

卒業研究報告

題目

3密回避のための室内環境情報の能動的提供機能の開発

指導教官

高橋寛教授

王森レイ講師

報告者

小田 恵吏奈

令和3年2月15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
第 3 章 感染症予防サポートシステムの設計	6
3.1 感染症予防サポートシステムの概要	6
3.2 要求定義	8
3.3 基本設計	10
3.4 詳細設計	10
第 4 章 実装・検証	17
4.1 実装	17
4.2 検証	17
4.2.1. 単体テスト	17
4.2.2. 結合テスト	17
4.2.3. 総合テスト	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

近年、新型コロナウイルス感染症が世界的に流行し、人々の生活に大きく影響を及ぼしている。そして感染症を予防するために、感染リスクの高い場面を避けることが呼びかけられている。新型コロナウイルス感染症は、一般的に飛沫感染および接触感染により感染し、密閉、密集、密接の3つの密によって感染リスクが高まると言われている [1]。感染リスクの高い「密閉」空間をつくらないために、換気が一つの方法として挙げられる。しかし換気を行った結果、どのように空気環境が改善されたかは一目でわかる訳ではない。ビル管理法における空気環境の基準として、浮遊粉じんの量、一酸化炭素の含有率、二酸化炭素の含有率、温度、湿度、気流、ホルムアルデヒドの量が定義されている。愛媛大学工学部附属社会基盤 i センシングセンターの実験 [2] によると、部屋の換気の指標として二酸化炭素濃度の計測が有効と思われると結果が出ている。従って、室内の二酸化炭素濃度を測定して、危険な状態になる前に室内の利用者や管理者へ換気する注意喚起できるシステムがあれば、室内の利用者が感染リスクを回避することができる。また、室外の利用予定者（これから施設に入ろうとする人）に対しては、現時点の施設の利用状態が事前に分かれば、入室することを控えることで、密閉の未然防止ができる。ここで、施設の利用情報は在室人数、入室できる人数、二酸化炭素濃度水準、換気状態、感染リスク（高、中、低）などの情報が想定される。

本研究では、IoT センシング技術を用いて、室内の二酸化炭素の濃度値、温湿度値、在室人数などの室内環境をリアルタイムにモニタリングを行い、施設の3密を避ける

ために利用者と管理者に注意喚起する「感染症予防サポートシステム」を開発する目的とする。

この目的を達成するため、本研究では、4 人のメンバー（伊藤大輝、稲田一輝、小田恵吏奈、掛水誠矢）を 1 つのチームとし、システム開発に取り組んでいる。そのうち、小田はセンサーとカメラで収集した施設内の環境情報（在室人数、入室できる人数、二酸化炭素濃度水準、換気状態、感染リスクなどの情報）を利用者対象別に積極的に提供する「室内環境情報の能動的提供機能」を開発することを目標とする。具体的には、無線マイコンモジュール TWELITE をエッジデバイスとして用いて、エッジサーバ（掛水、稲田、伊藤担当）で計測した室内に滞在している人の数と二酸化炭素濃度などの室内環境値をもとにした環境評価情報（部屋への入室の危険度）を部屋の利用者（室内の利用者と利用予定者）へモニタリング結果を通知する機能を開発する。

システムの開発では、V 字モデルに従って、グループ（伊藤大輝、稲田一輝、小田恵吏奈、掛水誠矢）で開発を行った。要求分析，基本設計，詳細設計の際は UML(Unified Modeling Language) を用いた。

本論文の構成は下記のとおりである。第 2 章では本論文で用いる用語や研究方針について述べる。第 3 章では本システム全体の概要と V 字モデルに従った本システムの設計について述べる。第 4 章では、デバイスの実装と検証結果について述べる。第 5 章では実装・検証した本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，研究方針のフローと，本論文で使用する用語について述べる．

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．図 2.1 にも示すように，詳細設計は単体テスト，基本設計は結合テスト，要求分析は総合テストによって検証する．本研究では開発プロセスモデルとして V 字モデルを採用した．

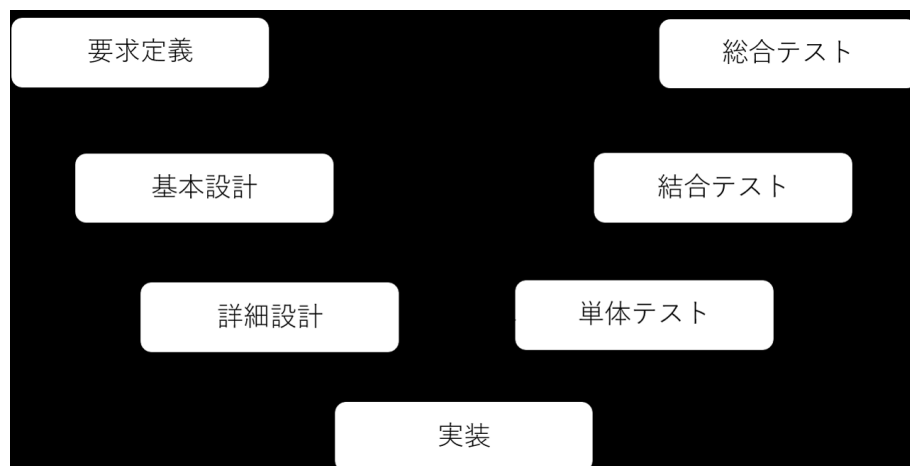


図 2.1. V 字モデル

UML(Unified Modeling Language)[3]

UMLとは統一モデリング言語 (Unified Modeling Language) のことである。OMG (Object Management Group) と呼ばれる企業団体の標準規格として正式に承認されており、オブジェクト指向を用いている。

ユースケース図 [3]

ユースケース図とは、UMLで定義されている図のひとつであり、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。現在考えているシステムを中心に置き、システムとその利用者(外部システムを含む)とのやりとりを表現する。利用者や外部システムをアクターとし、各アクターごとにシステムが提供する機能やサービスを識別したものをユースケースとして表現する。

クラス図 [3]

クラス図はUMLの基本となる図のひとつである。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うことができる。クラス図を使うことで、対象システムを構成するクラス(概念や事物・事象)とそれらの間に存在する関連(意味的・物的な繋がり)を表現できる。また、各オブジェクトがどのような属性やアクション(操作)を持っているかも合わせて記述することができる。

アクティビティ図 [3]

アクティビティ図とは、UMLで定義されている図のひとつであり、アプリケーションのある機能の動作の様子など、システムのワークフローを表現する。並列処理や待ち合わせ同期といった並行表現ができる。

シーケンス図 [3]

シーケンス図とは，UML で定義されている相互作用図の一種であり，システムの一機能が時間経過の中でどのように動くかという動的な振る舞いを表現する．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記述するため，振る舞いを順番に追っていくのに役立つ．

ステートチャート図 [3]

ステートチャート図とは，UML で定義されている図のひとつである．一つのシステムやオブジェクトのライフサイクルを状態遷移図として表現する．

第 3 章

感染症予防サポートシステムの設計

本章では、まず 3.1 節では本研究で開発する感染症予防サポートシステムの概要を述べる。3.2 節ではユースケース図を用いて、感染症予防サポートシステムの要求定義を述べる。3.3 節ではクラス図を用いて、感染症予防サポートシステムの基本設計について述べる。3.4 節ではシーケンス図を用いて感染症予防サポートシステムの詳細設計を述べる。

3.1 感染症予防サポートシステムの概要

本節では、感染症予防サポートシステムの目的、要求仕様及び概要を述べる。

まず、今回作成する感染症予防サポートシステムの目的としては、感染症予防の観点から感染リスクのレベルを通知するとともに、感染リスクを軽減する環境づくりをサポートすることである。この目的を基にし、システムは、下記の 2 点の要求事項を満たす必要がある。

- 室内環境が測定できること。
- 設定した感染リスクの基準に従って通知ができること。

上述の「室内環境が測定できること。」という要求事項は、二酸化炭素濃度、温湿度、室内滞在人数が測定できるということである。また、上述の「設定した感染リスクの基

準に従って通知ができること。」という要求事項は、ユーザーに対して、ブザーやLEDを用いて能動的に基準値を超えていることを知らせることができるということである。

以上の要求事項を満たすためには、本研究では、WebカメラとTWELITE DIP, Jetson nano, 各種センサを室内に設置し、室内外のユーザーに感染リスクを通知する感染症予防サポートシステムを提案する。

本研究において対象とする部屋は、学校の教室など、数人から数十人程度が利用する部屋とする。

本研究で提案するシステムを使用する流れを図3.1に示す。

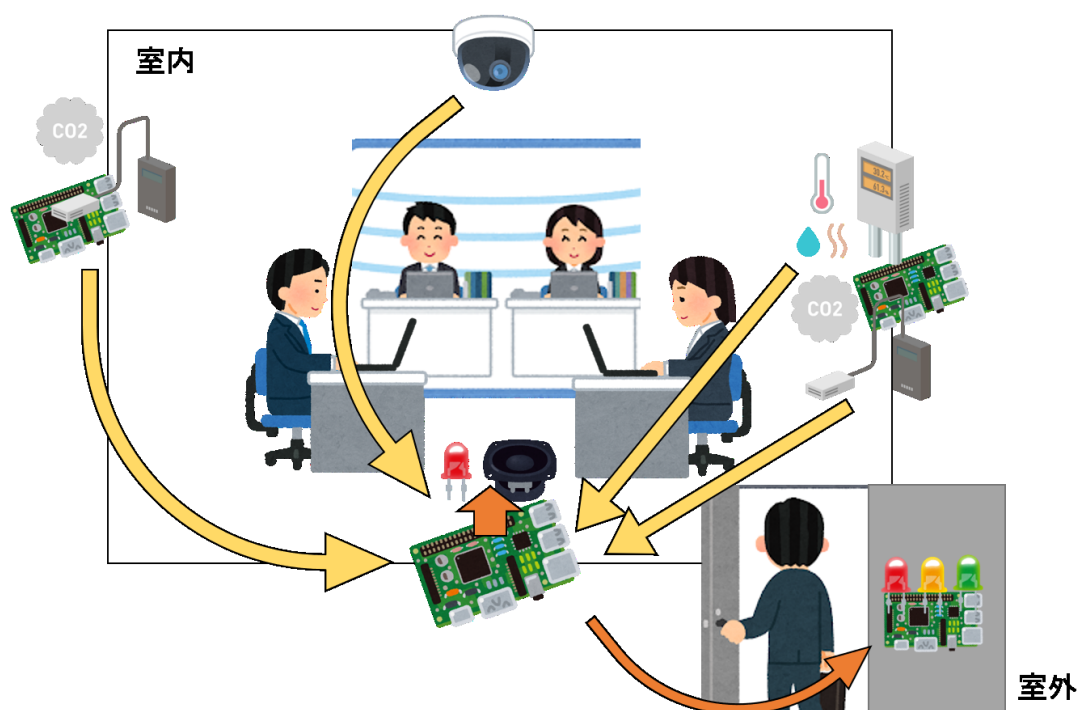


図 3.1. システム全体の流れ

まずパソコン上で部屋の大きさを入力することで、部屋に滞在できる上限人数が設定され、標準警戒レベルでの室内モニタリングが開始される。各種センサやWebカメラでモニタリングした結果を評価し、LEDやブザーを用いて室内外のユーザーに通知する。使用するハードウェア、ソフトウェアの役割を以下の図3.2に示す。

感染症予防サポートシステムはデータの分析・評価を行う Jetson nano, データ収集を行うセンサデバイス, 入室危険度を表示する室外デバイスから構成される。各種セ

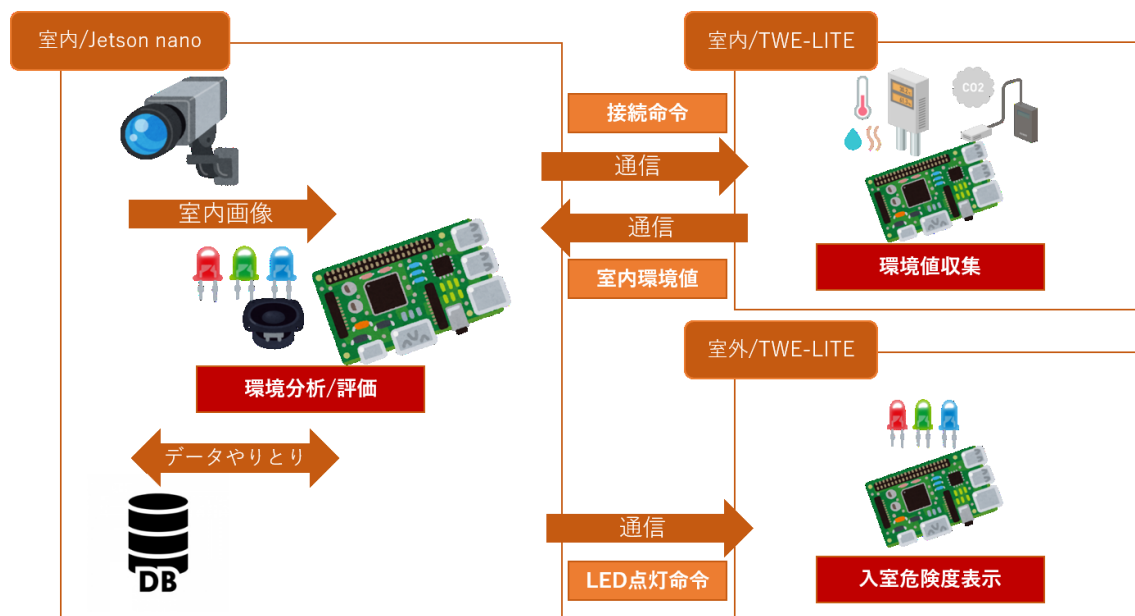


図 3.2. システムのイメージ図

ンサデバイスから室内の温湿度や二酸化炭素濃度の情報を、Web カメラから室内の画像を取得し、Jetson に送信する。Jetson ではカメラ画像から室内の人数を判別し、その他の室内環境情報と合わせて警戒レベル・入室危険度を決定して、室内に向けてアラートを発すると同時に室外デバイスに入室危険度を送信する。室外デバイスは受信した入室危険度に応じて LED を点灯する。

なお、本システムの開発は、センサデバイスの作成を稲田一輝が、人数判別部を伊藤大輝が、データ管理・分析・評価や室内アラートの制御を掛水誠矢が、室外表示デバイスの作成を小田恵吏奈が担当した。

3.2 要求定義

感染症予防サポートシステムがどのような機能を持ち、どのような振る舞いをするかを表すために以下の図 3.3 に示すユースケース図を作成した。

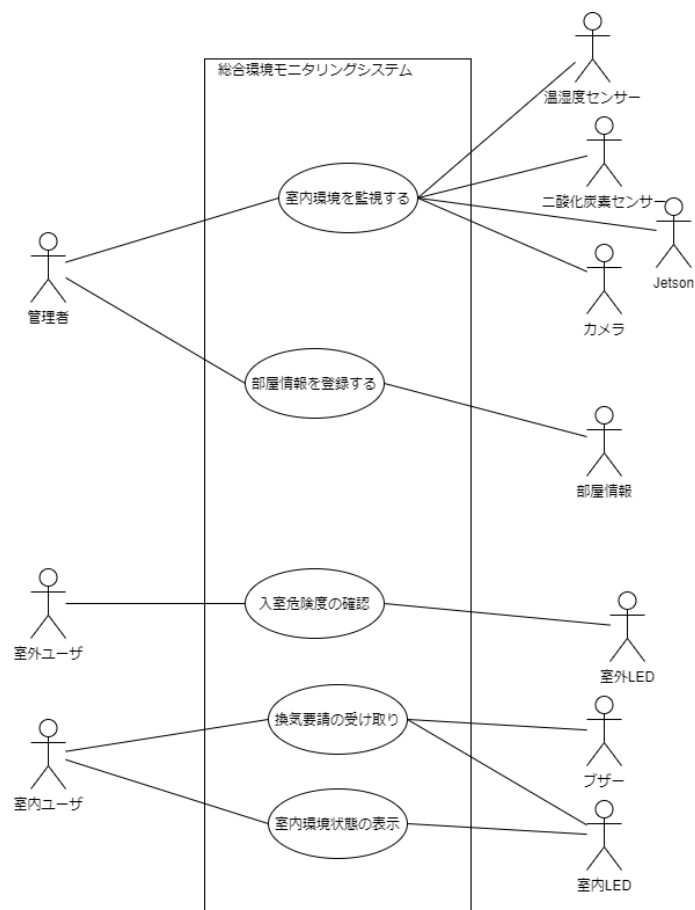


図 3.3. ユースケース図

3.3 基本設計

システムの構造を論理的、静的にみるために以下の図 3.4 に示すクラス図を作成した。

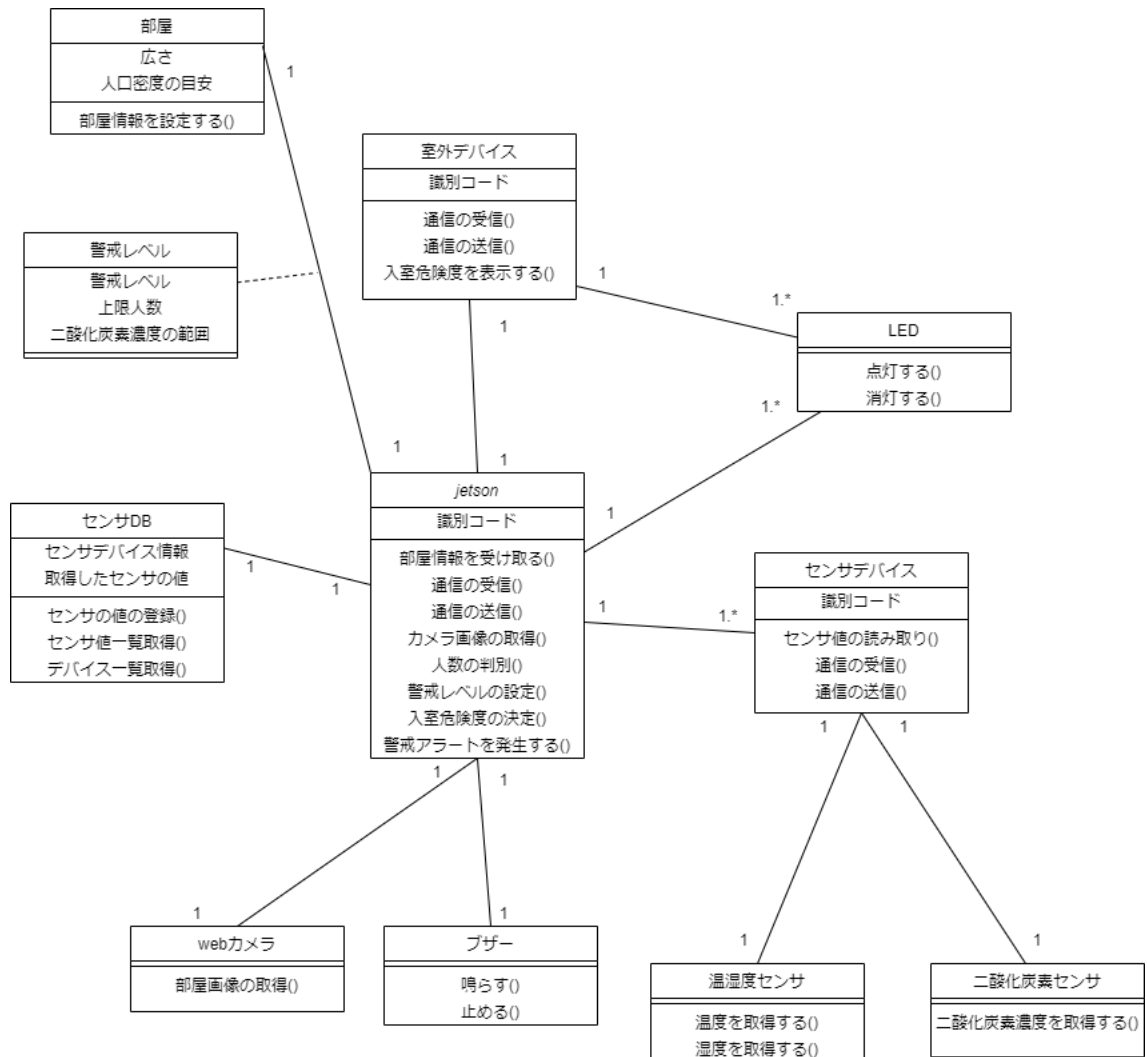


図 3.4. システムのクラス図

3.4 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、以下に示すシーケンス図を作成した。

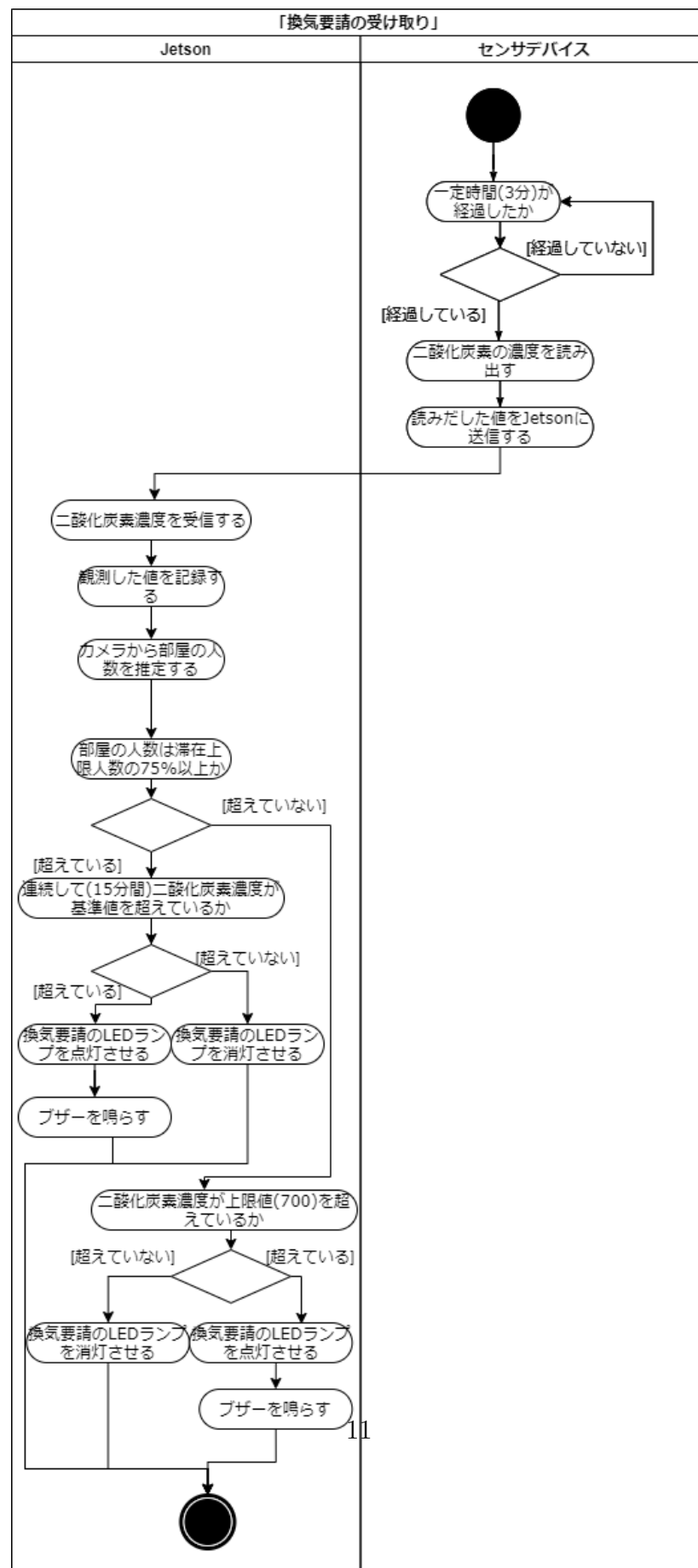


図 3.5. 換気要請の受け取りについてのアクティビティ図

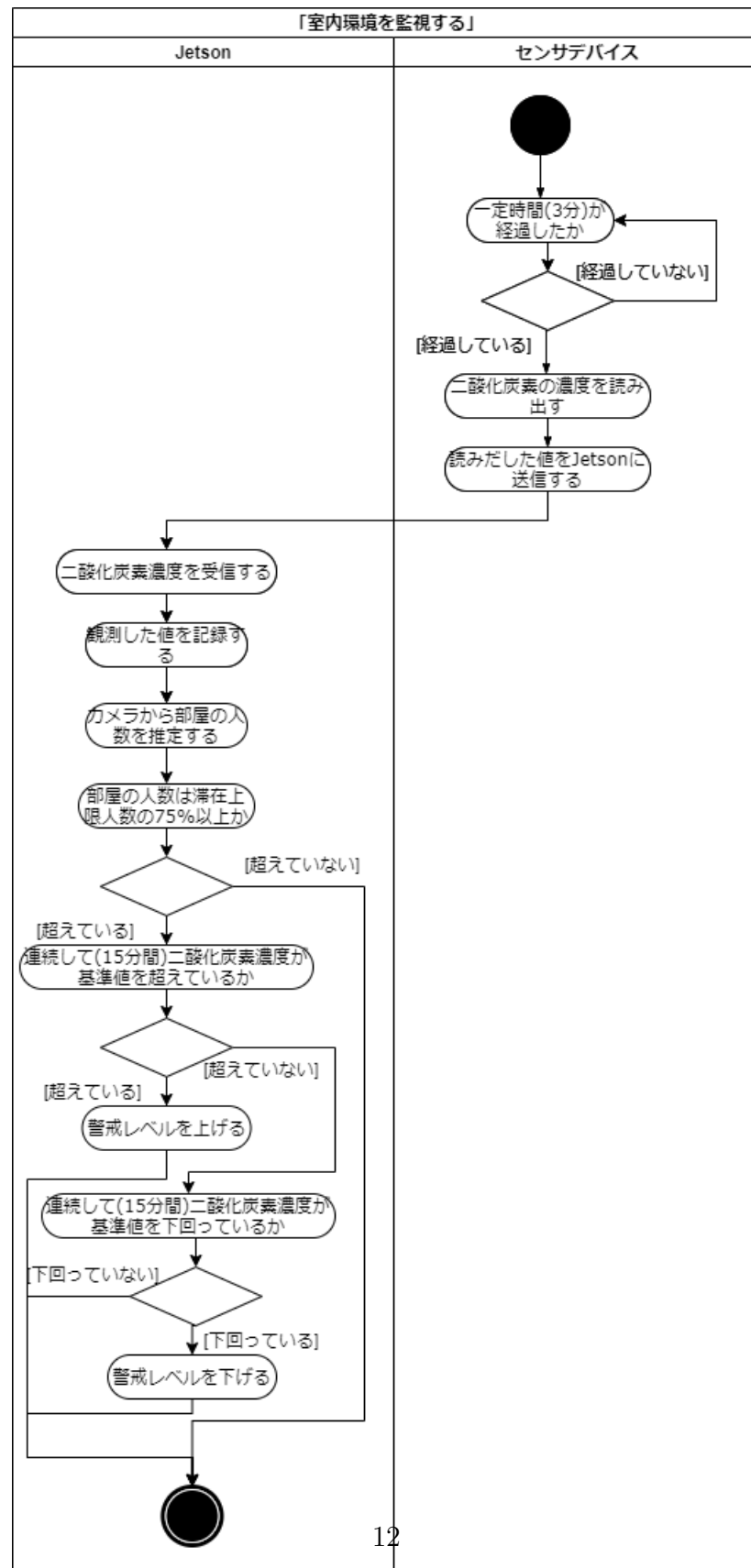


図 3.6. 室内環境の監視についてのアクティビティ図

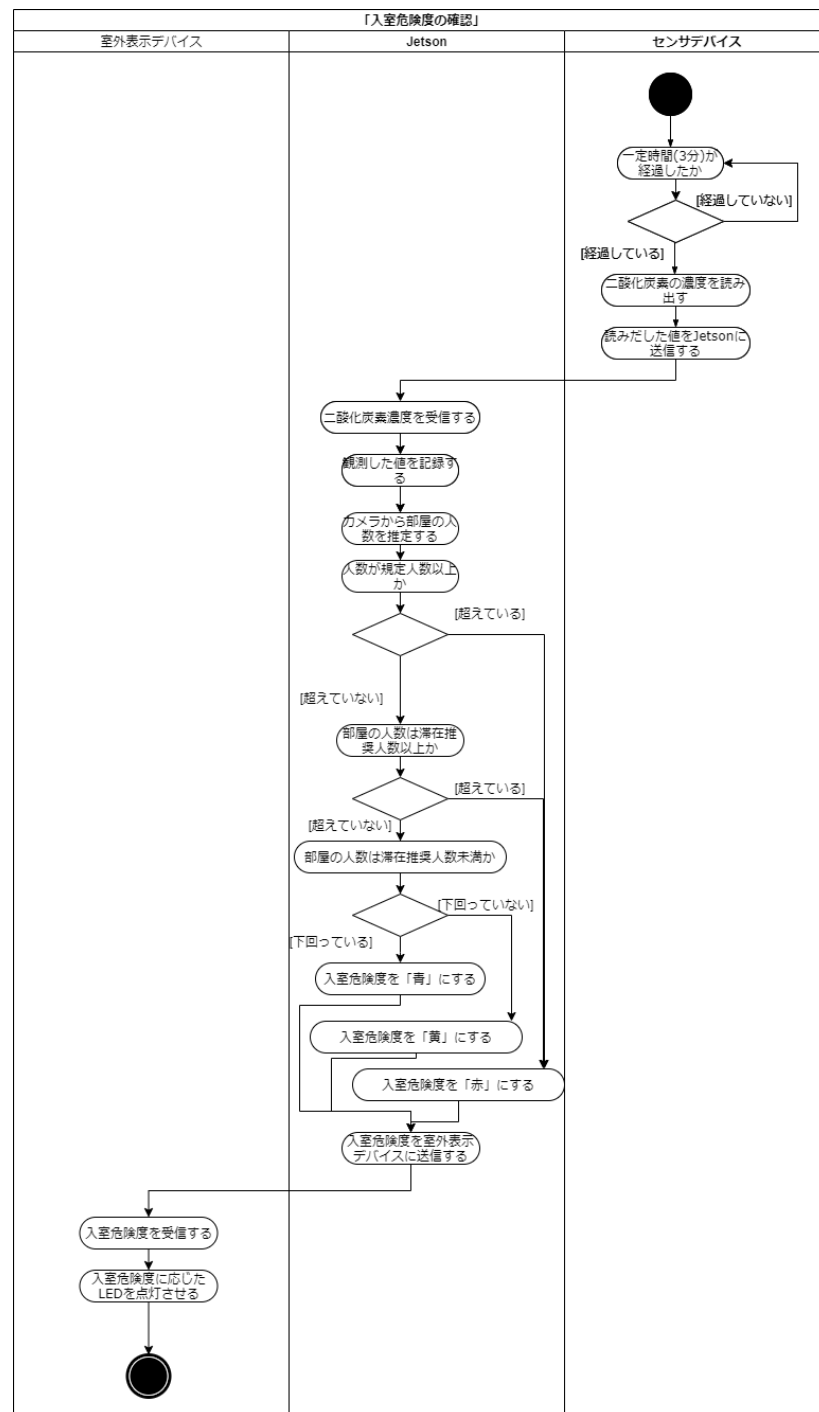


図 3.7. 入室危険度の確認についてのアクティビティ図

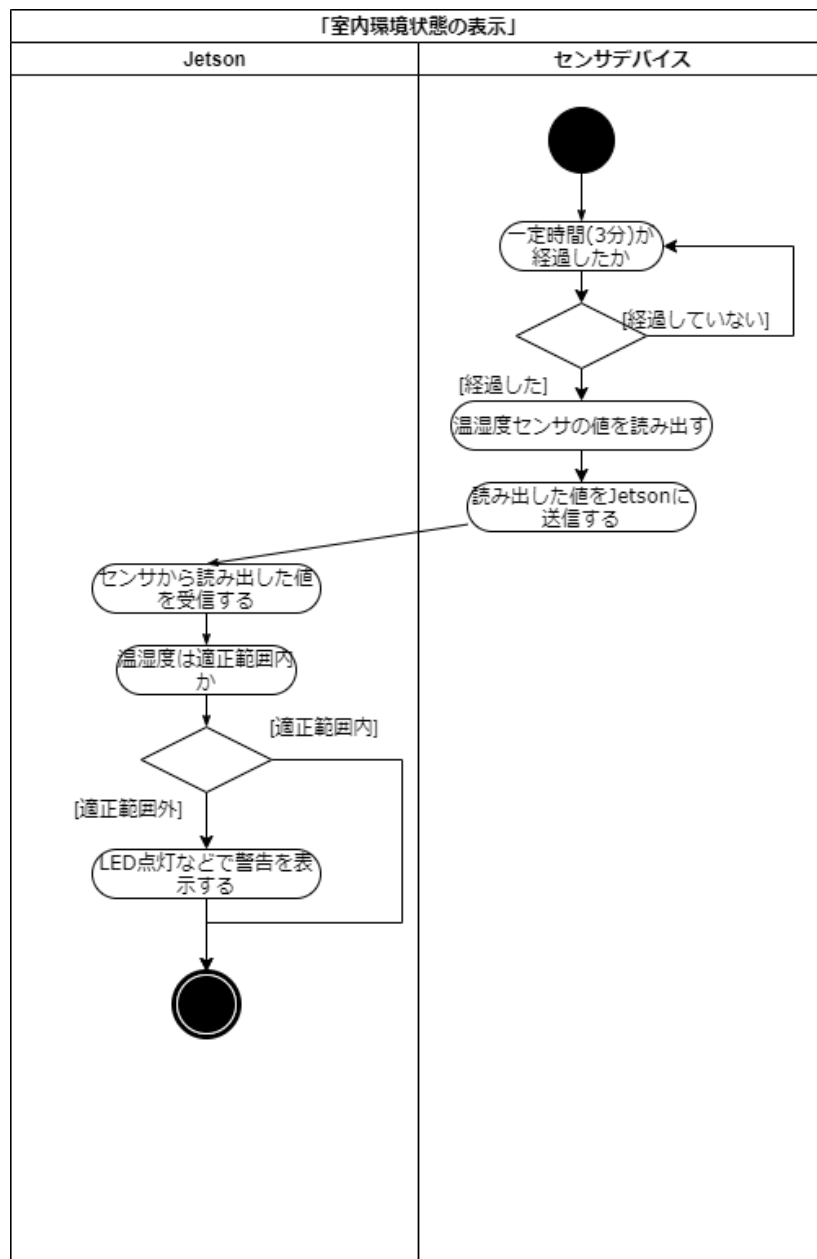


図 3.8. 室内環境の表示についてのアクティビティ図

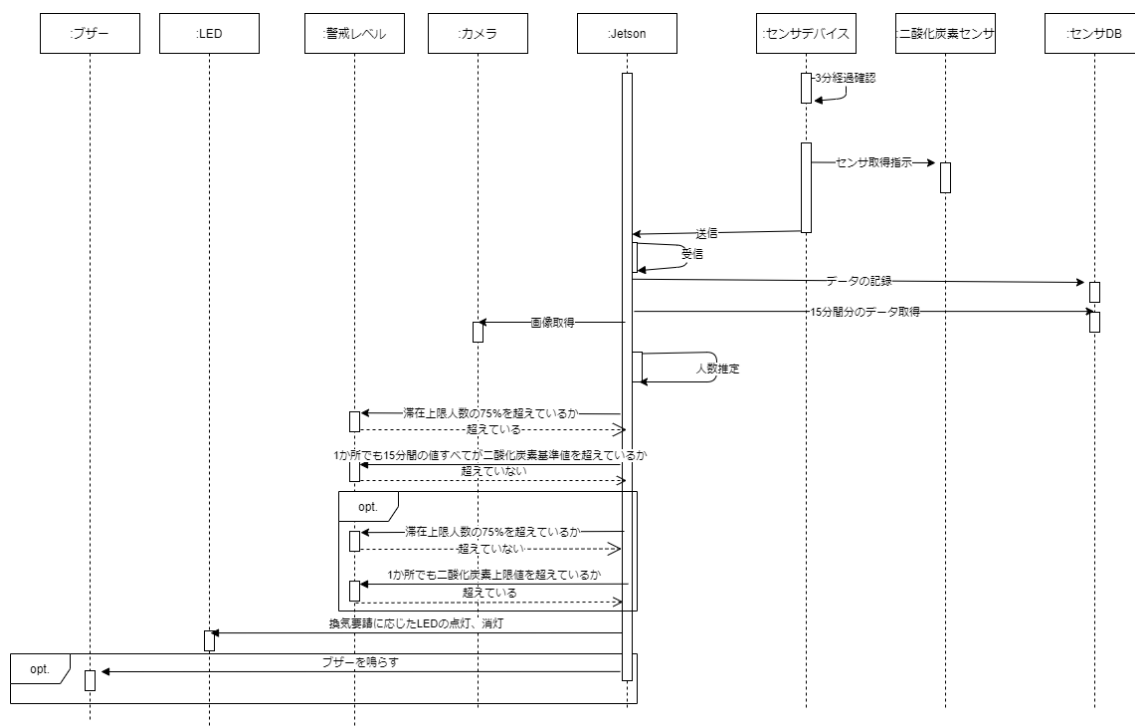


図 3.9. 換気要請についてのシーケンス図

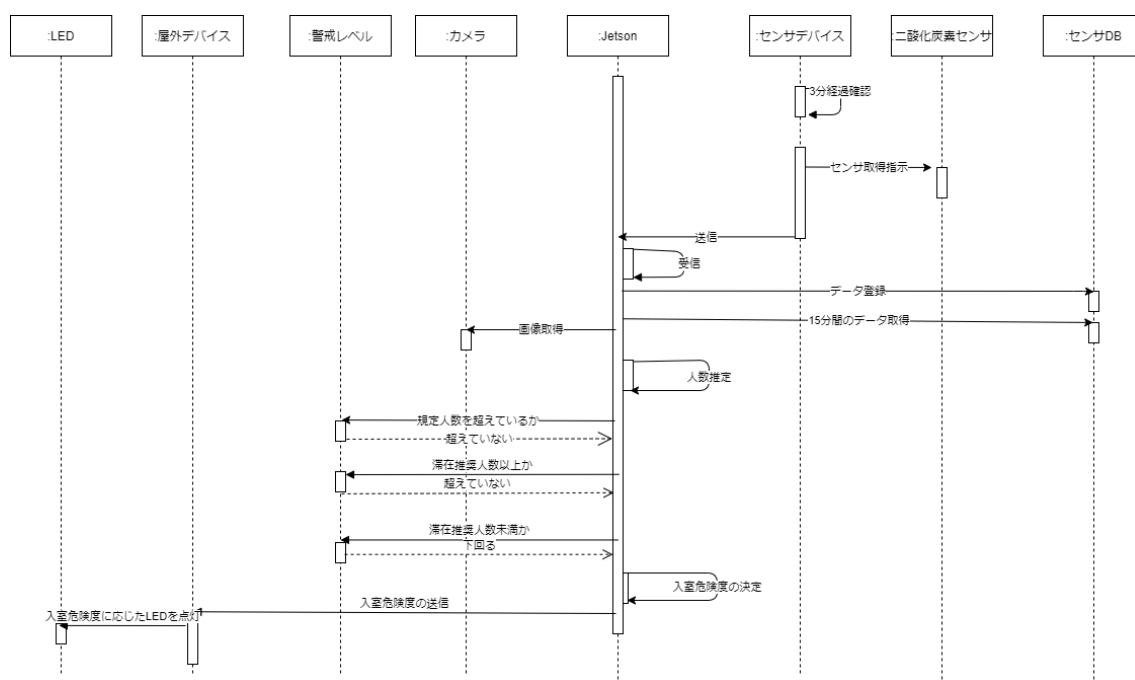


図 3.10. 入室危険度についてのシーケンス図

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

第 3 章で述べたシステム全体の機能はグループで実装を行った．小田が担当する室外表示デバイスに対して単体テストを行ったうえ，グループメンバーが開発した機能部と合わせて結合テストと総合テストを行った．以下，検証項目について述べる．

4.2 検証

4.2.1. 単体テスト

4.2.2. 結合テスト

4.2.3. 総合テスト

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甲斐博准教授ならびに王森レイ講師に深く御礼申し上げます。

本研究に際しご審査いただきました稲元 勉講師、井門 俊講師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] 厚生労働省, 新型コロナウイルスに関する Q&A (一般の方向け) | 厚生労働省,
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryoku/dengue_fever_qa_00001.html, 2021-1-4
- [2] 中畑和之, 森伸一郎, 板垣吉晃, 河合慶有, ”コロナウイルス対策のための教室換気実験とアラートシステムの構築,” 愛媛大学工学部社会基盤 i センシングセンター報告資料, 2020 年 11 月.
- [3] 株式会社 オージス総研, かんたん UML[増補改訂版], 翔泳社, 2003