

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 13 日現在

機関番号：34428

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501071

研究課題名(和文) 知識と技術を学ぶ放射線学習プログラムの形成と教育実践

研究課題名(英文) Planning and practice of a program to learn basic knowledge and measuring technique on radioactive rays

研究代表者

山本 淳治 (YAMAMOTO, Junji)

摂南大学・理工学部・教授

研究者番号：90144427

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、放射線の基礎と測定について学ぶために安心安全な実験プログラムを形成して実践することである。インターネットなどのネットワーク設備を使って、学習者が遠隔から操作して放射線を測る装置を考案した。この実験方式によって、学習者は放射線被ばくの心配をせず、測定実験に集中することができた。そして、放射線防護の基本や放射線検出器の特性などの学習課題を提供して、大学生を対象とした測定実験を実施した。

研究成果の概要(英文)：A safety experimental program to learn basic knowledge and measuring technique on radioactive rays was planned and carried out in this study. Using the Internet, remote controlled equipments for radiation measurement were designed, which enabled learners to concentrate on the learning without concern about radiation exposure. Finally, a class on radiation protection or another class on characteristic of radiation detector was opened for university students.

研究分野：科学教育

キーワード：工学教育 放射線 遠隔実験

1. 研究開始当初の背景

東京電力福島第一原子力発電所の事故による放射性物質の放出とその影響は重大な社会問題となっている。放射能で汚染された物質の除去は当然行われているものの、セシウム-137 に代表される長い半減期を持つ放射性同位元素は時間を掛けて広範囲に拡散しつつ大気、土壌、海水および生態系の中で循環している。社会生活において、法令で定められた水準ではなく社会が安心できる水準にまで放射性物質が減少するには長い時間を要する。このため、私たちには放射線と向き合う息の長い対策も必要であり、その一つが放射線に関する教育であると考えている。

社会が放射線に不安を募らせる要因は、放射線は目に見えず、また放射線についての知識も情報も少ないことである。このため、学校教育を通じて放射線について学ぶ機会が増加している。また、放射線をテーマとした市民講座や様々な研修会も行われている。しかし、単に知識を得るだけの学習では社会が求める安心安全につながらない。放射線の測定を経験するとか人体への影響に対して線量評価を自ら行うなど能動的で実学的な学習目標が必須である。しかし、大学をはじめとする教育現場にこのような目標の授業を普及させるには、次のように解決すべき課題が多い。

- ・生活環境に存在している自然放射線だけでなく原発由来の放射線など人工放射線も対象にする必要があり、この場合には学習者の安全を確保しなければならない。

- ・学習者が参加できる実験や実習を行うには相当数の機材を教室に準備する必要がある。

- ・実験を行いかつ実学的な学習目標を達成する授業を普及させるには、専門家に任せるだけでなく高校や中学校の教員が把握して授業を担当できる方策が必要である。

放射線計測においては、放射線の発生源からできるだけ距離をとって測定するという考え方が放射線防護の観点から大切である。ここから遠隔操作で行う安全な実験方法を発想した。学習者が測定を行う部屋と実験装置を据えた部屋を分離することで、人工放射線の線源管理および実験機材の準備がたやすくなる。そして、遠隔操作で行うこの測定方法をシステム化すること、また放射線の性質や測定法を学ぶ学習プログラムを形成することを計画した。

2. 研究の目的

東京電力福島第一原子力発電所の事故によって学校や社会において要求が増した放射線教育に対して、インターネットや LAN を用いた遠隔操作によって実験を行う体験型学習を提案する。この手法と Web 上の学習システムを使って教材を提供して放射線教育を行う。これによって、放射線に関する知識、測定の技術、人体への影響の評価などを学習

目標とした実学的な学習プログラムの形成を可能にする。

実施計画は、放射線測定装置の製作、実験および学習のシステム構成、学習プログラムの実践からなる。

(1) 放射線測定装置は放射線検出器と測定機器で構成する。装置には放射線について学ぶ課題に応じた測定実験ができる機能を持たせる。そして、学習者は放射線場から離れて遠隔操作によって実験を行う。

(2) サーバを介して放射線測定装置と学習者の情報端末を LAN で結んで遠隔実験を行うことができる実験システムを構成する。また、このサーバを使って学習者に実験時の教材を提供し、さらに、学習者が Web 上で放射線について系統的に学習できる学習システムを編成する。

(3) 大学の学生実験や演習、教員研修、高校生の体験学習等を通じて学習プログラムを実践し PDCA を回す。

3. 研究の方法

(1) 放射線測定装置の製作

学習目標を設定し、これを学ぶための実験が行える装置を製作する。まず、次の課題を設定した。

放射線を発生する線源と放射線検出器を用いた測定によって、放射線の発生、種類、遮へいなど放射線の基本的な性質について学ぶ。具体的には、放射線の測定によって放射線防護の基本である「放射線から距離をおく（離れる）、遮へいする」ことの効果を確認する。また、この測定を通じて、日常生活において目に見えないが身の回りに存在する環境放射線の線量について考えてみる。

放射線防護に関する実験を行う装置を図 1 に示す。一辺が約 60cm のアルミニウム製フレームで構成した直方体の上面にスライドテーブルが付いたスライドガイドを 2 本取り付けている。1 つのスライドテーブルには遮へい板を貼り付ける台座が取り付けられている。もうひとつのスライドテーブルには放射線検出器を置く台座が取り付けられている。各々のスライドテーブルは、スライドガイドに沿ったタイミングベルトに繋がれている。そして、スライドガイドの端に取り付けられたモータが回転するとスライドテーブルはスライドガイドに沿って移動する。2 台のモータを遠隔から制御して、放射線検出器および遮へい板を移動させる。なお、これを用いて行った実験時の状態を示す図 5(a) の写真において、写真の左側から順に放射線源、遮へい板の台座、放射線検出器の位置関係が示されている。

放射線防護では「距離をおく、遮へいをする、作業時間を短くする」が 3 原則である。実験では、検出器が線源から離れるか遮へいをするか検出器の計数率（単位時間あたりの計数）が減少することで「距離」と「遮へい」について確認する。また、「作業時間を短く

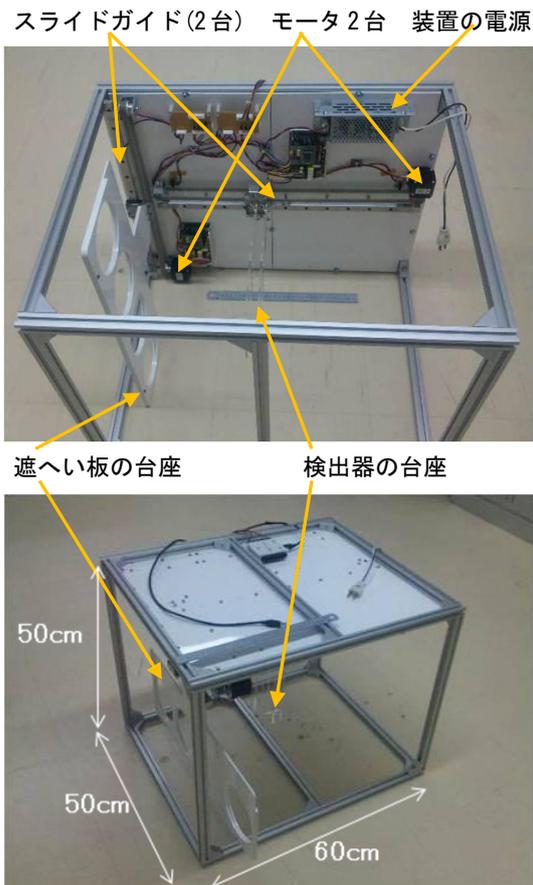


図1 放射線測定装置

する」については、検出器の集積線量が放射線の測定時間の差になっていることで説明できる。

先述と同様に、放射線検出器または線源の位置をモータ駆動で変化させる機能を使って、放射線検出器の特性を測定して検出器の使い方を知る課題に対応した測定装置も製作した。

(2) 実験システムの構成

図2に当初の実験システムを示す。放射線測定装置等の実験機材を実験室に設置し、遠隔の教室とLANで結んだ。実験時には、線源と検出器は予め設置しておき、サーバで制御される測定装置を遠隔から操作して測定条

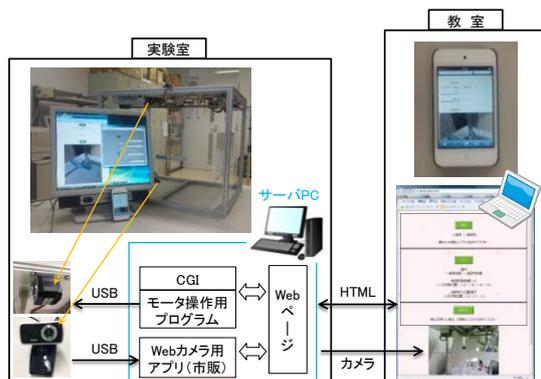


図2 実験システム

件を設定することにした。一方、遠隔の教室では、学習者がスマートフォンやノートPCなどの携帯型情報端末を使って測定装置のモータを制御する方式とした。そして、情報端末に標準でインストールされているWebブラウザを使って操作する。このため、学習者側にはハードウェアやソフトウェアを特別に準備する必要はない。なお、放射線検出器のメータに表示される計測値は、Webカメラによって同じく学習者の情報端末で視認できる。

図2において、学習者のモータ制御信号(命令)は実験室に置かれたサーバを経由して測定装置のモータに送られる。サーバはWebサーバとして機能する他に、モータを制御するプログラムも実行している。さらに、複数台の測定装置が接続された場合には、それぞれの測定装置への信号(命令)を振り分ける処理も必要になる。したがって、測定装置の台数が増えるに連れて、プログラムが肥大化しサーバの負荷も増すことが明らかになった。このように、クライアントサーバ方式では拡張の度に設定の作業量が増し、複雑になった。また、サーバがあるために実験機材一式を持ち運びして実験室に設置する際の可搬性にも乏しい。

この問題を図3に示す方式にシステムを変更することによって改善した。これはサーバをマイコンボードに置き換えたシステムである。この実験システムでは、測定装置ごとにマイコンを割り当て、学習者の情報端末と1対1で接続する。マイコンのプログラムでは、学習者にWebページを配信してモータの制御信号を受け取りモータを制御する。従って、学習者の情報端末の使用環境はサーバの場合と同じである。なお、ネットワークカメラを用いて学習者が放射線検出器の計測値を読み取ることにした。マイコンボードは小型で測定装置に取り付けることができ、価格も1万円以下である。この方式は測定装置の台数を増やす拡張性に優れている。さらに、実験室を移動して実験機材一式をセットアップする際にサーバの立ち上げなどの複雑な設定が必要でなく、30分間程度の短時間で準備ができるようになった。

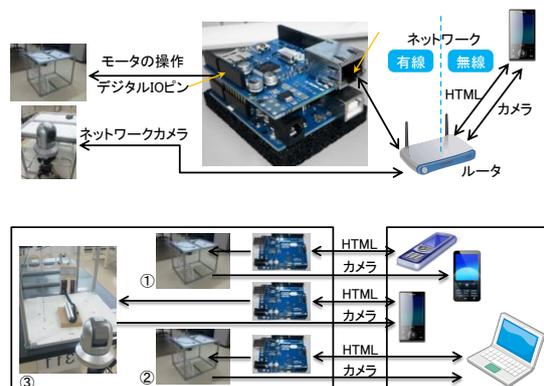


図3 実験システムの改良

(3) 学習プログラムの実施
測定実験は次の内容で構成した。

0. 実験準備 (目安: 20~30 分)
 - ・実験室側: 機材の配置, LAN 接続, 電源 ON
 - ・教室側: 設置機材なし
1. 放射線についての授業 (時間は任意)
2. 実験課題の実施
 - (1) 実験方法の説明, 操作の練習 (20 分)
 - (2) 実験の実施 (取捨選択)
 - 1) 空間線量 (環境放射線) の測定 (10 分)
ここで, 放射線源を設置する。
 - 2) 点線源からの距離による減衰 (20 分)
 - 3) 遮へい板による減衰 (20 分)
 - 4) 検出器の感度 (計数効率) の変化 (20 分)
 - (3) データ処理, 考察

予定されている授業時間と学習対象者によって実験課題は取捨選択することになる。授業の内容も対象者と実施する実験課題に応じて変わる。事例を図 4 に示す。図の(a)は実験方法の説明 (2. (1)) を受けている様子で, 実験台の上には 2 種類の測定装置が置かれている。手前のネットワークカメラで放射線検出器の計測値および測定装置の動作をモニターしている。図 4 の (b) は別室での授業, (c) は測定中の様子である。図 4 (d) は異なる事例で, 多人数を対象にした放射線遮へいに関する演習においてこの測定装置を用いた実測を行っている。

学習者にはデータシートを配って, 測定値のグラフ化などのデータ処理を行わせた。図 5 (a) では, 右の写真に示したように, 線源と放射線検出器の距離の 2 乗に逆比例して放射能が減衰する現象が精度良く測定できている。図 5 (b) は検出器の感度を調べる実験である。この結果から, 検出器の正しい測り方 (扱い方) を説明することができる。



図 4 放射線測定実験の事例

データシートなどの学習教材の配布は, 当初はサーバからダウンロードする計画であった。また, コンピュータ支援の学習も予定していた。しかし, 先述のとおり, 実験システムの構成においてクライアントサーバ方式よりも安価で拡張性に優れたシステムに変更したため, このサーバを併用したコンピュータ支援の学習計画は達成できなかった。

4. 研究成果

放射線について学ぶ授業や研修会において, 実際に放射線を測る体験は放射線の性質や測り方を理解する上で効果的な学習法である。放射線測定を体験するには学習者が操作できる実験器具を準備する必要がある。しかし, 放射線測定に必要な線源と測定機器はあまり一般的な実験器具ではないため, 実験室に常備してあることは少ない。公共団体等からの貸し出しはあるが, スケジュール調整など事前事後にかなりの作業をとまることが予想される。そこで, 線源と測定機器が予め準備された場所から離れて, 学習者が実験器具を遠隔操作して測定する今回の方式は効果的で安心安全である。

図 6 は図 1 の測定装置で学習者が測った値のグラフである。この測定では線源から 10cm の場所で通常的环境放射能レベルの 100 倍となる線源を使用しているため, 放射線管理業務用の検出器を使った測定ならば 5 分間くらいで図 6 (a) のデータが得られた。図 6 (b) に

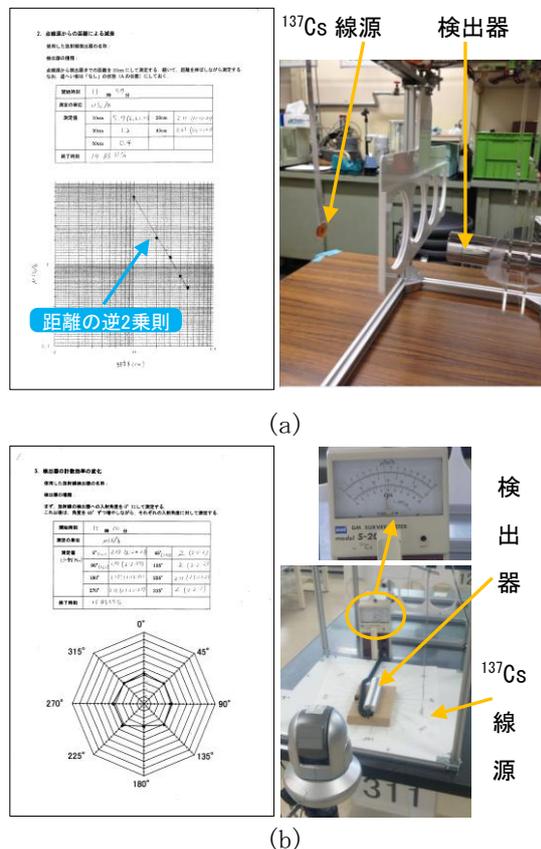
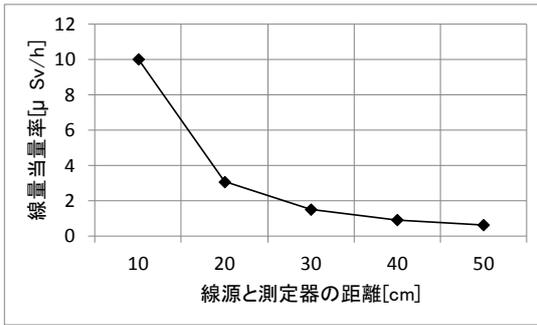
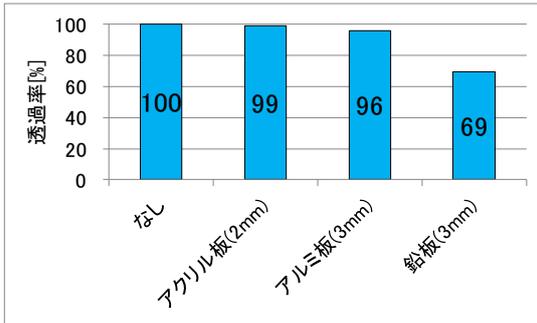


図 5 データシートへの記入例



(a)



(b)

図6 放射線の減衰実験

は遮へい板の効果を示した。福島第一原子力発電所の事故で大気中に拡散して現在も残留している放射性同位元素と同じセシウム137の線源を使っている。この放射性同位元素はエネルギーの高いγ線を出すため、2mm厚のアクリル板や3mm厚のアルミニウム板ではこのγ線はほとんど透過する。鉛板3mm厚では、30%ほど遮へいされることがわかる。しかし、学習者は鉛板であっても放射線が透過してくることに一様に驚き、放射線防護の重要性を認識するのに非常に効果的であった。

環境放射能レベルの線源を使えば放射線を測る体験は可能である。しかし、放射線の物質透過や遮へい効果をはっきり分かる精度の測定データを限られた実験時間内で得るには、線源の放射能が微弱であるため線源や測定装置に相応の工夫やしくみが必要となる。一方、高い線量の線源ほど短い測定時間で透過や遮へいの現象をはっきり分かるデータが得られるが、学習者の被ばくの点で使用上の制約がある。遠隔操作では学習者が居る場所での線源管理が必要でないため、実験に使用できる線源の選択肢が広がる。

遠隔操作の方式にした理由はその他に線源に対する我々の考え方にもある。学習者がその場所で放射線を測定する場合には、安全上から放射能が環境レベル程度の線源が通常使用される。しかし、安全上まったく問題がなくても被ばくに対する意識には個人差がかなりあり、不安を感じて実験に積極的になれない学習者もいる。また、被ばく線量に対する知識が学習者にまだなくて、安全が保

証された場の測定経験だけであると、「放射線は身近で扱っても大丈夫だ」との印象を持ちかねない懸念もある。これは放射線が目に見えないためである。したがって、本方式による放射線測定の遠隔実験では、学習者の安心安全を確保した上でインパクトのある測定が計画できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

- ①吉田茂生, 山本淳治, 村田勲, 堀口哲男, 近畿大学原子炉の炉特性実験・中性子利用実習による教育的効果に関する研究, 平成25年度近畿大学原子炉等利用共同研究経過報告書, 査読無, 1巻, 2014, 74-77

〔学会発表〕(計6件)

- ①山本淳治, 吉田茂生, 堀口哲男, 基礎的な放射線測定実験のための測定装置の製作, 日本工学教育協会, 平成26年8月28日, 広島大学(広島県東広島市)
- ②山本淳治, 堀口哲男, 吉田茂生, 基礎的な放射線測定実験のための安全な測定装置とその計装, 日本工学教育協会, 平成25年8月30日, 新潟大学(新潟県新潟市)
- ③加藤小織, 吉田茂生, 亀山高範, 堀口哲男, 山本淳治, 東海大学における原子炉実習プログラムの構築について, 日本原子力学会, 平成25年3月26日, 近畿大学(大阪府東大阪市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 淳治 (YAMAMOTO, Junji)
 摂南大学・理工学部・教授
 研究者番号: 90144427

(2) 研究分担者

堀口 哲男 (HORIGUCHI, Tetsuo)
 近畿大学・原子力研究所・講師
 研究者番号: 30278741

吉田 茂生 (YOSHIDA, Shigeo)
 東海大学・工学部・教授
 研究者番号: 70174927