

周辺視野における高次視覚

山本 直樹・八木 昭宏

1. はじめに

視知覚研究は中心視機能を標的としたものが多く、周辺視と銘打った研究であっても視角 10° 程度の周中心窩程度の狭い視野を標的としたものがほとんどである。この理由は、中心視やその周辺の視野が高次の視覚情報処理に密接に関連していると考えられてきたためである。しかし近年、周辺視野が高次視覚を担っていることを示唆する知見が散見され、周辺視機能が改めて注目されている。しかしその一方で、実際に周辺視における高次視覚についての系統的研究はほとんど行われておらず、その特性はあまり明らかとなっていない。本稿では、いくつかの周辺視における高次視覚の知見をもとに、周辺視のオブジェクト認知や景観知覚に関わる情報処理についてまとめ、周辺視野における高次視覚の可能性について論ずる。

2. 周辺視

視野中心部での注視によって得られる視覚が中心視 (foveal vision) と呼ばれるのに対して、視野周辺部における視覚を周辺視 (peripheral vision) という。周辺視は中心視と相対的關係によって定義され、詳細な視覚情報は中心視から得られていることから、周辺視は注視の副産物と捉えることができる。

ヒトの視覚は中心窩 (fovea) から周辺部への距離の増大に伴って視力が急激に低下する。この原因は、網膜以降の視覚経路の生理的制約にある。網膜部では、視細胞の分布、神経節細胞数が異なるため、視野によって知覚特性が変

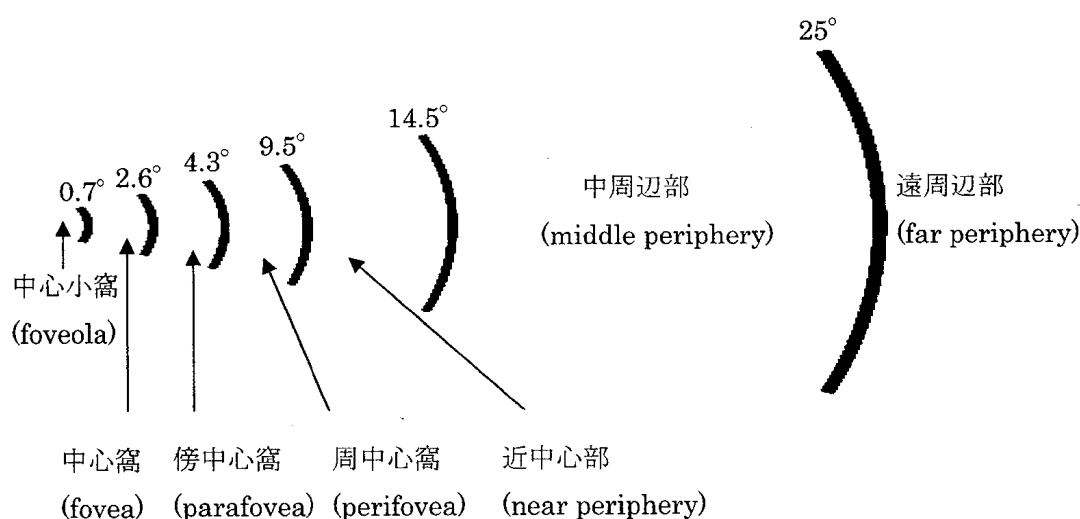


図1 網膜の区分 (池田 (1975) をもとに作図)

化する。例えば偏心度に伴う錐体細胞の減少によって色覚が劣化し、神経節細胞数の減少、視細胞の分布の変化に伴って空間解像度が低下する。また、視覚皮質において、網膜像は第1次視覚野 (V1) に1対1対応で投射されるが (網膜皮質部位対応; retinotopy), 投射される皮質上の範囲は視野によって偏りがあり、視野中心部に近づくほど広い。このような偏りは、皮質拡大係数 (cortical magnification factor: 視角1°の視野に対応する皮質上での長さ) によって一般化される。皮質拡大は、中心視野情報が周辺視野情報と比較してV1において詳細に表象されていることを示す。

このように、網膜の段階から視覚皮質における低次元生理学的制約によって、周辺視は中心視と比較して多くの機能で劣る (Banks, Sekular, & Anderson, 1991; Rousset, et al., 2005)。特に形態視 (form vision) は周辺視では劇的に低下する。しかしながら、偏心度に伴う視機能の低下は低次元要因のみでは説明がつかない場合もある。例えば、ヒトや動物などのオブジェクトの運動によって背景運動の知覚が変化するバックスクロール錯視 (Fujimoto & Sato, 2006) は、中心視野のみならず空間解像度が非常に低い遠周辺視野においても生じる (Fujimoto & Yagi, 2007)。この結果は、遠周辺視において歩行運動と背景の移動方向の解釈という複雑な知覚がなされることを示している。また、別の研究では中心視野刺激に特化したオブジェクト選択性の皮質領

域の存在が主張されている (Levy, Hasson, Avidan, Hendler & Malach, 2001; Hasson, Levy, Behrmann, Hendler & Malach, 2002)。Levy らは、同じ刺激であっても呈示する視野によってオブジェクト関連領域の活性化が異なることを示し、視覚皮質におけるオブジェクト表象特性について、網膜偏心度と視覚オブジェクトの種類が密接に関連している可能性を示した。この知見は、低次な情報処理で得られた情報は、視野によって異なる高次システムが関与することで中心視・周辺視に適応した知覚を構成していることを示唆している。このように、周辺視には低次な生理学的制約のほかに、オブジェクト認知などに関わる高次な情報処理が知覚に関与している。

3. 周辺視野における高次視覚

視知覚研究において、低次・高次視覚とは、その使われる文脈によって異なる情報処理を示し、しばしば明確に定義されずに使用される。高次視覚とは視覚短期記憶やオブジェクト認知などを指すが、本稿では、高次視覚の中でも特に複雑な視覚オブジェクトの知覚、景観知覚にかかわる情報処理に注目し、その周辺視特性について述べる。

3.1.1 crowding

周辺視野に呈示されたアルファベットを同定する際、標的とするアルファベットの周囲に別のアルファベットを呈示した場合に、標的の同定成績は単独で呈示した場合と比較して低下する (Bouma, 1970)。この現象を **crowding** と呼ぶ。**crowding** は、一般的に視覚的弁別における近傍の輪郭による有害な影響と定義され (Levi, 2008)、アルファベットのほかにランドルト環などの単純な刺激を用いて検討されてきた。**crowding** は周辺視におけるオブジェクト認知のボトルネックであること、中心視と周辺視で異なる特性を持つことから、周辺視の高次視覚特性を検討するうえで注目される現象である。中心視では、**crowding** は標的とフランカー刺激の距離が非常に小さい場合にのみ生じ

るか、または全く生じない (Flom et al., 1963 a; Toet & Levi, 1992)。一方、周辺視においては、crowding は偏心度に比例して増大し、標的とフランカー刺激の距離が注視位置から偏心度 (eccentricity) の 0.5 倍まで生じる (Bouma, 1970)。また、標的の大きさにはほとんど影響を受けない (Levi et al., 2002)。さらに、刺激の呈示視野によってその効果は均等ではない (Toet & Levi, 1992)。

周辺視における crowding については系統的な検討がなされており、その特性については多くのことが明らかとなっている (詳細は Levi, 2008 を参照)。しかしその一方で、一連の研究で用いられた刺激のほとんどが単純な視覚特徴やアルファベットなどであるため、高次視覚との関わりについての知見は少ない (Louie, Bresser & Whitney, 2007)。VanRullen, Reddy, & Li (2005) は、様々なオブジェクトを刺激に用いた弁別課題を実施し、高次オブジェクトの crowding についてのいくつかの知見を示した。彼らの実験では、瞬間呈示される 2 つの刺激の弁別課題において、その刺激の種類と刺激間の距離を操作した。刺激は単純特徴 (T または L / カラーディスク)、高次オブジェクト (顔刺激 / 自然画像) であり、モニタ上に刺激間距離を視角 3° 、あるいは 8° で同時呈示した場合の弁別成績を比較した。この結果、単純特徴の弁別成績は低く、刺激間の距離は弁別成績とは独立であることが示されたが、高次オブジェクトの弁別成績は刺激間の距離に依存した。即ち、刺激間の距離が離れていた場合は刺激を単独呈示した場合に近い成績が得られた一方、刺激間の距離が近かった場合は干渉が生じた。VanRullen らはこの結果と一連の研究成果から、自然画像や親近性の高い高次オブジェクトの処理には視覚的注意を必要としないが、視覚実験でよく用いられる任意の低次オブジェクトの処理には焦点的注意が向けられる必要があると主張した。

しかし、これまでの低次特徴やアルファベットを刺激とした研究から crowding に視覚的注意が影響することを示す根拠はほとんどない (Levi, 2008)。その一方で Reddy & VanRullen (2007) は、オブジェクト認知には視覚的注意が必要であると考えられる古典的な注意理論に基づき、crowding 事態における焦

点的注意は刺激間の競合の解決、および注意の向けられた空間に対する情報処理という2つの役割を担うことを示している。これらの知見や、中心視に注意を向けた状態で呈示された周辺視刺激で周辺視刺激間の距離がカテゴリ化成績に影響を及ぼすこと (VanRullen, Reddy & Li, 2005) などから、周辺視野におけるオブジェクト処理には刺激依存で異なる処理システムが関与すると考えられる。刺激の違いによる研究間の齟齬については、実験課題 (同定か変化検出か)、刺激 (低次特徴か高次オブジェクトか) などの要因が複雑に絡んでいるため容易に解決することはできない。しかし、刺激が高次オブジェクトか否かで焦点的注意が crowding に影響するか否かが決定されるのであれば、腹側経路のオブジェクト領域における処理の差異によって得られた結果であるのかもしれない。高次オブジェクトにおける crowding の知見は、呈示視野の狭さから視野全般に一般化することはできないものの、周辺視における高次オブジェクト表象の複数性と偏心度、刺激呈示位置の関連を示す上で重要である。

3.1.2 遠周辺視における高次視覚カテゴリ化

Thorpe, Gegenfurtner, Fabre-Thorpe, and Bulthoff (2001) は、初めて遠周辺視野を含む周辺視における高次視覚の可能性を示した。彼らの実験では、中心視から偏心度 60 度までの視野に自然景観画像を 27 ms というごく短時間呈示し、呈示された画像に動物が含まれるか否かの判断を被験者に課した。実験の結果、中心視野で最も正答率が高く、反応時間が早かった。また、偏心度の増大に伴って正答率の低下、反応時間の増大が見られたものの、偏心度 60 度においてもチャンスレベル以上の正答率が得られた。この結果は、解像度の低い周辺視野の情報から、複雑な情報を含む自然画像の内容を瞬時に把握可能であることを示している。

このような周辺視における超高速視覚カテゴリ化 (ultra-rapid visual categorization) について、Thorpe, et al (2001) 以外は報告がないため、その特性については不明な点が多い。その一方、中心視、もしくは注視位置に刺激を呈示した場合の超高速視覚カテゴリ化についてはいくつかの知見があり、その

特性の一端が示されている。例えば、色情報はカテゴリ化成績に影響しない (Delorme, Richard, Fabre-Thorpe, 2000), 同時に複数の刺激を呈示した場合でも, 1個の場合と同様のカテゴリ化が可能である (Rousselet, Fabre-Thorpe & Thorpe, 2002; Yamamoto & Yagi, 2005), 一瞥でオブジェクト段階, 景観段階の情報が知覚される (Li, Iyer, Koch & Perona, 2007) ことなどが報告されている。これらの知見から, 超高速視覚カテゴリ化の特性として, 視覚刺激の全体的情報だけでなく, 局所的なオブジェクト情報の抽出も瞬時に可能であることがわかる。最近の研究から, IT 皮質 (inferotemporal cortex) における高次オブジェクト表象の複数性が示されていることも, 詳細なオブジェクト情報が瞬時に複数抽出できる可能性を支持している (Rousselet, Thorpe & Fabre-Thorpe, 2004 b)。また, 超高速視覚カテゴリ化はマゲノ系のフィードフォワード情報が主な役割を担っていることが主張されている。Alvarez, Oliva & Poggio (2007) は, 視覚皮質の腹側経路における視覚経路の階層構造をもとにした簡潔なモデルを構築し, フィードフォワード情報で自然景観画像に動物が含まれるか否かのカテゴリ化が説明可能であることを示した。一連の高次視覚カテゴリ化の研究は, その呈示時間や事象関連電位を指標とした知見 (Rousselet, Fabre-Thorpe, Thorpe, 2002) から, フィードフォワード情報によるものであることが支持される。

動物にとって, 周辺視で他の動物を検出可能であることは生存にとって大きな利点となる。Thorpe, Gegenfurtner, Fabre-Thorpe, and Bulthoff (2001) は, 動物が含まれるか否かのカテゴリ化という課題の特性上, 周辺視野における高次カテゴリ化は生物学上原始的なオブジェクト処理システムの活動の反映である可能性について言及している。この点について, VanRullen & Thorpe (2001 a, 2001 b) では, Thorpe et al. (2001) と類似した課題において, 標的が乗り物である場合においても, 標的が動物である場合と同程度の速度, 精度で反応が可能であることを示している。この結果から, 動物のみならず人工物であっても, 瞬時に複雑な視覚オブジェクトのカテゴリ情報を抽出することが可能であることがわかる。しかし, VanRullen らの研究は中心視課題であ

ったために、周辺視で同様のカテゴリ化が可能であるかについては更なる検討が必要である。

3. 1. 3 焦点的注意を必要としない周辺視での高次カテゴリ化

上述の超高速視覚カテゴリ化について、Li, VanRullen, Koch and Perona (2002) は視覚的注意と周辺視知覚について直接的な検討を実施した。彼女らの研究では、焦点的注意が必要な課題を中心視で遂行中、周中心窩 (perifovea) に瞬間的に呈示された刺激をカテゴリ化することが可能であることを示した。彼女らの実験では、周中心窩に呈示する刺激がアルファベットやカラーディスクであった場合には二重課題ではカテゴリ化が不可能であった一方、自然画像を刺激として用いた場合には周辺視野単独の場合と同等の成績が中心視と周辺視の二重課題事態でも得られた。この結果は、中心視に焦点的注意が向けられている場合であっても周辺視から高次の視覚情報を得ることが可能であることを示している。二重課題事態における周辺視知覚の特性について、動物が含まれるか否かのみならず、顔刺激の男女弁別が可能であることから (Reddy, Wilken & Koch, 2004)、カテゴリ化において基本レベルカテゴリ以上に詳細な情報を得ることができると分かる。また、VanRullen, Reddy and Li (2005) は、二重課題事態において、周辺視刺激が高次オブジェクトの場合、呈示される刺激間の距離が近いと干渉が生じ、周辺視課題の成績が低下することを示した。この結果は高次オブジェクトの crowding に焦点的注意が関与しない可能性を示している。

一連の焦点的注意を必要としない高次カテゴリ化の研究は、先に述べた超高速カテゴリ化の知見とのいくつかの類似点が見られる。例えば、カテゴリ化可能な周辺刺激が自然画像や日常的なオブジェクトであること、事前のトレーニングは成績に影響しないこと (Li, VanRullen, Koch & Perona, 2005)、周辺課題が複数であっても成績は低下しないこと (Li et al., 2005; Rousselet, Fabre-Thorpe & Thorpe, 2002)、などが挙げられる。これらの知見から、刺激の親近性・有意味性が、中心視と周辺視の二重課題事態の知覚において注意

要求を規定する重要な要因であることがわかる。

3.2 周辺視特性の系統的研究の必要性

ここまで、周辺視における高次視覚にかかわる3つの現象について、その知見を概観した。これらは周辺視における高次視覚の特性の一端を示すものであり、周辺視特性を研究する上で重要な知見である。周辺視における高次視覚カテゴリ化は、中心視での詳細な情報処理中であっても周辺視情報から大まかな情報を抽出し、その解釈が可能であることを示している。また、周辺視における高次オブジェクトの **crowding** は周辺視におけるオブジェクト表象の複数性、視野内オブジェクトの表象特性の一端を示している。しかし、周辺視野における高次視覚を理解するためには、これらの知見を元にした系統的な検討が求められる。そのためには、周辺視機能の低次要因を統制した上で、これまでに得られた高次視覚の知見と視野との対応関係を明確に記述することが必要となる。多くの周辺視についての研究が視角 10° 程度の範囲を対象としているため、周中心窩程度の範囲までの高次視覚については多くのことが明らかとなっている。しかし、これらの研究は中心視機能との比較に主眼を置いているため、偏心度と高次視覚特性の関係、特に遠周辺視を含む領域の視機能については明らかではない。偏心度に対応した高次視覚を標的とした研究知見をこれまでに得られた中心視・周辺視の知見と比較することで、統合的な高次視覚の理解が得られよう。

偏心度に対応した視機能について、Anstis (1974) は、アルファベットを刺激として可読文字サイズと偏心度の関係について測定を実施し、その関係性を示した。この結果、可読文字の高さの閾値は偏心度 30° までは偏心度の増大に伴って線形に増加する一方、偏心度 30° 以上になると急激に増加することを示した。また、Boucart, Fabre-Thorpe, Thorpe, Arndt, & Hache (2001) は、偏心度 30° , 60° における自然画像の再認課題を実施し、知覚プライミング、意味プライミングを測定したところ、偏心度 30° では知覚・意味プライミングの両方とも生じたが、偏心度 60° では知覚プライミングのみ

が生じた。Boucart らの結果は刺激の大きさ等の統制がなされていないため、直接的な結論を導くことはできない。また、Anstis と Boucart らの測定対象も異なるため、直接比較することはできない。しかし、Anstis (1974) の知見とあわせて視角 30° 程度の視野を境に周辺視の高次視覚の特性が異なる可能性が考慮される点については興味深い。

周辺視における高次視覚について検討する上で、刺激の統制にはいくつかの困難な問題が生じる。2.1 で述べたように、V1 では皮質拡大が生じるため、周辺視野に刺激を呈示する場合、低次要因を排除するためにその拡大率にあわせて周辺刺激の大きさを統制しなくてはならない。例えば、顔刺激に選択的に反応する事象関連電位の N170 成分は、刺激呈示位置が中心窩から離れるとともに振幅が減衰する。この現象において、偏心度の増大に伴う N170 振幅の減衰は中心視野刺激に特化したオブジェクト選択性の皮質領域 (Levy, et al., 2001; Hasson, et al., 2002) が関与すると考えられてきた。しかし、Rousselet et al. (2005) は、網膜像の情報量が N170 成分に及ぼす影響に着目し、皮質拡大を考慮した上で視野によって異なる大きさで顔刺激を呈示したときの N170 成分を測定したところ、偏心度に対応した振幅の現象は確認されず、低次要因が主に関わる現象であることが示された。このように、低次要因の統制の有無で異なる結論が導かれる場合もある。しかし、皮質拡大を統制することは V1 までの生理学的要因を排除するために有効な手段である一方、オブジェクト表象の位置依存性 (Kravitz, Vinson & Baker, 2008) や大きさ依存性 (Konkle & Oliva, 2007) といった比較的高次の領域が関与する新たな問題を生じるため、偏心度と高次視覚特性についての結論を導くことは容易ではない。これらの問題を解決するためには、様々な視覚オブジェクトの特性と周辺視機能についての精神物理学的知見を重ねることが必要となる。

4. まとめ

本稿では周辺視における高次視覚に関わる三つの現象を取り上げ、それぞれ

の知見について個別に検討を行ってきた。しかし、各々の現象は周辺視野における高次視覚という観点では密接に関連しており、各現象に関わるシステムについてもいくつかの共通点を見出すことができる。ゆえに、各現象を研究対象として個別に扱うのではなく、各々の知見を総合的に扱うことで、周辺視機能について系統的な検討を行うことが望まれる。

本稿で述べた、周辺視野における高次視覚が実際にどの程度我々の日常的な視覚に寄与しているのかについては、これからの研究課題である。詳細な視知覚は中心視が担っており、周辺視は全体的情報の取得や変化検出といった、詳細さを欠いた情報処理を担っていることは明らかである。中心視優位の観点に基づいて周辺視野の高次視覚の可能性について考えた場合、周辺視の高次視覚が生かされる条件は極めて限定的であり、限られた条件においてのみ周辺視の高次視覚が有用であろう。日常的な視覚における周辺視の役割については、本稿では触れていない周辺視野における高次視覚の時間的特性や眼球運動との関連、中心視との相互作用など、検討しなければならない問題は山積している。しかし、本稿で示した周辺視特性は、限定的な条件下であったとしても、中心視とは別に、周辺視がもうひとつの高次視覚を担っている可能性を十分に示している。

周辺視野における高次視覚は、我々の視覚的関心が集中する中心視の外で生じる現象である。これは即ち、我々が日常的に経験する豊富な視覚体験や視覚意識 (visual awareness) に周辺視における高次視覚が直接的に関与している可能性を示唆している。周辺視野における高次視覚の解明は今後の視覚研究における重要なテーマであり、その発展が期待される。

References

- Anstis, S. M. (1981). A chart demonstrating variations in acuity with retinal position. *Vision Research*, 14, 589–592.
- Banks, M. S., Sekuler, A. B., & Anderson, S. J. (1991). Peripheral spatial vision: Limits imposed by optics, photoreceptors, and receptor pooling. *Journal of Optical Society of America*, 8(11), 1775–1787.

- Boucart, M., Fabre-Thorpe, M., Thorpe, S. J., Arndt, C., & Hache, J. C. (2001). Covert object recognition at large visual eccentricity. *Journal of Vision*, 1(3), 471.
- Bouma, H. (1970). Interaction effects in parafoveal letter recognition. *Nature*, 226, 177–178.
- Cavanagh, P. & Holcombe, A. O. (2007). Non-retinotopic crowding. *Journal of Vision*, 7(9), 338.
- Chung, S. T. L. (2007). Learning to “uncrowd” : Does it improve reading speed? *Vision Research*, 47, 3109–3150.
- Delorme, A., Richard, G. & Fabre-Thorpe, M. (2000). Ultra-Rapid Categorisation of natural scenes does not rely on colour cues : A study in monkeys and humans. *Vision Research*, 40(16), 2187–2200.
- Fujimoto, K., & Sato, T. (2006). Backscroll illusion : Apparent motion in the background of locomotive objects. *Vision Research*, 46, 14–25.
- Fujimoto, K., & Yagi, A. (2007). Backscroll illusion in far peripheral vision. *Journal of Vision*, 7(8) 16, 1–7.
- Hasson, U., Levy, I., Behrmann, M., Hendler, T., & Malach, R. (2002). Eccentricity bias as an organizing principle for human high-order object areas. *Neuron*, 34(3), 479–490.
- 池田光男 (1975). 視覚の心理物理学. 東京：森北出版.
- Konkle, T., & Oliva, A. (2007). Normative representation of objects : evidence for an ecological bias in object perception and memory. In D. S. McNamara & J. G. Trafton (Eds.). *Proceedings of the Twenty-Nine Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 407–412, Nashville, TN : Cognitive Science Society 2007.
- Kooi, F. L., Toet, A., Tripathy, S. P., & Levi, D. M. (1994). The effect of similarity and duration on spatial interaction in peripheral vision. *Spatial Vision*, 8, 255–279.
- Kravitz, D. J., Vinson, L. D., Baker, C. I. (2008). How position dependent is visual object recognition? *Trends in Cognitive Sciences*, 12(3), 114–122.
- Levi, D. M., Hariharan, S., & Klein, S. A. (2002). Suppressive and facilitatory spatial interactions in peripheral vision : Peripheral crowding is neither size invariant nor simple contrast masking. *Journal of Vision*, 2, 167–177.
- Levi, D. M. (2008). Crowding –An essential bottleneck for object recognition : A mini-review. *Vision Research*, 48(5), 635–654.
- Levy, I., Hasson, U., Avidan, G., Hendler, T., & Malach, R. (2001). Center-

- periphery organization of human object areas. *Nature Neuroscience*, 4 (5), 533–539.
- Li, F. F., VanRullen, R., Koch, C., & Perona, P. (2002). Rapid natural scene categorization in the near absence of attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99, 9596–9601.
- Li, F. F., Vanrullen, R., Koch, C., & Perona, P. (2005). Why does natural scene categorization require little attention? Exploring attentional requirements for natural and synthetic stimuli. *Visual Cognition*, 12 (6), 893–924.
- Louie, E. G., Bressler, D. W., & Whitney, D. (2007). Holistic crowding: Selective interference between configural representations of faces in crowded scenes. *Journal of Vision*, 7 (2), 24, 1–11.
- Reddy, L., Wilken, P., & Koch, C. (2004). Face-gender discrimination is possible in the near-absence of attention. *Journal of Vision*, 4, 106–117.
- Reddy, L. & VanRullen, R. (2007). Spacing affects some but not all visual searches: implications for theories of attention and crowding. *Journal of Vision*, 7, 1–17.
- Rousselet G. A, Fabre-Thorpe M, & Thorpe S. J. (2002). Parallel processing in high-level categorization of natural images. *Nature Neuroscience*. 5 (7), 629–30.
- Rousselet, G. A., Thorpe, S. J., Fabre-Thorpe, M. (2004 a). Processing of one, two or four natural scenes in humans: the limits of parallelism. *Vision Research*, 44, 877–894.
- Rousselet, G. A., Thorpe, S. J., & Fabre-Thorpe, M. (2004 b). How parallel is visual processing in the ventral pathway? *Trends in Cognitive Sciences*, 8 (8), 363–370.
- Rousselet, G. A., Husk, J. S., Bennet, P. J., & Sekuler, A. B. (2005). Spatial scaling factors explain eccentricity effects on face ERPs. *Journal of Vision*, 5, 755–763
- Serre, T., Oliva, A., & Poggio, T. (2007). A feed-forward architecture accounts for rapid categorization. *Proceedings of National Academy of Science*, 104 (15), 6424–6429.
- Thorpe, S. J., Gegenfurtner, K. R., Fabre-Thorpe, M., & Bulthoff, H. H (2001). Detection of animals in natural images using far peripheral vision. *European Journal of Neuroscience*, 14, 869–876.
- Toet, A., & Levi, D. M. (1992). The two-dimensional shape of spatial interaction zones in the parafovea. *Vision Research*, 32, 1349–1357.

- VanRullen, R. & Thorpe, S. J. (2001 a) The time course of visual processing : from early perception to decision making. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13, 454-461.
- VanRullen, R. & Thorpe, S. J. (2001 b) Is it a bird? Is it a plane? Ultra-rapid categorisation of natural and artifactual objects. *Perception*, 30, 655-668.
- VanRullen, R., Reddy, L., Li, F. F. (2005). Binding is a local problem for natural objects and scenes. *Vision Research*, 45 (25-26), 3133-3144.
- Yamamoto, N. & Yagi, A. (2005). Categorical relationship of objects influences visual working memory. *Proceedings of 4th International Conference on Entertainment Computing*, 17-20.

——山本直樹 大学院文学研究科研究員——

——八木昭宏 文学部教授——