

オペレーションズ・リサーチによる入試管理業務の改善について

2007MI037 波多野優子 2007MI078 伊東美奈

指導教員：鈴木敦夫

1 はじめに

本論文では、南山大学における入試管理業務の改善について考える。南山大学では、オペレーションズ・リサーチを用いて、様々な業務効率化に取り組んでいる。例えば、入試監督者の自動割当システムの作成 [2] や入学試験アルバイトのシフト作成 [1] などがある。その中で本研究では、入試管理業務の全作業時間の短縮に取り組む。

本研究の目的は、18 時までに入試管理業務が終わるように改善策を考案することである。昨年度、本学の入試管理業務が終了予定時刻から 3 時間ほど遅れてしまった。作業担当者は、慣れない作業を長時間行うため多大な負担を抱えている。また、採点者は、作業担当者の業務が終わるまで待たなければならない。これらの問題を解決するために、PERT/CPM を用いて入試管理業務を改善する。PERT とは、プロジェクトが予定の期日までに完成できるように、その計画を検討することを主目的とする技法である。また、CPM とは、プロジェクトの完成期間に影響をあたえる各作業の費用を考慮して、最も経済的な日程計画を立てることを主目的とする技法である。本研究では、PERT を用いて業務が終了予定時刻までに完了するかを調べた。更に CPM を用いて、業務に影響を与える作業担当者数を考慮し、作業の増加時間との調整を試みることで適切な担当者数を調べた。

2 入試管理業務の問題点と改善案

入試管理業務は、作業担当者 35 名によって行われる。業務内容は、全員で行われる「問題搬出」「問題渡し」「分冊作成」と、学科・方式ごとによって行われる「答案チェック」「選択科目の仕分け」である。ただし、自分の仕事がない空き時間のみ、他の学科・方式の作業を手伝うことがある。分冊作成とは、答案チェックと選択科目の仕分けを終えた後に答案用紙を束にする作業である。

作業が遅れた原因を 2 つ挙げる。1 つ目は、分冊作成を行う十分な時間が確保されていないことである。分冊作成は全員で行うため、全員の空き時間が重なるまで行うことができない。2 つ目は、同じ教室で 2 つのグループが同時に分冊作成を行っていることである。作業の中に 2 つのグループが同時に行うことのできない作業があるため、時間のロスに繋がっている。そこで、分冊作成のみを行うグループを導入する。分冊作成以外を行うグループ A と分冊作成のみを行うグループ B が同時に作業を行うことで効率化を図る。

作業担当者の合計人数は 35 人を維持するため、グループ B を導入するためには、グループ A の担当者数を減少させる必要がある。また、全作業終了後に解答用紙の搬出等を行うため、17 時 30 分までに全作業を終える必要がある。つまり、1 日に費やすことのできる全作業時間は 540 分である。研究の流れとして、まずグループ A の担

当者数の見直しを行う。次に、現在の作業順序で作業を順調に進めることができるか調べるために、作業順序の見直しを行う。更に、What's best!を用いて各担当者が受け持つ新たな試験室の割当を考える。グループ A の担当者数決定後、グループ B の最適な担当者数を決定する。

3 データ

本研究では、終了時刻が遅れた 2010 年度入学試験の初日のデータを利用する。表 1 は、試験の時間割である。分冊作成が行われる科目は、経営 A の国語と地歴・数学、経営 B の数学、情報 A の理科と数学である。また、選択科目の仕分けが行われる科目は、経営 A の地歴・数学、情報 A の理科である。表 2 は、学科・方式ごとの担当者数と答案枚数、担当者一人当たりが受け持つ平均答案枚数と最多答案枚数である。平均答案枚数とは、答案枚数を担当者数で割って得たものであり、最多答案枚数とは、各担当者が受け持った答案枚数の最大値である。

表 1 時間割

	経営 A	経営 B	情報 A
1 限	国語 (90 分)	国語 (60 分)	理科 (90 分)
2 限	地歴・数学 (60 分)	数学 (90 分)	数学 (90 分)
3 限	外国語 (90 分)	外国語 (90 分)	外国語 (60 分)

表 2 作業担当者数と答案枚数

	経営 A	経営 B	情報 A
作業担当者数 (人)	23	3	9
答案枚数 (枚)	2,077	200	850
平均答案枚数 (枚)	91	67	95
最多答案枚数 (枚)	114	72	109

4 問題のアプローチ 1 - 作業担当者数の見直し

4.1 作業時間の確認

グループ B の導入より、グループ A の担当者数を減らしたい。担当者数が減少可能かどうか確認するために、全作業時間及び各作業時間における余裕時間を調べる。表 3 は、各担当者が表 2 の平均答案枚数を受け持つ場合の作業時間を調べて得た作業リストである。先行作業として、各作業を開始する前に完了していなければならない作業が記されている。図 1 は、表 3 の作業リスト 1 を基に作成した、入試管理業務の流れを示すアロー・ダイアグラムである。全作業時間を調べた結果、321 分となった。これは、540 分以内であるため、全作業時間に余裕があることが分かった。つまり、担当者数の減少が可能である。また、作業系列 A B C D F I K L M N P S T U V Y Z AB AE AG がクリティカル・パスとなり、経営 B の全作業がク

リティカル・パス上でないことが判明した。つまり，経営 B の全作業に余裕時間があることが分かった。

表 3 作業リスト 1

作業	作業内容	先行作業	時間(分)	人数(人)
A	集合 0	-	45	35
B	問題搬出 1	A	15	35
C	問題渡し	B	10	35
D	集合 1	C	10	3
E	経営 B(国) チェック 1	D	5	3
F	集合 2	D	10	32
G	経営 B(国) チェック 2	E	4	3
H	経営 A(国) チェック 1	F	15	23
I	情報 A(理) チェック 1	F	35	9
J	経営 A(国) チェック 2	H	9	23
K	情報 A(理) チェック 2	I	18	9
L	問題搬出 2	G, J, K	15	35
M	問題渡し 2	L	10	35
N	集合 3	M	10	23
O	集合 4	N	10	12
P	経営 A(地数) チェック 1	N	19	23
Q	情報 A(数) チェック 1	O	9	9
R	経営 B(数) チェック 1	O	15	3
S	経営 A(地数) チェック 2	P	9	23
T	問題搬出 3	Q, R, S	15	35
U	問題渡し 3	T	10	35
V	情報 A(数) チェック 2	U	5	9
W	経営 B(数) チェック 2	U	10	3
X	経営 A(地数) 仕分け	U	36	23
Y	情報 A(理) 仕分け	V	53	9
Z	集合 5	Y	10	9
AA	情報 A(外) チェック 1	Z	7	9
AB	集合 6	Z	10	26
AC	情報 A(外) チェック 2	AA	5	9
AD	経営 B(外) チェック 1	AB	5	3
AE	経営 A(外) チェック 1	AB	7	23
AF	経営 B(外) チェック 2	AD	4	3
AG	経営 A(外) チェック 2	AE	5	23

者を減少させた時の増加時間と全作業時間を求める。担当者数の減少による作業の増加時間を増加可能時間とし，各作業の減少可能人数と増加可能時間を表 4 に示す。ただし「集合」「問題搬出」「問題渡し」の作業時間は，担当者数によって変動しないため省略してある。

表 4 人数の減少による作業時間の増加(分)

作業	減少可能人数	増加可能時間	作業	減少可能人数	増加可能時間
E	1	1	V	1	1
G	1	0	W	1	1
H	4	5	X	4	9
I	1	5	Y	1	7
J	4	3	AA	1	1
K	1	3	AC	1	1
P	4	3	AD	1	1
Q	1	2	AE	4	2
R	1	3	AF	1	0
S	4	3	AG	4	1

4.3 定式化

担当者数を変更した場合の増加時間と全作業時間を求めるため，CPM を用いて定式化する。まず，定式化に用いる添字と定数の定義を行う。

P : 入試管理業務の作業集合

i, j : 結合点番号 ($i = 0, 1, \dots, 32, j = 1, \dots, 33$)

D_{ij} : 作業 (i, j) の所要時間

M_{ij} : 作業 (i, j) の増加可能時間

次に，決定変数の定義を行う。

t_i : 結合点 i の結合点時刻

y_{ij} : 作業 (i, j) の増加時間

目的関数

$$\max \sum_{(i,j) \in P} y_{ij} \quad (1)$$

制約条件

$$t_0 = 0 \quad (2)$$

$$t_j \geq t_i + D_{ij} + y_{ij} \quad (i, j) \in P \quad (3)$$

$$t_{33} \leq 540 \quad (4)$$

$$0 \leq y_{ij} \leq M_{ij} \quad (i, j) \in P \quad (5)$$

定式化の説明

- (1) 各作業の増加時間の総和を最大とする。
- (2) 作業の開始時刻を 0 分とする。
- (3) 各作業の最遅完了時刻を一つ前の作業の最遅完了時刻と各作業の所要時間と増加時間の合計以上とする。
- (4) 全作業時間を 540 分以内とする。
- (5) 各作業の増加時間を各作業の増加時間以内とする。

4.4 実行結果

全作業時間は $t_{33} = 346$ (分) となり，全作業の増加時間は，増加可能時間限界まで増加した。つまり，減少可能人数限界まで担当者数を減少させることができる。よって，経営 A が 19 人，経営 B が 2 人，情報 A が 8 人の合計 29 人で，グループ A の作業を終了予定時刻までに終了させることができると判明した。

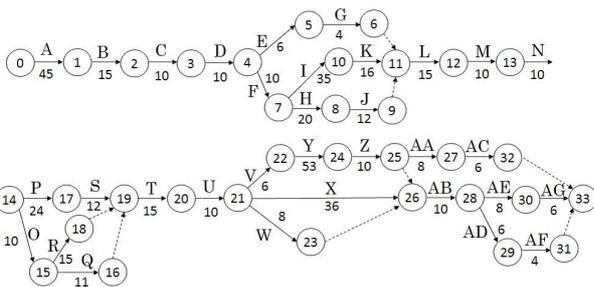


図 1 アロー・ダイアグラム 1

4.2 作業担当者数の見直し

グループ A の担当者数を減らすために，許容範囲内で作業時間を増加させ，担当者数の減少可能人数を調べる。減少可能人数を求めるための基準として，担当者が受け持つ答案枚数を表 2 の最多答案枚数までとする。各学科・方式の答案枚数から最多答案枚数を割って得られた担当者数は，経営 A が 19 人，経営 B が 3 人，情報 A が 8 人となった。その結果，経営 B の担当者数は，現状と変わらないことが判明した。しかし，経営 B の全作業はクリティカル・パス上でないため，減少可能であると考えられる。ただし，ペアで行わなければならない作業があるため，各学科・方式の担当者数は，最低 2 人は必要である。そのため，経営 B の担当者数は，1 人減少可能であると仮定する。よって，各学科・方式の担当者数は，経営 A が 4 人，経営 B が 1 人，情報 A が 1 人，減少可能であると仮定する。

担当者数を減少させた状態で終了予定時刻までに全作業を完了させることができるか調べたい。そこで，担当

5 問題のアプローチ2 - 作業順序の見直し

現段階では、作業開始時刻の固定による時間の制約を考慮していない。「集合」「問題搬出」「問題渡し」「答案チェック1」の開始時刻は固定されているため、作業が順調に進まない。例えば、ある作業中に「集合」の開始時刻になった場合、その作業を中断しなければならない。そのため、開始時刻の固定を考慮する必要がある。そこで、現在の作業順序を見直す。ある作業において、次の作業の開始時刻が固定されている場合、その作業の開始時刻までに遅くともある作業が完了していなければならない。つまり、各作業を行うことが可能な時間の制約が発生する。

時間の制約を調べるために、図1のアーロ・ダイアグラムを用いて、現在の業務の流れを作業開始時刻が固定されている作業ごとに区切り、作業区間ごとの作業可能時間を調べた。表5は、表4の作業時間の増加を基に算出した、作業区間ごとの作業時間と作業可能時間である。

表5 作業開始時刻の固定による作業時間(分)

作業	作業時間	作業可能時間	作業	作業時間	作業可能時間
A	45	45	O	10	10
B	15	15	P,S	42	45
C	10	80	Q	12	15
D	10	10	R	23	15
F	10	10	T	15	15
E,G	15	75	U,W	21	100
H,J	38	45	U,V,Y	76	75
I,K	58	45	U,X	55	100
L	15	15	Z	10	10
M	10	70	AB	10	10
N	10	10			

表6 作業リスト2

作業	時間(分)	最遅完了時刻(分)	作業	時間(分)	最遅完了時刻(分)
A	45	45	R	16	373
B	15	60	S	12	-
C	10	70	T	15	380
D	10	150	U	10	390
E	6	159	V	6	-
F	10	180	W	11	-
G	4	165	X	45	-
H	20	204	Y	60	460
I	40	220	Z	10	470
J	12	-	AA	8	490
K	21	240	AB	10	-
L	15	250	AC	6	498
M	10	320	AD	6	500
N	10	-	AE	9	-
O	10	350	AF	4	-
P	22	348	AG	6	-
Q	11	362			

作業時間は、作業可能時間以内である必要がある。作業区間「I,K」「R」「U,V,Y」は、この条件を満たさなかったため、担当者数を増加させる、あるいは作業順序を変更する。まず作業区間「I,K」「U,V,Y」について考える。これらの区間の中には、開始時刻が固定されていない作業がある。作業可能時間が作業時間よりも長い区間は、作業時間に余裕がある。更に、4.4の実行結果より、全作業時間に余裕があることが分かっている。そこで、開始時刻が固定されていない作業「K」「V」「Y」の順序の変更を行う。選択科目の仕分けがある情報Aの理科に関する作業は、なるべく早く行う必要がある。そのため、作業「K」「Y」「V」の順に作業を行う必要がある。次に、作業区間「R」について考える。作業「R」は、開始時刻が固定されていないため、担当者数を増加させる。しか

し、増員できないため、作業可能時間である15分で作業が完了すると仮定する。順序変更後の作業リストを表6に、アーロ・ダイアグラムを図2に示す。作業時間は、担当者数変更後の時間である。また、開始時刻の制約により決まる、各作業の最遅完了時刻が記入されている。

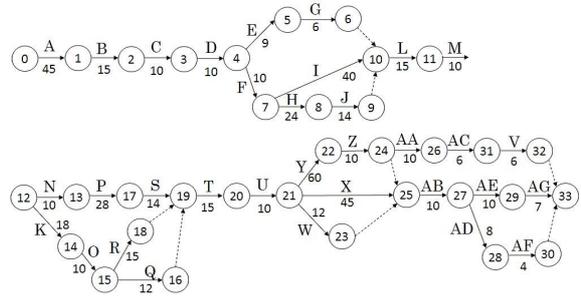


図2 アロー・ダイアグラム2

5.1 定式化

作業開始時刻の固定による制約より、各作業の最遅完了時刻が決められている状態で、終了予定時刻までに全作業を終わらせることが可能か調べるために、定式化を行う。まず、定式化に用いる添え字と定数の定義を行う。
 T : 作業開始時刻が固定されている作業集合
 F : 作業開始時刻が固定されていない作業集合
 i, j : 結合点番号 ($i = 0, 1, \dots, 32, j = 1, \dots, 33$)
 D_{ij} : 作業 (i, j) の所要時間
 S_{ij} : 作業 (i, j) の開始時刻
 次に、決定変数の定義を行う。
 t_i : 結合点 i の結合点時刻

目的関数

$$\min t_{33} \quad (6)$$

制約条件

$$t_0 = 0 \quad (7)$$

$$t_j = S_{ij} + D_{ij} \quad (i, j) \in T \quad (8)$$

$$t_j \geq t_i + D_{ij} \quad (i, j) \in F \quad (9)$$

定式化の説明

- (6) 全作業時間を最小とする。
- (7) 作業の開始時刻を0分とする。
- (8) 各作業最遅完了時刻は、各作業の作業開始時刻と所要時間の合計とする。
- (9) 各作業の最遅完了時刻は、各作業の一つ前の作業の最遅完了時刻と各作業の所要時間の合計とする。

5.2 実行結果

作業開始時刻を考慮した結果、全作業時間は、 $t_{33} = 506$ (分)となった。よって、経営Aが19人、経営Bが2人、情報Aが8人の合計29人で、グループAの作業を終了予定時刻までに終了させることができると判明した。

6 新たな試験室の割当

現段階では、担当者全員が昨年度の最多答案枚数を受け持つとして考えてきた。しかし、実際には、各試験室に収容される受験者数が決まっている。そのため、各試験室に収容される受験者数と担当者が受け持つ試験室数によって、担当者が受け持つ答案枚数が決定する。そこで、担当者数変更後の新たな試験室の割当を考える。また、担当者が受け持つ答案枚数を調べ、作業を終了予定時刻までに終わらせることができるか再度確認する。

6.1 定式化

各担当者が受け持つ答案枚数を決定するために、現在の試験室の割当を基に新たな試験室の割当を行う。まず、定式化に用いる定数の定義を行う。

I : 作業担当者の集合

J : 試験室の集合

M : 受験者数

N : 作業担当者数

A : 担当者が受け持つ答案枚数と平均答案枚数の差の上限

D_i : 担当者 i が受け持つことのできる答案枚数

S_j : 試験室 j の答案枚数

次に、変数の定義を行う。

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{担当者 } i \in I \text{ が試験室 } j \in J \text{ を担当する} \\ 0 & \text{担当者 } i \in I \text{ が試験室 } j \in J \text{ を担当しない} \end{cases}$$

制約条件

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1 \quad j \in J \quad (10)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \geq 1 \quad i \in I \quad (11)$$

$$\sum_{j \in J} S_j x_{ij} \leq D_i \quad i \in I \quad (12)$$

$$\left| \sum_{j \in J} S_j x_{ij} - \frac{M}{N} \right| \leq A \quad i \in I \quad (13)$$

定式化の説明

(10) 試験室 j は必ず 1 人の担当者に割り当てられる。

(11) 担当者 i は必ず 1 室以上の試験室を担当する。

(12) 担当者 i が受け持つ答案枚数の範囲。

(13) 担当者 i が受け持つ答案枚数と平均答案枚数の差の範囲。

6.2 試験室割当後の業務改善

試験室割当後の最多答案枚数は、以下のようになった。

- ・経営 A 44 枚, 44 枚, 44 枚 (3 教室)
- ・経営 B 64 枚, 64 枚 (2 教室)
- ・情報 A 44 枚, 44 枚, 44 枚 (3 教室)

上記の枚数を受け持つ担当者が行う作業に最も時間がかかるため、この答案枚数を基準に作業時間を調べ直した。更に、図 2 のアロー・ダイアグラムを用いた時に、作業

区間ごとの作業時間と作業可能時間を調べた結果、作業区間「I」「R」が、条件を満たさなかった。作業「I」「R」は共に開始時刻が固定されているため、作業順序の変更を行うことができない。また、増加させる人員がいなかったため、作業「I」「R」の作業時間をそれぞれ、15 分、45 分と仮定する。作業順序の変更を行わないため、5.1 の定式化を用いる。その結果、全作業時間は、 $t_{33} = 507$ (分)となった。よって、経営 A が 19 人、経営 B が 2 人、情報 A が 8 人の合計 29 人で、グループ A の作業を 540 分以内に終了させることができると判明した。

7 作業担当者の人数決定

グループ B の担当者数を考える。作業担当者の合計人数は 35 人であるので、29 人でグループ A の作業を終了予定時刻までに終わらせることができたことから、最大 $35 - 29 = 6$ (人) がグループ B の作業に携わることができると判明した。作業時間をできるだけ短くしたいため、できるだけ多くの人数で分冊作成を行いたい。そのため、分冊作成が可能な人数を満たす中で最大人数である 6 人をグループ B の担当者数とする。6 人で分冊作成を行った場合の所要時間は、経営 A が 51 分、経営 B が 9 分、情報 A が 24 分である。

8 研究結果

グループ A の業務改善の結果から、分冊作成以外の作業開始時刻が判明した。分冊作成がある各科目の「分冊作成」の先行作業に各科目の「答案チェック 2」または「選択科目の仕分け」を設定して、分冊作成が終了予定時刻までに終わるか調べた。その結果、17 時 48 分に全作業が完了することが判明した。

9 おわりに

本研究では、18 時までに全作業を終えるように入試管理業務の改善を行った。分冊作成のみを行うグループの導入により、いつでも分冊作成を行うことが可能となった。その結果、18 時までに全作業を終了させることができた。今後の課題として、過去に行われた試験ではなく、これから行われる試験に対応できるような研究を行わなければならない。作業が遅れたならば分冊作成のみを行うグループの導入の効果はあるが、遅れなかった場合は逆効果となり、作業の空き時間が増えたり作業時間が更長にかかったりする。現段階では、受験者数と担当者数が何人であれば分冊作成のみを行うグループの導入が適切なのか不明確であるため、導入すべきかどうかを判断できるシステムの作成が必要である。

参考文献

- [1] 鈴木敦夫, 伏見正則, 澤木勝茂: 大学業務におけるソフトスケジューリング, オペレーションズ・リサーチ, Vol.54, No.12, 768-773, 2009.
- [2] 山本佳奈, 鈴木敦夫: 南山大学における入試監督自動割当システムの作成, オペレーションズ・リサーチ, Vol.54, No.6, 335-341, 2009.