

氏 名	棚 田 嘉 博 たな だ よし ひろ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1199 号
学位授与の日付	昭 和 54 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	ウォルシュ波形分析器の開発とそのパルス信号処理への応用

論文調査委員 (主 査) 教授 池上淳一 教授 木嶋 昭 教授 板谷良平

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高速で動作するウォルシュ波形分析器を開発し、これをレーザによる大気汚染計測に使用することおよびウォルシュ変換をパルス信号の線形ろ波に應用することを検討した結果を述べたもので6章よりなっている。

第1章は序論であって、本論文の目的および内容の梗概を述べている。

第2章では、実時間信号処理にウォルシュ変換を使用するために、ウォルシュ関数と論理符号との関係および電子回路との対応について述べている。まず、 $\{+1, -1\}$ のウォルシュ関数を $\{0, 1\}$ の論理表現に対応させ、ウォルシュ関数を論理代数的に扱えるようにしている。つぎに、3種類のウォルシュ関数 wal, pal, sal-cal の中で三角関数に類似した sal-cal 関数が信号処理に最も有用であるとの考えのもとに、論理的ウォルシュ関数 (sal'-cal' 関数) を定義し、これを用いて sal 関数と cal 関数との関係、積、シフトなどの諸特性を誘導している。最後に、論理式にもとづいて時間変数の論理的ウォルシュ関数を発生する方法を提案し、実際にもとの $\{+1, -1\}$ のウォルシュ関数にもどして時間関数を発生する装置を試作し、設計どおりに動作することを確認している。

第3章では、弧立波形のウォルシュ振幅スペクトルを実時間で測定できる新方式のウォルシュ波形分析器を開発した結果を述べている。この分析器はアナログ演算の高速性とデジタル演算の単純性を融合させたハイブリッド方式であって、 $16\mu\text{s}$ の時間区間の波形を16個のウォルシュ振幅スペクトルに分析する装置であって、その動作の概要は入力波形を $1\mu\text{s}$ 毎に平均し、これをパルス幅に変換した後、ウォルシュ関数との乗算を行ない、その出力を加算して $16\mu\text{s}$ 後に16個の振幅スペクトルの値を出力するものである。この分析器により特定の試験波形を分析し、良好な動作をすることを確認している。

第4章では、第3章で述べたウォルシュ波形分析器をパルス・レーザによる大気汚染計測における光電信号の相関検出に利用した結果を述べている。まず、従来、分光計測に用いられているボックス・カー積分やロック・イン検波などの相関検出のみならず信号対雑音比を最大にする整合ろ波がウォルシュ振幅スペクトルの荷重加算により容易に実行できることを示している。つぎに、色素レーザによる NO_2 ガスの

共鳴吸収，ルビー・レーザおよび Nd:YAG レーザによる N_2 ガスのラマン散乱の計測に上記の整合ろ波を適用し，その実用性を確認している。

第5章では，ウォルシュ変換を利用してパルス信号の線形ろ波を行う方法について述べている。まず，算術たたみ込みに $N=2^n$ のウォルシュ・アダマール変換を施すとスペクトル変換行列の非零要素数が $(N^2+2)/3$ と多くなることから時不変系へのウォルシュ変換の直接適用は効果が少ないことを指摘している。そこで，フーリエ変換に倣い，同一シーケンスの sal, cal 関数を結合して複素ウォルシュ関数を定義し，これを用い算術たたみ込みの出力波形およびその周波数パワ・スペクトルを系統的に近似する方法を提案し，数個の波形を例にとり，この方法の誤差を2乗平均誤差で評価している。その結果，パワ・スペクトルの近似の方が波形の近似よりもよいこと，および，波形の近似は Pearl の提案した近似よりもよい結果を与えることを明らかにしている。最後に，パルス計測用の整合ろ波器の構成について述べている。第6章は結論であって成果をとりまとめて述べている。

論文審査の結果の要旨

ウォルシュ関数は $+1$ と -1 の2値のみで構成される関数であるので電子回路による高速処理が比較的容易であり，しかも，三角関数と同じように完全直交系を形成している。本論文は，この点に着目して，高速で動作するウォルシュ波形分析器を開発し，実時間信号処理への応用例としてパルス・レーザによる気体の共鳴吸収およびラマン散乱の計測に使用した結果について述べている。また，パルス信号の線形ろ波にウォルシュ変換を使用することを検討した結果についても言及したもので，その成果を要約すると次のとおりである。

1. $\{+1, -1\}$ の値をとるウォルシュ関数を $\{0, 1\}$ の論理表現に対応させ，論理代数的に扱えるようにし，これによりウォルシュ関数 (sal-cal 関数) の積，シフトなど重要な諸性質を誘導した。
2. 1の結果にもとづき時間に関するウォルシュ関数発生法を提案し，実際に発生装置を設計，試作し，満足に動作することを確認した。
3. アナログ演算の高速性とデジタル演算の単純性を融合させたハイブリッド方式により， $16\ \mu\text{s}$ の時間区間の波形を16個のウォルシュ振幅スペクトルに分析する装置を設計，試作し，特定の試験波形に対し満足すべき分析結果を得た。
4. ボックス・カー積分，ロック・イン検波などの相関検出のみならず信号対雑音比を最大にする整合ろ波がウォルシュ振幅スペクトルにそれぞれ特定の荷重をかけて加算することにより容易に実行できることを示した。そして，大気汚染計測を目的とした気体の共鳴吸収およびラマン散乱の計測に整合ろ波の手法を適用し，その有用性を示した。
5. 算術たたみ込み演算をシーケンス領域で実行するために， $N=2^n$ のウォルシュ・アダマール変換を行なうとスペクトル変換行列の非零要素数が $(N^2+2)/3$ と多くなり，高速演算に適しないことを示した。
6. そこで，sal-cal 関数を結合した複素ウォルシュ関数を導入し，これを使用して算術たたみ込みおよびその出力の周波数パワ・スペクトルを近似的に求める方法を提案し，数種の波形を例にとり，この近似計算の2乗平均誤差を評価した。その結果，周波数パワ・スペクトルの近似の方が算術たたみ込みの近

似よりもよいこと、算術たたみ込みの近似は Pearl の提案したものよりもよいことなどを明らかにし、シーケンシる波器構成のための資料を与えた。

以上要するに、この論文はウォルシュ変換を信号の実時間処理に使用する目的をもって、高速で動作するウォルシュ波形分析器を開発し、これをパルス・レーザによる大気汚染計測に使用することを試み、また、ウォルシュ変換をたたみ込み演算に適用することを検討し、この分野の研究に新しい知見を加えたもので、学術上、實際上貢献するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。