บทที่ 7

สรุปและวิจารณ์

การจำลองภาพอันตรกิริยาระหว่างดาราจักรแสดงให้เห็นชัดเจนว่ารูปร่างแปลกประหลาดของดาราจักรเกิดจากการรบกวนของแรงโน้มถ่วงหรือที่เรียกว่าแรงไทดัล รูปร่างที่หลากหลายของดาราจักรเหล่านี้ เช่น ความยาวของหาง สามารถแสดงให้เห็นได้โดยการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับแรงไทดัลได้แก่ อัตราส่วนมวลระหว่างดาราจักร ระยะจุดใกล้ ค่าความรีของวงโคจร ทิศทางการหมุนของดาราจักร และทิศทางการวางตัวของระนาบดาราจักรเทียบกับระนาบวงโคจร ซึ่งได้ผลการจำลองดังตารางที่ 7.1

ในการศึกษาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ความรุนแรงของอันตรกิริยาระหว่างดาราจักรถูกควบคุมโดยปัจจัยหลักๆ 4 ประการคือ

1. ช่วงเวลาของการเกิดอันตรกิริยา
2. ความรุนแรงของแรงที่กระทำโดยดาราจักรตัวรบกวน
3. ทิศทางการวางตัวของระนาบดาราจักรเทียบกับระนาบวงโคจร
4. ทิศทางการหมุนของดาวในดาราจักรเทียบกับการหมุนสัมพัทธ์ระหว่างดาราจักร

ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่างๆกับความรุนแรงของอันตรกิริยาข้างต้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจำลองภาพของอันตรกิริยาระหว่างดาราจักรที่ได้จากการสังเกต ประกอบกับการกำหนดทิศทางการมองของผู้สังเกตการณ์ที่มองไปยังจุดศูนย์กลางของระบบได้เหมาะสม ทำให้ได้ภาพการจำลองที่ใกล้เคียงกับภาพถ่ายจากการสังเกต

ผลการจำลองภาพดาราจักรตัวอย่างในบทที่ 6 แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองปัญหาวัตถุ 3 ชิ้นกรณีจำกัดสามารถให้ผลการจำลองที่สอดคล้องกับภาพถ่ายจากการสังเกต ข้อดีของวิธีนี้ก็คือสามารถคำนวณได้อย่างรวดเร็ว และไม่มีข้อจำกัดของจำนวนดาว(ปัญหาวัตถุ 3 ชิ้นกรณีจำกัดไม่คำนึงถึงการรบกวนอันเนื่องจากดาวดวงอื่นๆ และระหว่างดาวแต่ละดวงกับศูนย์กลางของดาราจักร

ดังนั้นเมื่อเพิ่มจำนวนดาวมากขึ้นก็สามารถแบ่งดาวเหล่านี้ออกเป็นหลายๆส่วนแล้วแยกคำนวณทีละส่วนได้ แต่ก็ต้องไม่ลืมว่าจำนวนดาวที่เพิ่มขึ้นก็จะต้องใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้นด้วย)

ตารางที่ 7.1 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กับลักษณะของดาราจักรที่ผ่านการเกิดอันตรกิริยา

	ลักษณะของหาง	ลักษณะของสะพาน
อัตราเร็วการชนน้อย, ดาราจักรตัวรบกวนมีมวลมาก	หางจะยาวมาก	สลายตัวไปอย่างรวดเร็ว
ระยะจุดใกล้มีค่าน้อย	หางจะยาวมาก ถ้าระยะจุดใกล้มีค่าน้อยมากๆ ส่วนปลายของหางม้วนตัวมาบรรจบกับศูนย์กลางของดาราจักรเป้า	สลายตัวไปอย่างรวดเร็ว
อัตราเร็วการชนมีค่ามาก, ระยะจุดใกล้มีค่ามาก, ดาราจักรตัวรบกวนมีมวลน้อย	หางสั้นและความหนาไม่มาก และเมื่อเวลามากขึ้น ส่วนหางอาจจะรวมตัวกับศูนย์กลางของดาราจักรในท้ายที่สุด	คงตัวอยู่ได้นาน ในบางกรณีอาจจะคงอยู่ได้นานกว่าส่วนหาง
การหมุนของดาวสวนทางกับทิศทางการหมุนสัมพัทธ์ระหว่างดาราจักร	ไม่เกิดหาง*	ไม่เกิดสะพาน*
ระนาบของดาราจักรมีการเบี่ยงเบนจากระนาบวงโคจรมาก($i \geq 60^\circ, \Omega \geq 30^\circ$)	หางจะสั้นลงอย่างชัดเจนเมื่อ i และ Ω มีค่ามากขึ้น มีลักษณะเป็น 2 มิติ เมื่อแรงรบกวนมีค่าน้อย	อยู่ได้นานมากขึ้นหรืออาจไม่เกิดสะพานเมื่อ i และ Ω มีค่ามากขึ้น และมีการกระจายตัวในแนวตั้งฉากกับระนาบดาราจักรได้มาก

* กรณีนี้อาจเกิดหางและสะพานได้ถ้าเพิ่มแรงรบกวนมากพอ เช่นต้องเพิ่มมวลหรือลดค่าระยะจุดใกล้

ข้อเสียของปัญหาวัตถุ 3 ชิ้นกรณีจำกัดก็คือการไม่คิดผลการรบกวนอันเนื่องมากจากดาวแต่ละดวง ทำให้ความถูกต้องลดลง และไม่สามารถใช้ศึกษาเหตุการณ์ที่ซับซ้อนกว่า เช่นการรวมตัวของดาราจักร(galaxy mergers)

จะเห็นว่าผลการจำลองกับภาพถ่ายยังมีความแตกต่างกันอยู่บ้าง สาเหตุสำคัญที่เป็นไปได้มี 4 ประการ ประการแรก ศักย์ที่ใช้ในการจำลองจะเป็นแบบง่ายๆคือเป็นศักย์แบบเคปเลอร์ ทำให้มีปัญหาในกรณีการชนระยะใกล้ดังกรณีดาราจักรวงแหวนซึ่งมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก ประการที่สอง ในวิทยานิพนธ์นี้กำหนดไว้ว่าดาราจักรประกอบด้วยดาวเท่านั้น ยังไม่ได้พิจารณาพฤติกรรมของก๊าซ ประการที่ 3 ดาราจักรจานแบนโดยแท้จริงแล้วไม่ได้ประกอบด้วยส่วนที่เป็นจานแบนเท่านั้น แต่ยังประกอบด้วยส่วนที่เป็นกระเปาะ(bulge) บริเวณศูนย์กลางของดาราจักร และฮาโล ซึ่งอยู่บริเวณด้านบนและล่างของระนาบดาราจักร โครงสร้างเหล่านี้จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นจะต้องสร้างแบบจำลองที่แตกต่างกันสำหรับโครงสร้างแต่ละส่วน ประการสุดท้าย แบบจำลองที่ใช้เป็นแบบวัตถุ 3 ชิ้นกรณีจำกัด ยังไม่ได้คิดแรงรบกวนระหว่างดาวด้วยกัน และแรงรบกวนที่ดาวแต่ละดวงกระทำต่อดาราจักรในระหว่างที่เกิดอันตรกิริยา การปรับปรุงทั้ง 4 ประเด็นนี้ในการวิจัยในขั้นต่อไปก็น่าจะช่วยให้ผลการจำลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น