

Title	位相変化の音色知覚に及ぼす影響に関する研究
Author(s)	安武, 浩二郎
Citation	
Issue Date	1998-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1172
Rights	
Description	Supervisor:赤木 正人, 情報科学研究科, 修士

位相変化の音色知覚に及ぼす影響に関する研究

安武 浩二郎

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1998 年 2 月 13 日

キーワード： 位相、群遅延、逆フィルタ.

1 はじめに

従来より位相情報は振幅情報に比べて聴覚的に重要ではないとされてきた。しかし、近年ようやく位相と音色知覚との関連性が、音色の知覚機構を検討する上で重要視されてきている。

位相が音色知覚に影響を及ぼすことは少数ながら報告されているが、実験系の位相補正までは言及しておらず、信頼性は定かではない。そこで、本研究では、はじめに位相歪みを可能な限り取り除く逆フィルタを作成して、被験者に呈示する刺激音の信頼性を高めた。次に、従来の報告例と同様の心理物理実験を行ない、報告を検証した。最後に、その結果から位相が音色に及ぼす影響を調べ、検討を加えた。

2 実験系

位相情報を考慮して聴覚実験を行なう場合、使用するヘッドホンの特性にも注意を払わなければならない。また群遅延特性を安定させるため、ヘッドホンアンプの駆動には安定化電源を使用した。

本研究では以下のように実験系を構築した。

Work Station → DAT-LINK → DA converter → Headphone Amp. →
Headphone → Artificial Ear + Microphone → Microphone Preamp. →
Microphone Power Supply → DAT

なお、ボード体はアナログ部であり、それ以外はデジタル部である。

3 位相補正

実験系の位相歪みを測る一つの尺度として、群遅延特性が用いられている。これは位相特性を周波数微分したものである。8kHz ぐらいまでの周波数帯域で群遅延特性の標準偏差が $500\mu s$ 以上であれば実験系の歪みによる音色の違いが知覚されるという報告があり [1]、前述の実験系も位相歪みが音色の違いとしてあらわれる可能性がある。そこで、本研究でも同様に群遅延特性を尺度として、実験系の位相歪みを測定した。その結果、細かいピークの値や位置は測定ごとに異なり、特に低域では安定しないということが分かった。また、ヘッドホンに Lambda Nova を使用した場合、群遅延特性の 100Hz ~ 9.3kHz の標準偏差の平均は、安定化電源を使用しないときに $757\mu s$ 、安定化電源を使用したときに、 $347\mu s$ となった。この結果から、安定化電源を使用すると位相歪みがかなり低減し、また時間的にも格段に安定することが分かった。

位相歪みを補正するためには逆フィルタを用いる必要がある。逆フィルタは以下の手順で求めることができる。

TSP 応答 → インパルス応答 → 周波数応答 → 逆フィルタ

入力刺激音 (逆フィルタ処理波形) は、意図する刺激音 (原波形) に DFT を施したものと逆フィルタとを周波数領域で乗算することで得られる。

逆フィルタの評価は、原波形と原波形に逆フィルタをかけた波形のカップラレスポンスとを比較して行なう。通過周波数帯域の異なる逆フィルタに対して評価を行なった結果、300Hz 以上の通過帯域をもつ逆フィルタで位相歪み、パワー歪みともに補正可能であった。そこで本研究ではカットオフ周波数が 300Hz である逆フィルタを予備実験 2、本実験で使用した。

4 実験

本研究では以下の 3 つの実験を行なった。はじめに、予備実験 1 では、過去の報告結果を確認するために、Plomp らが行なった実験を追試した。次に、予備実験 2 では、位相変化が音色知覚にどの程度影響するのかおよそその検討をした。最後に、本実験では、より位相の影響がでやすいような刺激音を用いることで、位相変化が音色の知覚にどのように影響するのかを細部に渡って調べた。

4.1 予備実験 1

位相変化が音色知覚に実際に影響するという過去の報告結果を確認するために、Plomp らが行なった実験 [2] を、通過帯域 60 Hz ~ 9.3 kHz の逆フィルタをかけて追試した。なお、当時の実験状況を考慮して、安定化電源は使用しなかった。

実験結果は、“基本周波数が 200 Hz 以下なら音色の違いを判別しやすい” という過去の報告を支持するものであった。

4.2 予備実験2

原波形として第31高調波までもつ調波複合音を作成し、通過帯域300Hz以上の逆フィルタをかけて入力刺激音を作成した。安定化電源を使用することで逆フィルタの精度は向上しており、実験結果の信頼性は高いと思われる。この結果、位相を変化させる調波の密度、調波の次数によって音色の変化が生じることが分かった。

4.3 本実験

31成分調波複合波の、一つの高調波だけを π ずらしたものを原波形とし、通過帯域300Hz以上の逆フィルタをかけて、入力刺激音を作成した。また、すべての調波成分のパワーを等しくし、さらに位相の変化幅を増加させることで、位相変化の影響をより大きくした。

実験結果より、音色の違いは、聴覚フィルタ内に含まれる調波間の位相差と強く関係することが分かった。また、この実験結果は、“2kHz以上の高域では音色の違いを知覚することが難しい”という報告と矛盾した。

5 おわりに

本研究では、実験系の位相歪みを実用帯域で補正する方法を提案した。また過去の実験結果の妥当性を確認するとともに、位相に対する聴覚特性について検討した。この結果、音色の違いが聴覚フィルタ内に含まれる調波間の位相差に依存することが分かった。

参考文献

- [1] 河原、津崎、パターソン：“オールパスフィルタの位相操作による時間構造制御とその知覚への影響について,” 音響学会聴覚研資, H96-74, (1996).
- [2] Plomp, R. and Steeneken, H. J. M. "Effect of Phase on the Timbre of Complex Tones," J. Acoust. Soc. Am., 46, 2409-421 (1969).