



眼は口ほどにモノを言う：眼球運動計測の研究事例

阪田，眞己子

(Citation)

表現文化研究, 6(1):103-116

(Issue Date)

2006-11-13

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81002872>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81002872>



眼は口ほどにモノを言う ― 眼球運動計測の研究事例

One's Eyes are Often More Eloquent than One's Mouth: Study Cases on Eye Movement Analysis

阪田真己子 Mamiko Sakata

はじめに

「目は口ほどにものを言う」という慣用句に見られるように、非言語情報の中でも「目(眼)」は重要な役割を担っている。また、人間の場合、外界から受ける情報の80%を視覚が占めているとも言われている。したがって、眼の動きを計測することで、様々な研究領域に貢献できる基礎資料が得られることは言うまでもない。

眼球計測を行うことの面白みの理由として、眼球が次の二つの機能を併せ持っていることが挙げられる。一つは、「外界を視認するための感覚受容器としての求心性機能(感覚機能)」、もう一つは「視認すべき外界の対象を中心窩に捉えるために動作する遠心性機能(運動機能)」である¹。

例えば、人の手は何かをつかもうと思えば、その目標物に向かって手を伸ばし(遠心性機能)、つかんだその目標物がゴツゴツとしていれば、「ゴツゴツとした触感」を感じ取る(求心性機能)。前者のように動作系として働いているとき、そこに居合わせた他者は、その動きを見て「何かをつかもうとしているな」ということが「わかる」(ような気がする)。このように、手は単に感覚情報を得るための器官として働くばかりでなく、物をつかむ、バランスをとる、というような運動機能としても働いており、このとき他者には、手の動きを「媒体(メディア)」として何らかの情報が伝わっている。

眼球も同じで、単に眼に映ったものを知覚するための感覚器官としてだけ働くのではなく、見るべき対象に向けて眼球を動かすという運動機能も備えていることにより、見ようとしている場所、あるいは関心を寄せている物を第三者が「わかる」、つまりここで眼は他者に対して「メディア」としての役割も果たしているのである。これは、人間の場合、耳や鼻が感覚機能は有していても、動作系の機能を(ほとんど)持たないことを考えれば、眼の特異性を再認識できよう。つまり、眼球運動を計測することの面白さは、まさに「眼球が運動する」ことにあるといえる。

さて、近年、技術の進歩によって、比較的容易に眼球運動を計測できる装置が開発され、特にここ数十年の間に飛躍的に研究機材として普及してきている。そして、実に様々な分野の研究者らによって利用され始め、そのことによってまた、アイカメラへの注目度が上がる、という相乗作用を生んでいる。とはいっても、現段階においては、その存在が注目されていながらも、とりわけ視覚認知を専門としているわけではない研究者にとっては、「興味はあるものの、どの程度利用価値があるのか」を判断するに足る資料、情報が不足している状況でもある。

そこで本稿では、視線計測に関心のある(特に視覚認知を専門としない)各分野の研究者の方々の一助となりうべき資料を提供することを目的として、眼球運動測定の意味や様々な分野での研究事例を紹介する。

1. 眼球運動計測のはじまり²

眼球運動計測の歴史は意外と古くに遡る。1826年、Müllerによる眼球の反対回旋運動の測定が、近代科学的な観察・測定の始まりとされている。当時の測定方法は、眼球の虹彩(黒目)の模様や強膜(白目)上の毛細血管の動きを肉眼で観察する「直接観察法」と、網膜上に生成した残像をスクリーンに投影し、その動きを定量

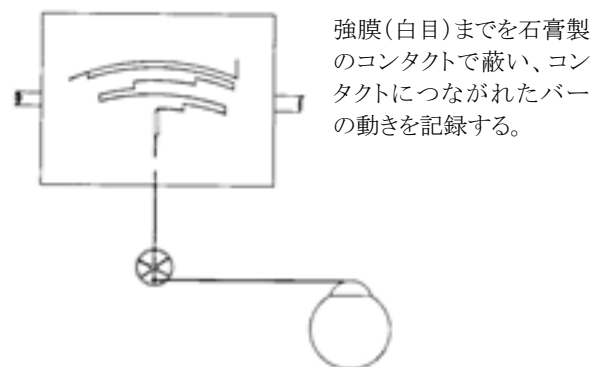


図1 Huey(1897)の記録装置

的に報告する「残像法」が主流であった。実験心理学の祖として知られるWundtも残像法を用いた眼球運動の計測を実施している。

眼球運動を計測するための専用器具が使用されるのは19世紀後半になってからである。Huey (1897)は、バーが接着された石膏製のコンタクトを被験者の眼球に直接装着して、その動きを計測した。【図1】は、当時の眼球計測が被験者に多大な負担を与えていたことを物語っている。

20世紀に入ると、MüllerやHueyのような原始的な計測法に取って代わり、被験者への負担が軽減される光学的な方法が試みられるようになる。しかし、より精緻なデータを定量的に得られるようになるのは、20世紀半ば、第二次世界大戦の終戦を待たなければならない。国内では、1960年代にアメリカ製の装置を輸入して実験がなされたのを皮切りに、国産型の計測装置が次々に開発されるようになった。尚、国内大手メーカーのナックイメージテクノロジーからは、1965年に第1号機が開発されている【図2】。

2. 様々な視線追尾装置とその原理

ここでは、現在主に用いられている4つの計測方法についてその概要と原理について紹介する³。

2.1. EOG法

眼球の表面の角膜側と網膜側の電位差を利用した検出方法で、取り扱いが比較的容易であるため、広く用いられている。EOG法は睡眠中など閉眼時の眼球運動を計測でき、眼球に光を当てたり仰々しい装置を装着する必要がないという利点がある一方、瞬目(まばたき)の影響を受けやすいという欠点がある。

2.2. サーチコイル法

細いコイルを取り付けたコンタクトレンズを装着して磁界の中に入り、誘起した電流を計測する方法で、測定精度やサンプリングレートが高いとされている。しかし、被験者への負担が高いため現在ではあまり開発が進んでいない。動物実験においては比較的多く用いられている。

2.3. 強膜反射法

角膜(黒目)と強膜(白目)の光の反射率の違いを利用した方法で、左右の動きに対する検出精度が優れているとされている。被験者に装着する部品が少ないた

めに、メガネフレームに取り付けることができ、小型、軽量であるという利点もある。

2.4. 角膜反射法

角膜の鏡面性と眼球の幾何学的構造を利用した方法で、市販されている計測機の中では最も多く用いられている。被験者の眼球に近赤外線を照射し、その際に角膜表面に出来る輝点(プルキニエ像と呼ぶ)をCCDカメラで撮影し、プルキニエ像と瞳孔との位置関係によって眼球の回転角度を算出する(【図3】【図4】参照)。尚、この角膜反射法を用いた計測装置を一般的にアイカメラと呼ぶことが多い⁴。

角膜反射法には、被験者の頭(【図5】参照)にヘッドユニット(近赤外線を照射するための光源とCCDカメラ)を装着する「接触型」と、被験者には何も装着しない「非接触型」がある。接触型は被験者が自由に移動できるという利点があるため、動作者の眼球測定には適しているが、装着したヘッドユニットがずれやすいという

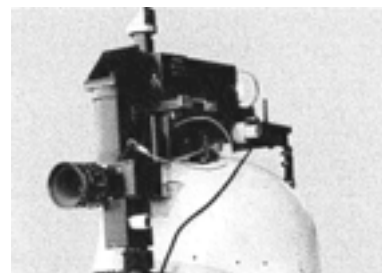


図2 ナックの1号機(EMR-I)

ナックの1号機は頭上に16ミリのカメラを乗せるという仰々しいものであったが、実用機として、海外からも高い注目を浴びた。

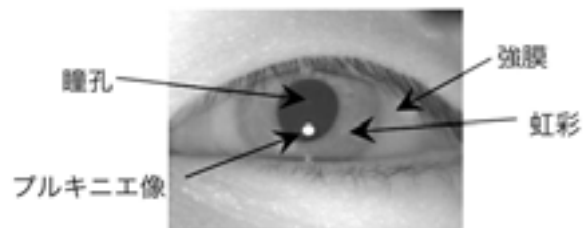


図3 LED照射によってできるプルキニエ像



右向き 前向き 左向き
図4 瞳孔とプルキニエ像の位置関係(二値化)

短所もある。一方、「非接触型」は、被験者の負担が少なく、また、卓上ディスプレイに呈示された視覚刺激の「どこを見ているか」について絶対座標が得られるという利点がある。従って、動作者の眼球運動を測定することが目的であるなら「接触型」を、モニタに視覚刺激を呈示した際の視線を定量的に得ることが目的であるなら「非接触型」を用いることが望ましいといえる。

角膜反射法では、眼を撮影するCCDカメラ以外に、被験者の視野(向いている方向)が動画として得られるため⁵、「何をどのように見ているか」を把握しやすい(【図6】参照)。

3. 眼球運動の機能と分析指標

さて、眼球運動を計測する、と一口に言っても、「眼球のこういった機能を測るか」がまず問題となる。福田(1998)は、視環境を客観的に評価するためには、眼の4つの運動機能を考えなくてはならないとしている⁶。



図5 角膜反射法を用いた計測装置(接触型)
(写真はナック社製:アイマークレコーダEMR8b)

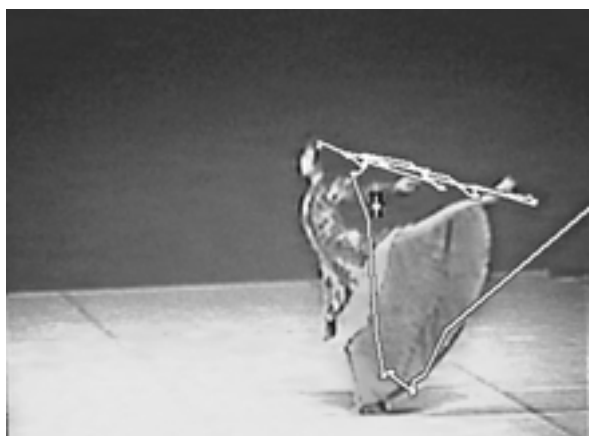


図6 舞踊を鑑賞するときの視線軌跡

尚、一般的な眼球運動の測定では、眼球の動きそのもの(視線)、瞳孔の大きさ、瞬目の回数や間隔などが計測の対象となる。

また、「どこを、どのように見るか?」という問題は、得られた計測データから以下の【表2】に示すような様々な指標に基づいて分析を行う必要がある(福田1998)。

表1 眼の4つの機能

視線	網膜の周辺部で捉えた曖昧な情報を網膜の中心部へ移動させる機能。これによって文字を認識したり、記号の意味を把握することが可能になる。
水晶体	網膜上に投影される外界の像が正しく焦点を結ぶように働く機能。遠近の情報を選択していると考えられる。
虹彩	外界から眼球内に入る光の量を調節し、網膜に過剰な光が入らないようにすることと、目の周辺部から光が入らないようにして網膜上に投影される像の光学的質を確保。精神的な活動を反映することも知られている。
瞬目	異物の進入に対する防御、眼球表面の湿潤のほか、視覚遮断によって網膜上の明るさを変化させ、これによって視覚入力を促進する働き。緊張感、注意力などの心理状態を反映する。

表2 眼球計測に関わる指標

1.注視点 ⁷	視線は視対象の特徴点や情報密度が高い部分に停留する傾向がある。
2.注視点分布	視対象の視覚的特徴や情報の分布を反映するとともに、観察者の注意の広がりや、臨場感など、感性の状態をも反映する。
3.注視時間	注視点近傍の視対象の情報量や視環境に対する観察者の関心の度合いを反映する。
4.視線の跳躍距離	情報が密に分布する場合は注視点間の距離は短くなるので、一目で受容できる情報量や、視対象の肌理の状態の記述に有効な指標となる。また、読みの過程では読み易さを反映する。
5.視線の移動速度	運動視対象に対する視線の追従能力、動体視力、情報受容の難易などに対応する。
6.視線の移動方向	視環境の情報分布、観察者の注意対象の分布に対応する。
7.時間経過	2～6の変化は観察者、作業者の視覚的・精神的疲労の状態を反映する。

4. 眼球運動計測の研究事例

眼球運動を計測することにより、人の視環境を客観的に抽出することができ、そのことにより「人が何をどのように見ているのか」といった視覚情報処理の仕組みや「何に関心を持っているのか」などの心理状態をダイレクトに把握することができる。

【図7】は、「我々が人の顔を見るときにどこを注目しているか」を調べたもので、視線計測機器が用いられるようになった初期の研究である⁸(Yarbus 1965)。

図が示すように、少女の写真を呈示したときの被験者の視線(1分間)は、眼と口元、また顔の輪郭に集中している。このことから、人は視覚刺激から万遍なく情報を得ているのではなく、特に重要な情報が含まれている箇所を“集中的に”注視し、そこから主なる情報を得ていると考えられるようになった。

このように眼球運動を観察することで、人がどのように外界の情報を取り入れ、処理しているかを調べることができる。このことから、非侵蝕に脳機能のメカニズムを知りうるための資料としても極めて優れているともいえる。また、前述のように、視線は「何に関心を持っているか」や「どのような心理状態にあるか」をダイレクトに示すパラメータとしても有効であるため、心理研究においても大いに注目されている。さらに、近年の技術進歩により、データの信頼性が向上するとともに、取り扱いが簡単で比較的安価な測定機器が普及し、実に様々な研究分野において応用研究が行われるようになってきていることは前述の通りである。

ここでは、実際に眼球運動測定研究の具体的な事例を紹介し、どのような分野において研究が実施されているか、また研究成果がどのように応用されているかを述べる。

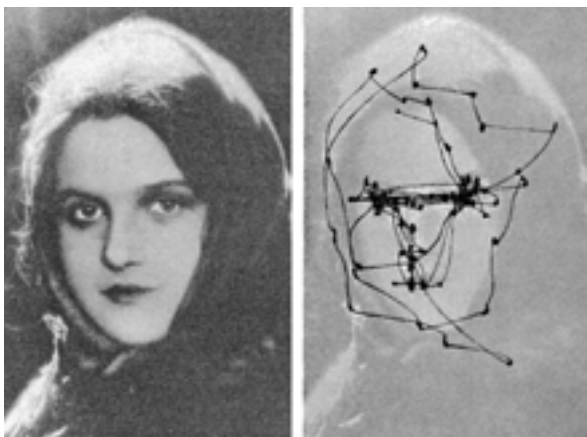


図7 少女の顔と注視点軌跡 (Yarbus 1965)

4.1. 歩行時の視覚情報処理

動作中の被験者が何を見ているか、という問題については多くの研究者が関心を持っているが、なかでも基本動作である「歩行」については多くの研究が実施されている。

歩行時における中心視と周辺視の役割

人間の眼は、「見ようとする対象」に対して眼を向ける。これは、眼球の網膜中心部(中心窩)の視力が優れているからであり、逆に言うと中心窩から外れた部位では視力は格段に低下する。しかし、だからといって中心窩でしか視対象を把握できないのではなく、中心窩以外の網膜部位でも視対象を捉えることができる。つまり、眼球運動とは、網膜周辺部で捉えた情報をより詳細に把握するために、網膜中心部へ視対象を移動させるために起こる⁹。このように、網膜中心部で視対象を捉えることを「中心視」、それ以外の網膜周辺部で視対象を捉えることを「周辺視」と呼んでおり、両者の役割について様々な研究がなされている。

黒岩ら(2001)は、歩行中の人間と環境とのかかわりを解明するために、中心視だけでなく周辺視がどのように環境を捉え、歩行行動に影響を及ぼすかを考慮する必要があるとして、通常視野での歩行時の眼球運動と、視野制限下(被験者の顔面を覆うマスクに3mm角の開口を両眼の直前に空けたものを装着)での眼球運動を比較し、周辺視が人間の歩行行動に与える影響を検討している。実験の結果、視野制限下では、進行方向の床と壁の境界を注視しながら歩行する傾向がある、角を曲がる時には大廻りをする、足や手がアンダーリーチングになる、階段下り歩行開始時に極端に歩行速度が落ちる、階段上り歩行時に足を擦らせて歩くなどの特徴的な行動が見られた。この結果から、歩行時の周辺視が身体と歩行環境との間の正確な距離や位置関係の把握を助ける役割を果たすと結論付けている¹⁰。

また、吉岡ら(2003)は、迷路内探索歩行時における周辺視の役割を解明するために、制限視野法を用いた歩行実験を実験用迷路内で行った。その結果、初めての経路を探索しながら歩行する際には、身体近傍の空間や複雑な経路空間を効率よく把握するために周辺視を有効に活用するが、一旦経路を学習すれば、経路空間の特徴的な部分を周辺視を活用しなくても見つけ出せるようになり、その結果正確に目的地まで到着できるようになるということを明らかにした。さらに、通常の視野状態では、「壁と床の境界」や「身体側方の壁面」など経路歩行に必要な環境情報を周辺視で捉える

ことで、余裕のある注視行動を行うことが出来るとともに、「壁と床の境界」に関しては、経路学習前には中心視で、学習後には周辺視でそれを捉える傾向にあることを報告している。また、中心視が機能していれば、「行き止まりの奥へ侵入」することなく歩行でき、かつ歩行中に「進行方向側方に広がる分岐路に気付く」ことができる、周辺視が機能していれば、「経路を大幅に逆行」することなく目的地に到達することが出来る、中心視と周辺視が同時に機能していれば「立ち止まる」ことなく、また「壁面に触れる」ことなく歩行することが出来る、ということが明らかにし、中心視と周辺視の関係性を明らかにしている^{11,12}。

寺尾(2006)は、動作における視線の動きは、一般の視覚認知とは異なるということ、また視覚的に空間情報を捉える場合は、中心視を用いて視線を動かす場合と、周辺視で視線をあまり動かさない場合で得られる情報は異なること、特に周辺視では視覚一空間情報を捉えた場合には、得られた空間情報は実際の空間よりも縮んで認知されるということを明らかにした¹³。

日常生活空間の歩行時の眼球運動

吉岡ら(2002)は、廊下や階段などの日常の生活空間を歩行するとき、歩行者は歩行場面ごとに異なる範囲の視野を選択的に活用していることを制限視野法を用いた実験で検証した。その結果、歩行時における選択的な活用範囲は、階段や曲がり角などの歩行局面ごとに固有な方向への「広がり」を持っていることが示唆された。また階段下り始めの段であれば、段よりも身体近傍の環境情報と、曲がり角を構成する壁の縁であれば縁よりも奥の環境情報、というように複数の環境情報を一括して捉えることで安定した歩行が可能になっていると推察した¹⁴。

横断歩道歩行時の眼球運動

後藤ら(2001)は、横断歩道を中心に道路を横断しているとき、歩行者はどこを見ながら歩行しているかを調べた。被験者は道路を歩くとき、何らかの影響で特定の方向に視線を向けていることがわかり、そのため逆方向から車が来たときに対応が遅れるのではないかと考察している¹⁵。

歩行時の眼球運動への加齢の影響

伊藤ら(2004)は、歩行時の視線の時系列的変化から、歩行者がどのように周囲の環境、特に下方情報に注目しているのか、またその加齢効果はどのようなものであるかを調べた。実験の結果、高齢者は床や足元に視線を長く向け、特に床上での変化点に長い時間注

目する、また下方を見る時間が長くなるにつれ、視線の上下動が少なくなり、若齢者と対照的な傾向となるなどが明らかにされた。高齢者と若齢者とでは、たとえ歩行速度や歩調に差がなくても、高齢者のほうが下方情報に依存しているとともに、その視線配置は自身の足の運びまでを含む下方の情報の取得であることが認められた¹⁶。

能動的移動と受動的移動の比較

鈴木ら(2002)は、能動的移動と受動的移動時の注視行動の違いを明らかにするために、アイカメラを装着した被験者が迷路内を探索歩行する実験と、実験者が押す車椅子に乗って同じ迷路を移動する実験を行った。その結果、受動的歩行では試行を重ねるにつれ迷路を学習するために注視が流動的になるが、受動的歩行では流動的になる被験者と、経路をあまり学習せず注視が散発的になる被験者の両方が見られた。さらに能動的歩行では、頭部や身体よりも先に注視が進行方向へ向けられるが、受動的歩行では必ずしもそうはならなかった¹⁷。

4.2. 文章・楽譜の読解

視線計測の研究においてよく行われる研究に文理解、文字認識の研究がある。福田は、韓国人とハンガルの学習経験のない日本人を対象に、ハンガ文字を見たときの視線の動きを計測した¹⁸。実験の結果、韓国人は子音への注目度が高かったのに対し、文字のわからない日本人は複雑な構造を持つ部分を注視する傾向が明らかになった。また、漢字圏と非漢字圏の被験者を対象に、漢字の見方の違いを調べた結果、漢字の視覚的処理にはボトムアップ型の処理とトップダウン型の処理の両方が存在しうることを示唆している。

また、文章の読解と楽譜や記号を読むときの違いについても研究がなされている。福田ら(1995)は、楽譜をどのような単位で情報処理しているかについて、文字列の場合と比較した。1回の注視で受容される音符や文字などの記号の数は、ランダムな配置よりもコンテキストを構成することによって情報受容量が増加することが示唆された。また、その増加の仕方は、楽譜の場合、個々の音符が集まって小さなまとまりを形成する段階で情報受容量が大幅に増加するのに対し、文字列の場合は、単語という小さなまとまりが集まって文章という大きなまとまりを形成する段階で大幅な増加が認められた¹⁹。

4.3. 開発支援・製品評価

眼の動きを計測することによって、情報の見易さや製品の使い易さの指標を得ることができる。また、「人の注意がどういうところに向きやすいか」を知るための手がかりにもなりうる。人の眼をひきつける要因(誘目性)が明らかにされれば、誘目性の高いレイアウトや色彩配置を考慮した広告や製品を作成することができるであろう。

効果的なATMディスプレイ表示

鴻巣ら(1994)は、銀行の現金預金払出機(ATM)のディスプレイ表示の有用性に関し、利用者の視線の動きを分析することにより検証している。実験はATMの画面表示を紙面に再現してアイカメラを用いて実施し、「画面上の多すぎる選択肢」「分かりにくい選択肢」「通帳とカードの不明瞭な区分」および「縦書きと横書きの混在」が使いにくさの要因であることを明らかにしている。さらに、情報量の多い表示ほど探索時間がかかる一方で、情報量が多くても特殊記号によって利用頻度の高い選択肢を強調した刺激パターンでは、探索時間が短いことを明らかにしている²⁰。

TVゲームと眼球運動

太田ら(2005)は、近年TVゲームで主流となってきている3Dゲームが引き起こす3D酔いを軽減する手法を開発するための基礎的検討として、3D映像観察中の眼球運動の計測を行った。実験の結果、酔いにくい被験者の方が、酔いやすい被験者よりも眼球運動の振幅が小さいことがわかり、適切な注視物体を設定し眼球運動を抑制することで、3D酔いを軽減できる可能性が示唆された²¹。

誘目性と眼球運動

橋本(2006)は、コンピュータ画面上に複数情報を表示する場合にどのような刺激や配置が効果的かを視線計測によって調査した。画面上の配置が視線移動に対する影響が大きく、色による誘目性の影響は少ないことが分かった。また、広告表示への視線移動では、動きのある広告を用いた場合には視線移動を引き起こすことが多いが、視線移動の方向の傾向は個人によって異なることが示唆された²²。

小林ら(1999)は、スポーツウェアの色彩の誘目性に関して、CRT上のモデル画像を視覚刺激とした場合の、眼球運動の解析を行った。実験の結果、試験色の輝度が高いほど注視性、誘目性が高くなること、また背景色が誘目性に影響を及ぼし、補色は誘目性を高め、近似色相の背景色は誘目性を減少させるこ

とが明らかとなった²³。

上田(1988)は、広告の注目要因を色相、製品名、飾り、文字の種類、表示位置、大きさの属性にわけ、コンジョイント分析によって広告の注目度を測定し、効果的な広告の注目要因を提言している²⁴。

インタフェースとしての視線

眼の動きそのものを信号入力ツールとして利用するヒューマンインタフェースの研究も行われている。例えば、大和ら(1999、2003)は、視線によるテキストウィンドウの自動スクロール方式を開発したり、GUI上でのドラッグ&ドロップ操作の操作効率の向上を目的として、ユーザの視線の動きとマウスとを併用した操作方式を提案している^{25,26,27}。

4.4. 環境評価と設計支援

我々が生活する空間は、物理的に「過ごしやすい」環境であることが求められると同時に、心理的にも「好ましい」と感じられる環境が望ましいことは言うまでもない。視覚的に好印象を持たれる景観や設計が分かれば、都市計画や建築設計に応用することができるであろう。

景観と眼球運動

金ら(1994)は、緑地の視覚心理的效果を明らかにするため、植物の視覚的要素の一つである色彩に着目し、それと眼球運動、脳波との関係について調べた。実験の結果、眼球運動と脳波の間にある種の関連性が認められるとともに、男女差については緑色を除いて他の色では類似した傾向が得られた²⁸。

西名ら(2002)は、社会的・文化的背景ならびに物理的環境条件の異なる被験者は、地域景観の注視特性が異なるであろうとの仮説に立ち、日本と中国の被験者の景観に対する注視行動を比較、分析した。その結果、日常的によく目に触れる事物は見慣れているために見過ごし、視覚体験の少ない事物に対しては、それが何であるかを探索し、情報を収集するために視線を向ける傾向があるとともに、注視特性の時系列的な変化においても、景観呈示直後は近景と中景がよく注視され、時間経過に伴い、次第に遠景へ視線が向けられることを明らかにした²⁹。

庭園と眼球運動

酒井ら(2004)は、日本庭園の計画設計に有用であるとして、苑路歩行者の注視行動を計測した。その結果、「景観内の異質な要素が注視される」「経路選択の動機の対象となる景観構成要素は注視頻度が高い」、

さらに「日本庭園では『橋』および『水』が特徴的に注視される」ということを明らかにした³⁰。

中村ら(2002)は、茶室露地における飛石に従った歩き方³¹をする(飛石歩行)際の注視行動について調べている。実験の結果、飛石歩行を行うことによって、植栽への注視が減少する一方で、庭師が意図した添景物などへの注視が増加すること、露地を役石ごとに分節化された注視行動によって捉えるようになることなど、歩行者の注視行動が確実に変化することが明らかになった³²。

地下鉄駅舎の設計支援

鈴木ら(2001、2002)は、地下鉄駅舎の出入り口階段は、複数の階段が踊り場を挟んで折れ曲がりながら連続しているため、壁や天井によって前方風景が多様に変化するので、注視と歩行の関係を調べるのに適しているとし、地下鉄駅舎での入り口の階段を昇降する実験を実施している。実験の結果から、階段昇降時の視線のパターンが明らかになり、階段付近に壁を遮蔽する見通しの悪い曲がり角を設けると、歩行者との衝突や転倒を防ぐための注視が十分に出来ないことがわかった^{33,34,35}。

4.5. 絵画・舞踊鑑賞と視覚情報処理

人の趣味活動の一つに「見る」行為そのもの、つまり「芸術鑑賞」がある。単に物理的な視覚情報を受容するのではなく、芸術作品が表現しようとするものを見て(聴いて)、そこから作品の意図や情緒を感じ取るという行為である。人がどのように作品を鑑賞しているかを調べることは、作品そのものの分析の一助となりうるし、また鑑賞者の認知構造を知る上で手がかりとなりえよう。

美術鑑賞と眼球運動

山田ら(1988)は、「芸術家はいかに鑑賞者の視線を主題に集中させ感動に導くか工夫を重ねている」との前提に立ち、視線の動きから写楽の浮世絵³⁶における画風の変化の分析を試みた。被験者には前期の絵と後期の絵を呈示し、その視線を計測した。前期の絵では作者の意図したと思われる点に視線が集中し、後期のものでは視線の動きは散漫になった。この結果は、前期と後期の描き方の違い、または筆力の衰えを指摘でき、写楽が実際に誰であるのかを推察する有効な資料であると提言している³⁷。

杉浦ら(2002)は、アイカメラを装着して、「一点透視図法に従った風景画」、「日本独特の多視点に表現さ

れた風景画」、および「一点透視図と多視点的な表現を融合した風景画」をそれぞれ鑑賞する実験を行った。実験の結果、注視行動の個人差、注視点の移動距離、サッカードのなす角度という観点から、3つの風景画における注視行動の特徴の関係を整理した³⁸。

吉田(1981)は、後で再現描画をすることを教示した上で、石膏像を視覚刺激として呈示したとき、美大生や専門家は、全体を探索しているのに対し、非専門家の視線は対象の目、口、鼻の部分に集中していることを明らかにした³⁹。

舞踊鑑賞と眼球運動

松下(1984)の研究は、舞踊運動を観察する際の眼球運動の計測をした事例としては先駆的といえる⁴⁰。本実験では、歌舞伎舞踊をテレビで上映したものを視聴する際の眼球運動を計測しており、1回目より2回目のほうが注視傾向は高まるとともに、動きに対しては眼球は必ずしも演舞者の身体部位にあるのではなく、動きに敏感な周辺視と対象に焦点を合わせようとする中心視の両条件を充足できる範囲を追従していくことが明らかにされた。また、表現内容の複雑、豊富な場面では、眼球運動のパターンに個人差が見られ、歩く、立ち止まる、坐るなどの運動動作の言葉で表現できる場面では、その注視パターンは類似性を示した。その他、舞踊、新体操を鑑賞する際の眼球運動の相違や、ロールシャッハ図版を視覚刺激として舞踊鑑賞時の内面を探る実験を多数試みている^{41,42,43,44,45}。松下は、「言語による表現で同じことがくり返されると、また同じことを言っているという意識や感情が強く起こるものであるが、舞踊や音楽は本来かなりのくり返しで構成されているにもかかわらず、そのくり返しが、また同じことをという意識にならずむしろ情緒的にホッとしたり、安心した気分になれる。(以下省略)」として、舞踊独自の認知行動の特性について知見を述べている⁴⁶。

林、荒木ら(1989)および河下、林ら(1990)は、舞踊の熟練者と未熟練者とは捉え方が異なるということアイカメラを用いた実験で検証した^{47,48}。熟練者は停留点軌跡がシンプルで、かつ平均停留時間が長く、また二つの刺激の中間点に停留点が見られるのに対し、未熟練者はその逆であることが明らかになった。舞踊を鑑賞する場合だけでなく、習得再生の課題が与えられた場合においても、熟練者と未熟練者の差異は同様のものであった。また、熟練者は停留点のパフォーマーの体幹部に集中する傾向がある一方で、未熟練者は手や頭など身体の末端部に集中する傾向がある

ことも明らかになった。さらに、熟練者は鑑賞時よりも習得時のほうが停留点数が増加傾向にあるのに対し、未熟練者はその逆であった。

河下、林ら(1991)は、ダンス運動の習得学習において、運動の難易度による視点の変化を調べ、さらに学習完成度の高い者と低い者の比較を行った。その結果、停留点の数は運動の難易度が高くなれば多くなる傾向にあり、また累積停留時間も難易度が高ければ長くなる一方で、停留点軌跡は刺激となる運動の難易度や学習完成度とはあまり関係がなく、個人差が大きかった。また、注視点の位置は、難易度や学習完成度別では明らかな変化や傾向は認められなかった⁴⁹。

4.6. スポーツ熟練者の視覚情報処理

スポーツ熟練者の眼が、その卓越した身体技法を支えているであろうことは想像に難くない。スポーツ選手の視線の研究は近年多く行われるようになってきているが、運動を伴うためにアイカメラを完全に固定することが困難であったり、(有線の場合)移動範囲が限られたり、また日光の影響を受けてしまったりと、多くの問題も抱えている。

野球と眼球運動

加藤ら(2002)は、野球の打者が投手の投球動作から視覚情報を得る準備時間相に着目し、熟練打者と非熟練打者の眼球運動の比較を行った。その結果、熟練者の視線配置分布は非熟練者のものと比べて範囲が狭く、特に熟練者は投球動作を予測して投球腕が振られるであろう位置にあらかじめ視線を固定させ、投球腕の肘付近を中心に視支点を置き、網膜の周辺部分で投手像全体を捉えて、投球動作から動的な情報を効率よく収集する体系的な視覚探索ストラテジーを用いていると結論付けている⁵⁰。

バドミントンと眼球運動

高松ら(2005)は、バドミントンにおけるオーバーヘッドストロークに対するレシーブ場面を対象として、上級者と初級者の視線の移動軌跡および注視点进行分析した。実験結果から、両者の視線パターンが明らかになり、上級者はレシーブ時において、インパクト前は衝動性眼球運動を用いて間のストローク動作の形態的特徴とシャトルの飛行を観察し、ストロークのねらいを出来るだけ早い時点で先取りしていること、インパクト後はシャトルのスピードに対応するため、周辺視を用いている可能性があることが示唆された⁵¹。

4.7. 障がい者、高齢者、精神病患者の視覚情報処理

従来の視線計測は、装置を頭部に装着する接触型(【図5】参照)が多く、また精緻なデータを取得するために頭部を固定する必要があったため、被験者に恐怖感や拘束感を与えるという難点があった。近年は非接触型の開発により、これまで計測が困難であった被験者を対象とすることが可能となった^{52,53}。

それにより、バリアフリー、ユニバーサルデザインの開発支援として、障がい者や高齢者の視線計測が実施されるようになった。また、障がい者(児)や認知症老人、精神病患者の認知構造を把握するための基礎研究としても視線計測が多くなされている。

聴覚障がい児の眼球運動

吉田ら(1984)は、聾学校の生徒と普通学校の健聴児を対象に、眼球運動パターンについて発達の視座から比較を行った。実験の結果、聴覚障がい児の眼球運動は、停留数が少なく、停留時間が長い、また1停留点当たりの停留時間が長い、左右図形へのシフト数が少ない、different課題でdifferentである要素の数が多くなっても眼球運動の動きに大きな変化は認められない、年齢による変化を示さない、などの特徴が示された⁵⁴。

認知症老人、知的障がい者(児)の眼球運動

前川(1980)は、EOG法により、知的障がい児と、正常児、成人の眼球運動の計測を行った。その結果、知的障がい児は、情報性の低い部分にも高い部分にも同じように凝視する傾向があり、結果として情報入取量が低くなる、また、凝視時間においては平均凝視時間が短く、正常児、成人の場合は、時間経過に伴って凝視時間が変化するが、知的障がい児の場合は変化しないことが明らかになった⁵⁵。

足立ら(1992)は、アイカメラを装着した認知症老人と知的障がい者、健常者に目標地を探索歩行してもらい、経路途中の視線誘導情報の注視傾向を検討した。その結果、健常者が高所の誘導情報を注視しているのに対し、とくに目標地に到達できない認知症老人と知的障がい者は中所、低所を注視する傾向があった⁵⁶。

精神病患者の眼球運動

松島(2005)は、眼球運動を調べることによって、心の動き、つまり脳機能を客観的に捉えようとする探索的眼球運動(Exploratory Eye Movement: EEM)について研究を行っている。健常者が絵画を見るときの目の動きには、周期性があること、またどの周期でも視線は絵画の最も重要な部分を見ていることや、ほぼ規則的な経路をたどるということ、他方、慢性統合失調症

患者は、健常者に比して注視点の運動数が少なく、また一つ一つの移動距離も短くて全体的に注視点の動く範囲が狭い、ということが知られている。このような所見が統合失調症に特異なものであるかどうかを検討するために、鬱病、不安障害、覚醒剤精神病、アルコール精神病、側頭葉てんかん、前頭葉損傷などの他の精神疾患との判別を試みた。その結果、このような探索眼球運動が統合失調症に疾患特異性を有することが結論付けられ、臨床場面において、統合失調症の中核群の診断をする際の補助として応用することが期待できると提言している。

さらに、統合失調症患者とその健常親、患者と年齢を統制した若年健常者、親と年齢を統制した壮年健常者の4群で探索眼球運動を比較したところ、統合失調症の家族では、たとえ発症していなくても、反応的探索スコアが健常対照者のそれよりも患者に近いことが分かり、この指標が統合失調症の脆弱性素因を表す可能性を示唆している^{57,58,59}。

脳損傷者の眼球運動

脳機能を解明するための手がかりとして、脳損傷者の眼球運動が調べられるケースもある。例えば宮内ら(1994)は、半側空間無視(脳の損傷の反対側に呈示された刺激に対する反応、注意が出来にくくなる症状)が起こっているときの眼球運動を紹介している。絵画を二枚並列して被験者に呈示する実験で、その際、左側に原画を、右側に原画を左右反転させた物を並列させたとき、15秒間の眼球運動を計測すると、正常者の場合は、絵の中の人物を中心に左右万遍なく見ているのに対し、左半側空間無視患者は左右どちらの絵でも、絵の右側しか見ていないことが分かり、半側空間無視が起こると無視側の視野に眼球が移動することが少なくなると報告している⁶⁰。

4.8. 潜在危険の回避

快適な環境、空間設計の為にユーザの視線が参考になることは、4.4.で述べたとおりであるが、それに加えて、環境に潜在する危険を予め回避する「安全性」も要求されるであろう。本節では、安全な交通環境や海難事故防止の為に視線計測が用いられているケースを紹介する。

自動車の運転と眼球運動

福田(1986)は、交通環境と視線の動き方について調べ、昼間でははるか前方を見るのに対し、夜間はヘッドライトの光が届く範囲のごく近い路面を見ているこ

とを明らかにした。また市街地と郊外でもドライバーの視線は異なっており、郊外でははるか前方に視線を向けあまり動くことはないが、市街地では視線はたえず前方の車をはじめとする交通標識や看板など、視野内にある様々な視対象に向けられることが分かった。またこのような実験結果から、交通標識の設置位置が安全運転上不適切であったり、広告が交通事故の原因になりかねないことなどを示唆するとともに、高齢者と若者、またベテランと初心者では運転時の視線の動き方から“注意が及ぶ範囲”に相当の差があることも示された⁶¹。

木下ら(1999)は、高速道路の渋滞の原因の一つとして(単路区間から開放的な橋上に出るなどの)道路視環境の変化に伴う運転者の注視点変化が考えられるとし、注視点変化調査を実施した。実験は、安全性、安定性を考慮して室内で行われ、実走行車の臨場感を出すために、事前に実走行車からビデオ撮影された風景映像から作成された実験映像が用いられた。実験の結果、単路部でのわき見の回数に比べて、橋梁部でのわき見の回数が増加し、さらに橋梁部分の始点にわき見のピークを持ち、橋の中央部で減少したあと、再度後半部でピークを持つという結果となった。また、室内実験と実走行時の両方のデータを比較することにより、室内実験の妥当性についても検証している⁶²。

船の操縦

古壮ら(1997)は、船舶の衝突事件などの海難事故の半数以上が「見張り不十分」と指摘されていることから、高速船と一般速力船の操船者の眼球運動特性と見張りの特性の関連について報告している。操船者の注視点の広がりに関する一般的傾向は水平線と平行な水平方向であるが、高速船操船者の場合は、進行方向を中心とする上下方向に広がっていること、また昼間と夜間とでは注視点の広がりにも異なりがあることが明らかにされた。また、昼間は対象物の状況を把握するという「見える」状態の見張りである一方、夜間は障害のある物標を探索するという「見る」状態の見張りを行っており、眼球運動速度においても、昼間、薄明、夜間では眼球の平均運動速度に異なりがあることが認められた⁶³。

4.9. 考古学における鑑賞眼

時津(2002)は、被験者が遺物(小壺レプリカ)を観察する際の眼球運動をアイカメラを用いて測定し、熟練した考古学者と素人を比較した。考古学経験者は非経

験者に比べると、早くテンポの良い眼球運動を行う傾向があり、また一回の注視に注ぐ時間が短いことが認められた。また注視するポイントについては、経験者は輪郭、特に端部や傾斜の変換点など、土器の形態の特徴を把握するのに重要な部位を注視していた一方で、非経験者は輪郭をほとんど注視せず、土器の中央部分で散漫な注視をくり返す傾向が見られた。また、同論文の中で発掘現場における遺構検出場面の被験者の注視パターンをアイカメラによって計測している。その結果、考古学的知識の有無、その程度により、注視パターン、遺構認識のあり方に差が認められたと報告している。筆者は、「熟練した考古学経験者は、経験の浅い者や非経験者が注意を払わないものに注意を向け、彼らには見えないものを見ていた。あるいは見出そうと努力していた」と述べ、知識や経験に裏打ちされた、情報処理過程に現れる差異こそ、鑑識技能の要であると述べている⁶⁴。

4.10. 瞳孔径

心理的な影響を受けると瞳孔は拡大することが知られており、「女性の場合、男性の写真や同性の女優や歌手の写真を見て瞳孔が拡大する」「男性の場合、女性のヌード写真を見てもっとも瞳孔が拡大し、同性の写真では逆に縮瞳する」というHess (1965)の有名な実験結果がある⁶⁵。

しかし、瞳孔の研究は非常に計測が困難で、被験者の興味関心だけでなく、実験室の照度や視対象となる画像の動き、配置、色、輝度や、被験者自身の状態にも影響されてしまうため、実験時の環境設定を慎重に統制する必要がある。

西川ら(1998)は、前述のような影響要因をすべて変数として取り込むことは困難であると判断し、測定時間中全体の平均瞳孔直径を利用して時系列ごとの相対瞳孔直径を算出している。この実験全体に対する相対的な動向径の変化量を用いて、科学番組への興味・関心との関連を調べた。その結果、相対瞳孔直径を用いることによって、画像情報に対する興味関心が測定できる可能性が示唆されたと報告している⁶⁶。

安藤ら(2004)は、効果的なe-learningコンテンツの作成のために瞳孔径を興味・集中度の指標として用いている。実験の結果、学習者の集中力の持続時間は学習開始から概ね18分前後であったことや学習者が興味を示す資料の呈示順序などが明らかにされた⁶⁷。

4.11. 瞬目

瞬目(まばたき)が心理状態を反映するの否かについては議論がくり返されている。山田(2002)は、従前の瞬目に関する先行研究をレビューし、瞬目が感性評価の一助として有用であるかを検討している。検討の結果、瞬目は、人間の感情が「不快」であるときに促進され、「快」であるとき抑制されると結論付け、瞬目計測が人間を感性の面から捉えるために強いツールになりえると提言した⁶⁸。

山田の研究を踏まえ、福田(2002)は、興味関心だけでなく、期待も瞬目を減らし、認知処理終了とともに瞬目が発生すること、また瞬目は記憶システムへのアクセスと同期しながら発生していることを実験結果から明らかにし、瞬目が様々な心理現象を評価するためのツールとして有用であることを再確認している⁶⁹。

大森ら(1998)は、面接場面において、面接官と被面接者の距離の違いが、被面接者の瞬目および心拍にどのような影響を与えるのかを調べた。実験にはEOG法を用い、面接者との距離が近いときに被験者の瞬目は増加し、それが面接官との距離が近すぎたために、本来ならば視線をそらすところをそれが出来ずに緊張が高まったためであると考察している。また、距離と瞬目数の関係には性差があることも示唆している⁷⁰。

瞬目はわざわざアイカメラを使用しなくとも、被験者の顔面をビデオ撮影するだけでもその回数やタイミングを数量化することは可能である。被験者への負担を鑑みた上で、実験計画の段階で、どのような方法で瞬目を計測するかを予め吟味する必要がある。

おわりに

本稿では、眼球運動測定研究の具体的な事例を紹介し、どのような分野において研究が実施されているか、また研究成果がどのように応用されているかを述べた。本稿は主に国内の研究事例を取り上げたが、当然ながら海外でも眼球計測は活発に行われており、それらを含めた形で網羅的にレビューできなかったことは残念である。

技術革新のスピードはすさまじく、筆者が知りうる限りにおいても、ここ1、2年の間にも新しい装置や解析ソフトが次々に開発され、バージョンアップもされている。しかし、計測装置が普及し、またその操作も容易に行えるようになった一方で、得られた膨大なデータをいかにして分析し、解釈するかについては、未だ研究者を悩ませている。

脳科学や視覚情報処理が専門ではない多くの研究者たちにとっても眼球運動の計測が意義深い知見をもたらすであろうことは本論に示したとおりである。今後、計測装置の技術革新に伴い、有効な分析方法も発展、体系化されることを願うばかりである。

本報告を執筆するにあたり、(株)ナックイメージテクノロジー大阪営業所の桑原哲爾所長に貴重な資料と情報を提供していただいた。ここに記して深謝する。

図版出典

- 図 1 荻阪良二、中溝幸夫、古賀一男編『眼球運動の実験心理学』名古屋大学出版会、1993年、36頁より転載。
- 図 2 資料提供 (株)ナックイメージテクノロジー。「ナック・アイマークレコーダ——33年のあゆみ——」同社主催第2回視覚セミナー資料より転載。
- 図 3 (株)ナックHP <http://www.eyemark.jp/index.html> より画像転載。画像中の解説は執筆者によるもの。
- 図 4 (株)ナックHP <http://www.eyemark.jp/index.html> より画像転載。
- 図 5 執筆者撮影。
- 図 6 執筆者撮影。実際の実験で計測された被験者の視線軌跡。(舞踊家:石川雅実)
- 図 7 Alfred L. Yarbus, *Eye movements and Vision*, Plenum Press, 1967, p.179 より転載。

注

- 1 古賀一男『眼球運動実験ミニ・ハンドブック』(財)労働科学研究所出版部、1998年、27頁。
- 2 荻阪良二、中溝幸夫、古賀一男編『眼球運動の実験心理学』名古屋大学出版会、1993年、3-57頁より抜粋。
- 3 以下より抜粋。
・前掲書『眼球運動の実験心理学』33-57頁。
・前掲書『眼球運動実験ミニ・ハンドブック』25-120頁。
- 4 その他、アイトラッカーやアイマークレコーダという呼び名も知られているが、いずれも元々はメーカーの商品名であったものが一般化したものである。
- 5 接触型の場合は、被験者の頭部に装着するヘッドユニットに、眼を撮影するためのCCDカメラと被験者の視野を撮影するためのカメラが装備されている。
- 6 福田忠彦「特定問題における情報収集:視環境」『情報の科学と技術』第48巻第4号、1998年、229-232頁。
- 7 「どこを見ていたか」を調べるためには、被験者の注視点を抽出する必要がある。しかし、注視といっても眼の動きは止まっているわけではない。眼球運動が完全に止まった場合は、静止網膜像の状態となり、視対象は消失してしまう。これを防ぐために、眼球は常に固視微動という細かい運動をしている。したがって、注視点の定義は単に眼の動きが止まっているという基準では不十分であり、固視微動の成分を含める必要がある。従来は、5deg/sを注視状態の閾値としていたが(山田1986)、視対象が静止している場合には適応できるが、運動している場合、特に高速で運動している場合には約10deg/sまで閾値を高くする必要があるとしている(福田 1996)。
・山田光穂、福田忠彦「画像における注視点の定義と画像分析への応用」『電子通信学会論文誌』第69巻第9号、1986年、1335-1342頁。
・福田亮子、佐久間美能留、中村悦夫、福田忠彦「注

- 視点の定義に関する実験的検討」『人間工学』第32巻第4号、1996年、197-204頁。
- 8 Alfred L. Yarbus, *Eye movements and Vision*, Plenum Press, 1967, p.179.
 - 9 福田忠彦、渡辺利夫『ヒューマンスケープ』日科技連出版社、1996年、95頁。
 - 10 黒岩将人、岡崎甚幸、吉岡陽介「視野制限下と通常視野での注視行動の比較：廊下および階段の歩行時において」『人間工学』第37巻第1号、2001年、29-40頁。
 - 11 吉岡陽介、一色高志、岡崎甚幸「迷路内探検歩行において周辺視が果たす役割」『人間工学』第39巻第1号、2003年、1-8頁。
 - 12 吉岡陽介、一色高志、岡崎甚幸「探索歩行時にみられる特徴的行動と中心視および周辺視」『人間工学』第39巻第1号、2003年、9-15頁。
 - 13 寺尾安生「動作における眼と手の協調関係について」『臨床脳波』第48巻第3号、2006年、136-140頁。
 - 14 吉岡陽介、岡崎甚幸「廊下および階段歩行時に活用されている視野範囲」『人間工学』第38巻第2号、2002年、101-111頁。
 - 15 後藤恵之輔、木村拓、中島豊明「アイカメラを用いた歩行者の視線分析」『長崎大学工学部研究報告』第31巻第56号、2001年、119-124頁。
 - 16 伊藤納奈、福田忠彦「歩行時の下方視覚情報への依存における加齢効果：眼球運動の時系列的変化」『人間工学』第40巻第5号、2004年、239-247頁。
 - 17 鈴木利友、須貝成芳、岡崎甚幸「迷路空間における移動方法と注視行動の関係に関する研究——能動的探索行動と車椅子による受動的移動の比較を通して——」『電子情報通信学会技術研究報告』第102巻第44号、2002年、13-18頁。
 - 18 前掲書『ヒューマンスケープ』126-152頁。本書には、他にスポーツや消費者行動など、様々な研究事例を紹介している。
 - 19 福田亮子、福田忠彦「楽譜の視覚情報処理単位に関する実験的検討——文字列との比較——」『人間工学』第31巻第3号、1995年、179-189頁。
 - 20 鴻巣努、福田忠彦「利用者の視線の分析によるATMのディスプレイの情報提示方法に関する研究」『人間工学』第30巻第6号、1994年、415-421頁。
 - 21 太田啓路、河合隆史、海老根吉満、山口理恵「TVゲームによる3D酔いの検討——眼球運動に着目した3D酔いの評価——」『画像ラボ』第16巻第7号、2005年、34-37頁。
 - 22 橋本圭輔、牛木一成、中村誠他「動画再生中における刺激提示の色の誘目性と配置に関する考察」『情報処理学会研究報告』2006-HI-117、2006年、75-81頁。
 - 23 小林政司、岡本幾子、堀佳代子他「スポーツウェアにおける色彩の誘目性に関する研究——CRT画像に対する眼球運動の解析（その1、単色について）——」『繊維製品消費科学会』第40巻第3号、1999年、189-196頁。
 - 24 上田隆穂「プリント広告における注目要因検討の試論——アイカメラを利用した注目頻度の測定——」『学習院大学経済論集』第24巻第4号、1988年、1-24頁。
 - 25 大和正武、門田暁人、高田義広、松本健一、鳥居宏次「視線によるテキストウィンドウの自動スクロール」『情報処理学会論文誌』第40巻第2号、1999年、613-622頁。
 - 26 大和正武、神代知範、門田暁人、松本健一「視線・マウス併用型インタフェースのドラッグ&ドロップ操作への適用」『情報処理学会論文誌』第44巻第1号、2003年、166-175頁。
 - 27 実際に重度の障がい者の意思表示のためのツールとして、視線をインタフェースとして用いた装置がすでに市販されている。
 - 28 金恩一、藤井英二郎、安藤敏夫「植物の色彩と眼球運動及び脳波との関わりについて」『造園雑誌』第57巻第5号、1994年、139-144頁。
 - 29 西名大作、村上三郎、金華、大石洋之「中国・日本の被験者による地域景観の注視特性と評価構造に関する分析」『日本建築学会計画系論文集』第557巻、2002年、103-110頁。
 - 30 酒井拓、山本聡、前中久行「日本庭園における苑路歩行時の注視に関する研究」『ランドスケープ研究』第67巻第5号、2004年、365-368頁。
 - 31 露地にある飛石にはその配置に従った歩き方があり、その歩き方に従うことは茶道における作法の一つであるとされている。
 - 32 中村祐記、鈴木利友、岡崎甚幸「茶室露地における飛石歩行の際の注視行動」『日本建築学会計画系論文集』第560号、2002年、151-158頁。
 - 33 鈴木利友、岡崎甚幸、徳永貴士「地下鉄駅舎における探索歩行時の中止に関する研究」『日本建築学会計画系論文集』第543号、2001年、163-170頁。
 - 34 鈴木利友、岡崎甚幸「地下鉄駅舎とその仮想現実空間における探索歩行時の注視と歩行行動の比較」『日本建築学会計画系論文集』第555号、2002年、199-205頁。
 - 35 鈴木利友、岡崎甚幸「地下鉄駅舎出入り口における階段歩行時の注視行動」『日本建築学会計画系論文集』第558号、2002年、151-158頁。
 - 36 写楽の浮世絵は、前期と後期とでは著しく画風が異なっているため、別人による作品ではないかとの議論がされている。
 - 37 山田光徳、福田忠彦「視線情報を用いた画像の客観分析」『NHK技術R&D』第2号、1988年、36-60頁。この他、山田らは、注視点分布から見たステレオ効果の評価も行っており、上下方向の視線の広がりや音響モード間では変わらないが、左右方向については、モノラルとステレオで明らかな差があり、ステレオの方が約10%視線の動き範囲が広がっていることを明らかにした。つまり、音響によっても人の眼球運動が影響を受けることが示唆された。
 - 38 杉浦徳利、守山敦子、岡崎甚幸「ILPを用いた風景

- 画の鑑賞時における注視行動パターンの発見」『電子情報通信学会技術報告』第102巻第44号、2002年、1-5頁。
- 39 吉田直子 「描画活動における視覚的探索活動——専門家と初心者の比較——」『教育心理学研究』第29巻第2号、1981年、157-160頁。
- 40 松下清子 「テレビ画像にみる身体運動の注視点」『弘前大学教育学部紀要』第51号、1984年、49-58頁。
- 41 松下清子 「テレビ画像を通して見る舞踊に関する眼球運動——歌舞伎舞踊『流星』の場合——」『弘前大学教育学部紀要』第53号、1985年、79-88頁。
- 42 松下清子 「眼球の追従運動に関する実験的研究」『弘前大学教育学部紀要』第55号、1986年、63-75頁。
- 43 松下清子 「新体操と舞に関する眼球運動の相違」『弘前大学教育学部紀要』第61号、1989年、29-45頁。
- 44 松下清子 「舞踊鑑賞に関する実験的研究（第1報）——ロールシャッハ インクブロットに関する眼球運動——」『弘前大学教育学部紀要』第65号、1991年、65-84頁。
- 45 松下清子 「舞踊鑑賞に関する実験的研究（第2報）——ロールシャッハ 色彩図版に関する眼球運動——」『弘前大学教育学部紀要』第66号、1991年、69-84頁。
- 46 松下清子 「映像による2つの芸術舞踊鑑賞時における眼球運動の相異」『弘前大学教育学部紀要』第57号、1987年、29-45頁。
- 47 林信恵、荒木雅信、中島美智子 「舞踊運動に関する眼球運動の研究——デュエットの場合——」『大阪体育大学紀要』第20号、1989年、91-101頁。
- 48 河下亜紀子、林信恵、荒木雅信、中島美智子 「舞踊運動における眼球運動の研究」『大阪体育大学紀要』第21号、1990年、23-34頁。
- 49 河下亜紀子、林信恵、荒木雅信、中島美智子 「ダンス運動における習得学習時の眼球運動の研究——刺激の難易度による視覚の変化——」『大阪体育大学紀要』第22号、1991年、85-94頁。
- 50 加藤貴昭、福田忠彦 「野球の打撃準備時間相における打者の視覚探索ストラテジー」『人間工学』第38巻第6号、2002年、333-340頁。他に福田忠彦 「スポーツサイエンスとエルゴノミクスのコラボレーションの試み」『三田評論』第1058号、2003年、26-31頁にも同じ実験の結果が掲載されている。
- 51 高松智子、樫塚正一、網野央子、會田宏 「バドミントンにおけるレシーバーの視線の移動軌跡および注視点」『スポーツ運動学研究』第18号、2005年、75-82頁。
- 52 永井伸幸、中田英雄 「障害児・者の視線分析——非接触眼球運動測定装置を用いた場合の検討——」『心身障害研究』第24号、2000年、49-54頁。永井ら（2000）は、障害児研究における視線の分析に、非接触眼球運動測定装置が有用であるかを検討する実験を行い、年齢が低く、動作の制限を加えにくい被験者でも眼球運動の測定は可能であり、非接触型を用いることで、測定時の拘束感の軽減、準備時間の短縮などによって、接触型では困難であった対象者を被験者とできる可能性を提言している。
- 53 弱視者の眼球計測にはEOG法が用いられ、晴眼者との比較研究が行われている。
・柿沢敏文、中田英雄、谷村裕 「弱視者の衝動性眼球運動の特性」『特殊教育学研究』第25巻第3号、1987年、31-39頁。
・柿沢敏文、中田英雄、谷村裕 「弱視者の滑動性眼球運動の特性」『特殊教育学研究』第26巻第4号、1989年、11-19頁。
・金城悟、中田英雄、佐藤康正 「異同判断課題における弱視者の視覚情報処理特性」『特殊教育学研究』第27巻第3号、1989年、79-87頁。
- 54 吉田直子、中野靖彦 「聴覚障害児の知覚判断における眼球運動」『教育心理学研究』第32巻第1号、1984年、1-9頁。
- 55 前川久男 「精神遅滞児の視覚的探索活動——絵画刺激の解釈との関連から——」『特殊教育学研究』第18巻第2号、1980年、34-43頁。
- 56 足立啓、荒木兵一郎 「屋内歩行時の視覚誘導情報への痴呆性老人と精神薄弱者の注視に関する実験的研究」『日本建築学会計画系論文報告集』第439号、1992年、55-63頁。
- 57 松田哲也、松島英介 「眼球運動からみた脳機能(1)」『臨床脳波』第47巻第7号、2005年、453-463頁。
- 58 松島英介、松田哲也、小島卓也 「眼球運動からみた脳機能(2)」『臨床脳波』第47巻第8号、2005年、525-531頁。
- 59 松島英介、小島卓也 「脳波・筋電図の臨床 統合失調症の認知障害と眼球運動の異常」『臨床脳波』第47巻第9号、2005年、568-572頁。
- 60 宮内哲、福田秀樹 「眼は夢の像を追う」『科学』第64巻第1号、1994年、35-42頁。
- 61 福田忠彦、齊藤進 「眼球運動によるものの見方の評価と定量化」『人間工学』第22巻第4号、1986年、191-197頁。福田（1986）は、その他に読書時の照度と注視点移動距離との関係から適正照度を検討したり、マンガを読むときの視線、人との対話時の視線、ベテラン教師と新人教師の視線、競馬の専門家の視線、また買い物客の視線などを計測している。
- 62 木下正浩、片倉雅彦、安藤巳滋芳 「道路視環境が運転者の注視点に与える影響」『交通工学研究発表会論文報告集』第19号、1999年、1-4頁。
- 63 古莊雅生、友永正昭、福田忠彦、甲斐繁利 「操船者の眼球運動特性と見張り」『日本航海学会論文集』第97巻、1997年、231-239頁。
- 64 時津裕子 「“鑑賞眼”の研究——考古学者の専門認知技能に関する実験的研究——」『日本考古学』第14巻、2002年、105-125頁。
- 65 Hess, E.H. "Attitude and pupil size", *Scientific American*, Vol.212, No.4, 1965, pp.46-54.
- 66 西川純、畑内誠二 「相対瞳孔直径差を用いた科学番組への興味・関心の測定の試み」『科学教育研究』第22巻第1号、1998年、42-46頁。この他に、興味度合い

- と瞳孔面積の関連について調べた研究として、村井真樹、中山実、清水康敬「テレビ番組視聴時の瞳孔の面積と画像内容への興味・印象との関連」『映像情報メディア学会誌』第52巻第11号、1998年、1748-1753頁がある。
- 67 安藤雅洋、植野真臣「アイマークレコーダを用いたeラーニングのコンテンツ」『教育システム情報学会研究報告』第19巻第2号、2004年、11-18頁。
- 68 山田富美雄「瞬目による感性の評価」『驚愕性瞬目反射と自発性瞬目による感情評価』第45巻第1号、2002年、20-32頁。
- 69 福田恭介「瞬目は感性状態を反映するのか——山田論文へのコメント——」『心理学評論』第45巻第1号、2002年、33-37頁。この論文のほか、福田恭介「眼球運動・瞳孔運動の心理学的側面——眼球運動や瞳孔運動で心の動きがわかるのか——」『あたらしい眼科』第13巻第11号、1996年、1669-1674頁にも瞳孔と心理的要因との関連性について詳しく述べられている。
- 70 大森慈子、宮田洋「面接者との距離が被面接者の瞬目と心拍に与える影響」『心理学研究』第69巻第5号、1998年、408-413頁。

■執筆者について

阪田真己子(さかた・まみこ)

平成14年神戸大学大学院総合人間科学研究科博士課程修了。博士(学術)。(株)ATR知能映像通信研究所研修研究員、福島学院大学専任講師を経て、現在、同志社大学文化情報学部専任講師、立命館大学COE推進機構客員研究員。主にダンス、歩行、伝統芸能などの身体動作の感性情報処理研究に従事。

E-mail:msakata@mail.doshisha.ac.jp

■Notes on the Contributor

Mamiko Sakata completed the doctoral program of Graduate School of Cultural Studies and Human Science, Kobe University in 2002 (Ph.D., Kobe University). She was an intern researcher at ATR Media Integration & Communications Research Laboratories, and a full-time lecturer of Fukushima College. Currently, she is a full-time lecturer of Faculty of Culture and Information Science, Doshisha University and a visiting researcher of Center of Promotion of the COE, Ritsumeikan University. Her current interests include KANSEI information processing found in body movement such as dance, gait, and traditional performing arts.