

課題番号	GR088
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
実施状況報告書(平成25年度)**

本様式の内容は一般に公表されず

研究課題名	超高性能インクジェットプリンテッドエレクトロニクス
研究機関・ 部局・職名	早稲田大学・先進理工学部・教授
氏名	竹延 大志

1. 当該年度の研究目的

<p>平成25年度は、以下の3項目における研究目的に沿って研究を推進した。</p> <p>(1)IJ 法に関する基盤技術確立</p> <p>これまでに確立した SWCNT 配向膜作製技術を金属・半導体分離した SWCNT に拡張し、配向度と伝導特性を明らかにする。また、ドーピング技術と組み合わせて高性能デバイス化を進める。加えて、有機分子溶液滴下による結晶性薄膜作製を試みる。</p> <p>(2)デバイス自体の高性能化技術確立</p> <p>これまでに確立したインバーター作製技術を発展させ、素子の高機能化・高速化および大規模化に着手しリングオシレーター作製を試みる。</p> <p>加えて、ファブリペロおよび回折格子を導入した単結晶発光トランジスタに高電流密度実現技術を導入し、電流励起による Amplified Spontaneous Emission およびレーザー発振実現に挑戦する。</p> <p>(3)両者を組み合わせた高性能実デバイスの全構成要素の IJ 法作製</p> <p>これまでの成果を組み合わせ、リングオシレーターなどの大規模論理回路素子作製に挑戦する。それに加え、IJ 法だけでは素子作製速度に問題があり、将来の実用化の妨げとなる可能性がある。そのため、新たな研究項目として蒸着法を全く用いない高性能素子作製に挑戦した。</p>

2. 研究の実施状況

<p>(1)IJ 法に関する基盤技術確立</p> <p>本研究項目では、ラマン分光により配向度の確認を行い、80%以上の SWCNT が配向方向に対して 5° 以内に配向していることを明らかにした。また、伝導度の温度変化より金属的な振る舞いも見られ、配向による伝導特性の向上も確認された。最終的に作製したトランジスタは易動度 100cm²/Vs を越える特性を示しており、今後の大面積化に向けた基盤が構築された。一方、有機材料を用いた結晶成長に関しては、他グループから多くの手法が報告されており、それらの再現実験に着手し、IJ を使わない C₆₀ 単結晶の成長には成功している。</p> <p>(2)デバイス自体の高性能化技術確立</p> <p>まず、ドーピング技術を用いたインバーター作製技術の改善を行い、gain = 28 の SWCNT としては優れたインバーター特性を実現した(昨年度は gain = 8)。さらに、このような特性を大面積で蒸着技術を使わない液</p>

相法のみで実現する為に、マスクと吸引濾過を組み合わせた薄膜パターニング法と、転写による薄膜作製技術を確立した。これにより、複数素子同時作製技術の基盤が確立された。さらに、特殊な素子構造を取ることにより、電解質を用いた素子としては高速な 10KHz 程度での動作確認にも成功した。このように、高性能なインバーター作製技術・大規模な素子作製技術・高速な駆動技術が揃い、リングオシレーターへの道筋を示すことが出来た。また、有機単結晶では回折格子を導入したトランジスタからの光励起によるレーザー発振を実現することが出来た。本素子の発光特性を徹底的に明らかにし、その発光特性が回折格子により制御されている実験的な証拠も得ている。高電流密度実現技術の導入を進めており、電流励起による Amplified Spontaneous Emission への道筋を示すことが出来た。

(3)両者を組み合わせた高性能実デバイスの全構成要素のIJ法作製

IJ法だけでは素子作製速度に問題があり、将来の実用化の妨げとなる可能性があったが、新たな研究項目として蒸着法を全く用いない高性能素子作製を導入した。具体的には、マスクと吸引濾過を組み合わせたSWCNT薄膜パターニング法と転写法・貼り付け可能なイオンゲル絶縁体膜作製技術を確立し、どのような基板上にもSWCNT電極・SWCNT半導体膜・イオンゲル絶縁体膜を転写する方法を見出した。本技術の有用性を秋明らかにするため、柔軟なプラスチック基板上や、伸縮性を有するシリコンゴム基板上にトランジスタを作製し、蒸着法を全く用いない世界初の伸縮性トランジスタ作製に成功した。他技術の組み合わせによる、printed・flexible・stretchableの三つのキーワードを融合させた新しいエレクトロニクスへと発展させる新たな基盤構築に成功した。

3. 研究発表等

雑誌論文	(掲載済み一査読有り) 計 12 件
計 12 件	<ol style="list-style-type: none"> 1. Two-dimensional magnetic interactions and magnetism of high-density charges in a polymer transistor Masaki Tsuji, Yuki Takahashi, Yuki Sakurai, Yohei Yomogida, Taishi Takenobu, Yoshihiro Iwasa, and Kazuhiro Marumoto Applied Physics letters, 102(13), 133301,2013/4/3 2. Inkjet printing of aligned single-walled carbon-nanotube thin films Yuki Takagi, Yuki Nobusa, Shota Gocho, Hikaru Kudou, Kazuhiro Yanagi, Hiromichi Kataura, and Taishi Takenobu Applied Physics letters,102(14), 143107,2013/4/9 3. String like Assembly of Aligned Single-Wall Carbon Nanotubes in a Single-Chiral State Hideki Kawai, Kai Hasegawa, Toru Nakatsu, Yasuhisa Naitoh, Yuki Takagi, Yoshifumi Wada, Taishi Takenobu, and Kazuhiro Yanagi Applied Physics Express,6,65103,2013/6/6 4. Formation of a Stable p-n Junction in a Liquid-Gated MoS2 Ambipolar Transistor Y. J. Zhang, J. T. Ye, Y. Yomogida, T. Takenobu, and Y. Iwasa Nano Letters,13(7),3023-3028,2013/6/24 5. Fabrication of stretchable MoS2 thin-film transistors using elastic ion-gel gate dielectrics Jiang Pu, Yijin Zhang, Yoshifumi Wada, Jacob Tse-Wei Wang, Lain-Jong Li, Yoshihiro Iwasa, and Taishi Takenobu Applied Physics letters,103(2), 23505,2013/7/12 6. Multi-color light-emitting transistors composed of organic single crystals Yohei Yomogida, Hayato Sakai, Kosuke Sawabe, Shota Gocho, Satria Zulkarnaen Bisri, Hajime Nakanotani, Chihaya Adachi, Taku Hasobe, Yoshihiro Iwasa, Taishi Takenobu Organic Electronics,14(11), 2737-2742,2013/8/29 7. Large-Area Synthesis of Highly Crystalline WSe2 Monolayers and Device Applications Jing-Kai Huang, Jiang Pu, Chang-Lung Hsu, Ming-Hui Chiu, Zhen-Yu Juang, Yung-Huang Chang, Wen-Hao Chang, Yoshihiro Iwasa, Taishi Takenobu, and Lain-Jong Li

様式19 別紙1

	<p>ACS Nano, 8(1),923-930 ,2013/12/14</p> <p>8. Organic single-crystal light-emitting field-effect transistors Shu Hotta, Takeshi Yamao, Satria Zulkarnaen Bisri, Taishi Takenobu and Yoshihiro Iwasa Journal of Materials Chemistry C,2(6),965-980,2013/11/18</p> <p>9. Optical characteristic of 5,5"-bis(4-biphenyl)-2,2':5',2"-terthiophene single-crystal thin-film resonator Wataru Takahashi, Kenichi Maruyama, Jinpeng Li, Masaki Imakawa and Taishi Takenobu Japanese Journal of Applied Physics,53(2S),02BB02,2014/1/29</p> <p>10. Fabrication of one-dimensional grating structure on organic single-crystal surface Kenichi Maruyama, Jinpeng Li, Wataru Takahashi, Shu Hotta, Shinya Takaishi, Masahiro Yamashita and Taishi Takenobu Japanese Journal of Applied Physics,53(2S),02BC19,2014/1/29</p> <p>11. The Pursuit of Electrically-Driven Laser of Organic Semiconductors Satria Zulkarnaen Bisri, Taishi Takenobu and Y. Iwasa Journal of Materials Chemistry C, 2(16), 2827-2836,2014/2/7</p> <p>12. Continuous Band-Filling Control and One-Dimensional Transport in Metallic and Semiconducting Carbon Nanotube Tangled Films Hidekazu Shimotani ,Satoshi Tsuda, Hongtao Yuan, Yohei Yomogida, Rieko Moriya, Taishi Takenobu, Kazuhiro Yanagi, Yoshihiro Iwasa Advanced Functional Materials, 10.1002/adfm.201303566,2014/2/12</p> <p>(掲載済み一査読無し) 計 0 件</p> <p>(未掲載) 計 0 件</p>
<p>会議発表 計 51 件</p>	<p>専門家向け 計 51 件</p> <p>1. Kenichi Maruyama, Taishi Takenobu, et al, Fabrication of Ambipolar Light-emitting Organic Single Crystals Transistor with Photonic Crystals, 石川, 2013/6/18, EM-NANO 2013</p> <p>2. Wataru Takahashi, Taishi Takenobu, et al., Optical Characteristic of Organic Single-crystal Thin-film Resonator, 石川, 2013/6/19, EM-NANO 2013</p> <p>3. Taishi Takenobu(Invited), Flexible, Printed, and Stretchable Carbon-Nanotube Transistors,Germany,2013/6/20, The Symposium on Flexible Electronics in Erlangen</p> <p>4. Jiang Pu, Taishi Takenobu, et al., Flexible, stretchable MoS2 thin-film transistors with ion-gel gate dielectrics,Germany,2013/6/20, The Symposium on Flexible Electronics in Erlangen</p> <p>5. Yoshifumi Wada, Taishi Takenobu et al., Electrolyte gated transistors of aligned carbon-nanotube thin film, Germany, 2013/6/20, The Symposium on Flexible Electronics in Erlangen</p> <p>6. Taishi Takenobu, Solution growth of carbon-nanotube wires, Finland, 2013/6/26, NT13</p> <p>7. Yoshifumi Wada, Taishi Takenobu et al., Electrolyte gated transistors of aligned carbon-nanotube thin film, Finland, 2013/6/26,NT13</p> <p>8. Jiang Pu, Taishi Takenobu, et al., Fabrication of Stretchable MoS2Thin-film Transistors Using Elastic Ion-Gel Gate Dielectrics,Finland,2013/6/27,NT13</p> <p>9. Taishi Takenobu(Invited), Extremely bendable, fully inkjet-printed transistors of carbon-nanotube films, Estonia, 2013/6/29, 1st Carbon Nanotube Thin Film Applications Symposium (CNTFA13)</p> <p>10. Taishi Takenobu(Invited), Novel functionalities in carbon-nanotube devices, 千葉, 2013/7/17, The 12th Asia Pacific Physics Conference of AAPPS</p> <p>11. Jiang Pu, Taishi Takenobu, Flexible, Stretchable MoS2 Thin-film Transistors Using Ion-Gel Gate Dielectrics, 千葉, 2013/7/17, The 12th Asia Pacific Physics Conference of AAPPS</p> <p>12. 竹延大志,カーボンナノチューブ薄膜エレクトロニクス,東京,2013/7/22,JOEM アカデミー2013 第1回</p> <p>13. Hideki Kawai, Taishi Takenobu et al, String-like Assembly of Aligned Single-Wall Carbon Nanotubes in a Single-Chiral State,大阪,2013/8/5,第45回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム</p> <p>14. Ryo Shimizu, Taishi Takenobu et al, Electrically Induced P-N Junction in WSe2 Monolayer</p>

	<p>Film, 大阪,2013/8/7,第 45 回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム</p> <p>15. Taishi Takenobu(Invited), Carbon Nanotube Electronics, Jakarta, Indonesia, 2013/8/25, The 3rd ACIKITA International Conference on Science & Technology (AICST) 2013</p> <p>16. Taishi Takenobu (Invited) , Flexible, Printed, and Stretchable Carbon-Nanotube Transistors, Daegu, Korea, 2013/8/28, IMID2013 Young Scientists Forum</p> <p>17. Taishi Takenobu (Invited) , Flexible, Printed, and Stretchable Carbon-Nanotube Transistors, Daegu, Korea, 2013/8/29, IMID2013</p> <p>18. Taishi Takenobu (Invited) , Organic Single-Crystal light-emitting transistors, Changchun, China, 2013/9/2, The 11th China-Japan Joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena</p> <p>19. Li Jinpeng, Taishi Takenobu et al. Operation Study of Planar Organic Light-emitting Electrochemical Cell Under High Current Density, Changchun, China, 2013/9/2, The 11th China-Japan Joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena</p> <p>20. 蒲江,竹延大志 他, 遷移金属ダイカルコゲナイドを用いた電気二重層トランジスタ, 京都, 2013/9/16, 第 74 回応用物理学会学術講演会</p> <p>21. 高木勇樹,竹延大志 他, 液相成長法によるカーボンナノチューブワイヤー, 京都, 2013/9/18, 第 74 回応用物理学会学術講演会</p> <p>22. 河合英輝,竹延大志 他, 単一カイラリティ単層カーボンナノチューブにおける自己組織的配列集合体形成と電気伝導特性, 2013/9/18, 第 74 回応用物理学会学術講演会</p> <p>23. 櫻井勇希,竹延大志 他, イオンゲルを用いた RR-P3HT 薄膜トランジスタにおける蓄積電化状態の ESR 研究, 2013/9/19, 第 74 回応用物理学会学術講演会</p> <p>24. 大山みづほ,竹延大志 他, 高効率発光を目指した両極性有機単結晶トランジスタの構造改善, 2013/9/20, 第 74 回応用物理学会学術講演会</p> <p>25. Ryo Shimizu, Taishi Takenobu et al., Single-Walled Carbon-Nanotube P-N Junction Diode for Optoelectronics, 福岡, 2013/9/25, SSDM2013</p> <p>26. Hiroki Hamahata, Taishi Takenobu et al., Stretching properties of single-walled carbon nanotube film transistor, 福岡, 2013/9/25, SSDM2013</p> <p>27. 河合英輝,竹延大志 他, 単一カイラリティ単層カーボンナノチューブにおける自己組織的配列集合体形成と電気伝導特性, 徳島, 2013/9/25, 日本物理学会 2013 年秋季大会</p> <p>28. 高木勇樹,竹延大志 他, 高密度・高配向カーボンナノチューブワイヤーの成長と伝導特性, 徳島, 2013/9/25, 日本物理学会 2013 年秋季大会</p> <p>29. 蒲江,竹延大志 他, 単層 WSe₂ 薄膜を用いた電気二重層トランジスタ, 徳島, 2013/9/25, 日本物理学会 2013 年秋季大会</p> <p>30. 大山みづほ,竹延大志 他, 有機単結晶ヘテロ接合を用いた発光トランジスタ, 徳島, 2013/9/26, 日本物理学会 2013 年秋季大会</p> <p>31. 竹延大志 (招待講演), π 造形科学のための理論設計・解析手法の開発と応用, 静岡, 2013/10/25, 分子研研究会「パイ造形科学: 複学理インテグレーションによる未来材料開拓」</p> <p>32. Taishi Takenobu(Invited), Novel functional transistors of transition metal dichalcogenide monolayers, San Francisco USA, 2013/10/29, The 224th ECS Meeting</p> <p>33. Taishi Takenobu, Stretchable Single-Walled Carbon-Nanotube Film Transistors, 札幌, 2013/11/7, MNC2013</p> <p>34. Li Jinpeng, Taishi Takenobu et al., High Current-density Light-emission Study in Planar Organic Light-emitting Electrochemical Cell, Cheju Korea, 2013/11/13, ICAE 2013</p> <p>35. Bo-Lun Shih, Taishi Takenobu et al., Application of Photonic Crystals to Organic Single Crystals, Cheju Korea, 2013/11/13, ICAE 2013</p> <p>36. Taishi Takenobu(Invited), Flexible, Printed, and Stretchable Carbon-Nanotube Transistors, Cheju Korea, 2013/11/14, ICAE 2013</p> <p>37. Taishi Takenobu(Invited), Ambipolar Light-Emitting Transistors of Organic Single Crystals, Boston, USA, 2013/12/4, MRS Fall Meeting</p> <p>38. 竹延大志 (招待講演), 有機単結晶発光トランジスタ, 福岡, 2013/12/6, 第 130 回微小光学研究会「自在な微小光学-プリンタブル、フレキシブル-」</p> <p>39. 竹延大志 (招待講演), ナノスケール材料を用いた新しい機能性素子, 東京, 2013/12/12, 情報科学用有機材料第 142 委員会「有機光エレクトロニクス部会第 57 回研究会」</p> <p>40. 竹延大志, 有機単結晶を用いた両極性発光トランジスタ, 福岡, 2014/1/22, レーザー学会創立 40 周年記念学術講演会 第 34 回年次大会</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

様式19 別紙1

	<p>41. Jiang Pu, Taishi Takenobu et al., Novel Function Transistors of Transition Metal Dichalcogenide Monolayers, Delft, Netherland, 2014/1/23, ITC2014</p> <p>42. Naoto Toriumi, Taishi Takenobu et al., Transport Characteristics of Fullerene Nano-Whisker Field Effect Transistor using Ionic Liquid Gate, 東京, 2014/3/3, 第46回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム</p> <p>43. 工藤 光、竹延 大志他, 高純度半導体型単層カーボンナノチューブネットワークを用いた赤外線センサー, 東京, 2014/3/4, 第46回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム</p> <p>44. 河合 英輝、竹延 大志他, 結晶鑄型法による金属型/半導体型 SWCNTs 高配向集合体の自己組織形成, 東京, 2014/3/4, 第46回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム</p> <p>45. Kazuma Funahashi, Taishi Takenobu et al., WSe₂ 薄膜を用いたフレキシブルトランジスタとインバータ, 東京, 2014/3/4, 第46回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム</p> <p>46. 和田 義史、竹延 大志他, Printed SWCNT thin film CMOS inverters based on chemically doped ion gels, 東京, 2014/3/5, 第46回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム</p> <p>47. Taiyo Fujimoto, Taishi Takenobu et al., "Laminated" ion-gel film as high capacitance insulator for carbon-nanotube transistor, 東京, 2014/3/5, 第46回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム</p> <p>48. 蒲江、竹延 大志他, 遷移金属ダイカルコゲナイドを用いた高ゲイン CMOS インバータ, 東京, 2014/3/5, 第46回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム</p> <p>49. 蒲江、竹延 大志他, 大面積単層 WSe₂ 薄膜を用いた PN フォトダイオード, 神奈川, 2014/3/18, 第61回応用物理学会春季学術講演会</p> <p>50. 坂上 知、竹延 大志他, 有機半導体レーザーへ向けた高分子 LEC の大電流密度駆動, 神奈川, 2014/3/19, 第61回応用物理学会春季学術講演会</p> <p>51. 田中 久暁、竹延 大志他, 導電性高分子 F8T2 を用いた電気化学発光素子におけるキャリアの ESR 観測, 神奈川, 2014/3/28, 日本物理学会第69回年次大会 一般向け 計0件</p>
<p>図書 計1件</p>	<p>1. Taishi Takenobu et al., Organic Electronics –Emerging Concepts and Technology– Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.KGaA, 443 ページ, ISBN:978-3-527-41131-3</p>
<p>産業財産権 出願・取得状況 計1件</p>	<p>(取得済み) 計0件</p> <p>(出願中) 計1件 名称: 半導体単層カーボンナノチューブにおける熱抵抗変化率の改善方法、及び、赤外線受光素子構造 発明者: 柳和宏、竹延大志 権利者: 柳和宏 種類番号: 特願 2013-182735 出願年月日: 2013年9月4日 国内/海外の別: 国内</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>http://www.f.waseda.jp/takenobu/first.html</p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>○近隣の一般住民の方々に模擬実験を体験して頂いた、2013年8月3-4日(オープンキャンパス)、早稲田大学 西早稲田キャンパス、一般、150名程度、インクジェット法を用いた柔軟性や伸縮性を有する SWCNT トランジスタに関して</p> <p>○長野県松本工業の生徒さんに実験を体験して頂いた、2013年8月19日(オープンキャンパス)、早稲田大学 西早稲田キャンパスおよび材料研究所、一般、15名程度、インクジェット法を用いた柔軟性や伸縮性を有する SWCNT トランジスタに関して</p> <p>○同志社女子高校の生徒さんに模擬講義を行った、2013年11月2日、同志社女子高校、一般、50名程度、インクジェット法を用いた柔軟性や伸縮性を有する SWCNT トランジスタに関して</p> <p>○近隣の一般住民の方々に研究室を公開し研究の詳細を実際の測定装置を見せながら説明、2013年11月</p>

様式19 別紙1

	3-4日、早稲田大学 西早稲田キャンパス、一般、60名程度、インクジェット法を用いたSWCNTトランジスタや発光する有機トランジスタに関して
新聞・一般雑誌等掲載 計0件	
その他	

4. その他特記事項

実施状況報告書(平成25年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されず

1. 助成金の受領状況(累計) (単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	126,000,000	91,000,000	35,000,000	0	0
間接経費	37,800,000	27,300,000	10,500,000	0	0
合計	163,800,000	118,300,000	45,500,000	0	0

2. 当該年度の収支状況 (単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	81,539	35,000,000	0	35,081,539	35,081,539	0	0
間接経費	21,728	10,500,000	0	10,521,728	10,521,728	0	0
合計	103,267	45,500,000	0	45,603,267	45,603,267	0	0

3. 当該年度の執行額内訳 (単位:円)

	金額	備考
物品費	19,805,534	機械装置2件、実験試薬、実験器具、他
旅費	3,591,724	研究調査、学会参加
謝金・人件費等	10,975,743	常勤研究員2名、研究補助者1名
その他	708,538	機械器具修繕、学会参加、他
直接経費計	35,081,539	
間接経費計	10,521,728	
合計	45,603,267	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
ズーム式システ ム実体顕微鏡一 式	SZX7-TR2-AP0	1	788,886	788,886	2013/6/5	早稲田大学
レーザーマン分 光光度計	NSR-5100	1	18,060,000	18,060,000	2014/2/12	早稲田大学