

評価時間と評価距離を考慮した突風率の表現について

光田 寧・藤谷徳之助・加藤 晶子

NEW EXPRESSION OF THE GUST FACTOR IN TERMS OF ITS DURATION AND LATERAL SCALE

By Yasushi MITSUTA, Tokunosuke FUJITANI and Akiko KATO

Synopsis

New experimental representation of the gust factor as a function of both gust duration and its lateral scale was derived using the data of wind measurements by the anemometer array of 25 cup-anemometers equally separated over 720 m at the height of 15 m over the flat surface. The conclusion is shown as follows;

$$G = \left(\frac{s}{2D} \right)^{\log \frac{1^m}{2L}}$$

1. 序

構造物に働く風の作用を考える際、特に設計風速を求める際には、強風時における風速の空間的・時間的変動の様子を知ることが重要である。特に近年、長径間構造物が増加し、より広い空間にわたる強風の水平方向の性質の知識が必要とされている。強風の拡がりを示す指標の一つとして用いられるものに突風率がある。従来は一点における風速変動の観測結果から実験的に、突風率を最大風速の評価時間の関数として求め、構造物の設計上必要な風向・横方向の突風の拡がりを推定するには、最大風速の評価時間に平均風速を掛けて距離に換算して求めた風向・横方向の突風の拡がりを、自然風の乱れの空間的性質を仮定することによってそのまま横方向にも用いてきた。しかしながら、この仮定の妥当性は空間的に距離をおいた多点での風速の同時観測が困難であったため実験的には実証されていなかった。

今回、水平方向約 1km にわたる多点での風速変動の同時記録が得られたので、最大風速の評価時間のみならず評価距離をも考慮に入れた突風率の値を求めた。また、この値を用いて新しい突風率の表現式を得たのでここに報告する。

2. 解析方法

今回解析に用いた観測記録は、平坦な地形上水平方向 720m にわたる 25 点で得られた風速変動の同時記録である。観測高度は地上 15m、同測点間の距離は 30m、使用した測器は 3 杯式風速計である（観測の詳細については、光田、加藤¹⁾を参照）。解析は出来るだけ測線に対して直角に近い風向について 2 例を選んで行なった。

Table 1

	Mean Wind Speed $\bar{U}$ (m/sec)	RMS of U σ_u (m/sec)	$\sigma_u / \bar{U}$	Wind Direction	Angle between Wind Direction and the Observing Line (deg)
Run 1	8.2	1.87	0.23	N	60
Run 2	7.1	1.80	0.25	NE	89

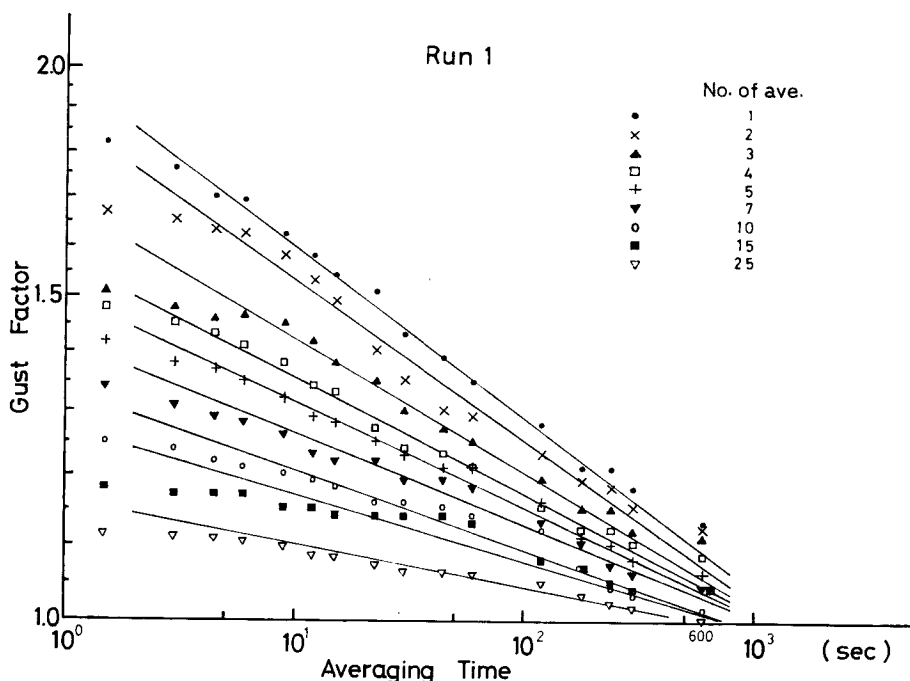


Fig. 1 Gust factors of the various averaging distance as obtained by spatially averaged wind speeds as functions of averaging time for Run 1.

解析時間は10分間で、これを1.5秒毎に読み取り、この値を用いて突風率を求めた。ここで用いた観測時の平均風速等については Table 1 にまとめて示してある。

3. 評価時間の関数としての突風率

突風率を最大風速の評価時間の関数として示す試みは石崎、光田²⁾によってなされ、実験的な式として次の様なものが、与えられている

$$G = \left(\frac{s}{D} \right)^{-p_0} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで G は突風率、 D は平均風速の評価時間、 s は最大風速の評価時間、 p_0 は実験的に求められる定数である。

今回解析したもののうち、RUN 1 の結果について示したものが Fig. 1 である。図中の各点は測線方向に種々の評価距離で平均した (×印は平均個数2, 評価距離 30m …… ▽印は平均個数25, 評価距離 720m) 値を用いて求めた 1.5 秒から 600 秒までの評価時間に対する突風率の変化を示すものである。平均風速は評価時間 600 秒, 評価距離 720m で求めた値を用いた。図からも明らかなように突風率は、両対数目盛で表現すると評価時間に対して直線で近似できる。なお、この場合は平均風速として ensemble mean を用いているので、評価時間 600 秒に対する突風率が 1.0 以上となっても不合理ではない。評価距離が平均風速の評価距離の 1/4 程度までは、これらの直線を延長したものは、平均風速の評価時間の約 2 倍のところで $G=1.0$ の直線と交わる。このことから、突風率に対して次の様な近似的な表現が可能である

$$G = \left(\frac{s}{2D} \right)^{-p} \quad \dots\dots\dots (2)$$

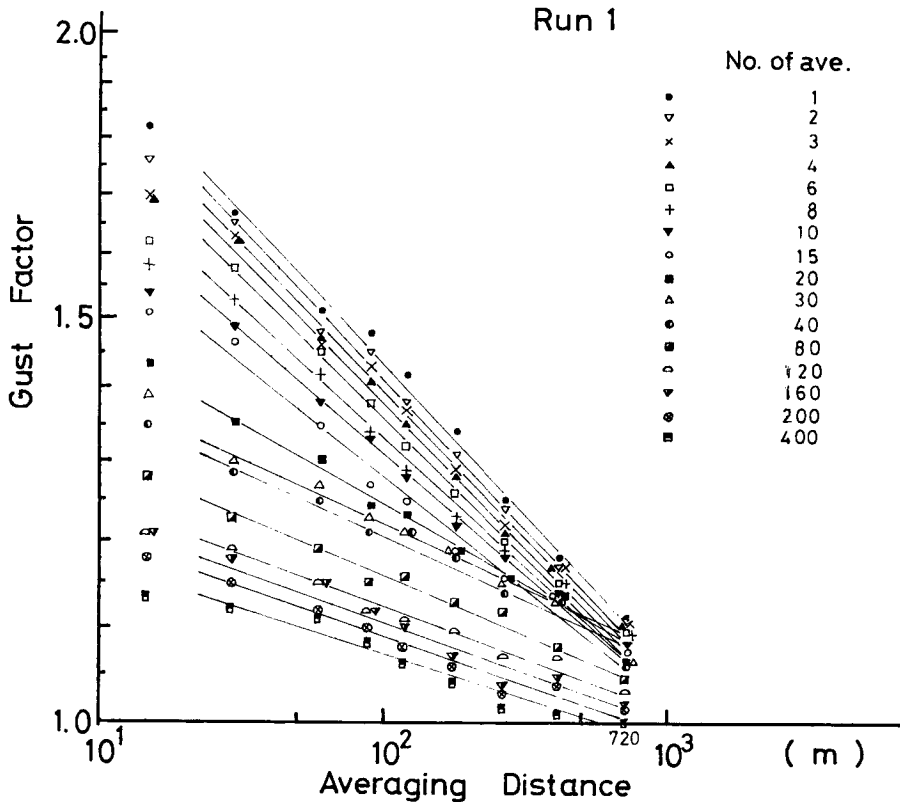


Fig. 2 Gust factors of the various averaging time as functions of averaging distance for Run 1.

ここで p は各々の評価距離に応じて実験的に定められる定数であり、評価距離の増大と共にその値は減少する。

4. 評価距離の関数としての突風率

次に突風率を測線方向の評価距離の関数として示したものが **Fig. 2** である。この図は RUN 1 の結果を示したものである。図中の各点は種々の評価時間で平均した (●印は評価時間1.5秒… △印は評価時間45秒 (1.5秒×30)) 値から求めた突風率の測線方向 720m までの評価距離に対する変化を示している。図からも明らかな様に、対数で目盛られた図上で突風率は評価距離に対しても直線で近似できる。評価時間が平均風速の評価時間の 1/3 程度までは、これらの直線を延長したものは測線の約 2 倍の評価距離で $G=1.0$ の直線と交わる。このことから前と同様に次の様な近似式が得られる

$$G = \left(\frac{l}{2L} \right)^{-q} \dots\dots\dots (3)$$

ここで L は平均風速の評価距離 (ここでは測線の長さ) l は最大風速の評価距離、 q は各々の評価時間について実験的に決定される定数であり、評価時間が長くなるに従って減少する。

5. 二つの方法で求めた突風率の比較

従来は風向横方向の突風の拡がりを推定するためには次の様な方法によって行なっていた。即ち、(2) 式で

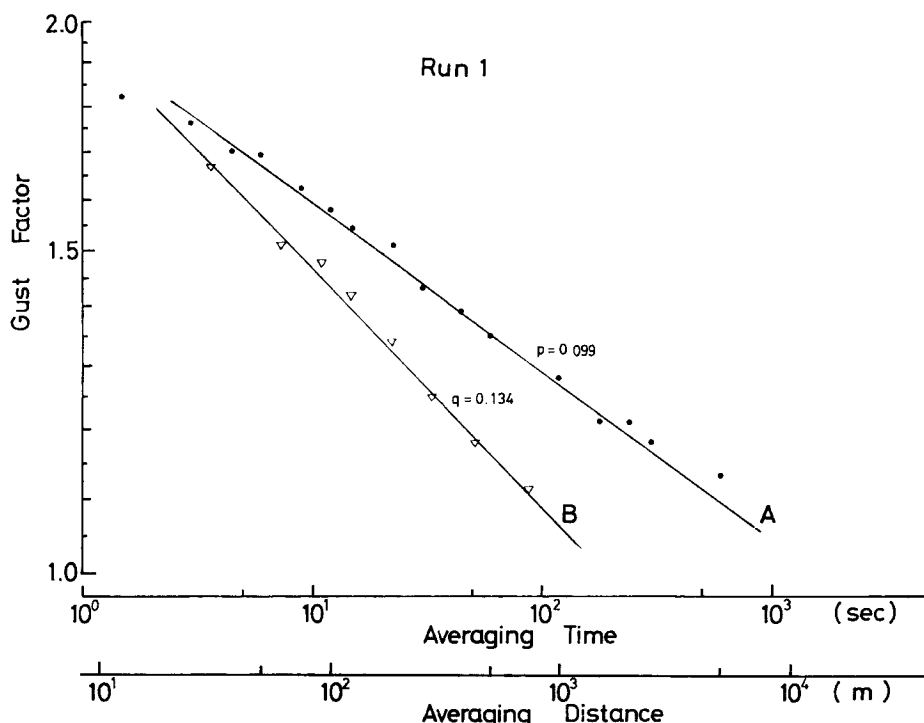


Fig. 3 Comparison between the spatial gust factor as estimated from that obtained at one point by Taylor's assumption using mean wind speed (shown by dots) and the spatial gust factor directly obtained (shown by triangles).

求めた突風率の表現式の最大風速の評価時間に平均風速をかけて評価距離に換算し、この様にして求めた風向方向の突風の拡がりや乱れの空間的性質に関する等方の仮定を用いることによって風向横方向に換算していた。この様な方法に従って、1点で測定した値を用いて計算した突風率を平均風速を用いて時間を距離に換算し、評価距離に対してプロットしたものが Fig. 3 の●印である。一方今回の解析結果からは(3)式で示される様に直接評価距離に対して突風率が求められており、評価時間1.5秒のものをプロットしたものが Fig. 3 の▽印である。これらの値をそれぞれ直線で近似したものが図中の(A), (B)の直線である。この二つの直線の傾きの相違から明らかな様に、従来の様に評価時間の関数として求めた直線から推定した風向方向の突風の拡がりや風向横方向に換算することは、過大評価となっていることがわかる。しかも、両者を補正して一致させることは単純な定数を掛けるだけでは出来ない。従って、任意の評価時間と、任意の評価距離を与えた場合の突風率を求める実験式を考える必要がある。

6. 評価時間、評価距離の関数としての突風率

今回得られた突風率を評価時間と評価距離の関数として、3次元的に示したものが Fig. 4, Fig. 5 である。Fig. 4 は RUN 1 の結果を、Fig. 5 は RUN 2 の結果を示している。ここで(2), (3)式に示した様な近似が成り立つとすると、この曲面は双曲放物面となる。この曲面を表現する式は以下の様にして求められる。即ち、(2), (3)式中のベキ指数 p は測線方向の評価距離 l の関数として次の様に表現される

$$p = -m \log l + \log 2L, \dots\dots\dots(4)$$

ここで、 m は実験的に求められる定数である。今回の解析結果から求めた p と l の関係を示したのが Fig. 6

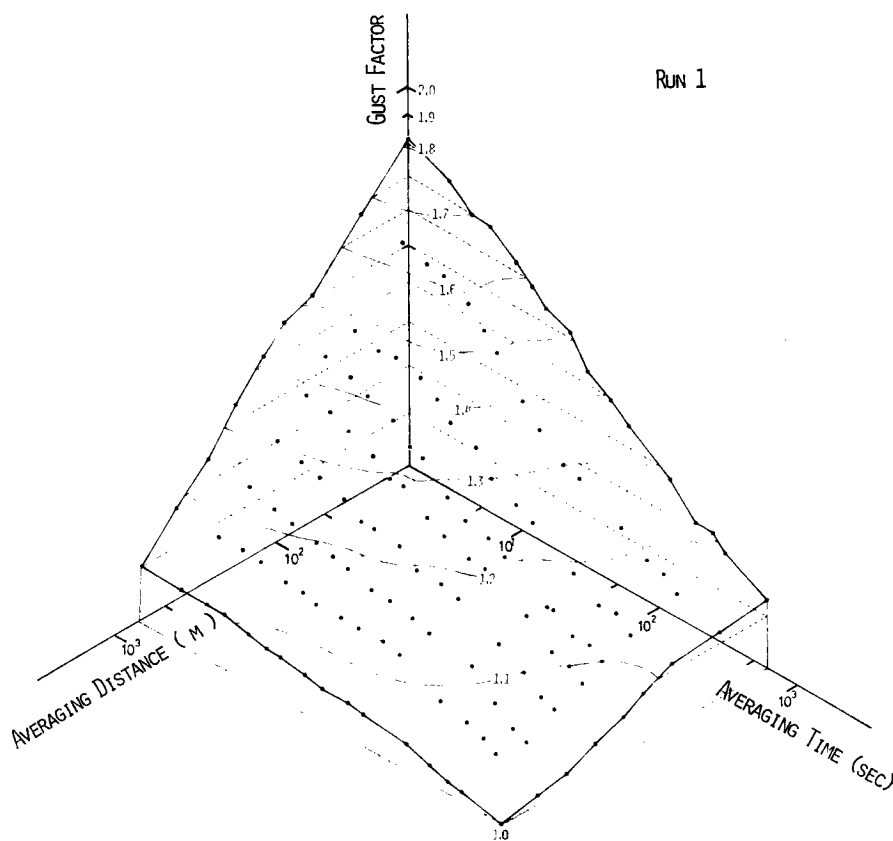


Fig. 4 Gust factor as a function of averaging time and averaging distance for Run 1.

である。図からも明らかな様に、(4) 式の関係がよく成り立っている。この図から m の値を求めると $m=0.049$ となる。(2)と(4)式とから、突風率 G は次の様に表現される

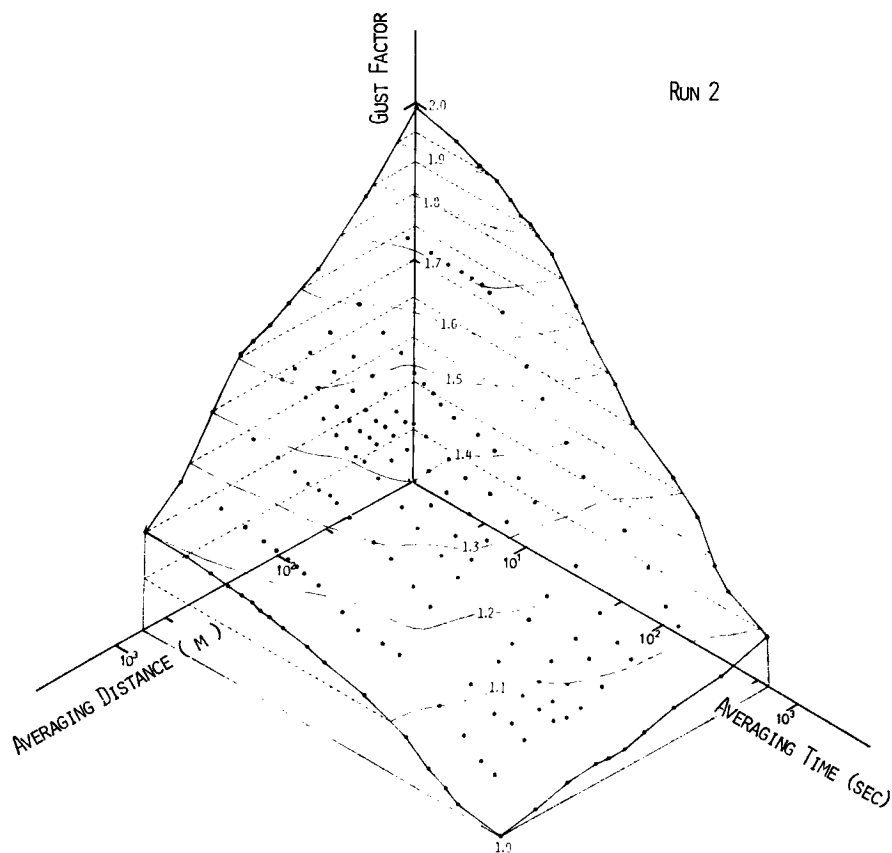
$$G = \left(\frac{s}{2D} \right)^{\log \frac{m}{2L}} \dots \dots \dots (5)$$

この様にして最大風速の評価時間 s と評価距離 L の両者の関数として突風率が表現された。この表現は従来から突風率を表す実験式として一般に用いられてきたべき乗表現 ((1)式) を拡張改良したものであり、平均風速の評価時間と評価距離に比して、相対的に小さい任意の評価時間や評価距離についての突風率を得る実験式である。

7. 結 語

今回、平坦な地形上の多点での風速変動の同時観測記録から評価時間と評価距離を考慮した突風率の表現式を得た。これによって任意の評価時間、評価距離に対して突風率が得られる可能性が見い出されたが、解析した記録が少ないので、今後より多くの解析を行ない、更に表現式を使いやすい形に改善する必要があると考えられる。

本研究に際し、その貴重な観測資料の利用を許可して頂いた台風研究委員会に対して感謝する。



↑ Fig. 5 Gust factor as a function of averaging time and averaging distance for Run 2.

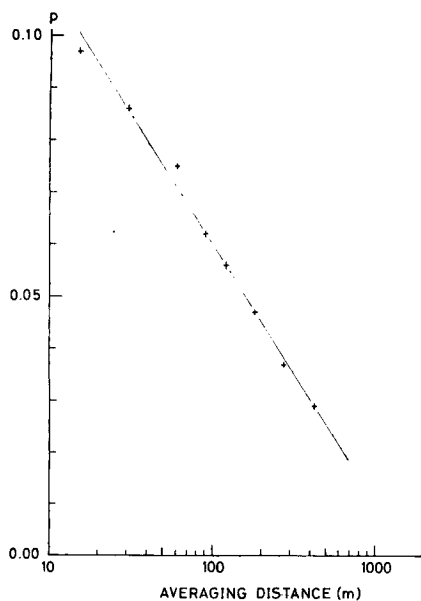


Fig. 6 Relation between the exponent, p and the averaging distance, l along the observing line.

参 考 文 献

- 1) 光田寧・加藤晶子：風速の空間的および時間的変動の性質について，京都大学防災研究所年報，第16号 B，昭48.4，pp. 293-304.
- 2) 石崎潑雄・光田 寧：強風時における突風の拡がり突風率について，京都大学防災研究所年報，第 5 号 A，昭37.3，pp. 135-138.