

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：14501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K17502

研究課題名(和文) 進化計算を応用した実験計画法の体系化

研究課題名(英文) Knowledge Systematization for Design and Experiments Utilizing Evolutionary Computation

研究代表者

内種 岳詞 (Uchitane, Takeshi)

神戸大学・経済経営研究所・特命講師

研究者番号：70710143

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：都市における避難シミュレーションの避難経路など、より多数の要因を考慮しなければならぬ大規模社会シミュレーション実験において、より重要な要因を発見するための実験数は爆発的に増加する。進化的実験計画法は、シミュレーション実験数を削減するフレームワークである。成果として、金沢地方における津波避難マルチエージェントシミュレーション結果から要因と避難時間の関係を考察し、提案フレームワークの性能検証のためのベンチマーク問題を構築した。また、実験セットを標本分散で評価すること、および進化的実験計画法のアルゴリズムを提案し、より少ない実験数で重要な要因を発見できることを示した。

研究成果の概要(英文)：Since more number of factors like evacuation routes in a city should be treated to find significant factors, the number of simulation-executions exponentially increases. “Evolutionary Design of Experiments” is a proposed framework to reduce the number of simulation-executions.

It was reported that a benchmark problem was established. The benchmark problem has features which is based on a relationship between Tsunami evacuation-routes as simulation-inputs and Tsunami evacuation-time as simulation-output in Kanazawa region, Japan. It was also reported that significant factors could be found with less number of simulation-executions by applying a novel algorithm of Evolutionary Design of Experiments with evaluation function which evaluate sample variance of simulation-outputs to the benchmark problem.

研究分野：計算科学

キーワード：実験計画 進化計算 大規模シミュレーション 分散分析 重回帰分析 避難 マルチエージェントシミュレーション 防災・減災

1. 研究開始当初の背景

(1)災害対策・経済危機回避など社会問題の解決にシミュレーションを利用する試みが始まっている。都市における避難シミュレーションの避難経路など、より多数の要因を考慮しなければならない大規模社会シミュレーション実験において、より重要な要因を発見するための実験数はスーパーコンピュータを利用しても現実的な時間で網羅的な結果を得られないほど爆発的に増加する。そのため、シミュレーション実験数を現実的な数まで削減する手法が必要となった。

(2)分散分析における直行表を利用した実験計画のように既存の手法を利用することで、複数の要因が存在するシミュレーション実験でも実験数を削減することが可能であるが、要因間の交互作用がある場合は直行表の手動作成が困難であり、実験数も容易に増加する。そのため、あらかじめ実験計画を用意するのではなく、分散分析の実験計画を動的に作成することが松島らによって提案された[]。

2. 研究の目的

(1)より少ない実験数で多変量解析を行うための実験計画を、パラメータ探索手法である進化計算にヒントを得て体系化することであった。

3. 研究の方法

(1)進化計算を応用した動的な実験計画法である進化的実験計画法は、大規模問題への効率的な多変量分析適用のためのフレームワークである。その一般的な概念をまとめた。

(2)進化計算にヒントを得た実験計画法を構築し評価するためのベンチマーク問題の作成に取り組んだ。ベンチマーク問題は、災害対策・経済危機回避など社会問題を対象としたシミュレーション実験の特徴を備えていなければならない。よって、金沢地方における津波避難シミュレーション実験の結果の特徴を持つベンチマーク問題を構築した。

(3)作成したベンチマーク問題に対して進化計算を応用した実験計画法を構築した。進化計算を応用するにあたり、実験セットの評価関数を定める必要があった。標本分散を評価関数として進化的実験計画法を提案し、ベンチマーク問題を利用して評価した。

4. 研究成果

(1)大規模問題への効率的な多変量分析適用のためのフレームワークである進化的実験計画法の一般的な概念をまとめ報告した[]。

(2)金沢の津波避難シミュレーション結果より、避難時間に影響を与える避難経路が推定

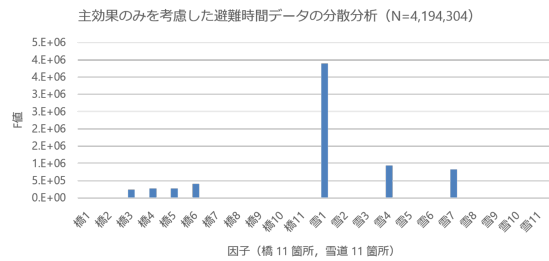


図 1 : 津波避難経路と避難時間の関係

された[]。図 1 に示す通り、22 要因 (b1,...,b11,s1,...,s11)のうち 7 要因の主効果もしくは交互作用が分散分析の F 値により明らかとなった。また、比較的重要な要因とそうでない要因の差がはっきりとしていることも特徴として明らかになった。これらの特徴を持ったベンチマーク問題として、式 (1)を提案した[]。

$$y = a_0 + \sum_i^{8n} a_i x_i + \sum_i^{8n} \sum_{j=i+1}^{8n} b_i x_i x_j$$

$$a_{i+8} = a_i \quad (i > 1) \tag{1}$$

$$b_{ij} = b_{(i+8)(j+8)} \quad (i, j > 1)$$

式(1)の y は避難時間に対応し、x [0,1]は避難経路の通行可否に対応し、係数 a および b は経路が利用できない場合の避難時間変化への影響度に対応する。なお n を増やすことにより容易に高次元の問題を作成可能である。係数 a および b の例を表 1 に示す。表 1 では、8 要因中 4 要因が y に影響を与えている。また、特定の変数間の交互作用も y に影響を与えている。このように、要因の一部が特に重要であり、それら重要な要因間の交互作用が存在する可能性があるという特徴は、金沢の津波避難シミュレーション結果に見られた。

表 1:係数 a および b の例

a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈
0	1500	1000	500	0	0	0	0	0
	b _{1i}	b _{2i}	b _{3i}	b _{4i}	b _{5i}	b _{6i}	b _{7i}	
j=2	-1200	-	-	-	-	-	-	-
j=3	0	0	-	-	-	-	-	-
j=4	0	0	0	-	-	-	-	-
j=5	0	0	0	1000	-	-	-	-
j=6	0	0	0	0	0	-	-	-
j=7	0	0	0	0	0	0	-	-
j=8	0	0	0	0	0	0	0	0

(3)進化的実験計画法において、実験セットは、schema と呼ばれる。schema は、'0' と '*' の列から構成される。例えば、" **00**00 " という schema は、下記に示す 16 通りの実験セットを表す。

- 00000000
- 10000000
- 01000000
- 11000000

- 00001000
- 10001000
- 01001000
- 11001000
- 00000100
- 10000100
- 01000100
- 11000100
- 00001100
- 10001100
- 01001100
- 11001100

各実験セットの数字の列は、ベンチマーク問題における x の値に対応している。よって、schema に含まれる ' * ' の数と位置を適切に定めれば、式(1)の係数を推定するための y の値が十分に得られる。一方で、' * ' の数が多いことは実験数の増加に、また ' * ' の位置が適切でないことは式(1)の係数の推定に悪影響を与える。適切な schema を発見するための評価指標として、schema から得られる y の値の標本分散の大きさを提案した。また、より大きな標本分散を持つ schema を探すためのアルゴリズムを提案し、評価を行った。アルゴリズムは、一般的な進化計算の手法に習い、以下のように記述された。

1. ' * ' の数が 2 の初期パターンの生成(集団サイズは ${}_n C_2$ となる)
 2. schema から実験セットを生成し結果の標本分散 $V(Y)$ を評価
 3. $V(Y)$ の値に基づき新しいユニークな schema を生成し、悪い schema を淘汰する
 4. 終了条件を満たすまで、schema の評価・生成・淘汰を繰り返す
- このアルゴリズムを適用することにより、実験数を少なくし、より適切な係数推定を導く実験セットが獲得できることを示した[]。

<引用文献>

松島裕康, 山下倫央, 野田五十樹, 「実験計画法に基づくパラメータ探索を用いた大規模マルチエージェントシミュレーションの解析」, Proceedings of The 27th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2013, pp. 1-4

松島裕康, 内種岳詞, 辻順平, 山下倫央, 伊藤伸泰, 野田五十樹「実験計画法による実験数削減と有意なパラメータ探索の避難シミュレーション分析への適用」, 人工知能学会論文誌 (Transactions of Japanese Society for Artificial Intelligence), 査読あり, Vol.31, No.6, 2016, pp.AG-E_1-9 DOI: 10.1527/tjsai.AG-E

Takeshi Uchitane, " Evolutionary Design of Experiments to Analyze Ultra Large Scale Systems " 2015 International Symposium on Nonlinear Theory and its applications, 2015, pp.716-719

内種岳詞, 山下倫央, 辻順平, 松島裕康, 野田五十樹, 伊藤伸泰, 「避難シミュレーションへの進化計算適用結果の分析」, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2015 講演論文集 2015, 2015, pp. 644-646

内種岳詞, 周晨婷, 畠中利治「進化的手法による実験計画獲得法の考察」, 第 11 回進化計算学会研究会資料集, 2016, pp. 159-162

内種岳詞, 周晨婷, 畠中利治「進化的実験計画法によって獲得されたデータの妥当性検証」, 第 12 回進化計算学会研究会資料集, 2017, pp. 151-155

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

松島裕康, 内種岳詞, 辻順平, 山下倫央, 伊藤伸泰, 野田五十樹「実験計画法による実験数削減と有意なパラメータ探索の避難シミュレーション分析への適用」, 人工知能学会論文誌 (Transactions of Japanese Society for Artificial Intelligence), 査読あり, Vol.31, No.6, 2016, pp.AG-E_1-9 DOI: 10.1527/tjsai.AG-E

[学会発表](計9件)

内種岳詞, 周晨婷, 畠中利治「進化的実験計画法によって獲得されたデータの妥当性検証」, 第 12 回進化計算学会研究会, 2017 年 3 月 14 日, 九州大学大橋キャンパス(福岡県・福岡市)

周晨婷, 内種岳詞, 畠中利治, 「津波避難シミュレーションの感度解析に向けた進化的実験計画法の開発」, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2016, 2016 年 12 月 7 日, ウカルちゃんアリーナ(滋賀県・大津市)

Takeshi Uchitane, Zhou, Chenting and Toshiharu Hatanaka, "Applying Evolutionary Design of Experiments to Sensitivity Analysis of Tsunami Evacuation Simulation", 2016 International Symposium on Nonlinear Theory and its applications, 29th/Nov./2016, ニューウェルシティ湯河原(静岡県・熱海市)

周晨婷, 内種岳詞, 畠中利治, 「津波避難シミュレーションの感度解析に向けた進化的実験計画法の開発」, 第 26 回インテリジェント・システム・シンポジウム 講演論文集, 2016 年 10 月 27 日, 大阪大学吹田キャンパス(大阪府・吹田市)

内種岳詞, 周晨婷, 畠中利治「進化的手法による実験計画獲得法の考察」, 第 11 回進化計算学会研究会, 2016 年 9 月 15 日, 甲南大学(兵庫県・神戸市)

内種岳詞, 「進化的実験計画法による統計モデルの自由度とパラメータ値の推定」, 第 10 回進化計算学会研究会, 2016 年 3 月 18 日, 富士通株式会社川崎工場(神奈川県・川崎市)

内種岳詞, 「計算機シミュレーション実験を対象とした進化的実験計画の提案」, 第 54 回システム工学部会研究会, 2016 年 3 月 7 日, 大阪大学東京オフィス(東京都・千代田区)

内種岳詞, 山下倫央, 辻順平, 松島裕康, 野田五十樹, 伊藤伸泰, 「避難シミュレーションへの進化計算適用結果の分析」, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2015, 2015 年 11 月 19 日, 函館アリーナ(北海道・函館市)

内種岳詞, 「進化的実験計画におけるベンチマーク問題」, 第 7 回 コンピュータショナル・インテリジェンス研究会, 2015 年 5 月 29 日, 東北大学サイバーサイエンスセンター(宮城県・仙台市)

〔その他〕

招待講演

内種岳詞, 「大規模社会シミュレーションの実践 シミュレーション実行管理フレームワークと実験計画」, 「数理的発想とその実践」研究部会 第 7 回研究集会, 2016 年 7 月 16 日, 福井工業大学(福井県・福江市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内種 岳詞 (Uchitane, Takeshi)
神戸大学・経済経営研究所・特命講師
研究者番号: 7 0 7 1 0 1 4 3

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

(4) 研究協力者

畠中 利治 (HATANAKA, Toshiharu)
周 晨婷 (Zhou, Chenting)