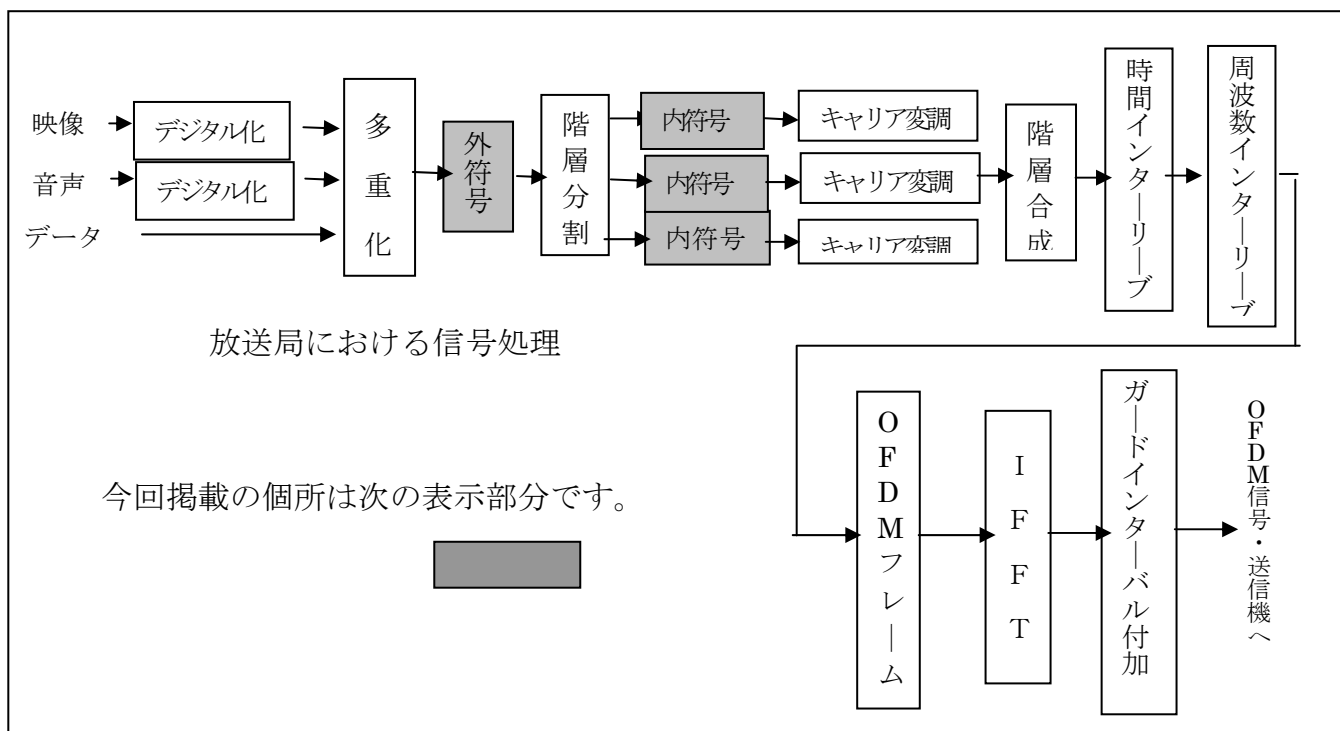


<テレビ放送電波はどんな形？(その6・誤り訂正)>



誤り訂正とは、情報データにチェックビットなどの冗長なデータを付加し、伝送路で発生する雑音や干渉などによるデータ誤りを受信側で訂正して、情報データを元に戻す技術です。

付加する冗長データを増やすと、誤り訂正の能力は高くなり受信条件が悪い場合でも安定な受信は可能になりますが、伝送できる情報量は、少なくなります。

誤り訂正には、多数決判定、ブロック符号ならびに畳み込み符号など多種多様ですが、地上デジタル放送では、ブロック符号の一種のリードソロモン (RS) 符号、畳み込み符号が使われています。

まず、誤り訂正の手始めとして、皆さんご存知のパリティチェックと多数決判定の概要から説明しましょう。

☆ パリティチェック

これは、誤り検出のみ、すなわち、誤りチェックだけで、訂正はできません。

簡単な数値のチェックに多く使われています。

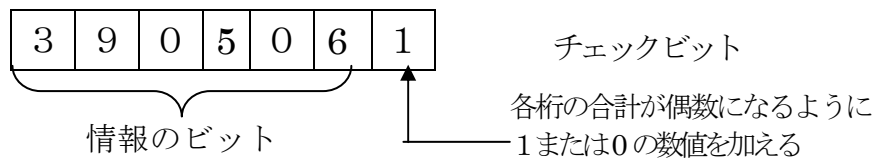


図1 偶数パリティチェック 1

偶数パリティチェックによる誤り検出の例として、10進数の数字の場合を図1に示します。情報ビット 7 桁の各桁の数字を加算して奇数の場合は、チェックビットに 1 を挿入し、全ての桁の数字を加えた結果を偶数にします。情報を受け取った側では、各桁の数字を加えて偶数になれば誤りなしと判断し、偶数にならなければ誤りありを検出します。この方法では、誤りの訂正はできません。

これが偶数パリティチェックで、奇数になるようにチェックビットに数字を挿入するのが奇数パリティチェックです。

こんどは、2進数の場合のパリティチェックによる誤り検出の例を見てみましょう。

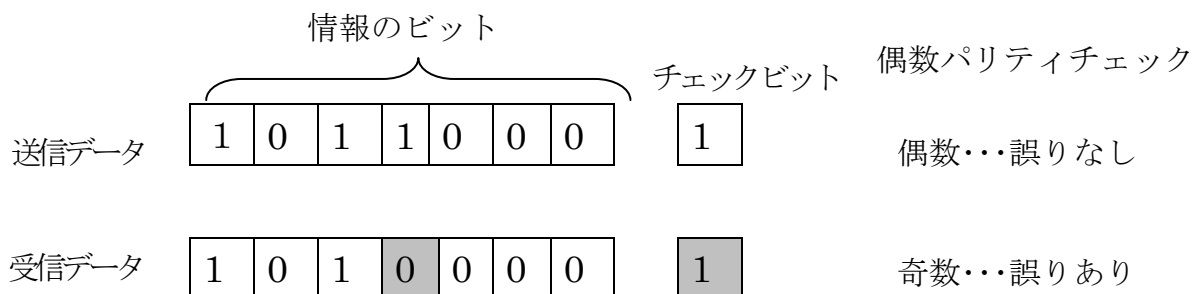


図2 偶数パリティチェック 2

伝送したい情報データを 7 ビットとし、送信側で誤り検出するためのチェックビットを 1 ビット追加し、情報ビットとチェックビットとの総

和が偶数になるようチェックビットの値を 0 または 1 に設定します。受信側では、受信したデータの総和が奇数ならば誤りが発生していると判断できます。

ここで重要なことを紹介しておきましょう。

誤り訂正においては、見逃し誤りというものが必ず付き物だということです。1つのビットのみが誤ればその検出はできますが、同時に2つのビットが誤ると、検出できないのです。この見逃し誤りは、これから述べるどんな高級な誤り訂正においても避けられない課題です。

☆ 多数決判定

多数決判定による誤り訂正の例を図3に示します。

1ビットの情報データを3ビットの情報データに拡張します。受信データの3ビットのうちいずれかの1ビットに誤りが生じても、多数決で判定することにより、元の情報データを正しく得ることが出来ます。

この場合、情報データ1ビットあたり、送信データは3ビットなので符号化率は、 $1/3$ といいます。

情報ビット数が少なく、さらに、時間的に短いインターバルで同じ情報を何度も送られるような情報に関しても、送信側でのビット拡張を行わなくても受信側でのメモリ蓄積による多数決判定が可能です。

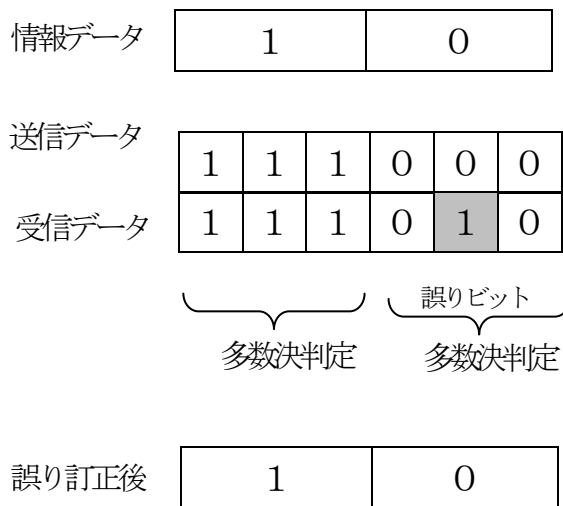


図3 多数決判定による誤り訂正の例

☆ リードソロモン符号 (RS 符号)

リードソロモン符号は、地上デジタル放送のほか BS デジタル放送、CD(コンパクトディスク)などに広く用いられています。

RS 符号は、データをある長さのブロックに区切り、ブロックごとにデータの後ろにチェックビットを付加して、ブロックごとに誤りを訂正するブロック符号の一種です。地上デジタル放送では、BS デジタル放送と同じようにトランスポートストリーム (TS) を構成する 188 バイトの packets (TS packets) ごとに符号化を行ないます。

地上デジタル放送ならびに BS デジタル放送で使われる RS 符号を RS (204,188) と表記します。RS (204,188) のデータブロックの構成を図 4 に示します。

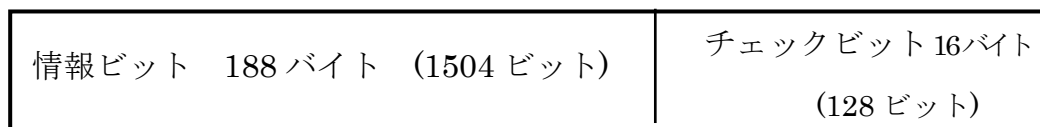


図 4 RS (204,188) のデータブロック

これは、全データ 204 バイト (1 バイトは 8 ビットなので $204 \times 8 = 1632$ ビット) という非常に長大なデータブロックです。情報ビットは、188 バイトでその後ろに 16 バイトのチェックビットが付加されていることを意味します。RS (204,188) は、バイト単位で訂正を行い、最大 8 バイトまでの誤り訂正ができます。

リードソロモン符号は、非常に難解な理論ですが、理解の助けとするため、模範的に安易な手法で訂正の仕組みを見てみます。

情報の数値が「20」だったとしましょう。この情報に対する誤り訂正の付加数を「5」とし、(情報数) \times 5 (倍) の 100 の数値を送信します。

これを受信側で受信します。伝送途中で誤りが発生しなければ、100 の数値が受信できます。これを誤り訂正の付加数 5 で割り算します。誤りが発生しなければ 5 でちょうど割り切れます。

伝送途中で誤りが発生すると 100 の数値でなくなります。 $100 \pm \alpha$ になります。受信側で受信した数値を 5 で割った結果は表 1 の何れかになります。

表1 誤り訂正のある考え方

受信数値	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
5の除数	19	19.2	19.4	19.6	19.8	20	20.2	20.4	20.6	20.8	21

ここで、19.5 から 20.5 の間の数値ならば受信した数値を 20 と判断し修正します。この範囲を超えてしまった場合は残念ですが修正は不能になってしまいます。

さて、本論に戻ります。

図5に示すように MPEG-2TS を構成する 188 バイトの情報データを送信する際、情報のデータ 188 バイト(1504 ビット)の2進数の符号列に関数処理として、リードソロモンの 16 バイトの2進数の符号列(これを生成多項式といいます。)を乗算します。

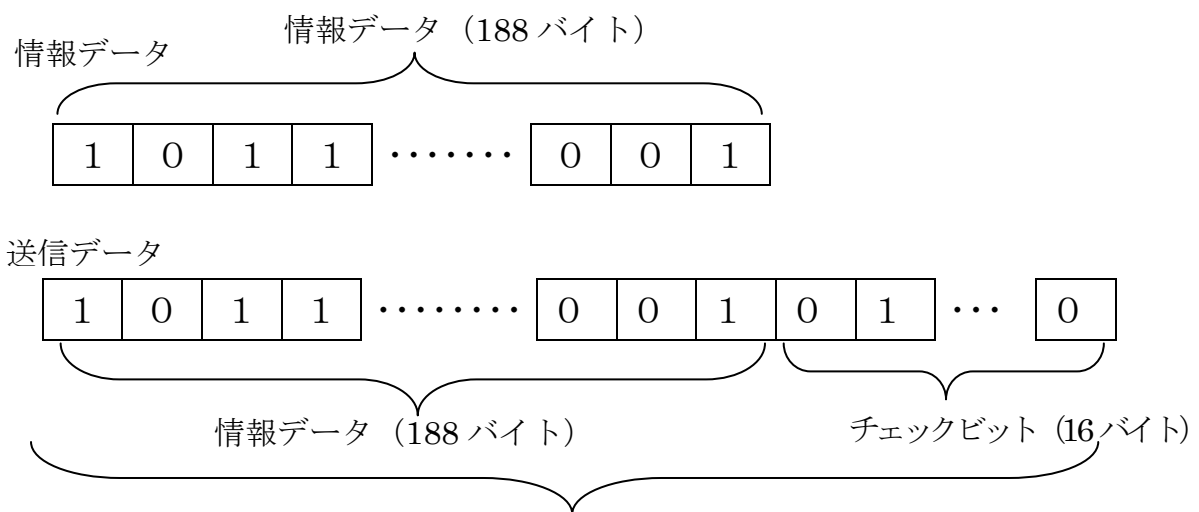


図5 送信データ (204 バイト)

受信機側では、リードソロモン符号を生成したときの関数(生成多項式)で割り算し、割られた結果や剰余のビットの状況から、誤りの検出や訂正を行います。

RS 符号は、1 バイト中の全ビット (8 ビット) が誤っても訂正可能ですので、ランダムな誤りの訂正のみならず連続的にかたまって発生するバースト誤りにも適しています。このため、地上デジタル放送では、「外符号」として用いられています。

☆ 畳み込み符号

畳み込み符号は、RS 符号のようにブロックごとに符号化するのではなく、過去のある範囲のビットと現在入力されたビットから出力ビットを作る符号化方法で、過去のデータが符号化の結果に関係します。

地上デジタル放送では、畳み込み符号の符号化率として、 $1/2$ 、 $2/3$ 、 $3/4$ 、 $5/6$ 、 $7/8$ のうちから一つを選択して使用しますが、例えば、符号化率 $3/4$ の場合、符号化器の入力ビット数と出力ビット数との割合は 3 対 4 となります。

受信側では、ビタビ復号 (Viterbi decoding) と呼ばれる手法を用いて、受信された信号を一定の長さに亘って調べ、その符合列のつながりから、最も確からしい符合を選んで復号します。

ビタビ復号後の残る誤りは、バースト状 (固まって発生する状況) になるため、さらに次に述べるバイト単位のインターリーブで誤りを拡散させ RS 符合による訂正を効果的に行われるようにします。