

被支援者の安心感を考慮する知的歩行誘導システムの提案

Intelligent Guidance System Considering Supported Person's Feeling of Safety

○ 佐野 光, 安信 誠二

○ Hikaru Sano, Seiji Yasunobu

筑波大学大学院 システム情報工学研究科

Graduate School of System and Information Engineering, University of Tsukuba

Abstract: Guidance is an essential task because the number of elderly people increase. Care workers consider supported person's feeling of safety during guidance, and it is subjective and different with each supported person. In this research, we propose a intelligent guidance system which considers supported person's subjective concepts for his feeling of safety. The simulation results show that the system is effective in the purpose.

1 はじめに

近年、認知・判断能力の低下した高齢者人口の増加を背景に、目的地までの歩行を支援する歩行誘導の需要が高まっている。介護士は、歩行誘導を業務の一つとして行っているが、その数は高齢者の数に比べて不足している。そこで、介護士の代わりに自律移動ロボット等を用いて歩行誘導を行う、歩行誘導システムの研究が近年行われている [1][2].

歩行誘導では、被支援者の個性に応じた安心感を考慮することが重要である。ここでの安心感とは、「障害物から離れている」「目的地へ向かっている」といった被支援者の主観的評価のことであり、被支援者の安心感を考慮した誘導経路は、被支援者の個性によって異なる。例えば、安全志向の強い被支援者に対しては、障害物との距離を広く取って目的地へ向かうことが必要である。

介護士は、被支援者の個性に応じた安心感を考慮して歩行誘導を行っているため、介護士の代わりとして期待される歩行誘導システムにおいても、同様な誘導が求められる。そこで本研究では、被支援者の個性に応じた安心感を考慮する歩行誘導の実現を目的とし、介護士による歩行誘導を基にした知的歩行誘導システムを提案する。

2 介護士による歩行誘導

介護士は、標準的な人よりも安全志向の強い被支援者に対して、障害物との距離を広く取って目的地へ向かうような経路で誘導している。一方で、標準的な人よりも安全志向の低い被支援者に対しては、安全のため、標準的な人に対するのと同様な経路で誘導している。このように、被支援者の個性に応じた安心感を考慮して歩行誘導を行っている。

介護士は被支援者の安心感における個性を、被支援者の自発的な歩行を基に把握している。すなわち、被

支援者は、たとえ認知・判断能力が低下していたとしても、認知や判断が容易な状況（前方から歩行者が1人ゆっくり近づいてくる等）であれば自分で最適な判断をして歩行できる。介護士はそれを基に被支援者の安心感における個性を把握する。

こうした介護士による歩行誘導は、以下のようにして行われていると考えられる。

介護士は被支援者の安心感を、「障害物との距離が”遠い”」「目標位置との距離が”近い”」というあいまいさを持ち個人差のある被支援者の”主観的概念”で評価する。

被支援者の主観的概念は、被支援者の自発的な歩行を基に推定する。例えば、誘導方向よりも、被支援者の進行方向での障害物との距離の方が大きければ、『被支援者が「障害物との距離が”遠い”」と満足に感じる距離』は大きい、などと推定する。

そして、被支援者の主観的概念と標準的な人の主観的概念を考慮した誘導知識を用いて、最適な誘導方向を時々刻々選択する。誘導知識は、『前方へ誘導、IF「(介護士が推定した)被支援者の主観的概念」と「標準的な人の主観的概念」のどちらで評価しても「障害物との距離が“遠い”」かつ「目標位置との距離が“近い”」』などといった経験的に得られた知識である。

3 介護士による歩行誘導の定式化

知的歩行誘導システムに適用するために、前節で考察した介護士による歩行誘導を定式化する。

3.1 主観的概念

「障害物との距離が”遠い”」や「目標位置との距離が”近い”」といった主観的概念は、あいまいさを持ち、個人差がある。

あいまいさを持つというのは、例えば障害物との距離について、1.0mは”遠い”に帰属し、0.9mは”遠い”に帰属しないというのではなく、1.0mの方が

0.9m よりも ” 遠い ” に帰属する度合いが高いというように、帰属度が2値ではなく連続的に変化するという意味である。また個人差があるというのは、例えば1.0m という障害物との距離が ” 遠い ” に帰属する度合いが、人によって異なるという意味である。

このような、人間のあいまいさを持つ主観的概念を、ファジィ集合 [3] によって定義する。ファジィ集合では、各要素が集合に属する度合いを、0.0 から 1.0 の間の連続値をとるメンバシップ関数 $\mu(x)$ によって定義する。ファジィ集合によって定義した主観的概念の例を図1に示す。メンバシップ関数の取る値はメンバシップ値と呼ばれ、これは図1では「障害物との距離が ” 遠い ”」「目標位置との距離が ” 近い ”」と感じる度合いを表している。このようにファジィ集合によって主観的概念を定義すると、主観的概念の個人差はメンバシップ関数の違いによって表すことができる。

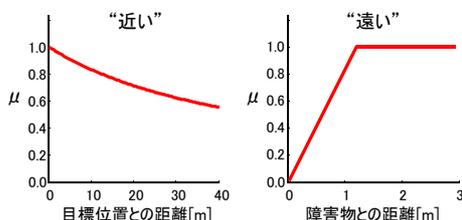


図 1: ファジィ集合で定義した主観的概念

介護士は、「(介護士が推定した) 被支援者の主観的概念」と「標準的な人の主観的概念」を共に考慮して誘導を行うが、どちらも上記のようにファジィ集合によって定義する。

3.2 主観的概念の推定

主観的概念の推定はメンバシップ関数の推定に対応する。図1の「障害物との距離が ” 遠い ”」というメンバシップ関数において、メンバシップ値が1.0である区間の左端における障害物との距離 as をこのメンバシップ関数のパラメータとすると、介護士による被支援者の主観的概念の推定は、パラメータ as の推定として定式化することができる。

介護士は、誘導方向と、被支援者の進行方向での障害物との距離を比較した結果に基づいて被支援者の主観的概念を推定している。例えば、誘導方向よりも、被支援者の進行方向での障害物との距離の方が大きいならば、実際の被支援者の主観的概念のパラメータ as は、現在の推定値 \hat{as} よりも大きいと推定できる。

したがって、パラメータの推定値 \hat{as} の更新式を

$$\hat{as} \leftarrow \hat{as} + K(\alpha_1 - \alpha_2) \quad (1)$$

とする。ここで、 α_1 は被支援者の進行方向での障害物との距離、 α_2 は誘導方向での障害物との距離、 K は定数である。

3.3 誘導方向の選択

介護士は、最適な誘導方向を誘導知識を用いて選択している。この誘導知識は、

- 方向 ϕ_1 へ誘導, I F 「(介護士が推定した) 被支援者の主観的概念」と「標準的な人の主観的概念」のどちらかで評価しても「障害物との距離が ” 遠い ”」かつ「目標位置との距離が ” 近い ”」
- 方向 ϕ_2 へ誘導, ...
- ...

といったルール群である。

こうした介護士による誘導方向の選択を、予見ファジィ制御方式 [4] によって定式化する。まず、誘導方向の各候補 ϕ_1, \dots, ϕ_n に対し、その将来状況を予見する。次に、将来状況を「(介護士が推定した) 被支援者の主観的概念」と「標準的な人の主観的概念」を用いて評価することで、各候補の良さを計算する。そして、最も良い候補を最適な誘導方向として選択する。

4 知的歩行誘導システム

定式化した介護士の歩行誘導に基づいて構築した知的歩行誘導システムの構成を図2に示す。

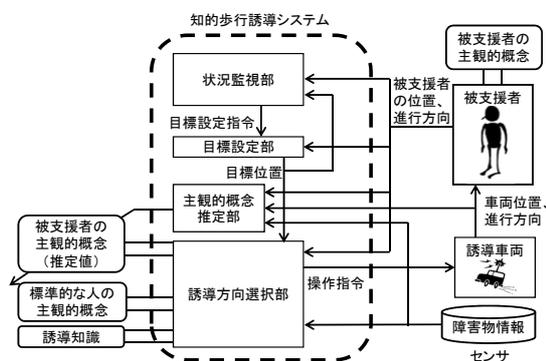


図 2: システム構成

歩行誘導は、誘導車両で被支援者を先導することによって行うことを想定している。システムを構成する状況監視部、目標設定部、主観的概念推定部、誘導方向選択部について以下に述べる。

4.1 状況監視部

状況監視部は、目標位置への到達判定を行う。到達した目標位置が最終的な目的地であれば、誘導完了と判定する。到達した目標位置が最終的な目的地でなければ、新しい目標位置を設定するように目標設定指令を目標設定部へ出力する。

4.2 目標設定部

目標設定部は、目標設定指令を受け、現在位置や目的地に基づいて現時点での目標位置を設定する。設定

した目標位置は状況監視部と誘導方向選択部に出力する。

4.3 主観的概念推定部

主観的概念推定部は、ファジィ集合で定義された被支援者の主観的概念のパラメータを推定する。

まず、被支援者の進行方向での障害物との距離 α_1 と、誘導方向での障害物との距離 α_2 を計算する。そして、式1を用いて、被支援者の主観的概念のパラメータ推定値 \hat{a}_s を更新する。これを繰り返すことによって、主観的概念の推定を行う。

4.4 誘導方向選択部

誘導方向選択部を図3に示す。

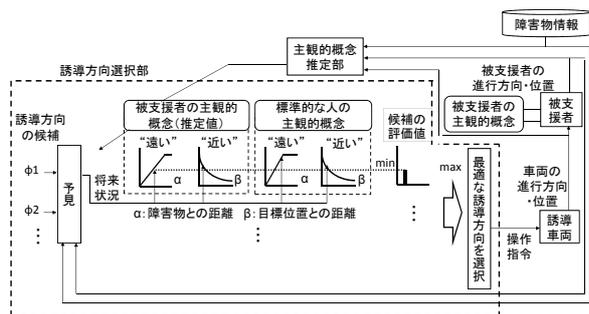


図3: 誘導方向選択部

誘導方向選択部は、定式化した介護士の誘導知識を用いて被支援者に対する最適な誘導方向を選択し、誘導車両に対して操作指令を出力する。

すなわち、誘導方向の各候補 ϕ_1, \dots, ϕ_n について予見した将来状況（障害物との距離や目標位置との距離）を「被支援者の主観的概念（推定値）」と「標準的な人の主観的概念」を用いて評価し、各候補の評価値を求める。そして、最も評価値の高い候補を最適な誘導候補として選択する。「被支援者の主観的概念（推定値）」は、主観的概念推定部によって推定される。

5 シミュレーション

提案システムと、標準的な人の主観的概念のみを考慮するシステム（以下、比較対象システムと呼ぶ）の安心感を比較するためにシミュレーション実験を行った。

5.1 条件

比較対象システムの誘導方向選択部を図4に示す。比較対象システムには、主観的概念推定部がなく、状況監視部と目標設定部は提案システムと同じである。図4における「標準的な人の主観的概念」のメンバシップ関数は図1のものとする（主観的概念のパラメータは $a_s = 1.2$ ）。また、提案システムにおける「被支援者の主観的概念（推定値）」の初期値と、「標準的な人の主観的概念」のメンバシップ関数も図1を

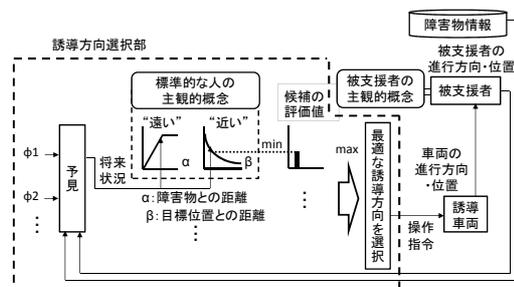


図4: 比較対象システムの誘導方向選択部

使用する。

シミュレーションにおいて、各システムは仮想の被支援者の誘導を行う。仮想の被支援者の主観的概念（パラメータは $a_s = 2.0$ ）を図5に示す。介護士は被

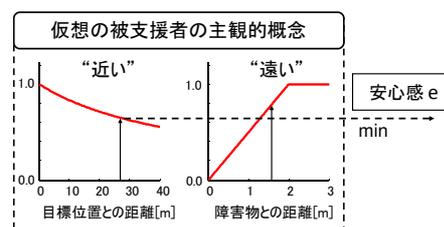


図5: 仮想の被支援者の主観的概念と安心感

支援者の安心感を、「障害物との距離が」遠い」「目標位置との距離が」近い」という被支援者の主観的概念で評価するため、本実験では安心感 e を図5のように定量化し、これによって各システムの安心感を定量的に比較する。

シミュレーション環境を図6に示す。誘導車両の初期位置は $(x, y) = (0, -6)$ 、目的地は $(0, 6)$ であり、速さ $0.5[m/s]$ で仮想の被支援者を先導する。一方、動的障害物は初期位置 $(11, 0)$ で、 x 軸の負の方向へ移動する。

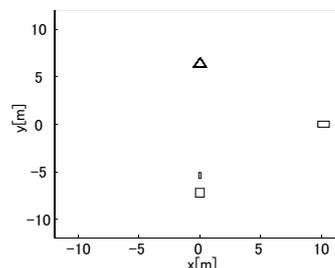


図6: シミュレーション環境

5.2 主観的概念の推定実験

まず、提案システムが仮想の被支援者の主観的概念を推定できるかどうかを確かめた。本実験では、仮想の被支援者は安心感 e が最大の進路を自発的に歩行し、提案システムの誘導車両はその前を先導しながら主観的概念の推定を行う。仮想の被支援者が自発的に歩行できる状況を想定して、動的障害物の速さは $0.4[m/s]$

と遅めに設定する。

実験の結果, 提案システムによる推定パラメータは $\hat{a}s = 1.98$ となり, 実際のパラメータ $a_s = 2.0$ とほぼ等しい値が得られることを確認した。

5.3 安心感の比較実験

続いて安心感の比較実験を行った。本実験では, 仮定の被支援者が誘導を頼る状況を想定して動的障害物の速度は $0.6[m/s]$ と遅めに設定し, 仮定の被支援者はシステムの誘導に追従させる。また, 提案システムにおける「被支援者の主観的概念 (推定値)」は, 前節の実験で得られたものを使用する。

比較対象システムによる誘導の様子を図7に, 提案システムによる誘導の様子を図8に示す。また, 各システムの誘導の最中における, 安心感 e を図9, 図10に示す。

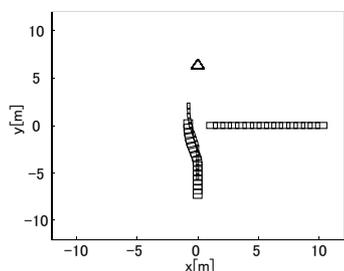


図7: 比較対象システムによる誘導の様子 (0~16[s])

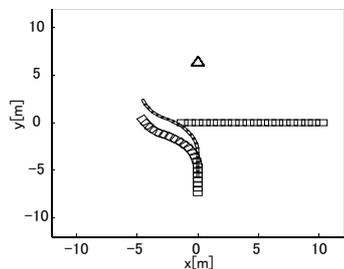


図8: 提案システムによる誘導の様子 (0~20[s])

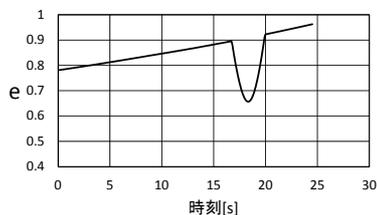


図9: 比較対象システムによる誘導時の安心感 e

これらの実験結果から, 提案システムは比較対象システムよりも障害物との距離を広くとって誘導しており, その結果, 比較対象システムでは安心感 e が一時的に 0.2 以上低下しているのに対し, 提案システムではそのような安心感 e の低下はないことが確認できる。比較対象システムでは, 安心感 e の最小値が 0.65

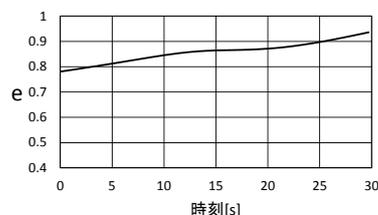


図10: 提案システムによる誘導時の安心感 e

であるのに対し, 提案システムでは安心感 e の最小値は 0.78 である。

以上より, 提案システムが被支援者の個性に応じた安心感を考慮した歩行誘導を行っていることを示した。

6 おわりに

本研究では, 被支援者の個性に応じた安心感を考慮する歩行誘導の実現を目的とし, 介護士による歩行誘導を基にした知的歩行誘導システムを提案した。提案システムは, 被支援者のあいまいさを持ち個人差のある主観的概念を推定し, それに基づく誘導知識を用いて最適な誘導方向を選択することで, 被支援者の個性に応じた安心感を考慮した歩行誘導を実現する。シミュレーションの結果, 提案システムの有効性を確認した。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 24500272 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 溝渕宣誠, 王碩玉, 河田耕一, 山本正樹: 「距離型ファジィ推論法に基づく案内ロボットの軌道計画法」, journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics, Vol.17, No.1, No.2, pp.112-121, 2005
- [2] Takayuki Ogawa, Takeshi Shibuya and Seiji Yasunobu: "An Intelligent Guide Vehicle by Fuzzy Guide Target Considering Tiredness", International conference on Instrumentation, Control, Information Technology and System Integration(SICE2013), Nagoya, Japan, September 17, pp.2530-2535, 2013
- [3] L. A. Zadeh: Fuzzy sets, Information and Control, vol. 8, pp.338-353, 1965
- [4] 安信誠二: 「ファジィ工学」, 昭晃堂, 1991

連絡先

〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1
筑波大学大学院 システム情報工学研究科
知的制御システム研究室 佐野光
E-mail: sano@fz.iit.tsukuba.ac.jp