

ひろば

第12回西宮湯川理論物理学シンポジウムに参加して

東京大学大学院総合文化研究科 佐々真一

(1998年4月8日受理)

1997年11月13日(木)、11月14日(金)の両日、第12回西宮湯川理論物理学シンポジウム - Dynamic Organization of Fluctuations - が西宮市で開かれた。以下の報告は、実行委員のひとりであった佐々が抱いた個人的な感想である。

このシンポジウムは、末尾につけたプログラムに示されているとうり、分子機械・粉体・流体乱流という3つのサブジェクトからなっている、といってもよい。この3つを並べてみて、何かの共通性を感じ取れるであろうか。それぞれのスケールは全く違ふし、対象も無論違ふ、共通する方法論がありそうでもない。一見して、シンポジウムとして意味をなさない、と想像するかもしれない。Dynamic organization of fluctuations というタイトルで、強引に共通性を強調しようという思惑は感じられるが、それも一般的すぎてピンとこない。まず、そのあたりからふりかえてみよう。

シンポジウムからの帰りの電車の中で、Mさんが「同じような話しが多過ぎた。もっとバラエティーがあった方がよかったのでは。」という感想を私に伝えた。参加者がうけとった印象はまちまちだろうが、Mさんの意見は、私にとっては、意外なもので、実行委員でもあった私はうろたえた。しかし、よくよく考えると、その意見は、もっとだと思ふようになった。特に、2日目、She, Eyink, Sekimoto, Oono と続く理論的な話しは、30年後の教科書では、ひとつになっている可能性も十分にあるのでないか。

Sheの簡潔な前提にもとづく乱流揺らぎの統計則の議論は、ひとつの閉じた理論として明快である。ただし、彼の議論の前提を実際の乱流が満たしているかどうかは別問題であり、現在の段階ではなんともいえない。Sreenivasanが示した実験データの範囲では、どうとでもいえる段階のような印象をもった。Sreenivasanが紹介した Extended Self-Similarity 仮説やその一般化の話しも含めて、新しい現象論が出ているのはわかるが、まだ、実験によって選択される段階ではない。実験データの精度をあげるのも必要だろうが、何か別の側面からの切口も欲しい。理論的には、Sheの講演の後の質疑応答であったように、くりこみ群やEyinkが講演した large deviation theory との関連がつけばより豊かな理論構造がみえてくるかもしれない。

そのEyinkの講演については、large deviation theory の review part はよかったが、彼の研究の核心は、変分法による rate function の近似計算法の開発にあり、これは、技術的なわりにインパクトのある成果がないので聞くのがつらかった。特に、例題をたくさんあげて、「これもできる。あれもできる。」というスタイルで喋ったため、余計にその感を強くした。乱流専門家から、玩具でなく本当の乱流の場合はどうなのか、という質問がでたが、それはもっともな疑問であり、空間自由度が入っただけで変分法の計算は途端にしんどくなる。

SheやEyinkの講演は揺らぎの統計則に関するものであったが、それに対して、large deviation theory を揺らぎの理論として、Einstein 理論に対応づけ、熱力学構造に対応するものを large deviation とは独立に構築すべきだ、という方向の講演が Sekimoto と Oono によっ

てなされた。

Sekimotoは分子機械からの動機によって、Langevin dynamicsで「普通の」熱力学が如何に成立するか、というのを操作時間と過剰生成熱の相補性関係も交えて紹介した。話しは無駄なくコンパクトであって、背景を知っている人には、すっと入ってくるが、流体研究者には、そもそも何でLangevinなのか、問題設定の段階で思考が止まったかもしれない。(厳密に言えば、前日のProstの話しで背景は講演されているのだが、そう頭に残るわけではない。) また、Libchaberが講演途中で質問した、Feynmann ratchetの効率の話題、を全面的に省略して、形式的な部分で閉じてしまったので、余計に講演趣旨が見えなかったかもしれない。

Oonoは、さらに、「普通の」熱力学を越えて、非平衡(定常)状態における熱力学を実験操作論的に構成する話しをした。これは、個々の研究テーマを越えて、重要な切口になる可能性がある未完の理論¹であるが、その研究スケールの大きさがどれくらい伝わったかはわからない。Libchaberが「なぜ、熱力学がこんなに続くのだ?久保の影響か?」と漏らしていたらしいが、勿論、久保の影響ではない。Libchaberのやっていることとも大いに関係してくるのだが、Oonoの講演は聴衆に対して親切ではなく、検証可能性の(大変難解な)話しを中心に据えていたので、Libchaberが理解できなくて当然かもしれない。また、Sheだけでなく、乱流研究者がよく使う、渦粘性、という言葉をも学問的に正しく位置付けることは「揺らぎの理論」と「状態の理論」を統一的にとらえることが必要で、それは、She, Eyink, Sekimoto, Oonoの講演がひとつ屋根の下で見えるようになった時に可能になるのかもしれない。

さて、ここで、時計の針を戻そう。1日目の講演は、分子機械の話しから始まった。冒頭で講演したLibchaberは、現在、分子機械・分子計算機に関してもっともきちんとした物理的実験をやっている研究者のひとりであるが、同時に、1990年頃、ヘリウムを使った流体乱流について、発達した乱流形態についてもっとも精緻な実験をしたことで知られている。これを、安易に、流体から生物へと研究を移行したとみたくはない。実際、Libchaberの研究は、対象が何であれ、きちんと制御された条件下でデータをとり、それにもとづいて確実な事実関係を報告する。講演では、それを論文以上にいうことはなく、実験制御の話しに重点があった。従って、もうひとつ気分が高揚しないし、非専門家にはつらかったかもしれない。Prostの講演は、導入、Langevin model、統計モデル、とバランスよく配置されていた。しかし、まとまりすぎていて、気抜け感があった。これは、私が、事前にRev. Mod. Physを読んでいて、かつ、講演がそれにそっていたこともあったかもしれない。そもそも、分子機械の理論研究というのは、まだそんなにestablishしたのではなく、例えば、統計的側面にしても、そういう方向がいいのか、あるいは、Libchaberがその実験操作技術を喋った1分子的な視点がいいのか、というのは、もっと議論すべきだったかもしれない。(これは、佐々を含めた聴衆側の反応の問題である。)

1日目の午後から、乱流の話しが始まった。Kidaのダイナモの話は、映画としては楽しめたし、計算機と数値計算技術の向上には驚いたが、どうもすっきりしない。勿論、科学の最初のステップとして、本物に近いものを制御可能な手元においておく、という段階が必要なのはわかる。しかし、あまりにも、アニメーションが見事だったせいで、科学としての苦悩が伝わらなかったのが不満がたまったのかもしれない。このダイナモもそうだし、休憩時間中に、壁乱流のアニメーションも他の流体研究者から見せて頂いたが、我々が手に入れて

¹ 佐々には未完に思える、というだけである。Oonoはそうっていない。

いる理論枠組の貧弱さを強く認識した。計算機で色々な世界を手軽に見えるようになってきた今、やはり、新しい見方をつくらないといけない。そういう気にさせた、ということで意味があったのかもしれない。

ところで、あらゆる意味で、謎だったのが、次の McIntyre の講演である。正直いって、私の頭の理解の相関時間は1分もなく、言葉が断片でしか聞こえてこない。筋がほとんどない。深い意味があったのかもしれないが、私にはわからなかった。何人かの人に聞いても謎だったらしい。こういう経験は今までなかったので、貴重な経験かもしれない。

休憩をはさんで、粉体の話題に入ってしまった。乱流の渦粘性に相当する実効的な輸送係数を粉体の運動で見い出そうとする Aoki の講演は、きちんとした実験データと野心的な試みがうまくかみあっていて、ひとつの話としては聞きごたえがあった。しかし、どうにもまだわからないところが多く、特に、粉体の場合、外力の幾何依存性をどう考えていいのか不明なので、原理的なことを詰めるなら、もっと簡単な配置で研究する方がいいように感じた。Eyink は、さかんに、自分の driven diffusive model の研究との類似性を強調していたが、非平衡一般の理論が構築されれば、類似性はいうまでもなく存在する。それどころか、そのような理論が仮にあったとして、もっとも適用される題材が粉体かもしれない。当然、Oono の定常状態熱力学の題材でもある。しかし、これは、今後の研究をまたなくてはならない。

同じ粉体研究でも、Hayakawa の講演では、Aoki とは対称的に、粉体独自の世界を構築しようとするのではなく、粉体のパイプ流の揺らぎと交通流の揺らぎを同じ普遍性クラスでくくろうとする理論が紹介された。質疑応答では、流体研究者からさかんに質問がでた。大げさでない簡単な理論だてにたって、もうひとつ本質がわからない近似計算を使って、普遍性がわかりやすい揺らぎの指数についての非自明な結果を説明しているので、刺激を受けた人が多かったのかもしれない。粉体については、もう一つ、Jeager (シカゴ大) の講演が予定されていたが、急病のため訪日できなかったのは惜しかった。

こうして振り返ってみると、なかなか面白いシンポジウムであったが、残年なことに参加者が100人程度で、思った以上にすくなかった。特に、非流体研究者の参加者が少なかった。これは、同じ月に、複雑液体の国際会議と統計力学の国際会議が日本で開催され、内容的に、物性側の参加者がだぶってしまったことも影響したかもしれない。シンポジウムとして若手に対する旅費援助を出せなかったのも大きかったかもしれない。理論物理のような直接利益にならないものを文化事業としてサポートしている西宮市には、理論物理の研究者の一人として、素直に感謝したいが、そろそろ文化事業の内容をみなおす時期かもしれない。もはや、海外から著名な人をよんで講演して頂く時代ではないように思う。学生も含めた若い研究者間の交流など、真に意味のある文化事業のかたちがあるかもしれない。これは、ひとりの実行委員がこの場所で意見することがらではないかもしれないが、感想の一つとしてつけ加えたい。

全体の講演を通して、現段階で、理論物理として、未熟なレベルにあるのは否めない。このこと自体は決して悪いことでなく、将来、そこからどれだけの世界が見えてくるかが問題である。乱流、粉体、分子機械は、それぞれ、非平衡と揺らぎが関係する現象である。非平衡論が整備されて、これらの現象を見る枠ができる、今回のシンポジウムが果たした歴史的な役割もみえてくるかもしれない。一方で、多くの未熟な研究がそうであるように、成熟しないまま終わることもあろう。このシンポジウムの内容は、Prog. Theor. Phys. Suppl. No. 130 (1998) として出版される予定であるが、将来、何回も proceedings をめくるような会議になるかどうかは、これから、我々研究者が、このシンポジウムの内容をどのように発展させ、成熟させていくかにかかっているのはいうまでもない。

なお、シンポジウムのプログラムは以下の通りである。

第12回西宮湯川理論物理学シンポジウム
- Dynamic Organization of Fluctuations -

11月13日(木)

- 9:00 ~ 9:30 開会挨拶
9:30 ~ 10:30 A. Libchaber (Rockefeller Univ., USA)
Stochastic Dynamics and Molecular Machines
10:30 ~ 11:30 J. Prost (CNRS, Institut Curie, France)
From Molecular Motors to Muscles
13:00 ~ 14:00 S. Kida (木田重雄、核融合科学研究所)
Thermally driven MHD dynamo in a rotating spherical shell
(with Hideaki Kitauchi)
14:00 ~ 15:00 M.E. McIntyre (Univ. of Cambridge, UK)
Breaking waves and global-scale chemical transport in the Earth's
atmosphere, with spinoffs for the Sun's interior
15:30 ~ 16:30 K.M. Aoki (青木圭子、計算流体力学研究所)
Convective roll patterns in vibrated granular materials
16:30 ~ 17:30 H. Hayakawa (早川尚男、京都大学大学院人間・環境研究科)
Universal behaviors in granular pipe flows and traffic flows

11月14日(金)

- 9:30 ~ 10:30 K.R. Sreenivasan (Yale Univ., USA)
Turbulence phenomenology beyond Kolmogorov
10:30 ~ 11:30 Z.-S. She (UCLA, USA)
Hierarchical Structures in Fully Developed Turbulence
13:00 ~ 14:00 G.L. Eyink (Univ. of Arizona, USA)
Fluctuations and Variational Principles in Turbulence
14:30 ~ 15:30 K. Sekimoto (関本 謙、京都大学基礎物理学研究所)
Langevin dynamics and thermodynamics
15:30 ~ 16:30 Y. Oono (大野克嗣、Univ. of Illinois, USA)
Phenomenology of nonequilibrium steady states
16:30 ~ 16:45 閉会挨拶