

研究テーマ	宝石鑑別支援ツールの開発		
担当者 (所属)	佐藤貴裕 (食品酒類・研磨宝飾)・中村卓 (電子・システム)・宮川和博・佐野照雄・有泉直子 (食品酒類・研磨宝飾)・笠原茂樹・小泉一人 (宝石貴金属協会)・古屋正貴 (日独宝石研究所)・高橋泰 (宝石美術専門学校)・柳本力 (山梨県ジュエリー協会)		
研究区分	経常研究	研究期間	令和5年度～令和6年度

### 【背景・目的】

宝石鑑別において産地情報は価格を左右する重要な要素となっている。産地の鑑別は主にLA-ICP-MS等を用いた微量元素の定量分析や、光学顕微鏡および顕微ラマン分光装置によるインクルージョン（内包物）の観察と定性分析によって行われる。しかし、光学顕微鏡によるインクルージョンの観察は豊富な経験が必要であり、作業者の経験年数や体調等によって誤判別を生じる可能性がある。

本研究では、五大宝石の一つであり産地による価格変動の大きいルビーを対象に、インクルージョン観察において客観的かつ安定した判別を可能とするため、機械学習によるインクルージョンの自動検出について検討した。

### 【得られた成果】

#### 1. ルビーのインクルージョン画像の収集

光学顕微鏡を用いて34個の天然ルビーを観察し、計123枚のインクルージョン画像を収集した。収集した画像には液状インクルージョン（図1a）や結晶インクルージョン（図1b）、針状インクルージョン（図1c）などが見られた。

#### 2. 機械学習によるインクルージョンの検出と分類

インクルージョンの自動検出を行うため、インクルージョンを形態によって表1に示す3つのグループに分類し、収集した全画像をラベリングした。また、ラベリングデータの一部を物体検出アルゴリズムの一種であるYOLOを用いて学習した。

学習結果を用いたテスト画像の予測結果を表1の正解率に、検出画像の一例を図1に示す。特にLIQUIDのグループは75%以上の正解率を達成できた。また、正解画像は図1の枠線が示すように正しい領域を検出しており、他のグループに誤って判別することはほとんどなかった。

表1 形態によるインクルージョンの分類とテスト画像の正解率

グループ	含有するインクルージョン	正解率 (%)
LIQUID	液状, 指紋状, 羽毛状など	76
CRYSTAL	結晶, 二相など	62
NEEDLE	針状, チューブ状	51

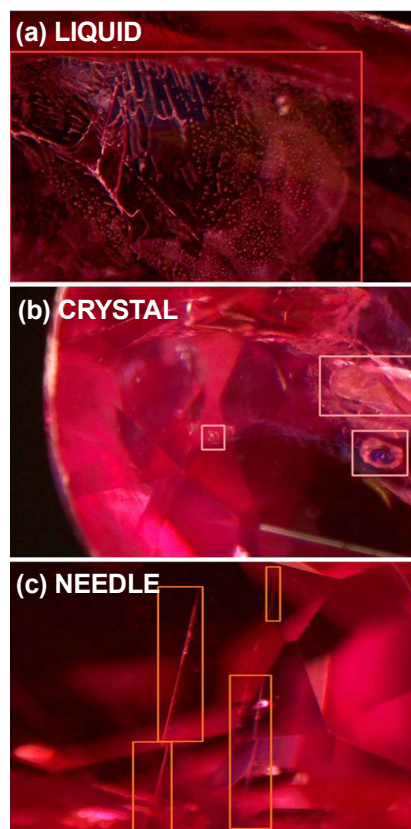


図1 ルビー中のインクルージョンと機械学習による検出結果

### 【成果の応用範囲・留意点】

今後は引き続きインクルージョン画像を収集し、検出精度の向上を目指す。また、より細分化されたインクルージョンの分類について検討する。