บทที่ ๑

บทนำ

ประวัติการศึกษาและการสำรวจโครโมสเฟียร์ของดวงอาทิตย์

๑. การศึกษาและการสำรวจบริเวณขอบดวง

โครโมสเฟียร์ของดวงอาทิตย์เป็นชั้นบรรยากาศบาง ๆ หุ้มโฟโตสเฟียร์ของดวงอาทิตย์ไว้ และเป็นบรรยากาศชั้นกลางคั่นระหว่างโฟโตสเฟียร์และโคโรนา ได้มีการสังเกตเห็นโครโมสเฟียร์นี้เมื่อประมาณต้นคริสตศตวรรษที่ ๑๙ นี้เอง ในขณะเกิดสุริยุปราคาเต็มดวง จากการสังเกตพบว่า มีลักษณะเป็นขอบสีแดงเข้มบาง ๆ เมื่อประมาณ พ.ศ. ๒๔๑๔ ซี เอ ยัง (C.A.Young) ได้สังเกตเส้นสเปคตรัมของไฮโดรเจนเมื่อทาบลงไปเหนือขอบดวงอาทิตย์แล้วพบว่ามีความสูงประมาณ ๕,๐๐๐ - ๑๐,๐๐๐ กม. และนักสังเกตการณ์ดวงอาทิตย์ขณะเกิดสุริยุปราคาได้เขียนรายงานไว้ เมื่อประมาณ ๗๐ กว่าปีมานี้ว่า โครโมสเฟียร์แผ่ออกไปมีความสูงถึง ๑๒,๐๐๐ กม. ซึ่งจากทฤษฎีสมดุลย์ของของไหล คำนวณได้ว่า บรรยากาศส่วนที่อยู่เหนือโฟโตสเฟียร์ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ ๕,๐๐๐ เคลวินนี้ ควรจะมีความหนาได้เพียง ๑๐๐ - ๒๐๐ กม. เท่านั้น บรรยากาศชั้นนี้ยังแผ่รังสีเส้นสเปคตรัมของแคลเซียมและฮีเลียมอย่างชัดเจนอีกด้วย (Bhavilai, 1965; Giovanelli, 1967)

เมื่อประมาณปี พ.ศ. ๒๔๑๓ นักดาราศาสตร์ชาวอิตาลี ชื่อ เซกิ (Secchi) ได้สังเกตโครโมสเฟียร์โดยใช้สเปคโตรสโคป ซึ่งได้จัดช่องแคบให้มีความกว้างพอที่จะเห็นความสูงของโครโมสเฟียร์ได้ ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์ชนิดหักเหแสงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๓๘๐ มม. (๑๕ นิ้ว) โดยการวางช่องแคบให้ขนานกับขอบดวง เซกิได้ศึกษาโครงสร้างขนาดเล็กของโครโมสเฟียร์ และได้เขียนบรรยายไว้ว่า โครโมสเฟียร์ประกอบด้วยโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายหอกหรือแหลน หรือคล้ายเปลวไฟที่ตั้งขึ้นจากขอบดวง ซึ่งปัจจุบันเราเรียกโครงสร้างนี้ว่า สปิกุล (spicule) เซกิได้กะประมาณความกว้างของโครงสร้างนี้ว่า ประมาณ ๐.๒ - ๐.๔ sec of arc และได้วาดภาพโครงสร้างเล็ก ๆ นี้ไว้เมื่อปี พ.ศ. ๒๔๒๐ ซึ่งในปัจจุบันเท่าที่สามารถ

สังเกตได้ด้วยวิธีต่าง ๆ ก็พบว่า โครงสร้างเหล่านี้มีลักษณะคล้ายกับในรูปที่เซกิเขียนไว้มาก (Bhavilai, 1965)

ในระหว่างปี พ.ศ.๒๔๑๕ - ๒๔๑๙ ทรูเวลโลท์ (Trouvelot) ได้ศึกษาโครโมสเฟียร์ที่หอสังเกตการณ์ของมหาวิทยาลัยฮาร์วาด โดยสังเกตจากสเปคโตรสโคปชนิดที่มีช่องแคบ และเมื่อปี พ.ศ.๒๔๑๕ กับ พ.ศ.๒๔๑๙ ได้เขียนภาพโครงร่างต่าง ๆ ในโครโมสเฟียร์ไว้ โดยศาสตราจารย์โจเซฟ วินลอค (Joseph Winlock) เป็นผู้ให้คำแนะนำ ภาพที่เขาเขียนส่วนมากคล้าย ๆ กับของเซกิ แตกต่างกันบางที่ของทรูเวลโลท์เขียนภาพทั่วทั้งขอบดวง แต่ของเซกิเขียนเพียงบางส่วนของขอบดวง ภาพของทรูเวลโลท์แสดงกลุ่มของสปิกุลที่มีความคล้ายคลึงกับภาพที่ถ่ายได้ในปัจจุบัน (Dunn, 1965)

ปี พ.ศ.๒๔๓๔ เฮล (Hale) ได้ประดิษฐ์สเปคโตรเฮลิโอกราฟขึ้นเพื่อใช้บันทึกภาพจากแสงความยาวคลื่นเดียว โดยดัดแปลงส่วนประกอบเพิ่มเติมจากสเปคโตรกราฟธรรมดา ด้วยการเพิ่มช่องแคบอีกอันหนึ่งที่ระนาบโฟกัสของสเปคโตรกราฟ วางไว้ให้เฉพาะเส้นสเปคตรัมที่ต้องการเท่านั้นผ่านช่องแคบนั้นแล้วบันทึกภาพโดยวางแผ่นฟิล์มไว้หลังช่องแคบอันที่สอง เมื่อจัดให้การเลื่อนช่องแคบอันแรกของสเปคโตรกราฟไปบนภาพของดวงอาทิตย์ที่ได้จากกล้องโทรทรรศน์ สัมพันธ์กับการเลื่อนช่องแคบอันที่สอง จะทำให้ได้ภาพบนฟิล์มทีละเส้น ๆ ติดต่อกันไปจนตลอดทั้งดวง จากเครื่องมือนี้ ทำให้สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงของโครโมสเฟียร์ทั้งบนขอบดวงและในตัวดวงได้ด้วย

ปี พ.ศ.๒๔๗๔ เมนเซล (Menzel) ได้ศึกษาภาพถ่ายของดวงอาทิตย์ระหว่างที่เกิดสุริยุปราคาเต็มดวง ในขณะที่ทัศนวิสัยดีมาก โดยไม่ต้องใช้ช่องแคบตัดแสง พบว่า โครโมสเฟียร์ประกอบไปด้วยสปิกุลที่มีอายุสั้น ๆ และเรียกโครงสร้างเหล่านี้ว่า แหลนของโครโมสเฟียร์ (Chromospheric spike) เมนเซลได้ทำการวิเคราะห์ภาพถ่ายขณะเกิดสุริยุปราคาเต็มดวง ซึ่งถ่ายเมื่อปี พ.ศ.๒๔๔๑, ๒๔๔๓, ๒๔๔๘ และ ๒๔๖๑ พบว่า โครงร่างต่าง ๆ ในโครโมสเฟียร์มีลักษณะเป็นลำตรง ซึ่งตั้งเอียงทำมุมกับแนวรัศมีของดวงอาทิตย์อย่างเห็นได้ชัด มีความสูงถึง ๑๐,๐๐๐ กม.ขึ้นไป ซึ่งต่อมานักสังเกตการณ์อีกหลายท่านได้ให้การสนับสนุนการปรากฏเป็นลำของสปิกุลเหล่านี้ (Bhavilai, 1965)

ปี พ.ศ.๒๔๗๖ นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ ลีโอท์ (Lyot) ได้เสนอการประดิษฐ์และหลักการสร้างตัวกรองไบรีฟรินเจนต์ ซึ่งยอมให้แสงสีเดียวที่มีช่องคลื่น (Bandwidth)แคบ ๆ ผ่านเข้ามาได้ เมื่อปี พ.ศ.๒๔๘๐ โอห์มแมน (Öhman) ได้ประดิษฐ์ตัวกรองแบบนี้ขึ้นเป็นเครื่องแรก เพื่อสำรวจดวงอาทิตย์ โดยมีช่องคลื่นกว้างประมาณ ๔๐ อังสตรอม และจัดให้ศูนย์กลางของช่องคลื่นอยู่ที่เส้นไฮโดรเจนอัลฟา ได้ภาพเหมือนกับการใช้สเปคโตรสโคปที่วางช่องแคบขนานกับผิวดวง และให้เฉพาะสเปคตรัมของไฮโดรเจนอัลฟาผ่าน สำหรับพลังงานแสงไฮโดรเจนอัลฟาที่ผ่านตัวกรองมาเข้าตาผู้สังเกตการณ์นั้น มีทั้งเส้นแผ่รังสีจากโครโมสเฟียร์ และจากโฟโต-สเฟียร์ที่กระจัดกระจายมา ซึ่งความเข้มของแสงจากโครโมสเฟียร์นั้นมีมากกว่าที่กระจัดกระจายจากตัวดวง จึงสามารถมองเห็นโครโมสเฟียร์ได้ เมื่อปี พ.ศ.๒๔๘๗ ลีโอท์ ได้บันทึกไว้ว่า เมื่อสังเกตภาพของดวงอาทิตย์ผ่านตัวกรองที่จัดให้ สเปคตรัมแถบใกล้เคียงกับเส้นไฮโดรเจน-อัลฟา (ที่ปีกของเส้นไฮโดรเจนอัลฟา) ผ่าน จะเห็นโครงสร้างเป็นจำนวนมากปรากฏที่ขอบของโครโมสเฟียร์ ซึ่งอยู่ใกล้ ๆ กับขอบของโฟโตสเฟียร์(Bhavilai, 1965)

ปี พ.ศ.๒๔๘๖ โรเบิร์ต (Roberts) ได้พบว่า โครงสร้างเล็ก ๆ ของโครโมสเฟียร์ที่มีอายุสั้น สามารถสังเกตได้โดยใช้โคโรนากราฟแบบของลีโอท์ โรเบิร์ตได้ทำการถ่าย - ภาพยนตร์ขนาด ๓๕ มม. ที่บริเวณขอบดวง โดยใช้โคโรนากราฟต่อเข้ากับตัวกรองชนิดควอตซ์-โพลารอยด์ รับคลื่นแสงขนาด ๖๕๖๓ อังสตรอม ได้หาอายุเฉลี่ยของสปิกุลได้ประมาณ ๔ - ๕ นาที เป็นคนแรกที่ศึกษาการวิวัฒนาการของสปิกุลเดี่ยว ๆ พบว่า โดยทั่วไปนั้น เริ่มแรกสปิกุลจะปรากฏเป็นจุดเล็ก ๆ ซึ่งขยายตัวอย่างรวดเร็ว มีความสว่างเพิ่มขึ้น ๆ ภายในเวลา ๑ - ๒ นาที จะขยายตัวถึงขนาดโตที่สุด มีความเร็วเฉลี่ย ๓๐ กม./วินาที หลังจากนั้นมันจะค่อย ๆ จางลง ไม่ปรากฏการเคลื่อนที่ หาความกว้างเฉลี่ยได้ประมาณ ๓ - ๔ sec of arc และความสูงที่มากที่สุด ๑๐ sec of arc โรเบิร์ตเป็นผู้ให้ชื่อโครงสร้างเล็ก ๆ ในโครโมสเฟียร์ว่า "สปิกุล" (Bhavilai, 1965)

ปี พ.ศ.๒๔๘๔ และ พ.ศ.๒๔๙๓ บูโกสลาฟสกายา (Bugoslavskaya) ได้ศึกษาสปิกุลจากภาพถ่ายขณะเกิดสุริยุปราคา เมื่อปี พ.ศ.๒๔๘๘ ได้วัดความสูง นับจำนวนทั้งหมด และศึกษาการจัดเรียงตัวของสปิกุลด้วย ได้พบว่า สปิกุลบริเวณเส้นรุ้งใกล้ ๆ ขั้วเหนือของดวงอาทิตย์วางตัวขนานกับลำโคโรนา ณ เส้นรุ้งนั้นด้วย ได้ศึกษาสปิกุล ๒๒ อัน กับลำโคโรนาบริเวณขั้วเหนือ

๒๑ อัน พบว่ามี ๒๐ อันที่ตรงกัน สปิกุลรวมกันเป็นกลุ่มมีขนาดหน้าตัด ๗,๐๐๐ กม. (Beckers, 1968; Bhavilai, 1965)

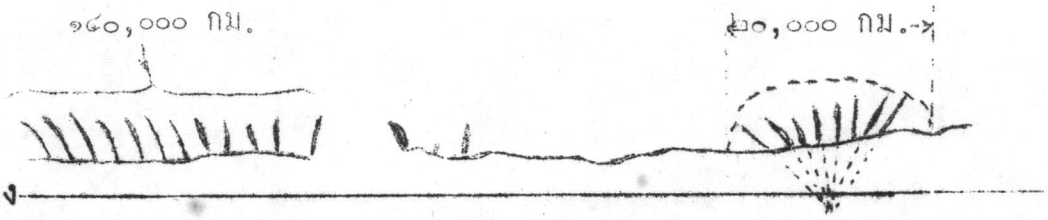
ปี พ.ศ.๒๔๔๔ โมเลอร์ (Möhler) ได้นำภาพถ่ายโครโมสเฟียร์ขณะเกิดสุริยุปราคาตั้งแต่ ๒๑ ตุลาคม ๒๔๗๓ ซึ่งถ่ายโดยมาริโอะ (Marriot) ที่เกาะไนอะฟู (Niafoo) มาศึกษาเกี่ยวกับโครงร่างขนาดเล็กในโครโมสเฟียร์ โมเลอร์ได้เรียกโครงสร้างขนาดเล็ก ๆ เหล่านี้ว่า ไอพ่น (jet) มีความกว้างเฉลี่ย ๑.๔ sec of arc และพบว่ามันกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอรอบ ๆ ขอบดวง ซึ่งนับจำนวนเฉลี่ยได้ประมาณ ๓.๐ อัน ต่อองศา ที่จุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์ และจะหาจำนวนทั้งหมดบนผิวดวงได้จากค่า $4\pi N^2$ เมื่อ N เป็นจำนวนสปิกุลต่อเรเดียน (Bhavilai, 1965; Dunn, 1965)

ปี พ.ศ.๒๔๔๕ ไดเซอร์ (Dizer) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสูง ความเร็ว และอายุของสปิกุล จากฟิล์มภาพยนตร์ของลีโอท์ที่ถ่ายโดยใช้ตัวกรองไบรีฟรินเจนท์ พบว่า ระดับสูงสุดของสปิกุลสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่เคลื่อนที่ขึ้น (Beckers, 1968; Dunn, 1965)

ปี พ.ศ.๒๔๔๗ รัช และ โรเบิร์ต (Rush and Roberts) ได้หาอายุ ความเร็ว และขนาดของสปิกุล จากฟิล์มภาพยนตร์ของโรเบิร์ต และพบว่า ระดับสูงสุดของสปิกุลแต่ละอันสัมพันธ์กับความเร็วที่เคลื่อนที่ขึ้น ไม่ได้สัมพันธ์กับอายุของมัน (Beckers, 1968; Bhavilai, 1965)

ปี พ.ศ.๒๔๔๗ โวลท์เจอร์ (Woltjer) ได้ศึกษาความสว่างของสปิกุลจากภาพถ่ายของลีโอท์ และได้เขียนแบบจำลองของโครโมสเฟียรขึ้น โดยให้สปิกุลเป็นเทหวัตถุส่วนที่มีอุณหภูมิสูงวางอยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า (Bhavilai, 1965)

ปี พ.ศ.๒๕๐๐ ลิพพินคอต (Lippincott) ได้ศึกษาความถี่ของการกระจัดกระจาย ความสูง อายุ การจัดตัวของสปิกุล จากภาพถ่ายของดันน์ (Dunn) ซึ่งถ่ายโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาด ๓๘๐ มม.(๑๕ นิ้ว) ที่หอดูดาวสคราเมนโตพีค ได้ความสูงของสปิกุลบริเวณใกล้ขั้วของดวงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ย ๔,๕๐๐ กม. บริเวณอิเควเตอร์มีค่า ๗,๓๐๐ กม. และค่าสูงสุดประมาณ ๑๘,๐๐๐ กม. ได้จัดหมวดหมู่ของสปิกุลตามตำแหน่งที่เกิด และการจัดวางตัวของมันออกเป็น ๓ แบบ คือ



รูปที่ ๑ แสดงแบบการจัดตัวของสปีกุลของลิพพินคอต (Beckers, ๑๙๖๔)

แบบนาข้าว (Wheat field) แบบผสม (mixed up) และแบบขนเม่น (porcupine) ได้พบว่า จำนวนสปีกุลที่สังเกตเห็นที่ขอบดวงนั้นขึ้นอยู่กับเส้นรุ้ง บริเวณขั้วทั้งสองของดวงมีค่ามากที่สุดคือ ๒๐๐ อัน ต่อ เรเดียน และจะลดลงจนมีจำนวนน้อยที่สุดประมาณ ๑๔๐ อัน ต่อ เรเดียน ที่เส้นรุ้ง ๓๖ องศา และได้สังเกตเห็นว่า สปีกุลที่เคลื่อนที่กลับลงมานั้นมีเพียง ๖๐ % นอกจากนั้นจะจางหายไปเมื่อขึ้นไปสูงที่สุดแล้ว และในจำนวนที่เคลื่อนที่กลับลงมานั้น มักจะหยุดนิ่งอยู่ที่ระดับสูงสุดของมันก่อนเป็นเวลามากกว่า ๑ นาที จึงเคลื่อนลง สปีกุลบางอันเมื่อเคลื่อนลงมาถึงระดับพื้นล่างของโครโมสเฟียร์แล้วจะกลับเกิดขึ้นใหม่อีก (Beckers, 1968 ; Bhavilai, 1965; Dunn, 1965)

ปี พ.ศ.๒๕๐๐ อาเธย์ และ โธมัส (Athay and Thomas) ได้เสนอว่า สปีกุลจะเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็วคงที่จนกระทั่งถึงระดับสูงสุด (Beckers, 1968)

ปี พ.ศ.๒๕๐๒ อาเธย์ ได้วิเคราะห์ผลจากการสังเกตการณ์ของดันน์และคำนวณหาจำนวนของสปีกุลทั้งหมดในโครโมสเฟียร์ ที่ระดับสูง ๓,๐๐๐ กม. ได้ประมาณ ๕.๓×๑๐^{๔} อัน ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ประมาณ ๐.๖ % ของพื้นผิวของดวง และได้ชี้ให้เห็นว่าที่ระดับสูง ๓,๐๐๐ - ๔,๐๐๐ กม. จำนวนสปีกุลที่คำนวณได้ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับระดับเส้นรุ้ง การเปลี่ยนแปลงจำนวนของสปีกุลน่าจะขึ้นอยู่กับ วัฏจักรกัมมันตภาพ ในปีเดียวกันนี้ มิชาร์ด (Michard) ได้เสนอผลการศึกษาสปีกุลว่า สปีกุลทุกอันที่อยู่เหนือระดับ ๕,๐๐๐ กม. สามารถติดตามสังเกตในระดับต่ำลงมาได้มากขึ้น เมื่อสังเกตจากสเปคตรัมที่อยู่ในปีก (wing) ของสเปคตรัมใหญ่ ๆ เขาได้พัฒนาแบบจำลองเพื่อตีความหมายของสเปคตรัมของสปีกุล ได้ศึกษาความหนาทัศนศาสตร์ (optical thickness) ของโครโมสเฟียร์ในบริเวณสปีกุล โดยสังเกตจากเส้นสัมผัส

กับแนวสายตาในแสงขนาดคลื่น $H\alpha$ เริ่มให้ค่า ๐ ที่ระดับ ๖,๐๐๐ กม. จนถึงประมาณ ๑๐ ที่ระดับ ๖,๐๐๐ กม. ส่วนที่ระดับต่ำกว่านั้น ได้ค่าความหนาเพิ่มมากขึ้น และการหาค่าก็ยุ่งยากมากขึ้น (Beckers, 1968; Bhavilai, 1965; Dunn, 1965)

ปี พ.ศ.๒๕๐๓ ดันน์ ได้ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงความสว่างที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในโครโมสเฟียร์ ทั้งในบริเวณสปิกุลและรอบ ๆ สปิกุล ที่ระดับสูงประมาณ ๖,๘๐๐ กม. ได้ค่าความเข้มแสงของสปิกุลในเส้นไฮโดรเจนอัลฟาทั้งเส้นที่แผ่ออกมารอบทิศหลังจากหักแสงรอบ ๆ ออกแล้ว เฉลี่ย ๔.๐×๑๐^{๑๗} เอิร์ก ซม.$^{-๑}$ วินาที$^{-๑}$ ได้วัดความกว้างของสปิกุลจำนวน ๔๖ อัน ได้ค่าเฉลี่ย ๘๑๕ กม. (Beckers,1968; Bhavilai,1965; Dunn,1965)

ปี พ.ศ.๒๕๐๕ ซูโมโตะ และ ฮิเยอิ (Suemoto and Hiei) ได้บันทึกภาพของสปิกุลขณะเกิดสุริยุปราคา จากสเปคโตรแกรม ได้พบว่าสเปคตรัมของโครงร่างต่าง ๆ ของสปิกุล ได้แยกออกเป็นเส้นโค้งมีความยาวแตกต่างกันเมื่ออยู่ในระดับความสูงต่างกัน และมีสปิกุลขนาดเฉลี่ย ๓ sec of arc ที่ระดับ ๑,๕๐๐ กม. โดยสังเกตได้จากเส้นสเปคตรัมที่จาง ส่วนที่ระดับต่ำกว่านั้น ก็สามารถสังเกตได้ โดยดูจากเส้นสเปคตรัมที่อยู่ในปีกของเส้นสเปคตรัมใหญ่ ๆ ทั้งซูโมโตะ และ ฮิเยอิ ได้ให้ความเห็นว่า สปิกุลที่เห็นในแสงที่ปีกของเส้นสเปคตรัมใหญ่นั้น เป็นสปิกุลที่อยู่ด้านหน้าของขอบดวง และอยู่สูงกว่าระดับที่มองเห็น ซึ่งเมื่อเรามองทาบลงไปในตัวดวง จะเห็นอยู่ต่ำกว่าที่เป็นจริง เมื่อปี พ.ศ.๒๕๐๖ ซูโมโตะ ได้สรุปว่า สปิกุลแผ่ลงไปถึงระดับโฟโตสเฟียร์ด้วย (Bhavilai, 1965)

ปี พ.ศ.๒๕๐๗,๒๕๑๑ เบคเกอร์ได้หาค่าเฉลี่ยของความเร็วปรากฏของสปิกุลได้ ๒๕ กม./วินาที ขึ้นไปได้สูงสุดประมาณ ๔,๐๐๐ กม. เมื่อขึ้นไปได้สูงสุดแล้วบางอันจะจางหายไป บางอันจะกลับไปยังฐานโครโมสเฟียร์ด้วยความเร็วเท่ากับตอนที่ขึ้น การตั้งเอียงกับแนวรัศมีของตัวดวงของสปิกุล อาจเป็นเพราะการสายของสปิกุลรอบแกนของมัน และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสปิกุลปรากฏเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มเพิ่มขึ้น แต่จะมีค่าเกือบคงที่หรือเพิ่มเพียงเล็กน้อยที่ระดับต่ำลง

ปี พ.ศ.๒๕๑๐ มูราเดียน (Mouradian) ได้เขียนรายงานถึงการเปลี่ยนแปลงของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสปิกุลกับเวลา ได้ความเร็วของการขยายตัวของสปิกุลมีค่า

ระหว่าง ๑ - ๗๐ กม./วินาที หาค่าเฉลี่ยได้ ๒๒ กม./วินาที การขยายตัวนี้จะเริ่มต้นเมื่อสปิกุลมีความสว่างมากที่สุดแล้ว และจะกินเวลาประมาณ ๑.๕ นาที สปิกุลที่มีความสว่างมากที่สุดก็จะขยายตัวนานที่สุด อายุของสปิกุลอยู่ในช่วงเวลา ๘ - ๑๕ นาที (Beckers, 1968; Gibson, 1973)

ปี พ.ศ.๒๕๑๑ พาซาคอฟ นอยซ์ และ เบคเกอร์ (Pasachoff, Noyes and Beckers) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความทึบของบรรยากาศที่รวมอยู่รอบ ๆ สปิกุล โดยใช้สเปคโตรแกรมที่มีคุณภาพสูง และจากสเปคตรัมที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กันหลายเส้น ได้วัดค่าเฉลี่ย (rms) ของความเร็วตามแนวตั้งของมวลสารในสปิกุลโดยการใช้การเลื่อนดอปเปลอร์ ได้ ๒๖ กม./วินาที และพบว่ามีสปิกุลจำนวนน้อยที่สังเกตเห็นว่าความเร็วเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงเพิ่ม (Gibson, 1973)

ปี พ.ศ.๒๕๑๔ นิโคลสกี และ พลาโตวา (Nikolsky and Platova) ได้พบว่าช่วงกว้างของการแกว่งของมวลสารในสปิกุลอยู่ในระดับขนาดเดียวกันกับเส้นผ่าศูนย์กลางของสปิกุลคาบของการสั่นประมาณ ๑ นาที และความเร็วประมาณ ๑๐ - ๑๕ กม./วินาที (Gibson, 1973)

ปี พ.ศ.๒๕๑๕ ลินช์ เบคเกอร์ และ ดันน์ (Lynch, Beckers and Dunn) ได้พบว่า สปิกุลมีการขยายตัวและการหดตัว ด้วยอัตราเร็วไม่เกิน $\pm$ ๓ กม./วินาที และถ้าสังเกตที่ปีกของเส้นไฮโดรเจนอัลฟา พบว่า เส้นผ่าศูนย์กลางลดลงถึง ๓๐% และจำนวนสปิกุลที่ระดับ ๒,๕๐๐ กม. เหนือโฟโตสเฟียร์ ในแสง $\pm$ ๐.๔ อังสตรอม จากเส้นไฮโดรเจนอัลฟาสูงขึ้นเป็น ๑๑๐ อัน ต่อมุม ๑๒ องศา ที่จุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ (Beckers, 1972)

๒. <u>การศึกษาและการสำรวจบริเวณในตัวดวง</u>

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติและพฤติกรรมของสปิกุลที่อยู่นอกขอบดวงอาทิตย์ทั้งในขณะที่เกิดสุริยุปราคา และโดยการใช้อุปกรณ์กรองแสงแบบต่าง ๆ ซึ่งได้เริ่มมาตั้งแต่ปี พ.ศ.๒๔๑๔ แล้วนั้น ทำให้ได้รับความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของสปิกุลเพิ่มมากขึ้น ๆ เรื่อยมา จึงทำให้เกิดความสงสัยและความอยากรู้อยากเห็นกันเป็นอย่างมาก สปิกุลที่เห็นอยู่นอกขอบดวงอาทิตย์นั้น เมื่อสังเกตภายในตัวดวงจะมีลักษณะและคุณสมบัติเป็นอย่างไร

ตารางที่ ๑ สรุปผลการศึกษาคุณสมบัติของสปิกุลตามลำดับ พ.ศ.

พ.ศ.	ชื่อผู้สังเกต	ขนาดความยาวคลื่น	เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยกม.	ความสูงเฉลี่ยกม.	อายุนาที	ความเร็วกม/วินาที	จำนวนตอเรเดียน	จำนวนทั้งหมด
๒๔๒๐	เซกิ	H α	๑๐๐-๒๐๐	๙,๐๐๐	-	-	-	-
๒๔๗๔	เมนเซล	Ca(H&K)	๑,๘๐๐	-	-	-	-	-
๒๔๘๗-๒๔๘๘	สีโอท์	H α	๑,๔๐๐	-	-	-	-	-
๒๔๘๘	โรเบิร์ต	H α	๒,๕๐๐	๗,๒๐๐	๔.๕	๓๐	๒๔	-
๒๔๘๙,๒๔๙๓	บูโกสลาฟสกายา		-	๘,๐๐๐	-	-	๘๖	-
๒๔๙๔	โมเลอร์	Ca(H&K)	๑,๓๐๐	๕,๐๐๐	-	-	๑๗๑	-
๒๔๙๕	ไคเซอร์	H α	-	๙,๔๐๐	๒-๒.๕	๒๐-๔๐	-	-
๒๔๙๖	วาน เดอ ฮัลส์	H α	๗๐๐-๑,๘๐๐	๗,๒๐๐	-	-	๑๙๓	-
๒๔๙๗	รัชและโรเบิร์ต	H α	๒,๐๐๐	๙,๐๐๐	๓.๕	๓๑	๔๖	๕×๑๐^{๓}
๒๔๙๗	โวลท์เจอร์	H α	๒,๕๐๐	๗,๐๐๐	-	-	๑๒๖	๓×๑๐^{๔}
๒๕๐๐	ลิพพินคอตต์	H α	๑,๐๐๐	๙,๐๐๐	๕.๑-๖.๓	ก ๑๙,๒๔ ข	๒๐๐	๑๑×๑๐^{๓}
๒๕๐๒	อาเฮย์	H α	๗๐๐	-	-	-	๒๔๘	๙.๓×๑๐^{๔}
๒๕๐๓	คันน์	H α	๘๑๕	๘,๐๐๐ -๙,๐๐๐	๕-๑๕	-	๑๒๐-๒๕๐	-
๒๕๐๕	ซูโมโตะและฮิเยอิ		๒,๐๐๐	-	-	-	-	-
๒๕๐๗	อาเชย์และเบสสี		-	-	-	๒๕	-	-
๒๕๑๐	มูราเดียน	H α	๑,๙๐๐	-	-	-	-	-
๒๕๑๑-๒๕๑๕	เบคเกอร์	H α	๗๐๐-๒,๕๐๐	๖,๖๐๐ -๙,๕๐๐	๖.๒-๖.๓	๒๕	-	$๑๐^{๖}$
๒๕๑๖	ลินช์และคณะ		๙๕๐ (๘๐๐-๑,๕๐๐)	-	-	-	-	-

ก กำลังขึ้น ข กำลังลง

การศึกษาสปิกุลภายในตัวดวง ได้เริ่มขึ้นเมื่อปี พ.ศ. ๒๔๕๙ โดย เฮล และ เอลเลอแมน (Hale & Ellerman) ซึ่งเฮลได้เคยประดิษฐ์สเปคโตรเฮลิโอกราฟสำหรับการศึกษาสปิกุลที่ขอบดวง ตั้งแต่ปี พ.ศ. ๒๔๓๔ มาแล้ว เมื่อใช้สเปคโตรเฮลิโอกราฟรับแสงขนาดความยาวคลื่นไฮโดรเจนอัลฟา ภาพของโครโมสเฟียร์ที่ได้จะประกอบไปด้วยโครงร่างมืดเล็ก ๆ ซึ่งมักอยู่รวมกันเป็นกระจุก และกระจุกจะเรียงกันเป็นเส้นยาวประสานกันคล้ายตาข่ายตลอดทั่วทั้งดวง โครงร่างมืดเล็ก ๆ ซึ่งเป็นโครงร่างสำคัญในโครโมสเฟียร์นี้ เรียกกันว่า มอตเติลมืด (dark mottle)

ปี พ.ศ. ๒๔๕๙ นั้น เฮล และ เอลเลอแมน ได้พิสูจน์ว่า มอตเติลมืดเป็นส่วนบนของลำแก๊สร้อนที่ปรากฏเป็นสปิกุลที่ขอบดวง ซึ่งถ้าสังเกตในสเปคตรัมเส้น K ของแคลเซียมจะปรากฏเป็นฟลอคคูลีสว่าง (bright calcium flocculi)(Bhavilai, 1965)

ปี พ.ศ. ๒๔๘๖ คีพเปนฮอย (Kiepenheuer) ได้เสนอว่า พวยแก๊สและโครงสร้างในโครโมสเฟียร์ติดต่อกัน และเมื่อปี พ.ศ. ๒๕๐๐ ได้พิสูจน์ว่า สปิกุลเป็นวัตถุชิ้นเดียวกันกับโครงร่างมืดขนาดเล็กที่เห็นในตาข่ายของโครโมสเฟียร์ เมื่อสังเกตในแสงขนาดความยาวคลื่นที่ปีกของเส้นไฮโดรเจนอัลฟา (Bhavilai, 1965)

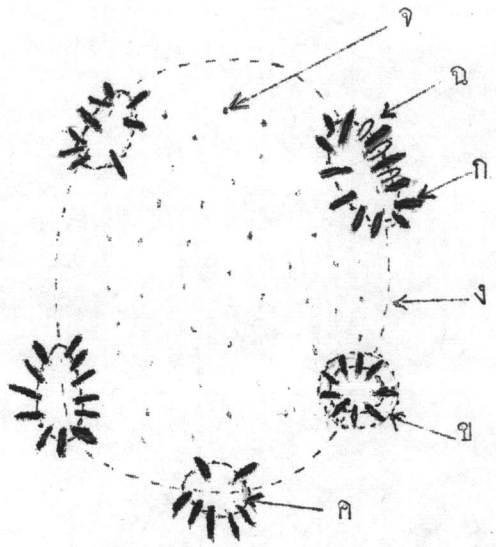
ปี พ.ศ. ๒๕๐๐ เดอ จาเกอร์ (De Jager) ได้ใช้สเปคโตรเฮลิโอแกรมที่มีช่องแคบขนาดกว้าง ๐.๒๐ อังสตรอม รับแสงขนาดความยาวคลื่นไฮโดรเจนอัลฟา ได้พิสูจน์ว่า สปิกุลเป็นอันเดียวกันกับมอตเติลมืด และในปี พ.ศ. ๒๕๐๒ ได้บรรยายเกี่ยวกับมอตเติลมืดเล็ก ๆ เหล่านี้ว่ามีรูปร่างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง ๑ - ๒.๒ sec of arc เมื่ออยู่รวมกันเป็นกระจุกเห็นเป็นมอตเติลใหญ่ มีขนาด ๒.๘ - ๑๑.๒ sec of arc และมอตเติลใหญ่เรียงตัวเป็นเส้นตาข่าย มีขนาด ๓๔ - ๗๐ sec of arc และยังเห็นว่าสปิกุลที่มีขนาดยาวมาก คล้ายกับพวยแก๊สระเบิดขนาดเล็กสั้น ๆ (Bhavilai, 1965)

ปี พ.ศ. ๒๕๐๐ มาครีส (Macris) ใช้สเปคโตรเฮลิโอแกรมรับแสงไฮโดรเจนอัลฟา ได้พิสูจน์ว่า สปิกุลในตัวดวงเป็นโครงร่างที่เห็นมืดที่มีขนาดเฉลี่ย ๕.๕ sec of arc และอายุเฉลี่ย ๕.๕ นาที

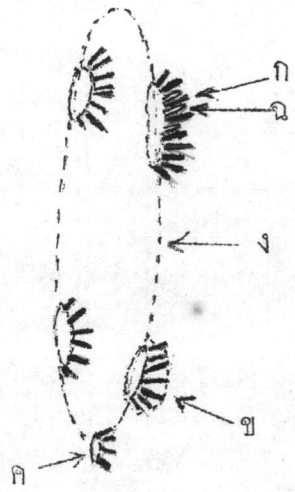
ปี พ.ศ.๒๕๐๒ บรูซเอค(Bruzek)ได้ศึกษาภาพถ่ายโดยใช้ตัวกรองรับแสงไฮโดรเจนอัลฟา พบว่า มอตเติลมีดที่เห็นกลม ๆ บริเวณกลางดวงนั้น เมื่ออยู่ใกล้ขอบดวงจะเห็นยาวขึ้นขนาด ๑๑ - ๑๗ sec of arc จากการพิจารณาอายุเฉลี่ย ขนาด และการเลื่อนดอปเปลอร์ แล้วเห็นว่า มอตเติลมีดคือสปิกุล

ปี พ.ศ.๒๕๐๖ แครก โฮวาด และ ซิริน (Cragg, Howard and Zirin) ได้ศึกษาจากสเปคโตรเฮลิโอแกรม ที่รับแสงไฮโดรเจนอัลฟา มีความเห็นว่าโครงร่างดำ ๆ ที่มีลักษณะเหมือนพุ่มไม้ตั้งชันขึ้น เป็นสิ่งเดียวกันกับกลุ่มของสปิกุล แต่ไม่ได้สังเกตว่าโครงร่างกลมมีดเล็ก ๆ ที่เดอร์จาเกอร์และบรูซเอคกล่าวถึงนั้น เป็นโครงร่างพวกเดียวกันกับที่เขาเห็นตั้งชันหรือไม่ (Bhavilai, 1965)

ปี พ.ศ.๒๕๐๖ เบคเกอร์ (Beckers) ได้ใช้ตัวกรองที่มีกำลังแยกภาพสูง ขนาดช่องคลื่น ๑/๘ อังสตรอม กับกล้องโทรทรรศน์ขนาด ๑๒๗ มม. ได้พิสูจน์ว่า สปิกุลเป็นโครงร่างอันเดียวกันกับมอตเติลมีดเล็ก ๆ ที่เห็นเป็นกระจุกบนตัวดวงในแสงขนาดความยาวคลื่น $\pm$๐.๕ อังสตรอมจากเส้นไฮโดรเจนอัลฟา ได้วัดความยาวของมอตเติลมีดได้ค่าเฉลี่ย ๔.๑ sec of arc และความกว้างเฉลี่ย ๑.๒ sec of arc ซึ่งเห็นเป็นโครงร่างที่ตั้งในแนวดิ่ง มีการเคลื่อนที่ขึ้นและลงด้วย อายุเฉลี่ย ๑๕ นาที ได้หาจำนวนของมอตเติลมีดทั้งหมดบริเวณกลางดวงได้ ๔x๑๐^{๕} และบริเวณใกล้ขอบดวงได้ ๓.๒x๑๐^{๕} ได้กำหนดคำจำกัดความของคำว่า อัตราการเกิด (birth rate) ว่าเป็นจำนวนของโครงสร้างที่เห็นในพื้นที่บริเวณหนึ่งบนดวงอาทิตย์หารด้วยอายุของมัน หาอัตราการเกิดของมอตเติลมีดบนผิวดวงทั้งหมดได้เท่ากับ ๓x๑๐^{๔} อันต่อนาที และในกระจุกดอกไม้ (rosette) หนึ่ง มีอัตราการเกิดเท่ากับ ๔ อันต่อนาที ได้วาดภาพโครงสร้างในตัวดวงอาทิตย์ไว้ ดังรูปที่ ๒



บริเวณกลางดวง



ใกล้ขอบดวง

รูปที่ ๒ แสดงลักษณะของโครงสร้างต่าง ๆ ในโครโมสเฟียร์ของดวงอาทิตย์

ก = มอทเติลมืดขนาดเล็ก

ข = กระจุกดอกไม้ที่ใจกลางดวงอาทิตย์, พุ่มที่ขอบดวง

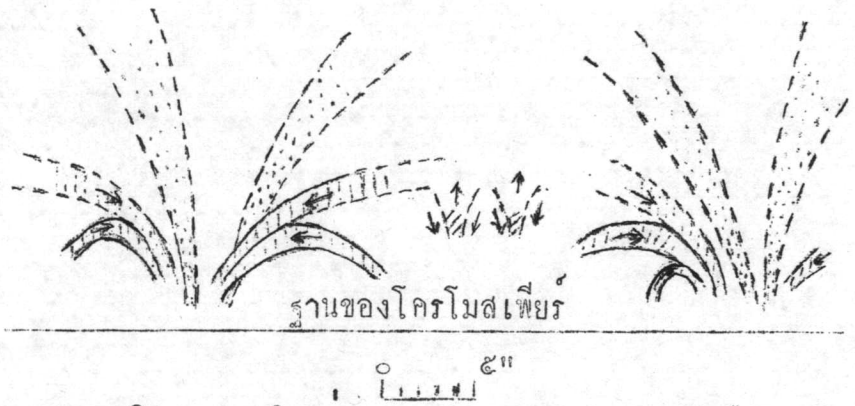
ค = มอทเติลสว่างขนาดใหญ่ในใจกลางกระจุกดอกไม้หรือส่วนล่างของพุ่ม ซึ่งเมื่อกำลังแยกภาพของกล้องดีขึ้น จะเห็นแยกเป็นมอทเติลสว่างขนาดเล็ก (ดูที่อักษร ฉ)

ง = เซลล่าข่ายโครโมสเฟียร์

จ = เกรน (grain)

ฉ = มอทเติลสว่างขนาดเล็ก

ปี พ.ศ.๒๕๐๔,๒๕๐๕ ระวี ภาวิไล ได้ศึกษาโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาด ๑๓๐ มม. ควบกับตัวกรอง ๒ เครื่อง ขนาดช่องคลื่น ๐.๗๕ และ ๐.๑๒๕ อังสตรอม ได้ชี้ให้เห็นว่า ถ้ากำลังแยกภาพของกล้องดีพอ พร้อมทั้งทัศนวิสัยขณะถ่ายภาพดี จะสามารถเห็นมอตเติลสว่างได้ชัดเจนที่ใจกลางเส้นไฮโดรเจนอัลฟา และจะค่อย ๆ จางลงในแสงที่ห่างจากใจกลางเส้นไฮโดรเจนอัลฟามากขึ้น จนกระทั่งถึง ± ๐.๗๕ อังสตรอม จากเส้นไฮโดรเจนอัลฟา นับได้ว่าเป็นบุคคลแรกที่ได้ศึกษาคุณสมบัติและพฤติกรรมของมอตเติลสว่างอย่างละเอียด พบว่า มอตเติลสว่างแบ่งได้เป็น ๒ พวก คือ พวกที่มีอายุสั้นประมาณ ๘๐ วินาที และพวกที่มีอายุยาวเป็นชั่วโมง ได้พิสูจน์ว่า สปิกุลกับมอตเติลสว่างเป็นโครงร่างอันเดียวกัน ส่วนมอตเติลมืดนั้น แม้จะเห็นชัดเจนจนถึงขอบดวง แต่ก็ไม่ได้แผ่ขึ้นไปเหนือขอบดวงแบบสปิกุล มอตเติลมืดสามารถเห็นได้ชัดที่สุดที่ ± ๐.๕ อังสตรอม จากเส้นไฮโดรเจนอัลฟา และอนุมานว่า สสารในมอตเติลมืดที่มีรูปร่างโค้งเป็นวงมีการไหลจากขอบของกระจุกมอตเติลนั้นเข้าสู่บริเวณศูนย์กลางของกระจุก ได้เขียนแบบจำลองของโครงสร้างละเอียดในโครโมสเฟียร์ไว้ดังนี้



รูปที่ ๓ แผนผังของโครงสร้างละเอียดในโครโมสเฟียร์ (Bhavilai,1965)

ปี พ.ศ.๒๕๐๔,๒๕๑๐ ไตเติล (Title) ได้ศึกษาจากภาพยนตร์ที่ถ่ายในแสงขนาดความยาวคลื่น ± ๐.๗ อังสตรอมจากเส้นไฮโดรเจนอัลฟา ได้แบ่งมอตเติลมืดออกเป็น ๓พวก และหาอายุของมอตเติลจากความเร็วของภาพและจากความเข้มของภาพได้ดังนี้

พวกที่	อายุจากความเร็วของภาพ นาที	อายุจากความเข้มของภาพ นาที
๑	๒	๑๑
๒	๗	๑๑
๓	> ๔๐	> ๔๐

พวกที่ ๑ เป็นโครงร่างที่เคลื่อนที่ขึ้น พวกที่ ๒ และ ๓ เคลื่อนที่ลง และไม่เห็นการเคลื่อนที่กลับทางในมอตเติลมืดทั้งสามพวก

ปี พ.ศ.๒๕๑๑ เบรย์ (Bray) ได้วัดขนาดของมอตเติลมืดที่ ± ๐.๓ อังสตรอมจากเส้นไฮโดรเจนอัลฟา ได้ ๒ - ๑๑ sec of arc (๑,๔๕๐ - ๘,๐๐๐ กม.) ช่วงอายุ ๕ นาที และเห็นว่ามอตเติลมืดแต่ละอันมีการเปลี่ยนขนาด รูปร่าง ความสว่าง ตลอดอายุของมัน มอตเติลขนาดใหญ่ ๆ มีรูปร่างไม่เหมือนกัน และเมื่อปี พ.ศ.๒๕๑๒ ได้วัดขนาดของมอตเติลสว่าง ในแสงใจกลางเส้นไฮโดรเจนอัลฟา ได้ ๑,๔๕๐ - ๔,๔๐๐ กม. อายุประมาณ ๑๑ นาที มักเกิดอยู่เคียงข้างกับมอตเติลมืด ที่มุมเฮลิโอเซนตริกประมาณ ๖๐ องศา ขึ้นไป จะเห็นภาพของมอตเติลมืด ปรากฏใกล้ขอบดวงกว่ามอตเติลสว่างในกลุ่มเดียวกัน ถ้าถือว่าปรากฏการณ์เกิดจากการที่มอตเติลมืดอยู่สูงกว่ามอตเติลสว่าง จากการวัด ได้ว่า มอตเติลมืดอยู่ในระดับสูงกว่ามอตเติลสว่างประมาณ ๔,๓๐๐ กม. และเชื่อว่ามอตเติลสว่างและมอตเติลมืดเป็นปรากฏการณ์ของโครโมสเฟียร์ระดับต่ำ ($\leq$ ๓,๓๐๐ กม.) และระดับสูง ($\gtrsim$ ๕,๐๐๐ - ๗,๖๐๐ กม.) ตามลำดับ

ปี พ.ศ.๒๕๑๒ ลัฟเฮด (Loughhead) ได้ศึกษาโครโมสเฟียร์ระดับต่ำบริเวณพ้นขอบดวง ในแสงใจกลางเส้นไฮโดรเจนอัลฟา พบว่ามีโครงร่างเล็ก ๆ ๒ ชนิด ที่ยังไม่ได้มีการสังเกตอย่างละเอียดมาก่อน คือ โครงร่างสว่างเล็ก ๆ อยู่เหนือขอบดวง มีคุณสมบัติตรงกันกับมอตเติลสว่างบนตัวดวง และแถบมืดแคบ ๆ (narrow dark band) อยู่ถัดออกไปจากตัวดวงโฟโตสเฟียร์ ซึ่งลักษณะทางกายภาพยังไม่เป็นที่เข้าใจแจ่มแจ้ง จากการพิสูจน์

เกี่ยวกับมอตเติลสว่างที่อยู่เหนือขอบดวง กับการสังเกตการณ์ของเบรย์ในปีเดียวกันที่ได้กล่าวมาแล้ว ทำให้เขาเชื่อว่า สปิกุลเป็นอันเดียวกันกับมอตเติลมืดบนตัวดวง

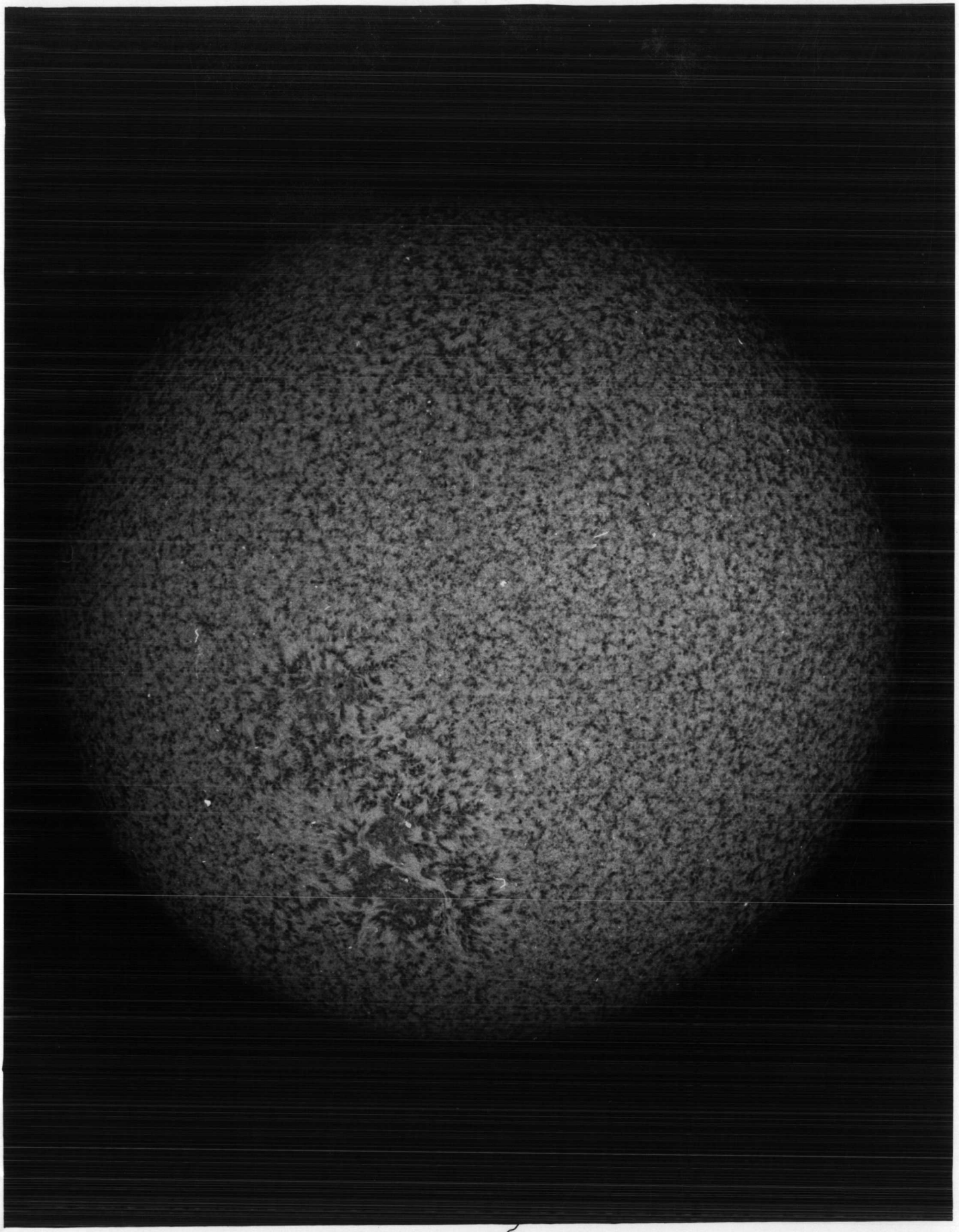
ปี พ.ศ.๒๕๑๔ ซอเยอร์ (Sawyer) ได้พบว่า อายุของมอตเติลที่อยู่ในบริเวณเส้นตาข่ายมืดของโครโมสเฟียร์นานกว่าอายุของพวกที่อยู่นอกเส้นตาข่าย หรือพวกที่อยู่ภายในเซลมอตเติลมืดและมอตเติลสว่างมีรูปร่างคล้ายกัน จำนวนเกือบเท่า ๆ กัน มอตเติลสว่างมีขนาดใหญ่กว่ามอตเติลมืดเล็กน้อย ได้สนับสนุนการปรากฏเป็นเส้นสว่างยาว (bright streak) ที่ ระวี ภาวิไล เสนอเมื่อปี ๒๕๑๑

ปี พ.ศ.๒๕๑๕ ทานากะ (Tanaka) ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิวัฒนาการของมอตเติลมืดชนิดรูปร่างยาวในแสงขนาดความยาวคลื่นไฮโดรเจนอัลฟา พบว่า ในขณะหนึ่ง ๆ มีมอตเติลมืดเกิดอยู่ติดกันและขนานกันเป็นคู่ ๆ ห่างกันประมาณน้อยกว่า ๑sec of arc เป็นจำนวนหนึ่งในสามของมอตเติลทั้งหมด และมีการเปลี่ยนแปลงหลายแบบ เช่น อาจจะมีมอตเติลใหม่อีกคู่หนึ่งเกิดขึ้นใกล้ ๆ หรือมอตเติลคู่นั้นอาจจะรวมกันเป็นอันเดียว หรือแต่ละอันอาจแตกแยกเป็นสองอัน ช่วงเวลาที่เกิดเป็นลำคู่ประมาณ ๔๐ - ๘๐ วินาที และเกิดซ้ำอีกในเวลาระหว่าง ๔-๑๔ นาที

ตารางที่ ๒ สรุปผลการศึกษาคุณสมบัติของมอตเติลละเอียดมืดตามลำดับ พ.ศ.

พ.ศ.	ชื่อผู้สำรวจ	ขนาดความยาวคลื่นแสงที่ศึกษา	ความกว้างเฉลี่ย กม.	ความยาวเฉลี่ย กม.	อายุ นาที	จำนวน
๒๕๐๐,๒๕๐๓	คีพเปนฮอย	$H\alpha \pm 0.0$ Å	-	-	-	1.5×10^5
๒๕๐๒	บรูซเอค	$H\alpha \pm 0.0$ Å	๓,๕๐๐	๑๐,๐๐๐	๑๓	1.5×10^4
๒๕๐๖,๒๕๐๗	เบคเกอร์	$H\alpha \pm 0.5$ Å	๑,๓๐๐	๓,๓๐๐	๗	4.0×10^5
๒๕๐๘,๒๕๐๙	ระวี ภาวิไล	$H\alpha \pm 0.75$Å	๑,๘๐๐	๗,๐๐๐	๖-๔๐	-
๒๕๐๙,๒๕๑๐	ไตเติล	$H\alpha \pm 0.0$ Å	๓,๐๐๐	๗,๐๐๐	-	-
๒๕๑๑	เบร	$H\alpha \pm 0.3$ Å	-	๑,๔๕๐-๘,๐๐๐	๕	-
๒๕๑๑	เบคเกอร์	-	๗๐๐	๕,๐๐๐	๑๐	3.0×10^5
๒๕๑๔	ซอเยอร์	$H\alpha \pm 1.3$ Å	๒,๔๐๐	-	๓.๔	3.0×10^5

รูปที่ ๔ ภาพดวงอาทิตย์เต็มดวง ถ่ายโดยใช้ตัวกรองที่มีช่องคลื่น + ๐.๒๕ อังสตรอม ในแสงขนาดคลื่น + ๐.๗ อังสตรอมจากเส้นไฮโดรเจนอัลฟ่า แสดงการกระจายของโกรโมสเฟียร์



วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

๑. ศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของมอตเติล ซึ่งปรากฏบนตัวดวงและสปิกุลซึ่งปรากฏที่ขอบดวงของดวงอาทิตย์ เมื่อสังเกตการณ์ในแสงไฮโดรเจนอัลฟา (ขนาดความยาวคลื่น ๖๕๖๓ อังสตรอม)

๒. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของมอตเติลและสปิกุล

๓. เปรียบเทียบคุณสมบัติของโครงสร้างทั้งสองชนิดเพื่อหาความสัมพันธ์ของมัน

๔. พิจารณาโครงสร้างของโครโมสเฟียร์ของดวงอาทิตย์

ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัยนี้

เป็นการเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจที่มีต่อโครโมสเฟียร์ของดวงอาทิตย์ ในปัจจุบันปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างมอตเติลและสปิกุลยังไม่มีผู้ให้ความกระจ่างได้ชัดเจน การวิจัยนี้อาจสามารถนำไปสู่ความเข้าใจที่กระจ่างขึ้นได้

วิธีดำเนินการวิจัย

๑. การหาข้อมูล

ก. ตั้งกล้องสำรวจดวงอาทิตย์ของแผนกวิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย ใช้เครื่องกรองแสงไฮโดรเจนอัลฟา ทำการตรวจสอบโครโมสเฟียร์ของดวงอาทิตย์ ทั้งสองดูถ่ายภาพนิ่ง และถ่ายภาพยนตร์เว้นช่วงเวลา เพื่อบันทึกข้อมูล

ข. ใช้ข้อมูลซึ่ง ศาสตราจารย์ ดร.ระวี ภาวิไล ได้บันทึกไว้แล้วรวมประกอบด้วย

๒. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เพื่อศึกษาตามวัตถุประสงค์