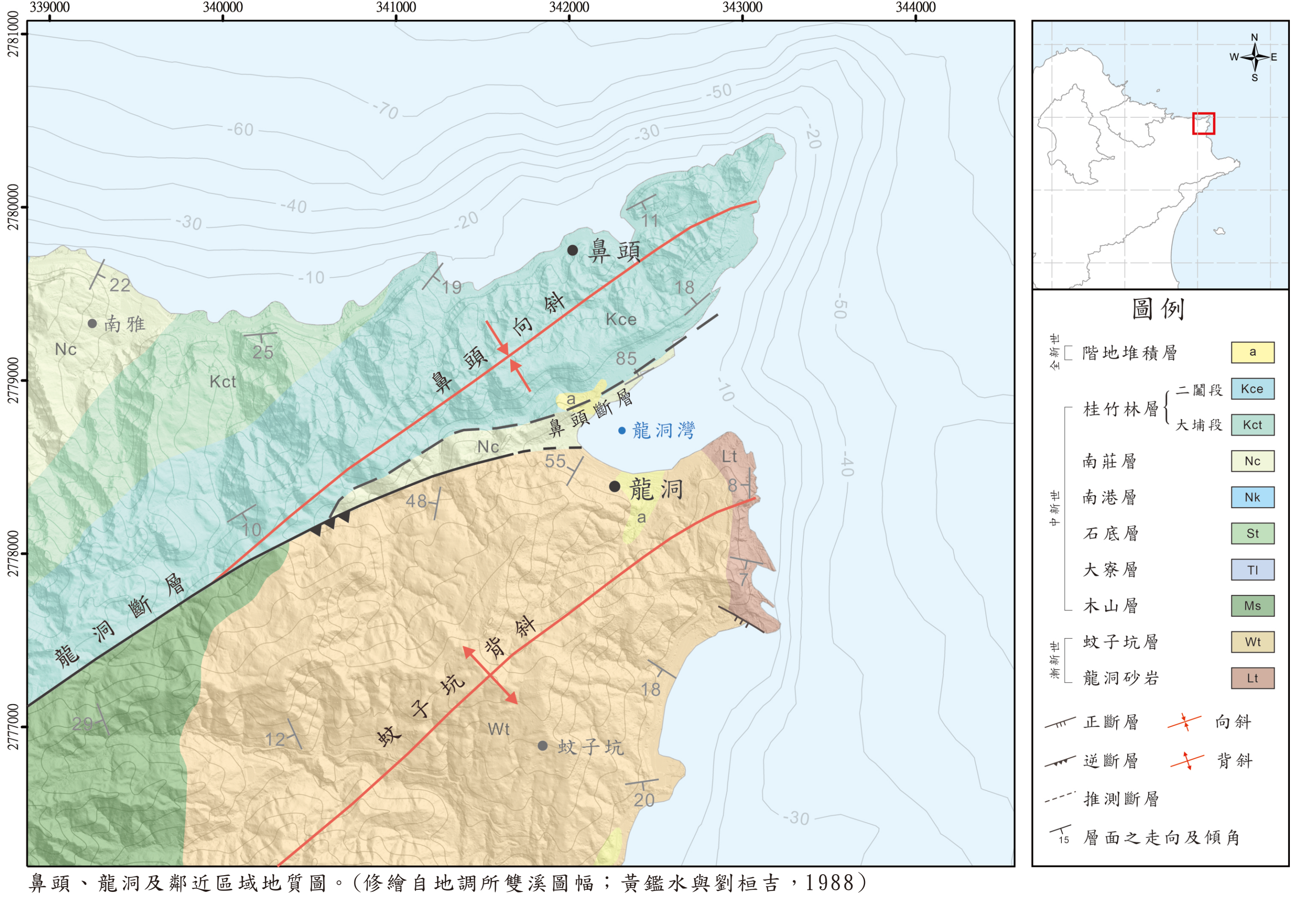


前言

台灣東北部鼻頭及龍洞地區，為兩處東北向延伸的岬角，岩層出露狀況良好，能觀察到一系列由正斷層所組成的地壘及地壘，為了探討這些正斷層是否與更新世以來北部古造山帶垮塌及沖繩海槽開張所導致的伸張環境有關，並進一步瞭解此區的地質構造演化，本研究透過無人飛行載具建立三維模型，藉由高解析度正射及立面影像，判釋裂隙分佈情形，結合野外地質調查，詳細記錄此區域的構造，瞭解鼻頭及龍洞地區裂隙關係及特徵，並深究正斷層的可能成因。

研究區域



研究方法

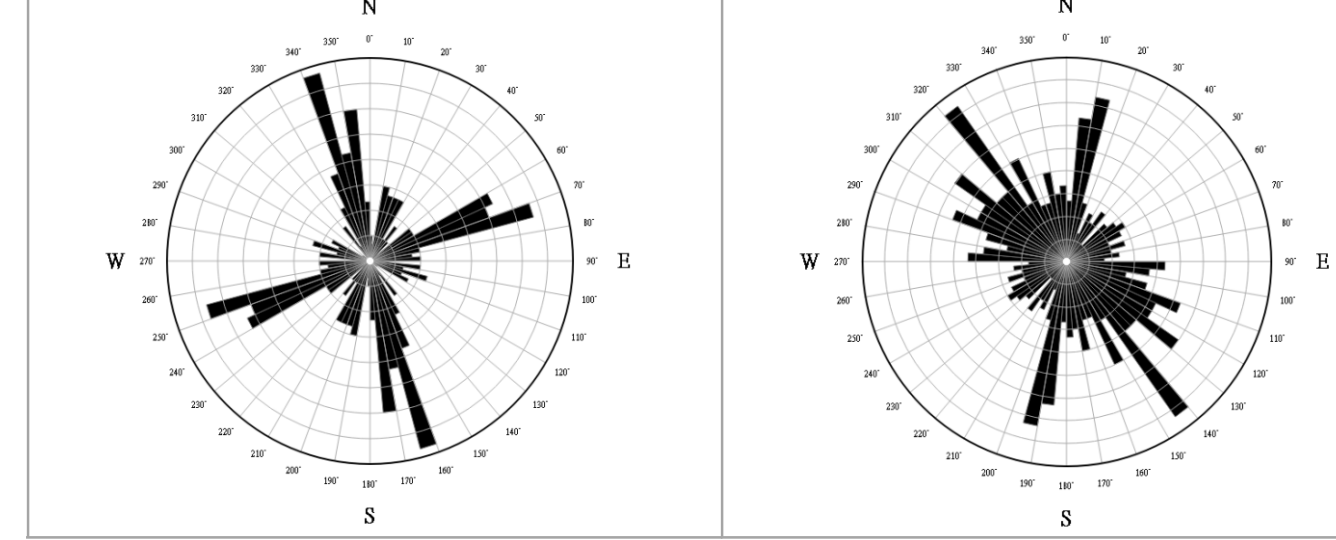
無人飛行載具的建模與測繪

本研究透過無人機拍攝鼻頭及龍洞地區露頭狀況，藉由套裝軟體Pix4Dmapper建立三維模型、高地面解析度(GSD)正射及立面影像，協助判釋露頭裂隙及構造分佈情形。

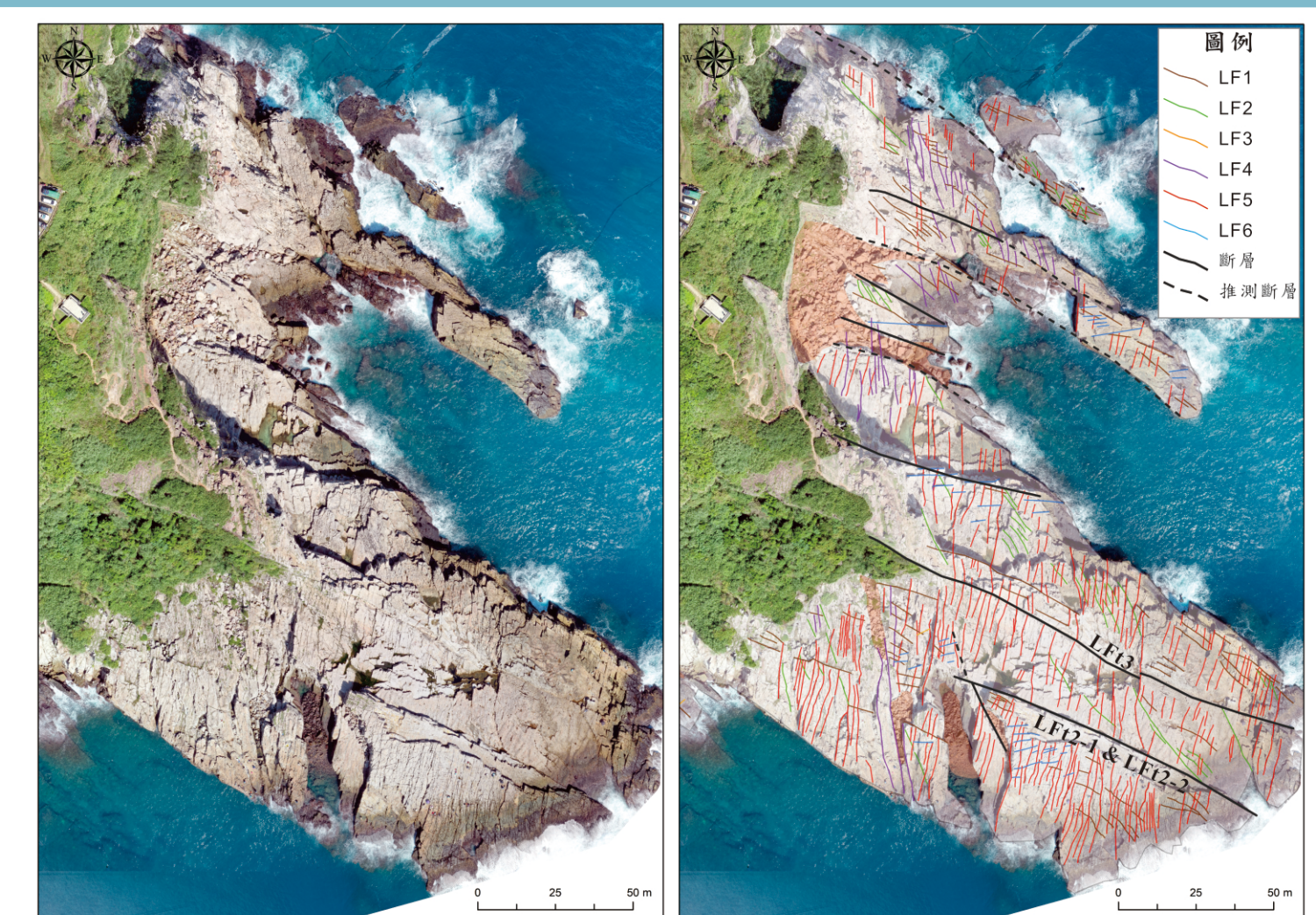
野外現地調查與地質構造紀錄

正斷層的發源可能為既存的節理或逆斷層，斷層帶附近也常觀察到密集的裂隙分佈，本研究細部量測研究區裂隙與層面位態資料，配合正攝影像將其系統性之裂隙組進行分類，瞭解裂隙組分佈情況，並詳細記錄各斷層斷距(separation)及擦痕資料，繪製構造地質圖進行分析及討論。

鼻頭			龍洞		
裂隙組	走向	傾角	裂隙組	走向	傾角
*BF1	N16°W	74°SW	*LF1	N70°W	85°N
BF2	N15°E	78°W	*LF2	N40°W	74°NE
BF3	N24°E	75°SE	*LF3	N55°E	84°NW
*BF4	N69°E	85°NW	LF4	N10°W	83°W
BF5	N72°W	82°N	*LF5	N10°E	78°W
			LF6	N90°E	80°N



鼻頭及龍洞地區能分別判釋出五組(BF1~BF5)及六組裂隙(LF1~LF6)。*符號表示該區的主要裂隙組。



龍洞南區露頭正射影像及裂隙判釋情形。



龍洞南區斷層露頭現地調查情形。

研究結果及討論

鼻頭

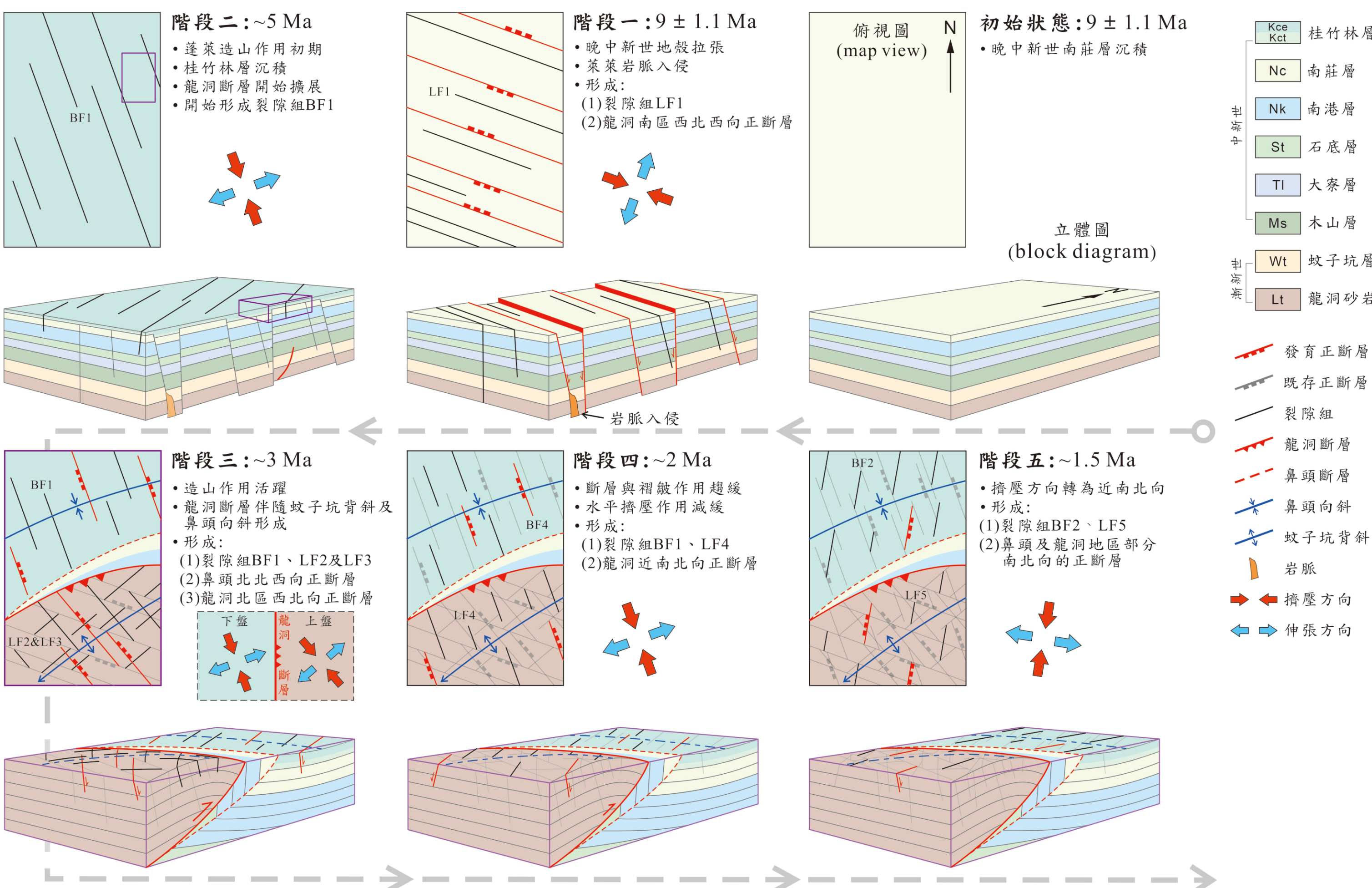
鼻頭南岸海蝕平台上出露26條能追跡約百餘公尺的斷層，其中包括14條正斷層，斷距介於0.2公尺至3公尺之間，由於本區風化侵蝕嚴重難以觀察斷層擦痕面，僅能由少數擦痕資訊推估為帶右移分量的正斷層。正斷層位態與裂隙組BF1相當，比較此組裂隙與鼻頭向斜形成時的相對應力方向，可見最大主應力方向大致平行，因此推論本區正斷層在形成此向斜同時，受垂直擠壓方向側向的伸張作用所導致。

龍洞

龍洞地區共出露22條斷層，依據擦痕面指示之滑移方式，龍洞南區可觀察到8條西北西走向具平移分量的正斷層，斷層破裂跡能追跡約30至150公尺不等，推估斷距可高達4公尺以上。龍洞北區由於崩積物與落石覆蓋難以觀察斷層證據及其延續性，但能見一條走向為N35°W的正斷層(LFt19)，向南追跡推測有兩條與其平行的斷層(LFt16、LFt17)，此外，另有5條南北向至北北西走向帶平移分量的正斷層，零星分佈於整個龍洞地區。

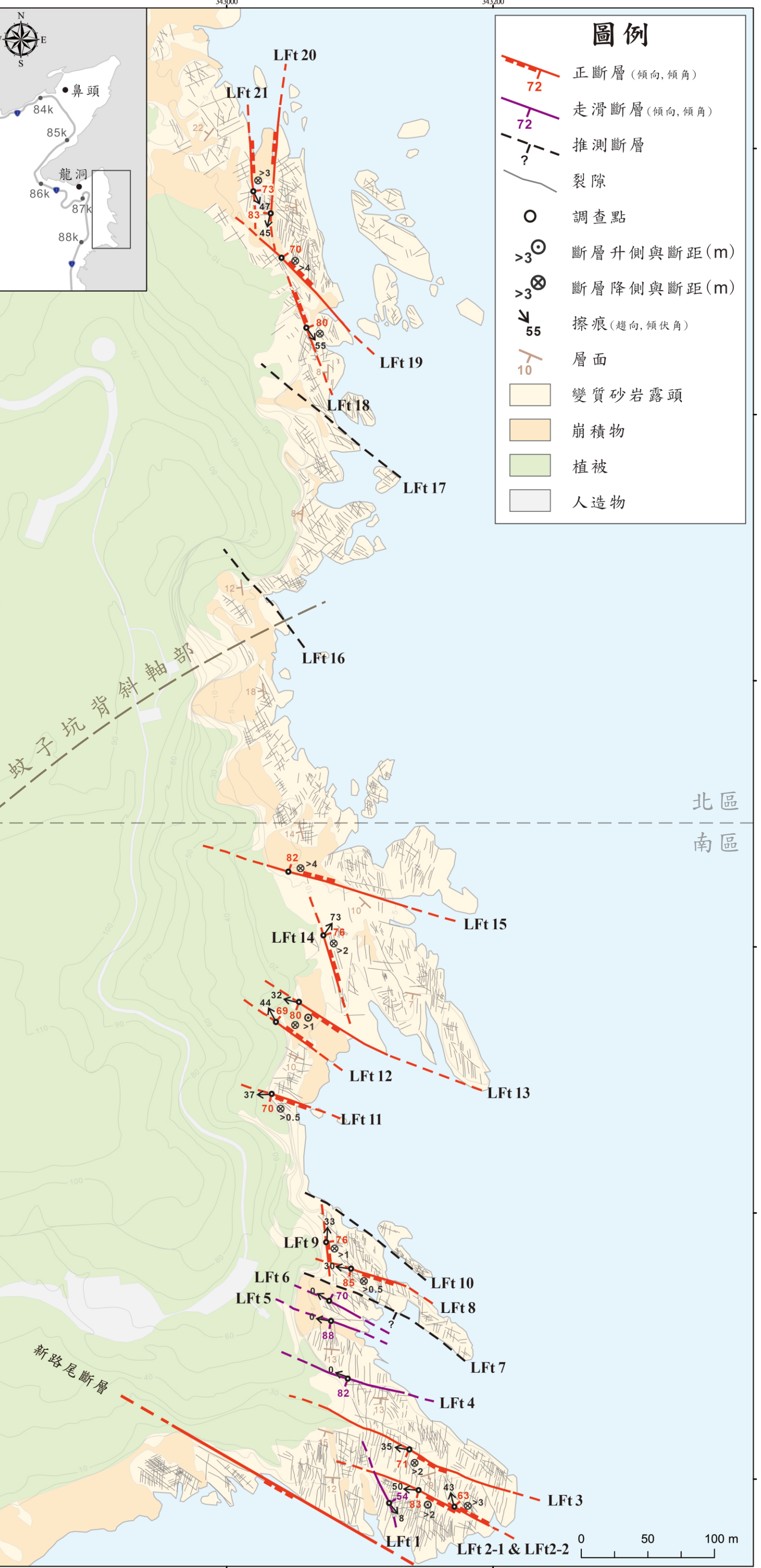
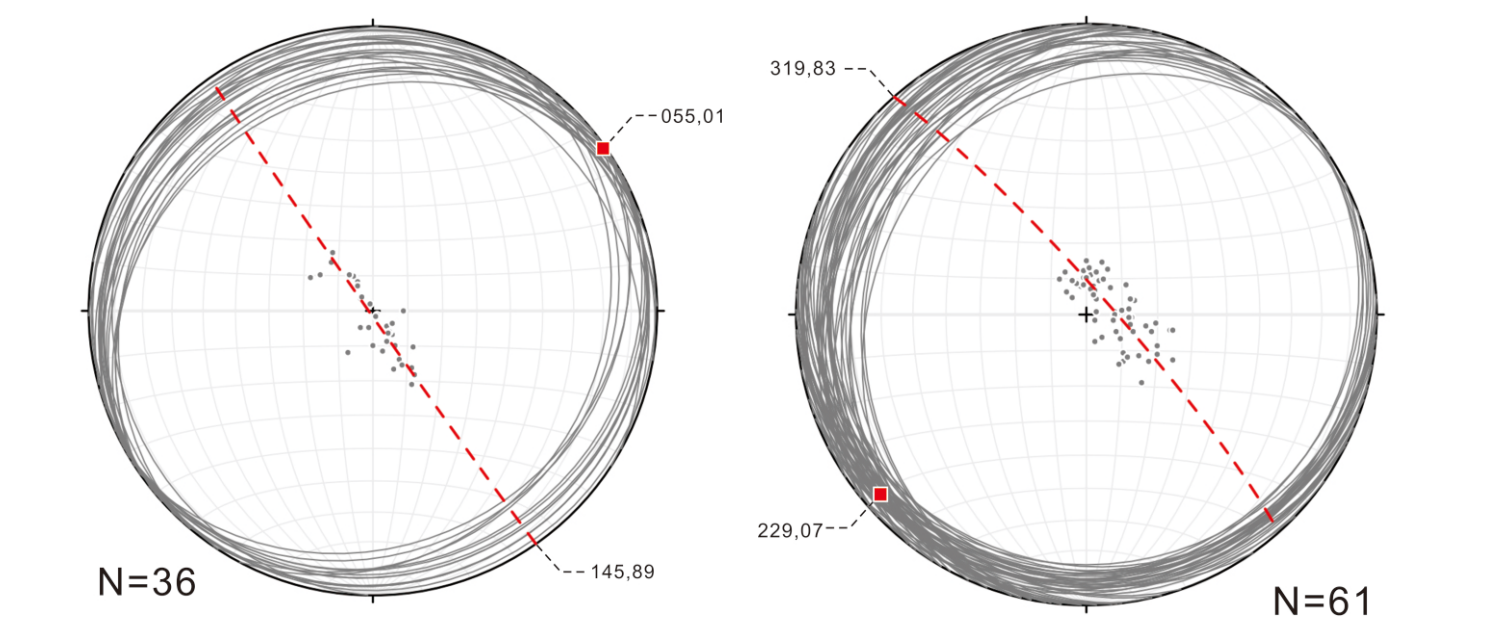
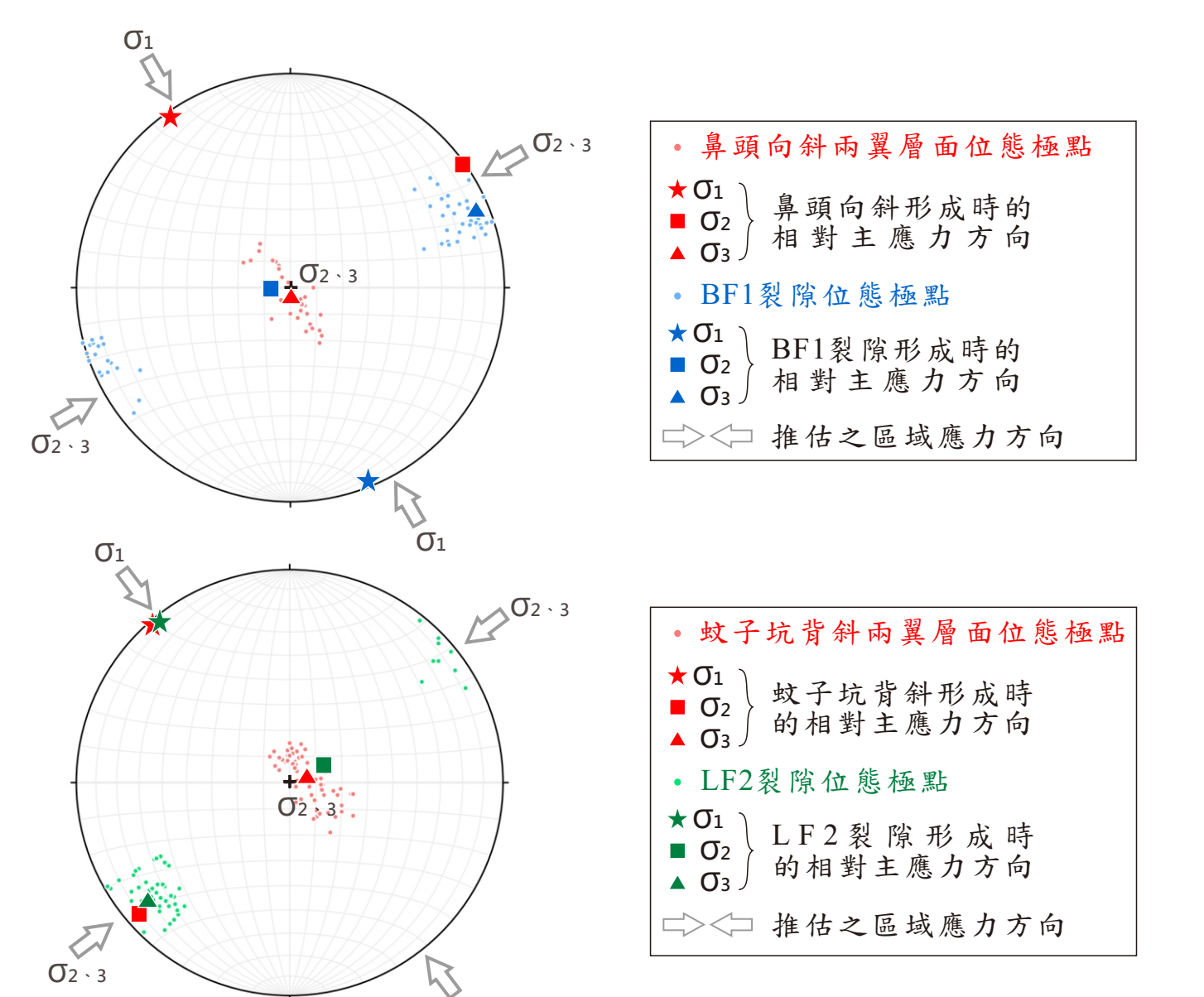
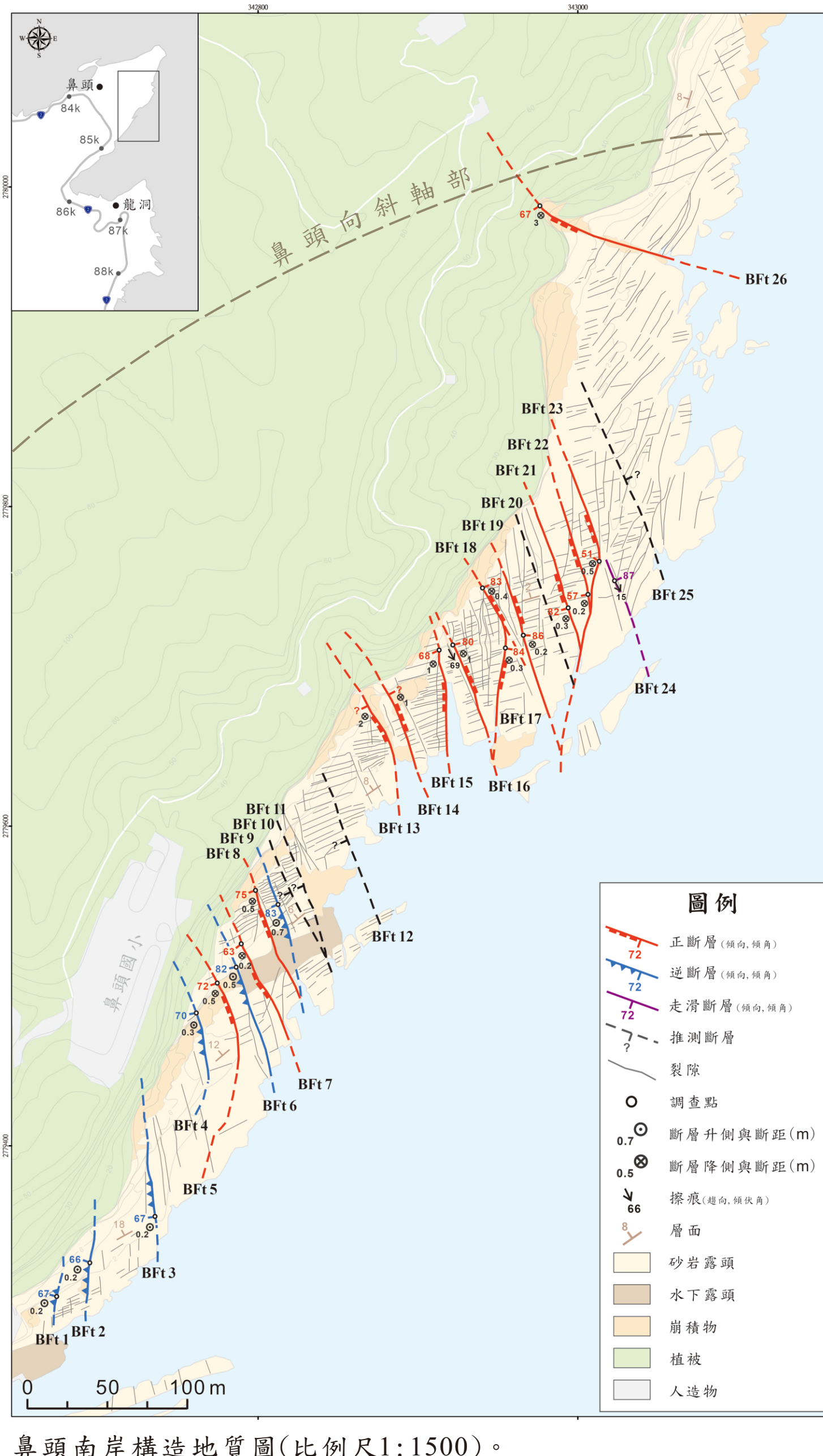
南區西北西的正斷層位態可對應於裂隙組LF1，斷層走向與鄰近本研究區之菜菜地區出露岩脈長軸方向相似，正斷層成因可能與形成岩脈之晚中新世地殼伸張環境有關。北區西北向正斷層位態能對應於裂隙組LF2，比較此組裂隙與蚊子坑背斜形成時的相對應力方向，可見最大主應力方向大致平行，推估此組正斷層與鼻頭地區正斷層同為褶皺形成時期的產物。零星分佈的北北西向正斷層多受制於前述兩組斷層，可能形成於褶皺作用後期。

統整前述裂隙及正斷層形成次序及成因，將各裂隙組及正斷層歸類為伸張環境下的伸張構造，並根據運動學的角度分析，將本研究區構造演化分為五個階段：



正斷層與沖繩海槽開張及垮山的關聯性

龍洞西北西向正斷層判斷其形成時間較早，西北向正斷層與鼻頭地區正斷層走向皆大致平行於近期兩次沖繩海槽開張方向，且近乎垂直於外海正斷層，而東北部山脈垮塌所形成的正斷層多沿既存的東北走向逆斷層(如山腳斷層)，與本研究區西北走向的正斷層不符，因此認為兩區正斷層發育受山脈垮塌及沖繩海槽開張影響較小。



結論

- 鼻頭南岸有14條能追跡約百餘公尺的正斷層，位態與裂隙組BF1相當(N16°W)，斷距介於0.2公尺至3公尺之間，依據擦痕資料推論為具右移分量的正斷層，斷層面約垂直於鼻頭向斜褶皺軸，推估垂直褶皺擠壓方向的側向伸張作用為此區正斷層成因。
- 龍洞南區出露8條西北西向的正斷層，能追跡約30至150公尺，斷距可達於4公尺以上，斷層走向與鄰近本研究區之菜菜地區出露岩脈長軸方向相似，正斷層成因可能與形成岩脈之晚中新世地殼伸張環境有關。龍洞北區能判釋3條西北向正斷層，斷層位態近乎垂直於蚊子坑背斜軸，可能於垂直褶皺擠壓方向的側向伸張環境下形成。5條零星分佈之南北向具平移分量的正斷層位態能對應LF4及LF5(N10°E~N10°W)，此組斷層發育多受制於前述兩組斷層，形成於褶皺作用後期。
- 本研究區正斷層成因與沖繩海槽開張及山脈垮塌無直接關聯。