551・509.67:551.574.2

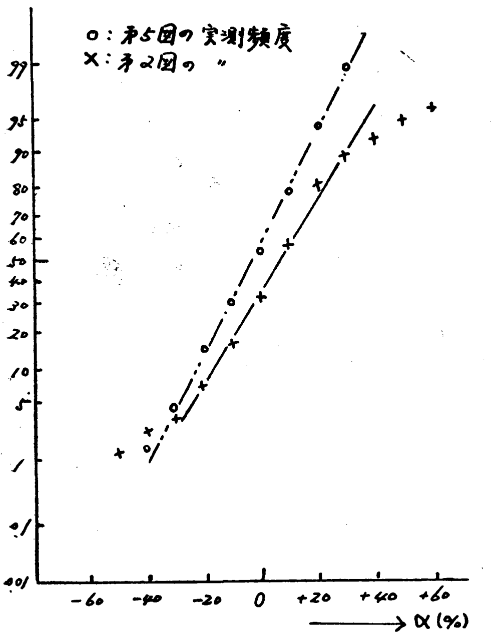
人工降雨効果判定の方法についての補遺

内 海 徳 太 郎* 佐 藤 留 太 郎**

筆者等が先に人工降雨効果判定の一方法と題して本誌に小論文を発表したが，紙数の関係と筆者の一人佐藤の手落ちから説明が不充分だったため各方面に誤解と疑問を与えているようなのでこの点深くおわびします．幸に本誌第3巻第7号上で研究所の鈴木氏が一々不備な点を指摘されたのでこの機会に補足させて頂く事にしたい．

（以下本文とは本誌第3巻第1号の上記小論をさす）．

先ず概括的に補足すると，2地点の雨量差をあらわすパラメーターαが一番合理的とは決して考えてはいない事である．然し本文で与えたαは2地点の雨量に可なりの相関々係があればαの分布は正規分布に近い型になる事は本文の第2及び第5図の実測頻度の分布から想像される．これを正規確率紙上にプロットすればつぎの図の



正規確率紙上にプロットした実測の頻度（累積）

ようになりほゞ直線になる事からも分る．（本文ではこの図を省略したために誤解と疑問をまねいたものと思う）．勿論第2図の場合のようにαが-30%より小さい部分と$+30\%$以上の部分を考えればとうてい正規分布とは考えられないが，αを$-30\% \leqq \alpha \leqq +30\%$の範囲に限定すれば正規分布に近いものと思われる．すなわち一般的にαの平均値の附近（大体$+30\%$の範囲）について考えれば正規分布と考えて統計手続きがとれるものと考える．ちなみに正規分布としての適合度を見るためのχ^2を計算してあったのでこれについて述べると，第2図の場には $D.F$ が3でχ^2 は 2.526，第5図の場合に $D.F$ が 2 で χ^2 は 0.502となっており正規分布と考えて差支えない．（勿論第2図の場合は-30%〜$+30\%$の範囲について計算した）．

さて何故に2地点の雨量に相関々係があればαが正規分布に近くなるかを説明するために本文の(2)及び(3)式を与えたものであるが本文の(2)式は印刷の誤りで

$$\Delta\alpha \doteqdot \frac{-\alpha\Delta y}{x_1+y} - \frac{\Delta y}{x_1+y} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

でなければならない．又この場合鈴木氏が指摘されている$x=y$の相関々係云々はxとyに相関々係があって回帰直線が$x=y$になるような関係であればx_1の近くでは回帰線からのyの偏差は正規分布をとると考えられるので(3)式から$\Delta\alpha$も正規分布となりαは正規分布すると考えられるわけである．一方鈴木氏の云うようにαの理論頻度は決して正規分布はしない事は本文(9)式から明かである．すなわち雨量頻度が指数函数で与えられる場合は本文(9)式の分布になって一様に増加（減少）して行く型になる．又$\rho=AB/ab$を導きρは普通1とした事が不明と云われるが，これは導いたのではなく$\rho=AB/ab$とおいたのであり，勿論これは$\rho=AB/ab=1$として一向差支えがないわけである．棄却限界については現業で沢山の判定図を作るとき近似計算をするために(12)及び(13)式より有意水準線をかいたもので正確には鈴木氏の云われる通りだが，結果にそれほど大きい差は出ないものと思われる．

要するに2地点の雨量差を何等かの方法で正規化すればよいわけだが，日雨量の場合のように雨量の多い方に扇形に拡がる傾向にある相関図のときは，いわゆる相関法を適用するにはかなりの問題があろう．雨量の多い部分では，回帰線からの偏差も雨量に比例して多くなるようなパラメーターとして，本文で与えたαは充分満足出来るものと思う．そして両地点の雨量に相関々係があればαの実測頻度は正規型に近くなり，統計的取扱いに便利になって来る．勿論このような相関の概念は，いわゆる相関とはかなり離れたものになり，回帰線に該当するのがαの平均線になり，平均線の廻りの分散も雨量に比例して多くなるような相関の概念であり，いわゆる普通の相関係数とはかなり異ったものである事を明らかにしたい．

*仙台管区気象台 **若松測候所—1956年9月7日受理—

つぎに鈴木氏が指摘された具体的方法について補足する．

a) 増雨の判定は相関図で有意水準線より小さい偏りは有意でないとする筆方で有意水準線より出た偏りについて平均線よりの偏りをもって増雨とする．

b) 本文(18)式の上の式の図表化は横軸に $\sigma_x\sigma_y$ をとり，縦軸に $\sigma_x{}^2+\sigma_y{}^2-\sigma^2{}_{(\Delta x-\Delta y)}$ をとると $\gamma=0$ の線は横軸に一致し（水平に），γ の正の線は右上り負の線は右下りに原点から扇形に拡がったものになる．

c) 本文第3及び第6図の平均線も有意水準線も0点から出発する事は前の α による相関の概念で明かになったと思われるが，本来は α だけで検定出来るのであるが α を計算する煩雑さをさけるために相関図を作るのである．この α を使った相関々係をあらわす図は前に述べた通り回帰線に当るのが平均の α 線であり，回帰線の廻りの分散は雨量に比例して多くなるような関係になる．すなわち平均を示す α 線も分散を示す α の線も全部原点を出発点とする事は定義から明かである．

逆効果とゆうことは，つぎのように考えられる．現在 over seeding する事によってかえって雨を少くする可能性があり，又雷や雨を少くするための seeding も考えられていると聞いているので，増雨させる目的の seeding が over して降らない場合は逆効果になったものと思う．

最後に残った問題は雨の局地性乃至は強雨の境界線を取除くことである．判定図を作るときこのような資料をそのまゝ使うと α の分散が大きくなって判定をきびしくする傾向になる．（何となれば判定は両地点の雨にはノルマルな関係にある場合を必要とするからである）．このような資料を取除くにはシノプティックな方法と統計的な方法の二通りが考えられるが，前者にしても決して決定的な基準は出せないだろう．統計的には棄却検定の方法もあるだろう．そのような意味で α の理論値と実測値より操作する方法をとったのであるが，これについては主観的と批判され得る点もある．又確率紙上に α をプロットして直線になる部分，すなわち正規型又はそれに近似出来る部分だけをとるのも一方法ではあるまいか．

終りに臨み不備の点を指摘された鈴木氏に感謝します．（1956年8月4日　佐藤留太郎）

附記……上記について更に完ぺきを期するため小河原研究官に御検討を依頼した．同研究官は御多忙の折柄にもかかわらず大要下記の如き回答を寄せられた．

大体吾々の論文の妥当性を認められたが α が ±30% の範囲の外に出る様な場合シノプティックな判定か，統計的棄却検定によるほかないとは思うが具体的にはどうするかとの疑問を出された．（実際的処理としてはどうしても判定出来ない場合は判定をやらない事にしている）

なお $y=\dfrac{1-\alpha}{1+\alpha}x$ は結局 $\dfrac{y}{x}$ の分布の問題になるが x と y とが独立の場合は過去に研究があり，その文献も多数ある．たゞ x と y とに相関がある場合の分布に関する統計的研究は差当って見当らない．

小河原研究官よりの御回答の要旨は以上の通りであり吾々として差当って簡便に判定するためをねらったので今後専門家の厳密な統計的研究をお願いしたい．最後に此方法は一般性はかけているとしても，差当って実用的には使い得るものであることを教示された小河原研究官に対し厚く御礼申しあげる．（1956年9月5日　内海記）

「天気」Vol 3. No.7 に対する補遺

鈴　木　栄　一*

（i） 24頁（註1）で $\alpha=(x-y)/(x+y)$ に対し，一般に $\Delta\alpha=2(y\Delta x-x\Delta y)/(x+y)^2$，$x=x=$ 一定のとき $\Delta\alpha=-2x\Delta y/(x+y)^2$

（ii） 25頁左欄下の式は

$$g_2(v)=\begin{cases}\dfrac{p_1p_2}{p_1+p_2}e^{-p_1v} & (v>o)\\[2mm] \dfrac{p_1p_2}{p_1+p_2}e^{p_2v} & (v<o)\end{cases}$$

（iii） 25頁右欄上から12行目の式は

$$2p_1p_2\int_{-1}^{1}\frac{\alpha}{[(p_1+p_2)-(p_1-p_2)\alpha]^2}d\alpha=\cdots\cdots\cdots\cdots$$

（iv） 27頁左欄上から3～11行目，$\delta\alpha$ の限界は結局，普通の回帰線のまはりの幅と本質的に同じで，x, y の代りに α に変換したので放射状となったのでその点問題なく理解される．たゞ逆効果の物理的意味の検討は必要でしよう．

（v） 25頁 $g_3(\alpha)$ を積分すれば内海，佐藤氏の $P_{\alpha=\alpha}^{\alpha=1}$ と同じ結果が容易に得られる。（勿論 $P=\dfrac{AB}{ab}=1$）

* 気象研究所