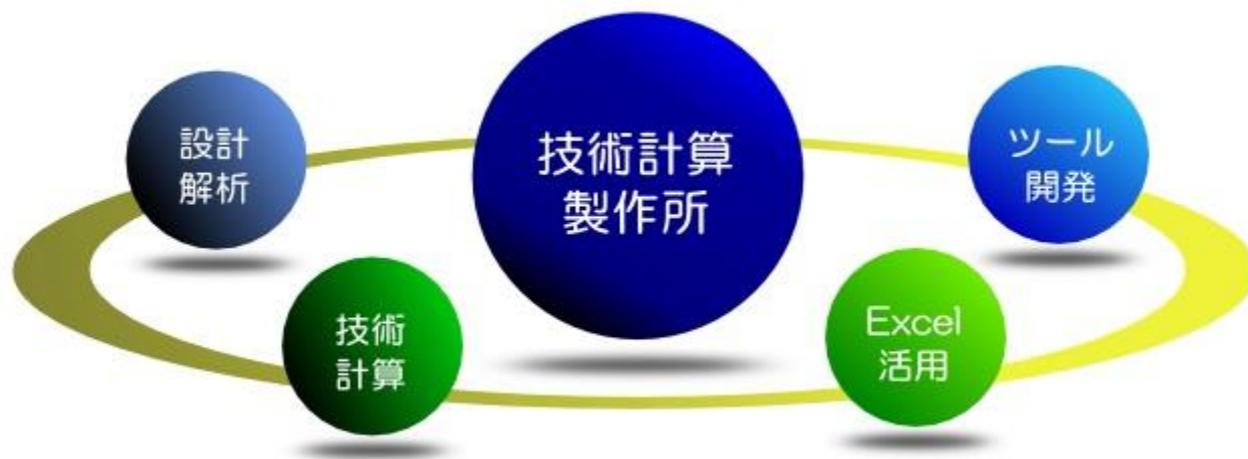


遠心ファン設計ツール

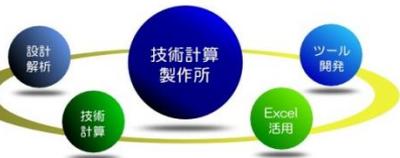


技術計算製作所

<http://gijyutsu-keisan.com/>

目次

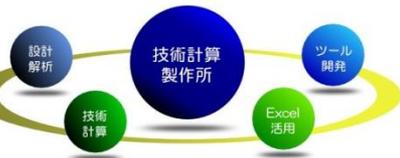
1. 目的
2. 計算フロー
3. 入出力項目
4. 計算
5. 画面構成
6. 参考資料ほか



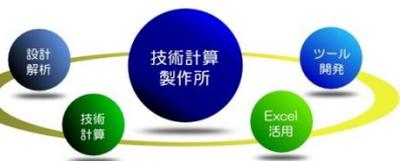
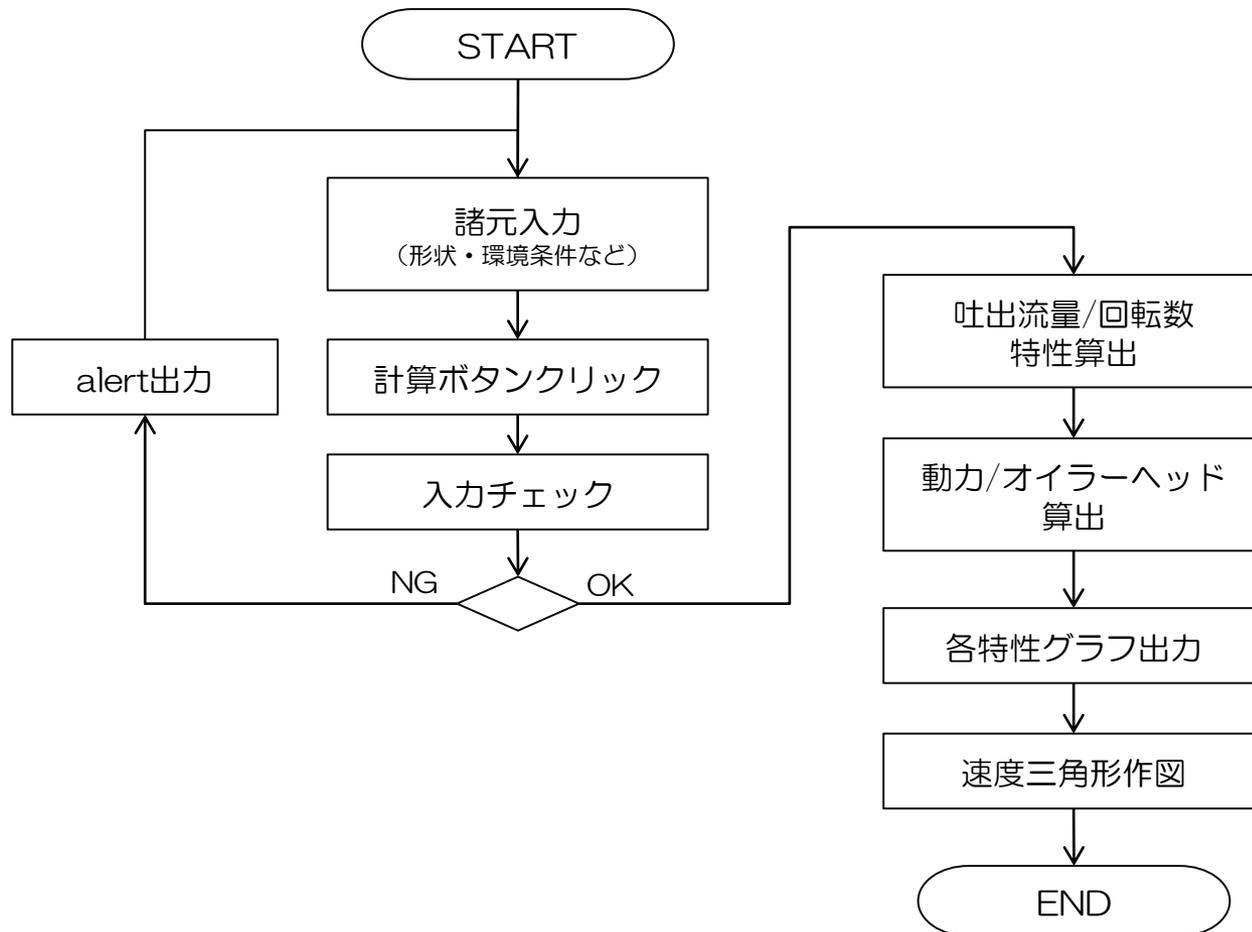
1. 目的

本ツールは、遠心ファンの簡易設計計算をWeb上で行う。

- (1) 遠心ファンの形状と使用条件が決まっていることを前提とし、吐出流量、動力、オイラーヘッド、比速度、速度三角形を出力する。
- (2) 形状パラメータのうち2個（暫定）を選択し、可変させることで吐出流量特性をグラフ上に出力する。



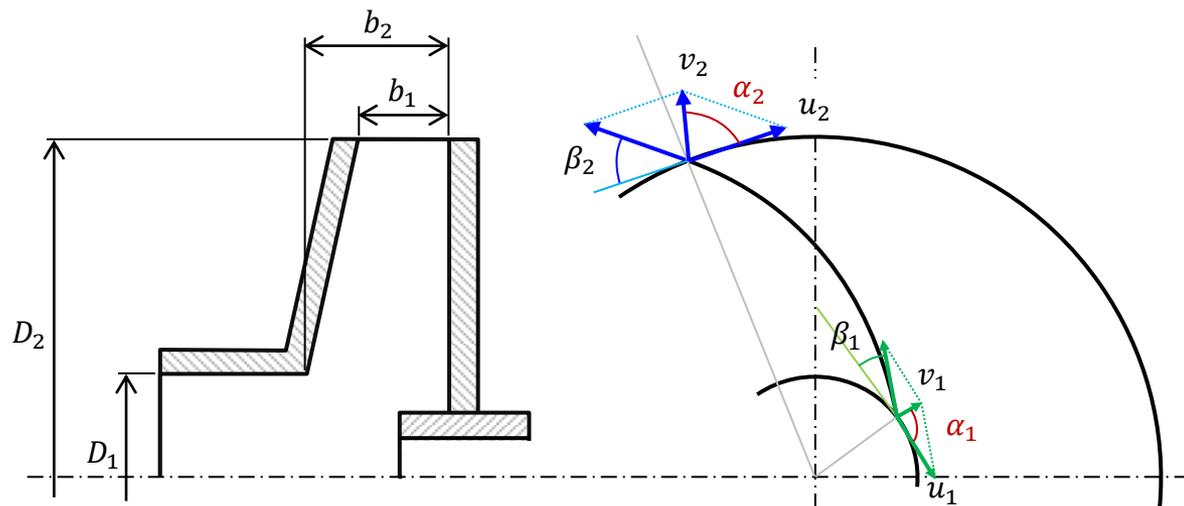
2. 計算フロー



3. 入出力項目

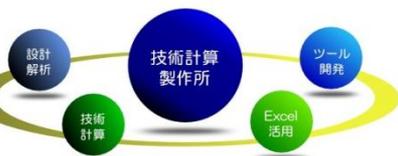
(1) 入力項目

項目	記号	単位
形状		
羽根内径	D_1	mm
羽根外径	D_2	mm
羽根入口高さ	b_1	mm
羽根出口高さ	b_2	mm
羽根入口角度	β_1	deg
羽根出口角度	β_2	deg
羽根枚数	Z_{fan}	枚
羽根肉厚	t_{fan}	mm
使用条件		
ファン回転数	N_{fan}	r/min
流体密度	ρ	kg/m ³
流量効率	η_q	-
流体温度	T_{emp}	K
入口静圧	P_{s1}	kPa
出口静圧	P_{s2}	kPa



(2) 出力項目

項目	記号	単位
要求仕様		
吐出量	Q_{spec}	l/min
すべり係数	k	-
オイラーヘッド	H	mm
動力	L	W
速度三角形 各速度成分 流入角	図示	



4. 計算

4. 1. 前提条件

1) 羽根車の回転数 N_{fan} [rpm] は不変かつ一定

$$\rightarrow \text{角速度} : \omega = \frac{2\pi N_{fan}}{60}、\text{周速度} : u_i = \frac{D_i}{2} \omega = R_i \omega$$

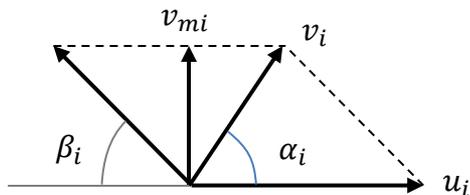
2) 入口流れに予旋回はない

3) 羽根枚数 ∞ 、羽根板厚0の理想状態での流入角 $\alpha_1 = 90^\circ$

4) 羽根が流体に与えるトルクは、流体の出口運動量と入口運動量の差で決まる

3)、4) については4.2節参照

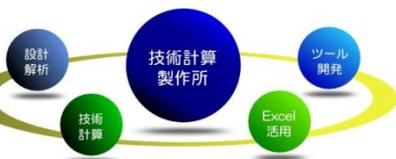
5) 速度線図は下図の通り（入口 / 出口共通）。



$$v_{mi} = v_i \sin \alpha_i = (u_i - v_i \cos \alpha_i) \tan \beta_i$$

v_i を消去すれば

$$\tan \alpha_i = \frac{1}{\frac{u_i}{v_{mi}} - \frac{1}{\tan \beta_i}}$$



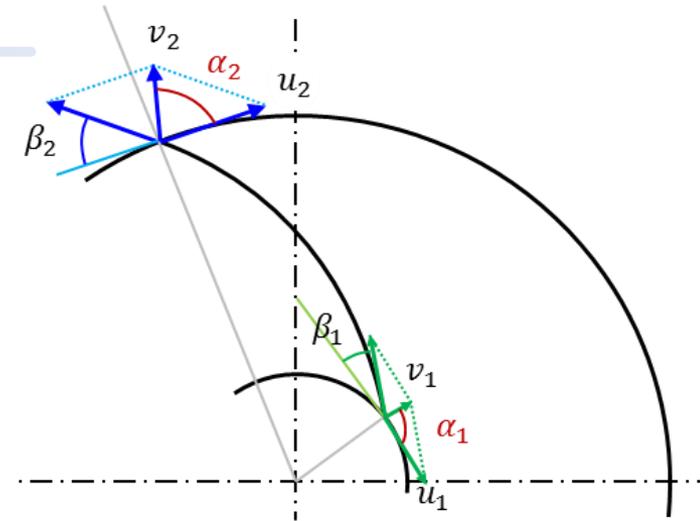
4. 計算

4. 2. 流体に与える仕事

吐出流量 Q 、羽根入口/出口速度は右図に基づき
入口/出口の流体に作用するトルクは

$$T_1 = \rho Q R_1 v_1 \cos \alpha_1$$

$$T_2 = \rho Q R_2 v_2 \cos \alpha_2$$



よって、羽根が流体に与えるモーメント T は出口と入口のモーメント差で決まる。

$$T = T_2 - T_1 = \rho Q (R_2 v_2 \cos \alpha_2 - R_1 v_1 \cos \alpha_1)$$

このトルクによって得られる仕事と理論揚程 H_{th} との間には次式が成り立つ。

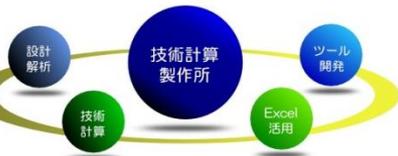
$$L = T\omega = \rho g Q H_{th}$$

$$\Leftrightarrow gH_{th} = (u_2 v_2 \cos \alpha_2 - u_1 v_1 \cos \alpha_1) \quad \left(\because u_i = R_i \omega, \omega = 2\pi \frac{N_{fan}}{60} \right)$$

理論揚程を最大にする流入角 α_1 は 90° であるから、

$$\alpha_1 = 90$$

となるよう設計する。

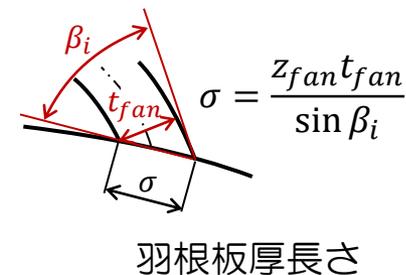


4. 計算

4. 3. 通過断面積と入口流量

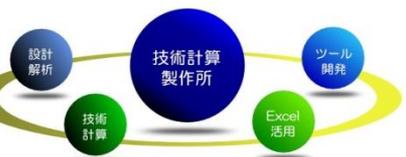
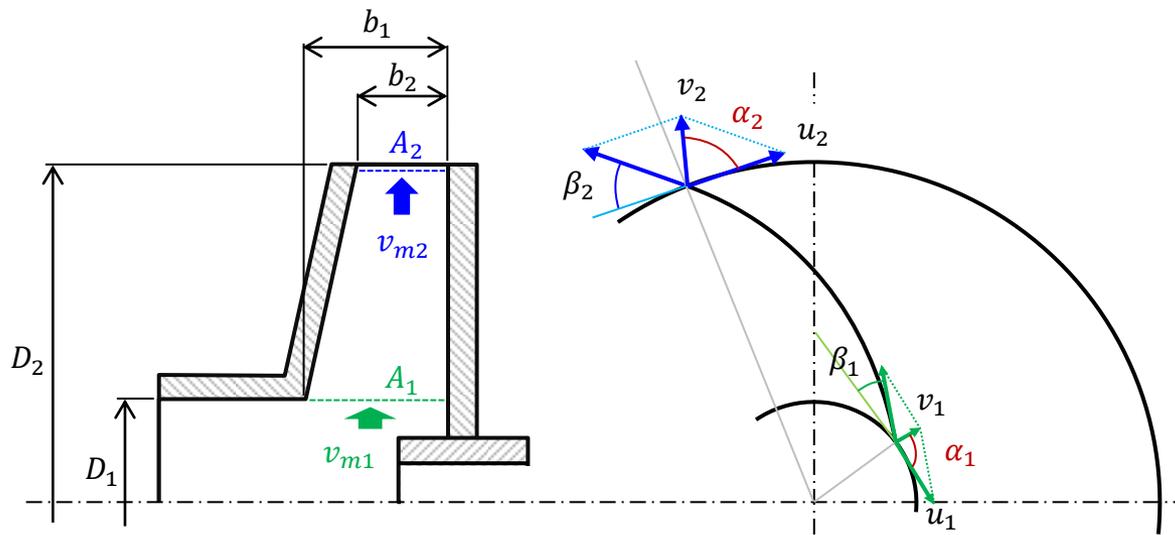
入口流路断面積 A_1 、出口流路面積 A_2 は以下の通り。

$$A_i = \left(\pi D_i - \frac{z_{fan} t_{fan}}{\sin \beta_i} \right) b_i \quad (i = 1, 2)$$



メリディアン速度と流路断面積から流量は決まる。

$$Q_i = A_i v_{mi}$$



4. 計算

4. 4. 羽根枚数 $Z_{fan} \rightarrow \infty$ 、板厚 $t_{fan} = 0$ の理想状態（その1）

前提3) によって流入角 $\alpha_1 = 90^\circ$ 。

前提5) 速度線図の関係と周速度 u_1 が既知なことから、

$$v_{m1} = v_1 = u_1 \tan \beta_1, \quad w_1 = v_{m1} / \sin \beta_1$$

よって入口流量は、入口流路断面積 A_1 がわかっているので、

$$Q_1 = A_1 v_{m1} \quad (A_1 = \pi D_1^2 / 4)$$

今回は理想状態を考えるので、入口流量 = 出口流量 = Q_{ideal} とする。

すると、出口流路断面積 A_1 がわかっているので、出口メリディアン速度が決まる。

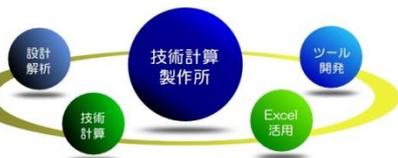
$$v_{m2} = Q_{ideal} / A_2 \quad (A_2 = \pi D_2^2 / 4)$$

前提5) の速度関係式から v_2 を消去して、流出角 α_2 が決まる。

$$\tan \alpha_2 = \frac{1}{u_2 / v_{m2} - 1 / \tan \beta_2}$$

よって、出口絶対速度 v_2 、相対速度 w_2 が決まる。

$$v_2 = v_{m2} / \sin \alpha_2, \quad w_2 = v_{m2} / \sin \beta_2$$



4. 計算

4. 4. 羽根枚数 $Z_{fan} \rightarrow \infty$ 、板厚 $t_{fan} = 0$ の理想状態（その2）
羽根が流体に与えるトルクは流入角 $\alpha_1 = 90^\circ$ を考慮して、

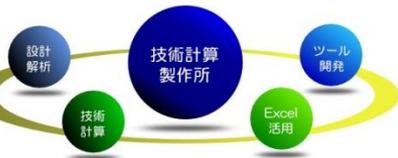
$$T_{qideal} = \rho Q_{ideal} R_2 v_2 \cos \alpha_2$$

よって、このトルクを得るための動力は

$$L_{ideal} = T_{qideal} \omega = \rho Q_{ideal} u_2 v_2 \cos \alpha_2$$

オイラーヘッドは

$$H_{ideal} = \frac{1}{g} u_2 v_2 \cos \alpha_2$$

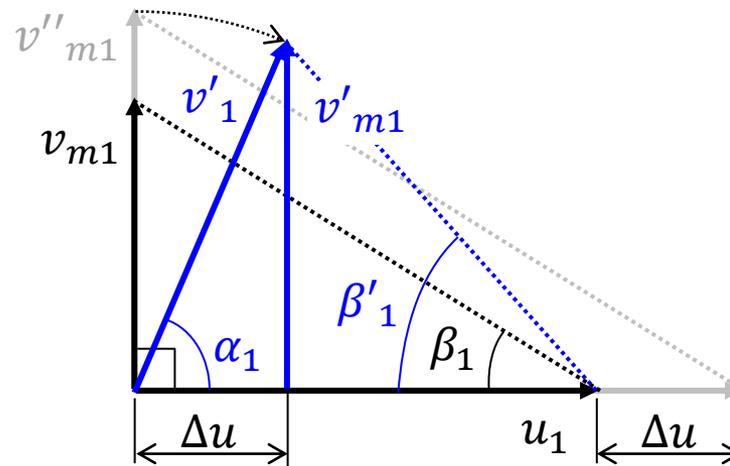


4. 計算

4. 5. 羽根枚数 Z_{fan} ($< \infty$)、板厚 t_{fan} (> 0) の場合 (その1)

以下のようにモデル化する。

- (1) 面積減少分によりメリディアン速度は増加する。
- (2) (1) に対応した流入角 90° と仮定したときの周速度を算出し、理想時の周速度との差をすべり速度 Δu とする。
- (3) 理想状態の流量と(1)の速度から算出される流量は同じとし、それが流量として取りうる最大とし、すべり速度 Δu 分流量は低下するものとする。つまり入口絶対速度は、その大きさを(1)とし、すべり速度分傾ける。
- (4) この入口絶対速度をもとにメリディアン速度を決定する。



4. 計算

4. 5. 羽根枚数 Z_{fan} ($< \infty$)、板厚 t_{fan} (> 0) の場合 (その2)
入口流路面積は、羽根板厚の影響により減少する。

$$A'_1 = \left(\pi D_1 - \frac{Z_{fan} t_{fan}}{\sin \beta_1} \right) b_1$$

仮定 (1) により、みかけのメリディアン速度 v''_{m1} を決める。

$$v''_{m1} = Q_1 / A'_1$$

このときのみかけの周速度 u'_1 、すべり速度 Δu_1 は以下で決まる。

$$u'_1 = v''_{m1} / \tan \beta_1, \Delta u_1 = u'_1 - u_1$$

仮定 (3) によって、 v''_{m1} と絶対速度 v'_1 の大きさは同じとするから、すべり速度 Δu_1 と絶対速度 v'_1 から流入角 α'_1 が決まる。

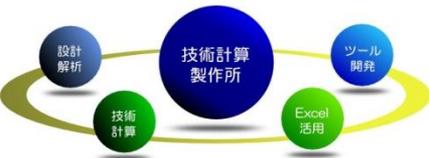
$$\cos \alpha'_1 = \Delta u_1 / v'_1 \quad (v''_{m1} = v'_1)$$

これによりメリディアン速度 v'_{m1} 、 β'_1 、 w'_1 が決まる。

$$v'_{m1} = v'_1 / \sin \alpha'_1, \tan \beta'_1 = v'_{m1} / (u_1 - \Delta u_1), w'_1 = v'_{m1} / \sin \beta'_1$$

以上により、流入流量 Q'_1 が決まる。

$$Q'_1 = A'_1 v'_{m1}$$



4. 計算

4. 5. 羽根枚数 Z_{fan} ($< \infty$)、板厚 t_{fan} (> 0) の場合 (その3)

ここでも流入流量 = 出口流量 = Q_{th} と考え、出口メリディアン速度を求める。

$$v'_{m2} = Q_{th}/A'_2 \quad \left(A'_2 = \left(\pi D_1 - \frac{Z_{fan} t_{fan}}{\sin \beta_2} \right) b_2 \right)$$

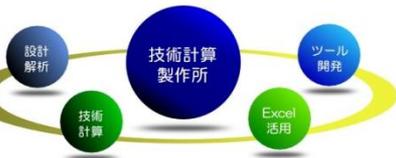
出口速度に関しては、すべり速度としてWisnerの式から定まるすべり係数 k を考慮に入れる。

$$\varepsilon = \frac{1}{\exp\left(8.16 \sin \frac{\beta_2}{Z_{fan}}\right)} \text{ のとき} \quad \frac{D_1}{D_2} < \varepsilon : k_{<} = \frac{\sqrt{\sin \beta_2}}{Z_{fan}^{0.7}}$$

$$\frac{D_1}{D_2} > \varepsilon : k_{>} = 1 - (1 - k_{<}) \left\{ 1 - \frac{(D_1/D_2 - \varepsilon)^3}{(1 - \varepsilon)^3} \right\}$$

このとき、流出角 α'_2 は次式で決まる。

$$\tan \alpha'_2 = \frac{1}{(1 - k)u_2/v'_{m2} - 1/\tan \beta_2}$$



4. 計算

4. 5. 羽根枚数 Z_{fan} ($< \infty$)、板厚 t_{fan} (> 0) の場合 (その4)

以上より v'_2 、 β'_2 、 w'_2 が決まる。

$$v'_{m2} = v'_2 / \sin \alpha'_2、\tan \beta'_2 = v'_{m2} / (u_2 - \Delta u_2)、w'_2 = v'_{m2} / \sin \alpha'_2$$

これで速度三角形が決まる。

羽根が流体に与えるトルクは

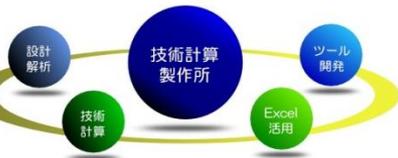
$$T_{qth} = \rho Q_{th} (R_2 v'_2 \cos \alpha'_2 - R_1 v'_1 \cos \alpha'_1)$$

よって、このトルクを得るための動力は

$$L_{th} = T_{qth} \omega = \rho Q_{th} \{ (1 - k) u_2 v'_2 \cos \alpha'_2 - (u_1 - \Delta u_1) v'_1 \cos \alpha'_1 \}$$

オイラーヘッドは

$$H_{ideal} = \frac{1}{g} \{ (1 - k) u_2 v'_2 \cos \alpha'_2 - (u_1 - \Delta u_1) v'_1 \cos \alpha'_1 \}$$



4. 計算

4. 6. 流量効率を考慮する場合

出口流量は入口流量と流量効率から決まる。

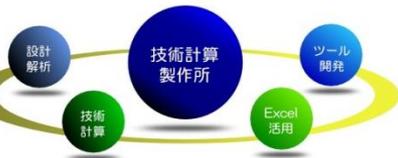
$$Q'_2 = \eta_q Q'_1 \quad (Q'_2 < Q'_1)$$

この Q'_2 をもとに出口速度を算出すればよい（前節その3以降を参照）。

また動力については、以下の理由から L_{th} をそのまま採用する。

流量損失分 $(1-\eta_q) Q'_1$ のエネルギーを見積もるのは困難を極める。そこで、これらすべてが出口を通過するときに必要なエネルギーが最大である、と仮定する（理由は、そのときの流速が最大になると考えられるため）。これは結局のところ、 L_{th} と同じになることは明らか。

当然ながら、オイラーヘッドも H_{th} と同じになる。



5. 画面構成 (予定)

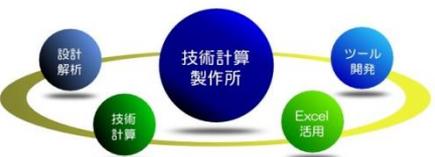
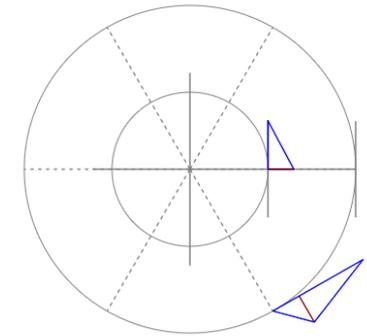
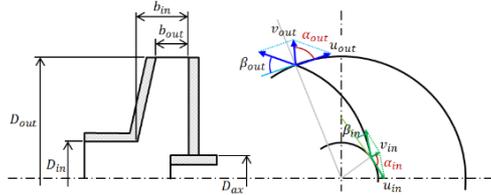
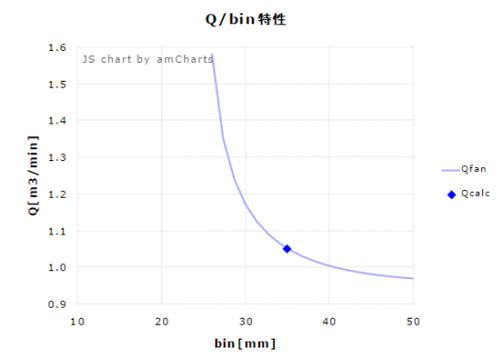
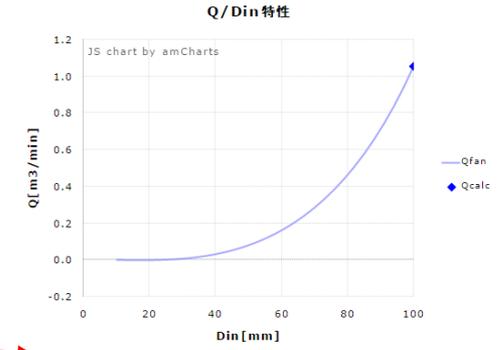
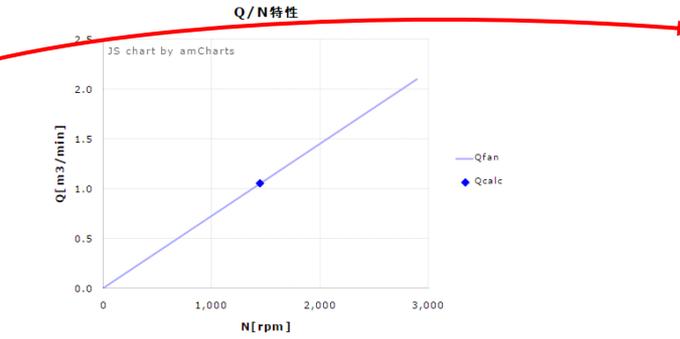
1. 入力項目

※青枠は入力必須

形状・寸法など						
羽根内径	D_{in}	<input type="text" value="100"/>	mm	羽根外径	D_{out} <input type="text" value="120"/>	mm
ハウジング外径	D_{ax}	<input type="text" value="0.0"/>	mm	←軸が入口から突き出している場合入力		
羽根入口高さ	b_{in}	<input type="text" value="35"/>	mm	羽根出口高さ	b_{out} <input type="text" value="12"/>	mm
羽根枚数	Z_{fan}	<input type="text" value="6.0"/>	-	羽根肉厚	t_{fan} <input type="text" value="5.0"/>	mm
羽根入口角度	β_{in}	<input type="text" value="21.3"/>	deg	羽根出口角度	β_{out} <input type="text" value="25"/>	deg
その他						
ファン回転数	N_{fan}	<input type="text" value="1450"/>	rpm	ファン流量効率	η_Q <input type="text" value="1"/>	-
流体密度	ρ	<input type="text" value="1.2"/>	kg/m ³	流体温度	T <input type="text" value="20"/>	°C
入口静圧	P_{sin}	<input type="text" value="101.3"/>	kPa · a	出口静圧	P_{sout} <input type="text" value="101.3"/>	kPa · a
仕様目標値						
必要流量	Q_{spec}	<input type="text"/>	m ³ /min			
変化パラメータ						
パラメータ1	D_{in}	に対し、	<input type="text" value="10"/> 以上	<input type="text" value="100"/> 以下		
パラメータ2	b_{in}	に対し、	<input type="text" value="10"/> 以上	<input type="text" value="50"/> 以下		
<input type="button" value="計算"/> <input type="button" value="入力消去"/>						

2. 出力項目

要求仕様						
吐出流量	Q_{out}	1.05	m ³ /min@1450[rpm]			
オイラーヘッド	H_{th}	-2.08	mm	比速度	N_s <input type="text"/>	rpm
トルク	T_q	0.171	Nm	動力	W <input type="text"/>	W
速度三角形						
流入角度	α_{in}	45.6	deg	流出角度	α_{out} <input type="text" value="85.4"/>	deg
流入速度	V_{in}	3.03	m/s	流出速度	V_{out} <input type="text" value="4.78"/>	m/s
流入メリディアン速度	V_{min}	2.16	m/s	流出メリディアン速度	V_{mout} <input type="text" value="4.77"/>	m/s
				すべり速度	k <input type="text" value="0.387"/>	-
<input type="button" value="出力消去"/> <input type="button" value="全消去"/>						



6. 参考資料ほか

参考資料

1. うず巻ポンプの設計 大町昌義著 パワー社
2. 2012_送風機セミナー 友廣輝彦著
3. ファン設計の基礎 Minorikawa Lab.

主要なJIS規格

1. JIS B 0132 : 送風機・圧縮機用語
2. JIS B 8330 : 送風機の試験及び検査方法

