

ファンの基礎と選定（使い方）

大澤 穂波

Honami Osawa

1. まえがき

近年、機器の高機能・高速化に伴い発熱は増加しており、冷却技術の重要性は益々高まっている。

機器の発熱を空冷するとき熱の移動は下記の3形態である。

(1) 輻射による伝熱

：電磁波による熱エネルギーの放出。

(2) 熱伝導による伝熱

：熱が部品や筐体に直接伝わる。

(3) 対流による伝熱

：部品表面から周囲空気へ、通風口から外気への放熱。

機器の冷却では、対流による伝熱が大きな役割を果たす。対流による伝熱は、温度差による浮力の作用で起こる“自然対流”と、ファンなどによって強制的に流体を動かす“強制対流”がある。

“強制対流”は機器の冷却に大きな効果がある。

お客さまの機器は多様で、冷却ファンへの要求も多様である。

当社ではお客さまの要求に応えるために、軸流ファン、遠心ファンを中心に、さまざまなサイズ、空力性能、電気的性能を有するファンを製品化している。

多種多様なファンから機器に適したものを選ぶためには、ファンの特性や動作状態を理解することが重要である。

本稿では、ファンの基礎と選定（使い方）について述べる。

2. ファンの基礎

2.1 ファンの種類

ファンは駆動電源や空気の流れ方によって次のように分類できる。


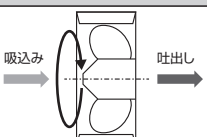

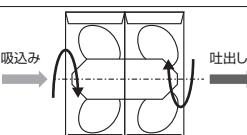

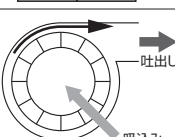

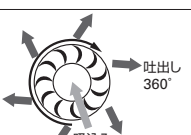
駆動電源による分類は交流（商用電源）で動作するACファンと直流で動作するDCファンに分かれる。（本稿ではDCファンについて説明する。）

空気の流れ方による分類は、主に軸流ファン、遠心ファンである。それぞれの特長を表1に示す。

当社で製品化されているファンは軸流ファンと遠心ファンである。

近年では、軸流ファンにおいて、モータの高性能化に伴う高回転駆動や、二重反転化による効果で、高静圧のファンも増えてきており、高実装密度の通風抵抗が大きい機器での使用も増えている。

表1 ファンの種類

ファンの種類	外観	空気の流れ	特長
軸流ファン (二重反転ファン)			<ul style="list-style-type: none"> ・高風量を得やすい。 ・低騒音化しやすい。 ・中低実装密度の通風抵抗の小さい機器に適する。
			<ul style="list-style-type: none"> ・静圧が高い。 ・高実装密度の通風抵抗の大きい機器に適する。
遠心ファン (プロア)			<ul style="list-style-type: none"> ・静圧が高い。 ・高実装密度の通風抵抗の大きい機器に適する。
			<ul style="list-style-type: none"> ・風量、静圧は軸流ファンとプロアの中間的傾向。 ・全半径方向に吐出し。 ・大型装置の換気に有効。

2.2 主な使用用途

当社では、標準的な軸流ファンのほか、高静圧な“二重反転ファン”、耐環境仕様の“防水ファン”、“防油ファン”、“耐温ファン”、吸い込み方向に対して直角方向に風を送り出す“遠心ファン”、“プロア”、ファン内部で交流電力を直流電力に変換して駆

動する“ACDCファン”、動翼の回転方向を変えることで両方向に送風できる“リバーシブルフローファン”などの製品をさまざまなラインアップで用意している。

それぞれのファンの特徴と使用用途例を表2に示す。

表2 ファンの特徴と使用用途例

機種	特徴	用途例
軸流ファン	幅広いラインアップ(サイズ, 低消費電力, 低騒音, 高風量, 高静圧など様々なタイプのファン。)	家電, OA機器
二重反転ファン	同サイズの従来品を2台直列に使用した場合より高風量・高静圧。	サーバなど高実装密度の装置
防水ファン	水しぶきがかかる環境下で使用される装置に最適。 防水性能はIP54,55,68(機種により異なる。)	屋外設置装置
防油ファン	オイルミストが漂う環境下で使用される機器に使用できる。	FA用工作機械制御装置
長寿命ファン	最大20万時間の期待寿命を持つ。	長期間のメンテナンスフリーが要求される通信機器などの装置
耐温ファン	使用温度範囲-40°C ~ +85°Cを保証。	幅広い周囲温度環境化で使用される装置
遠心ファン	吸い込み方向に対して直角方向(360°)に風を送り出す高静圧のファン。	大型装置の換気, 空気清浄機
プロア	吸い込み方向に対して直角方向(指向性あり)に風を送り出す高静圧のファン。	薄型・高実装密度の装置 印刷機や複写機の用紙吸着
ACDCファン	ファン内部で交流を直流に変換して駆動するファン。 従来のACファンよりも長寿命, 低消費電力。	ACファンの置き換えが可能
リバーシブルフローファン	1台で両方向に送風できる。 コントロール線1本で正逆切り替え回転速度制御ができる。	住宅換気, 清涼飲料水用自販機, 食品用ショーケース

2.3 主な仕様の見方

カタログやwebサイトで紹介されているファンは様々である。当社のファンのカタログに記載されている仕様と各項目の意味を図1に示す。

型番	①	②	③	④	⑤	⑥		⑦		⑧	⑨	⑩
	定格電圧 [V]	使用電圧範囲 [V]	定格電流 [A]	定格入力 [W]	定格回転速度 [min ⁻¹]	最大風量 [m ³ /min] [CFM]	最大静圧 [Pa] [inchH ₂ O]	音圧レベル [dB(A)]	使用温度範囲 [°C]	期待寿命 [h]		
9GA0412G7001	12	7 ~ 13.8	0.17	2.04	13,100	0.36	12.7	192	0.77	42	-20 ~ +70	40,000/60°C (70,000/40°C)
9GA0412H7001			0.06	0.72	7,300	0.2	7.1	59.6	0.24	28		

① 定格電圧……ファンを駆動させるための電圧。直流12V, 24V, 48Vなどがある。
 ② 使用電圧範囲…ファン駆動時に、印加しても問題のない電圧の範囲。
 ③ 定格電流……定格電圧でファンを駆動しているときの電流値(フリーエア時)。
 ④ 定格入力……定格電圧でファンを駆動しているときの電力値(フリーエア時)。
 ⑤ 定格回転速度…定格電圧でファンを駆動しているときの回転速度(フリーエア時)。一般的な単位は[min^{-1}]で[回転/分]と同じ意味。1分当たりの回転数を表す。
 ⑥ 最大風量……定格電圧でファンを駆動させたときに得られる風量の最大値。このときの静圧はゼロ。風量とは一定時間にファンが送る空気の体積。
 ⑦ 最大静圧……定格電圧でファンを駆動させたときに得られる静圧の最大値。このときの風量はゼロ。静圧とは、空気を吐き出すときに、ファンが使われている装置内の流路抵抗(障害物など)を押しつけて風を送る力。この数値が大きいファンは部品実装密度や通風抵抗が大きい装置の冷却に適している。
 ⑧ 音圧レベル……定格電圧でファンを駆動させたときの騒音値(フリーエア時、吸い込みから1mでの値)。この数値が小さいファンは装置を静音化できる。
 ⑨ 使用温度範囲…ファンの動作時にファン周囲環境として許容される温度範囲。
 ⑩ 期待寿命……ファンを一定の条件下で連続運転させたときに期待できる寿命。測定条件はメーカーによって異なる。

図1 主な仕様の見方(例: 40角15厚GAタイプ)

2.4 ファンの送風特性

ファンの送風特性は、風量－静圧特性で表せられる。この特性はファン固有の特性である。

送風抵抗が無い場合（静圧ゼロ）は最大風量の空気が流れる。この状態はファンの周りに何も無い状態で、機器に組み込んでいる場合はこの状態になることはない。

機器に空気の出口がなく、外に空気が流れ出ない状態では、ファンは空気を送出することができない。（風量ゼロ）このとき機器内部の圧力は最大静圧となる。実際のファン使用状態は、最大風量と最大静圧の間にある。

風量－静圧特性、最大風量、最大静圧、装置実装状態について図2に示す。

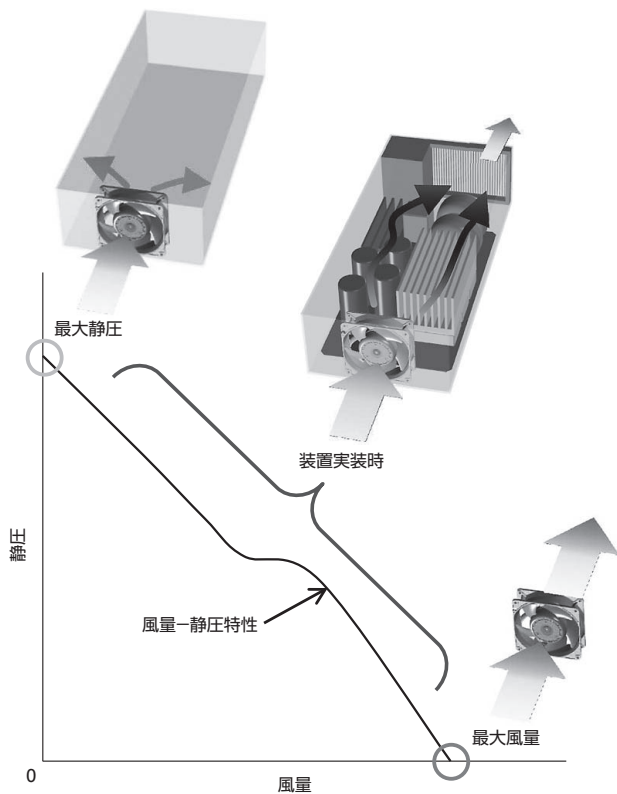


図2 風量－静圧特性例

3. 機器に実装されたファンの動作

機器の違いによって“空気の流れにくさ”が異なる。この“空気の流れにくさ”を通風抵抗＝システムインピーダンスと言う。

空気の流れにくい機器はシステムインピーダンスが大きい。空気が流れやすい機器はシステムインピーダンスが小さいと言う。

システムインピーダンスは二次曲線で近似できる。この曲線と風量－静圧特性の交差する点がファンの動作点である。システムインピーダンスとファン動作点の関係を図3に示す。

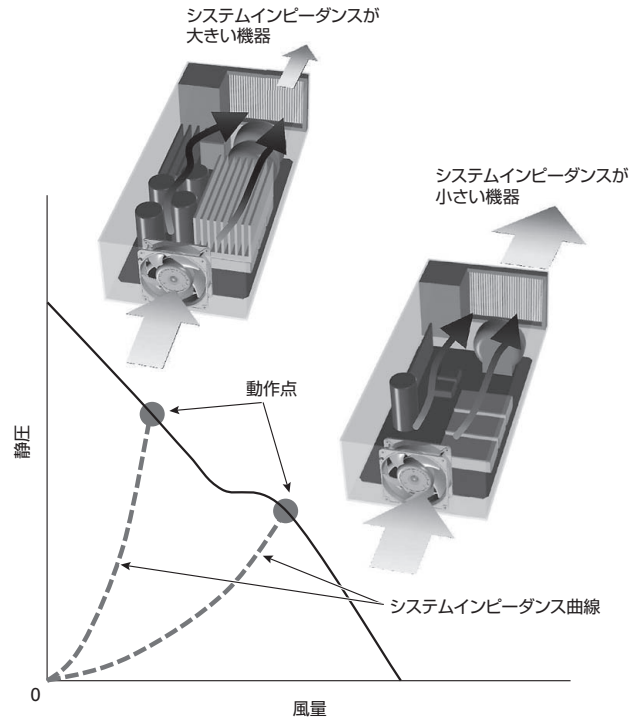


図3 風量－静圧特性とシステムインピーダンス

装置に実装されたファンはシステムインピーダンスのために風量が減る。また、回転速度、消費電力、音圧レベルもカタログスペックと異なる数値を示すことが多い。ファン動作点と回転速度、消費電力、音圧レベルの関係を図4に示す。

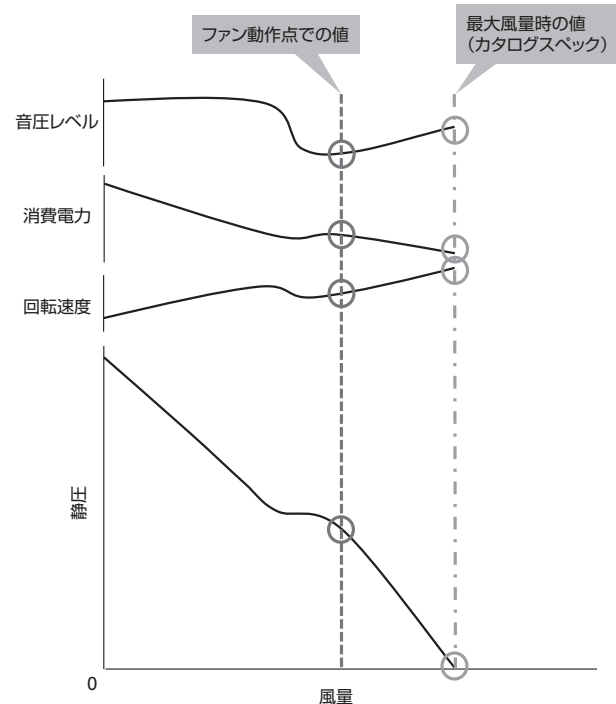
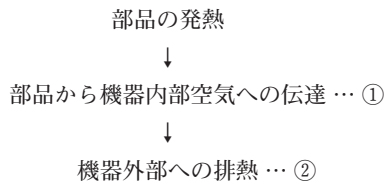


図4 動作点とファン特性例

4. ファンの選定 (使い方)

ファンを使用した強制空冷 (強制対流) で機器の冷却を行う場合、機器内部の発熱の大半は次のルートを経由して放熱される。



①の効果を増やすには下記の3つの方法がある。

- (1) 発熱部品の表面積を大きくする。
- (2) 周囲の空気の流れを速くする。
- (3) (1) (2) の併用。

(1)の具体的な方法は、ヒートシンクを付けることで放熱量を多くすることである。

(2)の具体的な方法は、部品レイアウトの変更や、整流板の設置、筐体の開口部の工夫により部品周囲の空気の流速を速くすることである。

また、上記以外で、ファンを追加して吐出空気を部品に直接当てて冷却効果を上げる方法もある。

冷却対象の表面積、発熱量が決まっている場合、対象物を通過する空気の流速と温度上昇の関係は図5のようになる。

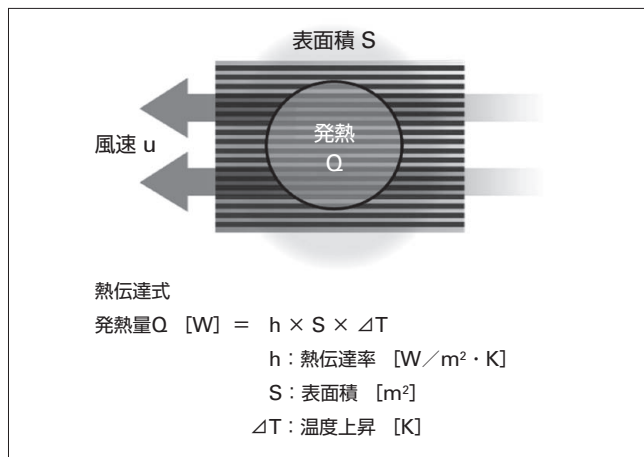


図5 熱伝達式

発熱Q、表面積Sが一定で、風速uが変化すると熱伝達率hが変化する。熱伝達率hと風速uとの関係は、

$$h \propto u^{0.5} \quad (\text{層流熱伝達})$$

$$h \propto u^{0.8} \quad (\text{乱流熱伝達})$$

例えば、対象物の温度上昇値を半減させたい場合は、熱伝達率hを2倍にする風速uを求めればよい。したがって、層流の場合は風速uを4倍、乱流の場合は風速uを2.4倍にすればよい。通常の計算時には、層流で考えるのが一般的である。

②に必要な換気量は、熱源から奪うべき熱量 (装置発熱量) と装置内部で許容される温度上昇値が決まれば計算できる。計算式を図6に示す。

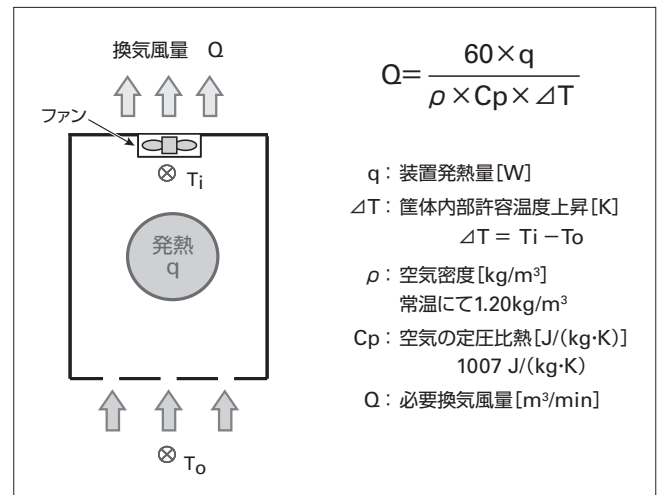


図6 奪うべき熱量と必要換気量

例えば、装置発熱量が100 W、筐体内代表温度が65℃、筐体周囲温度が50℃の場合 (筐体内部許容温度上昇値15K) の必要換気風量は、

$$Q = \frac{60 \times 100}{1.20 \times 1007 \times 15} \doteq 0.33 \text{ [m}^3\text{/min]}$$

となる。

②の効果を増やすにはファンの能力を上げ、換気風量を増やせば良い。(回転速度を上げる。ファンを増やす。ファンを変える。)

計算で求めた必要換気量は、カタログに表示されている最大風量ではない点に注意が必要である。3項で述べたシステムインピーダンスの影響で動作風量が減少することを考慮しなければならない。

5. むすび

本稿では、ファンの基礎と選定（使い方）について紹介した。

換気風量の計算、ファン選定については、本文中に記した計算で求められるほか、当社ホームページで用意されているファン選定ツールに必要な条件を入力することで、最適なファンの選定も可能である。

参考までに URL を記載する。

<https://db.sanyodenki.co.jp/SelectFAN-info/>

当社では今後もお客さまの要求を正確に把握し、お客さまの満足が得られる製品の開発、カスタマイズ、技術サポートをしていく所存である。

参考文献

- (1) 児玉展全：熱設計ハンドブック，朝倉書店（1992）
- (2) 国峰尚樹：エレクトロニクスのための熱設計完全入門，日刊工業新聞社（2006）
- (3) 相沢吉彦：2007 熱設計・対策技術シンポジウム「ファンモータの選び方，使い方」，社団法人日本能率協会（2007）



大澤 穂波

1989 年入社

クーリングシステム事業部 設計部

冷却ファンの開発，設計に従事。