放射能のランダム性について

石　田　正　次

(1956 年 10 月 受付)

On Randomness of Radioactivity

MASATUGU ISIDA

It is assured that the distribution of the numbers of particles emitted from Cobalt 60 in unit time belongs to Poisson type. The mean value of this distribution being fairly large (about larger than 100), the figures of the last order of these numbers are unifosmly distributed. Using this result, an apparatus, which generates random numbers and sends them to the computor automatically for calculation by Monte Carlo method ect., has been constructed.

Institute of Mathematical Statistics

1. まえがき

サンプリング，実験計画，モンテカルロ法など統計に於ては非常に数多くの乱数を必要とするが，現在作成されている乱数表には限度があり，これを度重ねて使用すれば当然不都合な結果を招くことになる．そこで我々は能率のよい乱数の作成法を考える必要がある．

今までの乱数作成法としては，ある種の演算結果を利用した疑似乱数（フイツシヤーの表など）と，一定の確率事象を利用するもの（統計数理研究所）とがある．前者は操作は簡単であるが，作成の過程が問題であり，後者は厳密な意味で一定事象をくりかえそうとすれば非常な努力を必要とする．もしこの一定の確率事象を簡単にくりかえすことができれば後者の方が前者より望ましい．そこで一般にランダムであると云われている放射能の利用を考えてみた．放射の性質を統計的にしらべ，これが我々の条件を満すようであれば放射能を適当な方法で数えることによつて乱数を作り得るわけである．我々はこれに関した測定を行つたので次にその概要を述べてみることにする．

2. 実験条件

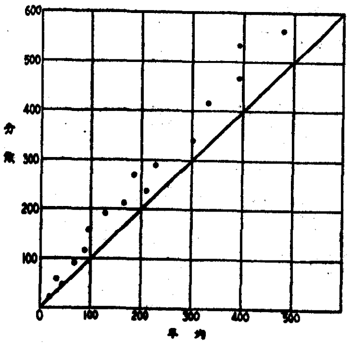
放射能物質はコバルト 60 を用い，計数はマイカ張り G–M 管を通してフリップフロップ回路によつて行つた．また単位時間内の計数量はコバルト 60 と G–M 管との間の距離を変えることによつてコントロールした．

3. 実験結果

a．単位時間内の計測数の分布

時間間隔を 5 秒とし，その間の計測数の分布はほぼ Poisson 型である．因みにその平均と分散との間の関係は次図のようである．

分散が平均よりかなり上まわつているのは時間間隔の不完全さのためにその分散が加わつて生じたものと考えれば，まずこの分布はかなり Poisson 型に近いと云うことができる．しかし時間間隔が正しく一定であるとしても厳密には Poisson 分布をしない，その理由は G–M 管及び計数機



第 1 図

の計数限度と放射能自体の性質である. つまり GM 管には約 10^{-4} 秒の休止時間があるのでこれ以下の間隔で生じたパルスは計測されない. また計数機にもそれぞれの機器によつてやはり休止時間がある. また GM 管以外の方法と更にすぐれた計数機を用いてこの休止時間を短くすれば放射能自体の性質として非常に短い時間をおいて必ず二つのパルスを生ぜしめるものがあるためである. しかそのための狂いは相当小さいと推定されるのでもし時間間隔とその間の平均計測数を用いる計数機に応じて適当に選べばかなり Poisson に近い分布が得られると思われる.

b. 等確率性

もしこの分布が正確に Poisson 型とした場合, 計測される数の1位の数だけに着目してその出現度数の分布を考えてみる. (但し計数機は 10 進法を用いるとする) 一定時間内の計測数を非常に多くすればその一位の数の分布は0から9までの等確率分布となるであろうが, この計測数がどの程度であれば近似的に等確率とみなすことができるかを検討してみる.

Poisson 分布の場合 x の出る確率は $m^x e^{-m}/x!$ (m は平均値) で考えられるから x の1位の値 t にのみ着目すればその出現確率 $P(t)$ は次式で与えられる.

$$P(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{m^{(10n+t)}\, e^{-m}}{(10n+t)!}$$

そこで m がどの程度大きくなれば

$$P(0) = P(1) = \cdots = P(9) = 0.1$$

とみなせるがどうかを計算すると次表のようになる.

t \ m	10	20	30	40
0	0.127022	0.103023	0.100225	0.099995
1	0.115079	0.100577	0.099825	0.099940
2	0.097454	0.097910	0.099490	0.099907
3	0.080650	0.096042	0.099351	0.099910
4	0.071067	0.095686	0.099459	0.099948
5	0.072581	0.096977	0.099774	0.100005
6	0.084765	0.099423	0.100176	0.100060
7	0.102847	0.102090	0.100510	0.100093
8	0.119692	0.103958	0.100649	0.100090
9	0.128843	0.104314	0.100541	0.100052
Σf	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000

この結果からみて Poisson 分布を仮定すれは一回のカウント数の平均が100程度以上であればその数の第一位に於ける0から9までの出現度数は実用上等しいとみることができる. そこで安全を期して一回の平均カウント数を約200にして1位の数の分布を作つてみた. その結果について理論度数を等確率として χ^2 検定を行うと次表のようになる.

実験回数	χ_0^2	$P_r\{\chi^2 > \chi_0^2\}$
第 1 回	5.72	0.70
第 2 回	10.10	0.30
第 3 回	3.47	0.90
第 4 回	2.46	0.98
第 5 回	9.10	0.30
第 6 回	14.81	0.05
第 7 回	7.23	0.50
第 8 回	7.58	0.50
第 9 回	13.66	0.10
第 10 回	5.17	0.80

但し $n = 300$
D.F. = 9

c. 独立性

前項と同様1位だけに着目して0から9までの数のでかたが独立であるかどうかを検べるために実験データについて自己相関係数を計算した.

インターバル	相関係数
1	+ 0.019
2	− 0.031
3	− 0.013
4	+ 0.004
6	− 0.016
8	+ 0.011
12	+ 0.010
16	+ 0.017
32	− 0.022

(Dater 数 150)

上の表からみて各事象はそれぞれ独立であると云うことができる.

4. あとがき

以上述べてきたような実験条件ではカウント数の1位をとつた0から9までの数の出現の模様は一応等確率でしかも互に独立であると考えられるので，放射能の性質を利用して乱数を作り得る可能性は充分あるように思われる. 今後更に多くの場合について実験を行い，その結果この方法で乱数を作ることができるとなれば，この装置と自動計算機を組み合せる計画をたてている.

この実験は東京医科歯科大学の粟冠博士のもとで行つたものである.

(統計数理研究所)