

雨量計の配置間隔に関する一考察

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○鈴木 博人
 京都大学 正会員 中北 英一
 首都大学東京 非会員 高橋 日出男

1. 目的

鉄道では、降雨災害に伴う事故を防止するために、地上雨量計の観測値に基づいて列車運転規制を行っている。このような目的で設置する地上雨量計の配置間隔(密度)は、雨量計で観測される降水量の空間代表性に基づいて検討することが望ましい。降水量の空間代表性は、最近では複数の機関の地上雨量計で観測された降水量データを用いて解析することで、個々の積乱雲の大きさに相当するメソスケールにおいても詳細に解明されつつある。そこで、本研究では最近行われた降水量の空間代表性に関する研究成果を活用することで、降水量の空間代表性に基づいた雨量計の配置間隔(密度)の決定方法について検討した。

2. 降水量の空間分布

本研究では、関東平野に JR 東日本、気象庁、国土交通省、及び東京都が設置した 347 地点の雨量計(図-1)で観測された正時の 1 時間降水量データを用いて、鈴木ら(2009)による 2 地点の降水量比、及び葛葉(2002)や鈴木・高橋(2008)による 2 地点の大雨の同時生起率の算出、及びこれらと 2 地点の距離の関係について数式化を行った。任意の 2 地点で観測される降水量の差異は、一般的に距離の増大とともに拡大する(図-2)。このような関係の定量的な把握として、2 地点の降水量比は、1 時間降水量の降水量比に関するパーセンタイル値(図-2)を用いて 2.5 パーセンタイル値ごとに算出した。図-3 は、解析の対象にした 347 地点の雨量計の組み合わせについて、2 地点のうちの 1 地点以上で 30mm 以上の 1 時間降水量が観測された場合の降水量データを用いて、95 パーセンタイル値と 2 地点の距離の関係を例示したものである。また、図中の実線は式-1 の関数を最小 2 乗法(X:距離, a,b:定数)を用いて当てはめたものである。

$$R(X) = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{4} (1-b)\exp(-a*X) \dots \dots \dots \text{式-1}$$

なお、2 地点の降水量比と 2 地点の距離の関係については、上記の方法を用いて、2.5 パーセンタイル値ごとに求めた。

2 地点の大雨の同時生起率は、ある地点で 30mm 以上の 1 時間降水量が観測された場合に、もう一方の地点でも 30mm 以上の 1 時間降水量が観測される確率として求めた。図-4 は、大雨の同時生起率と 2 地点の距離の関係で、図中の実線は式-2 の関数を最小 2 乗法(X:距離, a,b:定数)を用いて当てはめたものである。

$$P(X) = 1 - \frac{1-b}{1+a*X} \dots \dots \dots \text{式-2}$$

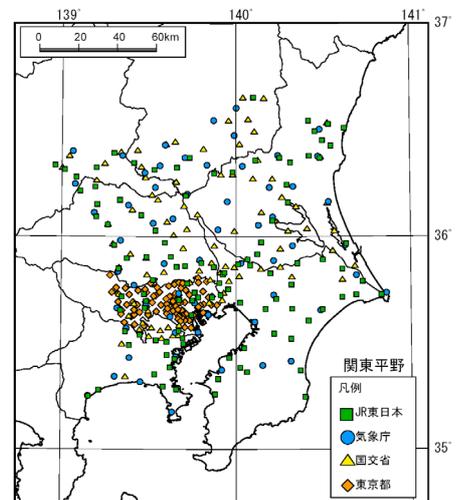


図-1 解析に用いた雨量計の位置

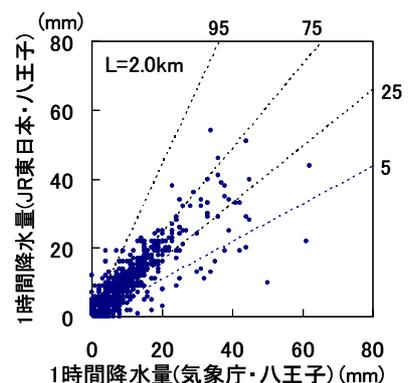


図-2 2 地点の降水量の関係. 図中の数値は、2 地点の降水量比に関する 5,25,75,95 パーセンタイル値

キーワード 雨量計, 配置間隔, 降水量の空間代表性, 降水量比, 同時生起率

連絡先 〒260-8551 千葉市中央区新千葉 1-3-24 東日本旅客鉄道株式会社千葉支社 TEL 043-225-9153

3. 雨量計の設置間隔の検討

2 地点の降水量比と大雨の同時生起率に基づいて、列車運行の安全性と安定性の両面から、雨量計の設置間隔の決定方法について検討した。安全性での評価は、暴露率と損失関数で行った。暴露率は、雨量計の受け持ち範囲(半径)において、1 時間降水量の降水量比が 1.2 を超過する降雨に曝される平均値と定義し、2 地点の降水量比に関するパーセンタイル値から算出した。ここで、降水量比について 1.2 を基準にしたのは、運転中止と速度規制の基準値の比が概ね 1.2 のためである。損失関数は、雨量計の受け持ち範囲(半径)において、1 時間降水量の降水量比が 1.2 を超過した場合について、1.2 を超過した量の単位距離あたりの 2 乗和と定義し、2 地点の降水量比に関するパーセンタイル値から算出した。2 乗和するのは、僅かな超過は大目にみて、大きな超過に対しては厳しく評価するためである。また、安定性の評価はダウンタイムで行うこととし、ダウンタイムは次の手順で算出した。初めに、ある区間(ここでは、100km の区間)において、1 時間降水量が基準値(ここでは 1 時間降水量が 30mm)を超過した回数について、雨量計の数が 1 つ増加するごとに雨量計の設置間隔(雨量計の受け持ち範囲の 2 倍)に相当する大雨の同時生起率の余事象に相当する回数が増加するとして算出した。この回数に 1 時間降水量が基準値を超過した時間と点検に要する時間の合計を乗じることでダウンタイムを求めた。

図-5 は、暴露率、損失関数、及びダウンタイムと雨量計の受け持ち範囲(半径)との関係について、雨量計の受け持ち範囲(半径)が 5km(現行の雨量計の設置間隔の標準が 10km であることから雨量計の受け持ち範囲はその 1/2 の 5km)の場合で規格化して示したものである。安全上の損失である暴露率は、3km 程度を超えると増加が徐々に小さくなる。また、損失関数は雨量計の受け持ち範囲(半径)が 3km 程度を超えると増加する割合が大きくなる。安定性上の損失であるダウンタイムは、雨量計の受け持ち範囲(半径)が 2km 程度を超えると低下する割合が小さくなる。

以上の暴露率、損失関数、およびダウンタイムの関係から、雨量計の受け持ち範囲(半径)を 2.5km、つまり設置間隔を 5km とすると、現在の設置間隔 10km の場合と比べて暴露率の低減効果は大きくはないが、損失関数を大幅に低減できるとともにダウンタイムが漸増である。これから、雨量計の設置間隔 5km は一つの目標であると考えられる。

4. おわりに

本研究では、1 時間降水量を対象に確率論的手法を用いて、雨量計の設置間隔の検討を行った。降雨災害に対する雨量指標は、一般的に短期指標と長期指標の組み合わせで用いられることから、今後は長期指標についても同様の解析を行うことで、雨量計の設置間隔を決定する方法を構築していきたいと考えている。

【参考文献】

葛葉泰久, 友杉邦夫, 岸井徳雄 2002 : 降水量の空間相関構造, 水工学論文集, 46 : 127-132.
 鈴木博人, 高橋日出男 2008 : 関東平野における大雨の空間スケール, 自然災害科学, 27 : 161-173.
 鈴木博人, 中北英一, 高橋日出男 2009 : 雨量計の観測値を用いた降水量の空間代表性の解析, 水工学論文集, 53 : 391-396.

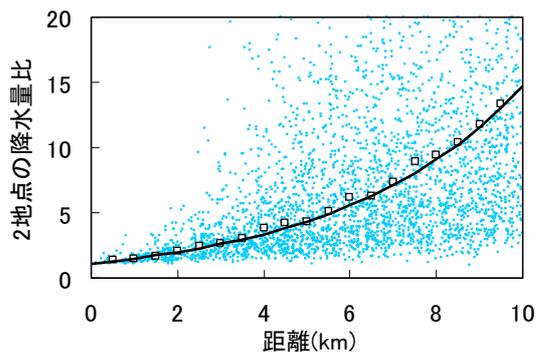


図-3 2地点の降水量比に関する 95 パーセンタイルと距離の関係

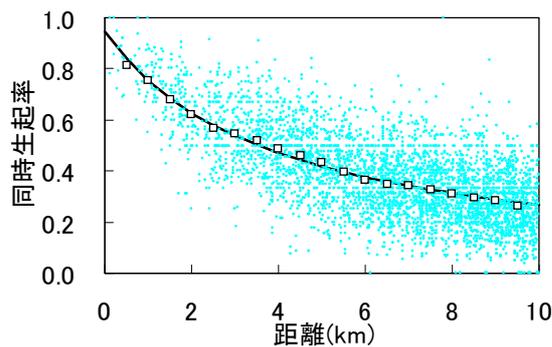


図-4 大雨の同時生起率と距離の関係

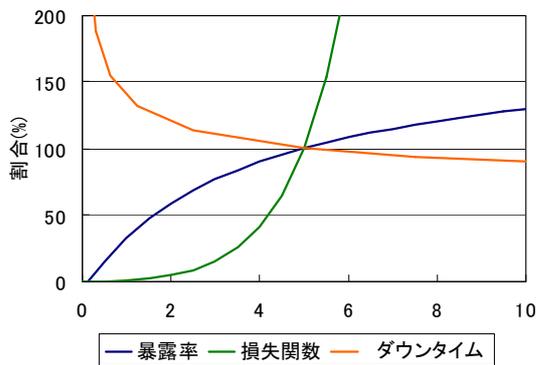


図-5 暴露率、損失関数、ダウンタイムと雨量計の受け持ち区間の関係。雨量計の受け持ち範囲(半径)が 5km の場合で規格化。