

自動車の運転動作におよぼす外乱の影響に関する実験 (その1)

—実験装置の試作と二、三の測定—

An Experimental Investigation about Effect of Disturbance on Driving Motion (part-1)
—The Making of the Measuring Equipment and a few Measurements—

小 口 泰 平

Taihei OGUCHI

1. ま え が き

自動車を運転する場合、運転者は主として視聴覚から情報をうけて、おのおのの状況に応じた判断・動作・制御を行なっている。情報を認知し判断して動作を起こすまでの応答時間および応答の内容は、今日のような交通事情のもとでは重要な問題の一つと考えられる。

人間の応答特性の実験は、生医学、実験心理学、工学などの多くの人々によって行なわれているが、自動車を運転する立場からの外乱の影響の実験は少ないと思われる。一般に、この種の研究は、運転者の心身状態、運転装置、運転室内の状態、道路および交通流環境などを考慮して行なう性質のものであるが、これら多くの因子が微妙に関連するため定量的解析はむずかしく、きわめて複雑になるものと考えられる。

このため、これらの手がかりを得るための第1段階として、条件を単純化した試作した模擬実験装置を用いての運転動作におよぼす外乱の影響につき実験を行なうことにした。なお、試みに外乱を飲酒、疲労、感情などの運転者自身の内的因子と振動、騒音などの環境にもとづく外的因子に分けてみた。

今回は、試作した実験装置と測定条件としての情報を与えるまでのタイムインターバル、時間経過の影響、そして飲酒を内的因子による外乱と考えたこれら二、三の実験結果を報告する。

2. 試作した実験装置の概要

試作した実験装置の概要を図1に示す。実験装置は、情報としての光刺激(パターンによる)をランダムに与える表示部、制動および加速を模擬したステップ応答の表示部(目標値と操作量)、操舵を模擬した周波数応答の表示部(目標値と操作量)、運転席、運転者の生体測定部、そして応答時間測定部より成っている。

光刺激を与えるための表示ランプは弁別を良くするために背面を黒色と

し、赤(色相/3—明度/15—彩度/9)、黄(8—18—5)、青(16—17—5)のおのおの照度 480 Lux としている。なお、光刺激によって情報を与える場合の光源照度による応答時間への影響は、20 Lux から 100 Lux の間では有意差が認められるが、ほぼ 150 Lux から 4000 Lux の間では統計的処理により一定とみなすことができた(表示ランプから被験者までの距離は 4.4 m)。また、光源は白熱電球とフラッシュバルブを併用し、白熱電球による応答時間のおくれ(約 130 mmsec の有意差が認められた)をおきない精度 1/1000 sec としている。

3. 測定条件をきめるための実験

(1) 応答時間におよぼすタイムインターバル: 応答時間は、情報としての表示ランプの点灯から手操作の場合にはハンドル周上のマイクロスイッチを作動するまでに要する時間を、足操作はアクセルペダルからブレーキペダルを作動するまでに要する時間を示す。

図2は、情報を与えるまでのタイムインターバル4種類の応答時間との関係を示す。手足操作とも応答時間に影響をおよぼしている。

(2) 応答時間におよぼす時間経過: 応答時間におよぼす時間経過の影響は、タイムインターバル 2.0 sec 一定で

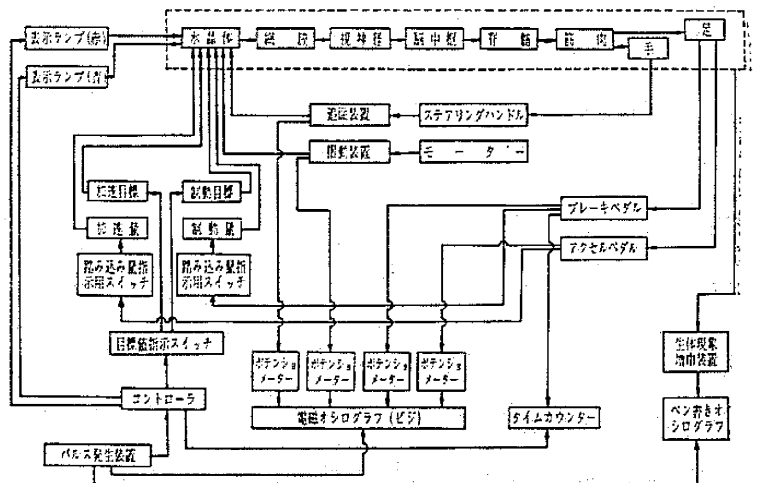


図1 実験装置の概要: 応答時間の精度は 1/1000 sec, 生体現象は主として心拍数, 呼吸数, 目の動きを測定。

研 究 速 報

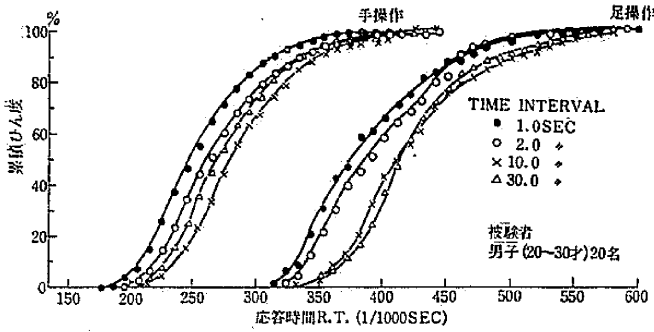


図 2 応答時間におよぼすタイムインターバル：運転動作の
ように連続的にしかも予測できない状態を模擬する場合
は、ランダムにインターバルをとることが大切。

TIME INTERVAL CONSTANT

$$y_{hand} = 0.07x + 152$$

となり、足操作の応答時間回帰方程式の一
例では、

TIME INTERVAL RANDOM

$$y_{foot} = 0.63x + 420$$

$$y_{foot}^{90\%} = 0.63x + 563$$

$$y_{foot}^{95\%} = 0.63x + 623$$

TIME INTERVAL CONSTANT

$$y_{foot} = 0.28x + 340$$

と得られた。

そこで、男子 (20~30 才) 被験者 20 名に
つき測定し、手足操作の応答時間回帰方程式
と 5 分経過ごとの標準偏差を示したのが図 3
である。

手操作に比し足操作の場合の応答時間は高
度に有意であり、手操作のタイムインター
バル 2.0 sec 一定をのぞきいずれも時間経過に
伴い応答時間は増大している。

また、タイムインターバルをランダムに与
えた場合の応答時間はタイムインターバル
2.0 sec 一定よりも手足操作のいずれも高度
に有意である。さらに、タイムインターバル
をランダムに与えた場合の標準偏差は、タイ
ムインターバル 2.0 sec 一定の場合よりも手
足操作のいずれも有意差が認められる。

このように、応答時間は本実験において時
間経過とのあいだに相関が認められ、さらに
タイムインターバルによっても高度の有意差
のあることが認められた。そこで以後の実験
には、これらの点を考慮することとした。

4. 飲酒を外乱と考えた場合の第 1 次実験

実験方法は、被験者が任意の姿勢で運転席
につき、操舵を模擬した周波数応答を行な
い、かつアクセルペダルを踏み込んで目標値
に合わせた状態で情報を持つ。

手操作の場合は、情報としての表示ランプ
の赤の点灯 (タイムインターバルはランダ
ム) によりハンドル周上に設けたマイクロスイッチを作
動させる。

足操作の場合は、アクセルペダルからブレーキペダル
に踏み換えを行ない、表示ランプの点灯と同時に指示さ
れる制動目標値に踏み込み操作量を合わせる。

測定時間は、連続 60 分としたが、統計処理をほどこ
せば 30 分で時間経過の影響をみる回帰方程式を求めて
も両者のあいだに大きな差異が認められず、実質的には
問題のないことがわかった。

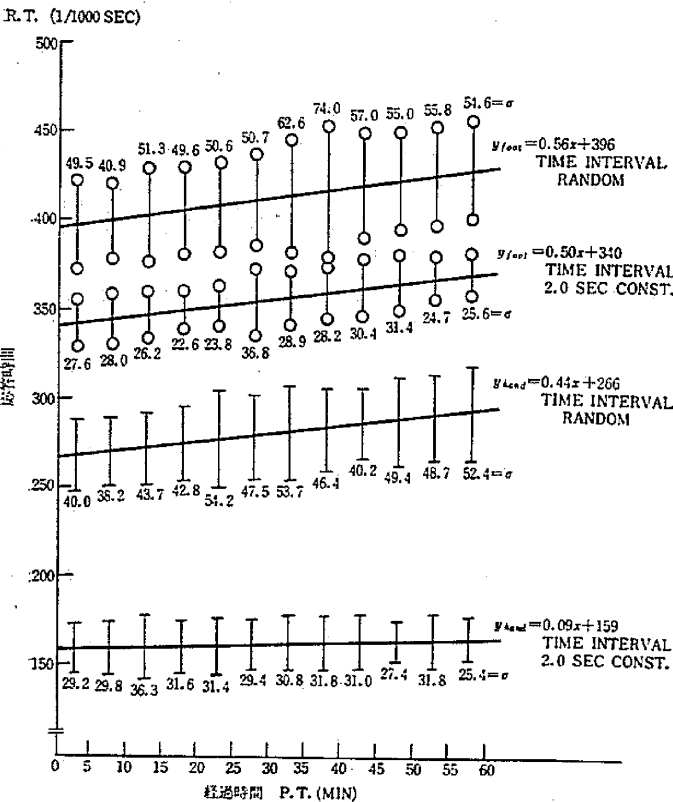


図 3 応答時間におよぼす時間経過：被験者数は男子 (20~30
才) 20 名、有意水準 95% の応答時間回帰方程式を示す。

情報を与えた場合、手操作ではほとんど認められないが、
足操作で有意差が認められる。

ランダムに情報を与えた場合の 60 分間連続測定では
いずれも有意差が認められ、手操作の応答時間回帰方
程式の一例 (22 才男子) では、

TIME INTERVAL RANDOM

$$y_{hand} = 0.54x + 240$$

$$y_{hand}^{90\%} = 0.54x + 340$$

$$y_{hand}^{95\%} = 0.54x + 381$$

外乱としての飲酒は、ウイスキー (2 級, アルコール含量 Vd.37%—292 g/l) 150~300 cc とし, 北川式飲酒検知管により呼気中アルコール濃度をほぼ 0.25 mg/l にして, 飲酒終了 30 分後に測定を開始し 5 分間の練習を行なっている。

なお, 被験者の生理的状态を見るために生体電気現象増幅器を用い心拍数, 呼吸数, 目の動きをあわせて測定している。

図 4 は, 0.25 mg/l の飲酒状態の足操作応答時間の一例を示す。

表 1 は, 正常と飲酒状態を比較した測定結果の一部を示す。飲酒状態の応答時間は, 正常の場合に比し個人差はあっても増大する傾向を示し, 制動目標値に合わせるまでの制御動作の時間を含めて検討すると, さらにこの傾向が強くなる。

しかし, 情報を認知して以後のアクセルからブレーキペダルに踏み換える単純な動作には飲酒と正常の間に有意差が認められず, むしろ飲酒状態の方がより速い場合が多い。また, 飲酒の場合は視運動反応の減少, さらにブロッキング現象が多くみられるようになり, 運転時の不具合につながる要因として注目される。

5. あとがき

実験装置の試作と飲酒の影響の予備実験としての応答時間測定にとどまったが, 制御動作を考慮したステップ応答 (制動操作の場合) および周波数応答 (舵操作の場合) の実験も進みつつあるため, 動作の速さと正確さを示す ITEA No. による解析を行ない次の機会に報告したいと考えている。

(1967 年 11 月 2 日受理)

文 献

1) 青木和彦:「高速ブレーキに関する二, 三の問題点」機械学会誌, Vol. 63, p. 417 (1960).
 2) 近藤政市ほか:「自動車制動時の空走時間の測定結果」機械学会誌, Vol. 57, 424, p. 31 (1954).
 3) 藤井澄二ほか:「人間と制御」科学, 第 13 卷 (1961).

4) 稲葉正太郎:「C. C. No. による適性検査」日刊工業 (1965).
 5) 小口泰平:「時間経過が運転動作の応答時間におよぼす影響」自技会, 学術講演会前刷集 p. 99 (1965).

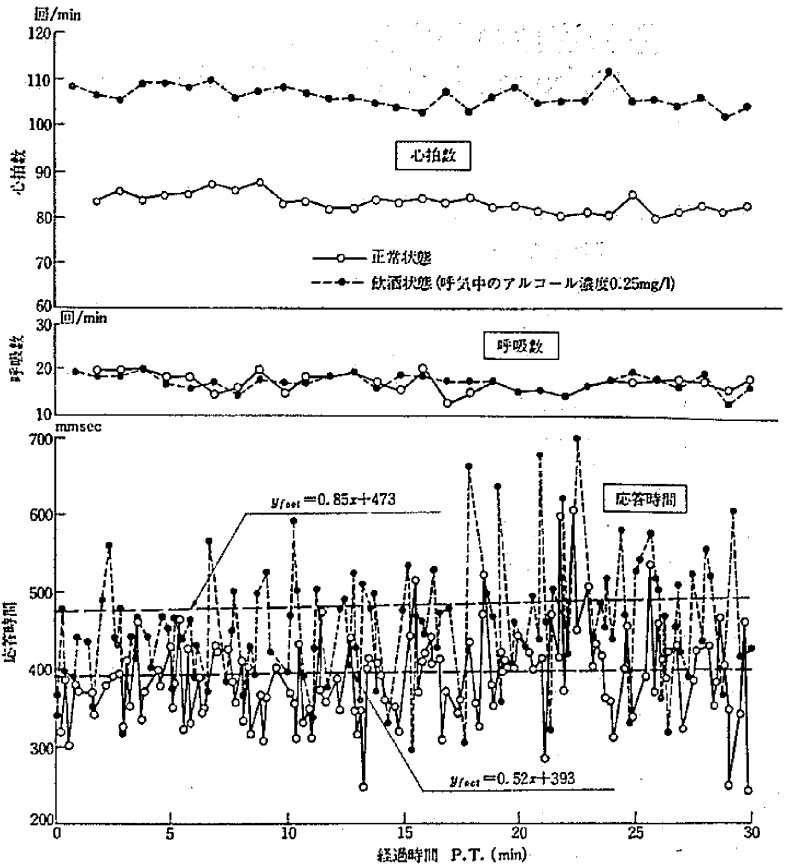


図 4 正常および飲酒状態の被験者測定例 (被験者 E)

表 1 正常および飲酒状態の時間経過に伴う応答時間

被験者 (年齢)	呼気中のアルコール濃度 mg/l		手 操 作 (操舵を模擬)		呼気中のアルコール濃度 mg/l		足 操 作 (制動を模擬)	
	実験前	実験後	応 答 時 間 回 帰 方 程 式 mmsec	ブ ロ ッ キ ン グ 回 数/h	実験前	実験後	応 答 時 間 回 帰 方 程 式 mmsec	ブ ロ ッ キ ン グ 回 数/h
A (24才)	—	—	$y=0.54x+288$	1	—	—	$y=1.19x+372$	2
	0.25	0.25	—	—	0.25	0.25	$y=1.39x+431$	4
B (21才)	—	—	$y=0.73x+277$	2	—	—	$y=0.91x+371$	1
	0.25	0.25	$y=0.12x+343$	4	0.25	0.25	$y=1.11x+539$	7
C (23才)	—	—	$y=0.36x+304$	0	—	—	$y=1.00x+360$	0
	0.25	0.25	$y=0.24x+326$	2	0.25	0.26	$y=0.48x+396$	5
D (23才)	—	—	$y=-0.06x+375$	1	—	—	$y=-0.85x+502$	1
	0.25	0.26	$y=1.87x+400$	4	0.25	0.25	$y=0.24x+497$	5

ブロッキングは, 情報のカットおよび有意水準 95% をはずれたものとし, 1 時間当たりの回数を示す。