

電池駆動モバイル走査電子顕微鏡

井上雅彦¹, 菅波昌広¹, 橋本良夫², 石谷肇², 居安猛², 齊藤秀一³, 森口幸一³, 田中武雄⁴ / ¹摂南大学, ²新日本電工株式会社, ³株式会社APCO, ⁴大阪産業大学

要旨

小中学校や高校などの初等理科教育の現場において子供達に自然の神秘とそれを探るための科学技術の面白さを同時に体感してもらうことを目的とした教育用走査電子顕微鏡を開発した。小学生でも簡単に操作ができ、野外に持ち出してその場で観察が可能である。また、教室などに持ち込んで教卓の上で実験しながら大型ディスプレイやプロジェクタなどに画像を出力することができ、多人数対象のデモ実験も容易に行うことができる。

※本研究は科学技術振興機構（JST）先端計測分析技術・機器開発事業の援助を受けている。

開発の背景と開発コンセプト

近年、日本を含む先進各国において子供達の理科離れが深刻な社会問題となっている。その原因のひとつに教育現場で理科実験などを通して科学に触れる機会が少なくなっていることがあげられる。走査電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope, SEM）は焦点深度が深く、立体的で迫力のある像が得られるため、理科教材として大変優れているが、一般には大変高価でまた操作にも専門知識が必要である。そのため、子供達でも持ち運びが可能で、簡単に操作ができる小型の走査電子顕微鏡を開発した。

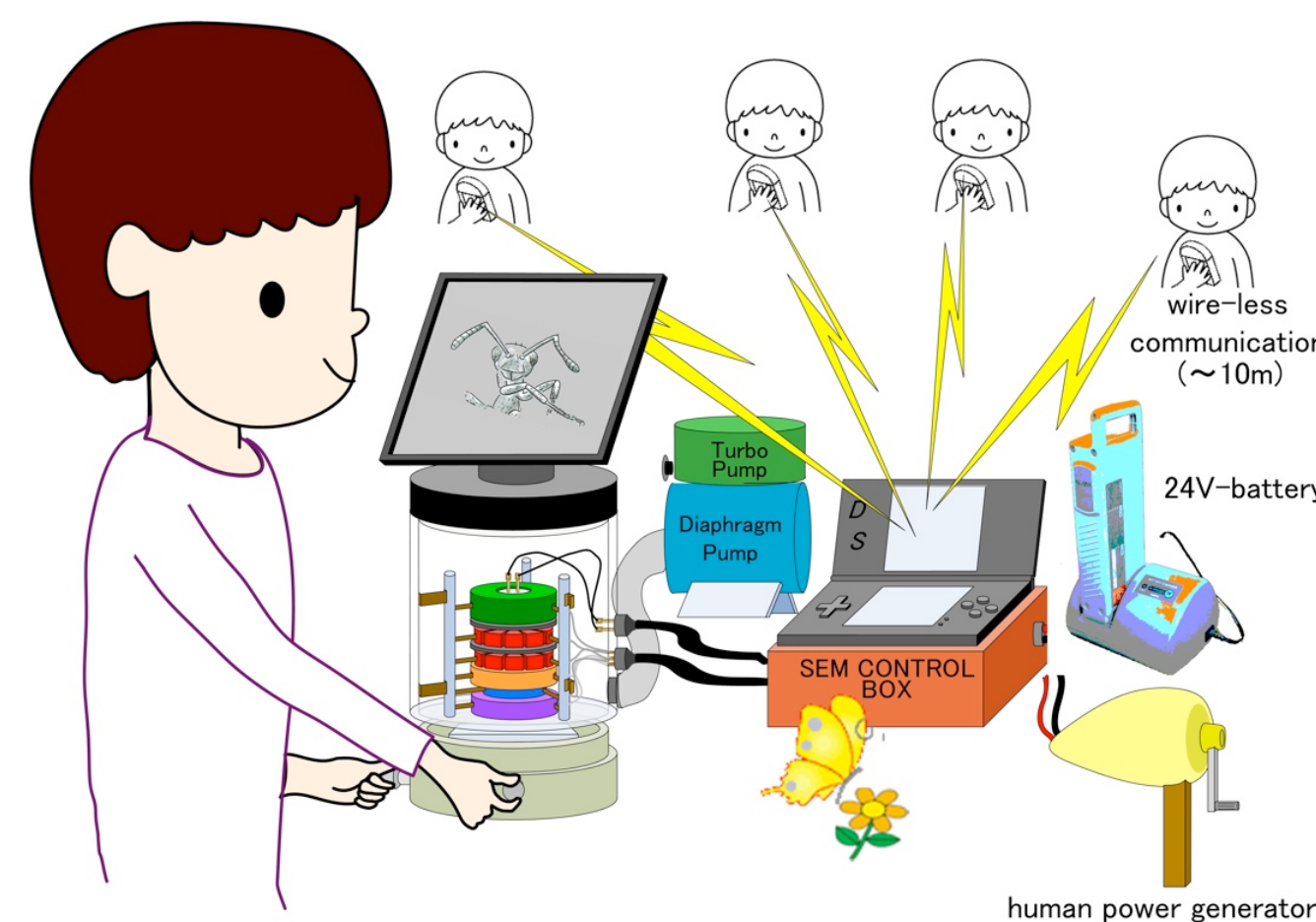


図1 モバイルSEM開発コンセプト
野外でも使用できるように、電源は電動アシスト自転車用バッテリー（24V）を2個使用。
顕微鏡像は、コントローラに備え付けのモニタの他、外部出力機能および無線での映像配信機能を持つ。

試作1号機

図2に試作1号機の外観写真を示す。バッテリー差し込み口は2カ所用意しており、バッテリー1個につき約1時間連続運転可能。1個を使い切ると自動的にもう一つの電池に切り替わる。使い切った方の電池は運転中でも交換することができ、長時間連続運転が可能である。また鏡筒およびコントローラを小型化することに成功し、3つのキャリングケースに分けることにより小学生にも持ち運び可能な重量にまで軽量化することができた（8.9kg, 7.2kg, 6.6kg）。鏡筒部は500 mlのペットボトル程度の大きさで、電子銃の部分は透明ガラスになっており、フィラメントが光っている様子を見ることができる。真空ポンプにはPFEIFFER性のターボドラッグポンプ（鏡筒に直接接続されている）とダイヤフラムポンプ（赤色）を採用しており、スイッチを入れてから真空引きを完了し観察可能になるまでの時間は約5〜6分程度である。最小分解能は1.7μm程度。

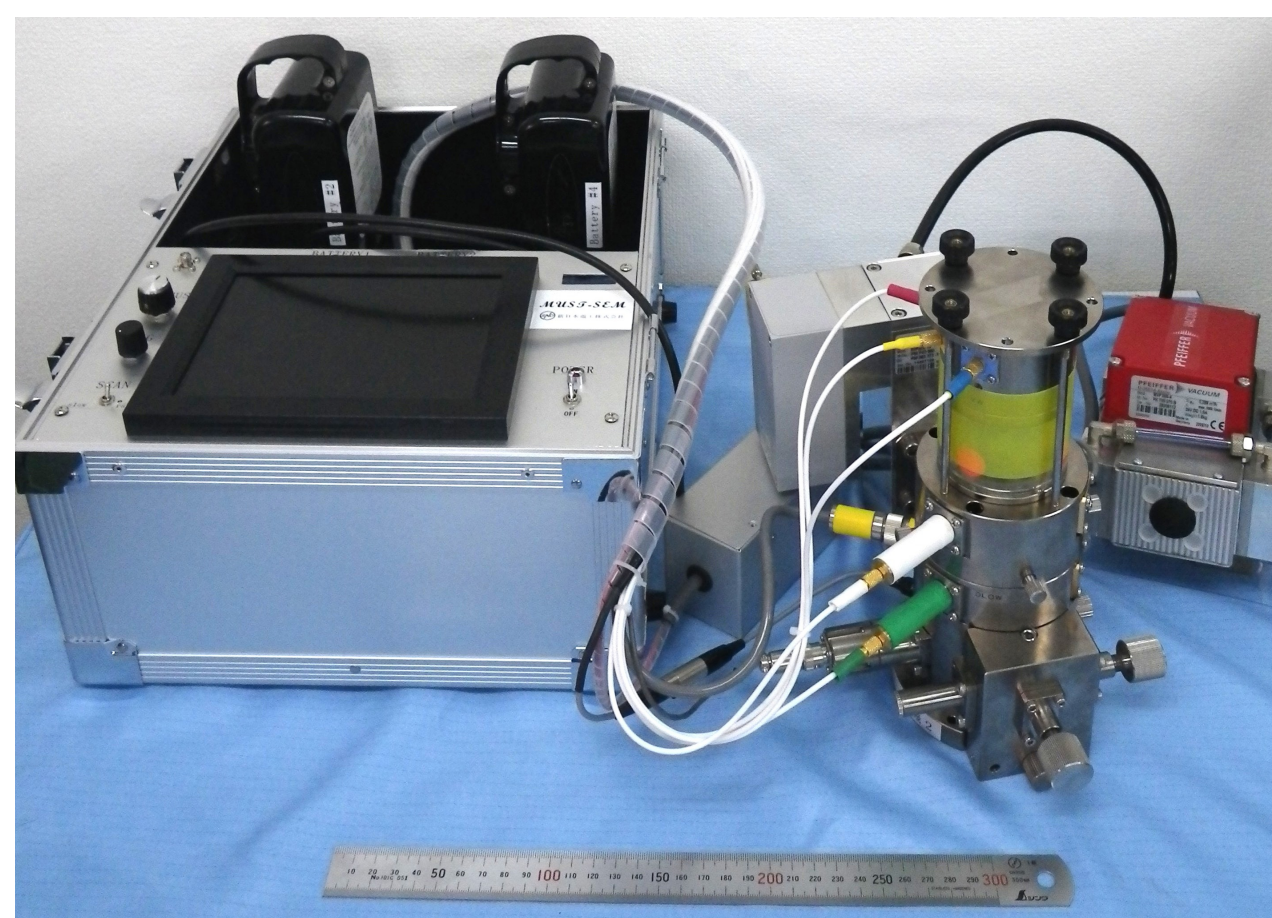


図2 試作1号機の外観写真
左のコントローラボックスに液晶ディスプレイがあり、スタンドアロンで使用する。必要に応じてパソコンを接続したり、外部ディスプレイやプロジェクタに画像を出力できる。
安全性を考慮し、鏡筒ケースの透明化は電子源フィラメント周辺部のみにとどめている。

イオン液体を使った絶縁性試料の観察

教育用途では、生物や鉱物などの絶縁性の試料を観察するケースが多い。SEMで絶縁性試料を観察する方法としては、（1）低真空中で観察、（2）電子ビームエネルギーを調整する、（3）試料傾斜角を調整する、（4）金属やカーボンなどの導電性薄膜をコーティングする、などの方法が用いられている。（1）〜（3）の方法では電子顕微鏡本体にそのための機能を追加する必要があるため（4）の方法を採用する。しかしこの方法では、従来は真空蒸着法やスパッタコーティング法などを用いていたため、SEM本体の他に真空装置を必要としていた。これは野外でのその場観察を目指すモバイルSEMには適さない。そこで我々は、大阪大学 桑畑教授らのイオン液体を試料に塗布する方法[1]を採用した。イオン液体は常温で液体の塩で、真空中でも蒸発せず液体のまま導電性を保つ。イオン液体の種類はたくさんあるが、ここでは比較的粘性の低いC₈H₁₁F₆N₃O₄S₂をエタノールで数%の濃度に希釈して試料に塗布している。特に装置は必要としない。図3に観察例を示す。

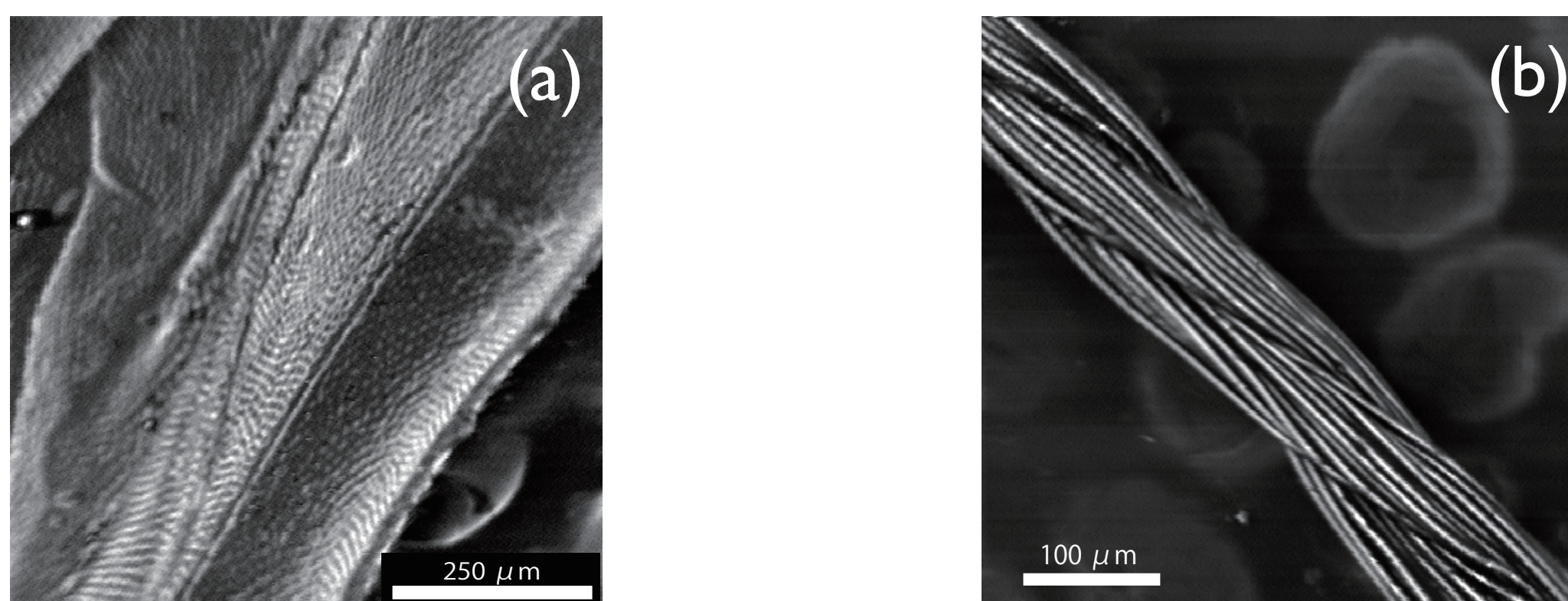


図3 (a) ハエの羽の表面（イオン液体塗布） (b) ポリエステルの糸（イオン液体含浸）

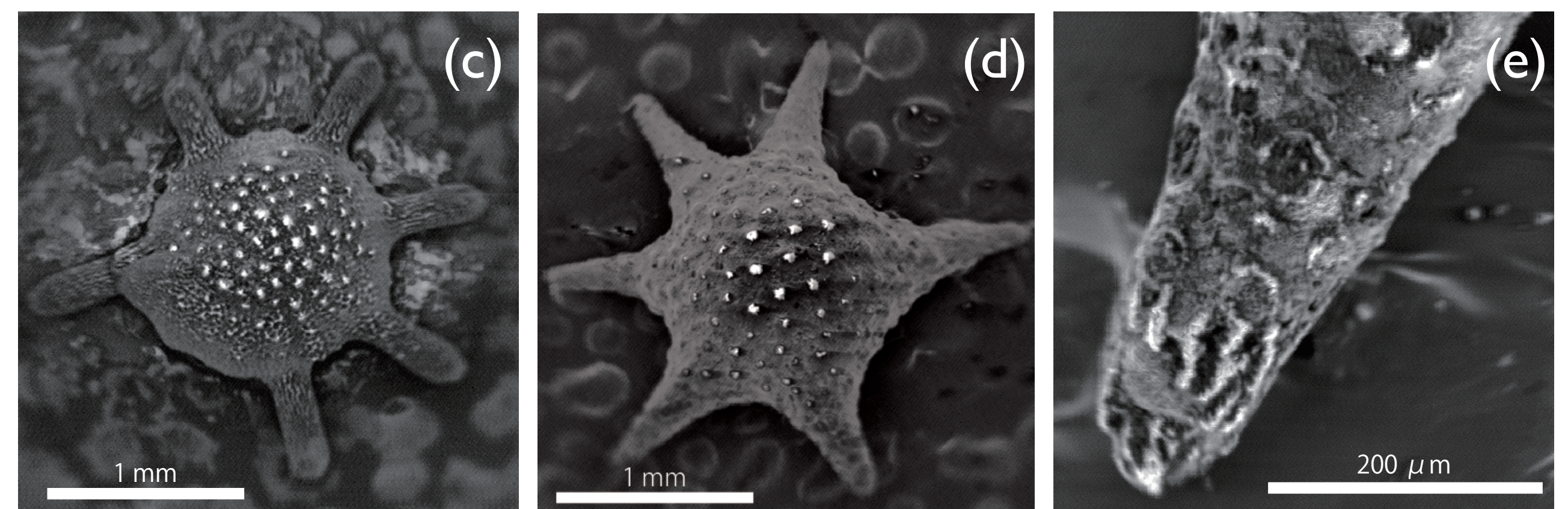


図3 (c) 太陽の砂（有孔虫カルカリナ） (d) 星の砂（有孔虫バキュロジブシナ）
(e) バキュロジブシナの左下とげの拡大（いずれもイオン液体塗布）

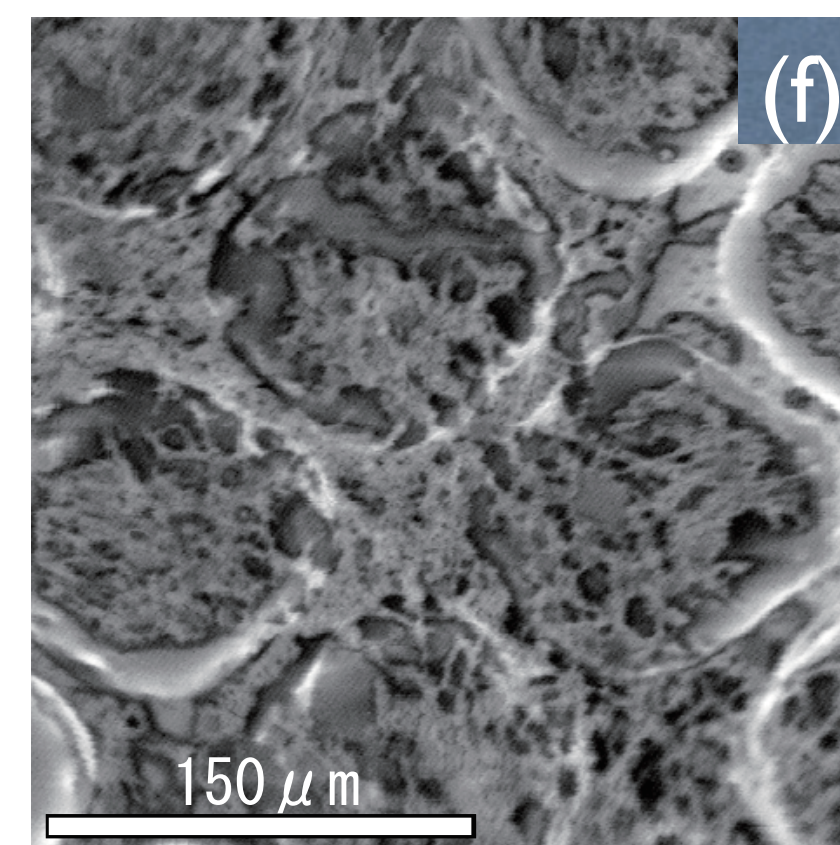


図3 (f) 電顕用200メッシュ上のバナナのゲノムDNA。（イオン液体塗布）

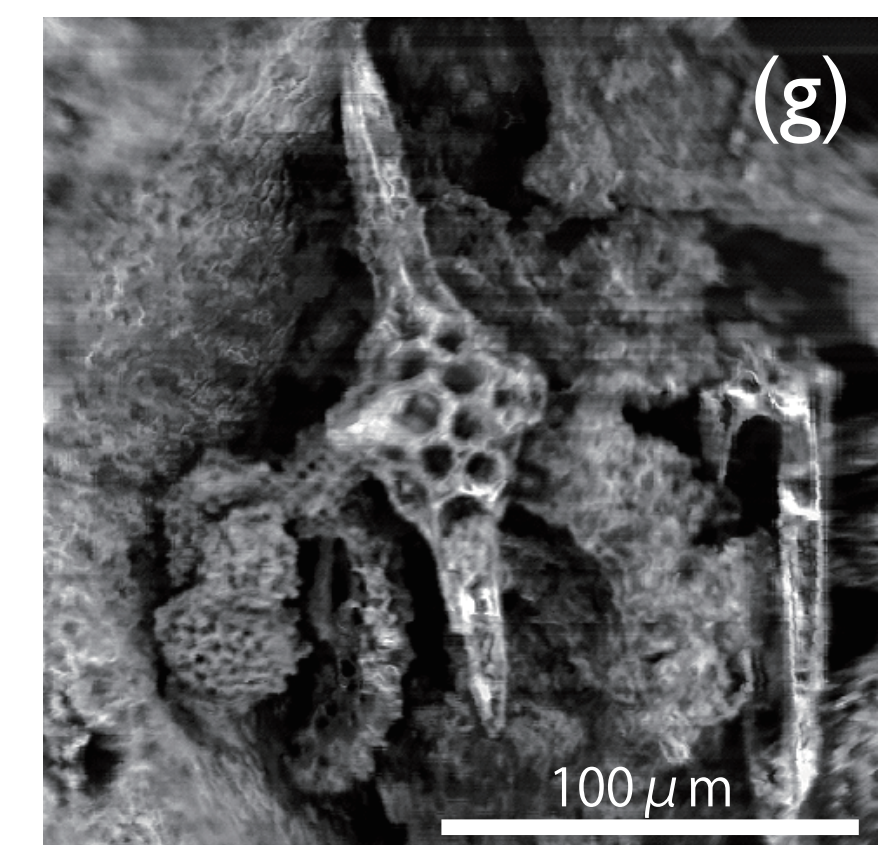


図3 (g) ジュラ紀放射散虫トリルスの微化石（イオン液体塗布）

フィールド実験

図4 (a) は高校生を対象にフィールド実験を行っている様子である。虫や電球のフィラメント、竹炭の破断面など身近なものを拡大して観察することに大変興味をもったようで時間ぎりぎりまで観察を行っていた。(b) は中学生を対象としたセミナーの様子である。写真中、右のスクリーンはパワーポイントの画面で、左のスクリーンはモバイルSEMの画像を投影したもの。教卓でSEMを操作し、その際のSEM像の変化する様子（観察位置を移動したり、倍率を変えたり、フォーカスを調整したり）を多人数で同時にリアルタイムで見ることができる。このようなスクリーンに投影できる機能を利用するとレーザーポインタを使って各部の解説を行うこともでき、多人数対象のデモ実験を行う上で大変有効であることがあらためて確認できた。

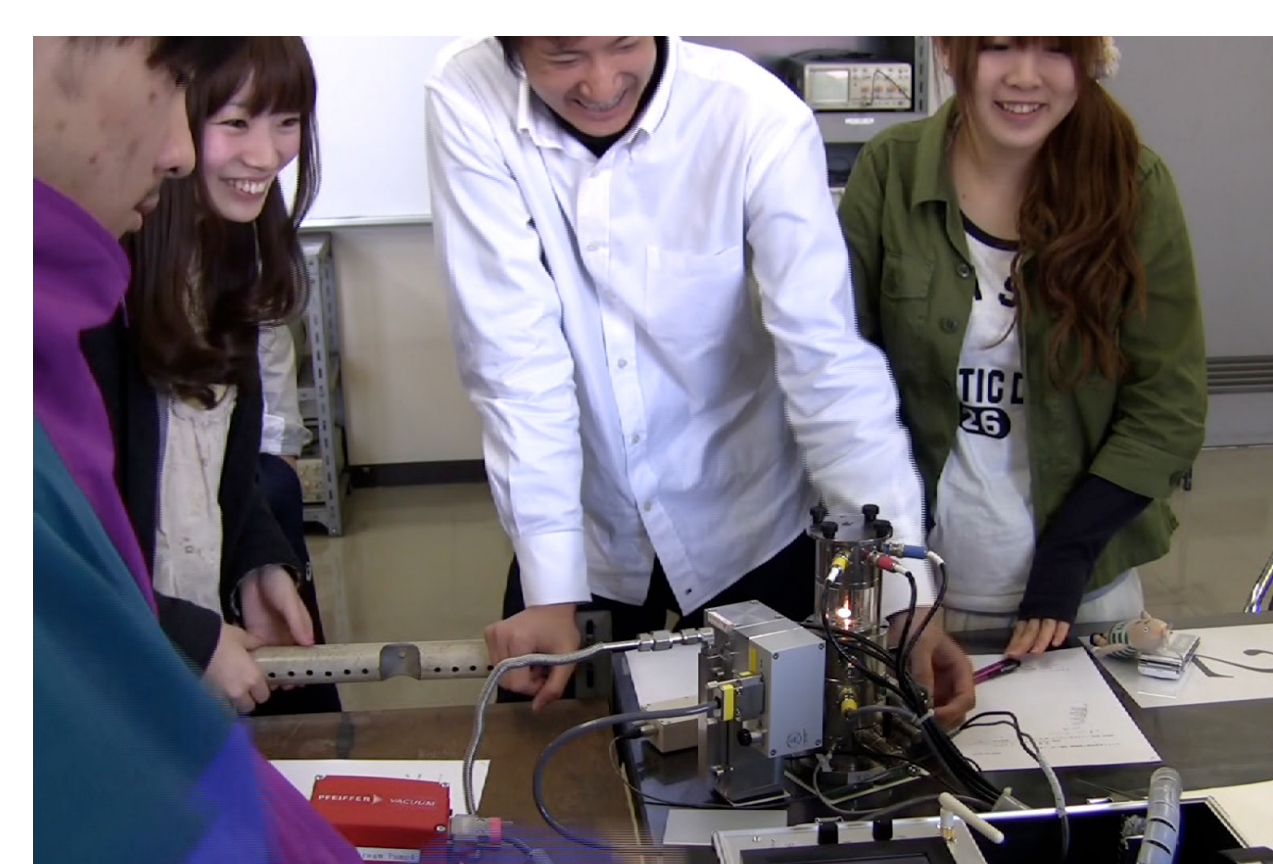


図4 (a) 高校生の入学前スクーリング（2010年3月 摂南大学）



図4 (b) 大阪中学サマーセミナー（2010年8月 摂南大学）

問題点と今後の展開

試作1号機において、本体の小型化とコントローラ電源部のバッテリー駆動化には成功したが、フィールド実験を通していくつか問題点が明らかになってきた。図2でわかるように鏡筒本体から出ているケーブルの本数が多く、小学生にとっては取り扱いが煩雑で、特に高圧コネクタ部には危険性が伴う。また、意外と低倍率の需要が高いことがわかり、このため試料位置を対物レンズから遠ざける機能が必要であることなどがわかってきた。図5はこれらのことを考慮して新しく製作した試作2号機鏡筒部の外観写真である。現在コントローラ部にも改良を加えており、新型鏡筒と組み合わせて動作確認を行う。

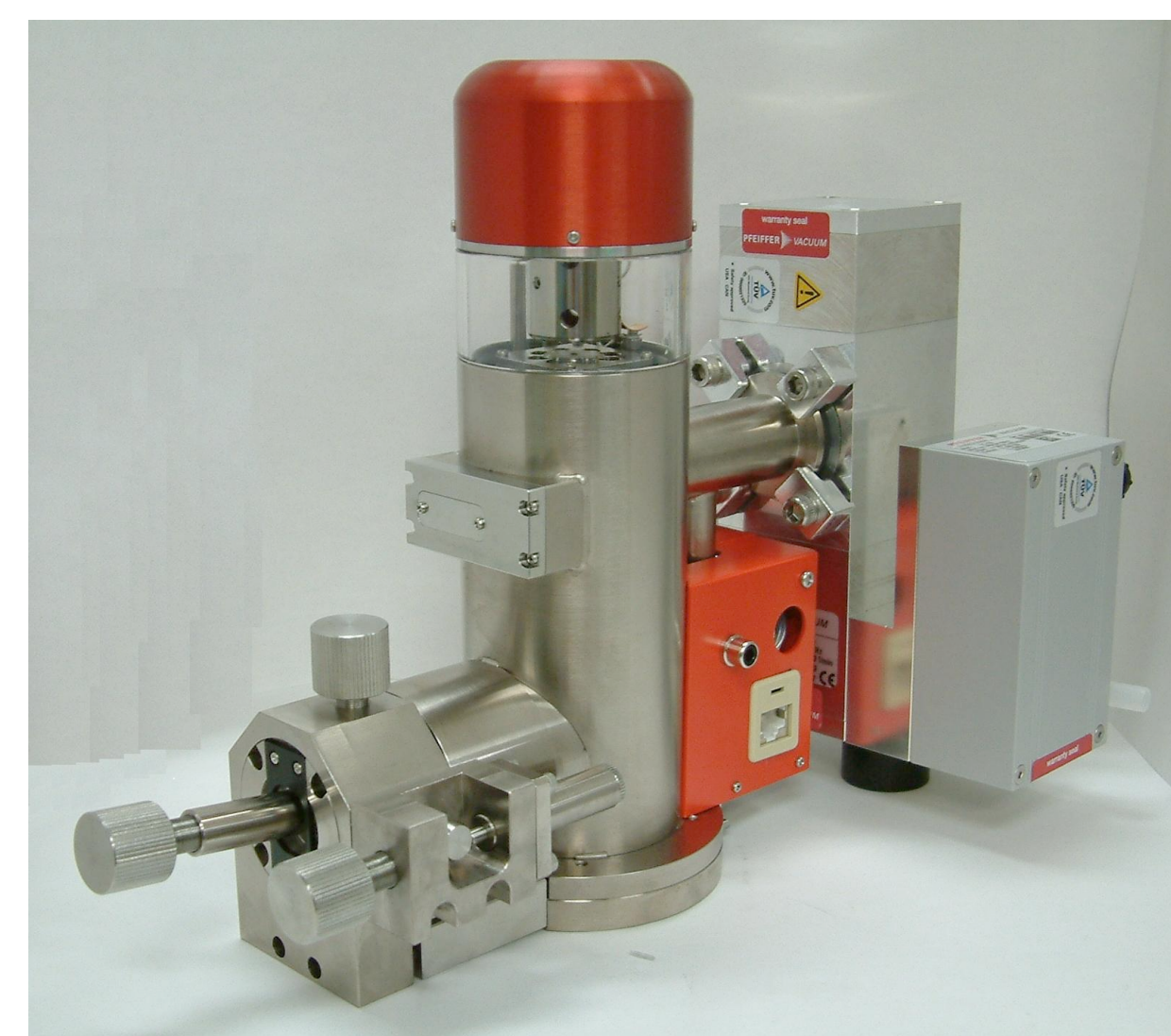


図5 試作2号機の外観写真
ケーブルの本数は3本（1号機では8本）と少なくなり、かなりすっきりした。
その他にも試料移動機構やアパーチャ調整機構などが改善されている。
材質は磁気シールドのため軟鉄を採用。
サイズは1号機とほぼ同じ。

試作2号機完成後、野外でもフィールド実験を行って生徒や学生の意見を集約し、改善点を見つけて開発にフィードバックをかけ、来年度には製品化の予定である。

参考文献：

[1] 桑畑進, 島本司「イオン液体の電子顕微鏡観察」表面科学 **28** (2007) 322 - 326.