

磁気記録媒体のテクスチャ技術

小野寺 克己(おのだら かつみ)

坂口 庄司(さかぐち しょうじ)

中村 幸次(なかむら こうじ)

1 まえがき

近年、ハードディスク装置の小型・軽量化への進化に伴い、ディスクトップのみならずラップトップやハンディタイプのパーソナルコンピュータ（パソコン）へのハードディスク装置の搭載がますます増大することが予想されている。特に、ラップトップ以下の持ち運びの容易なパソコンの場合、電源のオンオフが煩雑に行われたり、衝撃の加わることが考えられることから、ハードディスク装置の信頼性の確保は非常に重要なテーマである。

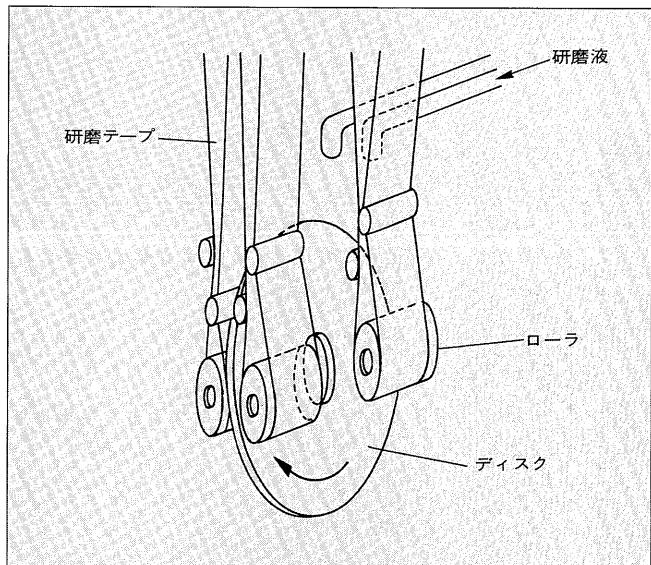
一般的に媒体の基体としてアルミニウム（Al）合金が用いられるが、これは軟らかいためにヘッドの衝撃に対する耐久性を有していない。この対策として、Ni-Pめっき膜をAl合金表面に $10\text{ }\mu\text{m}$ 程度形成することが行われる。さらに、その表面にはCSS（Contact Start Stop）に対する耐久性を確保するために、テクスチャと呼ばれる加工によって数十Å程度の粗さが付与される。このテクスチャを施すことによって、ヘッドと媒体間に働く吸着力や摩擦力を低減し、摩耗や損傷を防止することができる。

また、テクスチャのもう一つの利点として、磁気特性、特に保磁力や角形比がテクスチャ方向において増大することが知られており、この効果も積極的に利用されている。このように、テクスチャはCSS耐久性などの信頼性確保と磁気特性の円周方向に対する優先配向という観点から非常に重要な役割を持っている。

2 テクスチャ加工技術

図1に富士電機におけるテープテクスチャ加工方式を示す。ディスクを回転させながら、その表面にローラに巻き付けたテープを押し付け、かつ、クーラントとして研磨液をディスク-テープ間に滴下することによって加工が行われる。富士電機においては、それ機能分離した役割に基づいて、2段階に分けた加工を施している。まずははじめに、図1の右側のローラを押し付けることで、中心線平均粗さ $R_a =$ 数十Å程度の粗研削加工が行われる。次に、右

図1 テープテクスチャ加工方式



側のローラを持ち上げると同時に左側のローラを押し付け、2段目の加工が行われる。2段目の加工では、初段の加工の際に発生する異常突起の除去を目的としている。

この加工方式による制御因子を以下に列記する。

- (1) 初段、2段目の加工テープ（砥粒材料、樹脂材料、砥粒分散状態など）
- (2) 研磨液（液濃度、材料）
- (3) テープ送り速度
- (4) ディスク回転数
- (5) 押し付け圧力
- (6) ローラ硬度
- (7) 加工時間
- (8) オシレーション

このようにさまざまな因子がからみ合うことから表面粗さを制御するためには、十分に経験を積んだ高度なテクニックが必要とされる。ここで上記の項目の中から主要な制御因子について具体的に述べる。

小野寺 克己



昭和61年入社。磁気記録媒体の開発に従事。現在、松本機器製作所ディスク媒体部。

坂口 庄司



昭和60年入社。磁気ディスク媒体の製造技術に従事。現在、松本機器製作所ディスク媒体部。

中村 幸次



昭和58年入社。磁気記録媒体の開発および精密加工技術の研究に従事。現在、生産管理センター生産技術研究所第一開発部。

図2 加工テープ表面のSEM像

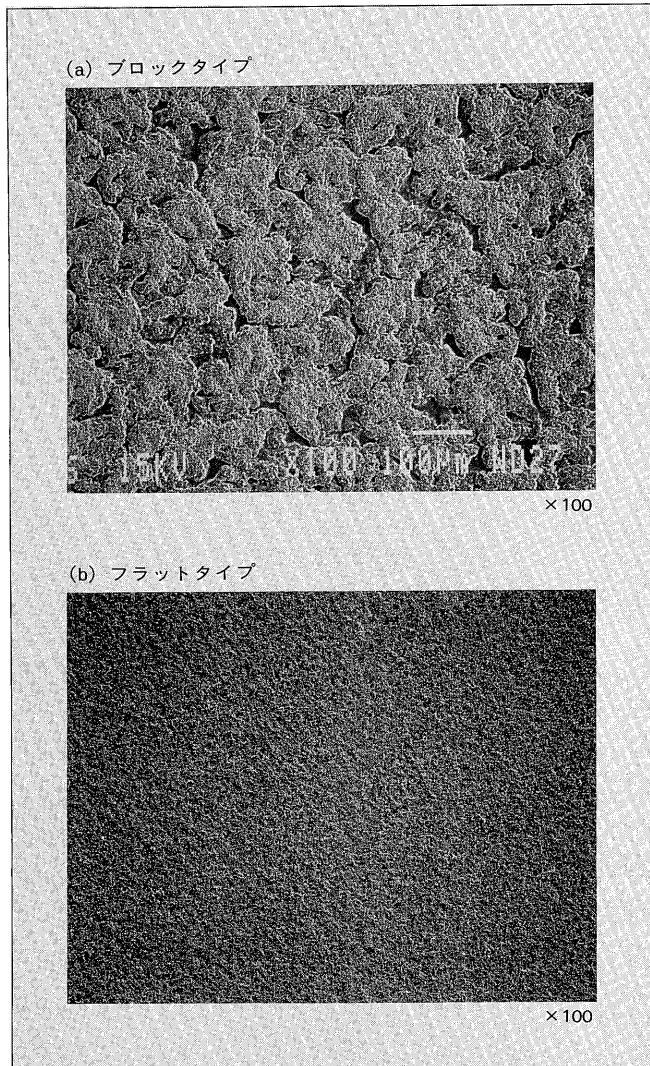
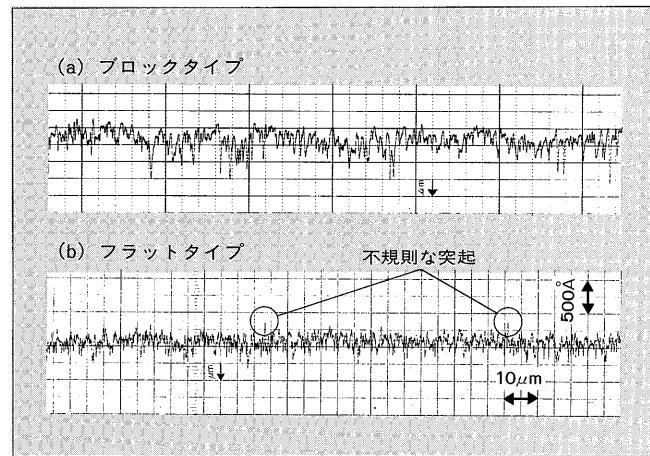
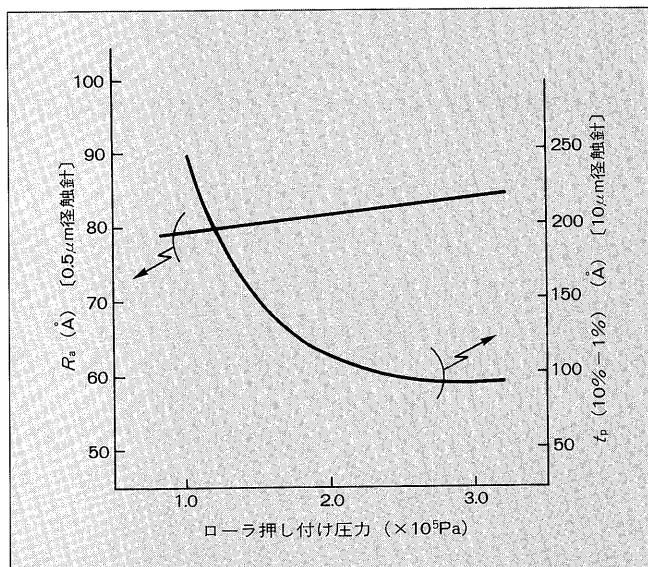
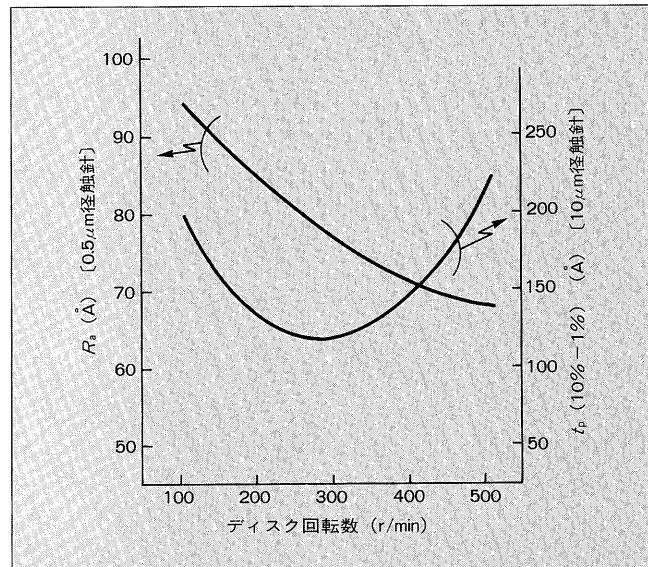


図3 ディスクの加工表面形状



2.1 加工テープの違いによる研削性の違い

一般に用いられる加工テープは、樹脂に砥粒が埋め込まれた形をとるために、その研削性は砥粒の粒径、形状やその分散状態に大きく依存することが知られている。例えば、図2は、砥粒の分散状態がブロック状の集合体構造をとっているもの（ブロックタイプ）と、均質な分散状態をとっ

図4 R_a および t_p (10% - 1%) のローラ押し付け圧力依存図5 R_a および t_p (10% - 1%) のディスク回転数依存

ているもの（フラットタイプ）の2種類について、SEM (Scanning Electron Microscope) 観察からテープ表面性状を対比したものである。図3は、図2で示したそれぞれのテープで削ったディスクの表面形状を触針径 $R = 0.5 \mu\text{m}$ の触針式粗さ計で測定した結果を示している。ブロックタイプの場合、凹凸の間隔が広がり、比較的大きなうねりが見られる。そして、不規則な突起形成が少ないという特長を持っている。それに対して、フラットタイプの場合は、凹凸の間隔が狭く、大きなうねりがなく、不規則な突起成分が比較的多く発生するといったブロックタイプとはかなり異なった特長を示す。ブロックタイプでは、図2で示したとおりブロック状の集合組織を持ち、かつブロック内での砥粒の分散状態も均質でないことから、単位面積あたりのある特定の数箇所に圧力が集中した状態で研削が行われている。圧力集中箇所では、刃先の鈍いカッタで切ったような状態になっているため、うねりや R_a などが大きな値を示すと思われる。一方、フラットタイプでは、多くの砥

粒に均等に力が加わった状態が達成されているために前述したような違いを示すものと思われる。

2.2 加工条件の表面粗さに対する影響

図4は R_a および相対負荷長さ t_p のカッティング深さの差 t_p (10% - 1%)のローラ押し付け圧力に対する依存性を表したものである。圧力が低い領域で t_p 値が上昇する傾向にある。 t_p 値が大きいということは、不規則な突起成分が多いということを意味している。一般に谷部の形成は、掘り起こしの多いほど大きくなることから、押し付け圧力が高いほど大きくなると思われる。したがって、押し付け圧力が下がってくると、砥粒の頭頂部のより鋭い部分で削ることになり、掘り起こしが少ないために谷部の形成は少なくなる。反面、切削面に対して砥粒個々の刃先の持つエネルギーが増大するために、余分なエネルギーが熱に変換され、切りくずの融着が盛んに起こることで不規則な突起を形成しているものと思われる。

図5に R_a および t_p (10% - 1%)のディスク回転数に対する依存性を示す。 R_a , t_p (10% - 1%)ともある回転域で極小値を示す。回転数が高いほどエネルギーが大きいために、切削性が大きくなる一方で遠心力の影響を受け、テーブーディスク間に液膜が形成されてゆくことから切削性が低下する。これら二つのバランスの上で、表面粗さが決定される。100~300r/minの領域では、後者の効果がより強く作用していると思われる。回転数が300r/minよりも大きい領域では、特に t_p (10% - 1%)が再び著しく増加しているが、これはテーブーディスク間の液膜の厚みが大きくなり、実効的な押し付け圧力の低下が生じているために前述したような切りくずの融着が起こっているものと思われる。

3 表面形状の測定方法

摩擦特性や浮上特性に優れた表面を形成するためには、加工技術だけでなく、その表面がどういった形状を有しているかを正確にとらえる必要がある。媒体表面の形状測定法としては、触針式の粗さ測定法、触針の代わりにレーザなどの反射を用いた光学式の粗さ測定法、米国WYKO社の製品に代表される光の干渉を用いた方法、STM/AFM(Scanning Tunneling Microscope/Atomic Force Microscope)、SEMなどがある。これらの中から富士電機が実際に管理や解析に用い、非常に有用と思われる触針式の粗さ測定法とSTM/AFMの2点について紹介する。

3.1 触針式の粗さ測定法

触針式の粗さ計では、針先が媒体表面を接触走行することで測定が行われるために、針先の摩耗による形状の変化や個々の触針ごとの形状のばらつきなどにより測定値が大きく異なる現象が見られる。それ故に、触針の管理には十分配慮する必要があるが、これを除けば、Ni-Pめっき膜上でであろうがC膜上でであろうが対象を選ばず、また、比較

図6 触針式の粗さ測定計による粗さプロファイル

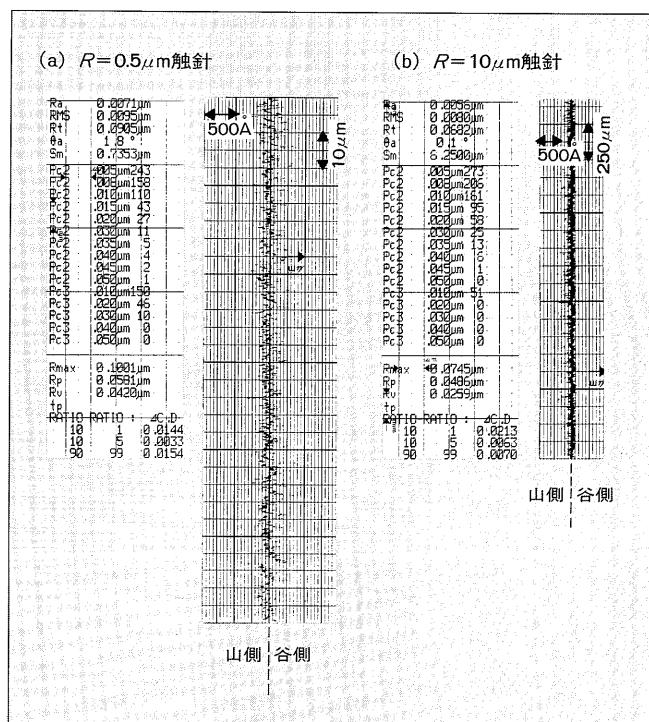
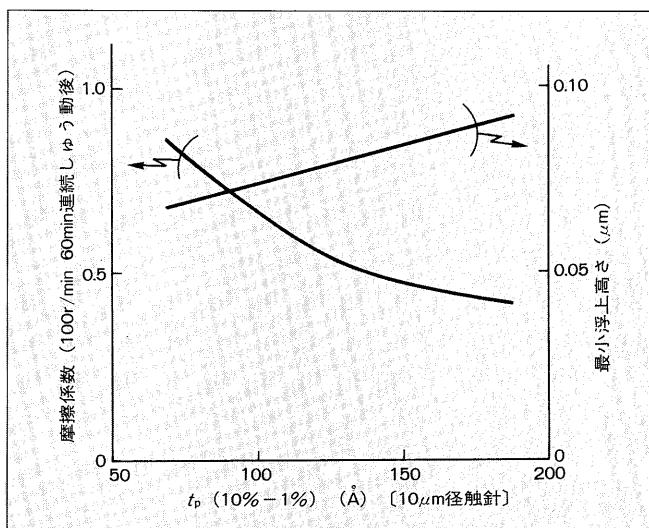
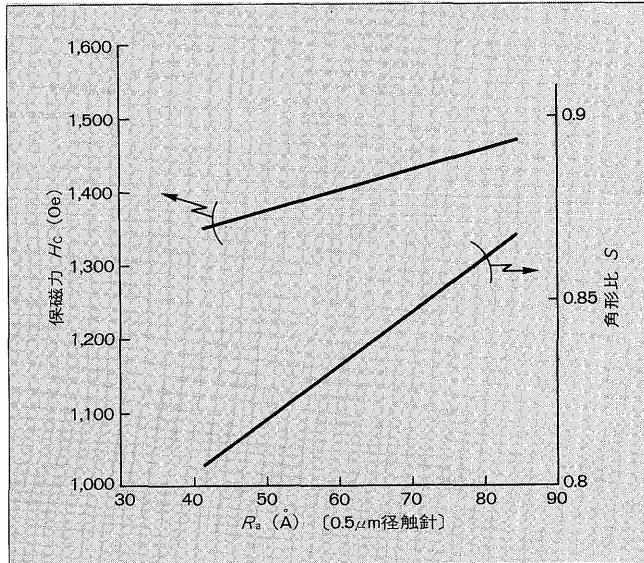


図7 摩擦係数および最小浮上高さの t_p (10% - 1%) 依存



的高速で測定が可能であることから、ライン管理上は有効な手段である。富士電機においては、触針径 $R=10\mu\text{m}$ と $R=0.5\mu\text{m}$ の2種のタイプを併用することで管理や解析を行っている。図6に触針径 $R=10\mu\text{m}$ と $R=0.5\mu\text{m}$ の触針を用いて同一対象物を測定した場合のプロファイルの比較を示す。触針径 $R=10\mu\text{m}$ の触針では針先が太いために、深く細かい谷には入り込まないが、山側の情報については感度が高い。一方、触針径 $R=0.5\mu\text{m}$ の触針では、谷側の感度が高く山側の感度が低い。あくまでもラインスキャンであるがための問題であることから、二次元的スキャンを行うことで解消できるが、高速性というメリットが失われてしまう。そこで、前述のような併用が望ましい。図7は、摩擦係数および最小浮上高さの触針径 $R=10\mu\text{m}$ の触針で測定した際の t_p (10% - 1%)に対する依存性を

図8 保磁力および角形比の R_a 依存

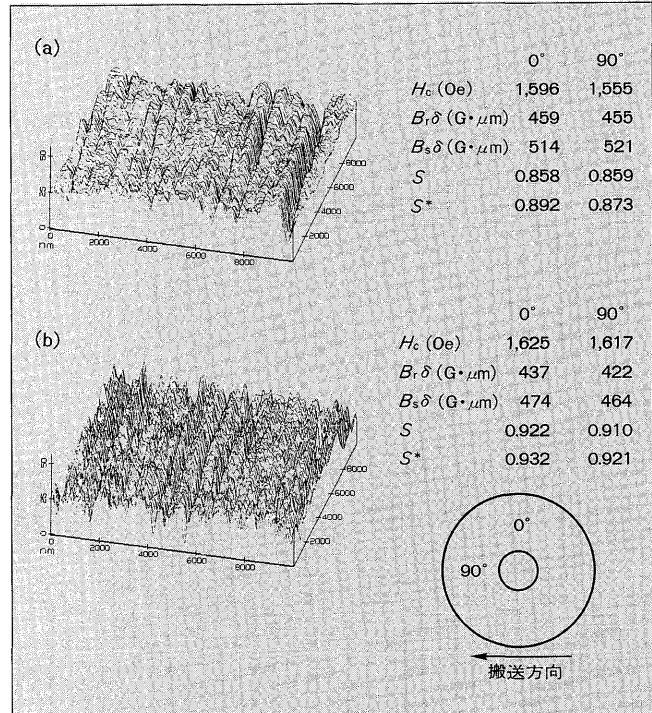
示したものである。このように t_p ($10\% - 1\%$) に密接に関係している様子が観察されるが、この関係は触針径 $R = 0.5\text{ }\mu\text{m}$ の触針では認められない。図8は、保磁力および角形比の触針径 $R = 0.5\text{ }\mu\text{m}$ の触針で測定した際の R_a に対する依存性を示したものである。磁気特性は、テクスチャの溝に沿った優先配向を起こしやすく、特に深い溝はその効果が大きい。これらの関係も触針径 $R = 10\text{ }\mu\text{m}$ の触針を用いた場合にはとらえにくい。

3.2 STM/AFM

触針式の粗さ計が比較的マクロ的な見方をするのに適しているのに対して、よりミクロ的な見方が可能な手段として STM/AFM を用いる方法がある。STM は針先と試料間に発生するトンネル電流を用いて検出するために、原理的には原子像をとらえることも可能であることから媒体表面を見るには十分である。

図9は、それぞれ異なった砥粒材料を用いて加工した表面の STM 像および磁気特性の値を示している。一般的に通過型の成膜装置の場合、テクスチャを施した基板を用いると搬送方向に対して平行な方向に一軸異方性が発生しやすく、再生信号のエンベロープでは、2山の周期変動が現れる。図9(a)は、このような特長が明りように出した例で、90°位置に比べて 0°位置の円周方向の保磁力や角形比

図9 加工ディスク表面の STM 像および磁気特性



が大きくなっている。それに対して図9(b)は、0°と90°位置での磁気特性の差異が小さい。おそらく STM 像に見られるように、(b)条件の方がより微細なピッチで加工痕（こん）が発生しており、テクスチャの溝に沿ったより強い配向が起きているものと思われる。このようなプロファイルの違いは、触針式の粗さ計などの他の手法ではとらえることができない。

4 あとがき

数 Å～数十 Å のレベルで表面粗さを制御したり、その形状を正確に測定することは、非常に高度な最先端の技術が必要である。低浮上、高信頼性が要求される中で、これらを実現するためには、常に新しい技術にチャレンジしていく必要がある。次世代の技術として富士電機が現在注目していることの一つに遊離砥粒を用いた加工方法がある。この方法の特長は、浮上量を低下させることができることである。今後、CSS 特性とのバランスを考慮した設計を行い、量産技術を確立してゆきたいと考えている。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。