物理基礎科目における授業外学習の定量的評価

斉藤 準（帯広畜産大学）

1. 本発表の目的と課題

大学生の授業外学習は，いわゆる「単位の実質化」の議論の中で重視され，マクロ，ミクロの両面から，さまざまな調査が行われている [1]。

授業外学習，とりわけ授業外学習時間の典型的な調査は，学生アンケートのように学生に申告,回答させることによるものである。できるだけ正確で多点のデータを取ることや，調査対象を機関レベルに広げたデータ取ることにより，授業外学習の実態を明らかにしたり，学習成果との関係を見たりする研究等が，過去の本研究集会においても報告されている [2, 3]。

こうした調査からは，多くの有用な知見が得られているが，学習者の回答によるデータには，正確性や客観性の担保という点において原理的な限界があるのも事実である。

本発表では，学習者の回答によるデータに加え，LMS（学習管理システム）上の学習ログデータを利用して，授業外学習の実態をできるだけ正確で客観的に分析することを目指す。

2. 分析対象科目の概要

本発表では，帯広畜産大学において 2018 年度に開講された「物理学概論」を分析対象とする。本科目は，1 年次学生を対象とする物理学の講義科目である。帯広畜産大学は共同獣医学課程（以下，獣医）と畜産科学課程（以下，畜産）とからなり，本科目では，同じ授業時間に両課程の学生が混在で履修する。

本学の多くの学生は，高校の理科として生物や化学を履修している。以下，これらの学生を非物理系と呼ぶ。一方，高校理科で物理を選択した学生（以下，物理系という）は少なく，本科目の履修者に限っても，その割合は全体の 1/3 程度である。

このように本科目の履修者は，その学習履歴や学習志向などが多様に異なっている。この多様性を生かし，なおかつ，様々な学生にきめ細かく対応するために，本科目は学生同士が相互に学ぶ，グループワークを通じたアクティブラーニング型の授業を中心として構成されている。授業内のアクティブラーニングとして，グループワークによる演習が行われる [4]。

授業内のアクティブラーニングのために必要な準備は，教科書による予習と，LMS（Moodle）上での予習課題によって行う。この予習課題は 2 種に分かれ，1 つは教科書の予習に要した学習時間や疑問点に関するアンケート形式の調査，もう 1 つは教科書の予習範囲に関する内容確認の小テストである。学生は前者のアンケートに回答しなければ後者のテストを受けられない。学習時間は 10 分刻みの選択式で回答する。授業後の復習も，LMS 上の復習課題（小テスト）によって行う。本実践においては，アクティブラーニングの前提としての予習とアクティブラーニングの省察としての復習も合わせて，アクティブラーニング型授業の構成要素と考え，評価を行う。

本科目では，試験は中間試験と期末試験の 2 回が行われる。試験後には，各試験までの授業に関する学生アンケートが行われる。本科目の到達目標は物理学の定量的な議論を重視しており，その達成状況としての学習成果は，筆記の試験によって測定可能であると考えられる。

本発表は，学習成果としての試験成績と，学習状況としての授業外学習時間および LMS 上のログデータから得られた学習状況を主な分析対象とする。

3. 試験成績の比較

本実践における試験結果は表 1 のとおりであった。中間試験においては，物理系と非物理系との成績差は有意で，$p < .001$ であった。また，獣医と畜産との成績差も有意で，やはり $p < .001$ であった。一方，期末試験においては，物理系と非物理系の成績差は有意でなく，$p = .197$ であり，獣医と畜産の成績差も有意でなく，$p = .091$ であった。なお，中間試験における検定はウェルチの t 検定，期末試験における検定は等分散を仮定した t 検定である。また，いずれも両側検定とした。

表 1 試験成績平均点（括弧内は標本サイズ）

	物理系	非物理系	獣医	畜産
中間試験	131.6 (18)	105.5 (33)	133.9 (13)	108.3 (38)
期末試験	131.4 (18)	125.8 (33)	133.8 (13)	125.8 (37)

すなわち，実践の前半段階となる中間試験においては見られた履修者間の成績差が，実践の最後となる期末試験までに解消されたことになる。

4. アンケートから得た授業外学習時間による分析

上述のとおり，本実践では学生が毎回，LMS 上で取り組む予習課題の一部として，教科書等による予習にかかった時間を報告することになっている。これらは学生の申告によるデータであることと，測定によって得たのではなくおおよその値として回答されたものであるという注意は必要であるが，授業外学習時間を把握するための目安として考えることができる。

これら申告による授業外学習の時間と，各試験の成績との関係をプロットすると，図 1 のようになった。このプロットでは，獣医，畜産，物理系，非物理系を区別してある。

次節で見るように，学習時間と試験成績の間にはいずれも相関がなかった。しかし，図からおおよその分布として見えるように，非物理系の学生や畜産の学生は，相対的に長く学習しており，一方，物理系の学生や獣医の学生は，比較的学習時間が短いことがわかる。

5. ログデータから得た授業外学習時間による分析

LMS 上のログデータから，予習・復習課題についての学生の実際の学習状況を得ることができる。ここではそれらのデータと試験成績との関係等を見る。

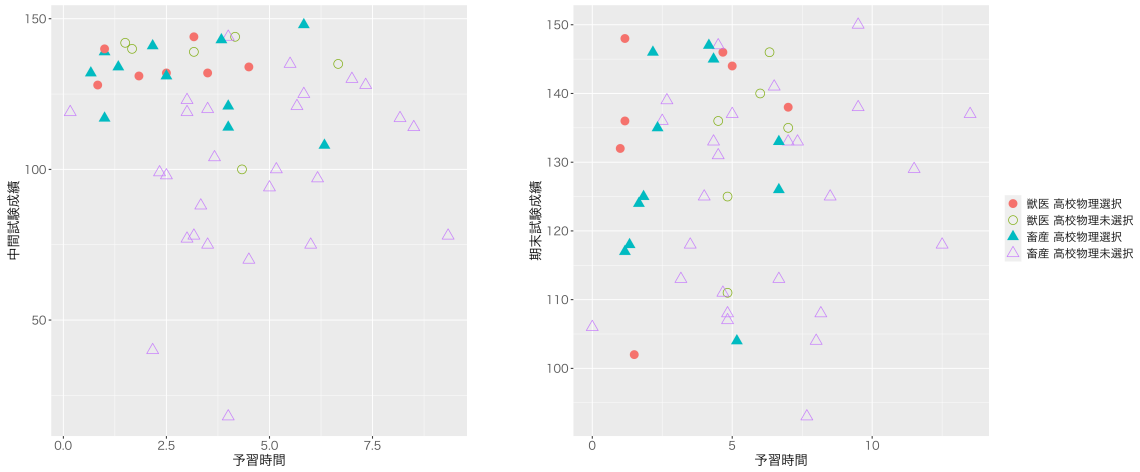


図 1　申告の予習時間と中間成績（左）および期末試験（右）の関係

分析する変数は，予習課題と復習課題のそれぞれについて，課題の評点（成績），課題に要した学習時間，および課題の「完了時刻から締切時刻までの残時間」（以下，単に残時間という）である。いずれも，中間試験までの授業分として，第 2 回から第 7 回までの 6 回分の課題に対する平均値と合計値，期末試験までの授業分として第 8 回から第 14 回までの 7 回分の課題に対する平均値と合計値を使用した。

これら各変数に，中間試験，期末試験の成績を加えた全変数とした相関行列は，図 2 のようになった。ここではこの結果からわかる次に点を指摘しておく。

1. 学習時間の平均値は，試験成績とはほとんど相関がない。学習時間の合計値は，後半の復習時間合計が期末試験成績と弱く相関するほかは，ほとんど相関がない。
2. 課題評点の平均値は，後半の復習課題評点が期末試験成績と弱く相関するほかは，ほとんど相関がない。課題評点の合計値は，期末試験成績とは弱い相関が見られる。前半の予習課題評点は，相関係数としては中間試験成績と弱い相関を示すが，有意とはいえない。
3. 残時間の平均値は，試験成績との弱いまたは中程度の相関が見られる。残時間の合計値は，試験成績との弱いまたは中程度の相関が見られ，平均値の場合より相関が強い傾向がある。

ここで，平均値とは，取り組んだ課題のみに対する平均として求めたものであり，出題された全課題に対する平均ではない。例えば，全 6 回の課題中，5 回分に取り組み，1 回分はまったく手を付けなかった学生の場合，平均値は全 6 回ではなく取り組んだ 5 回の評点に対する平均である。したがって，相関行列において，この平均値は合計値とは意味が異なる。

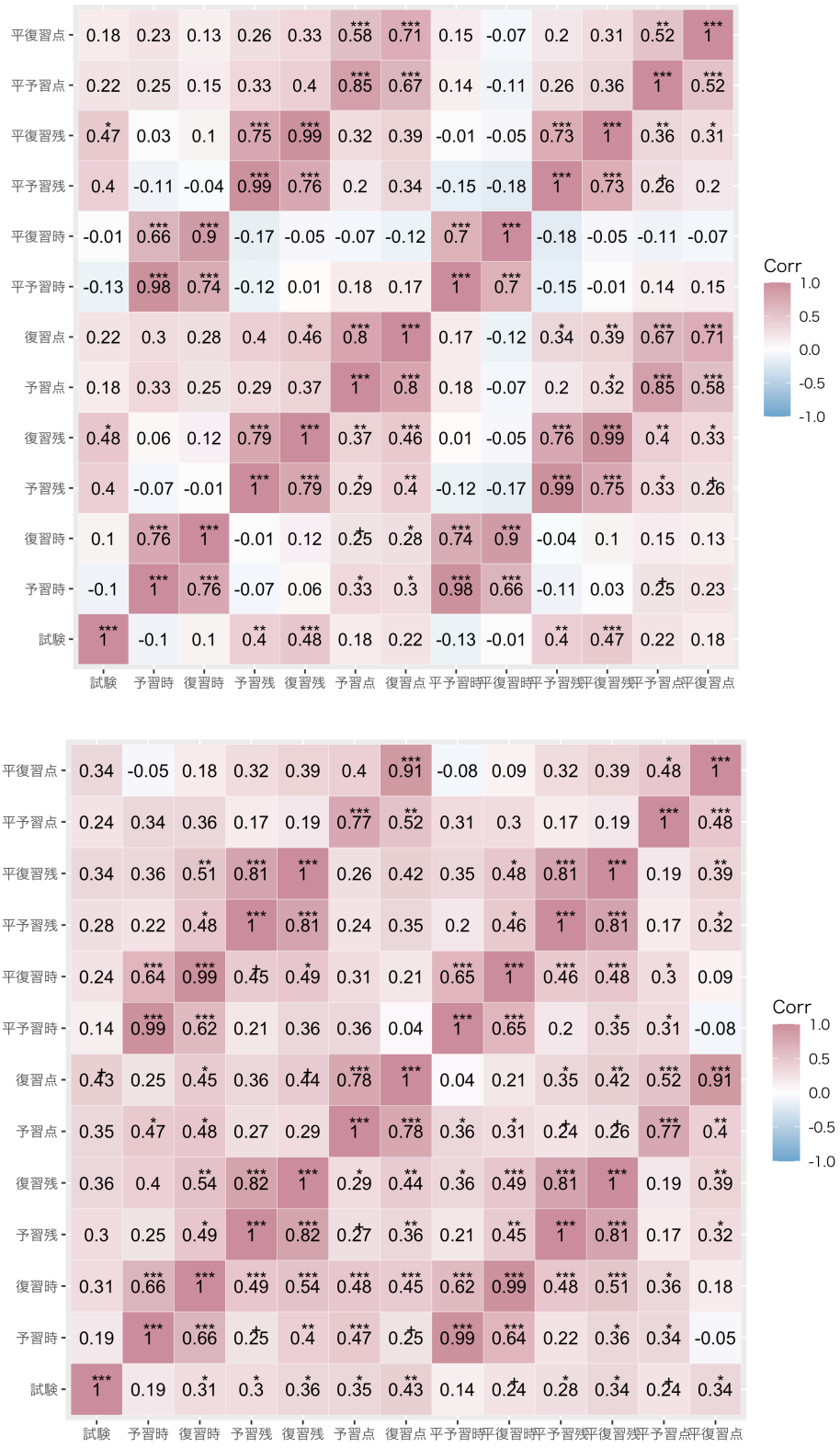


図 2　中間試験成績（上）と期末試験成績（下）に対する相関行列，記号は有意性，左上半分の有意性は補正された p 値に基づく。時は時間，残は残時間，点は評点，平は平均点の意味

なお，授業外学習時間の平均値は表 2 のようになった。分布のばらつきは大きいが，授業 1 回あたりに対する授業外学習時間としては，平均で 70 分から 80 分程度となった。

表 2　授業外学習時間の平均値，括弧内は標準偏差

	予習	予習（ログ）	復習（ログ）	試験準備
中間試験まで	39.9 (21.4)	12.8 (8.7)	18.0 (8.2)	193.7 (171.1)
期末試験まで	46.4 (25.8)	8.9 (5.6)	27.6 (14.8)	255.3 (179.3)

6. 考察

本稿では，授業内外の学習が連動したアクティブラーニング型の大学物理学の授業について，学生の学習状況およびそれによる学習成果を定量的に評価した。学習状況は，授業外学習に関する学生アンケート結果および LMS 上のログデータを分析の対象とした。また，対象科目の性格上，学習成果は試験成績によって評価した。アクティブラーニング型の授業については，授業内で行われる活動に関する評価も重要であるが，本稿では扱わなかった。

結果として，多様な履修者間の成績差は，科目の途中段階である中間試験においては見られたが，科目の最終段階である期末試験においては見られないことがわかった。したがって，学生がその学習履歴や志向性等の違いによらずに，アクティブラーニングを通じることで，最終的に一定の学習成果を得たものと見ることができる。このことは，多様な履修者へのアプローチを目的として構成されたアクティブラーニング型の本科目が，一定程度，その目的通りに機能したことを示唆する。

学習状況に関する結果としては，授業外の学習時間そのものは学習成果と相関がなく，直接的には結びつかないことがわかった。より詳しく，履修者の属性別に，授業外の予習と学習成果との関連を可視化すると，畜産および非物理系の学生ほど，多くの時間を予習に費やす傾向があることがわかった。

非物理系の学生は物理の学習を苦手とする傾向がある。このことは，非物理系の学生からは，物理が苦手であると実際に聞く機会の多いことから推測できる。また，畜産の特性から，畜産の学生は獣医の学生と比べて，いわゆる理工系科目である物理を苦手とする傾向があると推測できる。もし，そうした物理の苦手な学生が多くの時間を予習にあて，また物理を苦手としない学生が相対的に少ない時間のみを予習にあてることで，結果として上記のように予習時間と学習成果に相関が見られなくなったということであれば，各自に適切な量の授業外学習がなされているということである。逆に，本来学習の必要な学生があまり学習せず，十分に理解できている学生がより学習に取り組んだとすれば，学習時間と試験成績に正の相関が見られたということも考えられる。こうした解釈が正しいとすれば，授業外の学習時間と学習成果に相関が見られないことは，むしろ望ましい結果であると見ることができる。

ただし，この結果のもととなった学習時間は，学生の申告によるデータであることと，測定によって得たのではなくおおよそ（10 分刻み）の値として回答されたものであるということには注意が必要である。

学習状況に関するもう一つの結果として，授業外学習課題の評点合計は，学習成果と弱

い正の相関をもつ場合があることがわかった。さらに，課題完了から課題締切までの残時間の長さは，学習成果と弱いまたは中程度の正の相関を持つことがわかった。

課題の評点合計は，本実践において毎回課される課題にできるだけ多く取り組み，評点を積み重ねるほど高くなる。逆に，一部の課題に取り組まないなど，学習習慣の継続性が低い場合には，課題の評点合計も低くなる。すなわち，課題の評点合計は，科目全体を通じて授業外学習に取り組んだ粘り強さを反映した指標であると見ることができる。

また，授業外学習における残時間は，計画的に授業外学習に取り組み，締切まで十分な余裕のある段階で課題を完了すれば長くなる。逆に，締切直前になって課題に取り組むような場合には短くなる。もちろん，毎回課される多くの課題で計画的な学習を継続することで，残時間の合計値は大きくなる。すなわち，本稿における残時間は，科目全体を通じて取り組む計画的な学習態度を反映した指標であると見ることができる。

したがって，本実践において課題の評点合計や残時間が学習成果と正の相関を持ったことは，学習成果の向上にとって，継続的で計画的な学習習慣や学習態度が重要であることを示す結果と解釈することができる。この結果自体は自然なものであるが，上述の学生アンケートから得た学習状況とは異なり，ここでは LMS のログデータから，学習習慣や学習態度に関する評価がいわば客観的に得られている。ログデータを活用することで，客観的・定量的な評価ができることの一例を示す結果と言える。

なお，以上の学習成果とは，あくまで本科目において実施した試験成績によって評価されたものである。たとえば物理教育研究では，力学概念指標（Force Concept Inventory）などを用い，他の実践との比較が可能な標準調査によって実践や学習の成果が評価されることも多い [5]。本実践の評価はそうした標準調査によるものではなく，学習成果はあくまで履修者間の比較による相対的な意味にとどまることに注意が必要である。

また，授業構成のうち，どの要素が学習成果の向上に寄与したのかは，本稿の結果からは明らかではない。本実践で行った学生アンケートでは，グループワークや授業外学習の内容・方法など，各学習要素に関する調査も行っている。そうした結果も含めた分析により，学習成果にとって重要となる学習要素を特定的に評価するなどの分析が今後の課題である。

【参考文献】

[1] 野田 文香，渋井 進（2016），「単位制度の実質化」と大学機関別認証評価，大学評価・学位研究 第 17 号，pp.21-33

[2] 近藤伸彦 (2020)，授業外学習時間に関するアンケート調査の回答と実際の値の比較，第 8 回大学情報・機関調査研究集会論文集，8，pp.50-55

[3] 矢野智子 (2017)，より長い授業外学修はより高い学修成果を生み出す，第 5 回大学情報・機関調査研究集会論文集，5，pp.56-60

[4] 斉藤 準（2018），物理学の大人数講義型授業におけるアクティブラーニングとその評価・検証，第 67 回東北・北海道地区大学等高等・共通教育研究会研究集録，67，pp.84-89

[5] レディッシュ，エドワード・F，日本物理教育学会（監訳）(2012)，科学をどう教えるか―アメリカにおける新しい物理教育の実践―，丸善出版