

卒業研究報告

題目

Web カメラとセンシング技術を組み合わせた商品識別システムの開発

指導教官

高橋寛教授

王森レイ講師

報告者

真鍋 樹

令和2年～月～日提出

愛媛大学工学部情報工学科情報システム工学講座

目次

第 1 章 まえがき	1
第 2 章 準備	3
2.1 諸定義	3
2.2 商品識別システムの概要	5
第 3 章 商品識別システムの設計	7
3.1 要求定義	7
3.2 基本設計	12
3.3 詳細設計	12
第 4 章 実装・検証	17
4.1 実装	17
4.2 検証	17
第 5 章 評価・考察	18
5.1 評価	18
5.2 考察	18
第 6 章 あとがき	19
謝辞	20
参考文献	21

第 1 章

まえがき

本論文では，Web カメラと超音波センサ，ロードセルなどのセンサを用い，安価な商品識別システムの開発を行った．

近年の日本において，少子高齢化の進行により，生産年齢人口は 1995 年をピークに減少に転じており，総人口も 2008 年をピークに減少に転じている [1]．生産年齢人口の減少という問題は，スーパーマーケットにも顕著に表れており，働き手の数が少なくても経営できるように無人レジ店舗の導入や，セルフレジやセミセルフレジの導入が進んでいる．しかしながら，無人レジ店舗においては数十台のカメラやセンサが必要であったり，商品すべてに独自の IC タグを埋め込む必要があったりなど大きなコストを要するものとなっている．また，既存のスーパーマーケットにおいても，セルフレジの導入は費用の面で大きな負担がかかっているのが現実である．そこで，既存の無人レジ店舗のような複雑で高価なシステムではなく，中小店でも導入できる安価なシステムの作成を本研究の目的とした．

本研究ではシングルボードコンピュータである Raspberry Pi と Web カメラ，各種センサを用い，商品の識別から決済に至るまでの一連の流れを行えるシステムの開発を行った．V 字モデルに従って，グループ（段原丞治，真鍋樹）で商品識別システムの開発を行った．要求分析，基本設計，詳細設計の際は UML を用いた．

本論文の構成は下記のとおりである．第 2 章では本研究で用いる用語や研究方針，商品識別システムの概要について述べる．第 3 章では V 字モデルに従った商品識別システムの設計について述べる．第 4 章では，商品識別システムの実装と検証結果について

て述べる．第 5 章では実装・検証したシステムの評価を行い，考察を示す．第 6 章では本研究のまとめを行う．

第 2 章

準備

本章では，本論文で使用する用語，研究方針のフロー，商品識別システムの概要について述べる．

2.1 諸定義

V 字モデル

V 字モデルとはソフトウェアの開発と確認の流れを模式的に示したものである．以下の図 2.1 に V 字モデルの開発プロセスを示す．横軸は開発の時間軸であり，縦軸は詳細化の程度を表している [3]．図 2.1 からわかるように，詳細設計は単体テスト，基本設計は結合テストによって，要求分析は総合テストによって検証する．また，逆にテスト段階で判明した不具合は，左側の対応する設計にさかのぼった作業を必要とする [4]．本研究ではプロセスモデルとして V 字モデルを採用した．

UML(Unified Modeling Language)

UML とは統一モデリング言語 (Unified Modeling Language) のことで，ビジネスや各種システムを対象としてその構造とダイナミクス (動的な振る舞いや挙動) をわかりやすく表現するためのビジュアルな言語 [2] である．UML の導入により，下記のような効用がもたらされる [2]．

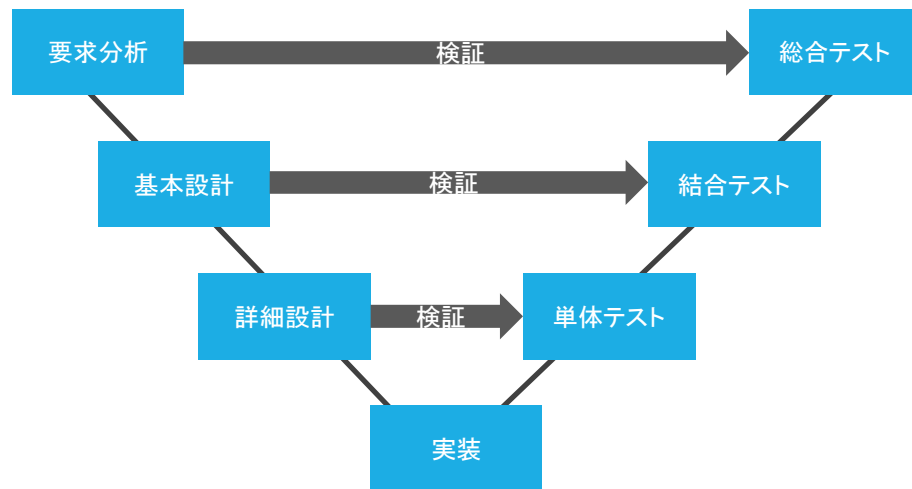


図 2.1. V字開発モデル

- ユーザと開発者、または開発者どうしのコミュニケーションギャップの解消.
- ユーザ要求の把握が正確になることで、仕様の認識違いによる出戻りの削減.
- UML によるオブジェクト指向設計が効果的にモジュール化を促進し、保守コストを削減.

ユースケース図

ユーザの視点でシステムの機能的な流れを記述する記述法 [4] であり、システムの使用イメージを表現する。システムがどのように機能すべきかという振る舞い（ユースケース）と、その外部環境（アクター）を表す。ユーザやクライアントの要求事項、システムに対して課せられている基本機能やサービス項目などの要件定義を表現するときに広く用いられる [2].

クラス図

システムをデータの視点から記述する図法 [4] であり、システムが扱う情報構造を表す。問題領域の構造や対象システムの静的な構成、システムの詳細設計、あるいは企

業の部門の業務モデルの基本構造，問題解決の最初のとっかかりとなる概念マップの構築，といったことに広く使 [2] うことができる。

シーケンス図

システムの一機能を実行の視点から記述する図法 [4] であり，システム機能がオブジェクトのメッセージのやり取りによってどのように達成されるかを示す。オブジェクト間のメッセージのやりとりを時系列に沿って並べて表現したもの [2] がシーケンス図である。

2.2 商品識別システムの概要

商品識別システムでは，Web カメラと Raspberry Pi，各種センサを各買い物カゴに設置し，従来のセルフレジやセミセルフレジに比べて安価かつ簡単に決済できる買い物提案する。本システムの流れを図 2.2 に示す。



図 2.2. 商品識別システム全体の流れ

まず，顧客情報をカゴ情報と結び付ける。その後顧客はカゴに通常通り商品を入れる。その際，センシング技術を用いカゴ上で商品情報を取得しサーバへ情報を送信する。買い物を終える際は，カゴを返却するだけで決済が行われる流れとなる。本論文では図 2.2 にある赤枠の範囲である，カゴ上で商品情報を取得し決済を行う部分を開

発対象とした。本論文ではシステム全体の流れとシステム内上記の範囲を商品識別システムと呼ぶ。上記範囲の商品識別システムのイメージ図を以下の図 2.3 に示す。

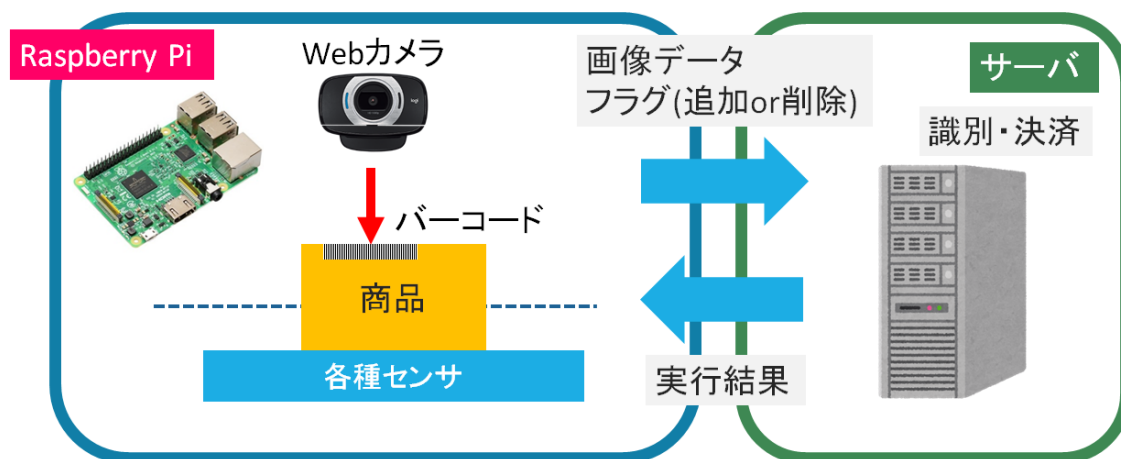


図 2.3. 商品識別システムのイメージ図

商品識別システムは識別・決済等を行うサーバ側，Raspberry Pi と Web カメラ，各種センサを設置した買い物カゴである Raspberry Pi 側の 2 つのパートで構成される。商品を各種センサが検知した際，Web カメラで商品のバーコードを撮影し，画像データ等をサーバへ送信する。サーバでは商品のバーコード情報等を識別し，最終的に決済を行う。実装の際は，サーバ側を段原丞治が，Raspberry Pi 側を真鍋樹が担当した。

第 3 章

商品識別システムの設計

本章では、V 字モデルによる商品識別システムの要求定義，基本設計，詳細設計について述べる．商品識別システムでは，全ての設計を通して，下記の 3 点を基本の評価軸とした．

- 従来の無人レジ店舗よりコストは抑えられるか．
- 既存の中小店でも導入が容易か．
- 従来のレジより簡単な動作で決済まで行えるか．

本章の構成について，3.1 節ではユースケース図を用いて，商品識別システムの要求定義を述べる．3.2 節ではクラス図を用いて，商品識別システムの基本設計について述べる．3.3 節ではシーケンス図を用いて商品識別システムの詳細設計を述べる．

3.1 要求定義

商品識別システムがどのように機能すべきかという振る舞いと，その外部環境を表すためにユースケース図を作成した．以下に最初に作成した図 3.1 を載せる．

図 3.1 においてユースケースとしてはカートの登録，商品をカートに入れる，カートでゲートを通る，QR コードを読み取り決済するの 4 つとした．カゴ情報と顧客情報の管理をカートの登録とカートでゲートを通るの 2 つのユースケースで行おうと設

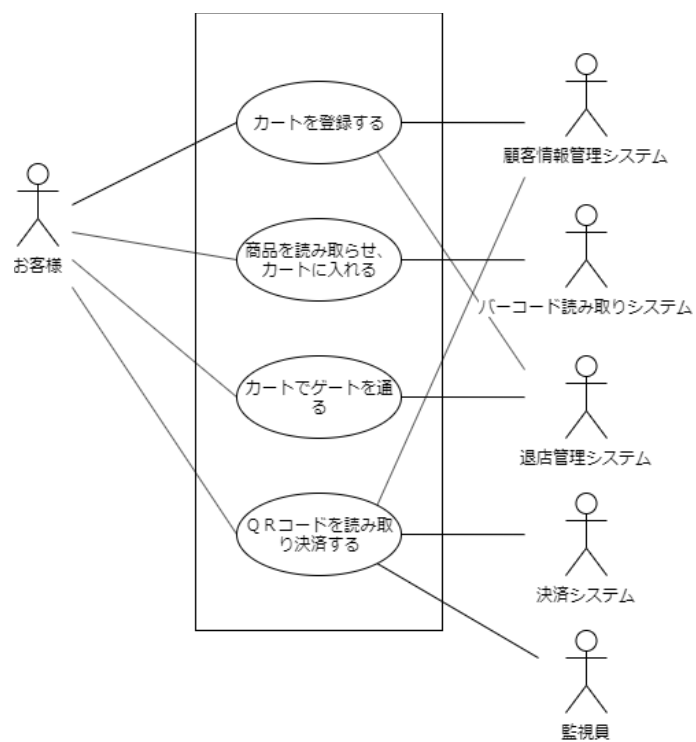


図 3.1. ユースケース図 (1)

計したが、簡単に決済まで行えるという前提から、ユースケースの数が少ないほうが手順が減り簡単という条件により適すると考え、ユースケースを見直し、全体のユースケース数を削減した。

ユースケースを見直しユースケースの数を減らしたユースケース図は図 3.2 に示す。

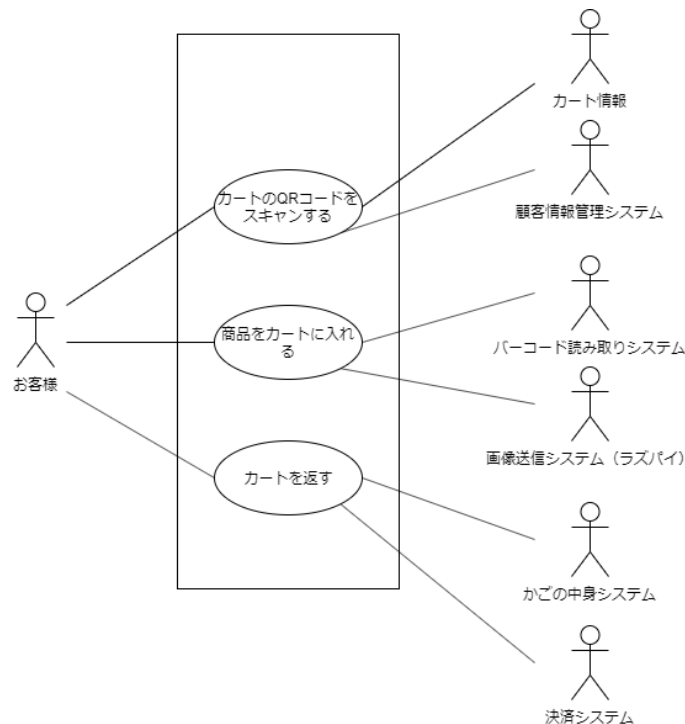


図 3.2. ユースケース図 (2)

図 3.2 では、QR コードを読み取り決済していた部分を、カートの返却時カゴの情報と顧客情報と結び付け、自動的に決済を行う仕様としたためユースケースが3つとなりより簡素化された。

ここで、問題となったのはカゴ情報と顧客情報を結びつけたり、解除したりする方法である。QR コードを用いる案と、IC タグを用いる案の2つの案について検討すべく、それぞれの案についてユースケース図を作成した。

図 3.3 は QR コードを用いた商品識別システムのユースケース図である。図 3.3 においては、まず QR コードを使用しカートもしくはカゴに QR コードを印刷したものを貼りつけ、それを入店時顧客が携帯電話等で読み取り、カゴ情報を顧客情報を結びつ

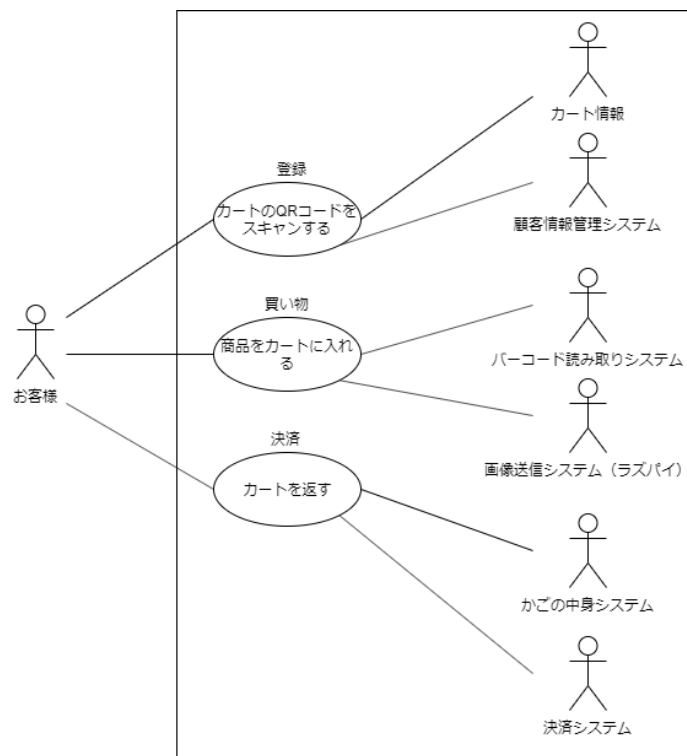


図 3.3. QR コードを用いたシステムのユースケース図

ける。退店時は出口ゲートに設置した Web カメラでカートもしくはカゴの QR コードを読み取り，カゴ情報と顧客情報を管理する。

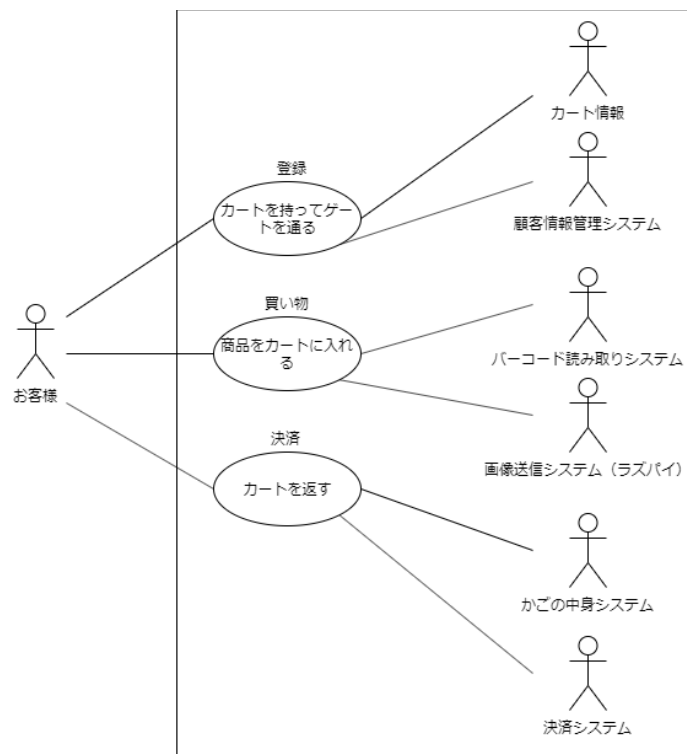


図 3.4. IC タグを用いたシステムのユースケース図

図 3.4 は IC タグを用いた商品識別システムのユースケース図である。図 3.4 においては，カートもしくはカゴに IC タグを取り付け，入退店時にリーダーを設置したゲートを通ることで，カゴ情報と顧客情報を管理する。

それぞれの入退店時の案について基本の評価軸を用い，下記の表 3.1 で評価した。

表 3.1. 値段表

案	コスト	導入の容易さ	簡単さ
QR コード	○	○	×
IC タグ	×	△	○

評価した結果、より QR コードを用いる案のほうがコストの面で優れている。しかしながら、簡単さという基準においては、携帯電話のカメラを起動して読み込む動作を顧客が行わなければならない点から QR コードを用いる案はあまり優れていないといえる。要求分析の段階ではどちらの案がよいかはかりかねたため、基本設計・詳細設計までそれぞれの案について設計した。

3.2 基本設計

問題領域やシステムの構造を論理的、静的にみるためにクラス図を作成した。以下に IC タグを用いた商品識別システムのクラス図として、図 3.5 を載せる。

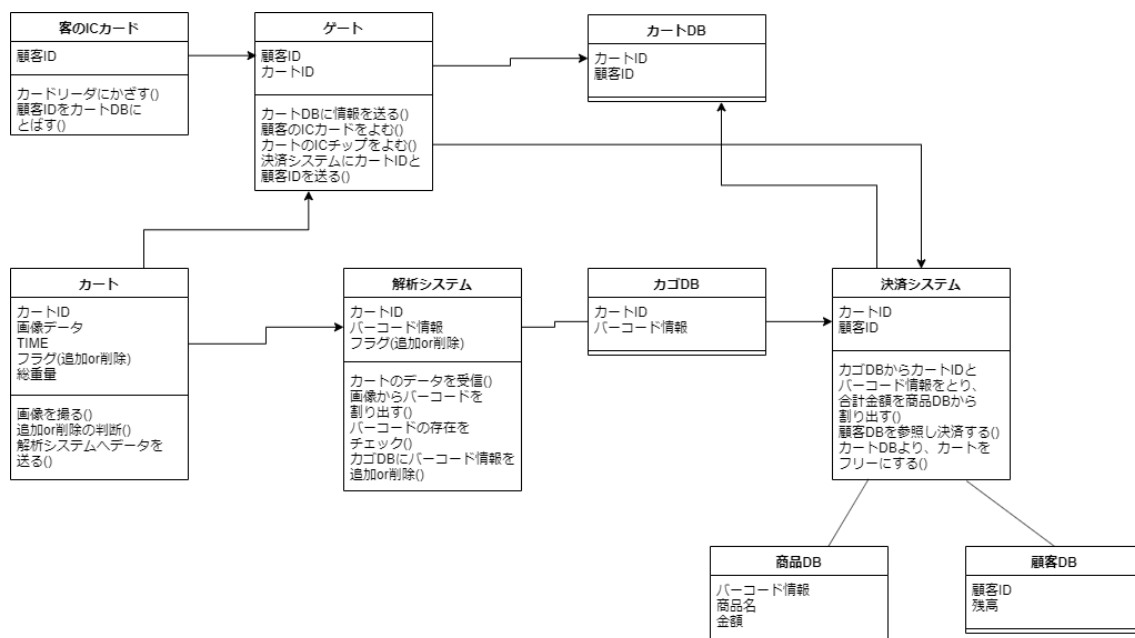


図 3.5. IC タグを用いたシステムのクラス図

以下に QR コードを用いた商品識別システムのクラス図、図 3.6 を載せる。

本研究では、クラスとしてカート・解析システム・カゴDB・商品DBの部分を開発対象とした。本研究で実装するシステムのクラス図を図 3.7 に示す。

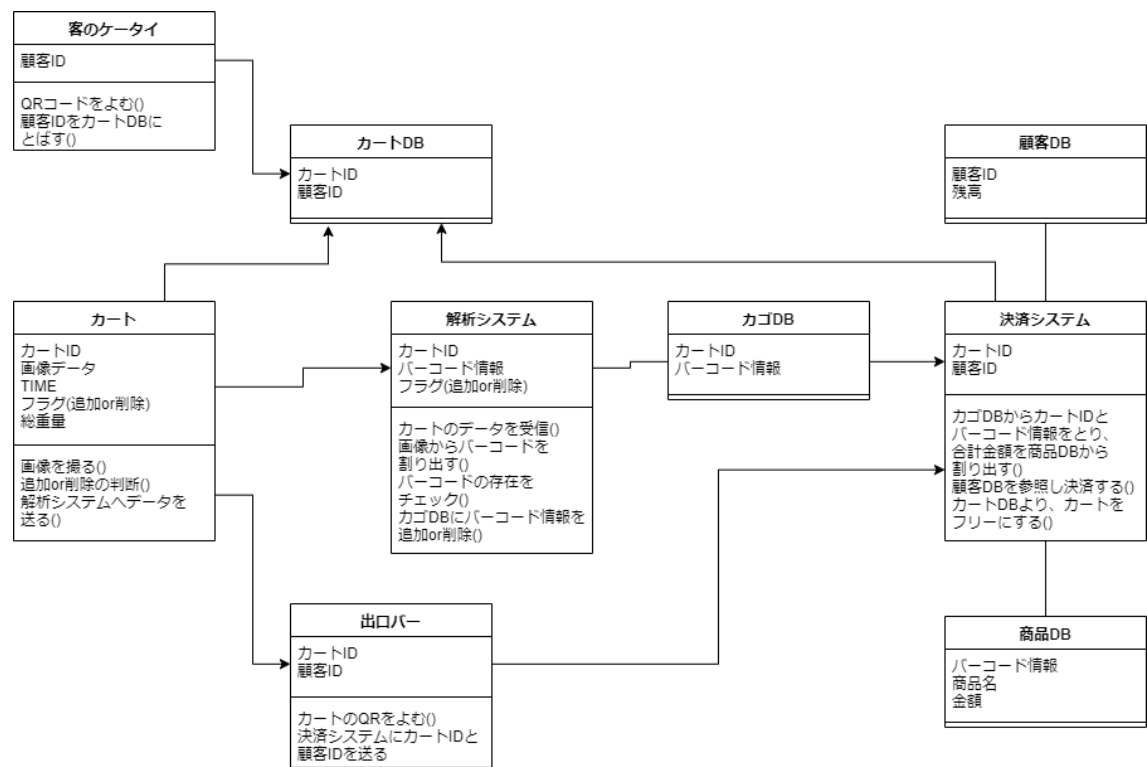


図 3.6. QR コードを用いたシステムのクラス図

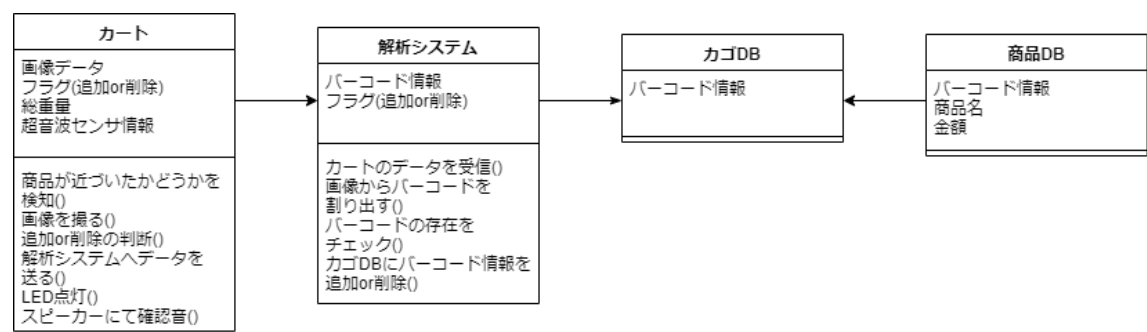


図 3.7. 実装するシステムのクラス図

3.3 詳細設計

オブジェクト間のメッセージのやりとりを時系列に沿って表現するためにシーケンス図を作成した。以下に図 3.8 を載せる。

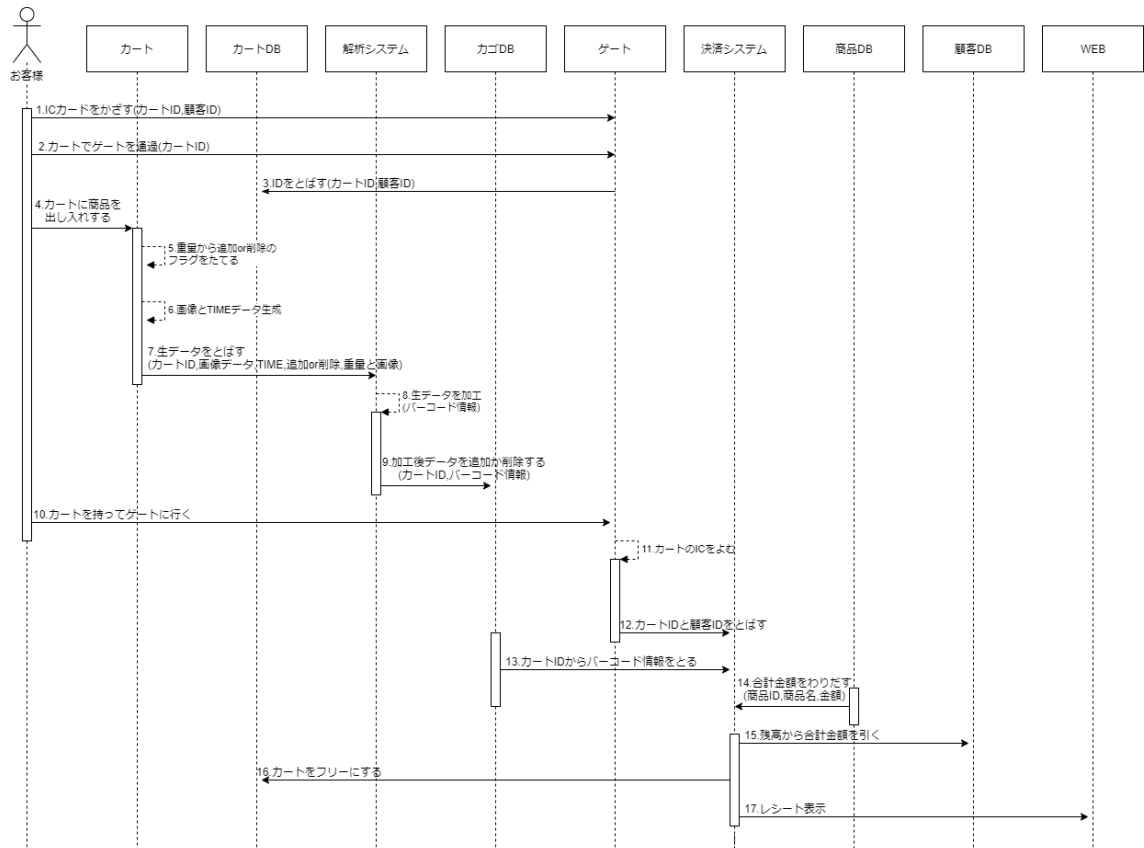


図 3.8. IC タグを用いたシステムのシーケンス図

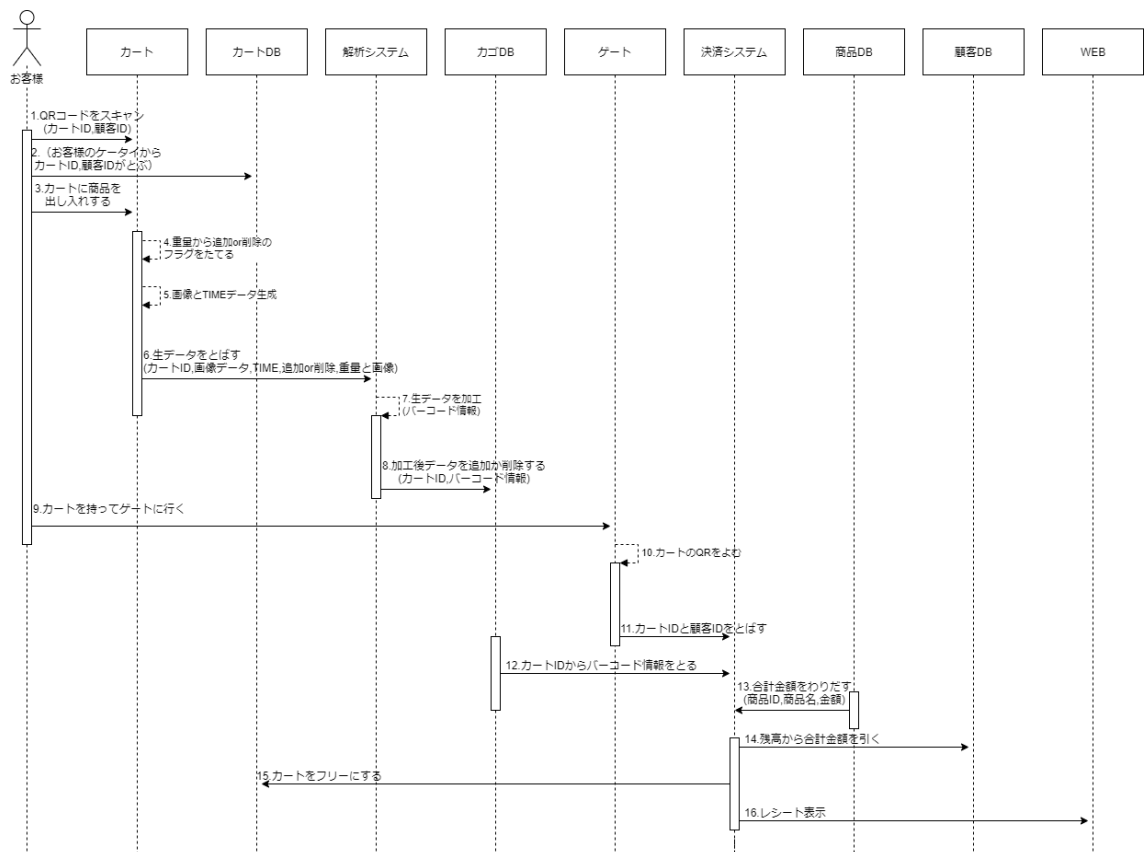


図 3.9. QRコードを用いたシステムのシーケンス図

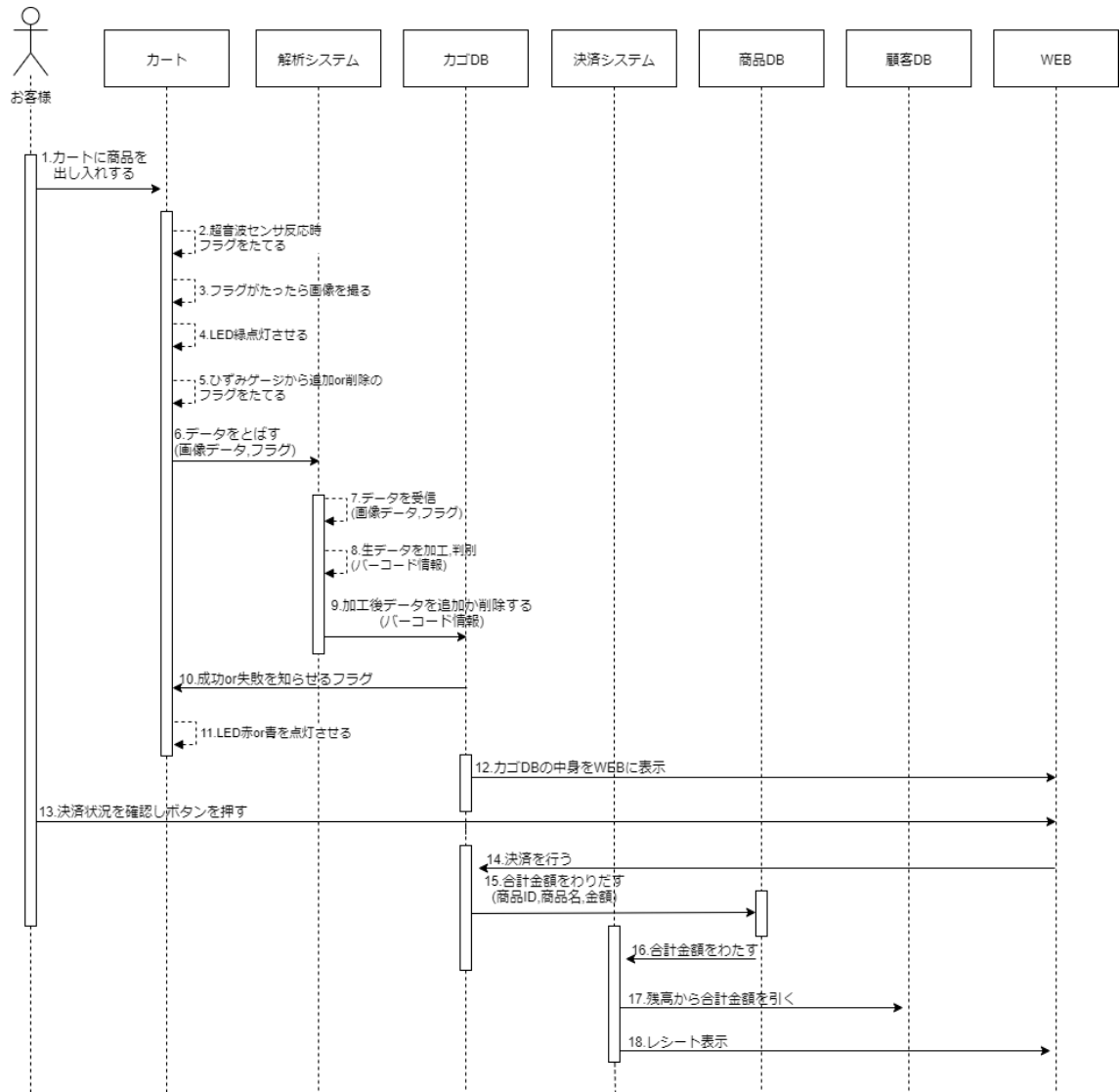


図 3.10. 実装したシステムのシーケンス図

第 4 章

実装・検証

本章では V 字モデルの開発プロセスに従い，実装および検証を行った．4.1 節では，各設計に基づいて行った実装について述べる．4.2 節では詳細設計を単体テストによって，基本設計を結合テスト，要求分析を総合テストによって検証した結果を示す．

4.1 実装

4.2 検証

第 5 章

評価・考察

5.1 評価

5.2 考察

第 6 章

あとがき

謝辞

本研究を進めるにあたり，懇篤な御指導，御鞭撻を賜りました本学高橋寛教授に深く御礼申し上げます。

本論文の作成に関し，詳細なるご検討，貴重な御教示を頂きました本学樋上喜信准教授ならびに王森レイ講師に深く御礼申し上げます。

また，審査頂いた本学岡野大准教授ならびに宇戸寿幸准教授に深く御礼申し上げます。

最後に，多大な御協力と貴重な御助言を頂いた本学工学部情報工学科情報システム工学講座高橋研究室の諸氏に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 平成 28 年版 情報通信白書 | 人口減少社会の到来, 総務省,
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/html/nc111110.html>,
2016 年 7 月
- [2] 株式会社 オージス総研, かんたん UML[増補改訂版], 株式会社 翔泳社, 2003 年
- [3] 阪田史郎, 高田広章, 組込みシステム, 株式会社 オーム社, 2006 年
- [4] 小泉寿男, 辻 秀一, 吉田 幸二, 中島 毅, ソフトウェア開発, 株式会社 オーム社, 2003 年