

中心視と周辺視の平仮名検出課題からなる 二重課題の練習効果 - 若年者と高齢者の比較

川崎医療福祉大学医療技術学部 河本健一郎^{注1, 注2}

神奈川大学視科学研究所 和氣 典二^{注1}

中京大学心理学部 向井 希宏

神奈川大学人間科学部 和氣 洋美

The effect of practice in a dual task with character detection in central and peripheral vision - a comparison between young and elderly subjects

KAWAMOTO, Ken-ichiro (Faculty of Health Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare)

WAKE, Tenji (Research Institute for Visual Science, Kanagawa University)

MUKAI, Marehiro (School of Psychology, Chukyo University)

WAKE, Hiromi (Faculty of Human Sciences, Kanagawa University)

We measured the effects of practice performing a dual task in both young and elderly subjects. The task consisted of a central vision task to detect a hiragana (Japanese cursive syllabary) character with different luminance from others on rapid serial visual presentation (RSVP), and a peripheral vision task immediately following the central vision task to detect a character with different chromaticity. Two hundred and sixteen trials were conducted every week for the 5-week duration of the experiment. The average performance rose every week in the both young and elderly subjects; however, the performance in the young group rose more rapidly. The inter-subject variance was relatively large in both groups. In the elderly group, the performance did not improve in two of the nine subjects. Another six elderly participants showed less improvement than subjects in the young group. Performance was dependent on subjects' level of attention. The results indicate that the degree of difficulty was different for each subject even if the subjects carried out the same task, and the difference probably affected the rate of performance improvement following practice.

Key words: dual task, central vision, peripheral vision, divided attention, aging, practice

1. はじめに

視覚機能は他のモダリティー同様、加齢に伴い低下することが一般的に知られている。但し、視覚情報の処理レベル（感覚、知覚、認知）でその影響は異なるとされる。感覚レベルでは、瞳孔面積の縮小や水晶体の調節力、眼光学系の透過率の低下など、生理学的な変化に伴う、コントラスト感度や色弁別特性の低下などが報告されている（Sagawa & Takahashi, 2001; Knoblauch, Saunders, Kusuda, Hynes, Podgor, Higgins, & de Monasterio, 1987）。一方で、明るさや彩度、色相などの認識に関連する知覚のレベルでは、感覚器からの入力低下を補正する大脳のメカニズムの存在が指摘されており、感

覚レベルでの特性低下に比べ、加齢の影響は少なく、劣化が大きく補正が効かない要因に、低下が見られるとする説が有力である（篠森, 2007）。例えば、白色中性点（最も白いと知覚する色度）は生涯にわたって安定している（Werner & Scheffrin, 1993）。

認知のレベルにおいては、加齢の影響は、処理する情報や情報受容者の状況によって、低下の度合いは複雑である。例えば視覚の認知機能の一つである視覚的注意については以下の様な報告がある（石松・三浦, 2003; Rogers, 2000; 注意の種類の見解としては三浦, 1996）。

作業、事象、標的に注意を集中する集中的注意は、高齢者と若年者との差は少ない傾向を示す。複数の情報から必要とされる一つの情報を選び出し、不必要な情報を排除する選択的注意は、慣れた作業では加齢の影響は少ない。一方で、注意を長時間持続する持続的注意や並行して複数の作業、課題に注意を

注1 元中京大学心理学部

注2 kawamoto-k@mw.kawasaki-m.ac.jp

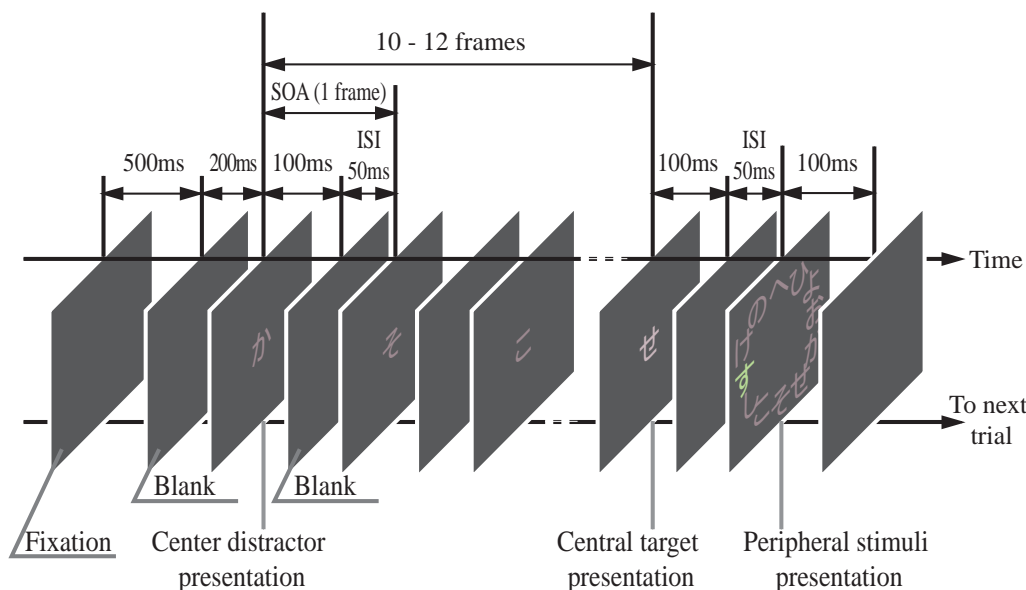


図1 試行の流れ

適宜切り替える分割的注意（注意の切り替え）については、課題が難しくなると、高齢者は若年者に比べ低下傾向を示す。選択的注意でも、複数の条件が結合した課題（結合探索課題）において、高齢者の成績が落ちる傾向が示されている。特に注意機能の中で分割的注意については、加齢変化に敏感であると言われている（Hartly, 1992; Kramer & Larish, 1996）。

しかし一方で、分割的注意と加齢の関係を考えていく上では、課題への習熟度が重要であるという指摘もある。注意に関係する認知機能は、加齢に伴い一方的に低下する訳ではなく、学習・訓練によって改善が可能であるとも言われている（石松, 三浦, 2003; Richards, Bennett, & Sekuler, 2006）。

二重課題法を用いた測定は分割的注意に関連があり、認知的特性を示すものと考えられる。感覚的要因である視力や眼科的視野では評価できない、自動車運転時の様な複雑な状況下での視覚による情報受容能力評価に、その成績は利用できる可能性がある。筆者らはこの評価手法を検討するために、今までに20歳代から70歳代までの被験者に対して、中心視にRSVP（Random Serial Visual Presentation）課題、周辺視に色差検出を用いた二重課題を行い、上記で紹介した他の研究と同様、年齢が高くなるにつれ周辺課題の成績が低下する事を確認している（河本・山口・和氣・宮尾・大森・守本・和氣, 2006）。今回はさらに評価法としての基礎データを得るために、同様の手続きを用いて、反復測定によ

る習熟の影響を検討した。

2. 方法

反復して二重課題を行う事による課題遂行能力の変化を検討するため、週に一度、72試行の測定を3回、計216試行を、5週にわたり行った。

2.1. 装置

本実験では、刺激提示に視覚実験用のビデオボード（Cambridge Research Systems 製 VSG 2/5）を搭載した PC と 21 インチ CRT ディスプレイ（SONY 製 CPD-G250）を用いた。CRT のフレームレートは 80 Hz、解像度 1024×769 pixel、横 36.0×縦 26.1 cm（横 36.1×縦 26.2 度）で使用した。

2.2. 条件

実験には河本他（2006）と同じ刺激を用いた。高速連続提示（RSVP, Rapid Serial Visual Presentation）を用いた、輝度の異なる平仮名である中心ターゲットの検出を行う中心課題と、中心ターゲットの後に提示される複数の平仮名の内、色が違って見える周辺ターゲットを検出する周辺課題から成った。

実験試行の流れを図1に示す。実験開始の合図に続き、固視点を 500 ms 提示した後、200 ms のブランクを挟み、中心刺激を表示した。中心刺激の平仮名は 100 ms の刺激提示、50 ms の ISI（Inter Sti-

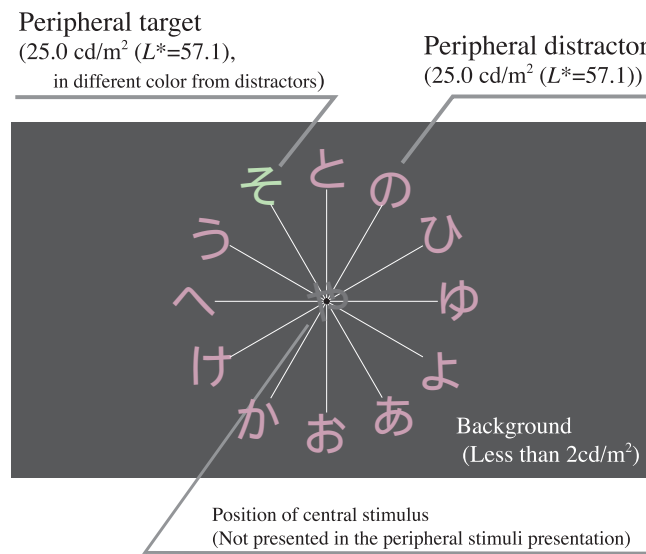


図2 刺激の空間配置

mulus Interval, この間は何も提示されずブランクとなる)を1フレームとして1フレームに1文字ずつ, 10から12フレームの間, 提示した。最終フレームに提示した中心ターゲットである平仮名のみ, 輝度を他のフレームの輝度の2倍とした。中心ターゲット提示後, 50 ms の ISI を挿んですぐに, 100 ms 周辺刺激を提示した。周辺刺激の平仮名は中心刺激から視角6度の位置に環状に0度方向から30度おきに12個提示し, 周辺ターゲットとなる平仮名のみ等輝度の異なる色度とした(図2)。周辺刺激の表示が終了すると画面はブランクとなる。文字色の設定は, 参照白色を 100 cd/m^2 の等エネルギー白色 ($x=0.333, y=0.333$) と仮定し, 均等色空間の一つである CIELAB 空間にて設定した。ターゲットではない中心刺激, 周辺刺激の平仮名(妨害刺激)は, $(L^*, a^*, b^*) = (57.1, 0, 0)$, ($Y=25 \text{ cd/m}^2, x=0.333, y=0.333$ に相当)とした。輝度差のみを与えた中心ターゲットは, $L^*=76.1$ ($Y=50.0 \text{ cd/m}^2$ に相当)とし, 色度差のみを与えた周辺ターゲットは, a^* (赤-緑方向)を-24から24の数段階に色差を設定した。画面の背景輝度は 2 cd/m^2 未満であった。

ターゲット文字, 妨害刺激文字となる平仮名は18種(し, そ, へ, う, こ, す, と, の, ひ, ゆ, よ, あ, お, か, け, せ, む, や)を使用した。これらの平仮名は1画, 2画, 3画の文字とし, 比較的難しい「を」「ん」, また「わ」と「れ」と「ね」のような特徴が類似している文字に関しては使用しなかった。すべての平仮名は直径2度で提示した。被験者は観察距離57cmにて, 両眼自然視により刺

激を観察した。

2. 3. 手続き

実験は暗室で行い, 約5分間の暗順応後, 測定を開始した。被験者は口頭にて, 中心刺激と周辺刺激の平仮名を回答した。周辺刺激の色が異なる周辺ターゲットが分からない場合でも, 周辺刺激中で確認できた平仮名を1つ答える様, 被験者に求めた。回答の正誤のフィードバックは全ての試行において行わなかった。測定終了ごとに5分程度の休憩を挟みながら行なった。また, 実験中に気分が悪くなったり, 不快感を覚えた際には休憩もしくは実験を終了する旨を被験者に伝えた。

2. 4. 被験者

若年者10名(大学生20歳代前半)と高齢者9名(60~70代)の計19名を用いた。すべての被験者は, 二重課題実験は初めてであり, 心理物理実験には慣れていなかった。また, 裸眼あるいは矯正で日常生活を送る上では十分な視力を有し, 色覚は正常であり, 静止した中心, 周辺刺激を判別できた。

3. 結果

3. 1. 被験者群内, 被験者群間の課題遂行成績の推移

表1に, 週ごとの周辺課題正答率の変化を被験者群ごとの平均値にて, 図3に被験者個人と平均値の正答率の推移を若年者群, 高齢者群に分け示す。測定週ごとの課題遂行成績の推移は, 中心課題と周辺

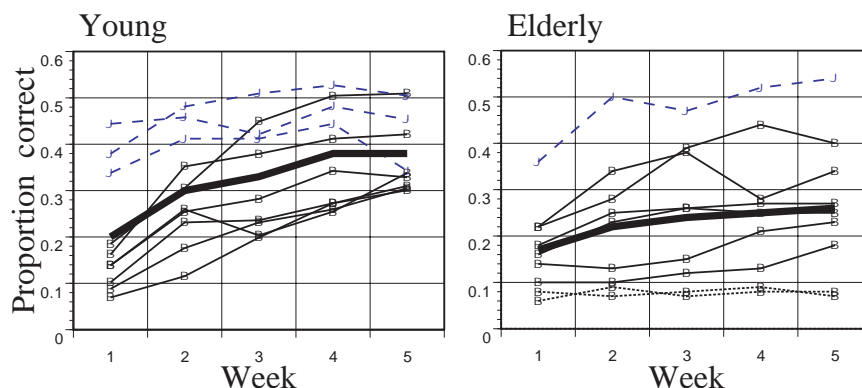


図3 測定週ごとの正答率推移
細線は各被験者の正答率，太線は群内の正答率平均を示す。

表1 測定週ごとの正答率の差（被験者群ごとの平均値）

Young					Elderly				
week	2	3	4	5	week	2	3	4	5
1	0.100**	0.128**	0.173**	0.177**	1	0.053*	0.076*	0.083**	0.094*
2		0.028	0.073**	0.077*	2		0.023	0.030	0.041*
3			0.045**	0.049*	3			0.007	0.018
4				0.004	4				0.011

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$ (Wilcoxon test)

課題で異なる傾向を示した。中心課題は若年者群，高齢者群共に，1週目の測定から90%以上の高い正答率を示した，一方で，周辺課題は一週目が相対的に正答率が最も低く，週を重ねるごとに上昇した（若年者群： $\chi^2(4, N=10) = 26.9, p < 0.01$ ；高齢者群： $\chi^2(4, N=9) = 16.5, P < 0.01$ ）。

ここからは，変化が見られた周辺課題の傾向を示す。なお周辺課題の正答率は，周辺課題に正答した試行数を中心周辺課題共に正答した試行数で割ったものとした。これは，本二重課題の手順に従って行われた試行のみを処理対象にするためである。群内の正答率の平均値は，若年者群が高齢者群に比べ，すべての週において高く，また，週を重ねるごとに上昇の程度も高く，両群の差は大きくなる。この差は4，5週目に統計的に有意傾向を示した（4週目： $W = 68.0, z = -1.80, p < 0.1$ ；5週目： $W = 66.0, z = -1.96, p < 0.1$, Wilcoxon test）。また，1週目から2週目の正答率の上昇が，若年者群，高齢者群共に最も大きくなり，この傾向は統計的に有意であった（表1）。

3.2. 個人差

被験者群内においては，若年者の場合，1週目の正答率が6%から19%の比較的低い被験者（図3左

図実線で表示）と，33%から44%の高い被験者（図3左図鎖線で表示）に分かれる傾向が認められた，1週目の正答率が低い被験者は，2週目以降4-5週目まで正答率の上昇が見られ，最も成績の低い被験者でも5週目には30%を超える正答率を示した。1週目の成績が高い被験者では，反復により正答率の上昇は，低い被験者に比べ緩やかであり，40-50%台の正答率で上昇は頭打ちとなる傾向が見られた。

一方，高齢者の場合，1名の被験者を除き1週目の正答率は5%から22%に分布した。反復による正答率の上昇程度には被験者ごとの差がみられ，若年者で1週目の正答率が低かった被験者同様の傾向を示す例も見られた一方，5週目まで，正答率の上昇が見られなかった被験者も2名見られた（図3右図点線で表示）。上昇傾向を示した他6名の被験者の5週目の正答率は，18-40%に分布し，若年者よりも低い傾向を示した。

3.3. 周辺刺激の提示位置と正答率

周辺刺激の提示位置により正答率が異なる傾向を得た。図4に1週目と5週目の周辺刺激の提示位置と正答率の関係を3例示す。初回の1週目に低い正答率を示した被験者の場合，被験者ごとにある一部

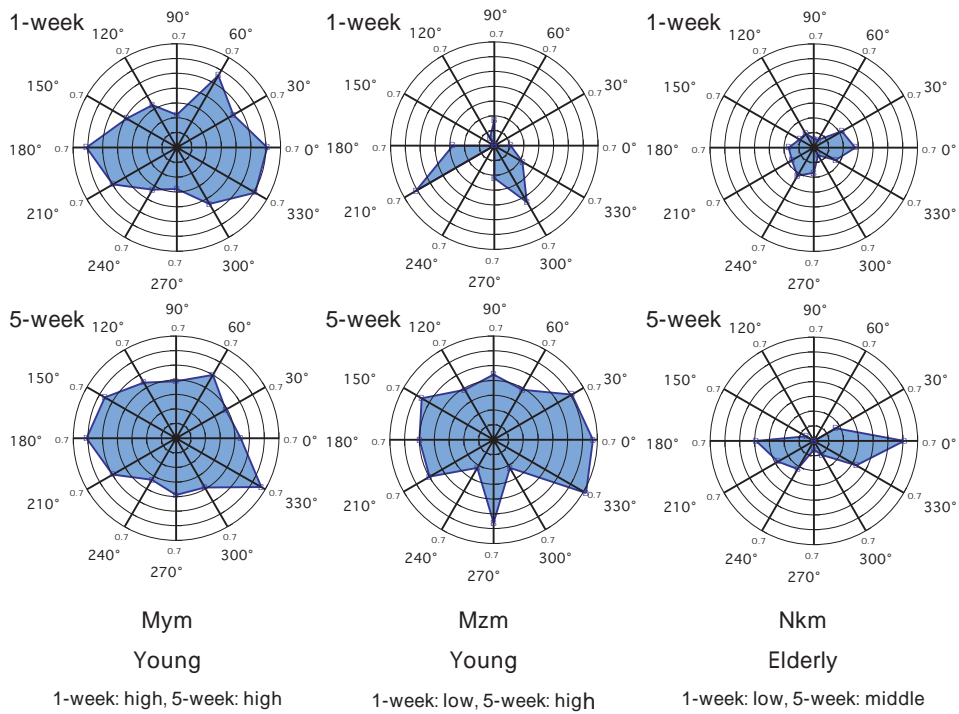


図4 提示位置別の正答率
上段：1週目，下段：5週目

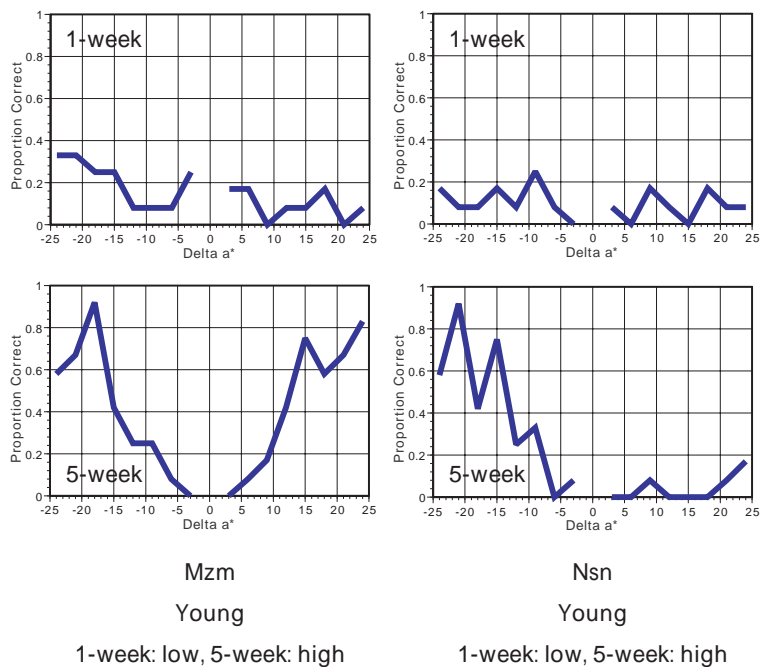


図5 色差別の正答率
上段：1週目，下段：5週目

の方向の正答率が高くなる傾向が見られた。若年者 Mzm では、210 度、300 度方向、高齢者の Nkm では 0 度、240 度方向に正答率のピークが見られる。週を重ねて、全体の正答率が上昇してくると、若年

者では全方向の正答率が上昇する傾向があり、特に横方向である 0 度、180 度方向近辺の正答率が高くなる (例として図 4 Mzm 下段)。一方、高齢者では、横方向のみの正答率の上昇が多く見られた (例

として図4 Nkm 下段)。1週目より高い正答率を示した被験者の場合、図4のMymの結果に示す通り、1週目の傾向は、1週目の正答率が低い被験者の5週目の結果に類似しており、その傾向は5週目まで維持される傾向を得た。

3. 4. 周辺刺激のターゲットと妨害刺激の色差の影響

周辺刺激のターゲットと妨害刺激の色差に依存した正答率には、大きな個人差が見られた。例を図5に示す。全体の正答率が低い場合には、色差量による正答率の変化は顕著とならない(図5上段)。全体の正答率が高い場合は、色差が大きくなる程、正答率が高くなる。但しこの傾向は、ターゲットの a^* の値が妨害刺激に対して正、負のどちらにも見られる場合と(図5 Mzm)、どちらか方向に(赤方向、あるいは緑方向)のみ、見られる場合があった(図5 Nsn)。

4. 考察

反復による周辺刺激の正答率の上昇の程度は、個人差があるものの、高齢者群より若年者群の方が顕著な傾向であった。週ごとの周辺課題正答率の変化には被験者群内の個人差が見られた。若年者の場合、1週目の正答率は低く週を重ねるごとに高くなる被験者と、1週目から正答率が高く、週を重ねて緩やかな上昇を示す被験者であった。高齢者では、これらの傾向を示す被験者の他、1週目の正答率は低くかつ週を重ねても正答率が上昇しない被験者も見られた。

被験者群内、被験者群間で周辺課題の正答率を平均値と比較すると、若年者群の方がすべての週で高く、1週目から2週目の変化が一番大きかった。2週目以降は、若年者は高齢者よりも上昇が持続する傾向にあった。これは、高齢者群において、週を重ねても正答率が上昇しない被験者が見られた事や、上昇しても若年者よりも緩やかである事が影響している。

4. 1. 本課題における認知要因および下位段階の関与

今回使用した二重課題では、視覚刺激入力に基づくボトムアップ的な処理が含まれるため、遂行能力の評価に際して下位の段階の影響も検討する必要がある。ここでは、眼光学系、感覚器の要因を検討する。

本課題の実施に際しては、すべての被験者が静止状態で、中心・周辺刺激を判別できた。従って、眼科的な静止視力の影響は少ないと考えられる(Sekuler & Ball, 1986; 河本他, 2006)。課題では刺激は100msで提示される。視細胞の臨界呈示時間は背景輝度に依存し、輝度が低いほど長くなるが、暗所視の場合でも100msを超えることはなく(Barlow, 1958)、提示時間が短くなる事での感覚器の感度の低下の影響は少ないと考えられる、高齢者の結果では、周辺刺激の検出において、上下方向の正答率が上昇しない被験者が見られた。このことは、加齢による眼瞼下垂の影響が表れているかもしれない、再評価の必要がある。

本実験が認知要因に影響されていることを示す結果は、上述の他、色差による正答率の差にも現れている。検出課題においては色差は重要な手がかりとなり、色差が大きいほど検出は容易になる(例えばNagy & Sanchez, 1990)。今回の実験では、周辺刺激のターゲットと妨害刺激は、妨害刺激に対して赤あるいは緑方向の色差となる様、 $a^*=0$ を基準に正負の値に対称に設定し、周辺刺激の正答率が高くなるにつれ、この色差の影響が見られる様になった。単純な検出課題であれば、色方向の効果はなく色差だけに検出率は依存するが、本実験では、色方向にも依存し、赤あるいは緑方向一方のみに正答率の上昇が見られる結果も得た。このことは、課題遂行における何かしらの構えが影響した可能性を示唆するものである。

4. 2. 分割的注意能力の評価方法としての検討

中心課題にRSVPを用いた本方法は難易度が高いとされる(Joseph, Chun, & Nakayama, 1997)。分割的注意に関連した課題は、難易度が上がるにつれ加齢の効果が顕著になること(Kramer & Larish, 1996)、一方で加齢の影響は、学習、訓練により埋め合わせが可能である事などが示されているが(石松, 三浦, 2003; Richards et al., 2006)、本実験の結果は、同一課題であっても、被験者によってその難易度は異なり、反復による正答率の上昇の程度が異なること、また、ある難易度を超えると反復による正答率の上昇が見られないことを示している。このような条件下で、高齢者群内でも被験者間で異なる傾向が見られた事は、本課題が何かしらの認知的な評価基準を与えることを示すものとも考えられる。

今回の実験では、これまで二重課題を経験した事がない被験者に対して、特に練習試行を設けず、測定を行った。Rogers (2000) により、練習試行が少ない場合、特に加齢の影響が強い事が示されているが、その傾向は一致している。課題反復の効果は若年者、高齢者群共に見られるが、1週目から2週目の変化が一番大きく、2週目以上に被験者群間に傾向に差がみられる。反復による効果を評価指標として使用する場合、練習試行をできるだけ少ない測定で評価できる方が望ましいが、1週目の結果は練習試行として省いた方がより正確に効果を確認できる可能性がある。

本課題における認知能力の評価は、例えば自動車運転時の様に、中心視で前方を注視し、周辺視で歩行者、道路状況等を確認する様な場合に対応する可能性がある (Rogers, 2000)。しかし、実際の状況に比べ実験室では状況を単純化する事の評価上の問題も指摘されており (三浦, 1996)、二重課題の正答率上昇が他の課題の遂行に与える影響については、今後検討する必要がある。もし本二重課題と何かしらの実用的なタスクの間に関連が見つかれば、本課題は単に認知能力を評価するものに留まらず、課題反復による認知能力の改善を行うための手法ともなり得るかもしれない。

付記

本研究は、平成19年度中京大学特定研究助成「多重作業における作業負荷と遂行能力 (作業環境のユニバーサルデザインに向けて)」(研究代表者 向井 希宏)、及び科研費 (課題番号 21300211) の助成を受けた。ここにその事実を記し、謝意を表す。

卒業研究生として本実験を遂行した、清水 恵氏、小出 剛士氏、伊藤 加奈恵氏に謝意を表す。

引用文献

- Barlow, H. B. (1958). Temporal and spatial summation in human vision at different background intensities. *J Physiol*, 141, 337-350.
- Hartly, A. A. (1992). Attention. In Craik F. I. M., Salthouse T. A. (Eds.), *The Handbook of Aging and Cognition*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. pp. 3-49.
- 石松一真, 三浦利章 (2003). 分割的注意と加齢. *心理学評論* 46, 314-329.
- Joseph, J. S., Chun, M. M., & Nakayama, K. (1997).

Attentional requirements in a 'preattentive' feature search task. *Nature*, 387, 805-807.

- 河本健一郎, 山口知佐子, 和氣典二, 宮尾克, 大森正子, 守本典子, 和氣洋美. (2006). 二重課題を用いた加齢による視覚情報処理能力の検討. *視覚の科学*, 27, 54-58.
- Knoblauch, K., Saunders, F., Kusuda, M., Hynes, R., Podgor, M., Higgins, K. E., & de Monasterio, F. M. (1987). Age and illumination effects in the Farnsworth-Munsell 100-hue test. *Applied Optics*, 26, 1441-1448.
- Kramer, A. F. & Larish J. F. (1996). Aging and dual task performance. In Rogers, W. A., Fisk, A. D., & Walker, N. (Eds.), *Aging and Skilled Performance*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. pp. 83-112.
- 三浦利章 (1996). 行動と視覚的注意 風間書房.
- Nagy A. L., & Sanchez R. R. (1990). Critical color differences determined with a visual search task. *Journal of Optical Society of America A* 7. 1209-1217.
- Sagawa, K. & Takahashi Y. (2001). Spectral luminous efficiency as a function of age. *Journal of Optical Society of America A*, 18, 2659-2667.
- Sekuler R., Ball K. (1986). Visual localization: age and practice. *Journal of Optical Society of America A* 3. 864-867.
- 篠森敬三 (2007). 7.5 発達と加齢 内川恵二・篠森敬三 (編) 感覚・知覚の科学 I 視覚 I 視覚系の構造と初期機能 朝倉出版 pp. 186-202.
- Richards, E., Bennett, P. J., & Sekuler, A. B. (2006). Age related differences in learning with the useful field of view. *Vision Research*, 46, 4217-4231.
- Rogers, W. A. (2000). Attention and memory. In Park, D. C. & Schwarz, N. (Eds.), *Cognitive aging: a primer*. Philadelphia: Psychology Press. pp. 55-74.
- Werner, J. S. & Scheffrin, B. E. (1993). Loci of Achromatic Points Throughout the Life Span. *Journal of Optical Society of America A*, 10, 1509-1516.