

5

10 FPT 法による変風量空調システム（VAV 空調システム）の省エネルギー
設計・施工・調整・試験方法に関する技術解説書

第 2 編 施工・調整・試験編

v.6.1 2025 年 10 月 5 日

15

■ 改訂履歴

Ver.	作成・改訂日	作成・改訂者	備考
v1.1	2023 年 6 月 22 日	松下 直幹	リバイス初版
v.1.2	2023 年 9 月 4 日	松下 直幹	
v.2	2023 年 10 月 22 日	松下 直幹	
v.3.0	2024 年 1 月 13 日	松下 直幹	
v.3.1	2024 年 3 月 16 日	松下 直幹	20240321 第 16 回委員会後修正
v.4.0	2024 年 3 月 16 日	松下 直幹	IBECs Web サイトアップ版
v.4.1	2025 年 5 月 3 日	松下 直幹	20250131・P8 第 4 回委員会後リバイス版
v5.0	2025 年 6 月 14 日	松下 直幹	未評価技術委員会 VAV 検討 WG 後のリバイス版
v5.1	2025 年 8 月 15 日	松下 直幹	未評価技術委員会 VAV 検討 WG 後のリバイス版
v5.2	2025 年 9 月 8 日	松下 直幹	未評価技術委員会(20250819)レビュー後リバイス版
v.5.3	2025 年 9 月 20 日	松下 直幹	
v.6.0	2025 年 9 月 30 日	松下 直幹	9/24・25 吉田先生・関根委員 WG 協議後
v.6.1	2025 年 10 月 5 日	松下 直幹	

20

25

目次

	1. はじめに	4
	2. 用語の定義と解説	4
	3. VAV 空調システムの制御解説	5
5	3.1 制御項目とその概要	5
	3.2 各制御項目の解説	6
	3.2.1 給気ファン回転数制御	6
	(1) 要求風量よるフィードフォワード制御	8
	(2) 静圧過不足補正制御 (VAV の静圧過不足状態による回転数の補正制御)	8
10	3.2.2 還気ファンの回転数制御 (エアバランス制御)	8
	3.2.3 余剰排気ファンファンの回転数制御 (エアバランス制御)	9
	3.2.4 設計外気導入量・排気量一定制御	9
	(1) 外気ファンがない場合	10
	(2) 外気ファンがある場合	10
15	4. FPT 法におけるファン回転数制御の調整方法の解説	11
	4.1 給気ファン回転数制御	11
	4.1.1 FF 線調整方針	11
	4.1.2 FPT 法に基づく FF 線の初期調整方法	12
	(1) FF 線の右端点 (ファン定格風量時の回転数比) の調整	12
20	(2) FF 線の左端点 (中間風量時の回転数比) の調整	13
	4.1.3 回転数補正制御の上下限補正設定	15
	4.2 還気ファン回転数制御	15
	4.3 余剰排気ファン回転数制御	16
	4.4 還気 MD 制御	16
25	4.5 外気ファン回転数制御	16
	5. 初期調整手順	17
	5.1 初期調整前準備	17
	5.1.1 設置機器の仕様確認	17
	(1) VAV ユニット仕様	17
30	(2) 空調機・余剰排気ファン・局所換気ファン仕様	17
	5.1.2 制御仕様の確認	18
	5.1.3 注意すべき初期設定	19
	(1) VD 全開確認	19
	(2) ファンのインバータ本体のパラメータ設定	19
35	5.2 ステップ 1 調整	20
	5.2.1 調整条件の設定	20
	5.2.2 局所換気風量の調整	21
	5.2.3 給気側制気口設計風量調整	21
	(1) 給気側制気口の設計風量調整・計測・記録	21
40	(2) VAV 本体センサ計測値と現場実測風量の整合確認・補正	22
	5.2.4 還気側制気口設計風量調整	23

	(1) 還気ファンの定格風量の確認.....	23
	(2) 還気制気口のバランス調整	23
	5.3 ステップ2 調整(省エネ調整)	24
	5.3.1 給気ファン FF 線・還気ファン連動回転数比線の右端点の決定	25
5	(1) 調整条件の設定.....	25
	(2) 調整手順.....	27
	5.3.2 給気ファン FF 線の左端点(中間風量点)の決定.....	28
	(1) 調整条件の設定.....	28
	(2) 調整手順.....	29
10	5.3.3 給気ファン静圧過不足補正制御の変動幅の設定	30
	5.3.4 FF 線調整時の風量計測値及び FF 線の設定	31
	6. 機能性能試験	32
	6.1 制御動作試験.....	33
	6.1.1 試験条件の設定	33
15	6.1.2 機能試験手順	33
	6.2 搬送エネルギー計算.....	34
	6.2.1 風量比とファン消費電力の算定方法の概要.....	34
	6.2.2 計算手順	34
	(1) 給気ファンの風量比と消費電力の3次式の係数の算出	34
20	(2) 還気ファンの風量比と消費電力の3次式の係数の算出	34
	(3) 年間消費電力量の計算.....	35
	7. 給気温度リセット制御動作の確認と初期パラメータ設定	37
	7.1 FPT 法で行う確認・調整の概要.....	37
	7.2 制御動作確認前の対応事項.....	37
25	7.2.1 VAV 制御の温度センサ位置の確認.....	37
	7.2.2 負荷特性が他と異なる部屋の VAV ユニットへの対応.....	37
	7.3 制御動作確認および制御パラメータの初期設定	38
	7.3.1 調整条件の設定	38
30	7.3.2 動作確認手順および初期パラメータ設定	38

1. はじめに

本書は、オフィスなど一般的な非住宅建築の保健空調で採用される変風量空調システム（以下、VAV 空調システム）において、搬送動力の省エネルギー性能を高めるための設計・施工・調整・試験方法を解説する技術資料である。第 1 編「設計編」に続く第 2 編として、本編では施工段階における初期調整および最終的に実施する試験方法について解説する。

VAV 空調システムの施工後の調整・試験は、結果性能に責任を持つ者（「性能確認者」（VAV システムに関する専門的な知識を有する者）が主導する。性能確認者は、省エネルギー調整が本技術解説書に準拠していることを確認し、不備がある場合には施工者に助言・指導を行うとともに、最終の性能試験を実施する。本書は、この性能確認者にとって技術的な拠り所となる解説書でもある。

性能確認者の要件を以下に記す。

【性能確認者の要件】

- ・ 関連する技術的知見を有する以下のいずれかに該当する者であること。
 - a) 当該建築プロジェクトの設計・施工に関与しない技術者（発注者から委託された者）
 - b) 当該建築プロジェクトの発注者の組織に属する技術者
 - c) 当該建設プロジェクトの設計会社・施工会社に所属し、その設計・施工にかかわっていない者
（例：施工会社の QC チームの技術者、設計施工ではない場合の施工会社の設計チームの技術者など）

2. 用語の定義と解説

第 2 編は、第 1 編第 2 章に記載した用語の定義を踏襲する。本書では、それには記載のない、設計・施工・調整・試験方法に関連する用語を定義する。

a. 試運転調整

FPT 法を使う建物に限らず、一般の施工現場で施工者自らの責務として実施するもので、工事監理者が確認する業務をいう。

- a) 空調設備機器の発停動作、連動動作や非常時運転動作などの総合運転状態
- b) 空調設備システムの設計条件に設定（調整）された状態（室の温湿度、種々の流量・風量、圧力、制御値など）
- c) 空調設備の各要素機器が持ちうる（最大）能力

b. 初期調整

FPT 法で規定する省エネルギーを目的とした調整を初期調整とする。最終的に行う省エネルギー性能試験も含む。

一般に、a. の「試運転調整」では、設備が設計通りに省エネ性能を発揮することを確認（検証）し、不足があれば発揮するように調整するところまでは行われない（なされている場合もあるが、明確に規定されていないため多くはできていない）。初期調整では、設計で想定した省エネ性能を満たすために必要な手順として定義する。初期調整は、作業を合理的に行うため、「ステップ 1 調整」、「ステップ 2 調整」、「性能試験」の 3 段階に分けて実施する。「ステップ 1 調整」は、自動制御を活かさず機械設備業者のみで行う調整で、「ステップ 2 調整」は、自動制御を活かし、機械設備工事業者が自動制御システム業者と協働して行う調整である。

b-1. ステップ 1 調整

自動制御業者の常時立会いを必要とせず、機械設備工事業者のみで行う。

設計値（定格値）の調整、計測など。

VAV 空調システムの初期調整の中に位置づけているが、通常の施工現場で、機械設備工事業者が実施

する試運転調整である。

b-2. ステップ2 調整（省エネ調整）

機械設備工事業者が自動制御業者と協働で行う。

自動制御を規定する制御のパラメータ値を、省エネを目的とした適正值に決めるための調整である。

5 c. 機能性能試験

「ステップ2 調整」で決めた制御パラメータを入れた自動制御を活かして行う動作試験及び実測確認を行う。この実測データを使ってエネルギー計算のためのパラメータを算出する。

d. 定格回転数・定格周波数

- 10 定格回転数とは、ファンメーカーが仕様として定めた、最大定格風量や定格静圧を達成するために必要な回転数をいう。定格周波数とは、インバータ制御されるファンにおいて、その定格回転数を実現するためのインバータ周波数をいう。回転数の単位は通常「rpm（revolutions per minute、毎分回転数）」、周波数の単位は「Hz」である。

e. 回転数比・周波数比

- 15 回転数比とは、定格回転数に対する実際の回転数の比率をいい、周波数比とは、定格周波数に対する実際の周波数の比率をいう。いずれも、回転数または周波数が定格値と等しい場合は1となる。なお、回転数比と周波数比は同じ値となるため、本書では周波数比を含めて「回転数比」と表現する。

3. VAV 空調システムの制御解説

3.1 制御項目とその概要

- 20 表-3.1.1 に、VAV 空調システムの制御項目とその内容を記す。表-3.1.2 には、外気ファンを設置した場合に特化した制御項目・内容を示している。

表-3.1.1 VAV 空調システムの制御項目リスト

対象装置	制御項目	制御方法
VAV ユニット (居室)	室内温度制御	室内温度を上位制御とし、その PI 制御出力を下位の風量設定値にカスケードして VAV のダンパ開度を制御する。
空調機(AHU)	給気ファン回転数制御	ファン回転数最適化制御（以下の2つの制御要素で構成される） 1. 基本制御：要求風量によるフィードフォワード制御 ・ 給気要求風量に基づいて、ファン回転数を決定するフィードフォワード（FF）制御を基本とする。 2. 補正制御：静圧過不足補正制御 ・ 居室の VAV 群から得られる静圧過不足情報（全開・適正開度リミット信号）を用いて、回転数出力を補正する。。
	還気ファン回転数制御	給気ファンの回転数比連動制御 ・ 給気量と還気量のエアバランスを維持するため、給気ファンの回転数比を入力とし、還気ファンの回転数比を給気ファン回転数比の一次式で規定する、給気ファン回転数比連動制御を行う。
	給気温度制御	給気温度により冷温水2方弁の PI 制御を行う。
	給気温度リセット制御	室内負荷の変動に応じて空調機の給気温度設定値を自動的に変化させ、省エネルギーを実現する制御方式である。VAV の静圧過不足情報（ダンパ開度情報）に基づき設定温度を演算によって

		決定し、過冷却や過加熱を防止する。
OA-VAV +RA-MD	設計外気量一定制御	外気導入量を設計外気量一定するために、OA-VAV と RA-MD の制御で実現する。 - OA-VAV の要求風量制御 - OA-VAV に、風量設定値として設計外気風量値を与え、設定値になるように OA-VAV を制御する。 - RA-MD 制御 - OA-VAV が全開時に、RA-MD を絞って抵抗をつけ、外気導入量を設計値に維持する制御である。以下の 2 つの要素で構成される。 2-1) 還気要求風量による FF 制御 - 還気要求風量=SA 要求風量-OA 要求風量で計算する。 2-2) OA-VAV の静圧過不足補正制御 - OA-VAV の静圧過不足情報により開度出力を補正する。 * FF 制御はなるべく高开度で設定しておき、排気量が足りない時に、制圧過不足補正で閉まるような動作。
EA-VAV	設計排気風量一定制御	EA-VAV の要求風量制御 EA-VAV に、風量設定値として設計排気風量値 (=OA 要求風量-局所換気風量) を与え、設定値になるように EA-VAV を制御する。
余剰排気ファン	余剰排気ファン回転数制御 * エアバランス制御	ファン回転数最適化制御 (以下の 2 つの制御要素で構成される) - 基本制御: 余剰排気要求風量による FF 制御 余剰排気要求風量 = OA 要求風量 - 局所換気風量 - 補正制御: EA-VAV の静圧過不足補正制御 - EA-VAV の静圧過不足情報により開度出力を補正する。
外気導入ファン (*1)	外気導入ファン回転数制御 * 外気ファンが設置されている場合の設計外気量一定制御	ファン回転数最適化制御 (以下の 2 つの制御要素で構成される) - 基本制御: OA 要求風量による FF 制御 - 補正制御: OA-VAV の静圧過不足補正制御 - OA-VAV の静圧過不足情報により開度出力を補正する。 RA-MD 制御 - 外気導入ファン有の場合では、還気ファンのあるシステムの時のみ RA-MD を設置する。還気ファンがない場合は、RA-MD は不要である。 - EA-VAV が全開時に、RA-MD を絞って抵抗をつけ、余剰排気風量を維持する制御である。以下の 2 つの制御要素で構成される。 2-1) 還気要求風量による FF 制御 - 還気要求風量=SA 要求風量-OA 要求風量 2-2) EA-VAV の静圧過不足補正制御 - OA-VAV の静圧過不足情報により開度出力を補正する。 * FF 制御はなるべく高开度で設定しておき、排気量が足りない時に、制圧過不足補正で閉まるような動作。

以下、各制御項目に関する制御内容について詳述する。

3.2 各制御項目の解説

3.2.1 給気ファン回転数制御

5 図-3.2.1 に、給気ファン回転数制御のフローを示す。給気ファン回転数制御は、以下の 2 つの制御要素

の組み合わせである。

- 1) すべての VAV 要求風量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。（要求風量によ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。（静圧過不足補正制御）

5

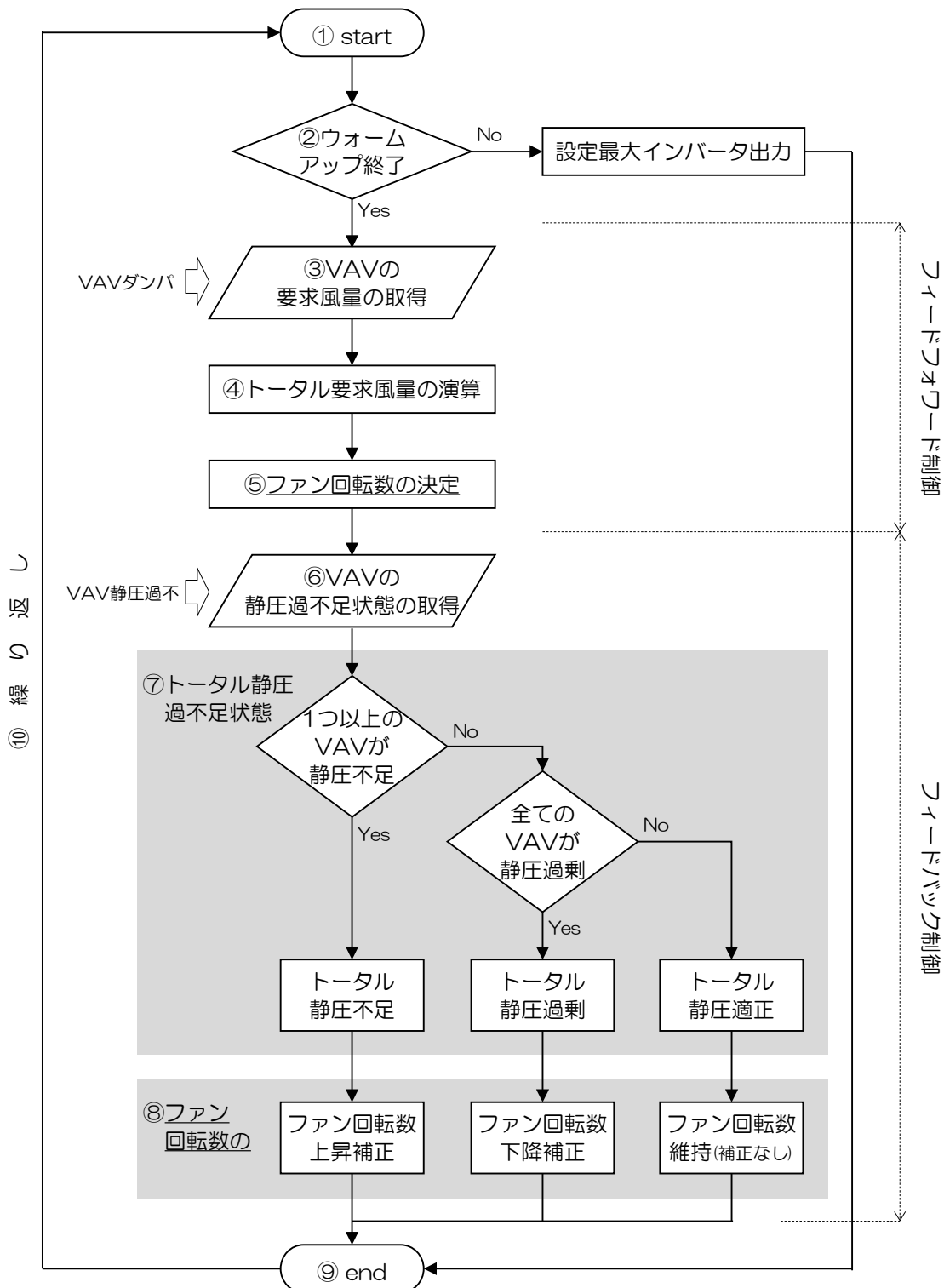


図 3.2.1 空調機給気ファン回転数制御フロー

(1) 要求風量よるフィードフォワード制御

給気ファンの回転数は、要求風量に対して回転数（=インバータ出力）を一意に決める関係式（右図赤線）を与えて制御している。このように回転数制御はフィードバック制御ではなく、式によって一意に回転数を定める制御（フィードフォワード制御）である。そのため、この線は通称フィードフォワード線（FF 線）と呼ばれる。

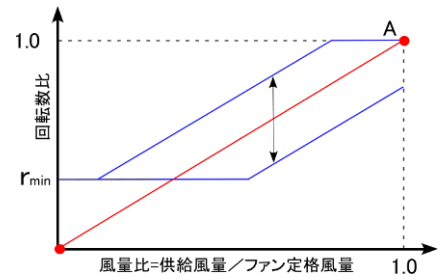


図-3.2.2 ファン回転数制御 FF 線

給気ファンの回転数制御は、まずコントローラに設定される FF 線（図-5.1.1 の赤線）によって、要求風量に対して回転数が決まる。さらに、ファンの静圧は、上記の赤線の回転数で運転されていれば

全ての VAV ユニットに対して必要十分な稼働最小差圧が満たされるかといえそうではない。ダクト内の圧力分布は各ユニットの風量に依存して多様に変化するため不足も過大も生じる。そこで、次に述べるような追補正制御を加えて必要十分な静圧となるように回転数を制御する。具体的には赤線を基準に回転数を上下に補正する制御である。

(2) 静圧過不足補正制御（VAV の静圧過不足状態による回転数の補正制御）

全 VAV ユニットについて“全開信号の on-off（開度 100%で on、100%より小で off）”と“適正開度信号（開度≧85%以上で on、それより小さいと off）”を監視し、次のような総合判定を行い、およそ 1 分間隔でその結果に基づく回転数のフィードバック補正制御を行う（図-4.1.1 の赤線上下の青線間で補正）。

- 1) 静圧不足： 全開信号が on になる VAV ユニットが 1 台でもあればファンの静圧不足と判定し、現在のファンの回転数を少し（2～5%）増して、つまり圧力を上げて、全てのユニットの全開信号が off になる方向に制御する。
- 2) 静圧過剰： 全ての VAV ユニットの適正開度信号が off（全て適正開度以下）であれば静圧が過剰と判断して回転数を少し（2～5%）減じ、つまり圧力を下げて、適正開度信号が on（適正開度以上）になる方向に制御する。
- 3) 静圧適正： 全ての VAV ユニットの全開信号が off で、かつ最低 1 台のユニットの適正開度信号が on（適正開度以上）であれば回転数の増減はしない。
- 4) ただし、ファン回転数の下限閾値（一般にインバータ値で 15Hz とされる）があるのでこれ以下には下げない。

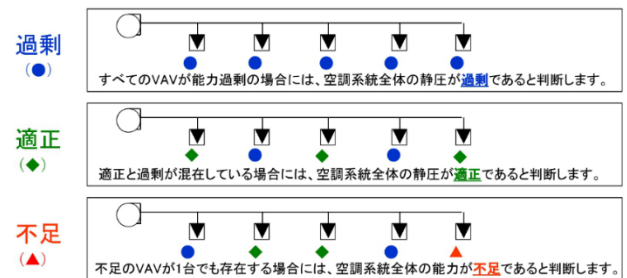


図-3.2.3 静圧過不足補正制御

3.2.2 還気ファンの回転数制御（エアバランス制御）

還気ファンの回転数制御は、空調システム内のエアバランスを維持するために行う制御である。具体的には、給気ファンの回転数比に連動して還気ファンの回転数を制御する。図-3.2.3 に示すように、給気ファンの回転数比に対して、還気ファンの回転数比を一次式で定め、この関係を「還気ファン連動回転数比線」と呼ぶ。還気ファンの定格風量は、給気ファン定格風量から局所換気風量分を差し引いた値である。従って、還気ファン連動回転数比線の右端、つまり給気ファンの最大回転数（給気ファン定格風量時の回転数）に対して、還気定格風量時の回転数比が還気ファンの最大回転数となる。一方の左端点は、給気ファンが局所排気風量に相当する回転数の時、給気ファン回転数制御のフィードフォワード線（FF 線）の切片の回転数比（FF 線における給気風量 0 の時の回転数比を「切片回転数比」と呼ぶ）とする。

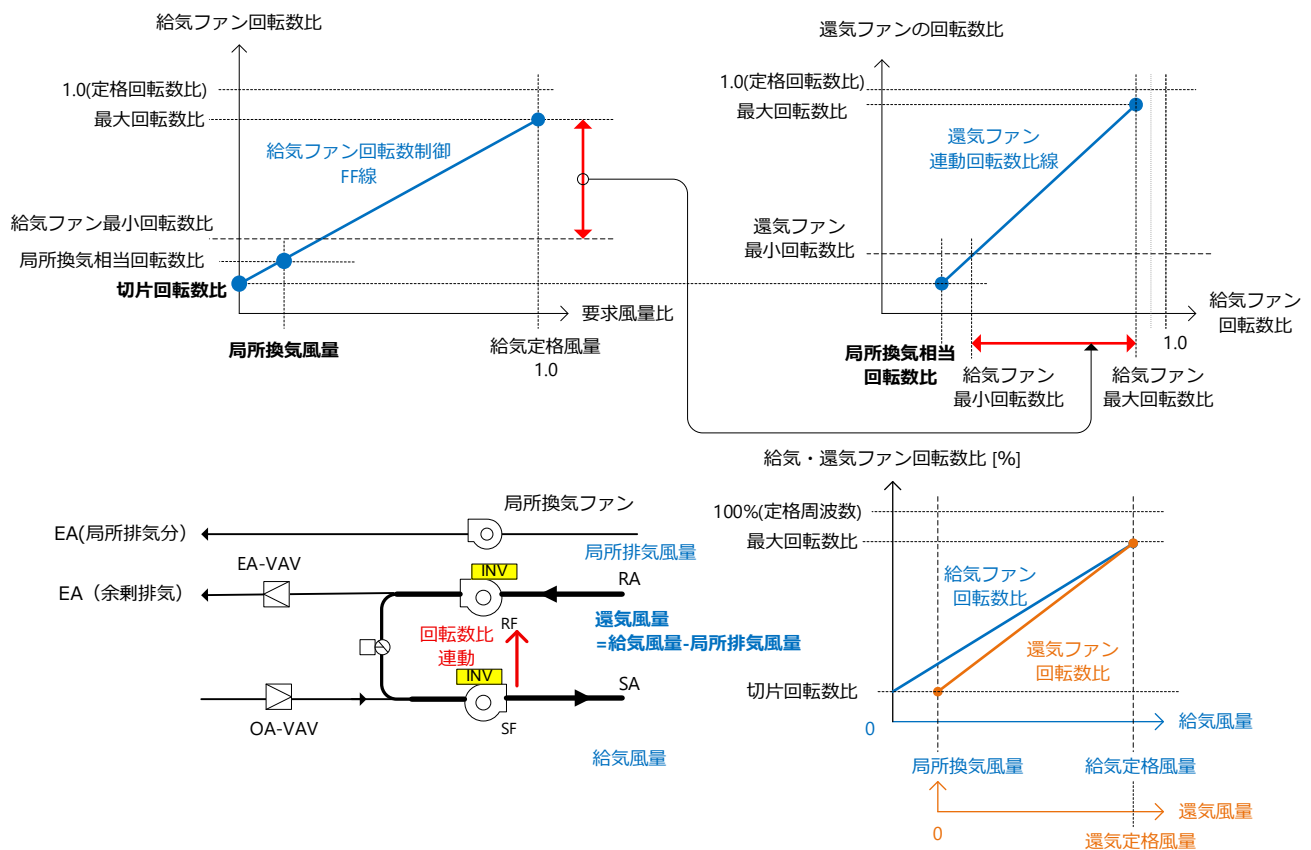


図-3.2.3 還気ファンの回転数制御

3.2.3 余剰排気ファンファンの回転数制御（エアバランス制御）

- 5 余剰排気ファンの回転数制御は、余剰排気要求風量（=OA 要求風量-局所排気ファン風量）による FF 制御と EA-VAV の静圧過不足情報による回転数の補正制御を行う。つまり、余剰排気風量は、基本的に EA-VAV の風量制御で確保されるが、EA-VAV が全開（静圧不足）になった場合は、余剰排気ファンの回転数を上げる、EA-VAV が 85%リミット以下（過剰）になった場合は下げる補正をして回転数を最適化する。
- 10 RA-MD 制御は、還気要求風量（=SA 要求風量-OA 要求風量）による FF 制御と OA-VAV 制御 EA-VAV の静圧過不足情報による回転数の補正制御を行う。

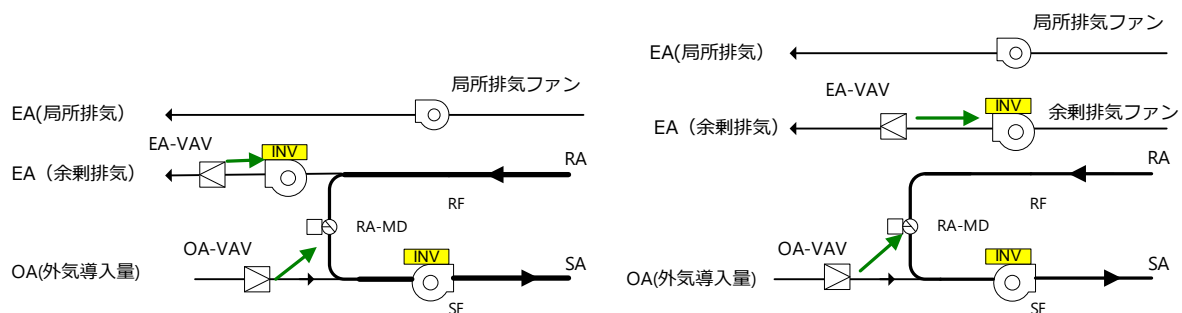


図-3.2.4 余剰排気ファン制御（図の緑の矢印は、VAV の静圧過不足情報の利用先を示す）

3.2.4 設計外気導入量・排気量一定制御

- 15 FPT 法における VAV 空調システムの要件として、変風量運転時においても、配下の VAV の要求風量に応じて給気ファンが制御され、かつ設計外気導入量および設計排気量を維持することを求めている。この要件を満たす制御は、設計主旨文書の段階で示され、承認された制御方式であることが前提となる。

(1) 外気ファンがない場合

a. 還気ファンがある場合

基本は、OA-VAV の風量制御で設計外気風量を確保するが、給気要求風量が低下すると OA-VAV が全開で静圧不足の状態となる。その際、還気ダンパ (RA-MD) を絞って抵抗をつけ、外気導入量を設計値に維持する制御である。図-3.2.5 に制御ロジックの説明図である。RA-MD 制御は、以下の 2 つの制御で構成している。

- 1) 還気要求風量(=給気要求風量-外気要求風量)による RA-MD 開度の FF 制御
- 2) OA-VAV の静圧過不足情報による回転数補正制御

なお、RA-MD の FF 線は、図 3.5.2 に示すように、RA-MD になるべく開くように上に凸の折れ線で設定し、静圧過不足補正制御の補正範囲を広く取る設定とする。これは、RA-MD でできるだけ抵抗が生じないようにするためである。

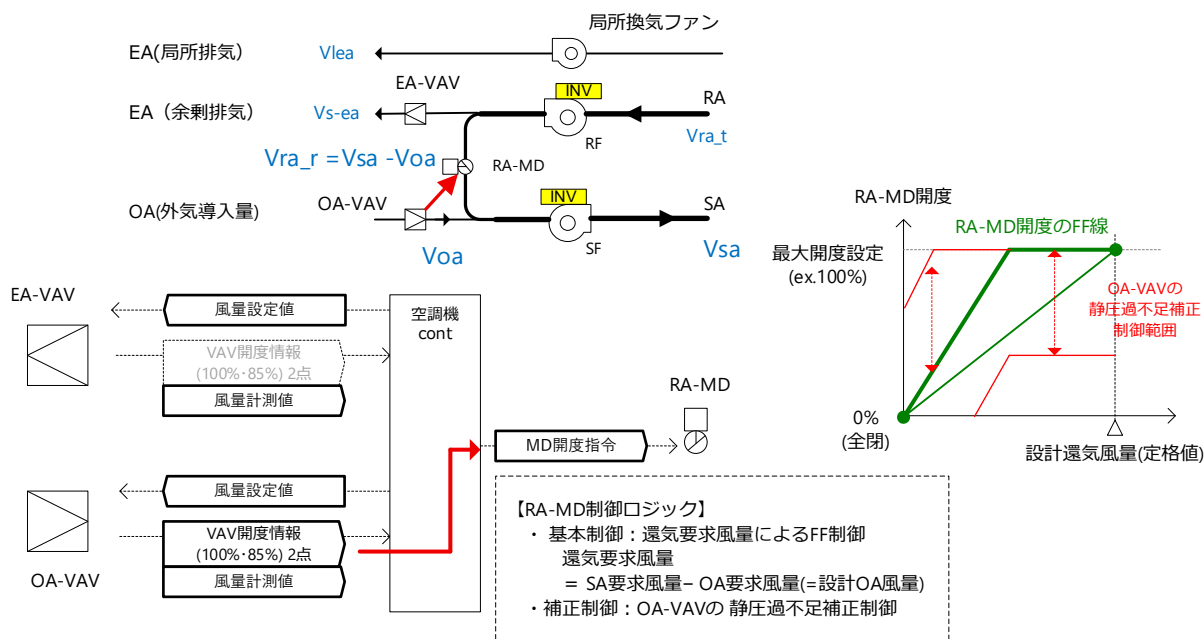


図-3.2.5 設計外気・排気風量を一定に保つ制御（外気ファン無しの場合）

b. 還気ファンがなく余剰排気ファンがある場合

3.2.3 節に記載した通りである。

(2) 外気ファンがある場合

外気ファンがある場合、設計外気量を一定に保つ制御は、OA-VAV と外気ファンの回転数制御で行う。一方、余剰排気量を一定に保つ制御は、還気ファンの有無で異なる。

a. 還気ファンがある場合

還気ファンがある場合は、RA-MD が必要であり、EA-VAV と RA-MD とで余剰排気量を維持する。図-3.2.6 に、この制御イメージを示す。RA-MD は、EA-VAV の静圧過不足情報による補正制御となる。

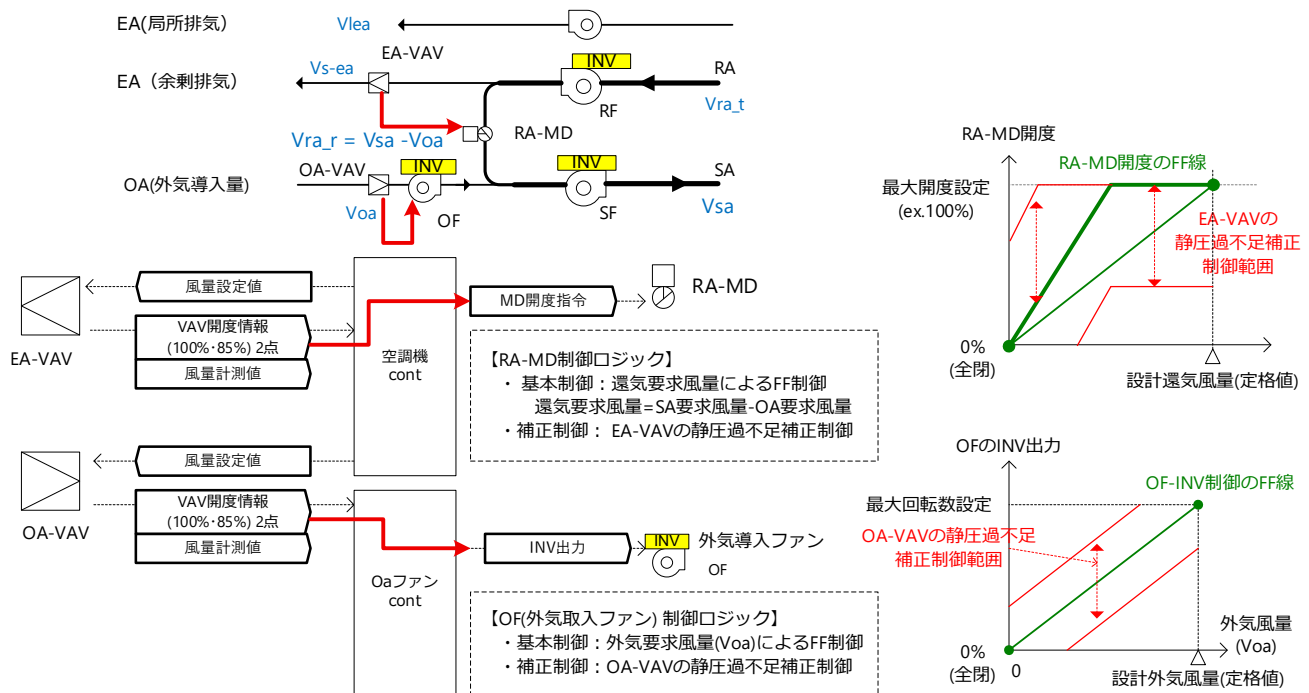


図-3.2.6 設計外気・排気風量を一定に保つ制御（外気ファン有・還気ファン有の場合）

b. 還気ファンがなく余剰排気ファンがある場合

図-3.2.7 に示すように還気ファンがない場合は、RA-MD は不要である。余剰排気ファンは、余剰排気要求風量による FF 制御を基本とし、EA-VAV の静圧過不足情報により回転数を補正する。外気導入ファンの制御は a.の還気ファンがある場合と同様である。

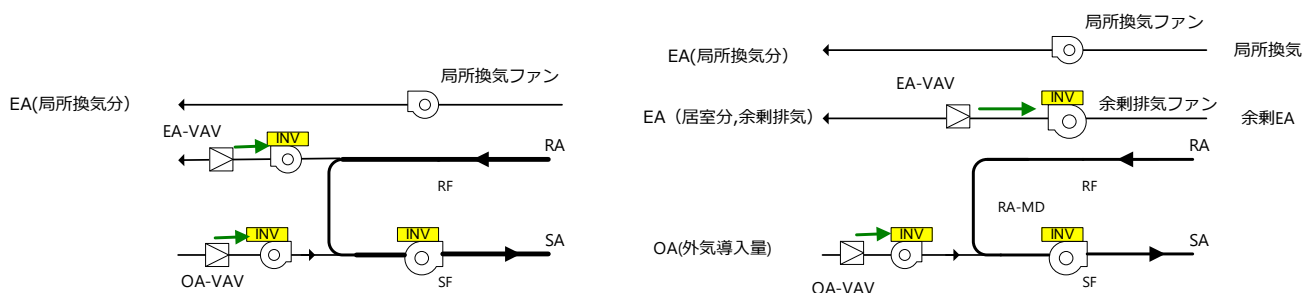


図-3.2.7 設計外気・排気風量を一定に保つ制御（外気ファン有・還気ファン無の場合、RA-MD 不要）

4. FPT 法におけるファン回転数制御の調整方法の解説

4.1 給気ファン回転数制御

4.1.1 FF 線調整方針

空調機給気ファンのコントローラには、FF 線（要求風量比（ Q_{dem} ）に応じて回転数比（インバータ周波数）を決定する一次式）を設定する。図-4.1.1 に示す FF 線の一次式は、2 点の要求風量比と、それぞれに対応する回転数比を定め、この 2 点を通る直線として決定される。図の AB 線は設計時の FF 線、A'B' 線は調整後の FF 線をイメージして記載している。本書では、この FF 線を決める右側の点を FF 線の右端点（A）、左側の点を FF 線の左端点（B）と呼ぶ。

通常、FF 線は要求風量比 0 を回転数比 0 と給気ファンの設計風量時を定格回転数（回転数比 1.0）として定め、回転数は静圧過不足による静圧過不足補正制御に委ねるとい調整がなされる。この調整は、どれか 1 台の VAV から「不足(全開状態)」が出続けると、全要求風量が少なくとも回転数は上がり続け定

格回転数に達することがあるという点が問題である。「不足」が出続ける要因は、風速センサの故障、異常な室内温度の設定、熱負荷特性の異なる小部屋からの要求など様々であるが、現実こうした不具合はよく見られる。

この課題を回避するため、FPT 法における調整方法では、FF 線を、あらゆる要求風量において風量不足が生じないように設定し、回転数補正制御では、上方補正を行わず下方補正のみを適用することを基本的な考え方としている（設計編 5.3.1 参照）。

なお、ファンの下限数回転数比は、機器保全の観点からファンメーカーが指示する値で、一般にファンの定格周波数に限らず 15Hz に相当する比率（ファンメカヒアリングによる、軸潤滑不良の回避などが理由）とされている。

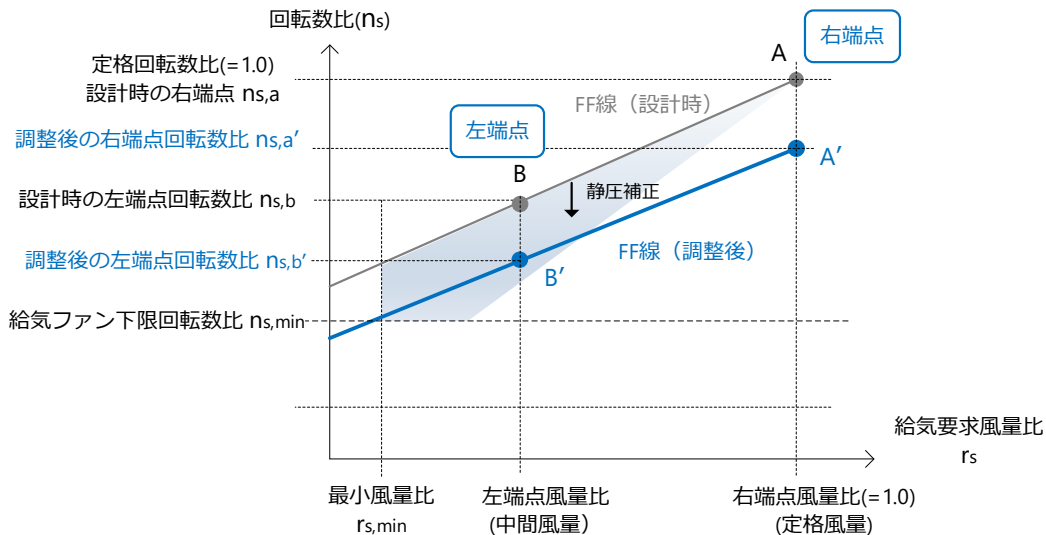


図-4.1.1 給気ファンのフィードフォワード線（FF線）

4.1.2 FPT 法に基づく FF 線の初期調整方法

FPT 法による初期調整では次のようにして FF 線を見出す。

(1) FF 線の右端点（ファン定格風量時の回転数比）の調整

まず、ファンの定格風量を、空調機から遠い側の VAV から順に最大風量を割り当てていき、近い側の VAV を最小風量に設定して、なるべく設計風量に近づくように微調整する（これを「遠方詰め」といい、図-4.1.2(1)に示す）。

なお、VAV の風量設定を最大風量または最小風量のいずれかに限定して、全風量を設計定格風量になるように微調整するのは、風量の調整作業時間を短縮するためであり、作業の合理性を考慮したものである。

この状態で、静圧過不足の総合判定が「適正」、すなわち「静圧不足」となる VAV が 1 台もなく、少なくとも 1 台の VAV が「静圧適正」で、その他は「静圧過剰」となるような回転数を求め、これを右端点（図-4.1.1 の A' 点）の回転数比とする。なお、図-4.1.1 の A 点は設計時の右端点であり、定格風量比 1.0 に対する回転数比は定格回転数比 1.0 である。設計時には、ダクト抵抗などに安全率を見込んで設計しているため、実システムでは A 点よりも小さい回転数となる A' 点になるのが一般的である（設計編 5.3.1 節参照）。

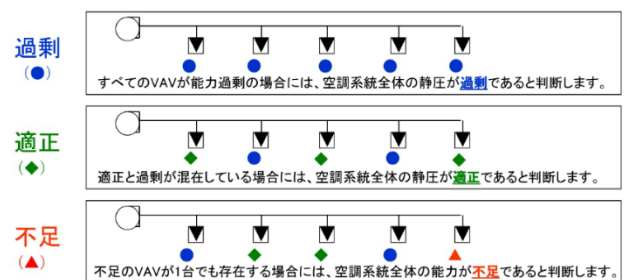


図-3.2.3(再掲載) 静圧過不足補正制御

(2) FF 線の左端点（中間風量時の回転数比）の調整

次に、適切な中間風量を設定し、(1)と同様に遠方詰めの方法で VAV の風量を調整する(図-4.1.2(2))。この状態で、静圧過不足の総合判定が「適正」となるような回転数を見出し、これを左端点(図-4.1.1 の B'点)の回転数比とする。VAV の風量設定を最大風量または最小風量のいずれかに限定する理由は、(1)と同様である。なお、適切な中間風量の決め方については後述する。

このようにして見出した A'点および B'点を結ぶ直線を、FF 線とする。

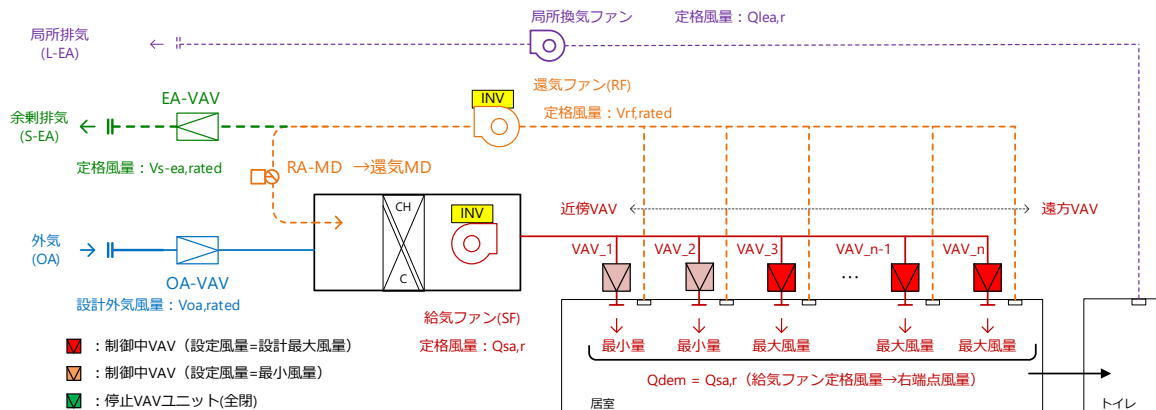


図-4.1.2(1) FF 線の右端点を定めるための VAV ユニットの風量設定方法

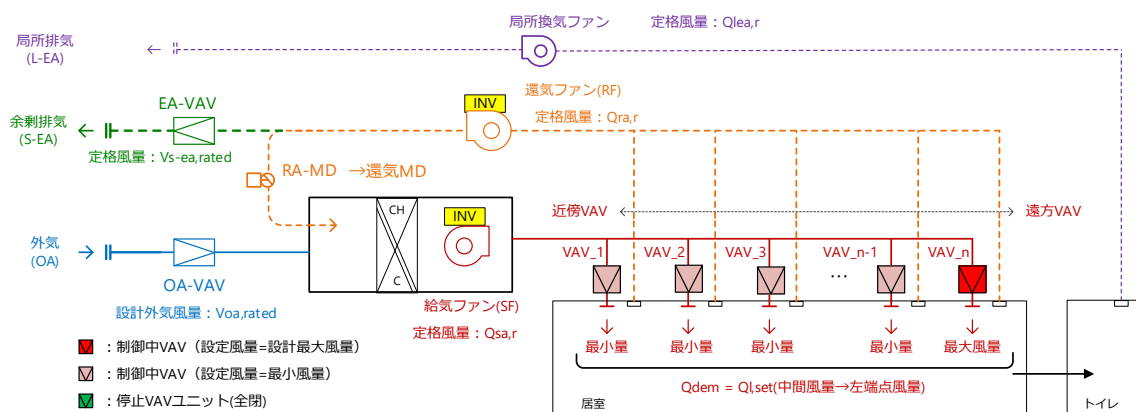


図-4.1.2(2) FF 線の左端点を定めるための VAV ユニットの風量設定方法

注) 給気ファン定格風量は、当該系統の設計最大負荷時の風量 (= 設計最大負荷/設計給気温度差) であり、当該空調機の配下の VAV の設計風量の合計値とはしないとして設計している。一般的には、“給気ファンの定格流量 は当該空調機の全 VAV ユニットの合計定格流量より小さい”。このことを前提に図-4.1.2(1)(2)は示している。

VAV 空調システムの運転において、設計外気風量 ($Q_{oa,r}$) を常に確保した状態で変風量制御を行う必要がある。設計外気風量を維持できる給気風量の最小値は、還気ダンパ (RA-MD) が全閉し、OA-VAV によって設計外気風量を確保している場合、すなわち給気風量が設計外気風量に等しくなる状態である。したがって、FF 線の左端点の風量としては、この設計外気風量を採用するのが妥当と考えられる。

しかし、図-4.1.4 に示すように、これよりも中間寄りの風量においては、先に示した給気最小風量との直線で結んだ FF 線よりも高い回転数比が必要となる場合がある(設計編、5.3.1 給気ファンの回転数制御とフィードフォワード線、【考察】を参照)。その結果、中間風量時に風量が不足する可能性があるため、この方法で左端点の風量を決めるのは妥当ではない。

左端点とする中間風量は、以下の【参考】に従い、定格風量の 40%を目安として B'点(図-4.1.1 の B'点)を定める。ただし、設計外気風量が定格風量の 40%以上である場合は、FF 線の左端点の風量として設計外気風量を採用する。

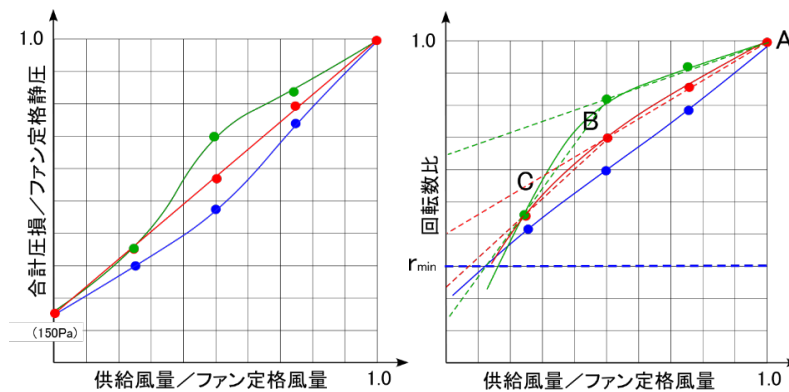


図-4.1.4 中間風量時の静圧と必要とする回転数（設計編、5.3.1【考察】から再掲）

【参考】

中間風量としてどこが適切かを判断するため、2 件の実案件を調査した。図-4.1.5 は、要求風量に対するインバータ出力の散布図である。左図の物件 A では、定格給気風量は $10,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 、右図の物件 B では $13,500 \text{ m}^3/\text{h}$ である。インバータ出力が低下し始める（すなわち、下方補正が作動し始める）風量は、物件 A で約 $3,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 、物件 B で約 $4,500 \text{ m}^3/\text{h}$ となっており、いずれも定格風量のおおよそ 1/3 に相当することがわかる。

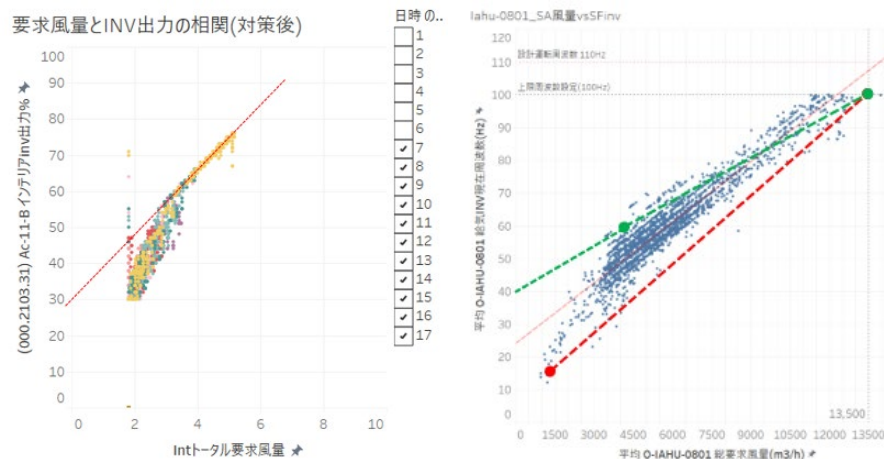


図-4.1.5 FF 線の設定と実測値（左図：物件 A、右図：物件 B）

これを根拠として、左端点の風量は定格風量（設計最大風量）の 1/3 からやや安全サイドの 40% ($=0.4 \times Q_{sa,r}$) とする。ただし、設計外気風量 ($Q_{oa,r}$) が定格風量の 40% より大きい場合には、定格風量の 0.4 では設計外気風量を確保できなくなるため、その場合は設計外気風量とする。

以上をまとめると、FF 線の左端点の風量は、給気ファンの定格風量の 0.4 ($=0.4 \times Q_{sa,r}$) と設計外気風量 ($Q_{oa,r}$) のいずれか大きい方とする (FF 線の左端点風量 $= \text{Max}(0.4 \times Q_{sa,r}, Q_{oa,r})$)。具体的には、以下のいずれかとなる（図-4.1.6）。

- 1) $0.4 \times Q_{sa,r} \geq Q_{oa,r}$ の場合：左端点の風量は $0.4 \times Q_{sa,r}$
- 2) $0.4 \times Q_{sa,r} < Q_{oa,r}$ の場合：左端点の風量は $Q_{oa,r}$

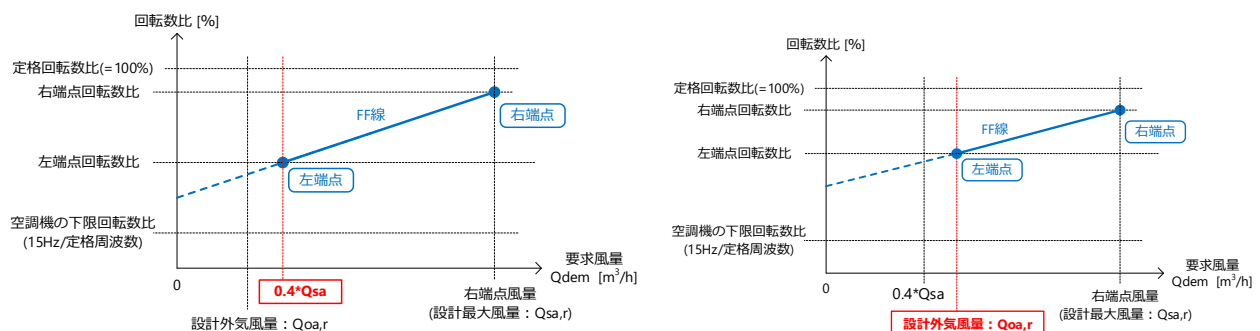


図-4.1.6 給気ファンの FF 線の左端点（左図： $0.4 \times Q_{sa,r} \geq Q_{oa,r}$ 、右図： $0.4 \times Q_{sa,r} < Q_{oa,r}$ ）

4.1.3 回転数補正制御の上下限補正設定

4.1.2 節で示した FF 線は、あらゆる要求風量において風量不足が生じないような設定となるので、回転数補正制御の上方補正は 0%（禁止）とし、下方補正のみ有効とする補正幅を設定する。

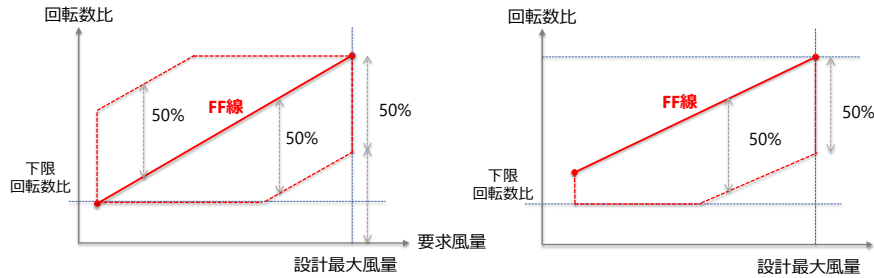


図-4.1.7 回転数補正制御の上下限補正設定（左図：従来、右図：FPT 法）

注）初期調整で FF 線を決めるときの空調機のフィルタ圧損は初期圧損値付近である。前記したように遠方詰めで FF 線を決めると、フィルタが最終圧損に近づいたら風量不足になることが懸念される。しかし、適性に空気温度差がついていれば最大風量を要求される状況は少ないと考えられるので、特にこの点を考慮する必要はない。

4.2 還気ファン回転数制御

還気ファンの回転数は、給気ファンの回転数比から 1 次式（還気ファン連動回転数比線）によって回転数比を求めて制御している。このデフォルト設定として給気ファンと等しい回転数比とされることもあるが、本 FPT 法では 1 次式とすることになっている（設計編、5.4.1 Type-A のエアバランスと必要な設計配慮、(6) 給気・還気ファンの最小風量と回転数制御を参照）。

図-4.2.1 は、給気ファン FF 線と還気ファン連動回転数比線の関係を示している。図の破線は設計時の 1 次式、青の実線は調整後の 1 次式を示している。

まず、還気ファン連動回転数比線の右端点は、給気定格風量比に対応する給気ファンの回転数比（すなわち給気ファンの最大回転数比）のときに、還気定格風量（＝給気定格風量－局所排気量）となる還気ファン回転数比（還気ファンの最大回転数比）を調整により見出すものである（図中 C' 点）。

一方、還気ファン連動回転数比線のもう一点の左端点は、次の手順で決める。

- 1) 給気ファン FF 線である A'B'線を給気風量 0 まで外挿し、この FF 線から切片（切片回転数比）および局所換気風量比に相当する回転数比（局所換気相当回転数比）を求める。
- 2) 還気ファン連動回転数比線の局所換気相当回転数比に対する還気ファンの回転数比を、前項で決めた切片回転数比とする。

すなわち、還気ファン連動回転数比線は右端点の C' 点が定まれば、左端点は給気ファン FF 線との関係によって自動的に決まる。

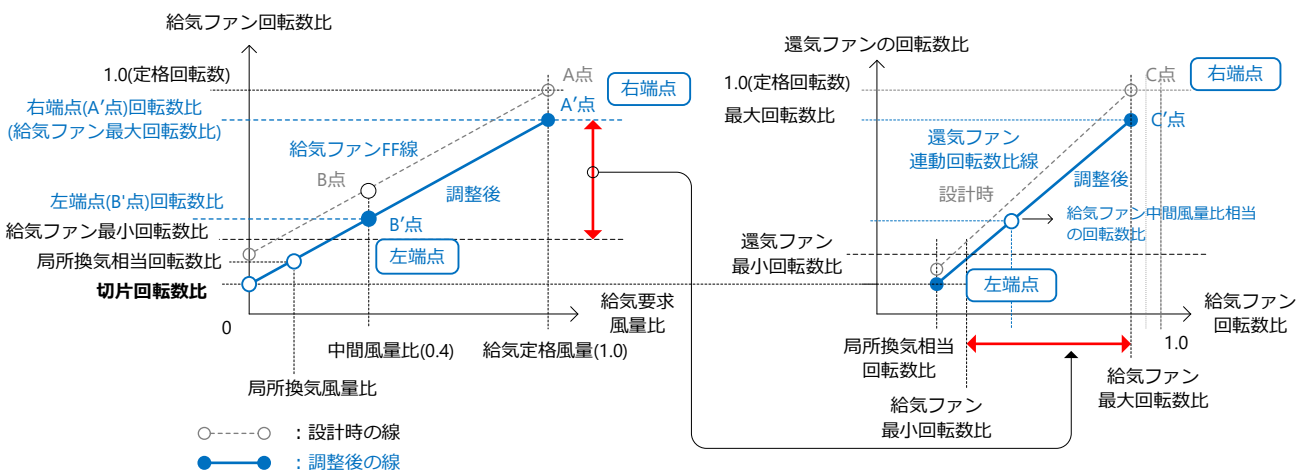


図-4.2.1 還気ファン連動回転数比線の調整方法

図-4.2.2 は、図-4.2.1 の還気ファン特性図の横軸を給気ファン回転数比ではなく、還気風量比で表したものである。還気風量は、給気風量から局所換気風量を差し引いた値となるため、還気ファン特性図では横軸を給気風量比に対して局所換気風量比だけ右にシフトし、給気風量が局所排気風量に相当する場合に還気風量が0となる関係を示している。

図より、給気ファンの最大回転数比に対応するのが還気ファンの最大回転数比であり、還気風量が0のときの還気ファン回転数比が、給気ファンの切片回転数比に一致する関係が理解できる。

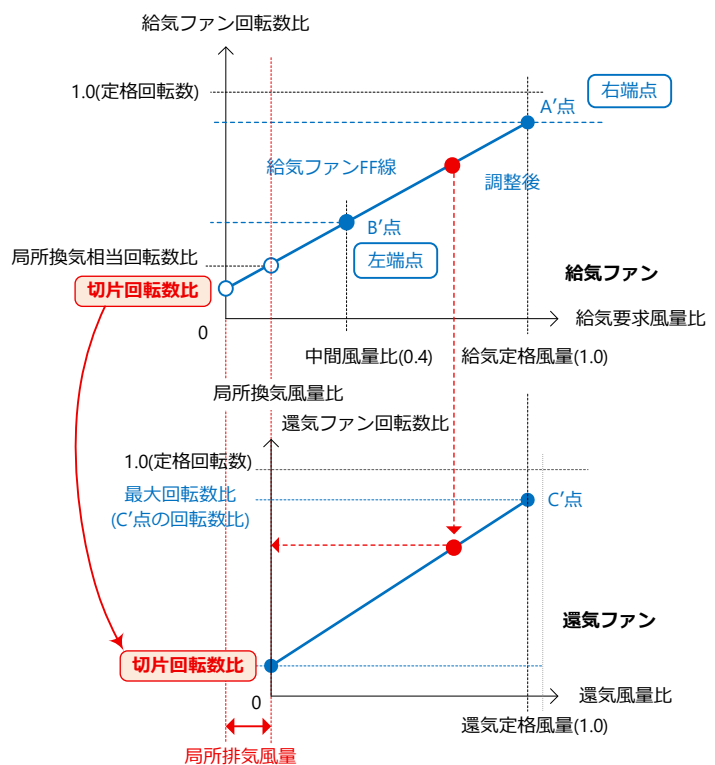


図-4.2.2 給気ファンと還気ファンの回転数比の関係

4.3 余剰排気ファン回転数制御

余剰排気ファンの回転数制御は、余剰排気風量を制御する EA-VAV の静圧過不足状態が、「静圧適正」状態を維持するように自動で制御されるため、特別な調整は不要である。ただし、給気風量が設計最大風量時に、EA-VAV が静圧適正状態のときに余剰排気ファンの回転数比を確認し、これを目安に最大周波数設定を決める。

4.4 還気 MD 制御

給気風量、還気風量が設計最大風量、外気風量が設計外気風量時に RA-MD は全開とする。その際、OA-VAV の静圧過不足状態が「適正」または「過剰」であることを確認する。OA-VAV が「不足」状態であれば、RA-MD を少しずつ絞り「静圧適正」になるように調整する。これが図-4.4.1 の右端点の RA-MD 開度設定となる。還気定格風量の100%から概ね50%付近まで RA-MD は同開度のまま維持し、これ以下の風量域では（風量0、開度0）の原点を結ぶ。これが、RA-MD のFF線（図-4.4.1の緑線）とする。

OA-VAV の静圧過不足補正制御範囲は、このFF線より上・下方に大きめに取っておく（図-4.4.1の赤破線両矢印の範囲）。

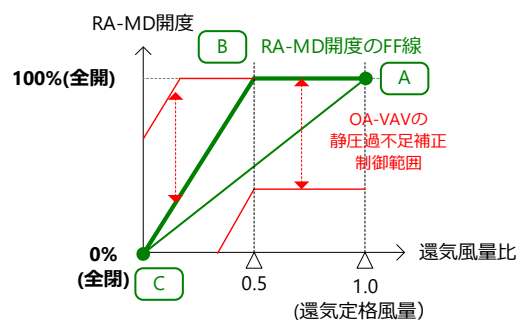


図-4.4.1 RA-DM 制御設定

注） RA-MD のFF線は、図-4.4.2に示すように、RA-MD になるべく開くように上に凸の折れ線で設定し、静圧過不足補正制御の補正範囲を広く取る設定とする。これは、RA-MD でできるだけ抵抗が生じないようにするためである。

4.5 外気ファン回転数制御

OA-VAV を全開にして、設計外気風量となる外気ファンの回転数を確認する。これを外気ファンの最大回転数とする。外気ファン回転数制御は、外気導入量を制御する OA-VAV の風量制御の静圧過不足状態が、「静圧適正」状態を維持するように自動で最大回転数以下に制御されるため、特別な調整は不要である。

5. 初期調整手順

初期調整とは、FPT 法において求められている調整作業をいう。

作業効率の向上および関係者の役割分担を明確にするため、初期調整はステップ 1 とステップ 2 の二段階に分けて実施する。

- 5 ステップ 1 では、自動制御業者（自動制御担当者）の常時立会いを必要としない調整作業を、主に機械設備工事担当者（現場施工管理者）が主体となって行う。対象は、機器の基本動作確認、定格運転時の各種調整（インバータ出力、エアバランス、モータダンパのデフォルト開度、外気導入量等）、各所風量計測など、自動制御による詳細な制御を伴わない工程であり、通常の機械設備工事で行う試運転調整に相当する。すなわち、特別な作業ではなく、ステップ 2 へ進むために必要な前提工程である。
- 10 ステップ 2 では、ステップ 1 の作業を適切に完了した後、通常の機械設備工事と同様に、自動制御業者が中心となり、機械設備工事会社のサポートを受けながら制御パラメータの調整や制御最適化作業を行う。ただし、FPT 法では、この工程に省エネ調整という特色を持たせ、その実施手順を明確に定めている。
- このように、初期調整を段階的に行うことで、自動制御業者の拘束時間を最小限に抑えつつ、効率的かつ確実な調整を実現する。

15 5.1 初期調整前準備

5.1.1 設置機器の仕様確認

- ・ 施工者は、VAV 空調システムに関する以下の情報を整理した【エビデンス 1】(表-5.1.1) を提出する。

(1) VAV ユニット仕様

- 1) 各 VAV ユニットの最大風量値と最小風量値
- 20 2) VAV の静圧(前後差圧)範囲
- 3) VAV の設置条件を満たしているかどうかを図面上で良・否チェックする。
- ・ VAV ユニットの設置個所がメーカーの規定する仕様(直管長 2D 等)に合っているかどうかを確認する。やむを得ず仕様に合致していない箇所に設置せざるを得なかった VAV ユニットの事前に把握しておく。
- 25 4) VAV コントローラの制御パラメータ「風量制御モジュールの最大要求風量・最小要求風量」の設定値
- ・ VAV コントローラの温度制御モジュールの PID 出力値でカスケードする風量制御モジュールの風量設定値として与える設定値の上下値である。

(2) 空調機・余剰排気ファン・局所換気ファン仕様

- 30 1) 空調機の設計給気温度差（冷房・暖房）
- 2) 設計外気導入量
- 3) 給気・還気/余剰排気ファンの設計最大風量（定格風量）・全静圧・軸動力・INV 周波数（運転点）
- * 外気ファンを設置する場合は、同様に記載すること。
- 4) 局所換気ファン（トイレ等）の設計風量、静圧・軸動力（運転点）
- 35 5) 空調機の給気・還気ファン、余剰排気ファンの下限周波数
- 6) 給気、還気/余剰還気ファンの設計最小風量
- 7) ダクト経路の圧損計算書
- 8) ファン（給気・還気・余剰排気・外気）の仕様書・特性線図

表-5.1.1 初期情報整理記録【エビデンス 1】

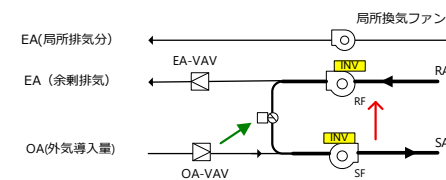
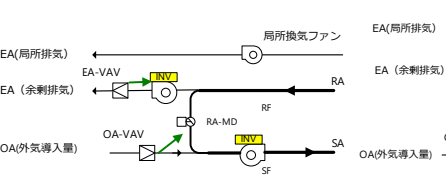
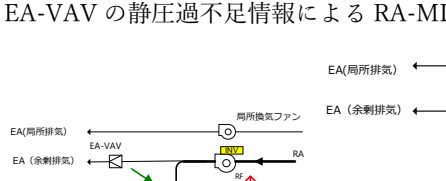
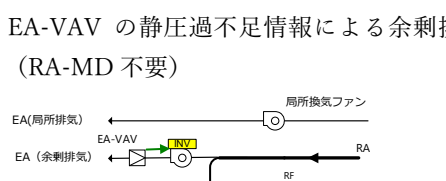
機器区分	記録項目	記録値
VAV ユニット	VAV ユニット最大風量設定値	〇〇 m3/h
	VAV ユニット最小風量設定値	〇〇 m3/h
	VAV ユニット供給限界最小風量	〇〇 m3/h
	VAV 静圧(前後差圧)範囲	〇〇Pa~〇〇Pa
	VAV コントローラの風量制御モジュール（風量制御範囲設定） ・風量設定値（温度 PI 制御結果のカスケード最大風量設定値） ・風量設定値（温度 PI 制御結果のカスケード最小風量設定値）	〇〇 m3/h 〇〇 m3/h
	VAV 設置条件（上流 2D 以上）	良/否
空調機	コイル冷風・温風定格温度差	〇〇 °C・〇〇°C
ファン ・給気ファン ・還気ファンまたは 余剰排気ファン * 変風量	運転点(定格値) *ファン仕様書より	
	1) 設計最大風量	〇〇 m3/h
	2) 設計最大風量時の静圧	〇〇 Pa
	3) 設計最大風量時の軸動力	〇〇 kW
	4) 設計最大風量時の周波数	〇〇 Hz
	設計最小給気風量値	〇〇 m3/h
	機器メーカーが指定する下限周波数	〇〇 Hz
	設計外気風量値	〇〇 m3/h
	設計余剰排気風量値	〇〇 m3/h
	ファン仕様書・特性線図	提出
局所換気 排気ファン * 固定風量	運転点(定格値) *ファン仕様書より	
	1) 設計最大風量	〇〇 m3/h
	2) 設計最大風量時の静圧	〇〇 m3/h
	3) 設計最大風量時の軸動力	〇〇 kW
	ファン仕様書・特性線図	特性線図
ダクト経路の圧損	ダクト経路の圧損計算書 ・給気ダクト ・還気・余剰排気兼用ダクト ・余剰排気ダクト ・外気導入ダクト	計算書
空調機機内静圧	・コイル圧損等（初期と最終）	〇〇Pa

5.1.2 制御仕様の確認

性能確認者は、施工者が提出する制御仕様書を確認し、【エビデンス 2】（表-5.1.2、制御内容確認表）を作成する。

表-5.1.2 制御内容確認表【エビデンス 2】

制御項目	確認項目	確認欄
居室 VAV ユニット制御	室内温度による PI 出力を風量設定にカスケードする制御であること	良
	VAV の静圧過不足状況がわかる信号がでていること	良
AHU 給気ファン回転数制御	給気ファン回転数制御は、FF 線で規定する FF 制御と VAV 静圧過不足情報による補正制御であること。	良
AHU 還気ファン回転数制御	給気量と還気量のエアバランスを維持するため、給気ファンの回転数比を入力とし、還気ファンの回転数比を給気ファン回転数比の一次式（これを「還気ファン連動回転数比線」と呼ぶ）で規定する、給気ファン回転数比連動制御であること。	良

外気導入量一定制御	外気導入量を設計外気風量に保つための制御が導入されていること。 1) 外気ファン無しの場合 ・ OA-VAV の風量制御と RA-MD 制御の連携	良
	2) 外気ファン有の場合 ・ OA-VAV の風量制御と外気ファン回転数制御の連携	良
余剰排気風量一定制御	エアバランス維持のため、余剰排気量を一定に保つための制御が導入されていること。 1) 外気ファン無し 1)-1 還気ファン有 - EA-VAV の風量制御のみ  1)-2 還気ファン無・余剰排気ファン有 - EA-VAV の静圧過不足情報による余剰排気ファンの回転数制御  2) 外気ファン有 2)-1 還気ファン有 - EA-VAV の静圧過不足情報による RA-MD の制御  2)-2 還気ファン無・余剰排気ファン有 - EA-VAV の静圧過不足情報による余剰排気ファンの回転数制御 (RA-MD 不要) 	良

5.1.3 注意すべき初期設定

(1) VD 全開確認

- ・ 当該空調システムのダクト系の VD が全て全開にする。

5

(2) ファンのインバータ本体のパラメータ設定

- ・ VF 特性の設定を、逡減トルク (ND) 特性 (加・減速時間、トルクブーストなど逡減トルク特性のデフォルト設定) する。
- ・ ファンインバータ本体の上限周波数設定値を定格周波数に、下限周波数設定値をメーカーが推奨する値に設定する (通常、下限周波数は 15Hz 程度)。

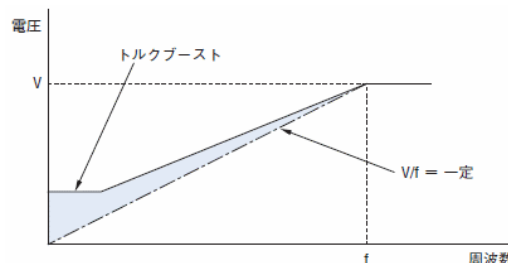
【インバータの設定上の注意】

インバータでは、周波数に応じて電圧を調整する。この制御方法を「V/f 制御」という。V/f 制御には、定トルク (HD: Hard Duty) 特性と低減トルク (ND: Normal Duty) 特性の 2 種類の運転特性モードがある。前者は、コンベアなどの搬送機械のように、回転速度が変化しても負荷トルクが一定の負荷を駆動する場合用のモード、後者は、ファンなど負荷トルクが回転速度に対して低減する負荷を駆動する場合用のモードである。空調設備で扱うファンのほとんどは、後者の ND 特性である。このモード設定を誤ると、省エネ運転にならないので注意が必要である。

【インバータのトルクブースト設定について】

モータ内部のインピーダンスにより電圧降下が生じるが、周波数のとりわけ低い領域では発生トルクが非常に小さくなる。そのため、インバータでは電圧降下分の電圧を補償する必要がある。この電圧降下の分だけ電圧を補償することを、一般的に「トルクブースト」という (下図)。

汎用インバータでは、下図のように周波数に対して固定的なブースト分を任意に設定できるようになっている。ファンなどの負荷は、低周波数領域でのトルクが定格時に比べて二乗で減速するため、トルクブーストを大きくする必要はない。この設定値が適切かどうか注意する。なお、インバータのメーカー・機種によっては、負荷 (電流値) を見ながら、ブースト電圧を自動調整する機能を持つ機種もある (例: 安川電機)。このような機能をもつインバータを使用した場合には、この点は問題ない。



5.2 ステップ 1 調整

ステップ 1 調整の実施項目は、以下の通りである。

1) 給気側定格調整

- ・ 給気側定格風量 (設計風量) 時の居室の給気側制気口の設計風量調整・計測・記録
- VAV 配下の各給気制気口風量を設計風量に調整
- VAV ユニット本体の計測風量の正しさ確認

2) 還気側定格調整

- ・ 還気ファンの設計最大風量・最大周波数調整
- ・ 還気側制気口の計測・記録

5.2.1 調整条件の設定

自動制御業者が立ち会わなくてもよいように、自動制御業者は以下の設定を行っておく。

- 1) 給気・還気・余剰排気ファン回転数制御は無効とする。
 - * 外気ファンがある場合、これも回転数制御は無効
- 2) 外気 (OA・EA) VAV は、設計風量に設定し自動制御状態にする。
- 3) RA-MD は全開固定する。
- 4) 居室 VAV は設計最大風量に設定した風量制御にしておく (風量制御モジュールだけを活かす)。

表-5.2.1 ステップ 1 実施時の制御モジュールの有効/無効設定

対象装置	制御項目	含まれる制御モジュール	有効/無効
VAV ユニット (居室)	室内温度制御	温度制御モジュール	無効
		風量制御モジュール	有効 (設定: 設計最大風量)
空調機 (AHU)	給気ファン回転数制御	要求風量制御による FF 制御	無効 (定格周波数固定)
		居室 VAV 群の静圧過不足補正制御	無効
	還気ファン回転数制御 * 還気ファンがある場合	給気ファンの回転数比連動制御 (給気ファン回転数比出力の 1 次式 (還気ファン連動回転数比線) で換気ファン回	無効 (定格周波数比固定)

		転数比を規定する連動制御)	
	給気温度制御		無効
	給気温度リセット制御		無効
OA-VAV	設計外気量一定制御	OA-VAV の風量制御	有効(設定:設計外気風量)
		RA-MD 制御	無効(全開固定)
EA-VAV	設計排気風量一定制御 * 設計排気風量 =設計 OA 風量-局所換気風量(定数)	EA-VAV の風量制御	有効(設定:設計排気風量)
余剰排気ファン *余剰排気ファンがある場合	余剰排気ファン回転数制御	余剰排気風量による FF 制御	無効
		EA-VAV の静圧過不足補正制御	無効(定格周波数比固定)
外気導入ファン *外気ファンがある場合	外気導入ファン回転数制御	要求風量による FF 制御	無効(定格周波数比固定)
		OA-VAV の静圧過不足補正制御	有効

5.2.2 局所換気風量の調整

局所換気ファンを起動し、局所排気風量を設計値に調整・記録する。これは、EA-VAV の風量設定を「設計外気風量 - 局所排気風量」とする条件を確保するためである。【エビデンス 3】(表-5.2.2) に記録する。

5.2.3 給気側制気口設計風量調整

5 (1) 給気側制気口の設計風量調整・計測・記録

この段階は、各給気制気口で設計風量が出ていることのエビデンスとして計測結果を記録する。これは、一般の施工現場の試運転調整で行われる作業であるが、計測の際の条件を明確にしている。

図-5.1.1 に示すように、各 VAV ユニットの downstream には、一つあるいは複数の制気口がある。この制気口全ての風量を計測する。風量計測は、空気調和・衛生工学会スタンダード「[換気・空調設備の現場風量測定法 \(SHASE Standard 117-2017\)](#)」に準拠する。この時、各制気口で設計風量となるように、制気口シャッター(図-5.2.1 の S_{out})を調整する。

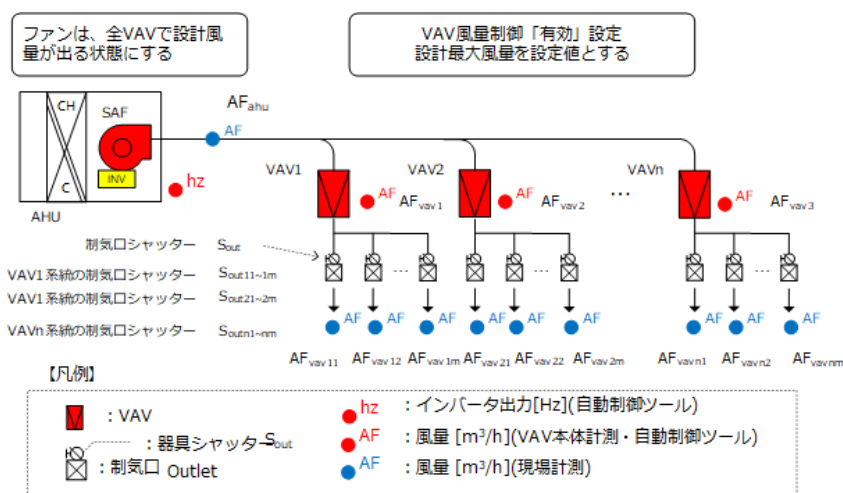


図-5.2.1 VAV 空調システムと風量計測箇所

手順は、以下の通りである。

- 1) 遠方詰めで VAV ユニットの設計風量合計が、給気ファンの定格風量 (設計最大風量) となるようにして、これらの VAV ユニットの起動する (図-5.2.2)。
- 2) 局所換気ファンを起動する。

3) 給気・還気ファンのインバータ周波数を定格周波数にして起動する。

- * 居室の VAV ユニットの設計最大風量に設定されているのでその風量になるように VAV ユニットの風量制御する。ファンは定格周波数の時が最大出力であるため、配下の VAV ユニットの静圧過不足状態は、「静圧過剰」のものが多数になる可能性が高いが、この段階では、給気制気口の定格風量調整と計測・記録を行うのが目的なので問題ない。

5

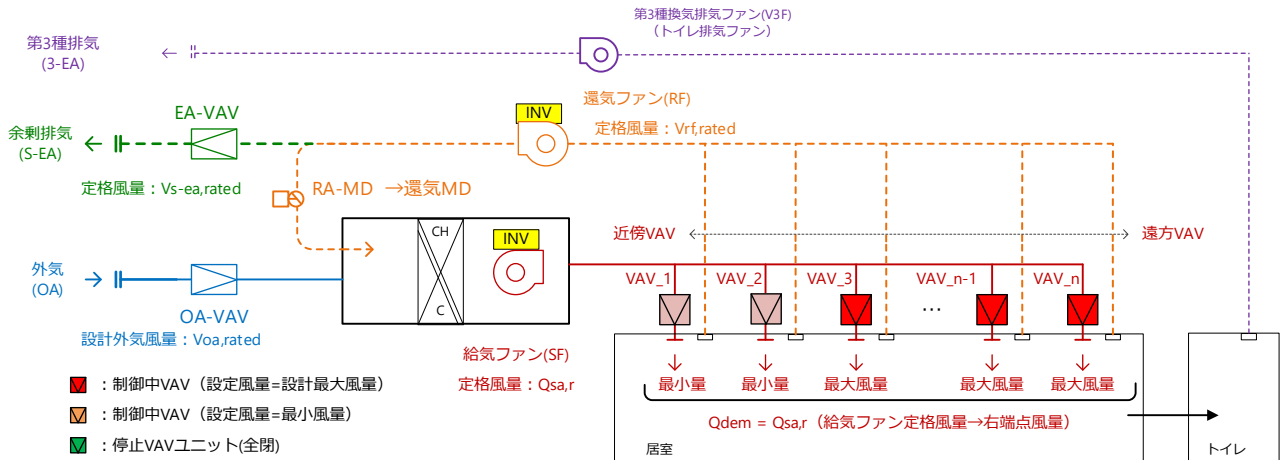


図-5.2.2 給気側制気口計測時の VAV の開け方

4) 外気導入量が、OA-VAV で設計風量になっていることを実測と VAV 本体計測値とで確認・記録する。差が 10% 以上の場合は、OA-VAV の設置条件や設定を確認する。

10

外気ファンがある場合は、外気ファンを起動し、OA-VAV の静圧過不足状態が「不足」にならない回転数比に調整し、その回転数比で固定する。【エビデンス 3】(表-5.2.2)

5) 余剰排気風量が、EA-VAV で設計風量になっていることを実測と VAV 本体計測値とで確認・記録する。差が 10% 以上の場合は、EA-VAV の設置条件や設定を確認する。【エビデンス 3】(表-5.2.2)

15

余剰排気風量 = 設計外気風量 - 局所換気風量

6) この状態で各 VAV の配下にある制気口の風量が設計風量になるように制気口シャッタ等で調整する。(VAV 配下の制気口の合計風量 = VAV 風量)。各制気口で設計風量であることを示すエビデンスとして計測結果を記録する。【エビデンス 3】(表-5.2.2)

20

(2) VAV 本体センサ計測値と現場実測風量の整合確認・補正

VAV ユニット内の風速センサから風速値により、VAV コントローラ内で計算される VAV 風量 (これを「VAV 計測風量」と呼ぶ) が、制気口での実測値と比較して誤差が許容範囲内 ($\pm 10\%$ 以内) であることを確認することがこのステップの目的である。

25

VAV ユニット配下の各制気口での測定値が設計風量となるように調整するとともに、VAV 計測風量と制気口の実測風量合計値 (これを「VAV 実測風量」と呼ぶ) との整合を確認する。これを行えば、以後、自動制御ツールで確認できる VAV 計測値で確認しながら初期調整が行えるようになる。この作業は、(1) の状態に続いて実施する。

手順は以下の通りである。

1) VAV 実測風量が正しい値として、VAV 計測風量の誤差 ($| \text{VAV 計測風量} - \text{VAV 実測風量} | / \text{VAV 実測風量}$) が、許容値 (10%) 以下であれば、VAV 計測風量は正しいと判断する。許容値を超えていたら、VAV 計測値を VAV コントローラの風量補正パラメータを調整して、補正を行う。

30

- * VAV コントローラは一般的に、VAV ユニットの風速センサの信号を受け、コントローラ内部で風量を計算する機能がある。初期設定は、VAV メーカーが自動制御メーカーから支給されたツールを使って設定される。これを現

場計測で、許容値を超えていると判断したら、同ツールを用いて現場で風量補正パラメータを調整する。この作業の後には、自動制御メーカーのツールで確認できる VAV 計測風量を実際の値として扱えるものとする。

2) VAV ユニットの遠方詰め起動時に、起動していなかった VAV ユニットの計測風量と実測風量を確認するため、起動する VAV をこれに切換えて、同様に VAV ユニットの計測値と実測値の差がないことを確認する。許容値を超えていた、1)と同様に補正する。

3) VAV の設計最大風量の測定結果をまとめる【エビデンス 3】(表-5.2.2)。
このとき、給気風量も参考に計測して記録する。【エビデンス 3】(表-5.2.2)。

5.2.4 還気側制気口設計風量調整

(1) 還気ファンの定格風量の確認

5.2.3 の状態、すなわち、居室 VAV は設計最大風量値に設定した風量制御で給気ファンを定格回転数にして給気が定格風量の状態で、還気ファンを定格回転数比にした状態で、EA-VAV 風量を EA-VAV の計測値で、還気風量を還気ダクトで計測をする。その結果が、それぞれ、排気定格風量、還気定格風量(=給気定格風量 - 局所排気風量)であることを確認する。この風量計測結果を【エビデンス 3】(表-5.2.2)に記録する。

手順は、以下の通りである。

- 1) VAV ユニットを遠方詰めで開けて、要求風量合計(給気)が設計最大風量となる状況を作る。この時、給気ファンは定格周波数とする。(5.2.3 の状態)
- 2) EA-VAV の風量計測値が、排気定格風量(=OA 定格風量-局所排気風量)であること、還気風量が還気定格風量であることを、「給気風量(=VAV ユニットの計測風量値の合計値)－局所換気風量(定数)」で判断し、結果を確認・記録する(【エビデンス 3】(表-5.2.2))。

(2) 還気制気口のバランス調整

(1)の還気ファンの設計風量・最大周波数調整に続いて本来なら以下のようなバランス調整をすべきであるが、初期調整でこれを行うのは時間的に困難である。これについては、還気経路の設計時に留意されているものとして特に行わない。

【バランス調整手順】

- 1) ファン近傍側のエリアから還気制気口で風量計測を行い、出過ぎがあれば制気口シャッタ等で調整する。最遠点の制気口の風量が設計風量以上を維持しているかどうかを VD 調整の都度、確認する

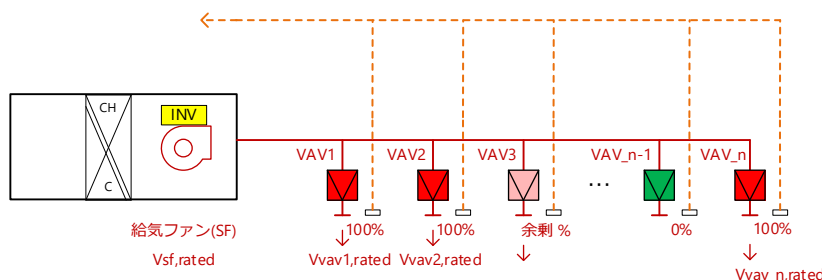


図-5.2.3 還気制気口バランス調整時の VAV ユニットの開け方 (近傍詰め条件)

- 2) この過程で、前出の C 点の還気ファンインバータ周波数を微調整が必要な場合がある。
- 3) ファン近傍側のエリアから還気制気口で風量計測を行い、出過ぎがあれば調整する。最遠点の制気口の風量が設計風量以上を維持しているかどうかを VD 調整の都度、確認する

表-5.2.2 ステップ 1 調整結果【エビデンス 3】

確認項目	実測値	判定基準	判定
局所換気ファン風量設計値確認	*** m3/h	設計風量±10%以内	良
OA-VAV 外気導入量設計値確認		(実測風量-VAV 計測風量)/実測風量	良

- ダクト実測風量	*** m3/h	が±10%以内	
- VAV 計測風量	*** m3/h		
EA-VAV 余剰排気風量設計値確認 実測風量	*** m3/h	(実測風量-VAV 計測風量)/実測風量 が±10%以内	良
- VAV 計測風量	*** m3/h		

確認項目	実測値	判定基準	判定
給気側制気口 1 実測風量	*** m3/h	設計風量 ± 10% 以内	良
..			
給気側制気口 n 実測風量	*** m3/h	設計風量 ± 10% 以内	良

VAV	実測風量	VAV 計測風量	測定精度良否	VAV 計測風量補正後	判定
VAV1	〇〇m3/h	〇〇m3/h	実測に対して VAV 計測風量が ±10%以内で「良」、「否」で あれば、VAV 計測風量の補正 実施	・ 否の場合のみ、 〇〇m3/h と記載 ・ また、補正パラメー タも値も記録する	良
VAV2					良
...					良
VAVn					良
(以下を計測・記録) ステップ 1 時の給気風量実測値			*** m3/h		
確認項目		実測値	判定基準		判定
・ 還気定格風量であることを（「給気風量- 局所換気風量」で確認		*** m3/h	還気風量の実測値が設計値の ± 10% 以内		良
・ 排気定格風量であることを EA-VAV で 確認		*** m3/h			

5.3 ステップ 2 調整(省エネ調整)

5 ステップ 1 調整の後に実施するのが、機械設備工事業者（現場施工管理者）と自動制御業者（自動制御担当者）が協働で、自動制御を有効にして行う調整である。この段階では、省エネを目的として、自動制御における各種制御パラメータを適正值に設定する。

10 VAV 空調システムにおいては、図-5.3.1 に示す給気ファン FF 線および還気ファン連動回転数比線の設定が主な調整項目となる。給気ファン FF 線の右端点は、給気定格風量（設計最大風量）時のファン回転数比とし、左端点（中間風量）は、給気風量が定格風量の 0.4 付近、またはそれが設計外気風量を下回る場合には、設計外気風量時の回転数比として設定する。

図-5.2.1 に調整の流れを示す。

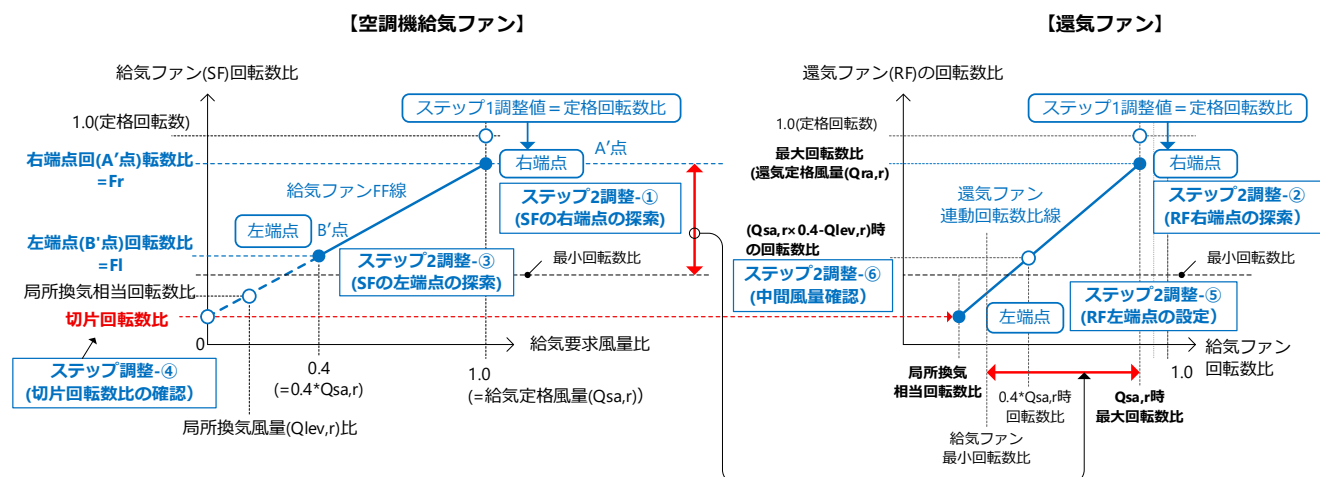


図-5.3.1 給気・還気ファンの FF 線（青実線：ステップ 2 整後手順）

- ① 給気ファン FF 線における給気定格風量時の回転数比（最大回転数比）を求め、右端点とする。
- ② ①で求めた右端点に対応する還気ファン回転数比、すなわち還気定格風量時の還気ファン回転数比（還気ファンの最大回転数比）を求める。
- ③ 給気ファン FF 線の左端点、すなわち給気風量が定格風量の約 0.4 倍となるときの回転数比を求める。これにより、給気ファンの FF 線を決定する。
- ④ ③で決定した給気ファン FF 線から、給気風量が 0 のときの回転数比（切片回転数比）および局所換気風量時の回転数比を求める。
- ⑤ 還気ファンの左端点は、④で求めた局所換気風量時の回転数比および切片回転数比とする。

5.3.1 給気ファン FF 線・還気ファン連動回転数比線の右端点の決定

(1) 調整条件の設定

FF 最大風量点の回転数比の調整は、以下の条件設定をして行う。

- 1) 還気モータダンパ（RA-MD）制御の初期設定を図-5.3.2 のようにして「有効」にする。

- ・ 還気要求風量による FF 制御：FF 線設定は、A 点・B 点・C 点(原点)を結ぶラインとする。

A 点（還気風量比（100%）、RA-MD 開度全開（100%））

B 点（還気風量比（50%）、RA-MD 開度全開（100%））

C 点（原点）（還気風量比（0%）、RA-MD 開度全閉（0%））

- * ここでは、3 点設定可能である自動制御コントローラを想定しているが（A-B-C ライン）、そうでない場合は 2 点（A-C ライン）となる。

- ・ OA-VAV の静圧過不足補正制御：補正量設定を下方 60%

この FF 線の設定（図-5.3.2 の緑線）の意図は、できるだけ RA-MD の開度は全開にして抵抗を付けないような状態とし、給気風量が大きく減ってきたら絞り始めるという意図で還気風量比が 100~50%までは全開とし、ここから風量が低下するに従って全閉まで制御する。ただし、OA-VAV の静圧過不足状態が「不足」状態になれば、不足がなくなるまで RA-MD を絞るように静圧過不足補正範囲を下方に大きくとる（図-5.3.2 の赤線）。

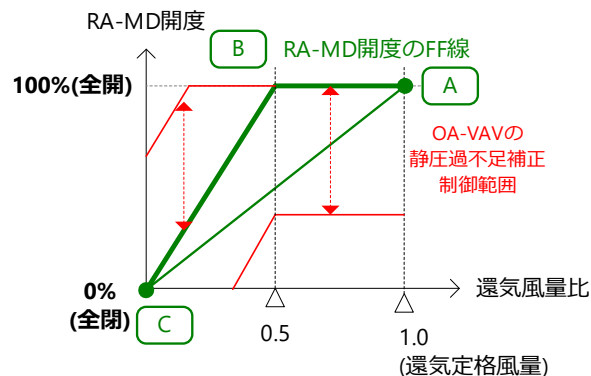


図-5.3.2 RA-MD 制御初期設定

- 2) 外気 VAV（OA-VAV、EA-VAV）は設計外気風量に設定した制御状態にする。

- 3) 居室 VAV を遠方詰めで給気風量が定格風量（設計最大風量）になる状態にする（図-5.3.3）。

- * 当該空調機の給気ダクト系統に接続された VAV については、空調機の定格給気風量に合わせて、各 VAV の設定風量を調整する。具体的には、遠方側の VAV から順に、可能な限り設計最大風量に設定していき、途中で設定可能な上限に達し、それ以上の VAV を最大風量に設定できない場合は、それらをすべて最小風量に設定する。このようにして、VAV 全体の合計風量が空調機の定格給気風量に近づくよう調整を行う。

遠点の判断は、単に物理的な距離が長いかどうかだけでなく、ステップ 1 調整の過程で風量が出にくかった VAV 群を優先して行う。

- 4) 給気ファン回転数制御を要求風量制御・静圧過不足制御を「無効」にし、周波数比の設定値を定

格周波数比としておく（図-5.3.1 に示す給気ファンの図にあるステップ 1 調整-①）。

* この段階では、給気ファン周波数は手動操作

5) 還気ファンの回転数制御は無効にする。

6) 余剰排気ファン、外気ファンがある場合は、これらの制御を有効にする、すなわち、外気導入量、排気風量が設計値に維持される状態にする。

5

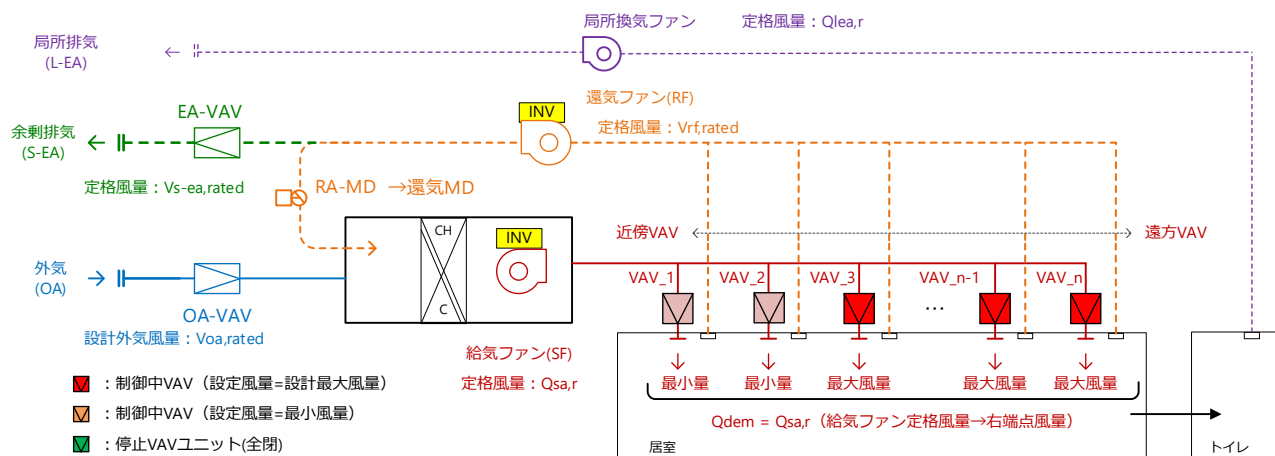


図-5.3.3 FF 線の給気定格風量点（右端点）を決めるための VAV ユニットの開け方

表-5.3.1 FF 最大風量点（右端点）の回転数比決定のための制御モジュールの有効/無効設定

対象装置	制御項目	含まれる制御モジュール	有効/無効
VAV ユニット (居室)	室内温度制御	温度制御モジュール	無効
		風量制御モジュール	有効
空調機(AHU)	給気ファン回転数制御	要求風量制御による FF 制御	無効（調整初期値：定格回転数比）
		居室 VAV 群の静圧過不足補正制御	無効
	還気ファン回転数制御 * 還気ファンがある場合	給気ファンの回転数比連動制御 (給気ファン回転数比出力の 1 次式で換気ファン回転数比を規定する連動制御)	無効調整初期値：定格回転数比
	給気温度制御	-	無効
	給気温度リセット制御	-	無効
OA-VAV	設計外気量一定制御	OA-VAV の風量制御	有効（設定：設計外気風量）
		RA-MD 制御	有効（初期設定、図-5.3.2）
EA-VAV	設計排気風量一定制御 * 設計排気風量 =設計外気風量-局所換気風量(固定)	EA-VAV の風量制御	有効（設定：設定排気風量）
余剰排気ファン *余剰排気ファンがある場合	余剰排気ファン回転数制御	余剰排気風量による FF 制御	有効
		EA-VAV の静圧過不足補正制御	
外気導入ファン *外気ファンがある場合のみ	外気導入ファン回転数制御	外気要求風量による FF 制御	有効
		OA-VAV の静圧過不足補正制御	

(2) 調整手順

a. 給気ファンの FF 線の右端点の回転数比（最大回転数比）の決定手順

(ステップ 2 調整-①)

1) (1)の調整条件設定の状態でファンを全て起動する。

2) 給気ファン回転数制御を「無効」にし、居室 VAV ユニット群の少なくとも 1 台が「静圧適正」状態になるまで給気ファンの回転数比を手動調整する。

* 全ての居室 VAV ユニットが「静圧適正」状態（VAV ユニット開度 85%以上 100%未満）となるのが理想だが、ダクト経路の近傍と遠点で圧損がことなるため難しい。「静圧不足」状態（開度全開）がなく、少なくとも 1 台が「静圧適正」状態、その他は「静圧過剰」状態（開度 85%未満）となるところが最適なポイントとなる。

3) 2)の時、静圧「適正」状態の VAV がどれであったかを記録する。この VAV が最も必要静圧が大きい（圧損が大きい）VAV である。この情報は、5.3.2 節の中間風量点（左端点）の調整に用いる。

4) 2)の時の給気ファンの回転数比を右端点とする。

5) OA-VAV の静圧過不足状態が「不足」になっていないことを確認し、RA-MD の開度を確認し記録する。この開度が RA-MD の必要な最大開度設定である。一般に、この時の RA-MD の開度は全開になっていると想定される。もし RA-MD が全開になっていない場合は、図-5.3.4 に示すように A・B 点の RA-MD 開度をこの時の開度に設定変更する。

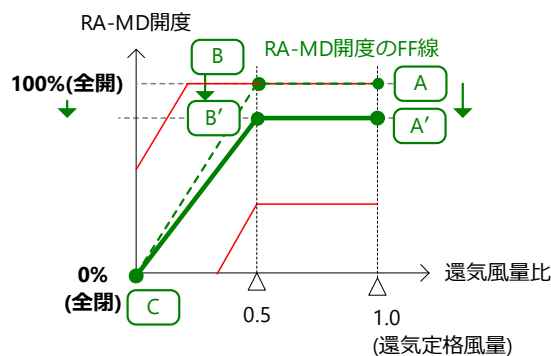


図-5.3.4 RA-MD 開度の FF 線調整

b. 還気ファン連動回転数比線の右端点の回転数比（最大回転数比）の決定手順

(ステップ 2 調整-②)

1) a.の後に排気(EA)-VAV の風量実測値と静圧過不足状態および還気ファン風量(=給気風量実測値-OA 風量実測値)を確認する。

なお、給気ファンは回転数制御を無効の状態を維持し、右端点の給気ファンの回転数比は a. で決定した値に固定しておく。

i. EA-VAV が全開（静圧不足）の場合

・ EA 風量が定格値を満たせていない可能性があるので、還気ファン回転数制御の FF 線の最大回転数比設定値を徐々に上げる。

・ 「静圧適正」状態になった時の回転数比を右端点とする。

最終的に還気ファン風量が定格風量 $\pm 10\%$ 以内であることを確認する。

ii. EA-VAV が「静圧適正」(適正開度、85%以上 100%未満) の場合

・ この状態でよい。最終的に還気ファン風量が定格風量 $\pm 10\%$ 以内であることを確認する。

iii. EA-VAV が「静圧過剰」(85%未満) の場合

- ・ 「静圧適性」状態になるまで還気ファン回転数制御の FF 線の最大回転数比設定値を徐々に下げる。
- ・ 「静圧適正」状態になった時の回転数比を右端点とする。
最終的に還気ファン風量が定格風量 $\pm 10\%$ 以内であることを確認する。

5 5.3.2 給気ファン FF 線の左端点（中間風量点）の決定

給気ファンの FF 線の左端点は、中間風量として給気定格風量の約 40%時の回転数比の点、還気ファン連動回転数比線の左端点は、給気ファンが局所換気風量比の時の回転数比と切片周波数の点となる（詳細は 4.2 節参照）。

(1) 調整条件の設定

10 給気ファン FF 線の中間風量点(定格風量の 40%付近)の回転数比の調整は、以下の条件設定をして行う。

- 1) 外気 VAV (OA-VAV、EA-VAV) は設計外気風量に設定した制御状態にする。
* 余剰排気ファン、外気ファンがある場合は、これも制御を有効にする。
- 2) 還気モータダンパ (RA-MD) の自動制御「有効」を維持する。
- 3) 還気ファン回転数制御の還気ファン連動回転数比線の右端点を 5.3.1 節で決めた回転数比、もう
15 一点を原点とした仮設定にして有効にする (図-5.3.5)。つまり、中間風量点も給気ファンの回転数は手動で調整するが、還気ファンはその給気ファンの回転数比に連動して自動制御する状態にする。これは作業の合理化のためである。

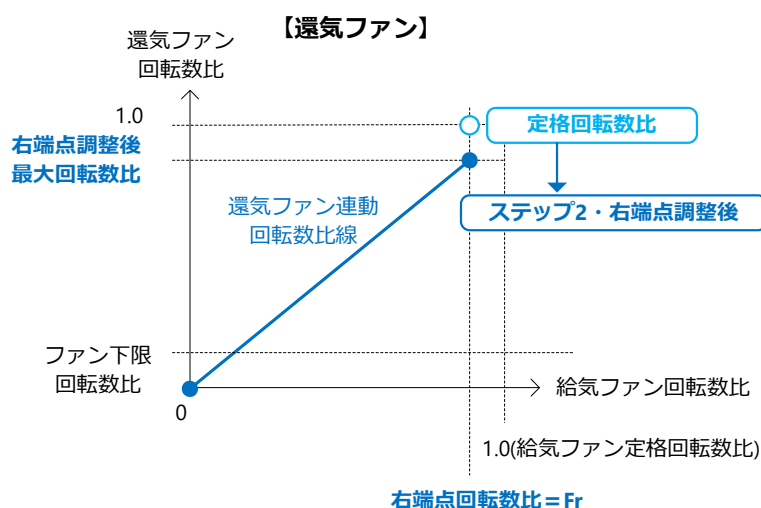


図-5.3.5 中間風量点（左端点）調整時の還気ファンの FF 線設定

- 20 4) 居室 VAV を遠方詰めで給気風量が定格風量の 0.4 付近になる状態にする (図-5.3.6)。なお、最遠点の VAV は、右端点の回転数比を決める際に明らかになった VAV(適正開度となった VAV)とする。
* 当該空調機の給気ダクト系統に接続された VAV については、空調機の定格給気風量の 0.4 程度となるように、各 VAV の設定風量を調整する。
- 25 最遠点の VAV (ダクト圧損が最も大きい VAV) の特定は、まず 5.3.1 における右端点の調整時に風量が出にくかった VAV 群を確認し、次に物理的に距離が遠い VAV 群の順で判断する。これらを基準に、給気定格風量がおおよそ 40%となるよう、遠い VAV から順に設計最大風量に設定し、最もファン静圧が必要な状態を作る。
- 30 5) 給気ファン回転数制御を要求風量による FF 制御・静圧過不足補正制御は「無効」として、回転数比の手動設定値を 40%にしておく（左端点を決める調整前の初期値として設定、初期値を 40%にしている理由は中間点風量として設計最大給気風量の 0.4 としているためであり、このあたり

から調整をスタートする)。還気ファンの回転数比は、3)により給気ファン回転数に連動して動く。

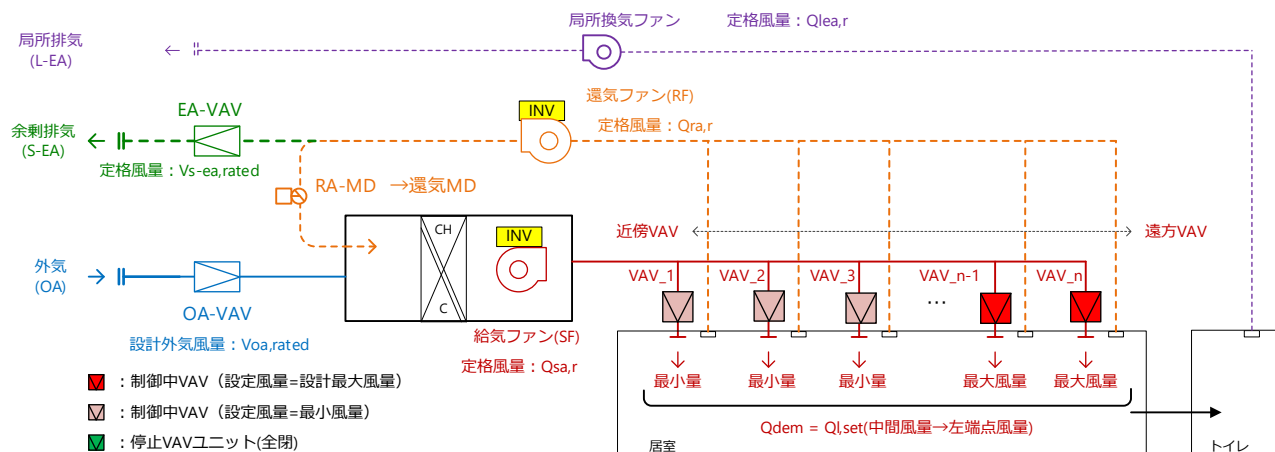


図-5.3.6 FF線の間風量点（左端点）を決めるためのVAVユニットの開け方

表-5.3.2 FF線の間風量点（左端点）の回転数比決定のための制御モジュールの有効/無効設定

対象装置	制御項目	含まれる制御モジュール	有効/無効
VAV ユニット (居室)	室内温度制御	温度制御モジュール	無効
		風量制御モジュール	有効
空調機(AHU)	給気ファン回転数制御	要求風量制御による FF 制御	無効（調整初期回転数比：40%）
		居室 VAV 群の静圧過不足補正制御	無効
	還気ファン回転数制御 * 還気ファンがある場合	給気ファンの回転数比連動制御 (給気ファン回転数比出力の 1 次式で換気ファン回転数比を規定する連動制御)	有効（ステップ 2 の左端点調整後の 1 次式、図-5.3.5）
	給気温度制御	-	無効
OA-VAV	設計外気量一定制御	OA-VAV の風量制御	有効（設定：設計外気風量）
		RA-MD 制御	有効（設定、図-5.3.5）
EA-VAV	設計排気風量一定制御 * 設計排気風量 =設計外気風量-局所換気風量(固定)	EA-VAV の風量制御	有効（設定：設計排気風量）
余剰排気ファン *余剰排気ファンがある場合	余剰排気ファン回転数制御	余剰排気風量による FF 制御	有効
		EA-VAV の静圧過不足補正制御	
外気導入ファン *外気ファンがある場合のみ	外気導入ファン回転数制御	外気要求風量による FF 制御	有効
		OA-VAV の静圧過不足補正制御	

5 (2) 調整手順

a. 給気ファンの FF 線の左端点（中間風量点）の回転数比の決定手順（ステップ 2 調整-③）

- 1) (1)の調整条件設定の状態でファンを全て起動する。
- 2) 起動している居室 VAV ユニット群のいずれかが「静圧適正」状態になるまで給気ファンの回転数比を調整する。
- 3) この時の給気ファンの回転数比を左端点の回転数比とする。
- 4) OA-VAV の静圧過不足状態が「不足」になっていないことを確認し、RA-MD の開度を確認し記録する。給気風量 40%付近のときに、RA-MD 制御による開度がどの程度まで絞るのかを把

握する。給気風量が設計外気風量と等しくなった時には、RA-MD が全閉になり還気風量 0 のオールフレッシュの状態となる。

b. 還気ファン連動回転数比線の左端点の決定手順（ステップ 2 調整-④・⑤・⑥）

- 1) 給気ファン FF 線の右端点・左端点が決定したら、これを結ぶ直線として定義する 1 次式が確定する。この FF 線から、給気風量が 0 のときの回転数比（切片回転数比）および局所換気風量時の回転数比（局所排気回転数比）を求める。（ステップ 2 調整-④）
- 2) 1)の局所排気回転数比と切片回転数比を還気ファン連動回転数比線の左端点とした還気ファン連動回転数比線に設定する（図-5.3.7）。（ステップ 2 調整-⑤）

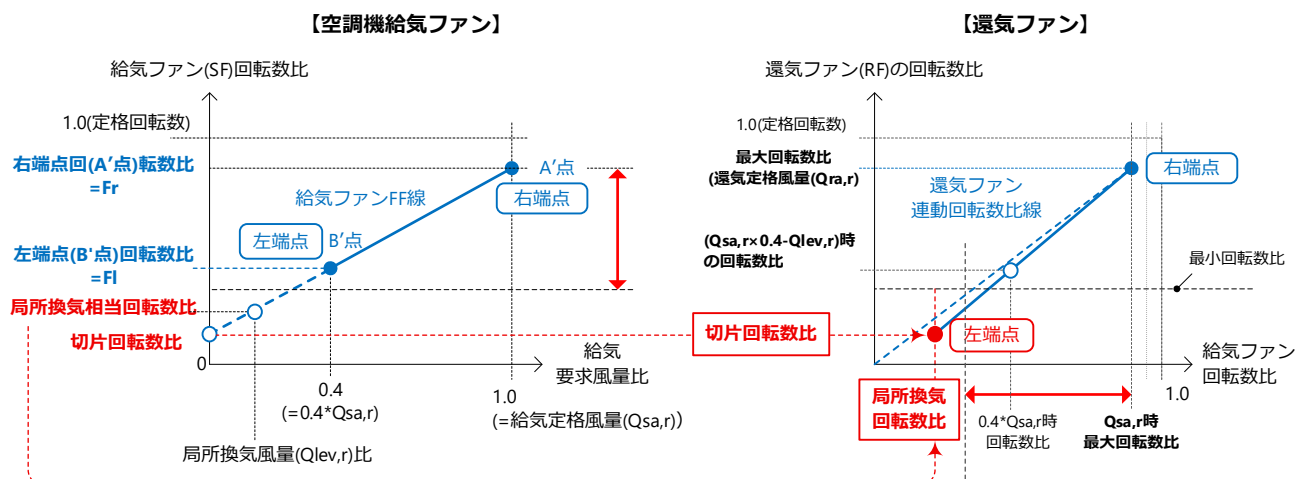


図-5.3.7 環気ファン連動回転数比線の左端点の決め方

c. 給気中間風量点の時の還気風量の適正化確認（ステップ2調整-⑥）

- 1) この時、図-5.3.6 の FF 線の間風量点（左端点）を決めるための VAV ユニットの開け方を維持した状態である。これを維持した状態で、給気ファン FF 線、還気ファン連動回転数比線を設定し、両回転数制御とも有効にした状態にする。
- 2) EA-VAV が「静圧不足」(全開)になっておらず、排気風量が設計値付近であることを確認する。

5.3.3 給気ファン静圧過不足補正制御の変動幅の設定

給気ファン静圧過不足補正制御は、給気ファン FF 線の下方側にのみ補正されるように設定する。

- 1) FF 線よりも上方補正を 0 に設定する（上方補正禁止）。
- 2) FF 線よりも下方補正をデフォルトの 50% とする。

注) FF 線で各要求風量に対する給気ファンの周波数比の上限とすることで、どこかの居室 VAV ユニットの風速センサ異常で「静圧不足」が出続け、補正制御で周波数比が上昇し続けるといった問題が解消できる。

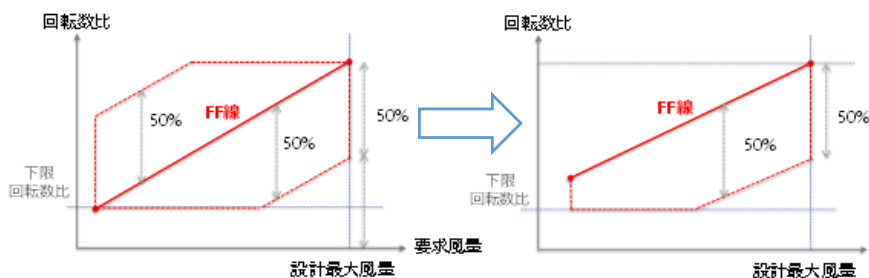


図-5.3.5 FF 線を上限周波数比とした静圧過不足制御（補正は FF 線よりも上側には作動しない）

5.3.4 FF 線調整時の風量計測値及び FF 線の設定

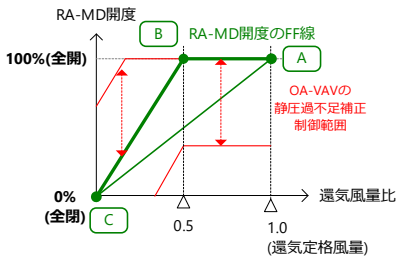
ステップ 2 の調整で決定した給気・還気ファンの FF 線の設定と給気・還気ファンの FF 線の右端点 (FF 最大風量点)、左端点 (FF 中間風量点) の時、表 5.3.3 (【エビデンス 4】) の各所実測結果の記録を行う。また、表-5.3.4 (【エビデンス 5】) に示す自動制御パラメータ設定値の記録を行う。

5 表-5.3.3 給気 FF 線右端点 (定格風量点)・左端点 (中間風量点) の実測結果【エビデンス 4】

測定項目		測定結果	備考
空調機給気ファンの定格風量点 (右端点)	給気ファン回転数	〇〇Hz	
	給気ファン消費電力	〇〇kW	
	給気ファン風量	〇〇m³/h	
	還気ファン回転数	〇〇Hz	
	還気ファン消費電力	〇〇kW	
	余剰排気ファン消費電力	〇〇kW	余剰排気ファンがある場合
	外気導入ファン消費電力	〇〇kW	外気導入ファンがある場合
	局所換気ファン消費電力	〇〇kW	
	外気風量	〇〇m³/h	OA-VAV 風量計測
	OA-VAV 静圧過不足状態		
	排気風量	〇〇m³/h	EA-VAV 風量計測
	EA-VAV 静圧過不足状態		
	RA-MD 開度 (出力)	〇〇%	
	各 VAV ユニット - 風量 - 静圧過不足状態	〇〇m³/h 過剰/適正/不足	
	最遠の上位 3 VAV ユニット	VAV〇〇	風が流れにくかった VAV 上位 2 ユニットの記載
		VAV〇〇	
空調機給気ファンの中間風量点 (左端点) * 定格風量の 0.4 付近と 設計外気風量の内、 大きい方を中間風量とする。	給気ファン回転数	〇〇Hz	
	給気ファン消費電力	〇〇kW	
	給気ファン風量	〇〇m³/h	
	還気ファン回転数	〇〇Hz	
	還気ファン消費電力	〇〇kW	
	外気風量	〇〇m³/h	OA-VAV 風量計測
	OA-VAV 静圧過不足状態		
	排気風量	〇〇m³/h	EA-VAV 風量計測
	EA-VAV 静圧過不足状態		
	RA-MD 開度 (出力)	〇〇%	
	各 VAV ユニット風量	〇〇m³/h	VAV 風量計測
	各 VAV ユニット - 風量 - 静圧過不足状態	〇〇m³/h 過剰/適正/不足	
	最遠の上位 3 VAV ユニット	VAV〇〇	風が流れにくかった VAV 上位 2 ユニットの記載
		VAV〇〇	

表-5.3.4 給気ファン FF 線・還気ファン連動回転数比線・RA-MD 制御の設定値【エビデンス 5】

測定項目	設定/計測値	判定基準・備考
<設計値・仕様値>		
給気ファン定格風量 (=設計給気最大風量=給気定格風量)	〇〇m³/h	設計値
還気ファン定格風量 (=設計還気最大風量=還気定格風量)	〇〇m³/h	設計値
設計外気風量 (=OA-VAV 設計風量)	〇〇m³/h	設計値

設計排気風量 (=EA-VAV 設計風量) = 設計外気風量 - 局所排気風量	〇〇m ³ /h	設計値
局所換気ファン定格風量	〇〇m ³ /h	設計値
給気ファン定格回転数	〇〇Hz	仕様値
還気ファン定格回転数	〇〇Hz	仕様値
余剰排気ファン定格回転数 * 余剰還気ファンがある場合	〇〇Hz	仕様値
外気ファン定格回転数 * 外気ファンがある場合	〇〇Hz	仕様値
<SA・RA ファン回転数制御設定>		
給気ファン FF 線 1) 右端点の設定風量・設定の回転数比 (最大回転数比設定) 2) 左端点の設定風量・設定の回転数比	〇〇m ³ /h 〇〇%(〇〇Hz) 〇〇m ³ /h 〇〇%(〇〇Hz)	
還気ファン連動回転数比線 1) 右端点 ・ 給気ファンの右端点の回転数比の時の還気ファンの回転数比 (最大回転数比) 2) 左端点 ・ 局所換気風量比の給気ファン回転数比に相当するの還気ファンの回転数比 (給気ファンの風量 0 時の回転数比 (切片周波数比))	〇〇% (〇〇Hz) 〇〇% (〇〇Hz)	
還気 MD 制御の FF 線: 還気風量と MD 開度の関係 ・ A 点の (還気風量比、RA-MD 開度) ・ B 点の (還気風量比、RA-MD 開度) ・ C 点の (還気風量比、RA-MD 開度) ・ OA-VAV の静圧過不足補正範囲設定 	(〇〇%, 〇〇%) (〇〇%, 〇〇%) (〇〇%, 〇〇%) 上方: 〇〇% 下方: 〇〇%	デフォルトは、以下の設定 (100%、100%) (50%、100%) (0%、0%) 50% 50%
<SA ファン静圧過不足補正制御の設定>		
補正範囲設定	上方: 0% (固定) 下方: 〇〇%	FF 線の下側へのシフトのみ
1 回当たりの補正量設定	〇〇%	
補正判定周期設定	〇〇sec	

6. 機能性能試験

初期調整を終えた後、VAV 空調システムのすべての制御モジュールを有効化し、機能性能試験として所定の条件を設定し、その際の消費電力を実測することが望ましい。しかし、空調機は 1 棟あたりの設置数が多く、初期調整とは別に機能性能試験を改めて実施することは、施工者にとって大きな負担となる。特に、条件設定後に制御が安定するまでの時間を要する点が課題である。

このため、機能性能試験では、自動制御を有効にした動作確認のみとする。風量とファンの消費電力の関係を把握するための詳細な計測・記録作業は実施せず、初期調整のステップ 2 (省エネ調整) における定格風量点 (右端点) および中間風量点 (左端点) の各所計測結果 (表-5.3.3 参照) を使用する。

なお、エネルギー評価に関係するファンとは、給気ファンと還気ファンであり、余剰排気ファン、局所換気ファンは含めない。

6.1 制御動作試験

6.1.1 試験条件の設定

- 1) 給気温度リセット制御を除く、自動制御の各モジュールを全て有効にする（表-8.1.1）。
- 2) VAV ユニットの、最遠点（経路圧損の最も大きい）の VAV だけは要求風量を設定最大風量になるようにし、その他の VAV は通常制御状態とする。

表-6.1.1 機能性能試験における自動制御の有効/無効設定

対象装置	制御項目	含まれる制御モジュール	有効/無効
VAV ユニットの (居室)	室内温度制御	温度制御モジュール	無効
		風量制御モジュール	有効
空調機(AHU)	給気ファン回転数制御	要求風量制御による FF 制御	有効
		居室 VAV 群の静圧過不足補正制御	有効
	還気ファン回転数制御 * 還気ファンがある場合	給気ファンの回転数比連動制御 (給気ファン回転数比出力の 1 次式で換気ファン回転数比を規定する連動制御)	有効
	給気温度制御	-	無効
	給気温度リセット制御	-	無効
OA-VAV	設計外気量一定制御	OA-VAV の風量制御	有効
		RA-MD 制御	有効
EA-VAV	設計排気風量一定制御 * 設計排気風量 =設計外気風量・局所換気風量(固定)	EA-VAV の風量制御	有効
余剰排気ファン *余剰排気ファンがある場合	余剰排気ファン回転数制御	余剰排気風量による FF 制御	有効
		EA-VAV の静圧過不足補正制御	
外気導入ファン *外気ファンがある場合のみ	外気導入ファン回転数制御	外気要求風量による FF 制御	有効
		OA-VAV の静圧過不足補正制御	

6.1.2 機能試験手順

- 1) 居室 VAV の要求風量合計を、①設計最大風量（給気定格風量）付近、②定格風量の 0.4 の中間風量付近（定格風量の 0.4 が設計外気風量より小さい場合は、設計外気風量）の 2 点の要求を作りそれぞれ、
 - a. 全 VAV で静圧「不足」状態が発生しないこと
 - b. 外気導入量（OA-VAV 風量）と余剰排気ファン風量（EA-VAV 風量）とが設計外気・余剰排気量であり、OA-VAV、EA-VAV の静圧過不足状態が「不足」でないことを確認する。
- 2) VAV の開け方は、最遠点（経路圧損の最も大きい）VAV だけは、設計最大風量になるようにする。その他の VAV は、VAV 停止や設定風量を恣意的に与えるなどして、①、②の要求風量に合わせる。
- 3) 与えた要求風量と良否判定を記録する（表-6.1.2 【エビデンス 6】）。

表-6.1.2 機能試験の結果 【エビデンス 6】

測定項目		要求風量	良否判定結果
VAV 要求風量合計値	設計最大風量（給気定格風量）付近	〇〇m3/h	良・否
	給気定格風量の 0.4 付近	〇〇m3/h	良・否

6.2 搬送エネルギー計算

6.2.1 風量比とファン消費電力の算定方法の概要

初期調整のステップ 2 調整（省エネ調整）において、給気ファン FF 線、還気ファン連動回転数比線が決まる。還気ファン連動回転数比線は、還気風量比（＝（給気風量－局所換気風量）/定格還気風量）と還気ファン回転数比の関係 1 次式（これを「還気ファン FF 線」とよぶ）に変換する。

給気ファンの消費電力の計算は、設計時の計算と同様に、給気ファン FF 線より、最大風量比（1.0）から設計外気風量比の 2 点とその間を 4 分割した風量比計 5 点に風量比 0 の点を加えた 6 点に対する回転数比を求める（図-8.2.1 の青線：給気 FF 線）。この 6 組の給気風量比と回転数比に対する給気ファンの軸動力をファンの特性曲線あるいはファン特性のモデル式によって求める（設計編、5.5.1 参照）。

還気ファンの消費電力の計算は、給気ファンの場合と同様に、6 組の給気風量比に対応する還気風量比における還気ファンの回転数比を、還気ファン FF 線から求める（図-8.2.1 の橙線：還気 FF 線）。この 6 組の還気風量比と回転数比に対する還気ファンの軸動力をファンの特性曲線あるいはファン特性のモデル式によって求める（設計編、5.5.2 参照）。

6.2.2 計算手順

(1) 給気ファンの風量比と消費電力の 3 次式の係数の算出

- 1) 最大風量比（1.0）から設計外気風量比の 2 点とその間を 4 分割した風量比計 5 点に風量比 0 を加えた 6 点の回転数比（図-6.2.1 の左図）を、初期調整で決めた給気 FF 線から求める。
- 2) 6 組の風量比と回転数比に対するファンの軸動力を給気ファンの特性曲線または給気ファン特性モデル式から軸動力を計算する。
- 3) ファン特性曲線から求めた最大風量比の軸動力と最大風量時の実測消費電力の比からファンとインバータの複合効率を算出する。
- 4) 2)の軸動力を 3)の複合効率の逆数をかけて各点の消費電力を求める。
- 5) 6 組の風量比と消費電力比（ファンモータの定格出力に対する消費電力の比）をもとにして最小二乗法により給気風量比と給気ファン消費電力比の 3 次多項式による回帰式の係数を求める（図-6.2.2 の左図）。

$$\text{給気風量比} = \text{給気風量} / \text{給気定格風量}$$

$$\text{給気ファン消費電力比} = (\text{給気ファン消費電力}) / (\text{定格風量時の給気ファン消費電力})$$

(2) 還気ファンの風量比と消費電力の 3 次式の係数の算出

- 1) 調整で決めた還気ファン連動回転数比線から還気ファン FF 線（還気風量比に対する還気ファンの回転数比を決める FF 線）に変換する。
- 2) 6 組の風量比と回転数比に対するファンの軸動力を還気ファンの特性曲線または還気ファン特性モデル式から軸動力を計算する。
- 3) ファン特性曲線から求めた最大風量比（定格風量比）と風量比 0.4 の軸動力と、最大風量（定格風量、右端点）時と風量比 0.4（左端点）の実測消費電力の比から、それぞれファンとインバータの複合効率（＝ファン効率×インバータ効率）を算出する。
- 4) 2)の軸動力を 3)の 2 つの複合効率の平均値の逆数をかけて各点の消費電力を求める。
- 5) 6 組の風量比と消費電力比（ファンモータの定格出力に対する消費電力の比）をもとにして最小二乗法により還気風量比と還気ファン消費電力比の 3 次多項式による回帰式の係数を求める（図-6.2.2 の右図）。

$$\text{還気風量比} = \text{還気風量} / \text{還気定格風量}$$

還気ファン消費電力比 = (給気ファン消費電力) / (定格風量時の還気ファン消費電力)

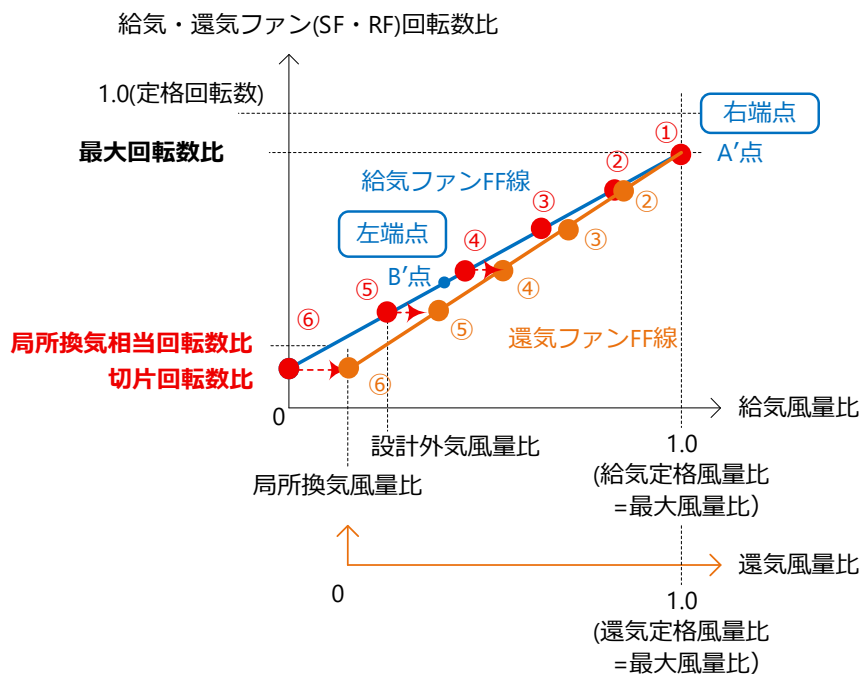


図-6.2.1 給気・還気ファン消費電力を計算する風量比と回転数比 6 点

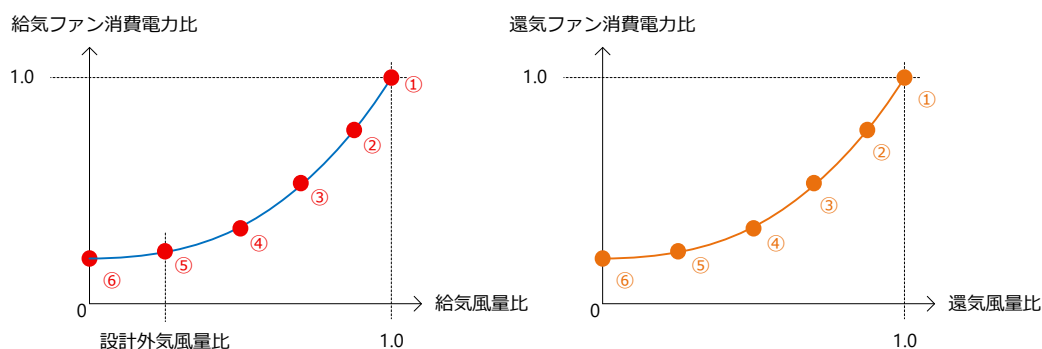


図-6.2.2 給気・還気ファン風量比と消費電力比の 3 次の近似式

表-6.2.1 給気・還気ファン FF 線の最大周波数時の測定項目【エビデンス 7】

測定項目	結果
給気風量比と給気ファン消費電力比の 3 次式の係数	
3 次の係数	
2 次の係数	
1 次の係数	
定数項	
還気風量比と還気ファン消費電力比の 3 次式の係数	
3 次の係数	
2 次の係数	
1 次の係数	
定数項	

(3) 年間消費電力量の計算

- 10 給気・還気ファンのこの 3 次式の係数と他システムに関する必要情報を Web プログラムに入力して一次エネルギー消費量を得る。

【参考：省エネルギー基準一次エネルギー消費量算定法の解説（非住宅建築物）2.5.7 節】

2.5.7 風量制御方式によって定まる係数

風量制御による省エネルギー効果を算出するための係数を算出する。

表 59. 入力

変数名	説明	単位	参照先
$FanCtrlType_{AC,ahu,ij}$	空調機群に属する送風機jの風量制御方式（定風量制御 or 回転数制御）	-	様式2-7：⑪風量制御方式
$L_{AC,ahu,ij,min}$	空調機群に属する送風機jの最小風量比率	%	様式2-7：⑫変風量時最小風量比

表 60. 出力

変数名	説明	単位	参照元
$f_{AC,ahu,ij,n}$	空調機群に属する送風機jの負荷率帯の区分番号n（1～11）の風量制御方式によって定まる係数	-	2.5.9

空調機群に属する送風機jの風量制御方式によって定まる係数 $f_{AC,ahu,ij}$ は次式で求める。

空調機群に属する送風機jの最小風量比率 $L_{AC,ahu,ij,min}$ が、様式2-7において空欄の場合には、 $L_{AC,ahu,ij,min} = 100$ とする。

- 区分番号nが1～10の場合

$$f_{AC,ahu,ij,n} = \begin{cases} F_{AC,ahu,ij} \left(\frac{L_{AC,ahu,ij,min}}{100} \right) & , F_L(n) < \frac{L_{AC,ahu,ij,min}}{100} \\ F_{AC,ahu,ij} (F_L(n)) & , Others \end{cases}$$

- 区分番号nが11の場合

$$f_{AC,ahu,ij,n} = 1.2$$

ここで、 $F_L(n)$ は区分番号nに応じた負荷率を返す関数である。区分番号nは1から11の整数であり、それ以外の値の場合は、エラーとなる。

$$F_L(n) = \begin{cases} 0.05 & , n = 1 \\ 0.15 & , n = 2 \\ 0.25 & , n = 3 \\ 0.35 & , n = 4 \\ 0.45 & , n = 5 \\ 0.55 & , n = 6 \\ 0.65 & , n = 7 \\ 0.75 & , n = 8 \\ 0.85 & , n = 9 \\ 0.95 & , n = 10 \\ 1.2 & , n = 11 \\ Error & , Others \end{cases}$$

ここで、関数 $F_{AC,ahu,ij}(L)$ は、次式で表される4次式である。

$$F_{AC,ahu,ij}(L) = a_{ij} \times L^4 + b_{ij} \times L^3 + c_{ij} \times L^2 + d_{ij} \times L + e_{ij}$$

係数 $a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}, e_{ij}$ は、各送風機のエネルギー消費特性を表す係数であり、風量制御方式 $FanCtrlType_{AC,ahu,ij}$ によって決まる。
 $FanCtrlType_{AC,ahu,ij}$ の指定がない場合は「定風量制御」であるものとする。

風量制御方式 $FanCtrlType_{AC,ahu,ij}$	a_{ij}	b_{ij}	c_{ij}	d_{ij}	e_{ij}
定風量制御	0	0	0	0	1
回転数制御	0	0	0	1	0

<解説>このエネルギー消費特性は、国土交通省による平成23、24年度建築基準整備促進事業の調査項目36「空調システム等の最適制御による省エネルギー効果に関する実証的評価」における実態調査結果に基づき定めた。ここで、変風量制御とは、送風機の回転数が室内温度等に応じて自動で変化する制御のことであり、ファンコイルユニットやパッケージ空調機の室内機に多くあるような手動による風量の切り替えは対象としない。変風量制御を行っている場合は、最小風量比率（定格風量に対する比率）を設定し、負荷率がこの最小風量比率を下回った場合は、それ以下の負荷率については、負荷率が最小風量比率 $f_{AC,ahu,ij,min}$ を下回らない最小の負荷率のときの係数の値を用いる。なお、処理すべき負荷が定格能力を超えている（過負荷）場合は、定風量制御、変風量制御とも1.2としている。本来は過負荷の場合は、負荷は処理されずに室温が設定値から乖離することになるが、本計算法ではこの現象を再現せず、過負荷状態については定格消費電力の1.2倍を消費して設定温湿度に達した（負荷を処理した）と仮定してエネルギー消費量の計算を行う。

7. 給気温度リセット制御動作の確認と初期パラメータ設定

FPT 法では、施工期間中の熱負荷がない状態でも確認可能なファン搬送制御の初期調整および試験方法について解説している。VAV 空調システムの制御において一般的に採用される「給気温度リセット制御」は、ファン制御に大きく影響を及ぼす。給気温度リセット制御は、熱負荷がある状態でしか検証・試験できないため、施工段階においては、その動作確認および初期設定をどのように行うべきかについて記載する。

7.1 FPT 法で行う確認・調整の概要

竣工前の施工期間中に行う FPT 法では、設計最大から最小までの連続した熱負荷を与えることが困難なため、給気温度リセット制御の省エネ性能の試験ができない。そのため、ファンの搬送動力の試験は、前記したように、給気温度リセット制御を「無効」にして試験をする。ただし、給気温度リセット制御動作が、仕様書通りかどうかの確認とその初期パラメータが省エネを考慮した設定になっているかどうかは、FPT 法で確認を行う。

動作確認前の確認事項：

- ・ VAV 空調システムの起こりがちな不具合要因を回避するための確認および対応を行う。

制御動作確認および制御パラメータの初期設定：

- ・ 冷房モード時の低負荷時にファンインバータ出力が下がりきってから給気温度設定値が上がっていくこと、暖房モード時の低負荷時には、ファンインバータ出力が下がりきってから給気温度設定値が下がっていくことを確認する。これを通称、「L 字型制御」と呼ばれる。この形になるような初期パラメータとする。これを「省エネモードの設定」と呼ぶ。(詳しくは、第 1 編・5.3.2 を参照)

7.2 制御動作確認前の対応事項

7.2.1 VAV 制御の温度センサ位置の確認

VAV 制御に用いる温度センサが、室内の代表的な温度を正しく計測できる妥当な位置に設置されていることを確認する。VAV の温度センサは、操作スイッチに内蔵されている場合が多いが、操作スイッチとしては適切な位置であっても、温度のセンシング位置としては不適切な場合がある。その場合は、別途、適切な場所に温度センサを設置し、その測定値を用いて VAV の温度制御を行うものとする。

(不適切な箇所の例)

- ・ 日射の影響を受けるような箇所
- ・ 給気が直接影響するような箇所
- ・ 出入口扉等の影響を受ける箇所

7.2.2 負荷特性が他と異なる部屋の VAV ユニットへの対応

VAV 空調システムの制御においては、用途や利用パターンが他と異なる部屋、あるいは他の部屋と比較して面積が著しく小さい部屋など、負荷特性が異なる部屋（以下、「特殊部屋」と呼ぶ）が含まれる場合、制御が非常に困難になるのが一般的である。こうした特殊部屋に設置された VAV については、あらかじめ給気温度のロードリセット制御や回転数制御の判断対象から除外しておくことを推奨する。

7.3 制御動作確認および制御パラメータの初期設定

7.3.1 調整条件の設定

自動制御の有効/無効設定を以下の表-7.3.1 ようにする。

表-7.3.1 給気温度リセット制御動作確認時の各制御モジュールの有効/無効設定

対象装置	制御項目	含まれる制御モジュール	有効/無効
VAV ユニット (居室)	室内温度制御	温度制御モジュール	有効
		風量制御モジュール	有効
空調機(AHU)	給気ファン回転数制御	要求風量制御による FF 制御	有効
		居室 VAV 群の静圧過不足補正制御	有効
	還気ファン回転数制御 * 還気ファンがある場合	給気ファンの回転数比連動制御 (給気ファン回転数比出力の 1 次式で換気ファン回転数比を規定する連動制御)	有効
	給気温度制御	-	有効
	給気温度リセット制御	-	有効
OA-VAV	設計外気量一定制御	OA-VAV の風量制御	有効
		RA-MD 制御	有効
EA-VAV	設計排気風量一定制御 * 設計排気風量 =設計外気風量・局所換気風量(固定)	EA-VAV の風量制御	有効
余剰排気ファン *余剰排気ファンがある場合	余剰排気ファン回転数制御	余剰排気風量による FF 制御	有効
		EA-VAV の静圧過不足補正制御	
外気導入ファン *外気ファンがある場合のみ	外気導入ファン回転数制御	外気要求風量による FF 制御	有効
		OA-VAV の静圧過不足補正制御	

5

7.3.2 動作確認手順および初期パラメータ設定

以下、冷房モード時を例に手順を記す。暖房モードはその逆の動きを確認する。

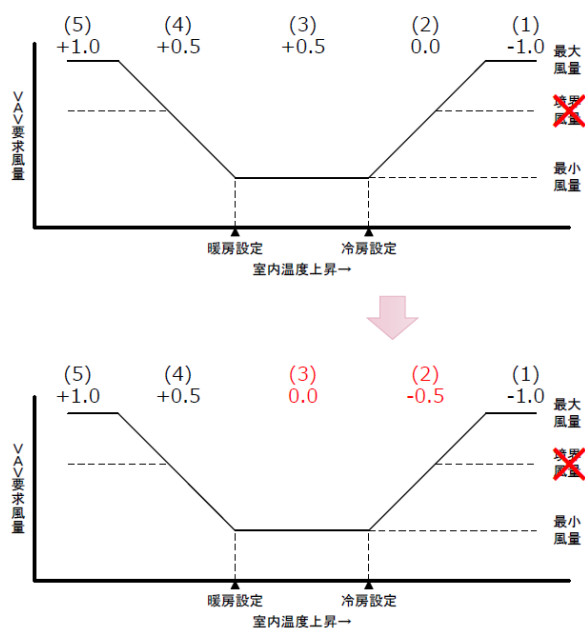
- 1) 全 VAV の室内温度設定値を現在値よりも低い値に設定する。
- 2) 空調機の給気・還気ファンのインバータ出力が徐々に低下することを確認する。
- 10 3) 空調機の給気・還気ファンのインバータ出力が下限値に概ね近づいた後（下限周波数値の+20%）、給気温度設定値が徐々に低下することを確認する。
ファンインバータ最小周波数が、5~6Hz（商用周波数の 10%）と十分低い値にセットできれば、過冷・過暖の問題は生じないため、実質的に給気温度ロードリセット制御は作動しない可能性もある。
- 15 4) 給気温度リセット制御の初期パラメータは、一般的に採用される室内環境を重視した標準的な設定値（標準モード）ではなく、第 1 編・5.3.2 節に記載のとおり、省エネルギーを重視した設定値（省エネモード）とする。図-7.3.1 はその一例である。

標準モードでは、最小風量判定時に給気温度設定値を+0.5℃、適正冷房判定時には変化なし（±0℃）とし、できる限り適正暖房状態に留まるように制御する。一方、省エネモードでは、最小風量判定時に変化なし（±0℃）、適正冷房判定時には-0.5℃とし、できる限り最小風量領域に留まるように制御する。

20

また、冷房設定と暖房設定の間隔については、最小風量状態を維持しやすくするため、3℃とすることを推奨する。

■ 給気温度最適化（冷房時）



ロードリセットタイプ：1（少風量・多風量の指定なし）

値	名称	給気温度 可変要求
5	暖房能力増要求	+1.0
4	適正暖房	+0.5
3	最小風量	+0.5
2	適正冷房	0.0
1	冷房能力増要求	-1.0

ロードリセットタイプ：1（少風量・多風量の指定なし）

値	名称	給気温度 可変要求
5	暖房能力増要求	+1.0
4	適正暖房	+0.5
3	最小風量	0.0
2	適正冷房	-0.5
1	冷房能力増要求	-1.0

図-7.3.1 給気温度リセット制御の初期パラメータ（上段：デフォルト、下段：推奨）