

認知的負荷が高齢者の注意制御に与える影響

加藤公子・木村ゆみ・吉崎一人

Interacting effects of cognitive load and attentional control in older adults

Kimiko Kato, Yumi Kimura, and Kazuhito Yoshizaki

要旨

本研究はワーキングメモリ課題を用いて高齢者の注意制御の特徴を社会情動的選択性理論に基づく積極性効果の観点から検討することを目的とした。高齢者38名はターゲット数字に対するn-back課題(1back・2back)を行うが、ターゲットと同時に課題無関連ディストラクターが呈示された。ディストラクターはポジティブな意味をもつ写真および情動的意味をもたないニュートラル写真であった。結果は、ワーキングメモリ負荷の高い2back課題でのみディストラクターの影響を認め、ディストラクターがポジティブ写真である方がニュートラル写真であるよりも反応時間が遅延した。この結果は、ワーキングメモリ負荷が高い条件において高齢者の積極性効果が生じたことを示唆した。高齢者は積極的にポジティブな情報を取り込もうとする動機づけにより、課題とは全く無関連な刺激であってもそれがポジティブな意味をもつ刺激であれば処理を促進させる傾向が認められた。ワーキングメモリ負荷が高いことにより課題無関連ディストラクターを抑制するという注意制御は十分に働かなくなる。そのような事態において積極性効果は強く出現する可能性が示唆される。

キー・ワード：高齢者，社会情動的選択性理論，注意制御，ワーキングメモリ負荷

問題と目的

複数の情報を同時に受け取ると、必要な情報だけでなく、不必要な情報までも処理してしまう。不意に呈示される刺激は環境の変化を示し、その変化の検出は社会生物学的に重要である。突然現れた刺激へ注意が移動し捕捉されることはヒトにとって重要な能力といえるだろう。しかし、時として不適切な方向へ注意が移動したことにより、主たる刺激に対する情報処理が円滑に進められない場合もある。特に高齢者ではその傾向が顕著に認められ、不必要な情報の抑制と注意との関わりが指摘される(Hasher & Zacks, 1988; Lusting, Hasher, & Zacks, 2007)。

どのような情報が高齢者の注意を引きつけるのか。近年注目されている理論がその1つの可能性

を示唆する。社会情動的選択性理論によれば、残りの時間が限られたと考える高齢者は情動的な満足を得ようと動機づけられる。高齢者の注意の移動と動機づけとの関係はMather & Carstensen (2003)により報告された。彼らはポジティブ表情写真とニュートラル表情写真を同時に呈示し、その後どちらか一方の写真の後にターゲットを呈示した。ターゲット検出にかかる反応時間は、ターゲットがポジティブ表情写真の後に呈示された方がニュートラル表情写真の後に呈示されるよりも短くなった。さらに、表情写真の再認記憶テストを実施すると、ポジティブ表情顔をよりよく覚えていた。若年者ではこの傾向は認められず、ポジティブ情報へのより優勢な注意シフトは高齢者特有の注意様相であり、積極性効果と呼ばれる(Mather & Carstensen, 2005)。さらに、機能的

磁気共鳴画像 (functional magnetic resonance imaging : fMRI) により高齢者が情動写真を見ている時の脳活動を記録した研究 (Mather, Canli, English, Whitfield, Wais, Ochsner, Gabrieli, & Carstensen, 2004) は、情動刺激に対して感度の高い扁桃体の活動は、ネガティブ写真よりもポジティブ写真を見ている時の方が強くなることを報告しており、積極性効果は神経生理学的見解とも整合性があるといえる。

注意制御は前頭前野と関連があることは抑制機能測定課題を用いたfMRI研究 (Adleman, Menon, Blasey, White, Warsofsky, Glover, & Reiss, 2002; Langenecker, Nielson, & Rao, 2004; Milham, Banich, Webb, Barad, Cohen, Wszalek, & Kramer, 2001; Milham, Erickson, Banich, Kramer, Webb, Wszalek, & Cohen, 2002) から明らかになっている。また、前頭前野はワーキングメモリとも関係することがわかっており (D'Esposito, Detre, Alsop, Shin, Atlas, & Grossman, 1995), 注意制御を司る中央実行系が想定されたワーキングメモリ (Baddeley, 2000; Baddeley & Hitch, 1974) を用いた検討は、注意制御の加齢変化をより詳細に探ることができる。本研究はワーキングメモリ課題の1つであるn-back課題を用いて、高齢者の注意制御の特徴を積極性効果の観点から検討することを目的とする。n-back課題は算用数字をターゲットとし、1back課題を低負荷条件、2back課題を高負荷条件として設定する。直前の刺激との照合を行う1back課題では高齢者は若年者と同等の成績をあげるが、2つ前の刺激との照合を行う2back課題になると高齢者の成績は若年者に比べて低くなる (Mattay, Fera, Tessitore, Hariri, Berman, Das, Meyer-Lindenberg, Goldberg, Callicott, & Weinberger, 2006; Prakash, Heo, Voss, Patterson, & Kramer, 2012)。n-back課題ではワーキングメモリ内のアップデートが要求される (Dobbs & Rule, 1989) が、2back課題の方が1back課題に比べてアップデートに負荷がかかる。2back課題よりも1back課題で前頭前野の活性化程度が高くなる (Braver, Cohen, Nystrom, Jonides, Smith, & Noll, 1997; Cohen,

Perlstein, Braver, Nystrom, Noll, Jonides, & Smith, 1997) との知見と総合してみても2back課題は1back課題に比べてワーキングメモリ負荷が高いことは明らかである。本研究はワーキングメモリ負荷を操作することにより、高齢者がディストラクターから受ける影響の程度が認知的負荷により異なるのかについて探る。

高齢者が抑制すべき課題無関連ディストラクターには、ポジティブな意味をもつ写真および情動的意味をもたないニュートラル写真を用いる。ディストラクターはターゲットである数字の近接に呈示する。もし、高齢者がワーキングメモリ課題遂行中であっても、ポジティブ情動をもつディストラクターを処理するのであれば、ニュートラル写真がディストラクターとして呈示されるよりも課題成績は低下すると予測する。

方 法

実験参加者 61~73歳 (平均69歳) の健常高齢者38名 (男性16名, 女性22名) が実験に参加した。全参加者は裸眼もしくは矯正で正常視力を有した。全参加者に対してMini-Mental State Examination (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975) を実施した。いずれの参加者も得点は26点以上であった (平均28.7/30)。

要因計画 ワーキングメモリ負荷 (低負荷・高負荷) × 情動 (ポジティブ・ニュートラル) の2要因計画で実施した。

刺激 International affective picture system よりLang, Bradley, & Cuthbert (2005) の評定値に基づき選出したポジティブ写真16枚, ポジティブ写真を素に作成したジャンブル画像であるニュートラル写真16枚を使用した。写真の大きさは縦14.9°×横19.5°であった。ターゲットとして黒色インク, MS UIゴシック体で書いた縦2.2°×横1.2°の大きさの算用数字1~9を用いた。写真および数字は背景が白色のモニター画面に呈示した。写真は凝視点から垂直方向に6.3°上の位置に呈示し, ターゲットは凝視点から水平方向に左へ4.6°あるいは右へ4.6°の位置に呈示した。

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（SONY社製CPD-E230；リフレッシュシート70Hz）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）のプログラムを使用した。

手続き 実験は個別に行った。参加者は顔面固定台で頭部を固定され、画面中央を見るよう求められた。画面には写真1枚と写真の右あるいは左下に数字が1つ同時に500 ms呈示され、続いて2000 msのブランクが呈示された。参加者には写真を無視し、数字に注目することが教示された。課題は数字が1つ前（1back）あるいは2つ前（2back）と同じ場合にのみ反応ボタンを押すことであった。試行の流れを図1に示す。反応は刺激呈示からブランク終了までの2500 msの間に行うよう教示された。1ブロックは64試行から成り、4ブロック実施した。そのうち2ブロックはディストラクターにポジティブ写真，2ブロックはニュートラル写真を用いた。各情動ブロックのうち1ブロックは1back課題，残り1ブロックが2back課題であった。いずれのブロックから始めるかは参加者間でカウンターバランスをとった。1ブロック内の試行順序は偽ランダムとし，全参加者が同じ試行順序で行った。

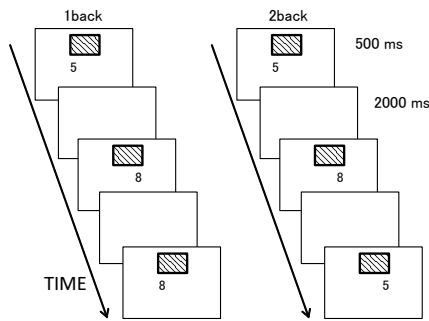


図1 刺激の呈示例

分析 1back課題では現在の数字と1つ前の数字が同じ場合，2back課題では現在の数字と2つ前の数字が同じ場合にボタンを押したものをHitとし，その反応時間を記録，分析した。また，HitとFalse Alarmからd'を算出し，これも分析した。

結果

実験参加者個々に正答に要した反応時間を条件ごとに算出し，ワーキングメモリ負荷（低負荷・高負荷）×情動（ポジティブ・ニュートラル）の2要因分散分析を行った。ワーキングメモリ負荷の主効果が有意で（ $F(1, 37)=36.83, p<.001, \eta_p^2=.50$ ），低負荷条件（508 ms）が高負荷条件（604 ms）よりも反応時間が短くなった。2要因の交互作用に有意傾向が認められ（ $F(1, 37)=4.00, p=.053, \eta_p^2=.10$ ），単純主効果の検定は，低負荷条件ではポジティブ条件（508 ms）とニュートラル条件（508 ms）で差は認められないが（ $F(1, 74)=0.001, p=.977$ ），高負荷条件ではニュートラル条件（589 ms）よりもポジティブ条件（619 ms）で反応時間の延長が認められた（ $F(1, 74)=6.52, p=.013$ ）。一方，情動の主効果は認められなかった（ $F(1, 37)=2.77, p=.104, \eta_p^2=.07$ ）。これらの結果を図2に示す。

Hit率とFA率を求め，そこからd'を算出し，ワー

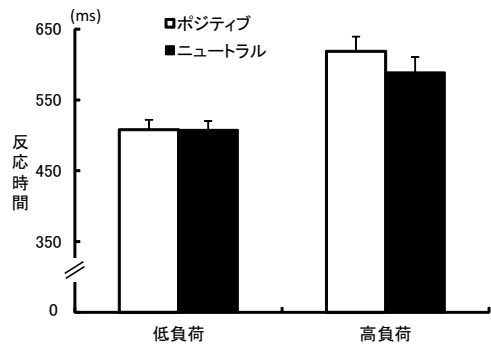


図2 条件別の平均反応時間 バーは標準誤差を示す。

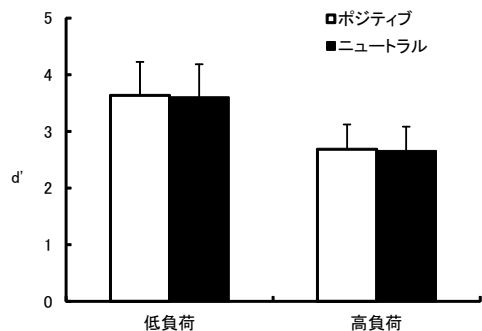


図3 条件別の平均d' バーは標準誤差を示す。

キングメモリ負荷×情動の2要因分散分析を行った。ワーキングメモリ負荷の主効果が有意で ($F(1, 37)=67.03, p < .001, \eta_p^2=.64$), 低負荷条件 (3.6) より高負荷条件 (2.7) で成績低下が認められた。情動の主効果 ($F(1, 37)=0.27, p = .604, \eta_p^2=.01$) 並びにワーキングメモリ負荷と情動の有意な交互作用 ($F(1, 37)=0.002, p < .962, \eta_p^2=.00$) は認められなかった。これらの結果を図3に示す。

考 察

本研究はワーキングメモリ負荷を操作し、高齢者の注意制御の特徴を積極性効果の観点から検討した。低負荷条件よりも高負荷条件で反応時間の延長、並びにd'の低減が認められ、本研究におけるワーキングメモリ負荷の操作は適切であったと考える。

反応時間からはワーキングメモリ高負荷条件においてのみニュートラル写真が呈示されるよりもポジティブ写真が呈示された方が反応時間が延長した。この結果は、高負荷条件において高齢者の積極性効果が生じたことを示すものである。高齢者が積極的にポジティブな情報を処理したため、主となるワーキングメモリ課題のターゲットに対する判断が遅れたと考えられる。その一方で、高齢者はニュートラルな情動情報を処理する動機づけが弱く、ニュートラル写真への注意は抑制され、ターゲット数字に対する判断が円滑に行われたと推察される。

ワーキングメモリ低負荷条件で課題無関連ディストラクターの情動条件間の差が認められなかったことはCRUNCHモデル (Compensation-Related Utilization of Neural Circuit Hypothesis: Reuter-Lorenz & Mikels, 2006) で整合的に解釈できるかもしれない。1back課題の成績は若年者と高齢者で差が認められないが、課題遂行時の脳活動は若年者に比べ高齢者で広い範囲に渡っている (Mattay et al., 2006)。つまり、高齢者は広い範囲の脳部位を活性化させることで成績低下を防いでいると考えられる。したがってこのような事態では課題無関連なディストラクター

を抑制することが可能となる。しかし、2back課題になると高齢者は若年者に比べて成績が低く、また脳の活性化も減弱する (Mattay et al., 2006)。このような事態では主たる課題に注意を焦点化し、課題無関連ディストラクターを抑制するという注意制御が十分に働かなくなると推察される。

d'はワーキングメモリ低負荷条件と高負荷条件に差を認めたものの、情動の影響を示す結果は得られなかった。本研究が捉えた積極性効果は Mather & Carstensen (2003) とは異なり、主たる課題の遂行に妨げとなる働きである。したがって、課題無関連ディストラクターに移動した注意は課題遂行のためにターゲットへ再度移動しなければならない。ミリ秒単位で記録される反応時間にはその注意の移動が捉えられたが、正答あるいは誤答の記録では捉えられなかったと考えられる。

本研究は高齢者の注意機能と社会情動的選択性理論に基づいた動機づけとの関係性を見出すことができた。高齢者にとって動機づけは注意制御に影響を与えるが、それは認知的負荷が高い場合により強く現れると示唆される。

引用文献

- Ableman, N. E., Menon, V., Blasey, C. M., White, C. D., Warsofsky, I. S., Glover, G. H., & Reiss, A. L. (2002). A developmental fMRI study of the Stroop color-word task. *NeuroImage*, *16*, 61-75.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, *4*, 417-423.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G.J. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.), *Psychology of learning and motivation* (pp.47-89). New York: Academic Press.
- Braver, T. S., Cohen, J. D., Nystrom, L. E., Jonides, J., Smith, E. E., & Noll, D. C. (1997). A parametric study of prefrontal cortex involvement in human working memory. *NeuroImage*, *5*, 49-62.
- Cohen, J. D., Perlstein, W. M., Braver, T. S.,

- Nystrom, L. E., Noll, D. C., Jonides, J., & Smith, E. E. (1997). Temporal dynamics of brain activation during a working memory task. *Nature*, **386**, 604-608.
- de Fockert, J. W., Rees, G., Frith, C. D., & Lavie, N. (2001). The role of working memory in visual selective attention. *Science*, **291**, 1803-1806.
- D'Esposito, M., Detre, J. A., Alsop, D. C., Shin, R. K., Atlas, S., & Grossman, M. (1995). The neural basis of the central executive system of working memory. *Nature*, **378**, 279-281.
- Dobbs, A. R., & Rule, B. G. (1989). Adult age differences in working memory. *Psychology and Aging*, **4**, 500-503.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state": A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, **12**, 189-198.
- 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, NY: Academic Press.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (2005). *International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-6*. University of Florida, Gainesville, FL.
- Lustig, 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.
- Macmillan, N. A., & Creelman, C. D. (2005). *Detection theory: A user's guide* (2nd ed.). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mattay, V. S., Fera, F., Tessitore, A., Hariri, A. R., Berman, K. F., Das, S., Meyer-Lindenberg, A., Goldberg, T. E., Callicott, J. H., Weinberger, D. R. (2006). Neurophysiological correlates of age-related changes in working memory capacity. *Neuroscience Letters*, **392**, 32-37.
- Mather, M., Canli, T., English, T., Whitfield, S., Wais, P., Ochsner, K., Gabrieli, J. D., & Carstensen, L. L. (2004). Amygdala responses to emotionally valenced stimuli in older and younger adults. *Psychological Science*, **15**, 259-263.
- Mather, M., & Carstensen, L. L. (2003). Aging and attentional biases for emotional faces. *Psychological Science*, **14**, 409-415.
- Mather, M., & Carstensen, L. L. (2005). Aging and motivated cognition: The positivity effect in attention and memory. *Trends in Cognitive Sciences*, **9**, 496-502.
- 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.
- Milham, M. P., Banich, M. T., Webb, A., Barad, V., Cohen, N. J., Wszalek, T., & Kramer, A. F. (2001). The relative involvement of anterior cingulate and prefrontal cortex in attentional control depends on nature of conflict. *Cognitive Brain Research*, **12**, 467-473.
- Milham, M. P., Erickson, K. I., Banich, M. T., Kramer, A. F., Webb, A., Wszalek,

- T., & Cohen, N. J. (2002). Attentional control in the aging brain: Insights from an fMRI study of the stroop task. *Brain and Cognition*, **49**, 277-296.
- Reuter-Lorenz, P. A., & Mikels, J. A. (2006). The aging mind and brain: Implications of enduring plasticity for behavioral and cultural change. In P. Baltes, P. A. Reuter-Lorenz, & F. Roesler (Eds.), *Lifespan development and the brain: The perspective of biocultural co-constructivism* (pp.255-276). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Prakash, R. S., Heo, S., Voss, M. W., Patterson, B., & Kramer, A. F. (2012). Age-related differences in cortical recruitment and suppression: Implications for cognitive performance. *Behavioural Brain Research*, **230**, 192-200.