

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 31 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24500272

研究課題名(和文) ファジィ支援情報の提示による人に優しい歩行案内システムの開発

研究課題名(英文) Development of Human-Friendly Walking Support System by Fuzzy Information Guidance

研究代表者

安信 誠二 (YASUNOBU, SEIJI)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：00241795

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、被支援者を意思が内在するシステム要素として扱い、人への優しさをファジィ集合として定義して協調案内を行う方式を提案した。この提案方式を利用し、被支援者の疲労度や安心感の個性を考慮し適切な歩行支援・案内を行うシステムを開発した。時間と空間に密接に関連している案内知識を実行する時空ファジィ推論方式と、目標到達と障害物回避の複合行動知識を機械学習により獲得する方式を提案した。
また、移動する障害物も対応する案内知識を効率的に獲得する方式を提案した。

研究成果の概要(英文)：We proposed a method that treated a person who was supported as a system element with a fuzzy intention, defined the geniality to the person as a fuzzy set, and guided it cooperatively, and developed the system that supported walking appropriate and guided it in consideration of the tiredness level of the person who was supported and the individuality of the sense of security.
Secondarily, we proposed the method to acquire the time-space fuzzy inference method to execute the guide knowledge that was the close relation between time and the space, the target attainment, and the compound action knowledge of the obstacle avoidance by the machine learning.
Thirdly, we proposed the method to acquire the guide knowledge that the moving obstacle corresponds, too efficiently.

研究分野：システム制御

キーワード：ファジィ理論 人工知能 ユーザインタフェース 制御工学

1. 研究開始当初の背景

高齢化社会の進展に伴い、動作（歩行など）を行う事を望む人間（被支援者）に優しく協調しながらその操作を案内・支援することのできるシステムが重要になってきている。計算機による動作（自動制御）は、制御目的を達成するため、制御対象の特性を理解し、周囲の状況からその操作（動作）量を定めるのが一般的である。この制御の考え方はこれまで、制御目的を基に制御目標を予め決めて、その周りで線形化モデルを構成し制御指令を決めていた。この従来制御は、対象システムに対する外乱を押さえ込み、制御量が目標値に追従するように行う制御である。人間との協調が重要となる、移動制御（動作）などにおいては、現在状態から到達すべき制御目的である最終目標までの間に途中目標の設定が必要である。この設定は、制御目的や対象システムの特性、および外界の状況を考慮し行っている。途中目標を要する対象に対して、外界の状況変化が生じた場合、従来の制御方式では、状況変化の度に現在の途中目標を破棄して再探索し、途中目標を変化させる必要がある。また、人間への優しさを配慮できる協調性を組み込んだ制御システムの構築は難しい課題である。

2. 研究の目的

本研究では、ソフト・コンピューティング技術の実システムへの代表的適用方式であるファジィ制御などのソフト知的制御を用いる。この制御では、制御対象モデルやセンサ入力の不確かさ、熟練操作者が持つ経験や知識、人間の判断などのあいまいさをファジィ理論で数学的に取り扱い、制御器の構築や対象システムのモデリングを行なう。特に、制御目的を直接経験則によりファジィ評価し制御指令を決定するファジィ意思決定（予見ファジィ制御）方式は、目標を与えることにより現在の状態において適切な操作指令をファジィ量として決定し、人間と協調することができる。

熟練者の知識を計算機に組込める知的制御の技術を拡張し、あいまいさを保持する「ファジィ目標」と「ファジィ動作指令」を用い、個々の被支援者固有の価値観を機械学習により獲得し、「人へのいたわり」を考慮できる、人間に優しい知的協調案内方式を提案する。盲導犬を模擬した 1/10 スケール電動車両を用いた「知的歩行案内ロボット」を開発し、提案方式の有効性を示す。

3. 研究の方法

本研究では、ソフト・コンピューティング技術を基礎とするソフト学習制御（ファジィ制御、知的制御、機械学習）の有用性を検証すると共に、近年のデジタル計算機の高性能・高度化を活用して、盲導犬などによる歩行案内を具体的なイメージとして、被支援者の

固有の目的を柔軟に学習し、優しく配慮した知識を組込める、ファジィ支援情報の提示による知的協調案内方式の開発を進めた。提案方式の有効性を実証するため、1/10 スケールの電動車両を用いてファジィ支援情報の提示を行い「人に優しい知的歩行案内ロボット」を開発した。これにより被支援者に優しい案内の実現を図った。

このために、次の方法で、研究を進めた。

- (1) 基盤とするハードウェアとして、1/10 スケール電動車両を購入し知的協調案内システムに使用できるように整備を進めた。
- (2) 人間が操作する場合には、人間をシステム内部に組み込む事を検討した。すなわち、被操作者のある意志を持ったシステム要素として扱い、これとの協調をとりながら全体システムの構築を進めた。
- (3) (2) で得られた着想をもとに、被支援者の意図を考慮して経由地点の変更など柔軟な対応が可能な支援、障害物のある環境での移動での移動支援、被支援者の疲労度や安心感の個性を考慮し適切な歩行案内などを行う方式について、検討および開発を進めた。
- (4) 主に研究分担者が中心となり、時刻や場所に応じた行動知識を獲得する方式の検討および開発を進めた。

4. 研究成果

本研究における具体的な成果は以下の通りである。

- (1) 人間が操作する場合には、その人間をシステム内部に組み込む事を検討し、被操作者を意思内在のシステム要素として扱い、これとの協調をとりながら、人への優しさをファジィ集合として定義し、これらを用いた協調案内を行う方式を提案した。この提案方法を利用し、以下の支援・案内を行う方式を実現した。
被支援者の意図を考慮して経由地点の変更など柔軟な対応が可能な支援
障害物が存在する環境での移動支援
被支援者の疲労度や安心感の個性を考慮し適切な歩行案内
- (2) 時間と空間に密接に関連している案内知識を計算機で実行する「時空ファジィ推論」を提案した。
- (3) 目標位置到達と障害物回避の二つが複合した目的を含む複合行動知識を、機械学習により獲得する方式を提案した。
- (4) 主に研究分担者が中心となり、時刻と場所の両方に応じて最適な行動決定を行うための強化学習方式、固定あるいは移動する障害物を効率的に対応するため

の案内知識を効率的に獲得する方式を提案した。

本研究で得られた成果は、国内外の研究會・国際會議、ジャーナルへの投稿を通じて積極的に公表した。

本研究では、知的制御技術の拡張によって、被支援者との協調をとりつつ、誘導・支援を行うシステムを実現することができた。このための方法として、用途にあわせた具体的な方法論を複数確立することができた。この過程のなかで、被支援者の意図、疲労度および安心感などの異なる考慮対象を、ファジィ集合という共通した道具立てで取り扱えることが明らかとなった。人間をシステムの要素として取り込み、制御系を構築するための有用な知見であるといえる。

ただし、実機における検証については、十分であったとはいえない。今回の検証において、特に環境からの情報取得については問題設定において理想化されている部分が残っている。これらについて、引き続き検証を重ねていくことが、知的協調案内方式の発展のために重要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 14件)

- (1) Moriaki Onishi, Takeshi Shibuya: A study of efficient reinforcement learning using the relative angle of two objects, The 16th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2015), pp.1091-1098, November 4-7, 2015 Mokpo, Korea (2015.11), (査読有), http://www.isis2015.org/data/ISIS2015_Final_Program.pdf
- (2) Syafiq Fauzi Kamarulzaman, Seiji Yasunobu: Compound Learning Control for Autonomous Position and Obstacle Control of Aerial Hovering Vehicles, 10th Asian Control Conference 2015 (ASCC2015), pp. 797-802, Kota Kinabalu, Malaysia (2015.6), (査読有), DOI: 10.1109/ASCC.2015.7244513
- (3) 高橋周太郎, 安信誠二: 制約条件の変化を考慮した到着時間短縮型知的運転支援システムの開発, 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌) Vol.27, No.2(4月号), pp.581-588 (2015.4), (査読有), https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsoft/27/2/27_581/_pdf
- (4) 澁谷長史, 安信誠二: 報酬が周期的に変化する環境のための強化学習, 電気学会論文誌 C(電子・情報・システム部門誌), Vol.134 No.9, pp.1325-1332 (2014.9), (査読有) <http://doi.org/10.1541/ieejieiss.134.1325>
- (5) Hikaru Sano, Seiji Yasunobu: Intelligent Guidance System Considering Supported Person's Comfort, SICE Annual Conference 2014, pp.924-927, September 9-12, 2014, Hokkaido University, Sapporo, Japan (2014.9), (査読有), https://controls.papercept.net/conferences/conferences/SICE14/program/SICE14_ContentListWeb_3.html#that9_01
- (6) Syafiq Fauzi Kamarulzaman, Seiji Yasunobu: Cooperative Multi-Knowledge Learning Control System with Obstacle Consideration, 15th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU'2014), pp. 505-515. July 15-19, 2014, Montpellier, France (2014.7), (査読有), http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-08855-6_51

〔学会発表〕(計 35件)

- (1) 安信誠二, 的場早紀: ファジィ意図に基づいた知的協調自動車運転システム, 第43回知能システムシンポジウム資料, pp.C3-2_1-6, 室蘭工業大学(北海道室蘭市)(2016.3.11)
- (2) 伊藤雄太郎, 安信誠二, 堀 憲之: 時空ファジィ情報とその提示による車両運転操作支援, 第43回知能システムシンポジウム資料, pp.C4-2_1-6, 室蘭工業大学(北海道室蘭市)(2016.3.11)
- (3) 伊藤雄太郎, 安信誠二: 時空ファジィ情報とその音楽的提示による車両運転操作支援システム, 第31回ファジィシステムシンポジウム(FSS2015)論文集, pp.751-756, 電気通信大学(東京都調布市)(2015.9.04)
- (4) Seiji YASUNOBU: Fuzzy Control and Fuzzy Decision for Practical Human-Friendly System, The 7th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems, 北九州国際会議場(福岡県北九州市小倉北区), December 3, 2014, pp. 1-37 (2014.12.03)
- (5) Kamarulzaman Syafiq Fauzi, 安信誠二: Implementation of Compound Knowledge in Learning Control System for Obstacle and Goal Consideration, 計測自動制御学会システム・情報部門 学術講演会(SS12014), GS2-6_pp.1-6, 岡山大学(岡山県岡山市)(2014.11.22)
- (6) 渡邊嵩孔, 安信誠二: 時空ファジィ推論の提案と交差点の右折操作への応用,

第 30 回ファジィシステムシンポジウム(FSS2014)論文集, pp.75-80, 高知城ホール(高知県高知市)(2014.9.01)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ics.iit.tsukuba.ac.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

安信 誠二(YASUNOBU, Seiji)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：00241795

(2)研究分担者

澁谷 長史(SHIBUYA, Takeshi)

筑波大学・システム情報系・助教

研究者番号：90582776