

集光光学系遠隔制御システムの製作

仕様書

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
那珂フュージョン科学技術研究所
先進プラズマ研究部 先進プラズマ第1実験グループ

I 一般仕様

1. 件名

集光光学系遠隔制御システムの製作

2. 目的

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(以下「QST」という。)では、JT-60SA のプラズマ加熱実験に向けて計測装置の整備を実施する。本件では、計測装置の付帯機器整備の一環として、プラズマより生成される電子温度及び電子密度の計測に用いるトムソン散乱計測装置の集光光学系遠隔制御システムの整備を行うものである。

3. 業務内容

(1) 超音波モーター駆動系の製作	1 式
(2) 収納ボックスの製作	1 式
(3) 制御用回路の製作	1 式
(4) 試験検査	1 式

4. 納入期限

令和 8 年 3 月 13 日(金)

5. 納入場所

茨城県那珂市向山 801-1

QST 那珂フュージョン科学技術研究所 JT-60 実験棟・周辺室内の別途指定場所

6. 納入条件

持ち込み渡し

7. 検査条件

I 章 5 項に定める納入場所に納入後、II 章 4 項に示す試験・検査の合格、I 章 10 項に定める提出図書の確認、I 章 11 項に定める貸与品の返却並びに仕様書に定めるところに従って業務が実施されたと QST が認めたときをもって検査合格とする。

8. 保証

第 II 章に定める設計仕様及び機能要求を満たすことを保証すること。

9. 契約不適合責任

契約不適合責任については、契約条項のとおりとする。

10. 提出図書

図 書 名	提 出 時 期	部数	確認
工程表	契約後速やかに	3 部	要
確認図	製作着手前 ※確認後コピー3 部提出のこと	1 部	要
試験検査要領書	検査着手前 ※確認後コピー3 部提出のこと	1 部	要
工場立会検査申請書	検査日の 1 週間前まで	3 部	不要
試験検査成績書	納入時	3 部	不要
完成図	納入時	3 部	不要
購入品取扱説明書	納入時	1 式	不要
再委託承諾願 (QST 指定様式)	作業開始 2 週間前まで ※下請負等がある場合に提出のこと。	1 式	要
外国人来訪者票 (QST 指定様式)	入構の 2 週間前まで ※外国籍の者、又は、日本国籍で非居住の者の入構がある場合に提出のこと。	電子データ 1 式	要

(提出場所)

QST 那珂フュージョン科学技術研究所 先進プラズマ研究部 先進プラズマ第 1 実験グループ

(確認方法)

「確認」は次の方法で行う。

QST は、確認のために提出された図書を受領したときは、期限日を記載した受領印を押印して返却する。また、当該期限までに審査を完了し、受理しない場合には修正を指示し、修正等を指示しないときは、受理したものとする。

ただし、「再委託承諾願」は、QST の確認後、書面にて回答するものとする。「外国人来訪者票」は QST の確認後、入構可否を文書又は電子メールで通知するものとする。

(提出方法)

提出媒体が「電子データ」となっている提出書類については、電子メールにより、電子データを 1 式提出すること。その他は紙媒体にて提出するものとする。

11. 貸与品

集光光学系調整装置構図面	1 式
固定用ボックス	1 式
集光光学系調整シャフト	2 本（動作試験時）
メディアコンバーター、DC 電源	1 式（動作試験時）

なお、貸与品の貸与方法・期間及び返却方法については別途指示する。

12. 品質管理

本契約に係る設計・製作等は、全ての工程において、以下の事項等について十分な品質管理を行うこととする。

- (1) 管理体制
- (2) 設計管理
- (3) 外注管理
- (4) 現地作業管理
- (5) 材料管理
- (6) 工程管理
- (7) 試験・検査管理
- (8) 不適合管理
- (9) 記録の保管
- (10) 重要度分類
- (11) 監査

13. 適用法規・規格基準

本施設は、原子炉等規制法の核燃料使用施設及び放射性同位元素等の規制に関する法律の R I 使用施設である。したがって、設計・製作・試験検査・据付調整等に当たっては、以下の法令、規格、基準等を適用又は準用して行うこと。

- (1) 原子力基本法
- (2) 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（原子炉等規制法）
- (3) 労働安全衛生法
- (4) 日本産業規格（J I S）
- (5) 那珂フュージョン科学技術研究所放射線安全取扱手引等放射線に関する諸規程
- (6) その他受注業務に関し、適用又は準用すべき全ての法令・規格・基準等

14. 機密保持

受注者は、本業務の実施に当たり、知り得た情報を厳重に管理し、本業務遂行以外の目的で、受注者及び下請会社等の作業員を除く第三者への開示、提供を行ってはならない。このため、機密保持を確実にける具体的な情報管理要領書を作成・提出し、これを厳格に遵守すること。

15. 安全管理

一般安全管理

- ①作業計画に際し綿密かつ無理のない工程を組み、材料、労働安全対策等の準備を行い、作業の安全確保を最優先としつつ、迅速な進捗を図るものとする。また、作業遂行上既設物の保護及び第三者への損害防止にも留意し、必要な措置を講ずるとともに、火災その他の事故防止に努めるものとする。
- ②作業現場の安全衛生管理は、法令に従い受注者の責任において自主的に行うこと。
- ③受注者は、作業着手に先立ち QST と安全について十分に打合せを行った後着手すること。
- ④受注者は、作業現場の見やすい位置に、作業責任者名及び連絡先等を表示すること。
- ⑤作業中は、常に整理整頓を心掛ける等、安全及び衛生面に十分留意すること。

- ⑥受注者は、本作業に使用する機器、装置の中で地震等により安全を損なう恐れのあるものについては、転倒防止策等を施すこと。

16. グリーン購入法の推進

- (1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- (2) 本仕様に定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

17. 協議

本仕様書に記載されている事項及び本仕様書に記載のない事項について疑義が生じた場合は、QST と協議のうえ、その決定に従うものとする。

18. その他

- (1) 受注者は、QST が量子科学技術の研究・開発を行う機関であるため、高い技術力及び高い信頼性を社会的に求められていることを認識し、QST の規程等を遵守し安全性に配慮し業務を遂行し得る能力を有する者を従事させること。
- (2) 受注者は業務を実施することにより取得した当該業務及び作業に関する各データ、技術情報、成果その他の全ての資料及び情報を QST の施設外に持ち出して発表若しくは公開し、又は特定の第三者に対価を受け、若しくは無償で提供することは出来ない。ただし、あらかじめ書面により QST の承認を受けた場合はこの限りでない。

II 技術仕様

1. 実施内容

受注者は以下の作業を実施すること。

(1) 会議打合せの開催

製作図面作成のため複数回

その他、必要に応じて

(2) 集光光学系の位置・角度調整のための超音波モーター駆動系の調達及び製作

(3) ドライバー等の電気機器を格納するための収納ボックスの製作

(4) 超音波モーター駆動系制御用回路の製作

(5) 納品前の工場立会検査及び納品時検査の実施

2. 概要

プラズマ電子密度及び温度計測システムの整備として、複数のレンズ類から構成される集光光学系を据え付ける必要がある。その集光光学系は、図1に示すように片持ちで固定されておりシャフトを介して集光光学系内に取り付けられたステージのネジを回すことにより位置・角度調整を行う。本件では、この調整を遠隔で実施するために必要な集光光学系遠隔制御システムの製作を行う。集光光学系遠隔制御システムは、超音波モーター駆動系と制御機器収納ボックス、制御用回路で構成される。超音波モーター駆動系は、後に指定する超音波モーター、トランス、ドライバー、電源、シャフト、シャフトと既設の集光光学系調整シャフトとの接続金具、ギアボックス、及びそれらを確実に固定するための構造物で構成される。ドライバー等の電気機器を格納するための収納ボックスの製作を行う。超音波モーターと P2 中継端子盤内に設置するドライバー間を繋ぐために必要なケーブル、電磁ノイズを遮蔽するための電磁ノイズ遮蔽ケーブルシールド、制御用回路等を納入すること。組み立て及び固定に必要なボルト、ワッシャー、ナットについても受注者が納入すること。製作した各部位を工場にて外観試験及び動作試験を行い、納品時に QST 指定の場所において動作試験を行うこと。

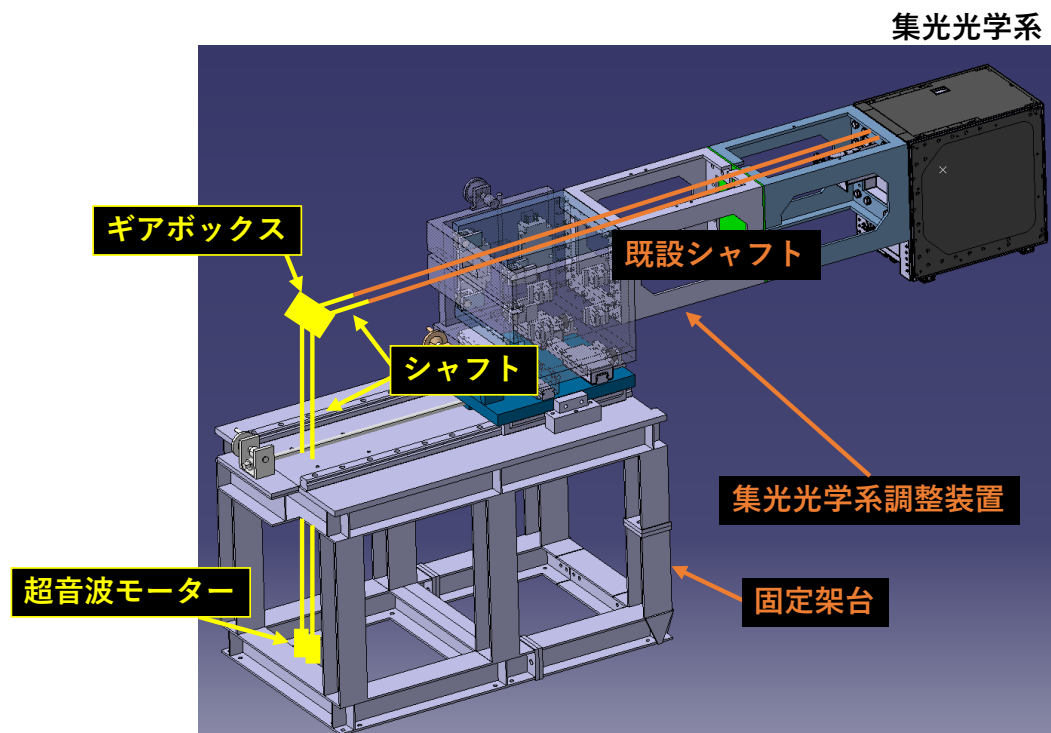


図 1 集光光学系調整装置及び固定架台等の外観図。集光光学系、既設の集光光学系調整シャフト、集光光学系調整装置、固定架台は仕様外である。既設の集光光学系調整シャフトは固定架台の上部天板より 731.7 mm の高さに位置する。

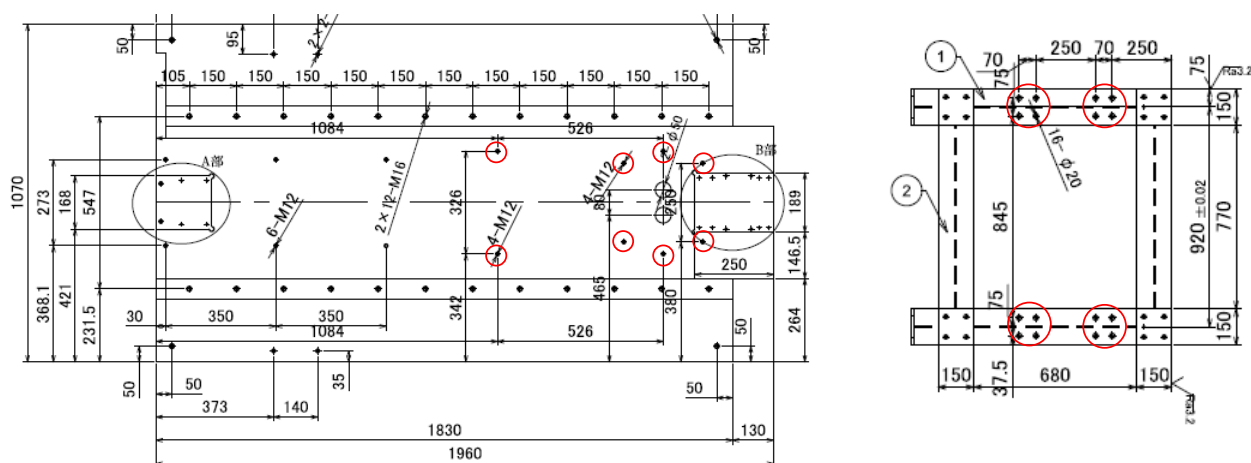


図 2 固定架台天板（左）と脚部（右）の図面。赤で示した穴は本件で固定に使用可能である。ただし、天板右側 B 部には調整機構を移動させるための機構が取り付けられているため、干渉しないように設計する必要がある。

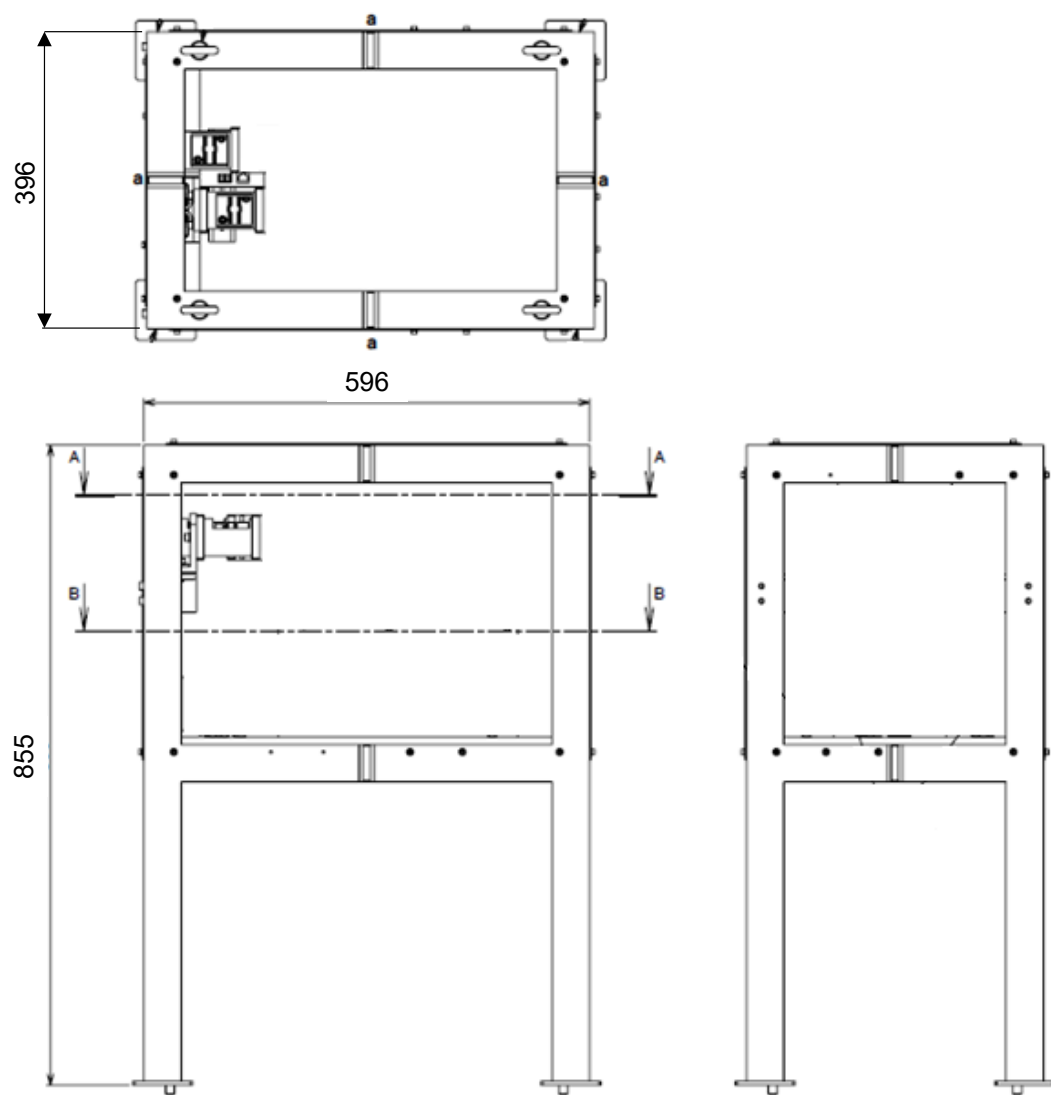


図 3. 固定用ボックスの図面

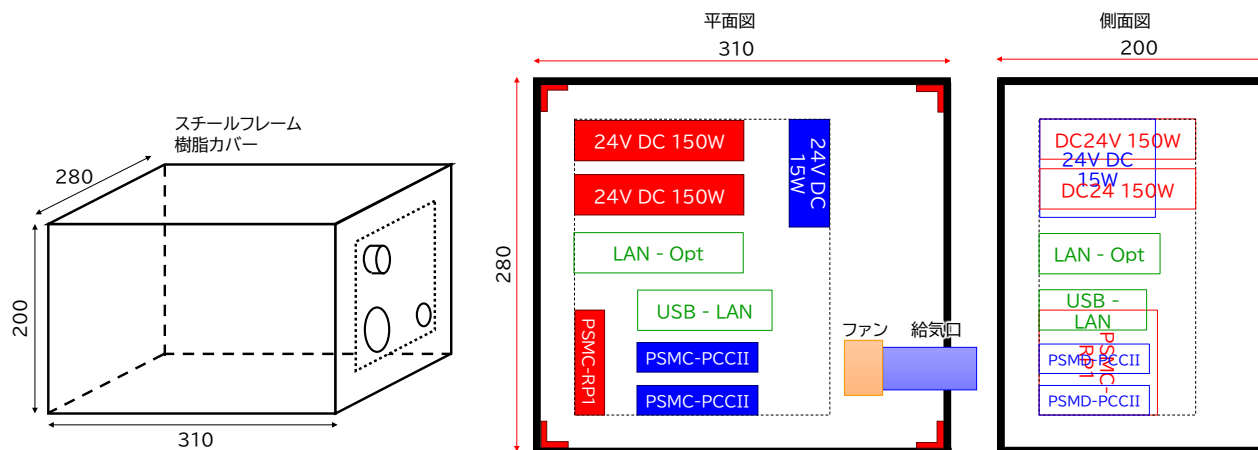


図 4. 収納ボックスの外観（左）及び機器配置の概観（中、右）。各辺の大きさは樹脂板 5mm の厚みを含めている。USB-LAN:USB エクステンダー、LAN-Opt:メディアコンバーターを示す。機器配置の外観に示す黒点線は、機器の配置領域を示しており収納ボックス外壁より 30 mm 内側、給気口開口部より 90mm 内側に設定している。

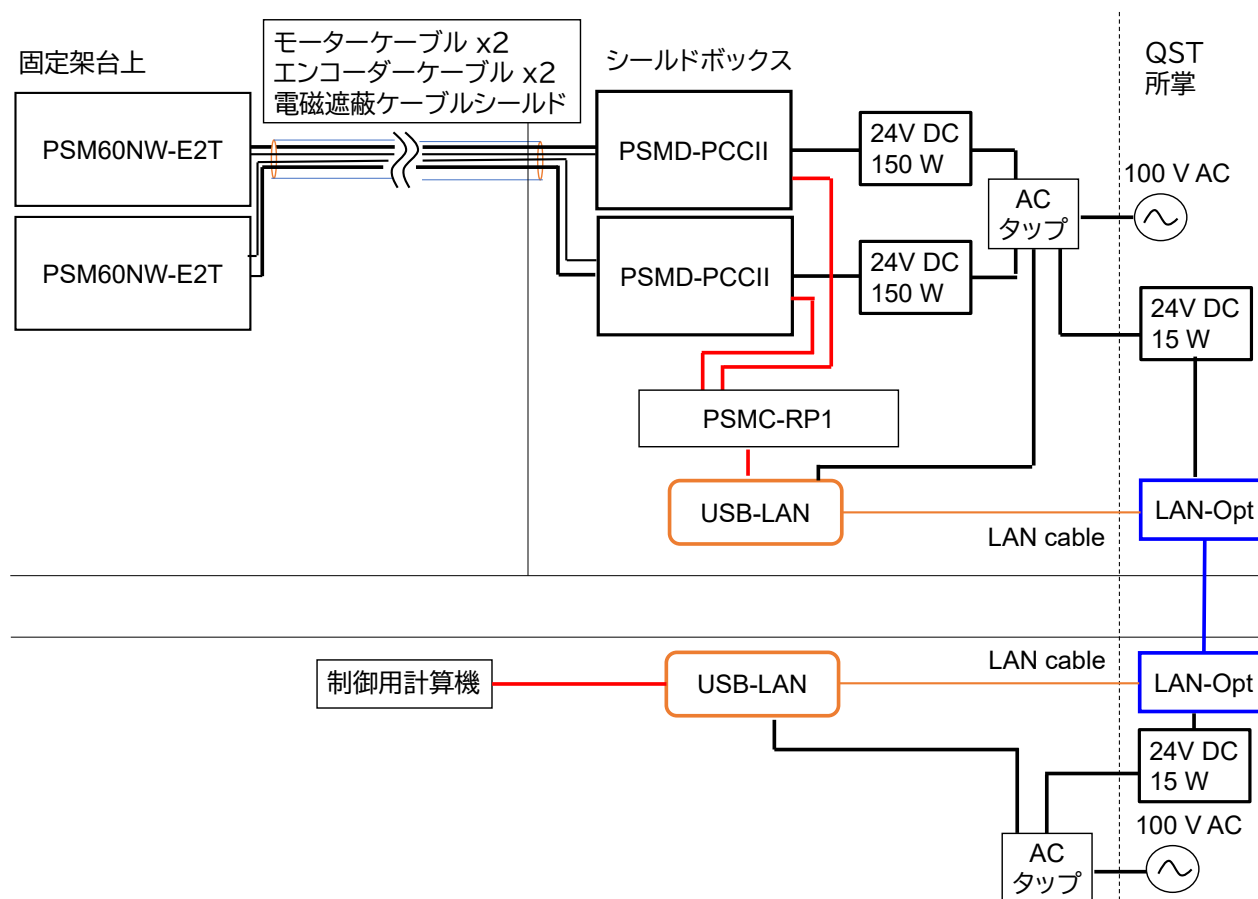


図 5. 電気機器の構成。破線より右側は QST が所掌するものである。赤線は USB ケーブル、橙線は LAN ケーブル、青線は光ケーブルを示している。

3. 各部仕様

(1) 超音波モーター駆動系

以下のものを調達、製作し納品すること。①から④までは、集光光学系調整装置、固定架台及び固定用ボックス（図 1 - 3）に固定し、⑤から⑧までは図 4 に示すような収納ボックス内に収納した上で II.4 (4) の試験を行う。図 5 に示すように各機器を⑨で示すケーブルで接続すること。

① 超音波モーター（相当品可）

- ・ 磁場環境用 $\phi 60$ ダブルモーター 2000P エンコーダ付き：
PSM60NW-E2T (Piezo Sonic 社製) 2 個
- ・ 磁場環境下でも動作可能な超音波モーターであること
- ・ 定格トルク $1.2 \text{ N} \cdot \text{m}$ 以上を有すること。
- ・ 最大トルク $2.0 \text{ N} \cdot \text{m}$ 以上を有すること。
- ・ 間欠動作にて耐久時間が 6000 時間以上であること。
- ・ 最小位置決め精度 0.045° 以下であること。
- ・ 時計回り・反時計回りに回転し、応答性が 1 ms 以下であること。
- ・ 30 m 離れた位置にあるドライバーから有線で制御できること。

② モーター取付機構

- ・ 超音波モーターと固定架台を固定できる機構を製作すること。
- ・ 材質は SUS304 とする。
- ・ 超音波モーターとモーター取付機構は電氣的に絶縁すること。
- ・ 既設の集光光学系調整とモーターとの連結は集光光学系の位置調整後に実施するため、モーターの位置は固定架台に設けられた $\phi 50$ の貫通孔にシャフトが通る範囲内で微調整可能とすること。
- ・ 既設の集光光学系調整の間隔は 80 mm である。
- ・ 取付機構にはアクリル等の樹脂製モーターカバーを取りつけ、埃の侵入を防ぐこと。

③ ギアボックス（モーターとシャフトの連結機構） 2 個

- ・ 超音波モーターと支給品の集光光学系調整シャフトが連結できること。
- ・ ギア比については、別途協議の上決定する。
- ・ モーターの回転軸と既設の集光光学系調整の回転軸は直交しているため回転軸を変換できること。
- ・ ウォームギアなどを用いて、バックラッシュが 0.25 度以下となるように製作すること。
- ・ ギアボックスは既設の集光光学系調整 1 本につき 1 つ製作すること。
- ・ ギアボックスはアクリル等の透明な樹脂ケースにハウジングすること。

④ ギアボックス固定機構

- ・ ギアボックスから既設の集光光学系調整に向かって伸びるシャフトを固定架台の上部天板より $731.7 \pm 20 \text{ mm}$ の高さに固定する機構を製作すること。
- ・ ギアボックス固定位置は、固定架台に設けられた $\phi 50$ の貫通孔にシャフトが通る範囲内で微調整可能とすること。

⑤ シャフト、接続金具及びシャフト固定機構

- ・既設の集光光学系調整とギアボックス間、ギアボックスと超音波モーター間を接続するために必要なシャフトを納品すること。
- ・シャフトの軸径は 12 mm であること。
- ・シャフトの端部は両端 D 型とすること。
- ・既設の集光光学系調整末端から、 $\phi 50$ の開口部中心までの距離は、それぞれ 450 mm, 485 mm である。なお、接続金具により設置位置の誤差を吸収させることとし、既設の集光光学系調整と本契約で調達するシャフトは突き合わせとにならないようにすること。
- ・シャフト間、シャフト・ギアボックス間、シャフト・超音波モーター間を接続するための接続金具を製作すること。
- ・接続金具はシャフト端部の直線部分をねじで押さえ、確実に押さえる機構とすること。
- ・接続金具はスリーブ型とし、設置誤差を吸収できるようにすること。
- ・シャフト及び接続金具は SUS304 であること。
- ・固定架台天板に取り付け位置の微調整が可能な軸受けを製作すること。
- ・軸受けは非磁性体であること。
- ・モーターから既設の集光光学系調整先端までのバックラッシュを 0.3 度以下とすること。

③④⑤は、図 3 に示す既存の固定用ボックスに確実に固定できるようにすること。

モーターのマニュアル等を参照し、通常使用でモーターの破損が起こらない機構とすること。

固定用ボックスに加工が必要な場合は、協議の上、持ち出して加工できるものとする。

⑥ ドライバー（相当品可）

- ・デジタル制御型モータードライバー : PSMD-PCCII (Piezo Sonic 社製) 2 個
- ・モータードライバーコントローラ : PSMC-RP1 (Piezo Sonic 社製) 1 個
- ・PSMD-PCCII.用トランス 1 個

上記製品は①の超音波モーターとドライバー間を接続する 30 m 以上のケーブルを用いて動作を保証するものであること。

(2)の収納ボックスに納められるよう、ドライバーについては、W80 × D90 × H45 [mm] (ファンを除く)、コントローラーについては W88 × D78 × H21 mm(突起部除く)から大きく乖離しないこと。

⑦ DC24V 電源

モーター用 150 W 以上 2 台 (DigKey : XDR- 150E-24 相当品可)

⑧ USB エクステンダー 1 セット (Icron : Ranger2304GE-LAN 相当品可)

⑨ ケーブル

図 5 に示す電気機器の構成に基づき、動作に必要なケーブルを納入すること。

なお、同梱されていない必要なケーブルについては別途調達して納入すること。

以下、必要なケーブルの仕様を示す。

モーター – ドライバー間

超音波モーター制御ケーブル	2 本 (30 m)
エンコーダーケーブル	2 本 (30 m)

上記ケーブルは絶縁被膜付きの電磁ノイズ遮蔽ケーブルシールド(30m)に覆われていること。

ドライバー – コントローラー間

モータードライバー接続ケーブル (4 pin×2, 3pin×2)	2 本
リミットスイッチ接続ケーブル (4 pin×2)	2 本
USB ケーブル A to Mini	1 本

USB2.0 ケーブル

収納ボックス内	2 本 (機器配置に適する長さ)
JT-60 実験棟レーザー室 II 内	1 本 (1 m)
LAN ケーブル	2 本 (5 m 及び 10 m)
AC タップ 5 口以上	2 本 (4 m 以上)
AC プラグ付ケーブル	4 本 (1 m 以上)
その他、電源供給、動作に必要なケーブル	

(2) 収納ボックス

収納ボックスのフレームは鉄で製作し、このフレームに外側からボルト止めでアクリル等の樹脂板を固定すること。なお、ボルトはすべて鉄製のものを使うこと。

① 収納ボックスフレーム

- ・鉄製、板厚 3 mm 程度とすること。
- ・外形は 300 x 270 x 190 を基準とするが、⑤において、配線を考慮して機器配置を検討した結果、拡張が必要と判断された場合は協議の上、調整できるものとする。
- ・L 字鋼材を用意し、溶接によりフレームを作成すること。なお、L 字鋼材は曲げ加工のような曲がり部に空隙や非磁性体が板を貫通する構造が無いようにすること。
- ・機器収納のための開口部の構造については別途協議の上決定する。
- ・外側から樹脂板を固定するため、リブには各辺等配で 3 箇所タップ穴を設けること。
- ・上とは別に、FRP 板を取り付けるために必要なタップ穴も設けること。

② 樹脂板

- ・内部の状況が見えるように透明のアクリル板等を使用する。
- ・板厚 5 mm 程度とし、収納ボックスフレームに取り付けるために必要な貫通穴を設ける。
- ・アクリル板の一面(280x190)には、φ 37 の排気口、φ 37 の給気口及び φ 72 のケーブル導入口の開口部を設ける。この開口部は、各面の外枠より 27 mm 以上内側に開けること。

③ FRP 板

- ・板厚 10 mm 程度とし、超音波モーター駆動系のドライバー 2 台、コントローラー、USB エクステンダー、メディアコンバーター、DC 電源 3 台をねじ止めできるように穴を設け、ヘリサートを入れること。図 4 に示したように配置することを想定しているが、ケーブル配線も含め考慮した上で、最終的な位置は協議の上決定する。

④ 固定用器具

- ・③に取り付ける機器でねじ止め用の穴がないものについては、メタルバンド等の固定用器具を調達して固定すること。

⑤ 排気機構

- ・上部の開口部を排気口とすること。
- ・排気口にはボックス内側に開口部と同径の塩化ビニル製配管を取り付け、その末端に40mm×40mmの排気ファンを設ける（図4 橙色部）こと。
- ・内壁に座を設けU字バンド等で支えるなど配管が自重によって脱落しない構造とすること。この排気ファンはなるべく排気量の多いものを受注者が調達し納品すること。
- ・給気口には埃の侵入を防ぐようフィルターを取り付けること。

⑥ ケーブル導入部

- ・ケーブル導入口についても埃の侵入を防ぐように措置を講じること。
- ・ドライバーは開口部から遠ざけて取り付けること。

(3) 制御用回路の製作

制御回路は以下の仕様を有するものとする。

- ・リモート接続可能な Windows 11 Pro で動作すること。
- ・並列制御可能にするため16コア以上のコアを有するプロセッサを搭載し、128GBのメモリを有すること。また、安定動作のために熱設計電力300Wのプロセッサまでに対応する空冷による冷却装置を有すること。
- ・ストレージはM.2 SSDを搭載し、システム用に1TB、データベース用に4TB有するものとする。
- ・安定動作のため電源は750W以上のプラチナグレードのものを搭載すること。
- ・シャーシは19インチラックに据え付けることができること。
- ・シャーシには冷却するための12インチファンを搭載すること。

制御回路は32インチと50インチの表示器が取り付けられていること。

また、1000VAのUPSシステムが取り付けられていること。

これらはQST指定19インチラックに据付けること。

4. 試験・検査

本装置に関する試験・検査は以下の(1)―(3)を納品前に工場立会検査にて実施し、(4)を納品時に実施すること。なお、以下の検査を実施するに当たり、事前に検査要領書を作成し提出するものとする。

(1) 外観検査

目視により外観検査を実施する。

判定基準

有害な変形、傷、汚れ等が無いこと。

(2) 寸法、水平度検査

メジャー、セオドライト、角度計等を用いて測定する。

判定基準

確認図とおりの寸法であること。

(3) ギアボックスの動作試験

超音波モーターをギアボックスに取り付けた後、超音波モーターを動作させ、ロータリーエンコー

ダー等でモーターの回転角に対するシャフトの回転角を計測する。

判定基準

円滑に動作し、バックラッシュが仕様を満たすこと。

(4) 超音波モーター駆動系の組み上げ及び動作試験

QST が準備する集光光学系調整装置に対して、本件で製作した超音波モーター駆動系を組付け、取り合いに不備の無いことを確認する。

遠隔操作を実施する。

超音波モーターを動作させ、ロータリーエンコーダー等でモーターの回転角に対するシャフトの回転角を計測する。

判定基準

超音波モーター駆動系及び集光光学系調整シャフトが正常に組みあがること。

超音波モーターが遠隔操作で適切に動作すること。

超音波モーターを動作させたときに集光光学系調整シャフトが同期して動作し、バックラッシュが仕様を満たすこと。

なお、既設シャフトとの取り合い及び動作の確認を行うが、バックラッシュの判定については納品したシャフトまでとする。

以上