

## 技術・研究報告

# 図書館入館システムの作成 — スマートゲートへの一里塚 —

田中雅博

甲南大学 知能情報学部 知能情報学科  
神戸市東灘区岡本 8-9-1, 658-8501

(受理日 2022 年 11 月 28 日)

### 概要

筆者は、このほど図書館入館の際に、Felica カードである学生証や職員証の有効性の確認とカードなしや友達連れなどの不正な入館を検知するため、カード認証とレーザースキャナによるスキャンデータから人の入館を照合することによって、入館管理するシステムを開発した。これにより、音や画像により問題のある入館を即座に検知できるのでゲートも不要となると考えられ、また、業者制作によるブラックボックスなシステムではなく自己開発のシステムなので、図書館の利用者への細かいサービスも容易に実現できることから、多機能なスマートゲートへの一里塚になるものと期待できる。

キーワード: 図書館, 入館システム, Felica カード, レーザースキャナ

## 1 はじめに

図書館の入館システムは、入館しようとする者が入館資格を有することを確認し、資格を有しない者、あるいは、資格確認を行わずに入館しようとする者を阻止することがその主要な目的である。さらに、入館者の属性毎の人数などのデータを取ることもその目的の一つである。

本学は、現在の図書館の入館ゲートが老朽化していることに伴い、大規模な改修や多額の費用をかけずに入館システムを作成することができないか検討を行っている。

図書館などの入館管理としては、Felica カードのタッチによるものは一般的であるが、物理的にゲートの開閉を伴うものを作るのは多くの費用が発生し、自作（内製）できるものではない。また、大学図書館に、遊興商業施設にみられるような、バーを使って入館者を遮るようなゲートが必要なのか？図書館の性質上、利用しやすい、入りやすいものを目指すことが望ましいのではないかという議論が、図書館入館ゲートに関して行われ、その結果筆者に設計の話が持ち込まれたと理解している。

しかし、個人をしっかりと特定し、入館しようとする個人に許可するのか、拒否するのかは当館としては議論するまでもなく行うという立場にある。おそらく、ほとんどすべての大学図書館でも同様であろう。

入退室管理における顔認証は、いくつかの企業によりすでに商業ベースで行われている。具体的には、NEC<sup>1</sup>、セキュア<sup>2</sup>、アズビル<sup>3</sup>などである。

大学図書館入館システムにおいて、個人の特定においては、顔認証や指紋認証などの生体認証を取り入れることも研究としては興味深い。武庫川女子大学図書館では、NTT ドコモの AI 顔認証入退管理システム「SAFR」を導入している<sup>4</sup>。利用者は、卒業生や保護者、西宮市教育委員会の教職員、連携協定校の学生・教職員といった学外利用者で、2021 年度後期、約 150 名の利用があったとのことである。来客者の館内滞在履歴が主目的ということで、認証時は毎回職員のサポートのもと、マスクを外して行っている<sup>5</sup>。通常の学生や当大学の教職員は除外されており [1]、この顔認証システムが日ごろの入退館を主体的に行うシステムではない。

このように、少人数の利用施設での顔認証は実用化の段階にある。筆者の研究室でも、顔認証による個人特定は実験を行ってきた [2], [3]。

しかし、在籍者数 9000 人を数える本学図書館に顔認証システムを適用しようとする、個人の顔データの取得やメンテナンスに大きな困難が予想されるので、筆者は顔認証を主体的に用いるシステムを作ることは避け、ここに記載している通りの、学生証カード利用の方法を採用することとした。これにより、迅速にシステムの導入が図れると考えられる。顔認証においては、登録作業やメンテナンスが大きなネックとなり、大規模なシステムでの利用は今後もなかなか実用化が進まないであろう。

システム制作については、2022 年夏以降、試作を進めてきた。ここで一応の機能があるものができたので、その技術的な内容紹介を主目的として本稿を記す。

本稿では、このシステムの基本的な考え方や具体的な信号処理について記載する。

## 2 付近の環境形状

図 1 は、付近の写真である。現在、入館ゲートがあるが、今後、利用されなくなることを想定し、この場所に設置するものを作成する。通路の両横と 2 つの通路の間のゲート壁は、当面残されるというのを聞いている。

## 3 必要な機能

### 3.1 システムの機能

本システムでは、Felica カードのパブリックエリアを利用している学生証・教職員証をカードリーダー（SONY の PaSoRi を使用）にタッチさせることで個人を特定し、一方で、人が関与しない別のセンサーで確認することで、入館を確認する。バーなどによる、物理的な遮断装置は当面設けず、常

<sup>1</sup><https://jpn.nec.com/biometrics/face/index.html>

<sup>2</sup>[https://secureinc.co.jp/aioffice/?utm\\_source=media-article](https://secureinc.co.jp/aioffice/?utm_source=media-article)

<sup>3</sup><https://www.azbil.com/jp/product/building/access-control-system/face.html>

<sup>4</sup><https://current.ndl.go.jp/node/45049>

<sup>5</sup>川崎氏との個人的やり取りの中で聴取。

時開放状態である。したがって、無資格者が入館しようとしたときには、音で職員に知らせる機能を有する。

想定されるケースは以下の通りである。

1. カードをカードリーダーに接触させ、実際に入館する（これが正しい利用方法であり、ほとんどはこれになる）
2. カードをカードリーダーに接触させた人が友連れする（タッチしない人がその時にほぼ同時に入館する）
3. カードを持たずに（タッチせずに）入館する（不法侵入）
4. カードをタッチしたが入館せずに帰る
5. 車椅子の入館者がある可能性がある
6. ここを出口と間違えて、ここから退館しようとする人を検知する

将来的にはバーを設ける方向と、常時開放を続ける2つの方向があるが、当面の目標としては、常時開放である。

図2は、現在作成中の、最初のバージョンのカードリーダー、レーザースキャナ、入館者の動線及び監視エリアを示す。狭い方（右）のゲートを封鎖し、現存しているゲートの上のカードリーダーのタッチの利用の可能性を残したものとなっている。当面、利用者には旧来のゲートに付属のカードリーダーにタッチし、さらに、すぐ奥にある新システムのカードリーダーにタッチするように要請する必要がある。右の通路はほとんど閉鎖することが可能ということなので、小さめの机（高さ約70cm）をゲートから奥にあまりせりださないところに置き、その上にレーザースキャナを置く。ゲート壁の幅程度の不感帯を設け、監視エリアが図2になるようにプログラムする。監視エリアの奥行きは



図1: 現在の図書館エントランス

人が滞留したときに複数回鳴らないよう、30 cm としている。複数回鳴ると、次に入ってくる人が通過したことになり、通過密度が高いときにエラーになる可能性がある。

図3は、筆者の考える、当該エリアの最終的な形である。封鎖していた右の経路を復活する。カードリーダーは右手でタッチするものとし、現有のリーダーは廃止するものと想定している。経路が二つになるため、それぞれのゲートの、現有のリーダーの位置に本システムのリーダーを貼付配置する。また、ゲート通過直後の検知エリアを拡大する。そのために、左にも新たにレーザースキャナを設ける。中央のセンサーの右と左の監視を行うことにより、左の広い経路については、両側から検知できるようになるため、友連れ検知がより正確にできるようになる。右の狭い経路はそもそも2人並んで通る幅はないので、1人だけの検知処理をすればよい。

なお、現在作成中のシステムは、友連れ検知は一応可能としているが、センサーが1つなので、オクルージョンが生じることなどもあり、原理的に精度に限界がある。

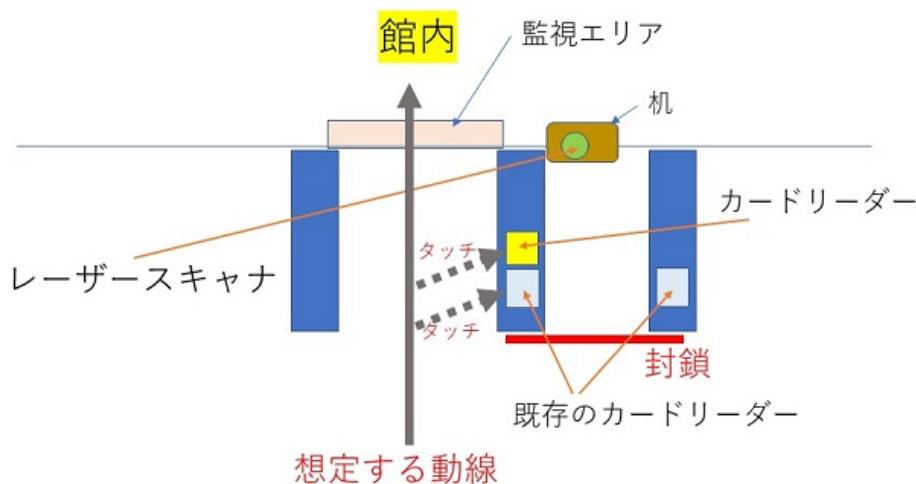


図2: 入館者の動線 (その1)

### 3.2 利用者の動作

利用者は、まずカードリーダーに自分のICカードを接触させ、PCから出るチャイムで読み取れたことを知る。そして、ゲートを通り、図書館内に入る。もし、不適当な入館であれば、システムがアラーム音を発し、(おそらく)図書館職員による制止を受けるであろう。

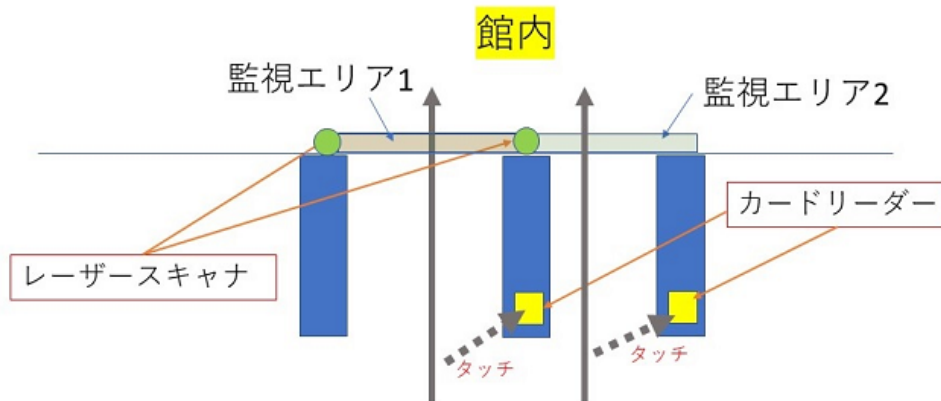


図 3: 入館者の動線 (その 2)

## 4 プログラム構成

### 4.1 起動

システムは、バッチファイル toshokan.bat から起動する。 toshokan.bat の内容は

```
start/MIN_"_"_toshokan2.bat
start_"_"_toshokan1.bat
```

となっている。 toshokan1.bat と toshokan2.bat はそれぞれ以下で詳細を示す、カード読み取りプログラムとレーザーキャナによる距離取得のプログラムを起動するものである。レーザーキャナのプログラムの方はコンソールを最小化し、こちらのほうを先に起動することになる。

このうち、 toshokan1.bat で起動されるカード読み取りプログラムが基本的にメイン動作を司っており、以下のメニューを表示する。そこで、このメニューが出ているウィンドウをクリックすることによってカレントウィンドウにし、数値を入力する（改行不要）。

メニュー

1. システム開始

2. メンテナンス  
0. 終了  
番号を入れてください

ここで“2”を入力すると、メンテナンスプログラムが起動する。

<<<< メンテナンス >>>>>>

- a. backup data
- b. データ保存用フォルダの作成 (2040 年まで) (新ディスクに 1 回のみ)

“a” (backup data) は、data フォルダを丸ごとコピーする。

“b” (データ保存用フォルダの作成) は、ディスクを新しくするときに 1 回のみ実行する。

最初のメニューで“1” (システム開始) を入れると、毎日使用する機能が作動する。その機能は、「カード読み取りプログラム」と「レーザースキャナ信号処理」よりなる。これらは、互いに別のプロセスとして実行される。その間のデータのやり取りは、RAM ディスクを用いている。

## 4.2 カード読み取りプログラム

こちらがこのシステムのメインとなる。開発言語は、C++である。使用する機材は、図 4 に示す Felica のカードリーダー (SONY の PaSoRi (RC-S380) ) である。他に RC-S300 というのもあり、ケーブルコネクタが異なるのと Mac 対応になったこと以外はほぼ同一)。



図 4: カードリーダー RC-S380

Felica カードの読み取りには、felicalib というライブラリ<sup>6</sup> を使用している。felicalib は BSD ライセンスで利用できる。felicalib から felica.dll をダイレクトに使用するので、NFC ポートソフトウェアがインストールされていればよい。NFC ポートソフトウェアはサイト<sup>7</sup>よりダウンロード、インストールできる。

照合用のデータは、登録者 ID.csv というファイルに書かれている学内有資格者の ID 集合（A と記載する）と、無効になった ID が書かれている無効 ID.csv に書かれている無効 ID の集合（B と記載する）から、差集合 A-B を最初に求める。プログラム起動直後に、A の要素数、B の要素数、C の要素数が表示される（登録者 ID の中にない ID もあるので、数値は単に差をとった値にはならない）。

以後、カードから読み取った ID と差分 ID 情報を照合し、有効・無効を判断する。

図 5, 6 は、カード読み取りプログラムの流れ図である。

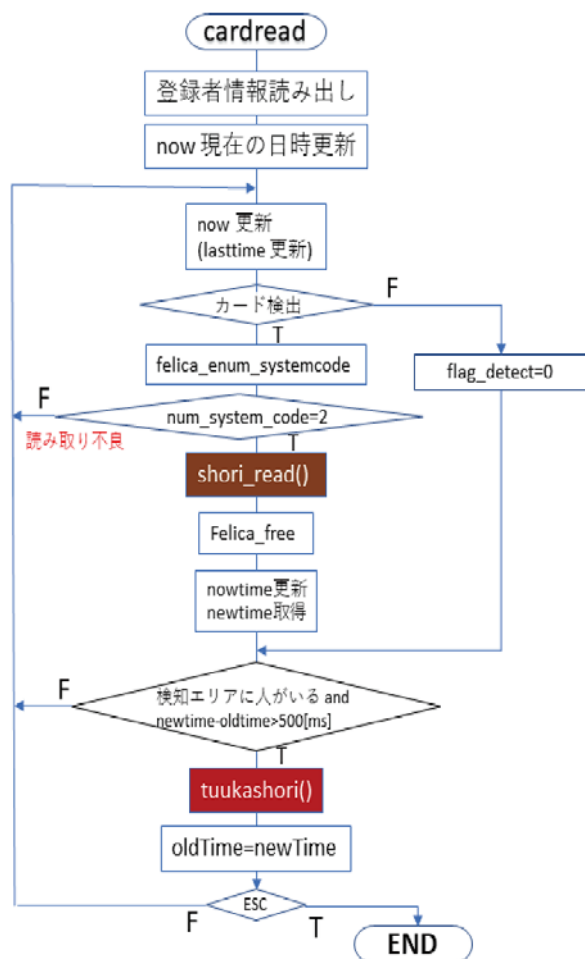


図 5: カード読み取りプログラム

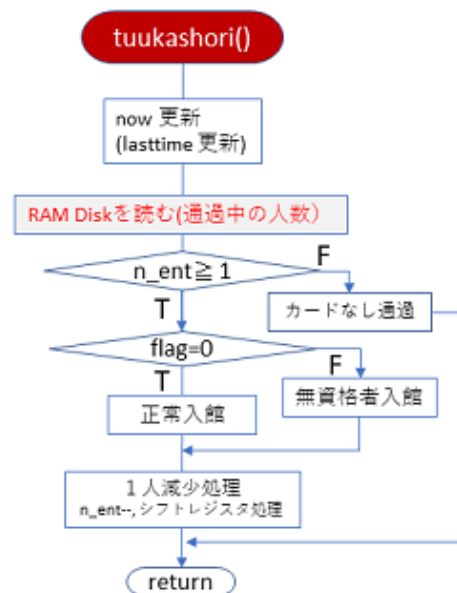


図 6: カード読み取りプログラムの関数

<sup>6</sup><http://felicalib.tmurakam.org/>

<sup>7</sup><https://www.sony.co.jp/Products/felica/consumer/support/download/nfcportsoftware.html>

**読み取る内容** Felica カードのパブリックエリアに書かれている情報はすべて読み取ることが可能であり、本学のカードには、学籍番号・職員番号、氏名（カタカナ）、性別、学部・職員属性、有効期限等が書かれている。ここでは、セキュリティ上、これ以上の詳細を記載しない。

**重複処理** 無限ループでカードを読みとると、リーダーにタッチしている間、ずっと同じカードが読み取られる。一度のタッチで複数回読み取られることが多いため、最初に読み取ってから2秒以内に同じIDのカードが読み取られたら、処理を行わずパスするようにしている。また、カードを置くとき、取り去る時の瞬間に読み取ると、間違っただけが読み取られることが頻繁に起こる。そのような値は、わずかに異なるのではなく、全く異なる値となるのが普通なので、異常な値が入ったときは読み取りミスとして処理している。

### 4.3 レーザースキャナによる距離取得

人の存在を直接検知する方法として、2D LiDAR（開発段階では、北陽電機 UTM-30LX、実施時は UST-10LX の予定）を用いる。北陽電機の `urg_library` を使用し、C++で作成している。

図 7.8 は、カード読み取りプログラムの流れ図である。

**センサーの設置姿勢** センサーの設置姿勢（つまり、スキャン面）について、2つの案がある。

まず、1つ目は、水平に置き、平面をスキャンする方法である。これは、人の腰あたりの高さに設置すれば広い面がみられる。

もう1つはセンサーを寝かす向きに設置することで、スキャン方向を鉛直にしてレーザーの壁を作る方法で、筆者が過去に開発した歩行者カウンタ [4] で採用している。歩行者カウンタの場合は、高いところ（2.2 m 程度以上）にセンサーを設置するため、頭頂部で人の影のワンポイントを検出している。そのため、両手を挙げたりしない限り一人に1点となるが、本システムの場合、取り付け場所がないのでレーザースキャナを高い位置に設置しないため、頭頂部を検出することはできない。そのため、スキャン面を人が通過するとき人のボディ以外にカバンや腕など、複数回異なる部分が検知され、それらを統合することが1つ目の方法に比べて困難であるため、この方法を採用しないことにした。

**背景生成** 人を検知するために、まず起動時に背景生成を行う。背景とは誰もいない状態での形状データである。実行時には、スキャンデータと背景データを比較し、背景よりも明らかに距離が小さい部分を人とする。この機能により、どんな複雑なエリアであってもその中に最初なかったものだけを見つけることができる。ただし、背景は静止していることが必要である。背景は、立ち上げ時に生成される。センサーがずれたりしたときに実背景と記憶している背景が異なることがある。これは、検出精度の低下につながるため、10分ごとに、人がシステムの内部にいないときに再定義される。さらに、PCの“b”キーを押すことにより、強制的に背景の再定義も可能である。PCの“d”キーを押せば、背景を画面上で確認することができる。



**人の検出** 2D LiDAR はゲートの出口に、館内方向（つまり、入館者の進行先）に向けて設置している。スキャン角度は180度で、センサーの真横を通るところから検知可能である。人の検知は、センサーの真横からその先30 cm以内に、人の中心部分がある場合としている。

検出アルゴリズムは以下の通りである。

1. レーザースキャナの発するレーザービームの角度に基づき、背景よりも有意に近い点が始まる点と終わる点を見つけ、その中の点を1グループとする。1スキャンによる全グループを検出する。
2. グループを構成する点の数が10以下の場合を、孤立点とみなし、グループから除外する。これにより、カバンの紐やスマホなどが除外できると考えている。
3. 各グループを構成する点群の中の、最もセンサーに近い点を見つける。これを、人の位置とみなす。
4. センサーの中心方向よりも右側と左側のグループの数を `cleft`, `cright` とする。

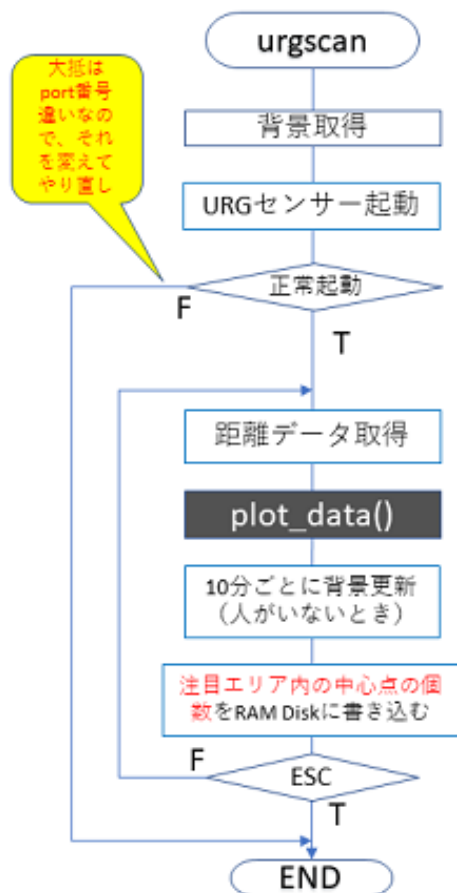


図 7: レーザースキャナ信号処理プログラム

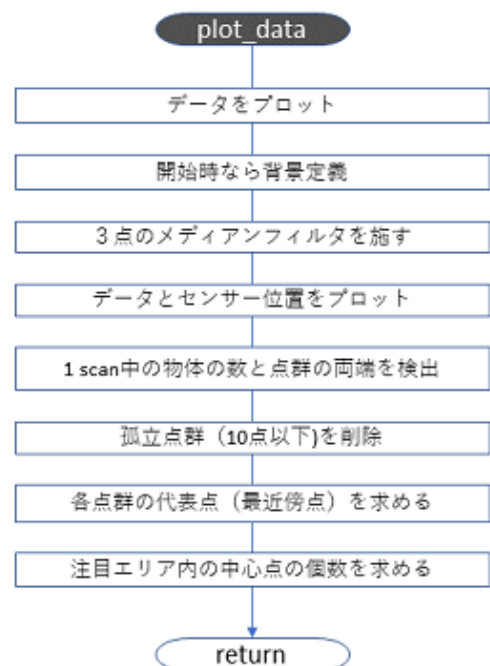


図 8: レーザースキャナ信号処理プログラムの関数

**メディアンフィルタ** 距離データに、MEDIAN(= 3) 点でのメディアンフィルタを施す。

#### 4.4 プロセス間でのデータ共有

カード読み取り・メインプログラムと、レーザースキャナによるプログラムは、異なるプログラムで作成しているが、レーザースキャナで人の入館を確認した情報はカード読み取りプログラムとデータを共有する必要がある。そのために、書き込み・読み取りが速く、書き込み後、短時間に別プロセスからアクセス可能な、RAM ディスクを用いている。RAM ディスクは、ImDisk Virtual Disk Driver<sup>8</sup>を用い、整数型で2個の数値を読み書きしている。

#### 4.5 データの保存

システムを使用するにあたり、一度だけファイルの初期処理を行う。これを実行すると、data フォルダの中に2022 から2040 まで、1年ずつフォルダが作成される。さらに、1年分の中には1から12までの12個のフォルダが生成される。この中に2022\_9\_17.csvのような名称のcsvファイルが生成される。このファイルには、かざしたカードの情報と時刻情報が書き込まれる。

#### 4.6 ユーティリティ

各月ごとに、入館者の属性（学生の場合、学部、学年。その他の場合、属性ごと）の人数、学生ごとの入館日などを調べることができる。

## 5 運用方法

### 5.1 システムの起動，終了

機器（PC、各センサー）を守るために、基本的に毎日起動，終了を行うものとする。

## 6 実験

3章に記載した6つのうち、1, 3, 6の状況を含む実験を行った。実施の日時は2022年11月24日9時20分頃から約30分間である。図9は実験の際の様子を示す。

カードリーダーを、ゲートの手前の左に置くよう、当初の指示があったため、それで実験するつもりだったが、ゲートの上面の既存のカードリーダーのすぐ奥にカードリーダーを張り付けて、同じよ

---

<sup>8</sup><https://sourceforge.net/projects/indisk-toolkit/>

うな場所で2度タッチするほうがユーザーにとっては利便性が高いことがわかったので、急遽、設置場所を変更した。

レーザースキャナについては、以前から、机の高さ（約70 cm）で実験をしてきた。今回、ゲートの上にセンサーを置いて実験を行ったら、1人に対して複数回の検知が若干増加した。友連れについては、現在、開閉式のゲートが動いており、この状態で友連れを実験することは困難であった。

その結果、レーザースキャナをゲートの奥に置く、机の上に置くものとした。

## 7 おわりに

現在制作中である、甲南大学図書館の入館処理システムの内容を記載した。今後、様々な実験を重ねて、処理エラーを極力減らしていきたいと考えている。また、ここには記載しなかったが、ディスプレイなどを設け、利用者にも様々な情報を与える手段を提供していきたいと考えている。

## 謝辞

財務部長小花直樹様には、直接、筆者に本システム制作の機会を与えてくださいましたことを感謝します。制作にあたり、種々のご議論もいただき、本システムを設計していく際に多くのアイデアを利用させていただきました。甲南大学生協の皆さまには、カードの仕様のご提供をいただき、期限切れサンプルカードをお借りしました。図書館の職員の一部の方には、実験の際のサポートや利用者情報提供などをいただきました。その他、学内関係各位には様々な形でご協力いただいていることを付記し、御礼申し上げます。

また、本研究の一部は、大学間連携補助金を受けて行なわれました。



図9: 実験風景

## 参考文献

- [1] 川崎安子, “大学図書館における AI 顔認証による入退管理システムの導入,” *カレントアウェアネス-E*, no. 434, E2488, 2022.
- [2] 荻野敦史, 田中雅博, “YOLO と顔認証を用いた挙手者の検出及び PTZ カメラを用いた授業等における指名の自動化,” *甲南大学紀要 知能情報学編*, vol. 14, no. 1, pp. 9–28, 2021.
- [3] 荻野敦史, 田中雅博, “深層学習を用いた教室内での行動認識・個人識別と着席位置の認識,” 2022 年 電気学会 電子・情報・システム部門大会, pp. 1153–1158, 2022.
- [4] 田中雅博, “複数のレーザスキャナによる歩行者検出装置の設計-原理と試作-,” *甲南大学紀要 知能情報学編*, vol. 4, no. 2, pp. 115–137, 2011.