

開始時刻不斉化に基づく RAID システムの 信頼度改善手法に関する考察

日大生産工(学部) ○渡邊 智也
日大生産工 新井 雅之

1.はじめに

RAID (Redundant Arrays of Inexpensive Disks) は、複数のHDDを組み合わせることで冗長性を持たせる仕組みであり、近年ではデータの長期保存及び損失対策として注目されている[1,2]。しかし、RAIDの信頼性を低下させる要因の一つにRAIDを構成するHDDの経年劣化が挙げられる[2,3]。

先行研究[3]では、経年劣化を考慮した予防安全的RAIDが提案されている。本研究ではさらなる信頼度向上のため、各HDDの開始時刻の不斉化による摩耗故障期に入る時期をずらす信頼度改善手法について提案する。提案手法はシミュレーションを用いて評価する。

2.関連研究

2.1 RAID

RAIDは、複数のHDDにデータを分散することで、性能と耐障害性を同時に確保する仕組みである。一般的に用いられているRAIDレベルとしては、RAID1, RAID5, RAID6が挙げられる。

RAID1はミラーリングとも呼ばれ、同じデータを2台のHDDに書き込むことで耐障害性を高めている。RAID5では、パリティと呼ばれる冗長コードを用い、 n 台中1台のHDDの故障まで耐えることが可能である。RAID6は、パリティを2重に生成し書き込むため、同時にHDDが2台故障した場合でもシステムの停止を回避できる。本研究では、RAID6を対象として実験を行う。

2.2 HDDの経年劣化モデル

システムの一般的な信頼度モデルとして知られるバスタブ型モデルでは、システムのライフサイクルは初期故障期、偶発故障期、摩耗故障期に分けられる。文献[2]においてHDDの障害発生率の調査について報告している。報告に

よれば、HDDの使用開始からおおよそ1年間は故障率の大きな変化は見られず、その後急激に故障率が高くなる傾向が明らかになった。すなわち、初期故障期が存在せず、偶発故障期と摩耗故障期のみであると考えられる。

2.3 非故障 HDD 差し替え手法

古川は、先述の経年劣化モデルを考慮し、非故障HDDの差し替えによる予防安全的RAIDシステムについて提案した[3]。本手法では、故障が発生しない場合でも定期的に一部のHDDを差し替えることにより、システム全体の信頼度を向上させる。文献[3]では、データロスまでの平均時間(MTTDL)についてシミュレーションおよび解析による評価が行われた。

3. 提案手法

本研究では、先行研究[2]で示された経年劣化モデルを考慮したRAIDの高信頼化手法について提案する。古川の手法[3]とは異なり、HDDは故障が発生するまで差し替えを行わない。し

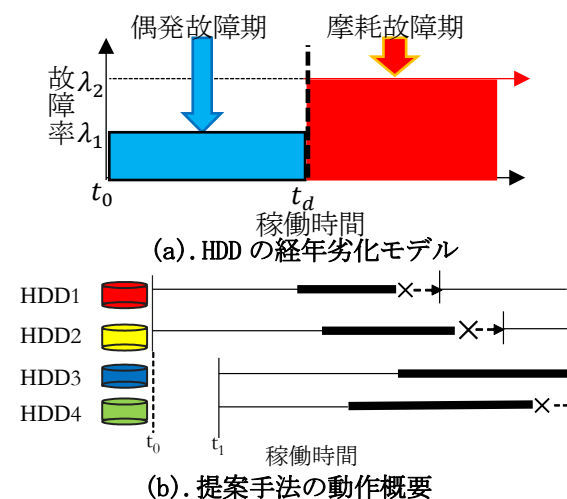


図 1. HDD の経年劣化モデルと提案手法の動作概要

Note on RAID Reliability Improvement Based on Desynchronization of Operation Start Time

Tomoya WATANABE and Masayuki ARAI

かし、 n 台のHDDの内、一部の使用開始時期を遅らせる不斉化を適用する．これにより各HDDが摩耗故障期に突入する時期をずらし、複数のHDDが同時に故障する確率を減少させることを狙う．

図1に、本研究で仮定するHDDの経年劣化モデルと提案手法の動作概要を示す．偶発故障期の故障率を λ_1 とおく．摩耗故障期の故障率を λ_2 とおく． t_d は摩耗故障期に入る時期を正規分布で表す．(b)はHDDの台数が4台の場合を想定した手法の動作例である．太線は摩耗故障期に突入を示し、×はHDDの故障、点線の矢印は修理期間を示している．

4. シミュレーションによる評価

本研究では、HDD総数8台で構成したRAID6を対象としてシミュレーションを行った．修理日数は1日に設定した． t_d は平均365日、標準偏差30日の正規分布に従うとした．またHDDの偶発故障期の故障率を $\lambda_1 = 1825$ (365×5)日に固定した．摩耗故障期の故障率 λ_2 は3.65日から1460日 (365×0.01 から 365×4.00)の範囲に設定した．

開始時刻の不斉化を適用する場合を不斉化ありAと不斉化ありBの2通り検討した．HDD $_i$ ($1 \leq i \leq 7$)の使用開始日を S_i と表す．不斉化ありAにおける各HDDの使用開始日を($S_1, \dots, S_7$) = (0, 0, 0, 0, 183, 365, 548, 730)とした．また、不斉化ありBにおける各HDDの使用開始日を($S_1, \dots, S_7$) = (0, 0, 0, 0, 365, 548, 730, 913)とした．

上記の条件を用いて、開始時刻の不斉化ありA、不斉化ありBの場合と不斉化なしの場合に対してそれぞれ10000回の試行を繰り返し、MTTDL (Mean Time To Data Loss) を求め比較を行った．

図2に、 λ_2 の値を変化させた場合における不斉化ありとなしでのMTTDLの差を示す．図2より不斉化ありAの $\lambda_2 = 726.35$ 日以下、不斉化ありBの $\lambda_2 = 905.2$ 日以下の場合、MTTDLが不斉化なしより大きくなった． λ_2 が3.65日から1460日に徐々に増加していくとMTTDLの差は右肩下がりになっている． $\lambda_2 = 365$ 日の場合、開始時間の不斉化ありAは25.088211日、不斉化ありBは44.776647日の結果となった．不斉化ありBは、不斉化ありAの約1.78倍良くなっている．

上記の結果より、MTTDLの差が不斉化ありの場合の方が大きくなることから、開始時刻の不斉化は信頼度の向上に有効であると考えられる．

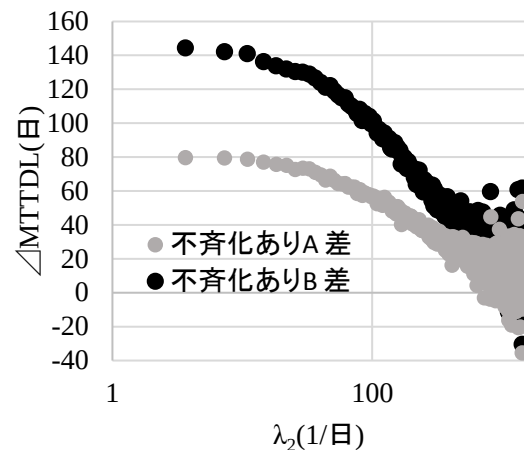


図2. MTTDLの差

5. まとめ

本研究ではRAID6を対象として、各HDDの開始時刻の不斉化による摩耗故障期に入る時期をずらす手法の提案、評価を行った．結果として各HDDの開始時刻の不斉化をすることで特定の条件では、高信頼化を可能にすることが示された．今後はRAID5を対象にした場合の提案手法、HDDの台数変更等を行い、より効率の良い不斉化のパターンを調査していく予定である．

参考文献

- [1] J. -F. Paris, S. J. T. Schwarz, D. D. E. Long, and A. Amer, “Protecting RAID Arrays Against Unexpectedly High Disk Failure Rates,” 2014 IEEE 20th Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing, pp 68-75, Nov. 2014.
- [2] B. Schroder, and G. A. Gibson, “Disk Failures in the World: What Does an MTTF of 1,000,000 Hours Meant to You,” 5th USENIX Conference on File and Storage Technologies, pp 14-16, Feb, 2007.
- [3] 古川 慧史, “非故障 HDD の差し替えに基づく予防安全的RAID システムの設計と評価,” 日本大学生産工学部数理工学科提出卒業論文, 2016 年 2 月.