HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	揺動現象の粗視化と正規性保存関係 ： 統計力学的観点に基づく原子炉雑音理論の進展
Author(s)	斎藤, 慶一
Citation	北海道大學工學部研究報告, 86, 87-89
Issue Date	1978-02-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41444
Type	departmental bulletin paper
File Information	86_87-90.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道大学工学部研究報告
第86号（昭和53年）

Bulletin of the Faculty of Engineering,
Hokkaido University, No. 86 (1978

揺動現象の粗視化と正規性保存関係

—— 統計力学的観点に基づく原子炉雑音理論の進展 ——

斎藤慶一*

（昭和52年8月30日受理）

Coarse-Graining of Fluctuations and Preservation of Normality

— A Review of At-Power Reactor Noise Theory from the Statistical Mechanical View Point —

Keiichi Saito

(Received August 30, 1977)

Abstract

Rooted on the rapidly developing non-equilibrium non-linear statistical mechanics, at-power reactor noise are now better understood, in that it feeds back to and nourishes the original discipline of the mechanics. The reactor noise patterns accumulated in the course of the process is stored and exchanged on the basis of an international cooperation for a highly qualified utilization.

熱平衡状態にあっては，詳細釣合の原理が成立し，最大エントロピー状態の周りのゆらぎは正規分布に従い，その統計分布は分散 σ のみで完全に記述される[1]。非平衡時においても，マルコフ性を持ち線型安定状態にある揺動は正則性を保存する (Kubo's Ansatz) として，ε-展開法を用いて平均値・分散の従う発展方程式，更にはゆらぎの確率分布に対する Fokker-Planck 方程式を導出し，多様な非線型非平衡統計物理現象の理論解析が行われてきた[2,3]。また，定常時には循環釣合は保たれている (Tomita's Ansatz)[4] として，F-P 方程式に基づいて導入された循環の速さを表す指標 α の制御工学的意義を検討することは，現在原子炉工学分野で行われている[5]。

線型マルコフ正規過程であるならば，正規白色雑音源を持つ連立線型ランジュヴァン方程式で記述できるが，かような理想的状態はまれにしか実現されない。原子炉雑音分野においても，中性子分枝過程が存在するために原理的には正規性は保存されないこと，非正規な温度ゆらぎが観測されたことがあること，更には機械的振動に対して働く止り機構は非線型効果になるので例え正規外乱が加わっても非正規な応答振動がみられること等が報告されている[6]。他方，自己回帰モデルに基づく統計解析法[7]を原子炉制御に適用していく場合[8]には，原子炉動特性を非マルコフ的に記述していることになる。

統計力学の分野には3つのアプローチがある。すなわち，演繹的なもの，確率過程論的なもの，経験的・直観的なものである。Fig. 1 は統計力学と炉雑音基礎理論との相関関係を示したも

* 原子工学科　放射線源工学講座

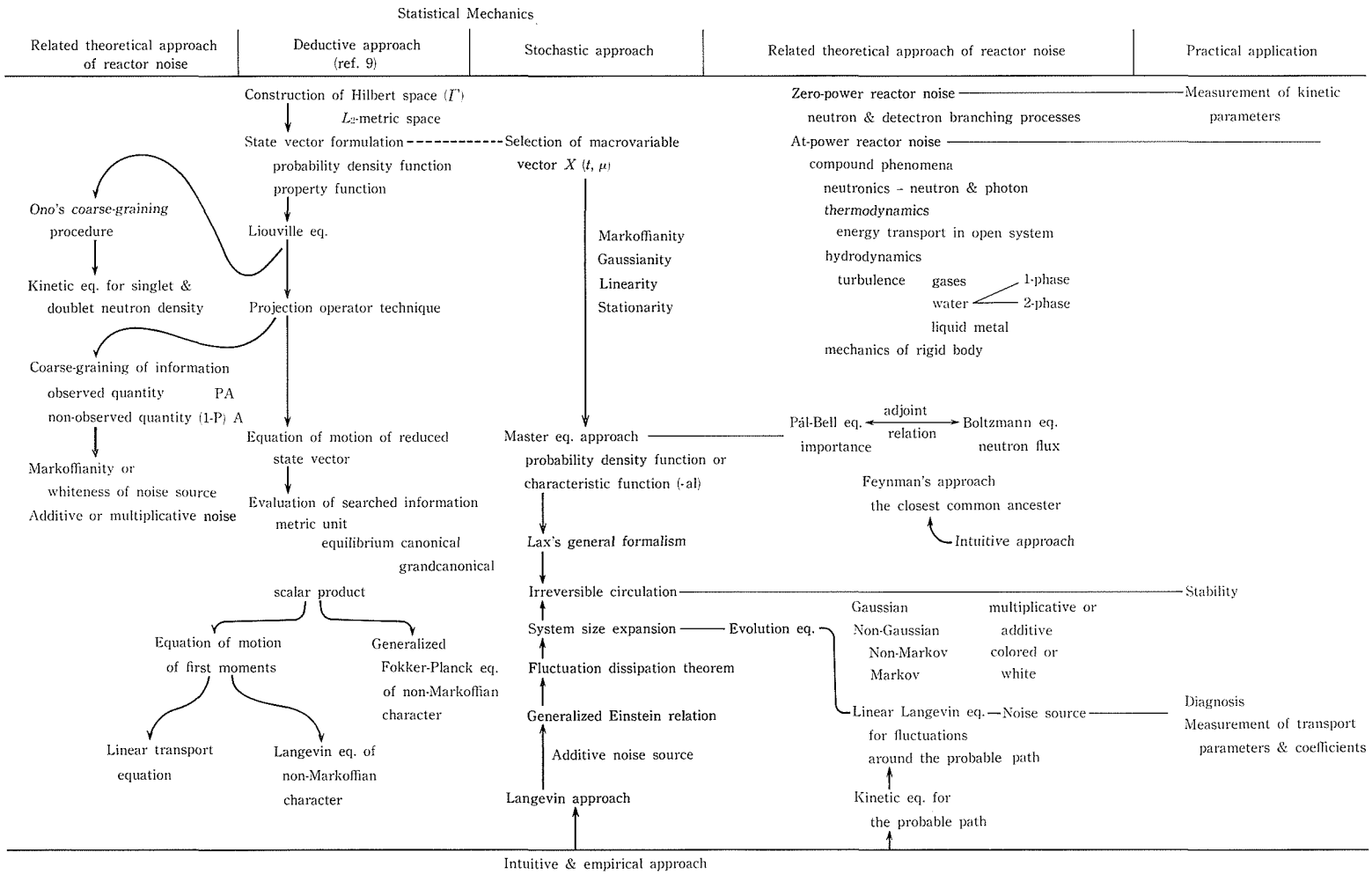

Fig. 1. Schematic Map Correlating the Basic Reactor Noise Theory to the Statistical Mechanics.

のである。

揺動現象の粗視化を行う上でのフィロソフィは何か，その過程で正規性，マルコフ性，白色性，線型性，定常性更にはエルゴード性が保存されるかどうか，粗視化操作後，新たに付与された性質を定量的にどう把握し，実験との対比において論理的一貫性を保つか等，炉雑音現象の体系化の上で未解決な問題は山積している[10]。体系化された暁は非平衡非線型統計力学が少くとも古典論的には完成したということになるが，そのための努力と平行して，多大な労苦を払って設置された原子炉発電装置において採録された炉雑音実験データを広範囲の研究者が活用できるようデータ・バンクまたはライブラリーを設立し情報交換に役立てようという努力も国際的規模で払われている[11]。

文　献

1) 例えば，ランダウ・リフシッツ： 統計物理学 (昭32), 岩波書店.
2) Kubo, R. *et al.*: J. Stat. Phys., 9 (1973), p. 51.
3) Kabashima, S. *et al.*: J. Phys. Soc. Japan, 39 (1975), p. 1183.
4) Tomita, K. and Tomita, H.: Proc. Theor. Phys., 51 (1974), p. 1731.
5) Kishida, K. *et al.*: Atomkernenergie, 29 (1977), p. 1.
6) Pacilio, N. *et al.* eds.: Reactor Noise—From Critical Assemblies to Power Plant (1975), Commitato Nazionale Energia Nucleare.
7) 赤池弘次： 数学, 29 (1977), p. 97.
8) Fukunishi, K.: Nucl. Sci. Eng., 62 (1977), p. 215.
9) Nordholm, S. & Zwanzing, R.: J. Stat. Phys., 13 (1975), p. 347.
10) Saito, K.: Ann. Nucl. Sci. Eng., 1 (1974), pgs. 31, 107 & 209.
Progress in Nuclear Energy, Source Paper Series—Reactor Noise, to be published from Pergamon Press Ltd.
11) OECD-NEA 主催： 第1回及び第2回原子炉雑音専門家会議 SMORN I & II (1974 & 1977).