

液体キセノンの屈折率 の測定-3

横浜国大工 橋本安章, 小田晋太郎
菊地正人, 小林尚史
富田賢典, 中村正吾
福田泰二

KEK 齊藤究, 佐々木慎一
俵裕子, 春山富義

東大宇宙線研他 XMASSグループ

☆ 液体キセノンの性質

- ・ 沸点： $-108.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1 atm)
- ・ 融点： $-111.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1 atm)
- ・ 密度： 2.947 g/cm^3 (1 atm)
- ・ シンチレーション
 - $\lambda \sim 178\text{ nm}$ (←真空紫外光)
 - $n_{\gamma} \sim 42,000 / 1\text{ MeV}$
 - 吸収長： 1 m以上？
 - 散乱長： 30 ~ 40 cm？

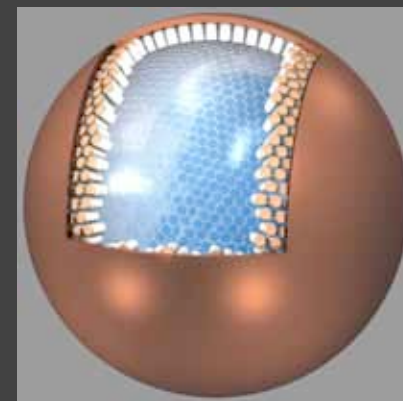
☆ 液体キセノンを用いた実験

- XMASS実験

暗黒物質の探索

低エネルギー太陽 ν の観測

ニュートリノレス2重 β 崩壊の探索



→ 最終的には10 t の液体Xe

- $\mu \rightarrow e \gamma$ 探索実験

レプトンフレーバーの保存を破る

μ 粒子の稀崩壊 $\mu^+ \rightarrow e^+ + \gamma$ の探索

→ 2.4tの液体Xe

- 天体 γ 線観測実験

☆ 液体キセノンの屈折率

測定器からシンチ光を取り出す光学系における
全反射, 反射率, Rayleigh散乱長の評価に重要

- 可視光領域

A.C.Sinnock and B.L.Smith, PR.181,1297,1969
⇒ $n = 1.38 \sim 1.41$ ($\Delta n < 0.0014$)

- 真空紫外光領域

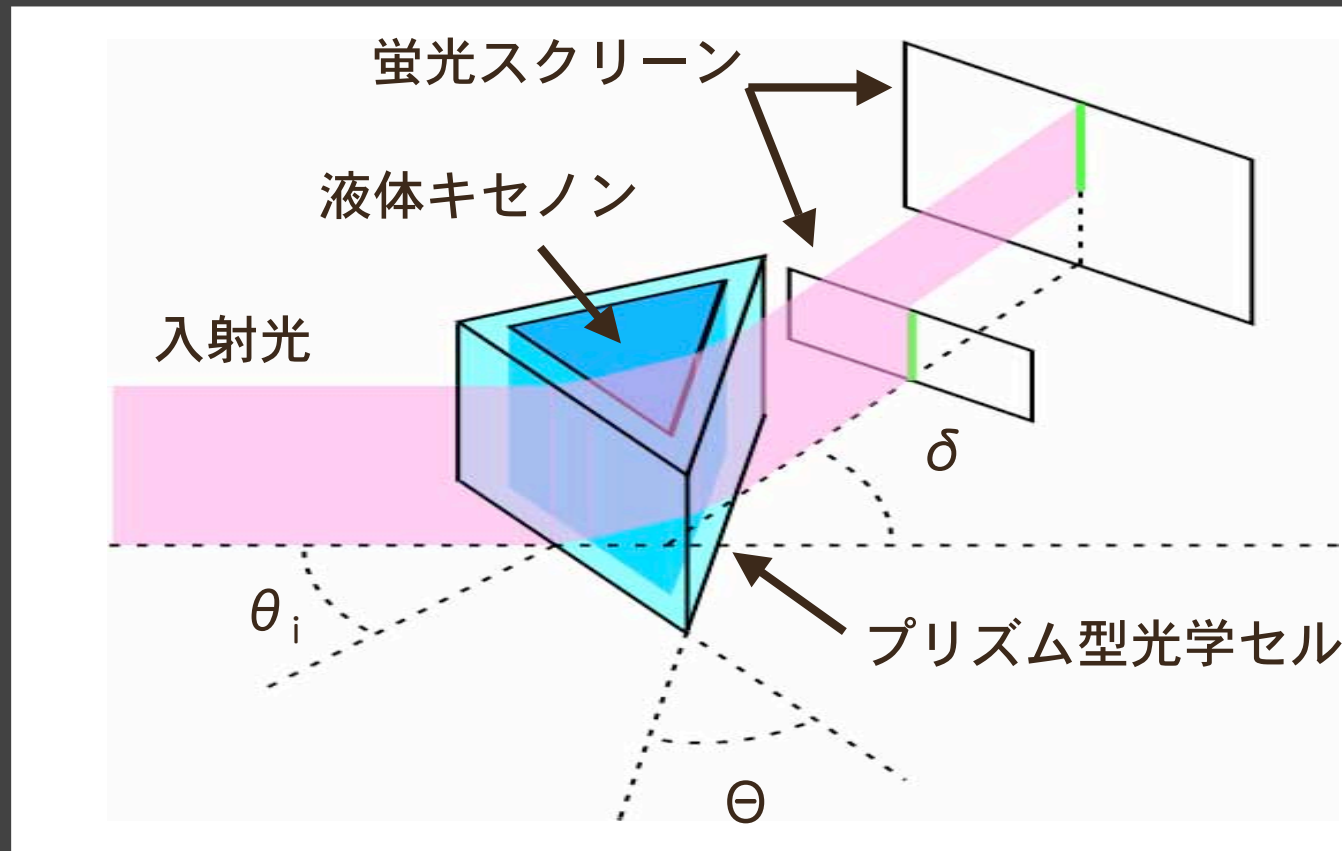
L.M.Barkov et al., NIM, A379, 486, 1996
⇒ $n = 1.5655 \pm 0.0024 \pm 0.0078$

V.N.Solovov et al., NIM, A516, 462, 2004
⇒ $n = 1.69 \pm 0.02$



真空紫外光領域での液体キセノンの
屈折率を精度良く測定したい

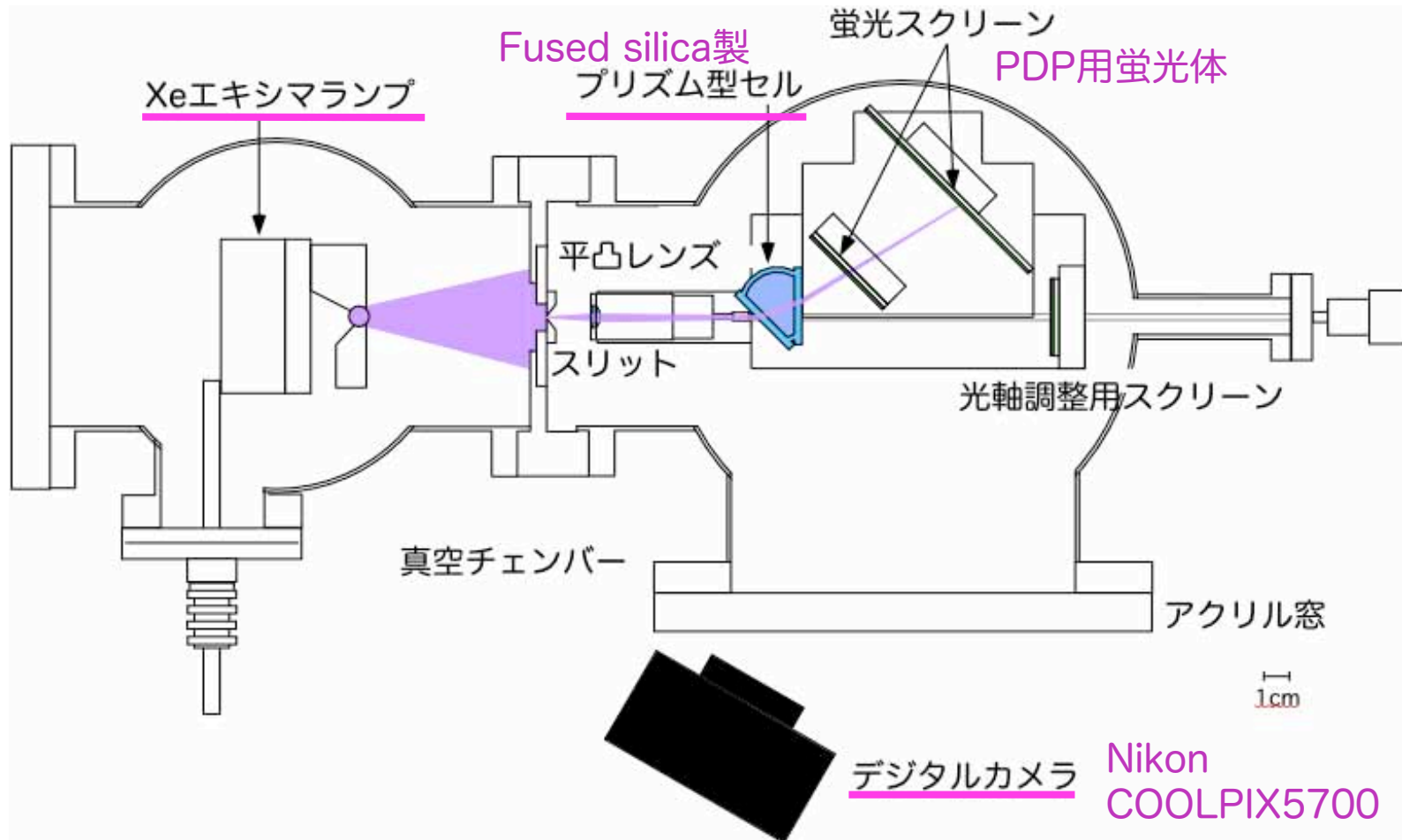
☆測定原理



屈折率 :
$$n = \sqrt{\left(\frac{\sin(\delta + \Theta - \theta)}{\sin \Theta} + \frac{\sin \theta}{\tan \Theta} \right)^2 + \sin^2 \theta}$$

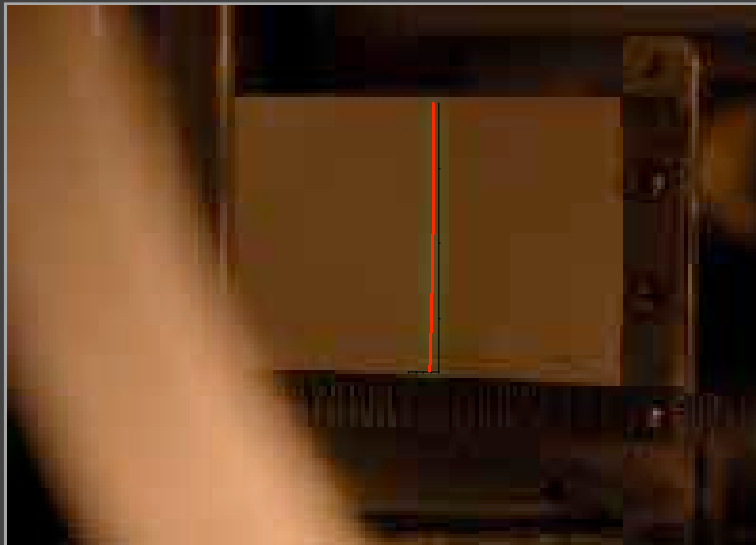
δ : 偏角, θ_i : プリズムへの入射角, Θ : プリズムの頂角

☆ 旧型の屈折率測定装置

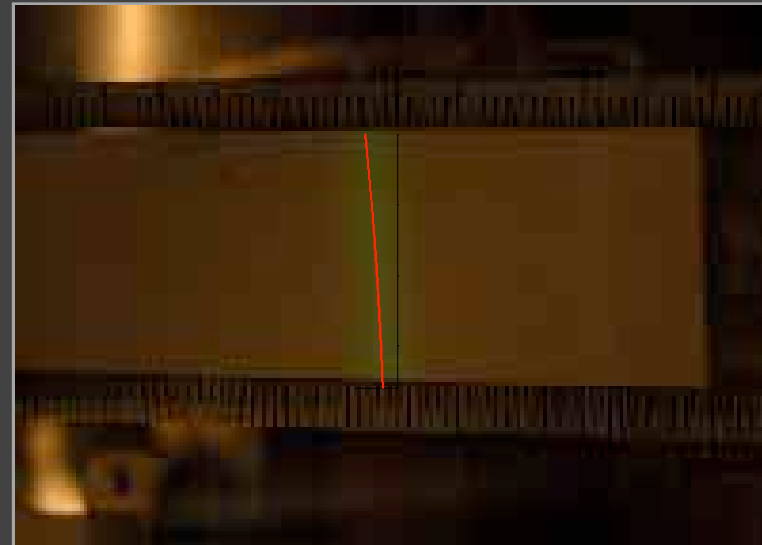


☆ スリットの像の解析

前のスクリーン



後ろのスクリーン



— スリットの像のピーク的位置

測定時のセル内の圧力： 0.1015 ± 0.0015 MPa

液体キセノンの温度： $-107.8 \sim -109.15$ °C

☆ 屈折率の導出

- ・ 真空紫外光 (177 ± 5nm) に対する屈折率 (1atm)

偏角 (入射光と屈折光のなす角) $\delta = 31.16 \pm 0.36^\circ$

プリズムへの入射角 $\theta_i = 43.5 \pm 0.075^\circ$

プリズムの頂角 $\Theta = 44.92 \pm 0.01^\circ$

$$n = \sqrt{\left(\frac{\sin(\delta + \Theta - \theta)}{\sin \Theta} + \frac{\sin \theta}{\tan \Theta} \right)^2 + \sin^2 \theta}$$



屈折率 $n = 1.608 \pm 0.007$

- ・ 可視光 (緑 : 527 ± 6nm) に対する屈折率 (1atm)

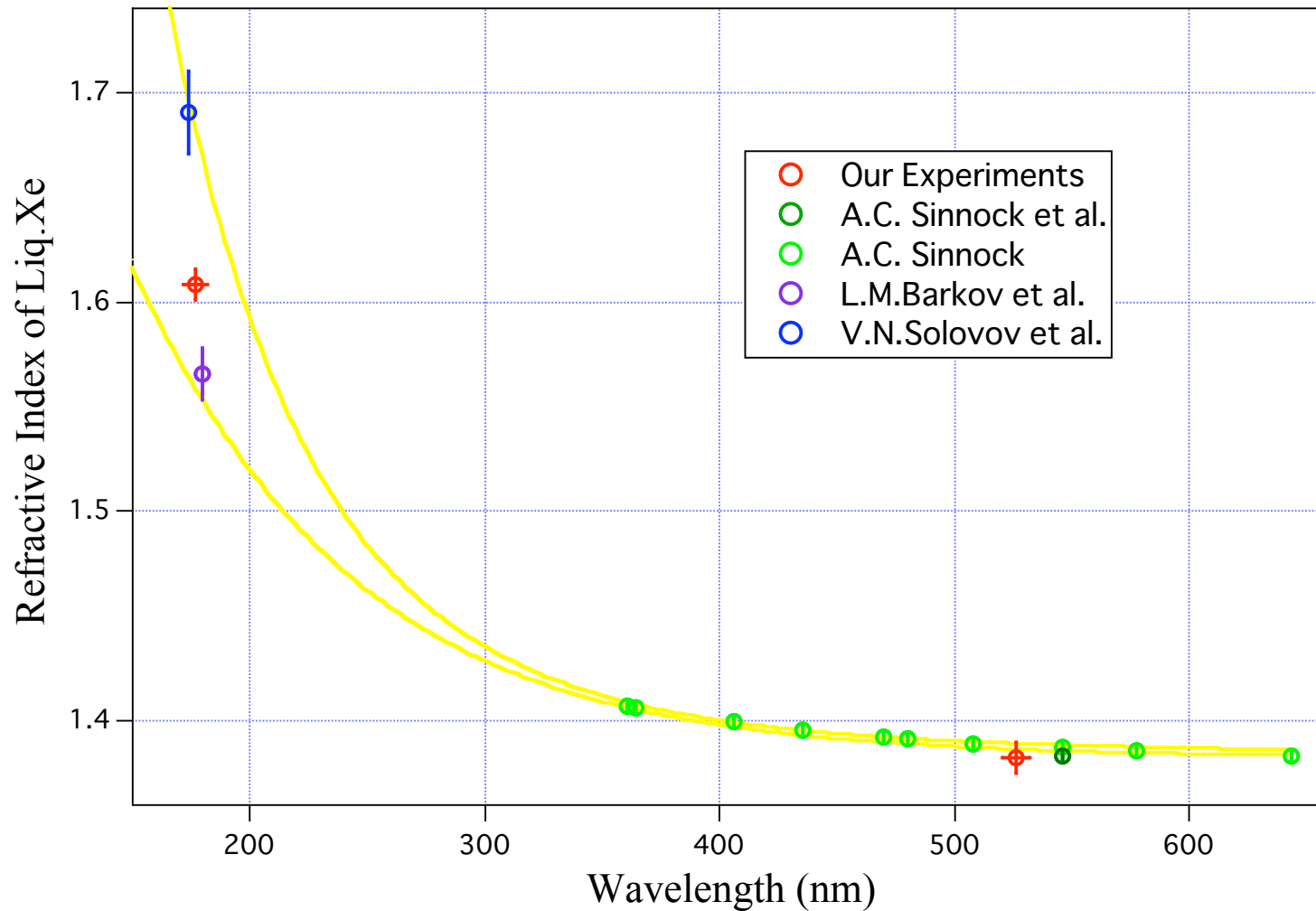
偏角 $\delta = 19.63 \pm 0.33^\circ$



屈折率 $n = 1.382 \pm 0.007$

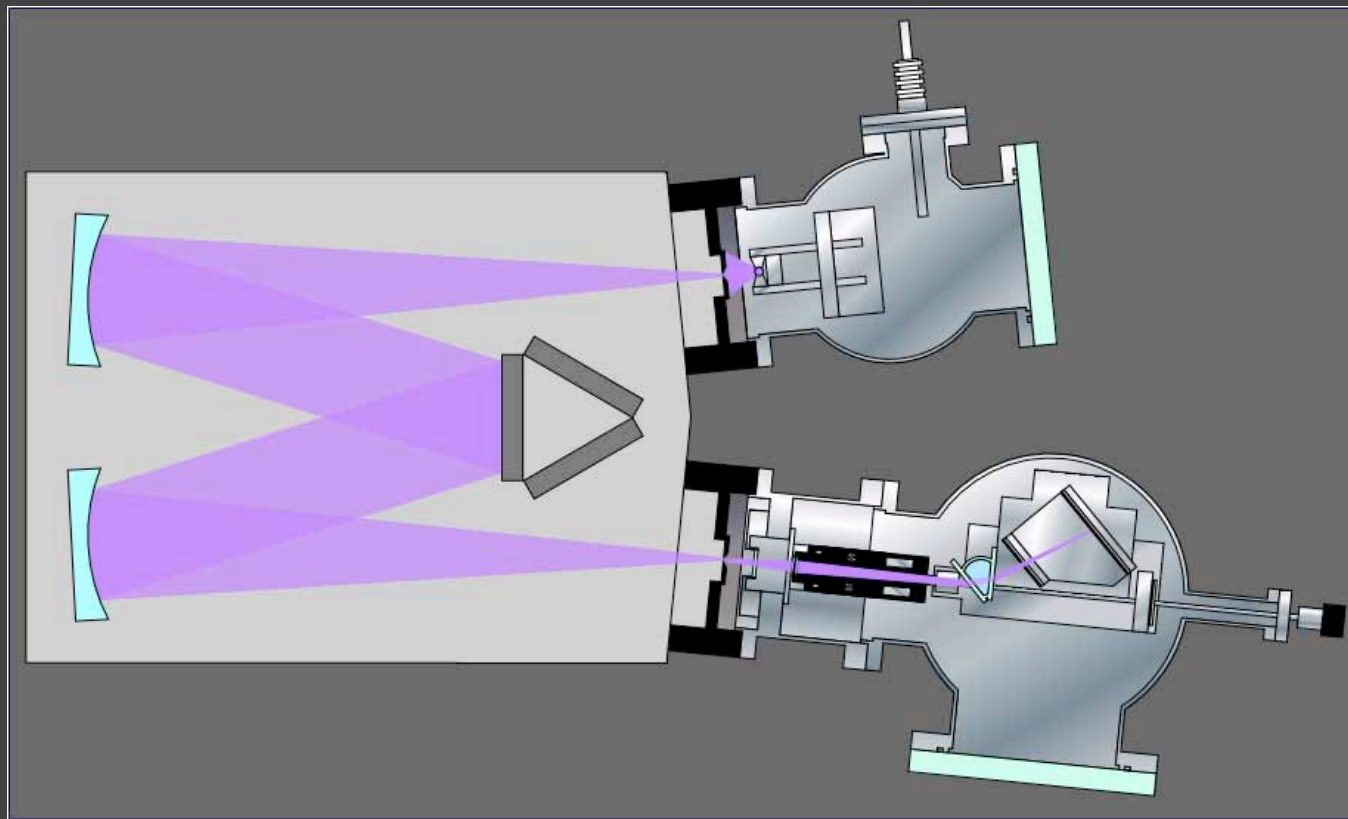
☆ 液体キセノンの屈折率

Refractive Index of Liquid Xenon



☆ 実験装置の改良

- ・ 真空紫外光に対する屈折率の波長依存性の測定
 - モノクロメータを用いた測定
 - 光源の強化（配置の最適化，真空度の向上）



真空紫外領域用分光器 Acton Research Co., Model VM-504

☆ スリットの像の写真の比較

分光の有無でスリットの像の幅が変化

⇒ より精度の高い測定が可能になった



分光なし

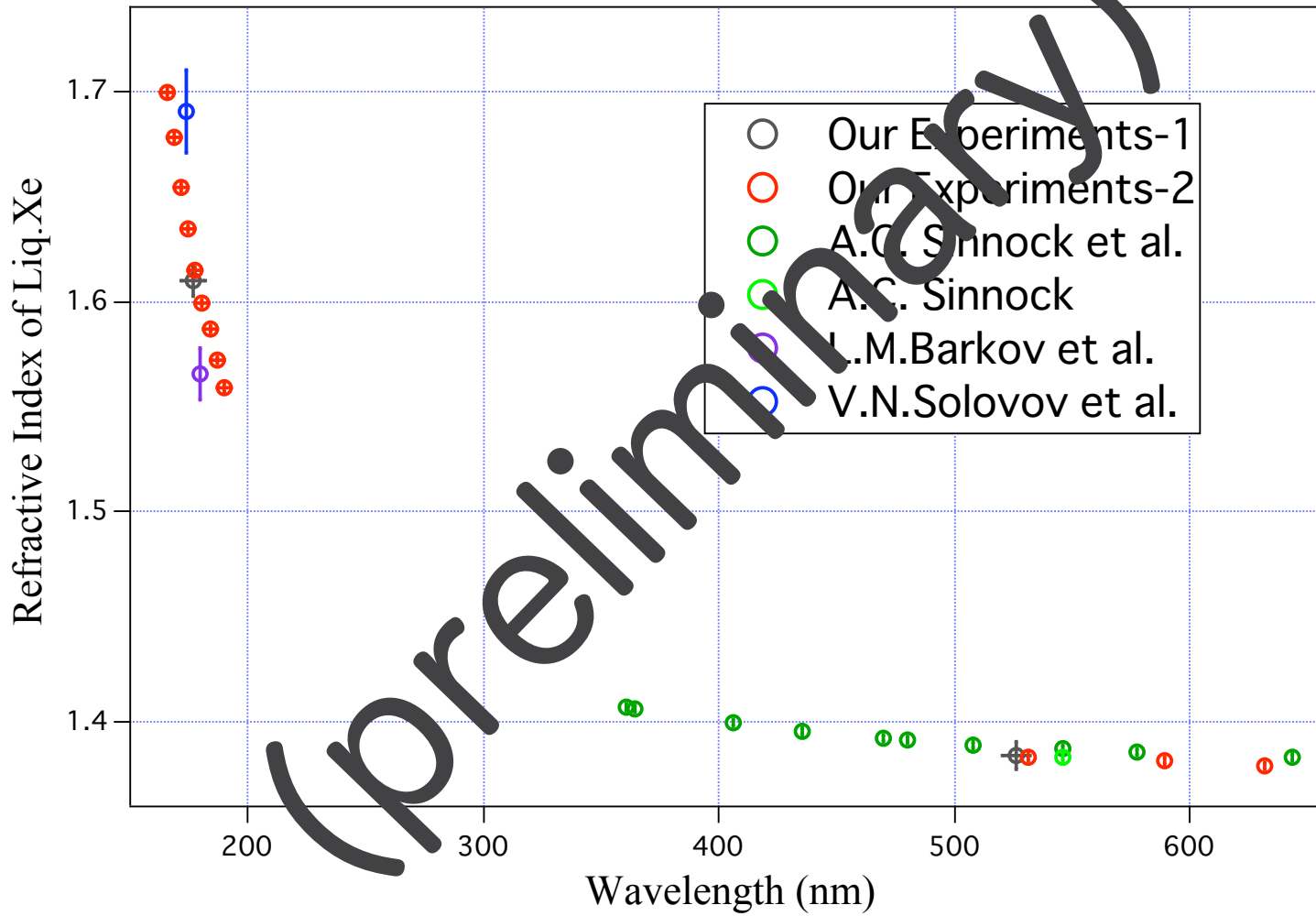


$\lambda = 187 \pm 3 \text{nm}$

例) 前スクリーンで可視光にfocusさせた写真

☆ 最新の実験結果

Refractive Index of Liquid Xenon



☆ 今後の予定

- ・ 多種の光源を用いた様々な波長域での測定 ⇒ 進行中
- ・ 圧力・温度を変化させた測定 ⇒ 進行中
- ・ 適当な液体を用いた光学系の校正 ⇒ 進行中