

平成 22 年 4 月 27 日現在

研究種目:基盤研究(C)

研究期間:2007~2009

課題番号:19591954

研究課題名(和文)周波数変換帯域雑音音声を用いた人工内耳聴覚に関する基礎的研究

研究課題名(英文)Effects of audio-visual bimodal training on the perception of the cochlear implant speech simulated by the noise vocoded speech sound

研究代表者

川瀬 哲明(KAWASE TETSUAKI)

東北大学・大学院医工学研究科・教授

研究者番号:50169728

研究成果の概要(和文):

人工的電気刺激聴覚を模擬した「周波数変換帯域雑音音声」を作成し、本音声に対する聞き取り改善過程を観察、特に、特に言葉の聞き取り訓練時の視覚情報(発話顔画像)の提示効果について検討を行った。その結果、音声を顔画像と共に繰り返し聞くことで、「劣化音声」に対する聞き取りが有意に改善することが明らかになった。今回の結果は、視覚-聴覚のマルチモーダル情報による訓練が、後効果として、単一モダリティーである聴覚の適応過程を促進することを示すものと考えられた。

研究成果の概要(英文):

Effects of auditory training with bimodal audio-visual stimuli on mono-modal aural speech intelligibility were examined in subjects with normal hearing using highly degraded noise-vocoded speech sound. Visual cue simultaneously presented with auditory stimuli during the training session significantly improved auditory speech intelligibility not only for words used in the training session but also untrained words, when compared to the auditory training using only auditory stimuli. Visual information is generally considered to complement insufficient speech information conveyed by the auditory system during audio-visual speech perception. However, the present results revealed another beneficial effect of audio-visual training, that the visual cue enhances the auditory adaptation process to the degraded new speech sound which is different from those given in during bimodal training.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野:医歯薬学

科研費の分科・細目:外科系臨床医学 耳鼻咽喉科学

キーワード:耳鼻咽喉科学

### 1. 研究開始当初の背景

人工内耳や聴性脳幹インプラントなどの電気刺激による聴能再獲得では、言語習得後難聴の症例であっても、聴覚再建直後から言葉が十分に聞き取れることは極めて少なく、リハビリテーションが必要不可欠となる。リハビリテーションにより、次第に言葉の聞き取りが改善されることは周知のとおりであるが、具体的なリハビリテーションのストラテジーについては、共通に確立されたものはない。どのようなリハビリテーションが、より早く、より良い言葉の聞き取りに寄与するかは、重要な問題であるが、実際の症例では、残存聴神経の状態や、聴覚再建デバイスを埋め込む前の言語習得状況、失聴後の経過などの要因がさまざまなために、リハビリ方法が結果に及ぼす影響の解析も行いにくい側面があり、検討が進んでいない状況にある。

また、人工的電気聴覚では、言語聴取に関しては、ほぼ満足すべき成績が得られてきているが、音楽の認知など、音の時間情報の知覚に関連する聴覚能が不十分であることが知られており、今後の改善課題となっている。

以上のような聴覚再建医療の現状課題を背景に、今回の研究を実施した。

### 2. 研究の目的

(1) 周波数変換帯域雑音音声に対する適応過程と影響を与える因子についての検討：

周波数変換帯域雑音音声に対する適応過程に影響を与える要因について、a) 周波数変換帯域雑音の周波数圧縮の程度（音声側の条件）、b) リハビリ方法の影響（周波数変換劣化雑音音声に対する聞き取りがより早く、より良くなるための条件）を検討する。

後者では、特に、トレーニング中の視覚条件の有無を検討することで、人工内耳聴覚リハビリにおける聴覚口話法の妥当性を検証する。

(2) 変調音知覚に関する脳機能画像を用いた検討：信号の時間情報に関する処理が重要とされる振幅変調音に対する聴覚反応を脳機能画像（脳磁図）を用いて検討し、今後の人工聴覚改良のための基礎データを集積する。

### 3. 研究の方法

(1) 周波数変換帯域雑音音声の聞き取り改善に関する検討

#### ① 人工内耳模擬音声の作成

電気刺激による聴覚の模擬音声は、力丸ら [8] が報告した帯域雑音音声に周波数圧縮処理を加えることを基本に作成した。すなわち、

音声情報を周波数帯域ごとに分割し、各分割帯域ごとの振幅包絡情報を抽出し、抽出した分割帯域ごとの包絡情報を、高周波数側に圧縮されるように帯域雑音に組み込むことで作成した。

本音声は、人工内耳聴覚の特徴である、(a) 周波数の時間情報が乏しい点、(b) 音声情報が帯域分割されている点、(c) 帯域ごとの振幅包絡情報が圧縮して投射される点などの模擬を意図し作成した。

今回は、Sakamotoら [9] の作成した親密度、音韻バランスを統制した単語理解度試験用リスト（1リスト50語）から4モーラ、アクセントLHHH型親密度5.5~4.0の単語リストを使用し、4つの単語リスト（A1, A2, A3, B）作成、聞き取り検査、あるいはトレーニング用の単語リストとして用いた。尚、4つのリストのうち3つのリスト（A1, A2, A3）は同一単語リストをランダムに順序を入れ替えたもので、残りのリスト（B）は、A1, A2, A3とはまったく異なる単語リストから構成されている。

#### ② 人工内耳模擬音声を使った聞き取りに関する検討

正常成人を対象に、単語セット A1 を用いて周波数変換帯域雑音音声の聞き取り検査を「音声のみ」条件で行った後、トレーニングセッションとして単語リスト A1, A2 を用いた聞き取り検査を 10 回実施した。トレーニングセッションは、音声刺激に加えて提示する顔画像（視覚情報）の有無、刺激提示後の正答提示（フィードバック）の有無により 4 群に分けて実施した（図 1）。トレーニングセッション終了後、単語リスト A3、並びに B の検査表を用いて「音声のみ」条件に対する正答率を検査、トレーニング方法による効果の違いを検査した。

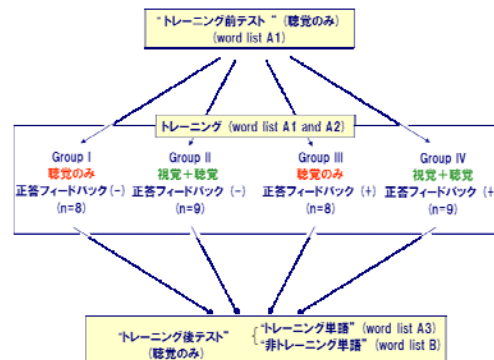


図1: 電気刺激聴覚模擬音声に対する聞き取り訓練と評価の概略。文献10 (kawase et al. 2009) より改変。

(2) 振幅変調 (amplitude modulation: AM) 音に対する聴覚誘発反応に関する検討

AM 音に対する聴覚野の定常状態反応 (auditory steady state response: ASSR) を脳磁図を用いて検討した。刺激音は、搬送周波数 1000 Hz、変調周波数 40 Hz、音圧 80 dB SPL の AM 音とし、右耳より提示した。脳磁図は、ヘルメット型脳磁計 (PQ1160C、横河電機) を用いて、仰臥位、覚醒条件にて計測した。定常反応を得るための計測時間は 240 秒とし、0.16 Hz~500 Hz のアナログバンドパスフィルター後に、サンプリング周波数 2000 Hz で A/D 変換し、得られた信号をオフラインにて加算し、FFT にてパワースペクトル分析を行った。また、変調周波数におけるパワー分布を電流双極子モデルで解析し、信号源が MRI 上の側頭葉上面後方に推定された場合に、ASSR が観察できたと判定した。

対象は、正常被験者、ならびに聴覚の時間情報処理能の劣化が考えられる後迷路性難聴患者とした。

### (3) 倫理的配慮

本研究は、東北大学大学院医学系研究科および広南病院 (脳磁図検査) の倫理委員会の承認を得たうえで、ヘルシンキ宣言にのっとり、被験者、患者のプライバシー、人権の問題に十分留意し、文書による同意を得た上で検査を実施した。

## 4. 研究成果

(1) 人工内耳模擬音声の聞き取り改善に関する検討

① 視覚-聴覚マルチモーダルトレーニングに関する検討

今回使用した周波数変換帯域雑音音声の正答率は、聴取当初、ほとんどの被験者で 10% 以下であったが、正答をフィードバックした群では、繰り返し聞くうちに有意な正答率の上昇を認めた。

トレーニングの方法 (顔画像の有無、フィードバックの有無) の、訓練後の「音声のみ」条件の聞き取り検査結果に及ぼす影響を図 2 に示す。

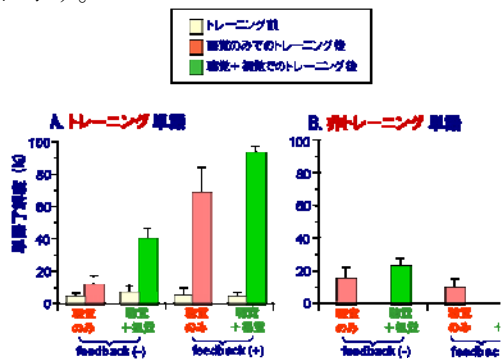


図2: 人工内耳聴覚模擬音声に対する聞き取り訓練の効果。文献10 (kawase et al. 2009) より改変。

「音声のみ」条件のトレーニング群に比較して「音声+顔画像」でのトレーニング群では、トレーニングした単語 (単語リスト A3)、トレーニングしていない新たな単語の聞き取り (単語リスト B) のいずれにおいても、フィードバックの有無に関わらず、トレーニング後の音声聞き取りが有意に良好な結果であった。

すなわち、音声を顔画像と共に繰り返し聞くことで、「音声」に対する聞き取りが有意に改善することが示された。

視覚情報 (顔画像) が聴覚情報と相補的に働き、言葉の聞き取りを助けることは良く知られた事実であるが (読話)、電気刺激聴覚のリハビリテーションでは、視覚に頼ることが、新たな電気刺激音声に対する聞き取り改善に悪影響を及ぼすのではないかという危惧をもつ考えもある。今回の結果から、少なくとも、言語習得後難聴に対する電気刺激聴覚のリハビリテーションにおいては、視覚情報を同時提示するほうが、より早くより良い成績が得られる可能性が示唆された。

② 人工内耳模擬音声の周波数圧縮比の影響に関する検討

人工内耳模擬音声は、帯域雑音音声に周波数圧縮処理を加えるにより作成したが、同じトレーニング条件における、人工内耳聴覚の圧縮比の影響を検討した。結果を図 3 に示す。使用した音声の圧縮比は、66.7%と 33.3%である。

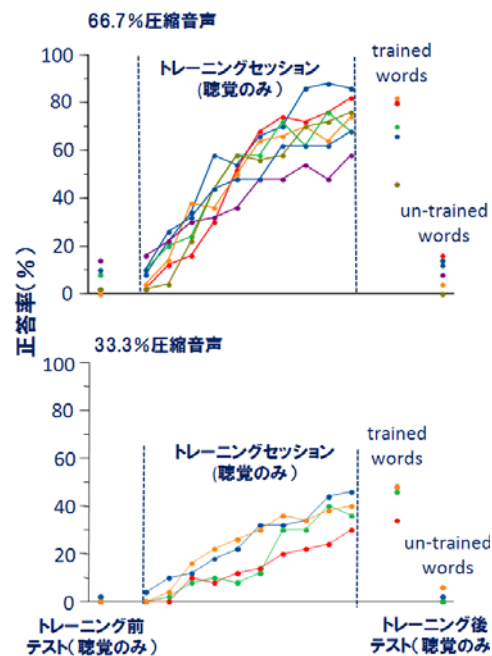


図3: 人工内耳聴覚模擬音声に対する聞き取り訓練効果に対する周波数圧縮の影響

周波数圧縮比が強くなるに従い (66.7%→33.3%) トレーニング前、中、後、いずれにおいても正答率が低下していることがわかる。

人工内耳では蝸牛全回転にわたる電極挿入が実現できれば理想的ではあるが、実際は基底回転から第2回転にかかる、せいぜい1回転～1回転半あまりであり、その中に2.5回転分の周波数情報を8帯域から20数帯域に分割し、さらに圧縮して当てはめている。今回の結果は、電極挿入がより深部まで挿入でき、より頂回転まで刺激できることが、言葉の聞きとりにおいては有利であることを示唆しているものと思われる。

## (2) AM音に対するASSRに関する検討

脳磁図で記録された、正常被験者の40 Hz ASSR 記録を図4に示す。

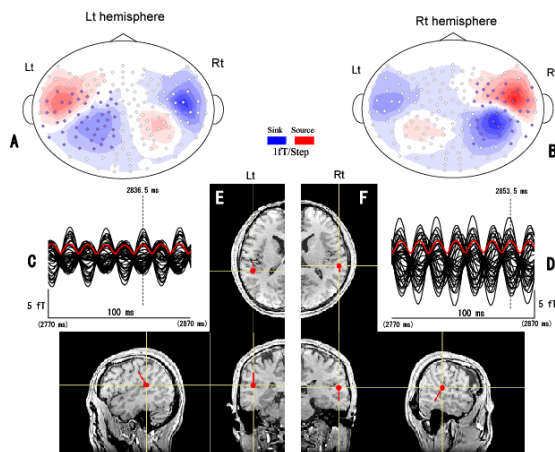


図4: 正常被験者に対する左耳刺激 脳磁図 40 Hz ASSR

上段より、等磁図 (A:左半球、B:右半球)、ASSR 波形 (C:左半球、D:右半球)、等価電流双極子として推定された信号源を MRI 上に投射した図 (E:左半球、F:右半球)。

中段 (図C、D) は、それぞれ右半球、左半球の各センサーからの記録波形を重ね合わせて表示したものであるが、聴覚野に信号減推定される、記録センサー間でも同期が良好な、典型的40 Hz ASSR波形が記録されていることが分かる。

AM音に対するASSR反応は、通常のクリック音やトーンバースト音に対する聴覚誘発反応の異なり、右半球優位であることが知られている。右半球は、音楽知覚とも関連の深い半球で、時間的に変化する刺激に対する処理を反映した反応の可能性がある。

一方、図5は神経発火の同期障害があると

考えられている、auditory neuropathy 症例の、AM音右耳刺激に対する40 Hz ASSRである。

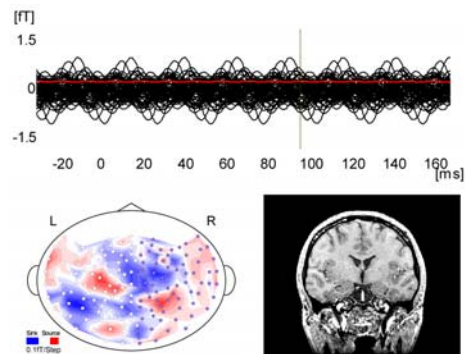


図5: Auditory Neuropathy患者に対する右耳刺激 脳磁図40 Hz ASSR

右半球 ASSR 波形 (上段)、等磁図 (下段左) を示す。聴感上は、十分 audible なレベルの音に対する反応であるにもかかわらず、聴覚野に由来する明確な反応は得られていない。

聴感上は、audibleな音であるにもかかわらず、時間的に変化する音情報に対する反応であるASSR反応は記録されず、同期性障害を反映した結果であることが示唆された。

すなわち、ASSRは小児に対する客観的聴覚機能検査として、近年、臨床応用されている検査法であるが、音信号の時間情報処理を評価しうる機能検査法であると考えられる。

今後は、人工内耳模擬音での検討し、人工内耳聴覚での時間情報処理についての考察を行う予定である。

## 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2件)

① Kawase T, Sakamoto S, Hori Y, Maki A, Suzuki Y, Kobayashi T. Bimodal audio-visual training enhances auditory adaptation process. *Neuroreport*.20:1231-1234, 2009. (査読有)

② Maki A, Kawase T, Kobayashi T. Effects of contralateral noise on 40-Hz and 80-Hz auditory steady state responses. *Ear and Hear* 30:584-589, 2009. (査読有)

[学会発表] (計10件)

① 菅野彰剛、中里信和、川瀬哲明、長嶺義秀、藤原悟：遷延性意識障害者の聴性定常状態誘発磁界. 第39回日本臨床神経生理学会、2009年11月19日、北九州市。

② 高田雄介、川瀬哲明、小林俊光、菅野彰剛、

中里信和：聴性脳幹反応で無反応を呈した後迷路性病変における聴性誘発磁界. 日本聴覚医学会、2009年10月22日横浜市.

③牧敦子、川瀬哲明、小林俊光、菅野彰剛、中里信和. 40-Hz ASSRにおける対側ノイズの影響. 日本聴覚医学会、2009年10月22日、横浜市.

④川瀬哲明、牧敦子、高田雄介、小林俊光、菅野彰剛、中里信和：Auditory Neuropathy症例における聴性誘発脳磁界反応. 耳鼻咽喉科臨床学会、2009年7月2日、旭川市.

⑤川瀬哲明：高齢化社会と聴覚再建医療. 東北医学会、2009年5月15日、仙台市.

⑥牧敦子、川瀬哲明、小林俊光：40-Hz ASSRの対側音による抑制効果. 日本耳鼻咽喉科学会総会、2009年5月14日、東京都.

⑦菅野彰剛、中里信和、川瀬哲明、長嶺義秀、藤原悟：聴性脳幹反応が消失しながら皮質磁界では聴覚機能を確認しえた2症例. 第38回日本臨床神経生理学会、2008年11月13日、神戸市.

⑧牧敦子、川瀬哲明、小林俊光：40Hz ASSRと80Hz ASSR 対側ノイズの影響. 日本聴覚医学会、2008年10月2日、東京都.

⑨川瀬哲明、堀容子、牧敦子、小林俊光、坂本修一、鈴木陽一：周波数変換帯域雑音音声を用いた聴覚リハビリテーションに関する模擬的検討(1) トレーニング時の正答フィードバックの重要性について. 日本聴覚医学会、2007年10月4日、名古屋市.

⑩堀容子、川瀬哲明、牧敦子、小林俊光、坂本修一、鈴木陽一：周波数変換帯域雑音音声を用いた聴覚リハビリテーションに関する模擬的検討(2) 視覚情報(発話顔画像)を提示した訓練の効果について. 日本聴覚医学会、2007年10月4日、名古屋市.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川瀬 哲明 (KAWASE TETSUAKI)

東北大学・大学院医工学研究科・教授

研究者番号：50169728

### (2) 研究分担者

坂本 修一 (SAKAMOTO SHUICHI)

東北大学・電気通信研究所・助教

研究者番号：60332524

### (3) 連携研究者

小林 俊光 (KOBAYASHI TOSHIMITSU)

東北大学・大学院医学系研究科・教授

研究者番号：80133958

中里 信和 (NAKASATO NOBUKAZU)

東北大学・大学院医学系研究科・教授

研究者番号：80207753