

# 網羅的シミュレーションにおける実験計画法を応用した 計画モジュールの開発

松島 裕康<sup>†‡</sup> 山下 倫央<sup>†‡</sup> 野田 五十樹<sup>†‡</sup>

独立行政法人 産業技術総合研究所 サービス工学研究センター<sup>†</sup>

独立行政法人科学技術振興機構 CREST<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

人間や組織の活動をエージェント単位で表現可能なマルチエージェントシミュレーションを応用した災害、交通、経済などの社会シミュレーションによる予測から、様々な政策決定や社会現象の解析など、社会課題解決のアプローチとして注目されている。大規模な社会シミュレーションともなると、扱うパラメータの増加、個々のエージェントの判断やその相互作用などで系が発散してしまうなど現象やパターンそのものも増大し複雑化していく。また、対象とする社会システムの挙動の構造分析やシステム同定を行うために網羅的な試行をすると、さらに扱うデータが爆発的に増大する。

このように大規模化・複雑化するシミュレーションに対し、京などに代表されるようなスーパーコンピュータの計算資源を活用し、網羅的試行を効果的に行うためのシミュレーション実行フレームワークとして、PRACTIS [岡田 2012, 松島 2013] や OpenMOLE [Reuillon 2010] などのHPCを活用してシミュレーションの様々なケースを網羅的に実行可能なアプリケーションの開発が進められている。社会シミュレーションにおけるパラメータを網羅的な実行において結果の概観やパラメータによる結果の有意差をできるだけ早く捉えることはシミュレーション結果の分析やモデルの検証結果から効率的に追加実験や新たな実験へフィードバックさせるために重要である。

そこで本研究では、[松島 2013]で提案した手法を改良し、より効率的にパラメータの組み合わせを実験する手法を提案する。具体的には、実験計画法で用いる直交表を用いて、割り付けられたパラメータの中から着目したパラメータについて直交性を維持しながら直交表を拡張さ

せる。これにより、直交性を維持しかつ効率的に実験可能かにかについて[松島 2013]と比較し検証する。

## 2. 実験計画法

実験計画法は、R. A. Fisherによって開発された効率的に実験を進めることを目的とした統計学の応用であり、検討対象である各因子に設定する段階を水準とし、各因子の直接的効果を主効果や複数の因子が互いに独立でない場合は因子間の交互作用として検討していく方法である。特に、各因子の各水準が他のすべての因子の水準と組合せを効率的に実験する手法として代表的な直交表を用いた方法が挙げられる。具体的に例として、下記の表1は $L_4(2^3)$ の直交表を示しており、 $L$ はラテン方格の頭文字、添字の4は実験回数、括弧内の2は因子の水準数、右肩の3は因子の個数を示し、4回の実験で2水準の因子が3つまで調べられる直交表を示す。また、第3列目は第1列目と第2列目の交互作用として割り付けることも可能である。図1は表1の直交表を3次元上にプロットした場合を示す。縦、奥、横がパラメータ1, 2, 3をそれぞれ示す。他にも、 $L_8(2^7)$ や $L_{27}(3^{13})$ などパラメータの数や水準数によって様々な直交表がある。

## 3. 実験計画法によるパラメータ探索

### 3.1 既存手法

[松島 2013]の手法では、図1のような直交表によるパラメータの組み合わせの実験から分散分

表 1:  $L_4(2^3)$ の直交表

	1	2	3
0	0	0	0
1	0	1	1
2	1	0	1
3	1	1	0

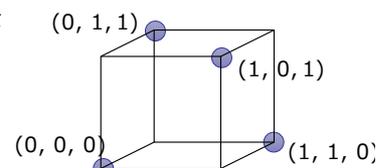


図 1: 3次元上にプロットした表1の直交表

析の結果から有意

な効果のあるパラメータに着目し内分点を新たなパラメータとして生成する。その次に、図2のように生成したパラメータを用いて直交性のあ

Development planning module based on design of experiment for exhaustive simulation

Hiroyasu MATSUSHIMA<sup>†</sup>, Tomohisa YAMASHITA<sup>†</sup>, Itsuki NODA<sup>†</sup>:

<sup>†</sup>The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology,

<sup>‡</sup>Japan Science and Technology Agency, CREST

るパラメータの組み合わせを作ると、2種類の割り付け方をする。図2でxは既に行ったパラメータ組み合わせを示し、○は新たに生成したパラメータを用いた組み合わせを示している。しかしこれでは、新たに生成されたパラメータについて、他のパラメータとの組み合わせを全て実行してしまうこととなり効率が悪い。

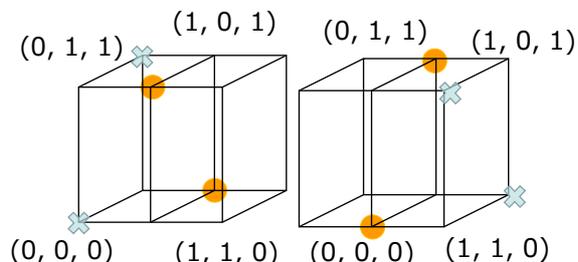


図2: 着目したパラメータの分割

### 3.2 提案手法

上記の問題に対して直交表を拡張させることにより、効率の改善を図る。具体的には、表1の直交表において分散分析の結果からパラメータ1が有意であった場合、新たにパラメータを2点生成し、表3に示すように拡張させた直交性にパラメータを割り当てる。例えば、表1における‘0’と‘1’は‘00’と‘01’に相当するが、新しく生成されたパラメータは‘10’と‘11’に割り当てる。これにより、図3に示すように、直交性を維持したパラメータの組み合わせを生成することが可能である。

表2:  $L_4(2^3)$ 直交表の拡張

	1	2	3
0	00	0	0
1	00	1	1
2	01	0	1
3	01	1	0
4	10	0	0
5	10	1	1
6	11	0	1
7	11	1	0

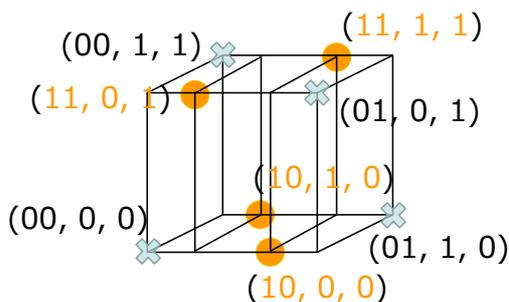


図3: 3次元上にプロットされた表2の直交表

### 4. 検証

既存手法と比較して、(1)提案手法により新しく生成したパラメータの組み合わせが直交を維持しながら増加可能かについて、各パラメータの組み合わせ同士の内積の計算したところ、直交性を維持しながら直交表を拡張可能であることが示された。さらに、(2)図4の縦軸が実験回数、横軸が新しく生成され追加されたパラメータの数で示されるように、既存の直交表を用いたパラメータ生成(実線)に比べ、提案手法(破線)はより少ない実験数で追加した直交性をいじしたパラメータの組み合わせを実験することが可能であり、効率性が向上していることを示している。

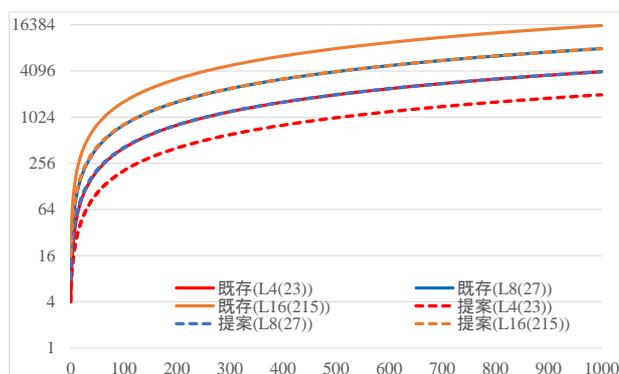


図4: 既存手法と提案手法による実験回数の比較

### 5. おわりに

本研究では、網羅的社会シミュレーションの実行計画において、シミュレーション結果に効果のあるパラメータ探索の効率性を向上させるために直交性を維持しながら直交表を拡張させる手法を提案し、既存手法と比較して効率性向上させることが可能であることを示した。今後の課題として、離散パラメータに対しても効率的に実験可能なシステムを構築する必要がある。

**謝辞**  
本研究は、JST CREST「の研究課題「超大並列計算機による社会現象シミュレーションの管理・実行フレームワーク」の支援を受けている。

### 参考文献

[岡田 2012] 岡田崇, 山下倫央, 野田五十樹: “網羅的シミュレーションによる群集誘導手法の検証”, 人工知能学会全国大会(JS AI)2012, 3F2-OS-10-9, 2012.  
[松島 2013] 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分析”, 人工知能学会全国大会(JS AI)2013, 4F1-3, 2013.  
[Reuillon 2010] Reuillon, R., et al.: “Declarative Task Delegation in OpenMOLE”, International Conference on High Performance Computing and Simulation (HPCS) 2010, pp.55-62, 2010.