

令和2年度厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業）  
「健康な食事」の基準の再評価と基準に沿った食事の調理・選択に応じた活用支援ガイドの開発」  
分担研究報告書

線形計画法を用いた基準の検討

研究分担者 横山徹爾 所属 国立保健医療科学院生涯健康研究部

**研究要旨**

厚生労働省は、2015（平成27）年に、「日本人の食事摂取基準（2015年版）」をふまえた、「健康な食事」の基準を作成し提示した。その後、食事摂取基準の改定があったことなどから、本分担研究では、「日本人の食事摂取基準（2020年版）」及び直近の国民健康・栄養調査結果に基づいて、「健康な食事」の基準の再評価を行うことを目的とする。今年度は、線形計画法（食事最適化法）を用いて、「食事摂取基準が定められている栄養素等は摂取基準値を満たすこと」及び「現在の食事と大きく逸脱しないこと」を制約条件として、現在の食習慣からの変化が最小となるような最適解を得るための計算プログラムを作成し、40～49歳男性で試算を行った。採用する身体活動レベルの検討など、いくつかの方法論上の改善点が示唆された。

**A. 研究目的**

厚生労働省は、2015（平成27）年に、「日本人の食事摂取基準（2015年版）」をふまえた、主食・主菜・副菜の組み合わせからなる「健康な食事」の基準を作成し提示した<sup>1)</sup>。「健康な食事」の食事パターンは、各栄養素等が、食事摂取基準で示した1日に摂取する基準値を満たすために、どういう種類の食品をどれだけ食べたらよいのか、それらが含まれる料理の組合せとはどういうものかを提案するものである。基本的な考え方は、日本人の現在の食習慣から大きく逸脱しない範囲で、各栄養素等の摂取量が基準値を満たすように、食品群ごとの量を求めて提示するというものである<sup>1)</sup>。

その後、食事摂取基準の改定があったことなどから、本分担研究では、「日本人の食事摂取基準（2020年版）」及び直近の国民健康・

栄養調査結果に基づいて、「健康な食事」の基準の再評価を行うことを目的とする。初年度は、2015年の「健康な食事」の基準を作成した際と同様の解析方法を、日本人の食事摂取基準（2020年版）」及び直近の国民健康・栄養調査結果を用いて行うための計算プログラムを作成し、一部試算を行う。

**B. 研究方法**

線形計画法（食事最適化法）は、「一次不等式で表された制約条件の中で、目的の達成度を最大にする数学的技法」<sup>1, 2)</sup>である。この方法を用いて、「食事摂取基準が定められている栄養素等は摂取基準値を満たすこと」及び「現在の食事と大きく逸脱しないこと」を制約条件として、現在の食習慣からの変化が最小となるような最適解を得ればよい。具体的な制約条件は以下の通りとした。

①エネルギー摂取量は推定エネルギー必要量(EER)に一致すること。

②食事摂取基準が定められている栄養素の摂取量は全て、推奨量(RDA)以上、耐用上限量(UL)未満、目安量(AI)以上、目標量(DG)の範囲内となること。

③現在の食事と大きく逸脱しないように、全ての食品群・食品サブグループ(後述)の摂取重量が、国民健康・栄養調査結果の0～90パーセントに収まること。

①～③の制約条件を満たした上で、食品サブグループ別の、現在の摂取重量と最適化後の摂取重量の相対差(差のパーセント)の絶対値の合計が最小となるように、最適化値を求めた。この計算には、Microsoft Excelのソルバーを用いた。

現在の食事等に関するデータとしては、平成30年国民健康・栄養調査データを、目的外利用申請を行ったうえで使用した。なお、2015年の「健康な食事」の基準作成では、穀類を「主食となる穀類」と「精製度の低い穀類」に分けるなど、通常国民健康・栄養調査報告の分類とは異なる6食品群・16食品サブグループを採用している<sup>1, 3)</sup>。これらの計算には、「食事しらべ」のデータが必要であるが、初年度はこれを入手できなかったため、上記とは異なる6食品群・20食品サブグループ(表1)を用いて計算プログラムの開発と試算を行った。また、性・年齢階級(8グループ)ごとに最適化値を算出し、これら8グループの最適化値の平均を計算して「健康な食事」の基準としたが、この計算には、性・年齢階級別の栄養素等摂取量の平均値と

パーセンタイル値が必要であり、やはり「食事しらべ」のデータがなければ計算できないため、男女計・全年齢(20歳以上)の平均値とパーセンタイル値を用いて、40～49歳の男性についてのみ、計算プログラムの開発と試算を行った。

### C. 研究結果

図1に、最適化法を用いた計算用シートを示す。

①に、性・年齢階級別、食品群別摂取重量および栄養素等摂取量を入力する(方法で説明した理由により今年度は栄養素等摂取量は男女計・全年齢の値)。0%点と90%点は、各サブグループの摂取重量をこの範囲に収めるための制約条件として用いる。

②に、食品群別加重平均成分表(①を100グラムあたりに換算した値)が計算される。

③の「最適化値」の欄には、初期値として現状値を入力しておく。ソルバーにより計算を行うと、最終的に最適化値の解が得られる。「|差|%」は、「最適化値－現状値」の絶対値÷現状値、つまり現状値と相対的にどの程度異なるかを意味し、その「計」が最小となるように最適化解を求める。栄養素等の欄には、「最適化値」と②から計算した栄養素等摂取量の値が計算され、「計」の欄に全食品群合計の値が示される。

④は「日本人の食事摂取基準(2020年版)」の値である。③で計算した各栄養素等の「計」の値と、食事摂取基準の値を比較して最適化法の制約条件として用いる。

⑤は③の食品サブグループを食品群にま

とめた値である。食品群の0%点と90%点も、各食品群の摂取重量をこの範囲に収めるための制約条件として用いる。

表1に、40-49歳男性を例として、食品群・食品サブグループの摂取重量の現状値と最適化値等を示す。パーセント点は、最適化値が現状の摂取重量の何パーセント点に相当するかを示している。全体的にパーセント点が高めであるが、これは、推定エネルギー必要量(身体活動レベルII：2700 kcal/日)が現状のエネルギー摂取量(2141 kcal/日)よりも高いためと考えられる。

表2に、食品群・食品サブグループの摂取重量を最適化した場合の、栄養素等の摂取量と食事摂取基準との比較を示す。全て食事摂取基準の範囲内であるが、脂肪エネルギー比率が上限になるなど、境界ぎりぎりの値になるものもある。

#### D. 考察

「日本人の食事摂取基準(2020年版)」及び平成30年国民健康・栄養調査データを用いて、「健康な食事」の基準を作成するための計算プログラムを作成し、40～49歳男性で試算を行った。

推定エネルギー必要量(身体活動レベルII：2700 kcal/日)が現状のエネルギー摂取量(2141 kcal/日)よりも高いため、最適化値はほとんどの食品サブグループで、現在の摂取量よりも高めとなり、過剰摂取につながる可能性があるかもしれない。適用する身体活動レベルについて十分検討する必要があるだろう。

最適化値は、「最適化値－現状値」の絶対値÷現状値、すなわち相対的な変化%の「計」が最小となるように解を求めたが、食品群・食品サブグループによって相対値での変化しやすさが異なる可能性があり、例えば、「最適化値－現状値」の絶対値÷現状値の標準偏差を用いることで、その点を考慮できる可能性があるだろう。

今年度は、「食事しらべ」のデータが入手できなかったため、2015年の「健康な食事」と全く同じ解析方法を用いることはできなかった。次年度以降の課題である。

#### E. 結論

「日本人の食事摂取基準(2020年版)」及び平成30年国民健康・栄養調査データを用いて、「健康な食事」の基準を作成するための計算プログラムを作成し、40～49歳男性で試算を行った。いくつかの方法論上の改善点が示唆された。

#### 参考文献

1. 厚生労働省. 日本人の長寿を支える「健康な食事」のあり方に関する検討会 報告書. 平成26年10月.
2. Ferguson EL, et al. Food-based dietary guidelines can be developed and tested using linear programming analysis. *J Nutr.* 2004;134(4):951-7. doi: 10.1093/jn/134.4.951.
3. Okubo H, et al. Designing optimal food intake patterns to achieve nutritional goals for Japanese adults through the use of linear programming optimization models. *Nutr J.* 2015;14:57. doi: 10.1186/s12937-015-0047-7.

**F. 健康危機情報**

なし。

**G. 研究発表**

なし。

**H. 知的所有権の取得状況**

なし。

表1. 食品群・食品サブグループ（暫定）の現状値と最適化値（40-49歳男性）

	現状値	0%点	90%点	最適化値	パーセント点※
<b>食品群</b>					
1 穀類	516.6	51.7	1033.2	750.0	89%
2 野菜、いも、きのこ、海藻類	322.9	32.3	645.8	490.4	83%
3 魚、肉、卵、豆類	301.2	30.1	602.4	480.0	90%
4 牛乳・乳製品	70.8	7.1	141.5	130.7	80%
5 果物	43.4	4.3	86.8	54.3	74%
6 その他	841.5	84.1	1683.0	909.5	59%
<b>食品サブグループ</b>					
1 穀類	516.6	0.0	750.0	750.0	89%
2 いも類	43.0	0.0	113.0	43.0	65%
3 砂糖・甘味料類	6.3	0.0	15.0	6.3	65%
4 豆類	57.1	0.0	145.0	90.7	78%
5 種実類	2.3	0.0	4.1	2.3	84%
6 緑黄色野菜	81.2	0.0	185.0	182.0	89%
7 その他の野菜	168.2	0.0	330.2	248.0	78%
8 野菜ジュース	13.0	0.0	0.0	0.0	0%
9 漬け物	7.0	0.0	20.0	7.0	71%
10 果実類	43.4	0.0	140.0	54.3	74%
11 きのこと類	15.1	0.0	51.0	15.2	73%
12 藻類	8.9	0.0	23.6	8.9	71%
13 魚介類	62.4	0.0	160.0	87.5	69%
14 肉類	139.9	0.0	260.0	260.0	90%
15 卵類	41.8	0.0	101.0	41.8	54%
16 乳類	70.8	0.0	220.0	130.7	80%
17 油脂類	13.8	0.0	29.2	22.3	79%
18 菓子類	20.0	0.0	85.0	20.0	75%
19 嗜好飲料類	717.5	0.0	1395.3	817.7	62%
20 調味料・香辛料類	68.1	0.0	113.4	27.2	11%
計	2096.4			2814.9	

単位：グラム／日

※現状値の分布における最適化値のパーセント点

表2. 最適化値における栄養素等摂取量と食事摂取基準の比較  
(40-49歳男性)

栄養素等	単位	摂取量	同%Energy	食事摂取基準
エネルギー	kcal	2700.0		EER 2700
たんぱく質	g	105.2		RDA 65
脂質	g	90.0	30.0	DG 20~30%Ene
飽和脂肪酸	g	27.0	4.0	DG $\leq 7\%$ Ene
一価不飽和脂肪酸	g	33.6		
n-6系脂肪酸	g	14.7		AI 10
n-3系脂肪酸	g	3.1		AI 2
コレステロール	mg	433.8		
炭水化物	g	343.2	50.8	DG 50~65%Ene
食物繊維(総量)	g	21.0		DG $\geq 21$
〃(水溶性)	g	4.8		
〃(不溶性)	g	15.3		
ビタミンA	$\mu\text{g R E}$	900.0		RDA 900 UL 2700
ビタミンD	$\mu\text{g}$	9.5		AI 8.5 UL 100
ビタミンE	mg	9.9		AI 6 UL 900
ビタミンK	$\mu\text{g}$	445.9		AI 150
ビタミンB1	mg	1.5		RDA 1.4
ビタミンB2	mg	1.7		RDA 1.6
ナイアシン	mgNE	45.0		RDA 15
ビタミンB6	mg	1.7		RDA 1.4 UL 60
ビタミンB12	$\mu\text{g}$	9.0		RDA 2.4
葉酸	$\mu\text{g}$	432.3		RDA 240 UL 1000
パントテン酸	mg	8.2		AI 5
ビタミンC	mg	149.1		RDA 100
ナトリウム	mg	2922.6		
食塩相当量	g	7.5		DG $< 7.5$
カリウム	mg	3294.6		DG 3000
カルシウム	mg	750.0		RDA 750 UL 2500
マグネシウム	mg	374.2		RDA 370
リン	mg	1448.5		AI 1000 UL 3000
鉄	mg	10.3		RDA 7.5 UL 50
亜鉛	mg	12.3		RDA 11 UL 45
銅	mg	1.6		RDA 0.9 UL 7

図1. 最適化法による計算シート

平成30年国民健康・栄養調査																					
食品群別栄養素等摂取量 - 食品群、栄養素別、摂取量 - 総数、40-49歳																					
食品群 (サブグループ)	食品群番号	摂取量	エネルギー		たんぱく質		脂質		炭水化物		食物繊維		ビタミン		鉄		亜鉛		銅		
			kcal	たんぱく質	脂質	炭水化物	食物繊維	ビタミン	鉄	亜鉛	銅										
1 穀類	1~12	516.6	0	750	15	4.7	1.8	1.3	1	0	2.3	157.8	3.1	0.7	2.4	0	0.5	1	2.4	0.41	
2 いも類	13~16	43.0	0	113	0.6	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.8	0.1	0	0.2	0.2	0.1	
3 砂糖・甘味料類	17	6.3	0	24.5	0	0	0	0	0	0	0	6.4	0	0	0	0	0	0	0	0	
4 豆類	18~23	57.1	0	145	75.6	5.8	4.4	0.6	1	1.9	0.3	0	3.2	1.2	0.3	0.9	0	0.3	1.1	0.6	0.15
5 糧実類	24	2.3	0	13.9	0.4	1.2	0.2	0.5	0.4	0	0	0.6	0.2	0	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.1	
6 緑黄色野菜	25~29	81.2	0	185	25.3	1.3	0.2	0.3	0.2	0	0	236.3	0	1.3	0.5	0.2	0.05	0.2	0.4	0.3	
7 その他の野菜	30~35	168.2	0	330.2	37.4	1.6	0.3	0.2	0.1	0	0	8.9	0	0.2	0.4	0.3	0.07	0.4	0.3	0.07	
8 野菜ジュース	36	13.0	0	3.7	0.1	0	0	0	0	0	0	34.7	0	0.1	0	0	0.01	0	0	0.01	
9 漬け物	37,38	7.0	0	20	4.2	0.2	0	0	0	0	0	2.2	0	0	0.1	0	0.01	0	0	0.01	
10 果実類	39~45	43.4	0	140	64.2	0.6	0.4	0	0	0	0	28.9	0	0.3	0.2	0.1	0.05	0.3	0.2	0.1	
11 まこの類	46	15.1	0	51	3.2	0.4	0	0	0	0	0	0.7	0	0.2	0.1	0.1	0.01	0.1	0.1	0.01	
12 藻類	47	8.9	0	23.6	3.3	0.3	0	0	0	0	0.1	0.6	1	0.6	0	0	0	0	0	0	
13 魚介類	48~60	62.4	0	160	108.4	12.7	5.2	1.1	1.7	0.3	1	57	1.6	0	0	0	0	0	0	0	
14 肉類	61~69	139.9	0	260	227.7	16.7	16.7	6	7.5	1.5	0.1	69.7	0.5	0	0	0	0	0	0	0	
15 卵類	70	41.8	0	101	63.9	5.4	4.2	1.1	1.5	0.6	0.1	177.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	
16 乳類	71~75	70.8	0	220	89.1	4.3	4.4	2.6	1.1	0.1	0	13.7	7.9	0	0	0	0	0	0	0	
17 油脂類	76~80	13.8	0	29.2	100.2	0	10.9	1.9	4.8	2.9	0.5	2.6	0	0	0	6.3	0.1	1.2	0	0	
18 菓子類	81~85	20.0	0	85	84.9	1.5	2.9	1.1	0.4	0	12	13.2	0.4	0.1	0.3	9.3	0.1	0.2	0.2	0.2	
19 嗜好飲料類	86~91	717.5	0	1395.3	90.5	1	0.1	0	0	0	0	8	0.1	0	0.1	2.1	0	0.5	0.1	0.03	
20 調味料・香辛料類	92~98	68.1	0	113.4	3.7	5.4	0.9	2.1	1.5	0.3	5.4	11.5	0.8	0.1	0.6	5	0	0.6	0.9	0.4	
食品群別成分表 (100gあたり)																					
食品群 (サブグループ)	食品群番号	摂取量	エネルギー	たんぱく質	脂質	飽和脂肪酸	一価不飽和脂肪酸	多価不飽和脂肪酸	炭水化物	食物繊維	ビタミン	鉄	亜鉛	銅							
1 穀類	1~12	100	146.7458	2.903557	0.909781	0.348427	0.251642	0.19357	0.445212	0.600068	0.135499	0.464569	0.387141	0	0.096785	0.19357	0.464569	0.079364			
2 いも類	13~16	100	89.29073	1.395168	0.232528	0	0	0	0	20.92751	2.325279	0.465056	1.860223	0.232528	0	0.465056	0.465056	0.232528	0.093011		
3 砂糖・甘味料類	17	100	389.0415	0	0	0	0	0	0	101.6272	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4 豆類	18~23	100	132.3108	10.15083	7.700629	1.750143	3.25272	0.525043	0	5.600457	2.100172	0.525043	1.575129	0	0	0.525043	1.925157	1.050086	0.262521		
5 糧実類	24	100	603.4009	17.36405	52.09216	8.68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.341014	4.341014	4.341014	1.302304		
6 緑黄色野菜	25~29	100	31.15073	1.60063	0.246251	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.60063	0.615627	0.246251	0.061563		
7 その他の野菜	30~35	100	22.23493	0.951227	0.178355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.118903	0.237807	0.178355	0.041616		
8 野菜ジュース	36	100	28.38695	0.767215	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.767215	0	0	0.076721		
9 漬け物	37,38	100	60.26116	2.869579	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.43479	0	0	0.143479		
10 果実類	39~45	100	147.9508	1.382718	0.921812	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.691359	0.460906	0.230453	0.115226		
11 まこの類	46	100	21.12597	2.640746	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.660187	0.660187	0.660187	0.066019		
12 藻類	47	100	36.93013	3.353648	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.117883	0	0	0		
13 魚介類	48~60	100	173.6115	20.34009	8.328226	1.76174	2.727689	0.480475	1.601582	91.29017	2.562531	0	0	0	37.1567	8.648542	1.441424	1.121107	0.144142		
14 肉類	61~69	100	162.7869	11.93914	11.93914	4.28951	5.361888	1.072378	0.071492	49.82981	0.357459	0	0	0	0	0	0	0	0		
15 卵類	70	100	163.0413	12.93307	10.05905	2.634514	1.437007	0.239501	424.3962	0.479002	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16 乳類	71~75	100	125.9238	6.07713	6.218459	3.674544	1.554615	0.141329	0	19.36202	11.16496	0	0	0	0	0	0	0	0		
17 油脂類	76~80	100	727.7519	0	79.16728	13.7998	34.86265	21.06285	3.631527	18.88394	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
18 菓子類	81~85	100	424.8819	7.506748	14.51305	5.504948	5.004498	2.001799	0	60.05398	66.05938	2.001799	0.50	0	0	0	0	0	0		
19 嗜好飲料類	86~91	100	12.93391	0.13938	0.013938	0	0	0	0	1.115042	0.013938	0	0	0	0	0.013938	0.292699	0	0.013938		
20 調味料・香辛料類	92~98	100	166.7536	5.435446	7.932814	1.322136	3.084983	2.203559	0.440712	7.932814	16.89396	1.175232	0.146904	0.881424	7.345198	0	0.881424	1.322136	0.587616		

①食品群別栄養素等摂取量

説明用のためビタミンK~亜鉛は表示省略  
(実際の計算シートには入っている)

②食品群別加重平均成分表

(①)を100gあたりに換算したものの

説明用のためビタミンK~亜鉛は表示省略  
(実際の計算シートには入っている)

