

## 作業能率に及ぼす変動性低周波音の影響と人体反応

## Effect of fluctuating low frequency sound on task performance and human response

○田代泰弘<sup>1</sup>, 松田礼<sup>2</sup>, 町田信夫<sup>2</sup>Yasuhiro Tashiro<sup>1</sup>, \*Hiroshi Matsuda<sup>2</sup>, Nobuo Machida<sup>2</sup>

Abstract: Japan has not yet established any regulatory standards regarding low frequency sound of frequencies below 100 Hz for general environments or industrial workplaces. Moreover, few studies have been carried out on the direct effect of low frequency sound on workers and their working efficiency in work environments. In this study, we examined the effects of fluctuating low frequency sound on task performance and human response. We carried out two kinds of mental tasks (an additional task and a numerical search task) and evaluated a correct answer and response number as dependent variables representing task performance. Experimental results suggested that task performance decreases when fluctuating low frequency sound are present.

## 1. はじめに

周波数が 100[Hz]程度以下の音は低周波音と呼ばれる。近年、様々な製品の遮音性能が向上する一方で、それまで目立つ事が無かった低周波音による騒音問題が浮上し始めた。環境省が平成 16 年に「低周波音問題対応の手引書」を公表し、低周波音問題対応の評価指針として参照値を定めたが、定常性低周波音（定常音）のみを対象としているため、音圧レベルが変動する変動性低周波音（変動音）には適用できない。さらに、低周波音の音源付近は人の作業環境が多く、低周波音が作業効率に及ぼす影響についても評価しなければならない。本研究では、変動音が人体に及ぼす心理・生理影響と作業効率について検討した結果を報告する。

## 2. 方法

## 2-1 実験手法

実験は変動音を暴露しながら、精神作業を行い、作業効率と生理反応に及ぼす影響を調べた。精神作業課題は図 1(a)に示す内田クレペリン方式の 1 桁の単純連続暗算を行う加算作業と、同図(b)に示す上段の数字の中から下段の数字が何種類あるかを回答する検索作業の 2 種類を用意した。作業環境は暗騒音  $L_A$  30 dB のチャンバ内で行った。被験者は聴覚健全な年齢 21~23 歳の男女延べ 14 名である。実験タイムチャートは安静 3 分の後に暴露室内に設置された 4 基のウーハスピーカから発生させた変動音を 3 分間全身暴露し、その後 1 分間の安静を 1 行程としている。変動音暴露中作業課題を実施し、同時に心電図を測定した。実験終了後は音刺激の快-不快感に関するアンケートに回答させた。

## 2-2 音刺激条件

本研究で扱う変動音は振幅変調によって搬送波の変

動周期と音圧レベルの大きさ（振幅変調レベル）を変化させて作成した。本実験では変動周期は 1.5s と 3s、振幅変調レベルは 2dB, 4dB とし、キャリア周波数は 10~80Hz のオクターブ毎の 4 種類に設定した 16 条件と無暴露条件を加えた全 17 条件である。

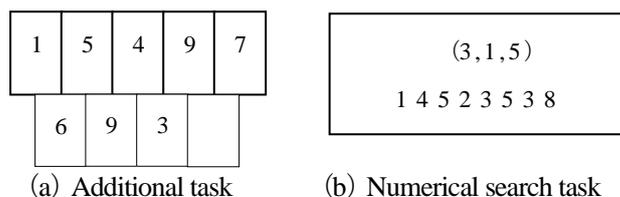


Figure.1 Outline of mental task

## 2-3 作業課題効率の評価方法

作業効率は無暴露条件と各音刺激を暴露した時の作業の正答数と回答数の比較により評価した。正答率と回答数の増減を調べ、作業の正確さと作業量の両面から変動音が作業効率に及ぼす影響を検討した。

## 2-4 生理反応の評価方法

生理反応は心電図から心拍間隔を測定した。心拍間隔 (RRI) の分析は、心電図から算出される RRI の時間変動、及び心拍変動時系列のパワースペクトル解析を行い、高周波成分のパワー (HF) と低周波成分のパワー (LF) の比、LF/HF を算出した。HF は副交感神経活動の指標とされており、LF は交感神経及び副交感神経の活動によって影響されるため LF と HF の比を求め LF/HF を交感神経活動の指標とされている。安静時を基準とした音暴露時の LF/HF の変化率を評価する。

## 2-5 心理反応の評価

心理反応はアンケートにより音刺激に対する快-不快感をどちらでもない[0]を基準として、非常に快いを+3, 非常に不快を-3 とした 7 段階評定法で評価した。

1 : 日大理工・院 (前) 精機 2 : 日大理工・教員・精機

### 3. 実験結果

#### 3-1 作業効率に与える影響

図 2 に加算作業課題の正答率の平均値を示す。無暴露条件と各音刺激条件を比較するとほぼ全ての音刺激条件において正答率が低下することが分かった。無暴露条件を基準とし、各音条件暴露時の正答率に対する有意差検定を行った。結果、加算作業の無暴露と音刺激暴露条件の 3 条件間のみ有意差が検出され、他条件間では有意差は認められなかった。さらに、変動周期の短い 1.5s での正答率が、3s に比べ 1~3%程度低くなる傾向があり、変動周期と正答率低下との関連性が示唆された。

#### 3-2 生理反応に与える影響

LF/HF の変化率の結果を図 3 に示す。ほぼ全ての条件において変化率 1 以上になっていることから変動音を暴露することによって交感神経が優位に働き、ストレス反応を生じることがわかった。キャリア周波数 10Hz, 20Hz では変動周期が 1.5s から 3s と長くなると LF/HF の変化率が大きくなる傾向がみられた。40Hz, 80Hz では変動周期が 3s から 1.5s と短くなると LF/HF の変化率が大きくなる傾向がみられた。このことから 10Hz や 20Hz の超低周波音領域の変動音を暴露した場合、変動周期が長くなると交感神経系が優位に働き、40Hz, 80Hz の可聴領域の変動音では変動周期が短くなると交感神経系が優位に働き、より強いストレス反応を示す結果となった。

#### 3-3 心理反応に与える影響

変動音の全身暴露による快—不快感の結果を図 4 に示す。全ての音刺激条件において不快に感じる結果となった。また、キャリア周波数が小さくなると不快感を強く感じる傾向がみられた。10Hz と 20Hz の超低周波音領域の変動音と 40Hz と 80Hz の可聴領域の変動音を比較すると、前者の方がより不快に感じる結果となった。しかし、変動周期と振幅レベルの違いによる不快感の差異はみられず、有意差も認められなかった。

### 4. まとめ

人体に変動音を暴露するとストレス反応を生じ、変動周期によって LF/HF が変化した。また超低周波音領域の変動音を暴露すると不快感が増加する傾向がみられた。無暴露条件と比較すると正答率が減少したことから、変動音により作業効率は低下したと考えられる。

変動周期間でストレス反応の変化がみられたため今後は変動周期の条件を増やし、生理反応測定に脳波も追加して検討していく予定である。

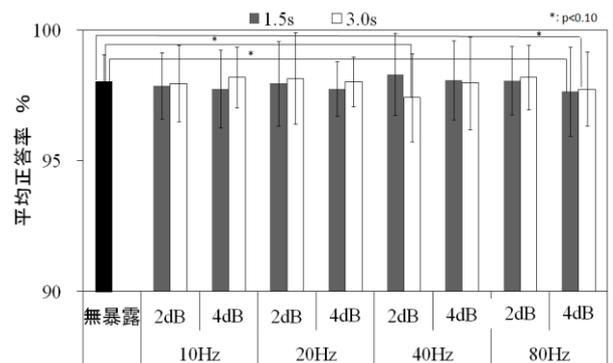


Figure2. Correct answer rate of mental arithmetic work problem

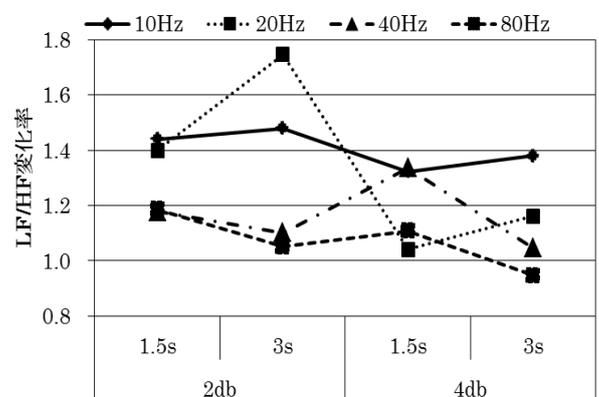


Figure3. rate of change of heart rate variability LF / HF

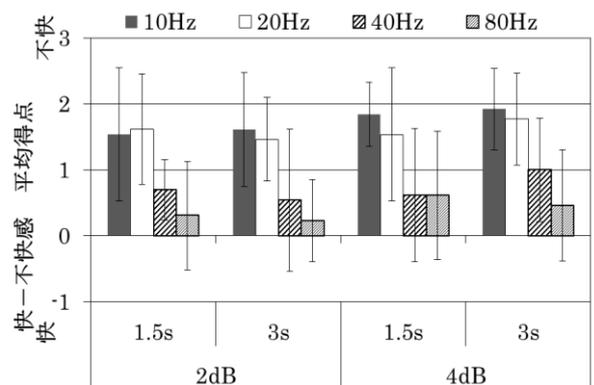


Figure4. Uncomfortable sensation change amplitude modulation low frequency sound

### 5. 参考文献

- [1] 環境省環境管理局大気生活環境室「低周波音問題対応の手引書」平成 16 年
- [2] 大井, 他:「作業能率に及ぼす低周波音の影響」, 日本人間工学会誌第 49 巻特別号 pp.362-363
- [3] A.NAKANO, M.YAMAGUCHI “Evaluation of Human Stress using Salivary Amylase”, Japanese Society of Biofeedback Research, 2011.