

カメラつきケータイによる御飯の量の推定と栄養指導

長谷川 聡、 吉田 友敬、 横田 正恵、 奥村 万寿美、 照井 眞紀子
名古屋文理大学

Estimation for the Quantity of Rice and Nutrition Management
Using Mobile Phones with Built-in Camera
Satoshi HASEGAWA, Tomoyoshi YOSHIDA, Masae YOKOTA,
Masumi OKUMURA, Makiko TERUI
Nagoya Bunri University

1. はじめに

携帯電話（ケータイ）に内蔵されたデジタルカメラを使って写真を撮り、E-mail に添付して送受信することが一般化し、これにより、いつでもどこでも写真を撮影して遠隔地に送ることが容易にできるようになった。画像の解像度も向上し、この機能は、単に風景や人物の姿を伝えるためだけでなく、遠隔地での画像診断や、緊急・災害時の被害情報の伝達など、ユビキタスな画像情報システムへの応用が期待される。

一方、近年、高齢者や成人病患者の増加に伴って、日常的に栄養管理や食事療法の管理を必要とする人の数が増加しつつある。また、健常者にとっても、栄養摂取の状況を把握することは、成人病や過度なダイエットによる栄養失調などを予防するために有効である。病院の入院患者や、専門の管理栄養士が指導する高齢者施設の入居者などは、医師や栄養士による日々の栄養管理・栄養指導を受けることが可能であるが、専門知識のない在宅患者や健常者が、自ら日々の食事のカロリーや栄養の成分バランスを管理するのは困難である。

本研究では、カメラつきケータイで、自分が摂取する食事の写真を撮るだけで、その量や成分が分かり、毎日の食事の写真から栄養摂取状況を継続的に管理し、必要に応じて専門家による適切なアドバイスまたは警告を得ることができるシステムの実現を目指している。今回は、まず、食事の写真から御飯の量を推定するシステム、および、食事の写真を継続的に E-mail で受け付けて保存・管理し、栄養成分の分類ができ、医師や栄養士などの専門家による栄養管理・栄養指導をレポートなどの形で患者に提示することができるシステム[1]の、2つのプロトタイプシステムを作成した。

本稿では、御飯の量推定の方法についてプロトタイプシステムをもとに考察し、栄養管理システムについては、被験者による実証実験を行った結果を報告する。

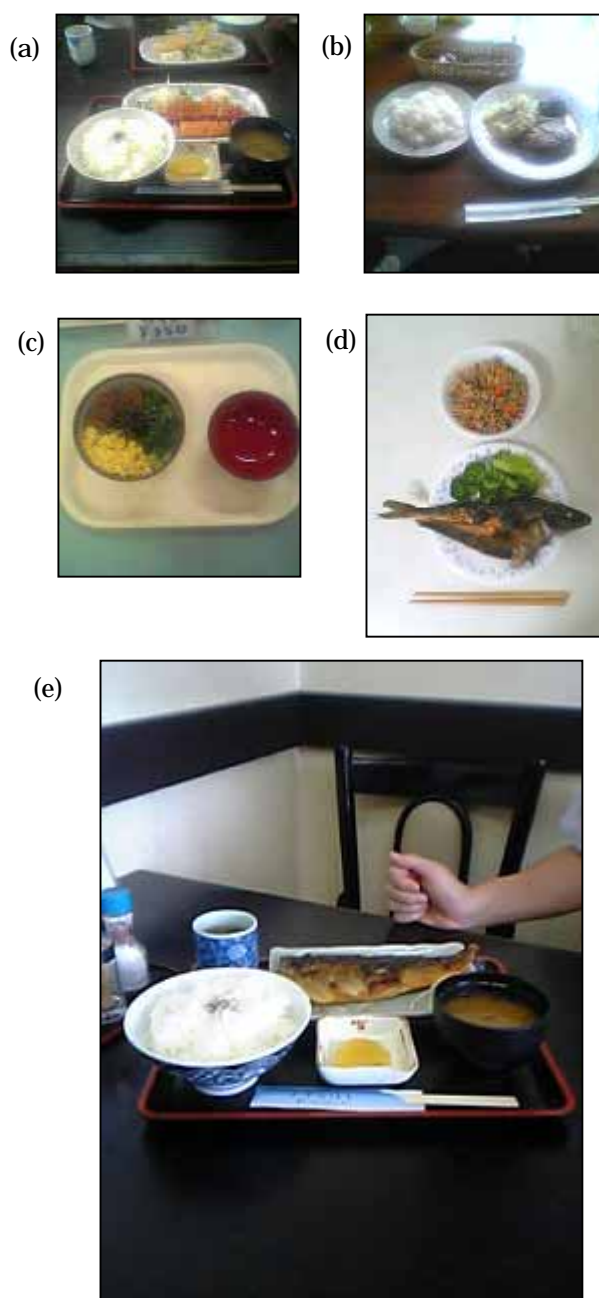


図1 ケータイのカメラで撮った食事画像の例

2. 画像からの御飯の量の推定

摂取する食事のカロリーを知るためには、その食事の量を知る必要があり、とくに、主食である御飯の量を把握することが必要な条件である。熟練の管理栄養士などは、秤で量らなくとも食事を見ただけで栄養管理に十分な正確さでおよその量を把握できるといふ。

そこで、今回、カメラつきケータイで撮影した食事の画像をもとに、御飯の量を自動算出するアルゴリズムについて検討した。この機能は、まだプロトタイプとして開発中であるが、実用化すれば、次のような利用法が期待できる。(1)ケータイで食事を撮影したその場で御飯の量やカロリーが分かるシステムとすれば、食べる前に量を把握でき、摂取量のコントロールに役立てられる。(2)画像を E-mail で送ることにより摂取したカロリーを管理したり、次項で述べる栄養管理システムに反映して、栄養バランスと摂取量の継続的な管理に役立てる。

図 1 に、ケータイのカメラで撮影した食事の例を示す。図 1 (a) ~ (c) は 120 × 128、(d) は 120 × 160、(e) は 240 × 320 (pixel) の解像度の JPEG 画像である。御飯を主食とする食事の場合でも、図 1 (c) 三色丼や (d) 混ぜ御飯のように、白い御飯が見えない場合、(b) のように平皿に盛られた場合など、様々な状況がある。今回のプロトタイプシステムでは、図 2・3 のような給食用の食器に盛られた白い御飯の場合に対象を限定して、自動推定プログラムを作成した。この器は、内側が白色でなく、御飯との境界を色によって判別しやすいという特徴を持つ。

実験用に、(1) 50g、(2) 100g、(3) 150g、(4) 200g ずつ同じ種類の器に御飯を盛ったもの

(図 3 参照) を、器の種類とテーブルの色を変えてサンプル A (A1~A4)(図 3 参照) と B (B1~B4) (図 2 参照) の 2 セット、合計 8 杯用意した。



図 2 実験に用いた画像の例 (サンプル B3)

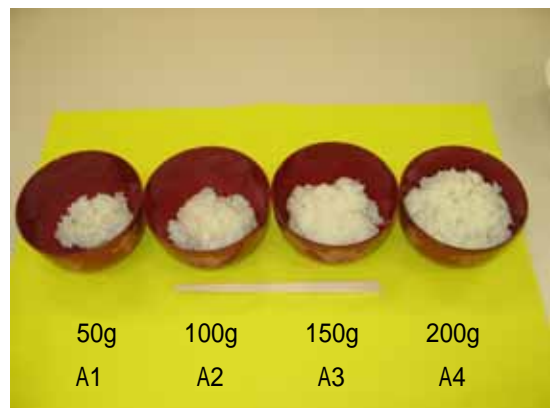


図 3 実験に用いた御飯 (サンプル A1~A4)

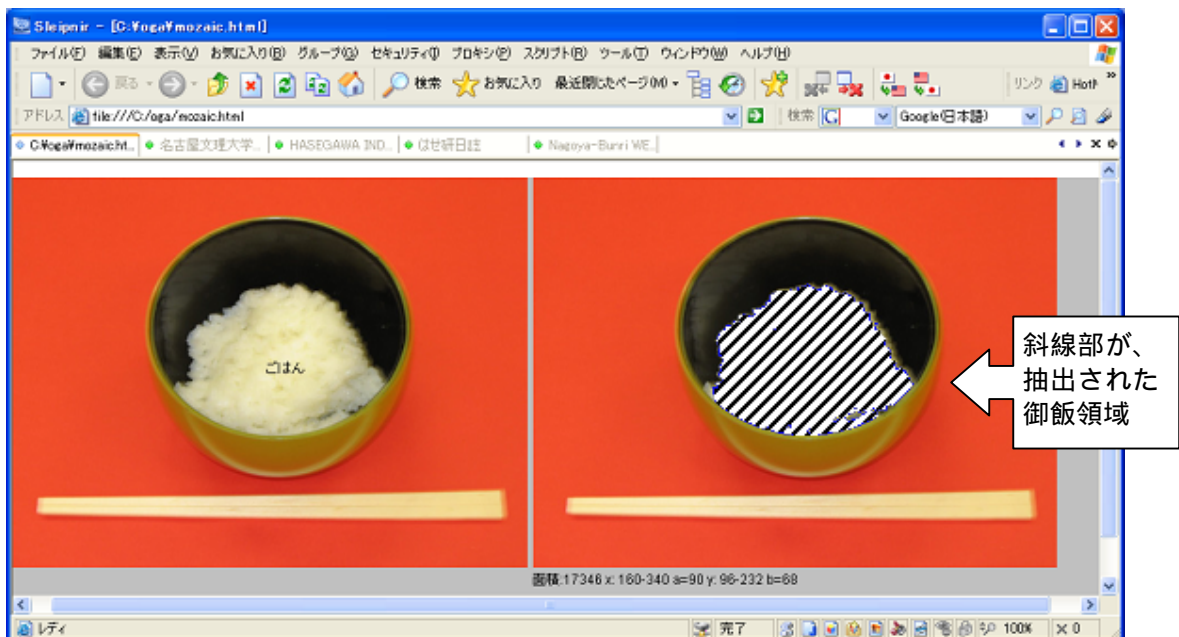


図 4 「御飯の量自動推定プログラム」の実行例 (左が入力画像、右が出力画像)

これらを、器がほぼ画面の中央に来るようにそれぞれデジタルカメラで撮影して、図2のような画像を8枚用意した。今回は、ケータイによる実証実験ではなく、画像処理アルゴリズムの推定精度を評価することを目的として高解像度のデジカメ画像を用いて、これに画像処理を施した。スケーリングのために割り箸を置いて撮影した。

御飯(対象物)の量を測定するには、まず画像のどの部分が「御飯」なのかを判断しなければならない。今回は、画面中央付近の領域にある白色に近い画素値をもつ部分を御飯とみなす方法で、対象物の領域抽出を行った(図4参照)。

次に、抽出した御飯領域の自動画像計測を行って、(1)御飯領域の面積、(2)御飯領域の横方向の半径、(3)御飯領域の縦方向の半径、そして(4)割り箸の長さ、4つを計測した。(1)は、抽出した領域のピクセルの数、(2)(3)は、抽出領域のx座標値またはy座標値の最大値と最小値の差を2で割った値である。(4)は、箸の長さ方向のピクセル数である。一般的な割り箸の長さを11本調べた結果、 20.2 ± 0.4 cmであったため、スケールとして(4)の箸の長さ(pixel) = 20.2 (cm)として単位を変換した。計測結果をそれぞれ次のように表す。

- (1) S : 御飯の面積 (cm²)
- (2) a : 御飯の横方向の半径 (cm)
- (3) b : 御飯の縦方向の半径 (cm)

このように計測した値 S、a、b を用いて、御飯の量 W (g) を以下のように推定した。

$$W = \alpha \pi^{\frac{1}{2}} \left(\frac{a}{b} S\right)^{\frac{3}{2}} \quad (\text{式1})$$

ただし、 α は比例定数である。

図5に、計測した8つの画像について、式1の定数 α を含まない計算結果(縦軸)を各サンプルの量(横軸)との散布図として示した。そして、近似曲線(原点を通る1次直線)をサンプルAとB毎に求めた(図5)。これにより、式1の α の値を求めた。サンプルAでは $\alpha = 1/1.8308$ 、Bでは $\alpha = 1/1.8169$ となった。これらの α の値を使って御飯の量を推定した結果を表1に示す。また、50gあたりの推定値の誤差(g)を式5のような値で評価した。

$$err_{50} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \left\{ \frac{50}{w_n} (W_n - w_n) \right\}^2} \quad (\text{式2})$$

ただし、 w は各サンプルの御飯の量(真値)、 W は推定値、 n はサンプル番号1~4、各サンプルの数 N は4である。

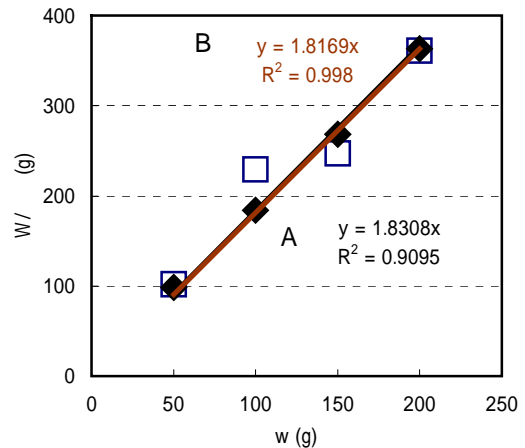
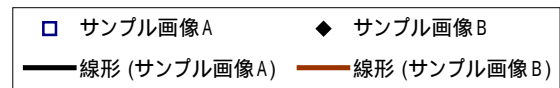


図5 御飯の量wとその推定値Wの関係

表1 御飯の量wとその推定値W(g)

w (g)	1	2	3	4	err ₅₀
	50	100	150	200	
サンプルA	55.7	125.6	134.9	197.2	7.5
サンプルB	53.9	101.3	147.5	199.8	2.0

この算出方法による推定値W/ (式1参照)は、サンプルAで $R^2 = 0.910$ 、Bで $R^2 = 0.998$ (Rは相関係数)と、原点を通る直線近似で御飯の量wとよく一致した(図5参照)。

また、推定結果(表1参照)は、サンプルAでは $err_{50} = 7.5$ 、Bでは $err_{50} = 2.0$ (式2参照) というバラツキをもっていた。栄養管理やカロリー計算のためには、ご飯の量50gあたり数gの誤差は許容範囲であると考えられ、この推定方法によって、今回使用したサンプル画像において、御飯の量を実用可能な程度に正確に測定できたと評価できる。

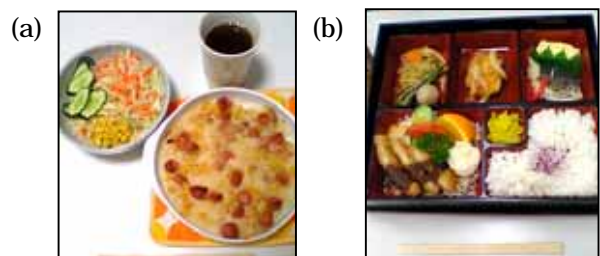


図6 推定が困難な食事の画像の例

ただし、今後、図1(c)(d)や図6(a)のように白い御飯が直接写っていない画像での御飯領域の抽出、図1(b)や図6(b)のような多様な形の器での御飯の量の算出法などが課題となる。

3. 食事画像による栄養管理システム

高齢者や食事療法を必要とする患者もしくは健康管理を目的とする人（以下では対象者と記す）が、在宅で、自分の食事をカメラつきケータイで撮影して E-mail で送るだけで、栄養管理と適切な栄養指導が受けられるシステムの開発を行った。図7にシステムの概要を示す。

対象者は、あらかじめ、身長・体重・健康状況・食事状況などの問診アンケートをうけ、個別にシステムに登録される。対象者は、食事のたびに個人のカメラつきケータイを使って写真（図8参照）を撮って E-mail で送付する。送付された画像はすべて、栄養管理システムのデータベースに対象者別に蓄積される。管理栄養士が、システムを使用し、送られてきた画像からメニューや食材、分量を推定し入力することにより摂取栄養価が算出される。

摂取栄養価の計算結果はデータベースに蓄積し、食事区分ごとや一日または数日の平均などのパラメータを指定することにより再度栄養価計算がなされ、その指示に従った栄養価や栄養バランスなどを分析・評価する。対象者の栄養摂取状況、栄養バランス、食事の改善点などの栄養士からの指導内容を栄養診断レポート（図9に例を示す）として作成する。これを対象者に返信（現在はプリントアウトし送付）する。

今回、開発したプロトタイプシステムを使って、19~20歳の女子大学生2名を被験者（対象者）とし、それぞれにカメラつきケータイ（vodafone SH53）を貸与して、実証実験を行った。

本稿では、システムの利用性や有効性について考察し、実証実験から、画像による栄養診断・栄養指導の実際について、可能性と課題を考える。

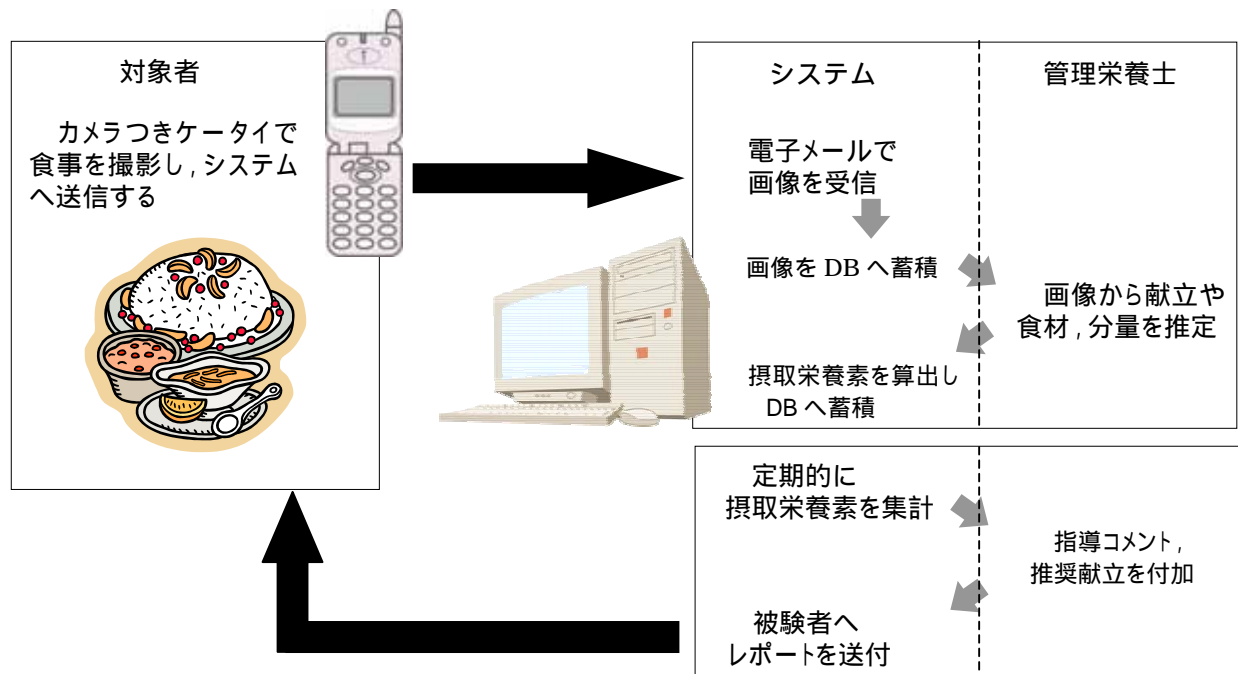


図7 ケータイ栄養管理システムの概要



図8 被験者の1日の食事画像の例

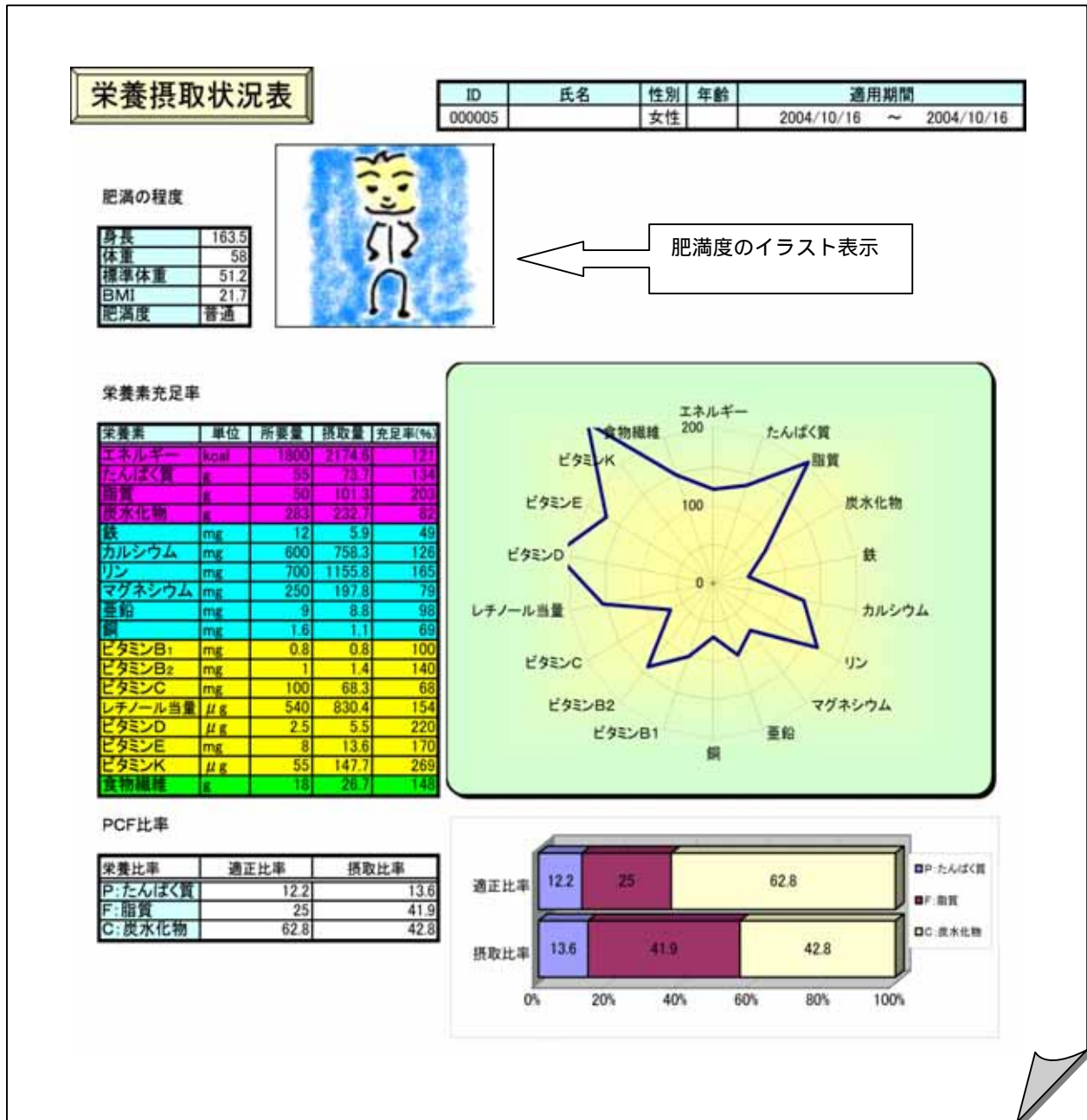


図9 栄養管理システムが出力するレポートの例



図10 肥満度6段階のイラスト表示

システムの出カレポートは、図9に示すようにグラフや表によってビジュアルにわかりやすく表示した。肥満度はBMI = 体重(kg) / (身長(m))²の値によって、低体重 (BMI < 18.5)、普通 (18.5 ~ 25)、

肥満 (25 ~ 30)、肥満 (30 ~ 35)、肥満 (35 ~ 40)、肥満 (BMI > 40)の6段階に区分できる。出力レポートでは、この肥満度を図10のようなイラストで表示して対象者に提示する。

今回の実証実験では、被験者に対し、任意の4日間に摂取するすべての食事内容(朝・昼・夕・間・夜食の4日分の食事)を撮影して240×320 pixelの画像とし、そのつど写メールモードで栄養管理システムへ送信するよう依頼した。なお、食器の大きさを画像から相対的に把握できるように、撮像範囲に長さ約20cmの割り箸を置いて撮影した(図8参照)。

本システムは、カメラつきケータイを利用することで、対象者側にはインターネット接続環境やパソコン操作の技能が必要なく、簡単に食事画像を撮影・送信できる利点がある。実証実験でも、初めて利用する機種種のケータイで、問題なく撮影・送信が行われた。実際には、普段使い慣れている個人のケータイを利用するため、システムの使用はさらに容易になると考えられる。ただし、我々が20~79歳88人を対象に2003年に行ったアンケート調査では、図11に示すように、若年層(20~39歳41人)ではケータイ不所持者1名を除けば普段のメールの利用は100%であったのに対し、中年層(40~59歳14人)、高齢者層(60~79歳33人)と年齢が上がるとともにメール利用率は低下し、高齢者ではケータイ利用者は全体の半数となり、さらにそのうちの半数しか普段メールを利用していなかった。さらにデジカメ画像を撮影・送付するとなると、高齢者にとっては負担となる可能性がある。

今回の実証実験では、送付された画像を実際に熟練の管理栄養士が見て、料理名・食材名・分量を判断したが、多くの画像で今回の画像解像度で十分判別可能であった。ただし、料理の種類によって、食材の推定が容易なもの(図12)と困難なもの(図13)があった。図13(a)は「キャベツとツナのスパゲッティ」と推測されたが実際には「アボガドと卵のスパゲッティ」であり、図13(b)は「ビーフシチュー」と「わかめと豆腐のすまし汁」と推測されたが実際には「マーボー茄子」と「わかめと根深葱の味噌汁」であった。また、撮影の角度によっては、分量の推測が困難なものもあることが分かった。

また、推定した料理名と分量から、栄養成分データベースを利用して栄養管理システムでの栄養管理を行うが、現状システムではパソコン上でのデータのやり取りは自動化されておらず、管理栄養士の作業負担が大きい。実用化のためには、今後、システムを統合・改良してゆく必要がある。

管理されたデータや診断結果のレポート(図9参照)は、中・高齢者や栄養学の知識がない対象者にも平易に、視覚的に理解でき、自己の基本的な栄養・食事について考え、生活習慣・食習慣の改善に役立てられるように開発したものであり、図10のようなイラスト表示などを使って親しみやすいものとした。現状ではパソコンの画面とプリントアウトで見られるだけであるが、今後、遠隔地にいる対象者が必要に応じて閲覧できるようにする必要がある。

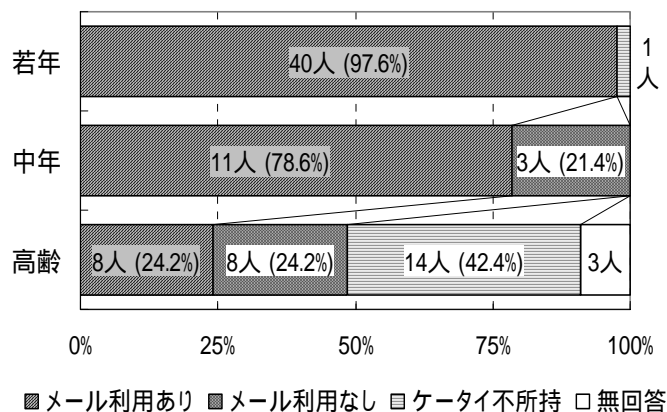


図11 年齢層別ケータイ・メール利用率

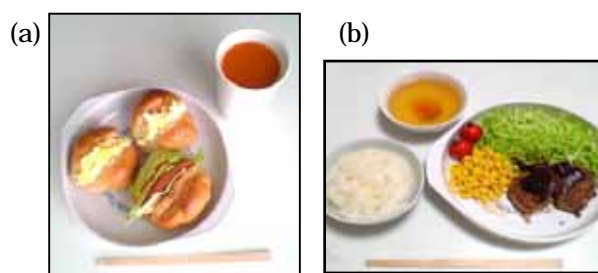


図12 食材の推定が容易な画像の例

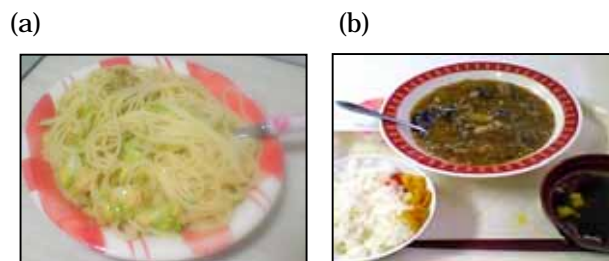


図13 食材の推定が困難な画像の例

さらに、将来的に、必要な場合には個別に警告を伝えたり、前述の御飯の量の自動推定機能や食前に食材やカロリーが分かる機能などが実現できれば、いっそう有効なシステムになると考えられる。

4. おわりに

今回報告した2つのシステムは、今後も実用化のための開発・検証を進めていく予定である。

なお、本研究の推進に尽力した小川祐介・梶田陽平の両名(名古屋文理大学卒業生)ならびに、ケータイの利用に関して適切なアドバイスをいただいた名古屋大学の宮尾克教授に謝意を表します。

参考文献

- [1] T.Tsujii, M.Yokota, M.Okumura, S.Hasegawa, T.Yoshida: nutrition management system using mobile phones with built-in cameras, International Conf. on Gerontechnology (2005).