

第3章 感情喚起刺激が自律神経系の 反応パターンに及ぼす影響

3. 1. 序論

感情喚起時には生理指標の変化を伴う。これまで自律神経系の反応パターンに注目した精神生理学的研究が数多く行われてきた。特に Ekman (1992)が基本感情として指摘した、怒り、恐怖、嫌悪、悲しみ、幸福、驚きに対する反応パターンについて、自律神経系の指標は感情を快・不快に分離するだけでなく、不快感情を細分しうるということが明らかにされてきた (Ekman et al., 1983; Levenson et al., 1990)。ただし、単一の生理指標で感情を弁別することは不可能であり、複数の自律神経系の指標を組み合わせることによって感情の弁別が可能となる。その結果、各基本感情に特異的な反応パターンが見いだされてきた (Collet et al., 1997)。

感情やストレス課題に対する自律神経系の反応パターンを検討した先行研究の多くは、数 s 単位のスライド呈示や、数 min 単位の映像刺激呈示によって感情を喚起している。動画の呈示は、主観的・生理的覚醒を高めるために、被験者の注意をより惹きつけ、強い感情反応を喚起する (Detenber et al., 1998)。静止画よりも動画を刺激とした方が、生理指標と主観的評定の変化は大きく、強い感情喚起と覚醒水準の上昇もみられた (Simons et al., 1999)。さらに動画では、映像に対する主観的注意が高く維持されることから、被験者の認知情報処理過程への影響も大きくなると考えられている (Lang et al., 1995)。このことから、映像の持続時間のみならず、映像のコンテキストも感情喚起に重要な役割を担っていると示唆される。また、喚起された感情を評価する際に、ベースラインとして、中性刺激映像を呈示する条件設定が有効である (Gross & Levenson, 1995 ; Philippot, 1993)。

これらの知見を踏まえて本実験では、映画を 10 min 間に編集し、映像刺激のコンテキストを活用することで、感情をより強く生起させようと試みた。映像条件として、快感情を喚起する Positive 条件、不快感情を喚起する Negative 条件、特定の感情は喚起させない Control 条件を設定した。この手続きにより、快・不快といった感情喚起に対する自律神経系の反応パターンを検出することと、自律神経系の指標によって各感情の弁別を検討した。

3. 2. 方法

3. 2. 1. 被験者

健康な大学生および大学院生 15 名を被験者とした (平均年齢 23.9 ± 1.8 歳) . あらかじめ本実験の趣旨を説明し, 実験中, 気分や体調の悪化を伴う危険性があることを伝えた. 実験参加は被験者の意思によること, また, 実験を辞退しても被験者は何ら不利益を伴わないことについて記載した文書 (付録 2) に署名することにより同意を得た.

3. 2. 2. 測定装置および記録方法

BP, 心電図 (electrocardiogram: ECG), 指尖表面皮膚温, 眼電図 (electrooculogram: EOG), 呼吸, 指尖容積脈波, 皮膚電位水準 (skin potential level: SPL), SPR を同時測定した. 電極は全て銀塩化銀電極を用いた. SPL と SPR を除く全ての生理指標は, ポリグラフを用いて増幅し, レクチグラフ (日本電気三栄製 レクチホリー 8K23-L) を用いて, 紙送り速度 $3 \text{ mm} / \text{s}$ でペン書き記録した. また, データレコーダ (NF Electronic Instruments 製 PCM DATA Recorder 5870) に磁気記録し, オフライン処理に供した. SPL と SPR はレコーダ (東亜電波工業製 インテリジェントレコーダ INR-6000) を用いて, 紙記録をするとともにフロッピーディスクに記録した. BP は左手第 3 指にフィナプレスカフ (オメガ製 2300) を装着し, 6 s 毎の平均 BP を測定し, 高域遮断周波数 (high cut filter: H. C.) 100 Hz で直流記録した. ECG は銀塩化銀ディスポーザブル電極 (日本電気三栄製) を用いて胸部誘導により, T. C. 0.01 s , H. C. 100 Hz で導出した. 指尖表面皮膚温はサーミスタ温度計 (日本電気三栄製) を用い, 左手第 2 指の指尖腹側部にピックアップを装着した. 外気を遮断するため周囲を覆い, 直流記録した. 垂直方向の眼球運動は, 左眼窩上下縁部より T. C. 3 s , H. C. 30 Hz で導出した. 呼吸はチューブ式の呼吸ピックアップ (日本電気三栄製 45256) を腹部に巻きつけ, T. C. 6 s , H. C. 100 Hz で導出した. SPL と SPR は探查部位の左手掌小指球部と基準部位の左手前腕部を酒精綿で精拭し, 皮膚前処理剤を用いて前腕部に不活性化処理を施した後, 不活性銀塩化銀電極を用いて直流記録した. 映像刺激の呈示には, 29 インチのカラーテレビ

(SONY 製 トリニトロン・カラーテレビ KV29HR1), VTR (東芝製 A-E52)を用いた。

3. 2. 3. 実験刺激

映像刺激が快・不快感情を喚起するか確認するために、複数の映像刺激を用意して、予備調査を行った。その結果から本実験で用いた映像刺激を選択した。映像刺激の内容や編集方法を付録 3 に記載した。本実験では 3 種類の映画をそれぞれ 10 min 間に編集した映像刺激を用いた。Positive 条件, Negative 条件, Control 条件の呈示順序は被験者間でカウンターバランスをとった。映像刺激は全て音声付きであり、いずれの被験者も初めて見る映像であった。Positive 条件として、「グース」(copyright; COLUMBIA PICTURES INDUSTRIES, INC., 株式会社ソニー ピクチャーズ エンタテインメント, 1996)を用いた。これは人間に育てられたために、時期が来ても渡ることを知らないグース達に、小型飛行機の操縦によって少女がグース達の先導に成功するという内容であった。Negative 条件として、「乙女の祈り」(copyright; 松竹ホームビデオ, 1996)を用いた。これは 2 人の少女が共謀して少女の母親を殺すという内容であった。Control 条件として、Virtual trip THE BEACH Hawaii OAHU (copyright; PONY CANYON INC., 1997)を用いた。これは砂浜に打ち寄せる波の映像から構成されたビデオの一部であった。

3. 2. 4. 質問紙

VAS (visual analog scale; Folstein & Luria, 1973)に基づき感情評定質問紙を作成した。感情は、怒り、恐怖、幸福、嫌悪、悲しみ、驚き、興味、楽しみ、満足、不安の計 10 項目とした。感情毎に両端を「全く感じない」、「非常に感じる」とした 10 cm の線分を用意して、主観的に感じた程度を線分上に記入させた。各条件終了後に、喚起された感情について尺度評定させた (付録 4)。また最も印象的だった場面を挙げてもらい、当該場面についても同様に尺度評定させた (付録 5)。

3. 2. 5. 手続き

電極類の装着後、映像刺激終了毎に喚起された感情の程度を質問紙に評定すること、評

定方法，実験中の体動抑制などに関する教示を与えた．実験開始前の被験者の感情状態を得るために，感情評定質問紙に記入をさせた後，安静時記録を 3 min 測定した．実験は被験者が VTR の再生ボタンを押すことにより開始した．映像刺激呈示用のカラーテレビモニターは，被験者前方 1 m の位置に設置した．実験時の照度は約 30 lx であった．映像終了毎に 3 min の休憩をとり，その間に感情評定質問紙に記入してもらった．3 条件とも終了した後に内観報告を聴取し，本実験の目的を説明した．

3. 2. 6. 分析方法

本実験では，BP，HR，指尖表面皮膚温，呼吸活動，および感情評定質問紙を以下のように分析した．平均 BP は，サンプリング周波数 1 Hz で A/D 変換した後，30 s 毎の平均値を求めた．シグナルプロセッサ（日本電気三栄製 7T18）によって，ECG の R-R 間隔から 30 s 毎の平均 HR を算出した．指尖表面皮膚温は，サンプリング周波数 1 Hz で A/D 変換した後，30 s 毎の平均値を算出した．シグナルプロセッサによって，呼吸曲線から 30 s 毎の平均呼吸数と呼吸比 (inspiratory duty cycle; inspiration time / breath time) を算出した．全ての生理指標は，測定値から実験前の安静時ベースラインの平均値を引いた変化量を算出した．感情評定質問紙は，「全く感じない」からプロット箇所までを mm 単位で計測し，各感情に関する評定値とした．条件毎に各感情の平均評定値を算出した．

3. 2. 7. 統計方法

生理指標に関して，条件 (3) × 時間 (20) の 2 要因分散分析を行った．また，各時点の計測値とベースライン (0 値) との間で，対応のある *t* 検定を行った．感情評定質問紙に関して，各感情別に 1 要因 3 水準の分散分析を行った．分散分析の多重比較には *Tukey* 法を用い， $p < .05$ の場合に有意とした．

3. 3. 結果

3. 3. 1. 感情評定質問紙

各映像刺激呈示後に全体を通して喚起された感情の評定結果を Table 2 に示した。Negative 条件の嫌悪，怒り，悲しみ，恐怖，不安の評定値はそれぞれ，Control 条件と Positive 条件に比較して有意に高かった ($ps < .01$)。Positive 条件と Control 条件間に有意差はなかった。また Positive 条件の楽しみ，満足，幸福の評定値は Control 条件と Negative 条件よりもそれぞれ高かった ($ps < .01$)。Positive 条件と Negative 条件の驚きは Control 条件よりも高かった ($ps < .01$)。Positive 条件の興味は Control 条件よりも高かった ($p < .05$)。

最も印象的な場面によって喚起された感情の評定結果を Table 3 に示した。Negative 条件の嫌悪，怒り，悲しみ，恐怖，不安は，Control 条件と Positive 条件よりも高く ($ps < .01$)，Positive 条件と Control 条件間に有意差はなかった。Positive 条件と Control 条件の幸福は，Negative 条件よりも高かった ($ps < .01$)。Positive 条件の興味は，Control 条件と Negative 条件よりも高かった ($ps < .01$)。Positive 条件と Negative 条件の驚きは，Control 条件よりも高かった ($ps < .01$)。Positive 条件の楽しみと満足は Negative 条件よりも高かった ($ps < .01$)。

このように，Positive 条件と Negative 条件ともに，それぞれ標的とした感情が映像刺激呈示によって喚起された。

3. 3. 2. BP

各条件の平均 BP 変化量の推移を Fig. 3 に示した。条件(3) × 時間(20)の 2 要因分散分析の結果, 条件の主効果 ($F(2, 28) = 10.42, p < .01$)と時間の主効果が認められ ($F(19, 266) = 2.51, p < .01$), 交互作用も有意であった ($F(38, 532) = 4.48, p < .01$)。交互作用が有意であったので単純主効果を調べたところ ($F(2, 28) = 2.53 - 30.33, ps < .05; F(19, 266) = 2.18 - 5.78, ps < .05$), Positive 条件と Negative 条件間の有意差は 4.5 min 以降にみられた ($ps < .05$)。Negative 条件の平均 BP は, 4.5 min 以降はベースライン近傍で変化を示さなかったが, 最後の 1 min 間では急峻な上昇を示した。一方, 4.5 min 以降の Positive 条件の平均 BP は, いずれも Negative 条件を下回った。条件別に各時点の計測値とベースライン (0 mmHg) について t 検定を行ったところ, Positive 条件は 1 min 以降全てベースラインを下回った ($ps < .05$)。Negative 条件は 1 - 3, 4 min の時点でベースラインを下回り, 10 min の時点でベースラインを上回った ($ps < .05$)。Control 条件はいずれの時点も有意ではなかった。

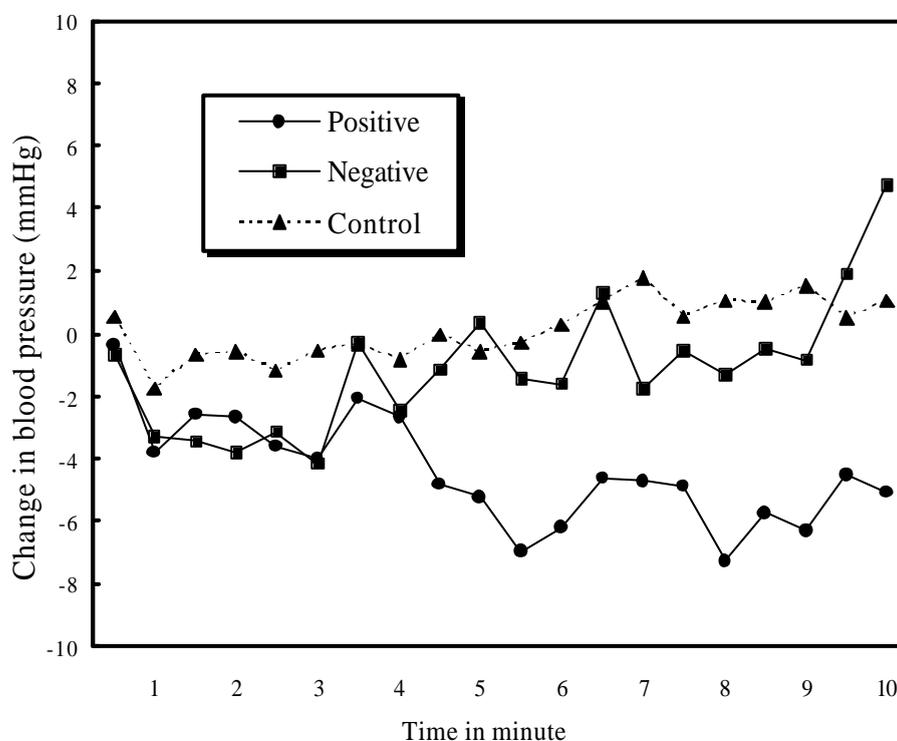


Fig. 3 Change in blood pressure during each condition.

3. 3. 3. HR

各条件の平均 HR 変化量の推移を Fig. 4 に示した。条件(3) × 時間(20)の 2 要因分散分析の結果，条件の主効果 ($F(2, 28) = 15.01, p < .01$) と時間の主効果が認められた ($F(19, 266) = 4.30, p < .01$)。また交互作用も有意であった ($F(38, 532) = 2.83, p < .01$)。単純主効果を調べたところ ($F(2, 28) = 2.18 - 15.98, ps < .05$; $F(19, 226) = 2.53 - 4.51, ps < .01$)，Positive 条件と Negative 条件間の有意差は 4.5 - 6 min と 8 min 以降にみられた ($ps < .05$)。両条件とも 4 min までは同様の推移を示したものの，4.5 min 以降において Negative 条件の HR 変化量は Positive 条件を上回り，最後の 1 min 間には急峻な上昇を示したことが交互作用に反映された ($ps < .05$)。条件別に各時点の計測値とベースライン (0 bpm) について t 検定を行ったところ，Positive 条件は 1 min 以降全てベースラインを下回り，Negative 条件は 0.5 - 3, 4, 5.5 min の時点でベースラインを下回り，10 min の時点でベースラインを上回った ($ps < .05$)。Control 条件は 8 min の時点のみベースラインを上回った ($p < .05$)。

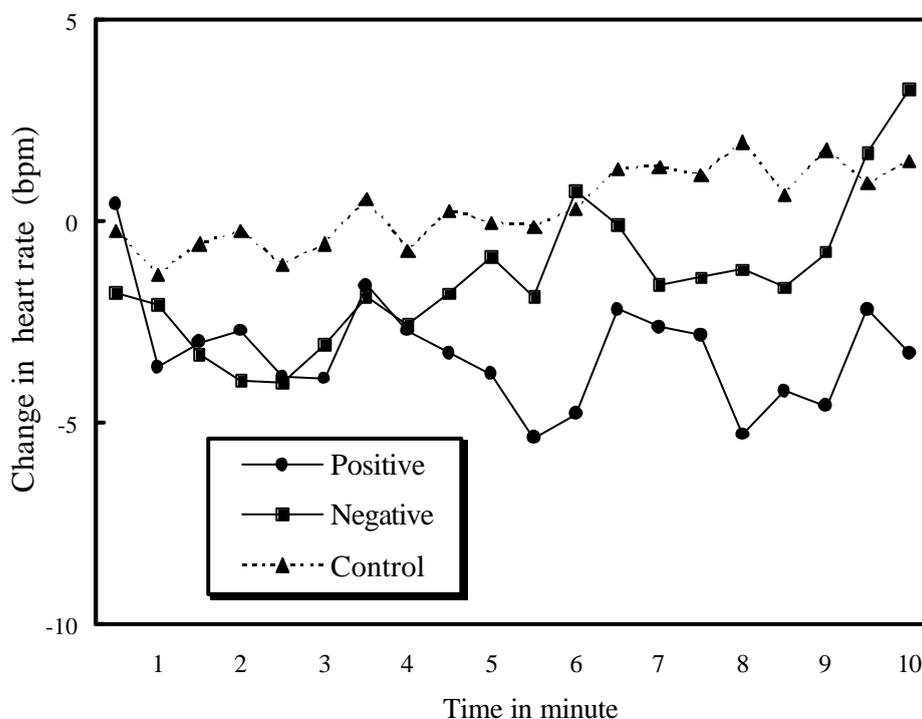


Fig. 4 Change in heart rate during each condition.

3.3.4. 指尖表面皮膚温

各条件の指尖表面皮膚温变化量の推移を Fig. 5 に示した。条件(3)×時間(20)の2要因分散分析の結果、時間の主効果が認められ ($F(19, 266) = 17.51, p < .01$)、交互作用も有意であった ($F(38, 532) = 2.54, p < .01$)。単純主効果を調べたところ ($F(19, 266) = 4.95 - 14.40, ps < .01$)、交互作用は、Positive 条件と Control 条件の皮膚温推移は時間経過にしたがって緩やかに低下したのに対し、Negative 条件では最後の 2 min で急峻に低下したことに起因するものであった ($ps < .05$)。条件別に各時点の計測値とベースライン (0) について t 検定を行ったところ、全条件のいずれの時点もベースラインを下回った ($ps < .01$)。

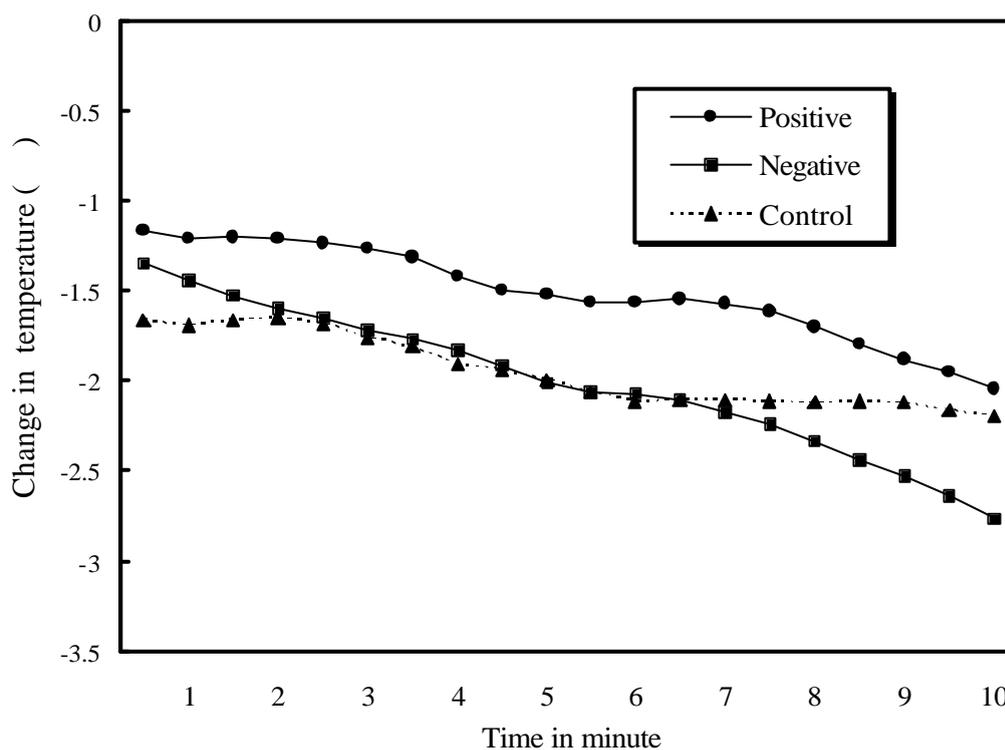


Fig. 5 Change in fingertip temperature during each condition.

3.3.5. 呼吸活動

Control 条件に対する各条件の呼吸変化数と呼吸比のそれぞれについて、条件(3)×時間(20)の2要因分散分析を行った結果、いずれの主効果も交互作用も有意ではなかった。条件別に各時点の計測値とベースライン(0 N/min)を t 検定したところ、呼吸数と呼吸比ともに有意差はなかった。

3.4. 考察

本実験では、映像刺激により喚起された快・不快の各感情に対する反応パターンが、複数の自律神経系活動の同時記録によって検出可能であるかどうか検討した。その際、感情を喚起させない映像刺激呈示中の生理変化と比較することによって、快・不快の各感情に特異的な生理変化をとらえようと試みた。

映像刺激のコンテキストによって感情を喚起するために編集された Positive・Negative 条件は、どちらもその妥当性が質問紙の結果から支持された。さらに実験終了後の印象評定でも、後半 2 min の場面を最も印象深い場面として指摘する被験者が多かった。このように映像刺激のストーリー展開を重視した編集によって、映像刺激後半で感情が強く喚起された。Negative 条件では、特に 9 min 目に起こる殺人場面で恐怖と嫌悪が強く喚起された。また、Positive 条件では、9 min 目に始まる場面で快感情が喚起されたものの、楽しみ、満足、幸福に細分するには至らなかった。この時間帯の心臓血管系の指標は快感情喚起時では低下し、負の感情喚起時では上昇した。一方、指尖表面皮膚温は、Positive 条件では緩やかに低下したものの、Negative 条件では急峻に低下した。自律神経系指標の異なる方向性の反応、あるいは同方向でありながらも程度の異なる反応によって、快・不快の感情が弁別できるものと考えられる。

皮膚温変動のメカニズムは皮膚血流量の変化であり、さらには皮膚血管運動の変化であ

る (廣田, 1998) . 末梢血管抵抗の増加に伴って末梢皮膚血流量が低下し , 皮膚温の低下が生じる . Kistler, Mariauzouls, & von Berlepsch (1998)は , 約 4 min の映像刺激に対する指尖皮膚温変化から血管収縮反応を検討した . その結果 , 殺人場面で顕著な皮膚温低下が認められ , 末梢血管抵抗の増加に伴う血流量低下によるものと考えられた . そのほかにも , 恐怖という強い負の感情が顕著な皮膚温低下をもたらすと報告した研究は多い (Collet et al., 1997; Ekman et al., 1983; Levenson et al., 1990; Sinha & Parsons, 1996) . これらの知見を参考にすると , 本実験でみられた指尖表面皮膚温の低下も , 恐怖 , 嫌悪といった強い不快感情喚起が末梢血管抵抗を上昇させたために生じたものと結論づけられる .

映像刺激呈示後約 4 min 間の心臓血管系指標には , Positive・Negative 条件ともにベースラインからの低下がみられた . 心臓血管系指標は刺激を取り込むことで低下し , 刺激を拒絶することで上昇すると指摘した取り込み - 拒絶仮説では , 刺激に対する認知的側面と心臓血管系指標との関連性が強調されている (Lacey & Lacey, 1978) . 刺激呈示後 4 min 間は , 映像刺激の導入部分であり , 快・不快の感情に関係なくその後のストーリーを把握するうえで重要な期間である . そのため , 積極的に刺激を取り込み続けることになり , 両条件ともに心臓血管系指標に低下が生じたものと考えられる . その後 , Positive 条件では , 一貫してベースラインからの低下が認められた . 一方 , Negative 条件ではベースライン近傍に回復した後 , 9 min 以降に急峻な上昇が認められた . 条件間にみられた心臓血管系指標の分岐は , 映像刺激のもつストーリー性もたらした結果であろう . この推察は , 質問紙から同定された標的感情喚起場面と , 生理指標の分岐時点が時間的に合致していることから裏付けられる . したがって , 快・不快の各感情に対する反応パターンは , 4.5 min 以降の心臓血管系指標の分岐として検出されたと考えられる .

呼吸性不整脈 (RSA) に代表されるように呼吸活動と HR には密接な関係があることから , 呼吸活動が HR に及ぼす影響も考慮する必要がある . しかしながら , 本実験の呼吸活動にはいずれの条件においても変化がみられなかったことから , 呼吸活動は HR に条件間で有意に

異なる影響を及ぼさなかったといえるため、RSA の影響を考慮しなくてよいものと考えられる。

感情やストレスに対する心臓血管系反応について、BP 目標値仮説 (澤田, 1997)によると、平均 BP は心拍出量あるいは末梢血管抵抗のいずれか一方、または双方が変化することによって変動する。心拍出量は「1 回拍出量 × HR」と表現されることから、「平均 BP = 1 回拍出量 × HR × 末梢血管抵抗」と表現できる。生体メカニズム的に 1 回拍出量はほぼ一定であるため、本実験では末梢血管抵抗と HR の上昇が平均 BP の上昇をもたらしたものと考えられる。Negative 条件でみられた指尖表面皮膚温の低下から、強い負の感情喚起時に末梢血管抵抗の上昇が生じたと考えられる。Negative 条件の 10 min 時点における HR は 8 min 時点よりも有意に上昇した。同時点では平均 BP の上昇も有意であった。血行力学的側面から、この平均 BP 上昇は、末梢血管抵抗と HR の上昇が重畳したものであるという BP 目標値仮説 (澤田, 1997)に合致する。Kistler et al. (1998) によると、一過性の血管収縮が 5 s 続いた場合、約 15 s の潜時で指尖皮膚血流量の低下が生じ、皮膚温低下として反映される。血管収縮とは血管抵抗の上昇であるため、本実験でみられた指尖皮膚温低下と、HR・平均 BP 上昇が生じた時間的な対応もまた血行力学的側面に合致すると考えられるだろう。

また、刺激に対する認知的側面に着目すると、感情喚起場面でみられた条件間で異なる心臓血管系反応パターンは、取り込み - 拒絶仮説 (Lacey & Lacey, 1978)からも説明可能である。Positive 条件では映像刺激に興味を抱き、環境刺激を取り込んだために心臓血管系指標が低下した一方で、Negative 条件では不快な映像刺激を拒絶したことによってそれらが増加したものと考えられる。したがって、BP 目標値仮説 (澤田, 1997)と取り込み - 拒絶仮説 (Lacey & Lacey, 1978)のどちらも、それぞれ異なる側面から、条件間の指標の分岐 (反応パターン) を説明しうると思われる。

覚醒、感情、ストレスに伴う呼吸数と換気量の増加が報告されているが (Boiten et al., 1994; Grossman, 1983)、本実験では呼吸数、呼吸比ともに感情喚起に伴う変化はなかった。呼吸活

動には、吸気ニューロンの発火頻度を制御する driving メカニズムと、吸気ニューロンの発火と休止の周期性を制御する timing メカニズムがある (Boiten, 1998; Milic-Emili & Grunstein, 1976; 梅沢, 1998)。一過性のストレス刺激に対して、driving メカニズムは変動しやすく、timing メカニズムは変動しにくい (梅沢・寺井, 2001)。本実験では timing メカニズムを反映する呼吸比を指標としたが、呼吸活動に及ぼす感情の影響を検討するためには、driving メカニズムを反映する指標であるポーズ時間や分時換気量を同時記録する必要があったと考えられる。また、Boiten (1998)は、感情喚起刺激が呼吸活動に及ぼす影響について、感情価のみならず、刺激強度の重要性を指摘する。本実験で用いた映像刺激は、指尖表面皮膚温と心臓血管系指標に条件間で異なる影響を及ぼしたものの、その刺激強度は、呼吸活動に影響を及ぼすに至らなかったものと考えられる。

本実験では、平均 BP と HR と指尖表面皮膚温に標的感情の影響が認められた。映像刺激の中でも、動画による感情喚起は覚醒の上昇、注意と感情反応の喚起、認知過程に及ぼす影響などが指摘されている (Detenber et al., 1998; Lang et al., 1995)。動画によって喚起された快・不快の感情に対する異なる方向の反応パターンは、自律神経系の反応パターンが検出されたことを示している。また、自律神経系反応の方向性や振る舞いから快・不快の各感情の弁別は可能であるといえるだろう。Hinz et al. (2000) の指摘通り、反応パターンの定義や解釈に関する問題点は残るものの、BP 目標値仮説 (澤田, 1997) や取り込み - 拒絶仮説 (Lacey & Lacey, 1978) に基づいて、感情喚起刺激に対する反応パターンを心臓血管系指標から検討することは可能であるものと結論づけられる。