

加齢が左右視野への注意定位に与える影響¹

——視覚統計学習を用いた検討——

加藤 公子² 吉崎 一人 愛知淑徳大学

Effect of aging on attention to the lateral visual field: The use of a visual statistical learning paradigm

Kimiko Kato and Kazuhito Yoshizaki (Aichi Shukutoku University)

We investigated characteristics of spatial attentional bias in the elderly with the use of a visual statistical learning paradigm. Triplets consisting of pictures that appeared in the same consecutive order were simultaneously presented to the left (LVF) and right visual-field (RVF) across a center fixation point. In the learning phase, both younger ($N = 40$) and older ($N = 40$) adults were instructed to attend to either the LVF or RVF and to perform a 1-back task on the visual-field. The test phase was conducted immediately after the learning phase. Implicit memory for the sequential order of the triplets was tested using a speed detection task. Younger adults showed visual statistical learning for both the attended and unattended triplets. The elderly who directed attention towards the LVF showed visual statistical learning not for the attended triplets presented in the LVF, but rather the unattended triplets presented in the RVF. These findings suggest that the elderly show a stronger visuospatial attention bias to the right visual-field, with a decline in executive function compared to younger adults.

Key words: visuospatial attention, age-related change, visual statistical learning.

The Japanese Journal of Psychology

2016, Vol. 87, No. 4, pp. 421–427

J-STAGE Advanced published date: July 9, 2016, doi.org/10.4992/jjpsy.87.15321

視空間に存在する多数の情報から特定の情報を選択するには注意制御が重要な役割を果たす。注意制御は2つのタイプに分けられる。1つは、与えられた課題に基づく観察者の意図が介在する注意制御であるトップダウン制御、もう1つは知覚刺激の物理的な特徴によって誘導されるボトムアップ制御である。これら2つの注意制御機構が相補的に働くことにより円滑な情報処理が行われる。しかし、加齢変化はこの均衡を崩す可能性がある。

Gazzaley, Cooney, Rissman, & D'Esposito (2005) は顔写真と風景写真を交互に呈示し、顔を覚えて風景を無視するように参加者に教示した。この課題を遂行中の脳活動を記録すると、風景の処理に関わる海馬傍回

(Epstein & Kanwisher, 1998) の活動が若年者では観察されず、高齢者でのみ観察された。さらに、ワーキングメモリの成績は若年者よりも高齢者で低かった。これらの結果を総合し、Gazzaley et al. (2005) は、課題無関連な無視すべき刺激の抑制ができないためにワーキングメモリ成績が低下したと考えた。West (1996) の加齢の前頭葉仮説によれば、前頭葉、特に前頭前野の加齢変化に伴い、実行機能は低下するとされる。この考えに基づけば、Gazzaley et al. (2005) で確認された高齢者の結果は、前頭前野が関与するトップダウンの注意制御機能が加齢に伴って低下し、抑制が十分に働かなかったためと解釈できる。

一方、視空間に注意を定位する機能も重要な注意制御の1つである。この視空間注意もまた年齢とともに減弱することが明らかになっている (Curran, Hills, Patterson, & Strauss, 2000; Kok, 2000)。視空間注意には半球優位性があると報告されている。PET 研究 (Corbetta, Miezin, Shulman, & Petersen, 1993) や TMS 研究のレビュー (Duecker & Sack, 2015) は、右半球は左右両視野空間への注意をコントロールするのに対し、左半球は右視野空間への注意に関わることを示し

Correspondence concerning this article should be sent to: Kimiko Kato, Department of Psychology, Aichi Shukutoku University, Katahira, Nagakute 480-1197, Japan. (E-mail: kimi@asu.aasa.ac.jp)

¹ 本研究は、平成 26 年度愛知淑徳大学研究助成 (代表者: 加藤 公子) の助成を受けた。

² 若年者データの収集には、愛知淑徳大学大学院 渡辺 友里菜氏の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

た。これらは視空間注意における右半球優位性を示唆する。臨床場面で使用される線分二等分課題を健常者に実施した場合に見られる擬似的半側無視“pseudoneglect”は、視空間注意の右半球優位性から説明される。これは紙に描かれた水平線分の中心点をマークしてもらう課題で、健常成人の場合、主観的中心点は実際よりも僅かに左側に偏る。視空間注意制御の右半球優位性から課題遂行中に右半球が活性化し対側空間（左空間）への注意が増大するために生じるのである（Kinsbourne, 1993; Thiebaut de Schotten et al., 2011）。この線分二等分課題における左方向への注意バイアスは、年齢とともに減少し、右方向へのバイアスに移行する（Fujii, Fukatsu, Yamadori, & Kimura, 1995）。近年、この注意バイアスの加齢変化は、コンピュータ上に呈示される水平線分の目印が、線分の中心であるかを判断するランドマーク課題からも確認されている（Benwell, Thut, Grant, & Harvey, 2014）。参加者は瞬間呈示された線分の目印が左側あるいは右側に偏っているのかを判断する。若年者の結果は、主観的な中心点が実際よりも左方向へ偏ることを示し、擬似的半側無視の現象と整合した。一方、高齢者の結果からは主観的中心点が実際よりも右方向に偏っていることが示された。この高齢者の結果は注意処理に対する右半球優位性の減弱を反映すると解釈された。つまり、左半球が右半球機能を補償したことで、右方向へのバイアスが生じたと考える。

注意バイアスの制御には前頭前野の機能が関与すると示唆される。Takio, Koivisto, & Hämäläinen (2014) は発達段階に応じた注意バイアスの変化を提唱している。前頭前野の発達に応じて成熟する実行機能は青年期において最良の状態にある。したがって、青年期は左右視野間の空間注意バイアスを低減させられる。一方、前頭前野の加齢変化により実行機能が低下した高齢者は注意制御が困難で、右視野への空間バイアスが顕著に出現すると考えられている。この示唆を踏まえると、高齢者が教示に基づいて選択的に左視野に注意を方向づけていたとしても、右視野にある対象を捉える可能性が考えられる。

加齢に伴って右視野空間へ注意バイアスが生じるとの見解は一貫している（Benwell et al., 2014; Fujii et al., 1995; Takio et al., 2014）。そうした高齢者における空間的注意のバイアスは認知機能に影響を与える。Nagamatsu, Carolan, Liu-Ambrose, & Handy (2011) は、ポズナータイプの視覚手がかり法を用いて知覚レベルでこれを示した。一致条件、不一致条件ともに左視野にターゲットが呈示された時、右視野に呈示された時に比べて検出が遅くなる。つまり、右方向への視空間注意バイアスが顕著に見られることが示された。このような知覚レベルでの影響だけでなく、より高次の記憶や学習においても注意バイアスの影響が予測でき

る。記憶の中でも潜在記憶は加齢変化が小さいが（Java & Gardiner, 1991）、記銘材料への注意の向け方がその学習に影響すると推測できる。例えば、右視野空間へのバイアスが起るならば、視野空間の中で左側よりも右側にある情報の方がより潜在的な学習が生じやすいと予想できる。本研究はこの点を探るために、左右視野に呈示された情報に対する視覚統計学習について検討する。

環境における系列順序を潜在的に学習するメカニズムは視覚統計学習と呼ばれ（Kim, Seitz, Feenstra, & Shams, 2009）、単に繰り返し刺激に接するだけで、刺激呈示順序の規則性を学習することができる。視覚統計学習のパラダイムは、学習段階とテスト段階により構成される。3つの異なる刺激から成る三つ組みを用意し、学習段階ではそれらを常に一定の順序でモニターに高速で繰り返し呈示する。この段階において、三つ組みの呈示系列順序を潜在的に学習することとなる。続くテスト段階において、学習段階で呈示された三つ組みを、学習段階と同一の順序で高速呈示し、再認テストにかかる反応時間から視覚統計学習が成立したかどうかを検討する。もし、視覚統計学習が成立しているならば、三つ組みの最初の刺激が呈示されると次に呈示される刺激がプライムされると考える。したがって、三つ組みの中で最初に呈示された刺激より、2番目あるいは3番目に呈示された刺激でより反応時間が短くなれば、視覚統計学習が認められたと考察される。

こうした実験手続きを基盤として、視覚統計学習と選択的注意の関わりを探る研究が行われている。Turk-Browne, Jungé, & Scholl (2005) の実験3は学習段階で呈示する刺激を2色に色分けし、指定された色の線画に対してのみ1-back課題を要求した。その後、高速系列視覚呈示（rapid serial visual presentation: 以下RSVPとする）により再認テストを行った。上で示したような三つ組みの系列位置による反応時間の差異は、学習時に1-back課題が要求された色の刺激、すなわち課題関連刺激に対して認められ、1-back課題が要求されなかった色の刺激、すなわち課題無関連刺激に対しては認められなかった。つまり、視覚統計学習は選択的に注意が方向づけられた刺激に対してのみ生じることが示された。同様の手続きを用いた加齢研究（Campbell, Zimmerman, Healey, Lee, & Hasher, 2012）では、若年者は課題関連刺激においてのみ視覚統計学習が成立したが、高齢者は若年者とは異なる傾向を示した。高齢者は課題関連刺激および課題無関連刺激ともに学習が成立したのである。Campbell et al. (2012) はこの結果に対して高齢者の抑制機能低下が関与すると報告しており、加齢に伴う注意制御機能の低下を示唆した。

本研究はこれらの知見に基づいて高齢者の注意バイ

アスに焦点をあてる。学習段階では刺激を左右視野に同時に呈示し、参加者には左右どちらか一方の視野に注意を向けるよう教示する。注意を右視野に方向づけた場合、右視野に呈示された刺激は注意刺激、左視野に呈示された刺激は非注意刺激となる。同様に、注意を左視野に方向づけた場合、注意刺激は左視野呈示刺激、非注意刺激は右視野呈示刺激となる。参加者の課題は注意視野に呈示される刺激に対する 1-back 課題とする。刺激は異なるものの、1つ前と同じ刺激が呈示されるタイミングは注意視野、非注意視野で同じとする。したがって、どちらの視野に注意を向けていたとしても、どちらか一方に注意が定位されていれば正解することができる。しかし、どちらか一方の視野に注意が定位されなければ正解できない。これにより、1-back 課題の成績からは左右どちらかの視野に注意が定位していたことが確認できる。その後のテストでは事前に指定されたターゲットを検出する、RSVP 課題を実施する。

本研究では以下の予測が立てられる。Takio et al. (2014) の主張に沿って、若年者は右視野への空間的注意のバイアスを制御できるのに対して、高齢者はそれが困難であると仮定する。右視野刺激が注意刺激の場合、若年者と高齢者ともに、注意刺激に対してのみ視覚統計学習が成立すると推測する。一方、左視野刺激が注意刺激の場合、若年者は右視野への空間的注意バイアスを制御することで左視野に呈示される刺激に対して選択的に注意を方向づけることが継続される。したがって、左視野刺激に対して視覚統計学習が認められると推測する。しかし、加齢変化に伴う実行機能の低下が想定される高齢者は、そうした視空間的注意のバイアスを制御することが困難であり、非注意刺激である右視野刺激に対し視覚統計学習が確認されると予測する。

方法

実験参加者 実験参加への同意書に署名した 18 歳から 31 歳（平均 21.6 歳）の若年者 40 名（男性 7 名、女性 33 名）および 63 歳から 75 歳（平均 69.7 歳）の高齢者 40 名（男性 23 名、女性 17 名）が実験に参加した。いずれの実験参加者も右手利きであった。利き手の判定は八田・中塚 (1975) の利き手テストを使用した。全参加者は裸眼もしくは矯正で正常視力を有した。若年参加者は大学生および大学院生であり、実験参加の報酬として、500 円相当分を受け取った。高齢参加者はシルバー人材センターに在籍する 60 歳以上 75 歳以下の者であった。参加条件にはテレビ視聴および歩行に問題がないことを挙げた。参加希望者には実験内容並びに同意書がセンターから事前に配付された。同意書の内容を確認し署名した者が実験に参加した。参加者にはセンターから賃金が支払われた。

高齢参加者には認知症スクリーニングテストである Mini-Mental State Examination (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975) を実施した。全参加者の得点は 25 点以上（平均 28.3/30）であり、参加者全員が認知症ではないことが確認できた。

刺激 刺激は Snodgrass & Vanderwart (1980) から選出した動物、楽器、キッチン用品、文具など、具体性をもつ線画 48 枚であった。線画の色は黒色で、大きさはオリジナルの線画を修正し、縦 8.7° × 横 8.7° に統一した。刺激は学習段階では画面中央から左右方向 9.0° の位置に、テスト段階では画面中央に呈示された。凝視点には縦 0.9° × 横 0.9° の “+” を使用した。画面の背景は白色であった。

学習段階では線画刺激 24 枚を使用した。24 枚の線画刺激は左視野に呈示する 12 枚、右視野に呈示する 12 枚に分けられた。さらに各 12 枚は同じ系列順序で呈示される 3 枚の線画から成る 4 つの学習セットに分けられた（例、左視野 ABC, DEF, GHI, JKL；右視野 MNO, PQR, STU, VWX）。セット内の呈示順序は参加者間で同一であった。左視野の三つ組みと右視野の三つ組みは対になっており、常に同じ対で呈示された（例、左-右：A-M, B-N, C-O）。1-back 課題用の刺激には学習セットとは異なる 6 枚の線画刺激を用い、各セットの間に挿入したが、これら刺激も左右視野で同じ対で呈示された（例、左-右：Y-Z, Y-Z）。テスト段階では、学習段階で呈示した 24 枚から成る三つ組み 8 セットに加え、新奇の線画刺激 18 枚から成る三つ組みを 6 セット用意した。テスト段階では学習セットの三つ組みが繰り返し呈示される。そこで呈示順序の規則性への気づきを低減させるため、新奇の刺激セットを用意した。テスト段階における 1 試行は 12 試行からなり、学習セットから選んだ 1 セットを 2 回、新奇セットから選んだ 2 セットで構成された。したがって、1 試行中の標的は 2 枚であった。

装置 刺激は PC とそれに接続された 17 インチ CRT ディスプレイ（リフレッシュレート 70 Hz）によって呈示された。反応の採取は Cedrus 社製反応キー（RB-530）によって行われた。刺激呈示の制御、反応の記録には Cedrus 社製 SuperLab (Ver. 4.52) を使用した。画面と目の距離を保つために顔面固定台を使用した。

手続き 実験は個別に実施した。実験参加者は、PC 画面と目との距離を 37 cm に保ち実験を行った。実験は学習段階とテスト段階で構成された。

学習段階では凝視点を挟んで左右同時に刺激が呈示された。実験参加者には左右どちらか指定された視野に同じ刺激が反復して呈示された時にできるだけ速く右手で反応ボタンを押す 1-back 課題を課した。また、実験参加者には対側の刺激は課題と関係がないことを伝えた。若年参加者、高齢参加者いずれも、半数 20

名は左視野、残り 20 名は右視野を指定された。指定された視野の刺激を注意刺激、それとは対側の刺激を非注意刺激とした。刺激の呈示時間は 200 ms、刺激間隔は 300 ms であった。各セットは 24 回繰り返されたが、同じセットが連続して呈示されることはなかった。1-back 課題の Hit 総数は 12 回であった。

テストは学習終了後、すぐに実施された。各試行の始めにターゲットが 3 秒間呈示され、実験参加者にはそれを覚えるよう要求した。ターゲットとなる刺激は学習時に注意刺激あるいは非注意刺激として呈示された三つ組みの中から 1 つが選ばれた。500 ms の凝視点の後、12 枚の刺激が 1 枚ずつ画面中央に呈示された。実験参加者の課題は、ターゲットと同じ刺激が呈示されたらできるだけ速く右手でボタンを押すことであった。各刺激の呈示時間および刺激間隔はいずれも 400 ms であった。参加者の反応は各刺激呈示から最大 800 ms まで記録された。テストは注意刺激をターゲットとした 12 試行、非注意刺激をターゲットとした 12 試行の計 24 試行を 2 回繰り返し、合計 48 試行を実施した。検出すべき刺激は 1 試行中に 2 回呈示された。ターゲットはセット内の第 1、第 2、第 3 の系列位置から同確率で呈示された。

学習、テストとも、練習は行わなかった。教示において課題内容を十分理解していることを確認し、実験を実施した。実験終了後、実験目的（刺激呈示順序の規則性学習の検討）を口頭並びにデブリーフィング用紙で伝えた上で、刺激呈示順序の規則性について気づいたかを尋ねた。いずれの参加者も規則性には気づいていなかった。

分析 学習段階における 1-back 課題は、Hit 率および Hit に要した反応時間に対して年齢群（若年群・高齢群：参加者間）×注意視野（左視野注意群・右視野注意群：参加者間）の 2 要因分散分析を行った。テスト段階のターゲット検出課題において、150 ms 以下の尚早反応試行は誤答とした。そうした試行は若年群、高齢群ともにそれぞれ 1 試行（各年齢群総試行あたり 0.04 % 以下）であった。正答に要した反応時間を用いて、年齢群（若年群・高齢群：参加者間）×注意視野（左視野注意群・右視野注意群：参加者間）×刺激（注意・非注意：参加者内）×系列位置（系列 1・系列 2・系列 3：参加者内）の 4 要因混合分散分析を行った。その後仮説を検討するために、年齢群別に 3 要因の分散分析を実施した。視覚統計学習の生起に関連する系列位置間の比較には Tukey の HSD 検定を用いた。また、ターゲット検出ができなかった試行を誤答として誤答率を算出し、反応時間と同一の分析を行った。

結果

学習段階 1-back 課題の Hit 率が平均の 1SD 以下であった高齢者 7 名は分析から除外した。したがって、

高齢者の分析対象者は、注意視野が左視野である 15 名、右視野である 18 名の計 33 名となった。Hit 率を使って分散分析を行った結果、年齢群に有意な主効果が認められ ($F(1, 69) = 10.26, p = .002, \eta_p^2 = .13$)、高齢者 (75 %) は若年者 (85 %) よりも課題成績が低かった。その他の主効果並びに交互作用は認められなかった ($F_s < 0.41, p_s > .522$)。反応時間の分散分析の結果は、いずれの主効果および交互作用も認められなかった ($F_s < 1.54, p_s > .220$)。

テスト段階 正答に要した反応時間に対して分散分析を行った結果、4 要因の交互作用に有意傾向が認められた ($F(2, 138) = 2.49, p = .086, \eta_p^2 = .03$)³。これらの結果を Figure 1 に示す。若年群と高齢群との差異を明確に探るため、年齢群ごとに注意視野×刺激×系列位置の 3 要因混合分散分析を実施した⁴。

若年群においては、系列位置の主効果が認められ ($F(2, 76) = 6.79, p = .002, \eta_p^2 = .15$)、系列 1 (388 ms) よりも系列 2 (380 ms)、および系列 3 (377 ms) で反応時間が短くなることが示された ($p < .05$)。系列 2 と系列 3 に差は認められなかった。その他の主効果および交互作用はいずれも認められなかった ($F_s < 2.78, p_s > .104$)。まとめると、注意視野条件にかかわらず、注意刺激並びに非注意刺激に対する統計学習が確認された。

高齢群の分析では、系列位置の主効果に有意傾向がみられ ($F(2, 62) = 2.72, p = .074, \eta_p^2 = .08$)、さらに 3 要因の交互作用が認められた ($F(2, 62) = 5.40, p = .007, \eta_p^2 = .15$)。左視野注意群における注意刺激では系列位置条件間に差がなく、非注意刺激 ($F(2, 124) = 4.42, p = .014, \eta_p^2 = .07$) では、系列 1 (427 ms) よりも系列 3 (409 ms) で反応時間が短かった ($p < .05$)。右視野注意群における注意刺激 ($F(2, 124) = 5.21, p = .007, \eta_p^2 = .08$) では、系列 1 (405 ms) よりも系列 3 (392 ms) ($p < .10$)、系列 2 (411 ms) よりも系列 3 ($p < .05$) で反応時間が短くなった。系列 1 と系列 2 に差はなかった。また、非注意刺激では系列位置条件間に差が認められなかった。その他の主効果および交互作用は認められなかった ($F_s < 2.73, p_s > .109$)。まとめると、左視野注意群においては非注意刺激（右視野刺激）に対してのみ、右視野注意群においては注意刺激（右視野刺激）に対してのみ、統計学習が確認された。

誤答率について 4 要因混合分散分析を行ったが、有

³ 年齢群間で男女比に違いがあったため、性を要因とした 5 要因の分散分析を反応時間を使って実施したが、性が関連する交互作用はすべて有意ではなかった ($F_s < 2.320, p > .103$)。したがって、以下の分析では性の要因を除外した。

⁴ 視覚統計学習の年齢による差を扱った先行研究 (Campbell et al., 2012) の分析手続きに従った。

意な交互作用は認められなかった ($F(2, 138) = 1.20, p = .306, \eta_p^2 = .02$)。続いて、反応時間と同様に年齢群ごとに注意視野×刺激×系列位置の3要因混合分散分析を行った。若年群では系列位置の主効果だけが認められ ($F(2, 76) = 6.61, p = .002, \eta_p^2 = .15$)、誤答率は系列1 (12.6%) よりも系列2 (9.1%)、系列3 (9.1%) で低くなることが示された ($p < .01$)。その他の主効果並びに交互作用は認められなかった ($F_s < 0.82, p_s > .443$)。高齢群では注意視野×系列位置の交互作用に有意傾向が認められ ($F(2, 62) = 2.65, p = .078, \eta_p^2 = .08$)、系列2では左視野注意群 (8.1%) よりも右視野注意群 (13.7%) で誤答率が高くなった ($F(1, 93) = 5.61, p = .020, \eta_p^2 = .06$)。系列1および系列3ではそのような差異は認められなかった ($F_s < 0.44, p_s > .510$)。また、その他の主効果および交互作用は認められなかった ($F_s < 0.85, p_s > .373$)。

考察

本研究の目的は視空間的注意バイアスに基づく注意制御の加齢変化を検討することであった。

学習段階の実験手続きにおいて、ボタン押し反応を要求するタイミングは、注意視野、非注意視野とも同じであった。つまり、どちらの視野に注目していても1-back 課題は正解することとなるが、左視野あるいは

右視野のどちらか一方に注意を定位しなければ正しく反応できない。1-back 課題の成績が若年群よりも高齢群で低くなったという結果の説明には2つの可能性が挙げられる。1つはワーキングメモリ機能の加齢に伴う低下で、2つ目は高齢者の注意定位の困難さである。しかし、1-back 課題では正答率に年齢差がないとした報告 (Mattay et al., 2006) を鑑みると、後者の可能性の方が高いだろう。本実験手続きでは、どちらの視野に注意を持続しても1-back 課題を遂行できるように設定したため、参加者が教示した注意視野に注意を向けていたかは確認できない。しかしながら、この結果はトップダウン視空間注意制御の加齢による減弱を示唆する。

若年群ではターゲット検出における反応時間および誤答率から視覚統計学習の成立が確認されたものの、注意刺激、非注意刺激による差は認められなかった。本研究は注意刺激に対してのみ視覚統計学習が成立するとした報告 (Campbell et al., 2012; Turk-Browne et al., 2005) とは異なる結果を示した。しかしその一方で、注意、非注意刺激に対して視覚統計学習を確認した Musz, Weber, & Thompson-Schill (2015) を支持する。Musz et al. (2015) は、画面中央1箇所につき1つずつ呈示された刺激のうち指定された色の刺激のみに注目するように教示された事態で、指定されていない色の刺

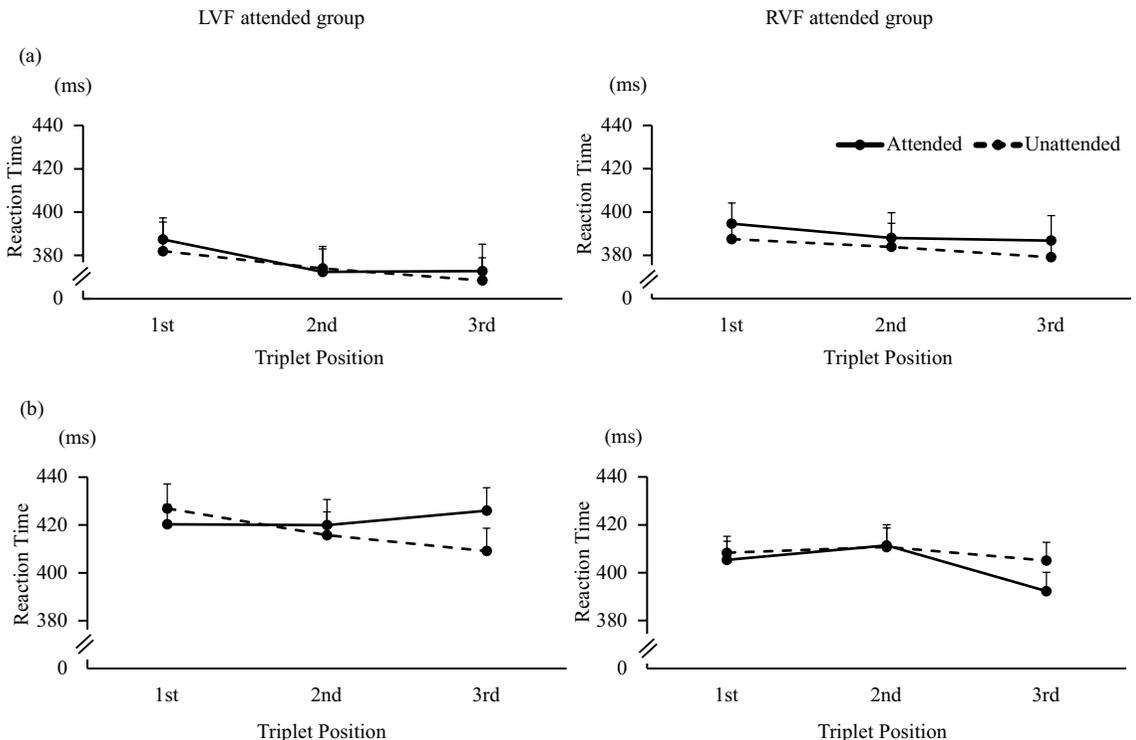


Figure 1. Average reaction time on the target detection task for younger (a) and older adults (b). Bars represent the standard error.

激においても視覚統計学習が成立することを示した。本研究は、注目する呈示視野を指定することで注意操作をしたが、この手続きであっても、同時に呈示される非注意刺激の視覚統計学習成立を示す証拠を提供した。Takio et al. (2014) が提唱するように、成熟した中央実行機能を有する若年者は、右視野に偏りがちな注意を調整し、両視野に注意を均等に配分できたと考えられる。したがって、若年者は注意視野に注意を定位しつつも、非注意視野に呈示される刺激の処理が可能であったと推察される。

若年者の結果は処理資源の観点からも考察できるだろう。1-back 課題は直前の刺激と現刺激との照合であるため、課題負荷は低いと考えられる。若年者にとって 1-back 課題は単純な課題であり、課題遂行に要する処理資源量は少なく済むため余剰が出たと推察できる。その余った処理資源が非注意刺激視野側にも配分され、注意刺激と同様に系列順序を学習したとも考えられる。この考えは、若年者の処理資源が潤沢であることを基礎に置く。処理容量低下仮説 (Crain & Byrd, 1982) によれば、高齢者は若年者に比べて認知課題処理に必要な処理資源が低下する。処理資源容量の少ない高齢者の反応時間の結果をみると、視覚統計学習に注意視野の影響が認められた。左視野注意群においては注意刺激ではなく非注意刺激、すなわち右視野呈示刺激に対して視覚統計学習が成立した。一方、右視野注意群においては注意刺激、すなわち右視野呈示刺激でのみ系列位置の効果が確認された。誤答率は刺激系列の 2 番目で左視野注意群よりも右視野注意群で高いことを示したが、そこに刺激条件が関係した効果は認められなかった。視空間注意の定位に関連する効果の検出には誤答率よりも反応時間の方がより鋭敏であるのかもしれない。

1-back 課題は簡単な課題ではあるが、課題遂行中の若年者と高齢者の脳活動を比べると、高齢者の方が活性化の範囲が広く、また強く活性化することが報告されている (Mattay et al., 2006)。つまり、1-back 課題の遂行において高齢者は若年者よりも多くの処理資源を使用すると推測できる。また、本実験課題では教示に沿った視空間注意制御も必要となる。高齢者は右空間へのバイアスがあるため (Takio et al., 2014)、右視野空間への注意定位は容易であり、処理資源の消費は抑えられる。したがって、その位置での系列学習は可能であったと考えられる。一方、左視野空間への注意定位は右への不随意的注意バイアスを制御しなければならない。そのため処理資源の消費は増大するだろう。注意バイアスの制御に処理資源が使用されると、処理容量が低下している高齢者 (Crain & Byrd, 1982) にとって余剰は少なくなる。その余剰は左視野刺激に対する視覚統計学習を成立させるには不十分であったと考えられる。

不必要な情報の抑制には注意制御機能が関与する (Hasher & Zacks, 1988; Lusting, Hasher, & Tonev, 2001; Lusting, Hasher, & Zacks, 2007)。Hasher & Zacks (1988) によれば、高齢者の認知課題成績の低下は課題無関連情報に対する注意制御の低下に由来するとされる。つまり、高齢者は課題無関連刺激を抑制できないため、課題関連刺激と同様に課題無関連刺激の処理を行い、結果として処理能力が低下する。Campbell et al. (2012) はこの抑制機能低下仮説に基づき結果を解釈している。すなわち、Campbell et al. (2012) は、高齢者が課題関連 (注意) 刺激のみならず、課題無関連 (非注意) 刺激に対しても視覚統計学習が成立したことを抑制機能が低下しているためと考察した。しかし、本研究における高齢者の結果は、抑制機能低下の観点からだけでは説明しがたい。左視野注意群では、抑制すべき非注意刺激、すなわち右視野呈示刺激に対して視覚統計学習が認められた。この結果は抑制機能低下仮説を支持する。しかし、右視野注意群では、注意刺激に対して視覚統計学習が認められ、非注意刺激に対しては認められなかった。つまり、右視野注意群では課題と無関連な刺激を抑制していたと考えられる。

右視野注意群で抑制が可能となった背景には、右視野空間への注意バイアスがあるだろう。注意が向きやすい方向に呈示される刺激が課題関連刺激であれば、それを処理することは容易であり、処理資源の消費は少なくなる。余剰は対側の課題無関連刺激に配分できるため、その刺激の抑制を可能にする。左視野注意群で抑制が十分に働かなかった一因にも右方向への注意バイアスが挙げられる。注意バイアスに逆らって左視野空間に注意を定位する場合、不随意的右方向への注意バイアスを抑制する必要があるが、上述のように 1-back 課題遂行にも処理資源を要する。注意バイアスに逆らい、且つワーキングメモリ課題を遂行するには処理資源が不足していたとも考えられる。

本研究は視空間注意バイアスに基づく注意制御の加齢変化を調べることを目的とした。高齢者はトップダウンの視空間注意制御が崩れ、右視野への注意バイアスが出現することが示唆された。高齢者の注意制御についてはこれまで抑制機能の観点から考察されることが多かった。しかし、複雑な注意制御機能を明らかにするためには、本研究が主眼を置いた注意バイアスの観点、さらには処理資源の視点も加えた包括的な議論がなされるべきであろう。本研究は、加齢に伴う注意制御機能の変化を多側面から捉える方法を示すものである。

引用文献

- Benwell, C. S. Y., Thut, G., Grant, A., & Harvey, M. (2014). A rightward shift in the visuospatial attention vector

- with healthy aging. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6 (113), 1–11. doi: 10.3389/fnagi.2014.00113
- Campbell, K. L., Zimmerman, S., Healey, M. K., Lee, M. M., & Hasher, L. (2012). Age differences in visual statistical learning. *Psychology and Aging*, 27, 650–656. doi: 10.1037/a0026780
- Corbetta, M., Miezin, F. M., Shulman, G. L., & Petersen, S. E. (1993). A PET study of visuospatial attention. *Journal of Neuroscience*, 13, 1202–1226.
- Craik, F. I. M., & Byrd, M. (1982). Aging and cognitive deficits: The role of attention resources. In F. I. M. Craik & S. Trehub (Eds.), *Aging and cognitive processes* (pp. 191–211). New York: Plenum Press.
- Curran, T., Hills, A., Patterson, M. B., & Strauss, M. E. (2000). Effect of aging on visuospatial attention: An ERP study. *Neuropsychologia*, 39, 288–301. doi: 10.1016/S0028-3932(00)00112-3
- Duecker, F., & Sack, A. T. (2015). The hybrid model of attentional control: New insights into hemispheric asymmetries inferred from TMS research. *Neuropsychologia*, 74, 21–29. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2014.11.023
- Epstein, R., & Kanwisher, N. (1998). A cortical representation of the local visual environment. *Nature*, 392, 598–601. doi: 10.1038/33402
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). “Minimal state”: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189–198. doi: 10.1016/0022-3956(75)90026-6
- Fujii, T., Fukatsu, R., Yamadori, A., & Kimura, I. (1995). Effect of age on the line bisection test. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 17, 941–944.
- Gazzaley, A., Cooney, J. W., Rissman, J., & D’Esposito, M. (2005). Top-down suppression deficit underlies working memory impairment in normal aging. *Nature Neuroscience*, 8, 1298–1300. doi: 10.1038/nn1543
- Hasher, L., & Zacks, R. (1988). Working memory, comprehension and aging: A review and a new view. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 22, pp. 193–225). New York: Academic Press.
- 八田 武志・中塚 善次郎 (1975). きき手テスト作成の試み 大野 晋一 (編) 大西憲明教授退任事業論文集 大阪市立大学心理学研究室 25 年のあゆみ (pp. 224–247) 大阪市立大学
- Java, R. I., & Gardiner, J. M. (1991). Priming and aging: Further evidence of preserved memory function. *American Journal of Psychology*, 104, 89–100. doi: 10.2307/1422852
- Kim, R., Seitz, A., Feenstra, H., & Shams, L. (2009). Testing assumptions of statistical learning: Is it long-term and implicit? *Neuroscience Letters*, 461, 145–149. doi: 10.1016/j.neulet.2009.06.030
- Kinsbourne, M. (1993). Orientational bias model of unilateral neglect: Evidence from attentional gradients within hemispace. In I. H. Robertson & J. C. Marshall (Eds.), *Brain damage, behavior & cognition series. Unilateral neglect: Clinical and experimental studies* (pp. 63–86). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kok, A. (2000). Age-related changes in involuntary and voluntary attention as reflected in components of the event-related potential (ERP). *Biological Psychology*, 54, 107–143. doi: 10.1016/S0301-0511(00)00054-5
- Lusting, C., Hasher, L., & Tonev, S. M. (2001). Inhibitory control over the present and the past. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13, 107–122.
- Lusting, C., Hasher, L., & Zacks, R. T. (2007). Inhibitory deficit theory: Recent developments in a “new view”. In D. S. Gorfein & C. M. MacLeod (Eds.), *The place of inhibition in cognition* (pp. 145–162). Washington, DC: American Psychological Association.
- Mattay, V. S., Fera, F., Tessitore, A., Hariri, A. R., Berman, K. F., Das, S., ... Weinberger, D. R. (2006). Neurophysiological correlates of age-related changes in working memory capacity. *Neuroscience Letters*, 392, 32–37. doi: 10.1016/j.neulet.2005.09.025
- Musz, E., Weber, M. J., & Thompson-Schill, S. L. (2015). Visual statistical learning is not reliably modulated by selective attention to isolated events. *Attention, Perception & Psychophysics*, 77, 78–96. doi: 10.3758/s13414-014-0757-5
- Nagamatsu, L. S., Carolan, P., Liu-Ambrose, T. Y. L., & Handy, T. C. (2011). Age-related changes in the attentional control of visual cortex: A selective problem in the left visual hemifield. *Neuropsychologia*, 49, 1670–1678. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.02.040
- Snodgrass, J. G., & Vanderwart, M. (1980). A standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 174–215.
- Takio, F., Koivisto, M., & Hämäläinen, H. (2014). The influence of executive functions on spatial biases varies during the lifespan. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 10, 170–180. doi: 10.1016/j.dcn.2014.09.004
- Thiebaut de Schotten, M., Dell’Acqua, F., Forkel, S. J., Simmons, A., Vergani, F., Murphy, D. G. M., & Catani, M. (2011). A lateralized brain network for visuospatial attention. *Nature Neuroscience*, 14, 1245–1246.
- Turk-Browne, N. B., Jungé, J. A., & Scholl, B. J. (2005). The automaticity of visual statistical learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134, 552–564. doi: 10.1037/0096-3445.134.4.552
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120, 272–292. doi: 10.1037//0033-2909.120.2.272