

## DVD-RAM の再生誤りのモデル化

田中 敬大 田中邦磨\* 古川 輝雄  
 広島工業大学 \*帝京平成大学

### 1. まえがき

CDやDVDなどの家庭用光ディスクストレージはその取り扱い過程で発生する指紋、ゴミ、傷などによるデータ信頼性の劣化が危惧され、データの信頼性確保のための技術的課題の明確化と対応が必要である。この視点から筆者等は指紋誤りなどにおける①誤り訂正処理方式の能力評価、②ディスククリーニング手段の基礎検討をおこなっている。今回は③誤り発生状況の把握をおこない、誤りのモデル化を検討した。<sup>1),2)</sup>

### 2. 計測システムの概要

#### 2.1 誤りの計測方法

本計測システムの構成を説明する。使用ドライブは再生時の ECC 処理(誤り訂正処理)をスルーさせた DVD\_RAM ドライブを用い、ディスク全面にセクタ単位に既知のインクリメントデータを記録する。再生データを既知のデータと比較することにより、再生ビット誤りを計測した。評価ディスクに固有の誤り(例えば指紋誤り)をつけてその前後の再生誤りを計測する。誤り情報は誤り発生箇所のすべてのシンボル(バイト)の誤りセクタ値、セクタ内のシンボル位置、誤りパターンの計3つの情報を計測し、テキストファイルに出力する。

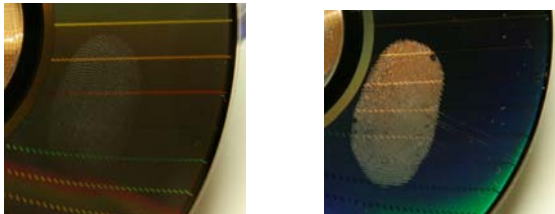
#### 2.2 計測データの処理

計測した誤りデータを再処理し、セクタ単位での”... 010001203102120500...”のようなランレングス表示データを得る。計測データの処理は指定されたゾーン間、セクタ間の全誤りデータを処理し、表記誤りランレングスを求めた。なお、誤り計測に関して、バースト誤りの定義を以下とした。

- ・同一のバースト誤りと認識するケース：誤り”1”に前後する”0”ラングス(=K)が K<30 の場合。
- ・別の誤りと認識するケース：同上、K>=30 の場合。

### 3. 誤りのモデル化<sup>3),4)</sup>

指紋誤りのモデル化としてギルバートモデルを検討した。図2に2種類のギルバートモデルの状態遷移図を示す。今回の実験に用いた評価用ディスクは指紋発生程度(light)と(hard)の2種類(図1)である。



(1)Disk NO.43 指紋誤り(程度 light)  
 (2)Disk NO.73 指紋誤り(程度 hard)

図1. 評価ディスクの誤り画像

#### 3.1 単純ギルバートモデル化(Aモデル)

バースト誤りの評価に使用される、単純マルコフ過程の1次推移確率行列で表されるギルバートモデルを検討した。再生データは誤り発生時に、誤りのない状態”G”から誤り状態”B”に移り、バーストを抜けまた、”G”状態に戻る。推移確立行列は以下となる。

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix} \quad \dots(1)$$

但し、 $p_{11}+p_{12}=1, p_{21}+p_{22}=1$

またこの場合の不動確率 T は以下で与えられる。

$$T = [t_1 \ t_2], \text{ 但し、} t_1=p_{21}/(p_{12}+p_{21})$$

図より、N ビット中 i ビットのバーストの発生数  $N_i$  は以下となる。

$$N_i = N \cdot t_1 \cdot p_{12} \cdot p_{22}^{i-1} \cdot p_{21} \quad \dots(2)$$

#### 3.2 変形ギルバートモデル(Bモデル)

バースト誤りの大きい場合に適用できる B モデルを検討した。2つの独立なギルバートモデルの線形結合の3事象モデルを考察する。二つの独立モデル(Q,R)間の結合係数を k とした場合以下が成立する。

$$p_i = k \cdot p_i(Q) + (1-k) \cdot p_i(R) \quad \dots(3)$$

それぞれの一次推移確率行列を(1)式と同様とした場合、N ビット中 i ビットのバースト発生数  $N_i$  は、

$$N_i = N \cdot t_1 \cdot p_{12} \cdot p_{22}^{i-1} \cdot p_{21} + N \cdot t_1 \cdot p_{13} \cdot p_{33}^{i-1} \cdot p_{31} \quad \dots(4)$$

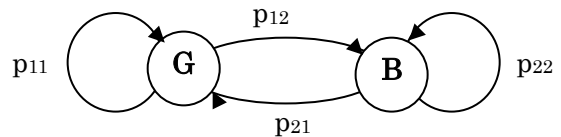
となる。この場合、i ビットのバースト誤りを起こすモデルを以下の一次推移行列 P、不動確率ベクトル T とした。但し、 $p_{21}+p_{22}=1, p_{31}+p_{33}=1$

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{32} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{bmatrix} \quad \dots(5)$$

$$T = [t_1 \ t_2 \ t_3]$$

但し  $t_1 = p_{21} \cdot p_{31} / (p_{21} \cdot p_{13} + p_{12} \cdot p_{31} + p_{13} \cdot p_{21})$

#### (A) 単純モデル



#### (B) 変形モデル

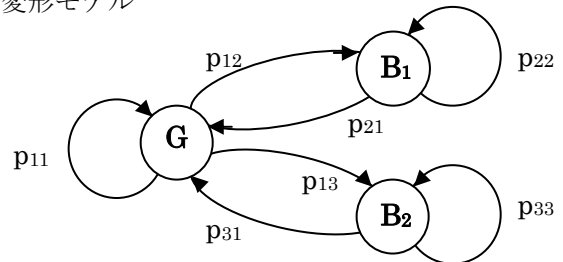


図2.ギルバートモデルの状態遷移図

4. 評価結果

4.1 Aモデルの評価結果

図1の評価ディスクについて各々の誤り測定結果とAモデルパラメータは以下であった。なお、計測領域は指紋領域を含む長方形領域に限定した。

計測ゾーン…5-15、計測セクタ…0-6

計測データビット=

<Disk NO.43>…誤り light

測定データ

|   |            |              |             |
|---|------------|--------------|-------------|
| Q | 1951012925 | モデル化 A パラメータ |             |
| P | 23456      | p11          | 0.999987977 |
| q | 265539     | p12          | 0.000012023 |
| p | 23456      | p21          | 0.103721    |

<Disk NO.73>…誤り

hard

測定データ

|   |            |              |             |
|---|------------|--------------|-------------|
| Q | 1614334552 | モデル化 A パラメータ |             |
| P | 1821458    | p11          | 0.998840093 |
| q | 333347908  | p12          | 0.001159907 |
| p | 1821458    | p21          | 0.00569348  |

結果を図4、図5に示す。誤りデータ値は10ビット単位で丸めている。誤りが少ないDisk NO.43は比較的Aモデルにあっているが、誤りの大きいDisk NO.73はAモデルでは誤差が大きく適合していない。

4.2 Bモデルの評価結果

誤りの大きいDisk NO.73の測定パラメータをBモデルで検証した。二つの”B”状態の分離を30ビットと仮定した時のシミュレーション結果を図5と図6に示す。短いバースト領域ではBカーブが、長いバースト領域ではCカーブが実測値に適合していることがわかった。

5.あとかき

DVD-RAM光ディスクの指紋誤りにおける誤り状態をビット単位で計測し、ギルバートモデルへの適応評価をおこなった。単純モデルAは誤り(light)では良く一致するが、誤り(hard)ではモデル計算値と実測値との誤差が大きくなり、変形モデルBを適用することにより良い近似結果を得ることができた。今後指紋以外の誤りについて検討予定である。

[参考文献]

- 1) 田中他, ”光ディスクの誤り解析の一考察”, No.18-8, 電気・情報関連学会中国支部連合大会, (2006)
- 2) 谷本他 ”光ディスククリーニング方法の一検討”, No.18-7, 電気・情報関連学会中国支部連合大会, (2006)
- 3) 福田他 ”PCM録音機におけるドロップアウト統計モデル”, No.4-6-5, 日本音響学会講演論文集, (1977)
- 4) E.N.Gilbert; ”Capacity of a Burst- Noise Channel”, B.S.T.J, 39,5, pp.1253-1265, Sept, (1960)

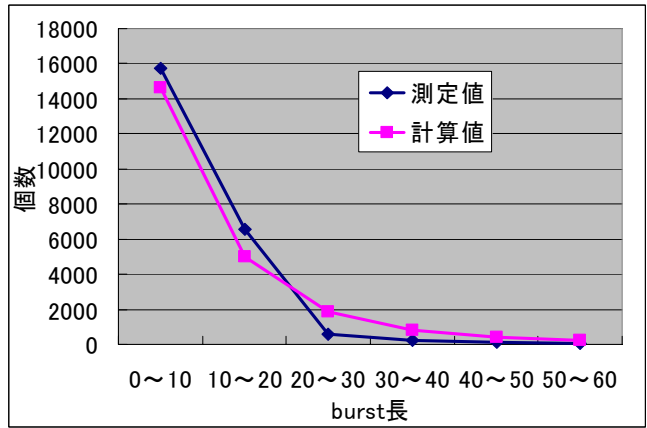


図3.モデル化 A (Disk NO.43)

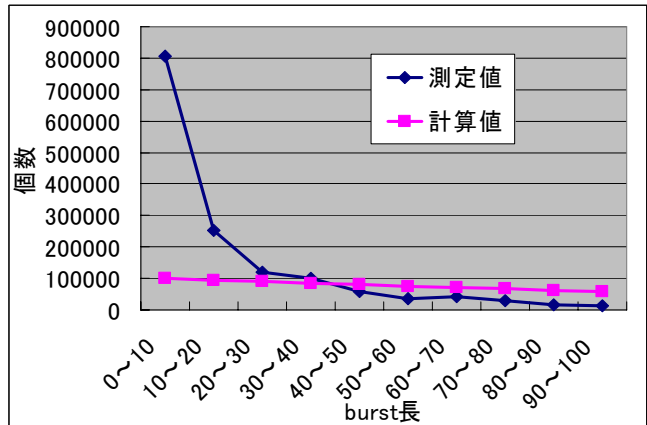


図4.モデル化 A (Disk NO.73)

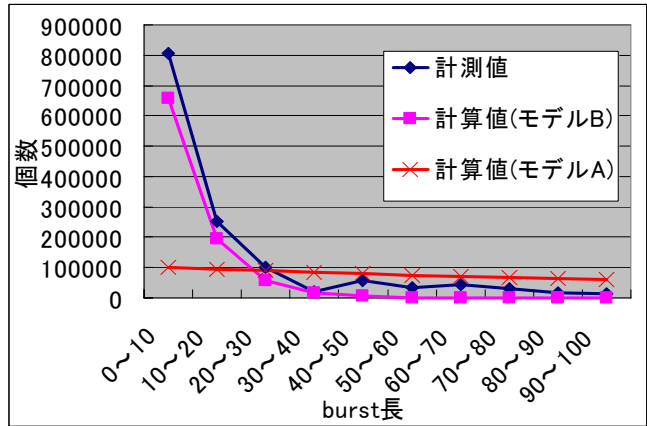


図5.モデル化 B 短いバースト領域(Disk NO.73)

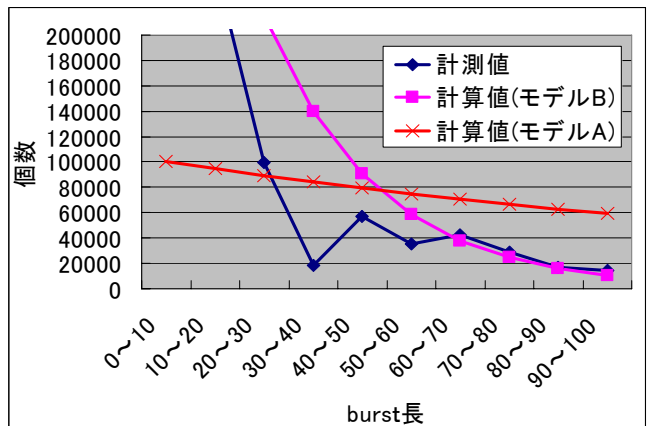


図6.モデル化 B 長いバースト領域(Disk NO.73)