

N-7

横断待ち時間に関する研究

鳥取大学工学部 正会員 奥山 育英
 (株) 東和科学 正会員 ○小野 晴美
 大島商船高専 正会員 辻 啓介

1. はじめに

歩行者が道路を横断する際、横断時間と車のギャップを比較して、横断時間より車のギャップのほうが大きければ横断し、逆に、小さければ横断できずに、横断可能なギャップが生じるまで横断待ちをする。このとき、横断所要時間を1台1台の車が通過する度にある分布に従って独立に変えることとすると（この仮定は一見奇妙な感を否めないが、現実的にはすべての車が等速度でまた同一の性能を有しているとは限らないので、車の側に独立性があればそれに対応する横断所要時間も独立とできよう）この分布が指数分布のときには驚くべきことに、歩行者が横断し終わるまでの時間の分布は車のギャップの分布に無関係になることが示される¹⁾。このことは車がたくさん通っていても全然なくとも横断し終わるまでの時間の分布が同一であることである。車の交通量の増大は、歩行者の横断時間の短縮と横断待ち時間の増大でキャンセルして、横断し終わるまでの時間には影響を与えないのである。これは横断所要時間を指数分布としたときに成立することである。ここでは、歩行者の横断時間をフェーズKのアーラン分布とし、車のギャップが指数分布（フェーズ1のアーラン分布）、または、フェーズLのアーラン分布に従う場合の総横断時間（純横断時間と横断待ち時間の和）について考察した。

2. 研究の方法

$P_{ij}(t)$ を時刻 t で歩行者がフェーズ i 、車がフェーズ j にいる確率とし、 $Q(t)$ を時刻 t で横断が終了する確率とすると、微小時間 Δt における状態推移図は図1で表される。これは、 $Q(t)$ への吸収マルコフチェーンである。定常解は $Q(t) = 1$ であるから、途中時間の遷移確率を求める。ここで、 $1/\lambda$ は歩行者の平均横断時間、 $1/\mu$ は車のギャップの平均時間とする。

以上の仮定において、時刻 t までに横断が終了する確率 $Q(t)$ を数値計算により得ることができる。ただし、この計算においては、 $Q(t)$ を 0.999 までしか算出してない。また、 $Q(t)$ より平均総横断時間 m 、確率密度関数 $w(t)$ を求めることにより、総横断時間の分散 σ^2 を得ることができる。

$Q(t)$ と $w(t)$ の間には

$$Q'(t) = w(t)$$

の関係が成り立つ。すなわち、

$$w(t) = \{Q(t + \Delta t) - Q(t)\} / \Delta t$$

となる。

よって、以下の式より平均及び分散を求める。

$$m = \int_0^{\infty} \{1 - Q(t)\} dt$$

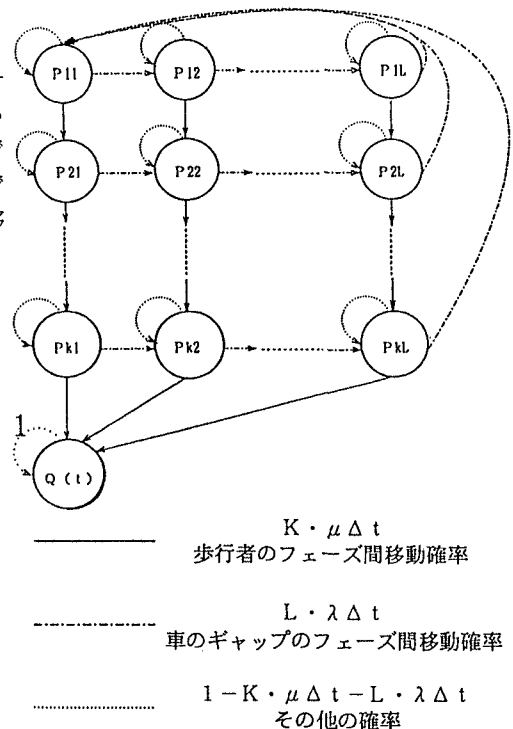


図1 微小時間 Δt における状態推移図

$$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t-m)^2 w(t) dt$$

3. 算定結果

$\lambda = 1$ 、 $\mu = 1$ 、 $L = 1$ の場合、それぞれの K における $Q(t)$ を図2に示す。また、 $\lambda = 1$ 、 $\mu = 1$ 、 $L = 3$ の場合、 K の変化における総横断時間の平均および分散を図3、図4に示す。

4. 考察

図3、図4より λ が大きくなる（交通量が増加する）と歩行者は横断が難しくなる。これは、図5に示すように、 K が小さいうちは横断時間分布が幅広く小さい値をも取り得ることから、車のギャップが小さいときでも横断できる場合が生じるが、 K が大きくなると分布幅が狭くなり、横断時間を確保できるギャップが出現しにくくなるためである。当然ながら、 $K = 1$ （指数分布）の場合、短い横断時間の出現が容易であることが明らかである。すなわち、平均値 λ がいかに小さくても、横断可能な横断時間の出現が期待できることになる。

5. 研究のまとめ

本研究では、数値計算によりある時刻 t において横断が終了する確率 $Q(t)$ を求めた。これにより、総横断時間の平均および分散を求めることができた。今後の課題は、指数分布の場合に成功した総横断時間の純横断時間と横断待ち時間との分離を、歩行者の横断時間および車のギャップが各々フェーズ K ($K \geq 2$)、フェーズ L ($L \geq 2$) のアーラン分布の場合に、数値的でもよいから解決する方法を見いだすことである。フェーズの大きなアーラン分布は日常に多く見られる正規分布を近似できることから、数多くのこの種の問題に対して新しい地検が得られることが期待できる。

【参考文献】

- (1) 奥山育英：独立な判断のもとでの行動結果に関する研究，土木計画学研究・講演集 No.15, pp.111～116, 1992.
- (2) 奥山育英・山内譲：ギャップアクセプタンスに関する一考察，土木学会第47回年次学術講演会講演概要集，第4部，pp.594～595，1992.

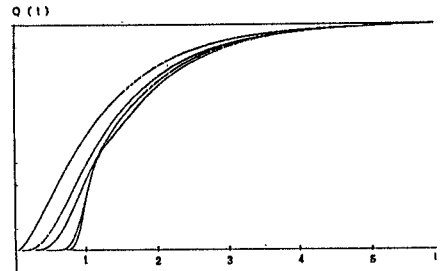


図2 時刻 t に横断が終了する確率

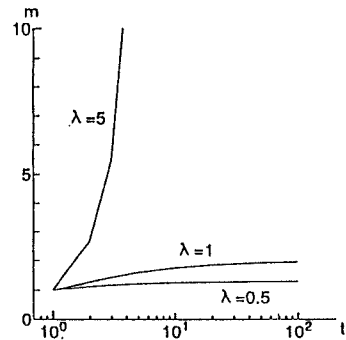


図3 車がフェーズ3の平均総横断時間

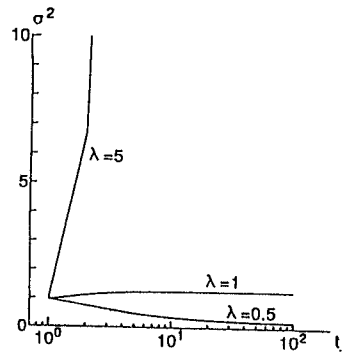


図4 車がフェーズ3の総横断時間の分散

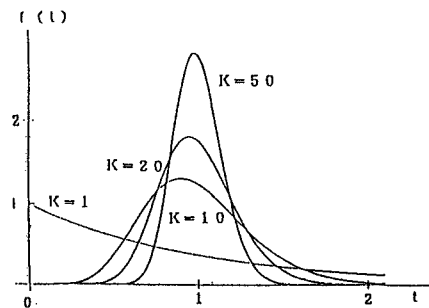


図5 アーラン分布の確率密度関数