

## 心理学における覚醒水準の研究動向

田 中 裕

### A Review of Psychological Studies about Arousal Level

Yuu TANAKA

#### Abstract

Arousal level is the basic states not only human being, but also all mammals. There is many research about arousal level in all psychological filed. It has used many situations as a structural concept. But the concept would stand on its feet and as a result, could not dicrectly connect to the physioloical backgroud which appeared the cerebral cortex. In this review, the origin of arousal level and many structural concepts about arousal level would discuss.

#### はじめに

眠りと目覚めの関係からも明らかであるように、生活体が適切な行動をするためには、活動のレベルが一定水準以上に保たれている必要がある。この水準を維持する働きが覚醒(Arousal)といわれるものである。また行動が成立する活動レベルにも、かろうじて覚醒している状態から極度の興奮まで、さまざまな段階がある。この段階が覚醒水準(Arousal Level)といわれるものである。本稿では、この覚醒水準の機序およびそれを構成する理論的背景について言及する。

#### 大脳における覚醒の領域

覚醒水準は、脳の脳幹網様体から視床汎性投射系を経た皮質の広範な領域に投射する経路に相当する部分に関連しているといわれている。その中でも中脳、橋、延髄の中心部に広く分布する脳幹網様体賦活系(reticular activating system: RAS)が重要な役割を担っている。

#### 覚醒の生理学的機構

大脳において覚醒を司る部位は、20世紀初頭から行われはじめた動物を被験体とした実験に

よって、ある程度までは明らかにされつつある。

初期の研究では、ネコの中脳の動眼神経後部に至る神経を破壊しその神経を遮断することにより行動的にも生理学的(脳波的)にも睡眠に陥ることから、この部分が覚醒の機構であるとされた(Bremer, 1935)。しかし、中脳動眼神経後部付近の神経破壊後7~10日後にはより上位の部位において睡眠と覚醒のリズムを伴う脳波の出現が確認された。そして、動眼神経より上位にある視床下部後部を破壊することによって睡眠状態が持続することがネコおよびサル(Ranson, 1939)を被験体とした実験で明らかとなった。これらの結果は視床下部後部を中心とする領域に、覚醒を司る部位が存在することを示唆するものである。そして、現在も以上の知見は覆されることもないため、この部位を覚醒中枢とさえよぶ研究者もいる。

さて、覚醒と対称する状況である睡眠は、覚醒とは異なった部位に支配されていることが明らかになっている。すなわち、視床下部前部および視束前野がその部位にあたり、これらの部位を大脳から分離することによって睡眠に至らないことがラット(Nauta, 1946)およびネコ(Clement & Sterman, 1967)を被験体にした研究から明らかになった。

以上のように独立した睡眠-覚醒系が存在するならば、この両者のバランスをとっているシステムの存在が推察される。そうでなければ、全生物が種を維持するために一定期間覚醒状態を維持する行動が不可能であろう。また、動物を被験体とした実験が覚醒中枢に近い部位を破壊した後、徐々に睡眠と覚醒のリズムを取り戻すことが確認されているが、このようなバランスの回復も睡眠-覚醒を統制するシステムなしには説明できないであろう。

このような睡眠-覚醒を統制するシステムを示唆する最初の研究はMoruzzi & Magoun(1949)であろう。彼らはネコの下位離断脳の中の、中脳網様体を刺激することにより脳波のパターンが睡眠から覚醒に移行することを、そして、特殊感覚伝達路を残した中脳網様体を選択的に刺激するとネコは行動的にも脳波的にも昏睡状態に陥ることを、明らかにした。これに対して、脳幹網様体を無傷に保ったまま中脳レベルの特殊感覚伝導路だけを破壊した場合、ネコの行動は正常であり睡眠と覚醒の交代リズムは存続することも明らかにした。以上の結果は、脳を覚醒させる脳幹からの命令系統が網様体を介していることを意味している。Magoun(1963)は、脳幹から大脳皮質への覚醒作用を持つインパルスを供給するこのような系を、上行性脳幹網様体賦活系(ascending reticular activating system; ARAS)と名付け、この系の活動が亢進すると覚醒し、低下すると睡眠に至るとした。そしてこのような睡眠の受動説を唱えた。ARASの発見は今日の覚醒研究の理論的基盤になっていると同時に、後の睡眠-覚醒研究の枠組みを越えた多くの研究に多大な影響を与えた。心理学においても、当時盛んであった学習心理学にも大きな影響を与えている。すなわち、ARASが外的・内的刺激によって賦活され、

特定の刺激とは関連しないことは、電撃や空腹が非特異的に動因を高めるという当時の学説(たとえば Hull, 1943)と対応したのである。

なお、多くの研究は ARAS が覚醒を統制する機構であることを支持しているが、異なった見解も存在する。ARAS 発見前より視床の非特殊核周辺の汎性視床投射系(diffuse thalamic projection system; DTPS)が覚醒に関与するという見解があった。この DTPS は ARAS の上部にあり、中脳上部、網様体より視床下部を経てくる線維のみならず ARAS から線維を受けている。そのため、DTPS は ARAS の吻側部とも考えられる。しかし、DTPS 特有の漸増的な反応は ARAS のそれより皮質の律動的反応との関連を意味する。それ故、DTPS は覚醒の機構の一部ではあるが、より局所的で相動的な皮質の興奮(たとえば、注意とか慣れ)に関与していると考えられる。そして、ARAS はより持続的な全体的皮質の覚醒を維持していると考えるのが自然であろう。

以上に記したように、覚醒水準の生理的機構の大枠は明らかとなっているのは確かであろう。しかしながら、PET(positron emission tomography), MRI(magnetic resonance imaging, 磁気共鳴画像), MEG(magnetic encephalogram, 脳磁図)などを使用した近年の脳生理学の研究によっても、これ以上の詳細な部分は不明であるのが現状である。

#### 覚醒の薬理学的機構

20世紀初頭、脳の研究が始まった当初から睡眠-覚醒をコントロールする物質の存在が予測した。その代表的な物が Pieron(1913)が仮定した hypnotoxin である。その後いくつかの研究がその存在を示唆したが、その後生化学の研究の進歩によってセントロニンやノルアドレナリンが睡眠(すなわち一種の覚醒水準の低下)に関わっていることが指摘された(Matsumoto & Jouvet, 1964)。すなわち、セントロニンはある程度深い眠りである徐波睡眠を誘発し、その後ノルアドレナリンの作用によって REM 睡眠に移行することが明らかとなった。そして、これらの生化学物質には特定の代謝経路があり、この経路を阻害することで不眠を作り出すことが可能である。この分野の研究は結果的には「睡眠薬」の研究と結びつき現在でも進歩を続けている。しかし、現在でも「睡眠薬」にはさまざまな副作用が伴うことは、覚醒の生理学的機構が未だ明らかになっていないことを示唆するものであろう。

#### 覚醒を表す用語の種類

このような生理学的、薬理学的背景を持つ覚醒水準は、人間の基本的な活動レベルの変動であるため、近年全ての心理学領域において心的要因の一つとして多用される傾向がある。そし

て、あまりに基本的な心的要因ゆえ、個々の研究によって定義が大幅に異なっている。その原因として、まず覚醒を包含する用語 (term) が多く存在し、用語が先行して理論を構築してしまったことがあげられよう。

覚醒を表現する用語としては Arousal の他に、Consciousness, Activation, Alertness, Awareness, Activity, Vigilance が存在する。そして、これらの用語には歴史の変遷や、使用する研究者のニュアンスの違いにより、いくつかのバリエーションも生じている。以下に代表的な用語を記して、その意味的内容について簡単に解説する。

Consciousness は unconsciousness と対応させて用いられている。思考作用も含むより広義な用語として使用されることが多い。次に Activation は、歴史的にみて Arousal と同じ意味で用いられているが、これらを上昇させる作用に対して用いることが多い。また、Alertness 及び Awareness は、適応される範囲が狭く、ある程度高い覚醒水準に用いる概念を表す用語として使用されている。また、Activity は覚醒という概念を越えて、より具体的な機構の働きの高低を示すために用いられることが多い。また Vigilance は、Head (1920) による造語で、元来 Arousal と Activation に近いニュアンスを持っていた。しかし、Mackworth (1969) が「いつも細かい点に注意し、反応しうる状態」と再定義した。そして、現在では、さまざまな作業課題の遂行に関連した状態で、Arousal よりは短時間の変動を表す語として使用されることが多い。なお、この用語は第二次世界大戦中に、イギリスで行われたレーダーの見落とし率を低下させる研究において多用されたものでもある。

以上のように、覚醒を表すためのさまざまな用語が使用され、それぞれの用語に対応した概念が形成されている。その結果「覚醒水準」は心理学の枠組みすら越えて、人間すべての活動レベルを表す構成概念として使用されている。しかしながら、本質的な「覚醒水準」の研究はなおざりのままの感が強い。本論文では「人間の基本的な活動レベルの変動」であるという立場に戻り、上記のさまざまな用語のニュアンスを踏まえて、覚醒水準を「生体の内的・外的環境に対する準備状態の高低を表す概念」と定義する。

### 覚醒水準の理論

覚醒水準は、その生理学的・薬理学的背景のすべてが明らかではないにもかかわらず、上記のような細かいニュアンスも含んだ用語が多数使用されている。これはまず覚醒水準が一種の構成概念として作られたこと、そしてその後大脳生理学の進歩により実際の機能的な側面の研究が行われているという歴史的背景によるためである。しかし、機能的背景が明らかになりつつある現在でも構成概念から発生した理論が構築され、心理学の枠組みを越えた多くの場面で

使用されている。

## 1. 生理学的機序と関連した覚醒水準の理論

### 1-1. 情動に関連した理論

Cannon(1929)の情動理論に根底をおくもので、情動的刺激(恐れ)に対する適応行動である、闘争か逃避か反応(fight or flight response)の背景として、自律神経系の活動の全般的な上昇による心的エネルギー(psychic energy)の増加を覚醒水準の上昇と仮定した。この情動と表裏一体をなす理論を、Lindsay(1951)は、情動活性化理論(activation theory of emotion)と名付けて用いた。また同じ理論をDuffy & Lacey(1946)は、全体的エネルギー動員の水準(general level of energy mobilization)という用語で説明している。

### 1-2. 脳幹網様体賦活系(RAS)を用いて説明した理論

この理論は、RASの存在が明らかになった後に構築されたものである。Hebb(1955)は、RASを全般的な覚醒機構(general arousal mechanism)とした。そして情動的か否かにかかわらず、刺激入力RASの活動の水準を高め、それが自律神経系及び行動を賦活するとした。

### 1-3. 二過程理論

以上の2つは、覚醒を司る機構が1つであるとしているが、2つの機構を仮定したものが、まずSharpless & Jasper(1956)によって提起されてきた。彼らは脳波の慣れをみて、上位のRASが相動的な覚醒を賦活し、下位のRASがいわゆる全般的な覚醒を維持するとした。またRoutenberg(1968)は、RASは強い刺激に対して生体の反応を調節する機構と考えた。一方、弱い刺激の効果を持続させ、処理を促進させる行動的な賦活を行うのは辺縁系であるとし、RASと辺縁系の二過程によって覚醒がコントロールされるとした。

### 1-4. 三過程理論

これは上記の二過程説を、Fowles(1980)が発展させたものである(Fig. 1参照)。この三過程説は行動賦活系(behavioral activation system: BAS)、行動抑制系(behavioral inhibition system: BIS)、行動の賦活または抑制の強度を調整する覚醒系(arousal mechanism)の三系を仮定したもので、それらの系が総体として覚醒水準を支配している。BASによって賦活される行動とは、報酬となる誘因への接近行動、または罰を回避するための回避行動である。BISによって生じる行動は、行動を抑制することによって罰を回避するための行動(passive avoidance)、あるいは恐れに対処するために、行動を抑制することである。このBAS、BISの両系とも覚醒系を賦活し、これらの行動強度を強める。BASとBISとは相互に抑制しあいながら、行動の決定機構を介して、ある行動が賦活されたり抑制されたりすると説明されている。

## 2. 行動的指標に依った覚醒水準の理論

### 2-1. 逆 U 字理論

Yerkes and Dodson(1908)による現在も引用される古典的理論である。ネズミが被験体として用いられた研究であり、現代の心理学では学習心理学の分野に属するものである。①緊張、動機づけ、覚醒水準とパフォーマンスの間には逆 U 字の関係が成立していて、パフォーマンス効率は中程度の覚醒水準時が最適であると仮定する。②動機づけ及び覚醒水準の強さ(strength)は、課題の困難度と交互作用を起こしている。すなわち、最適な覚醒水準と課題の困難度は反比例の関係があると仮定している(Fig. 2 参照)。この仮説は以後の覚醒水準の理論だけではなく、心理学全般に多大な影響を与えた。

### 2-2. 注意の機構を使用した理論

Easterbrook(1959)によるこの種類の理論の最初のものであり、パフォーマンスと覚醒水準の間の仮定は Yerkes and Dodson(1908)と同じである。しかし、覚醒水準の変動を注意の選択性(attentional selectivity)に起因させたところが異なる。覚醒水準が高い場合には注意が狭くなり処理も限られてくるが、低い場合には注意の範囲も広くなり広範囲の刺激が処理できると仮定する。Easterbrook(1959)以後、この理論を dual-task パラダイムの実験を使用して証明しようとした研究が数多く存在する。また、この Easterbrook(1959)も Yerkes and Dodson

(1908)同様、覚醒のみを対象とした理論ではない。この理論は情動と不安も同時に包括して検討したものである。

#### 2-3. ストレスを使用した理論

覚醒水準とパフォーマンスの間に stressor の概念を導入して説明を試みた理論 (Broadbent, 1971) である。この stressor は覚醒の代行 (arousing agent) であり、2つの stressor (upper 及び lower mechanism) が単独または両方で覚醒水準をコントロールする。lower mechanism は、きちんと安定した決定機構の実行 (execution of well-establish decision process) を司る機構であり、ノイズ (決定に対して過反応状態) と不眠 (ほとんど決定できない状態) に影響される。upper mechanism は lower mechanism を状況に対応して最適な覚醒状態になるよう制御する機構 (Fig. 3 参照) であるとした。なお、この理論の中に後述する人格特性 (Eysenck, 1967) の要因も加味されている。

#### 2-4. 注意と努力 (effort) を使用した理論

この理論は、Kahneman (1973) による注意を論じた研究の中の一部である。Kahneman (1973) は注意の制御に覚醒水準が関与するとしている。分配の方略 (allocation policy) と容量の要求による評価 (evaluation of demands on capacity) の二つが、Kahneman (1973) の注意の理論の骨子である。その中で前者をコントロールする要因の一つとして「いくつかの関連したものに集中する傾向が増大するということを含む内的な stressor によって生み出される覚醒の効果」を含めている。そして、覚醒とパフォーマンスの関連について特に、「覚醒水準低下時のパフォーマンスの悪さは、不十分な努力に原因がある。反対に高覚醒時の優れたパ

パフォーマンスは、注意が狭くなることの混合物 (amalgam of attentional narrowing), 注意が高いところで安定していること, そして注意の弁別が悪化する, ということに起因する」と述べている。なお, 努力 (effort) の定義があいまいであるが, 集中 (concentration) とほぼ同義とされている。

### 3. 人格特性を基盤とした覚醒理論

Eysenck (1967) は外向性-内向性の次元の違いによって覚醒水準に差があることを主張している。すなわち, 内向性の者が外向性の者に比べヴィジランス課題の成績が優れているのは, 内向性の者が外向性の者より高い覚醒水準を有するためと考えた。Eysenck (1967) は, この仮説を発展させ外向性-内向性の次元を脳の興奮-制止の概念と結び付け, 外向性は制止過程が優勢であり内向性は興奮過程が優勢であるとした。そしてこの差を脳の覚醒系の覚醒閾値の差に対応づけて説明している。Eysenck (1967) 以後, 特にイギリスで人格特性とパフォーマンスの関連が検討され, 近年はパフォーマンスの処理過程と人格特性の関連が論じられる (たとえば, Humphreys & Revelle, 1984 など)。これらの研究において, 覚醒水準は Easterbrook (1959) および Broadbent (1971) 同様パフォーマンスと人格特性の間の媒介変数でしかない。

### 覚醒水準の測定方法

覚醒水準評価の測度としては, 主に脳波などの生理学的な指標が使用されることが多い。し

かし、社会心理学の領域では、作業成績、質問紙のみで覚醒水準を評価することもある。このような測度の違いも覚醒水準の研究にとっては大きな問題である。

### 1. 生理学的測定法

覚醒水準の研究は生理学的指標の測定が可能になったことによって始まったとって過言ではなからう。生理学的指標は、近年の科学技術の進歩によってその数の増加およびその精度の向上は甚だしい。

#### 1-1. 脳波

覚醒水準を測定するための生理的指標といえども、脳波(electroencephalogram)を挙げなくてはなるまい。Berger(1929)によって初めて測定可能となった脳波は、発見当初から覚醒水準との関連が示唆されてきた。現在でも、睡眠研究を支える。そして、脳波を使用した研究は数多く、分析方法も進歩が著しく、その指標としての地位は揺るぎない。

#### 1-2. 皮膚電気活動

現在は通称である Galvanic Skin Respose (GSR) といえども、「嘘発見」と連想される場合が多いであろう。現在でも GSR と呼ばれることの多い皮膚電気活動 (Electro Dermal Activity; EDA) は、覚醒水準をも反映する指標として知られている。脳波とは発生機序を異なるため、比較的高い覚醒水準の測定を行うときに使用される場合が多い。

#### 1-3. 心電図および呼吸

心臓の拍動に関連したこれら二つの活動も覚醒水準を反映する。測定の簡便さから、一日の生活リズムを検討する場合に使用されることが多い。

これら、3つの指標が覚醒水準を反映する指標として代表的なものといえよう。また、近年これ以外の指標も使用され始めている。

#### 1-4. 瞬目活動

瞬目活動は随意的にも行うことができるものであるが、その大半は無意識的に行われている。このような瞬目活動と心的変化の関連について検討した研究は Ponder & Kennedy (1928) に始まるとされる。そして、この数年この瞬目活動の指標としての有用性が再確認されてきている(田多・山田・福田, 1991)。

そして、瞬目活動と覚醒水準の間にも何らかの関係が示唆され始めている。田中・山岡(1989)は連続課題遂行中の覚醒水準の変動と瞬目活動の関係を検討した。その結果、瞬目率、瞬目振幅といった各パラメーターが覚醒水準の変動に応じて変化していることが確認された。瞬目活動は、簡易的に測定できるという指標としての利点を備えている。このため、今後多方

面における応用が期待される。

## 2. 行動的指標

上記で記したところの“行動的指標に依った覚醒水準の理論”を構築した指標である。しかし、この指標は確固たるものではなく、多くの場合作業量や反応時間が適宜用いられているにすぎない。たとえば、英国で第二次世界大戦中「レーダーの見落とし」の問題を解決するために始まった Vigilance 研究において、覚醒水準評価のために使用された(行動的)指標は、「見落とし数」である(Mackworth, 1969参照)。それゆえ、この指標の妥当性には多少の問題があるといわざるおえない部分がある。しかし、逆に考えるならばこの指標の結果が構築した理論が、覚醒水準研究の中で大きな位置を占めている現状が存在する。行動的指標の妥当性および“行動的指標に依った覚醒水準の理論”については他の指標による再検討が必要であろう。

## 3. 質問紙法

質問紙による覚醒水準評定は多くの研究者によって簡易的評定法として多用されている。その中でも Thayer(1989)はさまざまな研究を包括して、覚醒水準を「行動とムードの基本的要素」と定義し、High-Low Arousal 及び pleasure-unpleasure の2つの次元で覚醒水準を説明するところまで研究を進めた(Fig. 4 参照)。また、覚醒水準を質問紙(Activation-Deactivation Adjective Check List; ADACL)のみによって測定しようと試みている。近年それぞれ危険に関連した tension(High activation), calmness(General Deactivation)とそれぞれ肉体的なものに関連した energy(General Activation), tiredness(Deactivation-Sleep)の4つの次元を持つと理論を改訂し、ADACLも改訂が進んでいる。

また、ADACLと同様の目的で作られた質問紙にSSS(Stanford Sleepness Scale)がある。これは脳波を主な指標として、体系的な睡眠研究を行なった Dement を中心とした Stanford University の睡眠研究所のグループによって1973年に作成されたものである(Hoddes et al. 1973)。ADACLと比較してより低い覚醒水準レベルに対応していると思われるが、使用頻度はこのSSSの方が高い。なお、このSSSには正式に標準化された日本語版であるKSS(Kwanseigakuin Sleepness Scale)が存在し(石原ら, 1982)、日本でも多用されている。

まとめにかえて

覚醒水準の検討は心理学においてまだ90年弱の歴史しかもたない。しかしながら、その存在は人間にとって必要不可欠かつもっとも基本的なものである。これを基準として心理学の研究

がすすむことは当然といえるが、その扱い方には多くの問題をはらんでいることを念頭におかなくてはならない。

特に行動的指標を基準とした覚醒水準の研究においては、覚醒水準は副次的な媒介変数として扱われていたということは忘れてはならない。また、覚醒水準を構成している理論の多くが構成概念であることを忘れてしまうと、それによって構築されるであろう新たな心的概念が意味をなさないものになってしまう危険がある。

しかしながら、社会全体が「覚醒水準」という概念を基盤にしている以上、これまでの基礎研究に則ったさまざまな研究が進められるのは致し方ないことかもしれない。それゆえ、大脳生

理学の進歩が「覚醒」メカニズムを解明する可能性を秘めているにしても、これらの研究で得られたデータを基にした覚醒水準のメカニズムの詳細も必要であろう。

## 文 献

- Berger, H. 1929-1938 *Über das Elektrenkephalogramm des Menschen (I-XIV Mitteilungen)*. *Arch. Psychiatr.* (大熊輝雄 1991 臨床脳波学 第4版 医学書院より)
- Bremer, F. 1935 *Cerveau isole et physiologie du sommeil*. *Compte rendu de la Societe de biologie*, Paris, 118: 1235-1241. (岩原信九郎 1981 生理心理学 星和書店より).
- Broadbent, D.E. 1971 *Decision and stress*. Academic Press.
- Cannon, W.B. 1929 *Bodily changes in pain, hunger, fear, and range*. Harper & Row.
- Clement, C.D. & Serman, M.B. 1967 Basal forebrain mechanisms for internal inhibition and sleep. In *Sleep Altered States of Consciousness* (Ed. by Kety, S.S. et al.) Pp. 127-147, Williams & Wilkins, Baltimore.
- Duffy, E. & Lacey, O.L. 1946 Adaptation in energy mobilization: Change in general level of palmer skin conductance. *Journal of Experimental Psychology*, 36, 437-452.
- Duffy, E. 1957 The psychological significance of the concept of "arousal" or "activation". *Psychological Review*, 64, 265-275.
- Easterbrook, J.A. 1959 The effect of emotion on cue utilization and the organization of behaviour. *Psychological Review*, 66, 183-201.
- Eysenck, H.J. 1967 *The biological basis of personality*. Springfield Illinois: Thomas.
- Eysenck, M.W. 1982 *Attention and Arousal*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Fowles, D.C. 1980 The three arousal model: Implication of Gray's Two-Factor Learning Theory for Heart Rate, Electrodermal activity, and Psychopathy. *Psychophysiology*, 17, 87-104.
- Head, H. 1920 *Studies in Neurology*. Oxford Univ. Press, London.
- Hebb, D.O. 1955 *Drives and the C.N.S.* *Psychological Review*, 62, 243-254.
- ハル C.L. 能見義博・岡本榮一(訳) 1960 行動の原理 誠信書房 (Hull, C.L. 1943 *Principles of Behavior*. New York: Appleton-Century-Crofts.)
- Hoddes, E., Zarcone, V., Smythe, H., Phillips, R., & Dement, W.C. 1973 Quantification of sleepness: A new approach. *Psychophysiology*, 10, 431-436.
- Humphrey, M.S. & Revelle, W. 1984 Personality, Motivation, and Performance: A Theory of the Relationship Between Individual Difference and Information Processing. *Psychological Review*, 91, 153-184.
- 石原金由・斉藤敬・宮田洋 1982 眠気尺度とその実験的検討 心理学研究, 52, 362-365.
- 岩原信九郎 1981 生理心理学 星和書店
- Kahneman, D. 1973 *Attention and effort*. Prince Hall.
- 河内十郎 1981 喚起 梅津八三・相良守次・宮城音弥・依田新監修 新版心理学事典 平凡社 pp. 117-118
- マックワース J.F. 福島脩美・井深信男(訳) 1975 ヴィジランスと慣れ —神経心理学的アプローチ—

- 岩崎学術出版 (Mackworth, J.F. 1969 *Vigilance and Habituation: A Neuropsychological approach*. Harmondsworth: Penguin.)
- マグーン H.W. 時実利彦 (訳) 1967 脳のはたらき 第2版 朝倉書店 (Magoun, H.W. 1963 *The Waking Brain*. 2nd ed. Illinois: Charles C Thomas.)
- Malmö, R.B. 1959 Activation: A Neuropsychological Dimension. *Psychological Review*, 64, 379-390.
- Matsumoto, J. & Jouvet, M. 1964 Effects de reserpine, DOPA et 5-HTP sur les deux états de sommeil. *Compt. rend. soc. Biol.*, 158, 2137-2140. (岩原信九郎 1981 生理心理学 星和書店より).
- Moruzzi, G. & Magoun, H.W. 1949 Brainstem reticular formation and activation of the EEG. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1, 455-473.
- Nauta, W.J.H. 1960 Some neural pathways related to the limbic system. In *Electrical Studies on the Unanaesthetized Brain* (Ed. by Ramey, E.R. & O'Doherty, D.S.), Pp. 1-16, P.B. Hoeber, New York.
- 新美良純・鈴木二郎 (編) 1986 皮膚電気活動 星和書店
- Pieron, H. 1913 *Le Probleme Physiologique du Sommeil*. Masson, Paris. (岩原信九郎 1981 生理心理学 星和書店より).
- Ponder, E. & Kennedy, W.P. 1928 On the act of blinking. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, 18, 89-110.
- Ranson, S.W. 1939 Somnolence caused by hypothalamic lesions in the monkey. *Arch. Neurol. Psychiat.*, 41, 1-23.
- Rob, N. 1988 Reconceptualizing Arousal: Psychological States in Motor Performance. *Psychological Bulletin*, 103, 345-366.
- Routtenberg, A. 1968 The two arousal hypothesis: Reticular formation and limbic system. *Psychological Review*, 75, 51-80.
- Sharpless, S. & Jasper, H. 1956 Habituation of the arousal reaction. *Brain*, 79, 655-680.
- 田多英興・山田富美雄・福田恭介 1991 まばたきの心理学 北大路書房
- 田中 裕・山岡 淳 1989 連続課題遂行中の覚醒水準と瞬目 日本心理学会第53回大会発表論文集 482
- Theyer, R.E. 1989 *The Biopsychology of Mood and Arousal*. Oxford University Press.
- Yerkes, R.M. & Dodson, J.D. 1908 The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neuro Psychology*, 18, 459-482.