

日本在住成人男女における年齢、性別と認知・実行機能の関係

The relationship between age, gender and cognitive executive function in Japanese adults

小西可奈** 村上晴香** 宮地元彦**

1. はじめに

実行機能は、情報の切り替え、更新、抑制という3つの側面を担う認知機能の一つである(Miyake et al., 2000)。前頭前野が担う実行機能は、時々刻々と変化する環境において、目的指向型の戦略を更新し、動作を制御する能力であり(Di Russo et al., 2010; Wang et al., 2013)、我々が自己を制御し、環境に適応して生活するために非常に重要な役割を果たしている。

Stroop Color and Word Test (Stroop テスト) (Stroop, 1935) の成績によって評価した実行機能は、アルツハイマー型認知症の前段階である Mild cognitive impairment (MCI) の患者において、同年代の健常人よりも低下していることが報告されており、認知症を早期に同定できる指標となり得る(Seo et al., 2016)。また、加齢に伴って低下し(Spedden et al., 2017)、高齢期の健康関連 QOL (HRQoL) に寄与することが報告されている(Davis et al., 2010; Forte et al., 2015)。このことから、実行機能低下に関連する要因を究明し、その低下抑制に有効な身体活動や食習慣、生活習慣を明らかにすることは認知症の発症予防や高齢期の HRQoL の保持・向上につながると期待される。

本研究は、身体活動、食習慣及び生活習慣と認知・実行機能の関連を調査する研究の予備検討として、日本在住の成人を対象に、性別及び年齢群で認知・実行機能の特性が異なるかを明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2. 1 対象者

本研究は、日本に在住している第一言語が日本語である成人男女 106 名 (27-71 歳、男性 58 名、女性 48 名) を対象とした。本研究の目的、方法、得られる成果と予測されるリスク、個人情報の保護、成果の公表、任意の

参加と途中離脱が可能であること、調査に協力しないことで不利益が生じないことなどについて口頭あるいは文書で対象者に説明を行った。その後、参加同意書への署名によるインフォームドコンセントを実施した。なお本研究の実施にあたっては、「国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所国立健康・栄養研究所研究倫理審査委員会」の承認を得た(健栄 90)。

解析には、健康診査で取得したデータと認知機能テストの結果を用いた。気分障害の既往歴・現病歴を有する者(7 名)を解析対象から除外した。脳血管疾患の既往歴・現病歴を有する者はいなかった。認知機能は Stroop テストを用いて評価し、6 つの試行条件の内、いずれかの正答率が 20% 以下の者は解析対象から除外した(5 名)(松本ら、2012)。その後、4 つの年齢群(27-39 歳群、40-49 歳群、50-59 歳群、60-71 歳群)に分類し、6 試行条件のいずれかの正答率が 80% 以下かつ外れ値(各年齢群の平均値の 3SD 外)である者を除外対象としたが、該当者はいなかった。最終的に 27 歳から 71 歳までの男女 94 名を本研究の解析対象とした。

2. 2 実験デザイン

本研究は、地域住民の認知・実行機能の実態を把握する、具体的には加齢や性別による認知・実行機能の違いを検討するための記述的研究である。健康診査の全ての測定は、10 時間の絶食後の早朝空腹時に行った。本研究では身長と体重から算出した BMI を解析に用いた。さらに、現病歴、既往歴、服薬状況、喫煙状況を自記式質問票により調査した。認知機能テストは、健康診査と同日あるいは別日(健康診査実施日から 4 ヶ月以内)に測定した。認知機能テストを行う 4 時間前からは水のみの摂取とした。

2. 3 認知機能テスト

本研究では、Stroop テストを改変して認知機能の評価に用いた。テストの概要を図 1 に示した。まず、灰色の背景上に黒色のインクで示された注視点と指示が 650 ms 呈示され、それに続いてスクリーンの中心に刺激語(ターゲット)が呈示された。ターゲットに対する対象者の反応が入力された後に、灰色のブランク画面が 350 ms 呈示され、次の試行へと移行するよう設定した。注視点の下に示した指示によって、直後に呈示されるターゲットのインク色あるいは文字の意味どちらを回答するかを指定した。ターゲットは、青、赤、緑、黒のいずれかのインクで印字された文字(青、赤、緑、X)であり、文字の大きさは高さ 5.5 cm、幅 5.5 cm であった。また、ターゲットの呈示時間は最長で 5000 ms とした。対象者には、市販のボタンボックス(RB-844、Cedrus Corporation 社製)に配置された青色、赤色、緑色で色づけされたボタンを利き手で押下して回答するよう指示した。対象者は椅子に座った状態でテストを実施し、テーブルに設置したパソコンのディスプレイから対象者の目までの距離は 75 cm とした。また、視力は矯正視力とした。対象者は出来る限り正確に、速く反応するように教示された。

テストは 60 試行を 1 ブロックとし、ブロック間に 30 秒以内の休憩を設け、2 ブロック実施した。試行数は合計 120 試行であり、次に示す 6 つの試行条件が混合して呈示された。

① 色対照(CP)条件

青、赤、緑のいずれかのインクで色づけされた「X」がターゲットであり、インク色を回答する(12 試行)

② 文字対照(WP)条件

黒色インクで印字された色名単語がターゲットであり、色名単語の意味に該当する色を回答する(12 試行)

③ 色一致(CC)条件

単語の意味と一致するインク色で印字された色名単語がターゲットであり、インク色を回答する(12 試行)

④ 色不一致(CI)条件

単語の意味と一致しないインク色で印字された色名単語がターゲットであり、インク色を回答する(36 試行)(例: 赤色のインクで印字された「青」という色名単語が呈示された場合、赤色のボタンを押下すると正解である)

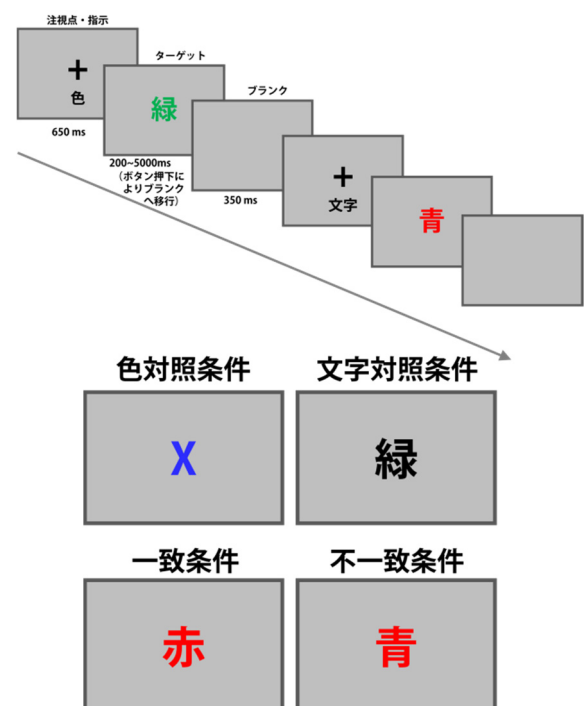
⑤ 文字一致(WC)条件

単語の意味と一致するインク色で印字された色名単語がターゲットであり、単語が示す意味を回答する(12 試行)

⑥ 文字不一致(WI)条件

単語の意味と一致しないインク色で印字された色名単語がターゲットであり、単語が示す意味を回答する(36 試行)(例: 赤色のインクで印字された「青」という色名単語が呈示された場合、青色のボタンを押下すると正解である)

図 1. 本研究で用いた Stroop テストの概要



例えば、CC、WI、CI、CI、WP、CI、CP、WI、WC、WI…のように、試行条件は次々と変化するように設定した。測定を開始する前に、口頭あるいは動画を用いて、

Stroop テストの実施方法と注意点を対象者に説明した。また、20 試行の練習を行い、テストの方法と注意点を理解していることを確認してから、測定を開始した。

刺激の呈示とテストの成績(反応時間及び正答・誤答・遅延)の記録には市販のソフトウェア(E-Prime 2.0、Psychology Software Tools 社製)を用いた。6つの試行条件別に反応時間と正答率の平均値を算出した。その際、反応時間が200 ms以下、あるいは5000 ms以上であった試行は解析対象から除外した。また、反応時間の平均値は正答した試行のみを用いて算出した。不一致条件の回答に要する時間が一致条件の回答時間よりも遅延することをストループ干渉という。ストループ干渉を評価するために、反応時間について、色不一致条件と色対照条件の差(反応時間 CI-CP)、色不一致条件と色一致条件の差(反応時間 CI-CC)、文字不一致条件と文字対照条件の差(反応時間 WI-WP)、文字不一致条件と文字一致条件の差(反応時間 WI-WC)を算出した。

2. 4 統計分析

評価項目は Stroop テストの各試行条件の正答率、反応時間及びストループ干渉であった。これらの項目について、Shapiro-Wilk 検定を用いて正規性を確認し、正規性が認められなかったため、Mann-Whitney の U 検定により男女間の差を検討した。年齢群による差の比較には、Kruskal-Wallis 検定を用い、有意な差が認められた場合には、Dunn-Bonferroni 事後検定により各年齢群間の比較を行った。いずれの場合も、有意水準は両側検定で危険率5%未満とした。データは市販の統計ソフト(SPSS Statistics 25、IBM 社製)を用いて分析した。

3. 結果および考察

3. 1 性別と認知・実行機能の関連

全体、男性及び女性の Stroop テストの正答率及び反応時間を表1に示した。対象者特性に関して、性別による比較を行ったところ、年齢及び BMI は女性に比べて男性で有意に高値を示した($P < 0.05$)。Stroop テストの試行条件 CP、WP、CC、WC の正答率について、男女ともに中央値は 100.0 % (全問正解)であった。一方、

これらよりも難易度が高い条件である CI の正答率の中央値は、男女ともに 93.3 %であり、WI の正答率は男性 94.4 %、女性 90.3 %であった。正答率に関しては、全ての試行条件において、男女間で有意な差は見られなかった。

CI の反応時間の中央値は、男性 1269 ms、女性 1358 ms であり、WI についてはそれぞれ 1292 ms、1417 ms であった。反応時間についても、全ての試行条件において男性と女性の間に有意な差は認められなかった。

ストループ干渉の指標である反応時間 wi-wc の中央値は、男性 171 ms、女性 248 ms であったが、男女間に有意な差は見られなかった。また、その他のストループ干渉の指標、反応時間 CI-CP、反応時間 CI-CC、反応時間 WI-WP についても性別による差は認められなかった。

3. 2 年齢と認知・実行機能の関連

年齢群別の Stroop テストの正答率及び反応時間を表2に示した。正答率に関しては、CI についてのみ年齢群による有意な差が認められた($P < 0.05$)。60-71 歳の正答率 CI は 80.6 %、50-59 歳は 86.1 %、27-39 歳及び 40-49 歳は 94.4 %であり、60-71 歳は 27-39 歳及び 40-49 歳よりも有意に低値を示した($P < 0.05$)。その他の試行条件の正答率について、年齢群による有意な差は見られなかった。Stroop テストの一致条件と不一致条件は、認知機能の異なる要素を評価するものとして知られており、不一致条件である CI の正答率のみが高齢期で低値を示した本研究の結果は、認知機能要素の違いを反映していると考えられる。本研究で用いた Stroop テストの不一致条件は、優位な反応を抑制あるいは無視して要求される反応を実行する能力、かつ、試行ごとに変化するルールに対応し、切り替えや情報の更新を行う能力、つまり、実行機能を評価している(MacLeod, 1991; Miyake et al., 2000)。一方、一致条件は主に選択的注意や集中を評価している(Chang et al., 2012)。従って、本研究の結果は、高齢期では選択的注意や集中という情報処理能力は壮年期と比べて低くはないが、実行機能が顕著に低下している可能性があることを示している。

日本在住成人男女における年齢、性別と認知・実行機能の関係
The relationship between age, gender and cognitive executive function in Japanese adults
小西可奈 村上晴香 宮地元彦

表 1. 性別と Stroop テストの正答率及び反応時間との関係

	全体 (n = 94)		男性 (n = 54)		女性 (n = 40)		Mann-Whitney U検定 P値 (性別)
	中央値	四分位範囲	中央値	四分位範囲	中央値	四分位範囲	
年齢 (歳)	48	41 - 55	50	43 - 58	43	39 - 48	0.002
BMI (kg/m ²)	22.5	20.7 - 24.8	23.3	21.6 - 25.0	21.8	20.2 - 23.7	0.015
Stroopテスト							
正答率 _{CP} (%)	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	0.875
正答率 _{WP} (%)	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	0.635
正答率 _{CC} (%)	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	0.080
正答率 _{CI} (%)	93.1	80.6 - 97.2	93.1	79.9 - 97.2	93.1	84.0 - 97.2	0.699
正答率 _{WC} (%)	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	0.179
正答率 _{WI} (%)	91.7	86.1 - 97.2	94.4	86.1 - 97.2	90.3	84.0 - 96.5	0.359
反応時間 _{CP} (ms)	976	842 - 1151	977	830 - 1201	975	883 - 1134	0.994
反応時間 _{WP} (ms)	1163	941 - 1481	1149	911 - 1413	1244	988 - 1524	0.331
反応時間 _{CC} (ms)	1005	803 - 1151	1024	767 - 1107	946	836 - 1201	0.860
反応時間 _{CI} (ms)	1298	1009 - 1503	1269	1001 - 1518	1358	1087 - 1498	0.561
反応時間 _{WC} (ms)	1133	943 - 1288	1133	886 - 1316	1131	976 - 1264	0.897
反応時間 _{WI} (ms)	1361	1129 - 1656	1292	1067 - 1573	1417	1167 - 1709	0.153
反応時間 _{CI-CP} (ms)	267	129 - 412	245	149 - 385	309	125 - 441	0.477
反応時間 _{CI-CC} (ms)	288	163 - 434	276	148 - 435	304	195 - 435	0.725
反応時間 _{WI-WP} (ms)	137	27 - 261	131	19 - 240	149	57 - 303	0.405
反応時間 _{WI-WC} (ms)	193	114 - 351	171	93 - 311	248	148 - 365	0.063

表 2. 年齢群と Stroop テストの正答率及び反応時間との関係

	27-39歳 (n = 18)		40-49歳 (n = 40)		50-59歳 (n = 27)		60-71歳 (n = 9)		Kruskal-Wallis 検定 P値
	中央値	四分位範囲	中央値	四分位範囲	中央値	四分位範囲	中央値	四分位範囲	
性別 (男性/女性)	7/11		20/20		19/8		8/1		
BMI (kg/m ²)	21.7	20.2 - 22.5	22.5	21.1 - 24.9	23.2	21.5 - 24.8	26.9	19.0 - 28.8	0.123
Stroopテスト									
正答率 _{CP} (%)	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	0.754
正答率 _{WP} (%)	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	0.960
正答率 _{CC} (%)	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	0.445
正答率 _{CI} (%)	94.4	85.4 - 97.2	94.4	88.9 - 97.2	86.1	69.4 - 97.2	80.6	56.9 - 86.1 ^{a,b}	0.003
正答率 _{WC} (%)	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	100.0	100.0 - 100.0	0.600
正答率 _{WI} (%)	93.1	86.1 - 97.2	94.4	86.1 - 97.2	91.7	83.3 - 97.2	83.3	72.2 - 95.8	0.346
反応時間 _{CP} (ms)	898	702 - 1024	902	786 - 999	1068	956 - 1192 ^{a,b}	1339	1207 - 1413 ^{a,b}	<0.001
反応時間 _{WP} (ms)	921	831 - 1230	1041	909 - 1285	1351	1190 - 1528 ^{a,b}	1516	1405 - 1933 ^{a,b}	<0.001
反応時間 _{CC} (ms)	772	682 - 1086	889	735 - 1064	1073	1010 - 1201 ^{a,b}	1238	1084 - 1455 ^{a,b}	<0.001
反応時間 _{CI} (ms)	1095	938 - 1422	1110	971 - 1404	1452	1172 - 1560 ^b	1794	1548 - 1928 ^{a,b}	<0.001
反応時間 _{WC} (ms)	1108	862 - 1259	1018	816 - 1182	1209	1080 - 1345 ^b	1382	1259 - 1529 ^{a,b}	<0.001
反応時間 _{WI} (ms)	1215	1013 - 1656	1215	1026 - 1437	1389	1251 - 1674	1739	1615 - 1909 ^{a,b}	<0.001
反応時間 _{CI-CP} (ms)	244	118 - 427	218	125 - 364	269	123 - 420	442	297 - 570	0.116
反応時間 _{CI-CC} (ms)	273	173 - 469	231	160 - 365	310	133 - 434	471	418 - 571 ^{b,c}	0.005
反応時間 _{WI-WP} (ms)	194	115 - 382	134	13 - 256	109	-30 - 181	140	-78 - 293	0.094
反応時間 _{WI-WC} (ms)	158	72 - 253	192	119 - 337	185	95 - 305	397	201 - 502	0.140

^a $P < 0.05$ vs 27-39歳, ^b $P < 0.05$ vs 40-49歳, ^c $P < 0.05$ vs 50-59歳

反応時間は 6 つ全ての試行条件において、年齢群による有意な差が認められた($P < 0.001$)。6 試行条件の中で CP、WP、CC、WC は比較的容易な課題であり、不一致条件である CI 及び WI は複雑な課題であるが、容易な課題及び複雑な課題の両方において、60–71 歳は 27–39 歳及び 40–49 歳に比べて反応時間が有意に高値、すなわち反応が遅いことが示された($P < 0.001$)。50–59 歳は、CP、WP、CC において 27–39 歳より有意に遅い反応時間を示し、CP、WP、CC、WC、CI において、40–49 歳よりも反応時間が有意に遅かった($P < 0.05$)。不一致条件である CI の反応時間の中央値は、27–39 歳が 1095 ms、40–49 歳が 1110 ms、50–59 歳が 1452 ms、60–71 歳が 1794 ms であった。全ての試行条件に関して、27–39 歳と 40–49 歳の間、50–59 歳と 60–71 歳の間に、反応時間の有意な差は認められなかった。本研究では、認知機能テストにボタン押しで回答する Stroop テストを用いた。この場合の反応時間は、脳機能のみでなく、刺激を受容する感覚や、目的の動作を実行する(正しいボタンを押す)ために必要な筋肉や関節の制御に関わる神経・筋の機能も反映すると考えられる。従って、全試行条件の反応時間が壮年期に比べて高値を示した高齢期は、感覚器、神経・筋、脳のいずれかあるいは複数の機能が低下している可能性がある。

ストループ干渉については、反応時間 CI-CC の中央値が、27–39 歳は 273 ms、40–49 歳が 231 ms、50–59 歳が 310 ms、60–71 歳が 471 ms であった。4 つのストループ干渉評価指標の中で、反応時間 CI-CC においてのみ、年齢群による有意な差が認められ($P < 0.05$)、60–71 歳が 40–49 歳及び 50–59 歳に比べて有意に高値を示し($P < 0.05$)、ストループ干渉が大きいことが明らかとなった。この結果は、正答率に関する考察で述べたように、高齢期では壮年期に比べ実行機能が低下していることを示唆するものである。

4. まとめ

正答率及びストループ干渉の結果から、高齢期は壮年期に比べて実行機能が低下していることが明らかにな

った。一方、本研究で評価した認知・実行機能に性差は認められなかった。今後の展開として、実行機能の低下に関連する要因を究明し、低下抑制に有効な食・栄養、身体活動・運動処方を明らかにする研究を進めていく予定である。

参考文献

- 1) Miyake A., Friedman N. P., Emerson M. J., Witzki A. H., Howerter A. and Wager T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41 (1), 49–100.
- 2) Di Russo F., Bultrini A., Brunelli S., Delussu A. S., Polidori L., Taddei F., Traballese M. and Spinelli D. (2010). Benefits of sports participation for executive function in disabled athletes. *Journal of Neurotrauma*, 27 (12), 2309–2319.
- 3) Wang C. H., Chang C. C., Liang Y. M., Shih C. M., Chiu W. S., Tseng P., Hung D. L., Tzeng O. J., Muggleton N. G. and Juan C. H. (2013). Open vs. closed skill sports and the modulation of inhibitory control. *PloS one*, 8 (2), e55773.
- 4) Stroop J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18 (6), 643–662.
- 5) Seo E.H., Kim H., Lee K.H., Choo I.H. (2016) Altered executive function in pre-Mild Cognitive Impairment. *Journal of Alzheimer's Disease*, 54 (3), 933– 940.
- 6) Spedden M.E., Mallng A.S.B., Andersen K.K., Jensen B.R. (2017). Association between gross-motor and executive function depends on age and motor task complexity. *Developmental Neuropsychology*. 42 (7–8), 495–506.
- 7) Davis J.C., Marra C.A., Najafzadeh M., Liu-Ambrose T. (2010). The independent contribution of executive functions to health related quality of life in older women. *BMC Geriatrics*, 1, 10–16.
- 8) Forte R., Boreham C.A., De Vito G., Pesce C. (2015) Health and quality of life perception in older adults: The joint role of cognitive efficiency and functional mobility. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 12 (9), 11328–11344.

- 9) 松本亜紀, 箱田裕司, 渡辺めぐみ. (2012). マッチング反応を用いて測定したストループ・逆ストループ干渉の発達変化。心理学研究, 83 (4), 337–346.
- 10) Chang Y. K., Labban J. D., Gapin J. I. and Etnier J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. Brain Research, 1453, 87–101.
- 11) MacLeod C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. Psychological Bulletin, 109 (2), 163–203.