

IV-97 自動車運転者の注視行動

東京工業大学 正員 村田 隆 裕

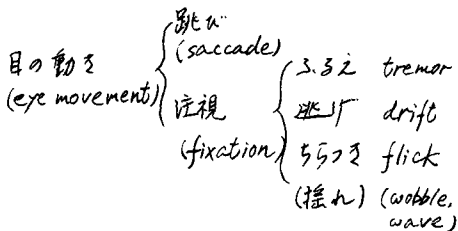
1. はじめに

人間の目の動きの研究は、前世紀の中頃からいろいろな分野でなされている。しかし、現実の行動、たとえば自動車運転における注視行動についての研究は、近年になってようやく始められた。これは、人間の行動が機械装置の設計や環境の構成の基礎として考えられるようになったためであろう。過去1世紀にわたる目の動きに関する基礎的な積み重ねが、新しい環境の設計のために活かされつつあると言えよう。

ここでは、アイカメラによって自動車運転者の注視行動を分析するうちに見出された、人間の注意の集中の度合いと、目の動きの特性との関連性について述べる。

2. 目の動き

従来の諸研究から、人間の目の動きの型は次のように分類されることか、ほぼ定説となっている。



すなわち、図-1に示すように、ある対象から他の対象へ跳び移る、速い目の動きを跳びと称し、その間の注視点の停留を注視と言う。

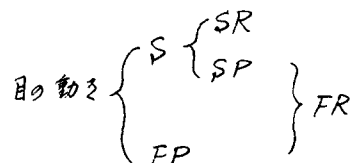


注視中には、微小な目の動きがあり、それらは前記のように3つ(ないしは4つ)の型に分類される。ふたえは目を動かす筋肉群のバランスから生じる動きで、大きさは1'以内、振動数は30~150%である。逃げは、注視中に対象の網膜像が中心窩からゆっくりとずれてゆく動きで、大きさは5'~11'程度、速さは20/sec以内と測定されている。ちらつきは上記の逃げを修正する動きで、中心窩から離れてゆこうとする対象の網膜像を、再び中心窩へ戻す動きであると言われる。また、後に示すように、1つの対象に対する注視中のちらつきの回数が、注意の集中の度合いと関係があると仮定される。この動きは、動きのノイズとして跳びと同じであると考えられる。

これらの動きの型の他に、追跡運動、幅狭分散運動、眼振などの型もあるが、これらはいずれも、目の動きの生理的機構を扱うための動きの型であって、前記の方法とは異った分け方である。

3. 注視時間の分布

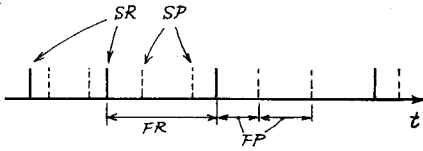
前記の目の動きを、次のように記号で分類する。



ここで、SR、FRはそれぞれ跳び、注視を示す。また、SPは仮想の跳びであり、ちらつきに相当すると仮定できる。SはSR∪SPであり、FPはSの余事象である。

この事象は図-2のように出現する。

図-2



ここで、FRの持続時間の分布、すなわち注視時間の分布がI分布となることを導く。

α. Sの生起回数 j の分布はポアソン分布である。
一定時間 t 内の、Sの生起回数 j の分布は二項分布

$$B(j; N, p) = \frac{N!}{j!(N-j)!} p^j (1-p)^{N-j}$$

($N = t/\Delta t$, Δt : Sの持続時間)
(p : Sの生起確率)

であり、ここで、 p はほぼ0.1程度であるから、

$$B(j) \xrightarrow[N \rightarrow \infty]{\substack{p \rightarrow \lambda \\ Np = \lambda}} \frac{\lambda^j}{j!} e^{-\lambda} \quad (\text{ポアソン分布})$$

となる。

β. FPの持続時間の分布は指数分布である。

このことは、α.およびFPがSの余事象であることから明らかである。すなわち

$$f(t/\lambda) = \lambda e^{-\lambda t}$$

(t : FPの持続時間)
($\lambda = \lambda'/\Delta t$)

γ. FRの持続時間の分布はアーラン分布である。

Sの生起の順序が

$$\underbrace{(k-1) \text{回}}_{\text{SR, SP, SP, ..., SP, SR, SP, ...}}$$

のくり返しであるとすると、FRの持続時間の

分布は、 k 個のFPの持続時間の分布のたたみ込みとなる。よ、FPの持続時間の分布は指数分布であるから、FRの持続時間の分布 $f_k(t)$ は、

$$f_k(t/k, \lambda) = e^{-\lambda t} \frac{\lambda^k t^{k-1}}{(k-1)!} \quad \text{----- (1)}$$

となる。これはアーラン分布と言われる。

α. I分布への拡張

(1)式の分母 $(k-1)!$ 部分を、Γ関数

$$\Gamma(k) = \int_0^\infty x^{k-1} e^{-x} dx \quad (k: \text{正の実数})$$

で置き換えることができ、(1)式は

$$f_k(t) = e^{-\lambda t} \frac{\lambda^k t^{k-1}}{\Gamma(k)}$$

と表わされる。これはI分布である。

いろいろな注視行動、注視対象における注視時間の分布が、上記の理論分布に適合することから検定によって確かめられた。

4. 凝視度 k

(1)式の k の値を、いろいろな注視行動について比較した結果、注意の集中度合いの高いものほどこの値が大きくなることが知られたので、 k を“凝視度”と名付けた。

k の値は通常の注視行動では2~3であるが自動車運転時には、多くの対象に対してそれが1となることが明らかになった。標識の注視では2~3、ときには4になり、速度計を注視するときには10にも達することを知られた。この k 値は、今後、同様の分析において有効な指標となるであろう。

以上