

LTO 7テープメディアの寿命評価

Revision: 1

テープストレージ専門委員会
2019年1月

- 2013年度に公開した、メタル(MP)磁性体を使用したLTO 5テープメディア(以下LTO 5)の寿命試験から5年が経過したことから、市場で主流となっているバリウムフェライト(BaFe)磁性体を使用したLTO 7テープメディア(以下LTO 7)の寿命を新たに検証した。
- 寿命検証の為、①飽和磁化(M_s)の経時安定性、②再生信号の減衰率、2種類の磁氣的安定性評価試験を実施した。
- LTO 7の飽和磁化(M_s)の経時安定性は、LTO 5より良好な結果となり、また、再生信号の減衰率は50年以上、信号の読み取り品質に影響のないことが確認された。
- これらの結果から、保管環境(25℃)では、磁氣的な性能においては、少なくとも50年以上の寿命推定が検証できた。

2013年度に公開したLTO 5の寿命評価

LTO 5の寿命推定方法

- 寿命推定の一方法として、アレニウスプロットは有効かつ一般的である。従って、テープメディアの寿命推定においても本方法を用いる。
- アレニウスの式を用いた加速係数ALの算出

$$AL = \exp\left(\frac{\Delta E}{0.86166 \times 10^{-4}} \times \left(\frac{1}{T_n} - \frac{1}{T_a}\right)\right)$$

ΔE : 活性化エネルギー、 T_n : 基準条件の温度、 T_a : 加速条件の温度

LTO 5の寿命推定方法

– 故障モード：

- ①記録されたデータの訂正不能な読み取りエラーの発生有無。
- ②エラーの上昇率(初期から100倍のエラー上昇)があれば不良。

– 活性化エネルギー ΔE ：

読み取り不良の原因及びエラー上昇率の要因をメタル磁性体テープの酸化劣化とし、ソニー学術論文*より、 $\Delta E=102\text{KJ/mol}\Rightarrow 1.06\text{eV}$ を用いる。

*「Estimating the archival life of metal particulate tape」

IEEE Transaction on Magnetic vol.28 No5, 1992年

– 基準条件の温度：

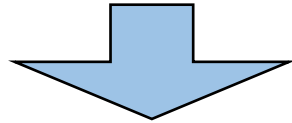
LTOテープメディアの推奨保存環境は16℃から25℃、かつ使用温度は通常、管理されたデータセンターなどで使用される事が殆どであることを考慮し、25℃とする。

– 加速条件の温度：

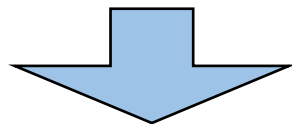
テープメディアは複合材料(プラスチック機構部品、ベースフィルム、塩ビ樹脂等)から構成され、かつ非常に薄いことより、60℃を超える高温加速が出来ないため、本来の寿命推定に相応しい最高の温度(55℃)での保存加速を行う。
(尚、湿度は80%RHとする。)

LTO 5の寿命推定方法

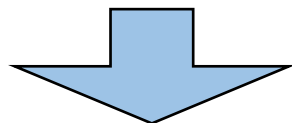
アレニウスの式を使ったメタル磁性体の加速寿命推定



故障モード(活性化エネルギー 1.06eV)及び
基準温度(25°C)/加速温度(55°C)から、加速係数を43.5と試算



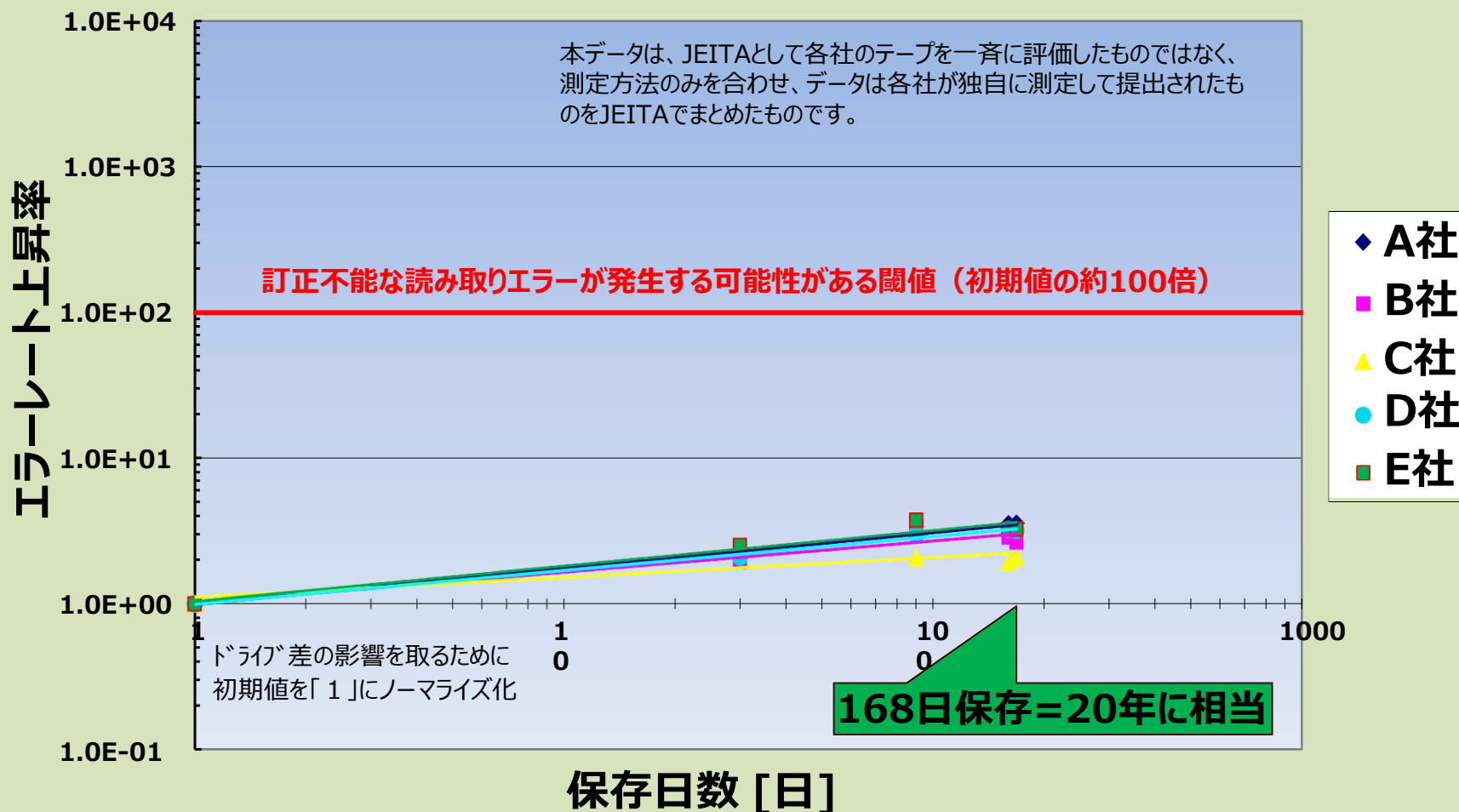
55°C80%RH 168日間(4,056時間)保存
 $168日 * 43.5 = 7,351.5日 (\div 20.1年)$



LTO 5を用いて高温高湿環境での、
168日長期保存試験を実施

LTO 5寿命推定のための長期保存試験結果

LTO 5加速保存試験(55°C80%RH) エラーレート推移



LTO 5の寿命推定

- 結果

55°C80%RH 168日間(4,056時間)長期保存試験を実施、エラーレートの推移を測定し、問題のないことを確認した。
(168日*43.5 (加速係数) =7,351.5日÷20年の寿命推定)

- 結論

本評価において全メディアメーカーの製品とも劣化が進まず、通常の保管環境（25°C）では20年以上の寿命推定が検証された。

- 考察

システムの保証期間、OS及びソフトウェアの互換性等を考慮すると、安全かつ安心して、一つのフォーマット媒体にデータを保管する目安は10年と考えられ、10年以上の長期保管するユーザにおいては、10年を目安にデータを移行（マイグレーション）することを推奨する。

LTO 7の寿命評価

- LTO 5を使用した寿命試験から5年が経過し、データテープの用途として、長期アーカイブは更に重要性を増し、メディア寿命への関心も更に高くなっていた。2018年にはLTOも第7世代が主流となり、磁性体も酸化鉄系のBaFe磁性体へと変わったが、第7世代の寿命推定がされていなかった。
- 上記の背景により、2018年度は20年を超えるテープメディア寿命推定を目的に、LTO 7を用いて検証を行った。

LTO 7の寿命推定方法

- LTO 7は、酸化鉄系のBaFe粒子を磁性体として使用しており、これまでアレニウスの式による寿命推定に用いていたMP磁性体の活性化エネルギーを使用できず、学術論文等でもBaFe磁性体の磁気的な特性に影響する活性化エネルギーのデータを見つけることができていないために、従来と同じ方法での推定ができない。
- そこで、①飽和磁化(M_s)の経時安定性、②再生信号の減衰率、2種類の磁気的安定性評価試験を実施し、寿命を推定した。

LTO 7の寿命推定方法-①飽和磁化の経時安定性

– 飽和磁化(M_s)の経時安定性

データテープの磁気特性の変化を測定し、LTO 5の結果と比較する。

– 基準条件の温度：

これまでに実施したLTOテープメディア寿命推定時の基準条件温度を考慮し25℃とする。

参考：昨今データセンターなどでは、省エネのため使用時の空調管理条件が緩和される傾向もある。

LTOテープメディアは使用後に推奨保存環境である16℃から25℃（別の施設等）で管理されるものとした。

– 加速条件の温度：

70℃*とする。尚、湿度については80%RH(2013年に実施したLTO 5媒体テストと同条件)及び 低湿(～10%RH)の2条件とする。

*基準/加速条件の温度が夫々25℃/70℃の場合、アレニウスの式から加速係数は225となる。これにより、約1か月の加速テストから20年、約80日の加速テストから50年の寿命を推定した。

再生信号の減衰率

磁性体の熱安定性の指標として K_uV/kBT が知られており、保持力との関係は下式で示される。この式に従うと、短時間の保持力変化を測定する事で長期経時後の保持力を推定できる。

$$H_C(t) = \alpha H_K \left\{ 1 - \left(\frac{k_B T}{K_u V} \ln \frac{f_0 t}{\ln 2} \right)^n \right\}$$

ここでは富士フイルム学術論文*に従い、再生信号の減衰の時間依存性を測定することで、LTO 7の安定性を評価した。

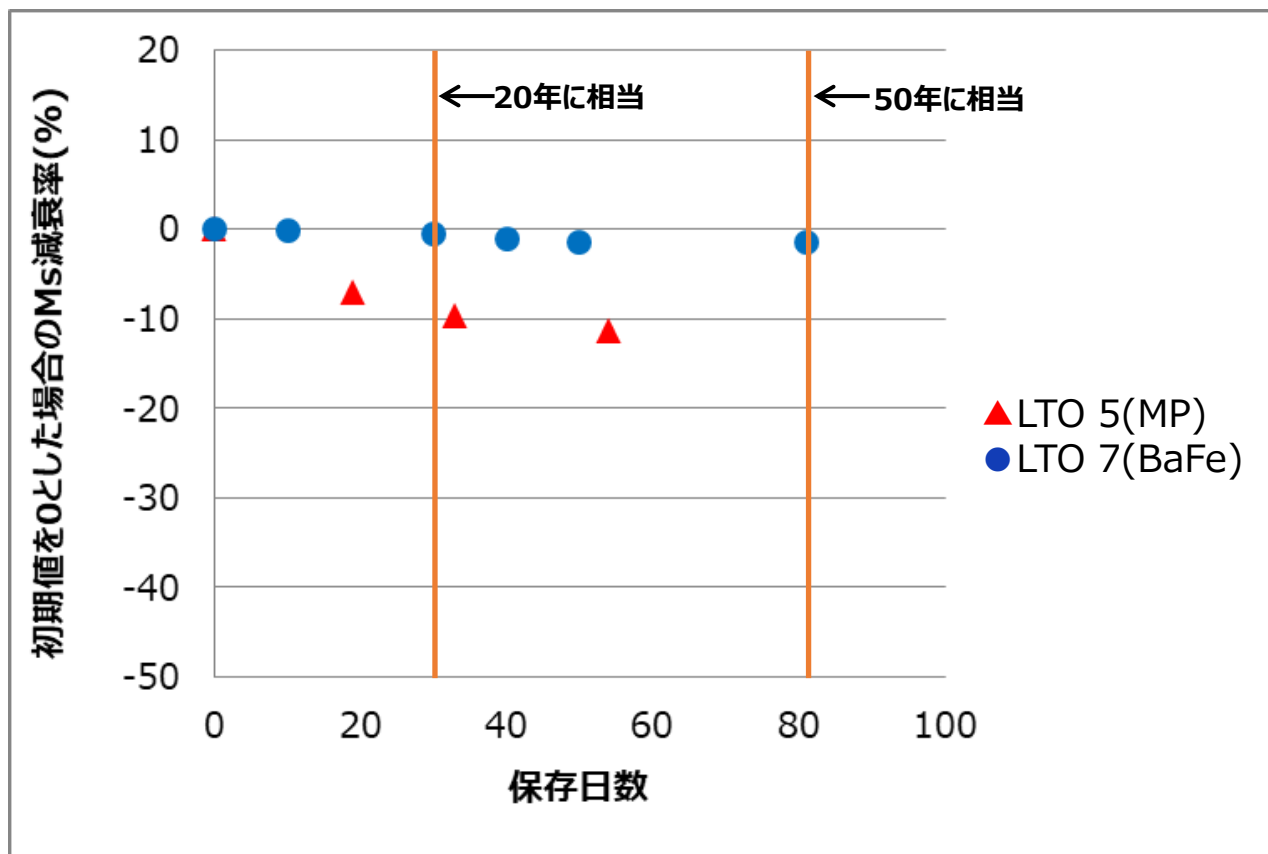
*「リニアテープシステム用バリウムフェライト媒体の長期保存性能」

電子情報通信学会 技術研究報告. MR, 磁気記録112(137),53-57, 2012-07-12)

評価結果-①飽和磁化(70°C/80%RH条件)

図は70°C/80%RHという高湿の条件で実施した保存テストのLTO 5(▲)と、LTO 7(●)の飽和磁化(Ms)の経時安定性を比較したものである。

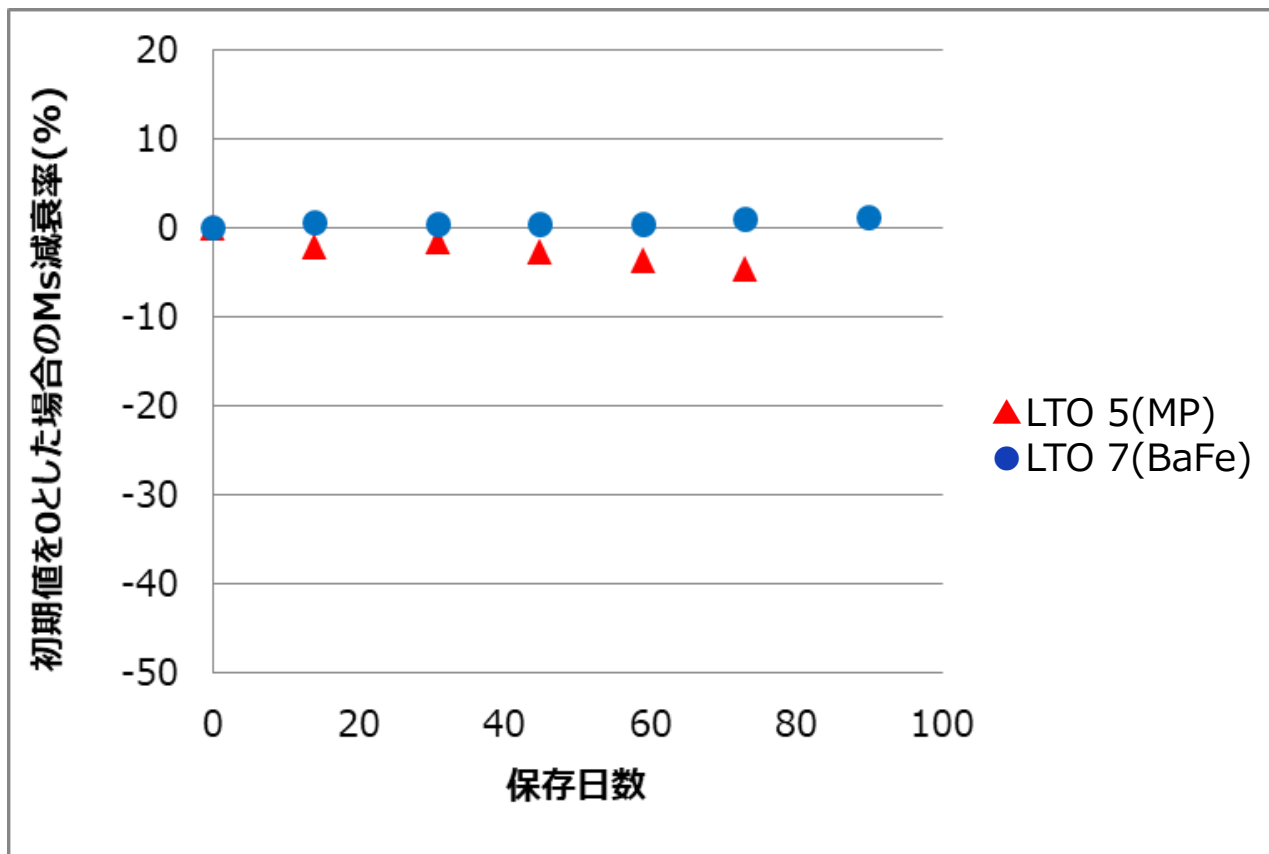
BaFe磁性体を使用したLTO 7では、減衰率が非常に小さく、50年時点でも、2013年に少なくとも20年以上の寿命を確認したLTO 5の20年時点の減衰率よりも小さい結果であった。



評価結果-①飽和磁化(70℃/低湿条件)

図は70℃/低湿の条件下で実施した保存テストのLTO 5(▲)と、LTO 7(●)の飽和磁化(Ms)の経時安定性を比較したものである。

LTO 5、LTO 7共に高湿条件よりも安定した挙動を示したが、特に BaFe磁性体を使用したLTO 7では、Msの減衰が全く見られない結果となった。



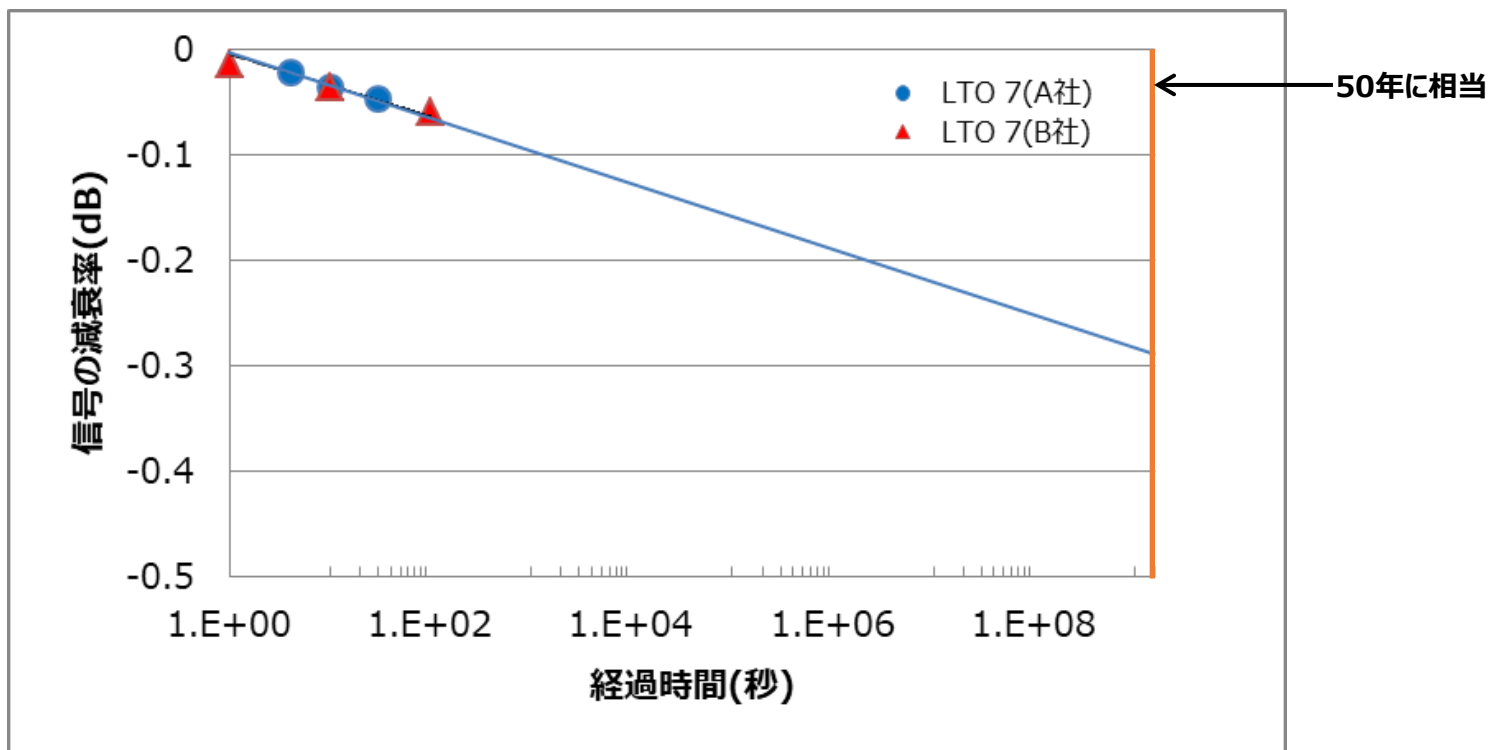
評価結果-②再生信号の減衰率

信号の減衰率は、約0.03 dB/decadeとなった。

これは経過時間が10倍進むごとに、信号が約0.03dBずつ減衰していくことを意味し、50年後の減衰率は0.3dBとなる。

富士フイルム学術論文*によると、再生信号が0.5dB減衰しても、エラーレートはほぼ変化しない。従って、LTO 7の信号読み取り品質は、50年以上問題ないと推定できる。

*「バリウムフェライト磁気テープにおける熱安定性パラメータ分布の影響」 電子情報通信学会技術研究報告 113(127), 25-29, 2013-7-12



LTO 7の寿命推定

- 結果

LTO 7の飽和磁化の経時安定性は、LTO 5より良好な結果であった。また、再生信号の減衰率は50年以上、信号の読み取り品質に影響のないことが確認された。

- 結論

保管環境（25℃）では、磁気的な性能においては50年以上の寿命推定が検証できた。

- 考察

LTO 7テープメディアが50年以上磁気的に安定なことは確認できたが、システムの保証期間、OS及びソフトウェアの互換性等を考慮すると、安全かつ安心して、一つのテープフォーマットにデータを保管する目安は10年と考えられ、10年以上の長期保管をする場合は、JIS Z 6019「磁気テープによるデジタル情報の長期保存方法」を参照し、データを適切に移行（マイグレーション）することを推奨する。