包絡分析食事モデルを用いた、日本人若年層および中高層の最適な食事パターンの算出

研究分担者 杉本南 [1,2]
研究協力者 大久保 公美 [3]
研究代表者 片桐 諒子 [4]
[1] 東邦大学医学部社会医学講座衛生学分野
[2] 東京大学大学院医学系研究科社会予防疫学分野
[3] 東京大学大学院医学系研究科栄養疫学・行動栄養学
[4] 千葉大学大学院情報学研究院

【研究要旨】
本研究は、日本の成人にとってより栄養価が高く、食に関連する環境負荷が低く、かつ手頃な価格の、最適化された食事パターンを性別および年齢層ごとに明らかにすることを目的とした。健康な日本人成人（19～49 歳の男性 711 名、女性 734 名、および 50～74 歳の男性 565 名、女性 605 名）の 8 日間の食事記録を分析した。最適化された食事は、観察された（=最適化前の）食事の線形結合を行う包絡分析食事モデルを用いて、性別および年齢層ごとに算出された。これは、食事の金銭的コストの制約下で、食事の質スコアである Nutrient Rich Rood Index 9.3 スコアを最大化すること（MaxNRF モデル）、または食に関連する温室効果ガス排出量（GHGE）が最小化すること（MinGHGE モデル）を目的としたものである。さらに、NRF の最大化と GHGE の最小化に同じ重さを置いたモデル（OPT2G モデル）も実行した。次に、栄養素摂取量が不適切な者（日本人の食事摂取基準 2025 年版の推定平均必要量を下回る、あるいは目標量の範囲外の者）の割合について、観察された食事と最適化後の食事の間で比較を行った。最適化後の食事は、いずれのモデルでも、観察された食事に比べて全粒穀類、豆類、乳製品類、果物類の摂取量が 20%以上多く、アルコールおよび加糖飲料の摂取量が 40%以上少なかった。もとの食事と最適化後の食事との摂取量の差は、若年層の男女においてより大きかった。すべての性別・年齢層において、最適化された食事は、観察された値と比べて、全体的に推定平均必要量未満の者の割合は低かった。しかし、ナトリウムや食物繊維、飽和脂肪酸（女性のみ）では、最適化後の食事でも、目標量超の者の割合が依然として高かった。さらに、MinGHG モデルでは、男性において、一部のビタミンの摂取量が推定平均必要量未満の者の割合が、観察値よりも高くなっていた。結論として、包絡分析法で得られた食品摂取パターンでは、食事摂取基準を満たさない者の割合が観察値に比べて少なかったものの、食物繊維、飽和脂肪酸（女性）やナトリウムなど一部の栄養素では依然として基準を満たすことが難しいことが示された。

A. 背景と目的

健康増進と慢性疾患の予防を目的として、各国が、どのような食品をどのくらい食べるべきか、食品レベルで提示した Food based dietary guideline を提案している [1]。これらのガイドラインは、各人口層の栄養ニーズ、食料の入手可能性、文化的習慣に合わせた食品の選択と食生活パターンに関する実践的なアドバイスを提供するように構成されている。

Food based dietary guidelines の食品摂取パ

ターンを定めるにあたって、数理計画法の一つである、線形計画法が用いられることがある。この方法では、現在の食品摂取パターンに最も近く、かつ栄養素に関するガイドラインが満たされるような食品摂取パターン（＝最適化された食品摂取パターン）を算出することが理論上可能である[2]。しかし、線形計画法の解として得られたパターンが、献立として組み合わせるのが難しい、実現性の低い構成になってしまう可能性がある。この限界に対応する方法として、近年、別の数理計画法である、包絡分析法を用いて食品構成を求める方法（包絡分析食事モデル）がオランダの研究グループから提案された[3,4]。包絡分析法は従来、経営分析に使われてきた手法で、複数の入力（コスト等）と出力（売上等）を持つ組織について、その入力値と出力値の比率から、相対的な効率性を評価する。

包絡分析食事モデルでは、まず、対象者集団の中から、栄養素または食品の面で、好ましい摂取の傾向を持つ者を選び（これを「効率的食事」と呼ぶ）、次に、効率的食事を組み合わせることによって、効率的食事と判定されなかった個々人に、改善された食品摂取パターンを提案する。

本研究では、包絡分析法を用いて、日本の成人にとってより栄養価が高く、食に関連する環境負荷が低く、かつ手頃な価格の、最適化された食事パターンを性別および年齢層ごとに明らかにすることを目的とした。

B. 方法

B-1. 分析に用いたデータ

2016-2020 年に実施された食物摂取頻度・摂取量調査に参加した、全国 32 都道府県に住む男性 1276 名、女性 1339 名の非連続 8 日間食事記録データを用いた。この食事記録データの詳細は Murakami et al.[6] および Shinozaki et al. が報告している[7]。

性別と年齢による食習慣の違いを考慮するため本研究では若年層（18～49 歳）と中高年層（50～74 歳）に分け、さらに男女別で分析した。

本研究における二次利用は、データを管理する消費者庁からデータ利用に関する承認を得、千葉大学生命倫理委員会の承認のもとで、実施された（承認番号，承認日 2013 年 1 月）。

B-2. 分析に用いた変数

主な食品群ごとに食品の摂取量を求めた。栄養素摂取量は日本標準食品成分表 7 訂を用いて計算し、食に関連する温室効果ガス排出量（GHGE）は産業総合研究所が開発するインベントリデータベース IDEAver.3.4.1[8]を用いて算出した。1 日当たりの食事の金銭的コストは、Okubo et al. が小売物価統計 2016 年から作成したデータベース[9]を用いて計算した。

食品摂取量、栄養素摂取量および食に関連する GHG、食費は、男性 2500 kcal あたり、女性 2000 kcal あたりに標準化した。

B-3. 包絡分析による最適な食品摂取パターンの算出

次の 2 つの手順で算出を行った(図 1)。

Step 1. 効率性の分析（効率的食事群の同定）

多く摂取すべき食品・栄養素と、摂取を控えるべき食品・栄養素の摂取量を多次元的に比較し、効率的食事を同定した。多く摂取すべき食品・栄養素として、全粒穀物、果物、野菜、豆類、種子類、乳製品類、魚類を、少なく摂取すべき食品・栄養素として牛肉・豚肉および加工肉、加糖飲料、アルコール飲料類、食塩、飽和脂肪酸を定めた。これらは、日本人を対象にした食事の質スコアの構成要素を基に選んだ[10]。

次に、これらの摂取量の比を多次元的に比較し、効率的食事の者を同定した。

その結果、若年男性 131 人、若年女性 71 人、中高年男性 131 人、中高年女性 134 人が

効率的食事と同定された。それ以外を非効率的食事の者とした。

Step2. 最適な食事の算出

効率的食事を組み合わせることで、非効率的食事と同定された個人に対して、改善された食品摂取パターンを提案した。この時、次の3 つのモデルで食品摂取パターンを算出した。①Max NRF model：提案された食品摂取パターンの NRF スコアが最大になるモデル、②Min GHGE model：食事に関連する温室効果ガス排出量（greenhouse gas emissions: GHGE）が最小になるモデル、③OPT2G model: ①と②を組みわせたモデル。

この際、最適化後の多く摂取すべき（摂取を控えるべき）食品・栄養素の摂取量が観察された摂取量（＝最適化前の摂取量）より多くなる（少なくなる）こと、エネルギーの摂取量が変わらないこと、食事の金銭的コストが観察された食費の 105%以内に収まることを制約条件とした。

B-4. 摂取量の比較

非効率的食事群の者のうち、最適解が得られた者に対して（図 1）、観察された食品摂取パターンと、提案された食品摂取パターンの、各食品群の摂取量、栄養素摂取量、NRF スコア、食に関連する GHG、食費を比較した。

B-5. 食事摂取基準との比較

最適解が得られた者に対して（図 1）、観察された食品摂取パターンと、提案された食品摂取パターンのそれぞれについて、カットポイント法を用いて、食事摂取基準2025 年版の各基準値と栄養素の摂取量を比較し、推定平均必要量未満の者、目標量の範囲を逸脱している者の割合を求めた。

C. 結果

C-1. 対象者特性の比較

若年層では efficient diets と inefficient diets の群とで対象者特性に有意差はなかった。中高年層では効率的食事群のほうが、平均年齢が高く、無職の人が多かった（表 1、2）。

C-2. 食品群摂取量の比較

最適解が得られた者に対して、観察された食品摂取パターンと、提案された食品摂取パターンの、各食品群の摂取量を比較した（表 3, 4, 図 1）。いずれのモデル・性年齢グループでも、最適化された食事では全粒穀類、野菜類、豆類、種実類、果物類の摂取量が観察値よりも多く、牛肉・豚肉と加工肉類、アルコール飲料、加糖飲料の摂取量が少なかった。MinGHG モデルと OPT2G モデルでは他のモデルよりも、牛・豚肉と加工肉類の摂取量が少なかった。もとの食事と最適化後の食事との摂取量の差は、若年層の男女においてより大きかった。

C-3. 食事摂取基準との比較

栄養素摂取量が食事摂取基準の推定平均必要量未満の者の割合、目標量を逸脱した者の割合を、観察された食品摂取パターンと、提案された食品摂取パターンの間で比較した（表 7,8）。全体として、すべての性別・年齢層において、最適化された食品摂取パターンでは、観察された食事と比較して、推定平均必要量未満の者の割合が低かった。若年男性においては、MinGHGE および OPT2G モデルを用いた最適化において、観察された食事と比較して、主要栄養素のバランス（例：たんぱく質、脂質、炭水化物からのエネルギー割合）が目標量の範囲にない者、およびビタミン A、C、リボフラビンが推定平均必要量未満の者の割合が高かった。中高年男性においては、MinGHGE モデルにおいて、観察された食事と比較してチアミンの摂取量が推定平均必要量未満の者の割合が高かった。すべてのモデルおよび性別・年齢層において、ナトリウム摂取量が目標量超の割合は、すべてのモデルを通

じて約 85～91％で、観察値から変化しなかった。食物繊維については、すべてのモデルおいて目標量未満の者の割合は観察された食事と比較して低かったが、若年および中高年の男性、ならびに若年女性では 60％を超え、中高年女性では 40％を上回った。女性においては、MaxNRF および MinGHGE モデル下において、飽和脂肪酸の摂取量が目標量超の者の割合は観察値と有意差がないか、あるいは多かった。

C-4. NRF9.3 スコア、食に関連した GHGE、食費の比較

最適化された食事すべてにおいて、NRF9.3 スコアは、すべての性別・年齢層で、観察値よりも高かった（表 7）。すべての性別・年齢層において、MaxNRF モデルでは食事に関連する環境負荷は観察値から大きく変わらなかった。MinGHGE モデルおよび OPT2G モデルでは、観察値と比較して、食に関連する GHGE が観察値より 20%低かった。食費は、MaxNRF ではほぼ同水準かわずかに減少したのに対し、MinGHGE モデルと OPT2G モデルでは減少した。

D. 考察

本研究では、包絡分析法を用いて、食事の質が高く、環境負荷の低い食品摂取パターンを求めた。

得られたパターンでは、全体的に食事摂取基準の順守の程度が観察された食事よりも良好だったものの、食塩や飽和脂肪酸、食物繊維は観察値とあまり変わらない状況も観察された。さらに、MinGHG モデルでは、段際において一部のビタミンの摂取量が推定平均必要量未満の者の割合が観察値よりも多かった。以上のことから、包絡分析法を用いて、すべての栄養素の摂取量が観察値より良好な食品摂取パターンを求めるのは難しいと考えられる。

食事摂取基準を満たし、さらに環境への負荷も小さくなるような食品摂取パターンを見出すには、線形計画法を用いたさらなる研究を行う必要があるだろう。

E. 結論

包絡分析法を用いて得られた食品摂取パターンでは、食事摂取基準を満たさない者の割合は観察値より少なかったものの、食物繊維、飽和脂肪酸（女性）やナトリウムなど一部の栄養素では依然として基準を満たすことが難しいことが示された。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

杉本南、大久保公美、Sander Biesbroek , Elisabeth HM Temme、片桐諒子、 包絡分析食事モデルを用いた、日本人若年層および高齢層の最適な食事パターンの算出、第 96 回日本衛生学会、2026 年 3 月 19～21 日（ポスター発表）

H. 知的所有権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

I. 参考文献

1) Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dietary guidelines https://www.fao.org/nutrition/nutrition-education/food-dietary-guidelines/en/ (accessed

on April 14, 2025)
2) Gazan R, Brouzes CMC, Vieux F, Maillot M, Lluch A, Darmon N. Mathematical Optimization to Explore Tomorrow's Sustainable Diets: A Narrative Review. Adv Nutr. 2018 Sep 1;9(5):602-616.
Yang W, et al. Is heme iron intake associated with risk of coronary heart disease? A meta-analysis of prospective studies. Eur J Nutr 2014; 53: 395-400.(例)
3) Kanellopoulos A, Gerdessen JC, Ivancic A, Geleijnse JM, Bloemhof-Ruwaard JM, Van't Veer P. Designing healthier and acceptable diets using data envelopment analysis. Public Health Nutr. 2020 Sep;23(13):2290-2302.
4) Mertens E, Kuijsten A, Kanellopoulos A, et al. Improving health and carbon footprints of European diets using a benchmarking approach. Public Health Nutr 2021;24(3):565-75.
5) Sugimoto M, Temme EHM, Biesbroek S, et al. Exploring culturally acceptable, nutritious, affordable and low climatic impact diet for Japanese diets: proof of concept of applying a new modelling approach using data envelopment analysis. Br J Nutr 2022;128(12):2438-52.
6) Murakami K, Livingstone MBE, Masayasu S, Sasaki S (2021) Eating patterns in a nationwide sample of Japanese from the MINNADE study. Public Health Nutr 25(6):1515-1527.
7) Shinozaki N, Murakami K, Masayasu S, Sasaki S (2023) Usual nutrient intake distribution among Japanese children and adults. Nutrients 15(5):1234.
8) National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (2024) IDEA inventory database (Version 3.4.1).
9) Okubo H, Murakami K, Sasaki S (2016) Monetary value of self-reported diets and associations with sociodemographic characteristics and dietary intake among Japanese adults: analysis of nationally representative surveys. Public Health Nutr 19(18):3306-3318.
10) Okubo H, Murakami K, Sasaki S (2016) Monetary value of self-reported diets and associations with sociodemographic characteristics and dietary intake among Japanese adults: analysis of nationally representative surveys. Public Health Nutr 19(18):3306-3318.
11) Oono F, Murakami K, Fujiwara A, Shinozaki N, Adachi R, Asakura K, Masayasu S, Sasaki S (2023) Development of a Diet Quality Score for Japanese and Comparison With Existing Diet Quality Scores Regarding Inadequacy of Nutrient Intake. J Nutr 153(3):798-810.

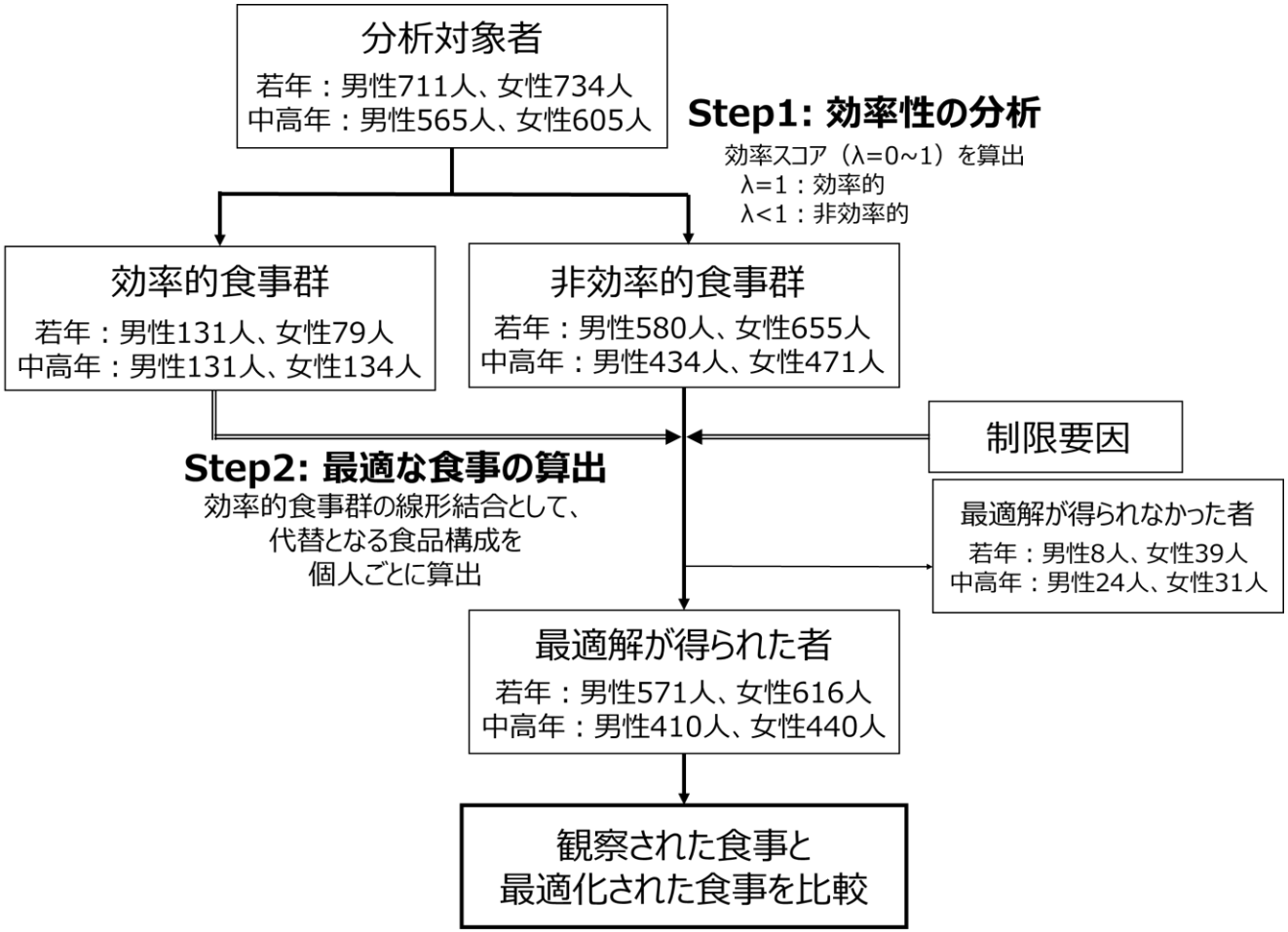


図 1. 分析対象者のフローチャート

効率性の分析により、効率的な食事を摂っている者（効率的食事群）を同定した。それ以外の参加者は非効率的食事群に分類された。非効率的食事群の各個人に対して、3 つのモデルを用いて最適化された食事パターンを算出した。最適解が得られなかった参加者は、観察値と最適化された食事を比較する分析から除外した。

表 1　対象者の特性（男性）

	若年 (18–49 歳)					中高年 (50–74 歳)				
	効率的食事群 (n=131)		非効率的食事群 (n=580)			効率的食事群 (n=131)		非効率的食事群 (n=434)		
	平均 or N	SD or (%)	平均 or N	SD or (%)	P-value†	平均 or N	SD or (%)	平均 or N	SD or (%)	P-value†
年齢（歳）	33.5	8.7	33.4	8.9	0.93	64.1	7.3	61.7	7.2	0.001
身長（cm）	170.9	6.0	171.3	6.0	0.50	166.7	5.3	168.4	5.7	0.004
体重（kg）	69.0	12.6	68.9	12.6	1.0	66.7	9.5	67.7	8.8	0.26
BMI（kg/m²）	23.5	3.6	23.5	3.9	0.83	24.0	3.1	23.9	2.8	0.75
世帯年収、N（%）					0.33					0.46
500 万円未満	53	(40)	245	(42)		67	(51)	191	(44)	
500 万円以上 800 万円未満	42	(32)	190	(33)		35	(27)	133	(31)	
800 万円以上	36	(27)	134	(23)		29	(22)	108	(25)	
欠損	0	(0)	11	(2)		0	(0)	2	(0)	
学歴、N（%）					0.44					0.49
中学校または高等学校	30	(23)	178	(31)		51	(39)	201	(46)	
短期大学または専門学校	38	(29)	153	(26)		16	(12)	52	(12)	
大学またはそれ以上	62	(47)	242	(42)		63	(48)	178	(41)	
その他	0	(0)	2	(0)		1	(1)	3	(1)	
欠損	1	(1)	5	(1)			(0)		(0)	
喫煙状況、N (%)					0.0019					0.0008
喫煙者	19	(15)	177	(31)		15	(11)	111	(26)	
元喫煙者	26	(20)	113	(19)		69	(53)	218	(50)	
非喫煙者	85	(65)	286	(49)		47	(36)	105	(24)	
欠損	1	(1)	4	(1)		0	(0)	0	(0)	
エネルギー摂取量（kcal/日）	2100	561	2235	516	0.008	2202	444	2310	432	0.01
NRF9.3 スコア	648.6	133.4	573.2	109.3	<0.0001	728.2	77.8	678.1	82.2	<0.0001
温室効果ガス排出量（kgCO2-eq/日） ‡	3.60	0.71	3.64	0.79	0.62	3.69	0.59	3.81	0.63	0.29
食事の金銭的コスト（円/日） ‡	1189	204	1242	247	0.003	1357	216	1438	273	0.0005

BMI, body mass index; NRF, Nutrient Rich Food index

*効率性の分析では、若年層と中高年層を別々に解析した。

†連続変数についてはスチューデントの t 検定、カテゴリ変数についてはカイ二乗検定を用いて P 値を算出した。P<0.05 を有意とみなした。

‡2500 kcal あたりの値。

表 2 対象者の特性（女性）

	若年 (18–49 歳)					中高年 (50–74 歳)				
	効率的食事群 (n=79)		非効率的食事群 (n=655)			効率的食事群 (n=134)		非効率的食事群 (n=471)		
	平均 or N	SD or (%)	平均 or N	SD or (%)	P-value†	平均 or N	SD or (%)	平均 or N	SD or (%)	P-value†
年齢（歳）	34.5	9.6	33.2	9.4	0.22	64.2	6.9	61.5	7.4	0.0002
身長（cm）	158.2	5.5	158.2	5.4	0.98	153.9	6.2	154.9	5.7	0.08
体重（kg）	54.1	9.8	54.4	9.2	0.79	53.8	8.9	55.3	8.9	0.07
BMI（kg/m²）	21.6	3.5	21.8	3.5	0.70	22.7	3.5	23.1	3.5	0.30
世帯年収、N（%）					0.89					0.041
500 万円未満	38	(48)	286	(44)		76	(57)	242	(51)	
500 万円以上 800 万円未満	20	(25)	180	(27)		29	(22)	120	(25)	
800 万円以上	19	(24)	174	(27)		26	(19)	108	(23)	
欠損	2	(3)	15	(2)		3	(2)	1	(0)	
学歴、N（%）					0.46					0.43
中学校または高等学校	20	(25)	204	(31)		64	(48)	225	(48)	
短期大学または専門学校	32	(41)	273	(42)		55	(41)	188	(40)	
大学またはそれ以上	27	(34)	175	(27)		12	(9)	53	(11)	
その他	0	(0)	3	(0)		3	(2)	3	(1)	
欠損	0	(0)	0	(0)		0	(0)	2	(0)	
喫煙状況、N (%)										0.82
喫煙者	3	(4)	77	(12)	0.08	8	(6)	25	(5)	
元喫煙者	7	(9)	70	(11)		13	(10)	54	(11)	
非喫煙者	69	(87)	508	(78)		113	(84)	392	(83)	
エネルギー摂取量（kcal/日）	1731	376	1765	339	0.41	1845	372	1912	297	0.031
NRF9.3 スコア	650	128	587	109	<0.0001	733	78	680	82	<0.0001
温室効果ガス排出量（kgCO2-eq/日） ‡	2.86	0.50	2.98	0.72	<.0001	3.10	0.51	3.25	0.62	0.002
食事の金銭的コスト（円/日） ‡	1003	164	1069	255	<.0001	1148	195	1228	221	0.063

BMI, body mass index; NRF, Nutrient Rich Food index

*効率性の分析では、若年層と中高年層を別々に解析とした。

†連続変数についてはスチューデントの t 検定、カテゴリ変数についてはカイ二乗検定を用いて P 値を算出した。P<0.05 を有意とみなした。

‡2000 kcal あたりの値。

表 3.観察された食事と最適化された食事の摂取量の比較（2500 kcal あたり）*

	若年 (18–49 歳; n=572)												中高年(aged 50–74 歳; n=410)											
	Observed diets			MaxNRF†			MinGHGE‡			OPT2G§			Observed diets			MaxNRF†			MinGHGE‡			OPT2G§		
	平均	SD		平均	SD		平均	SD		平均	SD		平均	SD		平均	SD		平均	SD		平均	SD	
精製穀類	601	139	a	**535**	**128**	b	**804**	**155**	c	620	208	a	522	129	a	565	106	b	491	121	c	**582**	**95**	b
全粒穀類	14.2	29.2	a	**107**	**83.9**	b	**37.6**	**34.6**	c	**127**	**117**	d	17.5	32.9	a	**32.0**	**37.4**	b	**47.0**	**34.7**	c	**31.1**	**31.9**	b
いも類	40.2	26.8	a	**47.9**	**12.2**	b	**29.7**	**18.2**	c	**48.6**	**15.9**	b	46.6	26.7		47.6	9.9		46.8	15.6		46.9	10.8	
野菜類	250	98	a	**323**	**76**	b	**316**	**63.7**	b	**326**	**70.4**	b	335	114	a	**413**	**75**	b	364	92	c	**435**	**93**	d
漬物	7.8	8.6	a	8.7	7.1	a	**13.8**	**8.4**	b	7.8	7.0	a	14.4	15.5	a	**10.2**	**8.7**	c	15.2	8.2	a	15.4	7.9	a
豆類	45.3	35.4	a	**78.4**	**29.5**	b	**61.3**	**31.7**	c	**90.7**	**30.0**	d	73.5	50.8	a	**131**	**37.6**	b	**127**	**63.7**	b	**118**	**38.8**	d
種実類	1.8	2.7	a	**3.2**	**3.5**	b	**7.4**	**9.3**	c	**5.5**	**7.6**	d	2.5	3.9	a	**3.2**	**3.7**	ab	**6.1**	**4.4**	c	**3.4**	**3.6**	b
魚類	52.1	31.8	a	**65.9**	**24.9**	b	**65.5**	**22.4**	b	**75.8**	**28.5**	c	87.1	40.0	a	**122**	**25.0**	b	89.5	22.7	a	**100**	**25.3**	c
牛肉・豚肉・加工肉製品	96.3	45.1	a	**60.5**	**21.1**	b	**38.8**	**13.4**	c	**35.7**	**15.2**	c	81.1	32.4	a	**60.7**	**17.3**	b	**39.3**	**16.3**	c	**53.1**	**16.5**	d
鶏肉	51.0	38.2	a	49.8	22.9	a	**31.5**	**15.7**	b	**25.4**	**19.4**	c	35.6	28.3	a	**27.3**	**8.5**	b	**24.1**	**8.8**	c	**25.2**	**9.8**	bc
卵類	48.1	25.4	a	43.8	17.8	b	**39.9**	**16.1**	c	**31.6**	**16.9**	d	53.8	25.2	a	**44.5**	**17.7**	b	51.8	11.6	a	**63.0**	**19.9**	c
乳製品類	79.4	81.8	a	**156**	**102**	b	**99.4**	**79.3**	c	**107**	**82.3**	c	113	96.4	a	**161**	**76.5**	b	**151**	**79.3**	bc	**143**	**83.4**	c
果物類	28.9	37.6	a	**92.3**	**52.5**	b	**56.5**	**41.7**	c	**104**	**74.9**	d	82.0	70.3	a	**114**	**70.3**	b	**127**	**64.8**	c	**132**	**56.8**	c
果物・野菜ジュース類	24.3	52.7	a	**9.5**	**16.7**	b	31.2	41.2	c	25.6	35.9	ac	22.8	47.0	ab	24.2	29.1	a	**17.4**	**14.1**	b	**17.6**	**14.9**	b
アルコール飲料類	180	334	a	**29.9**	**47.6**	b	**29.9**	**51.7**	b	**41.9**	**49.5**	b	283	304	a	**144**	**153.7**	b	**155**	**137.4**	b	**101**	**94.5**	c
加糖飲料類	137	183	a	**77.1**	**84.3**	b	**25.8**	**47.6**	c	**37.0**	**48.0**	c	62.1	111.7	a	**10.0**	**21.1**	b	**11.4**	**20.2**	b	**11.5**	**21.6**	b
茶・コーヒー・水類	1043	541	a	**1246**	**394**	b	**839**	**291**	c	1020	454	a	954	430	a	**1074**	**286**	b	**840**	**248**	c	949	291	b
油脂類	14.9	5.9	a	14.7	2.4	a	**9.7**	**3.5**	b	13.8	2.5	c	14.7	5.9	a	**11.4**	**3.7**	b	14.1	3.1	ac	13.4	3.6	c
砂糖・菓子類	44.0	36.3	a	40.0	16.6	b	**18.3**	**18.9**	c	**30.0**	**18.3**	d	45.4	35.1	a	**28.7**	**11.5**	b	**37.9**	**15.6**	c	**32.6**	**12.7**	d
調味料類	143	78.7	a	**116**	**38.3**	b	**112**	**44.7**	b	**111**	**55.7**	b	143	72.9	a	**179**	**50.2**	b	**122**	**55.8**	c	**203**	**63.9**	d

観察値から 10%以上変化し、かつ統計的に有意な値（ボンフェローニ補正を施した反復測定分散分析により P<0.05）を太字で表記している。

同一行内で異なる文字（a、b、c、d）が付されている値は、反復測定分散分析により、観測された食事または他の最適化された食事の値と有意に異なる（ボンフェローニ補正を施した両側検定で P<0.05）。

*最適解が得られなかった対象者は分析から除外した（若年男性 8 名、中高年男性 24 名）。

†Nutrient Rich Food Index 9.3 を最大化することを目標としたモデル。

‡食に関連する温室効果ガス排出量を最小化することを目標としたモデル。

§2 つの目標（すなわち、Nutrient Rich Food Index 9.3 の最大化と食事に関連する温室効果ガス排出量の最小化）を同等の重みで追求するモデル。

表 4.観察された食事と最適化された食事の摂取量の比較（2000 kcal あたり）*

	若年(aged 18–49 歳; n=616)												中高年 (aged 50–74 歳; n=440)											
	Observed diets			MaxNRF†			MinGHGE‡			OPT2G§			Observed diets			MaxNRF†			MinGHGE‡			OPT2G§		
	平均	SD		平均	SD		平均	SD		平均	SD		平均	SD		平均	SD		平均	SD		平均	SD	
精製穀類	422	99.2	a	**371**	**90.5**	b	450	90.6	c	421	91.1	a	375	85.9	a	**336**	**67.8**	b	383	73.2	ac	392	85.7	c
全粒穀類	14.2	29.7	a	**42.0**	**38.6**	b	**53.3**	**51.5**	c	**41.3**	**40.5**	b	16.1	25.1	a	**52.2**	**49.5**	b	**31.5**	**22.5**	c	**20.5**	**24.4**	a
いも類	38.9	23.1	a	**69.5**	**23.1**	b	41.1	19.6	a	**79.4**	**23.8**	c	44.3	25.1	a	**35.1**	**12.0**	b	**62.2**	**19.3**	c	**39.6**	**12.8**	d
野菜類	261	91.3	a	**293**	**79.4**	b	276	83.0	c	285	79.4	b,c	325	94.8	a	**370**	**67.5**	b	343	80.1	c	349	76.0	c
漬物	5.5	6.7	a	**3.4**	**2.4**	b	**6.5**	**4.6**	c	**3.2**	**2.5**	b	11.6	13.1	a	**9.1**	**6.6**	b	**8.0**	**4.6**	b	**9.0**	**4.9**	b
豆類	52.3	43.1	a	**93.5**	**35.9**	b	**97.7**	**55.8**	b	**94.3**	**36.8**	b	65.5	43.6	a	**147.0**	**52.9**	b	**104**	**36.8**	c	**108**	**39.4**	c
種実類	1.8	2.4	a	**4.3**	**3.9**	b	**6.4**	**4.1**	c	**3.8**	**3.3**	b	2.7	3.4	a	**5.3**	**5.3**	b	**5.3**	**3.5**	b	**4.8**	**3.5**	b
魚類	48.5	28.0	a	**63.2**	**22.5**	b	**56.8**	**20.3**	c	**65.1**	**22.3**	b	70.7	34.5	a	65.3	22.5	b	**63.6**	**27.0**	bc	**59.8**	**21.0**	c
牛肉・豚肉・加工肉製品	68.3	27.6	a	**43.4**	**15.7**	b	**26.1**	**12.1**	c	**30.4**	**7.9**	d	63.3	24.0	a	**42.4**	**13.5**	b	**35.8**	**9.8**	c	**38.9**	**9.7**	d
鶏肉	37.9	24.3	a	41.1	12.9	b,c	40.8	21.4	b	**43.8**	**11.4**	c	25.3	19.1	a	**21.9**	**14.2**	b	**35.3**	**16.3**	c	**28.0**	**14.5**	a
卵類	43.7	21.7	a	47.7	10.6	b	**35.7**	**8.1**	c	42.4	8.6	a	45.8	21.0	a	**37.5**	**12.8**	b	42.6	9.1	c	**38.7**	**12.0**	b
乳製品類	98.9	73.6	a	**209**	**80.5**	b	**164**	**59.0**	c	**158**	**53.0**	c	130	85.0	a	**156**	**68.6**	b	**228**	**66.1**	c	**160**	**63.8**	b
果物類	50.7	48.7	a	**102**	**42.6**	b	**81.2**	**51.7**	c	**117**	**39.1**	d	112	66.6	a	**201**	**58.6**	b	**136**	**53.2**	c	**218**	**57.3**	d
果物・野菜ジュース類	25.1	45.2	a	**32.8**	**31.2**	b	**6.3**	**16.8**	c	**29.6**	**30.0**	a,b	26.3	53.1	a	**16.5**	**17.0**	b	26.2	24.2	a	**14.8**	**14.4**	b
アルコール飲料類	79.5	207.4	a	**8.5**	**26.2**	b	**2.2**	**13.4**	b	**3.3**	**9.5**	b	83.3	179.4	a	**3.7**	**5.9**	b	**9.0**	**17.4**	b	**3.3**	**7.1**	b
加糖飲料類	67.4	102.5	a	**33.2**	**34.8**	b	**7.9**	**12.5**	c	**18.4**	**28.5**	d	40.8	80.0	a	**4.5**	**9.7**	b	**4.7**	**8.3**	b	**4.8**	**9.9**	b
茶・コーヒー・水類	917	490	a	**1161**	**360**	b	**803**	**205**	c	**1317**	**368**	d	951	411	a	923	238	a	**691**	**194**	b	**835**	**223**	c
油脂類	12.8	4.9	a	13.3	2.9	a,b	**10.9**	**3.6**	c	13.6	3.4	b	13.5	5.0	a	14.1	4.1	a	**10.1**	**2.4**	b	**12.0**	**3.4**	c
砂糖・菓子類	56.3	34.1	a	**43.2**	**18.7**	b	**48.2**	**14.0**	c	**37.7**	**18.7**	d	53.0	31.0	a	56.0	17.2	a	**34.5**	**15.2**	b	48.5	15.0	c
調味料類	113	65.0	a	104	35.7	b	**92**	**35.4**	c	114	32.0	b	125	65.6	a	122	44.3	a	**109**	**36**	b	120	49.8	a

観察値から 10%以上変化し、かつ統計的に有意な値（ボンフェローニ補正を施した反復測定分散分析により P<0.05）を太字で表記している。

同一行内で異なる文字（a、b、c、d）が付されている値は、反復測定分散分析により、観測された食事または他の最適化された食事の値と有意に異なる（ボンフェローニ補正を施した両側検定で P<0.05）。

*最適解が得られなかった対象者は分析から除外した（若年女性 39 名、中高年女性 31 名）。

†Nutrient Rich Food Index 9.3 を最大化することを目標としたモデル。

‡食に関連する温室効果ガス排出量を最小化することを目標としたモデル。

§2 つの目標（すなわち、Nutrient Rich Food Index 9.3 の最大化と食事に関連する温室効果ガス排出量の最小化）を同等の重みで追求するモデル。

	男性 (2500 kcalあたり)								女性 (2000 kcalあたり)							
	若年 (n=572)				中高年 (n=410)				若年 (n=616)				中高年 (n=440)			
	観察値 (g)	観察値からの重量変化%			観察値 (g)	観察値からの重量変化%			観察値 (g)	観察値からの重量変化%			観察値 (g)	観察値からの重量変化%		
	[平均± SD]	MaxNRF	MinGHGE	OPT2G	[平均± SD]	MaxNRF	MinGHGE	OPT2G	[平均± SD]	MaxNRF	MinGHGE	OPT2G	[平均± SD]	MaxNRF	MinGHGE	OPT2G
精製穀類	601 ± 139	**-11.0**	**33.7**	3.1	522 ± 129	8.2	-6.0	11.5	422 ± 99	-12.0	6.7	-0.2	375 ± 86	**-10.3**	2.2	4.5
全粒穀類	14 ± 29	**649**	**164**	**789**	17 ± 33	**83.1**	**169**	**77.9**	14 ± 30	**196**	**276**	**191**	16 ± 25	**225**	**95.7**	**27.4**
いも類	40 ± 27	**19.3**	**-26.0**	**21.0**	47 ± 27	2.2	0.6	0.8	39 ± 23	**78.6**	5.6	**103.9**	44 ± 25	**-20.7**	**40.4**	**-10.5**
野菜類	250 ± 98	**29.1**	**26.4**	**30.6**	335 ± 114	**23.1**	8.6	**29.6**	261 ± 91	**12.2**	5.9	9.2	325 ± 95	**13.9**	5.5	7.4
漬物	8 ± 9	**11.6**	**77.5**	0.6	14 ± 15	**-29.3**	5.5	6.9	6 ± 7	**-38.0**	**17.7**	**-42.1**	12 ± 13	**-21.5**	**-31.2**	**-22.8**
豆類	45 ± 35	**73.1**	**35.4**	**100.3**	73 ± 51	**77.7**	**72.5**	**60.1**	52 ± 43	**78.8**	**86.8**	**80.5**	65 ± 44	**124.5**	**59.1**	**65.5**
種実類	2 ± 3	**77.4**	**316**	**207**	2 ± 4	**28.4**	**142**	**37.4**	2 ± 2	**137**	**250**	**110**	3 ± 3	**98.9**	**97.6**	**80.2**
魚類	52 ± 32	**26.6**	**25.7**	**45.6**	87 ± 40	**39.7**	2.8	**15.3**	48 ± 28	**30.4**	**17.1**	**34.2**	71 ± 35	-7.6	**-10.0**	**-15.5**
牛肉・豚肉・加工肉製品	96 ± 45	**-37.2**	**-59.7**	**-62.9**	81 ± 32	**-25.1**	**-51.6**	**-34.5**	68 ± 28	**-36.4**	**-61.8**	**-55.5**	63 ± 24	**-33.0**	**-43.4**	**-38.6**
鶏肉	51 ± 38	-2.4	**-38.4**	**-50.2**	36 ± 28	**-23.3**	**-32.4**	**-29.2**	38 ± 24	8.4	7.7	**15.6**	25 ± 19	**-13.4**	**39.1**	**10.6**
卵類	48 ± 25	-9.0	**-17.1**	**-34.3**	54 ± 25	**-17.2**	-3.6	**17.2**	44 ± 22	9.2	**-18.3**	-3.0	46 ± 21	**-18.0**	-7.0	**-15.4**
乳製品類	79 ± 82	**96.7**	**25.2**	**34.9**	113 ± 96	**42.0**	**32.8**	**25.9**	99 ± 74	**111**	**65.8**	**60.3**	130 ± 85	**19.5**	**75.0**	**22.6**
果物類	29 ± 38	**220**	**95.8**	**262**	82 ± 70	**38.9**	**54.6**	**61.6**	51 ± 49	**101**	**60.1**	**131.3**	112 ± 67	**79.8**	**22.0**	**95.1**
果物・野菜ジュース類	24 ± 53	**-60.9**	**28.5**	5.5	23 ± 47	6.1	**-23.4**	**-22.6**	25 ± 45	**30.8**	**-74.8**	**18.0**	26 ± 53	**-37.5**	-0.7	**-43.8**
アルコール飲料類	180 ± 334	**-83.4**	**-83.4**	**-76.7**	283 ± 304	**-48.9**	**-45.2**	**-64.2**	80 ± 207	**-89.3**	**-97.2**	**-95.9**	83 ± 179	**-95.6**	**-89.2**	**-96.0**
加糖飲料類	137 ± 183	**-43.8**	**-81.2**	**-73.1**	62 ± 112	**-83.9**	**-81.7**	**-81.6**	67 ± 103	**-50.7**	**-88.3**	**-72.7**	41 ± 80	**-88.9**	**-88.4**	**-88.3**
茶・コーヒー・水類	1043 ± 541	**19.5**	**-19.6**	-2.2	954 ± 430	**12.6**	**-12.0**	-0.5	917 ± 490	**26.6**	**-12.5**	**43.5**	951 ± 411	-2.9	**-27.3**	**-12.2**
油脂類	15 ± 6	-1.5	**-35.2**	-7.6	15 ± 6	**-22.4**	-4.4	-8.9	13 ± 5	**3.7**	**-14.4**	6.3	14 ± 5	3.8	**-25.3**	**-11.4**
砂糖・菓子類	44 ± 36	-9.2	**-58.4**	**-31.9**	45 ± 35	**-36.9**	**-16.5**	**-28.1**	56 ± 34	**-23.3**	**-14.5**	**-33.1**	53 ± 31	5.8	**-34.8**	-8.4
調味料類	143 ± 79	**-18.8**	**-21.7**	**-22.3**	143 ± 73	**25.1**	**-14.6**	**41.9**	113 ± 65	-8.6	**-18.8**	0.6	125 ± 66	-2.9	**-12.7**	-4.3

図 2. 観察された食事と最適化された食事との間の食事摂取量の差（%）を示すヒートマップ

MaxNRF：Nutrient Rich Food index 9.3 のスコアを最大化することを目標としたモデル；MinGHGE：食事に関連する温室効果ガス排出量を最小化することを目標としたモデル；OPT2G：2 つの目標（すなわち、Nutrient Rich Food index 9.3 のスコアを最大化することと、食事に関連する温室効果ガス排出量を最小化すること）を同等の重みで追求するモデル。

若年層は 18～49 歳、中高年層は 50～74 歳であった。観察された食事における摂取量がゼロであった参加者については個別の差（%）を算出できなかったため、差の割合（%）は {[最適化された食事における平均摂取量（g）]－[観察された食事における平均摂取量（g）]／[最適化された食事における平均摂取量（g）]×100} として算出された。10%以上の変化を示した値は太字で表記した。視覚化のため、セルには色分けを施し、正の値は緑、負の値は赤で表示した。色の濃さは絶対値の大きさを反映している。最適解が得られなかった者は解析から除外した（男性：若年 8 名、中高年 24 名／女性：若年 39 名、中高年 24 名）。

表 5. 観察された食事と最適化された食事での、栄養摂取が推定平均必要量未満または目標量を逸脱した参加者の割合（2500 kcal あたり）

	若年 (18–49 歳; n=572)												中高年(aged 50–74 歳; n=410)									
	Observed diets			MaxNRF*			MinGHGE†			OPT2G‡			Observed diets			MaxNRF*			MinGHGE†			OPT2G‡		
	N	(%)		N	(%)		N	(%)		N	(%)		N	(%)		N	(%)		N	(%)		N	(%)	
目標量のある栄養素																								
たんぱく質（<目標量）	194	(31)	a	61	(10)	b	340	(54)	c	283	(45)	d	186	(39)	a	30	(6)	b	215	(46)	a	108	(23)	c
たんぱく質（>目標量）	4	(1)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		1	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)	
脂質（<目標量）	15	(2)	a	8	(1)	a	200	(32)	b	208	(33)	b	19	(4)	a	1	(0)	b	8	(2)	b	4	(1)	b
脂質（>目標量）	257	(41)	a	88	(14)	b	15	(2)	c	14	(2)	c	131	(28)	a	32	(7)	b	49	(10)	c	34	(7)	bc
飽和脂肪酸	464	(74)	a	313	(50)	b	111	(18)	c	101	(16)	c	273	(58)	a	172	(37)	b	127	(27)	bc	130	(28)	c
炭水化物（<目標量）	197	(31)	a	20	(3)	b	1	(0)	c	1	(0)	c	194	(41)	a	77	(16)	b	213	(45)	a	46	(10)	c
炭水化物（>目標量）	8	(1)	a	15	(2)	a	190	(30)	b	230	(37)	b	6	(1)		0	(0)		0	(0)		0	(0)	
総食物繊維	568	(91)	a	489	(78)	b	503	(80)	b	391	(62)	c	374	(79)	a	322	(68)	b	336	(71)	b	349	(74)	b
ナトリウム§	569	(91)		569	(91)		569	(91)		569	(91)		410	(87)		410	(87)		410	(87)		410	(87)	
カリウム	466	(74)	a	197	(31)	b	479	(77)	a	290	(46)	c	182	(39)	a	7	(1)	b	136	(29)	c	40	(8)	d
推定平均必要量に基づく栄養素																								
たんぱく質§	1	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)	
ビタミン A	455	(73)	ab	427	(68)	a	549	(88)	c	466	(74)	b	263	(56)	a	243	(52)	a	229	(49)	ab	202	(43)	b
チアミン	7	(1)	a	0	(0)	b	0	(0)	b	0	(0)	b	2	(0)	a	0	(0)	a	35	(7)	b	2	(0)	a
リボフラビン	259	(41)	a	158	(25)	b	411	(66)	c	400	(64)	c	77	(16)	a	0	(0)	b	66	(14)	a	27	(6)	c
ナイアシン§	0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)	
ビタミン B6	127	(20)	a	8	(1)	b	90	(14)	c	20	(3)	b	24	(5)	a	0	(0)	b	18	(4)	ac	6	(1)	bc
葉酸	29	(5)		0	(0)	b	0	(0)	b	0	(0)	b	1	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)	
ビタミン C	205	(33)	a	39	(6)	b	312	(50)	c	111	(18)	d	60	(13)	a	1	(0)	b	2	(0)	b	1	(0)	b
カルシウム	494	(79)	a	215	(34)	b	476	(76)	a	247	(39)	b	221	(47)	a	84	(18)	b	129	(27)	c	91	(19)	b
マグネシウム	417	(67)	a	105	(17)	b	310	(50)	c	117	(19)	b	114	(24)	a	1	(0)	b	65	(14)	c	17	(4)	d
鉄	18	(3)	a	0	(0)	b	0	(0)	b	0	(0)	b	3	(1)		0	(0)		0	(0)		0	(0)	
亜鉛	23	(4)	a	0	(0)	b	0	(0)	b	0	(0)	b	16	(3)	a	0	(0)	b	31	(7)	c	1	(0)	b
世界保健機関の推奨値																								
添加糖類	280	(45)	a	192	(31)	b	52	(8)	c	59	(9)	c	155	(33)	a	29	(6)	b	101	(21)	c	74	(16)	d

同一行内で異なる文字（a、b、c、d）が付された値は、カイ二乗検定により、実測食事や他の最適化食事の値と有意に異なる（両側 P<0.0083 [=0.05/6]）。最適解が得られなかった者は分析から除外された（若年男性 8 名、中高年男性 24 名）。

*Nutrient Rich Food index 9.3 スコアを最大化することを目標としたモデル。

†食事に関連する温室効果ガス排出量を最小化することを目標としたモデル。

‡2 つの目標（すなわち、Nutrient Rich Food index 9.3 スコアの最大化と、食事に関連する温室効果ガス排出量の最小化）を同等の重みで追求したモデル。

§カイ二乗検定は実施されなかった。

表 6. 観察された食事と最適化された食事での、栄養摂取が推定平均必要量未満または目標量を逸脱した参加者の割合（2000 kcal あたり）

	Younger females (aged 18–49 years; n=616)												Older females (aged 50–74 years; n=440)											
	Observed diets			MaxNRF*			MinGHGE†			OPT2G‡			Observed diets			MaxNRF*			MinGHGE†			OPT2G‡		
	N	(%)		N	(%)		N	(%)		N	(%)		N	(%)		N	(%)		N	(%)		N	(%)	
目標量のある栄養素																								
たんぱく質（<目標量）	114	(16)	a	8	(1)	b	8	(1)	b	19	(3)	b	132	(27)	ac	100	(21)	a	50	(10)	b	155	(32)	c
たんぱく質（>目標量）	1	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		5	(1)		2	(0)		2	(0)		2	(0)	
脂質（<目標量）	8	(1)	a	0	(0)	b	0	(0)	b	0	(0)	b	2	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)	
脂質（>目標量）	353	(49)	a	353	(49)	a	182	(25)	b	158	(22)	b	223	(46)	a	149	(31)	b	116	(24)	c	81	(17)	d
飽和脂肪酸	555	(77)	ab	556	(77)	a	576	(79)	a	459	(63)	b	390	(80)	a	386	(79)	a	426	(88)	b	354	(73)	c
炭水化物（<目標量）	202	(28)	a	141	(19)	b	13	(2)	b	15	(2)	c	153	(31)	a	31	(6)	b	12	(2)	c	16	(3)	bc
炭水化物（>目標量）	5	(1)		0	(0)		0	(0)	b	0	(0)	b	0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)	
総食物繊維	591	(82)	a	458	(63)	b	450	(62)	b	457	(63)	b	357	(73)	a	242	(50)	b	226	(47)	bc	192	(40)	c
ナトリウム§	616	(85)		615	(85)		616	(85)		616	(85)		440	(91)		440	(91)		440	(91)		440	(91)	
カリウム	409	(56)	a	90	(12)	b	303	(42)	c	135	(19)	d	120	(25)	a	3	(1)	b	8	(2)	b	25	(5)	c
推定平均必要量に基づく栄養素																								
たんぱく質§	0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)	
ビタミン A	329	(45)	a	48	(7)	b	104	(14)	c	48	(7)	b	144	(30)	a	6	(1)	b	10	(2)	b	5	(1)	b
チアミン	3	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)	
リボフラビン	83	(11)	a	3	(0)	b	9	(1)	b	13	(2)	b	7	(1)	a	0	(0)	b	0	(0)	b	0	(0)	b
ナイアシン§	0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)	
ビタミン B6	96	(13)	a	3	(0)	b	23	(3)	c	3	(0)	b	13	(3)	a	0	(0)	b	0	(0)	b	0	(0)	b
葉酸	32	(4)	a	0	(0)	b	0	(0)	b	0	(0)	b	0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)	
ビタミン C	202	(28)	a	25	(3)	b	217	(30)	a	15	(2)	b	32	(7)	a	0	(0)	b	12	(2)	c	0	(0)	b
カルシウム	434	(60)	a	103	(14)	b	202	(28)	c	237	(33)	c	183	(38)	a	23	(5)	b	18	(4)	b	90	(19)	c
マグネシウム	242	(33)	a	24	(3)	b	78	(11)	c	31	(4)	b	55	(11)	a	0	(0)	b	3	(1)		6	(1)	
鉄	276	(38)	a	64	(9)	b	208	(29)	c	105	(14)	d	63	(13)	a	0	(0)	b	25	(5)	c	28	(6)	c
亜鉛	12	(2)	a	0	(0)	b	0	(0)	b	0	(0)	b	0	(0)		0	(0)		0	(0)		0	(0)	
世界保健機関の推奨値																								
添加糖類	414	(57)	a	314	(43)	b	186	(26)	c	208	(29)	c	279	(57)	a	303	(62)	a	167	(34)	b	283	(58)	a

同一行内で異なる文字（a、b、c、d）が付された値は、カイ二乗検定により、実測食事や他の最適化食事の値と有意に異なる（両側 P<0.0083 [=0.05/6]）。最適解が得られなかった者は分析から除外された（若年女性 39 名、中高年女性 31 名）。

*Nutrient Rich Food index 9.3 スコアを最大化することを目標としたモデル。

†食事に関連する温室効果ガス排出量を最小化することを目標としたモデル。

‡2 つの目標（すなわち、Nutrient Rich Food index 9.3 スコアの最大化と、食事に関連する温室効果ガス排出量の最小化）を同等の重みで追求したモデル。

§カイ二乗検定は実施されなかった。

表 7. 観察された食事と最適化された食事との間の NRF9.3 スコア、食関連の温室効果ガス排出量、食費の比較*

	若年 (18–49 歳)												中高年 (50–74 歳)											
	Observed diets			MaxNRF†			MinGHGE‡			OPT2G§			Observed diets			MaxNRF†			MinGHGE‡			OPT2G§		
	平均	SD		平均	SD		平均	SD		平均	SD		平均	SD		平均	SD		平均	SD		平均	SD	
男性	n=572												n=410											
NRF9.3 スコア	574	109	a	**736**	**67**	b	**649**	**75**	c	**743**	**78**	b	679	82	a	**786**	**29**	b	**767**	**48**	c	**778**	**41**	b
温室効果ガス排出量（kgCO2-eq/日）	3.61	0.71	a	3.32	0.42	b	**2.35**	**0.35**	c	**2.61**	**0.28**	d	3.72	0.58	a	3.77	0.29	a	**2.87**	**0.39**	b	**3.18**	**0.30**	c
食事の金銭的コスト（円/日）	1193	202	a	1135	109	b	**928**	**117**	c	**1013**	**101**	d	1371	210	a	1356	183	a	**1251**	**143**	b	**1314**	**179**	c
女性	n=616												n=440											
NRF9.3 スコア	587	109	a	**747**	**62**	b	**749**	**67**	b	**752**	**61**	b	681	79	a	**763**	**35**	b	**781**	**38**	c	**768**	**37**	b
温室効果ガス排出量（kgCO2-eq/日）	2.89	0.48	a	2.87	0.38	a	**2.18**	**0.20**	b	**2.46**	**0.18**	c	3.14	0.49	a	3.14	0.30	a	**2.43**	**0.27**	b	**2.66**	**0.25**	c
食事の金銭的コスト（円/日）	1015	159	a	1018	118	a	896	105	b	983	114	c	1161	190	a	1138	115	a	1040	120	b	1101	118	c

NRF, Nutrient Rich Food Index; JPN, Japanese yen.

同一行内で異なる文字（a、b、c、d）が付されている値は、反復測定分散分析により、観測された食事または他の最適化された食事の値と有意に異なる（ボンフェローニ補正を施した両側検定で $P<0.05$）。

*最適解が得られなかった者は解析から除外した（男性：若年 8 名、中高年 24 名／女性：若年 39 名、中高年 24 名）

†Nutrient Rich Food Index 9.3 を最大化することを目標としたモデル。

‡食に関連する温室効果ガス排出量を最小化することを目標としたモデル。

§2 つの目標（すなわち、Nutrient Rich Food Index 9.3 の最大化と食事に関連する温室効果ガス排出量の最小化）を同等の重みで追求するモデル。