

研究概要報告書

( 1/3 )

研究題目	高周波数帯域における聴覚の時間特性と周波数特性の関係の研究	報告書作成者	大賀 壽郎
研究従事者	大賀 壽郎 (教授) 山口 巧・工藤 和彦 (卒業研究学生2名)		
研究目的	<p>最近、可聴周波数の上限とされている 20 kHz をはるかに超える超広帯域オーディオセットが実用化され、超高周波数帯域の信号が伝送されると従来システムに比べ聴感上の変化があるという説が各方面より提出されている。しかし、その特性の研究としては基本的な聴覚心理実験が開始されたばかりで、上記の意見の可否の判断やその理由の説明は今のところ困難である。</p> <p>本研究はこうした問題に関する基本検討として、超高周波数の、又は高速に変化する音響信号の聴覚への影響を確かめようとするものであり、客観性のあるデータを得てこれを計測心理学的に説明し、地に足のついた討論を可能とするものである。</p> <p>研究開始にあたりまず重要なことは的確な定量化方法の探索である。このため、検討は時間特性サイド及び周波数特性サイドの両方から同時に着手し、両者の関係を解析しながらすすめる。</p> <p>従来、音響機器設計では時間特性よりは周波数特性が重視されてきており、また従来の測定装置では超高周波数帯域の物理測定が困難だったため、時間促成サイドの研究の先例は多くない。我が国のメーカ、公的機関、大学の関係者が集まって 1999 年に発足したハイデフィニションオーディオ研究専門委員会 (通信学会、音響学会共催) はこの分野の数少ない検討組織であり、まずデジタル信号における時間揺らぎ (ジッタ) の聴感への影響の共同検討の準備がすすめられており、申請者は専門委員としてこれに参加している。</p> <p>本研究の時間特性サイドのテーマはこの一環として、ジッタの聴覚への影響を測定し、定量化を試みる。</p> <p>一方、超高周波数信号の再生を司るスーパーツイータの聴覚への影響に関しては、商品化が先行し、定性的な論議は数多いが定量化検討が不足、というより次落しているといつてよい状況である。本研究の周波数特性サイドのテーマでは超高周波数帯域の再生性能にすぐれたスーパーツイータを用いて聴覚的な検知限界を吟味する検討から開始する。</p> <p>聴覚の研究はとかく主観的な観点からの論議に傾きがちである。本研究では成果を上記のハイデフィニションオーディオ研究専門委員会などの学会での論議に供し、研究の客観性を保持しながらすすめてゆく方針である。</p>		

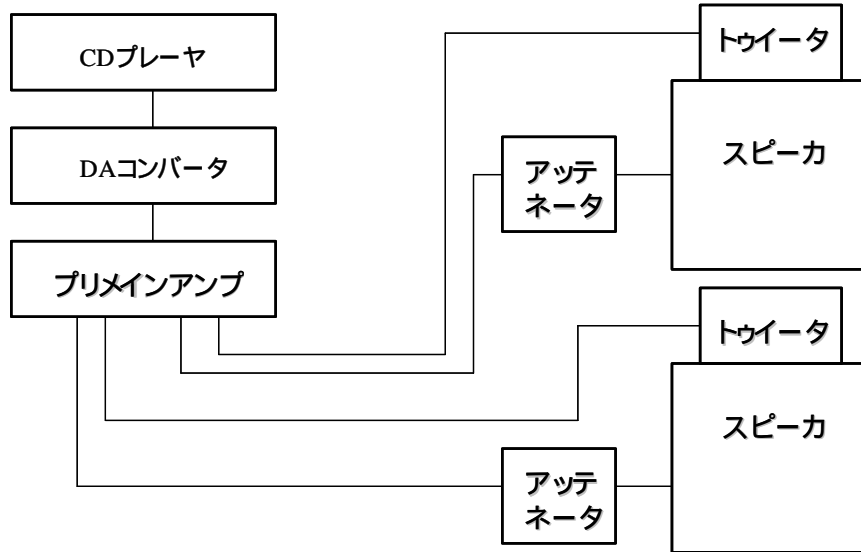
研究内容	<p>(1) 周波数特性サイドの研究</p> <p>小規模な予備実験の結果、下記のような現象が発見された。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・オーディオシステムのスピーカに 15 kHz 以上のみを再生する過渡特性のすぐれたスーパーツイータを付加し、CD を再生する。</li><li>・CD 出力は 20 kHz 以下のみだから、システムのスピーカを OFF とするとスーパーツイータからの音はほとんど聞き取れない。</li><li>・ところが、システムのスピーカを動作させ、スーパーツイータを ON、OFF すると、聴覚的な「立ち上がり感」が歴然と変化する。</li><li>・スーパーツイータのみを前後に動かすと立ち上がり感が変化するの、この現象は聴覚の時間特性に関連していると考えられる。</li></ul> <p>本研究はこの知見を踏まえ、再現性の良い測定機器と種々のプログラムソースを準備して、数多くの被験者により試聴試験を行い、超高周波数信号の時間特性に対する弁別限とを心理尺度として定量化しようとするものである。</p> <p>まず、無響室を使用してスーパーツイータのレスポンスを測定した。次に、いくつかの音楽 CD を試聴し、本実験で使うためのプログラムソースを作成した。実際の聴取実験では被験者に 2 回連続で音を聴かせ、スーパーツイータ接続の有無を判断させた。結果を音圧レベル、座席位置、ソースの違いをパラメータとして比較した。</p> <p>スーパーツイータの相対出力をシステムのスピーカに比べ 9dB、15dB 上昇した実験結果を有意差検定したところ、ほとんどの場合について有意差は見られなかった。一方、差を 21dB とした条件では違いが分かり、検定でも有意差が認められた。</p> <p>(2) 時間特性サイドの研究</p> <p>産業技術総合研究所における予備実験により CD 再生にあたり信号標本に <math>\mu\text{sec}</math> オーダのジッタを与えると、音質が変わって聞こえるとの結果が知られた。これに関する本格研究を学会 HAD 研究専門委員会内で分担するに当たり、当研究室は多数の一般学生などによる主観評価をもとに弁別限を定量化するテーマを担当することとした。</p> <p>実験には産業技術総合研究所で作成された、ソフトウェアシミュレーションによりジッタが加えられた CD を用い、ジッタの加えられていない信号を基準とする XAB 法でジッタの量を変数とし聴取判別実験を行った。聴取方法としてはヘッドホン受聴を主力とし、さらにスピーカ受聴による実験を加えた。</p> <p>聴取実験の結果、ヘッドホンでは 6.3 <math>\mu\text{sec}</math> 程度のジッタをほとんどの被験者が検知できた。しかし、スピーカでは 6.3 <math>\mu\text{sec}</math> のジッタを検知できた被験者はほとんどなくヘッドホンとスピーカではジッタの検知閾に差があることがわかった。</p> <p>実験で得られたデータをそれぞれのジッタ量に対する被験者ごとの正答率としてまとめ、正答率の分散分析を行ったところヘッドホンでは 6.3 <math>\mu\text{sec}</math> と 3.14 <math>\mu\text{sec}</math> の間で危険率 1% で有意差があった。しかし、スピーカでは今回のデータでは有意差は見られなかった。</p>
------	--

研究概要報告書

( 3/3 )

<p>研究のポイント</p>	<p>本研究は超高周波数の、又は高速に変化する音響信号の聴覚への影響を確かめるため、客観性のあるデータを得てこれを計測心理学的に説明しようとするものである。</p> <p>検討を時間特性サイド及び周波数特性サイドの両方から同時に着手し、両者の関係を解析しながらすすめることとした。</p> <p>周波数特性サイドの研究としては、オーディオシステムのスピーカに 15 kHz 以上のみを再生する過渡特性のすぐれたスーパーツイータを付加し、CD を再生して、スーパーツイータ接続の有無を被験者に判断させた。</p> <p>時間特性サイドの研究としては、ソフトウェアシミュレーションにより <math>\mu</math> sec オーダのジッタが加えられた CD を用い、ジッタの加えられていない信号を基準とする XAB 法でジッタの量を変数とし聴取判別実験を行った。聴取方法としてはヘッドホン受聴を主力とし、さらにスピーカ受聴による実験を加えた。</p>
<p>研究結果</p>	<p>周波数特性サイドの実験では、立ち上がりの鋭いピアノ音をサンプルとした場合に、とくに顕著な有意差がみられる。したがって、聴覚的な判断は時間特性をもとに行われているように思われる。</p> <p>時間特性サイドの実験では、ソプラノ音声の澄んだ連続音をヘッドホンで聴取した場合に、6.3 <math>\mu</math> sec 程度のジッタをほとんどの被験者が検知できた。6.3 <math>\mu</math> sec を周期とする信号の周波数は約 160 kHz であり、可聴周波数の上限よりはるかに高い。</p> <p>先行音定位効果 (ハース効果) に典型的に見られるように、人の聴覚では時間領域と周波数領域との線形数学的対応が必ずしも成立しないことが知られている。今回の研究の結果は聴覚における微妙な時間特性の検討が重要であることを示唆していると思われる。</p>
<p>今後の課題</p>	<p>本研究は開始したばかりであり、断定的な結論を与えるには時期尚早である。しかし、上記の結果は特別に優れた聴覚をもつ人ではなく多数の学生による平均的な結果であり、さらにパラメータの幅を広げるなどの拡張により知見が広がってゆくであろう。</p> <p>本研究が従来周波数領域で語られてきた次世代オーディオシステムを時間領域で評価し直すきっかけとなり、研究の成果が将来のオーディオシステムの幅広い基本研究に発展していくよう努力してゆきたい。</p>

周波数特性サイドの実験



音圧レベルの差による実験 (条件A: -21dB B: -15dB C: -9dB)

条件	正答数										合計	平均	標準偏差
-21dB	4	8	8	4	6	6	5	6	4	8	59	5.9	1.66
-15dB	5	5	7	4	4	4	5	5	4	6	49	4.9	0.99
-9dB	5	3	2	4	4	3	6	6	4	5	42	4.2	1.32

分散分析表

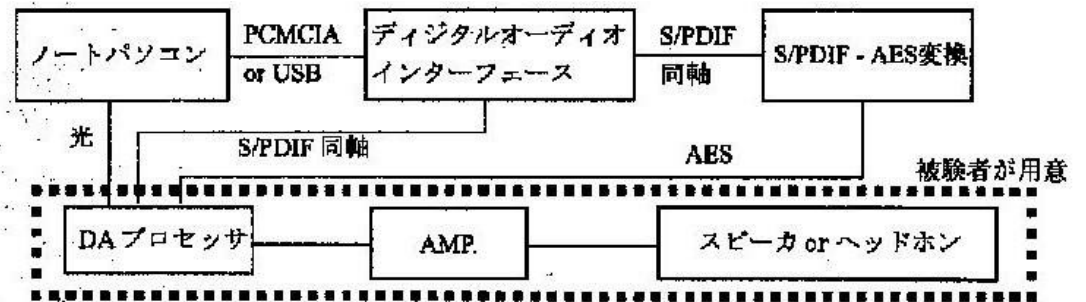
条件	平方和	自由度	分散	F比
群間	14.6	2	7.3	3.99*
残差	49.4	27	1.83	-
計	64	29	-	-

$F_{2,27;0.05}?? 3.35$   $F_{2,27;0.01}?? 5.49$

時間特性サイドの実験

6.3 μ sec、1.6 μ sec の分散分析表

要因	平方和	自由度	分散	F比
群間	7224.48	1	7224.48	14.69**
残差	10817.82	22	491.72	
計	17956.11	23		



(注:フローチャート図,ブロック図,構成図,写真,データ表,グラフ等 研究内容の補足説明にご使用下さい。)