原 著

看視作業の生理機能に及ぼす影響

加 藤 寿 一*

EFFECTS OF VIGILANCE TASK ON PHYSIOLOGICAL FUNCTIONS

Juichi KATO†

The present study was undertaken in order to investigate experimentally the changes of physiological functions in a vigilance task. There were two experiments. Experiment I was performed on healthy male students of an university to determine the effect of signal rates on physiological functions, detection performance and subjective feelings in a vigilance task. Experiment II was performed to compare the changes of physiological functions, performance (detection performance, correctness, output) and subjective feelings in a vigilance with those in a continuous arithmetical calculation task.

In the experiment I, the heart rate in the task employing middle signal rates (task I) showed a higher tendency than that in the task employing low signal rates (task II), while the respiratory rate, the amplitude of plethysmogram and the galvanic skin reflex (GSR) frequency showed approximately the same value in both tasks.

The level of the detection performance in task I was generally similar to that in task II.

The subjects reported that task I was easily performed as compare with task II which was more boring.

In the experiment II the increment of the heart rate did not occur during the vigilance task employing low signal rates, whereas it occurred during the calculation task and the heart rate decreased after the task. GSR frequency increased with the onset of both tasks, giving a higher value during the calculation task than during the vigilance task and showing a decrease after both tasks. The decreased amplitude of the plethysmogram did not appear at the beginning of the vigilance task, whereas it had a tendency to appear at the beginning of the calculation task.

Although the vigilance task evoked mainly subjective feelings such as boredom and drowsiness, the calculation task evoked a strained state and local fatigue of the right hand and arm. The subjects reported that the calculation task tended to be performed with ease as compared with the vigilance task.

There was no correlation between detection performance in the vigilance task and correctness or output in the calculation task.

From the above results it seems that a slight acceleration of physiological functions are necessary to maintain a relatively suitable state in the human body and that comparatively unpaced task such as calculation is a relatively suitable state for subjective feelings as compared with the vigilance task which is passively performed, though a higher acceleration of the physiological functions occurs during the calculation task. It is assumed that it may be necessary to consider not only the levels of the physiological functions, but also a psychological state which is affected by the experimental conditions in these mental tasks.

緒 言

近年、技術革新に伴う産業合理化の進展によって、生

*労働省労働衛生研究所労働生理部

昭和47年4月13日受付

†Department of Industrial Physiology, National Institute of Industrial Health

Received for publication, April 13, 1972

産過程の機械化が進行し、新しい労働形態が漸次増加する傾向にあり、労働内容あるいは労働密度の質的・量的変化がおりつつある。これらの労働は、エネルギー消費量の多い筋肉労働より感覚神経系に依存する精神的要因の多い労働形態に移行しつつあり、それに伴い新しい問題が提起されていることは周知のことである。看視作業は、このような労働形態の一つとして存在する。

従来より看視作業 (vigilance task) に関しては、心理学の面より諸種の研究がなされてきているが¹⁾、しかし、生理学の面からの研究は少ない。これを生理学的にとらえようとする試みについては、Ross ら²⁾の皮膚電気伝導度と vigilance とに関する研究、西岡ら³⁾の昼・宵・夜間の vigilance 水準の変化に関する研究、沼尻⁴⁾の呼吸循環機能よりみた看視作業の生理負担、斉藤⁵⁾の計器監視作業と電解質代謝についての研究があり、さらに高桑ら⁶⁾による監視作業の交替制に関する研究、河合、則松^{7,8)}の計器室看視作業および高炉操業計器室における生体負担についての検討、Davies, Krkovic⁹⁾の皮膚電気伝導度・ α -activity と vigilance とに関する実験等があるが、沼尻⁴⁾の指摘するように、看視作業に関しては労働生理学的に検討すべき重要な研究課題がまだ多く残されている。

vigilance task には、厳密な状態とそれほど厳密でないものがあることは十分に考慮される必要がある¹⁰⁾。そこで著者は、実験的に vigilance¹¹⁾ をとりあげ、vigilance という同質の作業条件下において相対的に好適な状態について追求するために、vigilance に影響を与える諸種の要因のうち、とくにシグナル頻度に着眼して、生理機能を中心として検討を加えた。

しかし、人間の精神・心理的要素は生理機能に影響を与え、また、生理機能の変動は精神・心理的状态に影響を及ぼし、生理機能と精神状態とは相互に関連しあい、両者を切り離して考えることはできない。そこで、さらに精神作業の質的相違について、すなわち規制された受動的な精神作業と比較的能動的な精神作業とについて追求するために、vigilance task と加算作業とに関して、生理機能を中心として実験的に検討を加えた。

実験 I 看視作業のシグナル頻度が生理機能および誤謬に及ぼす影響

1. 実験方法

被験者は、年齢19~25歳の健康男子学生10名である。

視覚的 vigilance task としては clock test を用いた。その装置は、時計盤と指針の作動を行なわせる部分よりなっており、時計の黒い指針が、目盛盤上において常時 one step の動きを行ない、任意の時点において two steps 作動し、この two steps を vigilance のシグナルとして用いた。シグナルは、あらかじめテープコーダーに不規則に録音し、これを再生することによって指針の作動を行なわせた。したがって被験者は、シグナ

ルの出現を定期的に予想することはできない。

作業としては2種の条件をつくり、シグナル間隔の短い場合として、1時間183のシグナル頻度を有する作業(以下、作業I)と、シグナル間隔の長い場合として、1時間35のシグナル頻度を有する作業(以下、作業II)をそれぞれ同一被験者に負荷した。

実験当日の午前中、被験者に対して、過激な仕事あるいは運動、さらに覚醒剤等の使用を禁じ、午後1時に実験室に入室させ、作業内容に関する説明を行ない、作業時においてシグナルを認めたさいには、できるだけすみやかに押しボタンによる応答を行なうよう指示を与えた。1時間の椅坐位安静後、午後2時より4時の2時間にわたり、椅坐位にて上記作業を遂行させ、作業後1時間の椅坐位安静をとらせた。作業は室温22~23°Cの静かな実験室内で単独の被験者によって行なわれ、他の人の入室を禁じ、験者は記録装置とともに隣室におり、vigilance のシグナル以外の室内外からの刺激はできるだけ少なくするよう注意した。

作業Iおよび作業IIに関して、呼吸数・心拍数・指尖容積脈波・皮膚電気反射(GSR)の生理機能を中心として、detection performance・自覚症状の3側面より客観的・主観的に検討を加えた。

心拍数：前胸部より誘導した心電図のR波を cardio-tachograph¹²⁾に入れ、時々刻々の心拍間隔を記録した。

呼吸数：マスクに装置した熱容量の十分小さいサーミスタによる呼吸気温の変化に伴う呼吸曲線を記録した。

指尖容積脈波：反射式光電容積脈波計使用による左手第2指・第3指の容積脈波を記録した。左手前腕の下に厚さ約1cmの布を敷き、手指の高さを一定に保持し、また温度変化の影響を除去するよう心がけた。

皮膚電気反射：左手掌・前腕屈側部をあらかじめアルコールで清拭したのち、電極糊を用いて一対の電極を装着した。

これらの生理機能を、多素子のペン書きオシログラフにより同時に連続的に記録した。

detection performance: clock test のシグナルと、それに対する被験者の押しボタンによる応答を上記生理機能変動とともに同時記録した (Fig. 1)。

自覚症状：実験終了後、作業時と作業後についての内省を聞くとともに、アンケート形式により回答を求めた。

被験者は、作業Iおよび作業IIによるKR(knowledge of result)および成績に対する報酬はうけていない。

Fig. 1. Records of physiological functions, response of subject and signal. From top downward: respiratory rate (A), heart rate (B), plethysmogram of the index finger of the left hand (C), plethysmogram of the middle finger of the left hand (D), GSR (E), signal (F) and response of subject (G). Scanning speed is about 2 mm/s.

Fig. 2. Changes of mean respiratory rate in all the subjects in the experiments I and II.

2. 実験成績

呼吸数: Fig. 2 に作業 I および作業 II における各人の呼吸数の変化の平均値を示した。呼吸数は概して作業

Fig. 3. Changes of mean heart rate in all the subjects in the experiments I and II.

Fig. 4. Mean amplitude of rhythmic fluctuation of blood volume during the experiments I and II.

の負荷により多少増加する傾向を呈し、作業時間の経過に伴い多少の変動を呈している。しかし、両作業間における作業時平均値に差を認めない。

心拍数: Fig. 3 に作業 I および作業 II における心拍数の平均値を示した。作業 I における平均心拍数は、作業 II より多少高い値を示す傾向にある。心拍数の時間的な変化は、人によりそのパターンに相違はあるが、一応平均心拍数は、両作業において開始後やや高く、時間とともに漸次減少した。両作業前椅坐位時前半の値はほぼ同レベルを呈しており、また作業前の安静時平均値のほうが作業後の平均値より高い値を示した。心電図の R-R 間隔は時々刻々変化を呈し、さらに呼吸性不整脈の出現を認めた。しかし、誤謬時において心拍リズムに誤謬時特有の変化を認めなかった。

指尖容積脈波: 作業 I あるいは作業 II において、作業開始時に一過性の振幅減少 (1~数分間持続する振幅減少) の傾向はなく、その後の逐時的変動においても一過性の振幅減少を認めない。しかし、平均脈波振幅は作業前後に大きく、作業時やや減少する。また両作業時にお

Fig. 5. Mean GSR frequency of the left hand during the experiments I and II.

Fig. 6. Changes of respiratory rate, heart rate, amplitude of waves, GSR frequency and detection performance of the subject during the experiment I.

ける振幅平均値間に差がない (Fig. 4). 誤謬時において、容積脈波振幅に誤謬時特有の変北は呈さなかった。

Fig. 7. Change of ratios signals detected with GSR changes/signals detected during the experimental tasks I and II.

Fig. 8. Percent change of signals detected during the experimental tasks I and II.

しかし、きわめてまれにはあるが、第2指と第3指の両者の容積脈波において異なる変動を示す場合があった。

GSR: 平均 GSR 頻度は、作業 I あるいは作業 II の開始により増加し初期亢進を示す傾向があり、作業開始時 10 分間の値は高い値を示した。また作業の遂行につれて第2の亢進像を示す例もあった。両作業間における GSR 頻度の平均値に差は認められなかった (Fig. 5)。しかし、このように両作業開始時において GSR 頻度に初期亢進の傾向が見られたが、呼吸数・心拍数・指尖容積脈波振幅に著明な初期亢進を呈する傾向はなかった (Fig. 6)。一方において、被験者がシグナルを認め、それに対して押しボタンにより応答を行なったさい GSR が出現してくる場合がある。そこで、被験者が応答した全シグナルに対する GSR を伴い応答したシグナルの割合についてみると、その値は作業 I より作業 II のほうが

高い値を示しており、また作業Ⅰにおいて時間経過とともに減少する傾向を認めた (Fig. 7)。

detection performance: 作業Ⅰおよび作業Ⅱにおける全呈示シグナルに対する被験者の応答シグナルの割合をFig. 8に示した。作業Ⅰにおいては、作業開始後60～80分の間に detection performance の低下する人が少なく、そのために平均 detection performance の低下が図のように見られた。作業Ⅱにおいてはまったく performance 低下をおこさない例、作業前期および作業後期に performance 低下をおこす例、また作業中頃において低下を示す例があり、各例の performance 低下の出現が作業時全般を通じて、いずれの時点においても出現する傾向にあった。しかし作業時の平均値においては、両作業間に差を認めなかった。

自覚症状: 両作業において、被験者は主として「退屈した」・「朦朧とした」と述べているが、相対的に作業Ⅱのほうが作業Ⅰよりもより退屈であり朦朧とし、作業Ⅰのほうが楽に遂行できたと述べている。

生理機能の変動と自覚症状とについてみると、両作業間における呼吸数・指尖容積脈波振幅・GSR 頻度に差を認めなかったが、心拍数は作業Ⅰのほうが多少高い値を示す傾向にあった。この点よりすれば、シグナル頻度の多い作業Ⅰのほうが生理負担が多い傾向にあるが、自覚的には作業Ⅰのほうが相対的に遂行しやすいと述べている。

3. 考 察

本研究においては、vigilance task に関して検討を加えるさいに、その作業による生理機能の変動のみならず、detection performance、さらに心理的精神的な面を考慮して、作業による自覚症状の3点より生体機能について検討を加えた。

本実験条件下においては、押しボタンによるシグナルに対する応答という手の動作が存在するが、その他の筋動作は少なく、作業のさいの生理機能の変動は、主として心理的精神的要因によるものと考えられると思われる。

呼吸数は、精神的緊張により増加し、自律神経系反応の一側面を示すものであり¹³⁾、vigilance task の負荷により多少の交感神経系の緊張傾向を示したが、両作業間における平均呼吸数に差はなく、シグナル頻度の相違による影響を鋭敏に反映していない。

心拍数は、精神負担度の評価の手段として用いられる生理機能の一つである¹³⁾。石橋ら¹⁴⁾は、精神作業の負荷

強度を心拍数によって評価するために実験的に検討を加え、作業の困難度が増すと心拍数の増加傾向が著大となり、心拍数は精神負担度の指標としてきわめて有効であることを確認している。本実験の vigilance task に関しては、心拍数の面よりの精神的負担あるいは生理的負担は少ないものと判断されるが、シグナル頻度の多い作業において、心拍数が高い値を示す傾向にあり、シグナル頻度の相違が心拍数の面に影響を与えたものと考えられる。

一方、心電図における R-R 間隔は、逐時的に時々刻々変動を呈することは明白なことであり¹⁵⁾、生体のおかれた状態によって変化を示すことが知られている¹⁶⁻¹⁸⁾。しかし呼吸性不整脈以外の変動に関しては、その成因はなお不明である。松田、鈴木¹⁹⁾によれば、心拍数の少ない場合に呼吸性不整脈が出現し、心拍数が特に少ない場合を除いて呼吸性不整脈と心拍間隔との間に関係があるとしている。本実験において、呼吸性不整脈が若干の被験者に認められたことは、著明な交感神経系の緊張が存在しないことの一つの証左といえるのではないかと考えられる。

高木、永坂²⁰⁾は、覚醒緊張時に容積脈波は低振幅頻脈となるとしており、長島²¹⁾によれば、暗算・記憶想起等の刺激を与えると、一定潜伏時間後容積脈波の振幅は著明に縮小すると述べている。指尖容積脈波の反射の血管反応は、寒冷・情緒・深呼吸等によって起こるものであるが、中等度に血流があるときには、手の血流は情動に対して非常に鋭敏に収縮性に反応し、一過性で1～数分間持続する²²⁾。作業時における容積脈波変動には、一過性の持続的な振幅減少の出現は認められず、著明な情動的緊張は存在していないものと考えられる。他方において高木、永坂²³⁾は、一側の容積脈波の変動は他側の耳介における変動と一致しないことがあると報告し、さらに、一側の耳介の脈波振幅と頻度は他側のそれらと一致しない場合のあることを報告している²⁴⁾。本実験において、きわめてまれに第2指・第3指の容積脈波の変動に一致をみない場合が存在した。しかしその生因に関しては、精神状態の影響によるものかその他の要因によるものかは不明である。

GSR は、古くから情動生理学において広く用いられてきた反応である。本実験において、GSR 頻度は作業開始とともに増加を呈し、vigilance の状態において他の生理機能よりも敏感に影響を受けることを示している。しかし、作業Ⅰと作業Ⅱとの平均 GSR 頻度に差を認めず、シグナル頻度の相違によって影響を受けていな

Fig. 9. Mean values of respiratory rate for each subject (dotted line) and the average values of three subjects (solid line) during the task throughout 9-day period.

Fig. 10. Mean values of heart rate for each subject (dotted line) and the average values of three subjects (solid line) during the task throughout 9-day period.

い。作業開始時の初期亢進のみに焦点をしばるならば、GSR 頻度に初期亢進の現象が存在するにもかかわらず、他の機能においては初期亢進の傾向がなく、このことは、これらの機能が必ずしも同一の変動を呈さないことを表わしているものと考えられる。この関連の逐日的変化をみるため、著者²⁵⁾は9日間にわたって、同一被験者に1時間35のシグナル頻度を有する clock test をくり返し負荷し、そのさいの呼吸数・心拍数・GSR 頻度の逐日的レベル変動について検討を加えた。呼吸数・心拍数は9日間にわたり変動は呈しているが、ほぼ同様のレベルを持続している (Fig. 9, 10)。GSR 頻度は3日目頃に多く、その後変動しながらしだいに減少する傾向を

Fig. 11. Mean values of GSR frequency for each subject (dotted line) and the average values of three subjects (solid line) during the task throughout 9-day period.

認め、vigilance のくり返しによって影響を受ける所見を得た (Fig. 11)。

作業遂行時において、被験者が呈示されたシグナルに対して押しボタンによる応答を行なったさいに、しばしば GSR が出現する場合がある。被験者のシグナルに対する応答には、意識的な側面と無意識的な側面があるものと推定され、自覚的に応答しておいても、GSR は出現する場合もしない場合もある。しかも、シグナル頻度によって反応の逐次的変動に相違がみられ、シグナル間隔の長い場合には、被験者の応答シグナルに対する GSR の割合は多いが、シグナル間隔が短い場合には、漸次減少する傾向を認め、シグナルに対する慣れがおきているのではなかろうかと想定される。1時間35のシグナル頻度を有する vigilance task を同一被験者にくり返し負荷した著者²⁵⁾の実験によると、2日目・3日目頃に GSR は多く出現し、その後変動しながら減少する傾向にあった (Fig. 12)。すなわち、自覚的にはシグナルに対して応答しておいても、GSR に関する機能は漸次反応を呈さなくなり、等質等量のシグナルの不定期な負荷によってシグナルに対する感受性が低下し、シグナルに対する慣れがおきているものと思われる。しかし、この現象の逐日的なレベル変化と各人の detection performance との間に有意の相関はなかった。さらに著者²⁶⁾は実験を追加し、vigilance シグナルを認めるのみでも GSR が誘発されるが、シグナルを認知し押しボタ

Fig. 12. Mean percent changes of signal detection accompanied by GSR for each subject (dotted line) and the average values of three subjects (solid line) during the task throughout 9-day period.

ンにより応答する過程が加わることににより、GSR がより多く誘発される結果を得た。

vigilance task 遂行における生理機能変動についてまとめると、GSR は被験者がシグナルに対して応答すると比較的短い時間に敏感に反応する場合があるが、その時間における呼吸数・心拍数・容積脈波振幅には著明な変化はない。このような応答に伴う GSR 出現は、シグナルを認知し、それに対して応答を行なう一連の生体反応にかなり接近している反応系であろうと推定される。したがって、vigilance の状態において間接的な反応と比較的直接的な反応が存在しているものと考えられる。呼吸数・心拍数・脈波振幅の面からは、生理負担は低いことになるが、GSR に関しては、負担が少ないとはいえないのであって、換言すれば、vigilance による生理負担は概して低いと判断されるが、vigilance によって影響を受ける GSR のような生理機能の面に十分着眼する必要があるものと考えられる。

detection performance に関して、Kappauf, Powe²⁷⁾ は、中程度の vigilance シグナル頻度においては、それより多いシグナル頻度あるいは少ないシグナル頻度を負荷した場合より高い detection performance を示すと述べ、Jenkins²⁸⁾ は、少ない頻度のさいには detection performance が低いことを報告している。しかし Bergum, Lehr²⁹⁾ によれば、休息を与えることによ

て、少ないシグナル頻度であっても高い detection performance を示すとしている。本実験において、両作業間における総 detection performance に差はないが、少ないシグナル頻度のさいには、いくつかの時点において performance が低下する傾向があり、シグナル頻度が多いさいには作業中頃で低下する傾向が見られた。

従来より作業上の誤謬の発生機序に関する研究³⁰⁾がなされてきた。狩野³¹⁾によると、output index や機能指標は、作業能率や労働負担を考察するには適当な指標であるかもしれないが、誤謬や事故の現象を解明する手がかりとしては不十分な点があるとしている。本実験においては、誤謬時における生理機能変動に誤謬特有の反応は認められなかった。

次にシグナル頻度の相違が自覚症状に及ぼす影響についてみると、本実験ではシグナル頻度の多い作業のほうが少ない作業よりも退屈・朦朧という自覚感が少なく、また作業を遂行しやすいと述べている。

Davies, Krkovic⁹⁾ は、vigilance task における脳波の α 波・皮膚電気伝導度・performance 等をしらべ、作業中眠気が現われているとし、これは作業および作業以外からの刺激の欠如によるものであらうと述べている。作業時におけるシグナル頻度の相違が、網様体・大脳皮質の活動性の程度に影響を与え、シグナル頻度の少ない場合、arousal level の低下をきたし、自覚感としては退屈・朦朧とした状態が誘起され、生理機能・detection performance にも多少の影響を与えているものと推察される。

KR (knowledge of results) に関連して、その有無によって detection performance が相違し、KR を与えた作業のほうが高い performance を呈するといいう Baker³²⁾ の報告があるが、KR の頻度によって影響を受けないという報告³³⁾もあり、さらに KR と報酬の performance に与える影響に関する研究³⁴⁾がなされている。本実験においては、KR あるいは報酬を与えていないが、これらを与えることにより、本実験成績と異なる結果になりうるであらうと想定される。

このように vigilance task においては、好適なシグナル頻度の存在の可能性を示しており、また多少生理機能亢進を伴うほうがむしろ自覚感として好適であるように考えられる。

実験II 看視作業および加算作業時における心拍数・GSR・指尖容積脈波・自覚症状および performance の比較

Fig. 13. Mean heart rate for each subject before, during and after the task I.

1. 実験方法

本実験においては、被験者は20～24歳の健康男子学生10名で、二つの作業条件を設定した。その一つは vigilance task で、1時間35のシグナル頻度を有する clock test (作業Ⅰ) を用い、被験者はシグナルを待ち、シグナル出現に対しできるだけすみやかに押しボタンによる応答を行なうことを要求された。他の一つは、内田・クレペリン精神検査を用いた連続加算作業 (作業Ⅱ) である。作業前1時間 (午後1時～2時) の椅坐位安静をとらせた後、1時間にわたり椅坐位にて作業を負荷し、その後再び1時間の椅坐位安静をとらせた。

両作業は、室温 22～24°C の静かな室内において単独の被験者によって遂行され、験者および測定装置は隣室にあり、実験中は他の人の入室を禁じ、実験条件以外の刺激をできるだけ少なくなるようにした。

vigilance task および加算作業に関して、心拍数・指尖容積脈波・皮膚電気反射および両作業の performance さらに自覚症状について検討を加えた。

心拍数は、胸部より誘導した心電図より求め、指尖容積脈波は、左手第2指について反射式光電容積脈波計により、また GSR は、左手掌および前腕屈側部より誘導した。実験中これらの生理機能変動を多素子ペン書きオシログラフにより連続的に記録し、また vigilance task

Fig. 14. Mean heart rate for each subject before, during and after the task II.

時においては、シグナルおよびそのシグナルに対する被験者の応答をも同時に記録した。実験終了後、作業時・作業後の自覚症状について内省を聞き、またアンケートにより回答を求めた。

被験者は、vigilance task および加算作業による KR あるいは報酬はうけていない。

2. 実験成績

(1) vigilance task および加算作業における心拍数

vigilance task における作業前・作業時・作業後の各例の平均心拍数を Fig. 13 に示した。vigilance task 開始前の変動範囲は56.7～88.7/分であり、全例の平均は70.0/分である。作業時の変動範囲は52.3～78.7/分であり、全例の平均は69.2/分である。作業時平均値は作業前平均値と差がなく、作業負荷により心拍数は増加を呈していないが、10例中4例では多少の増加を示す傾向があった。作業後の変動範囲は52.0～77.3/分で、全例

Fig. 15. Time course of mean heart rate obtained from ten subjects in the experiments I and II.

の平均は63.5/分であり、作業後において作業時よりも有意の減少を呈した ($p < 0.01$)。しかし、1例においては多少増加する傾向を示した。

加算作業における作業前・作業時・作業後の各例の平均値を Fig. 14 に示した。作業前の変動範囲は55.0～89.3/分であり、全例の平均は72.4/分である。作業時の変動範囲は67.0～99.0/分で、全例の平均は81.2/分であり、加算作業の負荷により有意に増加した ($p < 0.01$)。しかし、1例においては作業負荷による増加を示していない。作業後は有意に減少しており ($p < 0.01$)、その変動範囲は55.7～85.7/分、全例の平均は67.8/分である。

vigilance task および加算作業の時間経過による平均心拍数を Fig. 15 に示した。両作業前値間に差を認めないが、作業時の値は加算作業のほうが有意に高い ($p < 0.01$)。また両作業後値間においても有意差を認めないが、10例中6例においては、加算作業後のほうが vigilance task 後より多少高い値を示す傾向にあった。

(2) vigilance task および加算作業における GSR 頻度

vigilance task における作業前・作業時・作業後の各例の平均を Fig. 16 に示した。

vigilance task の作業前の各例の平均値の変動範囲は

Fig. 16. Mean GSR frequency for each subject before, during and after the task I.

Fig. 17. Mean GSR frequency for each subject before, during and after the task II.

0～36/10分で、全例の平均は4.5/10分である。10例中3例にあっては作業前 GSR の出現を認めなかった。作業時の値は作業前値にくらべて有意に高い ($p < 0.01$)。作業時の変動範囲は0～72/10分で、平均11.9/10分であるが、作業後においては有意の減少を示している ($p < 0.01$)。作業後における変動範囲は0～28/10分、平均4.0/10分であった。

加算作業における作業前・作業時・作業後の各例の平

均を Fig. 17 に示した。作業前の変動範囲は 0～24/10 分, 平均 4.2/10 分であり, 10 例中 4 例においては GSR の出現を認めなかった。作業負荷によって GSR 頻度は有意の増加を呈した ($p < 0.01$)。作業時における変動範囲は 0～74/10 分, 平均 22.3/10 分である。作業後は有意に減少したが ($p < 0.01$), 10 例中 3 例では多少の増加を示す傾向にあった。

vigilance task と加算作業時の逐次的平均 GSR 頻度を Fig. 18 に示した。vigilance task の負荷により GSR 頻度は増加し, 作業開始後 10 分間の値は比較的高い値を示し, その後変動しながら減少する傾向にあった。加算作業の負荷によっても, 作業開始によって増加し, 作業開始後 10 分間の値は高い値を示し, その後変動しながら減少する傾向を示した。作業前の値は両作業間において差がないが, 作業時の値は加算作業のほうが有意に高く ($p < 0.05$), 作業後においては両作業間に差を認めなかった。

(3) vigilance task と加算作業における指尖容積脈波 vigilance task および加算作業の作業前・作業時・作業後において指尖容積脈波振幅は変動を呈しているが, 加算作業においては作業開始時に一過性の振幅減少 (1～数分間にわたる持続的な振幅減少) を示す傾向がみられた (Fig. 19) が, vigilance task の作業開始時において, 一過性の振幅減少を呈した者は 1 例にすぎなかった。この 1 例はまた加算作業開始時においても振幅減少

Fig. 18. Time course of mean GSR frequency obtained from ten subjects in the experiments I and II.

Fig. 19. A plethysmographic record from the left index finger of one subject at the beginning of the task II. Arrow indicates that the subject started on the task.

を呈した。

(4) vigilance task 時および加算作業時における performance

各人の vigilance task 時における detection performance と加算作業時の正解率との間に有意の相関はなく, また detection performance と加算作業の作業

量との間にも有意の相関はなかった。さらに加算作業時における正解率と作業量との間にも有意の相関はみられなかった。

(5) vigilance task と加算作業における自覚症状

被験者は vigilance task 時において, 主として「退屈した」・「朦朧とした」という自覚感を述べ, 加算作業

時にあっては「緊張した」・「右手または前腕の局所疲労があった」と訴えている。また作業後においては、vigilance task のほうが加算作業に比較して相対的に退屈であり朦朧としたと述べている。なお加算作業後においては、多少の疲労感を訴えた例と多少の爽快感を訴えた例とがあったが、加算作業のほうが相対的に遂行しやすかったと述べている。

3. 考 察

vigilance task は、規制された受動的なきわめて単純な作業であるが、加算作業は比較的能動的に作業が遂行でき、より高次の精神活動が要求される。

以前著者ら³⁵⁾は、加算作業の生理機能に及ぼす影響について検討を加え、作業負荷による心拍数の増加を認めた。本実験における加算作業の負荷によっても心拍数は同様に増加し、作業後減少を示しているが、vigilance task の負荷によって増加せず、したがって、加算作業のほうが vigilance task にくらべて心拍数に関する生理負担あるいは精神的負担がより多いとみなされる。

GSR 頻度は、両作業いずれの負荷によっても増加しているが、加算作業時のほうが高い値を示しており、GSR 頻度に関する面からも、加算作業のほうが生理負担が多いことを示している。

指尖容積脈波振幅の一過性の持続的減少は、精神緊張によっても出現する^{20,21)}。本実験におけるこの種の現象の出現からも、加算作業のほうが生理負担が多い傾向にあると考えることができよう。

加算作業の負荷により、いずれの生理機能も亢進の像を示しているが、vigilance task 時にあっては、GSR 頻度以外の機能に亢進の所見はなかった。しかし実験 I の考察でも述べたように、全般的に生理負担が少ない場合でも、一部の機能亢進を十分考慮することも必要であろうと考えられる。

加算作業においては、視覚を通じて情報をとらえ、学習された知識・判断基準によって処理し、手作業により記録を行なうが、その過程に思考活動が含まれている。橋本³⁶⁾によれば、自転車エルゴメータのベタリング作業の作業強度が増加するにつれてフリッカー値が増加し、労作を持続するための意志の努力がフリッカー亢進の一要因であるとしている。加算作業時には、手作業による意志の努力と末梢活動筋からの刺激によって脳の活動水準が高まり、また知覚刺激と比較的能動的な思考活動を中心とした内的刺激とが作用して精神緊張をきたし、このような筋活動と精神活動により、脳の

arousal level が維持されているものと推定される。これらは同時に、自律神経系とくに交感神経系にも作用してその緊張を高め、さらに末梢効果器にも波及し、心拍数・容積脈波・GSR 頻度に arousal level による影響の側面を現わし、また自覚的には緊張感となって知覚されたものと想定される。しかし、vigilance task 時にはシグナルの呈示があり、これを視覚的にとらえ、判断し、手による応答を行なうが、この過程における思考活動は少なく、GSR 頻度においては亢進の所見は存在するが、心拍数・容積脈波の機能には亢進の変化はない。すなわち、vigilance のシグナルは網様体・新皮質に対して微細な刺激であり、また思考活動等の内的刺激の発生が少なく、したがって脳の活動水準の低下をきたし、自覚的には退屈感・朦朧感として知覚されたものと考えられる。

加算作業後においては多少の疲労感と多少の爽快感を、vigilance task 時には退屈感・朦朧感を訴えているが、自覚感と生理機能変動とをみると、退屈感あるいは朦朧感のさいには循環系の機能亢進を伴わない状態が存在し、さらに疲労感あるいは爽快感のさいには、これらの生理機能の亢進の回復状態が存在するように考えられる。

Baker, Ware³⁷⁾は、performance の面から、vigilance task と他の単調作業にはそれぞれ異なる要素があるのではなかろうかと述べている。本実験においては、vigilance task と加算作業の performance との間に有意の相関はなく、performance の点からも異質の作業であると認められる。

vigilance task と加算作業とは、生理機能の面からも、performance の面からも、さらに自覚症状の点からも、かなりの相違点が存在するが、被験者の自覚的判断によれば、加算作業のほうが相対的に遂行しやすいとしている。生理機能の面からは、加算作業のほうが生理負担が多いにもかかわらず被験者は自覚的には加算作業を好む傾向にあり、精神活動をいとむためには、ある程度脳の arousal level の維持または情報処理量を必要とし、レベル低下はむしろ自覚的に不適当な状態であるものと推定される。他方において、vigilance task は規制された受動的な作業であるばかりでなく、作業遂行に要求される能力は正常の人間のもっている低次元の機能で十分であり、各人のもっているより高次元の能力のほとんどすべてが無視されているといえよう。しかし加算作業においては、比較的能動的に作業遂行が可能であり、作業速度を自己の能力に応じて調節でき、vigi-

lance task より次元の高い学習過程の上に成り立ち、作業時においてその作業量を概算することができる。これらのことは、作業形態に人間の能力を重視しかつ能動的に発揮させることが重要であることの側面をあらわしているもののように想定される。しかし本実験においては、被験者がいずれも大学生であることを十分考慮する必要があるものと考えられる。企業内の女子従業員は実験的規制作業を好み、研究所の職員は自由作業を好むという報告³⁸⁾があり、被験者のおかれた社会的要因をも考慮しなければならないように思われる。

以上のように、本実験における精神作業に関しては、生理機能のみならず、作業条件およびその条件による心的反映をも十分考慮する必要があることを示しているものと考えられる。

結 論

本研究は、看視作業を実験的にとりあげ、生理機能を中心として検討するために、実験Ⅰとしてシグナル頻度の相違する vigilance task を健康男子学生に負荷し、さらに能動的な精神作業との相違について比較するために、実験Ⅱとして vigilance task と連続加算作業を行なわせ、その間における生理機能・performance (detection performance・正解率・作業量)・自覚症状とに就いて検討を加え、次の結論を得た。

実験Ⅰ：vigilance task において、シグナル頻度の少ない作業にくらべてシグナル頻度の多い作業では、心拍数は高い値を示す傾向にあったが、呼吸数・指尖容積脈波振幅・GSR 頻度は、両作業間においてはほぼ同程度の値を示した。また、detection performance のレベルも両作業間において差異を認めなかった。自覚感としては、頻度の多い作業のほうが相対的に遂行しやすく、頻度の少ない作業は相対的により退屈であったという回答を得た。

実験Ⅱ：心拍数は vigilance task の負荷によって増加せず、加算作業の負荷によって増加を示し、作業後減少した。GSR 頻度は両作業によって増加したが、加算作業時のほうがより高い値を示し、作業後減少した。加算作業開始時において、指尖容積脈波は一過性の振幅減少を呈する傾向にあったが、vigilance task 時には振幅減少は認められなかった。

vigilance task 時の自覚感としては、主として退屈感と朦朧感を、加算作業時には、主として緊張感と手及び腕の局所疲労を訴え、また加算作業のほうが、vigilance task より相対的に遂行しやすい傾向を示し

た。

vigilance task の detection performance と加算作業の正解率あるいは作業量との間に相関は認められなかった。

これらの成績から、vigilance task においては、多少の生理機能亢進を伴うほうがむしろ好適であるように考えられ、また加算作業のように、作業の遂行が比較的能動的に可能である場合には、より高い生理機能の亢進が存在しても自覚的には相対的に好適であると推定され、生理機能のレベルとともに、作業条件からくる心的反映を十分考慮する必要があることを示唆しているものと推測された。

稿を終るにあたり、ご教示を賜った北海道大学医学部衛生学教室高桑栄松教授に謝意を表するとともに、労働省労働衛生研究所労働生理部坂部弘之部長のご指導ならびに種々ご協力くださった野崎互右氏に深謝する。

文 献

- 1) 西岡 昭：Vigilance task に関する心理学的諸研究，心理学研究，33：154—166，1962。
- 2) Ross, S., Dardano, J. and Hackman, R. C. : Conductance levels during vigilance task performance, J. Appl. Psychol., 43：65—69，1959。
- 3) Nishioka, A., Akiba N. and Yamahira, J. : Experiments on the prolonged vigilance task, Reports of the Institute for Science of Labour, No. 57, 23—30, 1960。
- 4) 沼尻幸吉：看視作業を生理学的にみて，労働の科学，18 (2)：12—16，1963。
- 5) 斉藤 一：プロセスオートメーションと労働負担—とくに計器監視作業と電解質代謝について，労働科学，39：535—550，1963。
- 6) 高桑栄松，小泉 洵，飯田尚治，助川秀弥，池田 弘，中平成也，田中和男，宮野美宏，寺田利雄：疲労研究と集中維持機能 (TAF) —特に監視作業について，労働衛生，4 (9)：32—36，1963。
- 7) 河合正武，則松米生：精神労働の衛生学的研究 第4報 計器室看視作業の生体負担について，鉄鋼労働衛生，13 (4)：25—36，1964。
- 8) 河合正武，則松米生：精神労働の衛生学的研究 第5報 高炉操業計器室における看視作業の生体負担について，鉄鋼労働衛生，14 (1)：229—237，1965。
- 9) Davies, D. R. and Krkovic, J. : Skinconductance, alpha-activity, and vigilance, Am. J. Psychol., 78：304—306，1965。
- 10) 西岡 昭：Vigilance task に関する2，3の問題，労働科学，39：209—213，1963。
- 11) Mackworth, N. H. : Vigilance, Nature, 178：1375—1377，1956。
- 12) Matsuda, K. : Cardiograph: A new type of instrument for automatic recording of the variation in pulse frequency as ordinate, Tohoku J. Exp. Med., 49：246，1948。

- 13) 桐原葆見, 他: 疲労判定のための機能検査法, 167・202, 日本産業衛生協会出版部, 東京, 1957.
- 14) 石橋富和, 大谷 璋, 三浦武夫: 精神負担としての心拍数, 産業医学, 10: 377—379, 1968.
- 15) 松田幸次郎: カルジオタコグラフ, 生体の科学, 1: 216—220, 1949.
- 16) Sato, H.: On the patterns of cardiac rhythm in healthy men with especial reference to the slow rhythm simulating Traube-Hering waves of blood pressure, *Tohoku J. Exp. Med.*, 53: 325—330, 1951.
- 17) 児島 通: 健康成人の各個心搏週期に関する統計的研究, 東北医誌, 50: 570—580, 1954.
- 18) 加藤政孝: 実験動物の心搏リズム, 日本生理誌, 18: 867—874, 1956.
- 19) Matsuda, K. and Suzuki, T.: Studies on the respiratory arrhythmia of man. Its relation to respiratory depth, cardiac rate and to the ages of individuals, *Tohoku J. Exp. Med.*, 23: 199—208, 1952.
- 20) 高木健太郎, 永坂鉄夫: 身体各部皮膚血流の特性, 特にその周期性動搖, 総合医学, 18: 755—760, 1961.
- 21) 長島親男: 正常および病態に於ける血管運動性に関する研究, 第1報 正常人の容積脈波および血管運動反射, 日本外科誌, 57: 571—582, 1956.
- 22) 高木健太郎: 皮膚の血液循環, 医学のあゆみ, 57: 359—365, 1966.
- 23) Takagi, K. and Nagasaka, T.: Blood volume changes of various kinds of vessels in the human skin recorded by the reflection photoelectric plethysmograph, *Japan. J. Physiol.*, 14: 256—264, 1964.
- 24) Nagasaka, T. and Takagi, K.: Spontaneous rhythmic fluctuations of the cutaneous blood flow in man, *Nagoya J. Med. Sci.*, 29: 385—391, 1967.
- 25) Kato, J.: Effect of repeated vigilance tasks on respiratory rate, heart rate, galvanic skin reflex and signal detection, *Ind. Health*, 7: 127—138, 1969.
- 26) 加藤寿一: 視覚的 vigilance task 時における誘発性 GSR と自覚的認知に関する研究, 産業医学, 13: 331—332, 1971.
- 27) Kappauf, W. E. and Powe, W. E.: Performance decrement at an audiovisual checking task, *J. Exp. Psychol.*, 57: 49—56, 1959.
- 28) Jenkins, H. M.: The effect of signal rate on performance in visual monitoring, *Am. J. Psychol.*, 71: 647—661, 1958.
- 29) Bergum, B. D. and Lehr, D. J.: Vigilance performance as a function of interpolated rest, *J. Appl. Psychol.*, 46: 425—427, 1962.
- 30) 狩野広之: 作業上の錯誤に関する諸研究の概観 (11) 錯誤の発生機序について, 労働科学, 36: 1—6, 1960.
- 31) 狩野広之: Performance index について, 労働科学, 42: 559—566, 1966.
- 32) Baker, C. H.: Maintaining the level of vigilance by means of knowledge of results about a secondary vigilance task, *Ergonomics*, 4: 311—316, 1961.
- 33) Johnson, E. M. and Payne, M. C.: Effects of frequency of knowledge of results, *J. Appl. Psychol.*, 50: 33—34, 1966.
- 34) Sipowicz, R. R., Ware, J. R. and Baker, R. A.: The effects of reward and knowledge of results on the performance of a simple vigilance task, *J. Exp. Psychol.*, 64: 58—61, 1962.
- 35) Kato, J., Kojima, A. and Niiyama, Y.: Cardiac rhythm and adrenaline excretion as physiological parameters for mental stress for the study of work physiology, *Ind. Health*, 3: 1—8, 1965.
- 36) 橋本邦衛: Flicker 値の生理学的意味と測定上の諸問題, 産業医学, 5: 563—576, 1963.
- 37) Baker, R. A. and Ware, J. R.: The relationship between vigilance and monotonous work, *Ergonomics*, 9: 109—114, 1966.
- 38) 桐原葆見: 規制作業と自由作業について 追従作業と belt-conveyer 作業の実験的研究, 労働科学, 36: 621—657, 1960.