

JAERI-M

4720

全エネルギー透過形中性子チョッパーの設計

1972年2月

金子 義彦・黒川 良右・井上 利昭

渡辺 恒志

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

全エネルギー透過形中性子チョッパーの設計

日本原子力研究所東海研究所原子炉工学部

金子 義彦・黒川 良右

日本原子力研究所東海研究所技術部

井上 利昭・渡辺 恒志

(1 9 7 2 年 2 月 5 日受理)

炉物理実験に使用する目的で熱近傍およびできるだけ低いエネルギーを含めた熱中性子領域の中性子の全部を透過させると共に良好な時間分解能を有する中性子チョッパーを設計、製作した。ローターは直径 30 mm で単一スリットのある中心部のみ 1 w/o ^{10}B 入り不銹鋼を使い他の部分は吸収体の入らない不透鋼にして費用を軽減した。スリットは入口巾 4 mm, 高さ 20 mm で、出口に近づくにつれ広がりをもたせ、出口巾 36.1 mm とし放電加工により工作した。駆動源は三相モータであり、無段変速機により減速し、ローターを 4600~700 rpm で回転させることができる。4500 rpm では 0.004 eV 以上 20 eV まで 90% 以上の透過関数をもち、764 rpm では 0.0001 eV の冷中性子まで透過しうる。この特性は従来同目的のため設計されたものより、2 枠近く低エネルギーの中性子をも透過しうるものである。

Design of Neutron Chopper Transmitting Neutrons
in Large Energy Range

Yoshihiko Kaneko, Ryosuke Kurokawa

Div. of Reactor Engineering, Tokai, JAERI

Toshiaki Inoue, Tuneshi Watanabe

Div. of Engineering Services, Tokai, JAERI

(Received 5 February 1972)

A neutron chopper has been designed and constructed for use in thermal reactor physics experiments.

Features of the neutron chopper are the following:

1. Stainless steel containing 1 w/o ^{10}B (SUS 304) is used in the periphery of the single slit. In the other parts of the rotar, stainless steel without it is used. The rotar is 30 cm in diameter and 4 cm thick.
2. The inlet window of the slit is 4 mm wide and 20 mm high; the width is enlarged toward the exit window in order to transit neutrons in energy range as wide as possible.
3. The rotar is suspended vertically with a shaft of diameter 40 mm. The rotation of the rotar can be varied from 700 to 4600 r.p.m. with a frequency reduction machine connected to the power source of 3-phase induction motor.
4. The rotar is in a neutron-shielding box of 1-cm thick B_4C walls, to reduce background neutrons.

It is found by calculation that neutrons in a large energy range (from 10 eV down to 0.0001 eV) can be transmitted with good time resolution.

目 次

1. 序 言	1
2. スリットの設計	2
2.1 中性子軌道とスリットの形状	2
2.2 スリットの機械工作	4
3. ロータと駆動機構の設計	8
3.1 ロータの強度	8
3.2 危険回転数	11
4. 中性子透過特性の計算	12
4.1 中性子透過特性	12
4.2 分 解 能	14
5. 結 論	16

1. 序 言

各所の研究施設において中性子物理の実験に使用されている中性子チョッパーを分類すると、第一は同一曲率をもつ多數の細いスリットをもつローターの回転数を変化させ固有のエネルギーの中性子のみを通過させるという機能をもつものであり、他は直線形の太いスリットをもつローターを使い広いエネルギー範囲の中性子を同時に通過させる機能をもつものである。中性子通過の時間巾は前者では一般に短く、後者は長くなり、飛行時間の測定系を後続させた場合分解能は前者で良く後者では低いことになる。以上のチョッパーはその特徴に応じて種々のエネルギー範囲の中性子断面積、中性子散乱則の測定に使用されているが、今回われわれが設計したのは炉物理の分野で体系の中性子スペクトルの測定のための中性子チョッパーであつて、理想的には全エネルギーの中性子を 100% 通過しつつ、スリットの入口巾をせまくして、飛行時間法と組合せた場合分解能がかなりすぐれているものが要求された。そのためには前者と後者の二つの型のチョッパーの特徴を兼ね添えた設計が必要になつた。つまり、時間分解能を長くするために入口スリット巾をせまくし、広いエネルギー範囲の中性子が同一回転数において通過し得るようにスリットに対して曲率をもたせながらだいに巾広くしていくという方式をとつた。このスリット設計の原理は R P I 等の炉物理実験用チョッパー⁽¹⁾などで一部採用されているものであるが、これまでの設計例では通過中性子エネルギー範囲も狭くかつ時間分解能もかなり悪い。そこでわれわれは中性子軌道とスリットの形状の中性子透過に対する影響やローターの機械的バランスの問題について検討を深めた結果、炉物理実験用としては、ほぼ、究極的に改善された形のローターの設計が可能であるという確信を得て製作にふみ切つた。

設計の目標は次の通りとした。

完全通過中性子エネルギー範囲	0.005 ~ 1.0 eV
時間分解能	1 eV で 10% 以下
(飛行距離 10 m の場合)	

ローターの中性子遮蔽材としては $1 \text{ w} / \text{eB}^{10}$ 入り不鏽鋼 SUS 304 を使用した。その理由は熱外領域の中性子の遮蔽に B^{10} を効果的に使うためであるが、高価のためスリットの近傍にのみ使用するにとどめローターの他の部分には B^{10} の入らない不鏽鋼 SUS 27 を代用することにした。

2. スリットの設計

2.1 中性子軌道とスリットの形状

スリットの形状決定の基盤は、いさまでなく透過せしめようとする中性子の軌道の計算にある。X-Y平面で、中性子の軌道とローターの回転との相互関係を求めてみよう。Fig. 1 に示すように中性子は速度 (V_x, V_y) で点 $(-R, Y_0)$ に入射して来るものとする。静止座標系 (X, Y) における中性子の位置は

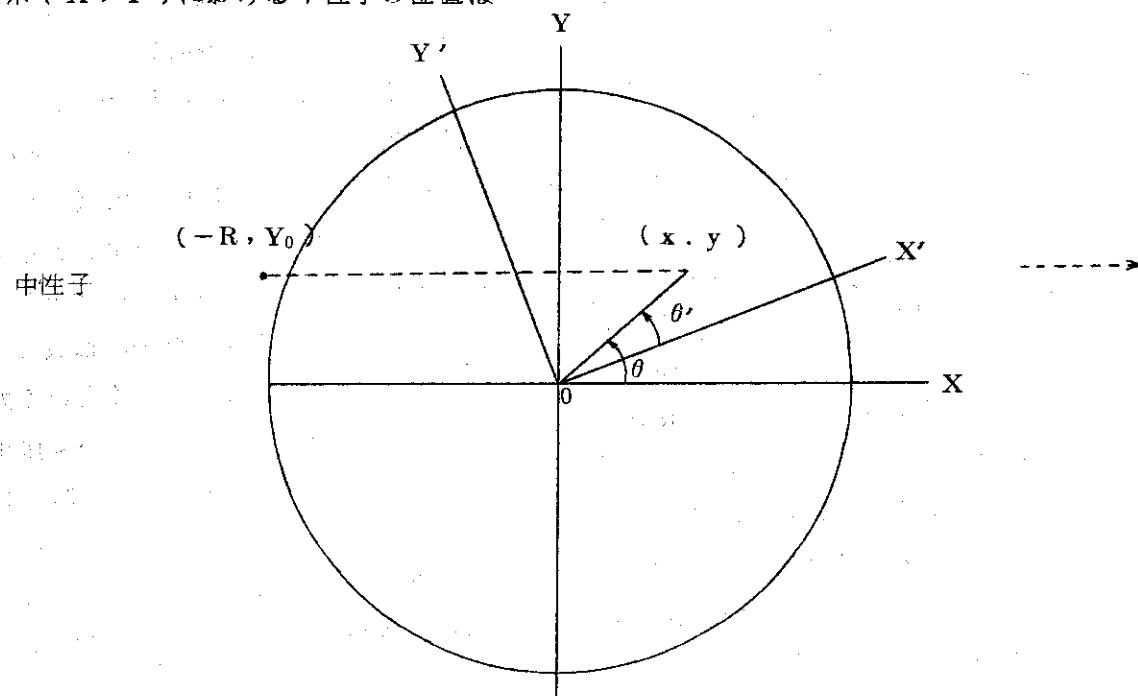


Fig. 1 中性子軌道図

$$x = -R + V_x t \quad (1)$$

$$y = Y_0 + V_y t \quad (2)$$

とかける。ここに R はローターの半径である。

これを静止した回転座標系 (r, θ) で表すと、

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (3)$$

$$\theta = \tan^{-1} y/x \quad (4)$$

となる。

さらにローターの回転についてまわる回転座標系 (r', θ') で表現すると

$$r' = r \quad (5)$$

$$\theta' = \theta - \omega t \quad (6)$$

ここに ω はローターの角速度である。

また時間 t は

$$t = t' - t_s \quad (7)$$

とし、 t_s は時刻 $t' = 0$ のとき、ローターの水平軸が $Y = 0$ の水平軸とずれていて t_s 後で両線が一致することを表している。

さらにまた (r', θ') を回転している(回転速度 ω)、直角座標 (X', Y') で表現すると

$$x' = r' \cos \theta \quad (8)$$

$$y' = r' \sin \theta \quad (9)$$

となる。

以上の関係式を整理すると

$$x' = \sqrt{(-R + V_x t)^2 + (Y_0 + V_y t)^2} \cos(\tan^{-1} \frac{Y_0 + V_y t}{-R + V_x t} - \omega t) \quad (10)$$

$$y' = \sqrt{(-R + V_x t)^2 + (Y_0 + V_y t)^2} \sin(\tan^{-1} \frac{Y_0 + V_y t}{-R + V_x t} - \omega t) \quad (11)$$

ただし

$$\frac{Y}{-R + V_x t} > 0 \text{ なら } \pi < \tan^{-1} \frac{Y_0 + V_y t}{-R + V_x t} < \frac{3}{2}\pi$$

$$\frac{Y}{-R + V_x t} < 0 \text{ なら } \frac{\pi}{2} < \tan^{-1} \frac{Y_0 + V_y t}{-R + V_x t} < \pi$$

以上のようにして中性子の初速度 (V_x, V_y) とローターの軸が水平になるまでの時間 t_s 、ローターの直径、回転角速度 ω が与えられれば、曲面式により回転するローター上での位置はきまつてくる。したがつて通過させたい中性子の軌道の全部が收まるように、スリットの形状を考えればよいことになる。

具体的にスリットの形状を決定する際考慮しなければならない条件は次のとおりである。

1. 体系の中性子放出面の広がり、チヨツバーへのプレコリメータの特性を考え、かつ後続する中性子検出器の口径を考え、水平方向の速度 V_x と共に垂直方向の速度 V_y を考慮する。
2. ローターの水平軸が水平になる手前から中性子のスリットへの入射が始まる。この中性子も有効に透過しうるようスリットの出口はやや広げる。
3. スリットの入口の巾はせまいほど実効的なローターの開放時間が短かくなり、飛行時間法と組合せた場合に時間分解能が向上する。しかし1回転ごとの中性子透過数は減少するのでS/N比、や計数統計が悪くなるので、測定対象の体系の中性子放出面の状況、ほしい中性子エネルギー範囲をはつきりさせ総合的に判断してスリット入口巾を決定する必要がある。

4. ローターが 1 / 2 回転した場合いはば出口より中性子が入射して入口より出していくことがないようにスリットの中心線をローターの回転中心より数 mm はずしておくこと。
5. スリットの工作を容易にするため複雑な形状はさせて折線でしかも折点の少いものが要求される。
6. スリットの出口附近をあまり広げると質量の分布がかたより、高速回転体としてバランスをとることが難しくなつてくるので注意を要する。

したがつてある程度、実験体系、飛行管長、検出器の口径等の実験条件を定めないと設計を行うことが出来ない。今回の設計にあたつて想定したのは次のような実験条件である。

1. 実験体系は黒鉛あるいは水減速の非均質増倍体系であり、その減衰状態の中性子スペクトルを測定する。
2. 中性子源は LINAC とし、プレコリメータは 4 mm × 20 mm の広がりをもち、チヨツバー通過後の中性子を 10 m の飛行管を介して、一辺 20 cm の正方形の口径をもつ BF₃ カウンターバンクで測定する。
3. 完全通過中性子エネルギー範囲、時間分解能は序言で決めたように 0.005 eV ~ 10 eV
時間分解能は 1 eV で 10 % 以下

実験装置の配置の概念図を Fig. 2 に示した。

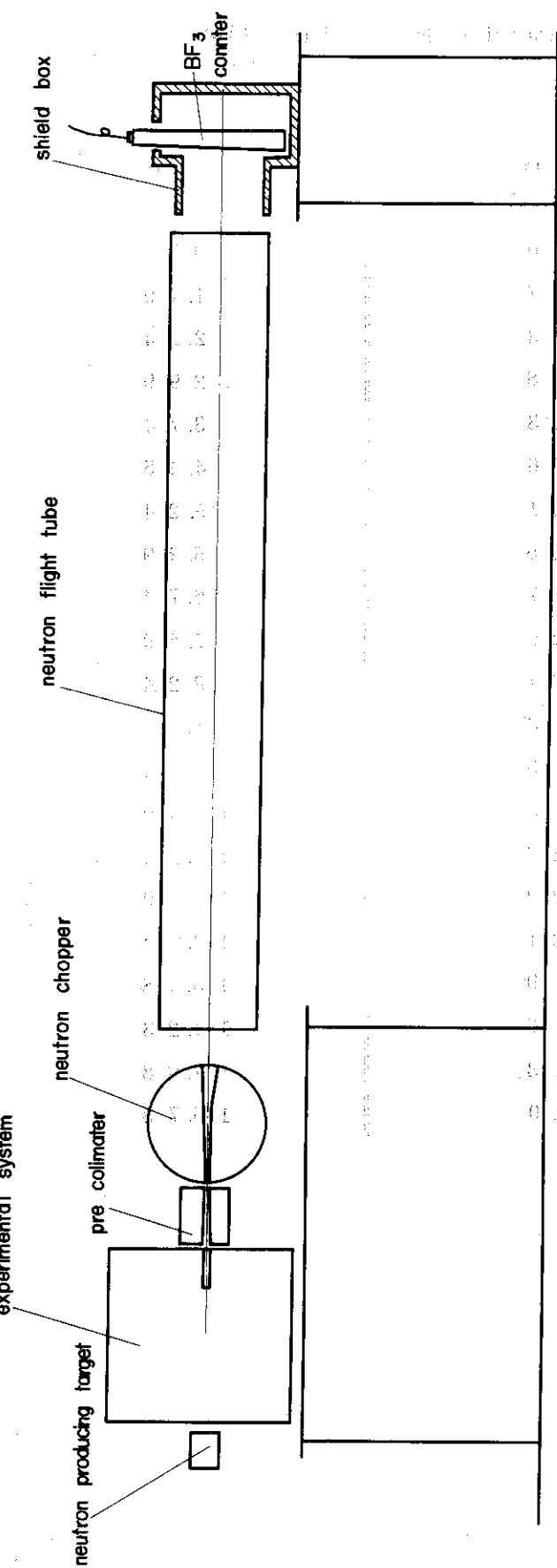
一方ローターの最高回転数は 5000 rpm 以下にすることが、機械的設計をかなり容易にするという判断から決定された。もちろん、この回転数でも、プレコリメータの巾 4 mm と同じ巾のスリット入口巾にしたとき、3.の条件は満されそりであることを吟味したうえのことである。

スリット入口巾	4 mm
ローター回転数	4600 rpm 最高

を条件として、後は中性子軌道計算を基盤として1.から6.の条件を満足するよう考慮してスリットの形状を決定した。その結果を Table. 1 にまとめた。

2.2 スリットの機械工作

ローターの構成を Fig. 3 に示した。中央のスリットに沿つた部分は 1 w / o ¹⁰ B 入り不鏽鋼 (SUS304) を使い、他の部分はすべて中性子吸収体を添加しない SUS27 を用いている。1 w / o ¹⁰ B 入り不鏽鋼は硬度が高く (HRC - 40) 切削加工は困難であり、製品に要求される精度を考慮して放電加工法を採用した。まずスリットみぞの総形を銅により製作しこれを電極とした。加工みぞの方が電極より 0.2 mm ほど大きくなることが実験的に確かられたので、電極をスリットみぞよりやや小さく製作しておくという配慮を行つた。出来上つたスリットの精度は、スリット部を旋盤ベッド上に固定しダイヤルゲージをバイトの送り機構で送り測定した。



Arrangement of experimental apparatus

Fig. 2 飛行時間法実験装置配置図

Table 1 Slit ϕ 形状

upper line

X cm	Y cm	X cm	Y cm
- 1 5.0 0	0.8 0	0.7 4	1.1 2
- 1 4.2 5	0.8 7	1.4 9	1.1 2
- 1 3.5 0	0.9 3	2.2 4	1.1 3
- 1 2.7 4	0.9 8	2.9 9	1.1 5
- 1 1.9 9	1.0 3	3.7 4	1.1 6
- 1 1.2 4	1.0 6	4.4 5	1.1 7
- 1 0.4 8	1.1 1	5.2 4	1.1 8
- 9.7 3	1.1 5	5.9 9	1.1 9
- 8.9 8	1.1 7	6.7 4	1.2 0
- 8.2 3	1.2 0	7.4 9	1.2 1
- 7.4 7	1.2 1	8.2 4	1.2 2
- 6.7 2	1.2 3	8.9 9	1.2 3
- 5.9 7	1.2 3	9.7 4	1.2 4
- 5.2 1	1.2 3	1 0.4 9	1.2 5
- 4.4 6	1.2 3	1 1.2 4	1.2 6
- 3.7 1	1.2 2	1 1.9 9	1.2 7
- 2.9 6	1.2 1	1 2.7 4	1.2 7
- 2.2 1	1.1 9	1 3.4 8	1.2 9
- 1.4 6	1.1 6	1 4.2 3	1.2 9
- 0.7 0	1.1 3	1 4.9 8	1.3 0
0.0 5	1.1 0	1 5.7 3	1.3 1

Table 1 Slit の形

lower line

標準の標準形より一歩一歩

	X/cm	Y/cm	X/cm	Y/cm
-1.6.0.0	-0.4.0	0.7.7	0.0.3	
-1.5.2.5	0.3.9	1.5.2	-0.0.5	
-1.3.5.0	0.3.7	2.2.7	-0.1.4	
-1.2.7.5	0.3.6	3.0.2	-0.2.2	
-1.2.0.0	0.3.5	3.7.6	-0.3.0	
-1.1.2.5	0.3.3	4.5.1	-0.4.0	
-1.0.5.0	0.3.2	5.2.6	0.5.0	
-0.9.7.5	0.3.1	6.0.0	0.6.1	
-0.9.0.0	0.2.9	6.7.5	0.7.3	
-0.8.2.5	0.2.8	7.5.0	0.8.4	
-0.7.5.0	0.2.6	8.2.4	0.9.6	
-0.6.7.5	0.2.5	8.9.8	-1.1.0	
-0.6.0.0	0.2.3	9.7.3	-1.2.3	
-0.5.2.5	0.2.2	1.0.4.7	-1.3.6	
-0.4.5.0	0.2.0	1.1.2.1	-1.5.1	
-0.3.7.5	0.1.9	1.1.9.5	-1.6.6	
-0.3.0.0	0.1.7	1.2.6.9	-1.8.0	
-0.2.2.5	0.1.6	1.3.4.3	-1.9.6	
-0.1.5.0	0.1.3	1.4.1.6	-2.1.4	
-0.0.7.5	0.1.2	1.4.9.0	-2.3.1	
-0.0.0.0	0.1.0	1.5.6.4	-2.4.8	

3. ローターと駆動機構の設計

3.1 ローターと駆動機構の設計

チョッパーの機械的設計の中心はローターとそれへの回転力の伝達機構にある。それ以外の部分の設計は比較的簡単である。つまり、動力源である三相誘導電動機(1.5 kW)の回転力をV形ブーリーを介して無段变速形三木ブーリーにより回転数を調整してローターの回転軸に伝えればよい。ローターの回転数は4600 rpmであり、高速回転体としてはそれほど高回転数というほどではない。しかしローターが一体物ではなくスリットに沿つた部分にのみ¹⁰ B不鏽鋼を使用するため、必要な強度をローターにもたらせることがそう簡単ではないことになつた。最終的にはローターはFig. 3のような構成を採用した。つまり、スリットを切つた¹⁰ B 1w/o入り不鏽鋼板2枚を厚さ20 mmの半円形SUS板2枚ではさみかつその全部を上下より厚さ12および8 mmの円形補助回転板でサンドウイッチしてボルト10ヶで固定するという方式をとつた。半円形SUS板に生ずる遠心力をボルトで吸収するが、さらに後備として補助回転板により外周部で押えるという安全設計を採用した。ローターは厚み1 cmのB4 C層をもつ中性子遮蔽容器に収納されている。これは、入口スリット巾が巾4 mm高さ20 mmとかなりせまいのでバックグラウンド中性子を極力減少させるためとつた処置である。装置全体の見取図をFig. 4にのせるとともに写真をPhoto. 1に示した。

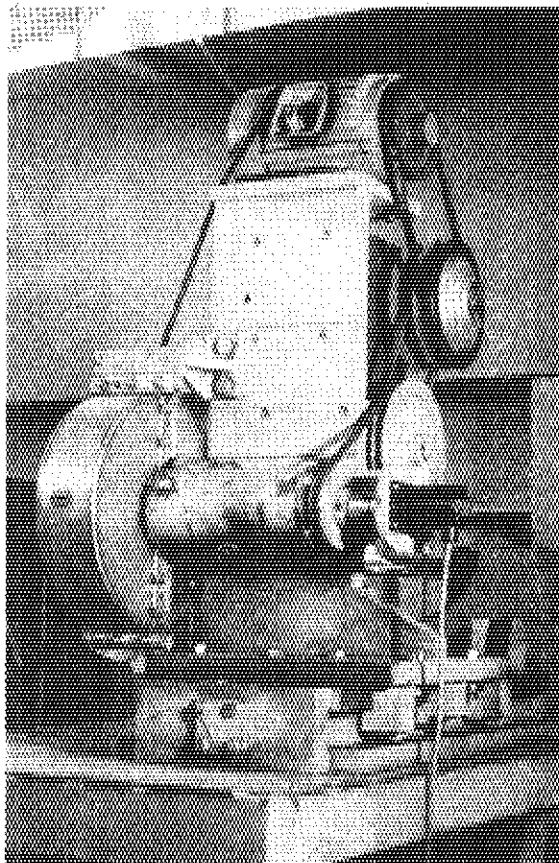


Photo. 1 中性子チョッパー

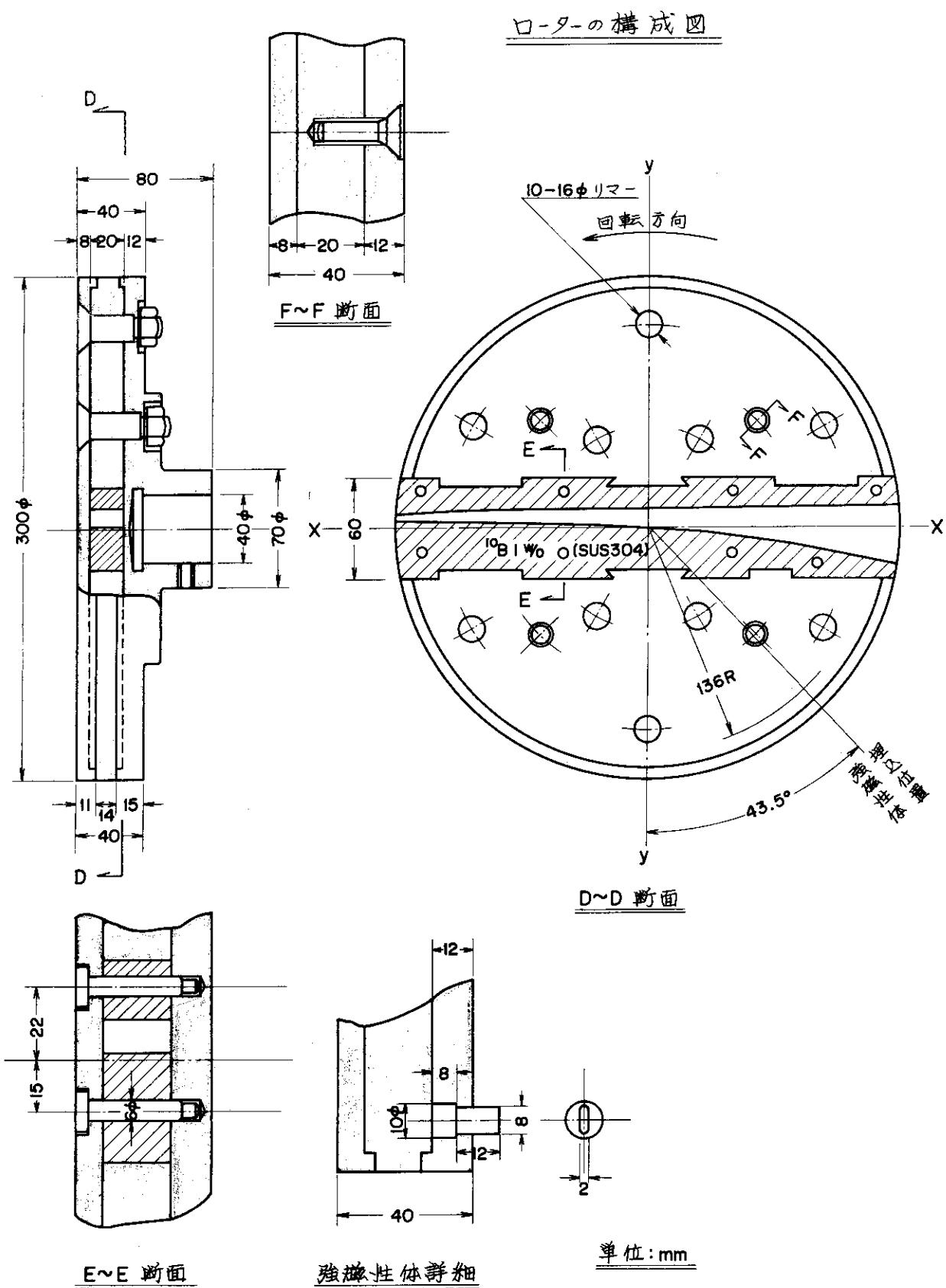


Fig. 3 ローターの構成

中性子チョッパー見取図

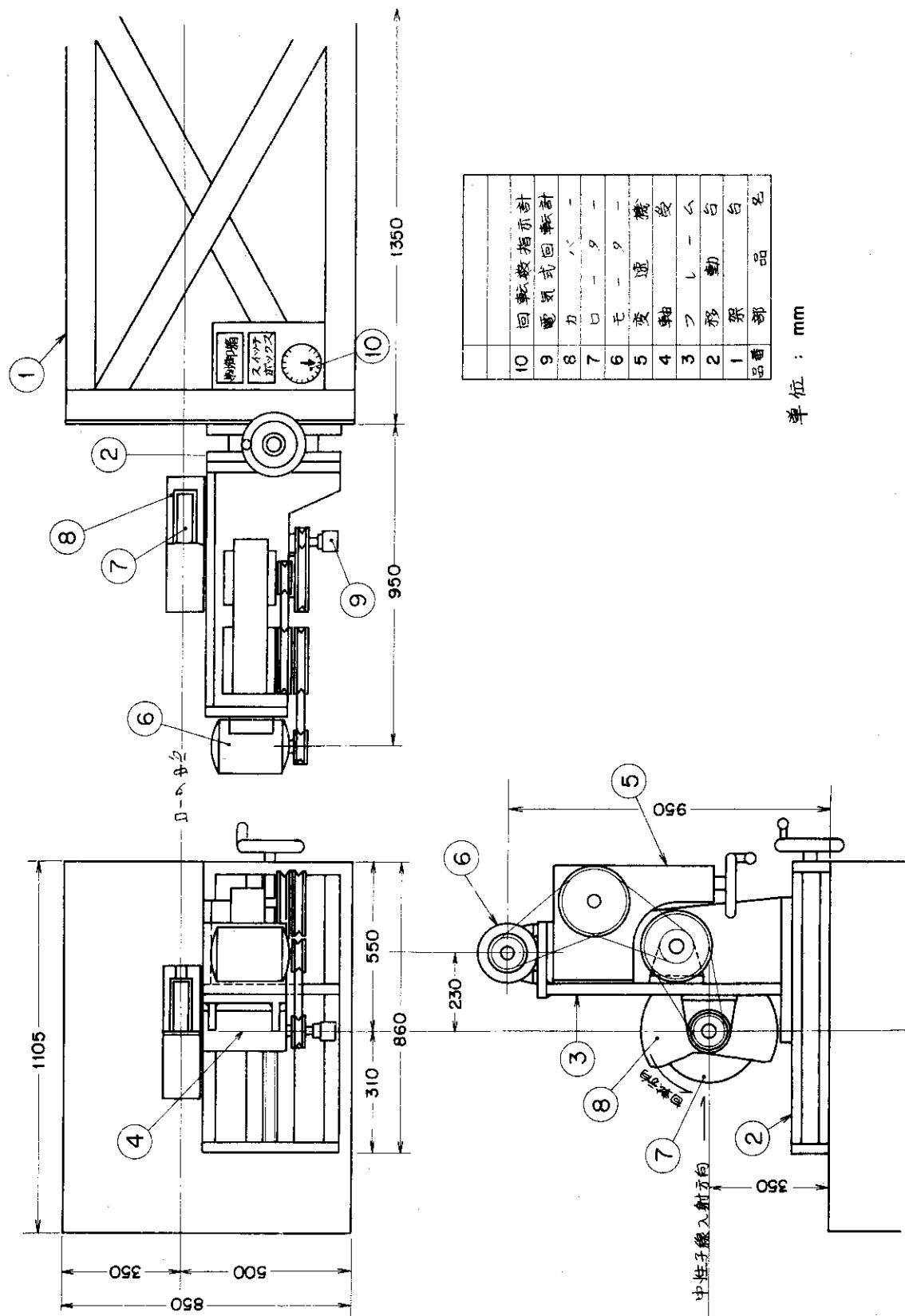


Fig. 4 チョッパーの見取図

ローターの回転数をあげていくと、共振現象が始るものと予想される。これはローターとそれを支持している軸で構成される系の固有振動数とローターの回転数が一致することによつて起るものである。Fig. 5 のように bだけ離れた 2 個の支点で単純支持された、断面二次モーメント I の軸の先端に 1 個の集中荷重 W が存在する場合の危険回転数 ω は

$$\omega = \sqrt{\frac{6 EI}{W a^3 \left(\frac{3b}{a} + 2 \right)}} \quad (12)$$

で与えられる。

ここに、

$$E = 縦弾性係数, \quad 21000 \text{ Kg/mm}^2$$

$$l = 軸全長 \quad 300 \text{ mm}$$

$$b = 支点間距離 \quad 200 \text{ mm}$$

$$a = 突出部長 \quad 100 \text{ mm}$$

$$W = 荷重 \quad 30 \text{ Kg}$$

を代入すると

$$\text{危険回転数} = 5879.61 \text{ rpm} \quad (13)$$

となる。これは最高回転数の 4600 rpm に比較してかなり大きいので共振現象は起きないものと考えられる。

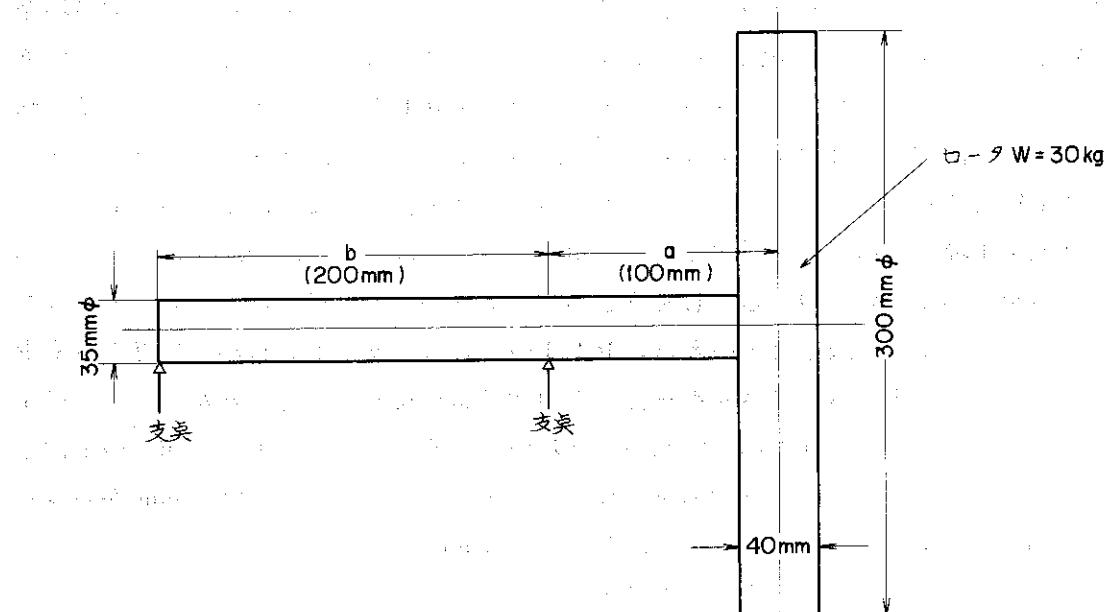


Fig. 5 片持ちローターの図

4. 中性子透過特性の計算

4.1 中性子透過特性

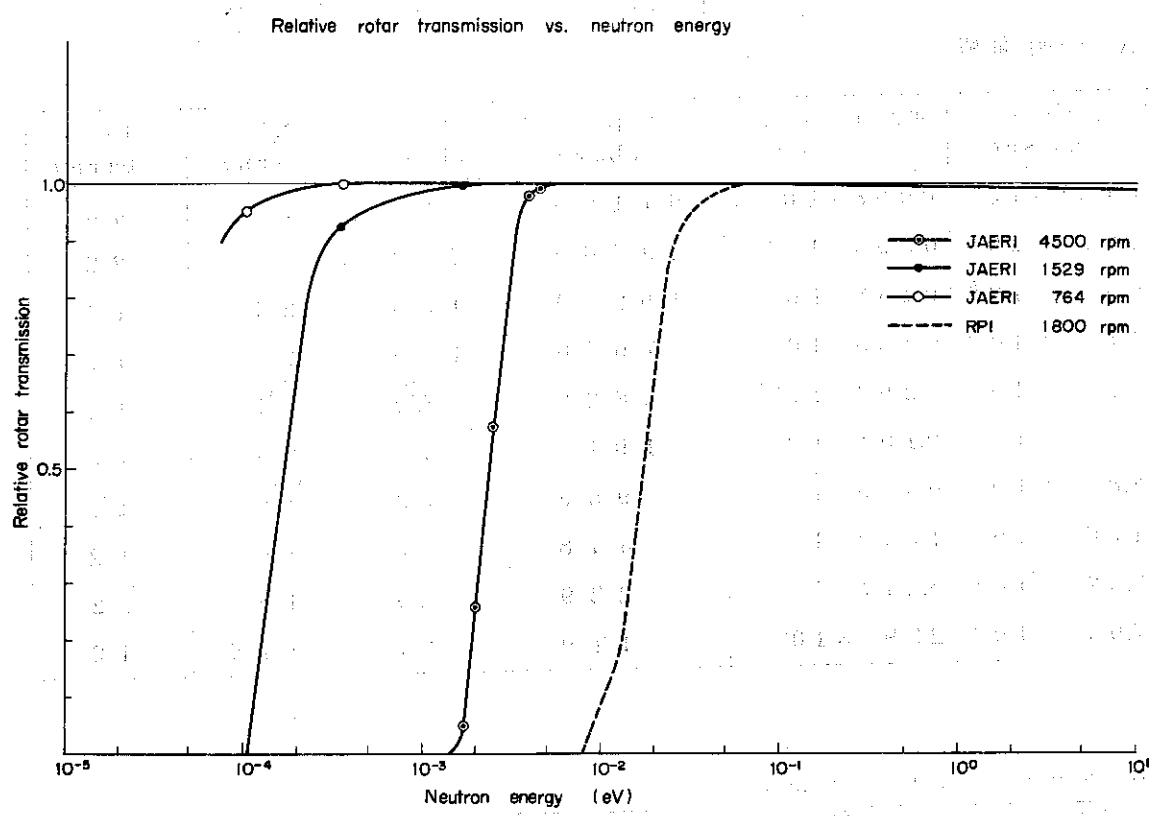
中性子がスリットの内部にある限り、散乱や吸収により中性子の減衰は起きないが、これを持てば ^{10}B 入り不鏽鋼やその外側の S U S 2 7 の層に入ると散乱や吸収により中性子検出器へ到達できなくなる機会が急増する。

中性子のロータ透過関数 $T(E)$ は次の式により評価することができる。

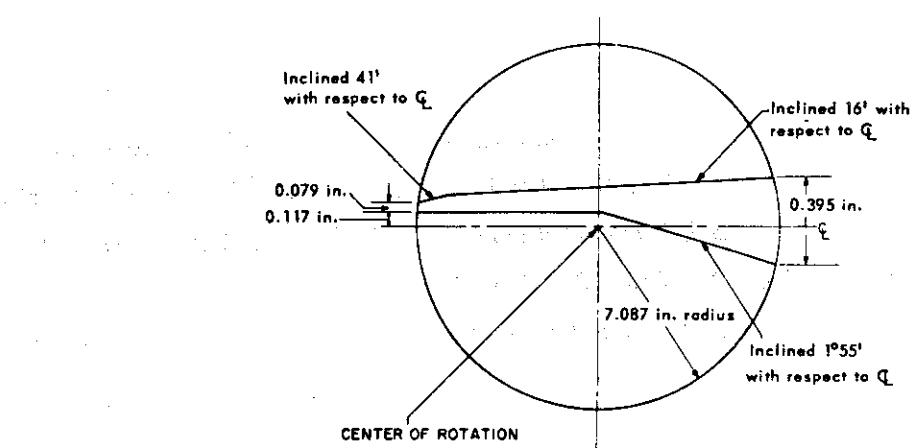
$$T(E) = 1 - \exp \left\{ \int_0^{S_{\max}} \Sigma(E, S) dS \right\} \quad (14)$$

ここに、 $\Sigma(E, S)$ は中性子軌道 S に沿つての中性子全断面積であり、積分は中性子のローターへの入射から放出までつづけられる。

実際の計算では中性子の軌道を 5 mm おきの多折線で近似し、軌道がスリットの内部、 ^{10}B 入り不鏽鋼あるいは普通の不鏽鋼中にあるかを Table.1 の形状と比較して判断し対応する全断面積を被積分関数として、梯形積分公式により積分を数値的に求めている。各領域の各原子の個数密度と 2200 m/s の中性子に対する全断面積を Table.2 に示した。断面積は B N L - 325 より引用している。回転数 $4500, 1529$ および 764 rpm のときの中性子透過関数の計算結果を Fig. 6 に示した。 4500 rpm の場合、 0.005 eV まで 0.975 以上の値をもち極めて平坦な中性子透過特性を示している。さらに回転数を 1529 rpm 764 rpm と落していくと冷中性子領域の中性子までが透過するようになり、後者の回転数の場合 0.0001 eV (1.1° K) の超冷中性子まで 95% 以上透過することが可能である。以上のチヨツバーの性能を従来設計されているものと比較するため、R P I のチヨツバーの中性子透過関数を Fig. 6 に添えた。R P I のチヨツバーでは中性子透過関数が 0.975 以下のエネルギーは 0.04 eV である。ところがこのエネルギー領域は熱中性子系で中性子スペクトルが最高値に達した後、下降する領域に相当するので、中性子透過関数評価の誤差が直接中性子スペクトルの測定値をあいまいなものにしてしまうというおそれがある。我々のチヨツバーではスリットの形状の改良により克服したといえる。R P I の場合はスリットの折線の折点の数も少くかつ出口巾も狭いので十分広いエネルギー範囲の中性子軌道を考慮しきれなかつたことに、すぐれた中性子透過関数が得られていない原因があるのであろう。最後に Fig. 6 の中性子透過関数の規格化について述べる。まず考慮された中性子入射条件は、入射高 4 mm から 8 mm $|V_x/V_y| = 100$ で、同一密度でロータ（スリット高 4 mm から 8 mm ）に入射するという内容のものである。透過中性子数を入射中性子で割りかつ平坦なエネルギー特性部分、例えは 4500 rpm ならば 0.01 より 1 eV までを 1 に規格化して他のエネルギー領域の値をきめた。



a) JAERI



b) RPI ROTAR

Fig. 6 中性子透過関数

Table 2 ロータ材料の断面積*

A 全断面積

中性子速度 (cm/sec)	中性子エネルギー (eV)	^{10}B (barn)	Cr (barn)	Ni (barn)	Fe (barn)
0.138×10^5	0.988×10^{-4}	61120	38.0	75	44
0.275×10^5	0.395×10^{-3}	30560	27.0	42	22
0.55×10^5	0.158×10^{-2}	15280	15.5	24	12
1.1×10^5	0.633×10^{-2}	7640	10.5	25	17
2.2×10^5	0.253×10^{-1}	3820	7.2	21	13
4.4×10^5	0.101×10^0	1910	5.7	20	12
8.8×10^5	0.405×10^0	955	4.9	19	12
1.76×10^6	1.619×10^0	478	4.7	18	12
3.52×10^6	6.477×10^0	239	4.6	18	12
7.04×10^6	25.9×10^0	119	4.4	17.5	12

B 原子密度 (10^{24} atom/cm³)

材 料	核 種	^{10}B	Cr	Ni	Fe
1w/ o^{10}B 入り SUS 304	0.053	0.1668	0.0982	0.5939	
SUS 27	0	0.173	0.107	0.6839	

※ BNL-325 より引用

4.2 時間分解能

チョッパーの動きは体系からスリットの開く特定の短い時間範囲にのみ中性子線を透過せることにあり、中性子束のエネルギー分布はスリットの開く時間に比較してずっと長い時間一定距離を飛行させ検出器に到達するまでの時間分布の測定から決定することになる。想定した実験装置の配置の概念図は Fig. 2 に示したとおりである。

中性子飛行時間の時間分解能は実効的にスリットの開いている時間を Δt とすると、飛行時間を t として、

$$\text{時間分解能} = \frac{\Delta t}{t} \quad (15)$$

により与えられる。

中性子が入射する時刻とローターのスリットの水平軸が水平になる時刻との差 t_s をパラメータにして 2.2×10^5 cm/sec の中性子の透過の模様を調べてみると入射高、4~8 mm の

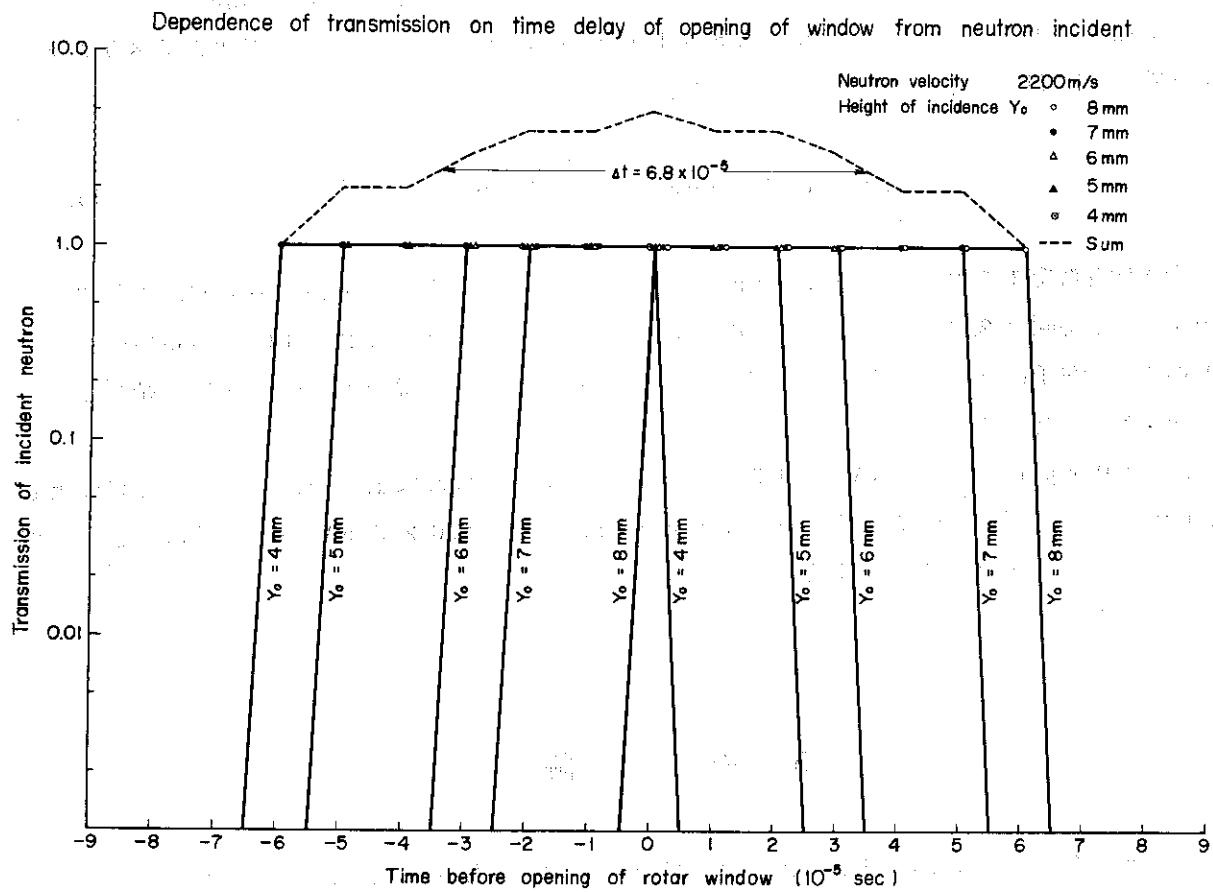


Fig. 7 中性子入射時間と透過率

Time resolution vs neutron energy

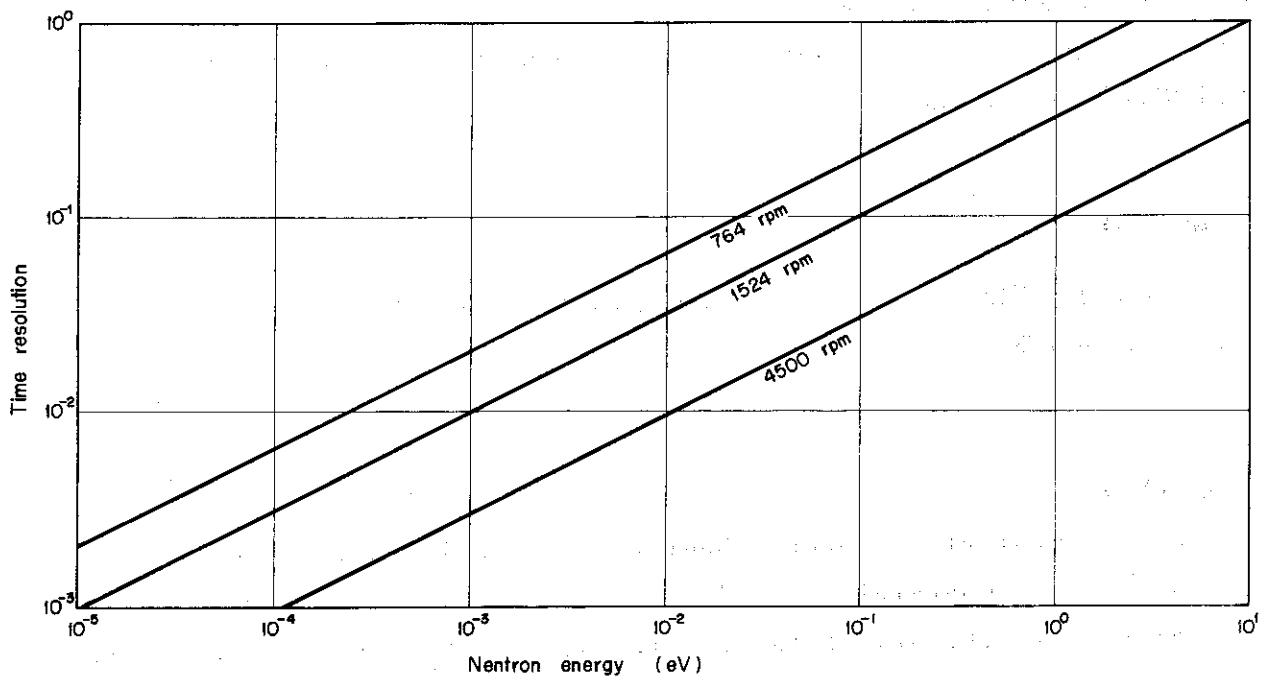


Fig. 8 時間分解能

場合、Fig. 7 のようになる。さらに各入射高の中性子透過率の各 t_s [sec]における和をとつたものを点線で示した。この半値巾は 6.8×10^{-5} sec となる。この値が実効的にスリットの開いている時間 Δt と考えてよいであろう。

$$\Delta t = 6.8 \times 10^{-5} \text{ sec} \quad (4500 \text{ rpm}) \quad (16)$$

同様の議論を 1527, 764 rpm の回転数に対しても適用し、各々実効的にスリットの開いている時間を 2.3×10^{-4} , 4.6×10^{-4} sec とした。 2.2×10^{-5} cm/sec 以外の速度の中性子に対しても状況は同じとして各回転数に対する時間分解能を求めた結果を Fig. 8 にまとめた。

4500 rpm の場合 1 eV で 9.5 % の分解能になる。これは 1 の序言のところで目標とした 10 % を一応下まわっている。また 764 rpm の場合 0.025 eV の中性子に対してまで 10 % 以内の時間分解能を有する。

5. 結 論

熱中性子体系における炉物理実験用チョッパーの設計製作を行なつた。このチョッパーの特徴はこれまでのチョッパーより二桁以上広い低エネルギー領域の中性子を通過させ飛行時間法と組合せてエネルギー分布をかなり良い分解能で測定できることである。実験対象としては熱中性子系が中心になるが、回転数を落した場合、1°K程度の超冷中性子領域まで中性子透過関数がのびているので、この方面的実験にも使用しうる。

今後、実際に中性子を通過させて、その特性をさらに明確にすると共に、各種の炉物理実験に使用していくつもりである。

謝 辞

機械設計および工作中に奥して宮盛製作所より全面的協力を得た。
ここに謝意を表する。

参考文献

- (1) "measurement of asymptotic Neutron Spectra in multiplying assemblies Containing U²³⁵"
Slovacek, R.E. et al : Nucl. Sci. eng. vol 21, pp 329 ~ 345 (1965)

場合、Fig. 7 のようになる。さらに各入射高の中性子透過率の各 t_s ICにおける和をとつたものを点線で示した。この半値巾は 6.8×10^{-5} sec となる。この値が実効的にスリットの開いている時間 Δt と考えてよいであろう。

$$\Delta t = 6.8 \times 10^{-5} \text{ sec} \quad (4500 \text{ rpm}) \quad (16)$$

同様の議論を 1527, 764 rpm の回転数に対しても適用し、各々実効的にスリットの開いている時間を 2.3×10^{-4} , 4.6×10^{-4} sec とした。 2.2×10^{-5} cm/sec 以外の速度の中性子に対しても状況は同じとして各回転数に対する時間分解能を求めた結果を Fig. 8 にまとめた。

4500 rpm の場合 1 eV で 9.5 % の分解能になる。これは 1 の序言のところで目標とした 10 % を一応下まわっている。また 764 rpm の場合 0.025 eV の中性子に対してまで 10 % 以内の時間分解能を有する。

5. 結 論

熱中性子体系における炉物理実験用チョッパーの設計製作を行なつた。このチョッパーの特徴はこれまでのチョッパーより二桁以上広い低エネルギー領域の中性子を通過させ飛行時間法と組合せてエネルギー分布をかなり良い分解能で測定できることである。実験対象としては熱中性子系が中心になるが、回転数を落した場合、1°K程度の超冷中性子領域まで中性子透過関数がのひているので、この方面の実験にも使用しうる。

今後、実際に中性子を通過させて、その特性をさらに明確にすると共に、各種の炉物理実験に使用していくつもりである。

謝 辞

機械設計および工作に関して宮盛製作所より全面的協力を得た。
ここに謝意を表する。

参考文献

- (1) "measurement of asymptotic Neutron Spectra in multiplying assemblies Containing U²³⁵"
Slovacek, R.E. et al : Nucl. Sci. eng. vol 21, pp 329 ~ 345 (1965)