

## 前言與目的

地質模型是大地工程、地下環境及地質災害分析、模擬及評估的基礎。

在建立地質模型時有許多原因會造成不確定性：

1. 鑽井中地質材料邊界解釋的不確定性
2. 鑽井之間材料邊界與材料側向延伸解釋的不確定性
3. 關於地質構造之知識不足導致的不確定性

這些原因所導致的不確定性，將會影響應用之分析成果與可靠性。

本研究由以下兩點探討地質模型的不確定性：

1. 鑽井中地質材料邊界解釋的不確定性：  
本研究將依據土壤取樣紀錄為標準給定土壤邊界。
2. 鑽井之間材料邊界與材料側向延伸解釋的不確定性：

利用既有鑽井資料加以率定垂直與水平向延伸長度之比例關係。

## 建模方法

馬可夫鏈 (Markov chain) 為一種隨機過程 (random process)，僅有現在階段的結果會影響未來的結果 (Norris, James R., 1998) 馬可夫鏈建模方法可以給定一套特定的模擬路徑進行地質模型的模擬。

耦合馬可夫鏈，包含代表材料在垂直方向的傳遞情況，及代表材料在水平方向的傳遞情況

(Elfeki and Dekking, 2001)。

Qi et al.(2016)使用轉換機率矩陣 (transition probability matrix) 描述材料在模擬時之空間相關性。將鑽井中的材料依等距切成多個網格，藉由計算不同種類的材料變換次數建立垂直轉換機率矩陣。

$$T_{ij}^v = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & \dots & T_{1j} \\ T_{21} & T_{22} & \dots & T_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_{i1} & T_{i2} & \dots & T_{ij} \end{bmatrix}$$

$$p_{ij}^v = \frac{T_{ij}^v}{\sum_{f=1}^m T_{if}^v}$$

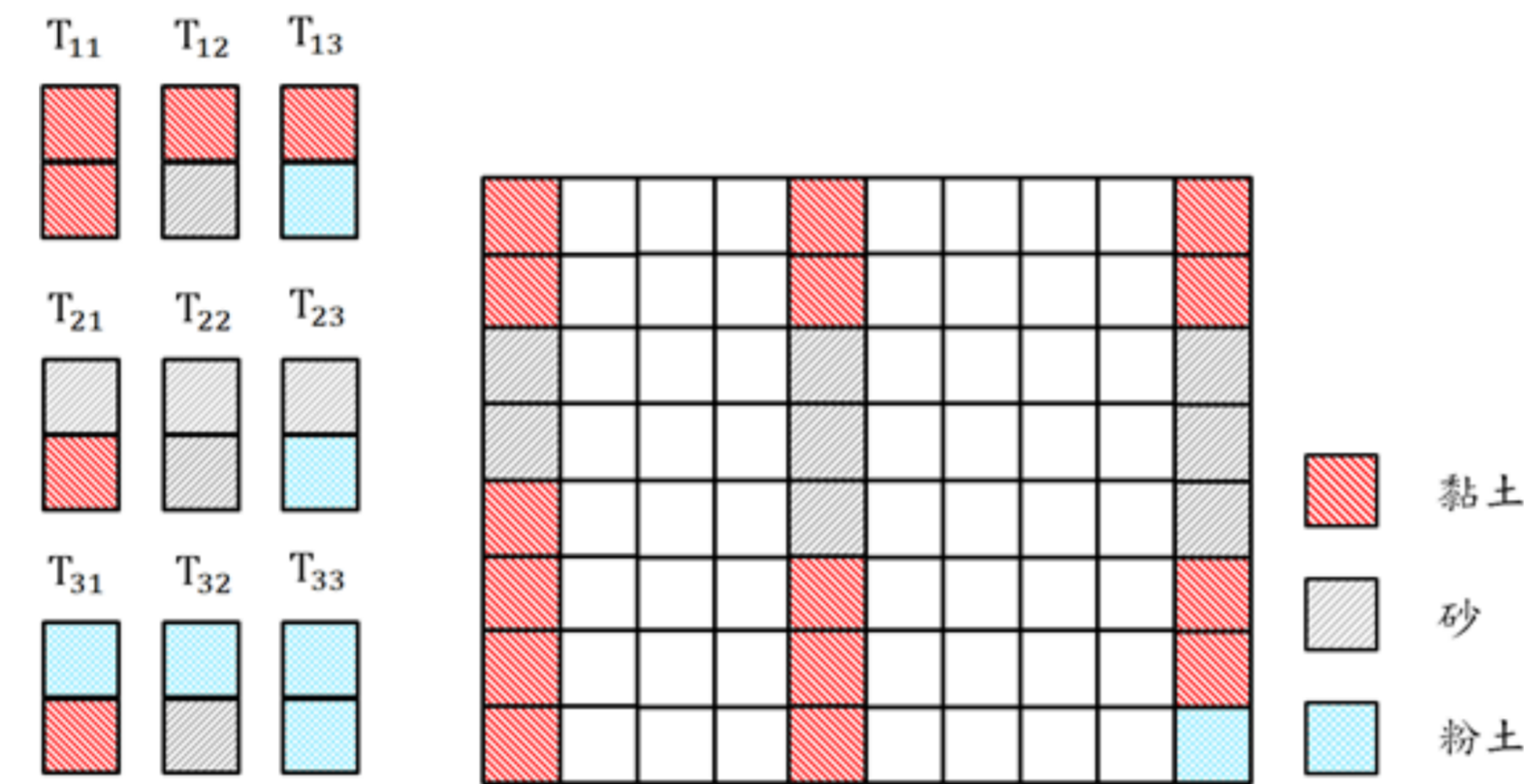


圖2.垂直轉換機率矩陣建立之示意圖

水平轉換機率矩陣參考沉積學之韋氏定律 (Walther's law)：「一個垂直的相層序將會是一系列橫向相鄰的沉積環境的產物。(Allaby, 2013)」，假設在水平向觀察到的層序與在垂直向觀察到的層序相同，唯尺度不同。基於此假設，以常數K值，描述垂直向與水平向的比例關係。

$$T_{ij}^h = \begin{bmatrix} KT_{11} & T_{12} & \dots & T_{1j} \\ T_{21} & KT_{22} & \dots & T_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_{i1} & T_{i2} & \dots & KT_{ij} \end{bmatrix}$$

$$p_{ij}^h = \frac{T_{ij}^h}{\sum_{f=1}^m T_{if}^h}$$

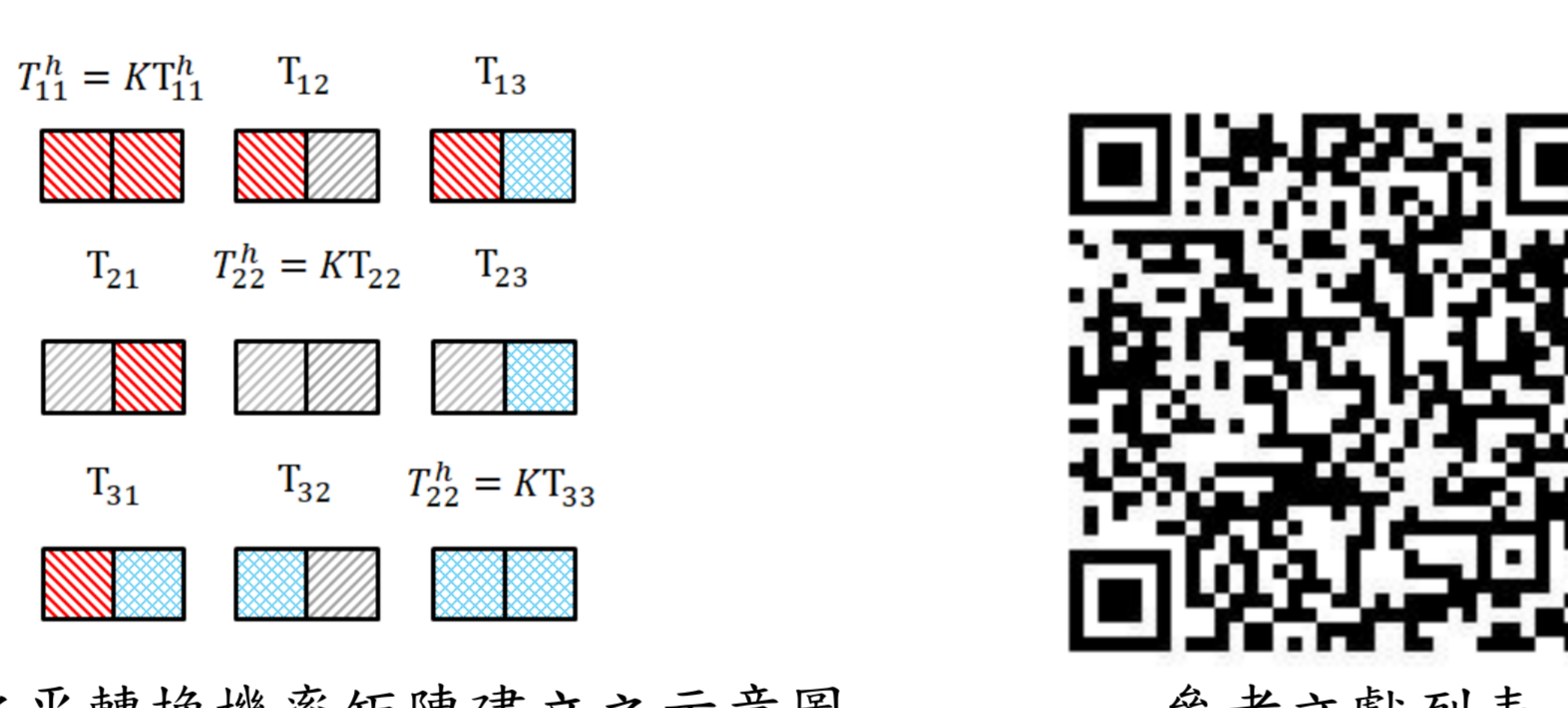


圖3.水平轉換機率矩陣建立之示意圖

參考文獻列表

## 參數之率定方法

以最大似然估計法 (maximum likelihood method)，評估合適的K值。

設定不同的K值，使用最外圍的鑽井 (鑽井A、鑽井D) 產生模擬。

比對產生的模擬在內部鑽井處 (鑽井B、鑽井C) 之土壤與原先鑽井紀錄之土壤之差異，評估最合適的K值。

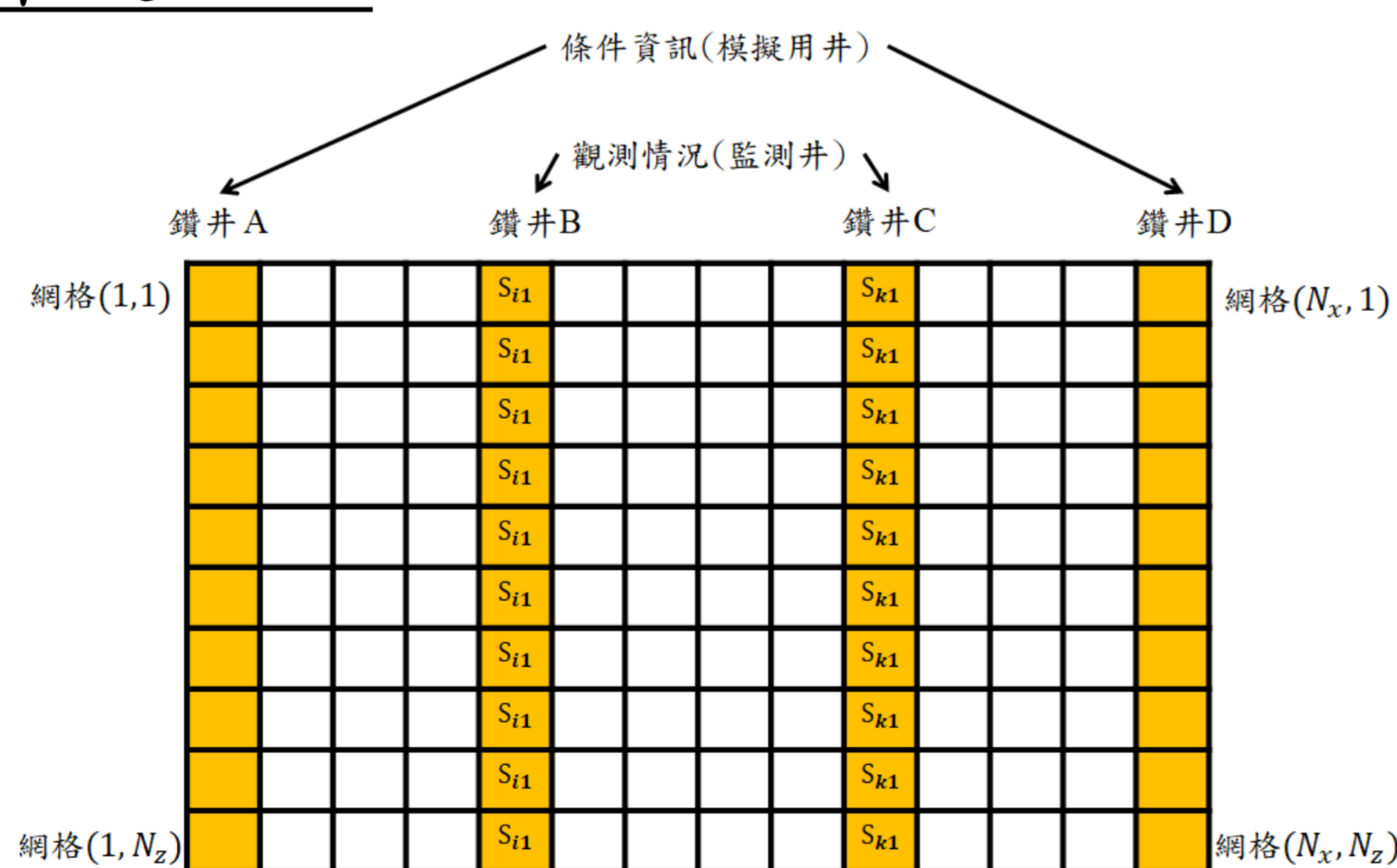


圖4.參數率定時鑽井用途之示意圖

## 研究區之選定

挑選的研究區符合以下兩個特點：

- (1) 鑽井密度高
- (2) 優先考慮內有多個鑽井深度接近30公尺的研究區。

以此條件，選定兩個研究區

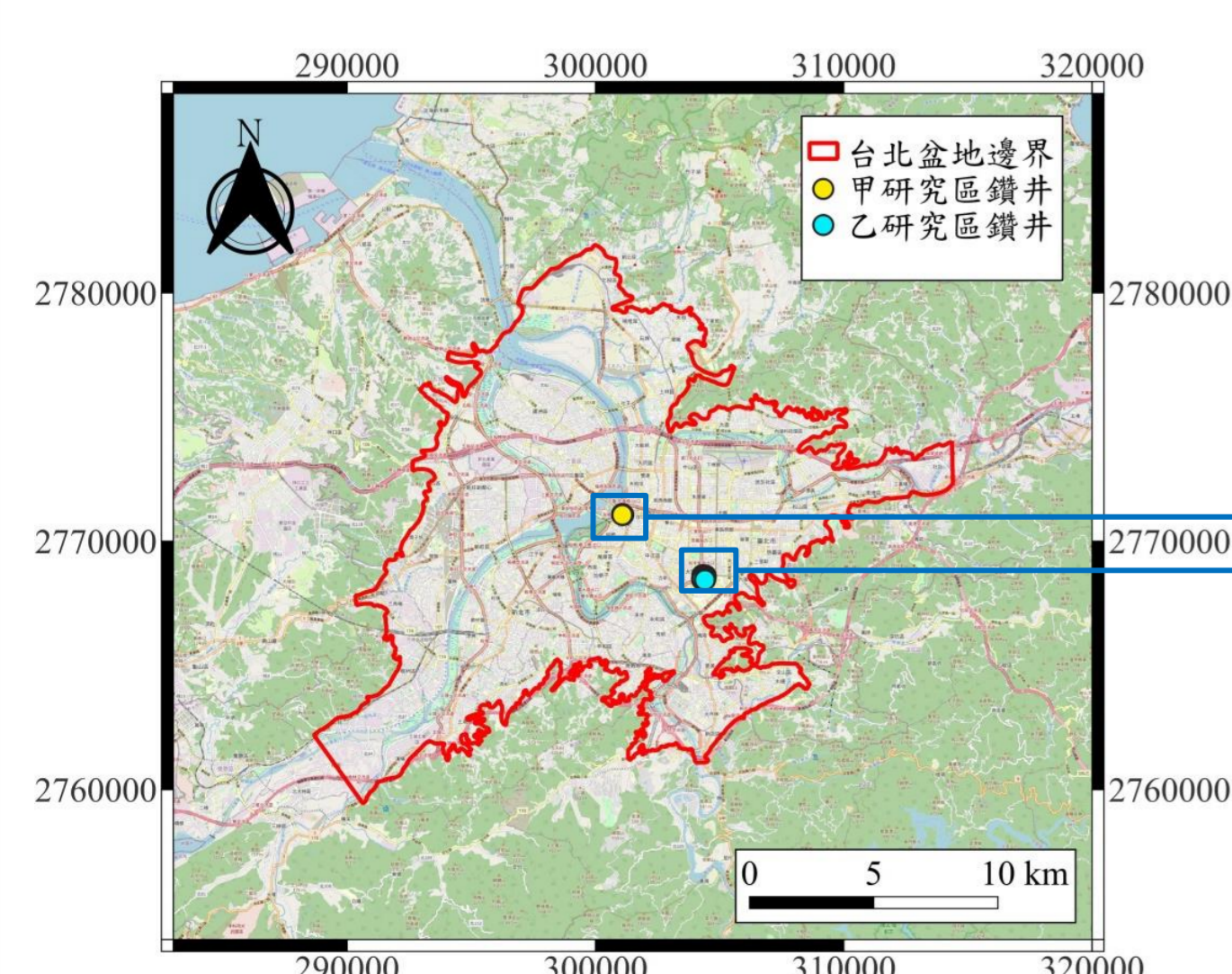


圖5.研究區於台北盆地分布位置

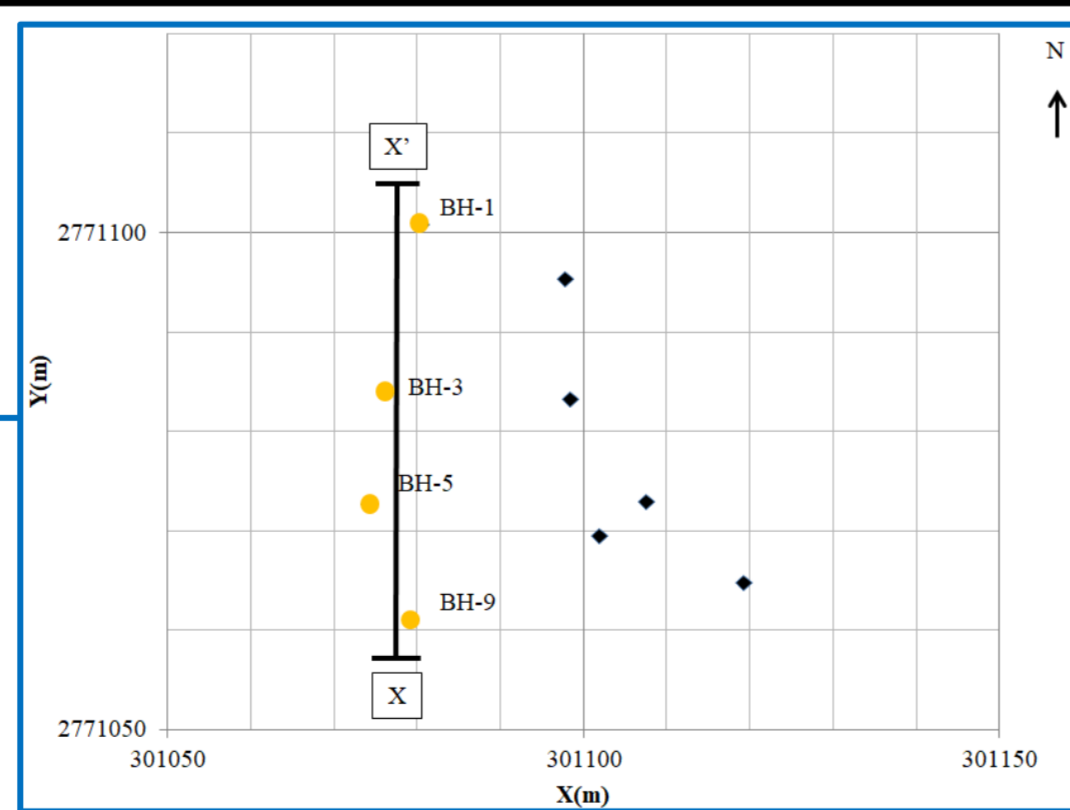


圖6.甲研究區鑽井分布

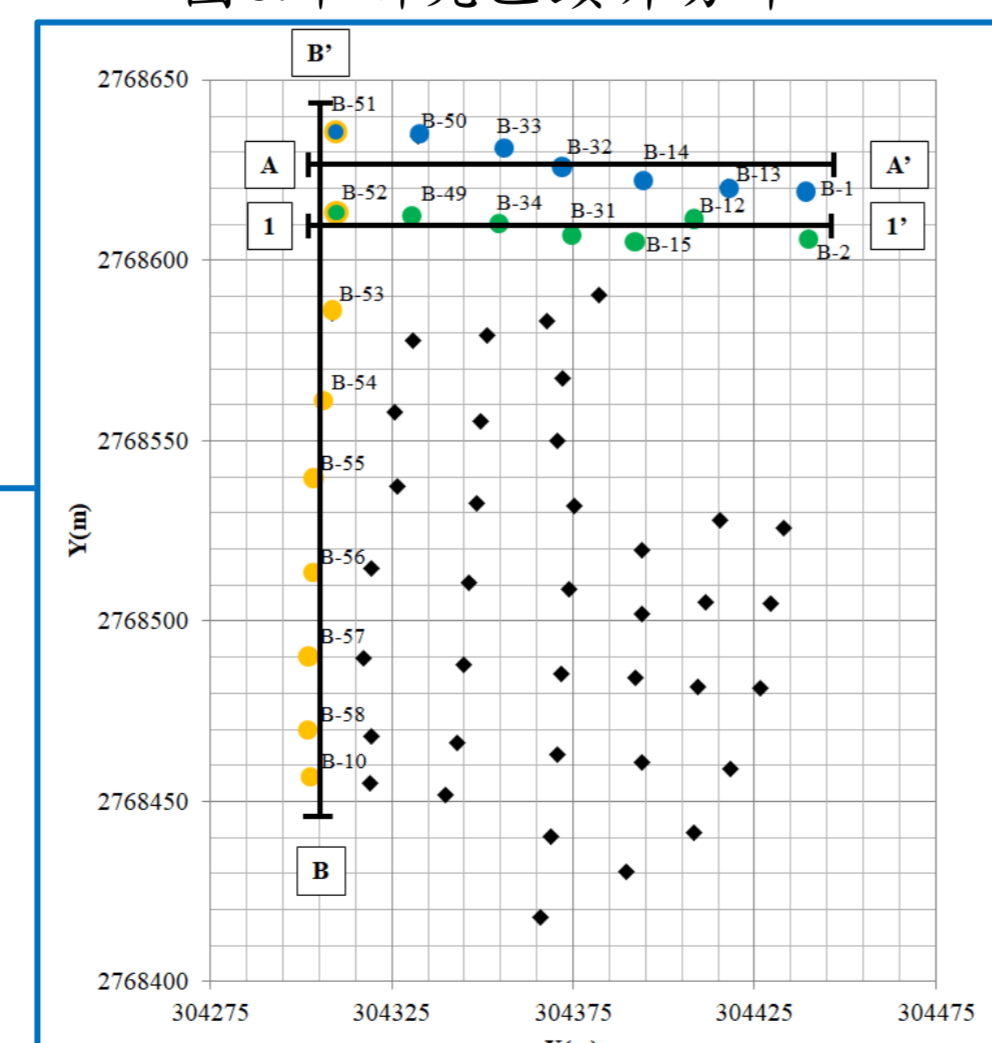


圖7.乙研究區鑽井分布

## 土壤種類再分類

檢視乙研究區內所有鑽井中的土壤取樣。以統一土壤分類法，主要的土壤種類為粉土質砂 (SM)、低塑性粉土 (ML)、低塑性黏土 (CL)。

採用以下條件將土壤種類進行再分類：

- (1) 砂含量大於50%，分類為砂
- (2) 砂含量小於50%，不具有塑性之細顆粒土壤分類為無塑性粉土
- (3) 砂含量小於50%，具有塑性之細顆粒土壤分類為塑性土壤。

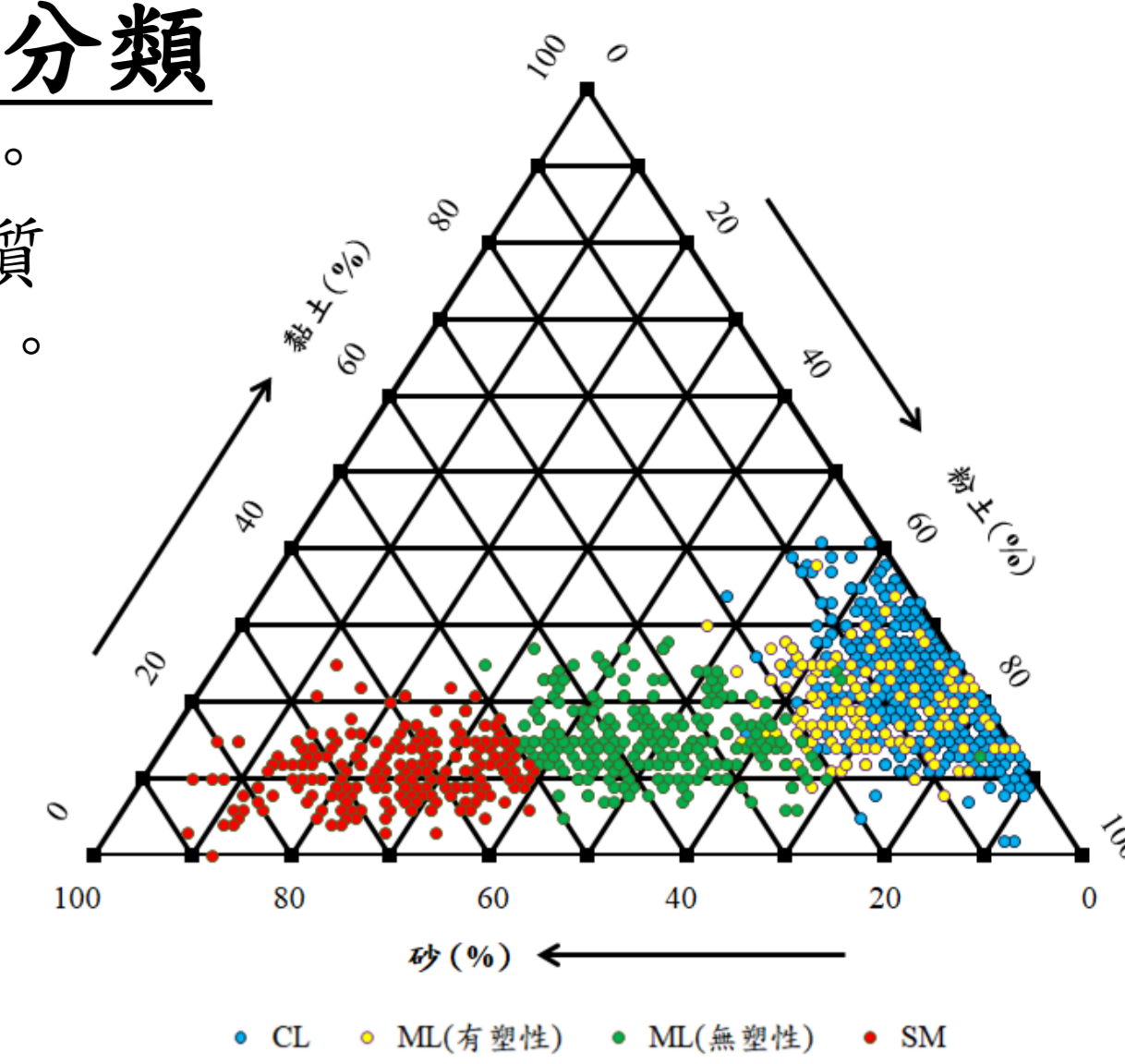


圖8.土壤種類於土壤質地三角圖之分布

## 結果

### 甲研究區

分析次序	最佳 K
由左而右	13
由上而下	12.5
由右而左	15.5
由下而上	11.5

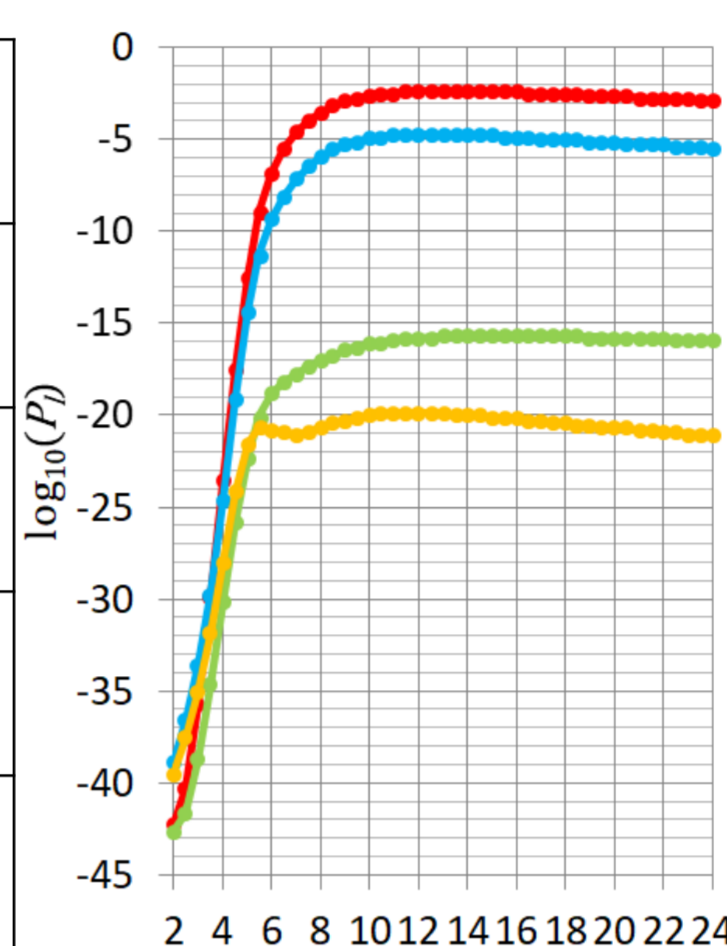


圖9.不同分析次序下率定之K值

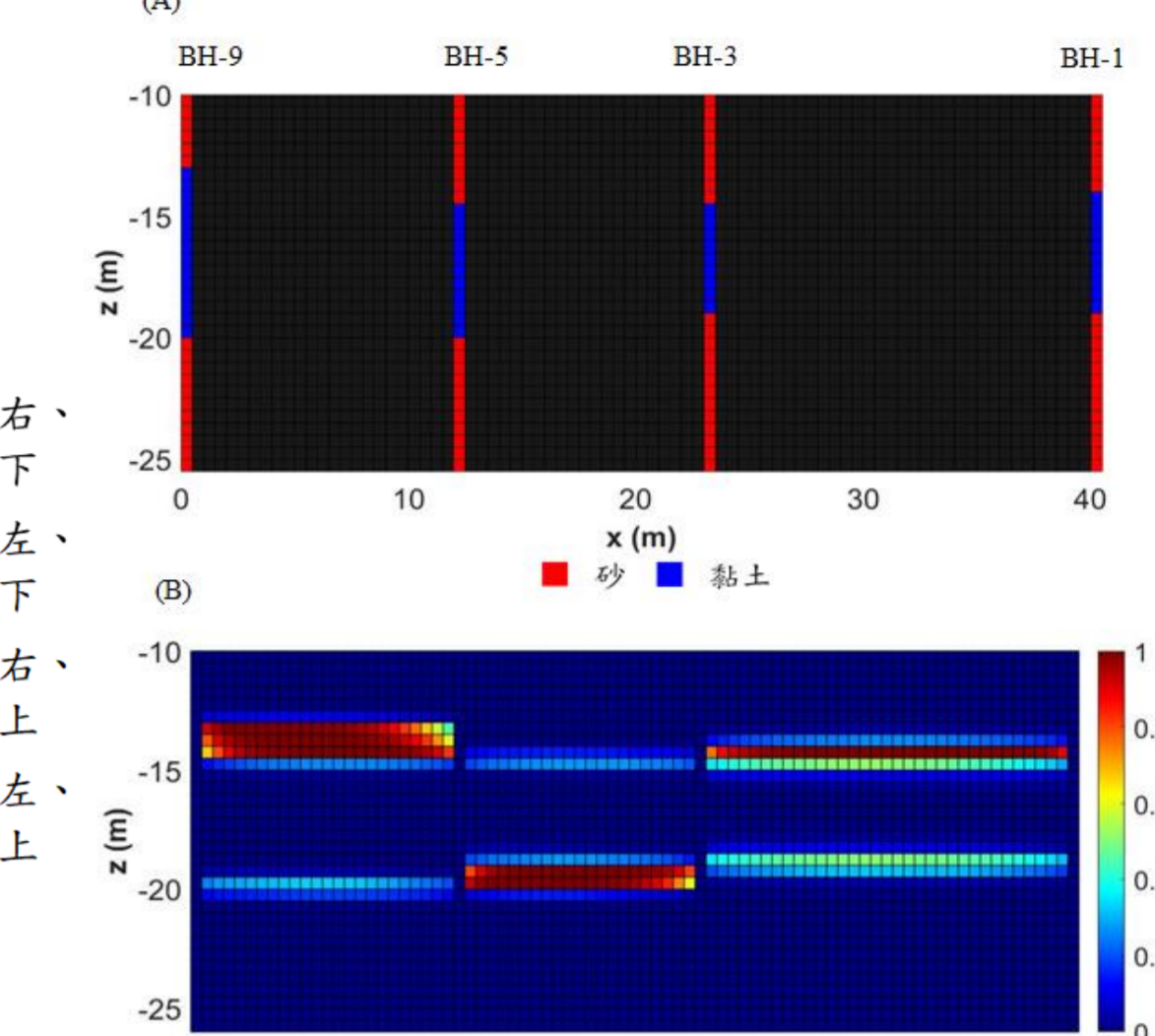


圖10.模擬剖面與信息熵分布

### 乙研究區A-A'剖面

分析次序	最佳 K
由左而右	40
由上而下	44

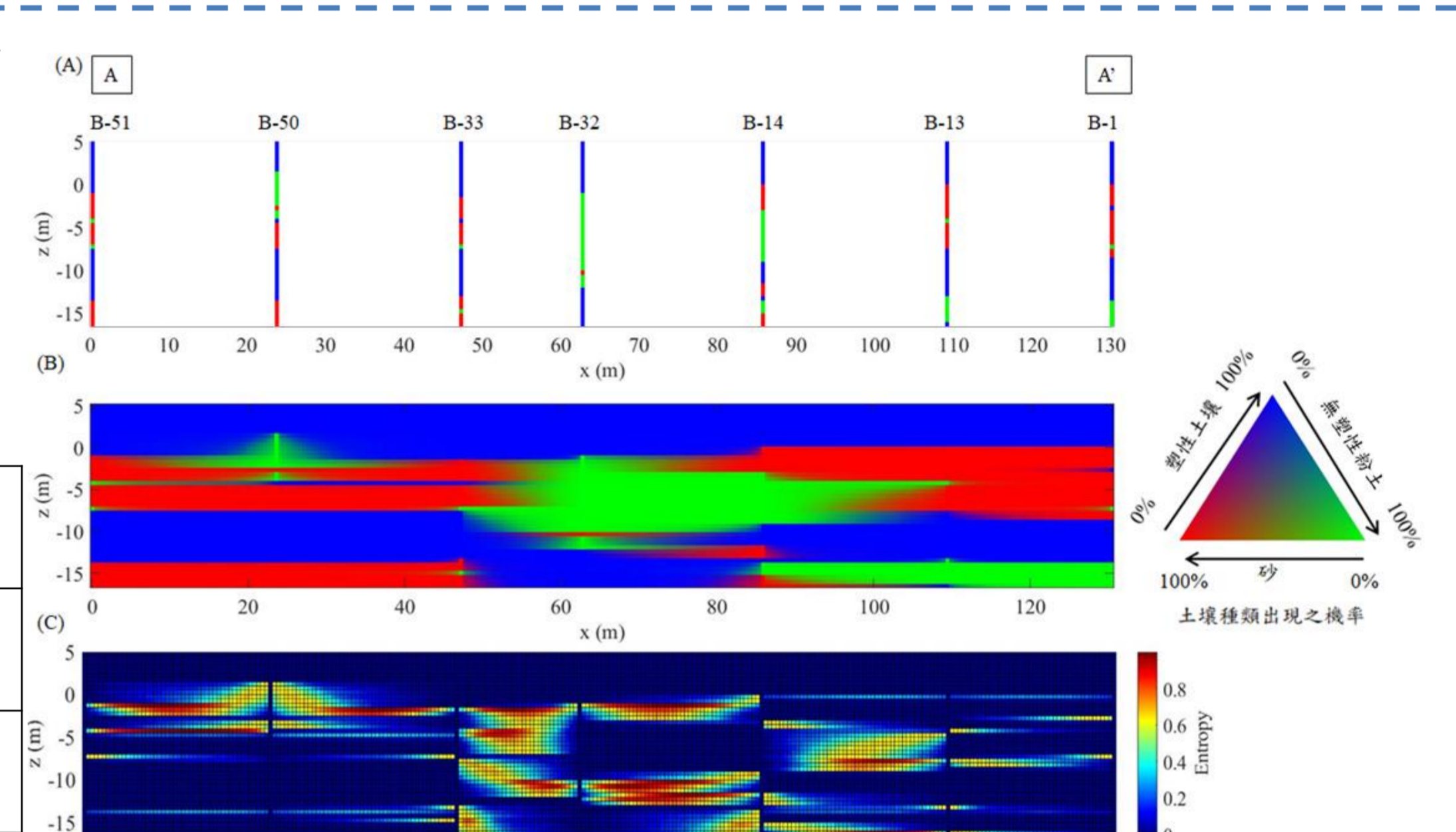


圖11. (A) 模擬之已知鑽井資料。 (B) 土壤種類出現機率分布圖。 (C) 信息熵。

### 乙研究區1-1'剖面

分析次序	最佳 K
由左而右	65
由上而下	37

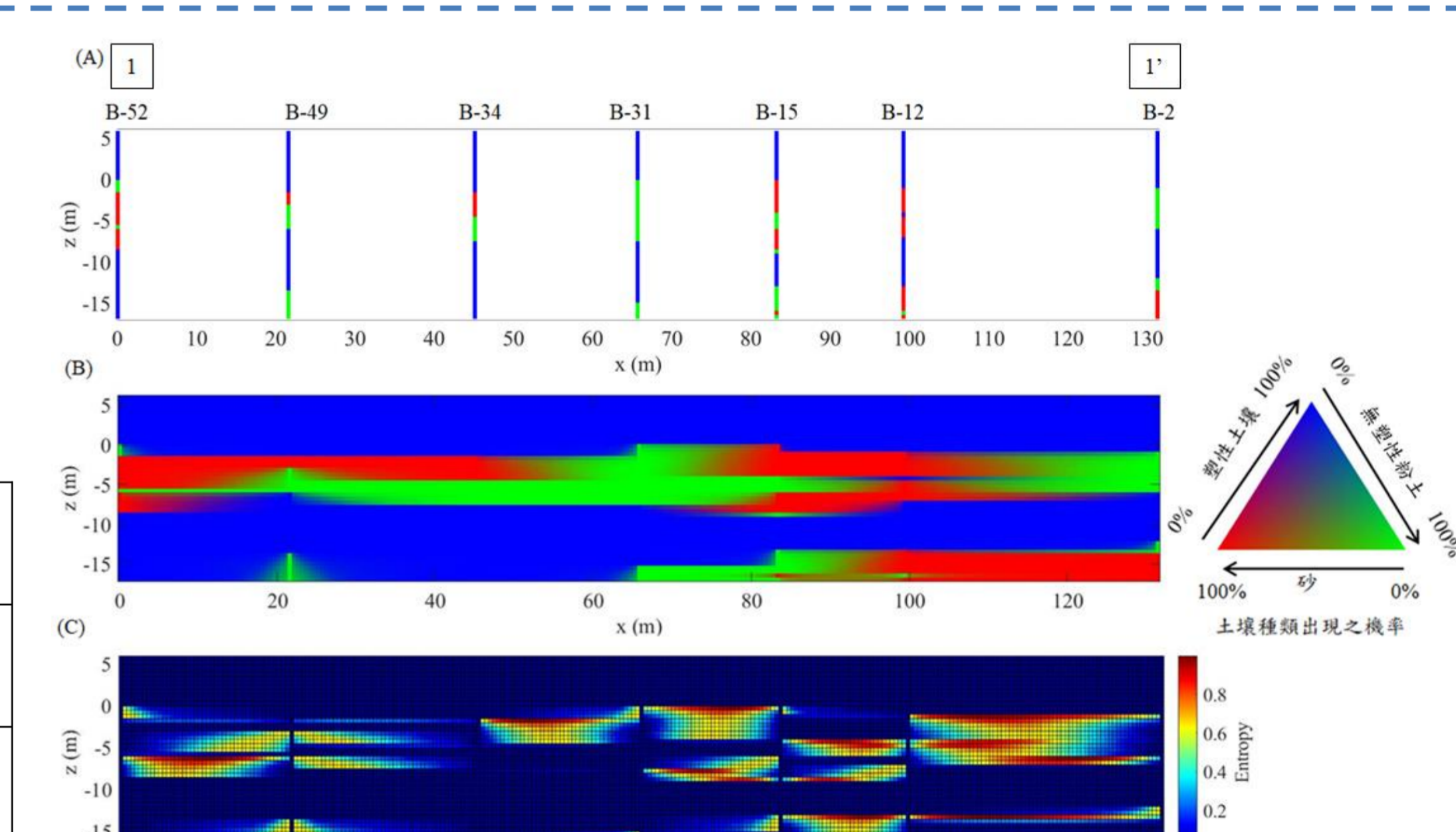


圖12. (A) 模擬之已知鑽井資料。 (B) 土壤種類出現機率分布圖。 (C) 信息熵。

### 乙研究區B-B'剖面

分析次序	最佳 K
由左而右	57
由上而下	33

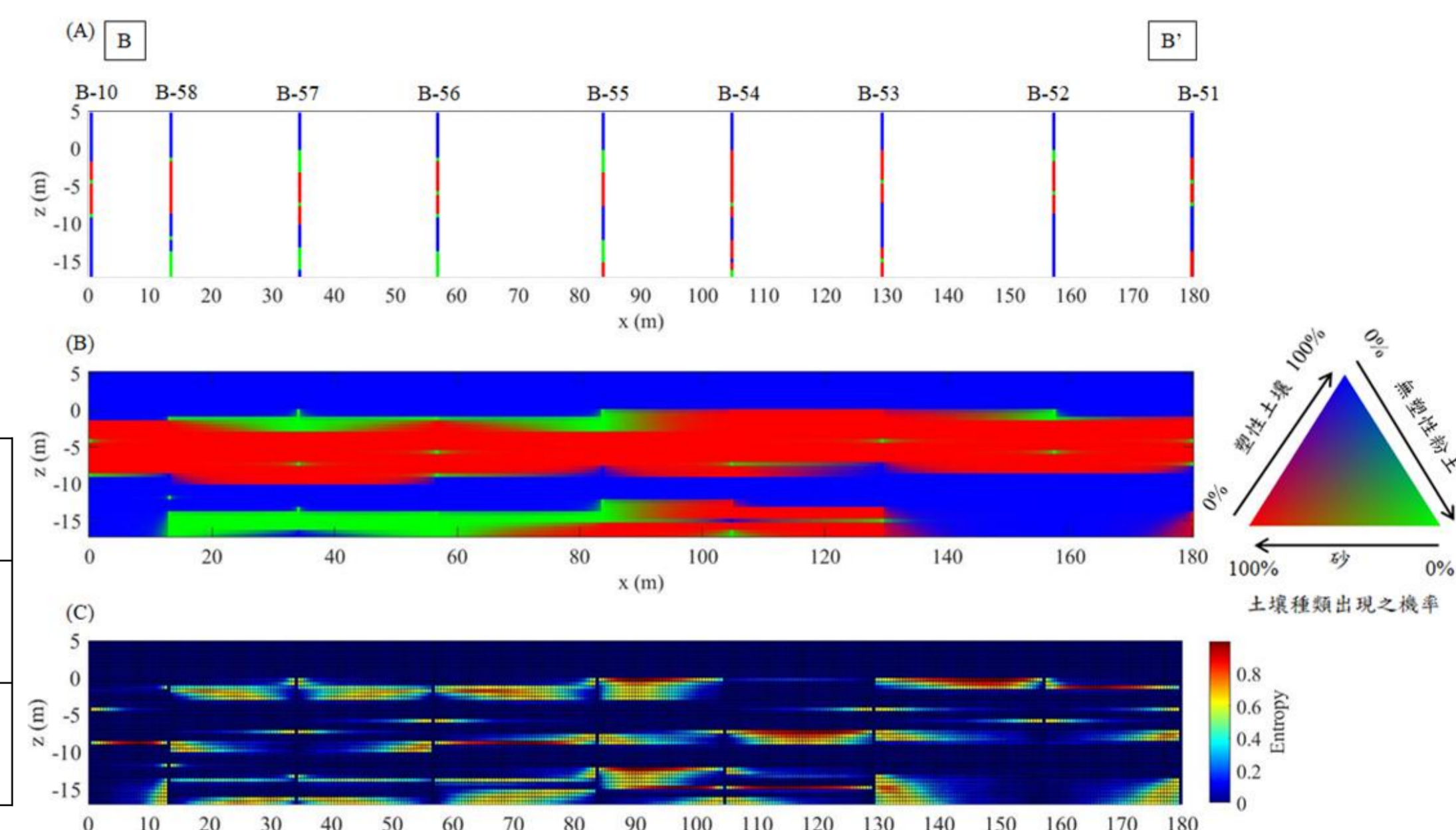


圖13. (A) 模擬之已知鑽井資料。 (B) 土壤種類出現機率分布圖。 (C) 信息熵。

## 結論

1. 耦合馬可夫鏈之分析次序會影響延伸比例之率定結果。
2. 水平向之延伸長度遠大於垂直向之延伸長度。
3. 參數之率定結果與剖面之方向性關係甚小。
4. 藉由率定合適之垂直向與水平向沉積物延伸比例建立合理之地質剖面。