# 緒論

物種豐富度，即在某一特定群落中所存在的物種數。在生態多樣性的研究中，物種數是一種最為簡單且直觀的指標，特別是在維持多種生態功能，以及在多樣性的保護與管理上。此外，也有研究表明，物種數與生態系統的功能性呈正向關係 (Shmida et al., 1985; Maestre et al., 2012)。故在群落物種數的監測在生態研究中顯得格外重要。然而在生態調查中，往往因為人力、資金以及時間等成本因素，而無法準確調查到群落中存在的所有物種。因此，如何透過樣本資料準確地估計物種數便成為一大難題。

在過去文獻中針對物種數所進行的估計方式可依據所蒐集的資料型態大致分為兩種：個體豐富度資料 (abundance data) 與物種出現與否的出現型資料 (incidence data)。所謂個體豐富度資料指具備物種和其個體數的資料。這些資料通常是基於個體為抽樣單位的隨機樣本，例如在特定的地點進行個體抽樣一段時間，並同時對抽取個進行物種鑑定和計數。因此，個體豐富度資料通常包括物種個體數量，物種種類數、物種的相對豐度等資訊；而物種出現型資料是指只紀錄物種出現與否的資料型態。這些資料通常是以區塊、陷阱或是特定的一段時間作為抽樣單的隨機樣本，例如在特定目標地區中，抽取其中部分的區塊；或是在不同時間點進行調查，同時針對抽取的區塊，只紀錄物種出現與否而非物種實際出現的次數或個體數。文獻中，此兩種類型資料皆可用來作為量化生物多樣性指標 (Chao & Chiu, 2016)。

除了樣本資料型態的不同之外，抽樣方式則可分為取後放回 (sampling with replacement) 以及取後不放回 (sampling without replacement) 兩種常見的抽樣方式。因此在物種數估計方法的推導上，需針對不同的數據型態、不同的抽樣方式，進行相對應的抽樣機率模型和母體物種組成模型假設。

在大多數先前研究所提出的物種數的估計式中，依據估計方法的不同，大致可分為有母數方法 (parametric method) 以及無母數方法 (nonparametric method)。其中，在無母數方法所建立估計式的過程中，無需對物種組成做任何機率模型假設。例如在物種數估計中常見的下界估計方法 (Chao 1984; 1987) 以及 jackknife 估計方法 (Burnham & Overton, 1978; 1979)。另一方面，有母數方法則需要假設物種相對組成來自一個特定的機率分佈。在有母數方法中，模型的有母數方法通常可以通過最大概似估計 (MLE) (Sanathanan, L. 1972; 1977)或者是動差法 (method of moments) (Chiu 2022; 2023) 等方式估計。並且大部分情況下，無母數方法因為其無須假設一個特定的分佈形式，因此會比有母數方法更廣為被引用。反觀，有母數方法通常比無母數方法更簡單，因為它們可以藉由假設一個特定的分佈簡化問題。

而在生態上的應用以及環境決策中，除了單一群落的物種數之外，往往也需要針對多個群落之間進行比較。這些群落可能是一保護區隨時間的變化，或是不同海拔或緯度的生態差異等。在這其中，共同物種數，便是建構群落之間相似性以及*Beta*多樣性重要的基礎之一。因此，估計多個群落間存在的共同物種數也是一樣重要的議題。在過去已有許多研究針對不同的抽樣方式，依據無母數的方法來建立兩群落的共同物種數進行估計 (Chao et al., 2000; Pan et al., 2009; Chao & Lin, 2012)。此外，Shen 與 He (2008) 根據有母數方法，假設物種出現的機率為Beta分佈 (Beta distribution) 之隨機變數進行共同種類數估計。因此，本文將針對不同取樣方式下，根據物種出現型資料，結合假設物種在群落中出現的機率為Beta分佈 (Beta distribution) ，用以改善兩群落之間的共同物種數估計。

以下為本篇文章的章節安排：在第二章中，首先將針對文章中的數學符號、出現型數據、不同抽樣方式下的單群落與兩群落的物種數估計，以及一些估計指標進行回顧。接著，在第三章中將針對本篇文章所提的修正估計方法進行完整的推導與描述。隨後在第四章中，利用電腦模擬出的群落數據，以及兩筆真實資料：澳洲三種極端氣候鳥類資料與BCI資料，作為群落母體 (Connell et al., 2022; Condit et al., 2019)。再以電腦模擬的方式呈現估計結果，並評估估計式的穩定性。並在第五章中使用紅杉國家公園內苔蘚資料進行實例分析 (Wilson & Coleman, 2023)，將估計式實際應用於資料分析中。最後針對本篇文章給予一個總結，同時針對研究的未來發展提出討論。