

## 電動車いすシミュレーションソフトの開発

著者	塚本 光夫, 辛川 孝弘
雑誌名	熊本大学教育学部紀要 自然科学
巻	49
ページ	139-146
発行年	2000-12-15
その他の言語のタイトル	Development of Simulation Software for a Motorized Wheelchair
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2298/2398">http://hdl.handle.net/2298/2398</a>

## 電動車いすシミュレーションソフトの開発

塚本光夫・辛川孝弘\*

### Development of Simulation Software for a Motorized Wheelchair

Mitsuo TSUKAMOTO and Takahiro KARAKAWA\*

(Received September 1, 2000)

A computer application that is able to simulate the operation of a motorized wheelchair has been developed. An operator can travel in 3-dimensional imaginary space on 2-dimensional display screen. All operations in this software can be worked by using a joystick. The direction of traveling depends upon the direction of leaning the joystick in the course that has some walls, roads, paths and obstacles. An operator can select a suitable course for its ability in 4 courses in which the degree of difficulty is different. The results from the practice of this software in a school of handicapped children are the following: The operation of this simulation software needs the development of intelligence or learning to recognize an expression of 3-dimensional imaginary space using a perspective. A flat course removed obstacles as much as possible is necessary for the operators whose intelligent developments or functions of upper limbs are insufficient.

**Key words** : simulation, software, motorized wheelchair, 3D imaginary space, operation

#### 1. 緒 言

身障者あるいは高齢による機能障害や機能低下をもつ者が, 一人の人間としての機能を補ったり, 意欲的な生活を営むことができるようにするためには福祉用具が必要である. 特に下肢機能の障害や低下を持つ者にとって, 杖, 歩行器, 車いすなどの歩行用福祉用具は欠くことができない. このうち車いすは下肢機能障害が著しい者が移動するために利用する用具として広く知られている.

車いすを大きく分けると, 手動車いすと電動車いすの2つ<sup>1)2)</sup>があり, 特に, 上肢の筋力不足や機能低下あるいは内臓への負担が大きい身体障害者の場合, 電動車いすの利用が不可欠になる. 電動車いすはいずれもバッテリーを電源とし, モータによって推進と変速ができる機構になっている. 肢体不自由者が利用することが多い電動車いすの走行用コントローラは棒状で, 車いすの左右いずれかの肘受けに設置されている.

養護学校の電動車いすの乗車練習では, 最初にスイッチなどを利用した腕のリハビリ運動を実行する. それが適度に習得できた後に電動車いすに乗車するが, 初めての経験に児童生徒は戸惑いを隠せないでいる. その原因としては, 電動車いすの独特の走行感, 速度調整の難しさ, コントローラと電動車いすの動きが関連付けられない等が考えられる.

そこで本研究では, コンピュータを用いた電動車いすの操作をシミュレートするソフトウェアの開発を行って, 学校現場での活用を実施し, 以下の内容を明らかにすることを本研究の目的とする.

---

\* 熊本大学大学院教育学研究科

- 1) 肢体不自由者が無理なく操作でき、電動車いすの感覚と操作法を身につけることができるソフトウェアを開発する。
- 2) 開発したソフトウェアを養護学校で活用し、それが有用であるかを検証する。

## 2. ソフトの仕様と調査方法

本ソフトの開発を以下のような仕様および概念に基づいて行った。

- 1) 仮想空間を画面上に作成し、その中にある床面あるいは地面を自由に走行できるものとする。
- 2) 仮想空間は操作する側から見て3次元に表示されたものとする。
- 3) 全ての入力操作をジョイスティックで行う。
- 4) 難易度の異なるコースを設定し、それらの中から自由に選択するものとする。

本ソフトは以下の3つのプログラムより構成される。

- (1) 仮想空間画面表示プログラム (ACK-3D<sup>4)</sup>)
- (2) ジョイスティック操作プログラム (JoyToKey<sup>5)</sup>)
- (3) 選択操作プログラム

上記 (3) の選択プログラムは本研究で Microsoft Visual C++ を使用し開発した部分で、上記 (1) と (2) はフリーウェアソフトである。本ソフトウェアは肢体不自由者を対象者としているので、シミュレーション部分だけでなく、選択部分においてもジョイスティックでの操作を可能とした。図1に3次元仮想空間の例を示す。3次元仮想空間は図1のように遠近法を用いた2次元画像を表示することによって実現される。図1では壁に囲まれた通路の例で、壁は障害物となって通過することはできず、通路だけを走行することができる。

本研究で開発したソフトウェアの調査対象を、現在、手動車いすに乗っているが、将来、電動車いすに乗る可能性がある知的障害を併せ持った児童生徒とする。調査は、教師および観察者が生徒のソフトの操作状況を見て評価する方法をとった。

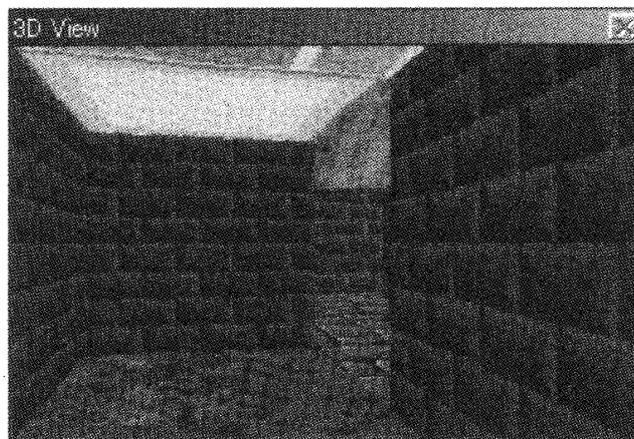


図1 3次元仮想空間画面の例

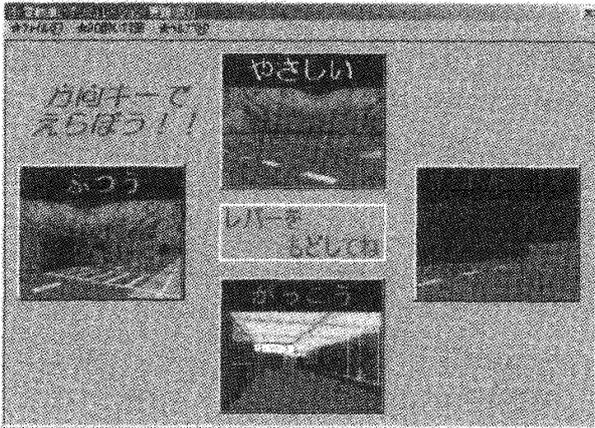


図2 コース選択画面（起動画面）

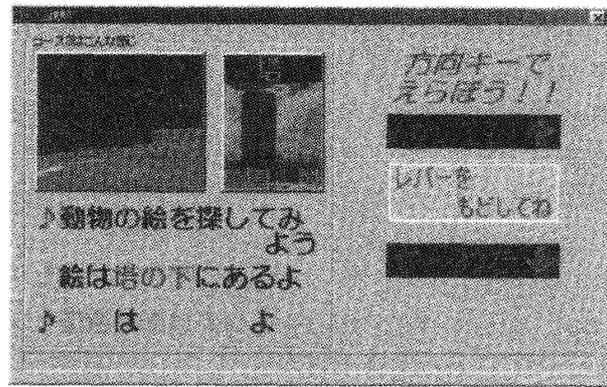


図3 コース決定画面

### 3. ソフトウェアの開発

#### 3.1 選択プログラムの開発

本ソフトウェアを起動すると図2に示す画面が表示される。肢体不自由者においてはマウスやキーボードでの入力は困難と考えられ、そのためジョイスティックを各コースの方向に倒し、レバーを中立位置に戻すことによって、図3のようなコースの説明と目標の説明を示すコース決定画面が表示されるように設定した。

初期型ソフトでは、コース選択画面およびコース決定画面において、児童生徒が操作棒を倒し続ける状態になることが多く、操作棒を中立位置に戻すという操作ができなかった。そこで、操作棒を倒して中立位置に戻したときに選択されるという操作仕様を追加した。この操作は、電動車いすの操作（操作棒を中立に戻すと動きが止まる）と一致する。また、これは、連続入力を不用意あるいは誤操作により選択画面、決定画面、シミュレーションへとという操作が連続して行われることを防止するためでもある。さらに誤操作を防止するために、たとえば選択画面で上下の操作によって選択するコースの場合、決定画面においては左右の入力で決定あるいはキャンセルを選択するようにした。

#### 3.2 コースと走行速度の設定

本ソフトでは4つのコースを設定した。各コースの基本的な仕様を以下に示す。

1) コースやさしい（難易度：易）

入力機器の操作の理解と習得をするためコースである。障害物が数個存在するが、移動できる範囲は狭く、簡単に全ての場所を見ることができる。

2) コースふつう（難易度：並）

道路が存在するコースである。迷路状になっており、大きな建物が目印となる。

3) コースむずかしい（難易度：難）

入り組んだ曲がり角、細い通路などが多数存在する。このコースに設定された目標を達成すると、ジョイスティックの操作を理解・習得したことになる。

4) コースがっこう

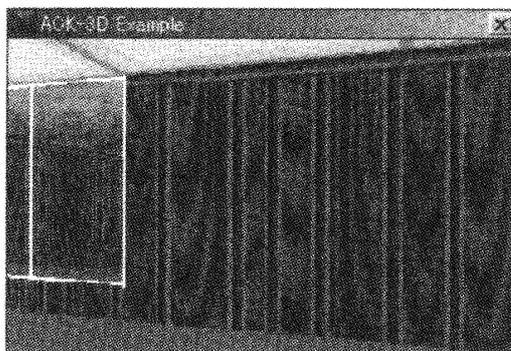
養護学校の見取り図を元に制作したコースである。楽しく学習するために用意した。

初期型ソフトを使用した調査では、「コースやさしい」の目標を達成することができない生徒がいた。コース内に設定された部屋が狭い、壁と壁との距離が十分に取れていないことが原因となり、わずかな移動ですぐに壁に衝突して、図4(a)に示す壁の画像が図4(b)のように画面全体に表示され、移動ができない状態になっていた。入り組んだ曲がり角や狭い通路が多数存在すると、旋回量の微妙な調整ができない児童生徒の場合、回避動作を円滑に行うことは難しい。

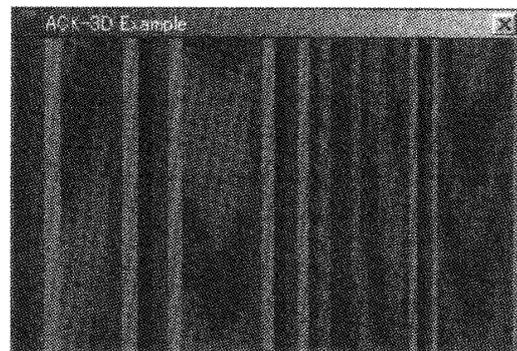
そこで改良型ソフトでは、表1に示すような変更を行った。特に、「コースやさしい」においては、新たにコースの設計・製作を行っている。図5に初期型ソフトと改良型ソフトの「コースやさしい」の比較を示す。

また、初期型ソフトでは壁の色と床の色が同じ系統の色で塗られていたために、児童生徒が壁と床の判別がしにくいようであった。そこで、改良型ソフトでは配色に配慮した。

児童生徒たちがコースの角や行き止まりなどで自分の位置が把握しづらく、ゲームの続行不能状態になることがあった。操作不能に陥る原因の一つとして、図6(a)に示すようにゲーム画面全体に壁が表示されることにあると考えられる。この状態を防止するため、壁の前に通常の壁よりも高さの低い、壁の向こう側が見える壁を設置した。これにより画面は図6(b)に示すようになる。この状態で壁に衝突しても低い壁のために向こう側が見える。このまま壁に沿って移動しても、衝突した壁とその向こう側の壁との距離があるために画面が壁で埋め尽くされることがなくなり、壁に衝突した状態でも自分の位置を認識することが可能である。



(a) 壁に近い位置での画面状態

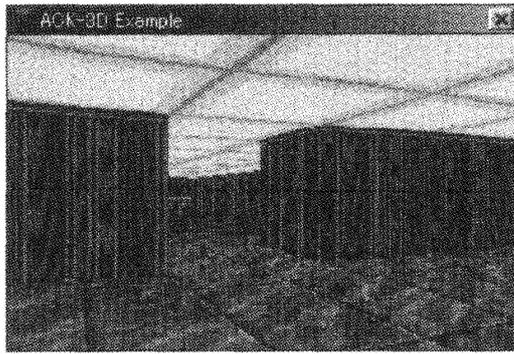


(b) 壁に衝突したときの画面状態

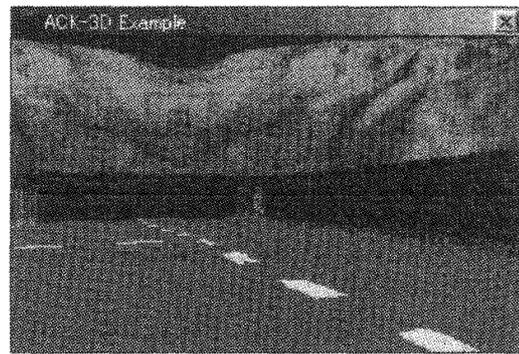
図4 壁の画面表示状態

表1 コース設定における初期型から改良型への変更点

コース名	初期型ソフト	改良型ソフト
コースやさしい	大小あわせて部屋が3個ありそこから庭へでる。	簡単な曲がり角と障害物が数個ある広い平野である。壁に直接ぶつからないよう工夫した。
コースふつう	簡単な曲がり角が多数存在し、数個の障害物がある。	曲がり角の数を少なくし、壁に平面を多く取り入れた。細い路地には入れない。
コースむずかしい	入り組んだ曲がり角、細い路地などが多数存在する。	複雑に入り組んだ曲がり角を取り除き、簡単にした。
コースがっこう	各クラス、教室がわかるように、案内板を設置している。	調査により明らかになった箇所を再現した。さらに案内板を増やした。

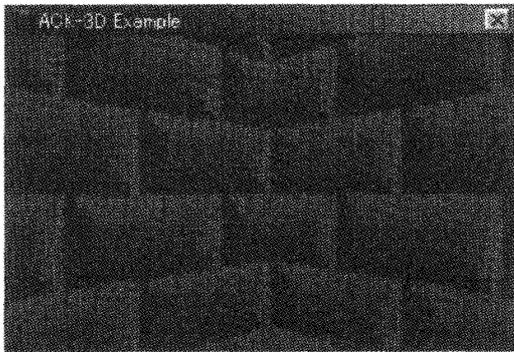


(a) 初期型ソフトの「コースやさしい」



(b) 改良した「コースやさしい」

図5 初期型ソフトと改良型ソフトの「コースやさしい」の比較



(a) 初期型ソフトの壁の取り扱い



(b) 改良した壁の取り扱い

図6 初期型ソフトと改良型ソフトの壁の取り扱いの比較

児童生徒の操作不能に陥る原因の一つに、走行速度が速いということも挙げられる。速度が速いと単に操作が困難だけでなく、目まぐるしく変化する画面がそれを見るものに対し悪影響を及ぼすことがある。これが3D酔いである。この3D酔いを防止するためには、速度を適当な値に調整すれば良い。しかしながら、本研究で利用したシミュレーションエンジン部では走行速度は固定になっており、プログラムを解析し組み直す必要があるが、著作権法上プログラムの改変は難しい。そこで、本ソフトウェアでは、演算装置の処理を遅くさせるためタイマ関数を使用したプログラムを組み込んだ。これにより走行速度が低下する。また、3D酔いは速度だけではなく、長時間利用することにより発生することもある。そこで、このタイマに5分ごとに休憩を取るように、「お休みになってはいかがですか」と音声で警告するようにした。

表2 初期型ソフトの調査対象と操作状況

生徒	学年	電動車いすの経験	TVゲームの経験	前進と後退の操作	目標の達成
A	小1	なし	なし	△	△
B	中2	あり	あり	◎	◎
C	中2	あり	あり	◎	◎
D	小2	なし	なし	△	△

表3 改良型ソフトの調査対象と操作状況

生徒	学年	電動車いすの経験	TVゲームの経験	前進と後退の操作	目標の達成
A	小1	なし	なし	○	○
E	中1	あり	なし	△	△
F	高2	なし	なし	◎	◎
G	中3	なし	なし	△	△
H	高2	なし	なし	○	◎
I	小3	なし	なし	△	△

## 4. 調査結果

### 4.1 初期型ソフトの結果

初期型ソフトの調査対象と調査結果を表2に示す。対象者Bと対象者Cは各家庭でテレビゲームを経験しているために、画面に表示される3次元空間をすぐに理解した。また、この二人は理解度が高く、複雑なコースにおいても難なく走行することができ、設定された目標も全て達成することができた。しかしながら、対象者Aと対象者Dは壁に衝突した状態が続き、そのまま壁沿いに進んでいるか、その場で回転しているかだけであった。また、その状態が続くために、対象者Aは気分が悪くなったのか、画面から目をそらす行為がしばしば見られた。

コースの適切さに着目すると、対象者が利用した「コースやさしい」においても、達成できたのが対象者Bと対象者Cの2人だけで、対象者Aおよび対象者Dに関してはスタート地点の部屋から出ることさえできなかつた。これは、走行直後に壁に衝突して画面全体に壁だけが表示されることに寄因しており、部屋の壁から壁までの距離が十分に取れていなかったためと考えられる。また、対象者AとDが「コースふつう」を利用しても、「コースやさしい」と同様に壁に衝突し旋回だけを繰り返して行っていた。このことから、初心者あるいは操作棒の操作が不十分な対象者向けのコースは、曲がり角を極力減らし障害物もない平坦なコースが適当であると考えられる。

### 4.2 改良型ソフトの結果

表3に改良型ソフトの調査対象と調査結果を示す。生徒Aは初期型ソフトの調査にも参加した児童である。改良型ソフトウェアの「コースやさしい」では、不安定ながらも前進および後退ができた。また、左右に旋回し続けることもなく、自分の意思で旋回の調整を行っていた。初期型ソフトウェアを利用した調査時に比べ格段に操作能力が向上していた。また、設定された目標もわずかではあるが達成できた。

全対象者の中に電動車いすの経験者は対象者Eのみであった。しかしながら対象者Eは初期型ソフト調査の時の対象者Aと同様に旋回だけを行い、前進と後退を継続して行うことができなかった。

対象者Fおよび対象者Hは、「コースやさしい」に設定された目標を簡単に達成することができた。また、「コースふつう」に変更しても難なく操作することができた。ただし対象者Fに関しては、「コースふつう」に設定された目標では、障害のために対象者Hに比べ腕の力が若干弱く、停止を行う際に意図する場所に停止できなかった。また生徒Hは、不安定な操作が目立ったが難なく目標を達成することができた。対象者Gはジョイスティックを両手で握り操作を行っていた。しかしながら、操作してもすぐに操作を止めた。また、長い時間操作しても、同じ場所で旋回している状態が長く続いていた。対象者Iは同じ場所での旋回が多く見られ、直進と後退はできなかった。

電動車いすの経験もなく、TVゲームの経験もない対象者Fと対象者Hは改良型ソフトウェアの「コースやさしい」および「コースふつう」を難なく操作した。一方、電動車いす経験者である対象者Eが操作したと、同じ場所での旋回が見られ不安定な操作が目立った。したがって、電動車いすの経験が必ずしも本ソフトウェアの操作に優位に作用しているとは考えられず、むしろ、発達段階や個別学習能力あるいはソフトウェア習熟の差異に起因しているものと考えられる。

特に、本ソフトウェアのような2次元画面内に3次元の仮想空間を表現したものでは、大きく表示されたものは見ている者と近い距離に存在し、小さく表現されたものは遠い距離に存在するという概念、すなわち、遠近法の考えを理解する必要がある。遠近法の理解には学習と発達が必要で、たとえば、健常者の小学校低学年程度の児童の図画の作品を見ると、家などの建築物よりも後方にある人物の方を建築物よりも大きく描く例が少なくないが、高学年や中学校に進むにつれて遠近法に基づいた絵を描くようになる<sup>6)</sup>。また、現実の空間では自分自身の周辺や足元などを目で確認することが可能な範囲は広いが、コンピュータソフトが作り出す仮想空間はディスプレイなどの画面表示可能領域に限定されるため、仮想空間と現実の空間とを結びつける学習や知的発達が必要となる。初期型ソフトウェア利用調査の対象者である対象者Bや対象者CはTVゲームの経験があることからこの仮想空間と現実空間との関連をすでに学習していたものと考えられる。

過去にTVゲームの経験もなく電動車いすの操作の経験もない対象者Aは初期型ソフトウェアでは旋回運動が見られたものの、改良型ソフトウェアでは操作の進歩が認められ、画面上の仮想空間を理解して操作している様子がうかがえた。そのため、本ソフトウェアを繰り返し利用することで、仮想空間の遠近感覚を理解し、自分の腕や手、指などの筋肉の運動機能に関連付けることが可能となることが明らかとなった。特に、改良型ソフトウェアでは「コースやさしい」の内容を改め、可能な限り障害物となる壁等を排除し、走行可能な空間を広く取るという手法をとった。この改良が対象者Aの操作の進歩につながったものと考えられる。

以上のことより、以下のことが明らかになった。

- 1) TVゲームなどの経験により、3次元空間の映像を容易に理解でき、安定した操作を行うことができる。
- 2) 高等部の生徒は初回の利用でも操作ができていたことから、本ソフトウェアを操作するには遠近法を理解できる知的発達が必要である。
- 3) 数回の利用で、旋回運動の繰り返しが減少して、直進や後退の維持ができ、進行方向の修正動作が見られるようになる。したがって、知的発達が遅れていても、反復練習を行うことで3次元空間に対する理解力と操作能力が向上する。
- 4) 初心者または操作棒の操作が不十分な対象者向けのコースは壁や障害物を極力なくした平坦なものがよい。

## 5. 結 論

本研究では、肢体不自由者の児童生徒が電動車いすの実車走行の前段階としての訓練を行うために用いる電動車いすシミュレーションソフトの開発とその有用性を検証した。開発したソフトウェアの基本仕様は以下のとおりである。

- 1) 3次元仮想空間を画面上に作成し、その中の床面や地面を自由に走行できる。
- 2) 壁や障害物などを設定した難易度の異なるコースを4つ用意し、それらを自由に選択できる。
- 3) 入力機器としてジョイスティックを採用し、全ての操作をジョイスティックで行う。

この仕様に基づき、C言語を用いてソフトウェアを開発した。また、有用性を検証するため、開発したソフトウェアを用いて養護学校で調査を行った。その結果に基づき、ソフトウェアの改良を行った。その結果、遠近法を把握すれば、本ソフトウェアの3次元仮想空間を理解できるものと考えられ、開発したソフトは、電動車いすの実車走行の前段階としての訓練と視覚と運動機能との連動の訓練および遠近法理解の訓練に有効なものであることが明らかとなった。

## 参 考 文 献

- 1) 斎場三十四編著：障害者・高齢者の自立・介護支援と福祉用具，明石書店，1999.
- 2) 荒木兵一郎監修，仲居多喜雄著：福祉・住環境用語集，学芸出版，1999.
- 3) 厚生省：盲学校，聾学校及び養護学校 教育要領・学習指導要領，大蔵省印刷局，高20，1999.
- 4) Laly L Myers 著，高村誠之 訳：Amazing 3-D Games 3Dゲームプログラミングのコツ，ソフトバンク，1998.
- 5) Ryo Ohkubo, JoyToKey, <http://www.vector.co.jp/authors/VA016823/>
- 6) 白佐俊憲，工藤いずみ：発達心理学基礎テキスト 乳児期から青年期まで，川島書店，1999.