

# 1 数値実験

本章では，本研究で作成した数理計画モデルと，実際に使用している関西大学の理工系全学部の時間割を用いて，様々な教室割当を行った実験内容と結果について述べる．

本研究では，以下の実験を行った．

- 予備実験 1： サンプルデータを用いた，各制約式が正しいかの確認実験
- 予備実験 2： 春学期火曜午前のデータを用いた，移動時間の制限を 300 秒とする確認実験
- 本実験 1： 移動時間の制限を小さくしていき，最大移動時間の最小値を求める実験
- 本実験 2： 本実験 1 において最大移動時間が大きいデータから原因の授業を取り除いた実験
- 本実験 3： 考慮制約 2 の希望教室を設定した春学期火曜午前のデータを用いた実験

なお，本研究では全ての実験においてパラメータ  $pa_1 = 1$ ， $pa_2 = -1$ ， $z = 100$  を与えている．

## 1.1 計算環境

表 1.1 は，本研究で用いた計算環境を示している．

表 1.1: 計算環境	
OS	Microsoft Windows 7 Service Pack 1
CPU	Intel(R) Core(TM) i5-2520M CPU @ 2.50GHz
メモリ	8.0GB
ソルバー 1	GLPK 4.47
ソルバー 2	IBM ILOG CPLEX 12.4.0.0

## 1.2 予備実験

### 1.2.1 予備実験 1：各制約式が正しいか確かめる確認実験

予備実験 1 は，自身で作成したごく小さな規模の午前データである，サンプルデータを用いた数値計算である．予備実験 1 の目的は，正常にモデルファイルが意図した形で展開され，制約を守っている解が得られるかどうかを確かめることである．そのため，確認が容易にできるサンプルデータを用いて実験を行っている．

以下の表 1.2～表 1.6 に使用したサンプルデータの内容を示す.

表 1.2: 教室毎の定員

教室	101	102	103	104	105	106	107
定員	150	150	180	100	180	180	100

表 1.3: サンプルデータの授業

開講時限	1				2					
授業	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010
受講者	150	40	80	120	150	150	80	120	100	80

表 1.4: サンプルデータのパラメータ  $q_{i_1, i_2}$  の値

移動前の授業	移動先の授業	移動する人数
1001	1005	20
	1006	10
	1007	30
1002	1005	10
	1006	10
	1007	20
1003	1005	30
	1006	30
1004	1008	120

※値が 0 であるものは省略している

表 1.5: 教室間の移動時間（秒）

教室	101	102	103	104	105	106	107
101	0	15	30	45	75	90	105
102	15	0	15	30	60	75	90
103	30	15	0	15	45	60	75
104	45	30	15	0	30	45	60
105	75	60	45	30	0	15	30
106	90	75	60	45	15	0	15
107	105	90	75	60	30	15	0

表 1.6: その他の設定

教室指定	(101,1001),(101,1005),(107,1010)
特別連続授業	(1004,1008)
希望教室	(101,1002),(102,1002)
	(105,1003),(106,1003)

- 予備実験 1-1

予備実験 1-1 では，教室 103 を特殊教室に指定して実験を行った．この実験では，教室 103 に授業は割り当てられない設定になっている．

- 予備実験 1-2

予備実験 1-2 では，教室 107 を特殊教室に指定して実験を行った．この実験では，教室 103 にも授業が割り当てられる設定になっている．

予備実験 1 では，どちらも移動時間の制限を 70 秒から 5 秒ごとに小さくして実験を行った．その結果が以下の表 1.7，表 1.8 である．

表 1.7: 予備実験 1-1

移動時間		1 限				2 限						目的関数
70	授業 教室	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1009	1008	1010	2.0
		101	102	105	106	101	102	104	105	106	107	
65	授業 教室	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1009	1008	1010	2.0
		101	102	105	106	101	102	104	105	106	107	
60	授業 教室	1001	1003	1002	1004	1005	1006	1007	1009	1008	1010	2.0
		101	102	104	106	101	102	104	105	106	107	
55	授業 教室	1001	1003	1002	1004	1005	1006	1007	1009	1008	1010	2.0
		101	102	104	106	101	102	104	105	106	107	
50	授業 教室	1001	1003	1002	1004	1005	1006	1007	1009	1008	1010	2.0
		101	102	104	106	101	102	104	105	106	107	
45～	解なし											

表 1.8: 予備実験 1-2

移動時間		1 限				2 限						目的関数
70	授業 教室	1001	1002	1004	1003	1005	1006	1007	1008	1009	1010	-1.0
		101	102	105	106	101	103	104	105	106	107	
65	授業 教室	1001	1002	1004	1003	1005	1006	1007	1008	1009	1010	-1.0
		101	102	105	106	101	103	104	105	106	107	
60	授業 教室	1001	1002	1003	1004	1005	1009	1006	1007	1008	1010	-1.0
		101	102	105	106	101	102	103	104	106	107	
55	授業 教室	1001	1002	1003	1004	1005	1009	1006	1007	1008	1010	-1.0
		101	102	105	106	101	102	103	104	106	107	
50	授業 教室	1001	1002	1003	1004	1005	1009	1006	1007	1008	1010	-1.0
		101	102	105	106	101	102	103	104	106	107	
45～	解なし											

表 1.7, 表 1.8 により, 予備実験 1-1 では特殊教室 103 には授業が割り当てられず, 予備実験 1-2 で教室 103 を一般教室にすると, 授業に教室 103 が割り当てられていることがわか

る。また、移動時間の制限を 45 秒で解なしになったので、このデータの場合、どちらの実験も移動時間 50 秒が最小の最大移動時間であることがわかる。

以上により、どちらの実験も全ての制約が満たされていて、意図した動きをしていることがわかる。

### 1.2.2 予備実験 2：実データでも短時間で解が求まるかの確認実験

予備実験 2 は、春学期火曜午前のデータを用いた数値実験である。予備実験 2 の目的は、以下の 3 つである。

- データファイル変換のプログラムが意図した形で動いているか確かめる
- 大規模の問題を解く際に本モデルでバグが発生しないかどうかを確かめる
- 最適解を求める際、具体的にどれほどの時間を要するのかを確かめる

以上のことを調べるために、以下の 2 つの予備実験 2 を行った。

#### ● 予備実験 2-1

予備実験 2-1 では、全制約を入れた状態での数値実験を行った。希望教室を 3 つ、各授業とも同じ 2 教室を指定している。

#### ● 予備実験 2-2

予備実験 2-2 では、問題を解く時間の差を調べるため、希望教室を除いた場合での数値実験を行った。

予備実験 2 では、どちらも移動時間の制限は 300 秒で行っている。なお、春学期月曜午前のデータでは、特殊教室で行わなければならない授業、及び教室指定を行う授業が存在していなかったため、春学期火曜午前のデータを用いて実験を行っている。以下に 2 つの予備実験の結果を示す。

表 1.9: 予備実験 2 の結果

実験名	計算時間（秒）	目的関数
予備実験 2.1	0.17	-2.0
予備実験 2.2	0.20	0.0

確認した結果、どちらの実験も問題なく、全制約を満たしていることがわかった。この実験により、大規模なデータを用いても、計算が素早く完了していることがわかる。そのため、午前よりもデータ量の大きい午後のデータを用いても、膨大な計算時間にはならないと考え

られる。また、新しく追加した考慮制約「希望教室があれば、その教室で授業を開講したい。」によって大きく計算時間が長くなることはない、ということが確認できた。

本研究では、この結果を受け、本実験においても計算時間を制限することなく行うことにした。また、考慮制約「希望教室があれば、その教室で授業を開講したい。」については希望教室を用意せずに最適化を行っている。

## 1.3 本実験

本節では、前節で行った予備実験の結果を基に行った数値実験について説明する。

### 1.3.1 本実験 1：最大移動時間の最小値を求める実験

本実験 1 は、全実データ（24 種類に分かれたデータ）を用いて、各データにおける最大の移動時間の最小値を求める実験である。本実験 1 の実験順序を説明する。

- (1) 各データの移動時間の制限  $r$  を 300 秒から 0 秒まで、10 秒ごとに小さくして最適化を行う。
- (2) (1) で解の出たデータの最も時間制限の小さい秒数から、さらに 1 秒ごとに小さくして最適化を行う。

これにより、各データにおける最大の移動時間の最小値を求めることができる。以下の表 1.10 に本実験 1 での実験結果を示す。

表 1.10: 本実験 1 の結果

曜限	最適解 (秒)	平均移動時間 (秒)	制約数	変数の数	nonzeros	計算時間 (秒)
春学期月曜午前	96	58.28	2569	1854	26538	4.34
午後	251	53.61	3383	2929	19953	0.44
火曜午前	76	39.36	1753	2150	28679	1.04
午後	141	53.78	2321	2420	21858	0.65
水曜午前	58	28.40	1301	1422	19247	2.25
午後	52	17.97	2303	1843	45593	19.41
木曜午前	34	14.12	1054	930	16759	1.53
午後	251	37.34	1239	1520	8582	0.17
金曜午前	103	47.52	2059	1524	18978	0.89
午後	74	20.86	1991	2174	26723	2.01
土曜午前	33	12.63	515	1131	9352	0.27
午後	27	7.308	474	898	11303	1.40
秋学期月曜午前	50	22.35	2614	1844	45661	80.62
午後	67	27.33	1327	1877	18494	3.29
火曜午前	68	32.91	1945	1600	24354	1.42
午後	49	12.51	2005	1822	32710	42.46
水曜午前	57	30.23	2571	1623	33821	2.12
午後	123	43.10	1904	2234	17342	0.56
木曜午前	58	39.39	2236	1402	28246	20.69
午後	60	21.72	2548	2099	44146	60.58
金曜午前	89	45.89	1003	1396	12369	0.56
午後	80	28.36	2571	2396	29883	2.96
土曜午前	34	19.74	168	668	1672	0.30
午後	74	52.71	481	1199	11385	0.13

この実験では、本実験においても、ほとんどの曜限で、予備実験と変わらないほどの短時間で解を得ることができた。表 1.10 によって、制約数は先行研究の表??よりも遥かに少ない数になっていることがわかる。また、変数は、全ての曜限において、最低でも半分以下になっている。これらの要因によって、素早く解を得ることができたと考えられる。よって、本実験 1 では期待通りに制約数、変数の数が減少し、また期待よりも早く解を求めることができた。

### 1.3.2 本実験 2：移動時間の最小値が大きい授業を取り除いた実験

本実験 2 は、本実験 1 において最大移動時間が大きいデータから原因の授業を取り除いた実験である。実験 1 において、春学期月曜午後と、春学期木曜午後において、他のデータより大きい値が最小値として求まった。検証の結果、特定の授業の移動時間がかかっているということがわかった。この実験の目的は、それらの授業を除いた場合の最小値を求めること

である.

表 1.11: 本実験 2 の結果

曜限	移動時間 (秒)	制約数	変数の数	nonzeros	計算時間 (秒)
春学期月曜午後	68	2530	2290	30761	13.54
春学期木曜午後	53	792	910	10088	1.84

この結果により, 一部の授業によって, 他多数の授業を受けている人も移動に時間がかかってしまう, という現象は防ぐことができるということがわかった.

### 1.3.3 本実験 3 : 希望教室を設定した実験

本実験 3 は, 考慮制約 2 の希望教室を設定した, 春学期火曜午前のデータを用いた実験である.

最大の移動時間の最小値は, 希望を出していない解と同じ値になった. この結果により, 様々な教室希望を出しやすく, また叶えることができるということがわかった.

## 1.4 考察

最大の移動時間を最小化するという方法によって, 最大の移動時間を小さくすることができた. これは, 移動時間の最小化をすることができたといえるだろう. 3つの実験によって, 本研究のモデルを用いることにより, 様々な状況に対応することができるだろう, ということがわかる.