

Title	スペクトル変形聴覚フィードバックによる音声生成・知覚の相互作用に関する研究
Author(s)	佐藤, 博幸
Citation	
Issue Date	2003-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1662
Rights	
Description	Supervisor:赤木 正人, 情報科学研究科, 修士

スペクトル変形聴覚フィードバックによる音声生成・知覚の相互作用に関する研究

佐藤 博幸 (110054)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2003 年 2 月 14 日

キーワード: 変形聴覚フィードバック, スペクトル, 補償動作,

1 研究の背景

話をするとき、話者は自分自身が発した音声を、聴覚器官へフィードバックし、意図通りの発話となるように、絶えず発話のコントロールを行っている。このフィードバックは聴覚フィードバックと呼ばれ、音声生成において重要な役割を担っている。

河原らは変形聴覚フィードバック (Tranceformed Auditory Feedback:TAF)[2] と呼ばれる測定手法を提案し、この測定手法を用いて基本周波数制御における音声生成と音声知覚の間に基本周波数変動への補償レスポンスが存在することを明らかにした。また、B.S.Leeら [1] により、およそ 200ms の時間遅延をフィードバック音声に挿入すると、発話にどもりのような現象が起こり、発話が困難になる傾向があることが報告されている。河原らが着目したのは、基本周波数と時間遅延のみであり、スペクトルなど他の知覚情報の変化に対して、音声の生成側がどのように反応するかは、あまり報告されていない。その要因として次のようなことが考えられる。

- フィードバックに要することのできる時間が限られている。
- 計算機の処理能力が十分ではなかった。
- 実時間で音声の再合成を行うことが困難である。

現在では計算機やハードウェアの能力が向上したことにより、フィルタリングなど、単純な処理であれば実時間でフィードバック音声に変化を与えることができる可能性がある。

2 本研究の目的

本研究では、発話音声において重要な物理量であるスペクトルに着目する。そして、聴覚器官へフィードバックされる音声のスペクトルを制御し、知覚情報の1つであるスペクトルの変化に対して音声生成側で何らかの反応があるか、またその反応までの時間はどの程度であるかを調査することを目的とする。

3 実験系

3.1 変形聴覚フィードバック

変形聴覚フィードバック (TAF: Transformed Auditory Feedback)[2] フィードバック経路において音響パラメータに微少な摂動を与えて聴覚フィードバックの影響を解析する測定手法である。TAF による実験の概念図を図1に示す。

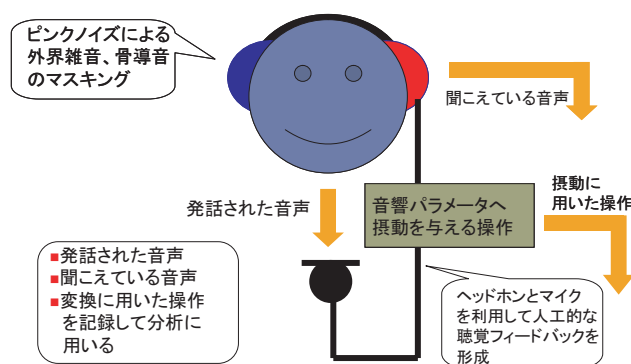


図 1: TAF による実験の概念図

3.2 実験系の概要

図2に本研究で構築した実験系の概要を示す。コンデンサマイクロホンとヘッドホンを用いて、音声生成と知覚の間に擬似的な聴覚フィードバック経路を構築する。その経路においてフィードバック音声のスペクトルに摂動を与え、聴覚器官へフィードバックする。フィードバック音声には骨導音や外界からの雑音をマスクングするために65から70[dB]のピンクノイズをフィードバック音声に付加している。

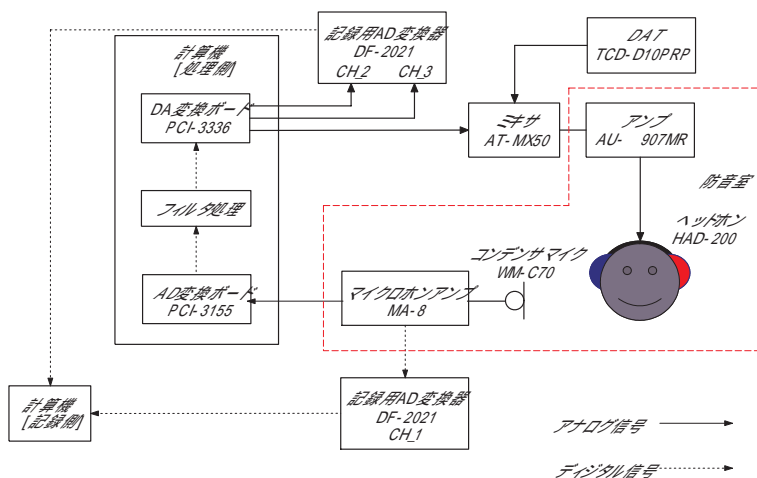


図 2: 実験系の概要

4 フィルタの準備

本研究では、フィードバック音声のスペクトルに摂動を与える手法としてノッチフィルタを用いる。

フィルタの除去幅

本研究では母音/i/のフォルマントを 200Hz から 500Hz の幅で除去を行うノッチフィルタを 100Hz 刻みに構成し、フィードバック音声に摂動を与える。本研究で設計したフィルタの仕様を表 4 に示す。

表 1: 設計したフィルタの仕様

仕様項目	仕様値
次数	30 次
阻止域エッジ周波数	カットオフ周波数 \pm 100(Hz)
通過域リップル量	3(dB) 以内
阻止域減衰量	20(dB) 以上

5 本実験

5.1 目的

フィードバック音声へフィルタ処理を施した実験を行うことにより、スペクトル制御における音声生成・知覚の相互関係について調査、考察を行う。

5.2 方法

被験者

正常聴力を有する大学院生 3 名。通常発話時の F1 と F2 は表 2 に示す通りであった。

表 2: 通常発話時の F1 と F2

	/a/		/i/	
被験者	F1(Hz)	F2(Hz)	F1(Hz)	F2(Hz)
A	680	1230	300	2300
B	850	1500	250	2000
C	900	1500	200	2400

発話音声

連続母音 /aiaiai.../ とした。

準備したフィルタ

フィードバック音声の操作に用いるフィルタとして母音 /i/ の第 2 フォルマントを 200Hz から 500Hz の幅で除去を行うノッチフィルタ 4 種類を用意した。除去幅の変化パターンとして、徐々に除去幅が徐々に広がる場合、狭まる場合、ランダムに変化する場合は 3 種類とした。

実験方法

- 実験前の準備

実験前にヘッドホン聴取による違和感をできるだけ取り除くためにしばらくマイクとヘッドホンからなる擬似的なフィードバック経路を介して、10 分程度の会話をを行った。

- 被験者への教示

発話時の、声の大きさ、声の高さ、発話のスピードは被験者が発話しやすいもので構わないが、できるだけ一定の発話をしてもらうようお願いした。

- 記録したデータ

TAF の測定手法では、分析に撮動に用いた信号（フィードバック音声）とその撮動に対する出力（発話音声）が必要である。本実験では、この2つの信号と合わせて、フィルタの切り替えを示す信号も記録した。また、マイクから 20cm 離れた位置で発話音声をマイクへの受話音圧として、騒音計により測定した。

5.3 分析方法

本研究では、分析に高品質音声分析変換合成法 STRAIGHT(河原 2001) を用いた。STRAIGHT による分析から得られたスペクトログラムから、ある時刻のスペクトル抱絡を求め、フォルマント形状の変化を観測した。分析方法の概要を図 3 に示す。

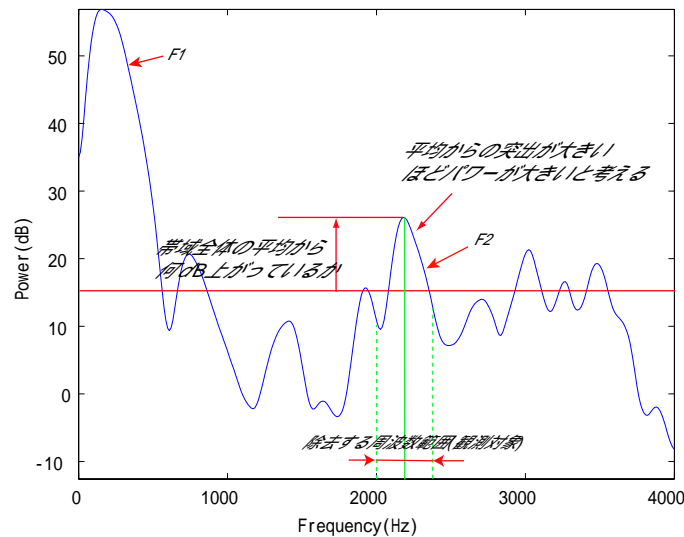


図 3: 分析方法の概要

6 実験結果

6.1 連続母音/aiai.../による実験結果

フィードバック音声の変化に対して、音声生成側で次のような反応が見られた。

- 除去した帯域のパワーを数 dB 上昇させて、強調しようとするような補償動作。
- 除去した帯域の帯域周辺のパワーを上げて、正確なフォルマント位置を探している、あるいはフォルマントを強調しようとするような補償動作。

結果の一例を図 4 と図 5 に示す。

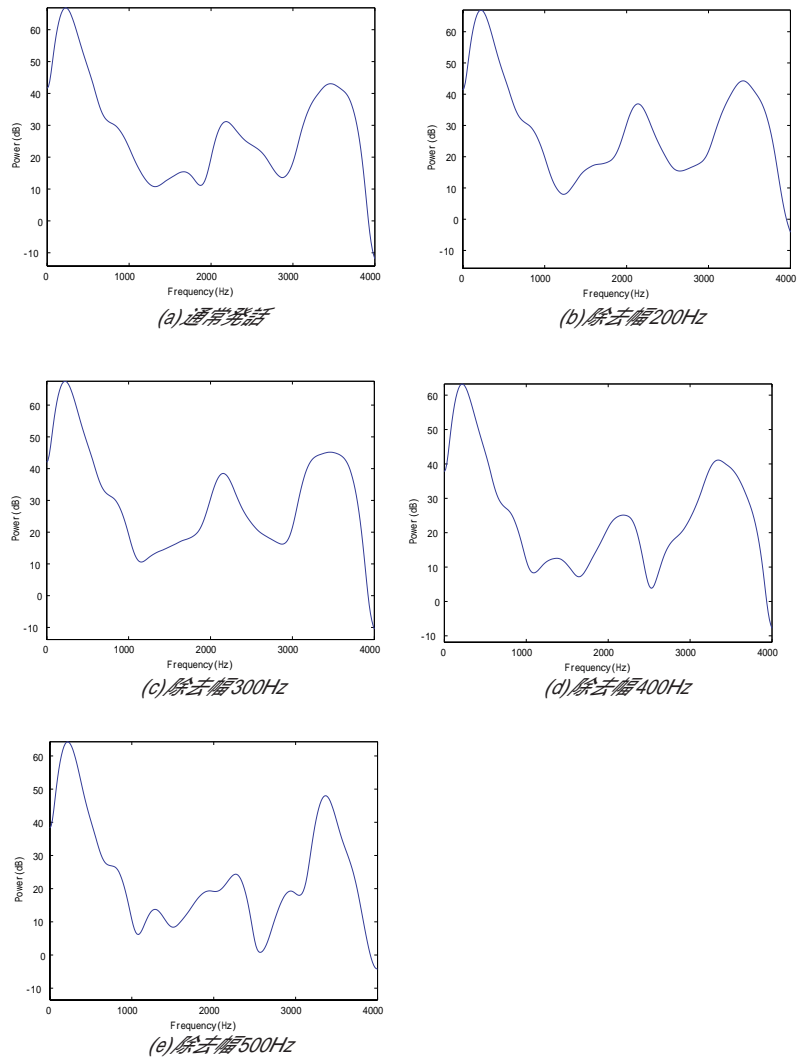


図 4: 除去幅を徐々に広げた場合のスペクトル包絡例:除去した帯域のパワーが通常発話と比較して、数 dB 上昇はしていたが、スペクトル包絡の基本的な形状に変化はあまり見られない

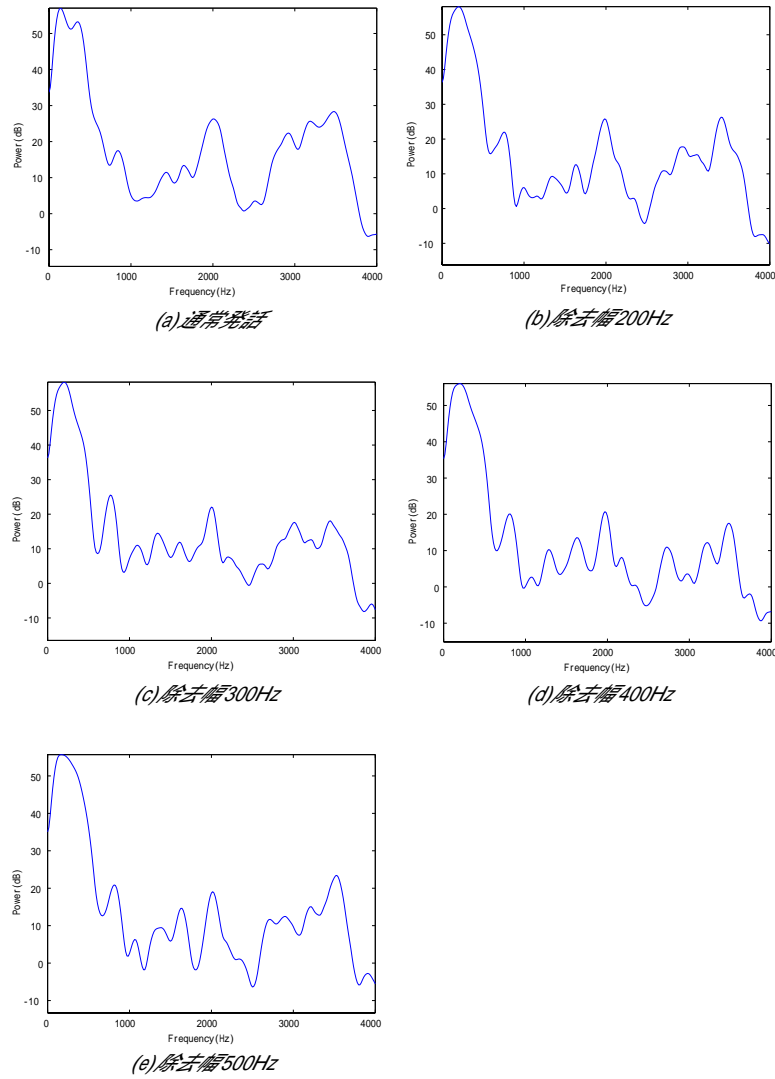


図 5: 除去幅を徐々に狭めた場合のスペクトル包絡例:除去幅が 500Hz の場合に除去した F2 の両側で大きなパワーの変化が起こっている。そして除去幅を小さくしていくと、F2 の両側で起こるパワーの変化も小さくなり、除去幅が 200Hz の場合にはスペクトル形状が通常発話の場合とかなり似た形状になっている。

考察

母音の音韻性を保つためには、フォルマント周波数と各フォルマント同士のパワー比が重要であることがわかっている。除去した帯域で起こるパワーの増減は、音韻性を保つために除去された帯域を強調してフォルマントを維持しようとする、あるいはフォルマント周波数のパワーを増減することによりフォルマント同士のパワー比を保とうとする音声生成と知覚の間に存在する補償動作の1つであると考えられる。

除去幅を徐々に広げていった実験で除去幅が400、500Hzの場合に除去した帯域のパワーが減少する傾向があったが、この際のフォルマント幅が200から300Hz程度であることから補償動作とフォルマント幅の間に何らかの関係が存在することを示しているのではないかと考えられる。

また、フィルタの除去幅を徐々に狭めていった実験結果で見られたスペクトル包絡の形状変化は、除去された帯域周辺のパワーを上げることで、フォルマント周波数の位置を探し出そうとしている、あるいは除去された帯域周辺のパワーを上げることで、除去された帯域のパワーを上げようとしているのではないかと考えられる。

7 まとめ

本研究では、TAFの実験系でスペクトルを制御における音声生成・知覚の相互作用について調査を行った。単母音/a/と連続母音/aiai/の/i/の第2フォルマントを除去のターゲットとして実験を行った結果、音声生成と知覚の間に次のような補償動作が推測された。

- 除去した帯域のパワーを数dB上昇させて、強調しようとするような補償動作。
- 除去した帯域の帯域周辺のパワーを上げて、正確なフォルマント位置を探している、あるいはフォルマントを強調しようとするような補償動作。

今後の課題

- 補償動作が起こっている状態で、口の周りにある筋肉あるいは舌がどのような動きをするか調査を行い、音声生成と知覚の相互関係をより明らかにする。

参考文献

- [1] B.S.Lee, Effect of Delayed speech feedback, J,Acoust.Soc.Am.22, 824-826 ,1950.
- [2] Hideki Kawahara, Julia Catalina Williams, Effects of Auditory Feedback on Voice Pitch Trajectories:Characteristic Respons to Pitch Perturbations, ATR HIP Res.Labs, Vol.2 of 2, pp145-160, 1996.