

移動支援ロボットMovConeの開発

:HCDプロセスを活用したロボット開発の試み 第2報

Development of the Mobility Support Robot “MovCone”

: An Attempt on the Robot Development Utilizing HCD Process (Part 2)

平社和也*, 川上響**, 佐久間文弘*, 藤田将貴**

Kazunari Hirakoso*, Hibiki Kawakami**, Fumihiko Sakuma* and Masaki Fujita**

*玉川大学工学部エンジニアリングデザイン学科, 194-8610 東京都町田市玉川学園6-1-1

**玉川大学工学部情報通信工学科, 194-8610 東京都町田市玉川学園6-1-1

*Department of Engineering Design, College of Engineering, Tamagawa University,
6-1-1 Tamagawagakuen Machida-shi Tokyo 194-8610

**Department of Information & Communication Technology, College of Engineering, Tamagawa University,
6-1-1 Tamagawagakuen Machida-shi Tokyo 194-8610

Abstract

There are many examples of utilizing Human-Centered Design (HCD) and User Experience Design (UXD) methods in development of products and services. This is because the providers of products and services have come to emphasize the user experience (UX). In the field of robot development, there have been reports of cases in which the HCD process was utilized and cases in which development started from UX. In this study, the robot development with HCD process was carried out from the initial step of the development.

Keywords: Human-Centered Design, HCD, HCD process, user experience, UX, robot development

1.はじめに

製品やサービスの開発において、人間中心設計 (Human-Centered Design ; 以下HCD) やユーザーエクスペリエンスデザイン (以下UXD) の手法の活用が広がっている。HCDとは、製品・サービスを使う人間=ユーザーを中心に据え、ユーザーの要求に合わせることを優先して設計・開発するアプローチである¹⁾。その過程であるHCDプロセスは、国際規格ISO 9241-210:2010²⁾として体系的に示されている。(翻訳規格はJIS Z8530 : 2019³⁾)

一方、UXDはその名称が示す通りユーザー体験をデザインすることであるが、製品・サービスの利用体験の感情的評価や時間的側面 (利用前後、利

用時間全体など) もデザインの範囲として捉えるアプローチである⁴⁾。HCDやUXDの手法が広く用いられるようになった背景には、製品・サービスの品質を重視した「つくり込みへの賞賛」⁵⁾から、製品・サービスの品質だけでなくユーザーの利用体験を重視するという、つくり手側の価値観の変化がある⁶⁾⁷⁾。ユーザーの利用体験を重視する場合、「人々のニーズと能力に合った製品を開発すること」⁸⁾が重要となる。

ロボット開発の分野でも、サービスロボット開発におけるユーザーモデルの作成にHCDプロセスを応用した事例⁹⁾や、ユーザー体験を起点としたデザインアプローチの事例¹⁰⁾¹¹⁾があるが、

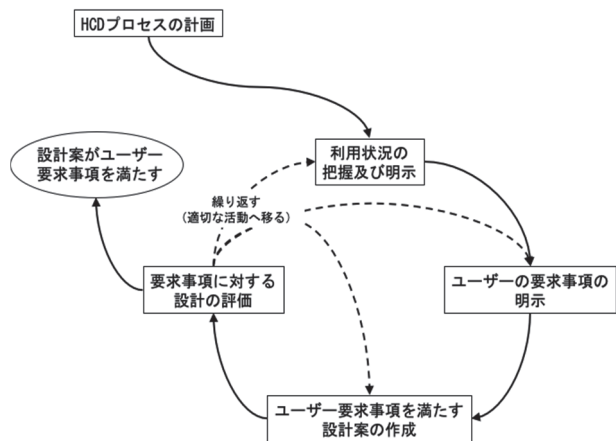


図1 HCD活動の相互関係²⁾³⁾

表1 本研究におけるHCDプロセスの計画(1サイクル目)

プロセス	実施事項
HCDプロセスの計画	<ul style="list-style-type: none"> ・HCDプロセス導入の検討 ・HCDプロセスにおける実施事項の計画及び使用する手法の選定
利用状況の把握及び明示	<ul style="list-style-type: none"> ・フィールド調査、観察
ユーザーの要求事項の明示	<ul style="list-style-type: none"> ・フィールド調査、観察の記録からの課題抽出
ユーザー要求事項を満たす設計案の作成	<ul style="list-style-type: none"> ・ロボットコンセプトの創出 ・ストーリーボードの作成 ・プロトタイプ製作
要求事項に対する設計案の評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ラボ実験 ・ユーザー評価

その数は少ない。本研究では、ユーザー体験を重視したロボットの開発を目指し、開発の初期段階からHCDプロセスを活用した。

第1報では、鉄道駅における視覚障がい者の移動を支援するロボット¹²⁾の開発過程における計画策定から初期プロトタイプの製作までを報告した¹³⁾。

はじめに、図1に示したHCDプロセスの具体的な活動の相互関係を踏まえ、本ロボット開発におけるHCDプロセスの導入を計画した。HCDプロセスの計画を表1に示す。本ロボットは新規に開発されるものであるため、HCDプロセスを導入する場合、図1にあるサイクルを多く反復することが予想される。そこで、計画時点では「ユーザー要求事項を満たす設計案の作成」としてのプロトタイピングと、「要求事項に対する設計の評価」としてのユーザー評価までの計画にとどめた。また、各プロセスの実施事項を終えた後で、その時点におけるHCDプロセスを用いた活動としての課題点を記録することとした。これは、のちの開発活動を円滑かつ効率的に進めるためである。

次に、「利用状況の把握及び明示」のプロセスとして、フィールド調査・観察を行なった。この場合の利用状況とは、ロボットの想定ユーザーの鉄道駅構内の移動を指す。現在、鉄道駅ではロボットの誘導による移動支援は行われていないため、

把握及び明示の対象は、ロボットの想定ユーザーが鉄道駅構内をどのように移動しているかという状況となる。調査は、A駅(乗降人数 約29万人/日)とB駅(乗降人数 約4.8万人/日)の2駅を選定して行った。事前の調査計画では、過去に行われた田内らの研究¹⁴⁾を参考に、経年による環境変化も考慮して調査の焦点を絞った。

次に、フィールド調査・観察の結果から、「ユーザーの要求事項の明示」として、課題の抽出を行なった。視覚障がい者の鉄道駅における円滑な移動を妨げるものは、大別すると2つある。1つは、通路上の障がい物や階段、柱などの構造物であり、もう1つは、他の駅利用者の動き(例:白杖をもつ視覚障がい者に直前まで気づかない。混雑時の人の流れを視覚障がい者が把握しづらい。等)であった。課題の解決を要件として、アイデアを発想し、コンセプトをまとめた。抽出した課題のうち、駅の構造物に由来するものは、工事を伴うバリアフリー化が必要となるが、それを担うのは鉄道事業者であり、実際に各事業者は積極的にバリアフリー化を進めているので、これを待つしかない¹⁵⁾¹⁶⁾。ロボットには、このような施設・設備面のバリアフリーに依存せずに、対象ユーザーの円滑な移動を支援する役割が求められる。そこで、

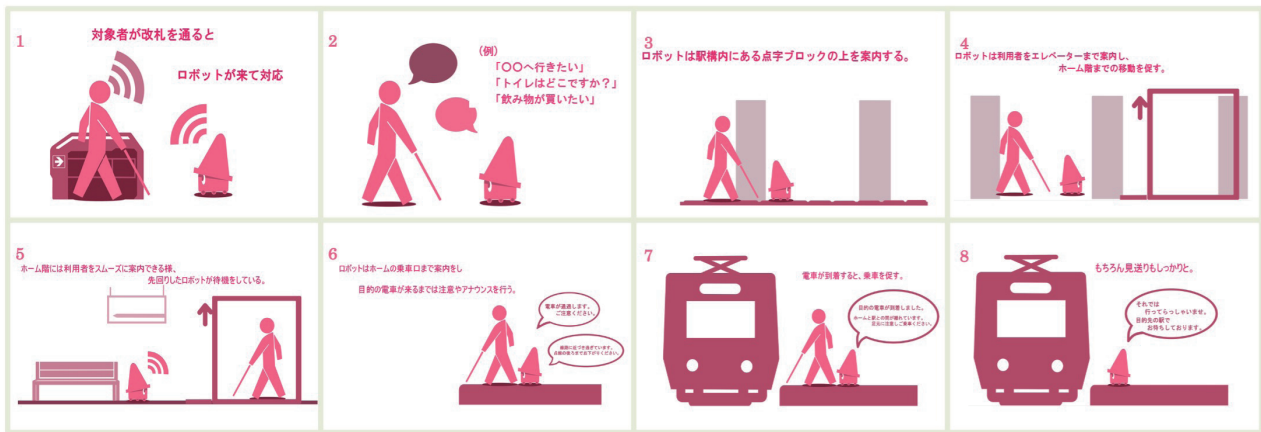


図2 利用場面のストーリーボード

ロボットのコンセプトを『人々の振る舞いを変えるロボット』とし、視覚障がい者の存在を周囲に知らせて手助けや配慮を促し、周囲の人が自ら動きたくなる気持ちを喚起させることにより、「心のバリアフリー」¹⁷⁾を目指すこととした。

第2報となる本稿では、本研究におけるHCDプロセスの計画の「ユーザー要求事項を満たす設計案の作成」で実施した「ストーリーボードの作成」と、「プロトタイプの製作」として開発した移動支援ロボット“MovCone”¹⁸⁾について報告する。

2. 移動支援ロボットMovCone

2.1 ロボットの概要

『人々の振る舞いを変えるロボット』のコンセプトを実機として製作するための手掛かりとして岡田美智男の提唱する「弱いロボット」¹⁹⁾の概念を用いた。弱いロボットとは、ロボットだけで目的を達成することができず、他者を巻き込みながら目的を実現していくロボットのことである²⁰⁾。例えば、「ゴミ箱ロボット」は、『ゴミを拾いたくとも拾えない』という状態を周囲の人に表示し、それを察してもらうことで、無理なくアシストを引き出すように作られている²¹⁾。この無理なく周囲のアシストを引き出す振る舞いは、本研究において提案するコンセプトにとって有効なアプローチといえる。

本研究で提案するロボットMovConeは、視覚障がい者を目的地まで案内しながらも、その存在を周囲の人に知らせ、手助けや配慮を促すために振る舞うという、人と人を媒介する存在でもある。このコンセプトを実現するため、ロボットの外観は人々の注意を惹くことが出来るように、道路や工事現場等で用いられるロードコーンをモチーフにデザインした。また、ロボットが周囲の人の手助けや配慮を促すには、助けたいという感情を喚起させるための「頼りない」動作が必要であると考えられる。そのため、ロボットの実装にあたっては、外観や内部機構の設計に加え、頼りなさを表現する動作の検討も行なった。

2.2 利用場面を記述したストーリーボードの作成

ロボットが利用される場面を具体的に記述するために、ストーリーボードを作成した。ストーリーボードは、映画制作などに広く用いられているほか、製品のデザインプロセスにおいてもデザイナーが製品用途や利用場面を把握するために作成され、製品開発関係者以外の人々とのコミュニケーションにも役立てられている²²⁾。本研究で作成したストーリーボードでは、ロボットの利用場面として、ユーザーが改札を入場してから目的駅までの移動を時系列で記述した。図2に示したストーリーボードでは、次の8つの場面を描いた。(1)利用者が改札を通ると、まずロボットが出迎え

て目的駅を尋ねる。(2)利用者は目的駅をロボットに伝える。この時、トイレや売店など他の場所への希望も伝えて構わない。(3)ロボットは利用者の希望の行き先に向けて案内を開始する。(4)移動が構内の異なる階層にまたがる場合、利用者をエレベーターまで案内する。(5)エレベーターの前で待機していた別のロボットが利用者を迎える。(6)ロボットがホームの乗車位置まで案内し、電車の到着時刻を知らせる。(7)電車が到着すると乗車を促す。(8)ロボットは電車の扉が閉まり、発車するまで見送る。

2.3 ストーリーボードに基づくシステムの構築

ストーリーボードに基づき、ネットワークを利用したロボット間の連携システムを構築した。システムの構成を図3に示す。システムの構築とロボット実機の製作にあたって、各々異なる役割を担う複数のロボットを配置することにした。また、対象とする駅の構造として、改札とプラットフォームが異なる階層にあることを想定した。具体的なロボット間のデータ送受信の流れを図4に示す。まず、受付役ロボットが利用者を迎えた後、目的駅を訊ねて利用者・目的駅のデータをサーバへ送信する。そして、目的駅への運行情報をサーバから取得し、発着時刻等を利用者に伝え、改札付近の案内役ロボットに引き継ぐ。改札付近の案内役ロボットは、利用者・目的駅データに基づく案内先データをサーバから取得して誘導し、プラットフォームの案内役ロボットに引き継ぐ。プラットフォームの案内役ロボットは、利用者・目的駅データをサーバから取得し、乗車案内を行う。利用者が乗車後、乗車列車の運行データをサーバへ送信する。目的駅の案内役ロボットは、利用者の乗車列車の運行データをサーバから取得し、降車する利用者を迎える。

2.4 ハードウェア構成

移動ロボットMovConeのハードウェア構成を

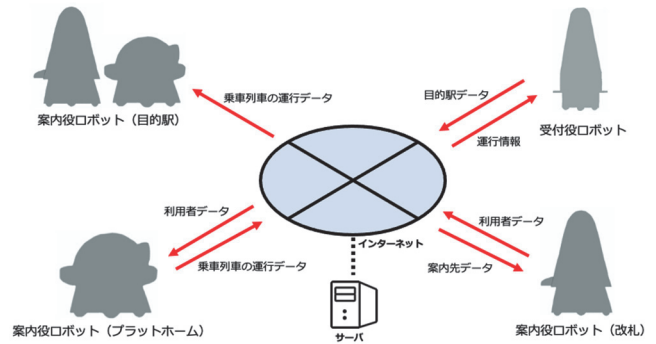


図3 システムの構成



図4 ロボット間のデータ送受信

図5に示す。ロボットは、上部と下部に大きく分けられる。ロボットの上部は、ロードコーンをモチーフとした外装の内部にマイクやスピーカ、外装の支持及びび動作のための機構等で構成されている。ロボットの下部は、コンピュータ、バッテリー、各種センサ類で構成されている。ロボットは、ライントレースによる移動を想定しており、本システムのためにデザインされたラインに沿って走行する。

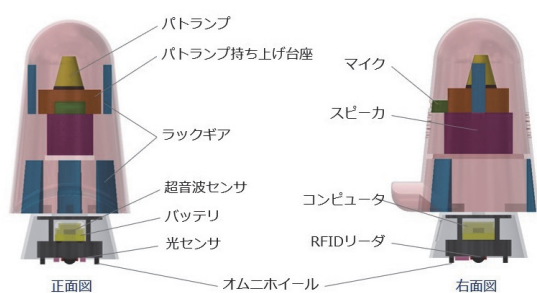


図5 ハードウェアの構成

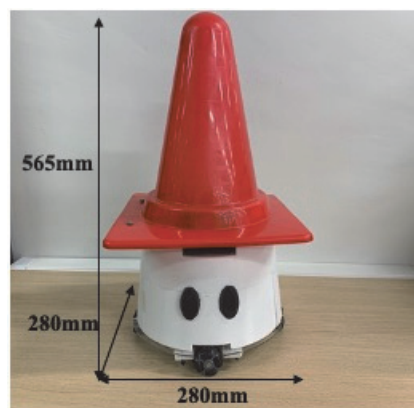


図6 MovConeの外観

3. フィージビリティスタディ

3.1 ロボット実機の試作

移動支援のフィージビリティスタディを行うため、MovConeの実機を試作した。図6に外観を示す。移動機構は、オムニホイール4輪で構成されている。ロボットが案内する時の動作として、ボディの回転による振り向きや真横方向への移動を想定しており、構内におけるライントレースによる移動を行うため、底面にある台座の円周上にオムニホイールを90°毎に装着した。ボディの下部には、ライントレースを実現するための光センサや前方の障害物を検出するための超音波センサを配置した。また、移動の際にライントレースと合わせて分岐点にNFCタグを設置して移動方向を決定するために、NFCタグを検出するためのRFIDリーダを底面の地面側に配置した。頭部にあたるコーン部分の内部には、コーンを支持し上下動を可能にするための機構を構成した。



図7 受付役 (右上) と案内役 (左) のMovCone



図8 エレベーター開扉後に斜方向移動する場面

3.2 移動支援のフィージビリティスタディ

駅構内でのロボットによる案内を想定して、利用者が改札を通過してから、プラットフォームで乗車するまでのシナリオを実行した。駅構造として、プラットフォームの上階部に改札がある橋上駅を設定した。図7では、受付役のロボットに行き先を尋ねられ、利用者が目的地を告げた後、案内役のロボットが迎えに来て、利用者を先導する。ロボットが通路の分岐点を通る時にNFCタグを検知



図9 乗車位置で停止し待機する場面

するが、検知中はロボットが停止するので、利用者も待つことになる。プラットホーム階（以下、ホーム階）に降りるためのエレベーター前に到着するとロボットは利用者と正対する。エレベーターが到着して開扉すると、図8に示すようにNFCタグ（図中の黒丸）の地点からロボットは斜方向に移動して進路を開ける。利用者はエレベーターに乗り込みホーム階に向かう。ホーム階に到着後は、ホーム階の案内役ロボットが利用者を出迎え先導する。乗車位置に到達するとロボットは停止し、電車の到着時刻をアナウンスして待機する。ロボットが乗車位置で待機する場面を図9に示す。電車が到着すると、ロボットは回転して利用者と正対し、エレベーター開扉後と同様の移動によって利用者の進路を開け、乗車を促す。以上のフィージビリティスタディを通じて、利用者の改札入場から乗車までの現実的な利用場面を示すことができた。

4. まとめ

本稿では、HCDプロセスを活用したロボット開発について、「ユーザー要求事項を満たす設計案の作成」として実施した「ストーリーボードの作成」と「プロトタイプの製作」について述べた。実際の利用場面を想定したフィージビリティスタディでは、MovConeの実機を使用して駅構内の移動について検証した。今後は、MovConeのコンセプトである『人々の振る舞いを変えるロボット』としての特徴的な動作について印象評価実験を実施して、本研究におけるHCDプロセスの計画の1サイクル目を完了する。その後も、これまでの開発プロセスの検証を行いながら、ユーザー体験を重視したロボットの開発を続けていきたい。

参考文献

- 1) 黒須正明：人間中心設計の基礎，近代科学社，(2013).
- 2) ISO 9241-210:2010 : Ergonomics of human-system

interaction-Part 210:Human-centred design for interactive systems,(2010).

- 3) 日本工業規格JIS Z8530 : 2019 (ISO 9241-210 : 2010) : 人間工学-インタラクティブシステムの人間中心設計，(2019).
- 4) 安藤昌也；UXデザインの教科書，丸善出版，(2016).
- 5) 吉田敏：産業技術大学院大学紀要，**6**, 16 (2012).
- 6) Stephen L. Vargo & Robert F. Lusch : Journal of Marketing, **68**, 1(2004).
- 7) 長谷川敦士：情報管理，**59**(7) 441 (2016).
- 8) Donald A. Norman : The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition, Basic Books,(2013) (邦訳：D.A.ノーマン，岡本明他訳：誰のためのデザイン？増補・改訂版，第6章，新曜社，(2015).
- 9) Yoshinobu Akimoto et al., Journal of Robotics and Mechatronics, **28**[4]579(2016).
- 10) 角田善彦 他：産業技術大学院大学紀要，**10**,161(2016).
- 11) 宮入麻紀子 他：人工知能学会全国大会論文集 JSAI2018, 4L203(2018).
- 12) 野本恭平 他：日本ロボット学会学術講演会予稿集，**37**, 3J2-07,(2019).
- 13) 平社和也 他：玉川大学工学部紀要，**55**,43-47(2020).
- 14) 田内雅規 他：リハビリテーション研究，**70**, 33, (1992).
- 15) JR東日本：https://www.jreast.co.jp/equipment/equipment_2/
- 16) 東京メトロ：<https://www.tokyometro.jp/safety/barrierfree/barrierfree2/>
- 17) ユニバーサルデザイン 2020 行動計画：https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tokyo2020_suishin_honbu/ud2020kkaigi/pdf/2020_keikaku.pdf

- 18) 川上響 他：第21回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会予稿集，
2160-2161,(2020)
- 19) 岡田美智男：弱いロボット, 医学書院,
(2012).
- 20) 岡田美智男：〈弱いロボット〉の思考 –
わたし・身体・コミュニケーション, 講談社,
(2017).
- 21) Yuto Yamaji et al.:International Journal of
Social Robotics **3**,359,(2011).
- 22) Corrie van der Lelie : Personal and Ubiquitous
Computing,**10**,159,(2006)

2021年3月8日原稿受付， 2021年3月11日採録決定
Received, March 8th, 2021; accepted, March 11th, 2021