

ゆとり教育廃止後の工学部学生に見られる数学力の問題点

津田 光一

愛媛大学大学院理工学研究科

Problems of elementary mathematical skills among students after quitting system of relaxed education

Kōichi TSUDA

Graduate School of Sciences and Engineering, Ehime University

1 この論文の目的

目的は2つあり、1つ目は、ゆとり教育を受けた学生が、初めて大学に入学した平成20年前後の5年間（平成18～平成22年（以下、H18～H22と略記））に、本学へ入学した学生に学力低下が見られたことを受けて、（津田2011）で述べた「一度 easy な教育を実施した場合、学生の学力が元の水準まで回復するには、相当の時間がかかると予想される」ということを検証すること。

2つ目の目的は、平成31年度に予定されている工学部改組の結果、この論文で議論している数学の共通教育は、開講形態ががらっと変わってしまう可能性が非常に高いことに関係する。そのことを受けて、当職の30年程の経験をなんらかの形でまとめておくことによって、これからの工学部学生が専門教育を受ける為に必要となる数学の「習得に問題となる項目」を考えて行く上で、多少とも参考材料になる物を提供することが2つ目の目的である。

その準備段階で、この論文の初校への Referee report で指摘された「学生の出席状況と成績の関係」、「試験の得点分布に2極化が認められるか」について、興味深い事実が見られたので、併せて報告したい。ゆとり教育を最後に受けた学生はH27入学であるから、廃止後の学生はH29で2度目の受け入れということになる。

2 学力は低下しているのか

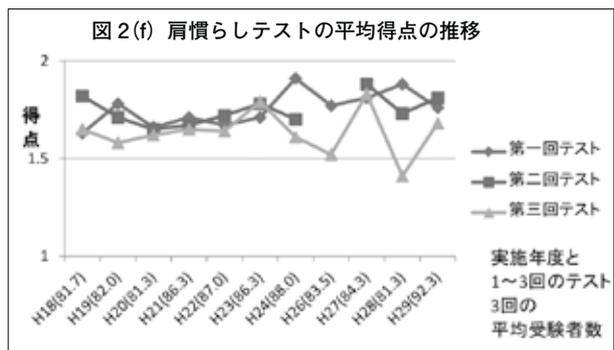
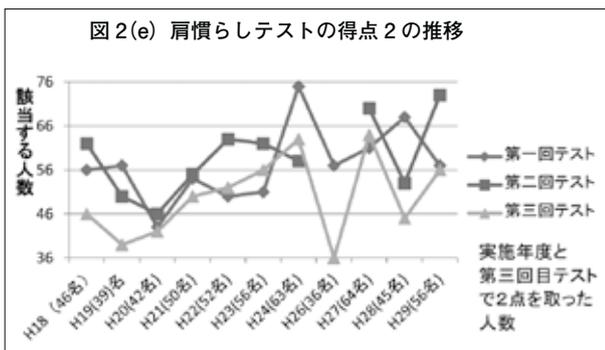
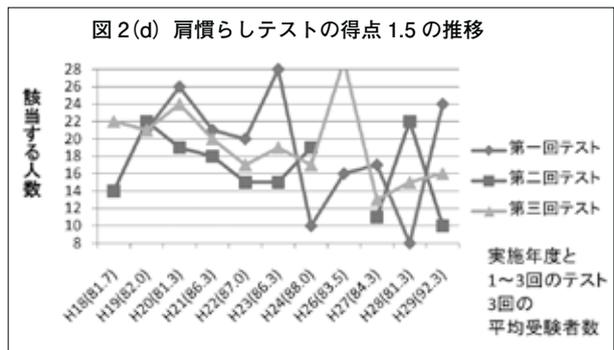
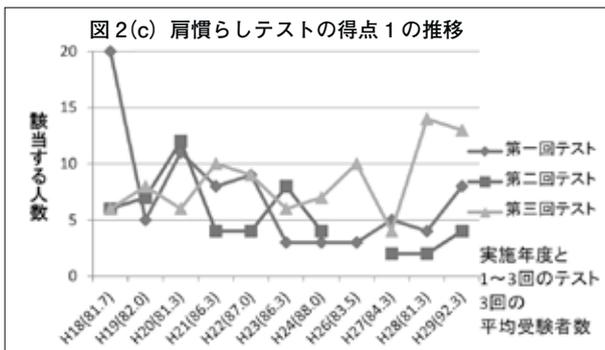
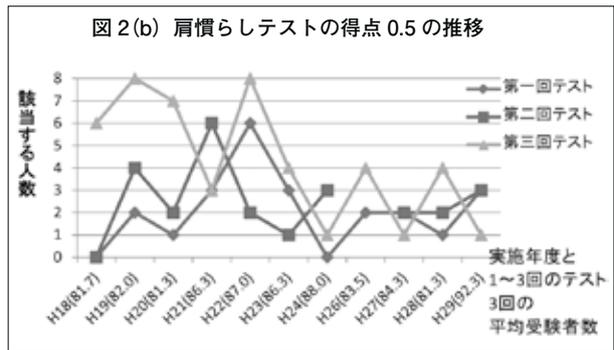
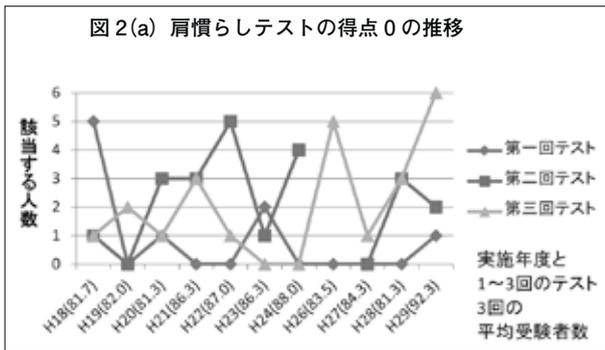
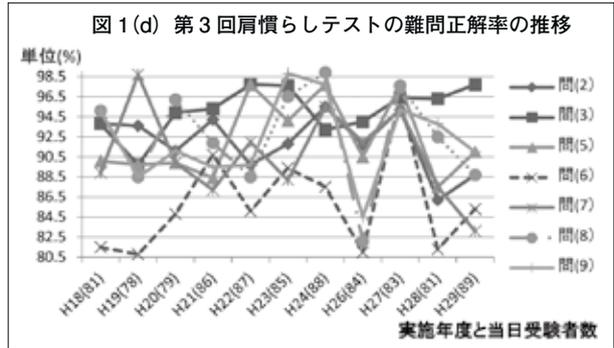
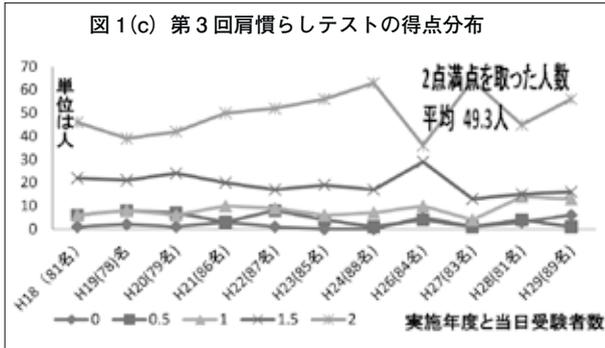
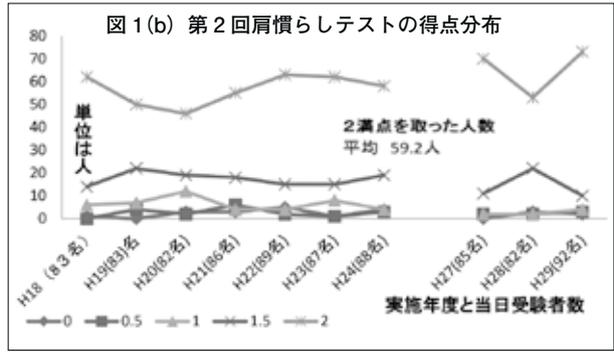
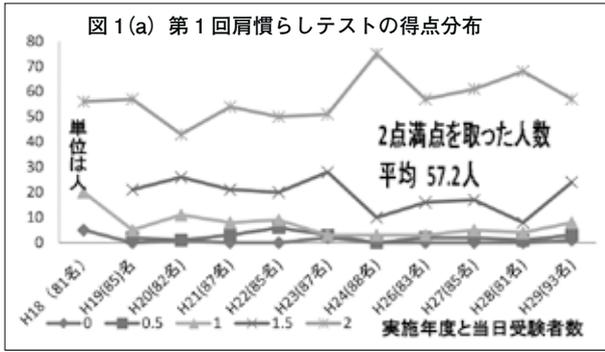
2.1 12年同じ問題による「肩慣らし test」から見えること

図1(a)～図2(f)に記載している「肩慣らし test」の説明から始める。初年次教育の一環として、当職が担当した1回生向け90分講義の開始時に最低10分、毎年3回ずつ実施した test である。Cover する範囲は、日本の数学教育課程で言う中学生から高校1年程度までで学ぶことであって、それも（工業高校やその他の）普通科とは限らない高校でも必ず学ぶ範囲の問題であり、かつまた日本語が分かる留学生ならば、この程度の物は全員でできなければいけない問題ともなっている。

問題文は全部12年間同一の物を使用している。個人情報保護もあり、くわしい class の情報については書かないが、工学部の物理系の学科の1回生の講義で、全受講者約90名のうち2回生以上の再履修生はせいぜい5、6人といったところで、彼らも含んだ data であるが、おおむね、その年度に入学した学生（内、留学生は2、3人程度）の data と見なしてよい（各回で肩慣らし test を受験した受講生の実数は、横軸に記述している）。

3つの test の難易度はほとんど同じで前回受講しないと問題の内容が理解できず次回の test で点が取れないという種類のものではない。文献（Lawrence S. Leff-3rd ed.）から1回生が比較的に間違いやすい問題を30題ピックアップして日本語訳したものを10題ずつ3回に分けて使っている。

各 test は毎回2点満点である。1問間違うごとに0.5点ずつ減点し4題以上間違えると0点となる（H18の第1回目だけは採点基準が少し違い1.5点と0.5点のグラフは切れてしまっているが、問題1から6までで1つ間違



えると1点減点、問題7から10までで1つ間違えると1点減点という採点をしているので0点と1点の人数にその分が上乗せされている)。

以下この論文では、他の講義で実施している小テストと区別する為に「肩慣らし test」と呼んでいるが、その12年間同じ問題を使った学力の測定結果からはじめたい。この test は、数学のみならずあらゆる場面で必要な「限られた時間内で完璧をめざす(あるいは、最善を尽くす)」ことを教えるのに格好な教材だと考えている。

具体的な問題の内容は、1回目については(津田 2011)に、5年間(H18～H22)の data と共に掲載している。また、2, 3 回目の内容は、本実践ジャーナルの Web Site から無料で download できる*が、(津田 2007)にも、H18 単年度の data と一緒に掲載している。

そこで、ここでは具体的な問題は省略して、図 1, 2 によって12年間の学力の推移についてみてゆきたい(H25分の3回分全部とH26の第2回分は data が散逸してしまったので空欄にしている)。

2.2 3回目肩慣らし test の満点の数が少ない

図 1 (a) ~ (c) の3つの得点グラフで、決定的な違いとして気付くことは、3回目 test での満点の人数が、他の回の test より10名近く少ないことである。図 2 (e) でみる限り12年間で4回(H22, H23, H24, H27)だけ、他の回の test の方が満点の数が少ないだけなので、1, 2回目 test より10名近く少ないのには、明らかに原因があると思われる。

そこで、3回目 test で(12年間で1回でも正解率90%未満が観測された)出来の悪い問題7題を選んで、その正解率の推移を調べてみると、図 1 (d) に見えるように、問(6)だけは、正解率が90%を超えた年が2度しかない。2.1 で述べたように難易度にはほとんど差はないと考えていたが、この問(6)がその差を生んでいる可能性が高い。更に詳しく問題内容を解析すれば現在の学生の「具体的な弱い事項」が浮き彫りにできる可能性があると思っている。

図 2 の (a) ~ (e) に各回の0~2についての得点分布を出してみた。0~0.5 レベルの学生は、大学の数学の習得には相当な困難が予想されるはずである。図 1, 2 を見る限り、特に(学力低下というような)12年間で年を追って変わってきた特徴は見られない。論文(津田 2011)において H22 までは見られた下降傾向が姿を消して、年度によるバラつきが激しく観測されている。図 2 (f) の平均点の推移にも同様の傾向が出ている。そこで、結論としては、次のことが言える。

学力は低下しているわけではないが、年によって、あるいは class によって変動が激しい。

実は、以下に述べる他の data から同様な問題点が見えて来る。

3 2つの数学講義間の成績相関

3.1 前期と後期での学生の成績の相関

当職の40年を越える教師生活で、1回生については、夏休みが済むと、前期で勉強したことはすっかり忘れてしまい、更に、前期に単位が容易に取れたせいか、後期は甘くみて勉強しないという学生が無視できない程の数に上るという傾向を強く感じていた。折角ついた勉強する習慣が、夏休みを挟んで、後期前にリセットされるのでないかという疑いである。

これに対して直接の答えにはならないと思うが、前期の成績と後期の成績の間に相関があまりないとなれば、その傍証になるかと思われる。そこで図 3 (a) では前期1変数の微積分(以下、愛媛大学での名称である微積分 I と記す)の期末試験の得点と後期2変数の微積分(以下、微積分 II と記す)の期末試験の相関を見てみた。相関係数が4割程度であった。この結果をどう見るかであるが、少なくとも、次の節での議論と同様に、前期の講義での指導の大切さが感じられる。

3.2 後期同時受講講義間の成績の相関

共通教育の数学においては、微積分と線形代数は、車の両輪のように2つの大切なメニューであって、両方ともに充分習得してもらいたいトピックである。これに対して、食べ物の好き嫌いのように、一方のみに苦手意識があるのかどうかを調べてみた。

後学期の微積分 II の(宿題点、毎回実施する小テスト点等を加味した)最終成績と線形代数 II のそれを比べた物が、図 3 (b) のグラフであって、これによると相関が8割を超えている。

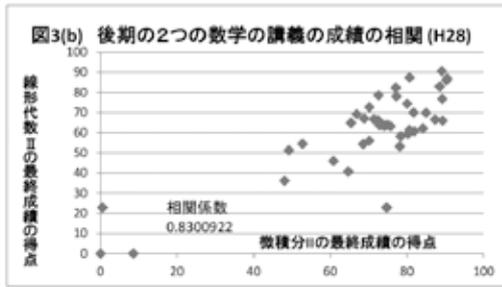
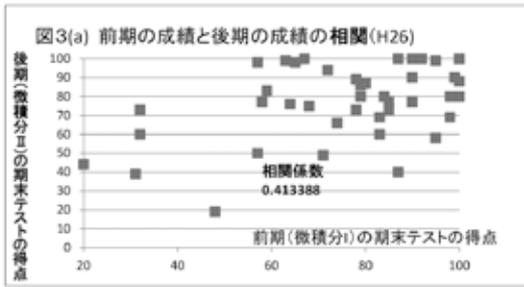
ある意味で、上に述べた好き嫌いのような物はないという結果と言える。ただしこれを見ると、入学してすぐに始まる前期の講義での指導の大切さが感じられる。前期の数学について劣等感とか苦手意識を持つと、後期あるいはそれ以降の数学の学習に影響を与えると言えるだろう。

逆に、当職の経験からは、再履修生であったが、前期に線形代数を教えてくださった先生によって数学についての考え方が変わり、後期の当職の担当する午前8時半からの講義に毎回、開始1時間近く前に出てきて宿題を解き、立派に単位を取っていった者を思い出す。

4 単位修得について楽観的過ぎる学生

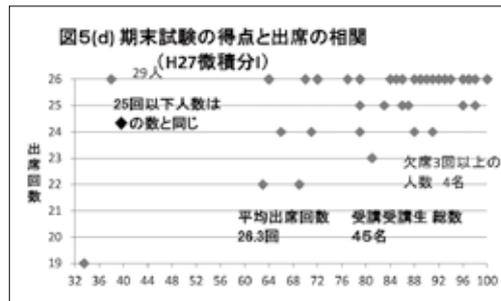
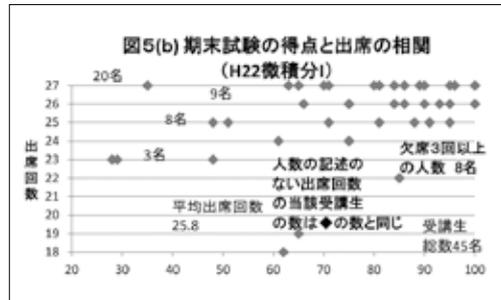
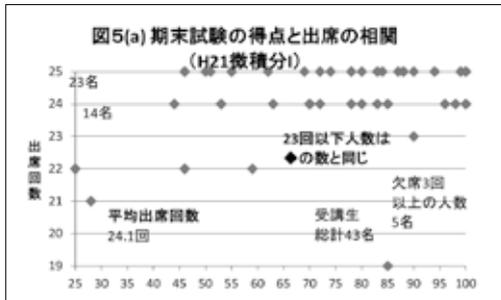
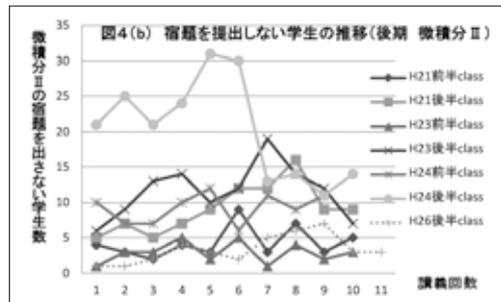
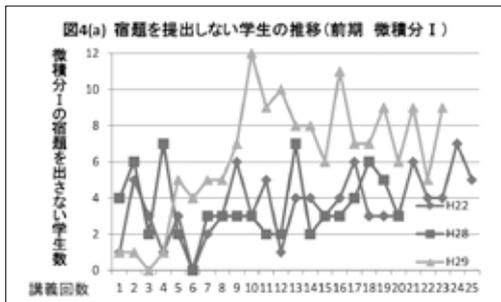
4.1 中間試験で思わず高得点を取って油断する学生数

表 1 には、期末試験で不合格(60点未満が対象で右列の data)になった者の中間試験での成績を表にしている。当職の場合、最終成績は、中間と期末の単純平均ではなく、それぞれ60点以上の得点がないと単位は認定していない。学生には「中間試験で良い点が楽に取れたと思って油断をしないように」と、何度も Guidance しているが、



H21微積分I 20 25 83 28 45 44 73 46 30 46 98 50 26 51 44 53 69 53 75 55 74 59	H22微積分I 35.5 35 63 48 68 48 75 51 41 32	H26微積分I 0 7 29 13 35 20 58 31 41 32	H27微積分I 36 33.5 25 38 28 42	H28微積分I 60 25 71 52 90 58 67 59 78 59	H29微積分I 54 22.5 61 33 93 39.5 66 40 60 43.5 50 44.5 41 50.5 80 54 65 57		
H22微積分II前半クラス 61 20 73 32 68 34 56 43 70 44 69 50 75 53 81 53	H22微積分II後半クラス 37 30 60 39 75 40 73 46 76 48 75 53 69 55 49 57 71 58 92 59	H23微積分II前半クラス 79 15 66 17 78 35 83 43 85 57 94 58	H23微積分II後半クラス 54 20 75 32 81 33 51 41 55 47 69 52 62 54 73 55 76 58	H24微積分II前半クラス 37 30 60 39 75 40 73 46 76 48 75 53 69 55 49 57 71 58 92 59	H24微積分II後半クラス 79 15 66 17 78 35 94 58 61.5 44 72 49 76 50 64 58	H26微積分II前半クラス 60 19 71 39 59 40 61.5 44 72 49 76 50 64 58	H28微積分II後半クラス 71 39 71 45
H28線形代数II前半クラス 4 10 56 30 58 39 49 43 80 54	H28線形代数II後半クラス 85 16 42 31 77 33 77 46 76 47 58 54 84 54 78 57						

表 1
期末試験で不合格(60点未満)な者(右列)の中間試験での得点(左列)



多い年で 10 名を超す学生が、その理由で期末試験不合格となっている。そこで、期末試験後の振り返りの回を利用して再試験を実施し救済措置をしている。

4.2 宿題を提出しない学生が増えている

宿題を毎回出して問題演習の大切さを言い、全員提出するように、これについても何度も Guidance しているが、提出しない。最終成績にも宿題合計点の 5% を加算することを受講生には周知しているので、その意味で付加価値をつけているはずなのに図 4 (a) に示すように提出する学生が少なくなってしまう。単位さえ取ればそれで良いと考える学生が増えているのではないかと危惧している。

平成 29 年 6 月末に公開された報告書 (ベネッセ 2017) から、多くの学生が回答している事柄で、特に気になる物を抜き出してみると

1. 「保護者からの収入が減り、アルバイトに力を入れる学生」が増加, p.7.

2. 「単位取得が難しくても興味のある授業」よりも「あまり興味がなくても楽に単位を取得できる授業」を良いと考える学生が 12.5 ポイント増加 (津田 注: そう答えた学生は 61.4% と全体の 6 割を超えている), p. 11.

当職の講義でそれを端的に示した data が、図 4 (b) の微積分 II の data である。H24 までの 2 class (「前半 class」は後期から受け持った class で、「後半 class」は微積分 I の持ち上がり class) の 6 年間の data であるが、特に H24 の持ち上がり class はひどく、4, 5回目までは受講生の半数も提出しなかった。そこで、「宿題を提出しない場合は、それを提出するべき日の小テストの得点を 0 点とする」というルールにして、どうにか不屈な学生数が一ケタ台となった。講義開始の当初から、この新ルールを適用した年の図 4 (b) の H26 class の点線によるグラフも参照されたい。

5 学生の成績と出席回数との相関及び期末試験の得点分布

この論文の初校への Referee report で指摘された項目で、次の 2 点について、当職の担当した講義で調べてみた。1 点目は、出席の悪い学生は、成績も悪いのか? 2 点目は、よく言われる「できない子」と「できる子」の 2 山の分布が、当職の実施した試験において観測できるか?

5.1 出席回数によらず高得点を得ている得点分布

数学は積み上げの学問であるから、全回出席が原則で、きちんと理解するには欠席するにしてもせいぜい 1, 2 回が限度であると認識し、学生にも Guidance してきている。ところが意外なことに、出席が悪いのに高得点 (80 点以上) を上げている学生が、統計の残っている 14 class 中 12 class の試験で観測される。

図 5 (a) ~ (f) は前期週 2 回講義 (微積分 I) で、年によって開講回数が違っているが一番上の数字 (25 ~ 27)

が、中間試験、期末試験及び再試験実施日を除く、講義を行った回数である。図 6 (a) ~ (h) は後期週 1 回講義 (微積分 II 及び線形代数 II) で一番上の数字 (13) が、上と同じ 3 つの試験実施日を除く、講義を行った回数である。これら 3 つの講義について欠席 3 回以上の受講生の数を参考までに記している。当職はこれらを一貫して担当して 30 年以上になる (津田 2006)。

図 5, 6 では全回出席した学生の実数だけではなく (同点者がいる等の理由で) 記号◆だけでは分かりにくい場合にはその回数出席した学生の実数を記している。出席回数が単位認定要件の 2/3 に足りていない受講生や期末試験を受験しなかった者 (両方あわせて、せいぜい 4, 5名) は母数から除いているが、それでも講義にギリギリの 2/3 しか出てこない学生はごくわずかである (しかし、その数は年によってばらつきがある)。

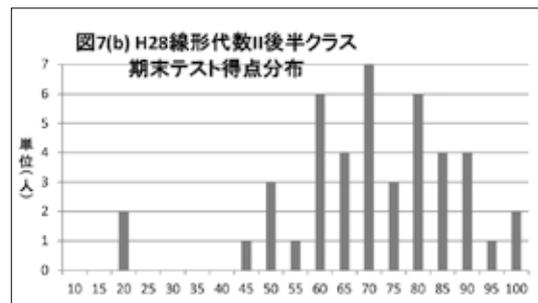
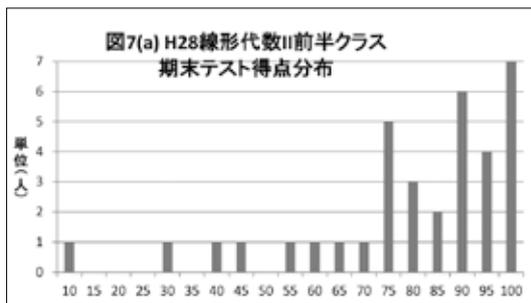
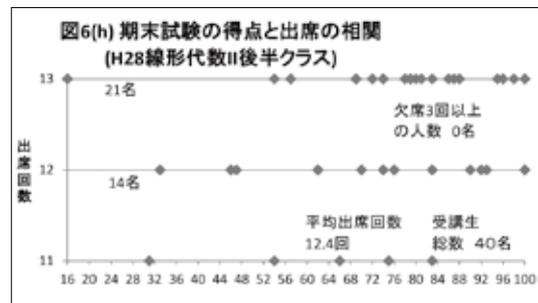
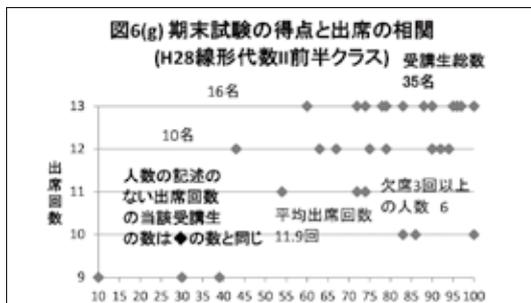
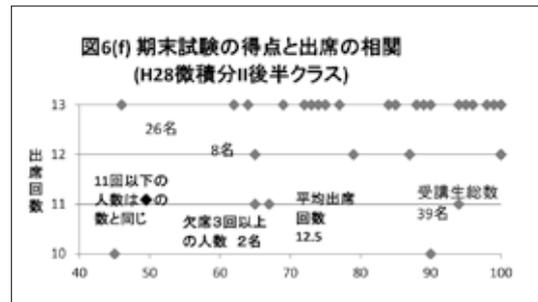
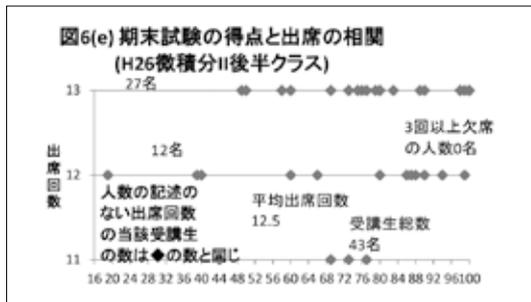
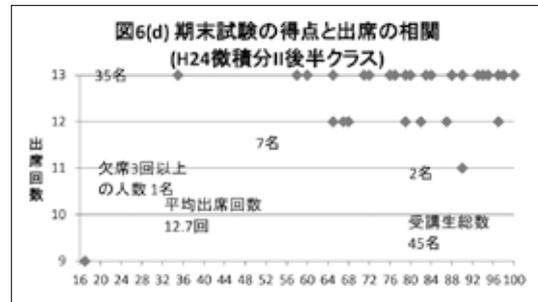
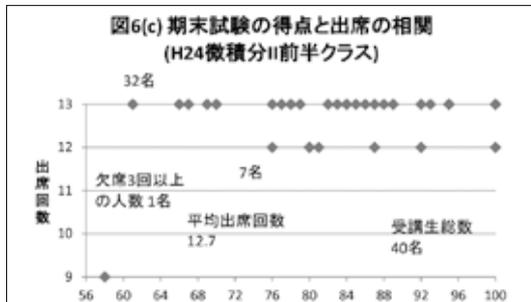
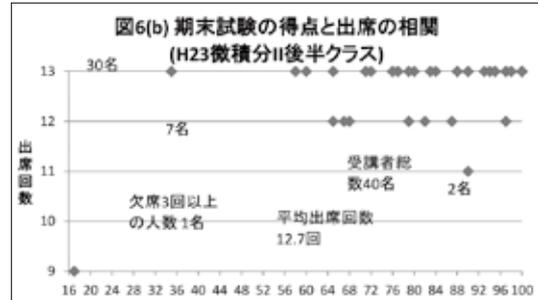
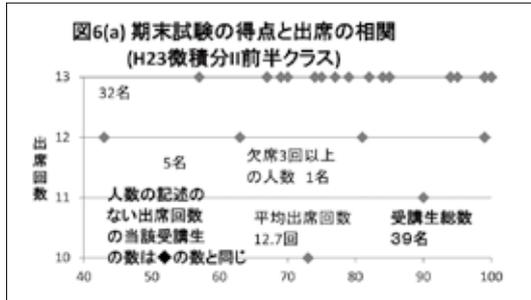
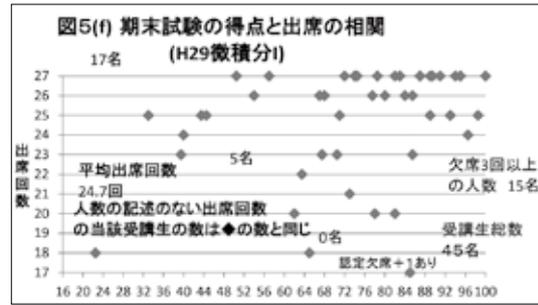
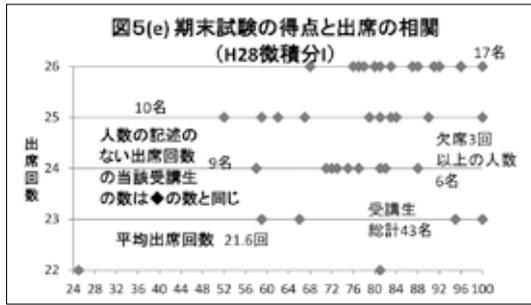
図 5 (a), (b), (e), (f) 及び図 6 (g) の class のように出席回数にばらつきが多い class の場合、欠席が目立つ学生の成績はせいぜい 70 点までと思っていたが、80 点から 90 点、年によっては 100 点近い成績を上げている者がいた。勿論全員ではないが、こちらが心配せずとも、試験の前に自分でしっかり勉強しているものと思われる。

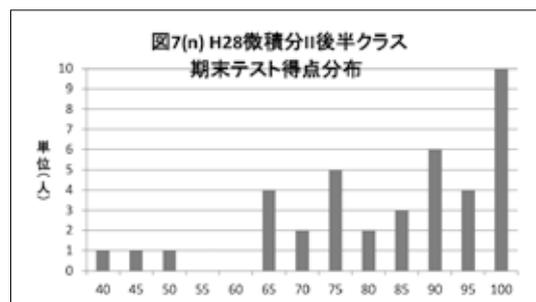
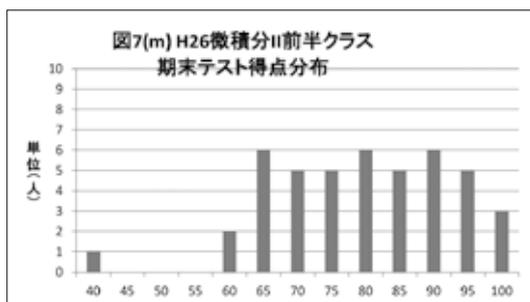
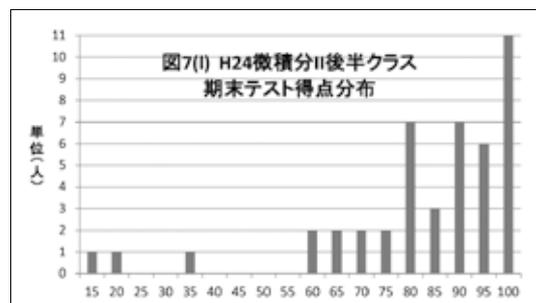
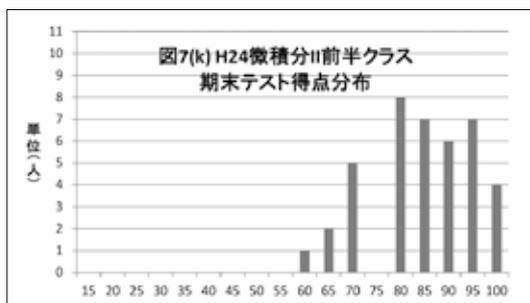
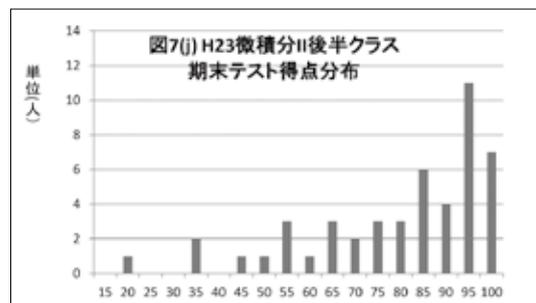
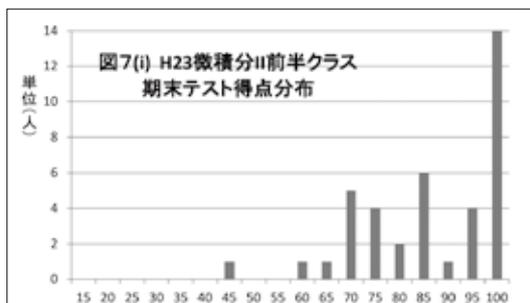
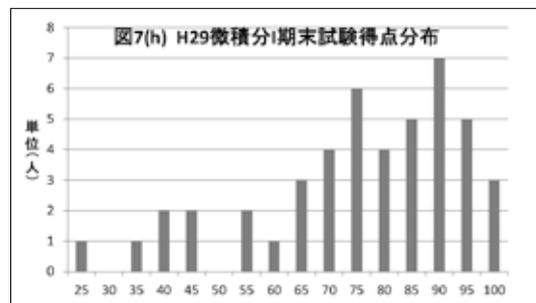
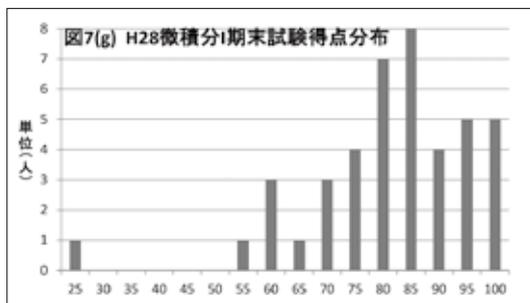
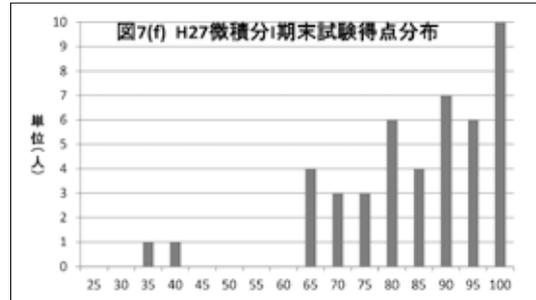
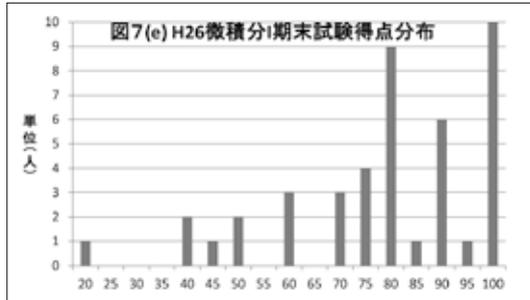
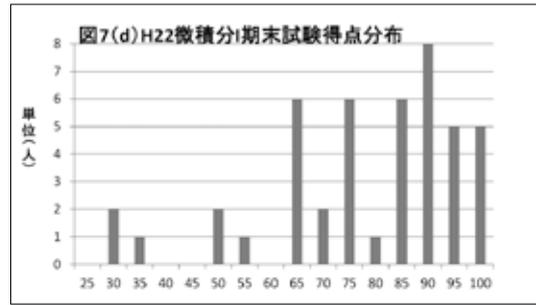
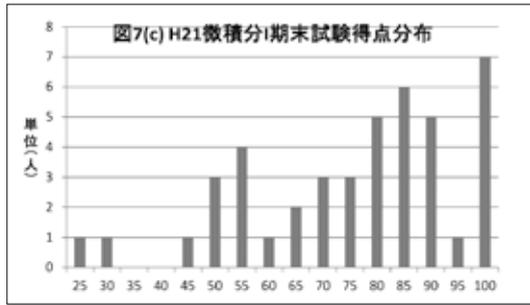
しかし、講義に出席して宿題、小テストを解くよりも 2 倍は時間がかかっているはずである。期末試験においては毎年違った問題を使い、厳正な試験を実施していることは言うまでもない。全回出席しても講義中、ずっとスマホでゲームをして遊んでいる学生の方が問題かもしれない。

5.2 2 極化しているのか (下方に尾を引く得点分布)

まず、図 7 (a) ~ (n) までの棒グラフについての注意事項から記しておきたい。ここでは、5 点刻みでグラフにしているが、繰り上げで度数を合計しているため、表 1 にある不合格者数と若干ではあるが、数に相違がある。例えば、58 点の学生は、60 点の階級に加算されており、この階級には、55.5 点から 60 点丁度までの度数が表されている (同様に 95.5 点から 100 点までが 100 点の階級となっている)。ここに挙げた 14 回の試験結果において、2 山の分布と思われる物は、図 7 (c), 図 7 (h) の 2 つ程度であろうか。

しかし、2 山というわけではないが、下方に尾を引く分布ばかりなので (図 7 (k) は例外として)、この下方に位置する者たちへの対応が必要なことは論を待たない。ただ、注意したいのは同じ試験問題を使って同じ時間に実施したケースで図 7 ((a), (b)), 図 7 ((i), (j)), 図 7 ((k), (l)) がそれであって、同じように教育してこれだけ分布が異なっているのは意外であった。確かに、当職の長年の経験では、同じことを教えているのだが、教えやすい class と教えづらい class が出てくることはよくあった。しかし、少人数をやめて、大人数 class にしても問題が改善するとは思えない。





6 求められる講義とは

6.1 元気の出る講義

40年にわたる当職の経験で、うまくいった講義のこと、あるいはそれを受けて、これから求められる講義とはなにかを議論してみたい。準備どおりにすべてうまく説明もでき、学生の反応もよく、自分自身では、数学の講義としては完璧だったと覚えている講義は、数えるほどしかない。40年間で、2,3回あるかどうかだろう。

ただ、ここで紹介したいのは、そういった種類のものとはかけ離れた4,5年前の経験である。後にも先にもこれ一回きりであるが、印象深い経験なので是非、ここに書いておきたい。

後期の講義の最終日に、講義が終わった直後に、学生がひとり、友達を連れて、当職の所に来た。そして、一緒に写真を撮ってくださいと言った。そんな経験ははじめてだったので、なぜそうしたいのかと聞いたところ、実際の会話は忘れてしまったが、「先生の講義に出ると元気が出るので、講義が終わってしまっても写真を見て元気が出るようにしたい」といった趣旨であった。

その後、その写真がどう使われたかはともかく、今になってみればもっと具体的に、講義の中のどこで元気になったのか、よく聞いてみればよかったと思うが、今となっては後の祭りである。

思い当たることというと、その年には学科長をしていて、トラブルを起こしたり巻き込まれた学生をずいぶん相手にしたのであるが、その時の当職の stance は、「とにかく学生の味方に徹しよう」という物であった。それが、暗に講義の指導の中にも出てきていたのかもしれない。

どうしたら学生に元気を出させる講義ができるのか、まだ答えは出ていないが、ひとりでもそう言ってくれた学生が出てきたことは、当職にとっては、これ以上ない勲章だと考えている。

6.2 結論と Advice

学生に元気を出させる講義を目標とするときに、規制や管理で学生を縛りつけることよりも、基本的には、イソップ童話にある「北風と太陽」のように、時間をかけて温かく見守ることが大切なのではないかと考える。もちろん、飴ばかりではだめで、鞭も必要なことは言うまでもないが、その振り分け具合が難しいところで、教師としての腕の見せ所でもあるのだろう。

また、余裕を持った時間配分や、10分程度の時間をうまく取って、ひとりひとりの学生をよく観察して、教師としての自分も楽しめる講義を目指すことが近道なのかもしれない。

当職の経験から2点だけ時間配分についての Advice を述べると、まず「色チョーク」の利用を薦めたい。数学の場合、黒板が重宝で、学生にも手を使って覚えさせ計算さ

せることが一番効果的と信じている。その場合、学生の理解のスピードが遅いのを待つ為にも、また要点の理解を助けるためにも、重要な変数などを色わけして板書することは効果的である。また、(クランツ1998)は、米国の大学数学教育の本であるが、数学を教える場合、一読の価値がある。それに載っていた分だが、時間が足りなくなり、演習を後2つする予定があるような場合、迷わず1つだけにして早めに講義を終わるべき(p.56)という Advice を当職は実行し効果を上げている。

謝辞と結びの言葉

まず2度に渡って懇切丁寧な report をいただいた Referee (査読者) に感謝の意を表したい。この論文の原稿の不備への適切な指摘と真摯な改善への提案には改めて頭が下がる。まさに限られた時間内で完璧をめざすことの大切さを実感した。Referee の Advice に従って大幅に書き直したことによって読者に著者の意図が明確に伝わることとなったと信じている。また、data 入力に歴代の工学部数学 WG 事務職員の手を煩わした。彼女達にも、この場を借りて、感謝の意を表したい。

参考文献

- ベネッセ (2017), 第 3 回 大学生の学習・生活実態調査報告書 ダイジェスト版 [2016 年], ベネッセ教育総合研究所, <http://berd.benesse.jp/koutou/research/detail1.php?id=5169>
- S. G. クランツ (1998), 『大学授業の心得』, 玉川大学出版
- Lawrence S. Leff (3rd ed.), Barron's math workbook for the new SAT (3rd edition), New York: Barron's Educational Series, Inc., 2005.
- 津田光一 (2006), 「工学部基礎数学教育の改革によせて」, 『愛媛大学工学ジャーナル』5, 9-16.
- (2007), 「これからの数学基礎教育—高校・新カリキュラムで学習した新入生を迎えて」, 『愛媛大学工学ジャーナル』6, 233-240.
- (2011), 「ゆとり教育世代の工学部学生に見られる数学力の問題点—工学部学生への5年間同一の小テストによる初等的数学力からの分析—」, 『大学教育実践ジャーナル』9, 37-42.
- *別添資料 (第2回及び第3回の肩慣らし test 問題文) は論文本文との PDF で、次の Web Site から free download 可能: <https://web.opar.ehime-u.ac.jp/books/post/5/>