

平成 22 年 5 月 14 日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）

研究期間：2008～2009

課題番号：20800069

研究課題名（和文） 大型実験装置を遠隔利用した実践的工学教育システムの構築と実践

研究課題名（英文） Construction of practical education system with remote controlled large equipment

研究代表者

石川 一平（ISHIKAWA IPPEI）

舞鶴工業高等専門学校・電子制御工学科・助教

研究者番号：10511735

研究成果の概要（和文）：

舞鶴高専などの教育機関からインターネットを用いて大阪大学の大型実験装置（イオン加速器）を遠隔利用し、学生実験を実施できる教育システムを構築した。遠隔地からでも、実験装置側の現場で実験を行なっているのと遜色の無い応答性・データ品質・安全性が確保できることを検証した。参加学生へのアンケートや実験の様子から考察すると、実践的で体験的な学習ができるため学生が興味・関心をもつ機会を与えることができると考えられる。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study has been to construct the practical education system with remote-controlled large equipment. The large equipment of Osaka University was operated using the Internet from Maizuru National College of Technology. The remote experiment using the Internet was consistent with usual laboratory conditions (responsivity, quality and safety). According to the results of the questionnaire survey and experiment, this system provides students with an opportunity to practical experience.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,280,000	384,000	1,664,000
2009年度	710,000	213,000	923,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,990,000	597,000	2,587,000

研究分野：電子工学

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学／科学教育

キーワード：教育システム、e-learning、物理教育

1. 研究開始当初の背景

工業高等専門学校（高専）のような大学に比べて予算規模の小さな工学系の教育機関では、高度な研究・教育のための大型実験装置を所有することが困難な状況にある。しかしながら、特定施設の大型実験装置（例えば粒子加速装置など）を、インターネットを介して学生実験・実習等の教育に広く利用することができれば、小規模の教育機関であってもより高度な理工系のための実験実習教育が行なえると思われる。つまり、大型実験装置の運転操作をインターネットを介して安全に行なえるシステムが整備されれば、学生は施設に向くことなく居ながらにして大型装置を用いた高度な実験実習教育を受けることができるのである。しかし、そのためには大型実験装置をインターネット経由で遠くにおいても安全に能率よく教育実験実習に利用できるようにするシステムを開発する必要がある。

2. 研究の目的

近年、情報通信技術を巧みに利用したネットワーク経由の遠隔教育が活発に行われ、全国の大学でも様々な遠隔教育の取り組みがなされている。遠隔教育は一方向型の教材配信に留まらず双方向型の遠隔授業も活発に進められてきているが、これまでのシステムでは、オシロスコープのような汎用計測機器は Web ブラウザ上に仮想的に構築され、測定データがパソコン画面に表示されるといった教育実験が一般的である。このシステムは、インターネットさえ繋がれば遠隔実験ができるため汎用性は高いが、実際の機器に触れるという体験的部分が不十分である。そこで、通信する実験データ（信号）は各自が自らの測定機器で扱い、その結果を大型実験装置の遠隔操作に反映させるような実践的な双方向の工学教育システムを構築できれば、教育手段の一つとして役立つものと考えられる。

本研究では体験的要素を重視した実践的工学教育システムを構築することを目的としている。数少ない専門的な大型実験装置を

インターネットを介して共有利用することで高度な理工系のための実験実習教育を推進することができる。今日の「理科離れ」問題の対応には実験による体験が重視されているが、本システムの利用が座学で得られない体験的・実践的教育手段の一つとして大いに役立つものとする。また、同じ大型装置を使って同時に複数のサイトで独自の教育実験を実施することが可能となれば、必然的にサイト間で様々な議論が必要となり、互いの教育実験内容を共有することもでき、違った観点からの互いの考察も可能になる。これらのことから遠隔コミュニケーション技術の向上にも期待できる。

3. 研究の方法

本研究で使用する大型実験装置は大阪大学所有の多機能微細イオンビーム照射装置（イオン加速器）とした。本装置は新しい検出器やセンサーの開発のためのイオン注入や環境分野で問題となっている微粒子の極表面層分析などに利用することができる。先端研究のための実験装置である。この実験装置を、インターネットを介して遠隔利用する実践的工学教育システムの構成概略図を図 1 に示す。イオンビーム照射装置の運転制御系だけでなく関連する多くの機器モジュール、例えば散乱粒子検出器やスペクトル解析のための多重波高分析装置、分析試料をセットする可動ステージ等が整備され、ほとんど全ての測定機器モジュールがインターネットに接続されている。これらの機器の操作および実験データの通信を工業高等専門学校の

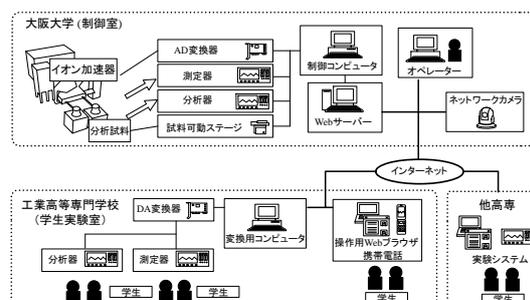


図1 実践的工学教育システムの構成図

学生実験室から行なう。実践的工学教育システムの具体的な構築内容としては、イオン加速器から送られる多量のアナログデータをアナログ/デジタル変換 (AD 変換) し、優先順位判定後、インターネットを介して舞鶴高専の学生実験室まで高速で送信できるようにした。また、舞鶴高専の学生実験室では、パソコンで受信したデジタルデータはデジタル/アナログ変換 (DA 変換) され、特別な手立てを必要とせず各種の分析装置 (オシロスコープ等) に繋ぐことができるようにした。教育実験に参加する学生は自ら分析機器を操作しながら実験を進める。実験を行なう上で必要なイオン加速器の基本的な操作 (例えばビーム位置や試料位置の調整やビーム強度の変調) も学生自身が行なう。

遠隔教育実験のためのソフトウェアの設計は、多量の実験データを保持するデータベース層 (Model)、それを適切に制御する制御層 (Controller)、およびユーザーインターフェース (View) の三層構成 - MVC (Model View Controller) パターンを基本に行なった。この三層構成を基本にすることによりプログラム全体の順応性が高まり、遠隔教育実験や実習の内容要件が変化してもシステム変更の作業を少なく抑えることができた。プログラム言語は、制御コンピュータ用の Model には C++ を使用し、Web サーバ用の Controller には Java (サーブレット)、そしてユーザー用の View には Java (アプレット) あるいは LabVIEW とした。ユーザー用の View では一部の実験データが DA 変換され、オシロスコープや多重波高分析装置等の各分析器に出力され、学生自身が実際の分析機器に触れて実験を行うことになる。

遠隔実験ではセキュリティやネットワーク速度の遅延、装置の知識不足から起こるトラブルや故障等の問題が挙げられるため、これらを考慮して実験装置側に 1 人以上のオペレーターを配置している。インターネットを介した遠隔地の学生は現地にいるオペレーターと相談しつつ実験を行うこととなる。オペレーターとはネットワークカメラとマイクによってコミュニケーションを図ることになる。コミュニケーションツールには、一般的なファイアーウォール/ NAT (Network Address Translation) 内からでも通信が可能で広く普及しているフリーソフトのスカイプ (Skype) を使用した。

表 1 に本システムを利用した遠隔学生実験の内容例を示す。この例は、イオン加速器を利用した表面分析法についての実験である。このような学生実験を行い、構築したシステ

表 1 遠隔学生実験の内容例

配分時間 (時間)	実習項目
1.5	イオン加速器と元素分析に関する基礎物理 (原子物理学) の講義
1	イオン加速器の運転実習及び蛍光板を利用したイオンビーム調整
0.5	可動ステージを利用した分析試料のイオンビーム照射及びオシロスコープによる特性 X 線検出信号の観測と計測
1	多重波高分析器を利用した特性 X 線のスペクトル測定
1	可動ステージを利用した試料表面のイオンビーム走査及び走査に同期させた特性 X 線のスペクトル測定
1	試料表面の組成分析 (マッピング)

ムの性能について、4 つの項目 (1) 応答性 (2) データ品質と安全性 (3) 教育効果 (4) システム拡張性の検証を行なった。そして、舞鶴高専以外の高専とも同様のネットワークの構築を試みた。複数サイト実験に参加する高専は舞鶴高専を中心に神戸高専、明石高専、富山高専とし、遠隔型の実践的工学教育システムの構築に取り組んだ。

4. 研究成果

学生を 2 つのグループ (異なる遠隔地) に分け試験的な遠隔実験を実践した。 ^{241}Am の γ 線を X 線検出器で検出した信号を入力信号として、(a) 実験施設で直接オシロスコープによって計測を行った場合、(b) 実験施設で AD 変換しインターネットで転送後、遠隔地で DA 変換してオシロスコープで計測を行った場合を比較した。図 2 はそれぞれの信号データを示している。若干の誤差を含んでいるが出力波形 (半値幅 約 $16 \mu\text{s}$ のパルス信号) が十分な分解能で一致している。これは遠隔地であっても実験施設と変わらない精度の高い実験結果が得られたことを示している。

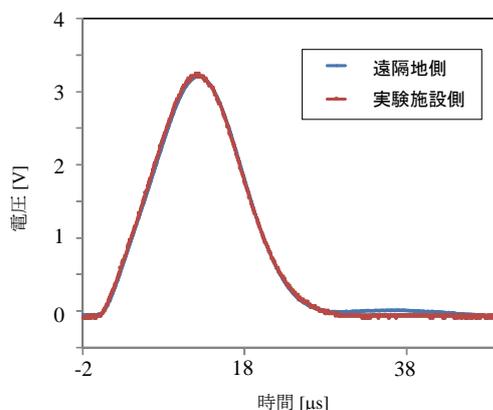


図 2 実験地と遠隔地での信号比較



図3 遠隔学生実験の様子

また同様に学生をグループ A、B に分け ^{241}Am のスペクトルを計測する試験的な遠隔実験を行った。この遠隔実験の写真を図3に示す。実験ではA、B どちらのグループでも ^{241}Am の特徴あるピークを波高分析することができた。しかし、一方のグループの方がノイズの影響をうまく除去でき、精度の良い実験を行うことができた。実際の計測実験においてもこのようにうまくノイズを除去させるための設定を行う必要がある。つまりこの結果は本システムを用いた学生実験が失敗のない決められた実験結果しか表示されないような仮想的なシステムではなく実践的なシステムであることを示している。よって計測実験において、たとえそれが遠隔実験であっても緊張感と臨場感を与えることができ、十分に教育効果があるものだと考えられる。そしていくつかの遠隔実験に取り組み、試験的ではあるが十分な遠隔学生実験が実施可能であることを確認できた。またグループごとに違った観点で考察を行い、それら互いの考察を共有することで様々なコミュニケーションと議論を行った。参加学生のアンケート結果や実験の様子から考察すると、実際の研究現場で利用されている大型装置を用いた実践的な実験が行えるため、体験学習として学生が興味・関心をもってくれる機会を与えることができると考えられる。

これまでの遠隔実験では予定していた実験の内容はほぼスケジュール通りこなされた。しかしネットワークを利用している他の授業の影響からか、通信速度が低下し学生実験を一時的に中断することがあった。この問題の対策としては事前に実験結果を遠隔地側でバックアップしておくことで緊急対策として非リアルタイムでの単独実験を行う、あるいは通信帯域を事前に予約して確保する Quality of Service 機能などが必要と思われる。

現在、遠隔教育実験に関して高専間のネットワークを作っており、舞鶴高専を中心に神戸高専、明石高専、富山高専間で遠隔教育実験を試験的に行なっている。本研究により、

インターネットを介した遠隔地からでも、実験装置側の現場で実験を行なっているのと遜色の無い応答性・データ品質・安全性が確保できることを検証した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

1. Kada Wataru, Ishikawa Ippei, Sato Fuminobu, Kato Yushi and Toshiyuki Iida, “Development of a Remote-controlled System with the Internet for an Ion Accelerator Aimed at Research and Education on Material Analysis”, Journal of Eco technology Research, 15[1], 37-41 (2009.06).

[学会発表] (計 3 件)

1. 石川一平, 市川和典, 加田渉, 飯田敏行; “大型実験装置を高専間で共有する多点遠隔教育実験システムの構築”, 第57 回応用物理学関係連合講演会, 東海大学, 18a-P5-29, (2010.03).
2. 石川一平, 細井翔悟, 加田渉, 佐藤文信, 飯田敏行; “大型実験装置を遠隔利用した実践的工学教育システムの構築”, 第56 回応用物理学関係連合講演会, 筑波大学, 31a-P9-16, (2009.03).
3. Wataru Kada, Ippei Ishikawa, Fuminobu Sato, Yushi Kato and Toshiyuki Iida, “Development of a Remote-controlled System with the Internet for an Ion Accelerator Aimed at Research and Education on Material Analysis”, Proc. 15th Asian Symposium on Ecotechnology, Ishikawa (Japan), P-87, (2008.10).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石川 一平 (ISHIKAWA IPPEI)

舞鶴工業高等専門学校・電子制御工学科・助教

研究者番号: 10511735