

研究課題名

データ駆動型個別化栄養ープレシジョン栄養学ーの実践プラットフォームの構築

研究代表者

小田裕昭 名古屋大学大学院生命農学研究科栄養生化学

1. 概要

美味しく健康的で、ライフスタイルにあった食事が無理なく食べられる栄養学が「プレシジョン栄養学」である。オミックス生物学に加え、他のビッグデータを使って個別化して、その人にあった食事を提供するデータ駆動型個別化栄養である。しかし、これまでの個別化法は費用と手間がかかるものであった。予防医療では、低コストが求められている。私たちは、比較的安価で利用可能なデータを活用した個別化法を開発してきた。本研究では、さらに簡単に個別化が行えるようにして、普通の生活で利用できるように試みた。一方、個別化技術に比べ、食事の提供（介入）・フィードバック（評価）のシステムは手つかずであった。本研究では、評価方法を新たに作成して、デジタルデバイスで利用できるようにした。さらに、メニュー提案に必要なデータベースの構築のため多彩な健康食を作成した。

2. 背景と目的

生活習慣病やメタボリックシンドローム（メタボ）は、多くの対策が講じられてきたにも関わらず、一部の疾患の減少はあったものの全体としてはむしろ増加している状況である。これは、平均寿命が伸びたことが大きな要因でもあるが、従来の介入方法が十分ではなかったことも示している。どちらも食事と深い関連のあるものであり、食品栄養学的な介入が鍵となる。栄養が不足していた時代の「不足の栄養学（不足に対応した栄養学）」では、栄養素を充足させる食事を提供することで解決することが多かった。しかし、「過剰の栄養学（過剰に対応した栄養学）」では、一律な介入が難しい。世界各国で、集団に対応させた食事ガイドラインが策定され、日本では「日本人の食事摂取基準」が策定されてきた。これはガイドラインを個人に一律に指導するものであり、「不足の栄養学」では非常に有効な手段として成功を収めてきた。しかし「過剰の栄養学」では、食事ガイドラインの有効性には疑問が呈されるようになった。さらに、現在の特定健診や特定保健指導が、体重低下や心血管疾患の低減に有効でないことが報告された。年に一度の特定健診やそのときだけの特定保健指導には限界が示されるようになった。それぞれの人にいつも寄り添い最適な食事を提案する持続可能なプレシジョン栄養学が求められるようになった。

個別化栄養学であるプレジジョン栄養学では、まず個人を特定して、その人の特性（体質）に合ったメニュー提案をして、実際にどれだけ実践できたか評価する。そしてその結果をさらにメニューに反映するという、プレジジョン栄養学実践サイクルを回すことになる。実際には、オミックス生物学などの網羅的解析で得られたビッグデータや身体検査、質問紙の情報を個別化することから始まる。個別化方法には、オミックス生物学や健診データの他にもウェアラブルデバイスのリアルタイムモニタリングシステムのデータも利用される。プレジジョン医療では、オミックス生物学のデータが注目されている。しかし、予防医療の栄養学においては、費用と労力がかかるため現実的に難しいことが指摘されている。そこで、主に健診データやウェアラブルデバイスを使ったデータによる個別化法を開発する必要がある。次にその個別化データを人工知能などが解析する。そして、その人に最適な食事を提供することになる。健康な人の食事は、自由に選択されることが前提になり、緩やかな介入となり、実際に健康食を提案されたとしても、それがどれだけ遵守されているか評価する必要がある。そして、提案と実際に食べたものとの差分は次のメニューに反映されるという流れが必要になる。そこで、食事の評価法が重要となってくる。すでにベンチャー企業を始めいくつかの会社が新しい方法を提案している。私たちも、次の健康食の提案に結びつく、栄養素評価ができる食事評価法の構築が必要だと考えた。

3. 結果と考察

A. 個別化法の開発

未病の人を対象とするプレジジョン栄養学では、情報の入手を無理せず労力をかけずに継続的にできなければいけない。高価で時間のかかるオミックス生物学は費用対効果のバランスが良くない。私たちは、身体検査と健診データをもとに個人の特性を明らかにして個別化する方法をすでに確立している（Web アプリケーション（アプリ）「N式パーソナル食事摂取基準（2015年版）」（図1）。本研究では、より多くの人にとってもっと使用しやすくなるようにスマートフォン（スマホ）に移植した。日本人の食事摂取基準は5年に一度見直されるため、最新の2020年版に準拠したスマホアプリ「N式パーソナル食事摂取基準（2020年版）」を作成した



図1 Web版「N式パーソナル食事摂取基準(2015年版)」Webブラウザを開いて、基本データを入力すると「日本人の食事摂取基準(2015年版)」が算出される。次に健診データを入力するとその人に最適な栄養素が算出される。これを個人対応栄養素基本テーブルと呼ぶ。

(図2)。これにより、携帯しているスマホを使ってすぐに自分に最適な栄養素を計算できることになる。今後これをスマートウォッチと連携させるつもりである。

私たちはこれまで時間栄養学の研究を行ってきており、食事のタイミングが私たちの健康に重要であることを示してきた。体内時計は、一度リセットするとしばらくそのまま回るような、中短期的な体質であることがわかってきた。そして、それが長く続くと固定された長期的な体質になっていくこともわかってきた。一方、心拍、呼吸、心電図など多くのリズムがすでに計測されてきており、体の中にあるたくさんのリズムの総体を「リズムーム」を呼ぶことで、体のリズムから個別化できることが推測されるようになってきた。本研究では、時間栄養学的アプローチによる精密な個別化をさらに推し進めた。すでに作成した体内時計を推測するスマホアプリ「時間栄養学時計」をアンドロイドOSの最新版(Ver13)に対応させた

(図3)。そして、スマートウォッチからの入力を可能にしたシステムを構築した。さらに、今後N式パーソナル食事摂取基準と連携できるようにもした。

また、プレジジョン栄養学のシステムが稼働した場合でも、それが三日坊主にならないために、持続的に使用してもらうためには、別な工夫が必要である。対象は未病の健康な人である。普通の生活において食は、美味しさであり、楽しみであり、また文化的でもある。つまり食べること自身が楽しみに直結している。そこで健康や栄養は見

N式パーソナル食事摂取基準(2020年版)スマホアプリ版



図2 本研究で開発したスマートフォン版「N式パーソナル食事摂取基準(2020年版)」

スマートフォンのアプリをタップして、基本データを入力すると「日本人の食事摂取基準(2020年版)」が算出される。次に健診データを入力するとその人に最適な栄養素が算出される。これを個人対応栄養素基本テーブルと呼ぶ。どこでも簡単にアクセスできる。

「時間栄養学時計」で推測できる体内時計



図3 最新OSに対応した体内時計推測スマートフォンアプリ「時間栄養学時計」

最新のAndroid OS(Ver13)に対応させた、体内時計推測アプリをN式パーソナル食事摂取基準と連携できるようにしてある。さらに、スマートウォッチと連携して入力できるようにした。

そこで健康や栄養は見

えないところ支える基盤であるが、表向きは楽しみを演出するゲーム性、もしくはエンターテインメント性のあるものが必要であると考えている。今回、その健康システムを楽しみに変える試みとして、時間栄養学時計のデジタルツインアプリケーションの開発も行った。デジタルツインは、サイバー空間にリアルな世界を構築して、そこで行ったシミュレーションをリアルな世界にフィードバックさせる考えである。その人間版である、ヒューマンデジタルツイン戦略も想定されてきている。今回はサイバー空間にリアルの世界を再現するというより、メタバースのような擬似空間に自分自身のアバターを生活させてシミュレーションすることを考えた。昔流行った「たまごっち」も現在の最新版（「たまごっちユニ」）ではメタバースに行けるようになり（タマバーズ）、擬似空間にも行くペットを育てるゲームである。今回、自分自身のアバターをスマホ内のメタバース空間に住まわせて、体内時計などの体質情報を入力するたびに褒められたり、体質である体内時計が乱れると元気がなくなるというアプリケーションを作成した。現時点ではまた改良が必要なアプリケーションではあるが、これまでにないエンターテインメント健康アプリケーションである。

B. 栄養介入プラットフォームの確立

現在、個別化した人に対して健康食を提案するシステムは全くない。現在私たちはそのアルゴリズムを作成中であり、以前作成した「食事摂取基準完全準拠食」のノウハウを言語化して、プログラムに落とし込む作業をしている。さらに、メニューを提案するにあたり、食事のデータベースが必要である。そのデータベースには美味しさや食材の旬のデータなど多くの情報が必要であり、さらにすべての栄養素情報ならびに他の食事との組み合わせ情報も必要である。これまでは、主に健康食に焦点をあててメニューづくりをしていたが、今回は普通の食事も含めるようにした。さらに、食物繊維が豊富な黄色えんどう豆由来の Pasta を主食のかわりに使用した場合の食事を考案し、データベースに加えている。また、それを加えた食事を1日の何処かで食べたときに、1日の栄養評価がどうなるかを検討したところ、食物繊維の調整が容易であることがわかった。

C. 評価ステップのプラットフォームの確立

個別対応した健康食を提供した後、実際に食べたものを評価して、過不足分を次の食事提案して補正することにより、毎日の食事により健康な食事に近づいていくことができる。実際の健康な人の食生活では、何を食べるかは自由であり、提案された健康食の遵守率は高くないと想定される。したがって、食事評価法を使ったフィードバックシステムは非常に重要になる。食事評価は、食事成分の化学分析以外に正確な方法はなく、他のいずれの方法も近似方法の違いである。他のベンチャー企業などは食事の写真を取ってその栄養素を解析

する方法を開発している。今回の研究で、情報量を減らして、いつでも入力できる音声認識法を採用した食事評価法を開発した(図4上)。このシステムでは、食べたものを声で入力すると、すぐに栄養素計算を出してくれることになる。これは、先の述べた食事のデータベースの充実度によって決まるので、さらにデータベースの食事を増やしていく必要がある。そして、N式パーソナル食事摂取基準で算出した個人対応栄養素基本テーブルと比較して、すぐに栄養素の過不足を計算してくれる(図4下)。それを見える化することで、行動変容に導くこともできるが、この差分は次の健康食の提案で考慮されて、その人にあった精密な健康食が提案されることになる。

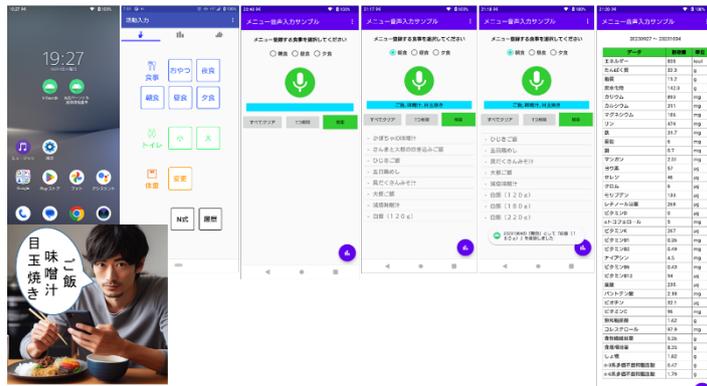
今回の研究では、嗜好性や食行動まで調べる事ができるシステム「リアルタイム dFFQ」

にはまだ至っていないが、質問項目を SNS やメールで流すことで食事の嗜好性と食行動パターン調べる方法を構築しようとしている。

D. ヒト実証実験

当初の計画では、新しい N 式パーソナル食事摂取基準(2020年版)が機能するか大学生を使って実証実験を行う予定であった。また、アルゴリズムが提案する健康食についても大学生に食べてもらい、アルゴリズムを検証する予定であった。さらに、リアルタイム dFFQ システムが機能するかについても検討する予定をしていた。しかし、それぞれのアプリのコンセプト、フローチャート、アルゴリズムを作成するのに時間がかかり、実証実験をおこなうことができなかった。したがって、そのために準備していた予算を使用することができな

食事評価: 音声認識リアルタイムdFFQ



N式パーソナル食事摂取基準とリアルタイムdFFQの関係



図4 音声認識による食事評価アプリ(上)と本研究で開発したスマートフォン版「N式パーソナル食事摂取基準(2020年版)」と音声認識によるdFFQによって調べた実際に食べた食事の栄養素の差分の計算(下) 音声認識リアルタイムdFFQでは、食べたものを声で入力するとすぐに栄養素を計算してくれる。N式パーソナル食事摂取基準で得られた、その人に最適な栄養素テーブルと実際に食べた食事の栄養素ごとの過不足が計算される。それが見える化され、次のメニュー提案に活かされている。

かった。今後今回作成したアプリケーションを使って実証実験を行っていく予定である。

4. 今後の展望

それぞれのアプリケーションはまだプロトタイプの弊を出ないものであるため、さらにバグを取り、洗練されたものにアップデートして必要がある。上で述べたように、ヒトでの実証実験が今回の研究でできなかったため、作成したアプリケーションを使って実証実験を行っていくつもりである。途中でも述べたが、メニュー作成は一つ一つが地道な作業であり、データベースの作成にはかなりの長期的展望が必要であることが改めて認識させられた。今後研究協力者と共同研究を持続的に進め、健康食データベースの拡充を図っていくつもりである。プレシジョン栄養学をすべてのヒトが享受するためには、プレシジョン食品の開発も必要であり、食材・弁当の宅配業者から、レストラン、コンビニ、スーパーとも連携する必要がある。このとき個人の体質情報が、個人情報保護を確保しつつ簡単にアクセスできる必要もある。それらを可能とする、デジタルプラットフォームの構築と多くの業界の緩やかな共同体づくりができるようにしていきたい。