

ブリッジコンペティション

—リダンダンシー—

代表者 井上龍一（創成M1年）
構成員 中尾圭佑（創成M1年） 杉山祐夏（創成M1年） 北田翔大（創成M1年）
CHOIJILDORJ MANDAKH（工学B4年） 河村圭祐（工学B4年）
樋口克洋（工学B4年） 長濱勇己（工学B4年）
松尾弘樹（工学B4年） 行重裕登（工学B4年）

1. 目的

このプロジェクトは、学生が主体となり、これまでの講義や現場見学などの実体験で得た知識を生かして、自由な発想に基づき橋梁を設計（デザイン）し、それを具現化するというものである。橋梁模型の製作を通じ、“ものづくり”の楽しさを体験しながら、工学知識の応用力や問題解決能力、デザイン力を養うことを目的とする。

また、啓蒙活動の一環として、社会建設工学科の学生向けの橋梁ミニ講座の開催や、これから土木系の学科を目指す中高生向けに、オープンキャンパスでブースを出展し、“橋梁の魅力”や“ものづくり”の楽しさについて知ってもらう

2. 活動内容

2.1 橋梁模型の製作に関して

橋梁模型の製作における主な目標（①～②）と活動内容（③～⑤）は、以下の5点である。

- ① “構造力学”や“橋梁力学”など、橋梁に関する講義で習ったことが、実際の橋梁の設計でどのように生きるのか、確認する
- ② 昨年度の“模型製作”や“ブリッジコンペティションの参加”で得た知識や経験を十分に反映させる
- ③ “学生ならではの”，“自分たちで具現化できる”橋梁を設計（デザイン）する
- ④ 部材製作・加工
- ⑤ 架設

2.1.1 設計段階

設計段階では、上記①～③を達成するために、以下の3点を行った。

- 【1】昨年度の橋梁模型の実際のたわみが、想定たわみを大きく上回ってしまった原因の究明
- 【2】エム・エムブリッジ（橋梁メーカー）の設計担当の方と意見交換会の実施
- 【3】3D CAD（Fusion 360）の導入

(a)上記【1】に関して

上記【1】に関して、詳細を述べる。

昨年度の模型は、100kg+29.2kgの錘を載荷させたときの想定たわみが、4.50mmだったのに対し、実際には10.35mmたわんでしまった。この実際のたわみが、想定たわみを大きく上回ってしまった原因を究明するために、今年度の構成員に加え、昨年度の設計担当者（現M2）やエム・エムブリッジ（橋梁メーカー）の設計担当の方と話し合った。

(b)上記【2】に関して

上記【2】に関して、詳細を述べる。

5月19日に今年度のブリッジコンペティションのルールブックが公開され、設計を開始した。そして、6月19日に、エム・エムブリッジ（橋梁メーカー）の設計担当の方と意見交換会を実施した。この意見交換会は、私たちが設計した橋梁模型の設計レビュー会であり、設計ポイントや工夫点について意見を交わした。この意見交換会で、私たちは教科書に載っている公式の使い方を教えて頂いたり、私たちが考慮できていなかった設計手順のご指摘を頂いたり、実際の橋梁設計で考慮すべき設計手順を教えて頂いたりした。この日頂いたご意見（想定される力や変形、橋梁崩壊の起点になりそうな部材とその対策方法）を参考に修正設計を行った。写真1にその時の様子を示す。



写真1 エム・エムブリッジ（橋梁メーカー）意見交換会

(c)上記【3】に関して

上記【3】に関して，詳細を述べる。

本年度から Auto Desk 社の 3D CAD（Fusion 360）を導入した。

2.1.2 部材製作・加工段階

部材製作・加工段階では上記④を達成するために，以下のことを行った。

作成した設計図面をもとに，7月15日より部材製作を開始した。主な手順は，罫書き→切断→削孔→溶接→塗装である。写真2に罫書きの様子を，写真3に切断の様子を，写真4に削孔の様子を，写真5に溶接の様子をそれぞれ示す。



写真2 罫書きの様子



写真3 切断の様子



写真4 削孔の様子



写真5 溶接の様子

部材製作に関する工夫点は、以下の2点である。

【1】シフト制の導入

【2】塗装方法の工夫

(a)上記【1】に関して

上記【1】に関して、詳細を述べる。

昨年度同様、今年度も日中の気温が高くなることが予想される。昨年度は、構成員のうち2人が熱中症とみられる症状になった。今年度は熱中症対策として、シフト制を導入した。特に、熱中症になるリスクが高いと考えられる、溶接作業を3時間ごとの交代作業とした。

(b)上記【2】に関して

上記【2】に関して、詳細を述べる。

写真6に昨年度の塗装した部材を、写真7に今年度の塗装した部材をそれぞれ示す。昨年度は、表面処理や下塗をせずに、直接上塗をしたため、色むらが激しく、塗装の剥がれが目立った。そこで今年度は、グラインダー・紙やすり・アセトンで表面処理を施し、さびを抑制するために下塗を施し、最後に刷毛塗で上塗を施した。昨年度は、山口県の特産品である“夏みかん”をイメージして、オレンジ色にしたが、今年度は山大カラーである、緑色にした。写真8に表面処理（グラインダー）の様子を、写真9に表面処理（紙やすり）の様子を、写真10に下塗の様子を、写真11に上塗の様子それぞれ示す。



写真8 表面処理（グラインダー）の様子



写真9 下表面処理（紙やすり）の様子



写真10 下塗の様子



写真11 上塗の様子

2.1.3 架設段階

架設段階では上記⑤を達成するために、以下のことを行った。架設段階での工夫点を以下に述べる。

架設スピードを上げるために、架設作業以外の人で回りからアドバイスをしたり、仮設練習の様子を録画して後から構成員全員で見たりして、架設スピードを上げるための意見を出し合った。

2.2 ブリッジコンペティションに関して

ブリッジコンペティションに参加する目的は、以下の2点である。ここで、ブリッジコンペティションとは、全国の大学や高専間で、架設競技（架設時間と作業人数）・美観競技（デザイン）・载荷競技（たわみ）の観点から競い合う大会のことである。

目的①： 私たちの活動の成果を、第三者の客観的な視点から評価してもらう

ここで、“私たちの活動の成果”とは、設計・部材製作・架設段階における工夫点である。

目的②： 他の参加チームの橋梁模型を見て、橋梁に関する知識や模型製作に関する知識を得る

2.3 啓蒙活動に関して

啓蒙活動における主な活動内容は、以下の4点である。

- ① 社会建設工学科の学生に“ブリッジコンペティション”や“橋梁の魅力”について知って頂く
- ② これから土木系の学科を目指す中高生“橋梁の魅力”や“ものづくり”の楽しさについて知って頂く
- ③ 他学科と迷っている中高生や、まだ土木に関心を持っていない中高生に、まずは“土木の仕事”について知って頂く
- ④ 一般の方や常盤工業会関係者の方に私たちの活動を知って頂く

2.3.1 ビラ作成

ビラ作成では、上記①を達成するために、写真12に示すビラを作成し、社会建設工学科の掲示板に、6月18日～6月25日まで掲示した。

Japan Steel Bridge Competition
大学生・高専生が自らの力で鋼橋模型を製作し、
設計・架設などを全国の大学・高専間で競い合う大会

構力・鋼構造で習ったことはほんとに正しいですか？
模型を作って確かめてみましょう！！

体験内容

- 架設体験
- 橋梁のミニ講座

● 架設練習は当該研究室前
● 架設練習は8/1～8/9 8/19～23を予定
※ 授業時間は除く

● 開催場所：九州工業大学(北九州)
● 開催期間：8/28(水)～8/30(金)

↓ご相談・応募ご希望の方は下記連絡先まで↓

Mail b006ve@yamaguchi-u.ac.jp

担当者 創成科学研究科 麻生研究室 井上

切 6月25日 12:00

大会本番にも参加できる!?

● 興味のある方はお早めに！！
● 女性の院生もいるので女性の方も是非参加お待ちしております
● 学年・氏名・学籍番号・連絡先(メールアドレス)を必ずつけてください

写真12 ビラ

2.3.2 オープンキャンパス出展

8月9日(金)に常盤キャンパスで開催されたオープンキャンパスでは、上記②～③を達成するために、以下の3点を行った。

【1】 パワーポイントによる「土木の仕事」、「橋梁の魅力」、「研究内容」の紹介

【2】 動画による「ものづくりの楽しさ」の紹介

【3】 载荷試験の体験

【4】 アンケートの実施

(a)上記【1】に関して

上記【1】に関して、詳細を述べる。

パワーポイントで、「土木の仕事」、「橋梁の魅力」、「研究内容」の紹介を行った。他学科と迷っている中高生や、まだ土木に関心を持っていない中高生にはまず、「土木の仕事」について知って頂くために、橋梁以外の仕事も含めて、土木全体の仕事について紹介した。また、すでに土木に関心を持っている中高生には、「橋梁の魅力」、「研究内容」の紹介を行った。写真 13 にその時の様子を示す。



写真 13 パワーポイントによる「土木の仕事」、「橋梁の魅力」、「研究内容」の紹介

(b)上記【2】に関して

上記【2】に関して、詳細を述べる。

“PowerDirector 16”という動画作成ツールを使用して、動画を作成し、模型製作の過程や昨年度の大会本番の映像を見ながら、「ものづくりの楽しさ」を紹介した。

(c)上記【3】に関して

上記【3】に関して、詳細を述べる。

実際に作成した橋梁モデルで载荷試験を体験してもらい、橋梁の構造について学んで頂いた。写真 14 にその時の様子を示す。



写真 14 载荷試験の体験の様子

(d)上記【4】に関して

上記【4】に関して、詳細を述べる。

今回私たちが出展した内容について、以下の4つの質問をした。

Q1 今まで土木に興味がありましたか？

A1 とても興味があった

A2 少し興味があった

A3 あまり興味がなかった

A4 興味がなかった(志望学部・学科：)

Q2 今日の話は面白かったですか？

A1 とても面白かった

A2 面白かった

A3 あまり面白くなかった

A4 面白くなかった

Q3 今日の話を聞いて土木(橋)に興味を持ちましたか？

A1 とても興味を持った

A2 少し興味を持った

A3 あまり興味を持たなかった

A4 興味を持たなかった

Q4 今日の話について何かご意見がありますか？(もっとこういう話が聞きたかった etc…)

2.3.3 ホームカミングデー出展/FM きらら出演

上記④を達成するために以下の3点を行った。

【1】10月3日(木) FM きらら出演

【2】10月26日(土) ホームカミングデー(吉田キャンパス)参加

【3】11月16日(土) ホームカミングデー(常盤キャンパス)参加

(a)上記【1】に関して

上記【1】に関して、詳細を述べる。

FM きららとは、普段から月に2回ほど、工学部全体の様々なイベントや活動について紹介しており、地域の大人の方だけでなく、これから山口大学工学部の受験を目指す中高生も聞いている可能性があるので出演することにした。この放送の中で私たちは、私たちの活動を紹介し、“ものづくり”の楽しさや“橋梁の魅力”について紹介した。

(b)上記【2】と【3】に関して

上記【2】と【3】に関して、詳細を述べる。

ホームカミングデーでは、ポスター発表形式で地域の人々などの来場者に私たちの活動について、目的・ながれ・工夫点・結果を説明する。

3. 進捗状況・結果

3.1 橋梁模型の設計に関して

3.1.1 設計段階

以下の3点について、結果を報告する。

【1】昨年度の橋梁模型の実際のたわみが、想定たわみを大きく上回ってしまった原因の究明

【2】エム・エムブリッジ(橋梁メーカー)の設計担当の方と意見交換会の実施

【3】3D CAD (Fusion 360)の導入

(a)上記【1】と【2】に関して

上記【1】と【2】に関して、詳細を述べる。昨年度の橋梁模型の実際のたわみが、想定たわみを大きく上回ってしまった原因について、その原因には以下の2点が考えられると結論付けた。

原因A. ボルトの滑り

原因B. 橋梁の高さ(下弦材と上弦材の間隔)が低すぎたこと

①上記原因Aに関して

上記原因Aに関して、詳細を述べる。昨年度の橋梁モデルでは、29.2kgfの台車に100kgfの錘(合計129.2kgf)を載荷させたときのたわみが、10.35mmだったのに対し、残留たわみ(29.2kgfの台車と100kgfの錘を除荷した

後のたわみ)が6.11mmであったことから、ボルトの滑りに起因していたことが分かった。

このボルトの滑りが生じた原因は、部材と部材の接合方法にある。写真15に昨年度の接合部を、写真16に今年度の接合部(下弦材)を示す。昨年度は“摩擦接合”と呼ばれる接合方法を採用したが、ボルトが小さかったこと(主に孔径がM6のものを採用)やボルト孔に余裕がありすぎたために、ボルトの滑りが生じた。そこで今年度は、ボルトを孔径がM8のものに変え、昨年度の“ブリッジコンペティション”でたわみが小さかった橋梁の接合部を参考にして、“フランジ継手”と呼ばれる接合方法を採用した。ここで、“フランジ継手”を採用したのは下弦材のみである。一般的に下弦材には、引張力がはたらき、たわみが大きくなる原因の1つである。ただ単純にたわまない橋梁模型を製作したい場合は、上弦材も“フランジ継手”にすればいいのだが、大会のルールで、「14mmたわませないといけない」というルールがあるので、上弦材は昨年同様“摩擦接合”とした。その結果、29.2kgfの台車に200kgfの錘(合計229.2kgf)を載荷させたときのたわみが、解析値では3.43mm、実際に計測した値は3.27mmであり、ボルトの滑りを解消することができた。



写真15 昨年度の接合部



写真16 今年度の接合部(下弦材)

②上記原因Bに関して

上記原因Bに関して、詳細を述べる。橋梁の高さ(下弦材と上弦材の間隔)を、昨年度の195mmから500mmに変えた。

以上2点と、エム・エムブリッジ(橋梁メーカー)との意見交換会で頂いたアドバイスを元に本年度の橋梁模型を設計した。表1に本年度の橋梁模型の諸元を、写真17に本年度の橋梁模型をそれぞれ示す。また、対比用として、表2に昨年度の橋梁模型の諸元を、写真18に昨年度の橋梁模型をそれぞれ示す。表1中の下部構造とは、私たちが“脚”と呼んでいる構造であり、通常の橋梁にはない、学生ならではの自由な発想に基づいた、デザインになっている。“脚”の様子を写真19に示す。

表1 本年度の橋梁模型の諸元

主構	4100mm	
横部材	700mm	
高さ	上部構造	500mm
	下部構造	120mm
重量	80.6kgf	



写真17 本年度の橋梁模型

表2 昨年度の橋梁模型の諸元

主構	4100mm	
横部材	700mm	
高さ	195mm	
重量	66.9kgf	



写真 18 昨年度の橋梁模型

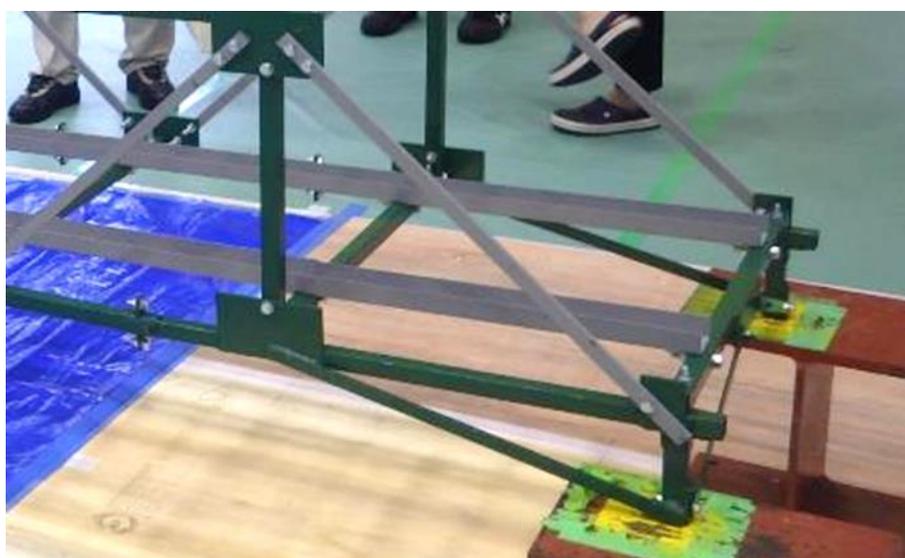


写真 19 “脚”

(b)上記【3】に関して

上記【3】に関して、詳細を述べる。解析モデルは梁要素で作成した。しかし、実際に設計図面を作成するときは、部材の厚さがあるため、部材同士が干渉しないかどうか考慮する必要がある。2D CAD やイメージだけでこれを考慮することは非常に困難である。そこで、3D CAD を使用することで、設計図面の作成が容易になった。また、設計に関わっていない構成員などに、完成のイメージをもってもらうのに大変役に立った。写真 20～22 に 3D CAD で作った橋梁モデルを示す。



写真 20 3D CAD で作った橋梁モデル

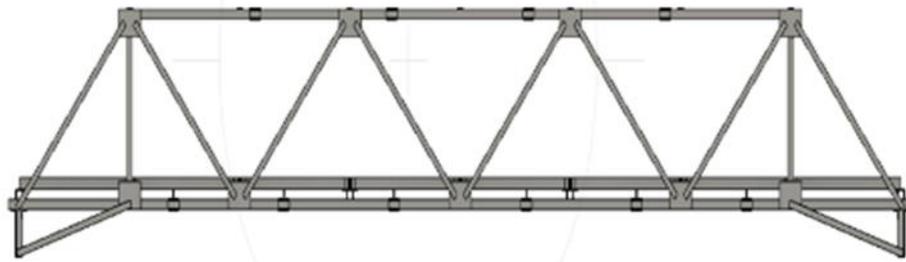


写真 21 3D CAD で作った橋梁モデル

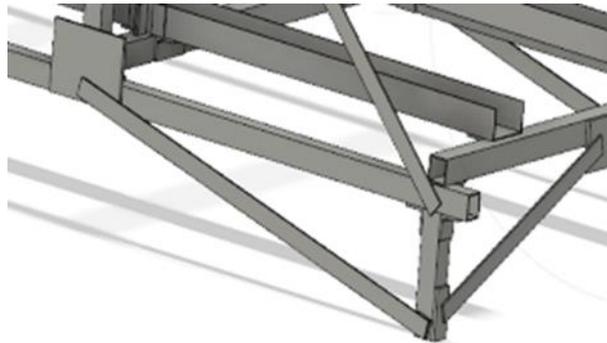


写真 22 3D CAD で作った橋梁モデル

3.1.2 設計段階

以下の2点について、結果を報告する。

【1】シフト制の導入

【2】塗装方法の工夫

(a)上記【1】に関して

上記【1】に関して、詳細を述べる。シフト制にしたことが直接の要因であるのか否かははっきりしないが、今年度は熱中症になった人が1人もいなかった。

(b)上記【2】に関して

上記【2】に関して、詳細を述べる。今年度は、表面処理と下塗をしっかりと施したため、昨年度に比べて、きれいな仕上がりとなった。上塗は刷毛で施したため、刷毛の跡が若干残っているが、割ときれいに仕上がったほうだと思う。

3.2 ブリッジコンペティションに関して

8月28日(水)～30日(金)の3日間の日程で、ブリッジコンペティションに参加した。以下の2点について、結果を報告する。

【1】目的①に関して

【2】目的②に関して

(a)上記【1】に関して

上記【1】に関して、詳細を述べる。総合順位は、7位(23チーム中、8位以下は失格)であった。特に架設競技である一定の評価(23チーム中3位)を得ることができた。

(b)上記【2】に関して

上記【2】に関して、詳細を述べる。今大会で私たちが、総合順位1位になれなかった要因は、載荷競技における評価が低かったためだと考えられる。具体的には、目標たわみが14mmであったのに対し、失格になるのを防ぐために3.43mmしかたわまない橋梁を設計してしまったためである。

3.3 ビラ作成

今回私たちが掲示したビラを見て、当該プロジェクトに参加したいという学生はいなかった。その原因について以下の2点が原因であると、考察する。

【1】掲示期間が短かったこと

【2】当該プロジェクトの魅力が伝わらなかったこと

(a)上記【1】に関して

上記【1】に関して、詳細を述べる。原因の1つ目は単純に、掲示期間が短かったということが考えられる。掲示期間が短くなってしまった原因については、おもしろプロジェクトの採択決定の日からブリッジコンペティションの参加応募の締め切りの日までが、10日ほどしかなかったためである。

(b)上記【2】に関して

上記【2】に関して、詳細を述べる。原因の2つ目は、当該プロジェクトの魅力が伝わらなかったことにあると考える。よって引き続き、私たちの活動について知ってもらえるように啓蒙活動を行う予定である。

3.4 オープンキャンパス出展

オープンキャンパスには、166名の来場があった。(うち、アンケート回答者は79名)

図1~3にアンケート結果を示す。単位はすべて(名)である。

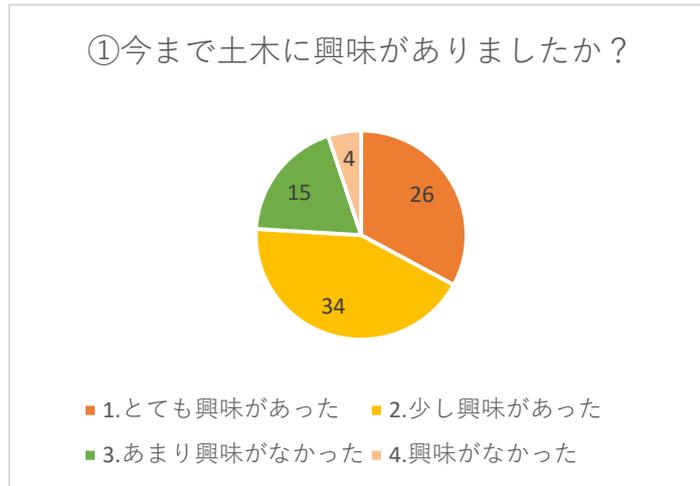


図1 アンケート結果1(Q1)

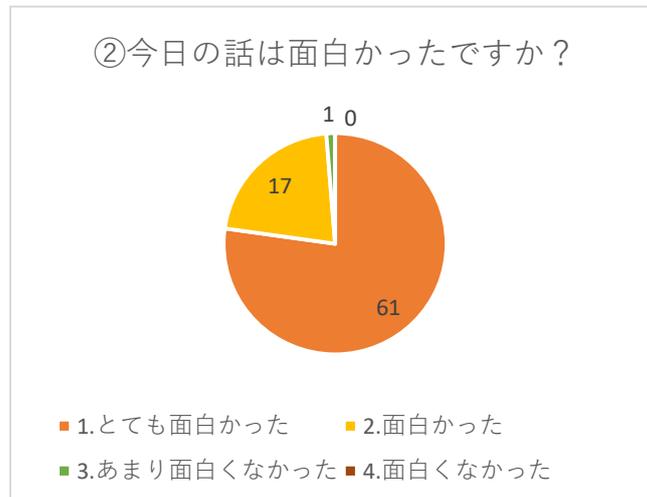


図2 アンケート結果2(Q2)

③今日の話聞いて土木(橋)に興味を持ちましたか？

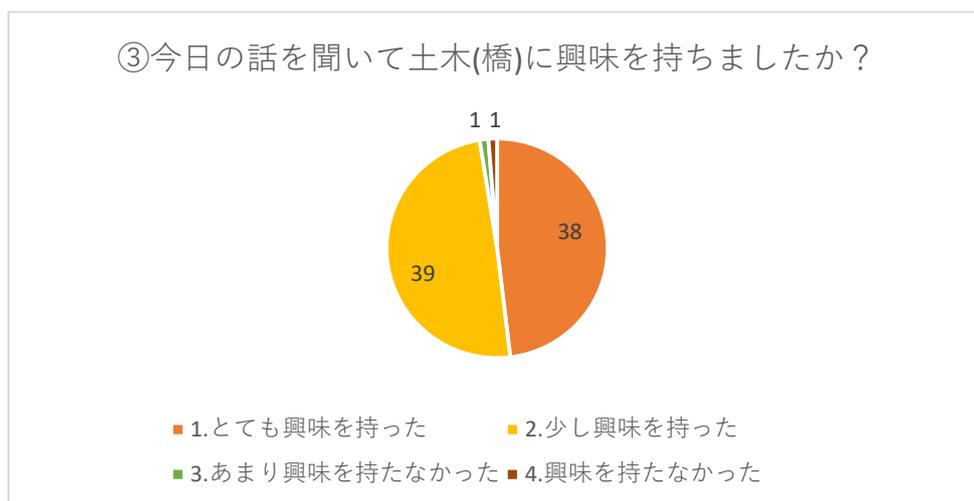


図3 アンケート結果3(Q3)

当初土木に関心があった学生は、60名(76%)であったが、ブース見学後に土木に関心を持ってくれた学生が、77名(97%)と増加していた。この結果は、当該プロジェクトの成果の1つだと思う。また、今回の出展内容を面白いと思ってくれた学生が、78名(99%)もいたので、是非土木系の学科を目指してくれることを期待する。

3.5 ホームカミングデー出展/FM きらら出演

以下の2点について、結果を報告する。

【1】FM きらら出演に関して

【2】ホームカミングデー(吉田キャンパス)参加に関して

(a)上記【1】に関して

上記【1】に関して、詳細を述べる。

初めてのラジオ出演でかなり緊張してしまい、パーソナリティの方の誘導にのっかることで精一杯だったが、何とか楽しくやりきることができた。この放送を聞いた地域の大人の方や中高生が、私たちの活動や橋梁に関心を持ち、来月に常盤キャンパスで開かれるホームカミングデーに来てくださることを期待する。

(b)上記【2】に関して

上記【2】に関して、詳細を述べる。

ホームカミングデーに参加する種の準備を通じて、自分たちの活動がどうしたら魅力的に伝えられるか、を考えるいい機会になった。当日も、自分たちの活動を紹介することができただけでなく、他の団体の活動の紹介を聞くことで、自分たちの活動がどうしたら魅力敵に伝わるか、ヒントを得ることができた。

4. 今後の活動予定

11月16日(土)に常盤キャンパスで開催される、ホームカミングデーに参加し、学内外の方に私たちの活動を知って頂く。

5. 今後の活動予定

予算配分額：383,000円
使用額：383,000円
残高：0円