

# 卒業論文

アスリートの食事管理システムの構築と検証

平成31年2月8日提出

指導教員 相澤 清晴 教授  
山崎 俊彦 准教授

電子情報工学科

03-163006 唐澤弘明

# 内容梗概

本研究室では深層学習を利用した食事記録システムの研究・開発を行ってきた。食事記録システムは FoodLog [1] というサービスとして公開されている。FoodLog は一般人が毎日の食事を簡単に記録し、自身の食事生活を振り返るためのサービスである。FoodLog ではのべ 32 万人以上の利用者が 877 万件以上の食事記録を作成しており、それらの記録は食事分析のためのデータセットとして整理されている [2]。

本研究では、FoodLog の食事認識の仕組みを応用し、管理栄養士とアスリートがコミュニケーションを取るためのシステムを開発した。このシステムは管理栄養士・アスリート双方の負担軽減と管理栄養士がアドバイスを作成する際の情報の充実化を目的としている。このシステムはアスリート向けのモバイルアプリケーションと管理栄養士向けのウェブアプリケーションからなる。アスリートはモバイルアプリケーションを用いて食事の写真を撮るだけで食事記録を作成することができ、管理栄養士は食事の写真と自動補完された食品名・栄養情報を参照することによって栄養指導を行うことができる。

栄養指導のための食事記録は詳細に行けば行うほど正確な分析ができるが、その分記録の手間も増えアスリートが食事 자체を控えてしまうという問題がある。本研究では食事記録の簡便化によりこの問題を解決する。また、将来的に栄養指導の自動化を行うべく、アスリートの食事記録・生体データと対応付けられたアドバイスデータの収集も目的とする。

本システムを株式会社ドーム [3] の管理栄養士が大学運動部の選手の栄養指導を行うために実際に使用した。さらなる栄養指導データの収集のため、今後も利用者の増加に務める予定である。

# 目次

<b>第 1 章</b>	<b>序論</b>	1
1.1	背景	1
1.2	目的	2
1.3	運動選手の食事管理の現状	2
<b>第 2 章</b>	<b>関連研究と類似サービス</b>	5
2.1	FoodLog	5
2.2	Atlete	6
2.3	MyFitnessPal	6
2.4	Slack	7
<b>第 3 章</b>	<b>提案手法</b>	8
3.1	アスリート側	8
3.2	管理栄養士側	12
<b>第 4 章</b>	<b>実験</b>	16
4.1	システムの可用性と信頼性を確認するための試験利用	16
4.2	栄養指導データの収集のための本番利用	17
<b>第 5 章</b>	<b>課題と展望</b>	19
5.1	栄養情報の統計	19
5.2	体組成値の記録	19
5.3	栄養データの正確性	19
5.4	サービスのオープン化	20
5.5	栄養指導データの収集	20
<b>第 6 章</b>	<b>結論</b>	22
<b>参考文献</b>		23

# 第1章

## 序論

### 1.1 背景

アスリートの食生活は量・頻度・栄養素などの要素のうちどれをとっても一般人のものとは大きく異なっている。激しい練習では多くのエネルギーを消費するのでとにかく大量に食事を摂取しなければならないし、大量のエネルギーを摂取するには通常の食事に加え、練習の合間の細かいエネルギー補給が必要になる。また、栄養素に関する要求も多く、例えば筋肉量増大のためにはタンパク質を大量に摂取しなければならない。図1.1に競技ごとのアスリートの目標エネルギー摂取量を示す。一般的な日本人の18歳から29歳のエネルギー必要量は男性で2650 kcal、女性で1950 kcal [4]であることを踏まえると、アスリートの食事がいかに特殊であるかが見て取れる。

表1.1 種々の競技のアスリートの目標エネルギー摂取量 [5]

競技種目	目標エネルギー摂取量 (kcal/day)	
	男性	女性
陸上短距離	2600 – 3300	2300 – 2800
サッカー・ホッケー・テニス	3100 – 3700	2000 – 2600
水泳	3600 – 4600	2400 – 3600
野球・ソフトボール	3400 – 4600	2200 – 3400
ラグビー・アメフト	4000 – 5000	-

こういった要求を満たす献立を考えるには高度な知識が必要になるが、アスリートは実際的には管理栄養士と呼ばれる食事の専門家に助言を受けている。アスリートは毎食ごとの食事記録を管理栄養士に渡し、管理栄養士はその結果から次の食事へのフィードバックを行う。食事記録の方法には様々なものがあり、単に写真を撮るだけのものから摂取した料理の量をすべて申告するものまである。当然のことながらより詳細な情報を得られた方が管理栄養士はアドバイスをしやすくなるので、アスリートは詳細なアドバイスが欲しければ煩雑な記録作業を行わなければならない。しかしながら、食事のたびに逐一詳細な記録を作成するのはアスリートにとって非常に負担が大きく、この煩雑さがあるためにアスリートは食事の摂取そのものを控えてしまう傾向がある。これでは本末転倒なため、管理栄養士はアスリートに詳細な記録を要求できない。

アスリートが行なっている記録作業は食事記録だけではない。体重や除脂肪量などの体組成値<sup>\*1</sup>や練習スケジュール<sup>\*2</sup>なども競技パフォーマンスを上げる上で必ず取得しなければならないパラメータである。しかしながら、本来であればアスリートは練習に集中しなければならぬはずであり、煩雑な記録作業は記録そのものを敬遠する要因となってしまう。そうなってしまえば管理栄養士やコーチは選手に適切なアドバイスを与えることがで

\*1 体組成値を記録するサービスの例として次のものがある。OneTap (株式会社ユーフォリア、 <https://www.one-tap.jp/top> )

\*2 練習スケジュールを記録するサービスの例として次のものがある。Athlete Stories (インフォコム株式会社 <https://athletestories.jp/> )

きず、アスリートは満足なパフォーマンスを発揮することができなくなってしまう。図 1.1 にアスリートと管理栄養士が行っているコミュニケーションの例を図示した。

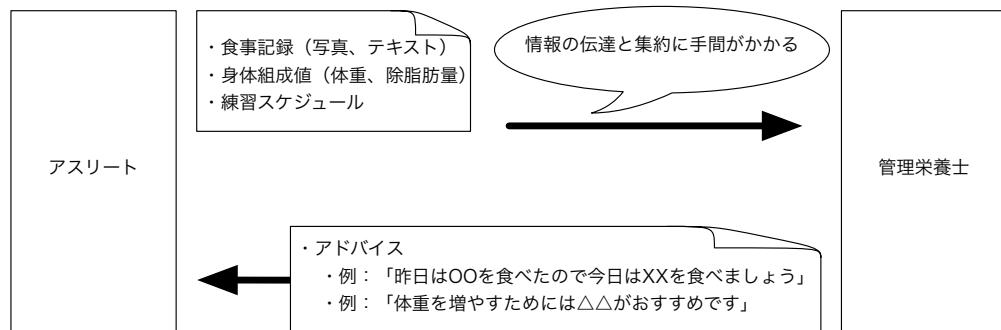


図 1.1 管理栄養士とアスリートの間のコミュニケーション

以上のような背景から、アスリートが競技において最高のパフォーマンスを発揮するために、より多くの情報がより簡単な操作によって得られるようなツールがアスリート・管理栄養士の双方から求められている。

## 1.2 目的

### 1.2.1 フードコンサルティングシステムによる栄養指導の簡便化・充実化

本研究ではアスリートが食事記録を作成する際の煩雑さを軽減するため、食事画像から詳細なデータ（品目・エネルギー・栄養素等）を補完するモバイルアプリケーションを作成する。食事記録の充実化はアスリートの利便性を向上させるのみならず、管理栄養士のアドバイスの詳細化・簡便化にも寄与する。また、本研究では管理栄養士がアスリートの食事記録を把握し、アスリートとコミュニケーションできるような Web アプリケーションも開発する。

これらのアプリケーションの目的は管理栄養士とアスリートの双方が迅速かつ詳細な情報共有を行えるようにすることである。そのための仕組みとして、食事記録の共有機能に加え、管理栄養士とアスリートがコミュニケーションを取れるようなチャットシステムも実装する。図 1.2 に本システムによる食事記録と栄養指導の流れを示す。

### 1.2.2 栄養指導を自動化するためのデータ収集

また、将来的には栄養指導を自動化したいという需要もある。これに応えるためにはまず現状の栄養指導の方法を十分に分析する必要がある。しかし、現状では栄養指導は個々の管理栄養士の経験に頼るところが大きく、栄養指導の方法は定式化できていない。本研究では開発したフードコンサルティングシステムを多くのアスリート・管理栄養士に利用してもらうことで、アスリートの身体情報・食事記録に対応付けられた栄養指導のデータを集める。

## 1.3 運動選手の食事管理の現状

本研究では運動選手の食事管理の現状を調査するため、株式会社ドーム [3] の管理栄養士にインタビューを行った。この節ではインタビューの内容をまとめる。

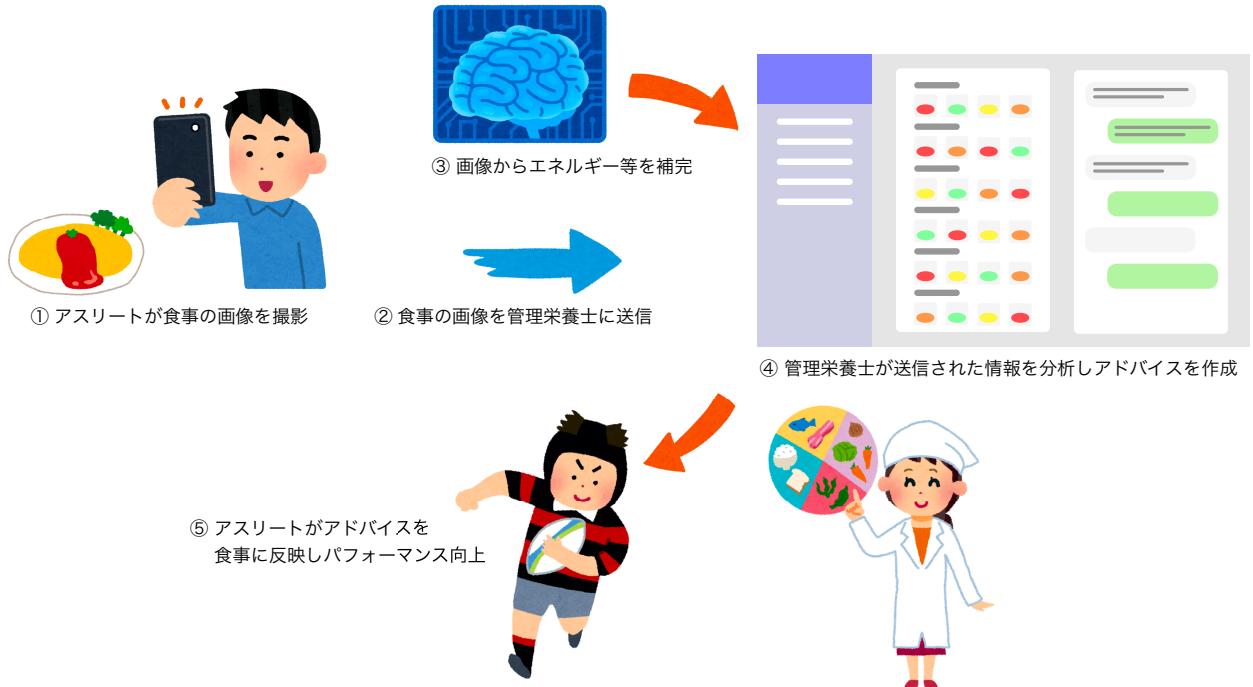


図 1.2 理想的な管理栄養士とアスリートのコミュニケーション

### 1.3.1 前提

インタビューを行った管理栄養士は一度に十数人の選手を担当し、それらの選手の食事を毎日確認している。選手は大学のアメリカンフットボール部に所属するアスリートで、体重は 90 kg から 110 kg で 1 日の平均摂取エネルギー量は 4000 kcal から 6000 kcal に及ぶ。選手は数ヶ月ごとに体重や筋肉量に関する目標<sup>\*3</sup>を立てており、管理栄養士はそれを参考にして栄養指導を行う。

### 1.3.2 栄養指導の工程

アスリートは毎食ごとに食事の写真を Slack[8] というチャットツールで管理栄養士に送信する。管理栄養士は日毎にアスリートの食事内容を確認してコメントを作成する。コメントを作成する際には次の情報を参照している。

- 当日と過去 3 日分の食事記録
- 1 日毎の体組成値（体重）の変化
  - 半年に 1 度、首・胸囲・除脂肪体重・体脂肪も測定する
- 当日の体調（アスリートによる主観をコメントで記述する）
- 当日の練習スケジュール

管理栄養士はこれらの情報を活用してアドバイスを作成する。アドバイスは過去の食事の傾向に関するまとめと、どういった食事を摂るべきかという提案からなる。提案はアスリートが参考にしやすいように次の点を考慮して作成される。

- 個人の生活習慣にあってるかどうか

<sup>\*3</sup> 例えば「1 ヶ月で脂肪量を維持したまま筋肉量を 1kg 増量する」など

- 個人の状態に対するフィードバックが含まれているか
- アスリートが自ら食事を調整するのに役に立つ参考知識を含んでいるかどうか

### 1.3.3 目標を達成できる選手と達成できない選手

数ヶ月の期間で目標を達成できた選手は前日に提案されたものをすぐに食べるという特徴がある。逆に、目標を達成できなかった選手には次の問題があった。

- 写真の撮り忘れが多くフィードバックをしづらい
- 食事のタイミングが悪い
- 食事量が自身で把握できていない

本研究では食事記録を行う際に生じてしまうこのような問題を解決するシステムを提案する。

## 第2章

# 関連研究と類似サービス

### 2.1 FoodLog

FoodLog [1] は foo.log 株式会社によって開発されている毎日の食事を簡単に記録するためのモバイルアプリケーションである。このアプリケーションではスマートフォンによって撮影された画像を機械学習技術によって分析することができる。このアプリケーションによってユーザーは自身の食生活の実態を理解・把握することができる。

このサービスはユーザーが自分で食事記録を作成・利用するものなので、本研究のように記録者と閲覧者が異なるユースケースには対応できない。しかしながら、食事画像の分析機能は本研究にも応用可能であるため、本研究で作成するシステムでは FoodLog の食事画像の分類機能を API として利用する。



図 2.1 FoodLog のアプリ画面

## 2.2 Atleta

Atleta [7] はアスリートのコンディション管理、食事管理、指導者・選手間のコミュニケーション管理などを行うことができるサービスである。Atleta を使うことで、スポーツチームの指導者はアスリートの情報をすべて包括的に管理することができる。Atleta の機能は大きく分けて次の 5 つがある。

1. コンディション – 体調・睡眠時間・疲労度・体組成値等を入力・管理できる
2. 食事管理 – アスリートがとった食事を写真付きで管理できるが、管理自体はアスリートが行う
3. スケジュール管理 – チーム全体のスケジュールを管理することができる
4. 指導者・選手間のコミュニケーション – 指導者・選手間でチャットメッセージによるコミュニケーションをとることができる
5. 全体メッセージ – 指導者からチームメンバー全体へのメッセージを送ることができる

このように多様な機能が実装されていることがこのサービスの魅力である。しかしながら、個別の機能に注目してみれば入力補助などの利便性はないという状況である。また、従来は別々のサービスをそれぞれの団体がカスタマイズして組み合わせて使っていたので、それらをすべて統合するとなると移行の手間も大きく、このサービスにロックインされてしまうというデメリットもある。

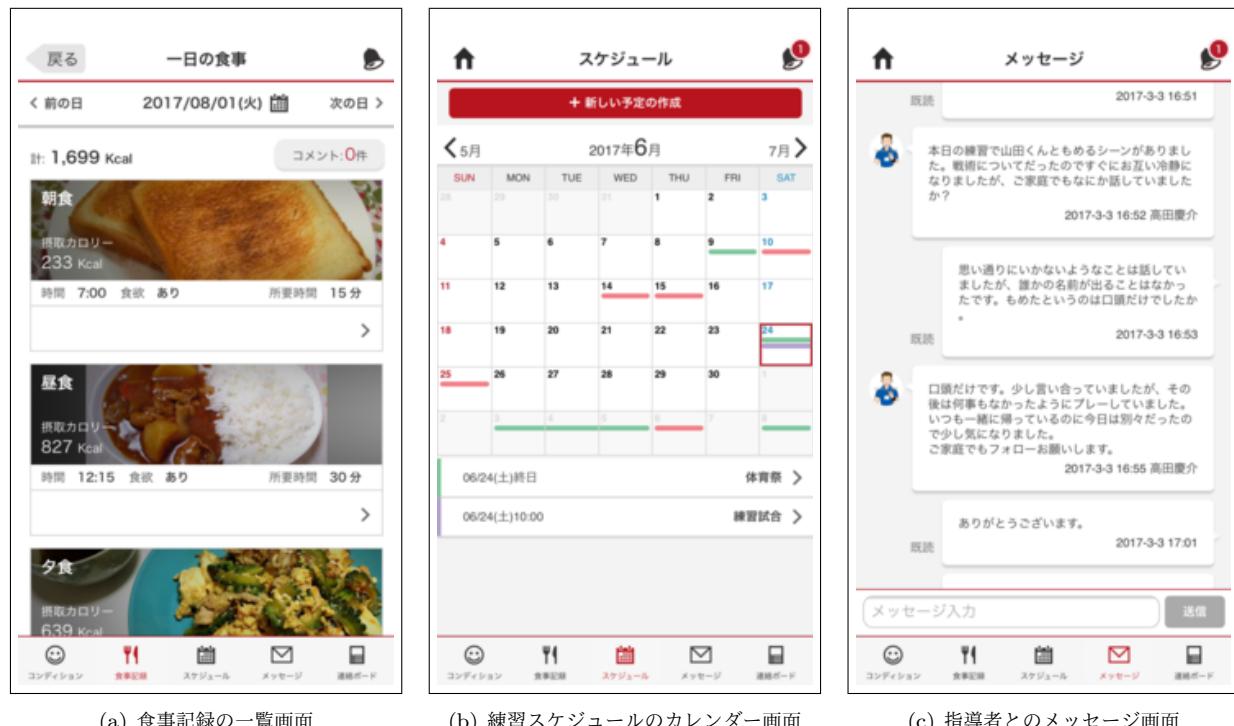


図 2.2 Atleta のアプリ画面

## 2.3 MyFitnessPal

MyFitnessPal [6] はアスリートや一般人が自身で栄養管理を行うためのアプリケーションで、世界的に広く使われている。このアプリケーションでは食事記録の他に運動量・体重・水分量なども登録でき、目標体重に合わせて日毎のカロリー摂取目標を算出してくれる。MyFitnessPal では 400 万件以上の食品を登録することができ、登録も製品のバーコードを使って行うことができるため、食品登録時に所望の食品が登録できないというフラスト

レーションが非常に少ない。



図 2.3 MyFitnessPal のアプリ画面

## 2.4 Slack

Slack [8] は主にビジネス上のコミュニケーションを図るためのチャットツールの一種である。単なるチャットツールであり食事に特化した機能は一切ないが、食事画像やアドバイスを共有できるため本研究が対象とする課題を解決するために使われることがある。このようなツールが利用されている背景には、アスリートも管理栄養士も食事のアドバイスを通じたコミュニケーションに重きを置いているという事情が見える。Slack はモバイルアプリケーションでもデスクトップアプリケーションでも提供されているため、アスリートは投稿がいつでも簡単にでき、管理栄養士はツールに集中して作業することができる。

また、チャットツールが栄養指導に用いられる似たような例として LINE [9] が使われることもある。

## 第3章

# 提案手法

本研究ではアスリートと管理栄養士が行うコミュニケーションを食事画像の解析技術を用いたシステムで簡便化する。このシステムは食事画像の解析をサーバーで行い、ユーザーはそれぞれのクライアントアプリケーションを使用する。更にアスリートの食事記録や体組成値、管理栄養士のフィードバック情報はすべてシステムに保管されるため、それがデータセットとして利用可能になる。以上の構成を図3.1にまとめた。

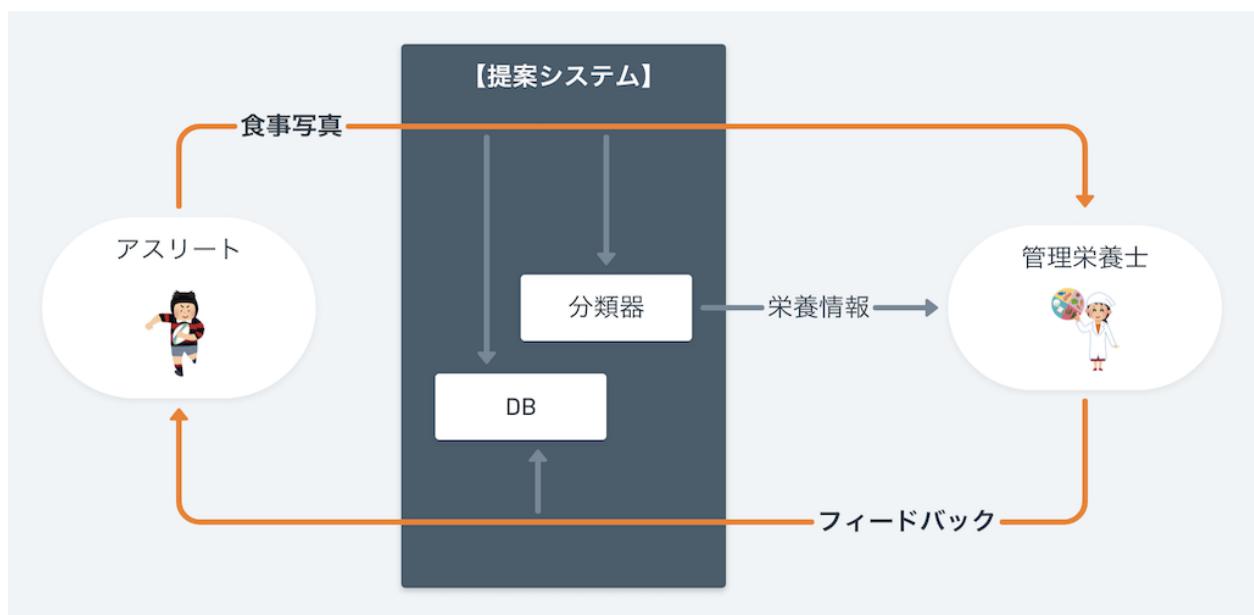


図3.1 提案システムにおける情報の流れ

アスリートはこのアプリケーションを食事の直前に使うため、いつでも使用可能なモバイルアプリケーションというかたちがふさわしい。管理栄養士はこのシステムを他の様々なWebアプリケーションと同時に使用するため、このシステムもWebアプリケーションとして実装するのが良いと思われる。実際のデータの流れを概念図として図3.2に示した。次節以降でそれぞれのアプリケーションについて詳細に説明する。

また、図3.3に図3.2を更に詳細にした実際のシステム構成図を示した。この図の詳細については付録で述べる。

### 3.1 アスリート側

アスリート側のアプリケーションについて説明する。  
このアプリケーションに最低限必要な機能は以下のものである。

- 食事の写真をアプリケーション内に記録できる

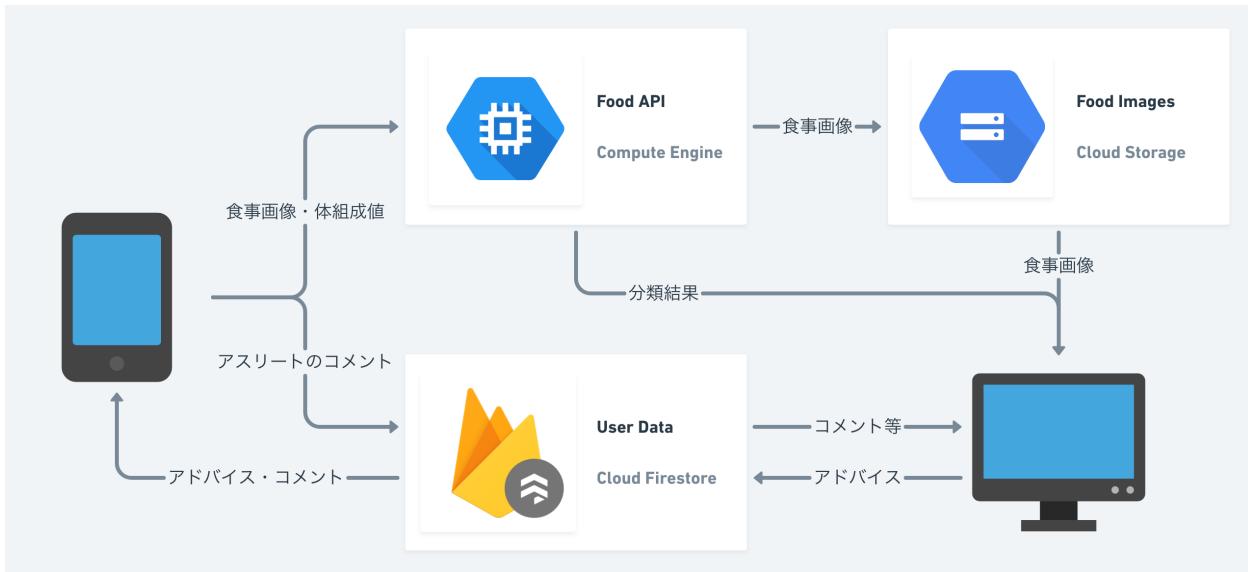


図 3.2 システム構成

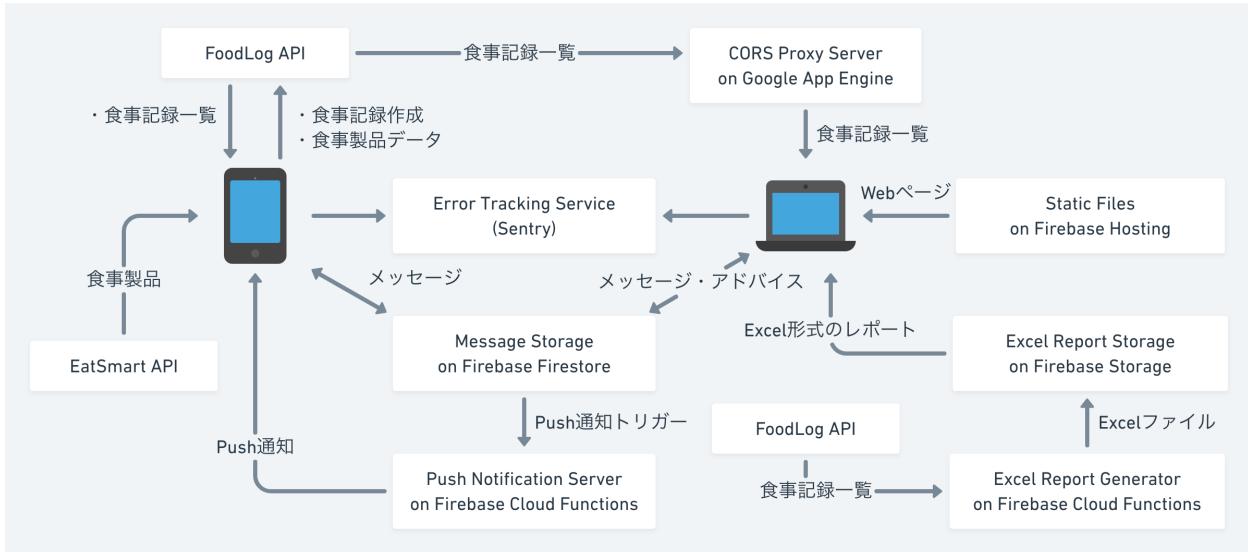


図 3.3 システムアーキテクチャ

- 食事の写真を管理栄養士と共有できる
- その日に摂取したエネルギーを計算・表示できる
- 管理栄養士からのコメントを表示することができる
- 管理栄養士にコメントすることができる

これらの機能を大雑把に分けると食事記録の作成・食事記録の閲覧・管理栄養士とのメッセージという3つの機能に分類することができる。以下で各機能について画面のスクリーンショットと共に紹介する。

### 3.1.1 食事記録の作成

食事記録の作成の際は次の3つの方法を組み合わせて料理品目を指定することができる。

- 食事画像からの料理品目の推定
- テキストによる料理品目の検索

- バーコードによる料理品目の検索

図 3.4 と図 3.5 にそれらの方法を利用する手順をまとめた。



図 3.4 食事記録の作成時の画面遷移（大まかな流れ）

図 3.4 は食事作成時の大まかな画面遷移を表したものである。食事作成の手順は食事の画像を撮影するところから始まる。写真を撮影すると FoodLog の食事認識 API によって写真に写っている料理ごと料理品目とセグメントが同定される。認識が間違っているときはアスリートが自身で修正することもできる。品目が正しければ確認画面に遷移し、時刻とコメントを入力し食事記録を作成する。なお、料理写真はすでに撮影済みのものを用いてもいいし、用いなくても良い。写真を用いない場合は従来の手法通り、テキストによる料理名の検索によって食事記録を作成する。

図 3.5 に食事認識結果の訂正方法を示した。まず、料理が認識されていない場合は画像の対象部分を長押しすることで料理を追加できる。次に、認識結果や分量が間違っている場合は料理のカラムをタップし料理の編集画面に遷移する。編集画面では料理品目や分量を変更することができ、品目ごとの栄養素を確認できる。料理品目はテキ

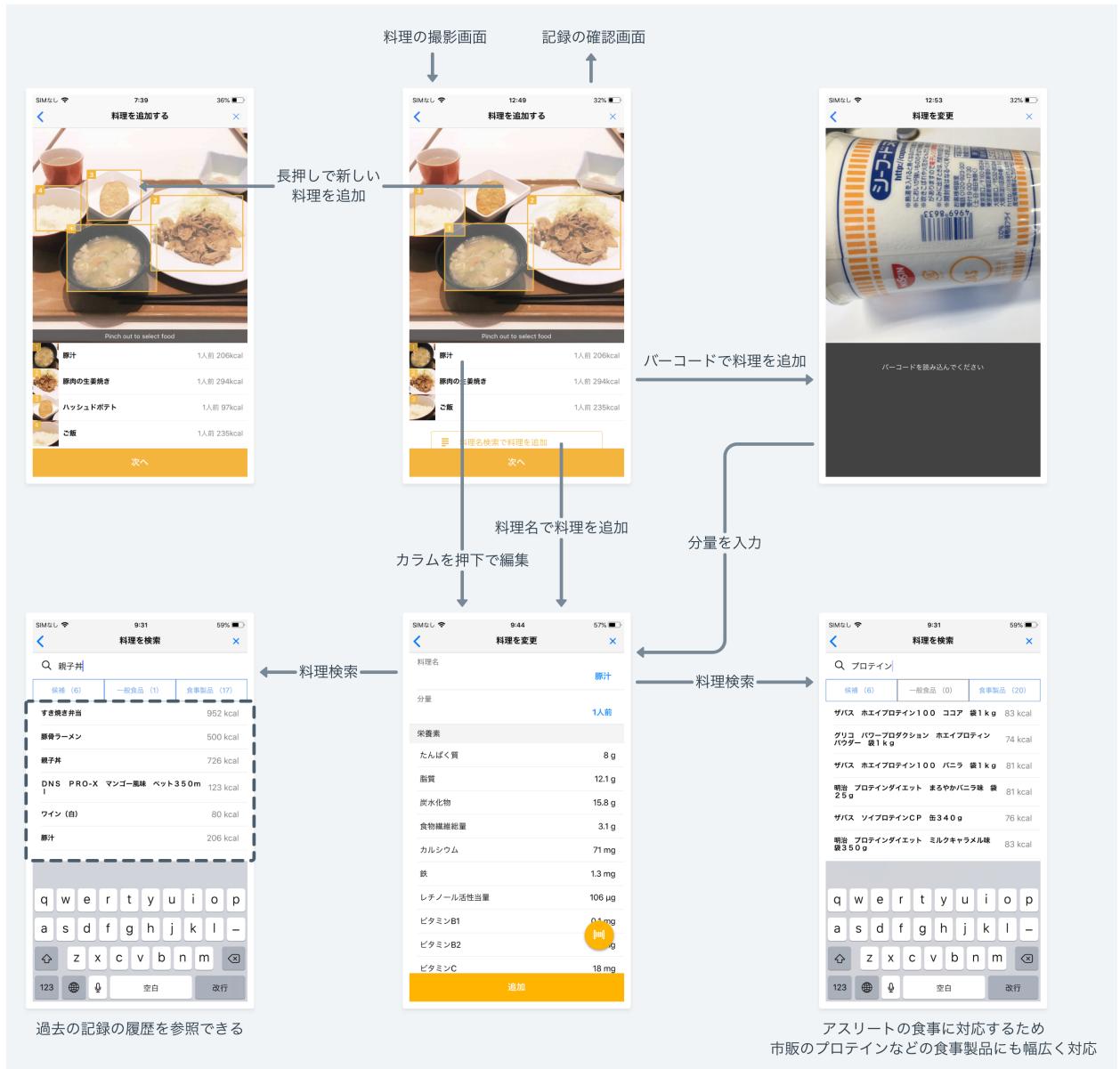


図 3.5 食事記録の作成時の画面遷移（料理の訂正）

ストやバーコードにより検索できる。検索画面では一般食品 1453 品目と食事製品約 9 万品目の料理を検索することができる。なお一般食品のデータは FoodLog で使用されているもので、食事製品のデータは EatSmart[12] のデータである。アスリートはプロテインなどの市販品を摂取する頻度が非常に高いため、この機能が必要であった。また、検索画面では過去に選択した料理が候補として表示されるので、頻繁に摂る食事は簡易に入力できる。

このようにして、本システムでは FoodLog の食事画像認識 API によって食事記録の際の料理品目の選択という工程を簡単に行うことができる。

### 3.1.2 食事記録の閲覧

図 3.6 の画面では食事記録の一覧を確認することができる。食事記録は日毎に整理され、エネルギーと 3 大栄養素（たんぱく質・炭水化物・脂質）を確認できる。アスリートは管理栄養士からエネルギー・栄養素の目標値を伝えられているので、その値に達するにはあとどれだけ食事を摂れば良いのかということがわかる。食事記録の画像をタップすることで記録の詳細を確認できる。ここではエネルギーと 3 大栄養素に加えて以下の栄養素を確

認することができる。

- 食物繊維量
- カルシウム
- 鉄
- レチノール活性当量
- ビタミンB1
- ビタミンB2
- ビタミンC

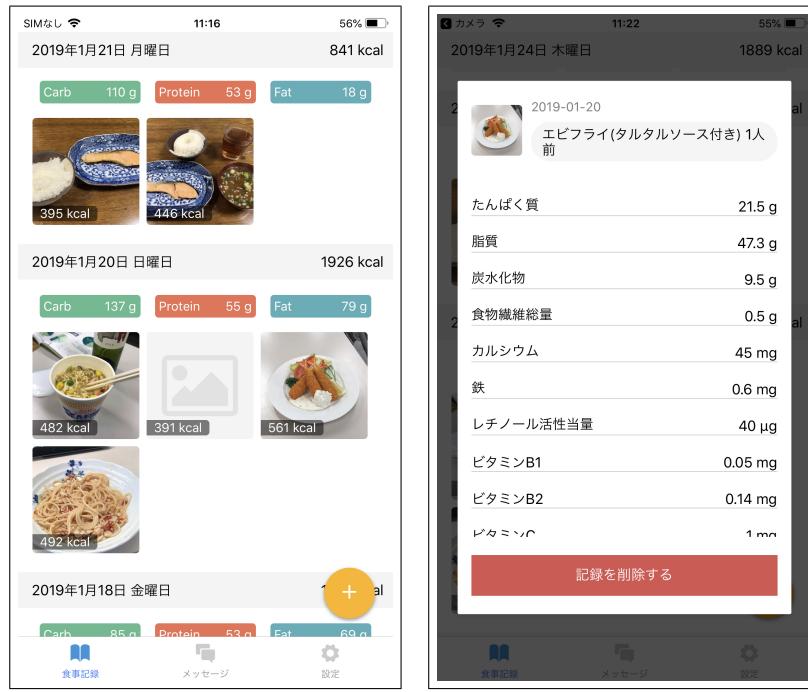


図 3.6 食事記録の閲覧画面

### 3.1.3 管理栄養士とのメッセージ

図 3.7 は管理栄養士とのメッセージ画面である。この画面には管理栄養士からのアドバイスが表示される。また、メッセージは双方向のものなので、アスリートから管理栄養士に質問などを送ることもできる。

## 3.2 管理栄養士側

管理栄養士の業務について今一度説明する。管理栄養士は担当している数人から十数人のアスリートすべてに対して、そのアスリートが過去 3 日から 1 週間程度で何を食事をしたかを記録・参照し、アスリートの目標・体組成値・体調・練習量等を考慮し次に何を食べるべきかを提案する。この際、体組成値（体重や腹囲・除脂肪量等）と練習量は本研究で提案するものとは別のアプリケーションを用いて記録する<sup>\*1</sup>。また、目標や体調はその時々でヒアリングを行う。

<sup>\*1</sup> 開発したシステムを実際に使ってもらうアスリートのグループがすでに Google Form を用いて体組成値を記録していたので、本システムでは記録の対象としなかった。より一般的なシステムとする場合は体組成値も記録する仕組みが必要になる。



図 3.7 管理栄養士とのメッセージ画面

このように、管理栄養士の診断には様々な行為が伴い複雑である。そこで、本研究では管理栄養士のためのアプリケーションは Web サービスとして提供することにした。

管理栄養士のアプリケーションに必要になるのは以下の機能である。

- 数人～十数人のアスリートの情報（氏名・年齢・目的等）を参照できる
- アスリートの食事画像を見ながらコメントを入力できる
- コメントと食事をまとめてレポートを作成できる
- 選手からの食事画像・メッセージが来たときに通知を受け取ることができる

以上の点を踏まえて開発したシステムの画面を図 3.8 から 3.10 に示す。図 3.8 から図 3.10 では管理栄養士は次の情報を参照できる。

- アスリートの氏名・所属
- アスリートの身体情報
- 栄養目標値（変更も可能）
- 日毎に整理された食事記録
  - 食事ごとの栄養値・エネルギー
  - 日毎の栄養値・エネルギー
- メッセージのやりとり
- 過去に作成したアドバイス

図 3.8 の画面では複数のアスリートの身体情報・目標・食事記録とメッセージ画面を表示できる。1 の箇所には選手一覧が表示されているので、確認したい選手を探したり新着メッセージの数を確認したりできる。2 の箇所には選手の氏名・所属・体組成値が表示される。3 の箇所では栄養素ごとの目標値が表示される。図 3.9 が目標値を設定する画面である。こうして管理栄養士にアスリートごとの栄養素目標値を入力してもらうことで、アスリー

The screenshot shows the nutritionist's interface. On the left, a sidebar lists 'WATCHED' clients: 横田祐太郎 (12 notifications), 側島眞太郎 (1 notification), ポストロム丞慈 (11 notifications), 横田祐太郎 (6 notifications), 側島眞太郎 (6 notifications), 永幡洸裕 (5 notifications), 相澤清晴 (5 notifications), カラサワヒロアキ (4 notifications), 星野後樹 (25 notifications), 上野仁之介 (15 notifications), 八木透 (16 notifications), and 天野宗佑 (1 notification). A blue button at the top says '① 選手一覧'.

The main area has tabs: 'Messages' (selected), '④ メッセージ画面', '② 選手情報', '目標' (Goals), '③ 目標栄養値' (Target Nutrition Values), and 'Food Log' (Food Log).

**Messages:**

- 側島眞太郎 (9:44): 脂質はどのくらいに抑えたほうがいいですか？
- 側島君、こちら返信しそびれておりごめんなさい<<今のところ、目標までは脂質はあまり意識しなくて良いです！ 体重が増えるためにカロリーを摂ることを優先で考えよう！ ただ揚げ物や脂質の高いパンや甘いものなどを意図的に摂る必要はないので、今写真載ってくれているメニュー選択でどちらも良いです★
- 側島君 (9:53): 例えば1/20は400kcal切っているので・・・ ○15~16時頃に肉まんや卵サンド、ホットドックなどたんぱく質も摂れる補食 ○寝る前に乳製品orプロテイン ○どこかで果物が100%ジュースとれるとベスト このくらいは追加で摂りたいね^^
- 側島眞太郎 (15:22): ありがとうございます！ 意識します

**Food Log:**

- 1月19日 土曜日 9:28: コーンポタージュ 1人前 (35.0 g), 牛乳 パック(500ML) 1本 (30.8 g), かしわ餅 4個 (169.6 g), エネルギー 1090 kcal
- 1月20日 日曜日: 887 kcal, 1006 kcal, 341 kcal, 541 kcal, 1062 kcal, 335 kcal
- 1月21日 月曜日: 920 kcal, 1662 kcal, 685 kcal, 536 kcal, 1065 kcal, 146 kcal

**目標:**

たんぱく質	186.0 g	脂質	87.0 g
炭水化物	744.0 g	エネルギー	4500 kcal

図 3.8 管理栄養士側の Web アプリケーションの画面

A modal dialog box titled '目標値設定' (Goal Value Setting) is displayed in the center of the screen. It lists various nutritional targets with input fields for weight, height, and age.

項目	目標値	単位
たんぱく質	186.0	g
脂質	87.0	g
炭水化物	744.0	g
食物繊維総量	41.0	g
カルシウム	125	mg
鉄	17.5	mg
レチノール活性当量	1000	μg
ビタミンB1	3.20	mg
ビタミンB2	3.20	mg
ビタミンC	150	mg
エネルギー (kcal)	4500	kcal

Below the dialog, a message from 側島眞太郎 (15:22) is visible: ありがとうございます！ 意識します.

The background shows the same dashboard as Figure 3.8, including the food log and goal summary.

図 3.9 管理栄養士側の Web アプリケーションの画面（目標値の設定）



図 3.10 管理栄養士側の Web アプリケーションの画面（アドバイスの作成）

トは自身の食事の自己採点が可能になる。

4 の箇所ではアスリートとメッセージのやり取りを行うことができる。食事記録へのアドバイスもここに表示される。5 の箇所にはアスリートの食事記録が表示される。管理栄養士はこの画面で過去の食事一覧を参照しつつアスリートへのアドバイスを作成することができる。各料理に対しすでにカロリーなどの栄養素が設定されているので管理栄養士が栄養素を入力する手間が軽減される。図 3.10 がアドバイスの作成画面である。この画面では食事ごとや日毎の栄養素の合計値を確認でき、3 大栄養素についてはそれぞれの栄養素の重量比も確認できる。

## 第4章

# 実験

前章で紹介したシステムを実装し、実際に管理栄養士とアスリートのグループを対象に実験を行った。実験はシステムの可用性と信頼性を確認するための第1段階と、栄養指導データの収集のための第2段階に分けて行った。以降の節ではそれぞれの段階の実験について述べる。

### 4.1 システムの可用性と信頼性を確認するための試験利用

今回作成したシステムは管理栄養士とアスリートが毎日使うものであり、アプリケーションの構成が複雑なため本番利用のためのベータテストでシステムの不具合を洗い出す必要があった。この段階はそのための試験利用であり、2018年12月の中旬に2週間ほど行った。対象は大学運動部のアスリート10名とそれらをサポートする管理栄養士1名である。

#### 4.1.1 実験結果

ベータテストにより多くの不具合を洗い出し、アプリケーションの使用感に関するフィードバックを得ることができた。以下でいくつかのフィードバックの例とその対策を紹介する。

##### 栄養素の目標値を設定したい

管理栄養士がアスリートに指導する際に日毎の栄養素の充足率を確認するために、この機能が必要になる。また、後々アスリートのデータを用いて食事のレコメンドシステムを構築する際にも、選手の栄養素目標値はデータとして活用できるので、この機能は二重の意味で必要不可欠である。

##### アスリート向けに日毎の栄養素の集計情報を表示したい

この機能は選手が食事の自己学習を行うために必要になる。管理栄養士がアスリートにフィードバックを送るまでに数日のタイムラグがあるのでアプリケーションを見るだけで自身の摂取栄養量が把握できる機能は必要である。栄養素の目標値が設定されている場合、この機能と合わせてアスリートだけで簡易的な自己の食事管理を行うこともできるようになる。

##### 食事記録の時刻を可変にしたい

機械学習による食事認識はFoodLog APIを用いて行っているため、ネットワーク状況などにより食事の際に記録を作成できないことがある。こういったケースで食事後に記録を作成するためにこの機能が必要になる。

## コンビニエンスストアなどで購入する食事製品を登録したい

本実験で対象としたアスリートは大学運動部の選手だったこともあり、日常的に摂取している食事がコンビニエンスストアの食品などの製品であった。そういう場合により正確な栄養情報を取得するためには各製造会社ごとに Web ページなどで公開されている栄養情報を参照する必要がある。従来の管理栄養士の業務ではそういう情報をすべて自身で収集していた。そういう手間を削減するために本システムでは EatSmart[12] という食事製品の品目名・栄養情報等を蓄積しているデータ提供サービスを用いて食事記録に利用できるようにした。

## 4.2 栄養指導データの収集のための本番利用

ベータテストはシステムの不具合を洗い出すためのものだったので、その段階ではシステムには多くの不具合が含まれていた。しかし、それでも本システムは利用した管理栄養士からの評判が良好であったため、2019 年の 1 月から 3 月までの期間で実際の栄養指導に利用されることになった。対象は一月につきアスリート 10 名と管理栄養士 1 名であり、月が変わるごとにアスリートは別の 10 人になる。アスリートは大学アメフト部の選手であり、1 月から 3 月までの期間はオフシーズンである。オフシーズンは選手にとってボディビルディングを行うための絶好の期間であり<sup>\*1</sup>、今回のシステムの利用は管理栄養士やアスリートにとって紛れもなく本番の利用である。

### 4.2.1 実験結果

実験を開始してから本稿の執筆まで間(約 2 週間)に合計で約 500 件の食事記録が作成された。図 4.1 に実際にアスリートが記録した食事を示す。



図 4.1 食事記録の写真

\*1 試合シーズンは選手は試合のための調整を行ったり競技の技術を学んだりするため栄養指導の効果が薄い

次に図 4.2 に管理栄養士とアスリートの間で送りあったメッセージの例を紹介する。

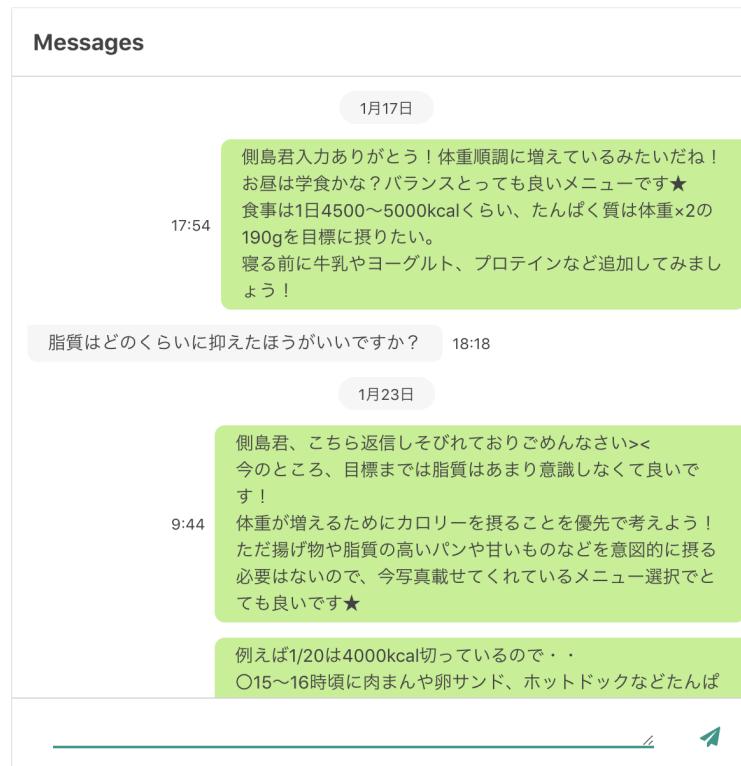


図 4.2 メッセージの例

図 4.1 や図 4.2 で紹介したように、本システムは管理栄養士とアスリートの間のコミュニケーションを取るのに十分な機能を備えていることが確認できた。

#### 4.2.2 管理栄養士からのシステムの評価

管理栄養士からは

- 食品ごとの栄養素の計算をする必要がなくなった
- 選手とやり取りしたメッセージをレポートの形式で保存する作業がなくなった
- 選手との食事記録の振り返りがわかりやすく、容易になった

と肯定的な意見を得ることができた。選手と目標栄養値を共有する機能についても、選手が自身で摂取栄養量を確認し食事を修正することができるようになったと報告があった。

逆に本システムの課題としては次のことが明らかになった。

- メニュー名による記録では食材の細かい違いによる栄養量の誤差を扱いきれない
- 食事記録を分析するために、摂取栄養量の変化なども見れると良い

前者については、本システムが食事画像から料理品目を推論するという仕組みを用いているため、料理クラスを更に細かくするといった方法でしか対応できず、その方法では推論自体が難しい。後者については栄養分析に必要な様々な統計情報を管理栄養士のアプリケーションに表示することで対応したい。

## 第5章

# 課題と展望

### 5.1 栄養情報の統計

管理栄養士はアスリートの食事を分析する際に様々な手法を用いてデータ解析を行っている。それは例えば摂取栄養量の変位であったり一週間程度の期間での平均値であったりする。しかしながら、現行のシステムでは毎日栄養量の合計値とPFCバランス<sup>\*1</sup>しか表示していない。そのため、管理栄養士による栄養分析をより容易にするために、栄養情報をさらに整理して表示する必要がある。当面の目標としては上述した栄養素ごとの摂取量の変位グラフや一週間の摂取栄養量の平均を表示することを行いたい。

### 5.2 体組成値の記録

本システムにはアスリートの体組成値を管理する仕組みはない。しかし、管理栄養士にとって栄養指導を行うためにはアスリートの体組成値の情報が必須であり、特に体重の値は欠かせない。現在はアスリートが毎日Google Form<sup>\*2</sup>を用いて体組成値を入力している。管理栄養士は本システムを利用する際にGoogle Formによる情報を逐一参照しているが、情報が一元管理されていないため参照の手間がかかる。また、アスリートの食事記録と管理栄養士の栄養指導のデータを蓄勢したいという本システムの目的からしても、アスリートの体組成値の情報はなんとしても取り入れたい。入力すべき情報が増えることはアスリートにとって負担になるため、情報入力が容易かどうかという点に留意する必要はあるが、本システムでも体組成値の入力と保存を可能にしたい。

### 5.3 栄養データの正確性

本システムによる栄養データの特定は、食事画像から料理品目を推定して料理品目ごとの栄養データベースを参照するという方法で実現している。この方法による栄養データの正確性は栄養データベースの多様性と詳細度に依存している。本システムで利用している栄養データベースはFoodLog[1]のデータベースとEatSmart[12]のデータベースの二種類がある。FoodLogのデータベースは登録件数が約1500件で、EatSmartは約9万件である。FoodLogのデータベースは登録件数は少ないものの栄養情報は詳細に入力されている。逆にEatSmartのデータベースは登録件数は多いものの栄養情報に欠落が多く、食事記録を作成する際に間違った栄養量で登録を行ってしまうことがある。この傾向は製品として販売されている食事において特に顕著で、FoodLogでは栄養素が10種類以上利用できるのに対してEatSmartの食事製品ではエネルギーしか利用できないものもある。欠落している情報を本システムで推測することはできないので仕方のない面もあるが、栄養指導を行う際の統計に及ぼす影響はできれば排除したい。それを実現するためにはたとえばEatSmart以外のデータソースを用いたり、管理栄養士が栄養データを編集できるようにしてしまうという方法が考えられる。なお、国内ではEatSmartは最

<sup>\*1</sup> たんぱく質(Protein)・脂質(Fat)・炭水化物(Carbohydrate)の比

<sup>\*2</sup> <https://docs.google.com/forms>

大規模のデータソースであるため、それ以外のデータソースがこれより信頼できるかどうかは個々に検証が必要になる。管理栄養士がデータを補正するという案は、情報の信頼性という点においては十分で、システムに用いても問題ない。そういう仕組みを導入するまでは管理栄養士・アスリート双方にデータはあくまで参考であるということを周知しなければならない。

## 5.4 サービスのオープン化

本システムの主たる目的として栄養指導の自動化のためのデータ収集という役割があるが、そのためには様々なアスリートに対する様々な管理栄養士の栄養指導データが必要になる。現在、本システムを利用しているのは株式会社ドーム [3] の管理栄養士とその担当のアスリートだけである。人数になると管理栄養士は数人でアスリートは 100 人未満の規模であって、本システムの目的に対して十分な人数とは言えない。利用するユーザーを増やすためには本システムを一般利用できるようにし、複数の組織のアスリート・管理栄養士に本システムを利用してもらう必要がある。そのためには管理栄養士を管理するためのコンソールや、組織を管理するためのコンソールが必要になる。図 5.1 は以上で説明したシステムの入れ子構造を説明したものである。

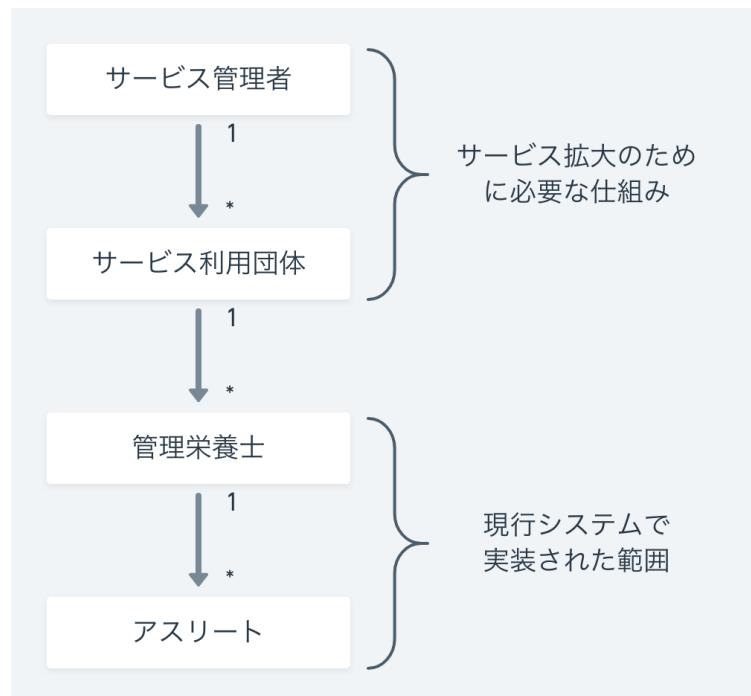


図 5.1 サービスの拡大のために必要な管理システム

## 5.5 栄養指導データの収集

本研究で開発するシステムを利用することで、アスリートの体組成値・食生活などと管理栄養士のアドバイスを対応付けたデータベースを作成することができる。将来的にはこのデータを利用してアスリート向けの栄養指導システムを構築したい。そういうシステムの開発のためには集積したデータが簡単に利用できる必要がある。現在は食事記録のデータと栄養指導のデータが別々のデータストアに保存されているため、統一的にデータを利用することができない。よって、まずはそれらのデータを一箇所に集める必要がある。データを集積するためのデータウェアハウスとしては Google BigQuery<sup>\*3</sup>を検討している。BigQuery はデータの集積・分析が簡単で

\*3 <https://cloud.google.com/bigquery>

Google の機械学習基盤とも簡単に連携できるため、本システムの目的に即している。また、データの分析だけならば BigQuery のようなデータウェアハウスの利用で十分だが、それらをわかりやすく可視化するために Web システムの構築も検討している（図 5.2）。

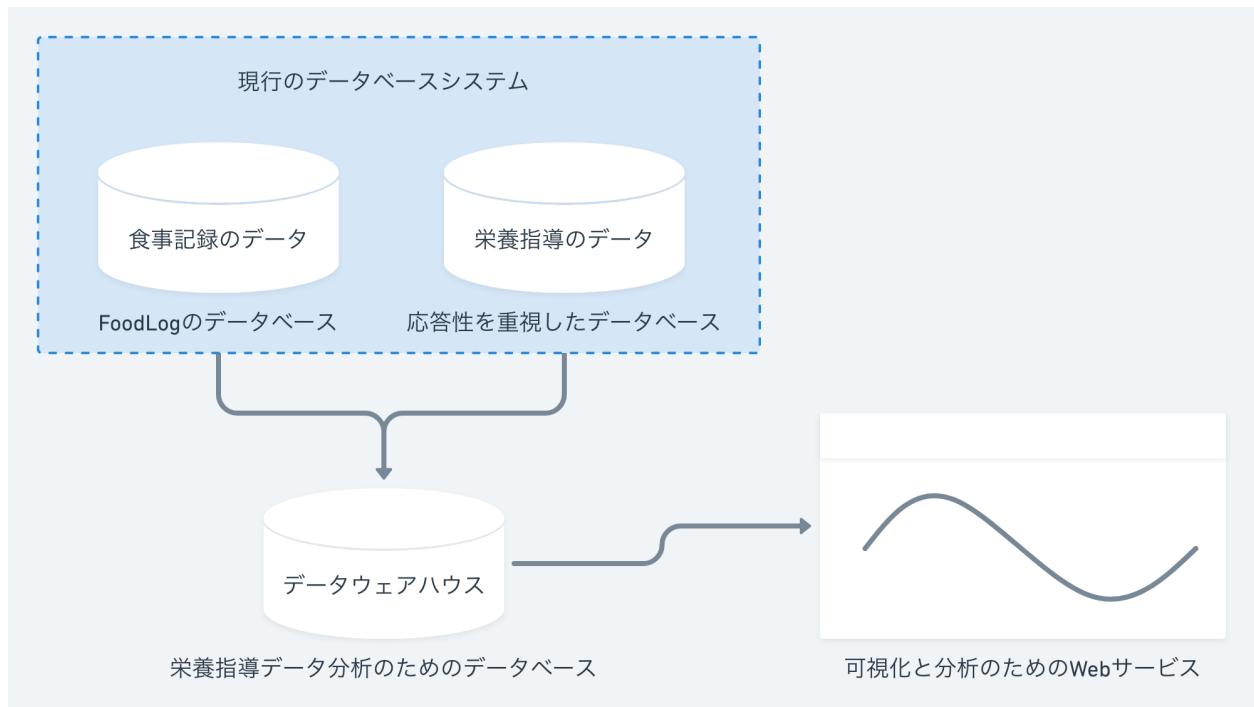


図 5.2 データ分析のためのデータ集積

# 第 6 章

## 結論

本研究室では深層学習による食事画像の認識技術を用いた食事記録サービスの研究・開発を行ってきた [1]。本研究ではそれをアスリートと管理栄養士のコミュニケーションに取り入れるという試みを行った。開発したシステムはアスリート向けのものと管理栄養士向けのものが存在し、アスリート向けのものはモバイルアプリケーションとして、管理栄養士向けのものは Web アプリケーションとして提供する。

アスリート向けのモバイルアプリケーションでは主に食事記録の作成と管理栄養士とのメッセージ送受を行うことができる。このアプリケーションでは食事記録の作成が簡便化されており、アスリートは食事の画像を撮影するだけで記録ができる。食事画像の認識で適切な品目が選べなかった場合は FoodLog や EatSmart のデータを検索することで記録を作成できる。

管理栄養士向けの Web アプリケーションではアスリートが作成した食事記録の参照とアスリートへのアドバイスの作成ができる。本システムでは栄養計算が自動化され、栄養情報に関するレポートが自動で作成される。これにより管理栄養士は自らレポートを作成する作業を行う必要がなくなった。

本システムを開発した後に株式会社ドーム [3] の管理栄養士と大学運動部のアスリートを対象としてシステムの実証利用を行った。実験では、アスリートは食事記録をほぼ毎日欠かさず行っていた。また、管理栄養士からは作業の手間が軽減されたという感想を得ることができた。栄養分析のためには更に多くの統計情報を表示することが望まれることもわかった。

当面の目標としては更に多くの統計情報の表示と体組成値入力の実装を行いたい。将来的には栄養指導の自動化を目指しており、そのためにサービスの利用者の増大のための管理者コンソールを実装し、データ分析のためのデータウェアハウスの導入を行う。

# 参考文献

- [1] foo.log 株式会社, <https://foo-log.co.jp/business-foodlog.html>, 2019.
- [2] S.Horiguchi, S.Amano, M.Ogawa, K.Aizawa, Personalized Classifier for Food Image Recognition, IEEE Trans. Multimedia Vol 20, No. 10, pp. 2836-2848, 2018.
- [3] 株式会社 ドーム, <http://www.domecorp.com/>, 2019.
- [4] 厚生労働省, “日本人の食事摂取基準”, [https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryou/kenkou/eiyou/syokuji\\_kijyun.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryou/kenkou/eiyou/syokuji_kijyun.html), 2015.
- [5] 小林修平, “アスリートのための栄養・食事ガイド”, 第一出版, 2014.
- [6] Under Armour, Inc., <https://www.myfitnesspal.com/>, 2019.
- [7] CLIMB Factory, <http://www.climbfactory.com/>, 2019.
- [8] Slack, <https://slack.com>, 2019.
- [9] LINE Cooperation, <https://line.me/>, 2019.
- [10] 一般財団法人 流通システム開発センター, “JAN コード統合商品情報データベース (JICFS/IFDB)”, [http://www.dsri.jp/database\\_service/jicfsifdb/](http://www.dsri.jp/database_service/jicfsifdb/), 2019.
- [11] 文部科学省, “日本食品標準成分表”, [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/syokuhinseibun/1365297.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/1365297.htm), 2019.
- [12] 株式会社 Eat Smart, <https://www.eatsmart.co.jp>, 2019.

# 謝辞

本論文の執筆にあたって、指導教官である相澤清晴教授には研究の方針から共同研究の進め方まであらゆる面においてご指導をいただきました。初めは研究のことを何も知らずテーマ選びの段階で暗中模索していた私ですが、先生にご指導いただいたおかげで自分の研究に意義を見出し、全力でそれに取り組むことができました。このようにして研究に取り組んだ1年は私にとって非常に実りの多い1年であったと感じています。

同研究室の山崎俊彦准教授や研究室の先輩方には研究を前進させる上で重要なアドバイスを何度もいただきました。皆さまのおかげで私の研究を対外的にもわかりやすくまとめることができたと思います。

研究の実務的な面において何度も協力していただいた天野宗佑さんや川原田美雪さんには感謝の念に堪えません。天野さんは今回開発したシステムのためにFoodLogのAPIを拡張していただきました。APIに関して何度も何度も無理なリクエストをしてしまいましたが、そのたびに天野さんに迅速に対応していただけたからこそ、本システムは卒業研究の期間中に日の目を見ることができたのだと思います。川原田さんにはアスリートや管理栄養士のことをたくさん教えていただきました。川原田さんが居なければ本システムがこういった形になることもありませんでした。

株式会社ドームの管理栄養士の方々や東京大学アメリカンフットボール部の選手の方々にも、お忙しい中実験にご協力いただき誠に感謝しております。

最後に、研究室同期の皆さんにも深く感謝申し上げます。皆さまのような仲間を得たおかげで、毎日の研究室生活はとても楽しく充実したものになりました。

皆さま、深く御礼申し上げます。

2019年2月8日

# 付録

## システムの使い方

管理栄養士とアスリート向けのシステムの使い方を Web に公開した。それぞれ次のリンクから参照できる。

- ・管理栄養士: <https://karszawa.github.io/food-consul-app/usage-for-dietitians>
- ・アスリート: <https://karszawa.github.io/food-consul-app/usage-for-athletes>

## システムアーキテクチャ

本稿ではシステムの特徴について使用者の操作やデータフローを用いて説明してきたが、ここでは実際に使用したサービスを用いてシステムアーキテクチャを詳細に述べる。図 6.1 は本システムで活用したサービスをコンポーネントとしてまとめた図である。

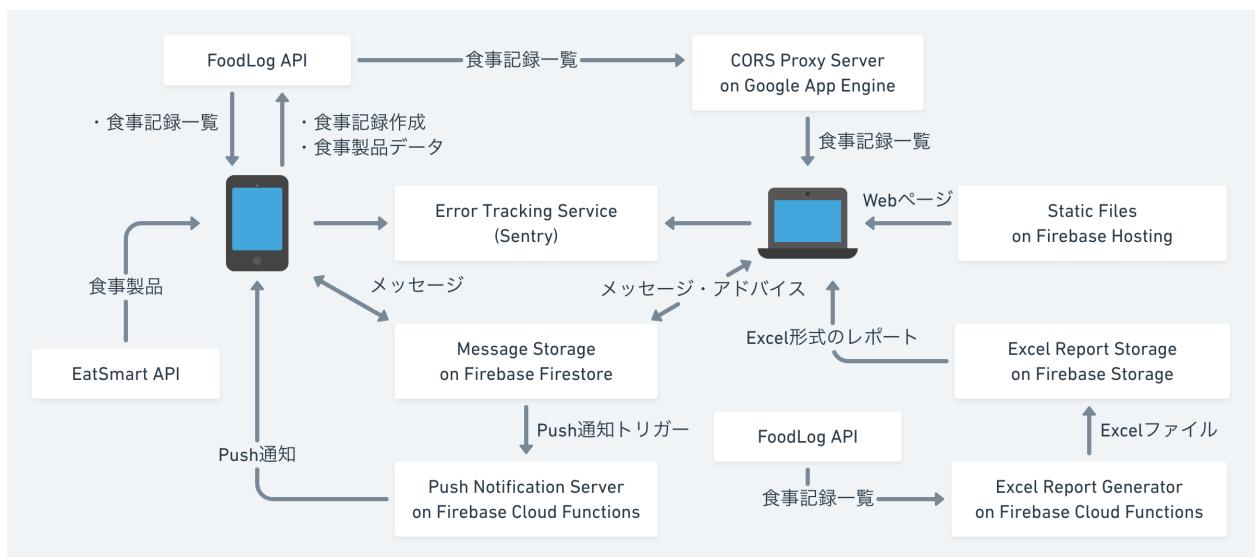


図 6.1 システムアーキテクチャ

アスリートの用いるモバイルアプリケーションは食事記録の認識と保持を FoodLog API を通して行う。メッセージやアドバイスの保持には Firebase Firestore を用いる。このようにデータストアが別れている理由は、Firestore ではデータの追加などにトリガーして Firebase Cloud Functions などの処理を実行できるからである。実際に本システムでは Firestore へのメッセージの追加にトリガーしてアスリートのモバイルアプリケーションに Push 通知を送信している。また、Firestore はデータの変更をただちにデータの利用先に反映するという仕組みがあるため、メッセージの送受信のように即時応答性が求められるような利用に適している。

本システムでは EatSmart の食事データを登録することもできるようになっている。この仕組みは EatSmart の食事データをモバイルアプリケーションを通して FoodLog に新しい食事データとして作成することで実現して

いる。EatSmart のデータを FoodLog でも利用できるようにする正規化はモバイルアプリケーションで行っているので、管理栄養士側の Web アプリケーションでは両者のデータの違いを意識することなく栄養の分析ができる。

管理栄養士側の Web アプリケーションは Firebase Hosting でホスティングされた静的ファイルにより管理栄養士のブラウザで実行される。ブラウザから FoodLog の API にアクセスする場合、サーバーにて CORS ポリシーへの対応が必要になるが、他サービスでも利用されている FoodLog API の制約で FoodLog API に CORS ポリシーを適用することはできなかった。そのため、FoodLog API に CORS ポリシーを適用するためだけのリバースプロキシが必要であった。リバースプロキシは Google App Engine 上で動作する Web アプリケーションとして実装した。

本システムで実験を行った管理栄養士が栄養情報に対して統計的な分析を行うために、栄養情報を Excel ファイルに書き出すという機能を実装した。Excel ファイルの作成は Firebase Cloud Functions の機能として実装し、ファイルの保存には Firebase Storage を利用した。これにより保存したファイルがブラウザからダウンロードできるようになった。

エラー監視はモバイルアプリケーション・Web アプリケーション共に Sentry<sup>\*1</sup>を用いて行った。

コードベースで捉えると本システムは 5 つの部分に分かれる。以下に各コードをリポジトリの URL と共に列挙する。

- アスリート向けのモバイルアプリケーション
  - <https://github.com/karszawa/food-consul-app>
- 管理栄養士向けの Web アプリケーション
  - <https://github.com/karszawa/food-consul-admin>
- Push 通知用の Function タスク
  - <https://github.com/karszawa/food-consul-functions>
- Excel ファイル作成の Function タスク
  - Push 通知用の Function タスクと同じリポジトリ
- Web アプリケーション用のリバースプロキシ
  - <https://github.com/karszawa/food-consul-proxy>

## ソフトウェアアーキテクチャ

管理栄養士側の Web アプリケーションは React<sup>\*2</sup>を用いて作成し、すべての処理をユーザーのブラウザ上で実行している。こうしたことで Web ページを提供する際のサーバー側の負担がほとんどなくなった。また、Firebase Hosting によりサービスが負荷に応じて自動でスケールするため、仮にユーザーが増えたとしても Web サーバーがボトルネックとなることはない。

アスリート向けのモバイルアプリケーションの開発には React Native<sup>\*3</sup>と Expo<sup>\*4</sup>を用いた。これによりアプリケーションのコードを iOS・Android で共通にすることができた。また、Expo を用いたことで OTA(Over the Air) 更新<sup>\*5</sup>によるデプロイが可能になり、実験のフィードバックを漸次的に本番環境のアプリケーションに反映できた。これがなければモバイルアプリケーションの更新は各プラットフォームの審査を通さなければならないのでソフトウェアの更新には 1 日から 3 日ほどの時間がかかっていた。このように、Expo を採用することで短い実験期間で多くの試行を行うことができた。

\*1 様々なプラットフォームに対応したエラー情報を集積するためのサービス <https://sentry.io/>

\*2 Web ページのユーザーインターフェイスを作成するための JavaScript ライブラリ <https://reactjs.org/>

\*3 React を用いてモバイルアプリケーションを開発するためのライブラリ <https://facebook.github.io/react-native/>

\*4 React Native 上で高速にモバイルアプリケーションを作成するためのプラットフォーム <https://expo.io/>

\*5 アプリケーションストアの審査を通さない実行コードだけのオンラインアップデートのこと