

平成21年 6月 11日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2006～2008

課題番号：18700217

研究課題名(和文) マスキング効果を利用した知的作業のための音環境デザイン

研究課題名(英文) Acoustic environment design in performing intellectual task  
by use of masking effect

研究代表者

為末 隆弘 (TAMESUE TAKAHIRO)

信州大学・工学部・助教

研究者番号：00390451

研究成果の概要：建造物による遮音・防音対策を施してもなお残る会話・電話などの有意味騒音に対して、音楽や自然音などの種々のマスキング音を付加することによって、騒音が知的作業に及ぼす影響をどの程度軽減できるかについて、生理・心理学的側面から調査した。騒音の意味性の違いにより、作業者の脳波や主観的反応および作業成績に有意な差異が現れ、マスキングによって有意味騒音を無意味騒音に質的变化させ得ることの可能性の一端が認められた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	900,000	0	900,000
2007年度	1,400,000	0	1,400,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	330,000	3,730,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：音環境、知的精神作業、マスキング効果、有意味騒音、無意味騒音、心理的評価、生理的評価、作業成績

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 記憶・計算等の知的精神作業を行う場合、外来雑音の存在により作業成績や騒音に対する心理的印象が悪化することは我々がよく経験するところである。特にその傾向は、道路交通騒音に代表される無意味騒音よりも会話等の有意味騒音の場合の方が顕著に現れる。従来の研究では、知的精神作業を行っているときに外部から種々の有意味・無意味騒音が侵入した場合の騒音に対する心理的印象や作業成績について考察している。そ

の結果、無意味騒音の場合は音圧レベル値が低下するとともにうるささも低減するのに対し、有意味騒音の場合はさほど低減しないという知見が得られている。また、作業成績の側面からも無意味騒音の場合よりも有意味騒音の場合の方が、特に大きな作業遂行の妨害となることが確認された。この事実は、有意味騒音をそれとは異なる別の音でマスクすることにより、騒音のうるささの心理的印象を低減させると同時に作業成績を改善し得る可能性を示唆している。

(2) さらに我々はこれまで、有意味な音声騒音を無意味定常音やBGMでマスクすることにより、うるささに関する心理的印象を低減すると同時に、作業成績も改善することが可能であるか否かについて考察している。その結果、有意味な音声騒音をそれとは異なる音でマスクするといった音を積極的に活用した騒音対策手法の有効性を確認した。しかしこの研究では、マスク音としてピンクノイズ等の無意味定常音を用いており、音楽等の有意味音を用いた場合は検討されていない。また、知的作業を比較的継続時間の短い数字の演算作業に限定して考察したものである。

## 2. 研究の目的

(1) 知的作業が長時間にわたって行なわれる現場で、種々の定常・変動音をマスク音として用いた場合の作業者の騒音に対する意識・注意や妨害感などの主観申告による心理的評価のみでなく、脳波を指標とした生理的評価を試みる。さらには、作業をどの程度正確に遂行できるかといった作業成績について検討する。具体的には、音声等の有意味な騒音が存在する音環境下で、記憶・計算・図形探索などの種々の知的精神作業を行なっている作業者に対して、マスク音として帯域制限ピンクノイズ等の無意味定常音や音楽・BGM等の有意味な変動音を長時間にわたって放射した場合、作業者の有意味騒音に対する評価および、うるささに関する心理的印象や心地よさ等の快適性がどのように変化するか、さらには上記に起因して、作業の正答率や反応時間がどの程度となるかを作業心理実験により調査する。

(2) 脳波測定実験を行い、質問調査などの主観申告に基づく心理評価法では測定することが難しい“聞き流している”・“意識していない”・“気にしていない”・“無視しようとしている”刺激に対するヒトの反応を計測する手法を検討するための初期段階として、脳波計測による生理学的手法を併用して定量的なアプローチを試みる。特に、意図的な選択的注意の程度を測る指標として脳波中の前頭正中部における $\theta$ 波や聴覚刺激によって引き起こされる事象関連電位に着目し、これらが騒音の有意味・無意味性によってどのように変化するかを検討する。

## 3. 研究の方法

(1) 知的精神作業を一定時間行っているときに、有意味な音声騒音を無意味定常音、BGMまたは自然音でマスクした場合、騒音のうるささに関する心理的印象や正答率・反応時間といった作業成績およびそのときの疲労感がどのように変化するかを調べる。

① 実験場所：縦 3.0 m × 横 3.0 m × 高さ 1.9 m の容積をもつ無響室で行った。暗騒音

の音圧レベルは約 36 dB で、A 特性音圧レベルでは約 21 dB であった。

② 被験者：聴力正常な 20 歳代の男子学生 12 名、女子学生 4 名の計 16 名であった。

③ 音声騒音：以下の 3 種類を用いた。

A) 講演音声：市販の講演 CD から拍手・効果音・音楽を削除して作成した男性と女性の講演音声を採用した。

B) 電話音声：実際の電話による男女の会話音声を事前に収録したものを用いた。

C) マルチトーカーノイズ：補聴器適合評価用 CD (TY-89) に収録されたマルチトーカーノイズ (何か話していることはわかるが会話の内容まではわからない) を用いた。

マスク音の効果が実際に現われる範囲を考慮して音声騒音の時間平均音圧レベル値を被験者の耳の位置で約 50 dB に設定した。

④ マスキング条件：音声騒音を以下に示す定常音または変動音でマスクした。

A) 定常音

A-1) 帯域制限ピンクノイズ：周波数帯域幅 [176.75 ~ 5656] Hz で制限した。男性・女性の音声を最低音圧レベル値で頑健にマスクするのに最も有効な無意味定常音として従来の研究で選定されたものである。

A-2) 擬似音声騒音：音声の平均的な周波数特性を有する疑似音声雑音を用いた。

B) 変動音

B-1) BGM：MUZAK の CD に収録されたゆったりした感じの歌詞のない音楽を用いた。

B-2) 自然音：CD “Nature Sound Gallery 屋久島” に収録されている“清流～三代杉” (川の水音) および“いなか浜～夕暮れ” (波の音) を用いた。

B-3) クラシック音楽：ブランデンブルグ協奏曲 第 1 番 へ長調 BWV1046 - 第 1 楽章: (Allegro) を用いた。

従来の研究では、音声騒音とマスク音の S/N 比が 3 dB のとき、うるささに関する心理的印象の低減効果が最も顕著であるとの知見が得られている。このことを踏まえて、定常音および変動音の時間平均音圧レベル値をそれぞれ約 42、47、52 dB に設定した。また、音声騒音のみを提示する場合も検討した。騒音を 2 本のスピーカから約 2 m 離れた位置の被験者に対して放射した。

⑤ 精神作業課題：短期記憶作業の一例として、数字プロブ作業を採用した。数字の場合の短期記憶の容量は約 7 項目であるという研究結果をふまえて、7 項目の数字からなる系列を提示することとした。課題として提示する数字は、「1」～「9」の数字の中から聴覚による課題提示の際に聴き間違い易い数字を除いた「2」～「7」(「二」、「サン」、「ヨン」、「ゴ」、「ロク」、「ナナ」) の 6 種類とした。聴覚提示または視覚提示により課題

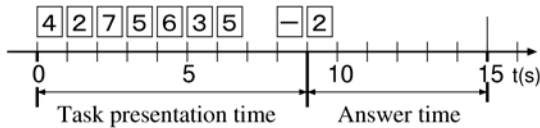


図 1: 数字プローブ作業のタイムチャート

内容の数字を 1 秒間隔で提示した。数字プローブ作業のタイムチャートを図 1 に示す。実験者は 7 項目の数字からなる系列をランダムに 1 秒間隔で提示した後、それまでの系列とプローブを区別するための信号およびプローブとしての数字を提示する。被験者は提示された系列を順次記憶し、その系列の中にただ一つ存在するプローブと同じ数字のつぎに提示された数字を回答入力装置の押しボタンによりできるだけ早く正確に回答する。15 秒で作業を完了するが、これを 60 回または 120 回繰り返して 15 分間または 30 分間連続して行った。この実験を各マスキング条件に対して 2 回行った。また、比較対象として、簡単な計算作業および図形探索作業を用いた。具体的に、前者は、一桁の三つの数字の加算・減算計算であり、後者は、指示に従って 3 行 3 列のマスの中に書かれた文字を回転・反転させ、その結果と等しいものを解答群の中から一つ選ぶといったものである。これらの作業時間も 15 分間または 30 分間に設定した。

⑥ 測定項目

- A) うるささに関する心理的印象：作業後に被験者がその間放射されていた騒音全体に対してどのようなうるささに関する心理的印象をいただいたか、7 段階のカテゴリー尺度 (F1：全く気にならない、F2：気にならない、F3：あまり気にならない、F4：少しうるさい、F5：うるさい、F6：かなりうるさい、F7：非常にうるさい) を用いて調査した。
- B) 騒音に対する注意・意識の評価：作業者の騒音に対する注意・意識の程度を調べる方法の一つとして、作業後に音声雑音が気になったかどうかについて YES または NO で回答を求めた。
- C) 不快・疲労感自覚症状：不快感や疲労感に関する自覚症状についてはアンケート調査用紙を用いて調査した。調査項目を表 1 に示す。被験者は作業実施前と実施後に、すべての項目について 5 段階 (A1：全くあてはまらない、A2：わずかにあてあまる、A3：すこしあてはまる、A4：かなりあてはまる、A5：非常にあてはまる) で評価した。
- D) 作業成績：無回答の場合は誤答として、正答数の作業数に対する百分率を正答率と定義した。反応時間とは一般に刺激が与えられてからこれに対する反応が

表 1：自覚症状

I	ねむけ感
	1 ねむい
	2 横になりたい
	3 あくびがでる
	4 やる気がとぼしい
	5 全身がだるい
II	不安定感
	6 不安な感じがする
	7 ゆううつな気分だ
	8 おちつかない気分だ
	9 いらいらする
	10 考えがまとまりにくい
III	不快感
	11 頭がいたい
	12 頭がおもい
	13 気分がわるい
	14 頭がぼんやりする
	15 めまいがする
IV	だるさ感
	16 腕がだるい
	17 腰がいたい
	18 手や指がいたい
	19 足がだるい
	20 肩がこる
V	ぼやけ感
	21 目がしょぼつく
	22 目がつかれる
	23 目がいたい
	24 目がかわく
	25 ものがぼやける

起こるまでの時間であるが、本研究ではプローブを提示し始めてから被験者がボタンを押して回答するまでの時間とした。ただし、無回答と誤答の場合は除外した。

(2) 精神作業時に有意味騒音・無意味騒音を提示した場合の作業者の意図的な選択的注意の程度を測るため指標として、聴覚誘発脳波の変化を調べる。

① 実験場所：縦 2.0 m × 横 2.0 m × 高さ 1.9 m の電波シールドルームで行った。

② 被験者：聴力正常な 20 歳代の男子 7 名と女子 2 名の計 9 名である。

③ 音声雑音：(1)③と同様である。

④ マスキング条件：(1)④と同様である。

⑤ 精神作業課題：精神作業には前述の数字プローブ作業のみでなくオドボール課題を用いた。これは、高頻度で提示される非標的の刺激と低頻度で提示される標的の刺激の 2 種の刺激を弁別させ、標的の刺激を数えさせるものである。刺激間隔を 2 秒、標的の刺激の周

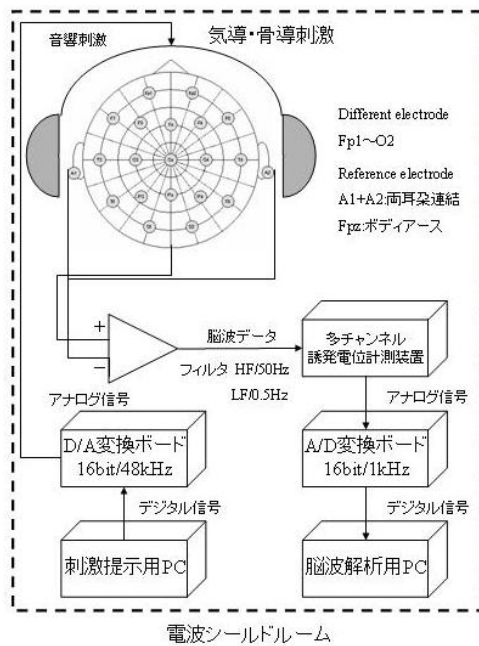


図 2：脳波測定システムの概要

波数を 2 kHz、非標的刺激の周波数を 1 kHz、標的刺激の呈示頻度 20 %、音圧レベルを 60 dB として、気導ヘッドホンまたは骨導ヘッドホンにより提示した。

⑥ 測定項目：導出電極は、図 2 のように Ag-AgCl 小型皿電極を国際 10-20 計測法に準拠して装着した。誘発電位計測装置(日本光電 MME-3116)からの出力信号を収録ボード(National Instruments NIUSB-6259)により、サンプリング周波数 1 kHz、量子化 16 bit で PC に取り込んで解析した。脳波中の事象関連電位(ERP: Event related potential)は、外的あるいは内的な事象に関連して生じる脳の一過性の電位変動であり、自発脳波に重畳して記録される。その中の反応で、刺激提示後約 100 ms 後に観測される陰性成分(N100)は、感覚刺激の大脳皮質到着と分析の初期段階に対応していると考えられており、刺激に対する注意や集中により、その振幅が大きくなることが知られている。また、刺激によって課題が解決されるなど、何らかの情報が被験者に与えられた時点から約 250~600 ms の潜時において陽性の大きなピーク(P300)が出現することが知られており、その振幅や潜時が選択的注意と密接に関与することが示唆されている。そこで本研究では、有意味・無意味騒音を提示した場合の精神作業への注意や集中に及ぼす影響を評価するための指標として、N100 および P300 振幅に着目した。騒音条件下で標的刺激提示時の脳波の加算平均(20 回)を行って正中前頭部 Fz、正中中心部 Cz、正中頭頂部 Pz のそれぞれの電極位置における ERP 波形を求めた。

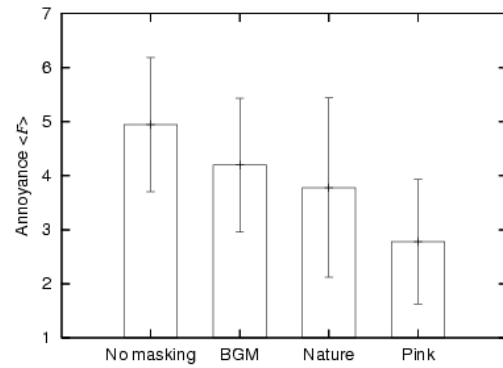


図 3：騒音のうるささに関する心理的印象

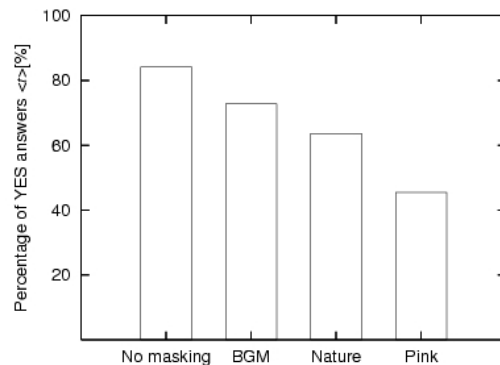


図 4：騒音が気になると答えた割合

#### 4. 研究成果

- (1) 作業心理実験で得られた実測データを用いて、課題提示方法、有意味音声雑音の種類およびマスキング条件の 3 要因による分散分析を行った。その結果、マスキング条件の効果は有意であったが( $p < .01$ )、課題提示方法および有意味音声雑音の効果は有意ではなかった。各マスキング条件における心理的印象の平均値と標準偏差を求めた結果を図 3 に示す。無意味定常音を用いた場合に心理的印象の低減効果が顕著に現れた。
- (2) 音声に対する注意・意識の評価として、各マスキング条件における騒音が気になる答えた人の割合を求めた結果を図 4 に示す。無意味定常音でマスクした場合、騒音が気になると回答した人の割合が最も減少した。
- (3) 数字プロブ作業の実施前後に実施した調査結果をもとに、第 I 群から第 V 群のそれぞれについて、各マスキング条件における作業前後の主観的自覚症状の平均値と標準偏差を求めた。これらの結果の一例として、III 群の不快感の結果を図 5 に示す。マスキング音の違いによる差異はみられず、顕著なマスキングの効果は認められなかった。
- (4) 各マスキング条件における作業の正答率および反応時間の結果を図 6 および図 7 に示す。いずれもマスキングに基づく若干の改

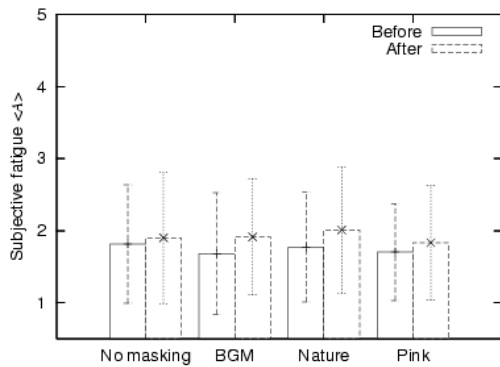


図 5 : 主観的不快感

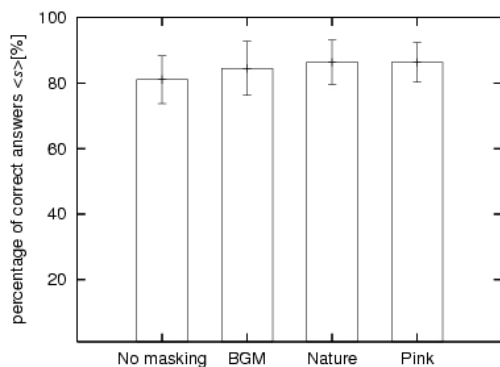


図 6 : 正答率

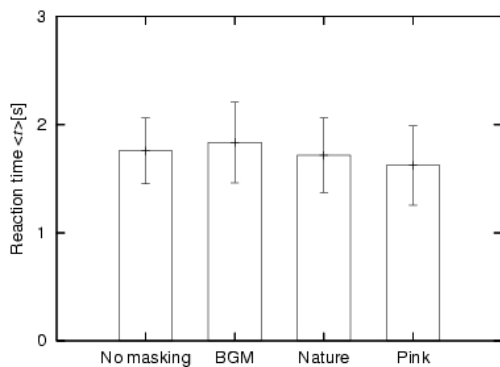


図 7 : 反応時間

善の効果が認められた。

(5) 各条件下での脳波中の ERP 波形から求めた事象関連電位 N100 および P300 の振幅の平均値と標準偏差を図 8 および図 9 に示す。騒音の意図性が強くなるに従って振幅が小さくなる傾向が現れ、作業課題に対する選択的注意と関係している可能性が示唆された。

(6) 以前より“雑音発生器が、目に見えない音のついたての代用をするということ、米国では利用されているが、我が国では利用できない”(電子情報通信学会編、新版聴覚と音声)とされてきた経緯があり、有意味な雑

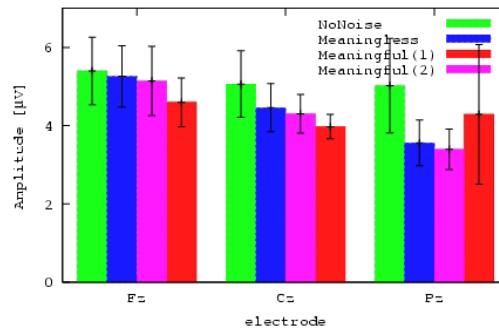


図 8 : N100

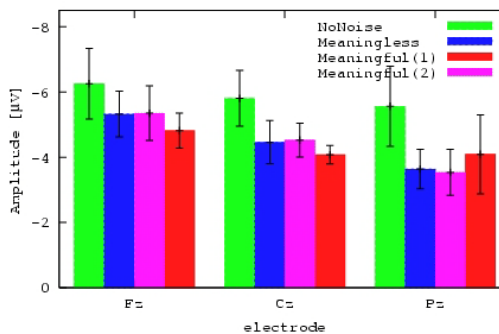


図 9 : P300

音をそれとは異なる別の音でマスクするという音を積極的に活用した雑音対策手法については、我が国ではあまり検討されていなかったが、本研究では、音を積極的に活用した雑音対策手法が、知的精神作業を遂行するための音環境の改善につながる一つの有効な手法となり得ることを示した。

(7) マスキング音を利用した騒音対策手法について検討した数少ない他の研究事例では、作業がどの程度正確に遂行できるかといった作業成績のみに考察の力が置かれ、作業者の心理的評価にまで立ち入った議論がなされていなかったが、本研究では、単に作業が遂行できるだけでなく心理的にも不快に感じさせないマスキングの効果を定量的に検討した。

(8) 質問調査などの主観申告に基づく心理評価法では測定することが難しい“聞き流している”・“意識していない”・“気にしていない”・“無視しようとしている”刺激に対するヒトの反応を計測する手法を検討するための初期段階として、脳波計測による生理学的手法を併用して定量的なアプローチを試みた。今後さらに、ヒトの注意・知覚・予測・探索・記憶・意思決定など認知過程全般に起源した長潜時の事象関連電位に着目した再現性の高い安定した作業音環境に対する評価手法について考察する必要がある。

(9) 情報漏洩防止や個人情報保護といった時代的要求の高まりから、個人情報話題に

なる会話の秘話性について注意が払われるようになっており、遮音・防音対策を施してもなお残る会話などの音声に対してマスク音を放射して空間内のスピーチ・プライバシーを確保できるといった側面もある。

#### 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)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Takahiro Tamesue, Tetsuro Saeki, Kazunori Itoh, Reduction of annoyance by masking with a steady or fluctuating sound, Proceedings of the 19th International Congress on Acoustics, NOI-07-016, 2007, 査読有
- ② 為末隆弘、佐伯徹郎、伊東一典、知的精神作業時のマスク効果に関する一考察、日本音響学会 騒音・振動研究会資料、N-2007-39、1-8、2007、査読無
- ③ 為末隆弘、佐伯徹郎、山口静馬、知的作業時のマスク効果によるうるささの低減、電子情報通信学会 応用(電気)音響研究会資料、EA-2006-59、25-30、2006、査読無

[学会発表] (計 10 件)

- ① 為末隆弘、高橋広樹、上條春香、伊東一典、佐伯徹郎、記憶精神作時の騒音に対する心理・生理的定量評価に関する基礎的考察、日本音響学会 2009 年春季研究発表会、1031-1032、2009. 3、東京工業大学
- ② 高橋広樹、上條春香、為末隆弘、伊東一典、橋本昌己、香山瑞恵、佐伯徹郎、騒音の有意性が精神作業者に及ぼす影響の生理的・心理的定量評価、第 28 回日本生体医工学会甲信越支部大会、1-2、2008. 10、山梨大学
- ③ 高橋広樹、経塚直美、為末隆弘、伊東一典、橋本昌己、香山瑞恵、佐伯徹郎、有意味・無意味騒音が精神作業者に及ぼす影響の心理的及び生理的定量評価、日本音響学会 2008 年秋季研究発表会、1103-1104、2008. 9、九州大学
- ④ 高橋広樹、経塚直美、為末隆弘、伊東一典、橋本昌己、香山瑞恵、有意味・無意味騒音が精神作業者に及ぼす影響の脳波を指標とした定量評価に関する研究、第 6 回日本生体医工学会甲信越支部長野地区シンポジウム、3-4、2008. 2、長野工業高等専門学校
- ⑤ 為末隆弘、佐伯徹郎、伊東一典、知的精神作業時におけるマスク音の有効性、日本音響学会 2007 年秋季研究発表会、871-872、2007. 9、山梨大学

- ⑥ 高橋広樹、為末隆弘、伊東一典、橋本昌己、香山瑞恵、短期記憶作業時における有意味雑音のマスク効果によるうるささの低減、第 27 回日本生体医工学会甲信越支部大会、48-49、2007. 9、信州大学
- ⑦ 為末隆弘、佐伯徹郎、伊東一典、知的精神作業時の心理的印象と作業成績に対するマスク効果、日本人間工学会第 48 回大会、322-323、2007. 6、名城大学
- ⑧ 為末隆弘、佐伯徹郎、伊東一典、マスク効果を利用した知的精神作業時のうるささの低減に関する一考察、第 51 回システム制御情報学会研究発表講演会、687-688、2007. 5、京都テルサ
- ⑨ 高橋広樹、為末隆弘、佐伯徹郎、伊東一典、短期記憶作業の心理評価と作業成績に対するマスク効果、第 5 回日本生体医工学会甲信越支部長野地区シンポジウム、11-12、2007. 2、信州大学
- ⑩ 為末隆弘、佐伯徹郎、知的作業時のマスク効果によるうるささの低減、日本音響学会 2006 年秋季研究発表会、669-670、2006. 9、金沢大学

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

為末 隆弘 (TAMESUE TAKAHIRO)

信州大学・工学部・助教

研究者番号：00390451

##### (2) 研究分担者

なし

##### (3) 連携研究者

なし