

資料

コンピュータゲームが子どもの自律神経系反応に及ぼす影響

城 仁士¹ 近藤 徳彦¹

EFFECTS OF COMPUTER GAME ON RESPONSES IN THE AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM IN CHILDREN

Hitoshi JOH AND Narihiko KONDO

This study was designed to estimate the effect of computer game on responses in the autonomic nervous system in children by using power spectral analysis of heart rate (HR) variability. We used two different games that contained a battled, excited game (S) and a relieved, mild game (M). The results obtained were as follows: 1) HR in S during game tended to be higher than that in M. An index of sympathetic nervous system (SNS) during game was higher than during recovery in S, but showed an opposite change in M. Therefore, S might induce stress response during game while M might do it after game. 2) HR during individual mode in S tended to be higher than during mode in playing against other player. 3) HR, SNS and an index of parasympathetic nervous system (PNS) at 10th min. after game were similar to rest-level in both games. 4) There was positive, significant correlation between level of game master and PNS ($y=0.091x+4.111$, $r=0.765$, $p<0.05$). The results suggested that the responses in the autonomic nervous system in children during game were influenced by the type of game and the level of master.

Key words: response in the autonomic nervous system, computer game, children, power spectral analysis of heart rate variability.

問題と目的

近年、ファミリーコンピュータの登場により、コンピュータゲーム人口は飛躍的に増大している。また、コンピュータゲーム市場の拡大に伴う、あいつぐ国内外のハードウェア、ソフトウェアメーカーの市場参入により、技術革新の著しい分野でもある。しかし、その普及とともにゲームソフト購入者はよりリアルで、より過激なソフトを求めるようになってきており、その結果、最近では、癲癇症の危険性や視力の低下などゲームの影響と思われる症状例が報道されている。こ

のことはコンピュータゲームが心理的・生理的に未成熟な子どもにとっては負担が大きいことを示唆していると思われる。したがって、コンピュータゲームが子どもの発育や教育に対してどの程度の影響があるのか評価するためには、コンピュータゲームを行った時のストレス反応(本研究では刺激要因をストレッサ、生理的反応をストレス反応と定義する)を知る必要があると考えられる。特に、子どもの生体にそれがどのような影響を及ぼしているのか、また、その影響は子どもにとってどの程度の大きさなのかのデータを得ることは大切である。

ヒトがある種の外的なストレッサを受けた場合、生理的な反応として、自律神経系を介してこれらのストレッサに対抗する。例えば、運動などのストレッサが

¹ 神戸大学発達科学部(Faculty of Human Development, Kobe University)

身体に負荷されると、自律神経系が活動し、心拍数などの生理的なパラメータは増加する。人前でのあがりなども運動時の反応と同様に自律神経系の働きが関与する。したがって、ストレスに対する生体の生理反応の大きさを客観的に評価するにはこの自律神経系の活動を把握することが重要となる。

自律神経系には交感神経系と副交感神経系の二つが含まれ、前述の運動時には交感神経系の活動が大きく働き、副交感神経系の活動は抑制される。近年、心拍数の変化を利用して、自律神経系を両活動から評価する方法が報告されている(早野・藤波・山田, 1985; 劉・武井・岩田, 1994; 中村・山本, 1991)。この方法を用いると従来評価が難しかった自律神経系の活動状況を、交感と副交感神経系に分類して、より詳細に、また客観的に評価することが可能となる。さらに心拍数は比較的簡単に生体から得られる情報であることと考えあわせると、これを利用した自律神経系の評価法は心理学の分野においても有用であると考えられる。

そこで本研究は、コンピュータゲームが子どもの教育や発育にとってどのような影響を及ぼすのかの基礎的データを得るため、前述の方法を用いてコンピュータゲーム中の子供の自律神経系反応の態様を定量的に評価することを目的とした。コンピュータゲーム下での反応はゲームの種類等に影響される可能性があるため、戦闘的でより大きな興奮を誘う内容のゲームと比較的穏健で安心感の漂う内容のゲームの二種類を選択し、以下の4つの観点から子どもの自律神経系の反応を総合的に評価しようとした。1) コンピュータゲーム状況下での心拍数変動を二種のゲーム間で比較すること、2) 戦闘的ゲームにおいて個人モードと対戦モードとの心拍数変動の違いを分析すること、3) コンピュータゲームを終了した後の回復時の心拍数変動を分析すること、4) ゲームの熟達度に応じてコンピュータゲームに対する心拍数変動に差が認められるかを分析することである。

方 法

1. 被験児

被験児は神戸市在住の健康な幼稚園児1名および小学生8名(男子7名, 女子2名)であり、年齢は5~11才の範囲であった。被験児は全員日頃テレビゲームには慣れていて、TABLE 1に被験児の特性として年齢と性別を示した。

2. 課題

使用したゲームソフトは、戦闘的でより大きな興奮

TABLE 1 Age and sex in each subject

Subjects	Age, yr	Sex
D. S.	10	B
G. M.	9	B
H. J.	10	G
K. F.	8	B
K. I.	8	B
K. J.	9	B
K. M.	7	B
S. N.	11	G
T. J.	5	B

B: Boy, G: Girl

を誘う内容のゲームとして「ストリートファイターII」(以下S)、比較的穏健で安心感の漂う内容のゲームとして「ミッキーのマジカルアドベンチャー」(以下M)をそれぞれ選定した。また、ゲームモードによる違いを検討するために、Sには個人モード(1人でゲームを行う)と対戦モード(2人でゲームを行う)が含まれている。

熟達度の違いには、Sの個人モードを用い、ゲームレベルは3と設定した。設定したレベルは8画面より構成されている。熟達度の指標として、以下の式を用いた。

$$\text{熟達度} = [\text{クリアした画面数} / \text{1レベルの画面数 (8)}] \times 100\%$$

例えば、3画面をクリアした場合の熟達度は $(3/8) \times 100 = 37.5$ となる。

3. 手順および測定項目

Sでは座位姿勢で5分間の安静状態を保持した後、15分間個人モードでのゲームを行い、10分間安静を保持した。その後10分間、対人モードでのゲームを行い、終了後は5分間の安静を保持した。MではSと同様に安静状態の測定を行った後、15分間ゲームを行い、その後は15分間安静を保持した。実験中、胸部双極誘導法により心電図をテープレコーダ (TEAC: R-71) に記録した。後日、心電図データを12bitの分解能のA/Dコンバータ (カノーパス電子社製 ADX-98E) により、1 kHzのサンプリングレートでパーソナルコンピュータ (日本電気社製 PC9801RA) に転送した。その後、微分平滑化を行い、R-R間隔の一次回帰を求め、その残差を心拍変動とみなし、直接法によりパワースペクトル密度を算出した (中村・山本, 1991; Yamamoto & Hughson, 1991a; Yamamoto, Hughson & Perterson, 1991b)。更に、0.0~0.15Hz (Lo) および0.15~0.50Hz (Hi) のスペクトル密度をそれぞれ加算し、Lo/Hiをもって交感神

経系活動 (SNS) の指標とし、 $Hi / (Lo + Hi)$ をもって副交感神経系活動 (PNS) の指標とした。なお、分析は安静時と回復時の各 5 分間、ゲーム中最も心拍数の高い 5 分間とした。

各条件間の差の検定には一元配置の分散分析を用い、また、有意水準は 5% とした。

結 果

FIGURE 1 に実験中の心拍数(HR), SNS および PNS の変化をゲームの種類別に示した(平均値±SE)。S と M

の安静時 HR はそれぞれ 87.4 ± 4.4 拍/分, 87.9 ± 6.2 拍/分とほぼ等しい値を示した。M の HR は実験中あまり変化していないが、S でのそれはゲーム中上昇する傾向にあり、安静時と比較するとゲーム中の HR は S において有意に高かった。また、S での上昇程度は個人モードの方 (96.1 ± 5.7 拍/分) が対戦モード (90.2 ± 4.1 拍/分) より大きかった。個人モード後の回復では、10 分間の回復で実験前の安静状態にほぼ回復した (86.5 ± 3.6 拍/分)。

実験中の SNS と PNS の変化は、両ゲームとも鏡映

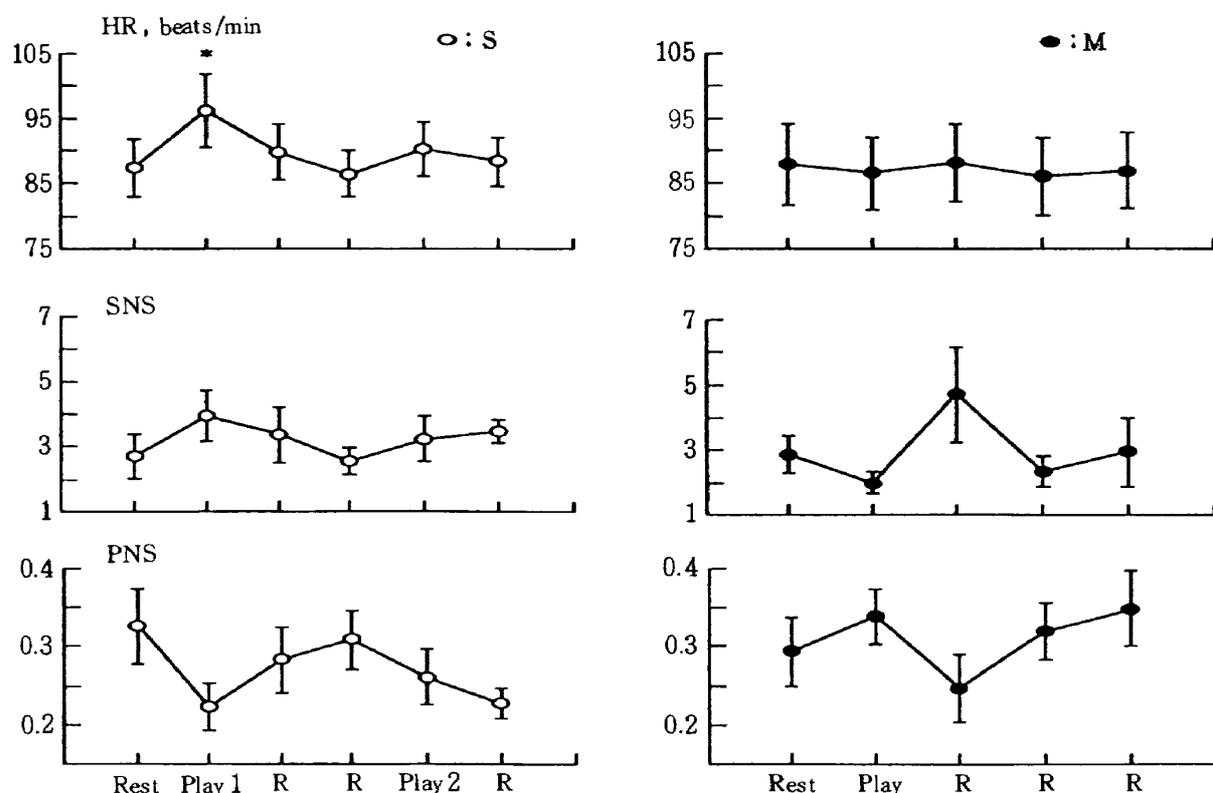


FIGURE 1 The time courses of heart rate (HR), index of sympathetic nervous system (SNS) and index of parasympathetic nervous system (PNS) during experiments, S: Street Fighter II, M: Magical Adventure in Mickey, Play 1: individual mode, Play 2: mode in playing against other player, R: recovery.

* significant difference from rest ($P < 0.05$).

的關係になっていた。S では安静時と比較してゲーム中に SNS の上昇と PNS の低下が認められ、その程度は個人モードの方が大きい。一方、M ではその逆の關係が見られ、ゲーム中に SNS の低下と PNS の増加が認められた。更に、M ではゲーム後の回復時に SNS の上昇と PNS の低下があった。ゲーム後の回復(S では個人モード後の回復) においては両条件とも 10 分目に安静時と同様な値を示した。

S ゲームにおける熟達度の指標の平均値は 36.1% で

あった。FIGURE 2 に熟達度とゲーム中の ΔHR , ΔSNS および ΔPNS の關係を示した。 Δ の値に関しては安静時の値と個人モードのゲーム中の値との差である。熟達度と ΔPNS との間のみ $r = 0.765$ ($P < 0.05$) の有意な正の相関關係が認められた。

FIGURE 3 に S における年齢と ΔHR , ΔSNS および ΔPNS の關係を示した。いずれの關係においても年齢との間には有意な相関關係は認められなかった。

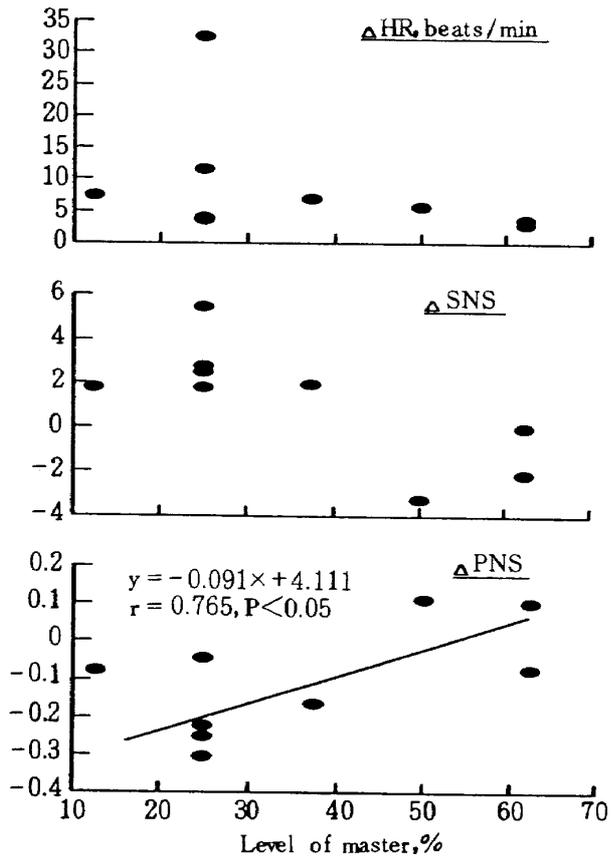


FIGURE 2 Relationships between level of master and Δ HR, Δ SNS and Δ PNS in game of Street Fighter II. The Δ represents as change from rest to Play 1 (individual mode).

考 察

1. ゲームの種類による違いについて

両条件のHRの差を見ると、Sではゲーム中のHRが上昇傾向にあるが、Mでは大きな変化が認められなかった。安静時と比較して、ゲーム中はいくらかの身体運動が伴う。これがゲーム中のHRを増加させた要因とも考えられる。しかし、Sにおける個人モードと対戦モードを比較すると、HR上昇が前者で大きかった(身体運動は両モードで等しいと考えられる)ことや、MではHRが変化しなかったことから、ゲーム中に見られたHRの上昇には身体運動はそれほど影響していないと考えられる。したがって、今回設定した2種類のゲームはSの方がMより興奮性が高いゲームであり、その程度は前者の方が大きいと言える。このことはコンピュータゲームが子どものHR反応に及ぼす影響の大きさにはゲームの種類による差があることを示していると考えられる。今回測定した被験児の中には、

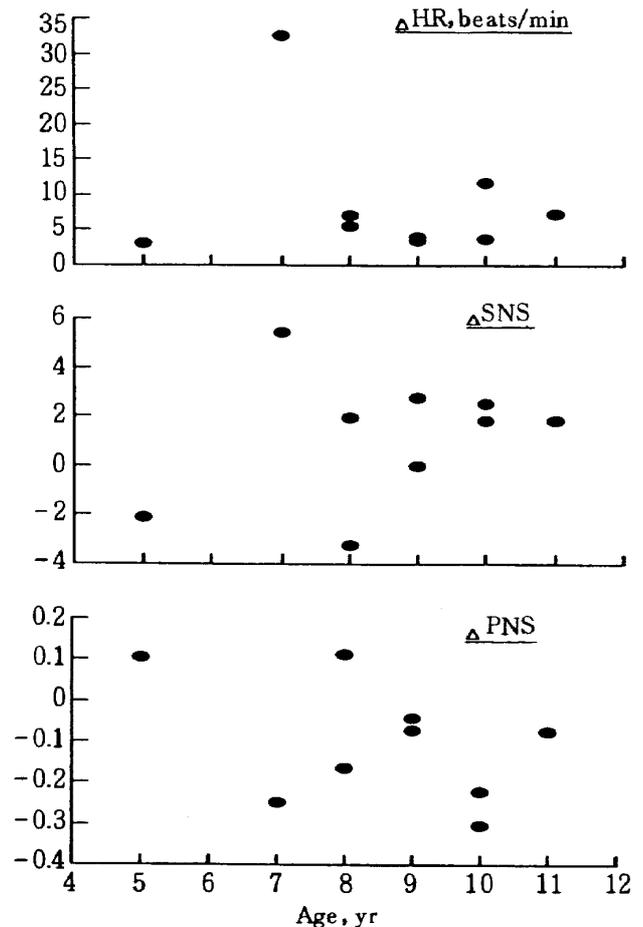


FIGURE 3 Relationships between age and Δ HR, Δ SNS and Δ PNS in game of Street Fighter II. The Δ represents as change from rest to Play 1 (individual mode).

Sにおける個人モードのゲームでHR127拍/分(安静時95.4拍/分)とかなり高い値を示した被験児(K.M.)と、ほとんど変化していない被験児(D.S.,安静時67.1拍/分,ゲーム時70.9拍/分)もあり、個人差も認められる。被験児K.M.のような心拍数の値は、この年齢の子どもが中程度の運動を行った時に見られる値である(山地1981)。

次に、HRで見られたゲームの種類による差を交感神経系と副交感神経系の活動から検討してみる。Sではゲーム時にSNSの増加とPNSの低下が認められるが、Mではゲーム後の回復時に同様の現象が認められる(Figure 1)。このことは交感と副交感神経系の活動から見ると、Sではゲーム中に、Mではゲーム後に自律神経系反応が起きる可能性のあることを示していると考えられる。しかし、いずれの変化も安静時と比較すると有意な差ではなかった。両神経系の変化傾向から考えると、ゲームの種類によって自律神経系反応

が起こる程度とタイミングが異なる可能性があるのではないかと考えられる。これに関してゲームの内容を見ると、両者ではかなり異なり、ゲーム中の音楽はMはSと比較するとテンポが遅く、画面に登場するキャラクターの動きも前者の方がゆっくりである。ゲームから受ける印象と今回の結果はかなり類似するようと思われる。

2. ゲーム形態の違いについて

ゲーム形態の違いを検討するために、Sでの個人モードと対戦モードとを比較した。SでのHRの上昇程度は個人モードの方(96.1±5.7拍/分)が対戦モード(90.2±4.1拍/分)より大きい傾向にあった。これらのことはゲームモードの違いが子どものHR反応にはかなり影響していることを示していると考えられる。一方、本研究ではいずれの被験児に対しても個人モードのゲームから先に行った。一般に外的な刺激などを数回繰り返して受けると、人はある程度刺激に対する慣れを生じることが報告されている。したがって、ゲームモードによる違いを明らかにするためには実験条件も含めて、今後更に検討する必要があると思われる。

3. ゲーム終了後の回復に関して

Sでのゲームの回復において、1回目のプレイ後の変化を見るとゲーム終了10分目のHR、SNSおよびPNSはゲーム前の安静時にほぼ戻っていた。また、Mでもこれらのパラメータは同様の変化を示していた。このことからゲームによる自律神経系反応が安静レベルに回復するには、少なくとも10分程度の時間が必要であると考えられる。

以上のことより、コンピュータゲーム中の子どもの自律神経系反応は戦闘的でより大きな興奮を誘う内容のゲームの方が比較的穏健で安心感の漂う内容のゲームより大きいこと、また、ゲーム後の回復時にもその影響が残ることが示唆された。

4. ゲーム熟達度と心拍数変動について

FIGURE 2 に示したように熟達度の指標と Δ PNS の間のみ有意な相関関係が認められたが、他のパラメータとの間には有意な関係はなかった。この結果は、Sにおいて極端にHRが増加した被験児K.M.を除いて検討しても同様の結果であった。このことは熟達度が上がるほど、ゲーム中の副交感神経系の活動が高いことを示していると考えられる。自律神経系で支配されるHRは1) 交感神経系活動の亢進、2) 副交感神経系活動の抑制、3) 交感神経系活動の亢進と副交感神経系活動の抑制によって増加する。熟達度が高い者は交感神経系活動の増加に対して、副交感神経系活動の亢進

によってゲームに適応しようとしているものと推察される。このことは熟達度が高い者に見られる実際のゲームにおける冷静な判断と関係するのかも知れない。

ところで、今回の被験児の年齢は5才～11才の範囲にあった。そこで年齢により自律神経系反応の違いがないかどうか検討するために、Sで個人モードでの年齢とHR、SNSおよびPNSの関係を見てみた(FIGURE 3)。しかし、いずれの関係においても有意な相関関係が認められなかった。したがって、今回の被験児では、コンピュータゲームに対する自律神経系反応の程度には年齢の違いによる差はないものと考えられる。

まとめと今後の課題

本研究は、コンピュータゲームが子どもの教育や発育にとってどのような影響を及ぼすのかの基礎的データを得るため、前述の方法を用いてコンピュータゲーム中の子供の自律神経系反応の態様を定量的に評価することを目的とした。そのため戦闘的でより大きな興奮を誘う内容のゲームと比較的穏健で安心感の漂う内容のゲームの二種類を選択した。得られた主な所見は以下のようであった。

- 1) 戦闘的でより大きな興奮を誘う内容のゲームSの方が比較的穏健で安心感の漂う内容のゲームMよりゲーム中の心拍数が高く、ストレスの程度は前者で大きかった。また、交感神経系と副交感神経系から比較すると、Sではゲーム中に、Mではゲーム後に自律神経系反応が起きる可能性があることが示された。
- 2) 個人モードのHRは対戦モードのそれより高くなる傾向にあった。
- 3) 両ゲームともゲーム終了後10分目に心拍数、交感神経系活動および副交感神経系活動はゲーム前の安静時の値に戻っていた。
- 4) ゲームの熟達度とゲーム中の副交感神経系活動との間に正の相関関係が見られた。

以上のことより、コンピュータゲームに対する子どもの自律神経系反応の程度はゲームの種類、熟達度の違いなどに影響されることが明らかになった。また、ゲーム後にもその影響が見られた。

現在の子どもを取り巻く環境の中かなりの割合でコンピュータゲームが存在する。今回の研究において、これらが子どもの教育や発育の観点からどのような影響があるのかに関する基礎的なデータが得られた。今回の結果から、戦闘的でより大きな興奮を誘う内容のゲームでのコンピュータゲームに対する子ども自律神経系反応は、軽い運動を行っているときの反応と類似

するものである。しかし、ゲームの種類によってこれとは異なる反応を示した。子どもの発育状況や生体の調節系が未発達な段階での過度のストレスは子どもの発育にとっては望ましいものではないと考えられる。今回の結果は、平均値でみればコンピュータゲームが子どもにとって大きなストレスになっているとは考えにくい。しかし、被験児の中には心拍数の変化が大きかった者がいた。このことは、ゲームを行う子どもの特性(性格等)とゲームに対する自律神経系反応の大きさには因果関係が存在することを示しているのかもしれない。

今回はコンピュータゲーム中の自律神経系反応を心拍数のみで検討した。ストレスが生体に及ぼす影響を検討するには血圧などのパラメータも含めて、更に多くの情報を得ること、また、子どもの性格との関係も検討する必要があると思われる。これらは今後の課題となろう。

引用文献

- 早野順一郎・藤波隆夫・山田眞巳 1985 RR 間隔の変動と自律神経 診断と治療, **76**, 136—140.
- 劉 莉・武井義明・岩田 敦 1994 心拍変動の周波数解析による太極拳実施前後の自律神経系活動の解析 神戸大学発達科学部紀要, **2**, 163—175.
- 中村好男・山本義春 1991 心拍変動のスペクトルとフラクタル 体育の科学, **41**, 515—523.
- Pomeranz, B., Macaulay, R.J.B., Caudill, M.A., Kutz, I., Adam, D., Gordom, D., Kilborn, K.M., Barger, A.C., Shannon, D.C., Cohen, R.J., & Benson, H. 1985 Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *American Journal of Physiology*, **248**, H151—H153.
- Sayers, B McA 1973 Analysis of heart rate variability: *Ergonomics* **16**: 17—32.
- 山地啓司 1981 運動処方のための心拍数の科学 大修館
- Yamamoto, Y., & Hughson, R.L. 1991a Coarse-graining spectral analysis: new method for studying heart rate variability. *Journal of Applied Physiology*, **72**, 1143—1150.
- Yamamoto, Y., Hughson, R.L., & Peterson, J.C. 1991b Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. *Journal of Applied Physiology*, **73**, 1136—1142.

付 記

本研究は平成4年度佐藤玩具奨励金の交付を受けたものである。本研究の実験およびデータ整理にご協力いただいた神戸大学教育学研究科の大木一克氏にお礼申し上げます。

(1995.4.13 受稿, 9.4 受理)