

1. Introduction

CL訂定不易

- 不同的雨場分割方式，雨場數目及降雨指標差異甚大
- 歷史災例蒐集不易
- CL缺少客觀且具一致性之劃法

現行有效累積雨量計算方式之盲點

- 僅折減前七日降雨，未考量長延時降雨情境
- 間歇性降雨造成有效累積雨量階梯式下降，且消散過慢
- 警戒解除時機判讀易生困擾

地面雨量站空間密度不足

- 雨量站所在地距離土石流潛勢溪太遠
- 雨量站電力或通訊中斷時即失去作用
- 牽就於雨量站密度，警戒分區範圍過大

未整體考量坡地災害

- 僅針對土石流潛勢溪流發布警戒
- 未納入範圍更廣、更常發生之崩塌災害
- 缺乏視覺化與整體性致災熱區評估機制

2. Materials and methods

2.1 逐時折減之有效累積雨量

Existing EAR formula in SWCB

$$R_t = \sum_{i=0}^7 \alpha^i R_i \quad \alpha = 0.7$$

Modified EAR formula

$$EAR \equiv R_t = I_t + R_{t-1} \times (0.7)^{\frac{1}{24}}$$

I_t 為目前的時雨量， R_{t-1} 為1小時前的有效累積雨量

雨量資料：

- 六龜區QPE網格數共147格
- 2005~2016年QPE雨量資料

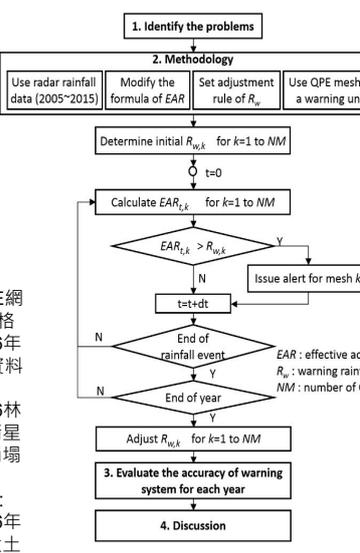
崩塌位置：

- 2005~2016林務局年度衛星判釋全島崩塌圖層

災害發生時間：

- 2006~2016年水保局重大土石災例報告

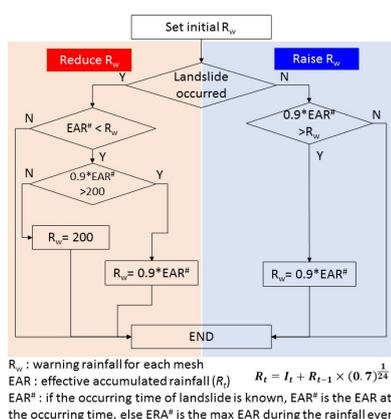
2.2 研究架構與警戒流程



4. Conclusion

- 本研究提出**有效累積雨量計算改進方案**(逐時折減法)
 - ✓不必考慮雨場起、終點，且計算快速
 - ✓較符合實驗時土壤含水量之變化趨勢
- 使用QPESUMS格網資料，提高空間解析度
- 訂定警戒值之方式簡單、客觀、可靠，且具一致性
- 僅適用於**降雨導致之群發型崩塌及土石流警戒**
- 以**高雄市六龜區10年測試結果**，平均警戒**正判率為76.4%**，重大土石災例之**捕捉率為60%**，且在災害發生前約2-18小時即可提出預警
- 本研究已建立**視覺化之降雨致災熱區警戒模式**
- 可輔助現行土石流警戒發布與解除作業
- 未來如改以**降雨事件型山崩目錄**作為基本資料，將可進一步提高正判率

2.3 警戒雨量(R_w)設定與調整機制



- 初始臨界雨量(R_w)設定**
 - ✓以2005年資料作初始設定
 - ✓**無崩塌網格**，以2005年該網格**最大EAR**為 R_w 初始值
 - ✓**有崩塌網格**，以2005年該網格**(最大EAR)*0.9**為 R_w 初始值
- 最低臨界雨量(R_w)設定**
 - ✓參考現行土石流警戒基準值，假設因降雨而導致之崩塌之有效累積雨量為**200mm**(即**最小 $R_w=200$**)
- 若某網格 $EAR > R_w$ 則發布該網格為**警戒區**
- 當年度網格未發生崩塌**
 - ✓若該網格年度 $0.9 * EAR^* > R_w$ ，則 $R_w = (EAR^*) * 0.9$ 【調昇】
 - ✓若該網格年度 $0.9 * EAR^* \leq R_w$ ，則 R_w 不變
- 當年度網格發生崩塌**
 - ✓若該網格年度 $EAR^* < R_w$ 且 $EAR^* > 200$ ，則 $R_w = (EAR^*) * 0.9$ 【調降】
 - ✓若該網格年度 $EAR^* < R_w$ 且 $EAR^* < 200$ ，則 $R_w = 200$
 - ✓其他，則 R_w 不變

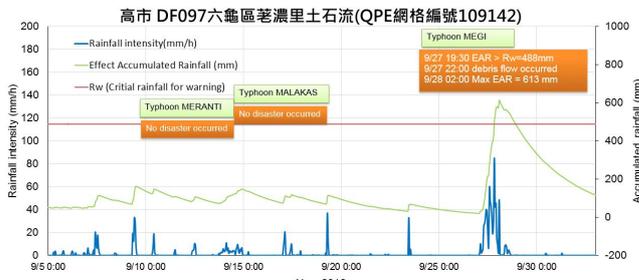
3. Results and Discussion

3.1 Results

警戒發布空間域精度

崩塌Y	警戒Y		警戒N		
	A	B	C	D	
崩塌N	誤判(C+D)		漏判(B)		
	$(A+D)/(A+B+C+D)$		$B/(A+B+C+D)$		
2006	警戒Y	警戒N	2007	警戒Y	警戒N
崩塌Y	2	2	崩塌Y	7	3
崩塌N	20	123	崩塌N	16	121
正判(%)	誤判(%)	漏判(%)	正判(%)	誤判(%)	漏判(%)
85.0	13.6	1.4	87.1	10.9	2.0
2008	警戒Y	警戒N	2009	警戒Y	警戒N
崩塌Y	9	13	崩塌Y	102	0
崩塌N	10	115	崩塌N	39	6
正判(%)	誤判(%)	漏判(%)	正判(%)	誤判(%)	漏判(%)
84.4	6.8	8.8	73.5	26.5	0.0
2010	警戒Y	警戒N	2011	警戒Y	警戒N
崩塌Y	1	38	崩塌Y	3	9
崩塌N	2	106	崩塌N	8	127
正判(%)	誤判(%)	漏判(%)	正判(%)	誤判(%)	漏判(%)
72.8	1.4	25.9	88.4	5.4	6.1
2012	警戒Y	警戒N	2013	警戒Y	警戒N
崩塌Y	28	10	崩塌Y	9	18
崩塌N	63	46	崩塌N	12	108
正判(%)	誤判(%)	漏判(%)	正判(%)	誤判(%)	漏判(%)
50.3	42.9	6.8	79.6	8.2	12.2
2014	警戒Y	警戒N	2015	警戒Y	警戒N
崩塌Y	8	34	崩塌Y	3	0
崩塌N	3	102	崩塌N	47	97
正判(%)	誤判(%)	漏判(%)	正判(%)	誤判(%)	漏判(%)
74.8	0.0	23.1	68.0	32.0	0.0

警戒發布時間域精度



- ✓10年平均正判率**76.4%**、誤判率**14.8%**、漏判率**8.6%**
- ✓因林務局年度衛星判釋全島崩塌圖層無法區隔崩塌係為地震或降雨所致，故非降雨導致之崩塌事件，可能導致漏判率偏高
- ✓2006-2016年間35件土砂災例中，21件於2-18小時前即逾警戒值 R_w ，捕捉率 $(A/(A+B))=60%$ ，且颱風事件期間之捕捉率高於梅雨事件
- ✓以2016年高市DF097為例，莫蘭蒂及馬勒卡颱風期間EAR均未超過警戒值，且未發生災害；梅姬颱風時於災前2.5小時EAR即逾警戒值

3.2 Discussion

如將各網格之EAR正規化→N-EAR

$N-EAR = EAR/R_w$

則N-EAR可視為該網格地區之土壤飽和度，亦可視為該網格地區之致災風險，並利於視覺化管理

Risk Zone by Using QPESUMS Grid (Taiwan)

致災風險顏色	風險等級	N-EARI
極高	極高	>1
高	高	0.9~1
中高	中高	0.8~0.9
中	中	0.6~0.8