Vol.2018-MPS-118 No.27
Vol.2018-BIO-54 No.27
2018/6/15

コース科目が存在する場合の試験答案返却時間割作成の最適化モデル

橘高 源太[1]　伊藤 靖彦[2]　梅谷 俊治[3,a)]　池上 敦子[1,b)]

概要：本研究では，定期試験後に行われる答案返却時間割作成問題を扱う．高校などでは，ホームルームクラス単位で授業を受ける通常科目だけでなく，コースに分かれて授業を受けるコース科目が存在する．これらの扱いは異なるため，2 段階の割り当てが必要とされている．最初の段階では，通常科目を各クラスの各時限に割り当てると同時に，複数クラスにわたる時限にコース科目用の時間を確保する．次の段階では，コース科目用に確保した複数の時限に，コース毎に，コース内科目を 1 つずつ割り当てる．しかし，2 段階で割り当てを行うと，最適解だけでなく実行可能解すら見つからない可能性もある．本研究では，通常科目とコース科目の時限を同時に決定する時間割作成の最適化モデルを提案し，モデルが与える解の質を評価する．最後に，その求解効率について議論する．

1. はじめに

本研究では高校定期試験後の答案返却のための時間割作成を扱う．対象高校では，定期試験後の問題・解答解説のために各科目の答案返却時間を設けている．この答案返却は試験が実施された各科目について行われるため，通常授業とは別に時間割を作成する必要がある．

高校の科目には，ホームルームクラスの生徒が一緒に同じ授業を受ける科目，複数のクラスが習熟度別に分かれる科目 (以上を通常科目)，複数のホームルームクラスの生徒がコースに分かれて授業を受ける科目 (コース科目) がある．通常科目とコース科目の授業を受ける生徒のグループは異なる．生徒の混在を避けるため，現場ではこの時間割作成に対し，以下の 2 段階の割り当てを行っている．

(1) 通常科目の時限を決定するとともに，コース科目用に「複数のホームルームクラスにまたがる時間枠」を必要な数だけ確保する，

(2) 確保した時間枠にコース科目を割り当てる．

しかし，教員は通常科目とコース科目の両方を担当するため，上記の 2 段階の割り当てを同時に実現できることが望ましい．高校における時間割作成については，最近，論文も出始めている [1], [2] が，コース科目が存在する整数計画モデル（定式化）は存在しない．学校時間割に関するサーベイ論文 [3] でも，学校の時間割問題における様々なアプローチを調査・紹介しているが，コース科目が存在する整数計画モデルが含まれていない．Ribic らの論文 [1] では，コース科目が存在する高校の時間割問題について整数計画モデルで解決することを試みている．その中で，コース科目を考慮することでモデルが複雑になる場合，簡単な解決策として，コース科目についてはあらかじめ時間割に固定し，モデルから除外することを提案している．しかし，コース科目をモデルから除外して求解することは，時間割作成におけるより良い解を見落とす可能性がある．

本研究では，通常科目とコース科目を同時に決定する時間割作成の基本モデルを提案する．モデルが与える解の質を評価し，定式化による求解効率について議論する．

2. 問題説明

時間割作成において考慮する制約を以下に示す．

(a) 各ホームルームクラス（もしくは各コース）の各時限に高々 1 つの科目を割り当てる．
(b) 対象科目を期間内の 1 つの時限に割り当てる．
(c) 教員の出講不可能時限に割り当てない．
(d) 1 教員を同じ時限の複数科目に割り当てない．
(e) 学年ごとに終了時限を統一する．
(f) 生徒にとっての空き時間を作らない．
(g) 最終時限に HR（ホームルーム）を割り当てる．

[1] 成蹊大学
Seikei University, Musashino-shi, Tokyo 180–8633, Japan
[2] 成蹊中学・高等学校
Seikei Junior / High School, Musashino-shi, Tokyo 180–8633, Japan
[3] 大阪大学
Osaka University, Suita-shi, Osaka 565-0871, Japan
[a)] umetani@ist.osaka-u.ac.jp
[b)] atsuko@st.seikei.ac.jp

(h) 同じ時限に割り当てるコース科目セットがある．
(i) 同じ時限に割り当てないコース科目ペアがある．
(j) 使用可能な教室数を超過しない．
(k) 対象教員の来校数の上下限を考慮する．
(l) 対象教員の禁止する返却時限パターン（禁止パターン）を避ける．

(a) から (d) は時間割作成問題において，基本的な制約であると考えられる．(e) 以降は，本研究で対象としている高校で考慮している制約である．

ある時期を対象とする問題例を使って詳細に説明する．対象高校では，3 学年，各学年 8 クラス，合計 24 のホームルームクラスがある．答案返却時間割の期間は 2 日間（例えば，1 日目が 6 時限まで，2 日目が 7 時限まで，合計 13 時限などが対象）である．ホームルームクラスとは別に使用可能な教室数は，各時限において，6 である．各科目に関する情報は，「対象学年とホームルームクラス（もしくはコース）」と「科目名」と「担当教員名」で与えられる．

設定コースは，2 年生のクラス 1 から 4 を対象に 5 コース，クラス 5 から 8 を対象に 5 コース，3 年生のすべてのクラスを対象に 15 コースの 3 グループが設定されている．

時間割作成においては，コース内の科目は同じ時限に割り当てないようにしなければならない．また，1 つのコース内の科目数はコースごとに異なり，3 から 6 である．そのため，一部の生徒が出席しない時間も存在する．従って，「生徒にとっての空き時間」が発生しないようにするには，1 日において出席生徒が前の時間の出席生徒の部分集合になるように，時間割を作成しなければならない．

3. 提案モデル

提案するモデルでは，1 節で述べた 2 段階の割り当て (1), (2) を同時に実現できるように考え，コース科目に必要な時間枠を通常科目と一緒に時間割に割り当てる．

提案モデルでは，(1) の割り当てに対し，通常科目 s もしくはコース用クラスグループ f の時間枠を時限 j に割り当てるなら 1，そうでないなら 0 となる 0-1 意思決定変数 x_{sj} と x_{fj} を考え，便宜上，コース用クラスグループ f を科目扱いする（ただし，科目 f は複数回の割り当てがあるものとする）．そして，(2) の割り当てに対し，コース科目 s を時限 j の時間枠に割り当てるなら 1，そうでないなら 0 となる 0-1 意思決定変数 z_{sj} を用意し，x_{sj} との関係を表しながら定式化することを考える．

対象高校で必ず守られている前節の制約 (a) から (j) をハード制約，(k)，(l) をソフト制約とする．そして，ソフト制約を満たせない度合いを表す変数を用意し，目的関数で重みをつけて最小化する．時間枠の割り当て数に関しても，十分な数だけ割り当てるように目的関数に加える．

また，各日の終了時間に優先度があるものとして，例えば，1 日目の最終時限（6 時限）と 2 日目の 6 時限と 7 時限に，科目が割り当てられることのペナルティを考え，目的関数に加える．

4. 定式化

提案モデルを 0-1 整数計画問題として定式化した．

記号説明

教員の集合を T，日の集合を D，ホームルームクラスの集合を C，時限の集合を J，日 $d \in D$ の時限の集合を J^d，J から各日の最終時限を除いた時限の集合を J_1，HR 対象外の時限の集合を J_2，J から J_2 の要素と最終日の最終時限を除いた時限の集合を J_3 とする．

学年の集合を L，学年 $l \in L$ のホームルームクラスの集合を C_l，コース用クラスグループの集合を F，クラスグループ $f \in F$ 用のコースの集合を A_f，クラスグループ f に含まれるホームルームクラスの集合を C^f とする．

通常科目の集合を S，ホームルームクラス c の科目の集合を S^c（S^c には，コース用時間枠として $f \in F$ を含む），コース $a \in A_f$ の科目の集合を SS^a，教員 i の担当する通常科目の集合を S_i，教員 i の担当するコース a の科目の集合を SS_{ia}，コース科目 $s \in SS^a$ と同じ時限に割り当てない科目の集合を $\overline{S_s}$ とする．f 用の同じ時限に割り当てるべきコース科目の集合を P_{fk}，$k \in \{1, ..., n_f\}$，使用教室を考慮する科目の集合を SR，ホームルームクラスとは別に使用可能な教室の数を n^{room} とする．

教員 i の出講不可能な時限の集合を Q_i，教員 $i \in T$ の禁止パターン番号の集合を EE_i，禁止パターン $e \in EE_i$ における時限の集合を E_e とする．教員 i の来校数の上限を u_i，下限を l_i，教員 i の来校数がこれらを違反する量をそれぞれ変数 α_i^+，α_i^- で表す．教員 i に禁止パターン e で科目が割り当てられたときに値をもつ変数を β_{ie}，学年 l の時限 j にホームルームクラス以外の教室を使用する数を表す変数を γ_{lj}，学年 l の時限 j に科目を割り当てたときのペナルティを w_{lj}，コース用の時間枠を割り当てたときのペナルティを W，教員 i の来校数が上限，下限を違反したときのペナルティをそれぞれ w_i^+，w_i^-，教員 i に禁止パターン e で科目が割り当てられたときのペナルティを w_{ie} とする．

x_{sj}，z_{sj}，α_i^+，α_i^-，β_{ie}，γ_{lj} 以外の変数としては，教員 i が日 d に来校するなら 1, そうでないなら 0 となる変数を v_{id}，学年 l の時限 j に返却もしくは HR を割り当てるなら 1, そうでないなら 0 となる変数を y_{lj}，f 用の同じ時限に割り当てるべきコース科目の集合 P_{fk} のすべての科目を時限 j に割り当てるなら 1, そうでないなら 0 となる変数を δ_{fkj} とする．

定式化

Minimize

$$\sum_{l\in L}\sum_{j\in J} w_{lj}y_{lj} + W\sum_{f\in F}\sum_{j\in J} x_{fj} + \sum_{i\in T}\left(w_i^-\alpha_i^- + w_i^+\alpha_i^+\right) + \sum_{i\in T}\sum_{e\in EE_i} w_{ie}\beta_{ie} \quad (0)$$

subject to

$$\sum_{s\in S^c} x_{sj} \le 1 \qquad c\in C, j\in J \quad (1)$$

$$\sum_{j\in J} x_{sj} = 1 \qquad s\in S \quad (2)$$

$$\sum_{s\in S_i} x_{sj} + \sum_{f\in F}\sum_{a\in A_f}\sum_{s\in SS_{ia}} z_{sj} \le 1 - |\{j\}\cap Q_i| \qquad i\in T, j\in J \quad (3)$$

$$\sum_{s\in\bigcup_{c\in C_l} S^c} x_{sj} = |C_l| y_{lj} \qquad l\in L, j\in J \quad (4)$$

$$y_{lj} \ge y_{lj+1} \qquad l\in L, j\in J_1 \quad (5)$$

$$x_{h_l j} = 0 \qquad l\in L, j\in J_2 \quad (6)$$

$$y_{lj+1} \le 1 - x_{h_l j} \qquad l\in L, j\in J_3 \quad (7)$$

$$\sum_{j\in J} z_{sj} = 1 \qquad s\in SS^a, a\in A_f, f\in F \quad (8)$$

$$\sum_{s\in SS^a} z_{sj} \le x_{fj} \qquad a\in A_f, f\in F, j\in J \quad (9)$$

$$\sum_{s\in P_{fk}} z_{sj} = |P_{fk}|\delta_{fkj} \qquad k\in\{1,...,n_f\}, f\in F, j\in J \quad (10)$$

$$z_{sj} + \frac{1}{\overline{S_s}}\sum_{s'\in\overline{S_s}} z_{s'fj} \le 1 \qquad s\in SS^a, a\in A_f, f\in F, j\in J \quad (11)$$

$$\sum_{s\in\left(\bigcup_{c\in C_f} S^c\setminus F\right)} x_{sj} + |C^f|\sum_{s\in SS^a} z_{sj} \ge \sum_{s\in\left(\bigcup_{c\in C_f} S^c\setminus F\right)} x_{sj+1} + |C^f|\sum_{s\in SS^a} z_{sfj+1} \qquad a\in A_f, f\in F, j\in J_1 \quad (12)$$

$$v_{id} \le \sum_{s\in S_i}\sum_{j\in J^d} x_{sj} + \sum_{f\in F}\sum_{a\in A_f}\sum_{s\in SS_{ia}}\sum_{j\in J^d} z_{sj} \le |J^d| v_{id} \qquad i\in T, d\in D \quad (13)$$

$$l_i - \alpha_i^- \le \sum_{d\in D} v_{id} \le u_i + \alpha_i^+ \qquad i\in T \quad (14)$$

$$\sum_{j\in E_e}\left(\sum_{s\in S_i} x_{sj} + \sum_{f\in F}\sum_{a\in A_f}\sum_{s\in SS_{ia}} z_{sj}\right) + \sum_{j\in J^d\setminus E_e}\left(1 - \left(\sum_{s\in S_i} x_{sj} + \sum_{f\in F}\sum_{a\in A_f}\sum_{s\in SS_{ia}} z_{sj}\right)\right) \le |J^d| - 1 + \beta_{ie} \qquad i\in T, d\in D, e\in EE_i \quad (15)$$

$$\sum_{c\in C_l}\sum_{s\in SR\cap S^c} x_{sj} + \sum_{f\in F}\sum_{a\in A_f}\sum_{SR\cap SS^a} z_{sj} \le |C_l| + \gamma_{lj} \qquad l\in L, j\in J \quad (16)$$

$$\sum_{l\in L}\gamma_{lj} \le n^{\mathrm{room}} \qquad j\in J \quad (17)$$

v_{id}，x_{sj}，y_{lj}，z_{sj}，δ_{fkj} は 0 か 1 の値をとる変数であり，α_i^+，α_i^-，β_{ie}，γ_{lj} は非負変数である．

2 節で述べた制約 (a) は (1) と (9) 式，制約 (b) は (2) と (8) 式，制約 (c) と (d) は (3) 式，制約（e）は (4) 式，制約 (f) は (5) と (12) 式，制約 (g) は (6) と (7) 式，制約 (h) は (10) 式，制約 (i) は (11) 式，制約 (j) は (16) と (17) 式，制約 (k) は (13) と (14) 式，制約 (l) は (15) 式に対応する．

5. 計算実験

提案モデルを利用し，2014 年 11 月のデータ，2015 年 12 月のデータ，2016 年 3 月のデータ，2016 年 7 月のデータ，2016 年 12 月のデータで対象問題例を解く計算実験を行った．ここでは，2015 年 12 月のデータに対する計算実験の結果を示す．

通常科目が 185 科目 (HR は 1 つの学年が同じ時限に行うため，学年ごとに 1 科目とする)，コース科目が 70 科目，教員が 84 人である．

その他，各学年各クラスに答案返却がある通常科目とコース科目とその担当教員，各教員の担任クラスと各時限に対する出講不可能情報を対象とする．

この問題例の定式化を lp フォーマットで記述し，整数計画ソルバー（IBM CPLEX, Ver.12.5.0.0）で求解した．計算結果を現場作成の結果とともに，以下の表 1 に示し，計算結果の答案返却時間割と教員の勤務表を，付録の図 $A\cdot 1$ と図 $A\cdot 2$ に示す．

表 1 結果の答案返却時間割と現場作成答案返却時間割との比較

	現場作成	提案モデル
各学年の各時限に割り当てたペナルティの総和	18	18
コース用時間枠を割り当てた数	12	12
対象教員における来校数の上下限違反数	1	1
対象教員における禁止パターンの数	7	0
作成時間	—	約 22 秒

各学年の各時限に割り当てた際のペナルティの総和 18 は 1 日目に 1，2，3 年生の 6 時限（$w_{l6} = 1, l = 1, ..., 3$）に，2 日目に 1，2，3 年生の 6 時限（$w_{l12} = 5, l = 1, ..., 3$）に科目が割り当てられた結果に対応する．

現場で作成された答案返却時間割と比較し，禁止パターンの数を 7 から 0 に減らすことに成功した．図 $A\cdot 2$ で，黄色に網掛けした時限は，現場作成答案返却時間割において禁止パターンを考慮する教員に答案返却が割り当てられた部分である．教員 14，31，46，61，78，82，83 の 7 名に禁止パターンが割り当てられていたことがわかる．これに対

し，提案モデルではこの状態をなくすことができている．

目的関数値は，$1219 = 18 + 12 \times W + 1$ であった（$W = 100$）．

現場では，時間割作成に約2週間かけているのに対し，提案モデルでは約22秒で解を得た．得られた時間割は，考慮対象教員にとっての無駄な空き時間を削減することにより，教員の負担を減らすことができた．

この時間割は，実用可能であると現場で評価され，2016年3月と2016年12月に実施された答案返却では，得られた時間割をそのままの形で使用された．

6. 2つのモデルの比較

提案モデルの求解効率を観察するために，提案モデルとは別に意思決定変数の種類を少なくした比較モデルを用意した．比較モデルでは，提案モデルで考慮した時間枠を陽には考えずに，通常科目とコース科目を同等に扱い，科目 s を時限 j に割り当てるなら1，そうでないなら0となる0-1意思決定変数 x_{sj} のみを利用する．制約と目的関数は提案モデルと同じものを考慮する．ただし，通常科目とコース科目が1つのクラスの1つ時限に混在しないように制約を加えた．

比較モデルを利用し，5節の5つのデータで計算実験を行い，提案モデルと同等の解を得ることができた．

2015年12月のデータを使って概要を説明する．提案モデルでは，求解時間が約22秒に対し，比較モデルでは，求解時間が約171秒だった．同様に，すべてのデータで提案モデルの方が比較モデルよりも速く解を得ることができた．

さらに，提案モデルと比較モデルの求解過程を比較した．図1と図2は提案モデルと比較モデルの求解までの上界と下界の推移を表したグラフである．このグラフは横軸が時間を表し，縦軸が目的関数値を表す．実線のグラフが上界，点線のグラフが下界を示す．

提案モデルは下界が最適値の1219に上昇するまで約11秒であったのに対し，比較モデルは下界が最適値の1219に上昇するまで約171秒かかっている．提案モデルのほうが下界が上昇するのが速い．すべてのデータに対しても，同様の結果を得た．

この結果から，コース科目をある時限に割り当てるか否かだけでなく，時間枠を割り当てるか否かを制約に加えることで，探索する解空間を絞ることができたと考えられる．

7. おわりに

本研究では，高校の答案返却時間割について，コース科目まで扱える基本モデルとその定式化を提案した．

時間枠を考慮した提案モデルのほうが，下界が上昇しやすく，求解速度が速いことがわかった．対象となるコースが増えると，この傾向が強く出ることもわかっている．

本研究の結果により，同じ科目の授業が週に複数回必要とされる「コース科目を考慮する授業時間割問題」を解く際にも，提案した提案モデルは有効であると考えられる．

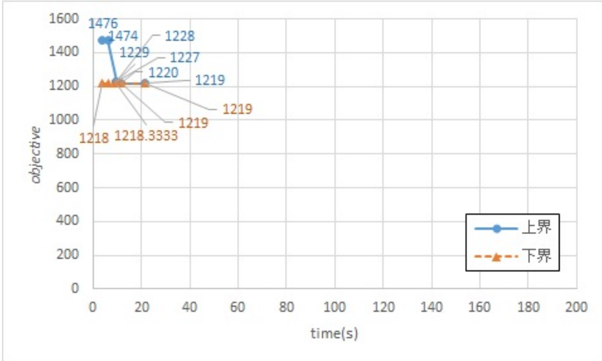

図 1　提案モデルの求解までの上界と下界の推移

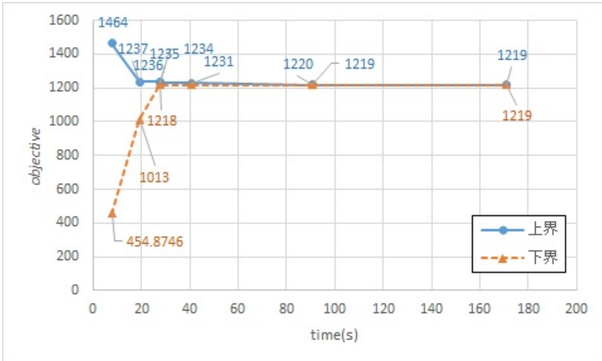

図 2　比較モデルの求解までの上界と下界の推移

参考文献

[1] Ribic, S., Konjicija, S. : A two phase integer linear programming approach to solving the school timetable problem, In Proceedings of the ITI 2010, 32nd International Conference on Information Technology Interfaces, pp. 651–656 (2010)

[2] Al-Yakoob., S. M., Sherali, H. D. : Mathematical models and algorithms for a high school timetabling problem, Computers & Operations Research, Vol.61, pp. 56–68 (2015)

[3] Pillay, N. : A survey of school timetabling research, Annals of Operations Research, Vol. 218, No. 1, pp. 261–293(2014)

Vol.2018-MPS-118 No.27
Vol.2018-BIO-54 No.27
2018/6/15

付　　録

計算結果の時間割と教員勤務表　（科目名は記号化してある）

		1日目						2日目						
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7
1年	1	E 教員29	H 教員58	B2 教員45	F 教員6	C2 教員74	B1 教員36	A 教員4	C1 教員68	I 教員84	G 教員54	D 教員23	HR	
	2	A 教員4	E 教員29	H 教員58	F 教員13	C2 教員75	B2 教員45	B1 教員36	I 教員84	G 教員54	C1 教員68	D 教員19	HR	
	3	F 教員6	A 教員7	H 教員55	D 教員19	C2 教員76	B2 教員46	E 教員18	C1 教員67	G 教員51	I 教員84	B1 教員36	HR	
	4	H 教員55	C1 教員68	G 教員51	C2 教員75	F 教員13	D 教員19	E 教員16	B1 教員47	A 教員7	B2 教員39	I 教員84	HR	
	5	C2 教員74	E 教員16	B2 教員46	A 教員14	C1 教員67	F 教員4	H 教員56	I 教員83	D 教員19	B1 教員35	G 教員52	HR	
	6	C1 教員67	D 教員22	E 教員29	C2 教員76	A 教員12	F 教員5	B1 教員47	H 教員56	G 教員53	I 教員83	B2 教員38	HR	
	7	B2 教員39	H 教員55	A 教員14	C2 教員74	E 教員18	G 教員52	D 教員22	B1 教員49	I 教員83	F 教員4	C1 教員67	HR	
	8	D 教員23	F 教員1	B2 教員39	A 教員12	E 教員29	C1 教員68	B1 教員49	C2 教員72	H 教員55	G 教員53	I 教員83	HR	
2年	1	N 教員79	E 教員24	A 教員3	C1 教員65 C1 教員69 C1 教員71	B1 教員33 B1 教員35 B1 教員37	O 文1 教員7 L 文2 教員63 O 文3 教員12	L 文1 教員63 O 文2 教員11 K 文3 教員3	M 教員61	B2 教員36 B2 教員38 B2 教員48	J 教員17	K 文1 教員9 K 文2 教員3 L 文3 教員63	HR	
	2	J 教員30	N 教員79	M 教員59					E 教員24		A 教員15		HR	
	3	C1 教員64 C1 教員66 C1 教員70	B1 教員33 B1 教員35 B1 教員39	A 教員13	N 教員81	J 教員17	H 理1 教員56 F 理2 教員2	G 理1 教員53 G 理2 教員54	B2 教員34 B2 教員38 B2 教員48	E 教員24	M 教員61	F 理1 教員6 H 理2 教員56	HR	
	4			J 教員17	M 教員59	A 教員14				N 教員80	E 教員20		HR	
	5	L 文4 教員63 O 文5 教員1 K 文6 教員9	N 教員80	O 文4 教員12 K 文5 教員9 L 文6 教員63	J 教員25	B1 教員34 B1 教員45 B1 教員46	E 教員24	B2 教員32 B2 教員33 B2 教員37	K 文4 教員3 L 文5 教員63 O 文6 教員5	M 教員61	A 教員3	C1 教員65 C1 教員69 C1 教員71	HR	
	6		J 教員30		E 教員20		N 教員81			A 教員15	M 教員59		HR	
	7	H 理3 教員56 F 理4 教員2	E 教員20	F 理3 教員6 H 理4 教員56	B1 教員37 B1 教員45 B1 教員46	J 教員25	A 教員13	N 教員80	G 理3 教員53 G 理4 教員54	B2 教員32 B2 教員33 B2 教員34	C1 教員64 C1 教員66 C1 教員70	M 教員61	HR	
	8		M 教員59			N 教員81	A 教員14	E 教員20				J 教員17	HR	
3年	1	K a178 教員3 K a2 教員5 E a3 教員16 D a4 教員22 J a59 教員17 E a610 教員20 B1 b① 教員38 B1 b② 教員41 B2 b③ 教員42 B2 b④ 教員35 B2 b⑤ 教員43	C1 教員69 C1 教員70 C1 教員74	P 教員26	J a17 教員18 O a2 教員8 K a3 教員3 K a4 教員5 K a56 教員1 E a8 教員29 Q a910 教員36 H b1 教員56 H b2 教員55 M b4 教員60	Q1 a78 教員32 O a910 教員4	D a78 教員22	I 教員39	A 教員1	C2 教員64 C2 教員73 C2 教員77	D a1 教員28 J a2 教員18 O a3 教員10 O a4 教員7 D a56 教員22 Q2 a78 教員44 K a910 教員1 B2 b① 教員40 B2 b② 教員33 B1 b③ 教員34 B1 b④ 教員32 B1 b⑤ 教員37	O a1 教員4 D a2 教員28 D a3 教員22 E a4 教員16 O a56古 教員2 O a78 教員7 D a910 教員27 G b1 教員50 G b2 教員51 M b3 教員62 H b4 教員55 H b5 教員57	HR	
	2			A 教員2				P 教員31	I 教員39				HR	
	3		C2 教員75 C2 教員76 C2 教員78	I 教員82				P 教員21	C1 教員65 C1 教員66 C1 教員71	A 教員5			HR	
	4			P 教員21				A 教員6		I 教員82			HR	
	5		I 教員82	C1 教員69 C1 教員70 C1 教員74				A 教員2	C2 教員64 C2 教員73 C2 教員77	P 教員21			HR	
	6		P 教員26					A 教員1		I 教員39			HR	
	7		P 教員21	C2 教員75 C2 教員76 C2 教員78				A 教員5	I 教員82	C1 教員65 C1 教員66 C1 教員71			HR	
	8		A 教員6					I 教員82	P 教員31				HR	

図 **A·1**　2015 年 12 月における提案モデルで得られた答案返却時間割

		2日目						2日目						
教員番号	教員名	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7
1	教員1	O 文5	F		K a56			A	A		K a910		HR	
2	教員2	F 理4		A			F 理2	A				O a56古	HR	
3	教員3	K a178		A	K a3			K 文3	K 文4		A	K 文2	HR	
4	教員4	A				O a910	F	A			F	O a1		
5	教員5	K a2			K a4		F	A	O 文6	A			HR	
6	教員6	F	A	F 理3	F			A				F 理1		
7	教員7		A				O 文1			A	O a4	O a78	HR	
8	教員8				O a2									
9	教員9	K 文6		K 文5								K 文1		
10	教員10										O a3			
11	教員11	×	×	×	×	×	×	O 文2						
12	教員12	×	×	O 文4	A	A	O 文3	×	×					
13	教員13			A	F	F	A	×	×	×	×	×	×	×
14	教員14			A	A	A	A							
15	教員15	×	×	×	×	×	×	×	×	A	A			
16	教員16	E a3	E					E				E a4		
17	教員17	J a59		J		J					J	J		
18	教員18				J a17	E		E			J a2		HR	
19	教員19				D		D			D		D		
20	教員20	E a610	E		E			E			E		HR	
21	教員21		P	P				P		P			HR	
22	教員22	D a4	D				D a78	D			D a56	D a3		
23	教員23	D										D		
24	教員24		E				E		E	E				
25	教員25				J	J								
26	教員26		P	P									×	×
27	教員27	×	×	×	×	×	×					D a910	×	×
28	教員28	×	×	×	×	×	×				D a1	D a2		
29	教員29	E	E	E	E a8	E								
30	教員30	J	J											
31	教員31	×	×	×	×	×	×	P	P					
32	教員32					Q1 a78		B2		B2	B1 b④		HR	
33	教員33		B1			B1		B2		B2	B2 b②		HR	
34	教員34					B1			B2	B2	B1 b③			
35	教員35	B2 b④	B1			B1					B1			
36	教員36				Q a910		B1	B1		B2		B1	HR	
37	教員37				B1	B1		B2			B1 b⑤		HR	
38	教員38	B1 b①							B2	B2		B2		
39	教員39	B2	B1	B2				I	I	I	B2		HR	
40	教員40										B2 b①			
41	教員41	B1 b②												
42	教員42	B2 b③												
43	教員43	B2 b⑤												
44	教員44										Q2 a78			
45	教員45	×		B2	B1	B1	B2	×	×	×	×	×	×	×
46	教員46			B2	B1	B1	B2							
47	教員47	×	×	×	×	×	×	B1	B1					
48	教員48								B2	B2				
49	教員49	×	×	×	×	×	×	B1	B1					
50	教員50											G b1		
51	教員51			G						G		G b2		
52	教員52						G					G		
53	教員53	×	×	×	×	×	×	G 理1	G 理3	G	G			
54	教員54	×	×	×	×	×	×	G 理2	G 理4	G	G			
55	教員55	H	H	H	H b2					H		H b4	HR	
56	教員56	H 理3		H 理4	H b1		H 理1	H	H			H 理2	HR	
57	教員57											H b5		
58	教員58	×	H	H				×						
59	教員59		M	M	M						M			
60	教員60				M b4									
61	教員61	×	×	×	×	×	×		M	M	M	M		
62	教員62	×	×	×	×	×	×					M b3		
63	教員63	L 文4		L 文6			L 文2	L 文1	L 文5			L 文3	HR	
64	教員64	C1							C2	C2	C1			
65	教員65				C1				C1	C1		C1		
66	教員66	C1							C1	C1	C1		HR	
67	教員67	C1				C1			C1			C1	HR	
68	教員68		C1				C1		C1		C1		HR	
69	教員69		C1	C1	C1							C1	HR	
70	教員70	C1	C1	C1							C1		HR	
71	教員71				C1				C1	C1		C1		
72	教員72								C2					
73	教員73	×	×	×	×	×	×		C2	C2				
74	教員74	C2	C1	C1	C2	C2								
75	教員75		C2	C2	C2	C2								
76	教員76		C2	C2	C2	C2		×	×	×	×	×	×	×
77	教員77								C2	C2				
78	教員78		C2	C2				×	×	×	×	×	×	×
79	教員79	N	N											
80	教員80		N					N		N				
81	教員81	×	×	×	N	N	N	×	×	×	×	×	×	×
82	教員82		I	I				I	I	I				
83	教員83	×	×	×	×	×	×		I	I	I	I		
84	教員84	×	×	×	×	×	×		I	I	I	I		

図 A·2 2015 年 12 月における提案モデルで得られた教員の勤務表
（×：出講不可能時限　黄色網掛け：「禁止パターン」を考慮する教員に対する現場作成答案返却における割り当て時限）