

数学系基礎科目の確率の単元における ピア・インストラクションの実践

Practice of peer instruction in unit of probability of introductory mathematics course

谷口 哲也, 西 誠, 山岡 英孝, 工藤 知草
*Tetsuya TANIGUCHI, Makoto NISHI,
Hidetaka YAMAOKA, Tomoshige KUDO*

小文では、数学系基礎科目の確率の分野におけるクリッカーを用いたピア・インストラクションの実施結果を報告する。

「ピア・インストラクション」とは学生同士の相互の学び合いを促す相互作用型授業の一つであり、スライドで提示した問題に対して学生同士で議論をさせるものである。それぞれの問題についてまず各自で考えて回答し、全員の回答の集計結果を提示したうえで学生同士の議論を行い、再度同じ問題に回答する。

小文ではピア・インストラクションの実施にあたり、補助問題を導入した。

キーワード：数学概念問題、ピア・インストラクション、補助問題、確率、クリッカー

In this paper, we will report the results of peer instruction using the ICT tool named as “clicker” in unit of probability of introductory mathematics course.

“Peer instruction” is an interactive class that encourages students to learn from each other, and allows them to discuss issues presented on slides. Here, the students think about and answer each question, are shown the results of all responses, discuss with each other, and answer the same question again.

In this paper, we introduced the auxiliary problems for the implementation of the peer instruction.

Keywords: Mathematical Concepts Questions, Peer Instruction,
Auxiliary Problems, Probability, Clicker

1. はじめに

1. 1 概要、ピア・インストラクションとは

小文では、金沢工業大学の数学入門講義における「ピア・インストラクション (Peer Instruction : PI) 型講義」と呼ばれる手法の実践結果について報告する。

旧来から存在する板書型授業は「一方通行的な」側面が強いが、近年では学生同士による主体的な対話型授業に関する取り組みが見られる。学生同士による主体的な対話型授業の一つとしてピア・インストラクション (PI) という手法があるが、「学生同士の教え合い」がこの手法の要点である。小文におけるピア・インストラクションの特徴は、学生に「概念問題」を提示したうえで、学生同士の議論を行い誤った考え方の修正や概念理解の深化を学生自身が能動的に行うことである。ピア・インストラクシ

ンはすでに物理分野では長年にわたり実施されて知見が蓄積されており¹¹⁻⁵⁾成果も上がっているが、数
学分野に目を向けるとまだ概念問題自体が多くなく、実践例も限られているのが実態であると考えて
いる。我々は数学におけるピア・インストラクションの手法の確立を目指しており、2016 年から実施を
継続している⁶⁻¹⁷⁾。数学においてもピア・インストラクションを適切に確立できれば、概念のより本質
的な理解、応用力の涵養ができると期待し、我々はすでに数学概念問題の作成、数学ピア・インストラ
クションの実践を開始している。

本実践では「用意した選択肢問題を提示し、各学生自身の考えで回答した後、解答の集計結果を踏ま
えて学生同士のディスカッションをはさんでから同一問題に再度回答し、議論前後での回答分布の変化
を見る」という進め方をしている。学生同士のディスカッションはあくまで学生の自主性を重んじ我々
教員は介入しないが、議論前後で回答分布は顕著に変化する。中には議論後の正答率が大きく向上する
問題も存在する。このような実践を積み重ね、問題と回答分布の関係を分析し、両者の関係を明らかに
してゆけば、数学におけるピア・インストラクションの発展につながると考えている。なお、実施にあ
たっては「クリッカー」という ICT 機器を利用した。

小文では 2018 年度の数学入門講義における実践について報告する。

1. 2 これまでの実践での PI 実施手順

これまでの実践⁶⁻¹⁷⁾における PI の実施手順は次の(1)～(5)のとおりであった。この一連の流れを小
文では「ユニット」と呼ぶ（1 サイクルの所要時間は 10 分程度）：

- (1) 板書などによる事前説明
- (2) 1 回目問題提示（議論前）： 選択肢問題の提示、クリッカーにて回答集計
- (3) ディスカッション
- (4) 2 回目問題提示（議論後）： 選択肢問題の再提示、クリッカーにて回答集計
- (5) 正答の提示・解説

これまでの実践での 1 授業（90 分）でのユニット数は 4 個程度までであった。ピア・インストラクシ
ョンでは「(3)のディスカッション」が重要である。(3)には教員は介入せず、学生同士の議論を見守る（4
人一組程度の小グループに分かれて議論すること、自身の見解とその根拠を相手に伝える努力をするこ
とを促している）。教員が関与するのは「(1)板書による授業」や「(5)正答の提示・解説」である。

「議論前(2)・議論後(4)」では同一の選択肢問題を提示している。(2)(4)での学生の理解度の変化をみ
てその場で授業展開をアレンジしてゆくなど、学生・教員双方にとって効果的であると考えている。(2)
での理解度が低い場合には(3)のディスカッションによって学生同士の意見交換により、数学の概念形成
を図る。(2)での理解度が高い場合には(3)(4)は省略し次の問題に進むこともある。

1. 3 本実践での PI 実施手順

本実践では、主題となる問題を 1 問定め（以降、主問題と称する）、その問題の理解度を高めるため
に「(3)ディスカッション」の部分に関して工夫を行った。具体的には、ただディスカッションをさせる
のではなく議論の呼び水になるような道筋をつけて補助的な選択肢問題（以降、補助問題）を 4 問提示
している。手順としては、つぎのような流れとなる：

- (1) 板書などによる事前説明
- (2) 1 回目主問題を提示（議論前）： 選択肢問題の提示、クリッカーにて回答集計
- (3) ディスカッション：補助問題 4 問を提示・解答しながら学生同士で意見交換
- (4) 2 回目主問題を提示（議論後）： 選択肢問題の再提示、クリッカーにて回答集計
- (5) 正答の提示・解説

1. 4 クリッカーシステムの利点

クリッカーシステムを利用することの利点や特徴を 3 点挙げる（クリッカーシステムそのものに関し

ては文献 6),11)–13)などを参照のこと)：

- 回答集計の容易さ： 回答集計は自動化され、集計後に回答分布を教室内で容易に共有できる。
- 学生ごとの回答履歴の取得： 各クリッカー端末と学生を対応付け可能で、学生ごとの回答履歴を残せる。回答パターンの分析などの解析が可能である。
- 匿名性： 自分の意見を周囲に知られず解答でき、慎重な学生も参加しやすいと考えられる。

2. 実施結果

2. 1 実施した問題群

小文では、2018 年前学期の数学入門講義（1 年次必修科目）の確率分野におけるピア・インストラクションの実践結果を報告する。今回の「主問題」は図 1 にある問題である（「確率の計算においては対象を区別する」という主題で、正解は 5 番）：

1 コインを2枚同時に投げたとき、
2枚とも裏となる確率は

1. 1 ... 100%	5. $\frac{1}{4}$... 25%
2. 約 1 ... 約100%	6. $\frac{1}{6}$... 約16.7%
3. $\frac{1}{2}$... 50%	7. 約 0 ... 約0%
4. $\frac{1}{3}$... 約33.3%	8. 0 ... 0%

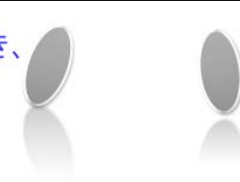


図 1 主問題

易しい問題ではあるが、3 番や 4 番のような考え違いは例年散見される。誤解の仕方としては、「表か裏かの 2 択なので確率 $1/2$ 」や「あり得るパターンは（表表）（表裏）（裏裏）の 3 通りだから $1/3$ 」といったものが考えられる。このような誤解を修正するべく、以下の図 2、図 3、図 4、図 5「補助問題」を用意した（正解は、それぞれ 4 番、2 番、3 番、6 番）：

1.1 白玉6個、赤玉6個、青玉6個が入った袋から球を一つ取り出すとき、青玉が出る確率

1. 1 ... 100%	5. $\frac{1}{4}$... 25%
2. 約 1 ... 約100%	6. $\frac{1}{6}$... 約16.7%
3. $\frac{1}{2}$... 50%	7. 約 0 ... 約0%
4. $\frac{1}{3}$... 約33.3%	8. 0 ... 0%

図 2 補助問題 1

1.2 白玉6個、赤玉6個、青玉10000000個が入った袋から球を一つ取り出すとき、青玉が出る確率

1. 1 ... 100%	5. $\frac{1}{4}$... 25%
2. 約 1 ... 約100%	6. $\frac{1}{6}$... 約16.7%
3. $\frac{1}{2}$... 50%	7. 約 0 ... 約0%
4. $\frac{1}{3}$... 約33.3%	8. 0 ... 0%

図 3 補助問題 2

1.3 白玉2個，赤玉4個，青玉6個が入った袋から球を一つ取り出すとき，青玉が出る確率

1. 1 ... 100%	
2. 約1 ... 約100%	5. $\frac{1}{4}$... 25%
3. $\frac{1}{2}$... 50%	6. $\frac{1}{6}$... 約16.7%
4. $\frac{1}{3}$... 約33.3%	7. 約0 ... 約0%
	8. 0 ... 0%

図4 補助問題3

1.4 大小2個のさいころを投げた時の出た目の和が7になる確率

1. 1 ... 100%	
2. $\frac{1}{2}$... 50%	5. $\frac{1}{4}$... 25%
3. $\frac{1}{3}$... 約33.3%	6. $\frac{1}{6}$... 約16.7%
4. $\frac{6}{21} = \frac{2}{7}$... 約28%	7. $\frac{1}{11}$... 約9%
	8. 0 ... 0%

図5 補助問題4

主問題・補助問題に共通するのは、「確率の計算においては対象を区別する」という点である。図2：補助問題1では、「当たるか外れるかの2択なので確率1/2」ではないことを意識させ、図3：補助問題2では極端な数値を使うことにより「3種類中1種類だから確率1/3」ではないことを意識させている。図4：補助問題3では、先の問題を踏まえて「確率1/3ではないならどうすべきか」を意識させている。図5：補助問題4では見た目の状況設定を変え2つのさいころとしているが、「区別すること」は共通であることを意識させている。

2. 2 実施結果と考察

実施順序は、主問題1回目、補助問題1, 2, 3, 4, 主問題2回目である。易しい問題であることもあり、正答する学生は多かった（欠損値を削除した、41名分のデータ）：

表1 一連の問題群の実施結果全体

選択肢	1番	2番	3番	4番	5番	6番	7番	8番
主問題1回目	1	0	3	2	○35	0	0	0
補助問題1	1	0	0	○37	3	0	0	0
補助問題2	2	○36	0	1	2	0	0	0
補助問題3	1	1	○38	0	1	0	0	0
補助問題4	2	0	0	0	0	○36	2	1
主問題2回目	1	2	0	1	○37	0	0	0

表1に今回の問題群の実施結果を記す。表内の整数は人数を表しており、特に太文字は正解の人数を表す。1回目の主問題の正解者は35名であり、2回目の主問題の正解者は37名である。補助問題4つを経るなかで正解者は2名増加している。クリッカーの集計結果から詳細に不正解者の動向を追跡したところ、1回目不正解であった学生は1人を除いて2回目正解できていることが分かった。詳しくは次の表2、表3、表4に示すとおりである（それぞれ、1回目不正解2回目正解、1回目不正解2回目不正解、1回目正解2回目不正解）：

表2 不正解から正解へと移行した学生の回答履歴

不正解→正解	主 1回目	補1	補2	補3	補4	主 2回目
学生P1	✕3番	4番	2番	3番	6番	5番
学生P2	✕4番	4番	2番	3番	6番	5番
学生P3	✕3番	4番	✕5番	3番	6番	5番
学生P4	✕3番	4番	2番	3番	6番	5番
学生P5	✕4番	4番	✕4番	3番	6番	5番

表3 不正解から不正解へと移行した学生の回答履歴

不正解→不正解	主 1回目	補1	補2	補3	補4	主 2回目
学生Q1	✕1番	✕1番	2番	✕1番	✕8番	✕2番

表4 正解から不正解へと移行した学生の回答履歴

正解→不正解	主 1回目	補1	補2	補3	補4	主 2回目
学生R1	5番	4番	2番	3番	✕1番	✕2番
学生R2	5番	4番	2番	3番	✕1番	✕1番
学生R3	5番	4番	2番	3番	6番	✕4番

1回目の主問題で正解しているにもかかわらず2回目で不正解となっている学生が3名いるが、小テスト、期末試験の成績と付き合わせてみたところ、学生R1、R2は平均点以上であった。実力的には正解できると考えられるが、何らかの理由で正解を回答しなかったようである。この両名に関しては途中で飽きてしまった可能性があるかと推測している（両名とも補助問題3までは問題なく正解し補助問題4の回答が1番であり、またこの2名以外に1番を回答している学生がいないこと、補助問題4の問題文を通常通りに読めていれば1番はまず回答しないと考えられることから）。学生R3については試験の成績は芳しくなく、残念ながら補助問題を考えているうちに途中で混乱してしまった可能性も考えられる。学生Q1についてはほとんど不正解であるが、期末試験の成績は平均点以上であり実力的には正解できても不自然でない。ただ中間試験や小テストの答案をみると、形式的な計算はできているものの文章から状況を読み取る必要のある問題で不正解となっていることが多く、読解力に課題がある可能性もある。

以上のことから現行の問題設計の改善案として、概念形成を主眼に置く場合は「補助問題群全体の問題数をコンパクトにまとめ、飽きさせないようにする」「問題文自体を分かりやすく明確に書き、個人個人の読解力にあまり依存しないような問題設計を考える」といった方策を考えてゆきたい。「集中力の持続性」や「読解力」は別の課題として切り分けて考えることが適切と考えており、また様々な能力の「総合力」の考察については今後の大きな課題としたい。また、今回は数学系基礎科目の中における確率の単元に着目したが、科目全体の試験の点数と確率自体の理解度とは相関が大きい可能性もある。したがって、個別の単元ごとの分析も必要であると考えている。

3. 今後に向けて

今回は、「主問題の理解のために、いくつかのステップに分けた補助問題を織り交ぜる」という形態を導入した。この形態でのピア・インストラクションの実施は今回が初めてであり、今後もこの形態での

実施の取り組みを増やしてゆきたいと考えている。今回の問題は易しかったため、今後はもう少し難易度を上げた問題を取り入れてゆきたい。特に確率の分野においては、正解が人間の直観と一致しない問題があるため、そのような問題の理解が進むような教材配置を考えてゆきたい。また、今回の形態で実施した際の結果の評価方法も検討してゆく必要がある。

数学や確率・統計学の基礎教育におけるピア・インストラクションによる我々の実践は、学生の理解度の向上、応用力の向上につながるものと期待している。学生の学習に寄り添って貢献できるよう、全力を尽くしたい。

謝辞

本研究は、平成 29 年度科学研究費助成事業（JSPS 科研費 基盤研究 C：課題番号 17K01096 「新テストに適合した数学・物理のピア・インストラクションと数学概念調査の開発」）によるものであることを記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) Laws, P.W.: Promoting active learning based on physics education research in introductory physics courses, American Journal of Physics, Volume 65, Issue 1, pp.14-21, 1997
- 2) E. Mazur: Peer Instruction: A user's manual, Pearson-Prentice Hall 1997
- 3) 兼田真之, 新田英雄, クリッカーを用いたピア・インストラクションの授業実践, 物理教育, 第 57 巻, 第 2 号, pp.103-107, 2009
- 4) 新田英雄, 松浦執, 工藤知草, ピア・インストラクションを導入した物理入門講義の実践と分析, 科学教育研究, 第 38 巻, 第 1 号, pp.12-19, 2014
- 5) 覧具博義「物理教育研究の誕生とその背景」物理教育, 第 64 巻, 第 1 号, pp.36-41, 2016
- 6) 谷口哲也, 西誠, 工藤知草, 山岡英孝, 「ピア・インストラクションによる統計学入門講義の実践」, 日本工学教育協会 平成 28 年度 工学教育研究講演会 講演論文集, pp.200-201, 2016
- 7) 山岡英孝, 谷口哲也, 西誠, 工藤知草, 概念問題を活用した深い学習への取り組みーピア・インストラクションを導入した微分入門講義の実践ー, 日本工学教育協会 平成 28 年度 工学教育研究講演会 講演論文集, pp.198-199, 2016
- 8) 工藤知草, 山岡英孝, 谷口哲也, 西誠, 線形代数学入門におけるクリッカーを活用したピア・インストラクション型講義の実践, 平成 28 年度 教育改革 ICT 戦略大会, pp.228-229, 2016
- 9) 西誠, 工藤知草, 山岡英孝, 谷口哲也, 数理科目におけるピア・インストラクションの導入（数理科目における問題の作成と実践）, 日本リメディアル教育学会全国大会予稿集, pp.92-93, 2016
- 10) 西誠, 工藤知草, 山岡英孝, 谷口哲也, ピア・インストラクションを用いた数学の概念理解の取り組み, 平成 28 年度 ICT 利用による教育改善研究発表会, pp.138-141, 2016
- 11) 谷口哲也, 西誠, 工藤知草, 山岡英孝, 数学におけるピア・インストラクションの実践および授業効果, KIT Progressー工学研究ー, 第 25 号, pp.127-133, 2017
- 12) 山岡英孝, 谷口進一, 西誠, 工藤知草, 谷口哲也, 概念問題を活用した深い学習の授業効果ーピア・インストラクションを導入した微分積分学講義の実践ー, KIT Progressー工学研究ー, 第 26 号, pp.119-128, 2018
- 13) 谷口哲也, 谷口進一, 西誠, 山岡英孝, 工藤知草, 統計学入門講義における概念問題の活用と学習の深さの分析, KIT Progressー工学研究ー, 第 26 号, pp.329-338, 2018
- 14) 谷口哲也, 西誠, 山岡英孝, 工藤知草, 統計学入門講義におけるピア・インストラクションの実践と分析, KIT Progressー工学研究ー, 第 27 号, pp.191-198, 2019

- 1 5) T. Kudo, H. Yamaoka, T. Taniguchi, M. Nishi, and A. Mishima, “The Implementation of Peer Instruction in Mathematics and Physics Lectures”, Proceeding of The Asian Conference on Education & International Development 2018, Kobe, Japan, pp. 191-197, 2018.
- 1 6) H. Yamaoka, M. Nishi, T. Kudo and T. Taniguchi, “Report on Active Calculus Course Introduced the Peer Instruction”, the 14th International CDIO Conference, Kanazawa, Japan, 2018.
- 1 7) T. Taniguchi, T. Kudo, H. Yamaoka and M. Nishi, “Practice and Evaluation of Statistics an Introductory Lecture on Peer Instruction”, the 14th International CDIO Conference, Kanazawa, Japan, 2018.

[受付日 令和元年（2019年）8月19日，採択日 令和元年（2019年）11月11日]



谷口 哲也
准教授・博士（理学）
基礎教育部
数理基礎教育課程
数理工教育研究センター



西 誠
教授・博士（工学）
基礎教育部
数理基礎教育課程
数理工教育研究センター



山岡 英孝
准教授・博士（情報学）
基礎教育部
数理基礎教育課程
数理工教育研究センター



工藤 知草
講師・博士（理学）
基礎教育部
数理基礎教育課程
数理工教育研究センター