

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 18 日現在

機関番号：32653

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560097

研究課題名（和文）医療系の物理としてふさわしいカリキュラム「人体の物理学」の開発

研究課題名（英文）Development of the subject "Physics of the Human Body" for medical students

研究代表者

木下 順二（KINOSHITA, Junji）

東京女子医科大学・医学部・准教授

研究者番号：70161023

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,400,000円

研究成果の概要（和文）：医療系の大学における物理教育としてふさわしい科目「人体の物理学」の教材を開発し、3年間にわたり2つの医科大学における選択科目として実施して、92人の学生が履修・合格した。開発した教材は、テキスト、授業で用いる問題・課題、実験教材などであり、これらの教材はWebsiteにて公開している。また、実施に当たっては能動的学習の手法として、ピア・インストラクションや、グループ討論を取り入れた。この科目に対する学生からの評価は大変よく、学生の意欲を引き出していることが確かめられた。

研究成果の概要（英文）：The teaching materials of "the physics of the human body" were developed. In two medical colleges, the subject was open as an elective subject for three years, and 92 students studied and passed it. The teaching materials developed are texts, problems, and the experiment materials, and these teaching materials are shown in Website. In addition, peer instruction and group discussion were adopted as technique of the active learning. The evaluation from the students for the subject was very good, and it was checked that the students were well motivated.

研究分野：物理教育

キーワード：物理教育 医学教育 能動学習

1. 研究開始当初の背景

医療系の大学における物理系の授業は、大きな変革期にある。高須(2013)による医学部の物理カリキュラム調査によれば、必修科目として1年間、または半年間の講義を開講している大学が多い。その限られた時間の中で取り上げられている内容は、大学によって、従来型の力学や電磁気を中心とした自然科学の「教養としての物理学」か、医学を学ぶ上で必要な医学と直接結びつく分野に重点を置く「医学のための物理学」に大きく分かれている。しかし、後者のカリキュラムであっても、細かい内容は従来の発想からほとんど抜け出せておらず、学生の視点から授業で取り上げる「素材」を根本的に見直す必要があると考えた。

一方で、東京女子医科大学(以下女子医大と言う)で研究代表者は、物理教育の手法として、問題基盤型テュートリアル学習(1991,1992 物理学会で報告)、ピア・インストラクション(2011 物理学会で報告)、効果的な演示実験(1994,2013 物理学会で報告)、自習用CAI型問題演習などを導入し、そのための教材を開発してきた。新しいカリキュラムの授業を進める「手法」として、この経験を生かそうと考えた。

2. 研究の目的

医療系の大学における物理教育としてふさわしいカリキュラムである「人体の物理学」という新しいコンセプトに基づいた科目の教材を開発し、評価することが目的である。この「人体の物理学」を構成するテーマは、「力と身体バランス」のように、全て物理的なテーマと人体の機能や医療に関連するテーマとが結びついていて、医療系を目指して入学した学生にとって学ぶ意欲をかき立てるものになっている。一方で、全体として体系的に物理を学ぶことができるような構成をとっている。基本となるテキストについては、すでに研究開始時点でプロトタイプが完成しており、女子医大の学内向けWebsiteで学内公開している段階にある。

本研究では、授業の教材として、学生が自習可能なテキスト、グループ討論用の課題、演示実験及び学生実験用実験テーマ、予習・復習のためのオンライン学習用問題、理解度測定用のテスト問題などを開発する。また、授業の進め方についても研究を進め、能動的学習を取り入れて、ピア・インストラクションや問題解決型グループ学習により、学生の意欲を引き出す。

2014年度より、女子医大と研究代表者が非常勤で教えている共学の東京医科大学(以下、東京医大と言う)の2大学で選択科目として「人体の物理学」が開講されるため、実際に授業を2つの大学で実践することで、開発したこれらの教材の評価を行うとともに、学生の反応をフィードバックすることができる。女子のみである女子医大と、共学の東

京医大での比較も行うことが期待できる。研究成果を公表することで、医療系の分野における物理教育のスタンダードとして認知されることを目指す。

3. 研究の方法

以下の項目ごとに進めていく。

(1) テキストの改良

すでにテキストのプロトタイプは研究開始前に完成していたので、それを改良する。テキストで取り上げる医学と関連の深い実例を広く収集する。実際に授業で取り上げるテーマだけでなく、少し幅を広げてテキストを作成し、「人体の物理学」が扱う範囲を明確にする。将来出現すると思われる新しい画像診断法の理解にも役立つような内容を含み、基礎医学の前提となる知識の部分もある程度内容に含めておく。

テキスト教材は冊子によるものを配布して用いるのが基本だが、適宜Websiteに置いた資料で補う。女子医大ではすでに設置済みの学生ポータルシステム(2003 医学教育学会で報告)、東京医大では同様のシステムであるe-自主学習を活用する。テキスト作成の上で問題となる、静止画や動画などの画像データを収集または作成する。また、学生からのフィードバックにより、教材の評価を行う。テキストに掲載する自習用の演習問題、思考問題を作成し、学生の能動的な学習を支える。

(2) 問題・課題の開発と評価法の確立

授業で用いる予習問題、理解度を確かめる概念テストの問題、グループ討論用の課題などを開発する。実際に授業で使うことで、課題の難易度や適切性が判断出来る。

また、医療系の物理の学習目標を明確にした上で、その到達度を確認できるPre/Post問題を作成し実施する。テスト自体の評価を行う。研究代表者が世話人を務める物理学会・医療系の物理教育インフォーマルミーティング(以下IMと言う)/メーリングリスト(以下MLと言う)において、この学習目標と到達度問題を他大学にも公開するとともに、議論を深める。

(3) 実験教材の開発

この科目に関連して、効果的な演示実験の教材を開発する。すでに物理学会で発表したものや、演示実験データベースとしてWebsiteで公開しているものの中に利用可能な実験が多くある。授業で使える演示実験を整備する。演示実験の画像データベースを作成し、Websiteで公開する(研究代表者はすでに、動画データベースや演示実験のリスト型データベースをWebsiteで外部公開している)。

また、テキスト内容に準拠した学生実験のテーマを開発し、学生の希望者に体験させて、実験指導書を作成する。

(4) 教育技法の試行

授業方法としては、通常の講義形式に加えてピア・インストラクションを一部導入する。ピア・インストラクションはすでに他の科目で導入しており、物理学会でも成果を報告(2011)している。機器の整備されていない小教室(30人まで)で行えるクリッカー・システム Turning Point を導入する。

学生の思考力を鍛えるため、討論用の課題を用いた少人数グループによる問題解決型学習を導入する。チーム基盤型学習(TBL)に近いスタイルとして、1つのクラスで討論学習を行う。1つのテーマについて、前半はクリッカーを併用した討論による予備知識の獲得、講義による補足を経て、後半は討論用課題を用いた問題解決型学習を行う。

予習を課すために女子医大では e-Learning 用のオンライン出題ソフト starQuiz、東京医大では e-自主自学を用いる。すでに導入済みのサーバーを利用して出題する。

作成した教材と試行した授業の評価について学会(物理学会、医学教育学会など)で報告するとともに、研究代表者が世話人を務める物理学会・医療系の物理教育 IM/ML のメンバーとの意見交換を通して、教材の改良と情報の発信を行っていく。

4. 研究成果

(1) 概要

2014年度から2016年度までの2大学における選択科目の受講者は、総計160名であった。

大学	人数	男子	女子	物理履修	同非履修
女子医大	9	0	9	8	1
東京医大	151	97	54	110	41
計	160	97	63	118	42

表1 受講者数

これに対して、単位取得者は総計92名であった。合格率の低かった理由は東京医大の選択科目の制度にあり、必要単位数が少ないため、学期途中で前期の合否が分かるとその時点(講義3~4回目)で履修を放棄する学生が多かったためである。

大学	人数	男子	女子	物理履修	同非履修
女子医大	9	0	9	8	1
東京医大	83	61	22	63	20
計	92	61	31	71	21

表2 合格者数

高校で物理を履修したかどうかを調べると、圧倒的に物理履修者が多かった。

授業は女子医大で70分×15コマ、東京医大で90分×15コマであった。テキストは第1章から第10章までであるが、この科目では第

1章から第8章までを取り扱い、第1章を1コマ、第2章から第8章までを各2コマとして、計15コマの講義を行った。

(2) テキストの改良

まず、テキストの章立ては表のようになった。物理の教員が教えやすいように、テーマの配列は通常の物理教科書に合わせ、各章のタイトルを物理的なテーマと人体・医療に関連するテーマを組み合わせたものにした。

章	分野	内容
1	物理量と人体	人体を測る、スケールング、時間と体内リズム、モデル化、関係式
2	力と身体バランス	力のモーメント、人体の静力学、立位と身体バランス、骨と骨折、関節の動き、筋肉の働き
3	運動モデルとスポーツ	力と運動、歩行、ランニング、跳躍、衝突、球技、水泳
4	熱とエネルギー代謝	熱、体温計、体温調節、栄養、エネルギー代謝、運動とエネルギー、衣服による調節、蒸発
5	圧力と循環・呼吸	圧力と流れ、血圧と血液循環、血圧測定、肺と呼吸、肺とガス交換、点滴、胸腔ドレナージ
6	音と聴覚・発声	音、聴覚、音の三要素、難聴、聴力検査、音律、発声、構音、聴診器、補聴器
7	光と視覚	光、結像公式、視力検査、視力矯正、視細胞、明るさ、偏光、色、表色系、色覚異常
8	電磁気と神経・興奮伝導	電磁気の基礎、神経の興奮伝導、活動電位、電気二重層、心電図、体脂肪計、電気と安全性
9	波と画像診断	画像化、超音波、X線、線と核医学、電波と磁気共鳴、赤外線、電子線と電子顕微鏡
10	放射線と人体	放射線、人体への影響、放射線治療

表3 テキストの内容

学生からのフィードバックを取り入れ、難易度の調整を行った。数値データはなるべく原典に当たり、再構成した。毎年テキストの改定を進め、2016年度版は10章、200ページの冊子となった。

(3) 問題・課題の開発と評価方法の確立

講義の1回目は、物理的な基礎知識の復習を含み、個人の理解度を向上させることに重点を置く。2回目は、その基礎知識に基づいてグループ討論に多くの時間を取る。講義で用いる標準的教材は以下ようになる。

	予習シート	概念問題	個人課題	グループ討論
1回目		4題		
2回目		2題		

表4 各回の課題数

グループ討論の課題を表に示す。少し複雑な計算問題が多くなっている。

章	課題内容	章	課題内容
2	腰椎の限界圧縮応力	6	スペクトログラムの解読
3	走り幅跳びの跳躍距離	7	配色カード
4	衣服の熱抵抗	8	体脂肪率の推定
5	気管の気道抵抗		

表5 グループ討論課題

(4) 実験教材の開発

演示実験は毎回入れており、概念問題として予想させてから実験で結果を確認するタイプもある。

回	演示実験	回	演示実験
1	落下運動のモデル	5-2	水銀血圧計
2-1	起き上がりこぼし	6-1	スピーカーと騒音計
2-2	弾性と塑性	6-2	スペクトログラム(PC)
3-1	抵抗力がある自由落下	7-1	視力検査
3-2	抵抗力がある斜方投射	7-2	分光器と光のスペクトル
4-1	サーモグラフィ	8-1	人間の反応速度
4-2	水飲み鳥	8-2	人体のインピーダンス
5-1	静水圧の比較		

表6 演示実験の開発

また、学生実験用のテーマとしては、以下のものを試行した。

章	テーマ	内容
3	歩行分析	動作分析ソフトを用いた歩行データの分析
4	サーモグラフィ	サーモグラフィによる体表面温度測定
6	スペクトログラム	ソフトを使って自分の声の分析
7	色彩テスト	マンセル 100 ヒューテスト
8	体脂肪計	人体のインピーダンス測定

(5) 教育技法の試行

(3)の項で述べた問題・課題を用いて、ピア・インストラクションおよびグループ討論を実施した。前述したように、概念を問う問題は一つのテーマの1回目の授業で4題、2回目の授業で2題用意し、正解率が40~80%

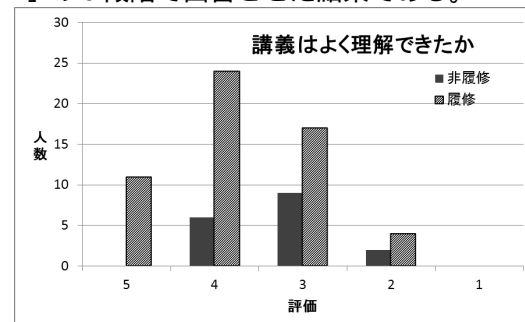
の場合にはピア・インストラクションを行った。また、1回目は個人課題のみ、2回目はグループ課題と個人課題の両方を課すことにした。グループ課題はどうしても、中心になって取り組む学生と見ているだけの学生が別れてしまう傾向にあった。計算問題が多かったためと思われる。

予習に関しては、選択科目という性格上、問題演習を出題するレベルを課すことが難しく、テキストを読んで理解出来たこと、理解出来なかったことなどを抜き出す課題とした。

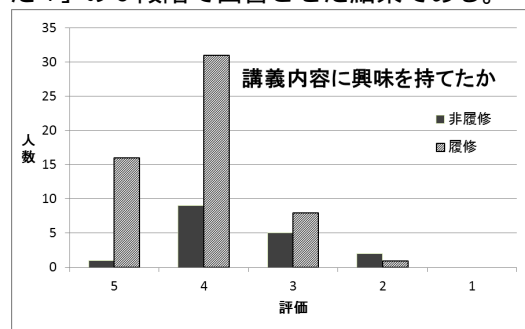
(6) 評価

科目終了時に受講者へのアンケート調査を行った。高校で物理を履修しているかどうかで違いがあるかどうか検討してみた。

まず、「講義はよく理解できましたか」という設問に対して、「大変よく理解できた5、ほぼ理解できた4、どちらとも言えない3、理解できなかった2、全く理解できなかった1」の5段階で回答させた結果である。



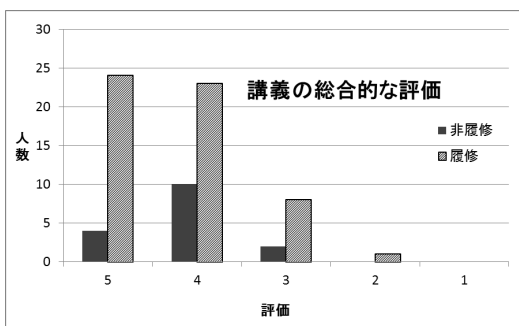
高校での物理履修者の平均は3.8、非履修者の平均は3.2であった。やはり、履修の方が理解度は高いが、非履修者でも3.0を超えているので、経験的には適切な難易度である。次に、「この講義内容に興味を持てましたか」という設問に対して、「大変興味を持てた5、興味を持てた4、どちらとも言えない3、興味を持てなかった2、全く興味を持てなかった1」の5段階で回答させた結果である。



物理履修者の平均は4.1、非履修者の平均は3.5である。特に履修者の数値は高い値となっていることが分かる。

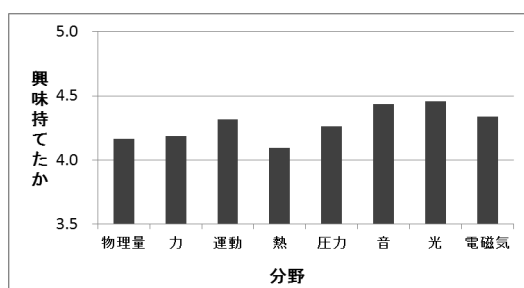
そして、「総合的に判断してこの講義を評価して下さい」という設問に対して、「大変良かった5、良かった4、どちらとも言えない3、あまり良くなかった2、全然良くなかった1」の5段階で回答させた結果である。物理履修者の平均は4.3、非履修者の平均は

4.1 と非常に高い値となった。



この結果から、学生からの評価が非常に良いことが分かる。

テーマ別に面白かったかどうかを「面白い5、少し面白い4、普通3、少しつまらない2、つまらない1」の5段階で答えさせた。平均点は以下のようになる。



相対的に、音、光の波関連が高く、運動、電磁気が続く。熱に関しては少し低めであった。いずれも 4.1~4.5 の中に入っており、極めて高い値になっている。

アンケート調査の結果は、従来の物理系科目よりも良く、講義のレベルが高いにもかかわらず、学生の意欲を引き出していることが確かめられた。

到達度を確認するための Pre/Post テストについては、本研究で開発できなかった。その原因として、医学教育モデル・コア・カリキュラム（以下、医学コアカリと言う）の改定における対応が挙げられる。従来、準備教育モデル・コア・カリキュラム（以下、準備コアカリという）という名称で、物理的な分野の到達目標が示されていたが、平成 28 年度の医学コアカリ改定案で、一旦は物理的項目が含まれる案が示された。そのため、急遽この変更に対応する対策を検討していたのであるが、3 月に示された医学コアカリ最終案では、物理的項目は全て削除され、準備コアカリも全て削除されてしまった。今後は、研究代表者が世話人を務める物理学会・医療系の物理教育 IM/ML のメンバーの中で、到達目標を検討するプロジェクトを立ち上げる予定である。

< 引用文献 >

高須雄一、医学部における物理教育の現状、大学の物理教育、VOL.19、28(2013)

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)

〔学会発表〕(計 3 件)

木下順二、小林義彦、医療系のための科目「人体の物理学」の開発(第2報)、第48回日本医学教育学会、2016/7/29、高槻市

木下順二、医療系のための科目「人体の物理学」の開発、第47回日本医学教育学会、2015/7/24、新潟市

木下順二、医療系のための科目「人体の物理学」の開発、日本物理学会第70回年次大会、2015/3/24、東京

〔その他〕

ホームページ等

東京女子医科大学物理学教室・人体の物理学：

<http://www.twmu.ac.jp/Basic/physics/courseware.htm>

6. 研究組織

(1)研究代表者

木下 順二 (KINOSHITA, Junji)

東京女子医科大学・医学部・准教授

研究者番号：70161023

(4)研究協力者

小林 義彦 (KOBAYASHI, Yoshihiko)

東京医科大学・医学部・講師

選択科目を共同で担当した。