室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

混流ポンプの羽根曲面設計の一方法(第1報)：混流ポンプ羽根面上の流線の数式化

メタデータ	言語: Japanese
	出版者: 室蘭工業大学
	公開日: 2014-07-04
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 奥田, 教海
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/3471

混流ポンプの羽根曲面設計の一方法

第1報　混流ポンプ羽根面上の流線の数式化

奥　田　教　海

A Method Designing Mixed Flow Impellers for Centrifugal Pumps

Part 1. Numerical Formulations for the Stream Lines on Mixed Flow Impellers

Kyōkai Okuda

Abstract

The author presents a certain method designing mixed flow impellers for centrifugal pumps by numerical formulations for the stream lines on the impellers that are used to be drawn on plan and elevation views.

According to this method, it is found that the three dimensionally curved surfaces of the impellers are generated smoothly and precisely, fitted for the flow conditions given to the impellers.

The procedure of the design should proceed as follows:

a) The formulation for the stream lines on the elevation view. In many cases, the curved stream lines are circular arcs or parabolas.

b) The formulation for the stream lines on the plan view. These are some kinds of spirals fitted for the formula, $(r-r_1)^m=k\theta$, where r is the radius of the given point, r_1 that of the entrance of the impeller, θ the spiral angle of the point, m the variable different with θ and k the constant.

c) the examination for the both stream lines whether they are fitted for the flow conditions, by comparing the tangents on the both lines.

I. まえがき

混流型ポンプの羽根車においては，その羽根曲面は一般に3次元の立体曲面を呈するように設計しなければ，その性能を発揮できないことは周知の通りである。このような羽根曲面の設計法には，円錐展開法[1]，誤差三角形法[2]，等角関係の成立するような変数による方法[3]，羽根車内の流れに関する理論による方法[4]，等角写像による方法[5]など種々あり，それぞれ特長を有する。

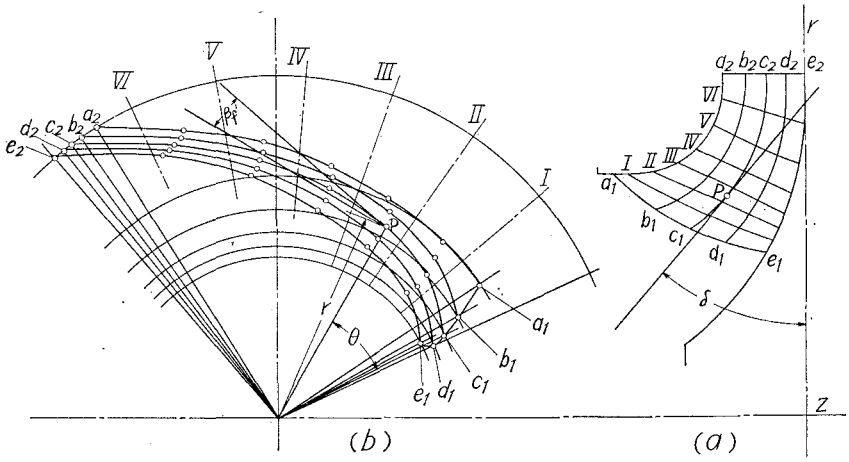
ここに報告する方法は円錐展開法を基本とし，羽根車内外径比の割合大きな場合，すなわち比速度の大なる場合にも適するように考察を加え，立面図および平面図における流線群を数式化して，設計試行の回数を減らし，流れの条件に適した滑かな曲面が得られるよう工夫した

ものである。この方法はまた電子計算機による曲面設計をも可能なものにする方法である。更に斜眼紙による立体的図示方法を用いれば，設計された曲面の設計の良否をも判定することができる。

II. 羽根曲面設計の手順

1. 設計目標の設定

例として図-1 (a), (b) に示すような羽根車形状 (比速度 65 (m, m³/sec) 程度) のものについて説明する。流量，揚程，回転数，羽根車内外径比，羽根出口幅その他の要目が決定された後，円錐展開法，誤差三角形法などと同様に図-1 (a) に示す立面図において，羽根を，等流量取扱かう分割羽根車に分け，出口における揚程が各流線について等しくなるよう流線の長さを決定する。(文献 1) 参照のこと。)



図—1

このような曲面の設計の目標は「(a) 図のような流線の立面図が与えられたとき，流れの条件 (この場合，流れの方向に重点を置く) に適するように (b) 図のような流線の平面投影図を求めること」に帰着する。この 2 図が出来上れば，軸を含む放射面での交線や木型断面図は一方から他方へ，相当する点を移すことにより求めることができる。

2. 平面図における流線の数式化

図-1 (b) において，巻き角 θ，半径 r を図のように定め，流線の投影線の各々を

$$(r-r_1)^m = k_0\theta \qquad \cdots(1)$$

なる一種のらせんの式に従がうものとする。ただし m は θ により変化する指数でほぼ

$$0.5 \leq m < 1.0$$

とし，r_1 は入口の半径，k_0 は出口の r, θ によって定まる数とする。($m=1$ または 2 に固定し

たアルキメデスらせん，放物らせんおよび等角（または対数）らせんは混流ポンプの羽根車の場合に多くは当てはまらないと考える。）実際の作図のときは，θ は出口までの巻き角 θ_0 を等分したものを考えることにする。この θ_0 は最初に設定しておく。出口における半径を r_2 として

$$(r_2-r_1)^m = k_0\theta_0, \qquad \therefore \quad k_0 = (r_2-r_1)^m/\theta_0$$

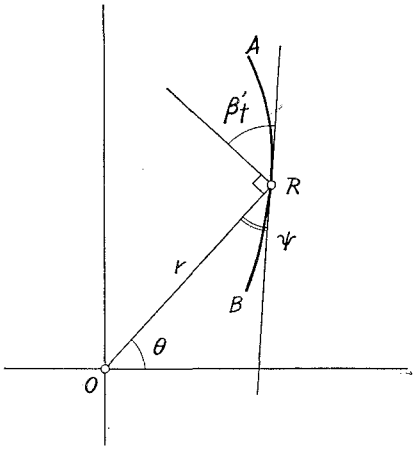
より (1) 式は，

$$(r-r_1)^m = (r_2-r_1)^m \times \theta/\theta_0 \qquad \cdots(2)$$

となる。ここで m の変化であるが，θ が等角度で増加するごとに m は漸減し，次式に従がい変化するものとする。すなわち，

$$m = 1-k\left(\frac{\theta}{\theta_0}\right)^p \qquad \cdots(3)$$

ただし，k, p は1つの流線については定数とする。円錐展開法により大よそ平面図の流線の形を定めたならば，それに最もよく適合する (3) 式の k, p を求めておく。



図—2

図-2 において，任意の流線 AB 上の点 R における流線の接線と動径 OR とのなす角を ψ とし，その余角を　流れ角 β_t' とすれば，

$$\tan\psi = \frac{r}{r-r_1}\cdot\frac{m\cdot\left(\dfrac{\theta_0}{\theta}\right)^p\cdot\theta}{k\cdot p\cdot\ln\left(\dfrac{r-r_1}{r_2-r_1}\right)+\left(\dfrac{\theta_0}{\theta}\right)^p} \qquad \cdots(4)$$

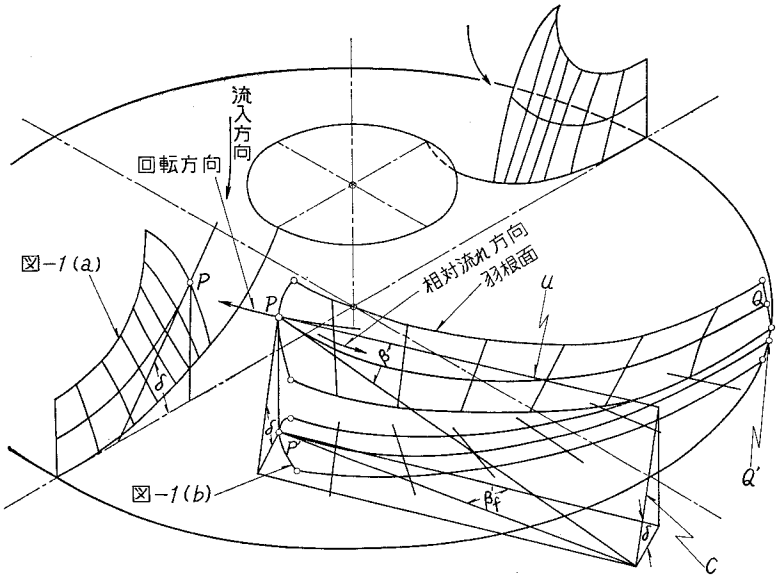
$$\beta_t' = \pi/2-\psi \qquad \cdots(5)$$

である。ここに云う「流れ角」とは，羽根車相対流線上の任意の点における流線の接線と，その点における羽根車の回転方向を示す円の接線とのなす角である。

3. 立体的流線の流れ角と平面図における流線の投影線の流れ角との関係

図-3 は斜眼紙を用いて，羽根車の3軸が等角に見えるよう，立体的に図示したものである。羽根車の3軸とは，後面シュラウド出口円を含む面内の直交2軸と，それらに直交する羽根車回転軸を指す。立体的流線を PQ，それの平面への投影を P′Q′ とする。流線に沿って羽根を創成するとすれば，前述の流れ角は羽根角となるものである。

図-3 に示すように，P 点における PQ の流れ角は β，平面図では P′Q′ の P′ 点における流れ角は β_f' である。図のように P 点における周速度を u，絶対速度を c とし，立面図において，流線の P 点における接線の傾斜角を δ とすれば，



図—3 羽根面立体図

$$c = u \cdot \tan \beta_f' / \cos \delta, \qquad \tan \beta = c/u = \tan \beta_f' / \cos \delta,$$

$$\therefore \quad \tan \beta_f' = \tan \beta \cos \delta \qquad \cdots (6)$$

である。

4. 流線の流れ角 β の設定

この β も (1), (2) 式と同様に，r に関してらせん的な変化をするものとする。入口および出口の流れ角をそれぞれ β_1, β_2 として，

$$(r-r_1)^n = (r_2-r_1)^n \times (\beta-\beta_1)/(\beta_2-\beta_1) \qquad \cdots (7)$$

とおく。ただしこの場合の指数 n は 2, 1 またはそれらに近い値に固定してよい。(2) 式で求めた r の値ごとに (7) 式を書き直した式

$$\beta = \frac{\beta_2-\beta_1}{(r_2-r_1)^n} \cdot (r-r_1)^n + \beta_1 \qquad \cdots (8)$$

に代入して β を求めておく。

5. 立面図流線の数式化と傾斜角 δ

図-1 (a) を判定すれば，このような形状のポンプ羽根車では多くは出口附近のわずかな部分を除き流線は円弧状または放物線状をなすから，軸方向および半径方向の座標を z, r とすれば，流線の式は一般に

$$z^2 + az + r^2 + br + c = 0 \qquad \cdots (9)$$

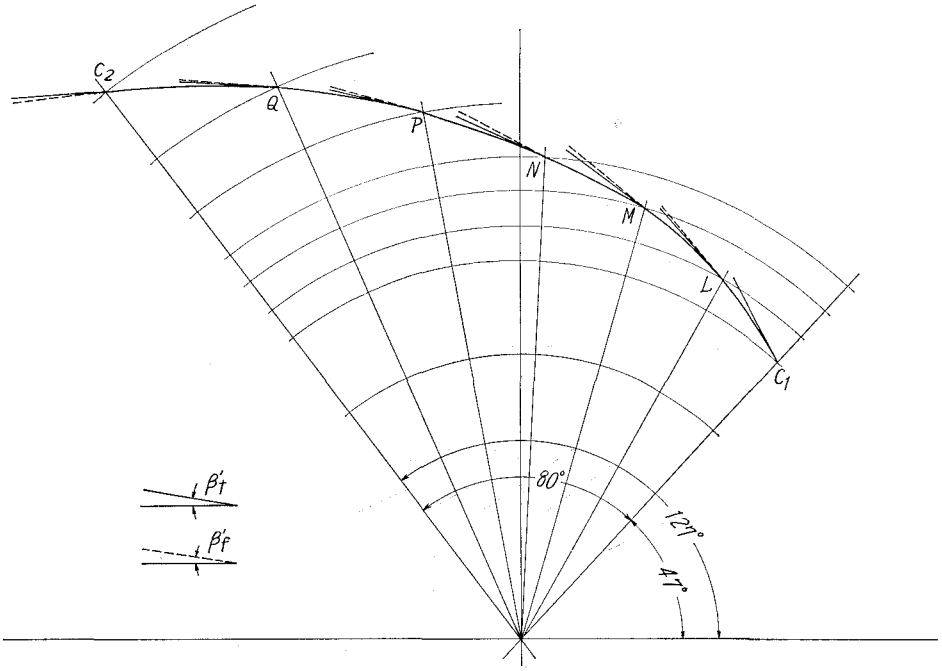
で表わされるから，各流線ごとに a, b, c を求めておけば，

$$\tan(\pi/2-\delta)=\frac{dr}{dz}=-\frac{2z+a}{2r+b} \qquad \cdots(10)$$

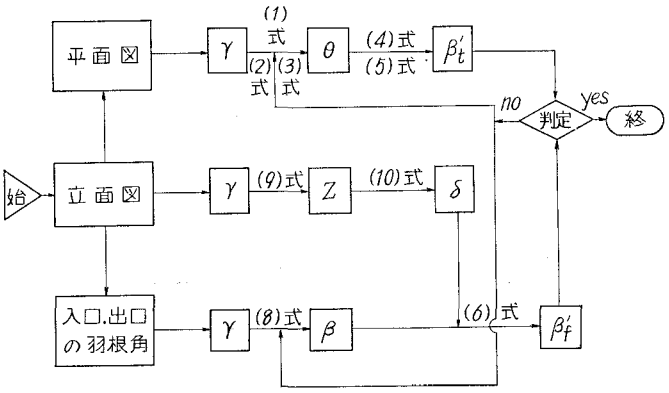
より，r の値ごとに z, δ が求められる。

6. r, θ, β'_f, β'_t の吟味

(2) 式より r と θ との関係が，(8), (9), (10) 式より r と z, β および δ との関係が得られ，(6) 式より β'_f が得られる。また (4), (5) 式より β'_t が求められる。図-1 (b) 上で r, θ, β'_f, β'_t を図示して吟味する。すなわち 図-4 に示すように平面図の流線上の各点で流れ角 β'_f と β'_t が合っ



図—4　c_1-c_2 流　線



図—5　方法の概要のフロー・チャート

ているかどうかを判定する。適合していない場合は(2), (3)式および(8)式に戻って m, θ_0, n の値を設定し直し，適合するまで試行する。

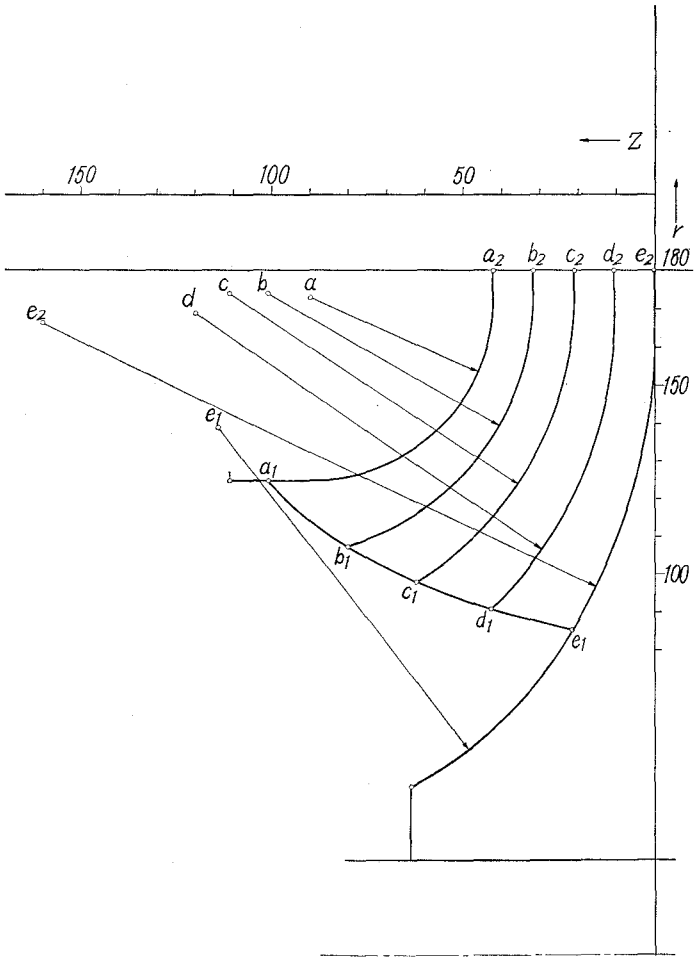
以上の方法をフロー・チャートに示したものは図-5である。次にこの方法を用いて設計を行なった一例を示す。

混流ポンプ設計例

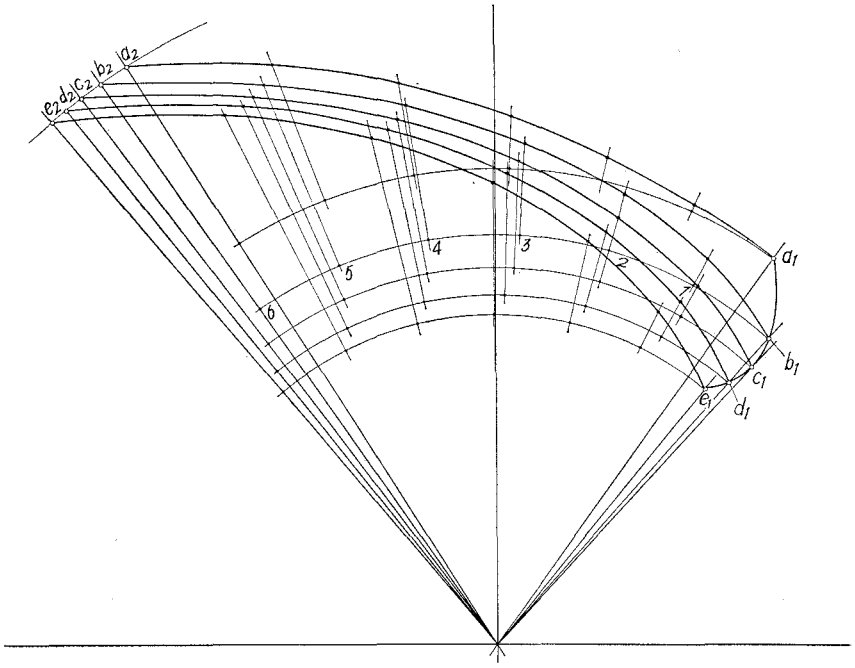
総揚程 $H=6.5$ m,　流量 $Q=8.1$ m^3/min,　回転数 $n=725$ r.p.m.

比速度 $n_s=65$ (m, m^3/sec),　軸動力 $N=15$ kW.

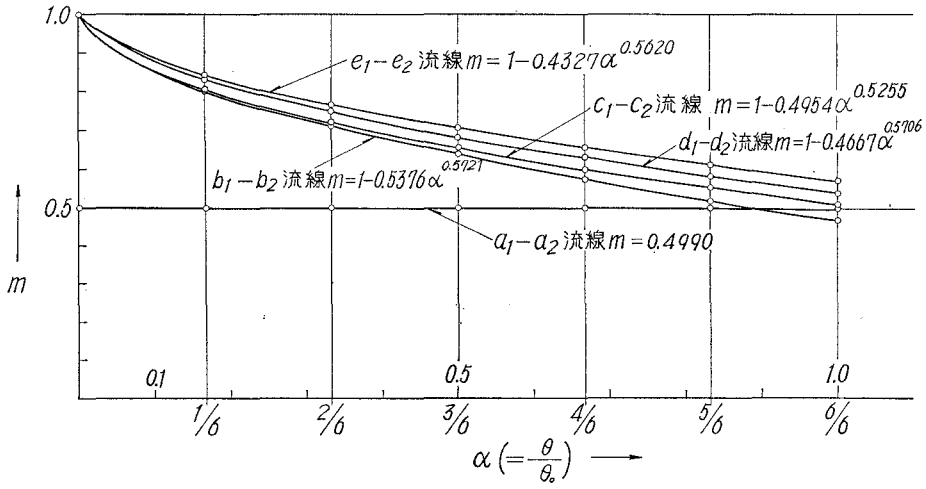
その流線図は図-6,-7であり，β_f', β_t' の吟味を行なった一例は，図-4である。このときの m は図-8のように設定した。



図—6　立　面　図



図—7　平　面　図



図—8　m–α　関　係

III.　この設計法に関する検討

多くの方法では羽根曲面を何等かの方法で展開し，その展開面上で試行し，それを立体化するのであるから試行の方向をとらえにくいように考えられる。この方法は一見煩雑なように見えても簡便な数式化を行なっているので，その試行の方向を容易に見出すことができ，試行

の回数を減らしうるのが特徴である。また同種の式を用いているので，流線の変化が滑らかであり，その上各流線の相互関係も良好で，全体として滑かな曲面が精度よく得られるようになる。普通，設計図ではこのような面は立面図，平面図の上に，ある條件に合った曲面上の線の群として図示されているのであるが，この方法では曲面上の流線の任意の点の座標が連続して与えられるから曲面を立体的に図示することが容易である。また一方，電子計算機を用いて設計を進める方向にも，この方法を発展させることができる。

しかしながら，この方法には，これら流線と羽根流路内の流れとの関係や，β_t', β_f' の適合の精度など，まだ検討の余地が残されている。

羽根曲面設計の一つの方法として提案するものである。

(昭和44年4月30日受理)

文　献

1) たとえば，Pfleiderer, C.: Die Kreiselpumpen für Flüssigkeiten und Gase, 263 (1955), Springer-Verlag; 佐野新三郎・有江幹男: 水力学および水力機械, 248 (1968), 工学図書.
2) たとえば，Stepanoff, A. J.: Centrifugal and Axial Flow Pumps, 95 (1957), John Wiley.
3) 田伏敬三: 浪大紀要, A-3, 16 (1955); 水力機械工学便覧, 558 (昭32), コロナ社.
4) 村井　等: 東北大学高速力学研究所報告, **16**, 152; **16**, 153 (昭35/36); **17**, 170 (昭36/37); 村田　暹: 日本機械学会論文集, **27**, 177, 691 (昭36-5).
5) Wislicenus, G. F.: Fluid Mechanics of Turbomachinery, Vol. II, 582 (1965), Dover Pub. Inc.