



Title	絵画における一対多の視線の動きの表現
Author(s)	山田, 憲政; YAMADA, Norimasa
Citation	北海道大学大学院教育学研究科紀要, 97, 41-56
Issue Date	2005-12-20
DOI	https://doi.org/10.14943/b.edu.97.41
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14670
Type	departmental bulletin paper
File Information	2005-97-41.pdf



絵画における一対多の視線の動きの表現

山田 憲 政*

Representation in a Picture of the Movement of Gazes from One Person to Other People

Norimasa YAMADA

【要旨】本研究は、絵画を人間特有の身体性を含意した情報媒体であるという観点から、絵画で表された視線に着目した。この視線を絵画で表す場合、一対一や多対多で相互に交わされているある瞬間の静止した視線が表されるのが一般的である。しかし本研究では、絵画においては表すことが不可能と考えられる一人から複数の人へ（一対多）の動的な視線を、絵画と観察者の身体運動をシステムとして捉えることによって、運動視差を用いて江戸時代の我が国の絵画（襖絵）で表すことができることを明らかにした。また、この襖に描かれた人物の頭部回転角度は推定される角度よりかなり少ないものであった。しかし、人間の被験者を用いた顔の回転方向の検知の実験において、回転角が比較的大きい場合に実際の回転角度より知覚される回転角度の方が大きくなるという結果が得られた。よって、絵で表わされた頭部回転角度が小さいことは人間の知覚特性からみて理にかなっていると考えられた。

【キーワード】身体運動、運動イメージ、絵画、視線、運動視差

1. はじめに

本研究は、著者らが現在取り組んでいる絵画を媒介にして人間間で伝達される情報の特性（人間の情報特性）を明らかにする一連の研究（山田と阿部，2000；山田，2001；山田，2004；山田，2005）の一つである。これらの研究は、一般に芸術作品として鑑賞される絵画を、人間特有の身体性を含意した情報媒体であるという観点から検討し、人間の情報特性の一端を解明しようとするものである。

人間情報の特性の解明に絵画を採り上げるのは、絵画は物質的には絵の具と紙の化学反応が基盤となるが、そこで生成される形は、人物や風景などの作画対象や心的イメージを画家が自らの知覚-運動系を用いて分節化して表現した履歴であり、身体性を含意していると言えるからである。この分節化は、身体によっていかに精密に筆の動きを制御するかにより、幼児が描く絵のような粗いものからヤン・ファン・エイクの絵画のように高解像度の写真を用いないと確認できないような精密なものまで様々な程度に分かれる。さらに紙には様々な制限があるため、

* 北海道大学大学院教育学研究科健康スポーツ科学講座助教授（身体運動科学研究グループ）

その制限を克服する工夫を解明することから人間固有の情報が見えてくる。例えば絵画は限定された静止平面なので、そこに立体や運動を形として埋め込むには、観察者である人間がそれを解釈可能とする工夫が必要である。その工夫はつまり観察者である人間の情報受信特性を考慮したものであるから、その工夫に内在する法則性を明らかにすることによって、人間情報の性質が見えてくるのである。

1) 人間の情報特性

情報とは、情報の送り手（情報源）と受け手そして送られるべき伝文の3者をまず前提とする（図1(I)，松野，1991)。つまりこの前提は、受信者は伝文を情報として理解する能力とその伝文を解釈する知識を、送り手と同様に事前に持つことを暗に示している。この前提に基づきシャノンの情報理論が定義されており、そこでは、受け手が伝文を受け取る前と受け取った後にどのような変化が生じたかを次のように明確に指定できる。まず、生起確率 P の伝文があり、受け手がその伝文を受信すると、受け手はその伝文によって知識の不確かさが低減する。その低減量は $-\log_2 p$ であり、当の伝文は $-\log_2 p$ で示される量の情報を伝達したと理解される。

この情報理論から人間情報の特性を浮き彫りにするために、ある心的状況(a)を符号化(A)して他者に伝達する場合を考えてみる（図1(II))。この場合、上記の伝文は心的状況 a を符号化した A に相当し、これは送信者のもつ符号化ルール A によって変換される。この伝文を正しく受け手が受信するには、送信者と同様のルール A を用いて $A \rightarrow a$ と逆変換（復号化）する必要がある。つまりこの符号化と復号化のルール A は全ての人で等しくさらに可逆であることが要請される。よって、違うルール A' を持っている人 B には意味が正しく伝達されず、さらにルール A をもっていない人 C にとっては、 a を検出できないので伝文すら存在しないことにな

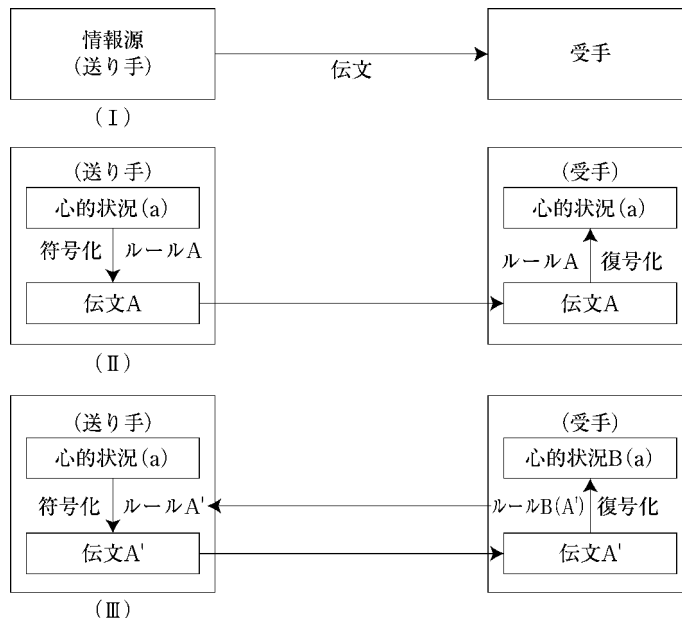


図1. シャノンの情報理論 (I) から人間の情報伝達の特徴を考える (II), (III)。

る。したがって、意味 a は解釈過程であるルール A と共に存在するものであるといえ、伝文と受信者の解釈過程が分離不能な状態が生じる。また C がルール A を学習によって取得した後に時間遅れでその情報を解釈することや、B がルール A' とルール A の違いに気づき受信後に訂正が為される場合もあろう。

では、送信者は受信者がもつルールをどのように判定しているのか？ この疑問を考えるにあたり、人間のもう一つの重要な情報の流れである身体内部の運動情報を参考にして考えてみる。一般にこの運動情報は、送信者である中枢神経系から受信者である筋骨格系への一方向の流れと考えられてきた (Keele and Summers, 1976; Schmidt, 1982, 1988a, 1988b)。しかし近年の身体運動の自己組織研究は、実際の身体運動の詳細な検討から、中枢神経系と筋骨格系の運動情報が相互作用するモデルを提案してきた (Kugler and Turvey, 1987; 山田, 1997)。つまり、送信者が受信者の状態から影響を受けながら情報を送るモデルである。このモデルを人間間の情報伝達にも適応して考えてみると、送信者はこれから送るべき情報の受信者の解釈方法を、これまでの時々刻々の様々な言語的・非言語的な受信者の反応によって得、その解釈方法に解読されるように送信情報を変形させて送ると考えられる (図 1 (III))。さらに受信者が解釈した心的状況は送信者には理解できないので、お互いの時々刻々の様々な反応から両者において了解の確認が行われると考えられる。つまり送信者は同時に常に受信者でもあると言える。このような相互作用があるからこそ、身体内部においては安定な運動が維持され、人間間においては意思の疎通がはかれると考えられる。また、身体内部においては求心性情報の突然の変化に対応できない場合には転倒などの不安定な状態が生じ、人間間においては送信者と受信者のお互いの解釈能力の検知の度合いが低い場合には会話に破綻が生じる。

このように意味を記号化する符号化やそれを解釈する復号化の特性を考慮することによって、シャノンの情報理論から人間の情報伝達の特性が見えてくる。また逆に、人間の情報伝達の解釈過程を理想化したものがシャノン情報理論とも言えよう。

2) 内的身体運動による情報受信

前節では、人間間の情報の送信を情報の相互作用として捉え直して考えたが、絵画の場合は情報の発信者である画家と受信者である観察者が同じ時間と空間を占めないで、画家は情報の受信者である鑑賞者の受信特性を十分考慮して絵画を作成する必要がある。つまり、一見すると画家によって思い通りに描かれる絵画を構成する様々な形は、実は既に受け手の解釈過程に拘束されているのである。その受け手による形の主な解釈は、それら様々な形を一種の象徴的な記号として捉え、その記号の意味が絵画の様式や図像学的記号体系を用いて理解されると考えられている (Panofsky, 1962)。この記号情報はいわゆる知的で人為的なものであることから、身体を離れて実在するものとも言えよう。しかしここで着目するのは、身体を用いて形を解釈する身体性の情報についてである (上村, 1998; 三木, 2002; 山田, 2001)。これは、絵画へ運動を埋め込むことを考えると分かりやすい。まず前提として絵画は 2 次元の静止平面であるから、原理的にはそこに運動を埋め込むことはできない。しかしながら、われわれは絵画から動きを読み取ることができるし (Gombrich, 1982)、美術史研究においては、絵を見ることに熟練した専門家によって絵画に描かれた人物の身ぶりなどの動きを解釈する作業が頻繁に行われてきている (例えば、西洋美術研究編集委員会, 2001)。これらのことは、人間が絵を観察する際に瞬間を運動として観察できるような不可能を可能とする方法があること、そして絵にはそ

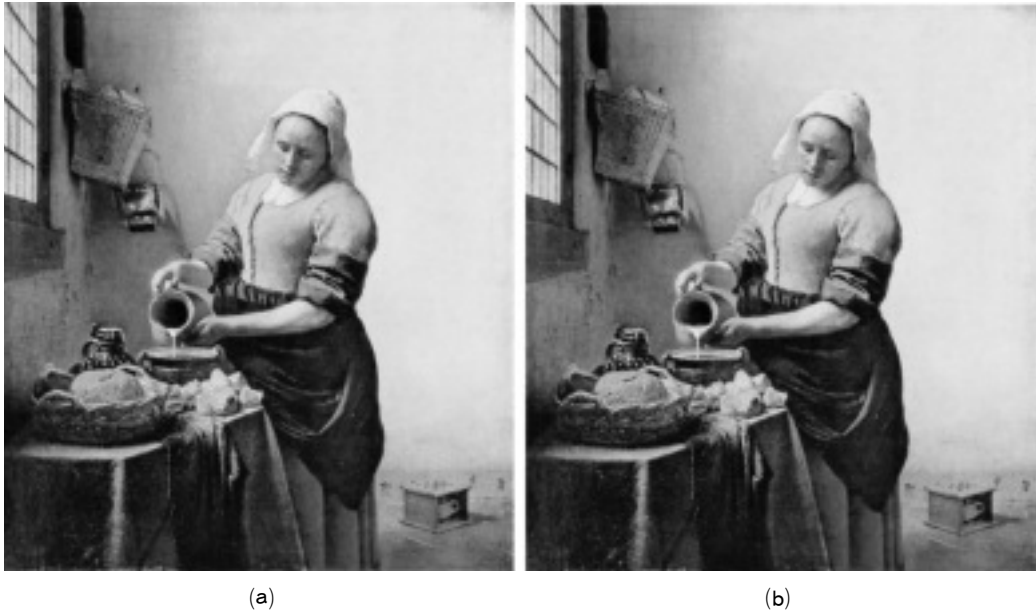


図 2. ヨハネス・フェルメール《ミルクメイド》(a) (1660 年頃, アムステルダム国立美術館), 絵に描かれた女性が壺を静止させた状態でミルクが流れるように著者が変更を加えたもの(b)。

の方法が観察者に用いられるような工夫がなされていることを示唆している。

その方法は、観察者による運動情報の受信の仕方によって顕著にすることができる。図 2 は、著者ら (山田と阿部, 2000; 山田, 2001) が絵画空間を 3 次元空間で再構築し, そこに埋め込まれた運動を分析した 17 世紀のオランダ画家フェルメールの絵画《ミルクメイド (1660 年頃・アムステルダム国立美術館)》(左図) である。この分析で、絵で捉えられた壺は上方に加速中であり、女性はするように壺の動きを操作するために筋力を発揮する特異的な局面であることが分かった。さらに、鑑賞者が絵の中の女性が壺をどのように操作している最中かという観点でこの絵を観察すると、そこに埋め込まれた壺を操作する運動を復元することができた。その運動の復元 (受信) 方法は、自らの運動イメージを用いて絵の中の動きを模倣することによって成されると考えられた。そのように考えられたのは、絵に描かれたミルクの量を操作して壺を持ち上げる筋力が必要ない状態にすると (右図), 観察者に運動の情報ではなく壺を固定する静止した情報が伝達されたからである。つまり、ある瞬間の身体の形は同じでも、その形の運動状態を成立させるためには異なる加速度状態が存在し、人間はその異なる加速度状態の運動の瞬間を異なる筋発揮の運動状態として区別して再生できると言える。そしてそれは、自らの筋発揮による運動経験が基となり形成された運動イメージの働きと考えられるのである。この運動イメージは脳の活動を非侵襲的方法で測定する技術を用いて研究されていて、運動をイメージする時と実際の運動時で非常に似た神経活動が観察されることが明らかにされている (例えば, Roland et al., 1980 など)。したがって運動イメージとは、実際に身体は動かないが身体内部では (この場合、脳内部神経活動としては) 運動している状態といえるのである。そこで本稿においては、このような状態を内的身体運動と定義し、その新たな概念を実際の身体運動と区別して以後の論を進めていく。

上記で考察した絵画に埋め込まれた運動情報の復元（受信）では、対象となる他者の運動は運動中のある瞬間なので、その瞬間に運動情報が圧縮されていてそれを解凍するのが内的身体運動と言えよう。ここで対象が運動中であっても運動のある瞬間であっても内的身体運動による観察で本質的に重要なのは、他者運動を自己運動として観察することである。つまり、内的身体運動により他者運動を再生・受信することである。この受信方法は、体育実技の指導現場では運動共感 (Meinel, 1960) として経験的に知られてきたが、近年の神経生理学分野の研究成果から裏付けをすることができる。それは、Gallese et al., (1996) によるサルを用いた実験であるが、サル自身が手を動かす時と他のサルが手を動かすのを見る時では、同じ運動前野のニューロンが発火することが発見されたのである。このニューロンはミラーニューロンと命名されその後多くの研究者に着目されているが、意図的に自己運動を計画するニューロンの活動が、他者運動を観察する際にも他者の運動をあたかも自己の運動として鏡に映したかのように活動することが明らかにされたのである。これは、脳内部では他者運動を自己運動のイメージを用いて観察していることを神経現象学的に実証したものと見えよう。

3) 身体運動を伴う観察

内的身体運動は言わば仮想的な身体運動であるが、実際の現在進行形の身体運動が絵画に埋め込まれた情報を受信するのに必要な場合がある。その代表例が「動く襖絵」と呼ばれる江戸時代に狩野洞雲 (1625-94) によって京都・毘沙門堂に描かれた襖絵である。この襖絵が動くというのは、画中に描かれた机に着目して座敷内を移動していくと、自らの動きに呼応してあたかも机が動いているように知覚されることからきている (山田, 2004; 山田, 2005)。つまり観察者が移動観察することを前提にして絵画に情報を埋め込んでいるのであって、絵画のみが情報源ではなく、観察者の知覚-運動系と共に情報が生成される。すなわちこれは、観察者の身体運動と絵画を一つのシステムとする絵画といえる。

絵画観察における情報生成で、観察者の身体運動と絵画をシステムとして捉えるとは、次の例でより明らかにできる。それは現代の我々のビジョンの前に突然動く絵が出現した例である。つまり、現代のように絵を真正面から静止して観賞する観察の制度の基へ動く絵が出現する例であり、絵画側に対して観察側がシステムの要素として機能しない場合である。その「現代の動く絵」は、剣重和宗 (1940-94) によって日本各地 (現在では那須, 東京など 15ヶ所) のトリックアート美術館に描かれた絵の中にある (一例を図 3 に示す)。この美術館の独特な点は、館内



図 3. 動く絵 (剣重和宗, トリックアート美術館, フランシスコ・デ・ゴヤ《裸のマハ》(1797-1800 年頃, プラド美術館) をもとに作成)。正面 (中央図), 右側 (右図), そして左側 (左図) から撮影した写真。

の広い空間の壁に直接絵を描くことであり、それらの絵は襖絵と同様に様々な方向から観察することが前提として制作されているのである。その美術館には様々な視覚トリックが施された絵が描かれているのであるが、その中でも目玉とされているのが動く絵である。しかし真正面から静止して観察する現代の我々にとって、その絵の前に立ってもなぜその絵が動くのかが最初は分からなく、他の大胆な視覚トリックの絵と比べて平凡な絵にしか見えないのである。だが、その絵の横にはどのようにしたら絵が動いて見えるのかの説明があり、それを読んで始めて動く方法を知り、移動しながらその絵を見ることによって、絵が動くという不思議な感覚が体験できるのである。図3の例であれば、絵に画かれた女性の脚に注目して視点を左右へ動かすと、その視点の動きに呼応して脚が左前方に伸びたり右奥に縮んだりして見えるであろう。この「現代の動く絵」は、絵画上の工夫だけでなく、それを観察する者の身体運動が絵の動く条件となることを明らかにしている。これがつまり、観察者の身体運動と絵画をシステムとして捉えるという事である。

4) 絵画における視線

前節では情報媒体としての絵画の特性について概観したが、本研究ではその中でも絵画で表された視線情報に着目する。視線は目が向いている方向を表すものであり、その人がどのような情報を外界から得ているのかという観点から主に研究されている(例えば 大野, 2002)。しかし視線は同時に「どこを見ているのか」という情報や、さらにその時の目の表情は「どのように見ているのか」といった情報を発している(例えば Langton et al., 2000)。つまり、視線における情報の流れは、外界から身体への一方向だけではなく、身体から外界への流れも存在するのである。絵画でこの視線を表すとき、つまり目を表すとき、その視線ベクトルの先の対象が絵画空間に収まるか否かによって、以下の2つの視線を考えることができる。

- (1) 絵画内の人物が絵画内の人やものを見る視線
- (2) 絵画内の人物が絵画の外を見る視線

また(2)は鑑賞者を加味すると、八方にらみのように、絵画内の人物が鑑賞者を見ることを意図した絵もある。さらに一般には考慮されることは無いが、絵画で上記の視線を表すとき、鑑賞者から絵への視線も重要である。なぜなら一般的に絵は遠近法絵画のように鑑賞者が絵に正対して見ることが前提として描かれているが、斜めから見ると顔や眼が歪んで正確に(1)や(2)を表すことができないからである。

5) 本研究の目的

一対一(A対B)での会話の場合はAとBが相互に交わす視線1つが主となるため絵画での表現は可能であるが(例として図4)、一対多(A対B+C)や多対多の場合は、視線はAからB、AからCというように時間的に変化するものとなるため、絵画で表すことは不可能と考えられる。しかしながら結論を先取りすると、前述のように観察者の身体運動をシステムに含めた絵画によってそれが可能となるのである。では、そのような絵画は実際に作成されてきたのか。実は、これまで見る位置によって視線が異なる不思議な絵として知られてきた江戸時代の襖絵があり、その襖絵は絵画で一対多の視線を表すことに成功したものであると思われるのである。そこで本研究では、その江戸時代の襖絵を紹介し、そこで用いられている人間の知覚-運動特性を考慮した技法を解明することを目的とする。



図 4. 絵画における 1 対 1 の視線表現の例 (ヨハネス・フェルメール《婦人と召使い》(1667 年頃, フリック・コレクション)。

2. 一対多の視線を表す襖絵

1) 視線を決定する要因, 目と顔

一対多の視線を検討する前に, 人間が視線方向をどのように判断しているかを検討しておこう。視線は目が向いている方向であるから, 一般には目だけで視線が表されると考えられるが, 顔の向きもこの視線方向の判断に関与している。図 5 は, 目は同じであるが, 顔の向きが異なる 2 つの絵を表したものである (Wollaston, 1824)。目が同じであるにもかかわらず, 右図は正面を, 左図はやや右方向を向いているように見える。このように, 目だけでなく顔の方向も視線方向に関与するのである。そしてその関与の仕方には法則性があり, 視線は頭部回転方向に依存し系統的にずれて知覚されることが知られている (Anstis et al., 1969; Gibson and Pick, 1963)。この顔の変化による視線変化が, 一対多の視線を絵画で表す鍵となるが, その理由につ

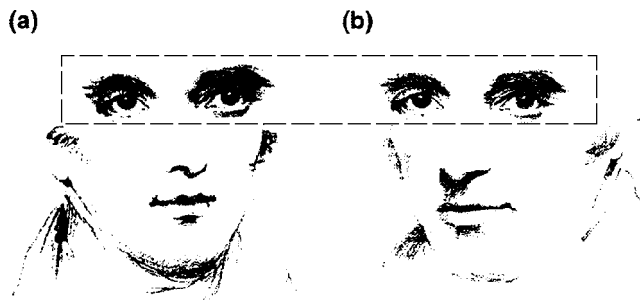


図 5. Wollaston, W. H. (1824) から引用, 目が同じでも顔の向きによって視線が異なった方向に知覚される。

いては以下に順を追って述べていく。

2) 一对多の視線を表す襖絵の紹介

本研究が一对多の視線を表す絵画として着目するのは、円山応挙(1733-95)による襖絵である。応挙は江戸時代中期に京都を中心に活躍した画家で、狩野派のように踏襲と伝授を主としていた日本画の世界に、新しい考え方と技法を取り入れて従来にはない絵画表現を完成させた画家であると言われている(佐々木と佐々木, 1996)。その技法とは、目前の対象を見て描くという写生を基に絵を構成する手法であり、その結果として生まれる作品は人々を魅了し「写生派の祖」と言われるようになった。しかしながら、佐々木と佐々木(1996)も主張しているように応挙の絵は「写生派」の呼称を超えたところにその真価があって、例えば「龍」や「幽霊」のような空想上の動物や人をまるで本当に生きているものを見たかのように描くという写実性こそが評価に値するのである。

応挙の絵にはもう一つ有名な絵画技法がよく使われている。八方にらみである。八方にらみはトリックアートのように思われ、日本美術史では正当に評価されていない(西田, 1938; 西田, 1992)。しかし絵画で表された人物が常に観察者を向くように考慮して制作されたものであり、つまり前述の「動く襖絵」のように、絵画だけで情報が完結されるのではなく、鑑賞者の現在進行形の身体運動を加味して情報が生成されるという重要な絵画技法であると考えられる(Koenderink et al., 2004; 山田, 2004)。

上記のように、写実と観察者を考慮するという特徴の絵を描く応挙が、1787年ころに制作した一連の大乗寺(兵庫県城崎郡香住町にある真言宗の寺)の襖絵の中で「郭子儀の間」に描かれた襖絵も、観察位置の移動に伴い絵の人物の視線が変化して見える不思議な絵と言われている。これまでこの視線はどのように変化するかは検討されてこなかったが、この絵こそ、一对多の視線を観察者の身体運動を考慮して描いた絵と考えられるのである。

図6は、「郭子儀の間」の全体図を斜め上方から表したものである。襖絵はこの座敷の2面に互いに直角になるように配置されている。座敷は人間が生活する空間であることから、人間が運動する空間であるとも言える。また、そこへの人間の出入りがその座敷の建築物内での位置や襖の開閉位置によって規定できるので、座敷内での人間のおよその移動が事前に規定できる。よって、襖絵は鑑賞者の移動を事前に考慮できる特殊な絵画の一つと言える。すなわち、観察者の身体運動をシステムに入れた絵画制作に向いているといえる。

実は視線変化の鍵は、この2面の直角の位置関係にある。まず、正面から郭子儀を見ると、その視線は斜め前方を向いているように見える(図7, A)。つまり前述の視線の分離では、絵画の外を見る視線である。次にその絵画を移動観察するとどのように見えるか。図7のB, Cは、図6のBとC地点からカメラの光軸が郭子儀のほぼ中心を貫くようにして撮影した写真である(写真は郭子儀の大きさに切り取ってある)。この写真から、絵を斜めから見ると視線も変化して見えることが分かる。その変化の特徴は、Bでは郭子儀の視線が画中的の子供の方向へ向かい、Cではその視線がAより絵画の外へ向かうように見えることである。

3) 視線変化の原理の解明

図8はその視線変化のメカニズムを分析するための模式図を表したものである。図中の中央の波線で囲った部分の上図が郭子儀の顔であり、下図は、直方体の方向が顔の方向を、そして

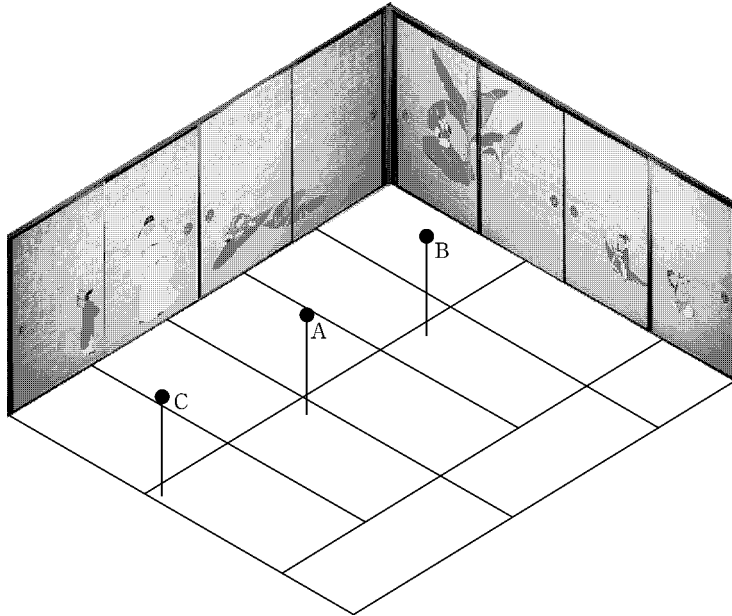


図6. 郭子儀の間（円山応挙，大乘寺）を斜め上方から表した模式図。郭子儀が描かれている面とそれに直角の面に子供がそれぞれ描かれている。

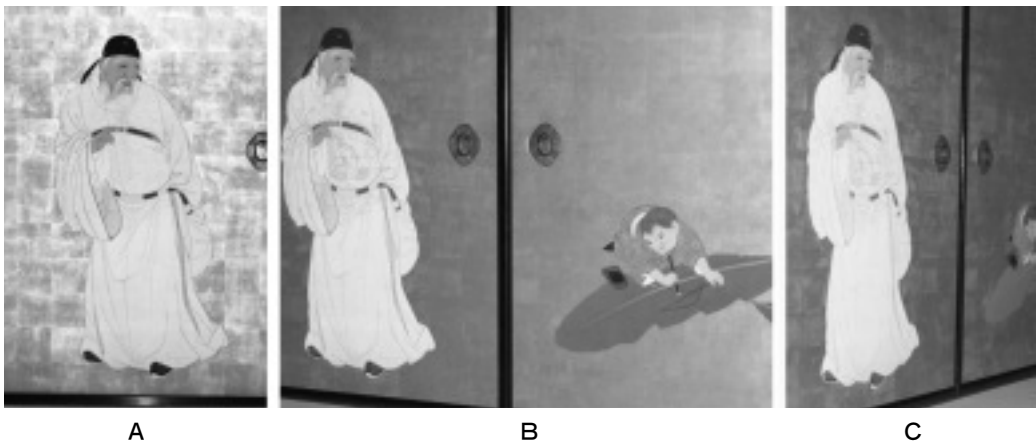


図7. 異なった場所から見た郭子儀の視線の変化。図5のA, B, Cの各場所から郭子儀を撮影した写真。

直方体の上面に描かれた矢印が目の方向を模擬している（Wollaston, 1824 を参照）。この直方体を左右に視点を動かして見ると、左方向では左の面（①の面）の横幅が全体に対して相対的に小さくなるように見えるため、図中の矢印の（-）方向へ仮想的に回転するように知覚され、右方向では上面が相対的に細長くなるように見えるため、（+）方向へ仮想的に回転するように知覚されるであろう。このように郭子儀の顔を模擬した直方体は、視点の移動を追従するように仮想的に回転して見えると言える。次に顔と直方体の両図を視点を動かして斜めから見ると、

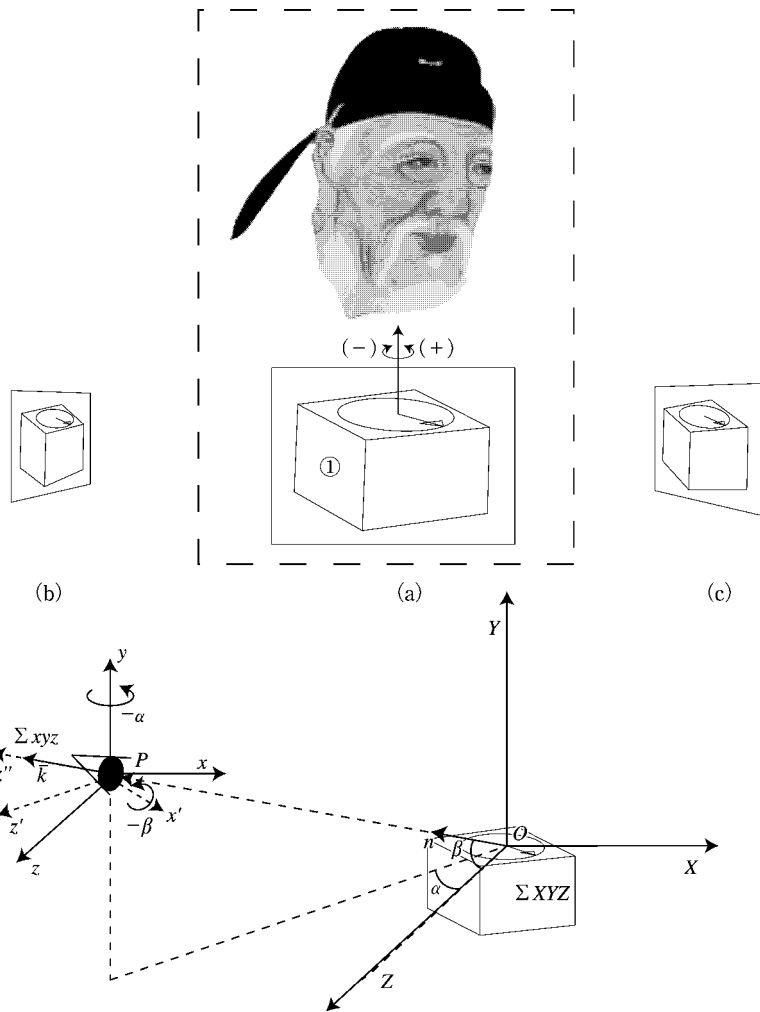


図 8. 郭子儀の顔の直方体と矢印への近似 (上図(a)) と観察位置移動に伴う座標変換の原理 (下図)。上図(b), (c)は、視点を左方向と右方向へ移した時に(a)が変化する例を示す。

両者にほぼ同様な仮想運動が生じることがわかる。その共通する動きの特徴は、目と矢印の方向が、左方向への移動ではより鉛直方向の紙面外部へ、右方向への移動では紙面の外部から次第に紙面の内部方向へ、それぞれ変化することである。よって、視線の方向変化の基本的な原理を、この直方体と矢印の方向変化に代用して簡易的に検討することができる。そこで、直方体の各特徴点と外枠をデジタル化してコンピューターに取り込み、視点移動に伴うそれら座標の変化をアフィン変換と透視変換を用いて以下の手順で計算した (図 8 の下図参照)。

- 1) 直方体の中心部から視点への視線を表すベクトルの単位ベクトル (視線ベクトルと省略) \vec{n} を以下の式で求める。ここで、 ΣXYZ は慣性座標系、 Σ_{xyz} は視点座標系を表し、 \vec{P} は ΣXYZ における視点の位置ベクトルを表す。

$$\vec{n} = \frac{\vec{P}}{|\vec{P}|} \quad (1)$$

2) 視線ベクトル \vec{n} と視点座標系 Σ_{xyz} の z 方向を示す単位ベクトル \vec{k} が一致するように、 y 軸まわりの回転角 α と x 軸まわりの回転角 β を視点と直方体の中心部の関係から算出し、回転マトリックス \mathbf{R} (Rogers and Adams, 1976) を求める。

3) 座標の奥行きに比例して縮小する透視変換マトリックスを \mathbf{S} とする。

4) 上記の回転マトリックスと透視変換マトリックスを用いて、襖上の座標 \mathbf{u} は、以下の(2)式により視点座標系の \mathbf{u}' に変換される。

$$\mathbf{u}' = \mathbf{uRS} \quad (2)$$

(2)式を用いて直方体の変化を計算した結果の一例が図8の左右の図 (b, c) である。この計算例で視点は、直方体の横幅を l としたとき、原点から鉛直に $3l$ 離し、紙と平行に左へ $-4l$ (左図) と右に $4l$ (右図) 移動させた。この図から、左への移動で視線を表す矢印は基の矢印より下方向を示し、さらに紙面を表す四角形の枠の低辺が上方向を向くように見える。その結果矢印は、より紙面の外を示すように見える。また、右への移動では枠の低辺が左上がりになることから、矢印はやや水平方向を示すようになり、紙面内のものを示すように見える。よって、この直方体と矢印の歪みの計算原理から、仮定の視線の動きは観察者と絵画上の身体的位置が変化することによる連続的で法則的な画像の歪みが原因であることが分かる。またこの歪みは、視点移動に伴う絵画の相対的な回転と、絵画上の各部位と視点の距離が変化することによって生じるといえる。

このように画中の顔が観察位置移動にともない法則的に (観察者を追従するように) 歪んで見えるため、視線も徐々に図9に示すように方向が変化して見え、そしてその視線の先にいる c, d の子供を向くように変化して見えると考えられる。よって、日常で生じる視線のダイナミクスが、応挙の襖絵では観察位置の変化によって再現されていると考えられる (今回の分析は視線方向への頭部回転の影響に着目したが、同様の原理で体の方向も変化して見えるので、この体の変化も視線に影響していると考えられる。さらに本分析は視線を発する郭子儀に着目したが、その対象となる子供の観察者の視空間での位置も考慮する必要があるだろう)。この観察位置の変化に起因する対象の見え方の変化は運動視差と呼ばれ、奥行きのある空間の前後の対象物で生じる現象であり平面である絵画の観察では無縁のものと考えられてきた (Solso, 1994)。しかし本研究ではその運動視差が絵画観察でも生じ、それによって絵画では表すことが不可能と考えられる視線変化を表すことができることを明らかにした。

3. 頭部回転方向の知覚：本研究から生じた新たな問題と簡易実験を用いた検討

観察位置変化に伴う視線変化は図9にまとめたように、郭子儀の顔を真正面から見ると、郭子儀は直角に配置された面に描かれた子供 a を見ているように見える。したがって、郭子儀と子供 a の絵画での位置関係から、郭子儀の視線方向は鉛直前方から向かって右方向に約 60 度回転しているといえる。また、このときの郭子儀の顔も同様に視線方向を向いており、約 60 度回

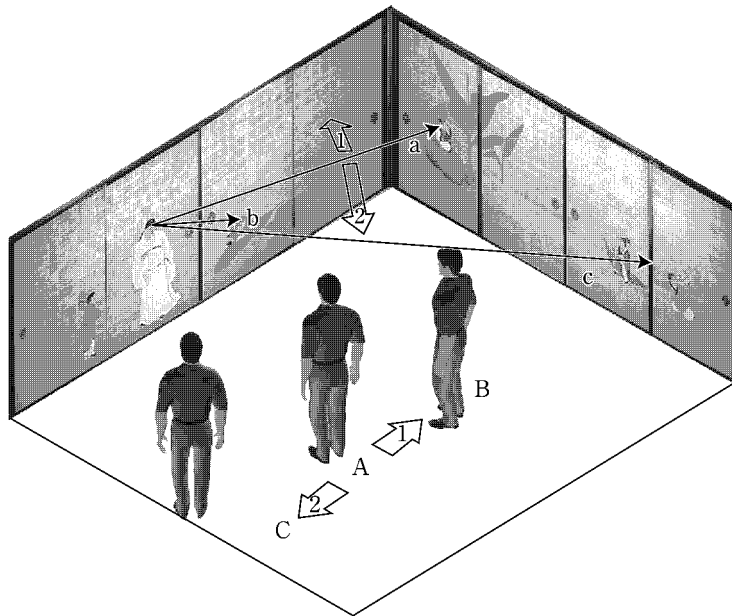


図9. 観察者の位置と郭子儀の視線の関係。観察位置Aから郭子儀を見ると視線aが、観察位置Bから見ると視線bが、そして観察位置Cからは視線cがそれぞれ知覚される。また、観察位置AからBへの移動では視線が1方向へ、観察位置AからCへの移動では2方向へ変化していくように見える。

転していることが予想される。しかし、実際に絵で捉えられた郭子儀の頭部はどのくらい回転しているところなのかはこの絵の情報だけでは分からない。もしかしたら、実際の角度は60度ではなく、人間が60度位の回転方向を知覚しているのかもしれない。そこで、この知覚される角度と実際の回転角度の関係を、三次元の人体解析ソフト (Poser 6.0) を用いて次のように検討した。まず、図10(a)に示した顔を、郭子儀の顔の正面図と仮定する。この頭部を静止座標系の x 、 y 、 z 軸に少しずつ回転させていき、実際に絵に描かれた郭子儀の顔(c)の向きに近くなる角度を探した。その結果、 $\theta_x = -6^\circ$ 、 $\theta_y = 30^\circ$ 、 $\theta_z = 8^\circ$ が得られた(b)。実際の顔の正面図を用いていないので、この角度はある程度の誤差があると考えなければならないが、実際の回転 (y 軸まわりの回転角 θ_y) は約30度であるにもかかわらず知覚される回転角は約60度と約2倍もの差があることは、知覚される角度は実際の角度より大きい可能性があることを示唆している。これまでに、0度から15度の範囲で回転する頭部回転角度と知覚される角度には差があまり無いことが報告されているが(吉田他, 2005)、ここで着目しなければならないのは知覚される角度が60度であることから、45度を超えるような大きな回転角度を含めたこの2者の角度の関係である。

次に、実空間における頭部の回転角度と知覚される回転角の差の関係を検討する簡易的な実験を試みた。その実験は、正面を向く顔の頭部を、0度から90度まで3度ずつの離散化によって得られる30個の異なる角度で回転させて得られる顔を上記のソフト (Poser 6.0) を用いて作成し、それらをコンピューターディスプレイ上にランダムに表示し、その回転角を被験者に回答させるといものである。実験では5名の被験者を用い、図11(左上)に示すように、ほぼ

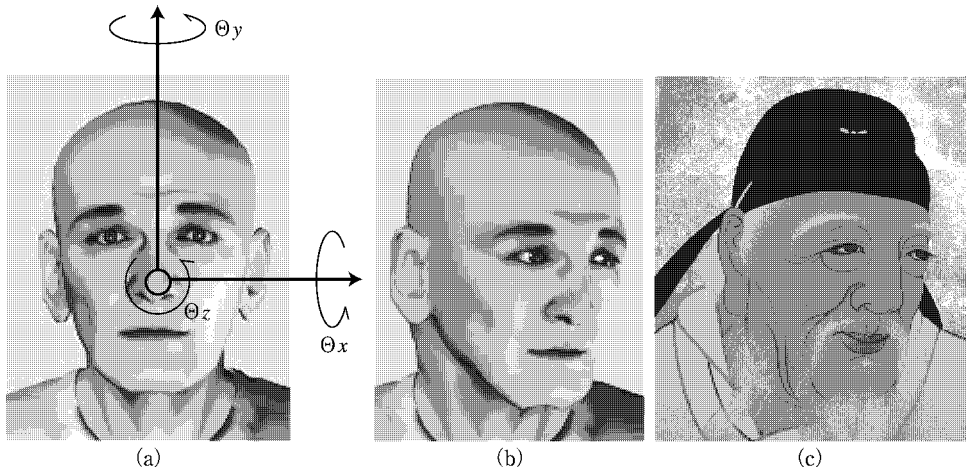


図 10. 郭子儀の頭部回転角の推定。(a)を郭子儀の顔の正面図と仮定し、三次元人体解析ソフト (Poser 6.0) を用いて x, y, z 軸に頭部を回転させ、実際の絵に描かれた顔(c)に近い回転角度を探した結果(b)。

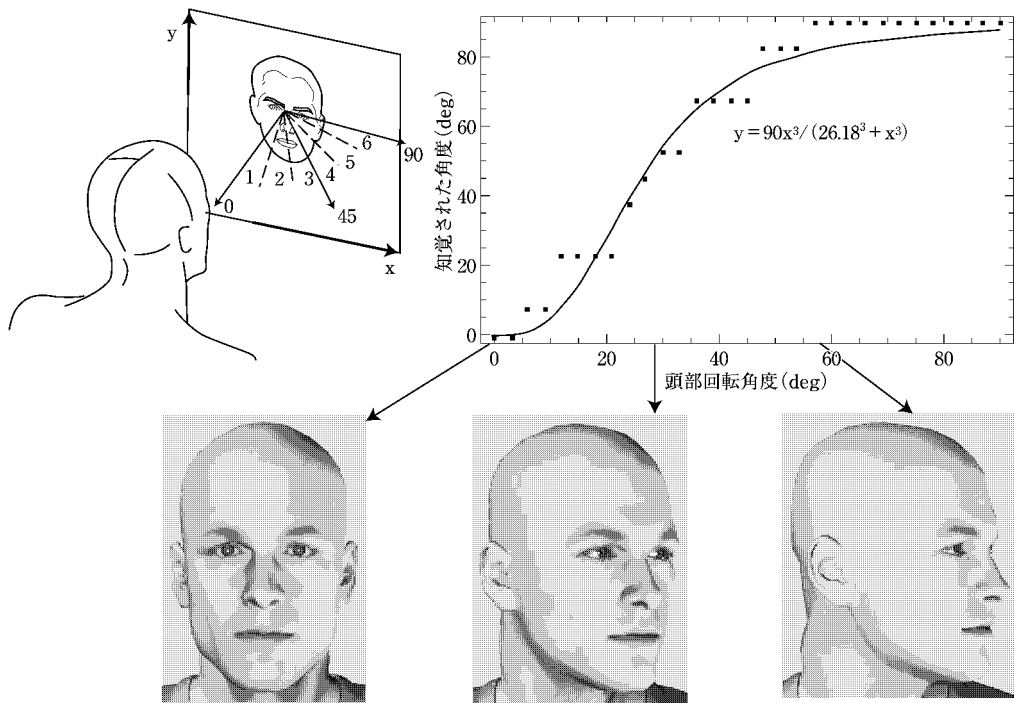


図 11. 頭部回転角と知覚される回転角の関係。ディスプレイに示された顔の視線を 9 個に分離する実験 (左上) とその結果の一例 (右上。横軸が実際の角度, 縦軸が知覚された角度を表す)。下に示した 3 つの顔の図は、頭部回転角が 0 度, 27 度, 57 度のものであり、この時にこの被験者はそれぞれ、0 度, 45 度, 90 度と回答している。

正面、ほぼ斜め右前方(45度)、ほぼ右90度と、その間を3つの領域にわけた9個の角度方向に分離して回答させた。また、顔がディスプレイ上に提示されてから次の顔が提示されるまでは、目をつぶるように指示した。その結果、全員の被験者が回転角度27度から30度(平均27.6度、標準偏差1.34度)で既に45度方向を、さらに約57度(平均57.6度、標準偏差1.34度)で右90度方向を向いていると回答し、さらにその間の変化もほぼ同様であったので、図11(右)に示すのは一人の被験者の例である。

図11(右上)の点のプロットは、横軸に実際の回転角度、縦軸に知覚された回転角度を示したものである。下に示した3つの顔は、実験で用いた0度、27度、57度方向を向く顔をそれぞれ示す。なお、0度から45度を3つの領域に分けた角度はその平均値を用いて順に7.5、22.5、37.5度、そして同様に45度から90度は52.5、67.5、82.5度としてある。この図から、前述のように約30度の回転で斜め前方(45度)を、60度の回転では既にほぼ真横を見ていると知覚されるという興味深い結果が得られたことが分かる。また、この2者の角度の関係は、約30度で斜め前方(45度)が知覚されるまでとその後90度が知覚されるまではほぼ点対称となっており、また提示した回転角60度以降は知覚される角度は90度で飽和している。そこで、このような特徴を示す波形として、以下に示す Hill 関数にこの角度データを非線形近似した波形を図中にプロットした。

$$y = V_{\max} \frac{x^n}{k^n + x^n}, V_{\max} = 90; k = 26.18; n = 3 \quad (3)$$

この近似波形は全体のS字型の変化傾向をよく表しており、人間には視線方向変化に敏感な領域と鈍感な領域があることが分かる。しかしこの近似波形は部分的に見ると途中で停滞する角度変化を近似することができていない。今後は、実験方法の改良や、データ解析においてはこの2者の角度の細部にわたる変動特性を検討することによって、人間の視線検知の特性がより明確にできると考えられる。

また、この簡易実験では、襖に描かれた実際の郭子儀の顔を用いて回転角度の知覚を検討していないため、この実験結果を絵に描かれた郭子儀の頭部の回転方向と知覚される回転方向の違いにそのまま安易に当てはめることはできない。しかしながら、回転角が30度以前で既に45度方向が知覚され、回転角30度では既に約45度の回転角度が知覚されたことは、このような大きな頭部回転角度変化においては、知覚される角度が実際の回転角度より大きい傾向にあると言えるであろう。よって、襖絵の観察において、郭子儀の頭部が約30度の回転角であるにもかかわらず、それよりかなり大きい視線方向の角度が知覚されるという人間の視知覚の基本的な特性を、この簡易実験が再現していると考えられる。

4. まとめ

本研究は、絵画を人間特有の身体性を含意した情報媒体であるという観点から、絵画で表された視線に着目した。そして、絵画においては表すことが不可能と考えられる一対多(一人から複数の人へ)の動的視線を、絵画と観察者の身体運動をシステムとして捉えることによって、運動視差を用いて江戸時代の我が国の絵画で表すことができることを明らかにした。また、この襖に描かれた人物の頭部回転角は、人間の被験者を用いた顔の回転角度の検知の実験から、人間の知覚特性からみて理にかなっていると考えられた。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、大乘寺・住職の山唄様には、襖絵の写真撮影の許可や貴重なご助言をしていただきました。ここに記して感謝の意を表します。

[参考文献]

- Anstis, S. M., Mayhew, J. W., Morley, T. (1969). The perception of where a face or television "portrait" is looking. *American Journal of Psychology*, 82, 474-489.
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119, 593-609.
- Gibson, J. J., Pick, A. (1963). Perception of another person's looking. *American Journal of Psychology*, 76, 86-94.
- Gombrich, E. H. (1982). *The image and the eye*. Oxford: Phaidon Press. (邦訳：白石和也 (1991), *イメージと目*, 玉川大学出版部).
- 上村博. (1998). *身体と芸術*. 昭和堂：京都.
- Keele, S. W., Summers, J. J. (1976). The structure of motor programs. In: G. E. Stelmach (Ed.), *Motor control: Issues and trends* (pp.109-142). New York: Academic Press.
- Koenderink, J. J., Doorn, A. J. van, Kappers, A. M. L. (2004). Pointing out of the picture. *Perception*, 33, 513-530.
- Kugler, P. N., Turvey, M. T. (1987). *Information, Natural Law, and the Self-assembly of Rhythmic Movement*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Langton, S. R. H., Watt, R. J. Bruce, V. (2000). Do the eyes have it? Cues to the direction of social attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 50-59.
- 松野孝一郎. (1991). *プロトバイオロジー*. 東京図書：東京.
- Meinel, K. (1960). *Bewegungslehre*. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag. (邦訳：金子明友. (1981), *マイネルススポーツ運動学*. 大修館書店).
- 三木順子. (2002). *形象という経験*. 勁草書房：東京.
- 西田正秋. (1938). 八方にらみの一考察. *画説*, 18, 525-540.
- 西田正秋. (1992). 『八方にらみ』の原理, *人体美学・上*, 414-421, 現代社：東京.
- 大野健彦. (2002). 視線から何がわかるか — 視線測定に基づく高次認知処理の解明. *認知科学*, 9, 55-576.
- Panofsky, E. (1962). *Studies in Iconology: Humanistic Themes in the Art of the Renaissance*, New York: Haper Torch books (邦訳：浅野徹 他 (1971), *イコノロジー研究*, 美術出版社).
- Rogers, D. A., Adams, J. A. (1976). *Mathematical elements for computer graphics*. New York: McGraw-Hill.
- Roland, P. E., Larsen, B., Lassen, N. A., Skinhoj, E. (1980). Supplementary motor area and other cortical areas in organization of voluntary movements in man. *Journal of Neurophysiology*, 43, 118-136.
- 佐々木承平, 佐々木正子. (1996). *円山應挙研究*. 中央公論美術出版：東京.
- Schmidt, R. A. (1982). More on motor programs. In: J. A. S. Kelso (Ed.), *Human Motor Behavior: An introduction*. (pp.189-217). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Schmidt, R. A. (1988a). Motor and action perspectives on motor behaviour. In: O. G. Meijer and K. Roth (Eds.), *Complex movement behaviour: The motor-action controversy* (pp.3-44). Amsterdam: North-Holland.
- Schmidt, R. A. (1988b). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- 西洋美術研究編集委員会. (2001). *西洋美術研究 5, 美術と身体表現*. 三元社：東京.
- Solso, R. L. (1994). *Cognition and the visual arts*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Wollaston, W. H. (1824). On the apparent direction of eyes in a portrait. *Philos. Trans. R. Soc. London Ser.*

B247-256. [Cited in Bruce, V. and Young, A. (1998) *In the Eye of the Beholder: The Science of Face Perception*, Oxford University Press]

山田憲政. (1997). 協調動作の自己組織性. 北海道大学教育学研究科博士論文.

山田憲政, 阿部匡樹. (2000). 身体運動の絵画への埋め込み. 認知科学, 7 (4), 330-340.

山田憲政. (2001). フェルメールが約 350 年前に捉えた女性の身振り. 西洋美術研究, 5, 124-135.

山田憲政. (2004). 動く襖絵 日本の伝統的空間認識. 近代日本の身体感覚, pp.205-250, 青弓社:東京.

山田憲政. (2005). 動く襖絵に内在する動きのメカニズム. 認知科学, 12 (2), 107-112.

吉田千里, 蒲池みゆき, Verdraten, F. A. J., Hill, H. (2005). 人間の視線方向の知覚特性. 日本認知科学会 第 22 回大会発表論文集, pp.12-13.