

令和元年度卒業研究論文

整数計画法を用いた学食メニューの組み合わせ

法政大学 理工学部 経営システム工学科

経営数理工学研究室

16x4125 楓 創太

指導教員 五島 洋行 教授

内容

第1章 序章.....	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究の目的	1
第2章 関連知識.....	2
第3章 提案手法.....	3
3.1 前提条件	3
3.2 文字	4
3.3 定式化.....	5
第4章 解析結果.....	7
4.1 5日間の男女それぞれの結果	7
4.2 問題点.....	8
4.3 改善点.....	12
4.4 女子の8日の場合	13
4.5 男子の9日の場合	16
4.6 女子の15日の場合	19
4.7 考察	21
第5章 おわりに.....	22
謝辞.....	23
参考文献	24

学科名	経営システム工	学籍番号	16x4125
申請者氏名		楓創太	
指導教員氏名		五島 洋行	

論文要旨

論文題目	整数計画法を用いた学食メニューの組み合わせ
------	-----------------------

本研究では、整数計画法を用いて、学食メニューの組み合わせに関する提案を行う。栄養のことを考えず、ただ安く食事を済ませるという大学生が多いのが現状である。そこで、摂取カロリー、塩分量、栄養バランスの 3 つの要素を考慮して、学食の金額を最小化することを考える。 これにより、栄養バランスを考えながら、安い金額で、メニューの組み合わせを提案することが可能となる。

第 1 章 序章

1.1 研究背景

健康的な生活を送るためには、食事、運動、睡眠が重要である。しかし、この 3 つのどれかが不十分となると、健康状態が悪くなり、生活習慣病となってしまう原因となる。本研究では、食事に着目して、最適な学食メニューの組み合わせを提案する。食事に着目した理由として、大学生になって一人暮らしの人が多くなり、自炊や外食をする機会が増えるため、特に食生活が乱れてしまうことが、多い時期となるからである。

全国大学生生活協同組合連合(以下、生協とする)が行った調査[1]によると、食事の際に「栄養バランスを気にする」と回答している大学生は、25.1%となっている。つまり、4 分の 1 の大学生しか、栄養バランスを気にしていないということになり、食事に対する意識が少ないということが言える。それに加えて「節約したい費目」のトップが食費である。そのため、栄養のことを考えず、ただ食事を安く済ませようとする大学生が多くなってしまふ。

1.2 研究の目的

そのため、もっと健康のことを考え、食事メニューを改善する必要がある。また、食材や料理について、含まれている栄養素や、適切な摂取量を知らない大学生も多い。

本研究では、この問題を解決するために、整数計画法を用いて、値段を抑えて健康的な食事のメニューの組み合わせを提案する。法政大学小金井キャンパス生協食堂の、50 メニューを対象とし、月曜日から金曜日の 5 日間での、メニューの組み合わせを考えるものとする。そして、摂取カロリー、塩分量、栄養量を考慮して、最も安い価格のメニューの組み合わせを提案する。また、栄養量を考慮に入れる方法として、3 群点数法[2]という手法がある。3 群点数法に関しては、第 2 章関連知識で記述する。

第2章 関連知識

・3群点数法とは

食品を栄養の働き別に、赤、緑、黄の3つの食品群に分けて、1点あたり80kcalのエネルギー点数で表している。これら3つの食品群から、点数の配分に応じた食事をする事によって、栄養バランスをとることができる方法を3群点数法という。

男女ともに、赤は6点(480kcal)、緑は3点(240kcal)をとり、赤、緑、黄の合計が女子は20点(1600kcal)、男子は25点(2000kcal)以上になるように、黄の食品群で調整する必要がある。

図1は1日における摂取量の目安であるため、1食分に換算する。これにより、男女ともに赤は2点以上、緑は1点以上をとり、赤、緑、黄の合計を、女子の場合6.7点以上、男子の場合8.3点以上となるようにとることが必要となる。

	主な働き	食 品	数量(g)	点 数	
赤6点	体の中で血や肉になる	肉・魚 	140	2	必ずとりたい 9点
		卵 	50	1	
		大豆・豆製品 	100	1	
		牛乳・乳製品 	200	2	
緑3点	体の調子をよくする	野菜類 	350	1	
		芋類 	100	1	
		果物 	150	1	
		海藻類 	—		
黄11点 [16点]	力や体温になる	穀類 	470 [700]	8.5 [13]	増減可能な 11 [16]点
		油脂類 	15 [20]	1.5 [2]	
		砂糖 	20	1	

【 】は男子

図 1. 3群点数法

出典: 全国大学生生活協同組合連合「3群点数法」より

第3章 提案手法

3.1 前提条件

健康な食事の基準として、カロリー、塩分量、栄養バランスの3つの要素を用いる。各摂取量については1日3食の設定のもと、1食あたりに換算した値を使用する。カロリー摂取量の目安は、農林水産省が推奨しているデータ[3]を使用する。対象は身体活動量が低い女性と、身体活動量が普通以上の男性とする。このデータに基づくと、女性は1日あたり1400～2000kcal、男性は1日あたり、2400～3000kcalが最適であるので1食あたりの適切な摂取量は、女性は467kcal～667kcal、男性は、800kcal～1000kcalとする。次に塩分量については1日あたり女性は7g未満、男性は8g未満が適切なので、1食あたりの適切な塩分量は、女性は2.33g未満、男性は2.67g未満とする。そして栄養バランスについても生協が推奨している3群点数法を使用する。また、それらの数値については大学生協の学食情報サイト[4]からデータを引用する。



図 2. カロリー摂取量の目安

出典:農林水産省「実践食育ナビ」より

3.2 文字

z : 総額

a : 食品群赤の下限

b : 食品群緑の下限

c : 3 群食品群の下限

d : 塩分量の上限

$e_{\min}$: 摂取カロリーの下限

$e_{\max}$: 摂取カロリーの上限

i : メニューの添え字

I : メニューの集合

j : 曜日(日にち)の添え字

J : 曜日(日にち)の集合

p_i : 各メニューの値段

r_i : 各メニューの赤の点数

g_i : 各メニューの緑の点数

y_i : 各メニューの黄の点数

s_i : 各メニューの塩分量

cal_i : 各メニューのカロリー

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 : \text{曜日(日にち)}j \text{ にメニュー}i \text{ を食べる .} \\ 0 : \text{曜日(日にち)}j \text{ にメニュー}i \text{ を食べない.} \end{cases}$$

3.3 定式化

Minimize

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

subject to

$$\sum_{i \in I} r_i x_{ij} \geq a \quad \forall j \in J, \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} g_i x_{ij} \geq b \quad \forall j \in J, \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} (r_i + g_i + y_i) x_{ij} \geq c \quad \forall j \in J, \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I} s_i x_{ij} < d \quad \forall j \in J, \quad (5)$$

$$\sum_{i \in I} cal_i x_{ij} \geq e_{\min} \quad \forall j \in J, \quad (6)$$

$$\sum_{i \in I} cal_i x_{ij} \leq e_{\max} \quad \forall j \in J, \quad (7)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in I, \quad (8)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in I, \forall j \in J. \quad (9)$$

(1)5 日間の値段の最小化を表す

(2)三群点数法の赤の下限

(3)三群点数法の緑の下限

(4)栄養素の下限

(5)塩分量の上限

(6)摂取カロリーの下限

(7)摂取カロリーの上限

(8)メニュー重複数

(9) j 曜日に i のメニューを食べるかどうか

上記の制約条件の結果、実行可能解が見つからないことが分かった。この原因の 1 つは、メニューの重複があるためだったので、(8)の式のメニューの重複数を、1 から 2 に変更し、その式を次に示す。

Minimize

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

subject to

$$\sum_{i \in I} r_i x_{ij} \geq a \quad \forall j \in J, \quad (11)$$

$$\sum_{i \in I} g_i x_{ij} \geq b \quad \forall j \in J, \quad (12)$$

$$\sum_{i \in I} (r_i + g_i + y_i) x_{ij} \geq c \quad \forall j \in J, \quad (13)$$

$$\sum_{i \in I} s_i x_{ij} < d \quad \forall j \in J, \quad (14)$$

$$\sum_{i \in I} cal_i x_{ij} \geq e_{\min} \quad \forall j \in J, \quad (15)$$

$$\sum_{i \in I} cal_i x_{ij} \leq e_{\max} \quad \forall j \in J, \quad (16)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq 2 \quad \forall i \in I, \quad (17)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in I, \forall j \in J. \quad (18)$$

(10)5 日間の値段の最小化を表す.

(11)三群点数法の赤の下限

(12)三群点数法の緑の下限

(13)栄養素の下限

(14)塩分量の上限

(15)摂取カロリーの下限

(16)摂取カロリーの上限

(17)メニュー重複数

(18) j 曜日に i のメニューを食べるかどう.

第4章 解析結果

4.1 5日間の男女それぞれの結果

表 1. 5日間の女子のメニュー

曜日	金額	メニュー
月曜日	430	ハッシュポテト スパイシーポテト チキンチーズカツ 半熟卵
火曜日	581	チキンおろしダレ 北海道かぼちゃコロッケ ハッシュポテト ほうれん草のおひたし
水曜日	473	さば味噌煮 北海道かぼちゃコロッケ ポテト&コーンサラダ 冷奴
木曜日	430	チキンチーズカツ ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 揚げだし豆腐
金曜日	472	スパイシーポテト ほうれん草のおひたし オクラのお浸し 半熟卵 揚げだし豆腐

表 2. 5日間の男子のメニュー

曜日	金額	メニュー
月曜日	486	スパイシーポテト スタミナ焼肉丼
火曜日	505	北海道かぼちゃコロッケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 半熟卵 ライス 中
水曜日	505	ハッシュポテト ポテト&コーンサラダ 煮卵 揚げだし豆腐 冷奴 ライス 中
木曜日	495	白身魚フライ 北海道かぼちゃコロッケ ポテト&コーンサラダ 半熟卵 揚げだし豆腐
金曜日	486	スパイシーポテト スタミナ焼肉丼

4.2 問題点

メニューの重複数を 2 とすることによって、実行可能解が見つかった。月曜日から金曜日の 5 日間の結果を、男女それぞれ表 1、表 2 に示した。

この結果、5 日間のメニューの合計は、女子は 2386 円、男子は 2477 円となり、1 日当たりの平均が、女子は 477 円、男子は 495 円となり、安いメニューの組み合わせを提案できたと言える。また、女子はメニューの重複があるものの、全く同じメニューが、1 日を通して繰り返されることはなかった。しかし、男子に関しては、月曜日と金曜日に全く同じメニューが繰り返された。

この結果から、日数を増やすにつれて、同じメニューが繰り返されることが予想される。そのため、日数を増やしていき、メニューの繰り返しが行われているか実験した。全て表で示すと、莫大な量になってしまうため、実行可能解が存在するときの、最小重複数でのメニューの種類数をグラフに表し、対象日数は 1 日から 10 日とする。

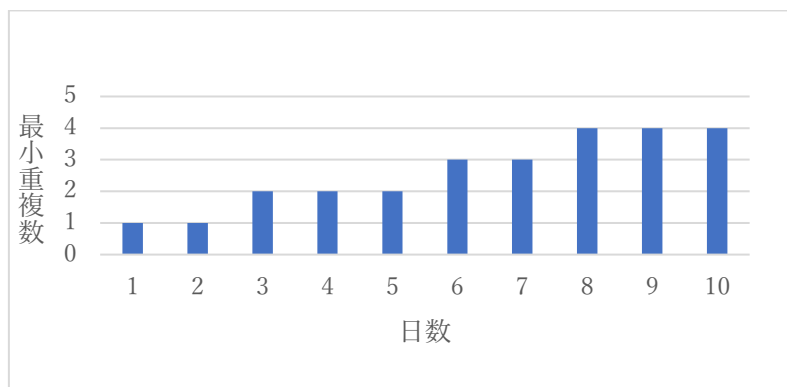


図 3. 日数とメニューの最小重複数(女子)

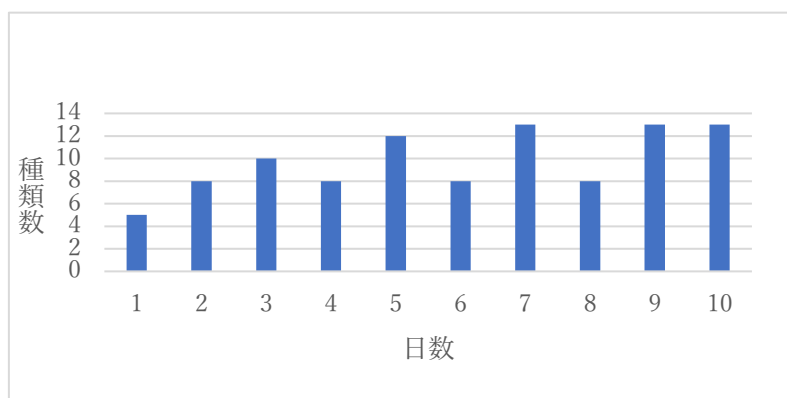


図 4. 日数とメニューの種類数(女子)

女子の場合の、1日から10日を実験した結果を表3と表4で示す。表の結果より、2日、4日、6日、8日の場合、メニューの種類数はすべて8種類となり、メニューの最小重複数が、1、2、3、4となった。メニューを確認したところ、全く同じメニューの繰り返しが行われていた。2日間、8日間のメニューの組み合わせを、それぞれ、表3、表4に示す。

表 3. 女子の2日間のメニュー

日数	金額	メニュー
1	430	チキンチーズカツ ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 揚げだし豆腐
2	408	北海道かぼちゃコロケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 半熟卵

表 4. 女子の8日間のメニュー

日数	金額	メニュー
1	430	チキンチーズカツ ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 揚げだし豆腐
2	430	チキンチーズカツ ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 揚げだし豆腐
3	430	チキンチーズカツ ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 揚げだし豆腐
4	408	北海道かぼちゃコロケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 半熟卵
5	408	北海道かぼちゃコロケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 半熟卵
6	408	北海道かぼちゃコロケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 半熟卵
7	430	チキンチーズカツ ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 揚げだし豆腐
8	408	北海道かぼちゃコロケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 半熟卵

同様に、男子に関しても、1日から10日までの実験をして図に示す。

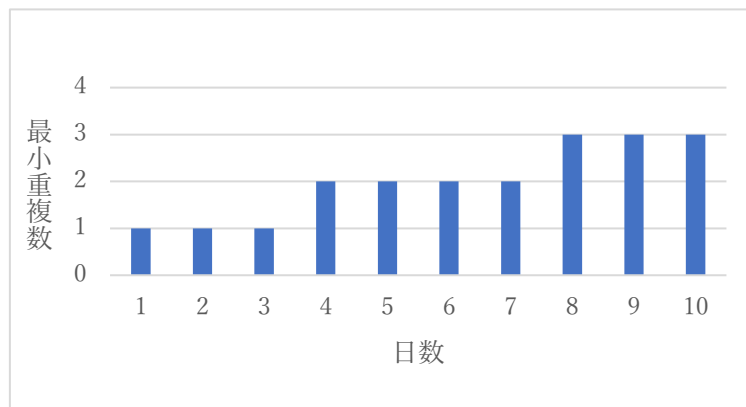


図 5. 日数とメニューの最小重複数(男子)

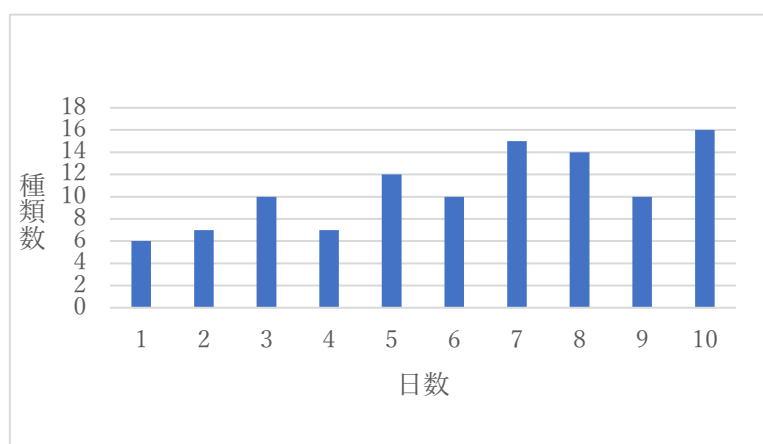


図 6. 日数とメニューの種類数(男子)

男子は3日、6日、9日の場合、メニューの種類数はすべて10種類となり、メニューの重複数が1, 2, 3となった。また、メニューを確認したところ、メニューの繰り返しが行われていた。3日間、9日間のメニューの組み合わせを、それぞれ、表5、表6に示す。

表 5. 男子の 3 日間のメニュー

日数	金額	メニュー
1	486	スパイシーポテト スタミナ焼肉丼
2	495	白身魚フライ 北海道かぼちゃコロッケ ポテト&コーンサラダ 半熟卵 白マーボー豆腐
3	528	ハッシュポテト オクラのお浸し 豚みそ焼肉丼

表 6. 男子の 9 日間のメニュー

日数	金額	メニュー
1	495	白身魚フライ 北海道かぼちゃコロッケ ポテト&コーンサラダ 半熟卵 白マーボー豆腐
2	486	スパイシーポテト スタミナ焼肉丼
3	486	スパイシーポテト スタミナ焼肉丼
4	495	白身魚フライ 北海道かぼちゃコロッケ ポテト&コーンサラダ 半熟卵 白マーボー豆腐
5	528	ハッシュポテト オクラのお浸し 豚みそ焼肉丼
6	495	白身魚フライ 北海道かぼちゃコロッケ ポテト&コーンサラダ 半熟卵 白マーボー豆腐
7	486	スパイシーポテト スタミナ焼肉丼
8	528	ハッシュポテト オクラのお浸し 豚みそ焼肉丼
9	528	ハッシュポテト オクラのお浸し 豚みそ焼肉丼

4.3 改善点

このメニューの繰り返しを改善するため、選択メニューの下限を用いることにした。メニューの下限を用いた理由は、複雑でない式で表すことが可能であるからである。そして、女子の 8 日と、男子の 9 日それぞれの場合で、改善されるか実験する。女子の 8 日ではメニューが 8 種類、男子の 9 日では 10 種類となっているが、メニューの下限数を日数の 2 倍と設定する。つまり、女子は 16 種類、男子は 18 種類とする。文字と定式化は次のように示す。

z : 総額

a : 食品群赤の下限

b : 食品群緑の下限

c : 3 群食品群の下限

d : 塩分量の上限

$e_{\min}$: 摂取カロリーの下限

$e_{\max}$: 摂取カロリーの上限

i : メニューの添え字

I : メニューの集合

j : 曜日(日にち)の添え字

J : 曜日(日にち)

p_i : 各メニューの値段

r_i : 各メニューの赤の点数

g_i : 各メニューの緑の点数

y_i : 各メニューの黄の点数

s_i : 各メニューの塩分量

cal_i : 各メニューのカロリー

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 : \text{日にち } j \text{ にメニュー } i \text{ を食べる .} \\ 0 : \text{日にち } j \text{ にメニュー } i \text{ を食べない.} \end{cases}$$

$$m_i = \begin{cases} 1 : \text{メニュー } i \text{ を食べる .} \\ 0 : \text{メニュー } i \text{ を食べない.} \end{cases}$$

4.4 女子の 8 日の場合

Minimize

$$z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} p_i x_{ij}, \quad (19)$$

subject to

$$\sum_{i \in I} r_i x_{ij} \geq a \quad \forall j \in J, \quad (20)$$

$$\sum_{i \in I} g_i x_{ij} \geq b \quad \forall j \in J, \quad (21)$$

$$\sum_{i \in I} (r_i + g_i + y_i) x_{ij} \geq c \quad \forall j \in J, \quad (22)$$

$$\sum_{i \in I} s_i x_{ij} < d \quad \forall j \in J, \quad (23)$$

$$\sum_{i \in I} cal_i x_{ij} \geq e_{\min} \quad \forall j \in J, \quad (24)$$

$$\sum_{i \in I} cal_i x_{ij} \leq e_{\max} \quad \forall j \in J, \quad (25)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq 4 \quad \forall i \in I, \quad (26)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in I, \forall j \in J, \quad (27)$$

$$m_i \in \{0,1\}, \forall i \in I, \quad (28)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \geq m_i \quad \forall i \in I, \quad (29)$$

$$\sum_{i \in I} m_i \geq 16 \quad \forall j \in J, \quad (30)$$

$$x_{ij} \leq m_i, \forall i \in I, \forall j \in J. \quad (31)$$

- (19)値段の最小化を表す.
- (20)三群点数法の赤の下限.
- (21)三群点数法の緑の下限.
- (22)栄養素の下限.
- (23)塩分量の上限.
- (24)摂取カロリーの下限.
- (25)摂取カロリーの上限.
- (26)メニュー重複数.
- (27) j 日に i のメニューを食べるかどう.
- (28), (29), (31)メニュー i を食べるとき $m_i=1$, メニュー i を食べるとき $m_i=0$.
- (30)メニューの種類の下限が 16.

(26)に関して、実行可能解が存在するときの、メニューの最小重複数が 4 となったため 4 と設定した. (30)に関しては、先述したように、メニューの下限を 16 とする.

表 7. 女子の 8 日間のメニュー

日数	金額	メニュー
1	430	チキンチーズカツ ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 揚げだし豆腐
2	430	チキンチーズカツ ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 揚げだし豆腐
3	430	チキンチーズカツ ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 揚げだし豆腐
4	408	北海道かぼちゃコロッケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 半熟卵
5	408	北海道かぼちゃコロッケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 半熟卵
6	408	北海道かぼちゃコロッケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 半熟卵
7	430	チキンチーズカツ ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 揚げだし豆腐
8	408	北海道かぼちゃコロッケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 半熟卵

表 8. 女子の 8 日間のメニュー
(メニュー下限 16)

日数	金額	メニュー
1	430	チキンチーズカツ ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 揚げだし豆腐
2	473	さば味噌煮 北海道かぼちゃコロッケ ポテト&コーンサラダ 冷奴
3	408	北海道かぼちゃコロッケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 半熟卵
4	451	アジフライ ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 揚げだし豆腐 冷奴
5	408	北海道かぼちゃコロッケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 半熟卵
6	494	白身魚フライ ハッシュポテト 夏の惣菜トリオ オクラのお浸し 半熟卵 冷奴
7	430	チキンチーズカツ ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 揚げだし豆腐
8	450	ハッシュポテト スパイシーポテト ほうれん草のおひたし 煮卵 半熟卵 冷奴

4.5 男子の 9 日の場合

Minimize

$$z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} p_i x_{ij}, \quad (32)$$

subject to

$$\sum_{i \in I} r_i x_{ij} \geq a \quad \forall j \in J, \quad (33)$$

$$\sum_{i \in I} g_i x_{ij} \geq b \quad \forall j \in J, \quad (34)$$

$$\sum_{i \in I} (r_i + g_i + y_i) x_{ij} \geq c \quad \forall j \in J, \quad (35)$$

$$\sum_{i \in I} s_i x_{ij} < d \quad \forall j \in J, \quad (36)$$

$$\sum_{i \in I} cal_i x_{ij} \geq e_{\min} \quad \forall j \in J, \quad (37)$$

$$\sum_{i \in I} cal_i x_{ij} \leq e_{\max} \quad \forall j \in J, \quad (38)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq 3 \quad \forall i \in I, \quad (39)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in I, \forall j \in J, \quad (40)$$

$$m_i \in \{0,1\}, \forall i \in I, \quad (41)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \geq m_i \quad \forall i \in I, \quad (42)$$

$$\sum_{i \in I} m_i \geq 18 \quad \forall j \in J, \quad (43)$$

$$x_{ij} \leq m_i, \forall i \in I, \forall j \in J. \quad (44)$$

- (32)値段の最小化を表す.
- (33)三群点数法の赤の下限.
- (34)三群点数法の緑の下限.
- (35)栄養素の下限.
- (36)塩分量の上限.
- (37)摂取カロリーの下限.
- (38)摂取カロリーの上限.
- (39)メニュー重複数.
- (40) j 日に i のメニューを食べるかどう.
- (41), (42), (44)メニュー i を食べるとき $m_i=1$, メニュー i を食べるとき $m_i=0$.
- (43)メニューの種類の下限が 18.

(39)に関して、実行可能解が存在するときの、メニューの最小重複数が 3 となったため 3 と設定した. (43)に関しては、先述したように、メニューの下限を 18 とする.

表 9. 男子の 9 日間のメニュー

日数	金額	メニュー
1	495	白身魚フライ 北海道かぼちゃコロケ ポテト&コーンサラダ 半熟卵 白マーボー豆腐
2	486	スパイシーポテト スタミナ焼肉丼
3	486	スパイシーポテト スタミナ焼肉丼
4	495	白身魚フライ 北海道かぼちゃコロケ ポテト&コーンサラダ 半熟卵 白マーボー豆腐
5	528	ハッシュポテト オクラのお浸し 豚みそ焼肉丼
6	495	白身魚フライ 北海道かぼちゃコロケ ポテト&コーンサラダ 半熟卵 白マーボー豆腐
7	486	スパイシーポテト スタミナ焼肉丼
8	528	ハッシュポテト オクラのお浸し 豚みそ焼肉丼
9	528	ハッシュポテト オクラのお浸し 豚みそ焼肉丼

表 10. 男子の 9 日間のメニュー
(メニュー下限 20)

日数	金額	メニュー
1	486	スパイシーポテト スタミナ焼肉丼
2	527	ハッシュポテト ほうれん草のおひたし 夏の惣菜トリオ 半熟卵 揚げだし豆腐 ライス 中
3	486	スパイシーポテト スタミナ焼肉丼
4	442	オクラのお浸し 豚みそ焼肉丼
5	504	北海道かぼちゃコロケ ポテト&コーンサラダ 煮卵 半熟卵 冷奴 ライス 中
6	486	スパイシーポテト スタミナ焼肉丼
7	527	チキンチーズカツ ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 揚げだし豆腐 ライス 中
8	537	アジフライ 北海道かぼちゃコロケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 冷奴
9	473	白身魚フライ 北海道かぼちゃコロケ ポテト&コーンサラダ 半熟卵 揚げだし豆腐

女子 8 日と男子 9 日で、メニューの下限数を追加したところ、メニューの繰り返しがなくなり、改善されたと言える。小金井生協食堂の、全 50 種類のメニューを対象としているが、選択しているメニューが少ないため、この結果を用いて、半分である 25 種類を下限とするメニューを提案する。また、女子の平日 3 週間の 15 日間を対象とする。

4.6 女子の15日の場合

Minimize

$$z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} p_i x_{ij}, \quad (41)$$

subject to

$$\sum_{i \in I} r_i x_{ij} \geq a \quad \forall j \in J, \quad (42)$$

$$\sum_{i \in I} g_i x_{ij} \geq b \quad \forall j \in J, \quad (47)$$

$$\sum_{i \in I} (r_i + g_i + y_i) x_{ij} \geq c \quad \forall j \in J, \quad (48)$$

$$\sum_{i \in I} s_i x_{ij} < d \quad \forall j \in J, \quad (49)$$

$$\sum_{i \in I} cal_i x_{ij} \geq e_{\min} \quad \forall j \in J, \quad (50)$$

$$\sum_{i \in I} cal_i x_{ij} \leq e_{\max} \quad \forall j \in J, \quad (51)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq 10 \quad \forall i \in I, \quad (52)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in I, \forall j \in J, \quad (53)$$

$$m_i \in \{0,1\}, \forall i \in I, \quad (54)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \geq m_i \quad \forall i \in I, \quad (55)$$

$$\sum_{i \in I} m_i \geq 25 \quad \forall j \in J, \quad (56)$$

$$x_{ij} \leq m_i, \forall i \in I, \forall j \in J. \quad (57)$$

- (45)値段の最小化を表す.
- (46)三群点数法の赤の下限.
- (47)三群点数法の緑の下限.
- (48)栄養素の下限.
- (49)塩分量の上限.
- (50)摂取カロリーの下限.
- (51)摂取カロリーの上限.
- (52)メニュー重複数.
- (53) j 日に i のメニューを食べるかどう.
- (54), (55), (57)メニュー i を食べるとき $m_i=1$, メニュー i を食べるとき $m_i=0$.
- (56)メニューの種類の下限が 25.

(52)に関して、実行可能解が存在するときの、メニューの最小重複数が 10 となったため 10 と設定した. (56)に関しては、先述したように、メニューの下限を 18 とする.

表 11. 女子の 15 日間のメニュー(メニュー下限 25)

日数	金額	メニュー	日数	金額	メニュー
1	407	北海道かぼちゃコロケ ポテト&コーンサラダ 煮卵 半熟卵 冷奴	9	494	白身魚フライ ハッシュポテト 夏の惣菜トリオ オクラのお浸し 半熟卵 冷奴
2	473	さば味噌煮 北海道かぼちゃコロケ ポテト&コーンサラダ 冷奴	10	514	アジフライ ほうれん草のおひたし ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し マカロニサラダ 半熟卵 冷奴
3	516	クリームチーズ入りメンチカツ ほうれん草のおひたし ポテト&コーンサラダ 半熟卵	11	517	チキンおろしダレ 北海道かぼちゃコロケ ポテト&コーンサラダ
4	430	チキンチーズカツ ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 揚げだし豆腐	12	343	北海道かぼちゃコロケ ポテト&コーンサラダ こうなごの南蛮漬け 半熟卵
5	408	北海道かぼちゃコロケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 半熟卵	13	430	ハッシュポテト スパイシーポテト チキンチーズカツ 半熟卵
6	580	さば生姜煮 蔵王クリーミーコロケ ほうれん草のおひたし ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 冷奴	14	440	ほうれん草ゴマあえ ポテト&コーンサラダ オクラの巣ごもりたまご 半熟卵 ライス 中
7	408	北海道かぼちゃコロケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 半熟卵	15	547	ほうれん草のおひたし ポテト&コーンサラダ オクラのお浸し 白マーボー豆腐 冷奴 ライス 中
8	408	北海道かぼちゃコロケ ハッシュポテト オクラの巣ごもりたまご 半熟卵			

4.7 考察

女子 8 日と男子 9 日で、メニューの下限数を追加する前と追加した後で、メニューの繰り返し改善されることが証明された。平日 3 週間、つまり 15 日間で、メニューの種類の下限数を、全メニューの半分の 25 種類として実行したところ、実行可能解が見つかった。同じメニューの繰り返し改善がほとんどなく、1 日平均 461 円という安い金額での結果が出た。

メニューの下限数がない状態で実行した場合、日数を増やしていくと、同じメニューの繰り返しとなってしまった。実験の結果からも、メニューの下限を追加することによって、改善されたことが明らかなため、メニューの下限を追加することは必要だと言える。

第5章 おわりに

本研究をして、栄養バランスを考えながら、安い金額でのメニューの組み合わせを提案することができた。初めは、5日間という短い期間であったが、メニューの重複なしで、実行可能解が見つからないことには驚いた。メニューの重複を2として実行可能解が見つかり、メニューの組み合わせの結果を見ると、1食当たり女子は477円、男子は495円と、現実的な安い金額での結果が出た。また、日数を増やしていくと、同じメニューの繰り返しが起こっている分かった。メニューの繰り返しを防ぐ方法はいろいろあるが、複雑でない式で示すことが可能であるため、メニューの下限数を追加することを提案した。その結果、対象日数を増やすことで起こっていた、メニューの繰り返しを改善することができた。また、全50種類のメニューを対象としているが、5日間では男女ともに12種類しか選択していないため、全メニューの半分である25種類をメニューの下限数として、メニューを提案することもできた。

参考文献

- [1] 全国大学生生活協同組合連合:学食パス. https://gakupass.univ.coop/life/syoku_01.html
(参照 2019 年 10 月 14 日).
- [2] 全国大学生生活協同組合連合:学食パス-3 群点数法. <https://gakupass.univ.coop/popup/popup03.html> (参照 2019 年 10 月 14 日).
- [3] 農林水産省:実践食育ナビ. https://www.maff.go.jp/j/syokuiku/zissen_navi/balance/required.html (参照 2019 年 10 月 14 日)
- [4] 全国大学生生活協同組合連合:学食どっとコープ-ジャンル別メニュー検索 <https://gakushoku.coop/search/> (参照 2019 年 10 月 14 日).