

# 肉声と合成音声が脳波に与える影響の比較検討

大塚 敦夫<sup>1,a)</sup> 富山 健<sup>1,b)</sup>

**概要:** 本研究は、人工的あるいは非人間的な要素を持つ合成音声は人の感情にどのような影響を与えるのかを検証することである。一般に、合成音声は「淡々としている」とか「気持ち悪い」などマイナスのイメージで語られることが多い。肉声と合成音声の違いは何なのか。両者を聞いたときに明確な違いは出るのか。今回、我々は肉声と合成音声による簡単な質疑応答実験を行い、両者の脳波変化を記録することによって状態遷移を比較した。その結果、合成音声の場合には質疑応答中にベータ波の上昇が見られた。この結果より、非人間的な特徴量を持つ合成音声は人間の感情に影響を与えたと考えられることが分かった。

## 1. 序論

近年、合成音声による自動案内が様々な分野で普及してきている。生身の人間とは違い、予め吹き込まれた音声あるいは、それを基に生成された合成音声は人間にどのような影響を与えるのだろうか。

センサによって人間の情報をセンシングし、それらの情報を利用することについては、すでに2007年文部科学省プレスで発表されている。そこで、文部科学省は「安全・安心の科学技術」を標榜し、科学技術をどのように社会に還元するかの戦略を発表した [1]。その戦略の第一段階として、「安心」を確保するためには、「行動的、心理学的知見も活用しつつ、人間や人間を取り巻く社会環境を把握」が必要であると記述されている。今回、我々は人間の内部状態を観測する手段として脳波 (EEG) を採用した。脳波 (electroencephalogram : EEG) とは、ヒトや動物の脳から生じる電気活動を、頭皮上、蝶形骨底、鼓膜、脳表、脳深部などに設置した電極で記録したものである [参文 9]。英語の electroencephalogram の忠実な訳語として、脳電図、EEG などとも呼称される。

本稿は、人工的あるいは非人間的な要素を持つ合成音声は人の感情にどのような影響を与えるのかを検証することである。本稿では特に脳波 (EEG) に着目し、肉声と合成音声と比較して、それらの音声聴取時にどのような変化が起こるのかを検討した。

## 2. 従来研究

本章では、感情推定と音と感情の相関関係、特に脳波に関しての従来研究について記述する。

### 2.1 感情推定

感情推定については、様々なアプローチからの研究がされている。代表的なものとしては、顔画像からの推定 [2]、音声からの推定 [3]、身体動作からの推定 [4]、の主に3つがある。だが、これらの手法はいずれも感情推定の際、人間が明確に音声や表情などの外部表出を行う必要がある。その点、脳波ならば、前述したような外部表出を被験者に求めずとも人間の心理状態を推定することが可能である。そのため、集中状態や児童と高齢者を対象とした研究でも使用することができる。他にも、リアルタイムで評価が可能であるため、映像聴取時における映像に対する興味度の推定にも用いる事ができる [5]。特に、事象関連電位を指標とすることによって、行動指標や主観報告では捕らえにくい、人間の情報処理過程を探ることが可能である [6]。

また、脳波からの感情推定の研究も数多く存在する。その代表的なものとして、武者らの「感性スペクトラム分析法 (Emotion Spectrum Analysis Method : ESAM)」がよく知られている [7]。これは人間の情動が脳の働きによって発生するものと捉え、脳の状態によって刻々と変化する脳波の特徴を捉えることで人間の情動を計測する手法である。しかし、この解析法は解析装置が高額、正確性に欠けるという欠点がある [8]。そのため、中川らによって ESAM を改良した感性フラクタル次元解析法 (Emotion Fractal Analysis Method : EFAM) という手法も提案されている [8]。

<sup>1</sup> 現在、千葉工業大学  
Presently with Chiba Institute of Technology  
<sup>a)</sup> s0926027QT@it-chiba.ac.jp  
<sup>b)</sup> tomiyama.ken@it-chiba.ac.jp

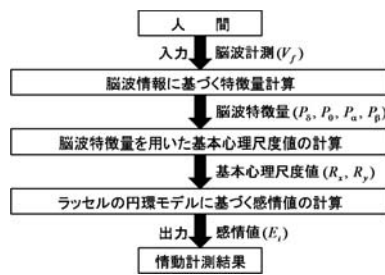


図 1 簡易情動計測システムの全体像

Fig. 1 Emotion measurement system algorithm.

## 2.2 音と感情

本節では、音と感情についての研究で、特に脳波を用いているものを紹介する。音楽と脳波を関連づけた研究は多く存在する [9], [11]。また、音声聴取時の感情状態については、小野らが、感情のこもった音声を聞いたときのデルタ波、シータ波、アルファ波、ベータ波の含有率の変化を調査している [12]。

## 3. 解析手法

本章では、本稿で採用した感情推定手法について記述する。本研究では、簡易的な感情推定が可能である、本間らが提案した簡易情動計測方法を使用する [13]。本間らが提唱した情動計測手法の全体像は以下のようにになっている (Fig. 1)。本稿では、特徴量解析までを行った。

人の感情・感性などは、脳波のシータ波 (1-4Hz)、デルタ波 (4-7Hz)、アルファ波 (7-13Hz)、ベータ波 (13-30Hz) の周波数帯域の含有率に關係があるとされている [14]。本稿で用いる脳波特徴量  $P$  は、特定の周波数帯域の脳波の強さが脳波全体に対してどれだけを占めているのかを表した値である。この値を用いることで、異なる周波数帯域の脳波間の比較なども行うことができるようになる。脳波計で計測した値を基に脳波特徴量を算出する。本研究における脳波特徴量とは、デルタ波、シータ波、アルファ波、ベータ波の全体に対する比率であり、それらはそれぞれ  $P_\delta$ ,  $P_\theta$ ,  $P_\alpha$ ,  $P_\beta$  で表される。そして、 $P_n$  ( $n = \delta, \theta, \alpha, \beta$ ) の算出式は以下のようにになっている。下の式において、 $f$  は周波数 [Hz],  $f_{max}$  は  $n$  波における周波数帯域の最大値 [Hz],  $f_{min}$  は  $n$  波における周波数帯域の最小値 [Hz],  $G_n$  は  $n$  波の強さの重心、 $V_f$  は周波数  $f$  における脳波の強さ [ $\mu V$ ],  $G_{sum}$  は  $G_\delta, G_\theta, G_\alpha, G_\beta$  の合計値、 $P_n$  は  $n$  波の全体に対する比率を表している。なお、各波が多く表れているときの精神状態は下の表のようにになっている (Table 1)。

$$G_n = \sum_{f=f_{min}}^{f_{max}} \frac{V_f}{f_{max} - f_{min}}$$

$$G_{sum} = G_\delta + G_\theta + G_\alpha + G_\beta$$

$$P_n = \frac{G_n}{G_{sum}} \times 100$$

表 1 脳波の周波数帯域名称と主な精神状態

Table 1 Named frequency bands and mental states.

分類	周波数域	主な精神状態
$\delta$ 波	1-4Hz	深い眠りに入ったとき
$\theta$ 波	4-7Hz	入眠初期のうとうとした状態
$\alpha$ 波	7-13Hz	リラックスしているとき
$\beta$ 波	13-30Hz	イライラしているとき



図 2 Emotiv ヘッドセット

Fig. 2 Emotiv EPOC headset.

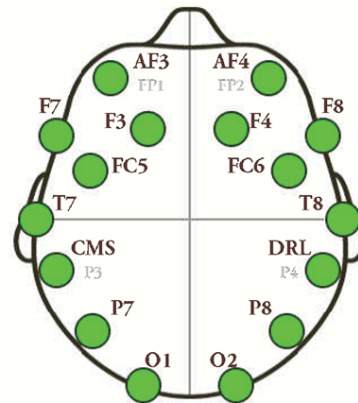


図 3 Emotiv の電極配置

Fig. 3 Scalp locations covered by Emotiv EPOC.

## 4. 肉声と合成音声の比較実験

本章では、肉声と合成音声による質疑応答の比較実験の実験概要について記述する。

### 4.1 測定条件

脳波測定装置は Emotiv Systems Pty Ltd. の Emotiv (チャンネル数は 14ch, Fig. 2) を使用し、ワイヤレス通信を通してパーソナルコンピュータへの記録を行った [15]。測定部位は国際 10-20 電極法に基づき、1-14ch の単極測定とし、CMS/DRL の両耳朶連結を基準電極とした (Fig. 3)。被験者は心身共に健康な 20 代前半の男女 3 名ずつの計 6 名 (Subject Man A-C, Subject Woman A-C) で、脳波測定に関する経験を持たない人を対象とした。

### 4.2 実験概要

本研究では、合成音声と肉声による質疑応答実験を行っ

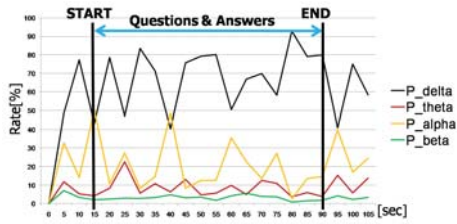


図 4 4つの波の割合の時間変化

Fig. 4 History of four waves of Subject Man B.

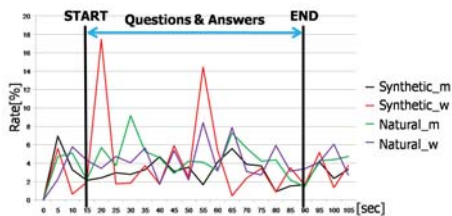


図 5 ベータ波割合の時間変化

Fig. 5 Beta wave history rate of Subject Man B.

た。状態は瞑目状態。内容は、自己評価に関する質問 [16] を 10 問読み上げ、口頭で答えるというものである。合成音声は、AquesTalk[17] という合成音声ソフトウェアを用い、男性と女性の声でそれぞれ 1 回ずつ実施した。そして、1 週間以上の期間を置いて、同様の質問を用いて、20 代男性と 20 代女性の肉声による質疑応答をそれぞれ 1 回実施した。

### 4.3 結果

例として、Subject Man B の男性合成音声による質疑応答時の実験結果を下図で示す (Fig. 4)。

Fig. 4 は、ベータ波、シータ波、アルファ波、ベータ波の EEG 信号に含まれる割合を時間経過に従ってグラフで表したものである。今回、Table 1 を根拠に感情に最も関係があると考えられるベータ波の割合に着目すると、各音声の時のベータ波割合の変化は下図のようになった (Fig. 5)。Fig. 5 から、女性合成音声の質疑応答時の 20s と 55s にベータ波の上昇が観測された。

### 5. 考察

20s の時は 1 問目の、55s の時は 6 問目の質疑が行われていたことから、これらの質問内容がベータ波を上昇させたと考えられる。また、20s と 55s 時の脳内の活性化分布は下図のようになっていた (Fig. 6)。感情が生成されているとき、脳内では右脳が活性化するとされている。だが、下図の分布では、右脳の活性化を読み取ることはできない。そのことより、感情は生成されていないと考えられる。だがしかし、覚醒時脳波であるベータ波が上昇していることから、何らかのストレスが生じ、感情とは言えないまでも「イライラ」が生成された、と推測される。

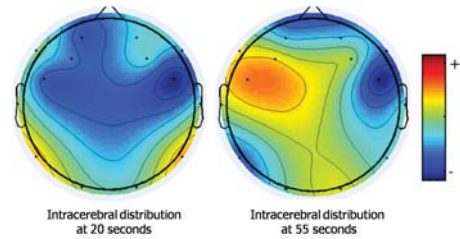


図 6 20 秒と 55 秒での脳内活性化分布

Fig. 6 Intracerebral distribution at 20 and 55 seconds.

## 6. 結論

本稿では、人工的あるいは非人間的な要素を持つ合成音声の人が人の感情にどのような影響を与えるのかを肉声と比較して検証した。結果としては、質疑応答中にベータ波の上昇が見られた。今後の課題として、計測した脳波情報を基に感情推定を行っていくことと被験者数の増加などを行っていく予定である。

## 参考文献

- [1] 文部科学省:「文部科学省 Web ページ」(online), 入手先 (http://www.mext.go.jp/bmenu/houdou/19/07/07072503.html) (2012.04.28).
- [2] Ekman, W. V. Friesen 著, 工藤力訳: 表情分析入門—表情に隠された意味をさぐる, 誠信書房 (1987).
- [3] 田村徹, 田中健太, 降旗隆: 感情認識における聴覚情報の影響, 映像情報メディア学会誌 (2005).
- [4] 林弘子, 宮本博幸: 感情の伝わる動作軌道の検討, 電子情報通信学会信学技報 (2002).
- [5] 入野野宏: 映像に対する注意を測る—事象関連電位を用いたブローブ刺激法の応用例—, 生理心理学と精神生理学 (2006).
- [6] 玉越勢治: 脳波を指標とした聴覚情報処理過程に関する基礎及び応用研究, 2010 年度関西学院大学博士論文 (2011).
- [7] 武者利光: 「こころ」を測る, 日経サイエンス (1996).
- [8] 佐藤高弘, 中川匡弘: フラクタル次元解析を用いた感情の定量化手法: 感性フラクタル次元解析法, 電子情報通信学会信学技報 (2002).
- [9] 池田将士, 栗本育三郎, 東雄二, 中川匡弘: 音楽と脳波の短時間共鳴解析, 日本高専学会 (2011).
- [10] 貫行子, 長田乾: 音楽聴取による脳波変動と気分変化, 音楽嗜好と性格特性の関連性, 情報処理学会研究報告 (2004).
- [11] Nathan A. Fox, Richard J. Davidson: Patterns of Brain Electrical Activity During Facial Signs of Emotion in 10-Month-Old Infants, Developmental Psychology (1988).
- [12] 小野嘉裕, 酒向慎司, 船瀬新王, 北村正: 感情音声による脳波活動に関する研究, 東海支部連合大会 (2011).
- [13] 本間雄仁, 前田陽一郎: 脳波情報を用いた人間の情動計測実験, 人間共生システム研究会第 2 回 HSS 研究会 (2008).
- [14] 田崎新二, 夷が崎伴彦, 村山伸樹: 音がもつ心理的特徴と生体信号の関連性, 電子情報通信学会技術研究報告 (2001).
- [15] Emotiv: Emotiv EPOC(online), 入手先 (http://www.emotiv.com/) (2013.01.22).
- [16] 内田知弘, 上楚高志: Rosenberg 自尊感情尺度の信頼性および妥当性の検討—Mimura Griffiths 訳の日本語版を用いて—, 東北大学大学院教育研究科研究年報 (2010).
- [17] アクエスト (株): Aquestalk2, 入手先 (http://www.aquest.com/) (2013.01.22).