

# 平流傳輸方程的計算：交錯網格之有限差分法

郭鴻基 柳再明\* 周仲島

國立台灣大學 大氣科學系

(中華民國七十九年五月三十一日收稿；六月三十日定稿)

## 摘要

在環境科學裡現存有許多問題，以平流方程形式的傳送問題是非常重要的。找尋合適的數值方法，來計算平流傳送，是不可避免的問題。

在本文中，我們使用一維平流傳送方程式探討在交錯網格上的平流傳送問題。文中說明在使用Arakawa C網格時，定義通量所應注意的地方。同時指出通量定義不適當，四階中差分法的精確度將降低。最後並提供和四階定差法一致的通量定義。為了避免因計算而產生不物理的負值，我們也描述了一至三階的正定義法。

關鍵詞：正定義法，差分法，平流方程，交錯網格

\* 中央氣象局

## 一、引言

隨著大型電子計算機的發展，數值模式在大氣科學的地位愈形重要。建立一個數值模式通常包含兩階段，第一階段是以一組方程式，陳述表達大氣中我們有興趣的動力及物理過程。第二階段，是將這方程組離散化(discretization)，然後以電子計算機來解它。

一般而言，解一組連續方程式(Continuous equations)之數值離散法，可區分為歐勒(Euler)及拉氏(Lagrange)二種。拉氏包括全拉氏及半拉氏(Semi-Lagrangian method)。根據所使用時間積分的技巧及空間導數的估算，歐勒法可分為時間與空間

積分兩部分。時間積分可以是顯式或是隱式，而隱式有全隱式及半隱式。空間的離散方法，一般可劃分成兩大類一為數列展開法，另一為有限差分法。數列展開法多以Galerkin法為主(Haltiner and Williams, 1980)。常用的數列展開法有波譜法及有限元素法等。在有限差分法裡，平流型式多以通量型式表示，原因是此種離散方程式能滿足保守連續流體中的一些積分限制。此外，變數以交錯網格方式(Staggered grid)配置，可以有較好的地轉調整(geostrophic adjustment)。在B、C、D、E四種交錯網格中，目前以C網格被大多數數值模式使用(Arakawa and Lamb, 1977; Schoenstadt, 1978)。

三維平流方程如