

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

Practice and analysis of peer instruction in introductory statistics lecture

谷口 哲也, 西 誠, 山岡 英孝, 工藤 知草

*Tetsuya TANIGUCHI, Makoto NISHI,
Hidetaka YAMAOKA, Tomoshige KUDO*

本論文では統計学入門講義におけるピア・インストラクションの実施結果とその分析について報告する。

「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。

本論文では議論前と議論後での回答分布の変化を分析した結果を報告する。

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

In this thesis we report on the results of the implementation of the peer instruction in the introductory lecture on statistics and its analysis.

"Peer instruction" is one of interactive classes that encourages mutual learning among students, and allows students to discuss problems presented on slides. First, think about each question individually and answer, present the aggregation result of all the respondents, discuss the students with each other, and respond to the same problem again.

In this paper, we report the results of analyzing the change in the distribution of responses before and after the discussion.

Keywords: Mathematical Concepts Questions, Clicker, Peer Instruction, Statistics

1. はじめに

1. 1 概要, ピア・インストラクションとは

本論文では、金沢工業大学の1, 2年次の統計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およびその分析について紹介する。

近年、一方通行的な板書型授業から学生同士による主体的な対話型授業への転換が迫られている。その一つとしてピア・インストラクションを取り入れた講義形態があり、その本質は学生同士の教え合いである。学生には「概念問題」を提示し、学生同士の議論により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が特徴である。ピア・インストラクションはすでに物理分野では行われており (文献 1)–5) など) 成果も上がっているが、数学分野ではまだ概念問題自体が少なく、実践例もわずかである。数学におけるピア・インストラクションの手法を確立できれば、概念の本質的な理解、応用力の涵養ができると期待しており、我々はすでに数学概念問題の作成、数学 PI の実践を開始して

いる 6-16)。

本実践では「選択肢問題を各自回答した後、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おり、「クリッカー」という ICT 機器を利用した。学生同士のディスカッションには我々教員は介入しないが、議論前と議論後では回答分布は顕著に変化する。特にいくつかの問題については、議論後の正答率が大きく向上する。その要因を明らかにしてゆけば、今後の数学 PI の発展につながると考えている。

本論文では 2016 年度と 2017 年度の統計学入門講義におけるこれまでの実践を振り返り、現状を定量的に分析する。具体的には「実施したすべてのピア・インストラクション問題」に関する議論前後の正答率向上と、「正規分布に関するピア・インストラクション問題」に関する正答率の向上を比較して、後者が有意に高いことを示す。

1. 2 PI の実施手順

本実践においては下記の一連の手順にて PI を実施している。この一連の流れを本論文では「ユニット」と呼ぶ（1 サイクルの所要時間は 10～15 分程度）：

- (1) その単元の説明（板書などで）
- (2) 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) 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

本実践での 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。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)」の選択肢問題は同一とし、特に概念的な事柄を問う問題を用意している。(2)(4)での学生の理解度の変化に応じてリアルタイムに授業展開を変えてゆける可能性が広がるなど、学生・教員双方にとってメリットがあると考えている。(2)での理解度が低い場合には(3)の話し合いによって「深く学習」し、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)は省略して次の問題に進む。

1. 3 クリッカーシステムの利点

クリッカーシステムの長所・特徴を 3 点挙げる（クリッカーシステム自体については文献 6),11)－13)などを参照のこと）：

- 集計の手軽さ： 回答の集計は自動であり、教室内で回答分布の共有が容易である。
- 一人一人の回答履歴が把握可能： 各クリッカーと学生を対応付けることができ、各人の回答履歴を残せる。学生ごとの回答パターンの分析など、事後の解析に役立つ。
- 匿名性： 自分の回答内容を周囲に知られずにすむため、恥ずかしがる学生も参加しやすいと考えられる。

2. 実施結果および、定量的分析

2. 1 分析方法

本論文では、2016 年度から 2017 年度の統計学入門講義において実施したピア・インストラクションの実施結果を、正規分布に関する問題に着目して分析し、ピア・インストラクションが効果的に働いていることを定量的に示す。このような分析は、数学におけるピア・インストラクションではまだ少ないと我々は考えている。

今回の分析のために、実施結果を次のように分ける。議論前・議論後の解答データの組となっているピア・インストラクションの実施結果は全部で 84 組確保しており、そのうち正規分布に関する実施結果は 6 組であった：

- 全ピア・インストラクションの実施結果（全 84 組）
- 正規分布に関する 2 種類のピア・インストラクションの実施結果（正規分布 6 問、図 1、図 2）

注目する量は、文献 4) で定義されている「PI 効率 η 」であり、その理論値からのずれ δ を分析の対象とした。「全 84 問の δ の平均」と「正規分布 6 問の δ の平均」との間に差があり、特に「正規分布 6 問」は、全体と比べて有意に PI 効率が高いことを示す。

本論文では、文献 4) の「PI 効率 η 」の定義を採用し今回の分析に用いた：

$$\eta = \frac{(\text{議論後正答率}\%) - (\text{議論前正答率}\%)}{100\% - (\text{議論前正答率}\%)}$$

この PI 効率 η を、各ピア・インストラクションで問われている内容の共同学習による理解のしやすさを表す指標であるとみなす。文献 4) では、いくつかの仮定の下で PI 効率 η の理論的な挙動を解析し、議論前正答率と PI 効率 η の間に正比例関係があると論じている。本論文ではこれを PI 効率の標準的な挙動とみなし、文献 4) に倣い標準直線と呼ぶことにする（図 4、図 6）。また議論前正答率と議論後正答率の間の関係の理論式「議論後正答率 = 2 × 議論前正答率 - (議論前正答率)²」も文献 4) に倣い理論曲線と呼ぶことにする（図 3、図 5）。

以下に示すように、この標準直線を基準にして実施結果を評価すると、実施結果は全体として標準直線を中心にして上下に分布していることが観察される。この上下のずれが生じる理由として、問題の内容や難易度、その問題を提示するまでの授業経過、学生の既有知識、学習履歴など様々な要因が考えられるが、もし理論曲線よりも上の方に位置する問題群があるとすれば、その問題群ではピア・インストラクションが効果的に働いていると考えることができる。実際に、今回の「正規分布 6 問」は理論曲線よりも高い位置に分布していることを以下に示す。

2. 2 実施結果

2016 年度から 2017 年度の統計学入門講義における実施結果をここにまとめる。実施者は第 1 著者と第 3 著者であり、金沢工業大学の 1, 2 年次生を対象とした統計学入門講義（選択科目）において実施した。

まず、今回着目する正規分布に関する問題およびピア・インストラクションの実施結果（6 問）を以下の図 1、図 2、表 1、表 1 にまとめる。「議論前」「議論後」それぞれの回答分布を実施学期、授業ごとにまとめた。これらの問題には、講義経験上よく見かける誤答を選択肢に入れてある。なお図 1、図 2 の正解はそれぞれ④、②であり、対応する表 1、表 2 において太文字で表示した。

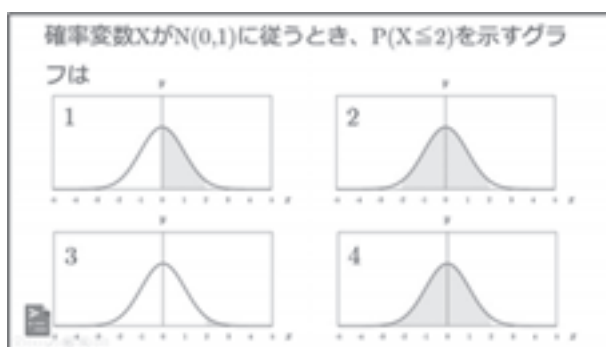


図 1 : 正規分布に関する問題 1

表 1 : 問題 1 の実施結果

2017 前学期

	①	②	③	④
議論前	22.0%	16.9%	3.4%	57.6%
議論後	1.7%	1.7%	6.8%	89.8%

2017 後学期

	①	②	③	④
議論前	11.1%	14.8%	11.1%	63.0%
議論後	3.8%	1.9%	0.0%	94.3%

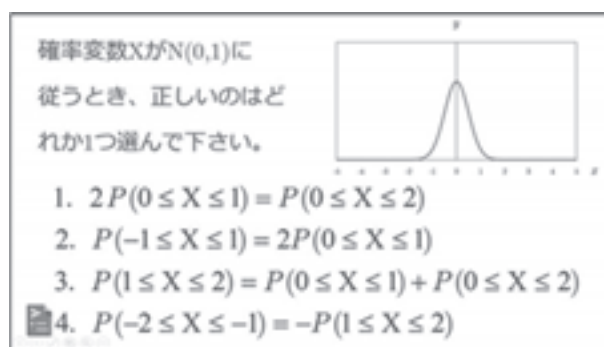


図 2 : 正規分布に関する問題 2

表 2 : 問題 2 の実施結果

2016 後学期

	①	②	③	④
議論前	23.3%	48.8%	18.6%	9.3%
議論後	8.1%	83.8%	8.1%	0.0%

2017 後学期

	①	②	③	④
議論前	9.8%	58.8%	21.6%	9.8%
議論後	2.4%	97.6%	0.0%	0.0%

2017 後学期

	①	②	③	④
議論前	27.5%	40.0%	12.5%	20.0%
議論後	22.2%	55.6%	0.0%	22.2%

2017 後学期

	①	②	③	④
議論前	9.1%	52.7%	14.5%	23.6%
議論後	0.0%	98.1%	0.0%	1.9%

上記結果からは誤回答が修正されている様子が見て取れる。学生同士の議論が有効に働いていると考えられる。さて表 1, 表 2 の結果をまとめ、PI 効率 η も付記したものが表 3 である。

表 3 : 問題 1, 2 の実施結果まとめ

番号	1	2	3	4	5	6
問題	問題1	問題2	問題2	問題2	問題1	問題2
実施時期	2017年前学期	2017年後学期	2016年後学期	2017年後学期	2017年後学期	2017年後学期
議論前	57.6%	58.8%	48.8%	40.0%	63.0%	52.7%
議論後	89.8%	97.6%	83.8%	55.6%	94.3%	98.1%
PI効率	75.9%	94.2%	68.4%	26.0%	84.6%	96.0%

正規分布 6 問分について「議論前正答率・議論後正答率」, 「議論前正答率・PI 効率 η 」の散布図をプロットしたものが次の図 3, 図 4 である。概ね理論曲線・標準直線の上側にデータが分布している様子が見て取れる。

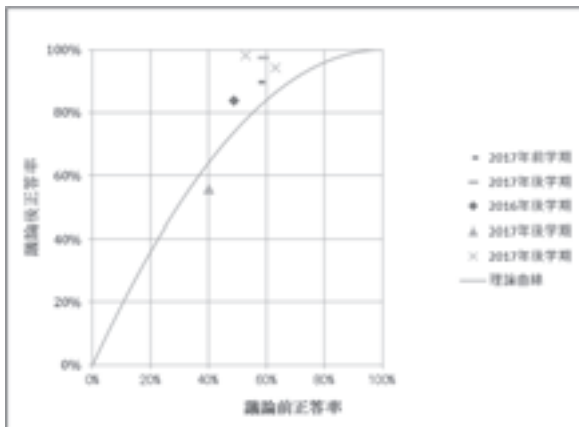


図3：議論前・議論後正答率（正規分布6問）

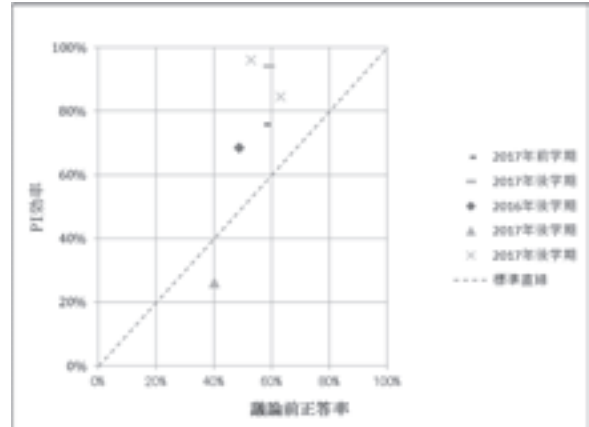


図4：議論前正答率・PI効率（正規分布6問）

同様に、ピア・インストラクション全84問分について「議論前正答率・議論後正答率」, 「議論前正答率・PI効率 η 」の散布図をプロットしたものが次の図5, 図6である. 一見してわかるように, 図5の理論曲線の下下, 図6の標準直線の下下に結果が分布している.

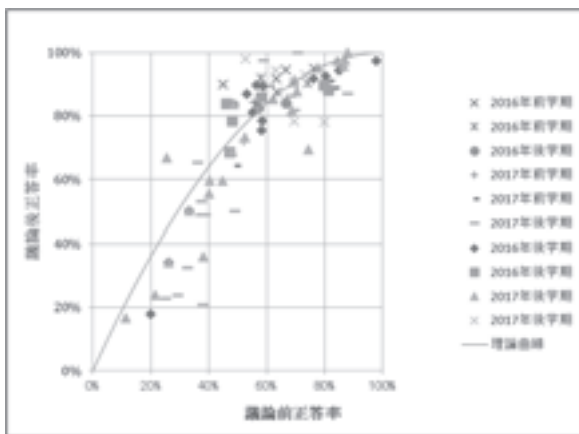


図5：議論前・議論後の正答率（全84問）

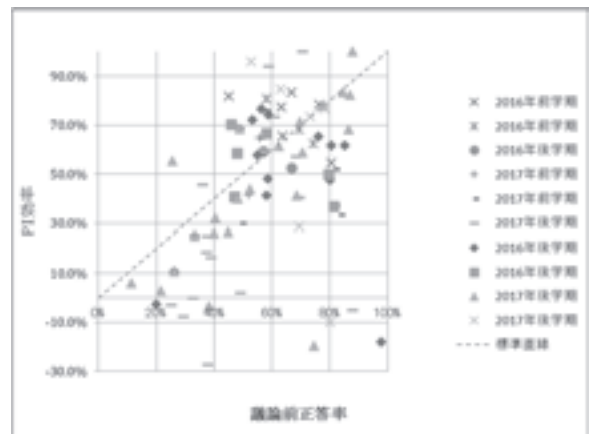


図6：議論前正答率・PI効率（全84問）

2. 3 仮説検定による分析

文献4)に倣い, 「PI効率 η と標準直線のずれ δ 」に着目して上記の結果を定量的に分析する. 全ピア・インストラクション84問および正規分布に関する6問について, 「PI効率と標準直線のずれ δ 」の平均値に差があるかどうか Excel2013 の t 検定を用いて分析した. 帰無仮説として「両者の平均に差はない」, 対立仮説として「正規分布に関する6問の平均値の方が高い」を立て, 有意水準5%で仮説検定を実施したところ, 帰無仮説は棄却され, 対立仮説が採択された. この結果から, 正規分布に関する問題(図1と図2)は, ピア・インストラクションが効果的に働いていると考えられる.

両者の分散については F 検定の結果を見る限り差があるとはいえない(片側 P 値: 約 0.194). そこで, 等分散を仮定した t 検定を実施したところ, 有意水準5%で差があるという結果が得られた(片側 P 値: 約 0.0051). なお, 等分散を仮定しない t 検定でも有意差が出ていることを付記しておく(片側 P 値: 約 0.00395).

2. 4 考察

今回の正規分布のピア・インストラクション 6 間について、それぞれの実施時期、実施教員、対象学科、問題の実施順序には違いがある。それにもかかわらず、PI 効率 η が高いという結果が出たことは、この問題自体がピア・インストラクションと相性が良いことを示唆していると考えている。

正規分布問題 1 (図 1) については、「不等式の向きを正しく読み取ること」、「不等式と領域の図示の間の関係の理解」、「暗黙のうちに 0 以上の値に制限して考えてしまうという考え違い」などが要素として入っており、正規分布問題 2 (図 2) については、「線形性の『濫用』」、「演算やカッコの優先順位の理解」、「不等式と領域の図示の関係」などが要素として入っている。今回の結果から、これらの要素に関する誤解は学生同士の議論で修正できる可能性を示唆していると考えている。

3. 今後の展望

今後も授業実践を継続し、この取り組みに関する研究を行った有用性について報告したい。特にクリッカーを活用した PI では、学生一人一人の解答履歴のデータを取得できる点が重要である。クリッカーの特性を活用した研究、たとえば次のような研究を進める。

- 得られたデータの詳細な解析
 - 議論による正答率向上の効率が高い問題を抽出し、その特徴づけを行う。
 - 選択肢問題の実施順序と学生理解の変化の関係を把握し、実施順序の最適化につなげる。
- 数学における PI の選択肢問題の確立。
 - PI の選択肢問題の精査。「PI 因子分析」として、選択肢問題を解く際に必要となる前提知識などの「因子」を分析して、学生の回答状況と合わせて解析する。学生が陥りやすい誤答の傾向を明らかにし、特に「強固な思い込み」を見つけて今後の教育活動の礎の一つとする。
 - 今後の授業実践、研究を踏まえて、数学における PI の選択肢問題をブラッシュアップし、問題を精査し、一連の問題群としてまとめる。
- PI と各種アンケートの関係、定期試験などとの関係の調査
 - 授業内アンケート調査や各種試験など、PI の実施結果を連動させて解析し、それぞれの調査における因子同士の関係を分析する。
 - PI の導入が学生の理解度の向上どのように寄与するのかを分析する。
- 学生の背景の分析
 - たとえば回答パターンで学生をクラスターリングする、回答パターンと大学入学以前の履修歴との関係を比較するなどの解析が考えられる。

数学や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この取り組みは、学生の概念的理解の助けとなり、応用力の向上につながるものと期待している。学生の理解度の向上に貢献できるよう、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 65, 14, 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, Vol. 38, 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, 工業教育研究講演会 講演論文集, Vol. 64, 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) 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.
- 15) 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.
- 16) 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.

[原稿受付日 平成 30 年 12 月 3 日, 採択決定日 平成 30 年 12 月 12 日]



谷口 哲也
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



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