

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-4233

(P2020-4233A)

(43) 公開日 令和2年1月9日 (2020.1.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G06F 1/20 (2006.01)	G06F 1/20 D	5E322
H05K 7/20 (2006.01)	H05K 7/20 J	5F136
H05K 7/18 (2006.01)	H05K 7/20 H	
H01L 23/467 (2006.01)	H05K 7/18 K	
	H01L 23/46 D	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2018-124921 (P2018-124921)	(71) 出願人	000005223
(22) 出願日	平成30年6月29日 (2018.6.29)		富士通株式会社
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
		(74) 代理人	100092152
			弁理士 服部 毅巖
		(72) 発明者	田嶋 宏規
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	小林 慎一
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		Fターム (参考)	5E322 AB10 BA04 BB03 BB05 BB06 5F136 CA17 DA43 HA01

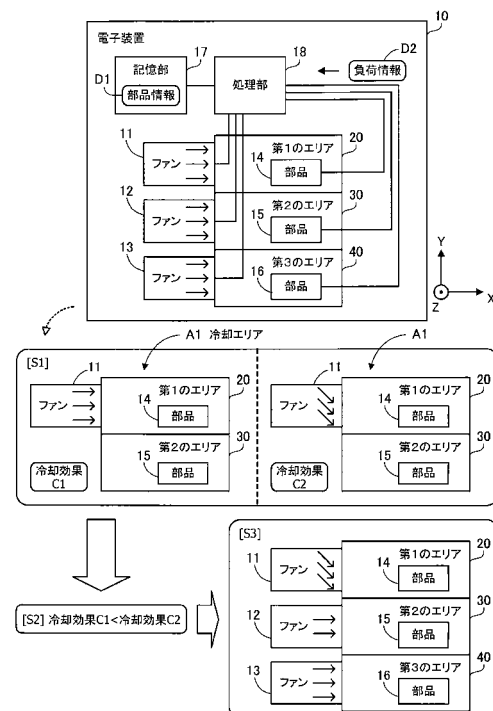
(54) 【発明の名称】 電子装置、制御プログラムおよび制御方法

(57) 【要約】

【課題】 冷却のための消費電力を低減すること。

【解決手段】 ファン11, 12, 13は、一列に並べて配置され、筐体内の複数のエリアを冷却する。処理部18は、複数のエリアそれぞれに搭載された部品14, 15, 16および部品14, 15, 16の発熱量を示す部品情報D1と、部品14, 15, 16の負荷を示す負荷情報D2とを取得する。処理部18は、部品情報D1および負荷情報D2に基づいて、現在の向きでのファンの第1の冷却効果と当該ファンが向けられたエリアとは異なる他のエリアに当該ファンを向けた場合の当該ファンの第2の冷却効果とをファン毎に評価する。処理部18は、第2の冷却効果が第1の冷却効果よりも高いファン11を選択し、ファン11を他のエリアに向け、他のエリアに向けられたファン12の回転数を下げる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

一列に並べて配置され、筐体内の複数のエリアを冷却する複数のファンと、

前記複数のエリアそれぞれに搭載された部品および前記部品の発熱量を示す部品情報と、前記部品の負荷を示す負荷情報とを取得し、前記部品情報および前記負荷情報に基づいて、現在の向きでのファンの第 1 の冷却効果と前記ファンが向けられたエリアとは異なる他のエリアに前記ファンを向けた場合の前記ファンの第 2 の冷却効果とをファン毎に評価し、前記第 2 の冷却効果が前記第 1 の冷却効果よりも高い第 1 のファンを選択し、前記第 1 のファンを前記他のエリアに向け、前記複数のファンのうち前記他のエリアに向けられた第 2 のファンの回転数を下げる処理部と、

10

を有する電子装置。

【請求項 2】

前記処理部は、前記部品の発熱量から前記部品が搭載されたエリアの発熱量を計算し、前記エリアの発熱量を前記エリアに搭載された前記部品の負荷により補正し、前記エリアの補正後の発熱量に基づいて、前記第 1 の冷却効果と前記第 2 の冷却効果とを評価する、請求項 1 記載の電子装置。

【請求項 3】

前記処理部は、前記エリアにおける前記部品の搭載率に応じて前記エリアの発熱量を更に補正する、

請求項 2 記載の電子装置。

20

【請求項 4】

前記第 1 の冷却効果および前記第 2 の冷却効果は、前記ファンに対応する一群のエリアにおいて前記ファンから送られた冷媒が奪う熱量であり、

前記処理部は、エリア毎の前記補正後の発熱量に基づいて前記熱量を計算する、

請求項 2 または 3 記載の電子装置。

【請求項 5】

前記処理部は、前記筐体内の部品構成の変更または前記部品の負荷の変化を検出すると、前記複数のファンそれぞれに対する前記第 1 の冷却効果および前記第 2 の冷却効果の評価を行い、前記評価に応じて前記第 1 のファンを選択する、

請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の電子装置。

30

【請求項 6】

一列に並べて配置された複数のファンにより冷却される複数のエリアそれぞれに搭載された部品および前記部品の発熱量を示す部品情報と、前記部品の負荷を示す負荷情報とを取得し、

前記部品情報および前記負荷情報に基づいて、現在の向きでのファンの第 1 の冷却効果と前記ファンが向けられたエリアとは異なる他のエリアに前記ファンを向けた場合の前記ファンの第 2 の冷却効果とをファン毎に評価し、

前記第 2 の冷却効果が前記第 1 の冷却効果よりも高い第 1 のファンを選択し、

前記第 1 のファンを前記他のエリアに向け、前記複数のファンのうち前記他のエリアに向けられた第 2 のファンの回転数を下げる、

40

処理をコンピュータに実行させる制御プログラム。

【請求項 7】

コンピュータが、

一列に並べて配置された複数のファンにより冷却される複数のエリアそれぞれに搭載された部品および前記部品の発熱量を示す部品情報と、前記部品の負荷を示す負荷情報とを取得し、

前記部品情報および前記負荷情報に基づいて、現在の向きでのファンの第 1 の冷却効果と前記ファンが向けられたエリアとは異なる他のエリアに前記ファンを向けた場合の前記ファンの第 2 の冷却効果とをファン毎に評価し、

前記第 2 の冷却効果が前記第 1 の冷却効果よりも高い第 1 のファンを選択し、

50

前記第1のファンを前記他のエリアに向け、前記複数のファンのうち前記他のエリアに向けられた第2のファンの回転数を下げる、

制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は電子装置、制御プログラムおよび制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、種々の製品に電子部品が組み込まれている。電子部品は動作に伴い電力を消費して発熱する。電子部品の負荷に応じた消費電力や電子部品の配置の密度などによって発熱量は増大し得る。製品筐体内に熱が蓄積されると筐体内の温度が高まる可能性がある。製品の高温化は、故障、ユーザへの傷害および発火事故などの要因になり得る。そこで、製品筐体内にファンを設け、ファンにより電子部品を空冷することで筐体内の過剰な温度上昇を抑制し、製品の信頼性や安全性の向上が図られることがある。

10

【0003】

例えば、冷却ファンに取り付けられたルーバーの角度を調整することにより、デバイスを実装していないファイルベイへのエアフローを減らし、実際にデバイスを実装しているファイルベイへのエアフローを強くする筐体冷却方式の提案がある。

【0004】

20

また、電子機器に搭載された各モジュールの温度を個別に検出し、検出された全ての温度値が同一の値になるように、各モジュールを冷却する複数の冷却ファンによる冷却風の風向を可変設定する冷却機構の提案もある。提案の冷却機構は、風向きを変えてモジュールの温度調節を行うので、各冷却ファンの回転速度を上げずに冷却効率を向上する。

【0005】

更に、一律の回転数によって電子機器を冷却する複数の冷却装置を有し、冷却対象である対象物を含むブロック毎に区分けされた領域を流れる空気の流れを、対象物の有無に応じて変更するサーバ装置の提案もある。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0006】

【特許文献1】特開平11-177265号公報

【特許文献2】特開2009-117472号公報

【特許文献3】特開2016-157237号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記提案のように、各ファンの回転数を一律にして、ファンによる風向きを変えることで、複数のファン全体として、所定の冷却性能を実現する方法が考えられる。しかし、この方法では、筐体内の電子部品の負荷の偏りによっては、各ファンによる冷却のための消費電力を十分に低減できない可能性がある。例えば、筐体内において高負荷の箇所と低負荷の箇所との負荷の差が比較的大きい場合がある。この場合、高負荷の箇所を十分に冷却できるように各ファンの回転数を一律に設定すると、低負荷の箇所の付近を冷却するファンの回転数が過剰になり、当該ファンにより電力が過剰に消費されることがある。また、高負荷の箇所に各ファンが向けられることで、高負荷の箇所が過剰に冷却され、各ファンにより電力が過剰に消費されることもある。

40

【0008】

1つの側面では、本発明は、冷却のための消費電力を低減する電子装置、制御プログラムおよび制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 9 】

1つの態様では、電子装置が提供される。電子装置は、複数のファンと処理部とを有する。複数のファンは、一列に並べて配置され、筐体内の複数のエリアを冷却する。処理部は、複数のエリアそれぞれに搭載された部品および部品の発熱量を示す部品情報と、部品の負荷を示す負荷情報とを取得し、部品情報および負荷情報に基づいて、現在の向きでのファンの第1の冷却効果とファンが向けられたエリアとは異なる他のエリアにファンを向けた場合のファンの第2の冷却効果とをファン毎に評価し、第2の冷却効果が第1の冷却効果よりも高い第1のファンを選択し、第1のファンを他のエリアに向け、複数のファンのうち他のエリアに向けられた第2のファンの回転数を下げる。

【 0 0 1 0 】

また、1つの態様では、制御プログラムが提供される。

また、1つの態様では、制御方法が提供される。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 1 】

1つの側面では、冷却のための消費電力を低減できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 第1の実施の形態の電子装置を示す図である。

【 図 2 】 第2の実施の形態のストレージ装置を示す図である。

【 図 3 】 C M のハードウェア例を示すブロック図である。

【 図 4 】 ストレージ装置の構造例を示す図である。

【 図 5 】 ストレージ装置の筐体内の空気の流れの例を示す図である。

【 図 6 】 ファンに対する冷却エリアの例を示す図である。

【 図 7 】 風向とファンの向きとの関係の例を示す図である。

【 図 8 】 部品管理テーブルの例を示す図である。

【 図 9 】 負荷管理テーブルの例を示す図である。

【 図 1 0 】 冷却効果管理テーブルの例を示す図である。

【 図 1 1 】 風向制御の例（その1）を示す図である。

【 図 1 2 】 風向制御の例（その2）を示す図である。

【 図 1 3 】 監視処理の例を示すフローチャートである。

【 図 1 4 】 冷却のための消費電力の例を示す図である。

【 図 1 5 】 筐体内の風速の例を示す図である。

【 図 1 6 】 風向制御の影響の例を示す図である。

【 図 1 7 】 風向テーブルの例を示す図である。

【 図 1 8 】 装置構成の他の例（その1）を示す図である。

【 図 1 9 】 装置構成の他の例（その2）を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 3 】

以下、本実施の形態について図面を参照して説明する。

[第1の実施の形態]

第1の実施の形態を説明する。

【 0 0 1 4 】

図1は、第1の実施の形態の電子装置を示す図である。

電子装置10は、ファン11、12、13、部品14、15、16、記憶部17および処理部18を有する。

【 0 0 1 5 】

ファン11、12、13は、電子装置10の筐体の内部の温度が過剰に高まらないように電子装置10の筐体内の複数のエリアを冷却する。例えば、冷却用の媒体（冷媒）は空気である。ファン11、12、13は冷却対象エリアへの送風を行う。ファン11、12、13は、電子装置10の筐体内に一列に並べて配置される。具体的には、図1の下側か

10

20

30

40

50

ら上側に向かう方向を Y 軸の正方向とし、同左側から右側に向かう方向を X 軸の正方向とする。また、Z 軸は X Y 軸に直交する軸である。

【 0 0 1 6 】

X 軸の正方向をファン 1 1 , 1 2 , 1 3 の正面方向とする。ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 による風向の初期設定は、X 軸の正方向（正面方向）である。すなわち、ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 は、当初、X 軸の正方向を向いている。ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 は、Y 軸方向に、一列に並べて配置される。ファン 1 1 はファン 1 2 の隣に配置されている。ファン 1 2 は、ファン 1 1 , 1 3 の隣に配置されている。ファン 1 3 はファン 1 2 の隣に配置されている。

【 0 0 1 7 】

10

ファン 1 1 の向き（ファン 1 1 による風向）は、ファン 1 1 の向きを変更することで、変更可能である。例えば、ファン 1 1 は、風を所定方向へと導くフィンをもつ。ファン 1 1 は、フィンの回転角度を設定することで、当該フィンの回転角度に応じた風向を実現できる。ファン 1 2 , 1 3 も、ファン 1 1 と同様に、向きを変えることができる。また、ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 の回転数は、個別に変更可能である。例えば、ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 は、当初、電子装置 1 0 に備えられた温度センサによる温度の検出結果に応じて、所定の回転数で動作するよう処理部 1 8 により制御される。また、ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 の向き、および、回転数は、処理部 1 8 により制御される。

【 0 0 1 8 】

20

ここで、電子装置 1 0 の筐体の内部の空間は、複数のエリアに分割されている。複数のエリアは、第 1 のエリア 2 0、第 2 のエリア 3 0 および第 3 のエリア 4 0 を含む。第 1 のエリア 2 0 は、第 2 のエリア 3 0 に隣接する。第 2 のエリア 3 0 は、第 1 のエリア 2 0 および第 3 のエリア 4 0 に隣接する。第 3 のエリア 4 0 は、第 2 のエリア 3 0 に隣接する。例えば、第 1 のエリア 2 0 は、ファン 1 1 の排気側の面（正面）に臨むエリア（ファン 1 1 に隣接するエリア）である。第 2 のエリア 3 0 は、ファン 1 2 の排気側の面（正面）に臨むエリア（ファン 1 2 に隣接するエリア）である。第 3 のエリア 4 0 は、ファン 1 3 の排気側の面（正面）に臨むエリア（ファン 1 3 に隣接するエリア）である。

【 0 0 1 9 】

部品 1 4 , 1 5 , 1 6 は、電子装置 1 0 の電子部品である。例えば、部品 1 4 , 1 5 , 1 6 としては、C P U（Central Processing Unit）などのプロセッサや R A M（Random Access Memory）やその他の機能を実現する電子回路などが考えられる。部品 1 4 は、第 1 のエリア 2 0 に搭載されている。部品 1 5 は、第 2 のエリア 3 0 に搭載されている。部品 1 6 は、第 3 のエリア 4 0 に搭載されている。各エリアには、2 以上の部品が搭載されてもよい。

30

【 0 0 2 0 】

記憶部 1 7 は、R A M などの揮発性記憶装置でもよいし、フラッシュメモリなどの不揮発性記憶装置でもよい。処理部 1 8 は、C P U、D S P（Digital Signal Processor）、A S I C（Application Specific Integrated Circuit）、F P G A（Field Programmable Gate Array）などを含み得る。処理部 1 8 はプログラムを実行するプロセッサでもよい。「プロセッサ」は、複数のプロセッサの集合（マルチプロセッサ）でもよい。記憶部 1 7 および処理部 1 8 は、第 1 のエリア 2 0、第 2 のエリア 3 0 および第 3 のエリア 4 0 の何れかに搭載されてもよい。

40

【 0 0 2 1 】

記憶部 1 7 は、部品情報 D 1 を記憶する。部品情報 D 1 は、複数のエリアそれぞれに搭載された部品および部品の単位時間当たりの発熱量（単位はワット（W））を示す。例えば、部品情報 D 1 は、第 1 のエリア 2 0 に搭載された部品 1 4、および、部品 1 4 の単位時間当たりの最大発熱量（単位は W）を示す情報を含む。また、部品情報 D 1 は、第 2 のエリア 3 0 に搭載された部品 1 5、および、部品 1 5 の単位時間当たりの最大発熱量を示す情報を含む。更に、部品情報 D 1 は、第 3 のエリア 4 0 に搭載された部品 1 6、および

50

、部品 16 の単位時間当たりの最大発熱量を示す情報を含む。部品情報 D 1 は、各エリアにおける部品の搭載状況の変化に応じて、処理部 18 により変更される。各部品の単位時間当たりの発熱量（最大発熱量）の情報として、例えば、各部品や電子装置 10 のベンダによって提供される情報が、記憶部 17 に予め格納される。

【0022】

処理部 18 は、記憶部 17 に記憶された部品情報 D 1 と、部品の負荷を示す負荷情報 D 2 とを取得する。処理部 18 は、部品 14 , 15 , 16 それぞれから負荷情報 D 2 を取得する。例えば、処理部 18 は、部品の搭載状況に変化があった場合や部品の負荷に一定量以上の変化があった場合に、下記の処理を実行する。

【0023】

処理部 18 は、部品情報 D 1 および負荷情報 D 2 に基づいて、現在の向きでのファンの第 1 の冷却効果と当該ファンが向けられたエリアとは異なる他のエリアにファンを向けた場合の当該ファンの第 2 の冷却効果とをファン毎に評価する。あるファンに対する他のエリアとは、例えば、当該ファンに隣接するエリアに更に隣接する隣接エリア（例えば、第 1 のエリア 20 に対する隣接エリアは第 2 のエリア 30 ）である。

【0024】

ここで、冷却効果は、該当のファンが筐体内の冷却への寄与度を表す指標である。例えば、冷却効果は、該当のファンから送られた冷媒が、当該ファンに対応する冷却エリアから奪う単位時間当たりの熱量（単位はワット（W））によって表される。この場合、該当のファンが冷却エリアから奪う単位時間当たりの熱量が大きいほど冷却効果が高く、当該熱量が小さいほど冷却効果が低いことになる。以下、単に熱量（発熱量）という場合、単位時間当たりの熱量（発熱量）を示すものとする。

【0025】

また、冷却エリアは、複数のエリアのうち、該当のファンに隣接するエリアと、当該エリアに隣接する他のエリア（隣接エリア）とを合わせたエリアである。例えば、ファン 11 の冷却エリア A 1 は、第 1 のエリア 20 と第 2 のエリア 30 とを合わせたエリアである。図 1 では、冷却エリア A 1 を図示している。ファン 12 の冷却エリアは、第 1 のエリア 20 と第 2 のエリア 30 と第 3 のエリア 40 とを合わせたエリアである。ファン 13 の冷却エリアは、第 2 のエリア 30 と第 3 のエリア 40 とを合わせたエリアである。

【0026】

ただし、ファン 11 , 12 , 13 それぞれに対する冷却エリアは、複数のエリアの全体（すなわち、第 1 のエリア 20 と第 2 のエリア 30 と第 3 のエリア 40 とを合わせたエリア）でもよい。一方、ファン 11 については、第 3 のエリア 40 への冷却の寄与が第 1 のエリア 20 および第 2 のエリア 30 への冷却の寄与に比較して小さい。このため、上記のように、ファン 11 による冷却の寄与が比較的小さいと推定される第 3 のエリア 40 をファン 11 の冷却エリアから除外してもよい。また、ファン 13 については、第 1 のエリア 20 への冷却の寄与が第 2 のエリア 30 および第 3 のエリア 40 への冷却の寄与に比較して小さいため、第 1 のエリア 20 をファン 13 の冷却エリアから除外してもよい。

【0027】

例えば、処理部 18 は、ファン 11 , 12 , 13 それぞれに対して、第 1 の冷却効果と、第 2 の冷却効果とを評価する（ステップ S 1 ）。

例えば、各ファンによる風向を正面（S）、右向き（R）、および、左向き（L）の 3 段階に変更可能であるとする。右向き（R）とは、正面方向から Y 軸のマイナス方向へ 45 度傾けた向きである。左向き（L）とは、正面方向から Y 軸のプラス方向へ 45 度傾けた向きである。あるファンが正面向きの場合、当該ファンを他のエリアに向けることは、当該ファンの向きを右向きまたは左向きに変更することを意味する。また、あるファンが右向きの場合、当該ファンを他のエリアに向けることは、当該ファンの向きを正面向きまたは左向きに変更することを意味する。更に、あるファンが左向きの場合、当該ファンを他のエリアに向けることは、当該ファンの向きを正面向きまたは右向きに変更することを意味する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

あるファンを正面方向に向けた場合の冷却効果 $C(S)$ は、式 (1) で表される。

【 0 0 2 9 】

【 数 1 】

$$C(S) = \sum_{a \in A} H_a \times C_a(S) \quad (1)$$

【 0 0 3 0 】

ここで、 a は、該当のファンの冷却エリアに属するエリア (図 1 の例では、第 1 のエリア 20、第 2 のエリア 30 または第 3 のエリア 40) を示す。 A は、該当のファンの冷却エリアに属するエリアの全体集合である。 H_a は、エリア a における発熱量である。処理部 18 は、 H_a をエリア a に搭載された部品の最大発熱量 H と負荷 f (許容される最大負荷に対する現在の負荷の割合) とに基づいて算出する。例えば、 $H_a = H \times f$ である。また、エリア a に複数の部品を搭載可能である場合、処理部 18 は、エリア a の部品の搭載率 r によって H_a を補正してもよい (例えば、 $H_a = H \times f \times r$ としてもよい)。 $C_a(S)$ は、エリア a の発熱量 H_a に比例する必要換気風量 Q (m^3 / min) に対する、ファンの風向 (この場合、正面方向) および回転数により決まる換気風量 $q(S)$ (m^3 / min) の比率 ($C_a(S) = q(S) / Q$) である。

10

【 0 0 3 1 】

また、あるファンを右向き方向に向けた場合の冷却効果 $C(R)$ は、式 (2) で表される。

20

【 0 0 3 2 】

【 数 2 】

$$C(R) = \sum_{a \in A} H_a \times C_a(R) \quad (2)$$

【 0 0 3 3 】

$C_a(R)$ は、エリア a の発熱量 H_a に比例する必要換気風量 Q (m^3 / min) に対する、ファンの風向 (この場合、右向き方向) および回転数により決まる換気風量 $q(R)$ (m^3 / min) の比率 ($C_a(R) = q(R) / Q$) である。

30

【 0 0 3 4 】

更に、あるファンを左向き方向に向けた場合の冷却効果 $C(L)$ は、式 (3) で表される。

【 0 0 3 5 】

【 数 3 】

$$C(L) = \sum_{a \in A} H_a \times C_a(L) \quad (3)$$

【 0 0 3 6 】

$C_a(L)$ は、エリア a の発熱量 H_a に比例する必要換気風量 Q (m^3 / min) に対する、ファンの風向 (この場合、左向き方向) および回転数により決まる換気風量 $q(L)$ (m^3 / min) の比率 ($C_a(L) = q(L) / Q$) である。

40

【 0 0 3 7 】

ただし、第 1 のエリア 20 には、プラス Y 方向に隣接エリアが存在しない。このため、処理部 18 は、ファン 11 に対して冷却効果 $C(L)$ を評価しなくてよい。また、第 3 のエリア 40 には、マイナス Y 方向に隣接エリアが存在しない。このため、処理部 18 は、ファン 13 に対して冷却効果 $C(R)$ を評価しなくてよい。

【 0 0 3 8 】

このように、処理部 18 は、部品の発熱量から部品が搭載されたエリアの発熱量を計算し、当該エリアの発熱量を当該エリアに搭載された部品の負荷により補正する。そして、

50

処理部 18 は、当該エリアの補正後の発熱量に基づいて、第 1 の冷却効果と第 2 の冷却効果とを評価する。また、処理部 18 は、エリア a の部品の搭載率 r により H_a を更に補正してもよい。これにより、エリア毎の発熱量を適切に算出し、冷却効果の評価の精度を向上できる。

【0039】

前述のように、第 1 の冷却効果および第 2 の冷却効果は、該当のファンに対応する一群のエリア（冷却エリア）において当該ファンから送られた冷媒が奪う熱量である。処理部 18 は、エリア毎の補正後の発熱量に基づいて当該熱量を計算する。

【0040】

図 1 では、一例として、ファン 11 の冷却効果の評価を示している。ファン 11 に対する第 1 の冷却効果を冷却効果 C_1 とする。処理部 18 は、冷却効果 C_1 ($= C(S)$) を、式 (1) により求める。ファン 11 に対する第 2 の冷却効果を冷却効果 C_2 とする。処理部 18 は、冷却効果 C_2 ($= C(R)$) を、式 (2) により求める。

10

【0041】

処理部 18 は、同様にして、ファン 12 に対する第 1 の冷却効果 ($C(S)$) および第 2 の冷却効果を求める。ここで、処理部 18 は、ファン 12 については、第 2 の冷却効果として、 $C(R)$ 、 $C(L)$ の両方を求める。更に、処理部 18 は、ファン 13 に対する第 1 の冷却効果 ($C(S)$) および第 2 の冷却効果 ($C(L)$) を求める。

【0042】

処理部 18 は、第 2 の冷却効果が第 1 の冷却効果よりも高い第 1 のファンを選択する（ステップ S2）。例えば、処理部 18 は、ファン 11 に対して求めた冷却効果 C_2 が、冷却効果 C_1 よりも高いと判定する。すると、処理部 18 は、ファン 11 を第 1 のファンとして選択する。

20

【0043】

処理部 18 は、第 1 のファンを他のエリアに向け、複数のファンのうち当該他のエリアに向けられた第 2 のファンの回転数を下げる（ステップ S3）。例えば、ファン 11 に対する他のエリアは、当該ファンに隣接する第 1 のエリア 20 に更に隣接する第 2 のエリア 30 である。処理部 18 は、ファン 11 による風向を、右向き（R）に変更することで、ファン 11 を第 2 のエリア 30 に向ける。

【0044】

そして、処理部 18 は、第 2 のエリア 30 に向けられたファン 12（第 2 のファン）の回転数を下げる。例えば、処理部 18 は、第 2 のエリア 30 に搭載された部品 15 の温度センサにより計測される温度を監視し、部品 15 の温度が所定温度よりも低い場合に、第 2 のエリア 30 の風量が過剰であると判定し、当該判定に応じて、ファン 12 の回転数を下げてもよい。

30

【0045】

電子装置 10 によれば、一列に並べて配置された複数のファンにより、筐体内の複数のエリアが冷却される。複数のエリアそれぞれに搭載された部品および部品の発熱量を示す部品情報と、部品の負荷を示す負荷情報とが取得される。部品情報および負荷情報に基づいて、現在の向きでのファンの第 1 の冷却効果とファンが向けられたエリアとは異なる他のエリアにファンを向けた場合のファンの第 2 の冷却効果とがファン毎に評価される。第 2 の冷却効果が第 1 の冷却効果よりも高い第 1 のファンが選択される。第 1 のファンを他のエリアに向け、複数のファンのうち他のエリアに向けられた第 2 のファンの回転数が下げられる。

40

【0046】

これにより、冷却のための消費電力を低減できる。

例えば、各ファンの回転数を一律にして、ファンによる風向きを変えることで、複数のファン全体として、所定の冷却性能を実現する方法が考えられる。しかし、この方法では、筐体内の電子部品の負荷の偏りによっては、各ファンによる冷却のための消費電力を十分に低減できない可能性がある。

50

【 0 0 4 7 】

図 1 のファン 1 1 , 1 2 , 1 3 が正面を向いている例において、第 2 のエリア 3 0 が比較的高負荷で、第 1 のエリア 2 0 および第 3 のエリア 4 0 が比較的低負荷であり、これら高負荷エリアの負荷と低負荷エリアの負荷との差が大きい場合を考える。この場合、高負荷である第 2 のエリア 3 0 を十分に冷却できるようにファン 1 1 , 1 2 , 1 3 の回転数を一律に設定すると、低負荷である第 1 のエリア 2 0 や第 3 のエリア 4 0 を主に冷却するファン 1 1 , 1 3 の回転数が過剰になり得る。このため、ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 により電力が過剰に消費され得る。

【 0 0 4 8 】

また、ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 の回転数を一律に設定した上で、ファン 1 1 , 1 3 の両方、または、何れか一方を、高負荷である第 2 のエリア 3 0 に向けることも考えられる。この場合、第 2 のエリア 3 0 が過剰に冷却される可能性があり、ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 により電力が過剰に消費され得る。

【 0 0 4 9 】

そこで、電子装置 1 0 は、例示したように、ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 の回転数を個別に制御し、現在向けられたエリアとは異なる他のエリアに向けた方が、冷却効果が高まるファン 1 1 を選択して、当該ファンを当該他のエリアに向ける。このとき、電子装置 1 0 は、各ファンの冷却効果の評価に、各エリアにおける部品の搭載状況や部品の負荷に応じた発熱量を用いることで、各ファンの冷却効果を適切に評価することができ、風向の変更対象とするファン 1 1 を適切に選択可能になる。

【 0 0 5 0 】

例えば、ファン 1 1 を第 2 のエリア 3 0 に向けることで、第 2 のエリア 3 0 に対するファン 1 1 からの風量が増し、第 2 のエリア 3 0 に流入する全体の風量が増す。すると、第 2 のエリア 3 0 の風量が過剰になる。このため、処理部 1 8 は、ファン 1 2 の回転数を下げることができる。こうして、電子装置 1 0 は、ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 の全体としての消費電力を低減することができる。

【 0 0 5 1 】

すなわち、電子装置 1 0 は、高負荷である第 2 のエリア 3 0 の冷却に合わせて、ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 の回転数を一律に上昇させなくてよく、低負荷エリアの過冷却を抑えられる。また、電子装置 1 0 は、第 2 のエリア 3 0 に複数のファンを向けることで、第 2 のエリア 3 0 が過剰に冷却されている場合に、第 2 のエリア 3 0 に向けられたファン 1 2 の回転数を下げるので、第 2 のエリア 3 0 の過冷却を抑えられる。電子装置 1 0 は、各エリアの過冷却を抑えることで、各ファンによる消費電力を低減できる。

【 0 0 5 2 】

なお、図 1 では、ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 の排気側に冷却エリアが存在する構成例を示したが他の構成でもよい。例えば、ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 の吸気側に冷却エリアが存在してもよい（この場合、例えば、ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 の吸気側のフィンの角度変更によりファン 1 1 , 1 2 , 1 3 の向きを変更してもよい）。あるいは、ファン 1 1 , 1 2 , 1 3 の排気側および吸気側の両方に冷却エリアが存在してもよい。

【 0 0 5 3 】

また、ファンによる風向を 3 段階に変更する例を示したが、2 段階または 4 段階以上に変更可能でもよい。4 段階以上に変更可能にする場合、「ファンを他のエリアに向ける」ことは、「ファンの向きを現在とは異なる向きに変更する」ことに相当する。この場合、向き変更後のファンの送風先のエリアへ送風するファンの回転数を下げることができる。

【 0 0 5 4 】

また、処理部 1 8 は、例えば、電子装置 1 0 の筐体内の部品構成の変更または部品の負荷の変化を検出したときに、複数のファンそれぞれに対する第 1 の冷却効果および第 2 の冷却効果の評価を行い、評価に応じて第 1 のファンの選択を行うことが考えられる。これにより、筐体内の発熱状況の変化に追従して、適切な冷却を行える。

【 0 0 5 5 】

更に、電子装置 10 としては、複数のファンを搭載し得る種々の装置が考えられる。例えば、電子装置 10 は、H P C (High Performance Computing) 計算機、複数のブレードが搭載されたブレードサーバ、シャーシ型スイッチ、あるいは、ストレージ装置などである。以下では、電子装置 10 としてストレージ装置を例示して、冷却制御の機能を更に詳細に説明する。

【0056】

[第 2 の実施の形態]

次に、第 2 の実施の形態を説明する。

図 2 は、第 2 の実施の形態のストレージ装置を示す図である。

【0057】

ストレージ装置 100 は、H D D (Hard Disk Drive) や S S D (Solid State Drive) などの記憶デバイス (ドライブと言う) を複数搭載可能であり、大容量の記憶領域を提供する。ストレージ装置 100 は、コントローラモジュール (C M : Controller Module) 110, 130、ファン部 150、ドライブ部 170 および外気温センサ 190 を有する。

【0058】

C M 110, 130 は、サーバコンピュータ (図示を省略している) などによるデータアクセスを受け付け、ドライブ部 170 に格納されたデータにアクセスするストレージ制御装置である。C M 110, 130 は、ドライブ部 170 に収納されたドライブに対するデータの書き込みや読み出しのアクセス制御を行う。C M 110, 130 には識別番号が付与されている。C M 110 の識別番号は「# 0」である。C M 110 を、「C M # 0」と表記することがある。C M 130 の識別番号は「# 1」である。C M 130 を、「C M # 1」と表記することがある。

【0059】

ファン部 150 は、一列に並べて配置された複数のファンの搭載部である。複数のファンは、ファン 151, 152, 153, ... を含む。複数のファンは、ストレージ装置 100 の筐体内を空冷により冷却する。複数のファンそれぞれは、個別に、風向および回転数を制御可能である。各ファンの風向および回転数は、C M 110, 130 により制御される。例えば、ファンの風向は、予め定められた複数の向きに変更可能である。また、例えば、ファンの回転数は、予め定められた複数段階の回転数に変更可能である。

【0060】

ドライブ部 170 は、複数のドライブを搭載可能な搭載部である。複数のドライブは、ドライブ 171, 172, 173, ... を含む。ドライブ 171, 172, 173, ... は、例えば、H D D である。ただし、ドライブ 171, 172, 173, ... は、S S D でもよいし、H D D と S S D との組み合わせでもよい。ドライブ部 170 は、ドライブを搭載するためのスロットを複数有する。各スロットに対し、運用に応じて、ドライブを取り付けたり、取り外したりすることができる。

【0061】

外気温センサ 190 は、ストレージ装置 100 の周囲の温度 (外気温) を計測する温度センサである。外気温センサ 190 により計測された外気温は、C M 110, 130 に提供される。

【0062】

図 3 は、C M のハードウェア例を示すブロック図である。

C M 110 は、C P U 111、R A M 112、S S D 113、C A (Channel Adapter) 114、N A (Network Adapter) 115、媒体リーダー 116、C P U 温度センサ 117、監視部 118、D I (Drive Interface) 119、C M - I F (InterFace) 120 を有する。C M 130 も C M 110 と同様のハードウェアによって実現される。

【0063】

C P U 111 は、プログラムの命令を実行するプロセッサである。C P U 111 は、H D D 103 に記憶されたプログラムやデータの少なくとも一部を R A M 112 にロードし

10

20

30

40

50

、プログラムを実行する。なお、CPU 111は複数のプロセッサコアを含んでもよい。また、CM 110は複数のプロセッサを有してもよい。また、複数のプロセッサの集合を「マルチプロセッサ」または単に「プロセッサ」と言うことがある。

【0064】

RAM 112は、CM 110の主記憶装置である。RAM 112は、CPU 111が実行するプログラムやCPU 111が演算に用いるデータを一時的に記憶する揮発性の半導体メモリである。なお、CM 110は、RAM以外の種類のメモリを備えてもよく、複数のメモリを備えてもよい。

【0065】

SSD 113は、CM 110の補助記憶装置である。SSD 113は、不揮発性の半導体メモリであり、CM 110のファームウェアを含むプログラムや各種データなどを記憶する。

10

【0066】

CA 114は、SAN (Storage Area Network) 101に接続され、SAN 101を介してサーバコンピュータとの通信を行う通信インタフェースである。CA 114として、例えばFC (Fibre Channel) のインタフェースを用いることができる。CM 110は、CA 114を複数備えてもよい。

【0067】

NA 115は、LAN (Local Area Network) 102に接続され、LAN 102を介してサーバコンピュータとの通信を行う通信インタフェースである。NA 115として、例えばイーサネット (登録商標) のインタフェースを用いることができる。

20

【0068】

媒体リーダ 116は、記録媒体 103に記憶されたプログラムやデータを読み取る装置である。記録媒体 103として、例えば、フラッシュメモリカードなどの不揮発性の半導体メモリを使用することができる。媒体リーダ 116は、例えば、CPU 111からの命令に従って、記録媒体 103から読み取ったプログラムやデータを、RAM 112やSSD 113などの記憶装置に格納することもできる。

【0069】

CPU温度センサ 117は、CPU 111の温度を計測する温度センサである。

監視部 118は、ストレージ装置 100の動作に応じて、ファン部 150における各ファンの動作を制御するプロセッサである。監視部 118は、CPU、DSP、ASIC、FPGAなどにより実現されてもよい。監視部 118は、外気温センサ 190やCPU温度センサ 117により計測された温度を監視し、温度の監視に応じて、ファン部 150における各ファンの動作を制御する。また、監視部 118は、CM 110における各電子部品の搭載状況や負荷を監視し、電子部品の搭載状況や負荷の監視に応じて、ファン部 150における各ファンの動作を制御する。

30

【0070】

監視部 118は、メモリ 118aを有する。メモリ 118aは、監視部 118によるファンの制御に用いられる各種の情報を記憶する。メモリ 118aは、揮発性のメモリおよび不揮発性のメモリを含んでもよい。監視部 118は、第1の実施の形態の処理部 18の一例である。メモリ 118aは、第1の実施の形態の記憶部 17の一例である。

40

【0071】

ただし、監視部 118の機能は、CPU 111がRAM 112に記憶されたプログラムを実行することで実現されてもよい。この場合、CPU 111を、第1の実施の形態の処理部 18の一例と考えることもできる。また、RAM 112またはSSD 113を、第1の実施の形態の記憶部 17の一例と考えることもできる。

【0072】

また、監視部 118は、CM 130が有する監視部と連携して、ファンの制御を行う。例えば、監視部 118をマスタ、CM 130の監視部をスレーブとし、監視部 118により各ファンの制御を統括してもよい。

50

【 0 0 7 3 】

D I 1 1 9 は、ドライブ部 1 7 0 と接続するインタフェースである。例えば、D I 1 1 9 として、S A S (Serial Attached SCSI) (SCSIは、Small Computer System Interfaceの略)などのインタフェースを用いることができる。

【 0 0 7 4 】

C M - I F 1 2 0 は、C M 1 3 0 と接続するためのインタフェースである。C M 1 3 0 は、C M - I F 1 2 0 を用いて、C M 1 3 0 と連携してデータアクセスを行える。例えば、C M 1 1 0 を運用系、C M 1 3 0 を待機系としてもよい。あるいは、C M 1 1 0 , 1 3 0 の両方を運用系として、データアクセスを分散して行ってもよい。何れの場合も、一方の故障時に他方でデータアクセスを引き継ぐことができ、ユーザの業務が停止されることを防げる。

10

【 0 0 7 5 】

図 4 は、ストレージ装置の構造例を示す図である。

図 4 (A) は、ストレージ装置 1 0 0 の平面図である。図 4 (B) は、ストレージ装置 1 0 0 の側面図である。

【 0 0 7 6 】

ストレージ装置 1 0 0 の前面側には、ドライブ部 1 7 0 が配置される。ストレージ装置 1 0 0 の背面側には、C M 1 1 0 , 1 3 0 および (図 2 , 3 では図示を省略していた) 電源部 1 0 4 が配置される。C M 1 3 0 は、電源部 1 0 4 の上側に配置される。ファン部 1 5 0 は、ドライブ部 1 7 0 および C M 1 1 0 , 1 3 0 の間に配置される。ファン部 1 5 0 は、主に、C M 1 1 0 , 1 3 0 およびドライブ部 1 7 0 の冷却に用いられる。電源部 1 0 4 は、ファン部 1 5 0 以外に個別のファンを備え、当該ファンにより空冷される。本例では、電源部 1 0 4 は、ファン部 1 5 0 による冷却の対象外であるとする (ただし、電源部 1 0 4 をファン部 1 5 0 の冷却対象としてもよい)。

20

【 0 0 7 7 】

ここで、ストレージ装置 1 0 0 の奥行きを表す軸を X 軸とする。X 軸の正方向は、X 軸に沿ってストレージ装置 1 0 0 の前面側から背面側へ向かう方向である。また、ドライブ部 1 7 0 に含まれる複数のドライブ、ファン部 1 5 0 に含まれる複数のファン、および、C M 1 1 0 , 1 3 0 は、各々、ストレージ装置 1 0 0 の幅方向に一行に並べられて配置される。ストレージ装置 1 0 0 の幅を表す軸を Y 軸とする。各ドライブ、各ファンおよび C M 1 1 0 , 1 3 0 には、識別番号が付与されている。Y 軸の正方向は、当該識別番号の降順方向である。ドライブ部 1 7 0 の各ドライブは、Y 軸方向に一行に並べて配置される。ファン部 1 5 0 の各ファンは、Y 軸方向に一行に並べて配置される。C M 1 1 0 , 1 3 0 は、Y 軸方向に並べて配置される。更に、ストレージ装置 1 0 0 の高さを表す軸を Z 軸とする。Z 軸の正方向は、Z 軸に沿って低い方から高い方へ向かう方向である。

30

【 0 0 7 8 】

例えば、ドライブ部 1 7 0 は、2 4 個のドライブを有する。各ドライブは、「# 0 0」~「# 2 3」の識別番号により識別される。また、ファン部 1 5 0 は、1 0 個のファンを有する。各ファンは、「# 0」~「# 9」の識別番号により識別される。図 4 (B) の側面図では、ストレージ装置 1 0 0 を、ドライブ # 2 3、ファン # 9 および C M 1 3 0 の側から眺めた例を示している。

40

【 0 0 7 9 】

C M 1 1 0 の内部には、図 3 で例示した C P U 1 1 1、R A M 1 1 2、S S D 1 1 3 および各種通信のインタフェースなどのハードウェア (電子部品) が配置される。同様に、C M 1 3 0 の内部には、C M 1 3 0 を構成する C P U、R A M、S S D および各種インタフェースなどのハードウェア (電子部品) が配置される。

【 0 0 8 0 】

図 5 は、ストレージ装置の筐体内の空気の流れの例を示す図である。

ファン # 0 ~ # 9 は、ストレージ装置 1 0 0 の前面側から吸気し、ストレージ装置 1 0 0 の背面側へ排気する。ストレージ装置 1 0 0 の筐体は、前面側に吸気口を有し、背面側

50

に排気口を有する。ストレージ装置 100 の吸気口および排気口以外は、筐体ケースで覆われる。このため、ファン # 0 ~ # 9 の送風による空気の流れは、ストレージ装置 100 の前面側から背面側へ向かう方向 (+ X 方向) となる。ファン # 0 ~ # 9 の向きは、当初、+ X 方向であるとする。+ X 方向は、ファン # 0 ~ # 9 の正面方向である。

【0081】

図 6 は、ファンに対する冷却エリアの例を示す図である。

ストレージ装置 100 の筐体内においてファン部 150 による冷却対象の全空間 (すなわち、ドライブ部 170 と CM 110, 130 とが占める空間) は、幅方向の長さが同じである複数の部分空間に分割される。当該部分空間を、「分割エリア」と言う。例えば、監視部 118 は、ファンの数 10 個に対して、ファン部 150 による冷却対象の全空間の幅 (Y 方向の長さ) を 10 個に分割し、吸気側 (ドライブ部 170 側) と排気側 (CM 110, 130 側) とを区別して各分割エリアを管理する。各分割エリアは、何れかのファンに隣接する。

10

【0082】

吸気側の分割エリアは、「# N - 0」(N は 0 ~ 9 の整数) の識別子により識別される。「# N - 0」の最後部の「0」は、吸気側であることを示す。また、排気側の分割エリアは、「# N - 1」の識別子により識別される。「# N - 1」の最後部の「1」は、排気側であることを示す。「N」は、Y 軸の正方向に向かって降順に付される。

【0083】

監視部 118 は、1 つのファンに対して、分割エリアの組み合わせを、当該ファンの冷却エリアとする。具体的には、あるファンに隣接する吸気側の分割エリアと当該分割エリアに隣接する他の分割エリアとを合わせたエリアを、吸気側冷却エリアとする。また、当該ファンに隣接する排気側の分割エリアと当該分割エリアに隣接する他の分割エリアとを合わせたエリアを、排気側冷却エリアとする。そして、吸気側冷却エリアおよび排気側冷却エリアを合わせたエリアを、当該ファンの冷却エリアとする。

20

【0084】

図 6 では、ファン 152 (識別番号「# 1」のファン) に対する冷却エリアを例示している。ファン 152 は、吸気側の分割エリア # 1 - 0 と排気側の分割エリア # 1 - 1 との間に配置されている。ファン 152 は、分割エリア # 1 - 0 および分割エリア # 1 - 1 に隣接していると言える。ファン 152 に対する吸気側冷却エリア 201 は、分割エリア # 0 - 0 と分割エリア # 1 - 0 と分割エリア # 2 - 0 とを合わせたエリアである。ファン 152 に対する排気側冷却エリア 202 は、分割エリア # 0 - 1 と分割エリア # 1 - 1 と分割エリア # 2 - 1 とを合わせたエリアである。吸気側冷却エリア 201 と排気側冷却エリア 202 とを合わせたエリア (計 6 つの分割エリアを合わせたエリア) が、ファン 152 の冷却エリアである。

30

【0085】

他のファンの冷却エリアも、ファン 152 と同様にして定められる。ただし、ファン # 0 については、ファン # 0 よりも + Y 方向側に分割エリアが存在しないため、吸気側と排気側とでそれぞれ 2 つずつ、計 4 つの分割エリアを合わせたエリアが、ファン # 0 の冷却エリアとなる。また、ファン # 9 については、ファン # 9 よりも - Y 方向側に分割エリアが存在しないため、吸気側と排気側とでそれぞれ 2 つずつ、計 4 つの分割エリアを合わせたエリアが、ファン # 9 の冷却エリアとなる。

40

【0086】

なお、本例では、ファン 1 つ分の領域に隣接する分割エリアを組み合わせる冷却エリアとする場合を示すが、ファン 2 つ分の領域に隣接する分割エリアを組み合わせる冷却エリアとしてもよい。例えば、ファン # 0, # 1 の第 1 の組、ファン # 2, # 3 の第 2 の組というように、2 つのファンをまとめて制御対象とすることも考えられる。その場合、例えば、ファンの第 1 の組に隣接する合計 8 個の分割エリア # 0 - 0 ~ # 3 - 0、および、分割エリア # 0 - 1 ~ # 3 - 1 を合わせたエリアを、当該第 1 の組に対する冷却エリアとする。同様に、ファンの第 2 の組に隣接する合計 12 個の分割エリア # 0 - 0 ~ # 5 - 0、

50

および、分割エリア # 0 - 1 ~ # 5 - 1 を合わせたエリアを、当該第 2 の組に対する冷却エリアとする。このように、複数のファンをまとめて 1 つのファンとみなして、下記で説明する方法と同様の制御を行うこともできる。

【 0 0 8 7 】

図 7 は、風向とファンの向きとの関係の例を示す図である。

監視部 1 1 8 は、ファン 1 5 2 が備えるフィン 1 5 2 a の角度を変更することでファン 1 5 2 の向きを変更する。フィン 1 5 2 a は、Z 軸方向に回転軸をもち、Z 軸周りに回転可能である。ファン 1 5 2 の向きは、ファン 1 5 2 による風向を定める。ファン 1 5 2 が正面（すなわち、+ X 方向）を向いているとき、フィン 1 5 2 a の角度は 0 度である。ファン 1 5 2 が正面を向いているときの風向 2 1 0 は、X 軸に沿って + X 方向へ向かう。ファン 1 5 2 の正面向きを、文字「S」で表す。

10

【 0 0 8 8 】

ファン 1 5 2 が正面に対して右を向いているとき、フィン 1 5 2 a の回転角度を - の符号を用いて - θ と表す。ここで、 θ は、 $0 \text{ 度} < \theta < 90 \text{ 度}$ である。ファン 1 5 2 が右向きのときの風向 2 1 1 は、風向 2 1 0 に対して - θ 回転した方向となる。ファン 1 5 2 の右向きを、文字「R」で表す。

【 0 0 8 9 】

ファン 1 5 2 が正面に対して左を向いているとき、フィン 1 5 2 a の回転角度を + の符号を用いて + θ と表す。ファン 1 5 2 が左向きのときの風向 2 1 2 は、風向 2 1 0 に対して + θ 回転した方向となる。ファン 1 5 2 の左向きを、文字「L」で表す。

20

【 0 0 9 0 】

ここで、一例として、ファン 1 5 2 の向きを正面向き（S）、右向き（R）、左向き（L）の 3 段階に設定可能であるとする。ファン 1 5 2 が右向きのとき、フィン 1 5 2 a の回転角度は - $\theta = - 45 \text{ 度}$ であるとする。ファン 1 5 2 が左向きのとき、フィン 1 5 2 a の回転角度は + $\theta = + 45 \text{ 度}$ であるとする。

【 0 0 9 1 】

図 8 は、部品管理テーブルの例を示す図である。

部品管理テーブル 1 2 1 は、分割エリアに配置された部品および当該部品の単位時間当たりの最大発熱量を管理するための部品情報である。部品管理テーブル 1 2 1 は、メモリ 1 1 8 a に格納される。部品管理テーブル 1 2 1 は、分割エリア、搭載部品名、部品搭載率および全搭載時最大発熱量の項目を含む。

30

【 0 0 9 2 】

分割エリアの項目には、分割エリアの識別子が登録される。搭載部品名の項目には、該当の分割エリアに搭載される部品名または部品の識別情報が登録される。部品搭載率の項目には、該当の分割エリアにおける部品の搭載率が登録される。全搭載時最大発熱量の項目には、該当の分割エリアにおける部品の搭載率が 100 % の場合の、当該分割エリアに存在する全部品の単位時間当たりの最大発熱量（当該分割エリアに配置された各部品の最大発熱量の合計）が登録される。単位時間当たりの熱量（発熱量）の単位は、ワット（W）である。以下、単に熱量（発熱量）という場合、単位時間当たりの熱量（発熱量）を示す。

40

【 0 0 9 3 】

ここで、部品の搭載率は、主に、ドライブ部 1 7 0 に対して用いられる。吸気側において分割エリア毎に搭載されるドライブの最大数は、例えば、分割エリアの幅（Y 軸方向の長さ）と、ドライブの幅（Y 軸方向の長さ）によって予め定まる。分割エリアに搭載されるドライブの最大数は、正の実数で表される。ドライブ部 1 7 0 には、運用に応じてドライブが搭載されない箇所も存在し得る。このため、監視部 1 1 8 は、ドライブの有無に応じて、吸気側の分割エリアの部品搭載率を変更する。

【 0 0 9 4 】

一方、本例では、CM 1 1 0 , 1 3 0 の両方が搭載されて運用され、CM 1 1 0 , 1 3 0 内部の電子部品が個別に取り外されたり取り付けられたりすることもないと考えてよい

50

。このため、排気側の分割エリアの部品搭載率は、100%と考えてよい。ただし、RAM 112などの除去や増設など、排気側の電子部品の搭載状況が変化し得る場合には、監視部118は、当該搭載状況の変化に応じて、排気側の分割エリアの部品搭載率を変更してもよい。

【0095】

例えば、部品管理テーブル121には、分割エリアが「#0-0」、搭載部品名が「HDD」、部品搭載率が「100%」、全搭載時最大発熱量が「Q1」というレコードが登録される。このレコードは、分割エリア#0-0にはドライブとしてHDDが搭載され、現在の部品搭載率が100%であり、分割エリア#0-0での電子部品(HDD)の全搭載時(部品搭載率100%の時)の最大発熱量がQ1(W)であることを示す。

10

【0096】

また、部品管理テーブル121には、分割エリアが「#7-0」、搭載部品名が「HDD」、部品搭載率が「80%」、全搭載時最大発熱量が「Q2」というレコードが登録される。このレコードは、分割エリア#7-0にはドライブとしてHDDが搭載され、現在の部品搭載率が80%であり、分割エリア#7-0での電子部品(HDD)の全搭載時の最大発熱量がQ2(W)であることを示す。

【0097】

また、部品管理テーブル121は、分割エリアが「#8-0」、搭載部品名が「HDD」、部品搭載率が「0%」、全搭載時最大発熱量が「Q3」というレコードが登録される。このレコードは、分割エリア#8-0にはドライブとしてHDDが搭載され、現在の部品搭載率が0%であり、分割エリア#8-0での電子部品(HDD)の全搭載時の最大発熱量がQ3(W)であることを示す。

20

【0098】

また、部品管理テーブル121には、分割エリアが「#0-1」、搭載部品名が「RAM、・・・」、部品搭載率が「100%」、全搭載時最大発熱量が「Q4」というレコードが登録される。このレコードは、分割エリア#0-1にはRAM 112などの電子部品が搭載され、現在の部品搭載率が100%であり、分割エリア#1-0での電子部品の全搭載時の最大発熱量がQ4(W)であることを示す。

【0099】

更に、部品管理テーブル121には、分割エリアが「#2-1」、搭載部品名が「CPU、・・・」、部品搭載率が「100%」、全搭載時最大発熱量が「Q5」というレコードが登録される。このレコードは、分割エリア#2-1にはCPU 111などの電子部品が搭載され、現在の部品搭載率が100%であり、分割エリア#2-1での電子部品の全搭載時の最大発熱量がQ5(W)であることを示す。

30

【0100】

部品管理テーブル121には、例示した以外の分割エリアについても同様に、搭載部品名、部品搭載率および全搭載時最大発熱量を示すレコードが登録される。

なお、監視部118は、CM 130内の分割エリアにおける搭載部品名、部品搭載率および全搭載時最大発熱量の情報を、CM 130の監視部から取得し、部品管理テーブル121に登録する。

40

【0101】

図9は、負荷管理テーブルの例を示す図である。

負荷管理テーブル122は、分割エリアに配置された部品の現在の負荷を管理するための負荷情報である。負荷管理テーブル122は、メモリ118aに格納される。負荷管理テーブル122は、分割エリアおよび負荷率の項目を含む。

【0102】

分割エリアの項目には、分割エリアの識別子が登録される。負荷率の項目には、当該分割エリアに配置された各部品の現在の負荷率の平均値が登録される。ここで、電子部品の負荷率は、CPU 111などの演算用の電子部品であれば、例えば、単位時間当たりの最大演算実行量に対する現在の単位時間当たりの演算実行量の割合で表される。また、ドラ

50

イブ、メモリおよびインタフェースなどの電子部品であれば、例えば、CPU 1 1 1 などの最大許容アクセス頻度に対する現在のアクセス頻度の割合で表される。

【0103】

例えば、負荷管理テーブル122には、分割エリアが「#0-0」、負荷率が「75%」というレコードが登録される。このレコードは、分割エリア#0-0に配置された各電子部品(HDD)の負荷率の平均が75%であることを示す。

【0104】

また、負荷管理テーブル122には、分割エリアが「#2-1」、負荷率が「10%」というレコードが登録される。このレコードは、分割エリア#2-1に配置された各電子部品(CPU 1 1 1 など)の負荷率の平均が10%であることを示す。

10

【0105】

更に、負荷管理テーブル122には、分割エリアが「#7-1」、負荷率が「100%」というレコードが登録される。このレコードは、分割エリア#7-1に配置された各電子部品の負荷率の平均が100%であることを示す。

【0106】

負荷管理テーブル122には、例示した以外の分割エリアについても同様に、負荷率を示すレコードが登録される。

なお、監視部118は、各電子部品の負荷を収集し、部品管理テーブル121により、各電子部品が何れの分割エリアに属するかを判定する。そして、監視部118は、各分割エリアに属する電子部品の負荷率の平均を求めることで、負荷管理テーブル122を更新する。なお、監視部118は、CM 130内の分割エリアにおける負荷率を、CM 130の監視部から取得し、部品管理テーブル121に登録する。

20

【0107】

図10は、冷却効果管理テーブルの例を示す図である。

冷却効果管理テーブル123は、監視部118により評価されたファン毎の冷却効果を管理するための情報である。冷却効果管理テーブル123は、メモリ118aに格納される。冷却効果管理テーブル123は、ファン、冷却効果C(S)、冷却効果C(R)、冷却効果C(L)の項目を含む。

【0108】

ファンの項目には、ファンの識別番号が登録される。冷却効果C(S)の項目には、該当のファンが正面向きの場合の冷却効果が登録される。冷却効果C(R)の項目には、該当のファンが右向きの場合の冷却効果が登録される。冷却効果C(L)の項目には、該当のファンが左向きの場合の冷却効果が登録される。冷却効果の単位は、ワット(W)である。

30

【0109】

ここで、冷却効果C(S)は、前述の式(1)で表される。また、冷却効果C(R)は、式(2)で表される。冷却効果C(L)は、式(3)で表される。第2の実施の形態では、各式におけるaは、該当のファンの冷却エリアに属する分割エリアを示す。また、各式におけるAは、該当のファンの冷却エリアに属する分割エリアの全体集合である。

【0110】

更に、各式におけるHaは、部品管理テーブル121および負荷管理テーブル122に基づいて、 $H a = (\text{全搭載時最大発熱量}) \times (\text{負荷率}) \times (\text{部品搭載率})$ によって求められる。例えば、ファン152に対する冷却効果C(S)、C(R)、C(L)は、ファン152の冷却エリアに属する分割エリア毎のファン152の冷却効果の和であり、次の式(4)~(6)で表される(aに代入された内容を“<>”の記号で括って示す)。

40

【0111】

$C(S) = H \langle \text{エリア} \# 0 - 0 \rangle \times C \langle \text{エリア} \# 0 - 0 \rangle (S) + \dots + H \langle \text{エリア} \# 2 - 1 \rangle \times C \langle \text{エリア} \# 2 - 1 \rangle (S) \dots (4)$

$C(R) = H \langle \text{エリア} \# 0 - 0 \rangle \times C \langle \text{エリア} \# 0 - 0 \rangle (R) + \dots + H \langle \text{エリア} \# 2 - 1 \rangle \times C \langle \text{エリア} \# 2 - 1 \rangle (R) \dots (5)$

50

$C(L) = H<\text{エリア}\#0-0> \times C<\text{エリア}\#0-0>(L) + \dots + H<\text{エリア}\#2-1> \times C<\text{エリア}\#2-1>(L) \dots (6)$

$C_a(S)$ 、 $C_a(R)$ 、 $C_a(L)$ は前述のように、発熱量 H_a に比例する各分割エリアの必要換気風量 $Q(m^3/min)$ に対する、該当のファンの風向および回転数により決まる換気風量 $q(S)$ 、 $q(R)$ 、 $q(L)$ の比率である。 $C_a(S)$ 、 $C_a(R)$ 、 $C_a(L)$ は次の式(7)~(9)で表される。

【0112】

$$C_a(S) = q(S) / Q \dots (7)$$

$$C_a(R) = q(R) / Q \dots (8)$$

$$C_a(L) = q(L) / Q \dots (9)$$

10

各分割エリアの必要換気風量 $Q = Q(H_a)$ やファンの風向に応じた分割エリア毎の換気風量 $q(S)$ 、 $q(R)$ 、 $q(L)$ を示す情報は、メモリ118aに予め格納される。

【0113】

例えば、冷却効果管理テーブル123には、ファンが「#0」、冷却効果 $C(S)$ が「a」、冷却効果 $C(R)$ が「b」、冷却効果 $C(L)$ が「c」というレコードが登録される。このレコードは、ファン#0が正面向きのときの冷却効果が $a(W)$ であり、右向きのときの冷却効果が $b(W)$ であり、左向きのときの冷却効果が $c(W)$ であることを示す。冷却効果管理テーブル123には、他のファンについても同様に、冷却効果 $C(S)$ 、 $C(R)$ 、 $C(L)$ が登録される。

【0114】

20

図11は、風向制御の例(その1)を示す図である。

前述のように、CM130は、CM110と同様のハードウェアを有する。図11では、CM130が備えるCPU131、CPU温度センサ137および監視部138を例示する。CPU131は、CM130の演算装置である。CPU温度センサ137は、CPU131の温度を計測するセンサである。図中、CPU111を「CPU#0」、CPU131を「CPU#1」と表記している。監視部138は、CPU温度センサ137や外気温センサ190により計測される温度、および、CPU131の負荷を監視する。監視部138は、CPU温度センサ137やCPU131の負荷を監視部118に提供する。

【0115】

監視部118は、CPU温度センサ117や外気温センサ190により計測される温度、および、CPU111の負荷を監視する。また、監視部118は、CPU温度センサ137により計測された温度やCPU131の負荷を監視部138から取得する。

30

【0116】

監視部118は、収集した各情報に基づいて、ファン#0~#9の向き、および、回転数を決定する。監視部118は、ファン#0~#4の向きや回転数を変更する。また、監視部118は、ファン#5~#9の向きや回転数の変更を監視部138に指示する。監視部138は、監視部118からの指示を受け付け、当該指示に応じて、ファン#5~#9の向きや回転数を変更する。

【0117】

なお、制御対象のファンを、監視部118、138で分担する例を示したが、監視部118が、ファン#0~#9の向きを制御してもよい。例えば、監視部138は、CM110がダウンした場合に、ファン#0~#9の制御を、監視部118に代わって行ってもよい。

40

【0118】

風向制御の第1の例として、ドライブ#21~#23が搭載されておらず、ファン#0~#9が正面向きの場合を考える。この場合、例えば、ファン#8、#9の冷却エリアのうち、ファン#8、#9に隣接する吸気側の分割エリアの発熱量が、当該冷却エリアの他の分割エリアよりも低くなる。すると、式(1)~(3)によれば、ファン#8の向きを正面向き(+X方向)とするよりも、左向きとする方が、ファン#8の冷却効果は向上する。また、式(1)~(3)によれば、ファン#9の向きを正面向きとするよりも、左向

50

きとする方が、ファン # 9 の冷却効果は向上する。

【 0 1 1 9 】

このため、監視部 1 1 8 は、ファン # 8 , # 9 の向きを正面向きから左向きへ変更するように監視部 1 3 8 に、指示する。監視部 1 3 8 は、当該指示に応じて、ファン # 8 , # 9 の向きを正面向きから左向きへ変更するよう、ファン # 8 , 9 に指示する。ファン # 8 , # 9 は、当該指示に応じて、正面向きから左向きに変更する。すると、他のファン # 0 ~ # 7 (特に、ファン # 5 ~ # 7 など) の冷却エリアに対する風量が増す。このため、監視部 1 1 8 , 1 3 8 は、他のファンの回転数を低減し得る。監視部 1 1 8 , 1 3 8 は、CPU 温度センサ 1 1 7 , 1 3 7 により計測される温度に基づいて、当該温度が規定温度範囲になるように、ファンの回転数をフィードバック制御する。

10

【 0 1 2 0 】

図 1 2 は、風向制御の例 (その 2) を示す図である。

風向制御の第 2 の例として、ドライブ # 0 ~ # 2 3 が搭載されており、ファン # 0 ~ # 9 が正面向きで、CPU 1 1 1 の負荷が 1 0 % であり、CPU 1 3 1 の負荷が 1 0 0 % である場合を考える。この場合、例えば、ファン # 3 , # 4 の冷却エリアのうち、CPU 1 3 1 に近い方の分割エリアの発熱量が、当該冷却エリアの他の分割エリアよりも高くなる。すると、式 (1) ~ (3) によれば、ファン # 3 の向きを正面向き (+ X 方向) とするよりも、右向きとする方が、ファン # 3 の冷却効果は向上する。また、式 (1) ~ (3) によれば、ファン # 4 の向きを正面向きとするよりも、右向きとする方が、ファン # 4 の冷却効果は向上する。

20

【 0 1 2 1 】

このため、監視部 1 1 8 は、ファン # 3 , # 4 の向きを正面向きから右向きへ変更するようにファン # 3 , # 4 に指示する。ファン # 3 , # 4 は、当該指示に応じて、正面向きから右向きに変更する。すると、他のファン # 5 ~ # 9 の冷却エリアに対する風量が増す。このため、監視部 1 1 8 , 1 3 8 は、他のファンの回転数を低減し得る。監視部 1 1 8 , 1 3 8 は、CPU 温度センサ 1 1 7 , 1 3 7 により計測される温度に基づいて、当該温度が規定温度範囲になるように、ファンの回転数をフィードバック制御する。

【 0 1 2 2 】

次に、監視部 1 1 8 による監視処理の手順を説明する。

図 1 3 は、監視処理の例を示すフローチャートである。

30

ストレージ装置 1 0 0 が起動されると監視部 1 1 8 , 1 3 8 は以下の手順を実行する。

【 0 1 2 3 】

(S 1 0) 監視部 1 1 8 は、ストレージ装置 1 0 0 の装置構成を取得する。具体的には、監視部 1 1 8 は、ドライブ部 1 7 0 におけるドライブの搭載状況や CM 1 1 0 , 1 3 0 における各種の電子部品の搭載状況を取得する。監視部 1 1 8 は、取得した装置構成を分割エリアに対応付けて部品管理テーブル 1 2 1 に登録する。また、監視部 1 1 8 は、各分割エリアの部品搭載率を計算し、部品管理テーブル 1 2 1 に登録する。各電子部品の全搭載時最大発熱量は、電子部品のベンダにより提供される情報が、メモリ 1 1 8 a に予め格納される。なお、ファン部 1 5 0 には、ファン # 0 ~ # 9 が予め搭載されている。例えば、ファン # 0 ~ # 9 は、初期段階 (ストレージ装置 1 0 0 の起動直後) では、一律に定められた所定の回転数で回転し送風する。また、監視部 1 1 8 は、負荷管理テーブル 1 2 2 に、各分割エリアの負荷率として、例えば、1 0 0 % を設定する。

40

【 0 1 2 4 】

(S 1 1) 監視部 1 1 8 は、外気温センサ 1 9 0 により計測された外気温を取得し、外気温に基づいて、装置構成に応じた風向を各ファンに指示する。前述のように、ファンの制御を CM 1 3 0 の監視部 1 3 8 と分担して行う場合、監視部 1 1 8 は、一部のファンの制御を、監視部 1 3 8 を介して行ってもよい (以降のステップでも同様)。監視部 1 1 8 は、式 (1) ~ (3) を用いて、ファン毎の冷却効果 $C(S)$, $C(R)$, $C(L)$ を計算し、冷却効果 $C(S)$, $C(R)$, $C(L)$ のうち最大の冷却効果に対応する向きに当該ファンを設定する。この段階では、監視部 1 1 8 は、負荷管理テーブル 1 2 2 に基づき

50

、例えば、各分割エリアの負荷率を100%として、ファン毎の冷却効果 $C(S)$ 、 $C(R)$ 、 $C(L)$ を計算する。

【0125】

(S12)監視部118は、装置構成の変更があるか否かを判定する。装置構成の変更がある場合、ステップS13に処理が進む。装置構成の変更がない場合、ステップS14に処理が進む。例えば、監視部118は、ドライブ部170に対するドライブの追加や除去の有無を定期的に確認し、ステップS12の判定を行う。

【0126】

(S13)監視部118は、装置構成に応じた風向を各ファンに指示する。監視部118は、式(1)～(3)を用いて、ファン毎の冷却効果 $C(S)$ 、 $C(R)$ 、 $C(L)$ を計算し、冷却効果 $C(S)$ 、 $C(R)$ 、 $C(L)$ のうち最大の冷却効果に対応する向きに当該ファンを設定する。この段階では、監視部118は、負荷管理テーブル122に基づき、例えば、各分割エリアについて現在得られている負荷率に基づいて、ファン毎の冷却効果 $C(S)$ 、 $C(R)$ 、 $C(L)$ を計算する。そして、ステップS15に処理が進む。

【0127】

(S14)監視部118は、各ファンの現在の風向を維持する。そして、ステップS15に処理が進む。

(S15)監視部118は、各分割エリアの負荷率について、負荷状態の変化があるか否かを判定する。負荷状態の変化がある場合、ステップS16に処理が進む。負荷状態の変化がない場合、ステップS17に処理が進む。例えば、監視部118は、各電子部品の負荷を定期的に取得し、部品管理テーブル121に基づいて、分割エリア毎の負荷率を計算して、負荷管理テーブル122に登録する。監視部118は、負荷管理テーブル122において、少なくとも1つの分割エリアで前回の負荷率から所定幅(例えば、負荷率差で20%)以上の負荷率の変動があった場合に、負荷状態の変化があると判定してもよい。一方、監視部118は、何れの分割エリアでも前回の負荷率から所定幅以上の負荷率の変動がなかった場合に、負荷状態の変化がないと判定してもよい。

【0128】

(S16)監視部118は、負荷状態に応じた風向を各ファンに指示する。監視部118は、式(1)～(3)を用いて、ファン毎の冷却効果 $C(S)$ 、 $C(R)$ 、 $C(L)$ を計算し、冷却効果 $C(S)$ 、 $C(R)$ 、 $C(L)$ のうち最大の冷却効果に対応する向きに当該ファンを設定する。この段階では、監視部118は、負荷管理テーブル122に基づき、例えば、各分割エリアについて現在得られている負荷率に基づいて、ファン毎の冷却効果 $C(S)$ 、 $C(R)$ 、 $C(L)$ を計算する。そして、ステップS18に処理が進む。

【0129】

(S17)監視部118は、各ファンの現在の風向を維持する。そして、ステップS18に処理が進む。

(S18)監視部118は、CPU温度センサ117またはCPU温度センサ137により計測された温度(監視温度)が第1規定値未満であるか否かを判定する。CPU温度センサ117またはCPU温度センサ137により計測された監視温度が第1規定値未満の場合、ステップS19に処理が進む。CPU温度センサ117およびCPU温度センサ137により計測された監視温度が第1規定値以上の場合、ステップS20に処理が進む。

【0130】

(S19)監視部118は、監視温度が第1規定値未満であるCPU温度センサが属する分割エリアを部品管理テーブル121から特定する。監視部118は、当該分割エリアを冷却エリアとして含むファンの回転数を1段階下げる。あるいは、監視部118は、当該分割エリアを冷却エリアとして含むファンのうちの一部のファンの回転数を1段階下げる。ここで、前述のように、ファンの回転数は、予め定められた複数段階の回転数に変更可能である。そして、ステップS23に処理が進む。なお、監視部118は、風向を正面向きから別の向きに変更したファンの回転数を下げることもある。

【 0 1 3 1 】

(S 2 0) 監視部 1 1 8 は、 C P U 温度センサ 1 1 7 または C P U 温度センサ 1 3 7 により計測された監視温度が第 2 規定値を超過しているか否か (第 2 規定値よりも大きいかな否か) を判定する。ここで、第 2 規定値 > 第 1 規定値である。 C P U 温度センサ 1 1 7 または C P U 温度センサ 1 3 7 により計測された監視温度が第 2 規定値を超過している場合、ステップ S 2 1 に処理が進む。 C P U 温度センサ 1 1 7 および C P U 温度センサ 1 3 7 により計測された監視温度が第 2 規定値以下の場合、ステップ S 2 2 に処理が進む。

【 0 1 3 2 】

(S 2 1) 監視部 1 1 8 は、監視温度が第 2 規定値を超過している C P U 温度センサが属する分割エリアを部品管理テーブル 1 2 1 から特定する。監視部 1 1 8 は、当該分割エリアを冷却エリアとして含むファンの回転数を 1 段階上げる。あるいは、監視部 1 1 8 は、当該分割エリアを冷却エリアとして含むファンのうちの一部のファンの回転数を 1 段階上げる。そして、ステップ S 2 3 に処理が進む。なお、監視部 1 1 8 は、風向を正面向きから別の向きに変更したファンの回転数を上げることもある。

10

【 0 1 3 3 】

(S 2 2) 監視部 1 1 8 は、各ファンの現在の回転数を維持する。そして、ステップ S 2 3 に処理が進む。

(S 2 3) 監視部 1 1 8 は、ストレージ装置 1 0 0 の装置停止指示を受け付けたか否かを判定する。装置停止指示を受け付けた場合、監視処理が終了する。装置停止指示を受け付けていない場合、所定時間 (監視処理を行う周期として定められた時間) が経過すると、ステップ S 1 2 に処理が進む。

20

【 0 1 3 4 】

図 1 4 は、冷却のための消費電力の例を示す図である。

テーブル 3 0 0 は、冷却のための消費電力を 2 つのパターンについて例示している。 1 つ目の例は、比較例であり、監視部 1 1 8 , 1 3 8 による風向制御を行わない場合 (すなわち、各ファンが全て正面向きの場合) である。 2 つ目の例は、監視部 1 1 8 , 1 3 8 による風向制御を行う場合 (すなわち、幾つかのファンの風向が正面向きから別の向きに変更される場合) である。

【 0 1 3 5 】

まず、あるタイミングにおいて、ファン # 0 ~ # 9 が全てに正面向きで動作している場合 (風向制御なしの場合) を考える。この場合、ファン # 0 ~ # 4 の設定風量が $0.18 \text{ (m}^3/\text{min)}$ であり、ファン # 5 ~ # 9 の設定風量が $0.54 \text{ (m}^3/\text{min)}$ である。また、ファン # 0 ~ # 9 が風向制御なし (すなわち、全て正面向き) である。ここで、ファンの設定風量が $0.18 \text{ (m}^3/\text{min)}$ のときの当該ファンの消費電力を 1.0 に正規化する。ファン # 0 ~ # 4 それぞれの消費電力は、1.0 である。ファン # 5 ~ # 9 それぞれの消費電力は 2.7.0 である。したがって、 1 つ目の例では、ファン # 0 ~ # 9 の合計の風量は $3.6 \text{ (m}^3/\text{min)}$ であり、ファン # 0 ~ # 9 の合計の消費電力は 14.0 である。なお、一般に、ファンの消費電力は、風量の 3 乗に比例することが知られている。

30

【 0 1 3 6 】

次に、比較例と同じ状況において、監視部 1 1 8 , 1 3 8 による風向制御を行う場合を考える。例えば、監視部 1 1 8 は、ファン # 3 , # 4 の向きを、 - 45 度傾けることで、右向きとする。それ以外のファン # 0 ~ # 2 およびファン # 5 ~ # 9 については、風向制御なし (すなわち、正面向き) とする。

40

【 0 1 3 7 】

すると、監視部 1 1 8 は、例えば、 C P U 温度センサ 1 3 7 により計測された監視温度が第 1 規定値未満となったために、ファン # 5 ~ # 9 の回転数を下げることで、ファン # 5 ~ # 9 の風量を下げる。具体的には、監視部 1 1 8 は、ファン # 5 ~ # 9 の風量を、前述の $0.54 \text{ (m}^3/\text{min)}$ から $0.47 \text{ (m}^3/\text{min)}$ に下げる。なお、ファン # 3 , # 4 の向きを変更することで、 C P U 温度センサ 1 3 7 により計測された監視温度が

50

一時的に第1規定値未満となることも考えられる。監視部118は、引き続き、CPU温度センサ117, 137により計測された監視温度の監視を行う。

【0138】

その後、監視部118は、装置構成および負荷状態の変動がなく、CPU温度センサ137により計測された監視温度が第2規定値よりも高くなったために、ファン#3, #4の回転数を上げることで、ファン#3, #4の風量を上げる。このようにして、監視部118は、CPU温度センサ137により計測された監視温度を、第1規定値以上、かつ、第2規定値以下の範囲に収まるように、ファンの回転数をフィードバック制御する。

【0139】

なお、監視部118は、風向を変更したファン#3, #4、または、CPU温度センサ137を含む分割エリアおよび当該分割エリアに隣接する分割エリアを冷却するファン#5~#9のうちの何れのファンの風量を上げるかを任意の方法で選択することができる。

10

【0140】

例えば、監視部118は、ファン#3, #4, ...と順番に1段階ずつ回転数(風量)を上げていき、CPU温度センサ137の監視温度が上記範囲に収まった段階で、ファンの回転数の調節を完了してもよい。また、複数個(例えば、2個)のファンをまとめて1回の回転数の調節対象としてもよい。例えば、監視部118は、ファン#3, #4の組、ファン#5, #6の組、...というように、ファンの組毎に順番に1段階ずつ回転数を上げていき、CPU温度センサ137の監視温度が上記範囲に収まった段階で、ファンの回転数の調節を完了してもよい。

20

【0141】

また、監視部118は、各ファンの回転数を上げる場合、各ファンについて低減した風量 w の3乗の和($=\sum w^3 = F1$)に対し、各ファンについて上昇させる風量 v の3乗の和($=\sum v^3 = F2$)が $F2 < F1$ を満たすように、各ファンの回転数を上げてよい。

【0142】

こうして、監視部118により各ファンが制御されることで、監視温度が規定範囲に収まった状態が定常的に継続するようになる(定常状態となる)。このとき、ファン#3, #4の風量は、前述の $0.18(m^3/min)$ から $0.36(m^3/min)$ に上げられているものとする。この状態でのファン#0~#2それぞれの消費電力は1.0である。ファン#3, #4それぞれの消費電力は8.0である。ファン#5~#9それぞれの消費電力は17.6である。したがって、2つ目の例では、ファン#0~#9の合計の風量は $3.6(m^3/min)$ であり、ファン#0~#9の合計の消費電力は106.9である。

30

【0143】

ここで、1つ目の風向制御なしの例(比較例)と、2つ目の風向制御ありの例とでは、ファン#0~#9の総風量が同程度である。一方、消費電力は、2つ目の風向制御ありの例の方が、1つ目の風向制御なしの例(比較例)よりも、約20%程度、消費電力が小さい。このように、監視部118は、ファンの風向制御および回転数の制御を行うことで、要請される冷却性能を満たしながら、各ファンによる冷却のための消費電力を低減できる。

40

【0144】

なお、上記の例では、ファン#3, #4の向きを変更し、ファン#5~#9の回転数を下げた後に、CPU温度センサ137により計測された監視温度が第2規定値よりも高くなることを示した。一方、各ファンの回転数、装置構成および負荷によっては、ファン#3, #4の向きを変更し、ファン#5~#9の回転数を下げた後に、CPU温度センサ137により計測された監視温度が第1規定値よりも低くなることもあり得る。この場合、監視部118は、ファン#3~#9のうちの何れかのファン(例えば、ファン#3, #4)の回転数を下げてもよい。こうして、更に省電力化を図ることもできる。

【0145】

ここで、テーブル300で示される風向制御ありの場合のストレージ装置100の筐体

50

内の風速の分布は、例えば次のようになる。

図 15 は、筐体内の風速の例を示す図である。

【0146】

図 15 では、ハッチングの色の濃さによりストレージ装置 100 の筐体内の風速を表し、色が濃いほど、風速が速いことを表す。図 15 (A) は、風向制御なしの場合を示している。ファン # 0 ~ # 9 は、正面向きである。図 14 で例示したように、ファン # 0 ~ # 4 の設定風量は、 $0.18 (\text{m}^3 / \text{min})$ である。ファン # 5 ~ # 9 の設定風量は、 $0.54 (\text{m}^3 / \text{min})$ である。この場合、領域 410 における風速は、 $2.84 (\text{m} / \text{s})$ 程度である。また、領域 420 における風速は、 $5.64 (\text{m} / \text{s})$ 程度である。

【0147】

図 15 (B) は、風向制御ありの場合を示している。ファン # 0 ~ # 2, # 5 ~ # 9 は正面向きである。ファン # 3, # 4 は、右向き (-45 度傾いた状態) である。図 14 で例示したように、ファン # 0 ~ # 2 の設定風量は、 $0.18 (\text{m}^3 / \text{min})$ である。ファン # 3, # 4 の設定風量は、 $0.36 (\text{m}^3 / \text{min})$ である。ファン # 5 ~ # 9 の設定風量は、 $0.47 (\text{m}^3 / \text{min})$ である。この場合、領域 430 における風速は、 $2.80 (\text{m} / \text{s})$ 程度である。また、領域 440 における風速は、 $5.60 (\text{m} / \text{s})$ 程度である。

【0148】

図 15 (A) および図 15 (B) を比較すると、ファン # 3, # 4 の向きを右向きにすることで、ファン # 5 ~ # 9 の回転数を下げても、領域 420 に対応する領域 440 における各ファンからの風による風速を維持できることが分かる。

【0149】

図 16 は、風向制御の影響の例を示す図である。

図 16 でも、図 15 と同様に、ハッチングの色の濃さによりストレージ装置 100 の筐体内の風速を表し、色が濃いほど、風速が速いことを表す。図 16 (A) は、風向制御なしの場合を示している。図 16 (B) は、風向制御ありの場合を示している。

【0150】

図 16 (A) と図 16 (B) とを比較すると、図 16 (B) の領域 441 は、図 16 (A) の同領域よりも風速が速く、ファン # 3, # 4 を右向きとした風向制御の影響が表れている。こうして、ファン # 3, # 4 から送られた風が、ファン # 5 ~ # 9 の冷却エリアに吹き込むことで、当該冷却エリアの総風量が増し、ファン # 5 ~ # 9 の回転数を下げることができる。ファン # 5 ~ # 9 の回転数を下げることによって、ストレージ装置 100 における冷却のための消費電力を低減することができる。

【0151】

なお、上記の例では、監視部 118 は、ストレージ装置 100 の部品構成や負荷の変動に応じて、式 (1) ~ (3) の冷却効果の計算を行い、計算結果に基づいて各ファンの向きや回転数を制御するものとした。一方、監視部 118 は、ストレージ装置 100 の部品構成および CPU 111, 131 の負荷のパターン毎に、ファンの向きを予め計算し、当該計算結果を示す風向テーブルをメモリ 118a に予め格納しておいてもよい。あるいは、監視部 118 は、他のコンピュータなどにより生成された風向テーブルを予め取得しておき、メモリ 118a に格納しておいてもよい。そこで、風向テーブルの例を説明する。

【0152】

図 17 は、風向テーブルの例を示す図である。

風向テーブル 124 は、メモリ 118a に格納される。風向テーブル 124 は、ドライブ搭載状態、CPU 負荷率およびファン風向の項目を含む。

【0153】

ドライブ搭載状態は、ドライブ部 170 におけるドライブ # 00 ~ # 23 それぞれの有無が登録される。「有」は、該当のドライブありを示す。「無」は、該当のドライブなしを示す。CPU 負荷率の項目には、CPU 111 (CPU # 0) および CPU 131 (CPU # 1) の負荷率 (%) が登録される。ファン風向の項目には、ファン # 0 ~ # 9 それ

10

20

30

40

50

それぞれの向きが登録される。前述のように、正面向きを「S」、右向きを「R」、左向きを「L」とする。

【0154】

例えば、風向テーブル124には、ドライブ搭載状態が、ドライブ#00～#23について全て「有」、CPU111のCPU負荷率が「100%」、CPU131のCPU負荷率が「100%」、ファン風向が、ファン#0～#9について全て「S」というレコードが登録される。このレコードは、ドライブ部170にドライブ#00～#23が全て搭載されており、かつ、CPU111, 131のCPU負荷率が共に「100%」である場合に、ファン#0～#9の向きを全て正面向きにすることを示す。

【0155】

風向テーブル124には、ドライブ搭載状態およびCPU負荷率の他の組み合わせに対しても、同様に、ファン#0～#9に対するファン風向が登録される。

例えば、監視部118は、図13のステップS13およびステップS16において、風向テーブル124を参照し、該当のステップの実行時点における装置構成や負荷状態に合致するパターンに対応する各ファンの向きを特定する。そして、監視部118は、各ファンについて特定した向きとなるように各ファンに指示する。

【0156】

なお、図17の例では、CPU負荷率を用いるものとしたが、各分割エリアの負荷率（該当の分割エリアに配置された各電子部品の平均の負荷率）を用いてもよい。

また、上記以外の制御方法として、監視部118は、図13で例示した監視処理の手順を行いながら、部品構成、各分割エリアの負荷率および外気温のパターンに応じた定常状態の風向および回転数をファン毎に記録することも考えられる。例えば、監視部118は、メモリ118aに格納された所定のテーブルを用いて当該記録を行ってもよい。こうして、監視部118は、各パターンに適したファン毎の風向および回転数を学習することで、フィードバック制御を省略して、ファンに対する適切な回転数を迅速に設定可能になる。

【0157】

ところで、これまでの説明では、ファン部150の吸気側および排気側の両方の側に電子部品が搭載される例を示したが、吸気側および排気側の何れか一方のみに電子部品が搭載されてもよい。そこで、以下では、ストレージ装置100の装置構成の他の例を説明する。

【0158】

図18は、装置構成の他の例（その1）を示す図である。

ストレージ装置100aは、各ファンの吸気側にドライブ部170が存在していない点がストレージ装置100と異なる。この場合、各ファンの冷却エリアは、各ファンの排気側の分割エリアの組み合わせとなる。すなわち、監視部118は、冷却エリアの全体集合Aを排気側の分割エリアのみとすることで式(1)、(2)、(3)を適用し、ストレージ装置100と同様に、各ファンの風向制御および回転数の制御を行うことができる。

【0159】

例えば、当初、各ファンが正面向きであるとする。そして、CPU111の負荷が比較的小さく、CPU131の負荷が比較的大きい場合に、監視部118は、ファン#0～#9のうち、ファン#3, #4の向きを右向きに変更し、ファン#5～#9の回転数を低減する。その結果、ストレージ装置100aにおける冷却のための消費電力を低減することができる。

【0160】

図19は、装置構成の他の例（その2）を示す図である。

ストレージ装置100bは、各ファンの吸気側にCM110, 130を備え、各ファンの排気側に他の電子部品が存在していない点がストレージ装置100と異なる。この場合、各ファンの冷却エリアは、各ファンの吸気側の分割エリアの組み合わせとなる。すなわち、監視部118は、冷却エリアの全体集合Aを吸気側の分割エリアのみとすることで式

10

20

30

40

50

(1)、(2)、(3)を適用し、ストレージ装置100と同様に、各ファンの風向制御および回転数の制御を行うことができる。

【0161】

なお、ファンの吸気側の向きを変更するため、例えば、ファン#0～#9それぞれは、吸気側にZ軸を回転軸とするフィンを備え、当該フィンの回転により、ファンの向きを変更してもよい。この場合、例えば、正面とは逆向きの方向(-X方向)に対して、時計回りに45度(-45度)だけフィンを回転させた場合を当該ファンの右向き(R)とする。また、正面とは逆向きの方向(-X方向)に対して、反時計回りに45度(+45度)だけフィンを回転させた場合を、当該ファンの左向き(L)とする。

【0162】

例えば、当初、各ファンが正面向きであるとする。そして、CPU111の負荷が比較的小さく、CPU131の負荷が比較的大きい場合に、監視部118は、ファン#0～#9のうち、ファン#3、#4の向きを左向きに変更し、ファン#5～#9の回転数を低減する。その結果、ストレージ装置100bにおける冷却のための消費電力を低減できる。

【0163】

ところで、近年、ストレージ装置100、100a、100bでは、高集積化により、複数のCM、および、複数のドライブが1つの筐体に内蔵されることが多い。その結果、使用用途に応じて、筐体内に実装されるユニット(ドライブなどの部品)の数量の偏りが大きくなることもある。また、ストレージ装置100、100a、100bの機能の多様化が進んだ結果、CM毎に、動作(アプリケーション、ワークロード)が異なるケースも多くなっている。このようなケースでは、アプリケーション毎のQoS(Quality of Service)が重要となるため、CM毎に、一律に負荷分散させることが難しいこともある。

【0164】

そして、筐体内の電子部品の負荷の偏りによっては、各ファンによる冷却のための消費電力を十分に低減できないことがある。例えば、筐体内において高負荷の箇所と低負荷の箇所との負荷の差が比較的大きい場合がある。この場合、高負荷の箇所を十分に冷却できるように各ファンの回転数を一律に設定すると、低負荷の箇所の付近を冷却するファンの回転数が過剰になり、当該ファンにより電力が過剰に消費されることがある。また、高負荷の箇所に各ファンが向けられることで、高負荷の箇所が過剰に冷却され、各ファンにより電力が過剰に消費されることがある。

【0165】

そこで、CM110、130は、例示したように、各ファンの回転数を個別に制御し、現在向けられた分割エリアとは異なる他の分割エリアに向けた方が、冷却効果が高まるファンを選択して、当該ファンを当該他の分割エリアに向ける。そして、CM110、130は、当該他の分割エリアに向けられた別のファンの回転数を下げる。これにより、ストレージ装置100(または、ストレージ装置100a、100b)の冷却のための消費電力を低減できる。

【0166】

なお、第1の実施の形態の情報処理は、処理部18にプログラムを実行させることで実現できる。また、第2の実施の形態の情報処理は、監視部118に含まれるプロセッサ、または、CPU111に、プログラムを実行させることで実現できる。プログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体103に記録できる。

【0167】

例えば、プログラムを記録した記録媒体103を配布することで、プログラムを流通させることができる。また、プログラムを他のコンピュータに格納しておき、ネットワーク経由でプログラムを配布してもよい。コンピュータは、例えば、記録媒体103に記録されたプログラムまたは他のコンピュータから受信したプログラムを、RAM112、SSD113およびメモリ118aなどの記憶装置に格納(インストール)してもよい。そして、コンピュータは、当該記憶装置からプログラムを読み込んで実行してもよい。

【符号の説明】

10

20

30

40

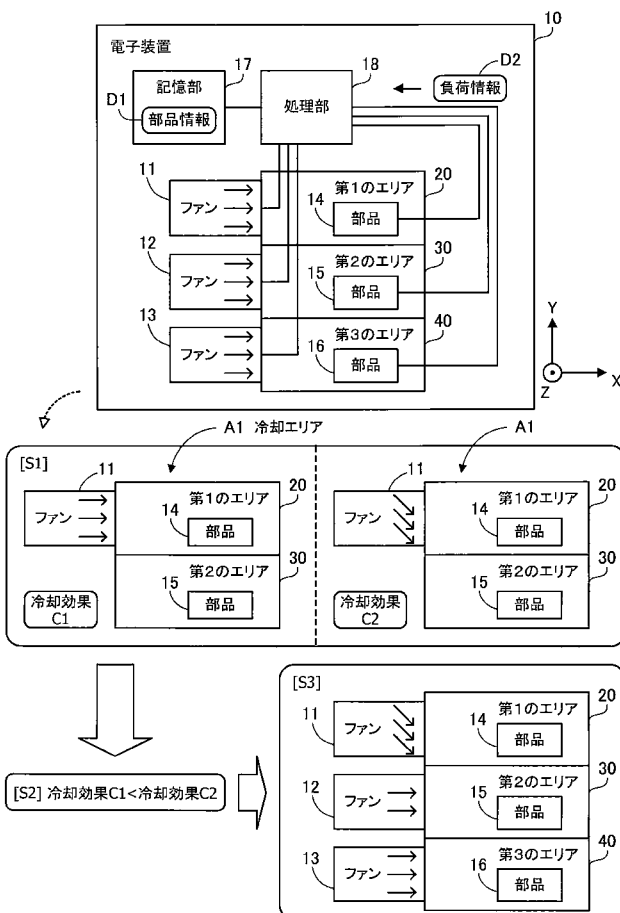
50

【 0 1 6 8 】

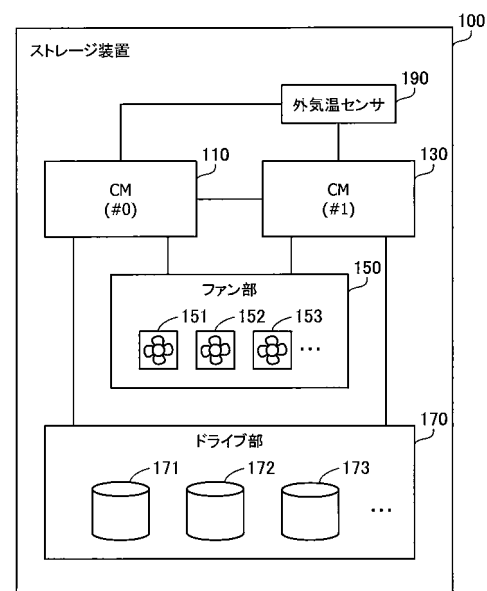
- 1 0 電子装置
- 1 1 , 1 2 , 1 3 ファン
- 1 4 , 1 5 , 1 6 部品
- 1 7 記憶部
- 1 8 処理部
- 2 0 第 1 のエリア
- 3 0 第 2 のエリア
- 4 0 第 3 のエリア
- D 1 部品情報
- D 2 負荷情報

10

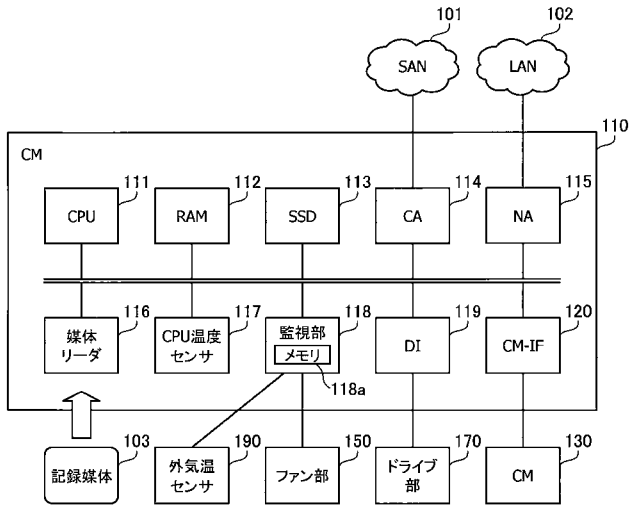
【 図 1 】



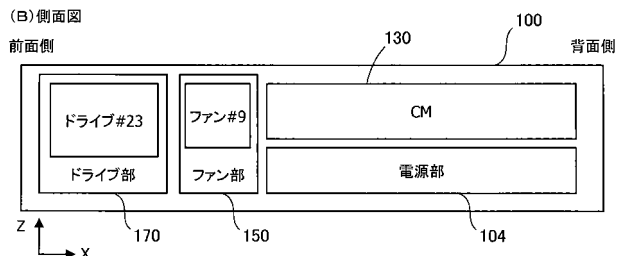
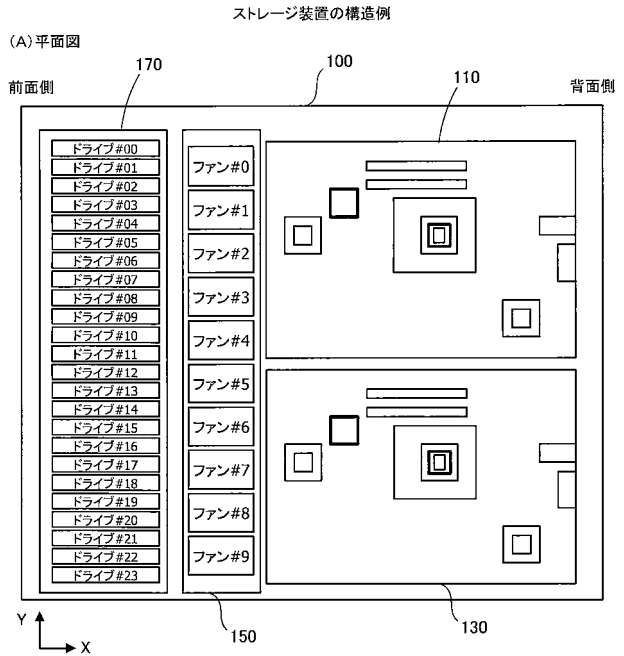
【 図 2 】



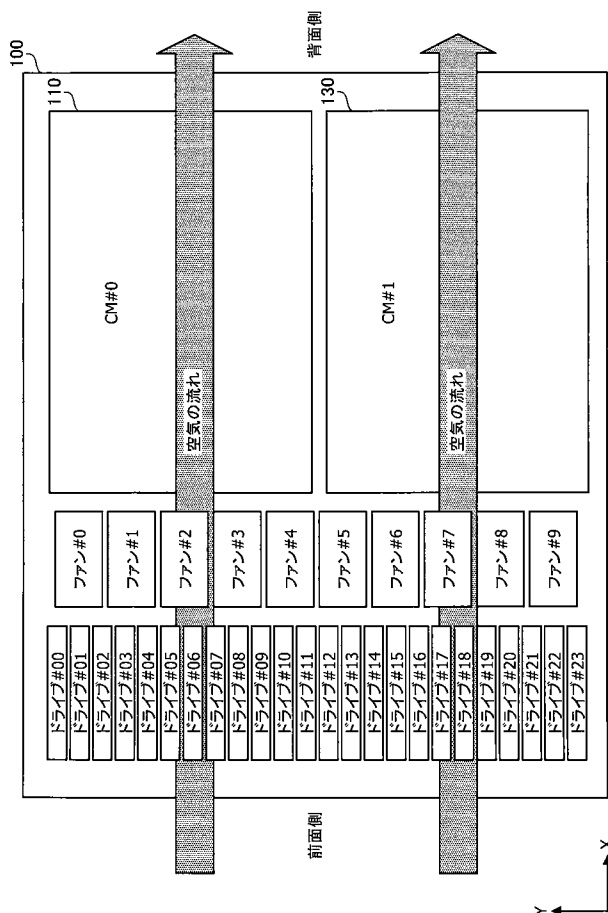
【図 3】



【図 4】

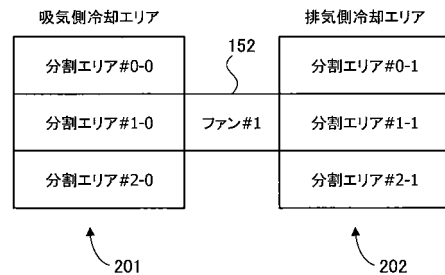


【図 5】



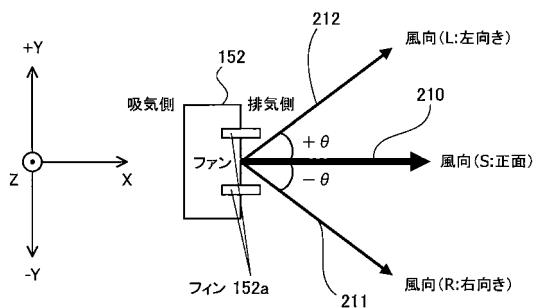
【図 6】

ファンに対する冷却エリアの例



【図 7】

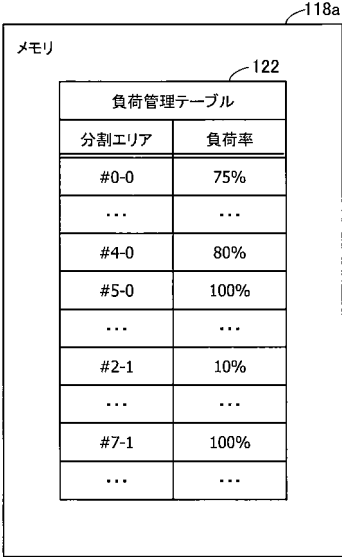
風向とファンの向きとの関係の例



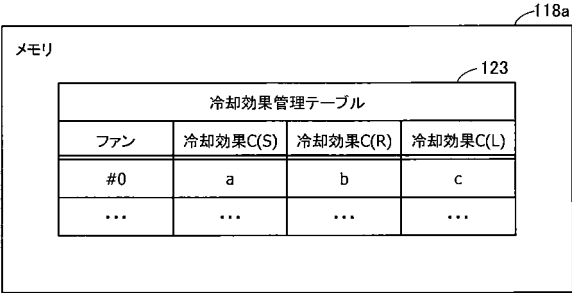
【 図 8 】



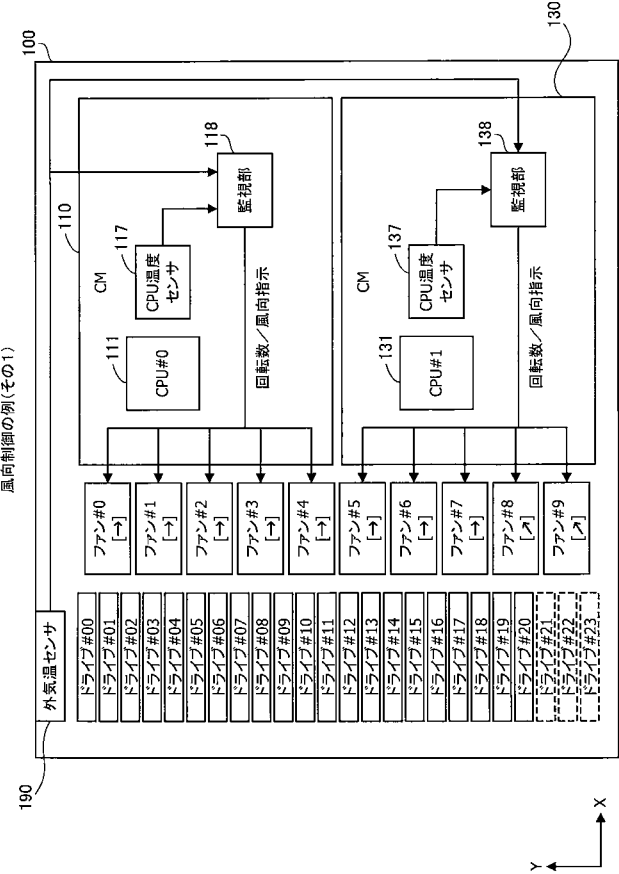
【 図 9 】



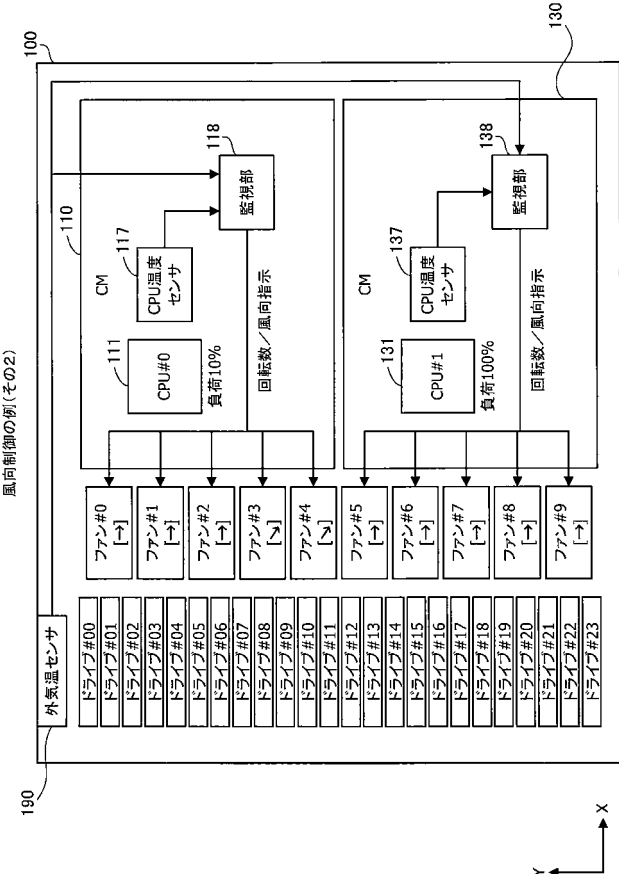
【 図 1 0 】



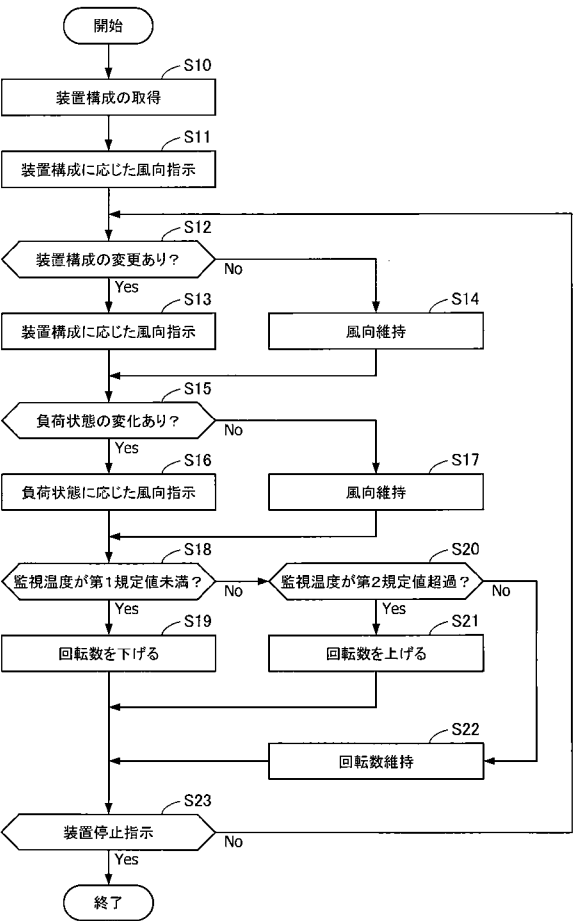
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【図 1 3】



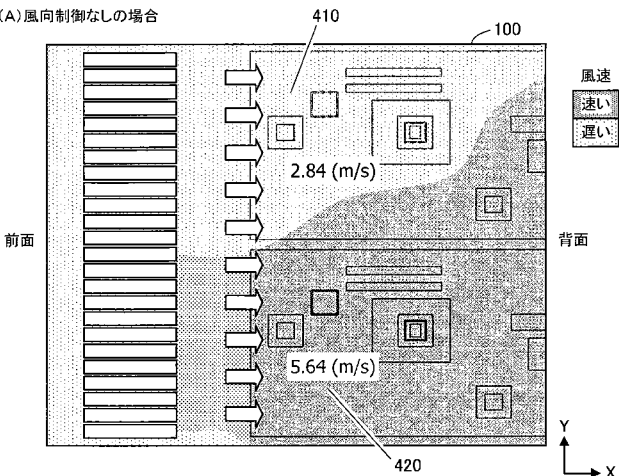
【図 1 4】

冷却のための消費電力の例

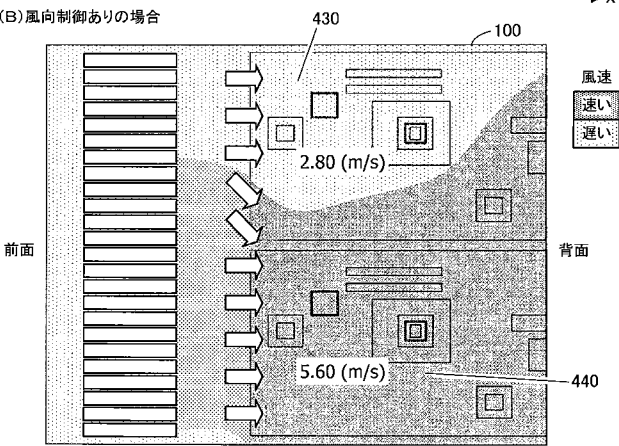
ファン	風向制御なし (比較例)			風向制御あり		
	設定風量 (m ³ /min)	風向制御	消費電力	設定風量 (m ³ /min)	風向制御	消費電力
ファン#0	0.18	なし	1.0	0.18	なし	1.0
ファン#1	0.18	なし	1.0	0.18	なし	1.0
ファン#2	0.18	なし	1.0	0.18	なし	1.0
ファン#3	0.18	なし	1.0	0.36	あり(-45度)	8.0
ファン#4	0.18	なし	1.0	0.36	あり(-45度)	8.0
ファン#5	0.54	なし	27.0	0.47	なし	17.6
ファン#6	0.54	なし	27.0	0.47	なし	17.6
ファン#7	0.54	なし	27.0	0.47	なし	17.6
ファン#8	0.54	なし	27.0	0.47	なし	17.6
ファン#9	0.54	なし	27.0	0.47	なし	17.6
合計	3.6	—	140	3.6	—	106.9

【図 1 5】

(A) 風向制御なしの場合

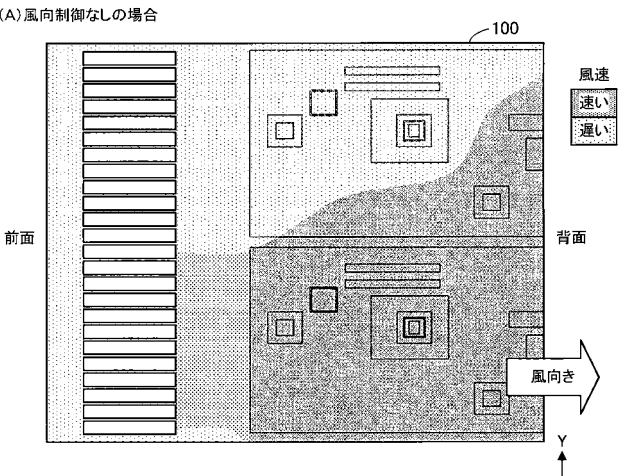


(B) 風向制御ありの場合

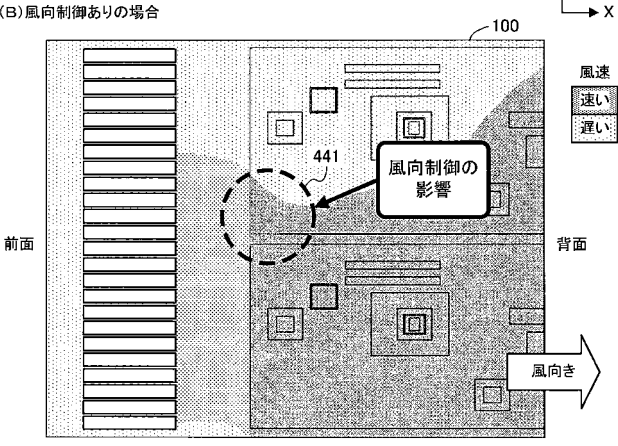


【図 1 6】

(A) 風向制御なしの場合



(B) 風向制御ありの場合



【図 17】

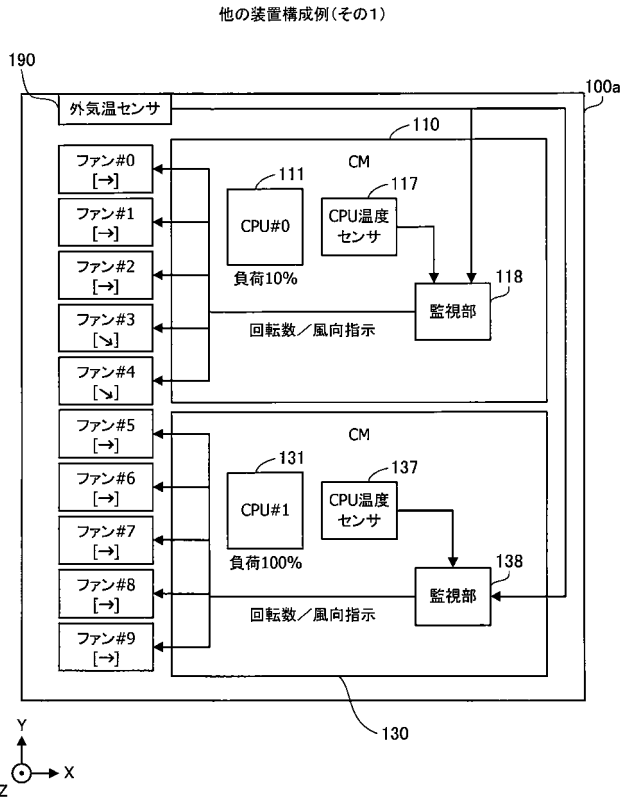
118a

メモリ

124

風向テーブル									
CPU負荷率(%)					ファン風向				
ドライブ搭載状態					#0	#1	#2	#3	#9
#00	有	有	有	有	S	S	S	S	S
#01	有	有	有	有	S	S	S	S	S
...	...	...	...	...	S	S	S	S	S
#23	有	有	有	有	S	S	S	S	S
...	...	...	...	...	S	S	S	S	S
#0	100%	100%	100%	100%	S	S	S	S	S
#1	80%	100%	100%	100%	S	S	S	S	S
#2	60%	100%	100%	100%	S	S	S	S	S
#3	40%	100%	100%	100%	S	S	R	R	S
#4	20%	100%	100%	100%	S	S	R	R	S
#5	0%	100%	100%	100%	S	S	R	R	S
...	...	...	...	...	S	S	R	R	S

【図 18】



【図 19】

