

研究タイトル: 条件付き確率事象の多項式カオス展開を組み込んだ NISP 確率有限要素法の開発



氏名: 中川英則 / NAKAGAWA Hidenori **E-mail:** nakagawa@oyama-ct.ac.jp

職名: 准教授 **学位:** 博士(工学)

所属学会・協会: 土木学会、日本計算工学会

キーワード: 計算力学(非線形有限要素法、確率有限要素法、応用確率解析)

- 技術相談 提供可能技術:**
- ・ 非線形有限要素法に関すること
 - ・ 確率有限要素法に関すること
 - ・ 工学系の数学(微積分, 線形代数, 微分方程式, ベクトル解析, 複素解析, フーリエ解析, 確率・統計 等)に関すること

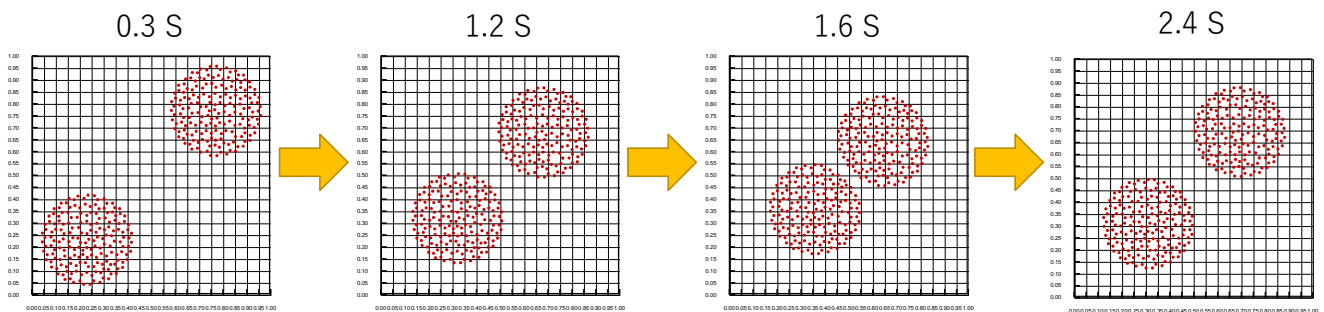
研究内容: 条件付き確率事象の多項式カオス展開を組み込んだ NISP 確率有限要素法の開発

【スペクトル確率有限要素法の弾塑性固体力学問題への適用法についての研究】

材料特性や外荷重, 境界条件などが正確に分からない力学問題に対し, そのパラメータの不確かさを確率として表現した確率モデルを解くための手法として, モンテカルロ法があります. ただ, 意味のあるモーメント定数を得るためにはパラメータの値を変えながら 1000~10000 回もの計算を行うこととなります. 確率変数の数が少ない場合, それを1回の計算で行う方法として確率有限要素法があげられます. この手法はモンテカルロ法に比べると新しい手法の部類に入り, 現時点でも世界各国において開発段階となっています. 特に, 材料非線形性などが関係する固体力学問題においては, 変位や応力などの物理量の平均値は上手く追えても, その分散を正確に追うことは難しい点が問題となりました. そのために, NISP 法(Non-Intrusive Spectral Projection method)を Intrusive スペクトル確率有限要素法(Intrusive SSFEM)のアルゴリズムの一部に取り込んだ NISP 確率有限要素法(NISP-SFEM)を考案しました. 現在は, multi-element 多項式カオス展開とこれまでに開発してきた NISP-SFEM をカップリングした条件付き確率場に基づく NISP-SFEM の開発により, 非線形問題(有限変形確率弾塑性問題など)をより安定的に分析できる手法の確立を目指しています.

【Material Point Method についての初段階の研究】

まだ駆け出し段階であり研究レベルには至っていませんが, 今年度になって興味を持った内容に Material Point Method(MPM)があります. MPM は Sulsky らによって1994年に初めて提案された, 流体力学で利用されてきた PIC(Particle In Cell)法を固体力学に応用した数値計算法です. 連続体を Lagrange 粒子で離散化し, 支配方程式の解を粒子群の背面に設けた Euler 格子を用いて算出する点が特徴となっています. 有限要素法のように, 歪の増加に伴い要素が大きく変形し計算が不能になるといった問題が生じないため, リメッシュの必要がありません. そのために, 地すべりやコンクリートの破壊などに代表される, 強不連続性を有する大変形問題に多く適用されています. 下の図は, MPM のベンチマーク問題とされている, 弾性体のボールが接触し離れてゆく様をシミュレーションした結果です.



researchmap: <https://researchmap.jp/read0109740>

研究紀要: https://www.oyama-ct.ac.jp/tosyo/researcher/009_nakagawa_hidenori.html

提供可能な設備・機器:

名称・型番(メーカー)

Development of NISP-SFEM incorporating polynomial chaos expansion of conditional stochastic events



Name	NAKAGAWA Hidenori	E-mail	nakagawa@oyama-ct.ac.jp
------	-------------------	--------	-------------------------

Status	Associate Professor
--------	---------------------

Affiliations	JSCE (Japan Society of Civil Engineers) JSCES (The Japan Society for Computational Engineering and Science)
--------------	--

Keywords	Intrusive SSFEM, Non-Intrusive Spectral Projection method, Multi-Element PC
----------	---

Technical Support Skills	<ul style="list-style-type: none"> Non-linear finite element method Stochastic finite element method Engineering mathematics (calculus, linear algebra, differential equation, vector analysis, complex analysis, Fourier analysis, probability statistics, etc.)
--------------------------	--

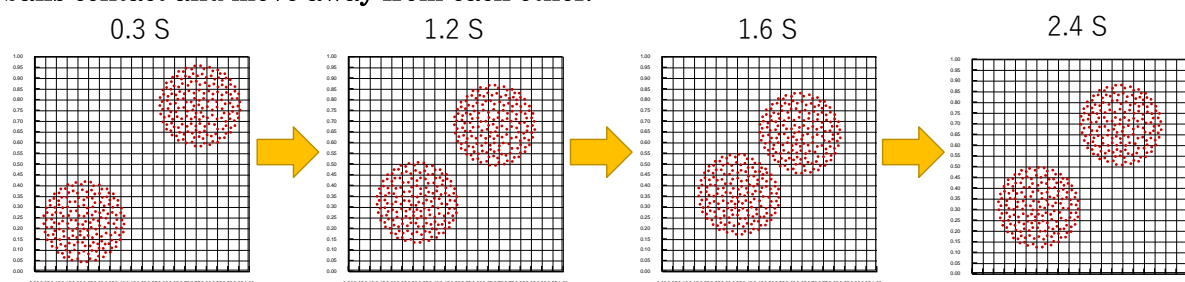
Research Contents

【Study on application of spectral stochastic finite element method to elasto-plastic solid mechanics problems】

Monte Carlo method is commonly used to solve probabilistic models that represent the uncertainties of parameters as probabilities when the material properties, external loads, boundary conditions, etc. in mechanical problems are not known precisely. However, in order to obtain meaningful moment constant, it is necessary to calculate 1000 to 10000 times while changing the parameter values. When the number of random variables is small, the intrusive spectral stochastic finite element method (intrusive SSFEM) can be used to perform it in one calculation. The intrusive SSFEM belongs to a newer category compared to the Monte Carlo method and is still under development in various countries around the world. Especially in solid mechanics problems including material non-linearity, it was difficult to accurately track the variance of physical quantities such as displacement and stress, even if the average values of these random variables could be tracked appropriately. For that purpose, I devised NISP-SFEM that incorporates the NISP method (Non-Intrusive Spectral Projection method) into a part of the intrusive SSFEM algorithm. In order to establish a more stable analysis method for nonlinear problems, I am currently developing NISP-SFEM based on conditional random fields, which is a combination of NISP-SFEM and multi-element polynomial chaos expansion.

【First stage research on Material Point Method】

Although it is still in the initial stage and has not reached the research level, but I am interested in MPM (Material Point Method) in recent years. MPM was first proposed by Sulsky et al. in 1994, and is a numerical method that applies the Particle in Cell (PIC) method, which has been used in fluid mechanics, to solid mechanics. The feature of MPM is to discretize the continuum with Lagrangian particles and calculate the solution of the governing equation using the Eulerian mesh behind the group of particles. Even if the element is greatly deformed as the strain increases, there is no need for remeshing the process because it does not cause problems such as the inability to compute, which is seen in the finite element method. Therefore, MPM is often applied to large deformation problems with strong discontinuity, such as landslides and fracture of concrete. The figure below is a simulation of the MPM benchmark problem, where elastic balls contact and move away from each other.



Available Facilities and Equipment

researchmap : <https://researchmap.jp/read0109740>

研究紀要 : https://www.oyama-ct.ac.jp/tosyo/researcher/009_nakagawa_hidenori.html