

「非弾性衝突について」

京大人環 早川尚男、國仲寛人

本講演では非弾性衝突について最近の我々の研究成果を報告した。詳細は以下の論文 [1, 2, 3, 4] を参考にして欲しい。特に文献 [1] はかなり長く、自己完結したものとなっている。

非弾性衝突は日常でおなじみの現象でありながら満足のいく解析はなされていない。はねかえり係数そのものは、回転を与えた斜め衝突等では容易に 1 を越すという報告すらある。正面衝突においてもよく知られているのは衝突速度に伴い単調にはねかえり係数が減少する事である。[5] また高速衝突においては塑性変形が生じ、はねかえり係数が衝突速度と共に急速に減少することも知られている [6]。

非塑性領域においてははねかえり係数の衝突速度による低下を説明するためにいわゆる準静的な理論 [7, 8, 9] が提唱されており、それなりに信用されている。この準静的な理論というのは弾性体が弾性テンソルの他に粘性テンソルを持つとしたもので内部自由度の複雑な内部運動を粘性テンソルにおしこめたものである。[7, 9] あるいは等温過程において重心の自由度だけを抽出して Langevin 方程式を作っても類似の結果を得ることができる。[8] 一方で非弾性衝突を等温変形する弾性体の内部振動の励起のみによって説明しようという考えが Gerl and Zippelius[10] によって提唱されている。

本論文では後者の考え方に従って準静的理論というのはどういうものかを考えようとしたものである。結論から言うと非弾性衝突を等温変形する弾性体の内部振動の励起のみで特徴づけるのは不十分である。特に低速衝突では振舞が大きく異なり、また重力等の外力によって静的に圧縮緩和する場合に重心の調和振動の自由度から他の変形の自由度に移る程のエネルギーを与えることができず、そのため重心は非減衰の調和振動を続ける。このように平衡状態へ緩和できないことは明らかなモデルの不備である。ここから分かる様に更にサブレベルに散逸のメカニズムを追求することが必要であり、粘性テンソルの他に圧縮による局所的な温度上昇とそれに伴う温度拡散の効果が重要である。文献 [1] には温度効果について予備的な解析をしており粘性効果より支配的であることを示唆している。

参考文献

- [1] H. Hayakawa and H. Kuninaka, Simulation and Theory of the Impact of Two-Dimensional Elastic Disks, cond-mat/0106145 (submitted to Chem. Eng. Sci. as an invited paper).
- [2] H. Hayakawa and H. Kuninaka, Coefficient of Restitution of Elastic Disks in Powders and Grains 2001, edited by Y. Kishino (A.A. Balkema Publ. 2001) pp.561-564.
- [3] H. Kuninaka and H. Hayakawa, The impact of two-dimensional elastic disk, J. Phys. Soc. Jpn. **70**, 2220 (2001).

- [4] H. Hayakawa and H. Kuninaka, Simulation of the impact of two-dimensional elastic disks Proceedings of 9 th Nisshin Engineering International Symposium pp.82-95 (cond-mat/0011294).
- [5] F. Bridge, A. Hatzes and D. N.C. Lin, Nature, **309**, 333 (1984).
- [6] K. L. Johnson, Contact Mechanics (Cambridge Univ. Press, 1985).
- [7] G. Kuwabara and K. Kohnno, J. J. Appl. Phys, **26**, 1230 (1987).
- [8] W. A. Morgado and I. Oppenheim, Phys. Rev. E **55**, 1940 (1997).
- [9] N. Brilliantov, F. Sphan. J.M. Hertzsch and T. Poeschel, Phys. Rev. E **53**, 5382 (1996).
- [10] F. Gerl and A. Zippelius, Phys. Rev. E **59**, 2361 (1999).