

レジ混雑緩和システムの設計と実装

外山祥平^{†1} 平山雅之^{†1‡2}

近年、商業施設では混雑が多く見受けられ、その混雑が原因で問題が発生している。本研究では、こうした混雑の解消を目的に商業施設内の混雑に焦点を当て、混雑を緩和するシステムの構築を行う。レジの混雑度を検知し、その情報を利用者に分かりやすい形で提示し、効率的に待ち時間の少ないレジに人を誘導するシステムを開発していく。

Design and Implementation of the cash register's congestion mitigation system

SHOHEI TOYAMA^{†1} MASAYUKI HIRAYA^{†1‡2}

In recent years, there are many congestions in commercial facilities. These congestions cause various troubles. In this research, in order to solve such congestion, we focus on congestion in commercial facilities and develop a system to mitigate congestion. We will develop a system that detects the congestion degree, presents that information that is easy for users to understand, and efficiently guides people to a cash register with low waiting time.

1. はじめに

1.1 研究背景

近年、商業施設では複合化・大規模化に伴い、利用者の増加による混雑が多く見受けられる。その混雑が原因となり商業施設のレジにて待ち行列が発生し、利用者の満足度が低下するといった問題が発生する。この問題に対する既存の解決策として以下の2つが考えられる。

第1の解決策は、待ち行列を発生させないようにする方法である。この解決策ではレジの台数を増加させることでレジ全体としての処理能力をあげることがポイントとなる。一方でこの方策では、レジの台数増加による設備投資、設置場所の問題、従業員の人件費の問題が発生してくる。これらの問題の解決策としてはセルフレジの導入も考えられるものの、設置場所、利用者の能力が必要という問題が存在する。

第2の解決策は、発生した待ち行列に対してレジに並ぶ人を分散化する方策である。通常、商業施設では、多くの買い物客は入り口から全体を回るような形で買い物をするケースが多い。そのため、一部のレジに人が集中し、他のレジに人が分散する頃には待ち行列が発生してしまう。混雑が集中するレジを分散するためには、レジの待ち人数、待ち時間を予測する必要がある。しかし、レジ待ち時間の予測をどのような方式で行えば、現実に近い時間が得られるかは十分には解明できていない。

本研究では、商業施設におけるレジ精算の状況を踏まえ、

- ① レジ混雑が発生するメカニズムを考察する。
- ② レジ混雑を決定づける影響要因とそれらを表現する指

標を明確にする。

- ③ それらの指標からレジ待ち時間を推定するための関係式を導き出す。

そして、得られた関係式を念頭に、簡易な組込みシステムを用いて、レジ待ち時間を推定・算出し、商業施設の利用者にレジ待ち時間を提示することで、混雑緩和につながる方式のプロトタイプ実装を行うことを目標とする。

1.2 関連研究

レジの混雑を緩和する従来技術について述べる。まず、待ち行列を発生させないようにする方法の従来技術に挙げられるものとして、英国 IRISYS 社（アイリシス社）の「IQ レーン」というシステムがある[1]。このシステムは、サーモ（赤外線）センサを使って、入店客数とレジ待ちしている客数をカウントし、最適なレジ稼働台数を割り出し、待ち時間の少ない状態を提供するものである。このシステムは買い物客の人数から混雑が発生する前にレジの数を増やし、待ち行列を発生させないようにすることができる。また、最適なレジ稼働台数が分かるため、レジ精算係が他の仕事に回ることができ、作業の効率化をすることができる。一方でこの方式では、最大の利用者数に対応できるレジの台数を設置しなければいけない為、設置場所を十分に確保できない店舗では十分な効果が期待できない。また、待ち行列が発生した場合の対応が不十分であるといった問題が残ってしまう。

次に、発生した待ち行列に対して緩和を行う方法の既存技術に挙げられるものとして、芹沢らが提案した「マルチエージェントを使用したレジにおける混雑解消法の検証」

^{†1} 日本大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Nihon University
^{†2} 日本大学理工学部
College of Science and Technology, Nihon University

[2]がある。この研究では、買い物客の商品数に着目して、商品数の少ない客用のレジ、商品数の多い客用のレジと分けることで、商品数の少ない客が速くレジを抜けることができ、並んでいる人数を減らす方法を提案している。この研究では、買い物客の商品数に着目して、精算時間が短い買い物客を先に精算することで、並んでいる人数を減らすというシミュレーションを行う。買い物客の商品数が精算時間に関係することが分かっており、このシミュレーションの結果から待ち時間を算出する指標が得られる。一方でこの研究はあくまでも、机上のシミュレーションとして行われており、買い物客は設定に従うものとしている。現実の店舗では、具体的にどのように買い物客を誘導するかまでは述べられていない。また、従来のレジ体系に比べて、商品数の少ない買い物客にとって利点の多いものとなっているため改善する必要がある。

2. 研究指針

2.1 研究のアプローチ

本研究では、待ち行列の解決策として挙げた2点のうち待ち行列を発生させないようにする方法を考慮しつつ、発生した待ち行列に対して緩和を行う方法に重きを置き進めていく。対象とする環境は、スーパーマーケットのレジを対象とする。スーパーマーケットのレジ前で待ち行列が発生する原因の一つとして、待ち時間の短いレジが分からないという問題が挙げられる。これは、レジ全体の状況把握が困難なことが要因の一つと考えられる。スーパーマーケットにおけるレジの平均台数は、6~10台の割合が最も多く、平均台数は7.4台であることから全体の状況を把握するのに時間を要する[3]。こうしたことから、買い物客がレジに並ぶ際にレジ全体の状況を提示し、並ぶレジを判断することで待ち行列の分散化ができることと考える。

2.2 レジ混雑要因

レジが混雑していることを判断する要因や指標について検討する。以下の項目が考えられた。

- ① レジに並ぶ人数
- ② 買い物客が購入する商品数
- ③ 店員の商品読み取り時間
- ④ 支払いをする時間（精算時間）

上記の項目が考えられた理由について述べる.

- ① 並んでいる人数が多いほど待ち時間が長いことが想像できる。[1]で紹介した製品を使用しているスーパーマーケットでは、3組以上の買い物客が待っている場合、混雑と判断している。
- ② 購入する商品数が多いほど、店員が商品を読み取る時間が長くなることが想像できる。[2]では、商品数が待ち時間に影響することが論じられている。
- ③ 商品を読み取る時間は、商品数に影響されるだけでなく、店員の処理速度にも影響することが考えられ

る。勤務年数の多い店員と入社したてのの新人店員では、勤務年数の多い店員の方が操作等に慣れていて処理速度が速いことが想像できる。

- ④ 支払額のうち小銭の単位まで丁度支払おうとすると、小銭を取り出すのに時間を要してしまう。自動釣銭機などによりお札だけでの支払いの方が速い場合がある。また、カード支払いや電子マネーでの支払いの方が速いことが考えられる。

2.3 待ち時間推定

前節でレジが混雑していることを判断する要因を4つ挙げた。これらの指標からレジ混雑を判断するために待ち時間を算出する。算出式を式(1)のように決めた。

$$\text{待ち時間[s]} = \text{合計した商品数[個]} \div \text{処理速度[s/個]} + \text{並んでいる人数} \times \text{精算時間[s]} \quad (1)$$

各レジの待ち時間は、大きく分けて商品を読み取る時間とお金を支払う精算時間に分けられると考えた。読み取り時間は、レジに並んでいる買い物客の合計した商品数とそのレジの店員の読み取り速度から算出する。お金を支払う時間は、レジに並んでいる人数と対象環境（対象店舗）ごとに分析した精算時間を用いて算出する。

2.4 要求精度

式 (1) を用いて算出した待ち時間が実際の待ち時間に対してどれくらいの誤差を許容できるか検討した. また, 各指標はどれくらいの精度を必要とするかを検討した.

実際のスーパーマーケットで一人当たりに要する時間を計測した。表 1 から一人当たりに要する平均時間は、63[s]であるという結果であった。しかし、標準偏差が大きいことから分散が大きいことが分かる。表 1 からヒストグラムを作成した(表 2)。表 2 を見て分かるように、平均時間 63 [s] を中心に、要する時間が短い買い物客と長い買い物客に分かれていることが分かる。一人当たりに要する精算時間を求める際に、支払い方法や性別、年齢などを用いたとしても一意に決めることは困難だと考えられる。

表 1 一人あたりに要する時間

並んでいるレジ番号	4番レジ	6番レジ	3番レジ	4番レジ	6番レジ	2番レジ	1番レジ	2番レジ	3番レジ	4番レジ
一人当たりに要する時間[s]	47	16	47	75	27	20	71	78	118	9
	91	48	89	16	42	77	81	44	57	9
	88	76	95	91	36	88				
	19	78	21	84	55	57				
	32	90	42	52	92	94				
	35	68	51	72	62	110				
								平均[s]		6
								標準偏差[s]		27.6

表 2 一人あたりに要する時間のヒストグラム

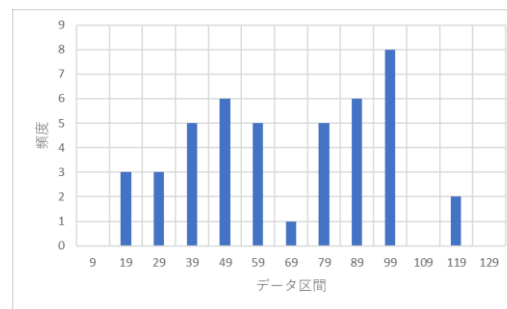


表1から一人あたりに要する時間は、おおよそ1~2分間である。そのため、±15秒が許容範囲であると考えた。

上記の条件の待ち時間を算出するために各指標の精度について検討する。商品数、商品読み取り時間、精算時間について実際のスーパーマーケットで大まかに調査した。精算時間は、平均で39.25[s]。精算処理速度を商品数と商品読み取り時間から求めると、平均で2.5[s]である。精算時間については、スーパーマーケットによって客層などが違うと考え、利用環境において調査を行い、分析した結果から確率的に変化させた値を利用することで誤差を減らせると考える。また、精算時間は、一人あたりに要する時間のうち多くを占めているため、並んでいる待ち人数は待ち時間に影響することが考えられる。混雑の判断として、3人以上並んでいることが基準とされている[1]。そうしたことから3人まで計測できる必要がある。待ち時間の許容範囲から商品数は±5個の精度で求める必要があると考える。

3. レジ混雑緩和システム

3.1 システム概要

前章を踏まえて、レジ混雑緩和システムを設計・開発することでレジの混雑状況の把握、待ち時間の推定を行う。

本システムの目的は、スーパーマーケットにおけるレジの混雑を緩和させることである。レジの混雑を緩和させるために、各レジの待ち時間を求め待ち時間の短いレジに買い物を誘導することを目標としている。このため、システムでは以下のA~Dの機能実現が必要となる。

- A) 混雑しているレジを検出・把握する
 - B) 買い物の購入数を検知・把握する
 - C) 買い物をどのレジに並ばせるかを判別する。
 - D) 実際に買い物を並ぶべきレジを通知し誘導する。
- 上記の項目を実現する上での課題は、次のことが挙げられる。

- A) ・各レジに何人並んでいるか
・各レジの買い物の商品数はどれくらいか
・各レジの精算処理速度はどれくらいか
- B) ・買い物カゴ内の商品数をどのように検知するか
- C) ・どのようにして並ばせるレジを決定するか
- D) ・どのようにして情報を通知するか
・情報の更新タイミングをどうするか

このような課題に加えて、実際に使用するシーンを考えるといくつかの制約事項が考えられる。

- ・ プライバシーの問題
- ・ 製作費用
- ・ 検知精度

3.2 システム実装上の課題

前節の課題・制約事項を踏まえて、それぞれの点における課題解決する方法を検討した。

1. 並んでいる買い物の把握方法

並んでいる人数を計測するだけでなく、買い物カゴの商品数と並んでいるレジを対応付ける必要がある。そのため、並んでいるレジ番号を識別する方法を選択する必要がある。また、個人を特定する情報を取得しないなど、プライバシーの侵害を抑える必要がある。製作費用と検知精度を考慮して検知方法を選択する必要がある。

2. 買い物の購入数の把握方法

買い物カゴの総重量の変化で商品数を計測する方法が考えられる。この方式の優位性は、安価で商品数を計測できる点である。商品を特定しないため、プライバシーの侵害を抑えることができる。また、軽い商品を計測できないという検知精度の問題が挙げられるが、検知できない商品数が少数であれば待ち時間に与える影響は小さいと考えた。

3. 並ぶべきレジの決定方法

各レジが計測した商品数をどれくらいの時間で処理したかで処理速度を求める。各レジの並んでいる人数と商品数から待ち時間を算出する。最も待ち時間の短いレジに買い物を誘導する。

4. 誘導情報の通知方法

待ち時間を表示して買い物を誘導する機能だけでなく、セールの情報、商品情報、店内情報を表示する機能を付けることで機能性を上げて使用率を高めることができる。

3.3 システムの構成

前述の基本アイデアをもとに「商品数検知部」、「人数検知部」、「混雑状況評価部」、「情報提示部」の4つのサブシステムからなるレジ混雑状況緩和システムを設計した。サブシステムの関係図を図1に示す。

① 商品数検知部

各レジの待ち時間を算出するための指標として、買い物が購入する商品数を計測する。「人数検知部」の情報と対応付けて「混雑状況評価部」に買い物の情報を送信する。

② 人数検知部

「商品数計測部」の情報を「混雑状況評価部」に送信するタイミングを判断する。同時に買い物が並んでいるレジを検知して、「商品数計測部」に送信する。

③ 評価部

送られてきた情報から各レジの待ち時間を算出する。商品数とそれを処理した時間から各レジの精算処理速度を求める。レジ稼働時は、設定している精算処理速度を使用する。また、稼働しているレジの台数を管理する。

④ 情報提示部

「混雑状況評価部」で算出した各レジの待ち時間を利用者に表示し、待ち時間の少ないレジに買い物を誘導する。



図1 システムの概要図

4. 商品数検知部

4.1 要求項目

商品数検知部では、レジの待ち時間を求めるために買い物客の購入物量を計測する。また、システムを実現する上で表3の項目の充足が不可欠である。

表3 商品数検知部の要求項目

・自動的に計測したい
・費用は安価にしたい
・買い物客のプライバシーを侵害しないようにしたい
・通常の買い物となるべく同様に買い物ができるようにしたい
・軽量のデバイスを使用したい
・商品数(±6個)の精度で検知したい

4.2 商品数計測方法

要求項目を考慮して、購入する商品数を計測する方法を検討する。候補に挙げたセンサと計測方法を表4に示す。カメラを使用した計測方法も挙げられるが、買い物客のプライバシー問題、費用を安価にしたいという要求項目を満たさないと考えたため、表4に加えなかった。

表4 商品数計測方法

センサ名	No.	用途例	長所	短所
重量センサ	1	カゴの重量が変化したら商品数を増減させる	カゴ内の重量を1つのセンサで把握することができる	同時に商品を入れた時、軽い商品を入れた時に正しい商品数をカウントすることが困難
	2	商品棚に重量センサを取り付け減少した際に、周囲のカゴの商品数を増やす	軽い商品や同時に入れた商品の数をカウントすることができる	混雑している際、複数人のカゴにカウントされる
赤外線センサ	3	カゴ内の上部に取り付け、センサが反応した際にカウントする	比較的容易に取り付けが可能	商品を取り出した時と入れた時の区別ができない
	4	カゴ全体にセンサを取り付けて、商品がどれくらい割を占めているかを求める	数量ではなく、大まかな量を把握することができる	大量のセンサが必要 商品が片寄って入っている場合、正しく検知できない
	5	カゴ全体に少量のセンサを取り付け、上のセンサから下のセンサに反応があった場合は追加・減の場合は減少	軽い商品のカウントができる	1つのカゴに大量のセンサが必要となる 商品が大量に入っている状態だとカウントできない
ICタグ (RFIDタグ、無線ICタグ等)	6	商品すべてにICタグをつけ、カゴ内ICリーダーを取り付けることでカゴ内の商品を把握する	どの商品が入っているかを正確に把握することができる	規模が大きく、予算が高くなる プライバシーの問題
カウント装置	7	購入者に商品を出し入れする時、商品数のカウントを操作してもらう	軽い商品や同時に入れた商品の数をカウントすることができる	利用者の作業数が増える 面倒で操作をしない利用者がいる場合、数量を把握することができない

表4から計測方法を選定する。選定項目は、「精度・コスト・導入の容易さ・自動性」の4項目である。制約事項を考慮して「コスト・自動性」を重視した。例えば、「No.4: ICタグを用いて各商品を検知する方法」は、商品が区別されていることから全ての商品を計測できる。しかし、計測した商品数と実際の商品数が1つ異なっても待ち時間に与える影響は少ないと考えられる。「No.1: 重量センサを使用してカゴの総重量の変化から計測する方法」では、軽い商品や同時に商品を入れた場合は計測することが難しく予想される。しかし、そのような場合は少なく、待ち時間に与える影響は少ないと考えられる。上記のことから商品数計測方法として「重量センサを使用してカゴの総重量の変化から計測する方法」を選定した。

4.3 使用するセンサについて

重量を計測するセンサとして、圧力センサと重量センサ

(ロードセル/歪みセンサ)が挙げられる。今回は、カゴ1台当たりの費用を安価にしたいという点から圧力センサを選定した。使用する圧力センサの仕様を表5に示す。表5の「力の感知範囲、最小感度、タップ試験、耐液性試験」の項目が条件を満たしていると考えたためである。力の感知範囲の最大が100N、10kgである。10kg以上の商品が入っている場合は、買い物カゴにたくさん商品が入っていることが推測される。または、重い商品がいくつか入っている場合であるが、今回は重量の変化した回数で商品数を計測するため問題ないと考えた。最小感度が20g to 100gであるため、ある程度軽いものでも計測できると考えた。タップ試験、耐液性試験のデータから、買い物カゴに使用しても問題はないと考えた。

表5 圧力センサのデータシート

項目	データ	備考
スタンドオフ抵抗値	>1MΩ	負荷および歪なし
力の感知範囲	<1N to >100N	システム構造に依存
最小感度	20g to 100g	システム構造とFSR構造に依存
圧力感知範囲	<1.5psi to >150psi	システム構造に依存
タップ試験	>1000万回以上の繰り返し加圧に耐える	基準抵抗値に対して±30%
常時負荷試験	2.5Kg荷重、24時間後	基準抵抗値に対して±25%
耐液性試験	影響を受けず	下記液体をセンサ表面のみに コーラ、コーヒー、イソプロピルアルコール、石鹸、家庭用クリーナー各種

4.4 検知精度

圧力センサの検知精度は、表5によると最小感度20g to 100gで検知できる。カゴ全体の重量を計測するため図2のように設置した結果、載せる商品は20gから検知できた。20g以下の商品は、他の商品に比べて少ないと考えられるため、検知できなくても影響は少ないと考えられる。また、カゴに入っている商品の重量の変化によって数量を算出するため、商品を同時に入れた場合などは検知することができない。しかし、商品を同時に入れる場合というのは、同じ商品であることが多いと考えられる。同じ商品であれば、精算時間も少なく済むと考えられるため、検知できなくても待ち時間に影響は少ないと考えられる。(1つ目のバーコードを読み取り、2つ目以降は数量を入力するだけで良いため)

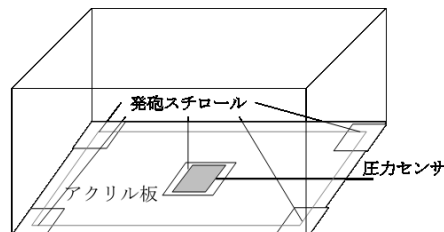


図2 圧力センサの設置図

5. 人数検知部

5.1 要求項目

人数検知部では、レジの待ち時間を求めるために各レジの並んでいる人数を計測する。また、表6の項目の充足が不可欠である。

表 6 人数検知部要求項目

・ 費用は安価にしたい
・ 自動的に計測したい
・ 複数のレジの並んでいる人数を計測したい
・ 一人一人を識別したい（商品数と対応付けるために、誰が何処に並んでいるか）
・ 買い物客のプライバシーを侵害しないようにしたい

5.2 人数計測方法

要求項目を考慮して、待ち人数を計測する方法を検討する。候補に挙げたセンサと計測方法を表 7 に示す。カメラを使用した計測方法も挙げられるが、買い物客のプライバシー問題、費用を安価にしたいという要求項目を満たさないと考えたため、表 7 に加えなかった。

表 7 人数計測方法

No	センサ名	用途例	長所	短所	費用
1	RFID	RFIDタグを付けたカゴがレジ前に並ぶことで、検知できる	カゴそれぞれを識別することができる	RFIDリーダーが高価	1台10万円
2	サーモセンサ	レジ前の天井に設置することで人を検知	人の人数をカウントすることができる。レジ一台につき	誰かを識別することはできない	1台1万円
3	カラーセンサ	レジごとの床に固有の色を付けて、それを検知することでどのレジに並んでいるかを判断	安価に並んでいるレジを判断できる	レジ数が多くなるとどのレジかを判断することが難しい（色の種類の多さ、測定距離の問題）	1つ300円
4	赤外線リモコン受信モジュール	レジごとの信号を買い物カゴに取り付けたセンサを用いて読み取り、判別する	並んでいるレジを判断できる	他の信号の干渉を受ける	1つ100円

表 7 から計測方法を選定する。選定項目は、「精度・コスト・導入の容易さ・自動性・個別識別性」の 5 項目である。制約事項を考慮して「コスト・自動性・個別識別性」を重視した。例えば、「No.1：RFID を用いてレジ前に並んでいるカゴを識別する方法」では、買い物カゴを識別ができる。しかし、RFID リーダーが高価であることから各レジに取り付けることは、現実的ではない。「No.4：赤外線リモコン受信モジュールを用いて並んでいるレジを検知する方法」は、RFID を用いた計測方法よりは精度が落ちると考えられるが、同様の情報を集積することができる。上記のことから使用するセンサを赤外線リモコン受信モジュールに決定した。

5.3 検知方法

買い物カゴの底に取り付けた赤外線リモコン受信モジュールとレジ前の床に設置した赤外線 LED を用いて買い物客が並んでいる位置を特定する。並んでいる位置を特定することで、精算中の買い物客の特定が行えると考えた。精算中の人立つ位置には、赤外線 LED を設置していない。精算中は、買い物カゴを台の上に置いて、店員が商品を取り出しているため検知することが困難である。待ち行列は、基本的に順番に進むことから、精算中のカゴをできると考えた。今回は、赤外線リモコン受信モジュールを用いて待ち行列の人数を計測できるか確認するため比較的理想の環境を想定した。人が並ぶ間隔はパーソナルエリアを考慮して設定した。また、買い物カゴを右手に持つ人が多いことから並ぶ位置の右側に設置した。しかし、レジ前のスペースや利き手の違い、ショッピングカートを使用した場合などを考慮して、買い物客が並ぶ位置に関係しない配置方法を検討する必要がある。

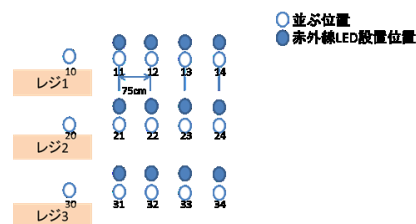


図 3 人数検知部配置図

6. 評価部

6.1 要求項目

評価部では、買い物カゴから送られてきた商品数と並んでいる位置情報から各レジの待ち時間を算出する。また、各レジの待ち時間から稼働するレジの台数を管理する。本開発では、レジの待ち時間を算出する機能を検討した。また、表 8 の項目の充足が不可欠である。

表 8 評価部の要求項目

・ 誘導するレジを判断したい
・ 各レジの待ち時間を求めたい
・ 店員の精算処理能力を求めたい

6.2 評価部の機能仕様について

精算処理速度は、買い物カゴの商品が全て取り除かれるのに掛かった時間と計測した商品数から算出する。精算時間（支払い時間）の算出方法は、レジの並びが変化するまでの時間から商品が全て取り除かれるのに掛かった時間を引くことで算出する。精算処理速度は、店員ごとに影響されると考えられる。そうしたことから、店員ごとに平均値を算出することで、店員による待ち時間の影響を軽減しようと考えた。精算時間は、買い物客ごとに左右される。買い物客の特定をすることは難しいことから店舗単位で集積した値から分析し、変動させながら使用する。今回は、サンプル数が少ないことから実際のスーパーマーケットで調査した数値をもとに固定値を使用した。

7. 評価・考察

7.1 評価実験

開発システムでは、各レジの混雑状況の把握と待ち時間推定が特に重要な点となる。ここでは、これらの点についてシステムで採用した方式の妥当性を確認する。本実験では、混雑状況の把握と待ち時間推定の確認を行う。

7.2 実験方法

レジ 1 台の待ち人数と買い物客の商品数を計測する。被験者（A,B,C）3 人に任意の数の商品を買物カゴに入れてもらう。次に、任意のタイミングで並んでもらい、そのタイミングと各被験者の精算時間を記録する。初めレジには、買い物客（X）が並んでいるものとする。レジ 1 台はシステムを用いて、待ち時間を算出する。

7.3 結果

7.3.1 評価実験 1

- ① 実際に買い物カゴに入れた商品数とシステム上でカウントされた商品数の結果を表 9 に示す。被験者が実際に要した時間を表 10 に示す。実際の待ち時間とシステム上の待ち時間を表 11 に示す。

表 9 商品数の比較 (評価実験 1)

買い物客	実際の商品数[個]	システム上の商品数[個]
A	4	5
B	3	3
C	2	1

表 10 一人あたりに要した時間 (評価実験 1)

被験者	A	B	C	X
要した時間[s]	60.2	58.7	54.9	52.5

表 11 実際の待ち時間とシステム上の待ち時間の比較 (評価実験 1)

実際			システム		
タイミング	待ち時間[s]	人数	並び方	待ち時間[s]	人数
0	52.5	—	—	—	—
1	112.7	2	XA	105	2
2	171.4	3	XAB	140	3
3	173.8	3	ABC	142.5	3
4	113.6	2	BC	90	2

7.3.2 評価実験 2

評価実験 1 と同様に結果を示す。

表 12 商品数の比較 (評価実験 2)

買い物客	実際の商品数[個]	システム上の商品数[個]
A	6	6
B	4	4
C	2	3→4

表 13 一人あたりに要した時間 (評価実験 2)

被験者	A	B	C	X
要した時間[s]	70.8	54.9	50	50

表 14 実際の待ち時間とシステム上の待ち時間の比較 (評価実験 2)

実際			システム		
タイミング	待ち時間[s]	人数	並び方	待ち時間[s]	人数
0	50	—	—	—	—
1	120.8	2	XA	107.5	2
2	125.7	2	AB	157.5	3
3	175.7	3	ABC	150	3
4	104.9	2	BC	100	2

7.4 考察

7.4.1 商品数検知の精度について

商品数検知の方は、カゴを持った人の商品数を検知できない商品も含め、±3 個の精度を条件として検知したい。

表 9, 12 より被験者 6 人中 6 人が上記の精度で商品数を検知できていた。6 人中 3 人は、実際の商品数と異なる数となっていた。要求する精度内ではあるが、カゴに入れた商品数が少なかったために満たした可能性がある。

7.4.2 人数検知の精度について

人数検知の方は、カゴを持った人を並ぶ位置・買い物カゴの持ち手、指定なしで±1 人の精度を条件として検知したい。表 11, 14 より被験者 6 人中 5 人の位置を正しく検知できていて上記の精度を満たしている。しかし、現在の検

知方法は、買い物客の立ち位置、買い物カゴの持ち手などの影響を受ける。

7.4.3 待ち時間算出について

表 11, 14 から実際の待ち時間とシステムが算出した待ち時間との比較を行う。表 11 のタイミング 1 や表 14 のタイミング 4 のように、商品数と待ち人数共に設定した精度内で検知できた場合は、2~3 割の誤差で待ち時間を算出できている。しかし、並んでいる人数が異なる場合や精算時間が平均値と異なる場合は、待ち時間に誤差が生じることが確認できた。精算時間は、店舗ごとの平均値を使用するのではなく、データを集めることで統計的なデータとして確率的に変えることで誤差を小さくするという方法も検討できる。

7.4.4 計測方法の選定について

今回、圧力センサと赤外線リモコン受信モジュールを選択し開発した。それぞれ、改善点が挙げられた。センサを選定する際は、非機能要求とそれを実現するセンサ仕様などを精査して、多々ある候補から選定しなければいけなかった。そして、それらの選定方法や選定基準が必ずしも明確に決められていない問題が挙げられた。

8. まとめ

本報告では、レジの待ち時間を推測・算出することで混雑状況の把握を試みた。各サブシステムの処理から、待ち時間の算出した。今回設計、開発したシステムの優位性としては、買い物客が従来の買い物動作と同様に買い物を行うことで、各レジの待ち時間が算出され、待ち時間の短いレジが提示される点である。従来の買い物動作と同様の動作を行うため、利用者の負担を減らすことができると考える。また、待ち時間を提示することで待ち時間の心理的負担を減らすことができ、買い物客の満足度低下を軽減できると考える。

今後は、各サブシステムの課題点を改良するとともに、システムを用いて計測するレジの台数を増やす、レジの処理速度をシステムによって算出する点を実現していく予定である。

参考文献

- 1) 高千穂交易株式会社, 「IQ レーン」
http://www.takachiho-kk.co.jp/prod/retail_sol/iqlane.html
- 2) 芹沢良, 「マルチエージェントを使用した レジにおける混雑解消法の検証」東京工科大学メディア学部 研究論文, 2006
- 3) 日本スーパーマーケット協会, 「平成 26 年スーパーマーケット年次統計調査報告書」2006
www.super.or.jp/wp-content/uploads/2013/11/H26nenji-tokei.pdf
- 4) 新日本スーパーマーケット協会, 「2014 年版 スーパーマーケット白書」, 2014
http://www.super.or.jp/?page_id=6709
- 5) マクロミル, 「買い物に関する自主調査」, 2009