RFID を用いたインテリジェント冷蔵庫のシステム構成とその機能

金野 紋子† 増永 良文‡

†お茶の水女子大学大学院 人間文化研究科博士前期課程 数理・情報科学専攻

‡お茶の水女子大学 理学部情報科学科

〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1

E-mail: †ayako@db.is.ocha.ac.jp, ‡masunaga@is.ocha.ac.jp

あらまし 近年，ユビキタス社会を実現するに当たり，政府は我々の最も身近な家電製品と，コンピュータ技術および情報通信ネットワーク技術が融合する情報家電の市場化を戦略的に推進し，メーカは精力的に製品開発と普及に向けて取り組んでいる．これまで我々は，RFID と情報家電開発の動向を調査し，RFID と電子上皿天びんを用いることにより，ユーザの利便性と操作性を重視した新たな情報家電の提案として，インテリジェント冷蔵庫システムを提案してきた．本稿ではその提案のプロトタイプとなるシステム構成と機能を述べる．本システムでは，冷蔵庫に出し入れする食品データのログを，冷蔵庫に付随させる RFID リーダ，電子天秤，タッチパネルを介してデータベースに格納させるので，ユーザはタッチパネルディスプレイからのアクセスにより直接冷蔵庫の中身を見なくても，賞味期限，食品の残量などを知ることなどができる．

キーワード ユビキタスコンピューティング，ユーザインタフェース，RFID，情報家電，冷蔵庫

The Configuration and the Functions of an Intelligent Refrigerator System using RFID

Ayako KONNO† Yoshifumi MASUNAGA‡

† Graduate Division of Mathematics and Computer Science (Master's Program), Ochanomizu University

‡ Department of Information Science, Faculty of Science, Ochanomizu University

2-1-1 Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-8610 Japan

E-mail: †ayako@db.is.ocha.ac.jp, ‡masunaga@is.ocha.ac.jp

Abstract Recently, in order to realize a ubiquitous society, the government has tactically worked on spreading of the information appliance which is the integration of our most familiar home appliances and the technology of computing and networking. Also, white goods maker has aggressively worked on its development and its popularization. We have surveyed the trend of information appliance development in Japan, and suggest an intelligent refrigerator system which uses the RFID and the electronic even balance as a new information appliance focused on user-friendliness. In this paper, we describe the configuration and the function of the prototype system. When user loads or unloads the food to the refrigerator, this system store the food dataset into a database through the RFID reader, the electronic even balance and the touch panel associated with the refrigerator. By the information displayed on the touch panel users can know the expiration date, the amount of food, etc.

Keyword Ubiquitous Computing, User Interface, RFID, Information Appliance, Refrigerator

1. はじめに

近年，ネットワーク技術の進展に伴い，冷蔵庫，洗濯機，電子レンジ，エアコンなどの家電を情報化することで，それぞれの家事支援機能に加え，家事労働の軽減，安心などのメリットを提供する情報家電への期待が高まっている．

経済産業省商務情報製作局は情報家電の市場化を戦略的に推進するため，「e-Life イニシアティブ（基本戦略報告書）」を 2003 年 4 月に発表した．これは 2007 年までに全ての世帯に複数の情報家電を普及させる目的の他，情報家電がもたらす製品やサービスの具体的イメージを提起し，日本の IT 企業の国際競争力の回復・強化を実現させることを目的としている[1]．既に商品化している東芝のインターネット家電は，「フェミニティ」というブランドで，冷蔵庫，洗濯乾燥機，エアコン，オーブンレンジとこれらを一括操作する「ホーム端末」，「ホームゲートウェイ」を発売している[2][3]．また,IC タグ(=RFID タグ)は，インターネットを介して提供されたサービスと実世界オブジェクトを結びつける重要な役割を果たすと期待されており,特にトレーサビリティ分野での注目が高い[4].

情報家電が普及するための課題は大別すると，ホームネットワーク環境構築とユーザの要求に応えるサービス開発の２点あると考えられる．従来，情報家電と

いえば，通信レベル主体のネットワーク家電という観点が強く，ホームネットワーク環境の構築が大手メーカで様々に検討されている．しかし，ユーザの複雑な要求に応え，ユーザ自身の能力を補い，家事労働を軽減させるという未来の情報家電サービスの役割と目的を実現することを考えると，情報家電がどのように家庭で使われるのかなど，情報家電が置かれている実世界の姿を正確に把握しておく必要がある．そこで，データベースの存在が不可欠になる．

我々は，様々な家電の中でも，冷蔵庫は食品の貯蔵庫であり，かつ食生活の中心的役割を担っているという観点から，データベース技術を活かしやすいということに着目し，賞味期限が近い食品の通知や，残り少なくなった，あるいはなくなってしまった食品の通知など，様々なサービスを実現するインテリジェント冷蔵庫（i-冷蔵庫）システムを提案してきた[5]．その際，冷蔵庫が置かれている実世界とデータベースとの整合性を保つために，RFID リーダと電子天秤を用いることで，システム構築を図る．本システムは新規入庫する際に，食品名と賞味期限の入力，出庫・入庫する際に，ボタンとタグをリーダにかざす操作を行うだけで，データベースを更新することを実現し，さまざまなサービスを実現する．

2. RFID を用いた i-冷蔵庫システムの構想

2.1. システム構築の目的

家庭で毎日使われる冷蔵庫は，家族など複数の人間によって出し入れされるため，冷蔵庫の扉を開けないと何が入っているのか正確に知ることができない．冷蔵庫の中身を確認せず買い物に行き，何が冷蔵庫に残っていたか悩んだことはないだろうか．冷蔵庫の残り物でどんなおかずができるか悩んだことはないだろうか．そこで，我々は，i-冷蔵庫システムを構築することを考えた[1]．以下，その構想の概要を示す．

2.2. i-冷蔵庫システムが提供するサービスの分類

i-冷蔵庫システムが提供するサービスを技術により分類する．

（1）ネットワーキング技術

① ホームネットワーク

② 広域ネットワーク

（2）連携技術

① i-冷蔵庫のみ

② i-冷蔵庫と他の i-家電(他の i-冷蔵庫を含む)
他の家電も i-冷蔵庫と同様に DB を持つインテリジェントな家電であると仮定

（3）情報発信技術

① Pull 型(ユーザが問合せをして情報を得る)

② Push 型(ユーザが問合せをしないで情報得る)

これらの分類をそれぞれ軸とし，サービスの分類を 3 次元で描いた(図 1)．

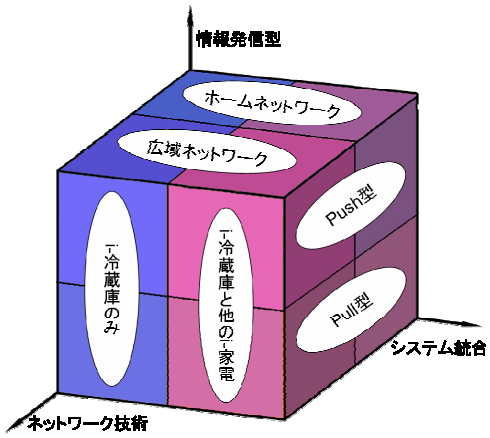

図 1: i−冷蔵庫システムが提供するサービスの分類

次に，8 通りに分類したサービスの具体例を示す．

(a) ホームネットワーク∧i-冷蔵庫のみ∧Pull 型
今ある冷蔵庫の中身で料理を作る際，何が残っていたか，何が作れるかを問い合せると，屋内ユーザにその結果を表示するサービス．

(b) ホームネットワーク∧i-冷蔵庫のみ∧Push 型
賞味期限が近い食品，おすすめのレシピを屋内ユーザに通知するサービス．

(c) ホームネットワーク∧i-冷蔵庫と他の i-家電∧Pull 型
料理に合うワインを問い合せると，屋内ユーザにその結果を表示するサービス．

(d) ホームネットワーク∧i-冷蔵庫と他の i-家電∧Push 型
レシピを配信する際，その料理に合うワインを屋内ユーザに通知するサービス．

(e) 広域ネットワーク∧i-冷蔵庫のみ∧Pull 型
買い物する際，在庫食品，過去に買った食品履歴，作りたい料理に不足している食品を問い合せると，屋外ユーザにその結果を表示するサービス．

(f) 広域ネットワーク∧i-冷蔵庫のみ∧Push 型
賞味期限が近い食品，不足している常備食品，おすすめのレシピを屋外ユーザに通知するサービス．

(g) 広域ネットワーク∧冷蔵庫と他の i-家電∧Pull 型
買い物する際，作る予定の料理に合うワインを問い合せると，屋外ユーザにその結果を表示するサービス．

(h) 広域ネットワーク∧冷蔵庫と他の i-家電∧Push 型
常備しているワインがないことを屋外ユーザに通知するサービス．

3. プロトタイプシステムの概要

前章で述べた構想に基づき，インテリジェント冷蔵庫システムのプロトタイプシステムを構築する．図 2 にその機器構成のイメージ図を，図 3 にシステム構成図を示す．

3.1. 本プロトタイプシステムの要求定義

本プロトタイプシステムはユーザが簡単な操作を行うだけで，データベースを更新することを実現するが，その機能と操作についてユースケースモデル(図 4)を用いて示し，それぞれのユースケースの詳細をユースケース記述に記す．詳しくは，5 章のプロトタイピング実装で説明する．

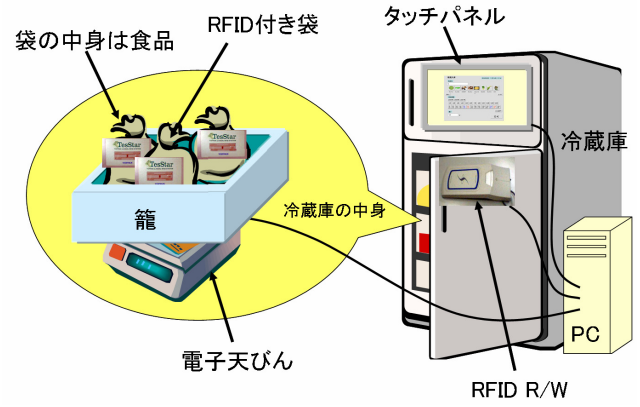

図 2: 機器構成のイメージ図

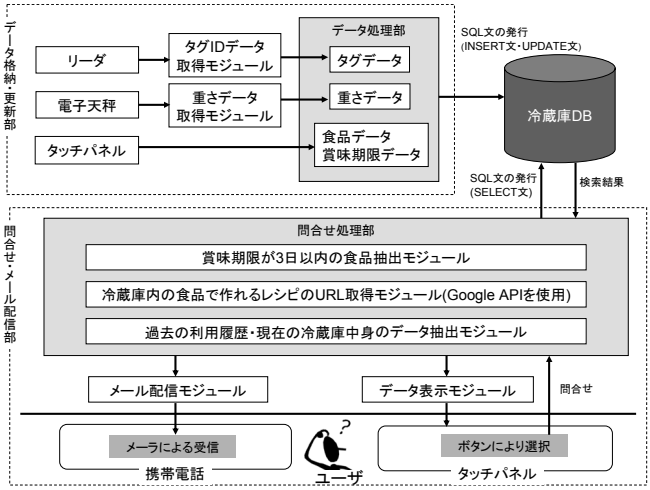

図 3: システム構成図

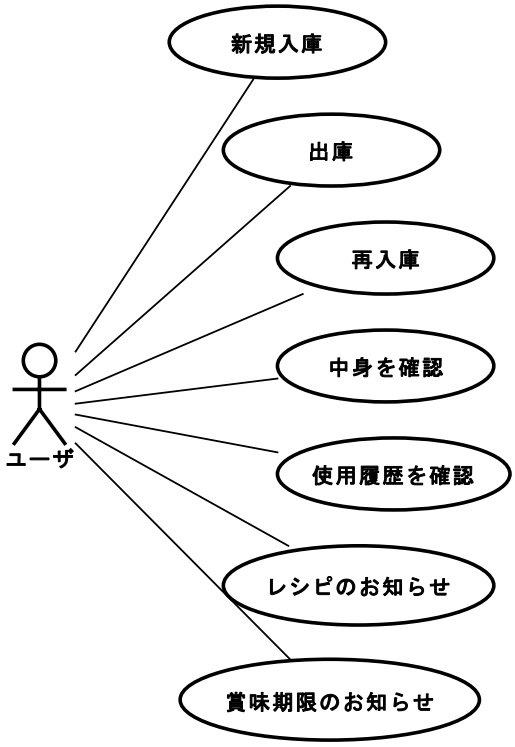

図 4: プロトタイプシステムのユースケースモデル

[ユースケース記述 1]

ユースケース名：新規入庫，出庫，再入庫

ユースケースの目的： このユースケースの目的は，入出庫する食品のデータを格納･更新することである．

事前条件： 特になし．

事後条件： 出庫後，2 時間以内に入庫されなかったら，使い切ったとみなす．

制限： 冷蔵庫に入れる食品は野菜，果物，卵，乳製品(牛乳・バター・ヨーグルト・プリン)とし，風袋の重さは考慮しない．

前提： タグ付き袋ごと出す．タグ付き袋ごと入れる．袋の中身である食品を使いきったら，タグは使い回す(再利用する)．冷蔵庫内には籠があり，食品を収納するビニール袋一袋にはタグデータを保持する RFID タグを一つ付ける．

基本フロー：

A. 入・出庫ボタンをタッチする．
B. タグをかざす．
C. リーダはタグデータを読み込む．
D. 食品名，賞味期限をタッチパネルより入力する．
E. OK ボタンをタッチする．
F. 重さデータを取得する．
G. 冷蔵庫データベースを更新する．

代替フロー：

代替フローのトリガ条件： 読み込んだタグデータのステータスが 1 である（出庫）.

D1. RFID タグ付きの袋を冷蔵庫から取り出す.

D2. 基本フローの F に戻る.

代替フロー：

代替フローのトリガ条件： 読み込んだタグデータのステータスが 2 である（入庫）.

D1. RFID タグ付きの袋を入れる.

D2. 基本フローの F に戻る.

[ユースケース記述 2]

ユースケース名：レシピのお知らせ

ユースケースの目的： このユースケースの目的は，現在冷蔵庫の中身で作れるレシピをユーザの携帯電話メールアドレスに配信することである.

事前条件： 携帯電話メールアドレスは登録されている.

事後条件： 特になし.

制限： 特になし.

前提： 一日に 3 回，7:30，10:00，15:00 に自動的に配信される.

基本フロー：

A. 配信時間になると，冷蔵庫データベースより，現在冷蔵庫に入っている食品を抽出する.

B. 抽出した食品をキーワードとして Google 検索し，その食品を用いるレシピの URL を取得する.

C. 取得した URL を登録されている携帯電話のメールアドレスに配信する.

[ユースケース記述 3]

ユースケース名：賞味期限のお知らせ

ユースケースの目的： このユースケースの目的は，現在冷蔵庫の中身で賞味期限が 3 日以内の食品名を携帯電話のメールアドレスに配信することである.

事前条件： 携帯電話メールアドレスは登録されている.

事後条件： 特になし.

制限： 特になし.

前提： 一日に 3 回，7:30，10:00，15:00 に自動的に配信される.

基本フロー：

A. 配信時間になると，冷蔵庫データベースより，現在冷蔵庫に入っている食品で賞味期限が 3 日以内の食品名を抽出する.

B. 取得した食品名を登録されている携帯電話のメールアドレスに配信する.

3.2. データの入出力方法

食品データは次の 3 種の機器から入力される：

- RFID リーダ
- 電子上皿天秤
- タッチパネル

冷蔵庫のドア付近に設置された RFID リーダから食品の（入った袋の）タグデータを読み取り，冷蔵庫内の籠と一体化させた電子天秤から食品の重さデータを取得する．そして，冷蔵庫のドアに設置したタッチパネルより，食品名と賞味期限データを取得する．取得したこれらのデータによりデータベースを更新する．データベースのデータをユーザに表示する場合はタッチパネルに表示させる．なお，電子天秤は，計測した重さを RS232C 規格で PC に伝送する機能を持つ.

4. i-冷蔵庫システムのデータベース

4.1. クラス図からデータベース設計モデルへのマッピング

前述のシステム要求定義により，図 4 に示すクラス図が得られる．このクラス図からデータベース設計モデルにマッピングする．そのマッピング法は，基本的にクラスをテーブルに，属性を列に，マッピングし，データベースのパフォーマンスを考慮して必要な列を追加する．そのようにして作成されたデータベース設計モデルが図 5 である.

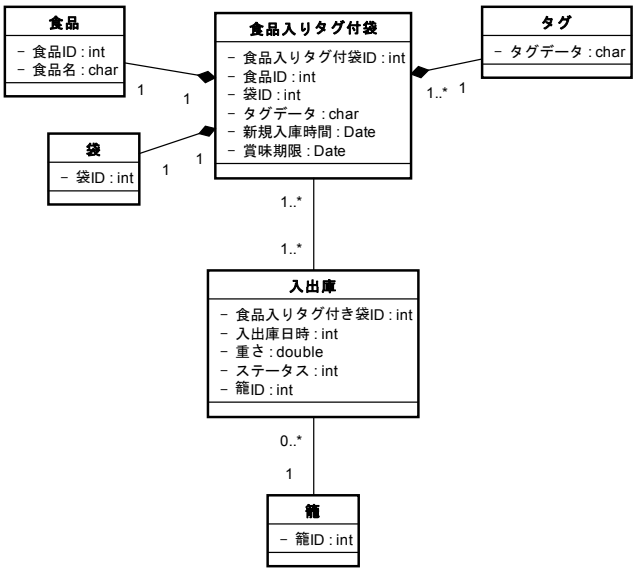

図 4: i-冷蔵庫プロトタイプシステムのクラス図

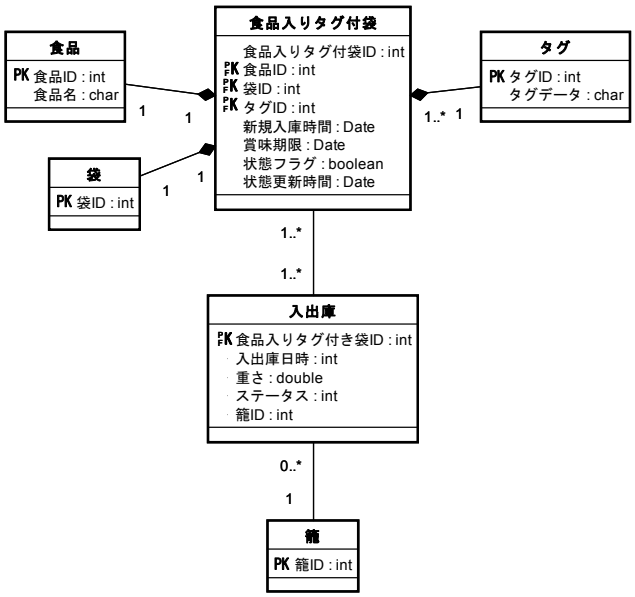

図 5: i-冷蔵庫プロトタイプシステムのデータベース設計モデル

クラス入出庫の変数である「ステータス」とは，ステータス=1 を「袋が冷蔵庫内」，ステータス=2 を「一時取り出し中」，ステータス=3 を「使い切った」を表す．クラス食品入りタグ付袋は，クラス食品，クラス袋，クラスタグを集約しており，食品入りタグ付袋と籠の間には入出庫という関係で結ばれる．また，テーブル食品入りタグ付袋の属性である「状態フラグ」は，特に「中身を確認する」機能において必要であるが，どの食品入りタグ付袋のステータスが 3 であるか，そうでないかを判別するためのフラグである．ステータスが 3 になった時，状態フラグを 0 にし，ステータスが 1 または 2 の場合は，フラグは 1 のままである．このフラグがなくても，入出庫テーブルにより，判別することも可能であるが，データベースパフォーマンスを考慮すると，フラグがある方がはるかに効率がよいと考えた．

4.2. データベーススキーマ定義

データベース設計モデルより，データベーススキーマを定義すると，図 6 のようなリレーショナルテーブル群が得られる．

食品

食品ID	食品名
1	ニンジン
2	ギュウニュウ
3	ダイコン

タグ

タグID	タグデータ
1	00045390711150020B4400628920228F
2	006153907111500223 2A00628920228F

食品入りタグ付袋

食品入りタグ付袋ID	食品ID	タグID	新規入庫時間	賞味期限	状態フラグ	状態更新時間
1	1	1	2005/01/08 18:00:00	NULL	0	2005/01/08 21:15:00
2	2	2	2005/01/08 18:10:00	2005/01/16	1	NULL
3	3	1	2005/01/09 14:00:00	NULL	1	NULL

入出庫

食品入りタグ付袋ID	入出庫日時	重さ	ステータス
1	2005/01/08 18:00:00	156.6	1
2	2005/01/08 18:10:00	205.4	1
1	2005/01/08 19:15:00	54.2	2
1	NULL	0	3
3	2005/01/09 14:00:00	234.2	1

図 6: i-冷蔵庫プロトタイプシステムのリレーショナルテーブル群

5. プロトタイピング

データベース管理システムとして，オープンソースの RDBMS である MySQL を用いている．システムは Visual Basic.NET で実装している．

5.1. 初期画面

何も操作していない時の画面．「入・出庫」，「過去の使用履歴」，「中身を確認」のボタンがある．図 7 にタッチパネル上に表示される初期画面を示す．

図 7: 初期画面

5.2. 新規入庫画面

初期画面の「入・出庫」ボタンをタッチし，リーダに入庫したい袋のタグをかざすと表示される画面．図 8 にタッチパネル上に表示される新規入庫画面を示す．食品名を，ボタンをタッチして入力，賞味期限を「なし」のチェックボックスか日付をタッチして入力し，「OK」ボタンをタッチする．すると，i-冷蔵庫システムは以下の擬似 SQL 文を実行し，食品データを登録す

る．

INSERT INTO 食品（食品名）VALUES（'ギュウニュウ', 'NULL'）;

INSERT INTO タグ（タグデータ）VALUES（'00545390711150022744006289202 28F'）″

INSERT INTO 食品入りタグ付袋（食品 ID, タグ ID, 新規入庫時間, 賞味期限, 状態フラグ, 状態変更時間）VALUES（'1', '1', '1', '2006/02/22 17:59:16', 2006/02/28 00:00:00, '1', NULL）

INSERT INTO 入出庫（食品入りタグ付袋 ID, 入出庫日時, 重さ, ステータス）VALUES（'1', '1', '20060105050252', '2006/02/22 17:59:16', '156.6 ', '1'）

図 8: 新規入庫画面

5.3. 更新画面

「新規入庫画面」と「再入庫画面」で「OK」ボタンをタッチしたときに表示される画面．図 9 にタッチパネル上に表示される更新画面を示す．以下の擬似 SQL 文を実行して，データを取得する．

SELECT 食品名 FROM 食品 WHERE 食品 ID = '1'
SELECT 重さ, 入庫日時 FROM 入庫 WHERE 食品入りタグ付袋 ID = '1' ORDER BY 入出庫日時 DESC LIMIT 1″

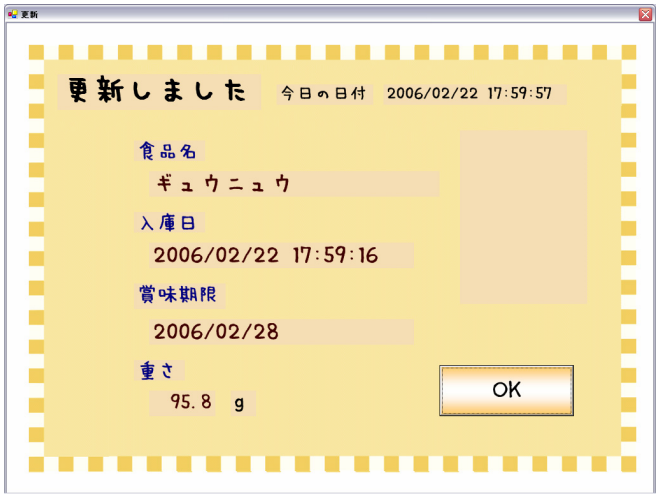

図 9: 更新画面

5.4. 出庫画面

初期画面の「入・出庫」ボタンをタッチし，出庫したい袋のタグ ID をかざすと表示される画面．図 10 にタッチパネル上に表示される出庫画面を示す．取り出す食品のテキストボックスに自動的に食品名が入力される．「OK」ボタンをタッチすると，その袋のステータスを 2 にする以下の擬似 SQL 文を実行する．

INSERT INTO 入出庫（食品入りタグ付袋 ID, 入出庫日時, 重さ, ステータス）VALUES（'1', ' 2005/01/08 19:15:00 ', ' 156.6 ', '2'）

出庫後 2 時間以内に入庫処理が行われなかったら，使い切ったとし，ステータスを 3 にする処理を行うが，その説明は 5.8 節で詳しく述べる．

図 10: 出庫画面

5.5. 中身を確認画面

初期画面の「中身を確認」ボタンをタッチすると表

示される画面．図 11 に，タッチパネル上に表示される「中身を確認画面」を示す．以下の擬似 SQL 文を実行してデータを取得している．

まず，現存する食品入りタグ付袋の食品入りタグ付袋タグ ID をすべて取得する．

SELECT 食品入りタグ付袋．食品入りタグ付袋 ID，食品．食品名 FROM 食品入りタグ付袋 LEFT JOIN 食品 ON 食品入りタグ付袋．食品 ID = 食品．食品 ID WHERE 食品入りタグ付袋．状態フラグ = '1'　・・・①

①で取得した食品入りタグ付袋 ID（=取得食品入りタグ付袋 ID）に対して，以下の SQL 文を実行する．

While
SELECT 重さ，ステータス FROM 入出庫 WHERE 食品入りタグ付袋 ID = '取得食品入りタグ付袋 ID"' ORDER BY 入出庫日時 DESC LIMIT 1
End While

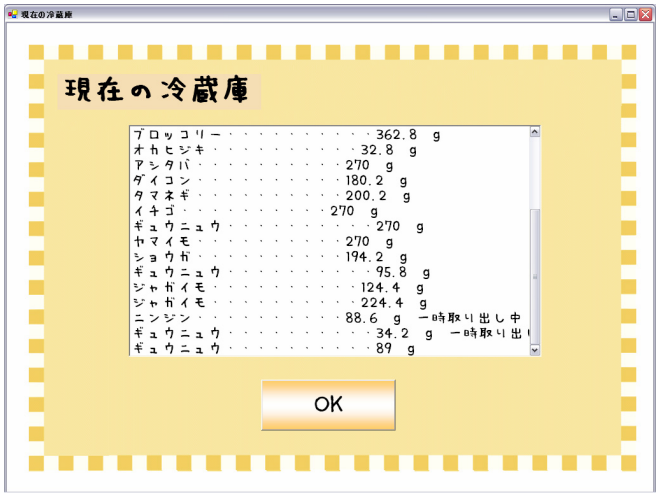

図 11: 中身を確認画面

入庫ステータスが 2 の場合は，図 11 のように，「一時取り出し中」と表示される．

5.6. 再入庫画面

初期画面の「入・出庫」ボタンをタッチし，入庫したい袋のタグ ID をかざすと表示される画面．図 12 にタッチパネル上に表示される再入庫画面を示す．食品名のテキストボックスに自動的に食品名が入力される．「OK」ボタンをタッチすると，その袋のステータスを 1 にする SQL 文を実行する．

INSERT INTO 入出庫（食品入りタグ付袋 ID，入出庫日時，重さ，ステータス）VALUES（'1'，' 2005/01/08 19:15:00 '，' 156.6 '，'1'）

その後，同様に「更新画面」を表示する．「中身を確認画面」を表示（図 13）させるとステータスが 1 になったため，「一時取り出し中」の文字が消える．

図 12: 再入庫画面

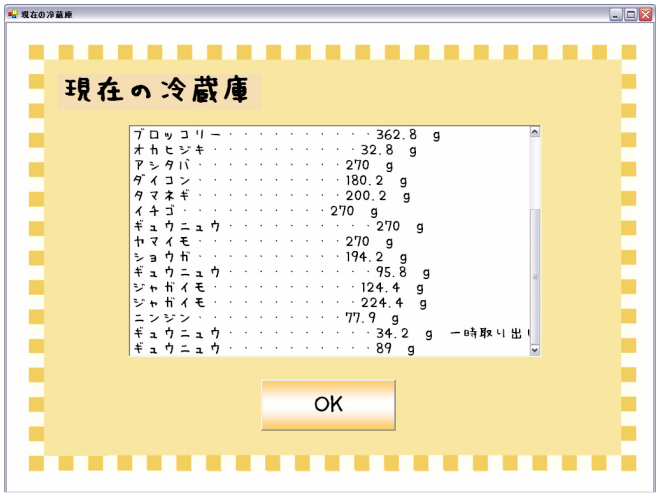

図 13: 中身を確認画面

5.7. 過去の使用履歴画面

初期画面の「過去の使用履歴」ボタンをタッチすると表示される画面．図 14 にタッチパネル上に表示される過去の使用履歴画面を示す．以下の SQL 文を実行することにより，実現する．

まず，ステータスが 2 であるレコードを取得する．

SELECT 食品入りタグ付袋 ID，入出庫日時(1)，重さ(2) FROM 入出庫 WHERE ステータス='2'　・・・②

②で取得したすべてのレコード（取得食品入りタグ付袋 ID，取得入出庫日時）に対して以下の SQL 文を実行する．

While
SELECT 入出庫日時(3)，重さ(4)，ステータス FROM 入出庫 WHERE（ステータス='1' OR ステータス='3'）AND

食品入りタグ付袋 ID='取得食品入りタグ付袋 ID' AND 入出庫日時='取得入出庫日時' ORDER BY 取得入出庫日時 LIMIT 1

SELECT 食品.食品名(5) FROM 食品 LEFT JOIN 食品入りタグ付袋 ON 食品.食品 ID = 食品入りタグ付袋.食品 ID WHERE 食品入りタグ付袋 ID = '取得食品入りタグ付袋 ID' AND 新規入庫日時 ='取得入出庫日時(3)'

(5)の食品名，(1)の出庫日，(3)の再入庫日，(2)-(4)の使用量，により取得したデータを表示する．

End While

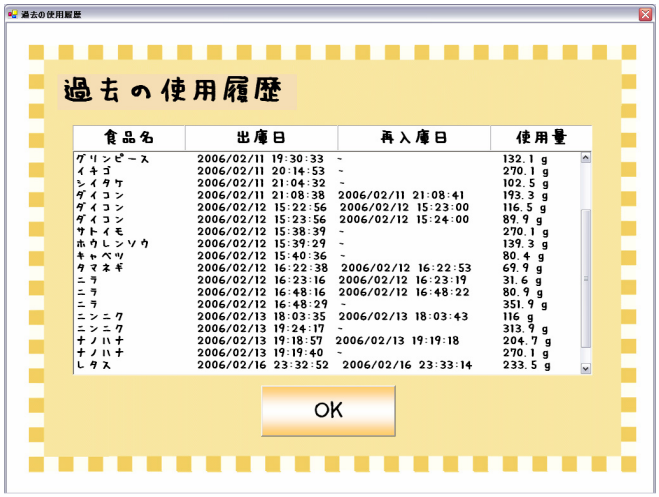

図 14: 過去の使用履歴画面

5.8. レシピと賞味期限のお知らせ機能

タッチパネルの画面に表示させないバックグラウンドジョブとして 2 つある．出庫後 2 時間以内に入庫処理が行われなかったら使い切ったとし，ステータスを 3 にする処理と，一日 3 回，7:30，10:00，15:00 に賞味期限が 3 日以内の食品名，現在冷蔵庫に入っている食品に関連したレシピのモバイル用 URL，10 件を携帯電話のメールに配信する処理を行う．

5.9. プロトタイピングの一考察

本プロトタイプシステムで実験を試みた結果，以下の表 1 の示したように，各画面遷移に時間がかかることがわかった．特に，リーダでタグデータを読み取ってからの画面表示に時間がかかっている．詳しい原因は現在，究明中であるが，リーダ及び電子上皿天秤とパソコン間の通信におけるモジュール部分であると考えている．ユーザが負担に感じない時間というのは最大 3 秒であるため，全ての遷移を 3 秒以下にすることは大きな課題である．

	新規入庫		出庫		再入庫
	初期画面→新規入庫画面（秒）	OKボタン→更新画面（秒）	初期画面→出庫（秒）	OKボタン→更新画面（秒）	初期画面→再入庫（秒）
ジャガイモ（画像あり・賞味期限なし）	6	2	8	6	4
ニンジン（画像あり・賞味期限なし）	5	2	8	6	5
ギュウニュウ（画像なし・賞味期限あり）	4	2	3	6	8

表 1: 画面遷移にかかった時間

6. まとめと今後の課題

これまで以下のような約束事をユーザに守ってもらうことを前提に,食品データを入出庫する際，ユーザは簡単な操作を行うだけで，データベースを更新することを実現した．

- 冷蔵庫内には籠があり，ビニール袋一袋にはタグデータを保持する RFID タグを一つ付ける．
- 新規入庫する際は, RFID タグ付きの袋に食品を入れてから，籠の中に入れる
- 出庫する際は，タグ付き袋ごと出す．
- 対応食品は，野菜，卵，乳製品（牛乳・バター・ヨーグルト・プリン）に限定し，風袋の重さは考慮しない．

今後の課題は，まずは，現在画面遷移の高速化，食品を個単位でデータを格納する方法，対応食品の増幅，風袋の重さを考慮した処理ことが挙げられる．また，約束事が多いほどユーザは使いにくいと感じるため，タグをかざさないで食品を冷蔵庫に入れてしまうなどして多少ユーザが約束事を守らなくてもデータベースと実世界の一貫性を保つための方法，あるいは，約束を絶対に強要するための方法の検討も必要だと考える．

文　献

[1] 経済産業省商務情報製作局, “e-Life 戦略研究会報告所「e-Life イニシアティブ」, ” 38p. 2003.

[2] 東芝ネットワーク家電，“フェミニティ，” http://feminity.toshiba.co.jp/feminity/.

[3] 一色正男，河口俊郎，平原茂利，“広がる東芝ネットワーク家電"フェミニティ"シリーズ，” 東芝レビュー，Vol.60，No.4，pp.23-27，2005.

[4] Y. Taniguchi, and N. Sagawa, "IC Tag Based Traceability: System and Solutions," The 21st IEEE International Conference on Data Engineering, pp.13-17, Tokyo, Japan, 2005.

[5] 金野紋子，増永良文，“インテリジェント冷蔵庫システムの構想，” 日本データベース学会 Letters, Vol.4，No.2，pp. 73-76，September 2005.