

「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発  
(グリーンITプロジェクト)」  
中間評価報告書(案)概要

目 次

分科会委員名簿 .....	1
プロジェクト概要 .....	2
評価概要(案) .....	7
評点結果 .....	15

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発

(グリーンITプロジェクト)」(中間評価)

分科会委員名簿

(平成22年11月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	みうら よしまさ 三浦 義正	信州大学 理事・副学長／信州大学 工学部電気 電子工学科 教授
分科会長 代理	むらおか ひろあき 村岡 裕明*	東北大学 電気通信研究所 ブロードバンド工学研 究部門 情報ストレージシステム研究分野 教授
委員	あんどう こうじ 安藤 功兒	独立行政法人 産業技術総合研究所 フェロー
	いちやなぎ ゆうこ 一柳 優子	横浜国立大学 大学院 工学研究院 知的構想の創 生部門 准教授
	おしき みつまさ 押木 満雅	社団法人 日本磁気学会 事務局長
	なかの けんいち 中埜 賢一	NTTアドバンステクノロジー株式会社 顧問
	ほんま たかゆき 本間 敬之	早稲田大学 先進理工学部 教授

敬称略、五十音順

注\*：実施者の一部と同一組織であるが、所属部署が異なるため（実施者：東北大学大学院工学研究科）「NEDO 技術委員・技術評価委員規程(平成22年7月1日改正)」第34条（評価における利害関係者の排除）により、利害関係はないとする。

## プロジェクト概要

		作成日	平成 22 年 9 月 17 日					
プログラム (又は施策) 名	IT イノベーションプログラム・エネルギーイノベーションプログラム							
プロジェクト名	超高密度ナノビット磁気記録技術の開発 (グリーン IT プロジェクト)	プロジェクト番号	P08010					
担当推進部/担当者	新エネルギー・産業技術総合技術開発機構 電子・材料・ナノテクノロジー部							
0. 事業の概要	データセンターにおける消費電力増大や市場ニーズの高度化に応えるため、低消費電力・小型・大容量のストレージ技術が求められている。そこで、現状の HDD の記録密度を 1 桁以上向上させる技術、すなわち、5Tbit/inch <sup>2</sup> 級の超高密度ハードディスクドライブの実現に向けた研究開発を行う。具体的には、超高密度ナノビット磁気媒体技術の開発、超高性能磁気ヘッド技術の開発、超高精度ナノアドレッシング技術の開発、ハードディスクドライブシステム化技術の開発を行い、将来的にディスク 1 枚あたりの記録容量が 1 テラバイト以上、かつ、消費電力が 0.3W/テラバイト以下となる超高密度ハードディスクドライブを量産するための基盤技術の確立を目指す。							
I. 事業の位置付け・必要性について	5Tbit/inch <sup>2</sup> の超高密度磁気記録のための要素技術開発を行い、地球温暖化対策へ貢献すること、ならびに、HDD分野における国際的イニシアチブの獲得を目指す。							
II. 研究開発マネジメントについて								
事業の目標	<p>、HDDの記録密度を2007年レベルから一桁以上向上させる技術開発に取り組み、単位情報量当たりの消費電力量を2007年のHDDの数十分の一へと低減させることで、IT機器の大幅な省エネルギー化を達成して地球温暖化対策へと貢献するとともに、HDD分野における日本の国際的イニシアチブの獲得を目指すことである。</p> <p>具体的には、HDDを構成する媒体、ヘッド、アドレッシング技術に関して革新的高度化を図り、それらを統合・集積化する技術開発に取り組む。平成22年度までに中間目標として2.5Tbit/inch<sup>2</sup>、平成24年度までに最終目標として5Tbit/inch<sup>2</sup>対応の個別要素技術を開発し、得られる各性能値をもとにHDD性能を検証し、単位情報当たりの消費電力を0.3W/テラバイト以下に低減可能であることを示す。</p>							
事業の計画内容	主な実施事項	H20FY	H21FY	H22FY	H23FY	H24FY		
	①ナノビット磁気媒体							
	(1) 微細加工技術	→						
	(2) 記録性の検証	→						
	(3) 界面技術	→						
	② 磁気ヘッド技術							
	(1) 強磁場発生記録ヘッド	→						
	(2) エネルギーアシスト機構	→						
	(3) 高感度・高分解能再生ヘッド	→						
	(4) ヘッド動作の検証	→						
	③ 超高精度ナノアドレッシング技術							
	(1) 超精密位置決め技術	→						
	(2) シミュレーション開発		→					
	④ ハードディスクドライブシステム化技術							
(1) システム化と HDD 性能の検証				→				
開発予算 (会計・勘定別に事	会計・勘定	H20FY	H21FY	H22FY	H23FY	H24FY	総額	
	一般会計	-	-	-	-	-	-	

業費の実績額を記載 (単位:百万円)	特別会計(高度化)	755 (実績)	1,012 (実績)	805 (予定)			
	総予算額	755	1,767	2,572 (予定)			
開発体制	経産省担当原課	商務情報政策局 情報通信機器課					
	プロジェクトリーダー	日立製作所 主管研究長 城石 芳博					
	委託先(*委託先が管理法人の場合は参加企業数も記載)	日立製作所、日立グローバルストレージーズ、株式会社東芝、株式会社富士通、ほか					
情勢変化への対応	米国のHDD関連研究プロジェクト(INSIC)の実用化を目指した開発方針転換、加速策の実施に伴い本プロジェクトの熱アシスト 2.5Tb/in <sup>2</sup> の磁気ヘッドに対応した熱アシスト媒体、ナノビット媒体におけるプロセス開発を加速し、これら媒体技術目標達成時期の1年前倒しを実施。						
評価に関する事項	事前評価	平成19年度実施 担当部 電子・情報技術開発部					
	中間評価以降	平成22年度11月 中間評価実施 平成25年度 事後評価実施予定					
III. 研究開発成果について	平成22年度に中間目標を達成見込み。以下に研究開発項目ごとの成果をまとめる。						
	<b>研究項目①「超高密度ナノビット磁気媒体技術の研究開発」</b>						
	(1) ナノビット微細加工技術の研究開発 ナノビットの面積を65nm <sup>2</sup> (目標200nm <sup>2</sup> )とするための媒体微細加工技術を開発し及び位置分散(σ2.3nm)で高精度配置加工技術を開発した。						
	(2) 単一ナノビット記録性の検証 磁気的反転径とナノビット径の一致を実験的に確認した。隣接ビット記録の兆候がないことを0.8Tb/in <sup>2</sup> で確認。またシミュレーションで5Tb/in <sup>2</sup> の単一ビット反転を確認した。						
	(3) ナノビット媒体界面技術の研究開発 ナノビット平坦化プロセスを開発し、表面凹凸が10nm以下であることを確認した。						
<b>研究項目②「超高性能磁気ヘッド技術の研究開発」</b>							
(1) 強磁場発生記録ヘッドの研究開発 実用的ヘッド-媒体裏打ち層距離・プロセスで磁界強度≧5kOe達成可能なヘッド設計完。							
(2) エネルギーアシスト機構の研究開発 ヘッド-アシスト間距離を20nm以下に制御可能な、2.5Tb/in <sup>2</sup> 対応アシスト機構集積ヘッド作製プロセスを確立した。							
(3) 高感度・高分解能再生ヘッドの研究開発 低抵抗(RA~0.3Ωμm <sup>2</sup> )、高出力(MR比40~50%)のTMRの達成可能性を実験的に示し、≦20nm幅の低ダメージ微細加工試作によるヘッドで狭トラック再生を確認した。							
(4) ヘッド動作の検証 2.5Tb/in <sup>2</sup> 対応ナノビットへの記録と再生が可能な環境を整備した。							
<b>研究項目③「超高精度ナノアドレッシング技術の研究開発」</b>							
(1) 超精密位置決め技術の確立 2.5Tb/in <sup>2</sup> 級位置決め技術:浮上量7nm以下、位置決め精度4.4nm以下を達成した。							
(2) ナノアドレッシング技術のシミュレーション開発 流体起因振動シミュレーションを開発。2.5Tb/in <sup>2</sup> 向け流体振動低減機構を提案した。							
<b>研究項目④「ハードディスクドライブシステム化技術の研究開発」</b>							
(1) システム化とHDD性能の検証 2.5Tb/in <sup>2</sup> 、5Tb/in <sup>2</sup> HDDシステムの概略仕様を策定し、2.5Tb/in <sup>2</sup> 級ヘッド、媒体などの個別要素の仕様に基づいた光・熱・磁気統合シミュレーションにより、上記仕様を確認した。							
投稿論文		「査読付き」22件、その他107件					
特許		「出願済」27件(うち国際出願4件)、延べ31件					
その他の外部発表(プレス発表等)		2件、新聞発表6件					
IV. 実用化、事業化の見通しについて	日本で生き残ったHDD製造企業3社の集まりで実行しているプロジェクトであり、計画終了後は必ず実用化を行う。中間目標の2.5Tb/inch <sup>2</sup> 程度でも、製品化を進め、本PJ成果は確実に実用化、製品化に利用される。						

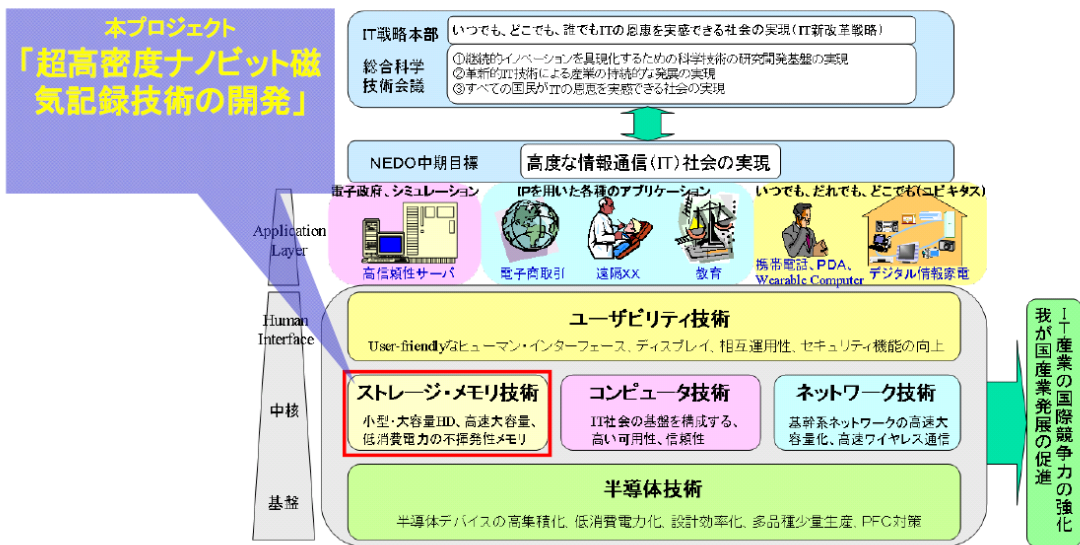
V. 基本計画に関する 事項	作成時期	平成 20 年 3 月 作成
	変更履歴	平成 20 年 7 月 改訂（イノベーションプログラム基本計画の制定により、「（1）研究開発の目的」の記載を改訂。） 平成 22 年 6 月、改訂（平成 22 年度加速予算による最終目標達成年度を変更。）

# 技術分野全体での位置づけ

(分科会資料6より抜粋)

## NEDO 第2期中期目標 <情報通信分野>

- 誰もが自由な情報の発信・共有を通じて、個々の能力を創造的かつ最大限に発揮することが可能となる **高度な情報通信(IT)社会を実現**
- 我が国経済の牽引役としての **産業発展を促進**



NEDOにおける情報通信分野の取り組み

## ストレージ技術への取り組み(ロードマップ)

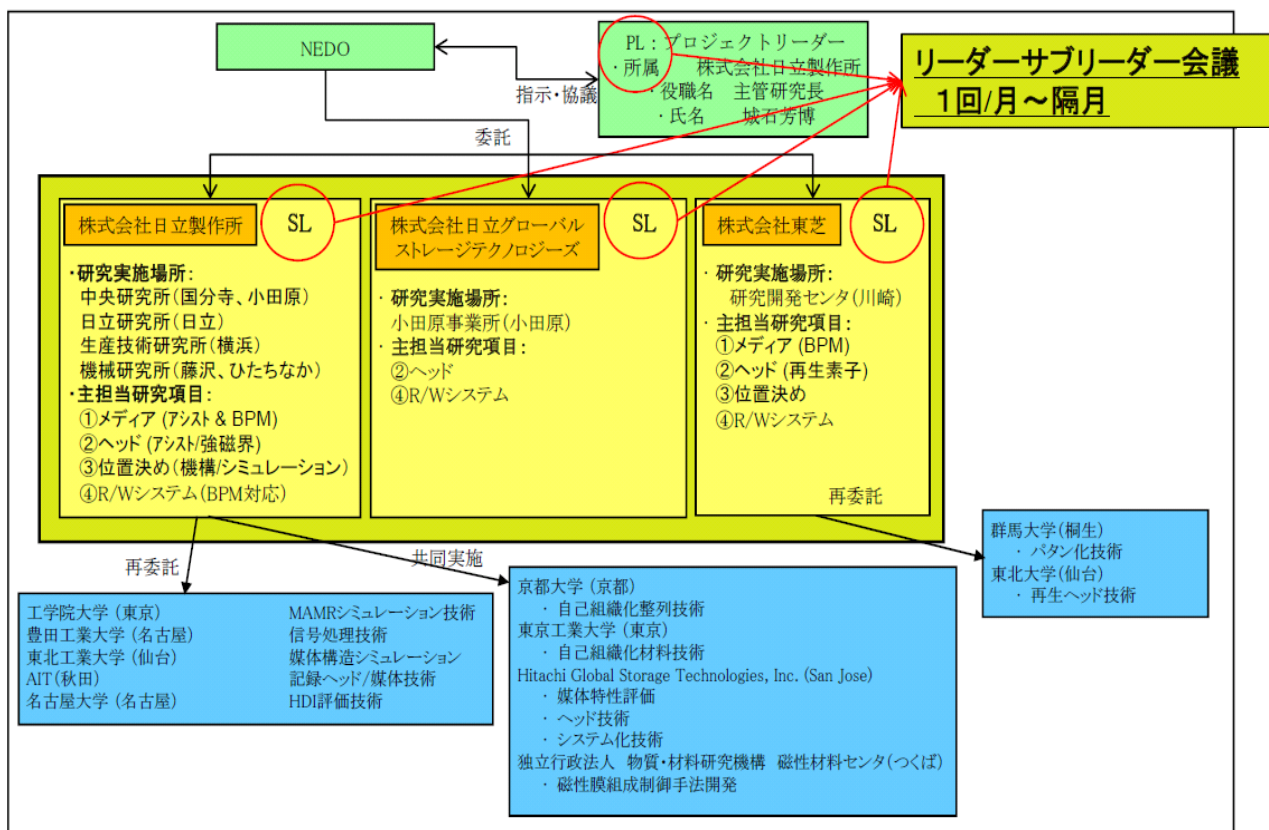
技術分野/分野構造	技術	評価パラメータ(重要度順)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018		
ストレージ技術 (記録・制御・発光)	フラッシュメモリ	記録容量	192h (容量:320h)	320h (容量:120h)	640h (容量:120h)	960h (容量:120h)	1280h (容量:120h)	1600h (容量:120h)	2000h (容量:120h)	2500h (容量:120h)	3000h (容量:120h)	3500h (容量:120h)	4000h (容量:120h)	
		書き込み速度	100MB/s	150MB/s	200MB/s	250MB/s	300MB/s	350MB/s	400MB/s	450MB/s	500MB/s	550MB/s	600MB/s	
		読み出し速度	100MB/s	150MB/s	200MB/s	250MB/s	300MB/s	350MB/s	400MB/s	450MB/s	500MB/s	550MB/s	600MB/s	650MB/s
		読み出し遅延	100ns	100ns	100ns	100ns	100ns	100ns	100ns	100ns	100ns	100ns	100ns	100ns
磁気	ハードディスク (HDD)	記録密度	500Gb/in <sup>2</sup>	1.2Tb/in <sup>2</sup>	2.4Tb/in <sup>2</sup>	4.8Tb/in <sup>2</sup>	9.6Tb/in <sup>2</sup>	19.2Tb/in <sup>2</sup>	38.4Tb/in <sup>2</sup>	76.8Tb/in <sup>2</sup>	153.6Tb/in <sup>2</sup>	307.2Tb/in <sup>2</sup>	614.4Tb/in <sup>2</sup>	
		記録再生方式: 技術	垂直磁気記録	分軌トラック垂直磁気記録 2次元垂直記録再生方式	パターニング媒体 垂直記録再生方式	エネルギー(熱、マイクロ波等) アシストパターニング媒体垂直記録 再生方式	エネルギー(熱、マイクロ波等) アシスト垂直記録再生方式	エネルギー(熱、マイクロ波等) アシスト垂直記録再生方式	エネルギー(熱、マイクロ波等) アシスト垂直記録再生方式	エネルギー(熱、マイクロ波等) アシスト垂直記録再生方式	エネルギー(熱、マイクロ波等) アシスト垂直記録再生方式	エネルギー(熱、マイクロ波等) アシスト垂直記録再生方式	エネルギー(熱、マイクロ波等) アシスト垂直記録再生方式	
		媒体技術	グラニューラー 垂直媒体 粒径: 5-10nm	改良型グラニューラー垂直媒体 粒径: 3-5nm, 低分散 Ku > 10 <sup>10</sup> erg/cm <sup>2</sup>	磁気融合型垂直媒体 (多相晶, 単結晶, 非晶質) 微細パターン精度: 2nm	磁気特性制御型 ナノ垂直媒体 (ヘッド臨界・補助エネルギー 感応型)								
		ヘッド技術	高Ba記録ヘッド	再生ヘッド (TMRヘッド, OPF-記録ヘッド) トラック幅: 90-30nm	高Ba 2次元垂直記録型	磁気/補助エネルギー(光、マイクロ波、等) ハイブリッド型記録ヘッド 記録トラック幅: 1nm	スピントロニクス応用再生ヘッド (スピントロニクス・バリスティック型、スピントランジスタ)							

本PJはロードマップに沿った開発である。(赤囲いの技術を本PJで開発)

# 「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発

## (グリーンITプロジェクト)」

### 全体の研究開発実施体制



# 「超高密度ナノビット磁気記録技術開発 (グリーンITプロジェクト)」(中間評価)

## 評価概要(案)

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

本プロジェクトは、数々のブレークスルー技術を導入することによって発展してきた HDD の記録技術を、さらに根本から変革しようとする挑戦的な研究開発事業であり、わが国の 2 大 HDD 企業を含む産学官の協力体制とプロジェクトリーダーの明確な指導のもとに有機的かつ有効に取り組んでいる。面記録密度  $5 \text{ Tb/in}^2$  という意欲的な目標を設定しており、中間的な成果としても十分に高い目標である  $2.5 \text{ Tb/in}^2$  を実現するための技術を開発している。その結果、世界をリードする成果を得ている。

熾烈な競争に打勝つ上で優位製品の先手市場投入が重要であり、超  $\text{Tb/in}^2$  級 HDD への早期成果展開に向けたロードマップの明確化と事業・製造部門との連携強化、並びに最終目標である  $5 \text{ Tb/in}^2$  級 HDD 実現に向けた未達課題検証と高度化の一層の加速に期待する。

#### 2) 今後に対する提言

多くの将来技術があることにより、技術選択肢のメリットもあるが、技術の集中という点では若干の不安がある。ロードマップ論議を詰め、基本技術の開発とそれらの適用順を戦略的に詰める必要がある。

また、シミュレーションを駆使した磁気記録理論を踏まえた設計論の確立とそれによる信頼性の高い定量的な研究開発シナリオがさらに充実しておればさらに望ましい。

### 2. 各論

#### 1) 事業の位置付け・必要性について

3兆円を越える大きな世界市場を有する HDD 磁気ストレージ技術はわが国が米国勢に対抗できる研究・開発・製造を一貫して行い得る分野として貴重な分野である。

本技術開発は一企業で推進するには個々の要素技術のリスクが高いことに加え、統合化技術も必要とされる総合技術力が求められる。IT 産業への波及効果の大きい技術であり NEDO が関与することで、開発スピードアップと開発リスク低減の両面から、国家が支援すべき重点分野の一つである。



とくに、急速な情報量の伸びによるストレージ機器の所要電力の省電力化技術は喫緊のテーマであり、IT 分野におけるグリーンイノベーションに寄与する有効な開発課題であると位置付けられる。

## 2) 研究開発マネジメントについて

HDD による情報ストレージは、少容量ストレージを除き当分代替え技術が予想できる状況に無く、また我が国が国際的にも競争力を持つ技術・産業分野であるため、高密度磁気記録技術の研究開発は戦略的に重要なテーマである。ストレージ技術の面記録密度トレンドを詳細に検討して  $2.5 \text{ Tb/in}^2$  と  $5 \text{ Tb/in}^2$  の目標記録密度を定量的に設定している点は評価できる。

プロジェクトリーダーのリーダーシップがよく発揮されており、媒体、ヘッド、アドレッシングと効果的なチーム編成になっている。また、計画の揺らぎは認められていないが、技術セットの絞り込みプロセスが行えるかどうかは今後のマネジメントの鍵となる。

一方、量産化検討の一環として歩留りの評価が必要であろう。特に、高密度ほどヘッドディスク系に厳しい仕様が求められており、技術の成否はデバイスの歩留りに直結するおそれがある。この部分を改善することが望ましい。また、競合 2 社間の情報共有化の促進と、進捗状況に応じた開発ターゲット見直しなど、本プロジェクトの管理システム（体制）をより明確にすることが望まれる。

## 3) 研究開発成果について

ヘッド技術開発やナノアドレッシング技術も含めて、 $2.5 \text{ Tb/in}^2$  の中間数値目標をクリアしている点は高く評価できる。特に、これまで実用的な展開が困難だった自己組織化を独自手法によって実際にビットパターンディスクや熱アシスト記録ヘッドを試作して記録媒体として使用できる可能性をはっきりさせたことは国際的にも先端的な成果であり高く評価できる

一方、これからは  $5 \text{ Tb/in}^2$  技術開発に力点に移るが、その達成内容の実証方法、例えば、SEM レベルの狭小エリアへのナノビット形成と  $2.5 \text{ inch}$  ディスク両面への全面形成では全く異なるプロセスの考え方が必要となるため、技術の単純な延長線上で実現可能であろうという論法は成り立たない。実用化に向け、達成目標とする項目およびその到達目標レベルの再検討をしてほしい。再生ヘッドに関しては、中間目標はクリアしているものの、実用化に結びつく飛躍的な進歩が得られているわけではない。実用化には、Read/Write の両方のヘッド技術が必要なため、加速方法を検討してほしい。

#### 4) 実用化、事業化の見通しについて

今後も HDD の高密度化へのニーズは高まり続けることは確実であり、それを踏まえた事業化の方向性と、そのために解決していくべき課題のターゲットィングは明確化されていると判断される。HDD 市場の席卷に向けては超 Tb/in<sup>2</sup> 級 HDD の早期市場投入が必須であり、技術の見通しが立ちつつある 2.5 Tb/in<sup>2</sup> 級技術の早期製品化適用の意義は大きく大いに期待する。

さらに、実用化にはまだまだすべき研究開発項目が多く、それらをどの様にクリアしてゆくのかシナリオの設定が必要と考える。また、実用化に向けては各要素技術の完成度を上げることはもちろんであるが、デモ&製品化への移行を短期化することが重要であり、特に新プロセスの適用が必須な本プロジェクトにおいては諸成果の製造部門への円滑な移行と生産技術検討・環境整備が重要であり、一層の連携・協調強化を強く期待する。

### 個別テーマに関する評価

	成果に関する評価	実用化の見通しに関する評価	今後に対する提言
超高密度ナノビット磁気媒体技術の研究開発	<p>2.5 Tb/in<sup>2</sup>のナノビット微細媒体加工技術と媒体界面加工技術は目標値を達成した。特に、記録媒体の作製プロセスを確立し 65 nm<sup>2</sup> のドットサイズにめどをつけたのは大きな成果である。これらは、HDD の記録密度を革新する重要技術であり、世界最高水準にある。実用化されれば、ナノテクの中核技術となる。また、ナノインプリント技術の成果は広い汎用性がある。現状のグラニューラ媒体技術では熱揺らぎの解決は難しいので、ビットパターン媒体は、他の HDD 競合技術と比較して優位な立場にある。知的財産権等の取得では、電子ビームによるガイドパターン作製と自己組織化の併用、密度高倍化技術が本プロジェクトの鍵であり優位性</p>	<p>実用性の高い自己組織化とナノインプリントに取り組んでいる点は高く評価できる。ビットパターン HDD の方式は確立していない。課題はパターンにおける磁気の動的挙動評価と記録再生システム系技術とのマッチングである。本成果により、半導体の微細化とは異なるが世界最高レベルの微細加工の量産技術になるだろう。ガイドパターンと自己組織化技術による高密度化技術は汎用性もあり、低コストの高密度パターン技術一般に適用できる。本技術が確立すれば、種々の分野への波及効果が期待される。知財の出願等は適切に行われているが、パターンや方式の標準化の取り組みはこれからである。</p> <p style="text-align: center;">一方、量産技術として、コスト</p>	<p>現状のパターン形成技術では、データ転送速度の高性能化は見込めない。大容量・高性能 HDD 装置の実現のためのパターン形成手法の検討も必要である。いずれの方式の媒体とも、これまでの記録媒体とは原理的に異なるので、その設計論を確立しておくことが重要である。そのためにも、ナノビットが磁気記録媒体として実用化されるためのシナリオを明確にし、テーマの統合と残されている課題をどの様にクリアして行くのか方向性を示し、最終目標を目指してほしい。</p>

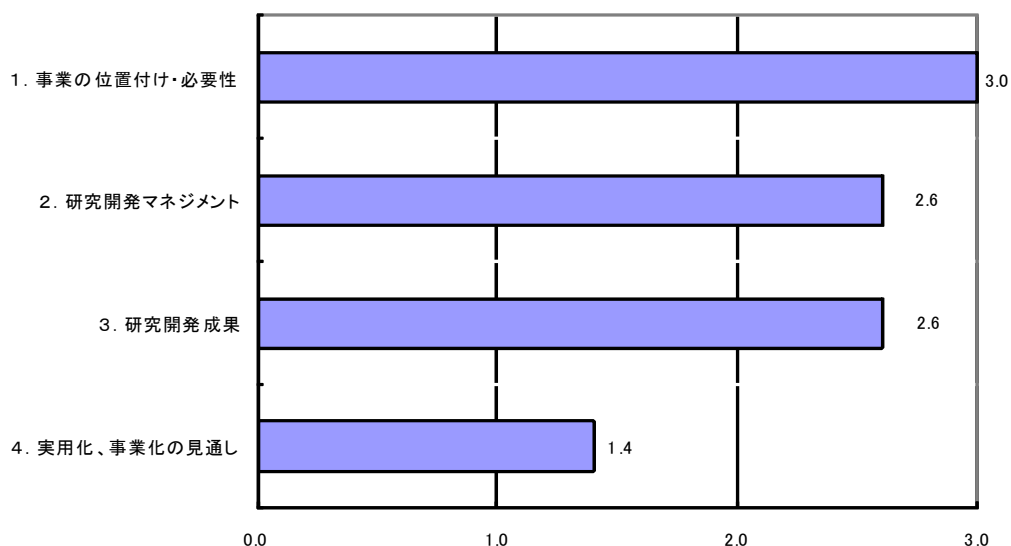
	<p>を確保して欲しい。</p> <p>一方、ビットパターン媒体において高い分解能でのビット形成が必要であるが、ドットの位置分散が課題としてある。これは、将来の <math>5 \text{ Tb/in}^2</math> に向けて、より改善が必要である。極微細構造を高精度に大面積に均一形成し、かつ低コストの実現が依然として大きな検討課題として残る。</p>	<p>面で優位性が確保できる見通しはまだたっていない。今後の量産化を考えると、装置メーカーやデバイスメーカーとの連携についても共通的な開発基盤を整える時期にあるのではないかと考える。ただし、デバイスの外販を通じて開発技術の国際的な技術流出があり得るので、設備投資タイミング等、リードタイムの設定を工夫して産業化への上手なタイアップを議論すべきと考える。</p>	
超高性能磁気ヘッド技術の研究開発	<p>磁気ヘッド分野において、所期の <math>2.5 \text{ Tb/in}^2</math> の中間目標を達成しているが、磁気記録システムとしての動的検証には至っていない。強磁界記録ヘッドの設計技術と形成プロセス技術に道筋をつけたことは評価できる。熱アシスト記録ヘッドでは、近接場光発生素</p>	<p>熱アシスト磁気ヘッドの要素技術とハイブリッド集積化技術は大きく前進し、実用化に道筋をつけた。課題として、光源の実装技術と発生熱の処理が挙げられる。熱アシスト記録は、最終目標の <math>5 \text{ Tb/in}^2</math> に至る過程で直近のグラニューラ媒体とビットパター</p>	<p>マイクロ波アシストヘッド技術において、STO (Spin Torque Oscillator:スピントルク発振器) 連続発振が可能になったことは、磁気記録に革命を起こす可能性を秘めた技術である。高感度・高分解能再生ヘッドについては、戦略的なロードマップが作成され、</p>

	<p>子加工技術開発による3 Tb/in<sup>2</sup>相当の微小スポット発生と、磁極近傍への近接場光発生素子を集積化できたことは世界最先端の成果であり大きな前進である。マイクロ波アシスト記録方式は、シミュレーションにより素子が実現したもので、今後の研究加速に期待したい。高分解能の再生ヘッドは2 Tb/in<sup>2</sup>級の狭トラック再生を実証した成果は評価されるが、最終目標達成に向けては新方式の素子を探索評価している段階と理解する。熱アシスト記録やマイクロ波アシストヘッドは、今後とも効果の大きな知財が生み出される可能性が高い。高感度ヘッド素子技術の実現の道筋は不透明であり、技術の普及にまで詰められていない。</p> <p>一方、記録と再生が統合されて初めて磁気ヘッドと言える。磁気ヘッドとしての課題を検討し、今</p>	<p>ン記録とを組み合わせることができる。微細加工技術として、従来のヘッド製造プロセスの考え方が適用できる部分も多く、その意味では実用化も十分視野に入られる。</p> <p>一方、効率的な製作プロセスの議論は必要である。また、熱源として動作するものであるから熱劣化等の信頼性の検討を強化すべきである。5 Tb/in<sup>2</sup>に対応する性能実現の方策等について最終年度までに明確にする必要がある。実用化に向けて、加工プロセス等が複雑化する中での品質安定化やコストダウンが重要課題である。量産を見越したプロセス技術や各要素技術の統合化・実装化等の早期の強化を期待する。</p>	<p>開発目標を共有することが望ましい。再生ヘッド関連技術は現在なかなか突破口が見えない。このような状態で踏み込んだ開発を展開するのはリスクであり、国費を投じるプロジェクトで取り組むことの判断も難しいが、わが国のトップレベルの企業が参画する本事業で何らかの基本的な提案がなされれば貢献は大変大きい。</p> <p>さらに、個別技術が磁気ヘッドとして実用化に繋がるシナリオを明確にし、残されている課題の整理とそれらをクリアする方向性を確認し進めてほしい。</p>
--	---	---	--

	後どの様に絞って行くのかシナリオの作成が必要である。		
超高精度ナノアドレッシング技術・ハードディスクドライブシステム化技術の研究開発	<p>ナノビットパターン技術を 2.5 Tb/in<sup>2</sup>クラスの HDD に利用できることが示されたことは大きな成果である。微動熱アクチュエータも興味深い技術であり、他の方式に比べ実用化の可能性は高い。ナノビットパターン媒体技術による 1,580 kTPI (Track per Inch: トラック密度) 相当の位置決め制御は世界最高水準にある。新たな技術開発として微動アクチュエータを用いて高い精度である 4.4 nm の実現し、同様に重要なヘッド浮上量をビットパターン媒体に対して 7 nm を実現していることは評価できる。光・熱・磁気統合シミュレーション技術にも進展があり、5 Tb/in<sup>2</sup> の性能予測に成功している。</p> <p>一方、ビットパターン HDD シ</p>	<p>2.5 Tb/in<sup>2</sup>相当のヘッド位置決め制御がナノビット媒体技術で達成できたことで、最終目標達成に向け大きく前進した。狭トラック・高感度ヘッドの開発が間に合うか懸念される。大容量・省電力ディスクは情報社会のニーズにマッチしており、早期に実用化しなければならない。そのためには、媒体、ヘッド、制御方式等を早期に絞り込む必要がある。トラッキングのサーボ制御などは実用化にとって重要な技術である。今後は量産性などの現実的な課題の解決に取り組んでほしい。</p>	<p>将来、競争力のある HDD をどの技術セットで開発するか、技術ロードマップの時間軸を含めた精度を高める必要がある。また、HDD システムは、個別技術の統合とビジネスとして成立する歩留まり設計など多くの課題がある。HDD システムを作るためのサブテーマの役割、装置側から各要素技術への要求を明確にして、最終目標に向けて進むべきである。超 Tb/in<sup>2</sup> 級 HDD の市場期待は高いので、見通しが立ちつつある 2.5 Tb/in<sup>2</sup> 級の成果を早急に活かし、実用化に向けて、トータルな設計の最適化を進めてほしい。</p>

	<p>システムの方式全体を通しての実証ができてはいない。とくに、パターン媒体における磁気の動的挙動評価において記録再生システム系とのマッチングを急ぐ必要がある。また、S/N劣化やナノドットの分散などの問題点の顕在化が予測されるため、各個別テーマの課題の整理と今後のシナリオを明確にして進めてほしい。</p>		
--	---	--	--

## 評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	B	B	B
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.6	A	A	A	A	B	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.6	A	A	A	B	B	A	B	B
4. 実用化、事業化の見通しについて	1.4	B	B	B	B	C	C	C	D

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

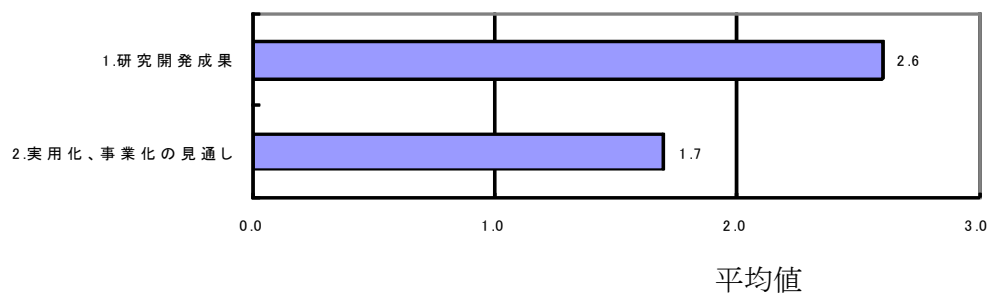
### 〈判定基準〉

1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

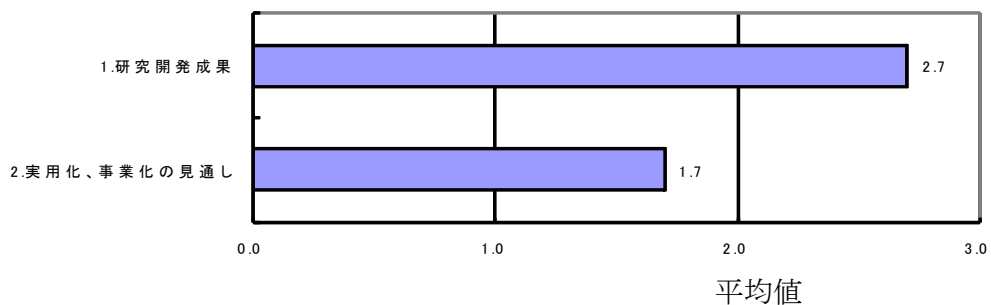


## 評点結果 [個別テーマ]

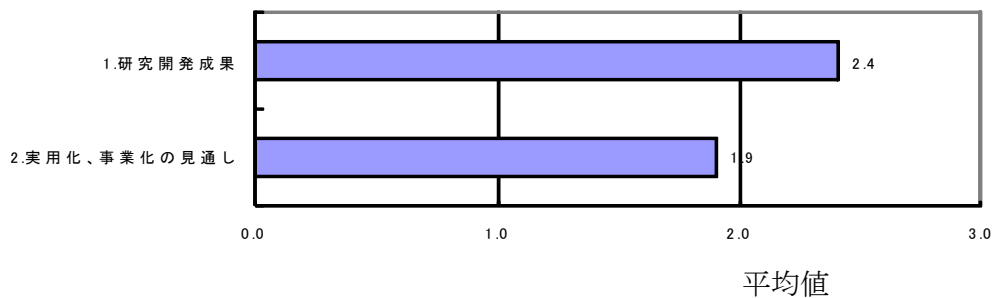
### 超高密度ナノビット磁気媒体の研究開発



### 超高性能磁気ヘッド技術の研究開発



### 超高精度ナノアドレッシング技術・ハードディスクドライブシステム化技術の研究開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
超高密度ナノビット磁気媒体の研究開発									
1. 研究開発成果について	2.6	A	A	A	A	B	B	B	
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.7	A	A	B	B	B	D	D	
超高性能磁気ヘッド技術の研究開発									
1. 研究開発成果について	2.7	A	A	A	A	A	B	B	
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.7	B	B	B	B	B	B	D	
超高精度ナノアドレッシング技術・ハードディスクドライブシステム化技術の研究開発									
1. 研究開発成果について	2.4	A	A	A	A	B	B	C	
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.9	A	A	B	B	B	C	D	

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について	2. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい	→A ・明確 →A
・よい	→B ・妥当 →B
・概ね適切	→C ・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない	→D ・見通しが不明 →D