

【中興大學生物力學實驗室研究成果】
2014 年國立中興大學生物物理學碩士學位論文

論文題目	樹型與地型螞蟻受表面形貌影響之附著生物力學
研究生	蔡餘慶（中興大學生物物理學碩士班）
指導教授	紀凱容 博士（中興大學物理學系）
摘要	螞蟻分別運用墊子(端葉)與腳爪這兩種構造,來附著在平滑表面及粗糙表面上。為了行走於具不同粗糙程度的表面上,螞蟻必須轉換腳爪與墊子的使用,然而,此兩種構造的轉換時機與表面形貌間的關係至今仍未被檢視。此外,過去研究主要探討樹棲型螞蟻的附著,地上型螞蟻的附著構造與能力鮮少被納入比較。本研究探討樹型與地型兩群螞蟻的附著能力如何受表面形貌的影響,並由附著表現、構造使用、以及爪與墊的構造形態和尺度等三個方向來探究。首先,我以電子顯微鏡檢視兩群螞蟻的附著構造,結果顯示樹棲螞蟻 (<i>Polyrhachis dives</i>) 的墊子比地棲種類 (<i>Leptogenys kitteli</i>, <i>Pachycondyla javana</i>) 大,前者亦擁有較高的爪鉤曲率,但本研究使用的三種螞蟻爪尖則相似。我們亦量測兩群螞蟻在一系列不同粗糙程度(顆粒大小範圍:$< 0.1\ \mu\text{m} - 100\ \mu\text{m}$)表面上的附著力(最大靜摩擦力)變化。最大靜摩擦力的結果顯示,在最平滑的表面上,樹棲螞蟻的附著能力遠大於地棲種類。在我們測試的所有表面粗度下,樹棲螞蟻的附著表現均高於體重的 20 倍以上;而地棲螞蟻只在粗糙表面上才表現出約略 20 倍體重的附著能力。將上述結果綜合進一步觀察螞蟻爪、墊在這些表面上的使用狀態,可發現:(1) 平滑表面 ($R_a: < 1\ \mu\text{m}$) 上,樹棲螞蟻主要使用墊子進行附著,其附著力會隨表面粗糙度上升而下降;而地棲螞蟻僅在最平滑的表面上使用墊子,之後腳爪爪尖便加入附著。(2) 在粗糙表面上,當表面的顆粒尺度與螞蟻爪尖大小或爪鉤曲率相符時,兩群螞蟻皆使用爪子進行附著,並能表現出 20 倍自身體重以上的附著力;當顆粒大小超過爪鉤曲率或與墊子的尺度相當時,兩群螞蟻的墊子均重新加入爪子進行附著,此時地棲螞蟻的附著表現因墊子能力不佳而驟降,反之,樹棲螞蟻則能維持較高的附著能力(40–60 倍體重)。綜上所述,由於地棲螞蟻的墊子附著能力弱,在最平滑的表面甚至無法產生支撐本身體重的附著力,僅在表面突起物的尺度下好符合爪尖或爪鉤曲率時,才能有足夠的附著力。樹棲螞蟻的墊子附著能力大,不只在平滑表面作用良好,當表面突起物超過爪子的尺度時,亦能彌補爪子的不足。