

研究題目	ハイブリッドサンプル値設計法によるデジタル音声信号復元	報告書作成者	山本 裕
研究従事者	山本 裕		
研究目的	<p>近年制御理論においては、サンプル値制御理論がめざましく発展した。この現代的な理論においてもっとも特徴的なことは、サンプルーホールド動作により、制御動作が間欠的にしか行われないにも関わらず、そのサンプル点間のアナログ特性を最適に、しかも全周波数帯域において（適当なフィルタによる重み付けを前提として）最適化できるということ、さらに旧来のサンプル点上の応答のみに着目した離散時間設計に比べて、場合によっては著しい性能の違いが生じることが確認されたのは、意外さを伴った知見であった。</p> <p>一方、現在の音声処理で多く用いられるデジタルフィルタの設計では、離散時間設計が主体であり、サンプル点間応答に代表されるアナログ特性はエイリアシングの除去という形で間接的に取り扱われる場合がほとんどである。本研究の目的は、このデジタルフィルタの設計に、上記のサンプル値制御系設計法を拡張することにより、連続時間の特性が最適になるようなデジタルフィルタの設計法を与えることにある。すでに代表者らの研究により、サンプルレートが単一であるいわゆるシングルレート問題についてはこのような設計が可能であることが知られているが、現在CDの復調器などに用いられているマルチレート系については、系の特性が時間とともに変化する時変系であるため、未知の部分が多い。本研究の目的はこのマルチレートフィルタのサンプル値設計手法、ことにフィルタバンクの最適設計手法を確立すること、またそのための設計CADを開発することにある。</p>		

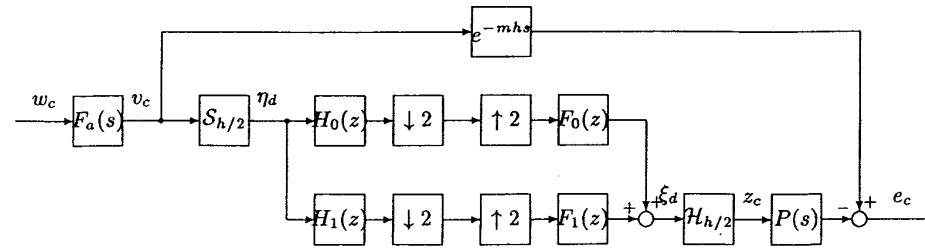
研究内容	<p>デジタルフィルタによる信号復元は、現在の音響、音声処理技術の中核をなしている。しかし復元すべき信号がアナログ連続時間信号であるにもかかわらず、その設計は離散時間領域で行われ、連続時間での性能評価はエイリアシング歪の除去、またその解析という形で間接的に行われているにすぎない。そのため設計手順も多段でかつ複雑になりやすく、また復元の際必ず必要となるホールド回路が発生する位相歪みも評価されていないのが大きな難点である。</p> <p>本研究計画で推進するものは、近年自動制御理論の分野でめざましく進展したハイブリッド型サンプル値制御理論による設計法を用いるもので、その特徴として、1) トータルの連続時間アナログ入出力特性が評価できる、2) いわゆる H^∞ 設計法により、周波数領域における特性の整形が一度におこなえる、などがある。ことに偏差の H^∞ 尺度を最小化することにより、トータルでのゲイン-位相特性が同時に最適化できる点が、これまでにない利点である。</p> <p>研究目的の項で述べたように、本研究ではマルチレートフィルタバンク（様式10の図 参照）の設計にサンプル値設計法を拡張する。そのための手法として連続時間最適設計問題が、シングルレートの離散時間問題に等価変換され得ることをしめす。さらにその結果と従来の（サンプル点間応答を無視した）離散時間設計とを比較すること、設計用のCADを開発する。</p>
------	---

研究概要報告書

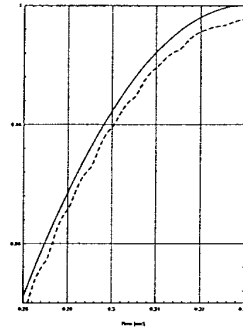
(/)

<p>研究のポイント</p>	<p>マルチレートフィルタバンクは、フィルタ内にアップサンプラ、ダウンサンプラという時変の要素を持つことが特徴である。このため、そのままモデル化すると、時変の補償器（フィルタ）の設計問題となるため、簡単には解が得られない。本研究では、従来から知られていた手法ではあるが、フィルタのポリフェーズ表現を用いることにより、この問題を単一サンプルレートの問題に変換することを可能にした。これにより、むだ時間要素の取り扱いとあわせて、従来申請者らが開発してきた手法を適用することが可能になった。</p>
<p>研究結果</p>	<p>上に述べたように、マルチレートフィルタバンクの H^∞ 設計問題を単一レート、離散時間、有限次元の H^∞ 制御問題に帰着させることに成功した。様式 10 の図に示すように、従来のフィルタに比べてより優れた信号復元精度が得られることが確認された。また、ファストサンプリングによる自動設計ルーチンの CAD を開発した。</p>
<p>今後の課題</p>	<p>今回行ったのは2チャンネルのフィルタバンク設計であるが、一般の M チャンネルの場合は、等価離散時間設計の導出公式が複雑になりすぎるため、実用性に欠けるのが難点である。むしろ $M = 2^n$ の場合は2チャンネルフィルタバンクを繰り返し用いることにより、得られる。</p> <p>実用的にはファストサンプリングによる近似公式が、精度もよく有効であるが、この場合には次元が高くなり、それによって計算精度が損なわれやすくなるのが難点である。実用的には $M = 2$ の場合が精度も高いので、これを繰り返し用いるのがよいといえよう。またより高速かつ高精度の近似計算を開発するのが残された課題である。</p>

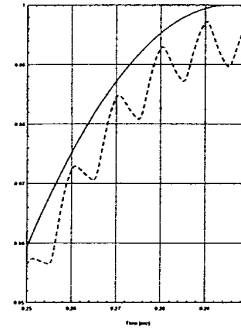
— 11 —



上図の2チャンネルマルチレートフィルタバンクにおいて、連続時間信号 $w(t)$ がサンプル/ホールド回路、図の下部のフィルタバンクを通して、ローパスフィルタ $F_a(s)$ と遅れ e^{-mhs} を通した信号 $F_a w_c(t - mh)$ と比較され、その差が小さくなるように設計される。ここで h はサンプル周期、 $S_{h/2}$ は速いレートのサンブラ、 $H_{h/2}$ は速いレートのホールド回路、 $\uparrow 2, \downarrow 2$ は各々アップサンブラ、ダウンサンブラ、 $P(s)$ はアナログバッファアンプを表す。



(a) サンプル値設計



(b) 離散時間設計

サンプル値設計により、復元誤差が離散時間設計より改善されていることがわかる。