

# 國立交通大學

應用數學系

碩士論文

應用 volume-of-fluid approach  
模擬不可壓縮流通過固體

**The simulation of incompressible flow around  
a solid body by volume-of-fluid approach**

研究生：曾昱豪

指導教授：賴明治 教授

中華民國九十四年一月

應用 volume-of-fluid approach  
模擬不可壓縮流通過固體

**The simulation of incompressible flow around  
a solid body by volume-of-fluid approach**

研究生：曾昱豪

Student : Yu-Hou Tseng

指導教授：賴明治

Advisor : Ming-Chih Lai



**Submitted to Department of Applied Mathematics**

**College of Science**

**National Chiao Tung University**

**in partial Fulfillment of the Requirements**

**for the Degree of**

**Master**

**in**

**Applied Mathematics**

**Jan 2005**

**Hsinchu, Taiwan, Republic of China**

**中華民國九十四年一月**

# 應用 volume-of-fluid approach 模擬不可壓縮流通過固體

學生：曾昱豪

指導教授：賴明治

國立交通大學 應用數學 學系（研究所）碩士班

## 摘 要

在這篇論文中，我們先複習流體方程的傳統數值方法，進而發展了一個由投影法及流體體積估計法所組成的簡單二階精確的方法，並將流體與固體看成雙流體來模擬流體通過固體的情形。在處理流體方程時，主要架構是隱式的投影法，而流體通過固體的速度，則在中間步驟引入流體體積估計法作修正。這個方法有效地模擬了流體通過靜止固體的情形，以及其相關的物理量。

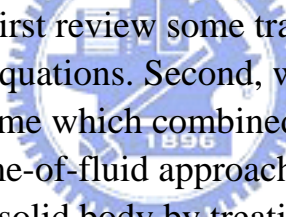
# **The simulation of incompressible flow around a solid body by volume-of-fluid approach**

**student : Yu-Hou Tseng**

**Advisors : Dr. Ming-Chih Lai**

**Department ( Institute ) of Applied Mathematics  
National Chiao Tung University**

## **ABSTRACT**



In this thesis, we first review some traditional numerical methods of fluid equations. Second, we develop a simple second-order scheme which combined by the projection method and volume-of-fluid approach(VOF) to simulate the flow around a solid body by treating the fluid-solid as a binary fluid. The fluid equations are constructed by an implicit version of the projection method where velocities are modified in the intermediate step by the presence of the solid body. This method is validated by the simulation of the fluid around a solid body and physical quantities.

## 誌 謝

本論文得以順利完成，首要感謝指導老師賴明治教授的指導；無論是課業的傳授、作研究的技巧與精神，亦或是待人處事方面，都讓我受惠良多、成長茁壯，師恩之浩瀚，非數語能道盡。

口試期間，承蒙葉立明教授、李天佑教授及洪子倫教授費心審閱並提供許多寶貴之意見，使本論文之完稿得以更加齊備，永誌於心。

研究所求學過程中，承蒙仲尹、喜吉兩位學長的指引，使得在科學計算方面能更快入門；也感謝同窗好友雅文、雨蓓、明煌的關心與協助；更要感謝中正的得勝、毓雯，與他們相互切磋研究，助益匪淺，在此一併致謝。

另外要謝謝我的父母在此期間的體諒與關懷，以及女友謝友琦對我的體貼，使我全心專注於學業及論文研究之時，還能感受到溫暖。

最後，謹以本文獻給我最敬愛的父母，以及所有關心、幫助過我的親友並獻上最誠摯的謝意。



# 目 錄

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 中文提要      | .....   | i   |
| 英文提要      | .....   | ii  |
| 誌謝        | .....   | iii |
| 目錄        | .....   | iv  |
| 1.        | Introduction .....                                      | 1   |
| 2.        | Numerical Method .....                                  | 2   |
| 2.1       | Staggered grid .....                                    | 3   |
| 2.2       | MAC formulation .....                                   | 5   |
| 2.3       | Projection method .....                                 | 6   |
| 2.4       | Combination of projection method and VOF approach ..... | 8   |
| 3.        | Numerical simulations .....                             | 12  |
| 3.1       | Accuracy check .....                                    | 12  |
| 3.2       | Flow in a driven cavity .....                           | 13  |
| 3.3       | A cylinder in the driven cavity .....                   | 14  |
| 3.4       | The flow around a cylinder .....                        | 18  |
| 4.        | Conclusion .....  | 26  |
| Reference | .....   | 26  |

