บทที่ 5

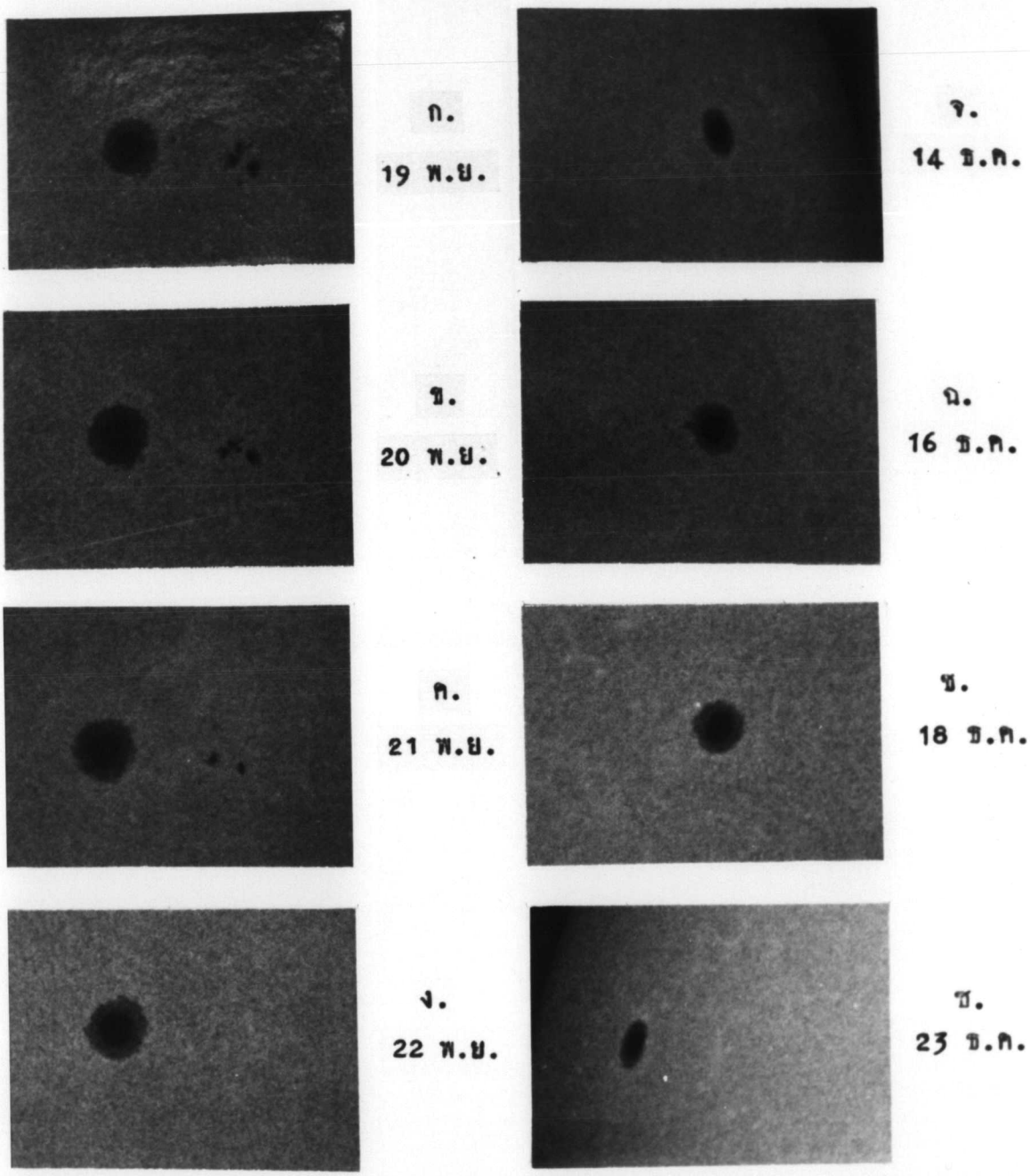
ระยะกลางและระยะปลายของพัฒนาการของอาณาบริเวณกัมมันต์

ในบทที่ 4 ได้กล่าวถึงการสังเกตระยะต้นของพัฒนาการของอาณาบริเวณกัมมันต์บนดวงอาทิตย์จากระยะที่เริ่มเกิด ไปจนเกิดมีจุด และ ปรากฏการณ์บางอย่าง(ซึ่งมีระยะกลางและระยะปลายของพัฒนาการรวมอยู่ด้วยในหัวข้อ 4.3 เนื่องจากอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 1 มีอายุค่อนข้างสั้น) สังเกตการณ์เกี่ยวกับระยะกลางของพัฒนาการนั้นเป็นสังเกตการณ์ของระยะที่มีจุดเกิดแล้วนานพอสมควร พบว่าระยะนี้จุดค่อนข้างจะอยู่ในสภาพเสถียรและอาจมีกัมมันตภาพบางอย่างเกิดขึ้นในระยะนี้ด้วย ส่วนการนับเป็นระยะปลายของอาณาบริเวณกัมมันต์ที่กล่าวถึงในวิทยานิพนธ์ ถือเอาช่วงที่จุดที่ก่อตัวในระยะแรกเริ่มของอาณาบริเวณกัมมันต์นั้นสลายหายไปหมดแล้ว ไปจนถึงเวลาที่อาณาบริเวณกัมมันต์สลายหายไปหมด

5.1 สังเกตการณ์เกี่ยวกับระยะกลางของอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3 วันที่ 15 - 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517 และ วันที่ 13 - 24 ธันวาคม พ.ศ. 2517

อาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3 เป็นอาณาบริเวณที่ปรากฏให้เห็นทางขอบดวงตะวันออกเมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517 และลับหายไปทางขอบดวงตะวันตกในวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517 พบว่าอาณาบริเวณกัมมันต์แห่งนี้กำลังพัฒนาอยู่ในระยะกลาง คือ มีจุดปรากฏอยู่แล้ว สภาพของกลุ่มจุดได้รับการเปลี่ยนแปลงมาค่อนข้างมากแล้วด้วย

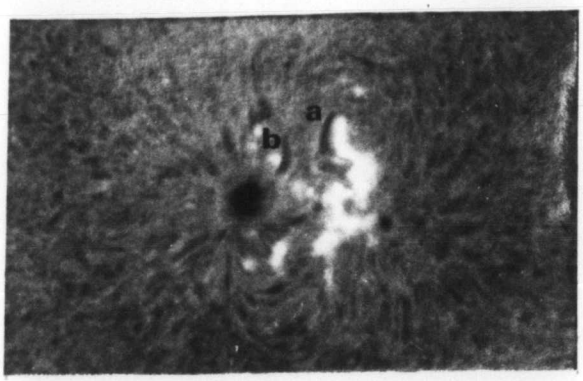
พัฒนาการของกลุ่มจุดในอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3 แสดงไว้ในรูปที่ 5.1 กลุ่มจุดทั้งหมดนี้ปรากฏให้เห็นชัดเจนในวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517 ในวันอื่นๆก่อนหน้านี้ กลุ่มจุดอยู่ชิดขอบดวงมากจนมองไม่เห็นส่วนประกอบทั้งหมด กลุ่มจุดที่เห็นในวันที่ 19 (รูปที่ 5.1 ก.)เป็นกลุ่มจุดประเภท G ตามการจัดประเภทของซูริค ลักษณะของสนามแม่เหล็กของกลุ่มจุดเป็นแบบสองขั้ว(β) จุดนำมีอยู่เพียงจุดเดียว เป็นจุดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในกลุ่มจุด แต่จัดอยู่ในพวกที่มีขนาดปานกลาง มีเส้นผ่าศูนย์กลางรวมทั้งส่วนมัว



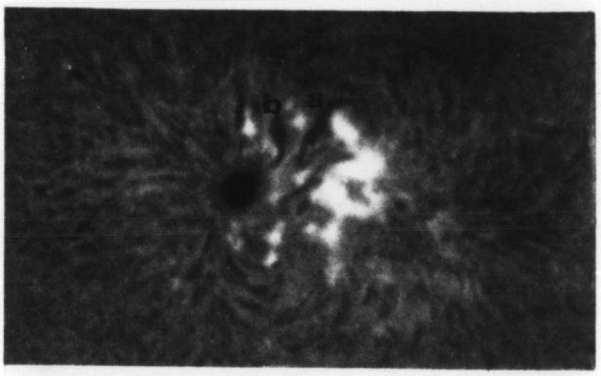
รูปที่ 5.1 แสดงพัฒนาการของกลุ่มจุดในอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 5 ในการผ่านดวง 2 ครั้ง ก. - ง. ในช่วงวันที่ 19 - 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517
จ. - ซ. ในช่วงวันที่ 14 - 23 ธันวาคม พ.ศ. 2517

1.03 สิบดา มีลักษณะเกือบกลม จุดตามมีหลายจุดอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม จุดที่เป็นหลักของกลุ่มตามมีขนาดเล็ก มีเส้นผ่าศูนย์กลางรวมทั้งส่วนมัว 13.7 พิสิบดา อยู่ห่างจุดนำ 2.06 สิบดา ในวันที่ 20 พฤศจิกายน (รูปที่ 5.1 ข.)ลักษณะของกลุ่มจุดยังคงคล้ายคลึงกับลักษณะในวันที่ 19 แต่จำนวนของจุดในกลุ่มจุดตามเปลี่ยนแปลงไป ในวันที่ 21 พฤศจิกายน (รูปที่ 5.1 ค.) กลุ่มจุดเพิ่งจะผ่านเส้นเมอริเดียนกลางดวง(central meridian) ไปแล้วเล็กน้อย ลักษณะของกลุ่มยังคงเป็นประเภท G แต่กลุ่มตามเปลี่ยนรูปร่างไป โดยมีจำนวนจุดลดลงเหลือเพียง 2 จุดมีขนาดเกือบเท่ากัน อยู่ห่างกัน 38.9 พิสิบดา จุดนำยังคงเป็นจุดเดี่ยวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.03 สิบดา มีรูปร่างเกือบกลม ในวันที่ 22 พฤศจิกายนกลุ่มจุดตามหายไปหมด เหลือจุดนำไว้เพียงจุดเดียวเดี่ยวๆ เปลี่ยนเป็นกลุ่มจุดประเภท J จุดเดี่ยวนี้ยังคงสภาพอยู่จนกระทั่งลับขอบตะวันตกของดวงไปในวันที่ 27 พฤศจิกายน และในการเคลื่อนที่กลับมาผ่านดวงอีกครั้งหนึ่งในวันที่ 13 - 24 ธันวาคม กลุ่มจุดนี้ก็ยังคงเป็นกลุ่มจุดประเภท J มีจุดเดิมนี้อยู่เพียงจุดเดียว โดยขนาดของจุดมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กลงกว่าเดิมเล็กน้อยแสดงการเกิดเสถียรภาพของจุด

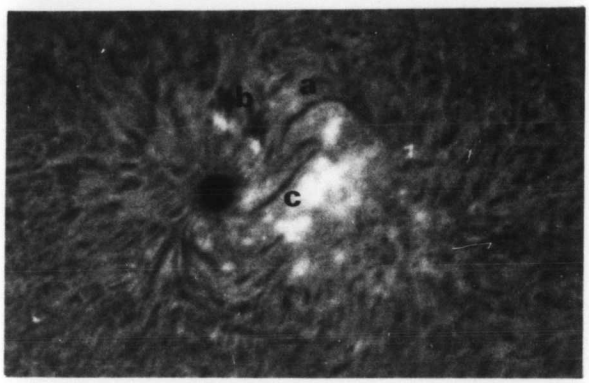
รูปที่ 5.2 เป็นภาพถ่ายในแสงไฮโดรเจนอัลฟ่า แสดงพัฒนาการของอาฌาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3 ในช่วงวันที่ 19 - 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517 ในวันที่ 19 เห็นอาฌาบริเวณนี้ได้ทั้งหมด(รูปที่ 5.2 ก.) โครงสร้างละเอียดโดยรอบอาฌาบริเวณซึ่งประกอบขึ้นด้วยรูปลักษณ์ต่างๆที่มีลักษณะเป็นเส้น เช่น ไฟบริล เทร้ด ฟิลาเมนต์ นั้น เห็นได้ชัดว่าเรียงตัวกันอยู่ในรูปที่แสดงลักษณะของสนามแม่เหล็กโดยส่วนรวมเป็นแบบมี 2 ขั้วต่างชนิดกัน พลาจสว่างของไฮโดรเจนมีตำแหน่งอยู่ในบริเวณระหว่างกลุ่มจุดนำและกลุ่มจุดตาม มีลักษณะวางตัวกระจัดกระจาย ไม่รวมกันแน่นเช่นที่ปรากฏในระยะต้นของพัฒนาการของอาฌาบริเวณกัมมันต์ รอบๆจุดนำไม่ค่อยมีพลาจ เห็นมีเป็นเม็ดสว่างอยู่กระจัดกระจายห่างกันมากอยู่ในตำแหน่งตามหลังจุดนำค่อนไปทางทิศเหนือและทิศใต้ พลาจสว่างส่วนใหญ่รวมกันอยู่ในแนวขนานกับเส้นฟิลาเมนต์ ดำ ยาว ที่ทอดตัวอยู่ในแนวแบ่งเขตแดนระหว่างกลุ่มจุดนำและกลุ่มจุดตาม(a ในรูปที่ 5.2 ก.) โดยพลาจส่วนใหญ่นี้อยู่ค่อนไปทางกลุ่มจุดตาม วางตัวนำหน้ากลุ่มจุดตาม ตำแหน่งที่สว่างที่สุดของพลาจ เห็นเป็นทางยาว ขนาน และชิดไปกับเส้นฟิลาเมนต์ดำยาวเส้นนั้น เทร้ดสีดำจำนวนมากที่เรียงตัวอยู่ในแนวรัศมี



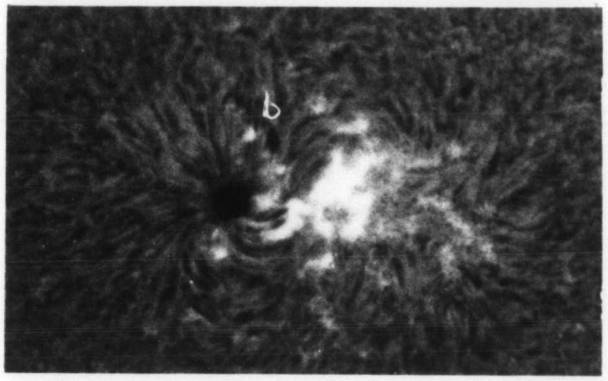
ก. 19 พ.ย.



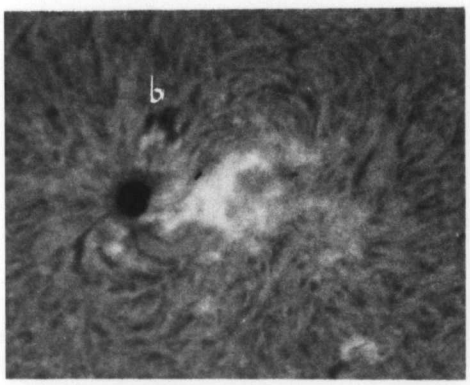
ข. 20 พ.ย.



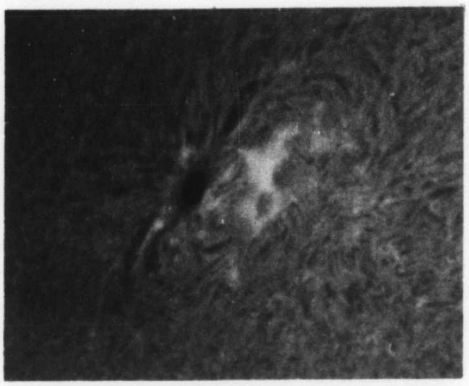
ค. 21 พ.ย.



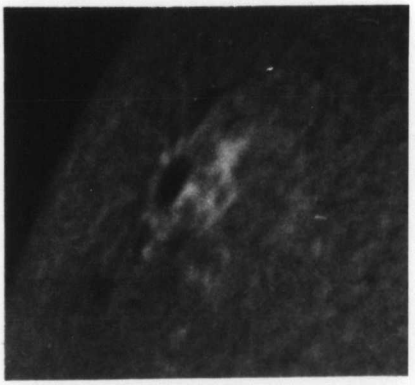
ง. 22 พ.ย.



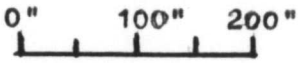
จ. 23 พ.ย.



ฉ. 25 พ.ย.



ช. 26 พ.ย.



รูปที่ 5.2 ถ่ายในแสง H_α แสดงพัฒนาการของอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3
ในช่วงวันที่ 19 - 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517

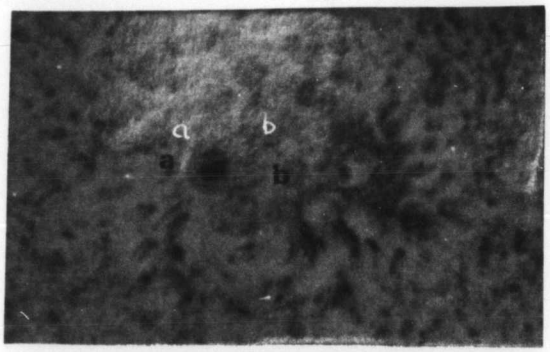
ของจุดน่า โดยมีปลายข้างหนึ่งของเทร้ดอยู่ชิดกับส่วนมัวของจุด และส่วนยาวของเทร้ดทอดยาวออกไปตามแนวรัศมีของจุด เทร้ดพวกนี้รายล้อมจุดน่าอยู่ในส่วนที่อยู่หน้าจุดน่า(คืออยู่ทางทิศตะวันตกของจุดหรือด้านกลางดวง)แสดงการเคลื่อนที่ของมวลสารในเทร้ดลงไปสู่ปลายของเทร้ดที่อยู่ชิดกับส่วนมัวของจุดน่าเมื่อดูในแสงทางปีกสีแดงของเส้นสเปคตรัมไฮโดรเจนอัลฟ่า เช่น H_{α} + 0.5 Å (b ในรูปที่ 5.3 ข.)คือแสดงการเคลื่อนที่ของมวลสารตามเทร้ดออกห่างจากผู้สังเกตเข้าไปหาส่วนมัวของจุด (ที่สังเกตเห็นการเคลื่อนที่ออกห่างจากผู้สังเกตตามเทร้ดได้เนื่องจากอาณาบริเวณกัมมันต์แห่งนี้อยู่ห่างกลางดวงค่อนไปทางขอบตะวันออกของดวง การวางตัวของเทร้ดค่อนข้างจะอยู่ในแนวสายตาของผู้สังเกตมากกว่าเมื่อเทร้ดใกล้กลางดวง) แต่บริเวณรอบส่วนมัวของจุดน่าทางด้านตรงข้าม(คือด้านขอบดวงหรือด้านตะวันออกของจุด)ปรากฏมีจุดสว่างเล็กๆหลายจุดเรียงกันอยู่ชิดกับขอบนอกของส่วนมัวนั้น(a ในรูปที่ 5.3 ข.) เมื่อดูในแสงทางปีกน้ำเงิน เช่นที่ H_{α} - 0.5 Å จะเห็นจุดสว่างเล็กๆเช่นเดียวกันนี้(a ในรูปที่ 5.3 ก.)เรียงกันอยู่โดยรอบและชิดกับส่วนมัวของจุดน่าที่อยู่ทางด้านกลางดวง(ด้านตะวันตกของจุด)ซึ่งเป็นบริเวณที่เห็นส่วนปลายของเทร้ดสีดำอยู่ชิดกับส่วนมัวของจุดในแสง H_{α} + 0.5 Å ในรูปที่ 5.3 ข. นั้น เห็นจุดสว่างเล็กๆนี้ติดต่อกับโครงสร้างสว่างเป็นเส้นๆมีรูปร่างคล้ายกับเทร้ดแต่อยู่ในลักษณะที่เปล่งแสงสว่างทอดตัวต่อออกไปจากจุดสว่างเล็กๆที่กล่าวแล้วออกไปตามแนวรัศมีของจุด ส่วนบริเวณที่อยู่ถัดส่วนมัวของจุดน่าไปทางขอบดวง(ด้านตะวันออกของจุด)ปรากฏเห็นเส้นเทร้ดสีดำหลายเส้นทอดตัวอยู่ในแนวรัศมีของจุดจากขอบนอกของส่วนมัวของจุดออกไป แสดงการเคลื่อนที่ของมวลสารในสภาพดูดกลืนแสงตามเทร้ดเข้าหาส่วนมัวของจุด จากภาพทั้งสอง(รูปที่ 5.3 ก. และ ข.)น่าจะตีความหมายได้ว่า มวลสารที่อยู่ในสภาพดูดกลืนแสงรวมตัวกันอยู่เป็นเส้นในรูปของเทร้ด(ซึ่งค่อนข้างยาว) หรือ ไฟบริล(ซึ่งแทรกอยู่ใกล้เคียงกับเทร้ด แต่สั้นกว่า) ทั้งเทร้ดและไฟบริลนี้วางตัวอยู่ในแนวของเส้นแรงของสนามแม่เหล็กของจุดน่า(คือทอดตัวอยู่ในแนวรัศมีของจุดน่าในบริเวณใกล้ชิดกับจุดน่า) มวลสารของเทร้ดมืดนี้เคลื่อนที่เข้าหาจุดน่า โดยเห็นการเคลื่อนที่สิ้นสุดลงที่ขอบนอกของส่วนมัวของจุด ส่วนมวลสารที่อยู่ในสภาพเปล่งแสงสว่างที่แสงในปีกสองข้างของเส้นไฮโดรเจนอัลฟ่าแสดงการเคลื่อนที่ออกจากขอบนอกของส่วนมัวของจุด ดูในแสงไฮโดรเจนอัลฟ่าจะเห็นมีฟิลาเมนต์ยาวปรากฏขึ้นใกล้ๆกับเม็ดพลาจสว่าง

2 เม็ดที่อยู่ทางทิศเหนือของจุดนำโดยทอดตัว ไปตามแนวของเส้นแรงของสนามแม่เหล็กของจุดนำ(b ในรูปที่ 5.2 ก.)

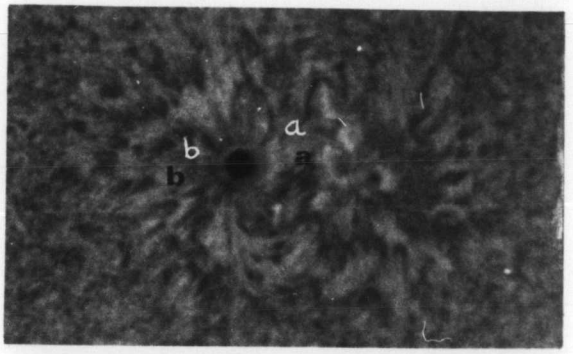
ในวันที่ 20 ดูในแสงไฮโดรเจนอัลฟ่า(รูปที่ 5.2 ข.)เห็นโครงสร้างละเอียดรอบอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3 ยังคงเรียงตัวแสดงลักษณะโครงสร้างของสนามแม่เหล็กโดยส่วนรวมของอาณาบริเวณเป็นแบบสองขั้ว แต่โครงสร้างละเอียดในบริเวณรอบๆกลุ่มจุดตามดูซับซ้อน เนื่องจากในบริเวณที่ตามหลังกลุ่มจุดตามสลายออกเป็นเม็ดพลาจเล็กๆมีความสว่างไม่มากนัก มีเส้นไฟบริลสว่างเล็กละเอียดล้อมรอบ เม็ดพลาจเล็กๆนี้รวมกันอยู่เป็นกลุ่มๆกระจัดกระจายกันอยู่ และแต่ละกลุ่มก็มีเส้นไฟบริลล้อมรอบแสดงสนามแม่เหล็กของแต่ละกลุ่ม หน้ากลุ่มจุดตามยังคงมีพลาจสว่างรวมกันอยู่ใกล้กับเส้นฟิลาเมนต์ยาวเช่นเดียวกับที่เห็นในวันที่ 19 แต่เห็นมีพื้นที่ขยายกว้างออกกว่าเดิมเล็กน้อย ในบริเวณระหว่างจุดนำและพลาจสว่างจะเห็นมีเส้นเหร็ด ฟิลาเมนต์ ไฟบริล ทอดตัวอยู่ในแนวของเส้นแรงแม่เหล็กของจุดนำ มีปลายข้างหนึ่งชี้ไปยังจุดนำ และปลายอีกข้างหนึ่งไปสิ้นสุดลงที่เม็ดพลาจเม็ดใดเม็ดหนึ่งที่อยู่ในบริเวณระหว่างกลุ่มจุดนำกับกลุ่มจุดตาม ซึ่งสามารถจะพิจารณาได้ว่าเม็ดพลาจใดมีขั้วแม่เหล็กเป็นชนิดเดียวกันหรือเป็นชนิดตรงข้ามกันกับจุดนำ ข้างหน้าจุดนำ (ด้านตะวันตกของจุด)ไม่มีพลาจสว่างปรากฏให้เห็น ไฟบริลทางด้านนี้แสดงการเรียงตัวอยู่ในแนวรัศมีของจุด ฟิลาเมนต์ยาว a,b ที่อยู่ประมาณทางทิศเหนือของจุดนำเปลี่ยนรูปไปจากรูปร่างที่เห็นในวันที่ 19 เล็กน้อย แต่ถ้าดูตามส่วนรวมก็จะรู้ได้ว่าเป็นฟิลาเมนต์เส้นเดิม ในวันที่ 21(รูปที่ 5.2 ค.)ความสว่างของพลาจลดลง เห็นส่วนสว่างที่สุดอยู่ตรงหย่อมที่อยู่ในบริเวณกึ่งกลางระหว่างกลุ่มจุดนำและกลุ่มจุดตาม หย่อมอื่นๆมีขนาดเล็กบางหย่อมแยกตัวออกเป็นเม็ดพลาจเล็กๆมีไฟบริลสว่างเล็กละเอียดล้อมรอบ เม็กพลาจที่อยู่ในลักษณะเช่นนี้รวมกันอยู่เป็นกลุ่มๆ กลุ่มของเม็ดพลาจเล็กๆนี้มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นกว่าเมื่อวันที่ 20 ฟิลาเมนต์ a,b ในวันที่ 21 นี้เปลี่ยนรูปไปเป็นรูปลักษณ์สีดำ หนา ประกอบขึ้นด้วยเส้นไฟบริลเรียงกันอยู่ในแนวขนานกันโดยประมาณ(b ในรูปที่ 5.2 ค.)มีอยู่ 2 แห่งใกล้กับเม็ดพลาจสว่าง 2 เม็ดทางทิศเหนือของจุดนำ รูปลักษณ์นี้แสดงการเคลื่อนที่ลงสู่พื้นผิวดวงอาทิตย์มากกว่าการเคลื่อนที่ขึ้น

ในวันที่ 22 จุดในกลุ่มจุดตามหายไปหมด แต่โครงสร้างละเอียดในแสงไฮโดรเจน

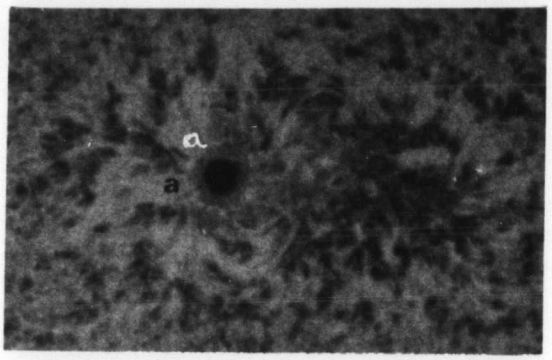
หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย



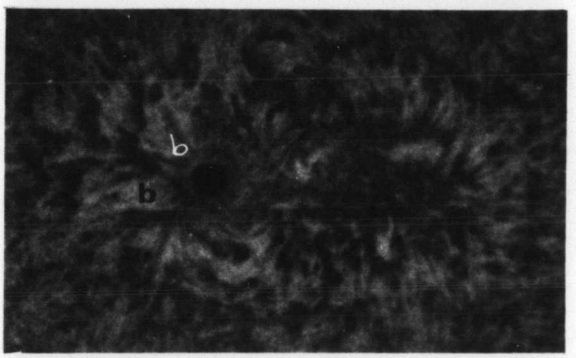
ก. 19 พ.ย. 2517, H_α - 0.5 Å



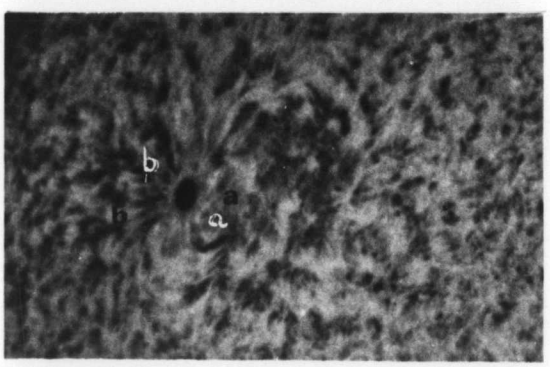
ข. 19 พ.ย. 2517, H_α + 0.5 Å



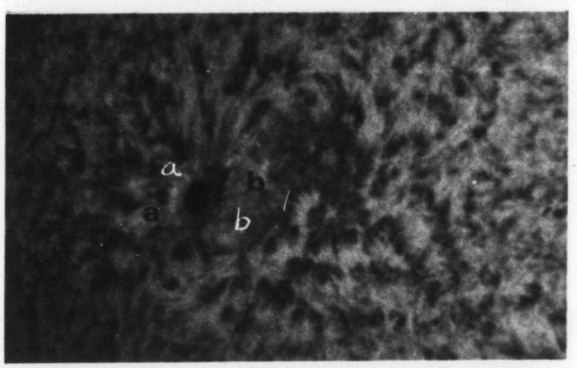
ค. 21 พ.ย. 2517, H_α - 0.5 Å



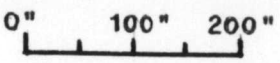
ง. 21 พ.ย. 2517, H_α + 0.5 Å



จ. 25 พ.ย. 2517, H_α - 0.5 Å



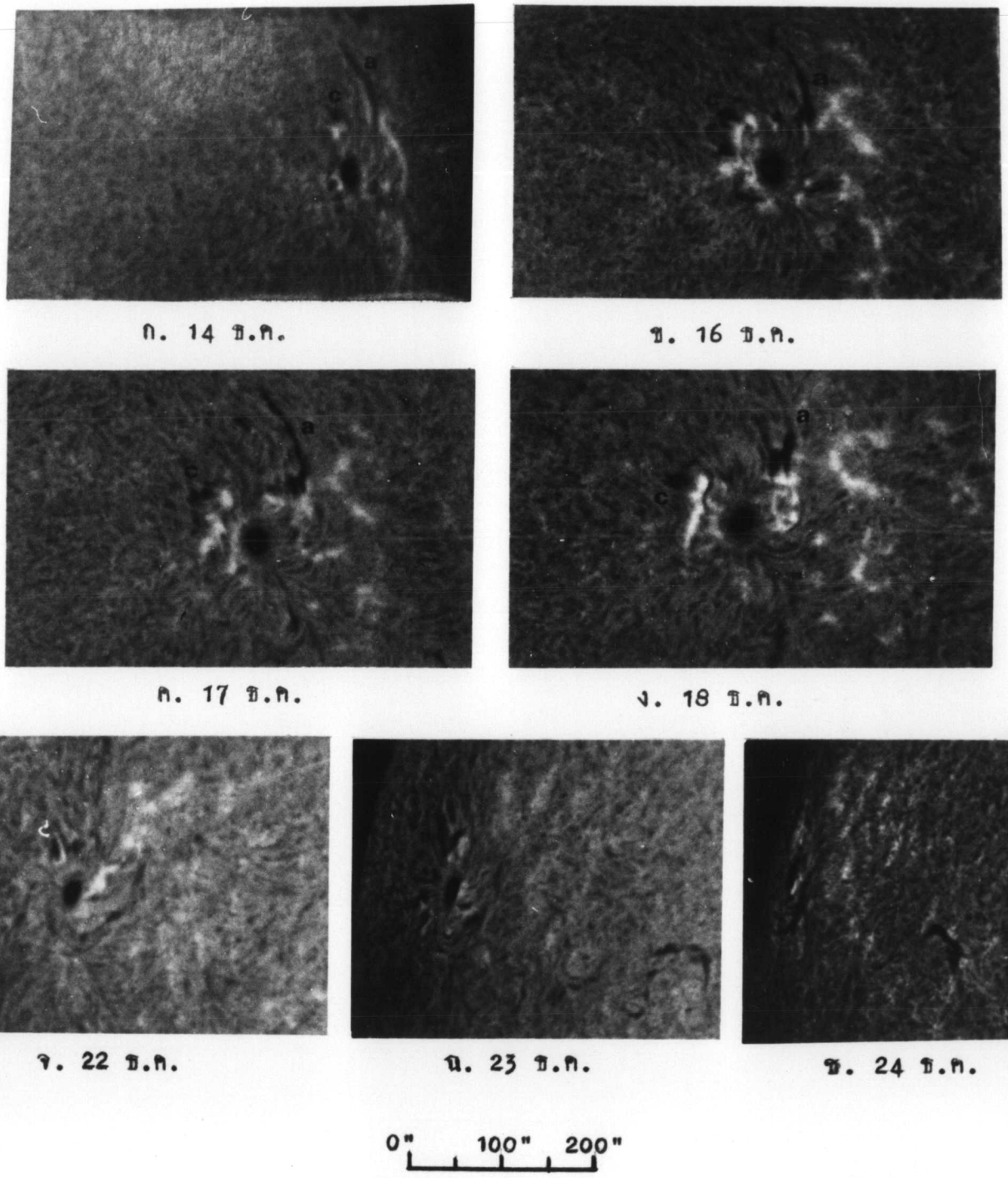
ฉ. 25 พ.ย. 2517, H_α + 0.5 Å



รูปที่ 5.3 อาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3 ถ่ายในแสง H_α - 0.5 Å และ H_α + 0.5 Å เปรียบเทียบให้เห็นการเคลื่อนที่ดอปเปลอร์

อัลฟ่าของขั้วแม่เหล็กตามซับซ้อนยิ่งขึ้น(รูปที่ 5.2 ง.)แต่ยังแสดงโครงสร้างของสนามแม่เหล็กโดยส่วนรวมของอาณาบริเวณนี้ว่าเป็นแบบ 2 ขั้ว กลุ่มของเม็ดพลาจเล็กๆไม่ค่อยสว่างมากนักที่รวมกันอยู่เป็นหย่อมๆล้อมรอบด้วยไฟบริลสว่าง(คือพลาจสว่างที่เห็นแยกเป็นเส้นๆ)เล็กละเอียดนั้นมีพื้นที่เพิ่มขึ้น คือกลุ่มเล็กๆของเม็ดพลาจที่เห็นในวันที่ 21 นั้นรวมเข้าด้วยกันเป็นกลุ่มโต ยาวออกในวันที่ 22 ในวันที่ 23 ลักษณะส่วนรวมของอาณาบริเวณไม่เปลี่ยนไปมากนัก ในวันที่ 25 ปรากฏมีฟิลาเมนต์ยาว ดำ หนา ขึ้นหลายเส้นในทิศเหนือและทิศใต้ของจุดนำ ชี้ตรงเข้าหาจุดนำ และ วางตัวอยู่ในแนวสนามแม่เหล็กของจุดนำ ในวันที่ 26(รูปที่ 5.2 ช.)โครงสร้างละเอียดรอบจุดนำชักจะมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปเป็นแบบวังวนรอบจุด เป็นที่น่าสังเกตว่า รูปลักษณ์ในภาพที่เห็นโค้งบอกสภาพวังวนชัดเจนนั้น มีลักษณะเป็นเส้นโค้งสีขาว(ในสภาพเปล่งแสงสว่าง)ขนาดเท่ากับเทร้ดสีดำที่เคยกล่าวมาแล้ว หรืออาจจะกล่าวได้ว่า รูปลักษณ์นี้คือเทร้ดที่อยู่ในสภาพเปล่งแสงสว่าง และรอบส่วนมัวของจุดนำนี้ปรากฏมีวงแหวนสว่างล้อมรอบ และเทร้ดสว่างที่ว่านี้ยื่นออกไปเป็นเส้นๆจากวงแหวนสว่างนั้นไปตามแนวรัศมีของจุด โดยส่วนปลายของเทร้ดสว่างทั้งหลายต่างโค้งออกไปในลักษณะเป็นวังวนรอบจุด ลักษณะวังวนของเทร้ดสว่างนี้จะเห็นได้ชัดเมื่ออาณาบริเวณกัมมันต์อยู่ใกล้ขอบดวง

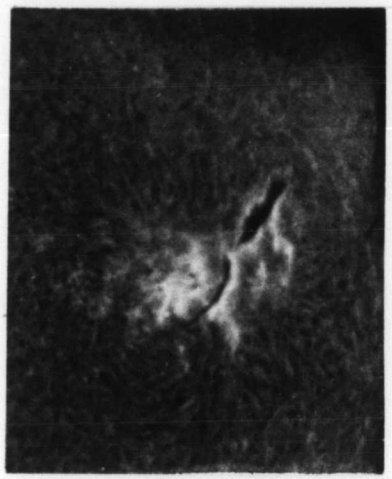
รูปที่ 5.3 จ. และ ฉ. หรือ รูปที่ 2.6 ค. และ ง. แสดงการเคลื่อนที่ดอปเปลอร์ของมวลสารในเทร้ดมืดและเทร้ดสว่างที่ยื่นออกไปจากขอบนอกของส่วนมัวของจุดนำในอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3 ในวันที่ 25 พฤศจิกายน ในเวลาใกล้เคียงกันมากกับรูปที่ 5.2 ฉ. อาณาบริเวณกัมมันต์แห่งนี้อยู่ใกล้ขอบตะวันตกของดวง รูปที่ 5.3 จ. และ 2.6 ค. เป็นภาพถ่ายในแสง H_{α} - 0.5 Å ปรากฏเห็นเทร้ดมืดทางด้านที่อยู่ใกล้ขอบดวง(b ในรูปที่5.3 จ. หรือ a ในรูปที่ 2.6 ค.) และเห็นจุดสว่างที่ติดต่อกับเทร้ดสว่างเรียงรายอยู่รอบขอบนอกของส่วนมัว มองเห็นเป็นวงแหวนสว่างรูปครึ่งวงกลมอยู่รอบส่วนมัวทางด้านกลางดวง(a ในรูป 5.3 จ. หรือ b ในรูป 2.6 ค.) รูปที่ 5.3 ฉ. หรือ 2.6 ง. เป็นภาพถ่ายในแสง H_{α} + 0.5 Å จะเห็นรูปลักษณ์ที่ปรากฏมีลักษณะตรงข้ามกับรูปที่ 5.3 จ. และ 2.6 ค. คือเห็นปลายของเทร้ดมืดอยู่ชิดกับส่วนมัวของจุดทางด้านกลางดวง(b ในรูปที่ 5.3 ฉ. หรือ c ในรูปที่ 2.6 ง.)แต่เห็นสั้นกว่าที่ปรากฏทางด้าน



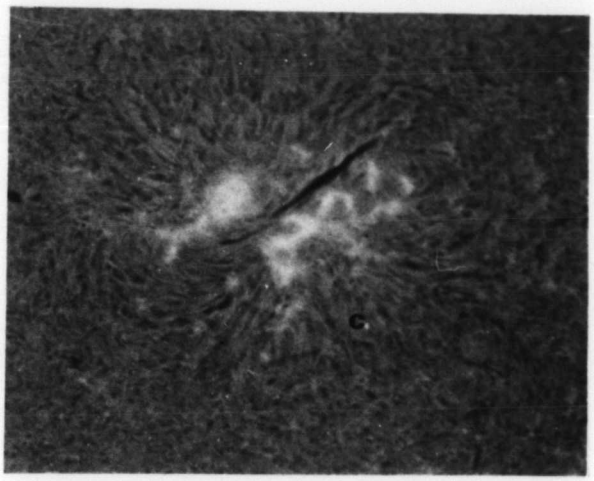
รูปที่ 5.4 ถ่ายในแสง H_α แสดงพัฒนาการของอาฆาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3 เมื่อผ่านดวงอีกครั้งหนึ่งในช่วงวันที่ 14 - 24 ธันวาคม พ.ศ. 2517

ขอบดวง ส่วนเทร้ดมืดที่เคยปรากฏทางด้านขอบดวงในรูปที่ 5.3 จ., 2.6 ค. นั้นไม่ปรากฏในรูปที่ 5.3 ฉ. และ 2.6 ง. แต่จะเห็นวงแหวนสว่างรูปครึ่งวงกลมที่ประกอบด้วยจุดสว่างเล็กๆต่อกับปลายของเทร้ดสว่างปรากฏอยู่แทน(a ในรูปที่ 5.3 ฉ. หรือ d ในรูปที่ 2.6 ง.)แสดงการไหลของมวลสารที่อยู่ในสภาพถูดกลืนแสงเข้าไปสู่จุดบนดวงอาทิตย์ ลักษณะการเคลื่อนที่ของมวลสารเหล่านี้สามารถตรวจสอบพบได้เมื่อจุดปรากฏอยู่ใกล้กลางดวง เช่น ในรูปที่ 5.3 ค. และ ง. เป็นภาพถ่ายในแสง H_{α} - 0.5 Å และ H_{α} + 0.5 Å เมื่ออาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3 อยู่ใกล้กลางดวงในวันที่ 21 พฤศจิกายน ปรากฏเห็นเทร้ดมืดอยู่รอบส่วนมัวของจุดในแสง H_{α} + 0.5 Å แทนที่จุดสว่างเล็กๆที่เรียงอยู่รอบส่วนมัวของจุด ซึ่งรวมกันเป็นวงแหวนสว่างรูปวงกลมอยู่โดยรอบส่วนมัวในแสง H_{α} - 0.5 Å

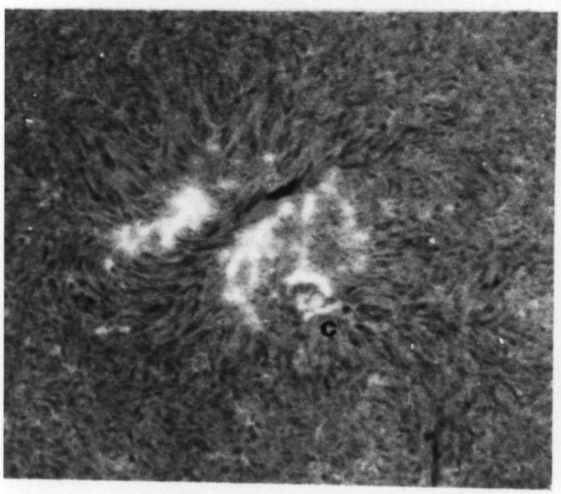
รูปที่ 5.4 เป็นภาพถ่ายในแสงไฮโดรเจนอัลฟ่าของอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3 แสดงพัฒนาการที่ดำเนินต่อไปของอาณาบริเวณกัมมันต์แห่งนี้ในการเคลื่อนที่ผ่านตัวดวงอีกครั้งหนึ่งในช่วงวันที่ 13 - 24 ธันวาคม พ.ศ. 2517 โครงสร้างละเอียดรอบอาณาบริเวณยังคงแสดงอำนาจของสนามแม่เหล็กโดยส่วนรวมเป็นแบบ 2 ขั้ว แต่ขั้วแม่เหล็กตามไม่มีจุดและมีโครงสร้างซับซ้อนประกอบด้วยสนามของกลุ่มพลาจเล็กๆจำนวนมากกระจายกันอยู่ห่างๆ ขั้วแม่เหล็กนำมีจุดเหลืออยู่เพียงจุดเดียวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 52 ฟิลิบดา เป็นจุดที่คงอยู่ตั้งแต่อาณาบริเวณนี้เคลื่อนที่ผ่านดวงครั้งก่อน รอบจุดนำมีเม็ดพลาจสว่างกระจายอยู่โดยรอบจำนวนเม็ดพลาจรอบจุดนำนี้มีมากกว่าจำนวนเม็ดพลาจที่อยู่รอบจุดนำในการเคลื่อนที่ผ่านตัวดวงครั้งก่อนมาก พลาจสว่างที่นำหน้าจุดนำปรากฏสว่างที่สุดในวันที่ 16,17,18 ซึ่งเป็นตอนที่มีตำแหน่งอยู่ใกล้กลางดวง รูปร่างโดยส่วนรวมของพลาจเปลี่ยนแปลงไปทุกวันตามที่เห็นในภาพ ทางทิศเหนือของจุดนำมีฟิลาเมนต์คำ ยาว หนา อยู่เส้นหนึ่ง(a ในภาพ)เปลี่ยนรูปร่างไปทุกวัน และพบว่ามีฟิลาเมนต์สั้นๆ(c ในภาพ)เกิดขึ้นทุกวันใกล้กับเม็ดพลาจสว่าง ฟิลาเมนต์บางอันมีลักษณะแบบเสิร์จ บางอันมีลักษณะแบบ"ฝน"ที่ตกมาจากโคโรน่า บางวันที่มีอากาศดี สภาพสังเกตการณ์ดี พบว่า มีจุดสว่างเล็กมาก สว่างกว่าพลาจ และสว่างมากกว่าความสว่างของวงแหวนสว่างรอบส่วนมัวของจุด ปรากฏอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับรอบนอกของส่วนมัวของจุด พบจุดสว่างนี้ไม่มากนัก บางวันมีจุดเดียว(ดูผ่านเล็นซ์ตา) พบจำนวนมากที่สุดเพียง 3 - 4 จุด ภาพถ่ายในแสงไฮโดรเจนอัลฟ่านั้นแยกความแตกต่างจากพลาจ



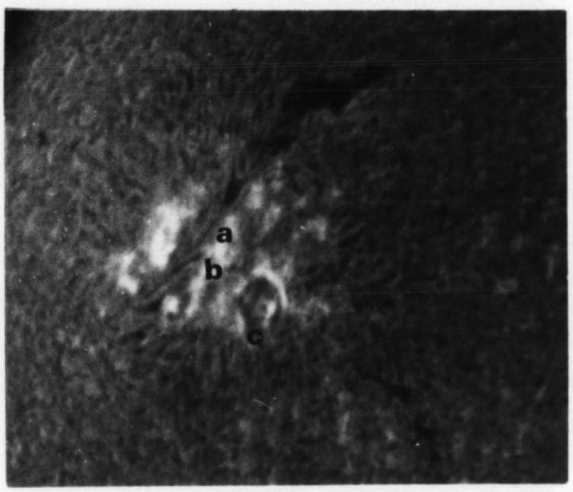
ก. 22 พ.ย.



ข. 25 พ.ย.



ค. 27 พ.ย.



ง. 29 พ.ย.

0" 200"

รูปที่ 5.5 ภาพถ่ายในแสงไฮโดรเจนอัลฟ่า แสดงพัฒนาการของอาฬาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 4 ในช่วงวันที่ 22 - 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517

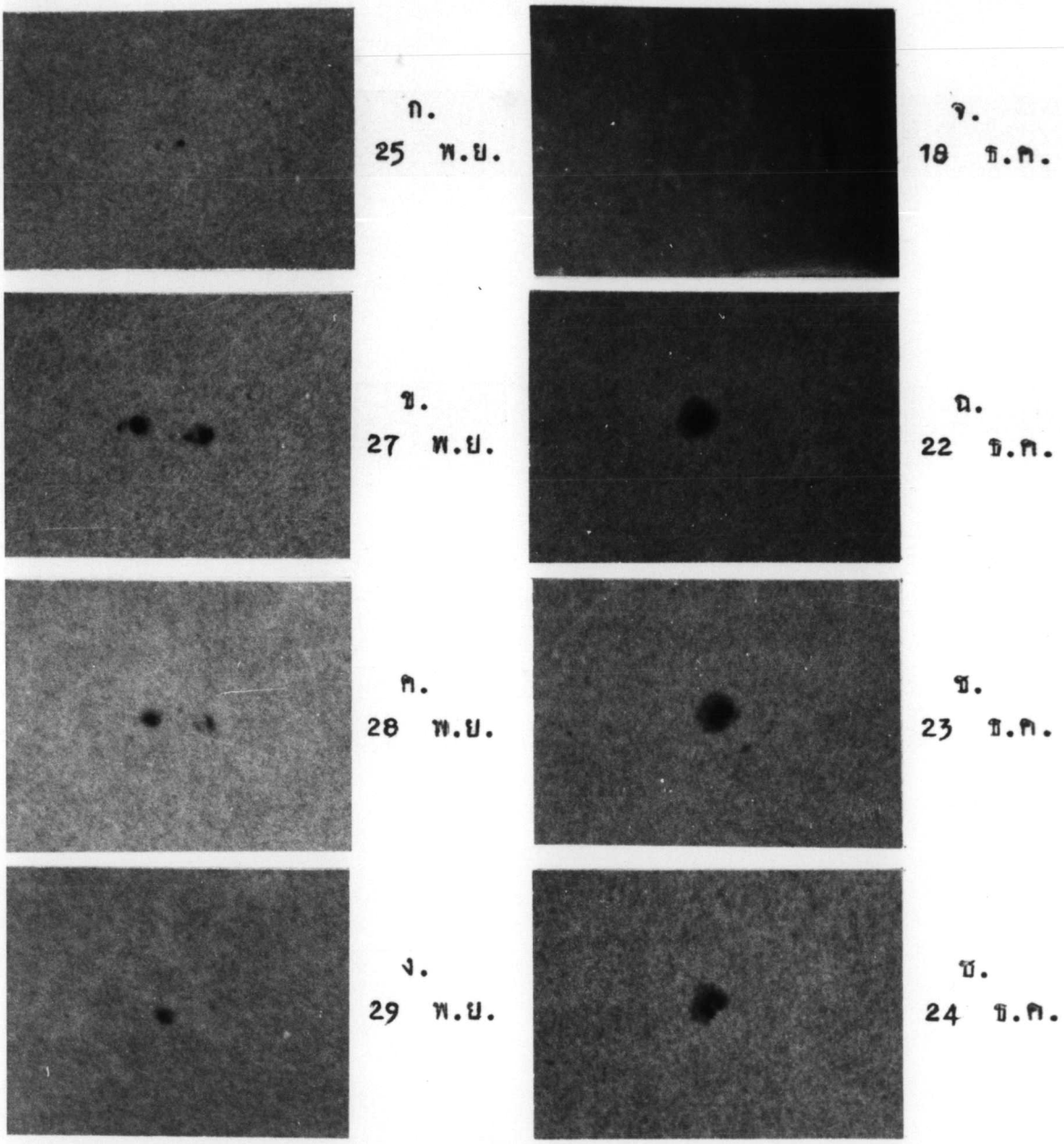
สว่าง หรือ จากวงแหวนสว่างไม่ได้ จะเห็นจุดสว่างนี้ได้ชัด หรือถ่ายภาพได้ในแสงที่ปีกสองข้างของเส้นสเปคตรัมไฮโดรเจนอัลฟ่า เช่น H_α - 0.5 Å , H_α + 0.5 Å H_α - 0.75 Å , H_α + 0.75 Å , H_α - 1 Å , H_α + 1 Å ตามที่สังเกตได้พบว่าถ่ายภาพจุดสว่างนี้ในแสงทางปีกน้ำเงินได้ชัดกว่าในแสงทางปีกสีแดง วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของจุดสว่างนี้ได้ประมาณ 1.5 ฟิลิบดา จุดสว่างนี้คือสิ่งที่รู้กันในชื่อ มูสตาช(moustache) หรือ จุดสว่าง(bright point) หรือ เอลเลอร์แมน บอมบ์(Ellerman bomb) เป็นปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์ที่มีลักษณะคล้ายแฟลร์ แต่มีขนาดเป็นจุดเล็กมาก ลักษณะที่เห็นเห็นเป็นวังวนของโครงสร้างละเอียดรอบจุดนั้นจะเห็นได้ชัดเมื่อจุดอยู่ใกล้ขอบดวง

5.2 สังเกตการณ์เกี่ยวกับระยะปลายของอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 4 วันที่ 21 - 30 พฤศจิกายน และ 18 - 24 ธันวาคม พ.ศ. 2517

ระยะปลายของอาณาบริเวณกัมมันต์ที่สังเกตได้ ได้แก่อาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 1 ซึ่งได้กล่าวไว้ในตอนท้ายของหัวข้อ 4.3 และสังเกตได้ในอาณาบริเวณกัมมันต์ที่ปรากฏในวันที่ 21 - 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517 ซึ่งจะให้ชื่อเป็นอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 4

อาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 4 กำลังพัฒนาอยู่ในระยะปลาย คือจุดสลายตัวไปหมดแล้ว เหลือเพียงสนามแม่เหล็ก พลาจ และ ฟิลาเมนต์ยาว

พัฒนาการของอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 4 ในแสงไฮโดรเจนอัลฟ่าแสดงไว้ในรูปที่ 5.5 รูปร่างโดยทั่วๆไปที่สังเกตเห็นประกอบขึ้นด้วยโครงสร้างละเอียดรอบอาณาบริเวณซึ่งมีไฟบริล พลาจสว่าง ฟิลาเมนต์ วางตัวแสดงลักษณะของสนามแม่เหล็กส่วนรวมของอาณาบริเวณนี้ว่าเป็นแบบ 2 ขั้ว พลาจสว่างของไฮโดรเจนอยู่ในลักษณะกระจายกันอยู่เป็นหย่อมๆดังที่เห็นในรูป รูปร่างโดยส่วนรวมของพลาจเปลี่ยนแปลงไปทุกวันแต่ละวันจะมีพลาจที่แยกออกเป็นเม็ดเล็กๆละเอียดรวมกันอยู่เป็นกลุ่มๆเพิ่มจำนวนขึ้น มีฟิลาเมนต์ดำ ยาว พาดอยู่ในแนวเส้นแบ่งเขตของขั้วแม่เหล็กนำและขั้วแม่เหล็กตาม ฟิลาเมนต์นี้เปลี่ยนแปลงรูปร่างไปทุกวัน แต่ก็ยังคงทอดตัวอยู่ในแนวเส้นแบ่งเขตของขั้วแม่เหล็ก ในวันที่ 25 พฤศจิกายน มีจุดปรากฏขึ้น 2 จุดในบริเวณโครงสร้างละเอียดถัดออกไปจากบริเวณของพลาจและอยู่ชิดกับเขตแดนทางตะวันออกของอาณาบริเวณกัมมันต์แห่งนี้(บริเวณ c ในรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.6 ภาพถ่ายในแสงขาว แสดงพัฒนาการของกลุ่มจุดในอาฌาบริเวณกัมมันต์แห่งใหม่ที่เกิดซ้อนขึ้นในอาฌาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 4

ก. - ง. ในช่วงวันที่ 25 - 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517

จ. - ซ. ในช่วงวันที่ 18 - 24 ธันวาคม พ.ศ. 2517

ข.,ค.,ง.) จุดทั้งสองเล็กมาก(ดูรูปที่ 5.6 ก.) เป็นจุดของอาฌาบริเวณกัมมันต์แห่งใหม่ที่เกิดซ้อนขึ้นมาในอาฌาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 4 กลุ่มจุดนี้พัฒนาต่อไปเรื่อยๆ(ดูรูปที่ 5.6) และพลาจสว่างรอบจุดนำแสดงอาการกัมมันต์ขึ้นเรื่อยๆ เมื่ออาฌาบริเวณกัมมันต์ทั้งสองนี้ปรากฏผ่านตัวควงอีกครั้งในวันที่ 18 - 24 ธันวาคม พ.ศ. 2517 จะเห็นอาฌาบริเวณกัมมันต์แห่งใหม่นี้ขยายตัวกลมกลืนเข้าไปกับส่วนตามของอาฌาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 4 ส่วนอาฌาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 4 เองนั้นมีบริเวณขยายออกมาก โครงสร้างละเอียดโดยรอบยังเรียงตัวแสดงสนามแม่เหล็กโดยส่วนรวมว่าเป็นชนิด 2 ขั้ว แต่พลาจสว่างกระจัดกระจายออกไปมาก แยกตัวออกเป็นเม็ดเล็กละเอียดสว่างไม่มากนัก กระจายเป็นกลุ่มเล็กๆห่างกันมาก บริเวณที่เคยเห็นเป็นฟิลาเมนต์พาดอยู่ในแนวแบ่งเขตแดนของขั้วนำและขั้วตามสลายออกเป็นไฟบริลสั้นๆเรียงตัวขนานกันเป็นช่วงๆไปตามแนวของฟิลาเมนต์เดิม และวันต่อไปชักจะเรียงตัวเปะปะไปตามแนวสนามแม่เหล็กของเม็ดพลาจสว่างที่อยู่ใกล้ๆ(ดูรูปที่ 5.7) ส่วนปลายของฟิลาเมนต์นั้นที่อยู่ทางทิศเหนือของอาฌาบริเวณกัมมันต์ยังแสดงรูปร่างเป็นฟิลาเมนต์ดำ หนา(อักษร f ในรูปที่ 5.7) ส่วนอาฌาบริเวณกัมมันต์แห่งใหม่นั้นปรากฏมีฟิลาเมนต์ดำ ยาว มีรูปร่างโค้งเป็นวงโอบรอบขั้วแม่เหล็กนำและมีรูปร่างเปลี่ยนไปทุกวัน(คือฟิลาเมนต์อันที่ล้อมรอบจุดซึ่งมีอยู่จุดเดียวในรูปที่ 5.7) ในวันที่ 22 ธันวาคมมีแฟลร์ขนาดเล็กเกิดขึ้นในอาฌาบริเวณกัมมันต์แห่งใหม่นี้ เห็นเป็นทางสว่าง 2 สาย ยาว 64" และ 45".8

ลักษณะรูปร่างของอาฌาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 4 ไม่นับลักษณะของอาฌาบริเวณกัมมันต์ที่เกิดซ้อนขึ้นมา มีลักษณะที่ชักจะสลายตัวกลมกลืนไปกับอาฌาบริเวณปรกติที่อยู่โดยรอบ ซึ่งเป็นระยะที่เกือบจะสิ้นสุดกัมมันตภาพของอาฌาบริเวณกัมมันต์แห่งนี้

5.3 ฟิลาเมนต์ หรือ โพรมิเนนซ์ ในอาฌาบริเวณกัมมันต์

การสังเกตระยะกลางและระยะปลายของอาฌาบริเวณกัมมันต์นั้น พบว่า นอกจากโครงสร้างละเอียดที่ประกอบด้วยเส้นไฟบริล เหร็ด เม็ดพลาจสว่าง ที่ประกอบกันเข้าเป็นอาฌาบริเวณกัมมันต์และแสดงลวดลายที่บอกให้รู้ถึงโครงสร้างสนามแม่เหล็กของอาฌาบริเวณกัมมันต์แล้ว ส่วนประกอบอันหนึ่งซึ่งมีลักษณะเด่นที่สุดในระยะทั้งสองนี้คือ ฟิลาเมนต์ ซึ่งเป็น

รูปที่ 5.7 ภาพถ่ายในแสงไฮโดรเจนอัลฟ่าของอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 4 ในวันที่ 24 ธันวาคม พ.ศ. 2517 ซึ่งเป็นขณะที่กำลังเคลื่อนผ่านตัวดวงเป็นครั้งที่สองของอาณาบริเวณนี้

ทิศเหนืออยู่ทางขวา ทิศตะวันตกอยู่ด้านบน

โครงสร้างขนาดใหญ่เห็นชัดในแสงที่ศูนย์กลางเส้นไฮโดรเจนอัลฟ่า อยู่ในสภาพที่ดูดกลืนแสงเมื่อมองเห็นในตัวดวง และอยู่ในสภาพเปล่งแสงสว่างเมื่อมีตำแหน่งอยู่ที่ขอบดวงซึ่งเรียกกันว่า โพรมิเนนซ์ จึงนับว่าฟิลาเมนต์หรือโพรมิเนนซ์นี้เป็นสิ่งที่น่าสนใจในการศึกษาพัฒนาการของอาณาบริเวณกัมมันต์บนดวงอาทิตย์

จากการสังเกตพบว่าในอาณาบริเวณกัมมันต์ที่เริ่มเกิดและมีอายุยังน้อยจะไม่มีฟิลาเมนต์ในลักษณะที่ว่านี้อยู่เลย แต่จะปรากฏขึ้นหลังจากที่มีจุดปรากฏอยู่แล้วนานพอสมควร และฟิลาเมนต์ที่เกิดใหม่อาจหายไปได้อย่างรวดเร็ว แต่ฟิลาเมนต์ที่มีอายุค่อนข้างมากนั้นอาจยังคงปรากฏต่อไปอีกเป็นเวลานานมาก ซึ่งอาจเนื่องมาจากสนามแม่เหล็กที่มีกำลังมากและอยู่ในสภาพที่มีกัมมันตภาพมาก จะเป็นสิ่งขัดขวางการก่อตัวของฟิลาเมนต์ ฟิลาเมนต์จึงน่าที่จะก่อตัวขึ้นได้ในบริเวณสนามแม่เหล็กที่มีกำลังค่อนข้างอ่อน และยิ่งสนามแม่เหล็กยิ่งอ่อนกำลังลง ฟิลาเมนต์ยิ่งเกิดเสถียรภาพมากขึ้น

ในการสังเกตเกี่ยวกับฟิลาเมนต์ในอาณาบริเวณกัมมันต์ ใช้วิธีศึกษาโครงสร้างที่ปรากฏในแสงไฮโดรเจนอัลฟ่าจากฟิลเตอร์แกรมที่ถ่ายในแสงไฮโดรเจนอัลฟ่า ซึ่งจะตีความหมายเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กที่เกี่ยวข้องกับฟิลาเมนต์ได้จากลวดลายที่มองเห็นในฟิลเตอร์แกรมเท่านั้น

ระบบของสนามแม่เหล็กที่เกี่ยวข้องกับฟิลาเมนต์มี 2 สนาม คือสนามที่อยู่ภายนอกฟิลาเมนต์ เป็นสนามที่ได้จากอาณาบริเวณกัมมันต์นั่นเอง รูปร่างของสนามมีลักษณะเป็นซุ้มโค้ง โยงระหว่างบริเวณที่มีขั้วแม่เหล็กชนิดตรงข้ามในอาณาบริเวณกัมมันต์ ซึ่งโดยมากจุดจะเป็นสิ่งที่ให้สนามอันนี้ ฟิลาเมนต์จะวางตัวพาดซุ้มโค้งที่ว่านี้ โดยสนามรูปซุ้มโค้งเป็นตัวพยุงฟิลาเมนต์ให้ลอยตัวอยู่ได้ต้านกับแรงโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์ มักจะพบฟิลาเมนต์เกิดอยู่ที่เขตแดนระหว่างบริเวณที่มีลวดลายโครงสร้างละเอียดของอาณาบริเวณกัมมันต์มีกระสวนแตกต่างกัน เกิดจากกลุ่มจุดที่มีขั้วแม่เหล็กต่างชนิดกัน เป็นบริเวณที่อยู่ชิดกับหรืออยู่ที่เดียวกับแถบหรือโซนที่มีอำนาจจากขั้วแม่เหล็กทั้งสองชนิดเท่ากัน เรียกบริเวณนี้ว่าเป็น"เส้นสะเทิน" หรือ"เส้นที่มีสนามแม่เหล็กตามยาวเป็นศูนย์"(สนามแม่เหล็กตามยาวคือสนามแม่เหล็กย่อยในแนวขนานกับสายตาของผู้สังเกต ซึ่งก็คือสนามแม่เหล็กตามแนวดิ่งตั้งฉากกับผิวดวงอาทิตย์เมื่ออาณาบริเวณที่ถูกสังเกตอยู่กลางดวงพอดี) เส้นสะเทินนี้มีอยู่ในทุกๆอาณาบริเวณกัมมันต์

อัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มของสนามแม่เหล็กข้ามเส้นสะเทินเหล่านี้ต้องมีค่าสูงจึงจะสามารถพยุงฟิลาเมนต์อยู่ได้ เส้นแรงของสนามบริเวณนี้จะเป็นแอ่งลึกลงไปมีฟิลาเมนต์พาดอยู่ข้างบน(สังเกตดูรูปที่ 5.5 ก.) ตัวฟิลาเมนต์เองวางตัวตั้งฉากกับเส้นแรงของสนามที่พยุงมันไว้

สนามแม่เหล็กที่เกี่ยวข้องกับฟิลาเมนต์อีกอันหนึ่งคือสนามภายในฟิลาเมนต์เอง โดยสังเกตได้จากโครงสร้างละเอียดของฟิลาเมนต์ที่ประกอบขึ้นด้วยไฟบริลและเทร้ด จะเห็นว่ารูปลักษณ์ทั้งสองอย่างนี้เรียงตัวขนานกันไปตามฟิลาเมนต์(a ในรูปที่ 5.5 ง.)

ความสัมพันธ์ระหว่างฟิลาเมนต์ในอาฌาบริเวณกัมมันต์กับไฟบริลที่อยู่ใกล้เคียงกันยังไม่ค่อยเห็นชัดเจน ลักษณะภูมิประเทศที่สังเกตได้บางอย่างในบริเวณที่มีไฟบริลและฟิลาเมนต์อยู่ใกล้กัน คือ บางทีเห็นไฟบริลหรือเทร้ดวางตัวเกือบขนานกับฟิลาเมนต์ บางครั้งเห็นไฟ-บริลที่วางตัวอยู่ใต้ฟิลาเมนต์บิดเป็นรูปตัว S ขนานกัน(ดูรูปที่ 5.5 ข. และ ค.) บางครั้งก็เห็นไฟบริลทอดตัวเปะปะไปในทิศทางต่างๆกัน ซึ่งคงเนื่องมาจากคุณสมบัติการวางตัวตามเส้นแรงแม่เหล็กของไฟบริล ซึ่งอาจวางตัวตามสนามของฟิลาเมนต์ หรือวางตัวในแนวสนามของพลาจสว่างหรือของจุดซึ่งมีอำนาจแรงกว่าสนามของฟิลาเมนต์

จุดปลายของฟิลาเมนต์ในอาฌาบริเวณกัมมันต์ก็น่าสนใจ พบว่า ปลายทั้งสองของมันอาจสิ้นสุดลงในบริเวณที่มีขั้วแม่เหล็กต่างชนิดกัน(c ในรูปที่ 5.2 ก.) หรือปลายใดปลายหนึ่งของมันอาจทอดลงในบริเวณที่พาดระหว่างกลุ่มพลาจสองกลุ่มที่มีขั้วแม่เหล็กต่างชนิดกัน ซึ่งแสดงว่ามันยังคงทอดตัวอยู่ในแนวเส้นสะเทิน(d ในรูปที่ 5.7)

พบว่าฟิลาเมนต์บางเส้นมี"ขา" หรือ "เดือย" ยื่นออกไปจากตัวฟิลาเมนต์ใหญ่ไปยังเม็ดพลาจที่อยู่ใกล้ๆ

ส่วนของฟิลาเมนต์ที่ทอดยาวออกมาจากอาฌาบริเวณกัมมันต์ไปในแนวประมาณทางทิศเหนือหรือทิศใต้ของอาฌาบริเวณกัมมันต์มักแสดงลักษณะที่ขาดออกเป็นห้วงๆ ซึ่งคงเนื่องมาจากการเคลื่อนที่หมุนไปไม่พร้อมกันของละติจูดต่างๆบนดวงอาทิตย์ ส่วนของฟิลาเมนต์ที่อยู่ภายในอาฌาบริเวณกัมมันต์ไม่แสดงปรากฏการณ์เช่นนี้

ฟิลาเมนต์ที่กล่าวมาแล้วข้างบนนี้ เป็นฟิลาเมนต์ในอาฌาบริเวณกัมมันต์ที่ปรากฏอยู่ได้เป็นเวลานานมาก เป็นชนิดที่เรียกว่า ไควเอสเซ้นท์ฟิลาเมนต์(quiescent fila-

ment) ขนาดที่วัดได้มีความหนา 9 - 25 ฟิลิบดา(6,000 - 10,000 กม) ยาวประมาณ 250 ฟิลิบดาขึ้นไป(180,000 - 200,000 กม) นอกจากนี้ยังมีฟิลาเมนต์ขนาดสั้นๆปรากฏให้เห็นในอาณาบริเวณกัมมันต์ พวกที่มีการเคลื่อนที่ขึ้น - ลงอย่างรวดเร็ว คือ เสิร์จ ซึ่งจัดอยู่ในปรากฏการณ์แบบฟิลาเมนต์ด้วย มักจะพบเกิดขึ้นพร้อมๆกับมีกัมมันต-ภาพของแฟลร์ หรือพบอยู่ชิดกับจุดสว่างหรือมูลตาช ฟิลาเมนต์อีกแบบหนึ่งที่สังเกตพบบ่อยๆ มีขนาดเล็ก สั้น พบห่างจากจุดออกไป 34.5 - 48.3 ฟิลิบดา แสดงการเคลื่อนที่ลงคล้ายฝนที่ตกจากโคโรน่าเข้าไปยังโครโมสเฟียร์

5.4 การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของมวลสารและโครงสร้างของสนามแม่เหล็กรอบจุดในอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3 วันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517 จากรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 เป็นภาพถ่ายของอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3 ในวันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517 เวลากรุงเทพฯ 9.55 - 9.57 น. โดยถ่ายในแสงที่ใจกลางเส้นและที่ปีกทั้งสองข้างของเส้นสเปคตรัมไฮโดรเจนอัลฟ่า อาณาบริเวณแห่งนี้อยู่ค่อนไปทางขอบดวงตะวันตก จุดที่ปรากฏเป็นจุดหลักในอาณาบริเวณนี้มีอยู่เพียงจุดเดียว มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรวมทั้งส่วนมัว 63 ฟิลิบดา จุดนี้อยู่ห่างเส้นเมอริเดียนกลางดวงไปทางตะวันตก 54° (มุมที่ศูนย์กลางดวงอาทิตย์) อยู่ห่างขอบตะวันตกของดวงเข้ามาประมาณ 130,000 กม

เทร้ด กับ ฟิลาเมนต์ เป็นรูปลักษณ์ที่เห็นชัดที่สุดในสภาพดูดกลืนแสง(เห็นมีสีดำ) พบว่าเห็นชัดมากที่สุดในแสงช่วง H_{α} - 0.25 Å และ H_{α} - 0.5 Å แสดงว่ามีความไม่สมมาตรในแสงที่ปีกสองข้างของเส้นไฮโดรเจนอัลฟ่า และแสงจะถูกดูดกลืนมากทางปีกน้ำเงินห่างใจกลางเส้นออกมาราว 0.25 ถึง 0.5 อังสตรอม ตีความหมายว่ารูปลักษณ์เหล่านี้มีทิศทางการเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกตอย่างรวดเร็ว

ไฟบริลที่อยู่ในอาณาบริเวณกัมมันต์จะวางตัวอยู่ในลักษณะเอียงและเอนตัวไปตามสนาม มีปลายข้างหนึ่งเรียวแหลมยื่นขึ้นไปในบรรยากาศ อีกปลายหนึ่งต่อกับเม็ดพลาจสว่าง ดูลักษณะส่วนรวมของสนามแม่เหล็กตามการวางตัวของ ฟิลาเมนต์ เทร้ด และ ไฟบริล จะเห็นว่าสนามแม่เหล็กส่วนรวมเป็นแบบ 2 ขั้ว ขั้วนำ :มีจุดเดี่ยวเป็นหลัก ส่วน

ขั้วตามประกอบด้วยกลุ่มของเม็ดพลาจที่มีไฟบริลเล็กๆจำนวนมากล้อมรอบ มีอยู่หลายกลุ่ม เหร้ดและไฟบริลซึ่งอยู่ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ของอาณาบริเวณกัมมันต์ แสดงการเรียงตัวโค้งเข้าหาขั้วแม่เหล็กนำและขั้วแม่เหล็กตาม เช่นเดียวกับผงตะไบเหล็กที่วางตัวอยู่ระหว่างขั้วทั้งสองของ แท่งแม่เหล็ก

มีพลาจสว่างวางตัวอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กนำและขั้วแม่เหล็กตาม

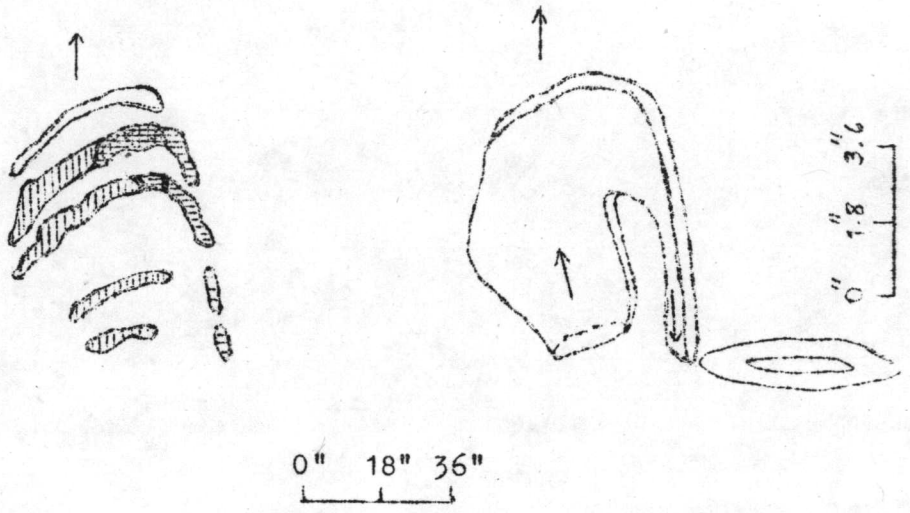
การวิเคราะห์ใช้วิธีอัดขยายภาพจากฟิล์มต้นฉบับ ใช้ฟิล์มที่ถ่ายในระบบขยายซึ่งได้ภาพทุติยภูมิปรากฏบนฟิล์มมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่าภาพปฐมภูมิ 3 เท่า นำมาอัดขยายบนกระดาษอัดรูป Bromesko paper WSG.3S ของโกดัคให้เส้นผ่าศูนย์กลางของดวงอาทิตย์โตกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของภาพทุติยภูมิ 25 เท่า อัดภาพจากฟิล์มที่ถ่ายภาพดวงอาทิตย์ในแสงที่มีความยาวคลื่นเป็น H_α + 3 Å , H_α + 2 Å , H_α + 1 Å , H_α + 0.75 Å, H_α + 0.5 Å , H_α + 0.25 Å , H_α , H_α - 0.25 Å , H_α - 0.5 Å , H_α - 0.75 Å , H_α - 1 Å , H_α - 2 Å , H_α - 3 Å โดยถ่ายภาพเหล่านี้ห่างกันในช่วงเวลาประมาณ 4 - 5 วินาทีตามลำดับ ในรูปที่ 2.6 ลำดับเวลาตามภาพดังนี้ รูป ก. 09:55:37 น. ข. 09:55:12 น. ค. 09:55:33 น. ง. 09:55:17 น. จ. 09:55:29 น. ฉ. 09:55:20 น. ช. 09:55:25 น. ซ. 09:55:00 น.

ภาพที่นำมาวิเคราะห์มีขนาด 1 มม เท่ากับ ระยะทาง 1310.7 กม บนดวงอาทิตย์ หรือ 1 มม เท่ากับระยะบนดวงอาทิตย์ที่รองรับมุมที่ตา 1.8 ฟิลิบดา

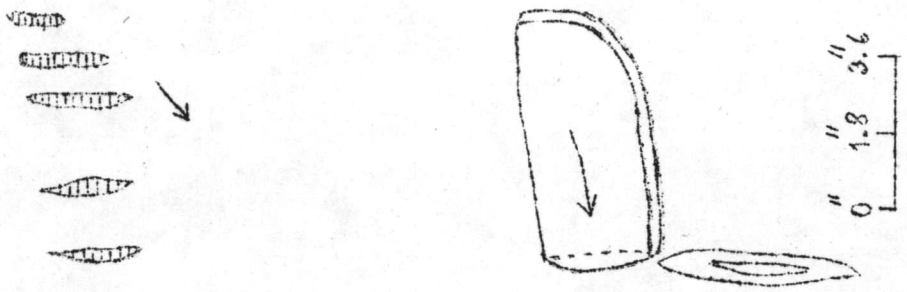
เนื่องจากภาพถ่ายที่ได้ในแสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันจะแสดงให้เห็นรูปลักษณ์ที่ปรากฏในระดับต่างๆกันในโครโมสเฟียร์ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 วิธีการที่จะศึกษาโครงสร้าง 3 มิติของรูปลักษณ์ต่างๆนั้น ใช้กระดาษแก้วลอกลายทาบไปบนภาพถ่ายที่อัดขยายไว้ลอกเอารูปลักษณ์ที่ต้องการศึกษา ตามลักษณะที่ปรากฏให้เห็นในภาพ พร้อมทั้งบริเวณที่จะใช้เป็นหลักอ้างอิงได้โดยบริเวณที่กล่าวนี้ต้องปรากฏให้เห็นในทุกความยาวคลื่น เช่น จุดบางจุด เหร้ดบางเส้น เมื่อลอกได้รูปลักษณ์นั้นทุกความยาวคลื่นที่ปรากฏให้เห็นแล้ว นำมาทำภาพซ้อนเพื่อศึกษาลักษณะที่ควรจะเป็นใน 3 มิติ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 5.8, 5.9 และ 5.10

จากการติดตามรูปลักษณ์ที่ปรากฏเห็นเป็นเส้นยาวในภาพถ่ายเป็นจำนวนหลายเส้น

รอบๆจุดหลักในอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3 นี้ และจากสมมุติฐานที่ว่า ลักษณะที่เห็นเป็นเส้นๆของ เทร้ค ไฟบริล และ ฟิลาเมนต์ นั้น เป็นไปตามการวางตัวตามสนามแม่เหล็กของมัน พอที่จะเขียนโครงสร้างของสนามแม่เหล็กรอบจุด พร้อมกับลักษณะการเคลื่อนที่ของมวลสารรอบๆจุด ดังแสดงในรูปที่ 5.11



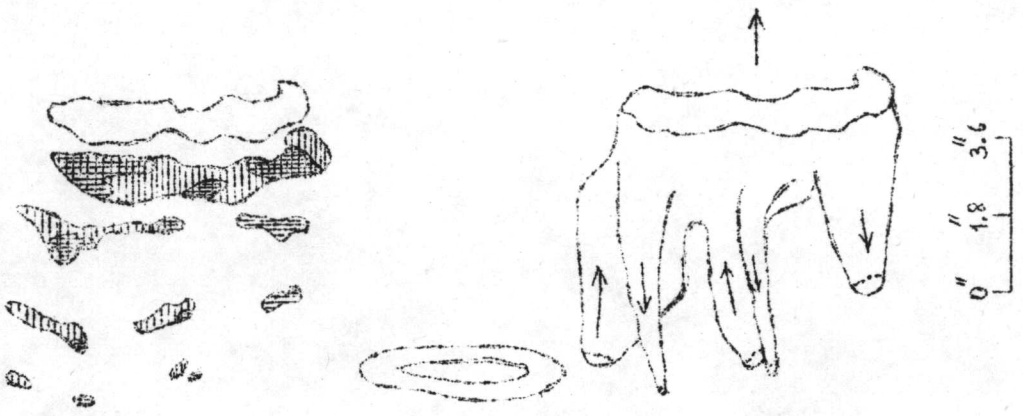
รูปที่ 5.8 แสดงโครงสร้างของเทร้คหมายเลข 1 ในรูปที่ 2.6 จ. ที่ได้จากการติดตามร่องรอยในฟิลเตอร์แกรมในแสงที่ใจกลางเส้นและที่ปีกสองข้างของเส้นไฮโดรเจนอัลฟ่า ว่ามีลักษณะ 3 มิติเป็นรูปบ่วง มีมวลสารไหลจากขาด้านที่อยู่ห่างจากจุดไหลเข้าไปสู่ส่วนมัวของจุด ส่วนตัวบ่วงนั้นขยายขึ้นไปสู่บรรยากาศชั้นบน



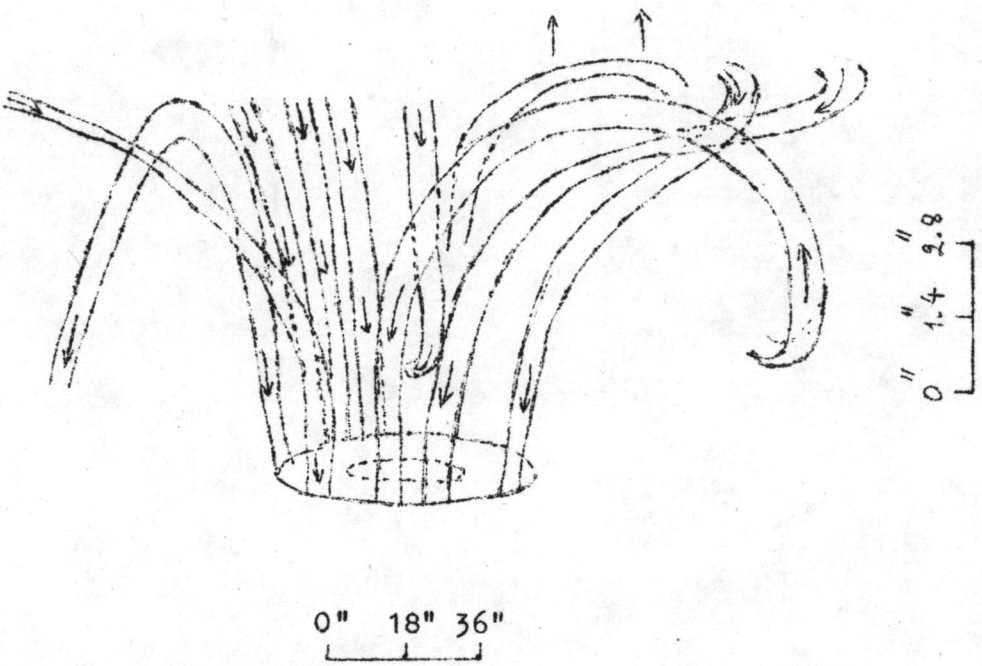
ใจกลางเส้นไฮโดรเจนอัลฟ่า

ปีกน้ำเงิน

รูปที่ 5.9 โครงสร้างของเทร้กที่อยู่ใกล้จุดทางด้านขอบดวง แสดงลักษณะ 3 มิติเป็นลำแคบๆสูงขึ้นไปในบรรยากาศ โดยมีส่วนปลายเอนออกจากจุด และมีมวลสารไหลจากปลายบนเข้าหาปลายล่างที่อยู่ชิดส่วนมัวของจุด เทร้กส่วนใหญ่ที่อยู่ทางด้านขอบดวงแสดงลักษณะโครงสร้างแบบนี้ แต่ก็มีเทร้กบางเส้นทางด้านนี้แสดงลักษณะเป็นรูปบ่วง มีมวลสารไหลลงที่ปลายทั้งสองข้าง ดังแบบจำลองในรูปที่ 5.11 ส่วนเทร้กบางเส้นที่อยู่ใกล้จุดทางด้านกลางดวง แสดงลักษณะโครงสร้างเช่นรูป 5.9 นี้



รูปที่ 5.10 แสดงโครงสร้างของฟิลาเมนต์(หมายเลข 2 ในรูปที่ 2.6 จ.) ในบริเวณใกล้จุดว่ามีลักษณะเป็นลำก๊าซขนาดใหญ่ในบรรยากาศชั้นบน ส่วนด้านล่างมีขาโยงลงไปเกือบถึงโฟโตสเฟียร์ มีหลายขา มีมวลสารไหลขึ้น - ลงในขาต่างๆ ตามลูกศร ส่วนตัวฟิลาเมนต์นั้นแสดงอาการขยายตัวขึ้นสู่บรรยากาศชั้นบน



รูปที่ 5.11 แสดงโครงสร้าง 3 มิติของเส้นแรงแม่เหล็กรอบจุดในอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3 ในวันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517 ตามลักษณะของเทร้คมืดที่ติดตามได้โดยวิธีใช้ภาพซ้อนของรูปลักษณ์ที่เห็นชัดในแสงที่ใจกลางเส้นและที่ปีกสองข้างของเส้นสเปคตรัมไฮโดรเจนอัลฟ่า เครื่องหมายลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลสารในเทร้ค

5.5 อภิปรายและสรุป

ในการติดตามสังเกตกัมมันตภาพต่างๆที่เกิดขึ้นในระยะกลางและระยะปลายของอาณาบริเวณกัมมันต์ พบว่า ในระยะกลาง จุดที่ยังคงมีอยู่ค่อยๆสลายตัวไป มีจำนวนลดลง และอาจมีจุดที่เสถียรมากเหลืออยู่เพียงจุดเดียวเช่นในอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 3 มีกัมมันตภาพบางอย่างเกิดขึ้นในระยะกลางนี้ เช่น การปรากฏของจุดสว่างหรือมูสตาชในบริเวณรอบๆส่วนมัวของจุดเดี่ยว การเริ่มปรากฏของฟิลาเมนต์ยาวในแถบที่เป็นเส้นสะเทินของอาณาบริเวณกัมมันต์ ซึ่งคงเนื่องมาจากความเข้มของสนามโดยส่วนรวมลดน้อยลงไป เพราะขนาดที่แสดงอาณาบริเวณของสนามแผ่กระจายมีพื้นที่กว้างออกมาก จำนวนฟลักซ์ต่อพื้นที่ย่อมลดลง พบว่ามีการเคลื่อนที่ของมวลสารตามแนวเส้นแรงแม่เหล็กในโครงสร้างที่เป็นเส้นๆรอบจุดเดี่ยว เช่น ในเทร้ดและไฟบริลมีมวลสารในสภาพดูดกลืนแสงเคลื่อนที่เข้าหาส่วนมัวของจุด หรือมีโครงสร้างแบบเทร้ดบางเส้นที่อยู่ใกล้จุด และวางตัวในสภาพเป็นวังวนรอบจุด แสดงลักษณะที่เป็นบ่วงมีมวลสารเคลื่อนลงที่ปลายข้างหนึ่งและเคลื่อนขึ้นที่ปลายอีกข้างหนึ่ง ส่วนตรงกลางเส้นแสดงการขยายออกมาของเส้นแรงแม่เหล็กสู่บรรยากาศชั้นบน เทร้ดบางเส้นแสดงการเคลื่อนที่ของมวลสารลงที่ปลายทั้งสองข้างแสดงว่ามวลสารในสภาพพลาสม่าที่ถูกจำกัดเขตอยู่ในแนวของเส้นแรงแม่เหล็กนั้นก็สามารถเคลื่อนที่ลงตามอำนาจแรงโน้มถ่วง มีกัมมันตภาพในรูปของฟิลาเมนต์สั้นๆขนาดเล็กที่มีการเคลื่อนที่ขึ้น - ลงอย่างรวดเร็วเกิดอยู่ใกล้กับจุดสว่างหรือมูสตาช และมีฟิลาเมนต์ชนิดที่มีการเคลื่อนที่ลงคล้ายกับฝนตกลงมาจากโคโรน่า

ระยะที่มีกัมมันตภาพต่างๆเกิดขึ้นในอาณาบริเวณกัมมันต์นี้จะสิ้นสุดลงเมื่อจุดหายไป กระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นแล้วนั้นมีความสับสนน้อยลงมาก ส่วนที่ยังคงปรากฏให้เห็นในแสงขาวคือ แฟคิวเล่ จะเห็นอยู่กันอย่างกระจัดกระจายห่างกันมากในอาณาบริเวณกัมมันต์ที่อยู่ใกล้ขอบดวงและสภาพสังเกตการณ์ต้องดีด้วยจึงจะเห็นได้ การสังเกตโครงสร้างละเอียดในแสงไฮโดรเจนอัลฟ่าจะเห็นลักษณะการวางตัวให้เห็นโครงสร้างของสนามแม่เหล็กโดยส่วนรวมเป็นแบบ 2 ขั้ว พลาจสว่างของไฮโดรเจนจะกระจายออกห่างจากกันเรื่อยๆ และแยกออกเป็นเม็ดพลาจเล็กๆมีความสว่างลดลง แสดงอำนาจสนามแม่เหล็กประจำของ

แต่ละเม็ดด้วยไฟบริลเล็กละเอียดที่เรียงกันอยู่โดยรอบเม็ดพลาจนั้นๆดูคล้ายกับเป็นช่อหรือพุ่มดอกไม้ หรือกอหญ้า พร้อมที่จะสลายตัวเข้าเป็นกระจุกมอตเต็ลซึ่งเป็นโครงสร้างละเอียดของโครโมสเฟียร์สงบ ไคเอสเซนท์ฟิลาเมนต์จะมีความยาวมากที่สุดในระยะปลายนี้ ในระยะปลายของพัฒนาการของอาณาบริเวณกัมมันต์อาจปรากฏมีอาณาบริเวณกัมมันต์แห่งใหม่เกิดซ้อนขึ้นมาในอาณาบริเวณอันเก่าได้ ดังตัวอย่างที่ปรากฏในอาณาบริเวณกัมมันต์หมายเลข 4