

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：24304

研究種目：基盤研究(C)（特設分野研究）

研究期間：2018～2022

課題番号：18KT0061

研究課題名（和文）人工物システムの持続的運用のための自動シナリオ生成とそのシミュレーション

研究課題名（英文）A scenario generation and its simulation for safety and sustainable operation of social systems

研究代表者

畠中 利治（Hatanaka, Toshiharu）

福知山公立大学・情報学部・教授

研究者番号：10252884

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：災害を想定した避難シミュレーションは、避難経路の評価などに有用であると考えられる。そこでは、多様な被害状況に応じた条件を設定するが、あらゆる状況の組合せを用意し、全ての条件のもとでシミュレーションを実行することは事実上不可能である。そこで、本研究課題では複数の条件設定に対する出力から、より影響度の大きな条件を生成することを目的に、進化計算の枠組みからの条件設定法を検討し、その手法の枠組みを示した。また、このような進化計算においては異なる複数の要因を目的関数とするアルゴリズムが想定されるため、多因子進化の枠組みからの進化計算について検証し、ハイブリッド型群知能を用いたアルゴリズムを提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

災害時の行動計画に代表される不測の事態に備えることへ、不測の事態を含む環境下でエージェントモデルが行動し、その結果から計画の評価を行う計算機シミュレーションが利用されている。しかし、不測の事態を網羅的に設定し、評価を行うことには困難さがある。この問題に対して、複数の用意した事態（状況）を評価し、その評価値に従い、新しい事態（状況）を生成し、評価する手法の枠組みを提案したこと、およびこの枠組みは進化計算の考え方に立脚しており、進化計算における多因子最適化との関連を考察し、ハイブリッド型の多因子最適化法を提案したことが本課題の成果の意義といえる。

研究成果の概要（英文）：Multi-agent type evacuation simulations where assume possible disasters are considered in its environment is useful, for example evaluating evacuation routes. Although conditions corresponding to various damage situations are set there, it may be not able to prepare all combinations of damage situations and to execute simulations under the all conditions. Therefore, in this research project, we investigated a condition setting method from the framework of evolutionary computation with the aim of generating a condition with a greater degree of influence from the output for multiple condition settings, and presented the framework of the method.

In addition, in such evolutionary computation, an algorithm with multiple different factors as the objective function is assumed. Therefore, we verified the evolutionary computation from the framework of multi-factor evolution and proposed an algorithm using hybrid swarm intelligence.

研究分野：進化計算

キーワード：多因子最適化 群知能 社会シミュレーション

1 . 研究開始当初の背景

人工物の維持と強靱化が社会的課題になっている。維持や強靱化のみならず、異常や不具合の監視のために、いわゆる工場などの機械システムに限らず、何かしらのセンサを用いて人工物の状態をモニタリングすることが必要である。こういったモニタリングは、定期的な保守点検が主流であったが、近年のセンサと情報通信基盤の発展から、常時モニタリングが可能になっている。また、常時モニタリングによる異常の検出にとどまらず、将来の異常や不具合の予知が可能になれば、保守や維持のコストを下げることに繋がるという期待がある。

このような背景から、センサ信号に基づく対象の人工物の状態に関する数理モデル化と、そのモデルに基づいて生成できる仮説(状態変化のシナリオ)によるシミュレーションの実行および実行結果の分析から、維持や保守に役立つ予測の実現への要請が高い。すなわち、シミュレーションに基づき、システムへの介入(補修や強じん化といった維持作業)の必要性が判断できることが期待されている。

2 . 研究の目的

対象とする人工物などのシステムのモデルと事前知識に基づくシナリオ(仮説)によりシミュレーションが可能であり、その結果からシステムへの介入の意思決定がなされることが期待される。本研究の目的は、対象の人工物システムを数理モデル化し、数理モデルとセンシングデータに基づいた対象システムの現在の状態推定と、モデルに基づく仮説(シナリオ)生成および、その仮説による多数のシナリオをシミュレーションすることで、対象システムに関する意思決定や介入を判断に資する情報を獲得できる枠組みの基盤を検討することである。

しかしながら、起こりうるあらゆる可能性を想定し、そのすべての組み合わせをシナリオ化したとき、すべてのシナリオのシミュレーションを実行することは現実的ではない。また、シミュレーションモデルが現実に適合していることは常に重要である。すなわち、有効なシナリオの絞り込み法とシミュレーションモデルの逐次的な適応法が必要であり、本研究はこれらの課題のうち、より発生を想定すべきシナリオ、これは言い換えれば、より発生しやすいシナリオや甚大な影響が予想されるシナリオなどに対応するが、シミュレーションの実行結果の評価に基づいて、逐次的にシナリオを自動生成する手法の構築を目的とする。

3 . 研究の方法

エージェントベースの津波避難シミュレーションを題材にする。避難対象地域の地図上で仮定の災害被害を想定し、その被害を前提にしたときの避難時間をシミュレーションで検証していく。その避難時間に基づく指標から、より避難時間に影響が大きな災害被害のシナリオを繰り返し型のアルゴリズムによって構築する。このシナリオを構成する手法を評価していくことで、この課題への糸口を見出ししていく。具体的には、避難経路上の道路や橋梁の被災により、経路が遮断されるというシナリオを考えていく。複数の被災状況に対する避難時間から、より影響が大きな被災状況をサンプルするための、進化アルゴリズムを考えその適応度関数の設計と進化オペレータの組み合わせを検討する。

また、このような進化アルゴリズムでは、一般の進化アルゴリズムが目的とするユニークな最良解を求めるのではなく、この課題で求めたい解は、最悪の状況をもたらす状況の候補であるため、単に適応度を適切にデザインし、その適応度景観における効率のよい進化パスを実現するオペレーションを見つけるのではなく、異なる評価尺度のもとで、多様な可能性を集団に維持しつつ、デザインされた適応度ごとに適切な解候補を与えたいという進化アルゴリズムのデザインが要求されると想定できる。そこで、多因子最適化のための進化アルゴリズムに注目し、ベンチマーク問題を対象に多因子最適化における進化アルゴリズムの性能改善に関する研究を行う。

さらに、題材とした避難シミュレーションのエージェントモデルの妥当性は重要な要素であるため、避難訓練などにおいて、実際に避難行動の人流計測を行い、シミュレーションモデルの妥当性を検証することを検討する。

4 . 研究成果

ある地域を対象とした津波避難シミュレーション、具体的には、避難を行う住民をエージェントとしたエージェントベースシミュレーションを用いた。エージェントは、各々の行動規則に従い、被災により通行困難な道路や橋梁の存在することを前提として、その避難行動をとる。シミ

シミュレーションのアウトプットは最大避難時間、すなわち全住民が避難完了するまでの所要時間であり、その時間には被災による道路や橋梁の通行の可否が影響を与えている。この場合のシナリオは、実際の災害時にどの道路と橋梁が通れないかの組み合わせである。しかし、災害の特殊性を踏まえるとそれが事前にわかると仮定することは現実的でなく、通行できない道路や橋梁のすべての可能性を組み合わせから評価すべきものを選ぶことが必要となる。また、一方で、影響の大きな道路や橋梁の通行が維持されるように、様々な事前の対策を施すことは可能であるため、どの道路や橋梁を維持すべきかなどの、プライオリティを与えることにつなげていくことが目的となる。

ここでは、いくつかの仮説をサンプリングし、

1) サンプリングした仮説を独立に評価し、それぞれの最大避難時間を得る。

2) 得られた最大避難時間の分布をもとに、次の評価すべき仮説をサンプリングする。

手順を繰り返すことを基本に、仮説のサンプリングに遺伝的アルゴリズムを用いて、2つの仮説の組から交叉と突然変異の操作によって新しい仮説のペアを生成することの検討を行った。

まず、ある仮説(言い換えれば遺伝的アルゴリズムの個体)を効果的に評価する適合度関数の設計であると考え、仮説を遺伝的アルゴリズムの個体として表現する方法と、その評価方法についての研究発表[1,2]を行ったほか、これまでの検討状況を整理し、その成果を2件の招待講演[3,4]で紹介した。

避難シミュレーションそのものの避難行動時における妥当性の検証を目的に、避難訓練時の避難行動における人流計測の実施を検討していたため、実際の避難行動が生じる市街地における人流計測には、匿名化したIDを収集するWi-Fiパケットセンサを用いることとした。その動作検証実験[5]を実施した。さらに、代表者の異動に伴い、甚大な浸水被害が多い福知山市において、Wi-Fiパケットセンサによる人流計測実験を、福知山公立大学地域防災研究センターの協力のもとで、福知山市内の対象地域において、センサの動作検証実験を実施した。3週間程度の期間、自治会の協力のもと、家屋や店舗にセンサを配置して、パケット収集の性能調査を行った。

一方で、先に示したシミュレーションの条件設定において、結果に大きな影響を与える条件の組を見つけるとい問題は、ユニークな最適解の探索(単目的最適化)とは異なり、複数の異なる影響の大きいことが予想される条件の組の探索だと考えることができる。この立場から、異なる目的関数集合を、1つの集団で同時に探索することを対象とした進化的多因子最適化の枠組みが有用であると考えられる。そこで、進化的多因子最適化のための進化アルゴリズムについて検討し、Artificial Bee Colony および、ハイブリッド型群知能を用いた、進化的多因子最適化法を検討した。各々のアルゴリズムを基にした手法を提案し、それぞれベンチマーク問題に対して、性能調査を行った結果を国際会議発表[6,7]および論文発表[8]を行った。

[1] Takeshi Uchitane and Toshiharu Hatanaka, Development of Evolutionary Design of Experiments to Find Significant Effects for Natural Disaster Prevention, 2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation.

[2] 内種岳詞, 畠中利治, 自然災害時に発生する確率的道路閉鎖による影響推定手法の開発, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会, 2019.

[3] 内種岳詞, 都市交通評価のためのマルチエージェントシミュレーションとその大規模結果の評価, MMDS ワークショップ 工学と数学の接点を求めて, 大阪大学, 2018

[4] Takeshi Uchitane, Evolutionary Design of Experiments to Find Significant Factors for Tsunami Evacuation Simulation, Vietnam International Workshop on Probability Theory and Related Fields, Hanoi, Vietnam, 2019

[5] 石原優, 服部樹, 中村栄治, 内種岳詞, WiFi シグナル計測によるエスカ地下街の人の位置分布推定, SICE 第22回社会システム部会研究会資料集, 2020

[6] Gen Yokoya, Heng Xiao, and Toshiharu Hatanaka, Multifactorial optimization using Artificial Bee Colony and its application to Car Structure Design Optimization, 2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation, 2019

[7] Heng Xiao, Gen Yokoya, and Toshiharu Hatanaka, Multifactorial PSO-FA Hybrid Algorithm for Multiple Car Design Benchmark, 2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2019

[8] Heng Xiao, Gen Yokoya, and Toshiharu Hatanaka, Multifactorial Particle Swarm Optimization Enhanced by Hybridization with Firefly Algorithm, International Journal of Swarm Intelligence Research, 2021

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Heng Xiao, Gen Yokoya, and Toshiharu Hatanaka	4. 巻 12
2. 論文標題 Multifactorial Particle Swarm Optimization Enhanced by Hybridization with Firefly Algorithm	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Swarm Intelligence Research	6. 最初と最後の頁 172-187
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4018/IJSIR.2021070108	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 内種岳詞, 畠中利治
2. 発表標題 災害状況下の確率的な経路閉塞状況における適切な復旧パスの探索
3. 学会等名 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 SSI2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木登斗, 酒井秀輔, 内種岳詞
2. 発表標題 愛知県全域自動車交通シミュレーションによる事故多発交差点間の背景交通量の関係調査
3. 学会等名 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 SSI2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井秀輔, 鈴木登斗, 内種岳詞
2. 発表標題 愛知県全域自動車交通シミュレーションによる事故多発交差点の背景交通量の推定
3. 学会等名 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 SSI2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木登斗, 酒井秀輔, 内種岳詞
2. 発表標題 事故原因推定に向けた愛知県全域自動車交通シミュレーション結果分析
3. 学会等名 電気学会 システム研究会, ST-20-017
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井秀輔, 鈴木登斗, 内種岳詞
2. 発表標題 都市スケール自動車交通シミュレーションの基盤開発
3. 学会等名 電気学会 システム研究会, ST-20-017
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 , 内種岳詞, 酒井秀輔, 鈴木登斗
2. 発表標題 事故多発地点に置ける背景交通量推定シミュレーション手法の開発
3. 学会等名 電気学会システム研究会, ST-20-030
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takeshi Uchitane and Toshiharu Hatanaka
2. 発表標題 Development of Evolutionary Design of Experiments to Find Significant Effects for Natural Disaster Prevention
3. 学会等名 2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内種岳詞, 畠中利治
2. 発表標題 自然災害時に発生する確率的道路閉鎖による影響推定手法の開発
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石原優, 服部樹, 中村栄治, 内種岳詞
2. 発表標題 WiFiシグナル計測によるエスカ地下街の人の位置分布推定
3. 学会等名 SICE 第22回社会システム部会研究会資料集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Heng Xiao, Gen Yokoya, and Toshiharu Hatanaka
2. 発表標題 Multifactorial PSO-FA Hybrid Algorithm for Multiple Car Design Benchmark
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gen Yokoya, Heng Xiao, and Toshiharu Hatanaka,
2. 発表標題 Multifactorial optimization using Artificial Bee Colony and its application to Car Structure Design Optimization
3. 学会等名 2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gen Yokoya and Toshihuru Hatanaka
2. 発表標題 Multifactorial optimization by Task Selective Artificial Bee Colony
3. 学会等名 JPNSEC International Workshop on Evolutionary Computation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Heng Xiao and Toshiharu Hatanaka
2. 発表標題 Evolutionary Multitasking for Single Objective Optimization with Hybrid Swarm
3. 学会等名 JPNSEC International Workshop on Evolutionary Computation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横谷元, 畠中利治
2. 発表標題 群知能による進化的マルチタスキングに関する検討,
3. 学会等名 第28回インテリジェント・システム・シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeshi Uchitane
2. 発表標題 Evolutionary Design of Experiments to Find Significant Factors for Tsunami Evacuation Simulation
3. 学会等名 Vietnam International Workshop on Probability Theory and Related Fields (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内種岳詞
2. 発表標題 都市交通評価のためのマルチエージェントシミュレーションとその大規模結果の評価
3. 学会等名 MMDSワークショップ 工学と数学の接点を求めて(招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	内種 岳詞 (Uchitane Takashi) (70710143)	愛知工業大学・情報科学部・准教授 (33903)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------