

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6677627号
(P6677627)

(45) 発行日 令和2年4月8日 (2020. 4. 8)

(24) 登録日 令和2年3月17日 (2020. 3. 17)

(51) Int. Cl.

F I

G O 6 F 12/02 (2006. 01)

G O 6 F 12/00 (2006. 01)

G O 6 F 12/02 5 3 0 C

G O 6 F 12/00 5 7 1 B

G O 6 F 12/00 5 9 7 U

請求項の数 17 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2016-247049 (P2016-247049)	(73) 特許権者	310021766
(22) 出願日	平成28年12月20日 (2016. 12. 20)		株式会社ソニー・インタラクティブエンタ
(65) 公開番号	特開2018-101301 (P2018-101301A)		テインメント
(43) 公開日	平成30年6月28日 (2018. 6. 28)		東京都港区港南1丁目7番1号
審査請求日	平成31年1月8日 (2019. 1. 8)	(74) 代理人	100105924
			弁理士 森下 賢樹
		(74) 代理人	100109047
			弁理士 村田 雄祐
		(74) 代理人	100109081
			弁理士 三木 友由
		(74) 代理人	100134256
			弁理士 青木 武司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 情報処理装置およびメモリアクセス方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ホストプロセッサからメモリへのアクセス要求を受け付けるコマンド受付部と、
前記アクセス要求が分類して格納された複数のキューのいずれかから前記アクセス要求を読み出し、実行するコマンド処理部と、
を含むメモリコントローラを備え、
前記コマンド処理部は、前記複数のキューを分類してなるグループ内で、前記キューごとに設定された規則に応じたタイミングで、前記複数のキューのうち要求読み出し先のキューを次へ切り替えるとともに、前記グループごとに設定された処理の制限に基づくタイミングで、前記要求読み出し先のキューを次のグループへ切り替えることを特徴とする情報処理装置。

10

【請求項 2】

前記複数のキューは、アクセスの内容および優先度によって分類された前記アクセス要求をそれぞれ格納するとともに、当該アクセスの内容によって前記グループに分けられ、
前記コマンド処理部は、前記グループごとに独立して設定された処理上限数または制限時間に到達した時点で、前記要求読み出し先のキューを次のグループへ切り替えることを特徴とする請求項 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 3】

前記コマンド処理部は、前記優先度によって設定された規則に応じたタイミングで、読み出し先のキューを前記グループ内で切り替えることを特徴とする請求項 2 に記載の情報

20

処理装置。

【請求項 4】

前記メモリコントローラは、前記メモリの管理に必要な処理の要求を発行する管理コマンド生成部をさらに備え、

前記複数のキューはさらに、前記管理コマンド生成部が発行した管理用処理の要求を格納するキューを含み、

前記コマンド処理部は、前記キューから、前記管理用処理の要求を読み出してさらに実行することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の情報処理装置。

【請求項 5】

前記コマンド処理部は、前記管理用処理の要求を格納するキューを読み出し先としていてる際、設定された制限時間を経過したタイミングで、要求読み出し先を次のキューへ切り替えることを特徴とする請求項 4 に記載の情報処理装置。

10

【請求項 6】

前記コマンド処理部は、前記管理用処理の要求を格納するキューを読み出し先としていてる際、別のキューに所定の優先度を有するアクセス要求が格納されたタイミングで、要求読み出し先を当該別のキューへ切り替えることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の情報処理装置。

【請求項 7】

前記コマンド処理部は、前記ホストプロセッサが通知したタイミングで、前記管理用処理の要求を格納するキューを要求読み出し先とすることを特徴とする請求項 4 から 5 のいずれかに記載の情報処理装置。

20

【請求項 8】

前記コマンド処理部は、前記管理用処理のうち読み出し処理の要求を読み出す期間と、書き込み処理の要求を読み出す期間を分離することを特徴とする請求項 4 から 7 のいずれかに記載の情報処理装置。

【請求項 9】

前記管理用処理は、あるブロックに格納されたデータを別のブロックに待避させたうえで元のブロックのデータを消去する処理を含むことを特徴とする請求項 4 から 8 のいずれかに記載の情報処理装置。

【請求項 10】

30

前記管理用処理は、1メモリセル当たり1ビットを記録するSLC(Single Level Cell)領域に書き込まれたデータを、1メモリセル当たり3ビットを記録するTLC(Triple Level Cell)領域にコピーする処理を含むことを特徴とする請求項 4 から 8 のいずれかに記載の情報処理装置。

【請求項 11】

前記メモリコントローラは、前記キューに格納済みの前記管理用処理の要求量および、前記管理用処理の要求が発行されるタイミングの予測結果の少なくともいずれかに基づき、前記キューごとに設定された規則および前記グループごとに設定された処理の制限の少なくともいずれかを変更するコマンド調整部をさらに備えたことを特徴とする請求項 4 から 10 のいずれかに記載の情報処理装置。

40

【請求項 12】

前記メモリコントローラは、前記キューに格納済みの前記管理用処理の要求量および、前記管理用処理の要求が発行されるタイミングの予測結果の少なくともいずれかに基づき、前記ホストプロセッサへアクセス要求の発行制御を依頼するコマンド調整部をさらに備えたことを特徴とする請求項 4 から 10 のいずれかに記載の情報処理装置。

【請求項 13】

前記コマンド処理部は、所定の基準以上の優先度を有する読み出し要求をまとめて格納するキューから、当該読み出し要求を順次読み出し、実行することを特徴とする請求項 1 から 12 のいずれかに記載の情報処理装置。

【請求項 14】

50

前記ホストプロセッサからのアクセス要求の対象となるデータを格納するNAND型フラッシュメモリをさらに備えたことを特徴とする請求項1から13のいずれかに記載の情報処理装置。

【請求項15】

情報処理を実施し、前記メモリコントローラに前記メモリへのアクセス要求を発行するホストプロセッサをさらに備えたことを特徴とする請求項1から14のいずれかに記載の情報処理装置。

【請求項16】

ホストプロセッサからメモリへのアクセス要求を受け付けるステップと、
前記アクセス要求を分類して格納する複数のキューのいずれかから前記アクセス要求を読み出すステップと、

読み出したアクセス要求を実行するステップと、
を含み、

前記読み出すステップは、前記複数のキューを分類してなるグループ内で、前記キューごとに設定された規則に応じたタイミングで、前記複数のキューのうち要求読み出し先のキューを次へ切り替えるとともに、前記グループごとに設定された処理の制限に基づくタイミングで、前記要求読み出し先のキューを次のグループへ切り替えることを特徴とするメモリコントローラによるメモリアccess方法。

【請求項17】

ホストプロセッサからメモリへのアクセス要求を受け付ける機能と、
前記アクセス要求が分類して格納された複数のキューのいずれかから前記アクセス要求を読み出し、実行する機能と、

をメモリコントローラに実現させるコンピュータプログラムであって、

前記実行する機能は、前記複数のキューを分類してなるグループ内で、前記キューごとに設定された規則に応じたタイミングで、前記複数のキューのうち要求読み出し先のキューを次へ切り替えるとともに、前記グループごとに設定された処理の制限に基づくタイミングで、前記要求読み出し先のキューを次のグループへ切り替えることを特徴とするコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、フラッシュメモリにアクセスする情報処理装置およびメモリアccess方法に関する。

【背景技術】

【0002】

NAND型フラッシュメモリの容量拡大に伴い、従来のHDD(Hard Disk Drive)に代わる記憶装置としてSSD(Solid State Drive)が用いられるようになってきた。SSDはHDDと比較しデータアクセスを高速かつ低消費電力で行える、という利点がある一方、繰り返しのデータ読み出しや書き換えに対する耐久性が低い、という特性を有する。そのためSSDに対するデータ書き換えには、書き換え対象の領域を分散させる処理がなされる。例えばホストCPUから書き換え要求がなされたとき、指定された論理ブロックアドレスを異なる物理アドレスに置き換えることにより、書き換え対象をできるだけ複数のメモリエルに分散させる(例えば特許文献1参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】WO 2014/132346 A1公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

10

20

30

40

50

上述のとおりSSDは高速アクセスが可能のため、情報処理に必要なデータの多くを、必要となった時点で読み出すようにすることで、システムメモリの容量を抑えることができる。一方で、そのようにアクセスの頻度が増加すると、SSD特有の管理処理の問題が顕在化する。管理処理には例えば次のようなものがある。すなわち、NAND型フラッシュメモリは上書きができないため、上述のように様々な領域にデータが書き込まれた場合、いずれかの段階でそれらを連続した領域にコピーして、空いた領域のデータを、以後の書き込みに備えて消去する必要があるが生じる。

【0005】

また、読み出しが繰り返されることにより素子の電荷がリークしデータが破壊される可能性に備え、ある段階でデータを別の領域に待避させることも必要になる。さらに書き込みを高速に行うため、1メモリセル当たり1ビットを記録するSLC(Single Level Cell)をキャッシュとして用い、後のタイミングで、1メモリセル当たり3ビットを記録可能なTLC(Triple Level Cell)に格納し直すこともなされる。これらの管理処理を、ホストCPUからの要求より優先させると、情報処理に看過できない遅延時間を生じさせることがある。一方で、管理処理を適切なタイミングで行わないと、ホストCPUからの要求を処理できなくなることあり得る。

【0006】

本発明はこうした課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、メモリアクセスのための遅延時間を抑えながらSSDを利用した情報処理を安定的に行える技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明のある態様は情報処理装置に関する。この情報処理装置は、ホストプロセッサからメモリへのアクセス要求を受け付けるコマンド受付部と、アクセス要求が分類して格納された複数のキューのいずれかからアクセス要求を読み出し、実行するコマンド処理部と、を含むメモリコントローラを備え、コマンド処理部は、キューごとに設定された規則に応じたタイミングで、複数のキューのうち要求読み出し先のキューを次へ切り替えることを特徴とする。

【0008】

本発明のさらに別の態様はメモリアクセス方法に関する。このメモリアクセス方法は、メモリコントローラが、ホストプロセッサからメモリへのアクセス要求を受け付けるステップと、アクセス要求を分類して格納する複数のキューのいずれかからアクセス要求を読み出すステップと、読み出したアクセス要求を実行するステップと、を含み、読み出すステップは、キューごとに設定された規則に応じたタイミングで、複数のキューのうち要求読み出し先のキューを次へ切り替えることを特徴とする。

【0009】

なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を方法、装置、システム、コンピュータプログラム、コンピュータプログラムを記録した記録媒体などの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0010】

本発明によると、メモリアクセスのための遅延時間を抑えながらSSDを利用した情報処理を安定的に行える。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本実施の形態における情報処理装置の回路構成を示す図である。

【図2】本実施の形態における情報処理装置の機能ブロックの構成を示す図である。

【図3】本実施の形態におけるキューの構成例を示す図である。

【図4】本実施の形態において各フェーズで処理するキューの種類と、各フェーズにおけるコマンドの処理上限数と制限時間の設定例を示す図である。

【図 5】本実施の形態におけるコマンド処理部が、フェーズ 1 およびフェーズ 4 においてデータを読み出す処理の手順を示すフローチャートである。

【図 6】本実施の形態におけるコマンド処理部が、フェーズ 2 においてデータの読み出しあるいは書き込みを行う処理手順を示すフローチャートである。

【図 7】本実施の形態におけるコマンド処理部が、フェーズ 3 において管理処理のうち読み出し処理を行う処理手順を示すフローチャートである。

【図 8】本実施の形態におけるコマンド処理部が、フェーズ 5 において管理処理のうち書き込み処理およびデータ消去を行う処理手順を示すフローチャートである。

【図 9】本実施の形態において、ホストユニットからの通知に応じてフェーズを切り替えるような規則を導入する形態を説明するための図である。

【図 10】本実施の形態のコマンド調整部による調整に主眼を置いたフラッシュコントローラの処理手順を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

図 1 は、本実施の形態の情報処理装置の回路構成を示している。ここで例示する情報処理装置は、携帯ゲーム機、パーソナルコンピュータ、携帯電話、タブレット端末、PDA など一般的な情報機器のいずれでもよい。情報処理装置 10 は、CPU を含むホストユニット 12、システムメモリ 14、NAND 型フラッシュメモリ 20（以後、単にフラッシュメモリ 20 と呼ぶ）、フラッシュコントローラ 18 を含む。

【0013】

ホストユニット 12 は、フラッシュメモリ 20 に格納されたプログラムやデータをシステムメモリ 14 にロードし、それを用いて情報処理を行う。またアプリケーションプログラムやデータを、図示しない記録媒体駆動部において駆動された記録媒体から読み出したり、通信部によりネットワーク接続されたサーバからダウンロードしたりしてフラッシュメモリ 20 に格納する。この際、ホストユニット 12 はフラッシュコントローラ 18 に、フラッシュメモリ 20 に対するアクセス要求を発行し、フラッシュコントローラ 18 はそれに応じてフラッシュメモリ 20 に対し読み出し／書き込み処理を実施する。

【0014】

フラッシュメモリ 20 には複数の NAND 型フラッシュメモリが接続されており、データは図示するように複数のチャネル（図では「ch0」～「ch3」の 4 チャネル）に分散されて格納される。フラッシュコントローラ 18 は、ホストユニット 12 とのインターフェース機能を有するホストコントローラ 22、フラッシュメモリ 20 とのインターフェース機能を有するメモリコントローラ 28、および S R A M（Static Random Access Memory）24 を含む。

【0015】

ホストユニット 12 は、情報処理の進捗に応じてフラッシュメモリ 20 に対するアクセス要求を発生させ、それをシステムメモリ 14 に格納する。当該アクセス要求にはアクセス先の論理アドレス（L B A : Logical Block Address）が含まれる。フラッシュコントローラ 18 のホストコントローラ 22 は、システムメモリ 14 に格納されたアクセス要求を読み出し、L B A をフラッシュメモリ 20 の物理アドレスに変換する。この際、必要となるアドレス変換テーブルは、元々、フラッシュメモリ 20 に格納されていたものの少なくとも一部を S R A M 24 に展開しておく。

【0016】

ホストコントローラ 22 は、当該アドレス変換テーブルを参照して、L B A に基づき取得した物理アドレスをメモリコントローラ 28 に供給する。メモリコントローラ 28 は、当該物理アドレスに基づきフラッシュメモリ 20 の該当する領域にアクセスすることにより、データを読み出したり書き込んだりする。書き込むべきデータは、ホストユニット 12 がシステムメモリ 14 に格納したものをメモリコントローラ 28 が読み出す。読み出したデータは、メモリコントローラ 28 がシステムメモリ 14 に格納し、ホストユニット 12 が読み出せるようにする。

【 0 0 1 7 】

一般に、フラッシュメモリ 20 に対するデータの読み出しや書き込みは、4096 バイト等のアクセス単位でなされる。NAND 型フラッシュメモリを用いた場合、データの上書きはできないため、データを書き込む際は、何も書き込まれていない領域を確保しておく必要がある。上述のとおり書き込み領域を分散させるために論理アドレスのみ変更してデータの更新が繰り返されると、無効となった元のデータを格納する領域が増えていき、やがて新たに書き込みができる領域が枯渇する。

【 0 0 1 8 】

データの消去は数 MiB (1 MiB = 10^20 バイト) のブロック単位でなされるため、何も書き込まれていない領域を確保するには、消去対象のブロックに格納されている有効なデータを別のブロックにコピーしたうえで元のブロックのデータ全体を消去する。このような処理を一般に「ガベージコレクション (Garbage Collection)」と呼ぶ。つまりメモリコントローラ 28 は、フラッシュメモリ 20 において書き込みが可能な領域が枯渇するか、それ以前の適切なタイミングで、ガベージコレクションを実施する必要がある。

【 0 0 1 9 】

また NAND 型フラッシュメモリは、電荷のリークによってデータ不良を発生させる。この電荷のリークは、データの読み出しにおける電圧印加によって加速する。メモリコントローラ 28 は一般に、このような不良データの誤り訂正機能を有するが、読み出し動作が高頻度になされると、誤り率が訂正能力を超え、やがてはデータが消失してしまうこともある。このような不良は一般に「読み出しディスタurb (Read Disturb)」と呼ばれる。

【 0 0 2 0 】

読み出し動作は対象のデータ領域以外に電圧を印加することによりなされるため、同一ブロックへの読み出しが繰り返されることにより、ブロック全体で不良が発生し得る。したがってメモリコントローラ 28 は、同一ブロックの読み出し回数が所定値に達したら、当該ブロック全体のデータを別のブロックに待避させることで、リークした電荷をチャージし直す。

【 0 0 2 1 】

さらに NAND 型フラッシュメモリは、蓄積する電荷量にしきい値を設定して 8 段階とすることで、1 メモリセル当たり 3 ビットのデータを記録する TLC を含む。しかしながら TLC は、2 段階の電荷量により 1 メモリセルあたり 1 ビットのデータを記録する SLC と比較して複雑な書き込みシーケンスが必要となるため、書き込み処理に時間がかかる。そこでフラッシュメモリ 20 の一部を SLC の領域として確保しておき、それをキャッシュとして用いることにより書き込み処理を高速化する。このときメモリコントローラ 28 は、書き込み要求の遂行とは別の適切なタイミングで、SLC に書き込まれたデータを TLC へコピーしておく。

【 0 0 2 2 】

このようにメモリコントローラ 28 は、NAND 型フラッシュメモリ特有の管理処理を、ホストユニット 12 からの要求とは別に実施する必要がある。一旦、管理処理の必要が生じると、それが完了するまでの比較的長い期間、通常のデータ読み出しや書き込み処理が待機を余儀なくされる。その結果、情報処理に看過できない遅延が発生したり処理全体のスループットが著しく低下したりすることがある。フラッシュメモリ 20 に格納されたデータを頻繁に読み出して表示画像を描画するような態様では、アクセス回数の増加に伴い管理処理の頻度も増加するため、画像表示までの時間制限の厳しさと相まって問題が顕在化しやすい。

【 0 0 2 3 】

そこで本実施の形態では、情報処理に必要なデータ読み出しや書き込みの処理と管理処理との実施頻度のバランスを適切に保ち、破綻なく両者を実施しつつ情報処理の遅延を最小限に抑えられるようにする。具体的には、上述のような管理処理と、ホストユニット 12 からのアクセス要求を、それぞれ処理内容によって分類し、異なるキューに格納する。

そして処理内容の種類に応じた固有の規則で対象のキューを切り替えることにより、確実に遂行すべき処理については絶対的な尺度で完遂できるようにする。

【 0 0 2 4 】

またホストユニット 1 2 からのアクセス要求の処理頻度と管理処理の必要性が生じる頻度との因果関係を踏まえてキューの切り替え規則を決定することにより、両者のバランスを最適化するとともに所要時間やバンド幅の見積もりを容易にする。以後、管理処理のための処理要求とホストユニット 1 2 からのアクセス要求をまとめて「コマンド」と呼ぶことがある。

【 0 0 2 5 】

図 2 は、本実施の形態における情報処理装置の機能ブロックの構成を示している。図 2 に示す各機能は、ハードウェア的には図 1 に示す回路構成で実現でき、ソフトウェア的には、内部のメモリに保持するプログラムで実現される。したがってハードウェアのみ、ソフトウェアのみ、またはそれらの組合せによっていろいろな形で実現できることは当業者には理解されるところであり、いずれかに限定されるものではない。

【 0 0 2 6 】

ホストユニット 1 2 は、フラッシュメモリ 2 0 へのアクセスのためのコマンドを発行するコマンド発行部 3 0、アプリケーションプログラムなどを処理する情報処理部 3 2、フラッシュメモリ 2 0 に対し読み出しあるいは書き込みされるデータを入出力するデータ入出力部 3 4 を含む。システムメモリ 1 4 は、ホストユニット 1 2 から発行されたコマンドを格納する複数のキュー 3 6 および、フラッシュメモリ 2 0 に対し読み出しあるいは書き込みされるデータを格納するデータ格納部 3 8 を含む。

【 0 0 2 7 】

フラッシュコントローラ 1 8 は、コマンドが発行された旨の通知をホストユニット 1 2 から取得するコマンド受付部 4 0、フラッシュメモリ 2 0 の管理のためのコマンドを発生させる管理コマンド生成部 4 2、管理のためのコマンドを含む各コマンドを格納する複数のキュー 4 4、キュー 4 4 に格納されたコマンドを順次処理するコマンド処理部 4 6、処理対象のキューを切り替える規則を格納する切り替え規則記憶部 4 8、および、管理処理を実施する割合を所定の手法で調整するコマンド調整部 5 0 を含む。

【 0 0 2 8 】

ホストユニット 1 2 の情報処理部 3 2 は、ユーザが選択したアプリケーションなどのプログラムを処理する。その過程においてフラッシュメモリ 2 0 に格納されたデータを読み出したり、フラッシュメモリ 2 0 にデータを書き込んだりする必要が生じたら、情報処理部 3 2 はその旨をコマンド発行部 3 0 に通知する。これに応じコマンド発行部 3 0 は、アクセス先の論理アドレスを指定して、読み出しあるいは書き込みのコマンドを発行する。

【 0 0 2 9 】

より詳細には、システムメモリ 1 4 の複数のキュー 3 6 のいずれかにコマンドを格納するとともに、フラッシュコントローラ 1 8 にその旨を通知する。この際、コマンド発行部 3 0 は、読み出し要求か書き込み要求か、といったアクセス内容のほか、緊急性の高さに基づきコマンドを分類し、分類結果に対応するキューに格納する。このため、アクセス内容、制限時間、アクセスするデータのサイズなどに基づくコマンドの分類規則と、対応するキューのアドレス情報を、情報処理部 3 2 が処理するプログラムなどであらかじめ設定しておく。

【 0 0 3 0 】

コマンドが書き込み要求である場合、データ入出力部 3 4 は、書き込むべきデータを情報処理部 3 2 から取得し、システムメモリ 1 4 のデータ格納部 3 8 に格納する。またデータ入出力部 3 4 は、読み出し要求に応じてフラッシュコントローラ 1 8 がフラッシュメモリ 2 0 から読み出したデータを、データ格納部 3 8 から読み出して情報処理部 3 2 に供給する。

【 0 0 3 1 】

フラッシュコントローラ 1 8 のコマンド受付部 4 0 は、コマンドが発行された旨の通知

10

20

30

40

50

をホストユニット 1 2 から受け付け、システムメモリ 1 4 の該当するキューからコマンドを読み出したうえ、内部に保持する複数のキュー 4 4 のうち対応するキューに格納する。ここでフラッシュコントローラ 1 8 が保持するキュー 4 4 は、システムメモリ 1 4 内の複数のキュー 3 6 と同じ構成の複数のキューを含む。あるいはシステムメモリ 1 4 内のキュー 3 6 を、キュー 4 4 の一部として参照できるようにしてもよい。

【 0 0 3 2 】

管理コマンド生成部 4 2 は、上述のガベージコレクション、読み出しディスターブ回避のためのデータコピー、S L C から T L C へのデータコピー、といった管理処理が必要になった段階で、それらの処理を要求するコマンドを発行する。より詳細には、フラッシュメモリ 2 0 に対するデータの書き込み状況や読み出し状況を監視して、管理処理のコマンドを発行すべきタイミングを判定する。判定規則は管理処理の内容ごとにあらかじめ設定しておく。

【 0 0 3 3 】

そして、処理内容、データのコピー元アドレス、コピー先アドレス、データ消去すべきブロックなどを指定したコマンドを、キュー 4 4 の管理処理のためのキューのうち、処理内容に対応するキューに格納する。なお同図では、キュー 4 4 のうち、ホストユニット 1 2 が発行したコマンドを格納するキューを白抜き、管理コマンド生成部 4 2 が発行したコマンドを格納するキューを網掛けで示して区別している。

【 0 0 3 4 】

コマンド処理部 4 6 は、キュー 4 4 に格納されたコマンドを順次処理する。この際、1 つのキューに格納されたコマンドは、その格納順を守って処理する。またコマンド処理部 4 6 は処理対象のキューを、それぞれに設定された切り替え規則にしたがって次のキューへ切り替える。すなわち別のキューに格納されたコマンドは、発行順と異なる順序で処理されることがあり得る。キューの切り替え規則は切り替え規則記憶部 4 8 に格納しておき、コマンド処理部 4 6 が参照する。

【 0 0 3 5 】

キューから読み出したコマンドが書き込み要求である場合、コマンド処理部 4 6 は、書き込むべきデータをシステムメモリ 1 4 のデータ格納部 3 8 から読み出し、コマンドに含まれる論理アドレスに対応する領域に当該データを書き込む。コマンドが読み出し要求である場合、コマンド処理部 4 6 は、コマンドに含まれる論理アドレスに対応する領域から読み出したデータを、システムメモリ 1 4 のデータ格納部 3 8 に格納する。コマンドがフラッシュメモリ 2 0 内部でのデータの移動である場合、コマンド処理部 4 6 は、コマンドに含まれるコピー元のアドレスからコピー先のアドレスへデータをコピーする。また必要に応じてコピー元のブロックのデータを消去する。

【 0 0 3 6 】

コマンド調整部 5 0 は、管理処理が完了せずメモリアクセスが破綻することのないように、実施する処理の割合を調整する。例えばキュー 4 4 に格納された管理処理のためのコマンドの数が所定のしきい値を超えたとき、切り替え規則記憶部 4 8 に格納された、キューの切り替え規則の少なくともいずれかを一時的に変更したり、ホストユニット 1 2 にその旨を通知したりする。

【 0 0 3 7 】

前者の場合、管理処理のコマンドを格納するキューから次のキューへ切り替える規則として設定されている制限時間やコマンド処理数の上限を増加させたり、それ以外のキューのコマンド処理数の上限を減少させたりする。これにより、実質的に管理処理を実施する割合を増やすことができる。キュー 4 4 に格納された管理処理のためのコマンドの数が上記しきい値以下となったらキューの切り替え規則を元に戻す。

【 0 0 3 8 】

ホストユニット 1 2 に通知する場合、ホストユニット 1 2 のコマンド発行部 3 0 は通知を受けてコマンドの発行を制限する。例えば緊急性の低いコマンドの発行を一時停止したり発行の頻度を所定値以下に制限したりする。このようにしても実質的に管理処理を実施

10

20

30

40

50

する割合を増やすことになる。なおキューの切り替え規則を変更したりホストユニット 1 2 に通知したりするタイミングは上記以外であってもよい。

【 0 0 3 9 】

例えば、ガベージコレクションや読み出しディスタurbを回避するための処理の必要性は、それまでのメモリアクセスの状況によって予測できるため、前もってそれらの対策を講じておくこともできる。具体的には、書き込み可能なブロック数が所定のしきい値以下になったとき、ガベージコレクションのコマンドが近々発行されると判定する。ここで用いるしきい値は当然、実際にガベージコレクションのコマンドを発行する際のしきい値より大きい値とする。

【 0 0 4 0 】

あるいは、同一ブロックに対する読み出し処理の回数が所定のしきい値に達したとき、読み出しディスタurb回避のためのデータコピーコマンドが近々発行されると判定する。ここで用いるしきい値は当然、実際にデータコピーコマンドを発行する際のしきい値より小さい値とする。そしてこれらのタイミングで、キューの切り替え規則を変更したりホストユニット 1 2 に通知したりすれば、前もって調整できる分、調整量を抑えることができる。

【 0 0 4 1 】

書き込み可能なブロック数や同一ブロックに対する読み出し処理の回数を、ホストユニット 1 2 へ定期的に通知することにより、ホストユニット 1 2 によるコマンドの発行を徐々に制限できるようにしてもよい。また、キューの切り替え規則を変更する対応と、ホストユニット 1 2 への通知は、独立して行ってもよいし、同時に行ってもよい。このような調整処理により、ホストユニット 1 2 からのアクセス要求の処理とフラッシュメモリ 2 0 自身が必要とする管理処理とのバランスを適切に保ち、かつ緊急性の高いコマンドの処理については低遅延を保障することができる。

【 0 0 4 2 】

図 3 は、キュー 4 4 の構成例を示している。ここで円柱は各キューを模式的に示しており、その直下には、各キューに格納されるコマンドの種類を示している。フラッシュメモリ 2 0 は異なる名前空間 (NS: Name Space) を有する論理的なパーティションに分けられ、排他アクセスされる。キューも当該パーティションごとに設けられ、図では上段から順に、識別符号 a、b、c の名前空間 (「NSIDa」、「NSIDb」、「NSIDc」) に対し設けられるキューを示している。さらに最下段には、管理処理を示す「BG Job」(Background Job) として、それに対し設けられるキューも示している。

【 0 0 4 3 】

この例で「NSIDa」は、通常のファイルシステムによりアクセスされるパーティションであり、標準的な読み出しコマンドと書き込みコマンドが混在するキュー 5 1 を設けている。「NSIDb」は、読み出しのみのファイルアーカイブを扱うためのパーティションであり、一旦、書き込みコマンド専用のキュー 5 8 を用いてファイルを書き込んだら、読み出しコマンド専用のキュー 5 2、5 4、5 6 を用いてデータを読み出す。

【 0 0 4 4 】

ここで読み出しコマンド専用のキューは、緊急性の高さに応じて複数のキューで構成され、同図では緊急性が最も高い「緊急」のキュー 5 2、次に緊急性が高い「高優先度」のキュー 5 4、緊急性が最も低い「通常優先度」のキュー 5 6、の 3 段階としている。ただし段階数をこれに限る主旨ではない。また書き込みコマンド専用のキュー 5 8 は、「NSIDa」のキュー 5 1 と同程度の優先度を有する標準的なキューとしている。

【 0 0 4 5 】

「NSIDc」はSLCで構成されるパーティションであり、高速な書き込み専用のキュー 6 0 と、読み出しコマンドと書き込みコマンドが混在するキュー 6 2 を設けている。また後者は「NSIDa」のキュー 5 1 と同程度の優先度を有する標準的なキューとしている。

【 0 0 4 6 】

「BG Job」としては上述のとおり、SLCからTLCヘデータをコピーするコマンドのためのキュー64、読み出しディスタブ回避のためのデータコピーコマンドのためのキュー66、ガベージコレクションコマンドのためのキュー68を設ける。キューとしてはこのほか、運用中にバックグラウンドで実行すべき上述のような管理処理とは別に、システムを管理するためのコマンドを格納するキューなどがあってよい。

【0047】

フラッシュコントローラ18のコマンド処理部46は上述のとおり、切り替え規則記憶部48に格納された規則に従いキューを切り替えながら、格納されているコマンドを順に処理していく。より詳細には、キュー51～68自体を複数種類に分け、各種類に対し処理の期間を割り当てて循環させる。ある種類のキューを処理対象としている期間において、コマンドの処理数が上限まで達した時点、あるいは制限時間が満了した時点で、次の種類のキューを処理対象とする期間に移行する。処理上限数や制限時間は、キューの種類ごとに独立して設定可能とする。以後、キューの種類ごとに割り当てられる期間を「フェーズ」と呼ぶ。

【0048】

図4は各フェーズで処理するキューの種類と、各フェーズにおけるコマンドの処理上限数と制限時間の設定例を示している。この例ではフェーズ1からフェーズ5の5つの期間に分けており、フェーズ1、2、3、4、5、1、2、・・・と循環して移行させる。まずフェーズ1は、NSIDbに対する読み出し専用のキュー、すなわち図3の例ではキュー52、54、56の3つのキューを処理対象とする。これらのキューのうち、緊急性が高いキューほど優先して処理対象とする。コマンドの処理上限は50個としている。なおコマンド数は、所定サイズのデータに対するアクセスを1単位としてカウントする。以後の説明でも同様である。

【0049】

フェーズ2は、NSIDcに対する高速書き込み専用のキュー、NSIDaおよびcに対する標準の読み出し/書き込みのキュー、および、NSIDbに対する標準の書き込み専用のキューを処理対象とする。これらは図3の例では、キュー60、51、62、58にそれぞれ対応する。これらのキューのうち、高速書き込み専用のキュー60にコマンドが格納されていれば、それを優先することによりSLCへの高速書き込みを実現する。

【0050】

フェーズ3は、BG Job、すなわち管理処理用のキュー（図3の例ではキュー64、66、68）を処理対象とする。これらのキューに格納されるコマンドはいずれも、フラッシュメモリ20に格納済みのデータを別の領域に移す処理を含むが、フェーズ3ではそのうち、元のデータを読み出す部分のみを実施する。読み出したデータは一時的に内部のメモリあるいはシステムメモリ14に格納しておく。

【0051】

フェーズ4はフェーズ1と同様、NSIDbに対する読み出し専用のキューを処理対象とする。同じキューに対する処理を2つの期間に分けることで、前の期間終了直後に発行されたコマンドを次の期間ですぐに処理でき、最大遅延時間を少なくできる。フェーズ5は、BG Job、すなわち管理処理用のキューに格納されたコマンドのうち、フェーズ3で読み出したデータの書き込みおよび、コピーにより無効となったデータの消去を行う。

【0052】

例えばNSIDbに格納されたデータを用いて、所定のフレームレートで表示画像を描画する場合、そのデータ読み出しが遅延することにより画面がフリーズしたりコマ落ちしたりすることがあり得る。管理処理用のキューに格納されるコマンドはいずれも、処理の完了に多くの時間を要するため、フェーズ3とフェーズ5で分けて2段階の処理とすることにより、表示画像の描画などリアルタイム性を追求される処理が妨げられないようにする。

【0053】

またデータの読み出しやSLCへの書き込みと比較し、TLCへの書き込みやデータ消去は数倍以上の時間を要する。したがって後者をフェーズ5としてまとめるとともに、制限時間を設けて、処理の途中であっても一旦中断して別のフェーズへ移行できるようにする。図の例では、フェーズ5の制限時間を「3.0 msec」としている。制限時間のほか、緊急性の高いキュー、例えば図3の緊急読み出しキュー52にコマンドが格納された時点で、フェーズ5の処理を中断するようにしてもよい。

【0054】

これにより、上述のとおりNSIDbから読み出したデータを用いて表示画像を描画する態様において、表示画像への影響を最小限に抑えることができる。なおフェーズ5の処理を中断した場合、中断させた処理が完了するまでは、フェーズ2およびフェーズ3をスキップしてフェーズを移行させてもよい。

10

【0055】

図4では、各フェーズに与えるコマンド数の処理上限と、それにより想定される最大所要時間も例示している。フェーズ1および4では、NSIDbからのデータ読み出しを「50」コマンドを上限として処理する。読み出し処理が1コマンド当たり100 μ sec、それ以外に要する時間を100 μ secとすると、フェーズ1および4の所要時間は最大5.1 msecとなる。フェーズ2では、NSIDa~NSIDcに対する書き込みであれば「1」コマンド、読み出しであれば「4」コマンドを上限として処理する。

【0056】

ここでなされるSLCへの書き込み処理が1コマンド当たり500 μ secとし、読み出し処理が上述同様、1コマンド当たり100 μ sec、それ以外に要する時間を100 μ secとすると、書き込み、読み出しのいずれにおいてもフェーズ2の所要時間は最大0.5 msecとなる。フェーズ3では、コピー元のデータの読み出しを「3」コマンドを上限として処理する。読み出し処理が上述同様、1コマンド当たり100 μ sec、それ以外に要する時間を100 μ secとすると、フェーズ3の所要時間は最大0.4 msecとなる。

20

【0057】

フェーズ5では、コピー先へのデータの書き込みを「1」コマンドを上限として処理する。無効となった領域のデータ消去は上述とおり制限時間「3.0 msec」で拘束され、徐々に進捗させていく。このように制限を与えると、フェーズ1からフェーズ5までの1サイクル分の処理は最大で14.1 msecとなり、メモリアクセスのための遅延時間を一定値以下に抑え込むことができる。またフラッシュメモリ20とフラッシュコントローラ18間に必要なバンド幅も所定値以下に制御できる。

30

【0058】

図示する例で、1コマンド当たりのデータサイズを65536 B（バイト）とした場合、14.1 msecの周期中、フェーズ1および4で最大100コマンド分の読み出し処理がなされることから、必要なバンド幅はNANDの1チャンネル当たり、 $65536 \times 100 / 14.1 = 465 \text{ MB/sec}$ となる。同様に、フェーズ2で処理されるコマンドのために必要なバンド幅はNANDの1チャンネル当たり、読み出し処理は18.6 MB/sec、書き込み処理は4.65 MB/secとなる。なおここで述べた各種数値や設定はあくまで例示であり、情報処理の内容や処理性能などに応じて適宜変更してよい。

40

【0059】

図5はフェーズ1およびフェーズ4において、コマンド処理部46がNSIDbからデータを読み出す処理の手順を示すフローチャートである。この例は、図3に示すように緊急性の高さに応じて読み出し専用のキューが3つに分けられている場合を想定している。まず最も緊急性の高いキュー（図3の緊急の読み出しキュー52）にコマンドが格納されているか否かを確認する（S10）。格納されている場合（S10のY）、コマンド処理部46は当該キューに最先に格納されたコマンド読み出し、論理アドレスを物理アドレスに変換するなどして該当領域にあるデータを読み出す（S12）。

【0060】

50

最も緊急性の高いキューにコマンドが格納されている限りは、それを順次読み出して処理する（S 1 0 の Y、S 1 2）。当該キューに処理すべきコマンドがなく（S 1 0 の N）、それまでに処理したコマンド数が設定された処理上限未満であれば（S 1 4 の Y）、次に緊急性の高いキュー（図 3 の高優先度の読み出しキュー 5 4）にコマンドが格納されているか否かを確認する（S 1 6）。格納されている場合（S 1 6 の Y）、コマンド処理部 4 6 は当該キューに最先に格納されたコマンド読み出し、上述と同様にデータを読み出す（S 1 8）。

【0 0 6 1】

これによっても設定された処理上限数に到達しなければ（S 2 0 の Y）、コマンド処理部 4 6 はコマンドを 1 つ処理する都度、最も緊急性の高いキューにコマンドが格納されているか否かを再び確認し、格納されていればそれを処理する（S 1 0 の Y、S 1 2）。最も緊急性の高いキューに処理すべきコマンドがなく（S 1 0 の N）、それまでに処理したコマンド数が設定された処理上限未満であれば（S 1 4 の Y）、次に緊急性の高いキューに格納されているコマンドを処理する（S 1 6 の Y、S 1 8）。当該キューに処理すべきコマンドがなければ（S 1 6 の N）、最も緊急性の低いキュー（図 3 の通常優先度の読み出しキュー 5 6）にコマンドが格納されているか否かを確認する（S 2 2）。

【0 0 6 2】

格納されている場合（S 2 2 の Y）、コマンド処理部 4 6 は当該キューに最先に格納されたコマンド読み出し、上述と同様にデータを読み出す（S 2 4）。これによっても設定された処理上限数に到達しなければ（S 2 0 の Y）、コマンド処理部 4 6 はコマンドを 1 つ処理する都度、最も緊急性の高いキューにコマンドが格納されているか否かを再び確認し、格納されていればそれを処理する（S 1 0 の Y、S 1 2）。このようなサイクルにおいていずれかの処理によりコマンドの処理数が上限に達したり（S 1 4 の N または S 2 0 の N）、処理すべきコマンドがなくなったりしたら（S 2 2 の N）、当該フェーズを終了させて次のフェーズへ移行する。

【0 0 6 3】

このような処理手順により、緊急性が高いキューほどを高頻度で監視できるとともにコマンドを先に処理でき、コマンドの格納から処理までの遅延時間を最小限に抑えることができる。また比較的緊急性の低いコマンドについては、処理数の上限を拘束条件として処理を後回しにし、別のフェーズへ譲ることで、フェーズ全体での所要時間やバンド幅を制御できる。

【0 0 6 4】

図 6 はフェーズ 2 おいて、コマンド処理部 4 6 が N S I D a ~ c に対しデータの読み出しあるいは書き込みを行う処理手順を示すフローチャートである。コマンド処理部 4 6 はまず、N S I D c に対する高速の書き込みのためのキュー（図 3 の高速書き込みキュー 6 0）にコマンドが格納されているか否かを確認する（S 3 0）。格納されている場合（S 3 0 の Y）、コマンド処理部 4 6 は当該キューに最先に格納されたコマンド読み出し、論理アドレスを物理アドレスに変換するとともに、システムメモリ 1 4 から読み出したデータを該当領域に書き込む（S 3 2）。

【0 0 6 5】

この時点で処理したコマンド数が設定された書き込み処理の上限に達していたら、当該フェーズを終了させて次のフェーズへ移行する（S 3 4 の N）。図 4 で示した処理上限数の設定によれば、フェーズ 2 における書き込みは 1 コマンドを上限とするため、S 3 2 の処理を 1 度実施したら本フェーズは終了することになる。それ以外の設定であって、処理したコマンド数が設定された書き込み処理の上限未満であれば（S 3 4 の Y）、再度、高速の書き込みのためのキューにコマンドが格納されているか否かを確認し、格納されていればそれを処理する（S 3 0 の Y、S 3 2）。

【0 0 6 6】

それを繰り返す過程で書き込み処理の上限に到達したら、当該フェーズを終了させて次のフェーズへ移行する（S 3 4 の N）。高速の書き込みのためのキューに処理すべきコマ

10

20

30

40

50

ンドがなければ (S 3 0 の N)、N S I D a ~ N S I D c に対する標準的な読み出しあるいは書き込みのためのキュー (図 3 の標準の読み出し / 書き込みキュー 5 1 および 6 2、標準の書き込みキュー 5 8) のいずれかにコマンドが格納されているか否かを確認する (S 3 6)。

【 0 0 6 7 】

格納されている場合 (S 3 6 の Y)、コマンド処理部 4 6 は当該キューに最先に格納されたコマンド読み出し、上述と同様にデータを書き込んだり読み出したりする (S 3 8)。フェーズ 2 では、読み出し処理と書き込み処理のそれぞれに対し処理上限が設定されるため、1 コマンドを処理する都度、その処理内容ごとに、コマンド数と上限を比較する。処理上限数に到達していなければ (S 3 4 の Y)、再度、高速の書き込みのためのキューにコマンドが格納されているか否かを確認し、格納されていればそれを処理する (S 3 0 の Y、S 3 2)。

10

【 0 0 6 8 】

当該キューに処理すべきコマンドがなければ (S 3 0 の N)、標準的な読み出しあるいは書き込みのためのキューにコマンドが格納されているか否かを確認し、格納されていればそれを処理する (S 3 6 の Y、S 3 8)。当該サイクルにおいて処理したコマンド数が上限に到達したり、処理すべきコマンドがなくなったりしたら、当該フェーズを終了させて次のフェーズへ移行する (S 3 4 の N または S 3 6 の N)。このような処理手順により、高速の書き込みを優先的に処理できる。なお S 3 6 において確認処理の対象とされるキューは図 3 の例では 3 つあるが、基本的にはそれらを順繰りに確認し、コマンドがあれば処理するラウンドロビン方式でよい。

20

【 0 0 6 9 】

図 7 はフェーズ 3 において、コマンド処理部 4 6 が管理処理のうち読み出し処理を行う処理手順を示すフローチャートである。コマンド処理部 4 6 は、管理処理に対して設けたキュー (図 3 の S L C T L C コピーのキュー 6 4、読み出しディスタブ回避用データコピーのキュー 6 6、ガベージコレクションのキュー 6 8) のいずれかにコマンドが格納されているか否かを確認する (S 4 0)。格納されている場合 (S 4 0 の Y)、コマンド処理部 4 6 は当該キューに最先に格納されたコマンド読み出し、そのうちデータを読み出す処理のみを実施する (S 4 2)。

【 0 0 7 0 】

30

処理したコマンド数がフェーズ 3 で設定されている上限未満であれば、キューにコマンドがある限り、そのうちの読み出し処理を繰り返す (S 4 4 の Y、S 4 0 の Y、S 4 2)。処理の上限に達したとき (S 4 4 の N)、あるいは処理すべきコマンドがいずれのキューにもないとき (S 4 0 の N)、当該フェーズを終了させて次のフェーズへ移行する。なお S 4 0 において確認処理の対象とされるキューは複数 (図 3 の例では 3 つ) あるが、それらをラウンドロビン方式で順繰りに確認し、コマンドが存在すれば処理することを基本とする。

【 0 0 7 1 】

またフェーズ 3 については、処理数の上限を絶対値で設定する代わりに、フェーズ 5 で書き込みを実施する分だけ読み出すようにしてもよい。また S L C の空き領域が所定サイズより少なくなった場合、フェーズ 2 における S L C への書き込み処理のコマンドをスキップしてフェーズ 3 に移行することにより、T L C へのデータコピーが先になされるようにする。この場合もフェーズ 1 や 4 は順序通りに行うことで必要なデータ読み出しは遂行される。

40

【 0 0 7 2 】

図 8 はフェーズ 5 において、コマンド処理部 4 6 が管理処理のうち書き込み処理およびデータ消去を行う処理手順を示すフローチャートである。なおフェーズ 3 において読み出し処理のみ実施した管理処理のコマンドは、フラグを立てるなどして他と区別したうえでキューに残しておく。あるいは管理処理のコマンドを読み出しコマンド、書き込みコマンド、消去コマンドに分けて格納し、フェーズ 3 で処理された読み出しコマンドをキューか

50

ら削除してもよい。

【 0 0 7 3 】

まずコマンド処理部 4 6 は、それ以前のフェーズ 5 のタイミングで処理を中断したコマンドがないか確認する (S 5 0)。上述のとおりフェーズ 5 における処理は比較的時間を要するため、緊急の読み出しキューにコマンドが格納されたり、フェーズ 5 の制限時間を満了したりした場合に処理を中断してフェーズ 1 に移行する。処理を中断したコマンドは図示しない別のキューに格納するか、それが識別されるような状態で元のキューに残しておく。

【 0 0 7 4 】

中断したコマンドがあれば (S 5 0 の Y)、当該コマンドを中断した時点から再開する (S 5 4)。中断したコマンドがなければ (S 5 0 の N)、コマンド処理部 4 6 は管理処理に対して設けたキューのいずれかにコマンドが格納されているか否かを確認する (S 5 2)。ただしここで対象とするコマンドは、フェーズ 3 においてデータの読み出しのみが実施されているコマンドである。そのようなコマンドがなければ、当該フェーズを終了させ次のフェーズへ移行する (S 5 2 の N)。コマンドがあれば (S 5 2 の Y)、当該コマンドの書き込み処理と、必要に応じたデータ消去処理を開始する (S 5 4)。

10

【 0 0 7 5 】

そして、N S I D b に対する緊急性の最も高い読み出しキューにコマンドが格納されないか、フェーズ 5 に設定されている制限時間に達しないか、を確認しながら処理を続行する (S 5 6 の N、S 5 8 の N、S 6 0 の N)。緊急キューへのコマンドの格納、および制限時間の満了のどちらかが発生したら (S 5 6 の Y または S 5 8 の Y)、開始した処理を中断して次のフェーズへ移行する (S 6 2)。この場合、フェーズ 1、フェーズ 4 と移行してフェーズ 5 へ再び戻り、中断した処理を再開する。

20

【 0 0 7 6 】

緊急キューへのコマンドの格納、および制限時間の満了のどちらも発生せず処理が完了したら (S 6 0 の Y)、コマンドの処理数が上限に達しているかを確認し、達していた場合、当該フェーズを終了させて次のフェーズへ移行する (S 6 4 の N)。図 4 で示した処理上限数の設定によれば、フェーズ 5 における書き込みは 1 コマンドを上限とするため、S 6 0 において書き込み処理が完了した時点で本フェーズは終了することになる。またデータ消去処理は長時間に渡るため、処理が完了した時点でフェーズを終了させる。

30

【 0 0 7 7 】

それ以外の設定であって、処理したコマンド数が設定された書き込み処理の上限未満であれば (S 6 4 の Y)、各キューにコマンドが格納されているか否かを確認し、格納されていればそれを処理する (S 5 2 の Y、S 5 4 ~ S 6 0)。この場合も当然、緊急キューへのコマンドの格納、および制限時間の満了のどちらかが発生したら (S 5 6 の Y または S 5 8 の Y)、開始した処理を中断して次のフェーズへ移行する (S 6 2)。一方、処理が完了し、コマンドの処理数が上限に達したら当該フェーズを終了させて次のフェーズへ移行する (S 6 4 の N)。

【 0 0 7 8 】

ところでフェーズ 3 およびフェーズ 5 で実施される管理処理の発生頻度は、フェーズ 1、フェーズ 2、およびフェーズ 4 で実施されるコマンドの数に影響される。例えば S L C を T L C にコピーする処理は 3 ページ単位でなされる。ここでフェーズ 2 において毎回、1 ページ分の S L C への書き込みがなされた場合、3 周期に 1 回、S L C から T L C へのコピーを行うことで帳尻を合わせることができる。したがって残りの 6 6 % の時間を別の管理処理に割り当てられる。

40

【 0 0 7 9 】

また 1 ブロックが 7 6 8 ページで、フェーズ 3 およびフェーズ 5 において 1 周期当たり 3 ページのコピーを完了させると、2 5 6 周期で 1 ブロックのコピーが完了する。読み出しディスタブを回避するため、同一ブロックが平均 1, 0 0 0, 0 0 0 回、読み出されたら該当ブロックをコピーする場合、フェーズ 1 およびフェーズ 4 において 1 周期当たり

50

最大100回の読み出しがなされると、10,000周期に1回、ブロックコピーの必要が生じる。1ブロックのコピーに上述のとおり256周期を要するとすると、読み出しディスタブ回避のための管理処理に必要な時間割合は最大で $256 / 10000 = 2.5\%$ である。

【0080】

このようにホストユニット12から発行されるコマンド数と管理処理の発生との因果関係を考慮し、適切なバランスで各フェーズにおけるコマンドの処理上限数を設定することにより、管理処理を破綻させずに全てを円滑に処理できる。また各フェーズで処理対象とするキューを、上述のとおり処理内容や優先度に応じて適切に切り替えることにより、各コマンドの発行から処理までの遅延時間を制御することができる。

10

【0081】

例えば図4の設定によれば、NSIDbのキューに格納された先頭コマンドの処理が他の処理により遅延する時間は、最大でもフェーズ5の制限時間である3.0msec程度に抑えることができる。これにより、NSIDbから読み出したデータを用いて表示画像を描画する場合に、画面のフリーズやコマ落ちなどの不具合を最小限に抑えることができる。

【0082】

これまで述べたように本実施の形態では、コマンドの内容に応じてフェーズ、ひいてはキューの切り替え規則を独立に設定する。そこで、より情報処理の特性に即した規則を特定のフェーズに課すこともできる。図9はその一例として、ホストユニット12からの通知に応じてフェーズを切り替える規則を導入する形態を説明するための図である。この例において情報処理装置は、フラッシュメモリ20に格納されたデータを用いて直後に表示すべき画像を描画する処理を、表示装置のフレーム表示周期に合わせて繰り返す。

20

【0083】

フラッシュメモリ20から、描画に必要なデータをその場で読み出すようにすると、前もって多くのデータを読み出しておくよりシステムメモリ14の容量を節約できる。図は横方向を時間軸とし、上段から、フレームn、フレームn+1、フレームn+2、・・・を表示装置に表示する期間、各フレームを描画する期間、およびフラッシュコントローラ18によるメモリアクセスの各フェーズを矩形で示している。

【0084】

30

最上段の表示処理における黒塗りの期間は垂直帰線期間に対応する。このような周期的な表示処理に対し、情報処理装置（主にホストユニット12）は、表示が開始される前に同フレームの描画を完成させる必要がある。画像の内容によって、各フレームの描画期間およびフラッシュメモリ20から読み出すべきデータのサイズやその要求頻度も異なる。描画期間の矩形から下向きに出ている白抜きの矢印（例えば矢印80）は、ホストユニット12からの読み出しコマンドの発行タイミングを例示している。

【0085】

図示するように、あるフレームの描画が完了してから次のフレームの描画が開始されるまでには、フレームの描画期間に応じた空き時間 T_{n+1} 、 T_{n+2} 、 T_{n+3} 、・・・が発生する。そこでこの時間を利用して、管理処理のうち時間を要する処理をまとめて行うことにより、描画期間においては読み出し処理の遅延がより抑えられるようにする。具体的には、1フレーム分の描画処理が完了する都度、ホストユニット12からフラッシュコントローラ18へその旨を通知する。同図ではこのタイミングを矢印82a、82b、82c、82dで示している。

40

【0086】

フラッシュコントローラ18は、当該通知を受けたことを条件に、フェーズ4からフェーズ5へ移行する。同図ではこのタイミングを矢印84a、84b、84c、84dで示している。このようにホストユニット12における処理の進捗状況に合わせて、フラッシュコントローラ18が処理するコマンドの種類を切り替えることにより、ホストユニット12が必要とする処理と、フラッシュメモリ20自身が必要とする処理とを、それぞれに

50

適したタイミングで実施できる。

【 0 0 8 7 】

同図の例では、ホストユニット 1 2 から描画データの読み出しコマンドが発行される期間、すなわちフレームの描画期間には、フェーズ 1 ~ 4 に限定してコマンド処理がなされるため、読み出し処理の遅延時間は最大でもフェーズ 2 およびフェーズ 3 の期間分ですむことになる。図 4 で示したような処理上限数を設定した場合、当該遅延時間は最大 0 . 9 m s e c となる。

【 0 0 8 8 】

図 1 0 は、コマンド調整部 5 0 による調整に主眼を置いたフラッシュコントローラ 1 8 の処理手順を示すフローチャートである。フラッシュコントローラ 1 8 のコマンド受付部 4 0、管理コマンド生成部 4 2、およびコマンド処理部 4 6 は、これまで述べたようにして、ホストユニット 1 2 から発行されたコマンドを受け付けたり管理処理のためのコマンドを生成したりして、順次処理する (S 7 0)。このステップには詳細には上述のとおり、フェーズ 1 ~ 5 や、各フェーズで処理対象とするキューを、切り替え規則記憶部 4 8 に設定された規則に従い切り替える処理が含まれる。

【 0 0 8 9 】

さらに、図 9 で示したようにホストユニット 1 2 からの通知を条件としてフェーズ 5 へ移行する動作が含まれていてよい。このようなコマンド処理と並行して、コマンド調整部 5 0 は、フラッシュメモリ 2 0 のうち同一ブロックに対する読み出しの回数が所定のしきい値を超えたか否かを監視する (S 7 2)。また新たに書き込みが可能なブロックの数が所定のしきい値以下となったか否かを監視する (S 7 4)。前者は読み出しディスターブを回避するためのデータコピーコマンドの発行タイミングの到来を事前に予測するものである。

【 0 0 9 0 】

後者はガベージコレクションコマンドの発行タイミングの到来を事前に予測するものである。どちらの監視結果も否であれば、コマンド調整部 5 0 による調整はなされず、コマンド処理が続行される (S 7 2 の N、S 7 4 の N、S 7 0)。同一ブロックに対する読み出しの回数が所定のしきい値を超えるか (S 7 2 の Y)、新たに書き込みが可能なブロックの数が所定のしきい値以下となったら (S 7 4 の Y)、コマンド調整部 5 0 は切り替え規則記憶部 4 8 に格納された切り替え規則のいずれかを調整する (S 7 6)。

【 0 0 9 1 】

例えばフェーズ 1、フェーズ 2、フェーズ 4 において、通常優先度の読み出しキューや標準の書き込み、読み出しのキューに格納されたコマンドを一時的に処理しないようにしたり、処理数を制限したりする一方、フェーズ 3 やフェーズ 5 の処理上限数や制限時間を増加させる。これにより、1 周期に対し管理処理に使える時間の割合が増加する。

【 0 0 9 2 】

またコマンド調整部 5 0 は、同一ブロックに対する読み出しの回数が所定のしきい値を超えた旨や、新たに書き込みが可能なブロックの数が所定のしきい値以下となった旨を、ホストユニット 1 2 へ通知する (S 7 8)。これに応じてホストユニット 1 2 は、通常優先度の読み出し処理や標準の書き込み処理、読み出し処理のコマンドの発行数を一時的に低下させる。このようにしても、切り替え規則の変更と同様、1 周期に対し管理処理に使える時間の割合が増加する。なおホストユニット 1 2 へは、同一ブロックに対する読み出し回数や書き込み可能なブロック数を随時通知し、ホストユニット 1 2 側でコマンドの発行数を調整してもよい。

【 0 0 9 3 】

結果として、ホストユニット 1 2 からの要求のうち緊急性の高いコマンドの処理を保障したうえで、管理処理が間に合わず正確なデータが読み出せなくなったり書き込みができなくなったりすることなくなる。なお S 7 2 と S 7 4 の監視項目はどちらか一方のみとしてもよいし、管理処理が必要になることを予測できるような別の監視項目を採用したり組み合わせたりしてもよい。例えば管理処理のキューに実際に格納されているコマンドの

10

20

30

40

50

数にしきい値を設けたり、それまでのコマンドの格納状況から以後の格納数を予測したりして調整の必要性を判定してもよい。

【0094】

またS76の切り替え規則の変更とS78のホストユニット12への通知はどちらか一方のみ実施してもよい。また図示を省略しているが、監視項目がターゲットとする管理処理が完了したら、コマンド調整部50は切り替え規則を元に戻したり、その旨をホストユニットに通知してコマンドの発行数を通常状態に戻させたりする。

【0095】

以上述べた本実施の形態によれば、フラッシュメモリに対するアクセス要求を、読み出し、書き込みといった処理の内容と其中での優先度に応じた異なるキューに格納する。そしてキューごとに設定した規則に従い、対象のキューを切り替えてコマンドを読み出し、処理する。これにより情報処理の特性、例えばデータ読み出しおよび書き込みのどちらが支配的か、どちらが時間に対する拘束条件が厳しいか、両者が対等か、といった特性に適した順序や頻度でアクセス要求を処理できる。

【0096】

また複数のキューを分類し、種類ごとに処理する期間（フェーズ）を設ける。これにより個々のキューに対しては、同一フェーズで処理されるキュー間の切り替え規則とフェーズ間の切り替え規則を2重に課すことになり、それらの組み合わせによりきめ細かい設定、ひいては実態に即した柔軟な運用が可能になる。

【0097】

このようなシステムに、ガベージコレクション、読み出しディスターブ回避のためのデータコピー、SLCからTLCへのデータコピー、といった管理処理用のキューも同様に組み入れる。これにより、ホストユニットからの緊急性の高いアクセス要求の処理が、管理処理によって滞るのを防ぐことができる。特に上記のような管理処理は、ホストユニットからのアクセス要求の内容や頻度に依存して発生するため、コマンド処理数の上限や制限時間など、キューごとに絶対的な指標を用いた規則を設定することにより、双方のバランスを最適化し、破綻することなく必要な処理を低遅延で行える。またフェーズを循環させることにより、処理周期の見積もりが容易となり、バンド幅の制御が可能となる。

【0098】

さらに上記の管理処理には、頻度は高くないが一旦、必要性が生じると多くの時間を要する独特の性質を有するものがある。そのような処理が開始されるタイミングを事前に予測し、一時的に切り替え規則を変化させたりホストユニットによる要求のうち緊急性の低いものの発行を抑制したりする。これにより、管理処理に割り当てる時間を一時的に増加させて促進させる一方、ホストユニットの処理に最低限必要なアクセス処理を担保する、といった臨機応変な対応を容易に実現できる。

【0099】

以上、本発明を実施の形態をもとに説明した。上記実施の形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

【符号の説明】

【0100】

10 情報処理装置、 12 ホストユニット、 14 システムメモリ、 18 フラッシュコントローラ、 20 フラッシュメモリ、 22 ホストコントローラ、 24 S R A M、 28 メモリコントローラ、 30 コマンド発行部、 32 情報処理部、 34 データ入出力部、 36 キュー、 40 コマンド受付部、 42 管理コマンド生成部、 44 キュー、 46 コマンド処理部、 48 切り替え規則記憶部、 50 コマンド調整部。

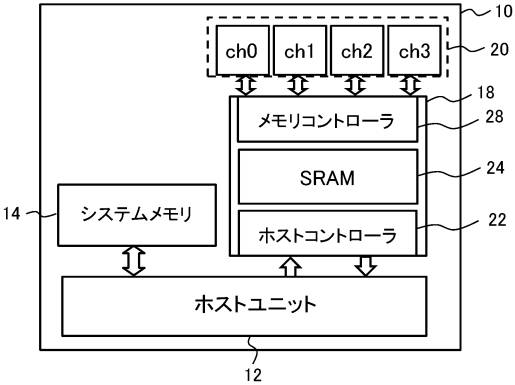
10

20

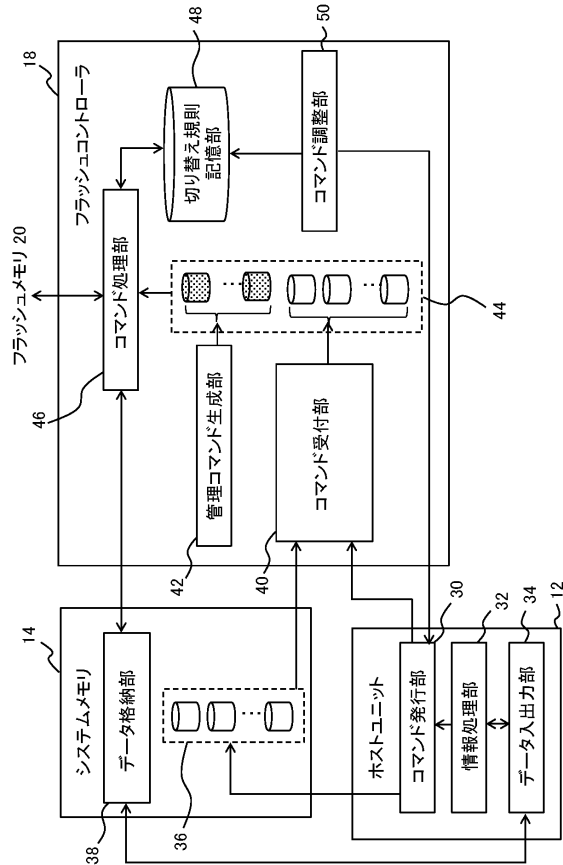
30

40

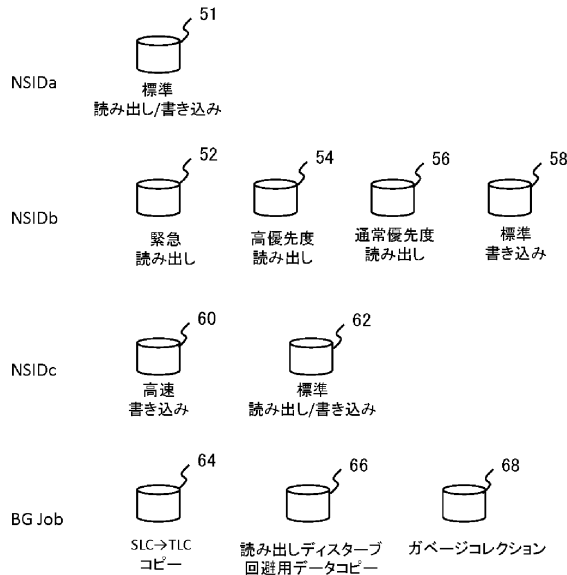
【図 1】



【図 2】



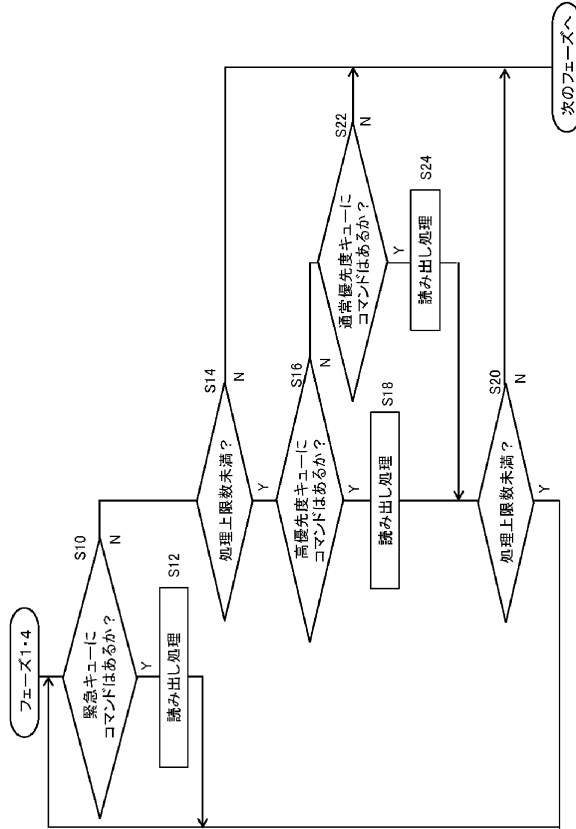
【図 3】



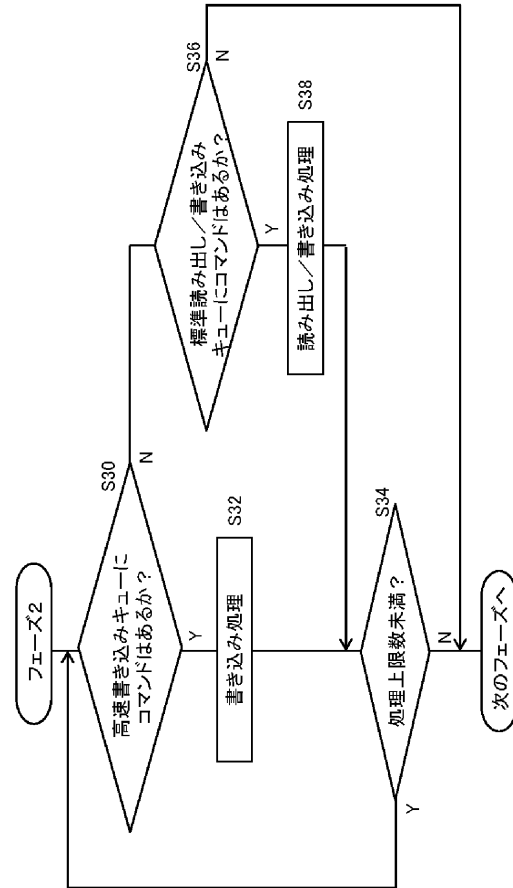
【図 4】

フェーズ	キューの種類		処理上限数	制限時間	最大所要時間
	NSID	処理内容			
1	b	読み出し	50	—	5.1msec
2	a~c	高速書き込み 標準読み出し/書き込み	書き込み: 1 読み出し: 4	—	0.5msec
3	BG Job	読み出し	3	—	0.4msec
4	b	読み出し	50	3.0msec	5.1msec
5	BG Job	書き込み、消去	書き込み: 1	—	3.0msec
合計					14.1msec

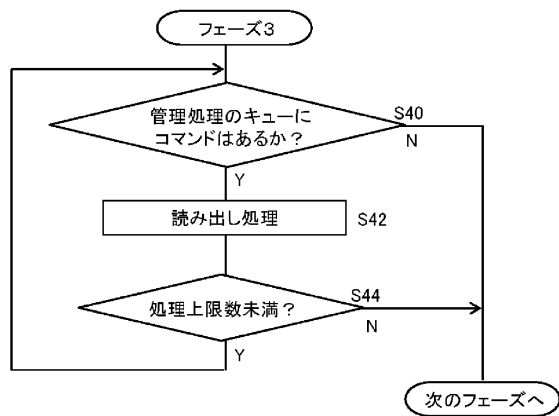
【図 5】



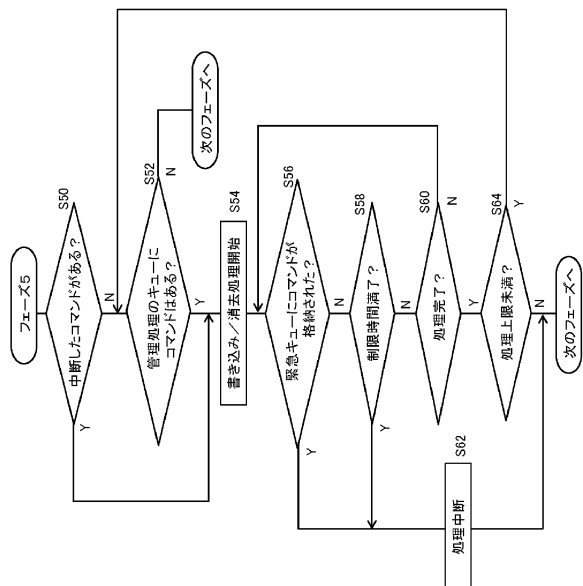
【図 6】



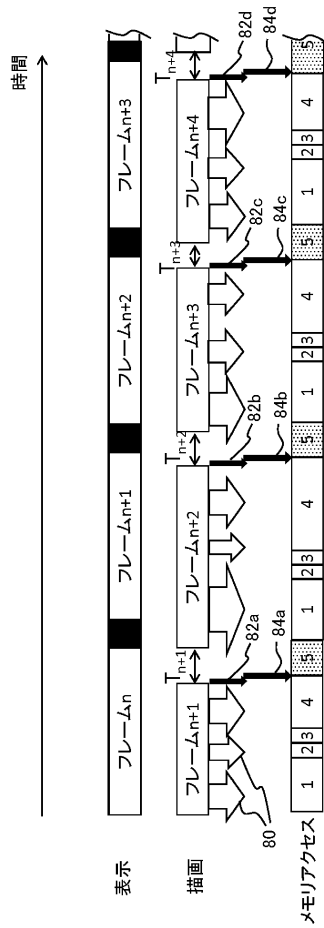
【図 7】



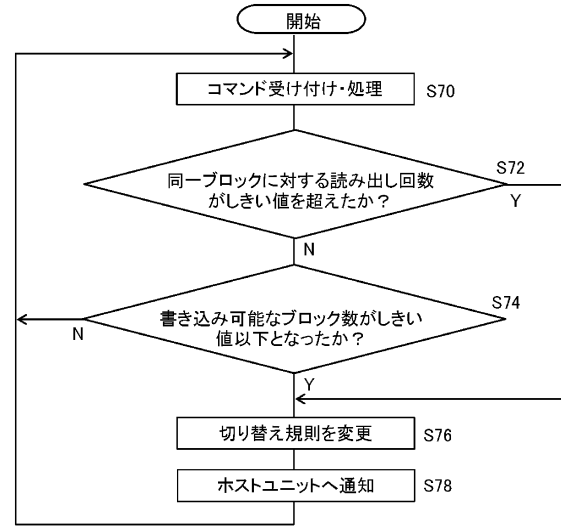
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 斎藤 英幸

東京都港区港南1丁目7番1号 株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント内

審査官 後藤 彰

(56)参考文献 特開2013-200692(JP,A)

特開2006-236056(JP,A)

特開2006-185198(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06F 12/00

G06F 12/02