

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 3 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25462652

研究課題名(和文) 感音難聴における時間分解能の測定機器の開発と、時間分解能エンハンス補聴器の開発

研究課題名(英文) Development of the measuring equipment of the temporal resolution in the sensorineural hearing loss

研究代表者

岡本 康秀 (okamoto, yasuhide)

慶應義塾大学・医学部・講師

研究者番号：10317224

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：難聴者における言葉の聞き取りの悪化として、周波数選択性と時間分解能が関与している。これまで周波数選択性の測定機器を作成したが、今回時間分解能を測定する機器の開発を行った。実際の難聴者でその実用性も確認された。時間分解能エンハンス処理を持った音声強調処理を開発したが、リアルタイムでの補聴器実装はまだ難関がある。

研究成果の概要(英文)：For exacerbation of the hearing of the words in the deaf person, frequency selectivity and temporal resolution are involved. We made measuring equipment of the frequency selectivity in previous study, and in this time we developed the instrument which measured temporal resolution. Actually, it was confirmed in a deaf person that the instrument which we developed was effective. We developed sound emphasis treatment with the temporal resolution enhancing treatment, but we still have a barrier for the hearing aid implementation by the real time.

研究分野：医歯薬学

キーワード：時間分解能 周波数選択性 老人性難聴 補聴器

1. 研究開始当初の背景

感音難聴者における音・言葉の聞き取りの悪化として、周波数選択性と時間分解能が関与している。そのうち周波数選択性測定理論は、Patterson によってノッチノイズ法という画期的な方法で定量化され、周波数選択性は内耳における基底板・外有毛細胞の機能を評価する聴覚心理的手法で測定されるようになった。また、Zwicker や Glasberg らは、難聴者のうち老人性難聴などの進行する難聴や、騒音性難聴、メニエール病では、必然的に周波数選択性が劣化することを報告した。これらは聴覚心理実験として行われ、臨床には応用が難しいためその後臨床応用は進んでいなかったが、これまで行ってきた我々の周波数選択性測定機器の開発により、臨床の場での測定が可能となった。さらにこの結果を用いて補聴器への応用をし、周波数選択性の劣化に対する音声エンハンス技術も開発してきた。

一方、時間分解能は、蝸牛内有毛細胞からのシグナルから発生し、上オリブ複合体～下丘レベルでの脳幹で処理されるため、内耳機能を直接反映するのではなく、より後迷路機能を含む音声の聞き取りに関与する。臨床的には、特に純音閾値の低下に比較して語音明瞭度の極端に悪い例では時間分解能の低下が著しいことが知られている。例えば Auditory Neuropathy (AN) のような内有毛細胞からの発火のタイミングの障害などの病態が考えられ Zeng¹⁾によって報告されている。しかし、現在まで時間分解能を評価する臨床検査機器は開発されてきていない。また難聴者に対する周波数選択性や時間分解能を測定し、病態が把握出来たととしてもその後の聴覚補償に直接結びついていないこともこの分野での問題点である。

2. 研究の目的

そこで今回は特に時間分解能に焦点を絞り、検査測定法、時間分解能低下の病態把握から聴覚補償までを研究の目的とした。時間分解能の測定方法は現在まで臨床的に確立されていないので、今回具体的に難聴者における時間分解能の劣化がどのように語音に対する影響があるのか、時間分解能の劣化を臨床的に測定する機器が開発可能で、実際の難聴者で評価できるのか、時間分解能の劣化の評価結果から音声エンハンス技術の開発から次世代補聴器技術を構築出来るのか、について焦点を絞り目的とした。

3. 研究の方法

(1)時間分解能劣化音声による語音聴取への影響の評価

音声の中の時間的变化はエンベロープ (Envelope) と時間微細構造 (TFS: Temporal Fine Structure) によって捕らえられる。このうちエンベロープが語音の聞き取りに強く関与していることが予想される。そこで音

声中の各帯域周波数に分け、それぞれの帯域周波数毎の時間的变化を測定することでイメージし、音声を各周波数帯 (4-6 バンド) に分けることでそれぞれの周波数帯域毎に時間的劣化を模擬的に作成した。具体的には提示音圧は 50, 60, 70dB とし、劣化音声は音声におけるエンベロープの変調制限、エンベロープの立ち上がり制限の 2 種類を用意した。なお、劣化条件として劣化の段階を 9 段階そして元音声の計 10 段階で行った

(2)難聴者における時間分解能劣化の測定機器の開発

現在まで時間分解能を検出する検査として Gap 検知閾値検査などが使われ報告されてきたが、結果のばらつきが大きく、特に語音明瞭度との結果との相関が認められないため測定結果が病態を反映していないことが指摘されている。そこで新たに時間分解能を検出する検査として、変調周波数を用いて評価する検査機器、Temporal Modulation Transfer Function (TMTF) による時間分解能測定機器の開発を行った。具体的には 4-512Hz のオクターブ 8 変調周波数 (128Hz 以上が正常範囲) を用いてさらに変調度を -40-0dB とし、聞き取れる閾値を測定することで時間分解能劣化を測定した。

(3)時間分解能劣化に対する音声エンハンス処理の開発

音声のエンベロープを対象に音声の開始における音声信号の立ち上がり早くし (ショートアタックタイム)、さらに振幅値として 10 倍程度にする。同時に音声の定常部と立ち下がり部位は 20% 下げる処理を行うことで、時間的エンハンス効果を検討することとした。

実際このエンハンス処理は、現在の補聴器処理能力以上の負荷がかかる事が分かったため、文章 (CI-2004) を用いて、エンハンス処理をした文章を作成して感音難聴者に対して文章の聞き取りテストを行うこととした。

4. 研究成果

今回の研究テーマとして想定をしている病態として Auditory Neuropathy および後迷路障害の感音難聴を考えている。このような内有毛細胞からの刺激発火の障害は、位相情報の障害を生じ、時間分解能の劣化が著しい¹⁾。そこで音声の時間分解能に焦点をあてて劣化音声の作成から時間分解能の臨床検査機器の開発、さらにこの結果を補聴に応用して時間分解能からみた音声エンハンス処理の開発といった一連の研究を計画が必要であった。

(1)時間分解能劣化音声による語音聴取への影響の評価の結果と考察

劣化音声は音声におけるエンベロープの変調制限、エンベロープの立ち上がり制限つまり音声としては抑揚のない音声として模擬されている音声で検討した結果、vowel は

劣化の程度によって正答率に変化は見られなかった。一方、consonant は劣化の程度が上昇するにしたがって、正答率の低下が見られた。mora の結果は consonant の低下にあわせて正答率の低下がみられた。これらの結果から、エンベロープにおけるピークとディップとの音圧差を捕らえて音声の認識をしていることが考えられる。つまり抑揚が非常に重要であり、語音明瞭度の悪化している感音難聴者には、はっきり抑揚をつけてしゃべることが聞き取りに対して有効に働くことが示唆される。また、変調制限と立ち上がり制限音声の間で聞き取りについて比較したところ、立ち上がり制限音声の方で、聞き取りが良い傾向であった。このことは立ち上がり制限のエンベロープのピークまでの時間が変調制限音声に比較して時間的な遅れが出ることに原因している可能性があると考えられ、子音母音間の延長が音声認識に有効に働いていることが考えられる。今回の結果から、語音明瞭度の悪化が著しい時間分解能劣化を伴う感音難聴者、特に AN にとって、今回劣化させた音声の立ち上がりを強調するなど、正常音声のエンベロープに抑揚をつけるエンハンス技術を負荷することにより、より抑揚をつけた音声を作成することが出来る可能性が示唆された。

(2) 難聴者における時間分解能劣化の測定機器の開発

今回開発を進めた Temporal Modulation Transfer Function (TMTF) 測定機器を実際の難聴者で測定が可能か検討を行った。対象者を老人性難聴とし、GDT と語音明瞭度との相関を検討した結果、加齢による時間分解能の低下には個人差があること、TMTF における PS (peak sensitivity) は語音明瞭度と有意な強い相関が認められることが分かった。つまり語音明瞭度に影響を及ぼし、語音明瞭度を予測する因子として、TMTF の PS が非常に重要な因子となっていることが今回の研究で初めて分かった。一方 GDT は語音明瞭度との相関が見られないことから GDT の指標は intensity resolution の要素が強く持つものの temporal resolution の影響も入った指標と考えられた。今回の時間分解能速的機器の開発において TMTF 測定は時間分解能の測定として臨床的にも利用可能であり、語音明瞭度の推定にも定量化出来る検査法でありまた測定機器として臨床においても利用できることが分かり今後の臨床データの蓄積による感音難聴者の時間分解能の低下する病態解明に期待できる。

(3) 時間分解能劣化に対する音声エンハンス処理の開発

初年度に行った研究の結果、音声の立ち上がりを強調するなど、正常音声のエンベロープに抑揚をつけるエンハンス技術を負荷することにより、より抑揚をつけた音声を作成することが期待された。今回は方法で述べたような音声処理を作成して老人性難聴者と AN

に対して聞き取り検査を行った。結果としては非常に個人差が強く、エンハンス音声における音声違和感や音色の変化などが影響したもの、約 3 割程度の被験者で聞き取りが 10% 程度改善を認めた。臨床的には症例を選ぶことで時間分解能の低下症例に適応が可能な条件と考えているが、即時処理が現在の補聴器の処理速度に追いつかないことも判明し、今後補聴器の音声処理能力の向上に伴い搭載が可能になる事が考えられた。その際は時間分解能処理を搭載した補聴器開発を積極的に進めていきたいと考えている。

引用文献

1) Zeng FG, Kong YY, Michalewski HJ, Starr A. Perceptual consequences of disrupted auditory nerve activity. Journal of neurophysiology 2005; 93:3050-3063.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 15 件)

(1) 久保田 江里, 小淵 千絵, 岡本 康秀, 貫野 彩子, 城間 将江 難聴高齢者における音韻修復機能の検討(第 2 報) 難聴高齢者ごとの音韻修復機能と関連する固有因子との関係 Audiology Japan 58 巻 2015 567-568(査読無)

(2) 悴田 かおり, 大石 直樹, 神崎 晶, 藤岡 正人, 堀 明美, 岡本 康秀, 渡部 高久, 平賀 良彦, 鈴木 法臣, 松崎 佐栄子, 細谷 誠, 小川 郁 無難聴性耳鳴患者における自閉症傾向の検討 Audiology Japan 58 巻 2015 443-444(査読無)

(3) Auditory Neuropathy Spectrum Disorder における DPOAE の経過と聴力検査結果との関係 北尾 恭子, 守本 倫子, 仲野 敦子, 有本 友季子, 杉内 智子, 増田 佐和子, 岡本 康秀, 森田 訓子, 加我 君孝, 松永 達雄 Audiology Japan 58 巻 2015 343-344(査読無)

(4) 遺伝子解析をした Auditory Neuropathy Spectrum Disorder (ANS) の DPOAE の経過 北尾 恭子, 守本 倫子, 仲野 敦子, 有本 友季子, 杉内 智子, 増田 佐和子, 岡本 康秀, 森田 訓子, 加我 君孝, 松永 達雄 日本耳鼻咽喉科学会会報 118 巻 2015 495(査読無)

(5) Incomplete partition type III 奇形の臨床遺伝学的検討 貫野 彩子, 森田 訓子, 仲野 敦子, 有本 友季子, 小河原 昇, 杉内 智子, 岡本 康秀, 小川 郁, 松永 達雄 日本耳鼻咽喉科学会会報 118 巻 2015 493(査読無)

(6) 【最新の補聴器診療-補聴器による聴覚リハビリテーション】 補聴器で脳を鍛える聴覚トレーニング

岡本 康秀 耳鼻咽喉科・頭頸部外科 87 巻 2015 318-323(査読無)

(7) 老人性難聴における時間分解能測定 岡本 康秀, 神崎 晶, 貫野 彩子, 中市 健志, 森本 隆司, 原田 耕太, 久保田 江里,

小川 郁 Audiology Japan 57 巻 2014
694-702 (査読有)
(8)難聴高齢者における音韻修復機能の検討
久保田 江里, 小淵 千絵, 岡本 康秀, 貫野
彩子, 城間 将江 Audiology Japan 57 巻
2014 653-654(査読無)
(9)Auditory Neuropathy Spectrum
Disorder(ANS)における時間分解能の側面
岡本 康秀, 神崎 晶, 中市 健志, 森本 隆
司, 原田 耕太, 貫野 彩子, 久保田 江里,
小川 郁 Audiology Japan 57 巻 2014
649-650(査読無)
(10)周波数選択性の劣化を考慮したスペク
トル強調方法の検討 中市 健志, 森本 隆
司, 原田 耕太, 岡本 康秀, 神崎 晶, 貫野
彩子, 小川 郁 Audiology Japan 57 巻 2014
577-578(査読無)
(11)遺伝子解析を行った Auditory
Neuropathy における DPOAE の経過 北尾 恭
子, 守本 倫子, 仲野 敦子, 有本 友季子,
杉内 智子, 増田 佐和子, 岡本 康秀, 森田
訓子, 加我 君孝, 松永 達雄 Audiology
Japan 57 巻 2014 461-462(査読無)
(12)POU3F4 遺伝子変異 5 家系の臨床遺伝学的
検討 貫野 彩子, 務台 英樹, 難波 一徳,
森田 訓子, 仲野 敦子, 小河原 昇, 杉内
智子, 岡本 康秀, 小川 郁, 松永 達雄
Otolology Japan 4 巻 2014 78(査読無)
難聴者のハンディキャップの主観的評価と
コミュニケーション方略の検討 きこえに
ついての質問紙 2002 と Hearing Handicap
(13)Inventory for the Elderly(HHIE)の比較
から 久保田 江里, 小淵 千絵, 岡本 康秀,
貫野 彩子, 小川 郁 言語聴覚研究 11 巻
2014 247-248(査読無)
(14)難聴者のための TMTF 簡易測定法の評価
健聴者における予備的検討 森本 隆司, 中
市 健志, 原田 耕太, 神崎 晶, 岡本 康秀,
貫野 彩子, 小川 郁 Audiology Japan 56 巻
2013 661-662(査読無)
(15)時間分解能(TMTF:temporal modulation
transfer function)が語音聴取に与える影響
岡本 康秀, 神崎 晶, 中市 健志, 森本 隆
司, 原田 耕太, 貫野 彩子, 小川 郁
Audiology Japan 56 巻 2013 659-660(査読有)

〔学会発表〕(計 11 件)

(1)久保田 江里, 岡本 康秀 難聴高齢者
における音韻修復機能の検討(第 2 報) 難聴高
齢者ごとの音韻修復機能と関連する固有因
子との関係 日本聴覚医学会 2015.10.21
京王プラザホテル(東京都、新宿区)
(2)悴田 かおり, 岡本 康秀 無難聴性耳鳴
患者における自閉症傾向の検討 日本聴覚
医学会 2015.10.21 京王プラザホテル(東
京都、新宿区)
(3)北尾 恭子, 岡本 康秀 Auditory
Neuropathy Spectrum Disorder における
DPOAE の経過と聴力検査結果との関係 日本

聴覚医学会 2015.10.21 京王プラザホテ
ル(東京都、新宿区)
(4)北尾 恭子, 岡本 康秀 遺伝子解析をし
た Auditory Neuropathy Spectrum
Disorder(ANS)の DPOAE の経過 日本耳鼻咽
喉科学会 2015.5.20 東京国際フォーラム
(東京都、千代田区)
(5)貫野 彩子 Incomplete partition type
III 奇形の臨床遺伝学的検討 日本耳鼻咽
喉科学会 2015.5.20 東京国際フォーラム
(東京都、千代田区)
(6)久保田 江里, 岡本 康秀 難聴高齢者
における音韻修復機能の検討 日本聴覚医学
会 2014.11.27 海峡メッセ下関(山口県、
下関市)
(7)岡本 康秀 Auditory Neuropathy
Spectrum Disorder(ANS)における時間分解
能の側面 日本聴覚医学会 2014.11.27
海峡メッセ下関(山口県、下関市)
(8)中市 健志, 岡本 康秀 周波数選択性
の劣化を考慮したスペクトル強調方法の検討
日本聴覚医学会 2014.11.27 海峡メッセ
下関(山口県、下関市)
(9)北尾 恭子, 岡本 康秀 遺伝子解析を行
った Auditory Neuropathy における DPOAE の
経過 日本聴覚医学会 2014.11.27 海峡
メッセ下関(山口県、下関市)
(10)貫野 彩子 POU3F4 遺伝子変異 5 家系の
臨床遺伝学的検討 日本耳科学会
2014.10.15 朱鷺メッセ(新潟県、新潟市)
(11)森本 隆司, 岡本 康秀 難聴者のため
の TMTF 簡易測定法の評価 健聴者におけ
る予備的検討 日本聴覚医学会 2013.10.24
ブエナビスタ(長野県、松本市)

〔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
岡本 康秀 (OKAMOTO Yasuhide)
慶應義塾大学・医学部・講師
研究者番号: 10317224

(2)研究分担者
入野 俊夫 (IRINO Toshio)
和歌山大学・システム工学分・教授
研究者番号: 20346331

神崎 晶 (KANZAKI Sho)
慶應義塾大学・医学部・講師
研究者番号: 50286556

貫野 彩子 (KANNO Ayako)
慶應義塾大学・医学部・助教
研究者番号：20445331

(3)連携研究者
なし