

ICカードとSBCを用いた複合制御技術の修得

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-07-29 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小林, 英一, 小渾, 伸也, 廣木, 智栄, 道幸, 雄真, 内山, 裕二 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/10997

IC カードと SBC を用いた複合制御技術の修得

小林 英一* 小澤 伸也* 廣木 智栄* 道幸 雄真* 内山 裕二**

1. 背景と目的

本研修では SBC (Raspberry Pi 等の Single Board Computer) 制御技術を発展させ、IC カード読取や各種センサ、マイコン等とネットワークを介し連携することで、様々な業務に応用可能な複合制御技術の修得を目指す。現在、文京地区構内にある入退室管理システムが老朽化し故障が相次ぐ中、既存メーカーが事業撤退し、代替品は非常に高価という問題がある。そのため本研修の応用例として、新たな入退室管理システムを設計開発し提案する。工学部に関わる日常業務や地域貢献事業等のほか、工学部内の課題解決にも応用可能な実力を身につけることができると期待する。

2. 進め方

開錠インターフェイスは磁気方式から IC カード (Mifare 規格) 方式に変更し, 読取はマイコン, 判定・開錠制御は SBC が担当する. 登録用 PC は学内ネットワークから Web ベースで登録ができるよう新規に開発する. 各部の呼称について, IC カードリーダ部は C, カードゲート制御部は CG, 電気錠は K と表記する.

完成後の保守作業について、我々がどこまで担当するかまだ明確ではないが、メンテナンス・交換・修理・ソフト更新などの頻度を極力少なくするため、設計段階から以下2点をコンセプトに加え、取扱いやすさや信頼性・完成度にもこだわった。

- ・ 交換従事者も含めたユーザ目線で設計する
（もし判断に迷うことがあれば、使う立場だったらどう感じるかを、判定の指標とする）
- ・ メンテナンスやアップデート作業を実施しやすい構造とする

3. 研修の概要

3-1. ハードウェア (主に回路)

* 第3技術室

第1技術室

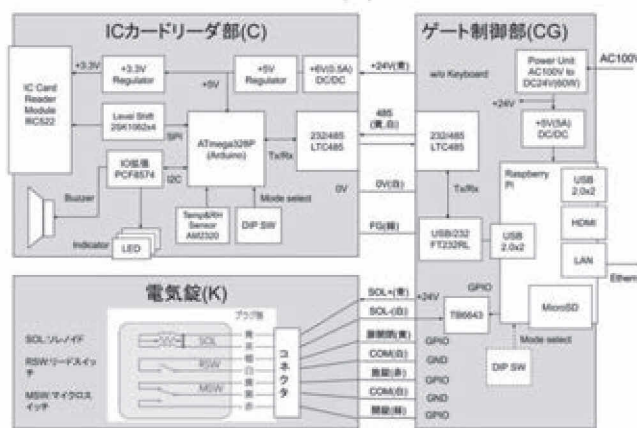


図 1 C, CG, K のブロック図

3-1-1. 主要部品選定

CG 心臓部の SBC には Raspberry Pi を採用した。C は以下理由から Arduino マイコン (Uno ではない IC 単品, 以下 ATmega328P と表記) を採用した。

- ・ C に Raspberry Pi はオーバースペック(贅沢)
 - ・ Raspberry Pi は消費電力が約 3W あり、明らかに非エコ (低炭素社会化に逆行)
 - ・ Raspberry Pi ZERO はデリバリ上の問題あり
 - ・ ATmega328P は設計資産や Web 情報が豊富
- 従来設備を利用し、出っ張り少なく壁内に収めるには、短辺 40mm 以内でなければならない。NTT ACR1251CL や Sony RC-S380 はどちらもサイズ超過で、Web 記事^[1]を参考に、RFID-RC522 モジュール (以下、RC522 と略) を採用した。

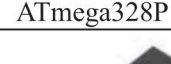
ATmega328P	RFID-RC522
	

図 2 マイコンと RC522

3-1-2. 電気鋳 (K)

美和ロック社の電気錠 ALA, AU, AFE シリーズを各 1 台ずつ用意し、検討に使用した。ソレ

ノイド錠, モーター錠ともに DC+24V 駆動かつ消費電流は 0.3~0.4A 程^[2]である。

表 1 検討に使用した電気錠^[2]

シリーズ名	特徴	錠の種類
ALA	住宅玄関用, BS 64	ソレノイド錠
AUT/AUTA/ AUR/AURA	通用口/非常口用, 4 モードを 1 台で 検証可, BS 76, 流通量多い	ソレノイド錠
AFE	引戸用, BS 51	モーター錠

電源/制御用 9 ピンコネクタについて, 信号配置以外の詳細は不明だったが, 線を切らずに検討するため適合する品を探索した。Molex 1625-09R (端子は 1561T) と接続可であった。

3-1-3. 回路基板 (C,CG)

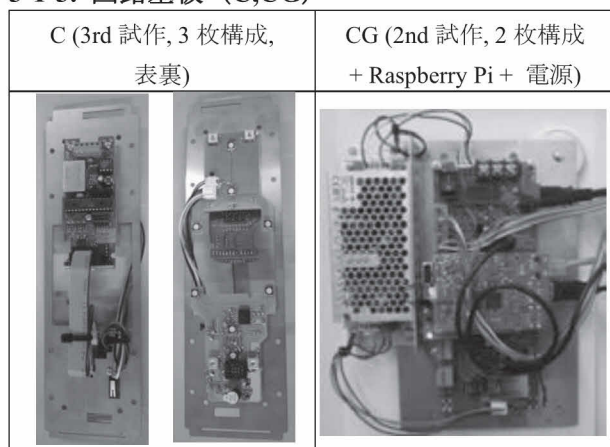


図 3 C, CG 回路基板の外観

回路基板はPCBCADのEAGLEで設計したデータを元に中国Elecrow社へ注文, 製造委託した。Cは両面1枚+片面2枚, CGは両面2枚+片面1枚の3枚構成とした。普段は発注してから約1週間後に届くが, 春節および新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響を受け, 1月18日に発注したCの3次試作基板が2月27日まで届かないというトラブルがあった。そのため, C3次試作のLED基板(片面)だけ急遽エッチングで製作した。部品手配および実装は手作業であり, スピード感が求められる本案件のネックとなっていた。今後は汎用CR部品が実装されるPCBAサービスを前向きに検討したい。

故障CGの電源回路が無事だった場合は, 従来電源回路も接続できるよう考慮している。

3-1-4. RS-232C / RS-485 通信

RS-485はANSI/TIA/EIA-485(以下485と表記)として規格化されている長距離・高速伝送が可能な差動通信規格である。RS-232C(以下232と表記)の性能向上を目的に開発され, 高

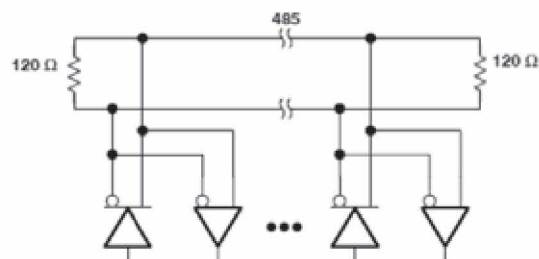


図 4 485 の通信形態^[3]

い信号速度(最大50Mbps), 長い伝送路長(最大1.2km), 差動伝送方式(ノイズ放射が少ない), 最大32個の単位負荷を接続可能, といった長所を持つ^[3]。壁内では階をまたいだ長い線になることも多く長距離伝送可能な485通信を用いた。

今回, ATmega328Pの232-485変換ICにはLTC485(SN75176, LT1785でも可)を用いた。CG側USB-232変換ICにはFT232RLを採用している。開発初期は通信が不安定で時間が経つにつれ通信が崩れる等の症状あり, 安定した通信にはTX, RXだけでなく, 表2のようにDE, /REも接続する必要があった。

表 2 232 と 485 制御 IC 間の接続

FT232RL 側 pin	LTC485 側 pin
1 (TXD)	4 (DI)
5 (RXD)	1 (RO)
13 (CBUS2-TXDEN)	3 (DE)
14 (CBUS3-PWREN#)	2 (/RE)

3-1-5. 耐久性について

1月31日に試験設置し連続通電動作を開始した。2ヵ月経過したが, 特に異常は出ていない。

3-1-6. 電波性能について

今回扱うRC522はBluetooth / Wi-Fi / ZigBeeなどいわゆる技適対象機器と違い, 13.56 MHzで動作^[4]する「誘導式読み書き通信設備」である^[5]。本システムが微弱無線設備として認定されれば電波法に関する許可申請は不要。この微弱無線の国内規格許容値は“3mの位置で周波数に依らず500μV/m (=0.5mV/m) 以下”である^[6]。1[V/m]未満も測定できる電磁波計(TM-196, 10 MHz - 8 GHz)を使い, 試験設置した場所で

システムを測定した結果を以下の表 3 に示す。

表 3 TM-196 で簡易測定した結果

対象	距離[m]	測定値[mV/m]
C(RC522+Arduino)	3	0.5 (検出限界値)
CG(ラズパイ 搭載, 開放状態)	3	約 600
(参考)無線 LAN 親機	1	約 5000~7000

C,CG とも散発的に高い値を示すこともあるが時間幅は短いため、無線 LAN 等の影響が考えられる。CG は C に比べ高い値を示すが、最終的に金属筐体内に収納され、実際にはかなり低減する見込みである。また CG は一般人が立ち入らない壁内に設置されるので、測定対象にならないと予想する。C は無線方式のため、電波に関しては磁気より条件が悪く、規格を超える値を示すと懸念していた。厳密には工業試験場等にある電波暗室で確認しなければいけないものの、何か追加対策することなく、問題ないレベルに収まっている公算が高いと期待する。

3-2. ハードウェア (主に機構)

3-2-1. デザイン含め 5 層構造

C の筐体は故障品と交換する際、作業に従事する方にとっての変更点を極力少なくするため、従来使われていた既存設備、バックシャーシ(以下、B/C と表記)や壁内の電気配線をなるべく流用する構造とした。



図 5 C 筐体組図(左)と C 筐体現物(右)

図 5 は右から順に、SUS 板(L1)、スペーサ(L2)、LED 導光板(L3)、デザイン(L4)、保護板(L5)と並んでいる。C 回路基板は SUS 板(L1)の表裏に取り付ける。壁面および B/C には SUS 板(L1)が接し、ユーザは保護板(L5)側から IC カードをかざす。この L1~L5 をまとめて C 筐体とする。

今回は全てレーザー加工した平板で設計製作したが、金型を使った樹脂成形技術なら部品点数を削減、かつ曲面も製作でき、もっと柔軟な条件下で設計することができるため、将来もし製造依頼数が 100 を超えるような事態になれば検討してみたい。

B/C にはこの C 筐体を固定できる金具と出っ張りが各 1 箇所あり、SUS 板(L1)の穴位置を何度か試作して調整、スムーズに嵌合するように作り込んだ。金具は若干の位置補正が必要なものの、既存 B/C に取り付け可能とした。

CG には既存の金属筐体をそのまま流用する。

3-2-2. IC カード読取性能の検討

読取性能に限れば、RC522 は検討時のむき出し状態が最も優れていた。しかしそれでは強度や電波性能に問題あると考え、回路基板に SUS 板(L1)を取り付けたところ、カードを読み込めなくなった。この症状は RC522 用の開口面積を拡張することと、RC522 の表面だけでなく裏面からも C 回路基板を遠ざけ、導電性を有するものから距離を取ることで解決し、RC522 から 2-3cm 浮いた位置で読み込めるまで改善した。

3-2-3. 検討用の扉を 3D プリンタで製作

電子錠の制御系を検討する上で、実際の扉と同様の動きをする扉が必要となったため、検討用の扉も製作した。電子錠には開き戸タイプ(図 6 左)、引き戸タイプ(図 6 右)の 2 種類あり、各種用途に合わせた動きができるように設計した。製作には 3D プリンタ(Zortrax M200)を使用した。

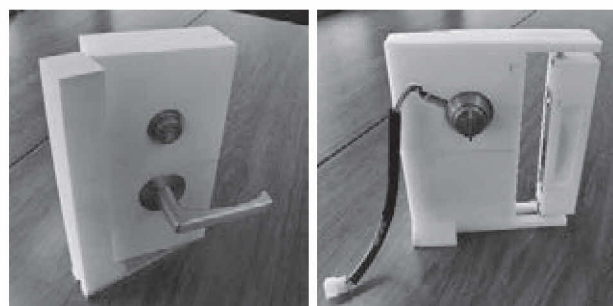


図 6 試作扉 (左 : 開き戸用, 右 : 引き戸用)

3-2-4. LED 導光板(L3)素材の検討

LED を均一に光らせるため、透明両面マット、乳半両面マット、ガラス両面マットの 3 種類を用意し比較検討した。これらの中では乳半両面マットが LED 導光板として最適だった。

3-2-5. Illustrator を使ったデザイン(L4)作成

EAGLE から出力された DXF データを元に Adobe Illustrator (以下、Illustrator と表記) を使ってデザイン(L4)の ai データを作成した。当初このデザイン(L4)は、加工にレーザーカッターを用いるサインプレート・表示板(二層板、 $t=1.5\text{mm}$)を採用する方向で検討していたが、単価が約 5 千円と高価な上、数量割引がないこと、標準納期は土日祝を除き 7 日であること等から不採用とし、印刷通販デジタ社の POP カードへ仕様変更した。Illustrator の操作に不慣れな上、EAGLE から出力される DXF データは特にコーナー部に余計なカットパスデータが多数含まれており、Web サイトから注文できる上限を超えていたため、データ作成に余計な時間を要した。最終的に、抜き加工数とカットパス数のどちらもアップロード可能な上限を超過していたが、これ以上削減できない状態にしたのち個別対応していただいた。Illustrator の操作方法を習得する必要性を感じた。

3-3. ソフトウェア

本研修では、入退室管理システムで動作するソフトウェアの開発もおこなった。入退室管理システムでは管理用 PC と CG 間、CG と C 間で通信をおこなっており、管理用 PC と CG 間の通信には LAN を、CG と C 間の通信にはシリアル通信を利用した。図 7 は入退室管理システムのつながりを示している。

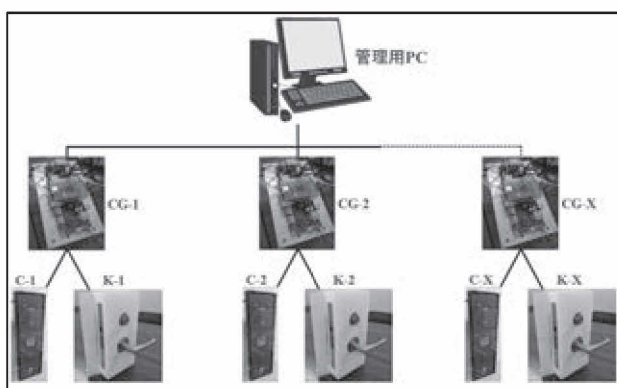


図 7 システム系統図

3-3-1. C と CG のソフトウェアと通信

C は Arduino を用いているため、専用の Arduino IDE を用いて開発をおこなった。また、後述する CG がより高性能な Raspberry Pi を用いていることから、C では複雑な処理をおこなわないようにシステムを設計した。

本研修で C と CG 間の通信に用いたシリアル通信は受信と送信とを切り替えながら通信する

必要がある。そのため、C と CG がお互い受信(送信)状態になった場合はシステムが停止してしまうこととなる。また、送信後に受信されるまでに再度送信をしてしまった場合には受信したメッセージが文字化けするという動作不良が確認された。そこで、本研修では C と CG 間の通信は対話形式を採用した。これは片方がメッセージを送信した後は、それに対する応答が来るまでは受信状態で待つという形式である。さらに、対話の最初は CG 側からの専用メッセージ、対話の終了は C からの専用メッセージとすることで、対話のずれを無くすることができた。これにより、C と CG 間の通信での動作不良がほぼ無くなり、安定したシステムとなった。

また、C には温湿度計やブザーなど様々な機能が付与されているが、C での複雑な処理を避けるため、これら付与された機能はすべて CG で管理をおこない、必要に応じて CG から C へ機能を使うようメッセージを送ることにし、C では CG から来たメッセージに対応した応答のみをするように開発をおこなった。このとき、さらなる安定化のために、C では CG から想定していないメッセージが送られてきた際にはリセットをするように開発した。以下は主な CG と C 間の通信で用いられているメッセージの一覧となっている。

コマンド一覧表			
CGから送るコマンド	Cで実行処理	CGに送るコマンド及び文字列	備考
コマンド名	コマンドの処理及び処理内容		
StartR	対話開始の合図を送るためのもの	Start, WarningSta, CoverOP	
Open	対話モードでいないときに開いているという状態を伝えるためのもの	End	いまのところコマンドと文字列の一致を確認している。
OpenAL	対話モードの上で開いているという状態を伝えるためのもの	End	いまのところコマンドと文字列の一致を確認している。
CloseLock	対話モードでいないときに閉まっているという状態を伝えるためのもの	End, ICカードの読取	いまのところコマンドと文字列の一致を確認している。
CloseUnlock	対話モードでいないときに開いているという状態を伝えるためのもの	End, ICカードの読取	いまのところコマンドと文字列の一致を確認している。
CloseAllLock	対話モードの上で閉まっているという状態を伝えるためのもの	End, ICカードの読取	いまのところコマンドと文字列の一致を確認している。
CloseAllUnlock	対話モードの上で開いているという状態を伝えるためのもの	End, ICカードの読取	いまのところコマンドと文字列の一致を確認している。
CardOK	ICカードが読み取られたことを伝えるためのもの	End	
CardNG	ICカードが読み取られなかったことを伝えるためのもの	End	
ScheSta	対話モードでいるときにスケジュール時刻になったことを伝えるもの	End	
ScheEnd	対話モードでいるときにスケジュール時刻が終わったことを伝えるもの	End	
BzOn	対話モードでいるときにブザーを鳴らすためのもの	End	
Thermo	温度情報を取得する際に送るもの	温度度情報	
Reset	対話モードでいるときにリセットするもの	N/A	

図 8 CG-C 間の通信で用いられるメッセージ

CG では、Raspberry Pi であることと、GPIO を利用することから、Raspberry Pi で一般に利用されており、GPIO に関するライブラリも豊富な Python を用いて開発をおこなった。また、開発した Python プログラムの制御用に C 言語も利用した。開発は専用の IDE は利用せず、Vim, nano, emacs などの標準のテキストエディタを

用いておこなった。なお、Raspberry Pi は 3B, 3B+と、現在主流である 4B で動作検証をおこなった。検証の結果、Raspberry Pi の違いによる動作の不具合等は見られなかった。

開発した Python プログラムは、C と通信をしながら入退室管理システムの各制御をおこなっている。具体的には、C からカード情報が送られてきた場合の処理、時間による自動施錠の処理、利用情報の管理などがある。

カード情報の処理については、C との対話形式での通信の際、図 9 で示す主となる対話では C にカードの接触があった場合は C からカード情報が送られてくる。この時、CG では送られ

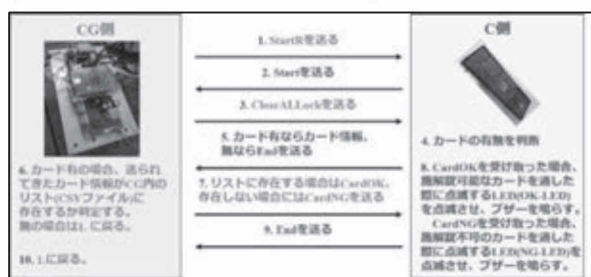


図 9 CG-C 間での主となる対話

てきたカード情報を整理し、あらかじめ保有している登録情報の中に、該当するユーザ情報があるかどうかの調査をする。調査の結果、該当するユーザ情報があれば、対応する電子錠を解錠（施錠）する権限が付与されたユーザかどうかを調べ、権限が付与されているならば解錠（施錠）する信号を K へと送る。登録されていない、または、権限が付与されていないカード情報であった場合には、K には信号を送らない。その後、結果を C へと送信し、カード情報とその結果についてログに残す。

時間による自動施錠の処理については、あらかじめ各電子錠が何時から何時まで自動施錠するかどうかのデータを保有している。CG では C との対話形式での通信の合間に時間の確認をしており、自動施錠の時間内であった場合には、自動施錠するモードへと切り替わる。自動施錠時するモードでは、扉が開放状態の場合、一定時間後に C にブザーを鳴らすメッセージを送信する。また、自動施錠モード時にはいくつかのオプションが設定できる。以下はその例である。

- ・自動施錠モード終了時に解錠するかどうか
- ・開放時ブザーをどのタイミングで止めるか
- ・自動施錠失敗時の再試行回数

この他、CG では基板上に電源スイッチがあり、これを長押しした際に電源が切れるような

プログラムも開発した。

さらなる安定化のため、開発した python プログラムは外部 C 言語プログラムにより制御し、なにかしらのエラーによりプログラムが終了した時には自動で再起動するようにした。さらに、これらプログラムは Raspberry Pi の起動時に自動起動するように設定もおこなった。

3-3-2. 管理用 PC 動作と Web アプリケーション

管理用 PC では、各電子錠に対する自動施錠の時間帯の管理、登録されているユーザ情報の管理などをおこなっている。管理用 PC は、運用時に開発者以外が操作することとなるため、利便性向上の面からも、Web アプリケーションとして開発をおこなった。Web アプリケーションの開発は、HTML, PHP, JavaScript を用いて開発した。また、管理用 PC 内部で動くプログラムではシェルスクリプト、python も用いた。

自動施錠の時間帯の管理では、各電子錠の閏日を含めた 366 日分のデータを 1 つの CSV ファイルとして管理している。1 日のデータは 10 個までの開放時間を設定でき、設定された CSV ファイルは CG へと送信することができるように開発をおこなった。図 10 は開発した Web アプリケーションである。

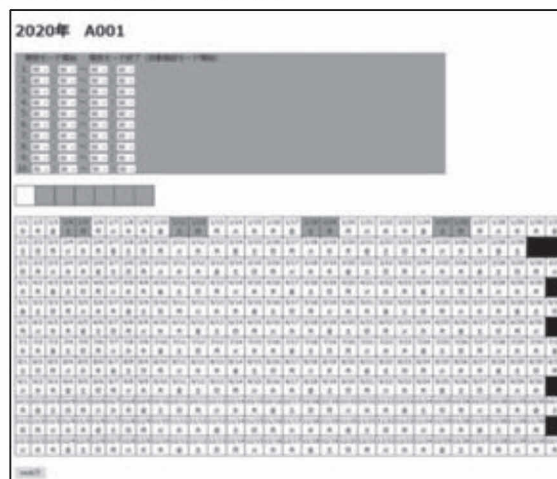


図 10 時間帯の管理画面

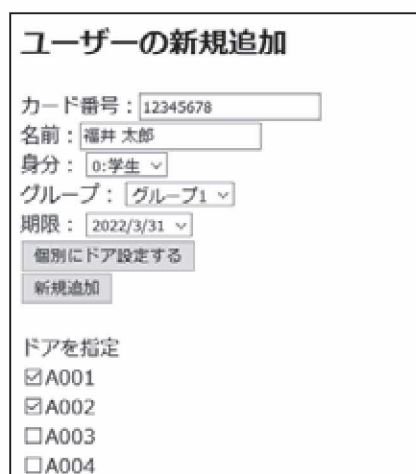
開発した Web アプリケーションは、7つのスケジュールパターンを設定でき、それぞれのパターンを任意の日にワンクリックで設定することができる。設定された日はスケジュールパターンの色で塗られ、視覚的にもわかりやすく開発した。ここで設定したスケジュールパターンは CSV ファイルとして保存されているため、再度設定する際にも以前設定したスケジュールパターンを利用することができる。またドアごと

にデータが保存されている。

ユーザ情報の管理では、各ユーザのカード情報と利用可能な電子錠などを1つの CSV ファイルで管理している。

CSV ファイルにはユーザごとにカード情報とどの電子錠を利用することができるかの情報、その他ユーザを管理する情報が入っている。

図 11 はユーザを1人新規追加することができる Web アプリケーションとなっている。ここで入力した情報に基づき、CSV ファイルに新規ユーザを追加することができる。どの電子錠を利用できるかは、直接チェックボックスで指定することができる。また、あらかじめ利用できる電子錠の指定をグループとして用意することで、そのグループを指定することによっても利用できる電子錠を一括で指定できるように設計した。



ユーザーの新規追加

カード番号: 12345678

名前: 福井 太郎

身分: 0: 学生

グループ: グループ1

期限: 2022/3/31

個別にドア設定する

新規追加

ドアを指定

☒ A001

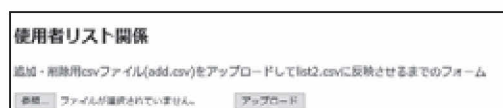
☒ A002

☐ A003

☐ A004

図 11 ユーザの新規追加

図 12 はユーザを一度に新規追加、変更、削除までできる Web アプリケーションとなっている。設定する専用の CSV ファイルを用意し、アップロードすることでその設定に合わせて CSV ファイルを更新することができる。



使用者リスト関係

追加・削除用 csv ファイル(add.csv)をアップロードしてlist2.csvに反映させるまでのフォーム

アップロード

図 12 時間帯の管理画面

本研修では、管理用 PC から CG への通信は全ドアの自動施錠スケジュールの書かれた CSV ファイルと全ユーザの情報が書かれた CSV ファイルの2つを全 CG に配布するのみのシンプルな仕組みとした。CG では送られてきた CSV ファイルを受け取るだけなので、前述した CG の動作とは独立している。そのため、管理用 PC に障害が起こった場合でも CG では障

害発生前に送られてきたデータをそのまま使い動き続けることが可能となり、不測の事態でもシステム全体が停止しないようになっている。

この通信は管理用 PC から scp によるリモートでの配布操作を行っている。本研修では scp をパスワード認証ではなく、鍵認証方式とし、さらにリモートで行える操作1つごとに鍵を用意することとした。これによって、たとえこれらの秘密鍵が漏えいした場合でも CG に対して行える操作としてはごく限られた操作に限定されることとなり、安全性を高めることができた。

4. まとめ

実際に必要とされる案件を研修成果の応用例に据え、専門分野を横断した設計開発チームを編成して開発を進めた。結果として、チーム個人の能力を高めながら、一般に披露できるレベルの試作品一式を年度末までに用意することができた。また、動作するだけに留まらず、品質にこだわり安定性・信頼性を向上させるなど、例年にないかなり踏み込んだ貴重な経験と設計資産を得ることができた。

5. 謝辞

株式会社キーセンター 池端義雄 会長には、美和ロック社電気錠カタログの提供、電気錠の種類や特徴、新しい電源/制御線等について、丁寧にご対応およびご説明下さり、開発が加速する契機となりました。ここに感謝の意を表します。電波法および微弱無線設備について、説明および助言下さったオリオン株式会社 瀬川泰業氏にも感謝致します。先端科学技術育成センターの山森英智 班長には C 筐体の設計製作に関し、レーザー加工を何度も快く引き受けて頂きました。IC カード入退室管理システムという実用的で学内にとても影響力があると予想される開発案件を紹介、ならびに開発費を提供して下さいました福井一俊 技術部長に感謝致します。

6. 参考文献等

- [1] Web 情報 (<https://dotstud.io/blog/arduino-use-rfid-reader/>)
- [2] 美和ロック株式会社 総合カタログ
- [3] TI, TIA/EIA-485(RS-485)のインターフェイス回路 JAJA179 (2009)
- [4] NXP, MFRC522 データシート (2016)
- [5] Web 情報 (<https://dotstud.io/blog/arduino-use-rfid-reader/>)
- [6] 総務省 HP | 電波監視 | 微弱無線局の規定 (<https://www.tele.soumu.go.jp/j/ref/material/rule/>)