

可変バンドパスフィルターを用いた ラマンイメージング装置の試作

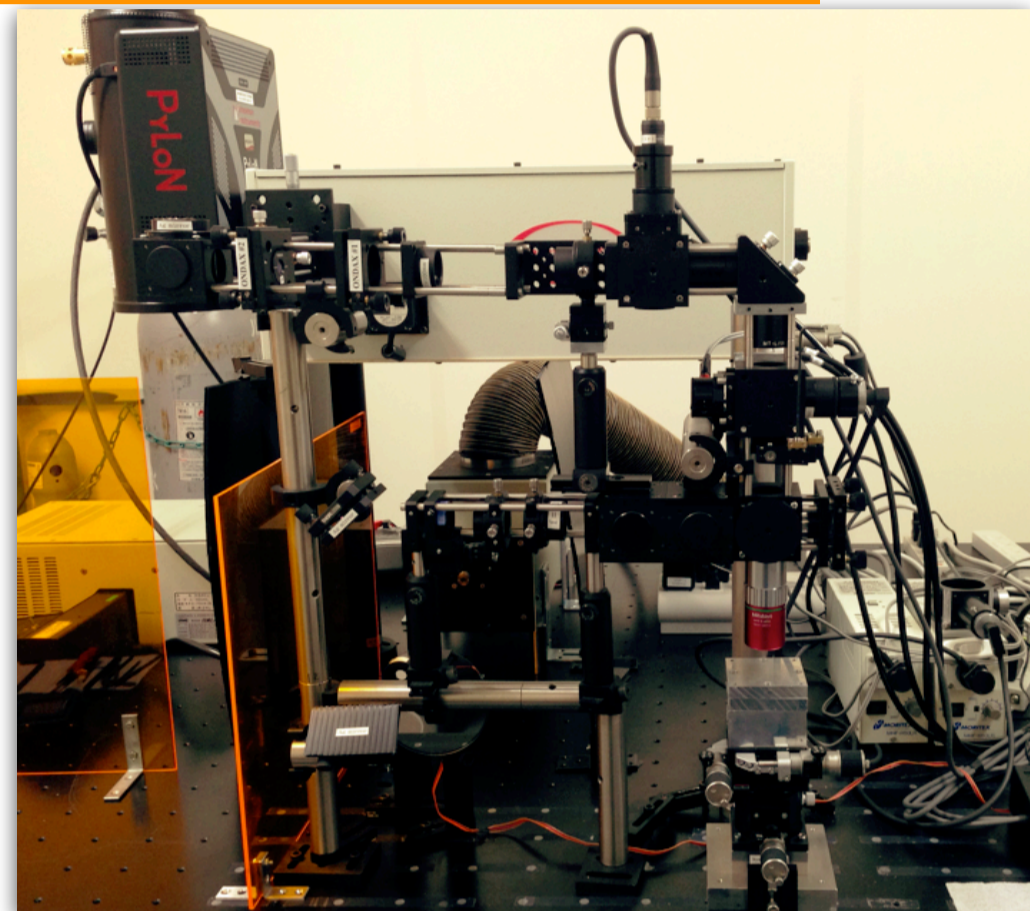
岡山大学 惑星物質研究所
神崎正美



ラマン分光法

鉱物、材料などの同定、分布を知るのに役立つ

ラマン分光法は物質中の原子間の振動を測定することができる分光法で、物質の同定、その構造や状態を知ることができます。右に私たちの研究室の自作顕微ラマン分光法装置を示しています。顕微機能がありますので、微小な試料のラマンスペクトルを測定することができます。試料を走査すると2次元的なラマンイメージを測定でき、例えば岩石中に特定の鉱物がどのように分布しているかなどを可視化することができます。しかし、この装置は測定に時間がかかり、0.1 mm四方のラマンイメージを得るために3時間もかかります。もっと大きな試料だと測定は実用上無理になります。もっと早く測定できる方法を必要です。

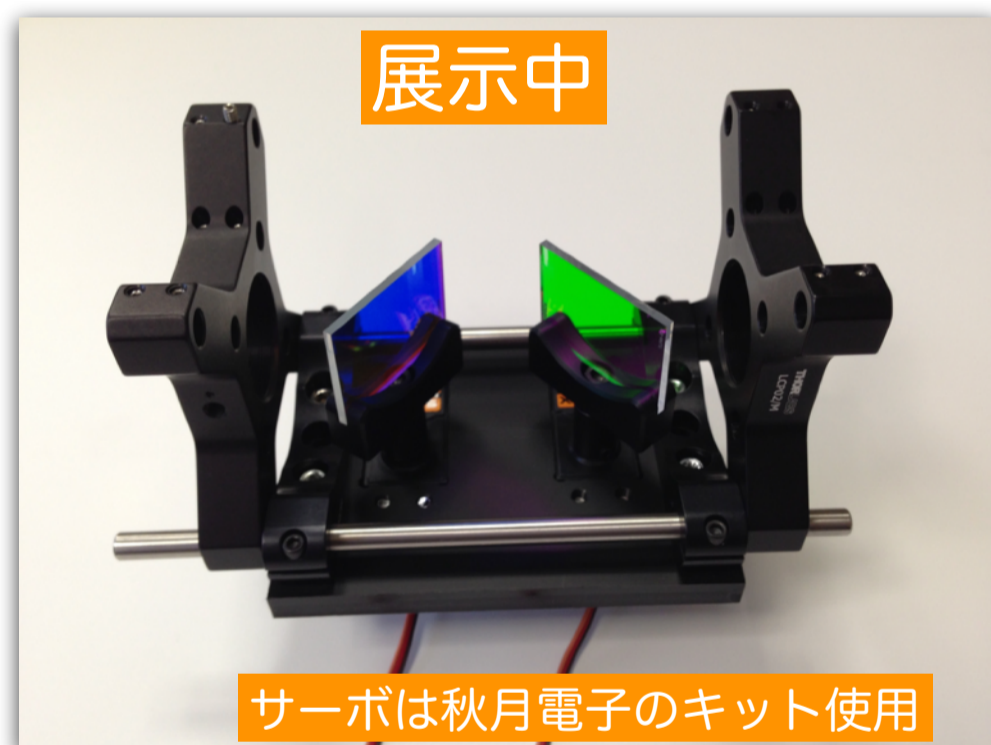


自作顕微ラマン分光装置

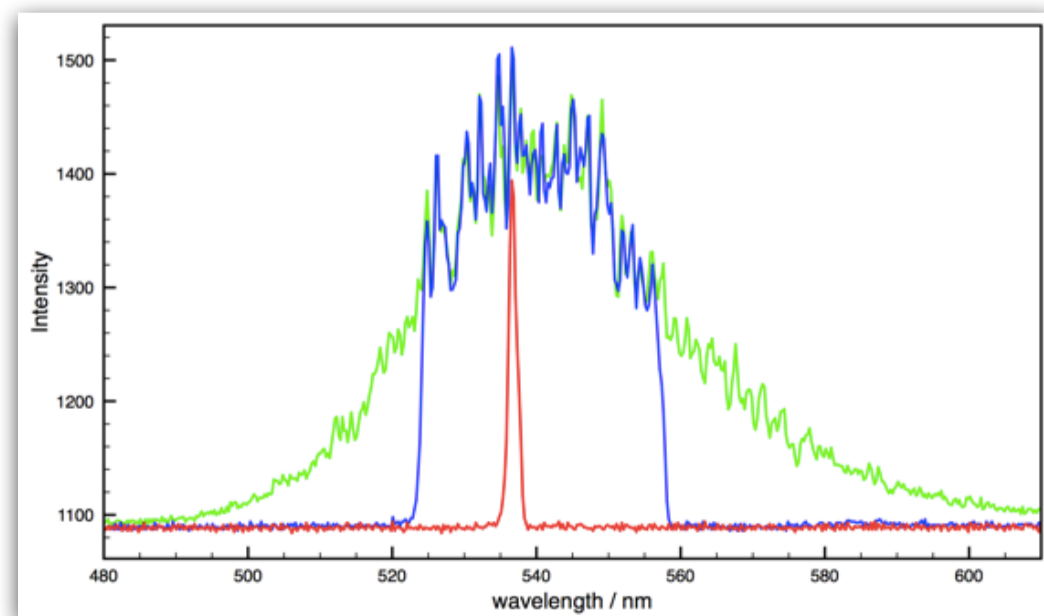
可変バンドパスフィルター

通常の顕微ラマン分光装置によるイメージングが遅い理由は強く絞った1点毎にスペクトルを測定するためです。もし、試料の広い領域を一度に測定することができれば、高速にイメージを取得できるはずですが、そのためにはラマンピーク付近の光だけを透過させる「狭い帯域用のバンドパスフィルター」が必要となります。この場合スペクトルを取得はしないで、フィルターを透過したラマン散乱光を直接CCD検出器で観察します。そのような装置は既に存在しますが、使われるフィルターが高価でした。

私はエッジ波長が回転角度で変わるショートパスフィルターとロングパスフィルター(Semrock社)を組み合わせることで、安価な周波数可変バンドパスフィルターが作れることを思いつきました。早速作製したフィルター(写真)は、サーボモーターで回転制御されていて、必要な波長領域だけの光を透過させることができます。最小波長幅は約1 nmで、可変範囲は約60 nmとなります。また、このフィルターで波長幅を変えている状況を右に示しています。緑がフィルターを使っていない状態、赤がフィルター角度を微調整して、狭いバンドのみを透過させる状態になったところ、青はその途中。透過する波長と幅はPCから制御できます。また、2つのフィルターを光軸と水平にすると、全波長の光が透過して、普通の光学顕微鏡像が得られます。



作製した波長可変バンドパスフィルター



バンド幅を制御しているところ

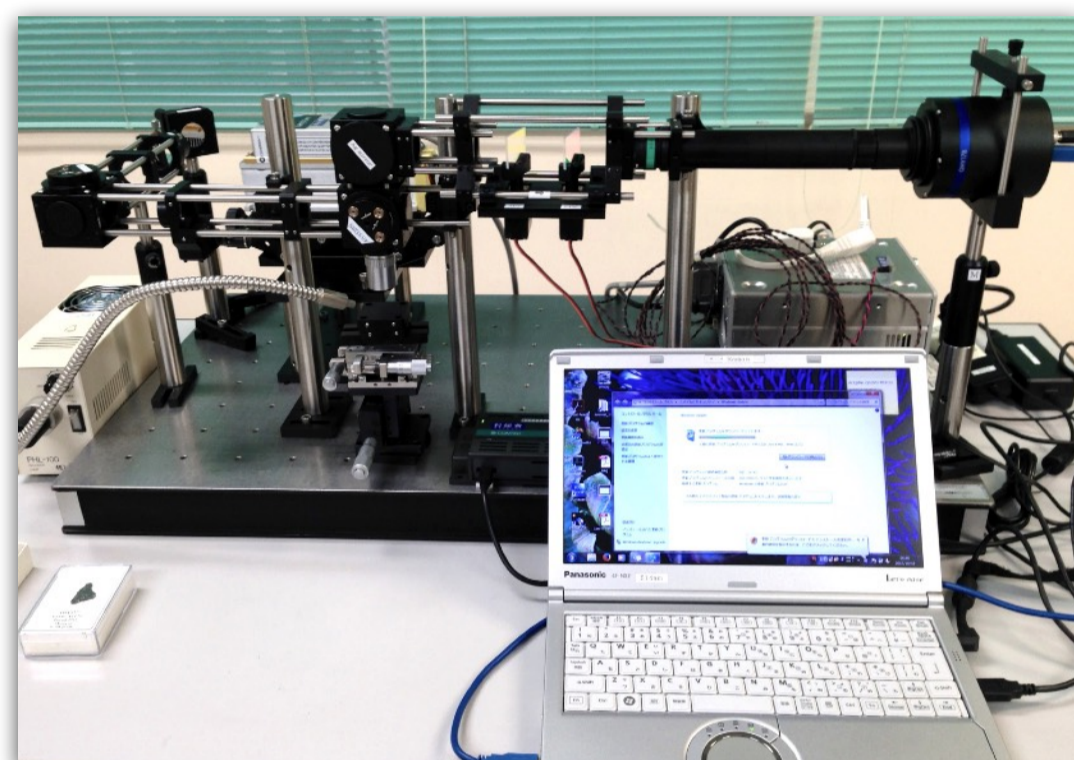
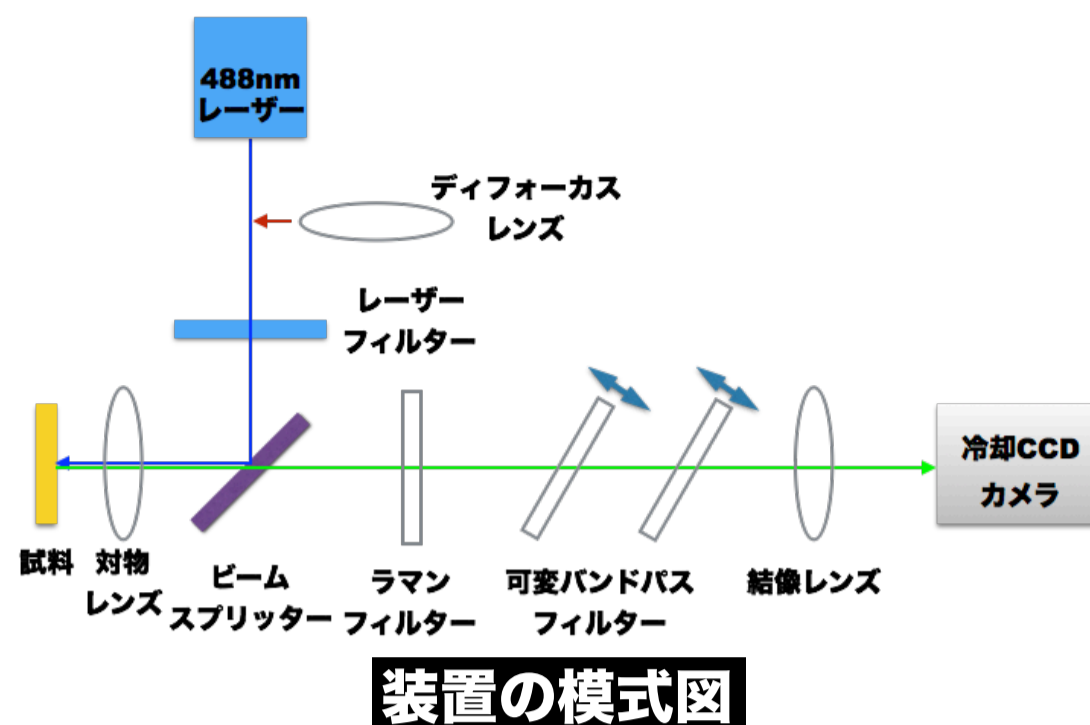
ラマンイメージング装置の試作

可変バンドパスフィルターの性能を確認しましたので、これを使ったラマンイメージング装置を試作しました。その模式図を右に示しています。試料を照射するレーザーには488 nm波長のものを使用しました。それを約50 μm 直径ビームにして、試料に照射します。そこからの散乱光を対物レンズで集め、488 nm付近の強いレーザー光を取り除くフィルター、次に作製したバンドパスフィルターを透過させ、天文アマチュア用の安価な冷却CCDカメラで撮影します。波数で300~1800 cm^{-1} に対応でき、フィルター交換で他領域にも対応可能です。フィルターとCCD以外は既にある部品を組み合わせて作りました。

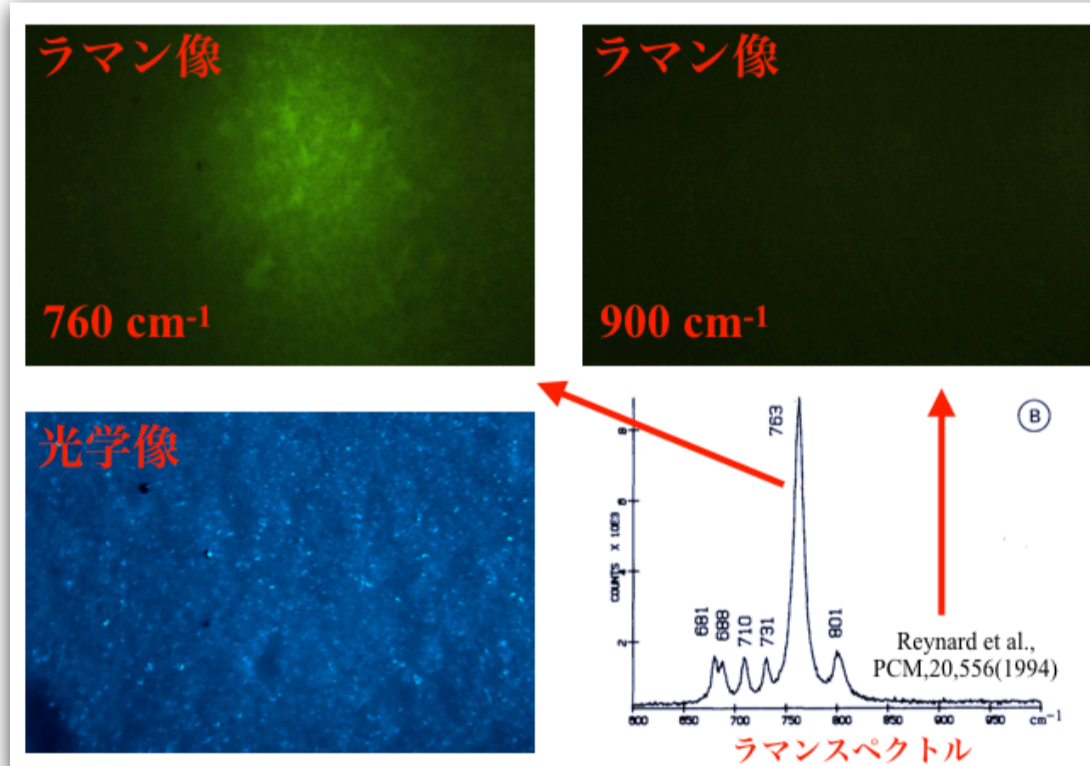
ラマンイメージング装置のテスト

試作した装置で測定した例を右下に示しています。試料は Mg_2GeO_4 の焼結体です。その光学像を左下に示しています。横幅は約120 μm です。右下に Mg_2GeO_4 のラマンスペクトルを示していますが、760 cm^{-1} に強いラマンピークを持ちます。そこでバンドパスフィルターを760 cm^{-1} 付近に合わせて2秒間測定すると、像に粒子に対応する濃淡が出て来ました（左上）。一方、ラマンピークの存在しない900 cm^{-1} で測定すると、暗い像しか得られません。したがって、760 cm^{-1} ではラマン散乱による試料のイメージが確かに見えていることがわかります。したがって Mg_2GeO_4 以外の不純物や別の物質があれば、区別すること、その分布が分かります。

しかし、いくつか課題もあります。ラマン像の強度が均一でない理由は、レーザー光自体の強度分布のためで、これをフラットにする必要があります。また、設定できるバンド幅は現在約30 cm^{-1} が限度ですが、これは実用には少し広すぎます。CCDカメラの制御ソフトはメーカーの天文測定用で、ラマン測定では不便なので、今後フィルター制御と連動できるラマン測定用ソフトを作る必要があります。



試作した装置



測定例: Mg_2GeO_4 焼結体

- バンドパスフィルターを考案して、ラマンイメージング装置を試作しました。
- 従来よりも安価、高速にラマンイメージを取得できます
- 材料中の不純物の検出や同定等に利用できます
- この装置については、以下のサイトでも詳しい情報を提供しています。 <http://www.misasa.okayama-u.ac.jp/~masami/pukiwiki/>