虚偽検出における呼吸系変容 —裁決質問に対する抑制性呼吸の発現機序—¹⁾

福井県警科学捜査研究所

黒原 彰²⁾

福井大学大学院教育学研究科

寺井 堅祐³⁾・竹内 裕美⁴⁾

福井大学教育地域科学部

梅沢 章男

Respiratory changes during detection of deception: Mechanisms underlying inhibitory breathing in response to critical questions

Akira KUOHARA

Research Institute of Scientific Criminal Investigation, Fukui Prefectural Police H.Q.,

3-17-1 Ohte, Fukui-shi, 910-8515, Japan

Kensuke TERAJ and Hiromi TAKEUCHI

Graduate School of Education, Fukui University,

3-9-1 Bunkyo, Fukui-shi, 910-8507, Japan

Akio UMEZAWA

Faculty of Education and Regional Studies, Fukui University,

3-9-1 Bunkyo, Fukui-shi, 910-8507, Japan

The present study was designed to compare respiratory changes during the detection of guilty knowledge test in a mock crime situation with respiratory changes during laboratory stressors. Sixteen male and fourteen female undergraduates participated in the following five sessions: pre-trial rest (PR), mental arithmetic (MA), a video game (VG), detection of deception (DD), and post-trial rest (PO). Of the respiratory control indices, respiratory drive (mean inspiratory flow rate) significantly increased during MA and VG, whereas respiratory timing (inspiratory time / breath time) did not show any consistent changes during either stressors. In contrast, the index of respiratory drive did not show any significant increments in response to critical items in the guilty knowledge test in the DD condition, in which each subjects were required to commit a mock theft. Decrements in expiratory volume and minute ventilation in response to critical items were significantly greater than those in response to non-critical items. These results suggested that respiration during stress tends to be hyperventilated, and also suggested that respiration during deception is characterized by inhibitory breathing.

2001.3.24 受稿, 2001.6.25 受理

- 1) 本研究の一部は平成9年～11年度文部省科学研究費補助金基盤研究(C) (課題番号09680212, 研究代表者梅沢章男) の補助を受けた。
- 2) 実験を行うにあたり, 福井大学教育学部情報社会文化課程中山朋美さんの援助を受け, 本論文執筆にあたり, ニュージャージー医科大学Paul Lehrer教授より助言を受けた。ここに記して感謝する。
- 3) 現所属 金沢大学大学院社会環境科学研究科
- 4) 現所属 加賀神経サナトリウム

Key words: respiration, detection of deception, stress, inhibitory breathing

【要 約】 本研究は模擬的な虚偽検出事態とストレス事態における呼吸系変容を比較するために行われた。男性16名、女性14名の被験者が、実験前安静（PR）、暗算（MA）、ビデオゲーム（VG）、虚偽検出（DD）および実験後安静（PO）を経験した。呼吸中枢制御モデルにおけるドライブ測度（平均吸気流速）は、MAとVGにおいて有意に増加し、タイミング測度（吸気時間／呼吸時間）はストレス刺激に対して一貫性のある変化を示さないことを確認した。これとは対照的に、ドライブ測度は、有罪知識質問法（GKT）を用いて行われた模擬的虚偽検出の裁決質問において、有意な増加は示さないことが明らかにされた。裁決質問に対する呼気量と分時換気量の有意な減少は、非裁決質問のそれを有意に上回った。以上の結果は、ストレス刺激に対する呼吸変容は促進性的のものであるのに対し、虚偽にともなう呼吸変容は抑制性的のものであることを示唆している。

はじめに

ストレスにより呼吸系にいかなる変容が生じるかという問題については、ここ10数年の間に知見の蓄積が行われ、ストレス性の呼吸系変容の全貌が明らかにされつつある。当初は、生理心理学の伝統的な呼吸測度である呼吸数と一回換気量からストレス反応を同定しようとした時期があった。しかし、ストレス刺激が呼吸系に及ぼす効果は、時間的、量的側面が絡み合った様相を呈することから、呼吸数と一回換気量という伝統的な測度では、ストレス刺激による呼吸系の変容を十分に捉えることは難しいことが明らかにされてきた（Wientjes, Grossman, & Gaillard, 1998）。すなわち、ストレス刺激により一回換気量が減少する場合もあれば（Carroll, Turner, & Rogers, 1987; Turner & Carroll, 1985）、変化しない場合もある（Allen & Crowell, 1989; Allen, Sherwood, & Obrist, 1986; Mador & Tobin, 1991）。従って、時間と量の両面における変化を反映する分時換気量がもっとも鋭敏な測度となり、ストレス刺激により分時換気量は増加することが確認されている（梅沢, 1991）。また、動脈血中CO₂レベルを反映すると考えられている呼気終末CO₂が、ストレス刺激により低下することから、鋭敏なストレス指標になるという知見が提出されている（Hornsveld, Garssen, Dop, & van Spiegel, 1990; Ley & Yelich, 1998; Suess, Alexander, Smith, Sweeney, & Marion, 1980）。つまりストレス刺激は分時換気量を増加させ、呼気終末CO₂を低下させるという促進性変容を呼吸系にもたらす。

ストレスとは事態を異にするが、虚偽検出もまた我々に心理的な緊張を与える場面である。スト

レス刺激により精神性発汗が増加するのと同様に、虚偽検出において皮膚電気反応の増大は重要なマーカーであることはよく知られている（Podlesny & Raskin, 1977）。従って、虚偽検出事態においても促進性の呼吸系変容が生じると予想するのは無理のないところである。ところが、先行研究が示す虚偽検出事態における呼吸変化は、ストレス事態におけるそれとは大きく異なる。実務検査において呼吸曲線に現れる虚偽のマーカーは、呼吸運動の抑制である（Timm, 1982; 中山, 1987）。具体的には、振幅の減少、呼吸時間の延長、基線の変化、呼吸の停止などが抑制性呼吸（inhibitory breathing）の典型的な例とされている（木崎・寒河江・山岡, 1979）。中山（1987）、中山・水谷（1988）は、実務検査事態においても、実験室事態においても、裁決質問に対する呼気時間の延長と呼吸振幅の減弱を認めたと報告している。また、虚偽検出事態における呼吸運動波形を解析するために、呼吸運動曲線の長さ（Timm, 1982）、変化速度（足立・鈴木, 1994）を数量化するという独自の分析方法が開発されており、曲線長の短縮あるいは変化速度の減少が虚偽のマーカーとして利用されている。

呼吸生理学にはMilic-Emili & Grunstein (1976) が提唱した呼吸中枢制御機構（central respiratory mechanism）という、動脈血中CO₂レベルの上昇に対する呼吸中枢の応答についてのモデルがある。このモデルでは、呼吸中枢に吸気ニューロンの発火強度をコントロールするドライブ機構と、吸気と呼気の切り替えを行うタイミング機構を仮定する。ドライブ機構の変化は、吸気の流速に反映され、タイミング機構のそれは呼吸時間に占め

る吸気時間の比率に反映されるという (Tobin, Mador, Guenther, Lodato, & Sackner, 1988; Wientjes, 1992). 吐いた呼気を再度吸わせるという再呼吸法の手続きにより強制的に動脈血中CO₂レベルを上昇させると、吸気流速は増加するが、呼吸時間に占める吸気時間の比率は一定に保たれる。つまり、動脈血中CO₂の上昇に対してドライブ機構がおもに応答し、タイミング機構は安定性を維持するとされている (Clark & von Euler, 1972). 最近我々は、ストレス刺激による呼吸系変容を呼吸中枢制御モデルの視点から分析することを試みた (Umezawa, Terai, Takeuchi, & Kurohara, 1999). 分析結果によると、暗算、寒冷昇圧というストレス刺激に対してドライブ機構は鋭敏に応答し、ドライブ測度 (以下ドライブと記す)、すなわち吸気流速は、一回換気量が変化しない場合でも、あるいは減少した場合でも、鋭敏に増加する。一方、タイミング測度 (以下タイミングと記す) である呼吸時間に占める吸気時間の比率は、一定に保たれることから、タイミング機構は安定した状態を維持することを確認した。つまり、ストレス性の呼吸系変容は、動脈血中CO₂の上昇に対する呼吸系変容に非常によく似たパターンを呈する。

我々は、実務で行われる虚偽検出も、被検査者にとってストレスフルな状況であろうと予想した。虚偽検出における視察判定では、一回換気量、すなわち呼吸運動波形の振幅が重要な情報になる。しかしながら、一回換気量は妥当性のあるストレス反応の指標とはならないことが繰り返し指摘されている (梅沢, 1991; Wientjes et al., 1998). ストレス刺激により一回換気量が見かけ上減少した場合でも、あるいは変化しない場合でも、ドライブは鋭敏に増加する。従って、虚偽検出事態がストレス事態と同様に被験者に心理的な緊張を与える場面であるならば、たとえ一回換気量が減少したとしても、ドライブ (吸気流速) は増加すると考えた。以上の仮説に立って、先行研究が示唆している虚偽検出における呼吸系変容が、見かけ上の抑制なのか、あるいは呼吸中枢に生じた抑制を背景にしたものであるかを検討することとした。

これまで虚偽検出における質問方法には、さま

ざまな工夫が行われており、なかでも有罪知識質問法 (guilty knowledge test: GKT) は、わが国における鑑定実務において標準的な質問法として利用されている (平・中山・桐生・足立, 2000). GKTでは、犯人であれば記憶していると仮定できる事件内容の知識により作成される裁決質問と、それと同一のカテゴリーの知識を用いて作成される複数の非裁決質問を組み合わせた質問系列が作成される。先行研究が問題にしているのは、裁決質問に対する一過性 (phasic) の呼吸系変容であるが、本研究では、複数の質問系列から構成される虚偽検出事態そのものに対する持続性 (tonic) 変容についても検討を加える。すなわち、虚偽検出における一過性と持続性変容が、促進性あるいは抑制性のいずれであるかを明確にすることが本研究の目的である。

方 法

被験者 大学生30名、男性16名、女性14名を被験者とした。平均年齢は21.4歳 (SD=1.0) であり、いずれの被験者もこの種の生理心理学実験に参加した経験はない。

記録方法 換気量と呼吸流速は、熱線方式の呼吸流量計 (ミナト医科学製 RF-7) のトランスデューサーをマスクに付けて測定した。心電図は第2誘導を用い、動脈血圧は非利き手第2指にカフ (Ohmeda製 Finapres2300) を装着して、それぞれ測定した。その他、結果において直接取り扱わないが、胸郭と腹部の呼吸運動と皮膚伝導度反応を測定した。

ストレス刺激 ストレス刺激は暗算 (mental arithmetic: MA) とビデオゲーム (video game: VG) を用いた。MAでは、試行開始とともに被験者の眼前約2 mに置かれたビデオモニタ (SONY製 KX-21HD1) に3桁の数字を呈示した。この数字から始めて、各桁の数字の合計を元の数字に足すという手順を5 min繰り返し、最終的な累積結果を問う課題である (Goldstein & Shapiro, 1988). 具体的に例をあげて説明すると、「101」という数字が呈示された場合、まず3つの数字の合計である2を101に足し、得られた103に合計4を加えて107、そして115と順次累積していく課題

である。5 minの試行中には最初の数字 (101) が画面上に呈示されていた。VGはシューティングゲーム(ナムコ製 ガンバレット SLPS 00930)を用い、ビデオゲーム機 (SONY製 PlayStation SCPH-7000) に接続した銃形コントローラ (ナムコ製 Guncon NPC-103) により標的を射撃する課題である。7種類のゲームが5 minにわたり一定の順序で呈示され、標的に命中した得点が多ゲーム終了時に画面に表示された。

虚偽検出課題 (detection of deception: DD) DDは、住宅模型の部屋から盗み出した品物を検出する課題とした。住宅模型には、玄関と廊下以外に、居間、台所、寝室、応接間、書斎が設けられ、各部屋には家具が置かれている。被験者には、この住宅に侵入した空き巣事件の犯人として、それぞれの部屋の家具に隠された品物 (指輪、時計、ネックレス、写真立て、はさみ) を見つけ出し、その中からもっとも気に入った品物を1つとり、それを用意した箱の中に隠すように教示した。どの品物を選んだかを検査者に見破られないようにすることが課題になる。

手続き 被験者は、防音シールドルーム内の椅子に着席し、生理反応測定用の電極、呼吸測定用のトランスデューサを装着されたうえで、課題の説明を受けた。まず20 minの安静状態 (pre-trial rest: PR) が記録された。その後、虚偽検出事態の目的と手続きに関する被験者の理解を深めるために、カードテストが実施された。これは、5枚のトランプから被験者が選んだカードを検出する課題である。被験者が虚偽検出事態について理解したのを確認した後に、MA、VGおよびDDを被験者間でカウンターバランスした順序で呈示した。MAについては、出来るだけ早く、正確に暗算するように教示し、5 minの試行終了時に累積結果を報告させ、その正誤を伝えた。VGについては、標的に当たる頻度をできるだけ多くするように教示した。

DDにおいては、選んだ品物が何かを検査者に見破られないようにという教示を与えた後に、隠された品物を探し出し、1つを選んで箱に入れるまでの時間を与えた。終了した旨の報告を受けて、検査者が「あなたがとった品物は、指輪です

か」のように問うのですべての質問に「いいえ」と返答をするようにと教示し、測定を再開した。質問は、実務検査と同様に、口頭により行い、音声の呈示時間を計測した。1回の質問時間は平均6.1 s (SD=0.5) であり、質問呈示間隔は平均13.0 s (SD=3.0) であった。マスクの近傍にマイクを設置し、被験者の返答をモニタできるようにした。ランダムな順序で5つの品物を問うことを1系列とし、計3系列の質問を実施した。系列間には約20 sの間隔をはさみ、3系列の質問呈示に要した時間は、平均276.6 s (SD=33.3) であった。実験終了後に被験者が選んだ品物を確認し、それを問うたときを裁決質問 (critical question: CR)、それ以外を非裁決質問 (non-critical question: nCR) とした。すべての課題が終了した時点で、4 minの安静状態 (post-trial rest: PO) を記録した。実験終了後、本報告では分析対象としなかったが、被験者に各課題に関する主観的印象を評定させ、アレキシサイミア測定尺度、MMPIへの回答を求めた。

データ処理方法 ポリグラフ出力は2 msのサンプリング間隔でデジタル変換し、以下の処理を施した。換気量曲線については、まず呼吸のサイクルごとに吸気の開始と終了時点を検出した。次に、呼吸サイクルごとに、呼吸時間 (breath time: BT)、吸気時間 (inspiratory time: IT)、呼気時間 (expiratory time: ET)、吸気量 (inspiratory volume: IV)、呼気量 (expiratory volume: EV) を求めた。これらをもとに、呼吸数 (respiration rate: RR) は $60/BT$ 、分時換気量 (minute ventilation: MV) は $EV \times 60/BT$ 、タイミングは $100 \times IT/BT$ およびドライブは IV/IT によってそれぞれ求めた。心電図と血圧については、拍動ごとにR波間隔と最高血圧、最低血圧を求め、R波間隔は心拍数 (heart rate: HR) に変換した。平均血圧 (mean blood pressure: MBP) は $\{最低血圧 + (最高血圧 - 最低血圧) / 3\}$ で算出した。各生理測定度についてのベースライン(PR)は、安静時の15 minから20 minまでの5 minの平均とした。MA、VGは5 minの試行に含まれるすべての反応を分析対象とした。DDにおける持続性変容を分析するために、質問系列の開始から終了までの期間に入っ

たすべての反応を分析した。これに加えて一過性変容については、裁決質問 (CR) と非裁決質問 (nCR) の各試行について、質問前 (PRE)、質問呈示 (DURING)、返答 (POST) に区間を分け、分析を行った。質問間隔がおおよそ13 sであるため、質問のPOSTと次の質問のPREとが重複しないよう、PREとPOSTは5 sに設定した。各質問における換気量波形を処理画面において確認し、各区間に吸気の頂点が含まれているサイクルを、当該区間の呼吸サイクルとして分析した。繰返し測度の分散分析を実施するにあたり、タイプIエラー増加の危険性を避けるために、Greenhouse & Geisserの方法で自由度を調整した。下位検定には乱塊法によるTukey法を用いた。

結 果

ストレス事態における呼吸・心臓血管系変容

本研究においてはストレスと虚偽検出事態における呼吸系変容を取り扱う。MAとVGは、先行研究で用いられてきたストレス刺激であり、両課題において呼吸系と心臓血管系が促進性変容を示すことはすでに確かめられている。そこで、MAとVGに対する生理反応の変容をまず分析し、予想通りの変化が生じているかを確認した。

Table 1 には、各条件 (PR, MA, VG, DD, PO) における呼吸系および心臓血管系各測度の平均値と標準偏差を示した。条件を繰り返し要因

とした1要因の分散分析と下位検定の結果も合わせて示してある。IVを除くすべての測度において、条件の主効果が認められた。MV, HR, MBPのMAとVGにおける増加は、他の条件を有意に上回った。ベースライン (PR) と比較して、MVは約2 l/min, HRは約10 beat/min, MBPは約20 mmHgの増加を示した。

タイミング、ドライブの変化を確認するために、実験を通した両測度の推移をFig. 1に示した。グラフ下段のドライブは、MA, VGにおいて、PRと比較して、約70 ml/sの有意な増加を示した。この反応傾向は我々の先行研究 (Umezawa et al., 1999) と同様の結果である。タイミングは、安定した値を維持すると予想されたが、Fig. 1上段に示したように、PRと比較してMA, DD, POの値がおおよそ1.5から2.0 %減少している。下位検定により、MA, POにおけるタイミングは、VGよりも有意に小さく、DDにおけるそれはPRよりも小さいことを確認した。タイミングに主効果は認めたものの、同じストレス刺激であるVGとMAのタイミングに違いがあること、また安静時記録であるPRとPOにも違いが生じているなど、その変化傾向には一貫性が認められない。

以上の結果から、ストレス刺激に対して、ドライブは安定した増加を示すが、タイミングは一貫性のある変化を示さないことが確認された。我々のこれまでの知見と原則的に一致した結果であ

Table 1 Mean and standard deviations of cardiorespiratory parameters during pre-trial rest (PR), mental arithmetic (MA), a video game (VG), detection of deception (DD), and post-trial rest (PO)

parameter		PR	MA	VG	DD	PO	conditionss ^a	Tukey's HSD tests
Respiration rate (RR)	cpm	16.32 (2.26)	18.07 (2.95)	20.63 (2.92)	16.60 (2.71)	16.67 (3.03)	32.89***	VG>MA>PO,DD,PR
Inspiratory volume (IV)	ml	365.25 (123.68)	408.49 (92.13)	384.77 (98.58)	391.90 (103.10)	377.23 (99.93)	2.05	
Minute ventilation (MV)	l/min	6.28 (2.25)	8.15 (2.05)	8.34 (2.42)	6.94 (2.12)	6.59 (1.91)	19.07***	VG,MA>DD,PO,PR
Timing (IT/BT)	%	39.24 (2.61)	37.76 (4.58)	39.41 (2.70)	37.24 (3.45)	37.82 (2.88)	6.13**	VG>PO,MA,DD PR>DD
Drive (IV/IT)	ml/sec	247.21 (78.02)	319.49 (69.38)	317.16 (78.54)	286.01 (72.60)	267.47 (60.82)	17.77***	MA,VG>DD,PO,PR DD>PR
Heart (HR)	bpm	68.13 (7.52)	79.14 (11.02)	79.33 (13.14)	70.34 (7.86)	70.24 (7.78)	40.26***	VG,MA>DD,PO,PR
Mean blood pressure (MBP)	mmHg	74.35 (8.25)	92.78 (13.19)	94.56 (14.16)	83.55 (11.82)	81.04 (11.67)	44.44***	VG,MA>DD,PO>PR

^aIn all instances:F(4,116), ** p<.01, ***p<.001, n=30

Fig. 1 Mean and standard deviations of respiratory timing (upper) and drive (lower) during the experiment. The experiment was consisted of the following five sessions: pre-test rest (PR), mental arithmetic (MA), a video game (VG), detection of deception (DD), and post-trial rest (PO).

る。HRとMBPも、予想通りの変化を示したことから、本実験で用いたストレス刺激は、呼吸系、心臓血管系に促進性的変容をもたらしたと結論できる。

虚偽検出事態における呼吸・心臓血管系変容

持続性変容 虚偽検出事態そのものが呼吸・心臓血管系に与える影響を検討するために、個々の質問における変化を分析することに加えて、質問系列を実施している時の持続性変容を分析した。

Table 1 と Fig. 1 に示したようにDDにおけるドライブは、PRを有意に上回る値を示した。DDにおけるMBPもPRを有意に上回った。しかし、DDにおけるドライブ、MBPは、MA、VGよりも有

意に小さく、最後に実施した安静時測定であるPOとの間に統計的な差異が認められなかった。このことから、すくなくとも虚偽検出事態における質問系列呈示中においては、抑制性変容の徴候は認められない。そこで、次に裁決質問と非裁決質問の反応量を比較していく。

裁決・非裁決質問の比較 Table 2 は、CRとnCRに対する呼吸系および心臓血管系の変容を比較するために、質問前 (PRE)、質問呈示 (DURING)、返答 (POST) の3区間における、各測度の平均値と標準偏差を示したものである。呼吸系変容の全貌を把握するため、ストレス刺激の分析に用いた呼吸測度に、吸気時間 (IT)、呼気時間

Table 2 Mean and standard deviations of cardiorespiratory parameters during critical (CR) and non-critical (nCR) questions, each of which is consisted of pre-, during-, and post-question periods

Parameter		CR			nCR			Conditions ^a		Conditions ^a × Periods
		pre	during	post	pre	during	post	Periods ^a		
Respiration rate (RR)	cpm	16.43 (3.41)	17.56 (3.83)	14.60 (2.94)	17.23 (3.00)	18.24 (3.15)	15.20 (2.94)	0.16	76.33***	0.04
Inspiratory time (IT)	sec	1.46 (0.30)	1.40 (0.24)	1.27 (0.21)	1.41 (0.21)	1.39 (0.21)	1.34 (0.21)	3.99	9.27**	2.03
Expiratory time (ET)	sec	2.37 (0.58)	2.23 (0.69)	3.12 (0.81)	2.25 (0.47)	2.08 (0.47)	2.93 (0.71)	0.29	111.11***	0.09
Inspiratory volume (IV)	ml	395.03 (125.47)	371.38 (106.06)	356.26 (116.54)	377.25 (101.88)	374.85 (102.46)	356.73 (89.51)	3.32	6.52*	0.06
Expiratory volume (EV)	ml	439.39 (145.82)	381.38 (117.69)	404.75 (139.80)	413.90 (120.76)	394.12 (122.98)	415.99 (125.70)	7.68**	2.91	0.01
Minute ventilation (MV)	l/min	7.06 (2.32)	6.45 (1.92)	5.84 (2.25)	6.98 (2.11)	6.91 (2.06)	6.15 (2.10)	5.75*	13.14***	0.37
Timing (IT/BT)	%	38.51 (4.42)	39.77 (6.20)	30.77 (5.92)	39.12 (3.71)	40.83 (4.00)	32.08 (4.61)	1.78	108.19***	0.54
Drive (IV/IT)	ml/sec	272.32 (73.18)	268.72 (72.10)	281.01 (77.81)	270.10 (68.31)	271.59 (68.87)	276.12 (68.15)	0.08	2.38	1.28
Heart rate (HR)	bpm	70.77 (8.03)	69.97 (8.74)	69.74 (7.97)	69.52 (7.80)	69.87 (7.65)	70.37 (7.59)	8.69**	0.20	4.92*
Mean blood pressure (MBP)	mmHg	84.28 (13.20)	83.52 (13.18)	86.06 (12.75)	82.78 (11.16)	82.43 (11.37)	84.41 (11.54)	0.08	42.56***	0.78

^a In all instances: F(1,29), *p<.05, **p<.01, ***p<.001, n=30

(ET) および呼気量 (EV) を加えた分析結果である。まず、条件 (CR/nCR) と区間 (PRE/DURING/POST) を繰り返し要因とした 2 要因分散分析を実施したところ、RR, ET, MV, タイミング, MBP の 5 測度において条件の主効果が認められた (RR: F(1/29)=9.78, p<.01; ET: F(1/29)=7.92, p<.01; MV: F(1/29)=6.72, p<.05; タイミング: F(1/29)=8.68, p<.01; MBP: F(1/29)=6.79, p<.05)。下位検定の結果から、すべての測度において CR と nCR の PRE における平均値には統計的な差異がないことを確認した。加えて PRE から DURING にかけて有意な変化が生じている測度を確認したところ、CR における EV, MV が PRE から DURING にかけて有意に減少していることが明らかにされた (いずれも p<.05)。MV は EV×60/BT によって算出されることから、CR において呼気の抑制が生じていることを示す結果である。

すべての測度において CR と nCR の PRE に統計的な差異のないことが確認されたため、PRE を基準にした DURING と POST における変化量について、条件 (CR/nCR) と区間 (DURING-PRE/POST-

PRE) を繰り返し要因とした 2 要因分散分析を実施した。Table 2 には、条件と区間の主効果および交互作用の検定結果を合わせて示した。EV, MV, HR の 3 測度において、条件の主効果を認めた。CR における EV, MV, HR の減少が nCR におけるそれを上回るという結果である。Fig. 2 には、ドライブ, タイミング, EV, MV, HR, MBP について、CR, nCR における変化量を示した。ストレス刺激に対して鋭敏に増加したドライブには、CR と nCR の差異が反映されていない。タイミングは POST において大きく低下しているが、これは返答に伴う呼気の延長に起因したものと考えられる。CR と nCR の差異が明瞭に表れているのは、EV と MV であり、CR における減少が nCR のそれを上回っていることが読み取れる。従って、我々が当初予想したような CR におけるドライブ増加は生じないこと、逆に EV, MV の減少という換気の抑制が生じることを確認した。

上述したように、条件 (CR/nCR) の主効果が認められた EV, MV, HR のなかで、PRE から DURING にかけての変化が有意であったのは EV

Fig. 2 Mean changes in respiratory timing, drive, expiratory volume, minute ventilation, mean blood pressure, and heart rate from pre-question period to during-and post-question periods on critical (CR) and non-critical (nCR) questions.

とMVである。また、Fig. 2 に示したように、吸気流速であるドライブにCRとnCRの差異が表れず、EV、MVという呼気の変化を反映する測度に条件差が認められたことから、虚偽検出の影響はおもに呼気の抑制として表れると考えられる。心臓血管系測度ではHRに条件の主効果を認め、CRにおけるHR減少がnCRのそれを有意に上回るという結果が得られたが、平均血圧 (MBP) についてはCR、nCRの変化量に違いは認められない。

以上をまとめると、ストレス事態において呼吸系は、ドライブ、分時換気量の増加という過呼吸方向への変化を示す。虚偽検出事態に移り、質問系列が与えられている時、ドライブ、MBPは安静時を上回る変化を示す。ところが、裁決質問が呈示されると、それまでの促進性変容が抑制性の

変容へと置き換わる。ドライブの増加は抑えられ、呼気量、分時換気量の低下という呼気の抑制が生じてくる。実務検査において虚偽のマーカは、抑制性の呼吸、とりわけ呼気の抑制が多く観察される。これまでの基礎研究において、再現することが困難であった呼気に生じる抑制性呼吸が、本実験においては確認できたことになる。

考 察

ストレス事態における呼吸・心臓血管系変容

ストレス課題に対する呼吸系および心臓血管系の変容は、これまでの実験で得られたものと同様の結果を示した。すなわち、分時換気量、ドライブは有意な増加を示し、心拍、平均血圧の増加も確認された。しかし、ストレス刺激を与えても安定した値を維持すると予想したタイミングは、MAにおいてPRよりもおよそ2%減少した。MAにおける呼吸時間は平均3.48 sであるから、吸気 (呼気) 時間に70 msほどの変化があれば、タイミングに2%程度の変化が生じる。タイミングは他の呼吸測度と比べると分散が小さいため (Tobin et al., 1988)、小さな変化であっても、統計的な差異を生じたと考えられる。MAにおけるタイミングの減少が何に起因するかは不明であるが、Fig. 1 に示したように、タイミングはVGというストレス刺激に対しては変化せず、MAにおいて減少したことから、ストレス刺激によって一定方向の変容は生じていない。従って、本実験の結果から、ストレス刺激によりドライブは鋭敏に増加するが、タイミングは一定の変化を示さないと結論ができる。

虚偽検出事態における呼吸系および心臓血管系変容

呼吸運動が有効な虚偽検出指標になるという指摘は研究の初期からなされてきたことである (Reid & Inbau, 1966)。しかし、それを支持する基礎研究は少なく、虚偽検出指標としての呼吸の有効性に、疑義が呈された時期もあった (Cutrow, Parks, Lucas, & Thomas, 1972; Thackray & Orne, 1968)。実務と実験室事態の間に生じたこの不一致について、模擬的な虚偽検出事態では、実務検査のような心理的な緊張感がないため、呼

吸系に明瞭な抑制が生じないと考えられた時期もあった（山岡・鈴木，1973）。あるいは，基礎研究で用いられている呼吸の数量化手法が，実務の視察判定における情報抽出と異なることに起因するのではないかという考えから，虚偽検出に適した処理方法が検討されてきた（足立・鈴木，1994；鈴木・泉・山口・上野・堀口，1977；Timm，1982）。Timm（1982）は呼吸曲線の長さ（respiration line length, RLL）を計測する方法を考案している。RLLはわが国ではあまり用いられていないが，欧米の研究では，今日に至るまで虚偽検出の測度としてよく利用されている（Dollins, Cestaro, & Pettit, 1998; Elaad, Ginton, & Jungman, 1992; Ben-Shakhar & Dolev, 1996）。RLLの検出力は，裁決質問に対する生理変化を抑えようとしたり，非裁決質問において変化を大きくだそうとしたりする，いわゆる妨害行為の影響を受けないという（Ben-Shakhar & Dolev, 1996）。あるいは，RLLの変化をフィードバックすることで裁決と非裁決の差異がより大きくなるなど，虚偽検出に適した測度であるという報告もある（Timm, 1987）。わが国の鑑定実務では，呼吸速度という指標がコンピュータ処理において利用されている（足立・鈴木，1994）。最近我々は，RLLと呼吸速度がどのような呼吸系変容を反映した測度であるかを検討したが，その結果，両測度とも呼吸流速の変化を反映している指標であることを見出している（黒原・寺井・竹内・梅沢，2000）。こうした研究の結果は，生理心理学における伝統的な呼吸測度である呼吸数と振幅は，虚偽検出の測度として鋭敏さに欠けることを意味している。

Cohen, Goodenough, Witkin, Oltman, Gould, & Shulman (1975)が，呼吸サイクルを吸気，呼気，ポーズに分け，ストレスフィルムが各相に与える影響を検討しているが，中山（1987），中山・水谷（1988）は，このサイクル分析の手法を虚偽検出に導入している。彼等の結果によると，実務検査においても実験事態においても，裁決質問に対する振幅の減弱と呼気時間の延長が認められたという。木崎他（1979）は，実務検査の裁決質問に対する呼吸変化を分類し，それぞれの呼吸パターンについて，判定者間の一致を分析している。そ

の結果，複数の判定者が一致して同一の反応パターンであると判定した呼吸パターンは，振幅の抑制がもっとも多いと報告している。我々の検査事例においても，自供等で事件内容の認識が確認できた68事例（延べ359系列）を分析した結果，裁決質問に対して，振幅の減少を示した事例は47事例（69.1 %）ともっとも多く認められた（黒原・梅沢，2000）。このように，振幅の抑制は実務検査における虚偽マーカーとして代表的なものにもかかわらず，換気の抑制を明瞭に示した基礎研究が少ないという現状があった。

我々は，虚偽検出事態そのものがドライブに与える影響を検討するために，質問系列を実施しているときの呼吸・心臓血管系の持続性変容を分析した。Table 1とFig. 1に示したように，DDにおけるドライブ，MBPはPRを有意に上回る値を示した。ところが，DDにおけるドライブとMBPは，MA，VGよりも有意に小さく，最後に実施した安静時測定であるPOとの間に統計的差異が認められなかった。このことから，質問系列が呼吸・心臓血管系に促進性変容をもたらしたと結論づけることはできないが，少なくとも抑制性変容は生じていないと考えられる。また，DDにおけるタイミングは，PRよりもおよそ2 %減少した。Fig. 1に示したように，質問に対する返答によって，タイミングはおよそ10 %近く減少する。DDにおけるタイミングの減少は，返答による影響を受けたものと推察される。虚偽検出事態そのものが，呼吸・心臓血管系に促進性の変容をもたらすか否かについては，今回よりもシンプルな実験計画を用いて再吟味する必要がある。

本研究においては，裁決質問呈示中に呼気量と分時換気量は有意に減少し，裁決質問に対する呼気量と分時換気量の減少は非裁決のそれを有意に上回るという結果が得られた。ストレス刺激に対して鋭敏に増加するドライブは，裁決質問に対して有意な変化を示さないことも確かめられた。心臓血管系測度に関しては，裁決質問に対するHR減少が非裁決のそれを上回るという結果が得られた。HR減少も虚偽のマーカーの1つとして言及されている変容である（Dollins et al., 1998）。呼吸変化がHRに影響を及ぼすことはよく知られて

おり、呼吸性不整脈では呼気に対応してHR減少が生じる。また、息止めによって顕著なHR減少が生じることもよく知られている (Grossman, 1983)。従って、CRに生じたHR減少は呼気流速の低下によって引き起こされた可能性が高い。以上の点から、裁決質問における虚偽に伴う呼吸系変容は明らかに抑制性的のものであると結論できる。

抑制性呼吸の発現機序

同じように心理的緊張を与えるストレス事態と虚偽検出事態において、一方は促進、他方は抑制という相反する反応がなぜ引き起こされるのであろうか。最後に、こうした対照的な反応が惹起されるメカニズムについて考察を加える。ストレス事態における呼吸変化は、動脈血中CO₂の増加への呼吸系の応答 (Clark & von Euler, 1972) と同型のものである。ストレス反応を闘争か逃走かの緊急反応であると考えれば、その後に予想される運動反応に備えた換気亢進は、生体の防御反応という理にかなった変容と考えられる。

回避学習における動物の行動には、逃走反応という促進性の反応が認められる反面、抑制性の行動も生じることがよく知られている。Anderson (1998) は、高血圧の発症メカニズムに抑制性呼吸が重要な役割を果たすというモデルを提案している。電撃の回避学習を十分に学習した実験動物を、セッションに先立ち、待機用のケージに移すと、予期的な呼吸数の減少が持続的に出現する。しかし、呼吸数の減少を補償する一回換気量の増加が生じないため、結果として分時換気量が減少し、動脈血中O₂低下、CO₂上昇、血漿pH低下が生じる。この呼吸性アシドーシスが腎臓におけるNa排泄を抑制し、血液量を増加させることにより高血圧の形成に関与するという仮説である (Anderson, Bagrov, & Austin, 1995)。日常生活場面におけるヒトの呼吸と血圧のアンビュラトリー計測によって、とくに仕事の場面で抑制性呼吸が多く出現し、平均血圧も高まることが報告されている (Anderson, Coyle, & Haythornthwaite, 1992; Anderson, Austin, & Haythornthwaite, 1993)。

Fokkema, Koolhaas, van der Meulen, & Schoemaker (1986) は、ラットが社会的ストレス

に遭遇したとき、胸腔内圧の高まった特徴的な呼吸が現れることを見出した。Fokkema (1999) は、これを緊張性呼吸 (strained breathing) と名付け、このストレス性呼吸反応と心臓血管系疾患あるいは睡眠時無呼吸との関連性を指摘している。緊張性呼吸とは、筋緊張により声門が閉鎖することにより、呼気流速が低下し、呼気時間が延長する呼吸パターンである。呼気時に胸腔内圧が高まり、声門の閉鎖に拮抗した呼出がなされるため、反動として次の吸気流速が増加する。社会的ストレスによって呼気の抑制が生じるという指摘である。Anderson (1998)、Fokkema (1999) が示唆している抑制性呼吸は持続的な変化を基調とする。裁決質問における一過性の抑制性呼吸と同列に扱うことには慎重であるべきだが、Anderson (1981) は持続的な抑制性呼吸が、嫌悪刺激を用いた反応時間課題における一過性の呼吸抑制 (Obrist, Webb, Sutterer, & Howard, 1970) と同型のものと考えている。以上の知見は、ストレス事態において抑制性呼吸が生じることを示唆した数少ない報告であるが、両者ともに抑制性呼吸は血圧上昇を伴うと指摘している。しかし、本実験の結果が示すように、裁決質問において非裁決質問を上回る血圧上昇は認められない。妥当性のある血圧測定を試みている先行研究も少ない。従って、虚偽検出における抑制性呼吸をストレス反応とただちに結びつけることは難しい。

情動と呼吸の関連性を検討した初期の研究において、呼吸系に生じる促進と抑制は、情動体験の内容に依存するという指摘がなされている (Stevenson & Ripley, 1952; Dudley, Holmes, Martin, & Ripley, 1963)。Dudley et al. (1963) は情動に伴う行為が発現する場合には呼吸系に促進性変容が生じ、発現しない場合には抑制性変容が生じることを観察している。抑制性呼吸が生じる情動は、抑鬱および深いリラクゼーションであるとしている。最近、こうした観察を裏づける神経生理学的な知見が提出されてきている。Bandler & Keay (1996) は、情動行動の表出が促進的なものか、抑制的なものかについて、中脳中心灰白質が重要な役割を果たすと指摘している。中脳中心灰白質の外側神経柱を刺激すると威嚇や逃避行動が発現

し、血圧、心拍は上昇するが、内側神経柱を刺激すると凍結反応（フリージング）が出現し、心臓血管系、呼吸系は抑制性反応を示すと述べている。虚偽検出における抑制性呼吸は、こうした凍結反応の現れとも考えられる。

ストレス性刺激は吸気に促進性変容をもたらすのに対し、裁決質問は呼気に抑制性変容をもたらす。Fig. 1 に示した虚偽検出事態を通したドライブの推移は、実験前安静を有意に上回る増加を示した。すなわち、背景となる呼吸は促進性変容を示していると推察されるが、それが裁決質問に移ると、抑制性変容に置き換わる。促進と抑制の背後には、Bandler & Keay (1996) の知見にあるような異なる神経生理機構が存在することを予想させる。あるいはFokkema (1999) の筋緊張に由来する声門閉鎖というメカニカルな要因が介在している可能性もある。いずれにせよ、抑制性呼吸に関する先行研究がきわめて少ないこと、またBoiten (1998) が指摘しているように、情動と呼吸に関する基礎研究が不足しているという状況が、虚偽検出における抑制性呼吸の意味づけを難しくしている。実務検査を裏づける理論を構築するためにも、更なる検討が必要である。

引用文献

足立浩平・鈴木昭弘 1994 集団データの統計解析に基づくポリグラフ検査の自動判定法 科学警察研究所報告, 47, 9-16.

Allen, M. T., & Crowell, M. D. 1989 Patterns of autonomic response during laboratory stressors. *Psychophysiology*, 26, 603-614.

Allen, M. T., Sherwood, A., & Obrist, P. A. 1986 Interactions of respiratory and cardiovascular adjustments to behavioral stressors. *Psychophysiology*, 23, 532-541.

Anderson, D. E. 1981 Inhibitory behavioral stress effects upon blood pressure regulation. In S. M. Weiss, J. A. Held, & B. H. Fox (Eds.), *Perspectives on behavioral medicine*. New York: Academic Press. Pp. 307-319.

Anderson, D. E. 1998 Cardiorenal effects of behavioral inhibition of breathing. *Biological Psychology*, 49, 151-163.

Anderson, D. E., Bagrov, A. Y., & Austin, J. L. 1995 Inhibited breathing decreases renal sodium excretion. *Psychosomatic Medicine*, 57, 373-380.

Anderson, D. E., Coyle, K., & Haythornthwaite, J. A. 1992 Ambulatory monitoring of respiration: Inhibitory breathing in the natural environment. *Psychophysiology*, 29, 551-

557.

Anderson, D. E., Austin, J., & Haythornthwaite, J. A. 1993 Blood pressure during sustained inhibitory breathing in the natural environment. *Psychophysiology*, 30, 131-137.

Bandler, R., & Keay, K. A. 1996 Columnar organization in the midbrain periaqueductal gray and the integration of emotional expression. In G. Holstege, R. Bandler, & C. B. Saper (Eds.), *The emotional motor system*. Amsterdam: Elsevier. Pp. 285-300.

Ben-Shakhar, G., & Dolev, K. 1996 Psychophysiological detection through the guilty knowledge technique: Effects of mental countermeasures. *Journal of Applied Psychology*, 81, 273-281.

Boiten, F. A. 1998 The effects of emotional behaviour on components of the respiratory cycle. *Biological Psychology*, 49, 29-51.

Carroll, D., Turner, J. R., & Rogers, S. 1987 Heart rate and oxygen consumption during mental arithmetic, a video game, and graded static exercise. *Psychophysiology*, 24, 112-118.

Clark, F. J., & von Euler, C. 1972 On the regulation of depth and rate of breathing. *Journal of Physiology*, 222, 267-295.

Cohen, H. D., Goodenough, D. R., Witkin, H. A., Oltman, P., Gould, H., & Shulman, E. 1975 The effects of stress on components of the respiration cycle. *Psychophysiology*, 12, 377-380.

Cutrow, R. J., Parks, A., Lucas, N., & Thomas, K. 1972 The objective use of multiple physiological indices in the detection of deception. *Psychophysiology*, 9, 578-588.

Dollins, A. B., Cestaro, V. L., & Pettit, D. J. 1998 Efficacy of repeated psychophysiological detection of deception testing. *Journal of Forensic Sciences*, 43, 1016-1023.

Dudley, D. L., Holmes, T. H., Martin, C. J., & Ripley, H. S. 1963 Changes in respiration associated with hypnotically induced emotion, pain, and exercise. *Psychosomatic Medicine*, 26, 46-57.

Elaad, E., Ginton, A., & Jungman, N. 1992 Detection measures in real-life criminal guilty knowledge tests. *Journal of Applied Psychology*, 77, 757-767.

Fokkema, D. S. 1999 The psychobiology of strained breathing and its cardiovascular implications: A functional system review. *Psychophysiology*, 36, 164-175.

Fokkema, D. S., Koolhaas, J. M., van der Meulen, J., & Schoemaker, R. 1986 Social stress induced pressure breathing and consequent blood pressure oscillation. *Life Sciences*, 38, 569-575.

Goldstein, I. B., & Shapiro, D. 1988 Cardiovascular responses to mental arithmetic and handgrip during conditions of postural change. *Psychophysiology*, 25, 127-136.

Grossman, P. 1983 Respiration, stress, and cardiovascular function. *Psychophysiology*, 20, 284-300.

平 伸二・中山 誠・桐生正幸・足立浩平（編著）2000 ウソ発見—犯人と記憶のかけらを探して— 北大路書

- 房, Pp. 72-78.
- Hornsveld, H., Garssen, B., Dop, F. M., & van Spiegel, P. 1990 Symptom reporting during voluntary hyperventilation and mental load: Implications for diagnosing hyperventilation syndrome. *Journal of Psychosomatic Research*, 34, 687-697.
- 木崎久和・寒河江正男・山岡一信 1979 ポリグラフ検査における呼吸パターンの分類化と得点化の試み 科学警察研究所報告, 32, 136-141.
- 黒原 彰・梅沢章男 2000 虚偽に伴う抑制性呼吸 平 伸二・中山 誠・桐生正幸・足立浩平 (編著) ウソ発見—犯人と記憶のかげらを探して— 北大路書房, Pp. 127-130.
- 黒原 彰・寺井堅祐・竹内裕美・梅沢章男 2000 虚偽検出事態における抑制性呼吸に関する研究—呼吸曲線長の生理的意味づけ— 生理心理学と精神生理学, 18, 166.
- Ley, R., & Yelich, G. 1998 Fractional end-tidal CO₂ as an index of the effects of stress on math performance and verbal memory of test-anxious adolescents. *Biological Psychology*, 49, 83-94.
- Mador, M. J., & Tobin, M. J. 1991 Effect of alterations in mental activity on the breathing pattern in healthy subjects. *American Review of Respiratory Disease*, 144, 481-487.
- Milic-Emili, J., & Grunstein, M. M. 1976 Drive and timing components of ventilation. *Chest*, 70 (Suppl.), 131-133.
- 中山 誠 1987 裁決質問に対する呼吸抑制とそのリバウンド成分 科学警察研究所報告, 40, 32-37.
- 中山 誠・水谷充良 1988 裁決質問に対する呼吸変化の検討 科学警察研究所報告, 41, 27-34.
- Obrist, P. A., Webb, R. A., Sutterer, J. R., & Howard, J. L. 1970 The cardiac-somatic relationship: Some reformulations. *Psychophysiology*, 6, 569-587.
- Podlesny, J. A., & Raskin, D. C. 1977 Physiological measures and the detection of deception. *Psychological Bulletin*, 84, 782-799.
- Reid, J. E., & Inbau, F. E. 1966 *Truth and Deception: The Polygraph (Lie-Detector) Technique*. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Stevenson, I., & Ripley, H. S. 1952 Variations in respiration and in respiratory symptoms during changes in emotion. *Psychosomatic Medicine*, 14, 476-490.
- Sucss, W. M., Alexander, A. B., Smith, D. D., Sweeney, H. W., & Marion, R. J. 1980 The effects of psychological stress on respiration: A preliminary study of anxiety and hyperventilation. *Psychophysiology*, 17, 535-540.
- 鈴木昭弘・泉 正二・山口是治・上野 厚・堀口勝弘 1977 積分計による呼吸波形の数量化の試み 科学警察研究所報告, 30, 33-39.
- Thackray, R. I., & Orne, M. T. 1968 A comparison of physiological indices in detection of deception. *Psychophysiology*, 4, 329-339.
- Timm, H. W. 1982 Analyzing deception from respiration patterns. *Journal of Police Science and Administration*, 10, 47-51.
- Timm, H. W. 1987 Effect of biofeedback on the detection of deception. *Journal of Forensic Sciences*, 32, 736-746.
- Tobin, M. J., Mador, M. J., Guenther, S. M., Lodato, R. F., & Sackner, M. A. 1988 Variability of resting respiratory drive and timing in healthy subjects. *Journal of Applied Physiology*, 65, 309-17.
- Turner, J. R., & Carroll, D. 1985 Heart rate and oxygen consumption during mental arithmetic, a video game, and graded exercise: Further evidence of metabolically-exaggerated cardiac adjustments? *Psychophysiology*, 22, 261-266.
- 梅沢章男 1991 ストレス刺激に対する呼吸活動の変容 生理心理学と精神生理学, 9, 43-55.
- Umezawa, A., Terai, K., Takeuchi, H., & Kurohara, A. 1999 Effects of stress on the respiratory central mechanisms and gas exchanges. *Psychophysiology*, 36 (Suppl.-1), 116.
- Wientjes, C. J. E. 1992 Respiration in psychophysiology: Measurement issues and applications. *Biological Psychology*, 34, 179-203.
- Wientjes, C. J. E., Grossman, P., & Gaillard, A. W. K. 1998 Influence of drive and timing mechanisms on breathing pattern and ventilation during mental task performance. *Biological Psychology*, 49, 53-70.
- 山岡一信・鈴木昭弘 1973 虚偽検出指標としての生理的諸反応の検討 科学警察研究所報告, 26, 185-190.