

京都大学教育研究振興財団助成事業
成 果 報 告 書

平成27年8月5日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会長 辻 井 昭 雄 様

所属部局 原子炉実験所

職 名 准教授

氏 名 山 本 俊 弘

助成の種類	平成27年度・研究成果公開支援・国際会議開催助成		
事業内容	原子力計算のための日中韓先進モンテカルロ計算法専門委員会		
開催期間	平成27年7月21日 ～ 平成27年7月22日		
開催場所	京都大学原子炉実験所		
参加者	35名	内訳 国内参加者:15名 海外参加者20名	
成果の概要	タイトルは「成果の概要／報告者名」として、A4版2000字程度・和文で作成し、添付して下さい。「成果の概要」以外に添付する資料 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有(開催プログラム)		
会計報告	事業に要した経費総額	619,680 円	
	うち当財団からの助成額	480,000 円	
	その他の資金の出所	(機関や資金の名称) 京都大学原子炉実験所	
	経費の内訳と助成金の使途について		
	費 目	金 額 (円)	財団助成充当額 (円)
	国内参加者規定旅費	136,420	0
旅費補助費	300,000	300,000	
謝金	180,260	180,000	
研究会補助金	3,000	0	
当財団の助成について	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。) 当実験所の研究会開催予算は国内参加者にしか使用できないという制約があるため、貴財団の助成金のお蔭をもちまして何とか開催することができました。日中韓持ち回りで定期的に開催しており、数年後に日本開催の折には、また申請したいと思っております。		

成果の概要/山本俊弘

1. 研究会の概要

日中韓のモンテカルロ法による原子力計算分野の代表的な研究者を招へいし、モンテカルロ法の先進的な研究テーマについて、発表し、討論するための研究会である。発表内容は、学生にも理解可能なように基礎的な内容から解説し、学生に対する教育効果も高い内容となるようにした。さらに学生による発表のセッションも設けた。本研究会は、平成 24 年度に第一回目が韓国のソウル大学の Shim Hyung Jin 先生の提唱で開催され、平成 25 年度には第二回目が中国の清華大学で開催された。平成 27 年度に第三回目を京都大学原子炉実験所の専門研究会として開催した。

参加者の内訳は、国内参加者が 15 名（学内が 8 名、学外が 7 名）、海外参加者が 20 名（中国清華大学 5 名、ソウル大学 7 名、韓国漢陽大学 3 名、蔚山工科大学 4 名、韓国原子力研究所 1 名）であった。



2. 開催内容

原子力計算では中性子輸送方程式や光子輸送方程式などを数値的に解くことが行われるが、この数値計算法は、有限差分法等で決定論的に解く方法と、多数の粒子のランダムウォークを行って統計的平均値から求めるモンテカルロ法とに大別できる。従来、モンテカルロ法では計算負荷が非常に大きくなるという理由や、モンテカルロ法では理論的に解くことが困難とされる問題が多数存在するなどの理由により、標準的な計算手法とはなりえないとされてきた。しかし、計算機性能の向上に加えて理論的研究の進展により、モンテカルロ法が従来の決定論的手法に置き換わりつつあるのが、ここ数年の状況である。そこで、数年前より日中韓のモンテカルロ計算法の研究者を集め、これら諸課題を議論する機会を設けてきた。

本年度取り上げた中心的なテーマとしては、1)モンテカルロ法による真の誤差の評価法と収束判定法、2)全炉心燃焼計算の開発、3)感度/不確かさ解析手法、である。

1)については、モンテカルロの誤差評価自体は実に簡単であるが、各サンプル間に相関があるために、誤差の評価結果にはバイアスが含まれることになるので、真の誤差の評価は容易ではない。また、原子炉内の中性子束分布の計算には、収束判定が必要となるが、モンテカルロ法は誤差を含むが故に収束判定は困難となる。これらの問題について、日本原子力研究開発機

構の植木太郎博士、大阪大学の北田孝典先生、漢陽大学の Kim Song Hyun 博士、名古屋大学の遠藤知弘先生、ソウル大学の Shim Hyun Jin 先生、韓国原子力研究所の Park Ho Jin 博士らによる講演がなされた。モンテカルロの誤差評価、収束判定に限定して包括的に議論するような機会は過去の国際会議などでもあまりなく、本研究集会の講演や議論は、参加者の相互理解を深めるのに大いに貢献したものである。

2)の全炉心燃焼計算の開発については、従来、炉心計算は、決定論的な方法でしかできなるとされてきたが、近年の計算機の高速化、大容量化や大規模並列化などで、炉心設計そのものをモンテカルロ法で置き換えようとする機運が盛り上がっている。この問題について、蔚山工科大学の Lee Deokjung 先生、清華大学の Liang Jin-gang 博士、電力中央研究所の鈴木求博士らによる講演が行われた。各研究機関において計算機の大規模並列化による全炉心計算の開発状況が報告された。今後の、全炉心モンテカルロ計算の実現に向けての課題などが明らかになったものと思う。

3)の感度/不確かさ解析手法では、日本原子力研究開発機構の長家康展博士と清華大学の Qiu Yishu 氏による講演が行われた。感度/不確かさ解析には、計算量の微小な差を計算する必要があるが、モンテカルロ法ではこれらが統計誤差に埋没してしまうために、摂動計算という別の計算手法の導入が不可欠である。長家博士には、摂動計算の基礎理論から最先端の状況までを解説いただいた。また Qiu 氏は、世界各国で開発されている本計算手法の包括的な評価を行いその優劣を明確に示していただいた。

その他の課題として、モンテカルロ法によるべき乗法の改良によるモンテカルロ高次モード解析手法の開発の現状が、蔚山工科大学の Zhang 博士より報告された。この高次モード解析手法は、モンテカルロ法が不得手とする分野で、いまだに決定論的に手法に頼らざるを得ないのが現状であるが、まだまだ開発の余地は多く残っているものの、従来の決定論的手法に匹敵するだけの手法に成長しつつある。山本俊弘は、これもモンテカルロ法が苦手とする時間依存炉心計算のモンテカルロ法による開発の現状を報告した。時間依存中性子輸送方程式を周波数領域に一旦変換し、それを複素数ウェイトモンテカルロ法を使って解く方法で、モンテカルロの新たな地平を切り拓く手法であると自負している。

初日、二日目の最後のセッションには、学生発表セッションを設け、計 11 名の学生の発表が行われた。

3. 課題、感想

日本での開催にもかかわらず、学生発表セッションでの日本の学生の発表が1件もなかった。理由としては、7~8月は多くの他の行事が集中しており、日本の学生に本研究会に労力を割くだけの余裕がないことが挙げられるが、もっと大きな問題としては、日本の大学ではモンテカルロ計算法に注力して教育研究を推進する環境が整っていないことが挙げられる。今後モンテカルロ法による計算手法が原子力分野における主要な計算ツールになるであろうことを考えると、国産モンテカルロ計算技術を維持し発展させていくことが重要となり、後継世代の育成が急務である。今後、このような研究会を有効に活用していきたい。

京都大学原子炉実験所から支給される予算だけでは国際的な会合の開催は困難ですが、貴財団のご支援により可能となりました。ここに御礼申し上げます。

Workshop on Advanced Monte Carlo Method, July 21-22, 2015

Kyoto University Research Reactor Institute supported by the Kyoto University Foundation

July 21st (Tue)		
Time	Program	Speaker
09:25	Opening Remark	Prof. Yamamoto, T. (KU)
Variance estimation and convergence diagnosis (Chair: Prof. Shim (SU) (AM), Prof. Lee (UNIST) (PM))		
9:30-10:30	1.Variance estimation and central limit theorem	Dr. Ueki, Taro (JAEA)
10:30-11:10	2.Fission source convergence acceleration by fission matrix method	Prof. Kitada, Takanori (OU)
11:10-11:50	3.Diagnosis of fission source convergence	Dr. Kim, Song Hyun (HYU)
11:50-13:00	Lunch break	
13:00-13:40	4.Underestimation of variance for fission rate distribution	Prof. Endo, Tomohiro (NU)
13:40-14:40	5.Real variance estimations by the FSD correlation method and the history-based batch method	Prof. Shim, Hyung Jin (SNU)/ Dr. Park, Ho Jin (KAERI).
14:40-15:10	6.Application of batch-statistic method in RMC	Dr. She, Ding (TU)
15:10-15:25	Break	
Student session 1 (see the next page) (Chair Dr. She and Dr. Liang(TU))		
15:25-17:30	Student session 1	
17:40-19:40	Reception (Library building next to the workshop place)	
July 22nd (Wed)		
Time	Program	Speaker
Depletion and whole core calculation (Chair Dr. Nagaya (JAEA))		
9:30-10:20	7.MC whole core analysis of LWRs	Prof. Lee, Deokjung (UNIST)
10:20-11:10	8.Data parallelism methods for large-scale whole core burnup calculations	Dr. Liang, Jin-gang (TU)
11:10-11:50	9.Analysis of BEAVRS benchmark problem by using enhanced Monte Carlo code MVP	Dr. Suzuki, Motomu (CRIEPI)
11:50-13:00	Lunch break	
Perturbation and MC S/U method (Chair Prof. Yamamoto (KU))		
13:00-13:50	10.Monte Carlo perturbation methods	Dr. Nagaya, Yasunobu (JAEA)
13:50-14:40	11.Accurate and efficient algorithms of computing eigenvalue sensitivity coefficients with regard to nuclear data	Mr. Qiu, Yishu (TU)
14:40-15:00	Break	
Some other issues (Chair Dr. Park (KAERI))		
15:00-15:30	12.Modified power method in MC simulation	Dr. Zhang, Peng (UNIST)
15:30-16:00	13.Dynamic Monte Carlo in frequency domain	Prof. Yamamoto, T. (KU)
16:00-16:30	14.Monte Carlo alpha iteration algorithm	Prof. Shim, Hyung Jin (SNU)
Student session 2 (see the next page) (Chair Prof. Yamamoto (KU))		
16:30-17:30	Student session 2	
17:30	Closing remark	Prof. Shim, Hyung Jin (SNU)

Student session 1 15:25-17:30, July 21st		
	S1. MR-CADIS method as one of the hybrid method for the effective variance reduction	Mr. Kim, Do Hyun (HYU)
	S2. Development of simulation capability of stochastic media in RMC	Mr. Liu, Shichang (TU)
	S3. Flexible and advanced description of initial source distribution in Monte Carlo code RMC	Mr. Shang, Xiaotong (TU)
	S4. Depletion capability of MCS code	Mr. Jeong, Yongjin (UNIST)
	S5. McCARD analyses for the OECD sodium-cooled fast reactor benchmarks	Mr. Jang, Sang Hoon (SNU)
	S6. Monte Carlo isothermal temperature reactivity analysis of the Giacint Critical Facility	Mr. Lee, Dong Hyuk (SNU)
	S7. Monte Carlo higher eigen-mode calculations	Mr. Lee, Seung Cheol (SNU)
Student session 2 16:30-17:30, July 22nd		
	S8. Quantification of uncertainty propagation in mesh-based 2-step Monte Carlo simulation for residual radiation analysis	Mr. Han, Gi Young (HYU)
	S9. Application of CMFD in MC simulation	Mr. Lee, Hyunsuk (UNIST)
	S10. Monte Carlo generalized S/U analyses for the UAM phase 1 benchmarks	Mr. Choi, Sung Hoon (SNU)
	S11. Comparison of Monte Carlo on-the-fly doppler broadening methods for the VERA benchmark	Mr. Kang, Soo Min (SNU)

Acronyms

CRIEPI: Central Research Institute of Electric Power Industry

HYU: Han Yang University, JAEA: Japan Atomic Energy Agency: KAERI: Korea Atomic Energy Research Institute, KU: Kyoto University,

NU: Nagoya University, OU: Osaka University, SNU: Seoul National University,

TU: Tsinghua University, UNIST: Ulsan National Institute of Science and Technology.