

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 24 日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501213

研究課題名(和文) 落ちこぼし学生の早期発見と、学修改善指導支援環境の整備に関する研究

研究課題名(英文) A Study on Support Environment System for Teachers to Improve Student's Learning Attitude

研究代表者

小林 浩 (KOBAYASHI, Hiroshi)

東京電機大学・情報環境学部・教授

研究者番号：00349804

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：テスト得点や出欠などの学修データをeラーニングシステムから収集し、過年度のデータと照合することによって履修中の学生の単位落とし率を推定の上、単位を落としそうな学生とその要因(学力不足や多欠など)をリストアップし、推定単位修得率を記載した励ましメールを配信する学修改善指導支援環境を整備した。1/3セメスター経過時点で励ましメールを半数の学生に配信し奮起を促したところ、推定単位修得率が低い学生ほど学修改善効果(成績や出席率向上)が見られた。さらに、学生ごとのテスト偏差値の推移や年度ごとの特徴をニューラルネットワークに学習させた結果、推定誤差を従来の最大20%から10%未満に抑えることができた。

研究成果の概要(英文)：The support environment for teachers to improve student's learning attitude was developed. It estimates the rate of students failing classes based on the comparison of collected data of the test scores and attendance records from the e-learning system with the data in the past years. It identifies students at risk of failing classes and their factors such as deficiency in academic skills and excessive absence, then it sends them emails of encouragement with estimated acquisition rate of unite.

Emailing half of students with encouraging messages to prompt them to study harder at the time when one third of the semester passed appeared to help improve their academic performance (test scores and attendances), especially among students with the lower estimated acquisition rate of unit. Furthermore, estimation error was reduced from the maximum of 20% to below 10% by inputting data of trend in each student's standard test scores and characteristics of them in each year to the neural network.

研究分野：情報通信，ネットワーク，教育工学

キーワード：教育工学 学修改善指導 e-learning

1. 研究開始当初の背景

(1) ICT 活用による学修支援への取り組み

先進国を中心に、青少年の現状への安住志向による意欲の減退が懸念されている。ICT 活用による学生たちの学修支援など、様々な取り組みが行われている。

研究代表者らも、これまでに ICT 活用による学修意欲の向上などの教育工学に係る研究に取り組んできた。その一つが、GPAS 法 (Grouping in the Plane of Accumulated GPA and normalized Score) を用いた ICT 活用授業の有効性評価手法の提案である。これは学生たちの ICT 活用度合いと頑張り度合い (帰帰成就値) との相関性を調べることによって、それまで難しかったセメスター内の授業改善へのフィードバックを可能にした。

また、「問題文中への解答挿入機能」や「選択対象絞込み機能」などのスマートツール (ST) を搭載した WBT (Web Based Training) ベースのドリル型学修支援システム e²-ELM を開発した。研究代表者らが担当する学部授業科目「インターネット総論 A, B」にて試験運用を行っているが、解答効率の向上をもたらす ST が学修意欲を喚起し、ひいては学修ののびに効果的なことを確認している。

(2) 学修改善指導への視点

しかしながら、こうした取り組みを行っても学生たちの多様化には応じきれず、落ちこぼれていく学生は少なくない。このため、授業出席率と成績評点との相関性を調べ、成績下位者は欠席が徐々に増え、それが常態化し単位を落としやすくなる、すなわち学生が「落ちこぼれていく」のは授業に欠席するのが原因で、授業への出席を促すべきであるなど、学生たちへの学修改善指導の模索が始められているが、いまだ確たる方法が見出されていないのが実情である。

これに対して、研究代表者らは、「学生たちが授業を欠席することが、単位を落ちこぼす主要な要因なのだろうか」、「徐々に出席率が低くなっていくのであれば、学修改善指導すべき判定基準や時機を適切に設定できるだろうか」との疑問を抱き、教員が学生たちを「落ちこぼしていく」という視点に立って、上記授業において e²-ELM を介して収集した学修データをデータマイニング分析した。その結果、落ちこぼし候補 (単位を落としそうな) 学生を早期に発見し、教員による学修改善指導を支援する環境を整えられる可能性が見えてきた。

2. 研究の目的

(1) 学修データ分析から得られた知見

研究代表者らが担当している 2010 年度後期授業科目 (履修者 146 名) にて、講義資料などの参照を可とする小テスト、章単位で行う理解度考査、さらに学力考査 (中間・期末時) の得点などの相関を調べたところ、テ

ト種別間には中程度～強い相関が認められたが、出席率とテスト得点の間には相関がなく、また出席率と成績評点の間には弱い相関が認められた。さらに、これらの学修データから欠席不含偏差値 (欠席したテストは除外) と欠席加味偏差値 (欠席したテスト得点=0) を求め、授業の進行に伴う単位落とし率の推移を追跡した結果、以下の知見を得た。

学修改善指導はセメスター前半のできる限り早い時期に行うべきである。

欠席不含偏差値と欠席加味偏差値とを組み合わせれば、落ちこぼし要因別に学生群を分類できる (図 1)。

過去の学修データを蓄積し現在進行中の授業の分析に適用すれば、セメスター開始後 1 ヶ月程度の早期に任意の偏差値または単位落とし率で、落ちこぼし候補学生をリストアップできる。

“学力不足学生群”には学修支援センターなどでの補習、“多欠学生群”には授業出席の督励、“学力不足+多欠学生群”には両方を基本指針として学修改善指導を行い、これらの改善指導を通して授業法の課題を把握し授業改善へフィードバックすべきである。

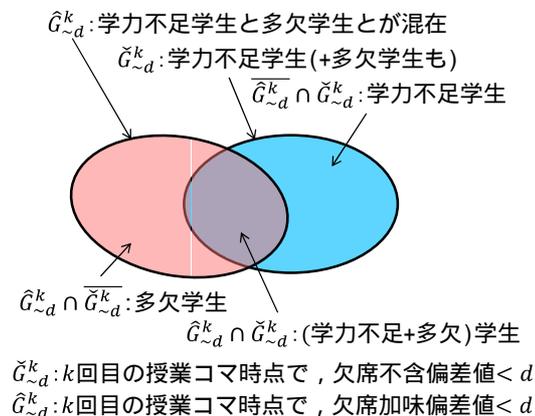


図 1 落ちこぼし要因による学生群の分類

(2) 本研究の目的

以上の知見は、1 授業科目 1 セメスター分の学修データから得られたものである。ただし、分析は Excel ベースで行ったため、その作業には多大な人手と時間を要した。

本研究は、図 2 に示すような学修改善指導

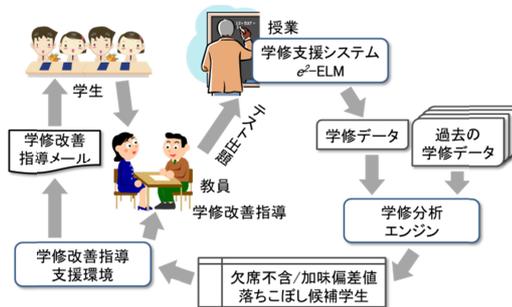


図 2 学修改善指導サイクルの概念

サイクルの構築を目指して、学修データの分析エンジンと学修改善指導教員の支援環境の研究試作を核に、これらと e²-ELM との連動、落ちこぼし候補学生の早期発見手法の確立と学修改善指導ノウハウの蓄積、さらに他授業科目への適用を通して学修改善指導ノウハウの共有化を図っていくことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 研究計画

本研究は二つの研究フェーズからなる。前半の基盤形成フェーズは、研究代表者らの担当授業を適用例として学修改善指導の基盤形成を目指すもので、本報告の対象である平成 24 年度から 26 年度までの 3 年間にわたって実施した。後半の汎用化展開フェーズは、前半での研究成果をベースに他の授業科目へ広く適用することを目指して汎用化と落ちこぼし候補学生への学修改善指導ノウハウの共有化を図っていく。

以下に、基盤形成フェーズの中核をなす学修分析エンジンの研究試作、学修改善指導教員支援環境の研究試作、学修改善指導ノウハウの蓄積に係る研究の方法について述べる。

(2) 学修分析エンジンの研究試作

概要

分析コア部とインタフェース部とからなる。前者は、統計処理用の R 言語で記述した。授業ごとに実施するテストの得点や出欠などの学修データを、e²-ELM からインタフェース部を介して収集する。テスト難易度の影響を除くため、各テストの平均点と標準偏差がどのテストも同一になるように、テスト得点の偏差値への変換、欠席不含偏差値と欠席加味偏差値の算出、過去の学修データとの照合による単位落とし率の推定、落ちこぼし候補学生のリストアップと落ちこぼし要因（学力不足や多欠、学力不足 + 多欠など）判別などの処理を行う。

単位落とし率の推定

ある授業コマ k の時点で、学生たちの学期末での単位落とし率を推定するには、偏差値と単位落とし率との対応付けが必要である。しかしながら、偏差値は度数分布が一様でないため、偏差値の低い方から順にパーセンタイル順位 (PR) に変換し、 $PR = x$ 以下の学生のうち最終的(学期末)に単位を落とす(であろう)学生の割合を平均推定単位落とし率 $F^k(x)$ 、 $PR = x$ の学生が単位を落とす確率を推定単位落とし率 $p^k(x)$ と定義し、以下の方法にて求める。

図 3 に示すように、 $PR = 100$ (全員) から始め、 PR を 5 ずつ減らして $F^k(x)$ を求め、横軸を x 、縦軸を $F^k(x)$ とするグラフ上にプロットする。プロット点の回帰直線を引くことによって、

$$F^k(x) = ax + b \quad (1)$$

を導出する。ここに、 a は回帰係数、 b は切片である。また、 $PR = x$ の学生の授業コマ k に

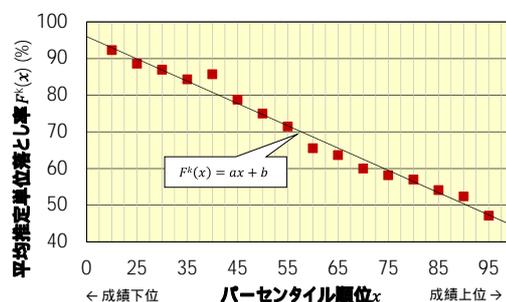


図 3 平均推定単位落とし率の回帰直線

における $p^k(x)$ は、 $F^k(x)$ が $p^k(x)$ の区間 $[0 \sim x]$ における平均値であることから、

$$F^k(x) = \frac{\sum_{t=0}^x p^k(t)}{x} \quad (2)$$

と表せ、(2)式に(1)式を代入すると、

$$p^k(x) = 2ax + (b - a) \quad (3)$$

を得る。過年度の学修データから係数 a, b を求めることによって、履修中の学生たちの $F^k(x)$ と $p^k(x)$ が定まる。ただし、過年度の学修データの適用には種々の方法が考えられ、それによって推定する誤差は異なってくる。これについては次章にて検証する。

(3) 学修改善指導教員支援環境の研究試作

概要

研究試作したメール自動配信システムを介して、セメスター前半の早い時期 (1/3 セメスター経過時頃) に、推定単位修得率 $(1 - p^k(x))$ を記載した励ましメールを生成・配信し、学生の奮起を促す。ただし、落ちこぼし候補学生には、学修分析エンジンが出力した「落ちこぼし要因」を反映した励ましメールを生成する。

また、e²-ELM、学修分析エンジン及びメール自動配信システム間の連結と、学修データの確認や励ましメールを学生ごとに編集するためのグラフィカル・ユーザ・インタフェースを充実することによって、人為的ミスへの混入を防ぐとともに、コンピュータ操作に不慣れな教員でも使用可能な学修改善指導支援環境を提供する。

なお、これらは Web ブラウザ上で動作するよう Web アプリケーションとして開発した。また、学修分析エンジンで使用した R 言語との連携には Rserve を使い、Web アプリケーションの開発フレームワークには Ruby on Rails を用いた。

励ましメール

図 4 に示すように、学生の学修改善指導を目的とした「励ましメール」は、次の 3 つの要素から構成する。要素 A は推定単位修得率や授業欠席回数などを含む現在の学修状況、要素 B は具体的な学修改善指導内容、要素 C は励まし文である。

(4) 学修改善指導ノウハウの蓄積

前述の研究代表者らが担当する学部授業

さん

授業科目「インターネット総論B(情報倫理と知的財産)」を担当している小林/佐野です。

さんは、これまでに授業を 回欠席しているようです。これまでの学修データを、過去の履修学生の学修データに照らしみたところ、今後もこの状態が続くようですと、単位取得率は %程度と推定されます。

来週の月曜日から、8章理解度テストのためのトライアルテストが公開されます。これまでの講義資料や教科書、講義の中で示しているクイズの答えを下記の学習サポートセンターで聞くなどして理解を深め、テストに臨むようにしてください。また、前日にアップされる講義資料に目を通し、資料中に記載のクイズの答えを自分なりに考えてから授業に臨むと、理解が深まると思います。

授業は全体の1/3を過ぎたところです。残り4章分の理解度テストと中間、期末試験の得点を合わせて84%の成績配点が残っていますので、今後の取り組みで十分挽回可能です。今後は欠席することなく授業に出席してください。また、復習してもわからないところや疑問があれば、毎週水・金曜日、午後16:30~18:10に教育棟1F学習サポートセンターにて佐野、あるいは研究棟3階の小林研究室まで気軽に質問に来てください。

本授業は情報環境学の基礎をなす大事な科目です。講義内容をしっかりと理解し、ぜひ良い成績を修めるようにしてください。

図4 多欠学生対象の励ましメールの例

科目にて(当初は部分的であるが)、延べ7セメスターにわたって行った試験運用を通して、適切な学修改善指導時期の見定め、励ましメールによる学修改善効果、アンケートによる学生たちの励ましメールの捉え方、推定単位修得率の誤差、学修改善指導支援環境の運用性(ユーザビリティ)などを分析評価することによって、学修改善指導ノウハウを蓄積するとともに、後半の汎用化展開フェーズにつなげることにした。具体的な研究成果について、次章にて詳述する。

4. 研究成果

(1) 学修改善指導時期の見定め

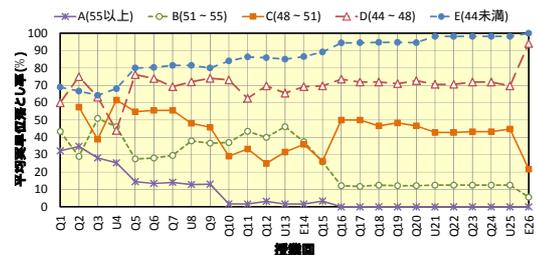
図5は、授業コマ k ごとに初回授業コマからの通し偏差値で5グループに分け(授業コマごとにグループに属する学生は変わる)、各グループに属する学生のうち最終的に単位を落とした学生の割合(平均実単位落とし率と呼ぶ)が授業の進行とともにどのように変化したかを表したもので、横軸はテスト種別+授業コマである。なお、グループ分けは、各グループの人数がほぼ等しくなるよう通し偏差値の幅を、A:55以上、B:51~55、C:48~51、D:44~48、E:44未満とした。

同図(A),(B)から、中間学力考査($k=14$)以降は概して変化が少なく安定することが読み取れる。これらは特定の年度に限ったものではなく、異なるセメスターや異なる授業科目(少なくとも、インターネット総論A,B)に共通する傾向であった。したがって、中間学力考査以降に学修改善指導を行っても手遅れになる可能性が高く、学修改善指導時期は平均単位落とし率の変化が安定する前、すなわち中間学力考査前(1/3セメスター経過時点頃)に行った方が効果的なことを確認した。

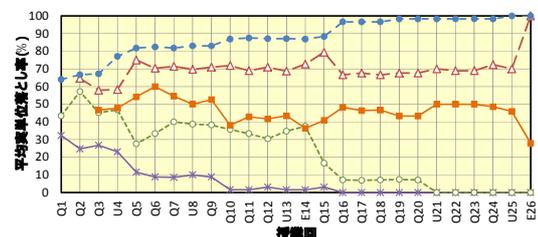
(2) 学修改善効果

励ましメールの有効性を評価するため、2012年度後期および2013年度前期開講の実授業において、合計286名のうち無作為に選んだ半数の学生に中間学力考査前($k=10$ ま

での学修データを使用)に励ましメールを送り、期末に行うアンケートによる定性的評価と、成績向上効果などの定量的評価を行った。ただし、最初から全くもしくはほとんど授業に出席しなかった学生は、例外学生として評価から除外した。なお、授業初回のガイダンスの際に、履修学生には励ましメール評価実験の協力を依頼し、承諾を得られなかった数名の学生へのメール送信は行わなかった。また、平均推定単位落とし率 $F^k(x)$ の算出に用いた過去の学修データは2012年度開講講義については、2011年度と2010年度の



(A) 欠席不含偏差値でグループ分け



(B) 欠席加味偏差値でグループ分け

図5 授業進行による平均単位落とし率の推移

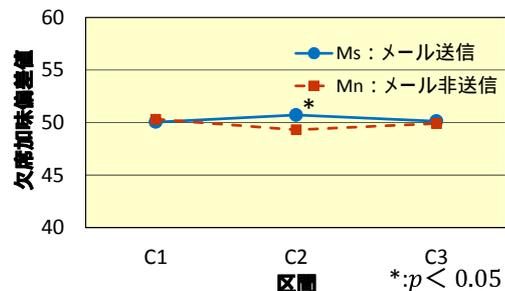


図6 平均欠席加味偏差値の推移

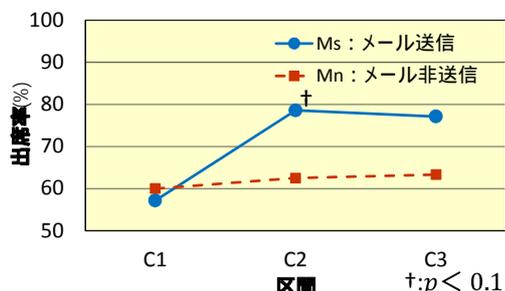


図7 多欠学生の平均出席率推移

同科目,2013年度開講講義については,2012年度と2011年度の同科目を使用した。

メールを送信したグループを Ms, 送信しなかったグループを Mn とし,メール送信までの期間を C1,メール送信時から中間学力考査までの期間を C2,中間学力考査から期末学力考査までの期間を C3 とした。メール送信の有無による偏差値の推移を図6に,区間 C1 において落ちこぼし要因が多欠だった学生について,メール送信の有無による平均出席率の推移を図7に示す。

図6より,区間 C1 から C2 において,グループ Ms は偏差値が向上,グループ Mn は偏差値が低下しており,2グループ間に有意な差が認められた ($t(266)=2.00, p<0.05$)。さらに,グループ Ms を成績順に3グループに分けて偏差値の変化を確認したところ,成績下位学生(落ちこぼし候補学生)が,励ましメールにより奮起し,成績向上につながったことが確認できた。また,区間 C2 から C3 においては,どちらのグループにおいても有意差は認められなかったが,グループ Mn の成績が向上していたことより,中間学力考査で悪かった学生が奮起したことが読み取れる。すなわち,より早い時期に奮起を促すためには,中間学力考査前の励ましメールは有効だったといえる。

図7より区間 C1 から C2 においてグループ Mn が横ばいなのに対して,グループ Ms の出席率は向上傾向が見られ,有意な差が認められた ($t(16)=1.98, p<0.10$) が,区間 C2 から C3 において有意差は認められなかった ($t(17)=0.30, n.s.$)。これより,励ましメールが多欠学生にとって出席率の向上に有効だったことが分かる。

(3) アンケート調査

アンケートは次の質問項目からなり,表1に評価尺度を示す。メールを送信しなかった学生の回答は本評価の対象外とした(有効回答数133名)。

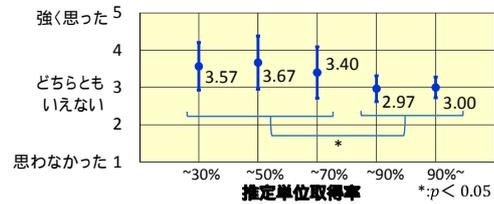
質問1 メールを読んで,勉強に励もうと思うようになりましたか

質問2 メール記載の単位修得率は,あなたの認識と合っていましたか

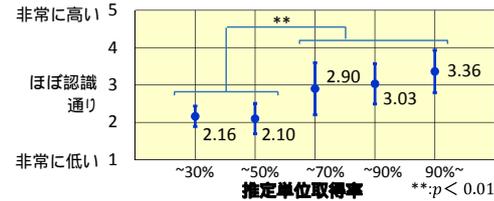
励ましメールに対するアンケート結果を図8に示す。質問1の全体の平均評価点は3.32で,学修意欲が喚起されている傾向にあり,同図(A)から,とりわけ推定単位修得率が70%以下の学生の方が高い学生よりも学修意欲が喚起されていることがわかる。また,自由記述においても,「具体的な値が出てやる気が出た」,「自分の位置がわかってよかった」

表1 評価尺度

質問1	質問2	評価尺度
強く思った	非常に高い	5
思った	高い	4
どちらともいえない	ほぼ認識通り	3
あまり思わなかった	低い	2
思わなかった	非常に低い	1



(A) 質問1:やる気奮起



(B) 質問2:単位修得率認識度合

図8 アンケート結果

などの意見が寄せられたことから,学生たちの学修意欲向上に寄与したものと思われる。

質問2の全体の平均評価点は2.71で,ほぼ学生たちが認識している推定単位修得率に近い数値を提示できたと考えらえるが,同図(B)から,推定単位修得率が50%未満の学生は思っていたよりも低めに感じたようである。すなわち,推定単位修得率が50%未満の学生は,メールによって成績不良に気付かされ,より奮起したものと思われる。

(4) $F^k(x)$ の推定誤差評価

アンケート結果から,励ましメールで提示した推定単位修得率は,学生の認識と大きく離れていないと考えられるが, $p^k(x)$ は過去の学修データから推定する $F^k(x)$ に依存する。このため,以下の5通りの推定方法について, $F^k(x)$ がどの程度の推定誤差を有するか評価した。

方法1:年度ごとに授業コマkにおけるPRを求め,過去2年分の学修データから係数a,bの平均値を求め, $F^k(x)$ と $p^k(x)$ を定める。

方法2:年度ごとに授業コマkにおけるPRを求め,過去4年分の学修データから係数a,bの平均値を求め, $F^k(x)$ と $p^k(x)$ を定める。

方法3:全年度を通して授業コマkにおけるPRを求め,過去4年分の学修データから係数a,bの平均値を求め, $F^k(x)$ と $p^k(x)$ を定める。

方法4:全年度を通して授業コマkまでに実施したテストのPRを求め,過去4年分のPRと年度の傾向(PRの平均値)を入力データ,単位修得成否を教師データとしてニューラルネットワーク(NN)に学習させ,単位修得成否を予測させる。PRと予測した単位修得成否から $F^k(x)$ 及び $p^k(x)$ を導出する。なお,NNは,一例として階層型構造NNモデルの中で教師あり学習法として広く用いられている誤差逆伝播法を用いた。

推定誤差評価は, $F^k(x)$ と平均実単位落とし率(学期末に確定した単位修得成否から導出)との差の絶対値を, $PR=0\sim 100$ にわたって平均した平均絶対誤差を使用した。

表2 推定誤差評価 (単位: %)

推定年度	方法1	方法2	方法3	方法4
2009	6.22	2.28	0.43	8.86
2010	22.08	22.08	14.58	7.73
2011	10.16	9.58	11.52	3.77
2012	8.70	8.22	7.67	8.25
2013	18.44	18.44	16.48	4.16
平均	13.12	12.12	10.14	6.56
標準偏差	6.07	7.18	5.70	2.15

表2に示す推定誤差評価結果から、2年分の学修データを使用するより4年分の方が、さらに各年度でPRを算出するより全年度を通してPRを求めた方が誤差は小さくなるが、方法3においても20%近い誤差が潜在していることが分かる。これらに対して、方法4の推定誤差は約半分抑制され、年度によるばらつきも小さくなっていることが分かる。これは、NNにより各学生の学修傾向と年度の傾向が、 $F^k(x)$ 及び $p^k(x)$ の導出に反映されたためと考えられる。推定誤差10%未満は、1/3セメスター($k=10$)時点での推定であること、上述のアンケート結果からも十分な精度を有していると言える。

(5) 学修改善指導支援環境の運用性評価

e²-ELMは授業コマごとの学修データしかダウンロードできない仕様となっていた。このため、例えば励ましメールを送る $k=10$ であれば、学修データを10コマ分ダウンロードし、手動にて結合する必要があった。研究試作したシステムでは、この作業を自動的にを行い、かつ分析エンジン用のフォーマットへ変換するため、担当教員の手間や人為的ミスの混入を大幅に削減することができた。

また、図9に示す励ましメールのテンプレート編集では、送信するたびに変える必要がある日付などの情報をハイライトして目立たせ、1つのテンプレートで変更すれば他のテンプレートの同じ部分も自動的に変更するなど、利便性を向上させた。また、メール送信確認画面では、出席率や推定単位修得率などの情報も表示し、個別に編集することも可能にした。これらは、実際の使用者(教員)の意見を聴取し研究試作に反映したもので、より使いやすいシステムに仕上がったと考える。

2014年度後学期にて、研究代表者らの3授業科目で試験運用し、意図通りに励ましメールを送信できたことを確認した。

(6) 研究成果の総括と今後の展望

本研究は、「落ちこぼし候補学生を早期に発見」し、「適切な学修改善指導」を行う環境を整備すれば、落ちこぼし学生の増加を抑制できる可能性があることを示した。これは、ICT活用による学修改善指導支援という新しい教育工学分野を切り拓こうとするもので、本研究成果が教育現場に広く取り入れられ、青少年の意欲減退を抑え、ひいては学力向上に貢献できれば、その教育的・社会的意義は高いものと考えられる。

今後は、本研究の後半である汎用化展開フ

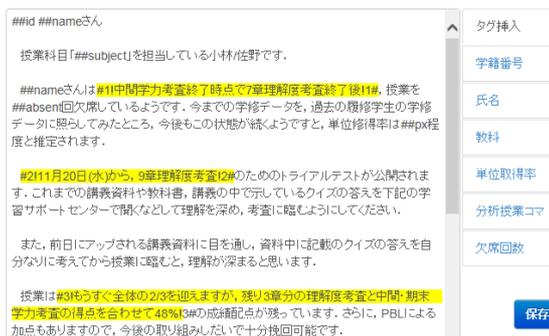


図9 励ましメールの編集画面例

ェーズとして、授業形態が異なる他の授業科目にも適用できるよう汎用化と事例ベースなどの導入による落ちこぼし候補学生への学修改善指導ノウハウの共有化を目指して、共同研究者(教員)を広く募り、さらなる展開を図っていく所存である。

<引用文献>

小林浩, 佐野香, 中村尚五, 「「GPAS法」によるオンライン理解度テストの有効性評価 - その授業改善への効果 - 」, 私立大学情報教育協会論文誌 情報教育方法研究, vol.7, No.1, pp.36-40, 2004-4.
 佐野香, 高鳥雄吾, 張少飛, 佐々木俊恵, 小林浩, 「問題文中への解答挿入機能による解答効率の向上がもたらす学習ののびへの効果」, 日本教育工学会論文誌, vol.32, No.1, pp.91-100, 2009-10.

5. 主な発表論文等

[学会発表](計3件)

栗原由樹, 佐野香, 小林浩, 「励ましメールを用いた学修改善指導における推定単位落とし率の精度評価」, 日本教育工学会研究報告集, JSET 14-1, pp. 321-326, 20140301, 愛知工業大学(愛知県豊田市).
 西中間悠, 佐野香, 小林浩, 「励ましメールによる学修改善指導の提案と、その有効性評価」, 日本教育工学会研究報告集, JSET 13-1, pp.169-176, 20130302, 三重大学(三重県津市).
 西中間悠, 佐野香, 小林浩, 「落ちこぼし学生の早期発見を目的としたデータマイニング分析」, 日本教育工学会研究報告集, JSET 11-3, pp.99-104, 20110305, 静岡大学(静岡県静岡市).

[その他]

東京電機大学 情報環境学部 ネットワークコンピューティング研究室ホームページ
<http://www.nc-lab.sie.dendai.ac.jp/Search/e2elm.jsp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林浩 (KOBAYASHI, Hiroshi)
 東京電機大学・情報環境学部・教授
 研究者番号: 00349804

(2) 研究協力者

佐野香 (SANO, Kaoru)
 東京電機大学・情報環境学部・非常勤講師