

# 多様な学生集団から固有集団を早期に分類する方法について

廣瀬 英雄\*

(平成28年10月24日受付)

## A Method to Classify Groups from a Group in which a Variety of Abilities are Observed

Hideo HIROSE

(Received Oct. 24, 2016)

### Abstract

Due to the shrinkage of high school students and growth of the number of acceptance to universities in Japan, almost all the high school students are to be enrolled to universities, which causes various educational difficulties in universities. To take care of students who were taught insufficiently in high schools, we have established the follow-up program aimed at helping students who need basic learning skills. In the follow-up program, LCT, learning check testing, is used to find students who are necessary to be attended to the follow-up classes. However, LCT results can be used to another purpose. We have found that the LCT results, as well as the placement test result, are useful to classify groups from a group in which a variety of abilities are observed. In particular, remedial classes could be detected.

**Key Words:** Decision tree, Gini index, Threshold, Follow-up program, Learning check testing, Placement test, Final test, Failures in exam, Remedial.

### 1 はじめに

今では多くの大学が多様な学生を受け入れている。こういった状況をいち早く把握して入学してくる学生にあわせた授業の進め方を設計しなくてはならない。入学直後の学生の知識に合わせた内容（これには高校の復習も含められる）から、大学生として身に付けるべき素養（学士力）まで高める授業設計を行うことが求められるが、問題となるのは入学時の学生の知識レベルの大きなばらつきである。そのような多様な学生を含むクラスに対しては、手厚い学習支援の仕組みを準備することで学生が無理なく大学の授業についていけるような工夫が必要である。広島工大では2016年度から一層の手厚い学習支援を意図したフォローアッププログラム（Follow-up Program, FP）を開始した。その内容は、毎授業後に確認テスト（LCT, learning check

testing）を行い、一定水準に満たなかったものを対象として授業についていけるような別の基礎的な授業を全学一斉に行うというものである。LCTは、当該授業の内容の理解度を確認するために授業後10分程度で行なう小テストである。全学生同一問題にオンラインで解答する。成績が

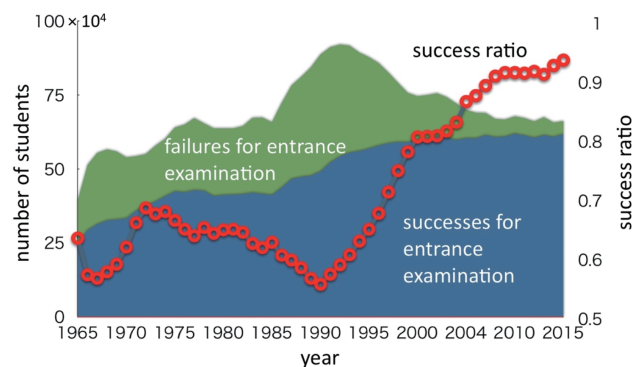


図1 大学入学希望者の総数に対して入学試験に成功した割合のトレンド

\* 広島工業大学環境学部建築デザイン学科, データサイエンスリサーチセンター

一定水準に達しない場合には授業を補う意味でフォローアッププログラムクラス (FPC) 出席の対象となる。

LCT は、毎授業後に授業の理解度を確認する意味で行なわれるオンラインの一斉テストであり、評価には項目反応理論 (IRT, item response theory) を用いている。このテスト結果により、FP のクラス出席の是非が決められる。しかし、LCT は学生の習熟度を測る指標になっているので、LCT の結果は他にも使うことができるかもしれない。ここでは、この LCT の結果を、多様な受け入れ学生の中から特にケアの必要な学生集団を見いだす方法について調べた結果を述べる。

## 2 LCT の平均と PT との相関について

LCT は中間まとめまでは毎週実施され 6 回の実績がある。中間まとめ以降は隔週実施となったため 3 回の実績が減った。そこで、1 回目から 6 回目までの中間まとめまでのものとその後の 8, 9, 10 回目 (7 回目は中間まとめに相当するので番号を付けていない) までのものについて、各回の LCT の (受験生の習熟度を表す) ability の平均値をとって、プレースメントテスト (PT)、解析基礎の LCT、線形代数の LCT の相関を見てみた。ここで、ability とは受験者の習熟度の指標を表し、標準正規分布の z 点の値に近いものと思えばよい。相関図を図 2 に示す。PT と LCT との間にはかなり明瞭な相関が見られる。解析基礎と線形代数とで比較すると、PT との相関は解析基礎の方が高いようである。これは、解析基礎の内容が高校数学により近いためであろうと推測される。このことは、これまでの分析結果と同様である。更に、LCT だけについてみると、解析基礎と線形代数の LCT の ability の平均の間にはかなり高い相関が得られていることが分かる。つまり、解析基礎ができる学生は線形代数もできているし、逆にできていない学生はどちらもできていないということ、どちらかが得意というような現象にはなっていない。このことは、LCT の結果を早めに使うことでその後の教育の指針が得られるかもしれないことを示唆している。期末試験は大学で得られた知識を問うものなので、PT よりも LCT の方が精度が高いことが考えられる。図 2 はそのことを示しているように思われる。

## 3 期末試験不合格者と LCT の結果との関係

LCT の結果からある程度期末試験の結果が予測できるかどうかについて調べた結果が図 3 である。図は図 2 に期末試験で不合格になったおよそ 100 人のスコアも加えてプロットしたものである。図の右上には解析基礎と線形代数の期末試験で失敗した学生の PT との相関を表している。横軸が PT、縦軸が LCT の平均を表している。期末試験

に失敗した学生の majority は LCT の ability のある一定の値以下に多くが存在していることが分かる。その ability 値は、ざっと観て解析基礎で -0.5、線形代数で -0.2 のように見える。図には薄い緑の領域で示している。

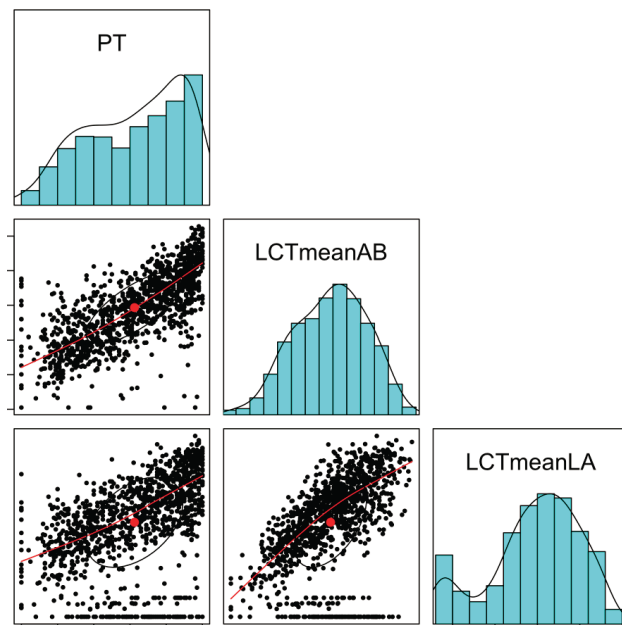


図 2 1-6 回目、8-10 回目の LCT の ability の平均と PT との相関図

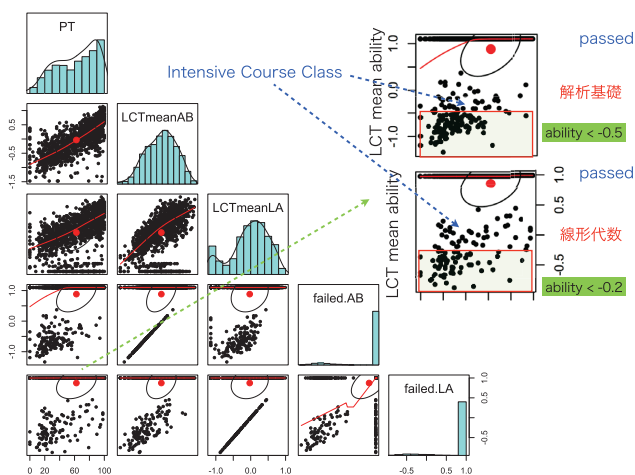


図 3 1-6 回目、8-10 回目の LCT の ability の平均、PT、期末試験に不合格学生の間での相関図

図 4 は、横軸と縦軸とをひっくり返して PT のスコアがいくら以下であれば期末試験に失敗した学生が多いのかを見ようとした図である。図は、PT の値が 40 以下のとき、期末試験に失敗する可能性が高いことをほのめかしている。しかし、その妥当性については明快でない。これは図 3 も同じである。

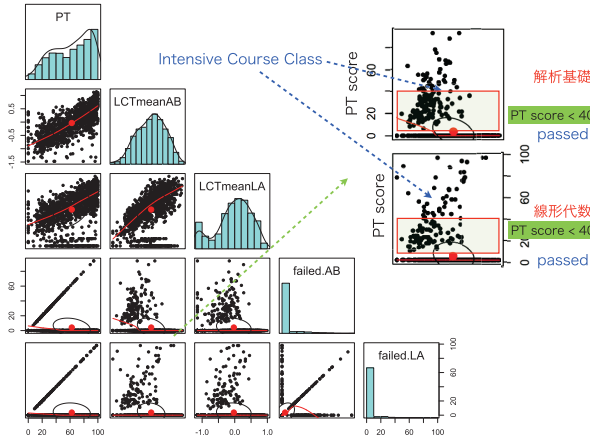


図4 1-6回目、8-10回目のLCTのabilityの平均、PT、期末試験に不合格学生の間の相関図

図5、6も同様なものであるが、科目別の視点からみたものである。

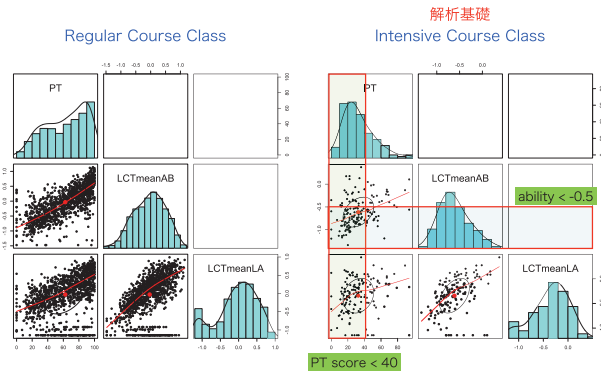


図5 1-6回目、8-10回目のLCTのabilityの平均、PT、期末試験に不合格学生の間の相関図（解析基礎）

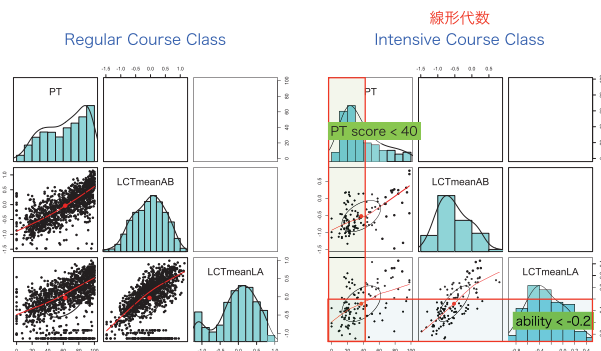


図6 1-6回目、8-10回目のLCTのabilityの平均、PT、期末試験に不合格学生の間の相関図（線形代数）

#### 4 期末試験不合格者グループをLCTの結果から抽出できるか

ざっと目で見ただけではLCTの結果から期末試験に失敗しそうなグループが取り出せそうな気がする。しかし、しきい値については科学的な根拠を持っていない。そこで、ここでは分類の際によく用いる Gini の index を用いてグループを2分するしきい値を求めてみた。Gini の index

は簡単に言えば1つのグループでの濁り度 (impurity) と、それを2つのグループに分けたときのその和との差が最大になるような指標である。2分類のときには impurity は単に  $2p(1-p)$  になる。ここに、 $p$  はターゲットとするグループが含まれている割合である。実は、これはエントロピー  $(-p \log p)$  の多項式近似 (1次近似) になっている。図7に、解析基礎と線形代数それぞれについて、LCTの平均値とPTをそれぞれ横軸 (確率変数) にとったときの経験分布を示す。この図から、先ほど目視から決めたしきい値 (解析基礎では ability = -0.5, 線形代数では ability = -0.2, PTでは40) に対して、集中講座対象者 (期末試験不合格者) の割合が分かる。およそ6-7割の不合格者をこのしきい値が捕まえていることになる。

Empirical Distributions in Intensive Course Classes (Failed in Final Exam)

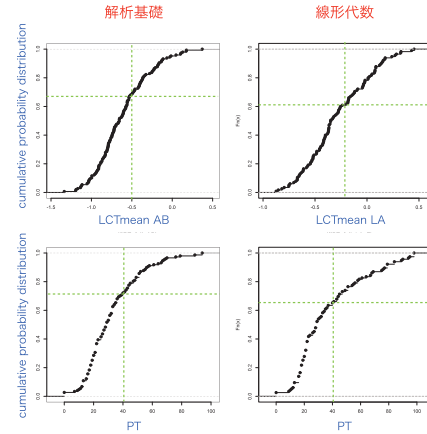


図7 LCTの平均値とPTをそれぞれ横軸 (確率変数) にとったときの経験分布 (期末試験不合格者)

ここで、決定木 (decision tree) のアルゴリズムを使ってしきい値を求めてみた。そのアルゴリズムでは Gini の index を用いている。図8から、しきい値の最適値は、解析基礎では ability = 0.5 付近、線形代数では ability = 0.5 から 0.2 の間ということが分かる。解析基礎の場合は目視結果と一致する。しかし、線形代数の場合明確ではないが、先の -0.2 はそこに含まれており適切な値と思われる。

Threshold Determination by using Classification Method (Decision Tree)

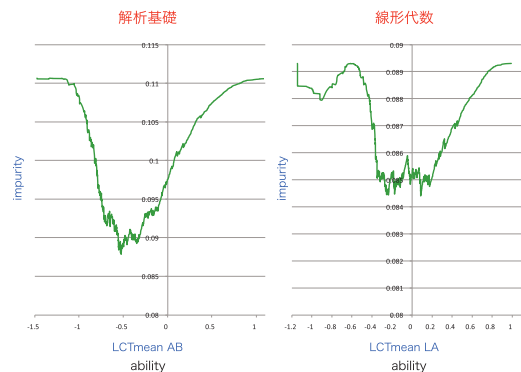


図8 LCTの平均値を横軸 (確率変数) にとったときの分類 (決定木のアルゴリズムを用いた)

## 5 LCT 平均と期末試験に失敗した学生との関係

図9, 10, 11は, PT, LCTの平均, 期末試験との相関を見たものである。その中に, 上で求めたしきい値で分類したグループと, その中に含まれる学生数を示した。3つの図は3学科それぞれについて求めてみたものである。

### LCTmean(1-6), midterm PT, LCTmean(1-10), final

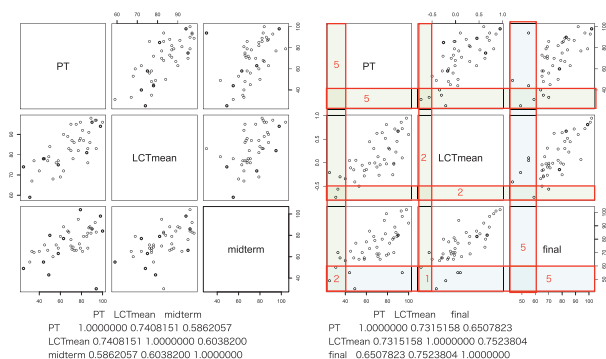


図9 L学部F学科 (解析基礎 A) のPT, LCTの平均, 期末試験との相関

### LCTmean(1-6), midterm PT, LCTmean(1-10), final

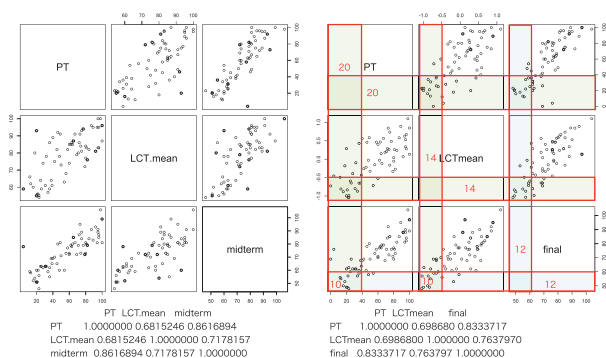


図10 E学部 (A&E) 学科 (解析基礎 A) のPT, LCTの平均, 期末試験との相関

### LCTmean(1-6), midterm PT, LCTmean(1-10), final

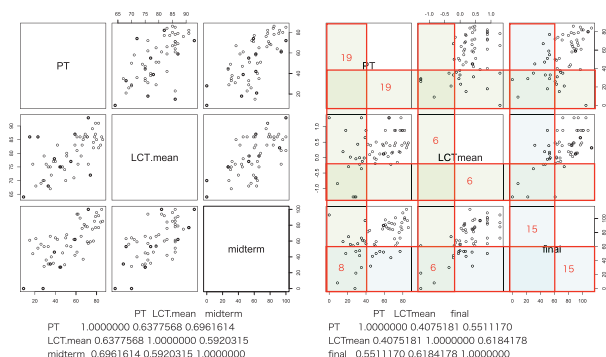


図11 I&E学部 (I & I) 学科 (線形代数 A) のPT, LCTの平均, 期末試験との相関

図から, このしきい値は, すべての学科で, 期末試験に失敗しそうなグループをよく識別できていることが分かる。ただし, LCTやPTの成績が良い学生でも期末試験

に失敗する学生の割合は無視できるものではなくある程度の大きさを持っている。このグループがFPの対象者として効果的なものかもしれない。また, このしきい値で捕獲される学生のグループにはリメディアル教育をまず徹底することが必要かもしれない。

## 6 まとめ

フォローアッププログラム (FP) で実施されている毎授業時の確認テスト (LCT) の評価値 (ability) の平均値, 入学時に行なうプレースメントテスト (PT) の成績から, 期末試験の合格を分けるしきい値が求められるかどうかを検討してきた。決定木の分類法のアルゴリズムを使うと, LCTでの ability 値が, 解析基礎では -0.5, 線形代数では -0.2, PTでは40以下の学生が期末試験に不合格する割合が高いことが分かった。このしきい値は目視の結果と一致している。更に, これらのしきい値以上の習熟度を持つ学生でも期末試験に失敗する割合は無視できるものではなくある程度大きい。今後, このグループをFPの対象とすることで効果的なFP運営ができる可能性が示唆される。また, しきい値以下の学生にはリメディアル教育の徹底が望まれると思われる。

## 文 献

- 1) Hideo Hirose, Meticulous Learning Follow-up Systems for Undergraduate Students Using the Online Item Response Theory, 5th International Conference on Learning Technologies and Learning Environments (LTLE2016), pp.427-432, July 10-14, 2016.
- 2) H. Hirose, M. Takatou, Y. Yamauchi, T. Taniguchi, T. Honda, F. Kubo, M. Imaoka, T. Koyama, Questions and Answers Database Construction for Adaptive Online IRT Testing Systems: Analysis Course and Linear Algebra Course, 5th International Conference on Learning Technologies and Learning Environments (LTLE2016), pp.433-438, July 10-14, 2016.
- 3) Y. Tokusada, H. Hirose, Evaluation of Abilities by Grouping for Small IRT Testing Systems, 5th International Conference on Learning Technologies and Learning Environments (LTLE2016), pp.445-449, July 10-14, 2016.
- 4) Hirose, Hideo; Aizawa, Yu, Automatically Growing Dually Adaptive Online IRT Testing System, IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering 2014 (TALE 2014), 5C\_5, pp.528-533, December 8-10, 2014.
- 5) Hirose, Hideo; Tokusada, Yoshiko; Noguchi,

- Kazuhisa, Dually Adaptive Online IRT Testing System with Application to High-School Mathematics Testing Case, IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering 2014 (TALE 2014), 6B\_1, pp.447-452, December 8-10, 2014.
- 6) Hideo Hirose and Yoshiko Tokusada, A Simulation Study to the Dually Adaptive Online IRT Testing System, IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering 2014 (TALE 2014), 8E\_3, pp.97-102, 2014.
- 7) H. Hirose, T. Sakumura, Item Response Prediction for Incomplete Response Matrix Using the EM-type Item Response Theory with Application to Adaptive Online Ability Evaluation System, IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering 2012 (TALE 2012), pp.8-12, August 20-23, 2012.
- 8) T. Sakumura, T. Kuwahata and H. Hirose, An Adaptive Online Ability Evaluation System Using the Item Response Theory, Education& e-Learning (EeL2011), pp.51-54, November 7-8, 2011.
- 9) H. Hirose and T. Sakumura, An Accurate Ability Evaluation Method for Every Student with Small Problem Items Using The Item Response Theory, Proceedings of the International Conference on Computer and Advanced TEchnology in Education (CATE 2010), pp.152-158, August 23-25 2010.

