

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年3月20日(20.03.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/041591 A1

- (51) 国際特許分類:
G06F 3/06 (2006.01) G06F 13/10 (2006.01)
G06F 12/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/073115
- (22) 国際出願日: 2012年9月11日(11.09.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 松谷 一弘 (MATSUYA, Kazuhiro) [JP/JP]; 〒2440817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 ITプラットフォーム事業本部内 Kanagawa (JP). 富田 隆彦 (TOMIDA, Takahiko) [JP/JP]; 〒2440817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 ITプラットフォーム事業本部内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 大賀 眞司, 外(OHGA, Shinji et al.); 〒1400002 東京都品川区東品川二丁目3番12号

シーフォートスクエア センタービルディング
16階 サンネクスト国際特許事務所 Tokyo (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

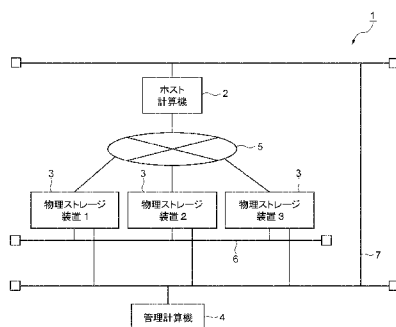
[続葉有]

(54) Title: ADMINISTRATION DEVICE AND ADMINISTRATION METHOD

(54) 発明の名称: 管理装置及び管理方法

[図1]

図 1



- 2 Host computer
3 Physical storage device
4 Managing computer

(57) Abstract: [Problem] To provide an administration method and an administration device enabling a computer system to be improved in terms of overall stability. [Solution] In a computer system in which a storage region provided to a plurality of storage devices is managed as a theoretical pool, a virtual volume associated with the theoretical pool is provided to a host computer, and a real storage region is allocated to the virtual volume from the theoretical pool during writing from the host computer to the virtual volume, the host computer is controlled when the plurality of storage devices are supplemented by another storage device so that an access pass is switched to the storage device.

(57) 要約: 【課題】 計算機システム全体としての安定性を向上させ得る管理装置及び管理方法を提案する。【解決手段】 複数のストレージ装置がそれぞれ提供する記憶領域を論理プールとして管理し、論理プールと対応付けられた仮想ボリュームをホスト計算機に提供し、ホスト計算機から仮想論理ボリュームへの書き込み時に論理プールから仮想ボリュームに実記憶領域を割り当てる計算機システムにおいて、複数のストレージ装置にストレージ装置が追加された場合に、当該ストレージ装置に前記アクセスパスを切り替えるように前記ホスト計算機を制御するようにした。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：管理装置及び管理方法

技術分野

[0001] 本発明は、管理装置及び管理方法に関し、特に、複数のストレージ装置がそれぞれ提供する記憶領域を当該複数のストレージ装置を跨る論理プールとして管理し、論理プールと対応付けられた仮想ボリュームをホスト計算機に提供し、論理プールから仮想ボリュームに動的に記憶領域を割り当てる計算機システムに適用して好適なものである。

背景技術

[0002] 近年、計算機システムにおけるストレージ仮想化技術が広く提案されている。例えば、特許文献１には、第１の物理ストレージ装置が、第２の物理ストレージ装置の論理ボリュームを仮想化して自物理ストレージ装置内の論理ボリュームとしてホスト計算機に提供可能にする技術が開示されている。かかるストレージ仮想化技術により、第１の物理ストレージ装置に第２の物理ストレージ装置を接続することで、第１の物理ストレージ装置の記憶容量を拡張することができる。

[0003] 一方、特許文献２には、第１の物理ストレージ装置と第２の物理ストレージ装置内に作成したシンプロビジョニング技術による論理プールを統合する技術が開示されている。シンプロビジョニング技術とは、ホスト計算機からのライト要求に応じて、当該ホスト計算機がデータを格納する記憶領域を論理プールから動的に割り当てる技術のことである。上述のような論理プールの統合によって、第２の物理ストレージ装置内に作成した仮想的な論理ボリューム（以下、これを仮想ボリュームと呼ぶ）を、第１の物理ストレージ装置内の仮想ボリュームとして利用できるようになる。

[0004] また特許文献２に開示された技術を用いることによって、１つの仮想ボリュームに対して複数の物理ストレージ装置から記憶領域を割り当てることもできる。特許文献２では、各物理ストレージ装置が、全論理プールと、各論

理プールにそれぞれ対応付けられた各仮想ボリュームと、各論理プールをそれぞれ構成する単位物理記憶領域（以下、これを物理ページと呼ぶ）とを紐付ける構成情報を管理している。かかる論理ページに関する構成情報を、各論理ページが配置された物理ストレージ装置の識別子と当該物理ストレージ装置において使用している物理領域のアドレスとすれば、一つの仮想ボリュームに対して記憶領域を割り当てる物理ストレージ装置が複数存在する場合でも、各仮想ボリュームの構成情報を管理することができる。

[0005] さらに特許文献3には、ホスト計算機から与えられたI/O（Input/Output）要求が自物理ストレージ装置に対するものであるか否かを判定し、当該I/O要求が自物理ストレージ装置と接続された他の物理ストレージ装置に対するものであった場合には、当該他の物理ストレージ装置にそのI/O要求を転送する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特開2005-107645号公報
特許文献2：特表2012-504789号公報
特許文献3：特開2008-65561号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ところで、複数の物理ストレージを並列に接続し、複数の物理ストレージ装置を跨いだ巨大な論理プール（以下、これを装置横断プールと呼ぶ）を構築し、このような装置横断プール上に仮想ボリュームを作成し、当該仮想ボリュームをホスト計算機に提供することにより、ホスト計算機から仮想ボリュームに書き込まれたデータを複数の物理ストレージ装置に分散して記憶保持し得る計算機システムを構成できる。このような計算機システムでは、装置横断プールの容量が枯渇した場合に、新規の物理ストレージ装置を追加し、当該物理ストレージ装置の記憶領域を装置横断プールに統合することによ

って、容量問題を解決することができる利点を有する。

[0008] かかる計算機システムにおいて、新規の物理ストレージ装置を追加する契機としては、装置横断プールの容量が不足した場合だけでなく、装置横断プールを構成する物理ストレージ装置の I/O 処理性能が低下した場合も考えられる。すなわち、装置横断プールを構成する物理ストレージ装置群の I/O 処理性能が低下した場合、既存の物理ストレージ装置の I/O 負荷を新規の物理ストレージ装置に分散することによって、物理ストレージ装置群全体から見た I/O 処理性能の改善を期待できる。

[0009] しかしながら、既存の技術では、既存の物理ストレージ装置群の I/O 負荷を新規追加された物理ストレージ装置に短時間に分散することができない問題があった。これは、仮想ボリュームに新たな記憶領域を割り当てる際、既にアクセスパスが設定されている物理ストレージ装置からその記憶領域を確保しようとしてしまうからである。

[0010] また、既存の物理ストレージ装置が保持するデータを新規追加された物理ストレージ装置に移動する方法も考えられるが、このようなデータ移動を無闇に行った場合、物理ストレージ装置に余分な I/O 負荷が発生し、その分、一時的に装置横断プール全体の性能低下を招きかねないという問題もある。

[0011] 従って、かかる装置横断プールを提供する計算機システムにおいて、既存の物理ストレージ装置群の I/O 負荷を新規追加された物理ストレージ装置に短時間に分散することができれば、装置横断プールを構成する物理ストレージ装置群を早期に定常状態に移行させることができ、計算機システム全体としての安定性と性能を向上させ得るものと考えられる。

[0012] 本願発明は以上の点を考慮してなされたもので、計算機システム全体としての安定性と性能を向上させ得る管理装置及び管理方法を提案しようとするものである。

課題を解決するための手段

[0013] かかる課題を解決するため本発明においては、相互に接続された複数のス

ストレージ装置がそれぞれ提供する記憶領域を当該複数のストレージ装置を跨る論理プールとして管理すると共に、前記論理プールと対応付けられた仮想ボリュームをホスト計算機に提供し、ホスト計算機による仮想ボリュームの利用状況に応じて、論理プールから仮想ボリュームに書込みが発生したときに論理プールから仮想ボリュームへ実記憶領域を割り当てる。

[0014] ホスト計算機は、複数のストレージ装置と複数のパスを介して接続されると共に、当該複数のパスの中から選択された1つの前記パスをアクセスパスとして、当該アクセスパスを介して前記仮想ボリュームにアクセスし、前記アクセスパスが接続された前記ストレージ装置は、前記アクセスパスを介して前記ホスト計算機から与えられたI/O要求が自装置に格納されたデータに対するものでない場合には、当該I/O要求を要求されたデータが格納された前記ストレージ装置に転送する。

[0015] 管理装置は、前記仮想ボリュームの性能を監視し、新たに割り当てる記憶領域が不足する可能性があるアプリケーションや、仮想ボリュームへのアクセス性能が低下する可能性のあるアプリケーションが、使用する仮想ボリュームへのアクセスパスを新規追加ストレージ装置に切り替えるように前記ホスト計算機を制御し、新規追加したストレージ装置へのアクセスパス切り替えを実施した後に性能低下が検知された仮想ボリュームについては、性能低下の原因を特定し、その原因に応じた性能問題が改善される対処を実行する。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、計算機システム全体としての安定性と性能を向上させ得る管理装置及び管理方法を実現できる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本実施の形態による計算機システムの全体構成を示すブロック図である。

[図2]ホスト計算機の概略構成を示すブロック図である。

[図3]物理ストレージ装置の概略構成を示すブロック図である。

[図4]管理計算機の概略構成を示すブロック図である。

[図5] 計算機システムの論理構成を示す概念図である。

[図6] ホスト計算機が保持するパス管理テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図7] 物理ページ管理テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図8] 論理ページ管理テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図9] 物理ストレージ装置が保持するパス管理テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図10] 仮想ストレージ装置構成テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図11] レスポンスタイム測定結果管理テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図12] 性能メトリック測定結果管理テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図13] ポート性能値測定結果管理テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図14] ポート管理テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図15] 仮想ストレージ装置構成管理テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図16] 追加装置設定値管理テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図17] 性能低下仮想ボリューム管理テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図18] 性能低下仮想ボリューム検出日時管理テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図19] 仮想ボリューム性能低下判定条件定義テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図20] 仮想ボリュームレスポンスタイム履歴テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図21] パス管理テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図22]物理ストレージ装置性能メトリック閾値定義テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図23]物理ストレージ装置性能メトリック履歴テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図24]装置間通信性能管理テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図25]装置間データ転送量履歴テーブルの構成の説明に供する概念図である。

[図26]レスポンスタイム測定結果取得処理の処理手順を示すフローチャートである。

[図27]ストレージ管理処理の処理手順を示すフローチャートである。

[図28A]仮想ボリューム性能低下判定処理の処理手順を示すフローチャートである。

[図28B]仮想ボリューム性能低下判定処理の処理手順を示すフローチャートである。

[図29]性能低下原因特定処理の処理手順を示すフローチャートである。

[図30]フロントエンド負荷分散処理の処理手順を示すフローチャートである。

[図31]性能低下仮想ボリューム情報表示画面の概略構成を示す略線図である。

[図32]アクセスパス切替え先表示画面の概略構成を示す略線図である。

[図33]アクセスパス切替え先ポート表示処理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

[0018] 以下図面について、本発明の一実施の形態を詳述する。

[0019] (1) 本実施の形態による計算機システムの構成

図1において、1は全体として本実施の形態による計算機システムを示す。この計算機システム1は、ホスト計算機2、複数の物理ストレージ装置3及び管理計算機4を備えて構成される。ホスト計算機2及び複数の物理スト

レージ装置 3 は、ホスト通信用ネットワーク 5 を介して接続されると共に、物理ストレージ装置 3 間は装置間通信用ネットワーク 6 を介して相互に通信自在に接続されている。また管理計算機 4 は、ホスト計算機 2 及び複数の物理ストレージ装置 3 と管理用ネットワーク 7 を介して接続されている。

[0020] ホスト通信用ネットワーク 5 は、S A N (Storage Area Network) から構成される。ホスト計算機 2 は、このホスト通信用ネットワーク 5 を介して物理ストレージ装置 3 に対して I / O 要求等のコマンドや各種データを送受する。装置間通信用ネットワーク 6 も S A N から構成される。各物理ストレージ装置 3 は、この装置間通信用ネットワーク 6 を介して、ホスト計算機 2 からの I / O 要求を他の物理ストレージ装置 3 に転送したり、物理ストレージ装置 3 間でデータを送受したりする。なお、ホスト通信用ネットワーク 5 及び装置間通信用ネットワーク 6 は、図 1 のように別々のネットワークであっても、また同一のネットワークでも良い。

[0021] 管理用ネットワーク 7 は、L A N (Local Area Network) から構成される。管理計算機 4 は、この管理用ネットワーク 7 を介してホスト計算機 2 や各物理ストレージ装置 3 から情報を収集し、これらホスト計算機 2 や各物理ストレージ装置 3 に対する各種設定を行う。

[0022] 図 2 は、ホスト計算機 2 の概略構成を示す。ホスト計算機 2 は、C P U (Central Processing Unit) 1 0 及びメモリ 1 1 と、それぞれ 1 又は複数の S A N ポート 1 2 及び L A N ポート 1 3 と、これら C P U 1 0、メモリ 1 1、S A N ポート 1 2 及び L A N ポート 1 3 間を相互に接続する内部バス 1 4 とを備えて構成される。

[0023] C P U 1 0 は、ホスト計算機 2 全体の動作制御を司るプロセッサである。またメモリ 1 1 は、各種プログラム及び各種データを保持するために利用される。このメモリ 1 1 には、1 以上のアプリケーションプログラム 1 5 に加え、後述するマルチパス管理プログラム 1 6 及びパス管理テーブル 1 7 も格納される。

[0024] S A N ポート 1 2 は、ホスト通信用ネットワーク 5 に対するポートであり

、ホスト通信用ネットワーク5上で固有のネットワークアドレス（例えばWWN（World Wide Name））が付与される。またLANポート13は、管理用ネットワーク7に対するポートであり、管理用ネットワーク7上で固有のネットワークアドレス（例えばIP（Internet Protocol address）アドレス）が付与される。

[0025] 図3は、物理ストレージ装置3の内部構成を示す。物理ストレージ装置3は、CPU20、メモリ21、キャッシュメモリ22、1又は複数の物理記憶デバイス23、第1及び第2のSANポート24A、24B並びにLANポート25を備え、これらが内部バス26を介して相互に接続される。

[0026] CPU20は、物理ストレージ装置3全体の動作制御を司るプロセッサであり、物理記憶デバイス23に格納されたプログラムをメモリ21に読み込み、読み込んだプログラムを必要に応じて実行する。

[0027] メモリ21は、物理記憶デバイス23から読み込まれた各種プログラムを記憶するために用いられるほか、CPU20のワークメモリとしても利用される。後述するストレージ制御プログラム30、物理ページ管理テーブル32、論理ページ管理テーブル33、パス管理テーブル34、仮想ストレージ装置構成管理テーブル35、レスポンスタイム測定結果管理テーブル36、性能メトリック測定結果管理テーブル37、ポート性能値測定結果管理テーブル38及びポート管理テーブル39もこのメモリ21に記憶される。ただし、これらの管理テーブル32～39については、他の補助記憶装置において保持するようにしても良い。キャッシュメモリ22は、主として物理記憶デバイス23に読み書きされるデータを一時的に記憶するために利用される。

[0028] 第1のSANポート24Aは、ホスト通信用ネットワーク5に対するポートであり、第2のSANポート24Bは、装置間通信用ネットワーク6に対するポートである。さらに、LANポート25は、管理用ネットワーク7に対するポートである。これらのポートには、各ネットワーク中で固有の識別子（例えばWWNやIPアドレス）が付与される。

[0029] 物理記憶デバイス23は、例えばSCSI (Small Computer System Interface) ディスク等の高価なディスクデバイス、又はSATA (Serial AT Attachment) ディスクや光ディスク等の安価なディスクデバイスなどから構成される。これらの物理記憶デバイス23が提供する記憶領域上にそれぞれ1又は複数の論理ボリュームVOL (図5参照) が設定される。

[0030] なお、物理記憶デバイス23は、RAID (Redundant Arrays of Inexpensive Disks) グループに置き換えることができる。RAIDグループとは、ディスク回転数などの物理的な特性が同種である複数の記憶デバイスの集合体を指す。この場合CPU20は、1つのRAIDグループを構成する複数の物理記憶デバイス23が提供する記憶領域を1つの物理記憶デバイス23が提供する記憶領域として管理し、当該記憶領域上に1又は複数の論理ボリュームVOLを設定する。

[0031] 図4は、管理計算機4の概略構成を示す。管理計算機4は、CPU40、メモリ41及びLANポート42を備えて構成される。

[0032] CPU40は、管理計算機4全体の動作制御を司る。またメモリ41は、主として各種プログラムや各種データを記憶する。このメモリ41には、後述するストレージ管理プログラム50及び各種管理テーブル62~72もこのメモリ41に格納されて保持される。メモリ41に格納されたストレージ管理プログラム50をCPU40が実行することにより、管理計算機4全体としての後述のような各種処理が実行される。LANポート42は、管理用ネットワーク7に対するポートであり、管理用ネットワーク7上で固有のネットワークアドレス (例えばIPアドレス) が付与される。

[0033] 図5は、計算機システム1の論理構成を示す。本計算機システム1においては、装置間通信用ネットワーク6を介して接続された複数の物理ストレージ装置3により1つの仮想ストレージ装置VSTが構築される。また仮想ストレージ装置VST内には、当該仮想ストレージ装置VSTを構成する複数の物理ストレージ装置3に跨った1又は複数の仮想ボリュームVOLが定義され、この仮想ボリュームVOLがホスト計算機2に提供される。

[0034] 仮想ストレージ装置VSTでは、上述のように各物理ストレージ装置3内の物理記憶デバイス23がそれぞれ提供する記憶領域上に論理ボリュームVOLが作成され、これら物理ストレージ装置3内の論理ボリュームVOLが物理ストレージ装置3間を跨る1つの論理プール（装置横断プール）PLとして管理される。そしてこの装置横断プールPL上に仮想ボリュームVVOLが作成され、当該仮想ボリュームVVOLが装置横断プールPLに対応付けられる。

[0035] 本計算機システム1では、ホスト計算機2は、装置間通信用ネットワーク6を介して接続された複数の物理ストレージ装置3を1つの仮想ストレージ装置VSTとして認識し、仮想ボリュームVVOLを当該仮想ストレージ装置VSTが提供する論理ボリュームとして認識する。この際、ホスト計算機2は、仮想ストレージ装置VSTを構成する複数の物理ストレージ装置3と間に設定された複数のパスの中からいずれか1つのパスをアクセスパスとして選択する。このアクセスパスを介して、ライト要求やリード要求等のコマンド、及びこれらの要求に対するデータが送受される。

[0036] 仮想ストレージ装置VSTは、ホスト計算機2から仮想ボリュームVVOLに対するライト要求を受信した場合、装置横断プールPLを構成するいずれかの論理ボリュームVOLから所定大きさの論理的な記憶領域（以下、これを論理ページと呼ぶ）LPを割り当てる。論理ページLPは、当該論理ボリュームVOLが存在する物理ストレージ装置3中の所定の大きさの物理的な記憶領域（以下、これを物理ページと呼ぶ）PPに対応付けられる。物理ページPPは、ライト対象のデータのサイズに応じて、必要数分だけ仮想ボリュームVVOLに割り当てられ、この物理ページPPに対象データが格納される。

[0037] ホスト計算機2からのライト要求に対し、アクセスパスを介して接続された物理ストレージ装置3に物理ページPPが割り当てられた場合、当該物理ページPPに対象データが格納される。一方、アクセスパスがホスト計算機2から直接接続されていない物理ストレージ装置3に物理ページPPが割り

当てられた場合には、当該ライト要求は、アクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 から当該物理ページ P P が割り当てられた物理ストレージ装置 3 へ、装置間通信用ネットワーク 6 を介して転送され、当該物理ページ P P に格納される。

[0038] リード対象のデータが、アクセスパスがホスト計算機 2 から直接接続されていない物理ストレージ装置 3 に存在する場合、装置間通信用ネットワーク 6 を介して、当該リード要求はアクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 から対象データが存在する物理ストレージ装置 3 へ転送される。そして、このリード要求に従って、その物理ストレージ装置 3 から読み出されたりリード対象のデータは、装置間通信用ネットワーク 6 を介してアクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 に送信された後、アクセスパスを介してリード要求の発行元のホスト計算機 2 に送信される。

[0039] 加えて、本計算機システム 1 の場合、管理計算機 4 には、アクセス頻度の高いデータをアクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 に移動させ、アクセス頻度の低いデータをアクセスパスが直接接続されていない物理ストレージ装置 3 に移動させるように仮想ストレージ装置 V S T を構成する各物理ストレージ装置を制御する階層型データ管理機能が搭載されている。

[0040] 管理計算機 4 は、各物理ストレージ装置 3 が保持するデータに対するアクセス頻度を常時監視しており、アクセスパスが接続されていない物理ストレージ装置 3 が保持するデータへのアクセス頻度が所定の閾値以上である場合には、そのデータをアクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 に移動させるようその物理ストレージ装置 3 を制御する一方、アクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 が保持するデータへのアクセス頻度が所定の閾値未満である場合には、そのデータを他の物理ストレージ装置 3 に移動させるようアクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 を制御する。

[0041] これにより本計算機システム 1 においては、物理ストレージ装置 3 間におけるデータ転送の発生を低減させながら、ホスト計算機 2 からの I/O 要求に対する応答性能を向上させ得るようになされている。

[0042] (2) 本実施の形態によるアクセスパス切替え機能

(2-1) 本実施の形態によるアクセスパス自動切替え機能の概要

次に、本計算機システム1の管理計算機に搭載されたアクセスパス自動切替え機能について説明する。

[0043] 管理計算機4には、仮想ストレージ装置VSTに新規の物理ストレージ装置3を追加する際、性能低下した仮想ボリュームVVOLを使用するアプリケーションが使用する仮想ボリュームVVOLへのアクセスパスを前記新規の物理ストレージ装置に自動的に切り替える機能が搭載されている。前記機能を実現するために、管理計算機4は、仮想ストレージ装置VST内に作成された各仮想ボリュームVVOLの性能を監視し、いずれかの仮想ボリュームVVOLの性能低下を検知した場合、当該仮想ボリュームVVOLの識別子を記録する。

[0044] アクセスパスを切り替える仮想ボリュームVVOLは、アプリケーションのアクセス頻度に基づいて予め定められた頻度以上の仮想ボリュームVVOLへのアクセスパスを切り替えることにより効率良くアクセスパスの負荷を分散できる。

[0045] 仮想ボリュームVVOLの性能低下の検知には、各仮想ボリュームVVOLの性能を示すメトリックの閾値（以下、これをメトリック閾値と呼ぶ）と、そのメトリックがそのメトリック閾値を超過することを許容する期間（以下、これをメトリック閾値超過許容期間と呼ぶ）とを用いる。仮想ボリュームVVOLのメトリック値がメトリック閾値を超過した期間がメトリック閾値超過許容期間を超えた場合、その仮想ボリュームVVOLの性能が低下したと判断する。本実施の形態においては、かかる仮想ボリュームVVOLの性能を示すメトリックとしてレスポンスタイムを用いることとするが、例えばスループットなどの指標を用いても良い。

[0046] 本実施の形態においては、1時間ごとに、仮想ストレージ装置VST内に作成されたすべての仮想ボリュームVVOLについて、過去1時間に渡って所定期間（以下、これをモニタリング期間と呼び、1分とする）ごとに取得

したレスポンスタイムの履歴情報に基づいて性能が低下しているか否かを判定する。

[0047] なお、仮想ボリュームV V O Lの性能低下の判定条件として、仮想ボリュームV V O LのS L O (Service Level Objective) を適用することもできる。この場合、S L Oに違反した仮想ボリュームV V O Lを使用するアプリケーションに割り当てられた全ての仮想ボリュームV V O Lのアクセスパスが、追加した物理ストレージ装置3に切り替わる。ここで、仮想ボリュームV V O LのS L Oとは、仮想ボリュームV V O Lの提供者から利用者に提示された仮想ボリュームV V O Lの品質、特に性能に関する目標値を意味する。

[0048] 本アクセスパス自動切り替え機能においては、上述のように、追加した物理ストレージ装置3にアクセスパスを切り替えた後、追加された物理ストレージの残りアクセスパス容量や残り記憶領域容量が他の既設ストレージ装置と同等となるか、予め設定された水準になるまで、仮想ストレージ装置V S T中の全ての仮想ボリュームV V O Lの性能を監視し、性能低下を検知した場合は、その性能低下の原因に応じた対処を実施する。

[0049] ここで、仮想ボリュームV V O Lが性能低下する原因は、アクセスパスが接続された物理ストレージ装置3のフロントエンドでの処理性能の低下、物理ストレージ装置3間の装置間通信用ネットワーク6でのデータ転送性能の低下、仮想ストレージ装置V S Tを構成するいずれかの物理ストレージ装置3のバックエンドでの処理性能の低下の3点である。上述の新規追加した物理ストレージ装置3へのアクセスパス切り替えによって、当該アクセスパス切り替えと関係のない仮想ボリュームV V O Lの性能が低下した場合でも、当該仮想ボリュームV V O Lの性能問題を改善することができる。

[0050] アクセスパスが設定されているストレージ装置に新たに書き込まれたデータを格納するための実領域であるページを割当てて設定とすることにより、参照する可能性が高い新しいデータをアクセスパスが設定されているストレージ装置に配置できるので、アプリケーションのレスポンスのレスポンス向上が期待できるだけでなく、追加されたストレージ装置は空き記憶容量も十

分にある可能性が高いためアプリケーションのサービスを提供するシステムの長期安定的運用上好ましい。

[0051] (2-2) 各種プログラム及び各種テーブル

本実施形態によるアクセスパス自動切替え機能を実現するための手段として、ホスト計算機2のメモリ11には、図2に示すように、マルチパス管理プログラム16及びパス管理テーブル17が格納される。

[0052] マルチパス管理プログラム16は、アプリケーションプログラム15が仮想ストレージ装置VSTにI/O要求を送信する際に利用可能なパスを管理するプログラムである。本プログラム16は、パス管理テーブル17を用いて、ホスト計算機2と仮想ストレージ装置VSTの間を接続する複数のパスを管理する。

[0053] パス管理テーブル17は、上述のマルチパス管理プログラム16がホスト計算機2及び物理ストレージ装置3間のパスを管理するために利用するテーブルである。パス管理テーブル17は、図6に示すように、ホスト計算機ポートID欄17A、物理ストレージ装置ID欄17B、物理ストレージ装置ポートID欄17C、LUN欄17D及びアクセスパス設定情報欄17Eから構成される。

[0054] ホスト計算機ポートID欄17Aには、仮想ストレージ装置VST（図5）を構成するいずれかの物理ストレージ装置3と、そのエントリと対応付けられたパス（以下、これを対応パスと呼ぶ）を介して接続された自ホスト計算機内の各SANポート12のポートIDが格納される。

[0055] 物理ストレージ装置ID欄17Bには、対応するSANポート12と対応パスを介して接続された物理ストレージ装置3の識別子（物理ストレージ装置ID）が格納され、物理ストレージ装置ポートID欄17Cには、その物理ストレージ装置3内の対応パスに接続されたポートのポートIDが格納される。

[0056] LUN欄17Dには、ホスト計算機2が対応パスを介してアクセス可能な仮想ボリュームVVOLに物理ページPPを割り当てる記憶領域に付与され

た識別子（L U N : Logical Unit Number）が格納される。具体的には、例えば図5のように装置横断プールP Lが3つの論理ボリュームV O Lから構成され、この3つの論理ボリュームV O Lから仮想ボリュームV V O Lに対して物理ページP Pを割り当てる場合、これら3つの論理ボリュームV O Lを1つの記憶領域として、この記憶領域に付与された識別番号がL U Nに相当する。

[0057] アクセスパス設定情報欄17Eには、対応パスがそのパス管理テーブル17と対応付けられた仮想ボリュームV V O Lへのアクセスパスであるか否かを表す情報が格納される。具体的に、アクセスパス設定情報欄17Eには、対応パスがかかるアクセスパスである場合には「true」が格納され、対応パスがかかるアクセスパスでない場合には「false」が格納される。

[0058] 各物理ストレージ装置3のメモリ21には、図3に示すように、ストレージ制御プログラム30と、物理ページ管理テーブル32、論理ページ管理テーブル33、パス管理テーブル34、仮想ストレージ装置構成管理テーブル35、レスポンスタイム測定結果管理テーブル36、性能メトリック測定結果管理テーブル37、ポート性能値測定結果管理テーブル38及びポート管理テーブル39とが格納されている。

[0059] ストレージ制御プログラム30は、物理ストレージ装置3の動作を制御するためのプログラムであり、ページ移動モジュール31を備えて構成される。ページ移動モジュール31は、仮想ボリュームV V O L内の論理ページL Pのうち、管理計算機4から指示された論理ページL Pと対応付けられた物理ページP Pに格納されているデータを自物理ストレージ装置又は他の物理ストレージ装置3内の他の物理ページP Pに移動させる機能を有するモジュールである。

[0060] 物理ページ管理テーブル32は、各物理ストレージ装置3がそれぞれ自物理ストレージ装置内の物理記憶デバイス23が提供する各物理ページP Pを管理するために利用するテーブルであり、図7に示すように、物理記憶デバイスID欄32A及び物理ページID欄32Bから構成される。

- [0061] そして物理記憶デバイス I D 欄 3 2 A には、その物理ストレージ装置 3 に搭載された各物理記憶デバイス 2 3 にそれぞれ付与された識別子（物理記憶デバイス I D）が格納される。また物理ページ I D 欄 3 2 B には、対応する物理記憶デバイス 2 3 が提供する記憶領域に含まれる各物理ページ P P に対してそれぞれ付与された識別子（物理ページ I D）が格納される。
- [0062] また論理ページ管理テーブル 3 3 は、仮想ストレージ装置 V S T を構成する各物理ストレージ装置 3 がそれぞれ保持する共通のテーブルであり、当該仮想ストレージ装置 V S T に作成された各仮想ボリューム V V O L 内の各論理ページ L P を管理するために利用される。この論理ページ管理テーブル 3 3 は、図 8 に示すように、仮想ボリューム I D 欄 3 3 A、論理ページ I D 欄 3 3 B、物理ストレージ装置 I D 欄 3 3 C 及び物理ページ I D 欄 3 3 D から構成される。
- [0063] そして仮想ボリューム I D 欄 3 3 A には、その仮想ストレージ装置 V S T 上に設定された各仮想ボリューム V V O L にそれぞれ付与された識別子（仮想ボリューム I D）が格納され、論理ページ I D 欄 3 3 B には、対応する仮想ボリューム V V O L 内の各論理ページ L P にそれぞれ付与された識別子（論理ページ I D）が格納される。
- [0064] また物理ページ I D 欄 3 3 D には、仮想ストレージ装置 V S T の装置横断プール P L から対応する論理ページ L P に割り当てられた物理ページ P P の物理ページ I D が格納され、物理ストレージ装置 I D 欄 3 3 C には、その物理ページ P P を提供する物理ストレージ装置 3 の物理ストレージ装置 I D が格納される。
- [0065] さらにパス管理テーブル 3 4 は、仮想ストレージ装置 V S T を構成する各物理ストレージ装置 3 がそれぞれ保持する共通のテーブルであり、ホスト計算機 2 が仮想ストレージ装置 V S T 内の各仮想ボリューム V V O L にアクセスする際に利用するアクセスパスを管理するために利用される。このパス管理テーブル 3 4 は、図 9 に示すように、仮想ボリューム I D 欄 3 4 A、L U N 欄 3 4 B、物理ストレージ装置側ポート I D 欄 3 4 C 及びホスト計算機側

ポート I D 欄 3 4 D から構成される。

[0066] そして仮想ボリューム I D 欄 3 4 A には、仮想ストレージ装置 V S T 内に作成された各仮想ボリューム V V O L の仮想ボリューム I D が格納され、L U N 欄 3 4 B には、対応する仮想ボリューム V V O L に物理ページ P P (図 5) を付与する仮想ストレージ装置 V S T (図 5) 内の記憶領域に付与された L U N が格納される。

[0067] また物理ストレージ装置側ポート I D 欄 3 4 C には、対応する仮想ボリューム V V O L が接続された物理ストレージ装置 3 の S A N ポート 2 4 A, 2 4 B (図 3) に付与された識別子 (ポート I D) が格納され、ホスト計算機ポート I D 欄 3 4 D には、その仮想ボリューム V V O L と接続されたホスト計算機 2 の S A N ポート 1 2 (図 2) に付与されたポート I D が格納される。

[0068] 仮想ストレージ装置構成管理テーブル 3 5 は、仮想ストレージ装置 V S T を構成する各物理ストレージ装置 3 がそれぞれ保持する共通のテーブルであり、その仮想ストレージ装置 V S T を構成する物理ストレージ装置 3 を管理するために利用される。この仮想ストレージ装置構成管理テーブル 3 5 は、図 1 0 に示すように、物理ストレージ装置 I D 欄 3 5 A のみから構成される。そして当該物理ストレージ装置 I D 欄 3 5 A には、対応する仮想ストレージ装置 V S T を構成するすべての物理ストレージ装置 3 の物理ストレージ装置 I D がそれぞれ格納される。

[0069] レスポンスタイム測定結果管理テーブル 3 6 は、仮想ストレージ装置 V S T を構成する各物理ストレージ装置 3 がそれぞれ保持するテーブルであり、各仮想ボリューム V V O L に対するレスポンスタイムの測定結果を管理するために利用される。このレスポンスタイム測定結果管理テーブル 3 6 は、図 1 1 に示すように、仮想ボリューム I D 欄 3 6 A、I / O 数欄 3 6 B 及び平均レスポンスタイム欄 3 6 C から構成される。

[0070] そして仮想ボリューム I D 欄 3 6 A には、仮想ストレージ装置 V S T 内に作成された各仮想ボリューム V V O L の仮想ボリューム I D がそれぞれ格納

され、I/O数欄36Bには、その物理ストレージ装置3が1分間（モニタリング期間）に渡って計測したその仮想ボリュームVVOLへのI/O数が格納される。また平均レスポンスタイム欄36Cには、その仮想ボリュームVVOLについて当該物理ストレージ装置3が1分間（モニタリング期間）に渡って計測した、個々のI/O要求に対するレスポンスタイムの平均値（平均レスポンスタイム）が格納される。

[0071] なお、物理ストレージ装置3が各仮想ボリュームVVOLについて測定する平均レスポンスタイム及びI/O数はモニタリング期間（1分）単位であるため、このレスポンスタイム測定結果管理テーブル36も1分ごとに更新されることになる。

[0072] 性能メトリック測定結果管理テーブル37は、仮想ストレージ装置VSTを構成する各物理ストレージ装置3がそれぞれ保持するテーブルであり、1分間（モニタリング期間）に渡って計測した自物理ストレージ装置の性能メトリック（CPUビジー率及びキャッシュメモリ利用率）を管理するために利用される。この性能メトリック測定結果管理テーブル37は、図12に示すように、CPUビジー率平均値欄37A及びキャッシュメモリ利用率平均値欄37Bから構成される。

[0073] そしてCPUビジー率平均値欄37Aには、1分間のモニタリング期間内に自物理ストレージ装置内のCPU20（図3）がビジー状態となった時間的割合の平均値（以下、これをCPUビジー率平均値と呼ぶ）が格納され、キャッシュメモリ利用率平均値欄には、1分間のモニタリング期間内における自物理ストレージ装置内のキャッシュメモリ22（図3）の利用率（キャッシュメモリの全容量に対する利用容量の割合）の平均値（以下、これをキャッシュメモリ利用率平均値と呼ぶ）が格納される。

[0074] なお、物理ストレージ装置3がCPUビジー率平均値及びキャッシュメモリ利用率平均値を算出するのはモニタリング期間（1分）単位であるため、この性能メトリック測定結果管理テーブル37も1分ごとに更新されることになる。

- [0075] ポート性能値測定結果管理テーブル 38 は、仮想ストレージ装置 V S T を構成する各物理ストレージ装置 3 がそれぞれ保持するテーブルであり、1 分間（モニタリング期間）に渡って計測した自物理ストレージ装置内の各 S A N ポート 24 A, 24 B（図 3）の性能値の測定結果を管理するために利用される。このポート性能値測定結果管理テーブル 38 は、図 13 に示すように、ポート I D 欄 38 A、接続先ノード I D 欄 38 B、接続先ポート I D 欄 38 C 及びデータ転送量平均値欄 38 D から構成される。
- [0076] そしてポート I D 欄 38 A には、このポート性能値測定結果管理テーブル 38 を保持する物理ストレージ装置 3 内の各 S A N ポート 24 A, 24 B にそれぞれ付与されたポート I D が格納され、接続先ノード I D 欄 38 B は、対応する S A N ポート 24 A, 24 B と接続されたノード（物理ストレージ装置 3 又はホスト計算機 2）に付与された識別子が格納される。
- [0077] また接続先ポート I D 欄 38 C には、その物理ストレージ装置 3 における対応する S A N ポート 24 A, 24 B と接続されたそのノードにおける S A N ポートのポート I D が格納され、データ転送量平均値欄 38 D には、1 分間（モニタリング期間）に渡って計測された、その物理ストレージ装置 3 における対応する S A N ポート 24 A, 24 B から対応するノードに転送される単位時間（1 秒）当たりのデータ転送量の平均値が格納される。
- [0078] なお、物理ストレージ装置 3 がかかるデータ転送量の平均値を算出するのは上述のモニタリング期間（1 分）単位であるため、このポート性能値測定結果管理テーブル 38 も 1 分ごとに更新されることになる。
- [0079] さらにポート管理テーブル 39 は、仮想ストレージ装置 V S T を構成する各物理ストレージ装置 3 がそれぞれ保持するテーブルであり、自物理ストレージ装置内の各 S A N ポート 24 A, 24 B を管理するために利用される。このポート管理テーブル 39 は、図 14 に示すように、ポート I D 欄 39 A、ポート種別欄 39 B 及び最大データ転送量理論値欄 39 C から構成される。
- [0080] そしてポート I D 欄 39 A には、その物理ストレージ装置 3 内に存在する

すべてのS A Nポート2 4 A, 2 4 Bのポート I Dがそれぞれ格納され、ポート種別欄3 9 Bには、対応するS A Nポート2 4 A, 2 4 Bの種別（例えば4Gbps-FC（Fibre Channel）ポート）が格納される。さらに最大データ転送量理論値欄3 9 Cには、対応するS A Nポート2 4 A, 2 4 Bの単位時間（1秒）あたりに転送可能な最大のデータ量の理論値が格納される。なお、この理論値は、対応するS A Nポート2 4 A, 2 4 Bのポート種別に依存する固有の値である。

[0081] 他方、管理計算機4のメモリ41には、上述のアクセスパス自動切替え機能を実現するための手段として、図4に示すように、ストレージ管理プログラム50、仮想ストレージ装置構成管理テーブル62、追加装置設定値管理テーブル63、性能低下仮想ボリューム管理テーブル64、性能低下仮想ボリューム検出日時管理テーブル65、仮想ボリューム性能低下判定条件定義テーブル66、仮想ボリュームレスポンスタイム履歴テーブル67、パス管理テーブル68、物理ストレージ装置性能メトリック閾値定義テーブル69、物理ストレージ装置性能メトリック履歴テーブル70、装置間通信性能管理テーブル71及び装置間データ転送量履歴テーブル72が格納されている。

[0082] ストレージ管理プログラム50は、管理計算機4が計算機システム1内の物理ストレージ装置3を管理するために利用するプログラムであり、物理ストレージ装置追加処理モジュール51、レスポンスタイム測定結果取得モジュール52、仮想ボリューム性能低下判定モジュール53、性能低下原因特定モジュール54、装置間通信負荷低減モジュール55、バックエンド負荷分散モジュール56、フロントエンド負荷分散モジュール57、追加装置性能余力判定モジュール58、アクセスパス切替え先装置選択モジュール59及びアクセスパス切替え先ポート表示モジュール60を備えて構成される。

[0083] このうち物理ストレージ装置追加処理モジュール51は、物理ストレージ装置3が新規追加された場合に当該物理ストレージ装置3に関する情報を後述する追加装置設定値管理テーブル63（図16）に登録するモジュールで

あり、レスポンスタイム測定結果取得モジュール52は、モニタリング期間ごとに、仮想ストレージ装置VSTを構成する各物理ストレージ装置3がそれぞれ測定した各仮想ボリュームVVOLのI/O数と、レスポンスタイムの平均値（以下、これを平均レスポンスタイムと呼ぶ）とを取得し、得られたI/O数及び平均レスポンスタイムの各平均値を後述する仮想ボリュームレスポンスタイム履歴テーブル67（図20）に格納するモジュールである。

[0084] 仮想ボリューム性能低下判定モジュール53は、仮想ストレージ装置VST内に作成された各仮想ボリュームVVOLについて、その性能が低下しているか否かを判定するモジュールであり、性能低下原因特定モジュール54は、仮想ボリューム性能低下判定モジュール53により性能が低下していると判定された仮想ボリュームVVOLについて、その性能低下の原因を特定するモジュールである。

[0085] 装置間通信負荷低減モジュール55は、仮想ボリューム性能低下判定モジュール53により仮想ボリュームVVOLの性能低下の原因が物理ストレージ装置3間を接続する装置間通信パスにおけるデータ転送量の増大にあると判定された場合に、その仮想ボリュームVVOLの性能を向上させる所定の処理を実行するモジュールである。

[0086] またバックエンド負荷分散モジュール56は、仮想ボリューム性能低下判定モジュール53により仮想ボリュームVVOLの性能低下の原因が、特定の物理記憶デバイス23（図3）に対するI/O要求の集中に起因する物理ストレージ装置3のバックエンドの負荷増大であると判定された場合に、その仮想ボリュームVVOLの性能を向上させるための所定の処理を実行するモジュールである。なお、物理ストレージ装置3の「バックエンド」とは、物理ストレージ装置3における、物理記憶デバイス23へのI/O要求を処理する部分を指し、例えば物理記憶デバイス23及び当該物理記憶デバイス23へのI/Oを処理するプロセッサ（図示せず）などから構成される部分が該当する。

[0087] 同様に、フロントエンド負荷分散モジュール57は、仮想ボリューム性能低下判定モジュール53により仮想ボリュームVVOLの性能低下の原因が、ホスト計算機2又は他の物理ストレージ装置3からのI/O要求の集中に起因するアクセスパスが接続された物理ストレージ装置3のフロントエンドの負荷増大であると判定された場合に、その仮想ボリュームVVOLの性能を向上させるための所定の処理を実行するモジュールである。なお、物理ストレージ装置3の「フロントエンド」とは、物理ストレージ装置3における、ホスト計算機2又は他の物理ストレージ装置3からのI/O要求の処理を行う部分を指し、例えばSANポート24A、24Bが有するプロセッサ（ポートプロセッサ）及びキャッシュメモリ22などから構成される部分が該当する。

[0088] なお、追加装置性能余力判定モジュール58、アクセスパス切替え先装置選択モジュール59及びアクセスパス切替え先ポート表示モジュール60の詳細については、後述する。

[0089] 一方、仮想ストレージ装置構成管理テーブル62は、仮想ストレージ装置VSTを構成する物理ストレージ装置3を管理するために利用されるテーブルであり、図15に示すように、個々の物理ストレージ装置3について、その物理ストレージ装置3が追加の物理ストレージ装置であるか否かの判定結果を表す情報と、容量消費量をバランスする設定がなされているか否かを表す情報とが格納される。なお容量消費量をバランスするとは、物理ストレージ装置3に複数の物理記憶デバイス23が搭載されている場合に、各物理記憶デバイス23にそれぞれ格納されているデータのデータ量の比率がその物理記憶デバイス23の記憶容量の比率と同じ比率となるように物理記憶デバイス23間でデータの移動を行うことをいう。

[0090] 追加装置設定値管理テーブル63は、追加された物理ストレージ装置3を「追加された物理ストレージ装置」と認識できるか否かの性能的な基準値を管理するために利用されるテーブルであり、図16に示すように、追加されたと判定された物理ストレージ装置3について、その物理ストレージ装置3

を「追加された物理ストレージ装置」であると判定しても良いCPUビジー率の限界値（以下、これをCPUビジー率設定値と呼ぶ）と、キャッシュメモリ22の利用率の限界値（以下、これをキャッシュメモリ利用率設定値と呼ぶ）と、容量消費量の限界値（以下、これを容量消費量設定値と呼ぶ）とが格納される。

[0091] 性能低下仮想ボリューム管理テーブル64は、仮想ストレージ装置VST内に作成された各仮想ボリュームVVOLの性能状態を管理するために利用されるテーブルであり、図17に示すように、仮想ボリュームID欄64A、性能低下情報欄64B、レスポンスタイム閾値連続超過期間欄64C及びアクセスパス自動切替え設定情報欄64Dから構成される。

[0092] そして仮想ボリュームID欄64Aには、対応する仮想ストレージ装置VST内に作成されたすべての仮想ボリュームVVOLの仮想ボリュームIDがそれぞれ格納され、性能低下情報欄64Bには、対応する仮想ボリュームVVOLの性能が低下している場合に「true」、性能が低下していない場合に「false」が格納される。

[0093] レスポンスタイム閾値連続超過期間欄64Cには、対応する仮想ボリュームVVOLに対するI/O要求のレスポンスタイムが予め設定されたレスポンスタイムの閾値を超えた時間（以下、これをレスポンスタイム閾値連続超過期間と呼ぶ）が格納され、アクセスパス自動切替え設定情報欄64Dには、アクセスパスを自動で切り替える設定（以下、これをアクセスパス自動切替え設定と呼ぶ）がなされている場合に「true」が格納され、設定がなされていない場合に「false」が格納される。

[0094] 性能低下仮想ボリューム検出日時管理テーブル65は、性能が低下した仮想ボリュームVVOLを検出した日時を管理するために利用されるテーブルであり、図18に示すように、仮想ボリュームID欄65A及び性能低下検出日時欄65Bから構成される。

[0095] そして仮想ボリュームID欄65Aには、性能が低下したと判定された仮想ボリュームVVOLの仮想ボリュームIDが格納され、性能低下検出日時

欄 6 5 B には、その仮想ボリューム V V O L の性能低下を検出した日時が格納される。

[0096] 仮想ボリューム性能低下判定条件定義テーブル 6 6 は、仮想ストレージ装置 V S T 内の個々の仮想ボリューム V V O L について設定された、その仮想ボリューム V V O L の性能低下を判定する際の判定基準を管理するために利用されるテーブルであり、図 1 9 に示すように、仮想ボリューム I D 欄 6 6 A、レスポンスタイム閾値欄 6 6 B 及びレスポンスタイム閾値連続超過許容期間欄 6 6 C から構成される。

[0097] そして仮想ボリューム I D 欄 6 6 A には、仮想ストレージ装置 V S T 内に作成された各仮想ボリューム V V O L の仮想ボリューム I D が格納される。またレスポンスタイム閾値欄 6 6 B には、対応する仮想ボリューム V V O L について設定されたレスポンスタイムの閾値（以下、これをレスポンスタイム閾値と呼ぶ）が格納され、レスポンスタイム閾値連続超過許容期間欄 6 6 C には、その仮想ボリューム V V O L について設定されたレスポンスタイム閾値を連続して超過することが許容されるレスポンスタイム閾値連続超過期間の閾値（以下、これをレスポンスタイム閾値連続超過許容期間と呼ぶ）が格納される。

[0098] 仮想ボリュームレスポンスタイム履歴テーブル 6 7 は、仮想ストレージ装置 V S T 内に作成された各仮想ボリューム V V O L について、上述のモニタリング期間ごとに各物理ストレージ装置 3 から収集したレスポンスタイムの平均値を記憶し管理しておくために利用されるテーブルであり、図 2 0 に示すように、仮想ボリューム I D 欄 6 7 A、モニタリング期間欄 6 7 B 及びレスポンスタイム欄 6 7 C から構成される。

[0099] そして仮想ボリューム I D 欄 6 7 A には、仮想ストレージ装置 V S T 内に作成された個々の仮想ボリューム V V O L の仮想ボリューム I D が格納され、モニタリング期間欄 6 7 B には、対応する仮想ボリューム V V O L についてレスポンスタイムのモニタリングを行った各モニタリング期間を表す情報がそれぞれ格納される。またレスポンスタイム欄 6 7 C には、対応するモニ

タリング期間内における対応する仮想ボリューム V V O L の平均的なレスポンスタイムが格納される。

[0100] パス管理テーブル 6 8 は、仮想ストレージ装置 V S T 内の各仮想ボリューム V V O L と、ホスト計算機 2 との間のパスを管理するために利用されるテーブルであり、図 2 1 に示すように、仮想ボリューム I D 欄 6 8 A、ホスト計算機 I D 欄 6 8 B、ホスト計算機ポート I D 欄 6 8 C、物理ストレージ装置 I D 欄 6 8 D、物理ストレージ装置 I D 欄 6 8 E 及びアクセスパス設定情報欄 6 8 F から構成される。

[0101] そして仮想ボリューム I D 欄 6 8 A には、仮想ストレージ装置 V S T 内に作成された各仮想ボリューム V V O L の仮想ボリューム I D が格納される。またホスト計算機 I D 欄 6 8 B には、その仮想ボリューム V V O L と接続された各ホスト計算機 2 のホスト計算機 I D が格納され、ホスト計算機ポート I D 欄 6 8 C には、対応するホスト計算機 2 における対応する仮想ボリューム V V O L と接続された S A N ポート 1 2 (図 2) のポート I D が格納される。

[0102] さらに物理ストレージ装置 I D 欄 6 8 E には、仮想ストレージ装置 V S T を構成する物理ストレージ装置 3 のうち、対応するホスト計算機 2 の対応する S A N ポート 1 2 と接続された物理ストレージ装置 3 の物理ストレージ装置 I D が格納され、物理ストレージ装置ポート I D 欄 6 8 E には、対応するホスト計算機 2 の対応する S A N ポート 1 2 と接続された対応する物理ストレージ装置 3 内の対応する S A N ポート 2 4 A (図 3) のポート I D が格納される。

[0103] さらにアクセスパス設定情報欄 6 8 F には、対応するホスト計算機 2 内の対応する S A N ポート 1 2 と、対応する物理ストレージ装置 3 内の対応する S A N ポート 2 4 A とを接続するパスが、そのホスト計算機 2 が仮想ストレージ装置 V S T にアクセスする際のアクセスパスに設定されている場合に「true」が格納され、設定されていない場合には「false」が格納される。

[0104] 物理ストレージ装置性能メトリック閾値定義テーブル 6 9 は、仮想ストレ

ージ装置VSTを構成する個々の物理ストレージ装置3についてそれぞれ予め設定された、その物理ストレージ装置3の性能メトリックの閾値を管理するために利用されるテーブルであり、図22に示すように、物理ストレージ装置ID欄69A、CPUビジー率閾値欄69B及びキャッシュメモリ利用率閾値欄69Cから構成される。

[0105] そして物理ストレージ装置ID欄69Aには、仮想ストレージ装置VSTを構成する各物理ストレージ装置3の物理ストレージ装置IDがそれぞれ格納される。またCPUビジー率閾値欄69Bには、上述の各モニタリング期間内に取得されたCPUビジー率に基づき、その物理ストレージ装置3の負荷が過大となっていると判断されるべきCPUビジー率閾値が格納される。さらにキャッシュメモリ利用率閾値欄69Cには、当該モニタリング期間内に取得されたキャッシュメモリ利用率に基づき、その物理ストレージ装置3の負荷が過大となっていると判断されるべきキャッシュメモリ利用率閾値が格納される。

[0106] 物理ストレージ装置性能メトリック履歴テーブル70は、仮想ストレージ装置VSTを構成する各物理ストレージ装置3について上述のモニタリング期間ごとに順次取得したCPUビジー率及びキャッシュメモリ利用率を管理するために利用されるテーブルであり、図23に示すように、物理ストレージ装置ID欄70A、測定日時欄70B、CPUビジー率欄70C及びキャッシュメモリ利用率欄70Dから構成される。

[0107] そして物理ストレージ装置ID欄70Aには、仮想ストレージ装置VSTを構成する各物理ストレージ装置3の物理ストレージ装置IDが格納され、測定日時欄70Bには、対応する物理ストレージ装置3について、性能メトリックを測定したすべての日時が古いものから順番に格納される。

[0108] またCPUビジー率欄70Cには、対応する物理ストレージ装置3について対応する測定日時に測定したCPUビジー率が格納され、キャッシュメモリ利用率欄70Dには、対応する物理ストレージ装置3について対応する測定日時に測定したキャッシュメモリ利用率が格納される。

[0109] なお、この物理ストレージ装置性能メトリック履歴テーブル 70 は、ストレージ管理プログラム 50 によりモニタリング期間（1 分）ごとに更新される。

[0110] 装置間通信性能管理テーブル 71 は、仮想ストレージ装置 V S T を構成する各物理ストレージ装置 3 間の通信性能を管理するために利用されるテーブルであり、図 24 に示すように、各物理ストレージ装置 3 間のデータ転送に利用可能なパスのパス数と、装置間通信における最大のデータ転送量の論理値とが格納される。

[0111] 装置間データ転送量履歴テーブル 72 は、装置間通信のデータ転送量の履歴を管理するために利用されるテーブルであり、図 25 に示すように、各物理ストレージ装置 3 間のモニタリング期間ごとのデータ転送量の平均値が格納される。

[0112] （2－3）アクセスパス自動切替え処理に関する各種処理

次に、上述のアクセスパス自動切替え機能に関連して実行される各種処理の具体的な処理内容について説明する。なお、以下においては、各種処理の処理主体を「プログラム」又は「モジュール」として説明するが、実際上は、そのプログラム又はモジュールに基づいて物理ストレージ装置 3 の CPU 20（図 3）や、管理計算機 4 の CPU 40（図 4）がその処理を実行することは言うまでもない。

[0113] （2－3－1）物理ストレージ装置追加処理

物理ストレージ装置追加処理モジュール 51 は、性能低下仮想ボリューム管理テーブル 64 を参照し、性能低下した仮想ボリュームの一覧を取得する。そして、管理計算機 4 が有する、仮想ボリューム V V O L とアプリケーションプログラム 15（図 2）の対応表（図示せず）を参照し、性能低下した各仮想ボリューム V V O L と、当該仮想ボリューム V V O L を利用するアプリケーションプログラム 15 とを対応付ける。さらに、物理ストレージ装置追加処理モジュール 51 は、前記対応表を参照し、前記アプリケーションが利用している全ての仮想ボリュームの一覧を取得する。

[0114] そして、物理ストレージ装置追加処理モジュール51は、性能低下した仮想ボリュームVVOLを使用するアプリケーションプログラム15が利用する全ての仮想ボリュームVVOLに対するアクセスパスとして利用可能な代替パスをパス管理テーブル68から取得する。各アプリケーションプログラム15が配置されたホスト計算機2へ対し、前記代替パスへのアクセスパス切り替えを指示する。

[0115] かくして、本モジュール51は、仮想ストレージ装置VSTにおいて、性能低下した仮想ボリュームVVOLを使用するアプリケーションプログラム15が利用する仮想ボリュームVVOLに対するアクセスパスを、追加する物理ストレージ装置3に切り替えるよう、ホスト計算機2に指示する。このとき、前記アクセスパス切り替えに伴い、パス管理テーブル68（図21）の内容が更新される。

[0116] かかる指示を受領したホスト計算機2は、仮想ストレージ装置VSTへのアクセスパスを追加する物理ストレージ装置3に切り替えるように、メモリ11（図2）に格納された対応するパス管理テーブル17（図6）を更新する。

[0117] （2-3-2）レスポンスタイム測定結果取得処理

一方、図26は、管理計算機のレスポンスタイム測定結果取得モジュール52（図4）によりモニタリング期間周期（1分周期）で実行されるレスポンスタイム測定結果取得処理の処理手順を示す。レスポンスタイム測定結果取得モジュール52は、この図26に示す処理手順に従って、仮想ストレージ装置VST内に作成された各仮想ボリュームVVOLのモニタリング期間ごとのレスポンスタイムの平均値を取得し、これを仮想ボリュームレスポンスタイム履歴テーブル67（図20）に登録する。

[0118] 實際上、レスポンスタイム測定結果取得モジュール52は、レスポンスタイム測定結果取得処理を開始すると、まず、仮想ストレージ装置VST内に作成されたすべての仮想ボリュームVVOLの仮想ボリュームIDを性能低下仮想ボリューム管理テーブル64（図17）から取得する（SP10）。

- [0119] 続いて、レスポンスタイム測定結果取得モジュール52は、仮想ストレージ装置VSTを構成するすべての物理ストレージ装置3の物理ストレージ装置IDを仮想ストレージ装置構成管理テーブル62（図15）から取得する（SP11）。
- [0120] 次に、レスポンスタイム測定結果取得モジュール52は、ステップSP10において取得した仮想ボリュームIDの中から1つの仮想ボリュームVVOLの仮想ボリュームIDを選択し（SP12）、さらにステップSP11において取得した物理ストレージ装置IDの中から1つの物理ストレージ装置3の物理ストレージ装置IDを取得する（SP13）。
- [0121] この後、レスポンスタイム測定結果取得モジュール52は、ステップSP13において選択した物理ストレージ装置IDが付与された物理ストレージ装置（以下、これを選択物理ストレージ装置と呼ぶ）3に対して、ステップSP12において選択した仮想ボリュームIDが付与された仮想ボリューム（以下、これを選択仮想ボリュームと呼ぶ）VVOLについてのレスポンスタイムの測定結果の転送を求めるレスポンスタイム測定結果転送要求を送信する（SP14）。
- [0122] かくして、このレスポンスタイム測定結果転送要求を受信した物理ストレージ装置3のCPU20（図3）は、レスポンスタイム測定結果転送要求において指定された仮想ボリュームIDが付与された仮想ボリュームVVOLのI/O数及び平均レスポンスタイムをレスポンスタイム測定結果管理テーブル36（図11）から読み出し、これらを管理計算機4に転送する。
- [0123] 続いて、レスポンスタイム測定結果取得モジュール52は、ステップSP11において取得したすべての物理ストレージ装置IDについてステップSP13及びステップSP14の処理を実行し終えたか否かを判断する（SP15）。
- [0124] レスポンスタイム測定結果取得モジュール52は、この判断で否定結果を得るとステップSP13に戻り、この後、ステップSP13において選択する物理ストレージ装置IDを未処理の他の物理ストレージ装置IDに順次切

り替えながら、ステップSP13～ステップSP15の処理を繰り返す。

[0125] そしてレスポンスタイム測定結果取得モジュール52は、やがてステップSP11において取得した各物理ストレージ装置IDがそれぞれ付与されたすべての物理ストレージ装置3から、選択仮想ボリュームVVOLについてのI/O数及び平均レスポンスタイムを取得し終えることによりステップSP15において肯定結果を得ると、選択仮想ボリュームVVOLについての平均レスポンスタイムの平均値（以下、これをレスポンスタイム平均値と呼ぶ）を算出する（SP16）。

[0126] 具体的に、レスポンスタイム測定結果取得モジュール52は、i番目に取得した平均レスポンスタイムを r_i 、同じi番目に取得したI/O数を N_i として、次式

[数1]

$$R = \frac{\sum (r_i \times N_i)}{\sum (N_i)} \quad \dots\dots (1)$$

により、選択仮想ボリュームVVOLのレスポンスタイム平均値Rを算出する。

[0127] なお、この（1）式のように、選択仮想ボリュームVVOLのレスポンスタイム平均値Rを、各物理ストレージ装置3においてそれぞれ取得した平均レスポンスタイムのI/O数 N_i による加重平均として算出するようにしたのは、そのレスポンスタイム測定結果取得処理の実行期間中に、選択仮想ボリュームVVOLとアクセスパスを介して接続された物理ストレージ装置3が他の物理ストレージ装置3に切り替えられる場合があることを考慮したものである。

[0128] この後、レスポンスタイム測定結果取得モジュール52は、ステップSP16において算出した選択仮想ボリュームVVOLのレスポンスタイム平均値Rを仮想ボリュームレスポンスタイム履歴テーブル67（図20）に登録する（SP17）。具体的に、レスポンスタイム測定結果取得モジュール52は、選択仮想ボリュームVVOLに対応するエントリを仮想ボリュームレ

スポンスタイム履歴テーブル 67 内に確保し、そのエントリのモニタリング期間欄 67 B (図 20) にそのときのモニタリング期間を表す日時を格納すると共に、そのエントリのレスポンスタイム欄 67 C (図 20) にステップ S P 1 6 において算出したレスポンスタイム平均値 R を格納する。

[0129] 続いて、レスポンスタイム測定結果取得モジュール 52 は、ステップ S P 1 0 において取得したすべての仮想ボリューム I D についてステップ S P 1 1 ~ ステップ S P 1 7 の処理を実行し終えたか否かを判断する (S P 1 8)。

[0130] レスポンスタイム測定結果取得モジュール 52 は、この判断で否定結果を得るとステップ S P 1 2 に戻り、この後、ステップ S P 1 2 において選択する仮想ボリューム I D を未処理の他の仮想ボリューム I D に順次切り替えながら、ステップ S P 1 2 ~ ステップ S P 1 8 の処理を繰り返す。

[0131] そしてレスポンスタイム測定結果取得モジュール 52 は、やがてステップ S P 1 0 において取得した各仮想ボリューム I D についての同じモニタリング期間におけるレスポンスタイム平均値を、仮想ボリュームレスポンスタイム履歴テーブル 67 に登録し終えることによりステップ S P 1 8 において肯定結果を得ると、このレスポンスタイム測定結果取得処理を終了する。

[0132] (2-3-3) ストレージ管理に関する各種処理

(2-3-3-1) ストレージ管理処理

他方、図 27 は、ストレージ管理プログラム 50 (図 4) により定期的 (例えば毎正時) に実行されるストレージ管理処理の処理手順を示す。ストレージ管理プログラム 50 は、この図 27 に示す処理手順に従って、性能が低下している仮想ボリューム V V O L の有無を判定し、性能が低下している仮想ボリューム V V O L が存在する場合には、その仮想ボリューム V V O L の負荷を分散させる。

[0133] 實際上、ストレージ管理プログラム 50 は、このストレージ管理処理を開始すると、まず、仮想ボリューム性能低下判定モジュール 53 (図 4) を呼び出す。そしてストレージ管理プログラム 50 により呼び出された仮想ボリ

ューム性能低下判定モジュール53は、仮想ストレージ装置VST内に作成された各仮想ボリュームVVOLの性能がそれぞれ低下しているか否かを判定する仮想ボリューム性能低下判定処理を実行する（SP20）。

[0134] 続いて、ストレージ管理プログラム50は、性能低下仮想ボリューム管理テーブル64（図17）から全エントリの情報を読み出し（SP21）、情報を読み出した全エントリの中から1つのエントリを選択する（SP22）。そしてストレージ管理プログラム50は、この後、ステップSP22において選択したエントリの性能低下情報欄64B（図17）に格納されている値が「true」であるか否かを判断する（SP23）。

[0135] ストレージ管理プログラム50は、この判断で否定結果を得るとステップSP29に進む。これに対してストレージ管理プログラム50は、ステップSP23の判断で肯定結果を得ると、ステップSP22において選択したエントリに対応する仮想ボリュームVVOLの仮想ボリュームIDと、現在の日時とを、それぞれ性能低下仮想ボリューム検出日時管理テーブル65（図18）の対応する仮想ボリュームID欄65A又は性能低下検出日時欄65Bに登録する。またストレージ管理プログラム50は、これと併せて性能低下原因特定モジュール54を呼び出し、対応する仮想ボリュームVVOLの性能が低下した原因を特定する性能低下原因特定処理をこの性能低下原因特定モジュール54に実行させる（SP24）。

[0136] そしてストレージ管理プログラム50は、ステップSP24の性能低減原因特定処理において特定された性能低下の原因が「装置間通信」であった場合には、装置間通信負荷低減モジュール55（図4）を呼び出し、この装置間通信負荷低減モジュール55に、仮想ボリュームVVOLに格納されたデータを当該仮想ボリュームVVOLとアクセスパスを介して接続されたアクセスパスが接続された物理ストレージ装置3にすべて移動させる装置間通信負荷低減処理を実行させる（SP26）。そしてストレージ管理プログラム50は、この後、ステップSP29に進む。

[0137] またストレージ管理プログラム50は、ステップSP24の性能低減原因

特定処理において特定された性能低下の原因が「バックエンド」であった場合には、バックエンド負荷分散モジュール 56（図 4）を呼び出し、このバックエンド負荷分散モジュール 56 に、対応する仮想ボリューム VVOL に物理ページ PP（図 5）を割り当てているすべての物理ストレージ装置 3 について、当該物理ストレージ装置 3 内の各物理記憶デバイス 23（図 3）に格納されているデータのデータ量の比率が各物理記憶デバイス 23 の記憶容量の比率と同じ比率となるように物理記憶デバイス 23 間でデータを移動させるバックエンド負荷分散処理を実行させる（SP27）。そしてストレージ管理プログラム 50 は、この後、ステップ SP29 に進む。

[0138] さらにストレージ管理プログラム 50 は、ステップ SP24 の性能低減原因特定処理において特定された性能低下の原因が「フロントエンド」であった場合には、フロントエンド負荷分散モジュール 57（図 4）を呼び出し、このフロントエンド負荷分散モジュール 57 に、その仮想ボリューム VVOL とアクセスパスを介して接続されている物理ストレージ装置 3 を他の物理ストレージ装置 3 に切り替えるフロントエンド負荷分散処理を実行させる（SP28）。そしてストレージ管理プログラム 50 は、この後、ステップ SP29 に進む。

[0139] この後、ストレージ管理プログラム 50 は、ステップ SP21 において性能低下仮想ボリューム管理テーブル 64（図 17）から情報を取得したすべてのエントリについてステップ SP22～ステップ SP28 の処理を完了したか否かを判断する（SP29）。そしてストレージ管理プログラム 50 は、この判断で否定結果を得るとステップ SP22 に戻り、この後、ステップ SP22 において選択するエントリを未処理の他のエントリに順次切り替えながら、ステップ SP22～ステップ SP29 の処理を繰り返す。

[0140] そしてストレージ管理プログラム 50 は、やがて性能低下仮想ボリューム管理テーブル 64 のすべてのエントリ（仮想ストレージ装置 VST 内のすべての仮想ボリューム VVOL）についてステップ SP22～ステップ SP28 の処理を実行し終えることによりステップ SP29 において肯定結果を得

ると、このストレージ管理処理を終了する。

[0141] (2-3-3-2) 仮想ボリューム性能低下判定処理

図28A及び図28Bは、上述したストレージ管理処理(図27)のステップSP20において呼び出された仮想ボリューム性能低下判定モジュール53(図4)により実行される仮想ボリューム性能低下判定処理の具体的な処理手順を示す。

[0142] 仮想ボリューム性能低下判定モジュール53は、ストレージ管理処理のステップSP20においてストレージ管理プログラム50により呼び出されると、この図28A及び図28Bに示す仮想ボリューム性能低下判定処理を開始し、まず、性能低下仮想ボリューム管理テーブル64(図17)から全エントリの情報を読み出し(SP30)、情報を読み出した全エントリの中から1つのエントリを選択する(SP31)。

[0143] 続いて、仮想ボリューム性能低下判定モジュール53は、ステップSP31において選択したエントリの仮想ボリュームID欄64A及びレスポンスタイム閾値連続超過期間欄64Cにそれぞれ格納されている仮想ボリュームID及びレスポンスタイム閾値連続超過期間を取得する(SP32)。

[0144] また仮想ボリューム性能低下判定モジュール53は、仮想ボリューム性能低下判定条件定義テーブル66(図19)から、ステップSP31において選択したエントリに対応する仮想ボリューム(以下、これを対応仮想ボリュームと呼ぶ)VVOLについて設定されているレスポンスタイム閾値及びレスポンスタイム閾値連続超過許容期間を取得する(SP33)。具体的に、仮想ボリューム性能低下判定モジュール53は、このステップSP66において、仮想ボリューム性能低下判定条件定義テーブル66の対応仮想ボリュームVVOLと対応付けられたエントリのレスポンスタイム閾値欄66B(図19)に格納されている値(レスポンスタイム閾値)と、レスポンスタイム閾値連続超過許容期間欄66C(図19)に格納されている値(レスポンスタイム閾値連続超過許容期間)とを取得する。

[0145] 次いで、仮想ボリューム性能低下判定モジュール53は、仮想ボリューム

レスポンスタイム履歴テーブル 67 (図 20) から、対応仮想ボリューム VVOL についての過去 1 時間分のモニタリング期間欄 67B (図 20) 及びこれに対応するレスポンスタイム欄 67C (以下、これらをまとめてレスポンスタイムエントリと呼ぶ) にそれぞれ格納された情報を取得する (SP34)。

[0146] 次いで、仮想ボリューム性能低下判定モジュール 53 は、ステップ SP34 において情報を取得した各レスポンスタイムエントリの中からモニタリング期間が最も古いレスポンスタイムエントリを 1 つ選択し (SP35)、選択したレスポンスエントリのレスポンスタイム欄 67C (図 20) に格納されているレスポンスタイムがステップ SP33 において取得したレスポンスタイム閾値を超過しているか否かを判断する (SP36)。

[0147] 仮想ボリューム性能低下判定モジュール 53 は、この判断で否定結果を得ると、性能低下仮想ボリューム管理テーブル 64 (図 17) における対応仮想ボリューム VVOL と対応付けられたエントリのレスポンスタイム閾値連続超過期間欄 64C (図 17) に格納されたレスポンスタイム閾値連続超過期間を「0」に更新し (SP37)、この後、ステップ SP40 に進む。

[0148] これに対して仮想ボリューム性能低下判定モジュール 53 は、ステップ SP36 の判断で肯定結果を得ると、性能低下仮想ボリューム管理テーブル 64 (図 17) における対応仮想ボリューム VVOL と対応付けられたエントリのレスポンスタイム閾値連続超過期間欄 64C (図 17) に格納されたレスポンスタイム閾値連続超過期間を、1 モニタリング期間分の時間を加算した値に更新する (SP38)。

[0149] 続いて、仮想ボリューム性能低下判定モジュール 53 は、ステップ SP38 において更新した後のレスポンスタイム閾値連続超過期間がステップ SP33 において取得したレスポンスタイム閾値連続超過許容期間を超過したか否かを判断する (SP39)。

[0150] 仮想ボリューム性能低下判定モジュール 53 は、この判断で肯定結果を得ると、性能低下仮想ボリューム管理テーブル 64 (図 17) における対応仮

想ボリュームV V O Lと対応付けられたエントリの性能低下情報欄6 4 B（図1 7）に格納されている値を「true」に更新する（S P 4 0）。さらに仮想ボリューム性能低下判定モジュール5 3は、性能低下仮想ボリューム管理テーブル6 4における対応仮想ボリュームV V O Lに対応するエントリのレスポンスタイム閾値連続超過期間欄6 4 C（図1 7）に格納されているレスポンスタイム閾値連続超過期間を「0」に更新し（S P 4 1）、この後、ステップS P 4 4に進む。

[0151] これに対して仮想ボリューム性能低下判定モジュール5 3は、ステップS P 3 9の判断で否定結果を得ると、ステップS P 3 4において情報を取得した過去1時間分のすべてのレスポンスタイムエントリについてステップS P 3 5～ステップS P 4 3の処理を実行し終えたか否かを判断する（S P 4 4）。

[0152] そして仮想ボリューム性能低下判定モジュール5 3は、この判断で否定結果を得るとステップS P 3 5に戻り、この後、ステップS P 3 5において選択するレスポンスタイムエントリを1つずつ新しいレスポンスタイムエントリに順次切り替えながら、ステップS P 3 5～ステップS P 4 2の処理を繰り返す。

[0153] そして仮想ボリューム性能低下判定モジュール5 3は、やがてステップS P 3 4において取得した過去1時間分のすべてのレスポンスタイムエントリについてステップS P 3 5～ステップS P 4 1の処理を実行し終えることにより、ステップS P 4 2において肯定結果を得ると、性能低下仮想ボリューム管理テーブル6 4における対応仮想ボリュームV V O Lと対応付けられたエントリの性能低下情報欄6 4 B（図1 7）に格納された値を「false」に更新し、さらにそのエントリのレスポンスタイム閾値連続超過期間欄6 4 C（図1 7）に格納された値を、最後にステップS P 3 8において得られた加算結果の値に更新する（S P 4 3）。

[0154] この後、仮想ボリューム性能低下判定モジュール5 3は、ステップS P 3 0において情報を取得したすべてのエントリ（仮想ストレージ装置V S T内

に作成されたすべての仮想ボリュームVVOL) についてステップSP31～ステップSP43の処理を実行し終えたか否かを判断する(SP44)。

[0155] 仮想ボリューム性能低下判定モジュール53は、この判断で否定結果を得るとステップSP31に戻り、この後ステップSP31において選択するエントリを未処理の他のエントリに順次切り替えながらステップSP31～ステップSP44の処理を繰り返す。

[0156] そして仮想ボリューム性能低下判定モジュール53は、やがて仮想ストレージ装置VST内に作成されたすべての仮想ボリュームVVOLについてステップSP31～ステップSP43の処理を実行し終えることによりステップSP44において肯定結果を得ると、この仮想ボリューム性能低下判定処理を終了する。

[0157] (2-3-3-3) 性能低下原因特定処理

図29は、図27について上述したストレージ管理処理のステップSP24において性能低下原因特定モジュール54により実行される性能低下原因特定処理の具体的な処理手順を示す。

[0158] 性能低下原因特定モジュール54は、ストレージ管理処理のステップSP24においてストレージ管理プログラム50により呼び出されたとき、図29に示す性能低下原因特定処理を開始する。まず、ストレージ管理処理のステップSP23において肯定結果が得られた仮想ボリューム(性能低下した仮想ボリューム)の仮想ボリュームIDをストレージ管理プログラム50から受け取る(SP50)。

[0159] 続いて、性能低下原因特定モジュール54は、仮想ストレージ装置VSTを構成する物理ストレージ装置3のうちの性能低下仮想ボリュームVVOLのアクセスパスが接続された物理ストレージ装置3から最後に取得した性能メトリック値(CPUビジー率及びキャッシュメモリ利用率)を物理ストレージ装置性能メトリック履歴テーブル70(図24)から取得する(SP51)。

[0160] 次いで、性能低下原因特定モジュール54は、物理ストレージ装置性能メ

トリック閾値定義テーブル69（図21）を参照して、ステップSP51において取得した性能メトリック値（CPUビジー率及びキャッシュメモリ利用率）のうち、少なくとも1つが、予め設定されているCPUビジー率閾値又はキャッシュメモリ利用率閾値よりも大きいかなかを判断する（SP52）。

[0161] そして性能低下原因特定モジュール54は、この判断で肯定結果を得ると、性能低下仮想ボリュームVVOLの性能低下の原因を、アクセスパスが接続された物理ストレージ装置3のフロントエンドの負荷増大によるもの、つまり「フロントエンド」と特定し（SP53）、この後、ステップSP58に進む。

[0162] これに対して、性能低下原因特定モジュール54は、ステップSP52の判断で否定結果を得ると、装置間通信性能管理テーブル71（図24）及び装置間データ転送量履歴テーブル72（図25）を参照して、仮想ストレージ装置VSTを構成する物理ストレージ装置3のうちの性能低下仮想ボリュームVVOLのアクセスパスが接続された物理ストレージ装置3から最後を取得した、当該アクセスパスが接続された物理ストレージ装置3をアクセス元とし、他の物理ストレージ装置3をアクセス先とする装置間通信のデータ転送平均量が、その装置間通信の最大データ転送量理論値を超えている期間が存在するか否かを判断する（SP55）。

[0163] そして性能低下原因特定モジュール54は、この判断で肯定結果を得ると、性能低下仮想ボリュームVVOLの性能低下の原因を、アクセスパスが接続された物理ストレージ装置3及び他の物理ストレージ装置3間におけるデータ転送負荷の増大によるもの、つまり「装置間通信」と特定し（SP56）、この後、ステップSP58に進む。これに対して性能低下原因特定モジュール54は、ステップSP55の判断で否定結果を得ると、性能低下仮想ボリュームVVOLの性能低下の原因を、物理ストレージ装置3のバックエンドの負荷増大によるもの、つまり「バックエンド」と特定し（SP57）、この後、ステップSP58に進む。

[0164] 続いて、性能低下原因特定モジュール54は、上述のステップSP50～ステップSP57の処理により特定した性能低下仮想ボリュームVVOLの性能低下の原因をストレージ管理プログラム50に返却し（SP58）、この後、この性能低下原因特定処理を終了する。

[0165] （2-3-3-4）装置間通信負荷低減処理及びページ移動処理

装置間通信負荷低減モジュール55は、ストレージ管理処理のステップSP26においてストレージ管理プログラム50により呼び出されると装置間通信負荷低減処理を開始し、まず、性能低下仮想ボリューム管理テーブル64（図17）内のそのとき対象としているエントリと対応付けられた性能低下仮想ボリュームVVOLの仮想ボリュームIDを、当該性能低下仮想ボリューム管理テーブル64から取得する。

[0166] 続いて、装置間通信負荷低減モジュール55は、仮想ストレージ装置VSTを構成するすべての物理ストレージ装置3に対して、その物理ストレージ装置3から仮想ボリュームIDを取得した性能低下仮想ボリュームVVOLに対して、その物理ストレージ装置3からその性能低下仮想ボリュームVVOLに割り当てている物理ページPP（図5）に格納されているデータを、その性能低下仮想ボリュームVVOLとアクセスパスを介して接続された物理ストレージ装置3にすべて移動するページ移動処理の実行指示（以下、これをページ移動処理実行指示と呼ぶ）を送信する。

[0167] この際、装置間通信負荷低減モジュール55は、かかるページ移動処理実行指示に、取得した仮想ボリュームIDを格納する。そして、装置間通信負荷低減モジュール55は、この後、この装置間通信負荷低減処理を終了する。

[0168] 物理ストレージ装置3のページ移動モジュール31は、かかるページ移動処理実行指示を受信するとページ移動処理を開始し、まず、ページ移動処理実行指示に格納された性能低下仮想ボリュームVVOLの仮想ボリュームIDを当該ページ移動処理実行指示から取り出す。

[0169] 続いて、ページ移動モジュール31は、パス管理テーブル34（図9）を

参照して、自物理ストレージ装置にアクセスパスが接続されているか否かを判断する。具体的に、ページ移動モジュール 31 は、パス管理テーブル 34 の物理ストレージ装置ポート ID 欄 34C に自物理ストレージ装置内の SAN ポート 24A のポート ID が格納されているか否かを判断する。

[0170] ここで、この判断で肯定結果を得ることは、自物理ストレージ装置が性能低下仮想ボリューム VVOL とアクセスパスを介して接続されたアクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 であり、従って、自物理ストレージ装置内のデータを他の物理ストレージ装置 3 に移動する必要がないことを意味する。かくして、このときページ移動モジュール 31 は、このページ移動処理を終了する。

[0171] これに対して、自物理ストレージ装置が性能低下仮想ボリューム VVOL とアクセスパスを介して接続されたアクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 でなければ、自物理ストレージ装置内のデータをアクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 に移動する必要がある。かくして、このときページ移動モジュール 31 は、その性能低下仮想ボリューム VVOL とアクセスパスを介して接続されたアクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 の物理ストレージ装置 ID をパス管理テーブル 34 (図 9) から読み出す。

[0172] そしてページ移動モジュール 31 は、論理ページ管理テーブル 33 (図 8) を参照して、自物理ストレージ装置から性能低下仮想ボリューム VVOL に割り当てているすべての物理ページ PP (図 5) を特定すると共に、アクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 にアクセスして、これらの物理ページ PP にそれぞれ格納されているデータを、アクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 に移動させる。そしてページ移動モジュール 31 は、この後、このページ移動処理を終了する。

[0173] (2-3-3-5) バックエンド負荷分散処理

上述したストレージ管理処理 (図 27) のステップ SP27 においてバックエンド負荷分散モジュール 56 (図 4) により実行されるバックエンド負

荷分散処理の具体的な処理手順を説明する。

- [0174] バックエンド負荷分散モジュール56は、ストレージ管理処理（図27）のステップSP27においてストレージ管理プログラム50により呼び出されるとバックエンド負荷分散処理を開始し、まず、そのとき対象としている仮想ボリュームVVOLに記憶領域を割り当てている物理ストレージ装置3を1つ選択し、その物理ストレージ装置3について各物理記憶デバイス23の消費容量の比率がその物理記憶デバイス23の容量の比率と同じとなるように物理記憶デバイス23間でデータを移動させるリバランス処理を実行可能であるか否かを判断する。
- [0175] そしてバックエンド負荷分散モジュール56は、例えば利用している物理記憶デバイス23に障害が発生しているときなど、リバランス処理を実行不可能であるとした場合には、このバックエンド負荷分散処理を終了する。
- [0176] これに対して、バックエンド負荷分散モジュール56は、リバランス処理を実行可能であるとした場合には、どの物理記憶デバイス23に格納されたデータをどの物理記憶デバイス23に移動させるかを決定するページマイグレーション前処理を実行する。
- [0177] 続いて、バックエンド負荷分散モジュール56は、データ移動させる物理ページのページ数を算出し、この後、ステップSP81及びステップSP82の結果に基づいて、対応する物理記憶デバイス23間でのデータ移動を実行させる。そしてバックエンド負荷分散モジュール56は、この後、このバックエンド負荷分散処理を終了する。
- [0178] 負荷分散処理においては装置間通信を伴うデータのアクセスが発生したときに当該データを格納する物理ストレージ装置3からホスト計算機2から直接アクセスパスが設定されているストレージ装置に当該データを含むページが転送されたときに直接アクセスパスが設定されている物理ストレージ装置3にページマイグレーションすることによりマイグレーションのオーバーヘッドを低減することが可能である。
- [0179] また、ホスト計算機2で稼働するアプリケーションプログラム15（図2

）と仮想ボリュームVVOLを対応付けて記憶し、装置間通信を伴うデータアクセスが予め定められた頻度よりも多いアプリケーションプログラム15を特定し、当該アプリケーションプログラム15に関連付けられた仮想ボリュームVVOLをページマイグレーションの対象とすることもシステム管理上有効である。

[0180] 特に、アプリケーションプログラム15で使用する複数の仮想ボリュームVVOLのセットを追加した物理ストレージ装置3へ迅速に移動させて管理する場合は、アクセス頻度の比較的低いページもマイグレーションする必要があるため、システムの稼働状況をモニタし、装置間通信の予め定められた帯域幅の範囲でアプリケーションプログラム15が使用する仮想ボリュームVVOLのセットを通常業務に影響を与えることなく移動することができる。

[0181] (2-3-3-6) フロントエンド負荷分散処理

(2-3-3-6-1) フロントエンド負荷分散処理

図30は、上述したストレージ管理処理(図27)のステップSP28においてフロントエンド負荷分散モジュール57(図4)により実行されるフロントエンド負荷分散処理の具体的な処理手順を示す。

[0182] フロントエンド負荷分散モジュール57は、ストレージ管理処理のステップSP26においてストレージ管理プログラム50により呼び出されるとこの図30に示すフロントエンド負荷分散処理を開始し、まず、ストレージ管理処理のステップSP23において性能が低下したと判断された仮想ボリューム(性能低下仮想ボリューム)VVOLの仮想ボリュームIDをストレージ管理プログラム50から取得する(SP60)。

[0183] 続いて、フロントエンド負荷分散モジュール57は、追加装置性能余力判定モジュール58(図4)を呼び出し、この追加装置性能余力判定モジュール58に、追加され、かつ十分な性能余力を有する物理ストレージ装置3が存在するかを判定する追加装置性能余力判定処理を実行させる(SP61)。

- [0184] 続いて、フロントエンド負荷分散モジュール57は、ステップSP60において追加装置性能余力判定モジュール58から送信される追加装置性能余力判定処理の処理結果に基づいて、追加され、かつ十分な性能余力を有する物理ストレージ装置3が存在すると判定されたか否かを判断する（SP62）。
- [0185] フロントエンド負荷分散モジュール57は、この判断で肯定結果を得ると、追加され、かつ十分な性能余力を有すると判定された物理ストレージ装置3を、そのときステップSP60において仮想ボリュームIDを取得した性能低下仮想ボリュームVVOLとの間のアクセスパス切替え先の物理ストレージ装置3として設定する（SP63）。
- [0186] これに対してフロントエンド負荷分散モジュール57は、ステップSP62の判断で否定結果を得ると、アクセスパス切替え先装置選択モジュール59（図4）を呼び出し、このアクセスパス切替え先装置選択モジュール59（図4）に、ステップSP60において仮想ボリュームIDを取得した性能低下仮想ボリュームVVOLとの間のアクセスパスの切替え先とすべき物理ストレージ装置3を選択させるアクセスパス切替え先装置選択処理を実行させる（SP64）。
- [0187] かくしてフロントエンド負荷分散モジュール57により呼び出されたアクセスパス切替え先装置選択モジュール59は、後述するアクセスパス切替え先装置選択処理を実行することにより、アクセスパスの切替え先とすべき物理ストレージ装置3を選択し、その物理ストレージ装置IDをフロントエンド負荷分散モジュール57に返却する。
- [0188] 続いて、フロントエンド負荷分散モジュール57は、装置間通信性能管理テーブル71（図24）及び装置間データ転送量履歴テーブル72（図25）を参照して、ステップSP63において設定されたアクセスパスの切替え先とする物理ストレージ装置3、又は、ステップSP64においてアクセスパス切替え先装置選択モジュール59から返却された物理ストレージ装置IDが付与された物理ストレージ装置3と、他の各物理ストレージ装置3との

間のデータ転送量が、いずれもステップ S P 6 3 において設定されたアクセスパスの切替え先とする物理ストレージ装置 3、又は、ステップ S P 6 4 において返却された物理ストレージ装置 I D が付与された物理ストレージ装置 3 と、当該他の物理ストレージ装置 3 との間の最大データ転送量の理論値を下回っているか否かを判断する（S P 6 5）。

[0189] そしてフロントエンド負荷分散モジュール 5 7 は、この判断で肯定結果を得ると、図示しないアクセスパス切替えモジュールを呼び出し、このアクセスパス切替えモジュールに、ステップ S P 6 0 において仮想ボリューム I D を取得した性能低下仮想ボリューム V V O L と、仮想ストレージ装置 V S T との間のアクセスパスを、ステップ S P 6 3 において設定されたアクセスパスの切替え先とする物理ストレージ装置 3、又は、ステップ S P 6 4 において返却された物理ストレージ装置 I D が付与された物理ストレージ装置 3 に切り替えるアクセスパス切替え処理を実行させる（S P 6 6）。そしてフロントエンド負荷分散モジュール 5 7 は、この後、このフロントエンド負荷分散処理を終了する。

[0190] かくして、フロントエンド負荷分散モジュール 5 7 により呼び出されたアクセスパス切替えモジュールは、指定された性能低下仮想ボリューム V V O L との間のアクセスパスを、指定された物理ストレージ装置 3 に切り替えるようホスト計算機 2 に指示を与える。またアクセスパス切替えモジュールは、指定された性能低下仮想ボリューム V V O L との間のアクセスパスを、指定された物理ストレージ装置 3 に切り替えるようパス管理テーブル 6 8（図 2 1）を更新する。具体的に、アクセスパス切替えモジュールは、パス管理テーブル 6 8 上の性能低下仮想ボリューム V V O L と対応付けられたエントリのうち、指定された物理ストレージ装置 3 と対応付けられたエントリのアクセスパス設定情報欄 6 8 F（図 2 1）に格納されている情報を「true」に更新する。またホスト計算機 2 は、これと併せてそれまでアクセスパスが接続されていた物理ストレージ装置 3 と対応付けられたエントリのアクセスパス設定情報欄 6 8 F に格納されている情報を「false」に更新する。

[0191] さらに、かかる指示を受領したホスト計算機 2 の CPU 10 は、その性能低下仮想ボリューム VVOL へのアクセスパスを指定された物理ストレージ装置 3 に切り替えるように、メモリ 11 (図 2) に格納された対応するパス管理テーブル 17 (図 6) を更新する。具体的に、CPU 10 は、性能低下仮想ボリューム VVOL に対応するパス管理テーブル 17 におけるその性能低下仮想ボリューム VVOL と対応付けられたエントリのアクセスパス設定情報欄 17E (図 6) に格納されている情報を「true」に更新する。またホスト計算機 2 は、これと併せてそれまでアクセスパスが接続されていた物理ストレージ装置 3 と対応付けられたエントリのアクセスパス設定情報欄 17E に格納されている情報を「false」に更新する。この結果、ホスト計算機 2 は、この後、かかる性能低下仮想ボリューム VVOL へのアクセスを、アクセスパス設定情報欄 17E に「true」が格納されているエントリと対応付けられた物理ストレージ装置 3 (つまりステップ SP63 において設定されたアクセスパスの切替え先とする物理ストレージ装置 3、又は、ステップ SP64 において返却された物理ストレージ装置 ID が付与された物理ストレージ装置 3) を介して性能低下仮想ボリューム VVOL にアクセスすることになる。

[0192] 一方、ステップ SP65 において否定結果を得た場合、そのとき対象としている性能低下仮想ボリューム VVOL との間のアクセスパスを、ステップ SP63 において設定されたアクセスパスの切替え先とする物理ストレージ装置 3、又は、ステップ SP64 においてアクセスパス切替え先として選択された物理ストレージ装置 3 に切り替えると、その物理ストレージ装置 3 と、他の物理ストレージ装置 3 との間のデータ転送がボトルネックとなって、ホスト計算機 2 から見た仮想ボリュームの性能が低下するおそれがある。そこで、この場合、フロントエンド負荷分散モジュール 57 は、アクセスパス切替えモジュールを呼び出すことなく、このフロントエンド負荷分散処理を終了する。

[0193] (2-3-3-6-2) 追加装置性能余力判定処理

追加装置性能余力判定モジュール 58 の処理について説明する。

[0194] まず、追加装置性能余力判定モジュール 58 は、仮想ストレージ装置構成管理テーブル 62（図 15）を参照し、仮想ストレージ装置 V S T を構成する全ての物理ストレージ装置 3 の I D を取得する。

[0195] 続いて、追加装置性能余力判定モジュール 58 は、取得した全ての物理ストレージ装置 I D について、物理ストレージ装置性能メトリック履歴テーブル 70 から、C P U ビジー率及びキャッシュメモリ利用率を取得する。ここで取得するメトリック値は、最新の値のみであってもよいし、過去一定期間における値の平均値であってもよい。

[0196] 次に、追加装置性能余力判定モジュール 58 は、前記の取得したメトリック値が、追加装置設定値管理テーブル 63（図 16）に格納された設定値を上回っているか否かを判定する。前記判定で、肯定結果を得た場合、当該物理ストレージ装置 3 は、以後の処理において追加した物理ストレージ装置として扱わないよう追加装置設定値管理テーブル 63 の内容を書き換える。

[0197] （2-3-3-6-3）アクセスパス切替え先装置選択処理

フロントエンド負荷分散処理（図 30）のステップ S P 64 において呼び出されるアクセスパス切替え先装置選択モジュール 59 により実行されるアクセスパス切替え先装置選択処理について説明する。本モジュール 59 は、アクセスパスが接続された物理ストレージ装置以外の物理ストレージ装置の中から、最適なアクセスパス切り替え先となる物理ストレージ装置を選択する。

[0198] まず、アクセスパス切替え先装置選択モジュール 59 は、アクセスパスの切替え先となり得る物理ストレージ装置 3 の一覧として、仮想ストレージ装置構成管理テーブル 62 を参照し、当該アクセスパスの代替パスが接続されている物理ストレージ装置 3 の一覧を取得する。

[0199] 次に、アクセスパス切替え先装置選択モジュール 59 は、取得した各物理ストレージ装置 3 について、物理ストレージ装置性能メトリック閾値定義テーブル 69 及び物理ストレージ装置性能メトリック履歴テーブル 70 を参照

し、全ての性能メトリック値が性能メトリック閾値を下回っている物理ストレージ装置 3 のリストを作成する。

[0200] そして、アクセスパス切替え先装置選択モジュール 59 は、前記物理ストレージ装置リストの中から、現時点でアクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 と、装置間データ転送スループットが最良であるパスで接続された物理ストレージ装置 3 を決定する処理を実行する。この処理で決定された物理ストレージ装置 3 を、アクセスパス切り替え先の物理ストレージ装置 3 とする。

[0201] 本実施の形態では、前記装置間データ転送スループットの指標として、装置間データ転送時間 t を採用する。装置間データ転送時間 t は、アクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 からアクセスパスの切替え先とする物理ストレージ装置 3 へ移動させる仮想ボリューム $VVOL$ の論理ページ数を p 、1 論理ページ当たりのデータ量を v 、単位時間当たりのデータ転送可能量を a 、データ転送に利用可能なパス数を n として、次式

[数2]

$$t = \frac{p \times v}{a} \times \frac{1}{n} \quad \dots\dots (2)$$

で算出される。

[0202] 移動する論理ページ数 p は、性能低下した仮想ボリューム $VVOL$ を構成する論理ページ LP の中で、その時点で、当該仮想ボリューム $VVOL$ のアクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 中に存在する物理ページ PP の総数とする。これは、アクセスパスの切替え後、管理計算機 4 の階層型データ管理機能により、アクセスパスの切替え前にアクセスパスが接続されていた物理ストレージ装置 3 からアクセスパス切替え先とする物理ストレージ装置 3 へ、アクセス頻度が大きな論理ページ LP のデータが移動するためである。

[0203] 一方、データ転送可能量 a とは、装置間データ転送量について、理論最大値から実測値を差し引いた値のことである。装置間データ転送量の理論最大

値は装置間通信性能管理テーブル 7 1 を参照し、装置間データ転送量の実測値は装置間データ転送量履歴テーブル 7 2 を参照することで取得可能である。

[0204] (2-4) アクセスパス手動切替え機能

(2-4-1) アクセスパス手動切替え機能の概要

本実施の形態による管理計算機 4 には、上述のように性能低下を検知した仮想ボリューム VVOL から仮想ストレージ装置 VST へのアクセスパスを、現在のアクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 から他の物理ストレージ装置 3 に自動的に切り替えるアクセスパス自動切替え機能に加えて、システム管理者が手動によりアクセスパスを所望のパスに切り替え可能なアクセスパス手動切替え機能が搭載されている。

[0205] そしてストレージ管理プログラム 50 (図 4) は、動作モードとして、上述のアクセスパス自動切替え機能に基づく動作モード (アクセスパス自動切替えモード) ではなく、アクセスパス手動切替え機能に基づく動作モード (アクセスパス手動切替えモード) が選択及び設定されている場合には、図 28 A 及び図 28 B について上述した仮想ボリューム性能低下判定処理を仮想ボリューム性能低下判定モジュール 53 に実行させ、この後、アクセスパス切替え先ポート表示モジュール 60 を呼び出す。

[0206] アクセスパス切替え先ポート表示モジュール 60 は、ストレージ管理プログラム 50 により呼び出されると、仮想ボリューム性能低下判定モジュール 53 による仮想ボリューム性能低下判定処理 (図 28 A 及び図 28 B) の処理結果に基づいて、図 31 に示すような性能低下仮想ボリューム情報表示画面 80 を管理計算機 4 のモニタ (図示せず) に表示させる。

[0207] この性能低下仮想ボリューム情報表示画面 80 は、図 31 から明らかなように、性能低下仮想ボリューム一覧 81 と、実行ボタン 82 とから構成される。そして性能低下仮想ボリューム一覧 81 内には、仮想ボリューム性能低下判定処理において性能が低下したと判定された仮想ボリューム (性能低下仮想ボリューム) VVOL の仮想ボリューム ID、その性能低下仮想ボリ

ュームVVOLの性能低下を検出した日時、その性能低下仮想ボリュームVVOLについて設定されたレスポンスタイム閾値及びレスポンスタイム閾値連続超過許容期間が表示される。

[0208] そして性能低下仮想ボリューム情報表示画面80では、性能低下仮想ボリューム一覧81に仮想ボリュームID等の情報が表示された性能低下仮想ボリュームVVOLの中からシステム管理者が所望する性能低下仮想ボリュームVVOLを、カーソル83により指定することができる。そしてシステム管理者は、かかるカーソル操作により所望する性能低下仮想ボリュームVVOLを指定した後、実行ボタン82をクリックすることにより、図32に示すようなアクセスパス切替え先表示画面90を管理計算機4のモニタに表示させることができる。

[0209] このアクセスパス切替え先表示画面90は、性能低下仮想ボリューム情報表示画面80の性能低下仮想ボリューム一覧81においてカーソル83により指定された性能低下仮想ボリューム（以下、これを指定性能低下仮想ボリュームと呼ぶ）VVOLについて、追加された物理ストレージ装置3に接続されたパスを新しいアクセスパスとして、システム管理者に提示する。

[0210] 本アクセスパス切替え先表示画面90は、図32に示すように、使用中アプリケーション名91等の当該指定性能低下仮想ボリュームVVOLを使用するアプリケーションプログラム15（図2）に関連付けられた情報、性能要求レベル92、性能メトリックトレンドチャート93、性能改善情報欄94、装置間通信帯域使用率95、追加ストレージ装置容量消費率96、実行ボタン97及び閉じるボタン98から構成される。

[0211] ここで、本アクセスパス切替え先表示画面90には、運用中の物理ストレージ装置群の運用スケジュールとして、例えば、メンテナンス時期や繁忙期などを追加表示し、これらの時期における各性能メトリックのトレンドを確認できるようにしても構わない。

[0212] さらに、当該アクセスパス切り替えに伴う、他のアプリケーションプログラム15への影響をシステム管理者が知ることができるように、全てのアプリ

リケーションプログラム 15 が利用する仮想ボリューム VVOL の容量消費量などを表示してもよい。

[0213] 性能改善情報欄 94 には、かかる指定性能低下仮想ボリューム VVOL について、現在利用中のアクセスパスの接続先に関する情報と、指定性能低下仮想ボリューム VVOL 及び仮想ストレージ装置 VST 間を接続するパスのうちのアクセスパスに切り替えることにより指定性能低下仮想ボリューム VVOL の性能向上が見込まれるパスに関する情報とが表示される。

[0214] 具体的に、性能改善情報欄 94 には、指定性能低下仮想ボリューム VVOL 及び仮想ストレージ装置 VST 間を接続する現在使用中のアクセスパスが接続されたホスト計算機 2 側の SAN ポート 12 (図 2) のポート ID 及び物理ストレージ装置 3 側の SAN ポート 24 A (図 3) のポート ID と、アクセスパスとすることによって指定性能低下仮想ボリューム VVOL の性能向上が見込まれるパスが接続されたホスト計算機 2 側の SAN ポート 12 のポート ID 及び物理ストレージ装置 3 側の SAN ポート 24 A のポート ID とがそれぞれ表示される。

[0215] そしてアクセスパス切替え先表示画面 90 では、この後、実行ボタン 92 をクリックすることによって、指定性能低下仮想ボリューム VVOL 及び仮想ストレージ装置 VST 間を接続するアクセスパスを、性能改善情報欄 94 に表示されたパスに切り替えることができる。

[0216] またアクセスパス切替え先表示画面 90 では、閉じるボタン 98 をクリックすることによって、指定性能低下仮想ボリューム VVOL 及び仮想ストレージ装置 VST 間を接続するアクセスパスを、性能改善情報欄 94 に表示されたパスに切り替えることなく、このアクセスパス切替え先表示画面 90 を閉じさせることができる。

[0217] (2-4-2) アクセスパス手動切替えモード処理

動作モードとして、上述のアクセスパス手動切替えモードが選択及び設定されている場合、ストレージ管理プログラム 50 により定期的 (例えば毎正時) に仮想ボリューム性能低下判定モジュール 53 (図 4) を呼び出す。そ

して仮想ボリューム性能低下判定モジュール53は、ストレージ管理プログラム50により呼び出されると、仮想ストレージ装置VST内に作成された各仮想ボリュームVVOLの性能がそれぞれ低下しているか否かを判定する図28A及び図28Bについて上述した仮想ボリューム性能低下判定処理を実行する（SP150）。

[0218] 続いて、ストレージ管理プログラム50は、アクセスパス切替え先ポート表示モジュール60（図4）を呼び出す。かくしてアクセス先ポート切替え先ポート表示モジュール61は、ストレージ管理プログラム50により呼び出されると、システム管理者の操作に応じて、図31及び図32について上述した性能低下仮想ボリューム情報表示画面80及びアクセスパス切替え先表示画面90を管理計算機4のモニタに順次表示するアクセスパス切替え先ポート表示処理を実行する。

[0219] 図33は、上述のストレージ管理処理のステップSP151においてストレージ管理プログラム50により呼び出されたアクセスパス切替え先ポート表示モジュール60により実行されるアクセスパス切替え先ポート表示処理の具体的な処理内容を示す。

[0220] アクセスパス切替え先ポート表示モジュール60は、ストレージ管理プログラム50により呼び出されると、この図33に示すアクセスパス切替え先ポート表示処理を開始し、まず、性能低下仮想ボリューム管理テーブル64（図17）、性能低下仮想ボリューム検出日時管理テーブル65（図18）及び仮想ボリューム性能低下判定条件定義テーブル66（図19）を参照して、性能低下が発生している仮想ボリュームVVOLに関する必要な情報を収集し（SP70）、収集した情報に基づいて図31について上述した性能低下仮想ボリューム情報表示画面80を管理計算機4のモニタに表示させる（SP71）。

[0221] 続いて、アクセスパス切替え先ポート表示モジュール60は、性能低下仮想ボリューム情報表示画面80の実行ボタン82がクリックされるのを待ち受け（SP72）、やがて当該実行ボタン82がクリックされると、性能低

下仮想ボリューム情報表示画面 80 の性能低下仮想ボリューム一覧 81 において選択された指定性能低下仮想ボリューム VVOL の仮想ボリューム ID を取得する (SP73)。

[0222] 次に、アクセスパス切替え先ポート表示モジュール 60 は、指定性能低下仮想ボリューム VVOL 及び仮想ストレージ装置 VST 間のアクセスパスが接続されているアクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 側の SAN ポート 24A のポート ID と、ホスト計算機 2 側の SAN ポート 12 のポート ID とをパス管理テーブル 68 (図 21) から取得する (SP74)。

[0223] この後、アクセスパス切替え先ポート表示モジュール 60 は、アクセスパス切替え先装置選択モジュール 59 (図 4) に対して、ステップ SP73 において取得した仮想ボリューム ID を格納した上述のアクセスパス切替え先装置選択処理実行指示を与える (SP75)。

[0224] かくして、このアクセスパス切替え先装置選択処理実行指示を受け取ったアクセスパス切替え先装置選択モジュール 59 は、上述したアクセスパス切替え先装置選択処理を実行することにより、アクセスパスの切替え先とすべき物理ストレージ装置 3 を選択し、選択したアクセスパス切替え先とする物理ストレージ装置 3 の物理ストレージ装置 ID をアクセスパス切替え先ポート表示モジュール 60 に返却する。

[0225] 続いて、アクセスパス切替え先ポート表示モジュール 60 は、ステップ SP75 において取得したアクセスパスの切替え先とすべき物理ストレージ装置 3 の物理ストレージ装置 ID を格納したアクセスパス切替え先ポート選択処理実行指示を、図示しないアクセスパス切替え先ポート選択モジュールに与える (SP76)。

[0226] かくして、このアクセスパス切替え先ポート選択処理実行指示を受け取ったアクセスパス切替え先ポート選択モジュールは、当該アクセスパス切替え先ポート選択処理実行指示に格納された物理ストレージ装置 ID が付与された物理ストレージ装置 3 が有する SAN ポート 24A (図 3) の中から、データ転送量が最も少ない SAN ポート 24A を選択し、選択した SAN ポー

ト 2 4 A のポート I D をアクセスパス切替え先ポート表示モジュール 6 0 に返却する。

[0227] さらにアクセスパス切替え先ポート表示モジュール 6 0 は、ステップ S P 7 6 において取得した現在アクセスパスが接続されているアクセスパスが接続された物理ストレージ装置 3 側の S A N ポート 2 4 A のポート I D、及び、当該アクセスパスが接続されているホスト計算機 2 側の S A N ポート 1 2 のポート I D と、ステップ S P 7 5 において取得したアクセスパス切替え先とする物理ストレージ装置 3 の物理ストレージ装置 I D、及び、ステップ S P 7 6 において取得したポート I D とに基づいて、図 3 2 について上述したアクセスパス切替え先表示画面 9 0 を性能低下仮想ボリューム情報表示画面 8 0 に代えて管理計算機 4 のモニタに表示させる（S P 7 7）。

[0228] この後、アクセスパス切替え先ポート表示モジュール 6 0 は、アクセスパス切替え先表示画面 9 0 の閉じるボタン 9 8 又は実行ボタン 9 7 がクリックされるのを待ち受ける（S P 7 8, S P 7 9）。

[0229] そしてアクセスパス切替え先ポート表示モジュール 6 0 は、アクセスパス切替え先表示画面 9 0 の閉じるボタン 9 8 がクリックされると（S P 7 8 : Y E S）、当該アクセスパス切替え先表示画面 9 0 を閉じさせ（S P 8 0）、この後、このアクセスパス切替え先ポート表示処理を終了する。

[0230] これに対してアクセスパス切替え先ポート表示モジュール 6 0 は、アクセスパス切替え先表示画面 9 0 の実行ボタン 9 7 がクリックされると（S P 7 9 : Y E S）、図示しないアクセスパス切替えモジュールに対してアクセスパス切替え処理実行指示を与え（S P 8 1）、この後、このアクセスパス切替え先ポート表示処理を終了する。

[0231] かくして、かかるアクセスパス切替え処理実行指示を受け取ったアクセスパス切替えモジュールは、アクセスパス切替え先表示画面 9 0 においてアクセスパスの切替え先として表示されたホスト計算機 2 側のポート I D が付与された S A N ポート 1 2 と、物理ストレージ装置 3 側のポート I D が付与された S A N ポート 2 4 A とを接続するパスをアクセスパスに切り替えるアク

セスパス切替え処理を実行する。

[0232] これにより性能低下仮想ボリューム情報表示画面 80 において指定された性能低下仮想ボリューム VVOL 及び仮想ストレージ装置 VST 間を接続アクセスパスが、アクセスパス切替え先表示画面 90 においてアクセスパスの切替え先として表示されたホスト計算機 2 側のポート ID が付与された SAN ポート 12 と、物理ストレージ装置 3 側のポート ID が付与された SAN ポート 24 A とを接続するパスに切り替えられることになる。

[0233] (3) 本実施の形態の効果

以上のように本計算機システム 1 では、物理ストレージ装置 3 が追加された場合に、ホスト計算機 2 との間のアクセスパスをその物理ストレージ装置 3 に切り替えるため、既存の複数の物理ストレージ装置群の I/O 負荷を追加された物理ストレージ装置 3 に短時間に分散することができる。かくするにつき、装置横断プール PL を構成する複数の物理ストレージ装置を早期に定常状態に移行させることができ、計算機システム 1 全体としての安定性と性能を向上させることができる。

[0234] (4) 他の実施の形態

なお上述の実施の形態においては、図 27 について上述したストレージ管理処理を定期的に行うようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、かかるストレージ管理処理を不定期に行うようにしても良い。

[0235] また上述の実施の形態においては、複数の物理ストレージ装置 3 に物理ストレージ装置 3 が追加された場合、追加された物理ストレージ装置 3 にアクセスパスを切り替えるようにホスト計算機 2 を制御する制御部と、仮想ボリューム VVOL の性能が低下しているか否かを判定する性能判定部と、性能判定部により性能が低下していると判定された仮想ボリューム VVOL について、性能低下の原因を特定する原因特定部とを、いずれも管理計算機 4 の CPU 40 (図 4) 及びストレージ管理プログラム 50 (図 4) により構成するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、これら制御

部、性能判定部及び原因特定部をハードウェア構成としても良く、これら制御部、性能判定部及び原因特定部の構成としては、この他種々の構成を広く適用することができる。

産業上の利用可能性

[0236] 本発明は、複数のストレージ装置がそれぞれ提供する記憶領域を当該複数のストレージ装置を跨る論理プールとして管理し、論理プールと対応付けられた仮想ボリュームをホスト計算機に提供し、論理プールから仮想ボリュームに動的に記憶領域を割り当てる計算機システムに広く適用することができる。

符号の説明

[0237] 1 ……計算機システム、2 ……ホスト計算機、3 ……物理ストレージ装置、4 ……管理計算機、5 ……ホスト通信用ネットワーク、6 ……装置間通信用ネットワーク、12, 24A, 24B ……SANポート、20, 40 ……CPU、21, 41 ……メモリ、22 ……キャッシュメモリ、23 ……物理記憶デバイス、31 ……ページ移動モジュール、50 ……ストレージ管理プログラム、51 ……物理ストレージ装置追加処理モジュール、52 ……レスポンスタイム測定結果取得モジュール、53 ……仮想ボリューム性能低下判定モジュール、54 ……性能低下原因特定モジュール、55 ……装置間通信負荷低減モジュール、56 ……バックエンド負荷分散モジュール、57 ……フロントエンド負荷分散モジュール、58 ……追加装置性能余力判定モジュール、59 ……アクセスパス切替え先装置選択モジュール、60 ……アクセスパス切替え先ポート表示モジュール、62 ……仮想ストレージ装置構成管理テーブル、63 ……追加装置設定値管理テーブル、64 ……性能低下仮想ボリューム管理テーブル、65 ……性能低下仮想ボリューム検出日時管理テーブル、66 ……仮想ボリューム性能低下判定条件定義テーブル、67 ……仮想ボリュームレスポンスタイム履歴テーブル、68 ……パス管理テーブル、69 ……物理ストレージ装置性能メトリック閾値定義テーブル、70 ……物理ストレージ装置性能メトリック履歴テーブル、71 ……装置間通信性能

管理テーブル、72……装置間データ転送量履歴テーブル、80……性能低下仮想ボリューム情報表示画面、90……アクセスパス切替え先表示画面、VOL……論理ボリューム、VST……仮想ストレージ装置、VOL……仮想ボリューム。

請求の範囲

[請求項1]

相互に接続された複数のストレージ装置がそれぞれ提供する記憶領域を当該複数のストレージ装置を跨る論理プールとして管理すると共に、前記論理プールと対応付けられた仮想ボリュームをホスト計算機に提供し、前記ホスト計算機による前記仮想ボリュームの書き込み時に、前記論理プールから前記仮想ボリュームに実記憶領域を割り当てる計算機システムにおいて前記ホスト計算機及び前記複数のストレージ装置を管理する管理装置であって、

前記ホスト計算機は、前記複数のストレージ装置と複数のアクセスパスを介して接続されると共に、当該複数のアクセスパスの中から選択された1つのアクセスパスを介して前記仮想ボリュームにアクセスし、

前記アクセスパスが接続された前記ストレージ装置は、前記アクセスパスを介して前記ホスト計算機から与えられたI/O要求が自装置に格納されたデータに対するものでない場合には、当該I/O要求のデータを格納するストレージ装置に転送し、

前記管理装置は、前記複数のストレージ装置にストレージ装置が追加された場合、追加されたストレージ装置に前記アクセスパスを切り替えるように前記ホスト計算機を制御する制御部を備える

ことを特徴とする管理装置。

[請求項2]

請求項1の管理装置において、

前記仮想ボリュームの性能が低下しているか否かを判定する性能判定部と、

前記性能判定部により性能が低下していると判定された前記仮想ボリュームについて、性能低下の原因を特定する原因特定部とを備え、

前記制御部は、前記原因特定部により、前記仮想ボリュームの性能低下の原因が、前記アクセスパスの帯域が不足することによるものであると判定された場合には、前記アクセスパスの接続先を前記追加さ

れたストレージ装置に切り替えるよう前記ホスト計算機を制御することを特徴とする管理装置。

[請求項3] 請求項2の管理装置において、

前記制御部は、記原因特定部により、前記仮想ボリュームの性能低下の原因が、前記ストレージ装置間におけるデータ転送負荷の増大によるものと判定された場合には、前記仮想ボリュームに格納された前記仮想ボリュームを使用するアプリケーションに関連付けられた仮想ボリュームを、前記アクセスパスが接続された前記追加されたストレージ装置に移動させるよう、対応する前記ストレージ装置を制御することを特徴とする管理装置。

[請求項4] 請求項3の管理装置において、

前記制御部は、前記アプリケーションに関連付けられた仮想ボリュームに格納されたデータのうち、アクセスパスの切り替え後にアクセスが発生したページを前記追加されたストレージ装置に移動させることを特徴とする管理装置。

[請求項5] 請求項3の管理装置において、

前記制御部は、前記アプリケーションに関連付けられた仮想ボリュームに格納されたデータのうち、予め定められた頻度以上のアクセス頻度の高いページを予め定められた前記ストレージ装置間通信の負荷の範囲で前記追加されたストレージ装置に移動させることを特徴とする管理装置。

[請求項6] 請求項3の管理装置において、

前記性能判定部は、各前記ストレージ装置からそれぞれ取得した前記仮想ボリュームの性能メトリックの測定値に基づいて、当該仮想ボリュームの性能が低下しているか否かを判定することを特徴とする管理装置。

[請求項7] 請求項3の管理装置において、

前記原因特定部は、前記仮想ボリュームと前記アクセスパスを介して

接続された前記ストレージ装置から取得した当該ストレージ装置の性能メトリックの測定値に基づいて、前記仮想ボリュームの性能低下の原因を特定することを特徴とする管理装置。

[請求項8] 相互に接続された複数のストレージ装置がそれぞれ提供する記憶領域を当該複数のストレージ装置を跨る論理プールとして管理すると共に、前記論理プールと対応付けられた仮想ボリュームをホスト計算機に提供し、前記ホスト計算機からの前記仮想ボリュームの書き込み時に、前記論理プールから前記仮想ボリュームに実記憶領域を割り当てる計算機システムにおいて前記ホスト計算機及び前記複数のストレージ装置を管理する管理装置による管理方法であって、

前記ホスト計算機は、

前記複数のストレージ装置と複数のアクセスパスを介して接続されると共に、当該複数のアクセスパスの中から選択された1つのアクセスパスを介して前記仮想ボリュームにアクセスし、

前記アクセスパスが接続された前記ストレージ装置は、

前記アクセスパスを介して前記ホスト計算機から与えられたI/O要求が自装置に格納されたデータに対するものでない場合には、当該I/O要求のデータを格納するストレージ装置に転送し、

制御部は、前記複数のストレージ装置が追加された場合に、追加されたストレージ装置に前記アクセスパスを切り替えるように前記ホスト計算機を制御する

ことを特徴とする管理方法。

[請求項9] 請求項8に記載の管理方法において、

前記管理装置が、前記仮想ボリュームの性能が低下しているか否かを判定し、

前記管理装置が、性能が低下していると判定した前記仮想ボリュームについて、性能低下の原因を特定し、

前記制御部は、前記仮想ボリュームの性能低下の原因が、前記アク

セスパスの帯域が不足することによるものであると判定された場合、前記アクセスパスの接続先を前記追加されたストレージ装置に切り替えるよう前記ホスト計算機を制御することを特徴とする管理方法。

[請求項10]

請求項9に記載の管理方法において、

前記制御部は、前記仮想ボリュームの性能低下の原因が、前記ストレージ装置間におけるデータ転送負荷の増大によるものと判定した場合には、前記仮想ボリュームに格納された前記仮想ボリュームを使用するアプリケーションに関連付けられた仮想ボリュームを、前記アクセスパスが接続された前記ストレージ装置に移動させるよう、対応する前記ストレージ装置を制御することを特徴とする管理方法。

[請求項11]

請求項10の管理方法において、

前記制御部は、前記アプリケーションに関連付けられた仮想ボリュームに格納されたデータのうち、アクセスパスの切り替え後にアクセスが発生したページを前記追加されたストレージ装置に移動させることを特徴とする管理方法。

[請求項12]

請求項10の管理方法において、

前記制御部は、前記アプリケーションに関連付けられた仮想ボリュームに格納されたデータのうち、予め定められた頻度以上のアクセス頻度の高いページを予め定められた前記ストレージ装置間通信の負荷の範囲で前記追加されたストレージ装置に移動させることを特徴とする管理方法。

[請求項13]

請求項10に記載の管理方法において、

前記制御部は、前記ストレージ装置からそれぞれ取得した前記仮想ボリュームの性能メトリックの測定値に基づいて、当該仮想ボリュームの性能が低下しているか否かを判定することを特徴とする管理方法。

[請求項14]

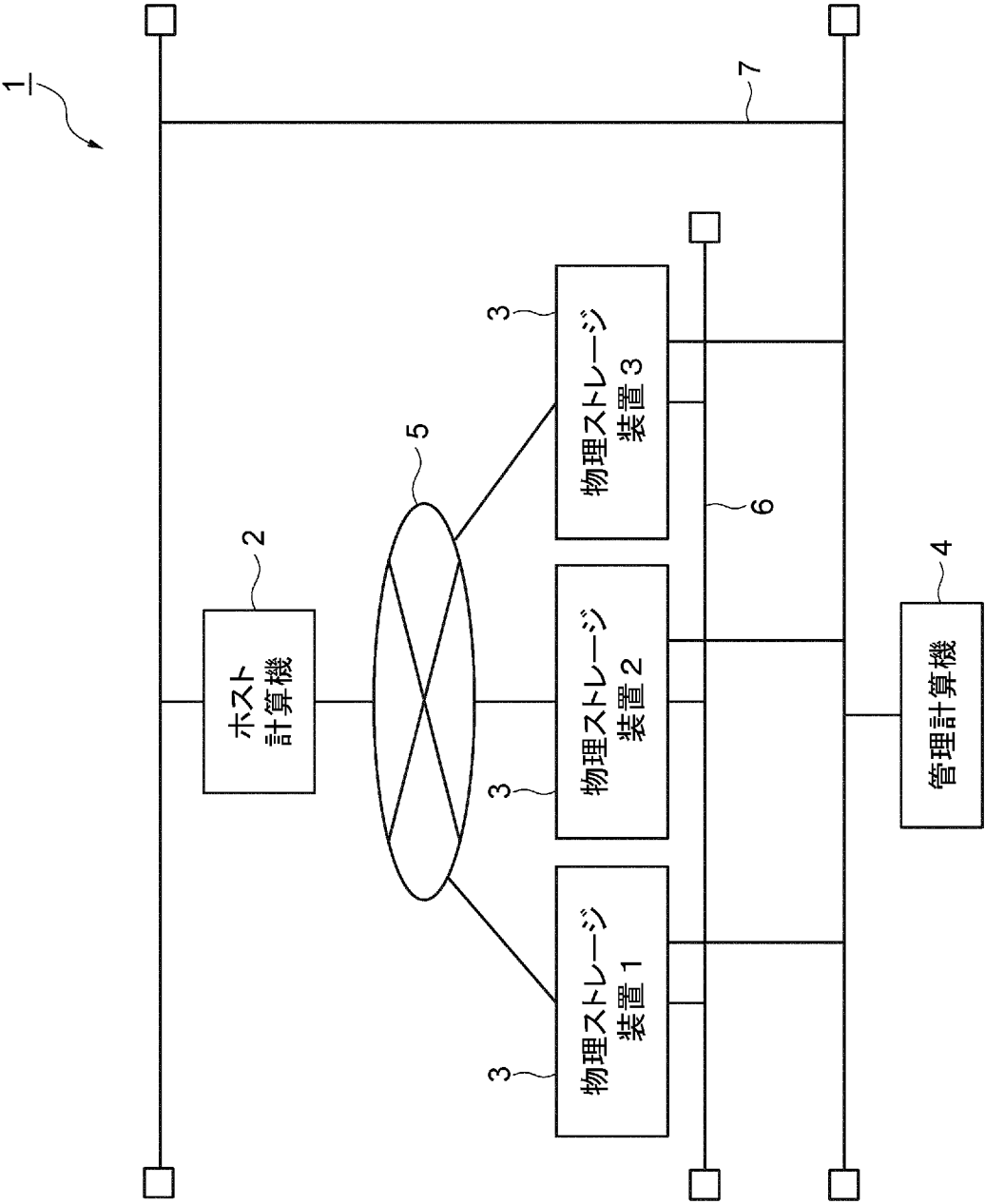
請求項10に記載の管理方法において、

前記制御部は、前記仮想ボリュームと前記アクセスパスを介して接続された前記ストレージ装置から取得した当該ストレージ装置の性能メトリックの測定値に基づいて、前記仮想ボリュームの性能低下の原因を特定する

ことを特徴とする管理方法。

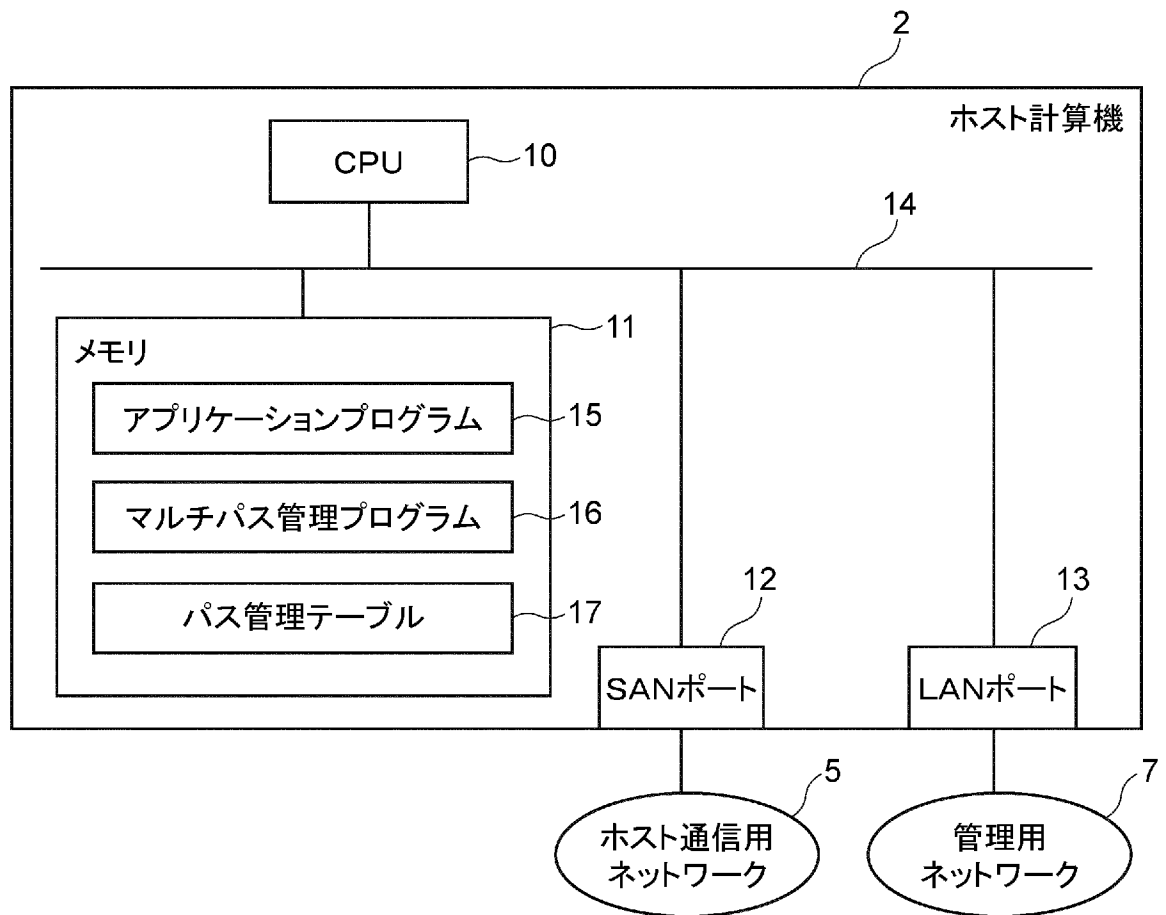
[図1]

図 1



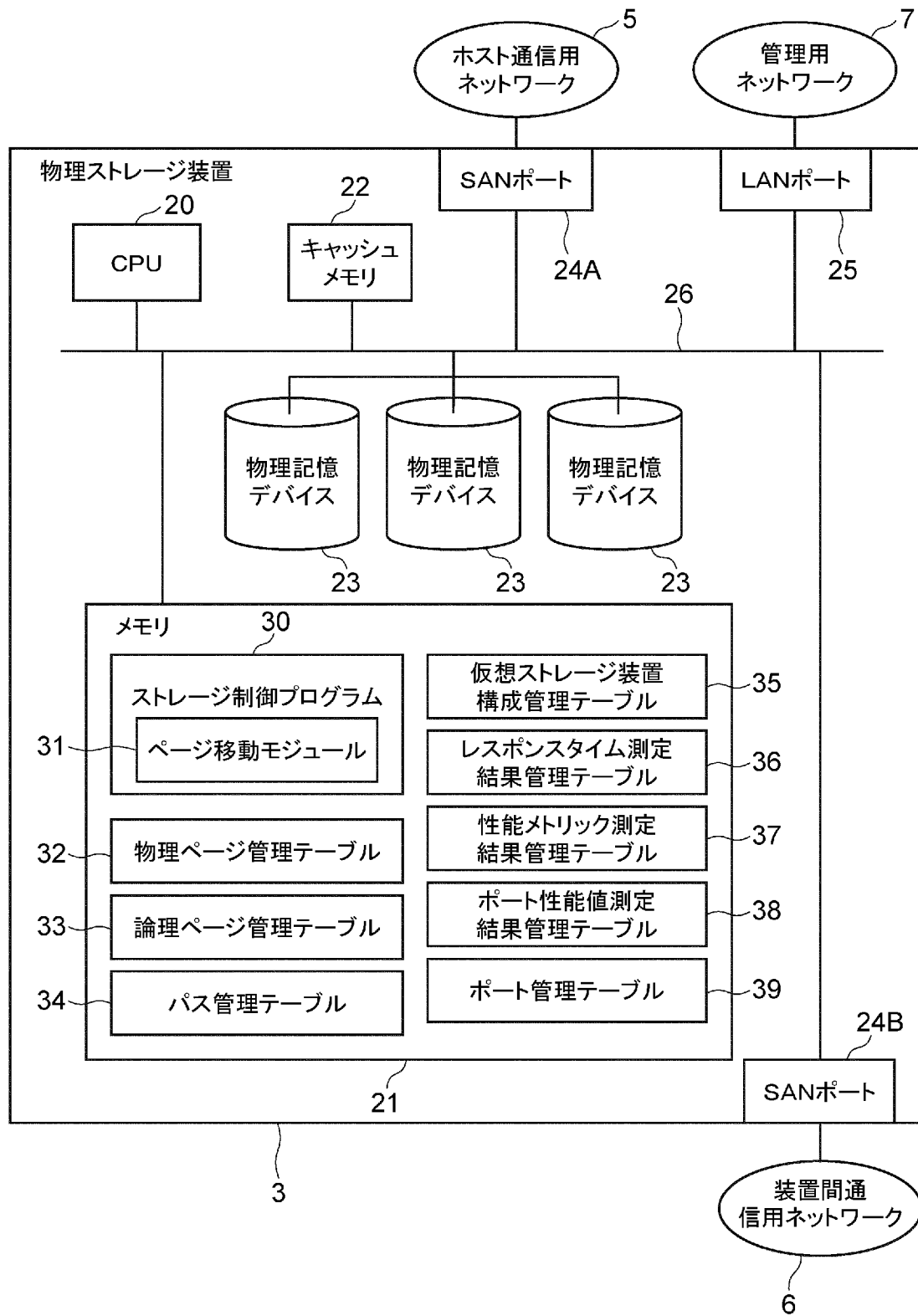
[図2]

図 2



[図3]

図 3



[図4]

図 4

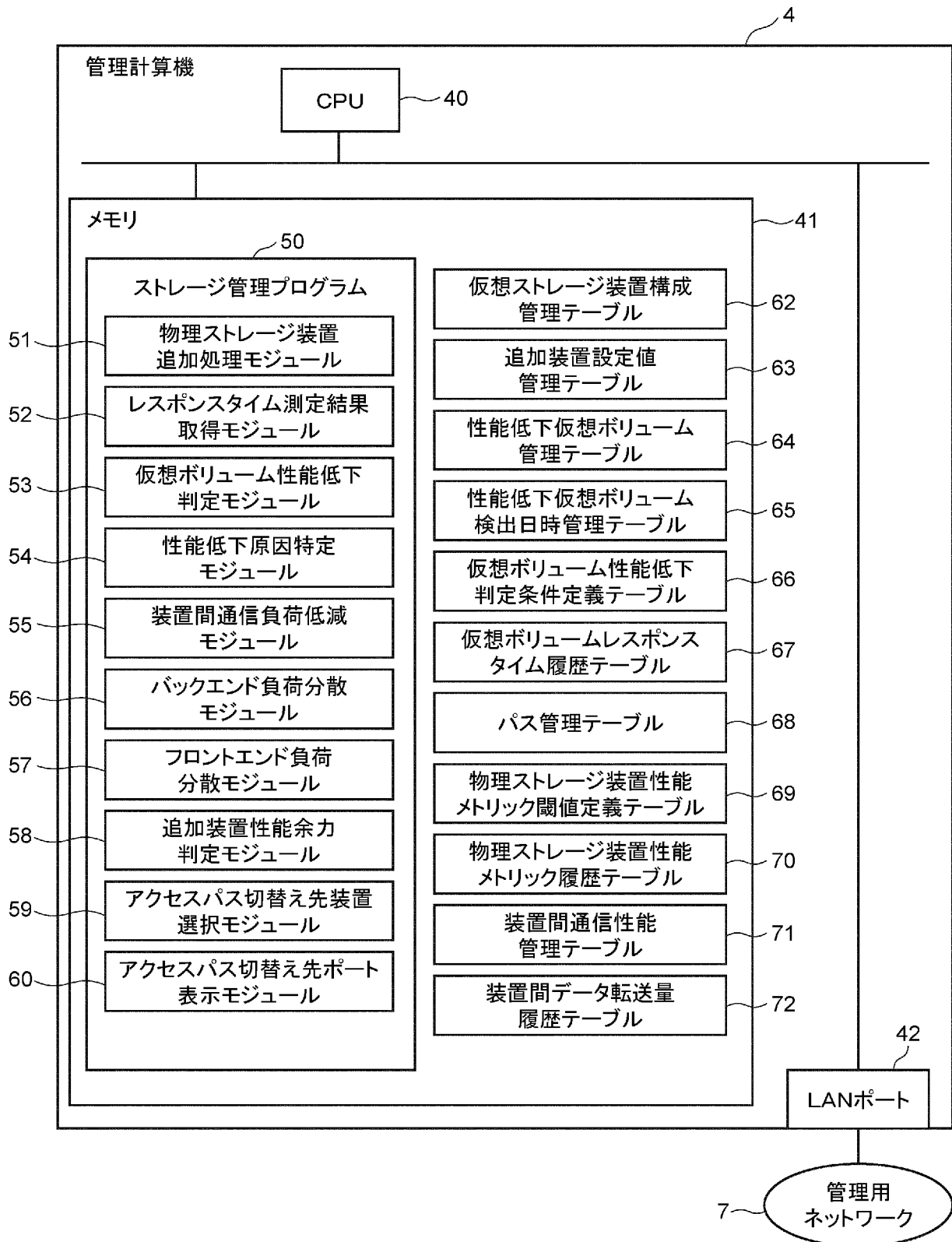
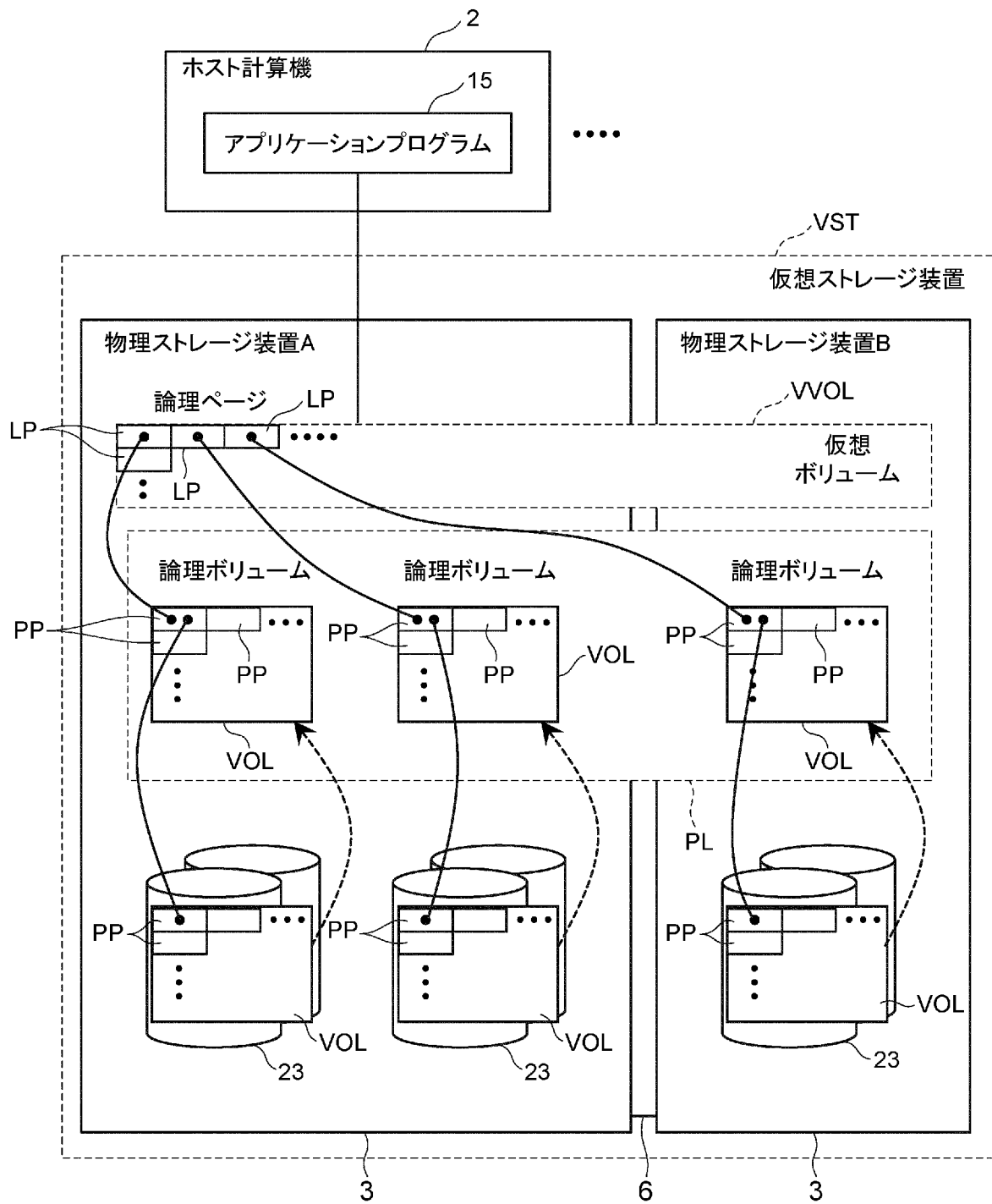


図 5



[図6]

図 6

ホスト計算機 ポートID	物理ストレージ 装置ID	物理ストレージ 装置ポートID	LUN	アクセスパス 設定情報
Host-Port11	Storage1	Storage-Port11	LUN-11	true
Host-Port12	Storage2	Storage-Port21	LUN-21	false
Host-Port13	Storage3	Storage-Port31	LUN-31	false
...	...	...	...	...

17A
17B
17C
17D
17E

17

[図7]

図 7

物理記憶デバイスID	物理ページID
Device-1	PhysicalPage11
	PhysicalPage12
	...
Device-2	PhysicalPage21
	...
...	...

32A
32B

32

[図8]

図 8

仮想ボリュームID	論理ページID	物理ストレージ装置ID	物理ページID
VVOL-1	LogicalPage11	Storage-1	PhysicalPage11
	LogicalPage12	Storage-1	PhysicalPage12
	LogicalPage13	Storage-2	PhysicalPage21
	...	...	...
VVOL-2	LogicalPage21	Storage-1	PhysicalPage13
...	...	...	...
	...	...	...
33A		33B	33C
			33D

[図9]

図 9

仮想ボリュームID	LUN	物理ストレージ装置ポートID	ホスト計算機ポートID
VVOL-1	LUN-1	Storage-Port11	Host-Port11
VVOL-2	LUN-2	Storage-Port21	Host-Port21
...	...	...	...

34A
34B
34C
34D

34

[図10]

図 10

物理ストレージ装置ID
Storage-1
Storage-2
Storage-3
...

35A

35

[図11]

図 11

仮想ボリュームID	I/O数	平均レスポンスタイム
VVOL-1	100	4ms
VVOL-2	200	4ms
...	...	...

36A
36B
36C

36

[図12]

図 12

CPUビジー率 平均値	キャッシュメモリ 利用率平均値
30%	40%

37A
37B
37

[図13]

図 13

ポートID	接続先ノードID	接続先ポートID	データ転送量平均値
Storage-Port11	Host-1	Host-Port11	50MB/s
Storage-Port12	Storage-2	Storage-Port21	40MB/s
Storage-Port13	Storage-3	Storage-Port31	30MB/s
...	...	...	...

38A
38B
38C
38D
38

[図14]

図 14

ポートID	ポート種別	最大データ転送量理論値
Storage-Port11	4Gbps-FC	500MB/s
Storage-Port12	4Gbps-FC	500MB/s
...	...	...

39A
39B
39C
39

[図15]

図 15

物理ストレージ装置 ID	追加装置情報	容量消費量 バランス設定
Storage-1	false	false
Storage-2	false	true
Storage-3	false	false
Storage-4	true	true
...	...	...

62

[図16]

図 16

物理ストレージ装置 ID	CPUビジー率 設定値	キャッシュメモリ 利用率設定値	容量消費量 設定値
Storage-4	30%	30%	30%
...	...	...	...

63

[図17]

図 17

仮想ボリューム ID	性能低下情報	レスポンスタイム 閾値連続超過期間	アクセスパス 自動切替え設定
VVOL-1	true	0s	true
VVOL-2	false	60s	false
VVOL-3	true	0s	false
...	...	...	...

64A 64B 64C 64D

64

[図18]

図 18

仮想ボリュームID	性能低下検出日時
VVOL-1	2012/4/1 11:30
VVOL-3	2012/4/1 12:30
...	...

65A 65B

65

[図19]

図 19

仮想ボリュームID	レスポンスタイム閾値	レスポンスタイム 閾値連続超過許容期間
VVOL-1	15ms	300s
VVOL-2	15ms	240s
VVOL-3	15ms	180s
...	...	...

66A 66B 66C

66

[図20]

図 20

仮想ボリュームID	モニタリング期間	レスポンスタイム
VVOL-1	2012/4/1 10:00~10:01	4ms
	2012/4/1 10:01~10:02	4ms
	2012/4/1 10:02~10:03	5ms
	...	...
VVOL-2	2012/4/1 10:00~10:01	4ms
	...	...
...	...	...

67A 67B 67C

67

[図21]

図 21

仮想ボリュームID	ホスト 計算機ID	ホスト計算機 ポートID	物理ストレージ 装置ID	物理ストレージ 装置ポートID	アクセスパス 設定情報
VVOL-1	Host-1	Host-Port11	Storage1	Storage-Port11	true
	Host-1	Host-Port12	Storage2	Storage-Port21	false
	Host-1	Host-Port13	Storage3	Storage-Port31	false
	Host-1	Host-Port14	Storage4	Storage-Port41	false
	Host-1	Host-Port15	Storage4	Storage-Port42	false
	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...

68A

68B

68C

68D

68E

68F

68

[図22]

図 22

物理ストレージ装置 ID	CPUビジー率 閾値	キャッシュメモリ 利用率閾値
Storage-1	70%	80%
Storage-2	70%	80%
Storage-3	70%	80%
...	...	...

69A
69B
69C

69

[図23]

図 23

物理ストレージ 装置ID	測定日時	CPUビジー 率	キャッシュメモリ 利用率
Storage-1	2012/4/1 10:00	30%	40%
	2012/4/1 11:00	32%	42%
	2012/4/1 12:00	34%	44%
	...	...	...
Storage-2	2012/4/1 10:00	20%	30%
	2012/4/1 11:00	22%	32%
	2012/4/1 12:00	24%	34%
	...	...	...
...	...	...	...

70A
70B
70C
70D

70

[図24]

図 24

アクセス元物理 ストレージ装置ID	アクセス先物理 ストレージ装置ID	データ転送利用 可能パス数	装置間通信最大 データ転送量理論値
Storage-1	Storage-2	1	500MB/s
	Storage-3	1	500MB/s
	Storage-4	2	500MB/s
	...	...	...
Storage-2	Storage-1	1	500MB/s
	...	...	...
...	...	...	...

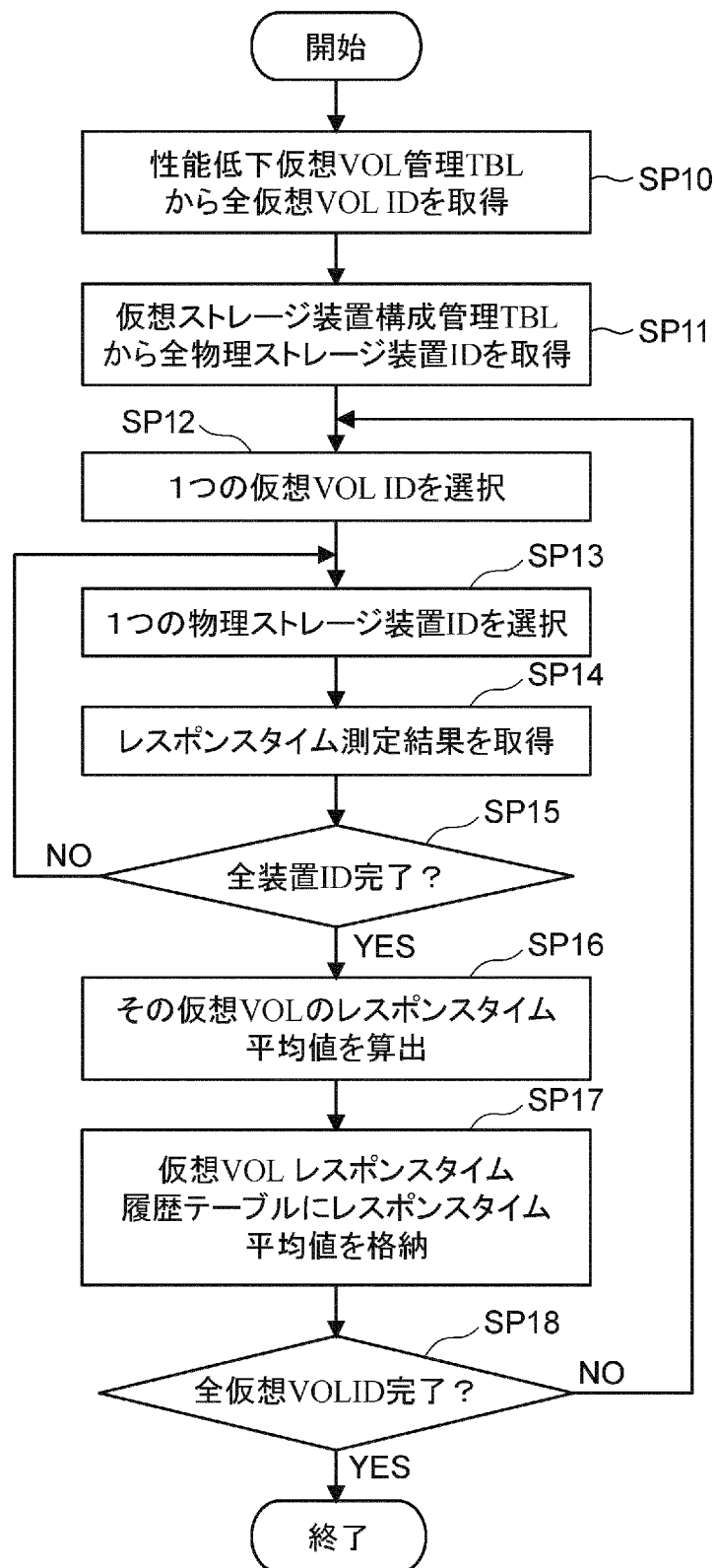
[図25]

図 25

アクセス元 物理ストレージ装置ID	アクセス先 物理ストレージ装置ID	モニタリング期間	データ転送量 平均値
Storage-1	Storage-2	2012/4/1 10:00~10:01	50MB/s
		2012/4/1 10:01~10:02	40MB/s
		...	...
	Storage-3	2012/4/1 10:00~10:01	30MB/s
		...	...
		...	...
Storage-2	Storage-1	2012/4/1 10:00~10:01	20MB/s
		...	...
		...	...
...	...	...	...

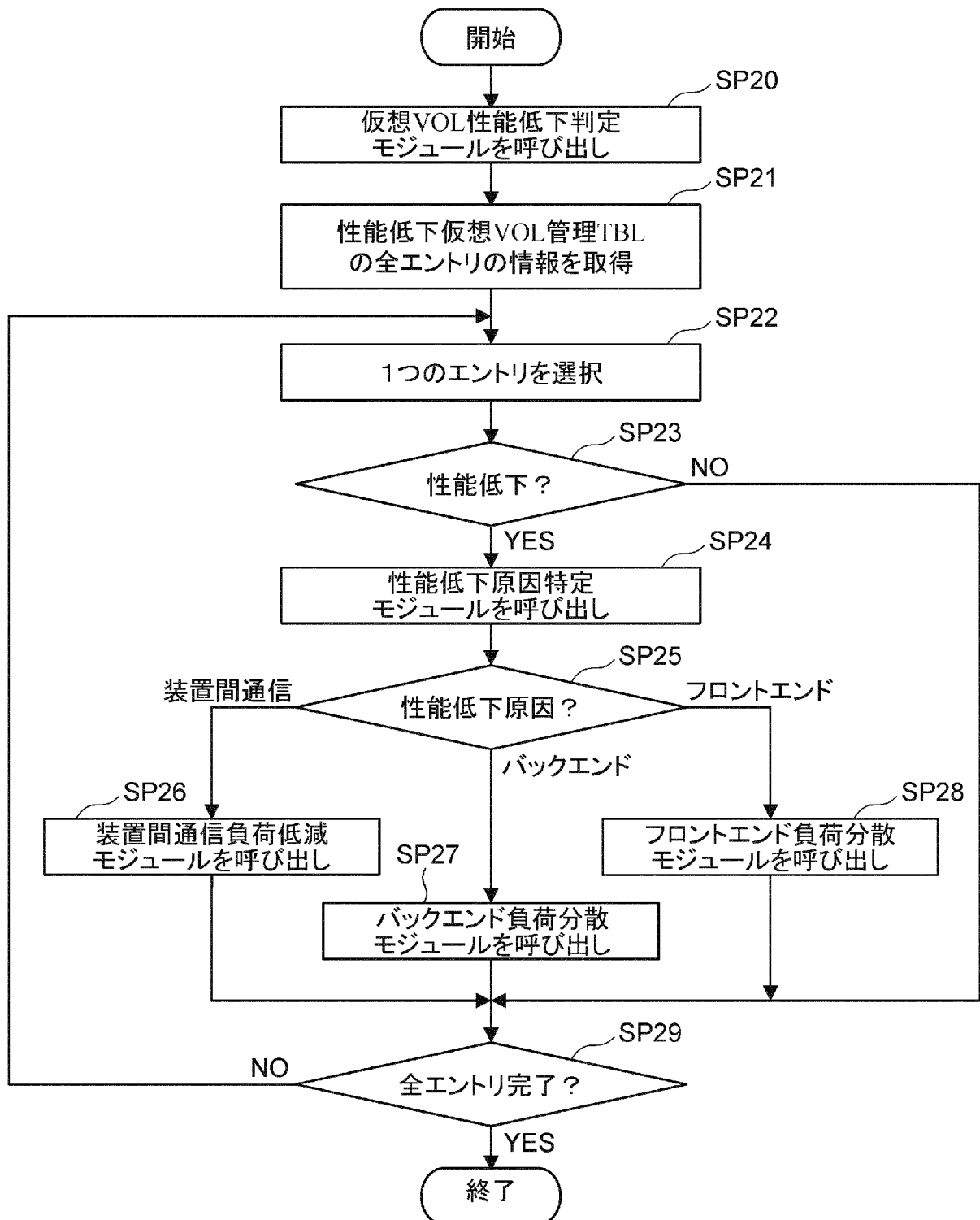
[図26]

図 26



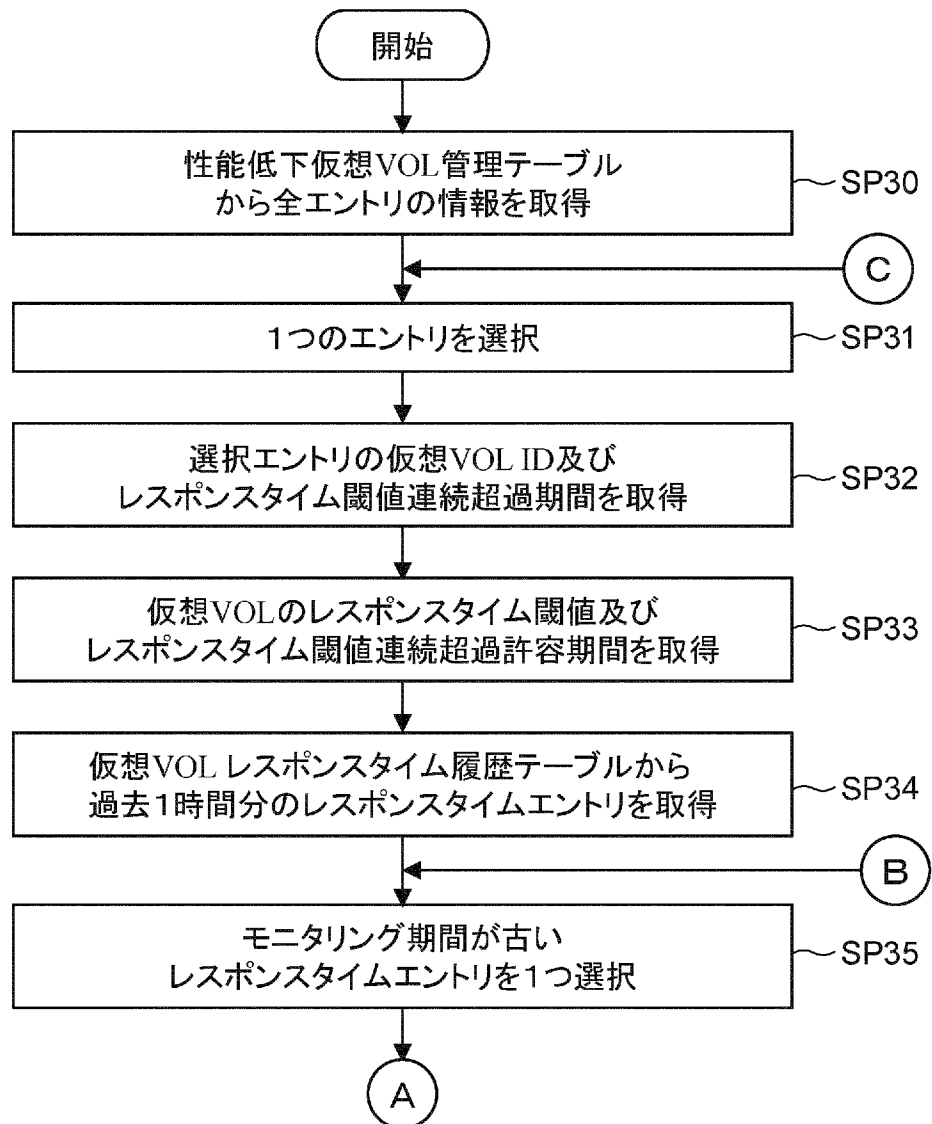
[図27]

図 27



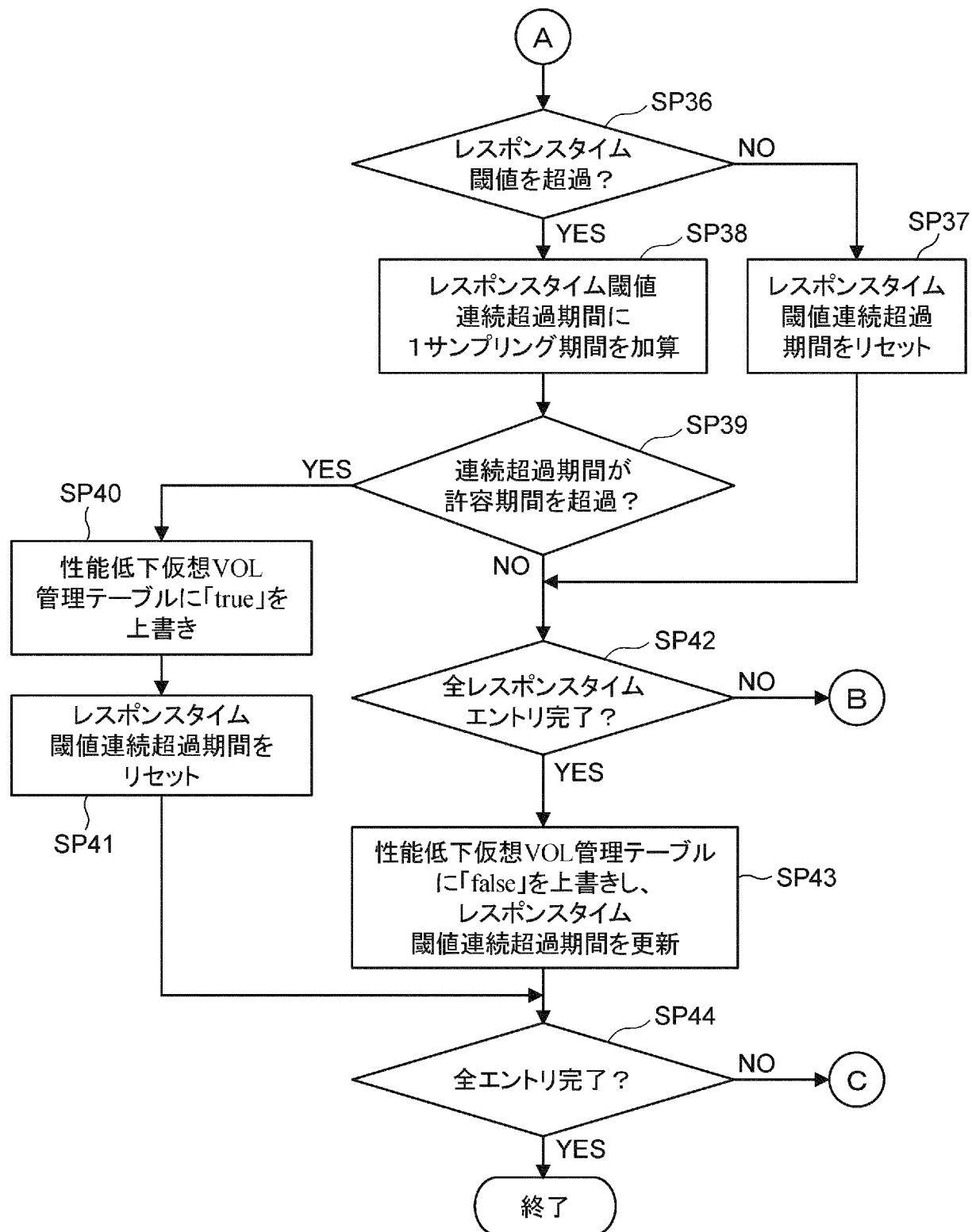
[図28A]

図 28A



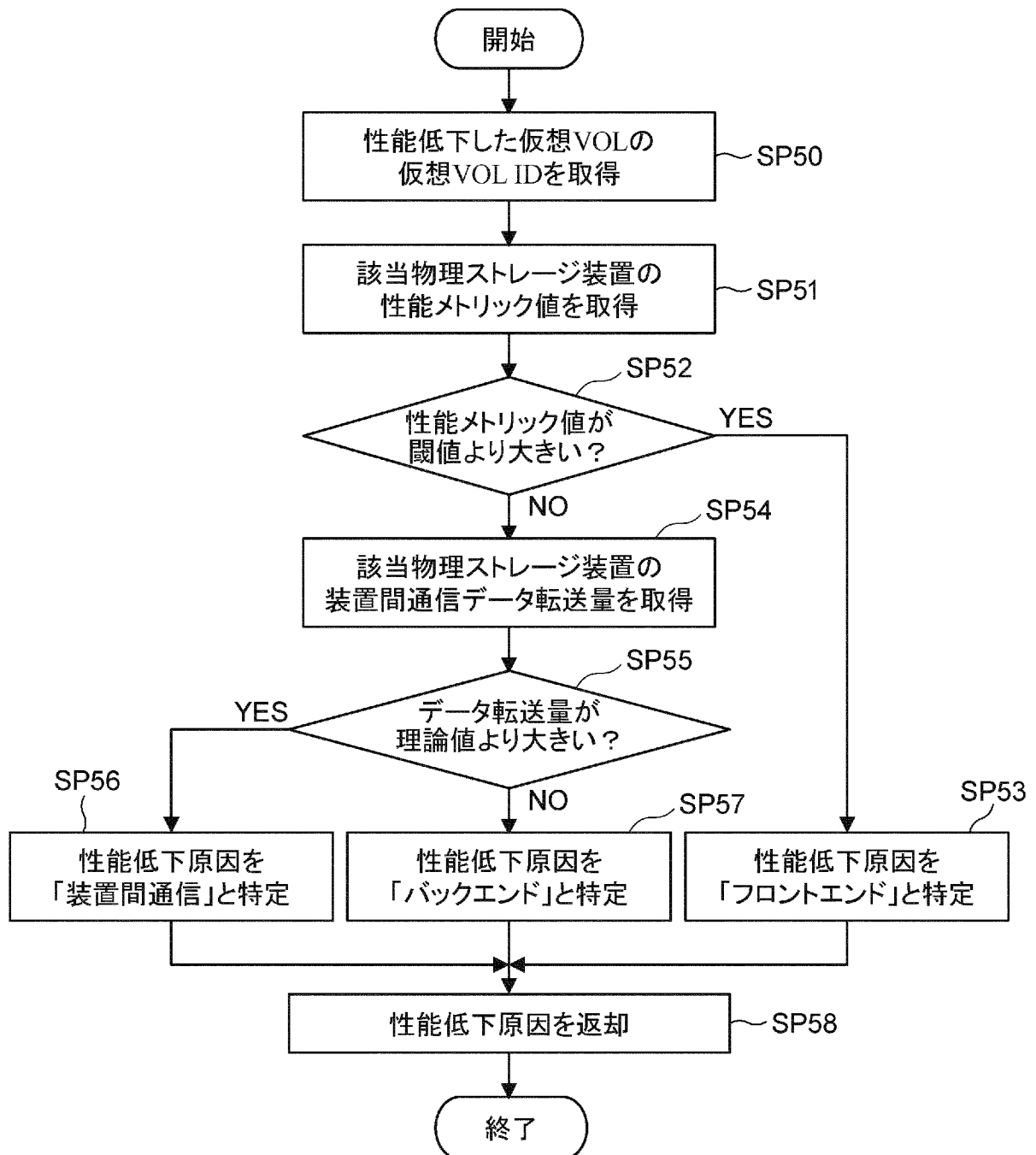
[図28B]

図 28B



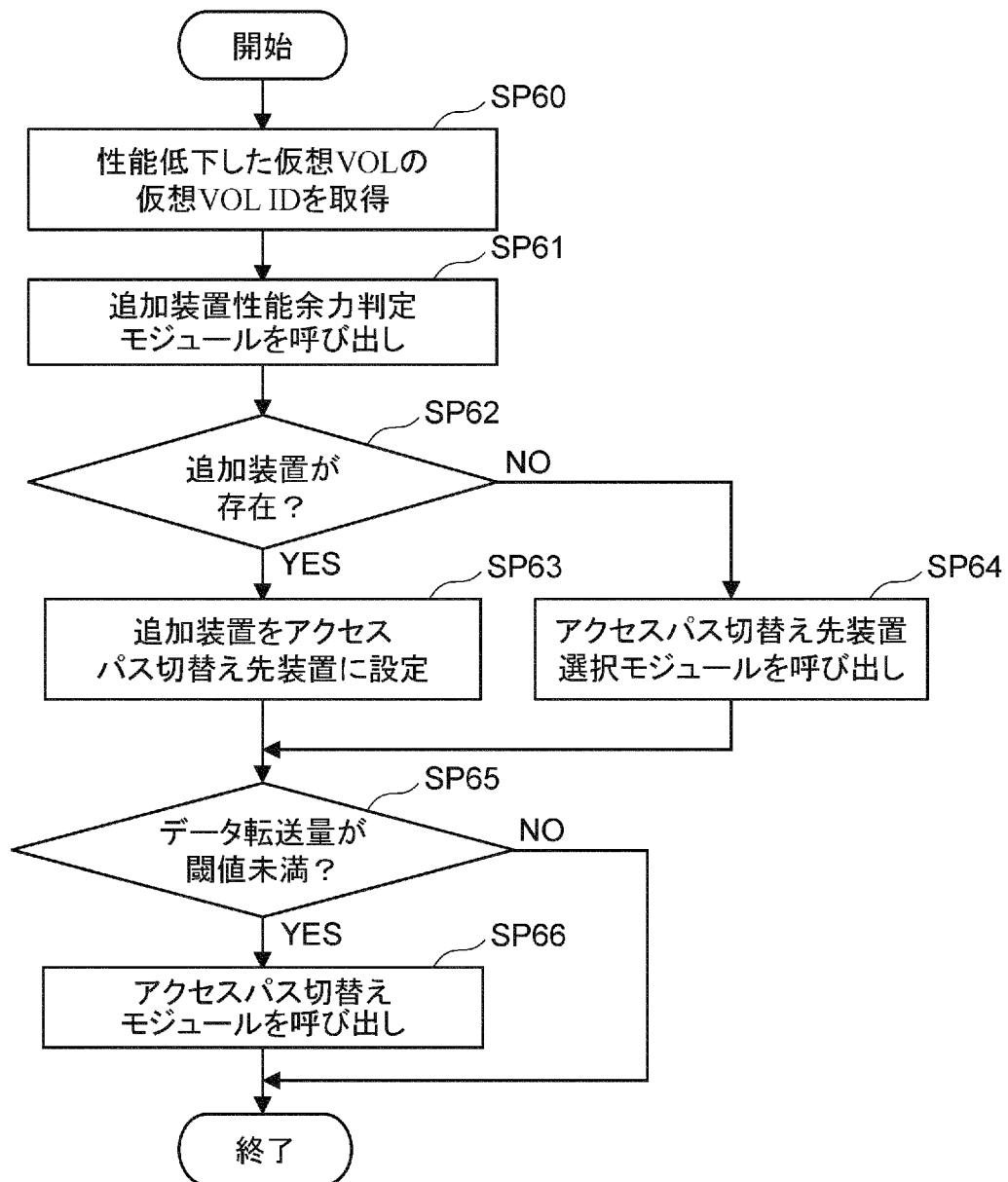
[図29]

図 29



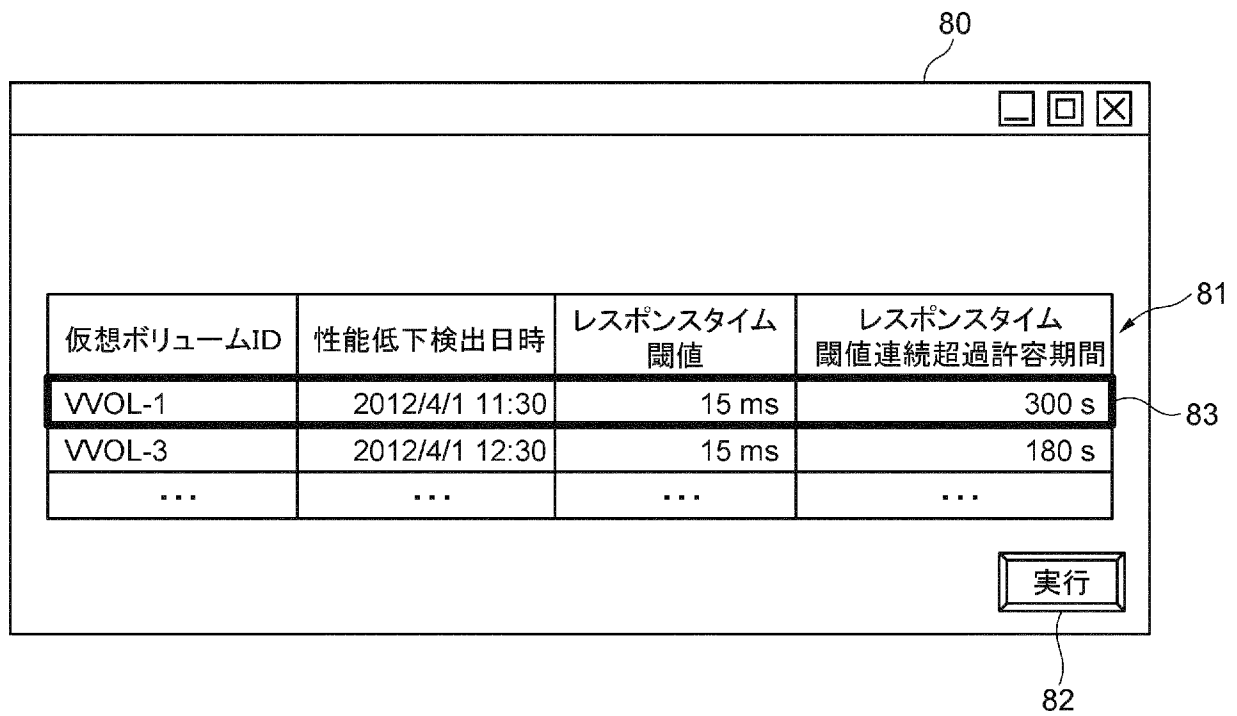
[図30]

図 30



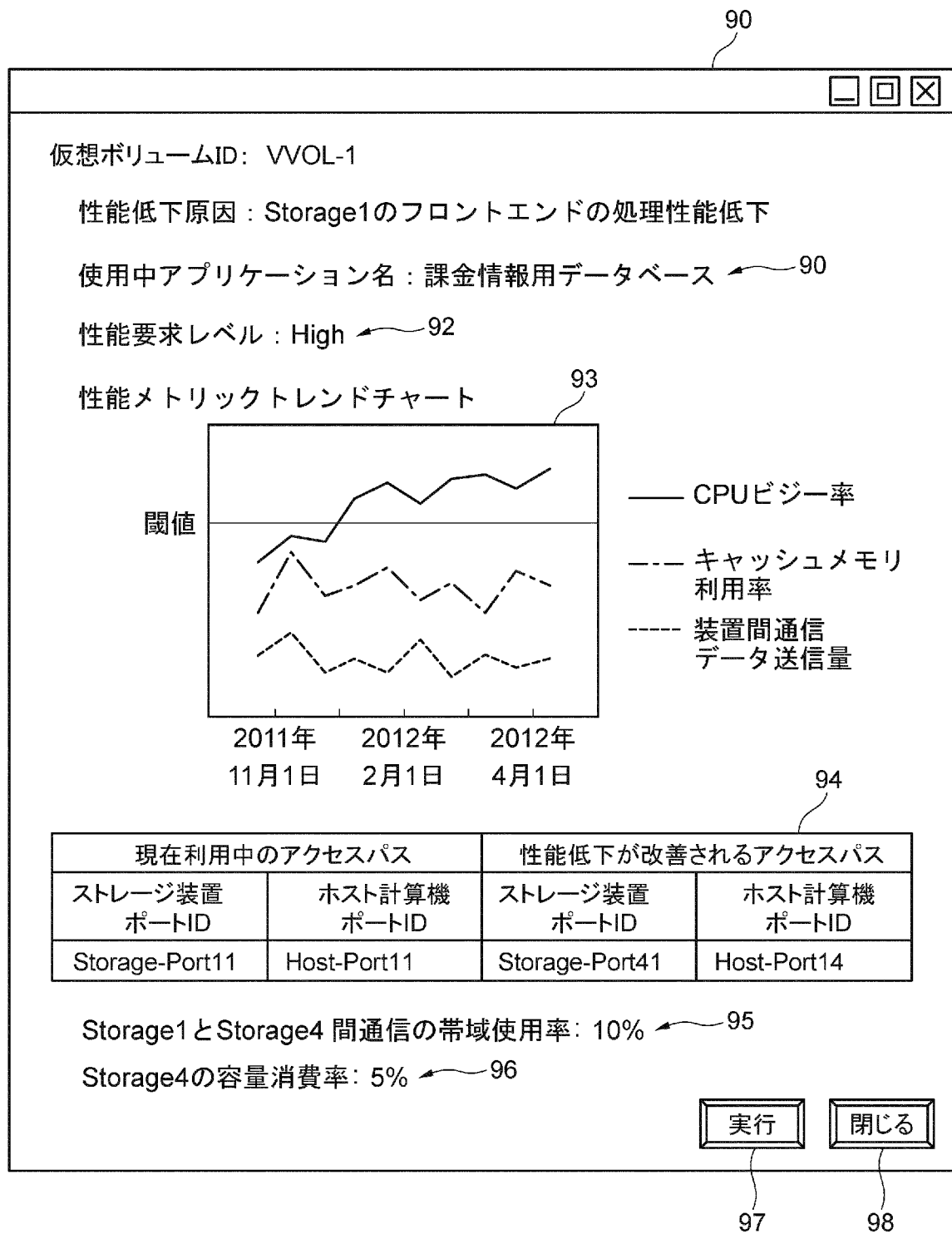
[図31]

図 31



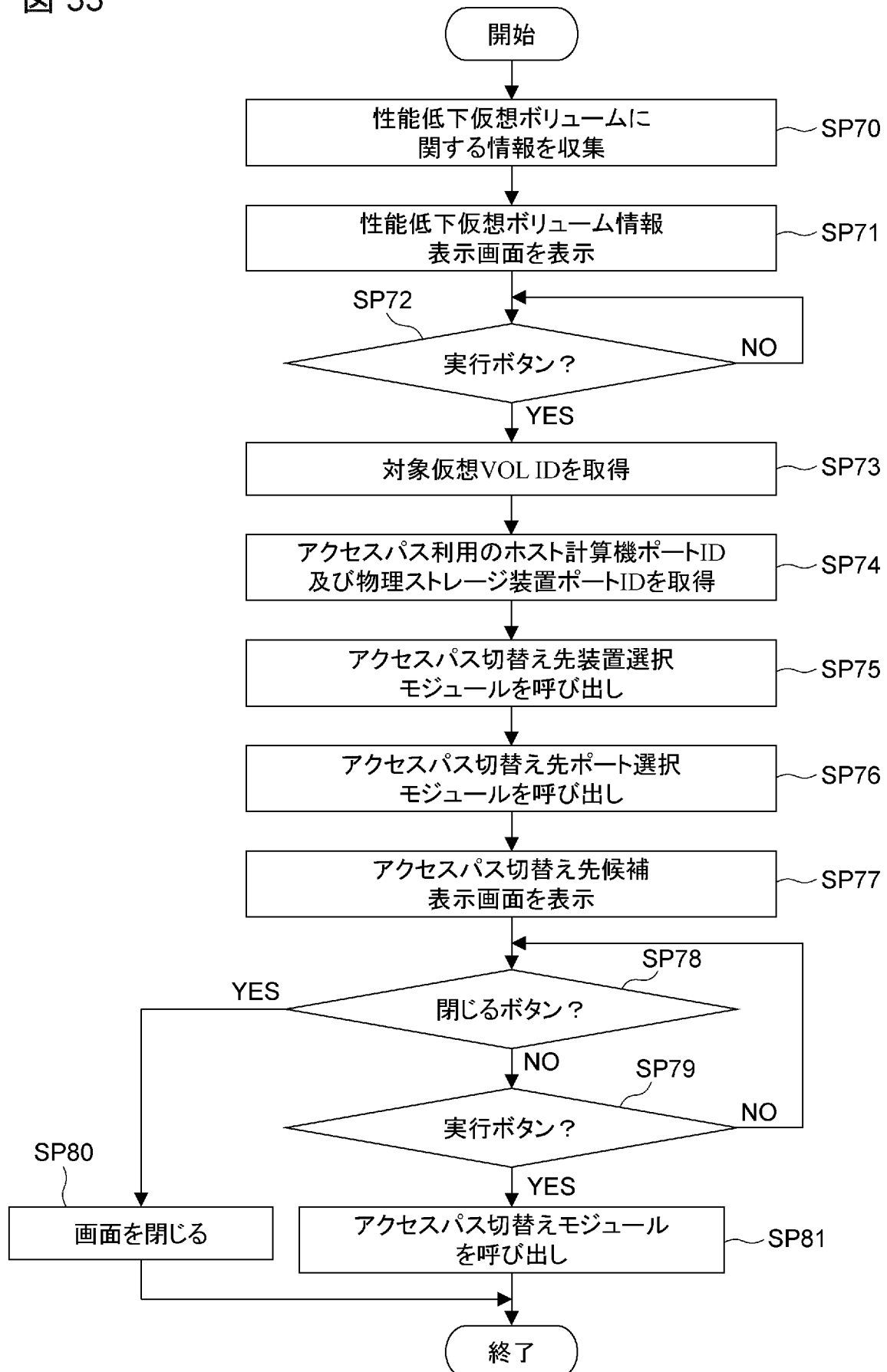
[図32]

図 32



[図33]

図 33



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/073115

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F3/06(2006.01) i, G06F12/00(2006.01) i, G06F13/10(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F3/06, G06F12/00, G06F13/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-293459 A (Hitachi, Ltd.), 26 October 2006 (26.10.2006), entire text (particularly, refer to paragraph [0122]); all drawings & US 2006/0230189 A1	1-14
Y	WO 2012/042678 A1 (Hitachi, Ltd.), 05 April 2012 (05.04.2012), entire text; all drawings (particularly, refer to the descriptions concerning fig. 2, 9, 12 and 14) & JP 2012-73825 A	1-14
Y	JP 2005-276017 A (Hitachi, Ltd.), 06 October 2005 (06.10.2005), entire text; all drawings & US 2005/0216591 A1	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
30 November, 2012 (30.11.12)

Date of mailing of the international search report
11 December, 2012 (11.12.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/073115

Although claim 3 discloses "virtual volume associated with an application that uses the virtual volume stored in the virtual volume", a relationship among these three "virtual volume" is unclear in the disclosure.

The disclosure of claim 3 should be considered such as addition of a comma by organizing a modifier relation of phrases.

In claim 5, "a movement to the added storage device within a load range of communication between the storage devices prescribed beforehand" is disclosed. However, "communication between the storage devices" is not stated in claim 5 or claims 1-3 on which claim 5 is dependent. Moreover, "within a load range" in "a movement ... within a load range of communication between the storage devices prescribed beforehand" is not clear that it is defined as what it is in claim 5 and disclosure of the entire description.

Claims 6 and 7 disclose "a measurement value of performance metric". However, a phrase of "performance metric" is not defined in the scope of claims, or not considered as a general technical term. It is thus not clear what value is indicated by the phrase.

Moreover, although claim 6 discloses "a measurement value of performance metric of the virtual volume obtained from each of the storage devices", "a measurement value of performance metric of virtual volume" is not disclosed in Fig. 12 or Fig. 22. Consequently, the description of the invention is not supported.

The above-said opinion can be applied to the inventions of claims 8-14 which are different in only respective categories from that of claims 1-7.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G06F3/06(2006.01)i, G06F12/00(2006.01)i, G06F13/10(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G06F3/06, G06F12/00, G06F13/10		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2006-293459 A（株式会社日立製作所）2006.10.26, 全文（特に、【0122】の記載参照）、全図 & US 2006/0230189 A1	1-14
Y	W0 2012/042678 A1（株式会社日立製作所）2012.04.05, 全文、全図 （特に、図2、9、12、14に係る記載参照） & JP 2012-73825 A	1-14
Y	JP 2005-276017 A（株式会社日立製作所）2005.10.06, 全文、全図 & US 2005/0216591 A1	1-14
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 30.11.2012	国際調査報告の発送日 11.12.2012	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 木村 貴俊 電話番号 03-3581-1101 内線 3568	5 T 9857

請求項 3 には、「前記仮想ボリュームに格納された前記仮想ボリュームを使用するアプリケーションに関連付けられた仮想ボリューム」と記載されているが、当該記載では、この 3 つの「仮想ボリューム」の関係が不明瞭である。請求項 3 の記載として、語句の修飾関係を整理して、読点を追加する等の検討されたい。

請求項 5 には、「予め定められた前記ストレージ装置間通信の負荷の範囲で前記追加されたストレージ装置に移動させる」と記載されているが、「ストレージ装置間通信」については、請求項 5 にも、請求項 5 が引用する請求項 1－3 においても、明記されておらず、また、「予め定められた前記ストレージ装置間通信の負荷の範囲で…移動させる」の「負荷の範囲」がどういったものとして定義されるものなのかが、請求項 5 においても、明細書全体の記載においても明確ではない。

請求項 6、7 には、「性能メトリックの測定値」と記載されているが、特許請求の範囲において「性能メトリック」という語句の定義がされておらず、一般的な技術用語とも認められないため、当該語句がどういった値を指しているのかが明確ではない。また、請求項 6 には、「各前記ストレージ装置からそれぞれ取得した前記仮想ボリュームの性能メトリックの測定値」と記載されているが、図 1 2 や図 2 2 にかかる記載においても、「仮想ボリュームの性能メトリックの測定値」については記載されておらず、当該発明は明細書に裏付けがないものである。

請求項 1－7 とカテゴリが異なるだけの発明である請求項 8－1 4 についても同様である。