

## 名古屋大学前歩道放射線の多様性と天然放射線通路標識 (Radio Guide-way)の提案

### Variety of natural radioactivity on sidewalks and its possible application for a road signal

田中 剛<sup>1\*</sup>・片岡良輔<sup>2</sup>

Tsuyoshi Tanaka<sup>1\*</sup>, Ryouyusuke Kataoka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学年代測定総合研究センター・<sup>2</sup>名古屋大学大学院環境学研究科

<sup>1</sup>Center for Chronological Research, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-8602, Japan.

<sup>2</sup>Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-8602, Japan.

\*Corresponding author. E-mail: [tanakat@nagoya-u.jp](mailto:tanakat@nagoya-u.jp)

#### Abstract

Remarkable varieties of natural radioactivity on sidewalks in Nagoya University Campus are found. Changing of their intensities is clear at boundaries of sidewalks. The varieties come from differences of U and Th abundances in pavement block and easy to detect with radiation survey meter. It is proposed to use the variation of the radioactivity for a road signal.

*keywords: natural radioactivity; radio guide-way; aggregate; uranium-thorium-potassium*

キーワード：天然放射線；放射線通路標識；骨材；ウラントリウム-カリウム

#### 1. はじめに

「先生、信号機の傍は、放射線が高い！」学生の何人かが息せき切って報告を始めた。筆者らが担当している、1年生向け全学教育科目『基礎セミナー』実習レポート報告会のことである。「そんなアホな、信号機から放射線が出ているわけではないやろ！」と言おうとしたが、ぐっと言葉を飲み込んだ。実習用に渡してあるサーベーターは、スイッチを入れるだけで働く。線量が少ないといえば、それは線源との間に何か遮蔽物があったか、バッテリーが弱っていたか、と考えられるが、線量が多いというのは、これはなにか面白い理由があるはずだ！そもそもこの授業のキーワードは、大学生になったら、他人（先生や政府や報道機関など）が言う事を無批判に信じる事なく“なぜか”と考える事と、“自分の身は自分で守る”であり、教員が知識だけで意見を言うのはダメだ、と思い直した（片岡ほか, 2009）。学生達の調査で線量の変化が大きかった場所を精査した結果、歩道に敷かれているコンクリートブロックの違い（根源的には、ブロックの作成に使われた骨材の違い）によることがわかった。その違いは、測定器により瞬時に認知／判定出来るものであり、放射線通路標識 (Radio Guide Way) として利用出来る着想を得たので、紹介する。

#### 2. 装置と実験

米国キャンベラ社製の InSpector 1000 ポータブルスペクトロメーターに3×3インチのNaI検出器を装着した測定器を用いた（第1図）。空間線量の測定は、検出器を地面に向け、地上1mの位置

で行うのが定例（文部科学省、1990）であるが、本研究は、歩行状態での使用を将来の目的としているため、検出器は下方に向け、手提げ袋に入れて地上から 30～50cm のところに保持し、ゆっくり歩きながら測定した。この場合、検出器には、検出器の向いている地面からの放射線に加えて、建物など検出器側面からの放射線もあわせて計測されるが、この実験場所では、側面の建物環境に大きな変化は無いので、測定値の変化の大半は、地面からの放射線量の変化によると考えられる。



図1：ポータブルスペクトロメーター

### 3. 歩行経路と放射線プロファイル

ここで調べた歩行経路を図2に示す。名古屋大学東山キャンパスの豊田講堂側（図2(a)の右側）から、市道（四谷通り）に向い、市道を信号に従いキャンパス西側（図上で左側）へと横断した。その間に様々な舗道上を歩く。その放射線プロファイルが図3に示したグラフである。ポータブルスペクトロメーターをLocatorモードにし、ゆっくりと歩行移動すると、その歩行経路に沿った放射線計測数(cps)のプロファイルが記録される（図3）。グラフの縦軸は放射線強度で、フルスケール 1000cps を表し、グラフの横軸は時間経過で、この場合過去 256 秒間の放射線強度(cps)が示されている。グラフの左ほど過去の情報が見え、右端が（写真がハレーションを起こし、白飛びしているが）現在の値で、356cps と示されている。

まず、豊田講堂前庭の芝生に沿った歩道を西（図上で左）向きに歩いているとき、測定器は図3中の **A** より左に記録されている約 480cps を示していた。**A** 点は、学内のレンガ様ブロックと、市道の正方形ブロックの境界を示す。**A** 点で路上放射線は明確に上昇し、約 850cps となった。点から横断歩道（信号機）のある **B** 点までは、ほぼ一定の 850cps である。**B** 点から **C** 点までは、アスファルト舗装された車道の横断歩道上を歩く。車道に降りると、カウント数は明瞭に変化・減少し、550cps 前後となり、**C** 点で歩道上に上がるとすぐ元の 850cps になる。市道の歩道をさらに西（図上で左）に歩き、**D** 点から工学部電子情報館前の歩道に入ると、360cps 程に急減する。いずれの境界も、極めて明瞭である。**D**→**C**→**B**→**A** と、逆コースを歩いたプロファイルも図3のプロファイルが反転しており、再現性も良いことがわかった（田中・片岡, 2010）。

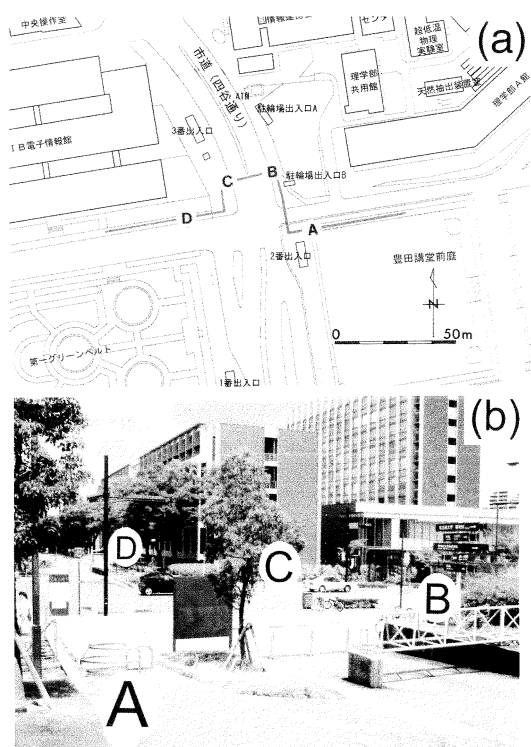


図2：歩道上放射線計測を行った経路(a)とその風景(b)

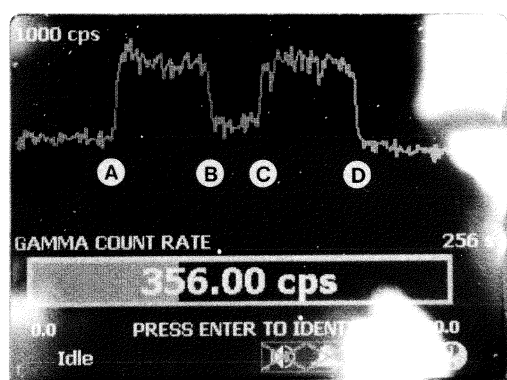


図3：図2のA→B→C→Dコースを歩行する間の放射線プロフィール

#### 4. 放射線量が異なる原因

これまでの測定では、最も反応の良いガンマ線の計数(cps)で示した。放射線防護などで用いられる線量率に換算すると（測定装置の中で換算されるので、別の表示ボタンを押すだけだが）A点より東では、 $0.05 \mu$ シーベルト/時、市道の歩道上では $0.12 \mu$ シーベルト/時であった。この違いが何に由来するのか、それぞれの地点で放射線のエネルギー分析をおこなった。それぞれ1000秒間測定した結果が図4(a)と図4(b)である。図の横軸は放射線のエネルギー、縦軸は放射線の強さが対数で表されている。スペクトル図の中央にあるのが $^{40}\text{K}$ からの $1461\text{keV}$ の $\gamma$ 線ピークで、右端にあるのが、 $^{232}\text{Th}$ が $^{208}\text{Pb}$ に壊変する途中に生じる $^{208}\text{Tl}$ からの $2614\text{keV}$ の $\gamma$ 線、それらのあるのが、 $^{238}\text{U}$ が $^{206}\text{Pb}$ に壊変する途中に生じる $^{214}\text{Bi}$ からの $1764\text{keV}$ の $\gamma$ 線である。従って、これらの放射線の強さは、放射壊変の大元になった元素、すなわち、カリウム、トリウムおよびウランの量に対応している。大学内の歩道でピーク面積は、この元素順に、5847, 936, 234, で、市道

の歩道上では、4327, 3392, 893 である。これらのピーク面積を比較すると、市道の歩道は、大学内の歩道と比べて、カリウムはさほど変わらないものの、ウランとトリウムが3倍程多く、第3図に示した放射線計測数 (cps) の変化は、ウランとトリウムの多少に因ることがわかった。

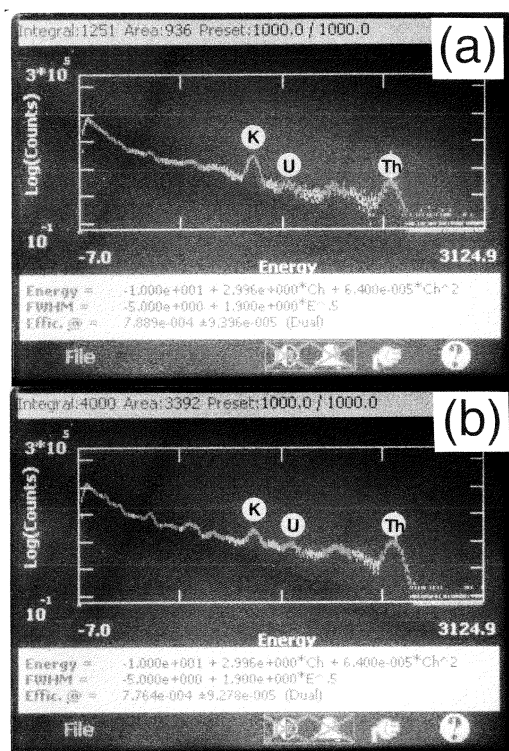


図4：図3で放射線の少ない舗道上でのスペクトル(a)と放射線の多い歩道上でのスペクトル(b)

## 5. 天然放射線通路標識 (Radio Guide Way)

ゆっくり歩いていると、放射線量の違いが瞬時に検出される程の歩道の境がある（差がない歩道境界もある）ことがわかった。この線量の多様性を点字ブロックや階段の音楽のように、通路標識 (Radio Guide Way) として利用出来ないだろうか？ その1案を図5に示す。例えば、(a) 障害物の無い歩道ではカリウム (K) が中心だが、段差などが近づくとウラン (U) が増す。(b) プラットホームの縁に近づくと、ウラン (U) トリウム (Th) カリウム (K) の3核種が増え、危険を表す。(c) 静穏が必要な施設に入り、ウラン (U) トリウム (Th) バリヤーを超えると、制限速度は30km/hになる。(d) 身障者施設内などでの誘導標識。一人一人が検出器を持っていれば、目が不自由でも、火災で停電があっても作動する、、などである。点字ブロックや音楽信号は、摩耗したり、故障することがあるかもしれないが、カリウムやウランからの放射線は数億年経っても変わらない。岩石を骨材とするブロックは、不要になれば自然に帰すこともできる。骨材を選ぶだけで余分な工事費はかからない。問題は検出器である。2キログラムの器具は重い。軽いアロカのポケットサーベイメーターPDR-101では1~2秒の遅れが出る。また、検出器は、全周囲からの放射線に反応する。この実験はオープンな野外空間で行ったので、線源の変化は主に地面であったが、建物内部や地下鉄の駅では、壁面や天井からの放射線もバックグラウンドとして加わろう。その弁別/軽減も必要である。応答性と軽量性とそして指向性にすぐれた専用検出器の開発が望まれる。

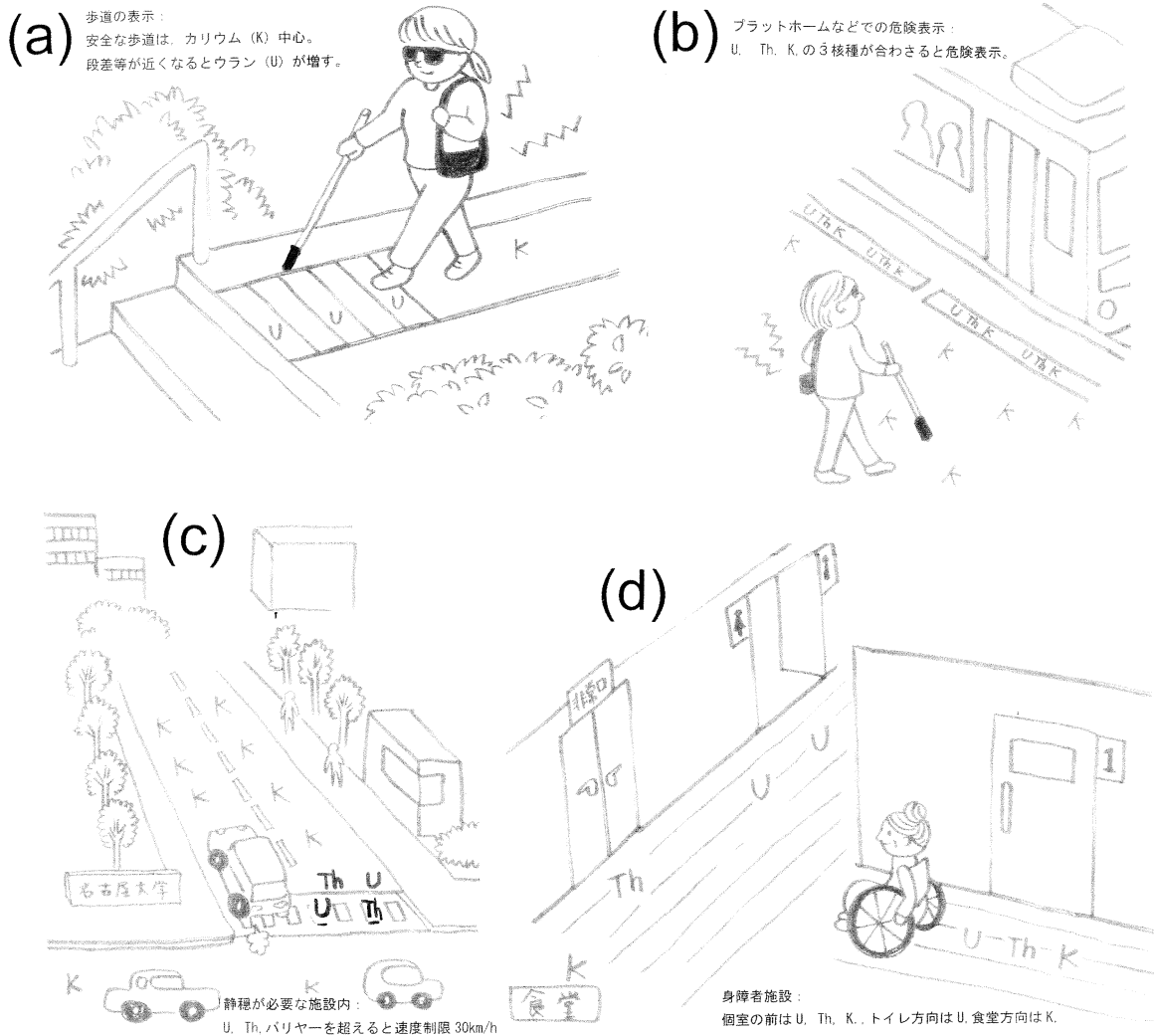


図 5：天然放射線通路標識の例。

- (a) 障害物の無い歩道ではカリウム (K) が中心だが、段差などが近づくとウラン (U) が増す。
- (b) プラットホームの縁に近づくと、ウラン (U) トリウム (Th) カリウム (K) の 3 核種が増え、危険を表す。
- (c) 静穏が必要な施設に入り、ウラン (U) トリウム (Th) バリヤーを超えると、制限速度は 30km/h になる。
- (d) 身障者施設内での誘導標識。一人一人が検出器を持っていれば、目が不自由でも、火災で停電があっても作動する

## 6. 放射線量と骨材

放射線量がウランとトリウムの多少に因るとすれば、そのブロックの作成に用いられた骨材の産地はどこか？日本は、地質に応じた様々なγ線の線量分布が見られる (湊, 2006)。本稿で企図する天然放射線通路標識を普及させるためには、それぞれに適した骨材の産地と品質評価が重要になってくる。名古屋市千種土木事務所によれば、大学内の市道 (四谷通り) は、都計 3・3・65・茶屋ヶ坂牛巻線街路整備工事として平成 12 年度に施行されたもので、歩道には「透水セラミック

ブロック」が用いられているとのことである。メーカーによれば、このブロックは、砂礫を直接固めたものではなく、瀬戸などからの陶磁器破片を最大 97%用いた焼結ブロック（エコブロック）との事である。陶磁器顔料にはウランやトリウムを様々に含むものが用いられることもある（中部原子力懇談会, 2009）。これらを Radio Guide Way として舗道の素材に活用する為には、放射線も含めた品質管理が求められよう。

## 謝辞

本報告のきっかけとなった授業『基礎セミナー』には、名古屋大学アイソトープ総合センターから、多数のサーベーターとポケット線量計をお貸し頂いた。また、調査に用いたキャンベラ社の放射線測定装置は、科学研究費特定領域研究「セム系部族社会の形成」計画班（代表：星野光雄）において購入した。また、産総研の 金井 豊 博士と三菱マテリアル株式会社の河田陽介地下環境システム部長からは、放射線測定にご助言を頂いた。これらの方々に御礼申し上げる。

## 参考文献

- 片岡良輔、沼田直樹、白川知恵、神田ゆか、小沢 萌、中村明博、小畑怜子、三浦 悟、竹内 誠、南 雅代、柴田理尋、田中 剛（2009）放射線を指標とする環境評価教育の開拓。名古屋大学博物館報告 21 号, 15-24.
- 田中 剛、片岡良輔（2010）歩道放射線の多様性とその天然放射線通路標識(Radio Guide Way)としての利用。地質ニュース 676 号(2010 年 12 月号), 68-71.
- 中部原子力懇談会（2009）目で見える自然放射線. pp 10.
- 湊 進（2006）日本における地表 $\gamma$ 線の線量率分布. 地学雑誌 115 巻 1 号, 87-95.
- 文部科学省（1990）空間 $\gamma$ 線スペクトル測定法. 放射能測定法シリーズ 20, pp 114.

## 日本語要旨

キャンベラ社製の InSpector 1000 ポータブルスペクトロメーターに 3×3 インチの NaI 検出器を装着した。検出器は下方に向け、手提げ袋に入れて地上から 30～50cm のところに保持し、Locator モードで、大学キャンパスを豊田講堂のある東側から四谷通り（市道）を横断し、工学部のある西側へ移動しながら放射線量の変化を測定した。その結果、市道（四谷通り）の歩道上で線量が急激に高くなることがわかった。線量率は、市道の歩道上では  $0.12 \mu \text{Sv/h}$ 、大学内の歩道上では  $0.05 \mu \text{Sv/h}$  でいずれも舗道ブロックの骨材に由来する自然放射線の違いと考えられた。エネルギースペクトルからは、両地点で、カリウムに大きな違いはないものの、ウランとトリウムが市道の歩道に約 3 倍多いことがわかった。

ゆっくり歩いていると、放射線量の違いが瞬時に検出される程の歩道の境がある（差がない所もある）ことがわかった。この線量の多様性を点字ブロックや階段の音楽のように、通路標識 (Radio Guide Way) として利用出来ないだろうか？点字ブロックや音楽信号は、摩耗や故障することがあるかもしれないが、カリウムやウランからの放射線は数億年経っても変わらない。岩石を骨材とするブロックは、不要になれば自然に返すこともできる。骨材を選ぶだけで余分な工事費はかからない。その応用案を数例示した。