

2023

ポリテックビジョン

in 千葉

総合制作発表会



令和5年2月24日(金)

関東職業能力開発大学校附属  
千葉職業能力開発短期大学校

# 2023ポリテックビジョン in 千葉

## タイムスケジュール

9:45~9:55

開会式

第一部

10:00~11:15

記念講演

「ジェットエンジンの仕組み」と「B767からB787への  
エンジンの変化と環境対策」

講演者:全日本空輸株式会社 整備センター教育訓練部基礎教育チーム  
マネージャー 檜原 一平 氏

第二部

11:15~12:15

ポスターセッション

住居環境科 I	5テーマ
住居環境科 II	4テーマ
電気エネルギー制御科	6テーマ
電子情報技術科	5テーマ
生産技術科	5テーマ

第三部

13:00~14:35

総合制作発表会(前半)

13:00~13:15	動いて乗れる小型SLの製作
13:15~13:30	切粉掃除機の製作
13:30~13:45	技能検定 旋盤2,3級における練習教材の作成
13:50~14:05	スマートデバイスによる電力制御
14:05~14:20	高圧受変電設備の実習装置の制作
14:20~14:35	PLCの位置決め制御を活用したパーツキャビネットの自動化

第四部

14:50~16:25

総合制作発表会(後半)

14:50~15:05	ZigBeeを使用したセンサネットワーク構築
15:05~15:20	ETロボコン競技会用制御プログラムの制作
15:20~15:35	生体信号計測による休憩間隔最適化システムの開発
15:40~15:55	若年者ものづくり競技大会(建築大工職種)のマニュアル制作
15:55~16:10	屋外トイレの改修工事
16:10~16:25	フラードーム設計支援ツールの開発と施工

16:25~16:30

閉会式

## 発表テーマ一覧

No.	科名	テーマ名	発表者
1	生産技術科	動いて乗れる小型SLの製作	古田 土翔 高橋 和也 岡崎 史弥
2	生産技術科	切粉掃除機の製作	大学 夏樹 鈴木 拓斗 石澤 元乾 鈴木 走
3	生産技術科	技能検定 旋盤2,3級における練習教材の作成	高野 樹広 石川 廉 川島 魁斗 佐藤 壮一郎
4	電気エネルギー制御科	スマートデバイスによる電力制御	篠澤 航太 戸嶋 拓実 戸村 靖
5	電気エネルギー制御科	高圧受電設備の実習装置の制作	伊藤 聖也 土屋 司 牟田 然 渡邊 彰人
6	電気エネルギー制御科	PLCの位置決め制御を活用したパーツキャビネットの自動化	佐藤 清飛 三谷 信暉 宮崎 薫 藤井 純
7	電子情報技術科	ZigBeeを使用したセンサネットワーク構築	那須 俊太 杉原 泰 小林 陽亮
8	電子情報技術科	ETロボコン競技会用制御プログラムの制作	石井 雷真 栗山 空 小泉 連 笹川 舜人
9	電子情報技術科	生体信号計測による休憩間隔最適化システムの開発	斉藤 涼太 坂内 遥輝 松村 倭 松本 陸玖
10	住居環境科	若年者ものづくり競技大会(建築大工職種)のマニュアル制作	高木 皓太 千田 和也 間野 雄太
11	住居環境科	屋外トイレの改修工事	志賀 琢磨 森川 祥吾 高橋 威吹 福井 龍騎
12	住居環境科	フラードーム設計支援ツールの開発と施工	増田 悠矢 屋敷 享 山口 侑杜

# ZigBee を使用したセンサネットワーク構築

千葉職業能力開発短期大学校

電子情報技術科

杉原 泰

那須 俊太

小林 陽亮

指導教員

坂本 雄志

**要約** 現在、家庭からオフィス、工場に至るまでワイヤレスで情報を取得する製品ニーズの高まりから多数商品が発売され普及してきている。本稿ではワイヤレスで温度、湿度、気圧等の環境情報を収集する通信規格として ZigBee を用い、測定デバイスの設計・製作、組込みプログラミング及びアプリケーション作成を通して複数の場所の情報収集を行うネットワークの構築を行った。これらの製作の過程と製作物について報告する。

## 1 はじめに

IoT 技術が発達した現代社会では、外出先からの家電の操作や、インターネットに繋がったセルフレジ、個人で身に着けられるウェアラブルデバイスなど、生活のごく近くに IoT 機器が多く存在している。

本研究では、センサネットワークを主目的とする近距離無線通信規格である ZigBee を用いて、IoT 機器に用いられる環境測定ネットワークの構築を行った。

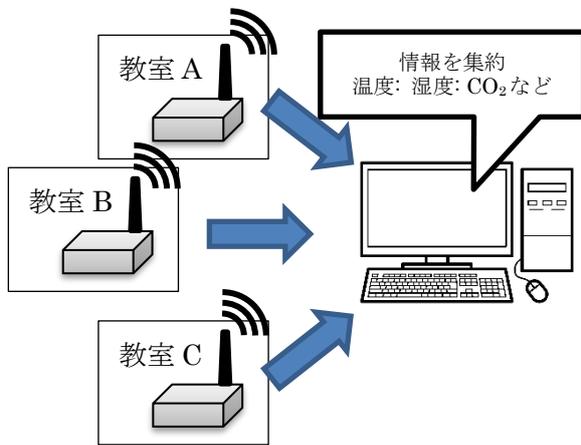


図1 センサネットワークのイメージ図

構築するネットワークの全体像としては、校内の教室および実習室の気温・湿度・気圧・照度・CO2 濃度を測定し、ワイヤレス通信で PC にデータを収集。測定データを一括で画面に表示するシステムを目標とした。

図 1 は、そのシステムの概要を示すものである。

## 2 製作した測定器の仕様

ネットワークを構成する機器として、周囲の環境を測定する装置の開発を行った。

本研究で測定するデータは、気温・湿度・気圧・照度・CO2 濃度の 5 つとしている。測定器にはそれらのセンサの他に、全体の制御を行う PIC マイコン、通信を行う XBee、時間を管理するリアルタイムクロック (以下、RTC)、データを表示する薄型液晶表示器 (以下、LCD) が搭載されている。選定した部品を以下の表 1 に示す。

表 1 主な使用部品

名称	メーカー/型番
温湿度・気圧センサモジュール	BOSCH /BME280
照度センサモジュール	ams/TAL25721
CO2 センサモジュール	ウィンセンエレクトロニクステクノロジー/MH-Z19C
XBee	Digi International /XB3-24Z8UT-J
リアルタイムクロック	エプソントヨコム /RTC-8564NB
I2C 接続薄型 16 字 x2 行液晶	Sitronix /ST7032
マイクロコンピュータ (8bit)	MICROCHIP /PIC18F25K22

測定器基板は昨年度から引き継いだ回路図を基に、回路の小型化と安定化を求めて改良を重ねた。測定器の構成はセンサ部とコントロール部の基板を上下に重ねた 2 層構造とし、昨年 10 月にはプロトタイプとなる統合基板を製作し

た。その後さらに小型化を進め、現時点での完成基板の外形寸法は、(WxDxH)100x75x50(mm)とした。(通信用アンテナを除く)

これは昨年度の完成基板(250x190x30)と比較して、面積はおよそ6分の1、体積ではおよそ4分の1の小型化である。また、昨年10月時点の統合基板(150x100x60)と比較するとほぼ2分の1の面積・体積となっている。

完成した基板を以下の図2に示す。



図2 実際の測定器

### 3 測定器のプログラム

測定器のプログラムはMPLAB X ver. 5.45を用い、C言語で開発を行った。

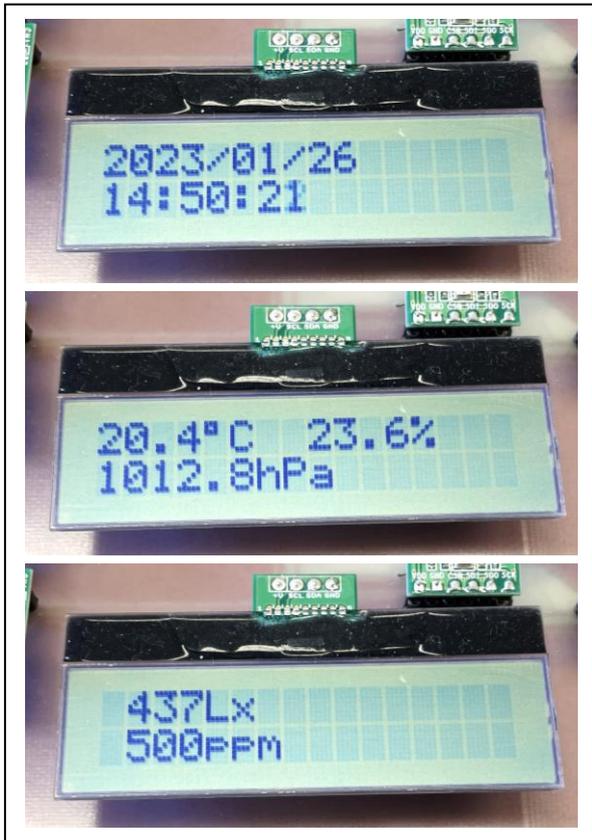


図3 測定器の液晶表示

プログラムは昨年度に作成されたものを参考に、各種センサ等の機能をサブルーチンにまとめ、メインプログラムではRTCを参照した周期処理とシリアル通信の割り込み処理を使用した。

測定器に実装した機能は以下の4つである。

- (1) 一定周期で行う環境測定機能。
- (2) 要求に応じてPCへデータを送信する機能。
- (3) LCDに時刻や測定データを表示する機能。
- (4) RTCの時間を書き換える機能。

実際の表示の様子を図3に示す。

測定したデータを一括で管理するためのフォーマット(m\_data)を図4のように策定した。各測定データの小数点を省略し、数字1字毎に切り分け、char型の配列に保存する形をとった。

	温度	湿度	気圧	
Byte数	3	3	5	

	CO2	照度	時刻	年月日
Byte数	4	4	6	6

図4 測定データの格納フォーマット

この方式を採用したのは、LCD表示の際の扱いやすさと、通信の際の各データ桁数がばらつくことによるトラブルを防止するという観点を重視したためである。

PCと測定器間のワイヤレス通信シーケンスを以下の図5に示す。

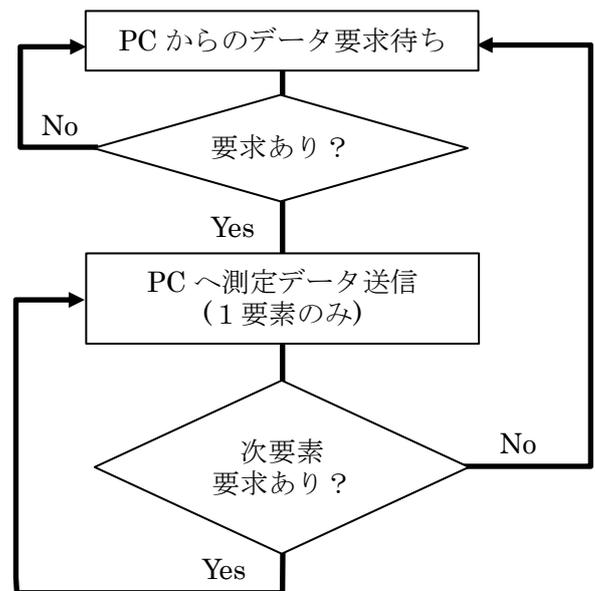


図5 データ送受信シーケンス

PCからのデータ要求コマンドには文字の「R」を使用し、次要素の要求コマンドには「,(カンマ)」を使用した。

## 4 データ収集ソフトウェア

### 1) 開発環境

今回は Microsoft 社が開発・提供している Visual Basic を Visual Studio 2017 にて開発を行った。

### 2) プログラムの概要

XBee と PC の通信は Serial Port の機能を利用し、ソフトウェアで行った。ソフトウェアのメインウィンドウは以下の図 6 に示す。



図 6 ソフトウェアのメインウィンドウ

ソフトウェアのデザインは誰でも簡単に扱えることを目標に開発した。ポートを指定し計測を開始すると、1分ごとに6台分のデータを収集して自動で表とグラフに反映し、CSVファイルとして保存されるようにした。

グラフは測定項目毎に分割表示することとし、各部屋の値はグラフの色を分けることで視認性を確保した。グラフの画像を以下の図 7 に示す。

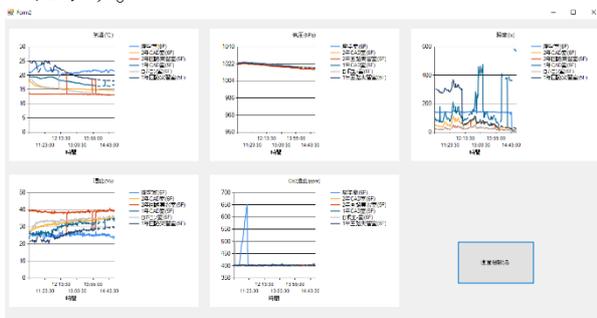


図 7 測定データのグラフ表示

データは取得時のオートセーブの他に任意のタイミングでのデータの保存や、保存済みデータの読み込みが出来るようにしている。ファイル内部の一例を以下の図 8 に示す。

```
データ番号,識別番号,日付,時間,リモートアドレス,温度,湿度,気圧,Co2,照度
1,①,23/02/10,10:34:30,0013A20041E79409,21.2,23.1,1023.2,404,142
2,②,00/00/00,01:40:30,0013A20041E79409,18,27.6,1023.1,403,51
3,③,23/02/10,10:35:00,0013A20041E79788,13.6,39.8,1021.4,400,24
4,④,23/02/10,10:34:30,0013A20041E79409,19.6,26.2,1023.3,400,68
5,⑤,23/02/10,10:36:30,0013A20041E79409,20.8,24.1,1023.3,401,140
6,⑥,00/00/00,01:42:30,0013A20041E79409,18.5,26.9,1023.2,404,52
7,⑦,23/02/10,10:37:00,0013A20041E79409,13.5,39.2,1021.4,404,23
8,⑧,23/02/10,10:36:30,0013A20041E79409,19.6,26.2,1023.3,401,96
```

図 8 CSV ファイルのデータ格納例

## 5 測定器データ収集実験

測定器を電子情報技術科の各教室に配置し、測定・通信の実験を行った。

### 1) 実験環境・条件

実験において測定器は、以下の表 2 に示す 6 か所に設置した。

表 2 測定器の設置場所一覧

設置階	設置場所
6 階	組込み機器実習室 (2 年生座学室)
	PC 実習室 (2 年生 CAD 室)
	準備室 (ロボコン研究室)
5 階	電子回路実習室 (2 年生回路実習室)
	電子 CAD 室 (1 年生 CAD 室)
	電子測定実習室 (1 年生回路実習室)

本棟 6 階の 1607 教室にネットワークの管理・発信元となる XBee と PC を設置し、データ収集ソフトウェアを実行して測定を行った。

なお、実験の目的は環境測定データの収集ではなくネットワークの動作検証であるため、天気・時刻・測定期間など環境測定に関する条件は特に統一せずに行った。

### 2) 実験結果

今回の実験では、6 つの測定機全てが測定・通信共に概ね正常に動作していた。

発信元 PC と測定器の通信は、距離が近く階が同じ測定器ほど通信が安定する傾向にあった。また、XBee の子機同士が中継器となる機能から、近くに別の測定機があると通信が安定しやすかった。反対に、発信元と測定器との距離が近い場合でも周辺に別の測定機がないことで通信が不安定になる現象もみられた。

測定データに関しては、想定していたデータ範囲を外れることはなかった。具体的には、実験を行った数時間の間で気圧が大きく変化することはなく、換気していない人がいる教室では、CO2 濃度が上昇することを確認できた。

## 6 成果と改良点

### 1) 測定器本体

①統合化：XBee とセンサの基板、マイコンと電源等の基板の 2 段構成にした。外観は図 9 に示す。

②安定化：統合化基板を初めて製作した際、電流不足により動作が不安定だった。これは CO2 センサの消費電力が大きかったためである。これを解決するために、電源パターン線を倍の太さにすることで電流不足を解決した。



図9 測定器の外観

③小型化：昨年度の基板と比較して面積は約6分の1になった。統合化基板では面積・体積を2分の1まで小型化した。比較の様子を図10に示す。



図10 昨年度基板との比較

④今後の改良点等：測定器基板の両面基板化、省電力化、量産およびケースの加工を行い、より小型で販売品に近く、取り扱いやすい測定器とする。

## 2) 測定器プログラム

①プログラムのサブルーチン化：各種センサ・RTC・LCD表示・通信機能を扱いやすくなるようまとめ、サブルーチン化した。

②データの一元化：測定データを一括管理するフォーマットを作成し、通信やLCD表示などの際に活用できるようにした。

③ソースコードの作成：前年度から引き継いだプログラムを軽量化し、可読性を向上した。また、PCソフトウェアとの通信機能などを新たに開発した。

④今後の改良点等：プログラム内での測定データ処理(平均値の算出)、通信機能の強化(ソフトウェアからのマイコン遠隔操作)などの、機能拡充等が挙げられる。

## 3) データ収集ソフトウェア開発

①ソフトウェア開発：指導教員から提供されたサンプルを基にソフトウェアを作成した。

②グラフ表示：取得したデータを測定項目毎に分けて表示し、測定場所によって識別できるように色分けを行った。

③データ保存：取得したデータをCSVファイルとして読み書きできるようにした。

④データの再要求：何らかの原因でデータが取得出来なかった場合再びデータを要求するようにした。

⑤今後の改良点等：現在時刻設定などの操作は測定器側でしか出来ないため、PCソフトウェア上で時刻設定が出来るようにする。

またPCソフトウェアでのみ値の確認やグラフ表示が可能であるが、より利便性を向上するため、携帯電話やタブレット等で情報が確認出来るようにする。

## 7 まとめ

本研究の成果として、6台の測定器とマイコンの組込みプログラムが完成し、データ収集ソフトウェアを作成することができた。これにより、当初の目的であったワイヤレスネットワークの構築が実現し、実際にデータを収集できるようになった。

本研究で製作した測定器から得られる環境データは、省エネや健康管理などに活用することができる。例えば、照度を検出して自動で照明をON/OFFしたり、CO2濃度が高ければ換気を促す、あるいは換気を自動制御したりするなど、人々の生活に貢献できるものとなる。

## 参考文献

- 1) 大竹朔弥, 加藤友晴. ZigBee を使用したセンサネットワーク構築. 2022/02
- 2) リョクちゃ. "【VB.Net】Chart コントロールの使い方～疑似計測編～". リョクちゃの電腦日記. 2022/1/22. [https://dreamparadaisu.com/visualbasic\\_52/](https://dreamparadaisu.com/visualbasic_52/), (2023/01/30)
- 3) ひろにも. "VB.NET コンボボックス 使い方 DataTable の値を要素に追加". ひろにものブログ. 2020/3/27. <https://hironimo.com/prog/vbnet/combobox/>, (2022/12/27)
- 4) HIROs.NET Blog. "[Chart][Tips] コードから折れ線グラフを作成する". HIROs.NET Blog. 2019/10/03. <https://blog.hiros-dot.net/?p=2133>, (2023/01/12)

# ET ロボコン競技会用制御プログラムの制作

千葉職業能力開発短期大学校

電子情報技術科 武山 輝昂 笹川 舜人  
栗山 空 石井 雷真  
小泉 蓮 鈴木 陸斗  
指導教員 野口 和久

要約 千葉職業能力開発短期大学校の電子情報技術科では、総合製作実習の1つのテーマとしてETソフトウェアデザインロボットコンテスト(以下、ETロボコン)へ参加している。本稿では、大会後に行ったモデルとプログラムの修正及びモデルから作成したプログラムについて報告する。

## 1 はじめに

ソフトウェア設計に必要なモデリング技術とロボット制御を習得し、実践的なチームによるソフトウェア開発の設計から実装までを経験するためETロボコンに取り組んだ。チームの目標は『CS大会に出場し、総合順位が20位以上』としたが、地区大会での結果は目標としていたタイムに届かず、チームの目標は達成できなかった。本発表では大会後に行ったモデル・プログラムの修正内容及びその結果について報告する。

## 2 使用機材

### ◆ハードウェア

- ・走行体 LEGO® MINDSTORMS EV3(図1)
- ・パソコン Epson Endeavor AT991

### ◆ソフトウェア

- ・モデリングツール Astah Professional
- ・開発環境 Visual Studio Code  
Cygwin, GCC ARM
- ・シミュレータ Unity, Athrill

(提供：ETロボコン実行委員会)

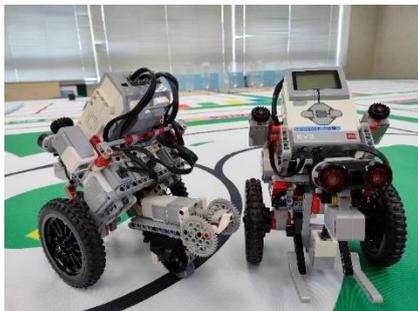


図1 使用した走行体

## 3 モデル、プログラムの修正

### ・モデル修正

大会へ提出したモデルの評価は「B(9段階評価の上位4番目)」評価であった。大会後は担当箇所を各々が修正し、発展させた。

まずは機能モデルである。モデル審査で評価された点はリスク分析を踏まえて、ネガティブアクターやミスユースケースの抽出を行っている、代替系列をきちんと定義している、アクティビティ図で詳細な機能フローを表現できていることなどが評価された。機能モデルの修正としては構造モデルに使用されていたシナリオやシーン定義されていないと指摘を受けたため、機能モデルにこれらの定義を追加した。更に別課題である「スラロームを追加する」の機能モデルの作成も行った。

次に構造モデルではプログラムの独立性を上げるために3つのクラスの修正を行った。

1つ目のシーンクラスは、外部ファイルCSVファイルからデータを読み取り、シーンで行う動作や、動作の終了判定条件などを管理する役割を持つ。表にシーンのデータ構造に示す。この単純な動作、シーンを複数組み合わせることで、複雑な動作も実装することができる。

2つ目のシナリオクラスは、複数のシーンを1つのまとまりとして管理するためのクラスである。

3つ目のシナリオ管理クラスは、コースを攻略するには大量のシナリオが必要となるためそれらを管理するためのクラスである。

現段階ではシナリオ管理機能から複数のシナリオを実行し、姿勢制御やブロック取得などの動作を実装できたが、そのほかのブロックを検知やライントレースなどの複雑な動作の単純化がで

きておらず、動作の単純化という課題が残った。また、プログラムとデータを独立させることができたため、動作の変更を行う場合、プログラムの変更はせずに外部ファイル(CSV ファイル)のみを変更するだけで良く、保守性も高めることもできた。しかし、動作を単純化したため、シナリオの規模が大きい場合、多くのシーンを事前に外部ファイル(CSV ファイル)に登録する必要があり、使いやすさが低下してしまうという課題が残った。

	シーン
シーン番号	1
制御	前進
モータパワー	10
終了判定	走行距離判定
目標値	30

表 シーンのデータ構造

最後に工夫点である。内容が伝わりにくいという指摘を受けたため文章を簡潔にして伝えたい内容を明確にした。そのほかにもブロック搬入における動作のシーケンス図の作成・プログラムの作成を行った。

#### ・プログラム作成

大会コース(図3)は「ライントレース区間」「スラローム区間」「ブロック搬入区間」の3区間に分かれており、区間ごとにプログラムの開発担当を分担し最後に統合を行うという形で開発を行った。

ライントレース区間では、ラインの合流ポイントを跨ぐことができない状態判定部分のバグを修正した。それによりライントレース区間を走りきることができ、スラローム区間の開始地点まで到達することができるようになった。

また、ライントレース時に使用していたPID制御のPID値算出と線検知、状態によって動作を切り替える部分を分割し、他の場面でも使えるように修正した。

スラローム区間の大会前のプログラムでは、一度の動作で1又は2種類のセンサーを使って走行していたが、大会後は、全種類のセンサーを場面によって使い分け、センサーの値によって動作を

変えるプログラムに修正した。そして、一からモデルを作り、プログラムを見直すことで、汎用性が高く、再利用しやすくなった。

ブロック搬入区間では、一通り完成していたプログラムの細かい修正に取り組んでいた。プログラム動作中に突然システムが落ちてしまうバグや、指定した場所で動作するプログラムの条件を増やし確実性を追求した。それに加え、システムの振舞いを複数のシーケンス図に細分化して、処理の細かい部分もモデル化した。

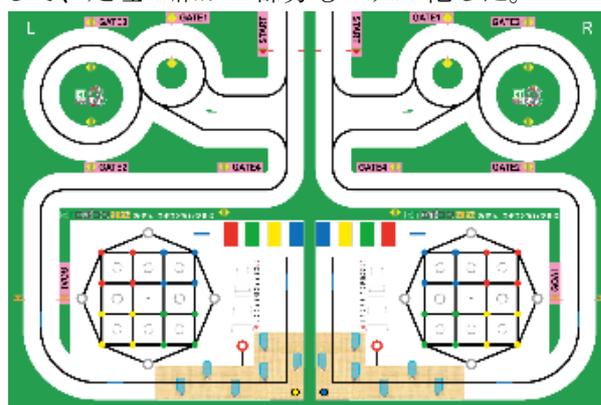


図2 大会コース

#### 4 今後の課題、まとめ

大会後の目的としていた「コースの完走」はまだ達成できていない。原因は主にモータのずれである。スラローム区間はミリ単位で走行体の制御を行う必要があるため、このモータのずれが大きく影響するため、今後の課題はモータのずれの補正である。また、新たに追加したデータ構造ではすべての動作を実装できてはいないため、今後の課題としてすべての動作の実装が残っている。

#### 5 参考文献

##### 1) EV3RT C++ API Reference: 総合概要

[https://www.toppers.jp/ev3pf/EV3RT\\_CXX\\_API\\_Reference/](https://www.toppers.jp/ev3pf/EV3RT_CXX_API_Reference/)

##### 2) EV3RT C API Reference: 総合概要

[https://www.toppers.jp/ev3pf/EV3RT\\_C\\_API\\_Reference/](https://www.toppers.jp/ev3pf/EV3RT_C_API_Reference/)

##### 3) 要素技術とモデルを開発に使おう

要素技術をシステムに組込もう

提供：ET ロボコン実行委員会

# 生体信号計測による休憩間隔最適化システムの開発

千葉職業能力開発短期大学校

電子情報技術科 齊藤 涼太

坂内 遥輝

松村 倭

松本 陸玖

森田 安彦

指導教員 松井 陽平

要約 筆者らは、授業の間に設けられる休憩の間隔を最適化することを目的として、受講者の生体信号からストレス状態を推定し、受講者及び教員に最適な休憩タイミングを提示するシステムの開発に取り組んだ。はじめに、定期的な休憩が必要とされるVDT作業を想定し、PC周辺機器（マウス）での無拘束生体信号計測を行うデバイスを作製した。次に、脈拍間隔の時間的変動からストレス値を算出するアルゴリズムと、算出したストレス値を基に最適な休憩タイミングを提示するアプリケーションを作成した。本総合制作で作製したデバイスはオリジナルハードウェアコンテストGUGEN2022に応募し、2社からスポンサー賞を受賞する等の一定の評価が得られた。

## 1 はじめに

筆者らは、これまでの授業を受けてきた中で、休憩の間隔が適切でないことから集中力の欠如やストレスを感じている受講者が存在することを確認した。都度、休憩を提案することが有効な対処法だと考えられるが、受講者によって適切な休憩間隔が異なる可能性があることや教員によっては休憩の提案がしづらい場合がある等の理由から実行に移せていないのが現状である。

当校における授業時間は、履修案内において「50分を1単位時間とし、2単位時間（100分）を通して同一授業が行われます。」と規定されている。また、厚生労働省のVDTガイドライン<sup>1)</sup>においては、VDT作業の一連続作業時間が1時間を超えないこと、10分～15分の作業休止時間を設けること、連続作業において1～2回の小休止を設けることが示されている。

これらのことから、当校における授業時間及び休憩間隔と、VDTガイドラインの内容及び受講者が求める休憩間隔が乖離していると考えた。

そこで本総合制作では、受講者の生体信号からストレス状態を推定及び可視化し、受講者及び教員に提示するデバイスを作製すること、作製したデバイスを活用し適切な間隔で休憩が得られるシステムを開発することに取り組んだ。本システムは、休憩間隔最適化の他、定性的に表されるストレスを定量化し提示することで、受講者-教員間に軋轢を生じない意思疎通の達成を目的としている。

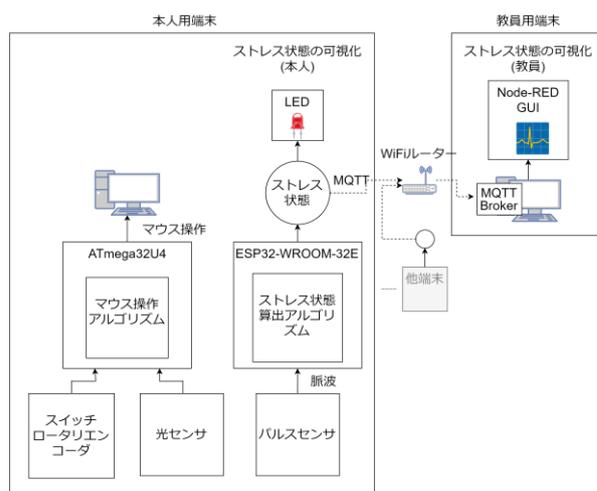


図1 システム構成図

## 2 システムの構成

本システムの構成図を図1に示す。作製したデバイスはパルスセンサにより取得した脈拍データを用いてストレス値を算出する。ストレス値は、デバイス本体に搭載したフルカラーLEDの発光色及びアプリケーション（以下、アプリ）上のGUIで確認できる。デバイス-アプリ間の通信にWi-Fi及びMQTTプロトコルを使用し、GUIの実装にNode-REDを使用した。

## 3 ハードウェア

### 3.1 形状及びサイズ

VDT作業における休憩間隔の最適化を想定している

こと、デバイスを装着する煩わしさを与えないよう無拘束での生体信号計測を行うことから、開発するハードウェアをマウスとした。外装の形状・サイズは、縦128mm、横60mm、高さ40mmとし、基板は外装に合わせて縦70mm、横46mmとして設計・作製した。

### 3.2 使用した主な電子部品

ストレス値の算出・通知部については、演算・制御用にESP32-WROOM-32E（以下、ESP32）を使用し、脈拍計測用にパルスセンサAPDS-9008、ストレス値表示LEDにWS2812Bを使用した。マウス制御部については、演算・制御用にATmega32U4を使用し、操作距離算出用にCMOSイメージセンサADNS-2610を使用した。ESP32は、USB HIDに対応していないため、マウス制御用としてATmega32U4を必要とする。

### 3.3 作製したハードウェア

設計・作製した外装及び基板を図2に示す。外装の形状は、右手で使用することを想定し、モデリングした。右手親指を添える位置に穴及び窪みを設け、脈拍計測用センサを固定する形状とした。基板は、市販されるマウスを参考にし、スイッチ等の位置を決定した。また、メイン基板とCMOSイメージセンサ基板に分けて設計している。これは部品実装面をおもて面に集約したこと、外部入出力用ポートを配置したことから部品配置の面積が不足したためである。



図2 作製した外装（上図）とメイン基板（下図）

## 4 ソフトウェア

### 4.1 精神状態と脈拍の関係

早野らによると、「心拍は自律神経系や内分泌系による調整を受けて、体位、運動、精神活動の状態に応じて変化する。」<sup>2)</sup>ということが分かっている。心拍変動の

計測には一般的に心電図が用いられ、(P, Q, R, S, T, U)波からなる心電図の内、R波の間隔をR-R間隔(RRI, R-R Interval)と呼ぶ。また、定常状態において心拍と脈拍は同一と見なすことが出来るため、ストレス値の算出には脈拍間隔の時間的変動(以下、脈拍変動)を用いた。心電図の各波とパルスセンサで計測した脈拍を図3及び図4に示す。

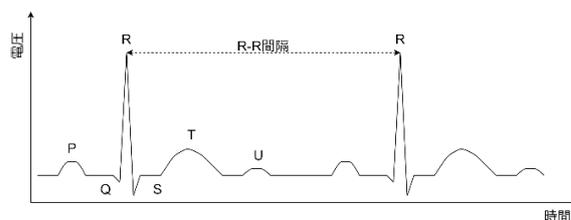


図3 心電図の各波

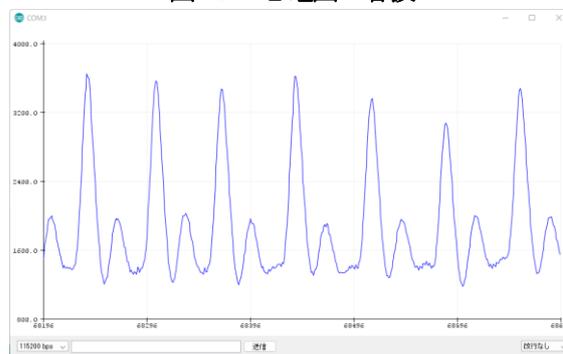


図4 パルスセンサで計測した脈拍

### 4.2 ストレス値算出アルゴリズム

ストレス値の算出アルゴリズムを図5に示す。脈拍変動を周波数解析し、0.15Hz~0.4Hzの高周波成分(HF, High Frequency)と0.04Hz~0.15Hzの低周波成分(LF, Low Frequency)のバランスからストレス値を算出する。<sup>3)4)</sup>

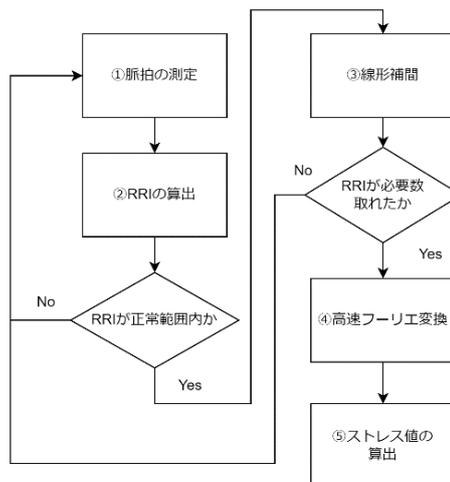


図5 ストレス値算出アルゴリズム

## 5 休憩間隔最適化の方法

### 5.1 最適化方法の概要

本システムにおける休憩間隔最適化は、教員に対するストレスの可視化及び受講者に対するストレスの可視化によって、両者間に休憩を取るべきだという共通認識を形成することで実現することとした。

### 5.2 Node-RED によるストレスの可視化

ストレス値は、ESP32 が持つ無線通信機能によって一定時間毎に MQTT サーバへ送信される。データの送信には、MQTT プロトコルを使用する。受信したストレス値は、サーバ上に Node-RED で実装した GUI で確認できる。

受講者のストレス値を座席表形式で一覧表示し、ストレス値に応じて色を変化させることにより、直観的にストレス状態を把握できる。また、各受講者の座席表示付近をクリックすることで、ストレス値の推移をグラフで確認できる。作成した GUI を図 6 に示す。

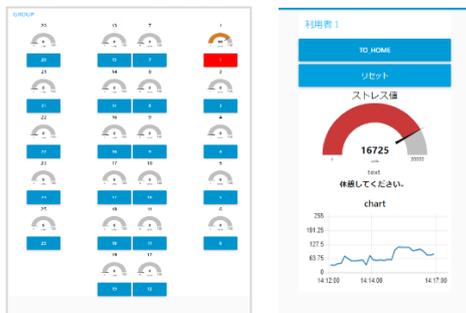


図 6 Node-RED

### 5.3 LED によるストレスの可視化

本デバイスは、ストレス値が一定水準を超えた場合、デバイスに搭載した LED の発光色を変化させることで受講者本人にストレス状態を提示する。図 7 で示すとおり、低ストレス状態時に緑色、高ストレス状態に橙色から赤色で発光する。



図 7 LED によるストレスの可視化の様子

## 6 制作物の評価

### 6.1 評価の概要

休憩間隔最適化に使用する体感ストレス状態想定値の正確さを評価するため、ストレス負荷試験を実施した。この試験により、本システムが提示するストレス値と受講者が感じるストレスとの間に一定の相関が得られた。また、ストレスデータの線形回帰分析から体感ストレス状態想定値の算出式が得られた。

### 6.2 ストレス負荷試験

被験者の体感ストレス状態と累積ストレス値の関係を評価するため、VDT 作業を用いたストレス負荷試験を実施した。VDT 作業として数独パズルを選定した。数独パズルはマウスのみで操作可能であり、単純作業であるため被験者による差異がない。

被験者は 20 分間の解答作業に取り組み、実験担当者が 5 分毎に体感ストレス状態のヒアリングを行う。体感ストレス状態は、自身が休憩を取りたいと感じるストレス状態を 100% とし、0%~100% の範囲で表現する。被験者は当科 2 年生 10 名とし、計 40 点のデータを取得した。取得したデータを表 1 に示す。

表 1 体感ストレス及び累積ストレス値

被験者		5分	10分	15分	20分
A	体感	20%	40%	65%	85%
	累積	1442	3155	4816	6139
B	体感	15%	30%	35%	40%
	累積	2176	3582	5619	7820
C	体感	10%	20%	25%	20%
	累積	1788	3454	4968	6753
D	体感	10%	30%	50%	70%
	累積	1361	3122	4892	6893
E	体感	10%	10%	15%	20%
	累積	2483	6931	9926	12162
F	体感	20%	15%	20%	30%
	累積	2249	4214	6237	7935
G	体感	5%	3%	6%	2%
	累積	3246	7196	12736	15581
H	体感	20%	25%	20%	20%
	累積	2923	4936	8318	11615
I	体感	15%	20%	30%	50%
	累積	5585	8101	10101	12204
J	体感	10%	15%	25%	35%
	累積	1348	3280	4919	6694

### 6.3 体感ストレス状態想定値の導出

体感ストレス状態及び累積ストレス値の組（以下、データセット）をデータセット毎に並べ、初期条件を体感ストレス状態が 0% であると仮定し、体感ストレス状態と累積ストレスの相関を求めた。40 点のデータにおいて、相関係数  $r=0.71217$  と強い相関があることが分かった。また、データセットの内、他の被験者と傾向が異なる被験者 E 及び G のデータを除き、同様の相関を求めた結果、相関係数  $r=0.83514$  と強い相関があることが分かった。

次に、各被験者のデータを線形回帰分析し、体感ストレス状態想定値の導出を行った。各被験者のデータセットに対し、初期条件を体感ストレス状態が 0% であると

仮定して回帰分析した結果を図8に示す。被験者の内、半数の示したデータがまとまった範囲に存在することから、体感ストレス状態と累積ストレス値には一定の比例関係があると考えられる。また、被験者 E 及び G を除く全てデータセットを基に回帰分析を行い、得られた体感ストレス状態想定値の導出式を式1に示す。

$$\begin{aligned} \text{ABS} &= 0.0000476980805079 \dots \times \text{CSV} \\ &= 4.77 \times 10^{-5} \times \text{CSV} \end{aligned} \quad (1)$$

この時、ABS は体感ストレス状態想定値を表し、CSV は累積ストレス値を表す。式1から求めた、各ストレス状態に応じた累積ストレス値を表2に示す。式1から求めた体感ストレス状態想定値と被験者の体感ストレス状態は相関係数R=0.32897と弱い相関が存在する。

以上の結果から、式1から求めた値が一定値以上を示した時に最適な休憩間隔を提示すれば良いと考えられる。

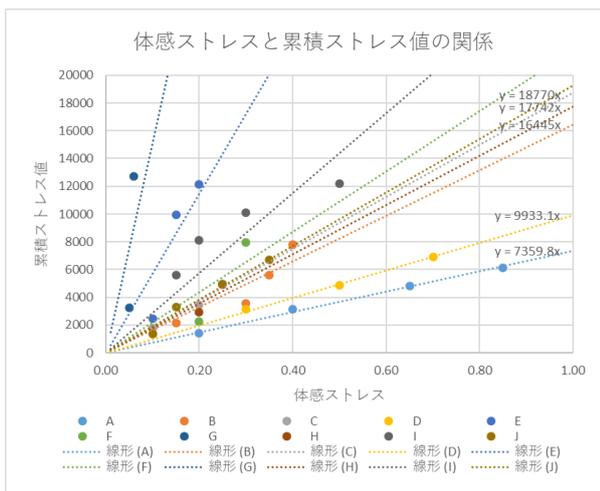


図 8 体感ストレスと累積ストレス値の関係

表 2 各ストレス状態に応じた累積ストレス値

体感ストレス状態想定値	累積ストレス値
10%	2097
20%	4193
30%	6290
40%	8386
50%	10483
60%	12579
70%	14676
80%	16772
90%	18869
100%	20965

## 7 技術を応用したデバイスの製作

### 7.1 概要

ストレス値算出アルゴリズムを応用し、マウス型以外の形状のデバイスの作製に取り組んだ。ストレス値算出のため、長時間安定して触れ続ける条件を満たすものとして、公共交通機関で用いられる「つり革」が挙げられる。日常生活の中で自身のストレス状態を知ることができるデバイスの作製を目的として、開発を行った。

### 7.2 ハードウェア

筐体は実物を参考に3DCADソフトで設計し、3Dプリンタで出力した。つり革の角に心拍センサを配置し、親指から脈拍を取得することとした。基板はKiCADを用いて設計し、基板加工機を用いて作製した。無線通信機能は不要であるため、Arduino Nano Everyで制御することとした。また、ストレス値を表示するため、128x64のグラフィックLCDモジュールを使用した。

### 7.3 ソフトウェア

ソフトウェアは、マウス型デバイスで用いたソースコードをベースに、無線通信機能を省略したものを作成した。また、グラフィックLCDモジュールを使用し、ストレス値を表示する機能を追加した。

## 8 まとめ

本総合制作では、休憩間隔最適化の実現のため、生体信号計測機能を搭載したマウスの作製、ストレス算出アルゴリズムの作成、ストレス状態提示用GUIの作成を行った。また、作製したデバイスを使用した実証実験により、累積ストレス値から現在のストレス状態を推定出来る可能性を示した。

作製したデバイスはオリジナルハードウェアコンテスト GUGEN2022 に応募し、2社からスポンサー賞を受賞する等の一定の評価が得られた。また、来場者からはテーマ設定の面白さへの評価、画像処理による表情の読み取りを組み合わせる等のストレス測定手法の提案などの意見が得られた。

### 参考文献

- 1) 情報機器作業における労働衛生管理のためのガイドラインについて、厚生労働省（2021）
- 2) 早野順一郎、山田真己、藤浪隆夫、横山清子、渡辺興作、高田和之：心拍変動と自律神経機能、（一社）日本生物物理学会（1988）p. 198-202
- 3) 松本佳昭、森伸彰、三田尻涼、江鐘偉：心拍揺らぎによる精神的ストレス評価法に関する研究、（一社）ライフサポート学会（2010）p. 105-111
- 4) 石田真二、鹿島茂：心拍変動を用いた車いす使用者のストレス計測に関する研究（2018）第18巻第2号 福祉のまちづくり研究 2、3、4

# 若年者ものづくり競技大会「建築大工職種」のマニュアル制作

千葉職業能力開発短期大学校

住居環境科 高木 皓太

千田 和也

間野 雄太

指導教員 黒瀬 敏浩

**要約** 平成17年度から職業能力開発施設や工業高等学校等を対象として、技能を習得中の若年者に技能競技を通じて技能を向上させることで、就業促進及び技能者の裾野の拡大を図ることを目的に「若年者ものづくり競技大会」が実施されている。

若年者ものづくり競技大会「建築大工職種」の競技課題（以後「競技課題」とする）の製作に必要な「規矩術の知識」、「手工具の取り扱い方法」及び、「部材の加工手順」について、詳細かつ分かり易くまとめ、大会出場に意欲を示す学生が練習する際の手助けとなるマニュアルの制作に取り組んだ。

## 1 はじめに

今回、前年度のゼミでとりまとめられた指南書（以後「指南書」とする）のブラッシュアップに加えて、競技課題を制作するのに必要なマニュアルの制作を行った。

このテーマに取り組むことで、「規矩術」や「手工具の取り扱い」、「加工手順」、「組立て方」の技能・技術を習得することに加え、関心を持つ多くの学生がそれぞれの目的に沿って学べる資料として活用されることも考え、取りまとめることとした。

## 2 指南書のブラッシュアップ

前年度制作された指南書をもとに競技課題の墨付けを行い、そこで改善したほうが良いと思われる点を検討し、以下の要素の改善を行った。

### 1) 課題立体図の挿入

どの部材のどの部分を墨付けするのかを、課題の立体図と展開図に赤枠で示し、わかりやすくした。

（図1：青枠）

### 2) 作業工程の細分化

作業工程の分け方を部材ごとでなく、墨付けする部分ごとに細分化し、必要となる工程をわかりやすくした。（図1：緑枠）

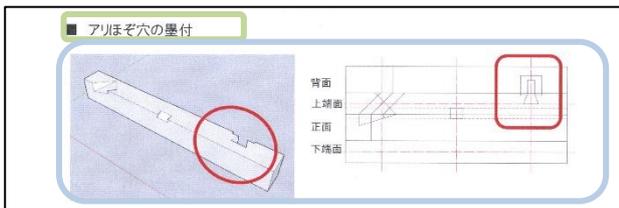


図1

## 3 加工手順書の作成

加工手順書の作成にあたって、以下のことについて工夫し取りまとめた。

### 1) 課題全体図の挿入

加工後の部材の写真に赤枠を用いて示すことで、どの部材のどの部分を加工するかを、わかりやすくした。（図2：青枠）

### 2) CAD 図面の添付

写真及び説明文では、理解の難しい加工する際の勘どころやコツについて、CADで作図した図を用いて説明することでわかりやすくした。（図2：緑枠）

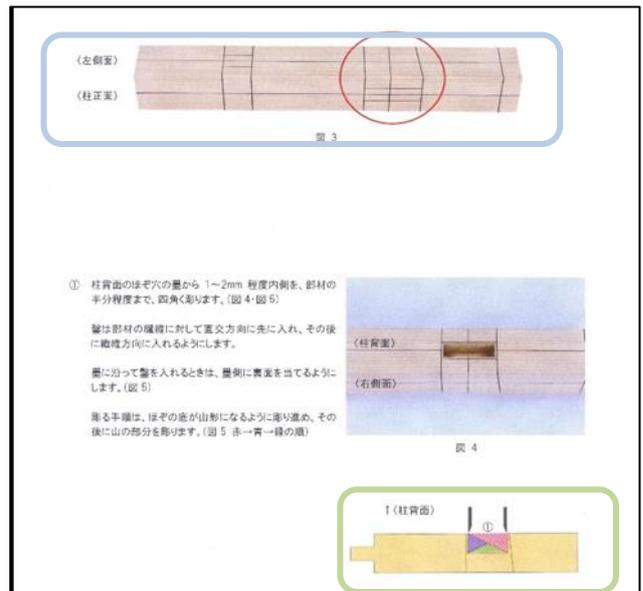


図2

#### 4 各手工具の取り扱い方法について

各手工具の取り扱い方法の作成にあたって、以下の点について工夫し取りまとめた。

##### 1) 手工具の概要

手工具の概要を載せることによって要点を理解させ、興味を持ってもらえるようにした。（図3：青枠）

##### 2) 部分名称の明示

手工具の各部分名称を入れることによって知識が身に付き、説明文の表現に理解できるようまとめた。（図3：緑枠）

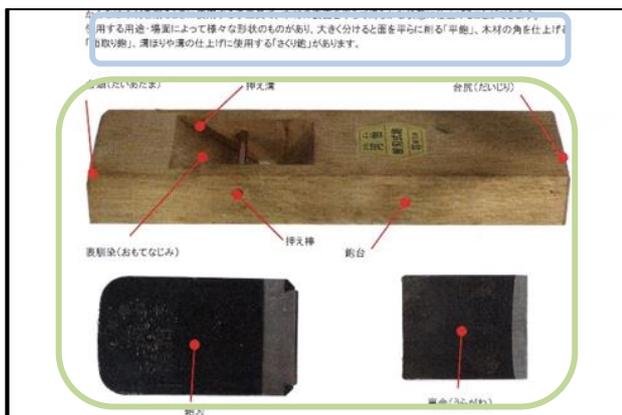


図3

#### 5 組立て手順書の作成

組立て手順書の作成にあたって以下の点について工夫し取りまとめた。

##### 1) 課題立体図の挿入

どの部材を組み合わせるのかを、課題全体図の中で該当する部分を色分けして示すことでわかりやすくした。（図4）



図4

#### 6 検証

指南書のブラッシュアップを行ったものを、次年度競技大会への参加を検討している住居環境科の後輩に協力してもらい、指南書として活用できるかを検証した。

その結果、墨付けはできる状態ではあるが、説明文の一部や使用されている写真にわかりづらい所がある

という指摘を受けた。この結果から、以下の点について再度検討し、修正を行った。

##### 1) 図の中の線分の色分け

図の中で示される線がすべて黒であったため、説明文と図の中のどの線がリンクしているかわかりにくいという指摘があった。そのため、説明文と図の中の該当する線分に同じ番号を付け、さらに赤線で示すことで他の線分と差別化し、一目でわかるように変更した。（図5：青枠）

##### 2) 文章の簡略化

わかりやすい表現とすることにこだわったため、説明文が回りくどい表現となってしまう、逆にわかりにくいという指摘があった。そのため、写真の数を増やし、そこに番号や矢印、線分を追加し、簡潔な文章で伝わるように改善した。（図5：緑枠）

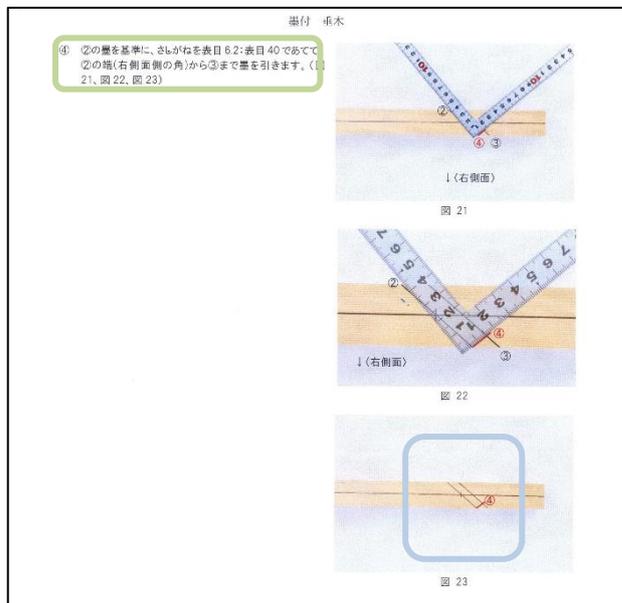


図5

#### 7 まとめ

本テーマに取り組むにあたって、私たちの得た技能・技術を資料として、わかりやすく表現し伝えることは難しく、作業を進めていくにつれて私たちが知識不足であると感じた。

しかし、このテーマに取り組んだことで私たちは技能・技術の再確認と向上につなげることができた。

是非、住居環境科の後輩の皆さんには私たちが作成したマニュアルを手にとって触れてほしいと思う。

最後に、競技課題の製作指導をくださった宮崎先生に心より御礼申し上げます。

# 屋外トイレの改修工事

千葉職業能力開発短期大学校

住居環境科 森川 祥吾

志賀 琢磨

高橋 威吹

福井 龍騎

指導教員 松村 亮

**要約** 本校の屋外トイレは木々に囲まれ、衛生面が悪く、段差も多いため学生が使用しづらい状況となっている。屋外での授業や移動時に快適に使用できるように、問題点を解決しデザイン性を重視した改修を行い、日本の風情を活かし、和をモチーフとしたトイレのインテリア、エクステリアを改修する事を目的とする。

## 1 はじめに

屋外トイレは、利便性が悪く使っている人も少ない状況である。衛生面や木々による様々な弊害といった問題を改善し、授業で学んだ事を活かし、より多くの人が快適に使用できるように屋外トイレの改修することとした。学生の就職先として大半を占めている、施工管理を意識し、工程管理、コスト管理、安全管理といった側面も考え、木材の価格高騰も加味して予算50万円以内を目標とする。

あり、危険性がある(図3参照)。

木を伐採するとドアがないため、中が丸見えになってしまう。

## 2) 内装

個室トイレの扉が破損し、クロスも剥がれているため使用しづらい(図4参照)。

壁や天井、床が汚いため、衛生面が悪い(図5参照)。



図4 クロス



図5 内観

## 2 使用状況と認知度

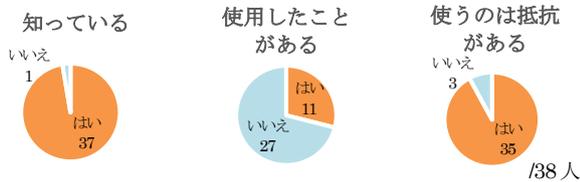


図1 使用状況と認知度

屋外トイレを9割以上の方が認知していたが、使用したことがある人は3割もいなかった。使用したことの有無を問わず抵抗がある人が9割もおり、その理由として外装や内装が汚いという衛生面での抵抗があるといった意見が多かった(図1参照)。

## 4 計画・設計

落ち着いたやさしさのある和風なトイレをモチーフとした改修を行うため、素材は主に簾と木材を使用する。

内装には簾で腰壁を作り、腰壁上部の壁に木板を千鳥貼りとする。個室のドアの剥がれたクロスは、新しく和の雰囲気のあるクロスに張り替える。

外装にはトイレ周りの木々を伐採すると中が丸見えになってしまうため、アプローチに柱、梁、木板で柵を作成し囲うように設計する。天井や外壁は、汚れにくくカビの発生を防止した油性塗料で塗装をする。

## 3 屋外トイレの問題点

### 1) 外装

周りの木々により、トイレであることに気づかない。また、男子トイレ、女子トイレの区別がつかない(図2参照)。

入口が木の枝で塞がれていて入りづらい。また、アプローチに段差が



図2 外観



図3 アプローチ

## 5 施工

### 1) 土工事

木々を業者の方に伐採してもらい、残った切り株の除去、段差解消のため高低差のあるところは土で盛り、全体に砂利を捲いて整地を行った。

東石を設置する箇所にモルタルを打設し、杭と水糸と鉄パイプを使用し、ラインとレベルを確認後、水平器で水平を確認しながら東石を設置した。(図6参照)。



図6 東石設置

## 2) 内装工事

### ① 壁・天井

縦と横の見切り材を接着剤で取り付け後、両面テープで簾を取り付けた。簾の隙間から壁の汚れが目立つので、裏の壁を黒色の油性塗料で塗装を行った。

腰壁上部の壁には、加工した木板にウォールナット色の防腐剤の塗装をし、木板の反りに注意しながら接着剤で千鳥張りとした(図7参照)。

天井は汚れが目立つため、黒の油性塗料で全体的に塗装を行った(図8参照)。

### ② クロス・床

剥がれかけのクロスをカッター等で剥がし、木目調のクロスに張り替えた(図9参照)。幅が広く1枚で足りない箇所は2枚をジョイントし、木目を揃え張り替えた。

動線になる箇所に男女別色のタイルを置き、その周りにカラーストーンを敷き詰めた(図10、11参照)。

## 3) 外装工事

### ① 外壁

外壁は汚れが目立つため、アイボリー色と黒の油性塗料で塗装を行った(図12参照)。

### ② 柱・梁加工

測量で束石のレベルを再確認後、それに合わせて柱の寸法を調節し、ホゾ加工を行った。

梁の仕口は大入れ蟻とし、ホゾ穴の加工を行った(図13参照)。

柱と梁はともにウォールナット色の防腐剤の塗装を行った。

### ③ 柱・梁施工

柱と梁を予め通りごとに組み立て柱の垂直を取り、仮筋交いを取り付けた。束石の中心に各柱を設置するための墨付を行い、部材を組み立てた(図14参照)。

束石と柱の固定にはL字金物を使用し、引抜方に強いビスで固定をした。金物は両面に取り付け、耐久性が劣る箇所は金物を3つ取り付けた。



図7 壁



図8 天井



図9 クロス



図10 床



図11 個室



図12 外壁



図13 梁加工



図14 柱・梁

### ④ 柵板・板受け材加工

3mほどある木材を無駄の無いよう柱間ごとの長さに加工し、表面に鉋をかけて製材した。入隅の柵板は直接柱に釘を打つことができないので、板受け材を作製した。柵板と板受け材はともにけやき色の防腐剤の塗装を行った。



図15 柵

### ⑤ 柵板・板受け材施工

水平器を使い柱に柵板が水平となる墨付を行い、木表を柱側になるように釘で打ち付けた(図15参照)。板受け材は柵板の釘の位置と被らない位置に上からビスで固定した(図16参照)。



図16 板受け材

### ⑥ アプローチ

伐採した杉の木の再利用と丸太材の2種類をのこぎりで10cmほど輪切りにし、踏板とした。踏板を設置する箇所にモルタルを打設し、水平器で水平を確認しながら2種類の踏板を交互に設置した。仕上げとして、カラーストーンをアプローチ全体に敷き詰めた(図17参照)。



図17 アプローチ

### ⑦ 標識

和をイメージしたデザインの文字を、レーザー加工で化粧用合板をくり貫き、アクリル板で文字の型をはめ込むように作成した。表面に防腐用の水性ニス塗り、柵正面に取り付けた(図18参照)。



図18 標識

## 6 施工管理

### 1) 工程管理

12月半ばまでに施工終了予定であったが、切り株除去に大変時間がかかってしまったため、施工終了が1月末になってしまった(図19参照)。



図19 施工期間

### 2) コスト管理

目標予算の50万以内に収めることができた。

### 3) 安全管理

作業時にはKY活動を行い、事故が起こらないよう注意を促した。また、作業時や作業外では他者が現場に入ることが無いようカラーコーンの設置をした。

## 7 まとめ

屋外トイレの改修工事を通して、協力して工期内に制作する上での工程管理の計画性や、加工の精度の難しさを体感した。また作業前の段取りや作業後の納まりの重要性、安全管理における作業ひとつひとつの確認の大切さを理解することができた。

# フラードーム設計支援ツールの開発と施工

千葉職業能力開発短期大学校

住居環境科 増田 悠矢 屋敷 享 山口 侑杜

指導教員 徳富 肇

**要約** フラードームは、節点座標の計算が複雑であるが、面の分割数との関連性を数式化すれば、自動的に節点座標を計算することができる。ここでは、ドームの半径と面の分割数を与えれば節点の座標が計算でき、自動的に作図できるツールの開発を行う。さらに開発したツールを使用して、ドームの設計と施工を行う。一連の作業から、三次元CADによる設計技術、施工技術及び施工管理技術の習得を目指す。

## 1 はじめに フラードームとは

フラードームはジオデシックドームとも呼ばれ、B. フラーにより1947年に考案された。球に近い正多面体である正二十面体の面を、対称性をもつ幾つかの三角形に分割し、球の中心と分割された三角形の頂点を通る直線を、同じ中心をもつ球面上に投影する。投影された頂点（以下節点と呼ぶ）を直線で結ぶと多面体となる。

## 2 目的

ドームの半径と正二十面体の一辺の分割数を与えれば節点座標を計算し、自動的に作図できるツールを開発する。それを基に、分割数と規模をシミュレーションし、設計及び施工をする。一連の作業から施工技術と施工管理技術の習得を目指すことを目的とする。

## 3 設計支援ツールの開発

計算から作図までを表計算ソフトとCADソフトを連携して利用するため、Visual Basic for Applicationsを用いてプログラミングする。

開発の手順は以下に示す。

- ①節点座標を計算するプログラムの作成
- ②座標値に節点番号を割り振るプログラムの作成
- ③線分を描くために始点*i*と終点*j*の節点番号を求めるプログラムの作成
- ④AutoCADのスク립トを使用した作図

## 4 設計

### 1) 基本設計

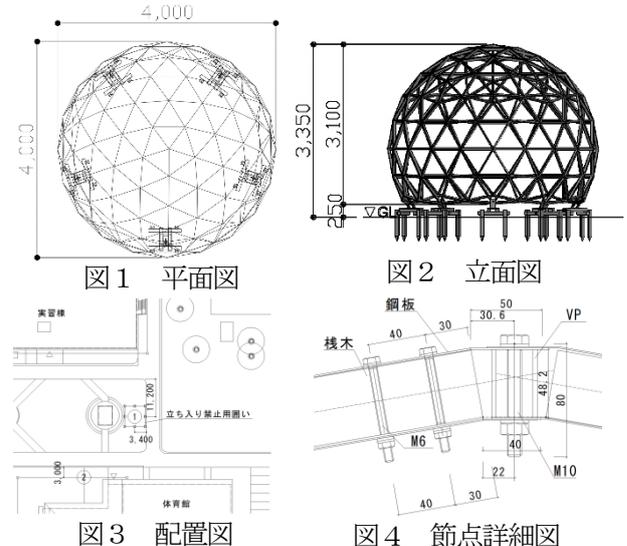
前章で開発した設計支援ツールを用いて、シミュレーションを行った。3人で施工することを考慮し、4分割、規模は直径4m、高さ約3.3mとした（表1）。

表1 正二十面体の一辺の分割数と4分割時の半径

分割数	節点	辺の数(部材数)	部材種類	半径(mm)	延べ長さ(m)	栈木4000mm(本)
2	36	95	2	1500	165	41
3	76	210	3	2000	220	55
4	131	370	6	2500	275	68
5	201	575	7	3000	330	83

### 2) 実施設計

基本設計に伴い、以下の図面を作成した（図1、図2、図3、図4）。



主要構造：栈木 24×48 接合部：ガルバリウム鋼板  
 ①L0とM6普通ボルト、ヒンジ部：M10普通ボルト  
 ベースプレート：FB-9、摩擦杭基礎：木杭 45×45×600

### 3) 構造設計

- ・鉛直荷重（固定）荷重W=2000Nとして
    - ①ベースプレートのボルトのせん断耐力
    - ②栈木の圧縮応力（座屈）
    - ③摩擦杭の支持力
  - ・水平荷重（風荷重、地震力）P=2400Nとして
    - ④摩擦杭の支持力と引抜耐力
- ①～④について検討を行い、安全を確認した。

