

# 海岸線變遷

利用衛星影像偵測新竹海岸變遷

## 摘 要

---

本研究的範圍分成三段，北段由新豐下鳳鼻尾到頭前溪出海口，中段頭前溪出海口到客雅溪出海口，南段由客雅溪出海口到鹽港溪出海口，

研究結果顯示，中段海岸頭前溪口到客雅溪口和南段海岸客雅溪到鹽港溪口濱線位移量較大、淤沙也較嚴重，利用歷史地圖及衛星影像來觀測每個時期海岸線變化，如：中央研究院的台灣百年歷史地圖、google earth、及太空中心提供的福爾摩沙衛星五號的兩幅影像，利用各類地圖數化海岸線的位置。

最後再利用 QGIS 進行影像疊圖來判斷出海岸線的移動，比對相關文獻，改變最後歸類出五個主要的因素，氣候、外營力、沈積收支、海平面升降以及人類活動。

中段海岸的金城湖一帶海岸退縮最為嚴重，而香山一帶海山港受潮汐影響最大。對於海岸景觀的保育仍有待努力。

---

# 目次

---

一、	研究動機	.....	1
二、	研究目的	.....	2
三、	研究過程	.....	4
	(一) 文獻回顧	.....	4
	(二) 研究區	.....	5
	(三) 研究方法	.....	6
	(四) 研究架構	.....	9
四、	研究設備器材	.....	10
	(一) 海岸線數化	.....	10
	(二) 影像分析	.....	10
五、	研究結果	.....	12
	(一) 1898~1956	.....	12
	(二) 1956~1990	.....	13
	(三) 1990~2018	.....	14
六、	討論	.....	15
七、	結論	.....	16
八、	參考文獻	.....	17

## 一、研究動機

自從手機 APP 票選出「台灣最難玩的縣市」，新竹排名第二，許多新竹人開始群起擁護自己生長的土地（網路報導）。在新竹生長了 17 年，新竹擁有「十六公頃青青草原」、「十七公里海岸線」、「十八尖山」等美景。新竹又擁有得天獨厚的九降風，生產好吃的柿餅、爽口的米粉，新竹的東門城、護城河，還有信仰中心城隍廟，竟然得不到其他鄉民的青睞。

小時候住在新竹南寮附近，沙灘是我的遊樂場。偶然發現這裡的沙地變大了，好奇地問了家人，得到的答案是漲退潮的關係。校外教學時在香山濕地抓螃蟹，老師說香山濕地是國家級的濕地，為保護物種，需要申請才得進入。面對這一片隨潮起潮落的一片沼澤，新竹市民有著兩極化的意見：要開發，還是要保護？每次騎完十七公里海岸線，返程時在幸福海岸目送夕陽西下，「新竹是全臺灣最幸福的城市」才是這塊土生土長的故鄉最佳寫照。

在瀏覽文獻時，發現新竹南寮港的位置，忽北忽南，不論是舊港、新港，及新竹人打卡、抓寶重要聖地：南寮港，皆受到淤砂的影響，在南邊的香山，還有一個只有在漲潮才能通航的海山港，這些港灣還有存在價值嗎？

## 二、研究目的

海岸線侵蝕的問題是台灣的重要議題，政府先後於民國 73 年發布《臺灣沿海地區自然環境保護計畫》，民國 96 年《永續海岸整體發展方案》，民國 101 年年，台灣環境資訊協會正式開啟了守護台灣海洋及海岸線行動計畫。

海岸為地球上特殊的自然環境，與大氣圈、水圈、岩石圈皆有相當密切的關係，由於氣候、季風、人文等因素，世界各地的海岸皆有不同的特色。儘管不同地區的海岸有不同的生態環境或特質，但對海岸線的傷害已無法彌補。

海岸線是海洋與陸地的交界處，受到人為因素和自然因素的影響而有所改變，像是波浪、洋流、潮汐或者是颱風等等都是使海岸線往變動的自然的因素，而人為因素，大多人都認為海岸地區是不毛之地，因此海岸線成為工業區的一大建設地之一，工業用水或灌溉，在上游興建水庫、攔砂壩等，造成原本應該流到出海口淤積的砂被攔走，導致過度開發，各式各樣的汙染等原因，使的海岸線急遽變化，陸陸續續在變動。

台灣四面環海，包含沙地、珊瑚礁等，但現代環境出現了大問題，海岸線不斷往內縮移，根據中央地質調查所調查全台至少 12 處海灘和沙洲，在過去 30 年，退縮了 100~650 公尺，而我們生長的新竹海岸，是否也遭受到相同的問題？

利用遙測影像如航空照片與衛星影像觀察，調查海岸線的改變，本研究以新竹地區為主，利用中央研究院提供近幾年來的航照圖、數位地圖，經過實地勘察與判斷後，於系統提供的數位化功能，找出從以前到現在海岸線的差別，並討論出海岸線變化的真正原因。

新竹漁港位於新竹市南寮里頭前溪出海口南岸，昔日在頭前溪左岸已有南寮漁港一處，該港於 1959 年完工啟用，惟航道及泊地常遭河沙淤塞，功能大減（新竹區漁會網頁）。該港潮差平均約 3.5 公尺，漁船進出不便。1991 年新修建新竹漁港，泊地水深為低潮位以下 3 公尺，成為全天候使用港。由於頭前溪攜砂量大，因漁港防波堤之興建及漂沙淤積，新竹漁港附近海岸逐漸淤淺，並向海側擴展，港口及航道受漂砂回淤造成深度不足，即使每年清淤仍無法根治。

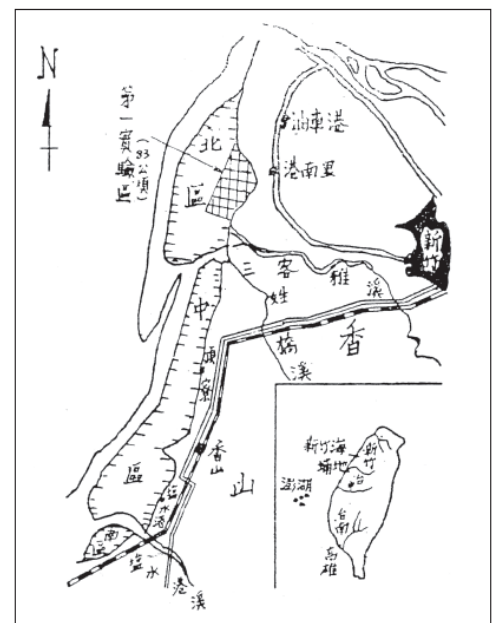


圖1 新竹海埔地草圖

資料來源：張劭曾（台灣海埔地之經濟建設目標）

韋煙灶（2018）彙整歷史文獻，歸納出三個竹塹港之港口及沿地變遷的歷程：

(一) 從「港濶水深」到只能到「一、二百石之小船」

(二) 竹塹港泊地在今頭前溪口南、北岸游移不定

(三) 從港口機能觀點來論清代船頭溪洲的優勢

(四)清代後期竹塹港泊地及航道的論證分析

張德南（2006）整理自 1957~1966 年新竹海埔地開發工程，於 1959 年堤防工程完成後，即開始本區圍墾工作，區域分成北區（第一實驗區）、中區、南區三部份。在中研院台灣百年地圖，可以比較海埔地興建前後的濱線差異。

表 1：新竹海埔地開發大事記

年代	新竹海埔地開發	鄰近海岸線建設
1957~1959	新竹海埔地開發圍地	1959 南寮漁港建設
1960~1990	海埔地種植稻米，產量大增	1991 新竹漁港建設
1973~1994	南寮垃圾場持續焚燒垃圾	
1993~1995	海水倒灌，農地泡湯損失嚴重	新竹漁港突堤效用，海潮侵蝕沿岸
1995	西濱公路興建	
1992~2010	新竹香山區海埔地造地開發計劃	

### 三、研究過程

#### (一) 文獻回顧

林朝棨 (1957) 在《臺灣地形》中推斷新竹平原南方丘陵直逼臺灣海峽，「海岸線呈直線狀，無砂嘴、沿海洲等，香山塘一帶之臺地礫石層突然消失」，認為新竹海岸可能為幼年期之斷層海岸，因而進一步推論「海入侵入鳳山溪與頭前溪之河口，形成喇叭狀之沉水海灣，經泥砂充填或幾次之滄桑之後遂形成本沖積平原。」。

陳正祥 (1959) 在《臺灣地誌》中描述臺灣西部海岸線：「西部之海岸，則甚淤甚淺」，「塗灘 (tidal flat) 平鋪，向外伸展可數公里」(P.61)，「海岸為上升海岸，平直缺乏港灣；頭前溪之舊港，過去曾通帆船，今已淤塞不堪，而在其外側改建南寮漁港。」(P.806)

徐鐵良 (1962) 將臺灣本島的海岸依瓦倫亭海岸分類法，劃分成十種區域類型，其中臺南曾文溪口至臺中烏溪河口間的海岸 (圖中 i 點)、以及烏溪至桃園觀音的海岸 (圖中 j 點)，兩者皆屬於「上升、堆積」的前進海岸，因陸地上升加上大量堆積，海岸前進。

王鑫 (1988) 定義海岸線的種類，由海水面與陸地間的相對運動，造成海進及海退的現象。洲瀉海岸 (Barrier-island Coast) 為「海浪將岩屑送到適當的地方堆積下來，在外海地區多形成「堤狀砂礫沉積的洲洲、砂洲在水面下的時候，叫做潛砂洲；浮在水面上時稱為砂洲島或濱外砂洲。」，「在海積過程中，若有部分海水被砂洲攔住，不易和外海溝通，則稱為潟湖。潟湖的水初為純海水，內外海水可藉濱外沙洲間的缺口相互溝通，這缺口稱為潮流口。潮流所挾帶的泥沙，使湖面縮小，深度變淺，終至使潮流口淤積不通，成



圖 2 新竹市西南香山附近之海岸

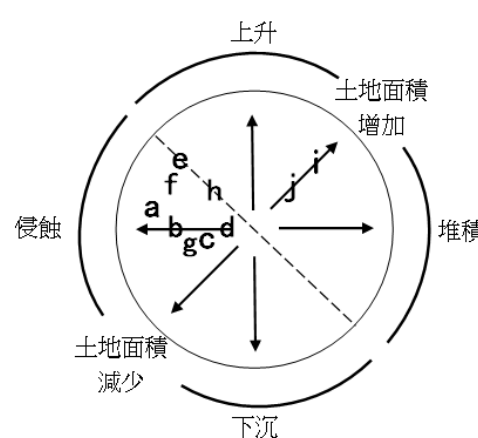


圖 3 徐鐵良的臺灣分區 (1962)

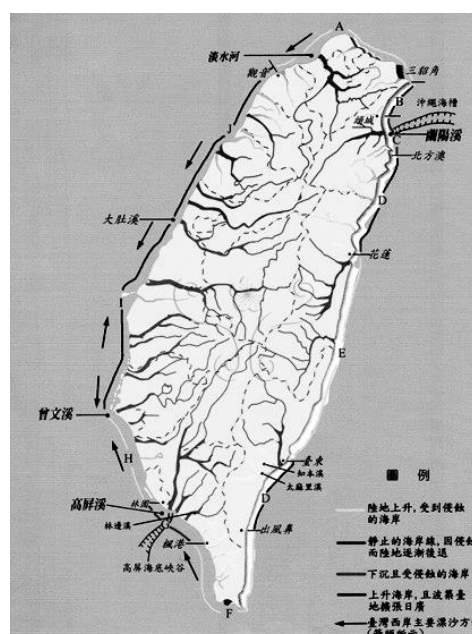


圖 4 臺灣海岸分類

為沿海沼澤地或漸為陸地，而造成潟湖的消失。」

沈淑敏 (2013)整理了九位學者對臺灣海岸分區的不同，臺灣西部海岸為「離水海岸、隆起海岸、沙泥海岸」。

許民陽 (2013) 認為影響海岸變遷的五個主要因素：(1)氣候、(2)外營力作用、(3)沉積收支、(4)海平面升降、以及(5)人類活動等五大因素。

臺灣西海岸的海底平淺、坡緩，但受到臺灣海峽地形效應影響潮差大，逢颱風來襲時，往往造成暴潮，超過海堤高度，倒灌入沿海低地，侵蝕或破壞海岸防護工程。西北海岸除了夏天颱風侵蝕海岸外，冬天東北季風帶來的高浪也會侵蝕沙丘崖腳造成海岸後退。同時，陸地上各種攔河工程及採砂石，使河川輸沙驟減，造成海岸沉積物的收支失衡所致。

海岸結構物如突堤、離岸堤會改變波浪及沿岸流運動的情形，進而引起漂沙方向及量的改變，造成在海岸結構物上游堆積、下游側侵蝕的現象，稱為「突堤效應」。在宜蘭烏石港、桃園觀音、及高美溼地皆由突堤效應所改變海岸形狀。

林宗儀 (2013) 談及海岸變遷的研究，必須先界定範圍，然後以某一特定時間的海岸狀態，和其先前或之後一段時間的海岸狀態做比較。可用定性的文字或影像描述、或定量的現地測量、影像和地圖資料及地理資訊系統的操作來偵測、量化。衛星影像的缺點是濱線的判斷缺乏一致明確的定義，常取決於拍攝當時的水位和海灘的度，如常用乾濕界線來代表平均高水位線，但影像的真確性容易因波浪的上和影像拍攝時的氣象狀況影響。潮差愈小或坡度愈陡愈不受影響。

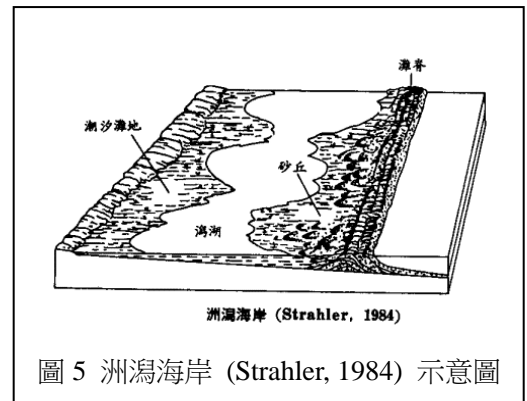


圖 5 洲瀉海岸 (Strahler, 1984) 示意圖

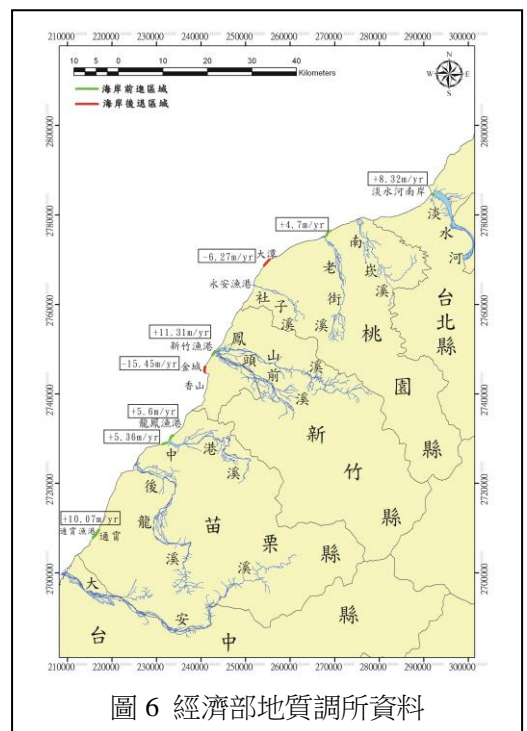
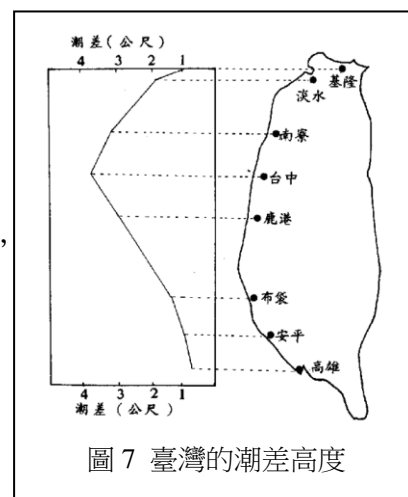


圖 6 經濟部地質調所資料



姚武田 (1994) 調查桃園到新竹海域的海流觀測，海流流向大致與海岸線同方向，即為東北東與西南西兩方向，流向隨潮位週期而異；另依台電電源勘測隊之觀測資料，桃園－新竹間海域夏季海流流向亦為平行海岸線走向，漲潮期間為西南向，退潮時受黑潮支流影響，流向轉為東北向。冬季海流主要為西南向，當東北風弱時，漲潮為西南向、退潮為東北向；但東北風強時，不論漲潮、退潮皆為西南向。因此，新竹附近海岸主要漂沙方向為西南向 (范光龍, 1988)。



## (二) 研究區

1. 北段海岸：崁頭溪口到頭前溪口



而規劃成遊憩區。

海岸南側形成新月沙灣，為竹北著名休憩地，沙丘後多闢建魚塭，養殖烏魚。新月沙灣亦成為鳳山溪、頭前溪之「攔門沙洲」，冬季東北季風盛行時使兩條河流幾成「沒口溪」景觀。

## 2. 中段海岸：頭前溪口到客雅溪口

海岸北段為鳳山溪、頭前溪入海口，兩條河流輸砂量極大，為新竹南寮海岸主要沙源。頭前溪因淤積嚴重，在入海口形成許多沙洲島。隨著頭前溪的不斷改道，竹塹港時北時南，在中央研究院百年地圖中可見。南寮漁港興建後不久即因淤塞無法使用，新闢建的新竹漁港易有淤塞的記錄。

新竹漁港南側有幸福海岸、海天一線等，隨著十七公里海岸線自行車道、海埔地的金城湖，假日遊客如織。

## 3. 南段海岸：客雅溪口到鹽港溪口

客雅溪口以南，稱為香山濕地，又稱香山潮間帶，已於 1996 年國際拉姆薩公約組織會議中被正式列為「東亞水鳥保護網棲息地」的一環，更是國際鳥盟指名重要的野鳥保育棲地。本區原本規劃填土造地，歷經保育界長期抗爭反對而取消；2001 年，公告為香山濕地野生動物重要棲息環境、新竹市濱海

野生動物保護區 1600 公頃。香山濕地南側，有一連串的沙丘，一路連綿到崎頂海岸。

香山濕地於 2018 年規劃的賞蟹步道、以及北側依著濕地的「香山綠色隧道」，堪稱國家級美景。

## (三) 研究方法

林宗儀 (2013) 在討論海岸變遷時，認為衛星影像受限於拍攝時的水位（漲、退潮）和海灘的坡度，導致濱線的判斷無一致性的定義。雖然研究者常用乾濕界線來代表平均高水位線，但影像的真確性容易因波浪的上和影像拍攝時的氣象狀況影響。本研究區的潮差高約 3 公尺

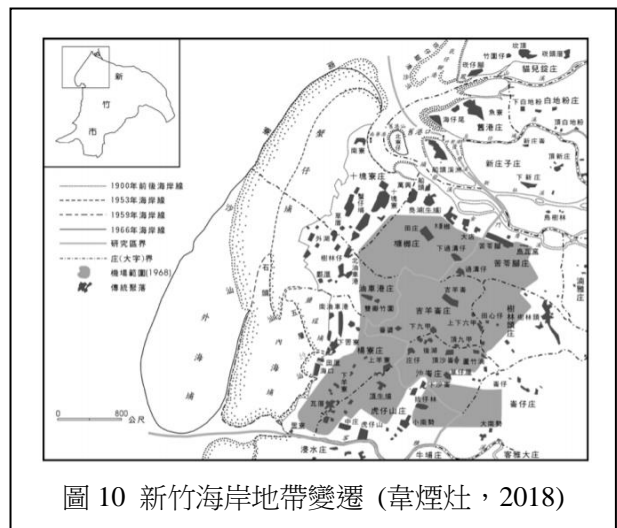


圖 10 新竹海岸地帶變遷 (韋煙灶, 2018)

(范光龍,1988)，且海床坡降約 1/100 (缺資料來源)，漲、退潮間濱線位移可達 300 公尺，因此對衛星影像很難精確判斷實際濱線位置。

張憲國 (2012) 利用正規化差異含水量指數 (NDWI)提升影像分類的準確度，再以監督式分類，能提昇衛星影像中灘線擷取的精確性。正規化差異含水量指數 (NDWI, Normalized Difference Water Index)，常用來判釋水深及葉面含水量的多寡，由於水體反射較多綠光、吸收大量近紅外光，NDWI 指數主要是利用綠光段反射量與近紅外光段反射量的數學「和差比值」，來判斷植物葉面的含水量面積。

NDWI 的計算公式： $NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$

NIR 為近紅外光波段反射強度，在福衛五號影像的第四波段

Green 為綠光波段反射強度，在福衛五號影像的第二波段

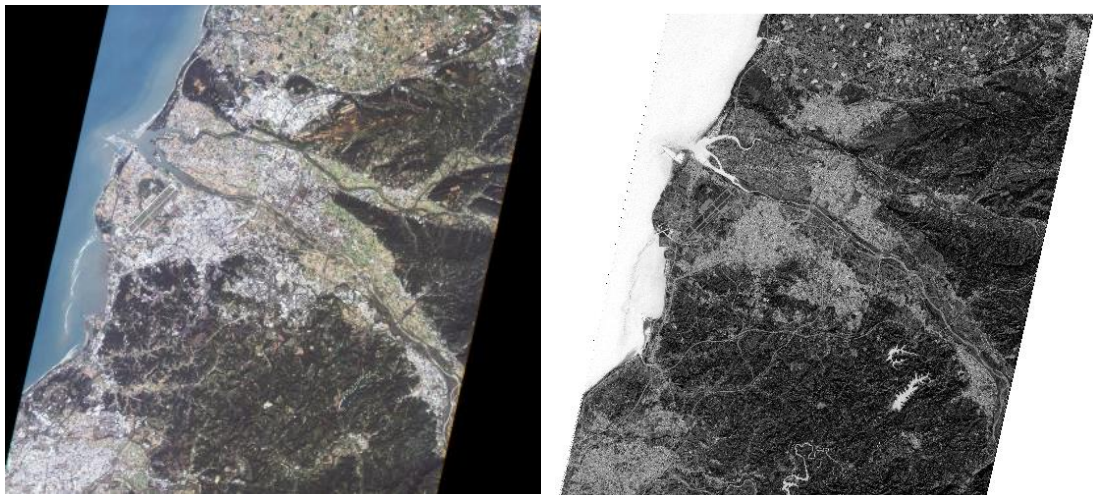


圖 11 福爾摩沙衛星五號原始影像與 NDWI 圖：FS5\_G022\_MS\_L4TWD97\_20180101\_024127

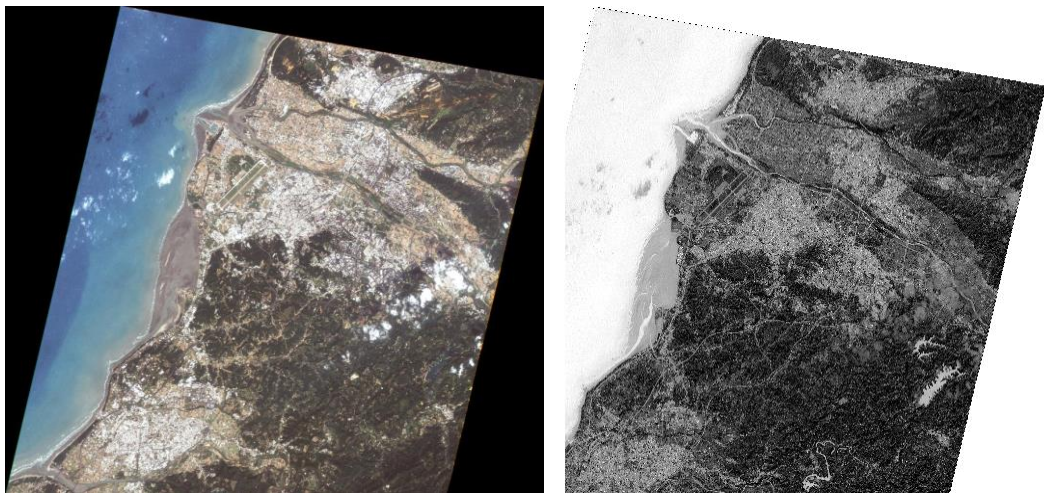


圖 12 福爾摩沙衛星五號原始影像與 NDWI 圖：FS5\_G022\_MS\_L4TWD97\_20181217\_025813

Google Earth Pro 是一套大眾化的線上軟體，影像內容包括衛星影像與數值航空照片兩類，影像解析度最高可達 0.1~0.2m(航照影像)，同時提供了歷史影像可了解環境的變異，如（圖 13），新竹地區的影像已提供到 2018 年 11 月。（圖）中的影像顯示為上午 8 時拍攝。

Google Earth Pro 提供大量的衛星影像，亦提供日期和時間，可透過潮汐表對照漲、退潮，但仍有幾項限制：

1. 部份海岸鄰近軍事基地，因機密而無法呈現。
2. 影像採用鑲嵌方式，同一張影像可能為不同時段拍攝而成。

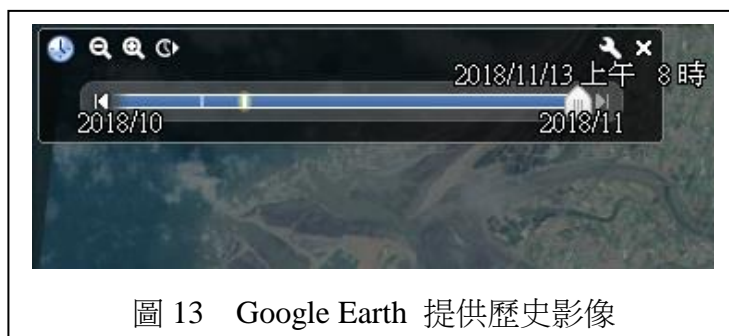
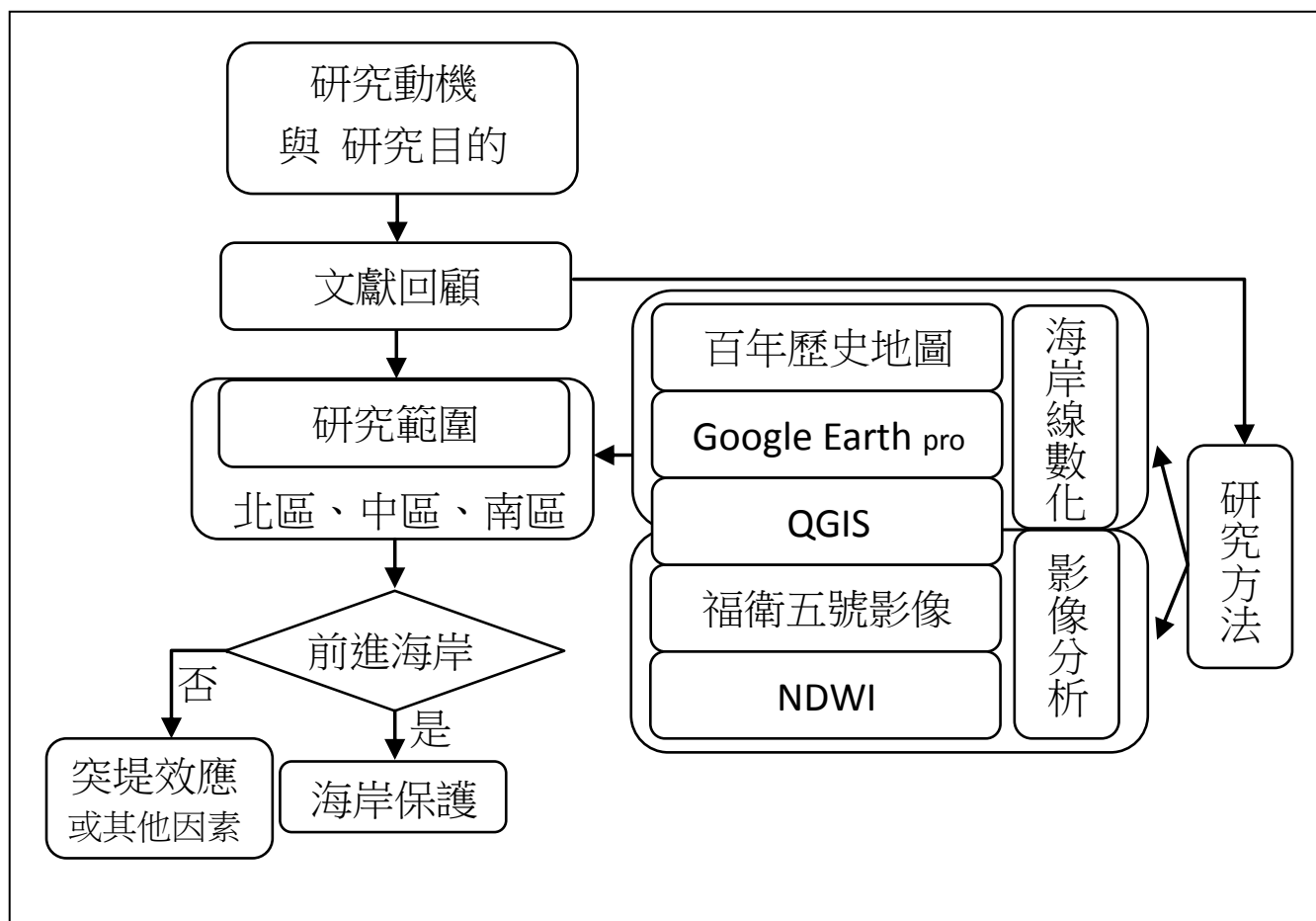


圖 13 Google Earth 提供歷史影像

#### (四) 研究架構





## 四、研究設備器材

### (一)海岸線數位化

#### 1. 中央研究院「台灣百年歷史地圖」：線上數位化功能

利用中央研究院人社中心地理資訊科學研究專題中心(簡稱 GIS 專題中心)所開發的「台灣百年歷史地圖」網站的「線上數位化」功能，將 GIS 專題中心已數位化的歷史地圖，數位化研究範圍的海岸線，儲存成 KML 檔。

#### 2. Google Earth (pro)：線上數位化功能

Google Earth 提供數位化功能，利用「新增」、「路徑」，數位化不同年份的衛星影像的海岸線，儲存成 KML 檔。

#### 3. Google Map：衛星定位功能

Google Map 提供手持式裝備衛星定位功能，在實地調查中拍攝之影像，方便記錄整理。

#### 4. QGIS：數位化功能

QGIS 2.8.1 提供強大的地理資訊系統整理功能，利用「圖層」、「新增圖層」、「新增 Shape 檔圖層」，將福爾摩沙衛星五號所擷取影像的海岸線，儲存成 KML 檔。

### (二) 影像分析

#### 1. 福爾摩沙衛星五號：

使用國家太空中心所提供的「福爾摩沙衛星五號」三幅。

##### (1) 第一幅編號：FS5\_G022\_MS\_L4TWD97\_20180101\_024127

此影像為 2018 年 1 月 1 日格林威治標準時間上午 2 時 24 分拍攝 (台灣時間為上午 10 時 24 分)，座標系統為 TWD97、L4 等級多波譜(Multi-spectral) 彩色影像，影像清晰，拍攝地點涵蓋研究區全部海岸線。依中央氣象局提供之潮汐表，拍攝時間適逢高潮，海水面最高。



(2) 第二幅編號：FS5\_G022\_PAN\_L4TWD97\_20181018\_025541

此影像為 2018 年 10 月 18 日格林威治標準時間上午 2 時 55 分拍攝 (台灣時間為上午 10 時 55 分)，座標系統為 TWD97、L4 等級全色 (Panchromatic) 影像，影像清晰，拍攝地點涵蓋研究區全部海岸線。拍攝時間為退潮，潮間帶露出。

(3) 第三幅影像：FS5\_G022\_MS\_L4TWD97\_20181217\_025813

此影像為 2018 年 12 月 17 日格林威治標準時間上午 2 時 58 分拍攝 (台灣時間為上午 10 時 58 分)，座標系統為 TWD97、L4 等級多波譜(Multi-spectral) 彩色影像，影像清晰，拍攝地點涵蓋研究區全部海岸線。拍攝時間為退潮，潮間帶露出。

2. NDWI：

張憲國 (2012) 利用 NDWI 研究能精確擷取衛星影像中灘線之方法。利用 QGIS 的影像計算模組，計算後，以目視法數位濱線位置。

3. Google Earth Pro 影像：

依提供的歷史影像模組，選擇清晰、低潮位的影像。如 2010/07/26-15:00、2013/06/19-10:00、2015/11/18-10:00、2017/06/01-10:00 亦接近低潮位，皆可作為對照用。

日期	時間	漲退潮
1898 明治版台灣堡圖		無法判斷
1924 大正版台灣堡圖		無法判斷
1966 繪置地圖		無法判斷
2002/12/09	08:00	退潮，無南段
2010/07/26	15:00	退潮
2013/06/19	10:00	退潮
2015/11/18	10:00	退潮
2017/06/01	10:00	退潮
2018/12/17	10:58	接近退潮 (低潮位)

表 2 2018 年新竹潮汐表				
日期	潮時	潮高 mm		
			相較中等潮位	相較全年最低潮位
1月1日	04:03	低潮	-201	+22
	09:57	高潮*	+169	+392
	16:33	低潮	-147	+76
	21:54	高潮	+175	+398
10月18日	05:21	高潮	+99	+321
	12:00	低潮*	-124	+99
	18:31	高潮	+110	+333
12月17日	05:57	高潮	+91	+313
	12:18	低潮*	-121	+102
	18:26	高潮	+116	+339
資料來源：中央氣象局潮汐表				

<b>18</b>	02:23	139	369	H
	09:07	-167	64	L
	15:20	142	372	H
	21:45	-126	104	L

圖 15 氣象局公告之潮汐表(摘錄)



## (二) 1956 年~2002 年

1966 年海埔地完成，在歷史地圖中找到 1966 年繪製的「臺灣省水利工程、水文站及基準點位置圖」，再加上 Google Earth (pro) 2002 年衛星影像，三者作變遷分析。

### 1. 北段海岸

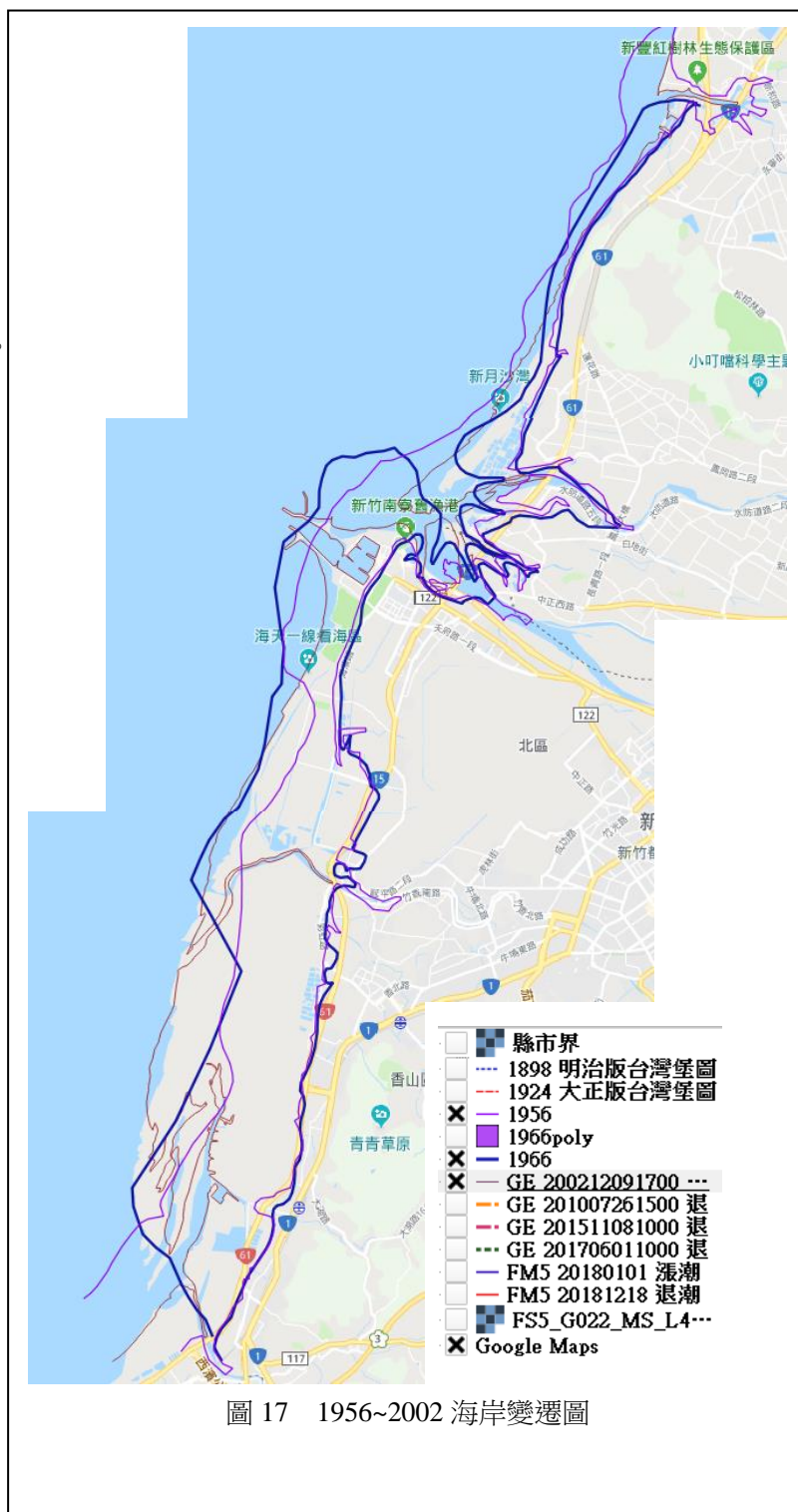
1966 年新竹海埔地完成，對北段海岸影響不大。兩河流的淤積漸多，此時位於頭前溪左岸的舊南寮港已於 1959 年啟用。可能這三張圖的繪製方法不一，應是海岸線忽而前進忽而後退的另一個原因。然而 2002 年 12 月份的衛星影像判斷，與今天海岸線甚為接近。同樣原因，由於無法得知歷史地圖繪製原則，只能大致由文獻記載得知本區海岸線的變動。

### 2. 中段海岸

2002 年新竹漁港已竣工數年，漁港兩側堤岸造成淤砂量不大，且皆比前二幅歷史地圖沙洲面積為小。由於新竹漁港浚深海面下 3 公尺，可預防因退潮造成海面下降的不便。

### 3. 南段海岸

1966 年地圖已見海埔地向外伸出兩幅福衛五號影像，而 2002 年潮埔的範圍更清楚。





### (三) 2002 年~2018 年

Google Earth pro 提供許多衛星影像，大量利用鑲嵌技術，在移動地圖時會選擇最清晰影像。因此在數化過程中要高度專注。本研究擷取了 2002/12/09、2010/07/26、2013/06/19、2015/11/18、2017/06/01 等五個時段的影像，其中以 2012/12、2015/11 兩個年份的資料，因季節及海象資料較接近，以與福衛五號 2018/12 的影像作比對。

#### 1. 北段海岸

新月沙灣面積擴大，與鳳山溪、頭前溪兩河流帶來龐大的輸砂量，幾乎將河口封閉，在冬季時成為名附其實的「閉門沙洲」。

#### 2. 中段海岸

新竹漁港堤岸兩側沙洲逐漸形成，一般皆認為「突堤效應」是主要關鍵，實際調查時，在堤岸南側可見許多護岸工程、鄰近南寮焚化爐海岸處亦可見消波塊。客雅溪出海口的金城湖岸，沙洲面積大減，此點符合中央地質調查所的研究結果。

#### 3. 南段海岸

從 2002 年以後的衛星影像，都可看到本區沙洲面積在增加，退潮時使香山區的海山漁港幾乎無法使用。此段漲潮時海水侵入，退潮時形成廣大沙灘，是標準沙洲—潟湖海岸。

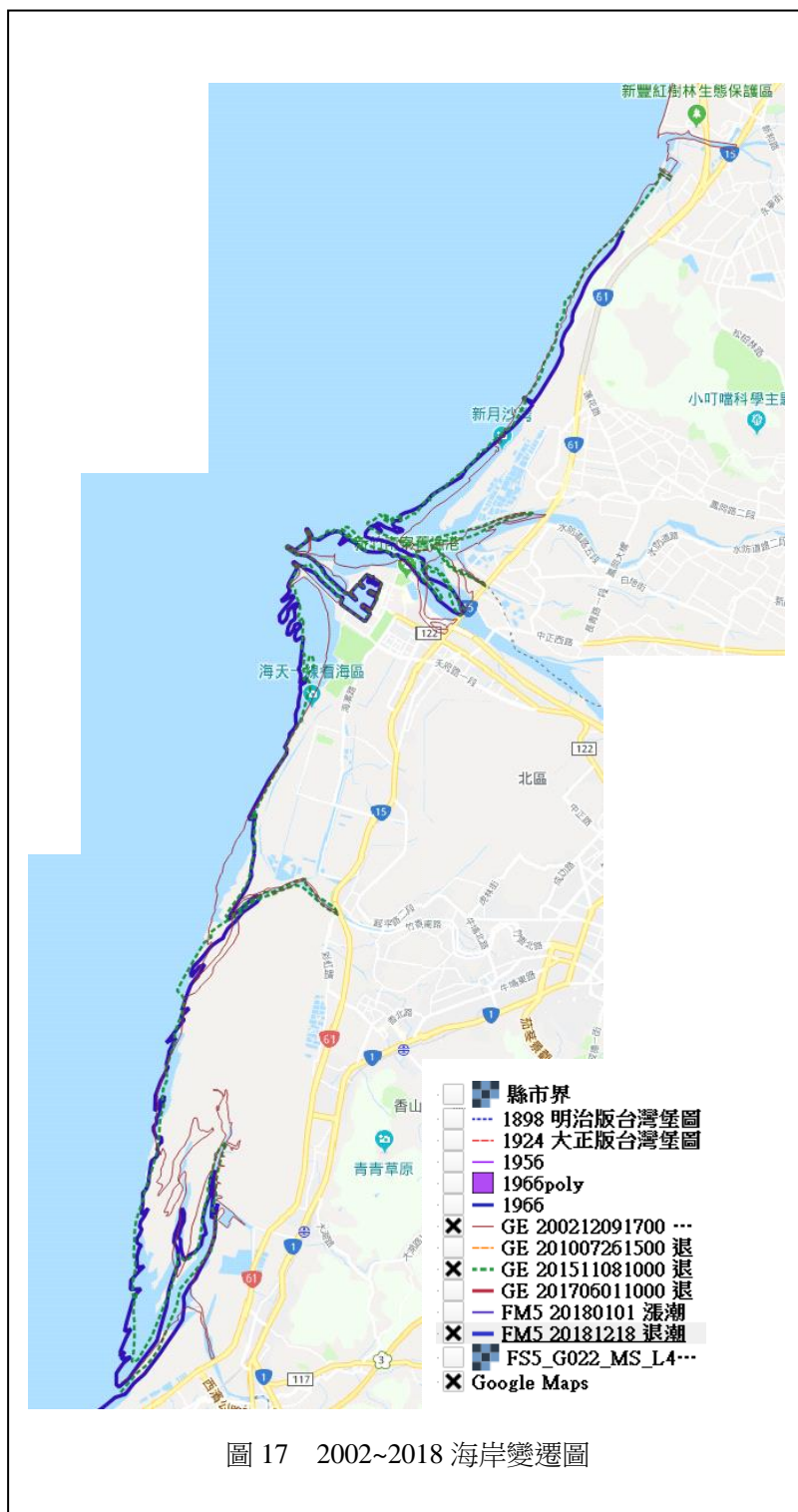


圖 17 2002~2018 海岸變遷圖

## 六、討論

在文獻探討過程，本區海岸在歷史地圖中，因頭前溪帶來泥沙淤積量大，使得海岸不斷向外移動，地形學家歸類此區為「前進海岸」。此點在文獻中，提及竹塹港位置忽北忽南，也使後來闢建的南寮漁港、新竹漁港功能大減，而新豐的紅毛港、香山的海山漁港，在退潮時幾無功能。

在影像判識過程發現，竹北的新月沙灣有不斷外移的趨勢，在冬季東北季風盛行，加上退潮效應，頭前溪南側的南寮沙洲連成一區，將頭前溪圈住形成沒口溪。

金城湖賞鳥區外沙洲緊鄰海堤，應是本區唯一受侵蝕的海灘，許多研究都證明為「突堤效應」，從衛星影像可以看出

，但仍需要更多的海洋工程學去證實。

海山港是最有意思的，4月中旬現地勘查時，看到許多饕客在傍晚時刻採買海產，而港邊也有定置網漁業公司的招牌，退潮時可見許多蚵農從潮埔遠方滿載而歸。

香山天后宮的碑文記載：「明永曆十五年(1661 年)...已有三百多年富有悠久歷史是時香山港為最早一天然港因接近大陸每天碇泊港灣內船舶達百艘以上舟車輻輳行郊林立為貨物聚散地與貿易要地」，竹塹向來為北臺灣重鎮，足見一番，今日滄海桑田，已失去昔日光彩。



圖 18 新月沙灣之海岸變遷



圖 19 新竹漁港之海岸變遷



圖 20 金城湖賞鳥區之海岸變遷

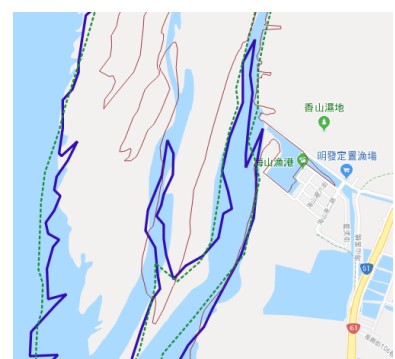


圖 21 香山濕地及海山漁港



圖 22 香山天后宮石碑

## 七、結論

由於中央研究院「百年歷史地圖系統」在即將完稿階段進行維修，還好 Google Earth 補足資料的缺口。在考完期中考後隔天參加畢業旅行，每天熬夜到凌晨一點，只能利用畢旅的空檔完成心得。

福爾摩沙衛星五號拍攝的衛星影像，可進行 NWDI、NVDI 等影像分析，從張憲國 (2012) 的研究中，以監督式分析可有效抽離濱線。因研究計畫的客觀限制，僅能由申請中的影像中篩選出研究範圍內的兩張影像。

在進行南段的數化過程中，廣大、平坦的潮埔，潮起潮落中濱線位移量大，Google Earth pro 的影像拍攝時間能顯現低潮位的濱線，唯需謹慎選擇資料來源，並對照潮汐資料。而福爾摩沙衛星五號所提供的資料，僅能以最接近的清晰影像進行濱線的數化，因而造成的偏差難以估計。林宗儀 () 描述的「甚難定義濱線」位置，應該就是這個意思。

研究過程中，發現香山濕地、新豐濕地的紅樹林，皆有保護海岸的功能，只要有紅樹林存在的地方，海岸線就不會有移動的現象。只是，新竹市政府曾參考其他地區的作法，計畫清除香山紅樹林，此舉引起國內生態學界譁然 (自由時報)。要如何保生態平衡，應該要有全體居民的共識。

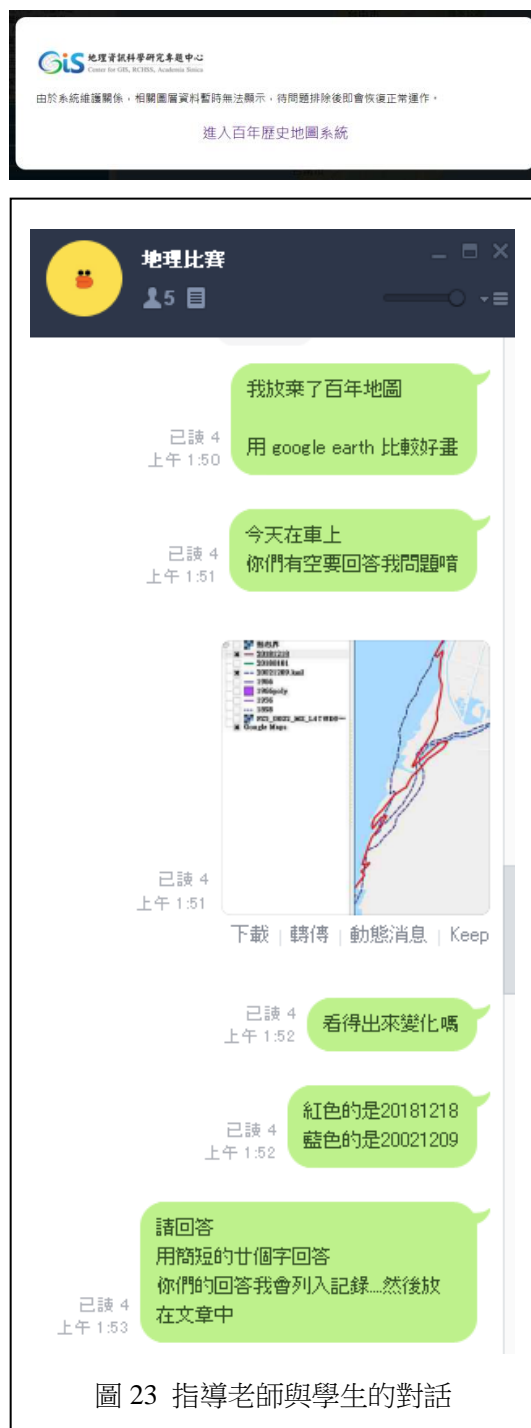


圖 23 指導老師與學生的對話

## 八、參考資料

1. 姚武田 (1994)，台灣北部桃園－新竹海域波浪、潮汐海流觀測分析，中華民國第十六屆海洋工程研討會論文集，pp.107-121。
2. 范光龍 (1988) 台灣附近的海域，科學月刊第 221 期。
3. 張德南 (2006) 新竹海埔地開發工程概述，竹塹文獻雜誌第 36 期，pp.81~100，新竹市文化局。
4. 潮汐表 (2012 ~ 2018)，中央氣象局。
5. 張憲國 (2012)，應用多頻譜衛星影像於灘線辨識與灘線變遷分析，第 34 屆海洋工程研討會論文集，pp.661-666，臺南市：國立成功大學。
6. 沈淑敏 (2013)，臺灣地區海岸地形的特徵與分類，臺灣海岸變遷，地質第 32 卷第 4 期，pp.14~19。新北市，經濟部中央地質調查所。
7. 許民陽 (2013)，海岸變遷的自然與人文因素，臺灣海岸變遷，地質第 32 卷第 4 期，pp.20~27。新北市，經濟部中央地質調查所。
8. 林宗儀 (2013)，海岸變遷監測方法，臺灣海岸變遷，地質第 32 卷第 4 期，pp.28~31。新北市，經濟部中央地質調查所。
9. 朱偉嘉 (2013)，臺灣海岸變遷研究成果，臺灣海岸變遷，地質第 32 卷第 4 期，pp.32~35。新北市，經濟部中央地質調查所。
10. 韋煙灶 (2018)。新竹 300 年文獻特輯。新竹市：新竹市文化局。
11. 新竹漁會網頁 (2019)，2019 年 5 月 9 日更新。