

数学プレイスメントテストと ランダム数を導入した微分積分学演習

Math Placement Test and Calculus Exercise with Random Numbers

田中 俊幸^{※1} 山口 朝彦^{※1} 片山 健介^{※2} 野村 謙次^{※3}
森政 信吾^{※3} 西村 泰央^{※3}

Toshiyuki TANAKA Tomohiko YAMAGUCHI Kensuke KATAYAMA Kenji NOMURA
Shingo MORIMASA Yasuhisa NISHIMURA

A Mathematics Placement Test (MPT) is administered in three faculties upon admission. MPT grades are used to decide who should take the Basic Mathematics class of liberal arts and to classify students in the Introduction to Mathematics class in the Faculty of Fisheries.

In the calculus e-learning exercises, the coefficients and constants of the equations are determined randomly. Calculus exercises are used for home study, quizzes, and regular exams. By introducing random numbers, the answer will be different every time even if it is the same question, which will lead to the establishment of knowledge. It also reduces the burden on teachers to create and grade questions. Finally, the effectiveness of e-learning with random numbers is shown.

Keywords : Placement Test, Calculus Exercise, Home Study, e-Learning

キーワード : プレイスメントテスト, 微積分演習, 自宅学習, e-ラーニング

1. はじめに

長崎大学では、工学部、水産学部、環境科学部、情報データ科学部からなる総合生産科学域に基礎教育センターを設置した。10名のセンター兼務教員（工学部6名、水産学部2名、環境科学部2名）は、工学部、水産学部、環境科学部で行われる自然科学系の基礎科目（63コマ）を担当している。これらの基礎科目は数学、物理、化学、生物、電気基礎実験の5つの分野に分けられている。センター兼務教員は1つ或いは2つの分野に所属し、所属学部に関係なく、同じ講義内容の基礎科目を担当する。

入試の多様性により、学生の数学力の差は著しく大きい。水産学部では1年次に数学入門を必修科目として開講している。しかし、入学時の数学力に大きな差があるため高校数学のプレイスメントテスト（MPT）を行い、得点によって3クラスに分けて講義を行っている。また、工学部の全1年生と環境科学部の1年生の希望者もMPTを受験している。基礎的な数学力は各学部の専門の講義を理解するための重要な要素となるので、MPTが基準点未満の学生に対して教養教育の「基礎数学」を受講するように勧めている。

一方、大学の設置基準では、2単位の講義科目に対して、2時間の講義に付き2時間の予習と2時間の復習が義務づけられている。毎回の講義で学生に宿題を課した場

合、その採点には非常に多くの時間を要する。時間短縮の解決策の一つとしてe-ラーニングによる自動採点が考えられる。e-ラーニングを利用した場合、一人の学生が問題を解答すると、その答だけを聞いて解答する学生が存在する可能性を否定できない。これでは学習の意味がない。これを防ぐ1つの手段として、数式の係数および定数部分にランダム数を導入することを考える。これにより個々の学生によって異なる問題を与えることができる。具体的には微分積分学Iの教科書の演習問題の式の係数や定数にランダム数を導入した。ランダム数を導入した演習によるe-ラーニングは自宅学習だけでなく、講義中の小テストや、定期試験、再試験にも使用できる。また、ランダム数を導入したe-ラーニングを利用した講義と従来型の筆記による講義とを比較し、ランダム数を導入したe-ラーニングの方が学生の宿題に有用であることを示している。なお、ランダム数を導入したe-ラーニングの問題作成において、サイバネット社のMöbiusを使用している^{1),2)}。また、現在は線形代数学、微分方程式、力学への導入に向けて、問題を作成している。

2. 数学プレイスメントテスト（MPT）

水産学部における微分積分と線形代数からなる1年前期の「数学入門」では、全学生を3クラスに分け、40人程度の少人数教育を行っている。あいうえお順で3クラスに分ける方法もあるが、教育効果を上げるために基礎数学力を数値化するMPTの点数によって上級、中級、初級の3クラスに分けている。

年月日受付

※1 長崎大学大学院工学研究科

※2 長崎大学環境科学部

※3 長崎大学大学院工学研究科教育研究支援部

工学部は数学力が不足している学生に対して、数学のリメディアル教育を実施していた。しかし、補習授業であり単位にならないため、受講者は回を重ねるに連れて減少し、最終的にほんの数名になることが常であったので、2020年度で開講を取りやめた。しかし、入学時の数学力が非常に低い学生は専門科目の単位の修得も困難となる傾向があることは事実である。そこで、2021年度から教養教育に「基礎数学」選択2単位を立ち上げた。総合生産科学域の学生を対象にした高校数学と大学数学の橋渡しをする科目である。受講可能者はMPTの点数が、50点未満の学生とした。

MPTの実施

テスト形態：LACS(長崎大学が運用する学習マネジメントシステム)を利用したオンラインテスト

実施：工学部は微分積分学 I の第1回目の講義

水産学部は数学入門の第1回目の講義

環境科学部は期間を定めたオンラインテスト

欠席者は自宅でオンライン受験を推奨

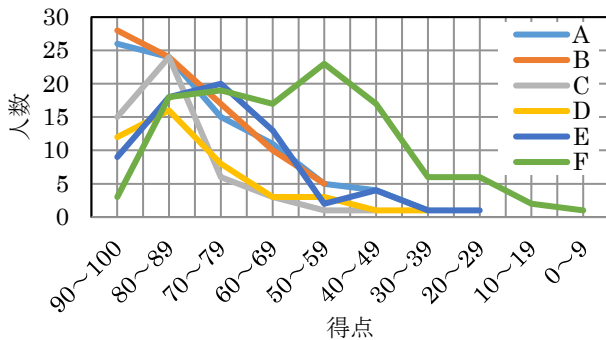
時間：60分(自動提出)

採点：自動採点

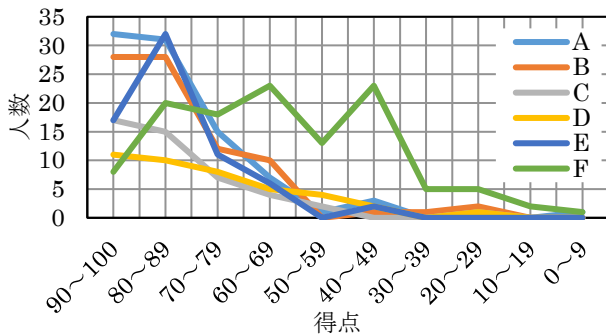
内容：有理化・2次方程式・不等式・三角関数

・指数関数・対数関数・微分・積分(25問)

図1に2021年と2022年のMPTの結果を示す。A~Fは工学部の5つのコースに水産学部を合わせた6つの教育プログラムに対応している。点数が50点未満の学生全員に直接教養の「基礎数学」の受講勧誘のメールを送ることにした。2022年にはすべての教育プログラムに、特に注意が必要だと考えられる30点未満の学生が含まれている。しかし、50点未満の学生の総数は2021年と2022年とで大きな変化はないことが分かる。



(a) 2021年 MPT 得点分布



(b) 2022年 MPT 得点分布

図1 数学プレースメントテストの集計結果

2021年度(開講初年度)の基礎数学の受講対象者は46名であり、そのうち23名が受講した。基礎数学の受講者は全員が水産学部の数学入門あるいは工学部の微分積分学 I に合格した。2022年度の基礎数学の受講対象者は51名であり、そのうち39名が受講した。基礎数学の受講者のほとんどが水産学部の数学入門あるいは工学部の微分積分学 I に合格した。このようにMPTによって、数学の基礎力が十分でない学生をできるだけ早く把握し、早い時期からフォローすることで、留年生や退学者を減らすことに役立つのではないかと考えている。

3. ランダム数を導入した微積演習

センター教員は同じ科目を複数の教育プログラムに対して講義している。例えば1変数の微分と積分に関する微分積分学 I は工学部の5つのコースで共通であり、3名の教員で担当している。2単位の講義には講義時間の2倍の時間の自宅学習(予習と復習)が必要である。自宅学習として教科書の演習問題などの課題を課すことが一般的である。しかし、全員に同じ課題を与えた場合、先に解いた学生の解答が他の学生に出回り、同じようなレポートが多く提出されることがある。また、e-ラーニングの課題の場合は、答えだけを聞いて、全く理解せずに解答する学生が一定数存在する。このような問題の解決策として、一人一人別の問題を与えればよいのだが、採点に多くの時間が必要になり現実的でない。そこで、e-ラーニングでの演習問題に以下のようにランダム数を導入することを考える。

問題の例 次の関数を微分せよ。

$$f(x) = \log\left(ax + \frac{b}{x}\right) \quad (1)$$

ここで a, b は 1~9 の整数であり、乱数で決定される。乱数 a, b は問題を解く毎に異なる値となるため、この例では $9 \times 9 = 81$ 種類の問題がランダムに選ばれることになる。つまり、学生が解き方を完全に理解できるまで、同じ問題を繰り返し受験しても、毎回異なる数値の問題を解くことができる。

基礎教育センターでは、微分積分学 I の教科書の全演習問題 227 問を、可能な限りランダム数を導入した e-ラーニングの演習問題に加工することを目指した。

(i) 自宅学習としての利用

作成した e-ラーニング用演習問題は予習と復習用の自宅学習演習として利用した。学生には宿題として具体的な演習問題の範囲を指定せずに、学生自身の判断で理解のために演習を行うように指導した。しかし、最終評価では、自宅学習分を 10 点満点で点数化することを説明した。学生は同じ問題を何度でも解くことができるが、ある問題を 1 度でも正解すれば、その問題はクリアしたとみなした。最終評価は総クリア数で行っている。

図 2 に単元と演習実施率及び得点率の関係を示す。2021 年度は、20 節を講義しているときに、e-ラーニング

155

表1 単元の項目

節番号	単元の項目	§17	テイラー展開
§1	数列と級数	§18	関数の値の変化
§2	関数と極限	§19	曲線の概形
§3	連続関数	§20	定積分の定義
§4	導関数	§21	定積分の性質
§5	微分法の公式1	§22	不定積分
§6	微分法の公式2	§23	微分積分法の基本定理
§7	指数関数・対数関数	§24	簡単な関数の不定積分
§8	指数関数・対数関数の微分法	§25	置換積分法
§9	三角関数の微分法	§26	部分積分法
§10	対数微分法	§27	有理関数の積分
§11	逆三角関数の微分法	§28	$\sin x, \cos x$ の有理式の積分
§12	n 次導関数	§29	無理関数の積分
§13	ライプニッツの定理	§30	定積分の計算
§14	平均値の定理	§31	広義積分と面積
§15	不定形の極限值	§32	面積・体積
§16	テイラーの定理	§33	曲線の長さ

156

157

(a) 2021年の自宅学習

158

159

(b) 2022年の自宅学習

図2 単元と演習実施率及び得点率の関係

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171 から 20 節までは A コースの方が実施率が高い。一方得
172 点率は, A, B コースともにほとんど差がないことが分か
173 る。図(b)より 22 年は, 最初から講義と連動して e-ラー
174 ニングを実施できたため, 全体的に 21 年よりも実施率が
175 高いことが分かる。しかし, 講義が進むにつれて実施率
176 が低くなっているため, 23 年以降は実施率を低くしない
177 ために何らかの対策を講じる必要がある。また, B コー
178 スの方が A コースよりも実施率・得点率ともに高いこと
179 が分かる。

180 さらに, 図 2 より 21 年度と 22 年度ともに 17 節のテ
181 イラー展開, 21 年度 27 節の有理関数の積分, 22 年度 28
182 節の三角関数の有理式の積分の得点率が低いことが分か
183 る。その対策として次年度にはこの単元の講義内容を調
184 整する必要があるであろう。このように, e-ラーニング
185 の演習なので集計が簡単であり, 学生の不得意な部分を
186 容易に見つけることができることも, 大きなメリットで
187 ある。なお, 従来の e-ラーニングでは全学生は同じ答え
188 を解答すればよかったので, 答えだけを友人に尋ねるこ
189 とができたため実施率や得点率はそれほど悪くならなか
190 った。しかし, 演習問題にランダム数を導入したため,
191 学生ごとに答えが異なるので, 自分で計算しなければな
192 らなくなり, 講義が進むにつれて理解不足の学生が増え
193 たため, 実施率が低くなったのではないかと推測される。

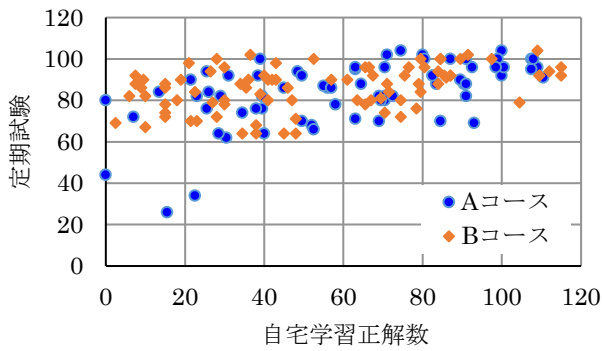
194 (ii) 小テストとしての利用

195 講義の最初の 15 分間に, 前回講義した内容に関する小
196 テストを行う。小テストは該当する節の中の演習問題か
197 ら選び, ランダム数を導入した e-ラーニングにより実施
198 する。この問題は自宅学習の演習問題と同じであるが,
199 演習を実施する毎にランダム数が変わるため, 答えは異
200 なる。しかし, 定数が変わっても解き方は変わらないの
201 で, 解き方を理解している学生にとっては, 簡単な小テ
202 ストである。小テストは, 講義開始時間に自動的に学生
203 に表示されるように設定しているため, オンラインで受
204 講している学生も全く同じように受験できる。従って,
205 学生には講義の開始時間までに PC をネットワークにつ
206 なぎ長崎大学の学習マネジメントシステム (LACS) に
207 ログインしておくように指導している。

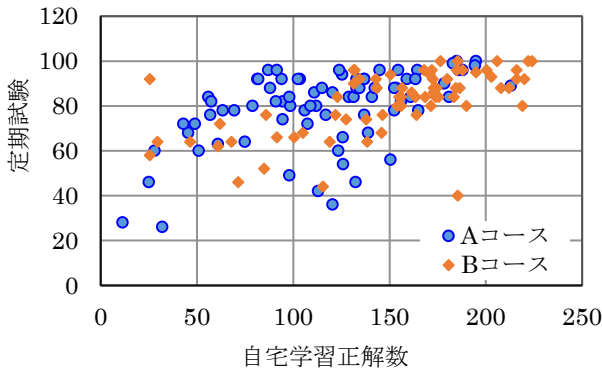
208 小テストの平均点は, 最終成績の 20%分に換算してい
209 る。また, 小テストが 60 点未満の学生に対して, 小テ
210 ストの再試験を実施している。再試験は 100 点になるまで
211 何度受験してもよい。しかし, 評価には小テストの再試
212 験の点数の 0.6 倍を用いることにしている。

213 (iii) 定期試験としての利用

214 定期試験においても, 小テストと同様に自宅学習用の
215 演習問題の中から全ての問題を出題している。小テスト
216 で解答の仕方は十分に練習できているが, 解答の誤記入
217 を避けるために, 定期試験では答案用紙に解答の手順と
218 答を記述したものを提出させている。答案用紙の解答は
219 正しいが, e-ラーニングの解答の入力を間違った場合,
220 本来の得点から -1 点して採点している。21 年度は解答の
221 誤入力が多かったが, 22 年度は解答の誤入力は非常に少
222 なかった。22 年度は 14 回の小テストと自宅学習により,
223 数式の入力の仕方が身に付いたものだと思う。

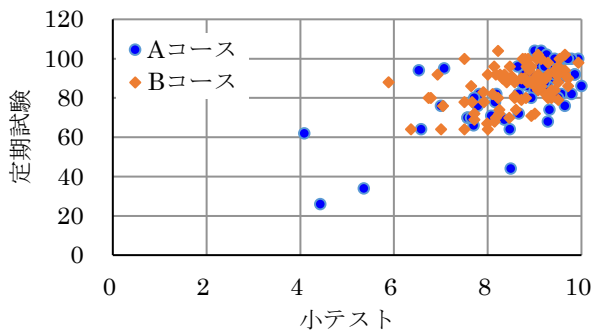


(a) 2021 年定期試験結果

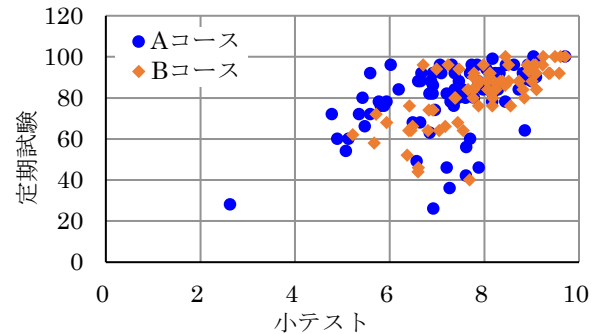


(b) 2022 年定期試験結果

図 3 自宅学習と定期試験の得点の関係



(a) 2021 年定期試験結果



(b) 2022 年定期試験結果

図 4 小テストと定期試験の関係

277 あるものの自宅学習数と定期試験は正の相関があること
278 分かる。

279 図 4 に小テストと定期試験の関係を示す。21 年度は不
280 合格者 3 名のうち 2 名が小テストのやり直しをしていな
281 い。また、A コースと B コースは同様な得点分布をして
282 いる。22 年度は 21 年度より不合格者が多くなっている
283 ことが分かる。また、小テストが悪くても試験の成績が
284 良い学生が見られる。自宅学習も同様なもので、試験さえ
285 良い点を取れば問題ないと考えている学生が複数人存在
286 している可能性がある。今後注意が必要な学生である。

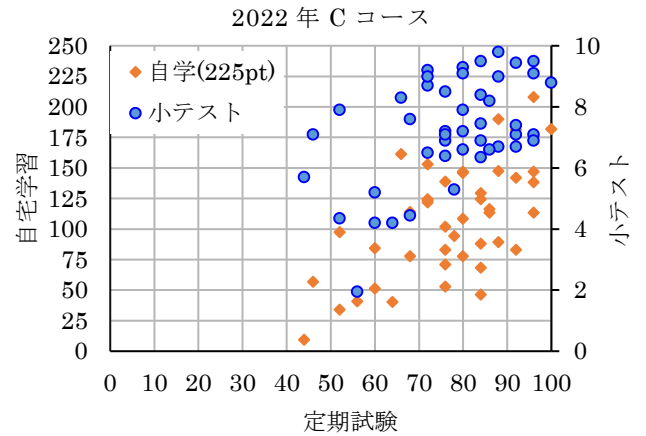


図 5 C コースの試験と自学及び小テストの関係

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

図 6 D, E コースの自学と試験の関係

303 図 5 に教員 II が担当する工学部 C コースの微分積分学
304 I の定期試験と自宅学習および小テストの関係を示す。
305 教員 I と同様に e-ラーニングの Möbius を利用している。
306 定期試験が 60 点未満の学生は何れも自宅学習の実施数
307 が 100 未満である。小テストが 8 点以上の学生に不合格
308 者はいない。

309 図 6 に教員 III が担当する工学部 D, E コースの微分積分
310 学 I の課題と定期試験の関係を示す。D, E コースでは
311 Möbius を利用せず、課題と定期試験はともに筆記で実施
312 している。図より課題ノートの得点にかかわらず、定期
313 試験で 60 点未満の学生が存在することが分かる。課題は
314 教科書の演習問題なので、全員が同じ問題である。あく
315 までも可能性であるが、課題の点数が高いにも関わらず
316 60 点未満の学生は、友人の課題ノートを写したのかもしれない。
317

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

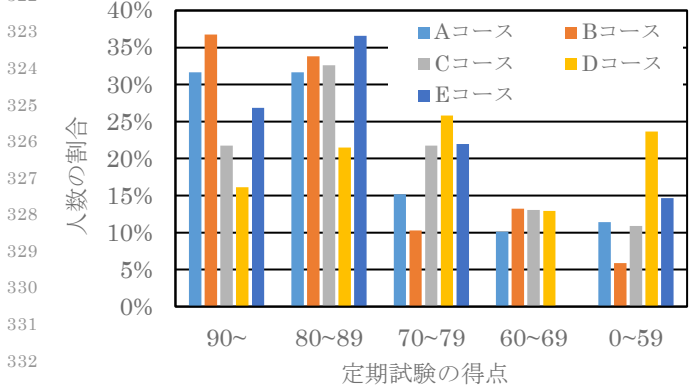
292

293

294

295

318 なお、A～Eの5コースの定期試験は同じ時間帯に同じ
 319 問題で行っている。もちろん筆記試験を行ったD,Eコース
 320 は全員が同じ問題である。また、試験問題は3名の教
 321 員が交代で作成することにしている。



334 図7 各コースの定期試験の得点分布(2022年)

335 図7に2022年度の5つのコースの定期試験の得点分
 336 布を示す。A～CコースはMöbiusを用いたe-ラーニング
 337 を利用した自学・小テスト・定期試験の実施形態であり、
 338 DとEコースは筆記による課題・定期試験の実施形態で
 339 ある。22年度の定期試験は、DとEコースを担当した教
 340 員が作成した全コース共通の問題である。図より、Dコ
 341 ース以外の得点分布は非常に似ており、e-ラーニングに
 342 による自学や小テストは通常の筆記による教育と同等以上
 343 の教育効果があることが示されている。図6より、Dコ
 344 ースは全ての課題を提出していない学生が多いため、不
 345 合格者も多いことが考えられる。

348 **4. e-ラーニングでの解答の入力**

349 入学直後の第1回目の講義時に行うMPTは長崎大学の
 350 学習マネジメントシステムであるLACSを用いて実施
 351 される。特別選抜で合格した学生には入学前教育が行わ
 352 れ、その中でLACSの説明とMPTが行われることが伝えら
 353 れる。特別選抜の合格者には高校数学をまとめた数学の
 354 演習ノートを配布し、入学までの3か月間に高校数学の
 355 復習を勧めている。また、一般入試での合格者には、入
 356 学式後の学部のオリエンテーションでLACSの利用法と
 357 MPTを実施することを説明している。MPTは初めてのe-
 358 ラーニングでのテストなので、学生には事前にLACSにロ
 359 グインして、MPT練習問題を実施するように説明してい
 360 る。MPT練習問題では主に解答の入力の仕方の練習を行
 361 う。なお、MPTの問題にはMöbiusを利用せず、ランダム
 362 数も用いていない。

363 ランダム数を利用した演習問題は、知識の定着のため
 364 に非常に有効だと考えるが、問題にランダム数を導入す
 365 ると、当然答えも実施者毎に異なることになる。LACSの
 366 中に含まれるテスト問題の解答に数式を入力させる場合、
 367 Möbiusを利用しない場合は考えられるすべての組み合
 368 わせの解答を答えとして準備しなければならない。これ
 369 によりランダム数を導入することは不可能である。長崎
 370 大学工学部ではサイバネット社のMapleCLASSを応用し

371 たMöbiusを2020年度に200ライセンス契約していた。
 372 Möbiusは問題にランダム数を導入することができる。
 373 2021年度は400ライセンス、2022年度は800ライセン
 374 ス契約し、基礎教育センターが中心となって、Möbiusを
 375 利用している^{1),2)}。

376 Möbiusはプログラムによって、文字式で入力された解
 377 答が同じ式を表しているかどうかを自動的に判断できる。
 378 しかし、答えを文字式で入力させる場合、ノートに解い
 379 た答えを正しく文字式に変換できない学生が多いことが
 380 問題となった。そこで、数式入力の仕方の演習問題を
 381 Möbiusに作成した。学生には満点の10点になるまで何
 382 度もチャレンジするように指導した。

383 なお、Möbiusの式の入力方法はExcelでの式の入力
 384 方法と同じであり、式の正しい入力の仕方を理解するこ
 385 とは将来必ず役立つことを強調して説明している。

387 **5. 演習問題の作成**

388 使用している教科書には227問の演習問題がある。こ
 389 れらの全てを教員だけでランダム数を導入した演習問題
 390 に加工するには莫大な時間が必要となる。そこで、工学
 391 研究科長の許可のもと教育研究支援部に、問題作成の協
 392 力を依頼した。コンピュータの操作が得意な3名の技術
 393 職員から協力の申し出があった。技術職員の協力を得て、
 394 2021年4月末に問題作成が完了し、GW後に学生に公開
 395 した。2021年度は講義の途中からの使用であったが、
 396 2022年度は講義の最初から、e-ラーニングシステムを導
 397 入し、自宅学習を推奨した。なお、問題番号は学生が自
 398 宅学習を実施しやすいように、節、問、小問の羅列とし
 399 た。即ち、第5節の問2の(3)の問題は5-2-3と表わされ
 400 る。技術職員が問題の案を作り、担当教員が解答を確認
 401 した。

402 2021年5月の演習問題の公開時には、解答プログラム
 403 に入力ミス(入力不足)が多かった。即ち、学生の解答の
 404 仕方は多種多様であり、それらの全てに対応できる解答
 405 プログラムになっていなかった。そこで、学生には、演
 406 習問題はできたばかりで完全ではないので、間違ってい
 407 る問題を見つけた場合は担当教員に連絡するように、協
 408 力を依頼した。現在は学生の協力によって、解答プログ
 409 ラムにミスは殆どなくなっている。

410 e-ラーニングシステムによる小テストおよび定期試験
 411 問題は、作成した問題から選択することで用意すること
 412 ができる。また、解答は自動採点されるため、採点に要
 413 する時間も大幅に短縮することができている。

414 今後は、線形代数学、微分方程式、力学の問題をMöbius
 415 で作成し、講義中に使用できる演習として導入予定であ
 416 る。

418 **6. まとめ**

419 本研究の目的は、学生の基礎数学力の底上げを図ること
 420 である。そのために数学のプレースメントテストとラン
 421 ダム数を導入した微分積分の演習を実施した。以下に
 422 それらの効果と、今後解決すべき問題をまとめる。

423 **数学のプレースメントテスト(MPT)**

- 424 ・水産学部の数学入門のクラス分けに利用した。
425 ・教養の基礎数学の受講資格の決定に利用した。
426 ・基礎数学を受講した多くの学生は数学入門や微分積
427 分学 I に合格した。

428 今後の課題

429 MPT の点数が悪いにも関わらず、基礎数学を受講せず
430 に学部の数学が不合格になる学生に対する対応を考え
431 る必要がある。

432 ランダム数を導入した微分積分の演習

- 433 ・教科書の全ての問題を、ランダム数を含んだ e-ラー
434 ニング問題に適用した。
435 ・一人ずつ問題が異なるので、ほかの学生の解答をそ
436 のままコピーすることができない。
437 ・自宅学習・小テスト・定期試験に利用した。
438 ・手書きの課題(自宅学習)と比較して、同等以上の教
439 育効果があった。
440 ・学生が得意でない分野をすぐに把握できる。
441 ・e-ラーニングの導入により、試験問題作成および採
442 点に要する時間が激減した。

443 今後の課題

444 e-ラーニング用の問題作成に時間を要するため、科
445 目担当教員だけでなく何らかの協力体制が必要であ
446 る。また、自学の取組が多く、小テストも高得点であ
447 るが、定期試験に不合格の学生がいる。この理由を突
448 き止め対応策を考えなくてはならない。

449 今後は微分積分学以外の科目にランダム数を導入し
450 た演習問題を作製し、学生の自然科学系基礎科目の能
451 力を充実させたい。

452
453 参 考 文 献

- 454 1) Möbius : <https://www.digitaled.com/mobius/>
455 2) MapleCLASS :
456 [https://www.cybernet.co.jp/company/about/news/p](https://www.cybernet.co.jp/company/about/news/press/2017/20171117.html)
457 [ress/2017/20171117.html](https://www.cybernet.co.jp/company/about/news/press/2017/20171117.html)
458
459
460
461
462
463
464
465

477



著 者 紹 介

田中 俊幸
学歴 九州大学大学院博士後期課程
学位 工学博士
現在 長崎大学工学研究科教授
基礎教育センター兼務教員
専門 電磁波工学
所属学会 日本工学教育協会,
電子情報通信学会,
電気学会, 日本コンク
リート工学会
連絡先 t-toshi@nagasaki-u.ac.jp

山口 朝彦
学歴 九州大学大学院博士後期課程
学位 博士(工学)
現在 長崎大学工学研究科教授
基礎教育センター兼務教員
専門 熱工学
所属学会 日本工学教育協会, 日本機
械学会, 日本伝熱学会, 日
本熱物性学会, American
Chemical Society
連絡先 tomo@nagasaki-u.ac.jp

片山健介
学歴 東京大学大学院博士課程修了
学位 博士(工学)
現在 長崎大学環境科学部教授
基礎教育センター兼務教員
専門 都市計画
所属学会 日本都市計画学会, 日本建
築学会, 日本計画 行政学会
連絡先 kenkata@nagasaki-u.ac.jp

野村 謙次
現在 長崎大学工学研究科技術職員
基礎教育センター協力職員

森政 信吾
現在 長崎大学工学研究科技術職員
基礎教育センター協力職員

西村 泰央
2021年まで
長崎大学工学研究科技術職員
基礎教育センター協力職員

478

479

480

481 数学プレースメント テスト (MPT) は、入学時に
482 3 つの学部で実施されます。 MPT の成績は、教養
483 の基礎数学の受講者の決定と、水産学部の数学入門
484 のクラス分けに使用されます。

485 微積分の e ラーニングの演習では、式の係数と定
486 数はランダムに決定されます。 微積分の演習は、家
487 庭学習、小テスト、および定期試験に使用されます。
488 乱数を導入することで、同じ問題でも毎回答えが異
489 なり、知識の定着につながります。 また、教師が問
490 題を作成して採点する負担も大幅に軽減されます。
491 最後に、乱数を使った e ラーニングの有効性を示
492 しています。

493
494
495 成果の創造性・新規性 (新しさ、ユニークな点を簡
496 条書きしてください) *

- 497 1. プレースメントテストによって基礎数学力が不
498 足している学生を把握し、教養の基礎数学の受講を
499 促した。 受講者の不合格を減らすことに成功した。
- 500 2. ランダム定数を導入することにより、自分が理解
501 できるまで同じ問題にチャレンジできる。
- 502 3. 宿題、小テスト、定期試験を同じ問題で実施する
503 ことができる。

504
505 成果の有用性・波及効果・先導性・啓蒙性 (簡条書
506 きしてください) *

- 507 1. 学生の自主性を客観的に判断できる。
- 508 2. 問題作成と採点に関する教員の手間が圧倒的削
509 減される。
- 510 3. データの集計が容易であり学生の理解状況を把
511 握できるため、授業改善につながる。