

成績評価指標による学生の履修行動への影響の検討 -マルチエージェントアプローチによるGPA制度設計-

前田 翔馬[†]

奥田 隆史[‡]

井手口 哲夫[‡]

田 学軍[‡]

愛知県立大学 情報科学部 情報システム学科[†]
愛知県立大学 情報科学部 情報科学科[‡]

1 はじめに

我が国においても、大学における成績指標として、学生が単位取得した科目の成績をスカラー量化するGPA(Grade Point Average)が定着しつつある。2011年の調査では60.8%の大学で導入され、卒業判定などに利用され始めている[1]。

しかしながら、GPAが取得成績を履修単位数で平均化する指標であることから、学生によっては高いGPAを維持するために「多くの科目を履修するのではなく、最低限の科目の履修にとどめる」という状況も生み出している。つまり、GPAは「広く学問に関心を持ち多くの科目を履修する」というインセンティブを学生に与えていないことになる。また、科目間の難易度差がGPAに影響を与えるため、「できるだけ難しそうな科目は履修しない」という問題も顕在化してきている。

このような問題点を解決するために、GPAに代わる様々な成績指標が提案・利用されている。例えば、GPT(Grade Point Total)やSGPA(Standard score GPA)がある。GPTはGPAに取得単位数を乗じた値で、取得単位数に比例する指標であり、一部の大学で利用されている[2]。SGPAは科目間での難易度を是正するために提案されており、各科目の点数を偏差値に変換して計算する。具体的には、各科目の点数を偏差値/20に変換し、変換したものの総和をとり、履修科目数で割ったものである[3]。

我々の研究グループは、野球評価理論Sabermetrics[4]などから着想を得た新たな成績指標としてOPS'を文献[5]で提案するとともに、その成績指標が学生の講義選択行動に与える影響をアンケートとエージェントシミュレーションにより明らかにした。さらに、文献[6]では、OPS'をさらに改良した重み付けOPS'とGPT[2]、SGPA[3]を組み合わせたSGPTの2つの成績指標を提案し、より実世界に近い環境でのエージェントシミュレーションを行って、影響を明らかにした。文献[5, 6]では、学生の選択科目の受講に関する意思決定における計算には相乗法を用いた。

本稿では、相乗法ではランダム関数の影響を大きく

受けてしまうことから、新たに意思決定の計算を、文献[7]のブランド選択モデルを応用させた方法によって、計算する手法でシミュレーションを行い、相乗法の結果と比較した。

以下、2節で、これまでに提案してきたOPS'、重み付けOPS'、SGPTを示し、3節で提案指標による学生の履修意欲や成績意欲への影響をアンケートで検証する。次に、4節において、導入した成績指標が、講義選択行動や取得成績にどのような影響を与えるかを、マルチエージェントアプローチにより検証する。5節で4節の結果を考察し、6節でまとめと今後の課題を述べる。

2 提案指標

本研究では3種類の成績指標(OPS'、重み付けOPS'、SGPT)を考案した。

2.1 OPS'(OPS型成績指標)

本研究では野球評価の成績指標としてSabermetrics[4]で広く用いられているOPS(On-Base Plus Slugging)を参考にする。OPSは長打率と出塁率の和として計算でき、チームの得点との正の相関があることもありMLB(Major League Baseball)の公式記録としても利用されている。

本研究では、OPSにおける長打率をGPAに対応づけることにより、OPS型成績指標(以後、OPS')を

$$OPS' = GPA + \frac{\text{取得単位数}}{\text{受講単位数}} \quad (1)$$

と定義する。なお、第2項は、科目の個別成績はともかく、取得単位数も重要であるというシグナルを学生に与える意味がある。

2.2 重み付けOPS'

最近のSabermetricsの研究成果により、出塁率の割合を重視した方が得点との相関が強いということが明らかになり、出塁率に重み付けするGPA'(Gross Production Average)が考案された[4]。GPA'の考え方をもとにして、OPS'の第2項を w 倍する

$$\text{重み付けOPS}' = GPA + w \cdot \frac{\text{取得単位数}}{\text{受講単位数}} \quad (2)$$

を提案する。なお、本研究では、第2項の最大値をGPAの中央値と等しくするために $w = 3$ としている。

2.3 SGPT

GPT[2]は「受講する科目数を増やすと値が上がる」、SGPA[3]は「他の学生が高い成績を取れなかった科目

Effects of Applying New Students' Academic Achievement Measures -designing GPA system based on multi-agent approach

[†]Shoma MAEDA

[†]Department of Information Systems, Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

[‡]Takashi OKUDA, Tetsuo IDEGUCHI, Xuejun TIAN

[‡]Department of Information Science and Technology, Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

で高い成績を取れば、より高い評価を得られる」という性質を有する。そこで、GPT と SGPA を組み合わせた SGPT を

$$SGPT = SGPA \cdot \text{取得単位数} \quad (3)$$

と定義する。

3 アンケートによる有効性評価

提案指標の有効性を本学部学生 51 名へのアンケートで検証した。アンケートの被験者属性は被験者自身の自己申告成績（高い，中央，低い）とした。GPA の評価点を中央値 3 とし，被験者には，GPT，SGPA ならびに提案指標である OPS'，重み付け OPS'，SGPT と総単位数に対しての評価（受講科目数，高成績取得意欲）を 1~5 で評価させた。

アンケートにより得られた成績指標と受講科目数との関係を表 1，成績指標と高成績取得意欲との関係を表 2 に示す。例えば，表 1 を利用すると高成績学生は，重み付け OPS' が導入された場合，GPA の場合の 3 に対して，2.9 となるため，科目数を増やさないとこの傾向がわかる。表 2 からは高成績学生は，SGPA が導入された場合，4.2 となり，高い成績をとるとする傾向がわかる。

表 1 受講科目数アンケート結果

自己申告成績	GPT	SGPA	OPS'	重み付け	SGPT	総単位数
高い (10 名)	4.0	3.3	3.1	2.9	4.1	4.2
中央 (20 名)	3.9	3.4	3.2	3.6	3.8	4.0
低い (21 名)	3.9	2.9	3.2	3.1	3.6	4.3
合計 (51 名)	3.9	3.2	3.2	3.2	3.8	4.2

表 2 成績意欲アンケート結果

自己申告成績	GPT	SGPA	OPS'	重み付け	SGPT	総単位数
高い (10 名)	2.9	4.2	3.1	3.4	4.0	2.1
中央 (18 名)	3.2	3.8	2.9	3.0	3.7	2.2
低い (21 名)	2.9	3.9	3.0	3.2	3.8	2.5
合計 (49 名)	3.0	3.9	3.0	3.2	3.8	2.3

4 マルチエージェントシミュレーション

成績指標（GPA，GPT，SGPA，OPS'，重み付け，SGPT）が，学生の受講科目選択・成績に与える影響を検証するために，本研究ではマルチエージェントシミュレーションを利用する。なお，実装には（株）構造計画研究所の artisoc[8] を利用した。

4.1 全体構造

本シミュレーションは学生エージェント集団 (Sta) と科目エージェント群 (Sua) で構成される。前者には $i = 1 \sim N_{st}$ の学生エージェント St_i ，後者には $j = 1 \sim N_{su}$ の科目エージェント Su_j が属する。本研究では $N_{st} = 100$ ， $N_{su} = 100$ とした。

St_i は，式 (6) の受講基準値 F_{ij} により科目 j を履修するかどうかを決定し，受講する科目の最終成績は式 (12) の Gd_{ij} となる。

4.2 受講基準値 F_{ij} 計算方法

本シミュレーションでは，選択科目の受講基準値 F_{ij} の計算に相乗法とブランド選択モデルを用いた方法の 2 種類の方法を用いた。なお，相乗法の受講基準値を

F_{sij} とし，ブランド選択モデルの受講基準値を F_{bij} とする。以下にその内容を示す。

4.2.1 相乗法

相乗法の計算式は以下ようになる。選択科目は F_{sij} が 0.5 以上で受講，0.5 未満で受講しない。

$$F_{sij} = f_{sf}(A_i) \cdot h_{sf}(L_j) \cdot o_{sf}(metrics) \cdot rnd_{sf}() \quad (4)$$

$$Gd_{sij} = f_{sg}(A_i) \cdot g'_{sg}(G_i) \cdot h_{sg}(L_j) \cdot o_{sg}(metrics) \cdot rnd_{sg}() \quad (5)$$

4.2.2 ブランド選択モデル

F_{bij} の計算には文献 [7] の消費者のブランド選択モデルを用いる。本研究では，消費者が商品を選ぶモデルを学生が科目を選択するモデルに置き換えて利用する。学生 i の選択科目 j に対する効用 U_{ij} が確定的効用 V_{ij} と確率的効用 ϵ_{ij} から構成され，確率的効用 ϵ_{ij} が独立に極値分布（二重指数分布）に従うと仮定する。

また，確定的効用 V_{ij} を式 (8) のように期待効用理論に基づいて，学生の成績力 A_i と科目難易度 L_j の線形和で表す。式 (8) の α は学生の友人関係 G_i に影響を受け， β は評価される指標 $metrics$ に影響を受けるものとする。式 (9)，(10) の γ と δ は，本研究ではそれぞれ $\gamma = 1$ ， $\delta = 2$ とする。

確率的効用 U_{ij} は，確定的効用 V_{ij} で表されないものを，まとめて攪乱項 ϵ_{ij} とみなし，独立かつ同一に極値分布に従うと仮定する。極値分布 ϵ_{ij} の密度関数は式 (11) のようになる。

F_{bij} は St_i と Su_j の属性の関数で 1.4 以上で受講，1.4 未満で受講しない。

$$F_{bij} = U_{ij} \quad (6)$$

$$U_{ij} = V_{ij} + \epsilon_{ij} \quad (7)$$

$$V_{ij} = \alpha \cdot f_{bf}(A_i) + \beta \cdot h_{bf}(L_j) \quad (8)$$

$$\alpha = \gamma \cdot g_b(G_i) \quad (9)$$

$$\beta = \delta \cdot o_{bf}(metrics) \quad (10)$$

$$\epsilon_{ij} = \exp\{-\exp(-\epsilon)\} \quad (11)$$

となり， Gd_{bij} は St_i と Su_j の関数で

$$Gd_{bij} = f_{bg}(A_i) \cdot g'_{bg}(G_i) \cdot g''_{bg}(G_i) \cdot h_{bg}(L_j) \cdot o_{bg}(metrics) \cdot rnd_{bg}() \quad (12)$$

となる。

4.3 属性

St_i と Su_j が持つ属性を以下に示す。

St_i の属性は，高い成績を取る能力である成績力 A_i と，他者の影響を受ける度合いを示す所属グループ値 ($G_i = k$) である（本研究では便宜上， $k=1 \sim 10$ ）。

A_i は 1~5（1 刻み）の成績力値を持つ。各成績力の学生は均等に存在する。この値に応じて， $f_{sf}(A_i)$ ， $f_{sg}(A_i)$ ， $f_{bg}(A_i)$ は 1.2~1.0（0.05 刻み）の値を出力し， $f_{bf}(A_i)$ は 0.4~0.0（0.1 刻み）の値を出力する。これ

により A_i が高ければ、各科目で取得する成績が上がることで、多くの科目を受講しようとする意欲を持つことを表現する。

また、 St_i が友人グループ k に属するものとする。同グループ内の他学生の成績力の平均値が、自身の成績力より高ければ、成績力の高い友人の影響を受けて学習意欲が上昇し、 $g'_{sg}(G_i) = g_{bf}(G_i) = g'_{bg}(G_i) = 1.03$ となる。自身の成績力より低い場合は、友人から悪い影響を受けて、 $g'_{sg}(G_i) = g_{bf}(G_i) = g'_{bg}(G_i) = 0.97$ となる。また、グループ内の学生全体の成績力の平均値が成績力の中央値 3 よりも高ければ、グループ内の学生が相互の学習によって賢くなり、 $g'_{bg}(G_i) = 1.03$ となる。一方、中央値より低ければ、 $g'_{bg}(G_i) = 0.97$ となる。

Su_j の属性は、必修・選択の区分 E_j とその難易度 L_j である。

E_j が必修の場合、全学生が履修する。一方、 E_j が選択の場合、 F_{ij} の値で履修を決定する。

L_j は 1~5 の難易度レベル値を持つ。各難易度レベルを均等に配置する。この値に応じて $h_{bf}(L_j)$ は 0.4~0.0 (0.1 刻み) の値を出力し、 $h_{sf}(L_j)$ と $h_{bg}(L_j)$ は、0.8~1.0 (0.05 刻み) の値を出力する。つまり L_j が高ければ、 St_i の Gd_{ij} が低下し、なおかつ成績悪化を回避するため F_{ij} も低下することを意味する。

$o_{sf}(metrics)$ は SGPA, OPS', 重み付けの場合は受講基準値に正の影響を与え、GPT や SGPT の場合はより大きな影響を与える。 $o_{sg}(metrics)$ と $o_{bf}(metrics)$ と $o_{bg}(metrics)$ はそれぞれ各評価指標に応じて変化し、表 3 のようになる。この評価指標による影響は、アンケートの結果を参考にして定めた。

表 3 評価指標パラメータ

評価指標	$o_{sg}(metrics)$	$o_{bf}(metrics)$	$o_{bg}(metrics)$
GPA	1.00	1.00	1.00
GPT	1.00	1.60	1.00
SGPA	1.03	1.20	1.04
OPS'	1.00	1.20	1.00
重み付け	1.00	1.20	1.02
SGPT	1.03	1.60	1.03

ϵ_{ij} は平均値 1.0 の極値分布をとる。 rnd_{sf} は一様乱数 0.0~1.0 の実数値をとる。 rnd_{sg} と $rnd_{bg}()$ は一様乱数 62~100 の整数値をとる。

表 4 は相乘法での計算結果、表 5 はブランド選択モデルでの計算結果である。

表 4 相乘法の結果

評価指標	GPA	GPT	OPS'	取得単位数	受講単位数
GPA	3.29	422.0	4.22	127.9	137.4
GPT	3.30	490.4	4.23	148.6	159.3
SGPA	3.54	480.4	4.49	135.8	142.0
OPS'	3.29	446.0	4.22	135.6	145.8
重み付け	3.39	465.8	4.33	137.4	145.7
SGPT	3.52	546.2	4.48	155.1	162.0

表 5 ブランド選択モデルの結果

評価指標	GPA	GPT	OPS'	取得単位数	受講単位数
GPA	3.19	337.5	4.10	105.5	114.8
GPT	3.30	404.4	4.23	122.5	131.0
SGPA	3.38	361.3	4.33	106.7	113.3
OPS'	3.13	350.7	4.04	112.1	122.7
重み付け	3.31	347.3	4.25	104.8	112.0
SGPT	3.43	415.2	4.38	120.9	126.9

5 検討・考察

マルチエージェントシミュレーションの結果から、GPT, SGPT を導入すると、学生の受講科目数を増やせることがわかった。また、SGPA, SGPT で評価すると、学生の GPA を高く出来ることがわかった。しかし、SGPA と SGPT は評価を与える教員が成績を数値で出さなければならず、成績算出の際の計算量も増える。一方、重み付け OPS' の場合は、学生の GPA を高くでき、受講科目数を増やせることが確認できた。

6 まとめと今後の課題

成績指標として OPS', 重み付け OPS', SGPT を提案し、有効性を検証した。また、すでに提案・利用されている GPT, SGPA についても有効性を検証した。

エージェントシミュレーションにおいて、学生の受講科目の意思決定にマーケティング理論のブランド選択モデル [7] を応用させた手法を用いた。計算結果より、評価指標を変えることで、学生の履修行動を改善する影響を与えることがわかった。また、相乘法とブランド選択モデルでほぼ同等の結果が得られた。

今後の課題は、今回のモデルでは、全ての科目を同時に履修する設定で行ったが、学年によってはそれまでの自らの成績から履修行動への影響を受ける点を考慮に入れることである。

参考文献

- [1] 朝日新聞×河合塾, “「ひらく日本の大学」第 2 次調査”, 朝日新聞, 2011 年 12 月 24 日朝刊。
- [2] 宇都宮大学, “宇都宮大学における GPT・GPA 制度の取扱いに関する要項”, <http://www.utsunomiya-u.ac.jp/jyuhoukoukai/kiteisyuu/10/10-515.pdf>, 2011.
- [3] 林直嗣, “大学教育のガバナンスと成績評価基準(上)(中)(下)”, 法政大学経営学会『経営志林』, 第 47 巻, 第 3 号, 2010。
- [4] Jim Albert, Jay Bennett, 『メジャーリーグの数理科学』, ジュプリンガー, 2004。
- [5] 前田翔馬, 奥田隆史, 井手口哲夫, 田学軍, “大学における成績評価指標の検討-学生にインセンティブを与えるための-”, 平成 23 年度電気関係学会東海支部連合大会, G1-7, 2011。
- [6] 前田翔馬, 奥田隆史, 井手口哲夫, 田学軍, “野球評価理論に着想を得た新成績評価指標の研究”, 情報処理学会第 74 回全国大会, 6ZH-7, 2012。
- [7] 岡太彬, 木島正明, 守口剛, 『マーケティングの数理モデル』, 朝倉書店, 2001。
- [8] (株)構造計画研究所, <http://www.kke.co.jp>。