ハンドヘルドコンピュータによるガンマ線の連続観測システム*

下 道国**

名古屋大学工学部原子核工学科

山内常生***

名古屋大学理学部地震予知センター

ABSTRACT. An automatical measurement system with battery power supply was designed for γ -ray observation in the field. The system was constructed with a micro-computer and survey meter using GM-counter. The computer had an ability to store the data every ten minutes during four months. The system is handy and shows sufficient stability for the long term observation of γ -rays. It will be useful for various applications in the measurement of the pulses.

1. はじめに

GM計数管を用いたサーベイメーターは取り扱いが簡単で、野外でガンマ線の観測をするのに適している。しかし、そのままでは現場で常時メーターを直読しなければならず観測に人手がいる。この点を改良してガンマ線の測定結果を自動的に記録できれば、少人数で野外の広い地域における測定を行なうことができる。また、測定が必要と思われる地点に商用電源がなくても連続観測が実施でき、詳しい時間変化のデータが取得できる。このような連続観測データは環境放射線の研究に役立つに留らず、地震予知や地震時の発光現象の解明にも資すると期待される。

われわれは、GM計数管を用いたサーベイメーターとハンドヘルドコンピュータとで、野外においてガンマ線を自動的に測定できる簡便なシステムを製作した。本稿ではそのシステムの概要と測定結果について述べる。

2. 測定システム

製作した測定システムはサーベイメーターのモニター音をパルスに変換して、そ

* A micro computer-aided recording system for γ -ray observation

** Michikuni Shimo

Department of Nuclear Engineering, Faculty of Engineering, Nagoya University, Nagoya, 464

*** Tsuneo Yamauchi

Regional Center for Earthquake Prediction Observation, School of Science, Nagoya University, Nagoya 464

Fig.1. Circuit diagram of the interface of the recording system.

のバースをハンドヘルドコンピュータ（セイコーエプソン株式会社の HC-40）で計数するシステムである。作成した部分はモニター用の音声回路よりバースをつくる部分、バースを計数する部分、および HC-40内部の2つのニッカド電池を充電する部分の3点である。その回路を Fig. 1 に示す。これらの部品を八戸ファウムウェア株式会社製の HC-40用の I/Oインターフェイスに組み込んだ。このインターフェイスは、PPI-82C55 が1個あるだけの基板で、他の部品が取り付けられるようになり空間がある。

製作したインターフェイスとサーバイメーターは同じ電源（DC 12 V）で動作するようにしてあり、連続してガンマ線によるバースが計数できる。HC-40 にはウェイクアップという機能があるので、それを用いて自動的に 10 分毎に電源を入れてベーシックのプログラムを起動させ、インターフェイスで計測したカウンタの値を読み取るようにした。カウンタの値の読み取りに要する時間は約 10 秒である。計測が終了すると自動的に電源が切れ、HC-40 内部のニッカド電池の消耗を防ぐようにしてある。ニッカド電池の充電電流を決める抵抗 $R1$ と $R2$ の値はプログラムの種類に応じて最適の値にすることが望ましい。充電電流を少なくしすぎると HC-40 が動作しなくなり、逆に、充電電流を多くすると観測できる期間が短くなるからである。そこで、今回製作したインターフェイスでは、 $R1 = 150 \Omega$ 、 $R2 = 100 \Omega$ にした。また、モニター用の音声を増幅する回路の抵抗値も音声回路に合わせて、最適の値にして消費電流を少なくする必要がある。サーバイメーター NSM-101（富士電機株式会社製）の場合は、モニター用の音声回路の一部に 5 V のバースが出てい

るために音声をパルスに変換する必要がなく、全体の消費電流を少なくすることができた。それゆえ、松下電器産業株式会社の単3型ネオハイトップ8本で約3日間の連続観測が可能となっている。

製作した測定システムのプログラムでは、10分間毎のカウント数を基本データとしているが、この場合にはHC-40内蔵のメモリだけで約4ヵ月のデータを保存できる。もし1時間毎の値であれば約2ヵ年分のデータを保存できることとなる。さらに、データ用のメモリがなくなる頃をみはからって、RS-232C端子からデータを他のコンピュータに転送してディスク等におとせば、データの保存は完全となる。なお、データを確認したいときには、観測中であっても確認用のプログラムで測定結果をグラフ化して、HC-40のスクリーン上に表示できるようにしてある。

また、野外観測の便を考え、測定装置全体を縦42 cm、横25 cm、高さ33 cmのアルミ製のケースに収納して、装置が分散するのを防止するとともに、運搬の便宜さと衝撃からの防止を図った。

3. 使用例とその考察

われわれは東海地方の5ヵ所の地殻変動観測用の横坑内で、地震予知研究計画の一環として10年以上にわたり、通気式電離箱法で坑内大気中のラドン濃度の測定を続けている。今回製作したシステムは地震予知研究を行うために、通気式電離箱法と共に坑内大気中のラドン濃度を測定するのが本来の目的であるが、本報告では、このシステム性能特性として、①6台のシステムの器差、②坑内外での動作状況、③坑内における本システムによるガンマ線のカウント数と通気式電離箱法によるラドン濃度との関係、について述べる。

はじめに、6台のシステムの器差を調べる目的で、同一場所で同時に作動させた結果をFig.2に示した。同図の値は10分間値6回(したがって、1時間測定)の平均値を毎分当りの計数値で表わしてある。個々の値の誤差は計数値の統計誤差を、平均値の幅(影の部分)は6つの値のばらつきの標準偏差を表わしている。これから、6台の間に器差があるとしても、小さいことがわかる。なお、仮に器差があっても、前もってそれを押さえておくことにより相互の比較が可能である。

つぎに、本システムの動作状況を調べるために、野外や坑道で作動した結果を述べる。Fig.3に示したのは1988年11月30日から12月1日の2日間に、6台の装置で行なったガンマ線

Fig.2. Comparison of values measured between six GM-counters, and mean value and standard deviation 1σ .

の測定結果である。同図は、10分間毎のカウント数を毎分当りのカウント数(cpm)に直し、それを計算機の出力としてプリンタで描かせたものである。

測定はつぎのように行なった。11月30日午前8時頃に1台の車に6台の装置を載せ(前日よりシステムは作動させておいた)、愛知県犬山市を出発した。愛知県内にある3カ所の地震観測所(坑道)―旭(AS)、稲武(IB)、豊根(TN)―を、この順にガンマ線の測定をしながら移動した。3カ所の観測坑内には大気中のラドン濃度を測定するために、すでに通気式電離箱が設置されているが、そのデータと比較をするために、6台の中から順に2台ずつ装置を設置した後に移動した。翌12月1日は同じ道を装置を回収しながら逆に走行して、午後5時頃に犬山市にもどった。その後、犬山地殻変動観測所(IN)の観測坑内で6台の装置によるガンマ線の同時測定をした。Fig. 3で、ガンマ線によるカウント数が急激に変化している時刻が、装置を観測坑内へ出し入れした時刻に相当している。観測坑内の大気中のラドン濃度が高いので

[下・山内(1981)、山内他(1988)]、ガンマ線によるカウント数も著しく増加するのである。それぞれの坑道内の2台の装置による測定結果が良く一致しており、測定システムが正常に作動したことがわかる。なお、同図の上方の2台による測定結果から、走行した道路の近くにはガンマ線によるカウント数が大きい場所が2カ所(図中、矢印)あることも推測されるなど、本システムは野外のように比較的弱い放射線場での測定にも有用であることが示唆された。

Fig. 4 は地殻変動観測所坑内の通気式電離箱による大気中のラドン濃度と、本システムによるガンマ線のカウント数を比較したものである。坑道によってラドン濃度は異なり、かつゆっくりとした時間変動をするが、このような比較を行なうために用いる値は1時間程度のデータでよいために、同図では、それぞれ濃度の異なる旭、稲武、豊根の坑道の値を使用した。ガンマ線によるカウント数は、坑内の値から観測坑の前での値(坑内空気中のラドンガスからの寄与はないため、坑内測定値を整理する場合のバックグラウンド値に相当)を差し引いてあるから、坑内空気中の高ラドンガスからの寄与分のみとなっている。この図から、ラドンが高濃度の場所

Fig.3. Variations of γ -ray intensity observed in tunnel-air of crustal movement observatories from November 30, 1988 to December 1 with six instruments. TN: Toyone, IB: Inabu, AS: Asahi, and IN: Inuyama.

では、ガンマ線によるカウント数からラドン濃度の推定が十分に可能で、この場合のラドン濃度 Q [Bq/m^3] とカウント数 C [cpm] の関係として次式を得る。

$$Q = 320 C$$

最後に三河地殻変動観測所の観測坑内で測定した結果について見る。Fig.5 にガンマ線の測定地点 (G1~G6) と、坑内大気中のラドン濃度の観測地点 (Rn) を示した。同図で影を施した部分はコンクリートで巻き立ててあることを示し、その他の部分は岩盤になっていることを示している。

Fig.6 には、同観測所内の6地点で 1988 年 9 月 22 日から 9 月 30 日まで測定したガンマ線によるカウント数と、坑内大気中のラドン濃度とを比較した図を示した。Fig.6 からわかるように、ラドン濃度の急増とともにガンマ線によるカウント数も増加することがわかる。また過去の長期間の測定から、この観測坑の坑内大気中のラドン濃度は、多量の降雨があると急増することがすでにわかっている。今回のデータからこれらの変化には地点差があることがわかったが、その原因として、それほど離れていない坑内の場所ごとで、ラドンなど放射性物質が坑内へ流入する様子の違っていることが考えられる。

この点を詳細に検討するために短期間に多くの情報を得ることが必要となるが、ラドン濃度測定装置は高価で、1つの坑内に多数設置することは難しい。しかしながら、今回製作した測定システムは、ラドン濃度測定装置と比べると安価で、簡単に、多点で同時に自動的に測定が記録できるので、このように多数の連続したデータを必要とする場合に大いに役

Fig.4. Comparison between γ -ray intensities with six survey meters and Rn-222 concentration.

Fig.5. Location of observed sites of γ -ray and Rn-222 concentration in the tunnel-air at Mikawa Crustal Movement Observatory.

Fig.6. Variations of γ -ray intensity and Rn-222 concentration in the tunnel-air at the observation site as shown in Fig. 4.

立つものと期待される。

現在、6台の装置を製作して1ヵ年近く連続に作動しているが、いままでに製作した部分が故障して欠測したことは一度もなく、全システムは安定に動いている。

4. まとめ

今回製作したガンマ線の自動測定システムは以下のような特徴を持つ。

- (1) 小型軽量で商用電源を用いる必要がなく、野外での測定に適している（ただし、商用電源の使用もできる）。
- (2) 電池を交換するだけで長期間安定に作動し、保守に手間をほとんど用しない。
- (3) N T T の回線を利用すれば、音響カプラ等でデータの電送ができる。
- (4) HC-40 は製作したインターフェイスの入力部分を変更するだけで、パルスを計数する方式の他の放射線の計測に利用でき、応用範囲が広い。

参考文献

- 下 道国, 山内常生, 地下道内ラドン濃度におよぼす大気圧と降水の影響, RADIOISOTOPES, 29, 23-26, 1980.
- 山内常生, 下 道国, 宮島力雄, 横坑内におけるラドン濃度の変化, 一豊橋および菊川における観測一, 地震, 41, 335-342, 1988.

(Received March 11, 1989; revised May 17, 1989;
accepted May 24, 1989.)