

# 視覚挙動におけるアイカメラの人間工学への応用

## An Application for Human engineering of Eye-camera by Sight behavior

近年は交通量の増大により毎年交通事故が多発している。このような背景には運転者に視覚的に複雑な作業が強いられていることが考えられ、常に運転者は車線の中で適切な位置をとり続け、加速、減速を繰り返しながら走行しています。さらに交差点近くでは、他の歩行者、標識、信号に注意しなければならない状況にあります。

このように知覚運転を適切に把握するためにアイカメラを用いた利用法が考えられ実験、研究が最近盛んに行われており、これらアイカメラについて報告いたします。

和田 房幸 \*

加藤 和明 \*\*



### はじめに

この度、北海道開発局開発土木研究所 道路部交通研究室によって行われたアイカメラを用いた視覚挙動調査に携わることができましたので、システム・効果・応用等について簡単に述べることにいたします。尚、これらの研究については、北海道大学工学部 交通工学講座 萩原助教授のご指導を頂いております。

## 1. アイカメラのシステム構成

### 1.1 システム構成図

今回使用した眼球運動測定には竹井機器のトーク・アイを用いました。トーク・アイは図-1のような構成になっており視野映像と注視点が測定できます。写真-1は単眼検出できる透明ゴーグルを装着している状況で眼球運動測定を行います。



写真-1 アイカメラの試験状況

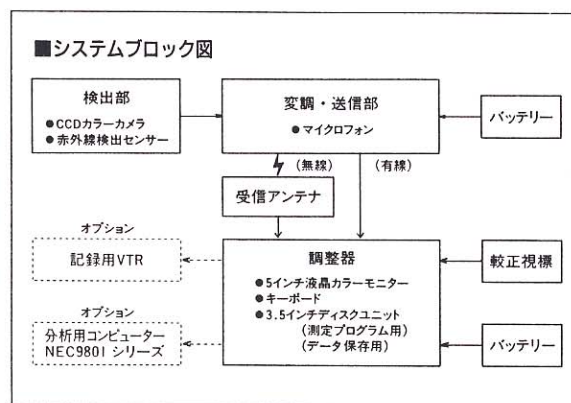


図-1 システム構成図

### 1.2 検出原理

図-2に透明ゴーグルを図-3に角膜反射法の検出原理を示します。上下にそれぞれ3個の素子が並び、光源には指向性の広い赤外の発光ダイオードを使用し両側は受光素子で指向性の狭いフォトダイオードを使用しています。眼球に照射された光は白目と黒目で反射率の違いを増幅して差をとれば水平方向出力なり、和をとれば垂直方向出力となります。実際の試験では単眼で検出しています。

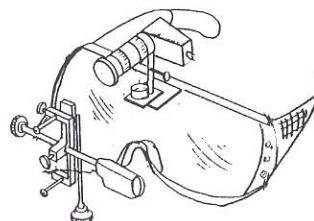


図-2 透明ゴーグル

\*) 道路部 副技師長 (RCCM: 道路) Fusayuki WADA  
\*\*) 道路部 Kazuaki KATOU

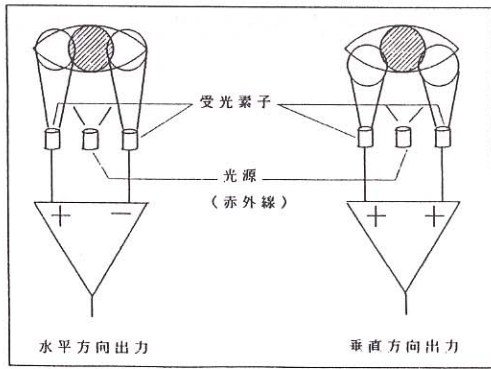


図-3 眼球の上下左右運動

### 1.3 検出部の取り付け状況

図-4に示すように角膜反射法では、水平と垂直のセンサーには若干の違いがあり、次の3点の位置合わせをします。

- ①眼球の「中心」にセンサーを合わせる。
- ②眼球からの距離を 15mm に合わせる。
- ③センサー角を 20~30° に合わせる

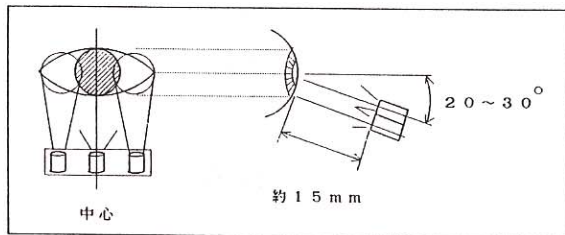


図-4 検出部外観図

### 1.4 調整器及び指標板

図-5に示す調整器は、キーボード、ビデオモニター、信号合成器 16bitcpu を装備しています。図-6は目の動きを検出する指標板で被験者の視線と検出部の視線を一致させる校正が必要となります。

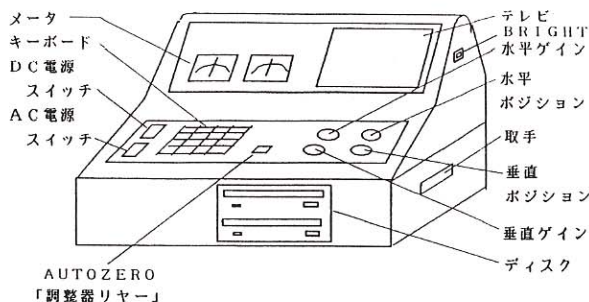


図-5 調整器

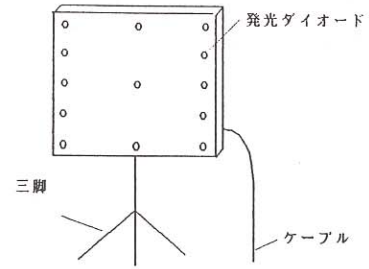


図-6 指標板

## 2. 視覚と目の構造

### 2.1 目の働きと色覚

目で物を見る感覚の働きを視覚といいます。視覚は、主として明暗や色・形・運動・遠近知覚といえます。

目の構造は図-7に示すようにカメラの構造に似ていてレンズは水晶体、絞りは虹彩、フィルムは網膜です。虹彩が目に入る光の量を調節し、水晶体の屈折によって網膜に像を結ぶ。ピント合わせをするのが水晶体で毛様筋が厚みを調整し、網膜に達した光は一定の処理がなされた後、視神経によって脳に伝達されて視覚をひき起こします。

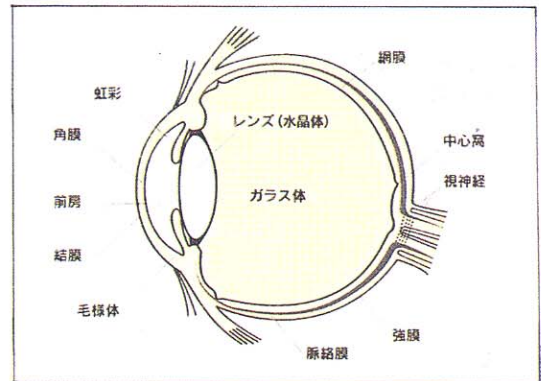


図-7 目の構造

物体からの反射光が目に入り、網膜に達すると光は視神経の隙間を通過し、色素層にあたって反射する。その光を神経細胞のかん状(棒状)と錐状体(円錐状)が感じ取って電気的信号に変換し、視神経によって脳に伝えられます。網膜の中の中心かには、色を感じる視細胞の錐状体が密集しています。明るいところでは錐状体が働き、色(赤・緑・青)を感じる。暗いところでは、かん状体が働き、明暗だけに反応する。暗いところで色の見分けがつきにくいのは、このためです。

## 2.2 可視光下での視感度曲線

図-8に示す可視(380~780nm)の各波長での目(視細胞)の感度を示す曲線を視感度曲線といいます。明所では、主に錐状体が働いて560nmでピークとなり暗所では、かん状体が働き510nmでピークとなる。つまり、明所と暗所とでは、目の感覚にズレが生じ、このため暗所では、青は相対的に明るく見え赤は暗く見える。このような現象をプルキンエ現象という(19世紀初頭チェコの生理学者プルキンエが発見した)夕方になって薄暗くなると赤の看板などが黒ずんで見えるのはこのためです。

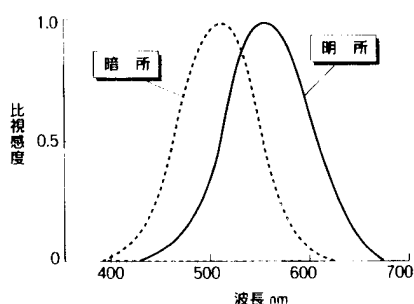


図-8 明所と暗所での視感度曲線

## 3. 運転者の視覚特性

### 3.1 初心者と熟練者

初心者は経験を積んだ運転者と比べて車のすぐ正面を見、進行方向に対して左側を見がちであり、バックミラー、サイドミラーもあまり使わないことがわかっている。自分が常に道路の地面か左端を見ていないと車道からはずれてしまうのではないかと不安を感じているようである。

一方、経験を積んだ運転者は、車の位置を維持するのは周辺の視野にまかせ視線は道路の遠方を見るようになる。従って、初心者は熟練者と比べ道路沿線にある道路標識等を見落としがちといわれており初心者の交通事故率のが高いことが伺われます。

### 4.2 静止視力と動体視力

運転者はいつも最適の照明下という恵まれた環境下にいるとは限りません。昼間は太陽光でまぶしく夜になれば暗く、しかも対向車のヘッドライトでまぶしいという状況の元で運転し、後方からくる車や対向車さらに歩行者等が視野に入ります。

安全運転のためには適正な視野が重要であるが、一般的に視力測定は静止視力の測定で、しかも最適の照明環境下で中心視野における視力のみを対

象として運転者の視力検査を行っているのが現状です。

運転走行中は、当然移動しているため現実の状況とズレがあると思います。動体視力や低照明(夜間照明下)での視力についても考えていく必要があります。(私自身も最近、老眼がかってしまい低照明下による視力の低下が著しく、設計図面を見るのがつらくなってきている。これは夜間近視とよばれ夜間の照明に限って近視になるようである。)

今後はアイカメラを用いた低照明下の動体視力の測定等が必要と思われます。

## 4.3 道路の幾何的構造

運転中にカーブに接近して、適当な速度だと思って調整したところが、遠くで見たときよりもカーブが鋭いことに気づいた経験は、皆さんも何度かしたことと思います。

運転手がカーブをどのように見ているかを検討した文献がありますが、事故率の高いカーブを無事故のカーブより「危険である」と知覚せず減速しようとしなかったなどのデータがあります。アイカメラ等による眼球運動の研究によって運転者は道路の外側線マーキングを曲率の手がかりとして知覚し自分自身で速度と曲率を判断しているようです。

## 4.4 信号・道路標識等の視覚探索

運転に関連する情報の90%は視覚から得ている。これらの情報が問題となるのは、信号や標識の色、形状、大きさ、夜間照明に必要な光の分布や量等であり道路設計の段階でも十分に配慮しなければなりません。

たとえば交通信号の色の場合、男性運転者の約7%は色覚異常といわれ、赤と緑の光を区別するのが困難であるから信号の「緑」は実際には緑でなく緑青を使用しているといわれています。

また、道路標識は運転者に適切なルート案内を示すためには、標識のデザイン、文字、色彩、設置位置等が問題だと標識の目的を達しないばかりか判断のまずさから事故につながることも考えられます。

## 5. 解析方法の概要

写真-2は眼球運動の軌跡状況を示しますが、解析項目としては眼球の注視点時間、注視点時間比率、分布、移動速度等があり、たとえば注視点時間比率の高い場合、その部分について問題あるいは興味の対象があることを表しています。

### ①眼球運動測定データ

眼球の左右方向と上下方向の角度 (deg) がバイナリ形式で入力されプログラムによりテキストデータにより変換を行います。

### ②頭部運動の解析

頭部の動きは被験者の頭部に付けたカメラにより撮影した指標の動きから求める。映像に記録された指標の画面における座標を 0.2 秒間隔に記録し、その値を変換して頭部の動きとします。

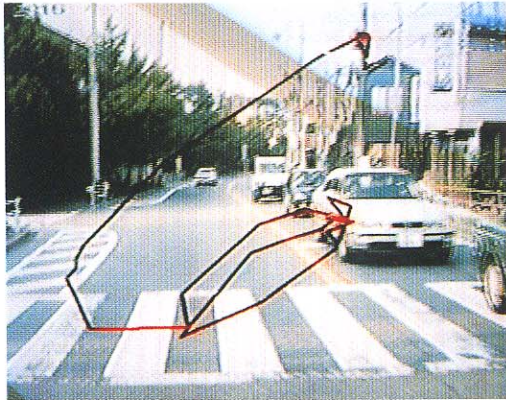


写真-2 軌跡表示

## 6. 今後のアイカメラの応用

アイカメラのシステム装置そのものが現在、色々な改良がなされている状況にあるようですが、今後、アイカメラを用いて下記のような検討をしたいと思っています。

- 1) 夜間の道路標識の見落とし
- 2) 道路標識の文字の大小、形状、色彩の確認
- 3) 速度や距離の判断ミスによる曲線部の解明
- 4) 道路照明設置交差点での視覚挙動

### おわりに

道路上において見やすい信号機、標識、快適な照明、道路環境に合った構造物等を交通の場で理解しようと交通工学、交通心理学等の研究がなされている。

道路設計者の立場から道路環境と運転者の挙動の関係をアイカメラを用い今後、人間工学的立場から検討し道路設計に寄与できればと考えています。

現在、アイカメラを用いた実験や解析を関係各位のご指導を受けながら研究、検討を継続しております。それらについては今後、発表する機会がありましたら報告したいと考えております。