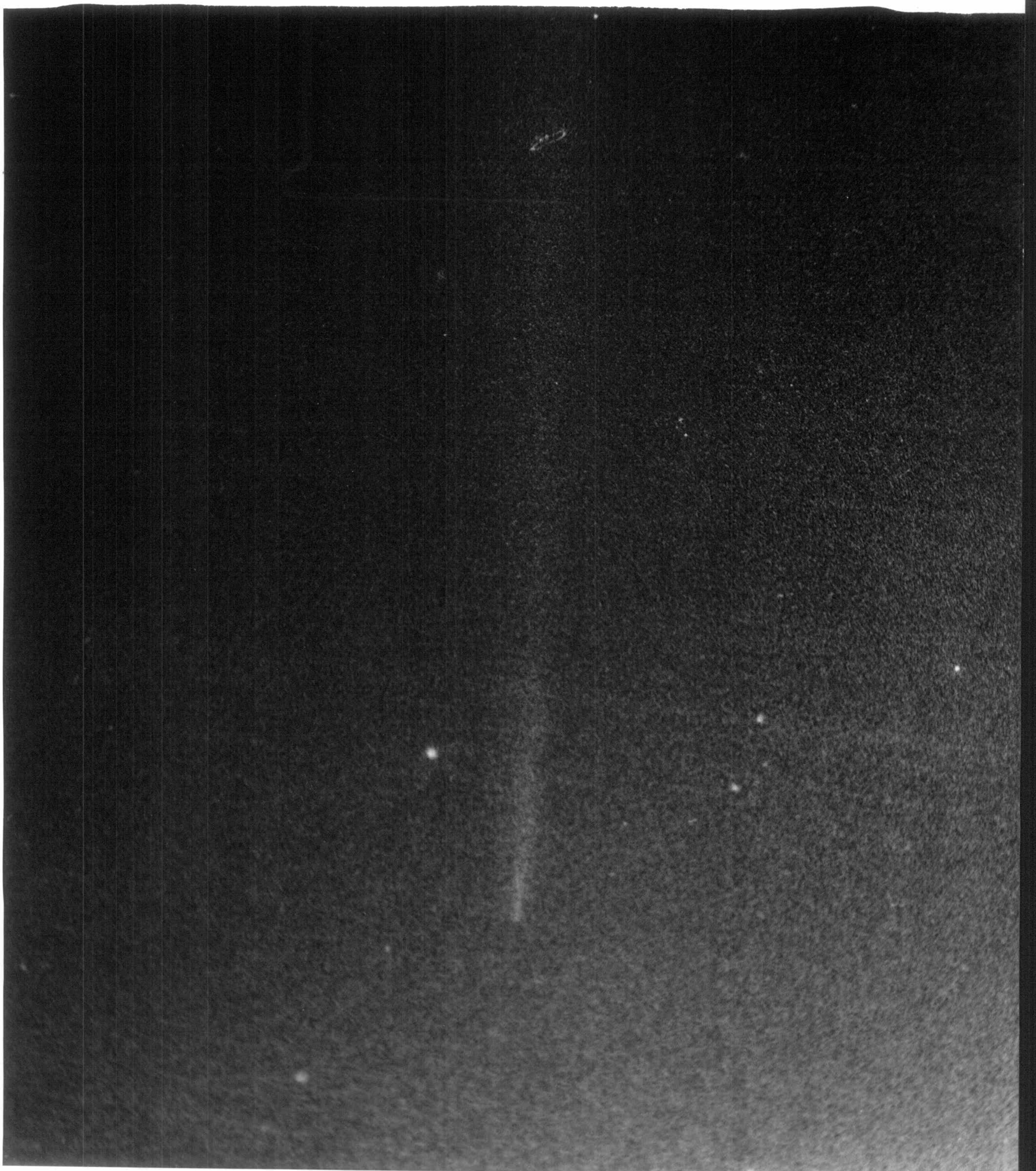
กันคือ A, B, C และ D นำฟิล์มที่มีคุณภาพ A และ B มาสร้างภาพต่อไปได้ 2 วิธี คือ (1) อัดขยายลงบนกระดาษด้วยน้ำยา D-72 และ F-1 ฟิล์ม 4¾ x 6½ และ ฟิล์มกระจก 6½ x 8½ อัดประกบ (Contact) ฟิล์ม 3 x 3 นิ้ว อัดขยาย 5.2 เท่า ฟิล์ม 24 x 36 ม.ม. ขยาย 7 และ 7.6 เท่า เรียกว่า ภาพโพซิทิฟ (positive paper) ดังแสดงในภาพที่ 9 (2) อัดประกบ (ภาพทุกขนาด) ลงบนฟิล์ม โคดอลลิธ ไทพ์ 3 และล้างด้วยน้ำยาล้าง โคดอลลิธ ซุปเปอร์ ได้ฟิล์ม โพซิทิฟ นำฟิล์มนี้ไปอัดขยายลงบนกระดาษ (โดยหงายด้านอีมัลชั่นขึ้น) เช่นเดียวกับวิธีที่ 1 อีกครั้ง ภาพเนกาทิฟ (negative paper) ดังแสดงในภาพที่ 10 ภาพเนกาทิฟที่ได้จากการสร้างโดยวิธีที่ 2 นี้ มี คอนทราส สูงกว่าภาพที่ได้จาก วิธีที่ 1 (ในการสร้างฟิล์มโพซิทิฟนี้ มีจุดประสงค์ที่จะนำภาพที่ได้ไปหาตำแหน่งและวัดมุมของหางดาวหาง ฉะนั้นเพื่อเป็นประโยชน์ในการเขียนแนวของหางได้ถูกต้อง จึงต้องสร้างภาพให้มีแนวทางของหางดาวหางแคบมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยให้เวลาในการเอ็กซโพสมากกว่าปกติเล็กน้อย)

3.3 การวิเคราะห์หาตำแหน่งของใจกลางของดาวหางในท้องฟ้า จากการเรียบเรียงตำแหน่งของหัวดาวหางของแต่ละวัน ซึ่งสถาบันสมิธโซเนียน เป็นผู้ส่งบันทึก เริ่มตั้งแต่ ดาวหางเริ่มปรากฏมาให้สังเกตได้ ในวันที่ 18.8 กันยายน ค.ศ. 1965 ถึงวันที่ 24.222 ธันวาคม ค.ศ. 1965 (I.A.U.C. 1921 to 1952) รวมทั้งหมด 200 รายงาน ทำให้ทราบตำแหน่งของดาวหางในแต่ละวัน นำค่า α ; δ ต่าง ๆ นี้ไปกำหนดลงบนแผนที่ดาว จะได้แนวทางเดินของดาวหางในแผนที่ดาวตั้งแต่เริ่มปรากฏเข้ามาให้สังเกตการณ์ได้ จนกระทั่งกลับออกไป นำภาพ โพซิทิฟ และ เนกาทิฟ มาเทียบเคียงกับแผนที่ดาว ก็จะได้ตำแหน่งของหัวและหางในแต่ละวัน เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องหรือใกล้เคียงที่สุด ผู้เขียนได้ลอกภาพจากแผนที่ลงบนกระดาษแก้ว

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 9

ภาพโฟโตกราฟของดาวหาง อิเคยา-เซกิ (1965F)



ภาพที่ 10

ภาพเนกาทิฟของดาวหาง อิเคยา-เซกิ (1965 F)

แล้วนำมาวางทาบบนภาพโพซิทิฟ หรือภาพเนกาทิฟที่ขยายได้ขนาดเท่ากัน แล้วพิจารณาดูว่า ดาวที่ปรากฏในภาพโพซิทิฟ หรือ ภาพเนกาทิฟ นั้น จะตรงกับดาวกลุ่มไหน หรือดวงไหนในแผนที่

3.4 การสร้างแผนภาพแสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่ากันของดาวหาง (Isophotal Contour Map) จากสเปคโตรสแกนเนอร์ (Spectro Scanner)

ฟิล์มที่จะนำมาสร้างแผนภาพแสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่ากันของหัวและหางดาวหางนี้ เป็นฟิล์มโพซิทิฟ (Positive Film) ซึ่งอัดประกบ (Contact) จากฟิล์มเนกาทิฟ (Negative Film) โดยน้ำยา D-76 และ F-5

เนื่องจาก ความโปร่งแสง (transparency) ของหัวและหางดาวหางบนฟิล์มแตกต่างกันมาก ดังนั้นในการตรวจจะจัดตั้งเครื่องครั้งเดียวเพื่อตรวจให้ตลอดตั้งแต่หัวถึงหางของดาวหางไม่ได้ ในการตรวจผู้เขียนจึงจัดตั้งความไวของเครื่องมือ (Sensitivity) เป็น 3 ระยะ เริ่มตั้งแต่ตอนหัวของดาวหาง ในพื้นที่ประมาณ 1.2 × 2.5 ตารางมิลลิเมตร บนฟิล์ม เมื่อตั้งฟิล์มตามวิธีการในหัวข้อ 2.2 ภาพที่ 8 แล้ว เริ่มเดินเครื่องตรวจโดยเริ่มระยะที่อยู่เหนือส่วนหัวเพียงเล็กน้อยตามแนวนอน จฉ จาก จ ในแนวดิ่ง กข. ถึง ฉ ในแนวคงที่ คง. แล้วจัดตั้งภาพให้กลับมาอยู่ในแนว กข ใหม่ หมุนปุ่มบังคับการเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากให้ฟิล์มเคลื่อนที่มาตามแนว กข.(โดยให้แต่ละช่วงเท่า ๆ กัน) ผ่านหัว และออกไปทางหาง ตามจุด จ, ช, ฌ และต่อ ๆ ไป ในทุก ๆ ระดับก็จะถูกตรวจไปตามแนวนอน จฉ, ชซ, ฌญ ตามลำดับ จนกระทั่งความแตกต่างของการแกว่งของเข็ม (Deflection) บนกระดาษบันทึกซึ่งเป็นกระดาษกราฟน้อยลงมาก จึงเริ่มจัดปรับความไวของกล้องใหม่ ในระยะที่สองนี้ได้พื้นที่ 2.5 × 4.2 ตารางมิลลิเมตร เริ่มเข้ามาในบริเวณหาง ปฏิบัติซ้ำเช่นเดียวกับระยะแรก ต่อไปทำซ้ำอีกเช่นเดียว

กับระยะที่ 1 และระยะที่ 2 ในระยะที่ 3 นี้ ได้พื้นที่ 4.2 × 5.0 ตารางมิลลิเมตร บนฟิล์ม

ภาพที่ 11, 12 และ 13 คือแผนภาพแสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่า ๆ กัน ของดาวหาง แกนนอน (Abscissa) แทนระยะที่อ่านได้ในแนวนอน จฉ และ แกนตั้ง (Ordinate) แทนระยะที่อ่านได้ในแนวตั้งฉากในภาพที่ 8 แกนตั้งเป็นแกนที่จัดให้ขนานไปกับแนวหางของดาวหาง ระยะตามแนว จฉ อ่านได้จากกระดาษบันทึก ระยะตามแนว ก.ข. อ่านได้จากมาตราส่วนที่สร้างขึ้น

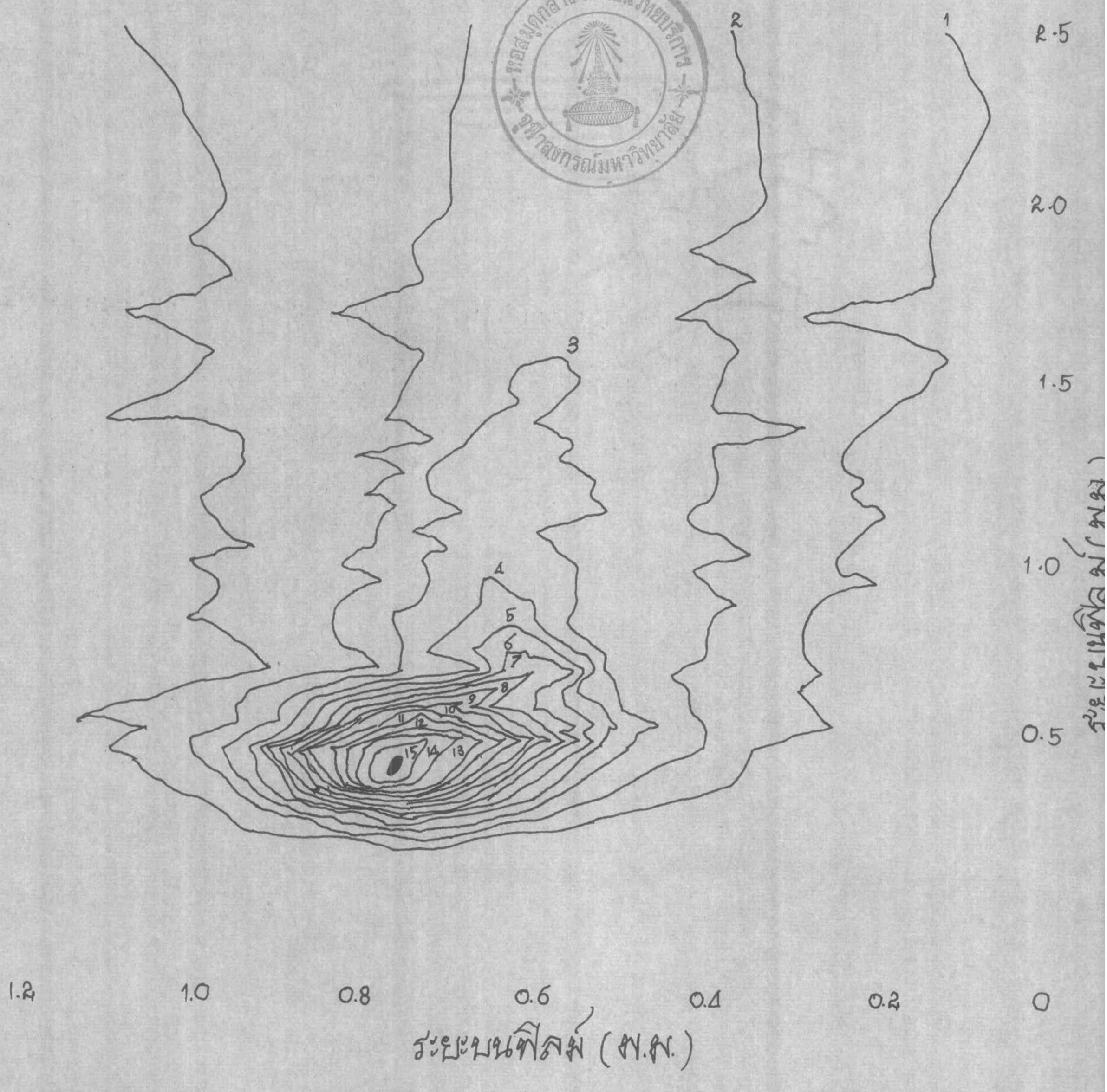
3.5 การสร้างภาพ แสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่า ๆ กัน (Isophote)

การสร้างภาพที่แสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่ากัน ตามหัวข้อ 3. 4 โดยใช้สเปคโตรสแกนเนอร์ เป็นวิธีการสร้างที่ยุ่งยากและเสียเวลามาก วิธีที่จะกล่าวถึงในหัวข้อ 3.5 นี้ เป็นการสร้างลงบนภาพเลยทีเดียว ผู้เขียนจึงใช้คำว่า การสร้างภาพ แทน การสร้าง แผนภาพ ซึ่งมีวิธีการสร้างดังต่อไปนี้

ในขั้นแรกหาเวลาของการให้แสง (Exposure Time) ของการสร้างฟิล์มโพซิทิฟ จาก ฟิล์ม เนกาทิฟ ซึ่งเป็นฟิล์มต้นกำเนิด (Original Film or Plate) โดยการอัดประกบจากดวงไฟที่มีกำลัง 5 วัตต์อยู่สูงจากพื้นกระจกที่วางฟิล์ม 2 เมตร เมื่อได้เวลาในการเอ็กซโพสแล้ว ใช้เวลาที่ได้นี้เพื่อสร้างภาพแสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่ากันต่อไป วิธีการหาเวลาของการให้แสงไฟก็เช่นเดียวกับการอัดรูปธรรมดา โดยการทำเป็นขั้น ๆ ดังนี้คือ (1) ให้แสงไฟแก่ฟิล์มที่ต้องการอัดภาพ (2) ล้างในน้ำยาล้างฟิล์มหรือน้ำยาสร้างภาพ ออร์โธโคดอลลิส ไทพ์ 3 ด้วยอุณหภูมิคงที่ ที่ 68° ฟ. หรือ 20 ° ซ. (3) ผ่านเข้าไปในอ่างน้ำยาล้างให้หยุด (4) อ่างสุดท้ายคือ อ่างน้ำยาคงภาพ หรือน้ำยาไฮโป แล้วจึงนำฟิล์มไปแช่ในภาชนะที่มีน้ำ

ภาพที่ 11 แผนภาพแสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่ากันของดาวหาง อิเคยา-เซกิ (1965F)

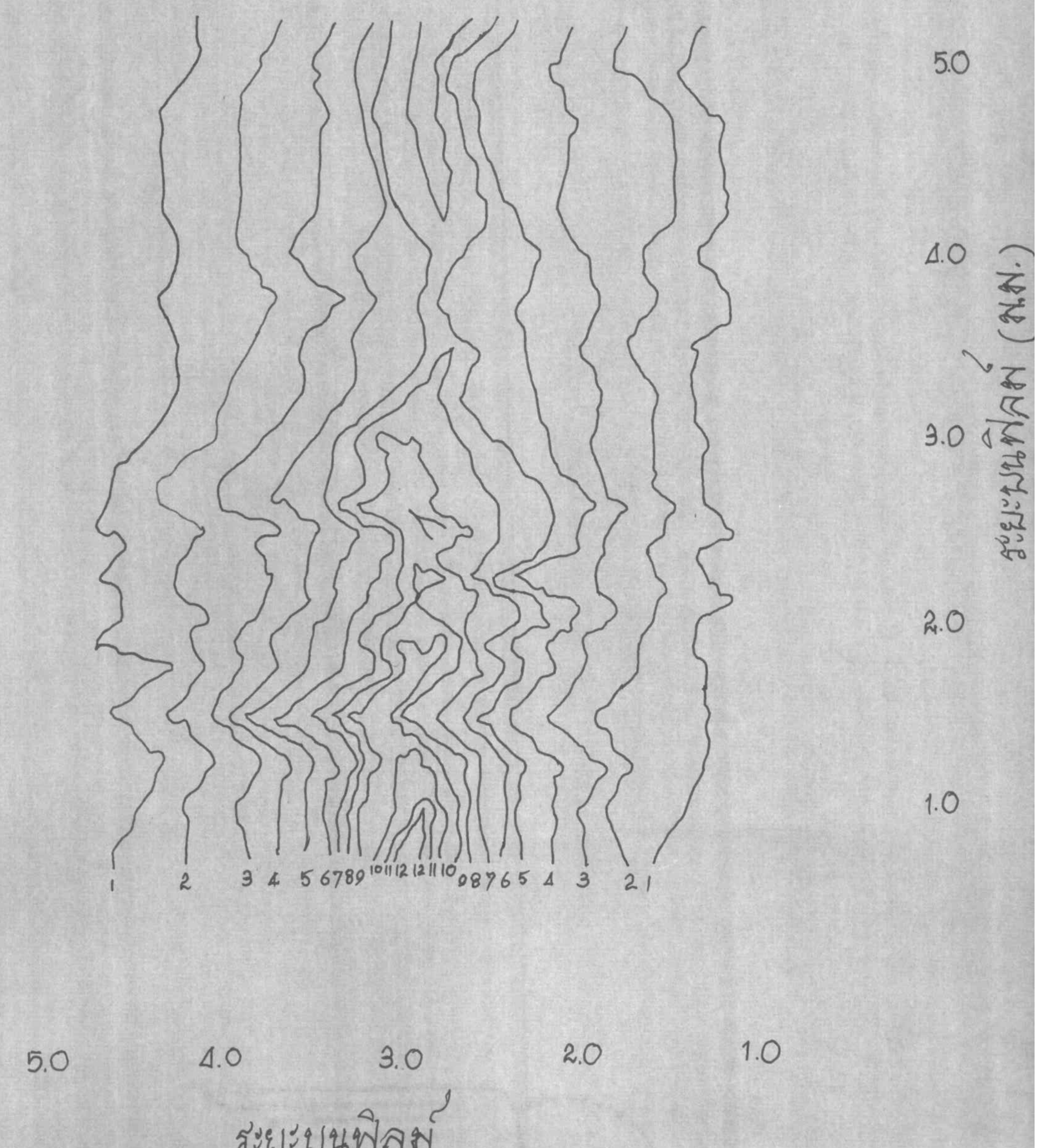
แสดงภาพส่วนหัวในพื้นที่ 1.2 × 2.5 ตารางมิลลิเมตร (บนฟิล์ม)



รอยหยักตามแนวตั้งฉากในภาพ เกิดจากความผิดพลาดในการตั้งแนวในการตรวจ

ภาพที่ 12 แผนภาพแสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่ากันของดาวหาง อิเคยา-เซกิ (1965F)

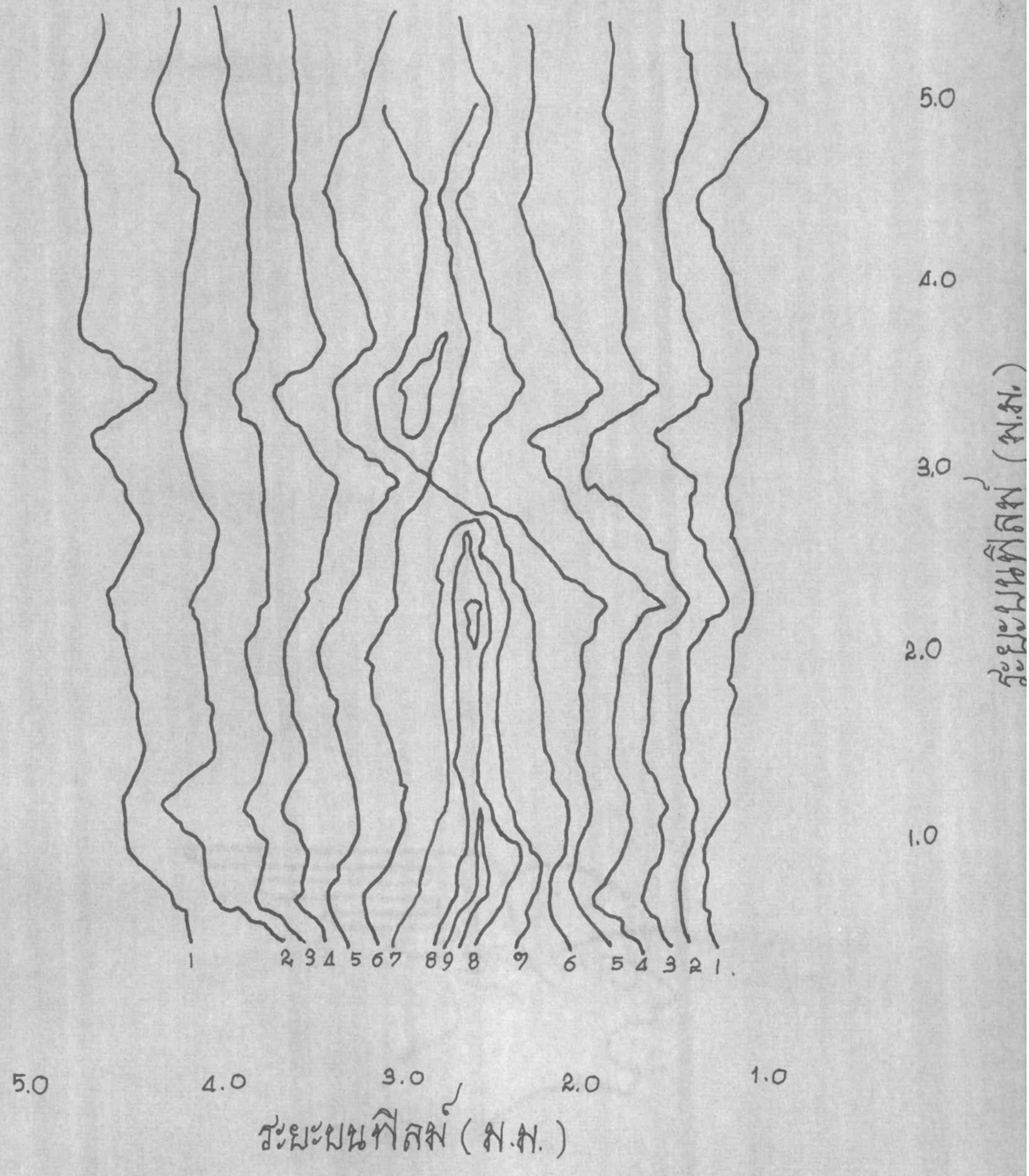
แสดงภาพส่วนหางในพื้นที่ 3.5 × 4.5 ตารางมิลลิเมตร (บนฟิล์ม)



ภาพที่ 13

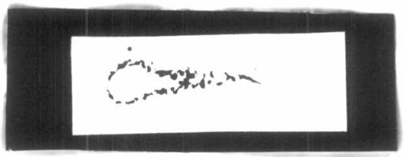
แผนภาพแสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่ากันของดาวหาง อิเคยา-เซกิ (1965F)

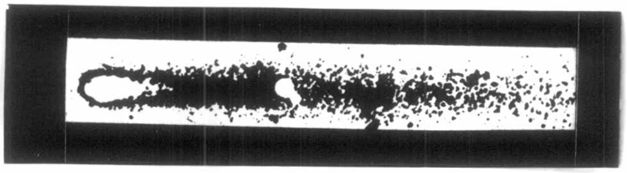
แสดงภาพส่วนหางในพื้นที่ 4.2 × 5.0 ตารางมิลลิเมตร (บนฟิล์ม)

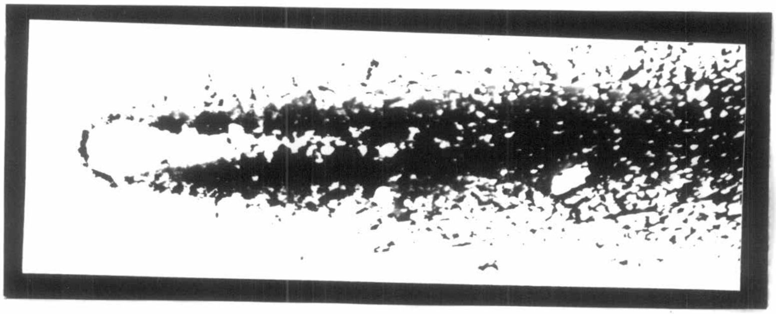


ภาพที่ 14

ภาพแสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่ากัน 1 แนว







ไหลผ่าน เพื่อล้างน้ำยาออกให้หมด ผลของการหาเวลาของการให้แสงไฟได้เวลาดังนี้

(1) เวลาที่ให้แสงไฟ (Exposure Time) เท่ากับ 9 วินาที
(2) เวลาที่ใช้ในอ่างน้ำยาสร้างภาพ (Developer) 8 นาที
(3) เวลาที่ใช้ในอ่างน้ำยาล้างให้หยุด (Stop bath) 10 วินาที
(4) เวลาที่ใช้ในอ่างน้ำยาคงภาพ (Fixing bath) 10 นาที

(หมายเหตุ เวลาที่ให้แสงไฟนี้น้อยไปเล็กน้อย ทั้งนี้เพื่อต้องการให้ภาพโต เพราะถ้าให้ได้เท่ากับฟิล์มต้นกำเนิดจริง ๆ จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนหัวจะมีเพียง 0.3 ม.ม. โดยเฉลี่ย)

ในการสร้างภาพแสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่ากัน หลังจากที่ผ่านขั้นที่ 2 มาแล้ว แทนที่จะทำขั้นที่ 3 ต่อไป นำภาพไปล้างด้วยน้ำที่สะอาดโดยการหงายฟิล์มเอาด้านที่มี อีมัลชั่น (Emulsion) ขึ้น ให้น้ำไหลผ่านประมาณครึ่งนาที หลังจากนั้นก็นำมาให้แสงแก่ฟิล์มนั้นอีกครั้ง โดยหงายด้านอีมัลชั่นขึ้นรับแสง (ไม่มีฟิล์มเนกาทิฟซึ่งเป็นต้นกำเนิดประกบอยู่เช่นในขั้นที่ 1) หลังจากนั้นแล้วนำกลับไปทำขั้นที่ 2, 3, 4 ต่อไปเช่นเดิม จะได้ภาพที่แสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่ากันชั้นเดียว (Isophote 1 ชั้น) เวลาที่ใช้ในการสร้างภาพแสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่ากันชั้นเดียวมีดังนี้คือ

(1) เวลาที่ให้แสงไฟ 9 วินาที
(2) ก. เวลาที่อยู่ในอ่างน้ำยาสร้างภาพ 8 นาที
ข. เวลาที่ใช้ในการล้างฟิล์มด้วยน้ำสะอาด 30 วินาที
ค. เวลาที่ให้แสงไฟครั้งที่ 2 3 วินาที
ง. เวลาที่อยู่ในอ่างน้ำยาสร้างภาพ 8 นาที

(3) เวลาที่อยู่ในอ่างน้ำยาให้หยุด 10 วินาที

I16637100

(4) เวลาที่อยู่ในอ่างน้ำยาคงภาพ 10 นาที

ทำวิธีการ ในข้อ (2) ทั้ง ก ข ค และ ง ซ้ำอีกครั้งจะได้ภาพที่แสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่ากัน 2 ชั้น (Isophote 2 ชั้น) เวลาที่ใช้สร้างภาพที่กล่าวมาหลังสุดนี้คือ

(1) เวลาที่ให้แสงไฟ 9 วินาที

(2) ก. เวลาที่อยู่ในอ่างน้ำยาสร้างภาพ 8 นาที

ข. เวลาที่ใช้ในการล้างฟิล์มด้วยน้ำสะอาด 30 วินาที

ค. เวลาที่ให้แสงไฟครั้งที่ 2 3 วินาที

ง. เวลาที่อยู่ในอ่างน้ำยาสร้างภาพ 8 นาที

จ. เวลาที่ใช้ในการล้างฟิล์มด้วยน้ำสะอาด 30 วินาที

ฉ. เวลาที่ให้แสงไฟครั้งที่ 3 3 วินาที

ช. เวลาที่อยู่ในอ่างน้ำยาสร้างภาพ 8 นาที

(3) เวลาที่อยู่ในอ่างน้ำยาให้หยุด 3 วินาที

(4) เวลาที่อยู่ในน้ำยาคงภาพ 10 นาที

ภาพแสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่ากัน ทั้ง 1 ชั้น และ 2 ชั้น นี้เป็นฟิล์มโพซิทิฟ เนื่องจากมีขนาดเล็กมากจึงมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า นำไปสร้างเป็นฟิล์มเนกาทิฟ โดยใช้เวลาให้แสงนานประมาณ 3 ถึง 4 นาที จากฟิล์มเนกาทิฟนี้ พอจะมองเห็นเป็นภาพแสดงบริเวณที่มีความสว่าง 1 ชั้น หรือ 2 ชั้นได้ แต่ไม่ชัดเจน นำไปอัดขยายลงบนฟิล์มให้เป็นฟิล์มโพซิทิฟอีกครั้งหนึ่งโดยขยาย 10 เท่า แล้วนำฟิล์มโพซิทิฟ มาอัดประกบลงบนกระดาษเป็นภาพเนกาทิฟ และเป็นภาพแสดงบริเวณที่มีความสว่างเท่ากัน ดังแสดงในภาพที่ 14 และภาพที่ 15.