

ワイヤレス脳波計測機を用いた音響刺激に対する脳活動と調音材の関係調査*

福島学**, 鶴飼拓也**, 鎌田悠平**, 島袋倫**, 米川修平**, 丸尾梨紗**, 河納隼一***,
近藤善隆****, 窪田泰也*****

*An Investigation of the Relationship between Brain Activity and the Articulation material

Manabu FUKUSHIMA **, Takuya UKAI**, Yuhei KAMADA**, Rin SHIMABUKURO**,
Syuhei YONEKAWA**, Risa MARUO**, Syun'ichi KAWANO****, Yoshitaka KONDO*****,
Yasuya KUBOTA*****

** Department of Media Technologies, School of Engineering, Nippon Bunri Univ.

*** art net Co., Ltd., ****J-TEC Co., Ltd., ***** Aural Sonic, Inc.

Abstract

This paper describes the effect of the brain activity using the Aural Sonic that is one of the articulation materials. There are many building components are produced such as sound absorbing material, sound deadening material, sound insulator material. These building materials are mainly used for avoiding room to room sound trouble. On the other hand articulation material is produced that is mainly used for trimming room acoustic environment. In this study, Aural Sonic that is one of the articulation materials is used for trimming the room acoustic environment. As a stimulus signal, the triple syllable articulation test that is an acoustic stimulus is used. The wireless electroencephalograph named 'B3-Band' is used for measurement. As a result, we found the relationship between the area of Aural Sonic and α wave that is one of the brain activity.

Keywords brain activity, measurement, articulation material, wireless, subjective judgement

1. はじめに

日常生活の中で、相手の言葉を聴き取る必要が頻繁にあり、特に教育機関において聴き間違いが学修成果に直接的に結びつくことが少なくない。このため、教員が発生した単語が明朗な状態で受講生に到達しているかの評価[1][2][3]に関する研究がなされている。これは、ラジオやテレビの伝送品質にも用いられ適切なコンテンツ配信において重要とされている。近年では情報通信網の普及にともない、遠隔教室への展開[4][5][6]もなさ

れている。

室内の音環境を変化させる建築部材があり、多く利用されている。建築部材である吸音材は部屋のモードを防ぐなどの目的で使用される。しかし、音響エネルギーを完全に吸音するには、入射された音響エネルギーが内部で例えば熱エネルギーに変換することで、部材から再放射されないことが重要である。このため想定する音響信号の波長に応じた吸音材の長さや材質が必要となる。これは、吸音しきれない音響エネルギーが部屋に残る

ことを意味する。また防音材および遮音材は主に隣接する室間の音響エネルギー伝搬を抑制することを目的とした部材であり必ずしも室内部の音環境を調えるためのものではない。このため、これらの建築部材を用いても室内の音環境が必ずしも好ましい状況になるとは限らない。

このような背景から、室内の音環境を調えることを目的とした調音材が開発された。調音材は室内の音響信号の伝搬を調えることが目的であり、聴き取りの改善が期待できる。但し、従来の計測で一般的に用いられている時間平均法ではその特性を適切に計測することができず、短時間に生じる音響事象を計測するための手法が必要となる。著者らはこれまでに短時間事象を対象とした時間周波数分析手法の提案を行っている[7]。提案手法はDLR法[8][9]を基本アルゴリズムとして使用する手法であり、時間平均の回数が従来法に比べて少なくても良い特徴があるため、分析を短時間で行うことが可能であり、結果的に短時間事象の分析に適した時間追従性を実現している。

調音材の1つであるAural Sonicの音響特性を調査した結果、部材から音環境の中でも言葉の聴き取りに重要な周波数帯域および時間タイミングでの反射特性を有することが明らかとなった[10]。しかし、明瞭度試験法の基準として定められている3連音節明瞭度試験[11]を実施したところ、調音材による音環境が調べられたという物理的改善で想定される明瞭度改善度以上の改善結果である約30% (28/50 から 43/50) が得られた。これは、Aural Sonicが音響物理としての調音だけでなく何らかの他の効果により明瞭度が改善した可能性を示している。

そこで、明瞭度について改めて考える。明瞭度は人が音響刺激の提示を受けて聴こえた音節記号を書きとることで了解度を調べるものである。このため一般には、放射される音響信号が鼓膜上で完全に再現されたときが最も了解度が高くなると考えられる。しかし、実際には同じ音響刺激が鼓膜上で生じていても、疲労度や思い込みにより知覚した信号が適切な単語に識別されとは限らない。このため主観評価実験では疲労度等の実験協力者の条件も等しくすることが求められる。これは音響物理だけでなく脳活動も聴こえに関係する可能性を示している。

そこで本研究は、音響刺激を提示した際の実験

協力者の脳波を計測し、調音材を変化させた際の脳波を計測し、調音材が脳活動に影響するかどうかについて調べることをとする。ここでは調音材の変化として調音材面積を指標とすることとする。

2. 音響刺激提示時の脳波

明瞭度試験法の1つである3連音節明瞭度試験[11]は表1に示すように、無意味な音節3つを1発話語とし、50発話語を実験協力者に提示し紙に回答する。提示は1発話語の後に回答用紙に書き込むのに十分な時間が確保されており、5発話語事に「行番号」が入ることで聴き漏らしまはたは回答欄間違いが無いように実施する。また冒頭でナレーションを入れることで、発話語提示前の被験者の意識を明瞭度試験に向かうようになっている。本研究では6種類ある音標(50発話語パターンが定められた表)のうち音標番号1を使用し、発話者がNHK男性アナウンサーの刺激信号を使用した。なお、使用した音響信号の時間波形を図1に示す。図は横軸に時間を秒単位でしめしている。図中縦の補助線は行番号発話(「X行目」を2回繰り返して発話)を示している。なお、横軸0秒から最初の補助線までの間に先述の冒頭ナレーションとして「無意味3連音節明瞭度試験 テープ 音標番号1 音標番号1」が発話されている区間である。

行目	1番			2番			3番			4番			5番			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1行目	ミヨ	オ	ヘ	チ	マ	ク	ガ	ソ	ム	ビヨ	ン	キ	ヒ	リヨ	ジョ	
2行目	モ	タ	リヨ	ビヤ	ク	シュ	チュ	ウ	ケ	ビヨ	イ	ガ	ル	ビュ	ハ	
3行目	ナ	40	E6	43	E0	37	60	E6	14	E2	63	32	C1	80	B7	O1
4行目	フ	コ	ヒヤ	ノ	ノ	コ	キヤ	バ	ヘ	ビ	ミヨ	ニヤ	メ	メ	33	
5行目	52	B4	55	44	44	14	F1	B5	F0	53	E1	67	45	63	3	
6行目	ホ	ス	ベ	チョ	ジュ	シ	ジョ	セ	ニ	ウ	70	4	10	86	6	
7行目	コ	ゲ	キ	レ	モ	ニュ	グ	ズ	ト	ギョ	バ	チ	ド	ギユ	メ	
8行目	14	B3	11	83	64	46	B2	C2	34	B7	E0	31	D4	B6	63	
9行目	ジュ	シ	リュ	ツ	ナ	ジョ	ト	ソ	モ	F6	レ	ゲ	ヤ	ホ	36	
10行目	06	21	86	32	40	27	34	24	64	F6	B3	B3	70	54	3	
11行目	ハ	ビヨ	フ	ミュ	ラ	グ	ロ	ビ	オ	ハ	ジ	フ	セ	ミュ	タ	
12行目	50	F7	52	66	80	B2	84	F1	04	F0	G1	F2	23	66	30	
13行目	キヨ	テ	ビヨ	ウ	キ	チョ	イ	ベ	キュ	ソ	ワ	ノ	ム	ニヨ	ゴ	
14行目	17	33	E7	02	11	37	01	F3	16	C4	90	44	62	47	B4	

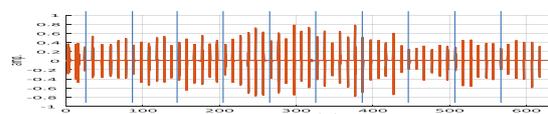


図1 実験で使用した無意味3連音節明瞭度試験の時間波形(横軸:時間(補助線が「X行目」発

話タイミング)

表 1 から 3 つの音素の組み合わせから親和性のある「既知の単語」が存在しないことがわかる。また音素バランスに偏りが無いこともわかる。さらに単語を想起しやすい 3 連音節も存在し、本当に聴き分けることができているかの試験が行えるように設計された発話語であることがわかる。また 50 発話語内に類似 3 連音節が存在することと、親和性の低い 3 連音節が 50 発話語存在することから実験協力者が音標番号を記憶することによるスコア改善の危険性が無いことがわかる。

また図 1 にしめした音標に従って発話された発話音声、主観評価実験冒頭部で刺激音提示および被験者側にトラブルが生じていないかを確認するための単語音声および無音区間が存在することと、3 連音節発話が 1 つの音響事象と波形レベルになっていること、さらに発話語単位で無音区間が存在することが確認できる。

以上のことから、研究協力者に提示する音響刺激として適切なものであると判断する。験では、この刺激を提示し、聴取環境を調音材によって変化させる。実験では調音材の 1 つである Aural Sonic を用いることとする。この調音材は図 2 に示す福岡圏産業デザイン協会主催の第 17 回福岡デザインアワードにて優秀賞を受賞した調音材であり、図 3 に示すように調音材の表面に絵画等を印刷することで室内インテリアとして利用可能な部材である。展示には本学で計測した Aural Sonic の物理特性データが本学の名前とともに展示された。実験では、図 4 に示すように音響刺激を実験協力者前方に設置した音響再生装置から提示し、図 4 のダミーヘッド（疑似頭マイク）位置に実験協力者が着座して音を聞く。実験協力者は聴こえた音を判別して解答用紙に書き込む。Aural Sonic は頭部後方に設置する。図 4 の Aural Sonic は 900mm × 900mm 8.1 10⁵ (mm²) の部材を設置した様子を示している。



図 2 調音材 Aural Sonic が優秀賞を受賞した福岡圏産業デザイン協会主催の第 17 回福岡デザインアワードの様子



図 3 調音材 Aural Sonic の展示風景（第 17 回福岡デザインアワード展示中の様子）

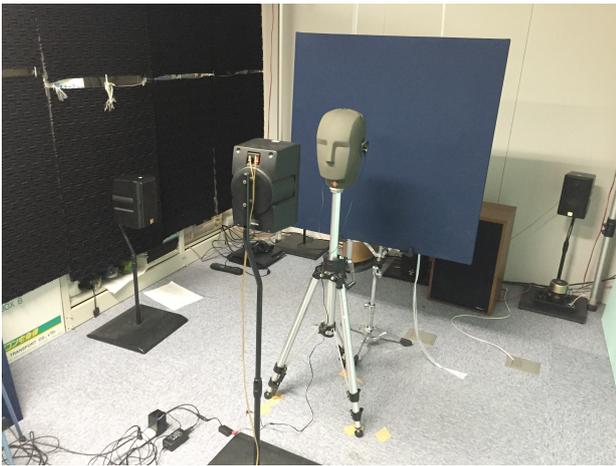


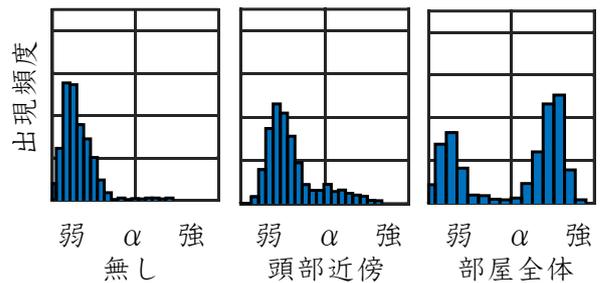
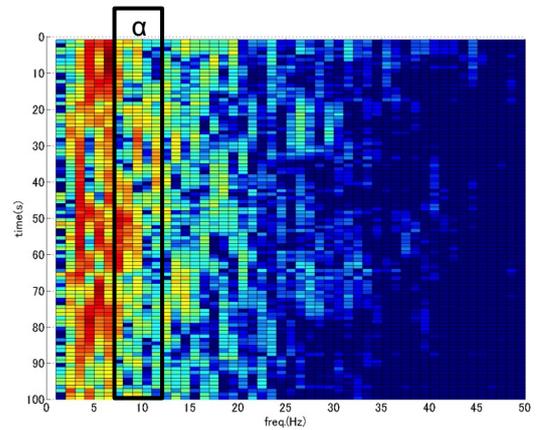
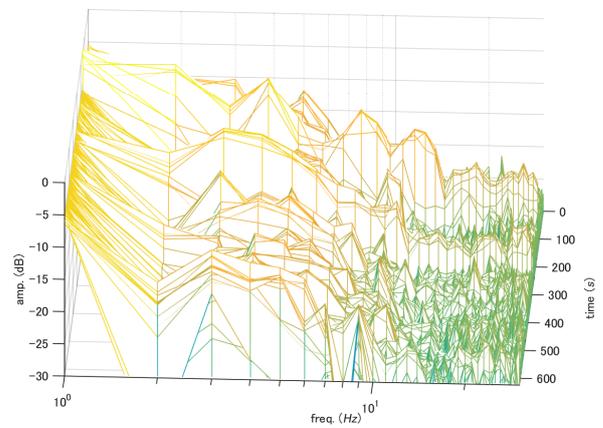
図4 音響刺激提示装置と調音材 (Aural Sonic 900mm×900mm $8.1 \cdot 10^5$ (mm²)) の設置条件

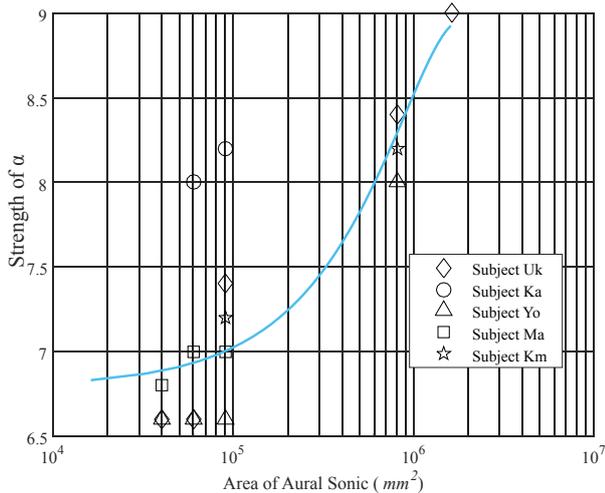


3. 調音材 (Aural Sonic) の面積と脳波に表れる反応の関係分析

表1 脳波の周波数による区分[12]

周波数区分ごとの特徴		
(δ)デルタ波	1~3 Hz	深い睡眠状態, 無意識状態
(θ)シータ波	4~7 Hz	深い瞑想状態, 眠気を感じている状態 意識的な運動状態
(α)アルファ波	8~12 Hz	リラックス状態, 残念さを感じている状態 集中状態, もどかしさを感じた状態
(β)ベータ波	12~30 Hz	高興奮状態
(γ)ガンマ波	30 Hz~	動作を想像した状態





4. おわりに

文 献

- [1] 小林陽太郎, 石井聖光(1951) ”教室に於ける聴取明瞭度試験に就いて”, 日本音響学会誌, pp.59-63, 第7巻, 第2号
- [2] 小椋靖夫, 浜田晴夫, 三浦種敏(1984) ”音場における音声伝送品質のためのMTFとSTIについて”, 日本音響学会誌, pp.181-191, 40巻, 3号
- [3] Manabu Fukushima, Naoto Nakamura, Hirofumi Yanagawa, ”Evaluation of speech intelligibility for classroom-to-classroom collaborative learning via multimedia network”, Proc. of 2nd International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, pp.262-266, 2001
- [4] 埼玉県越谷市立東越谷小学校(1998) ”へき地学校高度情報通信設備(マルチメディア)活用方法研究開発事業平成9・10年度研究紀要”
- [5] 木村英俊, 進士昌明, 山本公一, 川副護, 水野秀樹, 大幡浩平, 中島裕, 山本秀男, 昆太一(1997) ”衛星マルチメディア通信を利用した教育応用システムの構成と品質に関する検討”, 信学論, J80-B-1, No.6, 355-365

- [6] 前田香織, 相原玲二, 川本佳代, 寺内睦博, 河野英太郎, 西村浩二(1997) ”遠隔講義のためのマルチメディア通信環境”, 信学論, J80-B-1, No.6, 348-354
- [7] 福島学, 鶴飼拓也, 篠原康平, 河納隼一, 近藤善隆, 窪田泰也, ”短時間事象の時間周波数分析手法の一検討”, 日本文理大学紀要, pp.77-pp.84, 第43巻, 第2号, 2015
- [8] 福島学, ”クロススペクトル法によるインパルス応答推定に関する研究”, 千葉工業大学, 博士論文, 1999
<http://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3162257>
- [9] Manabu Fukushima, Hiroto Inoue, Ken'itiro Kamura, Hirofumi Yanagawa, Ken'iti Kido, ”A method for the determination of noise factor in estimated transfer function - cross spectral technique by use of 1-0 and 1-000 windows -”, Proc. of The 18th International Congress on Acoustics, pp.166-169, vol.25, no.2, 2004
- [10] 福島学, 鶴飼拓也, 篠原幸平, 河納隼一, 近藤善隆, 窪田泰也, 柳川博文, ”時間追従による過渡的伝搬特性計測の一検討”, 日本音響学会2015年秋季研究発表会講演論文集, 1-P-12, 2015
- [11] 日本音響学会明瞭度委員会 ”明瞭度試験法の基準”, 日本音響コンサルタント協会
- [12] <http://morichan.jinkan.kyoto-u.ac.jp/class/zemi2/NOTE5.pdf> ”脳波”, 森谷敏夫, 京都大