

(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 10 月 23 日(23.10.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/170936 A1

- (51) 国際特許分類:
G06Q 30/04 (2012.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/061151
- (22) 国際出願日: 2013 年 4 月 15 日(15.04.2013)
- (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: 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: 佐賀野 大輔 (SAGANO, Daisuke); 〒
2500872 神奈川県小田原市中里 3 2 2 番地 2 号
株式会社日立製作所 I T プラットフォーム事
業本部内 Kanagawa (JP). 藤田 博文 (FUJITA,
Hirofumi); 〒2500872 神奈川県小田原市中里 3 2
2 番地 2 号 株式会社日立製作所 I T プラッ
トフォーム事業本部内 Kanagawa (JP). 高瀬 亮
(TAKASE, Ryo); 〒2500872 神奈川県小田原市中里
3 2 2 番地 2 号 株式会社日立製作所 I T プ

ラットフォーム事業本部内 Kanagawa (JP). 西本
哲 (NISHIMOTO, Akira); 〒2500872 神奈川県小田
原市中里 3 2 2 番地 2 号 株式会社日立製作所
I T プラットフォーム事業本部内 Kanagawa (JP).

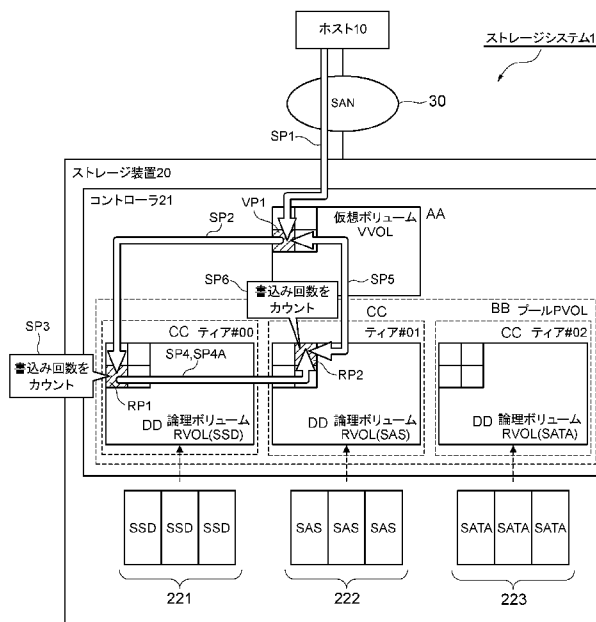
- (74) 代理人: 大賀 眞司, 外 (OHGA, Shinji et al.); 〒
1400002 東京都品川区東品川二丁目 3 番 1 2 号
シーフォートスクエア センタービルディング
1 6 階 サンネクスト国際特許事務所 Tokyo
(JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
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.

[続葉有]

(54) Title: STORAGE DEVICE AND METHOD FOR CONTROLLING STORAGE DEVICE

(54) 発明の名称: ストレージ装置及びストレージ装置の制御方法

図 1



1 Storage system
10 Host
20 Storage device
21 Controller
SP3, SP6 Count number of times written
AA Virtual volume
BB Pool
CC Tier
DD Logical volume

(57) Abstract: A storage device for calculating a charged amount according to a number of times that data is written, wherein the storage device is characterized in being provided with a physical storage device for supplying logical volumes differing in type, and a controller for classifying each of the logical volumes differing in type into tiers differing in response performance and executing I/O control by correlating each logical volume belonging to any of the tiers with a virtual volume supplied to a host device, the controller: assigning, when a write request is issued for any of virtual pages constituting the virtual volume, any of real pages constituting the logical volume to the virtual page; writing data into the real page and counting a number of times written; calculating, on the basis of a counted number of times written, a charged amount per fixed time; calculating a tier range so that the charged amount per fixed time does not exceed an upper-limit value of a charged amount; and rearranging the real pages on the basis of the calculated tier range.

(57) 要約:

[続葉有]



(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).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

データの書込み回数に応じて課金額を計算するストレージ装置において、種別の異なる論理ボリュームを提供する物理記憶デバイスと、種別の異なる論理ボリュームのそれぞれを応答性能の異なるティアに分類し、何れかのティアに属することとなった各論理ボリュームと、上位装置に提供する仮想ボリュームとを対応付けることにより I/O 制御を実行するコントローラとを備え、コントローラは、仮想ボリュームを構成する何れかの仮想ページにライト要求が発行された場合、論理ボリュームを構成する何れかの実ページを仮想ページに割り当てて、実ページにデータを書き込むとともに書込み回数をカウントし、カウントする書込み回数に基づいて、一定時間当たりの課金額を計算し、一定時間当たりの課金額が課金上限値を超過しないようにティアレンジを算出し、算出したティアレンジに基づいて、実ページを再配置することを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：ストレージ装置及びストレージ装置の制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、ストレージ装置及びストレージ装置の制御方法に関し、特に書き込み回数に基づく課金額に応じた階層制御を行うストレージ装置及びストレージ装置の制御方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献 1 には、データ移行技術と、ストレージ階層化技術と、シンプロビジョニング (Thin Provisioning) と呼ばれる技術とを用いて、ページ単位でデータを移行する技術が開示されている。

[0003] データ移行技術とは、第 1 の論理ボリュームに格納されているデータを第 2 の論理ボリュームに移行する技術であり、またストレージ階層化技術とは、複数の論理ボリュームを複数のティアの何れかに分類して、何れかのティアに分類した論理ボリュームを他のティアに移行する技術である。ティアには、高信頼性のティアや低コストのティアがある。

[0004] またシンプロビジョニングとは、仮想的な論理ボリューム（仮想ボリューム）を構成する複数の仮想的な記憶領域（仮想ページ）に上位装置からライト要求があった場合、その仮想ページに実体的な記憶領域（実ページ）を割り当てて、その実ページにライト要求に対応するデータを書き込む技術をいう。

[0005] また特許文献 2 には、上位装置がストレージ装置にアクセスする度合を示すアクセス度合情報を取得し、取得したアクセス度合情報に基づいて、ストレージサービス料金を算出する技術が開示されている。

[0006] 具体的にストレージサービス料金は、基本料金＋アクセス回数×アクセス数毎の課金料金＋アクセスブロック総数×アクセスブロック総数毎の課金料金、により算出するとしている。この技術によれば、あまり使用しないストレージ装置に対して顧客が支払う料金を抑えることができるとしている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：国際公開第2011/077489号

特許文献2：特開2006-209799号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] ところでクラウドのレンタルビジネスのように複数のユーザがストレージ装置内の論理ボリュームを共有する環境において、特許文献1に記載の技術を用いて従来通りユーザが使用する仮想ボリュームの使用容量に応じて課金しようとする、データの書き込み先や書き込み回数が異なるユーザ間で不公平が生じる場合がある。

[0009] 例えばユーザが使用する仮想ボリュームの使用容量が同一であるからといって課金額を同一に設定した場合、SSD (Solid State Drive) から提供される論理ボリュームにデータが書き込まれる方が、SAS (Serial Attached SCSI) 又はSATA (Serial ATA) から提供される論理ボリュームにデータが書き込まれるよりもユーザにとって利点大きい。

[0010] SSDは、SAS又はSATAよりも応答性能が高く、また書き込み回数に比例して劣化するため交換が必要となる。すなわち高性能かつ高コストである。一方SAS又はSATAは、SSDよりも応答性能が低く書き込み回数によってはほとんど劣化しないため交換を必要としない。すなわち低性能かつ低コストである。

[0011] 従って同一の課金額であれば、データの書き込み先がSSDから提供される論理ボリュームである方がユーザにとっては利点大きく、またSSDにデータが書き込まれる書き込み回数の多い方がユーザにとっては利点大きいことになる。よってこうした利点の大きいユーザと、SAS又はSATAにデータが書き込まれるユーザとの間で不公平が生じる。

[0012] 一方で特許文献1に記載の技術と、特許文献2に記載の技術とを単に組み

合わせて、実際に物理記憶デバイス（SSD、SAS又はSATA）にデータを書き込んだ書込み回数に応じて課金しようとする、書き込み回数を考慮して書き込みを行うユーザは稀であり、書き込みにより課金される額を予測することができないという課題が生じる。

[0013] 例えばユーザが仮想ボリューム内の仮想ページにデータを書き込んだ書込み回数が1回だけの場合であっても、ストレージ階層化技術によりその仮想ページに割り当てられる実ページが複数のティア間を移行する。そしてその移行の度に、データが移行先の実ページに書き込まれることになる。すなわちユーザが意図しないところでデータの書き込みが発生するため、課金額を予測することができない。

[0014] 本発明は以上の点を考慮してなされたもので、書き込み回数に応じて課金する場合の課金額を予測し得るストレージ装置及びストレージ装置の制御方法を提案するものである。

課題を解決するための手段

[0015] かかる課題を解決するために、本発明におけるストレージ装置は、データの書き込み回数に応じて課金額を計算するストレージ装置であって、種別の異なる論理ボリュームを提供する物理記憶デバイスと、種別の異なる論理ボリュームのそれぞれを応答性能の異なるティアに分類し、何れかのティアに属することとなった各論理ボリュームと、上位装置に提供する仮想ボリュームとを対応付けることによりI/O制御を実行するコントローラとを備え、コントローラは、仮想ボリュームを構成する何れかの仮想ページにライト要求が発行された場合、論理ボリュームを構成する何れかの実ページを仮想ページに割り当てて、実ページにデータを書き込むとともに書き込み回数をカウントし、カウントする書き込み回数に基づいて、一定時間当たりの課金額を計算し、一定時間当たりの課金額が課金上限値を超過しないようにティアレンジを算出し、算出したティアレンジに基づいて、実ページを再配置することを特徴とする。

[0016] またかかる課題を解決するために、本発明におけるストレージ装置の制御

方法は、データの書込み回数に応じて課金額を計算するストレージ装置の制御方法であって、物理記憶デバイスが、種別の異なる論理ボリュームを提供する第1のステップと、コントローラが、種別の異なる論理ボリュームのそれぞれを応答性能の異なるティアに分類し、何れかのティアに属することとなった各論理ボリュームと、上位装置に提供する仮想ボリュームとを対応付けることにより1/0制御を実行する第2のステップとを備え、第2のステップにおいて、仮想ボリュームを構成する何れかの仮想ページにライト要求が発行された場合、論理ボリュームを構成する何れかの実ページを仮想ページに割り当てて、実ページにデータを書き込むとともに書込み回数をカウントする第3のステップと、カウントする書込み回数に基づいて、一定時間当たりの課金額を計算する第4のステップと、一定時間当たりの課金額が課金上限値を超過しないようにティアレンジを算出する第5のステップと、算出したティアレンジに基づいて、実ページを再配置する第6のステップとを備えることを特徴とする。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、書込み回数に応じて課金する場合の課金額を予測することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本実施の形態における課金管理処理の概要を説明するための概要図である。

[図2]本実施の形態におけるストレージシステムの全体構成図である。

[図3]メモリの内部構成図である。

[図4]書込み回数管理テーブルの論理構成図である。

[図5]書込みコスト管理テーブルの論理構成図である。

[図6]アロケーションテーブルの論理構成図である。

[図7]移行ページテーブルの論理構成図である。

[図8]度数分布テーブルの論理構成図である。

[図9]度数分布グラフ及びティアレンジの概念図を示す。

[図10]課金管理処理を示すフローチャートである。

[図11]書込み回数管理テーブル更新処理を示すフローチャートである。

[図12]課金額を減少させるティアレンジ算出処理を示すフローチャートである。

[図13]課金額を増加させるティアレンジ算出処理を示すフローチャートである。

[図14]マイグレーション処理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

[0019] 以下図面について、本発明の一実施の形態を詳述する。

[0020] (1) 本実施の形態の概要

図1は、本実施の形態におけるストレージシステム1の概要及び課金管理処理の概要を示す。本実施の形態は、ストレージシステム1において、ホスト10からSAN (Storage Area Network) 30を介して仮想的な論理ボリューム(仮想ボリューム)VVOLにライト要求が発行された場合、その仮想ボリュームVVOLに対応付けられている実体的な論理ボリュームRVOLにデータを書き込み、この論理ボリュームRVOLに対する書き込みに応じてホスト10のユーザに対する課金額を計算する構成を採用して、使用容量に応じて課金する場合に生じるユーザ間の不公平を解消しようとするものである。

[0021] また本実施の形態におけるストレージ装置20には、ストレージ階層化機能が搭載される。ストレージ階層化機能とは、I/O頻度が多いデータは高性能のティアに属する論理ボリュームRVOLに格納し、I/O頻度が少ないデータは低性能のティアに属する論理ボリュームRVOLに格納するように、実ページに格納されているデータをティア間で移行する機能であり、コストを抑えつつ処理の高速化を実現しようとする機能である。

[0022] この場合、仮想ページに割り当てる実ページがティア間で移行する度に、ユーザが意図しないところでデータの書き込みが発生し、課金額を予測することができない。そこで本実施の形態では、課金額がユーザにより予め定め

られた課金上限値の近傍となるように、仮想ボリュームVVOLにおけるティア比率（ティアレンジ）を変更して実ページの移行元及び移行先を変更する構成を採用して、課金額が課金上限値を超過することを防止しようとするものである。

[0023] さらに本実施の形態では、課金額が課金上限値よりも低い場合にはパフォーマンスを向上させるようにティアレンジを変更する構成を採用して、パフォーマンスを向上させつつ課金額が課金上限値を超過することを防止しようとするものである。

[0024] まず本実施の形態の前提となる構成について説明すると、ストレージ装置20におけるコントローラ21は、SSD221から提供される論理ボリュームRVOL（SSD）、SAS222から提供される論理ボリュームRVOL（SAS）及びSATA223から提供される論理ボリュームRVOL（SATA）のそれぞれをプールボリュームPVOLと呼ばれる実ページの集合領域に集約して管理しており、またプールボリュームPVOL内をティア#00、#01及び#02により階層化して管理している。

[0025] またコントローラ21は、同一種類のティアには同一種類の論理ボリュームRVOLが属するように管理している。ここではティア#00には、論理ボリュームRVOL（SSD）が属し、ティア#01には、論理ボリュームRVOL（SAS）が属し、ティア#02には、論理ボリュームRVOL（SATA）が属するように管理されている。これらのティア#00～#02のうち、ティア#00が最も応答性能及びコストが高く、次いでティア#01が応答性能及びコストが高く、ティア#02が最も応答性能及びコストが低い。

[0026] これらティア#00～#02に属する各論理ボリュームRVOLはそれぞれ、複数の実体的なページ（実ページ）から構成されており、コントローラ21は、この実ページを仮想ボリュームVVOL内の仮想的な記憶領域（仮想ページ）に動的に割り当てることで、仮想ページにライト要求があった場合にSSD221、SAS222又はSATA223の何れかの物理記憶デ

バースに実際にデータを書き込む。

[0027] またコントローラ21は、仮想ボリュームVVOLを構成する全ての仮想ページのI/O頻度を常時監視しており、監視結果として得られたI/O頻度に基づいて、実ページを再配置する（ストレージ階層化機能）。

[0028] 例えばコントローラ21は、仮想ボリュームVVOL内の一の仮想ページにライト要求があった場合、ティア#00に属する論理ボリュームRVOL（SSD）内の一の実ページにデータを一旦書き込んだ後、所定期間、仮想ページのI/O頻度を監視する。そしてコントローラ21は、監視結果として得られたこの仮想ページのI/O頻度が所定のI/O頻度以下の場合には、実ページに書き込んだデータをティア#00からティア#01に属する論理ボリュームRVOL（SAS）内のフリーの実ページに移行して、仮想ページに対応付けることにより、実ページを再配置する。

[0029] 次に本実施の形態における課金管理処理の概要について説明する。まずストレージ装置20におけるコントローラ21は、SAN30を介してホスト10から発行されたライト要求を受領すると（SP1）、このライト要求において指定された仮想ページVP1にティア#00に属する論理ボリュームRVOL内の実ページRP1が割り当てられているか否かを判断し、仮想ページVP1に実ページRP1が割り当てられている場合、この実ページRP1にライト要求に対応するデータを書き込む（SP2）。

[0030] なおコントローラ21は、仮想ページVP1に実ページRP1が割り当てられていない場合、仮想ページVP1に実ページRP1を割り当てた後、この実ページRP1にライト要求に対応するデータを書き込む。

[0031] 実ページRP1は、SSD221が提供する論理ボリュームRVOL内の実体的な記憶領域であり、実ページRP1にデータが書き込まれるということは、すなわちSSD221に実際にデータが書き込まれるということである。従ってこのときコントローラ21は、実際にSSD221にデータを書き込んだので書き込み回数をカウントする（SP3）。

[0032] 一方でコントローラ21は、ストレージ階層化機能により仮想ページVP

1のI/O頻度を常時監視するとともに、課金額を常時監視しており、課金額が予め設定された課金上限値を超過すると予測される場合には、課金額を減少させるように実ページを再配置する。逆にコントローラ21は、課金額が課金上限値よりも低いと予測される場合には、課金額を増加させる（パフォーマンスを向上させる）ように実ページを再配置する。

[0033] 例えばコントローラ21は、課金額が課金上限値を超過すると予測される場合、かつ、仮想ページVP1のI/O頻度が少ない場合（I/O頻度が所定値以下の場合）には、応答性能が高く単位回数当たりの課金額が高いティア#00のティアレンジを変更（縮小）して、仮想ページVP1に割り当てるべきティアをティア#00からこのティア#00よりも応答性能の低いティア#01に変更する。

[0034] そしてコントローラ21は、仮想ページVP1に割り当てられている実ページRP1のデータを実ページRP2に移行し（SP4）、移行先の実ページRP2と仮想ページVP1とを対応付けて（SP5）、実ページを再配置する。そしてコントローラ21は、このとき実際にSAS222にデータを書き込んだので書き込み回数をカウントする（SP6）。

[0035] コントローラ21は、ステップSP3及びSP6においてカウントした書き込み回数に基づいて課金額を計算し、課金額が課金上限値を超過するか否かを判断する。なお課金額の計算手法として例えばコントローラ21は、SSD221に1回書き込んだ場合の課金額（単位回数当たりの課金額）×書き込み回数、のように課金額を計算する。本実施の形態において単位回数当たりの課金額は、SSD221、SAS222又はSATA223のそれぞれで異なるように設定される（図5）。

[0036] そしてコントローラ21は、超過する場合には課金額を減少させるように実ページを再配置し、低い場合にはパフォーマンスを向上させるように実ページを再配置して、実ページの再配置処理を繰り返すことにより、課金額が課金上限値近傍となるように制御する。

[0037] なおここではSSD221及びSAS222が提供する論理ボリュームR

VOL内の実ページにデータが書き込まれる場合について説明したが、SATA223が提供する論理ボリュームRVOL内の実ページにデータが書き込まれた場合も同様に課金するとしてもよい。逆にSSD221にデータが書き込まれた場合に限って課金し、SAS222及びSATA223にデータが書き込まれた場合には課金しないようにしてもよい。

[0038] このように本実施の形態によれば、書込み回数に応じて課金するようにしたので、使用容量に応じて課金する場合と比較して、ユーザ間に生じる不公平を解消することができる。また本実施の形態によれば、設定される課金額に応じてティアレンジを変更して、課金額を調整するようにしたので、課金額を容易に予測することができる。また本実施の形態によれば、予測される課金額が課金上限値を超過する場合には課金額を減少させるようにティアレンジを変更し、逆に予測される課金額が課金上限値よりも低い場合にはパフォーマンスを向上させるようにティアレンジを変更するようにして、パフォーマンスを向上させつつ課金額を予測することができる。また、書込み回数を意識しないユーザが、不意に高額の請求を受けることを防ぐこともできる。

[0039] 以下図面を参照して、本実施の形態におけるストレージ装置及び課金方法の詳細について説明する。

[0040] (2) 全体構成

図2は、ストレージシステム1の全体構成を示す。ストレージシステム1は、複数のホスト10と、ストレージ装置20とがSAN30により通信可能に接続して構成される。

[0041] ホスト10は、プロセッサ、メモリ及び通信機器等から構成される一般的なコンピュータであり、SAN30に接続されているストレージ装置20にI/O要求を発行する。I/O要求には、書込み先又は読込み先を特定するための情報が含まれており、例えば仮想ボリュームVVOLのID及び仮想ページのIDが含まれる。なお仮想ボリュームVVOLのIDとしてはLUN (Logical Unit Number) があり、仮想ページのIDとしてはLBA (Logi

cal Block Address) がある。

- [0042] ストレージ装置 20 は、複数のコントローラ 21 及び複数の物理記憶デバイス 22 から構成され、ホスト 10 からの I/O 要求を受領すると、I/O 要求先の仮想ボリューム VVOL 及び仮想ページを特定し、特定した仮想ボリューム VVOL 及び仮想ページに実ページの割り当てを行い、この実ページに I/O 要求に対応するデータの読み書きを行う。
- [0043] コントローラ 21 は、ホストインタフェース 211、プロセッサ 212、メモリ 213、ユーザインタフェース 214 及びディスクインタフェース 215 から構成される。
- [0044] ホストインタフェース 211 は、SAN 30 を介してホスト 10 に接続されるインタフェースであり、ホスト 10 から I/O 要求を受領すると、受領した I/O 要求をプロセッサ 212 に転送する。
- [0045] プロセッサ 212 は、コントローラ 21 の動作を統括的に制御する装置であり、例えばホストインタフェース 211 から I/O 要求を受領すると、受領した I/O 要求に対応する処理を実行する。
- [0046] メモリ 213 は、揮発性又は不揮発性のメモリであり、各種プログラム及び各種テーブルを格納する。ユーザインタフェース 214 は、ユーザからの操作を入力するインタフェースであり、例えばキーボード、マウス及びディスプレイである。
- [0047] ディスクインタフェース 215 は、複数の物理記憶デバイス 22 に接続されるインタフェースであり、物理記憶デバイス 22 に格納されているデータを読み込んでメモリ 213 に書き込んだり、逆にメモリ 213 に一時的に格納されているデータを物理記憶デバイス 22 に書き込んだりする。
- [0048] 物理記憶デバイス 22 は、複数種類の物理記憶デバイスから構成され、例えば複数の SSD 221、複数の SAS 222 及び複数の SATA 223 から構成される。これら各種種類の物理記憶デバイス 22 は、それぞれ RAID (Redundant Array Independent Disks) グループ RG1 ~ RG3 を構成し、これら RAID グループ RG1 ~ RG3 から応答性能の異なるそれぞれの論

理ボリュームR V O Lが提供される。これら論理ボリュームR V O Lは、コントローラ21によりプールボリュームP V O Lにおいて集約されるとともに、応答性能毎に階層化したティア#00～#02のそれぞれに配置される。

[0049] (3) 内部構成

図3は、メモリ213の内部構成を示す。メモリ213には、書込み回数管理テーブル2131、書込みコスト管理テーブル2132、アロケーションテーブル2133、移行ページテーブル2134及び度数分布テーブル2135が格納される。これらの各種テーブルについては後述する(図4～図8)。

[0050] またメモリ213には、I/O制御プログラム2136、度数分布計算プログラム2137、ティアレンジ計算プログラム2138及び課金額計算プログラム2139が格納される。I/O制御プログラム2136は、ホスト10からのI/O要求に対応する処理(実ページの割り当てなど)を実行するためのプログラムであり、また定期的に実ページに格納されているデータを他の実ページに移行するマイグレーション処理を実行するためのプログラムである。

[0051] 度数分布計算プログラム2137は、度数分布テーブル2135を作成するためのプログラムである。ティアレンジ計算プログラム2138は、度数分布テーブル2135を参照して、ティアティアレンジを計算するためのプログラムである。課金額計算プログラム2139は、書込み回数に応じて課金額を計算するためのプログラムである。これらの各種プログラムが実行する処理の詳細については後述する(図10～図14)。

[0052] (4) 各構成の詳細

図4は、書込み回数管理テーブル2131の論理構成を示す。書込み回数管理テーブル2131は、I/O制御プログラム2136がI/O処理を実行する際に作成されるテーブルであり、課金額を計算するために必要なデータの書込み回数及び合計I/O回数が格納される。

- [0053] 具体的に書込み回数管理テーブル 2 1 3 1 は、仮想ボリューム I D 欄 2 1 3 1 1、ユーザ I D 欄 2 1 3 1 2、仮想ページ I D 欄 2 1 3 1 3、書込み回数欄 2 1 3 1 4 及び合計 I/O 回数欄 2 1 3 1 5 から構成される。
- [0054] 仮想ボリューム I D 欄 2 1 3 1 1 には、仮想ボリューム V V O L を特定するための識別情報が格納される。ユーザ I D 欄 2 1 3 1 2 には、ユーザを特定するための識別情報が格納され、仮想ページ I D 欄 2 1 3 1 3 には、仮想ページを特定するための識別情報が格納される。
- [0055] また書込み回数欄 2 1 3 1 4 には、仮想ページに割り当てられた実ページに実際にデータを書き込んだ書込み回数が格納され、合計 I/O 回数欄 2 1 3 1 5 には、仮想ページに割り当てられた実ページに実際にデータを書き込んだ書込み回数及び実ページからデータを読み込んだ読み込み回数の合計が格納される。
- [0056] 従って図 4 の場合、仮想ボリューム I D が「0 0」の仮想ボリューム V V O L は、ユーザ I D が「0 0 0」のユーザ（ホスト 1 0）により使用されており、この仮想ボリューム V V O L を構成する複数の仮想ページのうち、仮想ページ I D が「0 0 0 0 0」の仮想ページについては、実際の書込み回数が「6 0」回であり、合計 I/O 回数が「1 0 0」回であることが示されている。
- [0057] なお書込み回数欄 2 1 3 1 4 及び合計 I/O 回数欄 2 1 3 1 5 には、物理記憶デバイス 2 2 の種別毎の書込み回数及び合計 I/O 回数が格納されとしてもよい。例えば書込み回数欄 2 1 3 1 4 には、S S D 2 2 1 に対する書込み回数が 4 0 回、S A S 2 2 2 に対する書込み回数が 1 0 回、S A T A 2 2 3 に対する書込み回数が 1 0 回のように物理記憶デバイス 2 2 の種別毎の書込み回数が格納されとしてもよい。
- [0058] 図 5 は、書込みコスト管理テーブル 2 1 3 2 の論理構成を示す。書込みコスト管理テーブル 2 1 3 2 は、ストレージ装置 2 0 において管理者が予め設定することにより作成されるテーブルであり、データを実際に書き込んだ場合のコストが格納される。

- [0059] 具体的に書込みコスト管理テーブル 2 1 3 2 は、課金項目欄 2 1 3 2 1 及び課金額欄 2 1 3 2 2 から構成される。課金項目欄 2 1 3 2 1 には、課金項目が格納され、課金額項目欄 2 1 3 2 2 には、課金額が格納される。
- [0060] 従って図 5 の場合、課金項目が「1 回当りの書込み課金額（¥／回）」である場合の S S D 2 2 1 に対する単位回数当たりの書込み課金額は「1 0」円であり、S A S 2 2 2 に対する単位回数当たりの書込み課金額は「5」円であり、S A T A 2 2 3 に対する単位回数当たりの書込み課金額は「1」円であることが定められている。
- [0061] また課金項目が「容量当たりの保管課金額（¥／K B）」である場合の S S D 2 2 1 における保管課金額は「2 0」円であり、S A S 2 2 2 における保管課金額は「1 5」円であり、S A T A 2 2 3 における保管課金額は「1 0」円であることが定められている。
- [0062] なおここでは S A S 2 2 2 及び S A T A 2 2 3 に対する単位回数当たりの書込み課金額は「5」円及び「1」円として定められているとしたが、S A S 2 2 2 及び S A T A 2 2 3 は書込み回数によっては劣化しないため「0」円として定めてもよい。そして容量当たりの保管課金額だけで課金するとしてもよい。
- [0063] またここでは単位書込み回数当たりの課金額が規定されているが、これに限らず、例えば書込みデータ量に応じて課金するように、単位書込みデータ量当たりの課金額が規定されるとしてもよい。フラッシュメモリは消去回数で劣化する。一方で書込み回数と消去回数とは、ほぼ比例するものの、書込みデータ量が大きい場合には書込み回数は 1 回であっても消去回数は複数回となる場合がある。そこで書込み回数がより近く消去回数と比例するように、書き込みデータ量に応じて課金するようにしてもよい。
- [0064] 図 6 は、アロケーションテーブル 2 1 3 3 の論理構成を示す。アロケーションテーブル 2 1 3 3 は、I / O 制御プログラム 2 1 3 6 が仮想ページに実ページを割り当てる際に作成されるテーブルであり、仮想ページと実ページとの対応関係を示す情報が格納される。

- [0065] 具体的にアロケーションテーブル 2 1 3 3 は、仮想ボリューム I D 欄 2 1 3 3 1、仮想ページ I D 欄 2 1 3 3 2、プール I D 欄 2 1 3 3 3、実ページ I D 欄 2 1 3 3 4 及びティア I D 欄 2 1 3 3 5 から構成される。
- [0066] 仮想ボリューム I D 欄 2 1 3 3 1 には、仮想ボリューム V V O L を特定するための識別情報が格納される。仮想ページ I D 欄 2 1 3 3 2 には、仮想ページを特定するための識別情報が格納される。プール I D 欄 2 1 3 3 3 には、プールボリューム P V O L を特定するための識別情報が格納される。実ページ I D 欄 2 1 3 3 4 には、実ページを特定するための識別情報が格納される。ティア I D 欄 2 1 3 3 5 には、ティアを特定するための識別情報が格納される。
- [0067] 従って図 6 の場合、仮想ボリューム I D が「0 0」の仮想ボリューム V V O L は、仮想ページ I D が「0 0 0 0 0」、「0 0 0 0 1」及び「0 0 0 0 2」の複数の仮想ページを含んで構成されており、このうちの「0 0 0 0 0」の仮想ページに割り当てられた実ページは、プール I D が「0 0 0」のプールボリューム P V O L に属し、実ページ I D が「0 0 0 1 0」であり、ティア I D が「0 1」のティアに属していることが示されている。
- [0068] なお本実施の形態においてこのアロケーションテーブル 2 1 3 3 は、ホスト 1 0 のユーザも管理することができるようストレージ装置 2 0 のメモリ 2 1 3 に格納される他、例えばストレージ装置 2 0 の物理記憶デバイス 2 2 に格納されるとしてもよい。この場合、ホスト 1 0 はストレージ装置 2 0 にリード要求を発行して、このアロケーションテーブル 2 1 3 3 を取得することができる。
- [0069] 図 7 は、移行ページテーブル 2 1 3 4 の論理構成を示す。移行ページテーブル 2 1 3 4 は、I/O 制御プログラム 2 1 3 6 が実ページに格納されているデータを他のティアに属する実ページに移行する場合に作成されるテーブルであり、移行元のティアと移行先のティアとの対応関係を示す情報及びステータスが格納される。
- [0070] 具体的に移行ページテーブル 2 1 3 4 は、仮想ページ I D 欄 2 1 3 4 1、

移行元ティアID欄21342、移行先ティアID欄21343及び移行ステータス欄21344から構成される。

[0071] 仮想ページID欄21341には、仮想ページを特定するための識別情報が格納される。移行元ティアID欄21342には、仮想ページに割り当てられた実ページが属する移行元のティアの識別情報が格納される。移行先ティアID欄21343には、実ページに格納されているデータを移行する場合の移行先のティアの識別情報が格納される。移行ステータス欄21344には、移行状態が格納される。

[0072] 従って図7の場合、仮想ページIDが「10001」の仮想ページに割り当てられている実ページは、移行元ティアIDが「00」のティアに属し、この実ページに格納されているデータは、移行先ティアIDが「01」のティアに属する実ページに移行されることが示されている。またこの実ページに格納されているデータの移行状態は、既に「移行済」であることが示されている。

[0073] 図8は、度数分布テーブル2135の論理構成を示す。度数分布テーブル2135は、コントローラ21が定期的にI/O回数をモニタリングして作成されるテーブルであり、I/O頻度と仮想ページ数との関係を示す情報が格納される。

[0074] 具体的に度数分布テーブル2135は、仮想ボリュームID欄21351、平均I/O回数欄21352及び仮想ページ数欄21353から構成される。仮想ボリュームID欄21351には、仮想ボリュームVVOLを特定するための識別情報が格納される。平均I/O回数欄21352には、仮想ページの平均I/O回数が格納される。仮想ページ数欄21353には、平均I/O回数に対応する仮想ページ数が格納される。

[0075] 従って図8の場合、仮想ボリュームIDが「00」の仮想ボリュームVOLにおいて、平均I/O回数が「0」回の仮想ページは「567」ページあることが示されている。なおここではI/O頻度の情報として平均I/O回数が格納されとしたが、これに限らず、例えば監視時間内における合計

I/O回数が格納されるとしてもよい。

[0076] 図9は、度数分布グラフ2135A及びティアレンジTR1～TR3の概念図を示す。度数分布グラフ2135Aは、度数分布計算プログラム2137により度数分布テーブル2135に基づいて作成されるグラフであり、ティアレンジTR1～TR3を算出するために用いられる。縦軸は仮想ページ数を示し、横軸はI/O頻度を示す。

[0077] 従って図9の場合、一の仮想ボリュームVVOLを構成する複数の仮想ページについて、I/O頻度が少ない仮想ページが多く、I/O頻度が多くなるに連れて、対応する仮想ページが少なくなっていることが示されている。

[0078] ティアレンジTR1～TR3は、ティアレンジ計算プログラム2138が度数分布グラフ2135Aを用いて算出する仮想ボリュームVVOLにおけるティア比率（ティアレンジ）である。ティアレンジTR1は、一の仮想ボリュームVVOLにおけるティア#00のティア比率である。同様にティアレンジTR2は、ティア#01のティア比率であり、ティアレンジTR3は、ティア#02のティア比率である。

[0079] ティアレンジTR1～TR3は、次のように決定される。すなわちティアレンジ計算プログラム2138は、ティアレンジTR1について、上限値として無限大のI/O回数を設定し、下限値については、上限値からI/O頻度が少ない方向に仮想ページ数を累計していき、ティア#00が割り当て可能な実ページ数の上限値に到達した場合、その時点のI/O頻度を下限値として設定する。

[0080] ティアレンジTR2については、ティアレンジTR1の下限値のI/O頻度と同一又はそのI/O頻度よりも所定回数分だけ多いI/O頻度を上限値として設定し、下限値については、ティアレンジTR1の下限値の設定と同様、上限値からI/O頻度が少ない方向に仮想ページ数を累計していき、ティア#01が割り当て可能な実ページ数の上限値に到達した場合、その時点のI/O頻度を下限値として設定する。

[0081] ティアレンジTR3については、ティアレンジTR2の下限値のI/O頻

度と同一又はその I / O 頻度よりも所定回数分だけ多い I / O 頻度を上限値として設定し、下限値については 0 を設定する。

[0082] そして本実施の形態においては、このティアレンジ T R 1 ~ T R 3 の何れかのティアレンジに含まれる仮想ページを課金額に応じて他のティアレンジに含ませるようにして、移行元と移行先を決定する。

[0083] 例えば課金額が予め設定された課金上限値を超過する場合、ティアレンジ T R 1 に含まれる仮想ページのうち、 I / O 頻度の少ない仮想ページがティアレンジ T R 2 に含まれるようにティア比率を変更して、移行元をティア # 0 0 とし、移行先をティア # 0 1 として移行ページテーブル 2 1 3 4 を更新する。

[0084] また課金額が課金上限値よりも低い場合、ティアレンジ T R 2 に含まれる仮想ページのうち、 I / O 頻度の多い仮想ページがティアレンジ T R 1 に含まれるようにティア比率を変更して、移行元をティア # 0 1 とし、移行先をティア # 0 0 として移行ページテーブル 2 1 3 4 を更新する。

[0085] このように課金額に応じて仮想ページを何れかのティアレンジに含ませるようにして移行元及び移行先を決定し、決定した移行元及び移行先（移行ページテーブル 2 1 3 4）に基づいて、実ページの再配置を実行することにより、課金額が課金上限値を超過しない範囲でストレージシステム 1 全体のパフォーマンスを向上させつることができる。

[0086] (5) フローチャート

図 1 0 は、課金管理処理の処理手順を示す。この課金管理処理は、定期的又は管理者の操作を契機として、 I / O 制御プログラム 2 1 3 6、ティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 及び課金額計算プログラム 2 1 3 9 の各種プログラムと、プロセッサ 2 1 2 とに基づいて実行される。説明の便宜上、処理主体をプロセッサ 2 1 2 又は各種プログラムとして説明する。

[0087] まずプロセッサ 2 1 2 は、ユーザインタフェース 2 1 4 又は図示しない管理装置において管理者からの課金上限値を入力すると、入力した課金上限値をストレージ装置 2 0 において設定する（ S P 1 1 ）。

- [0088] 次いで I/O 制御プログラム 2136 は、予め定められた監視期間、ホスト 10 から発行されたライト要求を受領してライト要求に対応するデータを実ページに書込み、またストレージ階層化機能によりデータを移行して移行先の実ページにデータを書き込み、実ページにデータを書き込んだ場合には書込み回数管理テーブル 2131 を更新する (SP12)。
- [0089] 次いで課金額計算プログラム 2139 は、書込み回数管理テーブル 2131 及び書込みコスト管理テーブル 2132 を参照して、一定時間当たりの課金額の合計 (課金合計値) を計算する (SP13)。
- [0090] 例えば課金額計算プログラム 2139 は、書込み回数管理テーブル 2131 を参照して、仮想ページ ID が「00000」の仮想ページの書込み回数として「60」回を取得する。一方で課金額計算プログラム 2139 は、書込みコスト管理テーブル 2132 を参照して、1 回当たりの書込み課金額として「10」円、「5」円又は「1」円を取得する。
- [0091] そして課金額計算プログラム 2139 は、「60」回の書込みが全て SSD 221 に対するものである場合、60 回×10 円=600 円、というように課金額を計算し、これを仮想ボリューム VVOL 内の全ての仮想ページについて実行することにより、仮想ボリューム VVOL に対する課金合計値を計算する。
- [0092] 次いで課金額計算プログラム 2139 は、ステップ SP13 で計算した課金合計値から、ステップ SP11 で登録した課金上限値を差し引いて、差分値を算出する (SP14)。そして課金額計算プログラム 2139 は、差分値が 0 より大きいか、0 より小さいか、或いは、0 であるかのうちの何れであるかを判断する (SP15)。
- [0093] 差分値が 0 より大きい場合、課金合計値が課金上限値を超過していることになる。よってティアレンジ計算プログラム 2138 は、次の監視期間において、課金合計値を減少させるようにティアレンジを算出する (SP16)。
- [0094] 差分値が 0 より小さい場合、課金合計値が課金上限値よりも少ないことに

なる。よってティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 は、次の監視期間において、課金合計値を増加させるようにティアレンジを算出する（S P 1 7）。

[0095] 差分値が 0 である場合、課金合計値が課金上限値と同一であることになる。よってティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 は、次の監視期間において、課金合計値を維持するようにティアレンジを算出する（S P 1 8）。

[0096] 次いで I / O 制御プログラム 2 1 3 6 は、算出したティアレンジに基づいて、実ページの再配置を実行した後（S P 1 9）、本処理を終了する。

[0097] 図 1 1 は、書込み回数管理テーブル更新処理の処理手順を示す。この書込み回数管理テーブル更新処理は、ホスト 1 0 から発行されたライト要求を受領したことを契機として、I / O 制御プログラム 2 1 3 6 及びプロセッサ 2 1 2 に基づいて実行される。説明の便宜上、処理主体を I / O 制御プログラム 2 1 3 6 として説明する。

[0098] まず I / O 制御プログラム 2 1 3 6 は、ホスト 1 0 から発行されたライト要求を受領すると（S P 2 1）、受領したライト要求に対応するデータをメモリ 2 1 3 のキャッシュ領域に書き込む（S P 2 2）。次いで I / O 制御プログラム 2 1 3 6 は、アロケーションテーブル 2 1 3 3 を参照して、メモリ 2 1 3 のキャッシュ領域に書き込んだデータを実ページに書き込む（S P 2 3）。

[0099] 次いで I / O 制御プログラム 2 1 3 6 は、ディスクインタフェース 2 1 5 からライト完了報告を受領すると（S P 2 4）、書込み回数管理テーブル 2 1 3 1 の書込み回数欄 2 1 3 1 4 及び合計 I / O 回数欄 2 1 3 1 5 の回数を + 1 だけインクリメントすることにより書込み回数管理テーブル 2 1 3 1 を更新して（S P 2 5）、本処理を終了する。

[0100] なおここでは I / O 制御プログラム 2 1 3 6 がホスト 1 0 から発行されたライト要求を受領したことを契機として、実ページにデータを書き込むとともに書込み回数管理テーブル 2 1 3 1 を更新する処理について述べたが、必ずしもこれに限らず、I / O 制御プログラム 2 1 3 6 がストレージ階層化機能によりデータを移行して再配置を実行したことを契機として、移行元の実

ページからデータを読み込んだ場合及び移行先の実ページにデータを書き込んだ場合、同様に書込み回数管理テーブル 2 1 3 1 を更新する。

[0101] またここではメモリ 2 1 3 のキャッシュ領域に書き込んだデータを実ページに書き込んだタイミングで（デステージのタイミングで）、書込み回数管理テーブル 2 1 3 1 を更新するとしたが（S P 2 3 及び S P 2 5）、これに限らず、ホスト 1 0 から発行された I / O 要求に応じてキャッシュ領域からデータを読み込む又はキャッシュ領域にデータを書き込むタイミングで、書込み回数管理テーブル 2 1 3 1 を更新するとしてもよい。

[0102] 図 1 2 は、課金額を減少させる場合のティアレンジ算出処理の処理手順を示す。このティアレンジ算出処理は、課金管理処理（図 1 0）がステップ S P 1 6 に移行したことを契機として、度数分布計算プログラム 2 1 3 7、ティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8、課金額計算プログラム 2 1 3 9 及びプロセッサ 2 1 2 に基づいて実行される。説明の便宜上、処理主体をティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 又は課金額計算プログラム 2 1 3 9 として説明する。

[0103] まず度数分布計算プログラム 2 1 3 7 は、度数分布テーブル 2 1 3 5 を参照して、度数分布グラフ 2 1 3 5 A を作成する（S P 3 1）。次いでティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 は、I / O 頻度に応じて各仮想ページに各ティアを割り当ててティアレンジを算出する（S P 3 2）。

[0104] 例えばティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 は、図 9 においても説明したように、応答性能の最も高いティア # 0 0 のティアレンジ T R 1 の上限値として無限大の I / O 回数を設定する。一方、下限値についてティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 は、上限値から I / O 頻度が少ない方向にこのティア # 0 0 に属する実ページを仮想ページに順に割り当てていき、割り当てていった実ページ数の累計がティア # 0 0 が割り当てることのできる実ページ数の上限値近傍に到達した場合、その到達した時点の I / O 頻度をティアレンジ T R 1 の下限値として設定する。ティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 は、ティア # 0 0 よりも応答性能が劣るティア # 0 1 及び # 0 2 のティアレン

ジTR 2 及びTR 3 についても同様に上限値及び下限値を設定して、ティアレンジTR 1 ～3 を設定する。

[0105] 次いでティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 は、ステップSP 3 2 において各仮想ページに各ティアの実ページを割り当てた後、割り当ての前後で割り当て元のティアが異なる仮想ページについては移行ページテーブル 2 1 3 4 の移行先ティアID欄 2 1 3 4 3 を変更して移行ページテーブル 2 1 3 4 を更新する（SP 3 3）。

[0106] 次いで課金額計算プログラム 2 1 3 9 は、次の監視期間においても前回の監視期間と同じ書き込み回数があると仮定して、ステップSP 3 2 で算出したティアレンジに基づいて実ページを仮想ページに割り当てた場合に予測される課金額の合計（予測課金合計値）を書込み回数管理テーブル 2 1 3 1 及び書き込みコスト管理テーブル 2 1 3 2 を参照して計算する（SP 3 4）。

[0107] 次いでティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 は、ステップSP 3 4 で計算した予測課金合計値を減少させるように、応答性能の高いティア（例えばティア# 0 0）のティアレンジ（例えばティアレンジTR 1）に含まれる仮想ページのうち、I/O頻度の少ない仮想ページを応答性能の低いティア（例えばティア# 0 1）のティアレンジ（例えばティアレンジTR 2）に含ませるようにして割り当て元のティアを変更する（SP 3 5）。

[0108] 例えばティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 は、応答性能の高いティア# 0 0 に属する仮想ページのうち、I/O頻度の少ない仮想ページをこのティア# 0 0 よりも応答性能の低い例えばティア# 0 1 に順次割り当てる。

[0109] 次いでティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 は、ステップSP 3 5 において実ページの割り当て元のティアを変更した後、変更の前後で割り当て元のティアが異なる仮想ページについては移行ページテーブル 2 1 3 4 の移行先ティアID欄 2 1 3 4 3 を変更して移行ページテーブル 2 1 3 4 を更新する（SP 3 6）。

[0110] 次いで課金額計算プログラム 2 1 3 9 は、次の監視期間においても前回の監視期間と同じ書き込み回数があると仮定して、ステップSP 3 6 で更新し

た移行ページテーブル 2 1 3 4 に基づいて実ページを割り当てた場合に予測される予測課金合計値を書込み回数管理テーブル 2 1 3 1 及び書込みコスト管理テーブル 2 1 3 2 を参照して計算する（S P 3 7）。

[0111] 次いで課金額計算プログラム 2 1 3 9 は、ステップ S P 3 7 で計算した予測課金合計値から予め定められた課金上限値を差し引いて、差分値を算出する（S P 3 8）。

[0112] 差分値が 0 でない場合、すなわち予測課金額が課金上限値よりも依然として高い場合、ティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 は、ステップ S P 3 5 に移行して上述してきた処理を繰り返す。これに対して差分値が 0 の場合、予測課金額が課金上限値と同一であることになる。よってこの場合、ティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 は本処理を終了する。

[0113] 図 1 3 は、課金額を増加させる場合のティアレンジ算出処理の処理手順を示す。このティアレンジ算出処理は、課金管理処理（図 1 0）がステップ S P 1 7 に移行したことを契機として、ティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 、課金額計算プログラム 2 1 3 9 及びプロセッサ 2 1 2 に基づいて実行される。説明の便宜上、処理主体をティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 又は課金額計算プログラム 2 1 3 9 として説明する。

[0114] ステップ S P 4 1 ～S P 4 4 の処理は、図 1 2 のステップ S P 3 1 ～S P 3 4 と同様であるため、ここでの説明は省略する。

[0115] ティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 は、ステップ S P 4 4 で計算した予測課金合計値を増加させるように、課金額の高い仮想ページを応答性能の高いティアに割り当てる（S P 4 5）。

[0116] 例えばティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 は、応答性能の低いティア # 0 1 に属する仮想ページのうち、課金額の高い仮想ページを応答性能の高いティア # 0 0 に順次割り当てる。

[0117] ステップ S P 4 6 ～S P 4 9 の処理は、図 1 2 のステップ S P 3 6 ～S P 3 9 と同様であるため、ここでの説明は省略する。なおステップ S P 4 9 においてティアレンジ計算プログラム 2 1 3 8 は、差分値が 0 でない場合、す

なわち予測課金額が課金上限値よりも依然として低いことになる場合、ステップS P 4 5に移行して上述してきた処理を繰り返す。これに対して差分値が0の場合、予測課金額が課金上限値と同一であることになる。よってこの場合、ティアレンジ計算プログラム2 1 3 8は本処理を終了する。

[0118] 図1 4は、ストレージ階層化機能によるマイグレーション処理の処理手順を示す。このマイグレーション処理は、定期的にI/O制御プログラム2 1 3 6及びプロセッサ2 1 2に基づいて実行される。説明の便宜上、処理主体をI/O制御プログラム2 1 3 6として説明する。

[0119] まずI/O制御プログラム2 1 3 6は、移行ページテーブル2 1 3 4を参照して、移行ページテーブル2 1 3 4の先頭レコードを選択する（S P 5 1）。次いでI/O制御プログラム2 1 3 6は、選択したレコードの移行ステータスを「移行中」に変更して移行ページテーブル2 1 3 4を更新する（S P 5 2）。

[0120] 次いでI/O制御プログラム2 1 3 6は、移行ページテーブル2 1 3 4を参照して、移行対象の仮想ページに割り当てられている実ページのデータを移行元から移行先に実際に移行する（S P 5 3）。

[0121] 次いでI/O制御プログラム2 1 3 6は、アロケーションテーブル2 1 3 3を参照して、移行対象の仮想ページに対応付けられている移行先の情報を変更してアロケーションテーブル2 1 3 3を更新する（S P 5 4）。

[0122] 次いでI/O制御プログラム2 1 3 6は、移行ページテーブル2 1 3 4を参照して、ステップS P 5 2で更新した移行ステータスを「移行済」に変更して移行ページテーブル2 1 3 4を更新する（S P 5 5）。

[0123] 次いでI/O制御プログラム2 1 3 6は、移行ページテーブル2 1 3 4において選択したレコードは末端のレコードであるか否かを判断する（S P 5 6）。I/O制御プログラム2 1 3 6は、ステップS P 5 6の判断で否定結果を得ると、次レコードを選択し（S P 5 7）、ステップS P 5 2に移行して上述してきた処理を実行する。これに対し、I/O制御プログラム2 1 3 6は、ステップS P 5 6の判断で肯定結果を得ると、本処理を終了する。

[0124] (6) 本実施の形態による効果

以上のように本実施の形態によるストレージシステムによれば、書込み回数に応じて課金額を計算するようにしたので、使用容量に応じて課金する場合に生じるユーザ間の不公平を解消することができる。また本実施の形態によれば、課金額が課金上限値近傍となるように課金額に応じてデータを移行するようにしたので、課金額を容易に予測することができる。

符号の説明

[0125]	1	ストレージシステム
	1 0	ホスト
	2 0	ストレージ装置
	2 1	コントローラ
	2 2	物理記憶デバイス
	2 2 1	S S D
	2 2 2	S A S
	2 2 3	S A T A

請求の範囲

[請求項1] データの書込み回数に応じて課金額を計算するストレージ装置において、

種別の異なる論理ボリュームを提供する物理記憶デバイスと、

前記種別の異なる論理ボリュームのそれぞれを応答性能の異なるティアに分類し、何れかのティアに属することとなった各論理ボリュームと、上位装置に提供する仮想ボリュームとを対応付けることにより I/O 制御を実行するコントローラとを備え、

前記コントローラは、

前記仮想ボリュームを構成する何れかの仮想ページにライト要求が発行された場合、前記論理ボリュームを構成する何れかの実ページを前記仮想ページに割り当てて、前記実ページにデータを書き込むとともに書込み回数をカウントし、

前記カウントする書込み回数に基づいて、一定時間当たりの課金額を計算し、

前記一定時間当たりの課金額が前記課金上限値を超過しないように、前記仮想ページに対する I/O 頻度に基づいて前記ティアのティアレンジを算出し、

前記算出したティアレンジに基づいて、前記実ページを再配置することを特徴とするストレージ装置。

[請求項2] 前記コントローラは、

前記一定時間当たりの課金額が予め設定されている課金上限値を超過する場合、前記一定時間当たりの課金額が減少するように、前記ティアレンジを算出する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のストレージ装置。

[請求項3] 前記コントローラは、

前記一定時間当たりの課金額が前記課金上限値を超過しない範囲でパフォーマンスが向上するように、前記ティアレンジを算出する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のストレージ装置。

[請求項4]

前記コントローラは、

前記一定時間当たりの課金額が前記課金上限値よりも低い場合、前記一定時間当たりの課金額が増加するように、前記ティアレンジを算出する

ことを特徴とする請求項 3 に記載のストレージ装置。

[請求項5]

ユーザからの操作を受け付けるためのユーザインタフェースを備え、

前記コントローラは、

前記一定時間当たりの課金額が前記課金上限値よりも低い場合、前記ユーザインタフェースからの操作に基づいて、前記一定時間当たりの課金額が前記課金上限値を超過しない範囲でパフォーマンスが向上するように前記ティアレンジを算出するか否かを判断する

ことを特徴とする請求項 3 に記載のストレージ装置。

[請求項6]

データの書き込み回数に応じて課金額を計算するストレージ装置の制御方法において、

物理記憶デバイスが、種別の異なる論理ボリュームを提供する第 1 のステップと、

コントローラが、前記種別の異なる論理ボリュームのそれぞれを応答性能の異なるティアに分類し、何れかのティアに属することとなった各論理ボリュームと、上位装置に提供する仮想ボリュームとを対応付けることにより 1 / 0 制御を実行する第 2 のステップとを備え、

前記第 2 のステップにおいて、

前記仮想ボリュームを構成する何れかの仮想ページにライト要求が発行された場合、前記論理ボリュームを構成する何れかの実ページを前記仮想ページに割り当てて、前記実ページにデータを書き込むとともに書き込み回数をカウントする第 3 のステップと、

前記カウントする書き込み回数に基づいて、一定時間当たりの課金額

を計算する第4のステップと、

前記一定時間当たりの課金額が前記課金上限値を超過しないように、前記1／0頻度に基づいて前記ティアのティアレンジを算出する第5のステップと、

前記算出したティアレンジに基づいて、前記実ページを再配置する第6のステップと

を備えることを特徴とするストレージ装置の制御方法。

[請求項7]

前記第5のステップにおいて、

前記一定時間当たりの課金額が予め設定されている課金上限値を超過する場合、前記一定時間当たりの課金額が減少するように、前記ティアレンジを算出する

ことを特徴とする請求項6に記載のストレージ装置の制御方法。

[請求項8]

前記第5のステップにおいて、

前記一定時間当たりの課金額が前記課金上限値を超過しない範囲でパフォーマンスが向上するように、前記ティアレンジを算出する

ことを特徴とする請求項6に記載のストレージ装置の制御方法。

[請求項9]

前記第5のステップにおいて、

前記一定時間当たりの課金額が前記課金上限値よりも低い場合、前記一定時間当たりの課金額が増加するように、前記ティアレンジを算出する

ことを特徴とする請求項8に記載のストレージ装置の制御方法。

[請求項10]

ユーザインタフェースが、ユーザからの操作を受け付ける第7のステップを備え、

前記第5のステップにおいて、

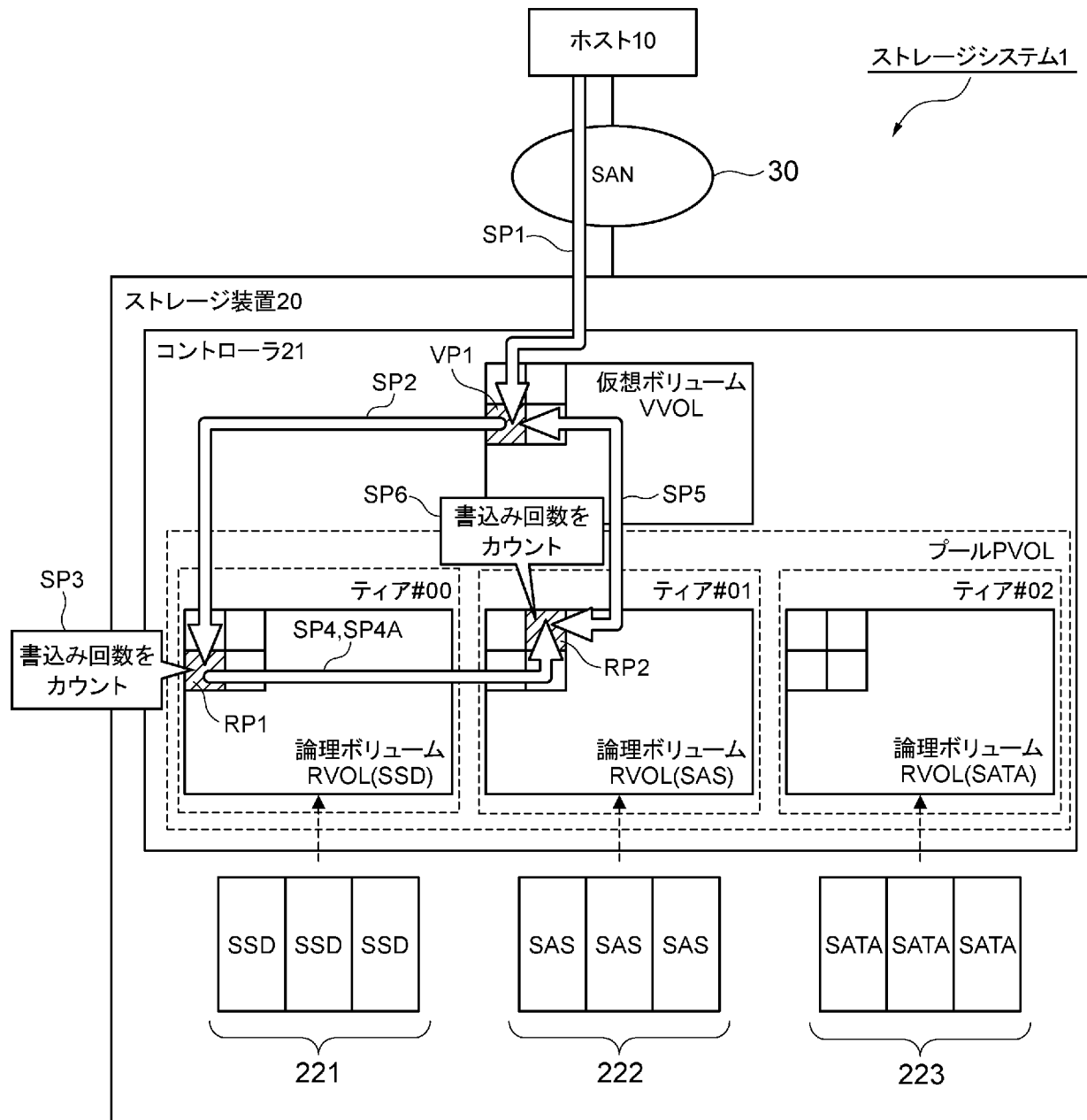
前記一定時間当たりの課金額が前記課金上限値よりも低い場合、前記第7のステップにおいて受け付けたユーザインタフェースからの操作に基づいて、前記一定時間当たりの課金額が前記課金上限値を超過しない範囲でパフォーマンスが向上するように前記ティアレンジを算

出するか否かを判断する

ことを特徴とする請求項 8 に記載のストレージ装置の制御方法。

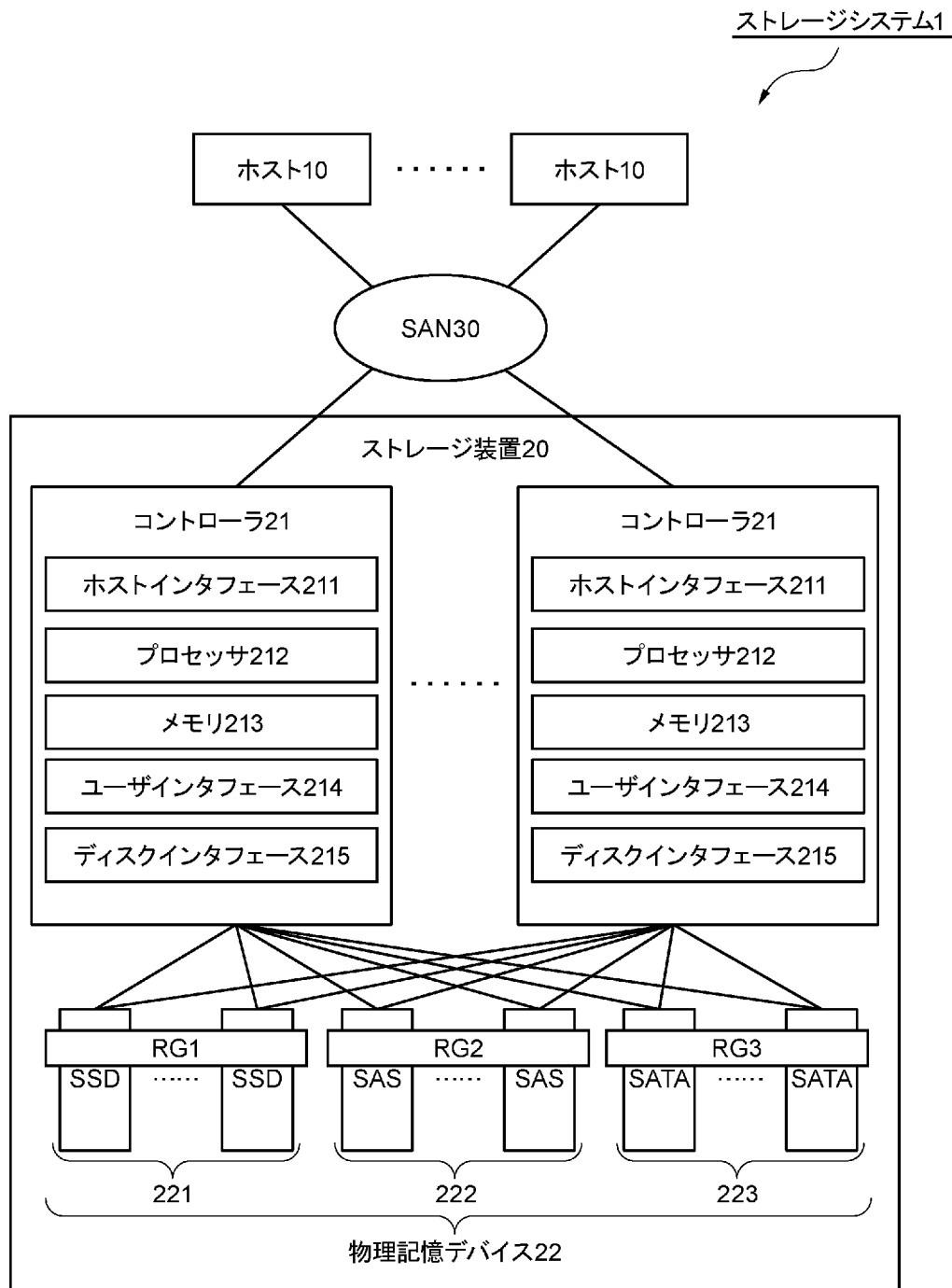
[図1]

図 1



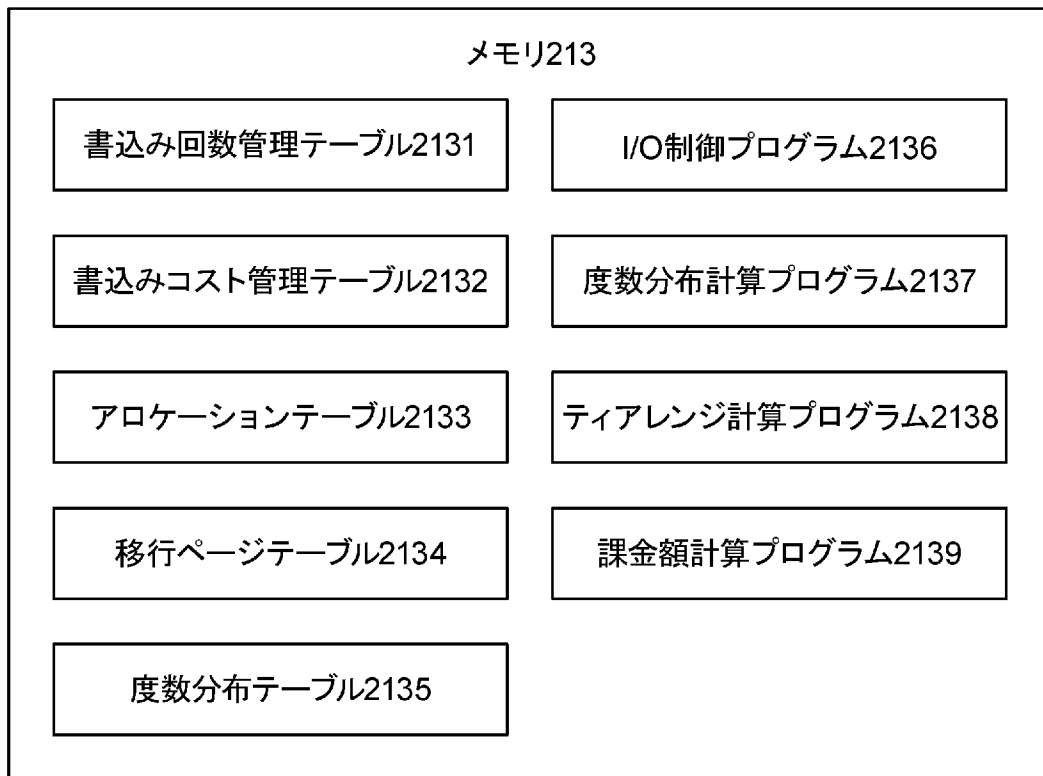
[図2]

図 2



[図3]

図 3



[図4]

図 4

仮想ボリュームID	ユーザID	仮想ページID	書込み回数	合計I/O回数
00	000	00000	60	100
	000	00001	80	150
	000	00002	20	60
01	001	00000	10	20

2131

21311 21312 21313 21314 21315

[図5]

図 5

項目	SSD	SAS	SATA
1回当りの書込み課金額 (¥/回)	10	5	1
容量当たりの保管課金額 (¥/KB)	20	15	10

2132

21321 21322

[図6]

図 6

仮想ボリュームID	仮想ページID	プールID	実ページID	ティアID
00	00000	000	00010	01
	00001	000	00100	00
	00002	000	01000	10
01	00000	000	00020	01

2133

21331 21332 21333 21334 21335

[図7]

図 7

2134			
仮想ページID	移行元ティアID	移行先ティアID	移行ステータス
10001	00	01	移行済
10002	01	02	移行済
10005	02	03	移行中
10008	03	01	未移行
21341	21342	21343	21344

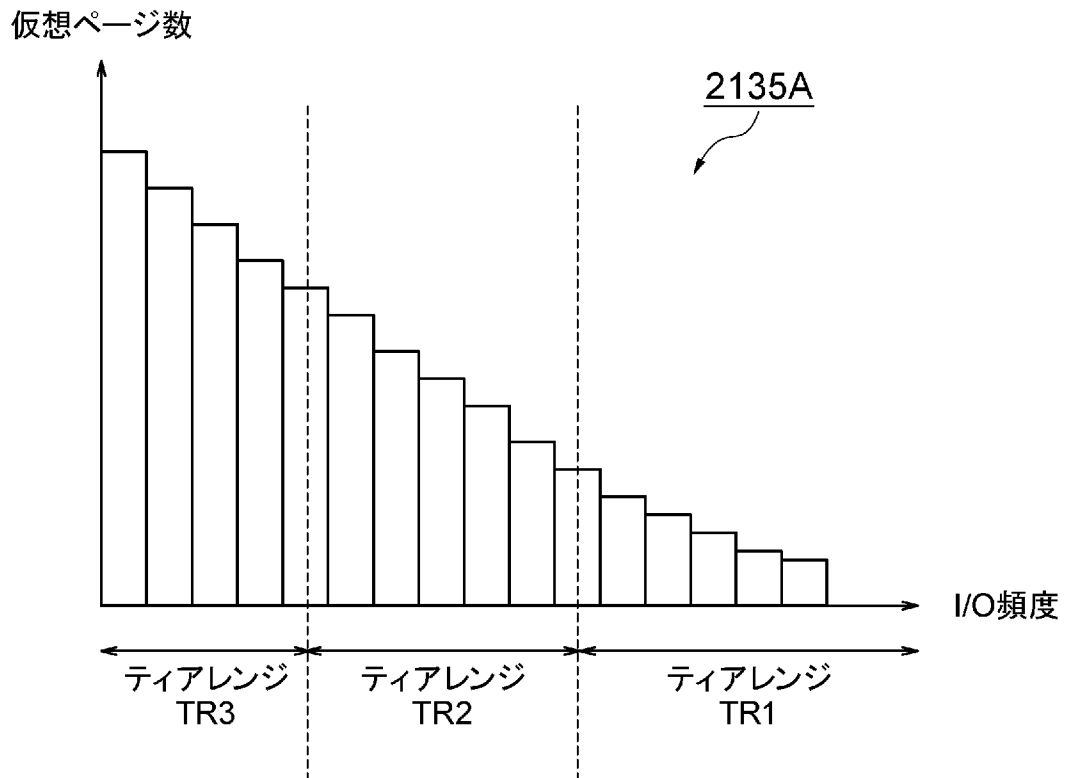
[図8]

図 8

2135		
仮想ボリュームID	平均I/O回数	仮想ページ数
00	0	567
	1	27
	2	141
	3	57
	4-7	72
	8-15	236
	16-31	0
21351	21352	21353

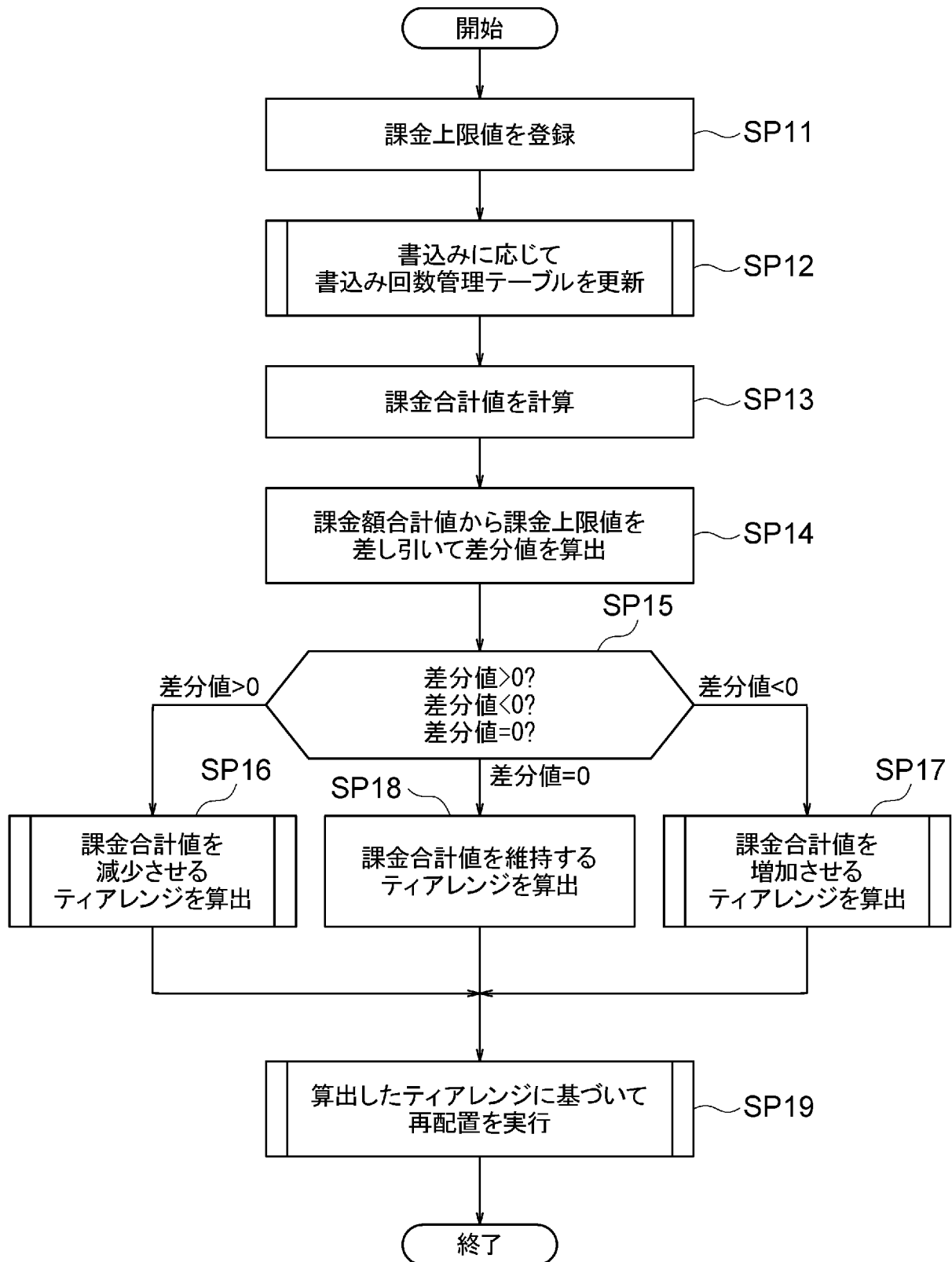
[図9]

図 9



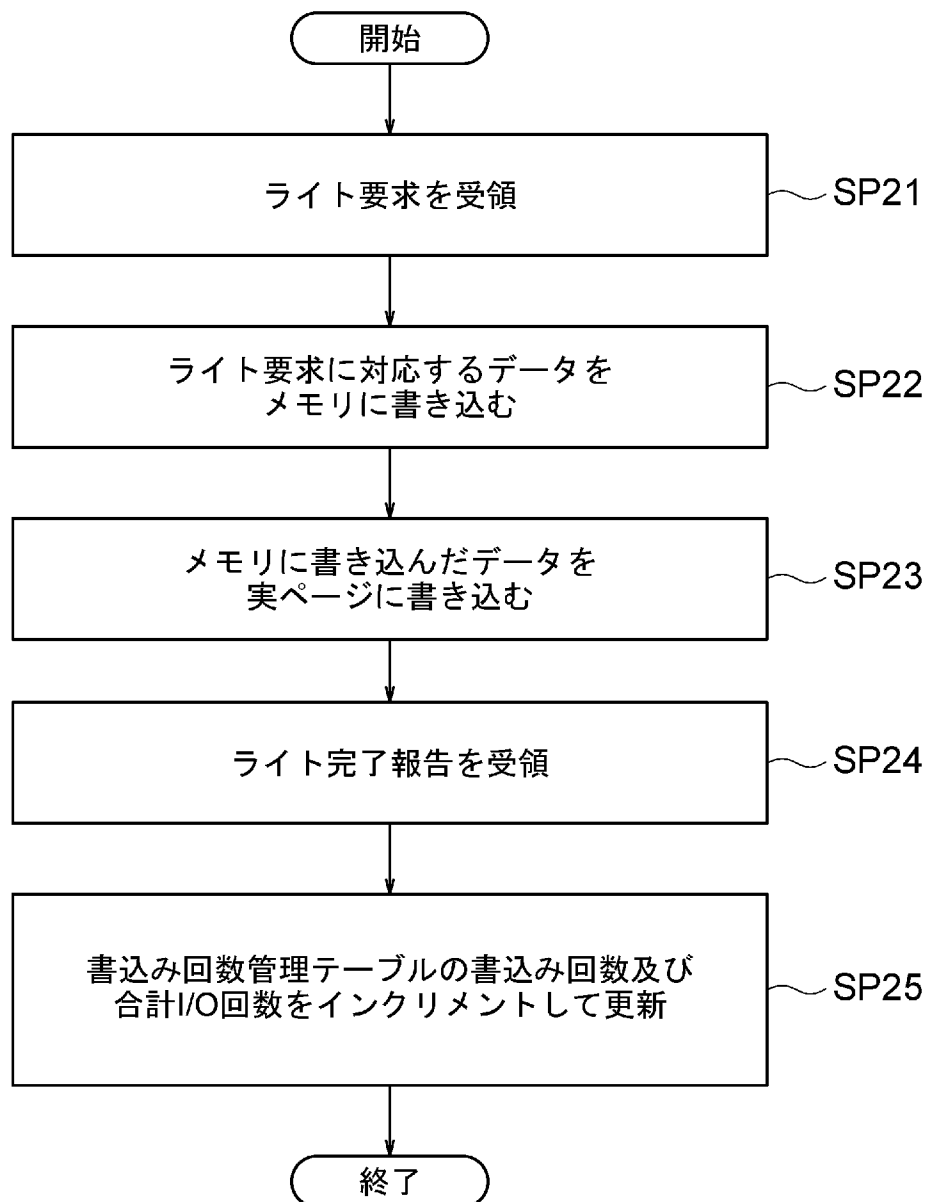
[図10]

図 10



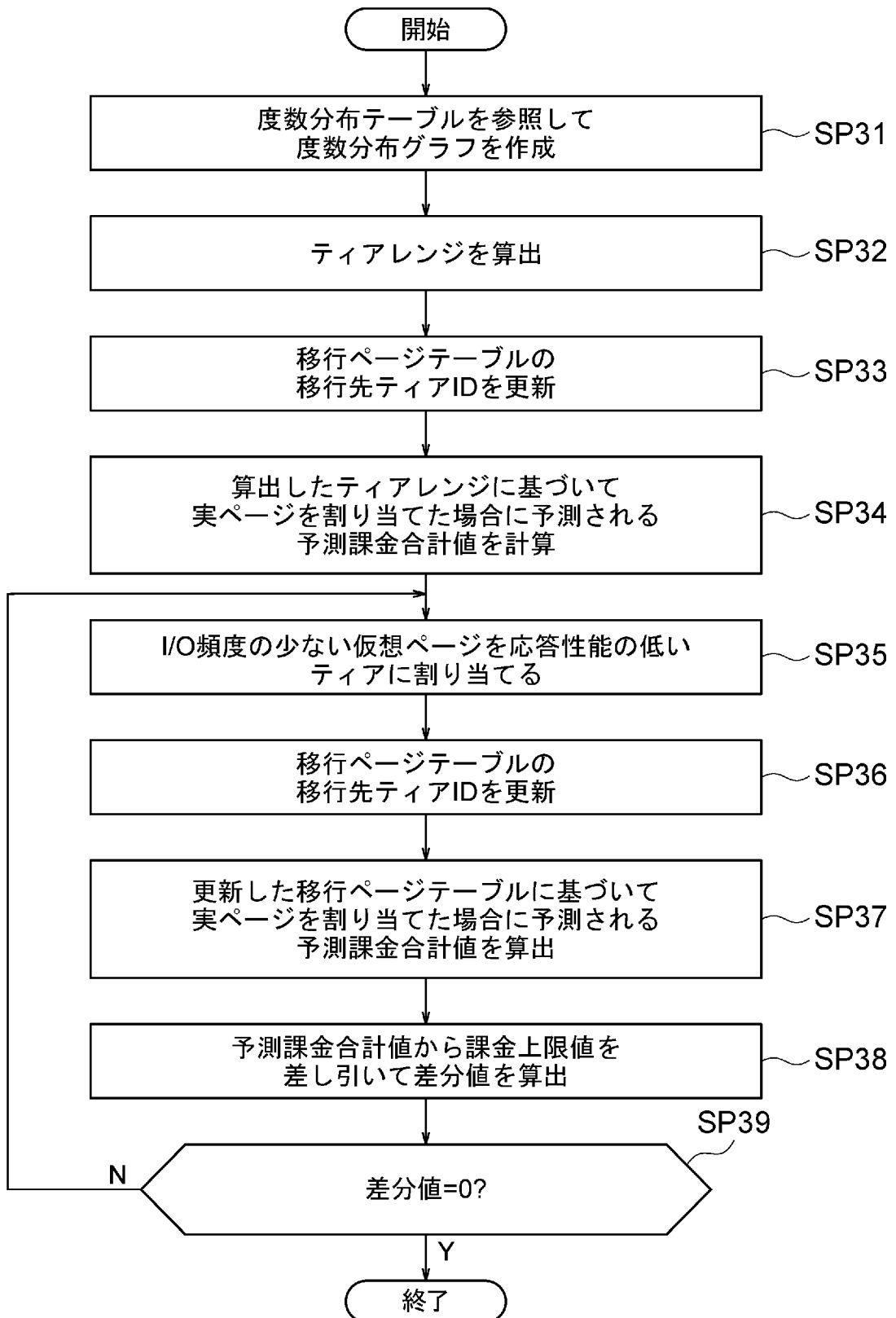
[図11]

図 11



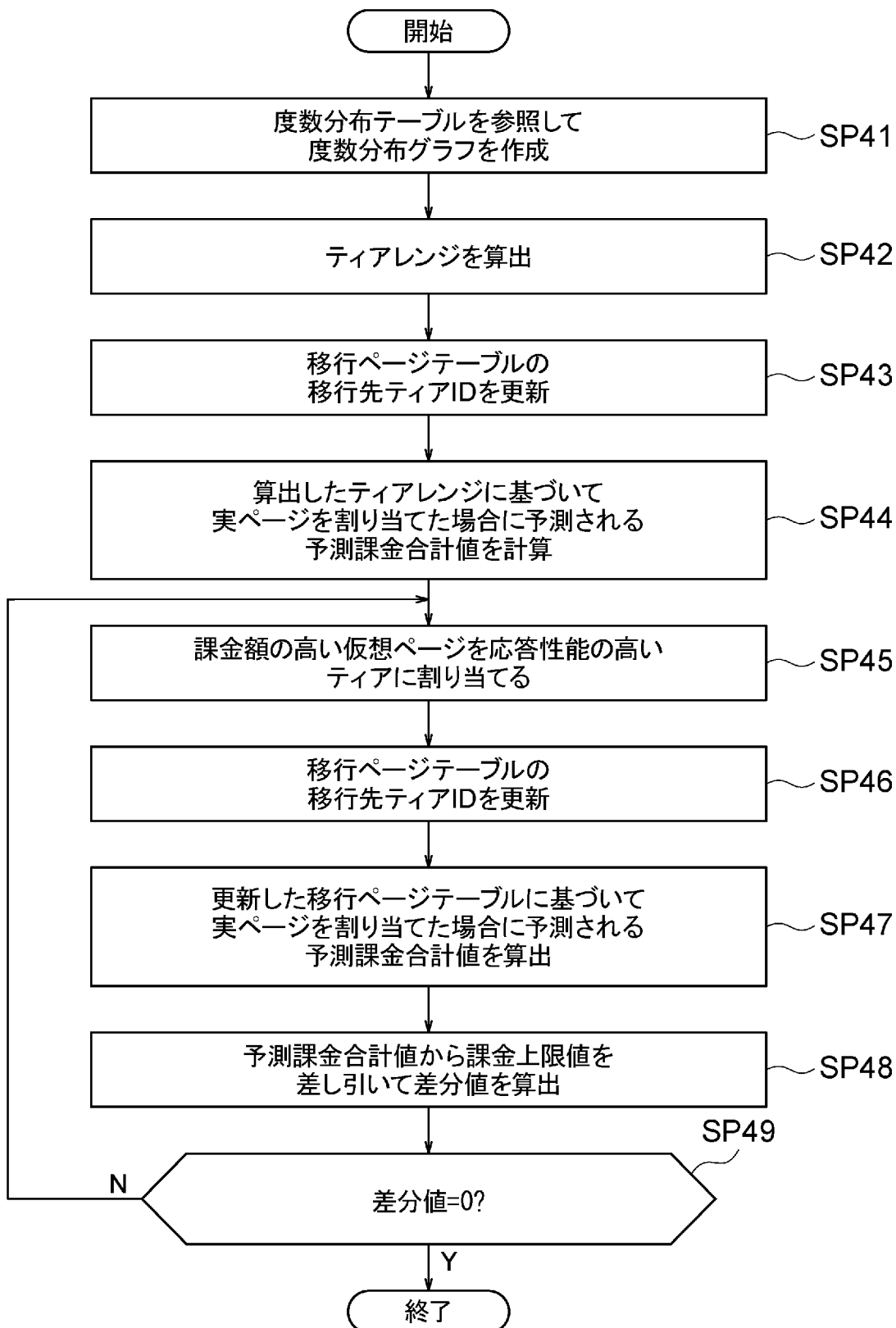
[図12]

図 12



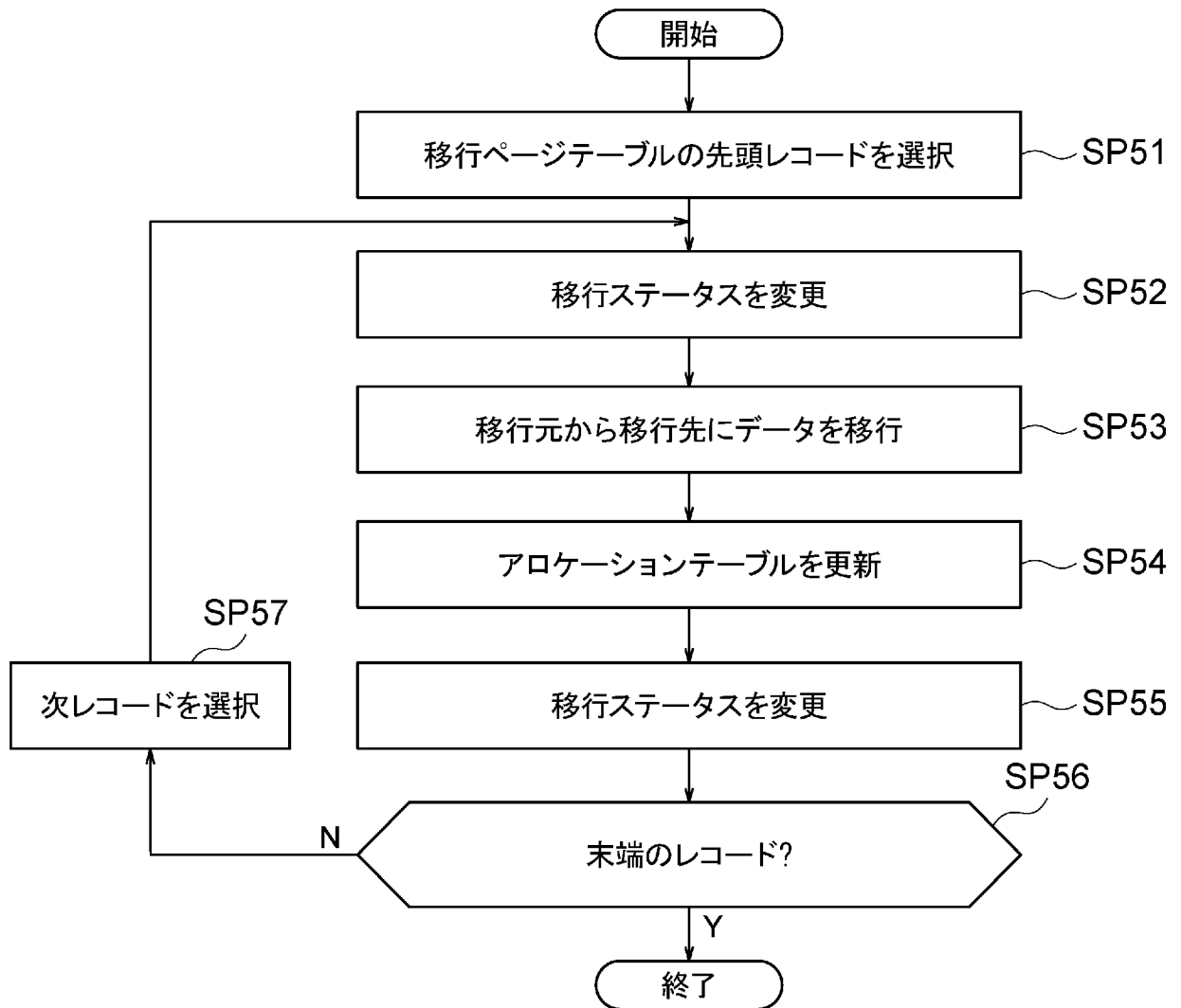
[図13]

図 13



[図14]

図 14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/061151

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06Q30/04 (2012.01) 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)

G06Q30/04

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
A	JP 2011-090390 A (Fujitsu Ltd.), 06 May 2011 (06.05.2011), entire text; all drawings & US 2011/0093409 A1	1-10
A	Storage Solution Forum 2005 Koen Review, IT Professionals, no.43, 01 December 2005 (01.12. 2005), pages 80, 81	1-10

☐ 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
02 July, 2013 (02.07.13)

Date of mailing of the international search report
16 July, 2013 (16.07.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06Q30/04(2012.01)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. G06Q30/04

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
A	JP 2011-090390 A（富士通株式会社）2011.05.06, 全文全図 & US 2011/0093409 A1	1-10
A	ストレージ・ソリューションフォーラム2005 講演レビュー, I T P r o f e s s i o n a l s 第43号, 2005.12.01, 第 80, 81 ページ	1-10

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

の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

0 2 . 0 7 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 6 . 0 7 . 2 0 1 3

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）

小原 正信

5 L

3 8 0 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 6 2