หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์

โดยอาศัยสเปคโตรกราฟอย่างง่ายที่ประกอบขึ้นเองทำการสังเกตการมืดที่ขอบดวงของดวงอาทิตย์ หลังการทดลองและปรับปรุงการจัดตั้งอุปกรณ์และวิธีการเก็บข้อมูลพร้อมทั้งเก็บข้อมูลเป็นเวลา 2 เดือนเศษ ก็ได้ข้อมูลจำนวนหนึ่ง ซึ่งนำมาวิเคราะห์พร้อมทั้งพยายามศึกษาความผิดพลาดของข้อมูลอันเกิดจากการใช้อุปกรณ์และวิธีการวิเคราะห์ ผลที่ได้พอสรุปได้ดังนี้

1. คุณภาพของสเปคโตรกราฟที่ประกอบขึ้นเอง

สเปคโตรกราฟที่ประกอบขึ้นใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพปานกลาง ได้แก่เกรติงแสงผ่าน เลนส์เทเลโฟโตที่ใช้ถ่ายภาพทั่วไป และเลนส์รับมุม มีอุปกรณ์บางชิ้นที่ทำขึ้นเอง ได้แก่ กรอบยึดเกรติง สลิต และกล่องกำกันแสงรบกวน สเปคโตรกราฟนี้ต่างจากสเปคโตรกราฟทั่วไปตรงที่ไม่มีตัวทำแสงขนาน แสงไม่ขนานที่เข้าสู่ตัวกระจายทำให้เกิดความคลาดแอสติกมาติซึม ความคลาดนี้ทำให้คุณภาพของข้อมูลลดลงและขีดเริ่มแยกของภาพสเปคตรัมได้ค่าเลวกว่าผลการคำนวณทางทฤษฎีมาก อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาถึงการใช้งานในการสังเกตการมืดที่ขอบดวงอาทิตย์ ซึ่งต้องการความถูกต้องของข้อมูลในแนวระยะทางบนดวงอาทิตย์หรือแนวยาวของสลิตของสเปคโตรกราฟ สเปคโตรกราฟอันนี้ก็พอใช้ได้ แต่ข้อมูลใกล้ขอบดวงไม่ค่อยดีนัก เพราะขีดเริ่มแยกมากถึง 8 ฟิลิปดา ส่วนทางด้านการกระจายนั้น ถ้าปรับให้เส้นสเปคตรัมชัดเพียงอย่างเดียว ขีดเริ่มแยกควรจะดีกว่า 6 อังสตรอม เนื่องจากแสงเข้าสู่เกรติงไม่เป็นแสงขนาน จึงได้ยึกเริ่มแยกทางด้านการกระจายขนาดนี้ ดังนั้นถ้าแสงเข้าสู่เกรติงเป็นแสงขนาน จากต้นกำเนิดแสงที่ปรากฏเป็นจุด และอยู่ห่างจากอุปกรณ์สังเกตการณ์มาก ๆ เช่น แสงจากดาวฤกษ์ เป็นต้น

ขีดเริ่มแยกควรจะดีกว่านี้มาก (ตามทฤษฎีได้ถึง 0.5 อังสตรอม) ในการถ่ายภาพสเปคตรัมของดาว ส่วนของสเปคโตรกราฟที่จะใช้มี เกรติง เลนส์สร้างภาพ พร้อมกับกล้องถ่ายภาพและฟิล์ม ไม่ต้องใช้สลิตและเลนส์ทำแสงขนาน เพราะดาวมีลักษณะเป็นจุดและให้แสงขนานอยู่แล้ว สเปคโตรกราฟแบบนี้มีผู้ใช้ในการถ่ายภาพสเปคตรัมของดาวมาก่อนแล้ว แต่มักใช้ตัวกระจายเป็นปริซึม เรียกว่า สเปคโตรกราฟแบบปริซึมหน้า (objective prism) ซึ่งมีข้อดีดังนี้

1.1 ใช้ถ่ายภาพสเปคตรัมของดาวพร้อมกันทีละหลายดวงได้ เท่าที่ความกว้างของพื้นที่ที่ปริซึมและเลนส์สร้างภาพจะครอบคลุมได้

1.2 ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ตามดาวในขณะถ่ายภาพ เพียงแต่วางเกรติงหรือปริซึมให้แนวการกระจายตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของดาว และทำให้ภาพสเปคตรัมที่ได้มีความกว้างเท่ากับระยะทางที่ดาวเคลื่อนที่ไปปรากฏบนฟิล์ม แทนที่จะเป็นเพียงเส้น ดังภาพที่ 6.1 ก. และ ข.

ภาพที่ 6.1 ก. ภาพสเปคตรัมของดาว เมื่อถ่ายในเวลาสั้น ๆ หรือถ่ายโดยมีระบบตามดาว

ภาพ ข. ถ่ายโดยไม่มีระบบตามดาวและในช่วงเวลานานกว่า

2. <u>กล้องโทรทรรศน์</u>

กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณภาพดีมาก ทั้งเลนส์และกระจกราบสะท้อนแสง แต่ระบบตามดวงอาทิตย์แบบอัตโนมัติทำงานไม่เป็นปกตินัก สังเกตได้จากภาพของดวงอาทิตย์มักเลื่อนไปมาเสมอแทนที่จะอยู่นิ่ง ผลอันนี้ทำให้การจัดตำแหน่งกลางดวงของดวงอาทิตย์ให้อยู่ตรงกับสลิตทำได้ยาก

3. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากฟิล์มสเปคตรัม- ข้อมูลที่วัดความเทาแล้วอาศัยเส้นลักษณะของฟิล์มที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ หาความสัมพันธ์ระหว่างการให้แสงกับความเทาที่เกิดขึ้นบนฟิล์ม นำค่าเปรียบเทียบของการให้แสงที่ตำแหน่งกลางดวงไปเขียนกราฟกับตำแหน่งต่าง ๆ นั้นได้เป็นเส้นการมืดที่ขอบดวงออกมา เมื่อนำผลที่ได้ครั้งแรกไปเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงพบความแตกต่างบางประการซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์เบื้องต้นยังไม่ดีพอ ทั้งนี้พอจะสรุปสาเหตุและวิธีการแก้ไขได้ดังนี้

3.1 ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งกลางดวงจากสลิต เป็นผลจากความบกพร่องของอุปกรณ์ตามดวงอาทิตย์ ทำให้ตำแหน่งกลางดวงของดวงอาทิตย์อยู่ไม่ตรงกับสลิต ดังนั้นความเข้มจำเพาะของกลางดวงที่ปรากฏบนฟิล์มจึงน้อยกว่าค่าจริง เส้นการมืดที่ขอบดวงที่หามาได้จะมีค่ามากกว่าที่ควรจะเป็น อย่างไรก็ดีถ้าตำแหน่งกลางดวงของภาพดวงอาทิตย์ซึ่งมีรัศมี 5.6 เซนติเมตร เคลื่อนออกไปจากสลิตน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร ค่าของการมืดที่ขอบดวงจะแตกต่างกว่าค่าที่ควรจะเป็นไม่เกินร้อยละ 1 การป้องกันและแก้ไขเหตุอันนี้ได้ทำในช่วงถ่ายภาพและวิเคราะห์ข้อมูล ในขณะถ่ายภาพได้พยายามจัดให้ตำแหน่งกลางดวงตรงกับสลิตแล้วรีบถ่ายภาพก่อนที่ภาพดวงอาทิตย์จะเลื่อนไป ในช่วงวิเคราะห์ข้อมูลได้นำเอาข้อมูลการมืดที่ขอบดวงมาเขียนกราฟเพื่อตรวจสอบดูว่าตำแหน่งกลางดวงเลื่อนไปจากสลิตเกินกว่า 1.0 เซนติเมตรหรือไม่ ซึ่งสังเกตได้จากกราฟจะมีตำแหน่งที่มิใช่กลางดวงของกราฟมีความเข้มจำเพาะสูงกว่ากลางดวงในกราฟ ถ้าเป็นเช่นนี้ข้อมูลชุดนั้นจะไม่นำมาใช้หาค่าการมืดที่ขอบดวง

3.2 ความคลาดของสเปคโตรกราฟ ความคลาดที่สำคัญคือ แอสติกมาติซึม ความคลาดนี้ทำให้ตำแหน่งของแถบสเปคตรัมมีความไม่แน่นอน เท่ากับขนาดของรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ (instrumental profile) คือประมาณ 6 อังสตรอม เมื่อนำฟิล์มข้อมูลไปวัดความเทาได้ใช้ขนาดสลิตของเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์ ซึ่งคลุมแถบสเปคตรัม

กว้าง 14 อังสตรอม ดังนั้นความไม่แน่นอนของตำแหน่งของแถบสเปคตรัมจะมีค่าประมาณ ± 10 อังสตรอม เนื่องจากการมืดที่ขอบดวงอาทิตย์ที่ตำแหน่งความยาวคลื่นต่าง ๆ มีค่าไม่เท่ากัน แสงในช่วงที่ตาเห็นทางด้านความยาวคลื่นสั้นจะมีการมืดที่ขอบดวงมากกว่าแสงทางคลื่นยาว ดังนั้นถ้านำค่าการมืดที่ขอบดวงที่ความยาวคลื่น 5000±10 อังสตรอม ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงที่ความยาวคลื่น 5000 อังสตรอม ผลการเปรียบเทียบย่อมมีความแตกต่างกันตามเหตุผลข้างต้น

3.3 <u>การล้างฟิล์ม</u> ในคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตฟิล์มที่ใช้ถ่ายภาพเก็บข้อมูลได้แนะนำให้เลี่ยงการล้างฟิล์มที่ใช้เวลาน้อยกว่า 5 นาที เพราะอาจทำให้ฟิล์มได้รับน้ำยาไม่สม่ำเสมอเท่าที่ควร แต่ผลการทดลองล้างฟิล์มข้อมูลพบว่าได้ผลดีที่สุดในแง่ของความเทาที่เกิดขึ้นเมื่อใช้เวลาเพียง $3\frac{1}{2}$ นาที จึงอาจเป็นไปได้ที่ฟิล์มบางชุดได้รับน้ำยาล้างไม่สม่ำเสมอเท่ากันตลอดแผ่นฟิล์ม ทำให้เส้นการมืดที่ขอบดวงซึ่งหามาได้มีการเปลี่ยนความชันในบางจุดอย่างกระทันหันไม่โค้งเรียบเหมือนข้อมูลอ้างอิง ข้อผิดพลาดนี้แก้ไขให้ลดลงได้ด้วยการปรับเส้นแสดงความชันของเส้นการมืดที่ขอบดวง โดยอาศัยทั้งวิธีการทางสถิติและด้วยตากับความเข้าใจในลักษณะของข้อมูลอ้างอิงดังกล่าวไว้แล้วในข้อ 4.3 บทที่ 5

ผลสุดท้ายจากการวิเคราะห์ได้แสดงเป็นรูปกราฟในภาพที่ 5.12 ถึง 5.18 เฉพาะภาพที่ 5.16 และ 5.18 ได้แสดงการเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงที่ความยาวคลื่นเดียวกัน พบว่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ได้กับข้อมูลอ้างอิงในความยาวคลื่น 5000 และ 5500 อังสตรอม มีค่าไม่เกินร้อยละ 5 แสดงว่าข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ขั้นสุดท้ายแล้วนี้พอยอมรับได้ วิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้แม้จะไม่ใช่ที่นิยมกัน แต่ก็ให้ผลใกล้เคียงกับของผู้อื่น

4. <u>ความคิดเห็นเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์</u>

4.1 สเปคโตรกราฟที่ประกอบขึ้นนั้น พอใช้สังเกตการณ์การมืดที่ขอบดวงได้ ผลที่ได้ไม่แตกต่างจากผลของผู้อื่นมากนัก อีกทั้งความแตกต่างของผลที่ได้มิใช่เป็นผล

จากสเปคโตรกราฟเป็นสำคัญ แต่เป็นผลจากการล้างฟิล์มมากกว่า ซึ่งทำให้ขบวนการวิเคราะห์ยุ่งยาก ถ้าผู้ล้างฟิล์มมีความชำนาญมากขึ้นหรือมีอุปกรณ์ล้างฟิล์มแบบทันสมัยจะลดปัญหาลงมาก

ขีดเริ่มแยกของข้อมูลมีค่า 8 ฟิลิปดา ทำให้ข้อมูลจากบริเวณใกล้ขอบดวงผิดจากที่เป็นจริงมาก ดังนั้นเครื่องมือนี้จึงใช้ได้ในช่วง $\mu = 0$ ถึง $\mu = 0.33$ นอกช่วงนี้ ($\mu > 0.33$) ยังเก็บข้อมูลได้แต่การวิเคราะห์จะต้องการเทคนิคทางคอมพิวเตอร์มาช่วยแยกเอาผลจากรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ออกไป

4.2 การสังเกตการมืดที่ขอบดวงโดยวิธีการถ่ายภาพเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทางโฟโตอีเลกตริก (photoelectric method) พอจะแบ่งออกเป็น 2 ด้านดังนี้

4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ การถ่ายภาพใช้อุปกรณ์ที่ง่ายและสะดวกกว่ามาก สามารถติดตั้งและถ่ายภาพได้ทันทีในช่วงเวลาสั้น ๆ โดยเฉพาะในกรณีที่ระบบตามดวงอาทิตย์มีความแม่นยำไม่มากนัก การถ่ายภาพก็ยังได้ผลที่ดี ส่วนวิธีการทางโฟโตอีเลกตริกนั้น อุปกรณ์ประกอบด้วยระบบอีเลกตรอนิกส์ ซึ่งจำเป็นจะต้องมีระบบตามดวงอาทิตย์ที่แม่นยำกว่ามาก และระบบของเครื่องวัดโฟโตอีเลกตริกที่ดีมักจะซับซ้อนและมีราคาแพงกว่ากล้องถ่ายภาพมาก

4.2.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นตอนนี้วิธีการทางโฟโตอีเลกตริกจะง่ายและสะดวกรวดเร็วกว่ามาก กล่าวคือในขณะที่ทำสังเกตการณ์การมืดที่ขอบดวง อุปกรณ์ทางโฟโตอีเลกตริกจะเขียนเส้นการมืดที่ขอบดวงในแต่ละความยาวคลื่นออกมาได้ทันที และมีความถูกต้องแม่นยำสูงเพราะขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลน้อย ส่วนวิธีการถ่ายภาพมีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ยุ่งยากซับซ้อนกว่า ซึ่งก่อให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูลได้มากโดยเฉพาะการล้างฟิล์มซึ่งมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องอยู่หลายประการ เช่น อุณหภูมิ เวลา และน้ำยาล้าง เป็นต้น องค์ประกอบเหล่านี้ยากที่จะควบคุมให้คงที่ได้ ในขั้นตอนนี้วิธีการทางโฟโตอีเลกตริกจึงดีกว่าวิธีการถ่ายภาพมาก