

湾曲した単結晶によるX線光学系の開発

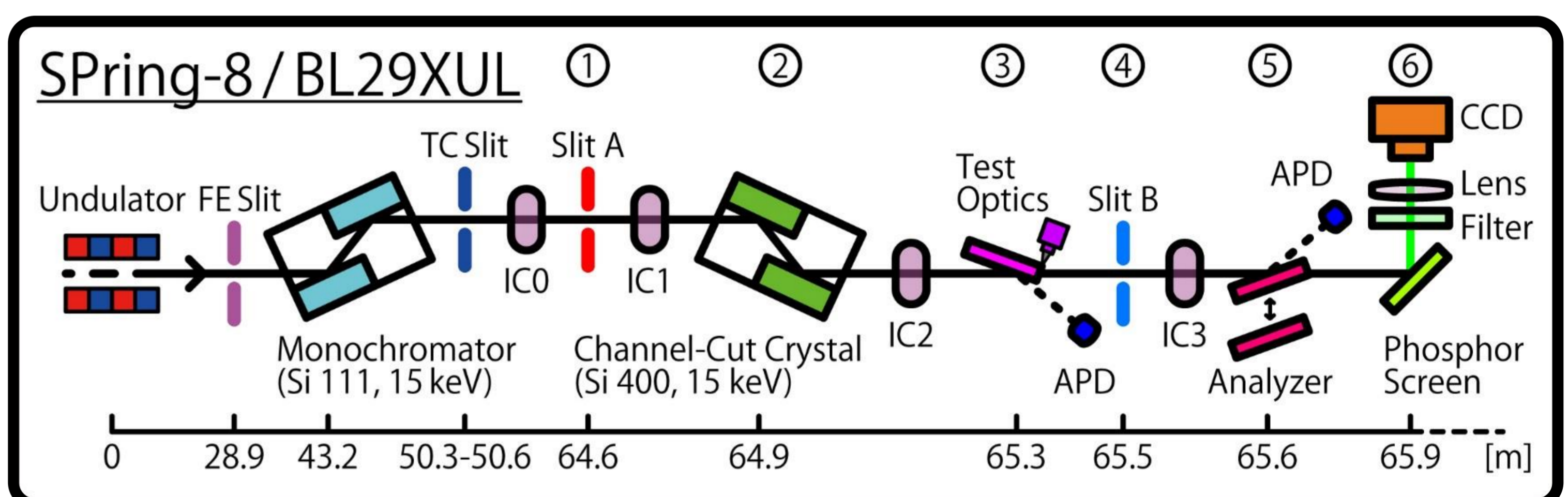
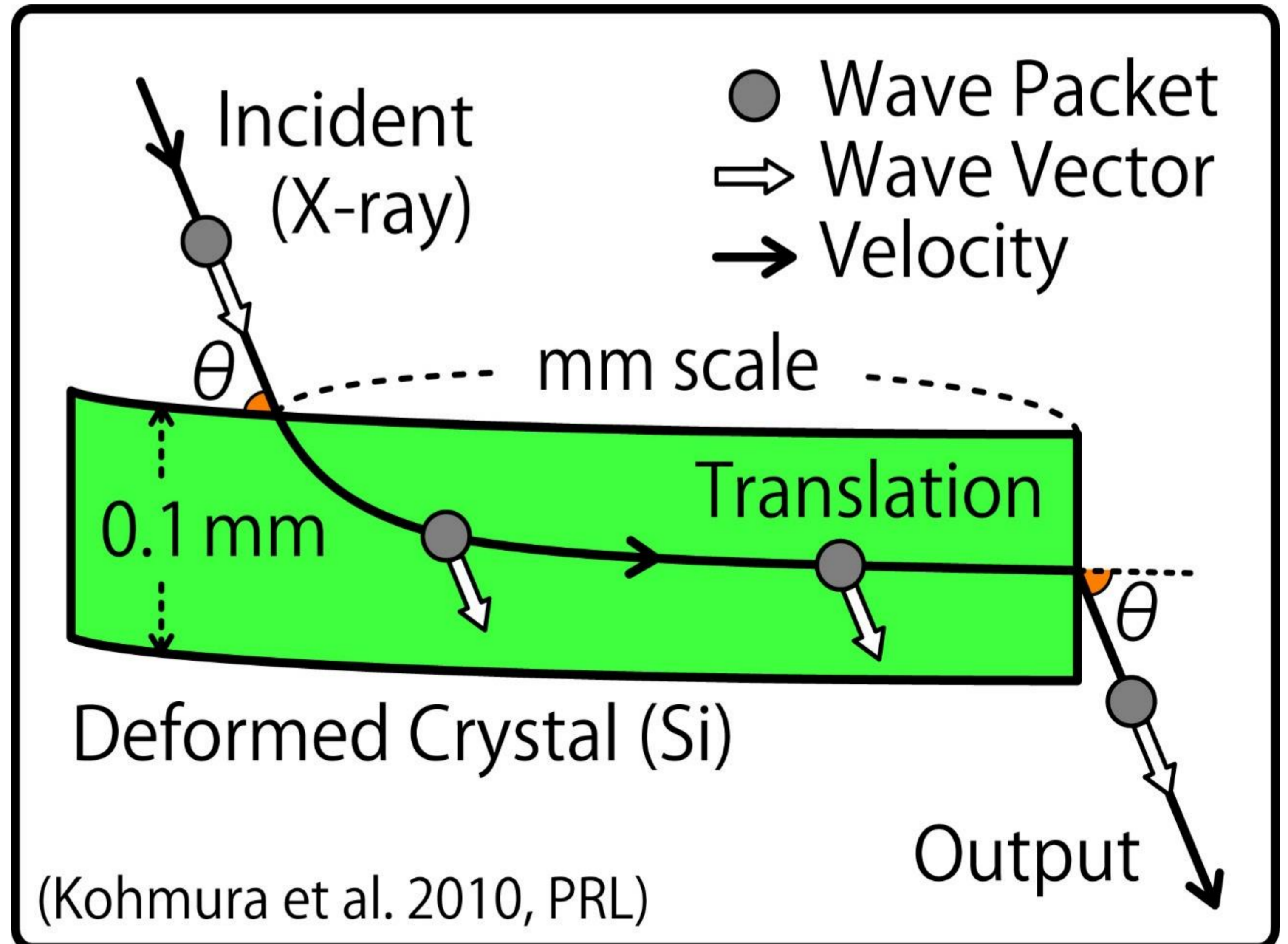
武井大、香村芳樹、澤田桂、石川哲也 (理化学研究所)

X線から情報を引き出す際に必ず浮上する問題が、取り回しの難しさである。「全反射」や「ブラッグ反射」などに続き全く新しい概念で光路を築く事ができれば、X線利用の幅もこれまで以上に大きく広がる可能性が高い。

そこで我々は、近年発見されたX線の「横滑り効果」に着目した(Sawada+2006; Kohmura+2010)。湾曲した単結晶にブラッグ角度付近でX線を入射すると、「ベリー位相」効果(Berry1984)により出射位置が大きくずれる(右図参照)。この新しい光物理を応用すれば、反射や屈折とは違い、波数ベクトルの向きを維持しながらビームの位置だけを制御する全く新しいX線光学装置ができる。

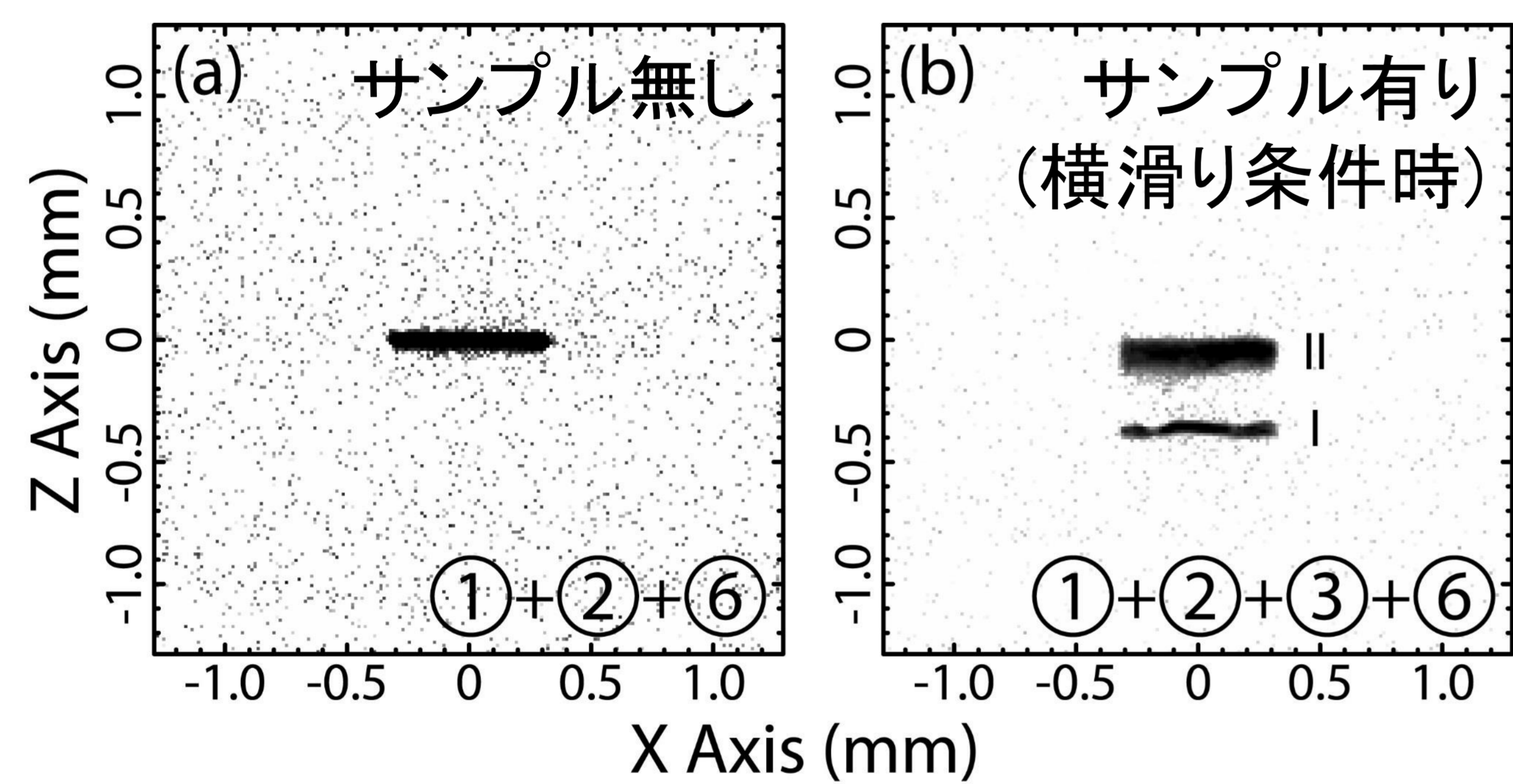
「横滑り効果」によるX線出力の応答は、主に結晶の歪み具合に依存すると考えられる。そこで今回、 piezo 圧電素子を使い結晶に一次元的で任意かつナノメートル精度の歪みを与える装置を開発した。厚み100umの薄膜シリコン単結晶をサンプルとして歪みを動的に制御しながら、SPring-8の理研ビームライン(BL29XUL)で15keVのX線照射実験を行った(配置は右下図参照)。

本実験では、「横滑り効果」によるX線出力が最大となる様にサンプル結晶の歪みを最適化しながら、(1)出射光の強度分布(位置)と(2)角度発散を測定した。これにより、同現象に伴うX線光路の特性を初めて確認する事ができた。さらに、piezo 圧電素子で歪みを積極的に変化させる事で、(3)出力X線の時間的制御も試みた。

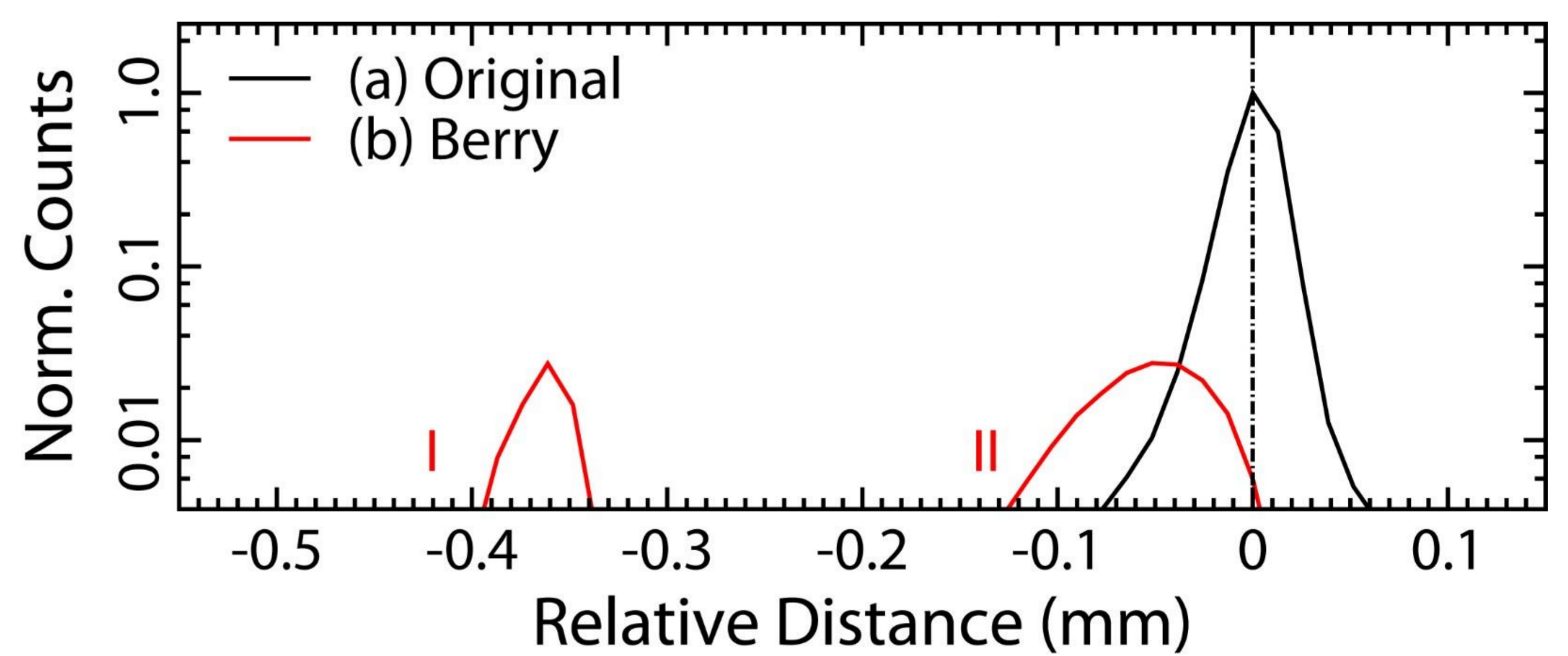


結果(1) : CCD検出器⑥によるX線強度分布と一次元射影プロフィール

サンプルから約60cm下流で横滑りしたX線を検出

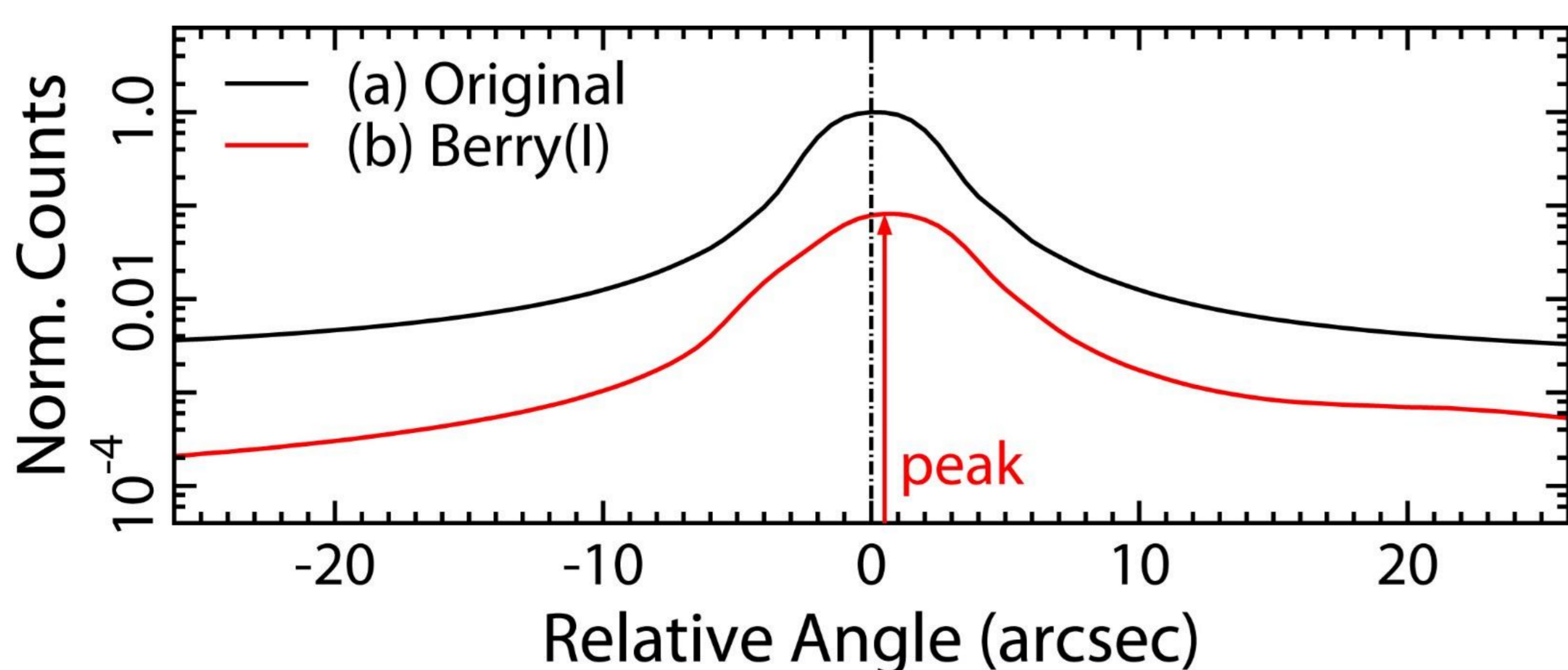


結晶の縁と照射位置付近の二つ(IとII)に分離した
=> 信号IIは約0.4mm先で約3%もの効率を得られた



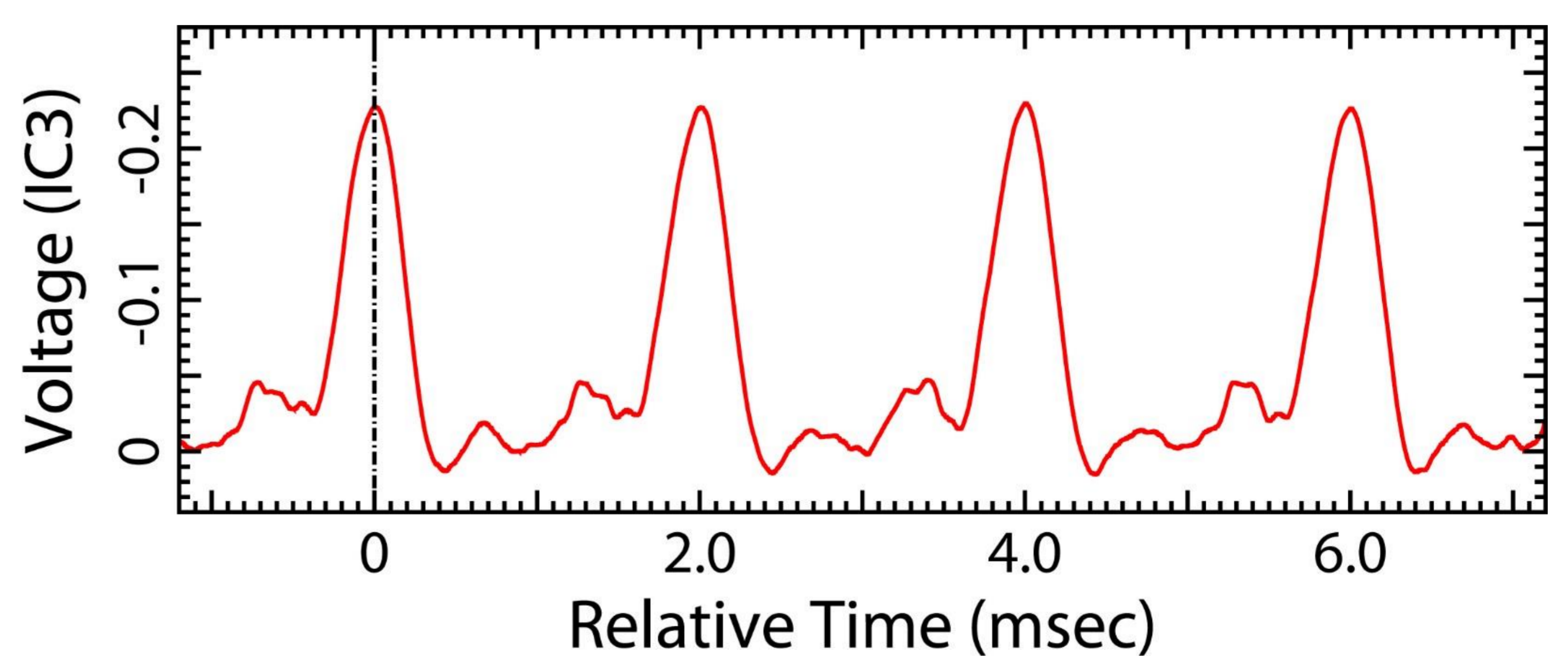
結果(2) : 結晶⑤による出力X線の角度発散測定

入射光と出射光の角度特性はほとんど変わらない
=> 横滑り理論から期待される応答を確認できた



結果(3) : piezo素子③によるX線強度の時間制御

周期500Hzで信号Iの安定した強度変化が得られた
=> X線スイッチなど広範囲で応用の可能性を示唆



放射光で発見された「新しい物理」の実用化が目前