^{4}He の光散乱

東教大理　　富永　昭，檜原良正

巨視的に一様な媒質による光の散乱強度は１９１０年にアインシュタインが定量的に説明したように，誘電率の揺らぎに比例する。ヘリウムのように分子構造の単純な物質ではクラウジウス－モソッティの式が成りたち，誘電率の揺らぎは密度の揺らぎに比例する。従って，光の散乱強度を測定することによって，密度の揺らぎの大きさが測定出来る。

気相－液相相転移の臨界点の近くでは密度の揺らぎが非常に大きくなる。この温度依存性は普通，次のように記述される。

$$<|\delta\rho|^2> \sim C\left(\frac{T-T_c}{T_c}\right)^{-\gamma} \qquad T>T_c,\quad \rho=\rho_c$$

$$\sim C'\left(\frac{T_c-T}{T_c}\right)^{-\gamma'} \qquad T<T_c,\ \text{共存曲線上}$$

但し，この式は密度の揺らぎの空間的変化が充分に緩やかな時にのみ役に立つ。臨界点のごく近傍では光の散乱強度は前方散乱が著しく強くなり，このことは，Ornstein－Zernikeの相関函数を使って説明される。即ち，散乱ベクトルを$\underset{\sim}{K}$と書くと

$$<|\delta\rho(k)|^2> \sim \frac{<|\delta\rho(o)|^2>}{1+(K\xi)^2} \qquad (1)$$

の形の$\underset{\sim}{K}$依存性がある。ξは長距離相関の長さを示す量で，この理論ではξ^2が$<|\delta\rho(o)|^2>$に比例する。フィッシャによる拡張を許るすためにξの温度依存性は普通

$$\xi \sim \xi_0\left(\frac{T-T_c}{T_c}\right)^{-\nu} \qquad T>T_c\ ,\quad \rho=\rho_c$$

$$\sim \xi_0^1\left(\frac{T_c-T}{T_c}\right)^{-\nu'} \qquad T<T_c\ ;\quad \text{共存曲線上}$$

と書かれる。

ヘリウムでは光の散乱断面積が小さいので散乱強度の温度依存性を(1)式と比較することにより，γ，γ'，c/c'，ξ_0/ξ_0'，ν，ν'の値を求めることが出来る。我々は直角方向

に散乱する光の強度を温度の函数として測定し，図1のような結果を得た。直線からのずれは式(1)の分母の$(K\xi)^2$に依るものであり，長距離相関の長さξの温度性を図2に示す。

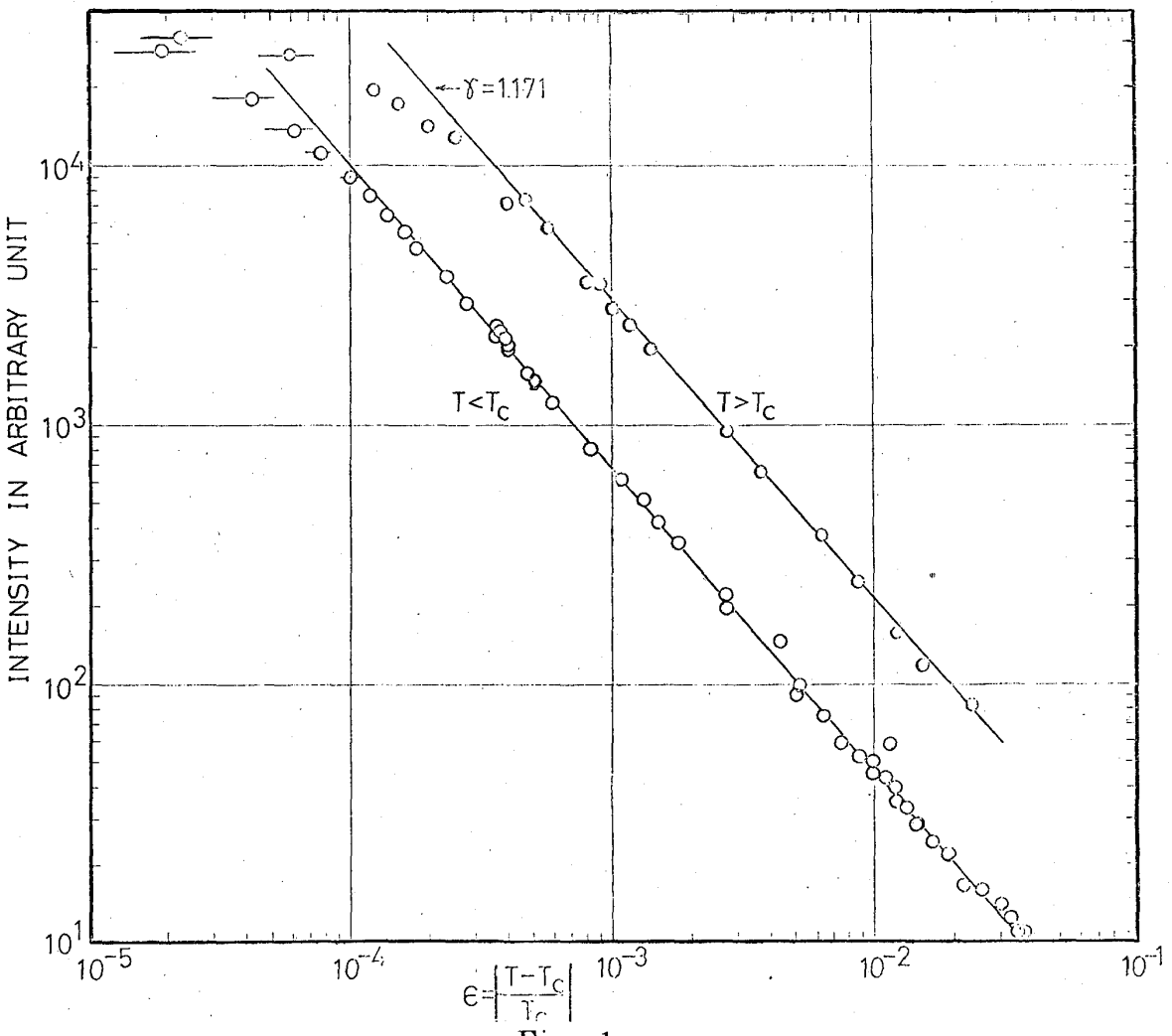

Fig. 1

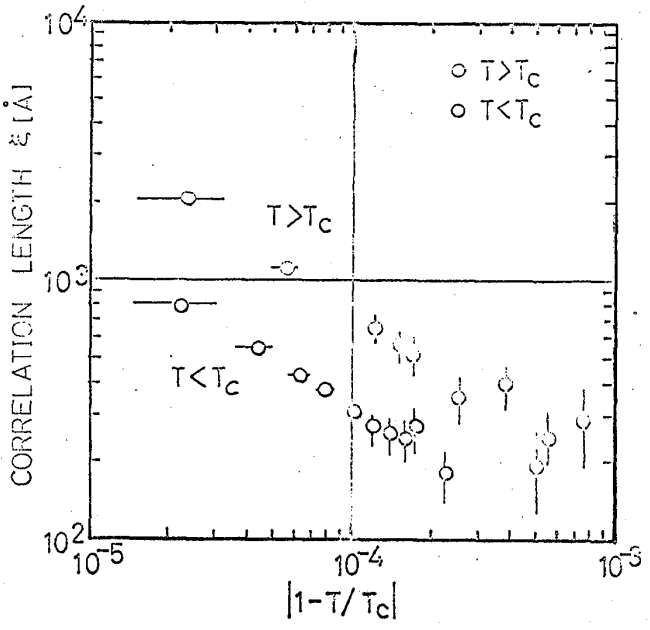

Fig. 2

この図からも明らかなように，実験誤差の範囲内で $\gamma \approx \gamma'$　$\nu = \nu'$　が言える。このことはスケーリング則を支持する結果となる。γ，νの値はそれぞれ $\gamma = 1.171 \pm 0.02$, $\nu = 0.63 {}^{+0.3}_{-0.2}$ である。また図1，2から

$$C/C' \simeq 4.6 \pm 0.3, \qquad \xi_0 / \xi'_0 = 2.5 \pm 0.5$$

となる。このことは，O−Z理論の帰結

$$C/C' = (\xi_0 / \xi'_0)^{\gamma/\nu}$$

と矛盾しない。

最近の β の値 $\beta = 0.3554 \pm 0.0028$ と我々の γを使うとスケーリング則が正しければ

$$\alpha = \alpha' = 0.12 \pm 0.02$$

$$\delta = 4.30 \pm 0.07$$

$$\nu = \nu' = 0.627 \pm 0.009$$

$$\eta = z\nu - \gamma = 0.083 \pm 0.01 \qquad \text{etc}$$

でなければならない。この α の値は Moldoverの実験と一致する。ν の値は我々の結果と一致する。δ は Kiang による液滴模型の結果と一致する。

以上のことを考えると我々の実験結果は満足すべきものであり，異常に大きな γ の値を得て，量子性が顕著にあらわれていると主張している生嶋研究室の実験は誤りでなければならない。