



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	シリカ・エアロゲルにおけるフラクトン・ダイナミクス
Author(s)	辻見, 裕史
Citation	電子科学研究, 1, 56-57
Issue Date	1993
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24278
Type	departmental bulletin paper
File Information	1_P56-57.pdf



シリカ・エアロゲルにおける フラクトン・ダイナミクス

相転移物性研究分野 辻 見 裕 史

シリカ・エアロゲルは $\xi > r > a$ なるスケール領域 r で典型的なフラクタル構造を有する。ここで ξ と a はそれぞれ密度相関距離とシリカ・エアロゲルを形成するシリカ粒子の直径である。このスケール領域において、フォノンとは異なる分散関係を持つ新しい振動励起であるフラクトンのスペクトルを初めてラマン散乱で観測することに成功した。

シリカ・エアロゲルは直径 a 程度のシリカ粒子が凝縮し、 ξ (相関距離) 程度の大きさの空孔を含む多孔質の物質である。この物質は通常の、つまりぎっしり詰まった物質には見られない興味深い性質を示す。例えば、この物質は $a < r < \xi$ なるスケール領域 r で空間次元 $D = 2.4 \pm 0.03$ を持つことが知られている。この D はフラクタル次元と呼ばれるが、通常の3次元物質では3で、2次元物質では2となるものである。なお、 ξ と a はそれぞれ、密度を ρ とし、 $7.2 \times 10^5 \rho^{-1.67 \pm 0.05} \text{ \AA}$ と約 20 \AA である [1]。

我々はフラクタル構造を持つシリカ・エアロゲルの振動モードに興味がある。振動モードの波長 λ が、 ξ より長い場合、乱れは波長 λ の範囲内でならされてしまい、この振動モードは空孔の影響をあまりうけない。したがって、この振動モードは一様な物質に励起される振動励起(フォノン)であると考えて良い。波長 λ が a より短くなると、シリカ粒子のバルク振動や表面振動が重要となる。さらに $a < \lambda < \xi$ の波長領域では、振動モードはフォノンとは異なった挙動を示す。この振動モードをフラクトンと呼ぶ。フラクトンの分散関

係は理論的に $\omega \sim q^{D/\bar{d}}$ と予想されている。ここで \bar{d} はフラクトン次元あるいはスペクトル次元とか呼ばれるスケール指数である。振動モードの分散関係上、 ξ と a に対応する周波数をそれぞれ $\omega_{co1}/2\pi$ と $\omega_{co2}/2\pi$ とすると、フラクトンはこれらの振動数の間に存在することになる。

我々はフラクトンを初めてラマン散乱実験でとらえることに成功した [2]。実験に先だってフラクトンの存在する周波数領域を見積もった。見積もりには Courtens らのブリルアン散乱の結果 [3] を用いているが、見積もり方法は文献 [4] に詳しく解説してある。実験には密度 ρ がそれぞれ 158, 201, 260, 357 (Kg/m³) の4つ試料を用いた。それぞれの試料で見積もった結果は cm⁻¹ を単位として表1のようになる。この表から、 $\omega_{co1}/2\pi$ は ρ に依存し 0.01 cm⁻¹ から 0.2 cm⁻¹ 程度まで大きく変化するが、 $\omega_{co2}/2\pi$ は ρ に依らず 10 cm⁻¹ 程度であることが分かる。

図1は密度 ρ が 357 Kg/m³ のシリカ・エアロゲルで観測されたフラクトンによるラマン散乱スペクトルの例であり、また図2は散乱スペクトル強度 $I(\omega)$ に対してポーズ・アインシュタイン因子 $n(\omega)$ 補正したラマン感受率 $\chi(\omega)$ の角周波数 ω 依存性である。図中の直線にのっている部分がフラクトンによる散乱スペクトルである [5, 6]。ここで直線部分を $\chi(\omega) \sim \omega^x$ のように書くと、密度 ρ にほぼ依らずに $x = -0.35 \sim -0.39$ が得られる。

表1 エアロゲルのパラメータの値

サンプル	A	B	C	D
ρ (kg/m ³)	158	201	260	357
$\omega_{co1}/2\pi$ (cm ⁻¹)	0.013	0.030	0.074	0.222
$\omega_{co2}/2\pi$ (cm ⁻¹)	12	12	12	12

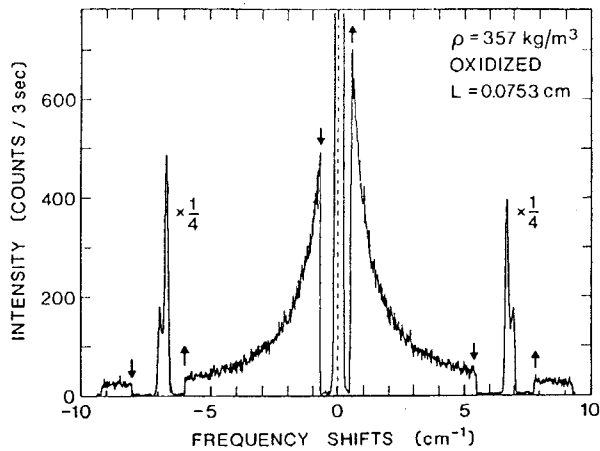


図1 シリカ・エアロゲルにおける光散乱スペクトルの例。(文献3より転載)

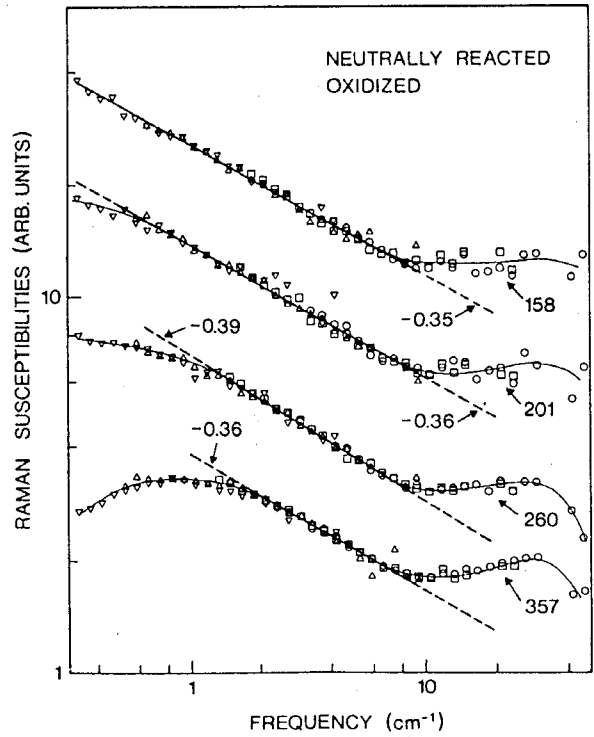


図2 密度が異なる4つの中性反応によるシリカ・エアロゲルにおけるラマン感受率の周波数依存性。図中右側の数値は kg/m^3 単位での密度の値。(文献3より転載)

【註および参考文献】

- [1] R. Vacher, E. Courtens, E. Stoll, M. Boeffgen and H. Rothuizen: J. Phys. Condens. Matter 3, 6531 (1991).
- [2] E. Courtens and R. Vacher: Proc. R. Soc. Lond. A423, 55 (1989).
- [3] Y. Tsujimi, E. Courtens, J. Pelous and R. Vacher: Phys. Rev. Lett. 60,2757 (1988).
- [4] 辻見裕史, 中山恒義: 分光研究 42, 205(1993).
- [5] すべての物理量はフラクタル領域では距離 r でスケールされるはずである。したがって $\chi(\omega) \sim \omega^x \sim q^{(D/d)x} \sim r^{-(D/d)x}$ が予想され、この関係は両対数プロットでは直線となる。

また x はスケール指数であるから密度 ρ に依らない。

- [6] 表Iに示した $\omega_{co1}/2\pi$ と $\omega_{co2}/2\pi$ の見積もりと、図2でデータが直線からはずれる両端周波数とがオーダー1程度で対応している。(i) 試料の密度 ρ が大きいほど、低周波側でのデータの直線からのずれが激しい。これは ρ が大きいほど $\omega_{co1}/2\pi$ が高くなることに対応している。(ii) 高周波側でのデータの直線からはずれる周波数 ($\sim 10 \text{ cm}^{-1}$) はあまり ρ に依っていない。これは $\omega_{co2}/2\pi$ が ρ にあまり依らないことに対応している。なお、 30 cm^{-1} 付近の幅広いピークは粒子振動からの寄与と考えられる。