軌跡描画による 3 次元空間のナビゲーション

3D Space Workthrough by Hand-drawn Trajectory

五十嵐 健夫　　原田 康徳　　尾内 理紀夫*

Summary. We propose a new walkthrough technique that allows the user to navigate through a 3D virtual workspace using a hand-drawn trajectory on a 2D screen. A free stroke trajectory drawn on the 2D screen is projected onto the ground in the virtual 3D workplace, and the viewpoint moves along the projected trajectory. This technique is more comfortable than conventional navigation techniques where the user controls the direction and speed of viewpoint movement continuously, and it is superior to the target specification technique in that the user can specify both location and direction at a time.

1　はじめに

計算機処理能力の拡大とともに 3 次元表現を利用したアプリケーションが増えてきており, 空間内を効率的に移動するインタラクションテクニックの必要性が増大しつつある. しかし, 現在主に用いられている手法は基本的に前進と方向転換といった現在地からの移動量を与え続けるといったもので, ユーザへの負担が大きくまた複雑な経路を生成することも困難である.

近年これに代わるナビゲーション手法として, ユーザが目的とするオブジェクトをポインティングデバイスなどで直接指定し, システムが自動的に移動経路を計算して移動を行う手法が提案されている [2] が, 対象となるオブジェクトのない場合 (建物の間を通り抜ける, など) に利用が困難である他, 目的地での方向やそこに至るまでの経路を指定できない, といった限界がある.

本稿では, 新しいナビゲーションテクニックとして画面上に直接意図する移動経路を描画する手法を紹介する. 本手法により簡単な操作で複雑な移動を効率良く行うことが可能となる. 以下, そのインタラクションの実際とプロトタイプについて紹介する.

2　軌跡描画によるナビゲーション

本手法は, ペンやマウスといった 2 次元ポインティングデバイスを用いて 3 次元空間中における視点移動を行なうための手法である. ユーザは画面に表示された 3 次元空間の画像の上に目的とする移動経路をフリーハンドで描き, その経路をたどるように視点が移動する (図 1). 内部的には, 描かれた自由曲線が仮想空間中の地面の上に投影され, そ

* Takeo Igarashi, 東京大学大学院工学系研究科 情報工学専攻, Rikio Onai, NTT 基礎研究所, Yasunori Harada, NTT 基礎研究所

の地面上の軌跡にもとづいて移動経路が生成される (図 2). その際, ユーザの描いた軌跡をそのまま利用することも可能であるが, 同時に仮想空間の構造にもとづいて障害物を自動的によけるといった処理を加えることにより, より効率的で自然な移動を実現することができる (図 3).

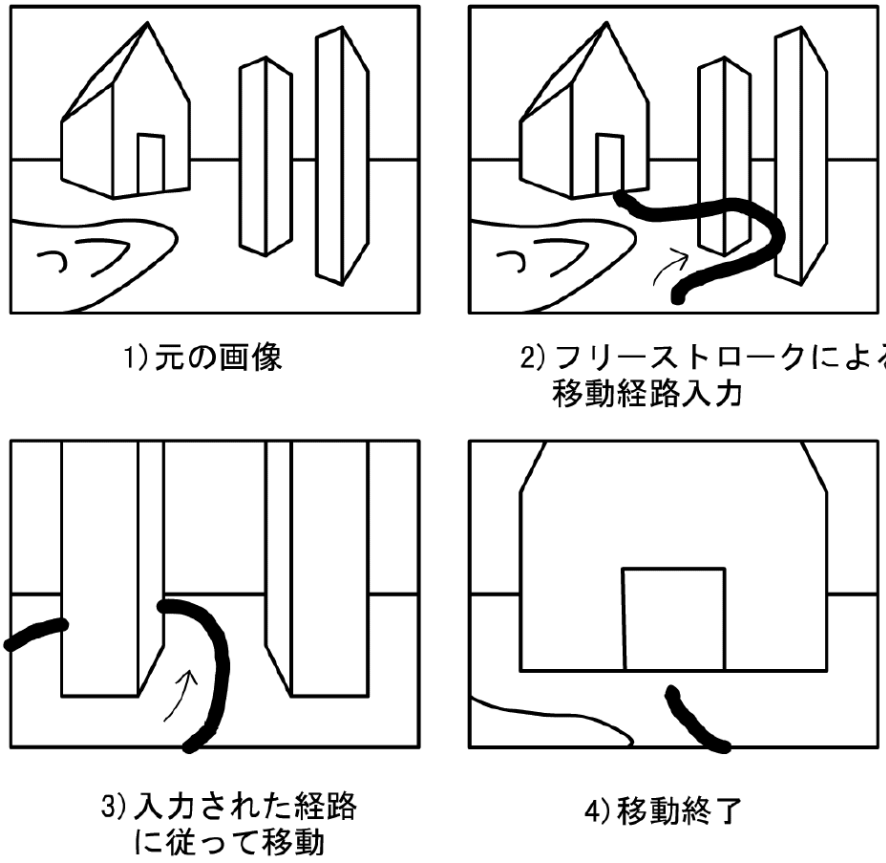

図 1. 軌跡描画によるナビゲーション

特に移動経路を指定する必要がなく目的地だけが明らかな場合には, 図 4 に示すように短い軌跡を描くことで目的地の位置およびそこでの方向の指示が実現される. 目的の場所へたどり着くまでの経路は, 現在地および目的地とその方向により自動生成可能である. 移動を行なわずその場で方向転換をしたい場合には, 画面の最下部 (仮想空間中で足元に相当) で希望する方向に短い線分を描けば良い.

プロトタイプシステムが Open GL, C++ を用いて SGI マシン上に実装されており少ない負担で自然な移動を実現できることを確認している. 軌跡はいつでも描くことができ, 描きおわった (マウスボタンが離れたとき) 時点で経路を計算し移動を開始する. 移動の最中に描画を開始する (マウスボタンが押される) と移動を中止し描画終了をまって新しい移動を開始する. 遠方での経路描画は誤差が大きくなりがちなので, このように対話的に経路を修正できる機能は重要である.

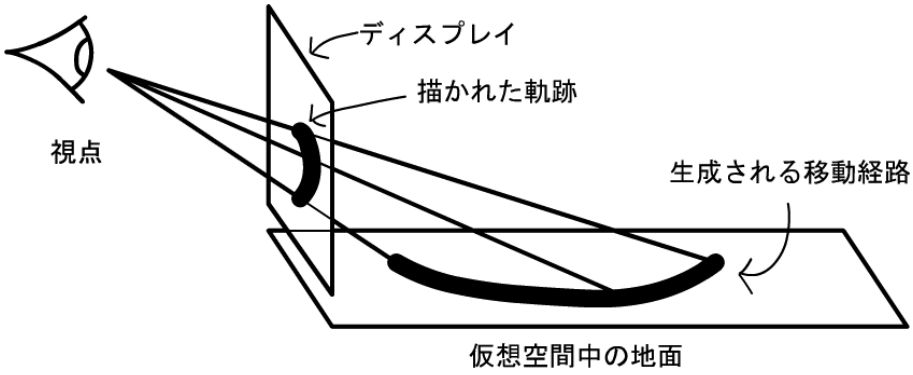

図 **2.** 投影による軌跡生成

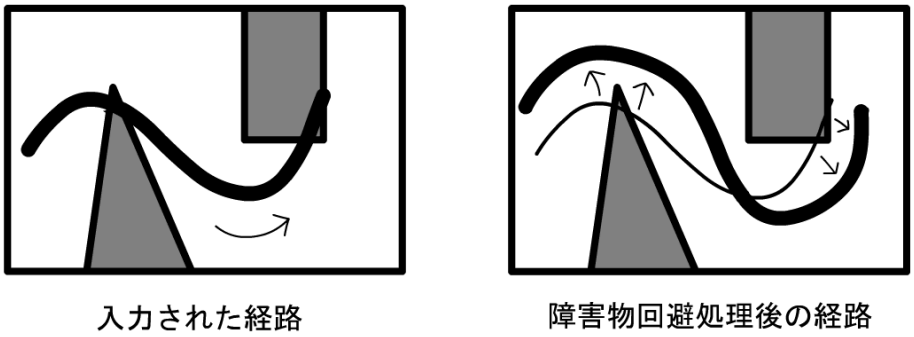

図 **3.** 障害物の自動回避

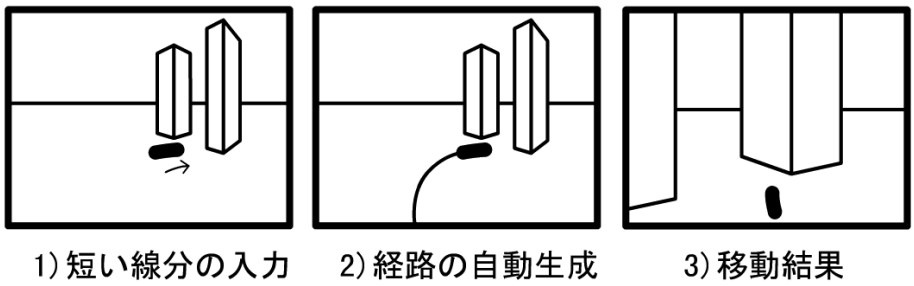

図 **4.** 短い軌跡による目的地と方向の同時入力

3 議論

本手法は,マウスでの使用も可能であるが, 今後普及が期待されるペンベースのインタフェースとの親和性が高い. また,指先をペンとすることでデータグローブを使用したVR 空間での使用も考えられる. 視点から指先(ポインティングデバイス)へ伸びる視線と,その延長上にあるオブジェクトとのインタラクションを実現している点で,本手法は[1] と関連が深い.

ナビゲーションに関しては,目的地さえ指定できれば十分であり経路を指定することの意味はないという意見もあるが,障害物が多く目的地への経路が自明でない場合や,視野外の目的地を探している場合などは,視点の移動を直接指定しながら探索を行なう方が仮の目的地を指定してジャンプするよりも自然であろう. また,目的地をクリック等によって指定する方法ではその点での方向の指定ができない([2] では,対象面に垂直な方向を向くように自動的に設定されるが目的となるオブジェクトがない場合には無効)のに対し, 本手法では目的地の指定の際にポインタを少し動かして短い線分を描くだけで方向も同時に指定できる (図 4 参照) 点で優れているといえる.

本手法の欠点として,基本的に 2 次元とみることのできる地面の上の移動以外の移動動作, すなわち空間中の上昇下降を伴う 3D 空間内での移動が不可能である点が挙げられる. ただし,実世界での人間の移動は基本的に地面の上の移動であり,多くのアプリケーションはこのタイプの移動があれば十分であると考えられる. 多少の起伏や階段等に対してはこの手法を直接応用することが可能である.

前進や方向転換といったプリミティブな指示でなく, 経路という (計算機の立場からは) より間接的 (ユーザからみれば直接的) な方法をもちいることにより,内部処理によって障害物を自動的によけたり移動経路に特殊効果 (よっぱらいの歩行など) を与えたりすることが可能となる. また,実世界を移動するロボットからのカメラ映像の上に軌跡を描くことにより遠隔操作に利用することも考えられる.

4 まとめ

3 次元空間内のナビゲーション手法として画面上に軌跡を直接描画する手法を提案した. 本手法により,直感的な操作で複雑な移動経路を生成することが可能になる他,経路生成の過程でさまざまな処理を組み入れることが可能となる.

今後は,描かれた軌跡が障害物にぶつかった場合の経路生成アルゴリズムの一般化や実ロボットの遠隔操作といったテーマに取り組んでいきたい.

参考文献

[1] Pierce,J., Forsberg,A., Conway,M., Hong,S., and Zeleznik,R., "Image Plane Interaction Techniques in 3D Immersive Environments", Proc. of 1997 Symposium on Interactive 3D Graphics, 1997.

[2] Mackinlay,J., Card,S.K., Robertson,G.G., "Rapid Controlled Movement Through a Virtual 3D Workspace", Proc.of SIGGRAPH'90, 1990, pp.171-176.