

2線源法によるGM計数管の分解時間の近似式

上 村 与 四 郎*

1. ま え が き

GM計数装置を用いβ線を高い計数率のもとで測定する場合に、真の計数率を求めるには、その計数管と計数装置によって定まる分解時間による数え落しの補正を行う必要がある。GM計数管の分解時間は比較的大きく、計数管の種類、印加電圧あるいは線源の位置等によっても異なるので適宜測定する必要がある。分解時間の簡単な測定法としては2線源法がよく用いられている。この方法によって分解時間を求めるときには近似式を用いるが、それによる理論的な誤差は小さいほどよい。

その近似式を導くときには次の(i), (ii), (iii)を考慮する必要がある。

(i) バックグラウンドの計数率は線源1および2の計数率に比較して非常に小さいこと。

(ii) 線源1と2をいっしょにした場合の不感時間による計数率の数え落しは、線源1, 2の個々の計数率の和に比較してかなり小さいこと。

(iii) 線源1および2の計数率はほぼ等しいこと。

よく用いられている近似式はバックグラウンドを全く無視しているか、または(iii)のことを考慮していない。しかるに上記の(i), (ii), (iii)を考慮した近似式からは精度が1けた高い分解時間が求められ、その相対誤差は0.1%のオーダーとなる。その上、線源1と2の計数率の差を考慮して簡単な補正を行うならば、さらに精度を1けたないし2けた上げることができる。

2. 分解時間の近似式

2-1 計数率のとり範囲

一般にGM計数装置による線源の実測計数率を m 、分解時間を τ とすれば、単位時間当りの不感時間は $m\tau$ であり、真の計数率は $m(1-m\tau)^{-1}$ である。2線源法では分解時間 τ について次式が成りたつとしている^{(1),(2)}。

$$m_1(1-m_1\tau)^{-1}+m_2(1-m_2\tau)^{-1}-m_{12}(1-m_{12}\tau)^{-1}-m_b(1-m_b\tau)^{-1}=0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここに m_1 , m_2 , m_{12} はそれぞれ線源1, 2および線源1+2のいずれもバックグラウンドを含んだ計数率で、 m_b はバックグラウンドの計数率である。

式(1)を満足する τ の近似式として

$$\tau_A = \frac{m_1+m_2-m_{12}}{2m_1m_2} \quad \dots\dots\dots(2)$$

* 物理科

$$\tau_B = \frac{m_1 + m_2 - m_{12} - m_b}{m_{12}^2 - m_1^2 - m_2^2} \dots\dots\dots (3)$$

$$\tau_C = \frac{2(m_1 + m_2 - m_{12})}{(m_1 + m_2)m_{12}} \dots\dots\dots (4)$$

がよく知られているが⁽⁴⁾、さらに精度のよい近似式を導くために、式(2)、(3)および(4)を用いて m_1 、 m_2 、 m_{12} および m_b のとるべきおよその範囲およびそれらの関係を明らかにしよう。

(a) 線源1と2の計数率については $m_1 = m_2$ である。このことは2-5でくわしく論ずる。

(b) 非常に高い計数率では1カウント後の平均不感時間は小さくなることが知られているので、2線源法では数え落しが約10%を越えないようにしなければならない⁽⁵⁾。したがって、およそ $m_{12}\tau < 0.1$ である。

(c) (b)と式(4)より $(m_1 + m_2 - m_{12}) / (m_1 + m_2) < 0.05$ であり、また m_{12} は $m_1 + m_2$ よりわずかに小さいので(a)、(b)より $m_1\tau < 0.05$ 、 $m_2\tau < 0.05$ であることがわかる。

(d) 不感時間による数え落としも考慮して一定の測定時間 t_i における計数率 m_i の統計的変動を標準偏差 σ_i で表わすと

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{m_i g_i^2}{t_i}} \quad \text{ただし} \quad g_i = 1 - m_i \tau \quad \dots\dots\dots (5)$$

である⁽²⁾。ここに添字 i は 1, 2, 12 および b をとる。計数率 m_1 、 m_2 、 m_{12} および m_b に対応する標準偏差をそれぞれ σ_1 、 σ_2 、 σ_{12} および σ_b とおけば、式(3)を用いる場合の分解時間の統計誤差 σ_r はほとんど $m_1 + m_2 - m_{12} - m_b$ の精度によって決まり

$$\frac{\sigma_r}{\tau} = \frac{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_{12}^2 + \sigma_b^2)^{1/2}}{m_1 + m_2 - m_{12} - m_b} \dots\dots\dots (6)$$

与えられる。測定時間 $T (= t_1 + t_2 + t_{12})$ を標準偏差 σ_r が最小になるように計数率 m_1 、 m_2 、 m_{12} のそれぞれの測定時間 t_1 、 t_2 、 t_{12} に振り分けるには、 T をそれぞれの計数率の平方根に比例して振り分ければよく、(a)より $m_1 = m_2 = m$ とし、また $m_{12} = 2m$ としてよいので $t_1 : t_2 : t_{12} = 1 : 1 : \sqrt{2}$ とすばよい。およその σ_r を求めるために、簡単に $g_i = 1$ とし式(6)の σ_b^2 と m_b を省略する。上記のように配分された測定時間を用いて式(2)、(5)、(6)より

$$\sigma_r = 1.707 (m^3 T)^{-1/2} \dots\dots\dots (7)$$

を得る。図1は T をパラメーターとした m と σ_r の関係を示す。 σ_r は T の平方根に反比

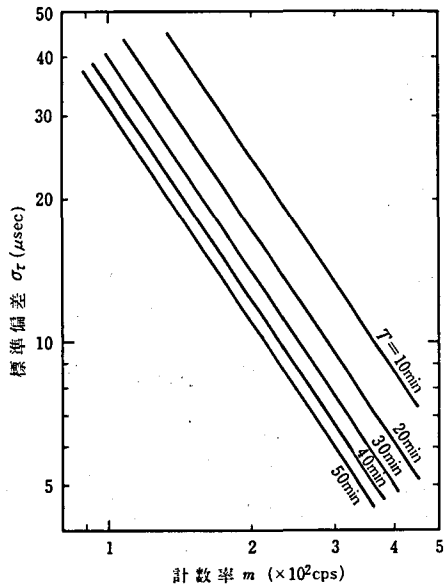


図1 $\sigma_r = 1.701 (m^3 T)^{-1/2}$ のグラフ

例するので、 T を大きくとることについては σ_r の大幅な減少を期待することはできない。むしろ計数率 m を適当に大きくとることの方がよい。

表1に σ_r をたとえば $10\mu\text{sec}$ 等に押さえるのに必要な時間 T (min)と計数率 m (cps)のおよその下限を示す。また表2にたとえば τ が $100\mu\text{sec}$ 等のとき、不感時間 $m_{12}\tau$ の割合をたとえば10%等に押さえるのに必要な計数率 m (cps)のおよその上限を示す。表1, 2よりたとえば $200\mu\text{sec}$ 程度の分解時間として、30分の測定時間で標準偏差を $20\mu\text{sec}$ 以内にし、かつ数え落しの割合を10%に押さえるには、線源1または2の計数率としては $160\sim 250$

cpsをとればよい。GM計数管の分解時間を $80\sim 400\mu\text{sec}$ と見積もった場合に、 m としては $100\sim 500\text{cps}$ ($6000\sim 30000\text{cpm}$)の範囲をとればよいことになる。したがってこの場合に、 $m_1\tau > 0.01$, $m_2\tau > 0.01$ および $(m_1+m_2-m_{12})/(m_1+m_2) > 0.01$ が得られる。

(e) バックグラウンド m_b はふつう 50cpm より小さく、 m_1 , m_2 したがって m_{12} に対する比は $10^{-3}\sim 10^{-4}$ のオーダーである。

2-2 バックグラウンドを引いた計数率による式

線源1, 2および1+2の実測計数率 m_1 , m_2 , m_{12} からバックグラウンド m_b を引いた正味の計数率をそれぞれ a_1 , a_2 , a_{12} とおけば、

$$m_1 = a_1 + m_b, \quad m_2 = a_2 + m_b, \quad m_{12} = a_{12} + m_b \quad \dots\dots\dots (8)$$

となる。式(2), (3), (4)は(e)より、 m_1 , m_2 , m_{12} をそれぞれ a_1 , a_2 , a_{12} と置き換えてもおおよそなりたち、 m_1 , m_2 , m_{12} についての条件(a)~(e)は a_1 , a_2 , a_{12} についても成り立つ。 $m_b\tau$ は(e)または(d)と、(e)より 10^{-5} 以下のオーダーであるので省略して、式(8)を用いて式(1)の第1項を変形すれば、

$$\frac{m_1}{1-m_1\tau} = \frac{a_1}{1-a_1\tau} + \frac{m_b}{(1-a_1\tau)(1-a_1\tau-m_b\tau)} = \frac{a_1}{1-a_1\tau} + \frac{m_b}{(1-a_1\tau)^2}$$

となる。式(1)の第2, 第3の項も同様にして得られ、式(1)は

$$a_1(1-a_1\tau)^{-1} + a_2(1-a_2\tau)^{-1} - a_{12}(1-a_{12}\tau)^{-1} - \Delta m_b = 0 \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{となる。ただし } \Delta m_b = -m_b\{(1-a_1\tau)^{-2} + (1-a_2\tau)^{-2} - (1-a_{12}\tau)^{-2} - 1\} \quad \dots\dots\dots (10)$$

である。式(10)を $a_1\tau$, $a_2\tau$, $a_{12}\tau$ についての級数に展開して整とんすると

$$\Delta m_b = -m_b\{2(a_1+a_2-a_{12})\tau + 3(a_1^2+a_2^2-a_{12}^2)\tau^2 - S\}$$

$$\text{ただし } S = 4(a_{12}^3 - a_1^3 - a_2^3)\tau^3 + 5(a_{12}^4 - a_1^4 - a_2^4)\tau^4 + 6(a_{12}^5 - a_1^5 - a_2^5)\tau^5 + \dots$$

となる。式(3)の m_b を省略して $(a_1^2+a_2^2-a_{12}^2)\tau = -(a_1+a_2-a_{12})$ を用いると

$$\Delta m_b/m_b = (a_1+a_2-a_{12})\tau + S \quad \dots\dots\dots (11)$$

となる。Sは集束し、かつ $a_{12}\tau < 0.1$ であるので $S < 4a_{12}^3\tau^3/(1-1.25a_{12}\tau) < 0.005$ である。式(11)の第1項は式(2)と(6)より $(a_1+a_2-a_{12})\tau = 2a_1a_2\tau^2 < 0.005$ であるので、 $\Delta m_b/m_b$ は0.01を越えることはなく $10^{-3} \sim 10^{-4}$ のオーダーである。ゆえに Δm_b は十分に無視できて式(9)は

$$a_1(1-a_1\tau)^{-1} + a_2(1-a_2\tau)^{-1} - a_{12}(1-a_{12}\tau)^{-1} = 0 \quad \dots\dots\dots (12)$$

となる。これはバックグランドを引いた計数率についての式であり、 τ は容易に求められる。すなわち

$$a_1a_2a_{12}\tau^2 - 2a_1a_2\tau + (a_1+a_2-a_{12}) = 0$$

となり、これより

$$\tau = \frac{1}{a_{12}} - \sqrt{D} \quad \dots\dots\dots (13)$$

ただし

$$D = \frac{a_1a_2 - a_{12}(a_1+a_2-a_{12})}{a_1a_2a_{12}^2} \quad \dots\dots\dots (14)$$

である⁽³⁾。

2-3 第1の近似式

バックグランドを引いた計数率 a_1 , a_2 , a_{12} を以下しばらくは簡単に線源1, 2および1+2の計数率ということにする。式(13), (14)より τ についての近似式を導くために、次のように u , v , w をおく。

$$\left. \begin{aligned} u &= \frac{a_1+a_2}{2} \\ v &= \left(\frac{a_1-a_2}{a_1+a_2} \right)^2 \\ w &= \frac{a_1+a_2-a_{12}}{a_1+a_2} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (15)$$

u は線源1, 2の計数率の算術平均であり、 v は線源1, 2のずれの程度を表わす。 w は線源1と2を別個に測定した計数率の和を基準にとった線源1+2の数え落しの割合である。 w の値は(c), (d)より0.01~0.05であり、 v は2-5で論ずるように w より小さくオーダーは 10^{-3} 以下である。式(15)を用いると式(14)は、

$$D = \frac{1-v-4w(1-w)}{4u^2(1-v)(1-w)^2} \quad \dots\dots\dots (16)$$

となる。 $v < 1$ であるので v を省略した場合の D を D_1 とおき、 τ の第1の近似を τ_1 とおけば、それは次のように求められる。

$$\sqrt{D_1} = \frac{1-2w}{2u(1-w)} \dots\dots\dots (17)$$

$$\tau_1 = \frac{1}{a_{12}} - \sqrt{D_1} = \frac{w}{u(1-w)} \dots\dots\dots (18)$$

D_1 の誤差 ΔD_1 は式(16), (17)より

$$\Delta D_1 = D_1 - D = \frac{vw}{u^2(1-v)(1-w)} \dots\dots\dots (19)$$

である。 $\Delta D_1/D_1$ はおよそ vw に等しくそのオーダーは 10^{-4} 以下であるので、その2次以降を略して、式(13), (17), (18), (19)より τ_1 の誤差 $\Delta\tau_1$ および相対誤差 $\Delta\tau_1/\tau_1$ は

$$\Delta\tau_1 = \tau_1 - \tau = \sqrt{D} - \sqrt{D_1} = -\frac{\Delta D_1}{2\sqrt{D_1}}$$

であるので次のように求められる。

$$\Delta\tau_1 = -\frac{vw}{u(1-v)(1-2w)}, \quad \frac{\Delta\tau_1}{\tau_1} = -\frac{v(1-w)}{(1-v)(1-2w)} \dots\dots\dots (20)$$

第1の近似式(8)を a_1, a_2, a_{12} および m_1, m_2, m_{12}, m_b を用いて書き直すと次のようになる。

$$\tau_1 = \frac{2(a_1 + a_2 - a_{12})}{(a_1 + a_2)a_{12}} \dots\dots\dots (21)$$

$$\tau_1 = \frac{2(m_1 + m_2 - m_{12} - m_b)}{(m_1 + m_2 - 2m_b)(m_{12} - m_b)} \dots\dots\dots (22)$$

2-4 第2の近似式

より精度の高い近似式を求めるために、式(20)より $\Delta\tau_1 = -v\tau_1$ とおき第2の近似値 τ_2 を $\tau_2 = \tau_1 - \Delta\tau_1$ から求めると次のようになる。

$$\tau_2 = \tau_1(1+v) = \frac{w(1+v)}{u(1-w)} = \tau_1 \left\{ 1 + \left(\frac{a_1 - a_2}{a_1 + a_2} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (23)$$

$$\tau_2 = \tau_1 \left\{ 1 + \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2 - 2m_b} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (24)$$

2-3と同様にして τ_2 の相対誤差 $\Delta\tau_2/\tau_2$ を求めると、

$$\frac{\Delta\tau_2}{\tau_2} = -\frac{v(v+w-vw-v^2w)}{(1-v^2)(1-2w-2vw)} \doteq -\frac{v^2+vw}{1-v^2} \dots\dots\dots (25)$$

が得られ、これは vw のオーダーとなる。したがって τ_2 の相対誤差のオーダーは 10^{-4} 以下である。

次に $1+v \doteq (1-v)^{-1}$ であるので、別の第2の近似値 τ_2' を求めると

$$\tau_2' = \frac{\tau_1}{1-v} = \frac{w}{u(1-v)(1-w)} = \frac{(a_1+a_2)(a_1+a_2-a_{12})}{2a_1a_2a_{12}} \dots\dots\dots (26)$$

が得られる。この相対誤差はほとんど $-vw$ となり τ_2 のそれと比べて大差はない。

2-5 τ_1 の相対誤差について

式(20)で明らかのように、 τ_1 の相対誤差はほとんど $-v$ である。

2個の線源の計数率 a_1, a_2 はほとんど等しいことが望ましく、そのことがあらかじめわかっているならば測定時間の配分はきわめて容易となる。もしも a_1 と a_2 のずれがかなり大きい場合でもその比がわかっているならば分解時間の標準偏差が最小になるように配分すればよい。しかしそのように時間の配分を最適の条件に保っておいて a_1 と a_2 の比を変えると標準偏差は変わる。 a_1 と a_2 の比が1のときすなわち $a_1=a_2$ のときに σ_c は最小になる。

実際にわが国で市販されている2線源法用の線源も、線源1と2の放射能の強さができるだけ等しくなるように、基準の強さからのずれが10%以内になるようにチェックされている。そうすると v は0.01を越えることはなく、 τ_1 の相対誤差は1%を越えないことになる。

2-6 他の近似式の誤差との比較

式(2), (3), (4)でそれぞれ与えられる τ_A, τ_B, τ_C の理論的な相対誤差を τ_1 のそれと比較するために、 τ_2 の誤差がきわめて小さいので真値 τ の代わりに基準として用い、 $(\tau_A-\tau_2)/\tau_2, (\tau_B-\tau_2)/\tau_2, (\tau_C-\tau_2)/\tau_2$ および $(\tau_1-\tau_2)/\tau_2$ をとる。まず式(2), (3), (4)のそれぞれに式(8)を代入し式(26)とさらに次のように定義した z を用いて τ_A, τ_B, τ_C を書き直す。

$$z = \frac{m_b}{a_1+a_2} \dots\dots\dots (27)$$

そうすると τ_A, τ_B, τ_C はいずれも u, v, w および z で表わされ、それらを式(26)で割ると u が消える。 v, w, z および z/w のオーダーはおおむね $10^{-2} \sim 10^{-3}$ であるのでそれらの多項式に展開して2次以降を省略すると v, w, z および z/w についての1次式が得られ

表3 各近似式の相対誤差

近 似 式	相 対 誤 差		相対誤差の範囲(オーダー)
$\tau_A = \frac{m_1+m_2-m_{12}}{2m_1m_2}$	$\frac{\tau_A-\tau_2}{\tau_2}$	$\frac{z}{w} - w - 5z$	$-10^{-2} \sim +10^{-2}$
$\tau_B = \frac{m_1+m_2-m_{12}-m_b}{m_{12}^2-m_1^2-m_2^2}$	$\frac{\tau_B-\tau_2}{\tau_2}$	$3w$	$+10^{-2} (\sim +10^{-1})$
$\tau_C = \frac{2(m_1+m_2-m_{12})}{(m_1+m_2)m_{12}}$	$\frac{\tau_C-\tau_2}{\tau_2}$	$\frac{z}{w} - v - 3z$	$+10^{-2}$
$\tau_1 = \frac{2(m_1+m_2-m_{12}-m_b)}{(m_1+m_2-2m_b)(m_{12}-m_b)}$	$\frac{\tau_1-\tau_2}{\tau_2}$	$-v$	-10^{-3}
$\tau_2 = \tau_1 \left\{ 1 + \left(\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2-2m_b} \right)^2 \right\}$	$\frac{\Delta\tau_2}{\tau_2}$	$-vw - v^2 (+2wz)$	$-10^{-5} \sim +10^{-5}$ $(-10^{-4} \sim +10^{-4})$

る。それらの式から1を引いて τ_A , τ_B , τ_C の相対誤差が求められる。それらの結果を τ_1 および τ_2 の相対誤差とともに表3に示す。ただし τ_2 の相対誤差としては式(5)に基づき v と w の2次の項までとってある。

ここで τ_1 および τ_2 の相対誤差は式(4)より導かれているので Δm_b を省略したことによる誤差は考慮されていない。それを求めるために式(4)と式(2)が m_1 , m_2 , m_{12} と a_1 , a_2 , a_{12} に関して同形であることに注目する。式(4)の τ_C は m_b を省略したことによる誤差を z として含み、それは $z/w - 3z$ となって現われている。 Δm_b を省略したことによって τ_1 および τ_2 の相対誤差に影響する分は、 $z/w - 3z$ に $\Delta m_b/m_b$ を掛けた値となる。式(2)より $a_{12}\tau = 2w$ となり、 $a_{12} = a_1 + a_2$ を用いて $(a_1 + a_2 - a_{12})\tau = 2w^2$ となるので、式(4)より大ざっぱに $\Delta m_b/m_b = 2w^2$ とおける。これを $z/w - 3z$ に掛けて w と z についての2次の項までとりおよそ $2wz$ を得る。これは τ_2 の相対誤差には十分影響するので表3に括弧に入れて示した。

τ_A と τ_C を求める式は m_b を含んでいない。当然両者ともバックグラウンドを無視したことによる誤差が z として現われている。また τ_A と τ_B の相対誤差の式の中には v は含まれていない。これは線源1と2の計数率のずれが大きくても、 τ_A と τ_B の誤差には影響を与えないことを意味する。いいかえれば、まえがきの(iii)の条件を見のがしている。それに対して τ_1 を与える式はまえがきで述べた(i), (ii), (iii)の条件をすべて考慮したものとなっている。 $3z$ および $5z$ のオーダーは z/w のそれより小さいので、バックグラウンドを無視したことによって相対誤差に及ぶ影響はほとんど z/w であり、線源1と2の計数率のずれを無視したことによって相対誤差に及ぶ影響 v に比べて1けた以上大きくなっている。

w と z/w とが 10^{-2} , v が 10^{-3} 以下, z が $10^{-3} \sim 10^{-4}$ のオーダーであることから導いた各近似式の与える分解時間の相対誤差の範囲をオーダーで同じ表に示す。

表(3)から次のことが明らかとなる。

(1) τ_B の誤差は常に正であり、数%ときには10%を越える。 τ_A , τ_C の誤差はいずれも数%で、 τ_C のそれはほとんど正であるが、 τ_A のそれは正および負となりときには0に近いこともある。 τ_1 の誤差は、 τ_A , τ_C のそれよりも1けた以上小さく負である。 τ_2 の誤差は τ_1 のそれよりもさらに1~2けた小さい。

(2) τ_B の誤差は w に依存し、一定の分解時間では計数率におよそ比例し、一定の計数率では分解時間におよそ比例する。

(3) τ_A の誤差は w と z に依存する。 τ_C の誤差の式はさらに v を含んでいるが、 v の値は w や z/w より1けた以上小さいので、 τ_A の場合と同じく w と z に依存する。

$$\frac{z}{w} = \frac{2m_b}{(a_1 + a_2) a_{12}\tau}$$

であるので、 z/w はバックグラウンド、計数率、および分解時間により決まり、 τ_A , τ_C の誤差に影響する要因は他の場合よりも多い。

(4) τ_1 の誤差は v のみに依存しているので、線源1, 2の位置に注意して測定しさえすれば、用いる2個の線源の放射能の強さの差によって決まる。

τ_2 , τ_2' の第2近似の場合を別にすれば、種々の近似式の与える分解時間の理論的な相対誤差についての(1)~(4)の考察から、誤差の精度がよく、また測定条件による影響を受けるこ

次に、分解時間 τ を式(1)からニュートンの逐次近似式を用いて求め⁽⁴⁾、たとえば τ_A について真の相対誤差 $(\tau_A - \tau)/\tau$ を求め $z/w - w - 5z$ の値と比較する。 $\tau_B, \tau_C, \tau_1, \tau_2$ についても同様に計算したものを百分率(%)で表5に示す。表から明らかなように、 $\tau_A, \tau_B, \tau_C, \tau_1, \tau_2$ の相対誤差として v, w, z を用いて求めた値は、真の相対誤差とかなりよい一致をみる。

図2は、 τ_1 の相対誤差(%)が2線源の計数率のずれの程度 $|a_1 - a_2|/(a_1 + a_2)$ (%)によることを示す。実測値は $-v$ を表わす直線とよく一致する。誤差が小さいところでは実測値は直線から大きくずれているが、これは τ_2 の誤差には十分影響するが τ_1 のそれには v に対して小さいとして省略されていた $2wz$ が相対的に大きく影響しているためである。

図3は、 $\tau_A, \tau_B, \tau_C, \tau_1$ の相対誤差 $(\tau_A - \tau)/\tau, (\tau_B - \tau)/\tau, (\tau_C - \tau)/\tau$ および $(\tau_1 - \tau)/\tau$ を百分率(%)で表わしたものである。 τ_A, τ_B, τ_C

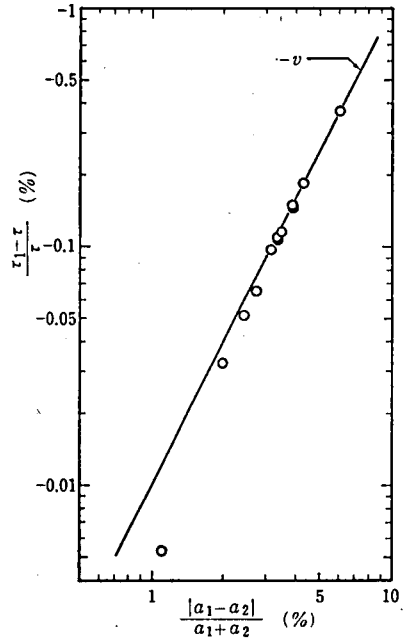


図2 τ_1 の相対誤差

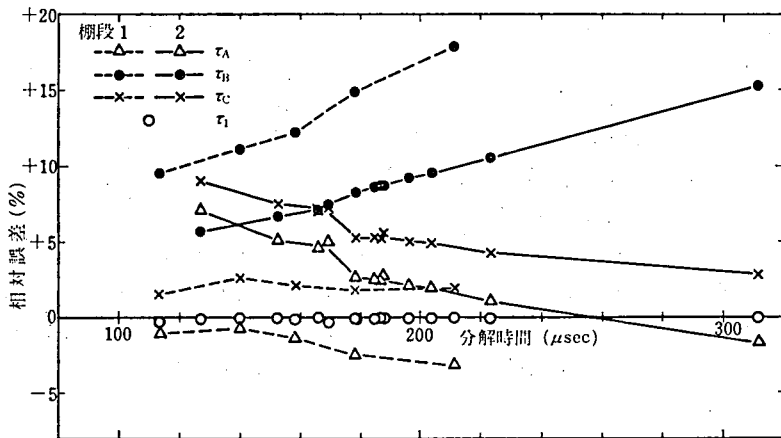
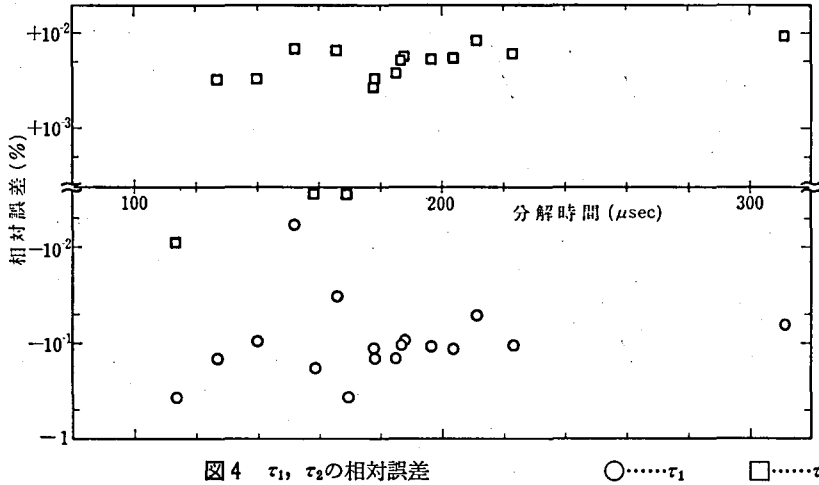


図3 $\tau_A, \tau_B, \tau_C, \tau_1$ の相対誤差

の相対誤差はそれぞれ棚段1と棚段2のグループに分けられそれぞれ点線と実線で結んで示す。

図4は、同じ τ_1 の相対誤差を τ_2 のそれとともに表わしたものである。図3と図4から、誤差の正負および大きさ、計数率や分解時間との関係について2-6の(1)~(4)において理論的に考察したことがらが実験的に確認された。

図4 τ_1, τ_2 の相対誤差○..... τ_1 □..... τ_2

4. あとがき

2線源法によるGM計数管の分解時間を求める近似式としては式(3)が最もよく用いられている⁽¹⁾が、計数率および分解時間が大きいときには10%以上の理論的誤差を生ずる。その他のよく使用されている式もふつう数%の相対誤差が現われる。したがって、近似式(2)または(2')を用いた方がよい。そのとき相対誤差は0.1%のオーダーであり、しかもその値はほとんど v に等しいので計算は容易である。同一線源を用いて分解時間を測定するときには他の測定条件による影響を受けないので一度 v を求めておけば τ_1 の相対誤差のチェックは容易となる。式(2)を用いるときには分母を $(m_1+m_2-3m_b)m_{12}$ としてもよく、第2近似式(2')の v を求めるときには $2m_b$ を省略しても結果に大した影響はない。求められる分解時間の統計的変動の大きさから考えて、ほとんど第2の近似式を使う必要はなからう。しかしもしも若干の煩わしさをいとわなければ、 $0.01 \mu\text{sec}$ のオーダーまで求める場合としては、 τ_1 の計算を経て式(2)または(2')を用いるよりは、じかに式(2)を用いる方がより容易である。バックグラウンドが自動減算され、しかもcps単位で計数率が読みとれる計数装置を用いれば、 a_1, a_2, a_{12} が直接知れるので式(2), (2')あるいは式(2)を用いて計算することはより容易となる。

本研究は1972年6月から1973年6月にわたり信州大学工学部応用物理学教室で行われた。研究にあたり、終始多大な御指導をいただいた当教室帯刀正教授、および適切な助言と批判を承った本校校長森本弥三先生に感謝いたします。

参考文献

- (1) たとえば、日本アイソトープ協会編、新版ラジオアイソトープ講義と実習、丸善1966。
- (2) E. Bleuler, G. J. Goldsmith : Experimental Nucleonics, 1952.
- (3) R. Plesch : Der Totzeiteinfluss bei Aktivitätsmessungen, Kerntechnik 13, No.6 1971.
- (4) 菅野・阿久津・原：昭和48年(春) 応用物理学会 28p-k-4.