

# 新型成績評価指標の提案と学修行動シミュレータの開発に関する研究

前田 翔馬

指導教員：奥田 隆史

## 1 はじめに

学生の学修状況を客観的に把握するための指標として、学生の成績を数値化する GPA(Grade Point Average) は、国内の 453 大学(全体の約 61%) で成績評価指標として導入されている [1]。しかし、この GPA には大きくわけて 2 つの問題点が挙げられる。1 つは、学生が GPA を過剰に意識することによって、履修科目数を制限してしまっていることである。もう 1 つは、テストの点数などの原成績素点から GP(Grade Point) (eg.4,3,2,1,0) に変換する過程で誤差が生じるため、原成績順位(原成績素点の順位)と GPA 順位の間で攪乱が生じてしまうことである。

本研究では、これらの問題を解決・改善するために、野球評価理論から着想を得た新型成績評価指標を提案する。また、この指標の有効性を、学生向けのアンケート、文献 [2] のパラメータで成績を乱数発生させる半田型乱数発生シミュレーション [2]、学修行動シミュレータの 3 種類の方法によって検証した。要旨では、学修行動シミュレータによる検証についてのみ示す。以下、2 節では新たに提案する指標を示し、3 節では提案指標が学生に与える影響を検証するためのシミュレータの構成を示す。4 節でシミュレータで学生がとる学修行動を示し、5 節でシミュレータによる検証の数値例を示し、6 節でまとめる。

## 2 提案指標

本研究では、野球評価理論 Sabermetrics で打撃成績の指標として用いられている OPS(On base Plus Slugging)[3] から着想を得た成績評価指標として、式 (1) の OPS' を提案する。

$$OPS' = w \cdot GPA + (1 - w) \cdot \text{単位修得率} \quad (1)$$

両項は重み  $w$  によって、重要度を調節できるものとする。OPS' の狙いは、新たに単位修得率を加えることで、高成績の期待できない科目でも、科目を履修して単位を取得したこと自体が評価されるという印象を学生に与えることにある。

## 3 学修行動シミュレータの構成

### 3.1 全体構成

提案指標の有効性を検証するための理想的な方法は、大学に OPS' を成績評価指標として導入することによる社会実験である。しかし、学生の成績という慎重に扱うべき事案に対して、社会実験を行うことはリスクが大きい。そのため、本研究では 2 種類のエージェント(学生エージェント、科目エージェント)と大学の講義環境によって構成されるマルチエージェントシステムで、仮想空間で学生が学修を行う環境を表現することによって、提案指標の有効性を検証する。

また、本研究では学生が大学で行うべきなのは学習ではなく、学修であると考えている。学修は講義学習だけでなく、予習・復習などの講義外学習も含めており、学修行動シミュレータにおいても、講義外学習まで考慮に入れて設計する。以下、3.2 節で学生エージェントについて示し、3.3 節で科目エージェントについて示す。

### 3.2 学生エージェント

ここでは学生エージェントについて示す。本研究では学生がとる行動として、友人関係生成、友人関係つなぎかえ、履修科目選択、理解度変動、成績取得、学習意欲変動の 6 つに分類している。これら全てが直接的、または間接的に取得成績などに影響するため、学生がとる学修行動であると定義する。学修行動についての詳細は 4 章で示す。

次に属性について示す。属性の関係を図 1 に示す。属性は、学生独自の属性(図 1 左)、学生と科目の両方にまたがる属性(図 1 中央)、科目独自の属性(図 1 右)の 3 種類に分類する。学生  $i$  が独自に持つ属性は、知的能力 ( $Ab_i$ )、学習意欲 ( $Mo_i$ )、外向性 ( $E_i$ )、他学生との友人関係 ( $F_i$ ) である。学生  $i$  が科目  $j$  に対して持つ属性、つまり両方にまた

がる属性は、科目への適性 ( $S_{ij}$ )、友人の履修状況 ( $F_{t_{ij}}$ )、協同学習グループ ( $G_{ij}$ )、科目の理解度 ( $Ac_{ij}$ ) である。科目独自の属性については 3.3 節で示す。

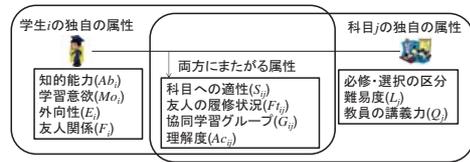


図 1 学生と科目が持つ属性の関係

### 3.3 科目エージェント

ここでは科目エージェントについて示す。各科目は履修した学生に対して、講義回数  $N_c$  回の講義を行う。そして、学期末に試験などによって各学生の理解度を確認し、各学生に成績を与える。

次に図 1 右の科目独自の属性について示す。科目  $j$  が独自に持つ属性は、必修・選択の区分、難易度 ( $L_j$ )、教員の講義力 ( $Q_j$ ) である。

## 4 学生のとる学修行動

ここでは、学修行動シミュレータにおいて、学生がとる学修行動を示す。図 2 は、学生が入学してから卒業するまでにとる学修行動の流れを示す。以下で、図 2 の①～⑤の各学修行動について順に説明する。

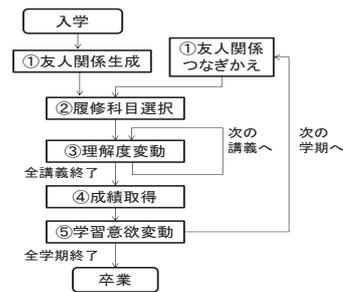


図 2 シミュレーションの流れ

### ①友人関係生成・つなぎかえ

友人関係の生成には、ソーシャルネットワークを表現するのに広く用いられているスモールワールド・ネットワークを用いる [4]。このアルゴリズムで入学当初に友人関係を生成する。それ以降の学期で、実世界で友人が変わる点を考慮して、学期ごとにランダムに友人を選択して友人関係を解消し、別の学生と友人関係になることによる友人関係のつなぎかえを行う。

### ②履修科目選択

各学生は全ての必修科目を履修し、選択科目は科目ごとの効用によって、履修判定を行う。各選択科目に対しての効用を、ブランド選択モデル [5] を応用させた数式で計算する。また、効用には個人の効用と①で生成した友人の影響も含めた効用の 2 種類がある。そのため、履修判定も 2 回にわたって行う。

以下に履修判定の流れを示す。学生  $i$  は選択科目  $j$  に対して、最初に個人の効用  $U_{ij}$  によって、履修判定を行う。知的能力、学習意欲、難易度の各属性に加えて、成績評価指標による履修への影響を  $Met$ 、各項の重要度係数を  $\alpha$  (例えば知的能力  $Ab_i$  の重要度は  $\alpha_A$ )、正規分布の乱数を  $\epsilon_{ij}$  として、個人の効用  $U_{ij}$  を式 (2) で計算し、定められた閾値  $T$  との比較によって科目  $j$  を履修するかを判定する。その後、個々の履修判定で履修しないと判定した科目  $j$  を、友人と一緒に履修するために判定を覆す可能性を考慮する。そのため、外向性と科目  $j$  の友人の履修状況を用いた式 (3) で、友人の影響も含めた効用  $U'_{ij}$  を計算し、閾値  $T$  との比較によって最終的な判定を行う。

$$U_{ij} = Met(\alpha_A \cdot Ab_i + \alpha_M \cdot Mo_i - \alpha_L \cdot L_j + \epsilon_{ij}) \quad (2)$$

$$U'_{ij} = U_{ij} + \alpha_F \cdot F_{t_{ij}} \cdot E_i \quad (3)$$

③理解度変動

学生は学修を行うことによって、講義を受講するたびに②で履修選択した科目の理解度が変動する。理解度は式(4)のキャロルの学校学習モデル[6]を用いた時間の概念によって計算する。さらに式4の分母である『必要な学修時間』の計算に、同じ分野の講義を繰り返し受講することによって効率が向上する経験曲線効果[7]と、他の学生と協同で予習・復習を行うことによって成果が変動する協同学習理論[8]を用いる。

学習意欲、知的能力、科目への適性、教員の講義力の各属性に加えて、講義によって全学生が確保できる学修時間を  $T_c$ 、各項の重要度係数を  $\beta$ 、成績評価指標による高成績取得意欲への影響を  $Me_u$ 、必要な学修時間の最大値を  $T_{max}$ 、累積の講義回数を  $k$ 、経験曲線効果の習熟度を  $a$  として、学生の各科目に対しての理解度  $Ac_{ij}$  を式(5)で計算する。

$$\text{理解度} = \frac{\text{実際にかけた学修時間}}{\text{必要な学修時間}} \quad (4)$$

$$Ac_{ij} = \sum_{k=1}^{N_c} \frac{T_c + \beta_M \cdot M_{O_i} \cdot Me_u}{(T_{max} - (\beta_A \cdot Ab_i + \beta_S \cdot S_{ij} + \beta_Q \cdot Q_j + \beta_G \cdot G_{ij}))k^a} \quad (5)$$

④成績取得

学生は③で計算した各科目の理解度  $Ac_{ij}$  をもとにして、成績を取得する。成績の計算には、項目応答理論[9]の3PLモデルを用いる。各科目は  $L$  個の項目を持っているものとし、学生の各科目の成績は項目の正答数によって決定する。

学生  $i$  が科目  $j$  の  $l$  番目の項目で正答して得点を得られる確率  $P_{lij}$  は偶然に正答できる確率を示す当て推量パラメータ  $c_l$ 、底対数  $e$ 、定数  $D = 1.701$ 、項目の識別力  $a_l$ 、科目全体の理解度  $Ac_{ij}$ 、項目の難易度  $b_l$  を母数として、式(6)で計算する。

$$P_{lij} = c_l + \frac{1 - c_l}{1 + e^{-Da_l(Ac_{ij} - b_l)}} \quad (6)$$

⑤学習意欲変動

学生は④で取得した成績を確認することによって学習意欲を変動させる。その際、自分の OPS' が全体の OPS' の平均値よりも高ければ、学習意欲は上がりやすくなる。

5 数値例

成績指標による学修への影響値  $Me_t, Me_u$  のパラメータを表1に示す。この値は本研究で行った学生向けのアンケート結果をもとにして設定した。それ以外のパラメータを表2に示す。

表1 成績指標による意欲  $Me$  のパラメータ

項目	$w = 1.0$	0.8	0.6	0.5	0.4	0.2	0.0
$Me_t$	1.0	1.05	1.08	1.08	1.13	1.18	1.27
$Me_u$	1.0	0.93	0.95	0.94	0.84	0.82	0.77

表2 その他のパラメータ

項目	数値
学生数	600人(中規模大学の1学年全学部を想定)
科目数	120科目(必修48・選択72)
学期数	8学期(4年制大学の前後期)
講義回数	15回(一般的な科目の講義回数)
各科目の項目数	100個
履修判定の閾値	$T = 1.4$
講義時間	$T_c = 1$
必要な学習時間	$T_{max} = 3$

次に出力結果を示す。図3は横軸に OPS' の重み  $w$  を、縦軸に全学生の平均履修科目数 (number of taking subjects) と平均原成績素点 (test score) を示す。この結果から、OPS' を成績評価指標として導入すると、GPA ( $w = 1.0$ ) を導入している現状と比べて、履修科目数は増加し、取得成績は低下することがわかった。

図4は横軸に OPS' の重み  $w$  を、縦軸に OPS' 順位と原成績順位、OPS' 順位と GPA 順位の間での平均順位変動数を示している。この結

果から、OPS' 順位と原成績順位との攪乱は、 $w = 1.0 \sim 0.4$  の間ではほぼ横ばい、 $w = 0.3 \sim 0.0$  の間では大きくなることがわかった。また、OPS' 順位と GPA 順位との攪乱は、 $w$  が小さくなるにつれて大きくなることがわかった。

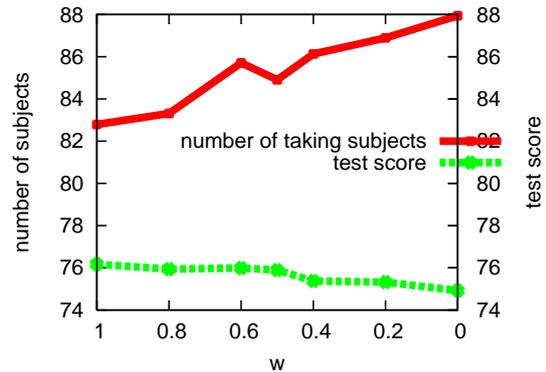


図3 各重みの OPS' を成績指標とした場合の原成績素点と履修科目数

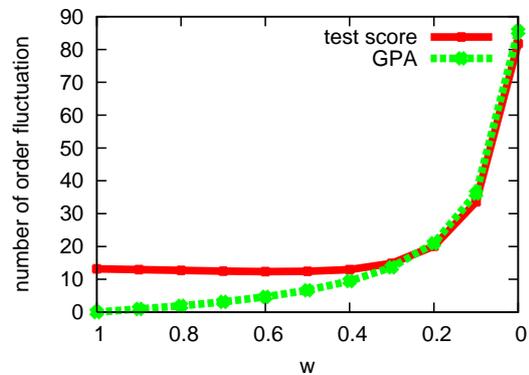


図4 各重みの OPS' 順位と原成績順位、OPS' 順位と GPA 順位との間で発生する学生1人あたりの順位変動数

6 おわりに

本研究では、新型成績評価指標として OPS' を提案し、学修行動シミュレータを用いて、その有効性を検証した。その結果、GPA に代わって OPS' を導入することによって、学生の履修科目数を増やす影響がある一方で、取得成績を低下させてしまう影響もあることがわかった。

今後の課題として、学生の高成績取得意欲を向上させられる指標の提案や学修行動シミュレータの精度の向上などが挙げられる。

参考文献

- [1] 文部科学省、「大学における教育内容等の改革状況について」、<http://www.mext.go.jp/amenu/koutou/daigaku/04052801/1341433.htm>, 2011.
- [2] 半田智久, “機能する GPA とは何か”, 静岡大学教育研究, 2008 年第 4 号, pp27-56, 2008.
- [3] Jim Albert, et al., 『メジャーリーグの数理科学』, ジュプリンガー数学リーディングス, 2004.
- [4] 増田直紀, “複雑ネットワークの研究動向について”, オペレーションズリサーチ: 経営の科学, Vol.53, No.9, pp.511-516, 2008.
- [5] 岡他, 『マーケティングの数理モデル』, 朝倉書店, 2001.
- [6] Carroll.J.B, “A model of school learning”, Teachers College Record, 64, pp.723-733, 1963.
- [7] 水越豊, 『BCG 戦略コンセプト-競争優位の原理』, ダイヤモンド社, 2003.
- [8] D.W. ジョンソン, 『学習の輪-学び合いの協同教育入門』, 二瓶社, 2010.
- [9] 植野真臣, “ベイズ・アプローチによるグラフィカル・テスト理論”, 日本教育工学会論文誌, Vol.24, No.1, pp.35-52, 2000.