

新入生全員を対象としたオンラインテストの実際

廣瀬 英雄*

(平成28年10月24日受付)

A Report to the Online Testing Systems Applied to All Freshman Students

Hideo HIROSE

(Received Oct. 24, 2016)

Abstract

To take care of students who were taught insufficiently in high schools and junior high schools, we have recently established the follow-up program (FP) aimed at helping students who need basic learning and aimed at assisting teachers who have to engage in teaching a variety of educational students. The follow-up systems are recognized as a part of the follow-up program, and consist of the learning check testing, follow-up program testing, and collaborative work testing. These testing systems use a large number of structured problem items installed in the database (i.e., item bank). It is considered to be difficult to design mathematics lectures for undergraduate classes if a variety of students exist in the same class. In this paper we first introduce the newly developed follow-up program and its related testing systems such as the learning check testing (LCT), follow-up program testing (FPT), and collaborative work testing (CWT). Four months have passed since the FP system was first introduced. We then show our experience of the use of the FP system and related things. We have found that 1) students showed us positive attitudes toward the newly introduced testing system, 2) although many difficulties occurred at the beginning of the system launching, the systems are working well in overall, 3) we have faced to the difficulty of how we manage the FP classes, which reminds us the defect of initial FP design, 4) we have learned many valuable things about education by participating this opportunity.

Key Words: Online testing, Follow-up program, Learning check testing, collaborative work testing, Follow-up program testing, WiFi access, item response theory.

1. はじめに

多様な学生を受け入れられるように2016年度からは新しいカリキュラムのもとでフォローアッププログラム(FP)が開始された。毎授業での授業の理解度を確認しながら、授業の理解度が不十分と思われる学生には特別なケアを行うというプログラムで、大学全入時代の今は時宜適切な方策と思われる。大学で教わる数学の基礎教育の内容は高校

数学を基礎としていると考えて組み立てられていることが多いため、数IAの入学試験しか受けてこなかった学生などには、卒業時の学士力を備えるには入学後の特別な配慮が必要になってくる。

そのFPが開始され約4ヶ月が終わった今は半期で行った内容を振り返る時期でもある。今後、このような取り組みが違った形ででも行われることになれば少しでも参考になるようにと「FP開始から半年の取り組みの実際」とい

* 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

う意味で記録することとした。

数学のFPは、授業時間でのオンラインテスト（LCT, learning check testing）、フォローアップクラス（FPC）でのCWT（collaborative work testing）、FPT（follow-up program testing）から構成されている。ここではそれらのテストシステムの概要とテスト実施時の経過について述べる。

2. フォローアッププログラムの基本設計

図1は広島工業大学の入学定員である。全員で1080人。実際に2016年度に入学を許可された学生は1160人であった。

Hiroshima Institute of Technology

Number of enrollments is 1080 in 12 departments

Faculty	Department	Enrollment
Engineering	Electronics and Computer Engineering	70
	Electrical Systems Engineering	90
	Mechanical Systems Engineering	120
	Intelligent Mechanical Engineering	90
	Civil and Environmental Engineering	70
	Architectural Engineering	110
Total in department		550
Information	Computer Science	110
	Information Systems and Management	100
	Total in department	
Environment	Architectural Design	100
	Global Environment Studies	80
Total in department		180
Life Science	Clinical Engineering	60
	Food Sciences and Biotechnology	80
	Total in department	

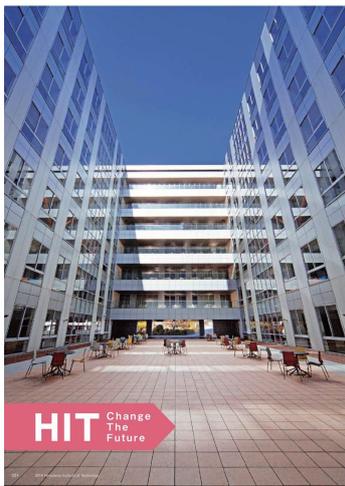


図1 広島工業大学の入学定員

入学してきた多様な学生の特徴を調べる方法の一つとしてプレースメントテスト（PT）を行っている。図2は13学科の中から9学科を選んでPTのスコアのヒストグラムを示したものである。立て軸は人数を揃えている。赤い縁でマークした部分が入学後もケアが必要と思われる学生と考えられる。背景に薄く水色で示しているのはスコアに分布の概要である。uniformと書かれている図を見ると、クラス全体の習熟度が一様分布に近いことを示している。このことは、全員を対象として習熟度を向上させるには教育法に工夫をしないとクラスでの教育が困難であることを示している。

そこで、実際にこの結果を用いて習熟度別のクラスを開講する場合がある。ただし、数学の場合、習熟度の未熟な学生だけを集めたクラスではクラスの雰囲気が悪くなり、全体が下降気味になることを過去に経験しているので下位クラスは作っていない。上位クラスとその他の普通クラスで分けている。普通クラスでは、習熟度の高い学生がそうでない学生を教えている姿があちこちで見られ微笑ましいクラスの雰囲気を作っており、習熟度もクラスで全体的に向上する雰囲気が出来上がっている。数学ではPTは上位クラスの学生を対象として高度な教育を行うことに重きが置かれている。

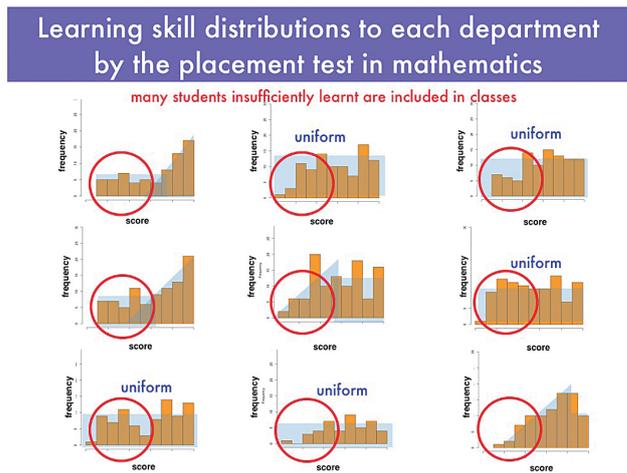


図2 プレースメントスコアの学科別比較

FPを設計するにあたっては、昨年、PTと期末試験との比較を行っているので、入学直後の習熟度（これはPTで測る）と、入学して大学の授業を受けたあとの習熟度（期末試験などのスコアで測る）を比較することで、いつの時点での習熟度を参考にすればFPのクラス編成が可能かを考えてみた。

図3は、2015年度のPTスコアと期末試験成績を比較した図である。解析と線形代数に分けて比較している。いずれの場合も入学前の習熟度と入学後半年経った後の成績の相関は低いことが分かる。解析では、取り扱っている内容が高校数学と似通った部分が多いため一定程度の相関は見られるが、線形代数では入学前後の内容が大きく異なるため相関はほとんど見られない。つまり、このことはPTのスコアによって習熟度別のクラスを編成するには注意が必要であることを促している。

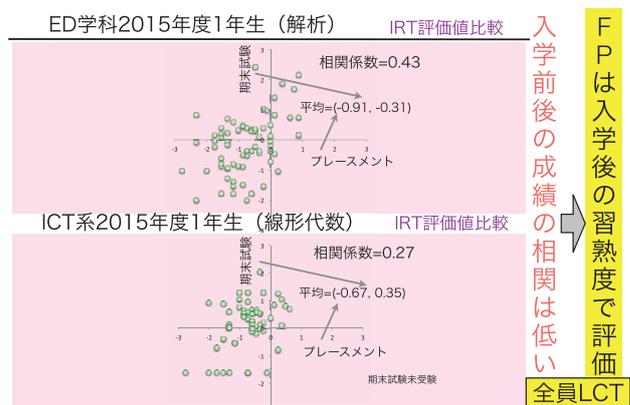


図3 2015年度PTスコアと期末試験成績の比較

そこで、学生がFPクラスに入るには、単純にPTのスコアから決めて固定化することをやめ、毎授業での授業理解度を見ながら動的に編成することを考えた。また、毎授業の理解度の確認も新入生全員を対象とすることとした。そのため、大規模な確認テストの設計が必要になった。

1000 人を対象とした一斉テストを毎週実施してそのスコアから即座に FP クラス対象者を判断するにはどうしてもコンピュータを使ったテストが必要になる。そこで、オンラインテストを実施することにした。これが広島工大の数学グループが FP を設計した前提であり基本的な立ち位置である。

図 4 に広島工大で取り組んでいる数学グループの FP の全体図を示す。図には、大きく LCT, CWT, FPT によって運用されていることが示されている。ここで LCT, CWT, FPT のそれぞれについて簡単に述べておく。

LCT : 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。評価は項目反応理論 (IRT, item response theory) によって行なう。成績が一定水準に達しない場合には授業を補う意味で FPC 出席の対象となる。LCT 実施後直ちに FPC メンバーが確定する。

CWT : CWT は、FPC で行なうオンライン演習のことである。アダプティブオンライン IRT システムを用いて学生が自ら演習を行う。この際、1 テーブルあたり 10 人程度の FP 対象学生が集まっているところに 1 人のピアサポーターが配置されている。FPC の担当教員は全体としてはこのピアサポーターを監督しながら授業を進行させる。つまり、上級生が 1 年生を指導するような形態である。このため、ピアサポーター自身の成長も促すように配慮されたシステムになっている。

FPT : FPT は、FPC の成果を確認するテストであり、アダプティブオンライン IRT システムを用いている。確認の範囲は、それまでの授業のすべてに渡っている。FPT に失敗した学生は翌週も FPC を受講することになる。

図 5 に FP システムをハード的に支えているシステム構成を示す。このシステムは学内のポートフォリオシステムと一体になっているので、LCT, CWT, FPT の評価結果は、学生本人のみならず、科目担当教員、学科の学生アドバイザー、学科内で割り振られたチューター教員、学生支援センターに迅速に連絡できるように連携がはかられている。

the follow-up system in our university

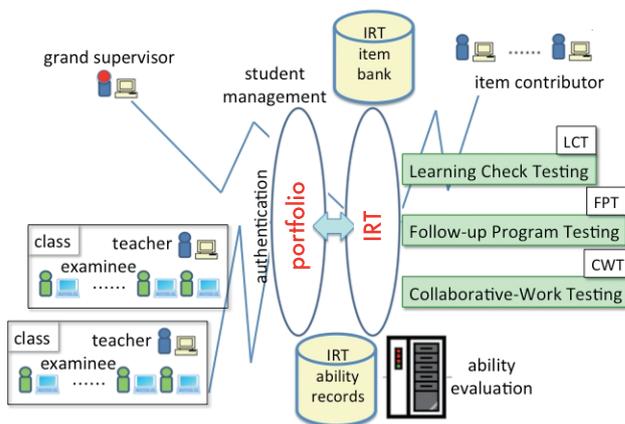


図 5 フォローアッププログラムのシステム構成

e-learning は作ってしまったらその後使われなくなるという評判をよく聞く。その一因はシステムの柔軟性にあると考える。問題や解答の修正、追加登録、学生のレベルにあった問題選定をきめ細かく行なうことで、システムが活きてくる。受講生にとっての魅力とは、このシステムにアクセスすることによって、聞きたい、知りたいことが即座に返ってくることであろう。受講生に飽きられないように、2 つの工夫を行なった。一つは、誰でも自由に時間と場所の制限無く問題登録を行なえる機能を備えさせたことである。図 6 にその様子を示す。テンプレートに従って問題と解答を作成するとシステムのデータベースの中に簡単な手続きで取り込まれる。もう一つは、図 7 に示すように、問題の難易度を受講者のレベルにあわせて柔軟に対応させる dually adaptive IRT システムの採用である。図では、受験者の増加と新規問題の追加による user-item マトリクスが自動的に成長していき、対応する問題困難度も柔軟に変化していく様子を示している。

the follow-up program in our university

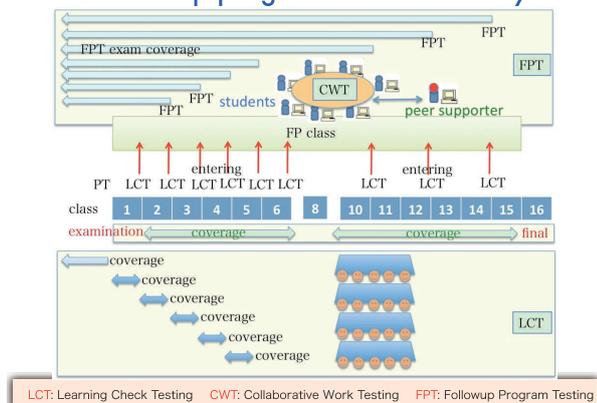


図 4 フォローアッププログラムのテストシステム

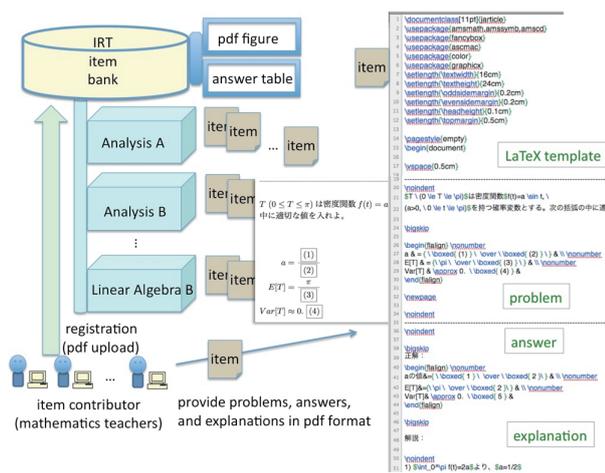
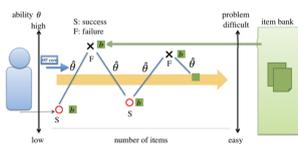


図6 問題登録機能

Adaptive to each Examinee

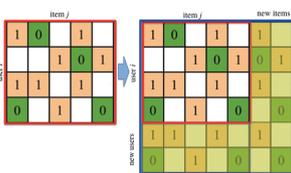
- conventional adaptive



ability adaptive

Adaptive to all Items

- newly added adaptive



item adaptive
(item and ability adaptive)

図7 dually adaptive online system

3. フォローアッププログラムの稼働直後

FPの構想が議論され始めて実際に基本的な設計を始めたのは運用予定の半年前にも満たなかった。3ヶ月前といってもよいくらいであった。設計後のシステムの運用テストを行う時間もとれない状況で4月の新学期がスタートした。まず、1日目が無事終わるかどうが極めて不安な状況で開始された。

運用のはじめから大きな問題が分かっていた。それは履修データである。新生生の履修申告が正式に確定されるのは4月の終わりである。しかし、4月からFPはスタートしなければならない。広島工大では教育効果を考えて、少人数教育を基本としているため、100人を超えるような学科では複数の教員が手分けして教育することになっている。このためのクラス編制作業を第1回目の授業開始時には終わっていないなければならない。科目と教員と教室と学生との詳細な紐つけの情報が必要になってくる。正式の履修データがない状態でFPをスタートさせるため、ここでは仮のテーブルを作成しておき、後で修正するという方法をとった。

しかし、図5に見られるように、single sign onの為に設計したポートフォリオ (PF) からのログインと、PFが

FPシステムの上位に立つという設計仕様から未完全な履修DBが進行中のFPのDBを上書きしてしまうということが起こった。これは相当深刻で、早朝、授業の準備のためLCT確認を行って大丈夫と確認したあとで、授業時間になって学生のデータがすべて消されてしまって試験が実施できない状況が複数回起こった。このため、PFとFPは一旦切り離してDBの管理を行うこととなった。

それには大きな問題がある。一つはアクセス環境である。今の大学生はパソコンを知らずにスマホだけ知っている世代である。両者には大きな差がある。フルのキーボードとタッチキーである。パソコンの扱いに慣れさせる必要がある。もちろん、スマホでのアクセスも可能である。もう一つは、WiFi環境である。多くの大学ではWiFi環境が十分に整っている教室は限られている。広島工大では2016年度年度から一斉授業でも全員のWiFiアクセスを可能にした環境を作った。

この二つを同時に始めたリスクは大きかった。まず、パソコンに慣れさせるため、ポートフォリオのURLをパソコンに覚え込ませておいて何も分からないでもポートフォリオからあちこちにアクセスできるように誘導しておいたが、そのため学生がFPシステムにたどり着くのかえってとまどった。また、WiFi環境の設計には落とし穴があった。学生は自分のスマホとパソコンとを同時に使う傾向にある。しかし、通常、大学は授業時間内にはスマホアクセスはないものとして設計している。実際にはWiFiを受け付ける要領は実は半分しかなかったかもしれない。

このため、4月のLCTでは混乱が起こった。LCT実施に教員も学生も慣れていないため思わぬ時間がかかった(これは5月には慣れたためすぐに解消された)。何らかの理由でLCTを受験できない学生への対応に追われることになる。FPシステムを運用している教員に一気にその作業が入ることになった。そこで、授業中にも、何らかの不具合が発生した学生にはFPCへの参加を免除するというフラグを教員がその場でDBに対して立てられるように仕様を追加した。これで自動化が図れた。

4. LCTの結果からFPC参加者を決める方法とFPCから出る方法

ここでは、LCTの結果から得られた情報によってどのようにFPCに参加する学生を選ぶか、またFPC参加によって十分に習熟度が一定のレベルに達したかということについて述べる。

まず、LCTの試験範囲である。試験範囲は、直前に習った内容をすぐに試験するのでは復習する時間がないため、復習の時間をとるために1週前の内容とした。ここは直後

がよいのではないかという議論もかわされたが当面は1週遅れということでスタートした。しかし、後で分かるが、あまり遅れてしまうと学生の勉学意欲をかえって損なうことにもつながるので注意が必要である。

次に評価法である。図8に、学生のLCTの回答結果（正解が1、不正解が0）の一例を示す。従来よく使われている古典的な評価法のように正解数で評価するよりも項目反応理論（IRT, item response theory）を用いた評価法の方が問題の困難度も同時に推定して評価内容に盛り込めるため一般に推定精度が高い。そこで、ここでもIRTを用いることにする。IRTでは一人一人の評価を行うのではなく、受験者全員がそろった時点ですべての回答データを使って計算する必要があるため、LCTは全クラスが終了した時点で評価結果（ability）を出すことになる。しかし、半分かくらいの試験結果が出揃った時点でおおよその評価基準を算出しておきその後はその規準に従って計算するという方式をとっている。



図8 LCTにおける評価法（IRTを用いる）

図9は、1週間のカリキュラムの中で、FPCの実施日とLCTの実施日を併記して示したものである。LCTであまりよくない成績が出たら、その次の週に実施されるFPCに参加する。その際、進度の違う2つのクラスでのLCTからFPTへのクラスメンバーの選び方を示している。 k 週目で、student Aは i 週目の授業を受け、student Bは j 週目のLCTを受けているので、FPCでは違う内容の授業を受けることになる。一つのクラス内でどのようにこれを実現するかということになるが、これを解決するのがCWT（collaborative work testing）である。図10にはFPTの試験範囲が示されている。これは同時にCWTの範囲でもある。CWTでは、受験者が自分で強化したいと思った単元やsectionを選ぶことができ、その中での演習問題が出されることになる。CWTでは、多くて10名の学生に1人の割合でピアサポーターがついて指導にあたることになる。こうすることで、個別の指導が可能となる。

教員は主にピアサポーターの監督を行うことになるが、サポーターの指導で不十分なところが出てきた場合にはそれを補佐する。

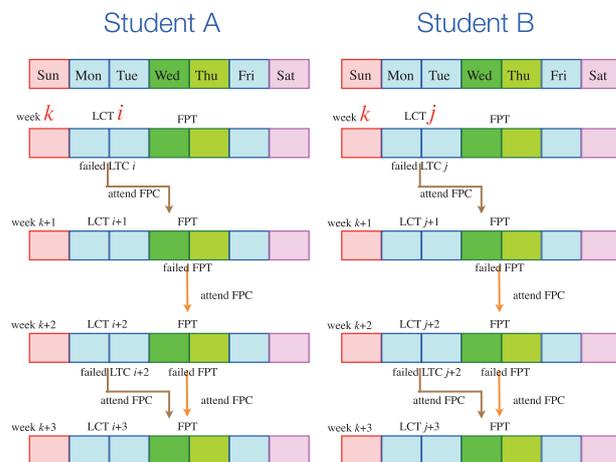


図9 LCTの結果を受けてFPCに参加するプロセス

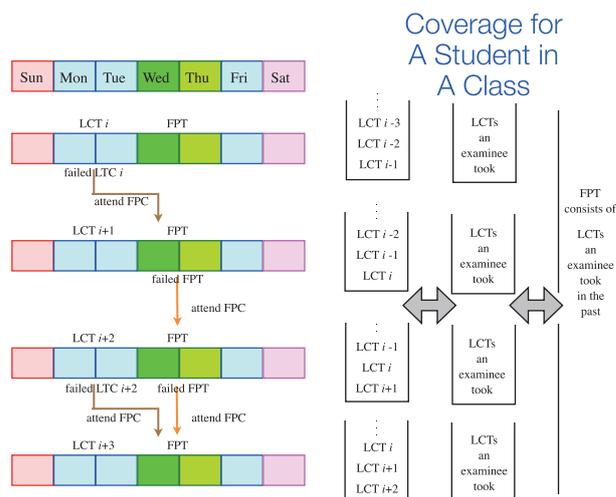


図10 FPTの試験範囲（当該クラス以前の内容となる）

更に言えば、図11に示す内容となる。FPTでは試験範囲は過去にLCTを受験した記録によって自動的に算出されることになる。

FPT test covers LCT tests history

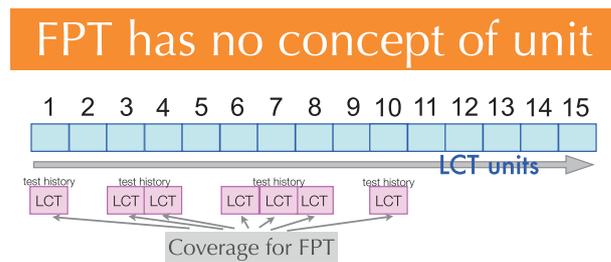


図11 FPTでのLCT記録による試験範囲自動算出

合格, 不合格, 免除

合格	受験ログがあり合格 (出席)
不合格 (受験)	受験ログがあり不合格 (出席)
不合格 (未受験)	受験ログがなく免除申請が記録されてい ないので不合格扱い (欠席)
免除	受験ログはないが免除申請が記録されて いるので免除扱い (出席)

図 12 FPT での合否判定の識別

図 13 には、FPC に入った学生が FPC に参加する必要性がなくなる過程を示している。FPT に失敗すると何度でも FPC に通わなければならない、試験範囲は広がる一方なので FPC から出るには滞在期間が長い程努力を必要とする。

FPC Resignation Rule

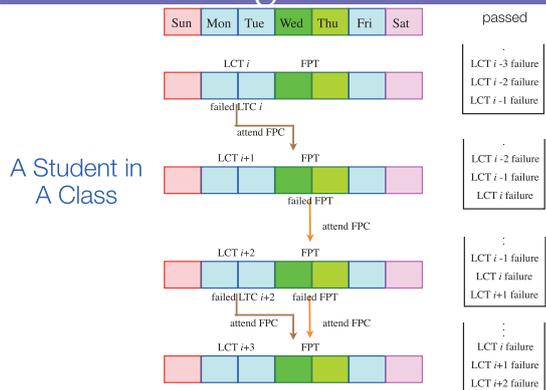


図 13 FPC から FPC に参加する必要性がなくなる過程

5. LCT の試験の実際

ここでは、LCT の試験の実際について説明する。図 14 に LCT 受験風景を示す。パソコンに向かって全員が一斉に受験している様子分かる。試験問題は 1 問 1 問出されるが、隣の席の人とは問題が異なるように示されるため単純なカンニングはできないようにしている。

図 15 では、試験の一連のプロセスが示されている。教員は、試験のクラス、科目、単元を指定した後、スタートのボタンを押す。LCT へのアクセスが許可され学生が受験できる状態になる。学生は回答を開始し、最後まで回答が終わったら終了となる。教員は、実施された試験結果がちゃんと DB に送付されたかどうかを確認することができる (未実施時は白、受験体制で赤色、終了後黄色に変化)。もし、特定の学生が WiFi 接続不良、パソコン電源脱落な

どの受験に不具合が発生したらその場で教員に告げることで FPC への参加が免除されることになっている。これは、試験実施後に全受験生の名簿が出ているのでその場でフラグを立てることができる。



図 14 LCT 受験状況

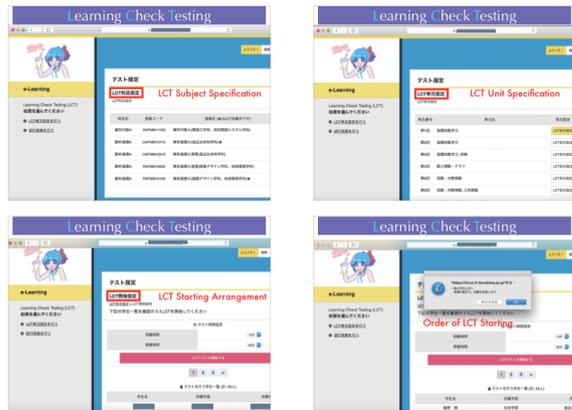


図 15-1 LCT 受験のプロセス (1)

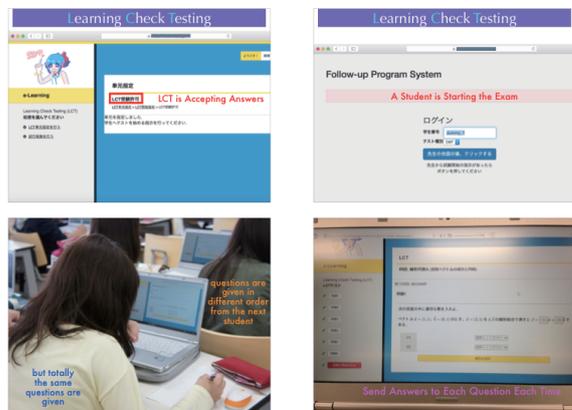


図 15-2 LCT 受験のプロセス (2)

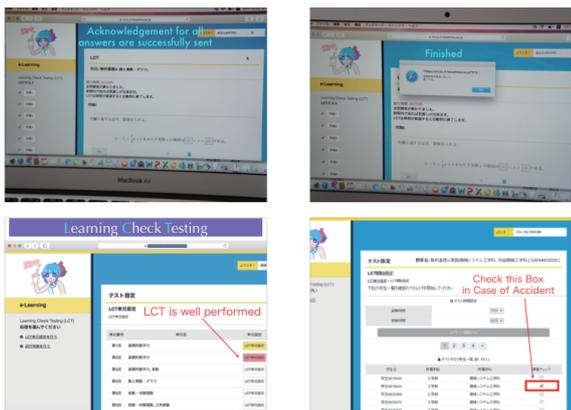


図 15-3 LCT 受験のプロセス (3)

6. CWT による演習の実際

ここでは、CWT による演習の実際について説明する。図 16 は、学生がパソコンに向かって、彼の特性を知っているコンピュータが自動的に彼向けの問題を出して解いている風景である。途中で解答の解説を見ることができる。その解説が分からない場合には側にいるピアサポーターが支援してくれる。それでも納得がいかなければ教員が直接学生の側で教えるという仕組みである。FPC では、約 100 人の学生を対象に考えているので、ピアサポーターを 20 人雇っている。解析と線形代数の 2 科目なので合計 40 人のサポーターということになる。学生から希望を募ったところかなり多くの学生が希望したため 40 人のサポーターが確保できた。



図 16 CWT による演習の実際

この試験は LCT とは異なり、学生向けに異なった問題が作られる adaptive system となっている。図 17 の最初の図に、出題のアルゴリズムが書かれている。1 問目は、学生の最近の ability を記憶しておき、そのレベルからランダムに出題する。2 問目は 1 問目の出来によって強制的に難易度を変更させた問題を出している。3 問目からは、

解いた問題から ability を算出し、その結果を用いて最適な問題のレベルを問題 DB からランダムに選んで出題している。少ない問題数でも ability の推定が可能なのは Bayes 法を使っているからである。

CWT には 2 つのモードがあり、それは学習モードと受験モードである。学習モードでは問題を解く毎に解説を閲覧でき、受験モードでは解説は一番最後に閲覧できるようになっている。受験後、採点結果がその場でグラフによって示され、これは DB に中に保存され、受験者はいつでも過去の履歴を振り返ることができる。

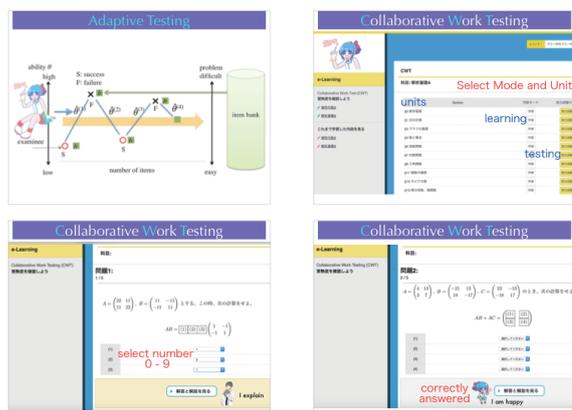


図 17-1 CWT 受験のプロセス (1)

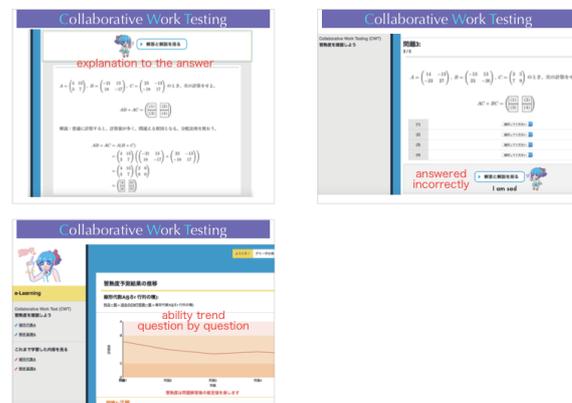


図 17-2 CWT 受験のプロセス (2)

7. FPT の試験の実際

ここでは、FPT の試験の実際について説明する。図 18 は、CWT の演習が終わった後で FPT を受験している様子を示す。問題は CWT と同様に adaptive online testing 形式となっている。試験問題の範囲は先に述べたとおりである。図 19 は FPT 画面の様子を示している。

やすいメリットの大きなシステムへと発展していくことを願っている。

最後に、このような大規模なシステムを実施することの機会を与えていただいた広島工業大学に深謝する次第である。

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



図 18 FPT 受験の様子

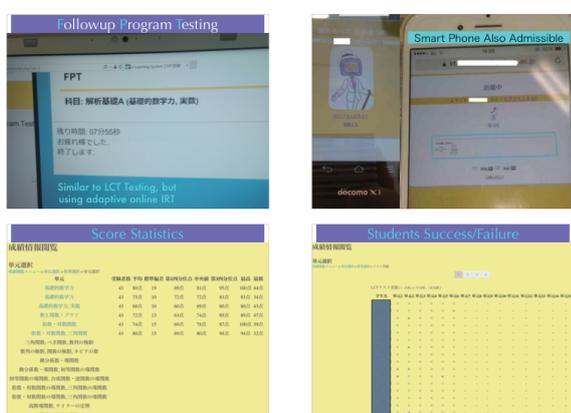


図 19 FPT 受験時の画面と成績閲覧画面

8. まとめ

多様な学生を受け入れられるように 2016 年度からは新しいカリキュラムのもとで開始されたフォローアッププログラム (FP) の実際について述べた。FP が開始され約 4 ヶ月が終わった今、実に様々で多くの経験を行うことができた。数学の授業は他の専門分野で行われているようにスクリーンを用いた授業の評判がよくない。従ってコンピュータを使った試験についてもかなりの抵抗があるのではないかと思われた。実際議論は多かった。数学教育にオンラインを導入できるかどうかさえ難しく感じていた。しかし、最終的には数学教育を担当している教員全員が理解してオンライン教材を作ることに努力してきた。ばらばらになりがちな数学教員がコンピュータを使ったオンライン教育を契機に一体となって同じ仕事に取り組むことができたということは実に画期的なことであったと思う。

システム自体も 1000 人対象の一斉オンラインという大きなスケールであり、評価法にも現代テスト理論の項目反応理論 (IRT) を採用したことは、大学の取り組みとしてもおそらく日本でも例を見ない新しい取り組みではないかと思う。今後、この経験を活かして学生にとって更に使い

- 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.

