บทที่ 1

บทนำ

จากการสังเกตทางดาราศาสตร์ พบดาราจักรที่มีรูปร่างแปลกประหลาด(peculiar galaxies) บางดาราจักรมีโครงสร้างที่ยืดยาว(filament) บางดาราจักรเห็นเป็นวงแหวนล้อมรอบแก่น(nucleus)ของดาราจักร นักดาราศาสตร์ได้พยายามที่จะตอบคำถามที่ว่าโครงสร้างพิเศษเหล่านี้เกิดขึ้นได้อย่างไร ในช่วงทศวรรษที่ 1940 เอริค โฮล์มเบิร์ก(Erick Holmberg) นักดาราศาสตร์ชาวสวีเดนได้แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างยืดยาวของดาราจักรเกิดจากแรงไทดัล(tidal force) ซึ่งเป็นผลมาจากอันตรกิริยาแรงโน้มถ่วงระหว่างดาราจักร และยังได้จำลองการเกิดปรากฏการณ์นี้โดยใช้อนาล็อกคอมพิวเตอร์(analog computer) ซึ่งประกอบด้วยหลอดไฟที่เคลื่อนที่ได้ 74 หลอดประกอบเป็นระบบดาราจักร 2 แห่งที่เกิดอันตรกิริยากัน อย่างไรก็ตามผลงานของโฮล์มเบิร์กไม่ได้รับความสนใจนักเพราะในยุคนั้นนักดาราศาสตร์ส่วนใหญ่เชื่อว่าโครงสร้างแปลกประหลาดของดาราจักรเกิดจากสนามแม่เหล็กของดาราจักรเอง[1] แนวความคิดนี้ยุติลงเมื่อ อลาร์ ทูมเร และ ยูริ ทูมเร (Alar Toomre and Juri Toomre)[2] ได้ทำการจำลองการเกิดอันตรกิริยาแรงโน้มถ่วงระหว่างดาราจักรบนคอมพิวเตอร์ในปี 1972 ผลงานของทั้งสองได้แสดงให้เห็นว่าการเกิดอันตรกิริยาภายใต้พารามิเตอร์ต่างกันจะทำให้โครงสร้างยืดยาวมีขนาดและลักษณะปรากฏแตกต่างกัน อีกทั้งยังสามารถจำลองอันตรกิริยาสำหรับดาราจักรตัวอย่าง ได้ผลใกล้เคียงกับภาพถ่ายที่ได้จากการสังเกตทางดาราศาสตร์

เนื่องจากอันตรกิริยาระหว่างดาราจักรมีช่วงเวลาของการเกิดอันตรกิริยาโดยประมาณ 300 ล้านปี และหลักฐานภาพถ่ายมากมายของอันตรกิริยาระหว่างดาราจักรที่สังเกตเห็นได้นั้นเป็นแต่เพียงชุดของภาพเหตุการณ์ต่างๆ ซึ่งดาราจักรที่เกี่ยวข้องในแต่ละเหตุการณ์มีโครงสร้างไม่เหมือนกัน พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ต่างกัน และจุดเริ่มต้นของแต่ละเหตุการณ์ก็เกิดขึ้นที่เวลาต่างกันด้วย จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะศึกษาพลศาสตร์(dynamics) ของอันตรกิริยาระหว่างดาราจักรโดยการสังเกตแต่เพียงอย่างเดียว ดังนั้นการจำลองการเกิดอันตรกิริยาระหว่างดาราจักรบนคอมพิวเตอร์จึงมีบทบาทสำคัญเหมือนเป็นการทดลองสำหรับการศึกษาอันตรกิริยาระหว่างดาราจักร[3]

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์ที่จะเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงการเกิดอันตรกิริยาระหว่างดาราจักรในอวกาศ(คำว่าอวกาศในที่นี้หมายถึง 3 มิติ ถึงแม้ว่าวงโคจรของดาราจักรจะอยู่

ในระนาบ แต่ในธรรมชาติที่แท้จริงระนาบของดาราจักรมักจะทำมุมเอียงกับระนาบวงโคจร และคำว่าอันตรกิริยาก็จะหมายถึงการกระทำอันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงเท่านั้น)ที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาผลของพารามิเตอร์เหล่านี้ที่มีต่อรูปร่างของดาราจักรที่เกิดอันตรกิริยา นอกจากนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้จะต้องจำลองภาพการเกิดอันตรกิริยาของดาราจักรตัวอย่างได้ผลใกล้เคียงกับภาพถ่ายที่ได้จากการสังเกต

ขอบเขตของวิทยานิพนธ์นี้จะกำหนดให้อันตรกิริยาเกิดขึ้นระหว่างดาราจักร 2 แห่ง สมมติให้ดาราจักรประกอบด้วยดาวเท่านั้น จะไม่พิจารณาในเรื่องของสสารระหว่างดาว(interstellar matter) และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของดาราจักรที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสสารระหว่างดาว

วิธีการที่จะจำลองภาพอันตรกิริยาระหว่างดาราจักรก็คือการคำนวณหาตำแหน่งของดาวแต่ละดวง ณ เวลาใดๆ และแสดงผลตำแหน่งของดาวแต่ละดวง ณ เวลานั้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ จากนั้นก็ทำซ้ำกระบวนการข้างต้นก็จะได้ภาพเคลื่อนไหวที่แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของดาราจักรจากการเกิดอันตรกิริยา การคำนวณหาตำแหน่งของดาวจะใช้แบบจำลองที่เรียกว่าปัญหาวัตถุ 3 ชิ้นกรณีจำกัด(restricted three-body problem) โดยจะเริ่มต้นพิจารณาว่าดาราจักรเป้า(target galaxy) มีดาวโคจรเป็นวงกลมอยู่โดยรอบแก่นของดาราจักรนี้ มวลของดาวแต่ละดวงนี้มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับแก่นของดาราจักร ดังนั้นจะถือว่ามวลของดาวแต่ละดวงมีค่าเป็นศูนย์ หลังจากนั้นมีดาราจักรอีกแห่งเรียกว่าดาราจักรตัวรบกวน(disturber)เคลื่อนที่เข้ามาใกล้ เนื่องจากมวลของดาวแต่ละดวงในแต่ละดาราจักรเป็นศูนย์ ดาราจักรเป้าและดาราจักรตัวรบกวนจึงเคลื่อนที่สัมพัทธ์กันแบบวัตถุ 2 ชิ้น จะเห็นว่าถึงตอนนี้ดาวแต่ละดวงไม่ได้เคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของดาราจักรเป้าเท่านั้นแต่จะมีแรงกระทำจากดาราจักรตัวรบกวน(แรงไทดัล)ด้วย สมการการเคลื่อนที่ของดาวในปัญหาวัตถุ 3 ชิ้นกรณีจำกัดนี้เป็นสมการอนุพันธ์อันดับ 2 ซึ่งไม่สามารถแก้สมการได้ด้วยวิธีเชิงวิเคราะห์(analytical method) จึงต้องหาคำตอบโดยประมาณด้วยวิธีการเชิงตัวเลข(numerical method) ในที่นี้จะเลือกใช้วิธีรุงเกคุตตาอันดับ 5 (fifth order Runge-Kutta method)[4]

ในการดำเนินการนั้นจะใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรมและทำการรันบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ลักษณะของโปรแกรมนั้นผู้ใช้จะต้องทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ก่อนกระบวนการจำลอง และในระหว่างการจำลองภาพ ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเปลี่ยนแปลงทิศทางการมองไปยังระบบได้ด้วยเพื่อให้ได้มุมมองที่เหมาะสมที่สุด การคำนวณของโปรแกรมจะแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ส่วนแรกจะเป็นการคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุแต่ละชิ้นในระบบด้วยวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วในย่อหน้าก่อนหน้านี้ ส่วนที่สองจะเป็นการแปลงพิกัดซึ่งสำคัญอย่างมากสำหรับการคำนวณในระบบ 3 มิติ เนื่องจากพิกัดที่ใช้ในการอ้างอิงระนาบของดาราจักรทั้ง 2 ที่เกิดอันตรกิริยา ระนาบ

วงโคจรของดาราจักร และระนาบของการแสดงผลต่างก็มีแกนอ้างอิงที่ชี้ไปในทิศทางที่ต่างกัน ดังนั้นในระหว่างการคำนวณจะต้องมีการแปลงระหว่างพิกัดเหล่านี้เสมอ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้มี 2 ประการ ประการแรกคือทำให้เข้าใจถึงสาเหตุของการเกิดอันตรกิริยาระหว่างดาราจักรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ทำให้ดาราจักรที่เกิดอันตรกิริยาเหล่านี้มีลักษณะที่แตกต่างกัน ประการที่ 2 เราสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในวิทยานิพนธ์นี้ทำการจำลองอันตรกิริยาระหว่างดาราจักรให้ได้รูปร่างที่ใกล้เคียงกับภาพถ่ายจากการสังเกต ซึ่งจะทำให้ประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆได้ เช่นหลักมูลทางโคจรสัมพัทธ์ระหว่างดาราจักร อัตราส่วนมวลระหว่างดาราจักร เป็นต้น

เนื้อหาในส่วนต่อไปจะแบ่งออกเป็น 6 บทคือ บทที่ 2 จะกล่าวถึงลักษณะทั่วไปของดาราจักรและหลักการพื้นฐานในการเกิดอันตรกิริยาระหว่างดาราจักร บทที่ 3 จะแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ บทที่ 4 เป็นวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และการแสดงผล บทที่ 5 เป็นการวิเคราะห์ผลของพารามิเตอร์ที่มีต่ออันตรกิริยาระหว่างดาราจักร ซึ่งความเข้าใจผลของพารามิเตอร์เหล่านี้จะนำไปใช้ในการจำลองภาพอันตรกิริยาระหว่างดาราจักรเพื่อเปรียบผลกับภาพที่ได้จากการสังเกต ในบทที่ 6 และบทสุดท้ายจะสรุปผลการดำเนินการและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการวิจัย