

海外 InternLAB 活動報告

李 朝陽* 古田 寛

(受領日：2018年5月8日)

高知工科大学システム工学群
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

* E-mail: li.chaoyang@kochi-tech.ac.jp

要約：2017年、ハルビン工業大学（中国）で実施した海外インターラボは高知工科大学の初めての試みである。工学系学生を対象に、将来の研究や国際知識習得へのモチベーションを向上させることを実施の目的とした。2週間実施したこの海外インターラボを報告する。

1. はじめに

現在、日本の大学では国際化を目的とした語学、文化研修など、さまざまな海外派遣プログラムがあるが、海外の大学生と専門分野交流の機会は少なく、「先端研究に触れ、国際的視野と知識を広げることで、学生のインスピレーションを刺激し研究意欲をかき立てる絶好の機会を提供したい」という思いから、著者は「InternLab program」を提案し、平成29年度の学長裁量経費でお認め頂き、ハルビン工業大学でのインターラボを実施する貴重な機会を得た。大学4年と大学院生にとって、企業に就職する前の一定期間、海外の先端工業大学と企業を経験することは、国際感覚涵養のために良い経験になる。今回（平成29年度）のインターラボ活動では、大学間学生交流と中国の雰囲気を実地で実感する大変有意義な体験を学生に提供できたのでその報告をする。

ハルビン工業大学（Harbin Institute of Technology、英文略称：HIT）は、黒竜江省ハルビン市南崗（なんこう）区に本部を置く中華人民共和国の国立大学である。1922年に設置された歴史の長い大学で、学生数は45,000人以上に及ぶ。中国国内にある1000余りある大学から選ばれた重点大学の1つで、学内の設備、教師陣の充実、学生の学習レベル、環境施設が優れていることは中国全土に広く知られている。中国全体の大学のランキングでは20位、理工大学の順位では4位に位置する大学である¹⁾。世界大学学術ランキングでは23位になる²⁾。現・周玉学長は、1989年にハルビン工業大学（東京大学と



図1. 事前研修の様子：自分の研究内容と中国の最新情報を英語発表（2017.07 生協2F カフェテリア）

の連携教育）において、本学の前学長佐久間先生の研究室で1年間研修した。中国工程院院士、中国機械工程学会理事、材料分会理事長など要職を勤めている。2017年1月、本学磯部学長がハルビン工業大学を訪問された際、両大学間研究交流と学生交流推進の合意が締結されたことで、今回初めてハルビン工業大学でインターラボ活動を実施できた。

2. 事前研修

インターラボ活動の準備として、7月から、オリエンテーションと事前研修を計5回行った。英語での研究内容紹介のプレゼンテーション資料を準備し練習した。ハルビン工業大学の歴史、ハルビン市



図2. 中国語勉強会（中国語指導：HIT Research student 4年生 Songさん）

の情報及び中国の文化、生活習慣などを事前調査し、学生間・教員間での情報共有のため、事前研修でセミナーを開催し、学生による発表を行った。

7月中旬には、HITからKUT短期インターンラボに参加した4名の中国学生との交流会を2回開催した。HITの学生が、中国語の日常会話について丁寧に準備して教えてくれたことで、出発前には、参加者たちは中国語で自分の名前とあいさつが出来るようになっていた。

3. インターンラボ活動の概要

インターンラボは9月5日から9月18日までの約2週間の日程で行われ、修士学生を中心とする計9名の学生がハルビン工業大学での5つ研究室の短期滞在による研究方法の学習、実験参加、授業体験、セミナーでの研究発表を行った。2週間のスケジュールの中で、ハルビン工業大学の研究室に1週間滞在し、その後、ハルビン市にKUTと協定のある二大学：ハルビン工程大学、黒竜江大学及び大慶市東北石油大学）の研究室見学と学生交流を行った。現地企業と科学技術博物館：ハルビンビール工場、ロボット集団、ハルビン工程大学船舶博物館、大慶石油科学技術博物館の見学を行った。

- 1) 活動期間：平成29年9月5日～9月18日（火）
- 2) 受入大学：ハルビン工業大学
- 3) 参加者：理工系、下記9名
 大学院修士課程 電子・光システム工学コース
 2年 宮地 弘樹、1年 小川 広太郎、大島 浄司、
 武内 智哉、林 祥生
 大学院修士課程 物質生命システム工学コース
 2年 成岡 佑輔



図3. 出発：羽田空港で集合写真（2017年9月）

システム工学群

4年 小林 健輔、3年 杉浦 怜也、
 2年 長谷川 諒

4) 引率教員：2名

李 朝陽、古田 寛

5) ハルビン工業大学受入研究室（5研究室）

1. 電信学院 通信工程系

研究室：移動通信、空間情報ネットワーク

2. 材料学院 材料科学と工程系

研究室：二次元材料合成とエネルギー、生物医学領域などでの応用

3. 材料学院 材料科学と工程系

研究室：先進的セラミックスとセラミックス基複合材料

4. 機電学院 機械電子工程系

研究室：ロボット技術、生物医学工程

5. 化工学院 高分子科学と工程系

研究室：高分子化学

4. インターンラボの研究内容

インターンラボを提供いただいたHIT研究室5つのうち代表的な3つの研究内容を紹介する。

1) 研究室：二次元材料合成とエネルギー、生物医学領域での応用（電子・光：宮地弘樹、小川広太郎、林祥生）

研究内容は二次元物質を用いたデバイスの試作及び高機能2次電池向けの電極開発とその劣化メカニズムの解析が行われていた。3名の学生は2週間のプログラムで二次元物質あるいは有機半導体を用いたトランジスタ作製と評価の研究に従事した。グラフェンや二硫化モリブデン MoS_2 や WSe_2

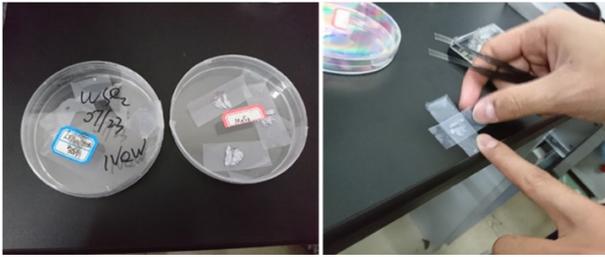


図4. 機械的剥離法 (a) MoS₂、WSe₂ の元の結晶 (b) 2D 低層数薄膜の作製プロセス。結晶からの剥離後 SiO₂ 基板に押し付けた。

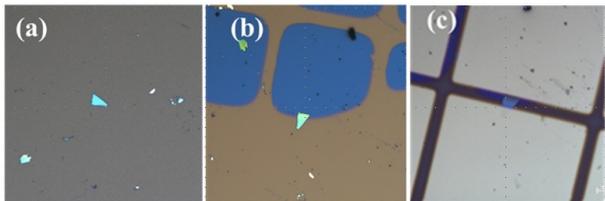


図5. ヘテロ接合および電極の形成プロセス (a) 転写された MoS₂ 薄片 (b) MoS₂ 薄片上に堆積した有機半導体 (c) ヘテロ接合形成後の金電極形成

といった層状物質は、原子一層ないし数層のスケールの厚さを持ち、世界で最も薄い材料の候補でありながら、従来使用されてきた材料と比較し優れた特性や柔軟性が得られる事から世界中の研究者から注目されている。これら層状物質を活用したデバイスの作製の為に高度な積層や接合面の制御、さらに特性評価と改善が要求されている。

実験1：MoS₂ / WSe₂ FET 作製

機械的剥離法を用い、可能な限り層数の少ない薄膜を作製した。この手法は、スコッチテープと呼ばれる粘着テープで層状物質を挟み込んで剥がすことを繰り返すことにより数原子層の単結晶薄片を得る。従来の成膜に使用される CVD プロセスと比べると、薄膜の薄さ・長さが容易に制御できることが利点である。図4に示すように、材料は MoS₂ (二硫化モリブデン) と WSe₂ (二セレン化タングステン) を使用し、MoS₂ を転写する作業を行った。

MoS₂、WSe₂ などの材料は遷移金属カルコゲナイド2次元結晶 (Transition Metal Dichalcogenide; TMD) と呼ばれ、二次元材料として有名であるグラフェンによく似た結晶構造を持つ。グラフェンと異なる点はバンドギャップを持つ半導体であり、スイッチング性能の高い電解効果トランジスタ (Field Effect Transistor; FET) 動作を可能にする点である。基盤



図6. 物理蒸着法 (PVD 法) によるベルト状有機半導体成長 2 ヒーター加熱により合成温度の異なる制御が可能で、左の炉で蒸発させた有機材料を右の炉の試料に蒸着する。(b) コンタミを防ぐために管理された石英管 (c) 蒸着材料とナノベルトを成長させる基板

に材料を転写後、光学顕微鏡を用いて薄膜の形成確認を行なった。膜厚に応じて光の反射率が異なるため、膜厚と長さが確認できる。図5は、転写した MoS₂ を示し、層が薄い MoS₂ は深く青い色である。この後、WSe₂ も転写してゲート部を作製し、Au 電極を蒸着させ FET デバイスとなる。

実験2：CuPcF16 ナノベルトの PVT 合成

半導体デバイスの作製において、結晶の欠陥や層状物質の層数はデバイス特性に大きく影響する。有機半導体を蒸着した際にも材料の品質や欠陥は作製したデバイスの特性を劣化させる要因となり、デバイス特性の改善のため各種条件の最適化が重要である。高品質な有機半導体材料を得るため PVT 法によるナノベルト薄膜の合成を行った。実験で用いた反応炉を図6(a)に示す。石英管内部の石英ホルダー上に微量の有機半導体の原料及び成長基板となる熱酸化 Si 基板を設置した (図6(c))。その後、封入した石英管に Ar ガスを封入し、ヒーターによって炉内温度を上昇させた。前駆体を高温によって蒸発させ基板上にベルト状の CuPcF16 を得た。

2) 研究室：高分子化学 (物質生命システム工学コース 成岡 佑輔)

研究内容はハイブリッドプロテインポリマー作製。初日 UV-Vis スペクトル装置と顕微鏡の使い方を学んだ。

二日目 緩衝液を作製した。ナトリウム水溶液に塩酸を加え pH を 6.5 から 8 に調整した。その間ナイラムにラジカル開始材を加え 70 度の条件下でポリナイラムを作製した。プロテインとして BSA (アデノシン) を用い緩衝液 pH 6.5~8 を作製しその中でポリマーを合成した。合成したポリマーをヘキサン

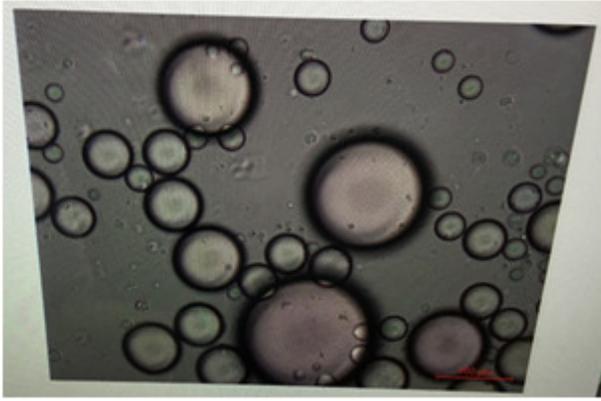


図7. ビルディングポリマーの顕微鏡写真



図8. ポリナイラムやオイルなどの疎水性が非常に多い部分は強い赤色を呈した

オイルに入れることで複雑な骨格をしたポリマーの親水基、疎水基の物理特性を生かし、スフィア形にした。このスフィア形には若干の安定剤 (PVA) が必要であった。このPVCの量次第でいびつな形の球形ができ、これは収量と分子量に著しく害悪をもたらすので適当ではない。

三日目 感光液を用い作製したスフィア形カプセルの観察。PVCで表面を安定させて球形にし顕微鏡観察した (図7~9)。赤色と緑色の違いは疎水性親水性の偏りを示す。この合成物質の時間が経つにつれ物質は融合し、次第にオレンジ色になった。それまでは赤か緑かの両極端である。次に作る試料では操作方法を変え試した。

四日目 最初に PDMC を洗った。ポリマーの表面にガラスを貼り、バッファー液は PBS である。リンとアンモニアの混合液である。BSA は導電性であるため質量が軽く、帯電を防ぐため手袋を外し撮影した。

五日目 次にポリナイラムを加えてビルディングポリマーを作製した。緩衝液はこれらのナトリウ

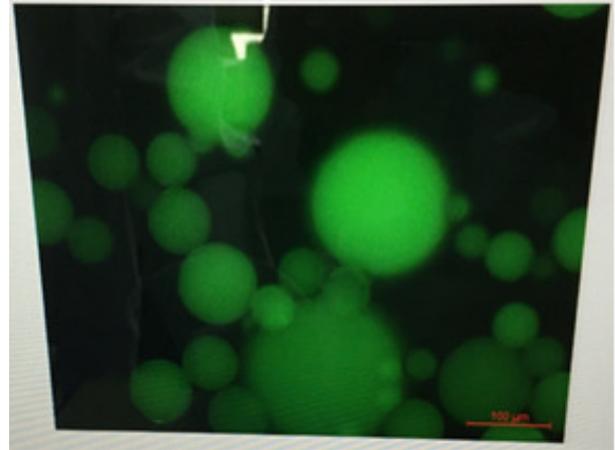


図9. 親水性が比較的に高い部分では緑色着色が確認された

ム水溶液で作製した。続いて透析チューブに入れ、プロテイン入りのミリカンウォーターを作製した。BSA とポリナイラムの化合物これらを混ぜ、顕微鏡観察するとスフィア形成を確認した。

以上2工程での作業でハイブリッドビルディングポリマーの合成を行なった。内部がタンパク質で外部がポリナイラムの構造になっている。

3) 研究室: 先進的セラミックスとセラミックス基複合材料 (システム工学: 杉浦 怜也、長谷川 諒)
研究内容は先進的セラミックスとセラミックス基複合材料について学んだ。

チタン酸バリウム (BaTiO₃) の合成を通して、セラミックスの製造工程を学び、また、作製したサンプルの評価も行った。

チタン酸バリウムの合成にあたり、チタン酸テトラブチルと酢酸バリウムがそれぞれ40 mmol 必要なため計算して測り用意した。脱イオン水と酢酸を各10 ml ビーカーで混ぜ合わせた溶液にチタン酸テトラブチルを投入し、約80℃の状態では攪拌した後室温まで溶液のクールダウンを行った。酢酸バリウムも同様にして攪拌を行い、チタン酸テトラブチル溶液と混ぜ合わせジェル状にした。作製したジェル状の溶液をシャーレに移し約40℃で乾燥保存し水分を飛ばした。ある程度飛ばした状態のサンプルを Wet gel と呼ぶ。次に60℃で乾燥保存を1週間ほど行い、固形状態にした。この状態のサンプルをキセロゲル (Xerogel) と呼ぶ。そこから乾かしフィルム状にしたものを乳鉢ですりつぶす研磨作業を行った。この作業は時間がかかり10分程度で、目視で変化を見極め、停止する時期を決めた。

その後は造粒作業を行った。具体的には PVA を



図 10. 試料をビーカーに入れて混ぜた後、回転子を入れ攪拌した

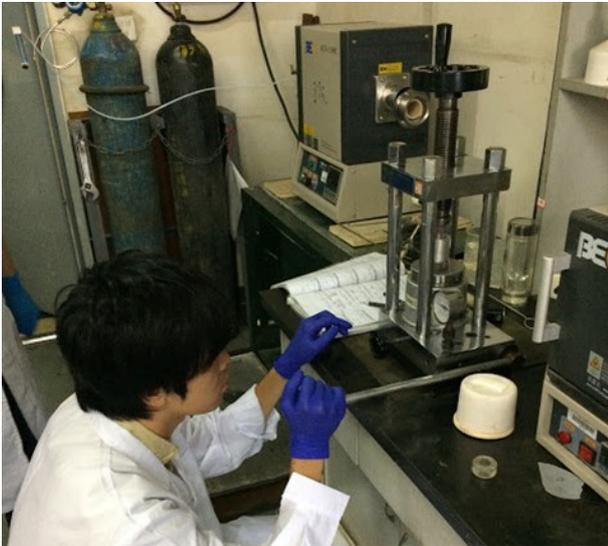


図 11. 打錠性実験中

入れパウダーを固めた。PVA は徐々に入れ、乳鉢でゆっくり混ぜた。その後、ヒーターに入れた。この作業により、有機物が燃やされ、集めたい試料だけを残すことができる。この造粒とは単一もしくは多成分からなる粉末材料を結合剤などを用いて原料より大きな粒状にする作業である。この実験での粉末材料が $\text{Bi}(\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2) \cdot \text{O}_3$ になり、結合剤が PVA である。この造粒により、溶解性や打錠性、流動性などが改善され、今回の実験では打錠性の改善を行うためこの行程を行った。打錠性を改善することで粉体の大きさを一定にすることができ、後の評価過程で実験しやすい。造粒後、機械プレスし、コイン状に物体を形成した。



図 12. コイン状にした試験片



図 13. 朝 8 時の図書館の様子

5. キャンパスライフについて

ハルビン工業大学には 374 万平米の面積、大学内の端から端まで歩いて 40 分程度はかかる非常に大きな大学であった。学内には一般の飲食店や屋台や物販店も立ち並び、ひとつの町であるかのように感じた。朝から夜まで学生や一般の方々で常に賑わっていた。学内には学生寮がたくさんあり、ほとんどの学生が学内の寮に住んでいた。学生寮は成績で分けられており、同程度の成績の学生同士が同じ寮に住むことになっていた。学内でトップクラスの成績を持つ学生が集まる寮では、学生自身が寮で会話をするときには英語で話す等のルールを決めており、研究の議論を交わすにも英語で行われていた。そうすることで、お互いの英語力と自身の専門分野の知識や思考を向上させた。学生同士でそのようなルールを決めていることに非常に感服した。

ハルビン工業大学の一限目は 8 時から始まる。講義時間は 105 分と長いように感じたが、途中 50 分経過時に 5 分間の小休止があったので集中して聴講できた。日本よりも長い時間講義があったが、中国の方式のほうが効率良く内容の濃い講義に感じられた。学生に課せられる課題の量がとても多く、中国の経済成長を支えているエンジニアが優秀なのは学生時代に鍛えられているからだと感じた。課題



図 14. HEU 総合集積光学研究室見学

の量が多いため、学生は朝早くから夜遅くまで学内の図書館にこもりきりだった。国際競争力が問われる昨今、日本の学生が太刀打ちできていないのはこういったところに違いがあると感じた。(システム工学群 杉浦 怜也)

6. 見学について

1) ハルビン工程大学 (HEU) は、軍事工学研究所が前身であったため、船舶の研究が盛んに行われている。学内にある船舶博物館には、1950 年代の木製の小型の船から近年の戦艦、客船、石油タンカー、潜水艦まで展示しており、ハルビン工科大学の船舶技術の歴史と発展を学ぶことができた。特にそれぞれ船舶のエンジンの個数、配置、駆動方式の違いは非常に興味深いものであった。本年度の高知工科大学のよさこいサマースクールにはハルビン工程大学から学生が2名参加しており、その学生に会う機会があった。専攻が同じであり、学生の電気回路の実験を少し見学することができた。レゴブロックのような抵抗や細かく島分けされたブレッドボード等は日本とは少し変わったものを使用して興味深かった。

総合集積光学研究室 (Key Laboratory of In-Fiber Integrated Optics) を見学した。その研究室ではファイバデバイスの研究を行っており、30 種類以上のマルチコアファイバを製造していた。私は市販の光ファイバを使用しているので専門分野は異なるが、ファイバを使用している側として、さまざまなマルチコアファイバの製造に興味を持った。また、ファイバを用いたジャイロスコープによる地震検も非常に興味深かった。

2) 黒竜江大学 (HLJU) では、日本語学科の2~3年生の学生の方々と交流を行った。日本語を学び



図 15. 黒竜江大学日本語専攻学生交流会

始めて2~3年で、日本人にも初めて会う学生が多かったが、日常会話はある程度できていたので、日本語で交流することができた。日本のアニメに興味を持って日本語学科に入学する学生が多く、日本のアニメの世界的な認知度の高さに改めて驚嘆した。

国際教育学院の王先生による中華料理の講義を受けた。中華料理は歴史が非常に長く、地域で分類されており、非常にたくさんの料理が存在しているので、短時間の講義では中華料理を学ぶことはできなかった。しかし、中華料理の地域分類 (八大菜系) や歴史の長さを知ることはできた。講義後には実際に厨房で中華料理を作る様子を見学した。大きな中華鍋で豪快に料理する様には圧倒された。また、餃子作りを体験させていただいた。皮に具材を乗せて包むことを行ったが、具材の量の調整が難しくや包むのに苦労した。(システム工学群 大島 浄司)

3) ハルビン工業大学ロボット集団の施設見学では地域の特産物を効率的に加工する設備を商品化していることに加え、工学のみでなく医学分野と連携した医療向け用品の開発や地域で開催される氷の彫刻の展示物を作製するための機械など、あらゆる分野での貢献を積極的に行っていた。一方で、完成した製品には日本製の部品が使用されている点も見受けられ、装置や各機構の動作原理に対して深く理解を示し、より小型かつ高機能な高付加価値のデバイス作製の需要に対する知見を持つ事が重要であると感じた。

4) 大慶油田科学技術博物館大慶市は、中国最大の油田を保有しており、その経済は主に石油や関連産業に依存している。12,400 平方メートルのところにある大慶石油博物館は、中国最大の産業科学技術博物館である。内部では、展示スペースは、石油の生産方法、大慶の歴史と業績、大慶と石油産業と



図 16. 油田採掘中の井戸のポンプジャック

の関係を示すために3つの基本セクションに分かれていた。最初のセクションの焦点は、石油掘削のシミュレーションを完了した、油田の大きな砂のテーブルモデルである。地下の石油鉱床のもう一つのレプリカは、それがどのように表面に汲み上げられているかを示している。数百年前に石油がどのように形成されたかを説明するために、先史時代の実生活の恐竜のジオラマが時間と場所の感覚を喚起した。

7. HIT 研究室からインターンラボ参加の学生の評価

今回のインターンラボでは、事前に受け入れ研究室の先生に、受け入れ学生の評価項目を設定し評価を依頼していた。

ハルビン工業大学受け入れ教授（5名）からの学生評価項目：

1. 研究能力
2. 研究活動と態度
3. 英語交流能力
4. 達成度
5. チームワーク
6. 将来 KUT から同レベル学生を受け入れるか？

受け入れていただいた5研究室からはいずれも高

い評価をいただき、事前準備の重要性を実感できた。受け入れ研究室から以下のフィードバックも得られ、大変意義深いインターンラボを実施できた。

受け入れ研究室から学生に対するコメント

- 研究能力が高い。
- 研究に対し、熱心、真摯（まじめ）、非常に情熱を持って取り組んでいることがわかった。
- 受け入れ研究室でのすべての仕事に対して very well に達成、満足度が高い。

- KUT での研究内容紹介プレゼンがよかった。

- 新しい環境・研究に挑戦する態度が素晴らしい。

学生に対する改善コメント

- 英語交流能力をさらに伸ばしたほうが良く、シャイであるので改善すればさらに良い。プロジェクトに対するコメント

- このプロジェクトは、日中間研究・文化交流にとって、素晴らしいプラットフォームになる。引き続き、将来も続けていきたい。

8. まとめ

短期語学研修を中心とする学生の海外派遣プログラムは、これまで多くの大学で行われているが、海外の先端理工系大学間の専門分野交流は極めて例が少ない。高知工科大学で今回行った海外インターンラボでは、中国トップクラスの理工系大学であるハルビン工業大学で、修士学生を中心とする9名の学生が、5つの研究室で2週間の期間、実験研究、セミナー発表、講義聴講し、先端大学での研究に従事することができた。

海外インターンラボの成果として、実験研究において半導体薄膜製造技術や通信技術、ロボティクス研究、セラミックス及び有機材料合成技術の研究に従事し、この期間中の研究、セミナー活動に対して、派遣先研究室教授からの事後評価で、複数の学生が極めて高い評価を得た。

9. 謝辞

インターンラボという高知工科大学の新しい試みに対し、受け入れいただいたハルビン工業大学徐成彦先生（Prof. Xu Chengyan）、鄭黎明先生（Prof. Zheng Liming）、付宜利先生（Prof. Fu Yili）、黄先生（Prof. Huang Xin）、徳昌先生（Jia Decang）に感謝申し上げます。ハルビン工業大学国際交流処、ハルビン工程大学国際交流処、黒龍江大学国際教育学院、東北石油大学国際交流処のスタッフの皆様ありがとうございました。以上各大学の日本語学科の学

生ボランティアスタッフの皆さんには現地での学生
随行と交流活動に尽力いただきました。

最後に、インターラボプロジェクトをお認め頂
き、学生への異文化交流、中国への新しい足掛かり
を作ってください初めての試みを実施することがで
きました。学長磯部先生はじめ高知工科大学先生
方、サポートしていただいたスタッフの方々に感謝
いたします。

文献

- 1) <https://ja.wikipedia.org/wiki/ハルビン工業大学>
- 2) Academic ranking of World universities, ハルビン工業大学, <http://www.shanghairanking.com/ja/World-University-Rankings/Harbin-Institute-of-Technology.html>
- 3) <https://jp.pico.com/ja/work/specialties/daqing-oil-museum#>

Report on Intern LAB Activity in 2017

Chaoyang Li* **Hiroshi Furuta**

(Received: May 8th, 2018)

School of Engineering, Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

* E-mail: li.chaoyang@kochi-tech.ac.jp

Abstract: We will report on the first time a KUT Intern LAB activity took place at an overseas university (Harbin Institute of Technology, China) in 2017 for a two-week period. The purpose of the Intern LAB is to motivate the engineering students in the field on their future research studies and improve their level of international knowledge.