

距離場を用いた力覚歩行支援シミュレータ Haptic Pathway Simulator using the Distance Field

村井 保之* 巽 久行** 宮川 正弘** 徳増真司***

Yasuyuki Murai Hisayuki Tatsumi Masahiro Miyakawa Shinji Tokumasu

1. はじめに

視覚に障害を持つ者が一人で移動するためには移動経路上にあるランドマーク等の環境情報を歩行トレーナーのサポートを受けメンタルマップが生成できるまで繰り返し訓練する必要がある。歩行トレーナーのサポートが受けられない場合、点字マップを利用して机上で歩行訓練を行うことも可能であるが点字マップで提示できる情報はあまり多くない。そこで、筆者等は机上の歩行訓練において、白杖で経路の状態を検知するのと同様の効果を得られ実際の歩行に近い訓練が可能になるよう、触覚情報を提示できる力覚デバイスで白杖を模擬した歩行支援シミュレータを開発している。このシステムの情報提示能力向上のため、筆者らが提案する空間の認識と理解のための“距離場空間モデル”を導入し、訓練を行う部屋の状態(モノが多い、自由空間が広いなど)を言語で提示できるように拡張した。

2. 歩行支援シミュレータの概要

図1に、歩行支援シミュレータの外観を示す。システムは、力覚デバイス Phantom Omni, コンピュータ, 制御ソフト, 経路レイアウトモデルで構成される。力覚デバイスが白杖代わりの利用者インターフェースとなる。経路レイアウトには経路上のランドマーク等の情報が含まれており音声により提示する。

2.1 力覚デバイス

本研究で使用した力覚デバイスは米国 SensAble Technologies 社の Phantom Omni で、デバイスドライバをインストールし、IEEE-1394 インターフェースでコンピュータと接続する。SDK (Software Developer's Kit) が提供されており、ソフトウェア開発が可能である。大きさは、台座サイズ 168mm×203mm, 動作範囲は手首を軸とした片手まわりの力覚ワークスペースで 160mm(W)×120mm(H)×70mm(D), 位置座標分解能 450dpi (0.055mm), 摩擦抵抗

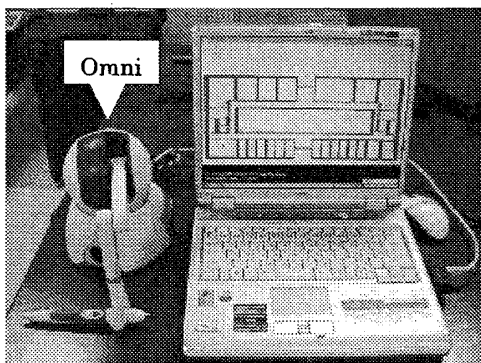


図1 歩行支援シミュレータ (HAWG)

* 日本薬科大学, Nihon Pharmaceutical University

** 筑波技術大学, Tsukuba University of Technology

*** 神奈川工科大学, Kanagawa Institute of Technology

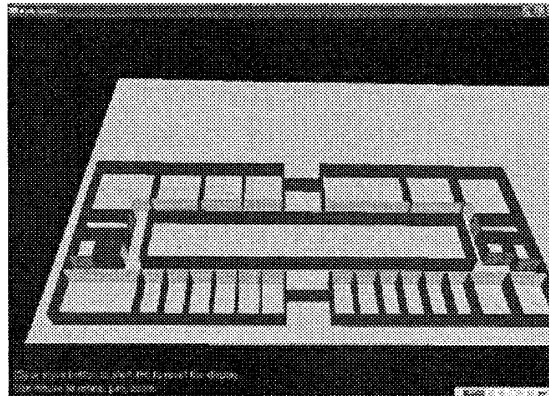


図2 経路レイアウトモデルの例

力 0.26N, 最大提示反力 3.3N, 力覚自由度は 3 (x, y, z), 入力自由度は 3 自由度 (x, y, z) とポインタ回転 (yaw, roll, pitch) の 3 自由度の, 計 6 自由度である。Omni の操作は、スタイラス (ペン状で握り部分にマウスに対応するボタンが 2 つある) の 3 次元動作がコンピュータ内に作成された 3D モデルに反映され、スタイラスの提示反力で感じる力覚でモデルに触れることやモデルを移動することができる。また、図形の質感や材質に応じた反力が返ってくるので、実物に触れている感覚を得ることができる。

2.2 歩行支援シミュレータ

図2は、OpenGL で生成された経路レイアウトモデルである。ディスプレイへの表示はレイアウト作成者や弱視者用であり、表示がなくても操作可能である。OpenGL で生成された経路レイアウトモデルは、SDK で提供される API を通じ Omni へも渡される。経路レイアウト及びランドマーク等の情報はテキストファイルで作成する。利用者は、スタイラスを床の方向 (利用者の正面、ディスプレイの方向) に押しつけることで、床からの反力を頼りに、生成された経路レイアウト上の床や壁に沿って移動することができる (壁や物の境界では抵抗があり、それ以上境界を越えて移動はできない)。また、反力には、堅さ、弾力性、摩擦、等を設定することも可能であり、壁や机などの物に応じて実際の質感に近い反力を返すことができる。また、危険な場所で強力な反力を返すことで危険を知らせることも可能である。

3. 経路レイアウトモデルと経路情報

経路レイアウトモデルの経路情報は、利用者のメンタルマップ生成を容易にするため次のように設定する。図3左は室内レイアウトモデルの例で図中の矩形が机などの物である。右は物に関する情報提示のルールである。利用者が経路上の机などに力覚デバイスで接触した場合、接触位置から現在位置を認識できるよう経路情報をルールに従い音声で提示する。例えば、“机の角 2”と音声で提示された

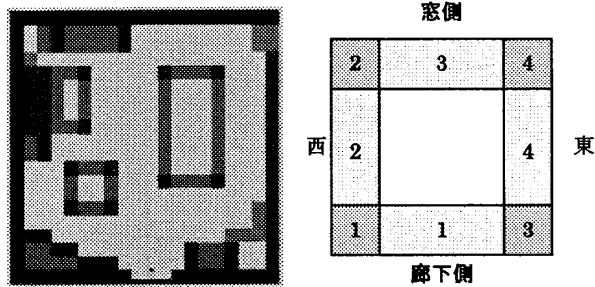


図3 経路レイアウトと経路情報の例

場合、机の窓側で西側，“机の縁3”ならば机の窓側と自分の位置が認識できる。

経路レイアウトモデルは、移動経路上の壁や机などのモノの個別情報を提供できるが、経路がある空間全体の状況（例えば、部屋の奥はモノが多く移動可能な空間が少ない、部屋の中央はモノが少なく移動可能な空間は広いなど）を提供することができない。そこで、本研究では経路が存在する空間全体の状況を距離場空間モデルを用いて提示できるように拡張した。

4. 距離場空間モデルによる状況把握

距離場空間モデルは、空間の占有性（空間にどのようなものがあるか）の認識を容易にするための物体表現モデルである。物体を一般の物理量と同じように空間の場として扱う。それは、距離場とも呼ぶべき場であり、着目する任意の点に関して、対象とする物体の境界に至る距離に関連する情報を求め付与する。本研究では、訓練を行う部屋の状態を、移動や行動が可能な空間と家具や壁などモノが有り移動や行動が不可能な空間を距離場空間モデルでモデル化し、その状態を言語で利用者に提示する。また、安全な移動経路を探索・提示し、歩行訓練を支援する方法を提案する。

距離場空間モデルでモデル化された部屋の状況を把握するため、まず、移動経路上で任意の間隔で距離場を求める。ここで求めた距離場が空間の状況を表す。図4は、訓練用の部屋の距離場を測定した例である。距離場は部屋を15×15に分割しその各点について求めた。各点と点に最も近いモノとの距離が求められる距離場である。図4左で円の大きさが距離場を表す。図4右は測定した距離場をグラフ化したものである。グラフの山の部分は距離場が小さい、すなわちモノが近い、モノが有ることを意味する。谷の部分は距離場が大きい、すなわち移動可能な空間が大きいことを意味する。これよりグラフから部屋には6つ（左側中央の壁は下のグラフでは影になっていて見えない）の大きなモノがあることがわかる。そのうち2つは部屋の左下に、1

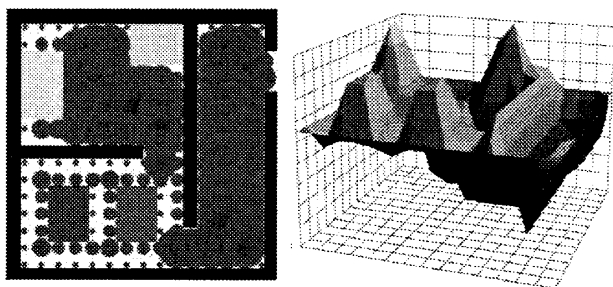


図4 測定された距離場の例

つは上中央に、1つは左上にあることがわかる。距離場により認識された室内の状況を音声で提示する方法として、部屋を9区画に分割し、左上の区画から時計回りに、北西、北、北東、東、南東、南、南西、西、中央とする。それぞれの区画の距離場を基に状況を5段階（移動可能空間が、広い、やや広い、やや狭い、狭い、行動不可能）で提示する。状況は読み上げソフトにより音声で提示され利用者は部屋のおおまかな状態を把握する。また、区画の状況を、点字ディスプレイ上に表示することで利用者が手で触れて把握することも可能である。点字ディスプレイでは区画ごとにピンの密度を変えることで5段階の状況を提示する。

求められた距離場から、筆者等の提案する“距離場A*アルゴリズム”などの経路探索アルゴリズムを用いて安全に目的地まで移動する経路を求めることも可能である。図5は現在開発中のシステムの実行例で距離場に基づき壁沿いに入口から出口まで移動する経路を生成した例である。

5. まとめ

本システムは、視覚に障害を持つ者の室内歩行訓練を利用者が一人で安全に行うことを支援する。今回の改良では、訓練を行う部屋のモデル化に距離場空間モデルを導入したことで、部屋の状況のモデル化が可能となり、利用者に言語で部屋の大まかな状況を提示することができた。また、求めた距離場から移動経路を探索しそれに基づいた訓練を行うことも可能である。これにより、補助者による事前の歩行経路のファイル作成を軽減することができる。本システムで使用した力覚デバイスは視覚に障害を持つ者にとって音声や点字と同等以上の情報提示が可能であるが、利用するには力覚デバイスの操作に慣れる必要がある。今後の課題として次のものを検討している。

- 1) 本システムの有効性を定量的に評価
- 2) 力覚デバイスのパラメータ（硬さ、弾力、摩擦）調整
- 3) 力覚デバイスに慣れるためのゲーム開発

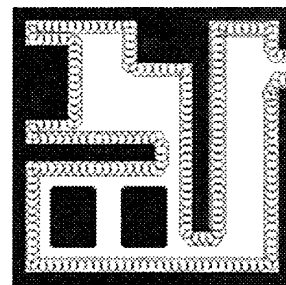


図5 距離場による移動経路生成の例

参考文献

- [1] Y. Murai, H. Tatsumi, N. Nagai, M. Miyakawa, “A haptic interface for an indoor-walkguide simulator,” Computers Helping People with Special Needs; Proc. The 10th International Conference, ICCHP 2006, LNCS 4061, K. Miesenberger (ed.), pp.1287-1293, 2006.
- [2] Y. Murai, S. Asaoka, H. Tsuji, H. Tatsumi, S. Tokumasu, “Distance Field Model Concept for Space Representation,” Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.11, No.10, 2007