

遅延条件づけと痕跡条件づけの条件反応獲得についての比較研究

細羽竜也*・生和秀敏**

*広島大学大学院生物圏科学研究科

**広島大学総合科学部人間行動研究講座

A comparative study of acquisition of conditioned response between delayed and trace conditioning paradigm.

Tatsuya HOSOKA* and Hidetoshi SEIWA**

**Graduate school of Biosphere Sciences, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima 724, Japan*

***Department of Behavioral Sciences, Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 724, Japan*

Abstract : This study was examined the effects of trace interval on conditioned response between delayed and trace conditioning. Twenty subjects assigned to delayed conditioning group or trace conditioning group. A pure tone was used as CS, and an electric shock of 5 mA was used as UCS. Duration of CS was 10 seconds, and trace interval was 20 seconds. In delayed conditioning group, CS was immediately followed by UCS at CS-offset. In trace conditioning group, CS was followed by trace interval, and UCS was presented after trace interval. Six reinforcements were administered for subjects of both groups. Phasic changing pattern of HR were measured as indices of CR.

The results were as follows : (1) In delayed conditioning group, HR during CS presentation showed triphasic changing pattern, while HR in trace conditioning group showed decelerative changing pattern. (2) Before UCS presentation, HR showed triphasic changing pattern both in delayed and trace conditioning.

These results indicated that trace interval would affect CR acquisitive process.

Key words : trace interval, delayed conditioning, trace conditioning, triphasic changing pattern of HR

問題と目的

現在の嫌悪条件下での古典的条件づけ理論は、被験体が条件刺激 (CS) を無条件刺激 (UCS) 到来 (あるいは到来しないこと) の予期信号とみなすという CS-UCS 事象間の随伴性 (contingency)

の形成と、条件刺激 (CS) が恐怖や不安と関連していたり、無条件刺激 (UCS) が嫌悪的であると評価することの2点が条件反応 (CR) の形成に影響する要因として検討されてきた。しかし、Dawson & Shell (1987) は、CS-UCS 間の事象随伴性の形成や CS や UCS の刺激属性 (強度・種類) が CR の形成に大きく影響すると認めながらも、CR の形成過程の一部しか説明していないと考えている。Dawson らは、ヒトを被験体とした嫌悪条件づけでは十分に検討されていないが、CR の形成に影響する要因として CS-UCS 間の時間間隔 (inter stimulus interval : ISI) に注目している。ISI の学習によって、UCS の到来時点を予測できるようになることから、UCS に対しての準備的な反応が形成されると考えている。

ISI が CR に及ぼす効果を検討した Bohlin & Kejellberg (1979) は、ISI が CR 強度と CR が生起する時相に影響することを明らかにしている。Bohlin らは、HR の phasic な変化を CR の指標として、ISI の長さの効果を検討した。Bohlin らは、CR としての HR は、下降—上昇—下降の三相性の変化を示し、3つの反応が各々に異なる過程を反映していると説明している。最初の下降 (D1 成分 : The first decelerative component) は、CS に対する定位反応を反映していると考えられている。次の上昇成分 (A 成分 : The accelerative component) は、CS の感情価や UCS に対する動機づけを反映していると考えられている。第2の下降 (D2 成分 : The secondary decelerative component) は、UCS に対する予期的な準備反応を反映していると考えられている。HR の各成分に及ぼす ISI の影響について、Bohlin らは、4秒から12秒までの ISI の効果を検討した研究をもとに、3つの成分について、次の3つのことを示唆している。(1) D1 成分は、ISI の違いによる影響が認められなかった。(2) A 成分は ISI が長いほどその強度が増大し、CS 呈示開始からの A 成分の生起する時点が UCS 呈示に近づいていた。(3) D2 成分の強度は ISI が長いほど大きく、D2 成分が生じる時相は、UCS 呈示直前に認められることが指摘された。Bohlin らは、ISI の長い方が A 成分や D2 成分の強度の増大が認められ、これらの成分が生起する時相は UCS 呈示時点に近づくことを示唆している。CR の形成が UCS 呈示時点によって異なることは、CR の形成過程に UCS に対する準備的な過程がある可能性を示唆している (Dawson & Shell, 1987)。

しかし、Bohlin らは、ISI が CR の形成に及ぼす効果を明らかにしているものの、ISI を決定する CS 呈示時間と CS 呈示終了 (CS-offset) から UCS 呈示までの痕跡間隔 (trace interval) については考察していない。Baer & Fuhrer (1968) は、ISI が等しい条件下でも、CS 呈示時間と痕跡間隔が異なる条件を比較すると、CR の形成が異なることを実験的に明らかにしている。彼らは、ISI を8秒間に統制して、遅延条件づけ条件と痕跡条件づけ条件で形成された CR を比較した。痕跡間隔のない遅延条件づけ条件は、CS を8秒間呈示し、痕跡条件づけ条件は CS を1秒間呈示し、その後 UCS 呈示までに7秒間の痕跡間隔をおいた。実験の結果、遅延条件づけ条件の方が痕跡条件づけ条件よりも CR が形成されやすいことが明らかになった。この結果は、ISI だけではなく、CS 呈示時間や痕跡間隔が CR の形成に影響していることを示唆している。

Baer らの結果をさらに詳細に検討するには、CS 呈示時間と痕跡間隔の効果をそれぞれ検討する必要がある。CS 呈示時間については、Lovibond (1992) が CS 呈示の長い方が CR が形成されやすいことを明らかにしている。痕跡間隔の効果については、ヒトを被験体とした嫌悪条件づけの研究では、ほとんど検討がなされていない。痕跡間隔の効果は、Bohlin & Kejellberg (1979) が報告した ISI の検討から、A 成分や D2 成分の強度と生起する時相に認められると考えられる。CR 強度について、Baer & Fuhrer (1968) の報告から、遅延条件づけの方が CR を形成しやすいことが予想される。CR が生起する時相については、Bohlin & Kejellberg (1979) が報告しているように UCS 呈示に応じて CR が生起することが認められており、痕跡条件づけでは CS 呈示中よりも UCS 呈示直

前に認められる可能性が高い。

本実験の目的は、HR の phasic な変化を CR の指標として、CS 呈示時間の等しい条件下で、痕跡間隔のない遅延条件づけと痕跡間隔のある痕跡条件づけで形成された CR を比較し、痕跡間隔が CR に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。このことを明らかにするために、以下の作業仮説を検討した。

〈仮説〉

仮説 1：痕跡間隔のない遅延条件づけの方が、痕跡間隔のある痕跡条件づけよりも HR の A 成分や D2 成分の強度が増大する。

仮説 2：遅延条件づけでは CS 呈示中に HR の A 成分や D2 成分が観察されることに対して、痕跡条件づけでは UCS 呈示直前に HR の A 成分や D2 成分が観察される。

方 法

被験者 心理学を受講している学生で、実験の主旨に賛同したボランティア 20 名を被験者として用いた。被験者は 10 名ずつ 2 つの条件群にランダムに振り分けた。

刺激 CS として 500 Hz、60 dB の純音を使用し、UCS として 5mA の電撃を使用した。

実験条件 設定した実験条件は CS-UCS 呈示間隔で、CS 呈示終了後に UCS を呈示する遅延条件づけ群 (D) と CS 呈示終了から一定時間たった後に UCS が呈示される痕跡条件づけ群 (T) の 2 群を設けた。両群のパラダイムは Fig.1 に示している。

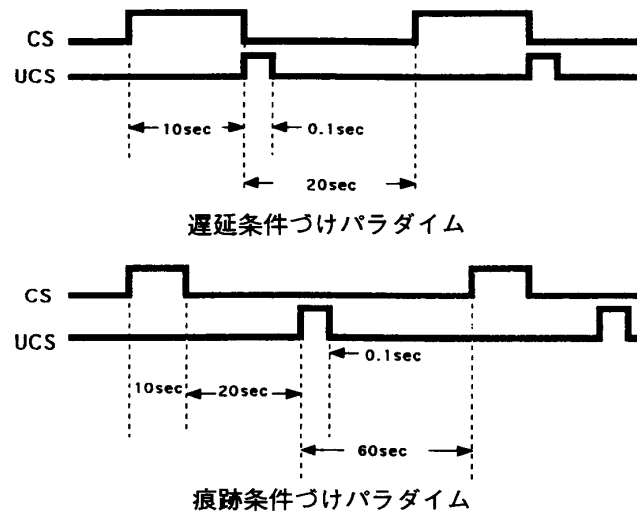


Fig. 1 実験パラダイム

両群とも CS は、ヘッドホーンを通じて 10 秒間呈示した。また、UCS には電撃を用い、5 mA の強度で 0.1 秒間与えた。遅延条件づけでは、実験試行開始 10 秒後に CS を 10 秒間呈示し、その後すぐに UCS を呈示した。試行間隔は 20 秒で、UCS 呈示から 20 秒が経過した後に次の CS を呈示した。痕跡条件づけでは、実験開始 10 秒後に CS を 10 秒間呈示したが、UCS の呈示は CS 呈示終了の 20 秒後であった。試行間隔は 60 秒とした。両群とも、実験試行は計 6 試行行った。CS-UCS の随伴性の学習は、6 試行で成立することが White & Davey (1989) により確認されている。

手続き 被験者は防音処理のなされた実験室に入室後、実験室への馴化期間として 10 分程度安静にしてもらった。HR 測定用の電極と UCS 呈示用の電極を装着後、HR が安定した時点から 5 分間、実験前ベースとして測定した。被験者には、「この実験はヒトの痛覚を調べる実験です。」と教示し、

電撃を何回か受けてもらうが身体には別状がないことを了解させた。電撃の強さについての教示は行わなかった。被験者には電撃に耐えられないときはすぐに実験を中止する旨を伝えた。実験に先立ち、被験者に CS 呈示用のヘッドホンを装着したが、被験者には実験室のノイズを遮断するために装着すると教示し、純音が呈示されることは伝えなかった。

反応測度 CR と UCS に対する直前の反応を検討するに際し、本実験では HR の phasic な変化を用いた。CR は CS 呈示中 10 秒間のうちの 1 秒ごとの HR の変化、及び UCS 呈示前 10 秒間での 1 秒ごとの HR の変化を用いた。

装置 実験は、2m×4m 四方の遮音室で行った。室内の温度は 25℃±1℃に保たれていた。実験室内の照度は 8 Lux とした。CS として呈示した純音は、日本電気三栄 phone stimulator 3G13 を用いて呈示した。UCS である電撃は、日本光電電気刺激装置 SEN-3101 及びアイソレーター SS-102J を用いて呈示した。CR 及び UCR の測度には HR を用い、日本電気三栄 360 ポリグラフシステムにより測定した。心電は第 II 誘導法により導出し、tachometer 1321 ユニットにより瞬時 HR に変換された。瞬時 HR は A/D converter を介して NEC パーソナルコンピュータ PC-9801VM で 1 秒ごとにサンプリングした。実験開始や終了の合図、CS 及び UCS の呈示などの制御には PC-9801VM を用いた。

分析 分析は、CS 呈示中及び UCS 呈示前の HR の変化を用いた。分析方法として、条件（遅延条件づけ・痕跡条件づけ）×反復（第 1・4・6 試行）×時系列（10 秒）の 3 要因分散分析及び下位検定を用いた。within の要因の調整自由度を算出するために、Greenhouse-Geisser の重み (ϵ) を用いた。

結 果

1. CS 呈示中の HR の変化

CS が呈示されている 10 秒間の HR の変化を CS 呈示直後の HR を基準として示した図が Fig. 2 である。点線が第 1 試行の HR 変化を表し、波線が第 4 試行、実線が第 6 試行の変化を表している。遅延条件づけ (D 条件) においては、第 1 試行では CS 呈示期中盤ごろから HR が増大するパターンを示しているが、第 4、第 6 試行になると下降—上昇—下降の三相性の HR パターンを示していることがわかる。痕跡条件づけ (T 条件) では、第 1 試行はほとんど変化が認められないが、第 4、第 6 試行になると CS 呈示中に HR の減少が認められた。このことから CS 呈示中の HR の変化は条件づけパラダイムによって異なっていることがわかる。

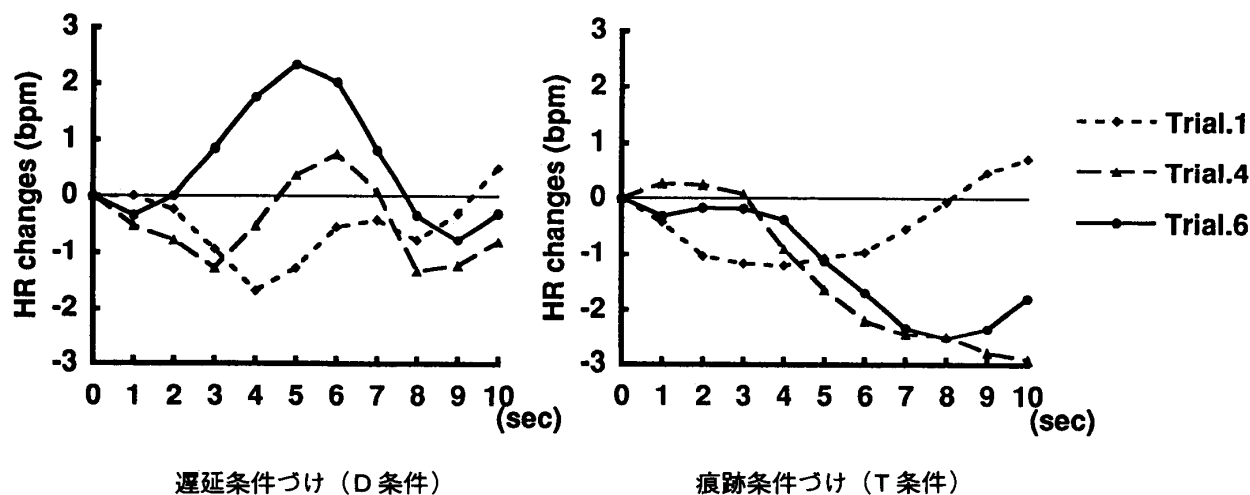


Fig. 2 CS 呈示中の HR 変化

条件づけパラダイムによる HR パターンの違いを検討するために、条件(2)×反復(3)×時系列(10)の3要因の分散分析を行った。反復要因の調整自由度の重みは $\epsilon = .994$ 、時系列要因での重みは $\epsilon = .261$ であった。分散分析の結果、条件と時系列の主効果に傾向差が認められた ($F(1,18) = 3.381, p < .10$; $F(9,162) = 2.951, p < .10$)。条件については、D条件の方がT条件よりもHRが上昇する傾向にあった。時系列については、CS呈示終盤にHRが低下する傾向にあった。このことは、条件間でHRの変化に違いがあるものの、CS呈示終盤では、両条件ともに下降する傾向にあることを示している。また、条件×時系列の交互作用 ($F(9,162) = 4.386, p < .02$) 及び反復×時系列の交互作用 ($F(18,324) = 3.653, p < .01$) の交互作用が認められた。条件×時系列の単純主効果を検討したところ、CS-onsetから、5秒目 ($F(1,180) = 7.41, p < .05$)、6秒目 ($F(1,180) = 13.56, p < .05$)、7秒目 ($F(1,180) = 8.94, p < .05$)、10秒目 ($F(1,180) = 3.08, p < .05$) に条件間の違いが認められた。この結果は、CS呈示中盤から終盤にかけて、D条件の方がT条件よりもHRが大きいことを示している。D条件での時系列の単純主効果について、D条件ではHRの上昇が認められることに対し ($F(9,162) = 2.97, p < .05$)、T条件ではHRは単調に減少していたことが分かった ($F(9,162) = 4.37, p < .05$)。このことは、Fig. 2に示したように、D条件ではHRのA成分とD2成分が、認められることに対し、T条件ではA成分やD2成分が認められなかったことを示している。このことは、遅延条件づけではCS呈示中にA成分とD2成分が認められ、痕跡条件づけでは痕跡間隔中にA成分とD2成分が認められるとする仮説2を支持している。反復の効果を検討するため、反復×時系列の単純主効果を検討したところ、CS-onsetから4秒目 ($F(2,360) = 2.46, p < .05$)、9秒目 ($F(2,360) = 2.54, p < .05$)、10秒目 ($F(2,360) = 3.33, p < .05$) に反復の効果が認められ、4秒目は反復するに伴い上昇し、9、10秒目は下降することが明らかになった。このようにD条件とT条件ともに反復の効果は統計的に顕著であると認められた。

2. UCS 前の HR 変化

UCS 前後 20 秒間の HR 変化について、D 条件でみられた変化を Fig. 3 に、T 条件でみられた変化を Fig. 4 に示した。UCS が呈示された時点の HR を基準として、そこからの差分で表してある。

D 条件の第 1 試行では CS の呈示後 HR が単調に増加し、UCS が呈示された後でもその傾向が続いている。しかし、第 4 試行や第 6 試行になると、CS 呈示期間中盤にいったん増加した HR は、UCS 到来に向けて減少し、UCS 呈示後に再び増加するという変化パターンを示している。一方、Fig. 4 に示した T 条件では、第 1 試行では上昇した後、下降した。第 4 試行では UCS 前後で HR の変化はみられず、ほぼ一定の水準を維持している。第 6 試行になると、増大していた HR が UCS の到来が接近するとともに減少し、UCS 到来後再び増加するという変化傾向へと移行している。特に第 6 試行の HR パターンは、D 条件・T 条件ともにほとんど同じような変化パターンを示していることがわかる。

D 条件と T 条件の UCS 呈示直前の 10 秒間の HR 変化について、条件(2)×反復(3)×時系列(10)の3要因分散分析を行った。反復要因の調整自由度の重みは $\epsilon = .932$ 、時系列の重みは $\epsilon = .182$ であった。分散分析の結果、主効果は認められなかったものの、反復×時系列の交互作用に傾向差が認められた ($F(18,324) = 1.562, p < .10$)。このように、UCS 前の時相にみられる HR 変化は反復により異なっており、反復にともない上昇と下降の変化を示すことがわかった。D 条件と T 条件で形成される A 成分や D2 成分に違いがないことから、両条件での CR 強度に違いがあるとする仮説 1 を支持しなかった。また、D 条件では CS 呈示中、T 条件では UCS 呈示前に HR の A 成分や D2 成分が形成されたことから、CS-UCS 間の痕跡間隔の有無が CR の形成される時相の違いに影響

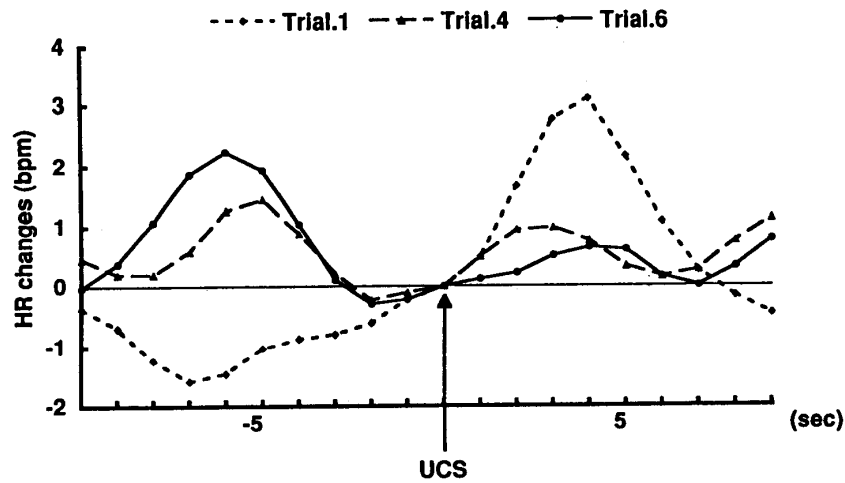


Fig. 3 遅延条件づけ (D条件) での UCS 呈示前後の HR 変化

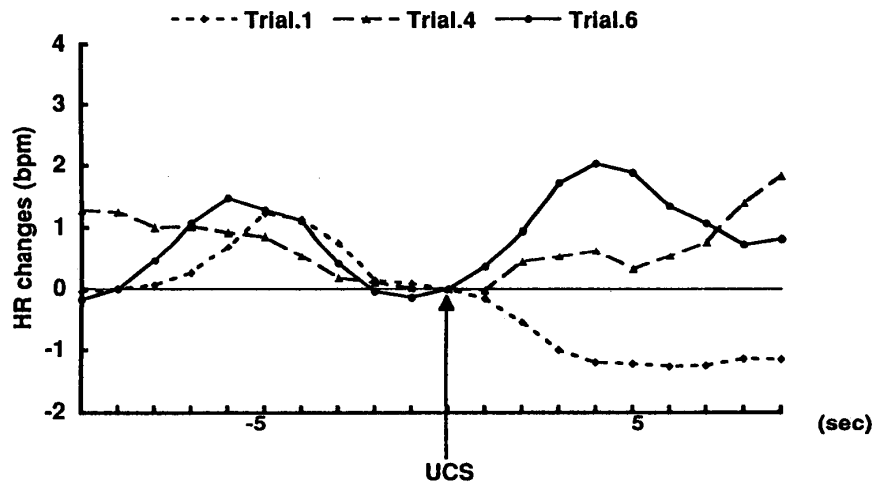


Fig. 4 痕跡条件づけ (T条件) での UCS 呈示前後の HR 変化

するとする仮説 2 を支持していると思われる。

反復の効果を検討するために、反復×時系列の単純主効果を検討した。この結果、CS-onset から、4 秒目と 5 秒目に有意な反復の効果が認められた ($F(2,360) = 2.92, p < .05$; $F(2,360) = 3.17, p < .05$)。また、第 1・4 試行では、時系列に有意な効果が認められなかったものの、第 6 試行では有意な時系列の効果が認められた ($F(9,489) = 3.90, p < .05$)。この結果は、D 条件と T 条件ともに反復にともない、HR の上昇及び下降が観察されることを示している。

また、条件づけパラダイム間の比較を行うために、第 1 試行と第 6 試行のみを用いて、反復回数ごとの条件×時系列の 2 要因分散分析を行った。第 1 試行での時系列要因の調整自由度の重みは $\epsilon = .202$ であり、第 6 試行では $\epsilon = .180$ であった。分散分析の結果、第 1 試行・第 6 試行ともに主効果及び時系列の効果が認められず、両条件に違いがないことが分かった。この結果は、このことは、痕跡間隔の有無が CR 強度には影響しない可能性があることを示唆している。

考 察

本研究では、遅延条件づけと痕跡条件づけでの CR の形成を比較することで、CS-UCS 間の痕跡間隔が CR 形成に及ぼす影響について検討を行った。CR への影響として、CR 強度と CR が形成さ

れる時相の2点を検討したところ、遅延条件づけ条件と痕跡条件づけ条件では、CR強度に違いが認められなかったものの、CRが形成される時相（CS呈示・痕跡間隔）が異なっていることが明らかになった。

痕跡間隔がCR強度に影響しなかった本実験の結果から、痕跡間隔の有無の違いがCRに影響している可能性の低いことが示唆される。Baer & Fuhrer (1968) は、遅延条件づけと痕跡条件づけで形成されるCRを比較し、遅延条件づけの方がCR強度が強いことを明らかにした。この結果は、遅延条件づけと痕跡条件づけで形成されたCRの強度に違いが認められなかった本実験の結果と一致しない。Baerらの実験で用いられた遅延条件づけと痕跡条件づけの違いは、痕跡間隔の有無だけではなく、CS呈示時間も異なっていた。このことから、Baerらの結果はCS呈示時間の違いが反映している可能性がある。CS呈示時間について、Lovibond (1992) は、UCSが嫌悪刺激の場合、CS呈示時間の長い方がCSの意味やUCSの脅威度がCRに反映しやすいと報告しており、遅延条件づけが痕跡条件づけよりもCRの強度が大きい理由は、CSの呈示時間である可能性が高い。

痕跡間隔とCR形成の時相について、本実験の結果は痕跡間隔がないとき、CS呈示中にA成分とD2成分が認められ、痕跡間隔が存在する痕跡条件づけ条件では、痕跡間隔中にA成分とD2成分が認められた。このことより、痕跡間隔の有無によって、A成分やD2成分の生起する時相が異なることがわかった。HRのD2成分は、UCS呈示に対する予期的反応と定義されており (Bohlin & Kjellberg, 1979)、本実験の結果でも、UCS呈示直前にD2成分が認められ、先行研究と一致している。HRのA成分は、CSの情報価や感情価、UCSに対する動機づけを反映していると考えられている (Bohlin & Kjellberg, 1979)。HRのA成分が、CSに対する感情価のみを反映している成分ならば、CS呈示中にHRのA成分が観察されることが予想される。しかし、本実験の結果は、痕跡条件づけ条件では、HRのA成分がCS呈示中ではなく、UCS直前の時相で観察された。このことは、HRのA成分はCSの感情価を反映しているだけではなく、UCSの影響も反映している可能性がある。このように、本研究の結果は、CRの形成過程にUCSに対する準備的な過程があるという Dawson & Shell (1987) の立場を支持している。

また、本実験の結果から、痕跡間隔のある条件では、CS呈示中のHRは減少していくことが明らかになった。この反応は、条件づけにともない顕著になっており、単なるCS呈示による定位反応 (D1成分) とは考えにくい。痕跡条件づけではCS呈示とUCS呈示が時間的に分離していることから、CS呈示中にはUCSが到来しないことの安全信号として機能している可能性が考えられる。

本研究の結果から、痕跡間隔の効果をまとめると、次の2点があげられる。(1) 痕跡間隔があるとき、CRはUCS呈示直前の痕跡間隔中に生起する。(2) 痕跡間隔があるときのCS呈示中のHRのphasicな変化は、単調減少を示す。特に(2)の効果は、痕跡間隔の有無により、CRの形成過程が異なることを示唆しており、痕跡間隔がCS-UCS間の学習過程に影響することが示唆された。

文 献

- Baer, P.E. & Fuhrer, M.J. 1968 Cognitive processes during differential trace and delayed conditioning of the GSR. *Journal of Experimental Psychology*, 78, 81-88.
- Bohlin, G. & Kjellberg, A. 1979 Orienting activity in two-stimulus paradigms as reflected in heart rate. In H. D. Kimmel, E. H., van Olst and J.F., Orlebeke (Eds), *The Orienting Reflex*. Erlbaum Associates, Hillsdale, N. J. Pp. 169-197.
- Davey, G. C. L. 1992 Classical conditioning and the acquisition of human fears and phobias: A re-

- view and synthesis of the literature. *Advances in Behaviour Research and Therapy*, 14, 29-66.
- Dawson, M. E. & Shell A.M. 1987 The role of "controlled" and "automatic" cognitive processes in human autonomic classical conditioning. In G. C. L. Davey (Ed) , *Cognitive processes and Pavlovian conditioning in humans*. Chichester : John Wiley, 27-55.
- Lovibond, P. F. 1992 Tonic and phasic electrodermal measures of human aversive conditioning with long duration stimuli. *Psychophysiology*, 29, 621-632.
- White, K. & Davey, G. C. L. 1989 Sensory preconditioning and UCS inflation in human "fear" conditioning. *Behaviour Research and Therapy*, 27, 161-166.