行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

對數-雙曲線分布於粒徑分析及區分沉積環境之評估

An Assessment of Log-Hyperbolic Distribution on Grain size Analysis and Environmental Differentiation

計畫編號：NSC 90-2116-M-002-017
計畫期限：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日
計畫主持人：李建堂　　國立台灣大學地理環境資源學系
研究生助理：黃昌彥　　國立台灣大學地理環境資源學系

一、中文摘要

本研究經由長方形網格採樣設計，自草漂海岸沙丘中的沙灘/沙丘系統採取 120 個沉積物樣本用來評估：(1)對數-雙曲線分布於粒徑分析的適用性；以及(2)利用對數-雙曲線分布中的敏感參數來區分沙灘/沙丘系統中不同沉積環境的可行性。

研究顯示有 98 個樣本(81.7%)的粒徑分布合於對數-雙曲線分布，同時其偏態和峰度參數(Chi 和 Xi)散點圖均位於對數-雙曲線形狀三角形內。此結果顯示，對數-雙曲線分布模式適用於本研究沉積物的粒徑分布。另外，由對數-雙曲線模式導出的主要參數，經簡單變異數分析顯示，有 5 個敏感參數在沙灘和沙丘中有顯著的差異(α=0.05)，而用此 5 個參數區別沙灘和沙丘沉積環境的準確性達 78.6%，因而利用對數-雙曲線分布的敏感參數來區分不同沉積環境是可行的。

關鍵詞：粒徑分析、對數-雙曲線分布、對數-雙曲線形狀三角形、草漂海岸沙丘

Abstract

Total 120 surface sediment samples were collected from the beach/dune system in Tsaota coastal dune area by means of rectangular grid sampling design to assess: (1) the suitability of log-hyperbolic distribution for grain size analysis; and (2) the applicability of sensitive parameters derived from the log-hyperbolic distribution model to discriminate sediments between beach and dune sub-environments.

Results indicated that 98 of 120 samples (81.7%) could fit the log-hyperbolic distribution and scatter plots of Chi and Xi located within the log-hyperbolic shape triangle. This suggested that the log-hyperbolic distribution is the appropriate model for sediment grain size distribution in this study. Five sensitive parameters of log-hyperbolic distribution were determined by means of simple variance analysis. Those parameters are significantly different between beach and dune sub-environments (α=0.05). Meanwhile, the discriminant analysis indicated that the accuracy of discrimination between beach and dune sediments via these 5 sensitive parameters is

78.6%. Thus, it is applicable of using sensitive parameters derived from the log-hyperbolic distribution to discriminate beach/dune system sub-environments.

Keywords：grain size analysis, log-hyperbolic distribution, log-hyperbolic shape triangle, Tsaota coastal dune

二、緣由與目的

粒徑分析(grain size analysis)為地質學者常用來描述沉積環境的方法之一，此技術利用一些對數常態分布的參數來分辨不同的沉積環境。傳統上利用圖解法【1】及動差法【2】計算沉積物特性的一些統計參數以描述沉積物粒徑分布的特性，在 1960 及 1970 年代更廣為用來繪製各種不同的雙變數圖，用於區分古代和現代的沉積環境。其物理上的假設主要基於不同粒徑分布所計算出來的參數，反應出不同的水流搬運及沉積作用，或區分相同地區內的不同沉積環境(【3】)。因此地球科學家們假設，從粒徑分布所計算出來的一些統計參數，可用來區分古代及現代的沉積環境。但是在過去十多年來，這種利用描述統計方法的粒徑分析卻廣受批評，而且質疑此方法在沉積學中的實用性(例如【4】)。因此尋求替代方法，希望能定義出最佳的粒徑分布模式，然後利用此分布模式來計算出一些統計參數，用來區分不同的沉積環境，而此類替代方法之一即為對數-雙曲線分布模式(log-hyperbolic distribution)【5】。

臺灣有許多關於沉積物粒度分析的研究資料(例如【6】、【7】)，但是該些資料都侷限於傳統的對數-常態分布模式，利用圖解法或動差法來描述沉積物特性，但均未進一步用於區分不同的沉積環境。近期發展中的對數-雙曲線分布模式，目前在臺灣地區僅在老梅前濱沙丘嘗試用於描述粒徑分布特性【8】，至今尚未進行系統性的研究，更未用於區分沉積環境。因此，本研究利用系統網格設計採取草漯海岸沙丘中沙灘/沙丘系統的 120 個樣本來評估：(1)對數-雙曲線模式於粒徑分析的適用性；(2)利用對數-雙曲線模式所導出來的敏感參數於區分沙灘和沙丘不同沉積環境的可行性。

三、研究方法

1.沉積物採樣

本研究以草漯沙丘群為研究區(圖 1)，在其沙灘/沙丘系統進行沉積物之採樣。採樣設計係以長方形網格點方式進行，在海岸地區設立 10 m 等距且垂直海岸線的 10 條採樣線，方位角為北 30°西。因沙丘基部可說是沙灘/沙丘系統之間的交接帶，因此由沙丘基部分別往海岸線和內陸每隔 5 m 取一沙粒樣本，分別至高潮線和沙丘頂面為止，共計採取 120 個沉積物樣本，其中沙灘樣本 50 個，沙丘樣本 70 個(含沙丘基部樣本)。

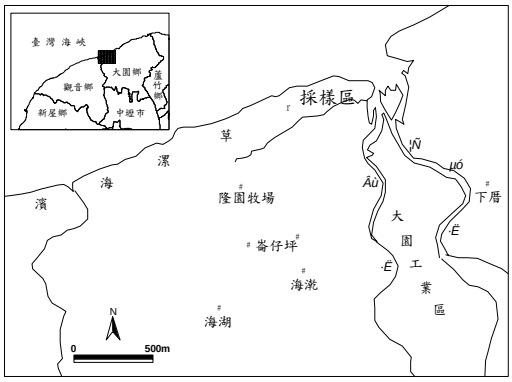

圖 1 研究區及採樣位置圖

2.粒徑分析

所有樣本經由室內自然烘乾，約 100 g 的樣本利用 4.0~ -2.0φ 的篩網，每隔 1/4φ 在搖動式篩選機自動篩 10 分鐘，並量測每一粒徑級距的重量，然後利用 SAHARA 電腦程式【9】計算得到對數-雙曲線分布的參數值。若電腦程式無法計算，則視該樣本不適於對數-雙曲線分布。有關對數-雙曲線分布主要參數的說明請參見【8】。

3. 資料分析

所有相同次沉積環境之樣本合併(分成沙灘和沙丘兩區)，繪製出對數-雙曲線形狀三角形，此係用來評估樣本粒徑分布的最合適模式【10】，同時由此圖也可檢驗對數-雙曲線分布的適宜性。另外則利用 SPSS 統計軟體中的 One-way ANOVA 分析該些參數在沙灘和沙丘之間有無顯著的差異存在，以決定區分不同沉積環境的敏感參數，並利用區別函數分析這些敏感參數在判別沙灘和沙丘不同沉積環境的準確度。

四、結果與討論

1. 對數-雙曲線分布模式的適宜性

在 120 個樣本中有 98 個樣本適用對數-雙曲線分布模式，其適用率為 81.7%，其中沙灘樣本 46 個，沙丘樣本 52 個。此現象在其他文獻中已提及，一般能適用對數-雙曲線分布模式的樣本約 70~80%【8】，主要因粒徑分布屬平頂型分布或由不同沙粒群落混合所造成的結果【11】。

所有適用對數-雙曲線模式的樣本(n=98)，將其偏態參數(Chi)和峰度參數(Xi)繪製於對數-雙曲線形狀三角形圖中(圖 2)，可用來幫助評估樣本最合適的分布模式。圖 2 中三角形邊界的字母表示各種不同的分布，所有 98 個樣本均位於雙曲線形狀三角形內，因此對數-雙曲線模式在本研究區沙灘/沙丘統的沉積物可算是合適的分布模式【12】。

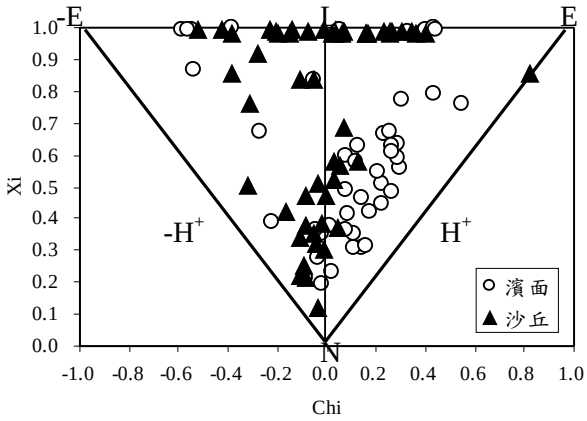

圖 2 對數-雙曲線形狀三角形，在邊界的英文字母表示各種不同的分布。(N：常態分布；H^+、$-H^+$：正、負雙曲線分布；L：平頂分布；E：指數分佈)

2. 區分不同沉積環境的評估

本研究採用 SAHARA 軟體所導出的對數-雙曲線參數計有 14 個，其中有 5 個參數在沙灘和沙丘兩組不同沉積環境之間具有顯著的差異(α=0.05)。利用這 5 個參數進行區別函數分析結果顯示，判別沉積物在兩組的準確率達 78.6%。如果以全部 14 個參數進行區別分析，準確度雖可提高到 83.7%，但因參數太多並不實際。

另外，在 5 個參數中以 Rho 和 Xi 最為敏感，分別利用中位值及其 95%信賴區間的值所繪製的雙變數方格圖顯示(圖 3)，簡單的圖解法即可明顯區分開沙灘和沙丘的沉積物，因此利用對數-雙曲線導出的參數來區別沙灘和沙丘不同沉積環境是可行的。

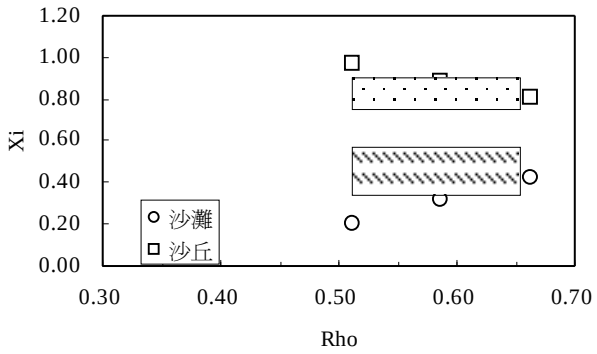

圖 3 對數雙曲線參數 Rho 和 Xi 的雙變數方格圖解，圖中方格為不同沉積環境中位值的 95%信賴區間。

五、計畫成果自評

本研究證明對數-雙曲線分布模式在臺灣地區可用於粒徑分析，且所導出的敏感參數也可用於區分不同的沉積環境。唯其參數眾多，且在區分不同沉積環境的敏感參數會因研究地區而有所不同，因此有必要在其他地區持續進行檢驗，以找出其間差異之原因，並確定不同區域及作用下共同的敏感參數。

六、參考文獻

[1] Folk, R. L. and Ward, W. C. (1957) Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters, *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1): 3-26.

[2] Friedman, G. M. (1961) Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics, *Journal of Sedimentary Petrology,* Vol.31, No.4, pp.514-529.

[3] Lee, C.-T. (1997)Textural variations over a foreshore-backshore environment, Hawaii, *Physical Geography*, 18(3): 253-279.

[4] Ehrlich, R. (1983) Size analysis wears no clothes, or have moments come and gone! Editorial. *Journal of Sedimentary Petrology*, 53:1.

[5] Bagnold, R. A. (1937) The size-grading of sand by wind, *Proceedings of the Royal Society of London*, 163(A): 250-264.

[6] 鄭瑞壬、鄧國雄(1991)桃園台地海岸沙丘形態與沙粒度分析，*中國地理學會會刊*，19: 21-31。

[7] 石再添、張瑞津、張政亮、連偵欽、林雪美(1994)台灣南端與東部海岸沙丘之地形學研究，*師大地理研究報告*，21: 1-42。

[8] 李建堂(1998)對數-雙曲線分布於粒度分析之應用：老梅前濱沙丘個案研究，*中國地理學會會刊*，26:129-141。

[9] Christiansen, C. and Hartmann, D. (1988) SAHARA: a package of PC computer programs for estimating both log-hyperbolic grain-size parameters and standard moments, *Computers and Geosciences*,.14(5): 557-625.

[10] Hartmann, D. (1991) Cross-shore selective sorting processes and grain size distributional shape, *Acta Mechanica Supplement*, 2; 49-63.

[11] Sutherland, A. R. and Lee, C.-T. (1994b) Discrimination between coastal environments using textural characteristics, *Sedimentology*,.41: 1133-1145.

[12] Christiansen, C. and Hartmann, D. (1991) The hyperbolic distribution. In: Syvitshi, J.P.M., (ed.) *Principles, Methods, and Applications of Particle Size Analysis*, Cambridge: Cambridge Univ. Press, pp.237-248