

# プログラミングコンテストへの敢闘賞の導入と DEAによる候補選定

関谷 和之

多くの大学で、PBL形式の講義・実習が盛んに導入されている。静岡大学工学部システム工学科は2007年度から2年次を対象に必修科目「プログラムコンテスト」を開講した。その後、本科目の対象学年を3年次に変更することに伴い、2012年度に一旦休止し、2013年度から再開して現在に至る。この間、システム工学科は数理システム工学科に改組し、本科目の実施体制も変更した。2016年度から、高大連携により高校生がコンテストに参加することになった。敢闘賞を授業改善の一環として2011年度に導入し、実施体制の変化に対応させて現在に至る。敢闘賞の導入経緯とその後の取り組みについて報告する。

キーワード：格差最小化、ベンチマーク、DEA、2段階DEA、感度分析

## 1. はじめに

2012年8月に文部科学省中央教育審議会から高等教育カリキュラムへの提言[1]が公表されて以来、アクティブ・ラーニングが注目され、多くの大学で取り組まれている。アクティブ・ラーニングの一つとして、問題解決型学習(PBL)がある。

静岡大学工学部システム工学科は、2年次必修科目「プログラムコンテスト」を2007年度に開講した。2017年まで、筆者は同僚の安藤和敏氏とともに本科目を担当した。なお、現在の必修科目「プログラムコンテスト」はシステム工学科から改組した数理システム工学科で開講し、その対象学年は2年次から変更して3年次である。

2007年度から現在までにいくつかの変遷を経た「プログラムコンテスト」において、変わらない授業の骨子部分は以下の4点である。

- 受講生をグループに分け、巡回セールスマン問題(TSP)または制約付TSPに対するソルバーをグループ単位で作成する。
- コンテストは巡回路長の長さを競うレース部門とアルゴリズムの面白さをアピールするプレゼン部門からなる。
- コンテスト準備段階として、個人単位で学習する講義演習(C言語復習、構築法、改善法等)を実施する。

- レースには、教員グループが参加する。

これらの骨子は「コンテスト形式が受講生の競争心を刺激し、能動的学習を促進させる」ことを前提とする。現実には、この前提がすべての受講生において成立するとは限らない。コンテストという刺激がかえって受講生の学習意欲を削ぐこともある。必修である本科目ではコンテストへの挑戦意欲を失った受講生を排除することは困難である。

本科目の最終日に授業アンケートを毎年行い、翌年度に向けて授業改善を積み重ねている。コンテストへの挑戦意欲減退防止を目的とした授業改善の一つが2011年度の敢闘賞導入である。以降では、敢闘賞導入の経緯とその後の取り組みを報告する。

## 2. 2007～2009年度のコンテスト

プログラムコンテストの受講生は学期前半では、コンテストの準備として事前講義・演習を個人学習し、学期後半ではレース部門とプレゼン部門のコンテストにグループ単位で取り組む。2007～2009年度のコンテストでは、約100名近くの受講生に対して、1グループを4,5名として、約25グループを一切の成績情報を考慮せずにランダム割当てで編成した。

レース部門でのグループ順位付けは約25問程度のTSPに対してグループごとに作成したプログラムによって得られた巡回路長の短さを偏差値として換算し、その偏差値合計で決定する。授業最終日には、1グループ6分程度の発表時間で、各グループが作成したプログラムについてのプレゼンテーションを行う。各グループによる発表を当該グループ以外の受講生全員と教員が3段階評価し、その集計結果を偏差値として算出す

せきたに かずゆき  
東京理科大学経営学部  
〒102-0071 東京都千代田区富士見 1-11-12  
sekitan.kazuyuki@shizuoka.ac.jp

る。この算出した偏差値から、プレゼン部門のグループ順位付けを決定する。

全グループの発表終了後から1時間後に表彰式を開催する。その1時間の間に、それぞれの部門で表彰するグループを決定し、賞状を準備する。表彰式では、各賞の授賞式と講評を行う。

3年間の本科目に対する学生の反応を授業アンケートに記載された意見から抜粋して紹介しよう。グループ活動を肯定する意見「グループ作業だと分からないところを聞きやすいので良い」、コンテスト形式を肯定する意見「レース部門、プレゼン部門など競争しあえるので楽しかったです」、「プロコンのレース部門の結果を表示してそれぞれに競わせているところが良い」、「レースに教員が参加する点は今後とも継続してほしい」、「来年度は経験者の有志を募って参加できるようにしてほしい（表彰はされなくてもよい）」が寄せられた。一方で、グループ内での作業分担に関する不満「非協力的な態度、他人任せの態度を取られ、ほぼ一人で作業するはめになった」、グループ編成への不満「各グループにプログラミングが得意な人が一人はほしいです」、「各グループにできる人を均等にわけてほしいです」、「1年次開講科目『プログラミング基礎』の評価をもとにするなど、できるだけ平均的になれば、いい競争にもっとなれたような気がしました」が寄せられた。そのほかに「表彰式のクオリティ向上」の意見があった。プログラムコンテストで必要とする能力が低い学生が特定のグループに集まった場合、そのメンバーがグループ編成以降でコンテスト参加に興味をなくしてしまうことが解決すべき問題の一つとして科目担当スタッフは認識した。

### 3. 2010～2011年度の授業改善

グループ編成への不満を解消するために、2010年度では、1年次科目「プログラミング基礎」の成績(100点満点)を用いたグループ編成に取り組んだ。具体的には、グループメンバーの「プログラミング基礎」の成績合計のグループ間格差を、グループ人数均等化の条件と受講者の属性に関する複数のグループ割当条件のもとで、最小化した。編成時における格差は最小値の17であったが、グループ活動の途中から履修放棄した受講生がいたため、授業最終日には、格差が56に拡大した。格差56は「プログラミング基礎」成績平均点より若干低い。グループ編成直後からドロップアウトする受講生がいること、また、プログラミング基礎の成績はプログラムコンテストの個人学習での成果が反

映されていないことから、プログラミング基礎成績の格差を完全に解消したグループ編成は困難である。なお、2011年度以降では、個人学習の採点作業を高速化することで、個人学習の成績を加味してグループ編成を実施した。

格差最小化グループ編成導入以後である2010年度以降の学生の反応を授業アンケートから紹介する。なお、編成時におけるグループ人数は実施年度の受講生数によって異なり、3～4名または4～5名のいずれかであった。

2010年度以降のグループ編成への不満は2009年度以前と比較して減少したが、根強く残る。たとえば、「グループごとのプログラミング技術に根本的な差があった」、「グループの振り分け方法を改善してほしい」、「グループ分けが不平等すぎです」、「一人でプログラムを作れる人がいると勝てないのでもう少しバランスのよいグループの構成をしてほしい」、「成績でグループ分けをするのは正直、改善してほしいです。話にも参加してこない人がいて、つらかったです」があった。一方で、的確で建設的な批判や肯定する意見もある。たとえば、編成時におけるグループメンバーの成績合計への不満「三人のグループが精鋭を集めすぎていて歯が立たない」、グループ編成における使用データに関する意見「グループのそれぞれの実力差が大きく感じました。プログラミング基礎の成績や授業の課題で実力を測るのは難しいと思います」、「グループの士気にもかかわってくるものだと思うので、成績で見るとは実際にはプログラムを作る能力があるかを見極め、分けたら各グループのモチベーションも上がると思います」、「振り分けは難しいと思うが、人柄や人間関係など考慮してほしいと思った」があった。

2009年度以前になかったグループ編成の改訂を肯定する意見「能力でのグループ分けが良かった」、「均等にグループを分けてくれて、協力して取り組むことができる点が良い」を得た。

グループ編成への不満に対して筆者は、「グループのプログラミング能力として誰もが認める値が存在するかどうかは疑問であるが、たとえ存在してもそれを正確に測定する方法を誰も知らないであろう」という予想をもつ。そのような予想のもとでランダムにグループ編成するよりは格差最小化グループ編成を実施するほうが学生のグループ編成への不満解消に貢献することを実感している。グループのプログラミング能力として用いる値はプログラミング基礎の成績と個人学習の成績だけに限定せずに、学生のプログラミング知識

と実績に対して客観性のあるものが望ましいと考える。

2011 年度では、「プログラミング基礎」の成績による格差最小化したグループ編成でもプログラミング能力の格差が存在することは認めたとうえで、低いプログラミング能力のグループでもコンテストで表彰を受ける機会を新設した。新設した表彰が敢闘賞である。敢闘賞は、グループ編成で与えられたメンバー（人的資源）を巧みに活用したグループ活動を敢闘賞として表彰するものである。言い換えれば、敢闘賞の目的はレース部門とプレゼン部門それぞれで表彰には至らない成果であっても、与えられた人的資源に対して十分な成果であればそのグループを表彰することである。

敢闘賞決定には、組織活動の効率性を分析する方法である DEA (Data Envelopment Analysis [2]) を適用した。DEA は組織活動を複数の入力から複数の出力への変換過程とみなして、その入出力変換効率を効率値として算出し、同時に改善目標を提示する。プログラムコンテストのグループ活動をグループメンバーの能力合計からレース部門とプレゼン部門での成果への変換としてみなすことにより、DEA を適用した。DEA の効率値をグループの人的資源の活用度として、その活用度によって、敢闘賞に関するグループを順位付けした。DEA が提供する改善目標の情報を参考にして各グループへの講評を表彰式で行った。

敢闘賞決定の手順を述べる。まず、DEA の効率値により各グループの人的資源活用度を決定することである。レース部門上位グループとプレゼン部門上位グループを除いた人的資源活用度上位グループを敢闘賞として選定する。なお、レース部門とプレゼン部門と敢闘賞で表彰されるグループ数合計が少なくならないように敢闘賞グループ数を配慮する。

2011 年度敢闘賞の効果を [3] の一部から抜粋して紹介する。「プログラミング基礎」で 90 点以上の成績評価を受けたものは 7 名いるが、敢闘賞を受賞したグループには含まれていなかった。傑出したプログラミング能力を有したメンバーがいなくとも表彰される機会を敢闘賞が与えた。

敢闘賞の導入直前である 2010 年度と比較して、敢闘賞導入がグループのドロップアウト防止に効果あったとスタッフに実感させた事実がいくつかあった。2010 年度では 24 グループが 25 本のレースで巡回路長を競った。25 本のレースすべてで同じ巡回路長であったグループは四つ存在し、これら 4 グループの解法すべてはスタッフが受講生全員に提供した基本プログラムセットそのものであった。一方、2011 年度では 25 グループ

が 26 本のレースで巡回路長を競った。26 本のレースすべてで同じ巡回路長であったグループは二つ存在した。基本プログラムセットそのものと同程度でのソルバーを開発したグループ数は 2010 年度と比較して半減した (2011 年度敢闘賞決定の仕組みとその分析結果の詳細は [3, 4] を参照のこと)。

敢闘賞導入の改訂を含む表彰制度に対する学生の反応を 2011~2015 年度までの授業アンケートの意見から紹介する。表彰に対する意見いづれもが、表彰制度が挑戦意欲維持向上に繋がることを肯定したものであった。表彰されるグループ数に対する意見「賞を与えることが良い。5 組ほどが表彰されるのでそれを目指して頑張ろうと思えるので」、「敢闘賞の入賞グループ数は 1 グループのみでなくて、良いグループはすべて表彰してもいい」、「表彰するシステムが良い。しかし、欲を言うなら第三位まで表彰してほしい」があった。敢闘賞の導入目的を肯定する意見「順位に関わらずがんばったグループを表彰する敢闘賞のシステムはとてもやる気ができるので維持してほしい」はスタッフにとって喜ばしいものであった。

#### 4. 2016~2017 年度の 2 ステージ制導入と高大連携対応

2016 年度に講義スケジュールを大幅に改訂した。2015 年度までは個人活動期間はグループ活動期間の 2 倍であったが、グループ活動の充実を期待して個人活動期間とグループ活動期間を同程度にした。その結果、グループ活動期間は 6 週間になった。さらに、グループ活動 6 週間を前半 2 週間と後半 4 週間に分けて、レースを 2 ステージ制にした。前半 2 週間のレースは 15 問の TSP に対して、後半 4 週間は 15 問の都市訪問順序制約付 TSP に対して巡回路の短さを競う。前半 2 週間は第 1 ステージ (1S)、後半 4 週間は第 2 ステージ (2S) と呼ぶ。

2016 年度は 2 ステージ制導入だけでなく、高大連携の一環として近隣の高校生 9 名がプログラムコンテストに参加した。高校生 9 名は個人活動には参加せずにグループ活動期間の 1S と 2S に参加する。高校生の「プログラミング基礎」の成績と個人学習の成績はないので、高校生 9 名のグループ編成は高校の指導教諭に依頼して決定してもらった。2016 年度では 1 グループのメンバー数を 3~4 名として、高校生グループ数は 3 個、大学生グループ数は 13 個、合計 16 個であった。3 名のグループ数は 5 個、4 名グループの数は 11 個であった。

2 ステージ制を導入し高校生グループが参加した2016年度においても表彰制度は従来通り、レース部門表彰とプレゼン部門表彰と取闘賞表彰との3賞とした。レース部門表彰は2Sのレース成績を対象とし、1Sのレース成績は対象外とした。取闘賞決定方法において以下の2点が従来から異なる。

- 高校生の「プログラミング基礎」の成績と個人学習の成績はないこと
- グループ活動実績である1Sのレース成績が利用可能であること

2016年度の取闘賞決定もDEAを適用することとした。1Sにおける高校生グループの人的資源の質を表すデータが欠落していることから、乗数形式のDEAを採用した。1Sのレース成績は、グループの1Sにおける成果であり、グループ活動による実績値である。そこで、1Sのレース成績はグループの1Sの成果のデータとして乗数形式DEAモデルに取り組みだけでなく、2Sにおける人的資源の質を表すデータとして取り込むことにした。

2ステージ制のグループ活動は1Sにおいて人的資源を用いて1Sのレースの成果を挙げた後に、2Sにおいて1Sで鍛錬された人的資源を用いて2Sのレースとプレゼンで成果を挙げるものとみなす。各ステージにおける人的資源および成果は次のようなデータを用いることとする。グループ $j$ の1Sにおける人的資源は、その量をグループ人数 $(x_{1j}^1)$ 、その質をプログラミン

グ基礎成績のメンバー合計 $(x_{2j}^1)$ と個人学習成績のメンバー合計 $(x_{3j}^1)$ で与える。グループ $j$ の1Sの成果は1Sレース成績 $(z_j)$ で与える。1Sレース成績 $z_j$ が2Sの人的資源の質を表すとする。2Sの人的資源の量はグループ人数 $(x_{1j}^2)$ で与える。2Sの成果は2Sレース成績 $(y_{1j}^2)$ とプレゼン成績 $(y_{2j}^2)$ で与える。高校生グループの1Sにおける人的資源の質を表す $x_{2j}^1$ と $x_{3j}^1$ は欠落している。一般的には1Sのグループ人数と2Sのグループ人数は一致するので、多くのグループでは $x_{1j}^1 = x_{1j}^2$ が成立する。

図1に、2ステージ制におけるグループの活動で人的資源と成果の関係を記載する。図1の中にある二つの四角枠□は各ステージの活動を表す。四角枠□に入る矢線はそのステージの人的資源を表し、四角枠□から出る矢線はそのステージの成果を表す。

表1に、各グループの人的資源と成果の数値、高校生グループまたは大学生グループの属性、レース部門とプレゼン部門での表彰結果を記載する。表1の1列

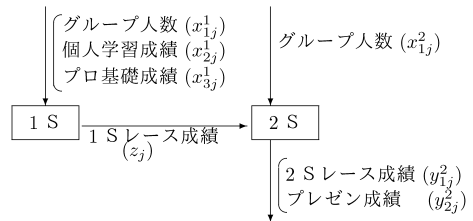


図1 2ステージ制のグループ活動

表1 各グループの人的資源・成果・部門表彰と取闘賞分析結果

No.	大学	高校	人的資源・成果・部門表彰						取闘賞選定分析と結果				
			$x_1^1$ $x_2^1$	$x_2^1$	$x_3^1$	$z$	$y_1^2$	$y_2^2$	表彰	1S 効率値 $\theta^1$	2S 効率値 $\theta^2$	人的資源 活用度 $\theta^1 \times \theta^2$	取闘賞
1	○		3	132	236	57.837	54.362	<u>61.939</u>	P	1	1	1	
2	○		3	144	219	56.930	<u>54.370</u>	46.689	R	1	1	1	
3		○	3	—	—	45.504	52.338	54.010		0.787	1	<u>0.787</u>	○
4	○		4	136	274	53.782	54.180	42.255		0.903	0.799	<u>0.721</u>	○
5	○		4	159	295	57.425	49.756	60.843		0.824	0.823	<u>0.678</u>	○
6	○		4	182	274	54.784	54.308	<u>62.625</u>	P	0.769	0.869	0.669	
7	○		4	166	265	48.513	49.227	<u>64.681</u>	P	0.717	0.920	0.660	
8	○		4	156	215	46.373	50.779	43.801		0.830	0.773	0.641	
9	○		4	167	263	51.637	53.934	57.827		0.765	0.829	0.635	
10		○	3	—	—	35.280	18.725	56.456		0.610	1	0.610	
11	○		4	182	293	56.711	<u>54.363</u>	50.524	R	0.761	0.792	0.602	
12	○		4	186	283	54.589	54.089	35.857		0.742	0.795	0.590	
13	○		4	175	310	52.538	<u>54.375</u>	35.209	R	0.689	0.806	0.555	
14	○		4	184	270	52.744	48.869	43.319		0.751	0.724	0.544	
15	○		4	171	280	47.086	48.881	37.277		0.665	0.741	0.493	
16		○	3	—	—	28.267	47.446	46.689		0.489	1	0.489	

(No. はグループ番号。表彰の P はプレゼン部門、R はレース部門で表彰。取闘賞の○は受賞)



目には、グループ番号を記す。高校生グループは3と15と16であり、それら以外13個は大学生グループである。表1の4列目にグループ人数 $x_1^1, x_1^2$ を与えた。全てのグループでグループ人数は1Sと2Sで一致した。5列目には個人学習成績のグループ合計の値 $x_2^1$ を、6列目にはプログラミング基礎成績のグループ合計の値 $x_3^1$ を与えた。高校生グループの3, 10, 16は個人学習成績のグループ合計の値とプログラミング基礎成績のグループ合計の値はないので、「—」を与えた。7列目には、1Sのレース成績の偏差値 $z$ で与えた。8列目と9列目には、2Sの成果、2Sのレース成績の偏差値 $y_1^2$ とプレゼン部門の成績の偏差値 $y_2^2$ をそれぞれ記す。2Sのレース成績で1位、2位、3位それぞれはグループ13, 2, 11であり、表1の8列目の数値に下線を引いた。これら3グループがレース部門で表彰された。プレゼン部門の上位3グループはグループ1, 6, 7であり、9列目の数値に下線を引いた。これら3グループがレース部門で表彰された。レースとプレゼンに対する部門表彰結果それぞれは表1の10列目に「R」と「P」で示す。

## 5. 2段階DEAによる敢闘賞決定

2ステージ制のグループ活動への評価を1Sと2Sに分割し、1Sにおける効率値と2Sの効率値それぞれを標準的なDEAであるCCRモデル[2]で計算する。二つのステージの効率値の積を2ステージ制のグループ活動での人的資源活用度と呼ぶ。人的資源活用度の上位グループを敢闘賞候補として、他部門表彰を考慮して、敢闘賞授賞グループを決定する。以下では、各ステージの効率値の計算方法と人的資源活用度の性質、選定結果と事後分析を述べる。

### 5.1 ステージの効率値計算と人的資源活用度

資源を入力、成果を出力とする。乗数形式2段階DEA[5]は入出力への乗数を導入して図1の構造をもつ組織活動の入出力比を評価する。具体的には、 $i = 1, 2, 3$ に対する $x_i^1$ への乗数を $v_i^1$ 、 $z$ への乗数を $w$ 、 $r = 1, 2$ に対する $y_r^2$ への乗数 $u_r^2$ を導入し、グループ $j$ の1Sの入出力比と2Sの入出力比をそれぞれ

$$\frac{wz_j}{v_i^1 x_{1j}^1 + v_2^1 x_{2j}^1 + v_3^1 x_{3j}^1} \quad (1)$$

$$\frac{u_1^2 y_{1j}^2 + u_2^2 y_{2j}^2}{v_1^2 x_{1j}^2 + wz_j} \quad (2)$$

とする。1Sの入出力比と2Sの入出力比の積をグループ $j$ 全体の入出力比とする。ここで、各グループの乗

数はグループ自身の入出力比が最大になるように決定する。たとえば、グループ $k$ の1Sの乗数は1Sの入出力比最大化

$$\begin{aligned} \max \quad & \frac{wz_k}{v_1^1 x_{1k}^1 + v_2^1 x_{2k}^1 + v_3^1 x_{3k}^1} \\ \text{s.t.} \quad & \frac{wz_j}{v_1^1 x_{1j}^1 + v_2^1 x_{2j}^1 + v_3^1 x_{3j}^1} \leq 1 \quad (j=1, \dots, 16) \\ & w \geq 0, v_i^1 \geq 0 \quad (i=1, 2, 3) \end{aligned} \quad (3)$$

の最適解で与える。最大化問題(3)と

$$\begin{aligned} \max \quad & wz_k \\ \text{s.t.} \quad & v_1^1 x_{1k}^1 + v_2^1 x_{2k}^1 + v_3^1 x_{3k}^1 = 1 \\ & wz_j \leq v_1^1 x_{1j}^1 + v_2^1 x_{2j}^1 + v_3^1 x_{3j}^1 \quad (j=1, \dots, 16) \\ & w \geq 0, v_i^1 \geq 0 \quad (i=1, 2, 3) \end{aligned} \quad (4)$$

との最大値は一致し、線形計画問題(4)を解くことで、グループ $k$ の1Sの乗数は求められる。この最大値を $\theta_k^1$ とし、1Sの効率値と呼ぶ。ここで、高校生グループ3, 10, 16に対する個人学習成績とプログラミング基礎成績の欠落データは、 $x_{i3}^1 = x_{i15}^1 = x_{i16}^1 = \infty$  ( $i=2, 3$ )とする。このとき、(4)で決定する高校生グループの欠落データに対する乗数 $v_2^1, v_3^1$ は0である。1Sと同様に、2Sの入出力比最大となるグループ $k$ の2Sの乗数は

$$\begin{aligned} \max \quad & u_1^2 y_{1k}^2 + u_2^2 y_{2k}^2 \\ \text{s.t.} \quad & wz_k + v_1^2 x_{1k}^2 = 1 \\ & u_1^2 y_{1j}^2 + u_2^2 y_{2j}^2 \leq wz_j + v_1^2 x_{1j}^2 \quad (j=1, \dots, 16) \\ & w \geq 0, v_1^2 \geq 0 \\ & u_r^2 \geq 0, \quad (r=1, 2) \end{aligned} \quad (5)$$

で求めればよい。この最大値を $\theta_k^2$ とする。グループ $k$ の各ステージの効率値の積

$$\theta_k^1 \times \theta_k^2 \quad (6)$$

をグループ $k$ の人的資源活用度と呼ぶ。

1Sの入出力比と2Sの入出力比との積をグループ全体の活動の入出力比とみなすと、その乗数を決定する最大化問題

$$\begin{aligned}
\max \quad & \frac{wz_k}{v_1^1 x_{1k}^1 + v_2^1 x_{2k}^1 + v_3^1 x_{3k}^1} \times \frac{u_1^2 y_{1k}^2 + u_2^2 y_{2k}^2}{wz_k + v_1^2 x_{1k}^2} \\
\text{s.t.} \quad & \frac{wz_j}{v_1^1 x_{1j}^1 + v_2^1 x_{2j}^1 + v_3^1 x_{3j}^1} \leq 1 \quad (j = 1, \dots, 16) \\
& \frac{u_1^2 y_{1j}^2 + u_2^2 y_{2j}^2}{wz_j + v_1^2 x_{1j}^2} \leq 1 \quad (j = 1, \dots, 16) \quad (7) \\
& w \geq 0, v_i^1 \geq 0 \quad (i = 1, 2, 3) \\
& w_r^2 \geq 0, (r = 1, 2), v_i^2 \geq 0
\end{aligned}$$

は最適解をもつとは限らない。しかし、1Sの入出力比と2Sの入出力比との積の上限を求める問題

$$\begin{aligned}
\sup \quad & \frac{wz_k}{v_1^1 x_{1k}^1 + v_2^1 x_{2k}^1 + v_3^1 x_{3k}^1} \times \frac{u_1^2 y_{1k}^2 + u_2^2 y_{2k}^2}{wz_k + v_1^2 x_{1k}^2} \quad (8) \\
\text{s.t.} \quad & (7) \text{の制約条件}
\end{aligned}$$

の上限は  $\theta_k^1 \times \theta_k^2$  である。つまり、二つのステージの入出力比の積の上限は各ステージの効率値の積に一致する。さらに、(7)の実行可能領域上に無限点列  $(v_1^1(t), v_2^1(t), v_3^1(t), w, v_1^2(t), v_2^2(t), u_1^2(t), u_2^2(t))$  が存在して、

$$\begin{aligned}
\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{w(t)z_k}{v_1^1(t)x_{1k}^1 + v_2^1(t)x_{2k}^1 + v_3^1(t)x_{3k}^1} &= \theta_k^1 \\
\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{u_1^2(t)y_{1k}^2 + u_2^2(t)y_{2k}^2}{w(t)z_k + v_1^2(t)x_{1k}^2} &= \theta_k^2
\end{aligned}$$

が成立する。そこで、積の最大値ではないが積の上限であること、各ステージの効率値を同時に達成する乗数  $w$  は存在しないが各ステージの効率値に近づく収束数列  $w(t)$  が存在することから、人的資源活用度  $\theta_k^1 \times \theta_k^2$  をグループ  $k$  の全体効率値としてみなす。

## 5.2 選定結果と事後分析

全グループ  $k = 1, \dots, 16$  に対して、1Sの効率値  $\theta_k^1$  と2Sの効率値  $\theta_k^2$  それぞれを線形計画問題(4)と(5)で求めた。二つの効率値の計算結果を表1の11と12列目、全体効率値  $\theta_k^1 \times \theta_k^2$  を13列目に与える。全体効率値の降順はグループの番号順に一致する。

取賞では、レース部門とプレゼン部門のどちらでも表彰されていない、全体効率値による順位で上位グループを選考対象とする。全体効率値の3番目から5番目のグループはレース部門とプレゼン部門のどちらでも受賞していない。そこで、グループ3, 4, 5を取賞として選定した。

取賞を選定するために費やすことができる時間は、プレゼン部門における投票をグループ別に集計することと表彰状を印刷することを含めて1時間以内である。

全体効率値を手軽に確実に計算することが求められる。この1時間以内に、スタッフは全体効率値の降順にしたがってグループの取賞表彰の是非を検討した。

グループ3, 4, 5の順に、グループ活動内容を紹介する。グループ3は高校生3名で活動した。1Sレースでは出遅れて下から数えて3番目の成果であったが、2Sではレース部門の偏差値は52.338まで挽回し、プレゼン部門でも偏差値54.01であった。高校生3名でありながら、1Sの出遅れから挽回して両部門で大学生と互角な成果を得た。グループ4は個人学習成績平均が最下位であり、さらにプログラミング基礎成績で80点以上のメンバーが1名もいないグループであった。その中で、2Sレースで部門表彰に至らないが、トップ集団の中で競い合い5位であった。グループ5の個人学習成績合計とプログラミング基礎合計は上位であり、メンバー4名のうち1名が留学生であった。グループ内でコミュニケーションを取りながら、1Sレースでは2位を獲得し、プレゼン部門では表彰に至らなかったが偏差値60.843で4位を獲得した。1Sと2Sの両ステージを通して優れた成果を挙げた。ただし、2Sレースの結果が平均的なレベルに終わったことは1Sレース成果と個人学習成績とプログラミング基礎成績の高さから比較すると物足りさを感じる。

1Sの期間は2Sの期間より短いことと1Sの課題がTSPであり2Sの課題が制約付きTSPであることから、「1Sが予選で2Sは本選である」という見解はもつともである。この見解から、「総合評価は本選の評価を予選の評価より重視すべき」という意見は納得できる。グループの全体効率値は1Sの効率値と2Sの効率値の積である。これは、1Sと2Sの評価は対等な比重で全体効率値を決めることを意味する。したがって、総合評価は本選の評価を予選の評価より重視すべきという意見には反する。表1の最終列の○で示した取賞3グループは意見「総合評価は本選の評価を予選の評価より重視すべき」に耐えるものであろうか？この疑問に対して、人的資源活用度(6)にパラメータ  $\alpha \in [0, 1]$  を導入した

$$(\theta_k^1)^\alpha \times (\theta_k^2)^{1-\alpha} \quad (9)$$

をグループ  $k$  の新しい全体効率値としてみなす。  $\alpha = 1/2$  の全体効率値(9)によるグループ順位はグループ番号と一致する。  $\alpha < 1/2$  の全体効率値(9)は本選の評価を重視する総合評価を意味する。

以下の不等式を満たす任意の  $\alpha$  を考える。

$$0.393 \leq \alpha \leq 0.829. \quad (10)$$

このとき、レースとプレゼンの部門で表彰されたグループ 1, 2, 6, 7, 11, 13 を除いて、全体効率値 (9) における上位 3 グループを敢闘賞として選定すると、グループ 3, 4, 5 であった。(10) を満たす  $\alpha < 1/2$  が存在するので、グループ 3, 4, 5 敢闘賞受賞は予選より本選の評価を重視した選定でもある。

$\alpha$  が 0.393 より下回ると、全体効率値 (9) ではグループ 10 とグループ 5 との順位が入れ替わる。グループ 10 は 1S と 2S との両レースでは全く歯が立たなかったが、プレゼン部門では偏差値 56.456 であり、1S レース成績から見れば十分健闘した。しかし、2S レースの惨敗 (偏差値 18.725) を無視したグループ 10 の敢闘賞受賞は受け入れがたい。パラメータ  $\alpha$  の設定は慎重にすべきである。さらに、二つの部門成果への評価をバランスさせる制約を乗数決定問題 (8) に導入することは今後の検討課題である。

## 6. おわりに

必修科目「プログラムコンテスト」は開講対象学年変更のために 2012 年度に休止したが、2007 年度から 2017 年度まで 10 年間継続している。毎年、授業最終日に授業アンケートを取り、その結果を参考にして翌年に向けて授業改善に取り組んできた。授業改善すべき主要な点を以下に二つ挙げる。

- 作業分担がうまくできないグループがある。
- コンテストへの挑戦意欲減退した受講生の存在。

作業分担がうまくできないことで、コンテストへの挑戦意欲が減退することがある。グループ単位でなく個人単位で参加するコンテストにすれば、作業分担の

問題はなくなるが、個人の能力を組み合わせることで格差を解消することができない。個人単位の参加であれば、プログラミングの能力格差がより一層顕在化し、コンテスト挑戦への諦めが顕著になるだろう。

敢闘賞は能力格差の現実を認めたくえで挑戦意欲維持向上を目指す仕組みの一つとして導入した。能力を適切に定量化することがグループ編成と敢闘賞選定には重要であるが、定量化の決定版は未だなく、毎年試行錯誤している。

グループ内作業分担偏りの対策として、計画・実績書を各グループに毎週提出することを課して、1 週間のグループ活動について指導する。この任務は 2007 年度から本科目のリーダーを務める安藤和敏氏が担当する。安藤和敏氏から本稿の草稿に対するコメントをいただいたことも含め、ここに感謝したい。

## 参考文献

- [1] 文部科学省中央教育審議会 (2012 年 8 月 28 日), 「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～ (答申)」, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1325047.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1325047.htm) (2018 年 3 月 14 日閲覧)
- [2] W. D. Cook and J. Zhu (森田浩訳), 『データ包絡分析法 DEA』, 静岡学術出版, 2014.
- [3] K. Ando, A. Kai, Y. Maeda and K. Sekitani, “Least distance based inefficiency measures on the Pareto-efficient frontier in DEA,” *Journal of the Operations Research Society of Japan*, **55**, pp. 73–91, 2012.
- [4] 安藤和敏, 伊藤公人, 甲斐充彦, 前田恭伸, 関谷和之, “最短距離 DEA によるプログラムコンテスト「敢闘賞」の決定,” *オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学*, **57**(6), pp. 315–321, 2012.
- [5] 中澤友哉, 吉竹洵人, 関谷和之, “乗数形式 2 段階 DEA における非協力・協力型モデルとの一致性,” *日本 OR 学会春季研究発表会アブストラクト集*, pp. 123–124, 2016.