

STEM 教育における授業担当者レベルの融合型授業と 学習分析について ～ICT, LMS, BYOD の活用と連携～

亀田 真澄^{1,a)} 宇田川 暢^{2,b)}

概要：工学系大学の STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 教育に対して、対面授業と e-Learning との融合型授業を担当者レベルで提供、すなわち旧来型の対面授業を実施しながら、情報通信技術 (Information and communication technology, ICT)、学習管理システム (Learning management system, LMS)、及び学生 PC 必携化 (Bring your own device, BYOD) をそれぞれ有効に活用かつ連携を行いながら学習環境を提供したことで、多数の教育研究実績と多様な学習データ分析が得られました。本稿では融合型授業に関する実績と分析について報告します。

キーワード：e-Learning, STEM 教育, 初年次教育, ICT, LMS, BYOD

1. はじめに

第一著者は、山口県内に所在する『工学系の個性的小規模大学』で初年次教育に従事しています。所属している大学は、1987 年度に私立短期大学として開設、1995 年度に私立学部大学として組織変遷、2016 年度から公立大学『山陽小野田市立山口東京理科大学』(以下、「本学」として再出発し、3 学科(機械工学科、電気工学科、応用化学科)を開設して、本学の建学の精神である『理学の普及を以て国運発展の基礎とする』を掲げて、『地域のキーパソンの育成』に貢献することを目的にしています。

本学において第一筆者は、STEM 教育における少人数クラス制(受講平均約 40 人)をとった基礎数学(必須 2 単位)、線形代数 I・II(必須各 2 単位)、微分積分学 I・II(必須各 3 単位)、コンピュータ演習 I・II(必須各 2 単位)、コンピュータ概論(選択 2 単位)、機械数学 II(選択 2 単位、2015 年度終了)、地域学(選択 2 単位、2016 年度終了)を担当しています。

全ての担当授業において対面授業に連携した e-Learning システム(以下、「本システム」)を受講者に提供し、第二著者は本システムを遠隔操作で管理・運用しています。

2. 本学の学習ネットワーク環境

本学は全学生が利用できる約 100 台の PC(以下、「大学 PC」)を 2 教室(授業室と自由室)に設置し、さらに全学生にノート PC(以下、「学生 PC」)を所持することを指導し、この両 PC 環境を授業内外で利活用させることを開学当初から教育方針として掲げています。

また本学のネットワーク環境には、ファイアウォール(キャンパス内外からの不適切な通信を除外するネットワーク・セキュリティ)機能を活用した 2 種のネットワーク環境: Intranet, Internet が配備されています。

例えば大学 PC と学生 PC、及びキャンパス全域で利用できる無線 LAN 環境(以下、「大学 WiFi」)は Intranet 域内に整備されています。その結果、学生個人が所持しているスマートフォン及びタブレットの大学 WiFi 接続でのネットワーク利用がキャンパス全域で安全にかつ無料で利用できます。

3. 研究室の学習ネットワーク環境

第一著者の研究室には 2 つのネットワーク環境がともに提供されています。

3.1 本システムのサーバ群

本システムのサーバ群は研究室内 Internet 域内に設置され、大学内外に対して本システムのサービスを提供し、

¹ 山陽小野田市立山口東京理科大学
Tokyo University of Science, Sanyo Onoda Yamaguchi

² 山口県立大学
Yamaguchi Prefectural University

a) kameda@rs.tusy.ac.jp

b) udagawa@office.yamaguchi-pu.ac.jp

さらに第二著者が本システムを運用し、ハードウェア環境に対する次の4つの稼働コンセプト：複数系統による「負荷分散」、遠隔操作による「メンテナンス負荷軽減」、多重ネットワーク層による「データ保全」、そして認証下における活動の重視による「セキュリティ重視」を考慮して、インターネットに公開しています（図1）[9].

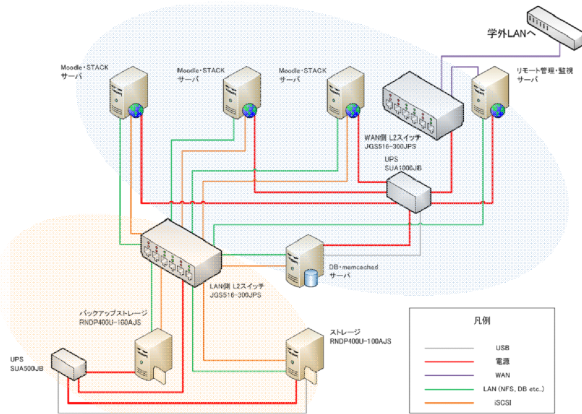


図1 本システムの構成イメージ

3.2 e-Portfolio 的活用

本システムは CentOS をベースに LMS のプラットフォーム Moodle^{*1} で運用し、平成 22 年度から配信し続けています。その結果本システムで配信された年度別サイトはいつでも利活用でき、本学の 2 種のネットワーク環境を活用した e-Portfolio 機能（学習成果物の蓄積）を持たせた設計にしています。すなわち過年度の開設された学習コース群は Intranet 域内からのコース受講者のアクセスだけに対して利用され、最新年度の学習コース群は Intranet を含む Internet 全域からの現役のコース受講者のアクセスに対して利用できるように設計されています（表1）[1][3][9][12][20].

表1 年度別サイト状況（2017年3月31日時点）

西暦 年度	Moodle バージョン	追加ブ ラ グ イ ン 数	学習 コ ー ス 数	アクセス 制 約
2012	2.2	不明	11	運用停止
2013	2.3	11	11	Intranet
2014	2.6	44	11	Intranet
2015	2.8	40	12	Intranet
2016	3.0	32	16	Internet

例えば 2014 年度の学習コース受講者が個人所有のスマートフォンを利用した場合、大学 WiFi 接続のアクセスであれば学習コースのコンテンツにアクセスできますが、通信キャリア経由のアクセスに対しては利用できないように設計されています。

一方第一著者は仮想プライベートネットワーク（VPN）

*1 <http://moodle.org/>

接続を利用するなど、全ての開設された学習コースにアクセスできます。その結果現役の学習コース受講生に対していつでも過年度のリアルな学習成果物を観せながら、学習コースに対する学習説明を実施できます。

3.3 メンテナンス作業

表2は本システムのメンテナンスに対する分類で、Moodle の内的と外的要因に対して3つの種別に大別されます。例えば種別：特別では GeoGebra 機能の開始など、種別：特殊では大学の公立化などに応じた作業になります [9][20].

表2 本システムのメンテナンス作業分類

種別	メンテナンス内容	時期	回数
通常	Moodle バージョン更新	年度始	年度1回
特別	Moodle セキュリティ更新	不定期	年度複数
特殊	サイトドメイン改名	不定期	2回

Moodle のバージョンアップデートにおいて、以前まで使用していた Moodle 機能が仕様変更によりそのまま利用できないケースが稀にあり、その場合にはパッチ等をあてる修正作業が生じます。またほとんどの Moodle コンテンツの年度越え利用は、コピー作業だけで済みました。しかしほとんどの動画コンテンツが FLASH 対応^{*2}で再生していましたが、2017 年度 Moodle 環境では Flash 動画を利用した Presenter モジュールの動作問題や主要 Web ブラウザでの Flash のサポート廃止を考慮し MP4^{*3}への移行を行う可能性が出てきています。

4. 数学関連授業の学習ネットワーク環境

4.1 数学関連授業の学習環境

本システムは数学関連コンテンツを多数配信し、特に Moodle の「ページ (Page)」と「ブック (Book)」の両リソースを活用した Web ページ配信がされています。配信される Web ページでは美的かつ拡張可能な数式表現を実現させるために HTML ソースにおいて組版処理システム AMS-LaTeX^{*4} の数式モードの TeX コマンドを組み込み、クライアント側のパソコンにおいて JavaScript 数式ライブラリ MathJax^{*5} で対処させています [4][7][14].

すなわち学習コース受講者はいつでもどこからでも、PC、タブレットとスマートフォンにある Web ブラウザを通して、Web ページを閲覧しながら学習を行います。図2は、微分積分学 II の学習単位「二重積分」に関するオンラインテキストの PC 画面（通常表示（左））、スマートフォン画面（通常（中）と拡大表示（右））の各スクリーンショットです。ここで3つの表示画面は、同じ Web ページに対する一部の内容が表示されています。

*2 <https://www.adobe.com/jp/software/flash/about/>

*3 <http://mpeg.chiariglione.org/>

*4 <http://www.ams.org/publications/authors/tex/amslatex>

*5 <https://www.mathjax.org/>



図 2 オンラインテキストのスクリーンショット

次に Moodle の「小テスト (Quiz)」活動によりオンラインテストを提供しています。特に数学基礎向け提供のため、数式オンラインテスト評価システム STACK^{*6} と数式処理システム Maxima^{*7} を利用して、ランダム出題、記述式論理的数式入力 (表計算 Excel 程度レベルの Maxima コマンド入力)、自動採点、随時採点結果の振り返り可能かつ反復受験可能に設計させています。図 3 は線形代数 II の学習単元「掃き出し法」に関するオンラインテストの PC 画面 (受験中問題 (左)), スマートフォン画面 (採点済問題 (右)) の各スクリーンショットです。ここで連立 3 元 1 次方程式の係数はランダム出題により同一ではなく、また採点結果のフィードバックには正解が返答されています [7]。

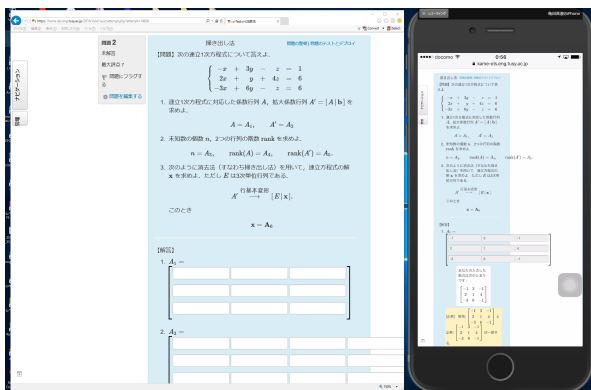


図 3 オンラインテスト (含静的図形) のスクリーンショット

さらに関数グラフ描画の配信にはコマンドライングラフ生成システム gnuplot^{*8}, 動的数学図形の配信には動的数学ソフトウェア GeoGebra^{*9} でそれぞれ対処させています。図 4 は関数グラフ描画を取り入れたオンラインテストに対するタブレット画面 (gnuplot による静的図形 (左)), PC 画面 (GeoGebra による動的図形 (右)) のスクリーンショットです。ここで問題で取り扱う 2 次関数の係数はランダム出題により受験毎に異なり、異なる各係数に

応じて関数グラフが変化して描画されています。また 3 次関数 (右) のグラフと x 軸に平行な直線は、グラフの概形を手動で変化させることができます。それによって曲線と直線の交点の状況も変動し、交点の状況をシミュレーションさせることができます [8][19][20]。

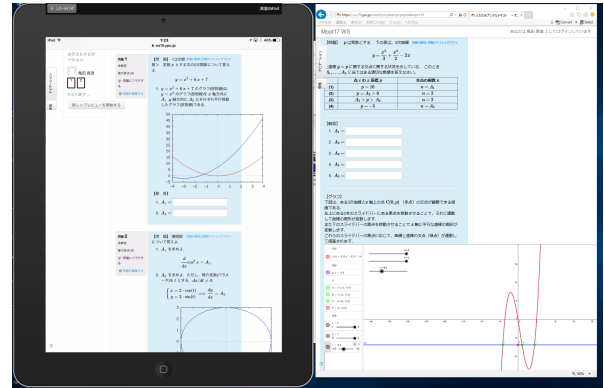


図 4 オンラインテスト (含動的図形) のスクリーンショット

5. コンピュータ関連の学習ネットワーク環境

本システムはコンピュータに関連したオンライン教材を多数配信しています。

5.1 コンピュータ概論の学習環境

授業「コンピュータ概論」ではコンピュータに関する基礎概念を学び、国家試験「IT パスポート試験^{*10}」に向けた受験対策を行うことを目的に設定しました。

この IT パスポート試験は CBT (Computer based testing) 試験で実施され、その過去問題は公開されています。この公開問題を活用して Moodle の「小テスト (Quiz)」活動による CBT 試験の疑似体験を受講生に提供し、その受験結果を単位評価に活用しています。図 5 はオンラインテストに関連したスクリーンショットです。ここには出題された問題を表示したスマートフォン画面 (左), 終了時間降順の受験記録表を表示させた PC 画面 (中), 採点後のフィードバックで振り返りを行っているスマートフォン画面 (右) です。問題はランダムに出題され、かつ正解選択肢もランダムに配置され、受験記録表は自動採点後に自動的にまとめられています (受験評点または学籍番号でもソート可能)。実際、ほとんどの学生は普通教室で所持しているスマートフォンを大学 WiFi 接続して受験していました。

5.2 コンピュータ演習の学習環境

授業「コンピュータ演習 II」ではコンピュータリテラシーのスキルを取得することを目的にしています。受講者は学習成果物を多数制作し、その評価は学生相互にルーブリック評価表に従ったピア評価で判断されています [5][10][13][15]。

^{*10} <https://www3.jitec.ipa.go.jp/JitesCbt/index.html>

^{*6} <http://www.stack.bham.ac.uk/>
^{*7} <http://maxima.sourceforge.net/>
^{*8} <http://www.gnuplot.info/>
^{*9} <https://www.geogebra.org/home>



図 5 IT パスポート試験向けテストのスクリーンショット

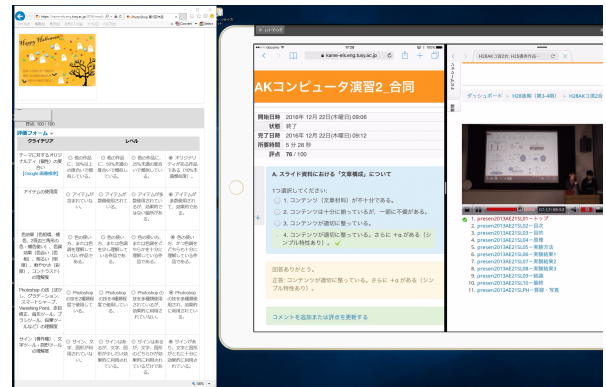


図 6 ピア評価活動に関するスクリーンショット

第 1 学習活動には画像処理ソフトウェア Photoshop で多種多様な画像作品を受講生に制作させています。その学生課題作品（課題例：ハロウィンパーティーの招待状）に対して、Moodle の「ワークショップ (Workshop)」活動を用いて学生相互にルーブリック評価表に従ったピア評価を実施しました。図 6 左には最高評価点を取った学生作品とその作品に対する他学生からのルーブリック評価結果のスクリーンショットです。なお Photoshop の学習環境ではインストールされている大学 PC の全画面（17 インチ程度）を用いて画像作品づくりを行い、学生個人が所持しているスマートフォンなどを大学 WiFi 接続して Web ページに記載された操作解説を閲覧しながら学習活動を行っていました。

第 2 学習活動には受講生は先に物理・化学実験を実行し、その実験結果を紙面レポートに各自でまとめている状況に対して、約 8 名程度でグループを構成し、3 つのグループが同一実験テーマに対してプレゼンテーション活動（スライド作成・発表・質疑応答）を行い、その活動を観察している他のグループメンバーがルーブリック評価表に従ってピア評価を行い、同一実験テーマの発表グループ間で獲得した平均評価点で競合させる活動を行いました。図 6 右のスクリーンショットでは Moodle の「小テスト (Quiz)」活動を用いて行ったルーブリック評価（質問に対する回答で評点が判断される）画面（左）、及び模擬発表として実際の発表活動を録画録音した映像を VOD (Vedio on demand) 化した動画コンテンツが映されています（Moodle の「Presenter」活動による FLASH 形式の動画再生機能を利用しています）。なおプレゼンテーションのスライド作品づくりでは、Moodle の「フォーラム (Forum)」活動、あるいは SNS アプリ LINE*¹¹ などを活用して、相互のコミュニケーションを行っていました（画像・スライドファイルを添付送信機能を用いて共有活用など）。

6. 学習分析

本システムに対していままでに得られた学習分析について報告します。

6.1 学生 ICT 利用調査分析

Moodle の「フィードバック (Feedback)」活動を使用して、受講生の意識と大学生活に関するアンケートを授業時間内において回答（学生所持スマートフォン活用）と集計結果の公開（教室内スクリーン映写）を実施しました。全ての授業で実行しましたが、図 7 は 2016 年度「微分積分学 I」（入学 3 か月後の 1 回生、 $N = 56$ ）において得られた集計結果（6 項目抜粋）です [19]。

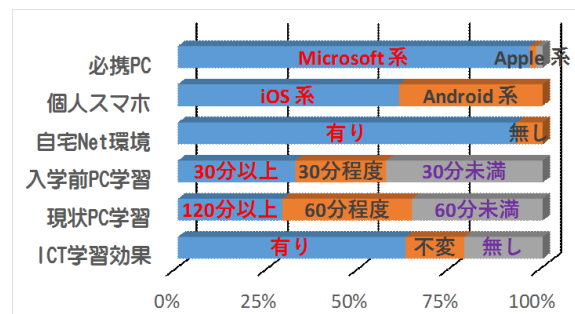


図 7 2016 年度微分積分学 I の学生 ICT 利用調査の集計結果

前半の 3 項目「必携 PC」「個人スマホ」「自宅 Net 環境」の集計結果より、旧来型の学習用具（ノート、鉛筆など）に併せて ICT と BYOD（学生所持 ノート PC、タブレットまたはスマートフォン）を加えることは必然的な学修環境づくりと推測します。また後半の 3 項目「入学前 PC 学習」「現状 PC 学習」「ICT 学習効果」の集計結果より、提供されるネットワーク学習環境と教材コンテンツが高品質であることが重要であると推測します [18]。

6.2 自主的学修時間の分析

Moodle は学習コースへのアクセスと活動内容を自動的

*¹¹ <https://line.me/ja/>

に記録します。この記録をもとに教室外の学習活動に対する自主的学修時間について調査・分析を行いました [6]。

授業「基礎数学」は数学リメディアル教育が授業目的で、専用の学習コースを提供しています。図 8 は 2013 年度「基礎数学」($N = 39$) への曜日別時間帯別アクセス状況です。この状況によりアクセス総数が 16,383 件となり、アクセス 1 件に対して教室外学修時間が 5 分であると仮定したことで、受講生一人当たり教室外学修時間が 35.0 時間であると推測しました。

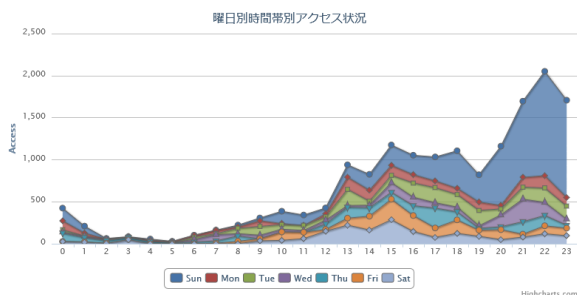


図 8 2013 年度基礎数学の曜日別時間帯別アクセス状況

図 9 は同コースで実施した 7 学習単位に対するオンラインテストの受験状況です。この状況により受験所要時間は合計 18945.6 分となり、受験に対する予習と復習を考慮して受験に費やした学修時間は実質の所要時間の 3 倍と仮定したことで、受講生一人当たり教室外学修時間が 24.3 時間であると推測しました。

分野	受験者	受験件数	最高点平均	延所要分数	平均所要分数	難易度指標
方程式	37	93	93	3216.2	86.9	6.1
不等式	32	82	94	1816.8	56.8	3.4
2次関数	35	91	85	3912.3	111.8	16.8
多様な関数	32	88	87	3167.7	99.0	12.9
累乗根	35	85	87	3110.0	88.9	11.6
指数関数	32	58	90	1638.1	51.6	5.1
対数関数	27	65	84	2084.6	77.2	12.4
総計	230	562	—	18945.6	571.7	—

図 9 2013 年度基礎数学のオンラインテスト受験状況

2 つの推測した学修時間により 59.3 時間が自主的学修時間として分析しました。これは大学教育における講義 2 単位に対する必要とする自主的学修 60 時間が e-Learning 環境により提供されていると判断しました。

6.3 オンラインテストと通常試験との相関分析

2012 年度「線形代数 II」($N = 24$) では、対面授業と並行して 4 回の反復受験可能なオンラインテスト（最高評

点を採用）、最後の授業で紙面による通常試験をそれぞれ実施しました。新しい学習ツールであるオンラインテストと既存の紙面による通常試験との相関について分析しました [2]。

図 10 は横軸に受講者が取得したオンラインテスト最高評点の合計点、縦軸に受講者が取得した通常試験の得点による変量組の散布図です。

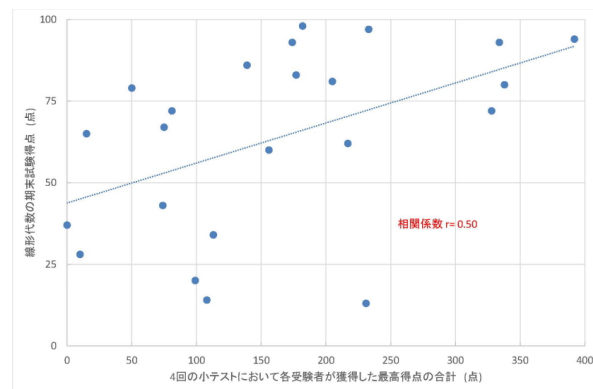


図 10 2012 年度線形代数 II のオンライン・紙面テストの散布図

相関係数 $r = 0.50$ により「相関がある」ことが分かり、相関係数の t 検定が $t = 2.7$, $p < 0.05$ により、オンラインテストと通常試験における相関は有意性があると判断しました。また通常試験得点が 60 点以上である受講生グループのオンラインテストの合計得点平均が 194 点に対して、得点 60 点未満の受講生グループの同合計得点平均が 79 点により、明白な差であることがわかりました。

6.4 オンラインテストの反復受験に関する分析

Moodle の「小テスト (Quiz)」活動で実施しているオンラインテストはランダム出題、自動採点かつ反復受験可能に設定した状況で最高評点を採用しています。特に反復受験に関連する事項について分析しました [16][17][19]。

授業「機械数学 II」は 2 年次選択科目であり、微分方程式論（期・学習単位：1 期・常微分方程式、2 期・ラプラス変換、3 期・ラプラス逆変換）を学習することを目的としています。3 つの学習単位に応じたオンラインテストは通常授業時間帯に、2 時間以内で、受験最大 1 時間の試験条件で実施しました。表 3 は 2015 年度「機械数学 II」($N = 31$) で実施した受験状況をまとめています [11][16]。

表 3 2015 年度機械数学 II の期別受験状況

期	設問数	受験者数	受験件数	Cronbach の α 係数
1 期	14	31	88	0.915
2 期	10	29	99	0.798
3 期	10	27	119	0.864

受験期を追うごとに受験者数が減少していますが（推測

要因：難易度），受験件数は増加しています（推測要因：受験慣れ）。一方テストの信頼性を表す Cronbach の α 係数について，0.8 以上であれば「問題全体の信頼性が高い」とされています。今回の最高評点を採用したオンラインテストにおける全ての期において信頼性が高いと判断されます。

図 11 はこのオンラインテストにおける期別の初回評点と最高評点に対する箱ひげ図です。

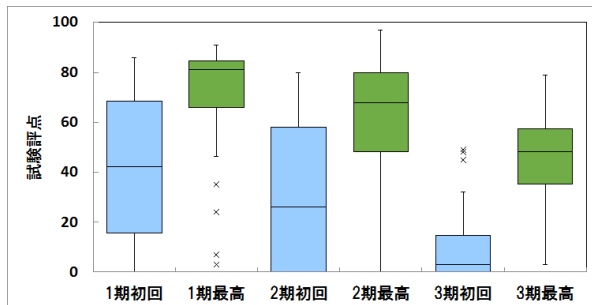


図 11 2015 年度機械数学 II のオンラインテストの評点分布

同期の初回評点と最高評点の母平均の差に対する t 検定に対して 3 期とも有意差がありました（1 期： $df = 30$, $t = 6.776$, $p < 0.001$, 2 期： $df = 28$, $t = 6.69$, $p < 0.001$, 3 期： $df = 26$, $t = 8.05$, $p < 0.001$ ）。

表 4 と表 5 は期別最高評点に関する偏相関行列とその無相関の検定結果です。これらにより最高評点における母偏相関係数の無相関の検定に対してともに有意ではありませんでした [17]。

表 4 偏相関行列			
	1 期	2 期	3 期
1 期	1.00	0.22	0.26
2 期		1.00	0.36
3 期			1.00

表 5 無相関の検定			
	1 期	2 期	3 期
1 期	-	0.30	0.20
2 期	<i>n.s.</i>	-	0.08
3 期	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	-

[上三角： p 値/下三角：判定]

6.5 オンラインテストの信頼性と妥当性に対する幾何学的可視化

テストには 2 つの重要な判断基準が存在します。すなわち安定性（同一個人が同一条件で同一テストで同一結果を得るか）と一貫性または等質性（同一個人が同様な質問に対して同様な答えをするか）をもつことの指標となる「信頼性 (Reliability)」[23]，さらに測定したいものが測定できているかに関する指標となる「妥当性 (Validity)」[21] です。そして村山 [21] は信頼性 (Reliability) が高い（または大きい），かつ妥当性 (Validity) が高い（または大きい）テストを「ダーツのアナロジー」を用いて解説・比喩しています，なお前節の Cronbach の α 係数は信頼性を示す指標の一つとされています。

一方 Moodle の小テスト管理にある「統計」機能（問

題構造分析エリア）により 2 つの分析指標が計算されます [16][17][22]。

第一指標として設問がどれだけ簡単か難しいかを示す「ファシリティ指標 (Facility index)」であり，この指標値を F で表し，次式で定めます。

$$F = \frac{X_{\text{average}}}{X_{\text{max}}}$$

ここで X_{average} ， X_{max} は設問スコアにおける平均と最大です。

第二指標として全体の評点の上位群と下位群に対して設問の正答率を識別できているかを示す「識別力 (Discrimination efficiency)」であり，この指標値を DE で表し，次式で定めます。

$$DE = \frac{\text{SUM}_{XY}/N}{SD_X \cdot SD_Y}$$

ここで SUM_{XY}/N は全体スコアと設問項目スコアとの共分散， SD_X は項目スコアの標準偏差， SD_Y は全体スコアの標準偏差です。すなわち DE は設問項目スコアと全体スコアとの点双列相関係数になります。

次に各設問のファシリティ指標 F と識別率 DE の散布図を考え，その点群を含む最小包含円を求めます。図 12 は 2015 年度「機械数学 II」で実施したオンラインテストに対する最小包含円のイメージになります [17]。ここでは紙面の都合上 1 期（左）と 3 期だけを記載しています。

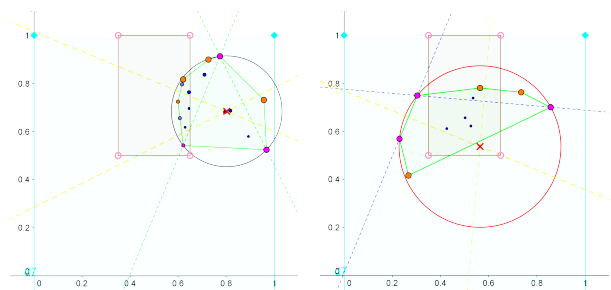


図 12 オンラインテストに対する最小包含円 [1 期 (左) と 3 期]

表 6 に期別最小包含円の方程式と，その方程式に含まれる幾何学的数量に基づいた信頼性と妥当性の判断を提案しています。

表 6 信頼性と妥当性に対する判断 (提案)			
期	最小包含円の方程式	妥当性†	信頼性‡
1 期	$(F - 0.80)^2 + (DE - 0.68)^2 = 0.05$	小	大
2 期	$(F - 0.64)^2 + (DE - 0.51)^2 = 0.10$	中	中
3 期	$(F - 0.56)^2 + (DE - 0.54)^2 = 0.11$	大	小

(†) テストの妥当性は最小包含円の中心座標が適切領域 SA ：

$$SA = \{(F, DE) | 0.35 \leq F \leq 0.65, DE \geq 0.5\}$$

に含まれるかで判断しています。すなわち SA に含まれた場合には妥当性が大きい、含まれない場合には妥当性が大きくない。

(‡) テストの信頼性は最小包含円の曲率（半径の逆数）で判断しています。すなわち曲率が大きい程、信頼性が大きいとしています。表6より期別曲率について1期：4.47, 2期：3.16, 3期：3.02 になります。

参考文献

- [1] 亀田真澄, 宇田川暢: Moodle, TeX, STACK による数学の e ラーニングの取り組み, *Proceedings of Moodle Moot Japan 2013*, pp.22-27 (2013)
- [2] 亀田真澄, 宇田川暢: 大学の数学教育に対する主体的な学びとなる学修環境作り, *私立大学情報教育協会論文誌 ICT 活用教育方法研究*, 第 16 巻第 1 号, pp.36-41 (2013)
- [3] 亀田真澄, 宇田川暢: Moodle2, TeX, STACK3 による数学の e ラーニングの取り組み, *Moodle Moot Japan 2014 Program & Abstract*, pp.25-26 (2014)
- [4] 亀田真澄, 宇田川暢: 大学教養講義である「微分積分学」の融合型授業に対応した e-Learning の実践, *東京理科大学紀要（教養編）*, 第 46 号, pp.203-217 (2014)
- [5] 亀田真澄, 宇田川暢: 『ICT 利用によるプレゼンテーション報告会の取り組み』～学習活動「協調学習, 相互評価, VOD」の実践～, *私立大学情報教育協会 (JUICE) 平成 26 年度 ICT 利用による教育改善研究発表会*, pp.52-53 (2014)
- [6] 亀田真澄, 宇田川暢: 大学初学年における自動化された数学オンラインテスト等による自主的学修時間の可視化及び分析について, *教育システム情報学会 (JSiSE)*, 2014 年度全国大会論文集, pp.229-230 (2014)
- [7] 亀田真澄, 宇田川暢: 工学系の大学初年次に対する線形代数 e-Learning の実践例について, *東京理科大学紀要（教養編）*, 第 47 号, pp.235-252 (2015)
- [8] 亀田真澄, 宇田川暢: Moodle による e-Learning における数学ソフトウェアの活用事例について, *京都大学数理解析研究所講義録「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」*, No.1951, pp.112-121 (2015)
- [9] 亀田真澄, 宇田川暢: Moodle による数学基礎 e-Learning の取り組み, *Moodle Association of Japan, Proceedings of Moodle Moot Japan 2015*, pp.11-16 (2015)
- [10] 亀田真澄: プレゼンテーション学習におけるループリックのピア評価について～2,361 件データに対する分析～, *Mahara of Forum (MOF) 2015 講演論文集*, pp.21-27 (2015)
- [11] 亀田真澄, 宇田川暢: 微分方程式におけるオンライン試験の取り組みについて, *情報処理学会 (IPJSJ) 研究報告教育学習支援情報システム (CLE)*, 2015-CLE-17(31), pp1-7 (2015)
- [12] 亀田真澄, 宇田川暢: Moodle2.8 における数学基礎 e-Learning の取り組みと次への展望について, *Moodle Moot Japan 2016 Program & Abstract*, p.32 (2016)
- [13] 亀田真澄, 宇田川暢: ループリックによるピア評価の信頼性と妥当性に関する可視化について, 第 22 回大学教育研究フォーラム発表論文集, pp.252-253 (2016)
- [14] 亀田真澄, 宇田川暢: 工学系大学における微分方程式 e-Learning の実践例について, *東京理科大学紀要（教養編）*, 第 48 号, pp.265-277 (2016)
- [15] 亀田真澄, 宇田川暢: Moodle 機能を活用したプレゼンテーションのループリックによるピア評価支援システム, *情報処理学会 (IPJSJ) 研究報告教育学習支援情報システム (CLE)*, 2016-CLE-19(5), pp1-7 (2016)
- [16] 亀田真澄, 宇田川暢: ランダム出題, 自動採点かつ反復受験可能な数学オンライン定期試験とその功罪, *私立大学情報教育協会 平成 28 年度 ICT 利用による教育改善研究改善研究会資料集*, pp.134-137, (2016)
- [17] 亀田真澄, 宇田川暢: 工学系大学の数学基礎教育における e テスティングの取り組み, *日本テスト学会第 14 回大会発表論文抄録集*, pp.78-81, (2016)
- [18] 亀田真澄: 数学基礎教育における ICT と LMS を利用したネットワーク学習の試行, *工学系数学基礎教育研究会*, 第 23 回研究集会「大学数学教育における ICT の利用についてーその有効性と適合性の検証ー」招待講演, (2016)
- [19] 亀田真澄, 宇田川暢: Maxima を活用した数学オンラインテストの取り組みについて～ランダム作問・記述式・自動採点システム～, *RIMS 研究集会「数式処理とその周辺分野の研究」*, (2016)
- [20] 亀田真澄, 宇田川暢: Moodle3.0 ベースの数学 e-Learning における高度化へ, *Moodle Moot Japan 2017 Program & Abstract*, p.29 (2017)
- [21] 村山航: 妥当性概念の展開 (online), 入手先 (http://www.jartest.jp/pdf/jirei7_rep1a.pdf) (参照 2015.09.09)
- [22] Moodle: Quiz report statistics (online), 入手先 (https://docs.moodle.org/dev/Quiz_report_statistics) (参照 2015.10.23)
- [23] 信頼性と妥当性 (online), 入手先 (<http://www.u-gakugei.ac.jp/kishilab/validity-reliability.htm>) (参照 2017.4.18)