HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	楽器・音響機器向けのARMAディジタルフィルタ設計法［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	国本, 利文
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第12639号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65722
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Toshifumi_Kunimoto_abstract.pdf, 論文内容の要旨



Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（情報科学）　氏名　国本　利文

学 位 論 文 題 名

楽器・音響機器向けの ARMA ディジタルフィルタ設計法
（ARMA Digital Filter Design Method For Musical and Audio Purposes）

1906 年に真空管が発明されると、必然的に電気・電子楽器や電子音響機器の提案や製造がなされるようになった。楽器や音響は本来アコースティックな存在であるが、真空管やトランジスタの発明により、なんらかの音が電気信号としてあれば、それを増幅して多数の聴取者に届けることができるようになった。音の増幅だけでなく音の発生自体も真空管やトランジスタで行えるようになると、さらに精密に音を加工する需要があり技術が出て来る。こうして電子楽器や電子音響機器の中では様々なフィルタが活躍するようになった。

こうした楽器や機器は、真空管に始まり、次はトランジスタや IC と、アナログ回路で信号処理を行っていたが、1980 年以後急速に音のデジタル化が進行し、楽器や音響機器でも色々な形でデジタルフィルタなどのデジタル信号処理技術が使われるようになり、今日に至る。

ヤマハ㈱においては、主に電子鍵盤楽器 (エレクトーン) の電子音源の音色開発ために、そうしたデジタルフィルタを 1983 年以後使用していた。学位論文提出者は、その頃修士論文で ARMA デジタルフィルタの設計法を扱った。ヤマハ㈱入社後は主に電子楽器用音源開発の中で、ARMA デジタルフィルタに関して様々に研究・開発し、実際にエレクトーンや電子音響機器の音質の向上のために適用して来た。

本論文では、電子楽器、電子音響機器で使われるデジタルフィルタの設計手法について、とりわけ音楽的な音を研ぎ澄ますために、周波数帯域を整える ARMA デジタルフィルタの係数設計手法について提案する。以下、本論文の構成を示す。

第一章では、本研究のアウトラインを示すとととともに、パイプオルガンから始まって電子楽器としての電子オルガンに至る歴史を概観し、特にヤマハにおけるエレクトーンの電子音源部の歴史について述べる。これにより電子楽器におけるフィルタの重要性が理解できる。

第二章においては、巡回型ディジタルフィルタ技術の歴史として、s-z 変換による帯域選択型のフィルタ設計法と、その後に任意周波応答の近似手法が出て来たことを述べる。続いて楽音合成モデルとして電子楽器での合成モデルと、電子音響機器での合成モデルについて述べ、電子楽器・電子音響機器におけるディジタルフィルタの位置づけについての理解の一助とする。

第三章では、AR システム近似から始まった ARMA デジタルフィルタの統計的設計法の中でも有力な 2 種 (一つは学位論文提出者の提案) を吟味し、それぞれの任意振幅周波数応答近似法としてのメリットデメリットについて論じる。

第四章では、楽音固有の事情として、対数振幅特性だけでなく対数周波数特性が重要なことについて述べ、対数周波数尺度での近似性能を上げるために、周波数変換法を応用することで、とりわけ低域周波数帯における近似精度を大幅に向上する手法を提案する。

デジタルフィルタハードウェアを音楽・楽器のために設計すると、なんらかの音楽的需要により、目標となる周波数特性 (主には振幅周波数特性) があり、それをいかに正確に近似できるか、と

言う問題に帰着する。とりわけ、人間の聴覚特性は、振幅についても周波数についても、対数尺度で認識する基本的な性質を持っている。このため対数振幅特性を重視するだけでなく、対数周波数軸で見た時の近似精度が高くないと、十分な聴感性能が得られない。

第五章では、応用例として電子楽器と電子音響機器に実際に実装された例を示す。提案の手法を適用することによるコスト面、及び音質的な面での向上は大きく、発売されたエレクトーンやギターアンプと言った商品は大きなビジネスをヤマハにもたらした。

本論文はディジタル信号処理による楽器、音響機器において、その音質を大きく左右するフィルタが重要で、任意周波数特性の近似が要求される場合は、ARMA ディジタルフィルタの統計的設計法の一群が極めて有効であることを示すとともに、その低域周波数域での近似精度を向上する方法として、周波数変換法が極めて有効であることを示すものである。