

# 放射線リレーに関する研究 I

Study on Radiation Relays I

—移動する放射線源検出について—

—Detection of Radiation Emitted from Moving Sources—

斎藤 秀雄\*・佐藤 乙丸\*・加藤 正夫\*

Hideo SAITO, Otomaru SATO and Masao KATO

## 1. ま え が き

移動する放射線源を利用した放射線リレーはすでに車両の選別(カナダ)や空中で交差するクレーンの衝突防止(仏),あるいはソ連などで実用化されており,わが国においても列車通過の確認(鉄道技研)への応用をはじめ,工場災害の防止,工程の自動化など各種自動制御行程への応用が試みられている。放射線リレーはこのように遠隔測定が可能であり粉塵,蒸気などによって左右されないという特色があるため,今後とも工業の各分野で応用されるものと期待されている。

この種の放射線リレーは on-off 操作の必要な場合に広く利用される。したがって放射能数量の少ない条件で,しかも確実に動作することが必要である。そのためには①高感度,②速応性,③確実性,④安定性などが実用上どうしても必要になってくる。これらについて稿を改めることにし,ここでは移動線源の検出に伴う諸問題について述べる。

## 2. 目的および実験の概要

放射線リレーに関する基礎研究の一つとして,放射線源または検出部的一方,もしくは両者が移動する場合の放射線検出特性を検討した。実験に際しては両者がともに移動している場合も,一方が静止している場合で近似できるので,本実験は放射線検出器を固定し,線源を移動する方式で行なった。検出部には GM 計数管を用い,その出力をトランジスター式レートメーターに導き,高速記録計に記録させた。こうして得られたパルス状波高

値を比較検討し,またその揺動をしらべた。

図1は実験装置の配置図である。放射線源移動装置は

表 1

変速ベルト	1秒間に通過する線源の速度	線源時速	放射線が検出器に入射する時間
No. 1	0.693 m/sec	2.49 km/h	72.10 m sec
No. 2	1.223 "	4.40 "	40.70 "
No. 3	2.600 "	9.36 "	19.20 "
No. 4	4.521 "	16.28 "	11.00 "
No. 5	10.400 "	37.44 "	4.76 "

全長 20.80 m のベルトをモーターで駆動し,プーリーで変速できるようになっており,移動速度は表1のように5段階に分けられる。図1に示すように検出部は端窓型 GM 計数管を用い,これを放射線源をとりつけた移動するベルトに直角においた(写真1)。検出特性を理論的に考察しやすいように,まづ GM 管を鉛でコリメートした場合をとりあげ,あとでコリメートしない場合も検討した。

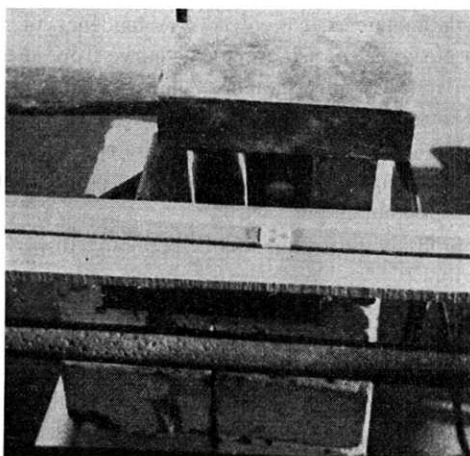


写真 1

(イ) コリメートした場合

図1において放射線源はコリメートの開口間隔  $x$  cm より十分小さいから,放射線は  $x$  cm なる距離を移動する時間だけ放射線検出器に入射する。いまベルトの速度(線源の速さ)を  $v$  cm/sec とすれば,  $x/v$  sec 間だけ放射線が入射することになる。また放射線源を静止させ

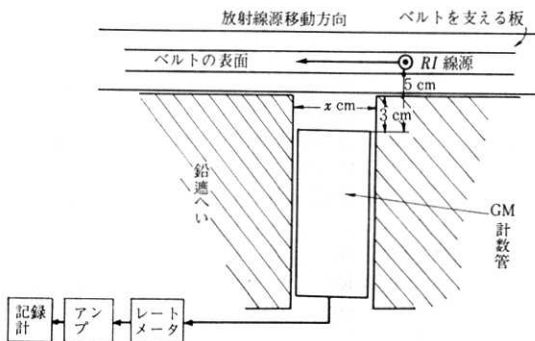


図 1 実験装置の配置図

て、放射線検出器の前面中央においたときの計数率を  $P$  (C. P. S) とすれば、 $x/v$  sec 間では  $P \cdot x/v$  (C. P. S) に相当する計数値が得られる。一方使用したリニアレートメートルには  $CR$  回路が入っているのでその出力波高値  $V_{max}$  は次式で表わされる。

$$V_{max} = P(1 - e^{-\frac{x}{CRv}}) \quad (1)$$

つぎに、一般にレートメートルの出力を  $V$ 、入射計数率を  $n$  (C. P. S) とすれば、相対標準偏差は次式<sup>1)</sup>で表わされる。 $\sigma_v$  は標準偏差。

$$\frac{\sigma_v}{V} = \sqrt{\frac{1}{2nCR}} \quad (2)$$

したがって1秒間に  $P \cdot x/v$  カウントの放射線が入射する場合は、 $n = P \cdot x/v$  として

$$\sigma_v/V_{max} = \sqrt{v} / \sqrt{2PxCR} \quad (3)$$

( $V = V_{max}$  である) すなわち放射線源移動速度  $v$  が大きくなるほど揺動が増大し、かつ使用線源の放射能をふやせば統計的揺動が小さくなることがわかる。

つぎに数  $\mu Ci$  の  $^{32}P$  の小線源を作り、これをベルトの表面上にセロテープで固定して移動させた。レートメートルとしては RM-900 を使い、記録計としては、そのペンがフルスケールを 1/4 sec 以下で移動できる理化電機製のものを使用した。

図2は  $^{32}P$  を用いてレートメートルの時定数  $CR$  を変化させ、線源移動速度とレートメートルの出力波高値との関係を求めたものである。実線は  $P$  の値を 25000 C. P. S として(1)式から計算によって求めたものである。破線はこうして得られた実験値で、出力パルスの波高値を記録紙からいくつか読みとり、その平均をとって求めた。この図から明らかなように両者ともほとんど一致している。

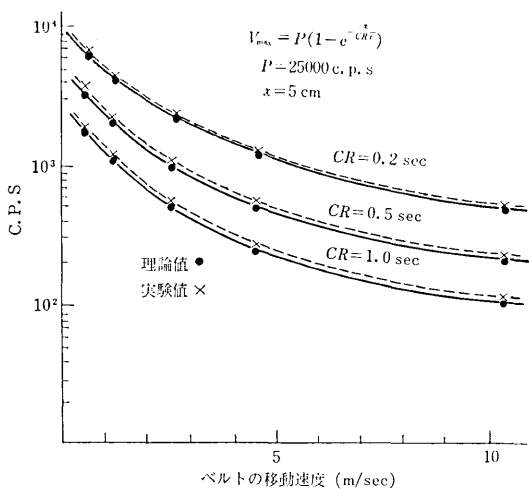


図 2

図3は出力波高値を  $P$  で割った値、すなわち  $V_{max}/P$  が線源の移動速度によってどのように変化するかを示したもので、この図から  $P, v, CR$  がわかれば出力波高値

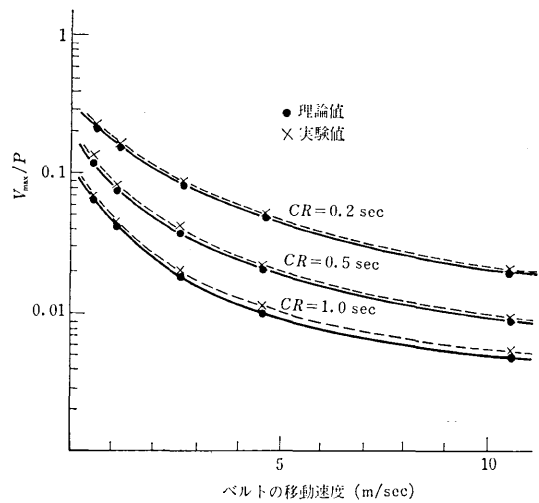


図 3

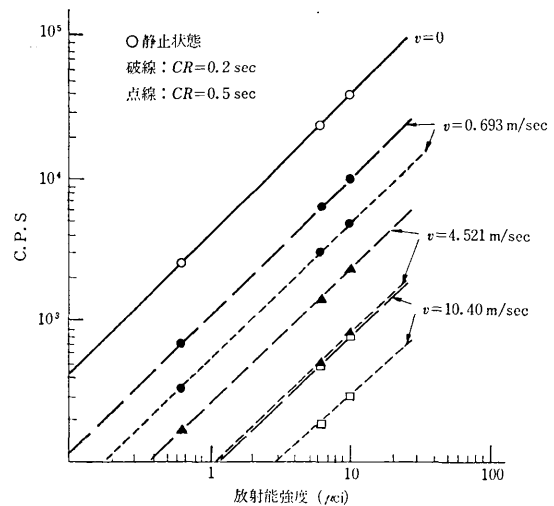


図 4

の C. P. S. を推算することができる。

つぎに放射線源の移動速度がおそいときは問題ないが早くなると、放射線リレーを動作させるのにどの程度の放射能強度の線源を使用したらいかがが問題になる。図4の  $v=0$  のときの実線は放射線源を放射線検出器の前面中央に静止しておいたときの放射能と計数率との関係を示したものである。破線は  $CR=0.2$  sec, 点線は  $CR=0.5$  sec のとき、移動速度と放射能強度によっていかに出力波高値のよみが変わるかを実験的に求めたものである。この図から必要な放射能強度とそのときの出力波高値を計算することができる。

一方、検出器には数 m sec から数 10 m sec しか放射線が入射しないので、移動速度いかにによって出力波高値は大きく変化する。この波高値の揺動を推定するため(3)式によって相対標準偏差を求め図5に示した。その

研 究 速 報

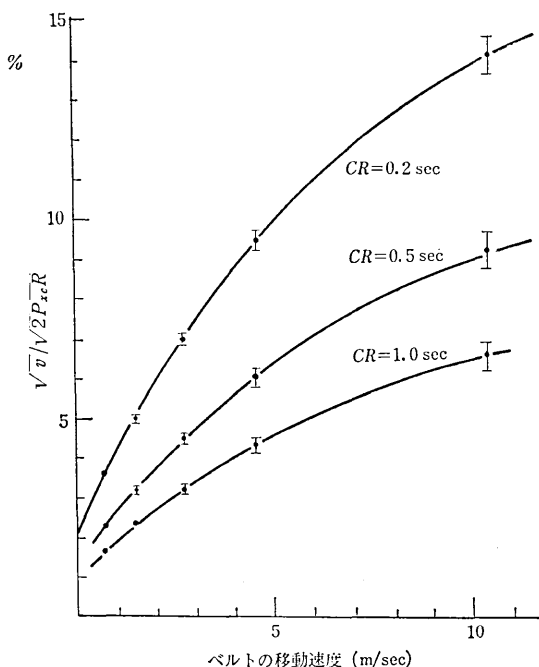


図 5

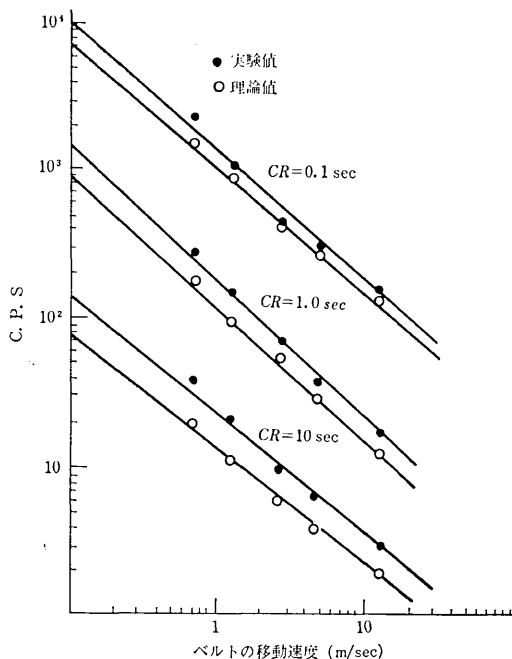


図 6

結果 CR が大きいほど統計的揺動は小さくなり、また放射線源の移動速度が大きくなるほど誤差がふえることがわかった。したがって速応性が要求される場合には P の値、すなわち使用放射能強度を大きくする必要がある。

(ロ) コリメートしない場合

図 1 の鉛遮へいをとり除いた場合で、このときの出力波高値の実験値および (1) 式による理論値 ( $x=5\text{ cm}$ ) を図示すると図 6 が得られる。図から明らかなようにコリメートしたときと、かなり異なってくる。このような場合には波高値ではなく、全計数値でリレー動作を解析した方が有利である。すなわち速度  $v$  で移動する線源の放射能を  $A$  とすれば放射線検出器に入射する放射線の全計数値  $N$  は

$$N \propto A/v \quad (4)$$

比例定数を  $F$  とおけば 
$$N = \frac{AF}{v} \quad (5)$$

となる。

筆者らは上式の有効性をたしかめるため、小林ら<sup>2)</sup>が行なった鉄道車両の通過確認の基礎実験データを適用してみたところ、十分成り立つことがわかった。この全計数法は放射性同位元素を利用する液体の流量測定などに応用されている手法で測定装置としては図 1 のレートメーター以下がスケーラーに変るだけである。

さて、図 1 と同じ配置図で  $^{90}\text{Sr}$  線源を何回か回転させ、検出した放射線をスケーラーに積算させた。こうして得られた全積算計数値を線源の通過回数で割って一回あたりの全計数値を求め、それぞれの移動速度のときの  $F$  を計算してみたところほぼ同じ値となった。この  $F$  の

値を用いて (5) 式を図示すると図 7 が得られる。

ところで  $F=Nv/A$  から  $F=\text{counts} \cdot \text{m}/\text{Ci sec} = \text{count}/\text{sec}/\text{Ci}/\text{m}$  となる。したがって  $F$  は、単位  $\text{cm}$  あたりのキュリー数のわかっている無限長の線状線源を実際の使用条件と同一配置で、線源の移動する方向においたときに検出される C.P.S. で与えられる。この  $F$  の値を近似的に求めることはそれほど困難ではないので、使用条件から  $v$  がきまり、またリレー動作の確実性をみて  $N$  を自

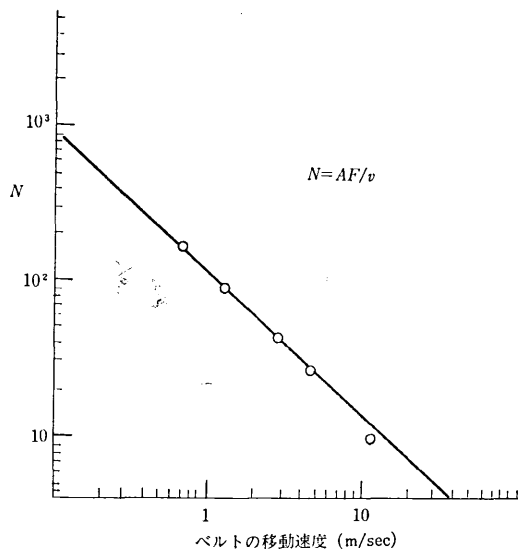


図 7 全計数法の測定

然計数値の 10 倍程度にえらべば  $A=Nv/F$  から必要な放射能強度を計算することができる。

### 3. 考 察

GM 管にコリメーターしたときのレートメーターの出力波高値は (1) 式で計算した値とよく一致するので、計算によってリレー動作を解析することができる。実験では  $\beta$  線を放射する線源しかつかわなかったが、 $\gamma$  線源の場合も同じである。しかしコリメーターしない場合は  $\beta$  線源と  $\gamma$  線源とでかなり異なった出力波高値となることが予想される。

すなわち  $\gamma$  線源を用いた場合はかなり遠方で放射される  $\gamma$  線も検出できるので、図 6 と同じ特性をとれば、コリメーターのあるときの理論値とコリメーターしないときの実験値との差が、さらに大きくなることは明らかである。したがって、 $\gamma$  線源を用いる場合については、さ

らに検討を必要とする。

また (1) 式から明らかなように  $V_{max}$  を大にするには  $CR, v$  とともに小さくし、(3) 式の  $V_{max}$  の相対標準偏差を小さくするには  $v$  を小にし  $CR$  を大としなければならない。したがって与えられた  $v$  の値に対し  $CR$  をいかに選ぶべきかは今後の研究課題である。

さらに全計数法については、比例定数  $F$  の値の簡単な求め方および全計数値  $N$  とレートメーター方式によって得られる出力波高値  $V_{max}$  との関連を明らかにする必要がある。これらについては第 2 報で述べたい。

(1970 年 3 月 31 日受理)

### 文 献

- 1) ラジオアイソトープ便覧 p. 356~357 丸善, 1962 年.
- 2) 小林ら鉄道技術研究所 No. 1031, 1966, 5.

## 次 号 予 告 (7 月号)

### 研 究 解 説

- サイリスタインバータによって駆動される誘導電動機の解析 ..... 原 島 文 雄  
冷間タンデム圧延のシミュレーションについて ..... 阿 高 松 男

### 研 究 速 報

- ヒドロキシルアバタイトによるアミノ薄層クロマトグラフィー ..... 山 辺 武 郎  
高 井 信 進  
石 井 治 吾  
噴射潤滑油による軸受合金のエロージョン ..... 松 永 正 善  
萩 生 久 明  
内 藤 敏 雄  
超音波線引き加工の基礎的研究 (II) ..... 藤 森 聰 雄  
山 本 田 嘉 考  
鳥 飼 安 生  
広幅断面のロール成形に関する実験的研究 第 2 報 ..... 鈴 木 弘 学  
——変形曲面形状および歪履歴が製品形状に与える影響—— ..... 木 内 村 紘  
ロールフォーミングに関する実験的研究 第 9 報 ..... 鈴 木 弘 学  
——円弧形断面タンデム成形荷重の見積り (1) —— ..... 中 島 正 聰  
市 田 山 昭  
" ..... 鈴 木 弘 学  
——台形断面タンデム成形の接触圧力分布—— ..... 中 島 正 聰  
市 田 山 昭  
振動応力が静的変形応力におよぼす効果 (II) ..... 鈴 木 敬 愛

### 研 究 室 紹 介

- 鳥飼研究室 ..... 鳥 飼 安 生