

POM 海洋模式在東部海域之應用研究

林勝豐 張恆文
工業技術研究院能源與環境研究所

摘要

本研究以台灣附近海域兩個作業化海洋模式，探討其在台灣東部之模擬結果與實際漂流浮標軌跡之差異。此二作業化模式均採用美國普林斯頓海洋模式作為動力模式，但使用不同資料來源作為模式之海面大氣條件及海洋側邊開口邊界條件。模式A之資料來源為中央氣象局「Nonhydrostatic Forecast System大氣模式」與「中範圍海流模式」；模式B使用美國環境預報中心「Regional Spectral Model大氣模式」與美國海軍「East Asian Seas Nowcast/Forecast System環流模式」。模式B並使用國家科學委員會海洋學門水文資料庫之溫度、鹽度月氣候平均值與每日衛星合成之海表面溫度進行資料同化。浮標漂流軌跡主要取自於國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心在台灣東部施放之浮標資料，部分取自美國NOAA/AOML網站上浮標之漂流軌跡。以模式之模擬結果計算漂流軌跡時，亦同時考慮浮標受風時的偏航(leeway)效應。比較結果顯示模式B的計算軌跡與實測浮標較為接近，增加偏航效應並未獲得較佳的結果。

關鍵字：作業化海洋模式、漂流浮標、海流

一、前言

台灣四周海域流況複雜，除了可預測的潮流外，還包括許多長週期變化的低頻海流，例如東部海域水深較深，其潮差較小潮流亦較小，但黑潮(洋流)沿著台灣東部海岸北上，流速強勁，並於台灣東北海域轉向東北流。因此如何同時考慮不同週期變化的真實海流，一直是進行海流模擬應用研究的重要挑戰。

依據英國勞氏驗船協會之「海難回顧」統計資料顯示，台灣海域被列為中度海上風險環境，而過去曾發生的重大海難事件都造成許多的人員及財產的損失，故準確的即時作業化海流模擬也是海上救援及海域油污發生時急切需要的重要參考依據。

作業化的海流模式通常都與作業化海域資訊系統結合，提供每日定時之海流資訊，在國外部分，美國近岸海域預報系統(Coastal Ocean Forecast System, COFS)自1993年8月開始每日在國家環境預報中心(NCEP)的Cray高速電腦上執行美國東部近岸海域的短期水理模擬，其使用美國普林斯頓海洋模式(Princeton Ocean Model, POM)三維數值模式(Blumberg and Mellor, 1987)模擬美國東岸北緯30度到47度，西經50度範圍內的水溫、鹽度、水位

及潮流，其驅動條件為海水面之熱能、溼度、及動能通量等邊界條件，潮汐亦為模式邊界驅動條件之一。模式網格的解析度在遠岸海域為20公里，在近岸海域為10公里。垂直方向網格為18層之座標系統，其中至少九層網格是在100公尺水深內。物理海洋即時系統(PORTS)提供美國10個重要之河口及海灣的即時與預報之流、水位、鹽度、溫度及風的資訊，其中部分尚具有作業化數值模式之現報與預報功能，提供區域全面之水位、流速與風速資訊。在國內部分，交通部運輸研究所港灣技術研究中心也從2003年開始發展建置一套完整的「台灣環島海象預報系統」—TaiCOMS (Taiwan Coastal Operational Modeling System)，整合數值預報模式、觀測網及資料庫，其中台灣海域模式系統涵蓋風場、波浪、水位、流場及擴散等模擬，其中亦包括三維全域之水動力模式。在中央氣象局亦建立一套三維的海流數值預報模式，提供即時及未來3.5天之流場。在海軍大氣海洋局亦有一個台灣附近海域的海流作業化模式進行未來5天之流場模擬預報作業。本文將採用後述兩個作業化模式進行探討研究。

二、海洋模式

本研究使用兩個作業化海洋模式之模擬輸出結果，進行台灣東部海域浮標漂流軌跡的應用研究。這兩個作業化海洋模式均是以 POM 海洋模式作為動力模式，藉由「巢狀箱合」(nesting)技術(Flather, 1976)的運用，將大範圍模式所提供的邊界條件帶進模式中。這兩個作業化模式範圍相近但水平網格間距與垂直分層不同，海面大氣條件和海洋側邊開口邊界亦各自使用不同的資料來源。以下將分別闡述這兩個作業化海洋模式的範圍網格、邊界條件與資料來源：

(一) 模式 A：

模式 A 之範圍為 117~125°E、19~27°N，水平網格間距為 1/8°×1/8°，垂直方向之分層為 26 層。其海面風應力取自中央氣象局 Nonhydrostatic Forecast system (NFS)每 6 小時的 MC(每 15 公里格距) 之分析風場資料。模式側邊開口邊界資料取自中央氣象局「中範圍海流數值模式」(中央氣象局，2004)之三維的溫度、鹽度、水平流速，並在垂直平均流速上線性疊加中央氣象局「台灣周圍海域潮流模式」(交通部科技顧問室，2003，2005)的正壓潮流流速與潮位。「台灣周圍海域潮流模式」是取 Schwiderski (1978, 1980)全球潮汐模式計算結果 M_2 、 S_2 、 N_2 、 K_2 、 K_1 、 O_1 、 P_1 、 Q_1 與 M_f 等九個分潮所合成之水位變化，以設定邊界水位變化方式推動模式內之流場。模式每小時輸出一筆各海表面水位、溫度、鹽度、水平流速資料。

(二) 模式 B：

模式 B 之範圍為 117~125°E、18~27°N，水平網格間距為 1/24°×1/24°，垂直方向之分層為 31 層。其海面大氣條件取自美國環境預報中心區域波譜模式 (Regional Spectral Model, RSM)每 0.25 度格距之海面風應力、大氣壓力和熱輻射通量，每 12 小時的分析場輔以每 3 小時之預報場資料。模式側邊開口邊界資料取自美國海軍 East Asian Seas Nowcast/Forecast System (EASNFS)(Teague et al., 2006; Keen et al., 2006; Lin et al., 2008; Ko et al., 2009) 2003-2008 年每五日溫度、鹽度、水平流速之氣候平均值，線性疊加美國奧瑞岡州立大學(Egbert et al., 1994; Egbert and Erofeeva, 2002)全球潮汐模式(TPXO 7.1 tide model)之 M_m 、 M_f 、 Q_1 、 O_1 、 P_1 、 K_1 、 N_2 、 M_2 、 S_2 、 K_2 、 M_4 等 11 個分潮調和分析值所合成的正壓潮潮位與潮流。模式 B 並使用國科會海洋學門之海洋三維溫度與鹽度月氣候平均值，與每日衛星合成之海表面溫度資料(Microwave + InfraRed Optimally Interpolated Sea Surface Temperature)進行 Nudging 資料同化(Chapman et al., 2004)。模式每小時輸出一組深度 33 層的溫鹽與海流資料及海表面水位高度。

三、漂流物軌跡驗證

本研究蒐集國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心在綠島施放之浮標點位及美國 NOAA Global Ocean Observations 網站(<http://www.aoml.noaa.gov/phod/trinanes/xbt.html>)上浮標資訊進行計算比較。漂流物在海上漂流同時受到海下水流及海上風速的影響，會產生偏航的現象，而偏航主要導因於風直接吹向漂流物表面所造成，幾乎所有漂流物在受風時均會有偏航的現象產生。偏航通常以距離及方向來表示，而當漂流物本身為非對稱時，即受力不平均，亦會造成漂流物偏移(divergence)原有下風處的方向。偏航的研究始自二次世界大戰，到目前為止有許多相關的研究來源，而現採用的資料來源為偏航分類法(Leeway Taxonomy)，係由 Allen and Plourde (1999)所研究，其檢閱 26 個不同的相關研究，提供一個系統化的方法來歸類不同漂流物之偏航，主要作為擬定搜救計畫之用，可利用現場之風速、風向資料及偏航分類法所得之表格，可以計算求得偏航之速度、漂流物偏移之角度。

本研究利用模式計算漂流物軌跡，是採用偏航分類法中人在水中無救生衣時之狀況，整合偏航之速度及水流速度利用拉式軌跡法(Lagrangian trajectory method)求得漂流物的軌跡。圖 1 為 3~6 月 10 次佈放之浮標漂流軌跡、模式計算考慮偏航與否之比較圖，其中浮標之漂流軌跡僅畫到模式之計算範圍為止，而上面標示之數字為月時分，為浮標每隔 1 天所在位置之時間，由於資料每 6 個小時一筆，相隔之間用直線連接。圖中顯示偏航作用會使得漂流物往下風處漂移，在模式 A 的部分，(a)先偏西再提早往右漂移；(b)繞過台灣東北往北部漂與浮標向右漂移並不一致；(c)(e)(g)(h)(j)可以算是符合漂流物的軌跡，其中(g)雖然有較偏北，但後來轉向後與漂流物的軌跡接近；而(f)(d)則向北偏，(i)雖然偏慢但趨勢仍然轉向。模式 B，(a)在剛開始與觀測值一致，但隨即偏右漂移；(b)已未繞過台灣東北且在初始階段與觀測較符合，但後來仍往北部漂移與浮標向右漂移仍然不一致；其他與觀測值的趨勢都算是符合，顯示模式 B 已較模式 A 改善許多。考慮偏航的效果在模式(B)的部分，在(c)(e)(g)(h)(j)似乎均較佳。

前述軌跡的比較方式只有流向的表示方式，較無法呈現速度的因素，因此本研究另外比較在同一時間下、漂流物所在位置與計算漂流物所在位置的距離，以顯示外在條件對漂流物漂移的快慢程度(如圖 2)。漂流物之漂流軌跡為每 6 小時一筆資料，圖中橫軸顯示資料的筆數，例如 1 代表起始點位，5 及 9 分別表示漂流 24、48 小時。結果顯示模式 B

的計算結果大部分均優於模式 A，而在漂移 24 小時後則有 9 例(如圖 3)，其中模式(B)未考慮偏航的結果，在(f)(i)因較浮標漂移的慢，故距浮標已超過 60 公里以上，其他例差距均在 33 公里以內，而距離 10 公里以內有 2 例。結果亦顯示考慮偏航的計算結果在漂移 24 小時後，有 8 例都未優於未考慮偏航的計算結果，顯示可能以人在水中無救生衣取代此專為驗證流場之漂流物仍有誤差，然而偏航對於發生海難事件的人員、船隻影響重大，在計算漂流軌跡時仍然必須考慮。

綜合前述分析的結果顯示，模式(B)在東部海域的計算結果已較模式(A)佳，然而考慮偏航的效應在漂移 24 小時似乎並未得到較佳結果，但長期來看似乎仍呈現較佳的結果。

四、結論與建議

本研究探討二個包括台灣四周海域之作業化三維海流模式，例用浮標之漂流軌跡比較二個模式在東部海域的計算結果，獲致以下之結論及建議：

1. 單就浮標軌跡而言，模式B之計算結果較優於模式A。
2. 考慮偏航的作用在24小時內並未優於未考慮偏航的計算結果，但長期仍會產生較佳的結果。另外，漂流浮標下方數公尺掛載拖曳網，而模式計算是利用海面流速，兩者亦存在造成浮標與模式差異的可能性。
3. 東部海域流況受黑潮影響甚大，可能仍受到季節風的影響而有季節的變化，現僅蒐集到3~6月的漂流案例，下一步將繼續蒐集其他月份資料進行比較，以驗證模式在東部海域之準確度。

參考文獻

1. 中央氣象局, 2004: :多尺度海流模式之建立(一).
2. 中央氣象局, 2008: 海象資訊 e 化服務系統之整合與建置(1/4).
3. 交通部科技顧問室, 2003: 海象災害預警雛型系統建置(II).
4. 交通部科技顧問室, 2005: 沿海遊憩安全資訊與監測系統之建立(2/2).
5. Allen, A. and J. V. Plourde, 1999: "Review of Leeway: Field Experiments and Implementation.", Contract report prepared for the U.S. Department of Transportation and U.S. Coast Guard. April 1999. CG-D-08-99.
6. Blumberg, A. F., and G. L. Mellor, 1987: "A

- circulation model", in *Three-Dimensional Coastal Ocean Models*, Vol. 4, edited by N. Heaps, pp. 208, American Geophysical Union, Washington, D.C..
7. Chapman, D. C., Ko, D. S., Preller, R. H., 2004: "High-resolution numerical modeling study of subtidal circulation in the Northern South China Sea", *IEEE J. Oceanic Eng.* 29, 1087-1104.
8. Egbert, G., Bennett, A., Forman, M., 1994: "TOPEX/Poseidon tides estimation using a global inverse model", *J. Geophys. Res.* 99 (C12), 24821-24852.
9. Egbert, B., Erofeeva, S., 2002: "Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides", *J. Atmos. Ocean. Technol.* 19, 183-204.
10. Flather, R. A., 1976: "A tidal model of the north-west European continental shelf.", *Memories de la Society Royal des Sciences de Liege*, 6(10), 141-164.
11. Keen, T. R., D. S. Ko, R. L. Slingerl, and S. Riedlinger, 2006: "Potential transport path ways of terrigenous material in the Gulf of Papua", *Geophys. Res. Lett.*, 33, L04608, doi:10.1029/2005GL025416.
12. Ko, D. S., S.-Y. Chao, P. Huang, and S. F. Lin, 2009: "Anomalous Upwelling in Nan Wan: July 2008", *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 20(6) 839-852.
13. Lin, I. I., C. C. Wu, I. F. Pun, and D. S. Ko, 2008: "Upper-ocean thermal structure and the western North Pacific category 5 typhoons. Part I: Ocean features and the category 5 typhoons' intensification", *Mon. W ea. Rev.*, 136, 3288-3306, doi: 10.1175/2008MWR2277.1.
14. Schwiderski, E. W., 1978: "Global Ocean Tides, Part I, A detailed hydrodynamical interpolation model", Naval Surface Weapons Center, Dahlgre, Virginia, USA.
15. Schwiderski, E. W., 1980: "On Charting Global Ocean Tides", *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 18 (1), 243-268.
16. Teague, W. J., D. S. Ko, G. A. Jacobs, H. T. Perkins, J. W. Book, S. R. Smith, K. I. Chang, M. S. Suk, Kim, S. J. Lyu, and T. Y. Tang, 2006: "Currents across the Korea/Tsushima Strait: Review of LINKS observations", *Oceanography*, 19,52-65.

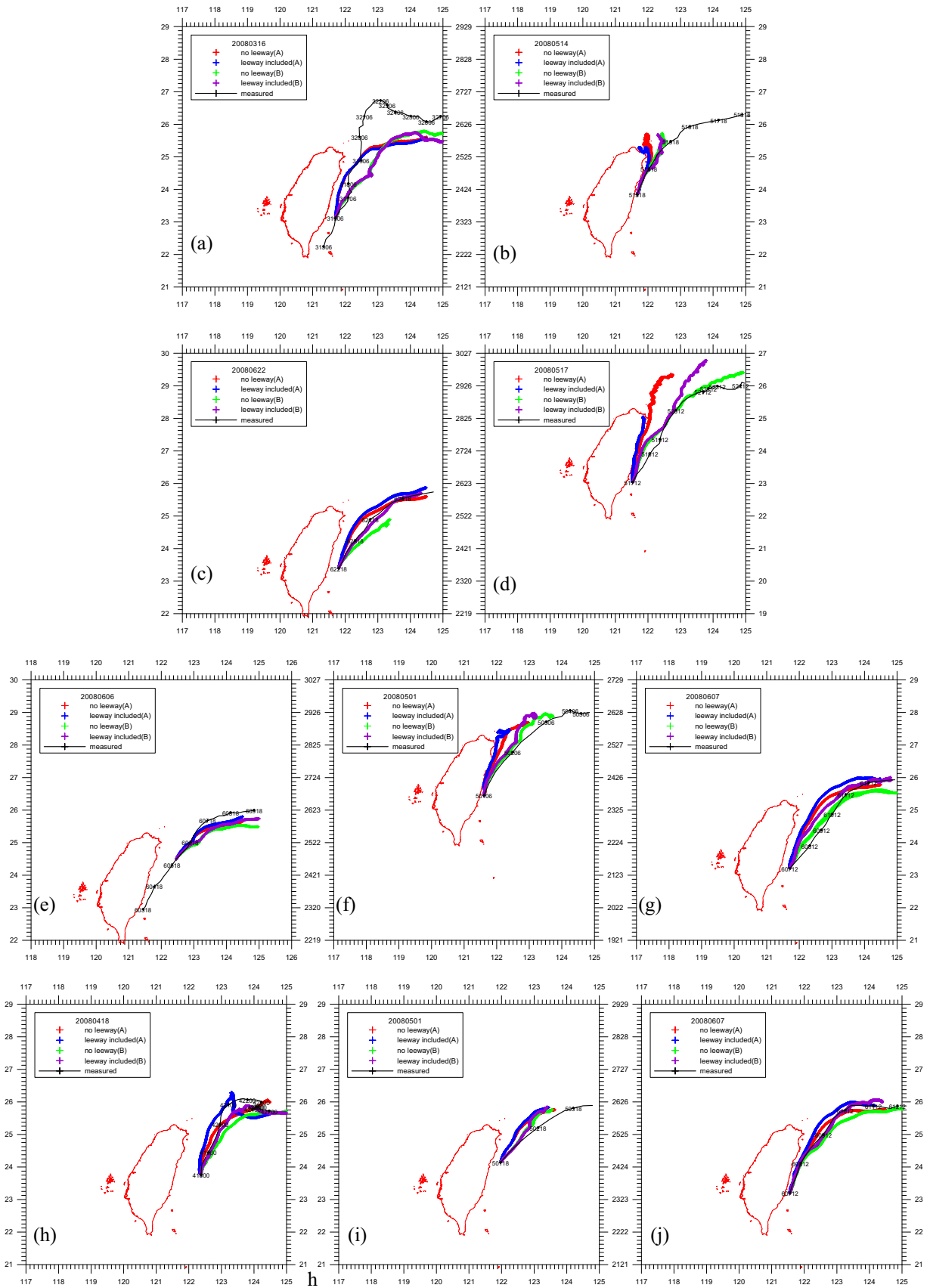


圖 1、浮標漂流軌跡及模式計算漂流軌跡比較圖(GMT)

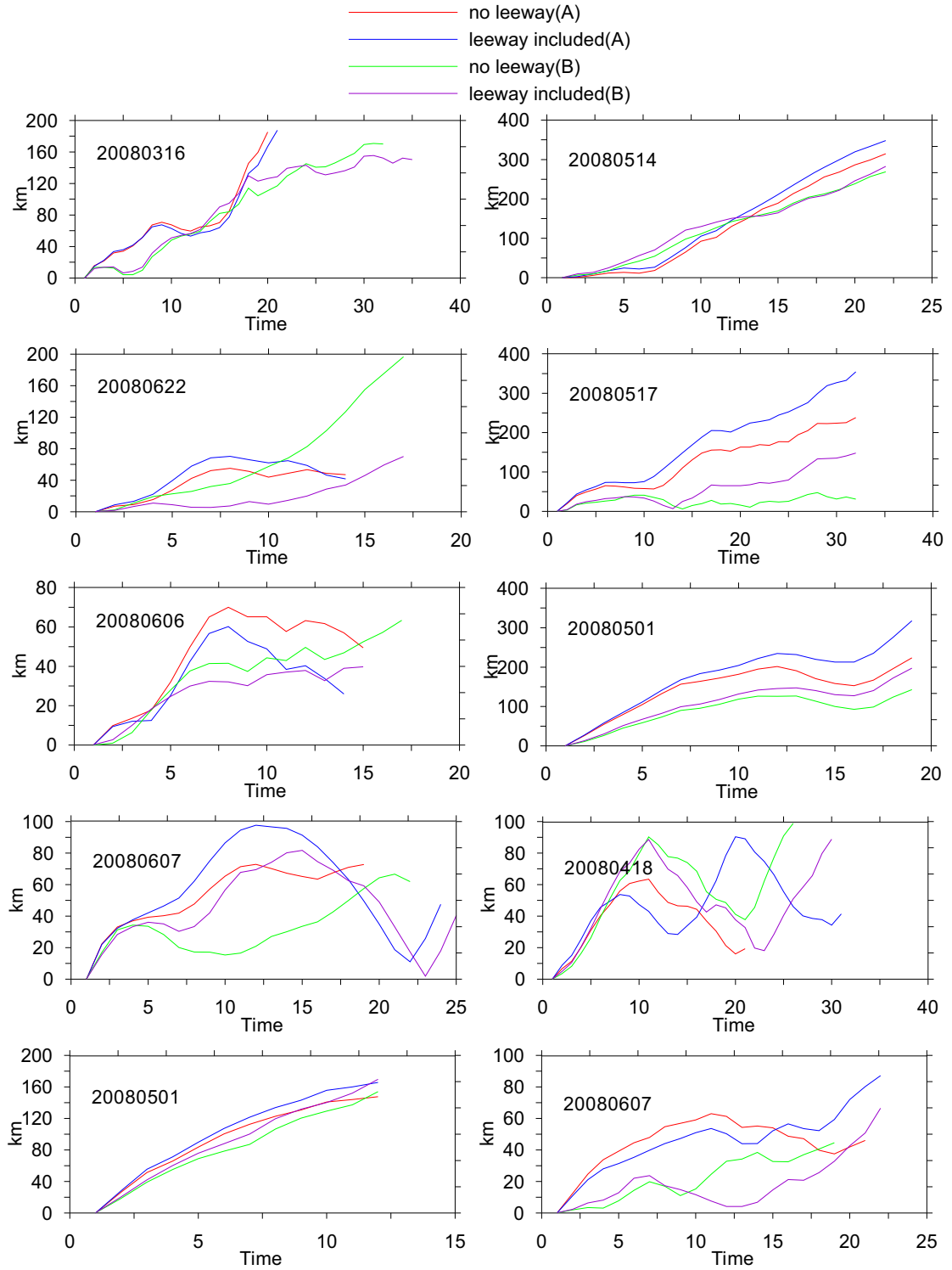


圖 2、漂流物軌跡相對距離歷時比較圖

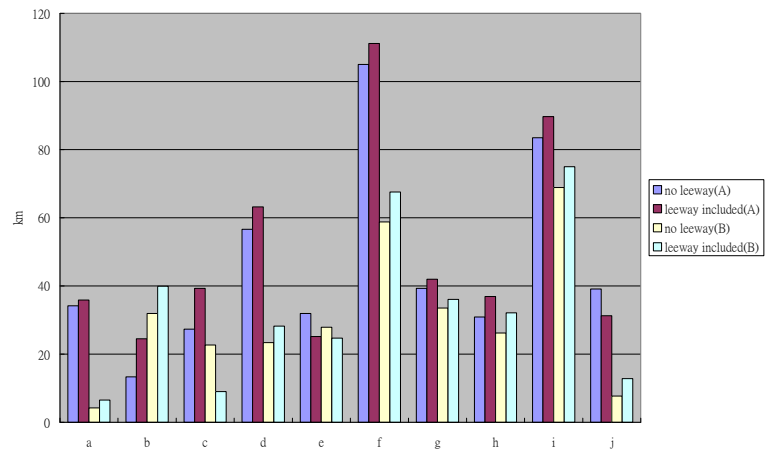


圖 3、漂流物軌跡相對距離(24 小時後)比較圖