

平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「レーザー顕微鏡のZ軸位置決め高速化技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成26年 3月

委託者 関東経済産業局

委託先 公益財団法人埼玉県産業振興公社

目次

第1章	研究開発の概要	
1-1	研究開発の背景・研究目的および目標	1
1-2	研究体制	2
1-3	成果概要	9
1-4	当該研究開発の連絡窓口	11
第2章	本論	
2-1	KTNモジュールを搭載した可変焦点光学系の開発	12
2-2	多段式可変焦点光学系の制御回路、ソフトウェアの開発	
2-2-1	高電圧回路、温度制御回路の開発	16
2-2-2	レーザー顕微鏡制御ソフト、KTNモジュール制御ソフトの開発	17
2-3	可変焦点光学系のレーザー顕微鏡への組み込み技術の開発	
2-3-1	レーザー顕微鏡への組み込み	17
2-3-2	性能の検討と評価	18
第3章	全体総括	
3-1	複数年の研究開発成果	20
3-2	研究開発後の課題	21
3-3	研究開発後の事業化展開	22

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的および目標

(1) 研究開発の背景

レーザー顕微鏡1980年代から実用化された技術であるが、現在最先端の研究特に生物系の研究に必要不可欠な存在となっている。これまで、ユーザーの高速化のニーズに応え、XY面方向に高速スキャナーを搭載したレーザー顕微鏡が開発されてきた。次のステップとして、Z軸方向に高速に位置を変えて画像を取得し、その画像を基に三次元画像をリアルタイム（例えばビデオレートまたはそれ以上）で再構築し可視化をすることが望まれている。これを実現するにはZ軸方向を高速に走査する技術が必要になる。現在圧電（ピエゾ）素子を使った高速Z軸位置決め（焦点調節）装置が用いられているが、これらは機械的に対物レンズもしくは標本ステージを移動するもので、ビデオレートで三次元画像を取得するほどの高速化は望めない。また、機械的な振動が発生する。振動は装置や画像に影響を与える恐れがあり、極力低減する必要がある。したがって、Z軸方向の走査を、従来にない方法により飛躍的に高速化する技術が求められている。

(2) 研究開発の目的

川下のニーズとして、レーザー顕微鏡、特に二光子レーザー顕微鏡において高速にZ軸方向の位置を変えて画像を取得し、その画像を基に三次元画像をリアルタイム（例えばビデオレートまたはそれ以上）で再構築し可視化をすることが望まれている。本研究は、Z軸方向の位置決め（走査）を、可変焦点レンズを用いた従来にない方法により飛躍的に高速化する技術を開発し、川下ニーズに応えることを目的とする。上記の目的を達成するため、本年度の目標を以下のように定めた。

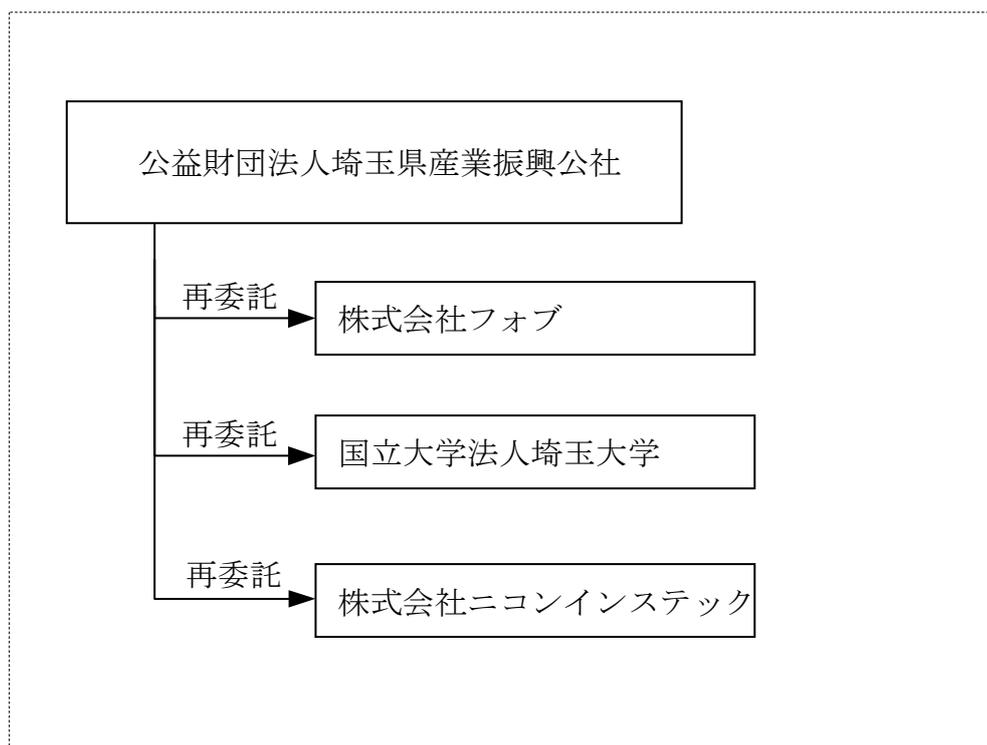
(3) 目標

KTN可変焦点レンズモジュールを複数個搭載した多段式可変焦点光学系を設計し、レーザー顕微鏡に組み込んで、Z軸方向の移動量を10倍対物レンズ使用時に最大400マイクロメートル（ μm ）、移動速度は400 μm を100マイクロ秒（ μs ）以内を目標とする。

1-2 研究体制

(1) 研究組織および管理体制

1) 研究組織 (全体)



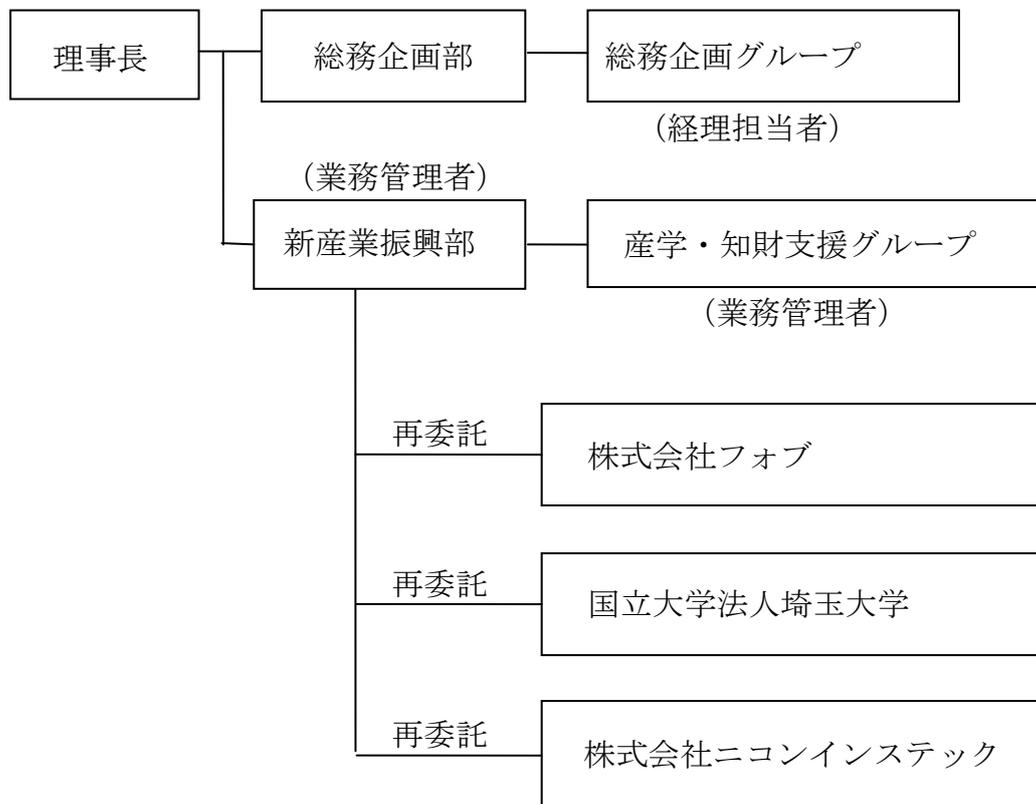
総括研究代表者 (P L)
国立大学法人 埼玉大学
研究機構
脳科学融合研究センター
教授 中井淳一

副総括研究代表者 (S L)
株式会社フォブ
代表取締役 大出孝博

2) 管理体制

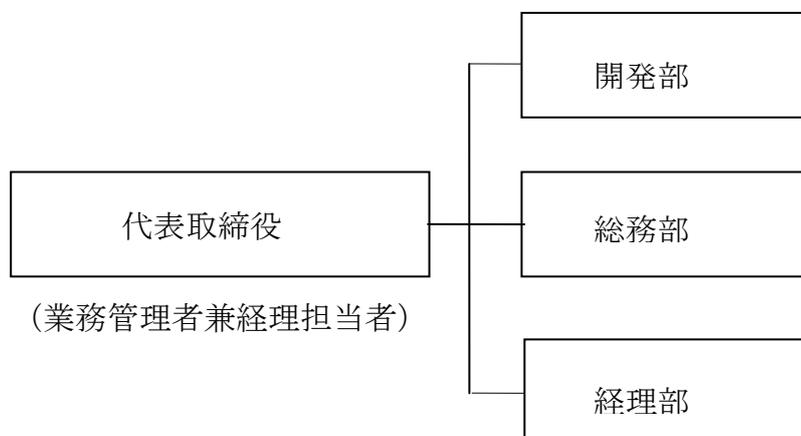
① 事業管理機関

[公益財団法人埼玉県産業振興公社]

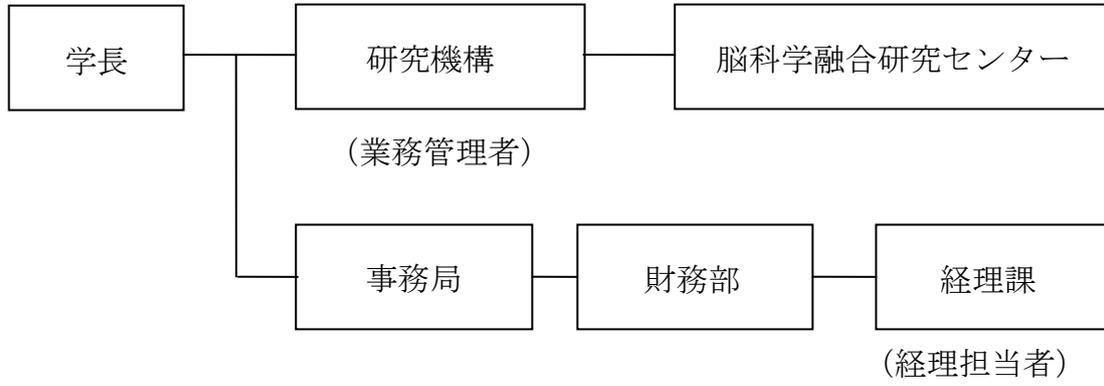


② 再委託先

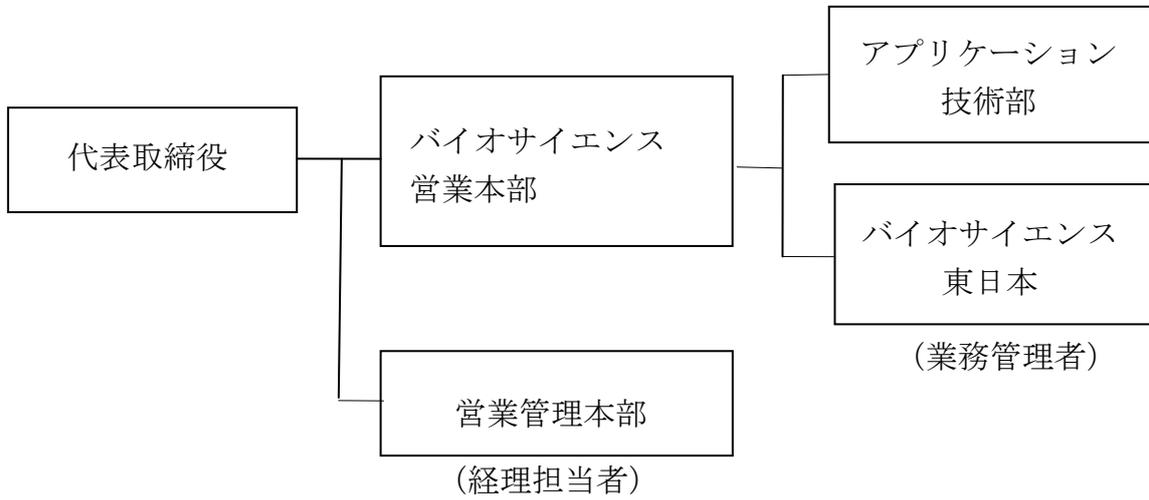
[株式会社フォブ]



[国立大学法人埼玉大学]



[株式会社ニコンインステック]



(2) 管理員及び研究員

【事業管理機関】 公益財団法人埼玉県産業振興公社

① 管理員

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
中島 和広	新産業振興部 産学・知財支援グループ 主査	④
町田 博	新産業振興部 産学・知財支援グループ 主任	④
石井 博之	新産業振興部 産学・知財支援グループ コーディネーター	④

【再委託先】

(研究員)

株式会社フォブ

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
大出 孝博	代表取締役	① , ②, ③
伊藤 稔	開発部 研究員	①, ②, ③

国立大学法人埼玉大学

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
中井 淳一	研究機構 脳科学融合研究センター・教授	① , ③
大倉 正道	研究機構 脳科学融合研究センター・准教授	③
安藤 恵子	研究機構 脳科学融合研究センター・特任准教授	③

株式会社ニコンインステック

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
石渡 一之	バイオサイエンス営業本部 営業本部長	②, ③
及川 義郎	バイオサイエンス営業本部 アプリケーション技術部 責任者	③
井野 正子	バイオサイエンス営業本部 アプリケーション技術部 共焦点担当	②

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理機関)

財団法人埼玉県産業振興公社

(経理担当者) 総務企画部 総務企画グループ
主査 五十嵐 久夫

(業務管理者) 新産業振興部
部長 岩田 靖人
新産業振興部 産学・知財支援グループ
主査 中島 和広

(再委託先)

株式会社フォブ

(経理担当者) 代表取締役社長 大出 孝博

(業務管理者) 代表取締役社長 大出 孝博

国立大学法人埼玉大学

(経理担当者) 財務部 経理課 理系学部等担当 係長 中島 弘樹

(業務管理者) 研究機構長 山口 宏樹

株式会社ニコンインステック

(経理担当者) 営業管理本部
総務部ゼネラルマネジャー 金子 久治

(業務管理者) バイオサイエンス営業本部バイオサイエンス東日本
ゼネラルマネジャー 柘田 秀

(4) 他からの指導・協力者

研究開発推進委員会 委員

氏名	所属・役職	備考
中井 淳一	国立大学法人埼玉大学 研究機構 脳科学融合研究センター 教授	PL
大倉 正道	国立大学法人埼玉大学 研究機構 脳科学融合研究センター 准教授	
安藤 恵子	国立大学法人埼玉大学 研究機構 脳科学融合研究センター 特任准教授	
大出 孝博	株式会社フォブ 代表取締役	SL
及川 義郎	株式会社ニコンインステック バイオサイエンス営業本部 アプリケーション技術部 責任者	
井野 正子	株式会社ニコンインステック バイオサイエンス営業本部 アプリケーション技術部 共焦点担当	
平瀬 肇	独立行政法人理化学研究所 脳科学総合研究センター 平瀬肇研究ユニット ユニットリーダー	アドバイザー
小平 徹	エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー株式会社 KTN 事業部 開発部担当部長	アドバイザー
森 友一朗	株式会社ホークビジョン 代表取締役	アドバイザー
中島 和広	公益財団法人埼玉県産業振興公社 新産業振興部 産学・知財支援グループ 主査	
町田 博	公益財団法人埼玉県産業振興公社 新産業振興部 産学・知財支援グループ 主任	
石井 博之	公益財団法人埼玉県産業振興公社 新産業振興部 産学・知財支援グループ コーディネーター	

1-3 成果概要

(1) 研究開発概要

本年度は、新たに多段式K T Nモジュールを設計開発し、これを用いて2光子顕微鏡光学系の試作機を開発すること、および複数台の多段式K T Nモジュールを制御できるソフトを開発することを目標に、下記のテーマの研究開発を行った。

- 1) K T Nモジュールを搭載した可変焦点光学系の設計開発、評価
- 2) 多段式可変焦点光学系の制御回路、ソフトウェアの開発
- 3) 可変焦点光学系のレーザー顕微鏡への組み込み技術の開発
- 4) プロジェクトの管理・運営

(2) 研究結果概要

①. K T Nモジュールを搭載した可変焦点光学系の設計開発、評価

レンズパワーを大きくする目的で多段式K T Nモジュールを新たに設計開発した。実際に3台分の多段式K T Nモジュールを試作した。試作した多段式K T Nモジュールを直列につなぐ事によりレンズパワーが増強されることを確認した。複数の多段式K T Nモジュールの光軸を合わせて取り付けられるプレートを新たに考案し、簡単に光軸調整が行えるシステムを構築した。

②. 多段式可変焦点光学系の制御回路、ソフトウェアの開発

多段式K T Nモジュールを電氣的に制御する機構とソフトウェアの開発を行い、当初の目標を達成した。

②-1. 高電圧回路、温度制御回路の開発

5台までの多段式K T Nモジュールを可動させることができるジャンクションボックスを新たに製作した。開発したジャンクションボックスは高電圧回路、温度制御回路、U V - L E DおよびK T N結晶の容量計測回路に関する回路が組み込まれている。

②-2. レーザー顕微鏡制御ソフト、K T Nモジュール制御ソフトの開発

W i n d o w s ベースのマルチタスクOSで複数のソフトを起動できるよう制御ソフトを手直した。また実際に5台のソフトを可動させ正常に動作することを確認した。

③. 可変焦点光学系のレーザー顕微鏡への組み込み技術の開発

③-1. レーザー顕微鏡への組み込み

多段式KTNモジュールを平成24年度に試作したりレースキャン方式のレーザー顕微鏡装置のやぐら部分に搭載するためにコンパニオンプレートを作成し、多段式KTNモジュールをレーザー顕微鏡に組込んだ。国立大学法人埼玉大学脳科学融合研究センターにあるモードロックフェムト秒チタンサファイアレーザーからのレーザー光を導入し、光軸調整を行った。こうして3台の多段式KTNモジュールを搭載したレーザー顕微鏡システムを試作し、当初の目標を達成した。

③-2. 性能の検討と評価

焦点移動距離、移動速度を計測し、それぞれ400 μ m、約20 μ 秒と、当初の目標の400 μ mを100 μ 秒以内という目標を達成した。また、生物試料としてGreen Fluorescent Protein (GFP) を神経系に発現する線虫をサンプルとして使用し撮影を行い、多段式KTNモジュールを可動させてよりシャープな画像撮影ができる事を確認した。

④. プロジェクトの管理・運営

研究開発推進委員会を委託契約期間内に開催した。

1 - 4 当該研究開発の連絡窓口

(管理法人) 公益財団法人埼玉県産業振興公社 新産業振興部
産学・知財支援グループ 主任 町田 博
〒338-0001
埼玉県さいたま市中央区上落合 2-3-2
新都心ビジネス交流プラザ 3階
TEL: 048-857-3901
FAX: 048-857-3921
E-mail machida.hiroshi@saitama-j.or.jp

(総括研究代表者) 国立大学法人埼玉大学
研究機構 脳科学融合研究センター
教授 中井 淳一
〒338-8570
埼玉県さいたま市桜区下大久保 255
TEL: 048-858-9283
FAX: 048-858-9278
E-mail jnakai@mail.saitama-u.ac.jp

第2章 本論

2-1 KTNモジュールを搭載した可変焦点光学系の設計開発、評価 <多段式KTNモジュールを用いた可変焦点光学系の開発>

平成23年度より可変焦点レンズKTNモジュール（図1）を用いて近接スキャン方式、平成24年度にはリレースキャン方式によるレーザー顕微鏡の試作機を開発してきた。これらの研究開発によりKTNモジュールを用いて瞬時に焦点移動できる事を証明できたが、焦点移動量としては本研究開発がめざす目標である400 μm には届かなかった。そこで本年度はKTNモジュールを複数個使用しレンズパワーを高めることを行った（図2）。

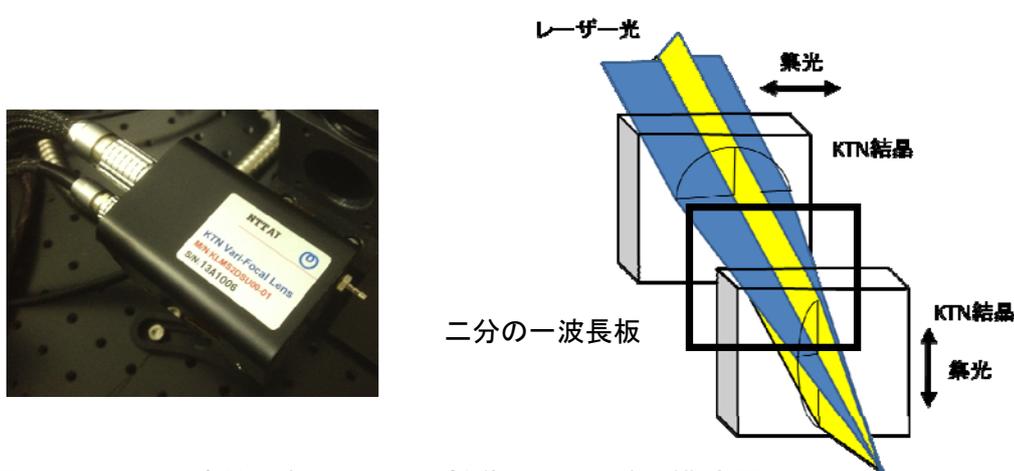


図1 KTN結晶2個による2軸集光レンズの模式図。

従来のKTNモジュール（左）では、内部に二分の一波長板があり光の偏光方向が90度回転して出射される（右）。

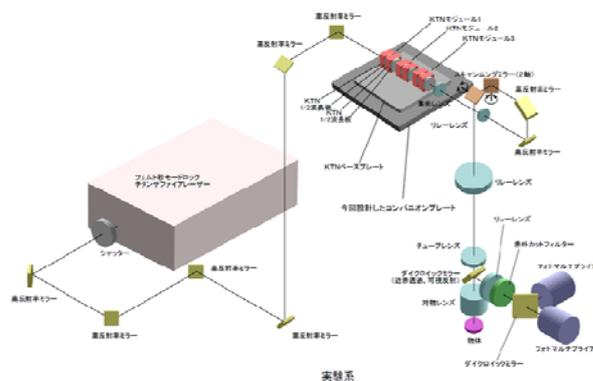


図2 3台のKTNモジュールを搭載したレーザー顕微鏡の光路図

< K T Nモジュールの設計 >

多段式 K T Nモジュールの開発は K T Nモジュールの開発元であるエヌ・ティ・ティアドバンストテクノロジーとともに進めた。これまでの K T Nモジュールは単品としての使用を前提としているため、今回の研究開発のような多段での使用には種々の点で改良すべき点があった。

多段式 K T Nモジュールの開発にあたり考慮した点：

- (1) 偏光に対する検討
- (2) 光軸調整・修理のし易さに対する検討
- (3) 大きさに対する検討

(1) 偏光に対する検討

従来の K T Nモジュールは入射光の偏光面に対して出射光の偏光面が 90 度回転して出射されていたため (図 1、3)、複数個搭載する場合に扱いにくかった。そこで二分の一波長板をもう 1 枚組み込むことにより多段式 K T Nモジュールの入射光と出射光の偏光面を同方向に統一した。これにより K T Nモジュールの取り付けを簡素化することができるようになる。

(2) 光軸調整・修理のし易さに対する検討

新しい K T Nモジュールにはさらにウェッジを内蔵し、各モジュールで個々に光軸を調整できるようにした。また、エヌ・ティ・ティアドバンストテクノロジーにて光軸合わせを行った K T Nモジュールを出荷してもらえることになったため、現場での K T Nモジュールの調整が簡素化された。

(3) 大きさに対する検討

従来の K T Nモジュールはサイズが (高さ) 63.2 mm x (幅) 44.5 mm x (奥行き) 44.5 mm であったが、新規開発のモジュールでは光学部品が増えたこと、また配線作業や補修作業を行いやすくするため内部にややゆとりを持たせ、(高さ) 85 mm x (幅) 81.5 mm x (奥行き) 32.5 mm となった。高さ、幅に関しては従来の K T Nモジュールより大きくなったものの、新開発した K T Nモジュールでは 1 段当たりの光軸方向の長さ (奥行き) 従来品の長さの 73% にした。これにより多段にした際の全体としての光軸方向の長さをできるだけ抑えるように設計した。

図 4 と写真 1 に新たに設計した多段式 K T Nモジュールを示す。

< 評価 >

今年度の研究開発では 3 台分の多段式 K T Nモジュールを製作した。図 5

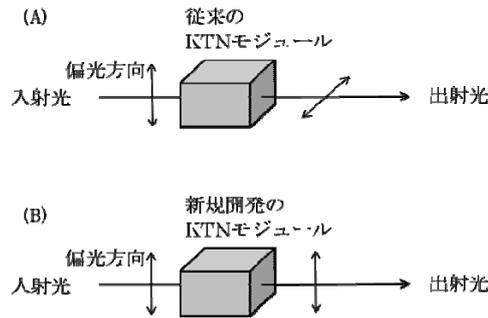


図3 (A) 従来のKTN可変焦点モジュール。入射光と出射光の偏光方向が90度違っている。(B) 新規開発したKTN可変焦点モジュール。入射光と出射光の偏光方向が一致している。

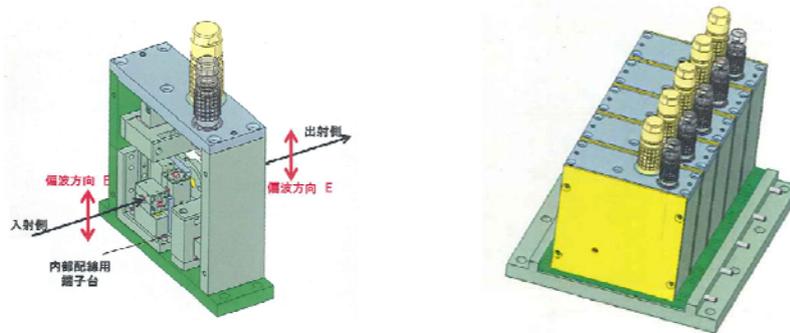


図4 (左) 新しく設計した多段式KTNモジュール (1台分)。入射光と出射光の偏光面が同じとなるように設計されている。側面の覆いは取り外されている。(右) 5台の多段式KTNモジュールを金属プレートに取り付けたところ。

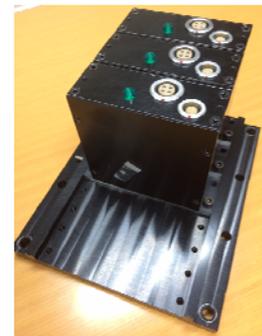
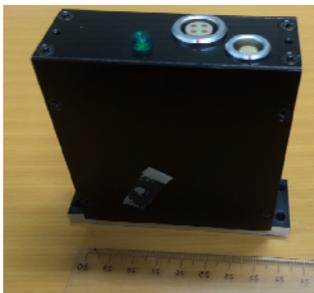


写真1 新開発した1台分の多段式KTNモジュール。(写真左) 側面には光路の部分に穴があいている。(写真中央) 上面。LEDランプ。高電圧電源ケーブルソケット、温度制御・UV-LEDケーブルソケットが見える。(写真右) 3台分の多段式KTNモジュールを連結したところ。

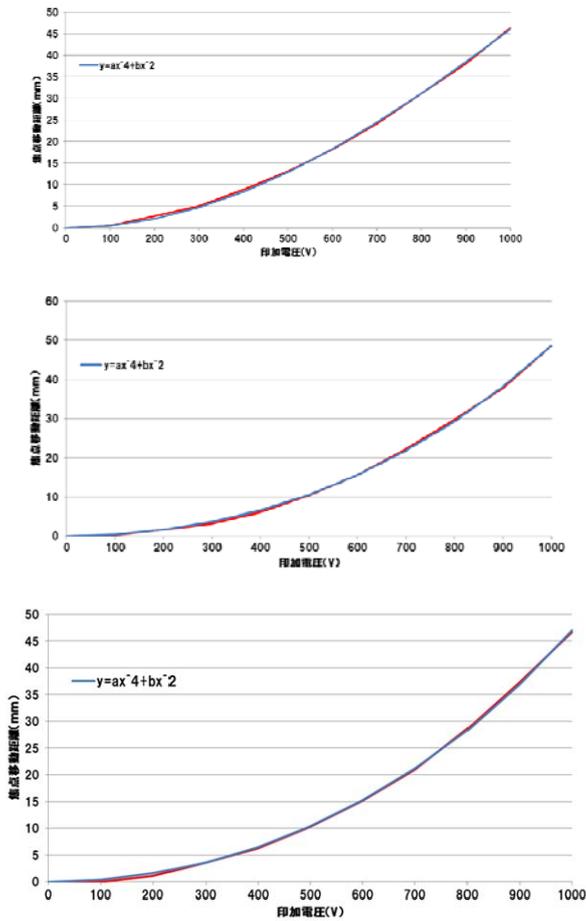


図5 印加電圧—焦点移動距離グラフ。 3台の各多段式 KTN モジュールの測定結果。赤線は実測値。青線はフィット。

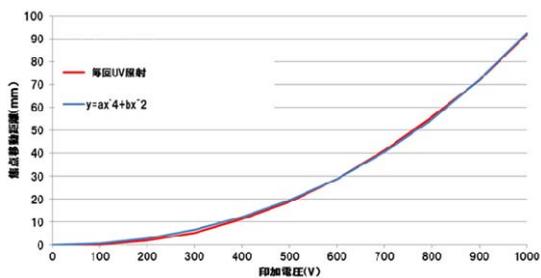


図6 印加電圧—焦点移動距離グラフ (二段目重ねの結果) 赤線は実測値。青線はフィット。

に3台の多段式KTNモジュールの印加電圧に対する焦点移動量を測定した結果を示した。この測定では波長1064nmの近赤外光を用いて電圧を0Vから1000Vまでの範囲で100Vずつ変えて焦点位置を測定した。この測定条件では、各KTNモジュールに800V印加した際に30mm焦点移動を行

うように温度条件を定めている。各K T Nモジュールの印加電圧—焦点移動距離の関係は予想通り印加電圧 x について $a x^4 + b x^2$ の式でフィットできた。

そこで次に多段式K T Nモジュールを直列に2個接続して、実験を行った(図6)。その結果2段重ねにしたK T Nモジュールの印加電圧—焦点移動距離の関係も $Z = a x^4 + b x^2$ の式でフィットできた。ここで x は印加電圧 (V), Z は焦点移動距離 (mm) である。また移動量は各K T Nモジュールの焦点移動量を加算した値となっていた。したがって、多段式K T Nモジュールの合計の焦点移動量 Z (mm) は $Z = z_1 + z_2 + z_3 \dots$ で表される。ここで $z_1, z_2, z_3 \dots$ は各多段式K T Nモジュールの焦点移動量 (mm) である。また印加電圧 x (V) を用いて書き表した場合

$$Z = (a_1 + a_2 + a_3 \dots) x^4 + (b_1 + b_2 + b_3 \dots) x^2$$

ここで $a_1, a_2, a_3 \dots$ および $b_1, b_2, b_3 \dots$ は各多段式K T Nモジュールの焦点移動量のフィットに用いた係数である。

以上、多段式K T Nモジュールを用いた場合、多段式K T Nモジュールの使用数に応じて焦点移動量を加算的に増やす事ができることが明らかになった。

多段式K T Nモジュールの光のロスについても測定したところ、1段の光のロスが6%程度であった。したがって3段重ねで使用しても光のロスは20%以下、5段重ねで使用しても30%に抑えることができる。開発した多段式K T Nモジュールの透過性が非常に高いことが実証された。

2-2 多段式可変焦点光学系の制御回路、ソフトウェアの開発

2-2-1 高電圧回路、温度制御回路の開発

複数個の多段式K T Nモジュールの制御は図7(左)に示す方式で行った。つまり、高圧電源、制御システムを共通化し、共通化できない温度制御装置はそれぞれのK T Nモジュールにそのまま残す方式である。そのため新たに最大5台までK T Nモジュールを制御することが可能なジャンクションボックスを作成した(図7右)。回路の共通化によりコスト削減、簡素化が可能となった。



図7 (左) K T Nモジュールの制御システムおよび高圧電源回路(高圧アンプ)を共通化した回路構成。(右) 新たに製作したジャンクションボックス。

2-2-2 レーザー顕微鏡制御ソフト、KTNモジュール制御ソフトの開発
ソフトウェアについてもKTNモジュール制御ソフトについては複数の多
段式KTNモジュールに対応する必要がある。そこで平成24年度に開発した
ソフトを変更し、同じソフトをKTNモジュールの個数分マルチタスクで稼働
させることとした（写真2）。



写真2 WindowsベースのマルチタスクOSで稼働中の複数台の
KTNモジュールコントローラーソフト

2-3 可変焦点光学系のレーザー顕微鏡への組み込み技術の開発

2-3-1 レーザー顕微鏡への組み込み

平成24年度に開発したレーザー顕微鏡を基に3台分の多段式KTNモジュ
ールを図2に示したように組み込んだ（写真3）。フェムト秒赤外線レーザーを導
入し光軸をサンプル面にて調整した。

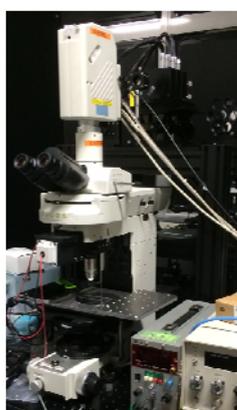


写真3 （左）レーザー顕微鏡部分。（右）KTNモジュール制御部。

2-3-2 性能の検討と評価

まず焦点移動量を測定した。Z軸方向の焦点移動量の計測については、顕微鏡の機械式焦点調節機構を用いて、合焦する位置でのダイヤルを読んで値を得た。写真9に高電圧を印加して約2 HzでKTNモジュールを可動させた時のサンプル（紙に塗られた蛍光塗料）を観察した際の画像を示した。初め焦点を焦点位置Bにおいて、2 Hzで0 V—350 Vを交互に印加してKTNモジュールを駆動したところ写真4右の像が得られた。次に顕微鏡の機械式焦点調節機構を用いて400 μ m焦点を上方に移動させ（焦点位置A）、得られた画像が写真4左の画像である。焦点位置Aに焦点を移動させた際、電圧印加時に最も合焦が得られたことより400 μ mの移動を確認した。

これらの画像において、画像がストライプ状に横にシャープに分けられているが、これはZ方向の焦点が瞬時に移動している事を示している。本実験で使用したニコンC1ではX軸方向のスキャンは1ラインスキャン約2 msで行われている。このことより2 ms以下の時間で焦点位置が変化していることがわかる。

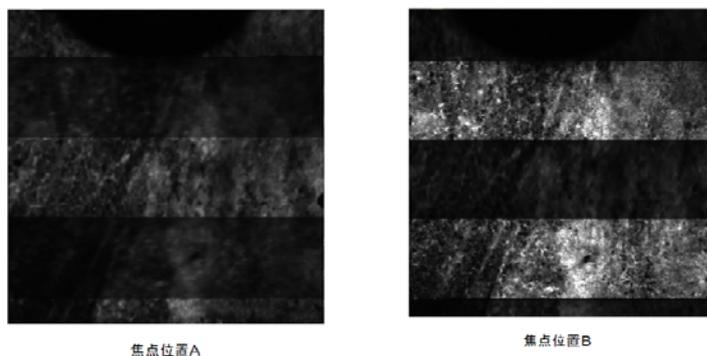


写真4 蛍光塗料を塗布した紙のサンプルの観察。350 V 2 Hzの印加電圧を加えた際の画像。（左）焦点位置Aに顕微鏡の機械式焦点を合わせた画像。（右）焦点位置Bに顕微鏡の機械式焦点を合わせた画像。なお、焦点位置Aと焦点位置Bは400 μ m離れている。

次にZ方向の焦点移動速度を測定した（写真5）。高圧電源に送られる電圧を切り替えるコマンドシグナルと、検出器であるフォトマルチプライヤー（PMT）からの蛍光変化のシグナルをデジタルオシロスコープまたはストレージオシロスコープにて記録し測定した。この結果、400 μ m離れた焦点位置A—B間の移動において、KTNモジュールへの高電圧の印加により22 μ s程度でほぼ焦点移動が完了し、高電圧を切った際は10 μ sで焦点移動が完了することが確認された。

以上、本年度の目標である $400\ \mu\text{m}$ の移動を $100\ \mu\text{s}$ 以内に完了するという目標を達成した。

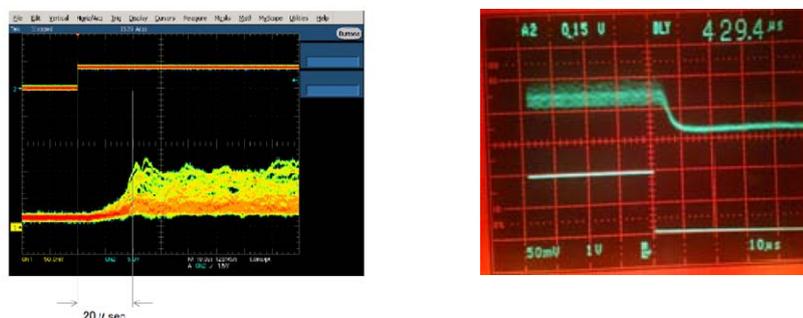


写真5 焦点位置A—B間の移動時の速度の計測。印加電圧を瞬間的に変えた際の検出器 (PMT) からのシグナルの変化。(左) 印加電圧を加えた時の時間経過。(右) 印加電圧を切った時の時間経過 ($10\ \mu\text{s} / \text{DIV}$)。なお、焦点位置Aと焦点位置Bは $400\ \mu\text{m}$ 離れている。

生物試料の可視化

蛍光タンパク質 Green Fluorescent Protein (GFP) を神経系に発現する線虫を用いて画像化を行った。麻酔した線虫をスライドガラスに載せて、10倍対物レンズを用いて観察を行った。KTNモジュールを可動させZ方向に焦点を $100\ \mu\text{m}$ 移動させて2面を撮影した。その結果、写真6に示すようにKTNモジュールを可動させて、焦点を移動させた場合の方が画像全体によりシャープな像が得られた。



写真6 蛍光タンパク質である GFP を神経系に発現する線虫を生物資料として用い、 $920\ \text{nm}$ の近赤外線を用いて撮影した。(左) 基準面での画像 (右) KTNモジュールを可動させ基準面と $100\ \mu\text{m}$ の面を交互に移動して撮影し合成した画像。

第3章 全体総括

3-1 複数年の研究開発成果

平成23年度の研究開発では、KTNモジュールを用いて近接スキャン方式光学系を組み込んだレーザー顕微鏡の製作を行った。また、KTNモジュールを制御するためのインターフェース回路、ソフトの設計・開発を行い、コンピュータからKTN結晶の状態をモニターおよび制御するシステムを構築した。これによって、ヒューマンエラーを排除できる信頼性の高いシステムを構築できるようになった。また、ハイパワーレーザーを使用する環境において、自動化により高い安全性を確保できるようになった。

平成24年度の研究開発では、リレースキャン方式光学系を組み込んだレーザー顕微鏡の製作を行った。そのためリレースキャン用のインターフェース回路、高圧電源、温度制御装置の開発を行った。また、レーザー顕微鏡の制御ソフトからKTNモジュールを制御することが可能となり、普通のレーザー顕微鏡と遜色ない使い勝手であった。Z軸方向の移動量として10倍対物レンズを使用して100 μ mの移動量を達成した。速度においても10KHzでも問題なく稼働した。

平成25年度の研究開発では、複数個のKTNモジュールを用いてレンズパワーを増大させることに取り組んだ。そのため新たに多段式KTNモジュールを設計製作した。また、複数個のKTNモジュールを同時に制御するための電氣的回路とソフトを開発した。これらの新たに開発した装置、ソフトをレーザー顕微鏡に組み込み最大5段まで多段式KTNモジュールを搭載可能なレーザー顕微鏡を完成させた。可動実験は3台の多段式KTNモジュールを搭載して行い、当初の目標である10倍対物レンズを使用して400 μ mの移動量を100 μ s以内という数値目標を達成した。また生物試料を用いて画像化にも成功した。以上、平成25年度の計画すべてを実施し、目標を達成した。

3年間の研究開発を通じ、KTNレンズを用いたレーザー顕微鏡の高速焦点移動は当初理論的な可能性のみが示されていた状態であったが、多段式KTNレンズモジュールの製作、実証機の試作を行い、経験と技術を積み上げていき、ついに400 μ mの焦点移動を100 μ s以内で移動するという目標を達成した。これは現時点で世界最高レベルの移動量と移動速度である。また、本開発の方式は対物レンズを物理的に移動させることがないため、振動などの問題が発生しない点でも優れている。

研究開発期間を通じ本研究のアドバイザーとしてご協力いただいた株式会社ホークビジョン、エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー株式会社、理化学研究所脳科学総合研究センターより装置試作に関する開発の方向性についてご示唆をいただいたことは有益であった。

3-2 研究開発後の課題

(1) コンパクト化

- K T Nモジュールのコンパクト化

本年度製作した多段式K T Nモジュールは多段式の試作1号機ということもあり、大きさにやや余裕も持たせて設計製作した。(2)の安定性などの検討を行いつつ、よりコンパクト化したK T Nモジュールを開発する予定である。

- 装置全体のコンパクト化

これまで3年で研究開発を行ってきたため、各年度で開発した装置がばらばらに分かれている。これらは製品として販売するのは煩雑で結線等でのエラーを引き起こす可能性も増すとともに、またコストアップにもなってしまう。全体を一体化させた装置を今後開発する予定である。

(2) 安定性向上

今回試作し多段式K T Nモジュールは部品点数も増え、構造的にも新しい構造となっている。モジュールを長期に使用した際の構造的、熱的安定性についてのこれから試験は行っていく必要がある。

(3) 光軸調整機構の簡素化、

今年度の研究開発で各多段式K T Nモジュールの調整の簡素化がなされたが、最終的には顕微鏡の光路にきちっと調整して組み込むこと重要となる。今後システム全体の光軸をより簡単に調整できるシステムを整備していきたい。

(4) ソフトウェアの開発

今後事業化して商品として販売するためには、ユーザーから使いやすいソフトである必要がある。

現在、レーザー顕微鏡制御ソフトとK T Nモジュール制御ソフトの2つを可動させる必要がある。レーザー顕微鏡制御ソフトは各レーザー顕微鏡メーカーでその会社の顕微鏡に特化していることから、ドライバーという形でインターフェースを提供していくことを検討している。K T Nモジュール制御ソフトについては将来的に組み込み式制御コンピューターにて動かすことを考えている。

(5) コストについて

K T N結晶は受注生産が開始されたがまだ非常に高価である。今後量を確保することによりコスト削減を図っていきたい。高圧電源装置に関して現在の試作機は生物分野の利用では十分すぎる速度がある。この点電源装置をダウングレードしてカスタマーのニーズに合った製品を考えていきたい。

3-3 研究開発後の事業化展開

本研究で開発した技術を、まずレーザー顕微鏡システムとして製品化し事業展開を図っていく。その後は、レーザー顕微鏡以外の医療用診断装置や、レーザー加工機への応用展開を検討し事業化を目指していく。

(1) レーザー顕微鏡システムの事業化計画

追加研究： 今後2年程度の追加研究を予定している。その間の開発資金として政府関連の予算や科学技術振興機構の公募などを利用しつつ、研究を継続していく予定である。

製品の生産・販売： 当初は、開発した高速焦点移動装置をニコン製レーザー顕微鏡に組み込んでレーザー顕微鏡一式として販売を行っていく。すでに1号機の受注があり、来年度には納品される予定となっている。来年度以降開発を続けながら、製品の販売を行っていく。販売は国内にかぎらず海外へも行っていく。販売体制であるが、(株)ニコンインステックの販売網を用いて販売していく。開発した高速焦点移動装置自体はニコン以外の他社のレーザー顕微鏡にも取り付け可能であるので、将来的に他社製レーザー顕微鏡への搭載もめざしていく。

宣伝： (株)ニコンインステックは国内、海外に顕微鏡等の光学機器の販売を行っており、整備された販売網を有している。(株)ニコンインステックが主導して行い、拡販につなげていく。また、レーザー顕微鏡のような非常に高価な顕微鏡の購入にあたっては学会での成果発表や、口コミでの情報が非常に重要な情報元となっているので、今後は積極的に学会などでの成果発表や展示を通じて、カスタマーへの製品の周知を図り拡販につなげていく。

(2) レーザー顕微鏡システム以外への事業化計画

本装置で開発した技術は単にレーザー顕微鏡に留まらず、半導体、バイオ分野などの測定装置や、医療用機器、レーザー加工機、情報記憶装置への応用展開が図れる可能性がある。本研究開発で用いられているKTN結晶を用いた可変焦点レンズの技術は電気光学的現象を利用しているため速度において非常に高速で今後もこの優位性は続くと考えられる。第1弾としてレーザー顕微鏡を製品化し販売する事によって、KTNモジュールの開発も加速され、将来的により安価に高性能なKTNモジュールが得られる可能性がある。また本技術に対する他業種の捉え方も変わってくると考えられる。

項目	H26	H27	H28	H29	H30
追加研究					
製品販売					
生産環境整備					
雇用					

表1 Z軸位置決め高速化技術を導入した顕微鏡システムの事業化計画