

修士論文

慢性腎臓病患者のための 在宅食事療法支援システムの設計と開発

中嶋 達也

2019 年 3 月 15 日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
修士(工学) 授与の要件として提出した修士論文である。

中嶋 達也

審査委員：

加藤 博一 教授 (主指導教員)

安本 慶一 教授 (副指導教員)

Alexander Plopski 助教

慢性腎臓病患者のための 在宅食事療法支援システムの設計と開発*

中嶋 達也

内容梗概

本論文では、慢性腎臓病の在宅食事療法における問題点を述べ、在宅食事療法の長期的実践を支援する提案システムについて述べる。慢性腎臓病に対する治療法の一つに食事療法がある。食事療法は慢性腎臓病の症状進行を阻止する上で重要である。しかし、食事療法の実践には様々な問題が存在するため、長期的かつ高質な継続は困難である。本研究では、これら全ての問題を解決するための機能が実装されたシステムを設計し、開発する。システムに実装する機能を明確にするため、調査から明らかとなった問題点を「献立計画」「調理」「栄養素管理」に分類した。これらの内、解決方法が明らかとなっていない問題点である調理時の調味料計量における負担の要因を明らかにするための分析を行った。その結果、調味料の計量時間や献立集で用いられる頻度が明らかとなった。計量に多くの時間を要する調味料は献立集において用いられる頻度が低く、計量に多くの時間を要さない調味料は献立集において用いられる頻度が高いことが明らかとなった。そのため、特定の調味料に対するアプローチではなく、調味料全般に対するアプローチが必要であることが明らかとなった。献立計画、調理、栄養素管理のそれぞれの問題点及び解決方法をまとめ、慢性腎臓病の食事療法の問題を総合的に解決するシステムを設計し、試作品として開発した。そして、開発したシステムに存在する問題点を明らかにするため、栄養学の専門家の検査による主観評価を実施した。結果、実装した機能に関しては高い評価を受けたが、追加で望まれる機能及び、インターフェースにおいて改良が必要な点が明らかとなった。よって、

*奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 修士論文, 2019年3月15日.

患者を対象とした長期的な食事療法の実践を支援するには、検査結果より明らかとなったインターフェース及び機能に関して改良を進め、システムの実用性を高める必要がある。

キーワード

食事療法，慢性腎臓病，微量栄養素，献立計画，計量，栄養素管理

Design of Diet Therapy Support System in Home for CKD Patients*

Tatsuya Nakajima

Abstract

Diet therapy is an important treatment for Chronic Kidney Disease (CKD) as it prevents the progression of the symptoms. However, various problems contribute to the difficulty of maintaining a high-quality diet therapy in the long term. Thus, in this study, we first identified and classified these problems, and then designed and developed a system which supports and improves the diet therapy routine and consistency. We interviewed nutrition experts and reviewed prior work to enumerate the problems of discontinuation, which we then categorized to clarify the system requirements. These problems were classified into: (1) Planning the Menu, (2) Cooking the Meals, and (3) Managing the Nutrients. Among these three, we focused on cooking time, particularly on the difficulty of measuring seasonings. Instead of focusing only on the main ingredients, we also looked at how seasonings are prepared. We investigated the relationship between the weighing time for seasoning a certain meal and the frequency that this meal appears in the menu plans. Upon analysis, we discovered that meals with seasonings that require more weighing time appear less frequently in menu plans, and meals with seasonings that require little to no weighing time appear more frequently. Therefore, we focused on the process of weighing seasonings as a whole, instead of looking at weighing of specific, individual seasonings. Then,

*Master's Thesis, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, March 15, 2019.

we designed and developed an application that would address all these problems, for all three categories mentioned. We asked nutrition experts to examine this system and make subjective assessments, so we can improve its functionality. As a result, although we got a high evaluation on the implemented functions, we still need to improve the interface and the functions that can adjust the menu plans according to the number of people (e.g., other family members) who will eat aside from the CKD patient. Therefore, we confirmed from the assessment results that the system requires further improvement of system usability and additional considerations, in order to support a consistent long-term diet therapy.

Keywords:

diet therapy, chronic kidney disease, micronutrient, menu planning, cooking, nutrient management

目 次

1. 序論	1
1.1 慢性腎臓病	1
1.2 食事療法	3
1.3 本論文の構成	6
2. 関連研究及び本研究の位置付け	7
2.1 従来 of 食事療法	7
2.2 関連研究	11
2.2.1 食事ログによる支援手法	11
2.2.2 動的な献立計画支援手法	12
2.2.3 目ばかり画像を用いた支援手法	15
2.3 本研究の位置付け	17
3. レシピに含まれる栄養素の予備調査	19
3.1 目的	20
3.2 方法	21
3.3 結果と考察	23
4. 食事療法の長期実践支援手法	28
4.1 計量プロセスの分析	28
4.1.1 目的	28
4.1.2 方法	29
4.1.3 結果と考察	30
4.2 支援システムの設計	33
4.2.1 献立計画	34
4.2.2 調理	35
4.2.3 栄養素管理	37
5. 実装	38

6. 評価実験	49
6.1 システム評価	49
6.1.1 方法	49
6.1.2 結果と考察	49
6.2 計量スプーンの計量表示機能の評価	54
6.2.1 方法	54
6.2.2 結果と考察	57
7. 結論	59
謝辞	60
参考文献	61

図 目 次

1	食事療法が負担だと感じる理由	8
2	FoodLog の画面例	12
3	小島らの提案手法における献立計画の概要	14
4	調理工程時間の内訳	15
5	目ばかり写真例	16
6	目ばかりの精度調査結果	17
7	左:目ばかり縮尺写真, 右:目ばかり実物大写真	18
8	調味料の計測回数と計量時間のシミュレーション結果	32
9	献立における頻度の多い調味料	32
10	献立における計量回数の多い調味料	33
11	システムの概要図	38
12	デジタルスケールの回路図	39
13	esp32 の外観 左:表面, 右:裏面	39
14	esp32 のピン配置図 [1]	40
15	hx711 の外観 左:表面, 右:裏面	40
16	tps63000 の外観 左:表面, 右:裏面	41
17	レシピ選択画面例	41
18	レシピ画面例	42
19	分量変更画面例	43
20	栄養素摂取量確認画面例	44
21	摂取栄養素量確認画面の棒グラフ	45
22	摂取微量栄養素量グラフ	46
23	患者情報設定画面例	47
24	計量スプーン	55
25	平均計量時間と標準誤差	57

表 目 次

1	日本における成人 CKD 患者数 (%) [40]	2
2	CKD ステージによる食事療法基準 [41]	4
3	対象者像	19
4	健常者の給与栄養目標量	19
5	慢性腎臓病患者の給与栄養目標量	20
6	健常者・慢性腎臓病患者のエネルギー比率	20
7	栄養素と指標の対応表	22
8	各日毎の献立の栄養素量と食事療法基準	23
9	軽症用献立の微量栄養素量と摂取基準	25
10	中等度用献立の微量栄養素量と摂取基準	26
11	調味料の測定シミュレーション (秒)	31
12	各献立の計量スプーン毎の計量回数	56
13	正常計量率 (%)	58

1. 序論

近年,日本における透析患者数は約 33 万人であり,年々増加中である [32]. 透析療法とは,腎機能の一部を人工的に補う治療法であり,余分な水分や塩分,老廃物の排泄を代行する治療を指す.腎機能は突発的に損なわれるものではなく,慢性的に低下するため,発症初期に発覚し難い特徴がある.腎機能が低下している状態や,蛋白尿や血尿が出ている状態が3ヵ月以上続いた場合,慢性腎臓病 (CKD,Chronic Kidney Disease) と診断される.慢性腎臓病は,増加する透析患者数を抑制する目的で国際的に定義された疾患である [12]. 慢性腎臓病患者は,普段の食事や運動といった生活習慣の改善が求められるが,近年,それらに関する様々な問題点が明らかとなってきた.本研究では,それらの問題点のうち,栄養管理を徹底した食事による治療法の一つである食事療法に関する問題点について着目する.食事療法に関しては,長期的かつ高質な摂取栄養素量の管理が求められるため,栄養学的な知識が必要となる他,継続する上で多大な精神的負担が患者や患者の家族に伴う.本研究では,従来の食事療法における問題点を明らかにし,慢性腎臓病患者の在宅食事療法の長期的継続を支援するシステムを提案する.そして,栄養学の専門家による主観評価で提案システムを評価する.本章では,慢性腎臓病と食事療法及び,それらの問題点について述べる.

1.1 慢性腎臓病

慢性腎臓病は,腎機能が低下している状態が慢性的に継続している際に診断される疾患である.腎機能とは,体内の不純物や余分な水分を排出し,血液を濾過する働きであり,ホルモンの産生・分泌,ビタミン D を活性化する働きも挙げられる.腎機能が低下すると,体内の老廃物や水分が排出されなくなり,手足や顔が腫れてしまう浮腫や,尿に血が混じる血尿,蛋白が尿に漏れ出る蛋白尿といった症状が現れる.また,ビタミン D の不活性化による骨粗鬆症を併発する可能性もある.日本における慢性腎臓病患者数は約 1330 万人いると言われており,日本人成人の 8 人に 1 人という割合に該当することから,新たな国民病と言われている.慢性腎臓病における病期はステージ 1 から 5 までに分類される.各ステー

ジ毎の患者数を表 1 に示す。表 1 より、ステージ G3a の患者数が全体の半数以上

表 1 日本における成人 CKD 患者数 (%) [40]

GFR ステージ	GFR (mL/分/1.73 m ²)	尿蛋白 ー～±	尿蛋白 1+以上
G1	≥90	2,803 万人	61 万人 (0.6%)
G2	60～89	6,187 万人	171 万人 (1.7%)
G3a	45～59	886 万人 (8.6%)	58 万人 (0.6%)
G3b	30～44	106 万人 (1.0%)	24 万人 (0.2%)
G4	15～29	10 万人 (0.1%)	9 万人 (0.1%)
G5	<15	1 万人 (0.01%)	4 万人 (0.03%)

■のところが、CKD に相当する。

(平成 23 年度厚生労働省 CKD の早期発見・予防・治療標準化・進展阻止に関する研究班)

を占め、透析治療・腎移植が必要とされるステージ G5 は約 5 万人程度である。

腎移植の実施件数は年間 1500 件程度 [44] であるが、透析患者数に関しては、日本透析医学会が刊行している「わが国の慢性透析療法の現況」[32] の 2014 年、2015 年、2016 年の調査結果から、慢性腎臓病患者数は年間約 5000 人程度増加しており、2016 年時点で約 33 万人となっている。そのため、腎移植より透析治療が一般的であるといえる。透析療法には血液透析と腹膜透析の 2 種類の方法があるが、透析患者の内、約 97% が血液透析の治療を受けており [32]、血液透析は透析療法の主流である。血液透析は、専用の機械に血液を通し、血液中の老廃物や余分な水分を除去する治療法である。透析患者は、1 週間に 2～3 回程度、透析治療を実施する施設に通い、4 時間以上かけて血液を浄化する。そのため、透析患者は治療に多くの時間を割かねばならず、透析治療前の生活スタイルを変える必要がある。また、鬱病・不安障害といった精神疾患を有する患者を選別する指標 K6[10] を用いた調査では、鬱病・不安障害の可能性が高い状態のある患者が半数近く該当した [35]。そのため、透析療法は患者の生活の質 (QOL, Quality of Life) を低下させる問題を有する。しかしながら、透析療法は患者のみの問題ではなく、社会保障の観点から問題視されている。透析療法の治療費は月額 40 万円程度と高額であるが、日本では患者の経済的負担軽減のため、医療費の公的助成制度が

確立されている。高額長期疾病の特例として、自己負担額の上限が1ヶ月1万円となる。従って、患者個人の自己負担額が大幅に減額される結果、わが国の医療費の負担額が膨大となっている。透析医療費の負担額は約1.5兆円を超えており、公費による負担額は16兆円超えである[21]。透析患者数は増加傾向にあることから、更なる財政圧迫が懸念される。このため、慢性腎臓病患者の透析治療への移行阻止は重要な課題である。慢性腎臓病の治療法は、症状の進行を抑えることから保存療法と呼称されており、食事療法、薬物療法、運動療法の3つが挙げられる。

食事療法は、普段の食事バランスや食事量の適切な管理により、健康状態を良好に維持する治療法であり、慢性腎臓病のみならず糖尿病や他の慢性疾患、生活習慣病の改善のために用いられる。一般的な食事療法では、1日のエネルギー摂取量や食塩摂取量の調節による症状の緩和を目指して実践される。

保存療法の一つである薬物療法は、各患者の症状に合わせて治療薬を服用する治療法である。慢性腎臓病は、心筋梗塞や脳卒中といった病を併発しやすいため、患者の合併症は様々であり、危険因子も異なる。例として、高血圧や糖尿病、脂質異常症が挙げられる。そして、各症状に対応する治療薬として、降圧薬や糖尿病治療薬、脂質降下薬を服用する。

運動療法について述べる。従来は、慢性腎臓病患者の運動は蛋白尿増加の原因とされており、安静状態の維持が重要であった。しかし、適度な運動は腎機能低下防止や死亡率低下の促進が明らかとなった[8]ため、有酸素運動やレジスタンス運動の実施が推奨されている。

慢性腎臓病の保存療法の内、特に重要な治療法が食事療法である。

1.2 食事療法

食事療法とは、普段の食事バランスや食事量の適切な管理により、健康状態を良好に維持する治療法である。慢性腎臓病の食事療法では、重要な栄養素の摂取量が定められており、基準に従って摂取量を管理する。慢性腎臓病のステージ毎に摂取量が定められている食事療法基準を表2に示す。

腎機能が悪化するにつれ摂取量の制限が厳しくなる。定められている基準値は、患者毎に適切に設定されるべきであるため、患者の状態によって調整する必要がある。

表 2 CKD ステージによる食事療法基準 [41]

ステージ（GFR）	エネルギー (kcal/kgBW/日)	たんぱく質 (g/kgBW/日)	食塩 (g/日)	カリウム (mg/日)
ステージ 1 (GFR≥90)	25～35	過剰な摂取をしない	3≦ <6	制限なし
ステージ 2 (GFR 60～89)		過剰な摂取をしない		制限なし
ステージ 3a (GFR 45～59)		0.8～1.0		制限なし
ステージ 3b (GFR 30～44)		0.6～0.8		≦2,000
ステージ 4 (GFR 15～29)		0.6～0.8		≦1,500
ステージ 5 (GFR<15)		0.6～0.8		≦1,500
5D (透析療法中)	別表			

注) エネルギーや栄養素は、適正な量を設定するために、合併する疾患（糖尿病、肥満など）のガイドラインなどを参照して病態に応じて調整する。性別、年齢、身体活動度などにより異なる。

ある。例えば、合併している疾患がある場合、糖尿病や肥満といった疾患毎のガイドラインを基にした調整が望まれる。また、性別、年齢、体重、身体活動レベルも考慮する必要がある。身体所見や検査所見の推移により適宜調整する必要がある。表 2 に定められている栄養素のみならず、症状悪化時には水分やリンの摂取量調整が重要である [41]。健康に生きるための目安として定められている基準 [20] を参考にするとといった、微量栄養素量の管理も重要 [27, 23] である。

食事療法基準で定められているエネルギーの摂取量は、目標とする体重及び、たんぱく質の摂取量と密接に関係している。慢性腎臓病の食事療法においては、たんぱく質の摂取量調節が一般的であるが、たんぱく質の摂取量制限に伴って摂取エネルギー量も減少する。摂取エネルギー量が消費エネルギー量を下回る状態が続いたり、侵襲が加わることによるエネルギー代謝亢進によって、糖質だけで補いきれない消費エネルギー量を補填するため、生体は筋たんぱく質を崩壊し、グルタミンやアラニンといったアミノ酸を動員する。このように、たんぱく質からアミノ酸が生成される作用をたんぱく異化といい、たんぱく異化亢進による体内のたんぱく質不足は、筋肉量減少、骨密度低下の原因となる。窒素平衡試験より、0.6g/kg(実測体重)/日 以下のたんぱく質制限を実施する際は、35kcal/kg(実測体重)/日 以上のエネルギー摂取量を確保しなければたんぱく異化が亢進すると言われている [11]。食事療法基準において、最もたんぱく質摂取量が制限され

る場合で 0.6~0.8g/kg(実測体重)/日であるが、35kcal/kg(標準体重)/日のエネルギー摂取量は十分であると言える。

食塩内に含まれるナトリウムは、身体の水分量・血圧調節といった働きに関わっており、生命活動において欠かせない栄養素である。腎機能低下により余分なナトリウムが尿として排泄されなくなるため、血液中のナトリウム濃度が高くなる。高くなったナトリウム濃度を下げるため、身体の水分が血管内に移動すると、血液量が増えて血圧が上がり、高血圧になりやすくなる。また、水分が血管から漏れ出すことによる浮腫も起こりやすくなる。加えて、水分が血管に移動することにより喉が渇き、水分を多量摂取することにより症状が助長される悪循環に陥ると言われている。慢性腎臓病において、食塩摂取量増加は腎機能低下と末期腎不全へ移行する可能性があるため [42, 43]、適切な調節が必要である。健康体である場合は成人男性で 8g/日未満、成人女性で 7g/日未満が目標とされているが [20]、食事療法基準では、ステージに関係なく 3g/日以上、6g/日未満と定められている。しかしながら、6g/日未満達成は容易ではないため、患者の症状が軽い場合は食塩摂取量の制限緩和も検討される場合もある [41]。

カリウムは成人の体内に約 200g 含まれており、ナトリウム同様、重要なミネラルの一つである。大部分は細胞内に存在し、細胞外液に多いナトリウムと相互作用しながら、細胞の浸透圧維持や水分保持といった働きをする。また、カリウムは腎臓でのナトリウムの再吸収を抑制し、尿中への排泄を促進するため、血圧を下げる効果がある。成人におけるカリウム摂取量は、体内のカリウム平衡維持に適性とされる目安量が設定されている [20]。18 歳以上の男性では 2500mg/日、女性では 2000mg/日が目安量である。体内のカリウムが排泄されなくなることで発症する高カリウム血症を発症する可能性が少ないとされるステージ G1 と G2 では、カリウム摂取量制限の必用がなく、目安量を摂取量の参考にする。しかし、ステージ G3 以降では、高カリウム血症の合併頻度及び発症可能性が増大するため [11]、ステージ G3b では 2000mg/日以下、ステージ G4 と G5 では 1500mg/日以下と定められている。カリウムの摂取量管理は、食事療法基準の値に従った一律な制限をするのではなく、血清カリウム値を参考にした薬剤の副作用や合併症を確認し、患者の状態に合わせて制限することが重要である。

食事療法摂取基準にリンの摂取量は定められていないが，体内に余分なリンが残存する高リン血症は，腎機能低下及び，リンがカルシウムと結合し，骨以外の組織に沈着する異所性石灰化を引き起こす可能性がある．そのため，全てのステージにおいて，血清リン値の基準値以内への制限が望まれる [20]．

1.3 本論文の構成

第2章で，食事療法の問題点に対する関連研究と本研究の位置づけを述べる．第3章では，予備調査として，開発されたレシピ内に含まれる栄養素量の分析と結果に対する考察を述べる．第4章で，食事療法を長期的に支援するシステムを設計するために実施した，計量プロセスの分析と結果，各問題点の分析と解決策である機能の策定について述べる．システム実装の詳細を第5章で述べ，システムの問題点を明らかにするための評価について第6章で述べる．最後に第7章でまとめと今後の課題について述べる．

2. 関連研究及び本研究の位置付け

本章では、まず従来の食事療法の実態と問題点について述べる。そして、問題点解決に関連する研究について述べ、最後に本研究の位置づけについて述べる。

2.1 従来の食事療法

食事療法は、医師や管理栄養士の指導を基に実施され、慢性腎臓病患者は定期通院する。通院頻度は2週間に1回、1ヵ月に1回、2～3ヵ月に1回等、患者によって様々である。しかし、いずれの場合も医師や管理栄養士は患者の状態を常時把握していない。適切に食事療法を実施しているか否かは、患者や同居家族の管理に依存する。中村 [38] は、慢性腎臓病の進行を遅延させるためには、他の慢性疾患と同様に健康に対する自己管理を促進させることが重要であるとし、食事や内服等に関するセルフケア能力の評価や、自己管理への支援が必要であるとしている。現在、様々な支援方法が考案されているが、人間の食事は栄養素の摂取や咀嚼機能の維持・改善だけでなく、欲求の充足や生活の彩、コミュニケーションの手段としての重要な役割を持つ [16] ため、厳密な栄養素摂取管理は容易ではなく、食事療法実践における患者や同居家族の精神的負担は大きい。食事療法の精神的負担について明らかにするため、近畿大学に協力いただき、慢性腎臓病患者を担当している管理栄養士7名に、患者が食事療法を負担だと感じている理由について調査した。調査結果を図1に示す。

結果、「好きなように食べられない」「他人と同じように食べられない」といった患者の負担、「献立を考えるのが面倒」という調理者の負担、「作る・作ってもらうことが負担」「経済的負担」という患者と調理者共通の負担がそれぞれ存在することが回答から明らかとなった。患者の負担は、多留ら [13] が2型糖尿病患者を対象とした食事療法を維持する上で体験する辛さやネガティブな感情と定義した食事療法負担感の4因子「対人関係の中で感じる孤独感・疎外感」、「好きなものが好きなだけ食べられない不自由間」、「自己の価値観を維持することへの脅威」、「食事療法維持による生活の不自由感」に関連しているといえる。その他にも、患者支援のために新たな指標を定義して負担軽減を目指した研究 [24] や、食

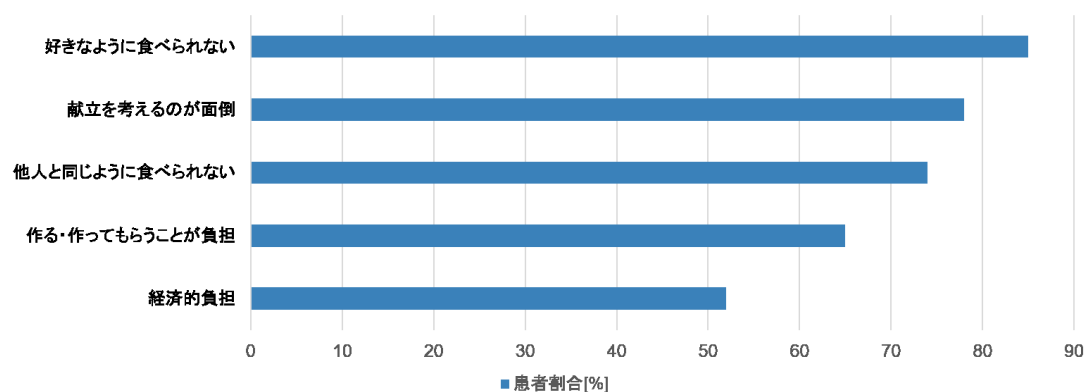


図 1 食事療法が負担だと感じる理由

食事療法として指示された食行動を増加させる介入方法のための評価指標を作成した事例 [39] もある。しかしながら、患者の負担は依然として大きいため、更なる軽減を目的とした取り組みが必要である。

「献立を考えるのが面倒」は、管理すべき栄養素が多数存在している点が要因であると考えられる。医師や管理栄養士から 1 日に摂取する栄養素量は指示されるが、それらの栄養素がどの食材にどの程度含まれているかといった栄養学的知識が必要となるため、専門知識を持たない調理者が栄養素摂取量を考慮した献立を計画することは困難である。そのため、慢性腎臓病患者用食の宅配サービス [5] や、食事療法向けの市販の献立集 [26, 17] を用いる場合もある。

宅配サービスの利用は、献立計画や調理の手間が省ける利点がある一方で、「他人と同じように食べられない」という意見や、「対人関係の中で感じる孤独感・疎外感」という因子があるように、家族が食事する料理とは異なる料理を食事することは疎外感を感じる可能性がある。加えて、宅配サービスの利用は、自炊と比較すると「経済的な負担」が大きいという欠点がある。さらに、市販の献立本を用いたり、食事療法基準を順守した場合でも、それ以外の栄養素を過剰摂取する可能性 [34] や、不足する可能性がある [28]。特に、微量栄養素の不足は、腎不全本来の症状である食欲不振を助長させ、エネルギー摂取不足による腎機能低下につながる恐れがある [47]。従って、食事療法は患者の状態に応じて調節しながら実施することが望まれるが、現在の食事療法では、適切な栄養素摂取量管理が実

施されていない可能性がある。

食事療法を支援するために、食事療法向けの献立集が多数出版されている [17, 26]. 「腎臓病 たんぱく質 40g の献立集」 [17] は、たんぱく質を 1 日 40g に制限されている患者を対象とした献立集である。朝昼夕それぞれの献立の組み合わせにおいて、1 日分の栄養価がたんぱく質 40g, エネルギー 1800kcal, 食塩 6g, カリウム 1500mg となるように設定されている。また、食事療法基準で定められている栄養素全てについて考慮されており、献立を組み合わせるだけで良いように設計されている。「三連カードでらくらく選べる腎臓病・透析の献立」 [26] では、朝昼夕の献立を組み合わせる指標として、各献立に含まれるたんぱく質量を表す「単位」が示されており (1 単位はたんぱく質 3g である)、患者は医師から受けた指示に合う通りの単位数となるように献立を選択するだけで、栄養素摂取管理が可能となっている。これらの献立本の活用により、複数の栄養素摂取量を厳密に計算・管理する必要がなくなり、献立計画時における負担が少なくなると言える。また、患者自身で献立を考える際に用いられる市販本の一つに、腎臓病食品交換表 [31] がある。腎臓病食品交換表では、食品の 1 単位当たりの目安量が写真で示されており、医師や管理栄養士から指示された単位数に応じ、どの食品をどの程度使用してよいかを考えるために用いられる。また、主食や副食、デザートといった分類がされており、それぞれに該当する食品と 1 単位あたりの平均エネルギーも示されている。調理法についても、食塩やカリウム、リンを減らす方法が示されており、調理者が摂取量を細かく調節したい際や、実際の摂取量把握に用いられる。しかしながら、食事療法基準で定められている基準値は、患者の状態によって適切に調整されなければならないため、これらの献立集を用いる場合においても適切に調節する必要がある。また、鳥居 [46] は、食事療法を継続させるための要点の一つとして、「考えさせる」ことの重要性を挙げている。食品交換表は「栄養素」を直接的に表現せず、「表」や「単位」という間接的表現で内容を曖昧にして複雑化させており、患者の食事療法に対する理解を阻んでいるという重大な問題点を有すると述べており、患者に対しては、臨機応変に対応できるよう教育する必要があるとし、患者自身に考えさせ、試行錯誤させることが重要であるため、その一環として栄養素計算には食品交換表ではなく、食品成分表を使用するように指

導することが適切であると述べている。また、献立集は患者専用の献立であり、家族が同じ献立を食事することは想定されていない。そのため、図1にある「他人と同じように食べられない」という問題が残る。また、近畿大学のアンケート結果から、献立集で用いられる食材や献立には、健康であった頃に食べたことのない料理や食材が掲載されているという回答があったことから、健康時に好んでいた献立の掲載数が少ない可能性があるため「好きなように食べられない」が解決されていないと言える。加えて、食事療法用の食事を調理する及び調理してもらうことに対する「食事を作る・作ってもらうことが負担」や、栄養素摂取量について考えながら献立を計画する上で家族分の献立も計画する必要があるため、患者用と家族用の献立をまとめて調理することが困難である。そのため、「献立を考えるのが面倒」も解決されていない。

近畿大学では「好きなように食べられない」「他人と同じように食べられない」「献立を考えるのが面倒」「作る・作ってもらうことが負担」を軽減する献立集が開発されている[48]。「好きなように食べられない」には、日本人の食嗜好に関する調査を実施した結果を基に、家庭で用いられる頻度の高い献立で構築することで対応されている。「他人と同じように食べられない」には、食事の際に感じる孤独感・疎外感軽減のため、患者と家族が同じ献立で食事できるように、家族と同じ献立の展開食とすることで対応されている。「献立を考えるのが面倒」には、健康者と患者の食事を同時に調理できるように開発することで対応されている。「作る・作ってもらうことが負担」には、複雑な調理工程を要しない献立での構成で対応されている。

また、「作る・作ってもらうことが負担」において、実際の調理における負担を明らかにする調査[48]の結果、計量が負担であることが明らかとなった。計量が負担となるのは食事療法における調理の場合であり、一般的な調理には厳密な計量が求められないため計量の負担が大きいとは言い難い。適切な食事療法の実践には、厳密な栄養素管理重要であるため、調理における分量の誤りは防がなければならない、調理者は計量の誤りをなくそうと意識すると考えられる。

また食事療法の負担には、栄養素摂取量管理を適切に行う必要がある点が挙げられる。食事療法は、2週間や1ヵ月に1回の医師や管理栄養士による栄養指導以

外は、患者自身で適切な栄養素摂取量管理に努める必要がある。しかし、日々の食事から摂取した栄養素量を記録・把握し、摂取基準を順守した食事療法の継続は困難である。そのため、栄養素摂取量の記録及び、患者が容易に把握可能となる方法が必要である。

2.2 関連研究

本節では、食事管理の支援手法として提案されている食事ログを用いた研究、食事療法の動的献立計画支援手法、調理時の負担低減に関する研究について述べる。

2.2.1 食事ログによる支援手法

食事管理を適切かつ長期的に実践するための有用な手段の一つに、セルフモニタリングが挙げられる [33]。セルフモニタリングは、生活習慣病予防における減量維持プログラムに広く取り入れられている手法の一つであり [7]、食事・運動の記録や体重や歩数の計測を指す。セルフモニタリングは生活習慣改善を促進させると言われており [9]、食事記録による食事管理に着目した手法は数多く提案されている。北村ら [19] は、主食や副菜をどの程度摂取すればよいかの目安が示されている食事バランスガイド [45] に基づいて、撮影された食事画像のバランスを推定し、ユーザーに対してバランスの推定結果とバランスが良くなる食事の組み合わせを表示するシステムを提案した。また、瀬戸ら [49] は、糖尿病患者に対し、患者宅での食事をデジタルカメラで写真として記録させ、食事記入表のみで栄養指導を受けた場合と、食事画像を併用した場合における栄養指導理解度について調査した。結果、食事画像を用いた場合の理解度が有意に高かったとしており、食事画像を用いた食事記録は食事療法において有用な手法であると言える。

現在、長期にわたった食事記録の継続を目的とした食事ログアプリとして、相澤ら [36] が開発した FoodLog が公開されている。FoodLog の画面例を図 2 に示す。

FoodLog は、従来の食事記録の主流であった食事記録のテキスト入力に対するユーザーの負担を低減するために開発された。撮影された食事画像を用いて自動

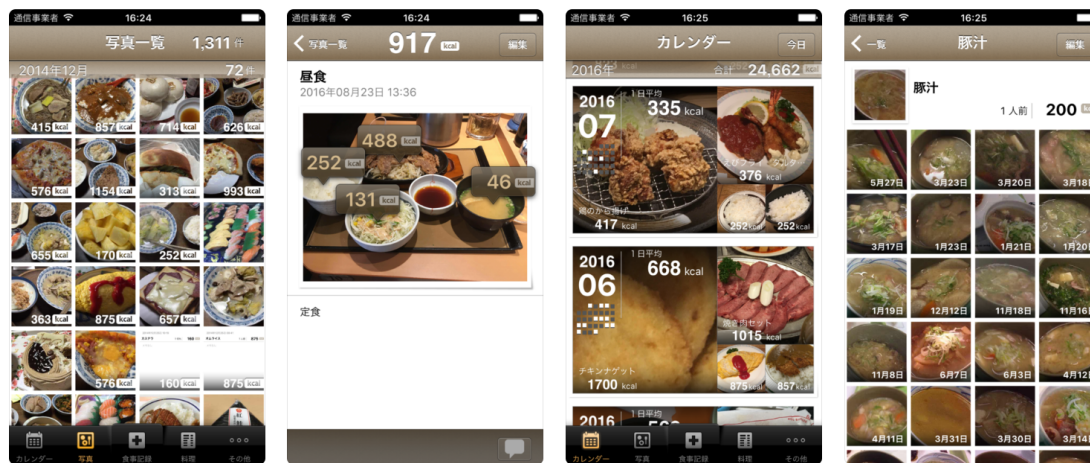


図 2 FoodLog の画面例

的に食事内容を推定し、食事候補を表示する．ユーザーが表示された食事の候補画像から該当する食事画像を選択して食事の分量を入力することで、記録が完了する．加えて、食事に含まれるエネルギー量が計算されるため、栄養管理に対する負担軽減の一助となる．テキストを用いたのみのバージョンのアプリと、画像が併用されているバージョンのアプリで比較した主観評価結果から、「楽しさ」、「閲覧の度合い」、「継続したいと思うか」という項目で有意差が確認された．

これらから、食事療法継続にはセルフモニタリングが有用で、特に、食事画像を用いた食事記録は栄養指導における患者の理解を補助し、手書きによる食事記録に比べて負担が低減されることが分かる．しかしながら、食事画像から推定される栄養素量には誤差が生じる．慢性腎臓病患者が実施する食事療法においては、厳密な摂取栄養素量の管理が求められるため、誤差が生じる可能性のある手法の利用は推奨されない．

2.2.2 動的な献立計画支援手法

本節では、慢性腎臓病の食事療法における献立計画に対する支援として小島らが提案した動的な献立計画支援手法 [34] について述べる．食事療法摂取基準や、日本人の食事摂取基準 [20] では、1 日当たりの摂取量が示されている．小島らが一般的に用いられている慢性腎臓病の食事療法用の献立集「三連カードでくら

く選べる腎臓病・透析の献立」[26]を用いた際の摂取栄養素量を調査した結果、1日当たりの定められた摂取量に対して、大幅な過不足が認められる栄養素が存在することが明らかとなった。この献立集では「単位」という指標を用いることで、複雑に計算する手間を省き、容易に食事療法を実践できるように設計されている。朝昼夕の献立がそれぞれ51種類用意されており、全献立に単位数が示されている。患者は、医師から1日摂取する単位数が指示され、指示された単位数を基に朝昼夕の食事の単位数の合計が合致するように献立を選択する。これらの組み合わせによって取り得る各栄養素の摂取量について調査した結果、カリウムの摂取量に関しては、少なくなる組み合わせでは1000mg程度であるのに対し、多くなる組み合わせでは2800mg程度であった。一方、リンの摂取量は、少なくなる組み合わせで400mg程度、多くなる組み合わせでは1000mg程度であるという結果であった。食事療法基準で定められているカリウムの基準量は、ステージ3bの場合で2000mg以下、ステージ4及び5では1500mg以下である。患者の体重を60kgと仮定した場合、ステージ3b～5では、12～16単位が1日の摂取基準となる。12単位の場合、カリウムを多く摂取する組み合わせにおけるカリウム摂取量は2310mgで、16単位の場合は2550mgであるという結果であったと報告している。同じ単位数においてカリウムやリンの摂取量の差が2倍以上あると認められたため、その他の微量栄養素量に関してもばらつきがあると推測されるとし、食事療法を想定した微量栄養素量についても調査結果を報告している。結果、エネルギー、リン、食塩は標準偏差分を含めても適切な範囲に収まっていた。しかし、カルシウムやヨウ素、クロムはどの単位においても充足率が50%以下であり、不足していることが明らかとなった。また、カルシウムの充足率は90%程度までしか満たされることはなく、50%以下となる傾向が顕著であることが明らかとなった。さらに、小島らは栄養素量の過不足は慢性腎臓病用の献立特有の問題かを明らかにするため、常食についても調査した。結果、常食に含まれる栄養素量は、被験者実験で洗濯された献立中の栄養素量に対し、全てにおいて上回り、食事摂取基準の少なくとも80%を満たしていることが明らかとなった。栄養素量の調査結果と考察として、慢性腎臓病用の献立を用いた摂取栄養素量管理は、食事療法基準で定められた栄養素に関しては概ね適切に管理出来ているとしているが、

多数の微量栄養素量の組み合わせを考慮した献立を作成する事は容易ではないとまとめている。

小島らは、食事療法の実践によって会食等の外食の機会を制限されてしまうことによる QOL の低下を課題として設定し、外食の予定が入るなどの動的な状況への対応として、複数日にわたる食事摂取の情報を用いた献立計画支援手法を提案した。小島らが提案した献立計画支援手法の概要を図 3 に示す。

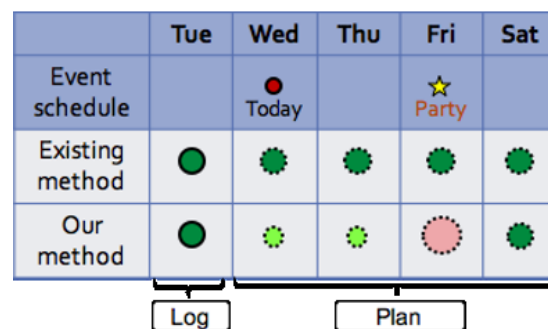


図 3 小島らの提案手法における献立計画の概要

従来は、管理する栄養素摂取量の期間が1日単位であるため、日々の基準値を超える献立の選択は不可能であったが、小島らは食事療法基準で定められている栄養素の摂取制限を、複数日にわたる食事による栄養摂取量に対して課す手法を提案した。小島らの手法では、ある日の前後の日程の食事摂取量の調整によっては、一時的に制限の幅を超える食事の選択が可能となる。よって、高栄養価となり得る外食などの予定も、前後の摂取栄養素量の調節次第によっては、対応することが可能となる。小島らは、検証実験により、食事療法の長期実践において外食が選択可能となる点は満足度を大きく向上させる要因であるとし、小島らの手法が外食といった食事イベントの参加を可能とするとともに、食事療法の長期実践における満足度向上の可能性が示唆されたとしている。

小島らの手法のように複数日の摂取量によって摂取栄養素量を調節する手法について、よし悪しを断言する医学的根拠は現状存在せず、実際の現場でも用いられることがある考え方である。そのため、従来の献立集にある献立以上に、栄養素量の過不足や、患者や調理人の負担低減について考慮された献立があれば、小島らの手法と組み合わせることで、実際の食事療法の現場での活用が期待できる。

2.2.3 目ばかり画像を用いた支援手法

本節では、食事療法の調理工程における負担低減のための目ばかり画像の利用に関する評価 [48] について述べる。食事療法の長期的な実践には様々な負担が挙げられるが、一つに「食事療法の食事を作る・作ってもらうことが負担」が挙げられる。この負担は調理時における負担であるが、特にどの工程において負担となっているかについて明らかでなかった。そのため、調理工程時間の内訳について調査が実施された。

調査に用いられた献立は鯖の竜田揚げとクリームシチューで、被験者は調理経験が豊富な 50 代の主婦 2 名である。これらの献立を検証に用いた理由は、食材数・調味料数による調理工程時間の差異を検証するためである。食材数・調味料数が多い献立の代表が鯖の竜田揚げ、食材数・調味料数が少ない献立の代表がクリームシチューである。図 4 より、どちらの献立においても「調理+盛り付け」、「食材の計量」、「調味料の計量」、「下処理」、「レシピの読み込み」の順に時間を要することが明らかとなった。

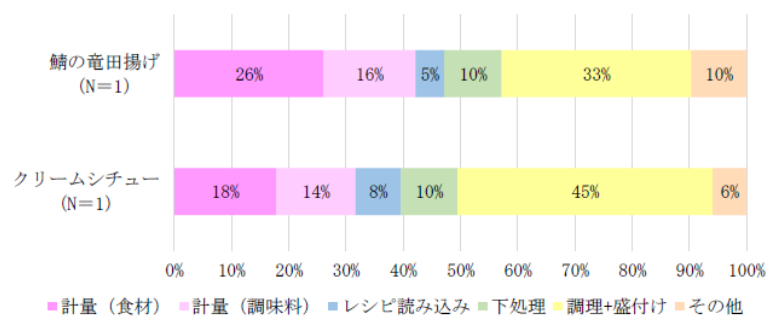


図 4 調理工程時間の内訳

時間を多く要する工程が調理における負担につながると考えられたため、「調理+盛り付け」が最も負担となり得ると言えるが、この検証では食事療法を実践している調理者を被験者として用いていない。慢性腎臓病の食事療法では摂取栄養素量の調節が重要であるため、調理時に用いる食材や調味料の計量が最も負担となり得ると考えられる。そこで、まず「食材の計量」に対して負担軽減となり得る手法として「目ばかり」による食材の計量方法が提案された。目ばかりによ

る食材計量とは、秤を用いて食材を計量するのではなく、目ばかり用写真(図5参照)を参考にし、計量する食材を目測で計量する方法である。



図 5 目ばかり写真例

目測による食品重量推測の精度に関しては多数報告されている。宮地ら [22] は、食品重量の目測率が殆どの食材で下回り、実測量より少なめに目測されたとしており、標準偏差が大きい食材や小さい食材がそれぞれ存在すると述べている。実測量に対して $\pm 10\%$ 以内を適性目測群と定義した結果、適性目測群は $1.9\sim 27.8\%$ の範囲内であった。また、目測量と実測量の差の絶対値の実測量に対する比率である目測誤差率に関して「生活環境」、「調理との関わり」、「頻度」、「計量器具の使用習慣」の項目間において有意差が認められたため、調理経験が豊富で、調理時に計量器具の使用習慣のある方が目測誤差率が低い値であるとしており、広瀬ら [18] も同様に、日々調理に携わることで目測の精度が向上すると報告している。これらの評価には、栄養学を専攻して日の浅い学生が被験者として用いられており、慢性腎臓病患者の調理者として想定している主婦と比較すると、調理経験は浅いと言える。そのため、日常的に調理をしている者の目ばかりの精度は高くなると考えられる。そこで、慢性腎臓病について熟知している学生に加え、調理経

験豊富な 50 代主婦を被験者とし、秤による計量と目ばかりによる計量時間の差異について調査された。加えて、目ばかりによる計量の精度についても調査された。計量時間に関して、学生及び主婦共に、目ばかりによる食材計量の時間は秤を用いた食材計量の時間より約 50%程度短縮された。よって、慢性腎臓病に関する知識の有無、調理経験の有無にかかわらず、目ばかりによって「食材の計量」が短縮されると言える。また、目ばかりの精度調査結果について、図 6 に示す。

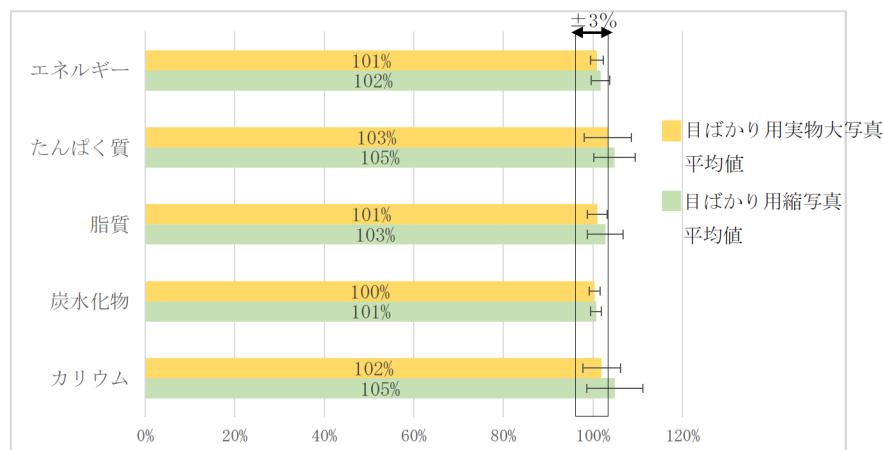


図 6 目ばかりの精度調査結果

結果として、レシピに記載される程度の大きさの目ばかり用縮尺写真と、食材を実物大となるように拡大した目ばかり用実物大写真 (図 7 参照) を用いた計量精度の差異が示されている。

目ばかり用縮尺写真を用いた場合では、実測値の $\pm 10\%$ から外れる場合もあったが、実物大写真を用いた場合は、すべての栄養素における計量精度が $\pm 3\%$ 以内であった。そのため、「食材の計量」に対する手法は、目ばかり画像の利用が有用であることが示された。しかし、「調味料の計量」に対する有用な手法は明らかとなっておらず、調理負担軽減において明らかにすべき問題点として残っている。

2.3 本研究の位置付け

本研究は、これまでに述べた問題を解決し、慢性腎臓病患者の長期的な食事療法を支援するシステムを提案する。最初に、開発されたレシピに含まれる栄養素



図 7 左:目ばかり縮尺写真, 右:目ばかり実物大写真

量について調査する。開発されたレシピは、食事療法基準に定められている栄養素摂取量に対応していることが明らかであるが、微量栄養素量については考慮されていない。各献立毎に含まれる栄養素量について調査し、含まれる栄養素量や、可能な献立の組み合わせについて調査する。次に、本研究で開発したシステムについて述べる。まず、調理時の工程内で負担軽減の手法が明らかとなっていない計量工程の「調味料の計測」について、負担の原因を明らかにするために実施した分析の方法と結果について述べる。そして、明らかとなった問題を解決するための機能について述べる。実際の慢性腎臓病の食事療法を実施している現場には、解決されていない問題が多数存在する。文献調査と栄養学の専門家に対する聴取から明らかとなった問題点を解決し、食事療法の現場で実際に用いられるシステムの実現による、食事療法を実践している患者や家族の負担低減及び長期的な食事療法の継続を促すことが本研究の目的である。

3. レシピに含まれる栄養素の予備調査

本調査では、食事療法の負担である「好きなように食べられない」、「他人と同じように食べられない」、「献立を考えるのが面倒」、「食事療法の食事を作る・作ってもらうことが負担」の解決を目指して開発された献立について、微量栄養素量も含め、栄養素量について調査した。献立の開発にあたり、慢性腎臓病のステージ1～5まである6分類を2分類に集約し、ステージ1～3aを「軽症」、ステージ3b～5を「中等度」と定義された。また、慢性腎臓病患者の食事を調理する調理者を「健常者」と定義し、「健常者」、「軽症」、「中等度」によって用いる食材や分量が異なるように設計されている。まず「軽症」に対しては、早期から食事療法を支援することを目的としており、大幅な食事制限が必要ない献立とされた。一方「中等度」に対しては、たんぱく質やカリウムの制限が必要となるため、透析導入を阻止する目的とし、用いる食材や分量について考慮される献立とされた。想定する患者像として、「軽症」、「中等度」に該当する患者像は最も多い年代・性別であり、「健常者」は患者の配偶者である。なお、「健常者」は患者の食事を調理する調理者である。また、体重や身体活動レベルは、設定した対象者の年代・性別の平均とし、表3のように設定された。

表3 対象者像

健常者	50～60 歳	女性	体重 55kg	身体活動レベル II
患者	50～60 歳	男性	体重 60kg	身体活動レベル II

健常者の摂取量目安は「日本人の食事摂取基準（2015 年版）」[20]、慢性腎臓病患者の摂取量目安は「慢性腎臓病に対する食事療法基準 2014 年版」[41] を基に設定された給与栄養素目標量について表4、表5、表6に示す。

表4 健常者の給与栄養目標量

表 1 健康増進食品の栄養成分					
エネルギー (kcal)		たんぱく質 (g)	食塩相当量 (g)	カリウム (mg)	リン (mg)
1992		50	7 以下	2600 以上	800
カルシウム (mg)	鉄 (mg)	ビタミン A (μ g)	ビタミン B1(mg)	ビタミン B2(mg)	ビタミン C(mg)
650	6.5	700	1.0	1.1	100

表 5 慢性腎臓病患者の給与栄養目標量

	エネルギー (kcal)	たんぱく質 (g)	食塩相当量 (g)	カリウム (mg)
軽症	1800	≦ 60	≦ 6	≦ 2000
中等度	1800	≦ 50	≦ 6	≦ 1500

表 6 健常者・慢性腎臓病患者のエネルギー比率

脂肪エネルギー比率 (%)	炭水化物エネルギー比率 (%)
目標量	目標量
20～30	50～65

献立集に掲載されている献立は、慢性腎臓病食事療法の通院サイクルを約1ヵ月と想定しているため、28日分開発された。朝食分が1食、昼食分と夕食分が各28食の計57食である。開発された献立集は、健常者向けの食事を軽症・中等度向けに変化させた展開食とすることで、調理者と慢性腎臓病患者の食事工程を一本化した。食材量や料理の盛り付け量を変える、健常者だけ1品追加するといった工夫が凝らされ、まとめて調理できるように開発された。

3.1 目的

開発されたレシピには、表5に示すように、食事療法基準で定められた栄養素に関する給与目標量が設定されており、食事療法基準で定められていない栄養素に関しても、表4に示されている栄養素の給与目標量が参考となる。しかし、考慮されていない他の微量栄養素の摂取量については明らかになっていない。また、開発されたレシピは朝昼夕の献立が1日分毎に固定されており、昼食・夕食を自由に組み合わせることについては考慮されていない。本調査では、開発されたレシピにおける各日の栄養素摂取量について明らかにし、各献立を自由に組み合わせる際の可能な組み合わせ数についても明らかにする。

3.2 方法

栄養素分析に当たり，献立で用いられている食材の栄養素量は日本食品成分表 2015 年版 (七訂)[25] の値を用いた．食事療法基準において，基準値が定められていない栄養素の充足率算出には，日本人の食事摂取基準 [20] の値を用いた．摂取基準の下限值として用いた指標は以下の通りである．

- 「推定平均必要量 (EAR : estimated average requirement)」：特定の年齢層や集団に属する人たちの必要量の平均から求められる推定の中央値であり，当該性・年齢階級に属する人々の 50% が必要量を満たすと推定される量．
- 「推奨量 (RDA : recommended dietary allowance)」：ある性・年齢階級に属する殆ど (97%~98%) の人々が必要量を満たすと推定される量．
- 「目安量 (AI : adequate intake)」：十分な科学的根拠が得られず，推定平均必要量と推奨量が設定できない場合に設定される．不足する危険性は殆ど認められず，一定の栄養状態を維持するのに十分な量．
- 「目標量 (DG : tentative dietary goal for preventing life-style related disease)」：生活習慣病の予防のために現在の日本人が当面の目標とすべき摂取量．

本調査では，主に推定平均必要量を用いて計算するとし，推定平均必要量が設定されていない栄養素に関しては推奨量・目安量を用いて計算した．各栄養素と計算に用いた指標の対応を表 7 に示す．目標量は表 6 を基に算出した．

表 7 栄養素と指標の対応表

栄養素名	健常者	軽症	中等度
エネルギー	基準値	基準値	基準値
たんぱく質	推定平均必要量	基準値	基準値
脂質	目標量	目標量	目標量
炭水化物	目標量	目標量	目標量
ナトリウム	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
カリウム	目安量	目安量	基準値
カルシウム	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
マグネシウム	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
リン	目安量	目安量	目安量
鉄	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
亜鉛	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
銅	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
マンガン	目安量	目安量	目安量
ヨウ素	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
ビタミン A	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
ビタミン D	目安量	目安量	目安量
ビタミン E	目安量	目安量	目安量
ビタミン K	目安量	目安量	目安量
ビタミン B1	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
ビタミン B2	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
ナイアシン	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
ビタミン B6	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
ビタミン B12	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
葉酸	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
パントテン酸	目安量	目安量	目安量
ビタミン C	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
食物繊維	目標量	目標量	目標量
食塩	目標量	基準値	基準値
セレン	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
クロム	目安量	目安量	目安量
モリブデン	推定平均必要量	推定平均必要量	推定平均必要量
ビオチン	目安量	目安量	目安量

3.3 結果と考察

食事療法基準で定められている栄養素について、軽症・中等度における1日毎の献立の栄養素量、平均及び標準偏差を表8に示す。

表8 各日毎の献立の栄養素量と食事療法基準

日	軽症				中等度			
	エネルギー (kcal)	たんぱく質 (g)	食塩 (g)	カリウム (mg)	エネルギー (kcal)	たんぱく質 (g)	食塩 (g)	カリウム (mg)
1	1850.9	53.1	5.7	2006.4	1782.7	46.2	5.4	1501.9
2	1874.6	51.9	5.6	1831.1	1761.8	44.0	5.0	1440.8
3	1863.5	58.0	5.6	2329.3	1759.3	46.4	5.4	1525.4
4	1870.8	59.4	5.6	1985.1	1754.4	46.6	5.3	1514.4
5	1831.5	52.3	5.3	1883.2	1754.5	44.6	4.5	1522.0
6	1928.7	56.9	5.7	2033.4	1830.7	49.7	5.2	1499.0
7	1946.0	54.9	5.6	2102.4	1755.8	45.6	4.8	1481.3
8	1794.8	51.1	5.3	1930.9	1683.0	45.5	5.1	1294.2
9	1900.6	56.9	6.0	1876.8	1763.9	48.8	5.2	1494.1
10	1813.0	49.8	5.7	1894.2	1766.1	46.0	5.7	1497.5
11	1836.0	59.6	5.3	2106.0	1774.6	48.2	5.1	1511.5
12	1808.3	53.0	5.6	1715.1	1760.2	47.8	5.6	1481.8
13	1868.0	56.9	5.7	1999.7	1769.3	49.5	5.8	1400.6
14	1865.3	56.4	5.5	1988.6	1771.3	50.4	5.0	1469.5
15	1908.1	56.4	5.9	1870.0	1788.0	50.3	5.3	1498.9
16	1839.8	59.8	5.6	1823.1	1749.6	50.6	5.7	1490.6
17	1877.5	55.5	4.0	2119.0	1768.2	49.8	3.9	1484.5
18	1824.6	56.4	5.8	1795.1	1773.1	50.4	5.6	1504.8
19	1881.3	53.9	5.5	1799.0	1763.5	50.4	5.4	1519.2
20	1855.8	56.4	6.0	1887.8	1750.6	50.4	6.0	1509.8
21	1918.2	58.1	5.6	2048.9	1750.7	50.4	4.9	1459.8
22	1815.9	57.1	5.6	2032.5	1739.8	50.1	5.3	1497.0
23	1820.0	56.5	5.4	2077.4	1741.4	49.5	5.3	1514.9
24	1840.1	59.4	5.3	2313.5	1752.6	48.7	5.1	1502.1
25	1861.8	57.7	5.3	1966.4	1756.9	50.2	4.9	1457.7
26	1919.3	49.0	5.3	2039.9	1782.3	43.9	4.5	1514.0
27	1856.0	59.7	6.0	2413.1	1769.7	48.0	5.0	1504.6
28	1855.3	56.5	5.8	1843.4	1739.5	49.7	5.6	1496.9
平均	1861.6	55.8	5.6	1989.7	1761.2	48.3	5.2	1485.3
標準偏差	38.0	3.0	0.4	163.2	23.2	2.2	0.4	45.3
食事療法基準 (下限)	1500	48	3	-	1500	36	3	-
食事療法基準 (上限)	2100	60	6	2000	2100	48	6	1500

表8より、軽症用の献立において、エネルギー、たんぱく質、食塩の摂取量が食事療法基準の範囲内に収まっており、カリウムは上限を超える日が複数日あった。カリウムの摂取量超過が最大となる日では、超過量が413.4mgだった。中等度用の献立においては、エネルギーと食塩が食事療法基準の範囲内に収まっており、たんぱく質とカリウムに関しては上限を超える日が複数日存在した。

次に、食事療法基準が設定されておらず、日本人の食事摂取基準で基準値が定められている栄養素の献立に含まれる量について、表9に軽症用献立の栄養素量、表10に中等度用献立の栄養素量について示す。

表 9 軽症用献立の微量栄養素量と摂取基準

	脂質	炭水化物	ナトリウム	カルシウム	マグネシウム	リン	鉄	亜鉛	銅	マンガン	ヨウ素	ビタミンA	ビタミンD	ビタミンE	ビタミンK	ビタミンB1	ビタミンB2	ナイアシン	ビタミンB6	ビタミンB12	葉酸	パントテン酸	ビタミンC	食物繊維	セレン	クロム	モリブデン	ビタミン	
32.0	283.0	2217.1	547.9	172.2	840.1	4.4	6.7	0.7	2.2	2340.7	1373.8	12.5	8.5	168.0	1.0	1.3	11.4	0.8	3.7	240.0	5.0	118.7	10.7	75.7	3.7	103.0	29.9	29.9	
53.2	288.1	2196.4	629.9	224.2	839.4	10.0	7.5	1.0	4.3	2431.3	1581.8	4.5	6.2	121.6	0.6	1.0	15.5	1.0	36.3	288.2	4.2	59.5	11.7	84.5	8.1	146.1	25.8	25.8	
55.7	271.1	2171.0	584.8	186.9	983.6	5.5	7.1	0.8	2.2	491.9	925.0	4.8	6.6	218.2	0.8	1.2	18.2	1.4	10.1	326.9	5.6	136.3	12.5	86.0	6.5	148.9	30.4	30.4	
55.9	264.6	2227.5	487.8	246.2	813.8	7.1	8.2	0.9	2.4	1833.3	693.7	1.0	5.1	241.8	0.6	0.8	15.6	1.2	1.9	263.7	5.0	88.7	11.7	42.1	6.2	158.9	25.9	25.9	
51.0	282.2	2085.1	507.4	262.1	826.3	5.7	6.6	0.9	2.5	2960.4	696.3	2.4	6.1	163.8	0.9	0.9	11.8	1.0	3.8	303.3	4.9	105.9	13.6	66.4	7.0	147.8	36.0	36.0	
55.5	294.1	2212.8	565.4	217.6	846.9	7.1	6.5	1.0	2.4	1630.2	525.4	2.1	7.5	219.7	0.7	1.0	12.7	1.0	1.6	295.1	5.6	89.7	15.2	96.1	4.6	136.1	41.1	41.1	
56.2	285.7	2207.4	554.4	227.4	860.1	9.3	7.0	0.9	3.4	1245.5	591.1	9.6	7.3	241.6	0.9	0.8	13.0	1.3	4.7	277.5	4.2	165.1	15.2	69.6	8.8	171.0	28.8	28.8	
52.1	267.9	2071.3	429.9	181.5	786.0	7.2	7.3	0.9	2.1	945.1	599.5	17.4	9.6	198.5	0.6	1.0	13.0	1.2	9.4	288.3	5.1	119.8	10.8	68.1	3.0	126.8	35.0	35.0	
58.4	272.4	2159.8	304.7	178.0	815.4	5.6	7.1	0.8	2.3	638.5	699.4	7.9	5.7	158.4	0.8	0.9	14.0	1.1	2.4	266.7	5.3	125.6	14.2	44.6	6.5	140.1	24.7	24.7	
55.7	276.3	2216.6	523.8	168.6	817.2	4.9	6.0	0.7	2.1	29.3	527.7	1.1	7.3	221.1	0.9	1.0	10.3	0.9	1.8	310.5	4.8	165.9	12.2	54.4	4.8	93.6	21.5	21.5	
50.0	277.0	2083.1	322.9	185.2	863.5	5.2	6.0	0.8	2.6	29.5	527.7	5.3	6.1	132.3	0.6	0.9	21.8	1.5	4.1	202.9	5.9	59.9	10.7	51.2	6.2	143.1	25.9	25.9	
54.2	269.8	2202.6	361.8	220.9	835.7	7.1	8.1	0.8	2.3	2728.1	759.4	0.9	5.2	119.1	0.6	0.8	10.7	0.9	2.4	218.3	4.7	50.2	14.6	65.7	8.1	100.3	25.2	25.2	
53.2	290.2	2213.4	456.3	200.9	810.8	5.7	6.0	0.9	2.1	1165.2	693.3	1.7	9.6	181.3	0.7	0.9	12.9	0.8	1.8	258.6	4.6	91.2	14.4	66.4	8.0	107.2	38.5	38.5	
56.4	279.0	2143.1	401.0	175.7	817.3	7.2	9.1	0.9	2.3	68.4	758.3	2.4	8.2	245.3	0.8	1.1	21.1	1.0	1.1	21.1	315.6	5.8	137.7	15.9	71.5	6.0	142.5	46.6	46.6
54.7	288.8	2311.4	427.7	163.2	798.6	5.5	5.5	0.7	1.8	355.5	503.1	9.9	7.5	212.5	0.7	1.1	9.5	0.8	3.6	277.5	4.9	109.7	11.4	130.9	6.2	114.2	52.7	52.7	
56.5	259.4	2179.4	436.3	199.7	927.2	5.9	6.7	0.9	2.7	55.2	529.9	7.0	8.9	245.7	0.9	0.9	15.2	1.3	5.3	230.2	5.5	76.7	8.6	58.2	4.0	187.9	33.3	33.3	
56.5	282.0	1392.1	417.4	210.8	782.4	6.5	9.6	0.9	2.6	34.9	429.5	1.4	5.9	132.1	0.7	0.9	13.9	1.0	1.8	245.4	4.5	82.8	14.5	94.2	3.6	141.3	34.4	34.4	
56.1	260.7	2286.0	396.1	221.2	836.1	5.7	6.5	0.9	2.7	44.1	520.5	4.5	6.1	167.5	0.8	1.0	15.4	1.2	9.9	270.7	4.5	93.4	12.2	143.6	4.8	139.4	29.3	29.3	
57.5	283.4	2189.0	401.0	212.2	777.9	5.4	7.4	0.8	2.5	33.7	410.2	1.6	4.6	168.6	0.9	0.8	11.4	1.1	1.4	212.4	4.7	78.4	9.2	58.0	7.5	142.3	26.5	26.5	
54.2	282.9	2396.6	453.6	181.5	838.7	5.7	6.5	0.8	2.2	1175.1	465.8	1.2	7.4	156.1	1.5	0.9	10.5	1.0	1.7	189.8	4.3	82.3	11.5	34.3	4.3	85.2	21.9	21.9	
59.3	281.1	2296.4	413.1	206.2	859.1	6.7	8.6	0.8	2.4	2990.0	657.1	1.6	6.5	166.1	0.6	0.8	9.7	1.0	2.6	212.0	4.8	69.5	12.5	54.5	5.8	195.5	27.7	27.7	
52.4	268.1	2211.2	437.0	203.9	868.5	5.0	5.3	0.7	1.8	2971.0	690.9	8.8	8.7	126.7	0.7	0.8	12.4	0.9	4.1	224.8	5.5	63.6	13.8	96.6	7.1	88.3	36.7	36.7	
53.8	265.1	2118.1	474.3	174.2	751.4	6.4	5.5	0.8	2.0	948.8	533.5	7.4	6.3	125.2	0.5	0.9	12.4	0.8	3.7	281.0	4.4	74.7	14.5	102.4	3.5	125.5	24.8	24.8	
52.9	272.8	2054.6	468.2	183.8	975.2	5.7	6.8	0.8	2.1	1615.3	630.6	2.9	6.4	202.6	0.7	1.1	11.3	1.1	3.3	323.5	5.7	122.4	10.9	82.0	6.4	151.2	38.6	38.6	
54.2	280.0	2083.2	487.5	191.4	921.8	5.0	6.1	0.9	2.6	1384.7	410.4	20.5	8.0	148.7	0.7	1.0	12.6	1.1	5.4	257.4	5.3	72.4	12.4	58.3	3.6	130.4	31.7	31.7	
58.3	299.4	2118.8	378.8	199.9	699.1	6.0	7.7	0.7	2.1	299.8	469.6	1.6	5.2	100.5	0.8	0.8	10.8	0.9	1.8	105.6	4.4	59.3	11.5	46.6	8.0	96.6	26.8	26.8	
54.0	266.4	2258.7	486.4	207.1	861.9	5.9	6.6	0.7	2.4	4460.2	350.0	1.1	6.0	253.3	1.6	0.9	19.1	1.2	1.9	315.1	4.9	108.0	12.0	62.1	7.4	103.4	28.1	28.1	
56.2	270.1	2278.9	482.7	286.5	805.6	6.5	8.0	0.9	2.3	2280.3	531.1	4.7	4.9	126.8	1.0	0.8	11.9	1.0	2.3	216.4	4.7	73.4	10.1	67.9	9.4	175.2	29.9	29.9	
54.9	277.2	2184.5	461.8	198.2	837.9	6.2	7.0	0.8	2.4	1290.2	601.6	5.2	6.8	176.3	0.8	0.9	13.1	1.1	4.8	296.4	5.0	96.2	12.5	72.6	6.0	133.8	31.3	31.3	
標準偏差	2.3	10.0	143.7	70.6	20.1	59.7	1.2	1.0	0.1	0.5	1136.2	191.9	5.0	1.4	44.2	0.2	0.1	2.9	0.2	6.5	42.3	0.5	31.2	1.8	24.8	1.8	28.5	7.2	7.2
摂取基準	33.3(DG)	187.3(DG)	600(EAR)	700(RDA)	350(RDA)	1000(DG)	7.5(RDA)	0.30(RDA)	0.9(RDA)	4(AI)	130(RDA)	850(RDA)	5.5(AI)	150(AI)	1.3(RDA)	1.5(RDA)	1.0(RDA)	1.4(RDA)	2.4(RDA)	240(RDA)	5(AI)	100(RDA)	20(DG)	30(RDA)	10(AI)	25(RDA)	50(AI)	50(AI)	

表 10 中等度用献立の微量栄養素量と摂取基準

	脂質	炭水化物	ナトリウム	カルシウム	マグネシウム	リン	鉄	亜鉛	銅	マンガン	ヨウ素	ビタミンA	ビタミンD	ビタミンE	ビタミンK	ビタミンB1	ビタミンB2	ナイアシン	ビタミンB6	ビタミンB12	葉酸	パントテン酸	セレン	クロム	モリブデン	ビタミン	
総摂取量	50.8	273.9	2119.3	407.7	135.1	681.0	3.7	5.7	0.7	2.5	2309.2	1080.6	10.3	7.0	108.9	0.8	1.0	9.2	0.6	2.7	182.8	4.0	85.3	3.0	67.5	3.1	95.2
50歳未満	49.2	277.6	1988.9	427.2	153.1	660.7	5.9	6.6	0.9	4.6	2104.4	510.0	3.4	5.5	106.4	0.5	0.8	12.6	0.9	34.0	167.7	3.4	43.7	10.6	70.5	7.0	136.9
51歳以上	54.2	257.3	2104.4	398.3	141.9	729.8	4.6	5.6	0.7	2.4	472.2	599.8	3.2	6.0	164.8	0.6	0.8	11.9	1.0	7.8	221.0	3.9	87.4	8.1	71.9	4.7	127.9
52歳未満	53.3	253.6	2090.8	331.5	181.7	621.0	5.9	7.1	0.8	2.6	1815.8	684.7	0.7	4.4	202.3	0.5	0.6	12.3	1.0	1.4	218.9	3.9	50.7	10.1	37.6	5.0	141.6
53歳以上	48.7	275.5	1788.8	404.0	179.7	675.5	5.7	6.2	0.9	2.8	512.4	626.6	2.0	6.1	190.9	0.9	0.8	9.7	0.9	2.5	317.7	4.4	107.8	14.1	32.7	6.9	144.2
54歳未満	54.9	277.8	1961.9	408.0	187.5	680.5	6.4	5.6	0.9	2.6	1611.8	424.8	1.7	6.7	165.3	0.6	0.8	10.0	0.8	1.2	234.1	4.3	66.8	12.6	87.6	3.8	122.8
55歳以上	51.6	264.8	1891.0	353.6	180.5	660.8	7.2	5.9	0.8	3.3	1003.3	385.3	7.6	5.9	148.5	0.7	0.6	10.3	1.0	4.2	200.9	3.2	112.4	11.4	61.9	6.4	154.1
56歳未満	47.5	254.1	2002.7	255.5	144.5	629.2	6.0	6.4	0.8	2.2	927.6	427.4	17.1	8.7	103.0	0.4	0.8	11.3	1.0	9.1	183.3	4.0	80.3	8.0	62.8	2.5	119.1
57歳以上	53.6	277.0	2059.8	226.1	143.3	635.6	5.0	6.3	0.8	2.5	377.6	490.3	4.4	5.2	148.9	0.7	0.7	12.4	1.1	1.6	186.9	4.6	130.1	11.4	40.6	5.9	134.5
58歳未満	53.4	272.7	2286.6	394.8	139.2	707.6	4.5	5.4	0.7	2.4	124.8	428.3	0.9	6.8	188.0	0.8	0.8	9.7	0.8	1.6	261.6	4.2	130.4	11.5	50.9	4.6	88.8
59歳以上	48.5	276.1	2010.7	192.0	149.0	668.4	4.8	5.2	0.7	2.9	12.5	420.0	4.9	5.6	129.4	0.5	0.7	16.8	1.2	3.7	170.4	4.5	39.0	9.0	42.2	5.0	136.0
60歳未満	53.9	266.8	2177.6	251.2	204.5	729.5	6.9	7.3	0.8	2.7	2712.1	721.8	0.6	5.3	130.1	0.5	0.7	9.5	0.8	2.0	218.6	4.1	49.1	14.6	62.7	8.1	105.3
61歳以上	51.5	274.7	2273.4	299.1	171.0	633.1	4.7	4.9	0.8	2.4	1118.8	505.8	0.9	7.9	144.5	0.5	0.6	10.4	0.6	1.2	179.7	3.2	57.6	11.1	53.1	7.3	101.5
62歳未満	52.8	267.8	1932.6	262.9	142.2	663.6	6.4	8.2	0.9	2.5	25.1	644.8	2.1	6.8	170.9	0.6	0.9	8.5	0.9	1.8	205.5	4.6	74.0	13.3	67.1	6.0	130.9
63歳以上	53.0	267.7	2090.1	302.3	135.5	659.6	5.2	5.0	0.6	2.1	338.9	408.5	9.7	7.0	214.4	0.6	0.9	7.6	0.7	3.3	256.5	4.0	97.2	9.8	125.0	4.9	96.5
64歳未満	54.0	253.4	2198.3	327.8	176.0	758.9	5.9	6.1	0.9	3.1	38.1	510.9	4.8	7.9	255.0	0.8	0.7	12.6	1.2	3.5	227.1	4.5	76.8	8.4	50.9	4.0	182.9
65歳以上	52.4	266.5	1548.9	278.3	178.7	617.2	5.9	8.7	0.9	2.8	15.4	327.7	1.0	5.0	120.1	0.6	0.6	10.7	0.8	1.5	173.9	3.4	49.5	11.1	89.6	3.4	130.7
66歳未満	50.6	266.7	2188.4	240.7	182.1	691.4	5.4	5.8	0.9	3.0	28.0	476.6	4.2	5.9	170.3	0.7	0.8	14.5	1.2	9.6	263.0	3.8	91.6	11.0	140.5	4.8	134.3
67歳以上	53.6	265.3	2148.6	284.2	195.1	672.7	5.3	7.0	0.8	2.9	17.7	399.8	1.3	4.4	178.6	0.8	0.7	10.6	1.0	1.1	203.9	4.1	64.4	8.6	35.0	7.2	138.3
68歳未満	52.5	266.4	2384.8	336.3	157.4	709.5	5.3	5.7	0.8	2.1	1154.0	490.1	0.9	7.3	167.3	1.3	0.7	8.9	0.9	1.3	175.8	3.6	67.3	10.8	31.4	4.3	80.0
69歳以上	51.6	263.7	1596.5	240.2	157.1	693.9	5.8	7.4	0.8	2.6	1285.9	329.6	1.3	5.7	148.2	0.5	0.6	7.9	0.9	2.1	187.0	3.8	52.4	9.0	49.3	4.3	182.2
70歳未満	53.5	252.1	2089.6	271.9	149.6	709.6	4.3	4.3	0.6	2.1	2653.1	423.0	7.6	7.7	116.8	0.6	0.6	10.4	0.8	3.6	163.3	4.5	56.4	9.4	88.4	5.9	81.7
71歳以上	49.9	259.2	2070.5	369.7	136.0	580.3	4.9	4.5	0.7	2.0	780.6	418.7	5.4	5.5	102.6	0.4	0.7	10.8	0.7	3.3	207.1	3.4	45.1	11.0	99.8	2.9	99.8
72歳未満	53.8	257.3	1965.5	275.9	134.3	739.7	4.6	5.7	0.7	2.2	1492.8	472.3	2.3	5.6	145.0	0.6	0.8	8.6	0.8	2.2	211.5	4.3	73.4	7.6	69.6	4.4	135.9
73歳以上	48.8	272.1	1911.8	359.3	169.4	755.7	4.5	5.4	0.9	2.9	1366.4	355.9	16.9	7.0	132.1	0.5	0.7	9.5	1.0	4.5	213.5	4.2	51.2	10.3	51.3	3.3	123.3
74歳未満	54.0	279.8	1779.0	226.8	168.3	565.2	5.6	7.0	0.7	2.4	130.1	347.3	1.2	4.8	105.6	0.7	0.7	9.4	0.8	1.4	171.1	3.6	46.7	9.8	42.7	6.6	88.5
75歳以上	50.5	262.5	1860.6	245.5	135.9	622.2	4.5	5.3	0.6	2.4	2641.2	380.0	0.8	5.0	190.5	1.3	0.6	14.5	0.9	1.2	214.8	3.6	74.1	3.0	36.3	6.4	87.5
76歳未満	49.8	262.6	2197.9	348.4	184.8	656.1	6.0	7.2	0.9	2.7	2268.0	261.1	0.9	4.6	133.8	0.9	0.6	11.1	0.9	1.8	192.2	3.7	66.9	9.5	55.6	9.4	169.0
77歳以上	51.9	265.9	2037.4	309.6	161.9	672.1	5.5	6.1	0.8	2.6	1054.8	478.2	4.2	6.1	153.0	0.7	0.7	10.8	0.9	4.1	208.1	4.0	72.4	10.4	65.3	5.3	123.9
78歳未満	2.0	8.1	166.7	64.7	21.0	47.4	1.0	1.0	0.1	0.5	925.4	159.4	4.5	1.1	37.0	0.2	0.1	2.1	0.2	6.2	34.6	4.0	24.9	1.8	24.9	1.7	28.1
79歳以上	33.3(DG)	1873(DG)	600(EAR)	700(RDA)	350(RDA)	7.5(RDA)	10(RDA)	0.9(RDA)	4(AI)	130(RDA)	850(RDA)	5.5(AI)	6.5(AI)	150(AI)	1.3(RDA)	1.5(RDA)	14(RDA)	1.4(RDA)	2.4(RDA)	240(RDA)	5(AI)	100(RDA)	20(DG)	30(RDA)	10(AI)	25(RDA)	50(AI)

表9より、軽症用献立において摂取量が十分であるといえる栄養素は脂質、炭水化物、ナトリウム、ビタミンE、ビタミンK、ビタミンB12、セレン、モリブデンの8種で、表10より、中等度用献立における摂取量が十分であるといえる栄養素は脂質、炭水化物、ナトリウム、ビタミンK、ビタミンB12、セレン、モリブデンの7種であった。その他の栄養素は欠乏する日がいづらか存在するが、特にカルシウム、ビタミンB2、食物繊維やクロムはいずれの日においても摂取基準量を満たさないため、常に欠乏状態である。また、ヨウ素の摂取量はばらつきが大きい。ヨウ素は海産物に多く含まれているため、食材に海産物や出汁を用いている献立と用いない献立があり、献立の組み合わせによってばらつきが大きくなったと考えられる。

また、昼食と夕食の献立の組み合わせを変えた場合の食事療法基準の範囲内に収まる献立組み合わせ数について調査した結果、軽症では784通り(28×28通り)中484通り、中等度では317通りであった。よって、各日毎に設定されている献立の組み合わせだけでなく、食事療法基準を考慮した上での組み合わせの自由度は確保されていると言える。

4. 食事療法の長期実践支援手法

本章では、慢性腎臓病の食事療法の長期的な実践を支援する提案手法及び、開発するシステムについて述べる。慢性腎臓病の食事療法の実践には様々な問題が残されている。まず、関連研究 [48] で明らかとなっている問題である、計量プロセスについて分析し、結果より解決方法について考察する。次に、開発するシステムに実装する機能について述べる。食事療法を「献立計画」、「調理」、「栄養素管理」の観点から、存在している問題点を明らかにし、各問題点を解決する方法及び解決するための機能について述べる。

4.1 計量プロセスの分析

食事療法実践の際の調理における負担が大きいプロセスは計量プロセスである。計量プロセスが負担である要因は、時間がかかる点であることが明らかとなっている [48]。更に、食事療法における調理時の計量と一般食における調理時の計量との負担の違いは、量り間違いを防ごうと意識する精神的負担が大きい点である。厳密な栄養素摂取量管理が求められる食事療法においては、計量時における量り間違いを防ごうとするため、一般食の調理における計量より精神的負担が大きくなる。計量プロセスは食材の計量と調味料の計量の2つに分類される。食材の計量における精神的負担軽減としては、目ばかりによる計測が有効であることが明らかとなった。しかしながら、食材の計量と同程度の時間を要する調味料の計量に対する有効な手法は明らかとなっていない。そこで、調味料の計量において負担となる要因を明らかにするため、開発された献立に含まれる調味料について分析する。

4.1.1 目的

献立に含まれる調味料は様々である。そのため、調味料計量の負担とは特定の調味料の計量に限るのか、全ての調味料の計量に当てはまるのかが明らかでない。そこで、開発された献立で用いられる調味料の計量時間について調査し、各調味

料が献立で用いられる頻度についても調査する。本分析では、献立に用いられている調味料の計量時間及び計量頻度から、調味料計量の負担軽減に有効な手法について考察する。

4.1.2 方法

献立で用いられている調味料は多岐にわたるが、計量方法や特徴が類似している調味料に対する解決方法は共通すると考えられる。そこで、計量方法や特徴が類似する調味料をそれぞれ分類する。調味料計量時間と調味料の頻度調査には、分類した調味料毎に代表となる1つの調味料を用いて調査する。調味料をそれぞれ「顆粒群」、「液状群」、「バター群」、「味噌群」、「チューブ群」の5種類に分類した。

顆粒群：砂糖や抹茶といった形状が顆粒や粉末の調味料。

液状群：オリーブ油や白ワインといった液体の調味料。

バター群：無塩バターとバターの2種類。

味噌群：味噌や卵液といった流動性や粘性の高い調味料

チューブ群：粒マスタードやマヨネーズのように調味料が円筒容器に入っており、スプーンで掬うのではなく、スプーンに注ぐ形式の調味料。

「液状群」、「バター群」、「味噌群」、「チューブ群」の調味料は、計量後に計量スプーンを洗浄する作業が想定される。各調味料を分類した一覧を以下に示す。

顆粒群：塩，砂糖，こしょう，薄力粉，固形コンソメ，粉チーズ，パン粉(粉)，パセリ(乾)，粉ゼラチン，グラニュー糖，粉さんしょう，海苔，かつお節，ごま，きな粉，片栗粉，米，一味唐辛子，すりごま，唐辛子，白玉粉，粉あめ，粉寒天，カレー粉，コーヒー豆，ナツメグ，オールスパイス，抹茶，青のり，顆粒和風出汁，クローブ，ココアパウダー，柚子胡椒，固形ブイヨン

液状群：オリーブ油，白ワイン，低脂肪乳，水，レモン果汁，酒，濃口醤油，出汁，ごま油，酢，メープルシロップ，白ワインビネガー，すだち(果汁)，ポン酢，フレンチドレッシング，オイスターソース，赤ワイン，中濃ソース，めんつゆ，生クリーム，和風ドレッシング，お好み焼きソース，ラー油，中華出汁，生クリーム，牛乳，アーモンドエッセンス，穀物酢

バター群：無塩バター，バター

味噌群：味噌，卵・卵液，テンメンジャン，米味噌

チューブ群：粒マスタード，マヨネーズ，ケチャップ，わさび，はちみつ

計量時間測定の実シミュレーションには、「顆粒群」は塩，「液状群」は水，「バター群」はバター，「味噌群」は味噌，「チューブ群」はケチャップを代表として用いた．

4.1.3 結果と考察

計量時間測定の実シミュレーションでは，分量を小さじ1，試行回数を10回と設定した．計量1回分の動作を以下に示す．

1. 調味料を計量スプーンにのせる．
2. 計量スプーン上の調味料を秤に移す．
3. 小さじ1に該当する分量でなかった場合，1. と2. を繰り返す．
4. 必要であれば計量スプーンを洗淨する．

シミュレーション結果を表11に示す．

表11より，「バター群」と「味噌群」の計量に時間を要する結果となり，「チューブ群」，「顆粒群」，「液状群」の計量は同程度の時間を要する結果となった．「バター群」と「味噌群」の計量に時間を要した原因は，調味料を計量スプーンで掬った後，秤に移す際にスプーンから離れにくく，量り難かったためである．また，「バター群」は計量スプーンで掬う際にある程度の力が必要で，手順3の微調整が困

表 11 調味料の測定シミュレーション (秒)

	顆粒群 (塩)	液状群 (水)	バター群 (バター)	味噌群 (味噌)	チューブ群 (ケチャップ)
	18	16	34	19	14
	10	11	32	23	13
	15	14	40	19	15
	12	13	31	25	16
	17	16	39	21	16
	13	16	33	22	16
	13	13	34	24	15
	13	17	39	19	19
	13	12	41	20	15
	11	12	38	23	14
平均	13.5	14	36.1	21.5	15.3
標準偏差	2.4	2.0	3.5	2.1	1.6

難であったため最も時間を要した。「チューブ群」は「味噌群」と違って容器がチューブ状であるため計量スプーンに乗せやすく、手順3の微調整も容易であったため「味噌群」より時間を要さなかった。計量後、計量スプーンを洗淨する手間がない「顆粒群」が最も計量時間が短かった。

次に、各献立の調味料の計量回数と計量時間に関するシミュレーション結果を図8に示す。図8の左縦軸は調味料の計量回数、右縦軸は計量時間(分)を示し、下軸は1-Lが1日目の昼食、1-Dが1日目の夕食というように各日の献立を示す。

図8より、いずれの献立においても「顆粒群」と「液状群」の計測回数は最低でも全体の約60%以上を占めており、「バター群」、「味噌群」、「チューブ群」の計量頻度は少なかった。このことから、「バター群」や「味噌群」の調味料は計量にある程度の時間を要するが、献立で用いられる回数が少ないため、「バター群」や「味噌群」に着目した手法は有効ではないといえる。次に、献立に用いられる頻度が多い調味料のグラフを図9示す。図9の左縦軸は献立数を示す。

献立に用いられる頻度は上位10の調味料が「顆粒群」または「液状群」に属する調味料であった。最も献立で用いられている調味料は砂糖であり、50の献立で用いられている。慢性腎臓病の食事療法では、エネルギー不足が問題となるため、エネルギー確保のために砂糖が多く献立で用いられていると考えられる。計量回数が多い調味料のグラフを図10に示す。

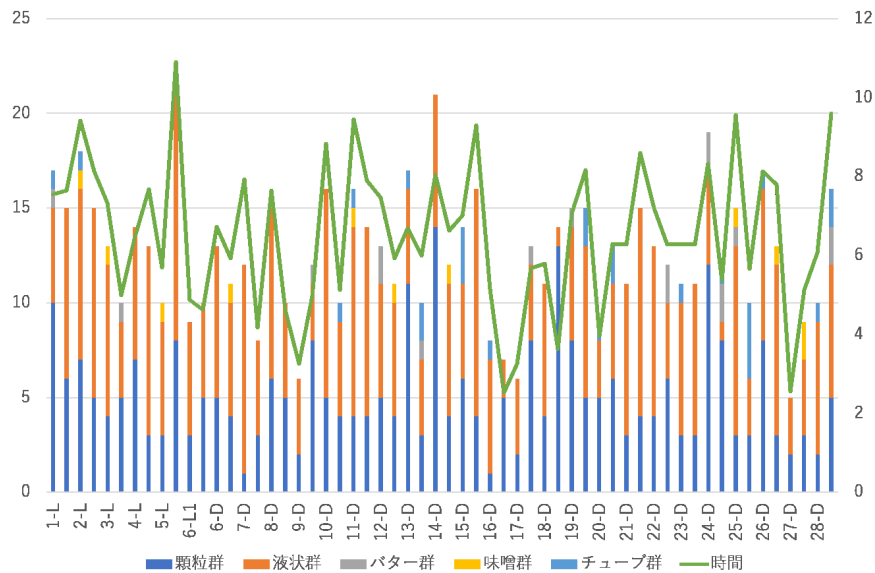


図 8 調味料の計測回数と計量時間のシミュレーション結果

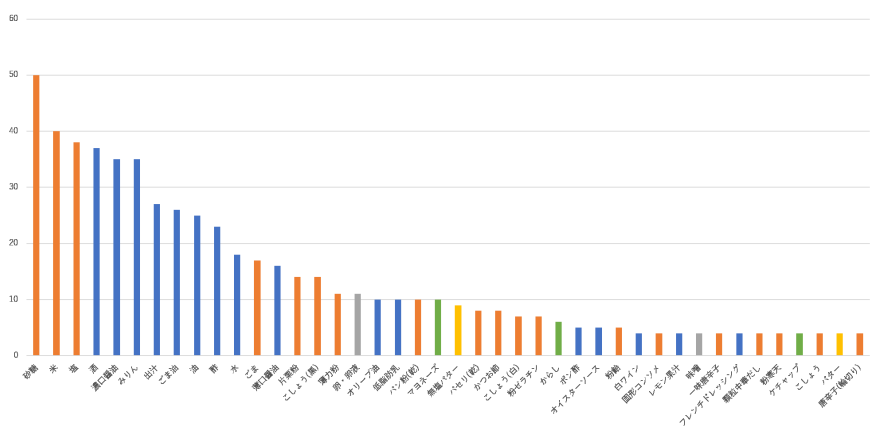


図 9 献立における頻度の多い調味料

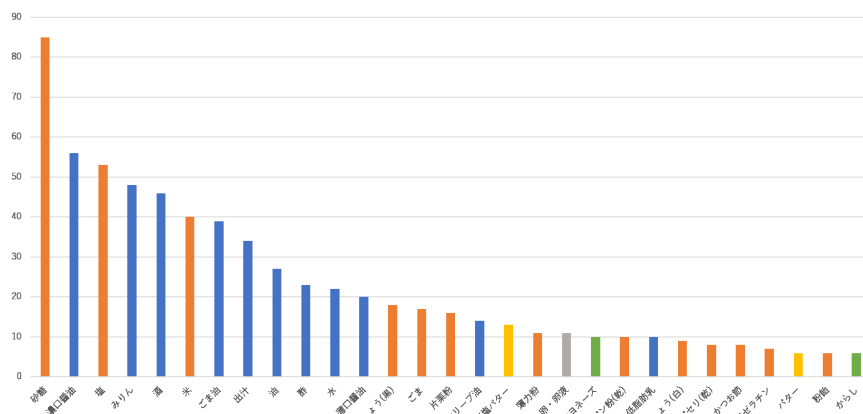


図 10 献立における計量回数の多い調味料

計量回数の総数では砂糖が最も計量されており、次いで濃口醤油，塩であった。

計量回数と計量頻度のシミュレーション結果より、「バター群」、「味噌群」、「チューブ群」の調味料は計量に多くの時間を要するが計量回数と計量頻度が少なく、「顆粒群」と「液状群」の調味料は計量回数や計量頻度が多いことが明らかとなった。よって、「バター群」と「味噌群」と「チューブ群」だけでなく「顆粒群」と「液状群」も含めた，調味料全般に対する有効な手法があれば，計量プロセスの負担が軽減され，調理時の問題解決に結びつくといえる。

4.2 支援システムの設計

現在，慢性腎臓病の食事療法を実施している患者の負担が低減される手法やシステムは実現していない。システム実現には具体的に必要な機能を明らかにする必要があるが，従来，明らかにされてこなかった。そこで，提案システムに実装する機能を明らかにするために，関連研究や調査によって明らかとなった慢性腎臓病の食事療法における問題点を整理した。食事療法の問題点を「献立計画」，「調理」，「栄養素管理」の3つの観点に分類し，各観点における問題点について述べる。調理プロセスを調理前，調理中，調理後のように分けた際，「献立計画」は調理前，「調理」は調理中，「栄養素管理」は調理後に当てはまる。

4.2.1 献立計画

献立計画には4つの問題点が挙げられる。

- 栄養素摂取量管理が複雑なので、食事療法の献立計画は困難である。
- 味付けを変えることが許されず、食事に満足できない。
- 透析食を用いているが経済的負担が大きい。
- 食事療法用献立に、健康時に食べた経験が無い献立ばかりが掲載されている。

まず「栄養素摂取量管理が複雑なので、食事療法の献立計画は困難である。」は、慢性腎臓病の食事療法基準で定められている栄養素の摂取量の管理が困難であるため、これから摂取しても良い栄養素量から、食事してもよい料理が分からないことである。摂取栄養素量の管理が困難であるため、市販の献立本を用いる患者もいるが、献立本に掲載されている献立での食事療法は食事療法基準で定められていない摂取栄養素量が不足する問題があることは明らかとなっている。解決方法として、開発された献立を用い、調理した料理は全て食事するという制約条件の下、献立の栄養素量と患者の状態から食事可能な献立の表示が挙げられる。そこで、システムに搭載する機能として、患者情報・調理記録・献立の栄養素量情報から食事可能な献立を表示する機能を実装する。

「味付けを変えることが許されず、食事に満足できない。」は、従来の食事療法で用いられている献立では、調理者が食材や調味料の分量を変えることを想定していないことが原因である。慢性腎臓病の食事療法基準を順守した献立は、摂取栄養素量に重点を置いているため、患者の好みや患者の家庭の味付けからは乖離する場合が多い。慢性腎臓病の食事療法においては、摂取栄養素量管理が最も重要であるが、その範囲内であれば食材や調味料の調節は可能であり、既に摂取した栄養素量から、味付けのための分量の調節可能な範囲は算出可能であるが、計算が困難であるため実現されていない。人の食事は、単なる栄養素摂取が目的ではなく、社会的・文化的側面を持ち合わせており、家庭で食事した際に家族と美味しい料理を食事することがQOL向上につながる。患者の食に対する嗜好は、食事した際の美味しいと感じる快の感情の積み重ねで形成される[29]ため、摂取

目安量を基に、嗜好に近い味付けが可能な範囲内で実現できるようになることが求められる。システムに搭載する機能としては、患者情報と調理記録から、調節可能な分量を算出し、献立の分量を範囲内に変更できる機能を実装する。

「透析食を用いているが経済的負担が大きい。」と「食事療法用献立に、健康時に食べた経験が無い献立ばかりが掲載されている。」は関連研究 [48] で対応されている問題である。「透析食を用いているが経済的負担が大きい。」は透析食ではなく、開発された献立を用いることで解決される。また「食事療法用献立に、健康時に食べた経験が無い献立ばかりが掲載されている。」は、従来の献立において摂取栄養素量の管理を重視した結果、一般食では用いられない食材や、料理が掲載されるために挙げられる問題点である。この問題も、人気メニューから構成されている開発された献立を用いることで解決される。

4.2.2 調理

慢性腎臓病の食事療法の調理には2つの問題が挙げられる。

- 調理工程における計量は多大な時間を要する上に短縮し難い。
- 計量する値の計算間違い・記憶違い・計量間違いを防ごうとする精神的負担がある。

「調理工程における計量は多大な時間を要する上に短縮し難い。」は、計量プロセスが負担であることが明らかであり、食材の計量と調味料の計量の負担軽減が必要である。食材の計量負担軽減には、目ばかり画像が有効であることが明らかとなっている。よって、システムには献立の分量表示においてg表記だけでなく、目ばかり画像を表示する機能を実装する。調味料計量の負担軽減においては「顆粒群」と「液状群」の調味料に対する手法が必要であることが明らかとなった。まず、全調味料に対する手法として、計量後の計量スプーンの洗浄作業時間を考慮した、最も計量時間が短くなる順番の表示が挙げられる。献立の調味料計量において、計量スプーンの洗浄は多大な時間を要する。そこで、献立の分量表示において、調味料計量時間が最短となる計量数であるスプーンの組み合わせを

表示する機能を実装する。また、制約条件として、計量器具は指定した器具を用いるとする。

「顆粒群」の調味料において、0.1g 単位の微量な計量が必要である。しかし、一般的な計量スプーンを用いた 0.1g 単位の微量な計量は困難である。一般的な市販の計量スプーンは微量な計量を想定しておらず、精度も製品ごとによってばらつきがある [14, 37] ため、食事療法においては不適切である。そのため、計量スプーンは国立循環器病研究センターの「かるしお」食事業 [15] で用いられている計量スプーンを用いる。かるしおスプーンは 0.1ml まで計量可能な計量スプーンである。微量な計量が必要となる調味料は、香辛料や塩、砂糖であるが、いずれもかるしおスプーンで微量な計量が可能である。一方、「液状群」の調味料に対する有効な手法としては、献立に登録されている分量が自動で排出される機器が理想であるが、食事療法に適する機器は実現されていない。献立に登録されている分量の調味料が自動で排出される機器としては、クックパッド株式会社の「OiCy Taste」 [2] が挙げられる。「OiCy Taste」は、クックパッドのレシピを選択するだけで必要な調味料を自動で計量するコンセプトモデルである。「液状群」の調味料計量の負担軽減に関して、「OiCy Taste」の機能は有効であると考えられるが、設置するスペースの問題や衛生面の問題が挙げられる。「OiCy Taste」の大きさに対し、対応する調味料が 4 種類のみであるため、多くの調味料への対応が望まれる。また、調味料の容器を洗浄する観点から、一般的な容器の洗浄より手間がかかる点が考えられる。更に、調味料の注ぎ口の衛生面の問題が挙げられるため、機器の改良が望まれる。計量を自動とする他の方法として、化学分野の実験で用いられる電動マイクロピペット [4] の応用が考えられる。電動マイクロピペットは設定した分量を精密に計量可能で、ピペット 1 つで様々な調味料に対応可能である。また、洗浄が手軽であるため衛生面の問題もない。現在、提案システムと連携可能なデバイスは存在していないが、電動マイクロピペットの活用は有用であると考えられる。

「計量する値の計算間違い・記憶違い・計量間違いを防ごうとする精神的負担がある。」は、食事療法の計量における特有の問題である。一般食の調理における計量においては、厳密な計量は必要でない場合が多いため、調理者の精神的負

担は小さい。しかし、食事療法における計量では、計量の間違ひは避けなければならない。調理者に対して様々な間違ひを防ごうとする精神的負担がかかる。家庭によっては、日によって一緒に食事する人数が異なる場合や、食事する量が異なる場合がある。そのため、調理に必要な分量を毎回計算するが、その際に誤りが発生する可能性がある。また、献立に記載された分量を間違えて記憶して計量してしまったり、計量を間違えないようにしようと意識することが負担となる。そこで、分量表示においてレシピの分量計算の自動化及び、システムとデジタルスケールとの連携で解決する。計量する食材や調味料の分量が、患者状態や食事人数を基に算出して表示される。また、計量に用いられるデジタルスケールとの連携によって、目ばかり画像で推定した食材の重さがシステムに登録されている分量に相当するかどうか容易に把握可能であり、計量値の再確認用としてシステムに用いる。

4.2.3 栄養素管理

栄養素管理には問題点が1つ挙げられる。

- 慢性腎臓病の食事療法基準で定められている栄養素摂取量の把握が困難である。

食事療法では厳密な摂取栄養素量管理が重要である。しかし、毎日摂取栄養素量を記録し続け、過不足や摂取栄養素量の傾向を把握することは困難である。そのため、自動で食事を記録するアプリや、献立本による支援が存在するがそれらには様々な問題点がある。そこで、食事した献立の栄養素量を自動で計算、記録することにより、結果を容易に把握できるようになれば解決する。ここで、システムに搭載する機能は、過去の栄養素摂取量の過不足をグラフ表示する機能である。過去の一定期間における摂取栄養素量を折れ線グラフで表示し、1日における詳細な摂取量を棒グラフで表示する。

5. 実装

本章では、提案システムの構築環境と実装に用いた IC 及び機器について述べる。提案システムの概要図を図 11 に示す。



図 11 システムの概要図

図 11 のように、提案システムをデジタルスケール、アプリ、データベースで構成した。デジタルスケールは、食材の計量値を補助的に確認するための機器としてシステムに組み込むとした。

まず、デジタルスケールについて述べる。デジタルスケールとして、株式会社タニタの製品「KD192」を用いた。本システムにおけるデジタルスケールは、iPad と Bluetooth Low Energy(BLE) で通信し、計量値を iPad に送信する機能を持つ。モジュールを用いたデジタルスケールの回路図を図 12 に示す。

デジタルスケールに組み込んだ回路に用いたモジュールを以下に示す。

- ESP-WROOM-32(以下, esp32)
- TPS63000 昇降圧 DC-DC コンバータモジュール (以下, tps63000)
- HX711 モジュール (以下, hx711)

esp32 は Espressif Systems 社によって製造されている Wifi と Bluetooth が一つのモジュールに収められているワイヤレスモジュールである。日本国内において無線局を開設する場合には、電波法に基づき無線従事者免許証の取得が義務付け

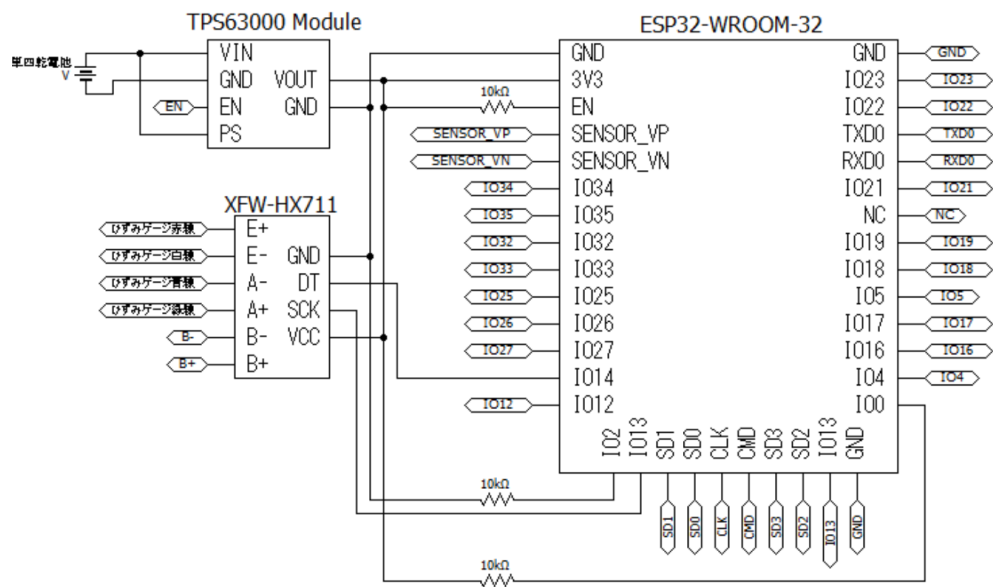


図 12 デジタルスケールの回路図



図 13 esp32 の外観 左:表面, 右:裏面

られているが，esp32 には技適マークがあるため，免許が無い場合においても無線局開設による無線通信が認められる．esp32 の外観を図 13 に示す．

図 14 に，esp32 のピン配置図 [1] を示す．

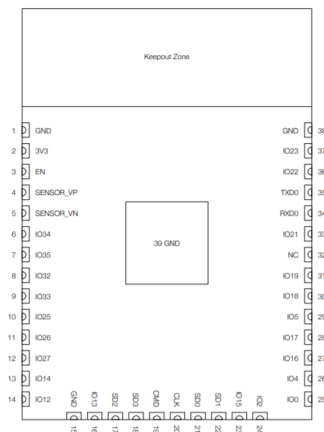


図 14 esp32 のピン配置図 [1]

esp32 には予め，BLE 通信に必要な UUID(Universally Unique Identifier) を登録しておく．アプリでは，登録された UUID に該当する機器を検出して BLE 通信をする．

hx711 はロードセルの抵抗値の変化による電流の変化を測定し，重りで校正することで重さを計量するモジュールである．hx711 の外観を図 15 に示す．

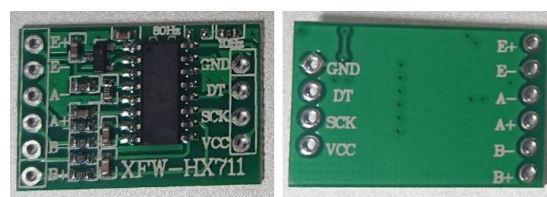


図 15 hx711 の外観 左:表面，右:裏面

ロードセルには赤，白，青，緑の線があり，hx711 の E+，E-，A-，A+ にそれぞれ配線する．DT と SCK は，esp32 の IO13 と IO14 に配線する．

tps63000 の外観を図 16 に示す．

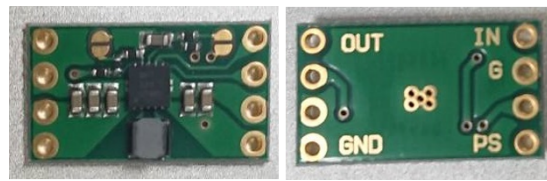


図 16 tps63000 の外観 左:表面, 右:裏面

市販のデジタルスケールは単四電池 2 本で動作するが, esp32 と hx711 の安定した動作には電圧が不十分である. よって, 出力電圧を昇圧する必要があるため, tps63000 を用いて 3.3V まで昇圧する.

アプリには, 「レシピ選択画面」, 「調理画面」, 「栄養素摂取量確認画面」, 「患者情報設定画面」の 4 画面がある. 各画面に実装する機能が第 4 章で述べた解決策に対応する.

レシピ選択画面の例を図 17 に示す.



図 17 レシピ選択画面例

レシピ選択画面では、献立が一覧で表示される。レシピ選択画面の上部にある朝食・昼食・夕食と表示されているタイミングボタンを押下すると、それぞれの食事タイミングに対応する献立の一覧が表示される。レシピ選択画面には「レシピ閲覧モード」と「レシピ仮選択モード」の2つのモードがあり、画面右上のボタンで切り替えが可能である。「レシピ閲覧モード」時に献立を選択すると、選択した献立の調理画面に遷移する。「レシピ仮選択モード」時では、選択した献立の栄養素量を一次的に記憶し、食事療法基準の制限量を基に、その他のタイミングでの食事に望ましい献立において、献立画像の左下に星マークが表示される。

調理画面の例を図 18 に示す。

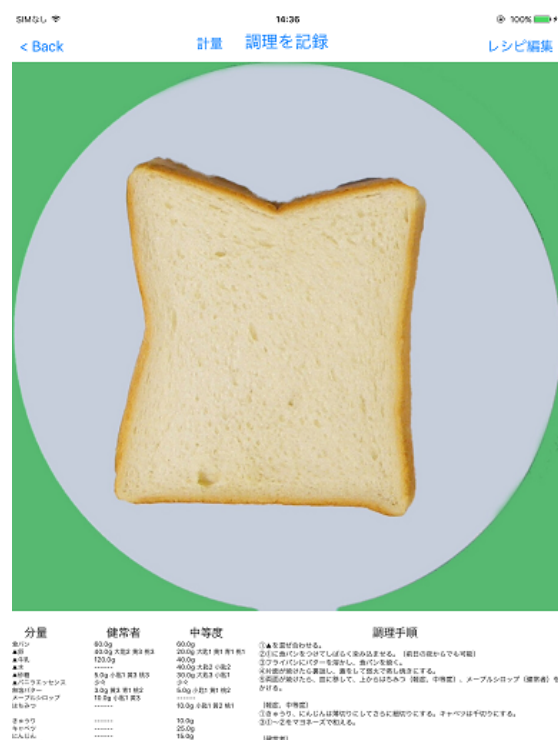


図 18 レシピ画面例

レシピ画面には選択された献立の目ばかり画像、分量及び調理手順が表示される。目ばかり画像をタップすることで、献立に登録されている目ばかり画像の切り替えが可能である。上部の「調理を記録」ボタンをタップすることで、DBに献立を食事したとして記録する。右上の「レシピ編集」ボタンをタップすると、

分量を変更するフォームが表示され、分量を入力することで、システム使用者の
カスタム献立の登録が可能である。レシピ編集時の画面の一例を図 19 に示す。

Carrier 5:44 PM 100%

< Back 計量 調理を記録 レシピ編集

レシピ編集

分量を入力して下さい

レシピ名	レシピ名を入力し...
食パン	60
▲卵	20
▲牛乳	40
▲生	40
▲砂糖	30
無塩バター	5
はちみつ	10
香うり	10
キャベツ	25
じんじん	15
マヨネーズ	10
砂糖	200
砂糖	6

Cancel OK

材料 **健康者** **中程度** **調理手順**

食パン 60.0g
 ▲卵 40.0g A 卵2 黄3 卵3
 ▲牛乳 120.0g
 ▲生 40.0g
 ▲砂糖 30.0g 小卵1 黄3 卵3
 無塩バター 5.0g
 はちみつ 10.0g
 香うり 10.0g
 キャベツ 25.0g
 じんじん 15.0g
 マヨネーズ 10.0g
 砂糖 200.0g
 砂糖 6.0g

中程度
 食パン 60.0g
 ▲卵 20.0g A 卵1 黄1 卵1
 ▲牛乳 40.0g
 ▲生 40.0g
 ▲砂糖 30.0g 小卵1 黄2
 無塩バター 5.0g
 はちみつ 10.0g
 香うり 10.0g
 キャベツ 25.0g
 じんじん 15.0g
 マヨネーズ 10.0g
 砂糖 200.0g
 砂糖 6.0g

調理手順
 ①▲を混ぜ合わせる。
 ②①に食パンをつけてしばらく染み込ませる。(前日の夜からでも可能)
 ③アライナーにバターを塗布し、食パンを置く。
 ④片面が焼けたら裏返し、蓋をして弱火で蒸し焼きにする。
 ⑤時間が経ったら、皿に移して、上からはちみつ(甜粒、中程度)、メープルシロップ(蜜香)をかける。

图 19 分量變更画面例

栄養素摂取量確認画面の例を図 20 に示す.

栄養素摂取量確認画面では、過去1週間の食事療法基準で定められている栄養素の摂取量が折れ線グラフで表示される。折れ線グラフは下軸が日付けを表し、縦軸は充足率を示している。折れ線グラフの表示により、視覚的に過去の摂取栄養素量の把握が容易になると考えられる。ある特定の1日の栄養素摂取量を確認する場合は、該当する日付の折れ線グラフをタップすると、1日の摂取栄養素量が棒グラフで表示される。棒グラフで表示された画面を図21に示す。

棒グラフはエネルギー、たんぱく質、食塩、カリウムの充足率を示す。棒グラフをタップすると、摂取量及び過不足量の具体的な値がテキストで表示される。棒グラフは、摂取量が不足している場合は水色、摂取量が制限範囲内に収まっている場合は橙色、上限値を超過している場合は赤色で表示される。また、図 21 に示す画面右上の「微量栄養素グラフ>」をタップすると、摂取微量栄養素量のグ

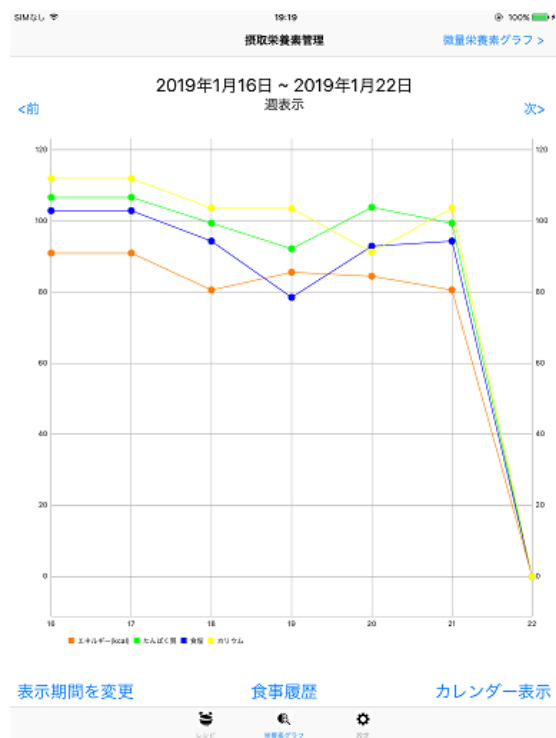


図 20 栄養素摂取量確認画面例

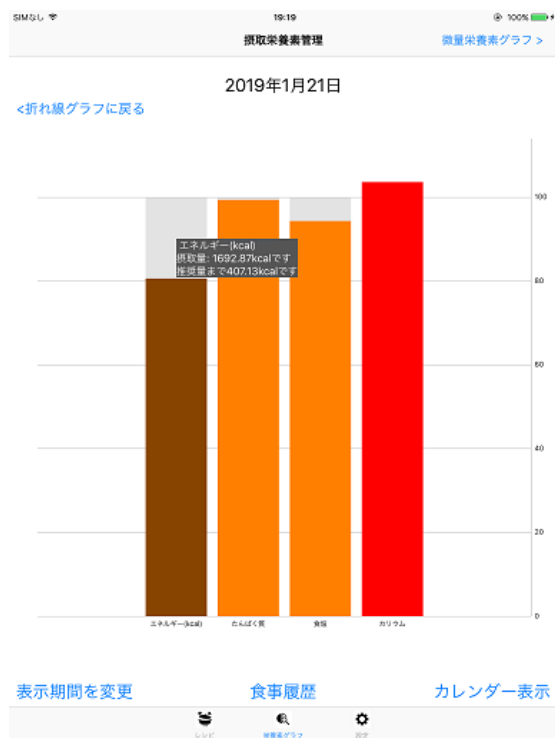


図 21 摂取栄養素量確認画面の棒グラフ

ラフが表示される。摂取微量栄養素量グラフが表示されている画面例を図 22 に示す。

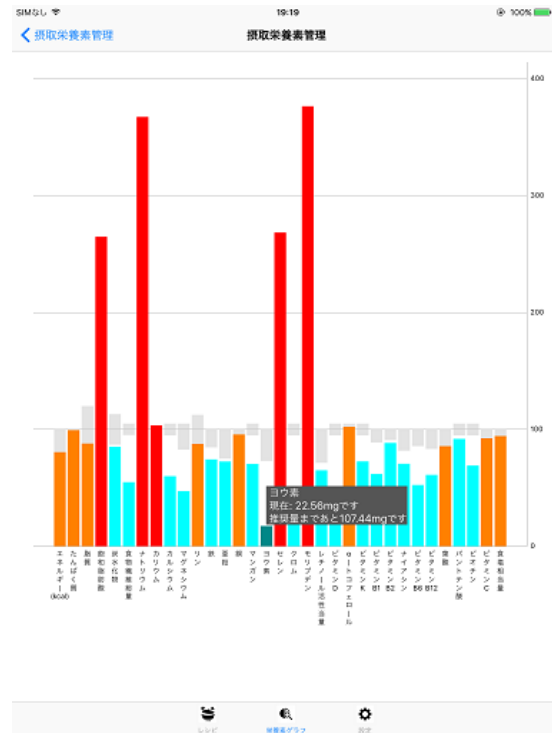


図 22 摂取微量栄養素量グラフ

微量栄養素量グラフでは、慢性腎臓病の食事療法基準及び日本人の食事摂取基準 [20] で基準が定められている栄養素の充足率が示される。各栄養素の摂取量において、折れ線グラフの色が橙色となる範囲に収まることから、栄養素によって範囲が異なる。

患者情報設定画面の例を図 23 に示す.

患者情報設定画面では、「患者と食事をする人数」、「患者の年齢」、「患者の体重」、「患者の症状」、「患者の性別」を設定する．設定項目は、献立の分量表示を患者の家庭毎に適応するために必要であり、また食事可能な献立を表示するために用いる．これらの項目は保存ボタンが押下されるとデータベースに患者情報として登録される．

最後に，データベースについて述べる.

SIM51

19:13

100%

設定

家族人数

5

年齢

68

体重

60.0

CKDステージ

ステージ3a

ステージ3b

ステージ4

ステージ5

性別

男性

女性

保存

ホーム

患者名グラフ

設定

図 23 患者情報設定画面例

- 献立 DB：献立毎に献立 ID と，主食や主菜を分類するカテゴリ ID を割り当てた．献立 ID とカテゴリ ID に対し，各献立で用いる食材の食品番号，食材名，分量，目ばかり画像，調理手順をそれぞれ対応付けた．
- 栄養素量 DB：各献立で用いられている食材の分量と患者の症状に対応した栄養素量を登録した．
- 食事記録 DB：登録された食事記録情報が格納される．食事記録情報は食事した献立 ID と日付及び，朝・昼・夕の食事タイミングである．
- 患者 DB：患者と食事する人数，患者の年齢，患者の体重，患者の症状，患者の性別が格納される．

データベースは MacBook Air 内のサーバーに格納する．apache サーバー及び MySQL サーバーを仮想的サーバーとして構築する．

6. 評価実験

本章では、栄養学の専門家の検査による本システムの主観評価について、方法及び結果について述べる。また、システムに実装した機能のうち、計量スプーンの計量回数表示における表示方法の違いによる計量時間と誤り率について調査し、結果を述べる。

6.1 システム評価

本評価の目的は、提案システムの有効性の検証ではなく、提案システムに実装されている機能及びインターフェースについて栄養学の専門家に是非を問い、潜在的な問題点を明らかにすることである。提案システムには、これまでの調査結果から明らかとなった様々な問題点を解決するための機能が実装されている。ここで、食事療法を実施している患者を対象としたシステムの有効性に関する検証実験の前に、システムに不足している機能や改善箇所の有無を明らかにする必要があると考えられる。そのため、慢性腎臓病の食事療法について熟知している専門家の検査による主観評価によって、提案システムの潜在的な問題点を明らかにし、改善内容について考察する。

6.1.1 方法

まず、栄養学の専門家に対して提案システムについて説明し、各機能及び動作について実演した。その後、専門家にはシステムに自由に触れてもらった。そして、専門家から実際の食事療法の現場での使用を想定した上でシステムの問題点・改善点に関する回答を得た。

6.1.2 結果と考察

最初に、メイン画面の問題点に関する回答を以下に示す。

- レシピ検索を容易にするため、「洋食」「和食」のようなカテゴリ毎に献立を表示する機能が望まれる。

- 操作内容の把握を視覚的に容易にするため、レシピ仮選択モード時にレシピ画像を選択した際、チェックマーク表示ではなくレシピ画像を赤枠で強調するような表示が望まれる。
- レシピ仮選択モード時の栄養素量の過不足を示すアイコンを、栄養素名表示ではなくイラストに置き換え、具体的な栄養素量及びグラフの表示があると望ましい。

提案システムのメイン画面では献立画像を昇順に表示しているのみである。献立画像を全て表示するのは、調理したい献立画像に到達するまでに操作上の負担となる可能性がある。「献立を検索する行為が面倒だと感じる」「献立は探すよりも提案された方が楽になると思う」という報告 [3] もされており、カテゴリごとに献立を表示する機能の実装は必要であると言える。

レシピ選択時のチェックマーク表示は視覚的に把握し難いという指摘は、システム使用者が50～60代であることを考慮すると、選択した状態の把握が容易となる表示が必要であると言える。

栄養素量の過不足を表示するアイコンについても、システム使用者が高齢であることから、イラストを大きく表示する点と同時に棒グラフ及び具体的な数値の表示による栄養素量の過不足を容易に把握可能にすることが必要であると言える。

次に、レシピ画面の問題点に関する回答を以下に示す。

- 目ばかり画像の表示方法に工夫が必要である。
- レシピ編集機能において、分量調節だけでなく新たに食材を登録できるようになると良くなると考えられる。
- 食材及び分量の表示方法に工夫が必要である。
- 調理者の調理時の思考や動作を考慮すると、調理する献立全体に関する材料や調理手順だけでなく、主食や副菜といったカテゴリ毎の表示が望ましい。

目ばかり画像の表示方法に工夫が必要とは、提案システムのレシピ画面において、目ばかり画像の意味や切り替えの操作が、システム使用者にとって理解し難いと考えられる点である。目ばかり画像の切り替え指示や、目ばかり画像に関する説明文を表示するといった改善が考えられる。レシピ編集機能における分量調節機能は、「味付けを変えることが許されず、食事に満足できない」を解決するために実装した機能である。味付けだけでなく、献立に用いる食材も変更・新たな登録を可能とすることで、システムの有用性が向上する可能性があると考えられる。食材及び分量の表示方法に必要な工夫とは、調味料計量に関して計量スプーンで計量する調味料と計量カップで計量する調味料の分類、また、食材の分量表示に関して整数または小数での表示に対する分類である。加えて、提案システムの分量と調理手順の表示箇所は、高齢であるシステム使用者にとって視覚的に把握し易いとは言い難いため、レイアウトを適切に変更する必要があると考えられる。調理する献立全体に関する材料や調理手順だけでなく、主食や副菜といったカテゴリ毎の表示が望ましいとは、調理者の調理時の思考や動作がレシピ画面に表示されている順に対応していないためである。一般的な調理においても、複数の品を調理する際には、複数の工程を同時に進めることが多いため、提案システムにおいて、調理の全工程を1画面に表示するのではなく、各品毎の調理工程や分量の表示が必要であると言える。

摂取栄養素管理画面の問題点に関する回答を以下に示す。

- 微量栄養素量グラフにおいて、重要でない栄養素の摂取量表示は不要である。
- 摂取栄養素量の振り返りを視覚的に容易にするため、充足率 100% 付近の折れ線グラフの色を工夫して設定する必要がある。
- 棒グラフの色の意味について、説明無しで把握できるようにする必要がある。
- 操作負荷軽減のため、カレンダー画面の機能が折れ線グラフの画面にあると良くなると考えられる。

提案システムの微量栄養素量グラフでは、食事摂取基準で定められている栄養素を表示している。しかし、微量すぎるために無視できる栄養素や、健康に生活

するうえで重要でないと判断される栄養素の摂取量表示はシステム使用者の栄養素摂取量管理が困難となるため、表示する優先度の高い栄養素のみを扱うようにする必要がある。折れ線グラフにおいて、摂取量の振り返りを容易にするため、充足率 100% 付近の点の色を変えるとといった、視覚的に把握し易くする必要がある一方で、グラフの色の意味も、説明無しで把握できるように設定する必要がある。そのため、色に関する説明の追加が必要であると考えられる。提案システムには、グラフで栄養素の摂取量を確認し、カレンダーが表示される画面で食事した献立名の確認が可能となるようにしたが、操作負荷を軽減するために、折れ線グラフ内に献立名を表示するといった改良が必要である。

設定画面の問題点に関する回答を以下に示す。

- 家族情報の設定項目に関して、献立が対応次第、詳細な設定が可能となることが望まれる。
- 設定項目の入力内容を指示する文言は、「人数」や「体重」ではなく、「あなたの家族は何人ですか？」や「患者の体重は何キロですか？」というような質問形式にすると良い。

提案システムの家族情報の設定項目は、「家族人数」という項目 1 つのみである。開発された献立における健常者の分量は、表 3 に示した対象者像に対応しており、それ以外の年齢や体重の人には対応していない。献立は、あらゆる家族構成に対応可能となるように現在も開発が進められているため、献立があらゆる家族構成への対応が済み次第、家族情報の詳細な設定項目の追加が必要である。設定項目の入力内容を指示する文言は、「人数」や「体重」ではシステム使用者が理解できない可能性が挙げられるため、質問形式や文章を表示することにより、高齢なシステム使用者が理解し易いようにする必要がある。

最後に、提案システムの総合的な改善点に関する回答を以下に示す。

- システム使用者は高齢であると想定しているため、あらゆる画面において拡大表示が必要である。
- システムに関する詳細な説明無しに、機能や操作に関する判断が可能となるようなインターフェースが望まれる。

提案システムの使用者として想定している年齢層は50代～60代である。50代～60代の視力や目の状態に関して、株式会社オレンジページが50歳以上の男女を対象に実施した「目の健康」に関する調査結果[6]では、「普段から目の健康についてきになることがあるか」という質問に97.2%が「ある」と回答している。具体的には「小さい文字が見にくい」が68.2%であった。そのため、システム使用者も老眼や眼精疲労による視力が低下している可能性が高いことから、拡大鏡機能が必要であると同時に、画面に表示する文字及び画像を大きく表示することが必要であると言え、それらに合わせて表示内容を構成する必要がある。

システム使用者が機能や操作に関して直感的に判断可能となるインターフェースにするには、高齢であるというユーザー特性を考慮したシステム設計が必要であると考えられる。杉本ら[30]は、高齢者の操作上で発生する問題と原因として5つのユーザ特性を定義し、ユーザーインターフェース設計の指針である解決策を示した。ユーザ特性は「視力が低下している」「メタファがたとえているものを推測できない」「UIから操作結果を推測できない」「試行を通しての操作習得が難しい」「画面遷移の把握が難しい」である。各ユーザ特性によって発生する問題として、「視力が低下している」には「文字が小さいため、画面内での特定が出来ない」が挙げられており、解決策を「文字サイズの標準を15～16ptとし、フォントをゴシック、太字に装飾する」としている。「メタファがたとえているものを推測できない」には、問題として「ボタンが意味する機能を理解できない」と「画面内のどれがボタンであるかが分からない」を挙げられており、解決策を「ボタンを押すことで何が出来るかを、ボタン内に文字で説明する。ボタン内にアイコンを表示する場合は、ボタンの外側に文字で説明する。説明は、「文章を選ぶ」など対象と操作内容を合わせて記載する。」及び「ボタンのデザインは複数用意するのではなく、一つのデザインに統一し、複数の画面間で、ボタンの配置は可能な限り共通とする。」としている。「UIから操作結果を推測できない」には、問題として「画面内に送信ボタンや入力ボックスが表示されていても、この画面で何が出来なのか分からず、操作できない。」が挙げられ、解決策として「現在の画面で何が出来なのかを、画面上部に文字で説明する」を挙げている。「試行を通しての操作習得が難しい」には、「行いたいことが行えない」を問題として挙げられており、「操

作結果や、操作によって処理される内容の確認を、ポップアップや画面内に分かりやすく表示する」を解決策として挙げている。最後に、「画面遷移の把握が難しい」には、問題として「色々な画面を表示しているうちに、現在の状態が分からなくなる。」を挙げており、解決策に「一つ前の画面に戻るための操作を、ボタンとして画面何の同じ位置に常に表示させる。搭載する機能を絞り込むことに加え、画面遷移の段階構造を浅くし、操作が完了するまでの画面遷移数、操作ステップを少なくする。」を挙げている。提案システムのユーザーインターフェースは、杉本らが述べたように、システム使用者が高齢者である点を考慮した指針に沿った改良が必要であると考えられる。

上述の回答結果より、慢性腎臓病の食事療法の現場での長期的な食事療法の実践支援及びシステムの検証には、ユーザーインターフェースの改良が必要であることが明らかとなった。

6.2 計量スプーンの計量表示機能の評価

本評価では、提案システムに実装した機能の一つである計量スプーンの計量回数表示機能の有効性について明らかにする。本来であれば、慢性腎臓病患者や、食事療法を実践している調理者を対象とした検証によって各機能の有効性を明らかにするべきではあるが、それには医師や管理栄養士との連携が重要であり、また、検証が長期間にわたるため、短期間でのシステム改善が出来ない。現段階において実環境を想定したシステム評価は困難であるため、健常者を対象とした有効性に関する検証が可能な機能について検証する。検証可能な機能として、「調理」に関する問題を解決する機能である計量回数が最小となる計量スプーンの組み合わせを表示する機能の有効性を検証する。

6.2.1 方法

本評価において、被験者は計量スプーンを用い、献立に示されている調味料を計量する。被験者は奈良先端科学技術大学院大学の学生4名とした。本評価に用いた計量スプーンを図24に示す。



図 24 計量スプーン

計量スプーンには大さじ (15cc) と小さじ (5cc) とかるしおスプーン [15] の 5 つを用いる。各計量スプーンには色が付けられており、15cc のスプーンは白色、5cc のスプーンは橙色、1cc のスプーンは黄色、0.5cc のスプーンは水色、0.1cc のスプーンは桃色である。また、本評価で用いる献立は、1 日目の朝食、昼食、夕食の 3 食とした。計量する調味料は、5 群にそれぞれ属する調味料の代表として「顆粒群」は塩、「液状群」は水、「バター群」はバター、「味噌群」は味噌、「チューブ群」はケチャップを用いた。被験者には計量スプーンの色と該当する計量回数を示し、表示内容を基に計量を進める。計量する分量は 3 人前とした。そして、分量 1 人前のみで計量スプーンの計量回数が表示されている場合と、3 人前を計量するために最小となるように計量スプーンを組み合わせた計量回数が表示されている場合の 2 種類を想定する。表 12 に計量スプーンを用いた各調味料の計量回数を示す。

表 12 各献立の計量スプーン毎の計量回数

番号	調味料	白色 (15cc)	橙色 (5cc)	黄色 (1cc)	水色 (0.5cc)	桃色 (0.1cc)
No.1	味噌	1	0	1	1	1
	水	2	2	0	0	0
	塩	3	1	0	0	0
	バター	0	1	1	0	2
	ケチャップ	0	1	2	0	1
	ケチャップ	0	2	2	0	4
	塩	0	2	0	0	0
No.2	味噌	3	0	4	1	3
	水	8	0	0	0	0
	塩	10	0	0	0	0
	バター	1	0	3	1	1
	ケチャップ	1	1	1	0	1
	ケチャップ	2	1	2	0	2
	塩	2	0	0	0	0
No.3	水	0	0	3	0	3
	塩	0	0	1	1	1
	水	1	0	0	0	0
	バター	0	1	3	0	1
	塩	0	2	0	1	3
	塩	0	0	0	1	1
	塩	0	0	2	0	0
	塩	0	1	0	0	0
	塩	0	0	1	0	0
	水	0	2	2	0	0
	塩	1	0	3	1	2
	ケチャップ	0	0	4	0	2
No.4	水	0	1	4	1	4
	塩	0	0	4	1	3
	水	3	0	0	0	0
	バター	1	1	4	0	3
	塩	2	0	1	2	4
	塩	0	0	1	1	3
	塩	0	1	1	0	0
	塩	1	0	0	0	0
	塩	0	0	3	0	0
	水	2	1	1	0	0
	塩	3	2	0	2	1
	ケチャップ	0	2	2	1	1
No.5	水	0	2	0	0	0
	塩	0	0	0	0	2
	水	0	0	4	0	1
	水	1	0	0	0	0
	水	1	0	3	0	0
	塩	0	2	1	1	1
	水	2	0	3	0	3
	塩	0	2	0	0	0
	水	1	0	0	0	0
	水	0	1	1	0	2
	塩	0	0	0	0	2
No.6	水	2	0	0	0	0
	塩	0	0	0	1	1
	水	0	2	2	0	3
	水	3	0	0	0	0
	水	3	1	4	0	0
	塩	2	0	4	1	3
	水	6	1	4	1	4
	塩	2	0	0	0	0
	水	3	0	0	0	0
	水	1	0	3	1	1
	塩	0	0	0	1	1

No.1, No.3 及び No.5 では朝食, 昼食, 夕食の献立における各調味料の 1 人前の計量回数, No.2, No.4, No.6 は各献立における 3 人前分の調味料の計量回数が最小となるように表示している. また, 慣れの影響を無視するために, 被験者を No.1, No.3, No.5, No.2, No.4, No.6 の順番に計量するグループと, No.2, No.4, No.6, No.1, No.3, No.5 の順番に計量するグループの 2 つに 2 人ずつ分類して検証する. そして, 前半 3 回と後半 3 回の計量の間に 5 分間の休憩を設けた. ここで, 後半 3 回の献立の計量は慣れている状態にあると見なすとした.

6.2.2 結果と考察

No.1 から No.6 までの平均計量時間 (秒) と標準誤差を図 25 に示す.

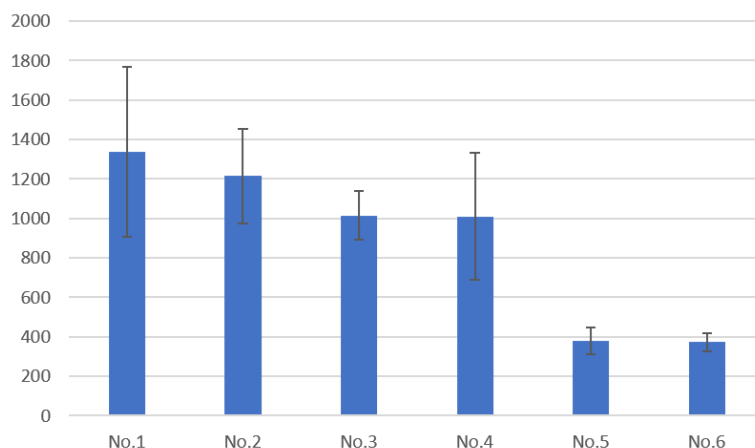


図 25 平均計量時間と標準誤差

図 25 より, 実際の計量回数が最小となるように計量表示回数を表示した No.2, No.4, No.6 の方が No.1, No.3, No.5 より計量時間が短いことが明らかとなった.

次に, 「正しい計量回数 - 計量誤り回数」 / 「正しい計量回数」で算出した正常計量率を表 13 に示す.

いずれの被験者においても, No.1, No.3, No.5 のうち一つ以上の献立における計量において計量誤りがある結果となった. また, No.1, No.3, No.5 の計量時間が No.2, No.4, No.6 の計量時間より短かった場合もあったが, それら全ては

表 13 正常計量率 (%)

	被験者 A	被験者 B	被験者 C	被験者 D
No.1	100.0	95.8	100.0	83.3
No.3	94.1	100.0	98.5	95.5
No.5	100.0	96.7	96.7	96.7

正しく計量されておらず，計量時間が短いほど正常計量率が低い傾向が見受けられた．No.2，No.4，No.6においては，表示されている分を計量するだけで良いため，全体的に計量時間が短縮され，計量誤りも発生しないという結果となった．これらのことから，実際に計量する分量を基に計算し，計量回数を表示する機能は，計量時間の短縮及び誤りの抑止につながり，調味料計量の負担軽減につながるといえる．

7. 結論

本研究では、「献立計画」「調理」「栄養素管理」の各問題点に対する解決方法及び、慢性腎臓病の食事療法の問題を総合的に解決するシステムに必要な機能を明確にし、試作品として食事療法支援システムを開発した。まず、システムに用いる献立に含まれる栄養素量に関する予備調査を行った。その結果、各日毎に設定されている献立の組み合わせだけでなく、食事療法基準を考慮した上での組み合わせの自由度が確保されている点を確認した。次に、システムに実装する機能を明確にするため、「献立計画」「調理」「栄養素管理」の各問題点に対する解決方法を示した。その内、「調理」の問題である計量時の負担において、負担となっている要因を明らかにするための調査を実施した。結果、計量に多くの時間を要する調味料は献立における計量頻度が低く、計量に時間を要さない調味料は頻度が高かったため、特定の調味料に対するアプローチではなく、調味料全般に対するアプローチが必要であることが明らかとなった。そして、各問題点に対する解決方法を考案し、機能としてシステムに実装した。機能の評価及び、開発したシステムに存在する問題点を明らかにするため、栄養学の専門家の検査による主観評価を実施した。結果、実装した機能に関して評価されたと同時に、インターフェースにおいて変更が必要な点が多数明らかとなった。

今後の課題として、慢性腎臓病の在宅食事療法の長期的実践を支援するには、インターフェースに関して指摘を受けた点について改良が必要である。改良の方針として、システム使用者が高齢者である点を考慮した指針に沿う必要があると考えられる。また、実際の食事療法を実践している患者を対象としたシステムの有効性に関する検証が必要である。食事療法は長期的な実践が重要であり、本システムも長期的な支援を目的としている。そのため長期的な検証が必要であり、本システムの有効性が認められた場合には、実際の食事療法の現場において広く普及することが考えられる。また、本システムの有効性が明らかとなった際は、慢性腎臓病のみならず、糖尿病や他の疾患が原因で実践されている食事療法に応用が可能であると考えられる。

謝辞

研究活動のみならず，大学院生活における様々な活動において，ご多忙にもかかわらず貴重な時間を割き，多大なるご指導・ご鞭撻を賜りましたインタラクティブメディア設計学研究室の加藤博一教授に心より感謝申し上げます。副指導教員として貴重なご意見・ご助言をいただきましたユビキタスコンピューティングシステム研究室の安本慶一教授に深く感謝申し上げます。本研究を進めるにあたり，食事療法や栄養に関する専門的なご助言を賜ったとともに，日々激励の言葉をかけてくださり，研究に必要なデータを提供いただきました近畿大学農学部 富田圭子准教授に心より感謝申し上げます。医学的観点から，慢性腎臓病に関する情報をご教授いただきました近畿大学農学部 木戸慎介准教授に心より感謝申し上げます。研究を円滑に進めるうえで，様々なご支援をいただきました計算システムズ生物學研究室 金谷重彦教授に心より感謝申し上げます。研究に使用するデータを提供いただいたほか，研究を円滑に進めるための多大なる貢献をいただきました計算システムズ生物學研究室 森田昌研究員に心より感謝申し上げます。研究室のミーティングにおいて発表に関する多数の貴重なご意見・ご指導をいただきましたエクステンディッドリアリティ研究室(元:インタラクティブメディア設計学研究室)の Christian Sandor 准教授に深く感謝いたします。日頃より鋭いご指摘・ご助言を賜り，気にかけてくださいましたインタラクティブメディア設計学研究室の武富貴史客員准教授に深く感謝申し上げます。発表や研究の進め方においてご指摘・ご助言を賜りましたインタラクティブメディア設計学研究室の Alexander Plopski 助教に深く感謝いたします。数多くのミーティングの機会を下さり，食事・栄養に関するご意見・ご助言をいただきました近畿大学農学部 安岡美紗助手，上西梢助手に心より感謝申し上げます。研究生活を送る上で，非常に多くの面で支えていただきましたインタラクティブメディア設計学研究室 上野真紀子女史，小川暁子女史に深く感謝申し上げます。日頃より，様々な議論やご助言のみならず，多くのご支援を頂きましたインタラクティブメディア設計学研究室の先輩，同輩，後輩の皆様に深く感謝申し上げます。最後に，大学院で学ぶ機会を与えてくださり，日々温かく見守っていただいた家族に心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Esp-32-wroom-32 datasheet. www.espressif.com.
- [2] スマートキッチンサービス「oicy」 by cookpad. <https://oicy.cookpad.com/>.
- [3] 家事と夫婦生活に関する意識調査. https://www.teldevice.co.jp/news_release/2014/press_141120.html.
- [4] 電動マイクロピペット mpa シリーズ【電動ピペット】| 電動マイクロピペット | 試験・計測 (分析機器) | 製品案内 | a&d. <https://www.aandd.co.jp/adhome/products/analytical/mpa.html>.
- [5] 美味しい腎臓病食の全国宅配 | 【彩食健美】. <https://www.sskb.co.jp/kidney.index.htm>. (Accessed on 01/13/2019).
- [6] 目の健康. https://www.orangeage.net/attachments/uploads/top_informations/attachment/0000000133/20170711143554.pdf.
- [7] Jessica K. Bartfield, Victor J. Stevens, Gerald J. Jerome, Bryan C. Batch, Betty M. Kennedy, William M. Vollmer, David Harsha, Lawrence J. Appel, Renee Desmond, and Jamy D. Ard. Behavioral transitions and weight change patterns within the premier trial, Aug 2011. 21455122[pmid].
- [8] I-Ru Chen, Su-Ming Wang, Chih-Chia Liang, Huey-Liang Kuo, Chiz-Tzung Chang, Jiung-Hsiun Liu, Hsin-Hung Lin, I-Kuan Wang, Ya-Fei Yang, Che-Yi Chou, and Chiu-Ching Huang. Association of walking with survival and rrt among patients with ckd stages 3–5. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, Vol. 9, No. 7, pp. 1183–1189, 2014.
- [9] JoAnn M. Gleeson-Kreig. Self-monitoring of physical activity. *The Diabetes Educator*, Vol. 32, No. 1, pp. 69–77, 2006. PMID: 16439495.
- [10] Ronald C Kessler, Gavin Andrews, Lisa J Colpe, Eva Hiripi, Daniel K Mroczek, S-LT Normand, Ellen E Walters, and Alan M Zaslavsky. Short

screening scales to monitor population prevalences and trends in non-specific psychological distress. *Psychological medicine*, Vol. 32, No. 6, pp. 959–976, 2002.

- [11] Joel D. Kopple, Francisco J. Monteon, and John K. Shaib. Effect of energy intake on nitrogen metabolism in nondialyzed patients with chronic renal failure. *Kidney International*, Vol. 29, No. 3, pp. 734 – 742, 1986.
- [12] Andrew S. Levey, Kai-Uwe Eckardt, Yusuke Tsukamoto, Adeera Levin, Josef Coresh, Jerome Rossert, Dick D.E. Zeeuw, Thomas H. Hostetter, Norbert Lameire, and Garabed Eknoyan. Definition and classification of chronic kidney disease: A position statement from kidney disease: Improving global outcomes (kdigo). *Kidney International*, Vol. 67, No. 6, pp. 2089 – 2100, 2005.
- [13] 多留ちえみ, 宮脇郁子, 矢田真美子, 宮田哲, 木戸良明, 井上朋子, 谷口洋. 2型糖尿病患者の食事療法負担感尺度の開発. *糖尿病*, Vol. 48, No. 6, pp. 435–442, 2005.
- [14] 上田フサ, 松本伸子, 松葉ふく子. 調理における計量について (第1報): 計量スプーンによる塩の計量. *日本家庭科教育学会誌*, Vol. 19, pp. 59–63, 1976.
- [15] 村井一人, 河野雄平. 美味しい減塩食の開発と普及 ～国循のかるしお事業について～. *血圧*, 2015.
- [16] 荒金英樹. Qol を高める食支援. *静脈経腸栄養*, Vol. 29, No. 3, pp. 851–856, 2014.
- [17] 宮本佳代子. 腎臓病 たんぱく質 40g の献立集. 女子栄養大学出版部, 2011.
- [18] 洋子宮地, 弘美佐々木. 『研究ノート』調理における計量に関する研究: 食品重量の目測について. *仙台白百合女子大学紀要*, Vol. 4, pp. 67–75, 2000.
- [19] 北村圭吾, 山崎俊彦, 相澤清晴. 食事ログの取得と処理ー画像処理による食事記録ー. *映像情報メディア学会誌*, Vol. 63, No. 3, pp. 376–379, 2009.

- [20] 厚生労働省. 「日本人の食事摂取基準 (2015 年版)」 策定検討会報告書, 2014.
- [21] 厚生労働省. 平成 28 年度 国民医療費の概況, 2018.
- [22] 朱理広瀬, 陽子乾, 麻衣木下, 拓次石川, さつき久保, 峰子福永. 目ばかり・手ばかりによる食品重量推測に関する研究. 鈴鹿短期大学紀要, Vol. 35, pp. 125–132, mar 2015.
- [23] 児玉浩子. わが国の臨床医学・医療での微量元素に関する最近の動向と今後の課題. 日本衛生学雑誌, Vol. 73, No. 1, pp. 75–82, 2018.
- [24] スミ子山本, 詳子逢澤, 美智代岡, 隆保平良, 一成吉田, 豊昭内田, 忠雄遠藤, 志郎馬場, 糾酒井, 英雄日台, 透兵藤, 智佳細野, 晴子奥田, 志津子渡瀬, 美貴杉本, 洋子井野口, 千鶴子菊地, 芳子佐藤. Kidney disease quality of life (KDQOL), 自己決定尺度, 食事に関する自己効力を用いた患者支援 第 1 報. 日本透析医学会雑誌, Vol. 33, No. 5, pp. 339–345, 2000.
- [25] 文部科学省 科学技術・学術審議会資源調査分科会. 日本食品標準成分表 2015 年版 (七訂). 文部科学省, 2015.
- [26] 中尾俊之. 腎臓病食品交換表による三連カードでらくらく選べる腎臓病・透析の献立. 医歯薬出版, 2009.
- [27] 奥本真史, 要田裕子, 北村智樹, 近森正和, 中西紀男. 微量元素欠乏における問題点の考察. 日本農村医学会雑誌, Vol. 60, No. 4, pp. 548–554, 2011.
- [28] 北村真理, 堀内幸子, 塚田定信, 藤原政嘉, 岡村幹夫. 非糖尿病性慢性腎不全患者における栄養食事療法により腎機能が安定化した事例. 栄養学雑誌, Vol. 60, No. 1, pp. 25–28, 2002.
- [29] 真部真里子. 家庭の味付けが塩味嗜好形成に及ぼす影響 -味噌汁の呈味調査から-. 日本家政学会誌, Vol. 54, No. 2, pp. 163–170, 2003.

- [30] 杉本圭優, 柵富雄. スマート端末によるモバイルクラウドスマートフォンにおける高齢者向けユーザインタフェース設計の取り組み. Technical Report 12, Intec Technical Journal, 1 2012.
- [31] 黒川清, 中尾俊之, 小沢尚, 酒井謙. 腎臓病食品交換表 第9版 治療食の基準. 医歯薬出版株式会社, 2016.
- [32] 政金生人, 谷口正智, 中井滋, 土田健司, 和田篤志, 尾形聡, 長谷川毅, 濱野高行, 花房規男, 星野純一, 後藤俊介, 水口潤, 山本景一, 中元秀友. わが国の慢性透析療法の現況 (2016年12月31日現在). 日本透析医学会雑誌, Vol. 51, No. 1, pp. 1–51, 2018.
- [33] のぞみ盛岡, 亜希佐々木, 真弓繁田, 元土加藤, あかね山崎, 公子弘津, 章子乃木, 祐二長坂. 自発的なセルフモニタリングの継続が生活習慣改善プログラム終了後の減量維持に与える影響. 山口県立大学学術情報, Vol. 6, pp. 95–101, mar 2013.
- [34] 小島誠也, 富田圭子, 木戸慎介, 森田晶, 金谷重彦, 稲村真弥, 上西梢, 武富貴史, 山本豪志朗, サンドアクリスチャン, 加藤博一. 在宅食事療法の栄養素情報の分析と動的な献立計画支援手法の提案 (マルチメディア・仮想環境基礎). 電子情報通信学会技術研究報告 = IEICE technical report : 信学技報, Vol. 115, No. 495, pp. 43–48, mar 2016.
- [35] 全国腎臓病協議会, 日本透析医会, 統計研究会 (編). 血液透析患者実態調査報告書 : 全国腎臓病協議会、日本透析医会、統計研究会の共同調査. 全国腎臓病協議会, 2018.
- [36] 清晴相澤, 誠小川. ウェルネスのための ict : 7. セルフモニタリングのための画像を用いた食事記録ツール : foodlog. 情報処理, Vol. 56, No. 02, pp. 171–175, jan 2015.
- [37] 伊藤知子, 上野龍司. 形状の異なる計量スプーンの精度の比較. 日本調理科学会大会研究発表要旨集, Vol. 24, p. 113, 2012.

- [38] 光江中村. 慢性腎臓病看護の動向に関する文献的考察. 日本赤十字九州国際看護大学 intramural research report, Vol. 8, pp. 43–52, mar 2010.
- [39] 友子日比野, 順子深田, やよい鎌倉. 慢性腎臓病患者の食事療法に対する自己管理行動アセスメント指標の開発. 日本看護研究学会雑誌 Journal of Japan Society of Nursing Research, Vol. 37, No. 5, pp. 1–10, dec 2014.
- [40] 日本腎臓学会. CKD 診療ガイド 2012. 日本腎臓学会誌, p. 6, 2012.
- [41] 日本腎臓学会. 慢性腎臓病に対する食事療法基準 2014 年版. 日本腎臓学会誌, Vol. 56, No. 5, pp. 553–599, 2014.
- [42] 日本糖尿病学会. 科学的根拠に基づく糖尿病診療ガイドライン 2013. 南江堂, 2013.
- [43] 日本糖尿病学会. 糖尿病診療ガイド 2014-2015. 文光堂, 2014.
- [44] 日本臨床腎移植学会・日本移植学会. 腎移植臨床登録集計報告 (2017) 2016 年実施症例の集計報告と追跡調査結果. 移植, Vol. 52, No. 2-3, pp. 113–133, 2017.
- [45] 農林水産省. 親子で一緒に使おう！ 食事バランスガイド. 農林水産省.
- [46] 島居美幸. 食事療法継続のために必要なこと. 昭和医学会雑誌, Vol. 70, No. 2, pp. 131–135, 2010.
- [47] 飛田美穂, 藤井穂波, 佐藤威. 慢性腎不全患者の微量栄養素に関する検討. 日本腎臓学会誌, Vol. 36, No. 6, pp. 740–745, 1994.
- [48] 渡部佑紀. 平成 29 年度卒業論文慢性腎臓病患者の qol 向上を目的とした在宅栄養ケア支援プログラムの開発～調理負担軽減を目指した調理作業工程の工夫及びその評価～, 2018.
- [49] 瀬戸隆志, 小山裕代, 三間啓代, 四方里美, 高木千恵子, 加藤星河. デジタルカメラを用いた栄養指導の工夫. 糖尿病, Vol. 42, No. 10, pp. 863–866, 1999.