

สหสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 23 เซนติเมตร
กับกัมมันตภาพของจุกมีด



นายเสริม จันทร์ฉาย

006221

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคำหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แผนกวิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2521

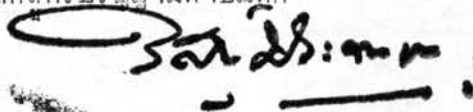
THE CORRELATION BETWEEN SOLAR FLUX AT 23 CENTIMETERS AND
SUNSPOT ACTIVITY

Mr. Serm Janjai


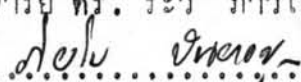
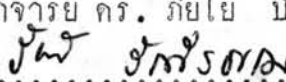
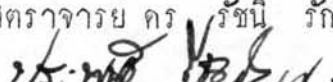
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Physics
Graduate School
Chulalongkorn University
1978

หัวข้อวิทยานิพนธ์ สหสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ดวงอาทิตย์กับความยาวคลื่น 23 เซนติเมตร
กับกัมมันตภาพของจุดมืด
โดย นายเสริม จันทร์ฉาย
แผนกวิชา ฟิสิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ประพนธ์ ไชวเจริญสุข

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาคำถามหลักสตรปริญญามหาบัณฑิต


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ระวี ภาวิไล)
 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิโย บันยารชุน)
 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัชณี รักวีระธรรม)
 กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ประพนธ์ ไชวเจริญสุข)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ สหสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 23 เซนติเมตร
กับกัมมันตภาพของจุดมืด
ชื่อนิสิต นายเสวริม จันทรฉาย
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ประพนธ์ ไชวเจริญสุข
แผนกวิชา ฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2520



บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการปรับปรุงระบบการรับคลื่นวิทยุจากดวงอาทิตย์โดยเพิ่มเครื่องเทียบมาตรฐานฟลักซ์ เพื่อใช้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ และก่อสร้างกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหขนาด 2 นิ้วขึ้น เพื่อใช้หากัมมันตภาพของจุดมืด หลังจากนั้น นำอุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิดไปใช้สังเกตการณ์ดวงอาทิตย์ โดยวัดฟลักซ์ดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 23 เซนติเมตร และถ่ายภาพดวงอาทิตย์ในแสงแดง ในช่วงระหว่างวันที่ 20 พฤศจิกายน 2519 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2520 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ยังมีกัมมันตภาพต่ำ จากการวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้สังเกตการณ์พบว่า ฟลักซ์ดวงอาทิตย์ที่วัดได้มีความผิดพลาดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ และสาเหตุอื่น ๆ ประมาณ 6% ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการวัดพื้นที่จุดมืดมีประมาณ 3-15% และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ดวงอาทิตย์กับกัมมันตภาพของจุดมืดได้เท่ากับ 0.43 สรุปได้ว่า สหสัมพันธ์นี้มีนัยสำคัญ

9

Thesis Title The Correlation Between Solar Flux at 23
 Centimeters and Sunspot Activity

Name Mr. Serm Janjai

Thesis Advisor Dr. Fraponth Sowchareonsuk

Department Physics

Academic Year 1977

ABSTRACT

A microwave noise generator was constructed and used to monitor the daily fluctuation of receiver gain in our three-meter radiometer. A two-inch refracting telescope was built for taking sunspot photographs. During 20th November 1976 to 25th February 1977, the solar 23-cm fluxes and sunspot activity (total sunspot areas) were daily recorded with the instruments. The uncertainty of the observed fluxes is about 6% and the measured sunspot areas is between 3-15%. The coefficient of the correlation between the solar fluxes at 23 centimeters and sunspot activity is 0.43, which appears to be significant.

กิติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยนี้ ผู้เขียนได้รับคางามอนุเคราะห์จากอาจารย์ ดร.ประพนธ์ โขวเจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้ช่วยเสนอแนะ ใ้แนวคิดในการวิจัย และการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งทางคานเครื่องมือ และทางคานทฤษฎี ตลอดจนได้ช่วยฝึกฝนวิธีการทำงานวิจัยด้วย ผู้เขียนขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ในงานวิจัยนี้ผู้เขียนได้รับความกรุณาให้ยืมอุปกรณ์ในการซ่อมเครื่องรับของโทรทรรศน์วิทยุจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร เสงี่ยมพันธ์ และได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการหาความถี่ของคลื่นวิทยุจากวงจรถ่ายเป็นสัญญาณภายในจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภิญโญ บัณยารชุน ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณอย่างสูง และขอขอบคุณ คุณสายใจ จงกิติวิทย์ คุณเสหธิไชย สรรพพิทักษ์เสรี คุณสุนทร อารยเมธี ที่ได้ช่วยเหลือในการพิมพ์วิทยานิพนธ์นี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
รายการตารางประกอบ	ค
รายการรูปประกอบ	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
1. โครงสร้างของดวงอาทิตย์	1
1.1 ใจกลาง	1
1.2 บริเวณแฉะรังสี	1
1.3 บริเวณสสารไหลวน	2
1.4 บรรยากาศ	2
2. การสังเกตการณ์ดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่นวิทยุ	6
3. สหสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 23 เซนติเมตร กับกัมมันตภาพของจุดมืด	7
4. วัตถุประสงค์	9
5. วิธีดำเนินงาน	9
บทที่ 2 จุดมืด	10
1. ตัวเลขจุดมืด	10
2. วัฏจักรจุดมืด	11
3. การกระจายของจุดมืดบนตัวดวง	12
4. พัฒนาการของจุดมืดและกลุ่มจุดมืด	13
5. อายุและพื้นที่ของกลุ่มจุดมืด	16



6.	แนวการเรียงตัวของกลุ่มจุดมืด	16
7.	การเคลื่อนที่ของจุดมืดไปตามผิวดวง	16
8.	โครงสร้างของจุดมืด	17
8.1	เงามืด	17
8.2	เงามัว	18
9.	การเคลื่อนที่ภายในของจุดมืด	18
10.	สนามแม่เหล็กของจุดมืด	19
10.1	การจำแนกกลุ่มจุดมืดตามคุณสมบัติทางสนามแม่เหล็ก ...	19
10.2	กฎของสภาพขั้ว	21
10.3	ความเข้มสนามแม่เหล็กภายในจุดมืด	22
10.4	อายุของสนามแม่เหล็กของจุดมืด	23
11.	จุดมืดและบริเวณกัมมันตภาพ	24
12.	ทฤษฎีที่ใช้อธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กในจุดมืด	25
บทที่ 3	คลื่นวิทยุจากดวงอาทิตย์	27
1.	การกำเนิดของคลื่นวิทยุที่ปล่อยจากดวงอาทิตย์	27
1.1	เบรมสตราลุง	27
1.2	ไซโรแมกเนติก	28
2.	การเคลื่อนที่ของคลื่นวิทยุในบรรยากาศของดวงอาทิตย์	30
2.1	การเคลื่อนที่ของคลื่นวิทยุขณะที่ตัวกลางไม่มีสนามแม่เหล็ก หรือสนามแม่เหล็กมีความเข้มต่ำมาก	30
2.2	การเคลื่อนที่ของคลื่นวิทยุในตัวกลางที่มีสนามแม่เหล็ก	32
3.	ประเภทของคลื่นวิทยุที่ปล่อยจากดวงอาทิตย์	38
3.1	คลื่นวิทยุที่ปล่อยจากดวงอาทิตย์ในสภาพเงียบสงบ	38
3.2	คลื่นวิทยุส่วนที่เปลี่ยนแปลงช้า	38
3.3	คลื่นวิทยุส่วนที่ปะทุ	39

4.	รายละเอียดเกี่ยวกับคลื่นวิทยุส่วนที่เปลี่ยนแปลงซ้ำ	39
4.1	ตำแหน่ง ขนาด และความสูงของแหล่งกำเนิด	39
4.2	โครงสร้างของแหล่งกำเนิด	40
4.3	สภาพทิศทางและการสลายตัวของแหล่งกำเนิด	40
4.4	สเปกตรัมของฟลักซ์	41
4.5	โพลาริเซชัน	42
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นวิทยุส่วนที่เปลี่ยนแปลงซ้ำกับ ปรากฏการณ์ที่สังเกตการณ์ได้ในช่วงแสงสว่าง	43
4.7	แบบจำลองของแหล่งกำเนิดคลื่นวิทยุส่วนที่เปลี่ยนแปลงซ้ำ ...	44
บทที่ 4	หลักการและทฤษฎีของโทรทรรศน์วิทยุ	47
1.	สายอากาศ	47
1.1	แผนภูมิกำลัง	47
1.2	ความสามารถกำหนดทิศทาง	50
1.3	กำลังขยายของสายอากาศ	51
2.	เครื่องรับ	52
2.1	ช่วงกว้างความถี่	53
บทที่ 5	อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับสังเกตการณ์และวิธีดำเนินงาน	57
1.	โทรทรรศน์วิทยุและการวัดฟลักซ์ดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 23 เซนติเมตร	57
1.1	สายอากาศ	57
1.2	เครื่องรับ	59
1.3	วิธีใช้เครื่องรับ	63
1.4	เครื่องกำเนิดสัญญาณเทียบ	64
1.5	วิธีใช้โทรทรรศน์วิทยุสังเกตการณ์ดวงอาทิตย์	69
1.6	การอ่านค่าฟลักซ์จากสัญญาณที่บันทึกอยู่บนกระดาษกราฟ ...	72

2.	กล้องโทรทรรศน์และการหาค่ามุมมันตกภาพของจุดมืด	75
2.1	กระจกกรองแสงและฟิล์มที่ใช้ในช่วงระหว่างวันที่ 20 พฤษภาคม 2519 ถึง วันที่ 13 มกราคม 2520	75
2.2	กระจกกรองแสงและฟิล์มที่ใช้ในช่วงระหว่างวันที่ 14 มกราคม 2520 ถึง วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2520	79
2.3	การหาค่ามุมมันตกภาพของจุดมืด	79
บทที่ 6	ทฤษฎีทางสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบเครื่องมือและวิเคราะห์ข้อมูล ...	85
1.	ค่าเฉลี่ยหรือตัวกลางเลขคณิต	85
2.	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	85
3.	การเปรียบเทียบการกระจายระหว่างหมู่	86
4.	การกระจายของความผิดพลาด	86
5.	การปรับเส้นตรงด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	87
6.	สหสัมพันธ์	88
6.1	การหาสหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด	88
6.2	การทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	88
บทที่ 7	การตรวจสอบเครื่องมือ	93
1.	การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิด สัญญาณเทียมเนื่องจากความต่างศักย์และกระแสลัด	93
2.	การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ	102
2.1	สัมประสิทธิ์การกระจายของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิด สัญญาณเทียม	102
2.2	การแยกสาเหตุการกระจายของค่าฟลักซ์	107
2.3	ขนาดของการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ	110
2.4	การคำนวณหาความผิดพลาดของฟลักซ์ดวงอาทิตย์เนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ	113

3.	การตรวจสอบสภาพเชิงเส้นของเครื่องรับ	114
4.	การวัดความถี่ของคลื่นวิทยุจากวงจรกำเนิดสัญญาณภายใน ...	117
4.1	วัดความถี่โดยอาศัยโพรงอินทาท	117
4.2	วัดความถี่โดยอาศัยท่อนำคลื่น	121
5.	การตรวจสอบสัญญาณรบกวน	124
5.1	สัญญาณรบกวนแบบไม่เป็นคาบ	124
5.2	สัญญาณรบกวนแบบเป็นคาบ	125
บทที่ 8	การวิเคราะห์ข้อมูล	131
1.	การหาสหสัมพันธ์ระหว่างพลาซมัททวออาทิตย์กับกัมมันตภาพ ของจุกมีค	131
2.	การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และการทดสอบนัย สำคัญ	133
3.	การเปรียบเทียบสหสัมพันธ์ที่หาได้จากงานวิจัยนี้กับสหสัมพันธ์ ซึ่งหาได้โดยอาศัยข้อมูลจากสถานีสังเกตการณ์อื่น	134
4.	การเทียบค่า 1 หน่วยพลาซมัททวอ	138
บทที่ 9	สรุปและวิจารณ์	139
1.	เครื่องกำเนิดสัญญาณเทียบที่สร้างขึ้น	139
2.	เครื่องรับของโทรทรรศน์วิทยุที่ใช้สังเกตการณ์ดวงอาทิตย์ ...	139
3.	กล้องโทรทรรศน์ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้หากัมมันตภาพของจุกมีค ...	140
4.	ความผิดพลาดในการวัดพื้นที่จุกมีค	140
5.	ความผิดพลาดในการวัดค่าพลาซมัททวออาทิตย์โดยระบบที่ใช้ในงาน วิจัยนี้	141
6.	สรุปและวิจารณ์ผลการวิเคราะห์	141

ภาคผนวก	144
เอกสารอ้างอิง	149
ประวัติ	152

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
7.1 แสดงผลการคำนวณค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระแสผลึก ความต่างศักย์และความผิดพลาดของฟลักซ์เป็นร้อยละเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรายวันของกระแสผลึกและความต่างศักย์	101
7.2 แสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม ค่าเฉลี่ยของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม และการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ	105
7.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงกำลังขยายของเครื่องรับ	106
8.1 แสดงสมการที่แทนแนวโน้มของสหสัมพันธ์ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์...	132



รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงโครงสร้างของดวงอาทิตย์	5
2.1 ก. กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของตัวเลขจุดมืด (R) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1700-1950	12
ข. กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของ R ในแต่ละคาบ 11 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1700-1950	12
2.2 แสดงแผนภูมิปีเกิดสี่ซึ่งแสดงการเกิดจุดมืดที่เส้นรุ้งต่าง ๆ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1880-1950	13
2.3 แสดงลักษณะของกลุ่มจุดมืดแบบต่าง ๆ ซึ่งจำแนกตามแบบซุริคซ์	15
2.4 แสดงกลุ่มจุดมืดแบบต่าง ๆ แบ่งตามคุณสมบัติทางสนามแม่เหล็ก	21
2.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มสนามแม่เหล็กที่ศูนย์กลางของจุดมืด และ พื้นที่จุดมืดตามลำดับวันต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มเกิดจนถึงสลายตัว	24
2.6 แสดงแบบจำลองของการเกิดจุดมืด	26
3.1 แสดงเส้นทางของคลื่นวิทยุในบรรยากาศของดวงอาทิตย์	36
3.2 แสดงเส้นทางคลื่นวิทยุที่ความถี่ 100 เมกกะเฮิรตซ์ในบรรยากาศของดวง อาทิตย์	37
3.3 แสดงสเปกตรัมของคลื่นวิทยุส่วนที่เปลี่ยนแปลงช้า	42
4.1 แสดงแผนภูมิกำลังของงานสายอากาศรูปพาราโบลา	48
4.2 แสดงกำลังขยายของสายอากาศ ก. เมื่อสายอากาศทำหน้าที่ส่งคลื่นวิทยุ ข. เมื่อสายอากาศทำหน้าที่รับคลื่นวิทยุ	52
4.3 แสดงช่วงกว้างความถี่ของเครื่องรับ	53
5.1 งานสายอากาศของโทรทรรศน์วิทยุ	58
5.2 เครื่องรับของโทรทรรศน์วิทยุที่ใช้คัพปลั๊กซ์ดวงอาทิตย์	61
5.3 แสดงแผนภูมิของเครื่องรับที่ใช้ในงานวิจัยนี้	62

รูปที่	หน้า
5.4 เครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม ก. แสดงส่วนประกอบต่างๆ ที่อยู่ภายใน ข. แสดงลักษณะภายนอก.....	67
5.5 แสดงตัวอย่างของสัญญาณที่บันทึกบนกระดาษกราฟ ซึ่งได้จากการสังเกต การวัดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน	70
5.6 ก. สัญญาณที่ได้จากการหมุนจานสายอากาศผ่านวงอาทิตย์ โดยเครื่อง บันทึกใช้อัตราเร็วสูง.....	73
ข. สัญญาณที่ได้จากการหันจานสายอากาศตามวงอาทิตย์ โดยที่เครื่อง บันทึกใช้อัตราเร็วต่ำ	73
ค. สัญญาณที่ได้เมื่อทำการเทียบมาตรฐาน	73
5.7 ผังวงแผนภูมิของกลองโทรทรรศน์ ก. เป็นระบบที่ใช้ตั้งแต่วันที่ 20 พฤศจิกายน 2519 ถึงวันที่ 13 มกราคม 2520 ข. เป็นระบบที่ใช้ตั้งแต่วันที่ 14 มกราคม 2520 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2520	76
5.8 กลองโทรทรรศน์ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้สังเกตการณ์วงอาทิตย์	78
6.1 แสดงลักษณะการกระจายแบบปกติ	90
6.2 กราฟเปรียบเทียบโอกาสที่ z_1 หรือ x_1 จะมาจากประชากรที่ $\rho = 0$	91
7.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ซึ่งวัดได้จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม กับความต่างศักย์	93
7.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ที่วัดได้จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม กับกระแสผลึก	96
7.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสผลึกและความต่างศักย์ ซึ่งวัดขณะ เทียบมาตรฐานในช่วงก่อนการวัดฟลักซ์วงอาทิตย์	99
7.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสผลึกและความต่างศักย์ ซึ่งวัดได้จากการ เทียบมาตรฐานในช่วงหลังการวัดฟลักซ์วงอาทิตย์	100
7.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม ซึ่ง วัดได้จากการเทียบมาตรฐานในช่วงก่อนการวัดฟลักซ์วงอาทิตย์	104

รูปที่		
7.6	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียม ซึ่งวัดได้จากการเทียบมาตรฐานในช่วงหลังการวัดฟลักซ์ดวงอาทิตย์	104
7.7	ก. กราฟระหว่างฟลักซ์เฉลี่ยกับฟลักซ์รายวันซึ่งได้จากการเทียบมาตรฐานในช่วงก่อนวัดฟลักซ์ดวงอาทิตย์	108
	ข. กราฟระหว่างฟลักซ์เฉลี่ยกับฟลักซ์รายวันซึ่งได้จากการเทียบมาตรฐานในช่วงหลังวัดฟลักซ์ดวงอาทิตย์	109
7.8	กราฟระหว่างค่าฟลักซ์เฉลี่ยกับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	112
7.9	แสดงวงจรของเครื่องกำเนิดสัญญาณเทียมแบบโคโอด	114
7.10	กราฟแสดงสภาพเชิงเส้นของเครื่องรับ	116
7.11	แสดงการต่ออุปกรณ์ที่ใช้วัดความถี่โดยอาศัยโพรงอินาท	119
7.12	กราฟแสดงการเกิดอินาทของคลื่นสถิติในโพรงอินาท	120
7.13	แสดงการต่ออุปกรณ์ที่ใช้วัดความถี่โดยอาศัยท่อนำคลื่น	122
7.14	กราฟระหว่างตำแหน่งที่เสียบหัวรับสัญญาณกับกระแสผลึก	123
7.15	แสดงลักษณะสัญญาณรบกวนแบบต่างๆ	125
8.1	กราฟแสดงสหสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ดวงอาทิตย์ในช่วงเที่ยงซึ่งวัดได้เมื่อหันจานสายอากาศตามดวงอาทิตย์ กับพื้นที่จุดมืดที่วัดได้จากภาพถ่ายโดยตรง..	128
8.2	กราฟแสดงสหสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ดวงอาทิตย์ในช่วงเที่ยงซึ่งวัดได้เมื่อหันจานสายอากาศต่างๆ ผ่านตัวควง กับพื้นที่จุดมืดซึ่งวัดได้จากภาพถ่ายโดยตรง	129
8.3	กราฟแสดงสหสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ดวงอาทิตย์ซึ่งวัดได้เมื่อหันจานสายอากาศตามดวงอาทิตย์ในช่วงเที่ยง กับพื้นที่จริงของจุดมืด	130
8.4	กราฟแสดงสหสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ดวงอาทิตย์ซึ่งวัดได้เมื่อหมุนจานสายอากาศต่างๆ ผ่านตัวควงในช่วงเที่ยง กับพื้นที่จริงของจุดมืด	131
8.5	กราฟแสดงสหสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 15 เซนติเมตร กับพื้นที่จริงของจุดมืด	135

รูปที่	ก หน้า
8.6 กราฟแสดงสหสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 30 เซนติเมตร กับพื้นที่จริงของจุดมืด	136
8.7 แสดงสหสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 25 เซนติเมตร กับกัมมันตภาพของจุดมืด ระหว่างเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน ค.ศ.1947	137