

3. 作業環境騒音が高齢者の作業効率に与える影響に関する研究*

江川義之**

3. Effects of Noise in Work-Place on Performance of Elderly Workers*

by Yoshiyuki EGAWA**

Abstract; Since the knowledge of the effect of noise on task performance is limited and is generally inconclusive, the effect of noise on the performance of data processing task was investigated. In this experiment, three aged subjects and four controlled subjects were used, and the comparison was made between the aged group and the controlled group. During the experimental procedure, these subjects were exposed to six kinds of noises which were impulsive noise with high frequency, steady-state noise with high frequency, impulsive noise with low frequency, steady-state noise with low frequency, fractal noise and resonance noise. These experiments with the six environments were compared with an environment of non-noise condition. Each subject performed the experimental task for 30 minutes under the noise intensity of 85dB(A). The procedure of experimental task was as follows;

- (1) Two random numbers in significant three figures were presented on the screen of the personal computer.
- (2) Subjects memorized these numbers in significant two figures by rounding up the three digits.
- (3) On the next screen, they selected a scale including the number in their memory. And they adjusted a cursor to the memorized number on the selected scale.
- (4) The sequence of this task was repeated for 30 minutes.

The experiments were carried out on the subjects in the two different task types. One is "the man oriented task type" and the other is "the machine paced task type". The man oriented task type means that each subject is able to perform the task by the pace of himself. However, it is difficult for the machine paced task type to perform the task by the pace of each subject, because the two random numbers presented on the screen are erased automatically. These two types of task were performed by each subject under the above environmental conditions.

As the results, the two effects on the task performance were observed. One effect was that repetition time of the tasks was suddenly prolonged in the man oriented task type, while in the machine paced task type the increase of the overlooking of the presented number on the screen was observed. These effects of task performance were obtained under the environment of the resonance noise. To investigate the reason for the increase of the overlooking, the interview was conducted for the subjects. As the result of the interview, it was clarified that this type of noise

*1992年5月24日 日本経営工学会春季大会において一部発表

**機械研究部 Mechanical Safety Research Division

disturbed the subject's concentration on the experimental task. Because the resonance noise was audible like an onomatopoeic word. This may be a main reason why the prolongation of the repetition time and the overlooking of the presented number have occurred in each subject.

Further, the questionnaires of fatigue symptom were carried out to investigate the fatigue of the subjects due to the exposure noise. As the result of this questionnaires, the difficulty in concentration on the task designated the high rates of the complaints in the noise exposure experiment.

Keywords; Noise, Data Processing Task, Human Error, Monotonous Phenomenon, Fatigue Symptom

3.1 緒 言

「騒音環境下における作業効率」をテーマとした研究について従来行われてきたものを調べると、次に示す2つの研究に分類される。

ひとつは、Clevenson¹⁾, Gough²⁾, Pearsons³⁾等の研究に代表されるものであり、騒音環境下で聴覚を用いた作業を課し作業効率(エラー発生率を含む)を検討したものである。これらの研究成果には共通した傾向が示されており、作業者が騒音に暴露された場合、騒音により聴覚情報がマスクされ作業効率が低下することが報告されている。

他のひとつは騒音環境下で視覚を用いた作業(Vigilance Task)を課した場合の研究であり、McCormick⁴⁾, Eschenbrenner⁵⁾, 梅村⁶⁾⁷⁾等の研究に代表されるものである。これらの研究では、1) 時間的に制約を受けた条件下における判断をとまなう作業では騒音暴露において作業効率が低下すること、2) 騒音の音圧レベルが増加すると作業効率が低下すること、3) 定常騒音より間欠騒音において作業効率が低下すること等を明らかにしている。しかし Valerie J. Gawron⁸⁾の研究が示しているように、追従型作業(Tracking Task)においては、騒音暴露において作業効率が促進されたという報告もある。

本研究はこれら報告を踏まえて行われたものであり、その目的として次に示す3点を検討した。

- 1) 作業として判断および短期記憶を必要とする神経感覚的作業⁹⁾を課する。すなわち騒音暴露下における注意集中の変動を、繰り返し作業時間のバラツキおよび作業ミス出現等を手がかりに検討する。
- 2) 暴露騒音の音圧レベルを変化させた条件下において作業効率を検討した研究はすでに行われて

いる⁶⁾⁷⁾。そこで本研究においては、暴露騒音の音圧レベルは一定にし、周波数構成および波形特性(定常性・衝撃性)を変化させた条件下で、騒音の作業に与える影響を観測する。

- 3) 昨今の高年齢労働者の増加状況を踏まえ、高齢作業者の騒音環境下の作業特性を若年者のそれと比較検討する。

3.2 実験 1

3.2.1 暴露騒音

暴露騒音として次に示す5種類の騒音を被験者に暴露した。

- 1) 高周波衝撃騒音;工場内で高い騒音として聴取される金属板を打ち抜く時の衝撃騒音を数周期収録し、きれいに録音された1周期を抽出し、それを繰り返し再生する方法を用いた。
- 2) 高周波定常騒音;ホワイトノイズをフィルタおよびイコライザーで加工し、高周波衝撃騒音のスペクトル構造と同様になる定常騒音を作成した。
- 3) 低周波衝撃騒音;工場内で低い騒音として聴取される、トランスファーマシンが重量物を運搬し、それを所定位置に設置した時の衝撃騒音を用いた。
- 4) 低周波定常騒音;2)と同様の方法を用い、低周波衝撃騒音と同様のスペクトル構造になるように作成した。
- 5) フラクタル・ノイズ;フラクタル波形をパーソナルコンピュータで作成し、これを任意波形発生器に転送し再生した。

Fig. 3.1 上部に、定常型騒音と衝撃型騒音の波形が下部には、低周波騒音、高周波騒音、フラクタル・ノイズのオクターブ分析(A特性)が示してある。

これらの被験者への暴露レベルは、注意限界レ

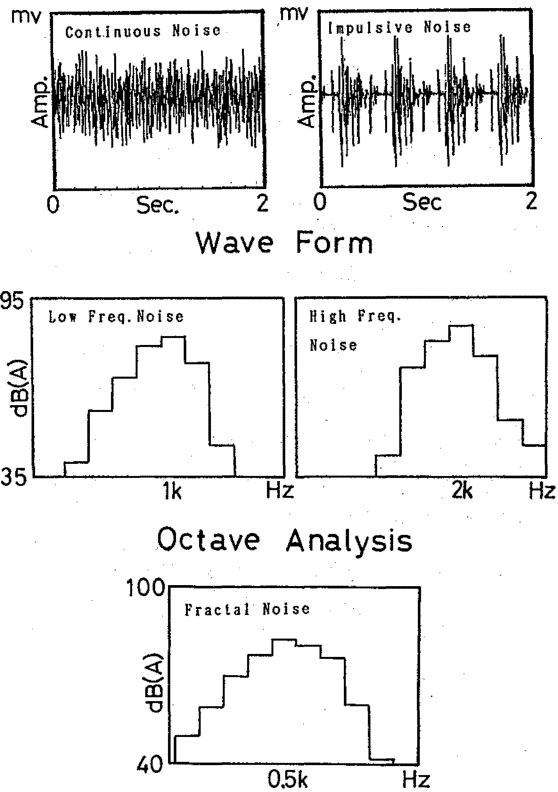


Fig. 3.1 Wave form and octave analysis of exposure noise
暴露騒音の波形とオクターブ分析

ベル¹⁰⁾(保護具を用いなくても聴力障害の危険が小さい騒音レベル)に等しい85dB(A) (L_{Aeq})とした。即ち、このレベルは作業者が工場内で経験する、かなり大きい騒音(地下鉄内で窓開放した時の騒音レベルに等しい)に相当し、この騒音に暴露された場合の、作業効率(作業エラー発生率等)を調べることを実験目的とした。

さらに、実験条件はこれら5種類の騒音に、騒音を暴露しない条件(約30dB(A))を加えた6条件で行った。

3.2.2 作業刺激

作業刺激はパーソナル・コンピュータを用いて被験者に呈示され、その内容が Fig. 3.2 に示してある。画面1; X, Yの2つの数値が乱数を用いて有効数字3桁で呈示される。

被験者はこの画面において、XとYの数値を認知し、各々四捨五入(判断)し、有効数字2桁を記憶する。すなわち、この事例においては、 $X = 0.34$, $Y = 1.8$ と記憶し、リターン・キーを押すと次画面が呈示される。

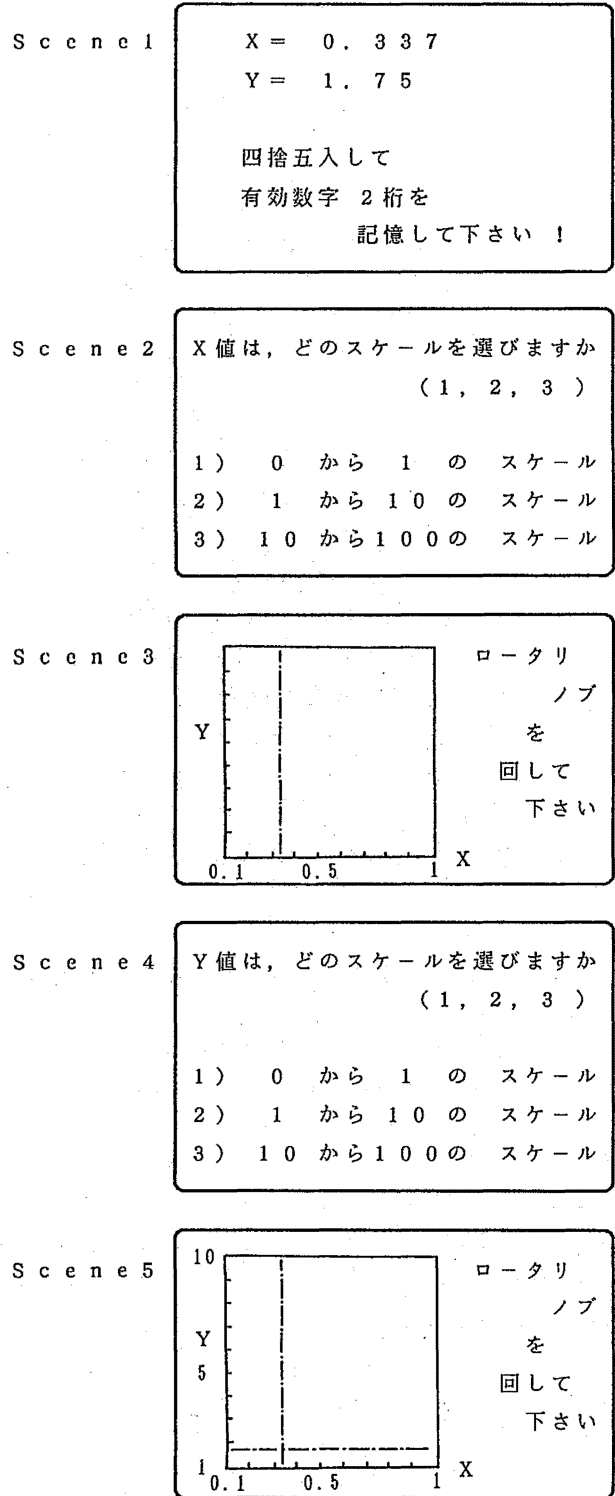


Fig. 3.2 Task stimuli under noise condition
騒音状況下における作業刺激

画面2; 画面1で呈示されたX値が含まれるスケールの選定を行う。この事例では1)を選択しリターン・キーを押す。なお画面1における、乱数呈示範囲

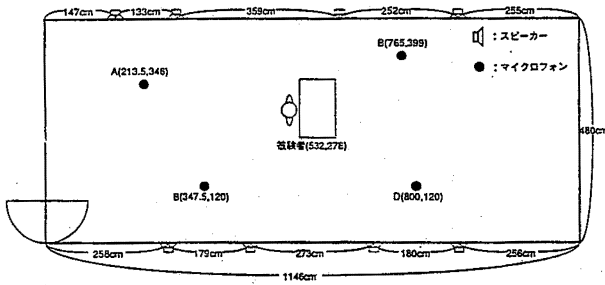


Fig. 3.3 Setting of anechoic room for experiment
実験室平面図

は 0.105 ~ 0.994, 1.05 ~ 9.94, 10.5 ~ 99.4 であり、この画面及び画面 4 のスケール選定時において、選択スケールが重複しないように乱数を発生させた。

この画面においては、定性的エラー（1 が正解であるのに 2 を選択するような、ON・OFF タイプのエラー）の出現を調べることを目的とした。

画面 3; ロータリ・ノブを回転させるとカーソルが出現し、記憶した数値について X 軸上のポイントにカーソルを合わせ、シフト・キーを押すと次画面に移る。

この画面においては、定量的エラー（正解は 0.34 に合致させるべきであるのに、作業の正確さが鈍化し偏差が増加するタイプのエラー）の出現を調べることを目的とした。

画面 4; 画面 2 と同様に、記憶した Y 値についてスケール選定を行う。

画面 5; 画面 3 と同様に、短期記憶されている Y の数値について縦軸上のポイントにカーソルを合わせ、シフト・キーを押すと画面 1 に戻り、一連の作業を再び繰り返す。

上記作業について、なるべく速くそしてミスを行わないことを教示し、ひとつの騒音条件につき各被験者に 30 分づつ行わせた。

3.2.3 その他の実験条件

若年者群 3 名（平均年齢 22.8 歳・以下 被験者 ABC と記す）高齢者群 3 名（平均年齢 68.5 歳・以下 被験者 DEF と記す）の計 6 名の被験者を用いて行った。これら 6 名は日常生活において聴覚的支障（例えば補聴器を使用等）は無い。

実験は当研究所 環境安全実験棟 3 階 騒音環境実験室で行った。Fig. 3.3 にそのレイアウトを示す。

3.2.4 分析 1（分散分析）

上記 6 名の被験者に騒音暴露 6 条件下（高周波衝撃騒音・高周波定常騒音・低周波衝撃騒音・低周波

Table 3.1 Analysis of variance in two-way classification (Factors of "Aging" and "Noise")
2 元配置分散分析結果（第一因子；年齢 第二因子；騒音）

Item	Aging	Noise
1 cycle time in repeated task	**	-
Standard deviation in 1 cycle time	**	-
Error of selection in X	*	-
Error of selection in Y	*	-
Error of selection in X & Y	*	-
Deviation from correct point in X	**	-
Deviation from correct point in Y	**	-
Deviation from correct point in X & Y	**	-

**； Significance in 1%, *； in 5%

定常騒音・騒音無暴露・フラクタルノイズ）で 30 分間の作業を課し、延べ 1080 分間のデータを分析対象とした。騒音暴露下における作業効率を調べるために、繰り返し作業時間（Fig. 3.2 における画面 1 ~ 5 に要した作業時間）の平均と標準偏差、並びに画面 2 と 4 における定性的エラー（以下スケール選択エラーという）と画面 3 と 5 における定量的エラー（以下カーソル偏差エラーという）を評価尺度として用いた。

まず最初の分析として、暴露する騒音の相違による作業効率の変動を調べる目的で分散分析を行った。「二元配置法繰り返しあり」による分析；作業効率に変動を与える要因として、若年者群・高齢者群という年齢に寄与した因子と、環境条件としての騒音因子を選定し分析を試みなた。即ち、第 1 因子が年齢（水準 2）第 2 因子が騒音（水準 6）繰り返しが 3（若年者・高齢者群の各々の被験者数）の二元配置分散分析を行った。

Table 3.1 に分散分析結果を行った。これによると作業効率を与える影響は年齢因子が大きく、騒音因子は年齢因子の背後に隠れてしまう結果を示した。

年齢因子による変動を調べるために、Fig. 3.4 に繰り返し作業時間の平均及び標準偏差、Fig. 3.5 にスケール選択エラーのグラフを示す。

Fig. 3.4 によると若年者群に属している被験者 ABC は繰り返し作業時間が 20 秒程度で作業時間 30 分で約 90 課題遂行しており、その標準偏差も高齢者群に比較して小さい。しかし高齢者群に属してい

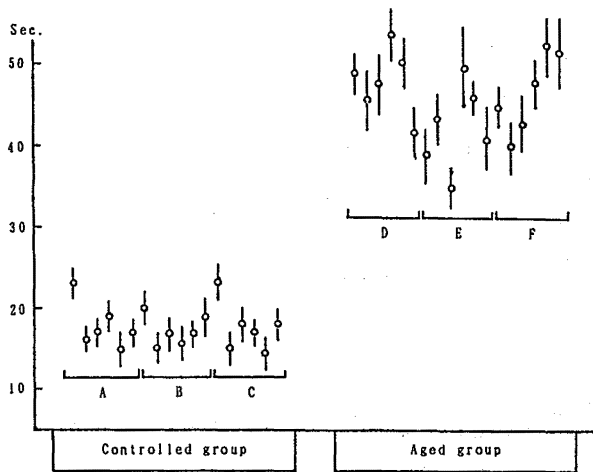


Fig. 3.4 Difference between controlled and aged group on mean and S.D. of 1 cycle time
繰り返し作業時間の平均値と標準偏差からみた若年者および高齢者の相違

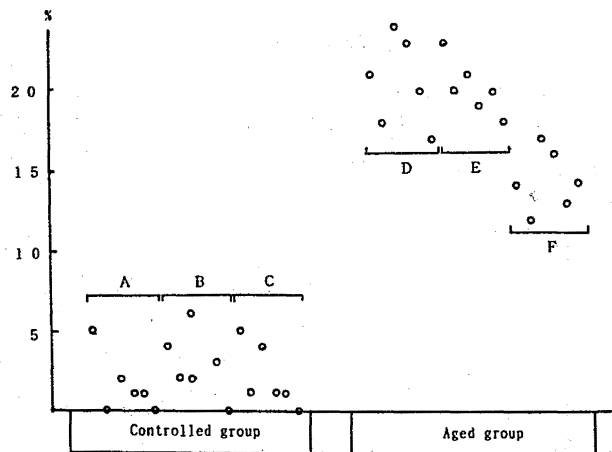


Fig. 3.5 Difference between controlled and aged group on error of selection
スケール選択エラーからみた若年者および高齢者の相違

る被験者 DEF は作業時間が 45 秒程度で 1 課題遂行するのに若年者群の 2 倍以上時間を消費して約 40 課題程度しか消化しておらず、かつ標準偏差も大きい。

Fig. 3.5 はスケール選択エラーの発生率を調べたグラフであるが、若年者群は消化した課題数が多いにもかかわらずエラー発生率は低く、18 条件中 4 条件はエラーが皆無であった。高齢者群のエラー発生率は 15 ~ 20%あり課題消化数が少なくて誤りも多い(約 40 問中 6 ~ 8 問エラー) という結果が得られた。

Table 3.2 Analysis of variance in one-way classification for aged and controlled group
高齢者及び若年者群の 1 元配置分散分析結果

Aged group	
1 cycle time in repeated task	-
Standard deviation in 1 cycle time	-
Error of selection in X & Y	-
Deviation from correct point in X & Y	-

Controlled group	
1 cycle time in repeated task	*
Standard deviation in 1 cycle time	-
Error of selection in X & Y	-
Deviation from correct point in X & Y	-

**; Significance in 1%, *; in 5%

以上の結果により、年齢因子が作業効率に与える影響はかなり大きいものであり、騒音因子による影響は現れにくいことが考察された。そこで若年者群と高齢者群とを分離して分散分析を行った。「一元配置法による分析」;若年者群と高齢者群を別々にして、騒音因子が作業効率に与える影響を検討した。即ち、第 1 因子が騒音(水準 6) 繰り返し 3 (各群の被験者数) の一元配置分散分析を行った。

Table 3.2 に結果を示した。これによると騒音因子が作業効率に及ぼす影響は、高齢者群には見られず、若年者群のみに現れており、それも作業効率を示す 4 つの評価尺度のうち、平均繰り返し作業時間へののみ危険率 5%の有意差で騒音による影響が現れた。

この結果を考察すると、次の 2 点が指摘される。

第 1 点は高齢者群では作業効率に騒音による影響が見られなかったことについての考察であり、それは高齢被験者 DEF 間にデータのバラツキが大きかったことが挙げられる。即ち、高齢者に作業を修得させそれを実行させた場合、繰り返しに要する作業時間の平均及び標準偏差は経験等に基づく個人差による影響が大きく、環境因子である騒音による影響は現れにくい。

第 2 点は若年者群において、騒音による影響がエラー発生率(スケール選択エラー及びカーソル偏差

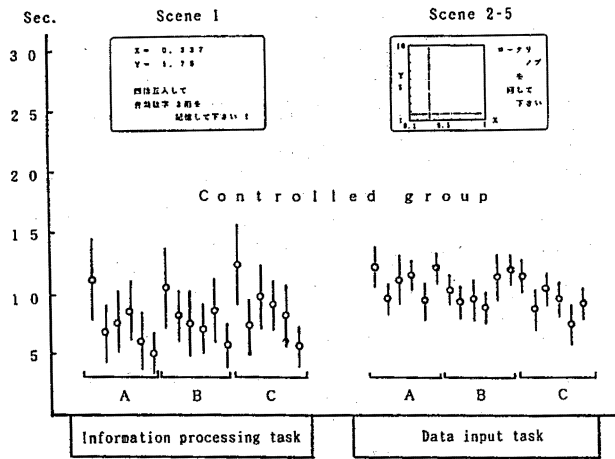


Fig. 3.6 Difference between information processing task and data input task on mean and S.D. of time in controlled group
 情報処理作業と機器入力作業の時間平均及び標準偏差の相違 (若年者群)

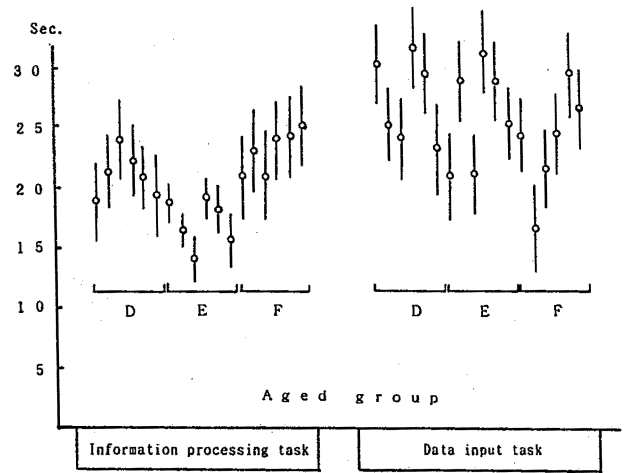


Fig. 3.7 Difference between information processing task and data input task on mean and S.D. of time in aged group
 情報処理作業と機器入力作業の時間平均及び標準偏差の相違 (高齢者群)

エラー)に見られなかったことについての考察である。これは2節2項で記したように、「なるべく速く、かつミスをしたくない」という2つの作業指示を与えた場合、若年被験者はミスをしないことを主課題、速く作業することを副次課題と階層的に捉え、ミスを出現させぬよう無意識的にも作業時間の調整を図っていたことが推測される。

そこで、騒音因子による影響が現れた繰り返し作業時間について、さらに詳細な分析を行ってみた。

3.2.5 分析2 (繰り返し作業時間に関する分析)

若年者群においては騒音による影響が現れた、繰り返し作業時間に関して2節2項で示した作業刺激を対象に次の分析を行った。

課せられた作業を作業者である人間の側から捉えなおすと次の過程をたどる。

Fig. 3.2の画面1は、XY値を視覚入力し、頭の中でこれら2値に対して四捨五入の処理を行い、その結果を短期記録する過程である。ここで記憶が完了すると作業者はリターン・キーを押し画面2に移行するが、画面2から5は短期記憶した数値を画面の要求(画面2と4はスケールの選択、画面3と5はロータリー・ノブによる位置指定)に従い機器に入力する過程である。

そこで若年者群と高齢者群について、作業を画面1の作業と画面2~5の作業に分けて各々の作業時間の平均及び標準偏差を調べてみた。即ち、作業を遂行す

る人間の視点から、作業を課題入力・処理そして短期記憶に保持するまでの作業(以下、情報処理作業という)と短期記憶内容と呼出し機器に入力する作業(機器入力作業)に区別し、各々の平均作業時間及び標準偏差を調べた。

Fig. 3.6は若年者群に関する結果であり、横軸左側ABC(ABCは被験者)は情報処理作業時間の平均及び標準偏差であり、右側は同じく機器入力作業のそれである。

このグラフによると機器入力作業時間の標準偏差は、情報処理作業時間のそれより小さい結果が示されている。この結果より、若年者は短期記憶した内容と呼出し画面の指示に従い機器に入力する過程においては、各被験者共意識はしていないが、かなり安定したペースで作業を行っていると考えられる。この現象は記憶結果の機器入力過程において、途中少しでも手を休めると、保持されている記憶内容が失われることを懸念した作業行動をとっていると推測される。

ここで作業を情報処理作業と機器入力作業とに分けた結果について、再び前述した一元配置法による分析を行ってみると、情報処理作業についてのみ、作業時間の平均と標準偏差双方に危険率5%の有意差で騒音による影響が現れた。

Fig. 3.7は高齢者群についての結果をFig. 3.6同様の方法で示したものである。このグラフを若年者

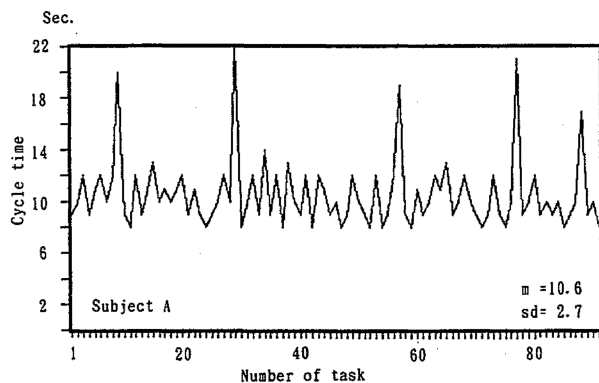


Fig. 3.8 Disturbance of cycle time on information processing task (Subject A)
情報処理作業における作業時間の乱れ (若年者 A)

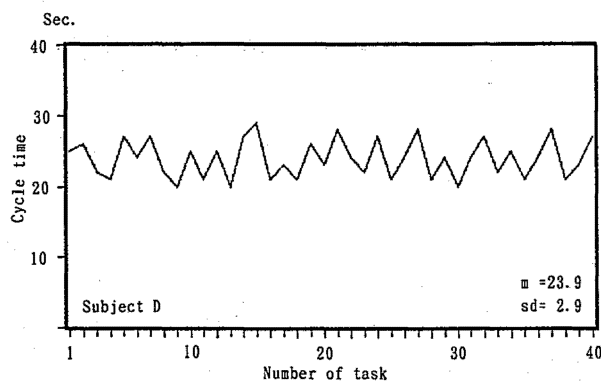


Fig. 3.9 Disturbance of cycle time on information processing task (Subject D)
情報処理作業における作業時間の乱れ (高齢者 D)

群の結果である Fig. 3.6 と比較すると、機器入力作業時間の標準偏差も、情報処理作業時間のそれと同様かなり偏差が大きい結果が示されている。この点が若年者群との大きな相違点であるが、この結果について次のように考察する。

高齢者群においても若年者群同様に、記憶内容の機器入力過程において、途中で一息入れたりすると、保持されている記憶内容が失われることを懸念すると考えられる。しかるにこの作業における標準偏差の増大は、画面の要求に従い機器に数値入力する際、例えば、画面 3・5 においてロータリー・ノブを使用してスケール上の位置合わせを行う時、記憶した数値がスケール目盛り間に位置していた場合等に、高齢者に見られる近点視力の低下が原因で時間を要した結果である

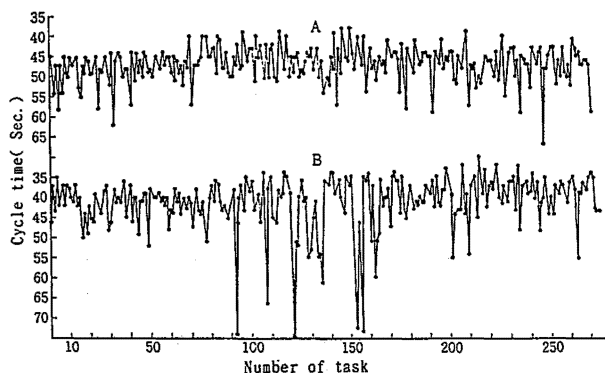


Fig. 3.10 Comparison of subject A with fatigue and subject B with boredom on disturbance of cycle time
疲労した被験者 A と作業に飽きた被験者 B の作業時間の乱れに関する比較

と推測される。

さらに若年者群と同様に、作業を情報処理作業と機器入力作業とに分けた結果について、一元配置法による分析を行ってみると、どちらの作業においても騒音による影響は現れなかった。

3.2.6 分析 3 (作業に影響を与える騒音の種類)

前述したように、実験に課した作業を「情報処理作業」と「機器入力作業」に分けて、その各々の平均作業時間と標準偏差を調べてみたところ、若年者群の情報処理作業においてのみ騒音による影響が現れた。

その点に関してさらに詳細に調べるため、作業時間 30 分間に被験者が遂行した 1 課題ごとの情報処理作業時間 (視覚認知→四捨五入の処理→短期記憶に保持→リターン・キーを押し次画面にいくまでの時間) をグラフで示してみた。

Fig. 3.8 は若年者 A が高周波衝撃騒音環境下で作業した時のグラフであり、比較するため、Fig. 3.9 に同条件における高齢者 D のグラフを示した。双方のグラフ共、横軸は 30 分間に消化した課題数であり、縦軸は情報処理作業に要した単位作業時間である。

これらグラフを比較すると、若年者 A は時として 20 秒以上かかる作業周期が突発的に現れてくるが (平均作業周期は約 11 秒)、高齢者 D は消化した課題数も少ないが、このような突発的現象が見られないという相違点が現れた。

次に、この現象について小木¹¹⁾等の研究を引用して考察を行う。

Fig. 3.10 は小木が英国産業疲労調査局 Wyatt 等

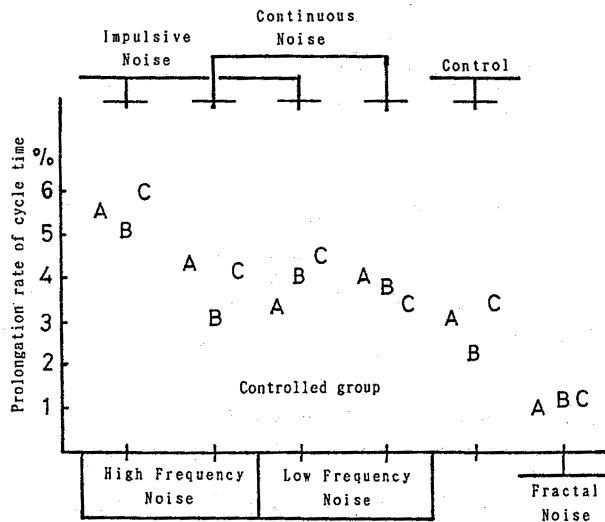


Fig. 3.11 Prolongation rate of cycle time on information processing task caused by kinds of noises (Controlled group)
騒音による情報処理作業の単位作業時間延長比率 (若年者群)

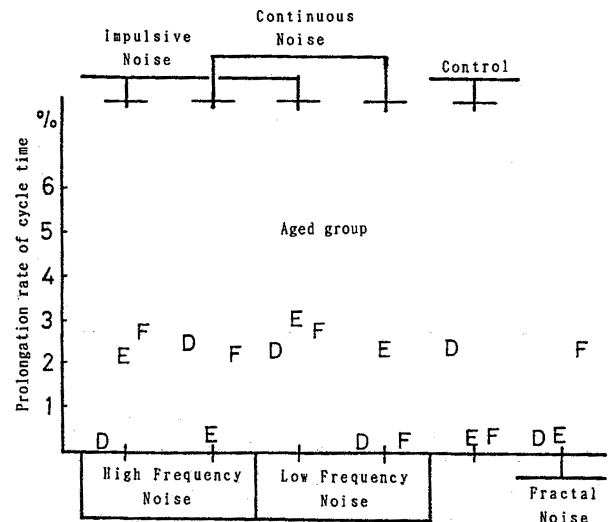


Fig. 3.12 Prolongation rate of cycle time on information processing task caused by kinds of noises (Aged group)
騒音による情報処理作業の単位作業時間延長比率 (高齢者群)

の研究を紹介したグラフの引用であり、各軸は Fig. 3.8 及び 3.9 と同様である (ただし、縦軸は下方ほど単位作業時間が長い)。この図において、下段 B は“作業に飽きた”という感情に代表される単調感を感じている作業員であり、上段 A は単調感を感じていない作業員である。B において単位作業時間が急に長くなる突発的乱れが観察され、この現象は Fig. 3.8 に示した若年者 A と共通している。

小木はこの現象についてつぎのような解説を加えている。即ち、作業員が作業に単調感を持ち始めると、作業に対する注意低下期に陥り、時として手を休めてしまうことがある。これは意識が作業に向いていない状態であるが、数秒で作業員はその状態に気づき意識を作業に向かわせる。しかし再び注意低下期に陥るということを繰り返す。これが注意リズムの動揺現象であり、単位作業時間の突発的延長等を通して観察される。そしてこれは単調感を示す指標のひとつであり「単位動作の齋一性の乱れ」を呼ばれている。

上述した解説を参考に考察すると、Fig. 3.8 に示した被験者 A は単調感を抱いており、ときどき意識が作業から離れていたこと、即ち画面 1 の X, Y 値の乱数が呈示されていた状況下で意識が作業から離れ、視覚認知→四捨五入の処理そして結果を短期記憶に保持しリターン・キーを押すまでの時間が時々延

長したものと考えられる。

そこで、各騒音環境下の作業ごとに、若年者群・高齢者群の各々の被験者について、情報処理作業に関する単位作業時間が平均プラス 2σ (標準偏差の 2 倍) 以上伸びた回数を調べ百分率で示してみた。

Fig. 3.11 が若年者群の、Fig. 3.12 が高齢者群のグラフである。横軸には暴露した騒音が、高周波衝撃騒音・高周波定常騒音・低周波衝撃騒音・低周波定常騒音・騒音なし・フラクタルノイズの順に示してあり、縦軸は情報処理作業時間の延長回数が百分率で示してある (A B C D E F は被験者)。

このグラフによると、相対的に若年者群の方が情報処理作業時間の延長比率が高く、作業に単調感を抱き画面 1 で意識が作業から離れていたことが認められる。暴露した騒音の種類ごとに情報処理作業時間の延長比率を調べると、若年者群において、3 名の被験者とも高周波衝撃騒音で単位作業時間の延長比率が高い結果が得られた。しかし、Fig. 3.12 の高齢者群については暴露騒音の相違における単位作業時間の延長傾向はあまり認められない。

3.2.7 実験 1 の考察

以上、騒音の作業効率に与える影響を調べるため検討を加えてきた結果、次の事項が明らかになった。

- (1) 若年者群・高齢者群共、エラー発生率 (スケール選択エラー及びカーソル偏差エラー) に騒音に

- よる影響はみられなかった。(第3章2節4項)
- 2) 一連の作業を「情報処理作業」と「機器入力作業」に分けて単位作業時間の平均及び標準偏差を調べてみると、情報処理作業に関して若年者群のみに、騒音による影響が見られた。(第3章2節5項)
 - 3) 情報処理作業に関して単位作業時間の乱れを調べてみると、若年者は作業に単調感を抱き、作業画面1で意識が時々作業に向いていないことが考察された。(第3章2節6項)
 - 4) 騒音の情報処理作業時間の延長比率に与える影響を調べると、若年者群において、高周波衝撃騒音で単位作業時間の延長比率が高い結果が得られた。しかし、高齢者群について騒音による影響は認められない。(第3章2節6項)

実験1において以上4項目を明らかにしたが、いくつかの考察を要する事項が生じてきた。

ひとつは、画面1の情報処理作業において若年者群は意識が時々作業に向いていない傾向があること、即ち上記(2)及び(3)に関する考察である。これについては、情報処理という作業自体がこういう傾向を有するというのではなく、本実験で課した作業の流れに原因があると考察する。

即ち、同一の作業を何回も繰り返す単純繰り返し作業において、人間は機械のような一定のペースで作業を続行出来ず、単調感を抱くと何回かに一度作業から意識を反らす傾向がある¹¹⁾。

そこで今回課した作業において、どの画面で作業から意識を反らす傾向にあるか考えてみると、画面2～5(機器入力作業)は、短期記憶した数値を呼出し機械に入力する作業であり、「ポーッ」として意識を作業から離れさせると、短期記憶の忘却が生じエラー発生率の増加することが懸念される。そこで画面2～5においてはかなり安定したペースで作業を行っている(Fig. 3.6参照)と考察される。

作業から意識を離れさせてもエラー発生率の増加を招かないのは画面1においてリターン・キーを押すまでの間であり、ここで記憶すべき数値が画面に呈示されたままの状態であるので、意識を作業以外に向けたとしてもエラー発生率の増加は招かない。これが画面1の情報処理作業において、若年者群に単位作業時間の突発的延長が認められた原因であると考える。即ち、各被験者は自分に課せられた作業時間内でペースを調整しながらエラー発生率の増加を

抑制していたとも考察され、これは上記(1)の事項とも関連を持つ。

次に高齢者群において若年者群同様の傾向、即ち画面1の情報処理作業において単位作業時間の突発的延長が認められなかったことに関する考察である。

これについては高齢者群も若年者群同様、事前の練習を何回か経験させたが、高齢者群はコンピュータを使用したこのような作業には不得手であり、若年者群のように完全に習熟し単調感を生じるまでには至らなかったことが推測される。

考察の第2点は、若年者群における単位作業時間の延長比率が、高周波衝撃騒音で高かった点である。この結果については推測の域を出ないが、筆者がこれらの騒音に暴露され30分間作業を行った経験を基に考察を加えてみる。

今回用いた高周波衝撃騒音は金属板を打ち抜く時の騒音であるが、この騒音に暴露され、作業にも飽きてくる頃になると、騒音が「カッシャン・カッシャン」とか「ワッシャカ・ワッシャカ」という、人間が集団で声をはり挙げている(シュプレヒコール)ような擬声語¹²⁾に聞こえてくる経験を持った。そしてこの聞こえ方に関して子細に述べると、数分間「カッシャン・カッシャン」と聞こえたかと思うと、次の数分間は「ワッシャカ・ワッシャカ」と聞こえてき、さらに数分後には別の擬声語に入れ替わる過程をとる。筆者は作業に集中している時は騒音が単なる騒音として別段気にならなかったが、作業に飽きてくると、何か意味を持つ擬声語のように聞こえてきて、それは人間が集団で騒いでいるようでもあり、極めて気になり作業リズムを崩し集中出来にくいという経験を持った。

この現象が高周波衝撃騒音暴露下での単位作業時間の延長比率を高めた原因でないかと考える。即ち、高周波衝撃騒音のうちのあるものは作業に飽きてくると擬声語のように聞こえ、その種の騒音は作業に対する集中力を阻害する原因になると推測する。

3.3 実験2

3.3.1 暴露騒音の追加

本研究の目的は作業効率に悪影響を及ぼす(エラー発生率の増大等)騒音の種類を見出すことにある。そして実験1を通して、騒音暴露下において擬声語のように聞こえてくる騒音は、作業の集中性を乱す結果が得られた。そこで実験2では、擬声語のよう

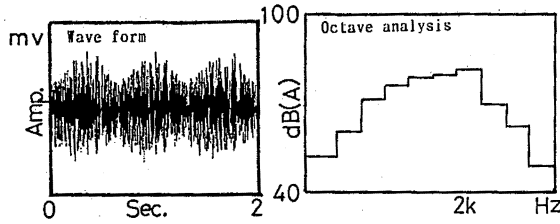


Fig. 3.13 Wave form and octave analysis of reverberation noise
残響性騒音の波形とオクターブ分析

Scene 1-1

X = 0.337

四捨五入して
有効数字 2桁を
記憶して下さい！

Scene 1-2

Y = 1.75

四捨五入して
有効数字 2桁を
記憶して下さい！

Fig. 3.14 Task stimuli on scene 1-1 and 1-2 instead of scene 1 in Fig. 2
図2の画面1の代わりである図面1-1と1-2

に聴取される可能性の高い残響性騒音を実験条件として加えた（その代わり、作業効率に悪影響を及ぼさなかったフラクタル・ノイズは除いた）。

残響性の高い騒音が擬声語のように聴取される理由について推測すると、日常経験において列車の通過音を橋梁下で聴いた場合、騒音が響き合って「ガタン・ゴトン」と声で表現可能な騒音に聴取されることがある。これは列車騒音が橋梁構造の各部位と共鳴し、それらの音が合わさって擬声語のように聴取された結果であるが、ある種の残響性騒音には擬声語として聴取されるものがある事例として興味深い。

追加した騒音は、狭い工場内におけるモータ回転時の騒音であり、室内の残響性が高いためエコーがかかっており、「ガクン・ガクン」とか「ゴットン・ゴットン」と擬声語で表現可能な騒音である。

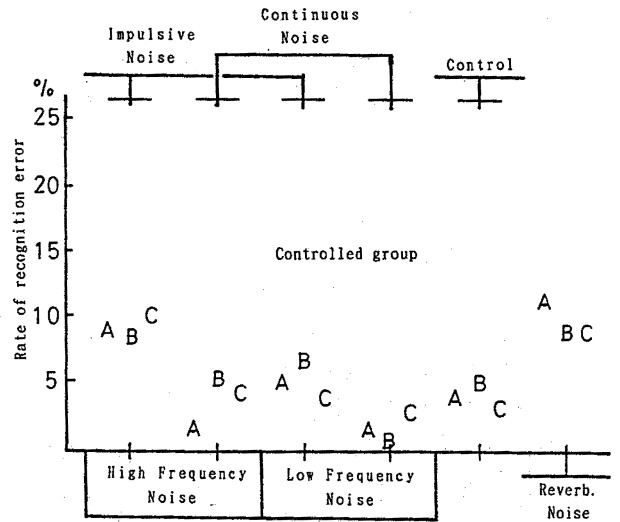


Fig. 3.15 Error of recognition in controlled group (Experiment 2)
若年者群における見逃しエラー（実験2）

Fig. 3.13 にその波形とオクターブ分析を示す。

なお実験2は上記した意図で企画したので筆者は被験者として加わらなかった。

3.3.2 作業刺激の一部変更

実験1の結果として、上記したある種の騒音は単位作業時間の延長を招くが、エラー発生率の増加は招かないことを述べた。その考察として第3章2節7項に、画面1の作業において単調感で意識を画面から反らしたとしても、リターン・キーを押すまでは、四捨五入して記憶すべき数値は画面に呈示されたままの状態であるので、エラー発生率の増加は生じにくいことについて言及した。

そこで、実験2ではFig. 3.2の画面1をFig. 3.14に入れ替えた実験を試みた。即ちFig. 3.14の画面1-1及び1-2は記憶する数値を各々約3秒呈示し、自動的に画面2へ移行する（以後、3秒呈示画面という）作業に変更した。さらに5~10回に1度の割合で1秒だけ呈示して次画面に移行する（以後、1秒呈示画面という）ようにプログラムを組んだ。

実験2の作業で意図した点は、Fig. 3.8に認められたような単位作業時間の延長が生じた場合、それが見逃しエラーになるように考察した。特に通常は3秒呈示画面で数値を呈示しているの、四捨五入の処理及び記憶は充分可能であるが、時として1秒呈示画面が出現した場合、単調感等で意識が作業から少しでも離れていると、呈示された数値を見逃す可

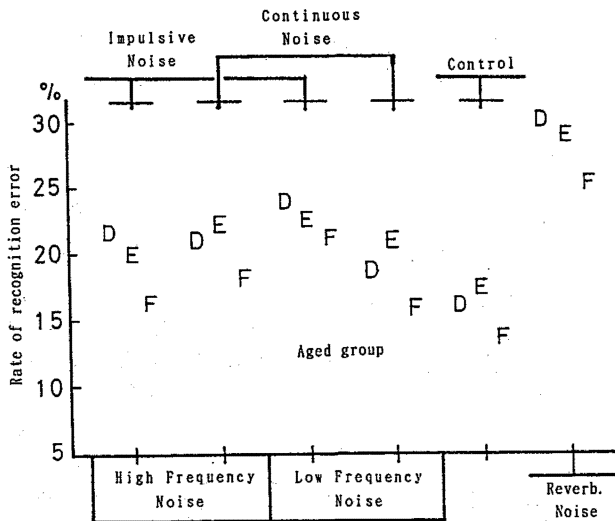


Fig. 3.16 Error of recognition in aged group (Experiment 2)
高齢者群における見逃しエラー (実験 2)

能性が生じることを期待し、この頻度を調べることを試みた。

なおここで、実験 1 のように作業者が記憶を確認し、その後自動的にリターン・キーを押して次画面に進める作業を「自律的作業」と呼ぶこととし、実験 2 のように機器の側で自動的に次画面に移行してしまう作業を、作業者の自律性（ペース配分）が作業に活かされないという意味で、「他律的作業」と呼ぶことにした。

3.3.3 実験 2 の結果及び考察

上述したように実験 2 では他律的作業を被験者に課すことにおいて、見逃しエラーの発生率を検討することを試みた。

そこで、XY についてスケール選択エラー（画面 2 と 4）とカーソル偏差エラーの双方とも間違えたものをエラーとした。なおカーソル偏差エラーとしては、一目盛り以上の偏差があったものをエラーと設定した。

Fig. 3.15 が若年者群の、Fig. 3.16 が高齢者群のグラフである。横軸には暴露した騒音が、高周波衝撃騒音・高周波定常騒音・低周波衝撃騒音・低周波定常騒音・騒音なし・残響性騒音の順に示してあり、縦軸は発生したエラーが百分率で示してある（A B C D E F は被験者）。

このグラフによると、相対的に高齢者群の方がエラー発生率が高い結果が得られている。実験終了後

Table 3.3 Questionary for fatigue symptom
疲労自覚症状しらべ（産業疲労研究会編）

いまのあなたの状態について、おきます。
つぎのようなことが { あつたら ○ } のいずれかを、□のなかに必ずつけて下さい。
{ ない場合には × }

1		2		3	
1	頭がおもい	11	考えがまとまらない	21	頭がいたい
2	全身がだるい	12	話をするのがいやになる	22	肩がこる
3	足がだるい	13	いらいらする	23	腰がいたい
4	あくびがでる	14	気がうる	24	いき苦しい
5	頭がぼんやりする	15	物事に熱心にできない	25	口がかわく
6	おむい	16	ちよつとしたことが思ひだせない	26	声がかすれる
7	目がつかれる	17	すること間違いが多くなる	27	めまがする
8	動作がごこちなくなる	18	物事が気にかかる	28	まぶたや筋がピクピクする
9	足もとがたよりない	19	きちんとしていられない	29	手足がふるえる
10	横になりたくない	20	根気がなくなる	30	気分がわるい

に各被験者に感想を求めると、高齢者群は 1 秒呈示画面が出現した場合、四捨五入の処理及び記憶が困難であったと述べており、実際分析した結果、1 秒呈示画面についてはエラー発生率が高かった。これに比較して若年者群については、1 秒呈示画面においても四捨五入の処理及び記憶は能力的に可能であるという感想が得られた。

即ち、若年者群より高齢者群においてエラー発生率が高かった原因は、見逃しによるエラー以外に課題処理能力不足に起因（特に 1 秒呈示画面出現時において）したエラーが加わった結果であると考察される。

次に暴露した騒音の種類ごとにエラー発生率を調べると、若年者群において、3 名の被験者とも残響性騒音及び高周波衝撃騒音においてエラー発生率が高かった。この結果について実験データを詳細に調べると、3 秒呈示画面における見逃しは少ないが、1 秒呈示画面において、これらの騒音に影響され意識が作業から離れたと推測される見逃しが観察された。

高齢者群においては、残響性騒音にエラー発生率が高く、前述した 1 秒呈示画面における課題処理能力不足に起因したエラー以外に、3 秒呈示画面において騒音に影響されたと推測される見逃しエラーが加わり、これが残響性騒音において他の騒音よりエラー発生率が高い原因であった。

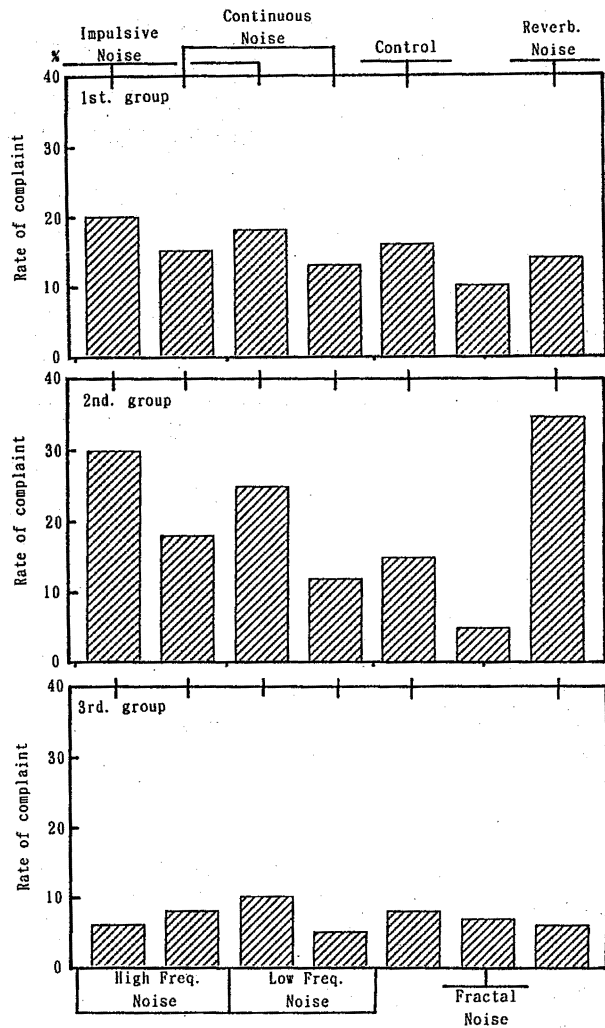


Fig. 3.17 Result of complaint-rate on fatigue symptom 疲労自覚症状しらべに関する訴え率の結果

3.4 騒音暴露下における作業負担感

3.4.1 疲労自覚症状しらべ

前章まで暴露騒音が作業者に与える影響を作業効率（単位作業時間やエラー発生率）を通して検討してきた。本章では騒音が与える影響について、作業者に自覚された負担感より分析を試みる。

Table 3.3 に負担感の調査に用いた質問紙が示してある。この用紙は日本産業衛生学会・産業疲労研究会が考案した疲労自覚症状調査用紙であり、一般的に定義しにくい作業負担の客観的尺度化を試みたものである¹³⁾。

この用紙は10の調査項目を1グループとして3グループ、計30の質問から成り立っており、これらグ

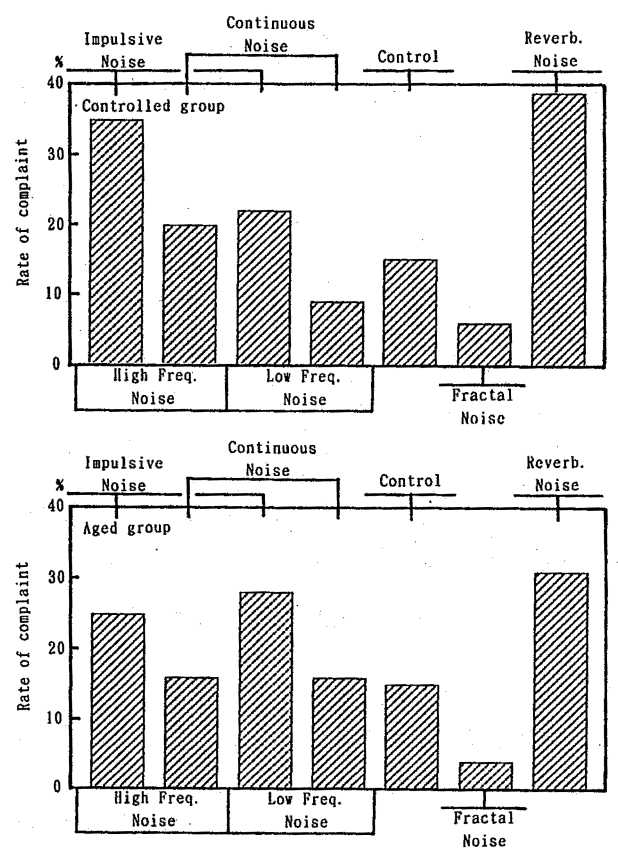


Fig. 3.18 Comparison of complaint-rate on 2nd. group between controlled and aged group 若年者および高齢者群における2群の訴え率の比較

ループを Table 3.3 左側から、1群、2群、3群と呼び、1群は「だるさ」と「ねむけ」を中心とした一般的疲労に関する成分、2群は作業意欲の喪失や注意集中の困難といった心的症状に関する成分、3群は体の特定部位の疲労に関する成分で構成されている¹⁴⁾。過去この調査用紙を用いて作業負担を調べる多くの研究が行われてきた¹⁵⁾が、本研究ではこの用紙を騒音暴露による作業負担感の調査に用いた。

3.4.2 騒音暴露下の作業における疲労自覚症状調査結果

Fig. 3.17 はグラフ上から1群 2群 3群について疲労自覚症状訴え率を調べたものである。横軸は暴露騒音が、高周波衝撃騒音・高周波定常騒音・低周波衝撃騒音・低周波定常騒音・騒音なし・フラクタルノイズ・残響性騒音の順で示してあり、縦軸は訴え率を示している。

このグラフによると、1群及び3群は騒音の種類を

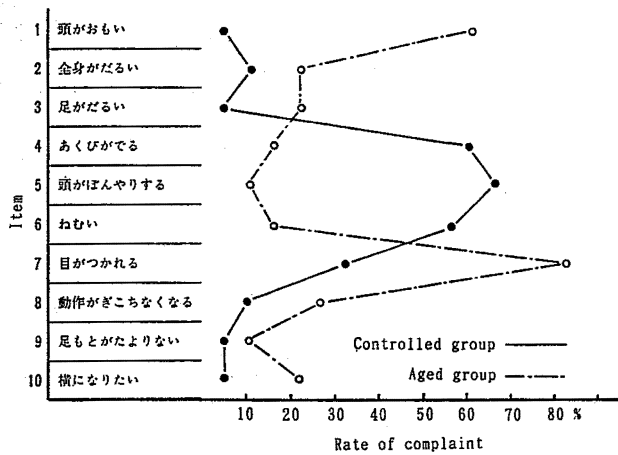


Fig. 3.19 Difference between controlled and aged group on monotony
作業単調感に関する若年者群および高齢者群の相違

変えても疲労の訴え率があまり変化しておらず、暴露騒音の相違により訴え率が異なるのは2群（中央）のグラフである。この結果より、被験者はある種の騒音に暴露されると、作業に対し注意集中の困難等の症状を訴えることが考察される。訴え率の高かった騒音の種類は、残響性騒音・高周波衝撃騒音・低周波衝撃騒音であり、逆にフラクタルノイズでは最も訴え率が低かった。

さらに、騒音を暴露しない条件下でも2群の訴え率は15%以上生じ、この結果より音圧レベル30dB(A)程度の遮音無響環境下での作業はかえって心的負担を生じさせ、日常の作業空間の騒音は会話や空調機騒音等により50～60dB(A)あることと比較すると、静かすぎることは作業にとり必ずしも良好な環境でないことが推測された。

Fig. 3.18 は2群の訴え率について、若年者と高齢者群を比較したグラフであり、各軸の構成はFig. 3.17 同様である。若年者群では、残響性騒音及び高周波衝撃騒音で訴え率が高く、高齢者群では、残響性騒音及び低周波衝撃騒音次いで高周波衝撃騒音で訴え率が高い結果が示されている。この結果より、変動型の騒音に暴露されると作業者は負担を感じやすく、特に残響性騒音（擬声語のように聴取されることについて前述した）あるいは衝撃性騒音（音の立ち上がりが鋭い）に暴露された場合、若年者群も高齢者群も作業に対する注意集中が困難になる傾向が示された。

第3章2節6項において、若年者群の情報処理作業で単位作業時間の突発的乱れ（単位動作の齋一性の乱れ）が観察されたことから、若年者群は本実験作業に単調感を持っていることを指摘した。そこで自覚症状調べにおいて作業単調性に関する検討を行った。

Fig. 3.19 は1群の作業単調感を表す項目¹⁶⁾を対象にして若年者群と高齢者群を比較したグラフである。若年者群は「あくびがでる」「頭がぼんやりする」「ねむい」等の単調感を表す項目で訴え率が高かった。一方高齢者群はこれら項目の訴え率は低いが、代わりに「目がつかれる」という訴え率が高かった。

これらの結果より、若年者群は作業動作においても動作の齋一性の乱れという単調感を示す指標が観察されたが、この疲労自覚症状しらべでも、本研究で課したコンピュータ作業に飽きの感情は持っておらず、むしろ近点視力の低下等により、目を酷使用する作業であると訴えていることが明らかになった。

3.5 結 語

以上、騒音環境が作業効率に与える影響について検討を加えてきたが、それらの大要をまとめると以下のようなものである。

- (1) 若年者群と高齢者群を対象に、高周波衝撃騒音・同定常騒音・低周波衝撃騒音・同定常騒音・騒音無し・フラクタルノイズ暴露環境下でコンピュータを用いた自律的作業を課し（実験1）作業効率を調べた。（第3章2節1.2.3項）
- (2) 実験1で課した作業効率を繰り返し作業時間の平均・標準偏差及びスケール選択エラー発生率で調べた結果、次のことを明らかにした。高齢者群は若年者群に比較し、作業速度は遅くまたバラツキも大きい。エラー発生率で比較すると、高齢者群は15～20%であるのに対し、若年者群は3%程度であった。（第3章2節4項）
- (3) 実験作業をさらに情報処理作業と機器入力作業に分け、単位作業時間の平均と標準偏差を調べてみた。その結果、若年者群における情報処理作業において暴露騒音による影響が現れた。（第3章2節5項）
- (4) 上記(3)を詳細に検討するため、若年者群及び高齢者群の情報処理作業の単位作業時間の乱れを調べてみた。その結果、若年者群において単調感を示す指標である動作の齋一性の乱れの現象が観測され、高周波衝撃騒音環境下でその乱

れの発生率が増加した。一方高齢者群においては、この現象は観測されなかった。(第3章2節6.7項)

- (5) 暴露騒音を追加し、さらに作業を一部変更して実験2を行った。暴露騒音として上記(4)の結果を踏まえ、残響性騒音(擬声語として聴取される可能性の高い騒音)を追加した。作業として実験1の自律的作業を、機械主導型の他律的作業に変更し、作業者の注意低下期における見逃しエラー発生率の検討を試みた。(第3章3節1,2項)
- (6) 暴露騒音の種類によるエラー発生率を検討した結果、若年者群では残響性騒音及び高周波衝撃騒音、高齢者群では残響性騒音のエラー発生率が高かった。(第3章3節3項)
- (7) 騒音が作業者に与える負担感を疲労自覚症状しらべを用いて調べた。その結果、騒音暴露により作業に対する注意集中の困難を訴える傾向が強く、若年者群では残響性騒音・高周波衝撃騒音、高齢者群では残響性騒音・低周波衝撃騒音で特に訴え率が高かった。
さらに、上記(4)で若年者群に作業単調現象が現れていることを指摘したが、疲労自覚症状しらべでもこの結果が認められた。(第3章4節2項)

(平成5年7月1日受理)

参考文献

- 1) Clevenson, S.A., and Leatherwood, J.D., "Effect of Noise Spectra and a Listening Task upon Passenger Annoyance in a Helicopter Interior Noise Environment", NASA TP-1590, NASA Research Center, Dec. (1979)
- 2) Ou, P., Gough, H., and Konz, S., "Annoyance and Speech Interference from Noise", Proceedings of the Human Factors Society 23rd Annual Meeting, (1979), 88-91.
- 3) Pearsons, K.S., and Bennett, R.L., "Effect of Interior Aircraft Noise on Speech Intelligibility and Annoyance", NASA CR-145203, NASA Research Center, Aug. (1977)
- 4) McCormick, E.J., "Human Factors in Engineering and Design (4th ed.)", (1976), McGraw-Hill
- 5) Eschenbrenner, A.J., "Effects of Intermittent Noise on the Performance of a Complex Psychomotor Task", Human Factors, Vol. 13 (1971), 59-63.
- 6) 梅村 守, 相沢直行, 騒音が作業に与える影響について, 人間工学, 20-5 (1984), pp. 283-286.
- 7) 梅村 守, 相沢直行, 騒音が精神作業に与える影響について, 人間工学, 22-5 (1986), pp. 259-268.
- 8) Valerie J. Gawron, "Performance Effect of Noise Intensity, Psychological Set, and Task Type and Complexity", Human Factors, 24-2 (1982), 225-243.
- 9) 橋本邦衛, 遠藤敏夫, 生体機能の見かた, (1973), pp. 7-10, 人間と技術社
- 10) 大熊恒靖, 作業環境騒音の測定と評価の現状, 騒音制御, 8-5 (1984), pp. 16-23.
- 11) 小木和孝, 単調な仕事の動態, 科学, 45-7 (1974), 401-408.
- 12) 石川 明, 小畑秀文, 実環境下での音声/非音声の判別, 日本音響学会誌, 47-12 (1991), pp. 911-917.
- 13) 例えば, 大島正光, 疲労の研究(増訂新版), (1967), 同文書院
- 14) 小木和孝, 斎藤良夫他, 疲労自覚症状の3成分の妥当性について, 労働科学, 46-5 (1970), pp. 251-270.
- 15) 例えば吉武 博, 作業別にみた疲労自覚症状訴え率, 労働科学, 47-4 (1971), pp. 213-224.
- 16) 吉武 博, 疲労感の評定(第2報) —精神作業者の疲労自覚症状と疲労感—, 労働科学, 46-1 (1970), pp. 1-10.