COMPARISON OF SINGLE PHASE SPH METHODS AND DEVELOPMENT OF MULTIPHASE IMPLICIT INCOMPRESSIBLE SPH METHOD

POOMPONG YUTTHANASIRIKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (PHYSICS) FACULTY OF GRADUATE STUDIES MAHIDOL UNIVERSITY 2017

Copyright by Mahidol University

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

COMPARISON OF SINGLE PHASE SPH METHODS AND DEVELOPMENT OF MULTIPHASE IMPLICIT INCOMPRESSIBLE SPH METHOD

POOMPONG YUTTHANASIRIKUL 5536225 SCPY/M

M.Sc. (PHYSICS)

THESIS ADVISORY COMMITTEE : CHAIWOOT BOONYASIRIWAT, Ph.D., MICHAEL ANTONY ALLEN, Ph.D.

ABSTRACT

The Smoothed particle hydrodynamics (SPH) method has been widely used for simulating fluid flows. SPH represents fluid flows as particles moving by forces. One problem of simulating incompressible flows is to compute the pressure field and there are many ways to accomplish this. In weakly compressible SPH (WCSPH) the pressure is calculated from an equation of state whereas, in incompressible SPH (ISPH) and implicit incompressible SPH (IISPH) the pressure Poisson equation is used. ISPH can be divided into 3 types according to the conditions applied: divergence-free ISPH (ISPH-DF), density-invariant ISPH (ISPH-DI), and divergence-free, density-invariant ISPH (ISPH-DFDI).

The first objective of this work is to compare these SPH methods when applied to single-phase fluid flow problems. The errors in the velocity field, density field, and divergence of velocity are evaluated. The results show that WCSPH and ISPH-DF are suitable for low Reynolds number flows, that ISPH-DFDI can simulate a wide range of Reynolds number flows from 0.0125 to 100 but consumes more computational time, and that IISPH is suitable for Reynolds number 100 and free surface flows. However, IISPH is not appropriate for low Reynolds number flows.

The second objective in this work is to develop a multiphase version of IISPH. The flow problem used for testing is the Rayleigh-Taylor instability. The result shows that multiphase IISPH can successfully simulate the multiphase flow problem.

KEY WORDS: COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMICS / SMOOTHED PARTICLE HYDRODYNAMICS METHOD / INCOMPRESSIBLE FLOW

Copyright by Mahidol University

79 pages

การเปรียบเทียบระหว่างระเบียบวิธีการเอสพีเอชแบบเฟสเดียวและการพัฒนาระเบียบวิธีอิมปลิสิตเอสพีเอชแบบอัดตัวไม่ได้สำหรับของไหลหลายเฟส

COMPARISON OF SINGLE PHASE SPH METHODS AND DEVELOPMENT OF MULTIPHASE IMPLICIT INCOMPRESSIBLE SPH METHOD

ภูมิพงษ์ ยุทธนาสิริกุล 5536225 SCPY/M

วท.ม. (ฟิสิกส์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ชัยวุฒิ บุญญศิริวัฒน์, Ph.D., ไมเคิล แอนโทนี่ อเลน Ph,D.

บทคัดย่อ

ระเบียบวิธีสมูธพาร์ติเคิลไฮโดรไดนามิกส์ (SPH) ถูกใช้ในหลายสาขาวิชาเพื่อจำลองการไหลของของไหล วิธี SPH จะแสดงการไหลของของไหลโดยอนุภาคที่เคลื่อนที่ด้วยแรงต่าง ๆ อย่างไรก็ตามปัญหาหนึ่งของการจำลองการไหลแบบอัดตัวไม่ได้คือการคำนวณความดัน ความดันสามารถหาได้จากหลายวิธี เช่น weakly compressible SPH (WCSPH) คำนวณจากสมการสถานะ Incompressible SPH (ISPH) คำนวณจากสมการปัวซองความดัน และ implicit incompressible SPH คำนวณความดันจากสมการปัวซองที่พิสูจน์มาจากสมการความต่อเนื่อง นอกจากนี้ ISPH ยังสามารถแบ่งออกเป็นสามชนิดขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ใช้ ได้แก่ ISPH เงื่อนไข divergence-free (ISPH-DF), ISPH เงื่อนไข density-invariance (ISPH-DI), และ ISPH ที่ใช้ทั้งสองเงื่อนไข (ISPH-DFDI)

วัตถุประสงค์แรกในงานนี้คือเปรียบเทียบระหว่างระเบียบวิธีการ SPH เหล่านี้ ซึ่งความคลาดเคลื่อนในสนามความเร็ว ความหนาแน่น และไดเวอร์เจนต์ความเร็วจะถูกนำมาเปรียบเทียบ จากผลการจำลองพบว่า WCSPH และ ISPH-DF เหมาะสำหรับการไหลที่ค่ารีโนลด์ต่ำ ISPH-DFDI สามารถใช้ได้ในทุกช่วงค่ารีโนลด์ตั้งแต่ 0.0125 ถึง 100 แต่จะใช้ระยะเวลาในการคำนวณนาน ส่วน IISPH เหมาะกับปัญหาการไหลที่ค่ารีโนลด์ 100 และปัญหาการไหลผิวอิสระ

วัตถุประสงค์ที่สองในงานนี้คือพัฒนาระเบียบวิธี IISPH ซึ่งเป็นระเบียบวิธีใหม่ที่ถูกพัฒนาในปี 2013 ให้สามารถจำลองการไหลหลายเฟสได้ แบบจำลองที่ใช้ในการทดสอบคือ ปัญหา Rayleigh-Taylor instability จากผลการจำลองพบว่า IISPH สามารถนำมาใช้ในการจำลองการไหลหลายเฟสได้

79 หน้า

Copyright by Mahidol University