

要求風量制御及び給気温度最適化制御

2026 年 8 月

内容

1. 制御の概要	1
2. 記号と添字	2
3. 要求風量制御	3
3.1 VAV ダンパ開度の操作	3
3.2 空調機ファン回転数の操作	8
3.2.1 VAV 静圧過不足状態の判定	8
3.2.2 空調機ファン回転数の操作	10
4. 給気温度最適化制御	13
4.1 VAV 制御状態の判定	13
4.2 空調機給気温度の操作	17

1. 制御の概要

1. 制御の概要

要求風量制御と給気温度最適化制御を用いた変風量制御とは、VAV ダンパ開度と空調機ファン回転数による「風量の操作」を行うとともに、風量のみでは対応できない場合に「給気温度の操作」を行って、室温を制御するものである。このとき、風量の操作に用いるのが「要求風量制御」であり、給気温度の操作に用いるのが「給気温度最適化制御」である。

要求風量制御は、上記のとおり、「VAV ダンパ開度の操作」と「空調機ファン回転数の操作」からなる。これらの操作及び給気温度最適化制御の概要を下表に示す。

表 1.1 要求風量制御における VAV ダンパ開度の操作の概要

操作目標	VAV における要求風量と実風量の一致		
操作対象	VAV ダンパ開度		
パラメータ	室温	(計測値)	← 室の室中央制御用サーモ
	給気温度	(計測値)	← 室の給気ダクトの制御用サーモ
	VAV 風量	(計測値)	← VAV 内蔵の風量計
	設定温度	(設定値)	
	設計最小／最大風量	(設定値)	

(注) VAV ダンパ操作は、すべての VAV それぞれについて行う。

表 1.2 要求風量制御における空調機ファン回転数操作の概要

操作目標	静圧不足となる VAV が 1 台もないこと。 全 VAV が同時に静圧過剰にならないこと。		
操作対象	空調機ファンインバータ出力 (→ファン回転数)		
パラメータ	VAV のダンパ開度	(計測値)	← VAV 内蔵の開度情報
	VAV の要求風量	(演算値)	← ダンパ操作時に算出
	要求風量とファン回転	(設定値)	
	数の関係 (QR 線図)		

表 1.3 給気温度最適化制御の概要

操作目標	風量操作のみでは室温が満足しない場合に、給気温度を上げる／下げる（暖房時／冷房時） 最小風量でかつ室温が満足している場合に、給気温度を緩和する（設定温度に近づける）		
操作対象	空調機出口の給気温度		
パラメータ	室温	(計測値)	← 室の室中央制御用サーモ
	給気温度	(計測値)	← 室の給気ダクトの制御用サーモ
	VAV 要求風量	(演算値)	← ダンパ操作時に算出
	設定温度	(設定値)	
	設計最小／最大風量	(設定値)	
	境界風量	(設定値)	風量少なめ／多め設定 (4.1 参照) を行う場合

2. 記号と添字

2. 記号と添字

本資料で用いる記号及び添字は下表による。

表 2.1 記号

記号	意味	単位	備考
C_p	PID 演算の定数項	[m ³ /h]	設定値
INV_{max}	空調機ファンインバータ出力の上限値	[Hz]	設定値
INV_{min}	空調機ファンインバータ出力の下限値	[Hz]	設定値
K_I	PID 演算の積分ゲイン	[m ³ /h ² /K]	設定値
K_P	PID 演算の比例ゲイン	[m ³ /h/K]	設定値
N_{adjust}	「能力適正化要求」状態の VAV の数量	[台]	演算値
N_{min}	「最小風量」状態の VAV の数量	[台]	演算値
N_{stay}	「適正」状態状態の VAV の数量	[台]	演算値
N_{total}	VAV の総数	[台]	設定値
N_{up}	「能力増要求」状態の VAV の数量	[台]	演算値
Q_{act}	VAV 実風量	[m ³ /h]	計測値 (VAV の風量計)
Q_{req}	VAV 要求風量	[m ³ /h]	演算値
Q_{max}	VAV 設計最大風量	[m ³ /h]	設定値
Q_{min}	VAV 設計最小風量	[m ³ /h]	設定値
T_{act}	室温	[°C]	計測値 (室中央制御用サーモ)
T_{set}	設定温度	[°C]	設定値
T_{sup}	給気温度	[°C]	計測値 (室給気ダクト制御用サーモ)
ΔT_p	比例帯温度幅	[°C]	設定値
ΔT_{set}	冷暖要求状態判定偏差	[°C]	設定値
ΔT_{sup}	給気状態判定偏差	[°C]	設定値

表 2.2 添え字

添字	意味	備考
c	冷房	
h	暖房	
i	VAV の識別番号	
$total$	合計	

3. 要求風量制御

要求風量制御は「VAV ダンパ開度の操作」と「空調機ファン回転数の操作」からなる。それぞれの操作方法を以下に示す。

3.1 VAV ダンパ開度の操作

VAV ダンパ開度の操作は、すべての VAV それぞれについて行う。操作フローを以下に示す。

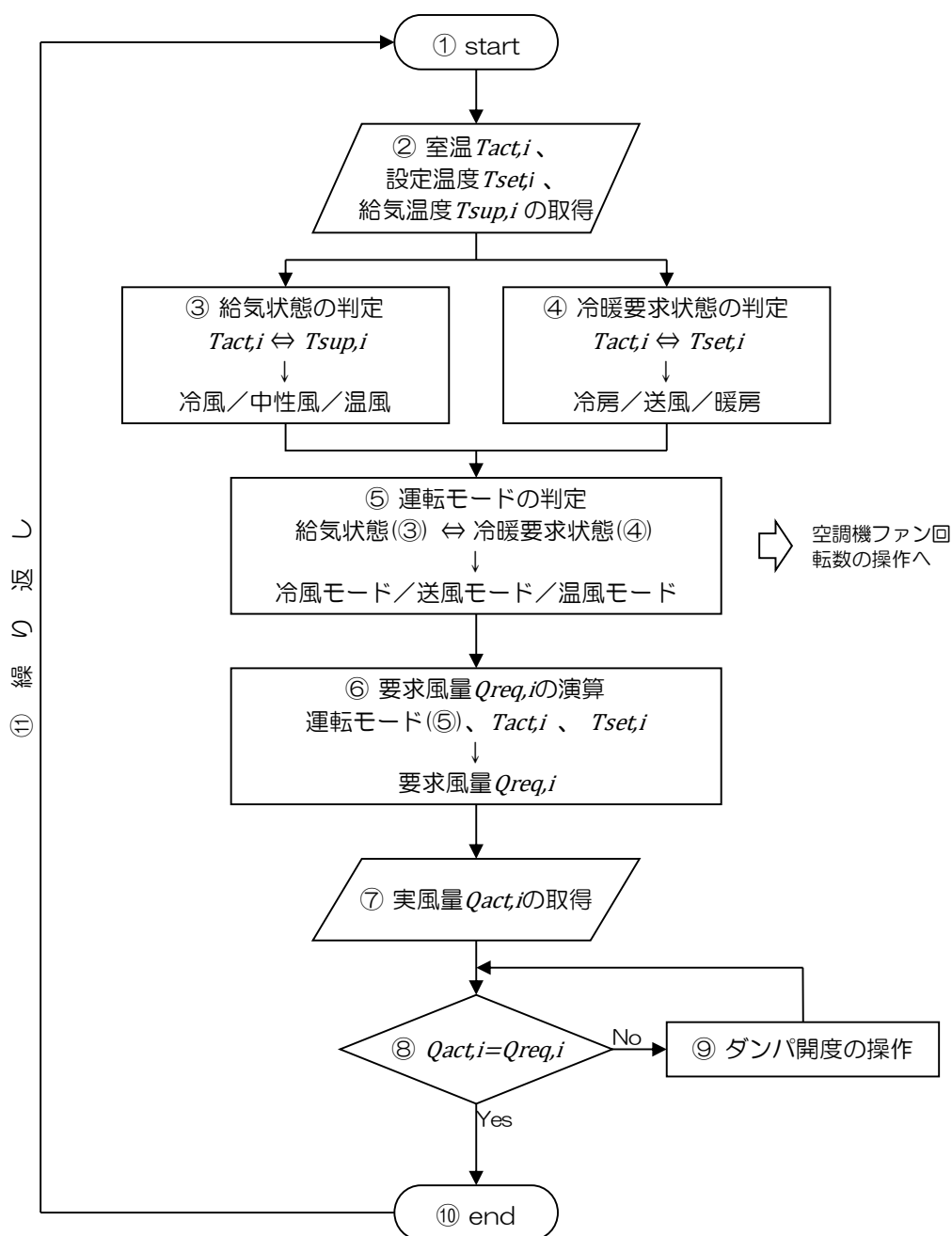


図 3.1 VAV ダンパ開度操作のフロー

① start

VAV ダンパ開度操作の開始。

② 室温 $T_{act,i}$ 、設定温度 $T_{set,i}$ 、給気温度 $T_{sup,i}$ の取得

③ 給気状態の判定

VAV (i) の室温 $T_{act,i}$ と給気温度 $T_{sup,i}$ の温度差に応じて、下表に従って給気状態（冷風／中性風／温風）を判定する。給気状態は、運転モードの判定(⑤)で使用する。

表 3.1 給気状態の判定

前回の給気状態	温度差	給気状態の判定
冷風	$0 < T_{act,i} - T_{sup,i}$	冷風
	$-\Delta T_{sup,i} \leq T_{act,i} - T_{sup,i} \leq 0$	中性風
	$T_{act,i} - T_{sup,i} < -\Delta T_{sup,i}$	温風
中性風	$\Delta T_{sup,i} < T_{act,i} - T_{sup,i}$	冷風
	$-\Delta T_{sup,i} \leq T_{act,i} - T_{sup,i} \leq \Delta T_{sup,i}$	中性風
	$T_{act,i} - T_{sup,i} < -\Delta T_{sup,i}$	温風
温風	$\Delta T_{sup,i} < T_{act,i} - T_{sup,i}$	冷風
	$0 \leq T_{act,i} - T_{sup,i} \leq \Delta T_{sup,i}$	中性風
	$T_{act,i} - T_{sup,i} < 0$	温風

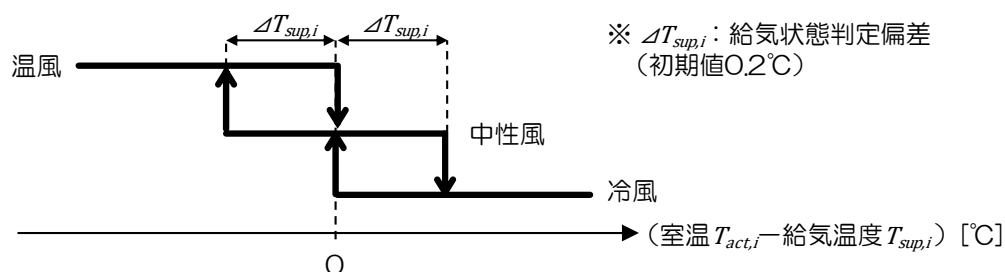


図 3.2 VAV (i) の給気状態の判定方法

④ 冷暖要求状態の判定

VAV (i) の室温 $T_{act,i}$ と設定温度 $T_{set,i}$ の温度差に応じて、下表に従って冷暖要求状態（冷房／送風／暖房）を判定する。冷暖要求状態は、運転モードの判定(⑤)で使用する。

表 3.2 冷暖要求状態の判定

前回の冷暖要求状態	室温と設定温度の大小関係	冷暖要求状態の判定
冷房	$T_{set,i,c} - \Delta T_{set,i} < T_{act,i}$	冷房
	$T_{set,i,h} \leq T_{act,i} \leq T_{set,i,c} - \Delta T_{set,i}$	送風
	$T_{act,i} < T_{set,i,h}$	暖房
送風	$T_{set,i,c} < T_{act,i}$	冷房
	$T_{set,i,h} \leq T_{act,i} \leq T_{set,i,c}$	送風
	$T_{act,i} < T_{set,i,h}$	暖房
暖房	$T_{set,i,c} < T_{act,i}$	冷房
	$T_{set,i,h} + \Delta T_{set,i} \leq T_{act,i} \leq T_{set,i,c}$	送風
	$T_{act,i} < T_{set,i,h} + \Delta T_{set,i}$	暖房

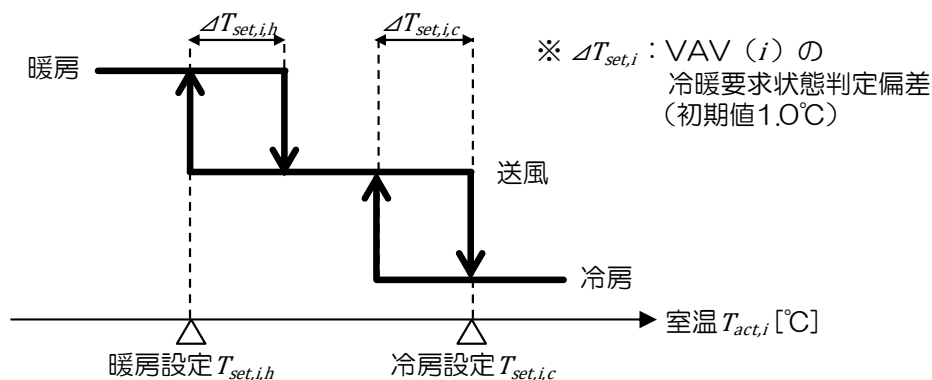


図 3.3 VAV (i) 冷暖要求状態の判定方法

⑤ 運転モードの判定

給気状態 (⑤) と冷暖要求状態 (⑥) に応じて、下表から運転モード（冷房モード／送風モード／暖房モード）を判定する。

表 3.3 運転モードの判定

		冷暖要求状態 (⑤)		
		冷房	送風	暖房
給気状態 (④)	冷風	冷房モード	送風モード	送風モード
	中性風	送風モード	送風モード	送風モード
	温風	送風モード	送風モード	暖房モード

⑥ 要求風量 $Q_{req,i}$ の演算

VAV (i) の要求風量 $Q_{req,i}$ は、運転モード（冷房モード／送風モード／暖房モード）に応じて、下式で算出される。（注：下式は、基本的な PI 演算を想定している。）

1) 冷房モードの場合

$$Q_{req,i} = \begin{cases} Q_{min,i}, & T_{act,i} \leq T_{set,i,c} \\ K_{P,i,c}(T_{act,i} - T_{set,i}) + C_{P,i,c} + K_{I,i,c} \int (T_{act,i,t} - T_{set,i})dt, & T_{set,i,c} < T_{act,i} \leq T_{set,i,c} + \Delta T_{P,i,c} \\ Q_{max,i}, & T_{set,i,c} + \Delta T_{P,i,c} < T_{act,i} \end{cases} \quad (3.1)$$

2) 送風モードの場合

$$Q_{req,i} = Q_{min,i} \quad (3.2)$$

3) 暖房モードの場合

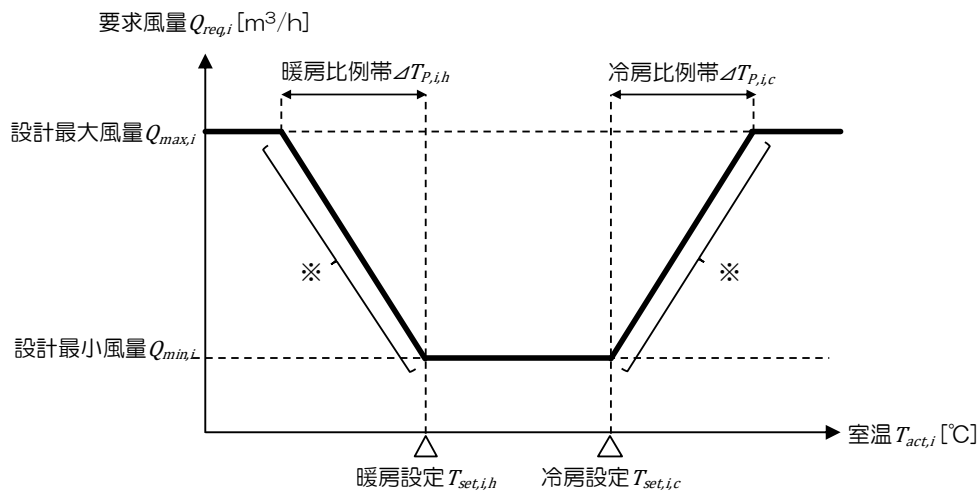
$$Q_{req,i} = \begin{cases} Q_{max,i}, & T_{act,i} < T_{set,i,h} - \Delta T_{P,i,h} \\ K_{P,i,h}(T_{set,i} - T_{act,i}) + C_{P,i,h} + K_{I,i,h} \int (T_{set,i} - T_{act,i})dt, & T_{set,i,h} - \Delta T_{P,i,h} \leq T_{act,i} < T_{set,i,h} \\ Q_{min,i}, & T_{set,i,h} \leq T_{act,i} \end{cases} \quad (3.3)$$

このとき、VAV (i) における P 制御の比例ゲイン $K_{P,i}$ と定数 $C_{P,i}$ は、設計最大風量 $Q_{max,i}$ と設計最小風量 $Q_{min,i}$ 、及び、比例帯 $\Delta T_{P,i}$ を用いて次式で表される。

$$K_{P,i,c} = \frac{Q_{max,i} - Q_{min,i}}{\Delta T_{P,i,c}} \quad (3.4)$$

$$K_{P,i,h} = \frac{Q_{max,i} - Q_{min,i}}{\Delta T_{P,i,h}} \quad (3.5)$$

$$C_{P,i,c} = C_{P,i,h} = Q_{min,i} \quad (3.6)$$



※ PID 演算を行うため、実際には直線からズレが生じる。

図 3.4 VAV (i) の要求風量の演算

⑦ 実風量 $Q_{act,i}$ の取得

VAV (i) に内蔵された風量計で測定された実風量 $Q_{act,i}$ を取得する。

⑧ $Q_{act,i} = Q_{req,i}$ の判断

VAV (i) の実風量 $Q_{act,i}$ と要求風量 $Q_{req,i}$ が一致しているかの判断を行う。

→ 両者が一致しない場合は⑩へ。

→ 両者が一致する場合は⑪ (end) へ。

⑨ ダンパ開度の操作

実風量が要求風量に近づく方向にダンパを操作する。ダンパ操作時の回転速度は一定となっており (ダンパフルストローク時間)、下図のように実風量と要求風量の差に応じて回転方向と回転時間が決まる。

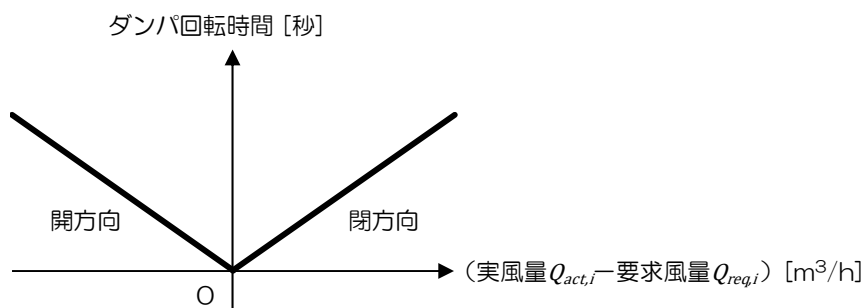


図 3.5 ダンパ開度の操作

⑩ end

⑪ 繰り返し

VAV ダンパ開度の操作は、一定の時間間隔で繰り返し行われる。

3.2 空調機ファン回転数の操作

空調機ファン回転数の操作は、次の手順で行う。

1. VAV 静圧過不足状態の判定

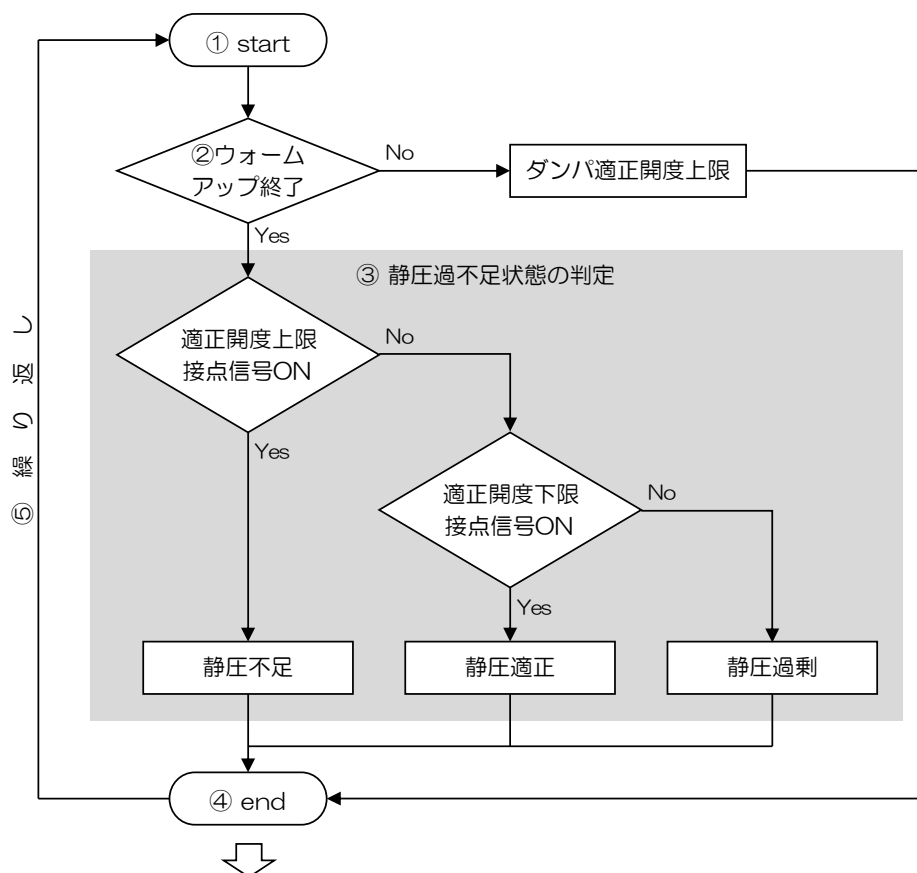
2. 空調機ファン回転数の操作

- (1) すべての VAV 要求風量 (3.1⑥参照) を合算したトータル要求風量から空調機ファン回転数 (ファンインバータ出力) を決定する。(フィードフォワード制御)
- (2) すべての VAV 静圧過不足状態から、空気搬送系全体としての静圧過不足状態 (トータル静圧過不足状態) を判定し、それに応じて上記で決定された空調機ファン回転数を補正する。(フィードバック制御)

「VAV 静圧過不足状態の判定」及び「空調機ファン回転数の操作」のフローを以下に示す。

3.2.1 VAV 静圧過不足状態の判定

VAV 静圧過不足状態の判定は、すべての VAV について行う。判定フローを以下に示す。



空調機ファン回転数の操作 (トータル静圧過不足状態の判定) へ

図 3.6 VAV 静圧過不足状態の判定フロー

① start

② ウォームアップ終了の判断

空調機のウォームアップが終了しているかの判断を行う。

→ ウォームアップが終了している場合は③へ。

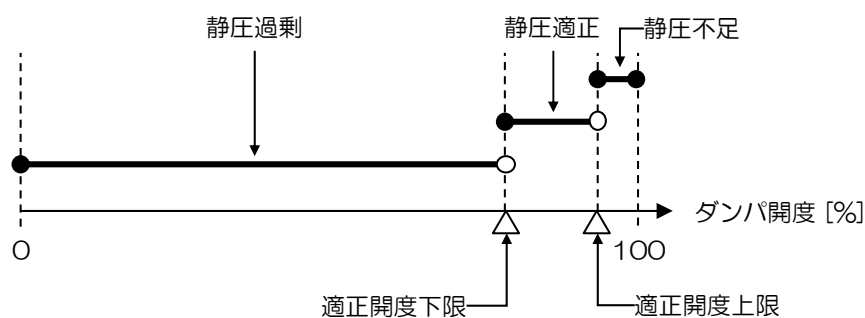
→ ウォームアップが終了していない場合は、VAV ダンパ開度を適正開度上限とし、④ (end) へ。

③ VAV 静圧過不足状態の判定

VAV 静圧過不足状態は下表に従って判定する。

表 3.4 VAV 静圧過不足状態の判定

判定	ダンパ開度	ダンパ開度信号（接点信号）の例	
		適正開度下限	適正開度上限
静圧不足	適正開度上限以上	ON	ON
静圧適正	適正開度下限以上、 適正開度上限未満	ON	OFF
静圧過剰	適正開度下限未満	OFF	OFF



④ end

⑤ 繰り返し

VAV 静圧過不足状態の判定は、一定の時間間隔で繰り返し行われる。

3.2.2 空調機ファン回転数の操作

空調機ファン回転数の操作方法を以下に示す。

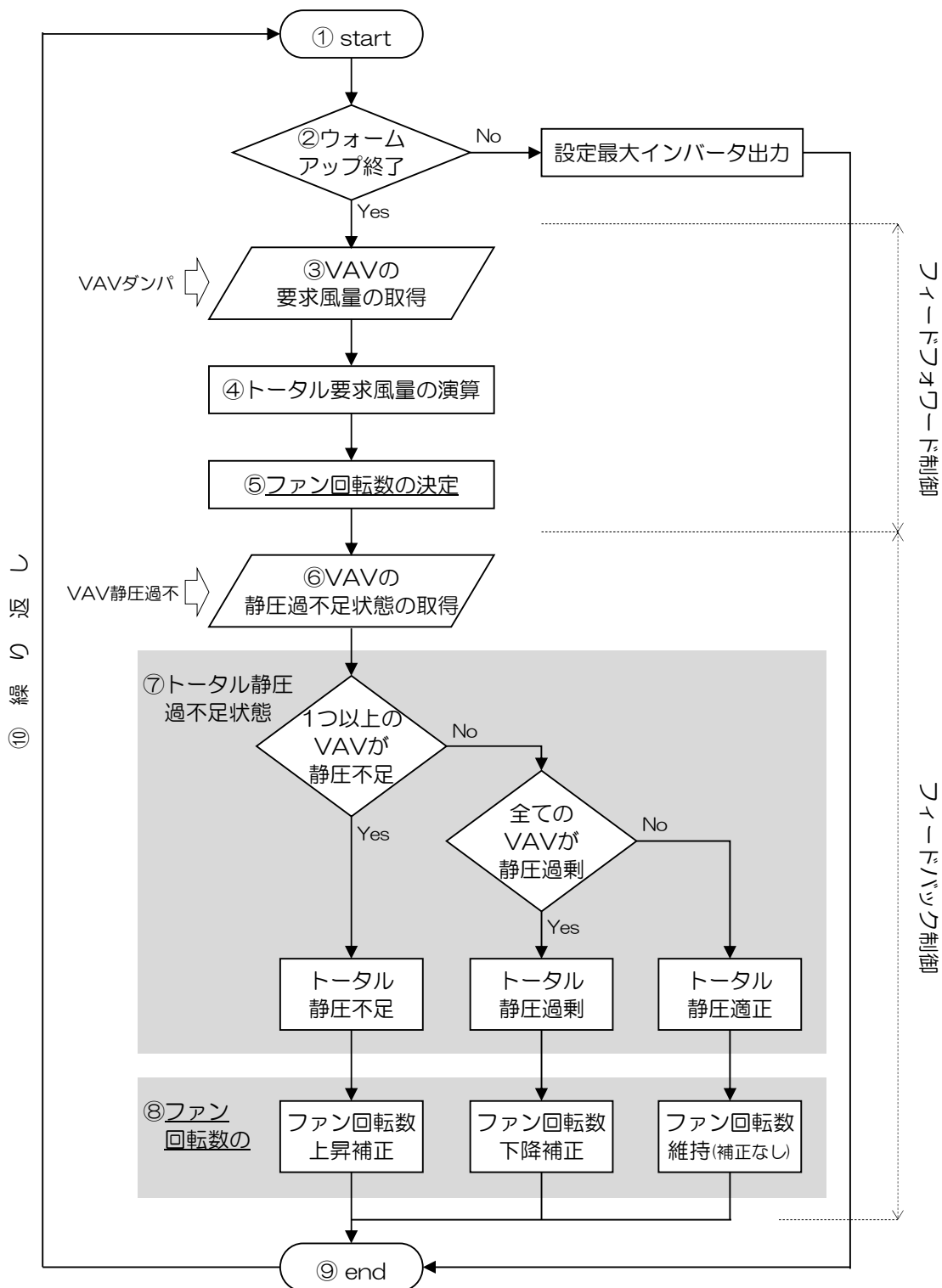


図 3.7 空調機ファンの回転数（インバータ出力）操作のフロー

① start

② ウォームアップ終了の判断

空調機のウォームアップが終了しているかの判断を行う。

→ ウォームアップが終了している場合は③へ。

→ ウォームアップが終了していない場合は⑨（end）へ。このとき、空調機ファンのインバータ出力は、設定最大周波数となる。

③ VAV の要求風量の取得

ダンパ操作を行う際に算出された VAV (i) の要求風量 $Q_{req,i}$ (3.1⑥参照) を用いて、次のトータル要求風量の演算を行う。

④ トータル要求風量の演算

トータル要求風量 $Q_{req,total}$ は、次式により求める。

$$Q_{req,total} = \sum_i^{N_{total}} Q_{req,i} \quad (3.7)$$

⑤ ファン回転数の決定

以下の「トータル要求風量とファン回転数（ファンインバータ出力）の関係」（QR 線図）から、ファン回転数を決定する。

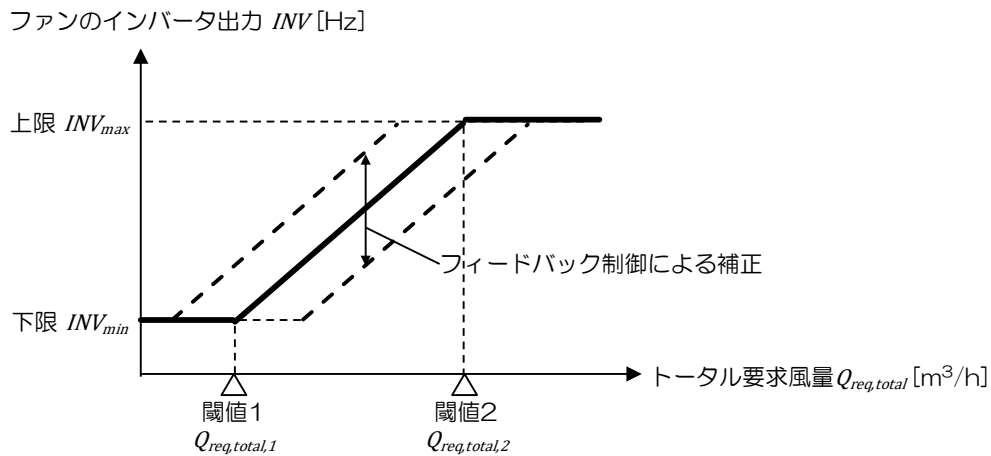


図 3.8 トータル要求風量とファンの回転数（ファンインバータ出力）の関係（QR 線図）

これを式で表すと次のようになる。

$$INV = \begin{cases} INV_{min}, & Q_{req,total} \leq Q_{req,total,1} \\ \left(\frac{INV_{max} - INV_{min}}{Q_{req,total,2} - Q_{req,total,1}} \right) \times Q_{req,total} + INV_{min}, & Q_{req,total,1} < Q_{req,total} < Q_{req,total,2} \\ INV_{max}, & Q_{req,total,2} \leq Q_{req,total} \end{cases} \quad (3.8)$$

ここで、

INV : ファンのインバータ出力 [Hz]

INV_{min} : ファンインバータ出力の下限値 [Hz] ※ 設定値

INV_{max} : ファンインバータ出力の上限値 [Hz] ※ 設定値

$Q_{req,total}$: トータル要求風量 [m^3/h]

$Q_{req,total,1}$: ファンインバータ出力を下限値とするトータル要求風量の閾値 (= 設計最小風量) [m^3/h]

$Q_{req,total,2}$: ファンインバータ出力を上限値とするトータル要求風量の閾値 (= 設計最大風量) [m^3/h]

である。

⑥ VAV 静圧過不足状態の取得

すべての VAV 静圧過不足状態 (3.2.1 参照) を取得する。

⑦ トータル静圧過不足状態の判定

すべての VAV 静圧過不足状態に応じて、下表に従って、トータル静圧過不足状態を判定する。

表 3.5 トータル静圧過不足状態の判定

判定	状態
トータル静圧不足	すべての VAV 静圧過不足状態のうち、1 つ以上が静圧不足
トータル静圧適正	トータル静圧不足、トータル静圧過剰以外
トータル静圧過剰	すべての VAV 静圧過不足状態のうち、すべてが静圧過剰

⑧ ファン回転数の補正

トータル静圧過不足状態に応じて、下表に従って、ファン回転数を補正する。

表 3.6 トータル静圧過不足状態とファン回転数の操作

静圧過不足状態	ファン回転数の操作
トータル静圧不足	ファン回転数の上昇補正
トータル静圧適正	ファン回転数の補正なし
トータル静圧過剰	ファン回転数の下降補正

⑨ end

⑩ 繰り返し

空調機ファン回転数 (インバータ出力) の操作は、一定時間間隔で繰り返し行われる。

4. 給気温度最適化制御

給気温度最適化制御は、「いずれかの VAV が最大風量にもかかわらず室温が設定温度を満たしていない状態」及び「いずれかの VAV が最小風量となっている状態」のときに、それらの状態を回避するように給気温度を制御する。

具体的には、前者の状態に対しては暖房時／冷房時に給気温度を上げ／下げ、後者の状態に対しては給気温度を緩和する（設定温度に近づける）。

給気温度最適化制御は、次の手順で行う。

1. VAV 制御状態の判定

室温と要求風量の状態に応じて、VAV 制御状態の判定を行う。

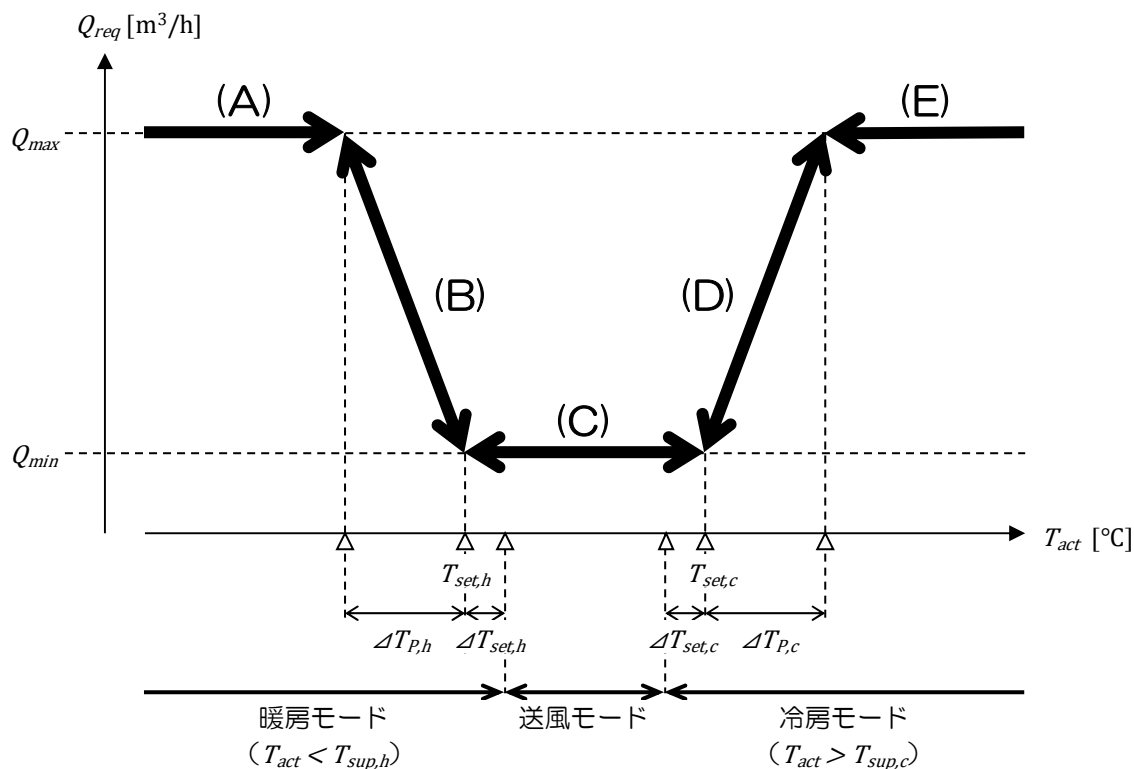
2. 空調機給気温度の操作

すべての VAV 制御状態から、空気搬送系全体としての制御状態（トータル制御状態）を判定し、その状態に応じて給気温度の操作を行う。

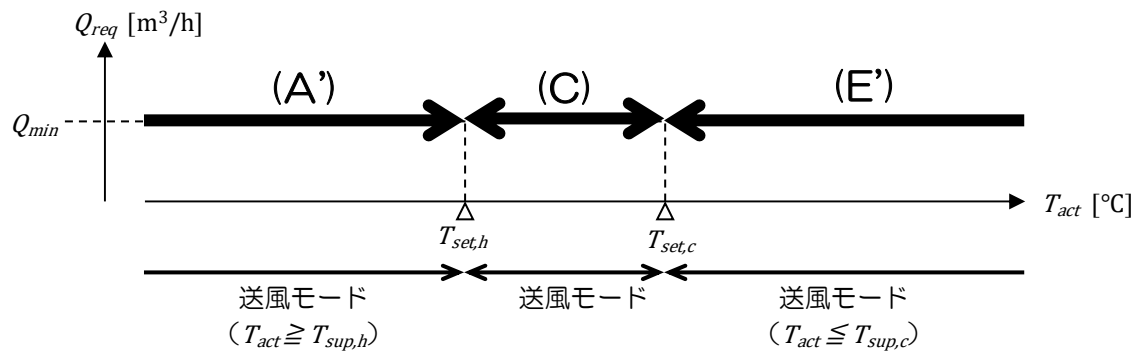
「VAV 制御状態の判定」及び「空調機給気温度の操作」のフローを以下に示す。

4.1 VAV 制御状態の判定

VAV の室温 T_{act} と要求風量 Q_{req} の状態（以下、VAV 制御状態と記す）を図 4.1 に示す。図は運転モード（3.1⑤参照）が『a. 「暖房モード」または「冷房モード」の場合』と『b. 「送風モード」の場合』に分けて示している。図のように、VAV 制御状態は、最大風量 Q_{max} と最小風量 Q_{min} の範囲において、(A)～(E') に分類される。



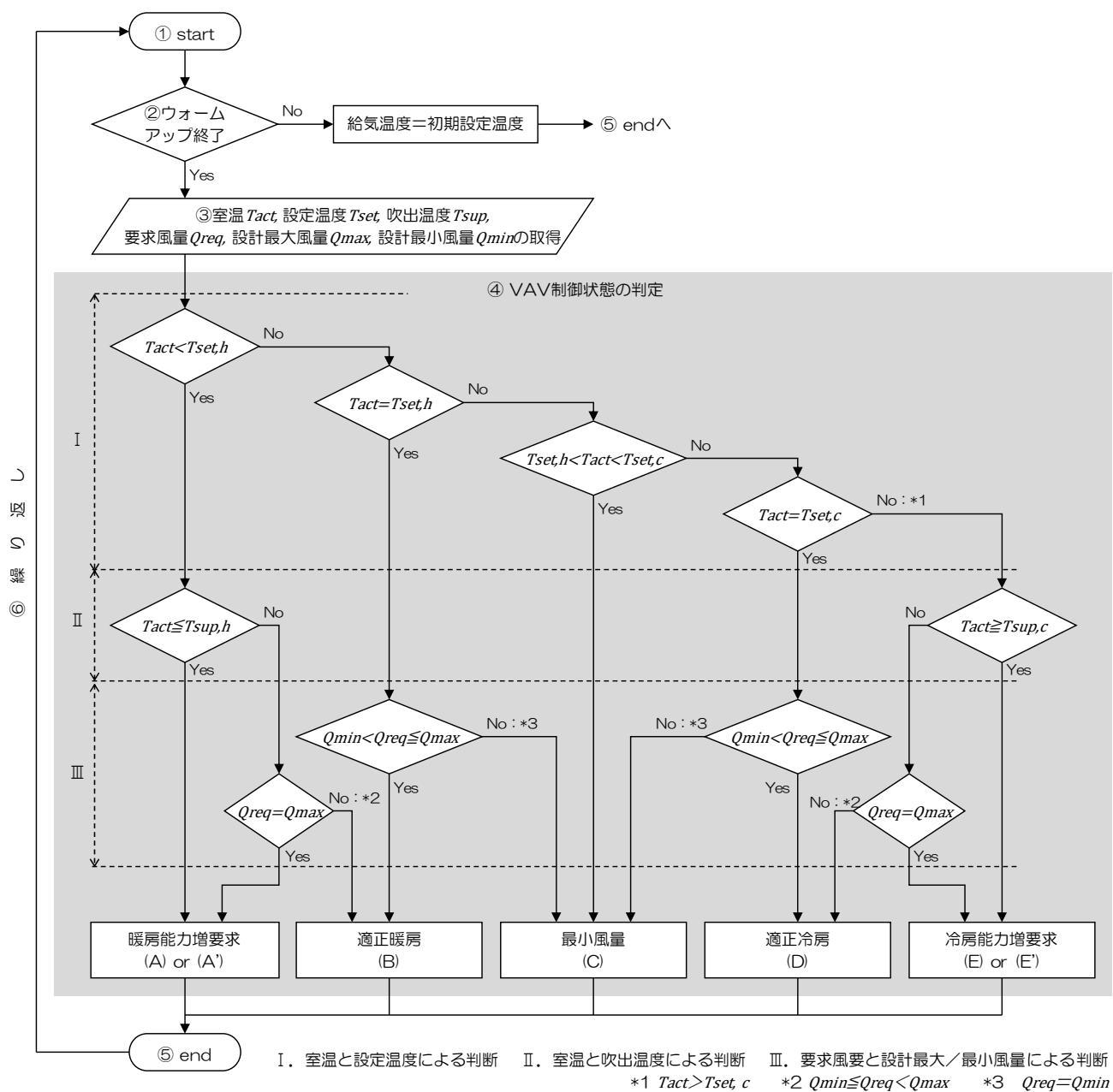
a. 運転モード (3.1⑤参照) が「暖房モード」または「冷房モード」の場合



b. 運転モード (3.1⑤参照) が「送風モード」の場合

図 4.1 基本的な給気温度最適化制御における VAV 制御状態
(図中の(A)~(E')は、4.2 節の図 4.3 及び表 4.1 に対応)

VAV 制御状態の判定は、すべての VAV それぞれについて行う。判定フローを以下に示す。



(図中の(A)~(E')は、図 4.1 及び表 4.1 に対応)

図 4.2 VAV 制御状態の判定フロー

① start

② ウォームアップ終了の判断

空調機のウォームアップが終了しているかの判断を行う。

→ ウォームアップが終了している場合は③へ。

→ ウォームアップが終了していない場合は、給気温度は初期設定温度とし、⑤(end)へ。

③ 室温 T_{act} 、設定温度 T_{set} 、給気温度 T_{sup} 、VAV 要求風量 Q_{req} 、VAV 設計最大風量 Q_{max} 、VAV 設計最小風量 Q_{min} の取得

④ VAV 制御状態の判定

VAV 制御状態（室温と要求風量の状態）は、図 4.1 のように下表の(A)～(E')のいずれかの状態となる。この表に従って、制御状態（暖房能力増要求／適正暖房／最小風量／適正冷房／冷房能力増要求）を判定する。

表 4.1 VAV 制御状態の判定

（表中の(A)～(E')は、図 4.1 及び図 4.3 に対応）

	VAV 制御状態（室温と要求風量の状態）	給気温度	判定
(A)	室温が暖房設定を満たせず、要求風量が最大風量。 ($T_{act} < T_{set,h}$ かつ、 $Q_{req} = Q_{max}$)	上げるべき	暖房能力 増要求
(B)	室温が暖房設定を満たし、要求風量が操作範囲内。 ($T_{act} = T_{set,h}$ かつ、 $Q_{min} < Q_{req} \leq Q_{max}$)	維持	適正暖房
(C)	室温が暖冷房設定範囲内であり、要求風量が最小風量。 ($T_{set,h} < T_{act} < T_{set,c}$ かつ、 $Q_{req} = Q_{min}$)	緩和可能	最小風量
(D)	室温が冷房設定を満たし、要求風量が操作範囲内。 ($T_{act} = T_{set,c}$ かつ、 $Q_{min} < Q_{req} \leq Q_{max}$)	維持	適正冷房
(E)	室温が冷房設定を満たせず、要求風量が最大風量。 ($T_{act} > T_{set,h}$ かつ、 $Q_{req} = Q_{max}$)	下げるべき	冷房能力 増要求
(A')	室温が暖房設定を満たせず、かつ、室温が吹出温度以上*。 ($T_{sup,h} \leq T_{act} < T_{set,h}$)	上げるべき	暖房能力 増要求
(E')	室温が冷房設定を満たせず、かつ、室温が吹出温度以下*。 ($T_{sup,c} \geq T_{act} > T_{set,c}$)	下げるべき	冷房能力 増要求

* 運転モードが「送風モード」となり、風量が最小風量に固定される。

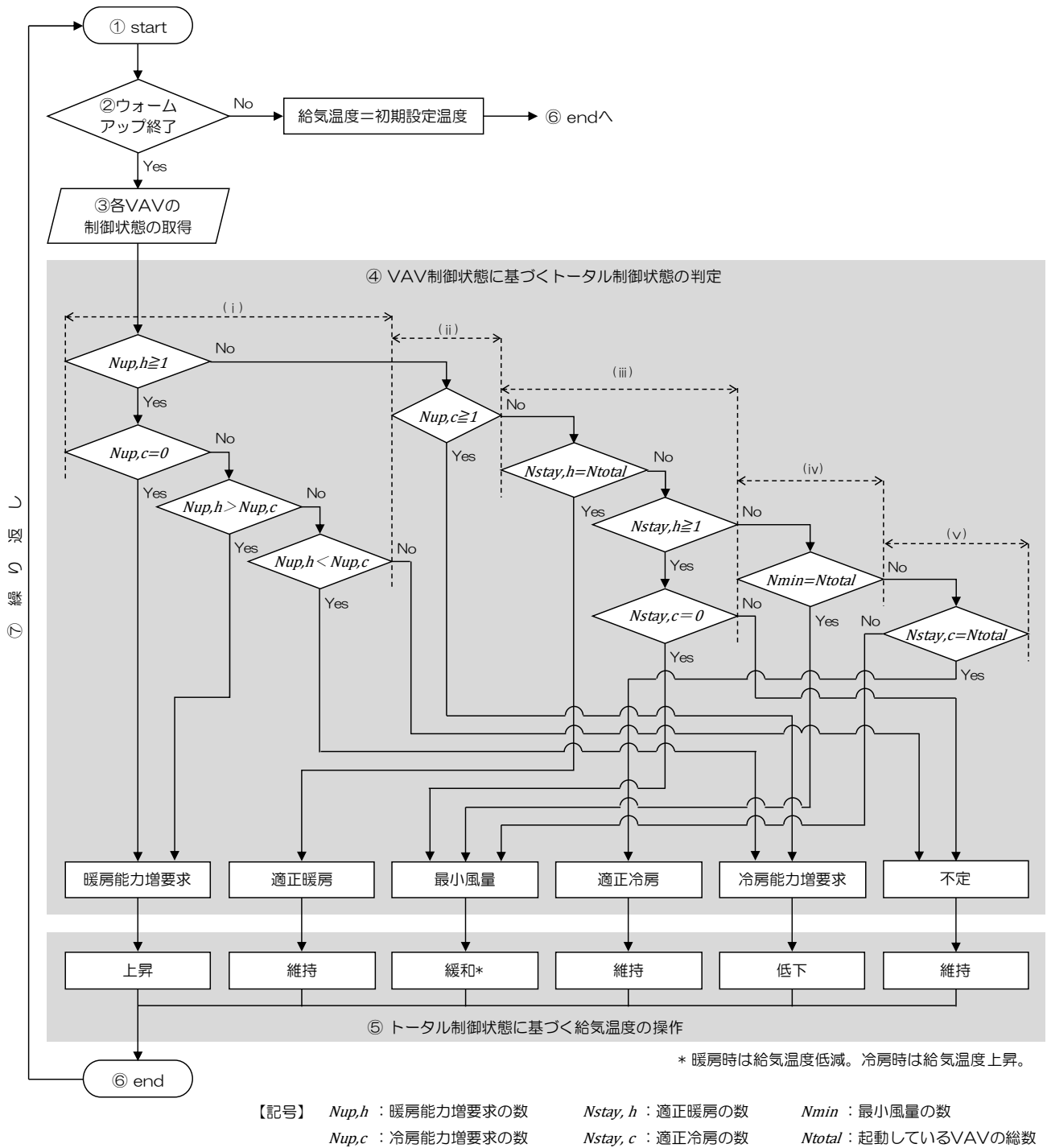
⑤ end

⑥ 繰り返し

VAV 制御状態の判定は、一定時間間隔で繰り返し行われる。

4.2 空調機給気温度の操作

空調機給気温度の操作フローを以下に示す。



(図中の(i)～(v)は、表 4.2 に対応)

図 4.3 空調機給気温度操作のフロー

① start

② ウォームアップ終了の判断

空調機のウォームアップが終了しているかの判断を行う。

→ ウォームアップが終了している場合は③へ。

→ ウォームアップが終了していない場合は、給気温度は初期設定温度とし、⑥(end)へ。

③ VAV 制御状態の取得

VAV 制御状態(暖房能力増要求/適正暖房/最小風量/適正冷房/冷房能力増要求)(4.2.1 参照)を取得する。

④ VAV 制御状態に応じたトータル制御状態の判定

VAV 制御状態に該当する VAV の数量に応じて、下表に従って、トータル制御状態(暖房能力増要求/適正暖房/最小風量/適正冷房/冷房能力増要求/不定)を判定する。

表 4.2 VAV 制御状態に該当する VAV の数量に応じたトータル制御状態の判定

(表中の(i)~(v)は、図 4.4 に対応)

各制御状態に該当する VAV の数量					トータル 制御状態	備考
暖房能力 増要求	適正暖房	最小風量	適正冷房	冷房能力 増要求		
<u>1つ以上</u>	(不問)	(不問)	(不問)	<u>なし</u>	暖房能力増要求	(i)
<u>1つ以上</u>	(不問)	(不問)	(不問)	<u>1つ以上</u>	<多数決> 暖房能力増要求 冷房能力増要求 同数時：不定	
<u>なし</u>	(不問)	(不問)	(不問)	<u>1つ以上</u>	冷房能力増要求	(ii)
なし	<u>全て</u>	なし	なし	なし	適正暖房	(iii)
なし	<u>1つ以上</u>	<u>1つ以上</u>	<u>なし</u>	なし	最小風量	
なし	<u>1つ以上</u>	(不問)	<u>1つ以上</u>	なし	不定	
なし	なし	<u>全て</u>	なし	なし	最小風量	(iv)
なし	なし	なし	<u>全て</u>	なし	適正冷房	(v)
なし	<u>なし</u>	<u>1つ以上</u>	<u>1つ以上</u>	なし	最小風量	

⑤ トータル制御状態に基づく給気温度の操作

トータル制御状態に基づいて下表に従って、給気温度を操作する。

表 4.3 トータル制御状態に基づく給気温度の操作

トータル制御状態	給気温度の操作
暖房能力増要求	上昇
適正暖房	維持（何もしない）
最小風量	緩和（暖房時：低下 / 冷房時：上昇）
適正冷房	維持（何もしない）
冷房能力増要求	低下
不定	維持（何もしない）

⑥ end**⑦ 繰り返し**

空調機の給気温度操作は、一定時間間隔で繰り返し行われる。

ただし、給気温度が変更された場合、その変更が実際に反映されるまでの待ち時間を考慮して、給気温度操作を一定時間停止する。