

100型1チャンネルゼット

序

直記式オシログラフとは別名インクライター・オシロ又はペンレコーダともいわれるもので、元來、醫學上の要求から脳波記録装置のために考案研究されてきたものであるが、その後研究の進展に伴い、他の種々の用途にも利用されるようになってきたものである。この中、脳波記録装置の初期のものについては、生産研究2巻3號⁽¹⁾に、生研式インクライターとその應用については、同じく3巻6號⁽²⁾その他⁽³⁾にそれぞれ発表したもので、ここではその後の進展についてだけ報告する。

問題は大きく四つに分けられる。第一が増幅器の問題で、超低周波、かつ $10\mu\text{V}$ 級の微弱電壓のインクライティングのための増幅、第二がインクライター・ユニットの問題、第三に手術時の麻酔の深さを脳波で判定し、これを自動的にメータに指示する方法の研究、第四に記録装置の試作生産に對する考察、および各種の應用である。このうち麻酔に關する分は、別に稿を改めて詳細に報告する豫定である。

1. 増幅器について

脳波の電壓は $10\sim 50\mu\text{V}$ が正常で、その周波数は $1\sim 60\text{ c/s}$ の超低周波帯にあり、内部抵抗は $5\sim 20\text{ k}\Omega$ である。このような低い周波数、かつ微弱な信號を十分増幅することは技術的に多くの困難があり、とくに電源をすべて交流化することは難かしい。現に米國で標準型として定評のある Grass 會社のセットでも初段だけは A, B 共に電池を使用しており、國內國外の他のセットもおおむね同様であるが、われわれの研究、試作、生産を通じて、無電池式という點は當初より變らず、今なお全交流電源式を採用している。今一つの特徴は入力端子より出力端子にいたる全回路に、對稱型差働増幅器を採用していることで、この二つは一貫した方針となつてゐる。新しい研究成果は下記の三つである。

- (i) 同相入力波除去の研究
- (ii) 初段真空管より發生する雜音の研究

生研式脳波記録装置の 試作生産と 直記式オシログラフの應用

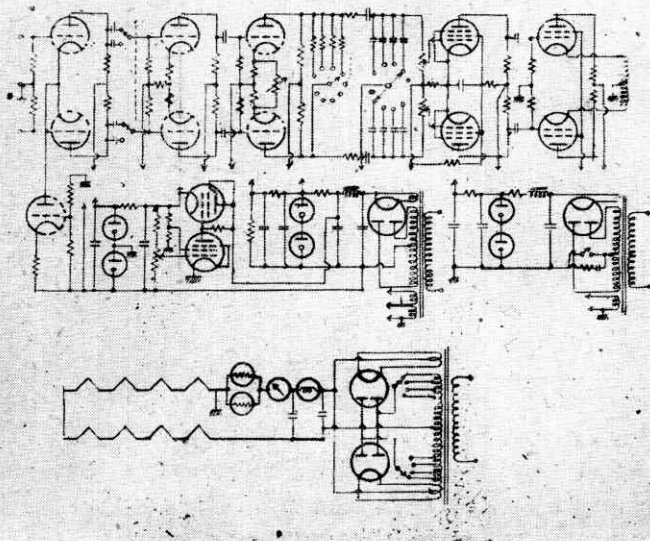
糸 川 英 夫

直記式のオシロとしての生研式インクライターは今や脳波の記録を初めとして各種の應用に、いよいよその重要性をましつつある。とくに全交流式である點、他に追隨を許さぬ特色をもつてゐる。これはその性能向上と製品化への中間試験を通じて行われた、たゆみない努力の記録である。

(iii) ヒーター電源の安定化

(1) 同相入力波除去について

この種の増幅器に固有の問題が二つあり、一つは電源ハムの混入、一つは増幅器雜音である。前回發表の 6SJ7 使用の對稱型差働増幅器は、次節に述べるように 6SJ7 が最も低周波雜音が少いのと、對稱型差働増幅器は電源電壓變動に對して有利である點からえられた。この場合には、脳波をとるべき患者を金網の遮蔽室に入れることが必要である。遮蔽室の使用は、病院では一般に厄介視され、とくに手術室での脳波測定には、ほとんど致命的な缺點になるので、それを不要とする研究が要望された。一つの解決法は高木氏⁽⁴⁾等が行つたように、 50 c/s のみを除去する鋭い帶域消去回路を挿入する方法であるが、これでは脳波中の 50 c/s 近邊をも失つてしまうおそ



第1圖 脳波記録用増幅器回路圖

れがある。他の方法は、頭部二點に誘導されている誘導ハム電壓は、電燈線に上ほど接近していない限りほとんど同相、同電壓であるという假定に基いて、同相入力完全に押え逆相入力のみを増幅する方法である。双三極管を差働増幅器の初段に用いてこの共通カソード抵抗として別の三極管を用い、その呈する高抵抗を利用する common-mode-rejection が一つの技術として考えられた。第1圖はこの方式による 6SL7 使用の増幅回路で、同相入力増幅度と、逆相入力増幅度の比は、無調整でも -80db, 調整によつて -100db にも達する。これは遮蔽室なしで脳波を測定し、ハムの混入を絶無にするのに十分な値である。真空管をえらばは、6SJ7 にくらべて雑音も多くなく、安定もよいが、microphonic-noise が多い缺點がある。利得 120db, 時定数 0.2 秒以上全回路での雑音レベルは 2 μ V 以下である。

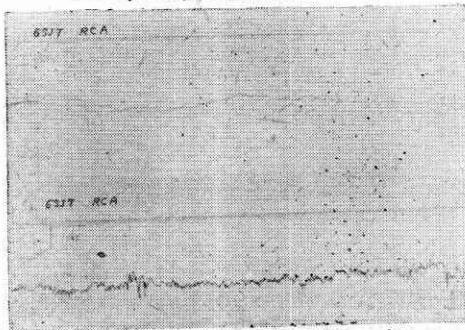
(2) 初段真空管には何を用いるべきか
(雑音の研究)

120db 程度の増幅器では初段の真空管が発生する雑音が大きな問題であるが、従来の研究の對象は主として、100c/s 以上の可聴周波帯および無線周波帯のいわゆる通信用範囲であつて、100c/s 以下、とくに 1~20c/s の超低周波帯での研究はほとんどない。そこでこのような超低周波帯での真空管雑音の研究が必要になり、主として次の二つの觀點から實驗的研究を行つた。

- (i) どんな真空管が超低周波帯で雑音が少いか
- (ii) 超低周波帯雑音の波形はどんな形であるか
- (i) は説明するまでもない。(ii) は測定記録中に異常波が混入した場合、どれが真空管雑音に起因するかを知らうかどうかという問題と関連して重要である。

以上の二つの目的のために、單に雑音レベルを測定するのみならず、波形も併わせて調べる必要があるので、各場合についてインクライターによつて波形の記録を行つた。測定は 30 分位の長時間連續して行い、かつ多數(約 100 本を試験)の真空管について試験するので、インクライター・オシロがあつて初めて行いうる研究である。第2圖は記録の一例を示す。このデータを整理するために、便宜上、30 秒間に現われる波の總數を N とし

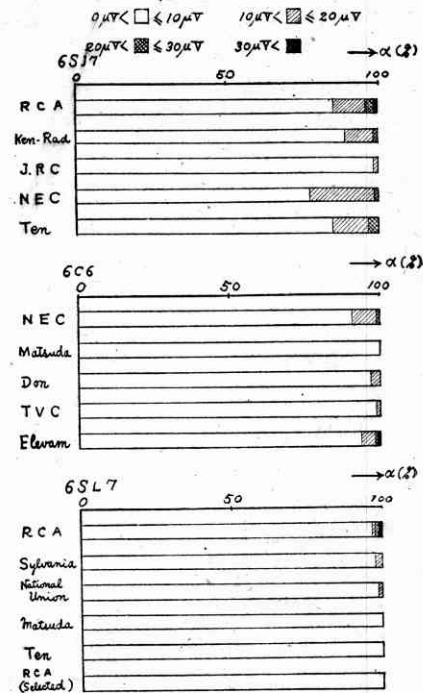
0~10 μ V の間の波の數 N_1



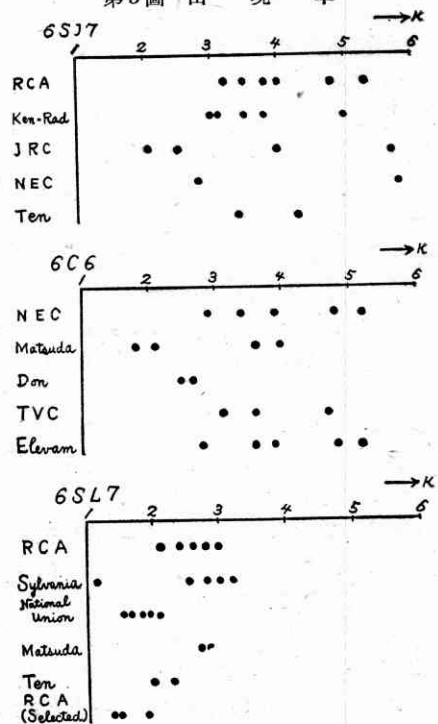
第2圖 超低周波雑音波形の一例

10~20 μ V // N_2
20~30 μ V // N_3
30 μ V 以上 N_4

としたとき、一般に $N_i/\sum N_i$ を出現率 α と定義し、また同じ波の群について電壓 v を測り、 $v_{max}/\sqrt{v^2}$ を最



第3圖 出現率



第4圖 最大雑音係數

大雑音係数 k と名付けると、各社、各管のそれぞれの値は第3圖および第4圖のようになった。

(3) ヒーター電源変動の対策

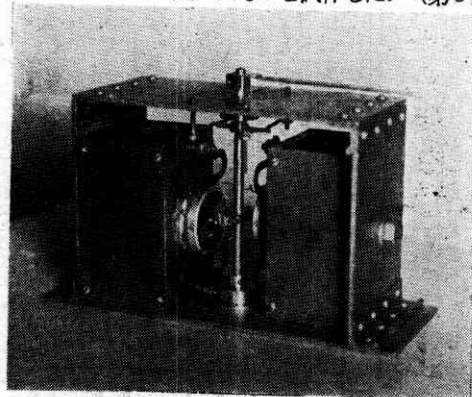
B電源の変動に対しては、第1圖中の電子管安定回路がよく動作し、完全に電源電圧変動を抑えることができる。ヒーター電源も、真空管またはセレン整流器で整流しているので、これに同様の安定回路をつければ完全であろうが、実際問題として300mAにおよぶ大電流を制御する安定回路は大型化するので好ましくない。もつと簡便な方式が望ましく、このため(i) バラスト管の使用、(ii) 定電圧放電管の使用、(iii) ヒーター電圧変動補償回路などの研究を行った。

2. インクライター・オシロのユニット

ダイナミック型の可動線輪を用いる形式は前に報告して以来一貫して變つていないが、その後の研究の主流は次の三點に集中された。

- (i) 使用周波数範囲の擴大
- (ii) Damping (ダンピング) の量を廣範圍に變えること
- (iii) 直線性範圍の増大

(1) 固有振動数を上げること——前回報告⁽²⁾に述べたV型インクライター・ユニットとしてIII型ユニットをブッシュ・ブルに並べたものを試作した。(第5圖)



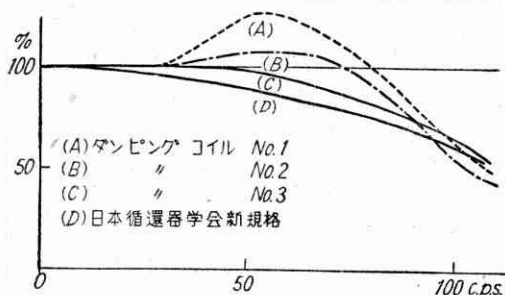
第5圖 V型インクライター・ユニット
(ブッシュ・ブル配置)

記録可能な程度の針先の振れを與える周波数限度は、約200c/sになるが、このように高い周波数では、いちぢるしい加速度のために、インクが針先より飛散して、インクライティングそのものが困難になる。すなわち、100c/s以上に對しては、直記法としてインクライティングは不適當になり、これに代る方法が必要となる。一つの方法は米國で行われている熱ペン(Heated Stylus)であろう。われわれはScratch Recording*を有望なものとして取上げ試験を行った。これは着色紙の表面に薄い蠟のヒルムをかぶせたもので、針先が蠟皮の上をこすると

* 明石和彦氏の示唆による。

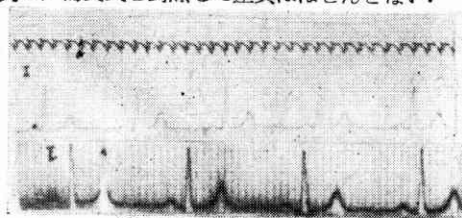
蠟皮がはがれ下地の色が見えるようになるもので、缺點は蠟皮がとれやすく取扱いにやや不便なことである。この方法ではかなり細い線がかかるので、記録振幅が小さくても擴大鏡などで補うことができるから、これと電圧電氣素子と組合わせて新しい直記式オシログラフが考えられる。豫備實驗としてロッシェル鹽との組合せについて研究中であるが、未だ實用の域には達していない。この方式で500~1000c/sの範圍まで領域を擴大することが可能であろう。

(2) ダンピングの量を廣範圍に變えること——インクライター・ユニットのダンピングが最も問題になるのはSpike性の波に對してで、Spikeの先端がわれたり、後にover-swingが続いたりする。特に心電圖(E.C.G.)ではSpike性の波の連續なので死命を制する量である。E.C.G.で從來慣用されている寫眞式オシロにインクライター・オシロがとつてかわるために問題となるのは、固有振動数ではなく、十分なダンピングをうる點にある。生研式インクライターではダンピングはいわゆるダンピング・コイルによつてえられるが、このコイルを三通りに變えたものを試作した。No. 1, No. 2, No. 3と名付けてNo. 2はNo. 1の2倍、No. 3はNo. 1の3倍の巻き数になつてゐる。巻き数をませば當然ダンピングが増すはずであるが、同時に磁場間隙が大きくなるため感度の低下、および可動質量の増大による固有振動数の低下を招く。第6圖はそれぞれの特性である。このうち、



第6圖 インクライター・ユニット特性

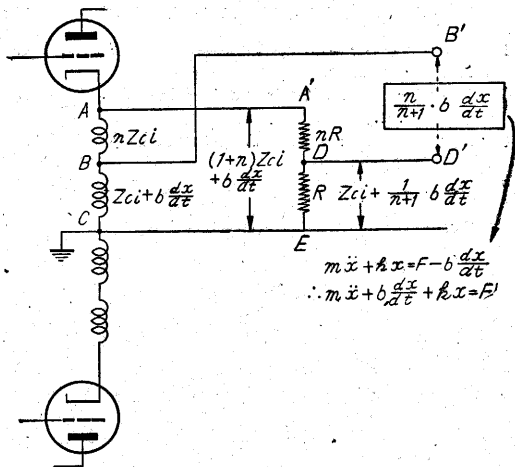
No. 3は圖示の日本循環器學會の新規格と對照してほぼ一致しており、ほとんどの症徴候をミスすることがなく臨床的に十分と考える。第7圖は實用に供した場合の一例で、寫眞式と對照して差異はほとんどない。



第7圖 E.C.G.の記録;
(上) インクライター, (下) 寫眞式

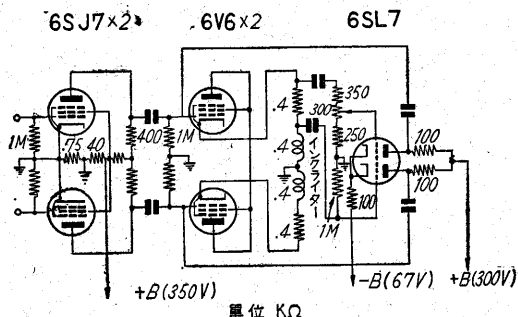
以上でE.C.G.用には適當なダンピングと感度がえられることがわかつたが、さらに廣範圍にダンピング量

をかえる目的で「速度電圧の負饋還回路」を研究した。ダンピング・コイルの目的は、運動速度に比例する電流が流れ、これと磁場との間の力が減衰力として働くことにある。この電流を直接用いずに一度増幅すれば、さらに強力なダンピング作用がえられる筈である。これを実際にはダンピング・コイルを用いずに、可動線輪のみで行うことができる。第8圖は原理圖で、BC はインクラ

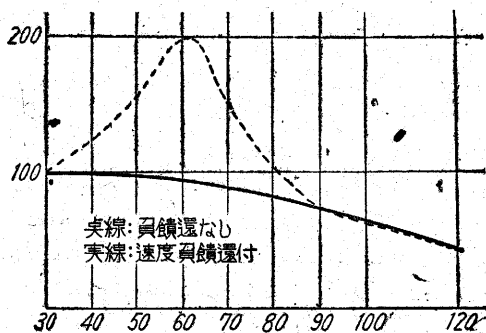


第8圖 速度負饋還回路原理圖

イターのコイル、それに直列にチョーク AB が入っている。コイル BC の両端には $Z_c \cdot i$ なる駆動電圧の他に、運動速度に比例する電圧 $b \cdot \dot{x}$ が加わっている。チョークのインピーダンスをインクライター・コイルのインピーダンス Z_c の n 倍とすると、圖で明かなように $B' D'$



第9圖 速度負饋還型ダンピング回路



第10圖 速度負饋還型回路の総合特性

間には速度に比例する電圧 $b \cdot \dot{x} \cdot n / (n+1)$ だけを取り出すことができ、これを前段の増幅管に饋還すれば、減衰力のみ強大になつてコイル中に再現する。第9圖は實際の回路で、第10圖はその特性である。この方法は饋還の程度によつてダンピングを廣範圍に變更されることと、減衰力のみが饋還されるので感度に影響しない利點がある。全く同様の考えを Wentworth がダイナミック・スピーカーのダンピングに用いている。(5)

(3) 直線性の増大——インクライターの磁場はコイルの運動方向に對して一様ではない、可動線輪もダンピング・コイルも有限長であるから、その位置によつて力が變化し、電流と變位の關係が直線からずれてくる。この対策をたてるため、磁場間隙の中の磁場の強さの分布を測定し、その資料から最大變位量に對して適當なコイルの巻き上げ長さおよびコイルの零點位置をきめた。とくに重要なのはダンピング・コイルの巻き上げ長さや零點位置で、これが不適當であると、大きな振幅のときに記録がくずれてしまう。

3. セットの試作・生産

前回發表に續いて下記の形式のセットが試作された。

100 型 1 チャンネル (紙幅 100 mm) カット参照

120 型 2 チャンネル (" 120 ") 口 繪 参照

210 型 8 チャンネル (" 210 ") 口 繪 参照

いずれも下記の點について改良されたものである。

- (i) 取扱いを便利にすること
- (ii) 故障箇所をなくすこと
- (iii) 壽命をのばすこと
- (iv) 外形をうつくしくすること

以上の各々セットは別表のような場所でそれぞれ實用に供されているが、從來、記録された故障は2年間に總計43件。それぞれ検討され次の試作に對策をおこなった。

210 型8チャンネル・セットの上面にある多數のつまみは電極切換用で、12極切り換えるスイッチが16ならんでいる。これらは最も故障率が高いので、各社の製品を試験し、一萬回試験に合格するものを選んでいるが、なお別に押しボタン式の水銀スイッチを研究中である。

生研式インクライター・オシロの用途

- 腦波記錄用：國立東一、同東二、東大清水外科、沖中内科、千葉、新潟、鳥取、名古屋、東北各大學、國立武藏療養所、國立肥前療養所
- 心電圖用：國立東一内科 (嶋谷氏)、名大戸田外科 (三浦氏) などによつて臨牀的に使われている。
- 瘧疾見器用：國立國府臺病院精神衛生研 (山口・藤森兩氏)
- 地震計用：東大震研 (表氏)
- 自動車試験合用：生研平尾研究室 (210 型4チャンネル)
- 抵抗線歪計用：生研池田研究室、大井研究室、安藤研

究室

○加速度計：林野應（水野氏）

○表面仕上検査機：生研式プロシル・レコーダ（生産研究 4 卷 2 號）明石製作所で製品化される豫定

4. 附 記

以上生研式脳波記録装置およびこれに関連し發展した直記式オシログラフの最近の研究状況を記した。詳細は近く生研報告に発表の豫定である。この研究は、研究室の吉山助手、大野昭三、米田圓生、金澤磐夫、櫻谷章の諸兄の手によつて行われたもので、またコイルの試作は技術研究生志賀健雄、機械部分は大倉與平の兩氏によるものであり、以上の諸氏に厚く謝意を表したい。また試作の委託者側の各位の暖い御援助と御協力に對して深く

御禮申上げる次第である。なお、この研究は一部は文部省科學研究費によりその大部分は生研中間試験研究費によつて行われたものである。（1952.5.6）

文 献

- (1) 糸川：生産研究 2, 3 昭 25 年 3 月
- (2) 糸川：生産研究 3, 6 昭 26 年 6 月
- (3) H. ITOKAWA, K. SHIMIZU, S. ONO: Synopsis of the Symposium on Vibrations, Waves, Acoustics at Tokyo. Mar. 1952
- (4) 阪本・高木・岡・岩井：電三學會東京支部大會講演論文集 13, 15 (昭 26 年 11 月)
- (5) J. P. Wentworth. Audis Engineering Vol. 35 Dec. (1951) p. 21.
- (6) R. G. Bickford: EEG & Clin. Neuroph. 2, 93-96 Feb. 1950
- (7) M. Verzeaus: EEG. & Clin. Neuroph. 3, 1 (1951)

速報 11

遠心ポンプの
主要寸法の決定

田原 晴 男

遠心ポンプを設計するのに従来とられている普通の方法は、與えられた設計の要求に對して、經驗上定められた係数によつて羽根車の外径を定め、この外径にもとづいて與えられた要求を満たすよう羽根車の諸元をまず決定する。しかる後この羽根車の寸法を基として案内装置の形を決めていくという順序のようである。この選擇には各種の型式が考えられ、一つの設計要求に對する解答は必ずしも一つではない。

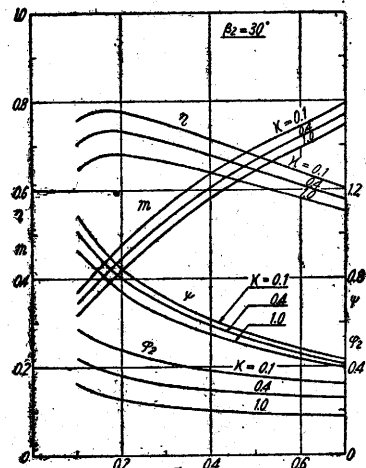
しかし遠心ポンプにあつては羽根車と案内装置とは缺くことのできない要素であると同時に不可分の關係にあり、一部分の効率の向上が他の部分の効率の減少をもたらすようではなんにもならない。また、條件として、與えられた設計の要求の外に効率を最高とすることを條件とすれば、一つの要求に對して一つの回答が與えられるはずである。

この報告は、渦巻室を案内装置とする片吸込の遠心ポンプについて、このような觀點からポンプ全体の効率を最高とすることを條件として、遠心ポンプ各部の主要寸法を同時に決定する方法を求めたものである。第 1 圖は羽根車の出口角を 30° とした時の例であつて、主要寸法を代表する係数 ψ , φ_2 , m およびその時の効率 η をポンプの特性数 σ の函数としてあらわしたものである。効率および諸係数は次のような無次元量である。

$$\eta = \frac{\gamma V H}{75 N}, \quad \psi = \frac{2 g H}{(r_2 \omega)^2}, \quad \varphi_2 = \frac{V}{A \cdot (r_2 \omega)}, \quad m = \frac{r_1}{r_2}$$

$$\sigma = (3.51 \times 10^{-2}) V^{\frac{1}{2}} n / (g H)^{\frac{1}{2}} = \varphi_1^{\frac{1}{2}} \cdot \psi^{-\frac{1}{2}}$$

$$\varphi_1 = \frac{V}{(\pi r_2^2) (r_2 \omega)}$$



第 1 圖

ただし、 γ = 流體の比重量 (kg/m^3) V = 流量 (m^3/s) H = 揚程 (m) N = 軸馬力 (HP) r_2, r_1 = 羽根車の外径および内径 (m) n = 羽根車の回転數 (r.p.m.) ω = 羽根車の角度 (rad/s) A = 數渦巻室出口面積 (m^2)

また、圖においてパラメータとして使用してある κ はポンプから送出された流體の持つ運動エネルギーの回復の程度によつて主として決る常數で、 $\kappa=0.1$ の場合には運動エネルギーはほとんど完全に利用され、 $\kappa=1.0$ の場合はほとんど利用せられない場合を示している。

今、設計の要求として V, H, n が與えられたとすると、これから特性数 σ が計算できるので、 σ に對應する係数 ψ, φ_2 等を圖から決定し、これらの係数から羽根車の外径、渦巻室面積等の主要寸法を同時に決定することができる。（1952.4.11）