

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19760407

研究課題名（和文）脳波を用いた思考作業中の音の妨害感の発生要因に関する基礎的研究

研究課題名（英文）FUNDAMENTAL STUDY ON OCCURRENCE MECHANISM OF SUBJECTIVE DISTURBANCE UNDER BRAIN TASK USING ELECTROENCEPHALOGRAM

研究代表者

辻村 壮平（TSUJIMURA SOHEI）

千葉工業大学・情報科学部・特別研究員

研究者番号：80409458

研究成果の概要（和文）：本研究では、音の妨害感を生理反応から定量的に抽出する手法の確立及びその応用手法の提案を目的に、音の妨害感と脳波の関係性について検討を行っている。さらに、執務環境や学習環境における作業効率および学習効率を向上させる空間づくりへの応用として、室内音環境の影響を脳波により定量的に評価することを試みている。

研究成果の概要（英文）：In this study, it was investigated that: (1) the effect of the meaningless noises and meaningful noises on task performance or degree of disturbance caused by the noises; (2) the effect of differences between kinds of brain tasks on degree of disturbance caused by noises. The results of these experiments suggested that: (1) the meanings of noise affected the task performance in memorization of Chinese characters; (2) the degree of disturbance for the news broadcast was highest among these conditions in both works; (3) the degree of disturbance presented with meaningful noises was higher than when presented with meaningless noises; (4) the effect of meaning of noises on degree of disturbance depended on the kinds of brain tasks. And then, in order to find an influence of noise including verbal information on extent of disturbance and electroencephalogram under different types of brain works, it was investigated that: (1) effects of news broadcast and white noise on the extent of disturbance or electroencephalogram; (2) differences of them due to kinds of brain works; (3) relationship between difference of $Fm\theta$ power level and extent of disturbance. From their results, it was found that: (1) noise including verbal information have effects on extent of disturbance more than that of nonverbal information; (2) noise including verbal information adversely affected task performance of work containing verbal information such as memorization of Chinese characters; (3) noise generated during the writing in the answers have an effect on $Fm\theta$ power level more than that of during memorization of Chinese characters; (4) the extent of disturbance could be estimated from $Fm\theta$.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	500,000	0	500,000
2008年度	200,000	60,000	260,000
2009年度	300,000	90,000	390,000
年度			
年度			
総計	1000,000	150,000	1150,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築環境・設備

キーワード：作業効率，音環境，妨害感，脳波，騒音

1. 研究開始当初の背景

集合住宅の居住者は、外部騒音のみならず隣戸の生活音や自室内の発生音、建築設備機器の音など、様々な音に囲まれて生活している。これらの音はレベルが低い場合でも気になる音として問題となっていることが指摘されている。このような問題に対して、アンケートによる社会調査や印象評価により、音の妨害感（アノイアンス）の側面を検討すること、さらには、影響要因と心理的反応の関係を明らかにすることが重要である。

一方、建築の音環境の評価に際して、一般的に用いられているME法、SD法、一対比較法などの心理学的測定法は、主としてアンケート及びインタビューによる方式のものである。しかし、日常生活において、ほとんどの音は聞き流している状態であり、音に対する注意量の違いが評価に影響を及ぼすという知見が得られている。さらに、音の物理量としてはそれほど大きくないにも関わらず、居住者が騒音による被害を訴えているという訴訟問題の事例から考えても、注意を向けていない音の評価は、主観的な申告のみでは測定することが困難であることが分かる。このことは、音に対する基本的な主観量である音の大きさの判断のみによる騒音評価の限界を示唆している。従って、呈示された聴覚刺激の判断・評価等の感覚情報処理の出力に被験者の注意を導くことなくその反応を捉える必要があり、種々の環境に対峙している人間の状態を客観的に把握する手法の提案が望まれている。

2. 研究の目的

これまでに筆者は、妨害感が発生するメカニズムを仮定し、背景脳波の特定周波数成分であるFmθと妨害感の関係を検討している。この研究では作業に単純加算作業（内田クレペリン精神検査）を被験者に課し、音源に関しては1000 Hzの純音を採用している。しかし、この作業は実際に日常生活で経験する作業とは異なる性質を有しており、また、我々は日常生活で聴覚による情報伝達や思考作業中に種々の騒音に暴露されており、騒音の種類によってそれぞれ異なった印象を受けることから、日常に経験する作業や有意音及び実騒音を音源として用いた妨害感の発生メカニズムに関する知見を蓄えること

が重要である。

そこで本研究では、音の妨害感を生理反応から定量的に抽出する手法の確立を目的に、①作業の複雑さや性質及び音源の意味性が妨害感に及ぼす影響に関する検討、②言語的意味を含む騒音が知的作業の作業効率に及ぼす影響の定量的評価に関する検討、③作業効率に及ぼす音環境の影響の評価方法に関する検討という3つの側面から、妨害感と脳波の関連性を検討した。さらに、執務環境や学習環境における作業効率および学習効率を向上させる空間づくりへの応用として、脳波による室内音環境の影響の定量的な評価方法を提案した。

3. 研究の方法

(1) 音源の意味性が作業効率の及ぼす影響

2007年度は、音源の意味性に着目し、知的作業の作業効率に及ぼす騒音の影響に関する被験者実験を実施した。

明治大学理工学部の簡易無響室内において音環境の条件を制御できるシステムを構築し、2種類の知的作業（二桁の加減算の暗算、漢字の暗記・書き取り）を被験者に5分間行わせた条件で、有意騒音及び無意味騒音を受聴点の $L_{Aeq, 5min}$ 50dBで呈示した。前者にはニュース放送、音楽音を、後者にはホワイトノイズ、1000Hz純音を採用した。漢字の暗記・書き取りに関しては、漢字を暗記する作業時間を2分間とし、暗記した漢字を解答用紙に記入する時間を3分間と設定した。被験者は聴力正常な男女各10名である。なお、実験中の暗騒音を一定に保つため、作業中はピンクノイズを受聴位置で $L_{Aeq, 5min}$ 30dBのレベルで呈示し続けた。作業終了後、作業中に呈示された音源に関して、10段階の評定尺度法を用い、各作業に対する妨害感を被験者に求めた。妨害感の判断には、「1. 全く邪魔にならない」～「10. 非常に邪魔になる」を両極に記し、その間を等間隔に9分割した直線を用いた。被験者はこの直線上の該当する位置に“×”印を記入することで、妨害感を判断した。なお、妨害感の印象については、作業中の一部の期間ではなく、作業中全体の印象とした。

これらの実験結果を用いて分散分析及び多重比較を行い、音源の意味性が作業効率に及ぼす影響について検討を行った。

(2) 音声情報が知的作業に及ぼす影響に関する心理生理学的検討

2008年度は、言語的意味を含む騒音が知的作業の作業効率に及ぼす影響を心理生理学的側面から検討を行うため、音声情報を呈示した条件下で2007年度と同様の2種類の知的作業（二桁の加減算の暗算、漢字の暗記・書き取り）を被験者に課し、正答率、妨害感、脳波の測定を実施した。

明治大学の簡易無響室内において、被験者に暗算及び漢字暗記・書き取りという課題を与え、被験者の前方2mに配置したスピーカからニュースとホワイトノイズを音源として呈示し、これら2種類の音源を呈示した際の脳波を計測した。被験者は聴力正常な男性11名、女性8名の計19名である。本実験条件を表2に示す。音源の継続時間は各5分間とし、受聴点で $L_{Aeq, 5 \text{ min}}$ 50 dBに設定した。脳波の測定に関しては、国際10-20電極配置法に基づいて実施した。この電極配置法を図1に示す。本実験では、Czにおいて計測された6~7Hzの脳波（以後、Fm θ と記す）のパワーを算出した。妨害感については、2007年度と同様に、各作業終了後、「1. 全く邪魔にならない」～「10. 非常に邪魔になる」の10段階の評定尺度法により、作業中に呈示された音刺激の妨害感を被験者に評価させた。

これらの実験結果を用いて分散分析及び多重比較を行い、音源の言語的意味性が作業効率に及ぼす影響を心理生理学的側面から検討した。

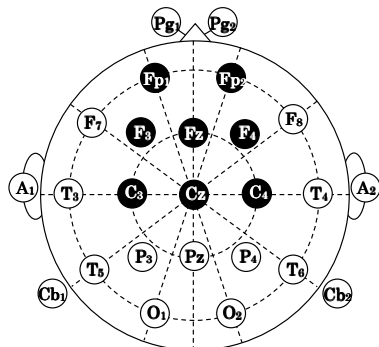


図1 国際10-20電極配置法に基づく電極配置

(3) 知的作業に関わる作業効率の評価方法

2009年度は、これまでの研究成果をとりまとめ、さらに作業効率に関する近年の既往研究の知見を用いて、これまでの各年度で実施した実験に採用した課題を脳の処理段階によって分類し、作業効率に及ぼす音環境の影響の評価方法に関して検討を行った。

知的作業の三階層モデルに基づいて、これまでに実施した実験で扱った知的作業を分類することを試みた。情報処理段階の主な知的作業には、文字や図形を認識する“視覚認知”や、“聴く”という行為のように音声の認識に関する“聴覚認知”があてはまる。ま

た、判断や操作に関する“動作制御”や内田クレペリン精神検査のような“単純加算”もこの思考の処理レベルの作業に分類することができる。

情報処理段階よりも高次な思考の処理を要する知的作業は知識処理段階に分類される。この段階の具体的な作業には、情報を認知した後に、それらの情報を記憶・加工するような“記憶”や“計算”などの作業が挙げられる。また、論理的な思考の処理を伴う“文章読解”もこの段階に分類される。

知識創造段階の具体的な作業としては、独創性や柔軟性が要求される“作文”や“設計・デザイン”などの“ものづくり”作業が考えられる。この作業では、「アイデアを表出化し、それをまとめる」という順序で作業が遂行されることになり、前述の情報処理や知識処理段階の脳内処理とは異なるものである。

これらの脳内の処理段階に対して、これまでに実施した実験で扱った知的作業の位置付けを考えてみると、情報処理段階及び知識処理段階の作業であることがわかる。そこで、作業効率に及ぼす音環境の影響に関する様々な既往研究を調査し、それらで扱われている知的作業を分類し、音環境条件と作業効率への影響の有無を整理した。

4. 研究成果

(1) 2007年度

① 正答率に及ぼす音の影響

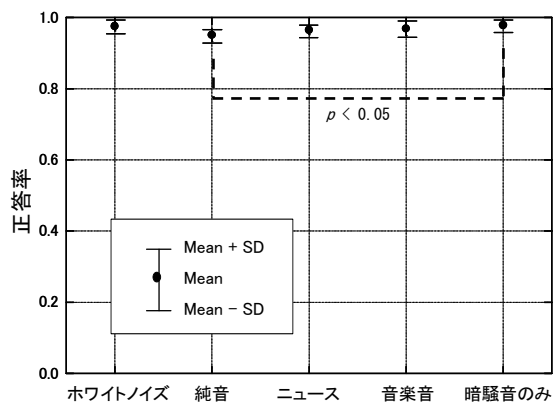
実験条件ごとの正答率を図2に示す。音源が正答率に及ぼす影響を検討するため、音源を要因とした一元配置分散分析を行った。その結果、暗算及び漢字暗記・書き取りにおいて、音源の主効果が有意に認められた。さらに、両作業において、多重比較(Tukey's HSD test)を行った結果、暗算では暗騒音のみの条件と純音を呈示した条件において、漢字暗記ではニュースとホワイトノイズ、ニュース放送と暗騒音の条件間でそれぞれ有意差が示された。

これらの結果から、暗算においては純音が、漢字暗記ではニュースが最も正答率を低下させることがうかがえる。また、両作業ともホワイトノイズは正答率をほとんど低下させないという結果となっている。

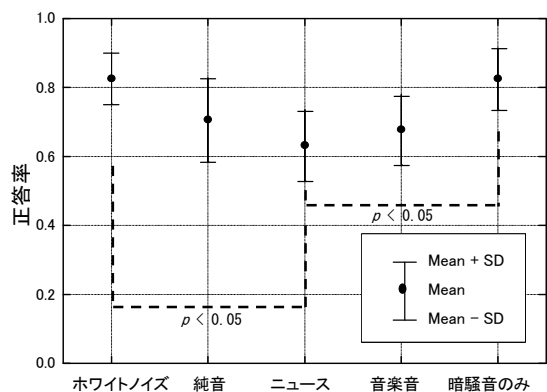
② 妨害感に及ぼす音の影響

各実験条件における妨害感を図3に示す。音源が妨害感に及ぼす影響を検討するため、音源を要因とした一元配置分散分析及び多重比較を行った結果、両作業ともにホワイトノイズとニュースで有意差が示された。また、漢字暗記ではニュースと純音、ニュースと音楽音の条件間においても、それぞれ有意差が認められた。

これらの結果から、両作業の妨害感にはニュースが最も高く評価され、ホワイトノイズは



a) 二桁の加減算の暗算



b) 漢字暗記・書き取り

図2 音源ごとの正答率

最も低く評価されることがわかった。この要因として、ニュースのような音声情報では被験者はその内容に注意を促され易くなり、作業への集中力が低下するため、妨害感が高く評価されたと推測される。また、純音及び音楽音はホワイトノイズよりも妨害感が高く評価されることがうかがえた。

以上より、正答率への音の影響が顕著に表れた漢字暗記・書き取りでは、音源が有意味騒音の場合、無意味騒音よりも妨害感は高く評価される傾向がうかがえる。それぞれの作業について妨害感を比較すると、無意味騒音では差異はみられなかったが、有意味騒音では暗算よりも漢字暗記・書き取りで妨害感は高く評価される傾向が示された。このことから、暗算よりも漢字暗記・書き取りで音源の意味性が妨害感に及ぼす影響が大きくなることが示唆される。

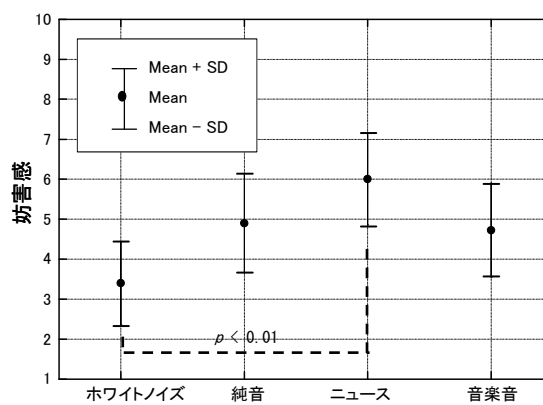
(2) 2008年度

① 正答率に及ぼす音源の影響

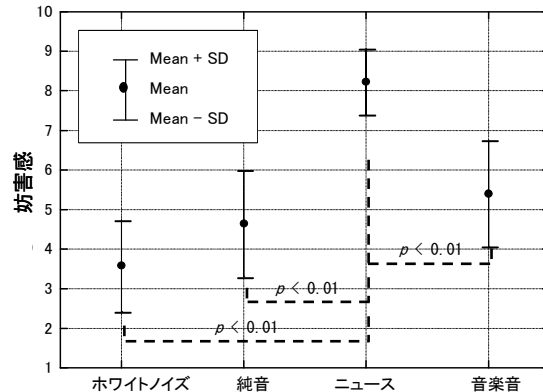
課題ごとの音源の正答率への影響を検討するため、課題と音源を要因とした二元配置分散分析を行った結果、暗算及び漢字暗記・書き取りの両課題とも音源の主効果が有意に認められなかった。このことから、本実験で用いた音源は両課題ともに正答率に影響を及ぼさないことがわかる。

② 妨害感に及ぼす音源の影響

実験条件ごとの妨害感を図4に示す。課題



a) 二桁の加減算の暗算



b) 漢字暗記・書き取り

図3 音源ごとの妨害感

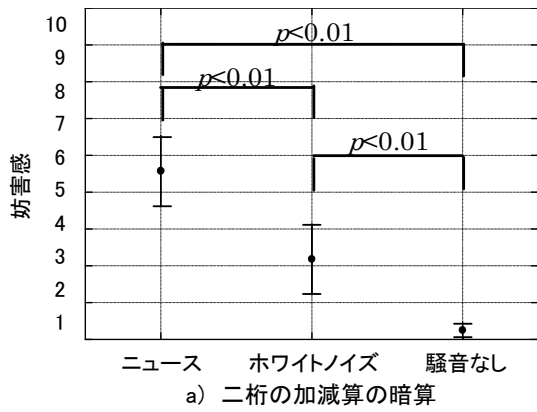
ごとの音源の妨害感への影響を検討するため、課題と音源を要因とした二元配置分散分析及び多重比較を行った結果、両課題ともに全ての実験条件間で有意差が認められた。

この結果から、音源としてホワイトノイズよりニュースに暴露されている状況で妨害感が高く評価されることがわかる。また、ニュースに関しては暗算よりも漢字暗記・書き取りにおいて妨害感が高く評価される傾向がうかがえる。以上より、ニュースのように音声情報を含む騒音は妨害感が高く評価され易く、特に言語的な記憶や思考を必要とする知的作業に対して、その影響は大きくなることが示唆される。

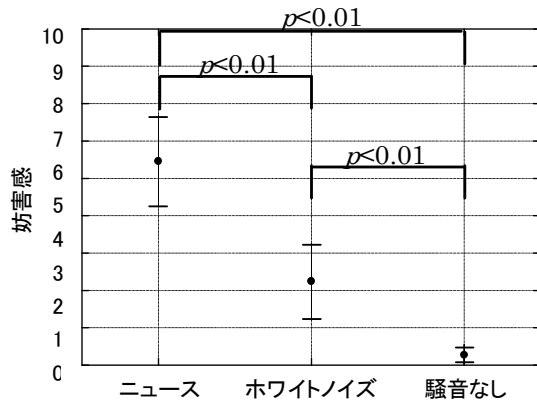
③ 脳波に及ぼす音源の影響

漢字暗記・書き取りについては記憶時の2分間と解答時の3分間というそれぞれの作業に分けて脳波を解析した。課題ごとの音源のFmθへの影響を検討するため、課題と音源を要因とした二元配置分散分析及び多重比較を行った結果、ホワイトノイズに有意差が示された。交互作用については主効果がズとニュースの実験条件間で有意差が認められた。Fmθと妨害感の関係を検討するため、それぞれの課題について、音源ごとのFmθのパワーと妨害感の関係を図5に示す。Fmθのパワーが減少すると妨害感が増加する傾向が示されている。

これらより、音に暴露された場合にFmθの



a) 二桁の加減算の暗算



b) 漢字暗記・書き取り

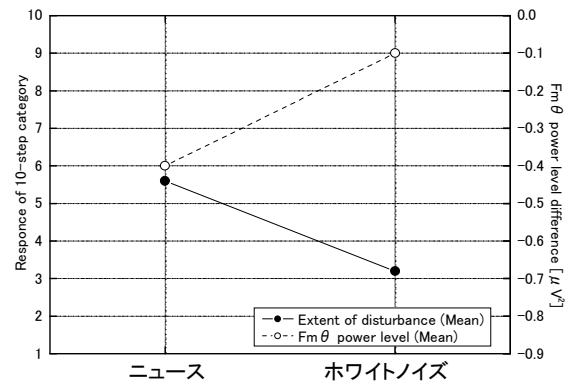
図4 音源ごとの妨害感

パワーは低下する傾向がみられ、ホワイトノイズよりニュース放送に暴露された場合に、その傾向が顕著になることがうかがえる。また漢字暗記・書き取りでは解答時においてのみ音源間で有意差が示されたことから、 $Fm\theta$ のパワーは記憶時よりも解答時において騒音の影響を受け易いと考えられる。さらに、集中力が低下すると $Fm\theta$ のパワーは減少するという既往研究の知見を用いて考察すると、何かを記憶する時よりも記憶したものを思い出す時に、騒音によって集中力が低下し易いことが推測される。

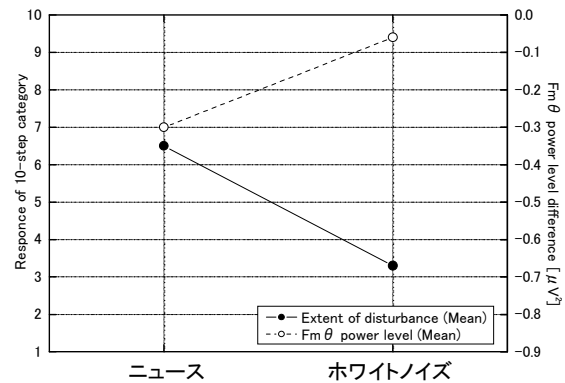
以上より、本実験では、妨害感と脳波の $Fm\theta$ のパワーレベルに関連性が示され、①正答率に及ぼす騒音の影響は表れないこと、②騒音レベルが等しい場合でも、言語的意味を含む騒音は作業能率を低下させる可能性が高いこと、③言語的意味を含む騒音は作業に対する集中力の低下を誘発し易いこと、④記憶したものを思い出す時に騒音に暴露されると集中力が低下し易いことが見出された。

(3) 2009年度

情報処理段階の知的作業に関しては、主観評価や生体反応の側面から作業効率の検討が重要であることが示唆される。例えば、OA事務作業などの情報処理段階の作業が主となる労働環境に関しては、主観評価や生体反応により音環境の影響を検討し、作業量や正



a) 二桁の加減算の暗算



b) 漢字暗記・書き取り(解答時)

図5 $Fm\theta$ と妨害感の関係

答率でその影響を確認するという評価モデルが考えられる(図6)。また、知識処理段階の課題が主となる空間では、その作業内容の複雑さを勘案して作業量や正答率と主観評価や生体反応を組み合わせた観点で作業効率を検討するモデルが考えられる(図7)。

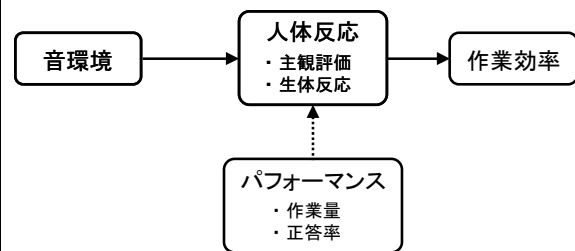


図6 情報処理段階の作業効率の評価モデル

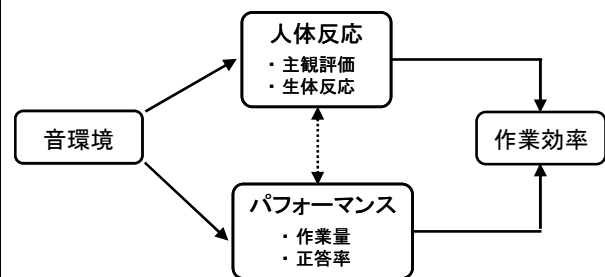


図7 知識処理段階の作業効率の評価モデル

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計6件)

- ① 辻村壮平：知的作業に関わる作業効率の評価方法に関する考察，日本音響学会騒音・振動研究会資料，N-2009-55，浜松市楽器博物館，2009. 8. 7
- ② 辻村壮平：音声情報が知的作業に及ぼす影響に関する心理生理学的検討，日本音響学会春季研究発表会講演論文集，Vol. 2009，pp. 1039-1040，東京工業大学，2009. 3. 17
- ③ Sohei Tsujimura：Psychophysiological experiments on extent of disturbance of noises under conditions of different types of brain works, Proceedings of the 37th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2008), ESVSH-0370, Shanghai, China, 27, October 2008.
- ④ 辻村壮平：無意味及び有意味騒音が知的作業時の妨害感に及ぼす影響，日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1，pp. 33-34，広島大学，2008. 9. 18
- ⑤ 辻村壮平：音による脳波の反応－脳波計測の利点と問題点－，日本建築学空間研究小委員会研究会資料－生理計測による空間評価研究の可能性－，日本建築学会建築会館，pp. 11-21，2008. 6. 9
- ⑥ Sohei Tsujimura and Yukiko Yamada：A study on the degree of disturbance by meaningful and meaningless noise under the brain task, Proceedings of the 19th International Congress on Acoustics 2007(ICA 2007), PPA-02-025, Madrid, Spain, 5 September 2007.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

辻村 壮平 (TSUJIMURA SOHEI)
千葉工業大学・情報科学部・特別研究員
研究者番号：80409458