หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ ๓

คุณสมบัติของมอดเติลมือและมอดเติลสว่าง

บทนำ

ข้อมูลของดวงอาทิตย์ที่นำมาศึกษาตอนนี้ ศาสตราจารย์ ดร.ระวี ภาวิไล เป็นผู้บันทึกภาพ เมื่อ ๘ เมษายน ๒๕๑๔ เป็นภาพบริเวณกลางดวง ซึ่งถ่ายโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ชนิดหักเหแสง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๕๐ มม. ความยาวโฟกัส ๒๒๕๐ มม. กับตัวกรองไซส์ กล้องถ่ายรูปเพนแทกซ์และเอกแซกต้าสลับกัน เริ่มจากการจัดตัวกรองให้ส่งผ่านคลื่นแสงขนาดความยาว $\pm$ ๐.๐, $\pm$ ๐.๒๕, $\pm$ ๐.๗๕ อังสตรอม จากเส้นไฮโดรเจนอัลฟา จำนวน ๑ ม้วน และถ่ายในแสงขนาดความยาวคลื่น +๐.๗๕ อังสตรอม จากเส้นไฮโดรเจนอัลฟา อีก ๓๑ ม้วน เริ่มจากเวลา ๑๑.๕๘ น. ถึง ๑๓.๑๐ น. ที่กรุงเทพฯ ช่วงระยะเวลาแต่ละภาพถ่ายห่างกันประมาณ ๓ วินาที ได้อัดขยายภาพ ที่ทัศนวิสัยดี ประมาณ ๘๐ ภาพ มาศึกษา โดยอัดขยายจากฟิล์ม ๑๗.๕ เท่า (๑ มม.บนภาพ = ๑.๒๕ sec of arc)

จำนวนของมอดเติลมือ (ที่ขนาดคลื่น $H\alpha$ + ๐.๗๕ อังสตรอม)

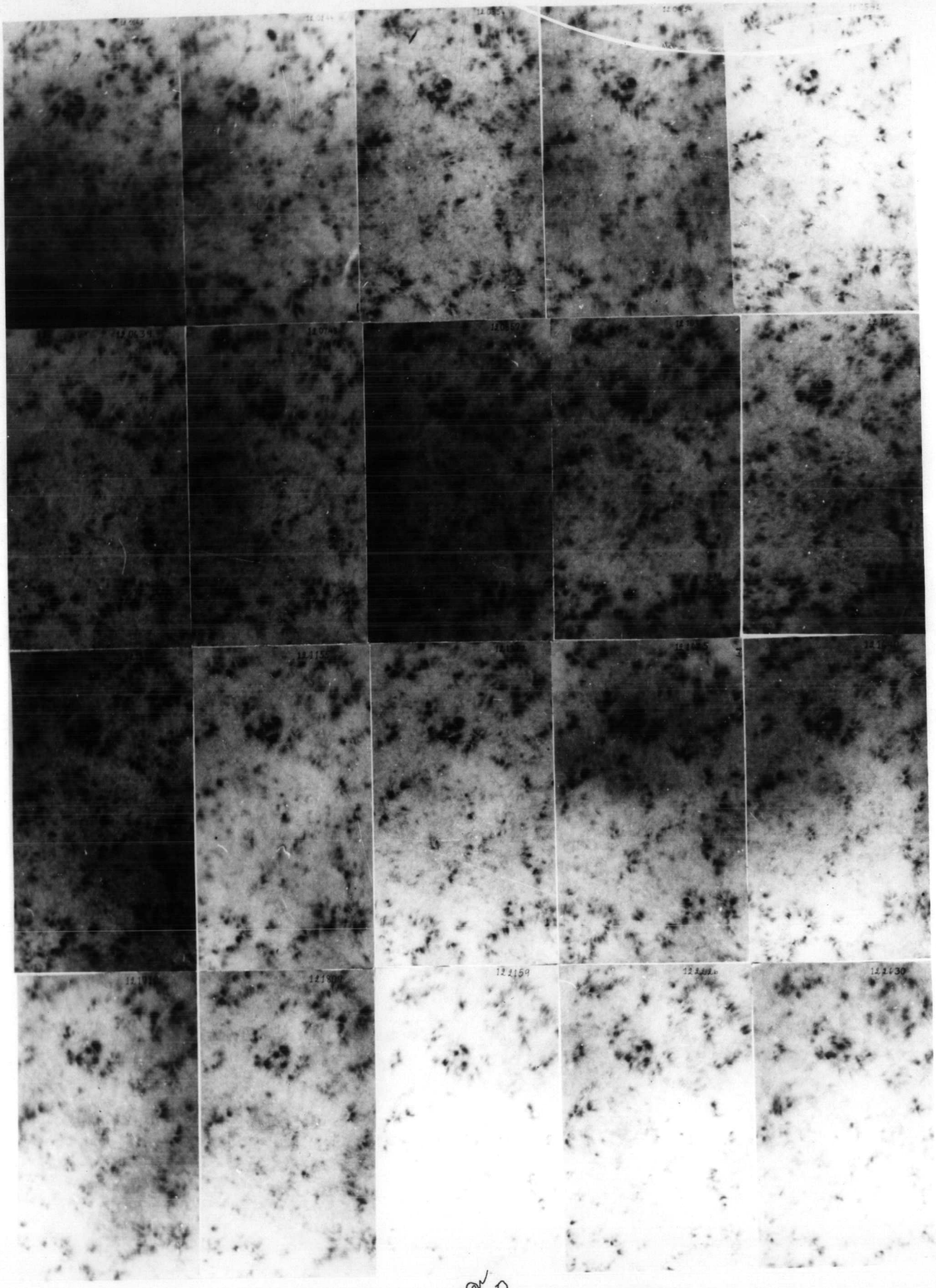
ได้ศึกษาภาพถ่ายบริเวณเงี่ยงสงบกลางดวงอาทิตย์ในแสงขนาดความยาวคลื่น +๐.๗๕ อังสตรอม จากใจกลางเส้นไฮโดรเจนอัลฟา ในพื้นที่ ขนาด ๑๘๓ X ๓๐๙ sec of arc หรือ ๑/๒๐๕ เท่าของพื้นผิวทั้งหมด โดยเลือกภาพที่ทัศนวิสัยดีที่สุดได้ ๒๐ ภาพ ซึ่งเริ่มถ่ายเวลา ๑๒.๐๑๔๑ น. ถึง ๑๒.๒๖๓๐ น. มานับจำนวนมอดเติลมือในพื้นที่นั้นแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ได้จำนวน ๒๐๑ อัน ดังนั้น เมื่อคำนวณหาจำนวนมอดเติลมือเฉลี่ยทั้งดวง โดยคิดจากพื้นที่ผิวดวงทั้งหมดจะได้จำนวน ๒๐๑ X ๒๐๕ อัน ซึ่งมีค่าประมาณ ๔X 10^4 อัน

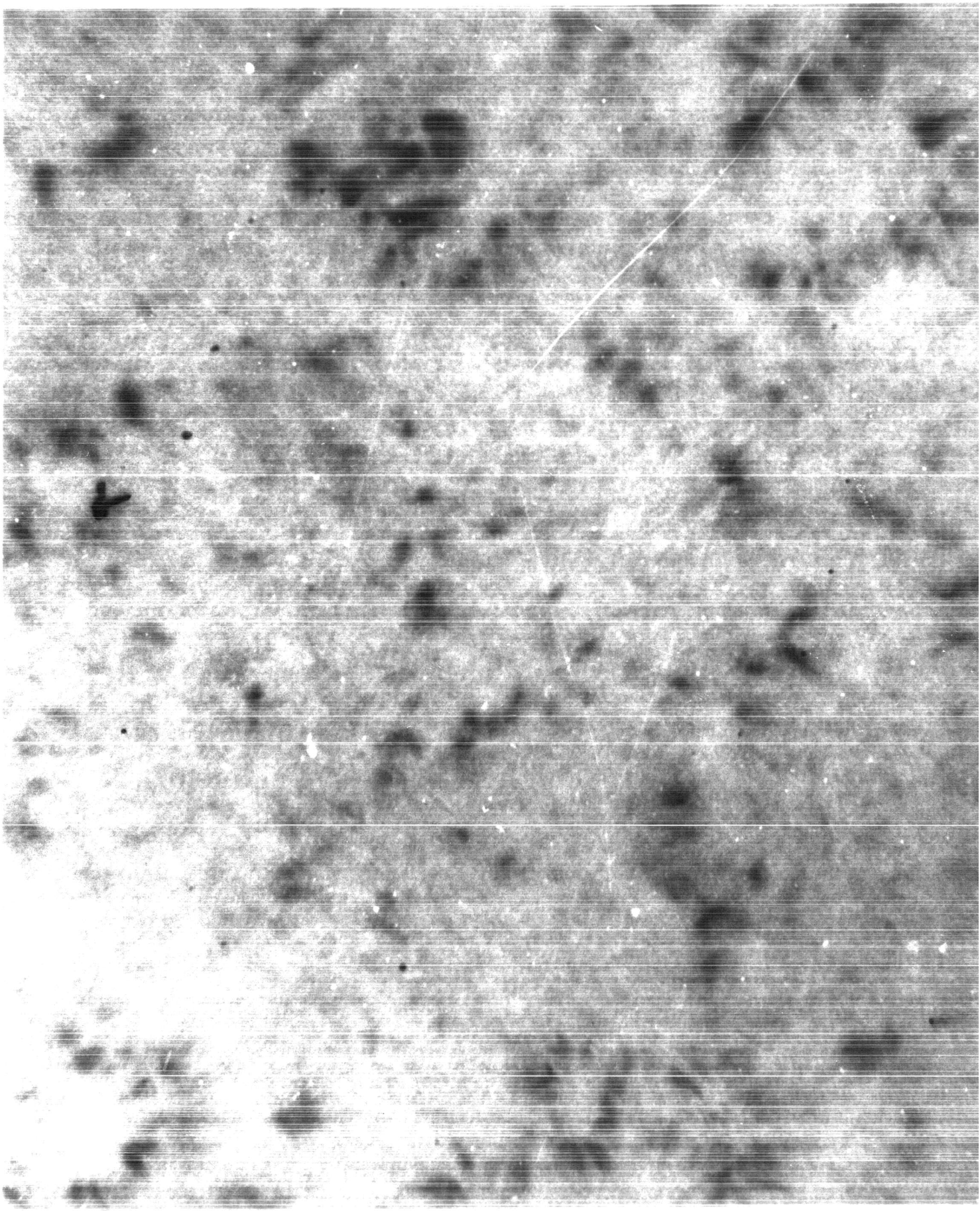
ตารางที่ ๓ แสดงข้อมูลการหาจำนวนมอดเติลมีด

ภาพที่	ระหัสของฟิล์ม ม้วนที่-รูปที่	เวลาที่บันทึก ที่กรุงเทพ ฯ	จำนวนมอดเติล อัน
๑	๒-๘	๑๒.๐๑๔๑	๑๗๕
๒	๒-๒๔	๑๒.๐๒๔๔	๑๖๗
๓	๓-๔	๑๒.๐๓๕๔	๒๑๔
๔	๓-๒๔	๑๒.๐๔๕๔	๑๘๔
๕	๔-๕	๑๒.๐๕๔๒	๑๘๗
๖	๔-๒๔	๑๒.๐๖๓๔	๑๔๓
๗	๕-๒	๑๒.๐๗๔๘	๒๐๑
๘	๕-๒๕	๑๒.๐๘๕๗	๒๓๑
๙	๖-๑๐	๑๒.๑๐๓๗	๒๒๒
๑๐	๖-๑๔	๑๒.๑๑๐๔	๒๐๘
๑๑	๖-๒๔	๑๒.๑๑๑๔	๒๗๖
๑๒	๖-๓๖	๑๒.๑๑๕๕	๑๔๒
๑๓	๗-๒๕	๑๒.๑๓๒๒	๒๐๖
๑๔	๘-๑	๑๒.๑๔๒๕	๒๐๔
๑๕	๔-๑	๑๒.๑๖๔๐	๒๑๗
๑๖	๔-๑๑	๑๒.๑๗๑๐	๑๔๕
๑๗	๔-๓	๑๒.๑๘๐๗	๑๔๗
๑๘	๑๑-๒๔	๑๒.๒๑๕๔	๑๘๕
๑๔	๑๑-๓๓	๑๒.๒๒๒๖	๒๐๘
๒๐	๑๓-๒๖	๑๒.๒๖๓๐	๑๕๒
		เฉลี่ย	๒๐๑.๒

รูปที่ ๙ ก ภาพถ่ายบริเวณเงี่ยงสงบกลางดวงอาทิตย์ที่ขนาดคลื่น + ๐.๗๕ อังสตรอม จากเส้นไฮโดรเจนอัลฟาในเวลาต่อเนื่องกัน เริ่มตั้งแต่เวลา ๑๒.๐๑๔๑ น. ถึง ๑๒.๒๖๓๐ น. ที่กรุงเทพฯ

รูปที่ ๙ ข ภาพ ก ที่ใช้เป็นภาพหลักในการหาอายุของมอตเติลมืดที่ขนาดคลื่น + ๐.๗๕ อังสตรอม จากเส้นไฮโดรเจนอัลฟา เวลาที่ถ่าย ๑๒.๑๑๑๙ น. ที่กรุงเทพฯ





<u>อายุของมอตเติลมืด</u> (ที่ขนาดกลื่น Hα + ๐.๗๕ อังสตรอม)

ในภาพชุดเดิมที่ศึกษาจำนวนมอตเติล ซึ่งถ่ายที่ขนาดความยาวกลื่น + ๐.๗๕ อังสตรอม จากใจกลางเส้นไฮโดรเจนอัลฟา ในเวลาติดต่อกัน มีภาพที่ทัศนวิสัยดีพอสมควร จำนวนประมาณ ๘๐ ภาพ ได้เลือกภาพที่ดีที่สุดภาพหนึ่ง สมมติเรียกว่า ภาพ ก. เป็นหลัก ซึ่งถ่ายเมื่อเวลา ๑๒.๑๑๑๔ น. เพื่อสังเกตการปรากฏของมอตเติลมืดบางอัน ทั้งในภาพ ก. ในภาพที่ถ่ายก่อนภาพ ก. และถ่ายหลังภาพ ก. ภาพที่นำมาศึกษา มีก่อนภาพ ก. ระยะเวลาห่างกันตั้งแต่ ๓ วินาที จนถึงก่อน ๕๙๖ วินาที เป็นจำนวน ๔๐ ภาพ และถ่ายหลังภาพ ก. ระยะเวลาห่างกันตั้งแต่ ๓ วินาที จนถึง ๑๑๗๖ วินาที เป็นจำนวน ๔๑ ภาพ ช่วงเวลาที่บันทึกภาพทั้งหมดประมาณครึ่งชั่วโมง

มอตเติลมืดแต่ละอันที่ศึกษาในแต่ละภาพ จะนำมาเปรียบเทียบกับภาพ ก. และบันทึกไว้ในตารางแสดงความเข้ม ดังนี้ เมื่อเริ่มปรากฏพอมองเห็นรูปร่าง ให้ความเข้มเป็น ๑ เมื่อปรากฏชัดขึ้น เข้มขึ้นให้ความเข้มเป็น ๒,๓ และ ๔ ตามลำดับ พอจางลงความเข้มก็จะลดลงตามลำดับเช่นเดียวกัน โดยยึดหลักว่า ความเข้มเท่ากันให้คาเป็นตัวเลขตัวเดียวกัน ทั้งขณะกำลังเกิดและกำลังจะหายไป และลำดับความเข้มของมอตเติลที่ปรากฏอย่างหยาบ ๆ ดังนี้ ๑ • ๒ • ๓ • ๔ • ๕ • เมื่อภาพเลื่อนลางไปจนเห็นรูปร่างไม่ชัดให้ความเข้มเป็นศูนย์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ตำแหน่งที่อยู่ โดยอาจจะบิดปลายไปคนละทางกับภาพเดิมหรือบริเวณที่เห็นมอตเติลตั้งขึ้นมาเลื่อนไปจากที่เดิมเล็กน้อย ไม่ถึง ๑ sec of arc ก็ยังถือว่าเป็นมอตเติลเดิมอยู่ ได้บันทึกการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้ไว้ในตารางความเข้มโดยเขียนลูกศรชี้ทิศทางที่เบนไปจากเดิมไว้ข้างตัวเลขที่แสดงความเข้ม

ในภาพที่ศึกษา มีมอตเติลมืดประมาณ ๑๕๐ - ๒๗๖ อัน (ดังในตารางที่ ๓ ที่หาจำนวน) มีมอตเติลที่เกิดโดดเดี่ยว ซึ่งมักมีขนาดเล็ก รูปร่างกลมหรือรี เกิดอยู่ระหว่างกลางตาข่ายของโครโมสเฟียร์ เพียงไม่ถึง ๒๐ อัน ส่วนใหญ่จะเกิดรวมกันเป็นกระจุก มีทั้งกระจุกเล็ก

ตารางที่ ๔ สรุปการหาอายุของมอตเติลมีดโดยสังเกตความเข้มของภาพ

ชุดที่	รูปร่างลักษณะ	ความเข้มสูงสุด	ช่วงเวลาที่ปรากฏ เริ่มตน ๑๒ : น.	ช่วงเวลาที่ปรากฏ สุดทาย ๑๒ : น.	อายุ นาที
๑	กลม	๓	: ๐๗๔๘	: ๑๒๔๖	๔.๕๘
			: ๑๔๒๕	: ๑๘๒๒	๓.๕๗
๒	กลม	๔	: ๐๗๔๘	: ๑๓๒๕	๕.๓๗
๓	กลม	๒	: ๐๗๔๘	: ๑๐๑๖	๒.๒๘
			: ๑๑๐๔	: ๑๒๓๑	๑.๒๗
๔	ยาว	๔	: ๐๑๒๓	: ๑๗๐๑	๑๕.๓๘
๕	กลม	๑	: ๑๑๑๖	: ๑๓๒๕	๒.๐๔
๖	กลม	๒	: ๐๔๑๒	: ๐๕๑๕	๑.๐๓
			: ๐๖๒๗	: ๐๗๑๒	๐.๔๕
			: ๐๘๑๘	: ๐๔๐๖	๐.๔๘
			: ๑๑๑๖	: ๑๓๔๐	๒.๒๔
๗	กลมอยู่ใกล้กระจุกใหญ่	๒–๓	: ๐๖๒๗	: ๐๗๔๘	๑.๒๑
			: ๑๐๑๖	: ๑๓๒๕	๓.๐๔
๘	กลม	๑	: ๑๑๐๔	: ๑๑๔๖	๐.๔๒
๙	รีมี ๒ จุดติดกัน	๒	: ๐๒๔๔	: ๐๗๐๖	๔.๒๒
			: ๐๘๐๐	: ๑๓๔๐	๕.๔๐
๑๐	กลม	๓	: ๑๐๑๖	: ๑๒๓๑	๒.๑๕
๑๑	ยาว	๔	: ๐๑๒๓	: ๑๔๕๘	๑๓.๓๕
๑๒	กลม ๒ จุดติดกัน	๔	: ๐๕๔๒	: ๑๓๐๗	๗.๒๕
๑๓	กลม	๔	: ๐๕๐๖	: ๑๒๒๕	๗.๑๔
๑๔	ยาว	๓	: ๐๖๑๘	: ๑๖๔๐	๑๐.๒๒
๑๕	ยาว ๒ อันติดกัน	๔,๔	: ๐๖๐๖	: ๑๒๔๖	๖.๔๐
			: ๑๓๒๕	: ๑๘๒๒	๔.๕๗
๑๖	รี	๒	: ๐๕๔๒	: ๐๖๔๕	๑.๐๓
			: ๐๗๑๒	: ๐๘๓๖	๑.๒๔
			: ๑๐๕๒	: ๑๑๔๖	๐.๕๔
๑๗	กลม	๑	: ๑๐๕๒	: ๑๑๓๔	๐.๔๒
๑๘	ยาวตั้งขึ้น	๓	: ๐๑๒๓	: ๑๔๕๘	๑๓.๓๕
๑๙	จุดเล็ก ๒ จุดติดกัน	๓	: ๐๑๒๓	: ๐๕๕๗	๔.๓๔
			: ๐๘๑๘	: ๑๔๓๔	๖.๑๖
๒๐	รี จางต่อกันมา	๒	: ๐๘๓๖	: ๐๔๐๖	๐.๓๐
			: ๑๐๕๒	: ๑๑๒๘	๐.๓๖
			: ๑๖๕๒	: ๑๗๒๒	๐.๓๐

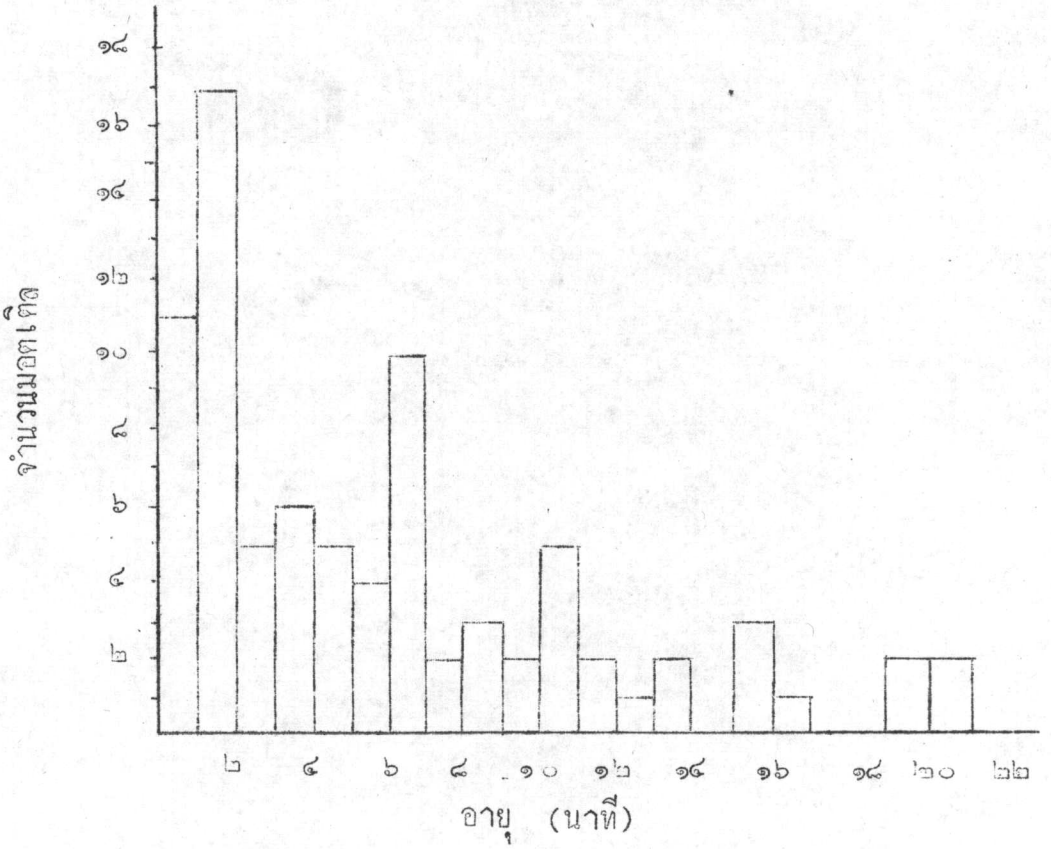
ตารางที่ ๔ สรุปการหาอายุของมอตเติลมีดโดยสังเกตความเข้มของภาพ

ชุดที่	รูปร่างลักษณะ	ความเข้มสูงสุด	ช่วงเวลาที่ปรากฏ เริ่มต้น ๑๒ : น.	สุดท้าย ๑๒ : น.	อายุนาที
๒๑	กลม	๓	๐๒๔๔	๐๕๔๒	๒.๕๘
			๐๗๔๘	๑๔๓๔	๖.๔๖
๒๒	รี	๒	๐๓๓๔	๑๑๕๕	๘.๑๖
๒๓		๔	๐๘๐๐	๑๘๒๒	๑๐.๒๒
๒๔		๓	๐๓๕๑	๐๕๑๕	๑.๒๔
			๐๗๔๘	๐๔๐๖	๑.๑๘
			๑๐๓๗	๑๔๓๔	๓.๕๗
			๑๖๔๐	๑๘๒๒	๑.๔๒
๒๕	เล็กและโดดเดี่ยว	๓	๐๗๔๘	๐๔๐๖	๑.๑๘
			๑๑๐๔	๑๑๔๖	๐.๔๒
๒๖	๒ จุดกลมเล็ก ๆ	๒	๐๕๔๒	๐๖๓๔	๐.๕๗
			๐๗๔๘	๐๘๓๖	๐.๔๘
			๑๑๐๔	๑๔๒๕	๓.๒๑
๒๗	มีหางยาวตอ	๔	๐๕๕๗	๑๔๒๕	๘.๒๘
๒๘	เกือบกลม	๓	๐๕๐๖	๑๔๕๘	๙.๕๒
๒๙	รูปไข่	๔	๐๑๒๓	๑๗๓๗	๑๖.๑๔
๓๐	กลม	๔	๐๕๔๒	๑๒๔๖	๖.๔๙
๓๑	เกือบกลม	๒	๐๖๕๔	๑๓๔๐	๖.๔๖
๓๒	รี	๔	๐๑๒๓	๐๔๕๔	๓.๓๑
			๐๘๐๐	๑๓๔๐	๕.๔๐
๓๓	กลม	๒	๐๗๔๘	๐๙๔๖	๑.๑๘
			๑๐๕๒	๑๑๕๕	๑.๐๓
๓๔	รี	๒	๐๗๑๒	๐๘๓๖	๑.๒๔
			๑๐๕๒	๑๑๕๕	๑.๐๓
๓๕	รี	๒	๐๘๑๘	๑๒๔๖	๔.๒๘
๓๖	ยาวรี	๓	๐๖๐๖	๑๒๓๑	๖.๒๕
			๑๗๐๑	๒๒๐๘	๕.๐๗
๓๗	กลม	๒	๐๗๑๒	๐๘๓๖	๑.๒๔
			๑๑๐๔	๑๑๓๔	๐.๓๐
๓๘	กลม	๒	๐๗๑๒	๐๘๓๖	๑.๒๔
			๑๐๓๗	๑๑๕๕	๑.๑๘
๓๙	สามเหลี่ยมมีหางรี	๓-๔	๐๑๒๓	๒๑๕๙	๑๐.๓๖
๔๐	รี	๓-๔	๐๑๒๓	๒๑๐๒	๑๙.๓๙
๔๑	เกือบกลม	๓-๔	๐๑๓๒	๒๑๐๒	๑๙.๓๐
๔๒	เกือบกลม	๓	๐๓๓๙	๑๔๓๔	๑๐.๕๕
๔๓	แหลม	๒	๐๕๐๖	๑๖๔๐	๑๑.๓๔
๔๔	แหลมยาว	๒	๐๕๑๕	๐๘๓๖	๓.๒๑
			๑๐๑๖	๑๗๐๑	๖.๔๕
๔๕	กลมปลายแหลม	๒	๑๐๑๖	๑๖๔๐	๖.๒๔
๔๖	สามเหลี่ยม	๓	๐๑๔๑	๑๔๒๕	๑๒.๔๔
๔๗	ไข่	๒	๑๐๓๗	๑๑๕๕	๑.๑๘
๔๘	ม ๒ อัน ติดๆ กัน	๔	๐๑๒๓	๒๑๕๐	๒๐.๒๗
๔๙	ยาวตั้งเรียงกัน ๒ อัน	๔	๐๖๓๙	๑๗๑๐	๑๐.๓๑
๕๐	เกือบกลม	๔	๐๑๒๓	๒๑๓๘	๒๐.๑๕
๕๑	แผ่กว้าง	๒	๐๕๐๖	๑๔๒๕	๙.๑๙
๕๒	แหลม	๔	๐๖๒๗	๒๒๒๖	๑๕.๕๙
๕๓	มีหางยาว	๓	๐๖๒๗	๑๔๔๓	๘.๑๖
๕๔	รี	๓	๐๕๕๗	๒๑๓๒	๑๕.๓๕
๕๕	แหลม	๓-๔	๐๘๑๘	๑๔๕๘	๖.๔๐
๕๖	เกือบกลม	๔	๐๘๐๐	๑๔๕๘	๖.๕๘

ซึ่งประกอบด้วยมอตเติลเป็นจำนวน ๑๐ - ๓๐ อัน รวมกันอยู่ใกล้ ๆ กัน กระจุกเล็กมีลักษณะคล้ายกับ Clump ที่ ที เจ เจนเสน เรียก (พ.ศ.๒๕๑๒) และกระจุกใหญ่มีลักษณะคล้ายกับช่อดอกไม้ (Rosette) ที่เบคเกอร์เรียก ได้หาอายุของมอตเติลเล็กที่เกิดโดดเดี่ยวและของมอตเติลที่อยู่ในกระจุกเล็ก ๆ เป็นจำนวน ๕๖ อัน ที่สามารถติดตามตั้งแต่เริ่มปรากฏจนกระทั่งหายไปได้ มีมอตเติลหลายอันที่ติดตามไม่ได้ เนื่องจากปรากฏหายไปขณะที่ทัศนวิสัยไม่ดี ภาพที่ทัศนวิสัยดีที่ถัดจากการปรากฏครั้งสุดท้ายเวลาห่างกัน ๒-๓ นาที ซึ่งมอตเติลนั้นไม่ปรากฏอีก จึงทำให้ไม่สามารถหาเวลาที่มอตเติลนั้นหายไป ส่วนมอตเติลขนาดใหญ่ที่มีความเข้มมากและอยู่รวมเป็นกระจุกใหญ่ ๆ นั้น จะปรากฏอยู่ตลอดเวลาที่บันทึกภาพ แสดงว่าอายุมากกว่า ๓๐ นาที

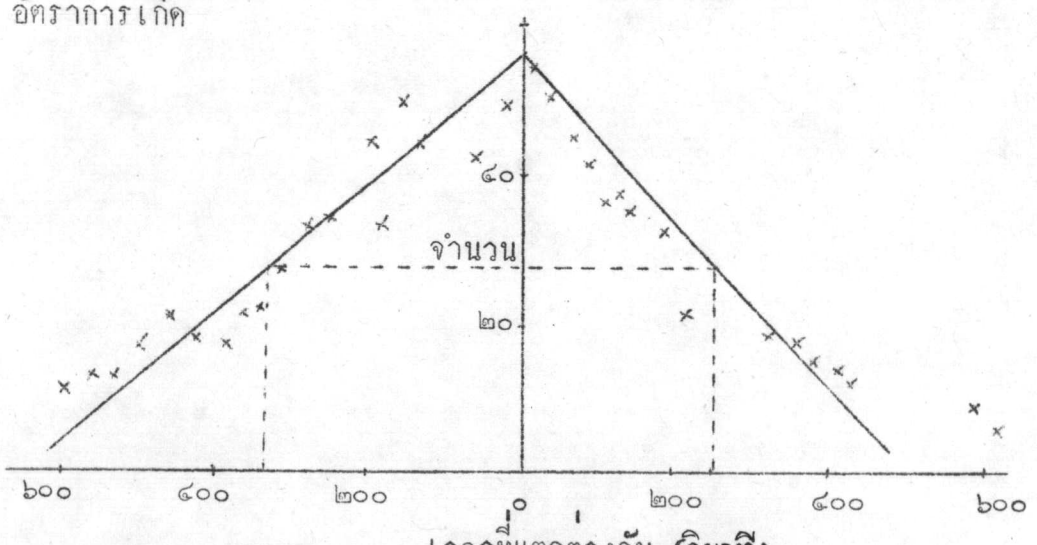
จากตารางความเข้มที่บันทึกไว้ ได้หาอายุของมอตเติลแต่ละอัน โดยเริ่มนับเวลาตั้งแต่มอตเติลเริ่มปรากฏความเข้ม ๑ ไปจนถึงเวลาที่ปรากฏความเข้มจางที่สุดเป็น ๑ อีก ก่อนที่จะหายไป ช่วงที่ปรากฏนี้ ถือว่าเป็นอายุของมอตเติล มอตเติลบางอันจะปรากฏเห็นหายไป เห็นอีกแล้วหายไปเช่นนี้หลายครั้ง ทำให้หาอายุได้ ๒-๓ ช่วง ซึ่งแต่ละช่วงอายุไม่เท่ากัน มอตเติลที่ปรากฏหลายครั้งมักเป็นมอตเติลที่มีขนาดเล็ก ระดับความเข้มสูงสุดเพียง ๒ มีมอตเติลขนาดกลางบางอันที่การปรากฏช่วงแรก อายุนานกว่าการปรากฏครั้งที่สอง ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับจำนวนของมอตเติล โดยเขียนกราฟแท่ง (Histogram) ดังในรูปที่ ๑๐ ปรากฏว่า มอตเติลขนาดเล็ก ๆ ที่เกิดโดดเดี่ยวมีอายุสั้น ระหว่าง ๐.๓๐ - ๖ นาที มีจำนวนสูงสุดที่ช่วงอายุ ๑-๒ นาที คือ ประมาณ ๒๐.๕% ของจำนวนทั้งหมด มอตเติลที่อยู่ในกระจุกเล็กหรือที่มีขนาดกลางจะมีอายุนานกว่าระหว่าง ๖ - ๑๐ นาที จำนวนสูงสุดที่ช่วงอายุ ๖-๗ นาที ประมาณ ๑๒% ของจำนวนทั้งหมด ส่วนมอตเติลที่มีขนาดใหญ่กว่า ความเข้มมากกว่า จะมีอายุยืนกว่าตั้งแต่ ๑๐ นาทีขึ้นไปจนมากกว่า ๓๐ นาที มอตเติลแต่ละอันที่อยู่รวมกันเป็นกระจุก สามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่า มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ขนาด และที่อยู่ แต่รูปแบบของกระจุกจะยังคงคล้ายรูปเดิมอยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของกระจุก มอตเติลบางอันที่เห็นเกิดอยู่โดดเดี่ยวในขณะหนึ่ง เมื่อเวลาผ่านไปมักจะมีมอตเติลเกิดขึ้นใหม่ติด ๆ กันหรือมอตเติลเดี่ยว ๆ อันนั้นเกิดแยกตัว

ออกเป็น ๒-๓ อัน ทำให้เกิดเป็นกระจุกเล็กก็มี หรือในทางกลับกันอาจกล่าวได้ว่า มอตเติลในกระจุกเล็ก ๆ นั้นบางครั้งก็หายไปเหลือเพียงอันเดียว ในจำนวนมอตเติล ๕๖ อัน ที่ศึกษานั้นมีอันที่เกิดขึ้น ๒ ครั้ง อยู่ ๒๗% และเกิดขึ้น ๓ ครั้ง อยู่ ๕% เกิด ๔ ครั้ง อยู่ ๔% ในเวลาประมาณ ๒๐ นาที



รูปที่ ๑๐ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุและจำนวนของมอตเติลมีด

การหาอายุของมอตเติลมีดอีกวิธีหนึ่งได้ใช้ข้อมูลเดิม[illegible] ซึ่งได้หาอายุโดยสังเกตจากความเข้มของมอตเติลมาศึกษา ใช้ภาพ ก. เป็นหลัก มอตเติลที่เลือกศึกษาทั้งหมด ๕๖ อัน หาว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไปช่วงหนึ่ง ๆ จากภาพ ก. จำนวนมอตเติล ๕๖ อันที่ศึกษานั้นมีเหลืออยู่เท่าใด นำจำนวนมอตเติลที่มีอยู่ขณะนั้นกับช่วงเวลาที่ขณะนั้นห่างจากเวลาของภาพ ก. มาเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ การกำหนดช่วงเวลาในข้อมูลที่มีอยู่ไม่เท่ากันทุกช่วง เนื่องจากบางภาพทัศนวิสัยไม่ดีไม่ได้นำมาศึกษา แต่ได้พยายามเลือกช่วงเวลาให้ใกล้เคียงกันที่สุด ข้อมูลที่ได้แสดงในตารางที่ ๕ ซึ่งนำมาเขียนกราฟได้เป็นเส้นตรงดังแสดงในรูป ๑๑ ด้านขวามือ ในทำนองเดียวกัน จากภาพที่ถ่ายก่อนภาพ ก. ๔๐ ภาพ ได้หาจำนวนมอตเติลมีดในช่วงเวลาที่ห่างกันพอสมควรเช่นเดียวกัน ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ ๕ แล้วนำมาเขียนกราฟบนแกนเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ ๑๑ ด้านซ้ายมือ ซึ่งเป็นกราฟเส้นตรงเหมือนกัน จากกราฟทั้งสองข้างของแกนตั้งอันเดียวกันนี้ ด้านซ้ายของแกนแสดงจำนวนที่มอตเติลเกิด ด้านขวามือเป็นจำนวนมอตเติลที่เหลืออยู่ จะเห็นได้ว่า มีการเปลี่ยนแปลงไม่เท่ากัน ทางด้านขวาแสดงจำนวนมอตเติลที่หายไปมีมากกว่าจำนวนมอตเติลที่เกิดขึ้นทางด้านซ้าย เมื่อหาช่วงเวลาห่างจากภาพ ก. ที่จำนวนมอตเติลมีครึ่งหนึ่งของจำนวนทั้งหมดแล้ว ได้ค่าต่างกันคือ ๓.๔๐ นาที และ ๕.๓๐ นาที แสดงถึงอายุของมอตเติลเหล่านี้แตกต่างกัน ส่วนใหญ่มีอายุสั้น จึงทำให้อัตราการหายไปมากกว่าอัตราการเกิด



รูปที่ ๑๑ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนมอตเติลกับช่วงเวลาที่สังเกต

ตารางที่ ๕ แสดงจำนวนมอตเติลมีดในเวลาที่แตกต่างกัน
ใช้ภาพ ก. ถ่ายเวลา ๑๒.๑๑ ๑๔ น. เป็นภาพหลัก

ภาพที่	เวลาที่ถ่าย น.	ระยะเวลาที่ห่างจากภาพ ก. วินาที	จำนวนมอตเติล	ภาพที่	เวลาที่ถ่าย น.	ระยะเวลาที่ห่างจากภาพ ก. วินาที	จำนวนมอตเติล
๔๑ (ก)	๑๒.๑๑๑๔	๐	๕๖	๔๑	๑๒.๑๑๑๔	๐	๕๖
๔๓	๑๒.๑๑๓๔	๑๕	๕๕	๓๘	๑๒.๑๐๕๒	๒๗	๔๙
๔๕	๑๒.๑๑๕๕	๓๖	๕๐	๓๕	๑๒.๑๐๑๖	๖๓	๔๒
๔๖	๑๒.๑๒๒๕	๖๖	๔๕	๓๔	๑๒.๐๙๐๖	๑๓๓	๔๔
๔๘	๑๒.๑๒๔๖	๘๗	๔๑	๓๑	๑๒.๐๘๓๖	๑๖๓	๔๙
๔๙	๑๒.๑๓๐๗	๑๐๘	๓๖	๒๙	๑๒.๐๘๐๐	๑๙๙	๔๔
๕๑	๑๒.๑๓๒๕	๑๒๖	๓๗	๒๗	๑๒.๐๗๑๒	๒๔๗	๓๔
๕๓	๑๒.๑๓๔๐	๑๔๑	๓๕	๒๓	๑๒.๐๖๓๙	๒๘๐	๓๓
๕๔	๑๒.๑๔๒๕	๑๘๖	๓๒	๒๐	๑๒.๐๖๐๖	๓๑๓	๒๗
๕๗	๑๒.๑๔๕๘	๒๑๙	๒๒	๑๘	๑๒.๐๕๔๒	๓๓๗	๒๒
๕๘	๑๒.๑๖๔๐	๓๒๑	๑๙	๑๗	๑๒.๐๕๑๕	๓๖๔	๒๑
๖๑	๑๒.๑๗๑๐	๓๕๑	๑๗	๑๕	๑๒.๐๔๕๔	๓๘๕	๑๗
๖๓	๑๒.๑๗๓๗	๓๗๘	๑๕	๑๔	๑๒.๐๔๑๒	๔๒๗	๑๘
๖๔	๑๒.๑๘๐๗	๔๐๘	๑๔	๑๐	๑๒.๐๓๓๙	๔๖๐	๒๑
๖๖	๑๒.๑๘๒๒	๔๒๓	๑๒	๙	๑๒.๐๒๕๖	๕๐๓	๑๗
๖๗	๑๒.๒๑๐๒	๕๘๓	๙	๖	๑๒.๐๒๒๓	๕๓๖	๑๓
๖๙	๑๒.๒๑๓๒	๖๑๓	๖	๔	๑๒.๐๑๕๖	๕๖๓	๑๓
				๑	๑๒.๐๑๒๓	๕๙๖	๑๑

มอตเติลสว่างและเส้นสว่างยาว

เมื่อปี พ.ศ.๒๕๑๑ ระวี ภาวิไล ได้เสนอการปรากฏเป็นเส้นสว่างยาวของมอตเติลสว่าง ซึ่งเริ่มเกิดในบริเวณใจกลางของกระจุกมอตเติลแล้วแผ่ออกเป็นเส้นสว่างยาวและโค้งบางส่วนวางตัวอยู่ในแนวราบ เห็นได้ชัดที่สุดที่ $\pm$ ๐.๕ อังสตรอม จากเส้นไฮโดรเจนอัลฟ่า มีความยาวถึง ๒๐๐ sec of arc และถูกหอมล้อมด้วยมอตเติลมืด โดยปกติมักจะพบว่าเส้นสว่างนี้จะงอโค้งเป็นวง เชื่อมระหว่างใจกลางของกระจุกมอตเติลสองกระจุก และปี ๒๕๑๘ ได้แสดงลักษณะโครงร่างของเส้นสว่างนี้ในภาพที่ขนาดความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน คือ ที่ขนาดคลื่น + ๐.๔๐, + ๐.๓๕, + ๐.๒๕, + ๐.๔๐ และ + ๐.๑๐ อังสตรอม จากเส้นไฮโดรเจนอัลฟ่า และชี้ให้เห็นว่าบริเวณรากของกระจุกมอตเติล มีมอตเติลสว่างที่แผ่ออกไปเป็นสายยาวและแสดงลักษณะเป็นโครงร่างที่ตั้งขึ้นในแนวดิ่ง ทั้งเส้นสว่างและเส้นใย มีปรากฏทั่วทั้งตัวดวงและนับว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญของโครโมสเฟียร์

ได้นำภาพถ่ายที่ขนาดคลื่น + ๐.๔ อังสตรอม จากเส้นไฮโดรเจนอัลฟ่ามาวัดความยาวของเส้นสว่าง โดยคิดความยาวจริงบนผิวของทรงกลม และพิจารณาตำแหน่งมุมเฮลิโอเซนตริกที่มอตเติลนั้นปรากฏดังในตารางที่ ๖ ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างช่วงความยาวของเส้นและจำนวนของเส้นสว่าง ในบริเวณที่มีมุมเฮลิโอเซนตริก ระหว่าง ๒๕ - ๓๕, ๓๕ - ๔๕ และ ๔๕ - ๗๐ องศา และบริเวณตั้งแต่มุม ๒๕ องศา ถึง ๗๐ องศา ดังแสดงในตารางที่ ๗ และเขียนกราฟแท่ง ดังแสดงในรูปที่ ๑๓ ปรากฏว่าเส้นสว่างที่มีความยาวระหว่าง ๒๐,๐๐๐ - ๒๕,๐๐๐ กม. มีจำนวนมากที่สุดก็อประมาณ ๒๕% ของจำนวนทั้งหมด นับตั้งแต่มุมเฮลิโอเซนตริก ๒๕ องศา ถึง ๗๐ องศา และรองลงมาคือ ความยาว ๓๕,๐๐๐ - ๔๐,๐๐๐ กม. มีจำนวนประมาณ ๑๔% เส้นที่ยาวที่สุดวัดได้ ประมาณ ๘๒,๐๐๐ กม. อยู่ที่มุมเฮลิโอเซนตริก ประมาณ ๕๐ - ๕๕ องศา มีลักษณะเป็นลำเกือบตรงชี้ไปตามแนวรัศมี ลักษณะของเส้นสว่างเหล่านี้ส่วนมากวางตัวเกือบขนานกับแนวรัศมี มีบางอันที่มุมเฮลิโอเซนตริกต่ำ ๆ ประมาณ ๒๕ - ๓๐ องศา ที่แสดงรูปโค้งแบบครึ่งวงกลม เมื่อพิจารณาจากภาพที่ขนาดคลื่นใกล้เคียงกัน เช่น ที่ +๐.๓ และ +๐.๕ อังสตรอม ที่ถ่ายในเวลาติดต่อกันก็จะได้ผลเช่นเดียวกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเส้นสว่างมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับมอตเติลสว่าง อาจเป็นไปได้ว่า ส่วนบนของมอตเติลสว่างเชื่อมโยงต่อกันในความสูงระดับเดียวกันเป็นสายใยไปทั่วทั้งผิวดวง เมื่อสังเกตจากภาพถ่ายบริเวณใกล้ขอบดวง จะไม่ปรากฏเส้นสว่างที่ขนานกับขอบดวงนัก ส่วนใหญ่ปรากฏในแนวรัศมี เนื่องจากถูกโครงร่างของมอตเติลมืดที่มีความสูงมากกว่าบัง

รูปที่ ๑๒ ก. ภาพถ่ายบริเวณเงี่ยงสงบใกล้ขอบดวงอาทิตย์ที่ขนาดคลื่น + ๐.๔ อังสตรอม ที่นำมาวัดความยาวของเส้นสว่าง

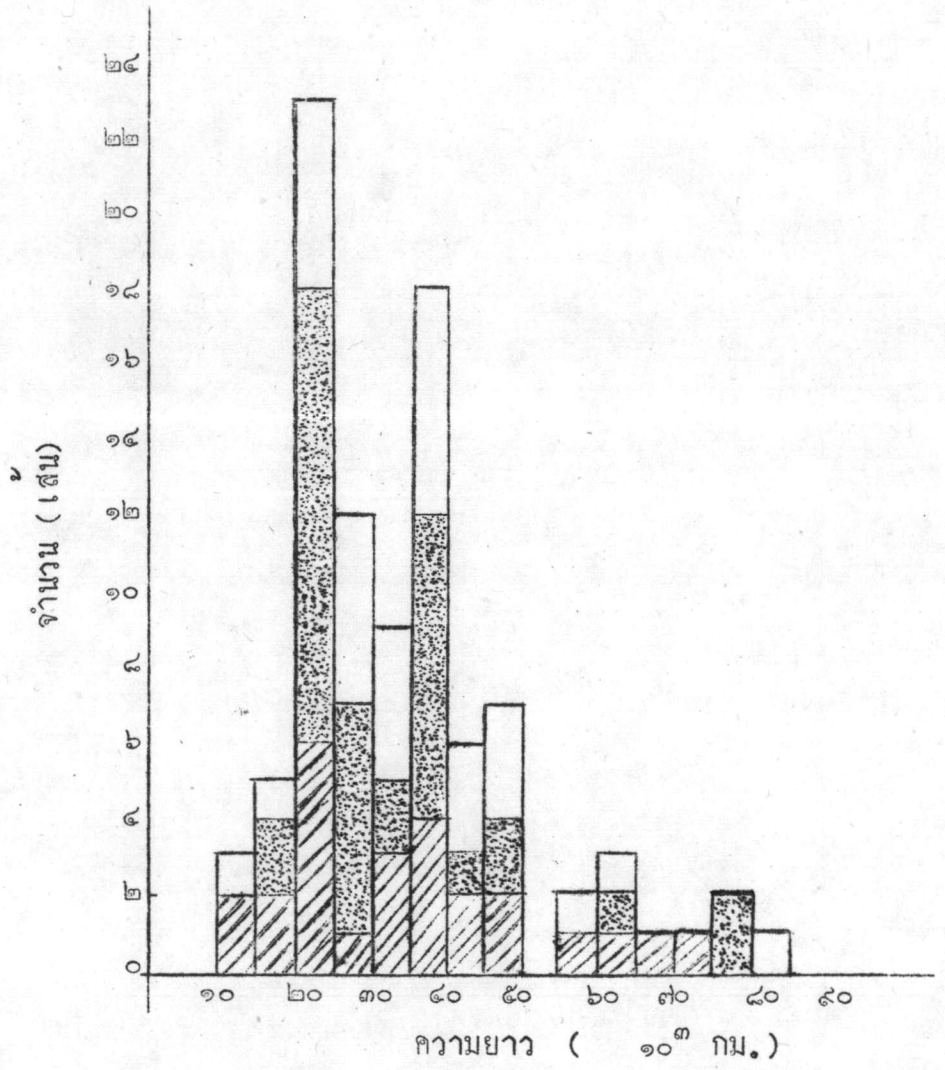
รูปที่ ๑๒ ข. แสดงเส้นสว่างที่ปรากฏในรูปที่ ๑๒ ก.

ตารางที่ ๖ การหาความยาวของเส้นสว่างยาวบริเวณที่มีมุมเฮลิโอเซนตริกต่าง ๆ กัน ในแสงความยาวคลื่น +๐.๔ อังสตรอมจากเส้นไฮโดรเจนอัลฟา

เส้นที่	θ°	ความยาว $๑๐^{๓}$ กม.	เส้นที่	θ°	ความยาว $๑๐^{๓}$ กม.	เส้นที่	θ°	ความยาว $๑๐^{๓}$ กม.
๑	๒๕-๓๐	๕๗.๐	๓๒	๓๕-๔๐	๔๘.๐	๖๓	๔๕-๕๐	๓๙.๐
๒	๒๕-๓๐	๔๔.๕	๓๓	๓๕-๔๐	๓๙.๐	๖๔	๔๕-๕๐	๓๕.๖
๓	๒๕-๓๐	๔๔.๕	๓๔	๓๕-๔๐	๓๕.๖	๖๕	๔๕-๕๐	๒๖.๗
๔	๒๕-๓๐	๕๐.๐	๓๕	๓๕-๔๐	๓๗.๔	๖๖	๔๕-๕๐	๓๓.๘
๕	๒๕-๓๐	๖๒.๓	๓๖	๓๕-๔๐	๔๔.๕	๖๗	๔๕-๕๐	๓๓.๘
๖	๒๕-๓๐	๑๔.๒	๓๗	๓๕-๔๐	๒๘.๕	๖๘	๔๕-๕๐	๔๒.๗
๗	๒๕-๓๐	๒๕.๐	๓๘	๓๕-๔๐	๒๖.๗	๖๙	๔๕-๕๐	๒๘.๕
๘	๒๕-๓๐	๒๓.๐	๓๙	๓๕-๔๐	๒๖.๗	๗๐	๔๕-๕๐	๒๖.๗
๙	๒๕-๓๐	๓๕.๖	๔๐	๓๕-๔๐	๒๓.๐	๗๑	๔๕-๕๐	๒๓.๑
๑๐	๒๕-๓๐	๑๙.๖	๔๑	๓๕-๔๐	๓๓.๘	๗๒	๔๕-๕๐	๓๓.๘
๑๑	๒๕-๓๐	๓๒.๐	๔๒	๓๕-๔๐	๒๑.๔	๗๓	๔๕-๕๐	๒๕.๐
๑๒	๓๐-๓๕	๓๗.๔	๔๓	๓๕-๔๐	๓๙.๐	๗๔	๔๕-๕๐	๒๖.๗
๑๓	๓๐-๓๕	๗๑.๒	๔๔	๓๕-๔๐	๒๑.๔	๗๕	๔๕-๕๐	๒๕.๐
๑๔	๓๐-๓๕	๒๕.๐	๔๕	๓๕-๔๐	๒๖.๗	๗๖	๕๐-๕๕	๓๙.๒
๑๕	๓๐-๓๕	๓๙.๐	๔๖	๓๕-๔๐	๓๗.๔	๗๗	๕๐-๕๕	๔๖.๓
๑๖	๓๐-๓๕	๑๙.๖	๔๗	๓๕-๔๐	๓๙.๐	๗๘	๕๐-๕๕	๔๙.๘
๑๗	๓๐.๓๕	๓๙.๐	๔๘	๔๐-๔๕	๓๒.๐	๗๙	๕๐-๕๕	๘๑.๙
๑๘	๓๐-๓๕	๒๕.๐	๔๙	๔๐-๔๕	๔๖.๓	๘๐	๕๐-๕๕	๖๔.๐
๑๙	๓๐-๓๕	๔๖.๓	๕๐	๔๐-๔๕	๑๙.๖	๘๑	๕๐-๕๕	๓๗.๔
๒๐	๓๐-๓๕	๓๒.๐	๕๐	๔๐-๔๕	๒๕.๑	๘๒	๕๐-๕๕	๕๘.๗
๒๑	๓๐-๓๕	๑๒.๕	๕๒	๔๐-๔๕	๒๘.๕	๘๓	๕๐-๕๕	๔๘.๐
๒๒	๓๐-๓๕	๒๖.๗	๕๓	๔๐-๔๕	๒๓.๐	๘๔	๕๐-๕๕	๒๑.๔
๒๓	๓๐-๓๕	๓๓.๘	๕๔	๔๐-๔๕	๒๓.๐	๘๕	๕๐-๕๕	๓๓.๘
๒๔	๓๐-๓๕	๒๓.๐	๕๕	๔๐-๔๕	๒๕.๐	๘๖	๕๐-๕๕	๓๐.๓
๒๕	๓๐-๓๕	๖๕.๘	๕๖	๔๐-๔๕	๒๑.๔	๘๗	๕๐-๕๕	๔๔.๕
๒๖	๓๐-๓๕	๒๕.๐	๕๗	๔๐-๔๕	๓๐.๓	๘๘	๖๐-๖๕	๒๑.๔
๒๗	๓๕-๔๐	๖๐.๕	๕๘	๔๐-๔๕	๒๓.๐	๘๙	๖๐-๖๕	๑๐.๗
๒๘	๓๕-๔๐	๘๑.๑	๕๙	๔๐-๔๕	๒๕.๐	๙๐	๖๐-๖๕	๓๙.๒
๒๙	๓๕-๔๐	๘๐.๑	๖๐	๔๐-๔๕	๓๕.๐	๙๑	๖๐-๖๕	๔๒.๗
๓๐	๓๕-๔๐	๓๗.๔	๖๑	๔๐-๔๕	๑๗.๐	๙๒	๖๐-๖๕	๓๕.๖
๓๑	๓๕-๔๐	๓๙.๐	๖๒	๔๐-๔๕	๒๓.๐	๙๓	๖๕-๗๐	๑๗.๘

ตารางที่ ๗ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและจำนวนของเส้นสว่างยาวในบริเวณที่มีมุมเฮลิโอเซนตริกใกล้เคียงกันและบริเวณรวมทั้งหมด

ความยาว 10^3 กม.	จำนวน (เส้น)			
	$\theta = 25^\circ - 35^\circ$	$\theta = 35^\circ - 45^\circ$	$\theta = 45^\circ - 70^\circ$	$\theta = 25^\circ - 70^\circ$
๑๑ - ๑๕	๒	-	๑	๓
๑๖ - ๒๐	๒	๒	๑	๕
๒๑ - ๒๕	๖	๑๒	๕	๒๓
๒๖ - ๓๐	๑	๖	๕	๑๒
๓๑ - ๓๕	๓	๒	๔	๙
๓๖ - ๔๐	๔	๘	๖	๑๘
๔๑ - ๔๕	๒	๑	๓	๖
๔๖ - ๕๐	๒	๒	๓	๗
๕๑ - ๕๕	-	-	-	-
๕๖ - ๖๐	๖	-	๑	๒
๖๑ - ๖๕	๑	๑	๑	๓
๖๖ - ๗๐	๑	-	-	๑
๗๑ - ๗๕	๑	-	-	๑
๗๖ - ๘๐	-	๒	-	๒
๘๑ - ๘๕	-	-	๑	๑



รูปที่ ๑๓ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและจำนวนของเส้นสว่าง

▨ θ = ๒๕-๓๕ องศา ▩ θ = ๓๕-๔๕ องศา □ θ = ๔๕-๗๐ องศา