

〈論 文〉

韓半島에 對한 颱風來襲確率 算定에 關한 研究

A Study on the Probabilistic Prediction of Typhoons Approaching the Korean-Peninsula

朴 浚 一*
Jun-Il Park

柳 熙 正**
Hee-Jeong Ryu

李 培 浩***
Bae-Ho Lee

Summary

An attempt is made to present a method of prediction for typhoons approaching the Korean-peninsula. The method is based upon the Bayesian theorem to improve the observed (prior) probabilities of typhoons approaching the Korean sea area incorporating conditional probability.

A total of 248 typhoons is collected and analyzed to establish prior probability and conditional probability according to the defined procedure.

The typhoons used are those which encompassed the western Pacific area to which the Korean-peninsula is subjected.

The results of exemplary computations suggest that the presented method is promising for predicting approaching typhoons.

1. 緒 說

우리 나라는 經濟的인 能力에 비해 等面積當 災害의 發生頻度가 많은 나라 중의 하나로서¹²⁾ 특히 氣象現象에 의한 災害는 매우 짧은 時間에 또는 比較的 短期間內에 일어나고 復舊에 相當한 時日과 費用을 요하므로 해마다 被害는 累積增加하는 現象을 招來하고 있다.

氣象災害의 現象別 種類에는 颱風, 低氣壓, 高氣壓, 前線, 雷雨 및 高層大氣의 異常等 여러 가지가 있으나 이 中 南洋群島 附近에서 發生하여 北쪽으로 移動해 오는 颱風은 強風과 豪雨를 同伴, 來襲하여 國內 全災害의 約 20%에 該當하는 莫大한 人命과 財產上의 被害를 남기고 있는 實情이다.⁷⁾

韓半島의 颱風來襲에 대한 特性과 頻度 및 그 影響 등에 관한 研究는 많이 遂行되어 왔으며^{4,5,6,11)} 최근에

는 氣象레이더와 人工衛星의 出現等으로 颱風機構는 그 全貌가 거의 밝혀져 있다.¹⁰⁾

그러나 颱風의 發生地點과 進路는 항상 一定하지 않고 周邊地域의 大規模氣壓系에 의해 不規則하게 變化하며 어떤 때는 豫想外의 異常進路를 取한다.

이 때문에 한 颱風이 어떤 時間에 어느 地域을 通過하게 될지는 豫測하기가 相當히 어렵다.^{3,13)}

또한 이렇게 來襲해 오는 暴風, 豪雨를 防止하거나 人爲的으로 方向을 轉換시키거나 變質시키는 手段을 갖지 못하고 있으므로 그들의 來襲을 豫想하여 接近하는 颱風에 의한 危險의 時間的인 變動을 豫報하고 有效한 災害對策과 避難行動을 指示하는 일은 防災上 대단히 重要하다.

이 論文은 發生後 移動하는 颱風의 通過地點과 進路에 따라서 韓半島에 來襲할 可能性을 確率의인 方法으로 豫測하여 颱風來襲豫報에 活用할 수 있는 資料를

* 慶尙大學校 工科大學 專任講師

** 安城農業 專門大學 助教授

*** 中央大學校 工科大學 教授, 工博, 技術士(水資源)

提示하고자 意圖한 것이다.

2. 確率模型

서로 排反하는 두 事件 A, \bar{A} 가 있을 때 $A=1-\bar{A}$ 이므로 다음의 等式이 成立한다.

$$A \cup \bar{A} = S \dots\dots\dots(1)$$

$$A \cap \bar{A} = \phi \dots\dots\dots(2)$$

따라서 이들과 關係되는 事件 B 에 대하여

$$B = B \cap S = B \cap (A \cup \bar{A}) = (B \cap A) \cup (B \cap \bar{A}) \dots\dots(3)$$

이 되며 $B \cap A$ 와 $B \cap \bar{A}$ 는 서로 排反하는 事件이다.

따라서 덧셈정리에 의하여 B 의 確率은

$$P(B) = P(B \cap A) + P(B \cap \bar{A}) \dots\dots\dots(4)$$

이며 各 項에 곱셈정리를 適用하면 다음 式을 얻는다.

$$P(B) = P(A)P(B|A) + P(\bar{A})P(B|\bar{A}) \dots\dots\dots(5)$$

이것이 全確率의 定理로서 다시 곱셈정리에 의하여

$$P(A \cap B) = P(B)P(A|B) = P(A)P(B|A) \dots\dots(6)$$

$$P(\bar{A} \cap B) = P(B)P(\bar{A}|B) = P(\bar{A})P(B|\bar{A}) \dots\dots(7)$$

이므로 式 (6), (7)로부터

$$P(A|B) = \frac{P(A)P(B|A)}{P(A)P(B|A) + P(\bar{A})P(B|\bar{A})} \dots\dots(8)$$

$$P(\bar{A}|B) = \frac{P(\bar{A})P(B|\bar{A})}{P(A)P(B|A) + P(\bar{A})P(B|\bar{A})} \dots\dots(9)$$

가 된다.

式 (8), (9)는 事件 B 가 일어났을 때 A 또는 \bar{A} 의 確率을 말한다.

이것이 Bayesian Theorem 이다.^{1), 2)}

$P(A), P(\bar{A})$ 의 값은 以前의 個人的인 確信과 經驗 및 統計에 의한 값으로서 事前確率(Prior Probability) 이 된다.

이에 반해 $P(A|B), P(\bar{A}|B)$ 는 事後確率(Posterior Probability)이며 A 또는 \bar{A} 가 前提되었을 때 B 가 일어난 確率 즉, 條件付確率 $P(B|A)$ 또는 $P(B|\bar{A})$ 에 따라 事前確率 $P(A)$ 또는 $P(\bar{A})$ 를 改善한 確率이 된다.

3. 資料 및 分析

韓半島에 來襲할 颱風의 確率을 上記한 Bayesian Theorem 을 써서 豫測하는 確率模型에 使用한 資料는 詳細한 颱風進路 및 名稱이 記錄되기 始作한 1960年 부터 1981年까지 22年間 西太平洋海域에서 發生한 總 615個의 颱風을 Joint Typhoon Warning Center의 Annual Typhoon Report¹⁾와 中央氣象臺의 氣象年報²⁾, 氣象月報³⁾에서 수집하고 이 중 東經 115°~145°,

北緯 15°~50° 사이에서 移動된 248個의 颱風을 對象으로 하고 각각의 進路를 分析하였다.

이와 같이 抽出된 颱風의 進路資料를 確率의 으로 分析하기 위하여 우선 調查對象地域을 颱風의 平均 1日 移動距離에 該當하는 經度 5°, 緯度 5° 單位로 48個의 Grid로 그림 1에 보인 바와 같이 區分하고 그 중 韓半島의 颱風影響圈이 되는 Grid No. 34, 44(東經 125°~130°, 北緯 30°~40°)로 進入한 59個의 颱風을 來襲 颱風으로 하였다.

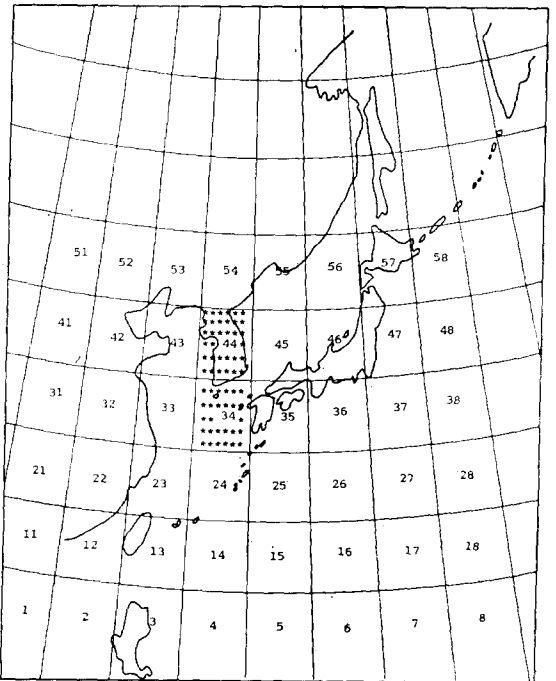


Fig. 1 地域의 區分

그림 2는 각 Grid를 通過한 颱風의 頻度를 나타내고 있다.

區分된 각 Grid에서 颱風의 韓半島 來襲確率을 確率模型을 써서 算出하기 위하여 각 Grid를 通過한 颱風이 韓半島에 來襲하는 경우와 來襲하지 않는 경우를 각각 A_i, \bar{A}_i 라고 하였다.

또한 어느 任意의 Grid에 있는 颱風이 다음에 어느 方向으로 다음 Grid로 移動하였는가에 따라 進路에 많은 變化가 있으므로 이를 考慮하기 위하여 任意의 Grid에서 다음 Grid로 移動하는 것을 다른 事件 B 로 하여 그림 3과 같이 $B_1 \sim B_5$ 로 區分하였다.

그러므로 颱風이 韓半島에 來襲하였는가 또는 來襲하지 않았는가 함이 前提되었을 때 任意의 Grid에 있던 颱風이 다음 Grid로 移動할 確率, 즉, 條件付確率은 $P(B_j|A_i), P(B_j|\bar{A}_i)$ 이다.

Table. 1 地域別 事前確率 및 條件附隨率(A인 경우)

Grid No.	$P(A_i)$	$P(B_1 A_i)$	$P(B_2 A_i)$	$P(B_3 A_i)$	$P(B_4 A_i)$	$P(B_5 A_i)$
1	0.			0.	0.	0.
2	0.067	0.	0.	1.	0.	0.
3	0.067	0.	0.333	0.333	0.333	0.
4	0.164	0.091	0.636	0.273	0.	0.
5	0.203	0.364	0.364	0.273	0.	0.
6	0.341	0.455	0.455	0.091	0.	0.
7	0.087	0.500	0.	0.500	0.	0.
8	0.500	0.	1.	0.		
11	0.500			1.	0.	0.
12	0.310	0.222	0.222	0.222	0.222	0.111
13	0.643	0.278	0.222	0.500	0.	0.
14	0.300	0.333	0.222	0.445	0.	0.
15	0.326	0.250	0.563	0.187	0.	0.
16	0.170	0.375	0.500	0.125	0.	0.
17	0.233	0.429	0.429	0.142	0.	0.
18	0.	0.	0.	0.		
21	1.			0.200	0.800	0.
22	0.348	0.125	0.	0.500	0.375	0.
23	0.697	0.105	0.	0.474	0.368	0.053
24	0.471	0.217	0.217	0.566	0.	0.
25	0.278	0.357	0.571	0.071	0.	0.
26	0.152	0.750	0.125	0.125	0.	0.
27	0.088	1.	0.	0.	0.	0.
28	0.	0.	0.	0.		
31	0.333			0.	0.	1.
32	0.625	0.	0.	0.	0.556	0.444
33	0.885	0.	0.	0.100	0.600	0.300
35	0.059	1.	0.	0.	0.	0.
36	0.029	1.	0.	0.	0.	0.
37	0.	0.	0.	0.	0.	0.
38	0.	0.	0.	0.		
41			0.	0.	0.	0.
42	0.	0.	0.	0.	0.	0.
43	0.474	0.	0.	0.	0.	1.
45	0.	0.	0.	0.	0.	0.
46	0.	0.	0.	0.	0.	0.
47	0.	0.	0.	0.	0.	0.
48	0.	0.	0.	0.		

Table. 2 地域別 事前確率 및 條件附確率(\bar{A} 인 경우)

Gird. No.	$P(\bar{A}_i)$	$P(B_1 \bar{A}_i)$	$P(B_2 \bar{A}_i)$	$P(B_3 \bar{A}_i)$	$P(B_1 \bar{A}_i)$	$P(B_3 \bar{A}_i)$
1	1.			1.	0.	0.
2	0.933	0.214	0.214	0.357	0.179	0.036
3	0.933	0.595	0.167	0.119	0.071	0.048
4	0.836	0.536	0.161	0.268	0.018	0.018
5	0.797	0.333	0.292	0.292	0.062	0.021
6	0.659	0.455	0.091	0.333	0.030	0.091
7	0.913	0.286	0.333	0.238	0.143	0.
8	0.500	1.	0.	0.		
11	0.500			0.	0.500	0.500
12	0.690	0.350	0.300	0.200	0.050	0.100
13	0.357	0.200	0.400	0.100	0.200	0.100
14	0.700	0.239	0.095	0.333	0.214	0.119
15	0.674	0.182	0.061	0.273	0.363	0.121
16	0.830	0.154	0.308	0.384	0.077	0.077
17	0.767	0.131	0.087	0.652	0.087	0.043
18	1.000	0.333	0.500	0.167		
21	0.			0.	0.	0.
22	0.652	0.267	0.267	0.466	0.	0.
23	0.303	0.357	0.214	0.072	0.214	0.143
24	0.529	0.179	0.	0.	0.607	0.214
25	0.722	0.150	0.	0.425	0.350	0.075
26	0.848	0.106	0.184	0.237	0.289	0.184
27	0.912	0.226	0.161	0.226	0.226	0.161
28	1.	0.	0.	0.		
31	0.667			0.	0.500	0.500
32	0.375	0.	0.143	0.143	0.714	0.
33	0.115	0.	0.	1.	0.	0.
35	0.941	0.	0.	0.375	0.438	0.187
36	0.971	0.030	0.	0.206	0.382	0.382
37	1.	0.	0.	0.200	0.520	0.280
38	1.	0.167	0.	0.833		
41	1.			1.	0.	0.
42	1.	0.	0.	0.857	0.	0.143
43	0.526	0.222	0.	0.333	0.445	0.
45	1.	0.	0.	0.167	0.389	0.444
46	1.	0.	0.	0.111	0.611	0.278
47	1.	0.	0.	0.	0.474	0.526
48	1.	0.	0.	1.		

Table. 3 確率計算例(來襲颶風)

	1st day	2nd day	3rd day	4th day	5th day	6th day	7th day	8th day	9th day
Betty	$P(A_8 B_1)$ =0.	$P(A_7 B_1)$ =0.143	$P(A_6 B_1)$ =0.341	$P(A_5 B_2)$ =0.241	$P(A_{14} B_1)$ =0.374	$P(A_{13} B_2)$ =0.500	$P(A_{22} B_3)$ =0.364	$P(A_{32} B_4)$ =0.565	$P(A_{43} B_5)$ =1.
Billie	$P(A_5 B_3)$ =0.192	$P(A_{15} B_2)$ =0.817	$P(A_{24} B_3)$ =1.						
Polly	$P(A_6 B_2)$ =0.717	$P(A_{15} B_1)$ =0.399	$P(A_{14} B_2)$ =0.500	$P(A_{23} B_4)$ =1.					
Iris	$P(A_6 B_1)$ =0.341	$P(A_5 B_3)$ =0.192	$P(A_{15} B_3)$ =0.249	$P(A_{25} B_1)$ =0.102	$P(A_{24} B_3)$ =1.				
Irving	$P(A_4 B_3)$ =0.167	$P(A_{14} B_2)$ =0.500	$P(A_{23} B_3)$ =0.938	$P(A_{33} B_4)$ =1.					
Ida	$P(A_4 B_1)$ =0.032	$P(A_3 B_2)$ =0.125	$P(A_{12} B_3)$ =0.333	$P(A_{22} B_4)$ =1.	$P(A_{33} B_4)$ =1.				
Agnes	$P(A_6 B_2)$ =0.721	$P(A_{15} B_1)$ =0.399	$P(A_{14} B_2)$ =0.500	$P(A_{23} B_3)$ =0.938	$P(A_{33} B_5)$ =1.				
Sarah	$P(A_6 B_1)$ =0.341	$P(A_5 B_2)$ =0.241	$P(A_{14} B_3)$ =0.364	$P(A_{24} B_3)$ =1.					

Tabl. 4 確率計算例(未來襲颶風)

	1st day	2nd day	3rd day	4th day	5th day	6th day	7th day	8th day
Nina(60)	$P(A_5 B_3)$ =0.192	$P(A_{15} B_4)$ =0.	$P(A_{26} B_4)$ =0.	$P(A_{37} B_4)$ =0.				
Anita	$P(A_6 B_3)$ =0.124	$P(A_{16} B_3)$ =0.063	$P(A_{26} B_1)$ =0.559	$P(A_{25} B_3)$ =0.060	$P(A_{35} B_3)$ =0.			
Nina(75)	$P(A_5 B_2)$ =0.218	$P(A_{14} B_1)$ =0.374	$P(A_{13} B_1)$ =0.715	$P(A_{12} B_2)$ =0.250				
Ruby	$P(A_3 B_1)$ =0.167	$P(A_2 B_3)$ =0.333	$P(A_{12} B_5)$ =0.	$P(A_{13} B_5)$ =0.	$P(A_{14} B_4)$ =0.	$P(A_{25} B_5)$ =0.		

來襲確率 $P(A_i)$ 와 $P(\bar{A}_i)$ 는 표 1, 2의 2欄에 각각記載되어 있다.

또한 颶風の移動方向을考慮하였을 때 각 Grid에서의韓半島來襲確率을 前述한 確率模型을 利用하기 위하여 必要한 條件付確率 $P(B_j|A_i)$, $P(B_j|\bar{A}_i)$ 를 구한 것이 표 1, 2의 3~7欄이다. 표 1의 2欄의 $P(A_i)$ 는 조사대 상기간 중의 資料에 의한 것으로서 Grid. No. 7, 8, 11 등에서의 $R(A_i)$ 에 의문이 있으나 條件附 確率을 適用하여 豫測을 進行함에 있어서는 큰 영향을 미치지 않을 것이라 생각된다.

표 3은 이러한 確率模型을 그림 5에 나타낸 바와 같은 代表的인 몇 개의 來襲颶風に 適用한 確率計算例

이며 표 4는 그림 6에 보인 來襲하지 않았던 몇 개의 颶風に 適用한 結果이다.

5. 結 論

以上과 같이 著者들은 22年間の 發生颶風中 248개의 颶風을 標本으로 하여 確率의인 方法으로 颶風來襲을 豫報할 수 있는 模型을 提示하였으며 計算例에서 이를 기왕에 發生하였던 颶風に 適用했을 때 比較的 만족할 만한 結果가 얻어진다고 判斷된다.

確率의인 方法에 의한 豫報精度는 事前確率 및 條件附確率의 正確성에 左右되므로 颶風記錄이 集中됨에

따라 資料가 改善되면 來襲颶風의 豫報手段으로 活用
될 수 있으리라 생각된다.

參 考 文 獻

1. Wilbur B. Davenport, Jr. (1970), Probability and random process, McGraw-Hill Book Co., pp.73~90.
2. James V. Bradley(1976), Probability; decision; statistics, Prentice-hall, Inc., pp.104~221.
3. William L. Donn (1975), Meteorology 4th ed., McGraw-Hill Book Co., pp.314~346.
4. 鄭成鎬(1977), 颶風經路에 따른 韓半島의 降雨分布特性, 韓國氣象學會, 第13卷, 第1號, pp.31~37.
5. 蘇鮮燮, 鄭昌熙(1973), 우리 나라에 甚한 被害를 招來한 颶風의 運動에 관한 研究, 韓國氣象學會, 第9卷, 第4號, pp.59~66.
6. 鄭昌熙, 金聖三, 孫亨珍, 文勝義(1982), 우리 나라에 洪水를 招來한 颶風에 관한 研究, 韓國氣象學會, 第18卷, 第1號, pp.33~47.
7. 中央氣象臺(1971), 韓國의 氣象災害調査 (1941~1970)
8. 中央氣象臺, 氣象年報(1660~1981)
9. 中央氣象臺, 氣象月報(1960~1981)
10. 中央氣象臺(1976), 一般電氣學, 光林社, pp.297~310.
11. J.T.W.C., Annual Typhoon Report (9159~1980)
12. 金光植(1973), 韓國의 氣候, 一志社, pp.266~289.
13. 金光植(1983), 알기 쉬운 氣象科學, 韓國放送事業團, pp.155~177.
14. 柳熙正, 朴浚一, 李培浩(1983), 韓半島에 來襲한 颶風의 頻度 및 特性, 韓國水文學會誌, 第16卷, 第4號, pp.253~257.
15. 石崎 激雄(招, 56.4), 颶風時의 風의 亂れの 特質と 平均風速, 京都大學 防災研究所年報, 第24號, B-1, pp.279~284.
16. 藤井 健(1974), 颶風域内の 氣壓場의 各觀解析法, 京都産業大學論集, 第4卷, 第1號, pp.77~90.
17. 光田 寧(昭, 55.4), 颶風とそれに 伴う 強風について, 京都大學防災研究所年報, 第23號, A, pp.17~42.
18. Tryggvason, B.V. et al.(1976), Predicting wind induced response in hurricane zone, Journal Struc. Div., ASCE, Vol. 102, No. ST 12, pp. 2323~2350.