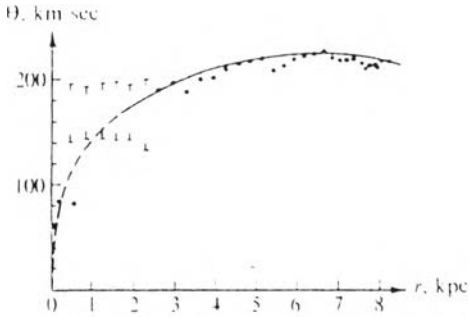
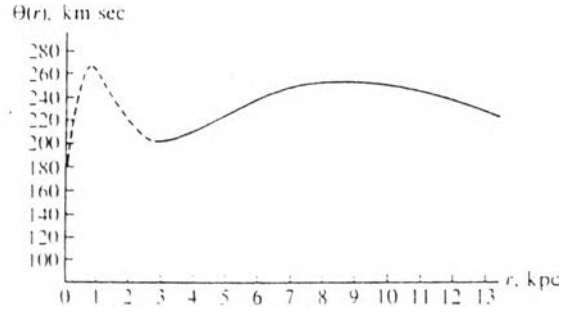
บทที่ 1
บทนำ

แม้ว่าการเคลื่อนที่ของวัตถุในดาราจักรจะเกลื่อนที่ใน 3 มิติ แต่แนวการเคลื่อนที่ในระนาบ X -Y นั้นโคจรรอบจุดคงที่ คือจุดศูนย์กลางของดาราจักร (ลินบลัด,Linblad ;1926) การหาเส้นกราฟการหมุนคือการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในวงโคจรของแก๊สกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางของดาราจักร การหาเส้นกราฟการหมุนนั้นเริ่มต้นครั้งแรกในปี ค.ศ 1954 โดย ควี,มูลเลอร์และเวสเทอร์เฮาท์ (Kwee , Muller and Westerhout) โดยพิจารณาจากกราฟความเข้มของสเปกตรัมของคลื่น 21 เซนติเมตรที่มาจากการกระตุ้นอะตอมไฮโดรเจนซึ่งมีระดับพลังงานเนื่องจากอันตรกริยาระหว่างสปินของอิเลกตรอนกับโปรตอน โดยได้เส้นกราฟการหมุนในช่วงระยะทางที่น้อยกว่ารัศมีวงโคจรรอบจุดศูนย์กลางของดาราจักรของดวงอาทิตย์ การหาครั้งแรกนี้กำหนดให้ระยะทางของดวงอาทิตย์จากจุดศูนย์กลางของดาราจักรR_0 เท่ากับ 8.2 kpc และความเร็วในวงโคจรของดวงอาทิตย์ Θ_0 = 210 km/sec (รูปที่ 1-1) จากนั้น มูลเลอร์ เวสเตอร์เฮาท์และ ชมิดท์ (Muller,Westerhout and Schmidt) ได้ทำการสรุปผลจากการหาเส้นกราฟการหมุนของหลายผลงานโดยนำเสนอครั้งแรกในปี ค.ศ.1957



รูปที่ 1-1 แสดงกราฟการหมุนของดาราจักรเมื่อระยะทางจากจุดศูนย์กลางของช่างเผือกน้อยกว่ารัศมีวงโคจรของดวงอาทิตย์ R_0 (Kwee, Muller, Westerhout 1954)



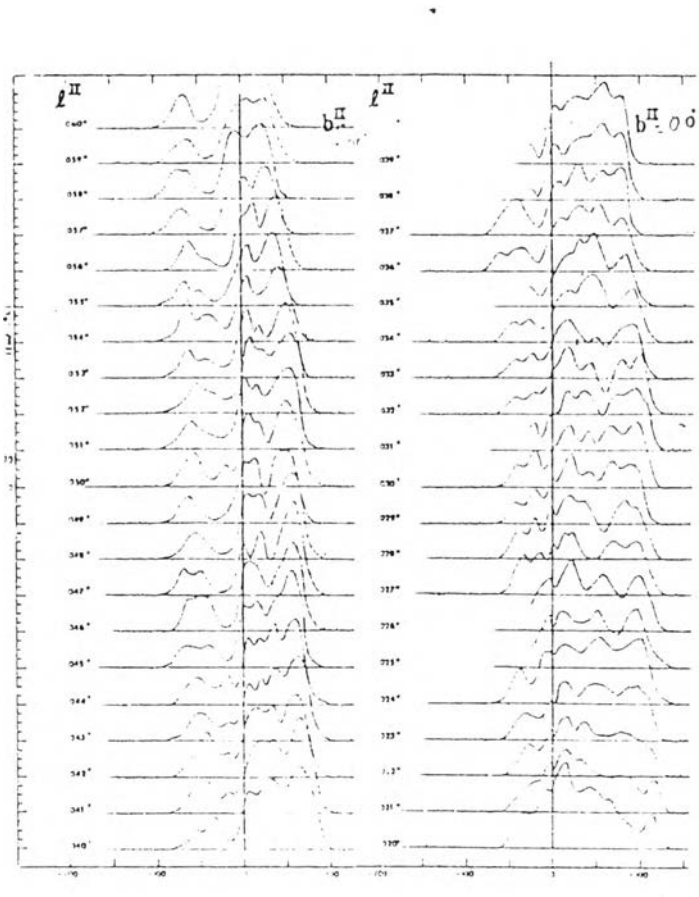
รูปที่ 1-2 แสดงกราฟการหมุนของดาราจักรในสอง ช่วง R<R0 และ R > R0 (โดย G.Contopoulos , B.Stromgren 1965)

อ้างจาก Mihalas, D.(1968), Galactic Astronomy, p.141, San Francisco,W.H. Freeman And Company.

สำหรับการหาเส้นกราฟการหมุนของดาราจักร ในช่วงที่ระยะทางจากจุดศูนย์กลางของดาราจักรมากกว่ารัศมีวงโคจรดวงอาทิตย์นั้นได้อาศัยการสังเกตจากวัตถุที่ให้คลื่นในช่วงความถี่ของแสงในช่วงคลื่นที่มนุษย์มองเห็นได้ (optical observation) เช่นโดย คราฟท์ และ ชมิดท์ (Kraft and Schmidt ;1963) ได้หากราฟในช่วงระยะทางดังกล่าว ซึ่งจากนั้น คอนโทโปลัส และ สตรอมเกรน (Contopoulous and Strömgren ;1965) ได้สร้างเส้นกราฟการหมุนจากสองช่วงของการสังเกตการณ์ (รูปที่ 1-2)

สำหรับการสังเกตการณ์หากราฟความเข้มสเปกตรัมของคลื่น 21 เซนติเมตรของอะตอมไฮโดรเจนที่มีอยู่ทั่วไปในดาราจักรทางช้างเผือกนั้น เริ่มตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ.1954 -1955 แต่การสังเกตการณ์หากราฟความเข้มของสเปกตรัมบริเวณใกล้ระนาบของดาราจักรนั้น เริ่มต้นตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1965 ถึง 1967 ที่ Derwood , Maryland และที่อื่นๆ แต่มีความไม่แน่นอนในการวัดสูง

จนกระทั่งช่วงปี ค.ศ. 1967-1968 ได้มีการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของกราฟที่ได้และสร้างเป็นชุดของกราฟความเข้มของสเปกตรัมใหม่โดย เบอร์ตัน (Burton ;1966), เชน (Shane ;1966) และ ลินบลัด (Lindblad ;1966,1967) และในช่วงปี ค.ศ. 1968-1971 มีการหากราฟความเข้มของสเปกตรัมที่ Derwood , Maryland และมีการแปลงกราฟที่ได้ (รูปที่ 1-4) เป็นชุดของ Gaussian components ของกราฟ ซึ่งเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีฐานของสามเหลี่ยมบ่งบอกค่าการกระจายของความเร็ว (velocity dispersion) ที่ลองจิจูดต่างๆ โดย เคเปอร์ เอท ออล (Kaper et al ;1966),ทากากุโบ และ แวน วอร์เดน(Takakubo and Van Woerden ;1966),ลินบลัด(Linblad ;1966,1967), เบอร์ตัน(Burton ;1966,1970) ซึ่งชุดของกราฟความเข้มของสเปกตรัม และ Gaussian components ที่ได้นั้นนักดาราศาสตร์นำไปวิเคราะห์หาเส้นกราฟการหมุนของทางช้างเผือก อาทิเช่น เบอร์ตัน (Burton;1970), เชน-ไบยเกอร์ ชมิดท์ (Shane-Beiger Schmidt ;1966) ซึ่งได้เส้นกราฟการหมุนที่แตกต่างกันตามแต่ละวิธีการที่นำมาวิเคราะห์หา(รูปที่ 1-5)

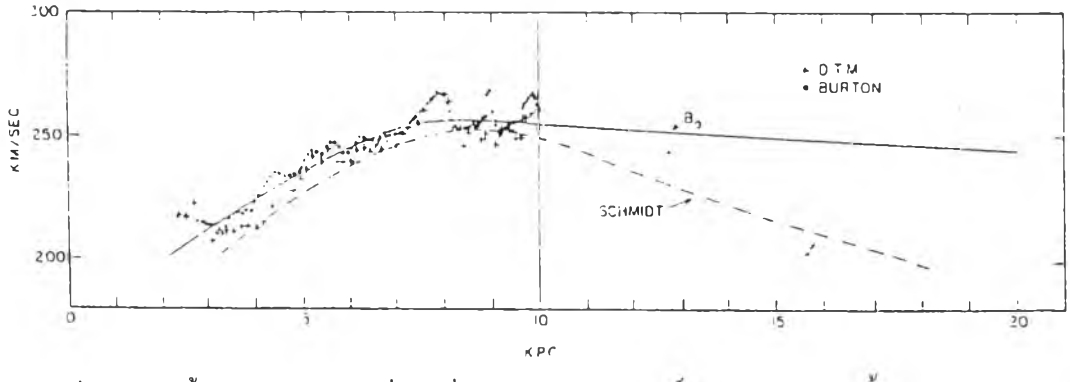


รูปที่ 1-3 แสดงชุดของกราฟความเข้มของสเปกตรัม

Gaussian components, represented as triangles, for the profile

รูปที่ 1-4 แสดงกราฟความเข้มของสเปกตรัมจากการสังเกตเป็น Gaussian components

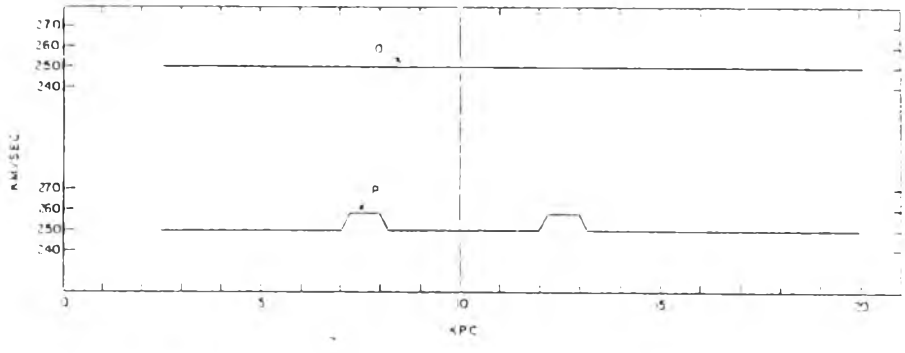
อ้างจาก Tuve,M.A.,and S.Lundsager(1973),Velocity Structures in Hydrogen Profiles, p.7-9, Carnegie Inst.Wash. publication 630.



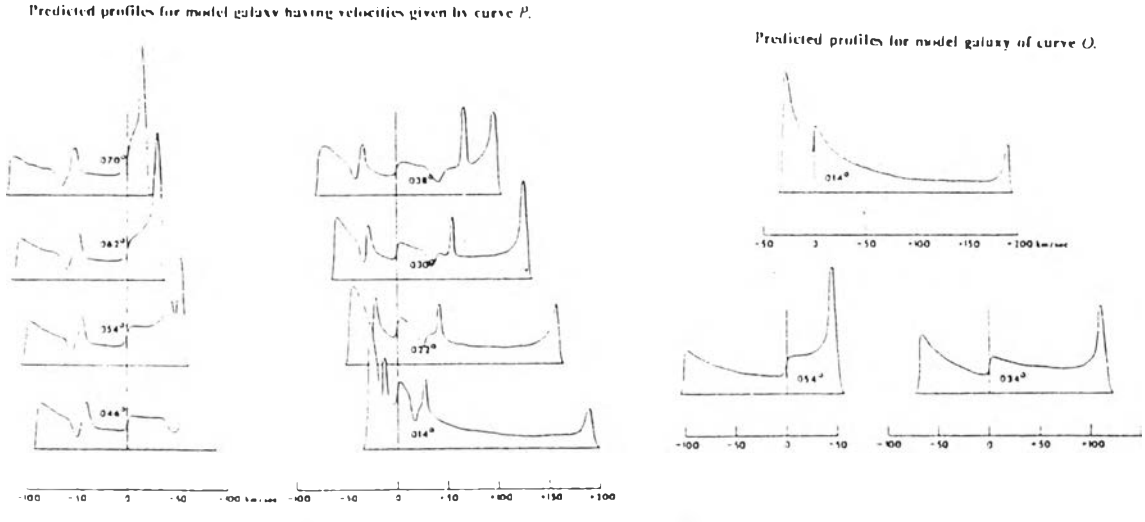
รูปที่ 1-5 เส้นกราฟการหมุนต่างๆที่หาจากการวิเคราะห์จากกราฟความเข้มของสเปกตรัมและจาก Gaussian components

อ้างจาก Tuve,M.A. , and S.Lundsager(1973), Velocity Structures in Hydrogen Profiles, p. 1-26, Carnegie Inst. Wash. publication 630.

ในปีค.ศ 1970 เบอร์ตัน ได้สร้างแบบจำลองการหมุนที่มีความเร็วในวงโคจรของแก๊สคงที่แต่มีการรบกวน (perturbation)ประมาณ 5-8 กิโลเมตร/วินาที ที่ระยะ 7-9 และ 12-14กิโลพาร์เสคโดยสมมุติว่ามีความหนาแน่นของแก๊สไฮโดรเจนคงที่เพื่อหาชุดของกราฟความเข้มของสเปกตรัม (รูปที่ 1-6)

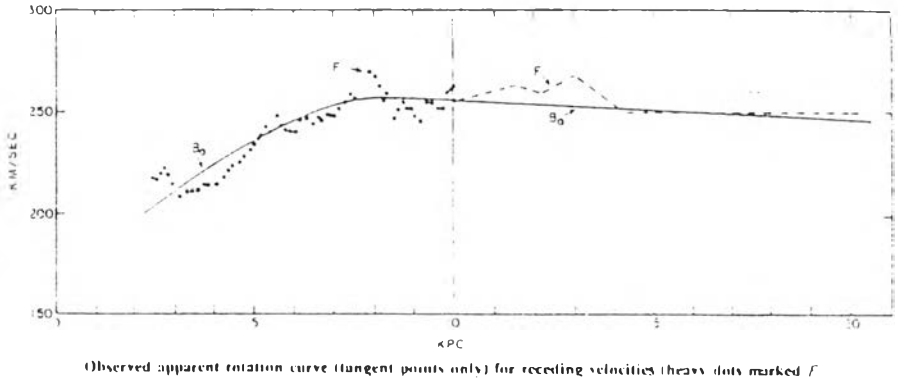


Extreme case of uniform rotational velocity, 250 km/sec, curve *O*. The Sun is at 10 kpc. Curve *P* is the same, with two small (3%) velocity anomalies, one inside the solar circle (receding velocities) and one beyond (approach velocities).

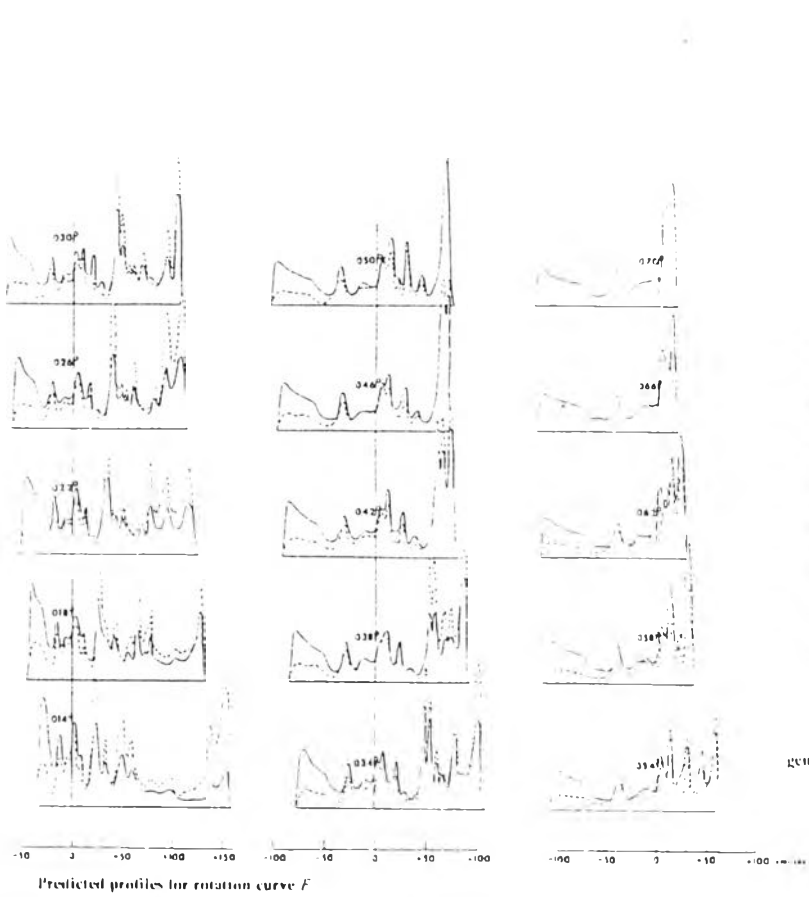


รูปที่ 1-6 แสดงการจำลองเส้นกราฟการหมุนและกราฟความเข้มของสเปกตรัม โดยBurton(1970) อ้างจาก Tuve,M.A.,and S.Lundsager(1973) ,Velocity Structures in Hydrogen Profiles, p.17 Carnegie Inst. Wash. publication 630.

ดังนั้นในที่สุดแต่ละเส้นกราฟการหมุนของดาราจักรที่ได้จากการวิเคราะห์ของนักดาราศาสตร์สามารถนำกลับไปหากราฟความเข้มของสเปกตรัมโดยแต่ละกราฟการหมุนถือว่าเป็นหนึ่งแบบจำลองที่ทำนายเส้นกราฟการหมุน และนำกราฟที่แทนกลับมาเปรียบเทียบกับเส้นกราฟความเข้มของสเปกตรัม ซึ่งรวบรวมโดย เทอร์วี และ ลันก์เซเกอร์ (Turve and Lungsagar) (รูปที่ 1-7)



Observed apparent rotation curve (tangent points only) for receding velocities (heavy dots marked *F*



Predicted profiles for rotation curve *F*

Predicted profiles for curve *F* (uniform hydrogen density) resolved into Gaussian components.

รูปที่ 1-7 แสดงเส้นกราฟการหมุนและนำสร้างกราฟความเข้มของสเปกตรัม (เส้นทึบ — ได้เมื่อความเข้มของแก๊สคงที่ เส้นประ - แสดงเมื่อความหนาแน่นตามกฎของเคาเปลอร์และแสดง Gaussian components

อ้างจาก Tuve,M.A.,and S.Lundsager(1973),Velocity Structures in Hydrogen Profiles, p.18-21, Carnegie Inst.Wash. publication 630.

ในการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้ผู้ศึกษาจะสร้างแบบจำลองเส้นกราฟการหมุน 3 ลักษณะ ซึ่งนำมาทำนายสร้างกราฟความเข้มของสเปกตรัมโดยไม่สนใจกราฟความเข้มสเปกตรัมเดิม แต่จะนำแบบจำลองที่สร้างมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่สร้างมาจากค่าคงที่ของอูร์ท โดยกำหนดว่าให้ความเข้มของแก๊สไฮโดรเจนคงที่ทั่วทุกแห่งในดาราจักร

โดย แบบจำลองที่ 1 ความเร็วในวงโคจรมีค่าคงที่ $\Theta = 250$ km/s

แบบจำลองที่ 2 ที่ระยะทางจากจุดศูนย์กลางของดาราจักร R

$R < 8$ kpc : $\Theta = KR$ K: ค่าคงที่

$R > 8$ kpc : $\Theta = 250$ km/s

แบบจำลองที่ 3 ที่ระยะจากจุดศูนย์กลางของดาราจักร R

$R < 8$ kpc : $\Theta = KR$

$R > 8$kpc : $\Theta = CR^{1/2}$ K,C : ค่าคงที่

แบบจำลองที่ 4 แบบจำลองที่สร้างจากค่าคงที่การหมุนของอูร์ท

$$\Theta = \frac{K_1 R}{K_2 + R^2}$$

โดย $K_1 = 4.166 \times 10^3$ km.kpc^2 / s

$K_2 = 66.66$ kpc^2