

ゲームを通した実行機能の評価

217B001 有吉 紅葉

問題

実行機能は、ワーキングメモリの中核機能（中央実行系）であり、人が日常生活において目標に向けて自らの思考や行動を制御するために用いられる重要な認知機能でもある。実行機能には、優勢反応の抑制、ワーキングメモリの更新、認知セットの切り替えの3つの下位機能があり、脳損傷患者（高次脳機能障害）だけでなく、統合失調症、うつ病、不安障害、強迫性障害、注意欠如多動症、依存症、さまざまな行為障害との関連も示唆されている。

本研究では、実行機能を反映する課題をゲーム化することで（ゲーミフィケーション）、データの質を保ちながら、介入効果を高め、患者の動機づけを向上させられるような課題を開発することを試みる。

方法

参加者 比治山大学の学生 25 名（男性 9 名、女性 16 名）が実験に参加した。

課題 神経心理学的検査のひとつである PC 版トレイルメイキングテスト（以下 TMT）と、モグラたたき型ゲームを用いた。【TMT】主として注意機能を測定する Part A（数字を順に探す）と、数字と文字を交互に選択することで実行機能を反映する Part B を実施した。【モグラたたき】ワーキングメモリに対する負荷を操作するため、画面に出てくる 22 種類の動物のうち、ターゲットの種類をネズミ 1 種類とした単一ターゲット条件と、ターゲットをネズミ・ウシ・トラの 3 種類とした複数ターゲット条件を設けた。また、抑制機能を評価するために、ターゲットを叩くポジティブ条件と、ターゲット以外の動物を叩くネガティブ条件を組み合わせた。

手続き 実験では、TMT（Part A, B の 2 条件）とモグラたたき（ターゲット数(1,3)×課題タイプ(ポジティブ, ネガティブ)の 4 条件)のそれぞれの条件で練習試行を 1 回行った後、本試行を 2 回ずつ行った。なお、TMT とモグラたたきの実施順序は参加者間でカウンタバランスをとった。また、実験試行がすべて終わった後、実行機能質問紙（関口・山田, 2017）の質問紙に記入してもらった。

結果

まず、トレイルメイキングテストにおける Part A と

Part B の所要時間は、Part A の所要時間が 36.72 s、Part B の所要時間は 57.57 s であり、Part A よりも有意に Part B の方が長い時間を要したことがわかった ($t(24)=8.33, p<.0001$)。また、Part A と Part B の所要時間の相関は $r=.563$ と有意であった。

モグラたたきゲームの結果に関しては、まずヒット率 (Figure 1) について、ターゲットの種類 (2 水準: 単一ターゲット, 複数ターゲット) × 課題タイプ (2 水準: ポジティブ条件, ネガティブ条件) の参加者内 2 要因分散分析を実施した。その結果、ターゲットの種類の主効果 ($F(1,24)=334.67, p<.0001$)、課題タイプ的主効果 ($F(1,24)=202.19, p<.0001$)、ターゲットの種類 × 課題タイプの交互作用 ($F(1,24)=141.93, p<.0001$) のすべてが有意であった。下位検定を行ったところ、課題タイプの効果は、単一ターゲットでは有意ではなかったが ($F(1,48)=3.65, ns$)、複数ターゲット条件では有意であることがわかった ($F(1,48)=342.30, p<.0001$)。

フォルスアラーム (FA) 率 (Figure 2) についても同様の分散分析を行ったところ、ターゲットの種類の主効果 ($F(1,24)=54.43, p<.0001$)、課題タイプ的主効果 ($F(1,24)=62.27, p<.0001$)、ターゲットの種類 × 課題タイプの交互作用 ($F(1,24)=31.88, p<.0001$) が有意であった。下位検定を行ったところ、課題タイプの効果は、単一ターゲット条件では有意ではなく ($F(1,48)=3.93, ns$)、複数ターゲット条件のみで有意であった ($F(1,48)=92.75, p<.0001$)。

反応時間 (Figure 3) についても同様の分析を行ったところ、ターゲットの種類的主効果 ($F(1,24)=443.81, p<.0001$)、課題タイプ的主効果 ($F(1,24)=90.69, p<.0001$)、ターゲットの種類 × 課題タイプの交互作用 ($F(1,24)=11.07, p<.005$) のすべてが有意であることがわかった。下位検定の結果は、課題タイプの効果が、単一ターゲット条件 ($F(1,48)=28.51, p<.0001$) よりも複数ターゲット条件 ($F(1,48)=90.40, p<.0001$) でより大きくなったことを示していた。

次に、トレイルメイキングテストとモグラたたきゲームとの関連について相関分析を行ったところ (Table 1)、モグラたたきゲームのターゲットが 1 種類、3 種類のときのポジティブ条件のヒット率とトレイルメイキングテストの Part B の所要時間の間に有意な負の相

関が得られた（それぞれ、 $r = -.477, r = -.432$ ）。また、モグラたたきゲームのターゲットが1種類のときのポジティブ条件におけるフォルスアラーム率が、トレイルメイキングテスト Part B の所要時間と有意な正の相関を示していた ($r = .401$)。

実行機能質問紙の結果と実験課題の結果の相関分析を行った (Table 2)。その結果、まず、実行機能質問紙で得られた指標とトレイルメイキングテストの所要時間の間には有意な相関はみられなかった。また、モグラたたきゲームのパフォーマンスとの関連性においては、ターゲットが1種類のときのフォルスアラーム率と実行機能質問紙の切り替えとの間に有意な正の相関 ($r = .414$) がみられた。また、ターゲットが3種類のときのネガティブ条件における反応時間と、実行機能質問紙で測定された熱中 ($r = -.451$)、注意の維持 ($r = -.482$) との間に有意な負の相関があった。

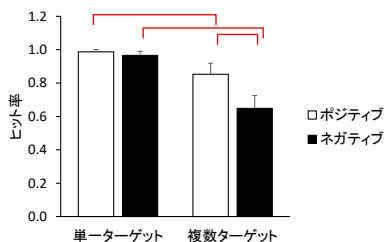


Figure 1. モグラたたきゲームのヒット率。

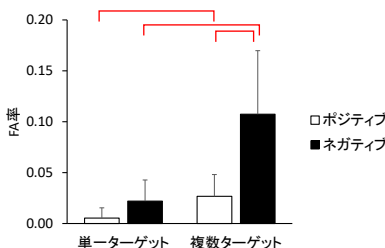


Figure 2. モグラたたきゲームのFA率。

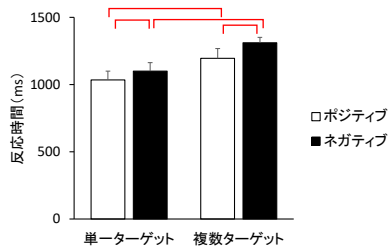


Figure 3. モグラたたきゲームの反応時間。

Table 1 TMT とモグラたたきゲームの相関

		TMT-A	TMT-B
ヒ ツ ト 率	T1-Pos	-.202	-.477*
	T1-Neg	-.178	-.145
	T3-Pos	-.266	-.432*
	T3-Neg	-.177	-.026
F A 率	T1-Pos	.024	.401*
	T1-Neg	.196	.036
	T3-Pos	.028	.092
	T3-Neg	.013	.075

*: $p < .05$

Table 2 実行機能質問紙と実験課題の相関

		P	A	E	S	SC	SA
TMT	TMT-A	.149	.067	-.144	-.222	-.338	-.090
	TMT-B	.177	-.142	-.192	-.204	-.043	-.183
ヒ ツ ト 率	T1-Pos	-.196	.004	-.033	-.035	-.271	.150
	T1-Neg	-.161	.234	.209	.148	-.060	.129
	T3-Pos	-.008	-.164	-.020	.116	-.361	.282
	T3-Neg	-.314	-.227	.278	.162	-.195	-.022
F A 率	T1-Pos	.023	.086	.333	.414*	.176	.119
	T1-Neg	-.047	-.039	-.285	-.172	.306	-.064
	T3-Pos	-.261	.306	.130	.116	-.018	-.007
	T3-Neg	-.155	.213	-.030	.105	.091	.236
R T	T1-Pos	.111	-.069	-.009	-.125	.115	-.208
	T1-Neg	.248	-.006	-.207	-.271	.318	-.277
	T3-Pos	-.043	-.053	.366	.222	.223	-.093
	T3-Neg	-.268	-.451*	-.113	-.203	.280	-.482*

P: プランニング, A: 熱中, E: 効率, S: 切り替え, SC: 自己意識, SA: 注意の維持

*: $p < .05$

考察

本研究は、ゲームによって実行機能の評価や訓練ができないかを検討することを目的とした。

実験の結果、ヒット率、フォルスアラーム率ともに、単一ターゲット条件では、ネズミを叩くポジティブ試行とネズミ以外を叩くネガティブ試行にパフォーマンスの違いはなかったが、複数ターゲット条件では、ネガティブ試行の方がポジティブ試行よりも有意にヒット率が低下し、フォルスアラーム率も上昇した。

ターゲットを複数種類にすることは、ワーキングメモリに負荷をかけると考えられる。また、ネズミを叩いた後にウシやトラに注意を切り替えるなど、認知セットの切り替えやワーキングメモリの更新に相当する実行機能の負荷も高めることが考えられる。本研究では複数ターゲットのネガティブ条件で、叩いてはいけない刺激項目を叩くフォルスアラームのエラーが頻出した (Figure 2)。これは、実行機能の主たる下位機能である抑制の失敗と考えられる。この条件においてモグラたたきゲームのパフォーマンスが大きく低下したことは、このゲームが実行機能を必要とする課題であるからだと言えるのではないだろうか。

しかしながら、実行機能質問紙で測定した参加者の特性とゲームの成績との間の相関はあまりみられなかった。また、実行機能を反映するはずの TMT Part B との相関もみられなかった (Table 2)。実行機能という概念は、研究者によって定義が異なるところが大きく、それが行動的課題やテストバッテリーによる測定を難しくしていると言われる。質問紙への自己認知による回答で測定される実行機能は、実験的・行動的に測定される実行機能と同じものとは言えないのかもしれない。この点については、今後検討が必要と思われる。

引用文献

関口 理久子・山田 尚子 (2017). 実行機能質問紙 (Executive Functions Questionnaire) の開発 関西大学心理学研究, 8, 31-48.