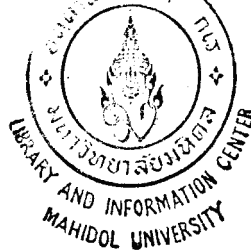


29 OCT 2002



SIMULATION OF IMPACT CRATER FORMATION USING A MARKER AND CELL METHOD

PAYUNGSAK KONGSILA

**With compliments
of**

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

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

2002

ISBN 974-04-2228-4

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

TH

P 347a

2002

4036020 SCPY/M: MAJOR : PHYSICS ; M.Sc. (PHYSICS)

KEY WORDS : IMPACT CRATER / FREE SURFACE PROBLEM /
MARKER AND CELL METHOD / FLUID DYNAMICS

PAYUNGSAK KONGSILA : SIMULATION OF IMPACT CRATER FORMA-
TION USING A MARKER AND CELL METHOD. THESIS ADVISORS : MICHAEL
A. ALLEN, Ph.D., NARUMON EMARAT, Ph.D. 64 p. ISBN 974-04-2228-4

In this study we construct a simple model to simulate the formation of impact craters on large solid target bodies such as the Moon. The basis of the model is to treat both the impactor and the surface of the target body as fluids whose viscosity is a function of a property we refer to as the activation. High and low values of the activation correspond to small and large viscosities, and therefore liquid and solid type behaviour, respectively. At the moment of impact, the impactor and the surrounding region of the target surface are assumed to have a high value of activation. The activation can then diffuse or be advected by the fluid motion resulting from the momentum of the impactor until it reaches a low level everywhere. This is taken as the end of the crater formation process.

The equations governing the model are the continuity equation, the Navier-Stokes equation, and the advection-diffusion equation with free surface boundary conditions. These equations were solved numerically using a marker and cell method with a variable time-step Navier-Stokes solver. Software was written to implement the numerical algorithm and also provide an easy to use graphical user interface for the input of parameters and starting conditions.

We performed two types of simulation. In the first type, the activation was identified with temperature and the parameter values for the model were chosen in order to attempt simulation of crater formation on the Moon. This type of simulation did not prove to be very successful due to the small values of the viscosity and diffusion coefficients. In the second type, the physical significance of the activation was left unspecified which meant that arbitrarily large values of the viscosity and diffusion coefficient could be used. This type of simulation led to crater shapes which were both qualitatively and quantitatively similar to those observed in nature.

4036020 SCPY/M: สาขาวิชา : ฟิสิกส์ ; วท.ม. (ฟิสิกส์)

พยุ่งศักดิ์ คงศิลา : การจำลองแบบการก่อตัวของหลุมอุกกาบาตโดยวิธีมาร์เกอร์แอนเซลล์ (SIMULATION OF IMPACT CRATER FORMATION USING A MARKER AND CELL METHOD). คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : ไมเคิล แอนโทนี อัลเลน, Ph.D., นฤมล เออมะรัตต์, Ph.D. 64 หน้า. ISBN 974-04-2228-4

งานวิจัยนี้ได้สร้างแบบจำลองอย่างง่ายเพื่อศึกษาการก่อตัวของหลุมอุกกาบาตซึ่งเกิดจากการชนระหว่างอุกกาบาตและดาวที่มีพื้นผิวเป็นของแข็งและมีขนาดใหญ่มากเมื่อเทียบกับขนาดของอุกกาบาต ในแบบจำลองให้อุกกาบาตและพื้นผิวของดาวเป็นของไหลที่มีความหนืด โดยที่ค่าความหนืดขึ้นอยู่กับขนาดของตัวแปรการกระตุ่น เมื่อตัวแปรการกระตุ่นน้อยค่าความหนืดจะมากซึ่งใช้แทนสภาพความเป็นของแข็งของพื้นผิวดาวและอุกกาบาตก่อนชน และเมื่อตัวแปรการกระตุ่นมากค่าความหนืดจะน้อยซึ่งใช้แทนสภาพความเป็นของเหลวของพื้นผิวของดาวบริเวณรอบ ๆ จุดที่ถูกชนและของอุกกาบาตขณะชน หลังการชนตัวแปรการกระตุ่นจะสามารถแพร่ไปในของไหลและถูกพาไปด้วยการเคลื่อนที่ของของไหล การก่อตัวของหลุมอุกกาบาตจะเกิดขึ้นภายหลังจากที่ผิวดาวถูกชนและจะสิ้นสุดเมื่อตัวแปรการกระตุ่นมีค่าน้อยทั่วทุกบริเวณ

สมการที่ใช้ในการศึกษาของไหลในแบบจำลองคือสมการนาเวียร์สโตคส์ สมการความต่อเนื่อง และสมการการพาและการแพร่ของตัวแปรการกระตุ่น การแก้สมการทั้งสามนี้เป็นการคำนวณเชิงตัวเลขโดยใช้วิธีมาร์เกอร์แอนด์เซลล์ ในงานวิจัยนี้เราได้สร้างซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการคำนวณโดยออกแบบให้ง่ายต่อการใช้ ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าเริ่มต้นต่าง ๆ และดูผลในโหมดกราฟฟิกได้

ในการจำลองการก่อตัวของหลุมอุกกาบาต เราได้ศึกษาใน 2 การทดลองคือ การทดลองที่หนึ่งกำหนดให้ตัวแปรการกระตุ่นคืออุณหภูมิ โดยจำลองการชนของอุกกาบาตบนผิวดวงจันทร์ ผลการทดลองที่ได้ชี้ให้เห็นว่าการให้อุณหภูมิเป็นตัวแปรการกระตุ่นไม่สามารถใช้ในการจำลองแบบการก่อตัวของหลุมอุกกาบาตได้ เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดและสัมประสิทธิ์ของการแพร่ความร้อนของดวงจันทร์มีค่าน้อยมาก การทดลองที่สองได้ศึกษากรณีที่ตัวแปรการกระตุ่นเป็นปริมาณใด ๆ ดังนั้นจึงสามารถกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดและสัมประสิทธิ์การแพร่ให้มีค่ามากได้ รูปร่างและขนาดของหลุมอุกกาบาตที่ได้จากการจำลองในการทดลองที่สองนี้สอดคล้องกับผลที่วัดได้ในธรรมชาติ