

# ジェスチャーによって作動するUD プロトタイプ設計・制作について

## - ナチュラルユーザーインターフェースを活用したUDの提案 -

ABOUT UD PROTOTYPE DESIGN AND WORK THAT OPERATES BY GESTURE  
- The proposal of UD that utilized natural user interface -

伊藤圭亮

Keisuke ITO

主査 佐藤康三 副査 岩月正見

法政大学大学院デザイン工学研究科システムデザイン専攻修士課程

User interface always exists between human being and products. That changes relationship of human being and products a lot. People have developed it in order to obtain convenience and a new stimulus. The present age, Natural-User-Interface (NUI) appears by improvement in information-handling ability and sensor technology, and attracts attention from people. The features of NUI are fairness, pliability, and intuitiveness. And these can utilize for UD development.

This research aims at suggesting creation of use value new as UD that utilizes gesture operation of NUI, and shows that possibility through work of a prototype.

**Key Words:** Design, Natural-User-Interface, UD

## 1. 結論

### (1) 研究背景

ヒトとモノの間には常にユーザーインターフェースが存在し、そのあり方によってヒトとモノの関係性や生活の豊かさは大きく変化する。人々は利便性や新しい刺激を求め、技術革新とともにそのあり方を進化させてきた。

そして現代、情報処理能力やセンサ技術の向上により、ナチュラルユーザーインターフェース（以下 NUI）という概念が注目されている。NUI は人間の身体の動き（ジェスチャー）や音声など、人間の身体の一部を操作に用いることに最大の特徴がある。つまり NUI において、1. リモコンなどの操作用デバイスが必要なくなる。2. 特別な操作法を習得する必要がなくなり、直感的な操作が可能になる。といった利点がある。これは距離センサや音センサ、光センサ、温度センサなどのセンサを効果的に活用し、人間の動きを捉えることで実現する。（図 1）



図 1 NUI の実例

NUI の上記の特徴は、ユニバーサルデザイン（以下 UD）との親和性が非常に高いと考えられる。アメリカのノースカロライナ州立大学はユニバーサルデザイン 7 原則を提唱しており、その 7 つを

- ①公平性：あらゆるユーザーにとって公平である
- ②柔軟性：自分のやり方、自分のペースで使用できる
- ③直感性：どのユーザーにも使い方がわかる
- ④マルチモーダル性：様々なモダリティで使える
- ⑤耐エラー性：起こりうるエラーに対する予防対策
- ⑥低労力性：少しの労力で使うことができる
- ⑦大きさ・空間の確保：十分なスペースの確保としている。[1]

NUI の特徴は上記のうち特に公平性、柔軟性、直感性に発揮されると考えられる。以上のことから、NUI は UD 開発と組み合わせることで、製品の新たな使用価値の創出を可能にし、生活の質を飛躍的に豊かにできるだろう。

### (2) 研究目的

先述したように、NUI の利点のひとつである「人間の身体の動作を利用した直感的な操作」は UD 開発との親和性が非常に高いと考えられる。

そこで本研究では、NUI のうちジェスチャーを利用し

た、UDのプロトタイプ制作を行う。

具体的な制作物は病室内など室内で用いることを想定した自走式ベッドサイドワゴンとする。これを簡単なジェスチャーによって前後左右の移動を遠隔で行うことを可能にする。

この制作においてジェスチャー操作という NUI を利用する UD プロトタイプとして新たな使用経験価値の提供を示唆することを目的とする。

## 2. 製作準備

### (1) 使用機材と環境

#### a) Kinect センサ

現在、NUI を実現する機器のひとつとして Microsoft 社の Kinect センサがある (図 2)。この Kinect センサは NUI に必要な人間の骨格の認識や位置情報の取得、動きのトラッキングや音声認識に必要なセンサを搭載し、かつ安価で入手できる機器として注目を集めている。Xbox 用 Kinect をジェスチャー認識のためのセンサとして使用する。

PC の画面に Kinect からの映像をもとに深度情報 (センサからの距離) を可視化しているものである。(図 3)



図 2 Kinect センサ外観

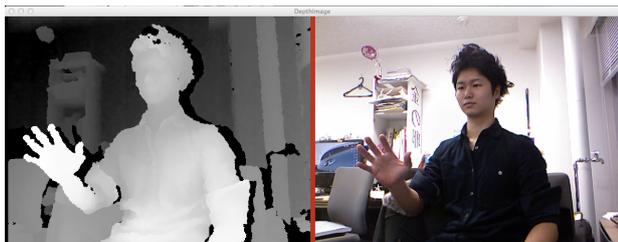


図 3 映像と深度情報の取得

#### b) Arduino

本研究では Arduino Uno R3 (図 4) を自走式ベッドサイドワゴン本体に搭載し、独立してモーターの制御をする。



図 4 Arduino Uno R3

#### c) ZigBee®無線ユニット

ZigBee®無線ユニット (図 5) とはセンサーネットワークを主目的とする近距離無線規格のことであり、一対多数の通信ネットワークを構成することができる。ZigBee®無線ユニット端末の製品名称が XBee である。

本研究では PC と Arduino に搭載し、1 対 1 のセンサーネットワークを構成することによって PC からの情報を作品本体に搭載する Arduino へ無線で伝達するのに用いる。



図 5 ZigBee 端末

#### d) Processing

ジェスチャー認識および操作命令のプログラムの作成に使用する。なお、OpenNI をこの言語で使用するためのライブラリとして SimpleOpenNI を使用する。

なお、上記に挙げた機材を組み合わせた全体のシステム構成の全体イメージは以下の図ようになる。(図 6)

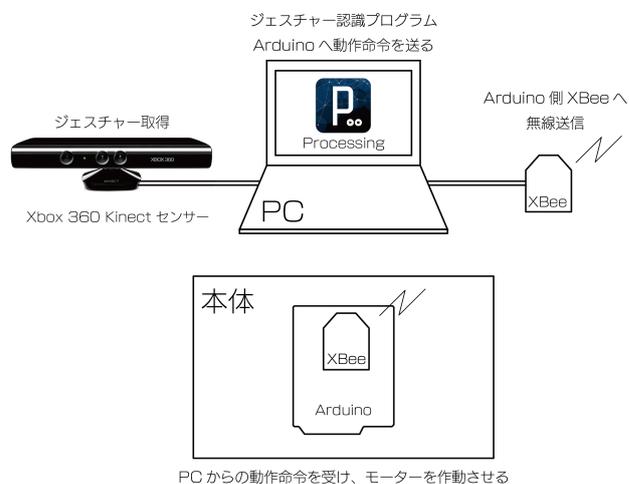


図 6 システム全体イメージ

## 3. 制作

### (1) 制作目標

次に、作品制作における達成すべき目標と指針を下記に記す。

1. NUI の特徴である人間の身体の動作を利用した直感的な操作を活用した、新たな使用価値を創出する UD プロトタイプを作品制作の基本コンセプトに掲げる。

2. 使用者から少し離れた場所に位置する物体を遠隔移動するイメージをジェスチャー化し、操作に用いることで、NUI を実現する。

3. ワゴンとして、軽量なものを乗せて運ぶことが出来る。

4. これら上記の実現に伴う機構・各パーツの制作および制御システムの構築。

## (2) 制作指針

1. 前後左右へ移動することができる。車輪による直進・後退の直線走行、左右への超信地旋回といった走行性能を有する。

2. 使用者の身体の動きをトラッキング、ジェスチャーの認識を行い、それに応じて駆動部へ命令を送信する。

3. 命令の送受信は Xbee による無線通信で行い、ベッドサイドワゴン自身はスタンドアロンで自走する。

## (3) 操作のためのジェスチャー検討

本研究で制作する自走式ベッドサイドワゴンは、車輪によって使用者の周辺を前後左右の4方向へ移動する。そこで使用者の周りを前後左右それぞれの方向へ移動させるジェスチャーを決定する。

なおベッドサイドワゴンの性質上、ベッドに横になっている状態での操作を想定するため、操作に用いるジェスチャーは手の動きを採用する。

また NUI として「日常的な動作」による操作を実現するため、使用者が自分の周辺にあるワゴンに対して「行け、来い、右へ、左へ」と命令する際に使用するジェスチャーを検討し、採用する。

最終的に考案したジェスチャーを以下に示す。

〈前進させる〉手を上または前に振る

〈後退させる〉手を下または手前振る

〈右へ移動させる〉手を右に振る

〈左へ移動させる〉手を左に振る

## (4) ジェスチャー操作に対する挙動の検討

使用者が前項のジェスチャーで操作をする場合の、ベッドサイドワゴンの挙動を検討した。

出来るだけ操作を簡単にすべく、前進、後退、左右への移動を上記の4つのジェスチャー1回のみで発進から自動で停止をすることとした。以下に前進、後退、右折、左折それぞれの挙動を示す。

〈前進する〉1m 程度前進し、停止

〈後退する〉1m 程度後退し、停止

〈右折する〉右に 90° 旋回し、1m 程度前進し、停止

〈左折する〉左に 90° 旋回し、1m 程度前進し、停止

以上の挙動を想定し、プログラムの構築をする。

## (5) ジェスチャー認識プログラムの構築

操作に用いるジェスチャーを認識し、それぞれのジェスチャーに対応した動作をするジェスチャー認識プログラムを構築する。

手のトラッキング、ジェスチャーの認識は Kinect に搭載されている距離センサとカメラで行う。プログラム構築の環境は Processing を利用する。

次にジェスチャー認識の概要を示す。(図 7)

1. 使用者の正面に Kinect を配置し、使用者の身体が内蔵カメラに映るようにする。

2. 使用者は Kinect に向けて手をかざす。Kinect は距離センサによる深度情報と動きから手の先端を認識し、トラッキングを開始し、位置情報を得る。

3. 使用者は前後上下左右に手を振る。Kinect は位置情報の変化から手を振る速度を読み取ることで、ジェスチャーを検知して命令を送る。



図 7 ジェスチャー認識の様子

## (6) ジェスチャーによる LED の点灯制御実験

構築したジェスチャー認識プログラムの動作を検証するため、ジェスチャーによって LED の点灯、消灯を制御するシステムを制作した。

PC に Kinect センサと Arduino を接続する。Arduino には赤、青、緑の LED を接続する。(図)

Processing 言語により手の先端をトラッキング、手の先端が上下左右にあるスピード以上で移動した瞬間を検知する。Kinect からの映像データと上記の検知によるデータを PC 上で処理し、Arduino へシリアル通信で送信す

る。

Arduino では PC から受信したデータに LED の点灯・消灯を対応させる。以上により手を上下に振ることで LED の赤が点灯、左右に振ることで LED 青が点灯、前後に振ることで LED 緑が点灯するシステムが実現できた。(図 8)

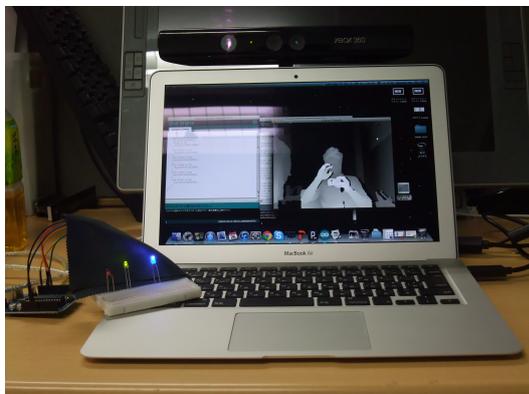


図 8 LED 点灯実験の様子

### (7) リモコン操作を想定した操作プログラムの構築

駆動部の動作検証に焦点を当てた試作機の制作・動作検証をするため、またジェスチャー以外にボタン操作などで操作が出来るバックアッププログラムとしての機能を持たせるため、リモコン操作を想定した操作プログラムを構築した。以下にその概要を示す。

- ・ Processing 言語にてマウス操作、キー操作を 0~4 の数値に割当て、XBee を介して Arduino に送信する。
- ・ Arduino では PC からの数値データに駆動部の動作を割り当てる。
- ・ マウスの左ボタン押下で前進、右ボタン押下で後退、ボタンを離すと停止する。
- ・ キーボードの Z キー押下で左旋回、X キー押下で右旋回、キーを離すと停止する。

### (8) 駆動部の機構検討と試作

車輪駆動部の機構の試作と動作検証を行い、基本とする機構の仕組みを検討した。

#### a) 第一次試作機制作

ジェスチャー入力による直進・超信地旋回の動作を確認した。しかしモーターの最大出力でも旋回速度が非常に遅い、荷重の負荷や摩擦の大きな床での走行ではベルトとプーリーが空転し、動力が伝わらない、といった問題点を確認した。

#### b) 第二次試作機制作

無負荷時の直進、旋回速度が向上した。またラダーチェーンによる確実な動力伝達を確認した。しかし 500g 程度の荷重をかけると旋回速度が極端に遅くなる、数秒の連続稼働で停止してしまう、といった問題点を確認した。

#### c) 第三次試作機制作

無負荷時の直進、旋回速度が向上した。しかし 1kg 程

度の荷重をかけると、旋回速度が極端に遅くなる、数秒の連続稼働で停止してしまう、モータードライバ IC から発煙といった問題点を確認した。

#### d) 第四次試作機制作

直進、旋回速度が大幅に改善、モータードライバ IC の発熱問題改善、5kg の荷重でも安定した動作を確認した。

以上 4 回の試作と検証によって問題点は解消されたため、第四次試作機の構造と回路を本制作に採用する。以下にその回路図と第四次試作機を示す。(図 9、10)

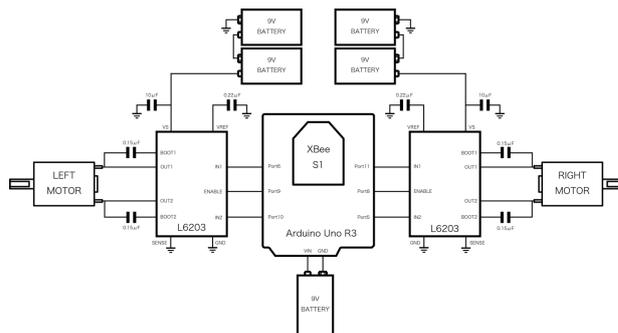


図 9 第四次試作機回路図

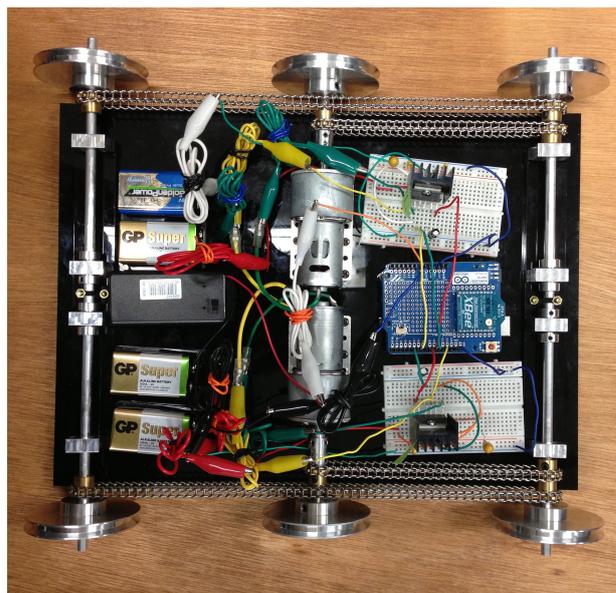


図 10 第四次試作機

### (9) 自走式ベッドサイドワゴンの本制作準備

試作と検証の結果をもとに作品の本制作を行うにあたり、全体の造形・構造の検討や新たなプログラムの実装を行った。

#### a) 造形と構造の検討

ベッドサイドワゴンとしての造形(図 11)と作品全体の構造を以下の様に検討した。

一般的な寝室用テーブルや棚の調査を行い、全高を 700mm 程度とした。仕切りを 3 段設け、最上段に食事トレーなど軽量の物を乗せて運ぶことが出来る。2 段目、3 段目も棚として使用できる。走行時の環境はタイル上

など摩擦の少ない平坦な場所を想定する。

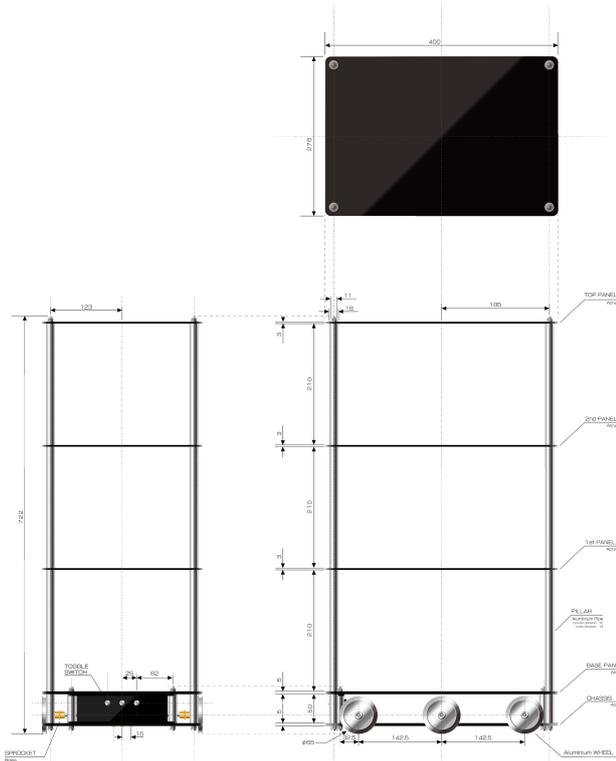


図 11 完成外観 3 面レンダリング

#### b) PWM 制御によるスピード制御の実装

DC モーターの柔軟なスピード制御を可能にするため、PWM 制御を行う。PWM 制御とは一定の周期で、入力信号の大きさに応じてパルス幅を変えることでモーターを制御する回路である。必要な時間だけ通電するため、モータードライブ回路全体の効率が上がり、電圧の負担も少なくなる利点がある。255 段階のアナログ値を設定し、適するスピードの値を実機の動作検証によって決定する。

#### c) 走行動作の調整プログラムの実装

本体がいかなる方向を向いていても、使用者は進ませたい方向へ手を振るだけで操作が出来るプログラムを新たに実装した。

起動時に前を向いていることを前提に、走行動作の後にワゴンが向いている方向（前左右）によって3つに分けする変数を用意することで、ジェスチャーに対するワゴンの動作を調整し、入力されたジェスチャーと同じ方向へ走行することが出来る。

ここで具体的な動作の例を挙げる。例えば本体が操作の末使用者から見て右を向いている場合を想定する。使用者は「手前に移動」させたい時には、ワゴン本体は右折する必要がある。このとき実装前であれば、右折させるために「右に手を振る」必要があるため、ジェスチャーが変わってしまう。ここで今回のプログラムを実装することで本体は「使用者から見て右を向いている場合の動作」をするため、使用者は「手前に手を振る」ことで本体は右折をする。以下に概要図を示す。(図 12)

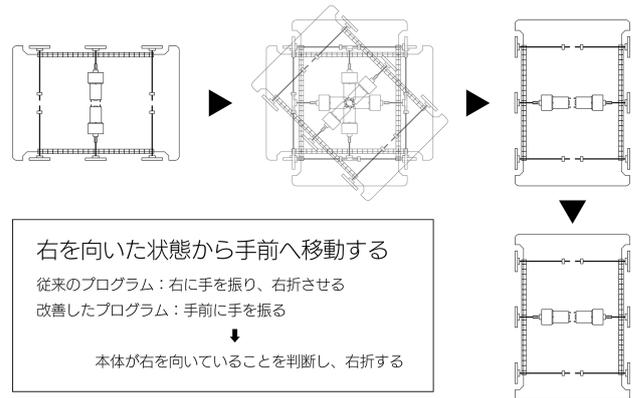


図 12 走行動作の調整イメージ

### (10) 駆動部回路設計

設計した駆動部に用いるギヤードモーターの出力に適した部品の選定、回路設計を行った。駆動部に採用したギヤードモーターは最大効率時消費電流が 4.05A であるため、この消費電流に適するモータードライバ IC を検討した。最終的に最大実効電流 4A、最大ピーク電流 5A の「ST マイクロエレクトロニクス製 L6203」を採用した。またこのモータードライバ IC にはブレーキ制御の機能があり、旋回の際により正確な挙動を得ることが出来るため、この機能を実装した。以下にその回路図と使用部品を示す。(図 13)

#### 【使用部品】

〈モータードライバ IC〉

ST マイクロエレクトロニクス製 L6203

最小 / 最大電源電圧：48V / 12V

最大ピーク電流：5A

最大実効電流：4A

〈電解コンデンサ〉

50V 耐圧 0.22  $\mu$ F

50V 耐圧 0.15  $\mu$ F

50V 耐圧 10  $\mu$ F

〈電源〉9V 乾電池 5 個

左右モーター用：2 個ずつ計 4 個

Arduino 用：1 個

〈スイッチ〉トグルスイッチ

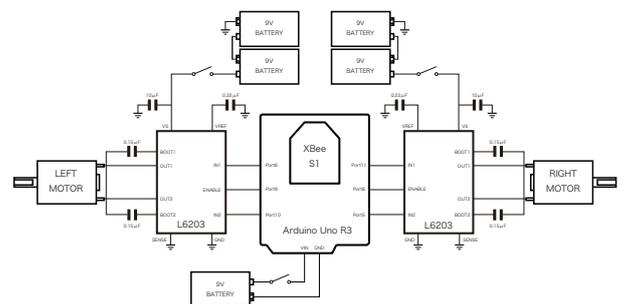


図 13 駆動部回路図

(11) 駆動部機構およびシャーシ設計

初期試作機の構想をベースに、全体の構造と造形に適する駆動部とシャーシを、3DCAD を用いて設計した (図 14、15)。その後制作図面を作成し、各部品を制作した (図 16)。以下に使用した部品と仕様の一覧を示す。

【使用部品・仕様】

〈シャーシ素材〉

- ・ 5mm 厚アクリル

〈モーター〉

- ・ タミヤギヤードモーター-380K75  
 無負荷時回転数 : 242rpm  
 無負荷時消費電流 : 0.67A  
 最大効率時トルク : 5.0kgcm  
 最大効率時消費電流 : 4.05A  
 最大効率時回転数 : 202rpm

〈ホイール〉

- ・ φ65mm アルミプリー

〈シャフト〉

- ・ φ6mm ステンレスパイプ

〈ラダーチェーン〉

- ・ 協育歯車工業 SSSW48 ラダーチェーン

〈スプロケット〉

- ・ 協育歯車工業 SW48B10+B

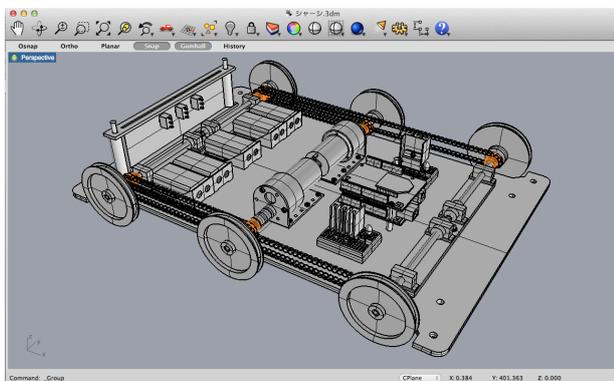


図 14 3DCAD によるシャーシ設計

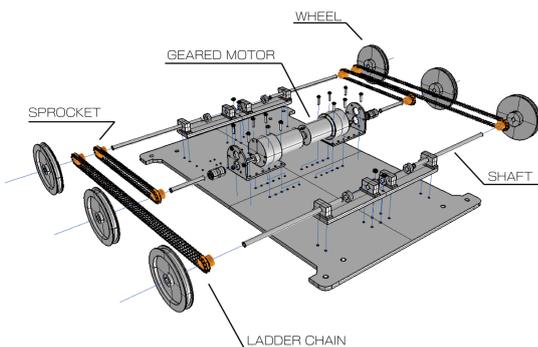


図 15 シャーシ駆動部エクスポージョン図

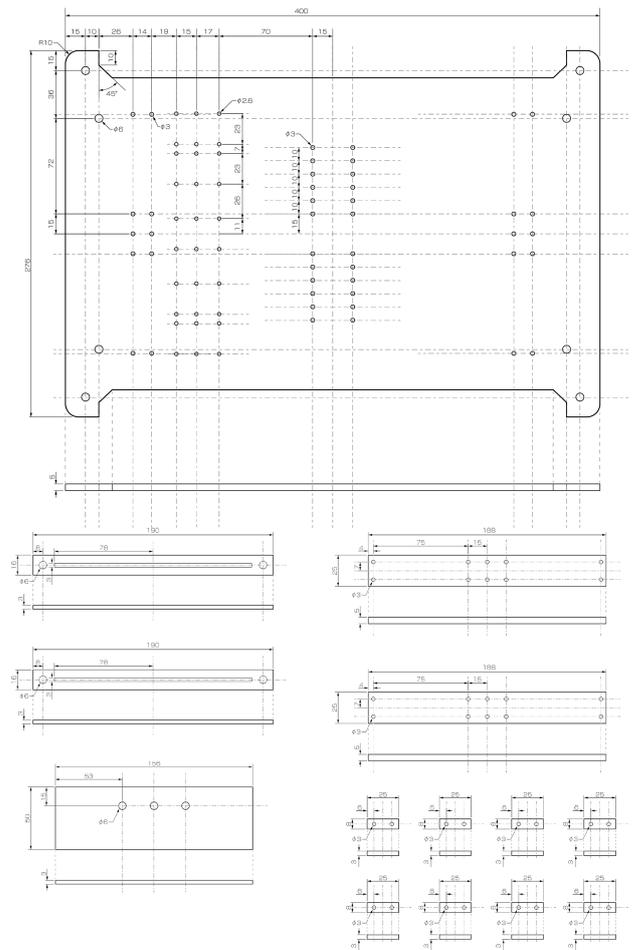


図 16 シャーシ部品制作図面 (一部抜粋)

(12) 駆動部およびシャーシ完成

設計した機構、シャーシ、回路を制作し、動作検証を行う。検証の結果、設計どおりの動作を確認できた。耐荷重性に関しても、5kg の積載でも安定した動作をした。上記の結果より、シャーシおよび駆動部の完成とする。以下に完成したシャーシの外観を示す。(図 17)

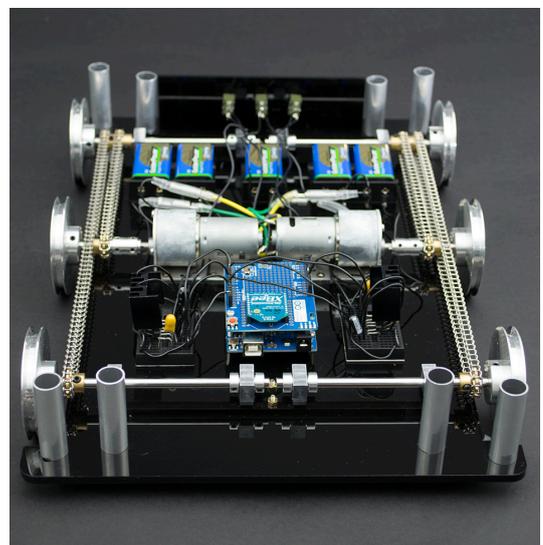


図 17 完成シャーシ外観

### (13) ワゴン本体制作

シャーシの上部に取り付けるワゴン本体を制作した。3 段の棚を設け、棚板の素材は最下段が 5mm 厚亚克力、それ以外の棚板とワゴン部は 3mm 厚亚克力とした。棚板の制作にはレーザー加工機を用いた。支柱は四隅に M6 の寸切りボルトを通し、φ15 のアルミパイプで寸切りボルトの周りを覆った。また最下段の棚板は全体の安定性向上のため 4 本の支柱を上記とは別に加えてある。このワゴン本体とシャーシを組み合わせることで作品を完成する。

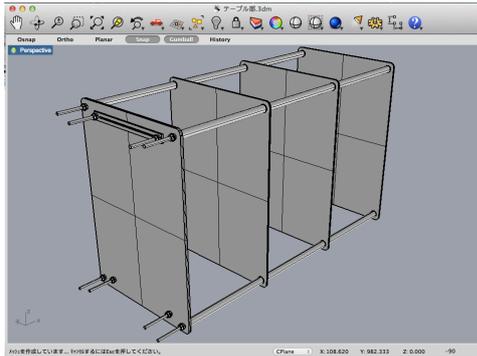


図 18 3DCAD によるワゴン本体設計

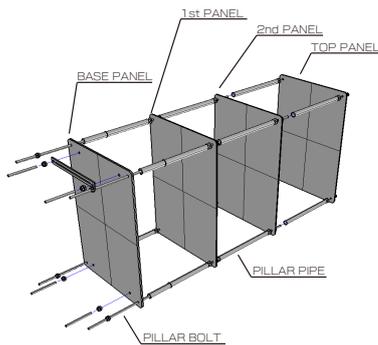


図 19 ワゴン本体エクスプロージョン図

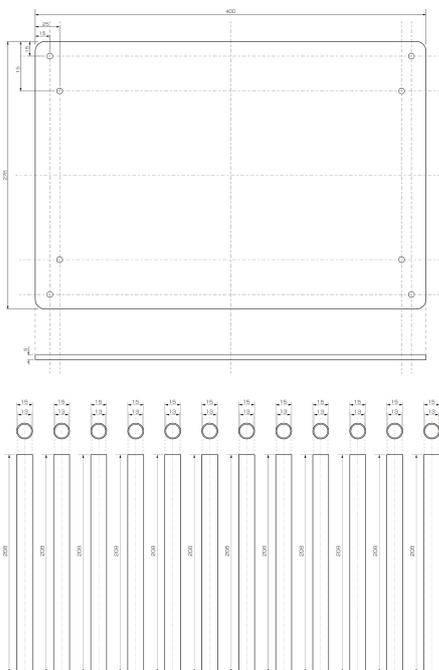


図 20 ワゴン本体制作図面（一部抜粋）

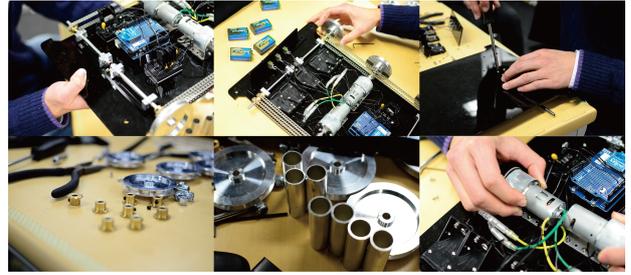


図 21 制作風景

## 4. 作品概要

### (1) 外観

完成した自走式ベッドサイドワゴンの全体の外観は以下の図である（図 21）。また作品仕様を以下に示す。

「大きさ：W400×H722×D276mm」「パーツ点数：373」「総重量：5.03kg」「動作電源電圧：左右モーター各 18V、Arduino 9V」



図 21 作品外観

### (2) 走行性能の検証

完成した作品を用いて、走行性能の検証をした。検証の環境は法政大学市ヶ谷田町校舎の廊下で行った（図 22）。測定項目は直進および旋回の最大・最小速度と、最小回転半径と、制御可能範囲である。測定にはリモコン操作プログラムを用いた。

直進速度に関してはモーター最高出力時と PWM 制御時において、それぞれ 0-1m、0-2m、0-5m 走行の時間から最高速度と安定して動作する最低速度を測定した。また旋回速度は 1 回転にかかる時間を計測し、速度を測定した。

以下にその結果を示す。(図 23、24)



図 22 走行性能検証風景

《最高出力時》

- 0-1m 0.92 秒
- 0-2m 1.53 秒
- 0-5m 3.55 秒
- 最大直進速度 7.2km/h
- 最大旋回速度 1.5s/回転

《PWM 制御時最低速度》

- 0-1m 2.8 秒
- 0-2m 5.8 秒
- 0-5m 14.9 秒
- 最大直進速度 1.18km/h
- 最大旋回速度 11s/回転

最小回転半径は、超信地旋回により 243mm となった。

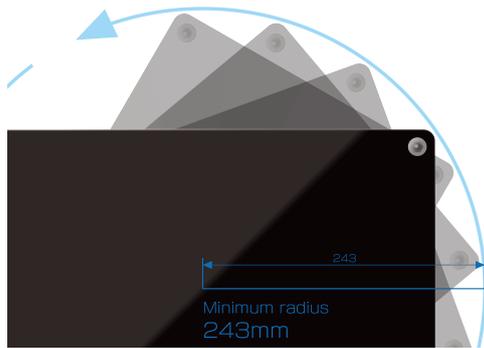


図 23 最小回転半径

制御可能範囲については、PC 側 XBee から半径 20m 以内である。

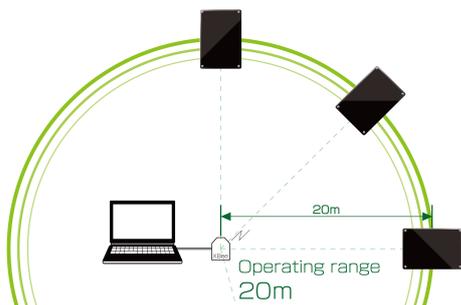


図 24 制御可能範囲イメージ

(3) 作品全体の使用イメージ

制作した作品を実際に使用するイメージは以下のようなになる(図 25)。Kinect は使用者の正面に向くよう設置し、使用者はベッドに座って・または横になってジェスチャー操作をする。



図 25 作品の使用イメージ

5. 総括

今回制作した自走式ベッドサイドワゴンにおいて、ジェスチャーを利用した直感的な操作という NUI の実現ができた。

加えてその NUI を「使用者が動かしたい方向に手を振る」というごく簡単かつ単純なものにすることで、UD プロトタイプのひとつとして位置づけることも出来た。

以上のことから、本研究の結論として、ジェスチャー操作という NUI を利用する UD プロトタイプとして新たな使用経験価値の創出に成功したと言える。

本研究で着目した NUI はまだ発展途上であり、今後の情報技術の発達によってさらに高度化するだろう。今回は NUI のうちジェスチャーを応用した UD 設計・制作を行ったが、NUI はこれに限らず、様々な分野のデザインへ応用されていくはずである。またそうしたとき、NUI を活用した UD として新たな使用経験価値の提供を試みた本研究は大いに貢献すると考える。

参考文献

- [1] 時田義典, 「イラストで学ぶヒューマンインタフェース」, 講談社, 2011
- [2] Enrique Ramos Melgar, Przemek Jaworski, Ciraco Castro Diez, 「Arduino and Kinect Projects」, TECHNOLOGY IN ACTION, 2012
- [3] 田村博, 「ヒューマンインタフェース」, オーム社, 1998
- [4] P.ジョンソン著, 佐藤啓一, 宮井均, 須永副司, 原田昭訳, 「ヒューマンインタフェースの設計方法」マグロウヒル出版, 1994
- [5] 小林茂, 「Prototyping Lab」, オライリー・ジャパン, 2010