

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：34416

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24656115

研究課題名(和文)クラッシュした磁気ディスクからの記録データ復元技術の開発

研究課題名(英文)Development of data recovery technology from crushed hard disk drives

研究代表者

谷 弘詞 (Tani, Hiroshi)

関西大学・システム理工学部・教授

研究者番号：40512702

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：クラッシュしたハードディスク装置からデータを復旧させる方法として、(1)ディスク面を洗浄するプロセス、(2)摩耗粉をテープクリーニングするプロセス、垂直配向カーボンナノチューブバーニッシュヘッドを用いたクリーニングプロセス、(3)潤滑膜を再塗布する方法を開発した。また、(4)テープクリーニングすることでクラッシュしたハードディスク装置のデータ復旧率を著しく向上させうる可能性があることを示した。

研究成果の概要(英文)：techniques of the data recovery from crushed hard disk drives were studied as follows, (1)the wash process to reduce the adhered particles on disk surface, (2)the cleaning processes of wear particles on disk surface using polishing tape and vertically aligned carbon nanotube burnishing head, (3)re-coating process of lubricant film on magnetic disks, and (4)comparison of data recovery rate using tape cleaning process. Finally, we confirmed these data recovery techniques were much effective to improve the data recovery rate.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：トライボロジー ハードディスク ヘッドディスクインターフェース データ復旧 災害復旧

1. 研究開始当初の背景

2011年の東日本大震災やタイの大洪水などの自然災害において、多数の情報記憶装置が故障しデータ損失を起こしている。情報記憶装置としてハードディスク装置(HDD)はもっとも使用されているため、故障したHDDのデータを復旧させる技術を研究することは、現在および将来のデジタル情報社会にとって必要不可欠である。このように、現在のデジタル情報社会において災害によるHDDのデータ損失は多大な脅威となることが苦しくも大震災で証明された。大震災で被災したHDDの復旧は一部の企業にて行われているが、ヘッド・ディスク・インターフェース(HDI)におけるトライボロジーに代表されるようにHDDにはナノ物理化学現象と密接に関係する技術が使用されていることなどから、データの復旧は困難を極める。特に磁気ディスク表面がクラッシュと呼ばれる損傷を受けると摩耗粉の飛散やヘッド損傷が発生し、損傷部以外のデータについても現状のデータ復旧技術ではデータを復旧させることは出来ない。このようなデジタル情報化社会の盲点とも考えられるデータ復旧技術を確立することは社会の安心を担保する上でも重要である。我々は磁気ディスクのHDIトライボロジー、特にディスク面に塗布される潤滑剤、あるいはディスク面のクリーニング技術について、新規潤滑剤やカーボンナノチューブ(CNT)を用いたクリーニング用スライダの開発などをこれまで行っており、これらの知見や技術をもとにHDDに組み込まれた磁気ディスクが損傷を受けた場合におけるデータ復旧技術を研究すべきだと考えた。

2. 研究の目的

本研究では、HDDのデータ復旧で特に困難と推定される磁気ディスクが損傷した場合の、損傷部以外のデータを復旧させる技術の確立を目的とする。具体的には、下記の4点である。

- (1) 摩耗粉の飛散した磁気ディスク面のクリーニング技術の開発、
- (2) ディスクに塗布された潤滑剤のリンス技術の開発、
- (3) 再塗布する潤滑剤の検討と再塗布技術の開発、
- (4) データ読み出し技術の研究、

3. 研究の方法

クラッシュ痕のある磁気ディスク表面の磁気データを復元するため、本研究ではディスク面の摩耗粉除去を目的として以下の検討を行った。

- (1) 磁気ディスク表面の潤滑膜は磁気ヘッドスライダとの接触によって表面が荒れており、かつ摩耗粉が潤滑剤によるメニスカスで強固にディスク面に付着している。そこで、磁気ディスク表面の潤滑剤除去技術の確立を行う。

- (2) 潤滑膜を除去した状態でディスク面のクリーニングを行うとスクラッチやテープの付着を発生させるので、クリーニングに適した潤滑剤を再塗布する技術の確立を行う。
- (3) ディスク面に残存する摩耗粉をテープによるクリーニング、およびカーボンナノチューブスライダによるクリーニング技術を確立する。
- (4) クリーニングしたディスクを用いたデータ読み出し技術の検討

4. 研究成果

研究の方法で示した検討結果の概要を以下に示す。

- (1) 磁気ディスクに塗布されている潤滑剤は水とは相溶しない材料であるが、ディスクを水に浸漬すると潤滑膜厚が減少して、潤滑膜が除去されることを確認した。浸漬する水温を上げると除去量は多くなることも確認された。このことから、水に浸漬しつつディスク面に付着した汚れを潤滑剤とともに除去する検討を行った。水温および洗浄回数を変化させて、汚染したディスクを超音波洗浄した結果(図1)、水温を60にして超音波洗浄すると塵埃数は10%以下に低減できた。さらに界面活性剤を加えて洗浄すると、塵埃数は8%以下になり、界面活性剤を加えた高温水洗浄が効果的であることを明らかにした。

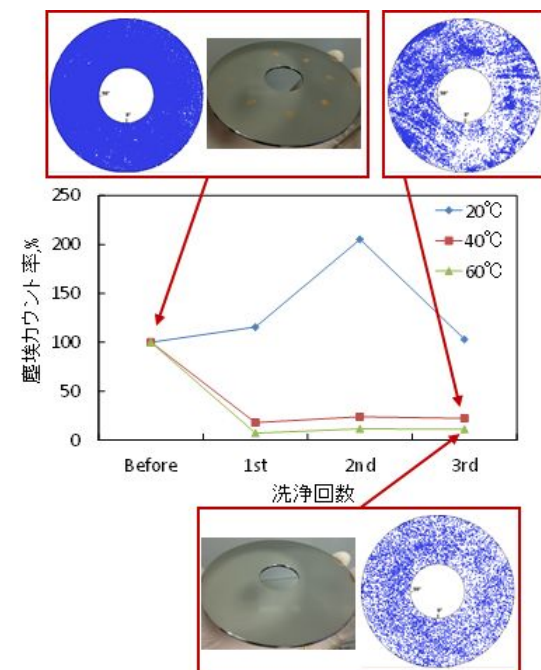


図1 汚染した磁気ディスクの超音波洗浄後の塵埃カウント率の比較

- (2) 潤滑膜を除去した磁気ディスクに潤滑剤を再塗布する方法を開発するため、一般的に最も使用されている潤滑剤で

ある両末端に 2 個ずつの水酸基を有する D4OH (Moresco 社製) と片末端に 2 個の水酸基構造をもつ DDOH (Moresco 社製) とを浸漬塗布ではなく蒸気塗布する方法を検討した。無潤滑の磁気ディスクを HDD に組み込み、各潤滑剤を HDD の塵埃フィルタに 2mg 染み込ませて 60 度環境で 12 時間回転させた後に潤滑膜厚を計測すると、D4OH は 3 以下だったのに対し、DDOH は 8 の付着が確認された。このことから、DDOH を用いることで、HDD にディスクを組み込んだまま潤滑剤を再塗布させることが可能であることを明らかにした。

- (3) クラッシュした磁気ディスク表面の摩耗粉をテープで除去するため、テープ種類 (微細アルミナ砥粒をバインドしたポリッシュテープ、ワイピングテープ)、テープ押しつけ荷重、ディスク回転数、テープスイープ速度をパラメータとして、ディスクを傷つけずに摩耗粉を除去する条件を求めた(図 2)。結果的に、検討した範囲での最適条件はポリッシュテープを用いて押しつけ荷重 100gf、回転数 1000rpm、スイープ速度 300mm/min であることを確認した。

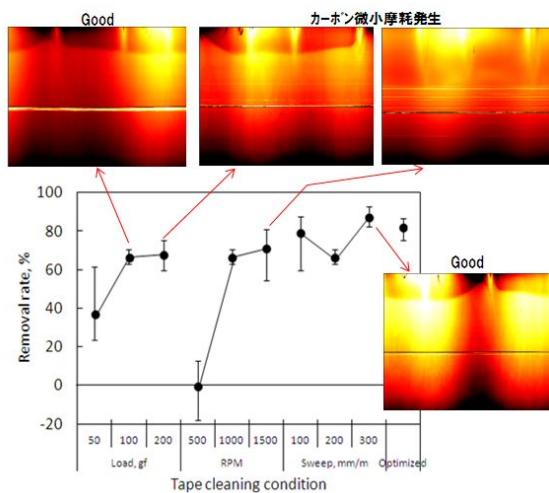
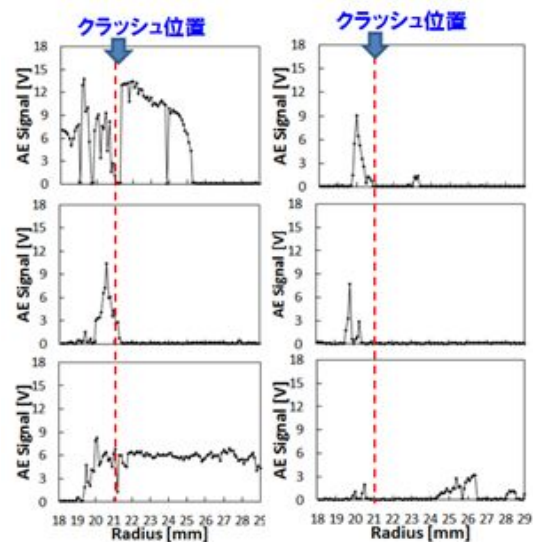


図 2 テープを用いた摩耗粉除去条件の検討結果とディスク面の摩耗状況

さらに、磁気ヘッドの浮上安定性を検討し、最適テープクリーニング条件では、磁気ヘッドが数回程度クラッシュした部分を通り過ぎても、ヘッド浮上安定性が劣化しないことを確認し、クラッシュ部以外のデータ復旧可能性があることを示した(図 3)。

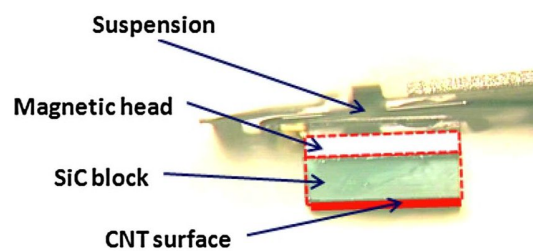
また、テープの代わりに垂直配向したカーボンナノチューブ (CNT) を磁気ヘッドのスライダ面に形成した CNT バーニッシュヘッドを作成した(図 4)。垂直配向した CNT をブラシと

してディスク面をクリーニングすることを目的としている。このバーニッシュヘッドを用いて磁気ディスク表面のパーティクル除去実験を行い、CNT の長さを 30nm 程度にして Z-tetraol を塗布したのちにリンス処理することでディスク面にスクラッチを発生させずにバーニッシュ出来ること、バーニッシュ後にパーティクル除去率を 99%以上とすることが可能なことを明らかにした(図 5)。

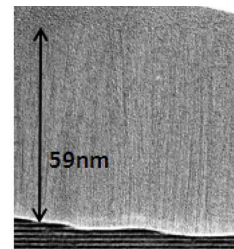


(a) テープクリーニング無 (b) テープクリーニング有

図 3 クラッシュしたディスクをテープクリーニングしたときのヘッド浮上性比較



(a) Side view of burnishing slider



(b) TEM image of CNTs in this study

図 4 試作した垂直配向 CNT バーニッシュヘッドと垂直配向 CNT の断面 TEM 像

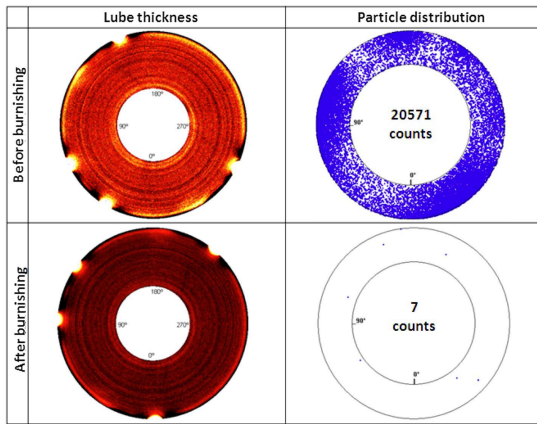


図5 垂直配向CNTバーニッシュヘッドを用いたパーティクル除去の効果

(4) 東芝製 2.5 インチ HDD にフルにデータを書き込み、その HDD を分解して、磁気ディスクを取り出し、そのディスクを同一条件でクラッシュさせた。そのディスクに前述したクリーニングテープを用いてクリーニングしたディスクとクリーニングしないディスクを作成して、再度、元の HDD に組み込み通常のデータ復旧を行った。途中データ復旧が出来ずヘッドが故障した場合は、別のヘッドに交換し、数回のデータ復旧作業を行った。従来、ディスクを取り外し再組込してもディスク面上のサーボ信号を読み取ることが困難であること、また、クラッシュすると磁気ヘッドの浮上性が摩耗粉によって劣化すること、などからデータ復旧はほとんど不可能と考えられていた。しかし、図6に示すように、テープクリーニングすることでデータ復旧トラック率を著しく向上させることが可能であった。この結果は、前述した従来の経験を覆すものであり、HDD のデータ復旧率を高め、災害時や事故時におけるデータ保全・回復に大きく貢献可能であると考えられる。

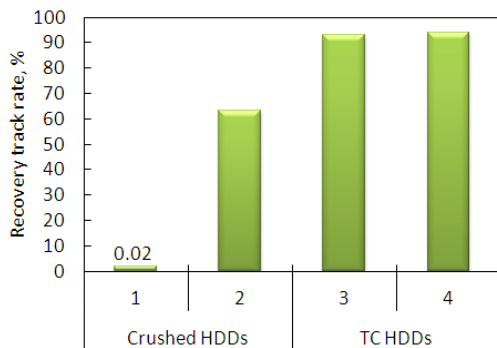


図6 テープクリーニング(TC)したディスクのデータトラック復旧率

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Hiroshi Tani, Keisuke Konishi, Wataru Norimatsu, Michiko Kusunoki, Norio Tagawa, Application of vertically aligned carbon nanotubes on burnishing slider in cleaning process of magnetic disk surfaces, Microsyst Technol, 査読有, 2014, DOI 10.1007 /s00542 -014 -2135-6, pp.1-6.

〔学会発表〕(計 2 件)

H. Tani, K. Konishi, W. Norimatsu, M. Kusunoki, and N. Tagawa, Application of Vertically-aligned Carbon Nano-tube for Burnishing Slider in Cleaning Process of Magnetic Disk Surface, 1012 ASME-IPSPS /JSME-IIP Joint International Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment, June 18-20, 2013, Santa Clara, California, USA.

谷弘詞、小金沢新治、多川則男、クラッシュした磁気ディスク表面の摩耗分クリーニングによるデータ復旧の研究、第5回マイクロ・ナノ工学シンポジウム、仙台、2013,11,5-7, 6PM2-C-4.

〔図書〕(計 2 件)

谷弘詞、物理障害を起こした HDD のデータ復旧技術、新樹社、月刊ライポロジー、No. 317, 2014, 16-17.

谷弘詞、SiC 表面分解法で作製したCNT/SiC 複合材の摩擦特性と磁気ディスクバーニッシュヘッドへの応用、日本セラミックス協会、セラミックス、vol. 48, No. 9, 2013, pp.718-722.

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称：磁気ディスク及び磁気記憶装置の復旧方法

発明者：谷弘詞

権利者：関西大学

種類：特許

番号：特願 2013-102816

出願年月日：2013 年 5 月 15 日

国内外の別：国内

取得状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

谷 弘詞 (TANI, Hiroshi)
関西大学・システム理工学部・教授
研究者番号：40512702

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：