

第 8 回低温度差スターリングエンジン競技会・発表会

日本機械学会技術と社会部門
工学・技術教育委員会委員長
加藤 義隆(大分大学)

1. 概要

2018 年 11 月 10 日、大分大学旦野原キャンパス理工 9 号館にて、第 8 回低温度差スターリングエンジン競技会・発表会を実施した。8 組の団体から 11 作品の出品があり、19 人が出席した。斉藤氏が優勝した。当日の作品の動画は <https://youtu.be/LfazDnfFMq8> で紹介している。以前から参加している主要な団体は、それぞれに動かないスターリングエンジンがあり悩んでいた。実際にスターリングエンジンに取り組むと地道な取り組みが不可欠なのだが、そういった見所をスターリングエンジンの工作未経験者に説明する仕掛けが必要である。

2. 行事の趣旨

今回低温度差スターリングエンジンを出品した者は、中学生と大学 3 年生、卒業研究に取り組む大学 4 年、個人で取り組まれている民間企業の技術者、大学教員である。出席者の中には、スターリングエンジンの工作未経験者もいたが、主に経験者の集会だった。会場近辺の地域に対する広報は、大分大学で実施した夏休み期間中の工作教室と共に広報した。今回の競技会・発表会単独の広報活動は直近の大分大学の大学祭やその他催しでチラシを配布した以外にしていない。

3. 発表の様様

行事は事前に公開された参加の手引きに概ね従って進行された。手引きの PDF ファイルが公開されたリンク元は、<https://www.jsme.or.jp/tsd/kouen/index.html> の日本機械学会技術と社会部門が行事や催しを紹介するウェブサイトである。

10 時以降、順次出品者や参加者が来て、作品の組立や試運転などの準備を行った。13 時過ぎに開会し、1 グループずつ動作実演とアピール、質疑応答を行った。一通りの動作実演の後に、コーヒースタンドをしながら情報交換を行った。コーヒースタンド中も、まだ動作していなかった作品の運転が試みられた。16 時に閉会した。

審査は、その場にいた日本機械学会技術と社会部門 工学・技術教育委員会委員が、コーヒースタンドの時間に別室で話し合った。評価基準は曖昧だが下記のとおりである。

- ・優勝 1 名：競技ルールで 1 位の者
- ・敢闘賞 0～若干名：競技会・発表会を盛り上げるような「何か」のある者

- ・挑戦賞 0～若干名：不動でも頑張った雰囲気のあるグループ
- ・造型賞 0～若干名：見た目の良い SE の表彰
- ・その他 0～若干名

表1 動作実演順に表示した出品者の名簿

氏名	所属もしくは出品団体	備考	審査結果
齋藤晋一	大分大学理工学部教員	新規にリンク機構を設計した作品が出品された。また 2018 年 8 月 25 日の大分大学の工作教室で作ったものと同型で、2016 年に優勝した機種も持参した。	
漆間隼	大分大学教育学部附属中学校 2 年生	大分大学の工作教室 2 日コースに 2018 年夏に参加して、大分大の加藤が提案する形式を製作し、それを出品。	敢闘賞
楠本大輝	大分大学工学部機械・エネルギーシステム工学科 3 年	大分大の加藤が提案する形式を製作して出品。	
立野結女	千葉工業大学 工学部 機械サイエンス学科 4 年	オーソドックスな低温度差模型スターリングエンジンだが、設置可能な場所を増やす意図で底の近くにネオジウム磁石が搭載されている。アクリルのシリンダと組み合わせたピストンは、アルミから丁寧に削り出されている。	
加藤壮太	千葉工業大学 工学部 機械サイエンス学科 4 年	回転式ディスプレイサ。輸送中にピストンが割れてしまった。	
高井優磨	千葉工業大学 工学部 機械サイエンス学科 4 年	底面にネオジウム磁石が搭載されている。上下別々に動くガイドローラを介してプーリーが引き回され、二つの向きが異なるフライホイールを回す設計だった。	挑戦賞
斉藤 貞幸 佐藤公一 染矢尊直	失敗学会 ゲームと失敗学分科会	染矢氏は当日欠席。出品作品は細かく改善が施され、出力が向上した。7.9g の重りを 8 秒で鉛直上方に 10cm 引き揚げた。回転式ディスプレイサの作品は破損が報告された。	優勝
加藤義隆	大分大学理工学部教員	2018 年度の工作教室で利用された機種を改変したものが 2 台と、漆間氏や楠本氏と類似の機種のベローズの素材を変えたものが出品された。	

現時点では、日本機械学会技術と社会部門からの公式の表彰はない。なお、競技の概要は図1に示すように、低温度差スターリングエンジンで引き上げる重りの重さと速さを競うものである。動作実演や発表の様子を図2~10、出席者の集合写真を図11に示す。

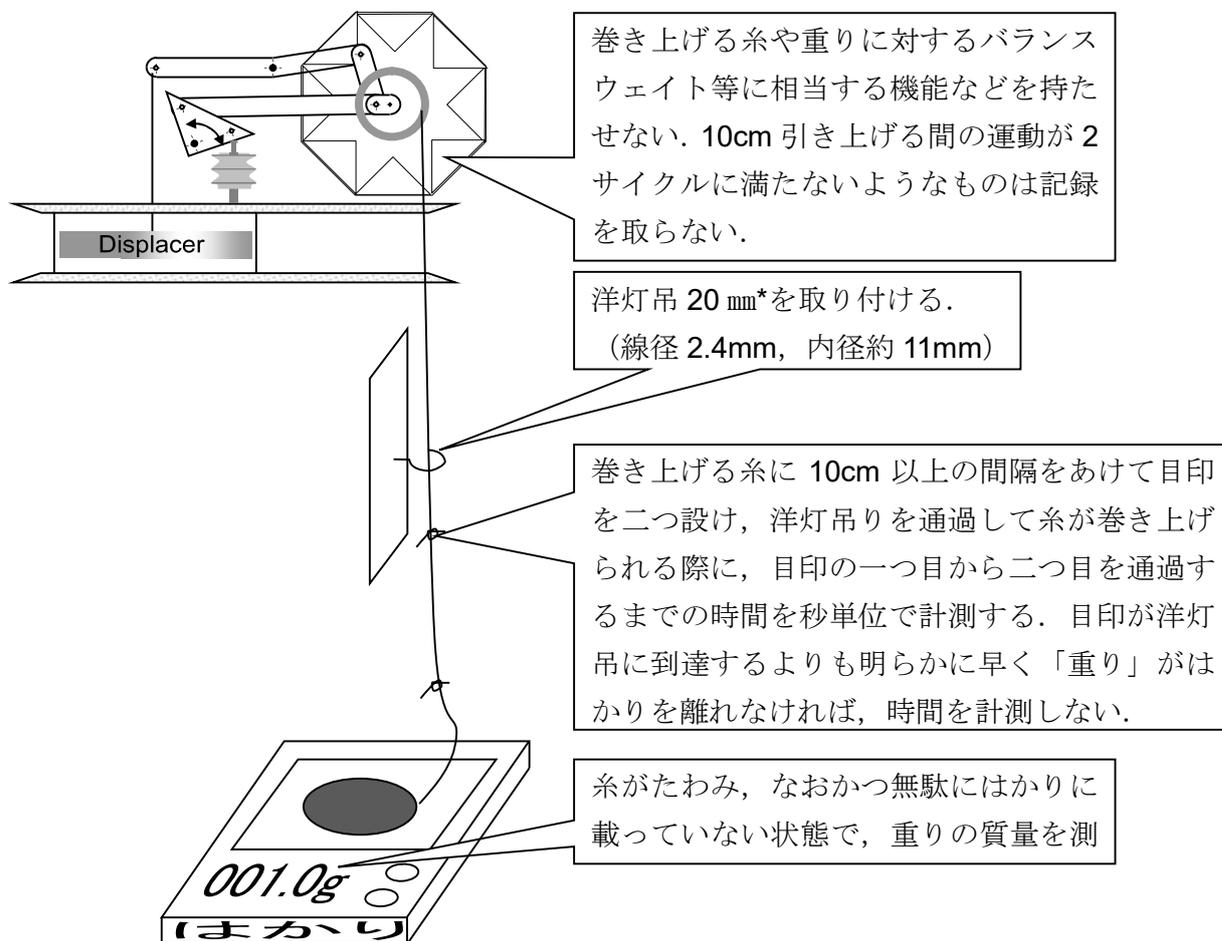


図1 競技の方法



図2 大分大の齋藤氏の発表。左下に一部見えるものも出品作品



図3 大分大学教育学部附属中学校の漆間氏の動作実演

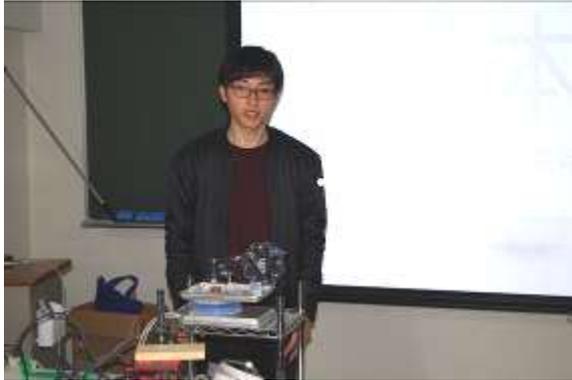


図4 大分大学の楠本氏と作品



図5 千葉工大の立野氏の発表

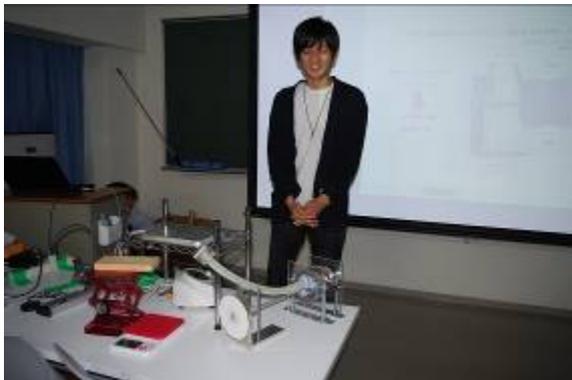


図6 千葉工大の加藤氏の発表. 「練習会」の時は組み立った状態の作品が見られた



図7 千葉工大の高井氏と作品



図8 挑戦賞選出に影響した部品

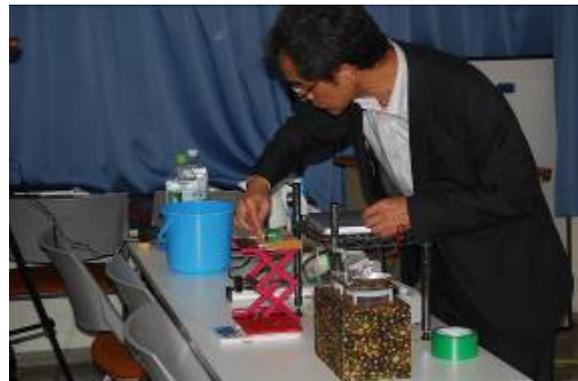


図9 失敗学会の斉藤氏の競技の準備

ここでの写真は出品者の紹介にとどめる. 図2~10では作品の様子が分かりにくい, 出席者同士は互いに作品を持ち寄って発表を行った. 今回は出席者で作品を取り囲んで議論する場面が少なかった. 発表の時間は長いので, 途中で休憩を入れた.



図 10 大分大の加藤の作品のうち 2 台



図 11 集合写真

4. 今後への期待

図 12・13 は、発表前や発表中の休憩時間に会場内で調整や組み立てに取り組んでいる参加者の姿が見られる。今回動かなかった方が残念な気分を味わったと推測する。行事としては盛り上がりにくい要素だが、大学生がこういった差し支えないところで失敗する経験も大事だと個人的に思う。私も、1997 年の第 1 回スターリングテクノラリーに動かないスターリングエンジンを持って会場に行き、どうにもならずにみじめな気分だった。しかしスターリングエンジンを工作した経験は、その後公私を問わず物を作る場面で活きた。

私の場合は、初めて動くまでが大変だった。「一度コツをつかめば大丈夫」ということもない。私のスターリングエンジンが始めて動いたのは 2005 年 7 月 31 日である。ちなみに、その晩の祝杯は今回の非公式な懇親会の会場のカウンター席で一人挙げた。プラント系の実験で経験を積み、2004 年にスターリングエンジンの工作を再開した翌年である。



図 12 「練習会」の様子



図 13 「動作実演」の合間の休憩

私は、ある程度、失敗が許容されるべきだと思うし、不可欠だと思う。私自身は、最近、試作に至らない計算や思考でボツにするものが多い。ただし「やってみなければ分からない」のは上手く行く見込みがあるときの話で、「絶対に失敗する」見込みがあるときは成功しない。「絶対に失敗する」と判断するには学力や経験が相応に必要で、失敗の経験無しに身につく気がしない。私は今でも失敗はある。人前でデモをするときに動かなかったことは数知れずある。新しい挑戦は、通常は部品ごとに挑戦をしているが、計算や思考より試作の方が早く

判断できることもあるし、試作で成功しなければ次に進むことはできない。

2018年の事前の写真提出は十分な効果が見られなかった。大学生を対象に、事前にデザインや作業スケジュールを審査するような活動を取り入れるのも個人的には興味がある。しかし上述のように、身をもって失敗を体験するのも良いように思う。作業スケジュールを含めたデザイン審査の導入は判断を保留にするが、次年度も新しい試みをする予定である。

5. 見所が不明確

今回は出品者以外の出席者で、スターリングエンジンの工作が未経験な方もいた。しかし発表者とは絡みにくい雰囲気だった。

見所ではないが、会場に関係者以外が入りにくい雰囲気もあった。これは、過去にも何度か指摘を受けていた。練習会の時は、出品者が組み立て等に一生懸命で、気軽に会場に足を踏み入れる雰囲気ではない。まだ今回は、運営補助のアルバイトの大学生でスターリングエンジンと関わりの無い方がいたので、その学生アルバイトの方々がマメに声をかけてくれたりして、助かった部分がある。技術的な対応が可能な者は、どうしても出品者への補助等の対応に入ってしまうので、外来者への対応に特化した補助者が不可欠である。具体的な改善策は思いつかないものの、2019年度には何かしらの対応をしたい。

「作ったら動く」と勘違いされる傾向がある。動いているだけの発表や動いていない発表は良く分からない。元々この問題は競技会・発表会を企画する動機の一つで、未経験者には取り組んだ者の苦勞が分からない。説明しても伝わらないが、伝える努力が必要である。興味を持って出席した方に向けて、聴いて頂けるような説明を用意したい。2018年までは漫然と審査用紙を配布していたので、2018年12月の段階では審査用紙と連動するような資料の作成を構想している。一方で、「スターリングエンジン」に興味を惹きつけなければ、説明は受け付けられない。

見る者を問答無用で惹きつける魅力を持つ出品作品は今回無かった。今回は運営を手伝ってくれた学生に経済学部の方がいたが、特に興味を示す様子は見られなかった。次年度は作る楽しさや動きの面白さを表現するスターリングエンジンを私自身の課題として取り組みたい。出品者各自に目指す方向性があるので、ここは私自身の課題である。行事等でデモンストレーションしていて子供が手を出すのは、図10の手前のタイプではなく奥のタイプの方が多い。大人でも触り出すとクセになるようで、仕事の打ち合わせ中ずっと触っていた人もいる。幸い、そういった糸口になりそうな経験もあるので、通りがかりの人を引き付ける魅力のあるスターリングエンジンの製作にも労力を割きたい。

スターリングエンジンが、産業機械や趣味の玩具を含めた一般的な機械と異なる点に、説明をすることも、見所を理解して頂くための助けになる。今回の出席者に、プラント系の技術者で、催しの運営やスターリングエンジンと無関係な方がいた。後日その方から、質問のメールを頂いた。私からの返答として、材料に紙や木材を使わない理由、火傷のリスクが少ない使い捨てカイロを用いない理由、潤滑油を使わない理由、気密の確認で石鹼水を使っていなかった理由、太陽光による駆動の可能性などを、返信した。返信の文章は長く、催しで資料配布しても、多くの人は読む気になれない。しかしながら、スターリングエンジンに取

り組む者は一度振り返って参考にして良い質問だと思う。質問の中で、太陽光で駆動するのはまだやっていないが、私は紙・木材・潤滑油・使い捨てカイロ・石鹼水は使った経験がある。紙と石鹼水は今も使う。

スターリングエンジンが動いた人と動かしたことが無い人でも、見えるものが異なる。上述の通り、私も自分のスターリングエンジンが長く動かなかった期間がある。動くスターリングエンジンに必要な気密や動きの滑らかさがどの程度か、分からなかった。そこに配慮していける仕掛けを、この低温度差スターリングエンジン競技会・発表会の中でも時間を割くようにしたい。自分の提案した「手作り模型スターリングエンジン」を宣伝するだけの時間になるかもしれないが、お勧めである。「手作り模型スターリングエンジン」は今回、漆間氏と楠本氏が出品してくれた。「パワー」や「力強さ」よりも「回転し易さ」を追及したため、位相差が一般的な 90 度ではない。これは熱力学的な「呪い」のひとつとして、お湯を上から注いだ場合でも力強さは約 3 分の 1 程度で、下から加熱すると力強さが無いだけでなく回転もしにくくなる。そのままでは競技会で優勝しない。「呪い」を解く改造で、ねじの位置や向きを十分に配慮しないと、地獄行きである。組み立てにくいだけなら上等で、ひどい場合は組み立たない。無改造のまま工作しても、「組み立てれば動く」という設計ではないので、タフな工作である。しかし、旋盤やフライス盤を使うのと違い、自宅でも短時間で加工できる。ともあれ、オフィシャルにイベントとして解説の時間を設けるか、長いコーヒープレイクの時間に突如始めるか、実施の有無も今後の検討になるが、「動く経験が無いと分からない」感覚を初めてのスターリングエンジン工作するような方にも感じて頂けるように善処したい。

6. 反省

今回は久々に大分大学旦野原キャンパスでの開催した。汚れや水をこぼす粗相をあまり気にしなくて良いのは利点である。地域からの参加者は駐車場の問題が無い点も利点である。しかしながら、遠隔地からの参加者にとっては不便で、閉会後に JR 大分大学前駅で 50 分程待つことになった参加者がいた。JR の時刻表のことを配慮していなかった点は大きな反省点である。

前回の反省で、見学者向けに体験的なアトラクションの実施を検討したいと述べたが、何もなかった。体験的なアトラクションは一度白紙に戻すとして、上述のように見所の説明は必要であり、仕掛けの準備が必要になる。

7. おわりに

毎度のことだが、出品者と出席者に感謝する。出品者・見学者とも、遠隔地でなくとも時間や費用を割いて参加して頂いております。また出席者以外にも、多くの方に関わって頂き、催しを実施できることに感謝します。

この催しも 8 回実施し、第 6 回に一度盛り上がった雰囲気も出ただけに、2017 年・2018 年と若干寂しさを感じるころがあります。しかしながら、2018 年度は共催団体の大分大学の工作教室で参加者を増やす努力をしました。その努力に占める労力の多くは、スターリングエンジンの改良に費やされ、広報活動や工作教室準備の段取りを改善しました。まだ我々

には改善すべき要素があります。関わる方の目的は様々ですし、私自身も一連の活動で目的は複数あります。関わり方も目指す方向性も異なるでしょうが、今後も応援していただければ幸いです。

スターリングテクノロジー実行委員会の松尾政弘委員長が、2019年度のスターリングテクノロジーに、お湯で走るスターリングエンジンの競技クラスを設けると発言しておりました。「オマエのところも」と誘われましたが、走らせる競技の設置はしない旨を応えておきました。低温度差スターリングエンジンの車をお湯で走らせるのは難しい。それに私自身が低温度差スターリングエンジンで複数の課題に取り組んでおります。胴元がする発言としてはおかしいのですが、競技規則に用途を絞られるのは好みではありません。

謝辞

関係者各位に感謝します。大分県教育委員会，大分合同新聞，NHK 大分放送局，OBS 大分放送，TOS テレビ大分，OAB 大分朝日放送，エフエム大分，J:COM 大分ケーブルテレコムに後援して頂きました。共催の大分大学からは、関連事業の採択、大分市内に配布される「月刊ぷらざ」への広告掲載費用の負担、学長の定例記者会見等による広報で配慮して頂きました。おおいた協働ものづくり展でも紹介の機会を頂きました。本報告の作成にあたり、大分大学の岩本教授から写真を提供して頂きました。

(2019年2月)

日本機械学会技術と社会部門ニュースレター: <http://www.jsme.or.jp/tsd/news/index.html>

日本機械学会

技術と社会部門ニュースレターNo.39

(C)著作権:2019 一般社団法人日本機械学会 技術と社会部門