

眼球運動時の時空間情報の統合

本田 仁 視

新潟大学人文学部

〒950-2181 新潟市五十嵐二の町 8050

1. 視覚世界の安定と相殺説

眼を動かすと、外界の映像も網膜上で動く。人の眼球運動にはゆっくりとした滑動性追跡眼球運動 (pursuit eye movements) や急速なサッケード (saccades) など、いくつかの種類があるが、いずれにせよ視覚系は、眼球運動によって継時的に変化する視覚情報を、時間的・空間的に統合する機能を必要とする。このような眼球運動の生起時に生じる視覚情報の時空間的統合の問題については、古くからさまざまな形で研究されている。ここではサッケード遂行時における視覚情報の時空間的統合の問題を中心に、これまでの研究の動向と筆者の見解について述べる。

視覚心理学では古くから、“目を動かしてもなぜ外界は動いて見えないのか”ということが議論されたきた。いわゆる“視覚世界の安定 (visual stability)”の問題である。この問題に対するよく知られた答えは相殺説 (cancellation theory, あるいは引き算説: subtraction theory) であり、その考えは Helmholtz までさかのぼる¹⁾。相殺説によれば、目を動かすと同時に、動眼中枢から、“現在眼はどの方向を向いているか”を示す信号 (今日の用語では、“非網膜性の眼球位置信号 (eye position signal: EPS)”²⁾ が出力され、これによって網膜像の動き (位置変化) がキャンセル (相殺) される。Helmholtzはこの説を支持する証拠として、たとえば、目を意図的に動かすかわりに、眼球を指で押すなどして目を受動的に動かすと外界が動いて見

える例をあげている。(受動的な目の動きの場合には、動眼中枢からの信号 (EPS) が出ないので、外界が動いて見えると説明される。このような例はすでにデカルトも記述している²⁾。相殺説は Sperry の “corollary discharge”³⁾ や Holst の “Efferenzkopie”⁴⁾ といった同様の概念が提唱されたこともあって有名になったが、後に述べるような理由で、現在では必ずしも支持されない。

2. サッケード時に生じる視覚世界の歪み

相殺説は、“視覚世界の安定”すなわち、眼球を動かしても外界は動いて見えないことを説明するために提案されたものである。しかし、実はその前提を疑ってみる必要がある。ほんとうに外界は動いて見えないのだろうか。少なくとも実験室場面では、目を動かしたとき視覚世界は動いていること (歪むこと) が示されている。

2.1 サッケード時に提示された光点の位置判断

水平方向のサッケード遂行にあわせて、光点を上から下へ垂直方向にサッケードを横切るように急速に動かす。すると、光点はまっすぐの垂直軌道ではなく、独特の歪んだ軌道を描いて動いて見える⁵⁾。このような錯視現象をより詳細に調べるには、サッケードに同期して光点を動かすかわりに、サッケードをさまざまな時点で光点を瞬間的に提示して、そのみかけの位置を報告させる方法を用いる^{6,7)}。そのような実験で得られた結果の1例を図1に示す。図に示されたようにこの例

では、サッケード直前あるいはサッケード開始時点で提示された光点は、実際の位置からサッケード方向にずれた位置に見える。反対にサッケードの終了時点近くで提示された光点は、サッケード方向と反対にずれた位置に見える。このような位置の見誤り（誤定位：mislocalization）は、サッケードの方向（左右、上下）に関係なく生じ¹⁰⁾、またサルを被験体とした研究でも同様の結果が得られている¹¹⁾。さらに、2つのサッケードを連続的に行うと、それに応じて光点の見かけの位置は複雑に変化する¹²⁾。

2.2 光点の数

これらの研究では、光点が1つだけ暗中に瞬間提示され、その位置の判断が求められている。では、位置の判断を求められる光点の他に、別の刺激を視野内に提示するとどうなるだろうか。このような操作を加えると、誤定位の大きさは明らかに変化する¹³⁻¹⁴⁾。また、光点を何度も繰り返して点滅させると、

1回だけ瞬間提示した場合とは異なる位置変化が観察される¹⁵⁻¹⁶⁾。これらの実験結果は、複数刺激間の位置関係にもとづく自己外部的な（exocentric）定位が可能になるといったことによると思われるが、不明な点も多い。

2.3 背景の効果

背景に枠組みや絵を提示することでも、サッケード時の誤定位は変化する。興味深いことにこの種の実験では、光点が提示される空間位置によって、誤定位の時間経過が異なることが示されている¹⁷⁻¹⁸⁾。たとえば光点がサッケードの目標位置付近に提示されると、サッケードとは反対方向の誤りが顕著になり、これはとくにサッケード終了時付近で生じる。一方、光点がサッケードの出発位置（注視点のあった位置）付近に提示されると、サッケードと同じ方向の誤りが観察され、これはとくにサッケード開始時付近で顕著である（図2）。Rossらのグループも最近同様な結果を報告しており、光点のかわりに

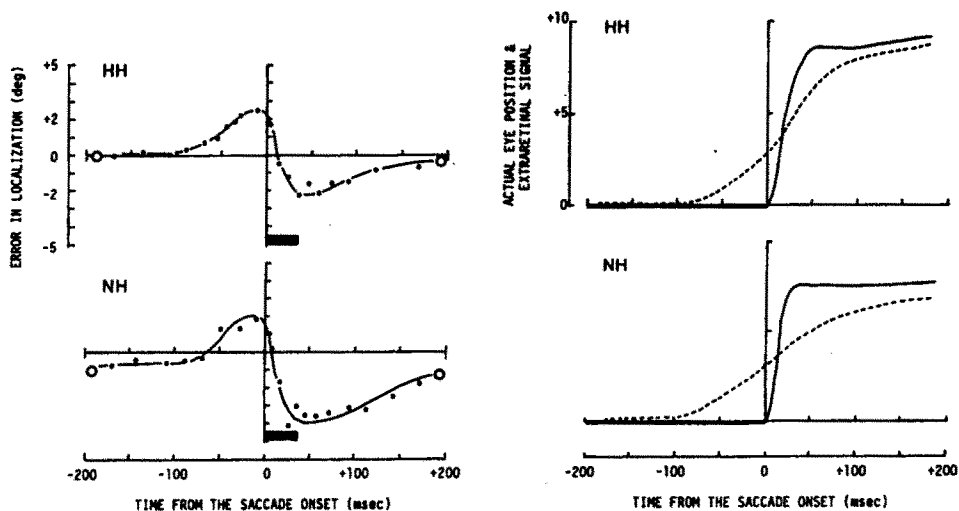


図1 左：サッケード時に生じる誤定位の例。暗中で垂直方向上側へ8°のサッケードをおこなった時に光点が瞬間的に提示され、被験者はその光点のみかけの位置を報告した。2人の被験者からの結果を示す。横軸は光点が提示された時点(ms)で、0がサッケード開始時点、プラスはサッケードの開始後、マイナスはサッケードの開始前を示す。黒いバーは、サッケードの持続時間を示す。縦軸は誤定位の大きさ。プラスがサッケードと同じ方向（上側）への誤定位を示す。右：実際のサッケード（実線）と、相殺説にもとづいて計算されたEPS（破線）。EPSは光点の誤定位と光点の網膜上位置（これはサッケードの軌道と対応）の差として求められる。文献10にもとづいて作図。

景色を写した映像をサックード時に提示すると、その映像が収縮して見えることを示している¹⁹⁾（ただし、筆者の得た結果とは誤定位の時間経過の点で若干異なる¹⁷⁻¹⁸⁾）。

3. なぜ視覚世界は歪むのか

3.1 EPSの不正確さ

完全暗中での実験の場合、サックードの目標刺激とターゲット光点は、時間的に重なる

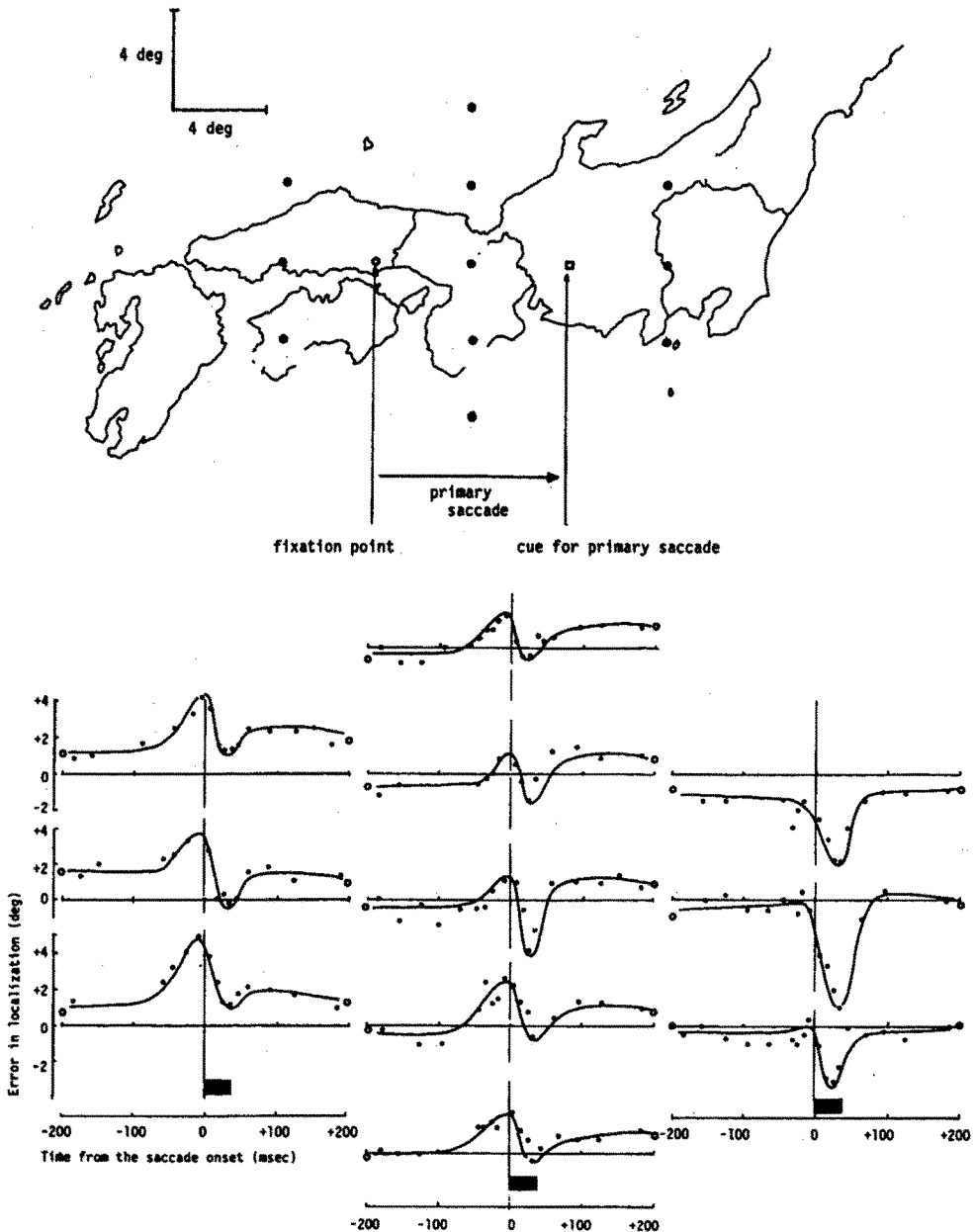


図2 明るい背景上に瞬間提示された光点の誤定位。上：背景視野として用いられた地図。被験者は左の注視点 (○) から右の目標刺激 (□) に向けてサックードをした。サックード付近のさまざまな時点で光点が地図上の11箇所 (●) のどこかに瞬間的に提示され、被験者はそのみかけの位置を報告した。下：光点の各位置における誤定位の時間経過。光点の位置によって誤定位のパターンが異なる。文献17にもとづいて作図。

ことなく、それぞれ瞬間的に提示される。それゆえ、被験者が光点の位置を判断する手がかりは限定される。理論的には (i) 光点の網膜上の位置、(ii) 光点が提示された時点における眼球の位置（眼が向いている方向）だけと考えられる。ここで (i) の手がかりは眼球運動によって影響されないと仮定すると、光点の位置の誤った判断は (ii) の手がかりが不正確であったことによると考えられる。上に紹介した相殺説の言葉を借りれば、動眼中枢から発せられた“現在眼はどの方向を向いているか”を示す信号（EPS）が正確でないことになる。すなわち、サッケード時に見られる位置判断の誤りは、動眼中枢からの EPS が実際のサッケードの位置および速度の変化を忠実に伝えていないことによって生じると説明される。そこで、EPS の時間経過を、相殺説にもとづいて計算すると、実際のサッケードの動きよりも緩やかなものとなる¹⁰⁾（図 1 右）。このような動特性を示す神経活動が存在するとする研究もある²⁰⁾。これらの知見は、相殺説によって“視覚世界の安定”を説明しようとする試みと矛盾する。なぜなら相殺説においては、EPS は眼球の動きを忠実に伝える信号であると仮定しているからである。

3.2 EPS の開始時点

このように、暗中に瞬間提示された光点の位置がサッケード時に誤って定位されるのは、EPS がサッケードの時間経過を正確に示していないためと考えることができる。それでは、暗中ではなく、たとえばある程度構造化された背景（枠組みが見える視野¹⁸⁾ や地図¹⁹⁾）上に光点が提示された場合の誤定位はどう説明されるのだろうか。すでに述べたように、このような背景条件では、誤定位の時間経過は光点の提示される視野内の位置によって変化する（すなわち、最初の注視点位置付近ではサッケードと同じ方向の誤定位は生じ、サッケードの到達位置付近では、サッケードと反対方向の誤定位が顕著になる）。

そのため、このような誤定位のパターンを単純に EPS の不正確さで説明することはできない。この問題に対する答えはまだ提示されていないが、筆者は何らかの原因で EPS の開始時点が、視野内での光点の提示位置に依存して変化するという仮説をたてることによって、説明できるのではないかと考えている（図 3）。

すでに述べたように、相殺説によれば、光点の誤定位は EPS がサッケードの軌道を正確に表していないことによる。この場合、誤定位の時間経過は、サッケードと EPS の時間関係によって変化する。まず、EPS は実際のサッケードよりも緩やかに変化すると仮定する。このとき、EPS の開始がサッケードにある程度先行すると、サッケードの開始時にはサッケードと同方向の誤定位が生じ、サッケードの終了時にはサッケードと反対方向の誤定位が生じる（図 3 の中央：このパターンの誤定位は、暗中で光点を提示した場合に頻繁に観察される）。一方、EPS とサッケードの開始時点がほぼ同じ場合には、サッケードの反対方向への誤定位が生じることになる（図 3 の下）。さらに EPS の開始がサッケードよりもかなり先行する場合には、サッケードと同方向の誤定位が生じることになる（図 3 の上）。このように、明るい背景上に光点が提示された場合にみられる誤定位のさまざまなパターンは、サッケードに対する EPS の相対的な開始時点の違いを想定することによって説明できる。

3.3 視覚信号の伝達時間

しかし、EPS の開始時点が光点の提示位置によって変化するといったことは考えにくい。そこで別の可能性を考える必要があるが、その前に、上に述べたような EPS の推定方法に関わる問題を指摘しておく。

光点刺激が提示されてからその信号が脳内の相殺機構（それは脳内のどこにあるかは不明）に到達するまでにはある程度時間（これを仮に t_{ms} とする）がかかる。このため、た

たとえば光点をサッケードの開始時点で提示しても、その信号が相殺機構に達するのはサッケード開始から t ms 後である。それゆえ、サッケード開始時に提示された光点の誤定位の大きさは、実はサッケードが開始してから t ms 後の時点における EPS の値にもとづいていることになる。このように脳内での視覚信号の伝達時間を考慮すると、EPS の開始時点は、それを考慮しない場合より t ms だけ遅れ

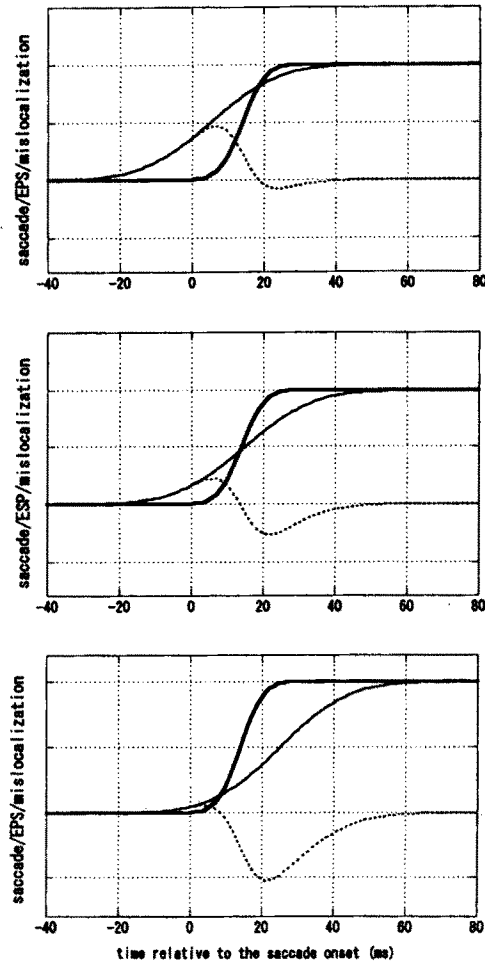


図3 EPSの開始時点の違いによって生じる誤定位のパターンの変化。太い実線はサッケード、細い実線はEPS、破線は誤定位を示す。上から下にかけてEPSの開始時点は、サッケードの開始時点に近づく。サッケードの軌道として、ここでは仮にシグモイド曲線をあてはめ、EPSはそれを時間軸にそって3倍に引き伸ばしたものを用いた。

た時点になる。逆の見方をすれば、視覚信号の伝達時間を考慮しないで計算されたEPSの時間経過は、脳内での実際のEPSよりも、その開始時点が t ms だけ先行しているといえる。このことは、視覚信号の伝達時間が変化すれば、EPSのみかけの開始時点も変化することを意味している。すなわち、視覚信号の伝達時間が長いほど、見かけのEPSの開始時点は早くなる。一方視覚信号の伝達時間が短いと、見かけのEPSの開始時点は後ろにずれる。

図1に示したように、これまでEPSはサッケードに先行して生じると考えられてきた。しかし視覚信号の伝達時間を考慮すると、必ずしもそうとは言えない。脳内でのEPSはサッケードと同時に生起している可能性がある。

3.4 サッケードに先行する注意

先に述べたように、明るい背景上に光点を提示した場合の誤定位のパターンは、視野内の位置によって変化する。その理由はいまだに不明である。1つの可能性としては、サッケードに伴う視覚性注意の移動が考えられる。サッケード遂行時には、サッケード開始に先行して、注意がサッケードの目標位置に移動することは、いくつかの心理物理学実験で示されている²¹⁻²³⁾。その具体的なしくみは不明だが、このようなサッケードにともなう注意の移動が、光点の誤定位に影響しているのかもしれない。また、サッケードに先行してその受容野がサッケードの目標位置方向に移動するニューロンが、LIP、上丘、前頭眼野、頭頂葉で見つかっている²⁴⁻²⁷⁾。これらの神経活動が、何らかの形でサッケード時の誤定位に関わっている可能性も考えられる。

3.5 背景視野の運動

光点が完全暗ではなく、ある程度明るい背景上に提示された場合には、サッケード時に生じる背景視野の網膜像の動き自体が、光点の定位に影響を及ぼす可能性がある。サッケードのかわりに、背景視野を急速に動かし

た場合にも、光点の誤定位が生じること以前から知られていた²⁸⁾。この際に生じる誤定位のパターンは、サッケードをおこなったときに見られる誤定位のパターンとはいくぶん異なる²⁹⁻³⁰⁾。また、最近の筆者の実験では、背景が注視点方向に動いたときに、より大きな誤定位が生じることが観察された³¹⁻³²⁾。その誤定位はもっぱら注視点の方向に生じる。このような背景自体の動きによって生じる効果についても考慮する必要があると思われる。

4. なぜ視覚世界は安定して見えるのか

以上のように、サッケード遂行時に光点を瞬間提示してその位置を判断させる課題を用いた実験から、短時間ではあるがサッケード時には視覚世界が動いている（あるいは歪む）ことが示された。しかし、実験室場面を離れた日常生活では、目を動かすたびに外界が動いて見えるといった印象はない。このような違いはどう説明されるのだろうか。

4.1 サッケード抑制

その理由の1つとして真っ先にあげられるのは、サッケード抑制現象である。サッケード遂行時に、刺激光の検出や運動検出の閾値が上昇することは古くから知られてきた³³⁻³⁵⁾。サッケード抑制の脳内機構を示唆する研究もいくつか報告されている。ネコの外側膝状体ニューロンは、サッケードと網膜像の急速な動きの両方によって抑制される³⁶⁾。視床枕ニューロンの活動がサッケード時に抑制されることも、サルやネコを対象とした研究で示されている³⁷⁻³⁸⁾ さらに人を対象としたfMRI³⁹⁾ やPET⁴⁰⁾ による研究によれば、V1, V2, 頭頂葉ニューロンの活動がサッケード時には抑制されることが報告されている。ただし、諸研究の結果が一致しているわけではなく、サッケード抑制をもたらす正確な神経生理学的なしくみは、いまのところ不明である。しかしながら、視覚世界の安定にサッケード抑制が関わっていることは間違いない。サッケード遂行時に生じているはずの視覚世界の急速な

動き（歪み）は、サッケード抑制が生じることによって知覚されないと考えられる。

4.2 網膜像のぶれとマスキング

サッケード遂行時に生じる急速な網膜像の動きは、ぶれた映像として不明瞭に知覚される。これはわれわれの視覚系の時間的な特性によると思われるが、このような現象もサッケード時の視覚世界の安定に寄与していると思われる。また、サッケード終了後に知覚される明瞭な視覚世界が、サッケード中に生じる不明瞭な視覚映像をマスキングしている可能性もある⁴¹⁾（もちろん、ここで述べた“像のぶれ”と“マスキング”は、サッケード抑制の原因と考えることもできる）。

4.3 高次レベルの知識

最後に、“サッケードの前後で目に見える光景は変化しても、それは自分の眼が動いたためであり、外界は空間内で静止している”という高次レベルの知識があることがあげられる。この知識は、いわば外界に関するオブジェクト・ファイル（object file）のようなもの⁴²⁾、あるいは構造に関する記述のようなものかもしれない。脳がこのように視覚世界を静止したものと判断する別の例として、ヴェクシオンがあげられる。この場合も、脳は“世界が動いているのではない。自分が動いているのだ”と誤って判断する。なお、視覚系には、サッケード前後に連続して与えられる2つの瞬間的な映像を、網膜上ではなく、自己中心的な空間の基準系上に融合する（重ね合わせる）働きをもっており、このことが視覚世界の安定性をもたらす仕組みであるとする考えもあるが⁴³⁾、それを実験的に証明することは成功していない⁴⁴⁻⁴⁵⁾。

5. おわりに

本稿では、サッケード眼球運動の遂行時に生じる視覚世界の動き（歪み）が、どのような理由で生じるのかについて、EPSの動的特性と視覚信号の伝達時間の観点などから論じた。もちろん、ここで紹介した説明は1つの

可能性にすぎず、問題点も多い。たとえば、全ての研究で誤定位のパターンが一致しているわけではない、視覚性注意は誤定位のパターンにどんな効果を持つのか、動眼中枢からの指令によってサッケードが開始されるまでの時間をどのように考慮するかなど。また、眼球運動に随伴する視覚現象は、ここで取り上げたサッケード時の誤定位以外にも多数ある。それらも含めて合理的に説明できる統合的な理論を探していくことも、今後に残された課題である。

文 献

- 1) H. von Helmholtz: Handbuch der physiologischen Optik. Voss, Leipzig, 204-205, 1866.
- 2) O.-J. Grusser: Interaction of efferent and afferent signals in visual perception: a history of ideas and experimental paradigms. *Acta Psychologica*, 63, 3-21, 1986.
- 3) R. W. Sperry: Neural basis of the spontaneous optokinetic responses produced by visual inversion. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 43, 482-489, 1950.
- 4) E. von Holst and H. Mittelstaedt: Das Reafferenzprinzip (Wechselwirkungen zwischen Zentralnerven-system und Peripherie). *Naturwissenschaften*, 37, 464-477, 1950.
- 5) D. W. Kennard, R. W. Hartman, D. Kraft and G. H. Glaser: Brief conceptual (nonreal) events during eye movement. *Biological Psychiatry*, 3, 205-215, 1971.
- 6) L. Matin, E. Matin and D. G. Pearce: Visual perception of direction when voluntary saccades occur. I. *Perception and Psychophysics*, 5, 65-80, 1969.
- 7) L. Matin, E. Matin and J. Pola: Visual perception of direction when voluntary saccades occur. II. *Perception and Psychophysics*, 8, 9-14, 1970.
- 8) S. Matteff: Saccadic eye movements and localization of visual stimuli. *Perception and Psychophysics*, 24, 215-224, 1978.
- 9) H. Honda: Eye movements to a visual stimulus flashed before, during or after a saccade. *M. Jeannerod (ed): Attention and Performance XIII*. Erlbaum, Hillsdale, 567-582, 1990.
- 10) H. Honda: The time course of visual mislocalization and of extra-retinal eye position signal at the time of vertical saccades. *Vision Research*, 31, 1915-1921, 1991.
- 11) P. Dassonville, J. Schlag and M. Schlag-Rey: Oculomotor localization relies on a damped representation of saccadic eye displacement in human and nonhuman primates. *Visual Neuroscience*, 9, 261-269, 1992.
- 12) H. Honda: Interaction of extraretinal eye position signals in a double-step saccade task. *Experimental Brain Research*, 113, 327-336, 1997.
- 13) P. Dassonville, J. Schlag and M. Schlag-Rey: The use of egocentric and exocentric localization cues in saccadic programming. *Vision Research*, 35, 2191-2199, 1995.
- 14) M. Lappe, H. Awater and B. Krekelberg: Postsaccadic visual references generate presaccadic compression of space. *Nature*, 403, 892-895, 2001.
- 15) W. A. Herschberger, J. S. Jordan and D. R. Lucas: Visualizing the presaccadic shift of spatiotopic coordinates. *Perception and Psychophysics*, 60, 82-88, 1988.
- 16) H. Sogo and N. Osaka: Perception of relation of stimuli locations successively flashed before saccade. *Vision Research*, 41, 935-942, 2001.
- 17) H. Honda: Saccade-contingent displacement of the apparent position of visual stimuli flashed on a dimly illuminated structured background. *Vision Research*, 33, 709-716, 1993.
- 18) H. Honda: Modification of saccade-contingent visual mislocalization by the presence of a visual frame of reference. *Vision Research*, 39, 51-57, 1999.
- 19) J. Ross, M. C. Morrone and D. C. Burr: Compression of visual space before saccades. *Nature*, 386, 598-601, 1997.
- 20) P. Dassonville, J. Schlag and M. Schlag-Rey: The frontal eye field provides the goal of saccadic eye movement. *Experimental Brain Research*, 89, 300-310, 1992.
- 21) R. W. Remington: Attention and saccadic eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 6, 726-744, 1980.
- 22) M. Shepherd, J. M. Findlay and G. R. J. Hockey: The relationship between eye movements and spatial attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38A, 475-491, 1986.
- 23) G. Rizzolatti, L. Riggio, I. Dascola and C. Umiltà: Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians: evidence in favor of a premotor theory of attention. *Neuropsychologia*, 25, 31-40, 1987.

- 24) J.-R. Duhamel, C. L. Colby and M. E. Goldberg: The updating of the representation of visual space in parietal cortex by intended eye movements. *Science*, 255, 90-92, 1992.
- 25) M. F. Walker, E. J. Fitzgibbon and M. E. Goldberg: Neurons of the monkey superior colliculus predict the visual result of impending saccadic eye movements. *Journal of Neurophysiology*, 73, 1988-2003, 1995.
- 26) M. Umeno and M. Goldberg: Spatial processing in the monkey frontal eye field. I. Predictive visual responses. *Journal of Neurophysiology*, 78, 1373-1383, 1997.
- 27) A. P. Batista, C. A. Buneo, L. H. Snyder and R. A. Andersen: Reach plans in eye-centered coordinates. *Science*, 285, 257-260, 1999.
- 28) D. M. MacKay: Mislocalization of test flashes during saccadic image displacement. *Nature*, 227, 731-733, 1970.
- 29) H. Honda: Visual mislocalization in moving background and saccadic eye movement conditions. *L. M. Findlay, R. Walker and R. W. Kentridge (eds.): Eye movement research*. Elsevier Science, Amsterdam, 201-212, 1995.
- 30) H. Honda: Visual mislocalization produced by a rapid image displacement on the retina. *Vision Research*, 35, 3021-3028, 1995.
- 31) H. Honda: Effects of translational background motion on visual localization. *Japanese Psychological Research*, 42, 207-212, 2000.
- 32) H. Honda: Visual mislocalisation induced by translational and radial background motion. *Perception*, 30, 935-944, 2001.
- 33) E. B. Holt: Eye movements and central anaesthesia. *Psychological Review*, 4, 3-45, 1903.
- 34) P. L. Latour: Visual threshold during eye movements. *Vision Research*, 2, 261-262, 1962.
- 35) F. C. Volkman: Vision during voluntary saccadic eye movements. *Journal of the Optical Society of America*, 52, 571-578, 1962.
- 36) W. H. Fischer, M. Schmidt, V. Stuphorn and K. P. Hoffmann: Response properties of relay cells in the A-laminae of the cat's dorsal lateral geniculate nucleus after saccades. *Experimental Brain Research*, 110, 435-445, 1996.
- 37) D. L. Robinson, J. W. McClurkin, C. Kertzman and S. E. Petersen: Visual responses of pulvinar and collicular neurons during eye movements of awake, trained monkeys. *Journal of Neurophysiology*, 66, 485-496, 1991.
- 38) S. Sudkamp and M. Schmidt: Responses characteristics of neurons in the pulvinar of awake cats to saccades and to visual stimulation. *Experimental Brain Research*, 133, 209-218, 2000.
- 39) I. Bodis-Wollner, S. F. Bucher, K. C. Seelos, W. Paulus, M. Reiser and W.H. Oertel: Functional MRI mapping of occipital and frontal cortical activity during voluntary and imagined saccades. *Neurology*, 49, 416-420, 1997.
- 40) T. Paus, S. Marrett, K. J. Worsley and A. C. Evans: Extra-retinal modulation of cerebral blood flow in the human visual cortex: implications for saccadic suppression. *Journal of Neurophysiology*, 74, 2179-2183, 1995.
- 41) F. W. Campbell and R. H. Wurtz: Saccadic omission: why we do not see a greyout during a saccadic eye movement. *Vision Research*, 18, 1297-1303, 1978.
- 42) D. Kahneman and A. Treisman: Changing views of attention and automaticity. *R. Parasuraman and D. R. Davies (eds.): Varieties of attention*. Academic Press, New York, 29-62, 1984.
- 43) J. Hochberg: Attention, organization and consciousness. *D. L. Mostofsky (ed.): Attention: contemporary theory and analysis*. Appleton-Century-Crofts, New York, 99-124, 1970.
- 44) D. E. Irwin, S. Yantis and J. Jonides: Evidence against visual integration across saccadic eye movements. *Perception and Psychophysics*, 34, 49-57, 1983.
- 45) D. E. Irwin: Memory for position and identity across eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 307-317, 1992.