

時間知覚研究とその周辺

三戸秀樹・宮田 洋

I 時 間 研 究

我々の現代生活は、時計を無視して1日たりとも営み得ないであろう。換言するなら、かなりの精度を有する時間軸に沿っての生活を行なっていると言える。ところがひとたび「時間とは何か」という質問を受けた時、誰しもこれを満足に説明することはかなり困難である。これはひとつには視覚系、聴覚系、体性感覚系、その他に相当するような時間知覚に関する感覚系を明確に同定できない点に由来するのであろう。しかしながら“時間経過”の感覚は依然として我々の有するところのものである。

時間論についての考察の歴史は古い。また種々の研究分野での興味の的でもあった。いわゆる物理的時間（絶対時間）、心理的時間、天文的時間、生理的時間、生物的時間、その他の時間名称が存することは、この時間論に対する諸科学の深い関心を示す証左でもあろう。また近年、心理学の周辺領域では時間研究がとみに盛んになりつつある。さらに数回開催された国際時間学会では¹⁾、すでに哲学、芸術、史学、文学、心理学、動物学、医学、物理学、工学等の研究者達が学際的討論を行なってきた。また心理学からはその隣接科学として位置する生物学、動物行動学、生理学などの分野での進展に、特に深い関心を有することは否めない。

-
- (1) 第2回国際時間学会は1973年日本で開催された。
 - (2) 体内時計と同義に用いられる表現は、biological clock, bioclock, physiological clock, circadian pacemaker, circadian oscillator, circadian clock, circadian rhythm generator, innere Uhr, physiologische Uhr, Kopfuhr 等がある。

ところで生物学では体内時計⁽⁸⁾と関係するものに、古くは日食時の動植物観察にすでにその萌芽をみるが、散発的なものにすぎなかった。近年とみにその発展のめざましい動物行動学の分野では、代表的なものとして von Frish, K. (1967) のミツバチを対象とした著名な研究があるが、そこではミツバチの太陽コンパスとその体内時計について言及している。また, Aschoff, J. (1959) は照明の強さが鳥の自発行動の周期に及ぼす影響を観察し, Hoffmann, K. (1960) は渡りを行なうホシムクドリ⁽⁹⁾の太陽コンパスとその体内時計について, DeCoursey, G. & DeCoursey, P. J. (1964) はコウモリの夜行性活動が生物時計の支配のもとでおこることを確かめた。また Gaston, S. & Menaker, M. (1968), Gaston, S. (1971) による松果体切除スズメの活動リズムの研究などがあげられよう。さらにショウジョウバエによる Pittendrigh C. S. (1950, 1954, 1960) の羽化リズムの研究, 追試による問題はあるとは言え, 体内時計の位置づけの先駆けの研究として, Harker, J. E. (1954, 1955, 1960a, b, c, 1964) によるワモンゴキブリの体内時計の研究などが注目される。他方, Bünning, E. (1956, 1964, 1969, 1971) はとくに動物以外でも研究を行ない, 植物でのサーカディアン・リズム(既日リズム)⁽⁸⁾の研究と植物内の内因性リズムの存在について述べている。

さらに生理学を中心とした分野では、古くはスウェーデンの化学者として有名な Arrhenius, S. A. が19世紀末に、気管支炎の発生周期、死亡率、出生率の周期的変化について研究を行なっているが (Ward, R. R., 1971), この後これにひき続き、同種の研究が盛んになったとは思われなかった。

生体リズムの生理機構そのものに関する研究は少なく、研究の最初のもは昆虫で行なったものであった (Harker, J. E. 1954)。また、哺乳類についての生理機構の研究はここ数年間にはじまったと言っても過言ではないであろう。特にげっ歯類のサーカディアン・リズムはごく最近の研究であり, Moore, R. Y. & Eichler, V. B. (1972), Stephan, F. K. & Zucker, I. (1972a, b.), Moore, R. Y.

(8) circa (おおよそ), dies (1日) というラテン語からの合成語で、周期が約24時間の生物リズムのことを言う (Halberg, F., 1959)。

& Klein, D. C. (1974), Ibuka, N. & Kawamura, H. (1975), Moore, R. Y. & Eichler, V. B. (1976), Stetson, M. H. & Watson-Whitmyre, M. (1976), Ibuka, N., Inouye, T. S. & Kawamura, H. (1977), 佐脇 (1977), 等の研究があるが, 視交叉上核 (SCN; suprachiasmatic nucleus) に体内時計, 正確にはサーカディアン・リズムを制御するペースメーカーの存する証拠が増加しつつある。つまりラットへの光刺激は網膜で受容された後, 第一次視覚路, 副視覚路, 網膜—視床下部線維 (retinohypothalamic fiber) の3つを通じて脳内へ達することが知られている (井深, 川村, 1976; Moore, R. Y. & Eichler, V. B., 1976; 図1参照)。そこで第1次視覚路を両側性に破壊すると, 行動的には失明状態であるが, サーカディアン・リズムは保存される (Ibuka, N., Inouye, T. S. & Kawa-

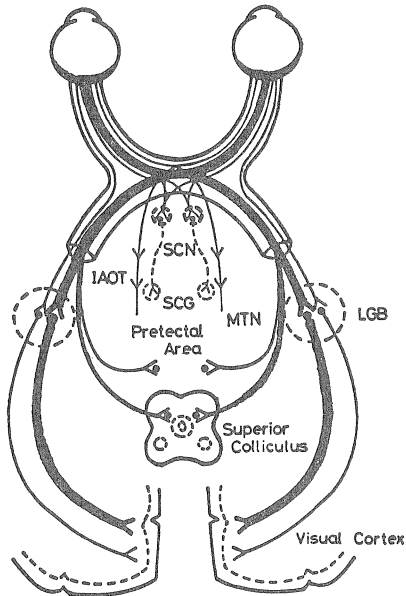


図1 ラットの視覚路の模式図

IAOT: inferior accessory optic tract, SCN: suprachiasmatic nucleus, MTN: medial terminal nucleus, SCG: superior cervical ganglion (井深, 川村, 1976)

mura, H., 1977)。さらに Ibuka, N. 等 (1975, 1977) は SCN を両側性に破壊して見て、はじめて睡眠のサーカディアン・リズムが完全に消失し、3ヶ月以上経過しても復活しないことを観察した。以上より、睡眠のサーカディアン・リズムの発生機構(体内時計)は SCN で、ここにおいて網膜—視床下部視覚路を経て光による明暗サイクルと同調していると考えられる。さらにこのことは従来の複数体内時計説(Menaker, M., 1974)を否定し、単一体内時計説をも示唆はじめているようである。しかし哺乳類全般に共通するものについては依然不明である。

ここで、睡眠の研究に関与するものについて少し触れておきたい。睡眠と覚醒周期についての著名な研究は Kleitman, N. の “Sleep and Wakefulness” (1939) に詳しい。Mills, J. N. (1964) は感覚遮断の実験で入眠間隔, 出眠間隔いづれも24時間よりも約43分長い周期を持つことを報告している。同様の実験で, Halberg, F. 等 (1965) は24.5~24.6時間の周期を有するとしている (Koella, W. P., 1967)。また、あらかじめ任意の時刻に目覚めようとするれば、分単位の誤差で目覚めることが出来る興味深い事例があるが、これは睡眠と関係した時間知覚の問題でもある。このことは睡眠中でもかなり正確に時間評価を行なう能力を有することを意味するが、Vaschide, N. (1911) はこれを注意睡眠 (sommeil attentif) と呼び、以来、頭時計 (Kopfuhr) の研究として注意睡眠の脈絡の中で扱われてきた。このことから Groos, K. (1896), Elder, J. H. (1941), Clauser, G. (1954), Fraisse, P. (1957) Brush, N. R. & Greiner, T. H. (1958), Schultz, I. H. (1973) 等の研究でも、「睡眠中の体内時計からの信号を正確に判断して覚醒する」と説明するだけで、意識水準の低下した生体内に内部時計機能を想定するまま、この分野からは依然体内時計自身についての疑問には何んら解答の手がかりを提出していない。

睡眠はヒトの生活のなかではかなり目立つ存在のサーカディアン・リズムではあるが、他の機能に関するリズムはどうであろうか。この問題に関しては、労働者の疲労とくに蓄積疲労の問題や、交替制勤務の問題を考える際に切り離しては考

えられない問題である。Chiba, Y. & Chiba, K. (1973) は自己のリズムを評価するため autorhythmety を行なった⁽⁴⁾。体温 (舌下温), 脈搏, 左右の握力, 2 分間推定, 目と手の協応動作など 6 項目について約 250 日, 2000 回に達する測定を行ない, 1 回の平均曲線としてあらわした。この曲線からは, いずれの項目についても測定値に顕著な日周変動が認められた。それらの項目中, 特に 2 分間推定能力についてみるなら, 起床後しばらくは実時間に対して大幅に上まわり, 昼の 12 時に近づくとつれ経過秒数が 120 秒に迫り正確になった。11 時頃から 3, 4 時間に最もたかい精度を示し, さらに午後では 120 秒を切り 118 秒にまで縮少した。その後, 18 時前後より再び実時間に対して推定時間が上回りはじめることが分かった。これらのことから, 今後, パフォーマンスを測定し, そのわずかな数値の変化をとらえる際に, 測定時刻とその測定値解釈に関し慎重に考慮しなければならない点を示唆している。加えて, 心理学分野で従来行なわれてきた時間知覚研究において, 日周変動を全く考慮に入れていない点は大きな見落としと言わざるを得ないであろう。また心理学とは関係の深い, 性格と日周変動リズムの間に興味ある関係性が見られるが, 本論より逸脱するのでここではこれ以上触れないこととする (Blake, M. J. F., 1971)。

II 心理学における時間知覚研究

時計によって計測される時間 (客観的時間, objective time) と, 我々の主観的判断による時間 (主観的時間, subjective time) の関係の研究, 換言するなら時間知覚研究ないしは時間評価研究⁽⁵⁾ は心理学において比較的古い (Sturt, M., 1925; Janet, P., 1928; Weber, A. O., 1933; 安倍, 1936; Gilliland, A. R., Hofeld, J. & Eckstrand, G., 1946; Woodrow, H., 1951; Fraisse, P., 1957;

(4) 自分自身の生理・行動的反応を 1 日に何回か測定し, そのデータの波形分析を行ない, 自己リズムを評価することを autorhythmety という。

(5) 研究者により時間知覚と時間評価を使い分ける場合があるが (大黒, 1961; 白居, 1969), 本論では時間知覚を総称的表現として使用した。

Wallace, M. & Rabin, A. I., 1960)。しかしながら最近の心理学における時間知覚研究は、いささか低迷状態にあると言っても過言ではないであろう。たとえば、我国の心理学研究分野で最も中心的位置を占める学術雑誌に“心理学研究”をあげることができるが、その中で過去の時間知覚に関する文献数を累積してみると図2のごとくなる。ちなみにフランスの Fraisse, P. が時間知覚研究において盛んに資料の蓄積を示した1940年代の後半より1960年代なかばを併せ考えてみれば、多少の時間的遅れを感ずることは禁じえないが、この図2では、1957年頃から1972年までに急速な文献の蓄積が認められる。しかし以後現在に至るまでに、新たな時間知覚研究の資料が現われていないことが判読される。

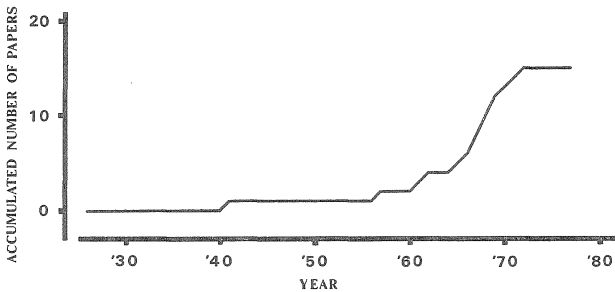


図2 “心理学研究”に掲載された時間知覚に関する論文の累積

他方、条件反射研究では、1903年にマドリッドの国際生理学会ではじめて Pavlov, I. P. が条件反射の定義づけを行ない、本格的な研究がはじまった。その後、我国でも同種の研究が盛んとなり、日本条件反射学会は1962年から1972年までにわたり11回開催されてきた⁽⁶⁾。この条件反射研究のなかに、時間的要素を含む条件反射形成に、延滞条件反射、痕跡条件反射研究があるが、これは条件刺激と無条件刺激の間隔が延長するに従い、条件反射の出現が遅延してくる現象である⁽⁷⁾。Pav-

(6) 第11回大会は日本条件反射学会を改称し、脳髓活動研究会と称した。

(7) 延滞条件反射は同時条件反射成立後でない条件反射形成は困難であり、通常条件刺激は5 sec.～数分以上無条件刺激後に先行して与えられ、イヌの場合は3 min. 以上は困難である。また痕跡条件反射では条件刺激と無条件刺激とが時間的に重ならず、条件刺激停止後数秒ないし数分経過してから無条件刺激が与えられる(古武, 新浜, 1956b)。

lov, I. P. はここに条件反射が早期に現われないための制止作用（内制止）を大脳中枢に想定した。さらに古武，新浜（1956a）によれば，「人間の生活現象においてはいくらでも長い時間の痕跡を認めることができるにもかかわらず，実験室においては，30 sec. 程度にとどまるという事実は，被験体としての人間の複雑さ，すなわち人間における制止過程の複雑な現われ方を意味しているものと考えられる」と述べ，制止過程の複雑性に言及している。しかしながら柘植（1974）に代表されるように，動物が短い時間間隔を認知できるのは，このような条件反射をその基礎として考えることができるが，長い時間の認知となると，たんなる延滞条件反射，痕跡条件反射だけでは説明できない。動物の体内時計，あるいは物質代謝の周期性との関連をさらに考慮すべきであろう。

また心理学の分野では，時間知覚研究に関与するものとして，時間閾，心理的現在，空虚—充実時間の効果，主体的要因としての緊張，注意，動機づけの問題，年齢差，個人差，性格等の問題について論じられている。しかしながら，時間知覚の諸問題に関する包括的理論的考察は少なく，おもなものとして Fraisse, P. (1957) と Frankenhaeuser, M. (1959) それに Treisman, M. (1965) をあげることが出来よう。

Ⅲ 方法論的分類について

時間知覚研究に関する実験的研究の困難さの原因の中に主体側の要因がある。例えば，態度，期待，注意ないし構え，動機づけなど時間知覚に影響する因子は多様で，これらのものを無視することはできない。さらにこれらの要因の統制については相当な困難が予想されよう。しかしこれら主体側の要因もさることながら，時間知覚研究における隘路の一つに方法論の行き詰りも看過できない問題である。ここで従前に行なわれてきた研究方法を概観し，さらなる方法論的脱却の手掛かりとしたい。時間知覚研究については多くの実験や報告がなされているが，それらの結果については概念の定義や方法論においてさまざまである。Clausen,

J. (1950), Bindra, D & Wakesberg, H. (1956), Wallace, M. & Rabin, A. I. (1960), 大黒 (1961) は、方法論について検討を加えたが、それ等のものを整理すれば次の6項目が方法として列挙できる。

(1) 評価法 (method of estimation)

提示される時間間隔を何秒、何分のように言語的に報告する。

(2) 作成法 (method of production)

指示された時間間隔を何んらかの手段を用いて表示する。

(3) 再生法 (method of reproduction)

実験者により提示された経過時間と、同じ時間と思われる時間を、何んらかの手段で再現する。

(4) 比較法 (method of comparison)

2つの時間間隔を継時的に呈示し、被験者はそれらの長短の判断を行なう。

(5) 秒評価法 (second estimation method)

主観的な1秒へ対応する客観的時間(秒評価点)を求める。

(6) 現在・過去時間評価法 (method of present and past-time estimation : PPT method)

無作為な数字系列を毎秒1の割合で読みあげ、一定時間に読みあげられた数字の数により現在時間をとらえ、一定の数字系列読みあげの後、被験者が見積った時間を過去時間としてとらえる。さらに後者の前者に対する比率を時間の把持率 (retain-time score) とする。

以上の6項目分類の根底には、主観的時間と客観的時間との合致性、あるいは時間差についての強い関心が存することが察知される。しかしながら、時間知覚研究の低迷状態を脱し、さらに一層の前進を期するためには、時間知覚研究の考え方を、すなわち主観的時間-客観的時間の直接的関係性の視点を脱し、基本的変更が望まれると考えられる。さらには各論的方法論ではなく、包括的な考え方で方法論の展開を進めることが必要となろう。このためには、I. 時間研究において述べた心理学の周辺領域での最近の目覚しい展開に目を向ける必要があるようであ

る。そこで 前述した動物行動学、生理学、それに睡眠研究に関する基幹となるべき研究方法を考えてみた時、そこでは現象の“周期性”をとらえることに最大の関心が払われている点に気付くであろう。

IV 周期性 (periodicity)

ヒトの巨視的行動には雑多なものが渾然一体となっているとは言え、そこには同様の行動の反復動作がおびただしく多いことに気付くであろう。例えば、洗顔行動はほぼ24時間の周期で現われるし、食事行動も一定周期で出現する。これら日常生活動作 (ADL; activity of daily living) を規定する要因はどのようなものであろうか。恐らくそれらは大きく分け、2つの要因に集約されるであろう。一つは主に社会的要因によるものであり、他方は個体に強く依存する生物的要因ないし生理的要因によるのであろう。前者の要因については応用心理学的にも興味ある問題ではあるが、本論では割愛し、ここではまず生物的要因による動作について以下述べてゆきたい。さらにこの要因による動作を、随意動作と不随意動作に分けるとすれば、より心理学的接近を望めば、不随意動作より随意動作からの研究が至当なものと言えよう。さらに、随意動作にも単純なものから複雑なものへとその幅はかなり広い。例えば、ここでは非常に単純な動作として急速反復動作 (タッピング動作) を例にあげてみれば、ヒトでは最大努力のタッピング動作を行なわせると、1秒間に10回を越えることは観察されない。すなわち最大頻度は 10 Hz となり、ここに周波数において α 波周期との興味ある符合が認められる。加えて α 波周期が神経系の興奮の周期性を示唆しているのではないかと考えられるが (山本, 矢部, 猪飼, 1972), これは、 α 波のある位相において興奮が高まった時に、錐体細胞が発射しやすいとも考えられる。従って自発的な随意運動を行なわせた場合、 α 波のある決った位相のところで動作が開始されることが推察されよう。上記に関しては、Boreham, J. L. 等 (1949), Kibbler, G. O. 等 (1949) が最初に肯定的結果を報告し、引き続き Bates, J. A. V. (1951) も肯定的結果を示し

たが、Kornhuber, H. H. & Deecke, L. (1965) は否定的結果を示したまま、未だ確定的とは言い難い。

上記のようにタッピング動作と α 波周期との間に興味ある関係性がみられるが、 α 波周期と時間研究の間にも示唆に富んだ研究を伺い知ることができる。Miles, W. R. (1931), Forbes, G. (1945) によれば、反応時間は老年になるにつれて長くなるし、Obrist, W. D. (1954), Otomo, E. & Tsubaki, T. (1966), Otomo, E. (1966), 柄沢, 川島, 篠原 (1976), Obrist, W. D. (1977), 柄沢, 川島, 笠原 (1978) によれば、 α 波周期の延長（周波数の減少）が老年者脳波における1つの特徴的所見であると述べている。さらに Surwillo, W. W. (1961, 1963) は、単純反応時間と α 波周期および年齢との関係を詳細に調べた。それによれば、 α 波周期の短いヒト、すなわち 8 Hz の α 波周期をもつヒトより 13 Hz の α 波周期をもつヒトの方が反応時間が短かったし、同一個人内においても、反応時間が短い時には、 α 波が短い周期をもつ傾向を見出した ($r=0.72$)。さらに、 α 波周期に体内時計の基礎を置こうとする考え方があるが (Wiener, N., 1961; Holubář, J., 1961), さらなる説明はここでは避けたい。

以上より周期性から時間知覚研究の可能性とその1例としてタッピング動作をあげ論じたが、勿論タッピング・パフォーマンスから得られた時系列は、時間生物学等で多用される統計的解析を援用することは言うまでもないであろう。

<付記> 貴重な御助言をいただきました、近畿大学・医学部・公衆衛生学教室・清水忠彦教授に感謝の意を表します。

引用文献

- 安倍三郎 時間意識の心理, 生活と精神の科学, 第8巻, 東苑書房, 東京, 1936.
- Aschoff, J. Periodik licht- und dunkelaktiver Tiere unter Konstanten Umgebungsbedingungen. *Pflügers Arch.*, 1959, 270, 9.
- Bates, J. A. V. Electrical activity of the cortex accompanying movement. *J. Physiol.*, 1951, 113, 240-257.
- Bindra, D. & Wakesberg, H. Methods and terminology in studies of time estima-

- tion., *Psychol. Bull.*, 1956, 53, 155-159.
- Blake, M. J. F. Temperament and time of day. In : *Biological rhythms and human performance*, W. P. Colquhoun (ed.), Academic Press, London and New York, 1971, 109-148.
- Boreham, J. L., Kibbler, G. O. & Richter, D. A relation between a psychomotor response and the phase of the alpha rhythm. *J. Physiol.*, 1949, 109, 17p.
- Brush, N. R. & Greiner, T. H. Drugs and human fatigue : GSR parameters. *J. Psychol.*, 1958, 45, 3-10.
- Bünning, E. Die physiologische Uhr. *Naturwiss. Rundschau*, 1956, 9, 351-357.
- Bünning, E. *The Physiological clock : Circadian rhythms and biological chronometry*, Springer-Verlag, Heidelberg, 1964.
- Bünning, E. Die Bedeutung tagesperiodischer Blattbewegungen für die Präzision der Tageslängenmessung. *Planta*, 1969, 86, 209-217.
- Bünning, E. The adaptive value of circadian leaf movements. In : *Biochronometry*, M. Menacker (ed.), National Academy of Sciences, Washington, D. C., 1971, 203-211.
- Chiba, Y. & Chiba, K. Chronobiometric analysis of self-measured variables with special reference to fundamental methods for autorhythmetry. Workshop "Chronobiology and Allergy", VIII Int. Cong. Allergol., Tokyo, 1973.
- Clauser, G. *Die Kopfuhr*. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1954.
- Clausen, J. An evaluation of experimental method of time judgment. *J. Exp. Psychol.*, 1950, 40, 756-761.
- DeCoursey, G. & DeCoursey, P. J. Adaptive aspects of activity rhythms in bats. *Biol. Bull.*, 1964, 126, 14-27.
- Elder, J. H. A study of ability to awake at assigned hours. *Psychol. Bull.*, 1941, 38, 693.
- Forbes, G. The effects of certain variables on visual and auditory reaction times. *J. Exp. Psychol.*, 1945, 35, 135-162.
- Fraisse, P. *The psychology of time* (Trs. by J. Leith) Eyre & Spottiswood, London, 1957.
- Frankenhaeuser, M. *Estimation of time*. Allmqvist & Wiksell, Stockholm, 1959.
- Gaston, S. The influence of the pineal organ on the circadian activity rhythm in birds. In : *Biochronometry*, M. Menacker (ed.), National Academy of Sciences, Washington, D. C., 1971, 541-546.
- Gaston, S. & Menacker, M. Pineal function : The biological clock in the sparrow ?

- Science, 1968, 160, 1125-1127.
- Gilliland, A. R., Hofeld, J. & Eckstrand, G. Studies in time perception. Psychol. Bull., 1946, 43, 162-173.
- Groos, K. Zum Problem der unbewussten Zeitschätzung. Z. Psychol. Physiol. Sinnesorg., 1896, 9, 321.
- Halberg, F. Physiologic 24-hour periodicity: General and procedural considerations with reference to the adrenal cycle. Z. Vitamin-Hormon-und Fermentforsch, 1959, 10, 225-296.
- Halberg, F., Siiffre, M., Engeli, M., Hillman, D. & Reinberg, A. Etude en libre-cours des rythmes circadiens du pouls, de l'alternance veille-sommeil et de l'estimation du temps pendant les deux mois de sejour souterrain dun homme adulte jeune. Compt. rend. acad. Sci., 1965, 260, 1259-1262 Cited by W. P. Koella 1967.
- Harker, J. E. Diurnal rhythms in *Periplaneta americana* L. Nature, 1954, 173, 689-690.
- Harker, J. E. Control of diurnal rhythms of activity in *Periplaneta americana* L. Nature, 1955, 175, 733.
- Harker, J. F. The effect of perturbations in the environmental cycle of the diurnal rhythm of activity of *Periplaneta americana* L. J. Exp. Biol. 1960a, 37, 154-163.
- Harker, J. E. Internal factors controlling the suboesophageal ganglion neurosecretory cycle in *Periplaneta americana* L. J. Exp. Biol., 1960b, 37, 164-170.
- Harker, J. E. Endocrine and nervous factors in insect circadian rhythms. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., 1960c, 25, 279-287.
- Harker, J. E. The physiology of diurnal rhythms. Cambridge Univ. Press, London, 1964.
- Hoffmann, K. Experimental manipulation of the orientational clock in birds. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., 1960, 25, 379-387.
- Holubář, J. The sense of time: An electro-physiological study of its mechanisms in man (Trs. by J. S. Barlow) The M. J. T. Press, Cambridge, 1961.
- Ibuka, N. & Kawamura, H. Loss of circadian rhythm in sleep-wakefulness cycle in the rat by suprachiasmatic nucleus lesions. Brain Res., 1975, 96, 76-81.
- 井深信男, 川村 浩 サーカディアンリズムの中枢機序, 生体の科学, 1976, 27, 445-455.
- Ibuka, N. Inouye, T. S. & Kawamura, H. Analysis of sleep-wakefulness rhythms in male rats after suprachiasmatic nucleus lesions and ocular enucleation.

- Brain Res., 1977, 122, 33-47.
- Janet, P. L'évolution de la mémoire et de la notion de temps. Chabine, Paris, 1928.
- 柄沢昭秀, 川島寛司, 篠原宏之, 正常老人脳波の特徴, 臨床脳波, 1976, 18, 109-115.
- 柄沢昭秀, 川島寛司, 笠原洋勇, 老人における α 波周期, 臨床脳波, 1978, 20, 174-182.
- Kibbler, G. O., Boreham, J. L. & Richter, D. Relation of the alpha rythm of the brain to psychomotor phenomena. Nature, 1949, 164, 371.
- Kleitman, N. Sleep and wakefulness. The Univ. of Chicago Press, Chicago & London, 1939.
- Koella, W. P. Sleep : Its nature and physiological organization. Charles C. Thomas, Springfield, Ill., 1967.
- Kornhuber, H. H. & Deecke, L. Hirnpotentialänderungen bei Willkürbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen : Bereitschaftspotential und reafferente Potentiale. Pflügers Arch., 1965, 284, 1-17.
- 古武弥正, 新浜邦夫 条件反応, 共立出版, 東京, 1956a, 157.
- 古武弥正, 新浜邦夫 条件反応, 共立出版, 東京, 1956b.
- Menaker, M. Aspect of the physiology of circadian rhythmicity in the vertebrate central nervous system. In : The neuroscience. Third Study Program, F. O. Schmitt, & F. G. Worden (ed.) The M.I. T. Press, Camdridge, 1974, 479-489.
- Miles W. R. Correlation of reaction and coordination speed with age in adults. Am. J. Psychol., 1931, 43, 377-391.
- Mills, J. N. Circadian rhythms during and after three months in solitude underground. J. Physiol., 1964, 174, 217-231.
- Moore, R. Y. & Eichler, V. B. Loss of a circadian adrenal corticosterone rhythm following suprachiasmatic lesions in the rat. Brain Res., 1972, 42, 201-206.
- Moore, R. Y. & Klein, D. C. Visual pathways and the central neural control of a circadian rhythm in pineal serotonin N-acetyltransferase activity. Brain Res. 1974, 71, 17-33.
- Moore, R. Y. & Eichler, V. B. Central neural mechanisms in diurnal rhythm regulation and neuroendocrine responses to light. Psychoneuroendocrinology, 1976, 1, 265-279.
- Obrist, W. D. The electroencephalogram of normal aged adults. Electroenceph. clin. Neurophysiol., 1954, 6, 235-244.
- Obrist, W. D. Problems of aging. In : Handbook of EEG & clinical neurophysi-

- ology. vol. 6A. G. C. Lairy (ed.), Elsevier, Amsterdam, 1977, 275-280.
- 大黒静治 時間評価研究の概観, 心理学研究, 1961, 32, 44-54.
- Otomo, E. & Tsubaki, T. Electroencephalography in subjects 60 years and over. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1966, 20, 77-82.
- Otomo, E. Electroencephalography in old age: Dominant alpha pattern. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1966, 21, 489-491.
- Pittendrigh, C. S. The ecoclimatic divergence of *Anopheles bellator* and a homanulus. *Evolution*, 1950, 4, 43-63.
- Pittendrigh, C. S. On temperature independence in the clock-system controlling emergence time in *Drosophila*. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 1954, 40, 1018-1029.
- Pittendrigh, C. S. Circadian rhythms and the circadian organization of living systems. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.*, 1960, 25, 159-184.
- 佐脇敬子 生体時計の神経機構, 医学のあゆみ, 1977, 103, 849-857.
- Schultz, I. H. *Das autogene Training*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1973.
- Stephan, F. K. & Zucker, I. Circadian rhythms in drinking behavior and locomotor activity of rats are eliminated by hypothalamic lesions. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 1972a, 69, 1583-1586.
- Stephan, F. K. & Zucker, I. Rat drinking rhythms: Central visual pathways and endocrine factors mediating responsiveness to environmental illumination. *Physiol. Behav.*, 1972b, 8 315-326.
- Stetson, M. H. & Watson-Whitmyre, M. Nucleus suprachiasmaticus: The biological clock in the hamster? *Science*, 1976, 191, 197-199.
- Sturt, M. *The psychology of time*. Kegan Paul, London, 1925.
- Surwillo, W. W. Frequency of the "alpha" rhythm, reaction time and age. *Nature*, 1961, 191, 823-824.
- Surwillo, W. W. The relation of simple response time to brain-wave frequency and the effect of age. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1963, 15, 105-114.
- Treisman, M. *Psychology of time*. *Discovery*, 1965, Oct., 41-45.
- 柘植秀臣 条件反射とはなにか, 講談社, 東京, 1974.
- 白居利明 時間知覚 (編)和田陽平, 大山 正, 今井省吾 感覚・知覚ハンドブック, 誠信書房, 東京, 1969, 942-958.
- Vaschide, N. *Le sommeil et les rêves*. Ernest Flammarion, Paris, 1911.
- von Frish, K. *The dance language and orientation of bees* (Trs. by L. E. Chadwick) Harvard Univ. Press, 1967.

- Wallace, M. & Radin, A. I. Temporal experience. *Psychol. Bull.*, 1960, 57, 213-235.
- Ward, R. R. *The living clocks*. Alfred A. Knopf, New York, 1971.
- Weber, A. O. Estimation of time. *Psychol. Bull.*, 1933, 30, 233-252.
- Wiener, N. *Cybernetics*. The M. I. T. Press, Cambridge, 1961.
- Woodrow, H. Time perception. In: S. S. Stevens (ed.) *Handbook of experimental psychology*, Wiley, New York, 1951, 1224-1236.
- 山本高司, 矢部京之助, 猪飼道夫 調整力の中樞機構 (I): 随意運動と脳波, *体育の科学*, 1972, 22, 41-45.

参 考 文 献

- 千葉喜彦 生物時計: サーカディアン・リズムの機構, 岩波書店, 東京, 1975.
- Colquhoun, W. D. (ed.) *Biological rhythms and human performance*. Academic Press, London & New York, 1971.
- 桑原万寿太郎 動物の体内時計, 岩波書店, 東京, 1966.
- Luce, G. G. *Body time*. Pantheon Books, New York, 1971.
- 佐々木隆, 千葉喜彦(編) 時間生物学, 朝倉書店, 東京, 1978.
- Whitrow, G. J. *What is time*. Thames & Hudson, London, 1972.
- 柳瀬陸男, 熊倉功二訳 時間とその性質, 文化放送, 東京, 1976.