明　　細　　書

発明の名称　　デジタル信号の補間方法並びにその装置、及び記録媒体の記録及び／又は再生装置並びにその方法

技術分野

本発明は、デジタル信号の補間方法並びにその装置に関する。特に、本発明は少数ビットでデジタル化されたデジタル信号の補間方法並びにその装置に関する。

背景技術

例えば音声信号をデジタル化して伝送（本書中でいう伝送は信号の記録及び／又は再生を含む）する方法として、従来からＣＤ（Compact Disc）、ＤＡＴ（Digital Audio Tape）等の記録再生装置や、衛星放送等のデジタル音声放送が実施されている。このようなデジタル音声伝送装置において、従来はアナログ信号をデジタル信号に変化する際に、サンプリング周波数として４８ｋＨｚ、４４．１ｋＨｚ等、また量子化ビット数として１６ビット等の規定されたフォーマットに従って行われていた。

ところがこのような従来のデジタル音声伝送装置において、デジタル音声信号の量子化ビット数は一般的に復調される音声信号のダイナミックレンジを規定している。このため例えばより高音質の信号を伝送するためには、量子化ビット数を現行の１６ビットから２０あるいは２４ビット等に拡大することが必要である。しかしながら、一度伝送のためのフォーマットを規定してしまうと、量子化ビット数の拡大を容易に行うことができないため、これらの装置からより高音質の音声信号を取り出すことはできなかった。

ところで音声信号をデジタル化する方法として、ΣΔ（シグマデルタ）変調と呼ばれる方法が提案されている（日本音響学会誌４６巻３号（１９９０）第２５１～２５７頁「ＡＤ／ＤＡ変換器とディジタルフィルター（山崎芳男）」等参照）。

ＦＩＧ．１は、例えば１ビットのΣΔ変調を利用した一例としての構成を示している。このＦＩＧ．１において、入力端子９１から入力された音声信号が加算器９２を通じて積分器９３に供給される。この積分器９３からの出力信号が比較器９４に供給され、例えば入力された音声信号の中点電位と比較されて１サンプル期間ごとに例えば１ビット量子化される。なおサンプル期間の周波数（サンプリング周波数）は、従来の４８ｋＨｚ、４４．１ｋＨｚに対して、その６４倍あるいは１２８倍の周波数が用いられる。また量子化は２ビットあるいは４ビットでもよい。

この量子化信号が遅延器９５に供給されて１サンプル期間分遅延される。この遅延信号が例えば１ビットのＤＡ変換器９６を通じて加算器９２に供給されて、入力端子９１からの入力音声信号に加算される。比較器９４から出力される量子化信号が出力端子９７に取り出される。従ってこのΣΔ変調によれば、上記文献にも示されるように、サンプル期間の周波数（サンプリング周波数）を充分高くすることによって、例えば１ビットの少ないビット数でも広いダイナミックレンジのデジタル音声信号を得ることができる。

ところで上述のようなデジタル音声信号において、仮に伝送系で異常が発生して信号が失われると、再生されたデジタル信号は“１”または“０”のいずれかの値に固定されてしまう。ここで特に処理を行っていない例えばＦＩＧ．１に示した構成によって得られたデジタル音声信号では、連続した“１”と“０”はそれぞれ復調信号の正の最大値と負の最大値に相当する。このため仮

に伝送系で信号の一部が欠落したような場合には、その欠落部分で最大レベルのノイズが発生することになり、モニター用のアンプやスピーカーを破壊する等の危険があった。

そこでＣＤやＤＡＴ等においては、連続した“１”や“０”が復調信号の中間値になるように信号フォーマットが定められており、上述のような信号の欠落が生じても最大レベルのノイズが発生することがない。伝送されるデジタル信号中にエラー訂正コードを設けて例えば信号に欠落が生じても所定の範囲までは修復ができる。さらにエラー訂正コードの能力を超えた信号の欠落等に対しては、前後のデータ等を用いて補間処理を行ったり、直前のデータをホールドするなどによって、聴感上問題が生じないようにしていた。

このような補間処理においては、例えばＦＩＧ．２に示すような直線補間を用いた処理が行われる。このＦＩＧ．２において、例えば失われたデータの数をＮ、そのデータの直前のデータの値をＡ、直後のデータの値をＢとして、補間データＤｎ（ｎ＝１～Ｎの整数）は次の式のように求められる。

$$Dn = A + n \times (B - A) / N \quad \cdots (1)$$

ＦＩＧ．３はこのような補間処理を行う補間回路の一例を示す。ＦＩＧ．３では、データ入力端子８１にはデジタル音声信号が供給される。このデータ入力端子８１からの入力データ信号がメモリ８２を通じてデータセレクタ８３に供給される。メモリ８２からのデータ信号が演算回路８４に供給される。さらにエラー検出信号入力端子８５には、データ入力端子８１に供給されるデジタル音声信号が正しいか否かを示すエラー検出信号が供給される。このエラー検出信号入力端子８５からの検出信号が制御回路８６に供給される。

この入力端子8.5にエラー検出信号が供給されたときに、制御

回路８６からの制御信号がメモリ８２及び演算回路８４に供給され、メモリ８２に記憶されたデータを用いて上述の式（１）に従った補間処理の計算が行われる。さらにこの演算回路８４からの補間データがデータセレクタ８３に供給され、このデータセレクタ８３が制御回路８６からの制御信号で制御される。これによってエラー検出信号が供給されている期間は演算回路８４からの補間データが選択されて、補間処理されたデータがデータ出力端子８７に取り出される。

ところが上述のΣΔ変調においては、各データの語長が短く、例えば１ビットであるために上述のような前後のデータを用いての補間の処理は行うことができない。そこで例えばＦＩＧ．４に示すように、エラー部分と同じ長さの直前のデータをエラー部分に置き換える方法（前値ホールド）が考えられる。この方法では時として極めて大きなノイズが発生することがあり、実用にはならないものであった。

例えば上述のΣΔ変調によって得られたデータをデシメーション（間引き）フィルターを用いて、ＣＤやＤＡＴ等の信号フォーマットに変換することが考えられる。これによれば従来と同じ方法で補間処理を行ったり、直前のデータをホールドするなどによって、聴感上問題が生じないようにすることができる。しかしながらこのような方法では、処理される信号の特性はＣＤやＤＡＴ等と同じになってしまい、本来のΣΔ信号の持つ、広帯域、高ダイナミックレンジ等の特徴は生かせないことになってしまう。

従ってこれまでの装置や方法では、仮に伝送系で異常が発生して信号が失われた場合に、ΣΔ信号ではこれを補間等で修復する手段が得られておらず、このため一般の伝送系においてΣΔ信号を利用することは極めて困難なものであった。

この出願はこのような点に鑑みて成されたものであって、ΣΔ

変調等の任意の少数ビットでデジタル化されたデジタル信号にエラーが生じた場合に、エラー部分を良好に補間する方法または装置を提供することを目的とするものである。

発明の開示

本発明は、任意の少数ビットでデジタル化されてエラー部分の含まれたデジタル信号が供給され、上記デジタル信号のエラー部分を任意の位置として上記エラー部分を除いたデータを任意のデジタルフィルターに供給して得た値と、上記エラー部分の取り得る全ての補間データを上記デジタルフィルターの上記任意の位置に供給して得た値とを用いて、上記エラー部分の補間データを得るようにしたものであり、これに関連してデジタル信号の補間方法並びにその装置、及び記録媒体の記録及び／又は再生装置並びにその方法を開示する。

図面の簡単な説明

ＦＩＧ．１は、例えば１ビットのΣΔ変調の説明のための構成図である。

ＦＩＧ．２は、直線補間の説明のための図である。

ＦＩＧ．３は、従来のデジタル信号の補間装置の構成図である。

ＦＩＧ．４は、前値ホールドの説明のための図である。

ＦＩＧ．５は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第１の実施例の説明のための図である。

ＦＩＧ．６は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第１の実施例の説明のための表１を示す図である。

ＦＩＧ．７は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第１の実施例の説明のための表２を示す図である。

ＦＩＧ．８は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第１の実

施例の説明のための図である。

ＦＩＧ．９は、本発明によるデジタル信号の補間装置の第１の実施例の構成図である。

ＦＩＧ．１０は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第２の実施例の説明のための図である。

ＦＩＧ．１１は、本発明によるデジタル信号の補間装置の第２の実施例の構成図である。

ＦＩＧ．１３は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第３の実施例の説明のための図である。

ＦＩＧ．１４は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第３の実施例の説明のための図である。

ＦＩＧ．１５は、本発明によるデジタル信号の補間装置の第３の実施例の構成図である。

ＦＩＧ．１６は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第４の実施例の説明のための図である。

ＦＩＧ．１７は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第４の実施例の説明のための図である。

ＦＩＧ．１８は、４ビットのエラーを起こした１ビットのΣΔ信号を前値ホールドで修復した波形を示す線図である。

ＦＩＧ．１９は、４ビットのエラーを起こした１ビットのΣΔ信号を本発明で補間した波形を示す線図である。

ＦＩＧ．２０は、８ビットのエラーを起こした１ビットのΣΔ信号を前値ホールドで修復した波形を示す線図である。

ＦＩＧ．２１は、８ビットのエラーを起こした１ビットのΣΔ信号を本発明で補間した波形を示す線図である。

ＦＩＧ．２２は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第５の実施例の説明のための図である。

ＦＩＧ．２３は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第５の

実施例の説明のための図である。

ＦＩＧ．２４は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第５の実施例の説明のための図である。

ＦＩＧ．２５は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第５の実施例の構成図である。

ＦＩＧ．２６は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第６の実施例の構成図である。

ＦＩＧ．２７は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第６の実施例の説明のための図である。

ＦＩＧ．２８は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第６の実施例の説明のための図である。

ＦＩＧ．２９は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第７の実施例の構成図である。

ＦＩＧ．３０は、本発明によるデジタル信号の補間方法の第８の実施例の構成図である。

ＦＩＧ．３１は、本発明によるデジタル信号の記録再生装置の一実施例の概略の構成図である。

ＦＩＧ．３２は、本発明によるデジタル信号の記録再生装置の信号のフォーマットの一実施例を示す線図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を用いて、本発明に係るデジタル信号の補間方法並びにその装置について詳細に説明する。

本発明は、エラーの発生したΣΔ信号を、ΣΔ信号の形で補間し、聴感上問題の無いデータに修復しようとするものである。本発明においては、フィルターを用いてエラーの発生したΣΔ信号を予測し、この予測されたΣΔ信号を用いてエラーを補間する。

例えば係数がｃ0，ｃ1，ｃ2，，，，ｃn-1 のｎタップのＦＩＲ型の

ローパスフィルターにｂ0, ｂ1, ｂ2,,,,, ｂm なるデータ列のΣΔ信号が入力されたとすると、フィルターの出力信号Ｙn は次式のようになる。

Ｙn ＝ｃ0 ＊ｂ0 ＋ｃ1 ＊ｂ1 ＋ｃ2 ＊ｂ2 ＋,,,,,,＋ｃn-1 ＊ｂn-1

ここで仮にデータ語長が１ビットのΣΔ信号の（ｂ0, ｂ1, ｂ2, ｂ3）の４ビットにエラーが生じたとすると、上述のＦＩＲフィルターの出力は次のようになる。

Ｙn ＝（ｃ0 ＊ｂ0 ＋ｃ1 ＊ｂ1 ＋ｃ2 ＊ｂ2 ＋ｃ3 ＊ｂ3）＋（ｃ4 ＊ｂ4 ＋,,,,,,＋ｃn-1 ＊ｂn-1）

上述の式で左辺の第１項（ｃ0 ＊ｂ0 ＋ｃ1 ＊ｂ1 ＋ｃ2 ＊ｂ2 ＋ｃ3 ＊ｂ3）は、データが失われたのでその値を計算することはできないが、右辺の第２項（ｃ4 ＊ｂ4 ＋,,,,,,＋ｃn-1 ＊ｂn-1）はデータｂ4 ～ｂn-1 の値がわかっているので計算することができる。右辺の第２項をＡ0 とすると、上述の式は

Ｙ0 ＝（ｃ0 ＊ｂ0 ＋ｃ1 ＊ｂ1 ＋ｃ2 ＊ｂ2 ＋ｃ3 ＊ｂ3）＋Ａ0

となる。

同様にして１サンプル後、２サンプル後、３サンプル後のフィルターの出力は、それぞれ

Ｙ1 ＝（ｃ1 ＊ｂ0 ＋ｃ2 ＊ｂ1 ＋ｃ3 ＊ｂ2 ＋ｃ4 ＊ｂ3）＋Ａ1

Ｙ2 ＝（ｃ2 ＊ｂ0 ＋ｃ3 ＊ｂ1 ＋ｃ4 ＊ｂ2 ＋ｃ5 ＊ｂ3）＋Ａ2

Ｙ3 ＝（ｃ3 ＊ｂ0 ＋ｃ4 ＊ｂ1 ＋ｃ5 ＊ｂ2 ＋ｃ6 ＊ｂ3）＋Ａ3

となる。

一方、Ｙn の値は直線補間によって前述の（１）式と同様にし

てエラー直前の値をA、エラー直後の値をB、AとBの間隔をNサンプルとすれば

$$Yn = A + n * (B - A) / N \quad \cdots (2)$$

から求めることができるので、結局、上述と同様に次式のようになる。

$$(c0 * b0 + c1 * b1 + c2 * b2 + c3 * b3) + A0 = Y0$$
$$(c1 * b0 + c2 * b1 + c3 * b2 + c4 * b3) + A1 = Y1$$
$$(c2 * b0 + c3 * b1 + c4 * b2 + c5 * b3) + A2 = Y2$$
$$(c3 * b0 + c4 * b1 + c5 * b2 + c6 * b3) + A3 = Y3$$

$\cdots (3)$

この連立方程式（3）をb0～b3について解けば失われたデータの値を推定することができる。

ところが実際にはデータbnのデータ語長は1ビットなので、その値は「1」または「－1」しかとらない。これに対して連立方定式（3）の解は「1」または「－1」以外の任意の値になる。このため連立方程式（3）の解から、例えば解の符号に注目してデータの値を「1」または「－1」に決定したとしても、補間されたΣΔ信号は非常に大きなレベルのノイズを含んでしまう恐れがある。

さらにこのような連立方程式は、サンプルをずらすことによってローパスフィルターのタップの数だけ作ることができるから、

$$c0 * b0 + c1 * b1 + c2 * b2 + c3 * b3 + A0 = Y0$$
$$c1 * b0 + c2 * b1 + c3 * b2 + c4 * b3 + A1 = Y1$$
$$c2 * b0 + c3 * b1 + c4 * b2 + c5 * b3 + A2 = Y2$$

c3 * b0 + c4 * b1 + c5 * b2 + c6 * b3 + A3 = Y3
c4 * b0 + c5 * b1 + c6 * b2 + c7 * b3 + A4 = Y4
c5 * b0 + c6 * b1 + c7 * b2 + c8 * b3 + A5 = Y5
c6 * b0 + c7 * b1 + c8 * b2 + c9 * b3 + A6 = Y6
c7 * b0 + c8 * b1 + c9 * b2 + c10* b3 + A7 = Y7

というように連立方程式を立て、最小自乗法などを使うことにより適切な解を求めることもできるが、計算が複雑になり、実用にならない。

そこで本発明の第１の実施例においては、次のような方法を考える。すなわちデータｂｎは「１」または「－１」のどちらかの値しか取らないことに着目すれば、（３）式の左辺の（ｃ０＊ｂ０＋ｃ１＊ｂ１＋ｃ２＊ｂ２＋ｃ３＊ｂ３）は、４個のデータｂ０～ｂ３の「１」または「－１」の組合せにより合計１６通りの値しか取らない。そこでこの１６通りの値全てをあらかじめ計算し、（３）式の左辺（ｃ０＊ｂ０＋ｃ１＊ｂ１＋ｃ２＊ｂ２＋ｃ３＊ｂ３）＋Ａ０が最もＹ０に近い値を、この１６通りの値の中から捜し出せばよい。

実際の例として、ＦＩＧ．５の表１及びＦＩＧ．６に示すような２９タップのＦＩＲフィルターを用いて、表２に示すような１ビットのデータのうちの４ビットのデータ（ｂ０，ｂ１，ｂ２，ｂ３）がエラーを起こしたと仮定してこれを補間する場合を考えてみる。なおＦＩＧ．７のデータはサンプリング周波数２．８２２ＭＨｚ、信号周波数１ｋＨｚ、振幅はフルスケールより－５０ｄＢのサイン波の例である。また（３）式のフィルター計算をするとき、エラーを起こしたデータはＦＩＲフィルターのどの位相にあってもかまわないが、考えやすいようにＦＩＧ．８のようにＦＩＲフィルターの中央にする。

ここでエラーによってフィルター計算できない項をＢｎとすれ

ば、

Ｂｎ ＝ｃ12＊ｂ0 ＋ｃ13＊ｂ1 ＋ｃ14＊ｂ2 ＋ｃ15＊ｂ3

となり、残りのエラーが発生していないのでフィルター計算ができる項をＡ0 とすれば、

Ａ0 ＝ｃ0 ＊ｂ(-12) ＋ｃ1 ＊ｂ(-11) ＋,,,,,,＋ｃ10＊ｂ(-2)＋ｃ11＊ｂ(-1)＋ｃ16＊ｂ4 ＋ｃ17＊ｂ5 ＋,,,,,,＋ｃ27＊ｂ15＋ｃ28＊ｂ16

となり、結局（３）式は

Ｂｎ ＋Ａ0 ＝Ｙ0 ・・・（４）

となる。

一方、ｂ0 からｂ3 がそれぞれ「１」または「－１」の値をとった１６の場合のＢｎ の値を計算すると

ｂ0 ＝ 1, ｂ1 ＝ 1, ｂ2 ＝ 1, ｂ3 ＝ 1の時

Ｂｎ ＝Ｂ0 ＝ 1331

ｂ0 ＝-1, ｂ1 ＝ 1, ｂ2 ＝ 1, ｂ3 ＝ 1の時

Ｂｎ ＝Ｂ1 ＝ 701

ｂ0 ＝ 1, ｂ1 ＝-1, ｂ2 ＝ 1, ｂ3 ＝ 1の時

Ｂｎ ＝Ｂ2 ＝ 659

ｂ0 ＝-1, ｂ1 ＝-1, ｂ2 ＝ 1, ｂ3 ＝ 1の時

Ｂｎ ＝Ｂ3 ＝ 29

ｂ0 ＝ 1, ｂ1 ＝ 1, ｂ2 ＝-1, ｂ3 ＝ 1の時

Ｂｎ ＝Ｂ4 ＝ 643

ｂ0 ＝-1, ｂ1 ＝ 1, ｂ2 ＝-1, ｂ3 ＝ 1の時

Ｂｎ ＝Ｂ5 ＝ 13

ｂ0 ＝ 1, ｂ1 ＝-1, ｂ2 ＝-1, ｂ3 ＝ 1の時

Ｂｎ ＝Ｂ6 ＝ -29

ｂ0 ＝-1, ｂ1 ＝-1, ｂ2 ＝-1, ｂ3 ＝ 1の時

Ｂｎ ＝Ｂ7 ＝ -659

b0 = 1, b1 = 1, b2 = 1, b3 =-1の時

Bn =B8 = 659

b0 =-1, b1 = 1, b2 = 1, b3 =-1の時

Bn =B9 = 29

b0 = 1, b1 =-1, b2 = 1, b3 =-1の時

Bn =B10= -13

b0 =-1, b1 =-1, b2 = 1, b3 =-1の時

Bn =B11= -643

b0 = 1, b1 = 1, b2 =-1, b3 =-1の時

Bn =B12= -29

b0 =-1, b1 = 1, b2 =-1, b3 =-1の時

Bn =B13= -659

b0 = 1, b1 =-1, b2 =-1, b3 =-1の時

Bn =B14= -701

b0 =-1, b1 =-1, b2 =-1, b3 =-1の時

Bn =B15=-1331

となる。

次にエラーしていないデータ部分のフィルター計算をして

Λ0 =−3.0

また、エラーを起こしたデータの直前のフィルター出力の値Λは、

Λ=c0 * b(-29) + c1 * b(-28) +,,,,,,+ c27* b(-2) + c28* b(-1)=12.0

エラーを起こしたデータの直後のフィルター出力の値Bは、

B=c0 * b4 + c1 * b5 +,,,,, + c27* b31+ c28* b32= 0.0

N=29+ 4=33

n=14

であるから、（２）式を用いて

Ｙ０ ＝Ａ＋ｎ＊（Ｂ－Ａ）／Ｎ＝12.0＋14＊（0.0 －12.0）／33＝ 6.9

となる。

従って、Ｂｎ のそれぞれの場合において

Ｂｎ ＝Ｂ０ の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ 1328
Ｂｎ ＝Ｂ１ の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ 698
Ｂｎ ＝Ｂ２ の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ 656
Ｂｎ ＝Ｂ３ の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ 26
Ｂｎ ＝Ｂ４ の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ 640
Ｂｎ ＝Ｂ５ の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ 10
Ｂｎ ＝Ｂ６ の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ -32
Ｂｎ ＝Ｂ７ の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ -662
Ｂｎ ＝Ｂ８ の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ 657
Ｂｎ ＝Ｂ９ の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ 26
Ｂｎ ＝Ｂ10の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ -16
Ｂｎ ＝Ｂ11の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ -646
Ｂｎ ＝Ｂ12の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ -32
Ｂｎ ＝Ｂ13の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ -662
Ｂｎ ＝Ｂ14の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ -704
Ｂｎ ＝Ｂ15の時　Ｂｎ ＋Ａ０ ＝ -1334

となる。

すなわち補間の目標値のＹ０ ＝ 6.9に一番近い値になるＢ５ ＋Ａ０ ＝10、つまり、

Ｂ５ ：（ｂ０ ＝-1, ｂ１ ＝ 1, ｂ２ ＝-1, ｂ３ ＝ 1）

が求める補間データとなる。なおこの例では、補間データはＦＩＧ．７の表２の元のデータと一致している。

こうしてこの方法によれば、任意の少数ビットでデジタル化さ

れてエラー部分の含まれたデジタル信号が供給され、デジタル信号のエラー部分を任意の位置としてエラー部分を除いたデータを任意のデジタルフィルターに供給して得た値と、エラー部分の取り得る全ての補間データをデジタルフィルターの任意の位置に供給して得た値とを用いて、エラー部分の補間データを得るようにした。その結果元のデータに近似した補間データを得ることができ、良好なデジタル信号の補間を行うことができる。

デジタル信号のエラー部分を除いたデータをデジタルフィルターに供給して得た値とエラー部分の取り得る全ての補間データをデジタルフィルターに供給して得た値との和を求める。この和の値がエラー部分の直前及び直後のデジタル信号のデータをデジタルフィルターに供給して得た値から任意の補間式に基づいて演算して得た値に近似する値を判別して、この判別された値に相当する補間データを得るようにしたことによって、演算量を削減してさらに良好なデジタル信号の補間を行うことができる。

なおこの方法を実施するためには、例えばＦＩＧ．９に示すような構成を用いて行うことができる。すなわちＦＩＧ．９において、データ入力端子１から入力されたデジタル音声信号がメモリ２を通じてデータセレクタ３に供給される。メモリ２からのデジタル信号が上述の例えば係数がｃ0，ｃ1，ｃ2，，，，，ｃn-1 のｎタップのＦＩＲ型のローパス特性のデジタルフィルター４に供給される。

エラー検出信号入力端子５には、データ入力端子１に供給されるデジタル音声信号が正しいか否かを示すエラー検出信号が供給される。このエラー検出信号は、図示しないエラー検出回路から供給される。このエラー検出回路は入力端子１に供給されるデジタル音声信号に付加されているエラー検出コード若しくはエラー訂正コードをデコード処理した際に、エラーが発生しているか否

かを検出する。このエラー検出信号入力端子５に供給されたエラー検出信号が制御回路６に供給される。この制御回路６からの制御信号が、メモリ２、データセレクタ３及び後述する補間データ生成回路７に供給される。

データ入力端子１に供給されるデジタル音声信号にエラーが検出され、エラー検出信号入力端子５にエラー検出信号が供給されると、まず制御回路６からの制御信号がメモリ２に供給されて、エラーを起こしたデータの直前のデータが読み出されてデジタルフィルター４に供給される。これによってデジタルフィルター４からは上述のエラーを起こしたデータの直前の値Ａが取り出され、この値Ａが補間データ生成回路７のレジスター７１に保持される。

次に、制御回路６からの制御信号がメモリ２に供給されて、エラーを起こしたデータの直後のデータが読み出されてデジタルフィルター４に供給される。これによってデジタルフィルター４からは上述のエラーを起こしたデータの直後のフィルタ出力の値Ｂが取り出され、この値Ｂが補間データ生成回路７のレジスター７２に保持される。これらの値Ａ、Ｂを用いて、上述の（２）式による演算が演算回路７３で行われ、値Ｙ０が取り出される。

さらに制御回路６からの制御信号がメモリ２に供給されて、例えばＦＩＧ．８に示すようにエラーを起こしたデータの前後のデータが読み出されてデジタルフィルター４に供給される。これによってデジタルフィルター４からは上述のエラーが発生していないのでフィルタ計算ができる項Ａ０の値が取り出され、このＡ０の値が補間データ生成回路７のレジスター７４に保持される。

補間データ生成回路７のメモリ７５には上述のエラーによってフィルタ計算できない項Ｂｎの値が記憶され、このＢｎの値が順番に読み出されて加算器７６に供給されて上述のＡ０の値と加算

される。この加算値が判別回路７７に供給される。この判別回路７７で上述の演算回路７３からの値Ｙ０と比較され、これらが最も近くなるＢｎの値が判別され、この判別されたＢｎの値によって補間データが形成される。

なお、Ｂｎの値は使用されるデジタルフィルター４の構成又はフィルタ係数とエラー部分を設定する位置によって予め計算され、この値がテーブルとして記憶されるものである。補間データ生成回路７の内部構成は、図では機能をブロック化して示したもので、実際にはソフトウェアで構成されるものである。

さらにこの補間データ生成回路７からの補間データがデータセレクタ３に供給される。このデータセレクタ３は制御回路６からの制御信号で制御される。これによってエラー検出信号入力端子５にエラー検出信号が供給されている期間は補間データ生成回路７からの補間データ選択されて、補間処理されたデータがデータ出力端子８に取り出される。

このＦＩＧ．９に示すような装置によれば、任意の少数ビットでデジタル信号化されてエラー部分を含んだデジタル信号が供給され、デジタル信号のエラー部分を任意の位置としてエラー部分を除いたデータを任意のデジタルフィルターに供給して得た値と、エラー部分の取り得る全ての補間データをデジタルフィルターの任意の位置に供給して得た値とを用いて、エラー部分の補間データを得るようにしたことによって、元のデータに近似した補間データを得ることができ、良好なデジタル信号の補間を行うことができるものである。

ところで上述の第１の実施例に係る方法は、失われたデータの数が説明の例のように４個と少ない場合には、計算する数も１６個と少なくて済むが、エラーの長さが増えると計算量はその２乗で増えるため、Ｂｎ＋Ａ０のすべての場合の値を計算し、最小の

値をしらみつぶしに求めるのはよい方法とはいえない。

そこで本発明の第２の実施例に係る方法においては、Ｂ０からＢ15の取り得る１６個の値をこれを大きい順に並べかえ、これをＢ'0からＢ'15 とするとし、最小自乗法などを使って傾きｐ、ｙ切片ｑの直線（補間直線）に近似する。

すなわち近似直線を

Ｂ' ＝ｐｘ＋ｑ

とし、このＢ' を（４）式のＢｎ に代入して

ｐｘ＋ｑ＋Ａ０ ＝Ｙ０

よって

ｘ＝（Ｙ０ －Ａ０ －ｑ）／ｐ ・・・（５）

となり、この（５）式の解にいちばん近い整数値から失われたデータを求めることができる。

この場合について、上述と同じＦＩＲフィルターを用いた例を示す。まずＢｎ を大きい順に並べ替える。

Ｂ'０ ＝ Ｂ０ ＝ 1331
Ｂ'１ ＝ Ｂ１ ＝ 701
Ｂ'２ ＝ Ｂ２ ＝ 659
Ｂ'３ ＝ Ｂ８ ＝ 659
Ｂ'４ ＝ Ｂ４ ＝ 643
Ｂ'５ ＝ Ｂ３ ＝ 29
Ｂ'６ ＝ Ｂ９ ＝ 29
Ｂ'７ ＝ Ｂ５ ＝ 13
Ｂ'８ ＝ Ｂ10＝ -13
Ｂ'９ ＝ Ｂ６ ＝ -29
Ｂ'10 ＝ Ｂ12＝ -29
Ｂ'11 ＝ Ｂ11＝ -643
Ｂ'12 ＝ Ｂ７ ＝ -659

B'13 = B13= -659

B'14 = B14= -701

B'15 = B15=-1331

このB'の折れ線をＦＩＧ．１０のａに示す。この折れ線を最小自乗法で直線に近似するとＦＩＧ．１０中のｂに示すような

B' =138.25x－1036.9

直線となる。すなわちｐ＝138.25、ｑ＝－1036.9が求められる。なお、ｐ、ｑの値は使用されるデジタルフィルター４の構成（係数）とエラー部分を設定する位置によって予め計算される。

従って前述のΛ0 =－3.0 とＹ0 = 6.9の値から（５）式を用いて

x = (6.9+ 3.0+1036.9) ／138.25=7.56

となり、

B' (7.56)→B'(8)=B(10)

から、最終的に、

B10：（ｂ0 = 1, ｂ1 =-1, ｂ2 = 1, ｂ3 = -1)

となる。

これをＦＩＧ．１０を用いて説明すると、最小自乗法によって求められた結果としてのＦＩＧ．１０中の直線ｂの０レベルとの交点を求め、直線ｂと０レベルの交点と対応するＦＩＧ．１０の横軸上の点に対応する若しくは最も近い値を補間データとして求める。求められた補間データをデジタル信号のエラーが発生している部分に挿入または置き換えることによってデジタル信号の補間を行う。ＦＩＧ．１０の横軸上の点に対応する補間データを求めるにあたっては変換テーブルを用いることによって実現することができる。

なおこの例では、説明を簡単にするために短いタップ長のＦＩＲフィルターを用いたために、前述の方法による結果と異なって

しまったが、ＦＩＲフィルターのタップ長を長くして、計算精度を上げることによって、二つの方法の結果をほとんどの場合において一致させることができる。

こうして第２の実施例に係る方法によれば、エラー部分の取り得る全ての補間データをデジタルフィルターの任意の位置に供給して得た値を近似したグラフを求める。求めたこのグラフが０レベルと交差する点に近似する値を判別して、この判別された値に相当する補間データを得るようにしたことによって、演算量をさらに削減して良好なデジタル信号の補間を行うことができるものである。

この第２の実施例に係る方法には、例えばＦＩＧ．１１に示すような構成を用いて実現することができる。なおＦＩＧ．９に示したブロック図と共通する部分には同一の指示符号を付与し、ここでの詳細な説明は省略する。ＦＩＧ．１１において、補間データ生成回路７の演算回路７３からの値Ｙ０と、レジスター７４に保持されたＡ０の値が、上述の（５）式の演算を行う演算回路７８に供給されて、上述のＢ’が演算され、このＢ’に最も近くなる値Ｂｎが判別され、この判別された値Ｂｎによって補間データが形成される。

このようにして補間データ生成回路７の演算回路７８によって生成された補間データはデータセレクタ３に供給される。データセレクタ３はＦＩＧ．９に示した構成と同様に、エラー検出信号が入力端子５に供給されている期間は、制御回路６からの制御信号に基づいて補間データ生成回路７から出力される補間データを選択出力するように切り換え制御される。その結果、出力端子８からは、エラー発生部分に補間データ生成回路７から出力された補間データが置き換え、挿入されたデータが出力される。

本発明の第３の実施例に係る方法は、上述の第１の実施例に係

る方法の応用として（２）式のＹｎを計算しなくてすむようにすることができる方法に関する。すなわちＹ０，Ｙ１，Ｙ２，，，，は直線補間しているのだから、差分をとるとその値は一定値となる。

Ｙ０－Ｙ１＝Ｙ１－Ｙ２＝ｋ

そこで

Ｙ０－Ｙ１＝（ｃ０－ｃ１）＊ｂ０＋（ｃ１－ｃ２）＊ｂ１＋（ｃ２－ｃ３）＊ｂ２＋（ｃ３－ｃ４）＊ｂ３＋Ａ０－Ａ１＝ｋ

とし、ここで

Ｃ０＝ｃ０－ｃ１

Ａ’０＝Ａ０－Ａ１

とすれば

Ｃ０＊ｂ０＋Ｃ１＊ｂ１＋Ｃ２＊ｂ２＋Ｃ３＊ｂ３＋Ａ’０＝ｋ

・・・（６）

となる。

ところでこの（６）式は、もとのローパスフィルターの係数を１個ずらして差分を取った結果を係数とした差分フィルタとしてのＦＩＲフィルターと考えることができる。この場合、直線補間をすると仮定しているので、このフィルター係数は１個ずらした場合に限らず、例えばもとのＦＩＲフィルターのタップ長の１／２ずらしてもかまわない。

そこでこの差分フィルターの係数の例を、ＦＩＧ．１２の表３とＦＩＧ．１３に示す。

ここで（６）式は上述の（３）式と同じ形をしており、表１のＦＩＲフィルターの代わりに表３の差分フィルターを用いて、Ａ’０を計算し、またＦＩＧ．１４に示すようにエラーした領域の近傍で差分フィルターの計算をすることによってｋを求めることができる。

従って上述のＦＩＲフィルターによる補間の場合と同様に

$$x = (k - A'0 - q) / p \quad \cdots (7)$$

からエラーしたデータを補間することができる。この第３の実施例に係る方法によれば（２）式からＹｎを計算しなくてすむ。

この第３の実施例に係る方法によれば、デジタルフィルターを任意のタップ長をずらして差分を取った差分デジタルフィルターとしたことによって、演算量をさらに削減して良好なデジタル信号の補間を行うことができるものである。

第３の実施例に係る方法を実施するためには、例えばＦＩＧ．１５に示すような構成を用いて行うことができる。なおＦＩＧ．１５中でＦＩＧ．９と共通する部分には同一の指示符号を付与し、ここでの詳細な説明は省略する。すなわちＦＩＧ．１５において、上述のメモリ２からのデータ信号が上述の例えば係数がＣ0,,,,,Ｃ40の差分デジタルフィルター４’に供給される。

データ入力端子１に供給されるデジタル音声信号にエラーが検出され、エラー検出信号入力端子５にエラー検出信号が供給されると、まず制御回路６からの制御信号がメモリ２に供給されて、エラーを起こしたデータの近傍のデータが読み出されて差分デジタルフィルター４’に供給される。差分デジタルフィルター４’からは上述の値ｋが取り出され、この値ｋが補間データ生成回路７のレジスター６１に保持される。

次に、制御回路６からの制御信号がメモリ２に供給されて、エラーを起こしたデータの前後のデータが読み出されて差分デジタルフィルター４’に供給される。これによって差分デジタルフィルター４’からは上述のＡ’0の値が取り出され、このＡ’0の値が補間データ生成回路７のレジスター６１に保持される。

これらのレジスター６１からの値ｋと、レジスター６２からのＡ’0の値が演算回路６３に供給されて、上述の（７）式が計算され、ｘの値が算出される。この値ｘに最も近くなる値Ｂｎが判別

され、この判別された値Ｂｎがメモリ６４に供給されて、補間データが形成される。補間データ生成回路７によって生成された補間データは、入力端子５にエラー検出信号が供給されている期間、データセレクタ３により選択されて、出力端子８から出力される。

なお、値Ｂｎは使用される差分デジタルフィルター４’の構成（係数）とエラー部分を設定する位置によって予め計算され、この値がテーブルとして記憶されるものである。補間データ生成回路７の内部構成は、ＦＩＧ．１５では機能をブロック化して示されているが、ソフトウェアで構成してもよい。

ＦＩＧ．１５に示す装置によれば、デジタルフィルターを任意のタップ長をずらして差分を取った差分デジタルフィルターとしたことによって、演算量をさらに削減して良好なデジタル信号の補間を行うことができるものである。

本発明の第４の実施例に係る方法は、ｋの値を計算しなくても済むように以下に補間のための演算を行う。例に示した差分係数のフィルターは点対称な形をしているので、ＦＩＧ．１６に示すように互いに点対象な２つの位置において上述の第３の実施例に係る方法と同様に補間処理をすることを考える。

ここで補間直線の一方の傾きをｐ、ｙ切片をｑとすると、もう一方の直線の傾きは－ｐ、ｙ切片は－ｑになり、それぞれの直線から（７）式と同様に

$$x = (k - A'0 - q) / p$$

$$x = (k - A'1 + q) / (-p)$$

が得られる。これからｋを消去して

$$x = (A'1 - A'0 - 2q) / 2p \quad \cdots (8)$$

となる。ＦＩＧ．１７に示すようにこの２つの推定直線の交点からエラーによって失われたデータを推定し、この推定したデータ

に最も近いデータの値をもって補間データとして出力する。

第４の実施例に係る方法によれば、エラー部分の取り得る全ての補間データを差分デジタルフィルターの任意の位置に供給して得た値を近似したグラフを求め、このグラフにデジタル信号のエラー部分を任意の位置としてこのエラー部分を除いたデータを差分デジタルフィルターに供給して得た値を代入した第１のグラフを求めると共に、エラー部分の取り得る全ての補間データを差分デジタルフィルターの任意の位置の差分デジタルフィルターの点対称の位置に供給して得た値を近似したグラフを求め、このグラフにデジタル信号のエラー部分を任意の位置の差分デジタルフィルターの点対称の位置としてこのエラー部分を除いたデータを差分デジタルフィルターに供給して得た値を代入した第２のグラフを求め、第１及び第２のグラフの交差する点に近似する値を判別して、この判別された値に相当する補間データを得るようにしたことによって、演算量をさらに削減して良好なデジタル信号の補間を行うことができるものである。

なおこの第４の実施例に係る方法を実施するためには、例えばＦＩＧ．１５と同様の構成を用いて行うことができる。すなわちデータ入力端子１に供給されるデジタル音声信号にエラーが検出され、エラー検出信号入力端子５にエラー検出信号が供給されると、まず制御回路６からの制御信号がメモリ２に供給されて、例えばＦＩＧ．１６に示すＡ’1を求める位相でデータの前後のデータが読み出されて差分デジタルフィルター４’に供給される。これによって差分デジタルフィルター４’からは上述のＡ’1の値が取り出され、このＡ’1の値が補間データ生成回路７のレジスター６１に保持される。

次に、制御回路６からの制御信号がメモリ２に供給されて、例えばＦＩＧ．１６に示すＡ’0を求める位相でデータの前後のデー

タが読み出されて差分デジタルフィルター４’に供給される。これによって差分デジタルフィルター４’からは上述の値Ａ’0が取り出され、この値Ａ’0が補間データ生成回路７のレジスター６２に保持される。

これらのレジスター６１からの値Ａ’1と、レジスター６２からの値Ａ’0が演算回路６３に供給されて、上述の（８）式が計算され、ｘの値が算出される。そしてこの値ｘに最も近くなる値Ｂｎが判別され、この判別された値Ｂｎがメモリ６４に供給されて、補間データが形成される。補間データ生成回路７によって生成された補間データは、入力端子５にエラー検出信号が供給されている期間、データセレクタ３により選択されて、出力端子８から出力される。

こうしてこの装置によれば、エラー部分の取り得る全ての補間データを差分デジタルフィルターの任意の位置に供給して得た値を近似したグラフを求め、このグラフにデジタル信号のエラー部分を任意の位置としてこのエラー部分を除いたデータを差分デジタルフィルターに供給して得た値を代入した第１のグラフを求めると共に、エラー部分の取り得る全ての補間データを差分デジタルフィルターの任意の位置の差分デジタルフィルターの点対称の位置に供給して得た値を近似したグラフを求め、このグラフにデジタル信号のエラー部分を任意の位置の差分デジタルフィルターの点対称の位置としてこのエラー部分を除いたデータを差分デジタルフィルターに供給して得た値を代入した第２のグラフを求め、第１及び第２のグラフの交差する点に近似する値を判別して、この判別された値に相当する補間データを得るようにしたことによって、演算量をさらに削減して良好なデジタル信号の補間を行うことができるものである。

さらに上述の（５）式、（７）式、（８）式のいずれの方法に

おいても、エラーした領域を用いるフィルターのどの位相においてフィルター計算するかによって、フィルターのタップ長だけそれぞれの式を立てることができる。そこで複数個の式から解を求めた後、多数決などを使って、より確からしい補間値を決めることができる。

また、これまでの説明はエラーによって失われたデータの長さが４ビットの場合であったが、この方法によれば、あらかじめエラーの長さに応じた補間直線を求めておけば、ほとんど同じ計算量でエラーしたデータの補間をすることができる。

さらに、デジタルフィルターはローパスフィルターの特性を有することによって、より聴感に合致したデジタル信号の補間を行うことができるものである。

なお、実際の補間の例として、サンプリング周波数 2.822ＭＨｚ、信号周波数１ｋＨｚ、振幅はフルスケールより－50ｄＢのサイン波における処理の結果を、ＦＩＧ．１８～２１に示す。またこの例で使用したフィルターは、ＦＩＲ型のローパスフィルターで、６４タップを４段重ねた移動平均フィルターである。

従って、ＦＩＧ．１８～２１において、

ＦＩＧ．１８は、４ビットのエラーを起こした１ビットのΣΔ信号を、前値ホールドで修復した波形

ＦＩＧ．１９は、４ビットのエラーを起こした１ビットのΣΔ信号を、本発明で補間した波形

ＦＩＧ．２０は、８ビットのエラーを起こした１ビットのΣΔ信号を、前値ホールドで修復した波形

ＦＩＧ．２１は、８ビットのエラーを起こした１ビットのΣΔ信号を、本発明で補間した波形を示し、これらの例で、本発明によれば大レベルのノイズの発生が防止されている。

このように上述の各実施例に係る方法及び装置を用いることに

よって、例えばΣΔ変調のような1ビット等の少ないビット数で構成されるデジタル音声信号において、仮に伝送系で異常が発生して信号が失われても、その欠落部分で最大レベルのノイズが発生するような恐れが防止される。

従って各実施例に係る方法及び装置を用いることによって、例えばΣΔ変調のような1ビット等の少ないビット数で構成されるデジタル音声信号を用いて、その特質を損なうことなく、良好な信号の伝送（記録再生）を行うことができるものである。

次に本発明の第5の実施例に係るデジタル信号の補間方法について説明する。

第5の実施例に係る方法は、例えばエラーしたΣΔ信号をΣΔ信号の形で補間し、聴感上問題の無いデータに修復しようとするものである。そこで第5の実施例に係る方法においては、任意の少数ビットでデジタル化されたデジタル信号を所定の複数ビットごとに分割し、この分割したデジタル信号の発生確率を求め、この発生確率に基づいて補間処理を行う際に必要な補間テーブルを作成し、この補間テーブルを参照してエラー部分の補間データを得る。

ところで、例えば1ビットのΣΔ信号のデータを、例えばb(n), b(n+1), b(n+2), b(n+3), b(n+4) ・・・と表し、この信号を任意の位置から4ビットづつに区切って、例えば

$$B0 = b(n)*2^3 + b(n+1)*2^2 + b(n+2)*2 + b(n+3)$$

$$B1 = b(n+4)*2^3 + b(n+5)*2^2 + b(n+6)*2 + b(n+7)$$

とする。

ここで例えばΣΔ信号の4ビットが（0、1、1、0）ならば

$$B0 = 0*2^3 + 1*2^2 + 1*2 + 0 = 6$$

と表現することができる。これはいわゆる16進値の演算を行ったものである。これによって、例えば上述の4ビットのΣΔ信号

は１６進数表示（ヘキサ表示）で「０」から「ｆ」までの１６個の値（シンボル）に変換することができる。

すなわち

０＝（０、０、０、０）	８＝（１、０、０、０）
１＝（０、０、０、１）	９＝（１、０、０、１）
２＝（０、０、１、０）	ａ＝（１、０、１、０）
３＝（０、０、１、１）	ｂ＝（１、０、１、１）
４＝（０、１、０、０）	ｃ＝（１、１、０、０）
５＝（０、１、０、１）	ｄ＝（１、１、０、１）
６＝（０、１、１、０）	ｅ＝（１、１、１、０）
７＝（０、１、１、１）	ｆ＝（１、１、１、１）

で表すことができる。

そこで、実際の音楽信号を入力したときのΣΔ信号のデータの例を、ヘキサ表示したものをＦＩＧ．２２の表４に示す。

ここでこの表４から明らかなように、例えば音楽信号を入力したときのΣΔ信号のデータには「０」や「ｆ」といったデータはほとんどなく、「５」や「ａ」、「６」や「ｃ」といったデータが多い。これは、ΣΔ信号が１ビットの“０”と“１”の密度によって元の音楽信号を表現するため、「０」や「ｆ」のデータは負や正の最大レベル信号に相当し、実際の音楽信号では現われにくいためであると考えられる。

さらに上述のΣΔ信号が音楽信号を現しているのであるならば、ΣΔ信号のそれぞれのシンボル間に相関があると考えられる。そこで連続する２つのシンボル（シンボル列）の発生確率を調べてみると、ＦＩＧ．２３の表５に示すような分布をしていることがわかる。

この表５は、あるシンボルからあるシンボルへの遷移の確率を示しているとも考えられる。すなわち例えばシンボル「１」の後

には、５０％の確率で「ａ」が現れ、３１％の確率で「ｃ」が現れると考えることができる。

このことを、データ伝送回路においてノイズやエラーなどで失われたデータの補間処理に応用することを考えると、失われたシンボルの前のシンボルがわかれば、ある程度、既知のシンボルの遷移確率から失われたシンボルが推定できることを意味している。すなわち上述のの例では、失われたシンボルの直前のシンボルが「１」であったならば、この後にくるべきシンボルは確率の一番高い「ａ」と考え、これを補間データとすることができる。

このようにして表５の発生確率をもとに、１つのシンボルの直後に発生する確率の一番高いシンボルを集めることによって補間テーブルを作ることができる。表５ですべての発生確率が０のシンボルについては、ΣΔ信号で０を表す「５」や「ａ」を補間データにすることが考えられる。ＦＩＧ．２４の表６にその例を示す。

すなわちＦＩＧ．２５において、デジタル音声信号が供給されるデータ入力端子１０６からのデジタル信号が、例えばデータ列の４ビット分に相当するディレイ回路１０２に供給される。このディレイ回路１０２からのデジタル信号がデータセレクタ１０３に供給される。

データ入力端子１０１からのデジタル信号が、例えば４ビットのデジタル信号を順次記憶するメモリ１０４に供給される。このメモリ１０４に記憶された４ビットのデジタル信号が、例えば上述の表６の補間テーブルの設けられたＲＯＭテーブル１０５に供給される。このＲＯＭテーブル１０５からのデジタル信号が順次データセレクタ１０３に供給される。

エラー検出信号入力端子１０６にはデータ入力端子１０１に供給されるデジタル音声信号が正しいか否かを示す図示しないエラ

一検出回路からのエラー検出信号が供給される。図示しないエラー検出回路は、デジタル音声信号をデコードした際にデジタル音声信号に付加されている誤り検出符号に基づいてエラーが発生しているか否かを検出する。このエラー検出信号入力端子１０６からの検出信号が制御回路１０７に供給される。この制御回路１０７からの信号がデータセレクタ１０３及びメモリ１０４に供給される。

データ入力端子１０１に供給されるデジタル音声信号にエラーが検出され、エラー検出信号入力端子１０６にエラー検出信号が供給されると、まず制御回路１０７からの制御信号がメモリ１０４に供給されて、エラーを起こしたデジタル信号の直前の４ビットが保持される。

この４ビットがＲＯＭテーブル１０５に供給されて上述の補間テーブルが参照されて補間データが形成される。そしてこのＲＯＭテーブル１０５からの補間データがデータセレクタ１０３に供給され、このデータセレクタ１０３が制御回路１０７からの制御信号で制御される。

これによってエラー検出信号入力端子１０６にエラー検出信号が供給されると、このエラーの直前の４ビットがメモリ１０４に保持され、この４ビットからＲＯＭテーブル１０５で補間データが形成され、この補間データがデータセレクタ１０３で選択されて、補間処理されたデータがデータ出力端子１０８に取り出される。

従ってＦＩＧ．２５に示す装置において、ΣΔ変調等の任意の少数ビットでデジタル化されたデジタル信号にエラーが生じた場合に、デジタル信号を所定の複数ビットごとに分割し、この分割したデジタル信号の発生確率を求め、この発生確率に基づいて補間処理を行う際に必要な補間テーブルを作成し、この補間テーブ

ルを参照してエラー部分の補間データを得ることにより、エラー部分に本来存在する可能性の最も高い補間データを得ることができ、これにより簡単な構成で極めて良好なデジタル信号の補間を行うことができる。

こうして上述のデジタル信号の補間装置によれば、所定の少数ビットでデジタル化されたデジタル信号の補間装置において、デジタル信号を任意の複数ビットごとに分割して求められたデジタル信号の発生確率に基づいて作成された補間テーブルと、デジタル信号にエラーが発生したとき補間テーブルを参照してエラー部分の補間データを得る手段と、補間テーブルから得られた補間データをデジタル信号のエラー部分に置き換えて出力する手段とを有することにより、簡単な構成で極めて良好なデジタル信号の補間を行うことができるものである。

なお上述の説明及び第５の実施例においては、補間データをエラー部分の直前の４ビット（１シンボル）から求めるようにしたが、これは直前のデータと共に直後のデータも考慮して求めることによって、より高精度の補間データを得ることができる。さらに前後の８ビット（２シンボル）ずつのデータを考慮することによって、さらに高精度の補間データを得ることができる。

そこでＦＩＧ．２６は、このように前後の８ビットずつのデータを考慮して補間データを得る場合の第６の実施例に係る構成を示す。但し、ＦＩＧ．２６の中でＦＩＧ．２５に示した構成と共通する部分については同一の指示符号を付与し、ここでの詳細な説明は省略する。

ＦＩＧ．２６において、上述の４ビットのメモリ１０４に代えて、それぞれ８ビットずつのメモリ１０４ａ、１０４ｂが設けられる。制御回路１０７から、最初にメモリ１０４ａにエラー部分の直前の８ビットを保持する制御信号が供給されると共に、エラ

一部分の終了後の８ビット分の時間の経過後にメモリ１０４ｂに直後の８ビットを保持する制御信号が供給される。

さらにＲＯＭテーブル１０５ｘには、前後８ビットずつの計１６ビットから作成された補間テーブルが設けられる。このＲＯＭテーブル１０５ｘで形成された補間データがデータセレクタ１０３に供給される。このデータセレクタ１０３が制御回路１０７からの制御信号で制御される。なおこの場合に、ディレイ回路１０２には例えばデータ列の１２ビット分に相当する遅延時間が設定されている。

このようにして、例えばエラー部分の前後の８ビット（２シンボル）ずつのデータを考慮して４ビット（１シンボル）の補間データを得ることができる。

ＦＩＧ．２６に示した場合に、前後の８ビットずつのデータ列（計１６ビット）から補間テーブルを作成すると、そのテーブルの大きさは$2^{16}=65536$にもなってしまう。しかしこの中には実際のΣΔ信号ではほとんど発生しないデータ列もあるので、そのようなデータ列ではテーブルを作らずに、上述の４ビットの場合と同様に「５」または「ａ」の補間データを与えるようにすれば、実際の回路で用いるテーブルの大きさを小さくすることができる。

さらに実際にこの第６の実施例に係る方法によって補間処理を行った波形の例をＦＩＧ．２８に示す。なおこの信号は、２．８２２ＭＨｚ、１ビットでサンプリングされた、フルスケールより－５０ｄＢのサイン波に、一定の間隔で４ビットのエラーを起こさせたデータの例である。ＦＩＧ．２７は従来の前値ホールドで修復した波形の例、ＦＩＧ．２８は本発明の第６の実施例で前後の８ビットを用いて補間した波形の例を示している。ＦＩＧ．２７とＦＩＧ．２８を比較した結果から明らかなように、本発明の

方法によれば大レベルのノイズの発生が防止されている。

さらに上述の説明及び第５の実施例では、４ビットのデータを１シンボルとして補間する例を示したが、補間するデータの長さは４ビットに限らず第６の実施例に示すように他の長さであっても、その長さに対応する補間テーブルを作成すれば同様に補間処理を行うことができる。

上述の説明及び第５及び第６の実施例では、例えば上述の表４に示した音楽信号を入力したときのΣΔ信号のデータの例をもとに補間テーブルを作成したが、例えば会話の録音信号等では異なるデータが得られる可能性のある。そこで例えばデジタル信号の元信号の種別に応じてそれぞれ補間テーブルを作成し、その種別に応じて補間テーブルを切り換えて使用することが考えられる。その実施例について第７の実施例としてＦＩＧ．２９を用いて説明する。なお、ＦＩＧ．２９中でＦＩＧ．２５と共通する部分については同一の指示符号を付与するものとする。

すなわちＦＩＧ．２９において、ＲＯＭテーブル１０５ａ、１０５ｂには、それぞれ異なる種別のΣΔ信号のデータをもとに前述した第５の実施例に係る方法により補間テーブルが記憶されている。例えばＲＯＭテーブル１０５ａ、１０５ｂにはクラシックやジャズ等のジャンルの異なる音楽情報に基づくデジタルオーディオに対した補間テーブルが各々記憶されている。

入力端子１０６にエラー検出信号が入力されると、制御回路１０７の制御によってメモリ１０４にデジタル信号のエラーが発生する直前の所定のビットのデータ、例えば４ビットのデータが取り込まれる。メモリ１０４に蓄えられたデータが各々ＲＯＭテーブル１０５ａ、１０５ｂに供給される。ＲＯＭテーブル１０５ａ、１０５ｂに供給されたデータから、ＲＯＭテーブル１０５ａ、１０５ｂの補間テーブルに基づいて補間データが生成される。

ＲＯＭテーブル１０５ａ、１０５ｂから出力される補間データはデータセレクタ１０９に供給される。データセレクタ１０９は入力端子１１０に供給される種別判別信号に基づいてＲＯＭテーブル１０５ａから出力された補間データとＲＯＭテーブル１０５ｂから出力された補間データとを選択してデータセレクタ１０３に供給する。

種別判別信号は、入力端子１０１に入力されるデジタル信号に、信号の種別を示す情報、例えば前述のようにデジタル信号がデジタルオーディオ信号の場合には、クラシックなのかジャズなのか音楽の分野を示す情報が付加されており、この種別を示す情報を図示しない手段によって判別した結果に対応するものである。

出力端子１０８からはエラーが発生していない期間については、ディレイ回路１０２によって遅延されたデジタル信号に基づくデータが出力されると共に、エラーが発生している期間についてはデータセレクタ１０９によって選択された補間データが出力される。

このようにして、ＦＩＧ．２９に示す構成によれば、例えばデジタル信号の元信号の種別に応じて補間テーブルが選択され、その種別に応じた最適の補間データを得ることができる。

次にＦＩＧ．３０を用いて本発明に係る第８の実施例に基づいて説明する。ＦＩＧ．３０中でＦＩＧ．２５と共通する部分については同一の指示符号を付与してここでの詳細な説明は省略する。

ＦＩＧ．３０に示す第８の実施例は、供給されるデジタル信号に従って補間テーブルを作成する場合に例である。ＦＩＧ．３０において、データ入力端子１０１からのデジタル信号がディレイ回路１０２及びメモリ１０４に供給されると共に、演算回路１１１に供給されてデジタル信号の発生確率が求められる。この発生

確率に従って補間テーブルが作成され、作成された補間テーブルが例えばＲＡＭから構成された記憶部１０５ｙに書き込まれる。

ＦＩＧ．３０において、入力端子１０１に入力されたデジタルオーディオ信号は、図示しないエラー検出回路によってエラーが検出されていない状態では、ディレイ回路１０２、データセレクタ回路１０３を介して出力端子１０８より出力されている。このエラーが検出されていない状態で演算回路１１１は制御回路１０７からの制御信号に基づいて、入力端子１０１から入力されたデジタルオーディオ信号のデータの発生確率を演算して、補間テーブルを生成する。補間テーブルは記憶部１０５ｙに書き込まれる。

その後、エラー検出回路によってエラーが検出され、エラー検出信号が入力端子１０６を介して制御回路１０７に供給されると、メモリ１０４に例えばエラー発生直前の４ビットのデータが取り込まれる。メモリ１０４から読み出されたデータが記憶部１０５ｙに供給され、記憶部１０５ｙの補間テーブルに基づいて補間データが生成されデータセレクタ回路１０３に供給される。

データセレクタ回路１０３は制御回路１０７からの制御信号に基づいて、記憶部１０５ｙからの補間データを出力するように切り換えられるているので、入力端子１０１から入力されたデジタルオーディオ信号のデータのエラー発生部分が補間データに置き換え又は挿入されて出力端子１０８から出力される。尚、演算回路１１１で行う演算は、上述したように表５に示すようなデータの発生確率を求める演算を行うのではなく、入力されたデジタルオーディオ信号の先行するシンボルとそれに後続するシンボルのパターンをカウントするようなものであってもよい。

このようにして、供給されるデジタル信号に応じて補間テーブルが作成され、そのデジタル信号に応じた最適の補間データを得

ることができる。

さらに本発明によるデジタル信号の補間方法及び装置は、例えばデジタル信号を伝送（記録再生）する場合に使用して好適である。

すなわちデジタル信号を伝送（記録再生）する場合に、デジタル信号を所定数のビットごとに分割し、この分割された所定数のビットごとのデジタル信号に同期信号と誤り訂正符号を付加して伝送することが考えられている。そこでＦＩＧ．３１はこのような場合の記録再生装置の概略の構成を示す。ＦＩＧ．３１中でＦＩＧ．２５と共通する部分については同一の指示符号を用いるものとする。

このＦＩＧ．３１において、入力端子１２１からの入力音声信号が加算器１２２を通じて積分器１２３に供給される。この積分器１２３からの信号が比較器１２４に供給され、例えば入力音声信号の中点電位と比較されて１サンプル期間ごとに１ビット量子化される。なおサンプル期間の周波数（サンプリング周波数）は、従来の４８ｋＨｚ、４４．１ｋＨｚに対して、その６４倍あるいは１２８倍の周波数が用いられる。

この量子化信号が遅延器１２５に供給されて１サンプル期間分遅延される。この遅延信号が１ビットＤＡ変換器１２６を通じて加算器１２２に供給されて、入力端子１２１からの入力音声信号に加算される。これによって比較器１２４からは、上述の入力音声信号がΣΔ変調された量子化信号が出力される。この比較器１２４から出力される量子化信号が同期信号と誤り訂正符号（ＥＣＣ）の付加回路１２７に供給され、所定数のサンプルごとの量子化信号に同期信号と誤り訂正符号が付加される。この同期信号と誤り訂正符号の付加された量子化信号が記録ヘッド１２８に供給され、記録媒体としての（磁気テープ）１２９に記録される。

ここでＦＩＧ．３２Ａ～Ｃは記録媒体（磁気テープ）１２９に記録される信号のフォーマットの一例を示す。この場合にデジタル信号は、例えばＦＩＧ．３２Ａに示すように４ビット（b_0, b_1, b_2, b_3）を１データシンボルD_0として、データシンボルD_0 D_1 D_2・・・のように分割される。そしてこれらのデータシンボルが、例えばＦＩＧ．３２Ｂに示すように１２のデータシンボルD_0～D_{11}を１ブロックとして、このブロックごとに例えば同期信号S_0～S_3と誤り訂正符号P_0 P_3が付加される。

これによって、この装置によれば、記録又は再生中に発生する伝送誤りを検出、訂正することができる。さらに記録再生装置にあっては、磁気テープ上で発生するバーストエラーに対しても充分に対応できるように、データにインターリーブ等の処理を施すことも考えられる。

さらに再生ヘッド１３０によって上述の磁気テープ１２９に記録された信号が再生される。この信号が同期分離及び誤り訂正回路１３１に供給され、上述の誤り訂正符号P_0 P_3によって誤り訂正が行われて再生されたデジタル信号が取り出されると共に、この誤り訂正が不可能だったときに、上述のエラー検出信号が発生される。

この再生されたデジタル信号が上述のディレイ回路１０２及びメモリ１０４に供給されると共に、発生されたエラー検出信号が制御回路１０７に供給される。これによってエラー検出信号が供給されると、制御回路１０７からの制御信号がメモリ１０４に供給されて、エラーを起こしたデジタル信号の直前の４ビットが保持され、この４ビットがＲＯＭテーブル１０５に供給されて補間データが形成される。このＲＯＭテーブル１０５からの補間データがデータセレクタ１０３に供給され、エラー検出信号が供給されたときに補間データが選択されて、補間処理されたデータがデ

ータ出力端子１０８に取り出される。

このようにして入力音声信号がΣΔ変調されて記録され、さらに記録されたデジタル信号がエラー訂正されると共に、この訂正が不可能だったときに補間処理が行われて再生される。

そしてこの場合に、記録及び又は再生されるデジタル信号は所定数のビット、例えば4ビットごとに分割され、この分割の単位でエラー訂正が行われるので、上述のエラー部分もこの分割を単位として発生される。従って上述の補間処理においても、この分割を単位として処理を行うことができ、この分割の単位に適応した補間テーブルを設けることで、簡単な構成で良好な処理を実現することができるものである。

このように上述の方法及び装置を用いることによって、例えばΣΔ変調のような1ビット等の少ないビット数で構成されるデジタル音声信号において、仮に伝送系で異常が発生して信号が失われても、その欠落部分で最大レベルのノイズが発生するような恐れが防止される。

従ってこのような本発明の方法及び装置を用いることによって、例えばΣΔ変調のような1ビット等の少ないビット数で構成されるデジタル音声信号を用いて、その特質を損なうことなく、良好な信号の伝送（記録再生）を行うことができるものである。尚、上述した例ではΣΔ変調された1ビットのデータに補間処理を施す場合を例にとって説明したが、ΣΔ変調された4ビットのデータにも適用することができる。本発明は、本発明の主旨を大きく逸脱しない範囲で種々の変形が可能であることはいうまでもない。

請　求　の　範　囲

1．所定の少数ビット数でデジタル信号化されたデジタル信号をデジタルフィルタに入力し、

上記供給されたデジタル信号のエラーが発生した部分を除いた部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値と、上記供給されたデジタル信号のエラー発生した部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値とにより上記供給されたデジタル信号のエラーが発生した部分を補間する補間データを生成し、補間するようにしたデジタル信号の補間方法。

2．上記方法は、上記供給されたデジタル信号のエラーが発生した部分の直前の部分と上記エラーが発生した直後の部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値と、上記供給されたデジタル信号のエラー発生した部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値とを用いて演算を行うことによって上記補間データを生成するようにしたことを特徴とする請求の範囲第1項記載のデジタル信号の補間方法。

3．上記方法は、上記供給されたデジタル信号のエラーが発生した部分の直前の部分と上記エラーが発生した直後の部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値と、上記供給されたデジタル信号のエラー発生した部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値とを用いて演算を行った結果に基づいて近似した値に対応するデータを補間データとして出力するようにしたことを特徴とする請求の範囲第2項記載のデジタル信号の補間方法。

4．上記方法は、上記供給されたデジタル信号のエラーが発生した部分を除いた部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値と上記供給されたデジタル信号のエラーが発生した部分を補間するために取り得る全ての補間データを上記デジタルフィ

* C L M S *

ルタに供給して得た値との和を求め、

求められた和の値が、上記供給されたデジタル信号のエラーが発生した部分の直前の部分と上記エラーが発生した直後の部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値と、上記供給されたデジタル信号のエラー発生した部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値とを用いて演算して得られた値に近似する値を求め、

求められた近似した値に対応する補間データを出力するようにしたことを特徴とする請求の範囲第2項記載のデジタル信号の補間方法。

5．上記方法は、上記供給されたデジタル信号のエラーが発生した部分を補間するために取り得る全ての補間データを上記デジクルフィルタに供給して得た値を近似した直線を求め、

求められた近似した直線と0レベルの交点と近似する値を判別し、

この判別された近似する値を補間データとして出力するようにしたことを特徴とする請求の範囲第1項記載のデジタル信号の補間方法。

6．上記デジタルフィルタは、ローパスフィルタの特性を有するデジタルフィルタであることを特徴とする請求の範囲第1項記載のデジタル信号の補間方法。

7．上記デジタルフィルタは、任意のタップ長をずらして差分を取る差分デジタルフィルタであることを特徴とする請求の範囲第1項記載のデジタル信号の補間方法。

8．上記方法は、

上記供給されたデジタル信号のエラーが発生した部分を補間するために取り得る全ての補間データを上記差分デジタルフィルタの任意の位置に供給して得た値を近似した第1のグラフを

CLMS

求め、

この第１のグラフに上記デジタル信号のエラー部分を任意の位置としてこのエラー部分を除いたデータを上記差分デジタルフィルタに供給して得た値を代入した第２のグラフを求め、

上記エラー部分の取り得る全ての補間データを上記差分デジタルフィルタの任意の位置の上記差分デジタルフィルタの点対称の位置に供給して得た値を近似して第３のグラフを求め、

この第３のグラフに上記デジタル信号のエラー部分を上記任意の位置の上記差分デジタルフィルタに供給して得た値を代入した第４のグラフを求め、

上記第３及び第４のグラフに交差する点に近似する値を判別して、

この判別された値に相当する上記補間データを得るようにした請求の範囲第７項記載のデジタル信号の補間方法。

９．上記所定ビットのデジタル信号は、ΣΔ変調されたデジタル信号であることを特徴とする請求の範囲第１項記載のデジタル信号の補間方法。

10．所定の少数ビットのデジタル信号が供給されるデジタルフィルタと、

上記デジタル信号のエラーが発生した部分を除いた部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた上記デジタルフィルタからの出力と上記デジタル信号のエラーの発生した部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた出力とに基づいて補間データを生成する生成手段と、

上記デジタル信号のエラーが発生した部分を上記生成手段からの補間データに基づいて出力する出力手段とを備えていることを特徴とするデジタル信号の補間装置。

11．上記生成手段は、上記供給されたデジタル信号のエラーが発

＊ＣＬＭＳ＊

生した部分の直前の部分と上記エラーが発生した直後の部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値を保持する第１の保持手段と、上記供給されたデジタル信号のエラー発生した部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値を保持する第２の保持手段と、上記第１及び第２の保持手段からの出力を用いて演算を行って補間データを生成する演算手段とを備えていることを特徴とする請求の範囲第10項記載のデジタル信号の補間装置。

12. 上記生成手段は、上記供給されたデジタル信号のエラーが発生した部分の直前の部分と上記エラーが発生した直後の部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値を保持する第１の保持手段と、上記供給されたデジタル信号のエラー発生した部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値を保持する第２の保持手段と、上記第１及び第２の保持手段からの出力を用いて演算を行ない、その演算結果に基づいて近似した値に対応する補間データを生成する演算手段とを備えていることを特徴とする請求の範囲第10項記載のデジタル信号の補間装置。

13. 上記演算手段は、上記供給されたデジタル信号のエラーが発生した部分を除いた部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値と上記供給されたデジタル信号のエラーが発生した部分を補間するために取り得る全ての補間データを上記デジタルフィルタに供給して得た値との和を求め、

求められた和の値が、上記供給されたデジタル信号のエラーが発生した部分の直前の部分と上記エラーが発生した直後の部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値と、上記供給されたデジタル信号のエラー発生した部分を上記デジタルフィルタに供給して得られた値とを用いて演算して得られた値に近似する値を求め、

* C L M S *

求められた近似した値に対応する補間データを出力するようにしたことを特徴とする請求の範囲第12項記載のデジタル信号の補間装置。

14. 上記生成手段は、上記供給されたデジタル信号のエラーが発生した部分を補間するために取り得る全ての補間データを上記デジタルフィルタに供給して得た値を近似した直線を求め、

求められた近似した直線と0レベルの交点と近似する値を判別し、

この判別された近似する値を補間データとして出力する演算手段を備えていることを特徴とする請求の範囲第10項記載のデジタル信号の補間装置。

15. 上記デジタルフィルタは、ローパスフィルタの特性を有するデジタルフィルタであることを特徴とする請求の範囲第10項記載のデジタル信号の補間装置。

16. 上記デジタルフィルタは、任意のタップ長をずらして差分を取る差分デジタルフィルタであることを特徴とする請求の範囲第10項のデジタル信号の補間装置。

17. 上記生成手段は、上記供給されたデジタル信号のエラーが発生した部分を補間するために取り得る全ての補間データを上記差分デジタルフィルタの任意の位置に供給して得た値を近似した第1のグラフを求め、

この第1のグラフに上記デジタル信号のエラー部分を任意の位置としてこのエラー部分を除いたデータを上記差分デジタルフィルタに供給して得た値を代入して第2のグラフを求め、

上記エラー部分の取り得る全ての補間データを上記差分デジタルフィルタの任意の位置の上記差分デジタルフィルタの点対称の位置に供給して得た値を近似して第3のグラフを求め、

この第3のグラフに上記デジタル信号のエラー部分を上記任

* C L M S *

意の位置の上記差分デジタルフィルタに供給して得た値を代入した第４のグラフを求め、

上記第３及び第４のグラフに交差する点に近似する値を判別して、

この判別された値に相当する上記補間データを得る演算手段を備えていることを特徴とする請求の範囲第16項記載のデジタル信号の補間装置。

18. 上記所定ビットのデジタル信号は、ΣΔ変調されたデジタル信号であることを特徴とする請求の範囲第10項記載のデジタル信号の補間装置。

19. 供給される所定の少数ビットのデジタル信号を所定の複数のビットに分割し、分割したデジタル信号の発生確率を求め、求められた発生確率に基づいて補間処理を行うための補間テーブルを有し、供給されるデジタル信号にエラーが発生したときに、上記補間テーブルに基づいて補間データを生成する生成手段と、

上記供給されたデジタル信号にエラーが発生したときに、供給されているデジタル信号のエラーが発生した部分と上記生成手段からの補間データとを置き換えて出力する出力手段とを備えていることを特徴とするデジタル信号の補間装置。

20. 上記生成手段は、供給されているデジタル信号にエラーが発生したときに上記供給されているデジタル信号のエラーが発生している部分の少なくとも直前の信号を抽出する抽出手段を備え、上記抽出手段によって抽出された上記直前の信号に基づいて上記生成手段は上記補間テーブルにより補間データを生成することを特徴とする請求の範囲第19項記載のデジタル信号の補間装置。

21. 上記抽出手段は、供給されているデジタル信号にエラーが発

* C L M S *

生したときに上記供給されているデジタル信号のエラーが発生している部分の直前及び直後の信号を抽出し、上記生成手段は、上記抽出手段によって抽出された上記直前及び直後の信号に基づいて上記生成手段は上記補間テーブルにより補間データを生成することを特徴とする請求の範囲第20項記載のデジタル信号の補間装置。

22. 上記抽出手段は、供給されているデジタル信号にエラーが発生したときに上記供給されているデジタル信号のエラーが発生している部分の少なくとも直前の信号を保持する保持手段を備えていることを特徴とする請求の範囲第20項記載のデジタル信号の補間装置。

23. 上記抽出手段は、供給されているデジタル信号にエラーが発生したときに上記供給されているデジタル信号のエラーが発生している部分の少なくとも直前及び直後の信号を保持する第1及び第2の保持手段を備えていることを特徴とする請求の範囲第21項記載のデジタル信号の補間装置。

24. 上記生成手段は、上記補間テーブルが記憶された記憶手段を備えていることを特徴とする請求の範囲第19項記載のデジタル信号の補間装置。

25. 上記装置は、更に供給されているデジタル信号にエラーが発生したときに上記抽出手段に制御信号を供給して上記少なくとも直前の信号を保持させるように制御するとともに、上記出力手段に制御信号を供給して上記出力手段から出力される信号を上記供給されているデジタル信号から上記生成手段からの補間データに切り換える制御手段とを備えていることを特徴とする請求の範囲第20項記載のデジタル信号の補間装置。

26. 上記生成手段は、第1の種別のデジタル信号に基づいて作成された第1の補間テーブルと第2の種別のデジタル信号に基づ

CLMS

いて作成された第２の補間テーブルとを備え、上記供給されるデジタル信号の種別に基づいて上記第１の補間テーブルと上記第２の補間テーブルとを選択的に用いて補間データを生成することを特徴とする請求の範囲第19項記載のデジタル信号の補間装置。

27. 上記生成手段は、供給されるデジタル信号にエラーが発生していない状態で複数のビットに分割されたデジタル信号に基づいてデータの発生確率を演算する演算手段と、上記演算手段からの演算結果に基づいて補間テーブルを作成して保持する保持手段とを備え、供給されるデジタル信号にエラーが発生したときには、上記保持手段に保持された補間テーブルに基づいて補間データを生成して上記出力手段に供給することを特徴とする請求の範囲第19項記載のデジタル信号の補間装置。

28. 上記生成手段は、更に供給されているデジタル信号にエラーが発生したときに上記供給されているデジタル信号のエラーが発生している部分の少なくとも直前の信号を抽出する抽出手段を備えているとともに、上記装置は、更に供給されているデジタル信号にエラーが発生していないときに上記演算手段により発生頻度を検出させて補間テーブルを作成させ、供給されているデジタル信号にエラーが発生したときに上記抽出手段に制御信号を供給して上記少なくとも直前の信号を保持させるように制御するとともに、上記出力手段に制御信号を供給して上記出力手段から出力される信号を上記供給されているデジタル信号から上記生成手段からの補間データに切り換える制御手段とを備えていることを特徴とする請求の範囲第27項記載のデジタル信号の補間装置。

29. 上記装置は、更に供給されているデジタル信号にエラーが発生していない状態で上記供給されているデジタル信号を遅延し

* C L M S *

て上記出力手段に供給する遅延手段を備えていることを特徴とする請求の範囲第19項記載のデジタル信号の補間装置。

30. 上記所定ビットのデジタル信号は、ΣΔ変調されたデジタル信号であることを特徴とする請求の範囲第19項記載のデジタル信号の補間装置。

31. 供給される所定の少数ビットのデジタル信号を所定の複数のビットに分割し、供給されているデジタル信号にエラーが発生していない状態で複数のビットに分割したデジタル信号の発生頻度を求め、求められた発生頻度に基づいて補間処理を行うための補間テーブルを有し、供給されたデジタル信号にエラーが発生したときに上記補間テーブルに基づいて補間データを生成する生成手段と、

上記供給されたデジタル信号にエラーが発生したときに、供給されているデジタル信号のエラーが発生した部分と上記生成手段からの補間データとを置き換えて出力する出力手段とを備えていることを特徴とするデジタル信号の補間装置。

32. 上記生成手段は、供給されるデジタル信号にエラーが発生していない状態で複数のビットに分割されたデジタル信号に基づいてデータの発生頻度を検出する検出手段と、上記検出手段からの検出結果に基づいて補間テーブルを作成して保持する保持手段とを備え、供給されるデジタル信号にエラーが発生したときには、上記保持手段に保持された補間テーブルに基づいて補間データを生成して上記出力手段に供給することを特徴とする請求の範囲第31項記載のデジタル信号の補間装置。

33. 上記生成手段は、更に供給されているデジタル信号にエラーが発生したときに上記供給されているデジタル信号のエラーが発生している部分の少なくとも直前の信号を抽出する抽出手段を備えているとともに、上記装置は、更に供給されているデジ

* C L M S *

タル信号にエラーが発生していないときに上記検出手段により発生頻度を検出させて補間テーブルを作成させ、供給されているデジタル信号にエラーが発生したときに上記抽出手段に制御信号を供給して上記少なくとも直前の信号を保持させるように制御するとともに、上記出力手段に制御信号を供給して上記出力手段から出力される信号を上記供給されているデジタル信号から上記生成手段からの補間データに切り換える制御手段とを備えていることを特徴とする請求の範囲第32項記載のデジタル信号の補間装置。

34. 上記所定ビットのデジタル信号は、ΣΔ変調されたデジタル信号であることを特徴とする請求の範囲第31項記載のデジタル信号の補間装置。

35. 供給された所定の少数ビット数でデジタル信号化されたデジタル信号を所定の複数ビット毎に分割し、

分割したデジタル信号の発生確率を求め、求めた発生確率に基づいて補間処理を行うための補間テーブルを作成し、

上記供給されたデジタル信号のエラーが発生したときには、上記補間テーブルに基づいて補間処理を行うことを特徴とするデジタル信号の補間方法。

36. 上記補間方法は、上記供給されているデジタル信号にエラーが発生したときに、上記供給されているデジタル信号のエラーが発生している部分の少なくとも直前の信号に基づいて上記補間テーブルにより補間データを生成することを特徴とする請求の範囲第35項記載のデジタル信号の補間方法。

37. 上記補間方法は、上記供給されているデジタル信号にエラーが発生したときに、上記供給されているデジタル信号のエラーが発生している部分の少なくとも直前及び直後の信号に基づいて上記補間テーブルにより補間データを生成することを特徴と

CLMS

する請求の範囲第35項記載のデジタル信号の補間方法。

38. 上記補間方法は、第１の種別のデジタル信号に基づいて作成された第１の補間テーブルと、第２の種別のデジタル信号に基づいて作成された第２の補間テーブルとを備え、上記供給されるデジタル信号の種別に基づいて上記第１の補間テーブルと上記第２の補間テーブルとを選択的に用いて補間データを生成することを特徴とする請求の範囲第35項記載のデジタル信号の補間方法。

39. 上記補間方法は、供給されるデジタル信号にエラーが発生していない状態で複数のビットに分割されたデジタル信号に基づいてデータの発生確率を演算し、供給されるデジタル信号にエラーが発生したときには、上記演算の結果求められた補間テーブルに基づいて補間データを生成して上記出力手段に供給することを特徴とする請求の範囲第35項記載のデジタル信号の補間方法。

40. 上記所定ビットのデジタル信号は、ΣΔ変調されたデジタル信号であることを特徴とする請求の範囲第35項記載のデジタル信号の補間方法。

41. 入力された信号を所定の少数ビットのデジタル信号に変換する変換手段と、

上記変換手段によって変換されたデジタル信号を記録媒体に記録するとともに、記録媒体に記録されたデジタル信号を読み出すヘッド手段と、

上記ヘッド手段によって読み出されたデジタル信号に誤りが発生しているか否かを検出する検出手段と、

上記検出手段によって上記ヘッド手段によって読み出されたデジタル信号に誤りが発生したことが検出されたときに、少なくとも誤りが発生した部分の直前のデータに基づいて補間テー

* C L M S *

ブルにより補間データを生成する生成手段と、

上記検出手段からの検出出力に基づいて上記ヘッド手段によって読み出されたデジタル信号に誤りが発生したことが検出されたときに上記ヘッド手段から読み出されたデジタル信号の誤りが発生した部分と上記生成手段からの補間データと置き換えて出力する出力手段とを備えていることを特徴とする記録媒体の記録及び／又は再生装置。

42. 上記生成手段は、上記ヘッド手段によって読み出されたデジタル信号を所定の複数のビットに分割し、分割したデジタル信号の発生確率を求め、求められた発生確率に基づいて補間処理を行うための補間テーブルを有し、供給されたデジタル信号にエラーが発生したときに上記補間テーブルに基づいて補間データを生成することを特徴とする請求の範囲第41項記載の記録媒体の記録及び／又は再生装置。

43. 上記変換手段は、入力された信号にΣΔ変調を施すΣΔ変調手段から構成されていることを特徴とする請求の範囲第41項記載の記録媒体の記録及び／又は再生装置。

44. 上記生成手段は、供給されているデジタル信号にエラーが発生したときに上記供給されているデジタル信号のエラーが発生している部分の少なくとも直前の信号を抽出する抽出手段を備え、上記抽出手段によって抽出された上記直前の信号に基づいて上記生成手段は上記補間テーブルにより補間データを生成することを特徴とする請求の範囲第41項記載の記録媒体の記録及び／又は再生装置。

45. 上記装置は、更に供給されているデジタル信号にエラーが発生したときに上記抽出手段に制御信号を供給して上記少なくとも直前の信号を保持させるように制御するとともに、上記出力手段に制御信号を供給して上記出力手段から出力される信号を

* C L M S *

上記供給されているデジタル信号から上記生成手段からの補間データに切り換える制御手段とを備えていることを特徴とする請求の範囲第41項記載の記録媒体の記録及び／又は再生装置。

46. 入力された信号を所定の少数ビットのデジタル信号に変換する変換手段を有し、変換されたデジタル信号を記録媒体に記録するとともに、記録媒体に記録されたデジタル信号を読み出し、

読み出されたデジタル信号に誤りが発生しているか否かを検出し、

検出結果が読み出されたデジタル信号に誤りが発生したことが検出されたことを示しているときに、少なくとも誤りが発生した部分の直前のデータに基づいて補間テーブルにより補間データを生成し、

上記検出結果に基づいて記録媒体から読み出されたデジタル信号に誤りが発生したことが検出されたときに、記録媒体から読み出されたデジタル信号の誤りが発生した部分を補間データに置き換えて出力することを特徴とする記録媒体の記録及び／又は再生方法。

47. 上記方法は、記録媒体から読み出されたデジタル信号を所定の複数のビットに分割し、分割したデジタル信号の発生確率を求め、求められた発生確率に基づいて補間処理を行うための補間テーブルを作成し、供給されたデジタル信号にエラーが発生したときに上記補間テーブルに基づいて補間データを生成することを特徴とする請求の範囲第46項記載の記録媒体の記録及び／又は再生方法。

48. 上記方法は、入力された信号にΣΔ変調を施すことを特徴とする請求の範囲第46項記載の記録媒体の記録及び／又は再生方法。

* C L M S *