

# 技術報告集

Vol.20



名古屋工業大学技術部

2019

#### 表紙の説明

漢字の部首の一つである手偏「扌」はヒトの手を意味するもので、右に添えられる旁（つくり）で漢字としての意味を表現しているが、「技」や「操」，「援」，「携」など手偏を持つ漢字の多くは，旁を自在に変化させ懸命に職務を全うする技術職員の在り方そのものである。

大学を取り巻く環境が次第に変化する中で技術職員に求められるものも一層厳しさを増すばかりであるが，弛まぬ研鑽を積み重ね，技術職員のスキルとしての旁のバリエーションを一つでも多く増やしたいという願いを込めて表紙絵をデザインした。

作成：技術部 松原 孝至

## 働き方改革に思うこと

技術部長 小畑 誠

技術部長として4年目の任期にはいった。まずはこれまでそれぞれの持ち場で職務に専念することによって本学に貢献してくれてきている技術部員の方々に感謝したい。

最近は大学においても働き方に対する新しい流れが浸透しつつあるようだ。教員は裁量労働制なのであまり関係ないのかと思っていたら、そうでもないらしい。昨年後半からは教員に対しても実労働時間の申告を求められるようになった。研究者はつぼにはまったら時間のたつのを忘れてでも問題の解決に没頭するものだと思っていたし、自分もそのような生活を送ってただけに内心大きな違和感を覚えてしまう。またひとつ自分が時代の流れから置き去りにされているような気になる。だらだらと長時間働くのを良しとするわけではないが、ここぞというときは集中的にやらなければならないときもあるのではないか。もっとも、これは他人に押し付けるような価値観でもない。職員の方々には決められた時間の範囲で集中して効率的に仕事をしていただければよいと思っている。

一昨年度から技術部が中心としてダイバーシティセンターのご協力のもとにはじめたワークライフバランスセミナーは、家事、育児、介護といったライフイベントと仕事をどのように両立させていくかについてのものであった。おそらく主に女性を対象としたものと思われるが、二人のこどもを0歳児から保育園に預け、小一の壁をひやひやしながら乗り越えたわたしの経験からすれば、本来は性別に関係なく一人一人が仕事と家庭の両立を真剣に考えていかなければならないのだと思う。これまでわたしは毎年、技術職員の皆さん一人一人に技能を上げてそれぞれの目標の自己実現を期待すると申し上げてきた。それに加えてこれまで以上に組織としても業務の合理化と効率化を通じて技術職員の方々の働き方改革を支援するものにしなければならないと考えている。

この一年も皆さんのご協力をお願いしたい。

## 技術職員組織の進化

情報解析技術課 課長 服部博文

平成が終わり、令和の時代へと変わりました。平成の時代がこんなに早く終わるとは微塵も思いませんでした。本学技術部は平成終焉の5年前の平成26年に現在の3課体制へと再編されました。本学技術部は、技術職員が事務職員と同じ課長職を担う組織として、全国の国立大学の中でも稀有な存在となっています。課長職は平成17年の組織改革で1名が任命され、その後平成20年に3課体制で3名が任命されました（そのうち1名は実質的に部を統括する次長職として兼任し、管理職扱いである副課長も3名が任命されています）。平成26年の再編時には、各課に関係の深い学内の3センターと連携して業務を行う体制を構築し、課の技術専門性を高めることで、所属する技術職員同士の技術専門性の関連が薄かったそれまでの課体制からの脱却をはかりました。その再編からはや5年が過ぎましたが、この再編のメリットは、業務と直結した管理体制と職員との相互理解により、より迅速な業務体制や意思決定が取れたことです。さらに、課の職員の専門技術が同一分野のため、お互いの業務内容の透明性も高くなったことや、職員同士の技術議論や体制に対する議論も活発となり、非常に風通しの良い組織となっています。事実として、これまで手詰まりだった業務に対して、課内の人員配置を見直して業務を割り振ることや、大学の他の部署で行われていた相似的な業務を統合することもできました。そのため、大学内の技術業務に係る技術部の比重は必然的に大きくなり、その存在がより重要な組織となりました。しかしながら、組織体制も重要ですが、何よりも重要かつ必要なのは、技術職員の基礎技術能力や現場対応能力を高めることです。本学技術部では、基礎技術力のアップや、進化する研究や基盤機材への対応を行うため、OJT型かつ自己提案で実行できるステップアップ研修制度（研修報告が、この報告集に掲載）、実践的な技術セミナーや講習会に参加できる特別研修制度等を、大学の人事が行う職員研修とは別に、技術部の制度と独自に決めて行っています。一昨年度からは、ワークライフバランスセミナーと称した働き方に関する研修も技術部主催で行っています。このような制度が、技術職員自らの発案で行えるのも、現在の組織体制における利点ですが、進化し続ける大学研究と教育の変革に対応するためには、大学の将来に必要な技術とは何かを考え、大学行政に対して企画・提案が行えるなど、さらに自立した実行力を伴う組織を構築していくことも必要です。国立大学の技術職員の歴史は長くなっていますが、技術職員が主体的に管理を伴う実質的な組織という観点ではまだまだ歴史は浅く、不備な点があることも否定できません。そのため、現状に満足することなく、成熟した技術職員組織を構築するためにも、あくなき変革を考え続けていかなければならないでしょう。

# 名古屋工業大学技術報告集

Vol.20 2019 年

## 目 次

### 巻頭言

働き方改革に思うこと・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ i

技術部長 小畑 誠

技術職員組織の進化・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ii

情報解析技術課 課長 服部 博文

### 目次

プログラム・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ v

### 技術研究発表会

1) マシニングセンターによる機構部品の製作・・・・・・・・・・ 1  
祖父江 孝之（装置開発課）

2) ワークライフバランスセミナー実施に向けての取り組み・・・・ 5  
東 美緒（装置開発課）

3) 迷惑電話情報共有／自律着信拒否システムの開発と運用評価・・・・ 9  
石川 茂（情報解析技術課）

4) Pure shift NMR への取り組み・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11  
瀧 雅人（計測分析課）

5) 細胞分離を目的としたマイクロフルイディクスの最適設計・・・・ 15  
高木 優斗（三重大学 工学部 工学研究科 技術部）

6) 中国山地のイタヤカエデによるメープルシロップの生産・・・・ 17  
米田 亜沙美（鳥取大学 技術部 農学系部門）

### 寄稿

5m メッシュ基盤地図情報地図を活用した地形図の紹介・・・・ 19  
萩 達也（装置開発課）

## ステップアップ研修報告

- 1) 浸透探傷技術の習得・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 21  
山本 幸平（装置開発課）
- 2) CMS と連携した認可制御システムの構築・・・・・・・・・・ 25  
石川 茂（情報解析技術課）
- 3) ノンコーディングでの業務アプリ開発・・・・・・・・・・ 27  
石丸 宏一（情報解析技術課）
- 4) VMware の仮想マシン構築および新技術の検証・・・・・・・・ 29  
本下 要（情報解析技術課）
- 5) 事務処理能力向上のための Excel 技術研修・・・・・・・・ 31  
山戸 志保（情報解析技術課）

## 事業報告

- 1) 平成 30 年度地域貢献事業 名工大テクノチャレンジ実施報告・・・・・・ 33  
本下 要（情報解析技術課）
- 2) 平成 30 年度 公開講座 テクノチャレンジ mini 実施報告・・・・・・ 41  
南口 泰彦（計測分析課）
- 3) ワークライフバランスセミナー実施報告・・・・・・ 43  
谷山 八千代（計測分析課）

## 技術部記録

- 1) 技術部活動記録・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 47
- 2) 技術部職員名簿・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 52
- 3) 技術部各委員会・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 53
- 4) 技術部チーム配置表・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 54
- 5) 技術部関連 学内委員会 全学支援関連 技術研究会等委員・・・・・・ 56

## 第34回 技術研究発表会 プログラム

●日時：2018年 9月14日（金） 13：30 ～ 16：00 ●場所：名古屋工業大学 2号館1階 0211講義室

13.10 13.30	受 付		
13.30 13.40	開会挨拶	安形 保則	●技術部次長
13.40 14.00	[学内発表] マシニングセンターによる 機構部品の製作	祖父江 孝之	●装置開発課
14.00 14.20	[学内発表] ワークライフバランスセミナー 実施に向けての取り組み	東 美緒	●装置開発課
14.20 14.40	[学内発表] 迷惑電話情報共有/自律着信拒否 システムの開発と運用評価	石川 茂	●情報解析技術課
14.40 14.50	休 憩		
14.50 15.10	[学内発表] Pure shift NMRへの取り組み	瀧 雅人	●計測分析課
15.10 15.30	[学外発表] 細胞分離を目的としたマイクロ フルイディクスの最適設計	高木 優斗	●三重大学 工学部 工学研究科 技術部
15.30 15.50	[学外発表] 中国山地のイタヤカエデによる メープルシロップの生産	米田 亜沙美	●鳥取大学 技術部 農学系部門
15.50 16.00	閉会挨拶	日比野 寿	●計測分析課長
16.00 17.00	学内施設見学会 ※学外者の方のみを対象		
17.30 19.30	懇 親 会		

(敬称略)





技 術 研 究 発 表 会



# マシニングセンタによる機構部品の製作

祖父江 孝之, 萩 達也

装置開発課

## 1. はじめに

ものづくりテクノセンターに名古屋工業大学フォーミュラプロジェクトからデフキャリアの依頼加工があり、その車両部品の製作を担当したのでその報告をする。

今回、依頼加工を受けたデフキャリアとは差動装置という機械的機構の一種で、2つの部分の動きの差を検出して2つの異なった回転速度に振り分けて伝える装置のことである。自動車では主に曲がるとき左右の車輪に回転差を与えて旋回をスムーズにするのに使用される。

## 2. マシニングセンタ

今回は FJV-200 (マザック社) というマシニングセンタ (以後 MC) を使用した (図 1)。

MC とはコンピュータ制御の指令によって複数の切削工具 (エンドミル, ドリル等) を交換させて工作物を自動的に加工する代表的な工作機械で、金型の製作によく使用されていて精密な部品を生産するのに適している。

MC は複数の切削工具をマガジンに備え連続的に交換して加工する X, Y, Z の 3 軸制御式の他、5 軸式もある。ちなみに FJV-200 は 3 軸制御式である。

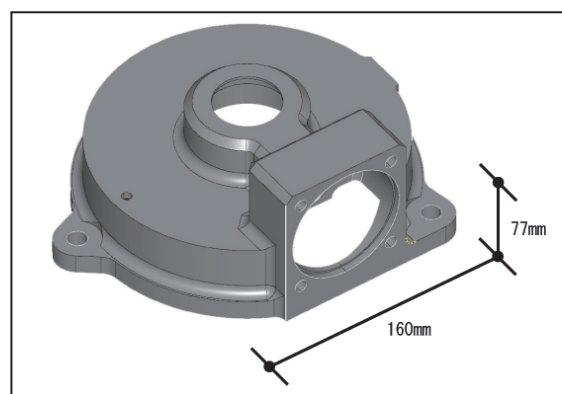


図 2 デフキャリアの表側 CAD データ

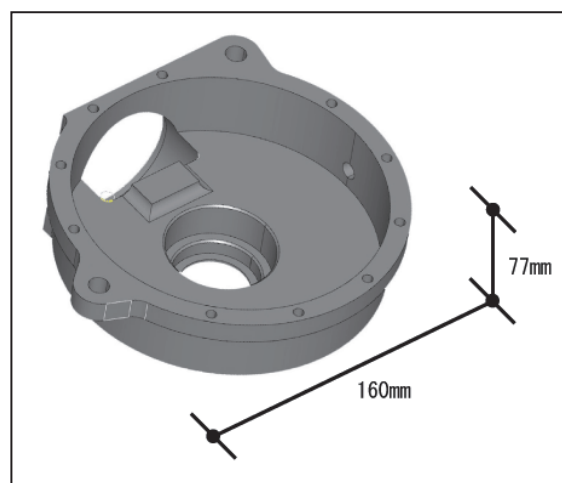


図 3 デフキャリアの裏側 CAD データ



図 1 マシニングセンタ

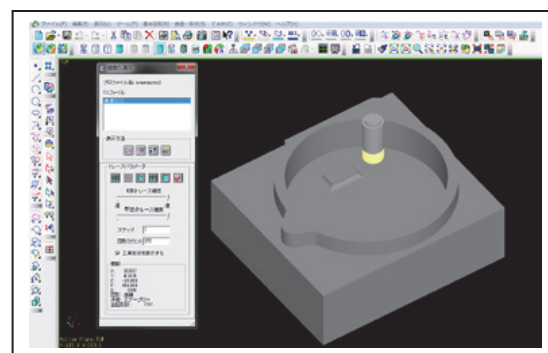


図 4 3D 版 CAD/CAM (CAM-TOOL)

### 3. CAD/CAM について

CAD/CAM とは、コンピュータを利用し、設計・生産を一貫して行う技法のことである。

CAM では学生達が CAD (SolidWorks) で設計したデフキャリアの形状データを読み込んで、加工工程 (輪郭加工等)、工作物のワーク原点、切削条件 (主軸の回転数、テーブルの送り速度、切込み量等) などを設定して NC プログラムを出力して加工する。

CAD/CAM は 2D 版と 3D 版があり、前者はエム・ワイ・シー社の CAMBASE (図 5) で、後者は C&G システムズの CAM-TOOL (図 4) を用いた。ともに金型製造に使用されるハイエンドタイプである。

### 4. デフキャリアの製作

デフキャリアの製作は以下の手順で行う。

(1) 裏側の加工, (2) 表側の加工, (3) 側面側の加工

#### 4. 1 ワーク (工作物) の裏側加工

ワーク (工作物) とは加工する材料のことで今回は提供されたジェラルミン (A7020) を使用した。これは航空機や鉄道車両の構造材にも使用されるアルミ 7000 系の高強度の材料である。工作物は MC のテーブル上に設置した左右 2 つのマシンバイスに固定した (図 6)。

3D 版 CAD/CAM で図どおりに一定の深さまでくり抜き空洞にする。続いてベアリングの軸穴、ネジ穴の加工を行った。

図 7 のデフキャリア裏側の中心の  $\phi 50\text{mm}$  の軸穴がある。ここにはベアリングが入るのでベアリングが適正に固定できるように加工する。ベアリングとは荷重を受けながら回転する軸を支持する機械部品で回転時の摩擦をできるだけ小さくするために使用される。ベアリングを適正に固定できるように加工することを「はめあい」という。はめあいの加工に厳しい公差が要求される。軸穴の加工は 2D 版 CAD/CAM (CAMBASE) の輪郭加工を使用した。「はめあい」の調整は MC のオフセット機能を利用して 1000 分の 1mm 単位で丹念に削り、直径  $\phi 50\text{mm}$  の 1000 分の  $-3\text{mm} \sim +13\text{mm}$  の公差

に収めた。なお軸穴の内径の測定には 3 点マイクロメータを使用した。

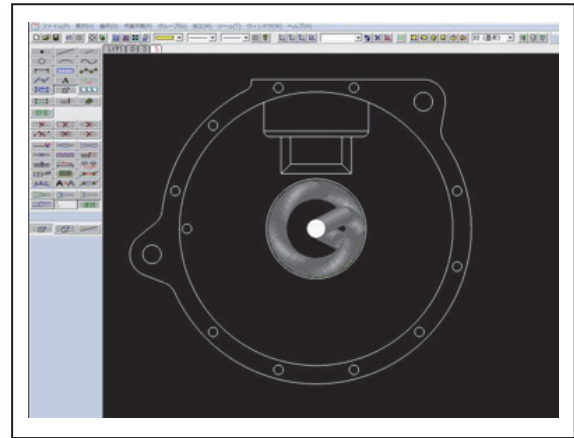


図 5 2D 版 CAD/CAM (CAMBASE)

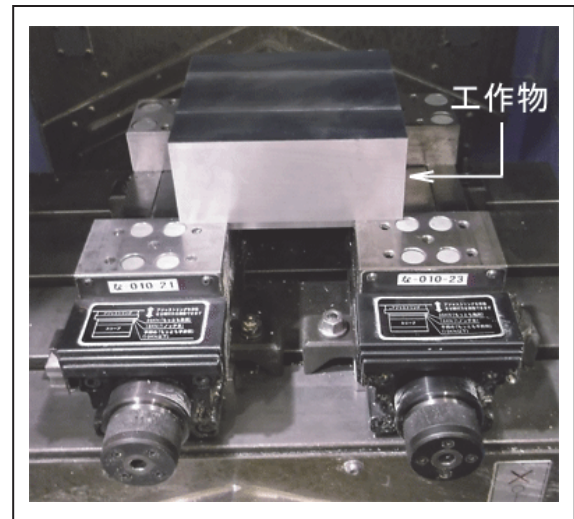


図 6 ワーク (工作物)

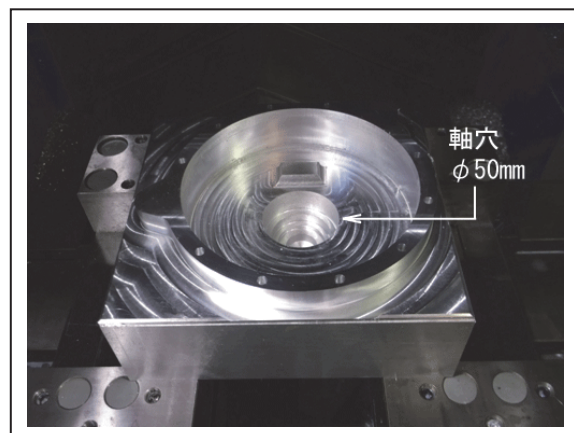


図 7 裏側加工

#### 4. 2 ワーク(工作物)の表側加工

次の加工で表側を加工するのだが、その際、表側の「位置決め」を容易にする目的で「ジグ」を製作した。ジグとは工作物を固定し、工具の制御や案内を行う補助的な道具・装置の総称である。ジグを使うことにより、工作物を正しい位置に配置することができる。工作物はジグの裏側から複数のノックピンとボルトで固定した(図8)。なおジグはMCのテーブル上に設置した左右2つのマシンバイスに固定しやすいようにT型に加工した。

ちなみに「位置決め」では工作物を設置した時、工作物の位置がMCの主軸のXY軸方向と平行になるようにする。またノックピンとは、2つの部品を組み立てるとき、その関係位置を厳密に保つために、両部品を組み合わせで打ち込むピンのことである。

デフキャリアで表側の加工は3D版CAD/CAM(CAM-TOOL)でNCプログラムを作成した。

表側の加工手順は、等高線荒加工、等高線仕上げ加工の順で行った。ちなみに等高線加工とは、工作物の高い箇所から低い方へ周回して加工する方法のことである。

荒加工とは、おおまかな加工であり、仕上げ加工で指定寸法に削り出す直前の寸法まで削る加工のことである。

通常、荒加工は切り込み量が大きいため、使用する切削工具は工具剛性の優れた刃径が大きいものを使用する。荒加工は実際の寸法より0.2mmほど残して加工した後、仕上げ加工を行う。荒加工した状態を図9に載せる。

仕上げ加工とは、図面の指示公差の最終寸法にする加工のことである。

通常、仕上げ加工は狭くて細かい所を削ることが多く、使用する切削工具は刃径が小さいものを使用することが多い。また数種類の刃径が異なる切削工具を使用して複数回仕上げ加工をすることがある。等高線仕上げ加工したものは滑らかで美しくなる(図10)。

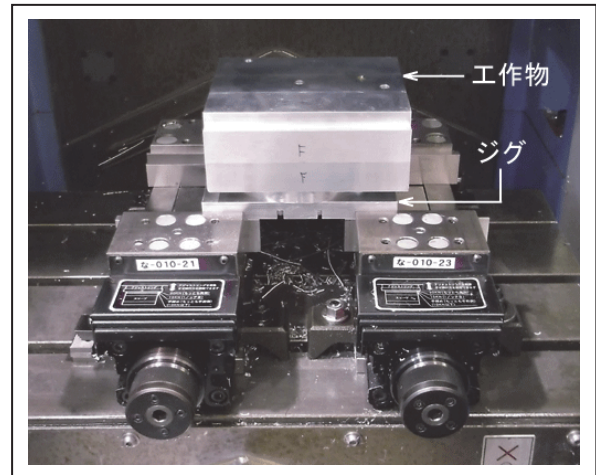


図8 裏面加工した工作物を表向きにしてジグに取付けた様子

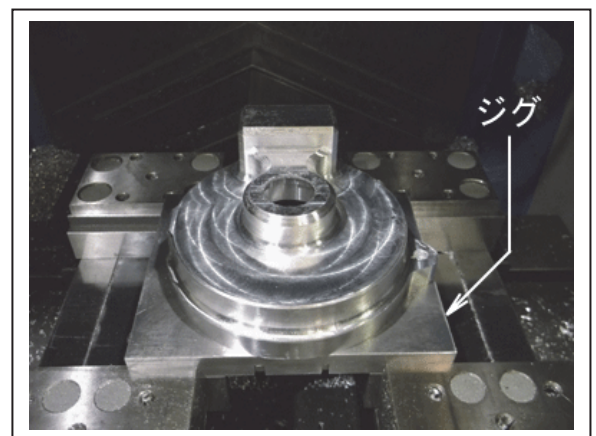


図9 表側加工(荒加工後)

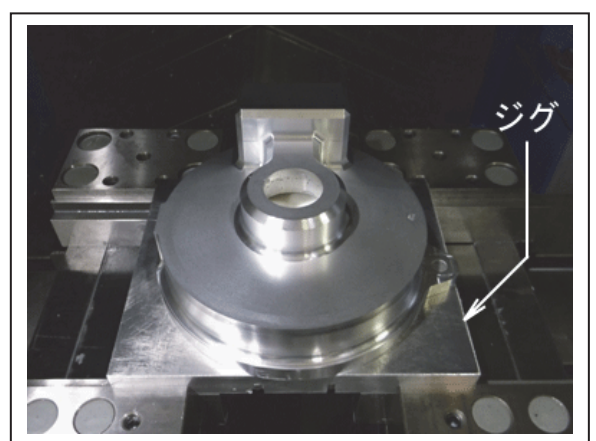


図10 表側加工(仕上げ加工後)



#### 4. 3 ワーク(工作物)の側面加工

今回使用したMCは3軸なので横から加工することはできないので、デフキャリアをイケールというT型の治具で固定して加工を行った(図11)。ここでも裏側加工同様ベアリングが入るのでベアリングが適正に固定できるように裏面加工と同様に「はめあい」の加工を行った。その後、車体に取り付けるためのネジ穴加工をして完成させた(図12)。最後にデフキャリアを車体に組み付けた写真を図13に載せる。

#### 5. おわりに

今回製作したデフキャリアはワークの加工姿勢を変えながら複雑な工程を経て加工することができた。この一連の作業工程はその順番を守らないと不具合が生じるので注意が必要である。

今回このCAD/CAMを用いることで、精密な加工ができたが、汎用フライス盤はNC制御機能がないのでプログラム運転が不可能で直線加工しかできないので本加工は不可能である。

CAD/CAMを利用することで、MCに備わっている潜在能力を活かした自由自在の加工を実現することが可能となる。

この加工にあたり技術部 萩達也氏より多大なご指導をいただきました。またフォーミュラプロジェクトの関係者のご協力をいただきました。ここに記してお礼申し上げます。

#### 参考文献

- [1] 澤武一, 目で見てわかるエンドミルの選び方・使い方, 日刊工業新聞社, 2012 年
- [2] 澤武一, トコトンやさしいマシニングセンタの本, 日刊工業新聞社, 2014 年
- [3] CAM-TOOL 基本 CAM 操作・環境, 定期講習会用テキスト

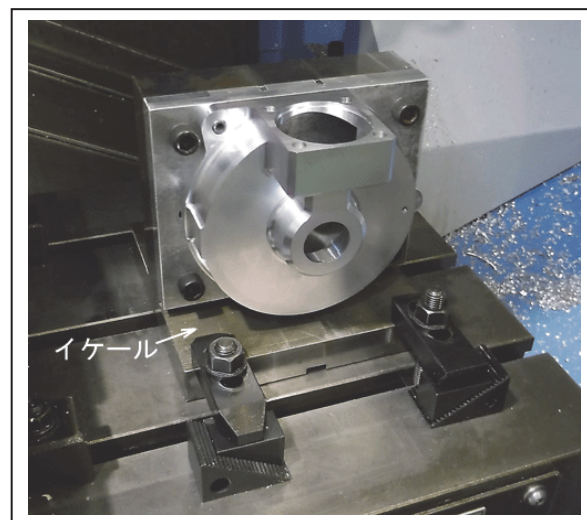


図 11 側面加工

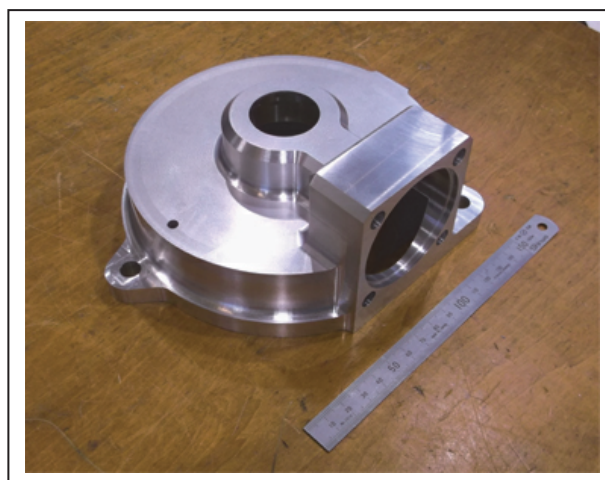


図 12 完成品

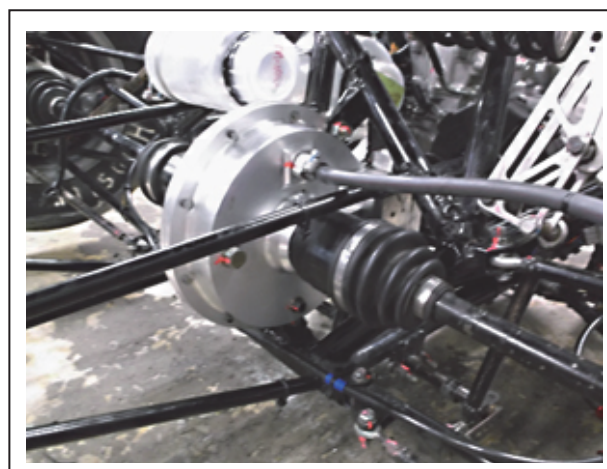


図 13 デフキャリアが搭載された様子

# ワークライフバランスセミナー実施に向けての取り組み

東 美緒<sup>1)</sup>，安形 保則<sup>1)</sup>，山本 かおり<sup>2)</sup>，大西 明子<sup>2)</sup>，谷山 八千代<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 装置開発課，<sup>2)</sup> 計測分析課

## 1. はじめに

平成 29 年度に実施したワークライフバランスセミナーの企画から実施に向けての取り組みについて報告する。

このセミナーは、平成 29 年 2 月 13 日(月)に岩手大学で開催された「女性技術系職員の人材育成を考えるシンポジウム」に参加したことを契機に、有志の技術部職員 5 名により女性技術系職員を対象として企画した。セミナーの概要を表 1 に示す。

表 1 セミナー概要

開催日時	平成 30 年 3 月 19 日 (月) 11:00-15:30
会場	本学 4 号館
参加人数	特別講演: 100 名 (学外 27 名, 学内 73 名) 昼食会 : 24 名 (学外 14 名, 学内 10 名) 研修 : 22 名 (学外 14 名*, 学内 8 名) *うち 2 名はオブザーバー参加

## 2. セミナーの企画

### 2. 1 セミナーの構成と予算獲得

開催日を平成 29 年 3 月に決定し、検討を開始した。当初は、本学の技術部女性職員のみを対象とした研修を企画していたが、平成 29 年 4 月に大同大学長に就任された神保睦子先生に特別講演をお引き受けいただけたことから、学外参加者も含めた研修計画に移行した。それに伴い、ダイバーシティ推進センター(以下、センター)との共催で開催することになり、学長裁量経費を申請し予算の獲得も行った。神保先生は理工学系大学では極めて稀な女性学長で、かつては本学に在籍されていたこともある。また、現在はセンターのアドバ

イザリーボード委員を務められている。

この企画のタイトルを「ワークライフバランスセミナー」に決め、特別講演と研修の二部構成とした。特別講演は、学外の一般参加者も含め誰でも聴講ができることにした。研修は、対象を女性技術系職員とした。

### 2. 2 内容の検討

特別講演については、神保大同大学長に本セミナーの趣旨をお伝えし「女性と家事・育児と仕事」という演題でご講演いただくことになった。

研修については、女性技術職員の働き方や将来像について考え、話し合う機会を作ること、参加者が働き方の改善に活かせる具体的なヒントが得られること、業務に前向きになれる内容であることを目指し検討を重ねた。

研修のプログラムは、決められたテーマについてディスカッションとフィードバックを行うこととし、話しやすい雰囲気の中で、全員が発言できるように、少人数でディスカッションするワールドカフェ方式を採用した。

プログラムとディスカッションのテーマを以下に示す(表 2, 3)。

表 2 セミナープログラム

時 間	内 容
11:00~12:00	特別講演
13:00~13:15	開講挨拶 オリエンテーション
13:15~13:50	研 ディスカッション 1
13:55~14:30	ディスカッション 2
14:30~15:00	修 休憩&交流会
15:00~15:25	まとめ
15:25~15:30	閉講挨拶

表3 ディスカッションテーマ

テーマ	内 容
1 過去	これまでに困ったことは何ですか？それをどう乗り越えましたか？
2 現在	ワークライフバランスを取るために工夫していることは何ですか？
3 未来	5年後、どんな自分になっていたいのですか？ そのために今やっていること、これからやろうとしていることは何ですか？

## 2. 3 広報

初めに、2017年度機器・分析技術研究会 in 長岡においてチラシを配布した(図1)。その後、学長裁量経費を獲得し、デザインを外注する予算を得られたことから、ポスター兼フライヤーのデザインを本学社会工学専攻建築・デザイン分野大学院博士前期課程1年の津葉井一紀氏に依頼した(図2)。ポスターは主に東海3県の大学に送付するとともに、学内各所に掲示した。フライヤーは学内の教員等に配布した。配布の際に面識のある教職員には対面やメモで参加を呼び掛けた。また、学内に掲示したポスターに特別講演は当日参加可能である追記を付し、広報に努めた。その他に行った広報を表4に示す。

広報においては、共催のセンターに多くの情報や助言を頂いた。ポスター送付先について、センターの保有する情報の提供を受けた。また、学生や卒業生・ダイバーシティ推進委員への案内メールの送付、生協への三角広告掲出案など多くの協力を得た。

結果として特別講演で100名(学外27名、学内73名)の参加を得ることができ、広報活動の成果があったと考える。

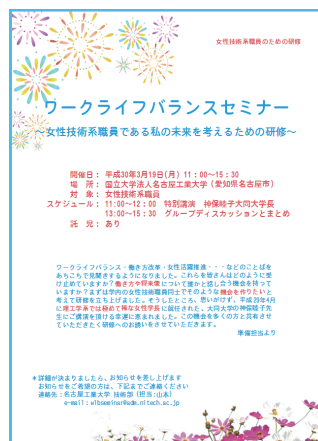


図1 チラシ



図2 ポスター・フライヤー

表4 実施した広報活動

手 段	詳 細
HP 掲載	本学公式 HP ダイバーシティ推進センター 技術部 名古屋工業会 ナゴ女応援サイト
ポスター	東海地区の大学等へ送付 ダイバーシティ推進センター協力教員より保育園へ掲示依頼 学内掲示
フライヤー配布	平成29年度 高エネルギー加速器研究機構技術職員シンポジウム 学内各教員 学内各課
チラシ配布	2017年度機器・分析技術研究会 in 長岡
三角広告	大学生協に掲出
メーリングリスト	彩綾～SAYA～(名工大女子学生団体) 鶴桜会(名古屋工業大学女性同窓会) 名工大OG人材バンク ダイバーシティ推進委員会 機器・分析技術研究会 質量分析技術者研究会 個別メール
掲示板	学内ポータル掲示版に5回掲載



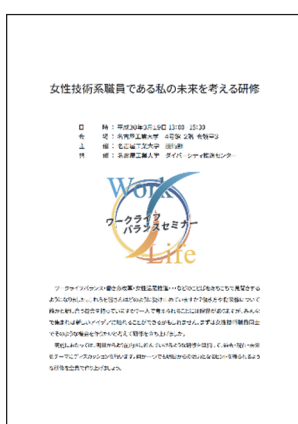
## 2. 4 資料・案内のデザイン

本セミナーの資料や案内を作成するにあたり、ポスターの作者よりデザインの二次使用の許可を得て、ロゴを各種媒体に利用することでデザインに統一性を持たせた。(図3)

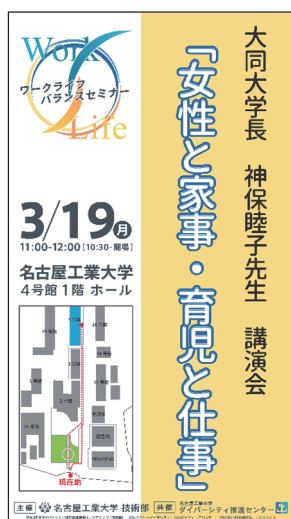
会場案内については、本学を初めて訪れる来場者が迷わず会場へ到達できることを目指し、正門の立て看板にロゴと地図を掲載した。また、会場案内看板にロゴを掲載し、遠目にも本セミナーの案内看板であることがわかるようにした。



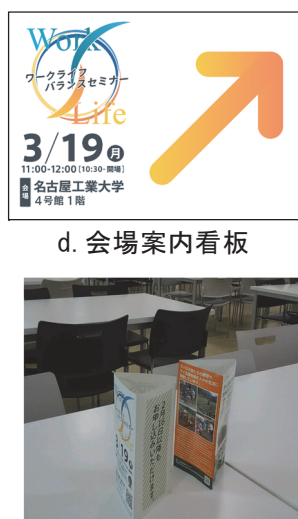
a. 特別講演配布資料(表紙)



b. 研修配布資料(表紙)



c. 立て看板



d. 会場案内看板



e. 三角チャシ

図3 資料・看板等のデザイン

## 2. 5 託児

育児中の職員、育休中の職員の参加を促すため、託児を受け付けたところ、4件6名の申し込みがあり、当日は3件5名が利用した。

## 3. セミナーの実施報告

### 3. 1 特別講演

神保睦子大同大学長による特別講演では、大同大学における女子学生受け入れの取組みや、女性活躍推進の課題について、学長ご自身のこれまでの歩みについてお話いただいた(写真1)。育児休業等の制度が整備されていない時代に、育児と仕事を両立させる困難についての体験談や、退職後にキャリアを再スタートさせた経緯についてお話しいたさ、女性がキャリア形成を考える上でのロールモデルとなる貴重なお話をうかがう機会となった。



写真1 特別講演

### 3. 2 昼食会

研修参加者のうちの希望者と関係者による昼食会を行った。神保大同学長、鶴飼学長、藤岡センター長、小畑技術部長、武藤副センター長にもご参加いただき、親睦を深めることができた。

昼食会で親睦を図ることにより、その後の研修で話しやすい雰囲気が生まれ、より活発な議論につながった。

### 3. 3 研修

#### 3. 3. 1 ディスカッション

参加者を4名ずつのグループに分け、進行役1名を加えてディスカッションを行った。

ディスカッション1と2でテーマを交代し、全員がすべてのテーマを議論できるよう計画した。また、テーマごとにメンバーを入れ替え、なるべく多くの人とディスカッションできる機会を得られるように工夫した。

ディスカッションの進め方は、テーマにつ

いての事前アンケートの回答を模造紙にはり、その回答を見ながら議論をし、新たに出た意見を模造紙に追加することとした。

事前アンケートの結果やディスカッションでの意見を視覚化したこと、それを見ながらさらに意見を重ねることで、より活発な議論につながった。(写真2)



写真2 ディスカッションの様子

### 3. 3. 2 交流会

ディスカッションで作成した模造紙を貼り出し、全てのグループの意見を見ながら交流できる機会を設けた。同じグループにならなかった人との交流も生まれ、活発な議論や意見交換がなされた。(写真3)



写真3 交流会の様子

### 3. 3. 3 まとめ

まとめとして、参加者全員がセミナーの感想や得たことなどを発表した。参加者より前向きな発言や、様々な発見や業務に役立つヒントを得たとの感想をいただき、目指していた成果が得られたと考える。

## 4. おわりに

セミナー企画から実現に向けて、約一年かけて準備したことにより、実務的な運営のノウハウを学ぶことができた。

また、20回の打ち合わせを通して研修内容を議論するなかで、ワークライフバランスや働き方に対しての様々な考え方や経験に触れ、話し合うことで考えることが多かった。

ワークライフバランスについては、現在働き方に困難を抱えている人だけの問題としてとらえるのではなく、周囲、職場全体の問題として認識し、すべての人が当事者意識を持ち、考えていくことの重要性を感じた。

今後は育児と仕事の両立の問題だけでなく、様々な働き方についての問題をテーマにこのような研修を開催できるとよいと感じた。

共催のダイバーシティ推進センターには様々な面で支えていただき、感謝申し上げます。

また、この研修を企画する契機を与えていただいた岩手大学の皆様に感謝申し上げます。

最後に、セミナーにご参加いただいた皆様、実施にあたりご協力・ご指導いただきました全ての皆様に感謝申し上げます。



写真4 閉講挨拶



写真5 集合写真

# 迷惑電話情報共有/自律着信拒否システムの開発と運用評価

石川 茂

情報解析技術課

## 1. はじめに

IP 電話, Skype for Business, VoIP Adapter を利用できる学内統合通信基盤環境における迷惑電話対策として, 迷惑電話情報を共有し自律的に着信拒否できるシステムを開発した. 本システムは利用者が各デバイスへの着信を拒否できる番号を一括設定できるとともに, この設定情報を統計処理した結果に基づき自律的に着信拒否の設定を行う. 2016 年 11 月より運用を開始した本システムの概要を運用評価とともに紹介する.

## 2. 開発背景

迷惑電話, 営業電話による業務効率の低下が問題となっている一方, その対策には大きく 2 つの問題点がある.

### 2.1 IP-PBX への設定コスト

統合通信基盤環境においては, IP-PBX サーバの管理 WebUI による着信拒否設定作業が利用者の複数の Session Initiation Protocol (SIP) ID ごとに必要なため登録には多大なコストがかかる. さらに, 利用者からの管理 WebUI の利用や他システムからの IP-PBX データベースへの接続を禁止している場合, 問題を手軽に解消することが困難である. WebUI API が非公開または存在しない場合も同様である.

### 2.2 個別対策の非効率性

複数の利用者が同一の迷惑電話を着信拒否設定するのは無駄であり, 効率的な対策が求められる.

## 3. 解決手法

### 3.1 WebUI 自動操作による登録

設定コストの問題に対しては, 利用者に代わり WebUI を制御するように作成したプロ

グラムに管理 WebUI を操作させることにより, この問題を解決できると考えられる.

Selenium 等の WebUI 自動化ライブラリを作成に利用することで複数の SIP ID への一括登録等を実現できる.

### 3.2 共有情報を用いた自動登録

個別対策の非効率性に対しては, 3.1 節の手法により利用者が手軽に登録した結果を RDBMS へ蓄積し, これを共有情報として 3.1 節のプログラムが利用することにより本問題も解決できると考えられる. 例えば, 閾値以上が登録された迷惑電話番号をプログラムが着信拒否設定すれば個人による登録作業の無駄を大幅に軽減できる.

## 4. 開発手法とシステム構成

### 4.1 WebUI 自動操作による登録処理

WebUI 自動操作による迷惑電話番号登録を実現するため, 迷惑電話番号を利用者から取得し IP-PBX サーバの管理 WebUI を操作できるように作成したプログラムと, 電話番号を格納する RDBMS, Web ブラウザをヘッドレスで動作させる X 仮想フレームバッファから構成される迷惑電話情報共有/自律着信拒否システムを開発した.

このプログラムは Selenium とその Firefox 用ドライバを利用し作成した. ヘッドレスで起動した Firefox に対しプログラムから送信された自動操作情報が X 仮想フレームバッファを経由し IP-PBX サーバの WebUI へ渡されるようにした. これにより, 対象の WebUI 各パーツへの操作を記述すればプログラム単体で対象, 即ち IP-PBX サーバ管理 WebUI を操作できる. その結果, 指定した SIP ID に対する任意の電話番号を着信拒否させることが可能となる.



本システムの WebUI から利用者が指定した電話種別 (IP 電話, Skype for Business, VoIP Adaptor), 登録または削除の処理種別, 迷惑電話番号に対し上記処理を実行する。その後, RDBMS の個別登録用テーブルへ利用者固有の情報として格納し, 本システム WebUI 上での登録状況一覧や削除操作に利用する。

#### 4.2 共有情報を用いた自動登録処理

共有情報を用いた自動登録を実現するため, 4.1 節で利用者が登録した個別登録用テーブルの情報を共有情報として利用し, 登録者数がある閾値以上の迷惑電話番号を自動的に IP-PBX サーバへ着信拒否設定する機能を 4.1 節のシステムへ実装した (図 1)。この結果, 個別登録を省力化できる。

具体的には, 自動登録機能の有効化または無効化, 個別登録された電話番号の登録者数がこの値以上であれば自動登録させる閾値 (1, 2, 5 人), 自動登録の対象とする電話種別を本システムの WebUI から指定する。その後, 利用者が指定した閾値の人数以上が登録した電話番号を算出し, 4.1 節と同様に X 仮想フレームバッファへリモートプロシージャコールで操作情報を送信する。ヘッドレスに起動した Firefox が IP-PBX 管理 WebUI 各パーツへの操作を行う HTTP リクエストを送信すると, 当該 SIP ID への着信拒否電話番号の登録または削除処理が実行される。

共有情報の変動により, 設定した閾値を登録者数が下回った場合は IP-PBX サーバの着

信拒否設定から当該電話番号を自動的に削除し, 上回った場合は追加する。これにより, 共有情報を反映した最新の迷惑電話番号へ自動的に更新する。

### 5. 運用評価

全学的な運用を 2016 年 11 月より開始した。利用者一人あたりの迷惑電話番号登録数は, その約 85%が自動登録によるものであり (図 2), 本システムにより拒否された迷惑電話は毎月約 130 件, 一人あたり毎月 2 件程度であることがわかった (図 3)。こうしたことから, 本システムの有効性を確認できた。

### 6. まとめ

統合通信基盤環境に向けた迷惑電話情報共有/自律着信拒否システムを開発・運用した結果, 本システムの有効性を確認できた。今後は登録速度のボトルネックとなっている WebUI 自動化処理の改善手法について検討を進めていく予定である。

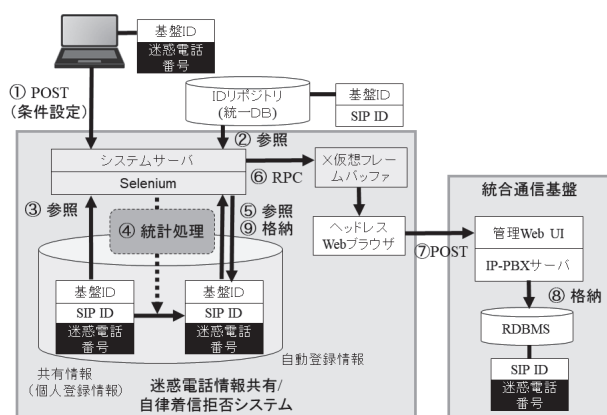


図 1 迷惑電話情報共有/自律着信拒否システム

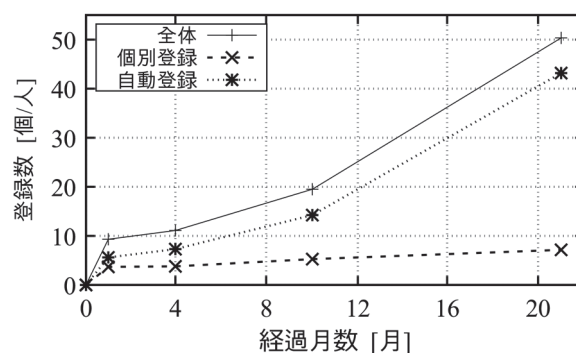


図 2 番号登録数の推移 (2016.11～2018.08)

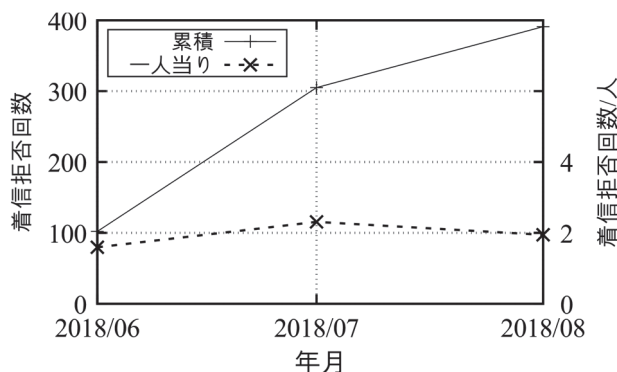


図 3 着信拒否回数 (2018.06～2018.08)

# Pure shift NMR への取り組み

瀧 雅人

計測分析課

## 1. はじめに

ここ数年の溶液 NMR における技術革新として、自己拡散係数を利用した DOSY (Diffusion Ordered Spectroscopy)法、クライオプローブによる感度向上、Non Uniform Sampling (NUS)による二次元測定の実現時間短縮などがある。これらに続く測定技術として Pure shift NMR が近年注目されている。

Pure shift NMR は一次元  $^1\text{H}$  スペクトル上の同核種間  $J$  カップリングを広帯域にデカップリングする手法の総称であり、このような測定を用いることで  $^1\text{H}$  スペクトルでも一次元  $^{13}\text{C}$  スペクトルのようにシングレットの信号のみからなるスペクトルを得ることができる(図 1)。これにより高磁場 NMR に頼らずに分解能の向上ができ、二次元スペクトルにおける相関の明確化が期待できる。今後、取り扱う分子が複雑化・高分子化したときに Pure shift NMR が威力を発揮するのではないかと思います、学内利用での普及を目指し Pure shift 法の習得に取り組んだ。

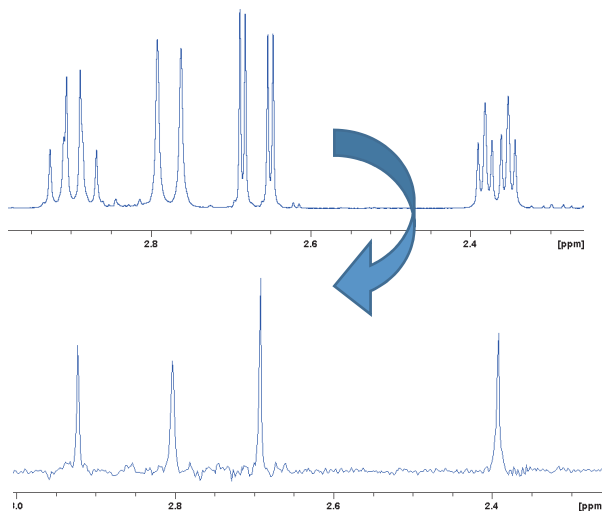
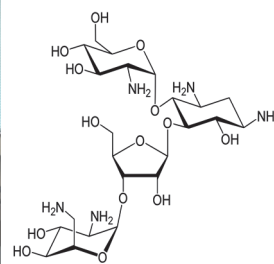


図 1 Pure shift NMR 測定例 (上: 通常の  $^1\text{H}$  スペクトル, 下: Pure shift スペクトル)



図 2 装置外観



Paromomycin

## 2. 測定手法

測定は Bruker 社製 AVANCE III 500 CryoProbe で行い、測定サンプルとして Paromomycin ( $\text{D}_2\text{O}$  溶媒)を使用した(図 2)。現在すでに様々な Pure shift 法が提案<sup>[1]</sup>されており、その中から以下の手法で測定を行った。

- ① Zangger-Sterk (ZS)法
- ② Pure Shift Yielded by Chirp Excitation (PSYCHE)法
- ③ BIRD-HSQC
- ④ PSYCHE-TOCSY

## 3. 測定結果

### 3. 1 一次元測定

用意したサンプルについて通常の測定法と Pure shift 法で測定を行い、結果を比較した。図 3 に一次元測定の比較スペクトル(一部拡大図)を示す。上から PSYCHE 法, ZS 法, 通常の  $^1\text{H}$  スペクトルである。通常の  $^1\text{H}$  スペクトルと Pure shift 化されたスペクトルを比較すると、シグナルが先鋭化され分解能の向上が見られる。さらに ZS 法では 3.24ppm と 3.80ppm 付近のシグナルがそれぞれ 2 本ずつ

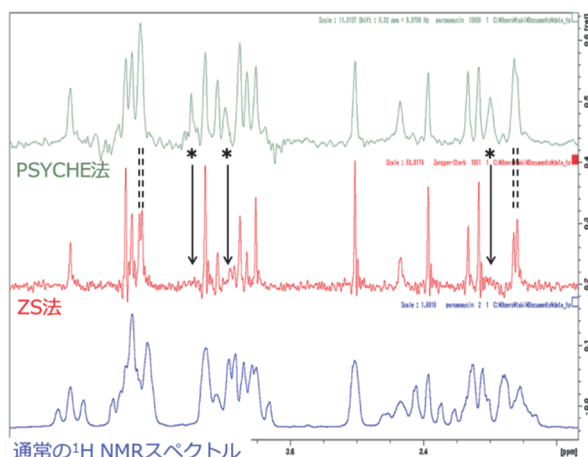


図3 一次元測定比較 (上: PSYCHE 法, 中: ZS 法, 下: 通常の  $^1\text{H}$  スペクトル)

あり, PSYCHE 法よりも分解能が高いことがわかる. また PSYCHE 法では ZS 法にはないシグナルが確認できる(3.28ppm, 3.67ppm, 3.73ppm)が, これらは実際には存在しないシグナル(アーティファクトという)であることが後の二次元測定等を用いたデータ解析から判断できた.

ZS 法は分解能が高い一方で, 測定時間が長く感度が悪い, というデメリットがある. 図3 ではすべて同じサンプル濃度, 積算回数 4 回で測定しているが, 測定時間はそれぞれ PSYCHE 法で 12 分, ZS 法で 30 分, 通常の  $^1\text{H}$  測定で 1 分となっている(表 1).

### 3. 2 二次元測定 BIRD-HSQC

HSQC は横軸  $^1\text{H}$  NMR, 縦軸  $^{13}\text{C}$  NMR の二次元測定で, 直接結合している水素と炭素を調べることができる(図 4). 図 5 に測定結果(一部拡大図)を示す. BIRD-HSQC は通常の HSQC と比較すると少しシグナルが小さくなっただけで, Pure shift としての大きなメリットは感じられなかった. しかしジェミナルな

表 1 測定条件

	積算回数	データポイント数	測定時間
PSYCHE	4	64	12min
ZS			30min
$^1\text{H}$ NMR		-	1min

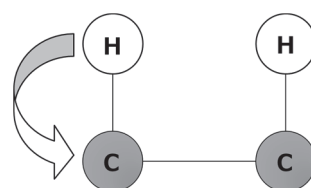


図4 HSQC

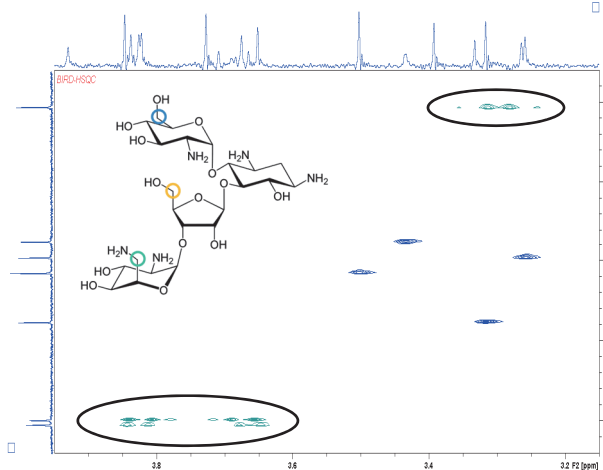


図5 BIRD-HSQC

$^1\text{H}$  については Pure shift 化されない, という性質を利用してメチレンの帰属を行うことができた.

### 3. 3 二次元測定 PSYCHE-TOCSY

TOCSY は両軸とも  $^1\text{H}$  NMR の二次元測定で, スピン結合によって繋がる  $^1\text{H}$  グループ(スピンネットワーク)を観測できる(図 6).

PSYCHE-TOCSY では, F1 軸(縦軸)方向のみ Pure shift 化されるので, Pure shift 化された効果がわかるように通常の TOCSY よりもデータポイント数を多くとる必要がある. 今回測定した条件, 時間を表 2 に示す. F1 軸方向のみ Pure shift 化された測定結果はコバリアンス処理を行うことで両軸とも Pure shift 化

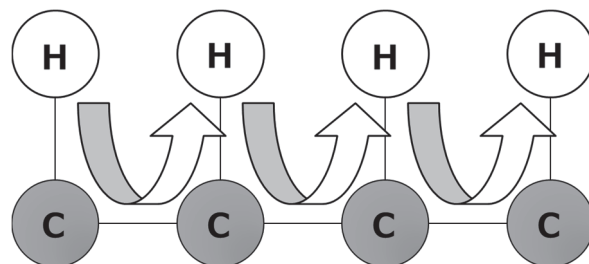


図6 TOCSY

表 2 TOCSY 測定条件

測定条件	通常の TOCSY	PSYCHE -TOCSY
F1 軸データ ポイント数	1024	2048
積算回数	1	8
測定時間	1h27min	9h37min

された結果を得ることができる(図 7). これらの操作によりスペクトルピークが先鋭化され, また, ミキシングタイムを変えて測定を行うことで詳細に帰属ができた(図 8-14).

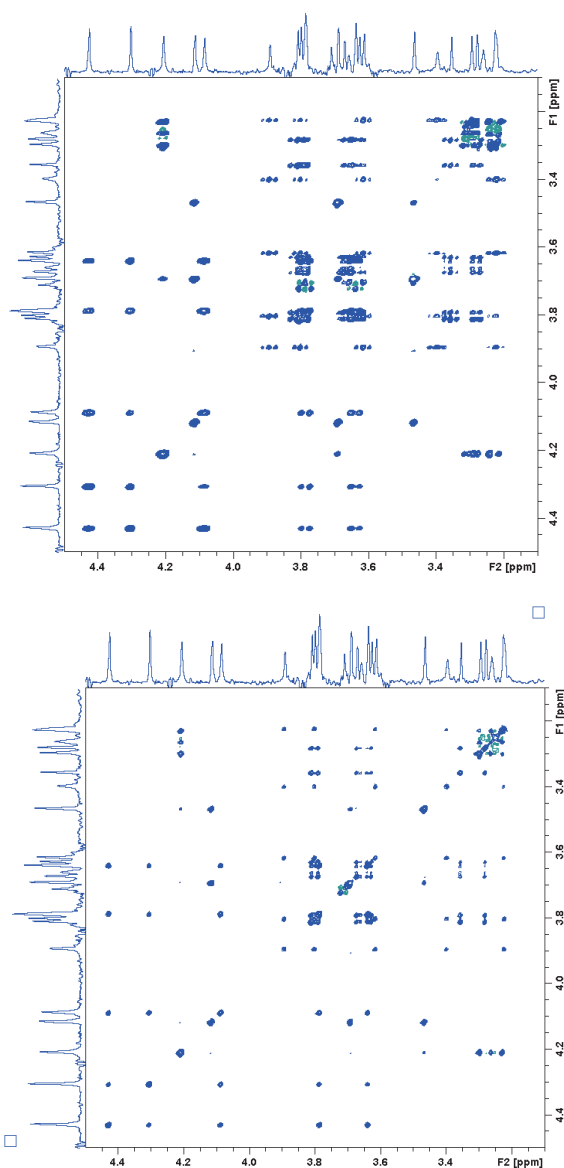


図 7 PSYCHE-TOCSY (上: 測定直後, 下:コバリアンス処理後)

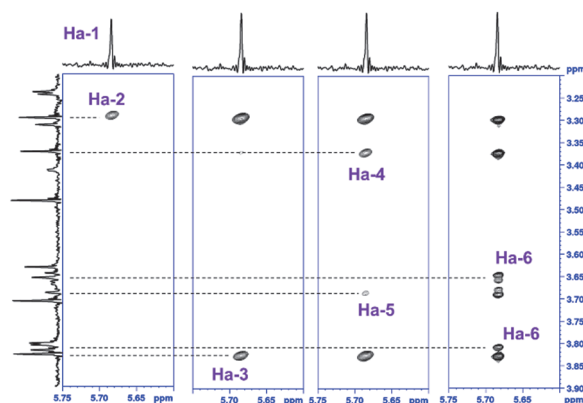


図 8 PSYCHE-TOCSY (左から mixing time=20ms, 50ms, 80ms, 150ms)

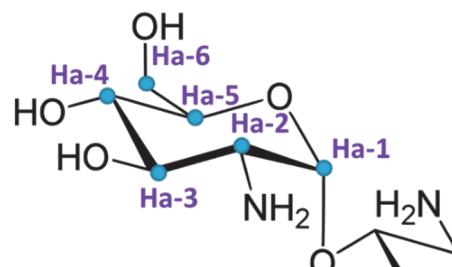


図 9 部分構造の帰属

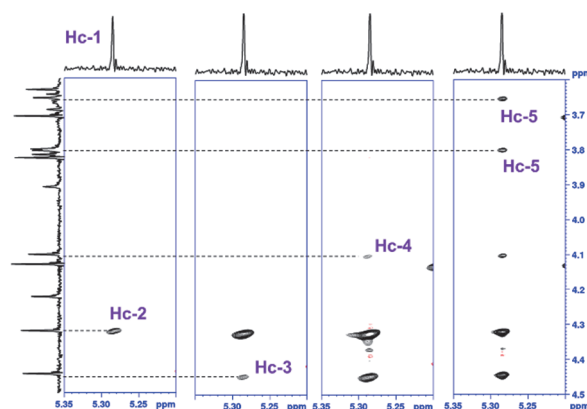


図 10 PSYCHE-TOCSY

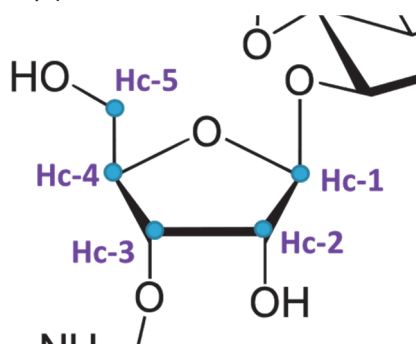


図 11 部分構造の帰属

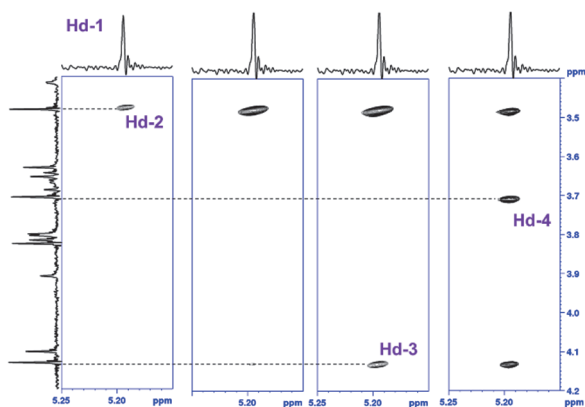


図 12 PSYCHE-TOCSY

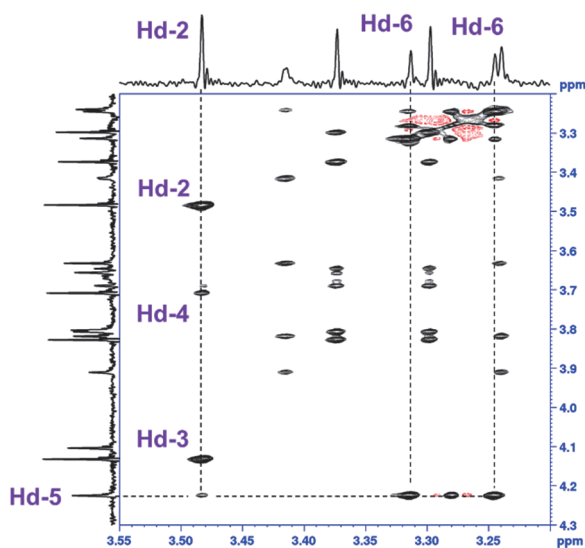


図 13 PSYCHE-TOCSY  
(mixing time=150ms)

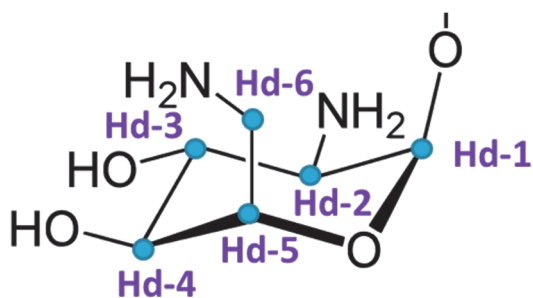


図 14 部分構造の帰属

#### 4. まとめ・今度の課題

どの測定法も与えられたパルスシーケンスで測定することができた。また、一次元測定はアーティファクトを生じることがあるため、解析には注意が必要であることがわかった。PSYCHE-TOCSY では F1 軸のみ Pure shift 化

されるため、F1 ポイント数を多めに設定する必要がある、その分測定時間が長くなることがわかった。

今後は、学内利用を普及させるために自動連続測定 (IconNMR) へ対応させて、毎年 4 月初旬に実施している講習会で Pure shift NMR について説明を行い、学内へ周知する。

#### 5. さいごに

Pure shift 法を習得し、学内利用への準備を実施した。今後も引き続き利用へ向けた準備と、その他の Pure shift 法の習得に努める。

最後になりましたが、パルスシーケンスを提供いただき測定の相談にのっていただいたブルカージャパン株式会社 平野桐子氏に感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] Manchester NMR Methodology Group, Pulse Sequences(2018), 最終閲覧日 2018/7/11, <https://www.nmr.chemistry.manchester.ac.uk/?q=node/255>.



# 細胞分離を目的としたマイクロフレイディクスの最適設計

高木 優斗<sup>1)</sup>，新谷 勝大<sup>2)</sup>，奥野 斗希也<sup>2)</sup>，矢野 賢一<sup>2)</sup>，川本 英嗣<sup>3)</sup>，島岡 要<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 三重大学工学部・工学研究科技術部，<sup>2)</sup> 三重大学大学院工学研究科機械工学専攻，

<sup>3)</sup> 三重大学大学院医学系研究科分子病態学講座

## 1. 緒言

悪性新生物による死亡率が高い原因として転移があげられる．転移は原発巣から血液中に浸潤した血中循環腫瘍細胞（CTC）が別の組織で増殖することが原因といわれている．近年，CTC を血液中から取り除く研究が行われており，特に血液中から細胞を分離する装置としてマイクロフレイディクスが注目を集めている．しかしながら，現在のマイクロフレイディクスでは細胞をフォーカスさせるためのシース液が必要であるものや連続的に細胞を取り出すことができないものが多い．

本研究では，シース液を必要とせず，連続的に細胞を取り出すことのできる装置として新たなマイクロフレイディクスを提案する．装置内で意図的に渦を生成し，この現象を利用することで細胞を分離するコンセプトに基づく．細胞分離が可能な形状を CFD シミュレータと最適化手法を組み合わせで設計する．

## 2. 最適化問題の定式化

図 1 に基本となる設計形状と設計変数を示す． $x_1$  から  $x_4$  までは拡大部の寸法となっており， $x_5$ ， $x_6$  が流出口である Outlet の幅を表す変数となっている．以降は流体と細胞が流入する流路を Inlet，Inlet に遠いほうの Outlet を Outlet1，近いほうの Outlet を Outlet2 と呼ぶ．本設計形状は 3 次元 CAD 設計ソフトウェアである Dassault Systemes SolidWorks 社製の SolidWorks を使用する．本形状は直線および曲線で描かれた外形を押し出すことで三次元的な形状を形成している．なお，本設計では押し出し距離つまり，形状の厚さは  $50\mu\text{m}$  で一定としている．本章で示した 6 変数に対し

て，多目的遺伝的アルゴリズム NSGA-II [1] を適用し最適化を行う．

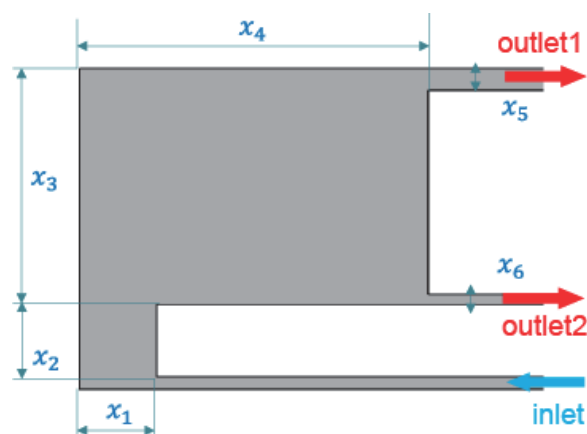


図 1 基本形状と設計変数

設計された形状の良し悪しを数値的に評価するための関数として目的関数  $J_1$  および  $J_2$  を立て評価を行う．目的関数  $J_1$ ， $J_2$  を以下に示す．

$$J_1 = \frac{1}{(y_{L,lim} - y_{s,lim})} \quad (1)$$

$$J_2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^{13} (y_{L,i+1} + y_{L,i})(x_{L,i+1} - x_{L,i}) - \sum_{i=1}^{13} (y_{s,i+1} + y_{s,i})(x_{s,i+1} - x_{s,i})} \quad (2)$$

ここで， $X=0\mu\text{m}$ ， $Y=200\mu\text{m}$  の点を原点とし，その点から X 方向に向かって Outlet に到達する範囲に存在する粒子に順に粒子に番号を付けている． $x_{L,i}$ ， $y_{L,i}$  は  $i$  番目に存在する  $13\mu\text{m}$  の粒子の X 座標と Y 座標を， $x_{s,i}$ ， $y_{s,i}$  は  $i$  番目に存在する  $10\mu\text{m}$  の粒子の X 座標と Y 座標を表している．また， $x_{L,lim}$ ， $y_{L,lim}$  は最も Outlet に近い粒子の X 座標と Y 座標を表している．

$J_1$  では Outlet に到達した時点の粒子の Y 座標の差を取ったものの逆数を計算している．

つまり、大きさの異なる粒子の Y 座標の位置の差が開いていればいるほど  $J_1$  は小さくなるため分離しているかいないかを判断するための関数となっている。しかし、 $J_1$  のみの単目的最適化を行う際に評価値空間上の個体分布の現れ方が問題点として挙げられる。分離できていないすべての形状において  $J_1$  を計算すると、上下一方の流路に粒子が流れて行っている為、ほとんど評価値に差がない。そのため、混雑度トーナメント選択においてどの個体を選べば最適解の方向へ近づいてゆくかというものがわからず、分離できる形状が導出されるまではほぼランダムで交叉を行っている状態と変わらず、解の収束が非常に遅くなってしまう。そこで、目的関数  $J_2$  を設定する。 $J_2$  は  $13\mu\text{m}$  と  $10\mu\text{m}$  の粒子の位置をプロットすることで、各粒子がたどる 2 つの軌跡を割り出し、それらに囲まれた面積を求めることでその形状を評価する。この評価関数では、二つの軌跡がほとんど同じものとなった場合、作りだされる面積は微小であるため評価値は大きく計算される。逆に、二つの軌跡が大きく異なれば、作り出される面積は小さくなり、評価値は小さくなる。これによってたとえ同じ Outlet に流れていったとしても内部の軌道差を考慮し、二種類の粒子の軌道を遠ざける方向へ形状を変化させることができる。この  $J_1$ ,  $J_2$  の二つの目的関数を最小にするような個体を導出する。

### 3. 最適化結果と実験による分析

最適化の結果、次のパラメータが得られた。

表 1 最適化により得られた設計変数値

設計変数	値	設計変数	値
$x_1$	310	$x_4$	947
$x_2$	297	$x_5$	87
$x_3$	1398	$x_6$	41

また、PDMS で実際に細胞分離用のマイクロフレイディスクを製作し実験を行った。対象

とする細胞は、マウスリンパ球である TK-1（直径約  $10\mu\text{m}$ ）と慢性白血病細胞株である K562（直径約  $13\mu\text{m}$ ）である。流入流量が  $0.4\text{ml/min}$  での実験結果を次に示す。

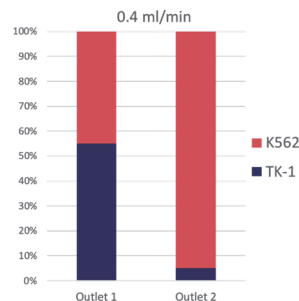


図 2 各 Outlet での細胞比率 (0.4ml/min)

この結果から、流量が  $0.4\text{ml/min}$  の場合では Outlet1 において 2 種類の細胞がほぼ半分の割合で存在している。一方で Outlet2 においては径の大きい細胞である K562 が約 95% の純度で回収できていることが確認できた。

### 4. 結言

CFD シミュレータにて小さな細胞径を持つ TK-1 と大きな細胞径を持つ K562 の細胞を想定した粒子の軌道を解析した。最適化には粒子の軌道差を評価する関数と粒子の最終位置を評価する関数の二つを用いて粒子を分離可能な形状を導出した。導出した形状は PDMS のキャストイングによって作製し、TK-1 と K562 を用いて細胞の分離実験を実施した。

結果として、一部の K562 を約 95% の純度で分離することができた。また、本研究で得られた知見により、さらに高い性能を持つ渦を用いて連続的に分離可能なマイクロフレイディスクの設計に寄与できると考えられる。

### 参考文献

- [1] K. Deb, S. Agrawal A. Pratap, and T. Meyarivan. “A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II”, IEEE Trans. Evol. Comput., Vol. 6, No.2, pp. 182-196, 2002

# 中国山地のイタヤカエデによるメープルシロップの生産

米田 亜沙美

鳥取大学 技術部農学系部門 フィールド系第1グループ

## 1. はじめに

一部の落葉広葉樹では、早春に糖を多く含む木部樹液が上昇する現象がみられる [1]. カエデ属樹木では、冬季の低温によって木部に貯蔵されたデンプンが可溶性糖へ変換され、導管内に蓄積することで樹液の糖濃度が高くなる [2, 3]. そのため、初春のカエデ樹液は甘く、シロップを採取することができる. 特にカナダのサトウカエデ (*Acer saccharum* Marshall) は著名である.

カエデの樹液溢出機構についての研究は、生物学的および物理学的な機構を伴う様々な仮説が提示されているが、全ての観察事例を説明できる十分な仮説は存在しない [4]. なかでも樹液溢出量と環境要因との関連性を示した報告は多く、エゾイタヤ (*Acer pictum* Thunb. subsp. *mono*) では、気温が夜間-4℃程度で昼間 7.5~10℃程度に上がる時期に排液がある [5].

このように、木部樹液の上昇や流出は気温との関係性が高いといわれている. しかしながら、冬季の樹液溢出量と樹液流速および、環境条件との関係については未だ不明な点が多い. うえ、これまでの調査は北海道等でなされており、日本の豪雪地帯の南限である中国山地での調査事例はない. 北海道とは気象条件が大きく異なる中国地方において、木部樹液上昇と環境条件を観察することは、冬季の樹液溢出機構の理解に大きな意義を持つ.

そこで、イタヤカエデの樹液溢出量の計測と生育環境の変動との関係について調査したので紹介する.

## 2. 材料と方法

調査は2016年2月1日から6月1日までの期間、岡山県真庭市蒜山山徳山にある鳥取大学農学部附属フィールドサイエンスセンター教

育研究林『蒜山の森』の林内に自生するイタヤカエデ (*Acer pictum* Thunb.) 7本を対象として調査した (図-1).

樹幹を径18mmのドリルで5cm程度穿孔し、そこにタンクを設置して1~2日置きに樹液を回収し、採取した樹液の重量を測定した. グラニエ法にて [6] グラニエセンサーを0~2cm, 2~4cm, 4~6cmの辺材深さに設置し、樹液流速の測定を行った. 2月8日からフェノロジーの調査も行い、写真を撮影し全体の何パーセント開葉しているかを目視によって評価した. 気温は、蒜山の森の気象ステーション (HOB0 U23 Pro v2) で測定した. また、採取した樹液の糖度を測定した.

## 3. 結果と考察

調査期間中に試供木7本の合計で約122kgの樹液溢出があった. 樹液溢出量は、前日の日

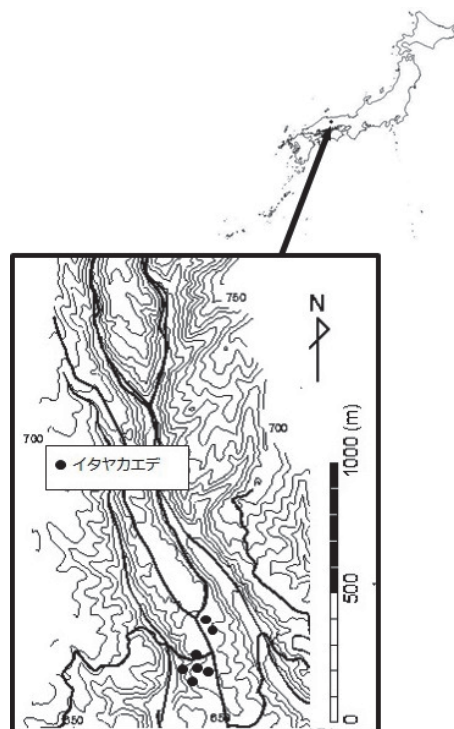


図-1 調査地

最低気温が $-5^{\circ}\text{C}$ 程度で、日最高気温が $7.5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 程度にあるときに増加する傾向が見られ (図-2a), これは既報と一致した [5]. 2月1日にはすでに樹液溢出が見られ, 樹液流速は当初から速い結果となった (図-2b). 穿孔深さでの樹液流速の差異は見られなかった. 樹液溢出量の増減と樹液流速の増減は, 比較的同調する傾向が見られた. 3月下旬に樹液溢出が減少したとき, 樹液流速も同様に低下し, 一時的にみられなくなったが, 4月下旬には樹液流速は再び上昇した. これは4月中旬から展葉がはじまり, 蒸散が起るためと考えられた (図-2c). 糖度は樹液溢出量の減少とともに徐々に低下し (図-2d), 樹液の濃度は初期に高く, 末期になるにつれてわずかに低くなるという報告 [5] に沿う結果となった. 材内の凍結と融解が樹液溢出機構と関連があるという説がある [4]. 今後は, 実際に材内が凍結しているのか, 辺材温度の測定などを行って検討していく必要があると思われる.

## 参 考 文 献

- [1] 黒田慶子, 樹木の中の水の流れをどうとらえるか, 学術の動向, vol.21, No.2, 62-65 (2016)
- [2] Marvin JW, Morselli MF, Laing FM, Rapid low temperature hydrolysis of starch to sugars in maple stems and maple tissue cultures. Cryobiology, 8, 339-351 (1967)
- [3] Sauter JJ, Iten W, Zimmermann MH, Studies on the release of sugar into the vessels of sugar maple (*Acer saccharum*), Can J Bot, 51, 1-8 (1973)
- [4] M. T. Tyree, M. H. Zimmermann, 植物の木部構造と水移動様式, シュプリンガー・ジャパン株式会社, 81-88 (2007)
- [5] 福山伍郎・半澤道郎, 槭の樹液に就いて (第一報), 北海道帝国大学農学部演習林研究報告, 11, 105-147 (1940)
- [6] 立石麻紀子・宮崎寛大・山本福壽・毛恵平・岡田憲和・山中中和, 中国内モンゴルクブチ砂漠に植栽された小葉楊(*Populus simonii* Carr.)の水利用と成長に及ぼす埋砂の影響, 日本緑化工学会誌, 39, 68-73 (2013)

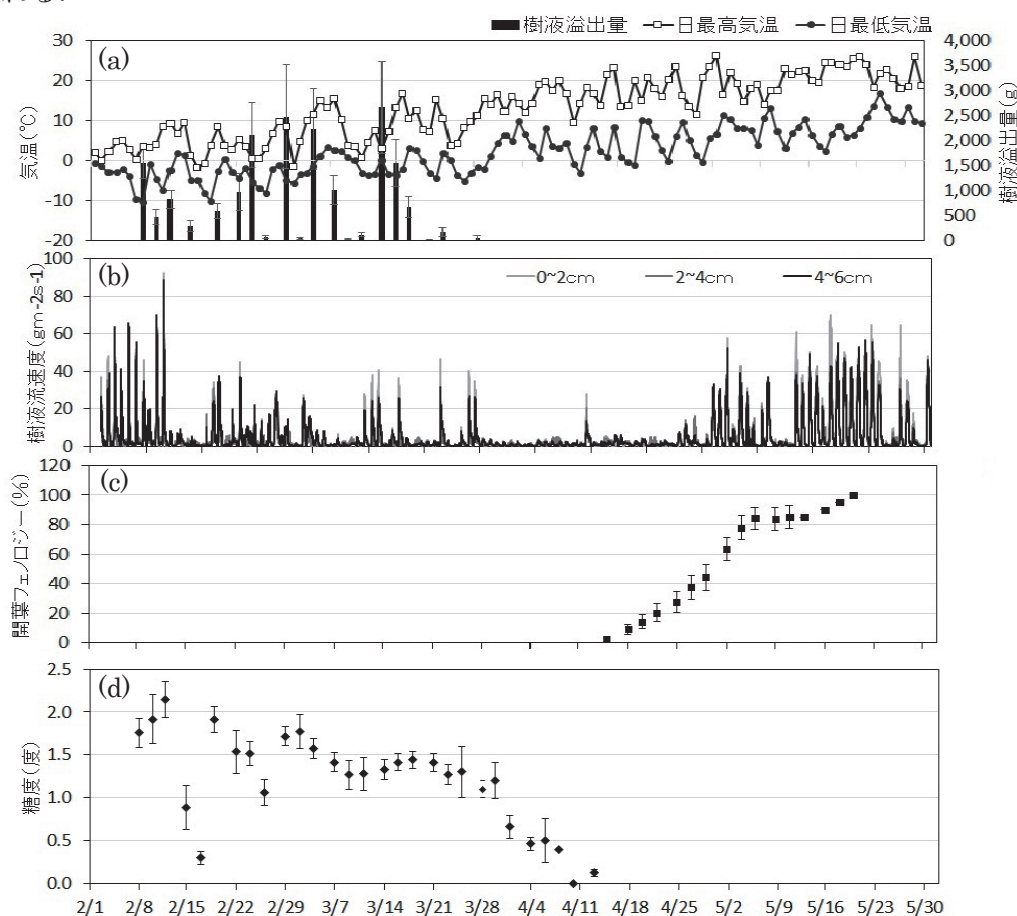


図-2 気温と樹液溢出量, 樹液流速, 開葉フェノロジー, 糖度の関係