巡視パトロールの記録データに基づいた
道路の障害物の発生予測に関する研究

公共システム研究室　梶谷茉里有

1. はじめに

人口規模の小さい自治体では巡視パトロールの人員が減少する傾向にある．長期間にわたって巡視をしなければ障害物が累積し，交通事故等のリスクが高まる．このため，どの路線にどれだけの障害物があるのかをあらかじめ予測できれば，少ない人手でも効率的な巡視が可能になると考えられる．そこで本研究では，パトロールの記録データを用いたベイズ学習による障害物の発生の予測手法を開発し，その適用可能性を実際のフィールドで検証する．

2. 障害物の発生予測手法

日々の巡視パトロールにおいてどの路線に何個の障害物を確認したのかの記録を用いることで，当該路線の障害物の発生確率を逐次更新し，最新の情報を用いて予測することが可能になる．

任意の路線を i $(1 \le i \le n)$，一日当たりに発生する障害物の平均値を θ_i とし，これがガンマ分布に従うとする．ガンマ分布は式(1)に示される．なお，Γ はガンマ関数，$\alpha,\lambda(>0)$ はパラメータである．

$$G(\theta_i;\alpha,\lambda)=\frac{\lambda^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)}\theta_i^{\alpha-1}e^{-\lambda\theta_i} \tag{1}$$

前回の巡視パトロールから t 日後に，路線 i で k 個の障害物が巡視パトロールで確認されたとする．このとき，ベイズの定理より，θ_i の事後確率は事前確率と尤度の積の比例する．事前確率と尤度の積は次の式(2)で表される．

$$\theta_i^{\alpha+k-1}e^{-(\lambda+t)\theta_i} \propto \frac{e^{-\theta_i t}(\theta_i t)^k}{k!}\frac{\lambda^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)}\theta_i^{\alpha-1}e^{-\lambda\theta_i} \tag{2}$$

式(2)は，ポアソン分布の共役事前分布はガンマ分布であることを表す．したがって，θ_i の事後確率は $G(\theta_i;\ \alpha+k,\ \lambda+t)$ で表される．すなわち，θ_i に関するガンマ分布のパラメータは以下のように更新される．

$$\begin{aligned}\alpha &\rightarrow \alpha+k\\ \lambda &\rightarrow \lambda+t\end{aligned} \tag{3}$$

路線 i の巡視パトロールを終えてから t 日後における障害物の個数が k である確率は，次式で表されるガンマポアソン分布で与えられる．この分布に基づいて障害物数の期待値や最頻値が導出でき，それらを用いて予測ができる．

$$\frac{1}{k!}\frac{\Gamma(\alpha+k)}{\Gamma(\alpha)}\left(\frac{\lambda}{t+\lambda}\right)^{\alpha}\left(\frac{t}{t+\lambda}\right)^{k} \tag{4}$$

3. 実証分析

鳥取県中部地域における 81 路線に関する記録データを用いて実証する．各路線のパラメータの初期値を $\alpha=\lambda=1$ として推計した．ある路線における学習の過程を図 1 に示す．概ね 100 回の学習を超えると，分布の収束が見られた．

予測値がどれだけ実際の障害物数に合致しているのかを比較し，結果の妥当性を検証する．具体的には，各路線において検討の対象とする期間におけるすべての記録データを学習したパラメータを求めた後，そのパラメータを用いて 9 月 1 日～12 月 28 日の予測値を求め，実際の障害物数と比較した．その際，実際の障害物数は巡視パトロールをした日のみしか把握できないことから，その日に発見した障害物数を期待値と最頻値で予測し，両者を比較する．なお，期待値は四捨五入し，整数化した値を予測値とする．

その結果，「予測と実際の障害物数が完全に一致している場合」が，期待値，最頻値で各路線の割合を平均するとそれぞれ約 54%, 63%と半分を超えることが明らかとなった．また，誤差が±1 以内を許容すると期待値，最頻値で約 91%，90%と高い値となった．また，誤差が±2 を超過する割合はそれぞれ約 2%，3%と低く，本アプローチは有効であると考えられる．「予測と実際の障害物数が完全に一致している場合」の割合は最頻値の方が高い一方，誤差が±2 を超過する場合の割合は期待値が低いが，総合的には最頻値の方が良好な予測を得ていると考えられる．

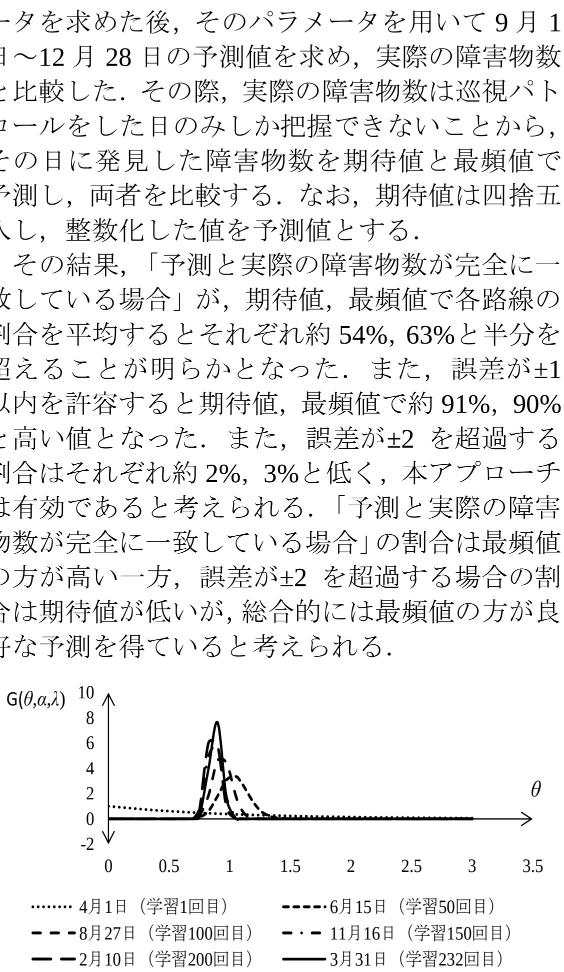

図 1　パラメータの学習過程