チンパンジーにおける点灯および消灯オペラント

京都大学 霊長類研究所

浅野俊夫・熊崎清則

従来、概日リズム（佐々木，1）（circadian rhythm）の研究においては、生物の行動と無関係に光刺激条件等を変容させた時に観測される活動性の周期あるいは位相ずれを調べたものが多かった（緒方，2）。しかしながら、活動性の指標としている行動の詳細な分析は行なわれておらず、反射的な行動も、学習性のオペラント行動も、混在している場面が多いため、光刺激が行動のどの側面に如何なる影響を与えるかについて不明な点が多い。

そこで、直接的な分析を容易にし、かつ、従来あまり調べられていない、生物自身に照明の点滅を委ねた時の点滅周期を調べるために、部屋の照明を強化子としたオペラント行動の形成を試み、高等霊長類における照明光の行動への効果を吟味することを本研究の目的とする。

方 法

被験体 誕生時より人工飼育された5才（実験開始時）、メスのチンパンジー（*Pan*）愛称レイコ，1頭。

実験場所 京大霊長類研究所地階，チンパンジー飼育室。広さ，約4m×4m，高さ約2.5m。室内奥の壁面には，水道蛇口があり，天井より自動車タイヤが吊されている。また，室内には，木製の巣箱が置いてある。部屋の照明は，天井に取付けられた40Wの蛍光灯4基によって行なわれ，消灯時には暗黒状態になる。実験開始の直前まで，照明は自動タイマーにより朝6時に点灯され，夜6時に消灯されていた。被験体は，この部屋をホームケージとして飼育され，適時，各種の実験のため，他の部屋あるいは屋外へ連れ出されていた。

装置 飼育室の一壁面，床上約50cmの位置に，シーメンス・スイッチを取付け，照明用蛍光灯を室内より点滅できるようにした。外部からの強制的点滅を可能にするため，スイッチを逆の位置にすると常に，点滅状態が反転する回路を採用した。また，実験開始後4カ月経過した時点で，巣箱への出入，摂水状態を検出するため，巣箱の底面および，水道の蛇口にマイクロ・スイッチを取付けた。照明の点滅，巣箱の出入，摂水の状態は，イベント記録器により記録され，同時に，総点灯時間，点灯回数も計測された。なお，記録器，計測器はすべて，自作されたものである。

手続 1971年8月18日……部屋の照明のスイッチを6 A.M. ON, 6 P.M. OFF の自動タイマーから，室内スイッチに切換え，チンパンジーが自分で点滅できるようにした。給

餌および、部屋の清掃は従来通り、午前11時30分から12時の間に専任飼育者によって行なわれた。

1971年12月27日……巣箱の出入、摂水状態の同時記録を開始した。

1972年5月12日……実験を終了した。

なお、実験期間中、週に1～2回、二足歩行の実験のため数時間、他の明室に移動されたりした。また、完全防音室ではないため、他室、廊下の騒音が聞えたり、記録装置不調のため、実験者が入室したりした。室内の様子は one-way ミラーを通して観察することができたが、消灯時には、観察不能であった。

結 果

実験開始前には、接近法による行動形成 (shaping) を予定していたが、その必要はなかった。室内にスイッチを取付け、外部の電気配線を行なっている間、被験体は、スイッチに接近しなかったが、配線を終え、回路確認のため実験者が室内のスイッチをオン・オフした時点で、被験体は実験者の近くにきて、スイッチを見たり、点滅する蛍光灯を見上げたりしていた。そして、実験者がスイッチの前を離れた途端にスイッチに飛び付き、蛍光灯を見上げながら、盛んに点滅をしはじめた。すなわち、点灯あるいは消灯という、異なった2つのオペラントというよりは、むしろ、スイッチレバーを上げ下げする反応型が点滅によって強化される点滅オペラントといった方が適切とも思われるような行動が観察された。当初の2週間ぐらいは、このような行動が頻発していたが、次第に、室内の他の場所からスイッチに接近し、1回だけレバーを上げ（あるいは下げる）た後、他所へ去るという行動に変っていった。この頃には、点灯あるいは消灯といった異なった強化刺激によって強化された、別々のオペラントが獲得されていたと言える。このことは、次のようなプローブテストによって確認された。すなわち、被験体が、消灯している時に、実験者が外部より強制的に点灯すると、被験体はすぐにスイッチの所にきて、スイッチを反転させ消灯してしまうし、点灯時に強制消灯すると、すぐに室内より点灯した。また、室外で大きな騒音を発生すると、すぐに点灯した。このようにして、点灯オペラント、消灯オペラントとも言うべき2つのオペラントが獲得されたことを確認した。

これら2つのオペラントによって作り出された、部屋の照明状態の時間的推移には、一定の規則的なパターンが見られた。すなわち、1日24時間は、ほとんど点灯オペラントが出現せず、消灯状態が持続する期間と、点灯・消灯を繰り返す期間とに二分される。また、巣箱スイッチの記録によれば、この持続的な消灯時には、被験体は巣箱に入っているのので、以後、前者を休止期、後者を活動期と呼ぶことにする。実験開始直後には、活動期は午前6時、休止期は午後6時前後に始まっており、実験開始直前の自動タイマーによる周期と一致していたが、実験日数の経過につれて、活動期の開始時刻は徐々に早まり、実験開始より約2週間経過した時点では、その位相進みが停止し、活動期の開始は、午前3時前

Fig. 1.

後、休止期の開始は午後3時前後に安定し、実験終了まで大きな変化が見られなかった。Fig. 1 に、巣箱の出入、摂水の同時記録が実施された実験期間後半2カ月間の記録を示す。実験期日の経過は、図の左上から下方に向かって対応しており、横軸は地球の自転による時刻である。矩形波は照明の動作記録であり、上位置が点灯状態を表す。矩形波の下に描かれている太い実線は、被験体が、巣箱の中に入っていることを示す。また○印は給餌時間を表し、●印は摂水行動の出現を示している。なお、図中、?印および空白部分は、記録器等の故障によるデータの欠落を示している。また、4月1日の15時前後に記入されている、四角で囲まれた記録部分は、建築工事関係者が室内に入って作業をしたために生じた、被験体の異常反応である。

Fig. 1 から明らかなように、休止期に散発的に短時間の点灯が出現しており、この点灯が、室外の騒音によるものか、摂水行動のために生じたものか明らかなでない。特に、摂水行動については、水道の蛇口の回転を検出するスイッチの動作に故障が多く、実際には蛇口を開いているのに、記録上に現われないことがしばしばあった（但し、記録上に現われている場合は確実に蛇口が開かれている）ため、精確な記述を行なうことができないが、少なくとも記録上に現われた摂水行動の出現にかぎり、同時に、必ず点灯されていると言える。すなわち、被験体は、まず、部屋の照明を点灯した後、水道の蛇口をひねって摂水していることを示している。

Fig. 2.

また、活動期における点滅の繰り返しは、給餌時刻（午前11時半～12時の間）の前後に、特に激しくなる傾向があるが、全般的にも、点灯の持続時間は比較的短い。Fig. 2 に、1日当りの点灯回数、1回の点灯の平均持続時間（分）、および、総点灯時間の24時間に対する割合（％）に関する観察結果の一部が示されている。この図に示される如く、点灯時間の総計は、1日（24時間）の約20％前後であり、仮に、活動期を12時間とすれば、活動期中、その40％の時間しか点灯していないことになる。また、1回の点灯の平均持続時間も10分以下の日が多い。

考 察

本実験の結果より、部屋の照明が点灯することを強化子とした点灯オペラント、消灯することを強化子とした消灯オペラントの形成が可能であることが示された。なぜ、点灯あるいは消灯という刺激事象がオペラントに対する強化力を持つかという問題の解明には、今後、さまざまな側面からの実験的分析が必要であろうが、本実験から得られた結果を基に若干の考察を試みることにする。

理論的には、次の二つの場合が考えられる。すなわち、1) オペラント連鎖の中で、次のオペラントの弁別刺激（ S^D ）となっているために、条件性強化子として働く場合と、2) 食物、性的刺激と同様に、一次性強化子として働く場合である。

物音がしたら点灯するとか、摂水時に点灯するのは、明らかに 1) の場合であろう。物音がしたり、渴きが生じた時、その物が見えたり、水道の蛇口が見えるということは、最終オペラントを自発するための重要な弁別刺激であろう。従って、部屋の照明が点灯することは、これらの弁別刺激が出現することであり、点灯に先行した反応型（本実験ではスイッチ・レバーの上げ下げ）は、弁別刺激の出現によって強化される。このように、点灯がオペラントに対して強化力を持つのは他のさまざまなオペラントの視覚的弁別刺激の生起という機能を有するためと考えられるが、消灯がなぜ、オペラント強化子になるかについては若干異なるように思われる。休止期には、長時間に亘って巣箱に入っていることと、実験者の強制点灯による観察結果から、明らかに、被験体は巣箱内で眠っている。従って、この被験体が示した行動は、「眠る時には灯りを消す」という行動と言える。そして、消灯オペラントに直接連鎖する行動は、暗黒の中を巣箱まで歩く行動であり、単に巣箱に到達するという点では、照明があった方が到達しやすいはずである。しかるに消灯するということは、巣箱に入って眠る、あるいは、休むことに対して、照明によって生じる視覚的弁別刺激の発生は、かえって妨害的に働くことを意味している。少なくとも、チンパンジーにおいては、ある一定の生理状態のもとでは、安眠できるような刺激環境の生起によるオペラント強化力は視覚的弁別刺激の生起の持つ強化力よりも強いものと推察される。しかしながら、チンパンジーにおいて、如何なる刺激環境が安眠をもたらすかについての体系的な研究は、ほとんどなされていない。特に、チンパンジーは、巣づくり行動が顕著であり、安眠環境設定行動としての巣づくり行動を実験的に分析することは、今後の

重要な課題であろう。

このように、部屋の照明が直接一次的の強化子になることは稀れであり、行動への影響の仕方は、弁別刺激の発生、あるいは、安眠休息行動の刺激環境としてさまざまなオペラント行動の形成、維持に関与するものと思われる。

また、照明の点滅を被験体に委ねた場合、概日リズムの周期が長短いずれの方向に変化するかを知ることが、本研究の第二の目的であったが、本実験より、短い方にずれるという結果を得た。ASCHOFF の法則に従えば、昼光性動物の場合、常時照明下に置くと、活動期と休止期の周期は短縮され、常時暗くすると周期は延長されるといわれる(2, 3)。しかるに本実験の結果は周期の短縮を示しており、被験体に照明の点滅を委ねた時の概日リズムは、強制的な照明条件における常時点灯に相当すると言える。更に、本実験においては、周期短縮による位相のずれは、約3時間ずれた時点で止ってしまっている。実験開始直後には、以前の強制的照明周期とほぼ一致した状態から出発していた。従って、強制照明下での活動期に相当する時間帯に光刺激を受けており、もし、光刺激が主要な同期化因子(Zeitgeber(2))であるならば、その周期は変らないか、もしくは、活動期の点灯時間が強制照明の時にくらべて約40%になっているためにむしろ、周期が延長するはずである。しかるに、周期が短縮したということは、少なくとも、この被験体に対する光刺激の同期化効果は極めて弱いものであると言わざるを得ない。

緒方は「……同期化効果にはおのずから強弱があり、最も強力なものは動物に対しては光であることは確かである。これについては生体を取り囲む温度であろう。ヒトにおいてはさらに複雑化して、それが営んでいる生活の全体、すなわち当該者が住む地方標準時と不可分な関係にある生活慣習によって形成される社会環境全体が強力な影響因子となっている。」(緒方, 2, p. 54)と述べているが、ヒトに限らず、チンパンジーにおいても、かなり複雑化している。そして、このように複雑化するのは、霊長類の日常行動において光刺激と運動反応とが生得的に連合している行動は稀れで、大きな運動反応を伴う行動のほとんどが、オペラントとして形成されたものであり、光刺激等の同期化因子の直接的影響は、むしろ、自律神経系、ホルモン分泌等に現われ、生体の内環境の変動として、すなわち、動因の変動あるいは、身体内弁別刺激(例えば、空腹感、疲労感)として、間接的にオペラント行動に関与するからではなかろうか。本実験においても、光刺激の同期化効果は弱いにもかかわらず、位相ずれの進行は停止しており、何らかの強力な同期化因子が働いていることを示している。本実験においては、給餌時間を変えるという操作を行わなかったので確実ではないが、給餌が主要な同期化因子になっている可能性が高い。

従来、動物心理学における行動研究では、同期化因子の影響を受けないようにするための実験操作に専念しすぎたため、同期化因子への積極的なアプローチが看過されていたのではなかろうか。特に、動因変動を究明する際には、概日リズムという側面からの研究が不可欠であると思われる。

要 約

従来、概日リズムの研究から、光刺激と活動性の間に密接な関係が存在すると言われているが、行動のどのような側面に影響するかが、不明確であった。そこで、チンパンジーを用い、点灯および消灯オペラントを形成し、自分で照明周期を作り出させてみた。その結果、1日24時間は、ほとんど点灯せず、巣箱に入っている休止期と、数分～数十分毎に点滅を繰り返す活動期とに分かれ、その比率は1:1であるが、周期は短縮され、位相が約3時間ずれて、停止することが分った。この停止は給餌時間が固定されているために生じたものと思われる。この周期短縮現象は、強制的照明条件下では周期的照明から常時点灯状態に移行した際に見られるものであり、点滅を被験体に委ねた場合、実際には照明に周期性があるにもかかわらず、位相が短い方にずれるという興味ある結果を得た。この事実と、照明のオペラント行動への効果を考察した結果、少なくとも、高等霊長類においては、光刺激の同期化効果は弱いものであると結論され、概日リズムと行動との関係は、動因の変動、身体内弁別刺激の消長という観点から分析されるべきであると提言されている。

REFERENCES

1. 佐々木隆 生命のリズム, 生理学大系, I-2, 一般生理学, 861-883.
2. 緒方維弘 生体時計 生体の科学, 1975, 26, 52-58.
3. Folk, G. E., Jr. *Introduction to Environmental Physiology*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1966.

(1975年5月20日 原稿受付)

Abstract

Self Initiated Regulation of the Room Light by a Chimpanzee

TOSHIO ASANO and KIYONORI KUMAZAKI

Primate Research Institute, Kyoto University

The subject, a young female chimpanzee, was reared in a room where the room light was controlled by an automatic timer, turning on at 6 a.m. and off at 6 p.m. for a few years. During experimental sessions, switching of the light was left to the care of the subject through a manual switch in the room.

The time pattern of illumination of each day, generated by the subject, showed a continuous 12-hr rest period while the subject kept the light off and stayed in the nest and a 12-hr active period while the subject turned the light on and off repeatedly. Further, the starting time of the active period became earlier and earlier with daily sessions until the phase shift reached a 3-hour difference from the original state. The termination of the shift was probably caused by a fixed feeding-time occurring around 11 : 45 a.m. on each day.

According to Aschoff's rule, it can be concluded that periodicity of light switching generated by the subject is analogous to continuous illumination with respect to circadian rhythm. Based upon this observation and analysis of effects of light upon operant behavior, it is proposed that the light-effect as a "Zeitgeber" may be weak at least in higher primates.