

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 26 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23611020

研究課題名(和文)ユニバーサル放送の実用化を目指した放送音声の音響デザイン

研究課題名(英文) Compression processing of sound source from television broadcasting for the universal design

研究代表者

白石 君男 (Shiraishi, Kimio)

九州大学・芸術工学研究科(研究院)・教授

研究者番号：90187518

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円、(間接経費) 1,110,000円

研究成果の概要(和文)：この研究では、聴力の低下した高齢者が聴き取りやすいテレビの放送音源の処理について検討した。方法は、テレビ放送音源を4つの周波数帯域に分割し、各帯域の増幅量や圧縮の比と閾値を調節して、軽度難聴の高齢者の実験参加者に無響室内で聴取させた。その結果、少数の高齢者は、4000 Hz以上の帯域を6 dB増幅することで、原音より有意に聴き取りやすいと評価した。しかし、高齢者の多くが原音より聴き取りやすい放送音源の処理方法は見いだされなかった。以上から、原音に対して全ての高齢者に対して聴き取りやすさの改善される処理法を定めることはできないことが示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study investigated effects of compression processing of sound sources from television broadcasting on listening in elderly people with mild hearing loss. The sound sources from television broadcasting were divided into four frequency bands, and then the signal of the each bandwidth was compressed with a different compression ratio. The processed signals were presented to the elderly people by a loudspeaker in an anechoic room. Some of the people evaluated that the processed signals with amplification of 6 dB above a frequency of 4 kHz were easier to listen to than the original signal. For the majority of the people, however, the processed signals did not improve listening as compared to the original signal. These results suggest that it might be difficult to apply compression processing of sound sources from television broadcasting for better listening in all elderly people.

研究分野：時限

科研費の分科・細目：デザイン学

キーワード：放送 高齢者 圧縮増幅 ユニバーサルデザイン

1. 研究開始当初の背景

2006年の総務省の「デジタル放送と高齢者アンケート調査結果」によれば、一日のテレビの視聴時間が3時間以上の割合が91%と報告されており、高齢者の多くがテレビ放送を情報源や娯楽として利用している。しかし、高齢者は、いわゆる加齢性難聴のために、「女性の声が聞き取りにくい」などの不満を持つことが多い。このため、高齢者がテレビの音声を聞き取りやすくするために音量を上げると、同居している健聴者がうるさいといった不快な感情をもち、高齢者と健聴者が一緒にテレビを見なくなる現状がある。今後さらに高齢者が増加すると予測されていることから、テレビ音声を高齢者にとって聞き取りやすく、同時に健聴者にとっても不快にならずに聞き取りやすいといった「ユニバーサル放送」の視点から、テレビ放送音声の音響デザインが望まれる。

現在、おこなわれているテレビ放送音声の高齢者対策は、大別して3つの方法がある。一つ目は、話速変換技術(音のピッチを変えずに遅く再生する技術)である。この方法で高齢者の聴取実験をおこなって一応の効果を認めているが、テレビでは話速を変化させると唇の動きとずれが生じて視聴者に違和感を生じるため、いまのところ実用化には至っていない。二つ目は、テレビ放送音源内の背景音の音量を下げた会話音を聞き取りやすくする手法である。しかし、この手法を実用化するためには、手間や人件費のコストがかさむという問題がある。三つ目は、話し言葉の音量の増幅をおこない、高齢者の聞き取りを改善しようというものであるが、有効性については結論が出ていない。いずれの方法も、高齢者のみを対象とし、健聴者もテレビ放送音声を聴取しやすいという観点からはおこなわれていない。そこで、われわれは補聴器の圧縮増幅処理に着目した。

2. 研究の目的

本研究では、テレビ放送音声を4つの周波数帯域に分割し、各帯域の増幅量と、圧縮を調節することで、健聴者と高齢者共に聞き取りやすい音进行处理する方法を見出すことを目的とした。

この方法を用いることの利点は、放送局側においてテレビ放送音源に帯域分割型の圧縮増幅器を通すだけで実現可能なため、放送局側の手間や、受信側の準備が必要ない点と、健聴者と高齢者が共に聞き取りやすいユニバーサル放送音源として実用可能性のある点である。

3. 研究の方法と結果

平成23年から25年度にかけての実験は、大きく5つの内容でおこなわれた。以下にそれぞれの実験の目的と方法および結果について述べる。

実験(1) 防音室と無響室における音響特性の比較

目的) 一般に聴取実験は防音室でおこなわれることが多いが、定在波の問題が指摘されている。ここでは、防音室と無響室における室内音響特性を比較し、防音室が聴取実験として適切な室内であるかを検討した。
方法) 測定は九州大学大橋キャンパス6号館1階102教室内の防音室(232 cm × 157 cm × 198 cm)、音響特殊棟3階無響室(650 cm × 480 cm × 440 cm)でおこなった。どちらも暗騒音は20 dB A以下であった。防音室と無響室の各測定室において、サンプリングリバーブプレートから発信されるTSP信号を用いて5回測定をおこない、その加算平均よりインパルス応答を求めた。その結果を図1に示す。無響室内の周波数特性は、約5 dB程度の差が見られるものの比較的平坦であることが確認できた。一方、防音室ではレベルの差が比較的大きく、最大値と最小値の間には30 dB以上の差があることが確認された。特に、500 Hz以下の周波数帯域において10 dB以上の増幅が見られる周波数があり、低周波数帯域が強調されており、定在波の影響が大きくなっていた。

以上から、高齢者における聴取実験は、防音室は不適切であると判断し、無響室内でおこなうこととした。

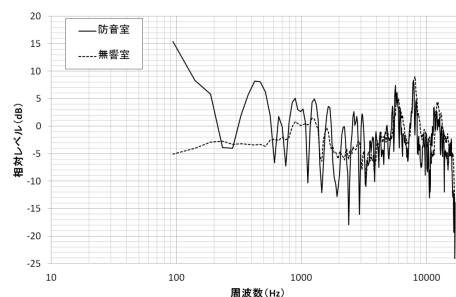


図1 各測定室における周波数特性

実験(2) 低周波数帯域の増幅量が聞き取りやすさに及ぼす影響

目的) 部屋の伝送特性が理想的な無響室における聴取実験より、低周波数帯域の増幅が聞き取りやすさに与える影響について検討した。

対象) 実験参加者は、シルバー人材センターから派遣された31名に、聴力レベルの測定、補充現象の有無の測定、語音聴力測定をおこなった。補聴器の常時着用を必要としないが、補聴器の着用によって聞こえを改善できる可能性のある、聴力レベル40 dB HL以下(6分法)、語音明瞭度60%以上を境界とした。この条件を満たした10名(男女各5名)を、本実験の参加者とした。

方法) 音源は、効果音があるニュース番組から抜き出した長さ13.4秒の男性と女性

のアナウンサーの声が混在した音源（音源 1 と略）と、長さ 9.2 秒の男性アナウンサーのみの音源（音源 2 と略）の 2 種類とした。レベル調整は平均ラウドネス値を用い、これは電波産業会（ARIB）の技術資料 TR-B32「デジタルテレビ放送番組におけるラウドネス運用規定」に基づいて算出した。調節後の平均ラウドネス値は、目標の -24 LKFS になっていることを確認した。

2 種類の音源に対して、500、1000、4000 Hz を境界とする 4 帯域に分割した。各周波数帯域の増幅量は、表 1 のようにしておこなった。それぞれの帯域の条件の各組み合わせは合計 18 種類となった。圧縮条件は、表 2 のようにしておこなった。圧縮比、スレッシュホールドレベル、アタックタイム、リリースタイムは固定値を用いた。500 Hz 以下と 4000 Hz 以上の両帯域ともに圧縮比は 2、スレッシュホールドレベルは -35 dB FS とした。

以上より、圧縮増幅処理によって、増幅量の条件 18 種類のそれぞれに圧縮をかけたもの、かけていないものの、全 36 種類を作成した。これらを、2 台のスピーカからステレオ再生し、スピーカの間隔は 1.0 m、床面からスピーカ中心までの高さは 1.1 m、2 台のスピーカの中点と実験参加者の距離は 1.8 m として呈示した。

実験参加者には、2 つの音源ごとに刺激音をランダムに呈示し、「聴き取りやすい - 聴き取りにくい」、「快い - 不快な」、「自然な - 不自然な」の 3 つの形容詞対に対し、7 段階で評価させた。ここでは主に「聴き取りやすさ」について述べる。

表 1 各帯域の増幅量の条件 (dB)

周波数 (Hz)			
~ 500	500 ~ 1k	1k ~ 4k	4k ~
0	0	6	-
6	6	12	-
12	12	-	-

表 2 各帯域の圧縮の条件

周波数 (Hz)			
~ 500	500 ~ 1k	1k ~ 4k	4k ~
Off	Off	Off	Off
On	Off	Off	On

結果)「聴き取りやすさ」に関する音源ごとの平均評価値を図 2 と図 3 に示す。図の条件は左から順に、500 Hz 以下の増幅量、500 ~ 1000 Hz の増幅量、1000 ~ 4000 Hz の増幅量、4000 Hz 以上の増幅量、圧縮の有無を示す。また、横軸は「聴き取りやすい - 聴き取りにくい」の 7 段階の示し、数値が小さいほど聴き取りやすいと評価されたことを表す。これから、圧縮増幅処理をかけたものが一様に聴き取りやすさが改善されるわけではなかった。統計学的な検討から、原音に対して有意

差が認められた全ての条件は、原音に対して聴き取りにくく評価されたものであり、原音に対して有意に聴き取りやすく評価されたものはなかった。

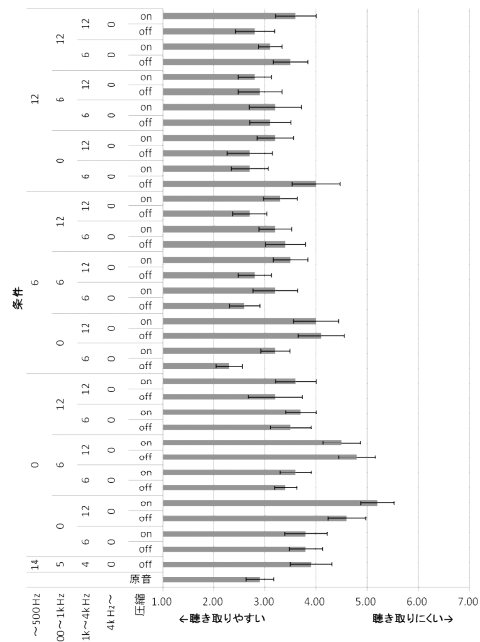


図 2 音源 1 (女性と男性) の聴き取りやすさの平均評価値

エラーバーは 1 標準誤差を示す。

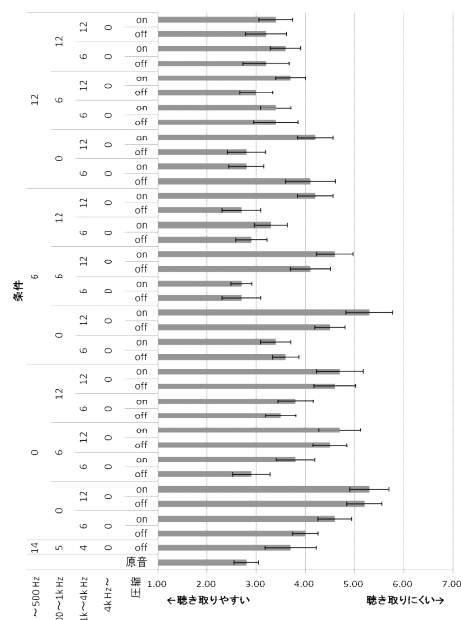


図 3 音源 2 (男性) の聴き取りやすさの平均評価値

エラーバーは 1 標準誤差を示す。

実験(3) 低周波数帯域の圧縮が聞き取りやすさに及ぼす影響

目的) テレビ放送の背景音などは低周波数成分を持つことが多い。そこで、低周波数帯域の圧縮のパラメータにより聞き取りやすさがどのように影響を受けるのかについて検討した。

対象) シルバー人材センターから派遣された10名(男女各5名)とした。

方法) 実験(2)と同じニュース番組2種類としたが、音源1に対して「高い女性の声が聞き取りにくい」との内観報告があったことから、本実験では音源の前半である女性アナウンサーによる発話部分のみを使用することとした。その結果、各音源の長さは、それぞれ女性のアナウンサーの声6.2秒(音源1)と男性のアナウンサーの声9.2秒(音源2)となった。周波数帯域の分割は、実験(2)と同様にしておこない、各周波数帯域の増幅量と圧縮比およびスレッシュホールドレベルは、表3と表4のようにしておこなった。圧縮は全て500 Hz以下の帯域のみにかけた。

各周波数帯域の増幅量3条件それぞれに関して圧縮10条件を組み合わせ合わせた合計30条件を刺激音とした。実験方法は、刺激音が異なる以外、実験(2)と同様におこなった。

表3 各帯域の増幅量 (dB)

条件	周波数 (Hz)			
	~500	500~1k	1k~4k	4k~
G0	0	0	0	0
G1	6	0	6	0
G2	6	6	6	0

表4 圧縮比とスレッシュホールドレベル

圧縮比	スレッシュホールドレベル (dB FS)
1	0
1.25	-25
1.25	-35
1.25	-45
1.5	-25
1.5	-35
1.5	-45
2	-25
2	-35
2	-45

結果) 音源1の「聞き取りやすさ」では条件ごとの差はあまりみられなかった(図4)。一方、音源2の「聞き取りやすさ」では圧縮をかけるほど、聞き取りにくい方向へ評価される傾向が観察された(図5)。

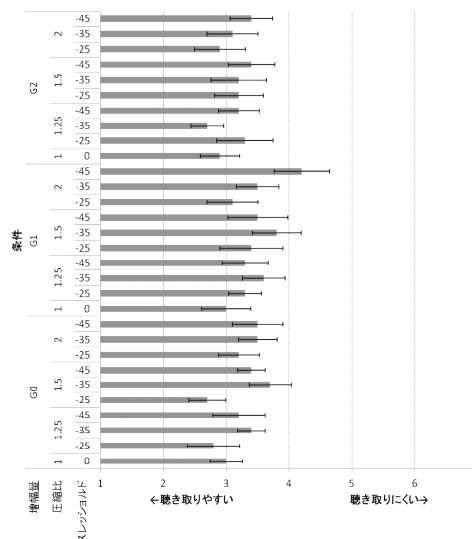


図4 音源1(女性)の聞き取りやすさの平均評価値

エラーバーは1標準誤差を示す。

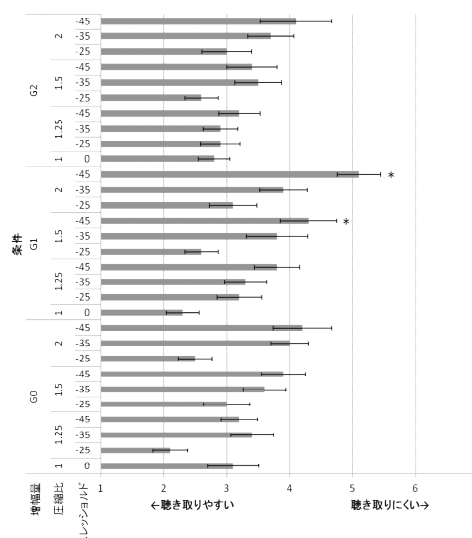


図5 音源2(男性)の聞き取りやすさの平均評価値

エラーバーは1標準誤差を示す。また*印はDunnett法で原音に対して有意差が認められた条件を示す($p < 0.05$)。

次に、圧縮比1の条件を除く条件について、増幅量(3水準)圧縮比(3水準)スレッシュホールドレベル(3水準)が「聞き取りやすさ」の平均評価値に及ぼす効果を、Pillaiのトレースを用いた多変量分散分析で検討した。下位検定にはBonferroni法を用いた。

その結果、音源1に関して、多変量分散分析では、主効果と交互作用ともに認められなかった。音源2に関して、多変量分散分析の結果、圧縮比[F(2, 8)=9.94, $p < 0.05$]に主効果、増幅量とスレッシュホールドレベルの間に交互作用[F(4, 6)=9.38, $p < 0.05$]が認められた。

圧縮比について、下位検定をおこなった結果、圧縮比が1.5と2、1.25と2の間に有意差が認められた ($p < 0.05$)。圧縮比は、小さくするほど聞き取りやすく評価される傾向が確認された(図6)。

しかし、原音に対して聞き取りやすい処理があったかを確認するため、Dunnettの方法を用いて検討したところ、音源1(女性)ではどの組み合わせに対しても有意差は認められなかった。また音源2(男性)に関しても、原音に対して有意に聞き取りにくい処理は認められたが、有意に聞き取りやすい処理は認められなかった。

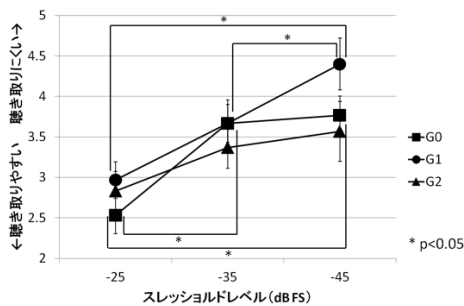


図6 増幅量とスレッシュヨルドレベルに対する聞き取りやすさの平均評価値
エラーバーは1標準誤差を示し、*印は有意差が認められたことを示す

実験(4) 低周波数帯域の圧縮が聴力レベルの上昇している軽度難聴者の聞き取りやすさに及ぼす影響

目的) 実験(3)では軽度難聴でも比較的聴力の良い実験参加者を対象としていたため、圧縮処理が有効に作用しなかった可能性がある。そこで、実験(3)の実験参加者より、聴力レベルの閾値が上昇している高齢者を実験参加者とするこゝで、圧縮処理を施した音源が原音より聞き取りやすくなるかを検討した。

対象) シルバー人材センターから派遣された31名を対象に聴力レベルの測定、補充現象の有無の測定、語音聴力測定をおこなった。3分法で算出した聴力レベルが25 dB HL以上、50 dB HL以下の軽度難聴、語音明瞭度60%以上を境界とした。この条件を満たした11名(男性6名、女性5名)を実験参加者とした。

方法) 音源と周波数分割は、実験(3)と同様にした。各周波数帯域の増幅量は表3、圧縮の設定条件は表4に同様に設定した。刺激音の呈示は、実験(2)と同様とした。結果) 「聞き取りやすさ」に関する平均評価値を図7に示す。図の条件は左から順に、増幅量の条件(表5)、圧縮比、スレッシュヨルドレベルを示す。横軸は「聞き取りやすい-聞き取りにくい」の7段階で示し、数値が小さいほど聞き取りやすいと評価されたことを表す。

圧縮比1の条件を除く条件について、増幅量(3水準)、圧縮比(3水準)、スレッシュヨルドレベル(3水準)、音源(2水準)が「聞き取りやすさ」の平均評価値に及ぼす効果を、それぞれ自由度調整法によってHuynh-Feldtの ϵ による補正を自由度が1より大きい反復測定F値の検定に用いた。下位検定にはBonferroni法を用いた。

その結果、聴力レベルが上昇している高齢者を対象としても、自由度調整法の結果、主効果と交互作用ともに観察されず、原音に対して有意に聞き取りやすい処理は本実験では認められなかった。

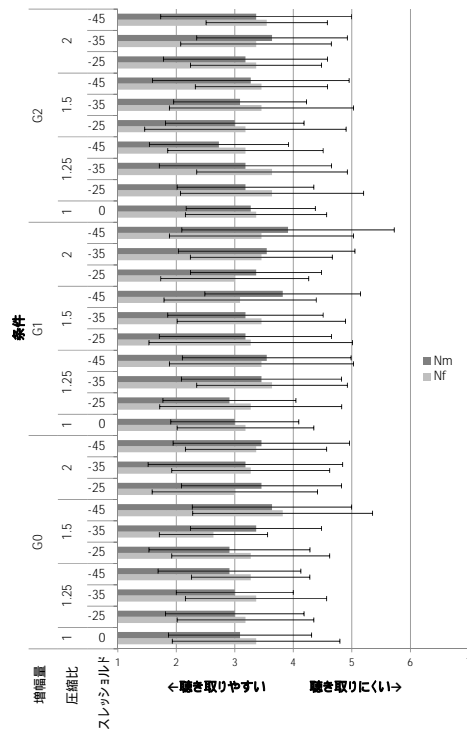


図7 聞き取りやすさの平均評価値
エラーバーは1標準偏差を示す。

実験(5) 高周波数帯域と他の周波数帯域とのレベルバランスが聞き取りやすさに及ぼす影響

目的) これまでの検討では高周波数の処理については検討していなかった。そこで、高周波数帯域とその他の帯域のレベルバランスにより聞き取りやすさがどのように影響を受けるのかについて検討した。

対象) シルバー人材センターから派遣された13名(男性7名、女性6名)とした。

方法) 刺激音とその周波数分割は、これまでの実験と同様とした。4000 Hz以下の帯域に対する4000 Hz以上の帯域のレベルバランスを変化させた計5条件とした(表5)。全ての帯域で圧縮をかけない条件とした。実験方法は、刺激音異なる以外、実験(4)と同様におこなった。

条件	周波数 (Hz)				高周波数帯域の他の帯域に対する増幅量のレベルバランス
	~500	500~1k	1k~4k	4k~	
G1	12	12	12	0	-12
G2	6	6	6	0	-6
G3	0	0	0	0	0
G4	0	0	0	6	6
G5	0	0	0	12	12

図5 各帯域の増幅量 (dB) と低域と高域における周波数のレベルバランス

結果) 聞き取りやすさ」に関する音源ごとの平均評価値を図8に示す。

増幅量(5水準)、音源(2水準)が「聞き取りやすさ」、「自然さ」、「快さ」の平均評価値に及ぼす効果を、それぞれ自由度調整法によって、Huynh-Feldtの ϵ による補正を自由度が1より大きい反復測定のF値の検定に用いた。下位検定にはBonferroni法を用いた。

結果は、4000 Hz以上の帯域を12 dB増幅したレベルバランスにすると「聞き取りやすさ」、「自然さ」、「快さ」が損なわれることが確認された。

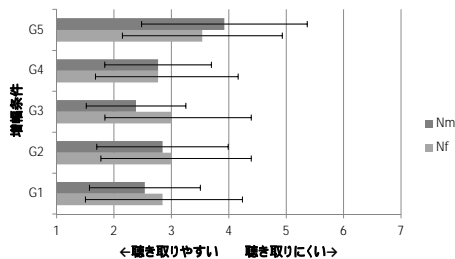


図8 聞き取りやすさの平均評価値
エラーバーは1標準偏差、Nmは音源1、Nfは音源2を示す。

高周波数帯域についてもパラメータの調節をおこなったが、原音より有意に聞き取りやすく評価される処理法は認められなかった。しかし、実験後の実験参加者からの内観報告では、「低く太く聞こえる方が聞き取りやすかった、高いと細く、遠くに聞こえた」という意見がある一方、「高いとすっきり聞こえるが、低い音はこもって聞こえづらい」という意見もあった。そのため、実験参加者によって低域を増幅した方が聞き取りやすいと評価する群と、高域を増幅した方が聞き取りやすいと評価する群が混在している可能性が考えられた。そこで、「聞き取りやすさ」の評価値を変数として、クラスター分析をおこなうと、10名と3名の群に分けられた。

群分けした各クラスターについて、自由度調整法によって、Huynh-Feldtの ϵ による補正を自由度が1より大きい反復測定のF値の検定に用いた。下位検定にはBonferroni法を用いた。分析の結果、10名の群では、群分け前と同様に、4000 Hz以上の帯域を12 dB増幅したレベルバランスだと聞き取りづらいつ傾向がみられた。一方、3名の群では、4000

Hz以上の高周波数帯域を6 dB増幅したレベルバランスにすると、原音より有意に聞き取りやすいと評価した($p < 0.01$)。

4. 研究結果のまとめ

本研究では、健聴者と高齢者がともに聞き取りやすい放送音源の処理、すなわちユニバーサル方法の実現を目指して、放送音源の圧縮増幅処理を試みたが、高齢者の聴覚特性の多様性のために、現時点では統一した処理法でおこなうのは困難であると考えられた。しかし、その処理法が有効である高齢者もいたことから、今後は高齢者の受信側での処理システムを検討していく必要がある。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計0件)

[学会発表](計2件)

Shinya ISAJI, Kazuo UEDA, Yoshitaka NAKAJIMA, Effects of frequency-band elimination on identification of noise-vocoded Japanese syllables, The 18th Auditory Research Forum, 2013.12.14.

Kazuo UEDA, Yoshitaka NAKAJIMA, Takuya FUJIOKA, Factor analyses of power fluctuations in spoken sentences: applying cepstral analyses, The 18th Auditory Research Forum, 2013.12.14.

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

白石君男 (SHIRAISHI, Kimio)

九州大学大学院芸術工学研究院・教授

研究者番号: 90187518

(2) 研究分担者

上田和夫 (UEDA, Kazuo)

九州大学大学院芸術工学研究院・准教授

研究者番号: 80254316