

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 27 日現在

機関番号：32407

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350383

研究課題名(和文)昭和初期に設計・製造された工作機械の3次元モデルによる可視化

研究課題名(英文)Research of visualization by 3D-Model of Machine-Tool designed at the Showa era

研究代表者

丹治 明 (TANJI, Akira)

日本工業大学・工学部・講師

研究者番号：70217214

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：工業技術博物館に収蔵されている工作機械の製作用図面から、3D-CADによる3Dモデル作成し、その可視化された構造から工作機械の発展過程・外観・内部構造等の調査を行い、その結果を本博物館の展示解説資料の一部に提供することを目的とした研究を進めた。これまでに作成したフライス盤4機種、中ぐり盤1機種、大型強力旋盤1機種の合計6機種の3Dモデルを作成しており、機械技術史研究の資料として供し活用している。作成した3Dモデルを活用して該当工作機械を製造した東京瓦斯電気工業の調査を実施し、また、作成・調査した結果を活用して、工業技術博物館内にデジタルサイネージ装置により、研究結果を掲示した。

研究成果の概要(英文)：The Museum of Industrial Technology of the N.I.T. exhibits at least 300 machine tools and a number of drawings made in the early Showa era that were used to manufacture machine tools. The machine tools were designed using the latest technology available at that time and manufactured with advanced machining technology. However, most of the ingenious machine structures and elements are located inside the machine tools, which are difficult to directly observe in detail. In this study, we select the machines appropriate for the observation of their development process from a list of drawings used to manufacture the machine tools stored at the museum and investigate the development process of such tools from structures visualized by our previously reported 3D-model creation method using 3D-CAD software. I made a 3D-model of total of 6 models. A three-dimensional model utilized as material of a machine technology history study.

研究分野：技術史

キーワード：機械技術史 工作機械 3Dモデル 3D-CAD 東京瓦斯電気工業

1. 研究開始当初の背景

日本工業大学工業技術博物館には、約 300 点以上の工作機械や昭和初期に描かれた数多くの工作機械製作用図面が収蔵されている。工作機械には、当時の最新技術が盛り込まれて設計され、加工技術を駆使して製造されているが、それらの秀逸な機械構造・機械要素は、工作機械の内部などの観察の困難な個所に設置されていることが大半であり、詳細な観察をすることは困難となっている。

2. 研究の目的

本研究では、本博物館に収蔵されている工作機械の製作用図面の収蔵図面一覧から、開発過程が観察可能な機種を選択し、先に報告した 3D-CAD による 3D モデル作成手法を用いて、その可視化された構造から工作機械の発展過程を調査する。また、成果として得られたフライス盤・旋盤等の 3D モデルのデータを活用して、秀逸な工作機械内部構造や、その変遷などを可視化して、機械技術史の教育資料として資料揭示・展示を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 東京瓦斯電気工業と工作機械

東京瓦斯電気工業は、1910(明治 43)年に創業したガス器具や電気機具の製造会社である東京瓦斯工業を前身として、1913(大正 2)年に創業した。明治期から昭和初期までの期間に鉄道車両・自動車・航空機・工作機械などを手がけた機械製造会社である。同社は、通称「瓦斯電(ガスデン)」と呼ばれ、日本を代表する重工業総合メーカーである。また、東京帝国大学(現東京大学)航空研究所が設計し、1938(昭和 13)年に長距離飛行記録を作った実験機である「航研機」を組み立てた航空機メーカーとしても著名である。自動車部門は、いすゞ自動車・日野自動車、航空機部門は、初の国産航空機エンジンを開発し 1939(昭和 14)年 2 月に日立製作所へ経営権を譲渡し、その航空機部門を同年 5 月に分離独立して出来た日立航空機、工作機械部門の造機部門は、日立工作機・日立精機・DMG 森精機に引き継がれている。

同社のフライス盤製造の変遷は、1930(昭和 5)年に、アメリカのシンシナティ社製フライス盤をインチ規格で完全コピーした M 型フライス盤製造から始まる。その後、1934(昭和 9)年に M 型フライス盤の構造を簡素化した独自設計の F 型フライス盤、1936(昭和 11)年には、日本国軍資源局に認められ、当局指導のもと、高品質な工作機械の普及を目的とした S 型横フライス盤を設計し、さらに、S 型横フライス盤を参考にして、オリジナルの T 型フライス盤を 1939(昭和 14)年に設計し製造・販売を開始した。

(2) 製作用図面と 3D モデルの作成

本博物館には、大正・昭和初期に同社にて

描かれたオリジナル製作用図面が 278 機種保存されている。描かれている機械部品は、日本標準規格(JES)により第一角法で作図され、同社に互換性生産方式を導入した栄國喜七の検図印が捺印されている。これらの図面の大半は、烏口にて和紙に手書き(墨書き)されている。製作用図面の一部を図 1 に示す。

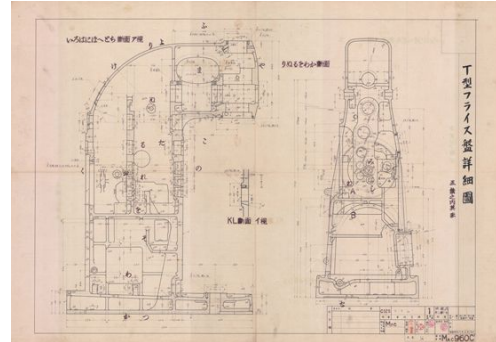


図 1 収集した製作用図面

製作用図面を基にして、3D-CAD ソフトの SolidWorks を用いて、図面に従い正確に 6 機種の 3D モデルを制作した。制作した 3D モデルは、1932(昭和 7)年製のタイヤボーリングマシン、1934(昭和 9)年製の大型強力旋盤、1936(昭和 11)年製の S 型フライス盤、昭和 14(1939)年製の T 型フライス盤、また、日立工作機が設計した、1942(昭和 17)年製のホリゾンタルボーリングエンドドリリングマシン、1942(昭和 17)年製のポータブルミーリングマシンの合計 6 機種である。

4. 研究成果

(1) タイヤボーリングマシン

タイヤボーリングマシンは、1932(昭和 7)年に製作用図面が完成したことを確認できたが、実物の工作機械の生産時期・台数は不詳である。当該機は、製作用図面 917 枚に描かれており、部品点数 884 点で構成されている。当該機の全ての部品を手作業により入力して、各部品の 3D モデルを作成した。ここで、作成した 3D モデルは、図面の記述内容を省略することなく、極めて正確に描くこととした。

作成した 3D モデルは、それぞれ組立て位置を指定して組込んだ。左右に設けられたサドル内のカムにより、刃具を荒送り・仕上げ送りを効率良く行う工夫がされており、各鉄道会社・規格に適合する機構が盛り込まれている。作成した 3D モデルを図 2 に示す。

(2) 大型強力旋盤

本博物館に収蔵している大型強力旋盤の製作用図面は、1934(昭和 9)年に A1 サイズの和紙 539 枚に描かれ、部品総点数 761 点である。当該機の各部品の 3D モデルは、先述と同様に作成した。

当該機の特徴は、ベッド長(全長)8000mm、最大加工径 960mm を超える大きさである。そ

の外観を図3に示す。ヘッドストック内の歯車には、モジュール9・10・14の大型の歯車9枚が組み込まれ、2個の主軸速度変更用ハンドルを操作して、それぞれ2組のピニオンギヤとラックギヤを駆動し、ラックギヤに直結されたシフターフォークにより、ギヤを掛け替えて、4速の変速を行う。図4にヘッドストックの内部構造を示す。また本機にはサドルが2基設置されており、ヘッドストック側、テイルストック側双方での作業が可能である。

(3) S型フライス盤

S型フライス盤の製作用図面は、1936(昭和11)年にA1サイズの洋紙140枚に印刷され、部品総点数1230点である。当該機の各部品の3Dモデルは、先述と同様に作成した。

作成したS型フライス盤全体の3Dモデルと、特徴のひとつである主軸変速機構部の3Dモデルを図5・図6に示す。主軸変速機構部は、主軸変速を3軸の歯車列から構成される変速機構で、ひとつのハンドル操作により歯車とカムを組合せて5個のシフターフォークを駆動させ、26~1500rpm・16速の主軸速度を12枚の変速用歯車の掛け換えを行うユニークな機構が採用されている。これらの変速機構が、巧みな歯車列とクラッチ機構を含めて、限られた空間のコラム内に収納可能となるように構成されている。

(4) T型フライス盤

T型フライス盤の製作用図面は、昭和14(1939)年にA1サイズの和紙915枚に描かれ、総部品点数1049点である。当該機の各部品の3Dモデルは、先述と同様に作成した。

当該機の3Dモデルを図7に示す。主軸変速機構部は、主軸変速を3軸の歯車列から構成される変速機構で、ひとつのハンドル操作により歯車とカムを組合せて5個のシフターフォークを駆動させ、26~1500rpm・16速の主軸速度を12枚の変速用歯車の掛け換えを行うユニークな機構が採用されている。制作した主軸変速機構部を図8に示す。

当該機の本主軸速度変換機構のゲルマル線図を作成した(図9)。ゲルマル線図では、本T型フライス盤が設計された頃に販売が開始された超硬製の切削刀具に対応可能となるように、最大主軸回転速度が高速(1500rpm)に設定され、また、従来からの刀具にも対応可能となるように最小主軸回転速度が26rpmと、これまでのフライス盤には設定されていなかった広範囲な主軸回転速度が設けられていることが明かである。先述したように、ユニークな変速機構が、巧みな歯車列とクラッチ機構を含めて、限られたスペースのコラム内に収納可能となるように構成されている。

さらに、S型フライス盤とT型フライス盤の機構の比較を行うと、T型フライス盤の総部品数は、S型フライス盤より大幅に削減さ

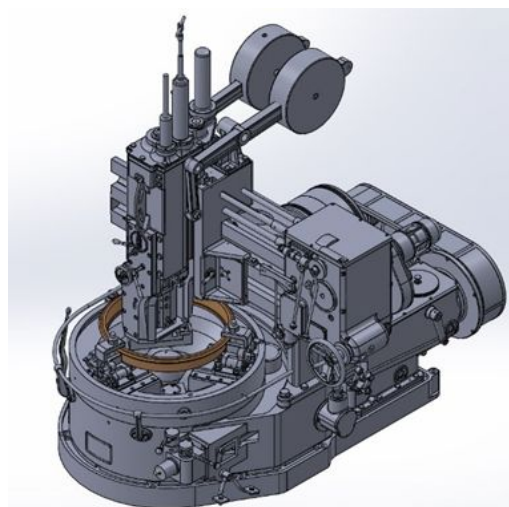


図2 タイヤボーリングマシンの3Dモデル

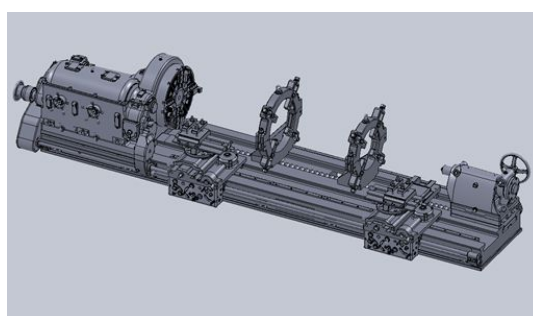


図3 大型強力旋盤の3Dモデル

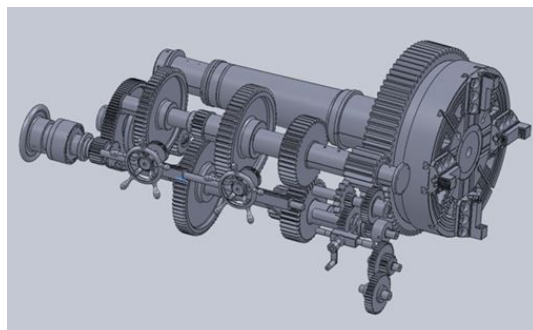


図4 大型強力旋盤のヘッドストックの3Dモデル

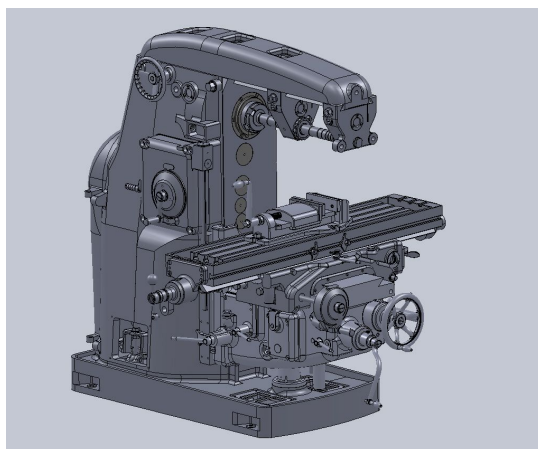


図5 S型フライス盤の3Dモデル

れ、生産性の向上が考慮され簡易的な構造となっている。

得られた 3D モデルを用いて、SolidWorks にアドオンされている汎用有限要素法システム SolidWorks Simulation により構造解析を行った。特に、コラム部等の主要部品を対象として、歪み量等を算出することにより、現在のフライス盤との比較を行った。

(5) ホリゾンタルボーリングエンドドリリングマシン(B&D マシン)

当該機の B&D マシンを設計・製作した日立工作機械は、東京瓦斯電気工業の造機部門が日立製作所により買収され、設立された。B&D マシンの製作用図面は、1942(昭和 17)年に A1 サイズの和紙 467 枚に描かれ、総部品点数 336 点である。当該機の各部品の 3D モデルは、先述と同様に作成した。作成した 3D モデルを図 10 に示す。

作成した B&D マシンの外見寸法は全長約 2225mm、高さ約 3272mm である。ベッド部の主軸の回転数は 16 段階に調節でき、レバー 2 個を使う。最少回転数は 2rpm であり、最大回転数は 195rpm を有する中ぐり、穴あけを行う大型工作機械である。

(6) ポータブル・ミーリング・マシン(PMM)

当該機の PMM の製作用図面は、1942(昭和 17)年に A1～A4 サイズ相当の和紙に手書き(墨書き)で描かれた 327 枚、総部品点数は、561 点である。当該機の各部品の 3D モデルは、先述と同様に作成した。作成した 3D モデルを図 11 に示す。PMM の特徴のひとつは、名称に示すとおり「可搬型」である。図 12 に示すように、PMM は、ベッド部・コラム部・バックギヤ部・サドル部・モータ部の 5 パーツに容易に分割可能となるように構成されている。1941(昭和 16)年に閣議決定された大東亜戦争最中の 1942(昭和 17)年に設計された本機が、可搬可能な工作機械として内外各地での要求に応じて、機械加工に駆使されたものと推察できる。

また、本機には通常のフライス盤であれば保有する「テーブル部」が存在していない。図面の紛失等も考慮して、検討したが、元々、設計されること無く完成しているようである。このことより、本機の用途として、被加工物となる大型構造物付近に本機を据え、加工を施すような用途も想像できる。これらの有効な用途を考慮すれば「可搬型」の工作機械の需要と期待は大きかったと思われ、当時の緊迫した「機械加工」・「ものづくり」への情勢が感じとれる。

(7) 東京瓦斯電気工業の調査

制作した 3D モデル・収蔵している製作用図面・文献資料を提示して調査した結果、1940-1950 年代に各部署が分社化した東京瓦斯電気工業は、60 年以上経た現在においては、当時を鮮明に記憶している同社幹部社員が

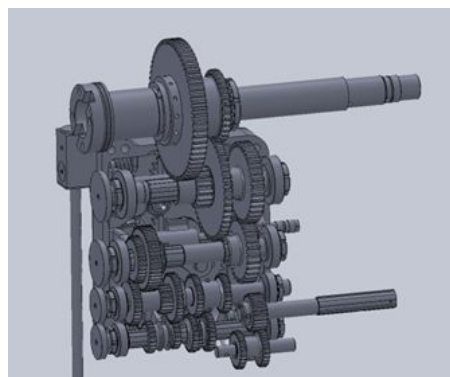


図 6 S 型フライス盤の主軸変速機構部の 3D モデル

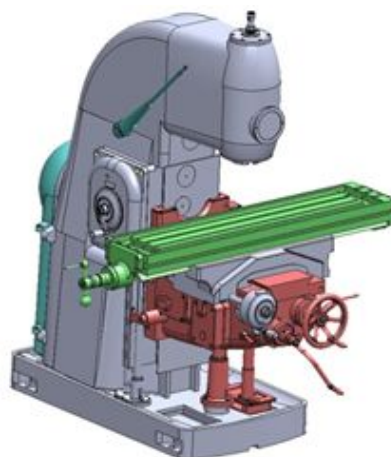


図 7 T 型フライス盤の 3D モデル

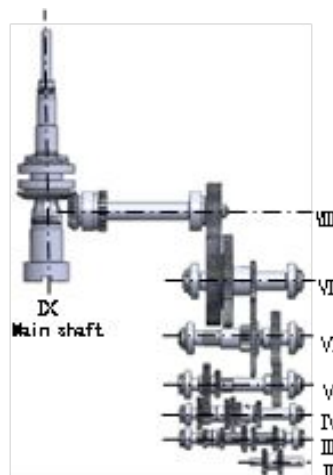


図 8 T 型フライス盤の主軸変速機構部の 3D モデル

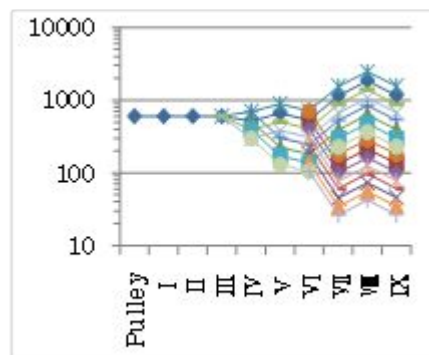


図 9 T 型フライス盤のゲルマル線図

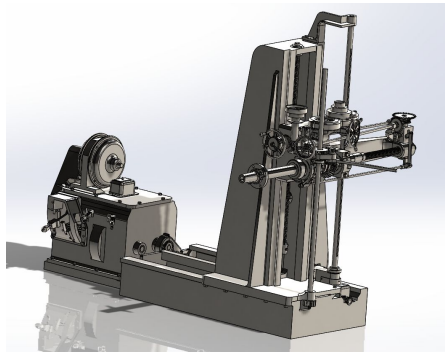


図 10 B&D マシンの 3D モデル

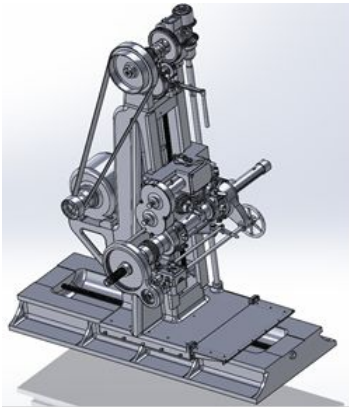


図 11 PMM の 3D モデル

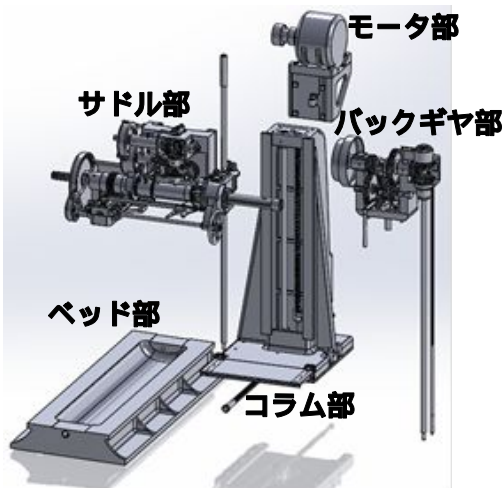


図 12 PMM の構成部分の 3D モデル



図 13 1936(昭和 11)年当時の東京瓦斯電気工業 大森工場の様子

ら直接の口述を得ることは困難であった。しかし、調査の際に、当時の文献資料として、東京瓦斯電気工業の創業者となる松方一族や大森工業に関する資料の収集が行えた。また、写真資料としては、1936(昭和 11)年当時の大森工場や造機部工場などの写真が収集できた。その写真を図 13 に示す。

今後、さらに調査を進め、これらの工作機械が、現代の機械技術発展に貢献してきた経緯を調査・検討する。

(8) 博物館における 3D モデル等の掲示

近年、屋外・店頭・公共空間・交通機関など、あらゆる場所で、ネットワークに接続したディスプレイなどの電子的な表示機器を使って情報を発信するシステム「デジタル・サイネージ」を採用して、得られた 3D モデルを、工業技術博物館展示室内で見学者に閲覧して頂ける装置を設置した。提供する画像は、静止画・動画の双方を検討している。図 14 に設置した 60 インチのタッチディスプレイのデジタル・サイネージの表示装置の外観を示す。

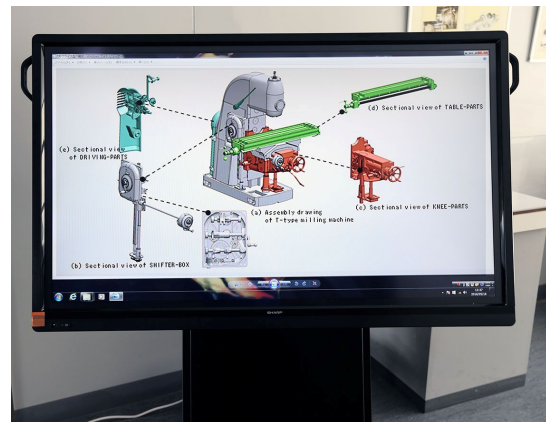


図 14 工業技術博物館の掲示されたデジタル・サイネージ表示装置

(9) まとめ

当該工作機械を製造用図面から 3D モデルを作成して調査することにより、昭和初期に設計・製造された工作機械に採用された秀逸な内部構造を含めた特徴等を一次資料(実物)以上に効果的に調査する資料を作成し、その資料は、工業技術博物館内に提示して機械技術史研究の資料として供することができた。

<引用文献>

- 大堀哲編、博物館概論、学文社(2005)
- 丹治、松野ほか 3 名：技術革新に関する企業内資料の調査研究(3)、「日本の技術革新 - 経験蓄積と知識基礎」、2007.8
<http://www.solidworks.co.jp/>
- 水野谷啓希・長坂保美共著：SolidWorks 3 次元 CAD 入門、丸善プラネット(2010)
- 塩見春雄他著、機械設計製図演習(1)、オーム社(1968)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3 件)

丹治明、工学部付属博物館における技術文献資料からのアプローチ、日本機械学会誌、査読有、第 118 巻、2015、34-35、DOI:なし

松野建一、丹治明、平柳恵作、五月女浩樹、工業技術博物館の活動、日本工業大学研究報告、査読無、第 43 巻、2013、3-6、DOI:なし

丹治明、博物館での技術者教育、技術史教育学会誌、査読有、第 15 巻、2013、1-2、DOI:なし

[学会発表](計 8 件)

丹治明、松野建一、昭和初期製工作機械の 3D モデルの機械技術史研究への活用、日本機械学会 技術と社会部門 2015 年講演会、2015/11/28、長野工業高等専門学校(長野県長野市)

丹治明、松野建一、平成 27 年度 第 24 回 特別展 機械の滑らかな動きを支える軸受技術 - 進化し続ける軸受とその関連技術の変遷とメカニズム -、日本工業大学工業技術博物館、2015/11/01 - 11/19、日本工業大学工業技術博物館(埼玉県宮代町)

丹治明、松野建一、昭和初期製工作機械の 3D モデルを活用した機械技術史の研究、日本機械学会 2015 年次大会、2015/09/14、北海道大学(北海道札幌市)

丹治明、松野建一、昭和初期製工作機械の 3D モデルを活用した内部機構の調査と展示方法の検討、日本機械学会 技術と社会部門 2014 年講演会、2014/11/15、愛知大学豊橋キャンパス(愛知県豊橋市)

丹治明、松野建一、平成 26 年度 第 23 回 特別展 生活の中で活躍する機械式動力 改めて注目されるゼンマイの変遷とメカニズム、日本工業大学工業技術博物館、2014/11/01 - 11/22、日本工業大学工業技術博物館(埼玉県宮代町)

丹治明、松野建一、昭和初期に設計されたフライス盤の 3D モデルによる内部構造の可視化 第 3 報、日本機械学会 2014 年次大会、2014/09/08、東京電機大学 工学部(東京都足立区)

丹治明、昭和初期の工作機械図面からのメッセージ、精密工学会 生産原論専門委員会(招待講演)、2014/01/31、埼玉大学ステーションカレッジ(東京都千代田区丸の内)

丹治明、松野建一、平成 25 年度 第 22 回 特別展 活字文化の中で生きる機械技術 - わが国で活躍したタイプライターの変遷とメカニズム -、日本工業大学工業技術博物館、2013/11/02 - 11/23、日本工業大学工業技術博物館(埼玉県宮代町)

[図書](計 0 件)

[産業財産権]
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

丹治 明 (TANJI, Akira)
日本工業大学・工学部・講師
研究者番号：70217214

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：