

特集 — 熱測定と教育

論 文

アナログとデジタル組合せ学修の効果

木村隆良

近畿大学 理工学総合研究所

(受取日：2015 年 10 月 31 日，受理日：2015 年 12 月 2 日)

Efforts on Combination of Analog and Digital Learning

Takayoshi Kimura

Research Institute of Science and Technology, Kinki University

(Received Oct. 31, 2015; Accepted Dec. 2, 2015)

In order to help struggling students master the subjects of physical chemistry in the Chemistry department, a blended learning approach is adopted to include the following: (1) delivery of a recorded lecture by video-on-demand, (2) support from student assistants both in class and online, (3) group study and team-based learning in the classroom, (4) lectures designed to help students master the content, and (5) participative learning encouraged by the use of a clicker in class. The video-on-demand system is effective for real-time reservation of study at home. Significant positive correlations are confirmed between the degree of achievement and browse times of live video of lectures, group study, team-based learning, satisfaction with the lectures, and efficient utilization of clickers in class.

Keywords: blended learning, effort, VOD, TBL, soft clicker



木村 隆良
Takayoshi Kimura
kimura@rist.kindai.ac.jp

1. はじめに

多様化したシステムで入学してくる学生は就学している12年以上の間慣れ親しんだ受動的知識習得型学習の下でトレーニングを受けている。この学生にアクティブラーニングといわれる能動的学修によって問題発見能力や問題解決能力を効率よく習得させることができるのかについては高等教育の大きな課題である。西洋文化の発祥とされている古代ギリシャに於いては議論が重要であるとされており、文化の発展に寄与した。また法華経にも釈迦がその後の高僧といわれる弟子たちと対話から教義を伝えている様子が書かれている。¹⁾ 弟子の質問への釈尊の返答が質問者の能力に応じ、身近な例題を用いて平易な表現で答えられている。近年教育法ではデル・コーンとして学修の効率的な方法論が取り上げられている²⁾ が本邦では一般市民階級には寺子屋制度があり、年長者が若年層を教えるところが描かれている。³⁾ また薩摩藩では郷中教育といわれる組織的な教育システムがあり、⁴⁾ 進んだ独自の学修制度の運用がなされ、その後の組織の活性化に役立っていたものと考えられる。しかし明治以降の急速な異文化の取り入れのため方法論が変わり、ボロニア大学で始まった知識受動型⁵⁾ になったのではないかと考えている。さらに高等学校での科目選択制の導入により高等学校で履修していない、受験のための暗記一辺倒から抜け出せない、すぐに解答を求め思考過程の熟成を拒むいわゆる中高の中級優等生など受験対策講座のもと受動型学習形態を抜けられないなどの問題を抱える受講生が増えている。またあまりにも個人指導と謳っている教育産業の下に育ったため、自ら必要なものを選択・修得できない。また多人数の講義では主体として参加できない問題もある。この自発的動機付けの欠けている受講生を主体として参加している意志を持たせ、効率よく理解度を上げ、自己啓発のスパイラル軌道に誘導するため、① ICT (Information and Communication Technology) の効率的利用、② ファシリテータの活用、③ 双方向講義支援システム④ TBL (Team-Based Learning) の導入など、アナログおよびデジタルのアクティブラーニングの種々の手法を組み合わせた学修を実施した。

2. 教育改善の方法

当初は講義を撮影したビデオと PowerPoint (PPT) を Producer (Microsoft) で編集していたが、⁶⁾ その後 PowerRecc SS (フォトロン社) をもちいて編集、アップロードした。提示したビデオ (PPT ならびに受講生との双方向講義の特徴である講義中の受講生とのやり取り、そのための板書などをマルチウインドウにしたもの 8713 本) をストリーム方式で配信した。配信のポータルは Learning Management System (LMS) で最もよく使われている Open source システムである Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment (MOODLE) ⁷⁾ を利用し、オンデマンド学修が可能にした。また課題、レポート、反転講義用の材料も MOODLE から提供した。MOODLE は利用状況がオンタイムで把握でき、個々の受講生の閲覧状況などをモニターしながら、学習意欲向上への示唆やエンカレッジなど、個々の受講生に対応することができる。また一方的な情報提供のみでなく、受講生からの意見の提案、受講生同士の意見の交換、Teaching Assistant (TA) である上級生によるサポートが可能なバーチャルクラスおよび e-ポートフォリオを用いた学修履歴の管理による学修状況の把握をおこなった。

受講生は教室で突出をよしとしなく、自らクラス全体に意見を発言することに慣れていない学生気質の問題、さら

には講師の発問にも応答が少なく受講生の理解度や出題した正答状況の把握が難しい問題がある。そこで受講生がいつも手慰みに使っているスマートフォン (携帯を含む) を活用して、発信者不特定の反応であると認識しているソフトクリッカー (Mentimeter) ⁸⁾ を用いて意見を収集・集約した。個々の投票状況は発信と同時に動的にスクリーンに提示されるので、発信者はスクリーン上で自らの立居を周りに知られない状態で確認できることにより向上心と安心を確認することが出来る。また講師は教室全体の様子が集計され、理解度の分布が把握できる。いわゆる無記名アンケートとして講師・受講者間の情が ICT を通じて互いに理解しながらインタラクティブな講義手法として活用した。

また KJ (川喜多次郎) 法⁹⁾ や Team Based Learning (TBL) などの教室内でのアナログ的な方法論を併用し、教室の活性化と能動的学習のサポートを図った。さらに上級生が TA として参加し、教室におけるファシリテータならびにサポーターとして役割を担って頂いた。本成果の調査の対象は2学年で、既に1年次前後期に同じシステムを使った経験のある受講生である。本報告での集計対象の講義は毎週水曜日に開講する化学熱力学および演習90分2回のクラスで、単位未修得の3年生及び4年生が若干受講している。

3. 改善効果と確認

3.1 講義ビデオの閲覧状況

収録した講義コンテンツの閲覧状況は2005年から測定している。2015年度のアクセス回数の経時変化の一例を Fig.1 に示した。受講生の収録講義コンテンツの閲覧状況は集計開始以来、通信回線の急速な充実による効果以外大きな変化はなく、臨時試験や定期試験直前の閲覧は通常の10倍にも急増しており、自宅などの学外からの閲覧することで、真剣に復習に取り組んでいる受講生の様子が確認できる。

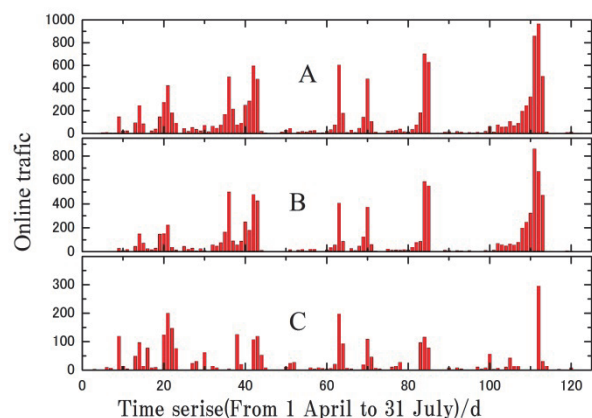


Fig.1 Browse history of lecture videos from 1 April to 31 July, 2015: A, all browse; B, browse from outside of university; C, browse from university's system.

自宅などの学外からは試験などの実施日の数日前から閲覧が増え、試験実施日の直前には学内から最も高い閲覧回数を示している。また試験終了後の閲覧もあり、内容確認のために閲覧している受講生がいることを示している。受講生の閲覧時間を調べると Fig.2 のようになり、深夜 (22時から2時) を中心に土日もアクセスがあり、この傾向は講義収録コンテンツの閲覧 LOG を取り始めた 2005 年以来同じである。^{6,10)} しかし学年によって最大値が 23 時から 2 時の間で分布している。また今回は最大値の半値幅が大きくなっている。Fig.2 で学内からの利用が 13 時を中心に近いのはこのクラスの受講生が講義の空き時間に本システム

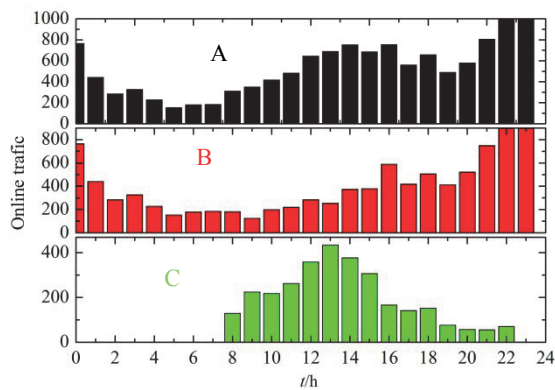


Fig.2 Access hour from class member: A, all online traffic; B, online traffic from outside of university; C, online traffic from inside of university.

を活用していることを示している。この講義は水曜日に開講されており、**Fig.3** に示したように講義日の前日の火曜日ならびに当日の水曜日に閲覧が多いのは講義の予習と復習がこのサイトを通して行われているということを示している。またこの学年は金曜日に実験科目があり実験の予習やレポート作成で時間を割く必要があり、他の科目を復習する余裕がないため、木曜日から閲覧回数が少なくなっていると考えられる。

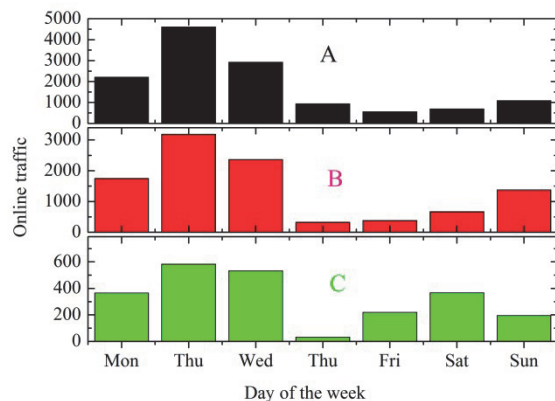


Fig.3 Weekday access for class member: A, all access; B, access from outside of university; C, access from inside of university.

講義の受講のみで完全理解できる受講生を除いて、受講生の空いていると感じた時間にデジタルネイティブといわれる世代はインターネット環境の充実で閲覧コンテンツがあればオンデマンドで閲覧していることを示している。受講生がその得意とするところで反復復習できるコンテンツの提供が重要ではないかと考えられる。また病気や怪我などで講義に出席することができなかった受講生に対する十分ではないが自力回復のサポートになると考えられる。実際交通事故で相当欠席した受講生も、当人の努力はあるものの十分理解の程度まで到達している。E-learning 講座ではなく、対面講義を重要として設計した科目であるが受講生並びに講師の時間の効率的活用に役立つと考えられる。

3.2 アクセスする URL

受講生がアクセスする講義収録のコンテンツについては **Fig.4** に示したように大きな変化はなく、1 講義あたり平均

103 回で標準偏差が 18 回、 2σ 以上の偏差で有意差のあると考えられる 1 件は講義のテンポが悪く講義時間中に十分な補足説明ができなかったものであると思われるものであった。また **Fig.5** に示した出題した課題については 2 つのグループに分かれた。**Fig.5** に赤で示したいわゆる数式解法や選択解問題、一定のテーマに対する論作文のレポートの提出はスクリーンでの入力や課題の Download とレポートの Upload のためのアクセスであったと考えられる少ないアクセス状況であった。しかし **Fig.5** の青で示した実験ビデオコンテンツを準備し、何が起きているのかという観察をまとめ、現象の論理的説明を求める探求的課題は、何度も実験ビデオコンテンツを閲覧し、確認してレポートを提出しているため閲覧回数が多いと考えられる。これは実験観察を通じて問題の発見と解決能力を講義した内容の応用として適応するもので、単なる穴埋め式や選択問題ではなく、講義内容の演習として有用に働いていると考えられる。

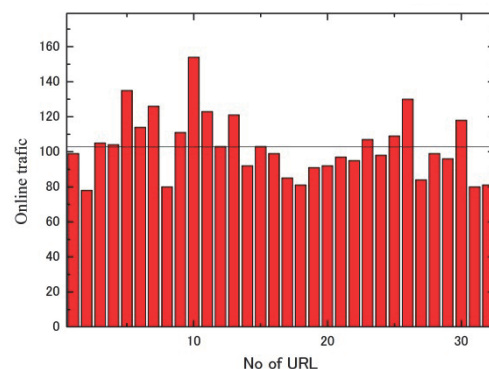


Fig.4 Online traffic for lecture video files: line shows average.

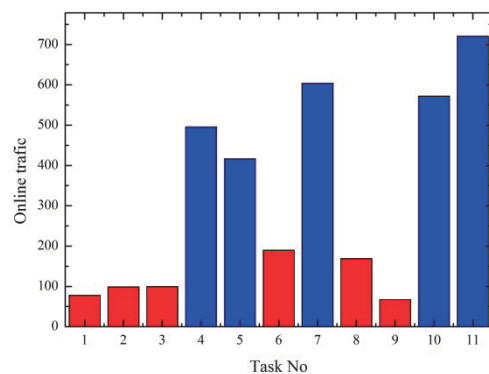


Fig.5 Task number and online traffic: red column, multiple-choice question; blue column, inquisitive question.

3.3 講義ビデオの閲覧と達成度

この収録した講義ビデオコンテンツの利用状況と講義内容理解の達成度の一例を **Fig.6** に示した。本システムの利用率と達成度は Logistic function 状の関係がみられた。これは一定の理解度に到達する時間の個々の問題なのか、問題点の把握ができていないのか、ストリーム配信の活用方法が不十分なのかなどの要因がある。そこでストリーム配信の活用方法を紹介すると、次semesterでは同じ科目で同じ難易度の受講生に適応し、検証はできないが長時間の閲覧でなければ理解度の向上がみられないケースは殆ど現れなかった。但し受講生の閲覧状況を追跡すべくストリーム配信としたが機能の高い Video Capture がネット上で公開さ

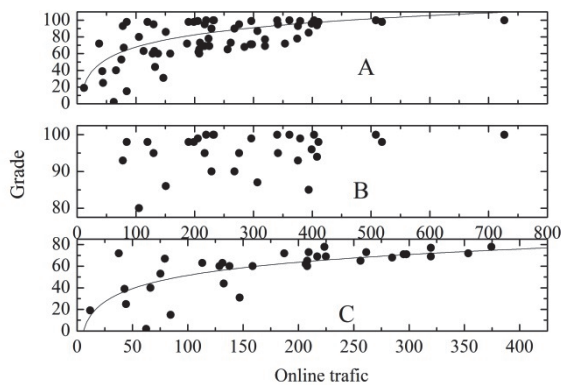


Fig.6 Online traffic and grade: A, all participants; B, participants with over 80% grade; C, participants with under 80 % grade.

されているので、閲覧状況を表すパラメータとしたアクセス数は Video Capture したファイルを利用している場合は見かけ上少なくなっている可能性がある。また本システムの概要は入学時ならびに講義の最初の時間に説明しているが、デジタルネイティブ第一世代と云われる世代は不明点をマニュアルで読むのではなく使ってみるから使えるが多いため、利用度に応じて活用方法に差異があるためではないかと考えられる。しかし 30 回の講義(週 2 回 15 週開講)では 200 回以上の利用で及第点に達しないものはいなかった。また優・秀の達成度で分類される受講生の範囲では、突出して利用しているものを除いて明確な利用度と達成度の相関がみられない。この領域の受講生は講義中に十分理解しているものと努力しているものと分かれるものと考えられる。また不明ポイントを理解するため、ビデオの URL を効率よく利用しているものと考えられる。

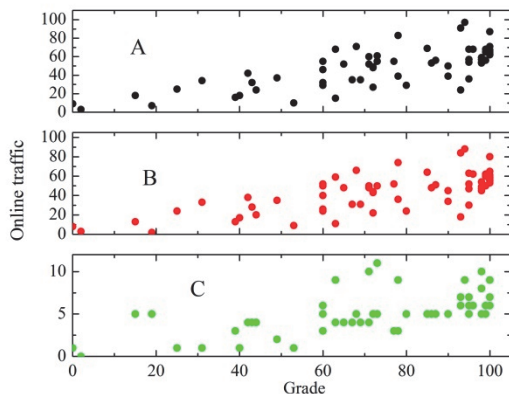


Fig.7 Online traffic for tasks and grade: A, all tasks; B, tasks that include experiment videos ; C, simple tasks.

また前述のように 11 件の出題形式の異なる 2 種の課題を出題しているので課題コンテンツへのアクセス数と達成度を出題順に従って **Fig.5** に示した。download した出題と内容を転送してもらったという受講生もあり、アクセス数は就学時間を正確に表すパラメータとして若干の誤差を持つ可能性がある。しかしよい級友を持ち転送を主に利用した受講生を除いて、25 回以上課題の閲覧と提出などに利用した受講生には及第点に達しなかった受講生がいなかった。**Fig.7A** の全体での相関係数は 0.732 であり、課題への取り組み度と科目の達成度の有意性が認められる。達成度の 79 以下の低い受講生の相関係数は 0.721 であるのに対して、達成度 80 以上の受講生の相関係数は 0.363 で 2 倍以上の高い値が得られた。また自ら観察し、考察、レポートを作成

しなければいけない課題の出題はいわゆるネット検索してコピーペーストができないため、実験結果の繰り返し観察することにより演繹の実力向上につながったものと考えられる。達成度 80 を超えるも受講者についての達成度は学修時間との相関はほとんどなく、学修方法にポイントが移動しているのではないかと考えられる。ただしできるだけ効果を正確に把握するため最初の講義でコピーペースト判定支援ソフトを使用していることを通知し、その適応結果を示し、コピーペーストによる科目内容のトレーニング低下を未然に防ぎ、抑止を促すようにした。

3.4 ICTによる双方向講義の効果

講義の全体の満足度は 2005 年から 2014 年までの入学生に対して 3.28/4 標準偏差 0.08 で、あまり大きな変化は見られなかった。しかし、講義への集中度や成績については教室において前の方に座る受講生ほど成績が良く、¹¹⁾ 着席の座位との相関は後部座席が集中度に欠くことが多いことはよく知られている。¹²⁾ そのため講師との距離を近づけるとよいとの報告もあり、¹³⁾ 机間巡視を頻繁に実施している。特に演習などのときは頻繁に巡視を行い、声掛けを行っている。また巡視中、個別対話から見つけた全体の問題と思われるものは、壇上で詳細に補足説明を行っている。しかし、全員を前列に着席させることもできなく、机間巡視は講義者が通過している周りに声をかけ反応してくる受講生のみに対応できるので、講義に対する参加意識の向上には繋がっていなかった。そこでデジタルネイティブである受講者の動向に合わせて、特別な設備なしでも使えるソフトクlicker を使い、LMS (Learning Management System) のアンケート機能を活用して集計し、その結果をオンタイムでスクリーンに投影した。このクlicker 機能を使った前後の学年の結果を **Fig.8** に示した。スクリーン上には不特定の受講者からの投票の様子が動的に表現される。また投票本人はどの投票であるかが認知でき、自らの立居との比較ができる利点がある。

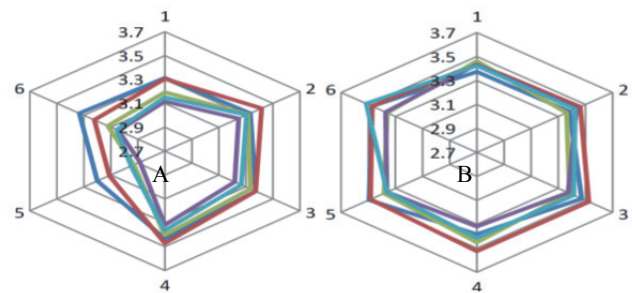


Fig.8 Example of student's seat position and various degrees of satisfaction(four degrees of classification): A, without clicker; B, with clicker. Seat position: — , right front; — , left front; — , middle; — , right back; — , left back. Question; 1, understand; 2, new discovery; 3, teaching content; 4, fruitful; 5, increase in concentration; 6, overall satisfaction.

動画表示クlicker 機能の活用によって教室における学生の座位による満足度の平均は 3.23 ± 0.08 から 3.42 ± 0.06 となり、6 件の質問に対する全体の満足度は 6 % 上昇し、標準偏差は 25 % 減少した。特に授業に興味を持ち集中できたかという問いに対してはクlicker の使用前後ではそれぞれ 3.02 ± 0.13 ならびに 3.42 ± 0.06 となり、約 13 % の満足度の上昇であり、その標準偏差は 51 % の減少となった。これらは座位による満足度の差が少なくなり、受講生全体が講義に参加しているという意識が増加した結果と考えられる。ま

た受講生はインパクトの高い動画を見る機会が多く、静止画では効果が上がらない可能性も否めない。また個別対応型教育に慣れた受講生には、単なる机間巡視では講義に参加しているという意識の向上が期待できなく、講師が近く行っても自発的に質問ができないという傾向が強いものと考えられる。

3.5 グループ学修の効果

課題解決型グループ学修において、Johnsonら¹⁴⁾の定義からよりスリム化した次の四つの提案が関田ら¹⁵⁾によってなされている。① 互恵的相互依存関係の成立、② 二重の個人責任の明確化、③ 促進的相互交流の保障と顕在化は異質で編成、④ 「協同」の体験的理解の促進。このグループ学修するための理想的な状態には、インフラ整備が必要になる。しかしインフラ整備なしで、通常の固定机教室の前後の着席間で実施した。利点は実施においては場所の移動、着席などの配置の入れ替え、隣との隔離、役割分担の決定などの諸々の準備の時間を節約できることであり、議論できる時間を取ることを主として、予告なしに講義の適当な区切りに開始した。例えば、Fig.9に示した化学熱力学の問題であるジオキサン水溶液は濃度により発熱反応から吸熱反応に変化する特異な過剰熱力学の挙動を示す。¹⁶⁾

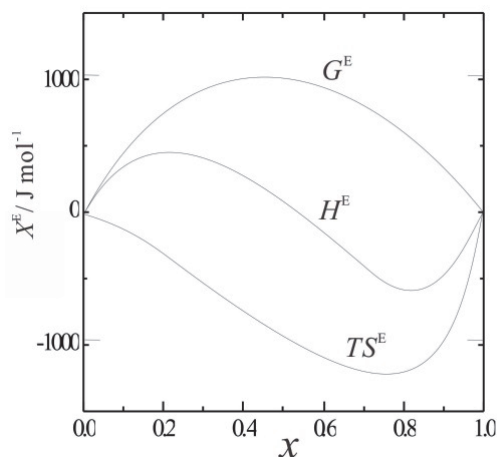


Fig.9 Excess functions of 1,4-dioxane+water at 298.15 K.

理由を論題として時間を取り、ピア・レスポンスを行い代表者に発表してもらい、ディベートとする。このグループ学修の1週間後に論述課題として出題し、その結果をグループ学修なしの以前の結果と合わせてFig.10で比較した。採点は10項目における論述が正しいどうかの評価基準である。明らかにグループ学修後の達成度は高く、平均および標準偏差をTable 1に示した。グループ学修後の受講者の達成度分布は非常に多くの者が満点に達する結果となった。グループ学修のない場合は64%が及第点に達せず、再度の説明を行った。しかしグループ学修を行うと僅か4%までに減少した。また33%の受講者が満点となるなどその効果は大きいことが明らかになった。Table 1に示したように、この効果は2014年度、2015年度とも結果はほぼ同様であり、僅かな違いは学年差の範囲であると考えられる。

このように論述系の課題ではグループ構成員がそれぞれの立場から多角的な検討材料をグループ全体に提供することで、グループ全体が問題点を網羅することができた結果と捉えてもよく、能動学習の効果が表れたものと考えられる。

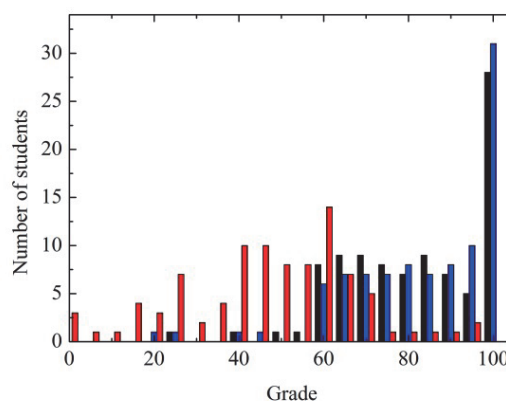


Fig.10 Grade of extra examination: red column, without group discussion; black column, results with group discussion in 2014; blue column, results with group discussion in 2015.

Table 1 Grades with and without group discussion.

	Average	Std
Run in 2015	85.9	16.0
Run in 2014	80.6	16.5
Without run	46.9	20.5

Std: standard deviation

3.6 最終試験への効果

最終試験でのクラスの成績順位と達成度について、上記のデジタルとアナログのサポートを導入していない時期の同科目について、2013年度から2015年度について比較した結果をFig.11に示した。Fig. 11の赤丸で示したデジタル並びにアナログのサポートがない年度の60点の達成度は60%であったが、黒丸および緑丸の両サポートのあった年度はそれぞれ96%および92%であり、大きな差異が見られた。また青丸のクリッカーを使用していなかった場合の達成度は78%であった。デジタルおよびアナログ方式での多重のサポートであるブレンディッドラーニングにより、学生に科目への興味の鼓舞と予復習の材料をオンデマンドで受講者中心に提供することによって、特に達成度60点以下の学生数の減少が顕著であったと考えられる。

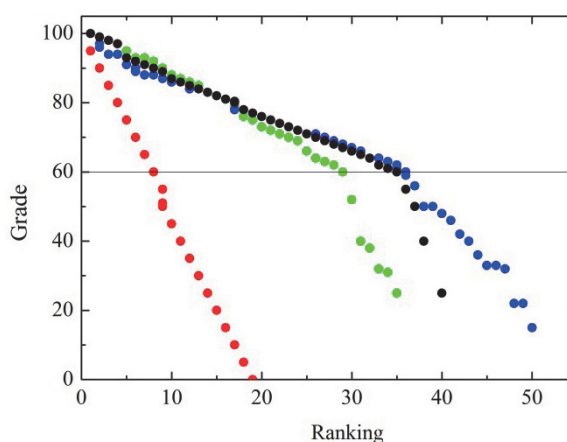


Fig.11 Grade and ranking: ●, for 2015; ●, for 2014; ●, for 2013; ●, without system-used ICT and analog method.

4. まとめ

講義収録ビデオなどの予復習の材料をネット上に準備すれば、受講生は理解度向上のためにそれぞれの都合に合わせて、閲覧しており、自発的能動学習を涵養していることが示された。特に自宅から休日なども利用しており、講義収録ビデオの閲覧と科目の達成度に正の相関があった。また単なるドリルや数式演習でない実験ビデオから観察、まとめ、論理立て、結論を導く形式のLMSからの探求課題の出題は底辺を活性化するために効果が大きい。いわゆるネットなどから単純に参照できない課題が問題発見・解決能力を醸成すると考えられる。専用システムでないWEBクリッカーでも参加型の講義を運用することが可能であり、教室での前後などの座位の違いによる講義への参加の満足度に差異がなくなり、受講者個々が主体とを感じる講義が運営できることが示された。科目の理解度と進度に対応したサポーター（TA）を導入した演習講義、グループ学修により多面的考察法を加えることにより、受講者主体のクラス運営が進み、理解度の向上への効果が見られた。特に論述系の科目におけるグループ学修の活用は、効果的な学修結果が得られたのではないかと考えられる。

入学時に最初の講義でKJ法並びにノート作成法を指導、実験科目ではフローチャート作成を課し、問題点の指摘を行っている。しかし、講義の予習についてはクラス全体が十分に行っておらず、反転講義などを効率的に運用できていない理由ではないかと考えられる。また、3年生でSA（Student Assistant）として参加した学生はほとんどが教職の希望者であり、大学院に進学した者を除いてほとんどが教員採用試験を合格し、現在中学・高校で教鞭をとっている。このことはデル・コーンで知られるように、教えることが最大の理解することであることを示している。これらの学生にファシリテータを担ってもらったが、この実績を社会的に評価するシステムが必要ではないかと考えられる。今後ICT技術の更なる進歩による充実したサポートと先達（上級生など）による人的サポート法がそれぞれ進化し、それらが共鳴したダブルサポートがアクティブ・学修を確実にするものと考えている。

謝 辞

ファシリテータとして活躍してくれた多くの3年生、講義のビデオ収録などに協力していただいた物理化学研究室の大学院生、4年生に感謝いたします。

文 献

- 1) 柳澤桂子, 「生きて死ぬ智慧」, 小学館 (2004).
- 2) Edgar Dale, Audio-Visual method in teaching, NY Dryden Press (1946); 西本三十二 (訳): デールの視聴覚教育, 日本放送教育協会 (1957).
- 3) 一寸子花里, 文学万代の宝 (1847); 東京都立図書館所蔵.
- 4) 安藤保, 鹿児島大学教育学部研究紀要 **42**, 199-213 (1991).
- 5) Università di Bologna, www.unibo.it
- 6) T. Kimura, *Jpn. Soc. Inform. Sys. Edu. Res. Rep.* **20**, 43-48 (2005).
- 7) Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment (MOODLE ver. 2.8.5+): <https://moodle.org/> はサーバー (PowerEdge R210 II, CentOS 7.0 x 64, デル株式会社) 上で運用した。
- 8) Mentimeter: <https://www.mentimeter.com/>
- 9) 川喜田二郎, 発想法—創造性開発のために, 中公新書

- (1967).
- 10) 木村隆良, 平成20年度全国大学情報教育方法研究発表会資料集 64-65 (2008); 木村隆良, 大学教育と情報 **18**, 9-11 (2010).
- 11) F. D. Becker, R. Sommer, J. Bee, and B. Oxley, *Sociometry* **36**, 514-525 (1973); W. B. Holliman and H. N. Anderson, *Teaching of Psychology* **13**, 200-203 (1986).
- 12) A. I. Schwebel and D. L. Cherlin, *J. Edu. Psychlogy* **63**, 543- 550 (1972).
- 13) ロバート・ソマー, 人間の空間 (5章), 穂山貞登訳, 鹿島出版会 (1972).
- 14) D. W. Johnson, R. T. Johnson, and E. J. Holubec, Circle of learning: Cooperation in the classroom (4th ed.), Interaction Book Company (1993).
- 15) 関田一彦, 協同と教育 **1**, 10-17 (2005).
- 16) G. N. Malcolm and J. S. Rowlinson, *Trans. Faraday Soc.* **53**, 921-931 (1957).