

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 （ 工 学 ）	氏名	Muhammad Rizwan Tariq
学位授与の要件	学位規則第4条第1・2項該当		
論 文 題 目			
Design of Noise Shaping Filters in $\Delta\Sigma$ Modulators for Quantization Error Reduction (量子化誤差削減のための $\Delta\Sigma$ 変調器のノイズ整形フィルタの設計)			
論文審査担当者			
主 査	准教授	大野 修一	印
審査委員	教 授	山本 透	印
審査委員	教 授	餘利野 直人	印
審査委員	教 授	中野 浩嗣	印
〔論文審査の要旨〕			
<p>比較的簡単な構成を持つ$\Delta\Sigma$変調器は、低消費電力で高解像度の量子化が行えることから、アナログデジタル変換器として広く用いられている。$\Delta\Sigma$変調器は静的な一様量子化とその量子化ノイズをフィードバックする際に利用するフィードバックフィルタで構成されている。フィードバックフィルタは量子化ノイズのスペクトルを整形でき、ノイズ整形フィルタとよばれる。本論文は量子化ノイズを低減化するためのノイズ整形フィルタの設計法の確立を目的としている。従来法では$\Delta\Sigma$変調器の出力の量子化ノイズの影響を低減化しようノイズ整形フィルタを設計するのに対し、提案法では$\Delta\Sigma$変調器に接続された機器の出力における量子化ノイズの影響を低減化しよう設計する。そのため実際の応用において従来法より良い性能が期待できる。ノイズの大きさは信号ノルムとシステムノルムにより評価している。平均自乗誤差を評価するためのH_2ノルム、周波数ゲインを評価するためのH_∞ノルム、ノイズの最大の大きさを評価するためのl_1ノルムを利用し、有限長(FIR)フィルタと無限長(IIR)フィルタを設計している。線形行列不等式(LMI)を用いた凸最適化問題として定式化することで最適なFIRフィルタを数値的に設計している。いっぽう、IIRフィルタの設計問題は凸最適化問題とはならない。そこで、準最適なフィルタを求めるため、拡大LMIを用いた設計、FIRフィルタ近似による設計、組み合わせ(ハイブリッド)設計、LMIによる繰り返し設計を提案している。多くの設計例により提案法の有効性を示している。</p> <p>第1章は、研究の背景および本論文の概要を述べている。</p> <p>第2章では、まず、$\Delta\Sigma$変調器を説明し、設計の定式化に必要となる信号ノルムとシステムノルムを導入したのち、$\Delta\Sigma$変調器の安定性について議論している。</p> <p>第3章では、量子化ノイズの影響をH_2ノルム、H_∞ノルム、l_1ノルムで評価し、安定性の条件のもとでそれぞれのノルムを最小にするFIRノイズ整形フィルタを、LMIを用いて凸最適化問題に帰着することで設計し、数値例によりその有効性を示している。</p>			

第4章は IIR ノイズ整形フィルタの設計について述べている。FIR フィルタの場合と異なり IIR フィルタはその伝達関数の分母分子を同時に求める必要があるため、設計問題が非凸の双一次線形不等式 (BMI) を含む非凸の最適化問題となることを示している。準最適なフィルタを求めるため、まず、リヤプノフ行列を共通化することで BMI を線形化するとともに、線形化による保守性を補償するため、拡大 LMI を用いる方法を提案している。つぎに、第3章で提案した手法により次数の大きい FIR フィルタを設計し、その FIR フィルタを IIR フィルタで近似することで準最適な IIR フィルタを求めている。また、IIR フィルタの分母と分子を異なる手法で別々に設計するハイブリッド設計を提案している。さらに、IIR フィルタの分母と分子を交互に繰り返し設計する手法を導出している。多くの設計例により提案法の有効性を議論している。

第5章は、第4章までの成果を要約し結論としてまとめている。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。