

車椅子 DJ : 車輪回転速度に連動した音楽再生車椅子の開発

望月 茂徳^{†1} 目次 護^{†2}

概要: 車椅子に対して ICT 技術を用いた研究として、車椅子の操作性向上に関する研究や車椅子に関する環境整備についての研究が多く行われてきたが、本研究では生活の質 (QOL : Quality of Life) の観点からの研究として、歩くことができないで「やむを得ず」乗る車椅子ではなく、乗ること自体が楽しみとなるような車椅子の開発を行う。そこで、手動車椅子の車輪を腕によって回転し駆動する様を、レコード盤のターンテーブルを腕によって回転させる DJ のメタファーをもって捉え直し、車輪の回転速度に連動させて音楽を再生することのできる『車椅子 DJ』の開発を行った。2つのアートパフォーマンスでの使用や一般利用の事例を紹介する。

Wheelchair DJ: Development of Musical Wheelchair Considering Wheels as Turntables

SHIGENORI MOCHIZUKI^{†1} MAMORU METSUGI^{†2}

Abstract: We develop the Musical Wheelchair named “Wheelchair DJ” that play music considering wheels as turntables. There are many research about development of wheelchair from the point of view of the mobility with ICT technology, on the other hand, there are a few research from the point of view of the QOL(Quality of Life). In this paper, we introduce the “Wheelchair DJ” and activity examples.

1. はじめに

車椅子は、歩行機能に障害のある者に対して車輪付きの椅子によって移動機能を代替するものであり[1]、主には使用者もしくは介護者の腕の力によって駆動する手動車椅子と電動モーターによって駆動する電動車椅子がある。車椅子の利用に関しては様々な給付に関する助成制度があり、介護保険法、労働者災害補償保険法、障害者自立支援法などがある。

車椅子の開発に関しては、1993年の福祉用具法（福祉用具の研究開発及び普及の促進に関する法律）があり、「この法律は、心身の機能が低下し日常生活を営むのに支障のある老人及び心身障害者の自立の促進並びにこれらの者の介護を行う者の負担の軽減を図るため、福祉用具の研究開発及び普及を促進し、もってこれらの者の福祉の増進に寄与し、あわせて産業技術の向上に資することを目的とする。（第1条）」とされている。このときの福祉用具とは、心身の機能が低下し日常生活を営むのに支障のある老人又は心身障害者の日常生活上の便宜を図るための用具及びこれらの者の機能訓練のための用具並びに補装具をいう。（第2条）」と定義されている。このような法整備のもと様々な車椅子が研究開発されてきているが、多くは、下肢機能障害の代替機能（電動車椅子においては、上肢機能障害にも対応する）としての発展が主である。一方で、生活の質 (QOL : Quality of Life) の観点からの発展も取り組まれており、陸上やダンスなどのレクリエーションや競技のため

の各競技に特化した車椅子の開発が行われている。本研究では、車椅子のある生活を楽しむことで QOL を向上させるような、車椅子の特徴である車輪の回転速度に連動して音楽を再生するエンターテイメント型車椅子を開発する。また、2013年障害者差別解消法を背景として、普段車椅子に乗らない健常者も車椅子により良いイメージを持つための側面についても取り組む。

2. 関連研究

車椅子に対して ICT 技術を用いた研究の多くは①車椅子の操作性向上に関する研究②車椅子に関する社会向上についての研究、として分類することができる。例えば前者に関しては、上肢機能障害者の舌先の動きによって前後進、旋回を行うためのインターフェイス開発が行われている[2]。また、橋場ら[3]、高ら[4]、水口ら[5]は、音声認識技術を用いた車椅子の操作技術について研究を行っている。森川ら[6]は、筋電位および眼電位に基づくジェスチャにより車椅子を制御する方法について研究を行っている。これらの研究は主に電動車椅子に対する機能付加であり、その発展としてインテリジェント車椅子[7]やロボット車椅子[8]など、センサを多用した自律制御化が研究されている。車椅子に関する社会向上についての研究としては、車椅子使用者が混在する空間設計のための群衆の流動特性に関する研究[9]や車椅子利用者に対する最適ルートを提示するナビゲーションシステムの研究[10]などが挙げられる。

一方で、QOL の観点からの車椅子の開発については、機能面を重視した開発に比べてあまりなされていないのが現

^{†1} 立命館大学映像学部
College of Image Arts and Sciences, Ritsumeikan University

^{†2} 株式会社プリズム
Prism Co.,Ltd

状であると言える。一刈らは「車椅子利用者が衣服を購入する際には、車椅子から降りての採寸や試着が困難であり、車椅子に適したデザインの服が少ないなど問題が多い」と指摘した上で、車椅子に乗ったままでのバーチャルな試着を行えることを目的とした着装シミュレーションシステムを提案している[11]。ファッションと車椅子に関しては、機能面だけではなく、着席したときの立ち姿の美しさにもフォーカスした電動アシスト付き車椅子の開発[12]は、車椅子とアート、デザインとの融合への方向性を示している。パフォーマンス作品『border』では、HMDを装着した観客がコンピュータ制御により自動走行する電動車椅子に着席してVR、ARコンテンツを鑑賞する作品のためのデバイス開発が行われている。

3. 『車椅子 DJ』の開発について

本研究では、ICT技術を用いた車椅子の発展として、下肢機能障害による運動代替機能、移動代替機能の開発や向上というよりも、QOLの観点からの車椅子の開発を行う。言い換えれば、歩くことができないので「やむを得ず」乗る車椅子ではなく、乗ること自体が楽しみとなるような車椅子の開発を行う。そこで、手動車椅子の車輪を腕によって回転し駆動する様を、レコード盤のターンテーブルを腕によって回転させるDJのメタファーをもって捉え直し、車輪の回転速度に連動させて音楽を再生することのできる『車椅子 DJ』の開発を行う。簡単に言えば、任意の音楽ファイルに対して、車椅子が前進すれば再生を行い、後進すれば逆再生になるようなものであり、ゆっくり進めばスロー再生に、早く進めば早送りすることができ、車輪を前後に素早く動かせばスクラッチプレイのような反応を楽しむことができる。

開発したシステムは、車輪に取り付けるジャイロセンサの値を無線接続で受信するコンピュータと、車輪回転速度を音楽ファイルの再生速度に変換するプログラムおよび再生スピーカーからなる(図1)。今回、ジャイロセンサとして、任天堂Wiiリモコンを各車輪にひとつずつ装着して用いた。ジャイロセンサの値を受信するコンピュータとしてRaspberry Pi 2 Model B (OS: Raspbian Wheezy, PLANEX BT-Micro4 Bluetoothアダプタ付き)を用いた。任意の最大車輪回転速度 W_m によって正規化された車輪回転速度 W から任意の最大再生速度 P_m を用いて音楽再生速度 P を算出した。車輪の立ち上がりに対して、ガンマ補正を行いながら再生速度に変換することがより自然な再生速度変化に感じられた経験則から、次式によって変換を行った。

$$P = P_m \left(\frac{W}{P_m} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

γ 値は、車椅子利用者の腕力や加速力、好みに応じて調整

することができる。音楽ファイルの再生についてはDJソフトウェア上で再生することとし、算出された音楽再生速度をDJソフトウェア上のジョグホイールの回転速度として適応させるMIDI変換を行った。車輪回転速度-音楽再生速度変換プログラムから直接音楽ファイル再生を行うのではなく、わざわざDJソフトウェアを経由する理由としては、DJのメタファーを用いる本研究の手法が通常のDJが行っている様々な音響効果やDJバトルといったインタラクションへの拡張性を見越すことができ、そのための今後のさらなる開発を容易にするためである。今回はオープンソースDJソフトウェアであるMixxxを用い、車輪回転速度から音楽再生速度への変換およびMixxxへの連携のためのMIDI変換はPythonを用いてプログラミングした。

ジャイロセンサは両輪にひとつずつ装着されており、回転速度が速いほうの値を採用することになっている。また、内輪差が閾値を超えた時にFrangerなどの音響効果を施す設定を行うことができる。

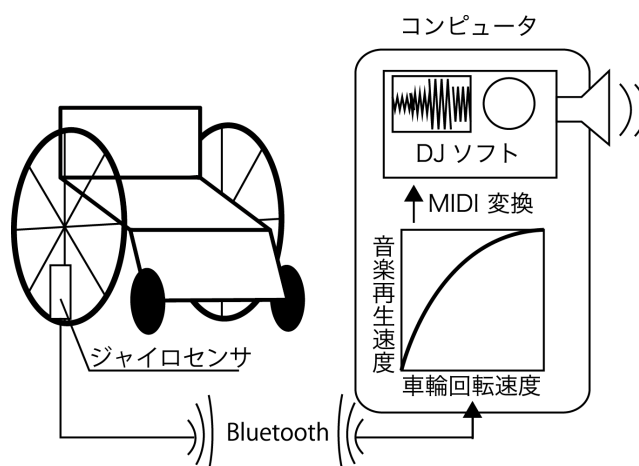


図1: 車椅子 DJ システム概要

この『車椅子 DJ』のシステムは、ジャイロセンサを車輪に装着することが可能であれば、どのような車椅子にも適応可能である。従って、車椅子利用者にとって慣れた自分の車椅子を、気軽に音楽を楽しむ車椅子へと変身させて楽しむことができる。あるいは、アートパフォーマンス用に演出家によって用意された車椅子に適応することができる。この使用例については次節以降で述べる。

4. 使用例

4.1 パフォーマンスにおける利用例

本研究で開発した『車椅子 DJ』は、車椅子のダンサーによるダンスパフォーマンス舞台に利用された。まず『劇団 テイクバ+循環プロジェクト』(演出 砂連尾理, Theater Thikwa Fidicinstraße 40, Berlin, 2012 および KYOTO EXPERIMENT 元立誠小学校会場, 京都市 2012) は、日独共同プロジェクトで、障害者芸術を行っているベルリンの団体 Theater Thikwa と神戸市の身体芸術に関わる NP0 法人

DanceBox との共催で行われた。作品では、車椅子のダンサーと健常者のダンサーがコンタクト・インプロヴィゼーションを行いながら障害者と健常者の協働による身体表現の追求や相互コミュニケーションの可能性の追求を行う場面に『車椅子 DJ』を利用することとなった(図 2)。この舞台作品が本研究の第 1 プロトタイプ開発となり、基本的な機構の開発の基盤となった。この時点では、制御用コンピュータは MacBookPro を用いた。



図 2 :『劇団ティクバ+循環プロジェクト』での使用例

次に、『SLOW MOVEMENT The Eternal Symphony 1st mov.』(総合演出 栗栖良依, 国連大学, 渋谷区, 豊洲公園, 江東区, 2015)では, NPO 法人 SLOW LABEL 主催によって行われたダンスパフォーマンス舞台であり, 身体/知的障害者と健常者による協働芸術表現の追求とインクルーシブ社会形成への発信を目的として行われた。この舞台では, ヤマハ発動機株式会社とヤマハ株式会社が共同で開発したパフォーマンス用電動アシスト付き車椅子『&Y』[14]が使用され, パフォーマンス用にデザインされた筐体と布型スピーカー-TLF がヨットの帆状に加工され筐体に設置されている。そのため, 車椅子 DJ システムの音声出力を TLF に接続し, システムは筐体内部に格納している(図 3)。



図 3『SLOW MOVEMENT The Eternal Symphony 1st mov.』での使用例(写真撮影 427F0T0)

2つのパフォーマンスにおいては, 演出家らによって『車椅子 DJ』は, 既存の車椅子のイメージを大きく変え, 車椅子ダンサーの身体と連動して音楽が出る車椅子はアートパフォーマンス上で有効に働くことが評価された。

4.2 一般使用における使用例

一般向けの使用例としては, アートやデザイン, 新しいテクノロジーの利用による福祉機器の地位向上を目的とした福祉機器の展示会である超福祉展(渋谷ヒカリエ 8/, 渋谷区, 2015)において展示を行った。このときは, 前進/後進のみならず自由に旋回操作ができるようなバスケットボール用車椅子をベースとして利用し, 車椅子の既存のイメージを変える楽しさへの演出として, LED による装飾を付加した(図 4)。この LED による装飾は, 聴覚に障害がある人にも車椅子利用者の身体動作と連動していることがわかるようにするという意図もある。



図 4 : 超福祉展における LED を付加した『車椅子 DJ』

超福祉展では, 開催期間中の 2015 年 11 月 14, 15 日において試乗会を行った。試乗会に参加した人数は, 日常での車椅子利用者 10 名および車椅子利用者ではない方 77 名である。車椅子を利用しない方が大半を占めるもの, そのうち約 30%の 23 名が仕事などで車椅子と関わりがあることがわかった。普段からの車椅子利用者とそうでない非・車椅子利用者それぞれに対して, 「Q2. 車椅子 DJ を体験してどうだったか」「Q3. 車椅子へのイメージが変わったか」についてアンケートを行った。このアンケート結果をそれぞれの割合において示す(表 1)。結果としては, 展示会全体の雰囲気の良いもあり, ややバイアスのかかった状態であったかもしれないが, 好評価を得ている。具体的な声としては, 車椅子利用者からは「車椅子がエンターテインメントの一部として考えられているのが良く, 楽しい気分になれる」などの意見や「自分が楽しいだけでなく, 他人まで車椅子のイメージを変えることが出来る」「付加価値として新たな分野のキッカケになる」などの意見があった。普段車椅子

に乗らない回答者からは「車椅子に乗る＝ダサイというイメージがあったが、車椅子に乗らない人にも乗りたいと思わせることが出来る車椅子だと思える」「車椅子に乗ることそのものを楽しむ、ワクワクするという発想が斬新で、新品のスニーカーを履いた時のような感覚を抱いた」「障害者の方もそうでない方も皆が楽しめる乗り物という感じ」など、車椅子自体に新しい感覚を得ていることがわかる。製品化について尋ねられる一方、普段使いとしての実用性を問う声もあった。

	車椅子利用者 (%)	非・車椅子利用者 (%)
Q2 とても良かった	70.0	63.6
Q2 良かった	30.0	36.4
Q2 良くなかった	0.0	0.0
Q2 悪かった	0.0	0.0
Q3 とても変わった	37.5	41.6
Q3 変わった	50.0	49.4
Q3 あまり変わらなかった	0.0	7.8
Q3 変わらなかった	12.5	1.3

表 1: 超福祉展でのアンケート集計

5. おわりに

本研究では、ICT 技術を用いた車椅子の開発を QOL 向上の観点にたち、車輪の回転速度に連動して音楽を再生することのできる車椅子の開発を行った。また、2つのアートパフォーマンス、および一般利用者向けの利用事例について述べた。この研究の意義としては、新しい表現形態や表現者の開拓や車椅子利用者の日常の楽しみの提供にとどまらず、障害者と健常者の関心を接続させるメディアとしての車椅子の可能性が考えられる。引き続き、実社会での利用事例を蓄積しつつ、詳細な分析を進めながら開発を進めていくことが課題である。

謝辞 『劇団ティクバ+循環プロジェクト』における共同制作に関して演出家/振付家の砂連尾理さん並びに関係者の皆様、『SLOW MOVEMENT The Eternal Symphony 1st mov.』における共同制作に関して総合演出の栗栖良依さん並びに関係者の皆様に感謝いたします。また、超福祉展 2015 における展示に関して、主催であるピープルデザイン研究所ならびに共催である超人スポーツ協会、アンケートにご協力頂いたご来場者の皆様に感謝いたします。本研究は科研費 25510017 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 松原 勝美, 松澤 正, "移動補助具一杖・松葉杖・歩行器・車椅子", 第 2 版, 金原出版, 2009
- [2] 一ノ瀬 裕, 和久本 雅彦, 本多 清志, 東 輝明, 佐藤 準二, "ワイヤレス式舌圧センサを用いたヒューマンインタフェースと電動車椅子の制御への応用", 電子情報通信学会論文誌. D-II, 情報・システム, II-パターン処理, 一般社団法人電子情報通信学会, Vol.86, No.2, pp.364-367, 2003
- [3] 橋場 参生, 中島 康博, "音声操作型電動車椅子の開発と評価", 電子情報通信学会技術研究報告. WIT, 福祉情報工学, 一般社団法人電子情報通信学会, Vol. 102, No.493, pp.29-34, 2002
- [4] 高 強, 西原 主計, "音声制御の車椅子", 電子情報通信学会技術研究報告. SSS, 安全性, 一般社団法人電子情報通信学会, Vol.103, No.85, pp.1-4, 2003
- [5] 水口 正治, 西森 雅人, 村井 彰, 齊藤 剛史, 尾崎 知幸, 小西 亮介, "音声命令による電動車椅子の操作", 電子情報通信学会技術研究報告. WIT, 福祉情報工学, 一般社団法人電子情報通信学会, Vol.108, No.67, pp.49-54, 2008
- [6] 森川 真依子, 高橋 和彦, 橋本 雅文, 島田 将成, "生体信号による電動車椅子の走行制御", ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, 一般社団法人日本機械学会, "2P1-E21(1)"-"2P1-E21(4)", 2008
- [7] 高橋 良彦, 香田 真佳, "インテリジェント車椅子の開発", 日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集, 一般社団法人日本機械学会, 2005(11), pp.327-328, 2005
- [8] 小林 貴訓, 高野 恵利衣, 金原悠貴, 鈴木 亮太, 久野 義徳, 小池 智哉, 山崎 晶子, 山崎 敬一, "同伴者の振舞いの観察に基づいて自動併走するロボット車椅子", 情報処理学会論文誌, 情報処理学会, Vol.53, No.7, pp.1882-77642, 2012
- [9] 土屋 伸一, 古川 容子, 宮野 義康, 吉田 直之, 長谷見 雄二, "車椅子使用者が混在する群集の流動特性に関する研究", 日本建築学会環境系論文集, 一般社団法人日本建築学会, Vol.571, pp.1-7, 2003
- [10] ワッタナワラオンクン ナッタポップ, 若原 俊彦, "スマートフォンを用いた車椅子用の屋内ナビ支援手法", 電子情報通信学会技術研究報告. MoMuC, モバイルマルチメディア通信, 一般社団法人電子情報通信学会, Vol.112, No.308, pp.33-38, 2012
- [11] 一刈 良介, 大西 正輝, 蔵田 武志, "RGB-D カメラを用いた車椅子利用者のための AR 着装シミュレーション", 電子情報通信学会技術研究報告. MVE, マルチメディア・仮想環境基礎, 一般社団法人電子情報通信学会, Vol.113, No.227, pp.83-88, 2013
- [12] 『02GEN』, ヤマハ発動機株式会社, <http://global.yamaha-motor.com/jp/yamahastyle/design/features/concepts/02gen/> (2015/12/18 確認)
- [13] 『border』, Rhizomatiks Research, <http://www.rzm-research.com/border/> (2015/12/18 確認)
- [14] 『&Y』, ヤマハ発動機株式会社, ヤマハ株式会社, <http://www.yamaha.co.jp/design/andy/> (2015/12/18 確認)