

入学年度 平成 10 年度

学籍番号 10117921

氏名 河村 一宏

論文題目 高次元パリティ符号におけるランダム誤りとバースト誤りの訂正能力の比較

中野研究室

1 はじめに

高次元パリティ符号は、劣悪な通信環境 (平均誤り率 $10^{-2} \sim 10^{-1}$) においても誤りを増加させずに訂正する能力を持っている。本研究では様々な復号法の提案が行われてきたが、シミュレーションを行う際には、ランダム誤り訂正能力のみ比較検討を行ってきた。そこで本研究では、高次元パリティ符号におけるランダム誤りとバースト誤りの訂正能力の比較を行い、バースト誤り訂正能力のほうが高い理由について示す。

2 高次元パリティ符号

水平-垂直パリティ符号に相当する 2 次元パリティ符号をもとに、順次次元拡張することによって、高次元パリティ符号を段階的に構成することができる。符号長 m^2 の 2 次元パリティ符号を正方形配列した時の一辺のビット数を「サイズ」と呼び、 m で表す。また、次元を n で表し、サイズ m の n 次元パリティ符号を $nDmm$ で表す。

3 適応閾値判定法

本研究で誤り訂正を行う際に用いる適応閾値判定法について説明する。 n 次元パリティ符号では各ビットを貫く検査線は n 本あるが、適応閾値判定法は、誤りを検出したパリティ検査線が、符号内の各ビットを何本貫いているかを数値化し、その数値が最大のビットを反転して訂正を行うものである。なお、各パリティ検査線は、単一パリティ検査符号に相当するため、検査線上に 1 個 (または奇数個) の誤りが発生した時のみ、誤りを検出できる。

4 伝送順序

高次元パリティ符号では、バースト誤りを符号内で分散させるため、疑似巡回伝送と呼ばれる特殊な伝送順序を採用しており、これがインターリービング機能を果たしている。ここでは、 t 番目に伝送するビットの座標 r_k を求める式を次のように定める。

$$r_k = \left(\sum_{i=0}^{n-1-k} [t/m^i] \right) \bmod m \quad (1)$$

$(k = 0, 1, 2, \dots, n-1)$

5 訂正能力の比較

3Dm4 符号について、ランダム誤りとバースト誤りの訂正能力を比較した結果を図 1 に示す。バースト誤りではバースト区間中の各ビットに独立に誤り率 0.5 で誤りを入れている。ランダム誤りでは符号中の各ビットに独立に誤り率 p で誤りが入るように設定した。

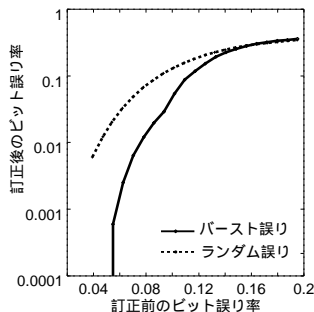


図 1: バースト誤りとランダム誤りの訂正能力の比較

図 1 において、訂正前のビット誤り率が同一のところでは訂正能力を比較すると、全体的にバースト誤りの方が訂正能力が高いことが分かる。

6 バースト誤り訂正能力が高い理由

バースト誤り訂正能力が高い理由について、誤り率による誤りビット数と、誤りビット数における誤り訂正能力に注目し、調べた。

6.1 誤り率による誤りビット数の生起確率

まず例として、ある誤り率 0.078 (バースト長 10) における誤りビット数の生起確率を図 2 に示す。誤り率 0.078 より、その平均誤りビット数は 5 個となる。図 2 より、平均誤りビット数前後での生起確率は、ランダム誤りよりもバースト誤りの方が高いことが分かる。このことは誤り率

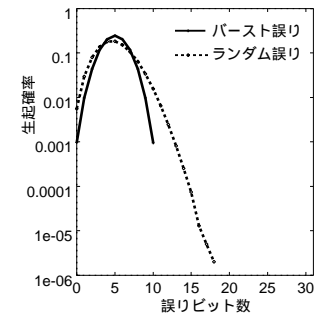


図 2: 誤り率 0.078 のときの誤りが異なる場合でも同様のビット数の生起確率

結果が得られた。また、図 1 の訂正後のビット誤り率は、平均誤りビット数前後の訂正後のビット誤り率に大きな影響を受けると考えられる。

6.2 誤りビット数に対する訂正能力

次に誤りビット数に対する訂正後のビット誤り率について見る。図 3 はバースト長 10、17 のときとランダム誤りのときの、誤りビット数に対する訂正後のビット誤り率を示している。図 3 より、バースト長 17 は、全ての誤りビット数に対する訂正能力において、ランダム誤りより高いことが分かる。これはバースト長が 17

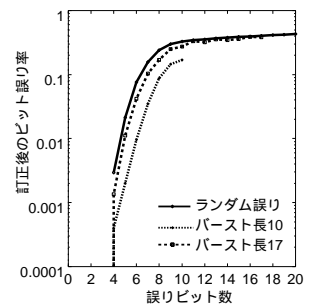


図 3: 誤りビット数に対する訂正能力

のことが言える。しかしバースト長が 17 より長い場合、誤りビット数が 11 個以上になると、ランダム誤りの方が訂正能力が高くなる場合がある。

6.3 考察

以上のことから考えると、図 2 のような誤り率が小さい場合、生起確率は当然誤りビット数の少ないところが高くなる。誤り率が小さいとき、図 3 から分かるように、誤りビット数あたりの訂正能力はバースト誤りの方が高いため、図 1 の誤り率が低い場合のバースト誤り訂正能力も高くなる。しかし誤り率が大きくなるにつれて、生起確率も誤りビット数の多いところが高くなる。その結果、ランダム誤りとバースト誤りの訂正後のビット誤り率が変わらなくなる誤りビット数 (誤りビット数が 12 個前後) の生起確率が高くなる。よってランダム誤りもバースト誤りも訂正能力が変わらなくなると考えられる。

7 まとめ

本論文では、高次元パリティ符号におけるバースト誤りとランダム誤りの訂正能力について調べた。その結果バースト誤り訂正能力の方が高いことが分かった。さらに、その理由について検討し、バースト誤りとランダム誤りの誤りビット数の生起確率の違いや、誤りビット数に対する訂正後のビット誤り率の違いであることを示した。今後は、今回実験を行った 3Dm4 符号だけでなく、符号化率が 0.5 付近のものや、4 次元パリティ符号についても結果が求められる。