

崩塌時，大樹會害死小樹 還是保護小樹？

宋國彰

國立中興大學水土保持學系

2021.09.07

水保局技研小組專題討論

演講大綱

- 前言
- 方法
- 結果與討論
- 結論

前言

之前的崩塌研究

- 過去植生與崩塌的研究主要著重在樹木如何與以下兩個**非生物因子(abiotic factors)**的互動，而改變淺層崩塌潛勢。
 - 水: 例如，樹木樹冠的**截留與蒸散作用**降低土壤中的**水份**，降低降雨型崩塌潛勢 (e.g. Levia *et al.* 2011)。
 - 土: 樹木的**根力**增加**土壤的抗剪強度**，而降低崩塌潛勢 (e.g. Fan and Su 2008)。
- 幾乎沒有研究探討樹木間的**生物因子(abiotic factors)**的**互動**

樹木間的互動

- 在森林中樹木個體間的互動是**不可避免且隨處可見**，因為彼此間靠得很近。
 - **物種間**互動(interspecific interaction)與**物種內**互動(intra-specific interaction) (e.g. Chesson 2000)
 - **正面與負面**的互動 (e.g. Callaway & Walker 1997)

Chesson, P. (2000) Mechanisms of maintenance of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics, 31, 343-366.

Callaway, R. M. & Walker, L. R. (1997) Competition and facilitation: A synthetic approach to interactions in plant communities. Ecology, 78, 1958-1965.

樹木間的互動與淺層崩塌的可能關係

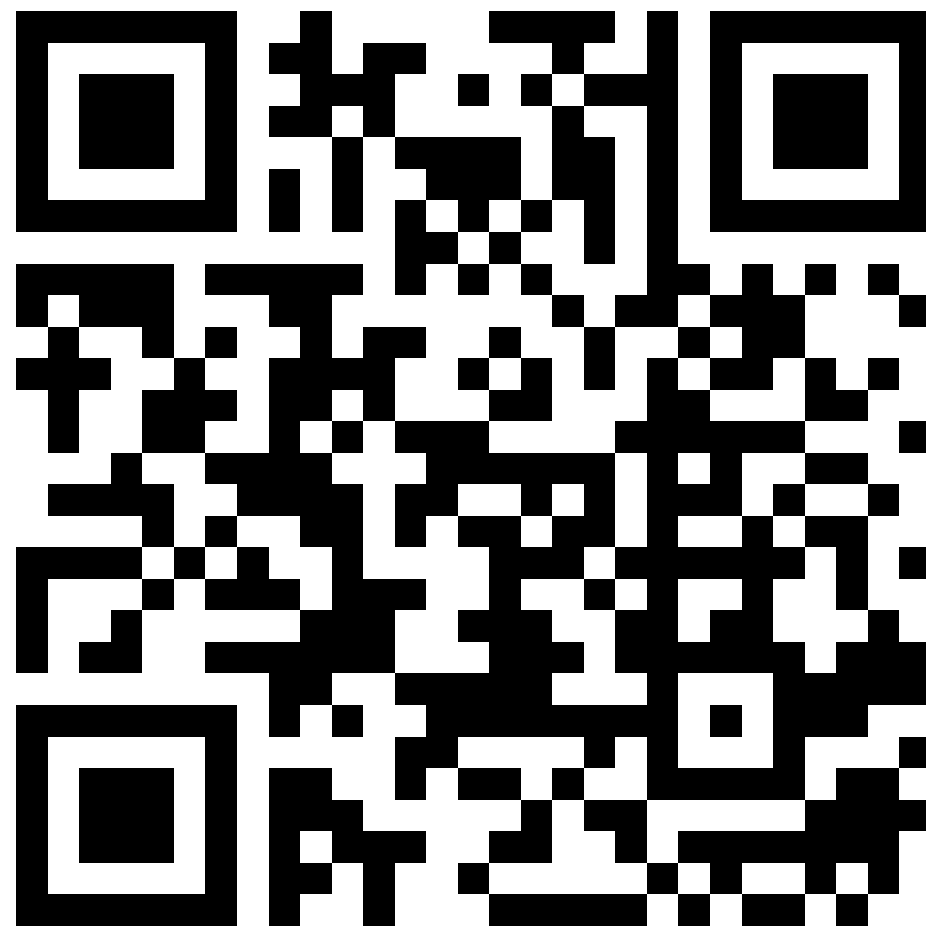
- 崩塌中移動的土體會將樹木連根拔起與掩埋，而導致樹木的死亡(Guariguata 1990)。以下內容會將這兩個致死壓力通稱為推落壓力(dislodging stress)。
- 在常發生崩塌的地區，推落壓力會是威脅樹木生存的壓力之一。在這種狀況下，推測大樹與小樹有：
 - 正面互動: 崩塌中，留下的大樹不只留下其根圈的土壤，也一起留下了長在根圈內的小樹。
 - 負面互動: 崩塌中，滑落的大樹也一併帶走周遭的小樹。

本研究要回答的問題

- 樹木或許可能透過彼此間的**互動**而改變崩塌的規模。若大樹與小樹間是：
 - **正面**互動，那會**縮小**崩塌的規模
 - **負面**互動，那會**加大**崩塌的規模
- 問題 1: 樹木有可能透過樹木間的互動改變崩塌的規模嗎？
- 問題 2: 對於小樹的生存，大樹的角色是正面還是負面的？

線上問題

- 你認為崩塌中大樹與小樹的互動狀況是
 - 正面互動較顯著
 - 負面互動較顯著
 - 正面與負面差不多顯著
 - 正面與負面都不顯著



<https://forms.gle/utuWNjXR9re3cTG68>

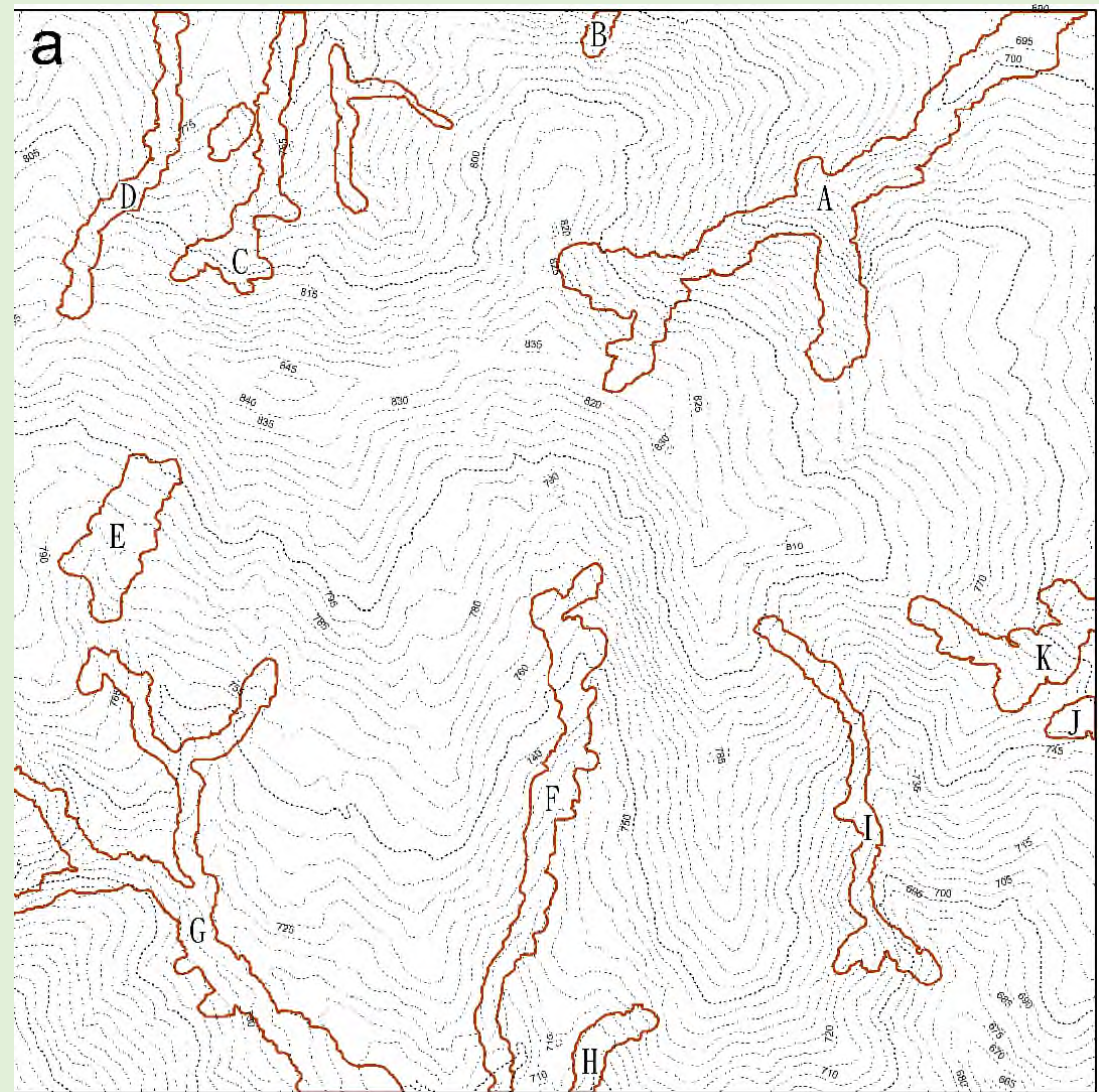
方法

研究地點

- 南投縣蓮華池的25公頃森林動態樣區(Forest Dynamics Plot) (長寬各為500 m)(N23°54'49", E120°52'43")
- 在2008年的上半年，完成樣區內的每木調查。只要是胸徑大於1 cm的樹，都記錄了樹種、胸徑與相對位置。共記錄了15多萬棵樹。

崩塌

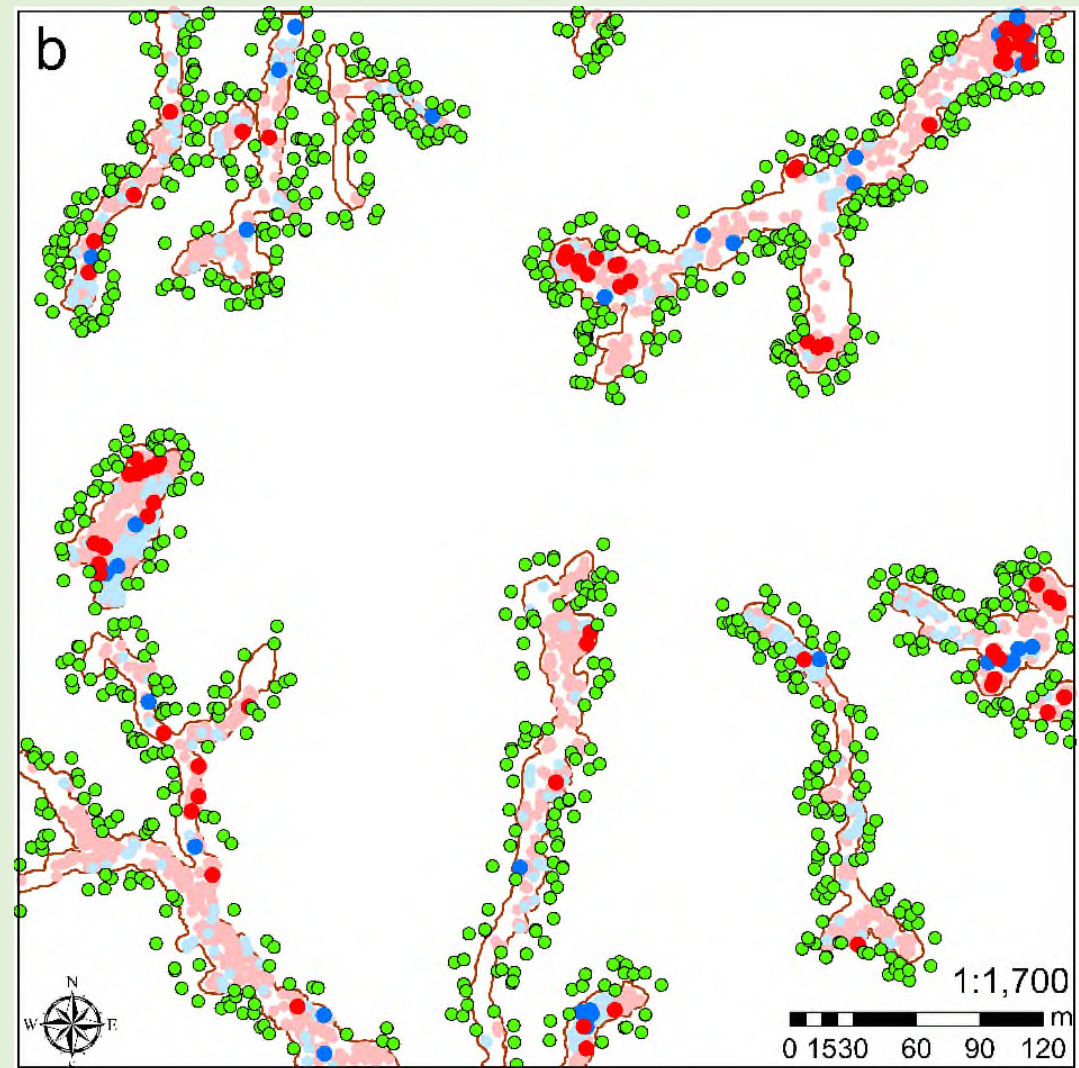
- 2008年颱風季中心卡玫基(450 mm/ 24 hr)與辛樂克颱風 (520.5 mm/ 24 hr) 在這樣區內11處共 9,159 m² 的崩塌



崩塌跡地內與周遭的樹木

- 2009年記錄的存活與滑落的樹木 (Chang et al. 2017).
- 大樹: 胸徑 ≥ 20 cm
- 小樹: 胸徑 < 20 cm

- | | |
|------------|-----------|
| ● 存活大樹 | (L_S) |
| ● 滑落大樹 | (L_M) |
| ● 存活小樹 | (S_S) |
| ● 滑落大樹 | (S_M) |
| ● 在跡地附近的大樹 | (L_A) |



空間分析中各個樹木類群

樹木大小	類群		
	崩塌前	崩塌後	從崩塌前類群， 隨機取樣產生
大樹	106 (L_{PL})	35 存活 (L_S)	35 ($L_{33\%}$)
		71 滑落 (L_M)	71 ($L_{67\%}$)
小樹	3,539 (S_{PL})	467 存活 (S_S)	467 ($S_{13\%}$)
		3,072 滑落 (S_M)	3,072 ($S_{87\%}$)

資料分析

- 將大樹類群與小樹類群配對後，分析大小樹間個體的最短距離及空間相關

• L_{PL}	-	S_{PL}	多
• L_M	-	S_M	
• $L_{67\%}$	-	$S_{87\%}$	中
• L_S	-	S_S	
• $L_{33\%}$	-	$S_{13\%}$	少

將實際觀察到配對類群(e.g. L_M - S_M paired cohorts)隨機產生配對類群(e.g. $L_{67\%}$ - $S_{87\%}$ paired cohorts)相比較，可以讓我們找到影響樹木空間分布的效應。

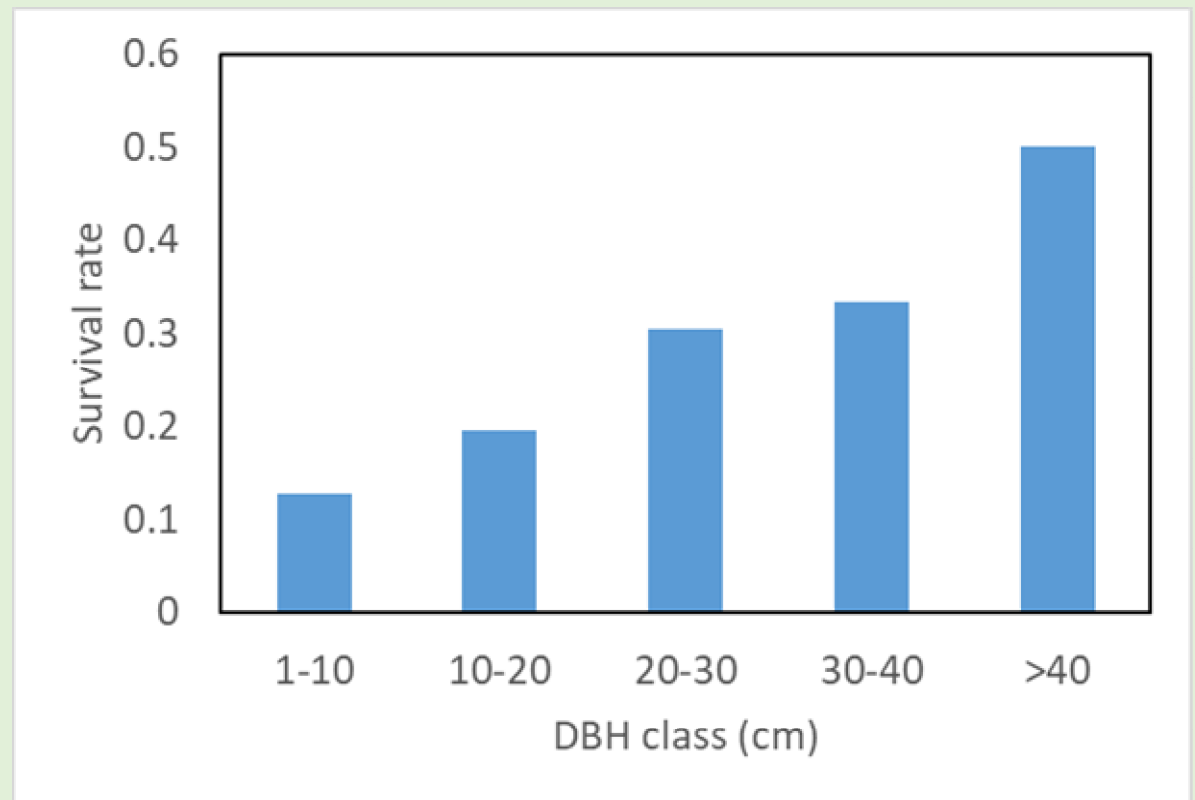
分析中，有使用虛無模型(null model)的作法。虛無模型會產生隨機的結果，跟實際狀況的比較後，就找到背後原因。

- 也分析了小樹在三種類群大樹(L_S , L_M , L_A)旁的存活率 (SRS)，以及周遭無大樹地區小樹存活率 (SRS_N)。

結果與討論

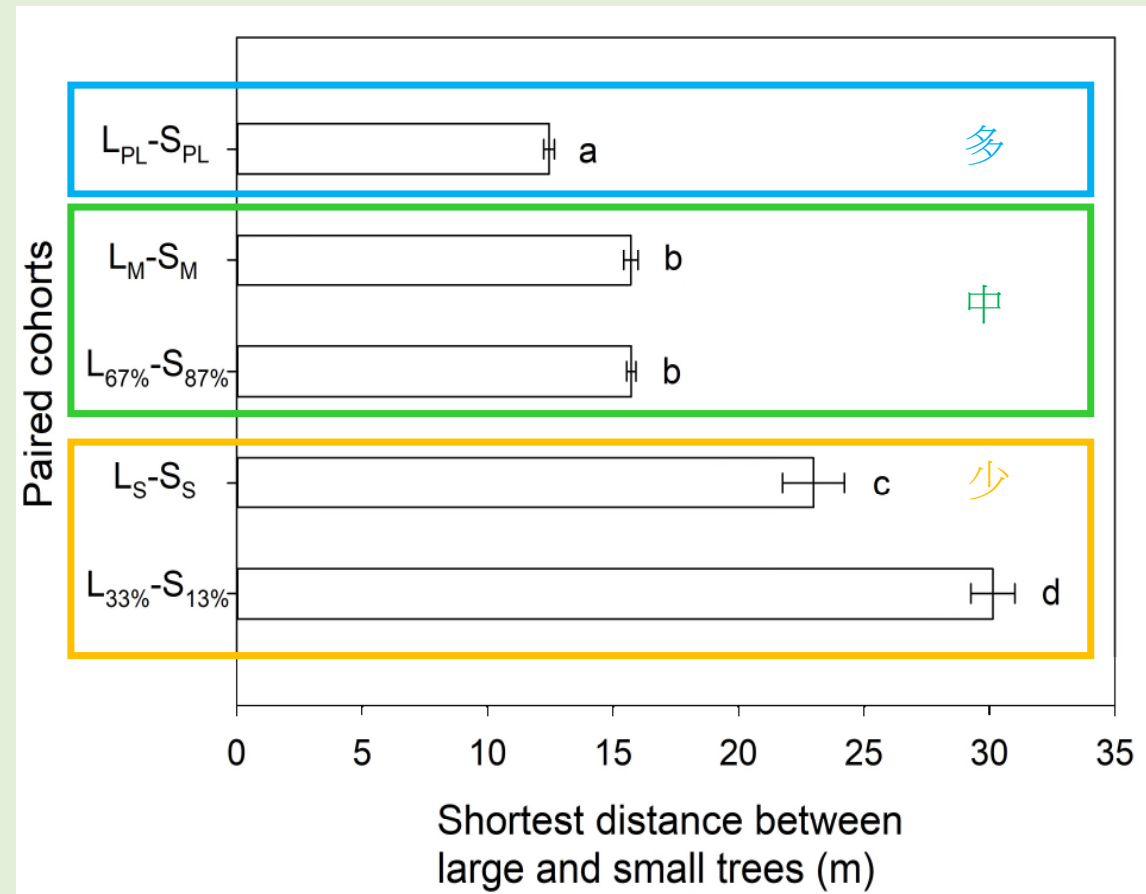
存活率與胸徑的關係

- 胸徑越大，存活率越高



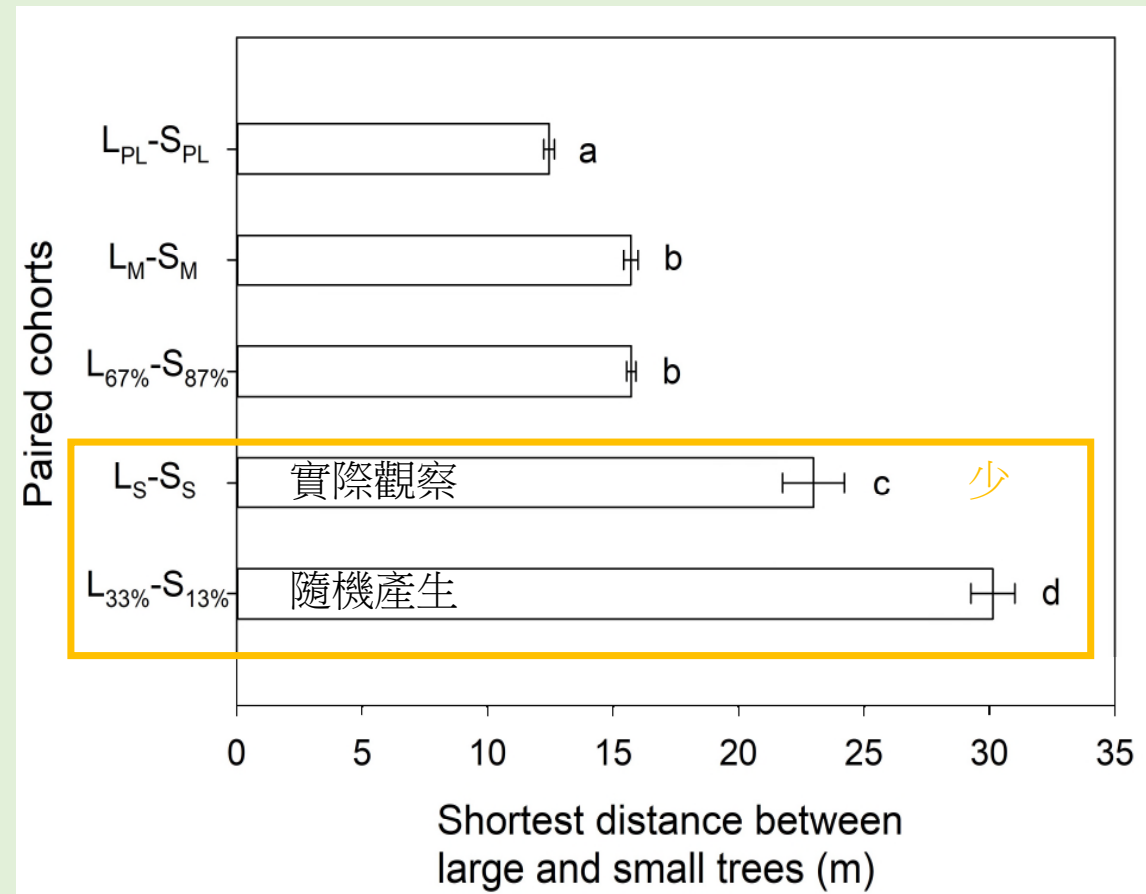
大樹與小樹間的最短距離 (1)

- 整體趨勢是類群內的個體數越少，大小樹間的最短距離也越遠。



大樹與小樹間的最短距離(2)

- 實際存活的大小樹間 (L_S-S_S) 的距離是比隨機產生類群 ($L_{33\%}-S_{13\%}$) 的還要近
- 存活大樹保護小樹，才有這個結果。

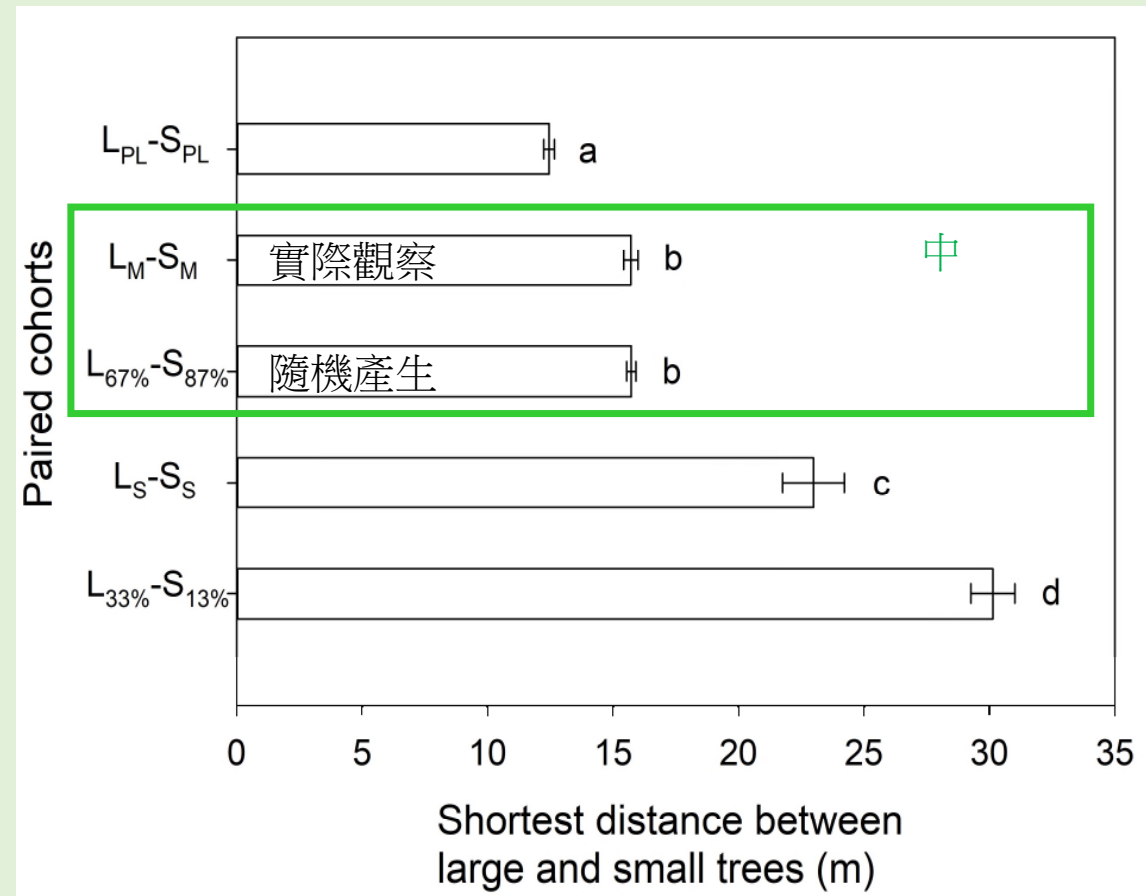


這是支持正面互動的第一個證據

大樹與小樹間的最短距離(3)

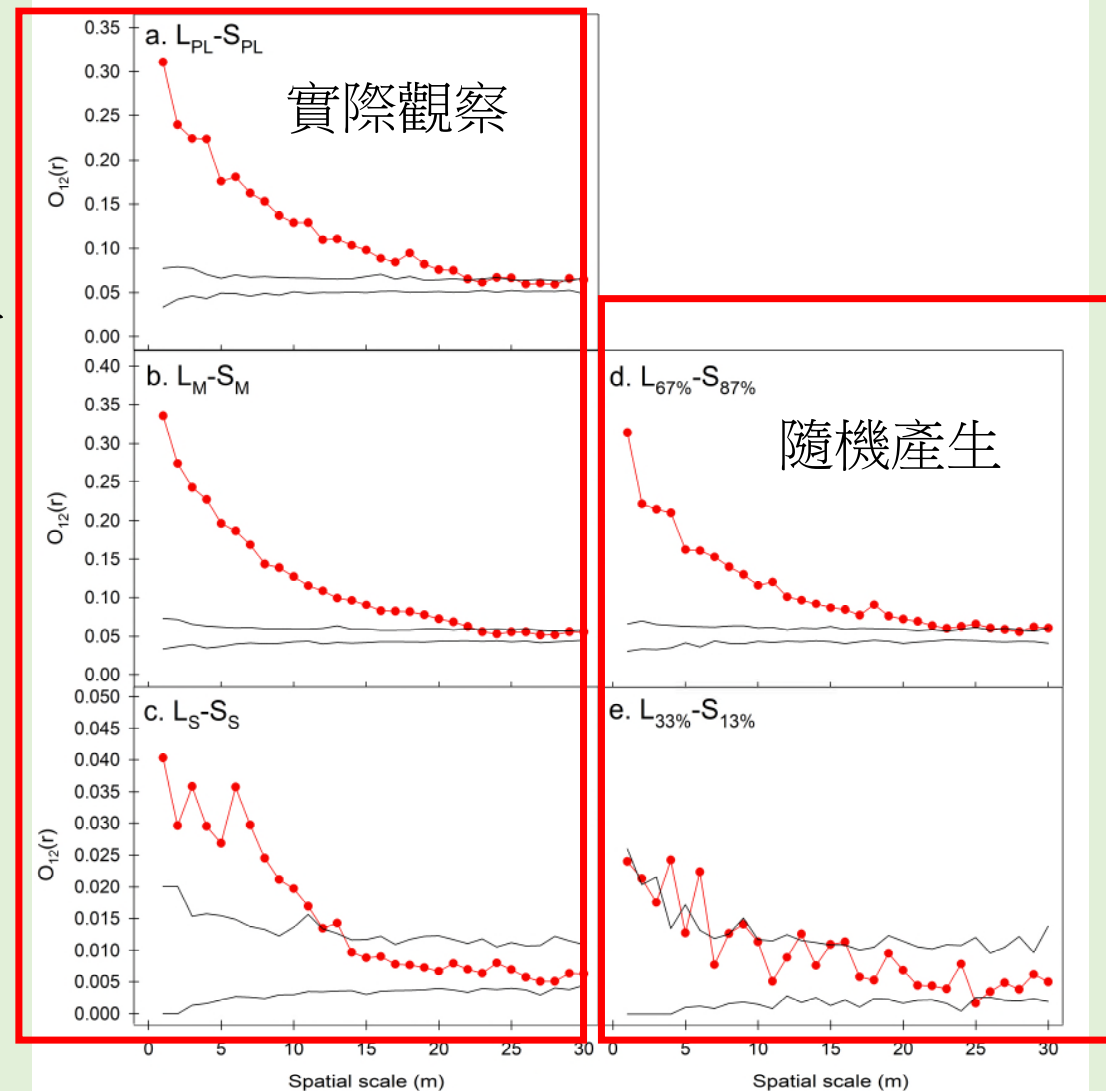
- 如果滑落的大樹也一起把周遭的小樹帶走，那分析結果應該會顯示會看到實際上滑落的大小樹間的距離會近於隨機產生($L_{67\%}-S_{87\%}$)的
- 但結果顯示這兩者差異不顯著。

大樹對小樹的負面效應即使存在，也是少到可以忽略。



大小樹間的空間相關(1)

- 這張圖比較了實際觀察到與隨機產生類群的空間相關
- 空間相關
 - 紅線高於兩條黑曲線，表示小樹聚集在大樹旁。
 - 紅線介於兩條黑曲線間，表示小樹與大樹的空間關係是隨機的



線上問題(2)

- 猜猜看，當紅線低於兩條黑曲線，表示
 - 越靠近大樹，小樹越少
 - 大樹與小樹的間隔距離是固定的
 - 小樹與大樹的空間關係是隨機的



大小樹間的空間相關(2)

- 此圖共有兩種空間相關模式

- 隨機的

- $L_{33\%}-S_{13\%}$

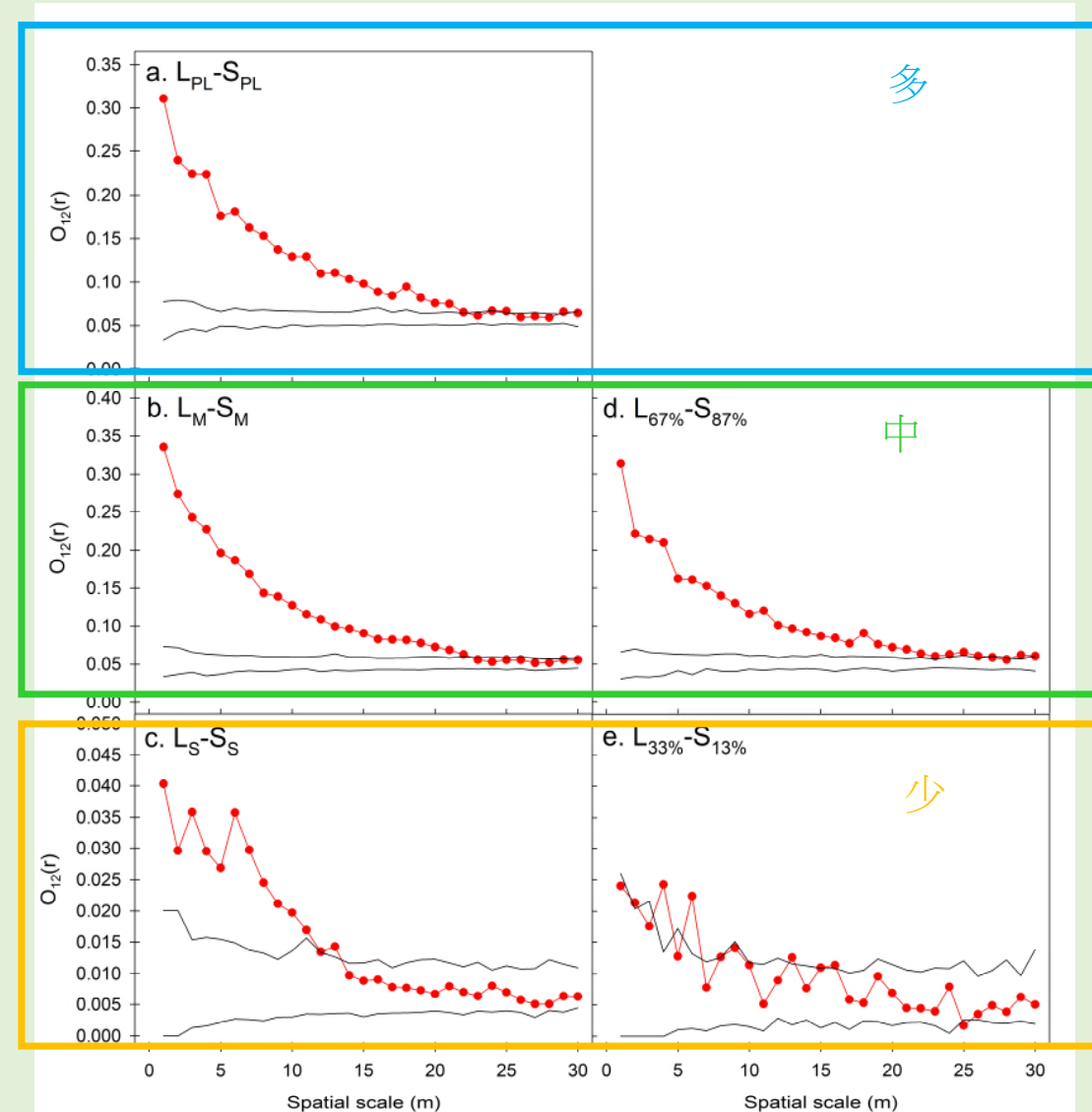
- 聚集的

- $L_{PL}-S_{PL}$

- L_M-S_M

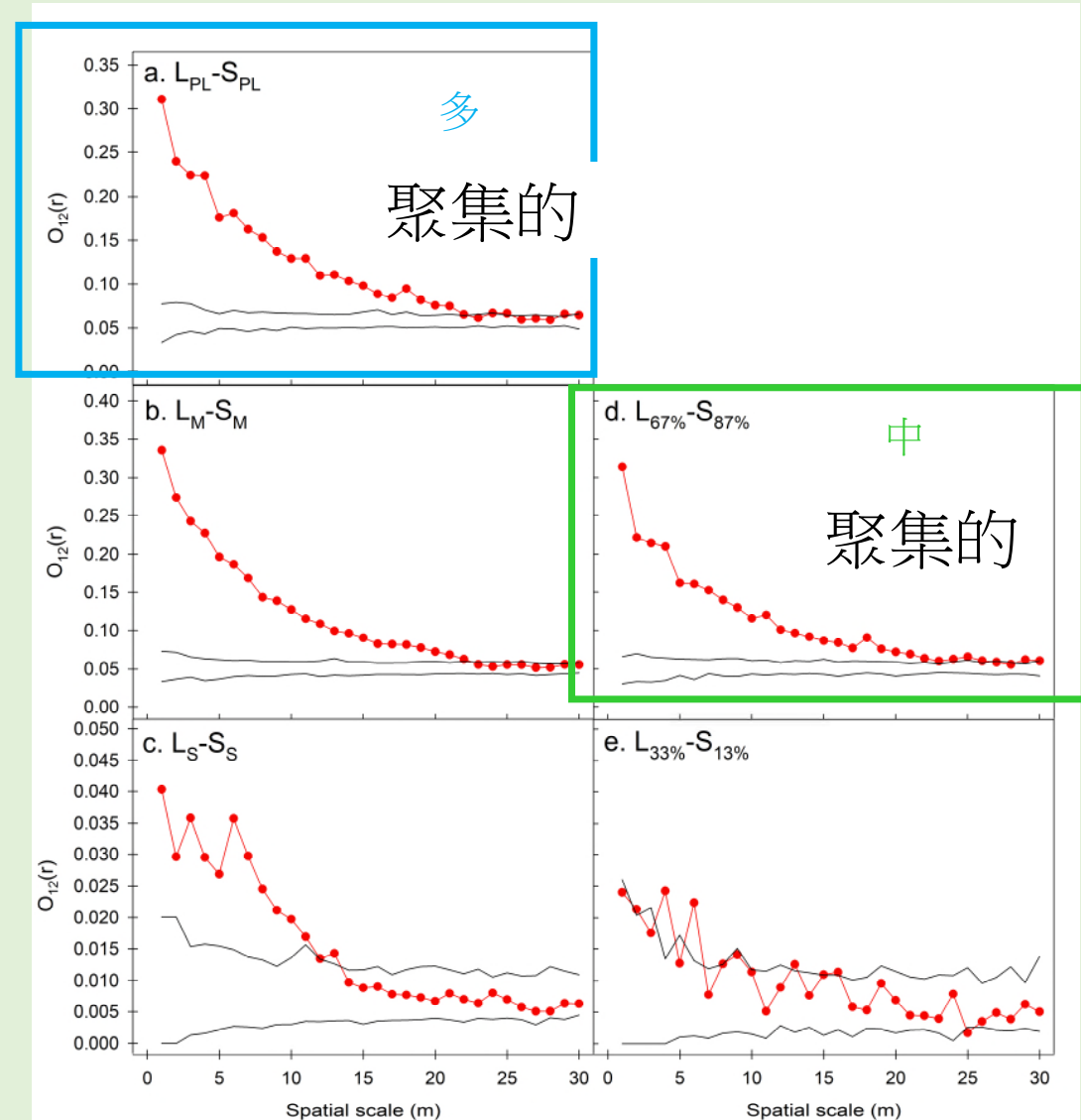
- L_S-S_S

- $L_{67\%}-S_{87\%}$



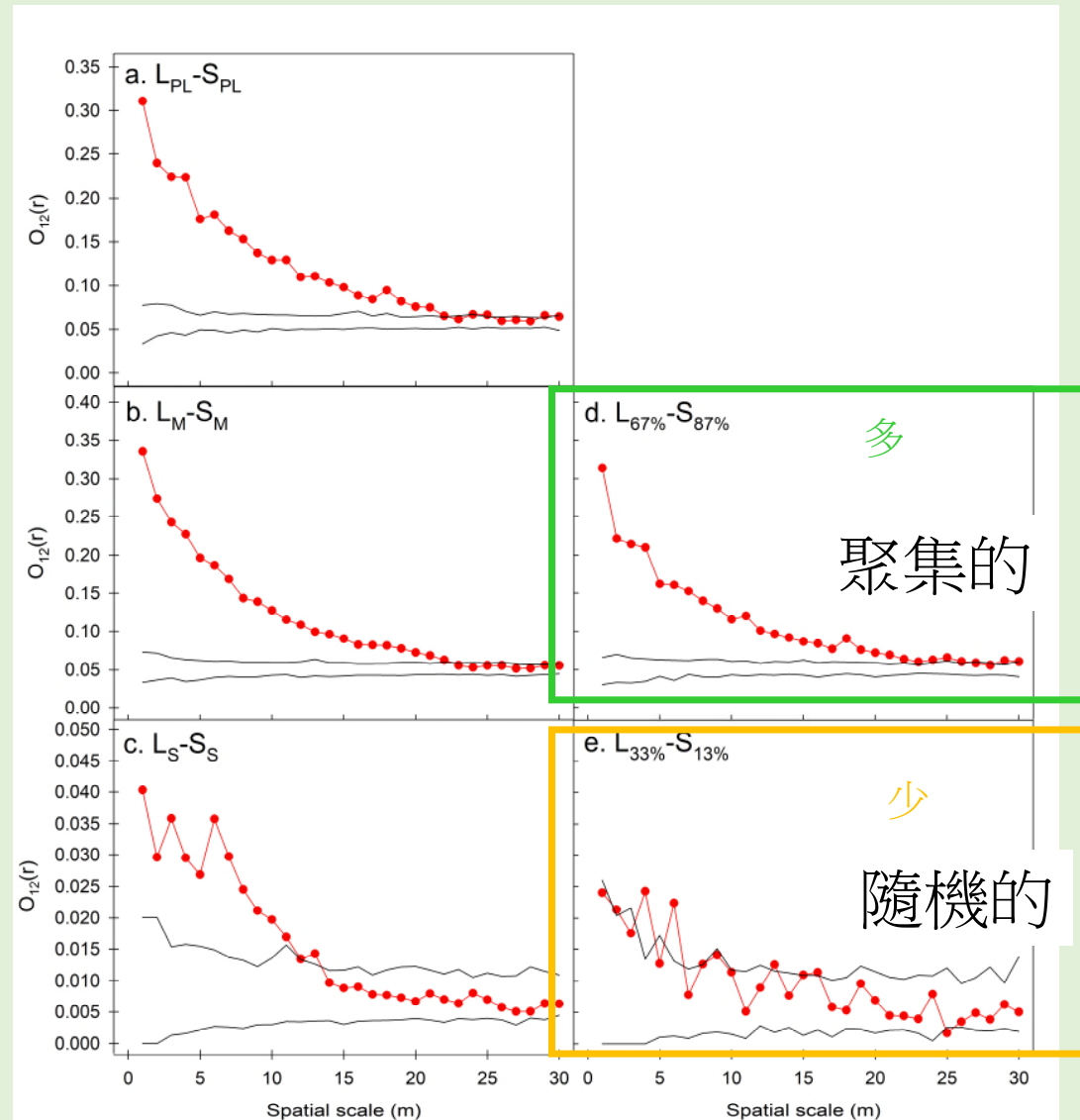
空間相關- 個體數效應 (1)

- $L_{PL}-S_{PL}$: 聚集的
- $L_{67\%}-S_{87\%}$: 聚集的
- 隨機取樣產生的群體 ($L_{67\%}-S_{87\%}$) 的空間模式與崩塌前 (pre-landslide) 的一致。
- 結果顯示，當個體數減少不多時，崩塌前的空間模式會留下來。這是崩塌前空間模式的遺留效應 (legacy effect) 所造成的結果。



空間相關- 個體數效應 (2)

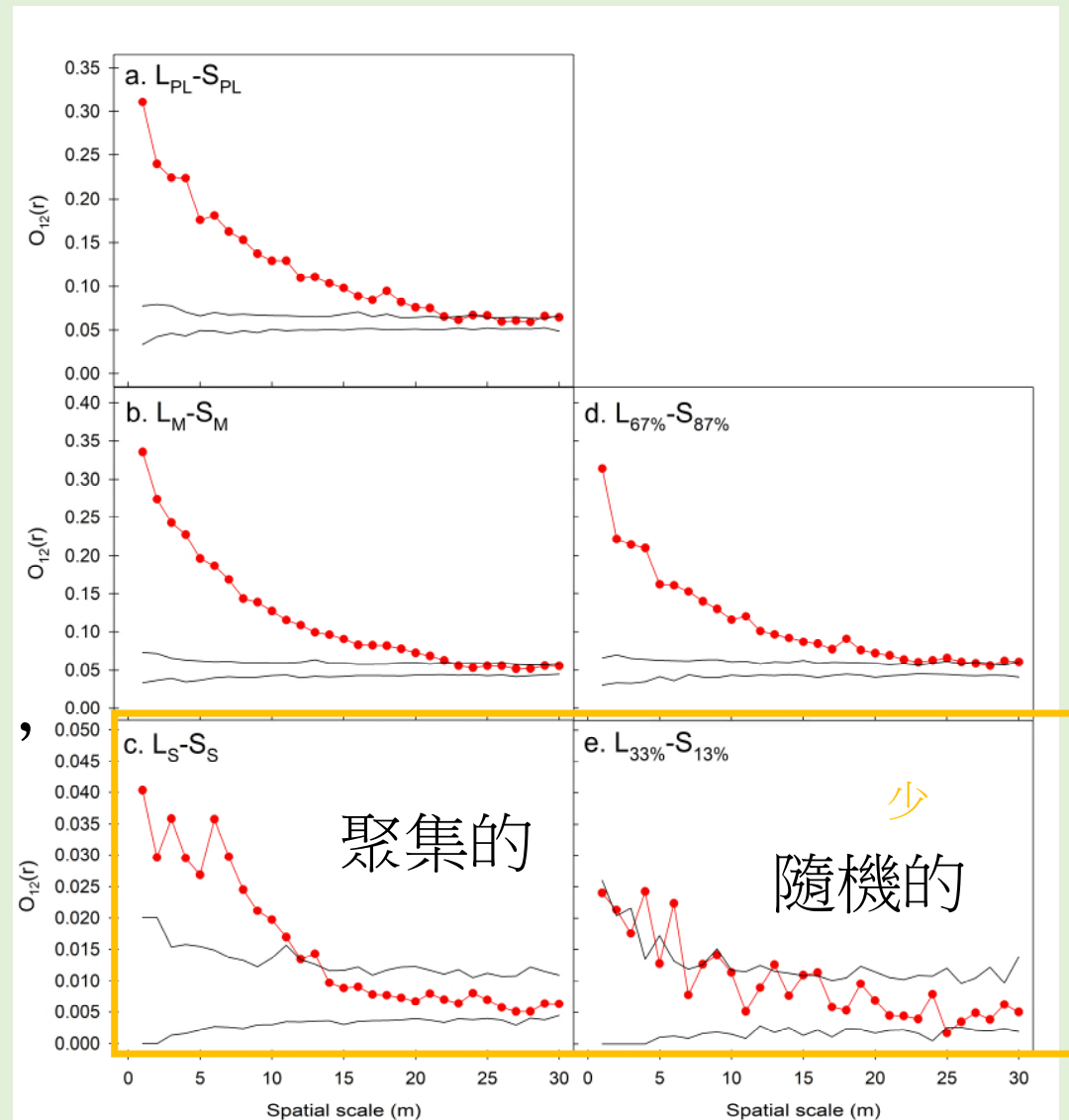
- $L_{67\%}-S_{87\%}$: 聚集的
- $L_{33\%}-S_{13\%}$: 幾乎是隨機的
- 換句話說，當類群中的個體數量再更低，遺留效應會消失



空間相關- 正面效應

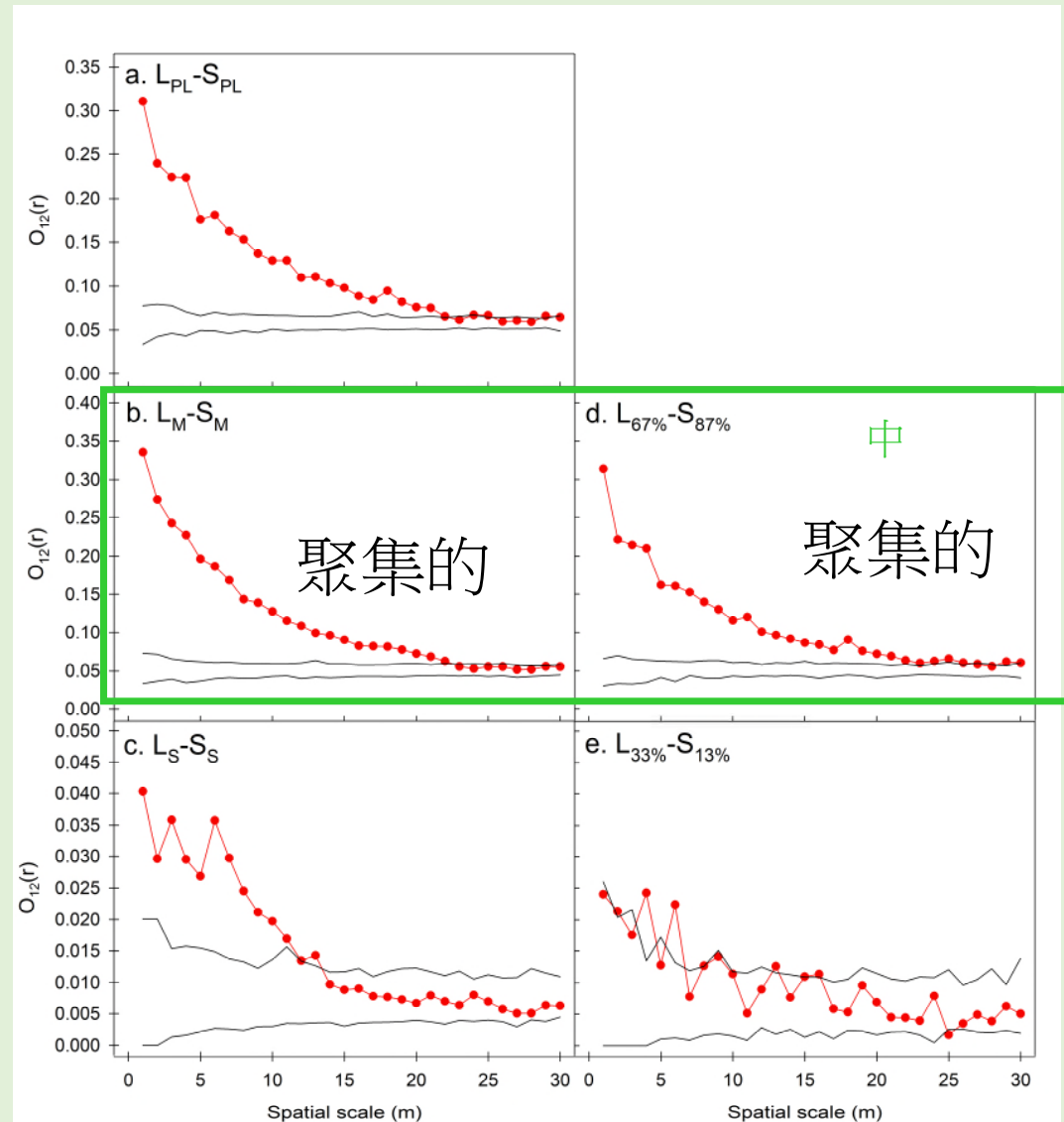
- L_S-S_S : 聚集的
- $L_{33\%}-S_{13\%}$: 隨機的
- 存活大小樹間(L_S-S_S)的聚集空間關係是正面互動造成的，而非遺留效應。

這是支持正面互動的第二個證據



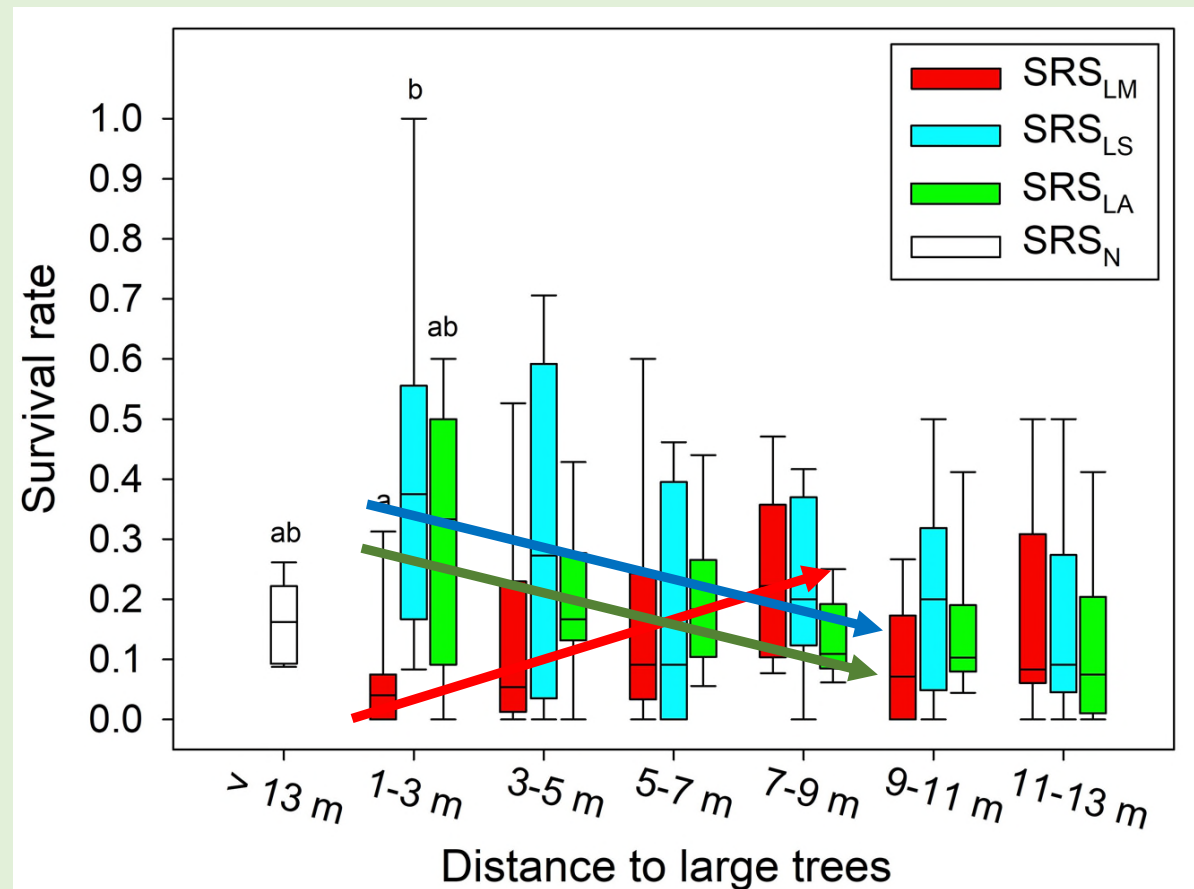
空間相關- 遺留效應

- L_M-S_M : 聚集的
- $L_{67\%}-S_{87\%}$: 聚集的
- 實際觀察的與隨機產生的空間關係都是聚集的。
- 因此滑落小樹聚集在滑落大樹旁的現象，應該主要是遺留效應造成，而非大小樹間有負面互動所造成。



小樹存活率(SRS) (1)

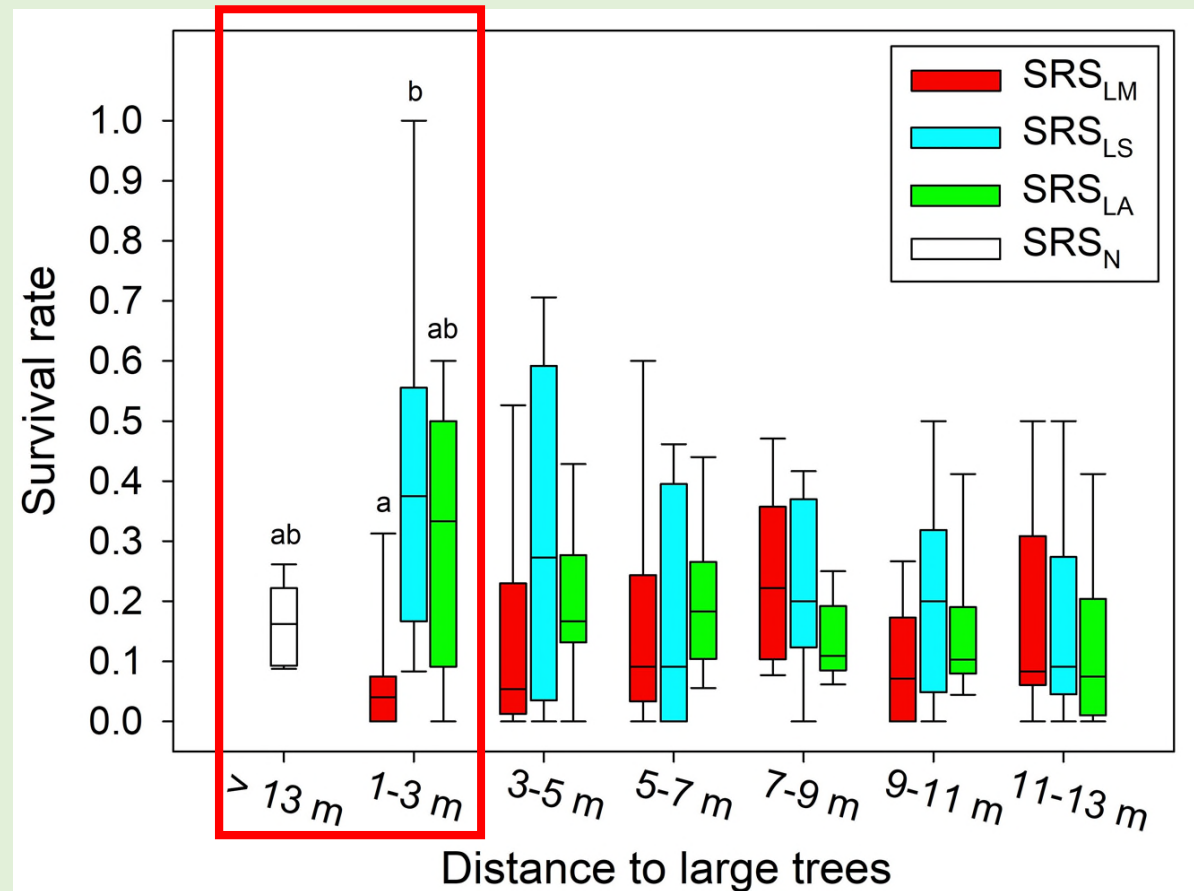
- 離
 - 滑落大樹 L_M 越遠
 - 存活大樹 L_S 越近
 - 跡地周遭大樹 L_A 越近
 - 小樹存活率越高
- 但統計檢定後這趨勢不顯著的



小樹存活率(SRS)(2)

- 比較小樹存活率，只要在很近距離(1-3 m)，在滑落大樹旁 (SRS_{LM}) 明顯低於存活大樹旁 (SRS_{LS}) 的，但與無大樹分布地區 (SRS_N) 的差異不顯著。

這是唯一支持負面互動的微弱證據



線上問題(3)

- 崩塌跡地中，殘存大樹對於後續植生的復育有_____效應。
 - 熱島
 - 樹島
 - 中隔島



對於森林管理的建議

- 存活大樹不只能保護小樹不受崩塌推落壓力，也能降低崩塌後的不利於萌芽及小樹存活的惡劣環境(如太強的陽光，乾旱)--樹島效應 (Chen *et al.* 2014)。
- 管理森林時，維持大樹的數量比例，可以降低崩塌的規模，並促進崩塌後的植生自然復育。

看護植物效應(Nurse-plant effect)

- 植物間會出現個體**保護鄰近其他個體**的狀況。
- 例如，乾旱地區樹木的**hydraulic lift**會讓附近的草本植物活下來。
- 本研究是發現崩塌中大樹對小樹有看護植物效應。
- 之前看護植物效應研究多是針對**慢性**環境壓力(chronic environmental stress)(要假以時日，才會造成植物死亡的壓力)。
- 而崩塌的推落壓力是歸為**急性**壓力(acute stress)。本篇是少數發現急性壓力下有看護植物效應的研究。

結論

結論

- 對研究問題的回答

- 問題 1: 樹木有可能透過樹木間的互動改變崩塌的規模嗎?

回答: 是的!

- 問題 2: 對於小樹的生存，大樹的角色是正面還是負面的?

回答: 在崩塌的推落壓力下，大樹對小樹有明顯的正面效應(保護)，而負面效應則很微弱。

- 管理坡地上的森林，維持大樹的數量是降低崩塌規模的簡單方法。

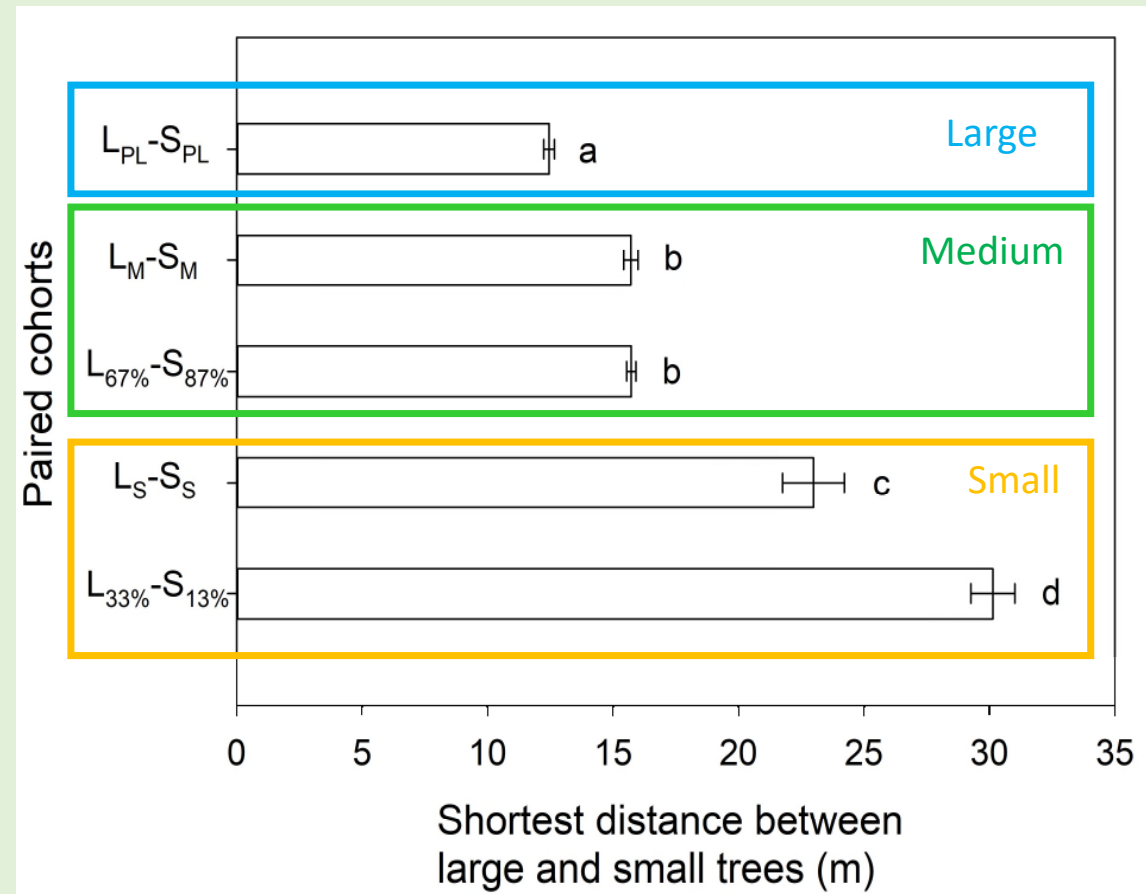
誌謝

- 感謝科技部的研究經費(MOST 108-2625-M-005-007)
- 許許多多參與野外調查的工作人員

感謝大家的聆聽，
請多指教！

Shortest distance between large and small trees (1)

- Shortest distance increased with the reduction of the population size.
- The shortest distance of the L_S-S_S paired cohort was significantly lower than that of $L_{33\%}-S_{13\%}$ paired cohort.



The first evidence of the nurse-plant effect