

「自動車運転者の適性基準判定指針の検討に関する研究」

——運転機能測定装置の試作——

A proposal for judgment of motor driver's aptitude
Developments of the measuring equipment for responses of action

岩佐 哲夫

Tetsuo IWASA

宮井 義裕

Yoshihiro MIYAI

金住 順二

Junji KANAZUMI

宮本 芳文

Yoshifumi MIYAMOTO

岡本 征四郎

Seishiro OKAMOTO

秋葉 光俊

Mitsutoshi AKIBA

We have proposed to use GSR (Galvanic Skin Response) as an index of driver's aptitude^[1]. The purpose of the experiment is to measure the changes in GSR easily from sweat glands. On driving the motorcar, recognition, judgment and reaction or response are very important factors for the driver. The study is to develop the measuring equipment of these functions. It is necessary to develop the measuring equipment simply, conventionally and portably. Because we have to move from place to place to save the data. These data is used to judge the driver's aptitude by statistical distinct analysis.

[1] AKIBA etc. : A proposal for judgment of motor driver's aptitude –On GSR for index of driver's aptitude –

(The Institute for Industrial Research of Osaka Sangyo University No.16, 1993)

1. 緒言

交通事故の原因を自動車の運転者を中心に分類すると、外的原因によるものと内的原因によるものに大別できると考える。言うまでもなく、外的とは運転者が関与しない原因を言う。その反対に内的とは運転者が原因に直接関与していることを言う。前者に起因する事故の中にも運転者の経験や知識によって、事故が防止される場合もある。また、その反対に運転が不適切であっても、外的な要因（例えば、対向車の機転、安全対策装置）によって未然に防止できる場合も多い。いずれにしても、内的な原因はかなりの割合で事故に関与しているものと考えられる。本研究は、これら内的要因の測定あるいは測定結果と交通事故との関わり、原因による運転適性の統計的判別等をもとに、内的な要因による交通事故対策について、総合的な検討を

平成6年4月 原稿受理
大阪産業大学 工学部

加えることを目的とした。

本報告では、便宜上、内的要因を次の3つに分類した。

1. 運動・感覚的要因：普通の生活を送っている状態における運転者固有の運動・感覚機能
2. 心理・学習的要因：運転者固有の性格、気質、知識
3. 環境変動要因：上記2要因の環境あるいは時間変化による要因。すなわち、何らかの原因で非常にいらいらしている、寝不足のため朦朧としている、体調が悪い等の要因。

前回（大阪産業大学産業研究所所報 第16号）で報告した——運転適性に関する皮膚電気反応の研究——は、上記の2および3に該当するものであり、今回の報告は、1. に該当するもので、交通事故に関係すると考えられる内的要因の中から、反射機能、判断機能、識別機能について、その測定方法の検討と装置の開発を行った。過去において、これら機能の測定方法および装置は既存のものが多数あり、今さら新たに測定装置を開発しなくてもという考えもあったが、運転適性の判別のデータを収拾する段階で、かなりの移動が必至であると思われること、出来る限り軽便で測定が簡単かつ短時間で出来ること、特に持ち運びが可能な小型の装置で、暗室のような特殊な場所や環境を必要としない等の要求を満たすものということになり、前回のGSRの例もあり、結論として新規に開発することになった。また、測定装置は、すでに発表された既存のデータを参考にしたり、統計的な検討を加えることによって、測定パラメータの変更が出来るよう工夫した。以下にその装置について説明をする。

2. 運動・感覚機能測定装置

自動車を運動・感覚機能の面から、安全に運転することを考えると、反射機能、判断機能、識別機能の3要因があげられる。

2. 1 反射機能測定装置

外部からの刺激によって、どれだけ速く反応するかを測定し、その量をもって反射機能を比較する。本来、刺激→目または耳（受容器）→大脳→脊髄→運動神経→筋肉という道程を反応と言い、意識の座を経由する反応とそうでない反射は異なるものである。今回取り扱うような、単純な反応は反射と見なすことが出来る。このような観点から、反射機能をどのように測定するかを検討した。刺激としては棒反応、光反応、音反応がポピュラーである。

Fig. 1は棒反応時間（Bar gripping reaction time）、Fig. 2は単純光反応時間（Simple reaction time for light）、Fig. 3は単純音反応時間（Simple reaction time for sound）の測定結果である。（日本人の体力標準値・第四版・東京都立大学体育研究室編・不昧堂出版より）Fig. 3の音刺激は周辺の騒音に左右される耳からの刺激であることなどから、運転適性の反射機能を測定する刺激は目の方が優先されるだろうと言う判断でFig. 1、2のどちらかを選ぶことにした。

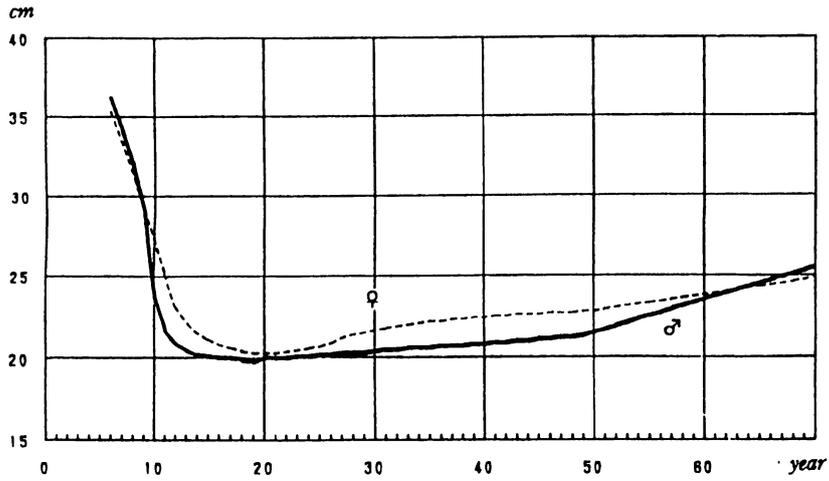


Fig. 1 Bar gripping time

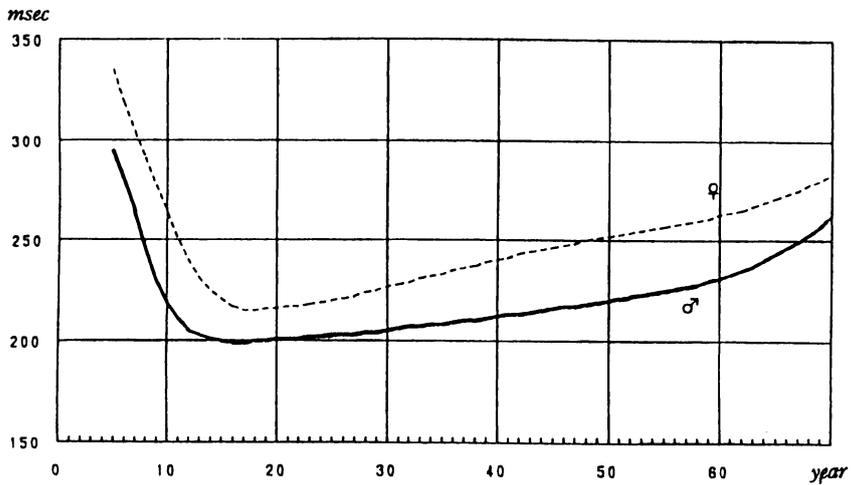


Fig. 2 Simple reaction time for light

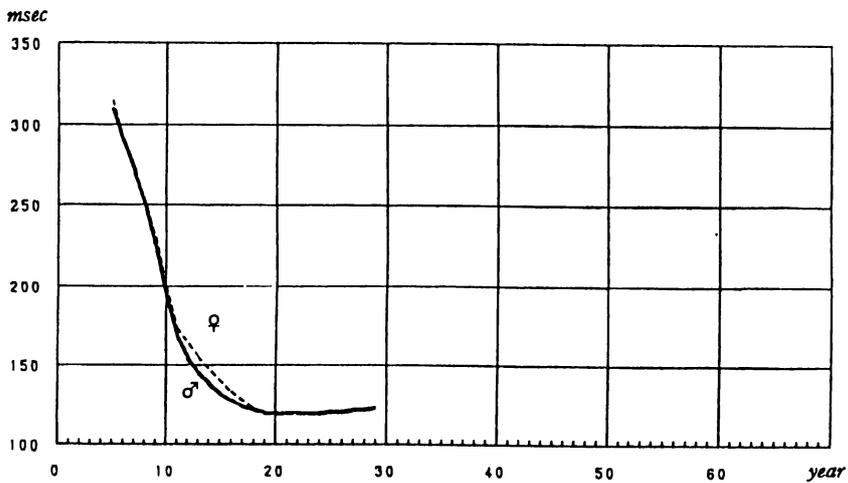


Fig. 3 Simple reaction time for sound

Fig. 1、2の傾向を観察すると、両方とも、少年期後半から20才代半ばまでの刺激に対する反応は顕著な差は見られない。30才代を過ぎる頃からその反応時間は大きくなっている。平均値が年齢の変化とともに変化していることは、全体の分布として見ると、バラツキ（標準偏差）も大きくなっている。したがって、どちらの刺激も判別分析には興味ある要因である。ただ、棒反応時間の測定は比較的簡単でもあり、学習効果の程度、測定の信頼程度を調べておきたかったため次のような実験を行った。実験の方法は直径23mm、長さ500mmの木製丸棒を Fig. 4のような位置から落下させ、被験者は落下を視認すると素早く棒を握る。この測定を7回行い、その最大と最少を除き、残りの5回の平均の長さを測定する。被験者は大学3年の男子学生である。

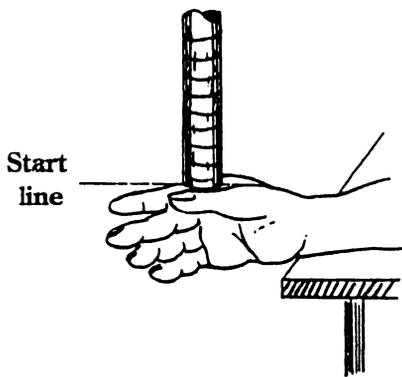
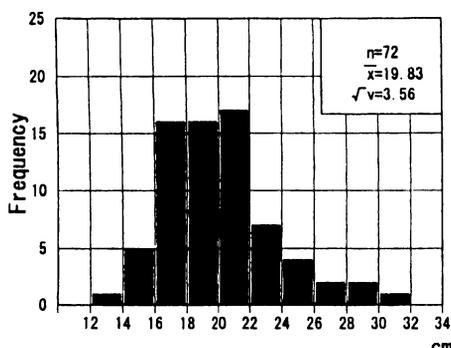


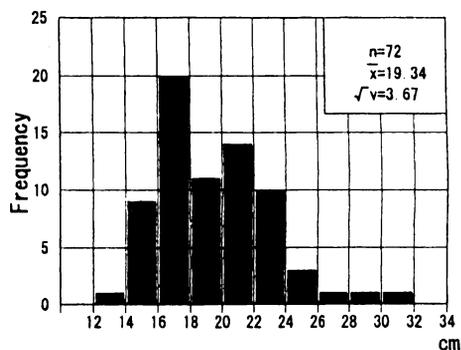
Fig. 4 Bar position.

Fig. 5(1)は、72名の被験者に対して利き手を先、Fig. 5(2)はそうでない方を後で行った結果である。その反対に Fig. 6(1)は、69名の被験者に対して利き手でない方を先に測定し、Fig. 6(2)は利き手を後から測定した結果である。この結果から、実験の慣れによると考えられるバラツキの減少は見られるが、学習による反応時間の顕著な短縮は無いと思われる。

Fig. 5 Measurement of bar gripping time

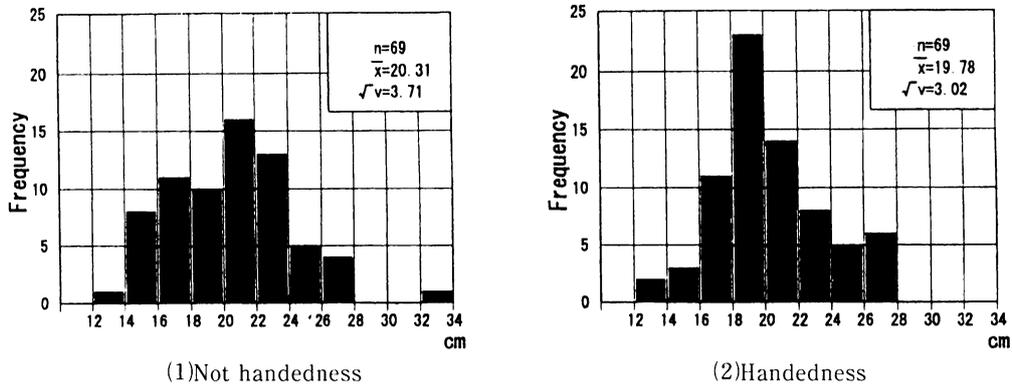


(1) Handedness



(2) Not handedness

Fig. 6 Measurement of bar gripping time



次に、光刺激による反射機能を検討した。考察にも書いているが、前述の棒反応の測定は単純な割に人手と時間がかかり、測定方法にも測定結果にも改良すべき点があった。そのような理由で、他に良い測定方法が無いかと言う事も検討していた。ちょうど、これと平行して、後述する判断機能の測定のために、Z-80CPU ボードを搭載した装置を開発中で、この装置の流用を考えた。

Fig. 7は判断機能測定装置（詳細は後述）である。左右の対のランプは6.3V、0.15Aのブルック球で、直径10mmの赤色と青色のカバーのついたソケットに入っている。ソケットの間隔は5mm、ソケット間距離350mm（内側）である。

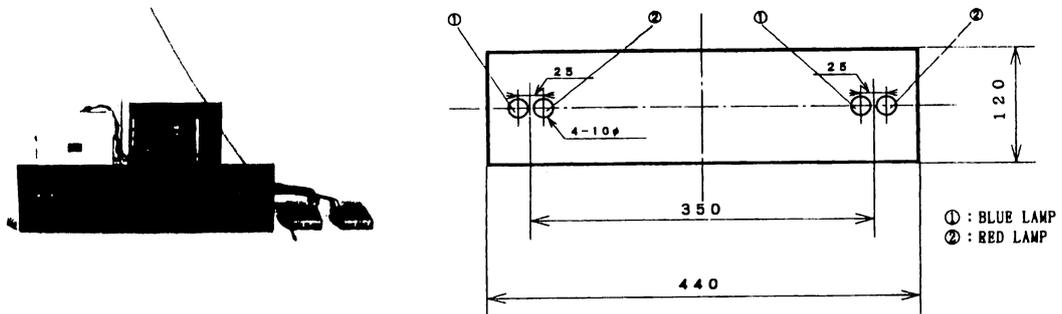


Fig. 7 Measuring equipment of simple reaction time for light

この4個のランプのどれかが点灯した後、10ミリ秒間隔で被験者からの応答を待ち、点灯直後から応答までの時間を反応時間として測定した。ランプの点灯はランダム（10秒から20秒）に1秒間点灯し、被験者にフットスイッチを踏ませる。この測定を棒反応の測定と同様に7回行った後、最大と最少を除き平均を取り、反応時間とした。約40名の被験者のデータを取り、傾向を観察したところ、平均0.34秒、標準偏差0.04であった。

また、並列で行った棒反応の測定結果は、平均が19.5cm、標準偏差は3.0であった。光刺激

の測定が足である事、ランプが1個では無くて4個のため、眼球運動も付加されているために Fig. 2と比較して云々する意味はあまり無いと考えた。しかし、両者の相関係数を計算すると 0.18という信じられないような値となり、グラフ用紙にもプロットしたが、蜂の巣のような状態で、計算結果は納得できたが、なぜ相関関係が全く無いのか？その疑問は大きくなった。結論として、考察にも述べたが、運転適性を論じる上で、目、手、足は重要な要素であり、棒の測定精度、足と手の比較などの問題も考えられるため、もう少し検討をしたいと考える。なお、測定用のプログラムなどについては判断機能の項で記載する。

2. 2 判断機能測定装置

自動車を運転する場合に判断を要することは多い。当然のことではあるが、走行中の判断である以上、判断が遅れることはそれだけ事故の確率が高くなることを意味する。このような観点から、単純反応に判断を付加した簡単な測定装置の検討を行った。装置は、Fig. 7に示すようにランプの部分とZ80CPUボードを中心とする制御部と赤、青のフットスイッチで構成している。測定は左右の一对のランプ（各々赤と青）のどれか一個が点灯されたとき、被験者は点灯されたランプと同じ色のフットスイッチを踏むという単純な判断である。ランプと被験者の距離は約1メートルで、被験者の視野の中にランプの両端が入る程度の距離である。したがって、被験者は漠然と4個のランプを見るか、激しく目を動かして点灯するランプを認識しようとしている。前述の反射機能の測定と異なる点は、左右にそれぞれ赤と青のランプがあるため、同じ赤でも左側で点灯する場合と右側で点灯する場合がある。青の場合も同様である。フットスイッチは右を赤、左を青にして並べている。このため被験者は左右の点灯に惑わされることなくフットスイッチを踏む必要がある。点灯の順序は乱数を用いた。測定回数は被験者があきない程度の時間と考えて30回とした。評価は30回の点灯で正しく踏んだ回数（正答）で行うことにした。問題はランプの点灯時間とその間隔である。ランプの点灯時間と消灯時間の和を点滅時間と呼び、この点滅時間を検討した。

Table. 1は8名の被験者に対して、点灯時間0.2秒から0.1秒刻みで0.6秒まで、消灯時間0.3秒から0.1秒刻みで0.7秒までの各点滅時間の組み合わせについて、正答回数を測定し、その平均を正答率として整理したものである。

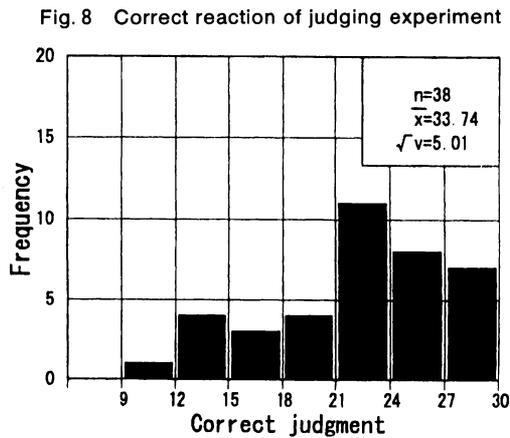
Table. 1 Correct reaction of judging experiment at each conditions

(unit:%)

Lamp		ON (sec)				
		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
OFF (sec)	0.3	—	60.8	70.0	86.3	91.3
	0.4	57.5	63.8	71.7	75.8	92.1
	0.5	79.2	84.6	82.9	81.7	97.1
	0.6	83.8	85.8	94.6	90.4	93.8
	0.7	88.8	85.8	91.7	95.0	98.3

この結果から明らかなことは、点灯時間が長くなれば正答率は良くなっている。このことは、被験者がランプの点灯している間に動作をする方が正確な判断をしていると考えられる。また被験者の感想を聞くと、点滅時間が0.5秒、0.6秒あたりでは、点滅が速すぎて、応答がしづらいということであった。

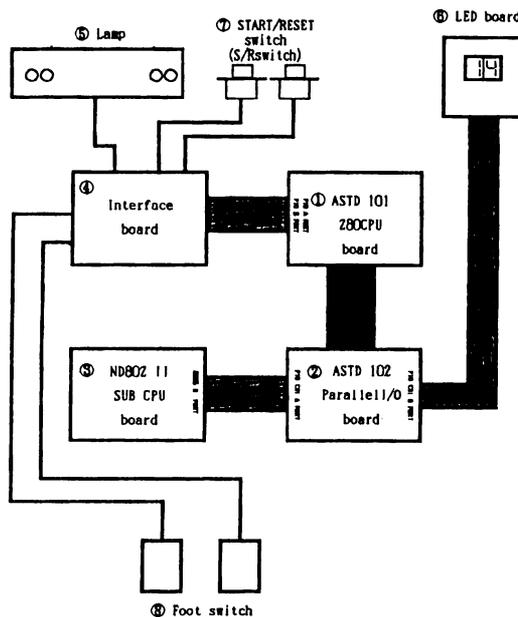
Fig. 8は38名の被験者に対して、点滅時間0.8秒（点灯時間0.3秒、消灯時間0.5秒）で行った実験結果である。横軸に正答回数を縦軸にその人数を取っている。分布はやや右に片寄っている。被験者は前述の学生であるが、0.7秒0.75秒あたりの点滅時間も検討して測定基準を決定したいと考えている。



前節の光刺激の測定装置と判断機能の測定装置は同じであることはすでに述べた。次に、この装置の構成、プログラムを示す。

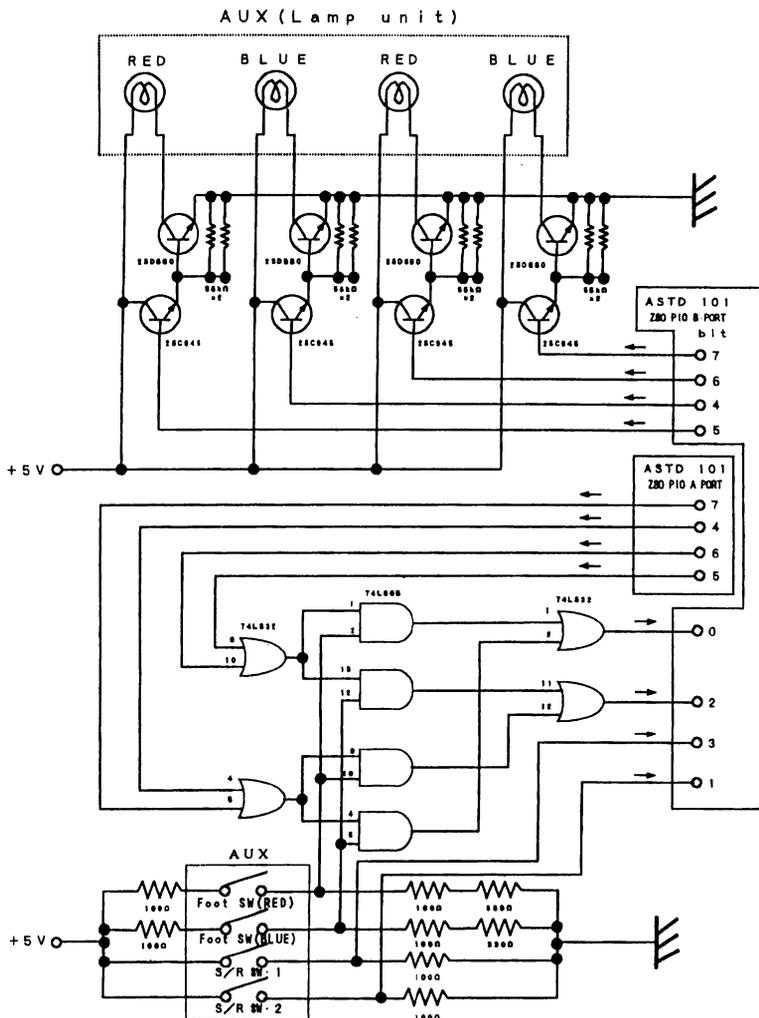
Fig. 9は判断機能測定装置のシステム構成図である。

Fig. 9 Construction of measuring equipment of judging reaction



1. Z80-CPU ボードで装置全体の制御をしている。プログラムはROM に記入している。
2. パラレル I/O ボードで PIO (32bit×2) を持ち、CH1 A ポートおよび B ポートを使用している。
3. キーボード付きの Z80-CPU ボードで点滅時間変更のために使用した。なお、点滅時間が決定されれば、1. の ROM に書き込むので使用しない。
4. CPU 本体の B ポートと接続し、測定用のランプの増幅、フットスイッチからの信号を CPU におくるための AND、OR 回路である。なお、この回路は Fig.10 に示す。
5. 測定用にランプ
6. 7 セグメント LED ボードで測定結果を表示する。
7. 測定の開始、中止および判断、反射の測定の切り替えのためのスイッチ。
8. フットスイッチ 踏みなおし、は無視する。

Fig.10 Interface Board




```

LD      B, A
CALL   BCD
LD      (MEM7), A
OUT    (PIODD), A
CALL   TIMER2
IN     A, (PIOCD)
LD      (MEM4), A
OUT    (PIODD), A
CALL   TIMER2
IN     A, (PIOCD)
LD      (MEM5), A
OUT    (PIODD), A
CALL   TIMER2
LD      A, 00H
OUT    (PIODD), A
POP    HL
RET

;
;**** MAIN ROUTINE ****
;
START: LD      B, 00H
        LD      A, 05H
LP1:   CALL   DISP
        DEC     A
        JR     NZ, LP1
        CALL   DISP
LP2:   LD      A, (DE)
        OUT    (PIOBD), A
        OUT    (PIOAD), A
        LD      HL, MEM4
        LD      C, 00H
        CALL   SUPER
        LD      A, 00H
        OUT    (PIOBD), A
;
        BIT    0, C
        JR     Z, JUMP4
        OUT    (PIODD), A
        CALL   TIMER
        JP     WAIT
JUMP4: LD      HL, MEM5
        CALL   SUPER
        LD      A, 00H
        OUT    (PIOAD), A
        BIT    0, C
        JR     Z, JUMP5
        OUT    (PIODD), A
        CALL   TIMER
        JP     WAIT
JUMP5: LD      C, 00H

CALL   BCD
OUT    (PIODD), A
LD      (MEM2), A
LD      HL, MEM1
LD      (HL), B
LD      BC, DATA
LD      B, (HL)
LD      A, C
CP     E
JR     NZ, JP6
LD      D, 00H
LD      E, 0C8H
LD      HL, DATA
ADD    HL, DE
EX     DE, HL
JP6:  DEC     DE
        LD      HL, MEM3
        DEC     (HL)
        JR     NZ, LP2
        LD      B, 05H
LP3:  LD      A, (MEM7)
        CALL   DISP
        LD      A, (MEM2)
        CALL   DISP
        DJNZ  LP3
        JP     WAIT
;
;**** SUPER ROUTINE ****
;
SUPER: PUSH  DE
        LD      E, (HL)
LP6:  LD      H, 14H
LP5:  LD      L, 0F7H
LP4:  IN     A, (PIOBD)
        BIT    3, A
        JP     NZ, JUMP2
        BIT    0, A
        JP     NZ, JP1
        BIT    2, A
        JP     NZ, JP2
        DEC     L
        JR     NZ, LP4
        DEC     H
        JR     NZ, LP5
        DEC     E
        JR     NZ, LP6
        JR     JUMP3
JP1:  BIT    4, C
        JR     NZ, JP1A
        SET    4, C

```



```

NOP          DB      20H 40H 80H 10H
NOP          DB      20H 40H 20H 10H
NOP          DB      20H 40H 10H 20H
NOP          DB      10H 40H 20H 80H
DEC          DB      10H 80H 20H 10H
JR           NZ, LP10
DEC          DB      10H 80H 80H 80H
JP           NZ, LP11
RET          DB      80H 10H 80H 80H
;           DB      40H 10H 10H 40H
;**** DATA TABLE ****
;           DB      40H 20H 80H 20H
;           DB      10H 20H 40H 80H
DATA:        DB      20H 20H 40H 80H
DB           10H 20H 80H 20H
DB           10H 40H 10H 40H
DB           10H 40H 40H 80H
DB           40H 20H 80H 10H
DB           20H 20H 10H 80H
DB           20H 10H 40H 80H
DB           10H 80H 80H 40H
DB           10H 10H 40H 40H
DB           20H 80H 20H 10H
DB           20H 40H 80H 80H
DB           40H 80H 80H 20H
DB           20H 10H 40H 40H
DB           20H 10H 10H 10H
DB           20H 10H 80H 80H
DB           40H 10H 20H 40H
DB           20H 20H 40H 40H
DB           10H 80H 10H 40H
DB           80H 20H 10H 40H
DB           10H 40H 20H 40H
DB           40H 40H 20H 40H
DB           10H 20H 20H 80H
DB           20H 10H 80H 40H
DB           10H 20H 10H 10H
DB           40H 20H 80H 10H
DB           40H 80H 20H 80H
DB           40H 10H 40H 10H
DB           10H 20H 10H 80H
DB           40H 40H 40H 40H
DB           10H 40H 80H 20H
DB           40H 40H 20H 80H
DB           40H 20H 40H 40H
DB           20H 10H 40H 20H
DB           80H 20H 10H 40H
DB           20H 20H 20H 80H
DB           80H 10H 20H 20H
DB           80H 10H 80H 40H
DB           40H 10H 10H 10H
;
;
;
;*****
;***** 点滅時間変更ルーチン *****
;*****          1993/01          *****
;***** アドテック ASTD-101用 *****
;*****
;
;
;           ORG      0500H
;
XSTART:     LD       A, 0EEH
            LD       (TMEM), A
            LD       B, 00H
            LD       C, 00H
            ADD      HL, DE
            EX       DE, HL
            DEC      DE
;
;
;           LD       A, 00H
            OUT      (PIODD), A
            LD       A, 05H
ABC:        CALL    XTIMER
            DEC      A
            JR       NZ, ABC
LON:        LD       A, (DE)
            OUT      (PIOBD), A
            OUT      (PIOAD), A
            LD       A, 07H
            OUT      (CTCO), A
            LD       A, 19H
            OUT      (CTCO), A
            LD       A, 57H

```

```

        OUT      (CTC1), A
        LD       A, 64H
        OUT      (CTC1), A
;
;
;
L1:    IN       A, (CTC1)
        CP      64H
        JP      Z, L1
L2:    IN       A, (CTC1)
        CP      64H
        JP      NZ, L2
;
;
;
        INC     C
        LD     A, C
        CP     64H
        JP     Z, LOFF
        IN     A, (PIOBD)
        BIT    0, A
        JP     NZ, BOTAN
        IN     A, (PIOBD)
        BIT    2, A
        JP     Z, L1
;
;
;
BOTAN: LD     A, B
        CP     01H
        JP     Z, L1
        LD     B, 01H
;
;
;
        LD     A, C
        LD     L, 0AH
        LD     H, 00H
L5:    INC     H
        SUB    L
        JP     Z, J1
        JP     P, L5
        DEC   H
        ADD   A, 0AH
J1:    SLA    H
        SLA    H
        SLA    H
        SLA    H
        ADD   A, H
        OUT   (PIODD), A
;
;
;
        LD     (TMEM), A
        JP     L1
;
;
;
LOFF:  LD     A, 00H
        OUT   (PIOBD), A
        OUT   (PIOAD), A
        LD     A, (TMEM)
        OUT   (PIODD), A
        JP     WAIT
;
;
;
XTIMER: LD    L, 0FAH
L4:     LD    H, 0C8H
L3:     NOP
        DEC   H
        JR    NZ, L3
        DEC   L
        JP   NZ, L4
        RET
;
        END

```

Fig. 12 Program list of to change the ON . OFF time

```

;*****
;**** 判断機能測定プログラム ****
;****      1994/01      ****
;****  中日電工  ND80Z2用      ****
;*****
;          (サブ プログラム)
;
;
;
TIMES EQU 8000H
LON EQU 8001H
LOFF EQU 8002H
WAIT EQU 0779H
;
;          ORG 0000H
;
;          LD A, 81H
;          OUT (0FBH), A
;
;          LD A, (TIMES)
;          OUT (0F9H), A
;          LD C, 0AH
LP1: CALL WAIT
;          DEC C
;          JR NZ, LP1
;
;          LD A, (LON)
;          OUT (0F9H), A
;          LD C, 0AH
LP2: CALL WAIT
;          DEC C
;          JR NZ, LP2
;
;          LD A, (LOFF)
;          OUT (0F9H), A
;          LD C, 0AH
LP3: CALL WAIT
;          DEC C
;          JR NZ, LP3
;
;          LD A, 0FFH
;          OUT (0F9H), A
;          JP 0053H
;          END

```


2. 3 認識機能測定装置

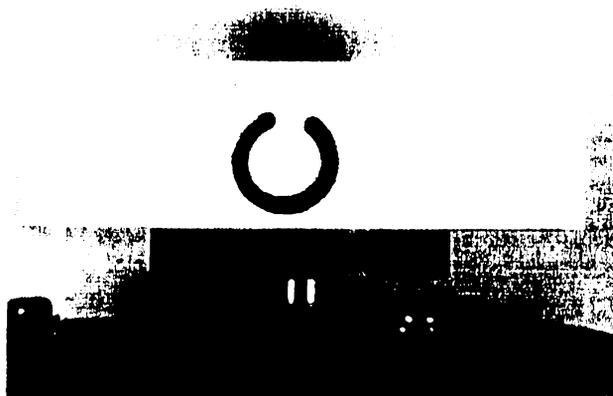
運転に必要な機能の一つに物を認識する、あるいは識別する機能がある。この機能を認識機能と呼ぶ。この認識機能を測定する基本は、静止視力と動態視力であると考えられる。静止視力については、現在検討中の暗順応、集中力等と共に次の機会に報告する。走行中に判断を必要とする以前に、自動車の運転席から見ることの出来るすべての視野（ミラーも含む）から、ブレーキ、アクセル、ハンドルあるいはクラクション等に至る判断動作をするためには、それが何であるかを認識しなくてはならない。この機能を調べる方法を種々検討した。その結果、前述した装置作成の目的から、出来る限り軽便なものとして、携帯用テレビデッキの映像を利用した。影響をするために Fig. 14 に示すような装置を試作した。この装置は、直径100ミリ厚さ20ミリの円盤の側面に視力表のランドルト環のマークを貼り、この円盤にインダクションモータ（1700rpm）減速器（減速比9：1）をとりつけ、モータを徐々に減速させ、被験者がランドルト環の切れている方向を識別出来たときの回転数をもって評価値とした。

Fig. 14 Measuring equipment of judging recognition



また、この装置にデジタル回転計が付けられており、ランドルト環と共に撮影した。したがって、測定は携帯用テレビデッキ（3.5インチ画面）のみで行える。

Fig. 15 Measurement by TV



ランドルト環の他に文学、形状等についても検討を行ったが、被験者は丸と認識してからも切れ目が見えるまで見なければならぬので、測定の精度は良くなった。また、残像、シャッター速度、円盤回転数の間には微妙な調整が必要で、今回は予備的に約40名の被験者に対して測定を行ったが、円盤回転数50rpm（モータ回転数450rpm）前後を中心として認識がされた。このことは考察でも述べるが、毎秒1回転弱の制御の難しい帯域になるため、装置の改良を検討している。動態視力に関する認識機能の測定としては妥当なものと考えている。

3. 考察

反射機能として取り上げた棒反応は、棒を落とす前の位置の設定、測定値の読み取り精度の問題など、測定方法がシンプルな反面、測定が意外に難しく、当初は光反応の装置を用いて代行する予定であった。ある一定の条件下で測定を続けると、その分布は正規分布になること、また、ほぼ反射と考えられるような反応においても、わずかな環境、条件の変化によって、その傾向が大きく変わることは予測していたが、棒を手で握ると、光信号を足で応答する場合の間において、ほとんど相関関係が見られない事は意外であった。見方を変えると、この二つの反応の間には相関関係や従属関係がなく、互いに独立した要因として、すなわち、手と足の反射機能として判別分析に利用できる事になる。4個のランプの内の1個が点灯される環境と、1個のランプを凝視する環境は明らかに異なるため、この程度の実験で結論を出すのは早計と考える。いずれにしても、まだデータも少ないので、もう少し慎重に調査検討をやりたい。なお、光反応の測定は判断機能の測定装置を流用したことは既に述べたが、プログラムの変更のみで1点凝視型の実験も可能である。

判断機能の測定装置については、点滅時間が課題である。38名の測定結果を見ても、中央値をもう少し左に寄せるために点滅時間の変更を検討すべきか、あるいは、正答率の低い階層が平均を左に寄せている現状の点滅時間が判断の傾向を表しているのかは、至急に検討したい。

認識機能測定装置として、動態視力に関する機能を測定する目的は、初期の目的（装置作成）も含めて、何とか満足できるものと考えている。しかし、この装置では、モータの回転数450rpm（円盤回転数50rpm）前後でランドルト環がモニター画面を通過するとき、被験者が最も良く識別している。したがって、この当たりでの通過速度を安定させるために、減速比を大きくする、円盤直径を小さくして回転数を上げる、あるいはモータ自体を交換するなどの検討を行う必要がある。また、残像の影響を避けるためにTVカメラのシャッター速度も回転数に応じて変更しなければならない。なお、ランドルト環は、上下の切れ目が残像の影響を受けにくい様である。