2 種類の暗算課題遂行時における心血管反応¹

松村健太² 北海道大学^{3,4} 澤田幸展 札幌医科大学

Cardiovascular responses during two kinds of mental arithmetic tasks

Kenta Matsumura (Hokkaido University) and Yukihiro Sawada (Sapporo Medical University)

Eighteen young females performed two kinds of mental tasks, an Internally-Generated Mental Arithmetic task (IGMA: serial subtraction) and an Externally-Presented Mental Arithmetic task (EPMA: continual subtraction). Both tasks were equal in establishing active coping, but EPMA made participants attend more to an external stimulus. The expected reaction patterns were vascular-dominant (blood pressure elevation mainly due to an increase in total peripheral resistance) for only EPMA, or cardiac-dominant (mainly due to an increase in cardiac output) for both IGMA and EPMA. The results showed that vascular-dominant patterns were evoked during EPMA, while mixed (moderate increases in both cardiac output and total peripheral resistance) reaction patterns were evoked during IGMA. Post-task questionnaires confirmed that attention to an external stimulus was required much more in EPMA than in IGMA. These results indicate that the vascular-dominant reaction pattern was evoked in the state where attention to an external stimulus was heightened. The implications of the present findings are discussed in term of how to interpret the hemodynamic reaction patterns during mental stress.

Key words: hemodynamic reaction patterns, mental arithmetic tasks, external attention, active coping.

The Japanese Journal of Psychology

2009, Vol. 79, No. 6, pp. 473-480

暗算は精神的ストレス課題としてよく用いられるものであるが、その遂行時に誘発される心臓血管系反応は一貫していない。たとえば、連続引き算で心臓優位反応パターン（血圧上昇が主に心拍出量の増加によるもの）が誘発されたという研究（Allen, Obrist, Sherwood, & Crowell, 1987）が存在する一方で、聴覚性クレベリンで血管優位反応パターン（血圧上昇が主に全末梢抵抗の増加によるもの）が誘発されたという研究（Willemsen, Ring, McKeever, & Carroll, 2000）が存在する。これは、およそどのような組み立てであれ、鏡映描写課題では血管優位反応パターンが誘発されるのと対照的である（Sawada, Nagano, & Tanaka, 2002）。それでは、一体どのような要因が、暗算課題遂行時の血行力学的反応パターンを決定しているの

だろうか。

これまで、四半世紀に渡り精神的ストレス課題遂行時の血行力学的反応パターンに関する有力な理論を提供してきたのは、Obrist グループによる能動的-受動的対処モデルである（Obrist, 1981; Sherwood, Dolan, & Light, 1990）。この理論によると、課題遂行とその結果が随伴する状況である能動的対処では心臓優位反応パターンが、これらが随伴しない状況である受動的対処では血管優位反応パターンが誘発される、という。その点、暗算課題は、たとえ解答を与えることが特定の結果（たとえば、正答なら電撃の回避）を導かず、正誤のフィードバックを引き出すだけの場合でも、なお一定の随伴性が保証される。つまり、能動的対処としての性質を強く有している課題である。それにも関わらず、この課題では、既述した通り、常に心臓優位反応パターンが誘発されるわけではないのである。

そこで、能動的-受動的対処モデル以外に視点を移してみると、Lacey & Lacey (1974) の環境取り入れ-拒否モデルと Williams (1986) によるその拡張、Fanselow (1994) や Lang, Bradley, & Cuthbert (1997) の防衛カスケードモデル、さらには、Sawada et al. (2002) の注意-感情モデル等を挙げることができる。そして、これらの収斂する部分には、外的注意の亢進する状態で血管優位反応パターンが誘発される、とい

Correspondence concerning this article should be sent to: Kenta Matsumura, Department of Adult Mental Health, National Institute of Mental Health, National Center of Neurology and Psychiatry, Ogawa-Higashi, Kodaira 187-8553, Japan (e-mail: kenta@ncnp.go.jp)

¹ 本研究は札幌医科大学医学部心理学教室で行われた。

² 本研究の遂行にあたり、北星学園大学 4 回生の太野里奈さん、同 3 回生の道塚麻衣さん、武田かおりさん、細藤礼美さんから多大な協力を得た。感謝してここに記す。

³ 投稿時：日本学術振興会特別研究員

⁴ 現所属：国立精神・神経センター精神保健研究所成人精神保健部

う共通項が存在するように思われる。実際、これを既述の暗算の例に当てはめてみると、連続引き算は外的注意が不必要な課題であるため、相対的にこれが亢進しないで心臓優位反応パターンが、一方、聴覚性クレペリンは外的注意が必要な課題であるため、実際にこれが亢進して血管優位反応パターンが誘発された、と解釈することができそうである。

しかしながら、このように解釈できることが、即、この正しさを実証したことにはつながらない。というのも、連続引き算と聴覚性クレペリンの対比では、そもそも対象としている参加者群の質が違う等、外的注意の亢進以外にも異なる部分が多数存在するからである。また、これらを同一の実験内で比較した研究（長野, 2002）は存在するものの、この研究は本来、外的注意についてではなく、暗算の種類の違いが圧受容体反射感度に影響を与えるかについて検討した実験である。そのため、この研究の結果は、外的注意が亢進する状態で血管優位反応パターンが誘発されたと拡大解釈できるものの、厳密な意味でこう解釈できるためには、なおいくつかの点で補足を必要とする。すなわち、課題遂行中における外的注意の亢進度を評価すること、血行力学的反応パターンを正確に決定できる指標を追加すること、および、外的注意の必要な暗算と不必要な暗算との間で課題統制を行うこと、である。

そこで、これらの点を踏まえ、本研究では能動的対処方略を強めた暗算課題に外的注意が必要な条件とそうでない条件とを可能な限り明確な形で設定し、外的注意の亢進する状態で血管優位反応パターンが誘発されるかどうかを詳しく検証することとした。もし、外的注意の必要な暗算課題で実際に外的注意が亢進しており、しかも、こうした状態で血管優位反応パターンが誘発される一方で、外的注意の必要でない暗算課題で実際に外的注意が亢進しておらず、しかも、こうした状態で血管優位反応パターンが誘発されないのであれば、この仮説は支持されたと結論づけてよいであろう。反面、もし、両者で同一の血行力学的反応パターン、それも特に、心臓優位反応パターンが誘発されるのであれば、これまで支持されてきた能動的-受動的対処モデルはやはり妥当であったと結論づけられるであろう。

方 法

実験参加者 健康な女子大学生 18 名（平均 18.4 ± 0.5 歳）を実験参加者とした。女子大学生は、1 日につき 4—5 人まとめて実験室に来たが、実際に実験参加者になったのは、その中の 2—3 人であった。残りの者は、実験参加者とチームを作り、謝礼の分配（後述）にあずかった。全ての実験参加者からは、書面によるインフォームド・コンセントを得た。

装置 室温 25℃の防音シールド室を使用した。シ

ールド室内に、刺激提示用の液晶ディスプレイ（Mitsubishi, RDT17M）を備え付けた机と、実験参加者が座る椅子を用意した。液晶ディスプレイと実験参加者の距離は約 1 m であった。外部との連絡は、ヘッドフォンマイク（audio-technica, ATH-30COM）を用いた。椅子正面右斜め前方 30 度の 1 m 離れた位置に、実験参加者をモニターするためのビデオ会議用カメラ（Apple, iSight）を設置した。課題（後述）のコントロールと刺激提示は、液晶ディスプレイとヘッドフォンマイクに接続されたコンピューター（Apple, PowerMac G4）を用いて行った。

生理指標の測定には、連続血圧計（Ohmeda, Finapres 2300）、胸部アドミタンス測定装置（NEC, NICOVIEV PA1100）、自作した指尖容積脈波装置を用いた。これらの装置からのアナログ出力は、生体アンプ（NEC San-ei 1253A）、16 bit、1 kHz の A/D 変換ボード（NATIONAL INSTRUMENTS, PCI-6036E）を通してコンピューター（DELL, Dimension 8200）に取り込んだ。データの取り込みと分析は、それぞれ、LabVIEW8.0（NATIONAL INSTRUMENTS）と Mac OS X 10.4 上で走る独自開発のアプリケーションを用いて行った。

課題 外的注意を必要としない内的生成型暗算（internally-generated mental arithmetic：以下 IGMA とする）と、外的注意を必要とする外的提示型暗算（externally-presented mental arithmetic：以下 EPMA とする）の、2 種類の暗算課題を用意した。

IGMA は、5 000 から 13 を連続的に引き続ける課題であり、EPMA は、画面に提示された数から 13 を引く（これを連続的に繰り返す）課題であった。いずれの課題においても、提示画面をできる限り同一にするため、それが計算に必要なかどうかに関わらず、実験参加者が口頭で答える度に次の数字を画面に提示した（Figure 1 は液晶ディスプレイ上での両課題の例示）。

提示する数とその順序は、IGMA 課題における正しい答の系列を 10 個毎にランダムにしたものであった。すなわち、IGMA 課題の正しい答は、順に、4 987、4 974、4 961、4 948、4 935…であるが、これを、4 935、4 948、4 974、4 987、4 961、の様な擬似ランダム順に変えたものである（ただし、これは 5 個毎にランダムにした例）。実験参加者に対しては、IGMA 課題では、画面に提示された数ではなく直前の正解から 13 を引いて行って下さい、また、EPMA 課題では、画面に提示された数字から 13 を引いて下さい、と教示した。

課題中は、実験参加者が口頭で解答する毎に正誤のフィードバックを音声によって提示し、1 問正解する毎に、課題達成度得点に 2 点を加算した。解答が間違っていた場合は 1 点を引いた。いずれの課題において

も、間違っていた場合には正しい答を提示したが、IGMA 課題では、その正解から暗算を続けさせ、EPMA 課題では、確認のため、ただ聞いてもらった。

課題は共に 5 分間であり、この中に 20 秒を 1 試行とする計 15 試行が含まれていた。そして、1 試行 20 秒で達成すべき目標得点が存在し、これは、各実験参加者の暗算能力に見合った適切な水準、すなわち、実験参加者の直前 2 試行における解答スピードを参照しながら、当該試行で達することができそうなぎりぎりの上限に設定した。1 試行の残り時間がなくなった時点で目標が達成されていなかった場合には、罰として、最高 68 dB(A)、1.5 秒間のガラスをこする不快音を提示した。最終的な達成度は、課題達成度得点の合計ではなく、15 試行中何試行で目標得点に到達できたかの回数によって決定した。

実験参加に対する謝礼は、一人当たり平均 200 円であった⁵。ただし、チームで競争してもらい、最終的な達成度の割合に応じて支払うと教示し、実際にもその通りにした。

なお、以上の、解答毎の正誤のフィードバック、目標達成度の提示とこれが達成できなかった場合の罰刺激、競争による勝ち負けの存在（および、これに付随する金銭的報酬）という設定は、いずれも、能動的対処方略を強めるための操作である（詳しくは、松村・

澤田、2004 を参照）。

手続き 実験参加者からインフォームド・コンセントを得た後、女性実験補助者が必要な測定機器類を体に装着し、防音シールド室内の椅子に座らせた。そして、実験に先立って、これ以後で一貫して用いる、実験参加者が間違えずに読むことができるぎりぎりの数字の大きさを決めた（4桁の数字の大きさ：縦 1.52 ± 0.35 度、横 5.50 ± 1.27 度）。この操作は、数字を、意図しなければ読むことのできない大きさに設定することで、これに対する注意を EPMA 課題遂行中に高めるために行った。

安静状態では、実験参加者に、およそ 10 分間、眠らないよう、あまり体を動かさず静かに画面を見てもらうよう教示した。ディスプレイには、課題遂行時とほぼ同一の画面（Figure 1 参照）を提示したが、ここでは、課題達成度得点と目標得点の部分が空白であった。なお、眠気防止のため、5 分目から 20 秒毎に本番課題で答となる数字をランダムな順で提示し、ただ読み上げてもらった。10 分間のうち、最初の 7 分間を順応区間と見なし、実際には最後の 3 分間のみを安静状態として測定した。

安静終了後、課題の説明を行い、これに対応する簡単な練習課題を 20 秒間ほど行った。これは、5 000－13 ではなく、100－7 の系列を用いたものであった。

練習課題終了後、本番暗算課題（IGMA または EPMA）を 5 分間実施し、その後即座に、後述の質問紙に評定してもらった。

⁵ 本実験は必修科目の授業として行われたため、競争の勝敗を印象づける目的で支払われ、報酬の意味は少ない。

Figure 1. An example of ongoing mental arithmetic task on a computer display.

5 分間の休憩をはさんだ後、課題を代えて (EPMA または IGMA)、安静からの手続きをもう一度繰り返した。

質問紙 課題によって喚起された注意と感情、および、課題の難しさと主観的コントロール感を測定するため、それぞれ 1 項目のみの単純な質問紙を用いた。これは、“課題の最中、あなたはどの程度、コンピューター画面に注意を傾けましたか”、“課題の最中、あなたはどの程度、不快な感情に見舞われましたか”、“課題はどの程度、難しかったですか”、“課題をどの程度、コントロールできましたか”、という項目に対し、10 点満点 (0: 全く当てはまらない, 10: 非常に当てはまる) で評定するものであった。

心臓血管系指標 収縮期血圧 (systolic blood pressure: 以下 SBP とする, mmHg), 拡張期血圧 (diastolic blood pressure: 以下 DBP とする, mmHg), 平均血圧 (mean blood pressure: 以下 MBP とする, mmHg) は、得られた連続血圧波形から 1 心拍毎に算出した。

α アドレナリン作動性交感神経活動の指標である基準化脈波容積 (normalized pulse volume: 以下 NPV とする, 単位なし) は、指尖脈波容積装置の ac および dc 出力波形から、両者の除算 (ac/dc) によって 1 心拍毎に求めた (Sawada, Tanaka, & Yamakoshi, 2001)。なお、分布を正規化するために対数変換を施した。

心拍数 (heart rate: 以下 HR とする, beats/min) は、胸部アドミタンス装置から得られた心電図波形から 1 心拍毎に算出した。

心電図 R 点をトリガーとした胸部アドミタンス変化の 1 分毎の加算平均波形と、1 分毎にまとめた HR と MBP から、Sherwood, Allen, Fahrenberg, Kelsey, Lovallo, & van Doornen (1990) のガイドラインに従って、1 回拍出量 (stroke volume: 以下 SV とする, ml/beat), 心拍出量 (cardiac output: 以下 CO とする, l/min), 全末梢抵抗 (total peripheral resistance: 以下 TPR とする, mmHg/(l · min)), 前駆出期 (pre-ejection period: 以下 PEP とする, ms) を算出した (詳しくは、澤田・田中, 1993 を参照)。

心臓迷走神経活動の指標である圧反射感度 (baroreflex sensitivity: 以下 BRS とする, ms/mmHg) は、3 拍以上連続する SBP 上昇 (または下降) かつ R-R 間隔延長 (または、短縮) を対象とするシーケンス検索法 (Bertinieri, Rienzo, Cavallazzi, Ferrari, Pedotti, & Mancina, 1988; Steptoe & Sawada, 1989) を用いて算出した。

血行力学的プロフィール (hemodynamic profile: 以下 HP とする, 単位なし) と補償不足度 (compensation deficit: 以下 CD とする, 単位なし) は、Gregg, Matyas, & James (2002) の方法で算出した。HP とは、安静時からストレス負荷時へかけて CO および TPR

に生じる変化率から、それらの比の対数として与えられるものである。負の HP 値は心臓優位反応パターン、正の HP 値は血管優位反応パターン、0 近辺は両方の中間とも言える混合反応パターンに相当する。また、CD とは、安静時からストレス負荷時へかけて MBP に生じる変化率の対数として与えられるものである。正の CD 値は血圧上昇、負の CD 値は血圧下降、0 は変化なしに相当する⁶。

データ整理 各指標を 1 分毎の平均値にまとめた上で、さらに、安静 3 分、課題 5 分それぞれで平均して、安静値と課題値を算出した。HP と CD は、これらの値から求めた。

要因配置 2 (区間: 安静と課題, 実験参加者内) × 2 (暗算の種類: IGMA と EPMA, 実験参加者内) の要因配置であった。なお、課題の実施順は、実験参加者毎にカウンター・バランスした。

結 果

行動指標 実験から脱落した参加者は 1 人もいなかった。Table 1 に課題実施結果を示す。各遂行得点について、課題間に対応のある *t* 検定を行った結果、罰を受けた回数についてのみ、IGMA 課題の方が EPMA 課題よりも有意に多かった ($t(17)=3.12, p<.01$)。

質問紙 Table 2 に質問紙の集計結果を示す。各項目の得点について、課題間に対応のある *t* 検定を行った結果、注意得点については、EPMA 課題の方が IGMA 課題よりも有意に高く ($t(17)=9.24, p<.001$)、難易度得点については、IGMA 課題の方が EPMA 課題よりも有意に高かった ($t(17)=3.78, p<.01$)。また、主観的コントロール感得点については、有意傾向

Figure 2. Mean values of Hemodynamic Profile (HP) and Compensation Deficit (CD).

Note. IGMA=internally-generated mental arithmetic, EPMA=externally-presented mental arithmetic. Vertical bars represent S. E. M.

** $p<.01$.

⁶ たとえば、ストレス負荷で CO 増加 (つまり、心臓優位反応パターン) が生じたとして、TPR 減少が十分であれば、MBP は上昇しない。逆に言えば、この補償が不足しているときほど、MBP は上昇する——つまり、CD が大きな正の値を取る。“補償不足度”とはこの意である。

Table 1
Mean (SD) values of behavioral indices (N=18)

	IGMA	EPMA
Score	69.2 (56.1)	74.0 (26.4)
Correct Answers	40.1 (27.6)	42.0 (12.6)
Incorrect Answers	10.9 (3.2)	10.0 (3.6)
Total Answers	51.0 (26.8)	52.0 (12.2)
Punishments	7.7 (1.1) >	7.1 (0.8)

Note. IGMA = internally-generated mental arithmetic,
EPMA = externally-presented mental arithmetic.
">" is result of *t* test.

Table 2
Mean (SD) values of questionnaire rating (N=18)

	IGMA		EPMA
Attention	3.3 (2.4)	<	9.4 (1.2)
Affect	4.8 (2.8)		4.4 (2.5)
Difficulty	7.6 (1.8)	>	6.3 (2.0)
Perceived Control	3.2 (1.6)		4.0 (1.6)

Note. IGMA = internally-generated mental arithmetic,
EPMA = externally-presented mental arithmetic.
">" and "<" are results of *t* test.

ながら、EPMA 課題の方が IGMA 課題より高かった ($t(17)=1.90, p<.10$)。

心臓血管系の反応 Figure 2 に HP と CD それぞれの結果をまとめて示す。HP と CD それぞれについて、課題間で対応のある *t* 検定を行った結果、HP については、EPMA 課題の方が IGMA 課題より有意に大きかったが ($t(17)=2.91, p<.01$)、CD には有意な差が

認められなかった ($t(17)=0.26, ns$)。また、HP に関する詳細な分析として、条件毎に 0 との間で *t* 検定を行った結果、EPMA 課題の HP は 0 と比べて有意に大きかったが ($t(17)=3.64, p<.01$)、IGMA 課題の HP は 0 との間に有意な差が認められなかった ($t(17)=1.33, ns$)。

Figure 3 に心臓血管系それぞれの指標の結果をまと

Figure 3. Mean values of cardiovascular parameters.

Note. IGMA = internally-generated mental arithmetic, EPMA = externally-presented mental arithmetic.

SBP=systolic blood pressure, MBP=mean blood pressure, DBP=diastolic blood pressure,
CO=cardiac output, HR=heart rate, SV=stroke volume, TPR=total peripheral resistance,
PEP=pre-ejection period, NPV=normalized pulse volume, BRS=baroreflex sensitivity.

Vertical bars represent S. E. M.

*** $p<.001$, ** $p<.01$, * $p<.05$.

めて示す。各指標について 2 要因の分散分析を行った結果、区間の主効果が有意であったのは、SBP ($F(1, 17)=91.20, p<.001$), MBP ($F(1, 17)=130.19, p<.001$), DBP ($F(1, 17)=144.63, p<.001$), CO ($F(1, 17)=6.12, p<.05$), HR ($F(1, 17)=44.40, p<.001$), SV ($F(1, 17)=11.99, p<.01$), TPR ($F(1, 17)=24.72, p<.001$), PEP ($F(1, 17)=26.37, p<.001$), $\ln$ NPV ($F(1, 17)=57.17, p<.001$), BRS ($F(1, 17)=27.08, p<.001$) であった。また、区間と暗算の種類の交互作用が有意であったのは、CO ($F(1, 17)=7.26, p<.05$), TPR ($F(1, 17)=11.63, p<.01$) においてであった。なお、いずれの指標においても、暗算の種類の主効果は認められなかった。

CO, TPR で認められた交互作用に関する下位検定を行った結果、CO については、課題時における暗算の種類の単純主効果 ($F(1, 34)=4.56, p<.05$), IGMA 課題における区間の単純主効果 ($F(1, 34)=10.56, p<.01$) が有意であり、TPR については、課題時における暗算の種類の単純主効果 ($F(1, 34)=4.44, p<.05$), IGMA 課題における区間の単純主効果 ($F(1, 34)=14.35, p<.001$), EPMA 課題における区間の単純主効果 ($F(1, 34)=32.95, p<.001$) が有意であった。

考 察

本研究の目的は、外的注意の亢進する状態で血管優位反応パターンが誘発されるかどうかを詳しく検証することであった。そのため、外的注意を必要としない IGMA 課題と、これを必要とする EPMA 課題とを、非常に注意深く統制して作成した。その結果、先ず、注意得点については、EPMA 課題中の方が IGMA 課題中と比べて高いということが分かった。つまり、課題要求に従って、暗算遂行中の実験参加者の外的注意は、実際にも、EPMA 課題において IGMA 課題と比べて亢進していたということができる。続いて、心臓血管系の反応であるが、IGMA 課題中には、CO と TPR 両者が増大したことから混合反応パターン（心臓優位とも血管優位とも判別のつかない反応パターン）が、一方、EPMA 課題中には、CO の変化がない一方で TPR が増大したことから血管優位反応パターンが誘発されていた、と判断できる。実際、HP の値は、IGMA 課題で 0 と差がない一方で、EPMA 課題でプラスの値であった。以上より、外的注意が亢進する EPMA 課題で明らかな血管優位反応パターンが誘発された一方で、外的注意の亢進しない IGMA 課題で混合反応パターンが誘発された、ということができる。従って、これらの結果は、外的注意の亢進する状態で血管優位反応パターンが誘発される、という仮説を支持するものである。

本研究で用いた課題は、これまでに知られている能

動的対処を強める操作、すなわち、解答毎の正誤のフィードバック、目標達成度の提示とこれが達成できなかった場合の罰刺激 (Light & Obrist, 1980)、競争による勝ち負け（および、これに付随する金銭的報酬）という操作（詳しくは、松村・澤田, 2004 を参照）によって、共に等しく、かつ、強く能動的対処となるように設定されていた。従って、能動的-受動的対処モデルに従うと、両課題では、共に心臓優位反応パターンが誘発されるはずであった。しかしながら、実際にはそうはならなかった。ただし、両条件間では、課題の難易度に有意差、主観的コントロール感に若干の差を認め、これらは能動的-受動的対処との関わりでも問題となるところから、補足的な説明を加えておこう。

先ず、課題の難易度は、IGMA 課題の方が EPMA 課題と比べて高いというものであった。そのため、課題の難易度が実験参加者の努力を引き出し、それが能動的対処方略を強めた結果、IGMA でより心臓優位型の反応パターンが誘発された (Obrist, Gaebel, Teller, Langer, Grignolo, Ligh, & McCubbin, 1978)、という解釈が可能かもしれない。しかしながら、Light & Obrist (1983) の研究から、第 1 に、課題の難しさが努力を引き出すという知見が当てはまるのは、随伴する結果が嫌悪刺激の場合のみである。第 2 に、金銭報酬を用いた場合には、課題の遂行が不可能なほど難易度が高くない限り、どのような難易度であれ最大限に近い努力が引き出される。第 3 に、この際の努力は血圧の上昇として現れる。これらを踏まえた場合、本研究では、課題の目標水準を実験参加者毎、かつ、課題毎に決めることによって、実験参加者から最大限の努力を引き出せるように工夫されていただけでなく、金銭報酬まで導入されていた。さらに、結果より、血圧上昇度は、CD 値からも分かる通り両課題で同程度であった。そのため、本研究に関しては、難易度の違いが能動的対処の強さに影響を与える可能性がある、という上記の観点は当てはまらないのである。

続いて、主観的コントロール感は、EPMA 課題の方が IGMA 課題と比べて若干高いというものであった。能動的対処の中心概念はコントロール可能性であるため (Obrist, 1981)、EPMA の方が IGMA と比べてより強い能動的対処課題であった、という見解があるかもしれない。しかしながら、コントロール可能性とは、対処と結果との間に強化随伴性が存在するか否か、という行動論的観点から定義され得る概念である (Obrist, 1981)。しかも、これは、主観的には多数の心理的次元から構成されることが知られている (Gerin, Pieper, Marchese, & Pickering, 1992)。従って、コントロール可能性と主観的コントロール感は必ずしも並行するわけではない。仮に、並行したとすれば、主観的コントロール感の高かった EPMA 課題でより強い心

臓優位方向の反応パターンを誘発したはずであるが、実際には全く逆の結果であった。従って、この観点から本研究の結果を解釈することには無理がある。

このように、本研究の結果を、能動的-受動的対処モデルから解釈することは困難が伴うのである。従って、外的注意の亢進する状態は、能動的-受動的対処モデルとは独立したところで、血管優位反応パターンの誘発と関連していると考えられることができるだろう。

それでは、これら両要因以外で、血行力学的反応パターンに影響を与え得るものについても見てみることにしよう。

行動指標の結果は、IGMA 課題の方が EPMA 課題と比べて若干罰の回数が多いというものであった。そのため、不快音の提示回数の違いが、誘発された血行力学的反応パターンに影響を与えた可能性が存在する。しかしながら、本研究で用いた不快音は絶対的な音量が小さかったので、仮にそうした影響があったとしても、ごく僅かであったと考えられる。しかも、音の持つ影響は、一般に血管優位反応パターンを誘発する方向性である (Sawada, 1993)。そのため、もし、この観点到立つのであれば、IGMA 課題でより血管優位方向の反応パターンが誘発されたはずであるが、実際の結果は全く逆である。従って、この観点から本研究の結果を説明することは不可能である。

暗算結果を口に出して答えるという筋運動が、血行力学的反応パターンを心臓優位側に引っ張るという知見が存在する (Schuri & von Cramon, 1981)。しかしながら、本研究では、両課題間で答えた数に差が認められなかった。つまり、筋運動の程度は両課題間で同等であったと考えられる。そのため、この可能性は排除される。

本研究では、女性の実験参加者を用いた。女性の場合、性周期の位相が血行力学的反応パターンに影響を与えている可能性がある (加藤, 2004)。しかしながら、本研究では実験参加者内の要因計画を用いたため、この可能性は排除される。

以上、外的注意の亢進以外の要因が、血行力学的反応パターンに影響を与えた可能性を見てきた。しかしながら、これらはいずれも否定されたわけであり、従って、外的注意の亢進する状態で血管優位反応パターンが誘発される、と考えるのが一番妥当な結論といえるのである。

さて、本研究で扱った、外的注意の亢進が誘発される血行力学的反応パターンに影響を与えるという考え方は、そもそも、Lacey & Lacey (1974) の環境取り入れ-拒否モデルに端を発するものであった。しかしながら、彼らが扱った心臓血管系の指標は血圧と HR であり、血圧上昇時に生じる HR の双方向的变化を迷走神経活動の変化から読み解こうとするものであった。むしろ、本研究と同一の指向性を有するのは、

Lacey & Lacey (1974) に影響を受け、この概念を主として交感神経活動によって決定される血行力学的反応パターンに拡張したモデル、すなわち、ビジランス状態で血管優位反応パターンが誘発されるという Williams (1986) のモデル、あるいは、注意が感情より相対的に高まる状態で血管優位反応パターンが誘発されるという Sawada et al. (2002) の注意-感情モデルなのである。

最後に、本研究で用いた IGMA, EPMA 課題の違いは、行動論的視点に立った場合、主として、その遂行に外的注意が必要か否かという点にあった。というのも、同じ暗算課題内の対比でも、できるだけ等質になるように工夫されたものであったからである。しかしながら、認知的視点に立った場合、この操作による外的注意の亢進度の違いは、記憶負荷の違いや、ひいては、注意資源量の違いとして解釈できるかもしれない。そのため、今後は、こうした方向性から、注意と精神的ストレス負荷時の血行力学的反応パターンの関係について扱っていく必要もあると考えられる。

引用文献

- Allen, M. T., Obrist, P. A., Sherwood, A., & Crowell, M. D. (1987). Evaluation of myocardial and peripheral vascular responses during reaction time, mental arithmetic, and cold pressor tasks. *Psychophysiology*, **24**, 648-656.
- Bertinieri, D., di Rienzo, M., Cavallazzi, A., Ferrari, A. U., Pedotti, A. U., & Mancina, G. (1988). Evaluation of baroreceptor reflex by blood pressure monitoring in unanesthetized cats. *American Journal of Physiology*, **254**, H377-H383.
- Fanselow, M. S. (1994). Neural organization of defensive behavior system responsible for fear. *Psychonomic Bulletin and Review*, **1**, 429-438.
- Gerin, W., Pieper, C., Marchese, L., & Pickering, T. G. (1992). The multi-dimensional nature of active coping: Differential effects of effort and enhanced control on cardiovascular reactivity. *Psychosomatic Medicine*, **54**, 707-719.
- Gregg, M. E., Matyas, T. A., & James, J. E. (2002). A new model of individual differences in hemodynamic profile and blood pressure reactivity. *Psychophysiology*, **39**, 64-72.
- 加藤有一 (2004). 持続ストレス課題負荷時の心臓血管系反応性における性周期差の影響 札幌医科大学医学部人文自然科学紀要, **45**, 19-27.
- (Kato, Y., (2004). Cardiovascular responses during a prolonged mental arithmetic stress task as related to menstrual cycle. *Journal of Liberal Arts and Sciences, Sapporo Medical University, School of Medicine*, **45**, 19-27.)
- Lacey, B. C., & Lacey, J. I. (1974). Studies of heart rate and other bodily processes in sensorimotor behavior. In P.

- A. Obrist, A. H. Black, J. Brenner & L. V. DiCara (Eds.), *Cardiovascular psychophysiology*. Chicago: Aldin. pp. 538-564.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1997). Motivated attention: Affect, activation, and action. In P. J. Lang, R. F. Simons & M. T. Balaban (Eds.), *Attention and orienting: Sensory and motivational processes*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 97-135.
- Light, K. C., & Obrist, P. A. (1980). Cardiovascular response to stress: Effects of opportunity to avoid shock experience and performance feedback. *Psychophysiology*, **17**, 243-252.
- Light, K. C., & Obrist, P. A. (1983). Task difficulty, heart rate reactivity, and cardiovascular responses to an appetitive reaction time task. *Psychophysiology*, **20**, 301-312.
- 松村健太・澤田幸展 (2004). 精神的ストレス負荷時の血行力学的反応パターンとコントロール可能性 生理心理学と精神生理学, **22**, 247-255.
(Matsumura, K., & Sawada, Y. (2004). Controllability and hemodynamic reaction patterns during mental stress. *Japanese Journal of Physiological Psychology and Psychophysiology*, **22**, 247-255.)
- 長野祐一郎 (2002). 能動的対処は圧反射感度を抑制するか 生理心理学と精神生理学, **20**, 1-8.
(Nagano, Y. (2002). Does active coping suppress baroreceptor reflex sensitivity? *Japanese Journal of Physiological Psychology and Psychophysiology*, **20**, 1-8.)
- Obrist, P. A. (1981). *Cardiovascular psychophysiology*. New York: Plenum Press.
- Obrist, P. A., Gaebelin, C. J., Teller, E. S., Langer, A. W., Grignolo, A., Light, K. C., & McCubbin, J. A. (1978). The relationship between heart rate, carotid dP/dt, and blood pressure in humans as a function of the type of stress. *Psychophysiology*, **15**, 102-115.
- Sawada, Y. (1993). Reproducible increases in blood pressure during intermittent noise exposure: Underlying haemodynamic mechanisms specific to passive coping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, **67**, 367-374.
- Sawada, Y., Nagano, Y., & Tanaka, G. (2002). Mirror tracing and the provocation of vascular-dominant reaction pattern through heightened attention. *Journal of Psychophysiology*, **16**, 201-210.
- 澤田幸展・田中豪一 (1993). インピーダンス・プレチスモグラフィ再訪 生理心理学と精神生理学, **11**, 47-58.
(Sawada, Y., & Tanaka, G. (1993). Impedance plethysmography revisited. *Japanese Journal of Physiological Psychology and Psychophysiology*, **11**, 47-58.)
- Sawada, Y., Tanaka, G., & Yamakoshi, K. (2001). Normalized pulse volume (NPV) derived photoplethysmographically as a more valid measure of the finger vascular tone. *International Journal of Psychophysiology*, **41**, 1-10.
- Schuri, U., & von Cramon, D. (1981). Heart rate and blink rate responses during mental arithmetic with and without continuous verbalization of results. *Psychophysiology*, **18**, 650-653.
- Sherwood, A., Allen, M. T., Fahrenberg, J., Kelsey, R. M., Lavallo, W. R., & van Doornen, L. J. (1990). Methodological guidelines for impedance cardiography. *Psychophysiology*, **27**, 1-23.
- Sherwood, A., Dolan, C. A., & Light, K. C. (1990). Hemodynamics of blood pressure responses during active and passive coping. *Psychophysiology*, **27**, 656-668.
- Stephoe, A., & Sawada, Y. (1989). Assessment of baroreceptor reflex function during mental stress and relaxation. *Psychophysiology*, **26**, 140-147.
- Willemsen, G., Ring, C., McKeever, S., & Carroll, D. (2000). Secretory immunoglobulin A and cardiovascular activity during mental arithmetic: Effects of task difficulty and task order. *Biological Psychology*, **52**, 127-141.
- Williams, R. B. (1986). Patterns of reactivity and stress. In K. A. Matthews, S. M. Weiss, T. Detre, T. M. Dembroski, B. Falkner, S. B. Manuck & R. B. Williams (Eds.), *Handbook of stress, reactivity, and cardiovascular disease*. New York: Wiley, pp. 109-125.