

高強度レーザー誘起衝撃圧縮下における構造・反応ダイナミクス

Shock-induced structural and reaction dynamics by high-power laser irradiation

○一柳光平¹、高木壮大^{1,2}、川合伸明³、野澤俊介¹、深谷亮¹、若林大佑¹、興野純²、
 中村一隆⁴、船守展正¹、足立伸一¹

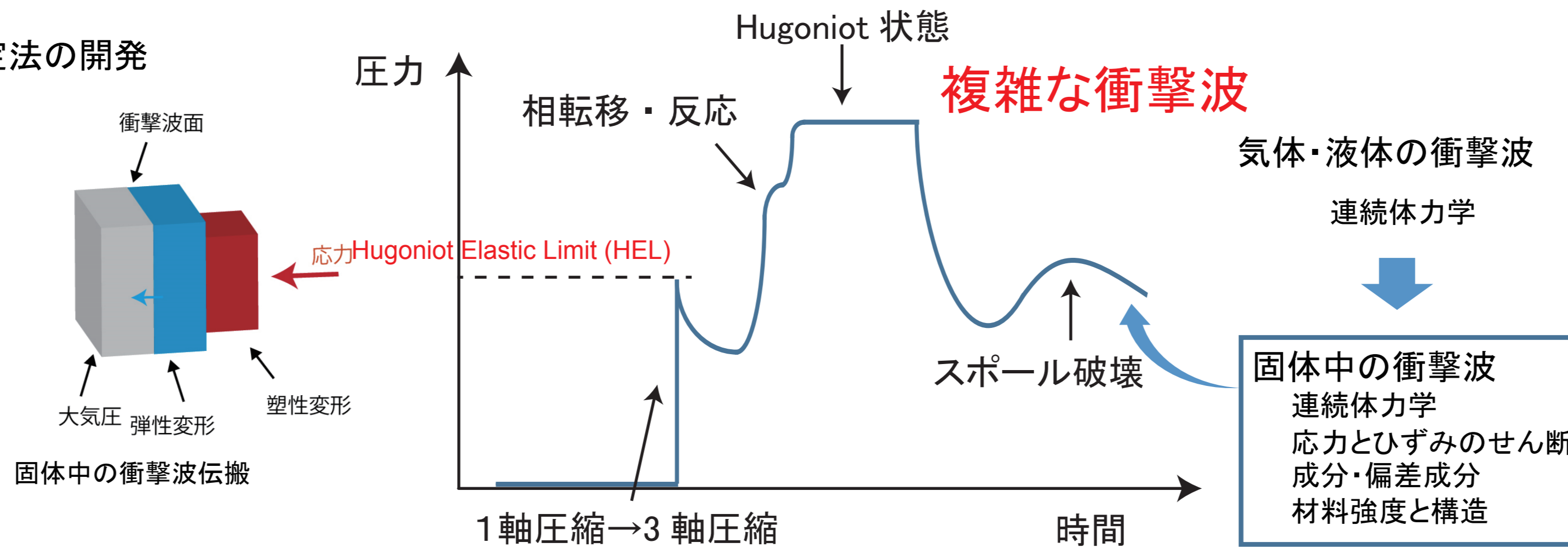
¹KEK 物構研 PF、⁴筑波大生命環境系、²熊本大パルス研、⁴東工大フロンティア材料

研究目的

衝撃圧縮下の構造、圧力、温度の同時測定法の開発

固体中の衝撃波伝搬現象への理解

弾性(1軸) - 塑性(3軸) 相転移の
 構造ダイナミクス
 欠陥・転位生成
 転移にともなう応力偏差の変化 → 静水圧化
 固体の分解反応ダイナミクス
 固体の脱ガス反応ダイナミクス → 時定数



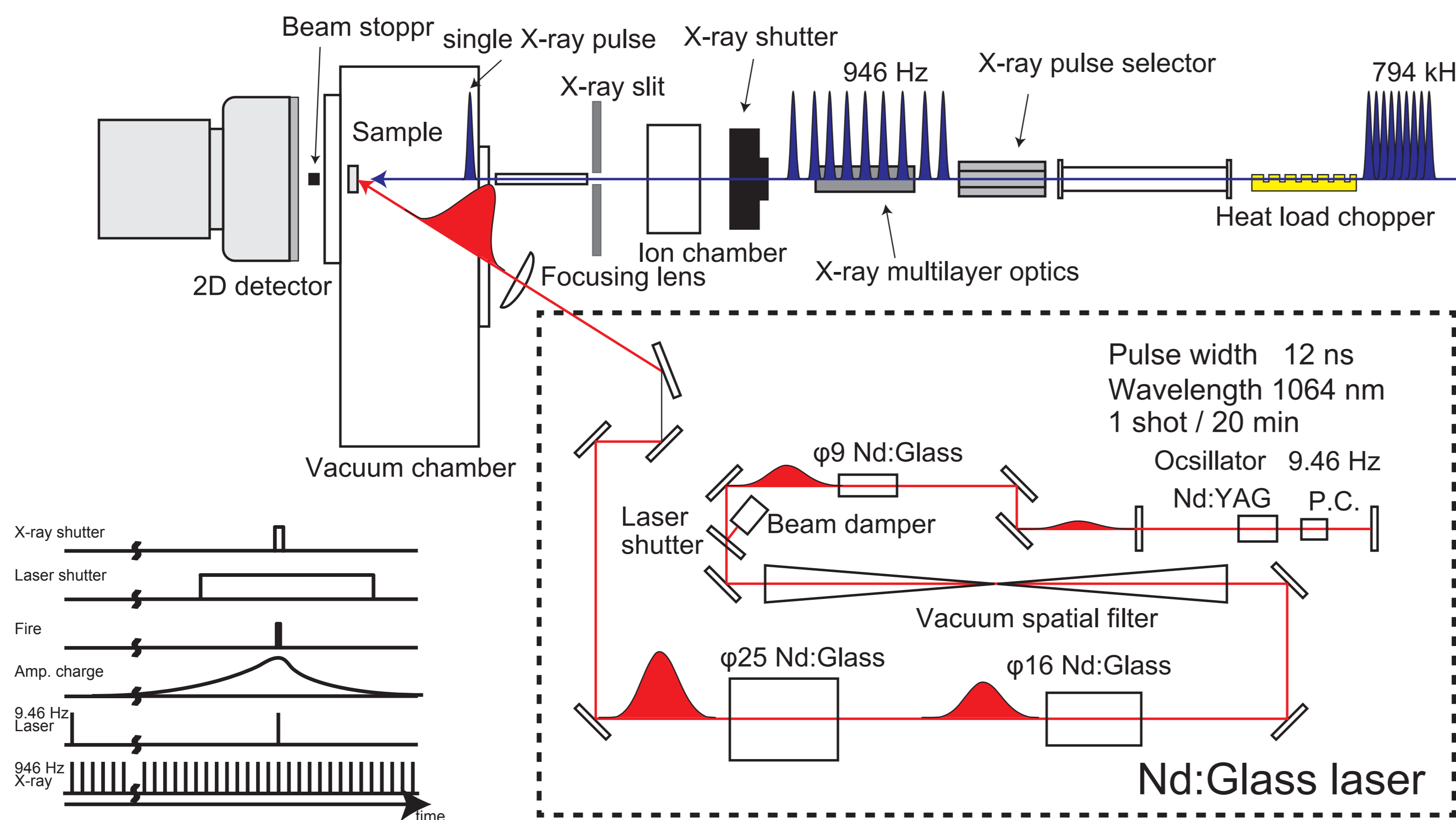
2016年の活動

- 多結晶アルミと多結晶鉄箔の時間分解 X 線回折による到達圧力値の見積もり
- 衝撃圧力履歴を観測するための速度干渉計の設置
- 時間分解 X 線回折装置の安定化
 レーザーのジッターを ±1 ns 以下
 フォトダイオードによるショット毎の遅延時間計測
 レーザープロファイル計測の手法開発

衝撃圧縮下における固体の構造変化・反応時定数を解明

固体中を伝搬する衝撃波プロファイル

高強度 Nd:Glass レーザーを用いた時間分解 X 線回折・散乱測定装置 (平成 25 年度導入)

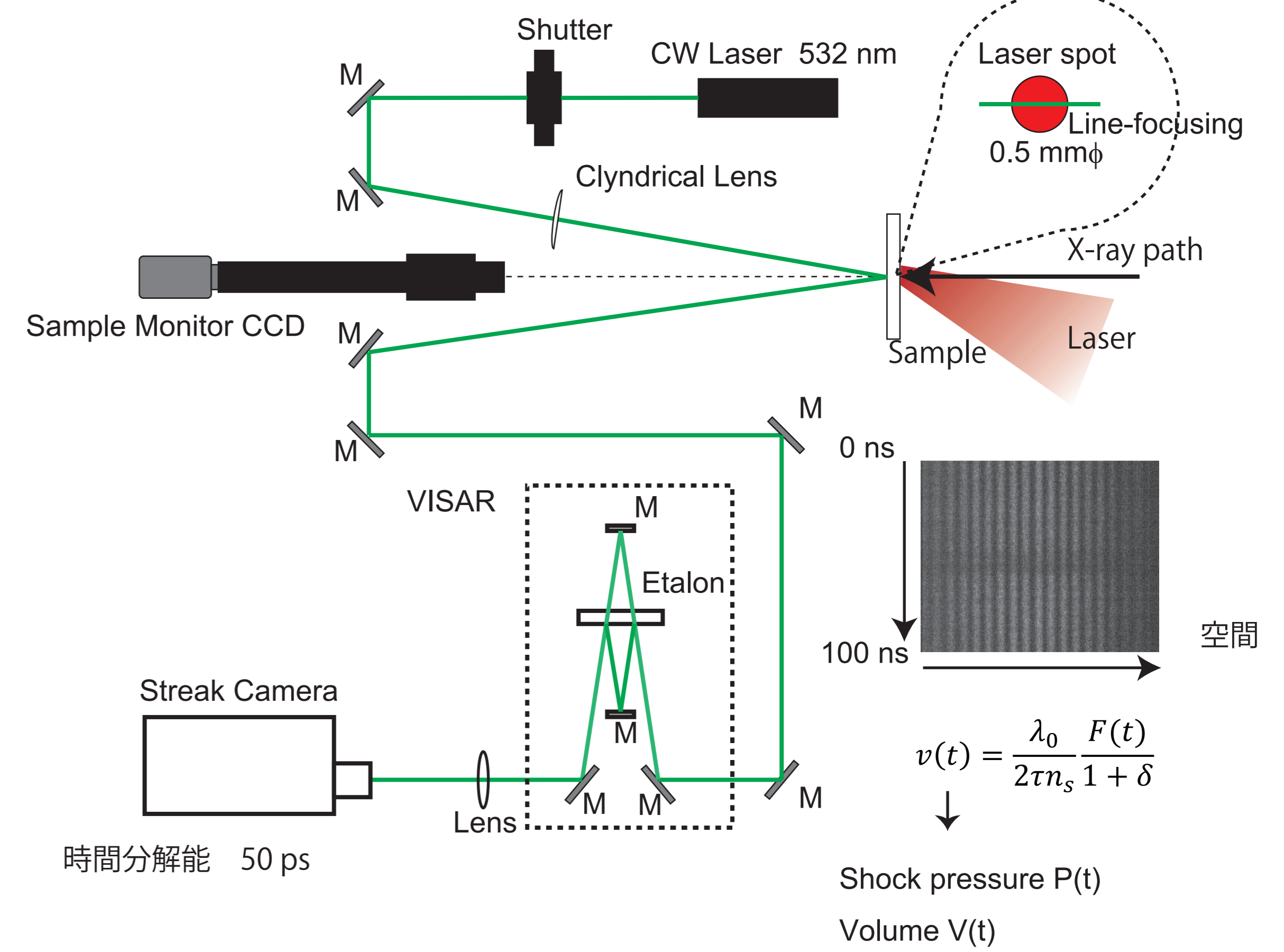


Timing chart of time-resolved X-ray scattering

シングルショット型時間分解 X 線回折・散乱測定装置

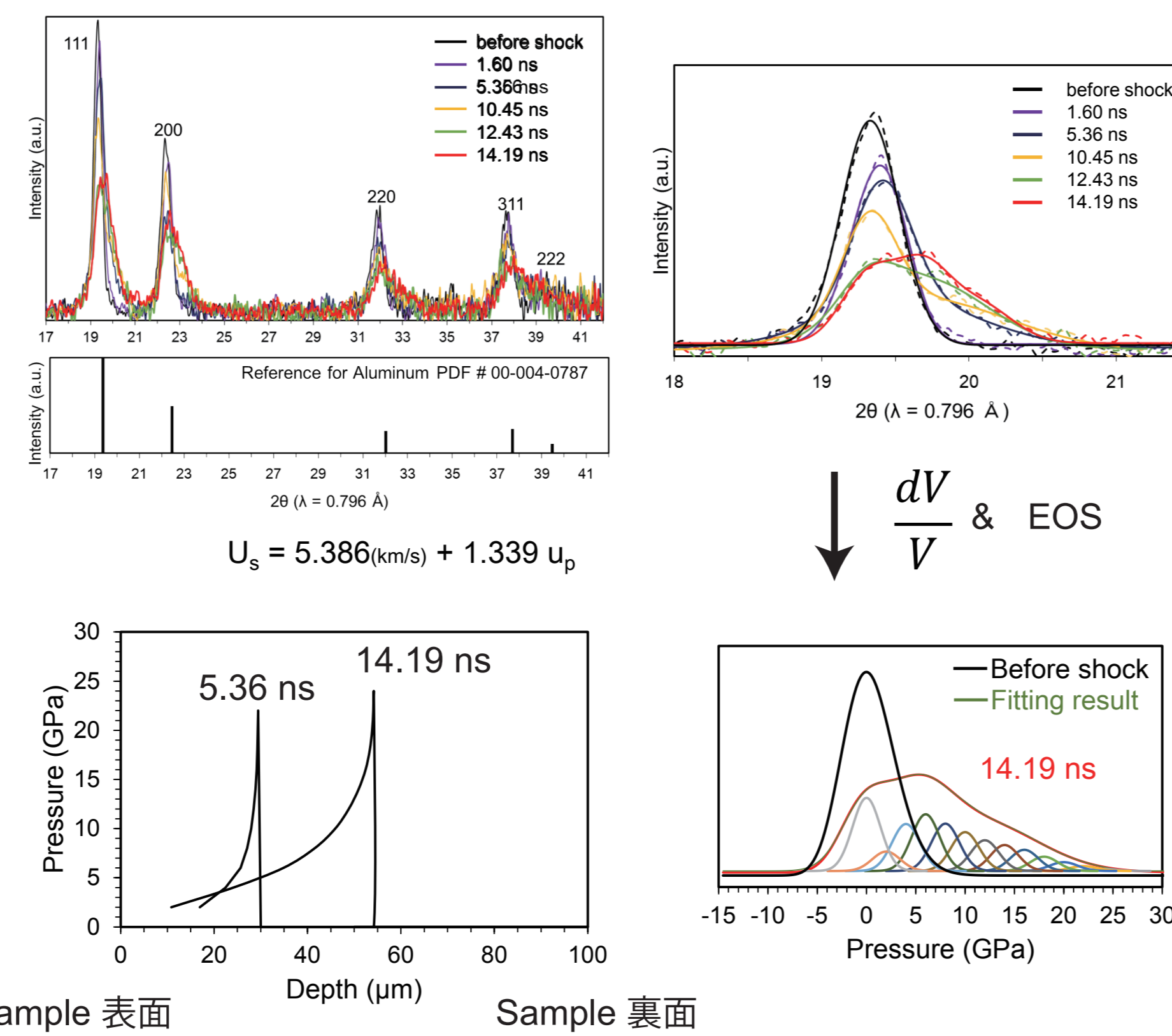
衝撃波プロファイル計測のための速度干渉計の開発

(Line-VISAR: Velocity Interferometer System for any Reflectance)



高強度 Nd:Glass レーザー誘起による衝撃圧力の見積り

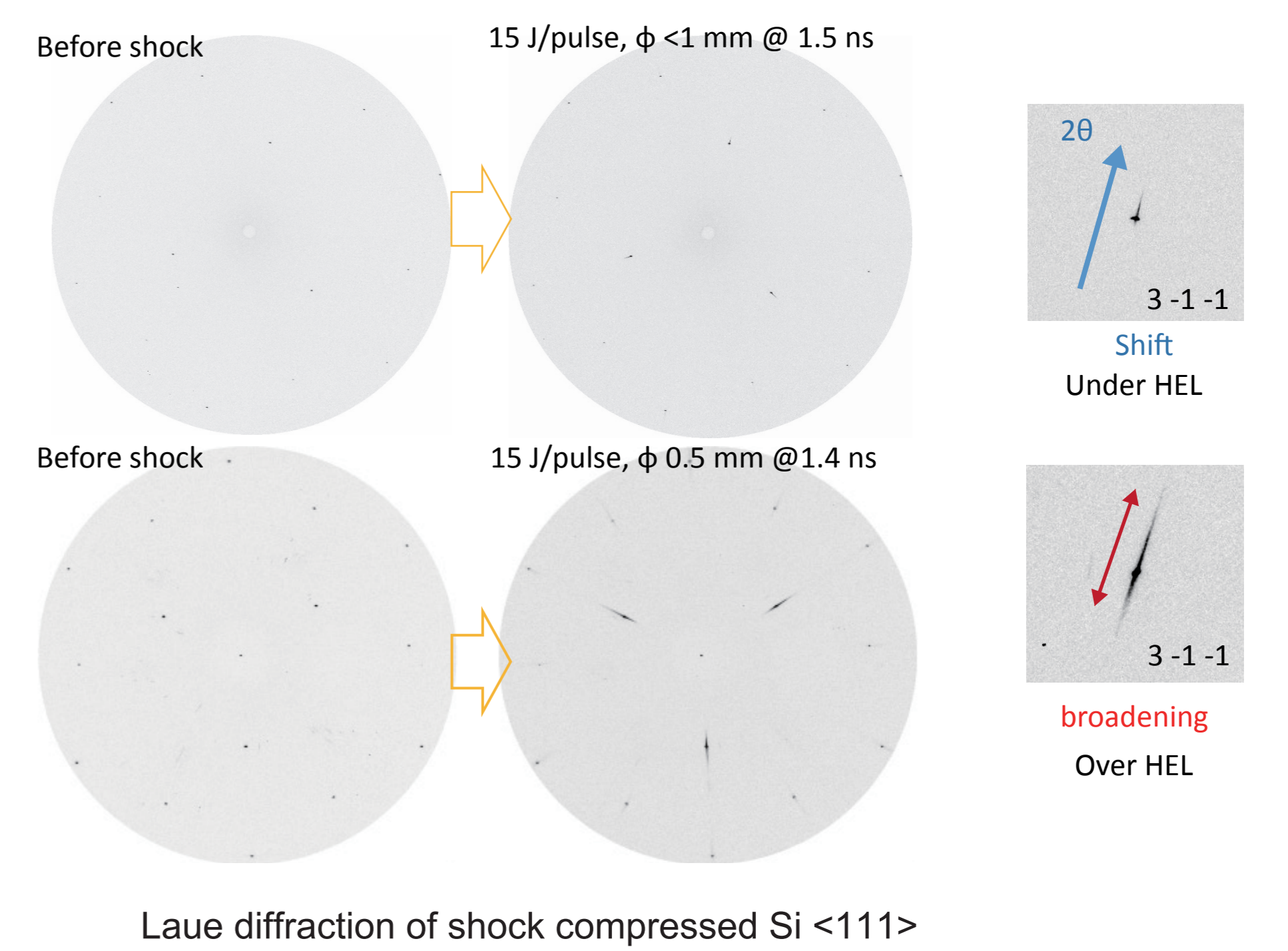
実験条件
 試料：5 x 5 x 0.1 mm Polycrystalline aluminum
 5 x 5 x 0.02 mm Polycrystalline Iron
 X-ray：Focusing size 0.45 (H) x 0.25 (V) mm
 Energy 15.6 keV, 16 keV
 Energy bandwidth ΔE/E=1.46, 4.6 %
 Laser：Focusing size 0.5 φmm
 Wavelength 1064 nm
 Energy 14 J/pulse
 Pulse width 12 ns



X-ray diffraction of polycrystalline Aluminum film

高木壮大 (ポスター番号 1074)

脆性材料の弾性限界 (HEL) を超えたときの挙動



Laue diffraction of shock compressed Si <111>

まとめ

- 高強度 Nd ガラスレーザーを用いて多結晶アルミニウムと多結晶鉄箔の衝撃波伝搬下における時間分解 X 線回折と Si 単結晶の時間分解 Laue 回折測定を行った
- 多結晶アルミニウムの Al 111 のピークシフトから最大 20 GPa の衝撃圧力を達成
- Si <111> 単結晶はレーザーのパワー密度を変えることで弾性限界以下では弾性応答をし、弾性限界以上では塑性的な変形をしていることが Laue 回折から確認できた。
- Line-VISAR を NW14A 内に設置し、現在は使える段階にある。衝撃波プロファイルを用いた回折の解析法開発を行う
- 2016 年度は AR の運転時間が短かったため十分な実験が出来なかったため圧力値の見積もりだけだったが、今後は弾性限界におけるダイナミクスや衝撃誘起反応の時間分解 X 線測定を行う。

発表論文

- 中村一隆、一柳光平、川合伸明、時間分解シングルショット X 線回折による衝撃超高压下の構造相転移ダイナミクス、Vol.29, pp. 237-244 (2016).
- K. Ichyanagi, N. Kawai, S. Takagi, R. Fukaya, S. Nozawa, K. -D. Liss, K.G. Nakamura, and S. Adachi, "Microstructural deformation process of shock-compressed polycrystalline aluminum" (in preparation).