

# 高校生が挑む 「快適！スクールバスプロジェクト」

五十嵐 歩美

筑波大学では、高大連携事業の一貫として近隣の高校生に数理的アプローチによる問題解決を体験してもらうことを目的としたプロジェクトを実施している。本稿では、下妻第一高校 A 班からの取り組み例「快適！スクールバスプロジェクト」を紹介する。スクールバスの問題解決を通して、初めて OR の面白さに触れ、奮闘する高校生の成長の軌跡をたどる。

キーワード：スクールバス，下妻，高大連携，数理モデリング教育，最適化

## 1. はじめに

筑波大学では、高大連携事業の一貫として数年前から近隣の高校生に数理的アプローチ（主に最適化手法）による問題解決を体験してもらうことを目的としたプロジェクトを実施している。プロジェクトの大まかな流れは以下のとおりである。

### 1. 問題提起（6月-7月）

筑波大学の最適化研究チームの先生方が各高校に出張講義に出向く。そこで、最適化モデルの説明を行う。その後、高校生が何らかの問題を発見し、「●●をうまく決めて■■を最小に（あるいは、最大に）」という形式で問題提起をする。

### 2. モデル化（7月-8月）

高校生からの問題提起を受け、大学院生のティーチングアシスタント（以下、TA）が基本となるモデルを考える。8月に行われる筑波山合宿にて、高校生は TA とともに、問題のモデル化を行う。

### 3. 求解（8月）

合宿中に、プログラミングを習得し、最適化ソルバー FICO<sup>TM</sup> Xpress Optimization Suite によって、それぞれのモデルの解を求める。

### 4. 解の検討（8月-10月）

得られた解を検証し、モデルのさらなる改良を行う。

### 5. 最終発表（11月）

11月初旬に行われる雙峰祭（筑波大学学園祭）で、それまでの成果をまとめて発表する。

より詳細には、2012年5月に本誌に掲載された記事

『高校生が挑む●●をうまく決めて■■を最小に』[1]をご覧いただきたい。本プロジェクトの全体像が記載されている。

本稿では、筆者が TA を務めた下妻第一高校 A 班からの取り組み例、「快適！スクールバスプロジェクト」を紹介する。思い返せば6年前、筆者が初めて OR に出会ったのも高校生のときだった。「数学って社会の役に立つんだ」、当時観念的にしか数学を学んでいなかった筆者にとって、OR の考え方は大変具体的に心に響いたことを覚えている。初めて OR の面白さに触れ、奮闘する高校生達の様子を感じ取っていただければ幸いです。

## 2. 背景

### 2.1 下妻第一高校とスクールバス事業

茨城県立下妻第一高等学校は、茨城県内で初めてスクールバスの運行を開始した公立高校である。少子化が進行し下妻市内からの入学者が減る一方、スクールバスの導入により、それまで通学の難しかった近隣の市町村からの生徒も通えるようになった。

実際に、下妻第一高校を訪問してみると、スクールバスのありがたみがよくわかる。最寄り駅の下妻駅（図1）を通る唯一の鉄道路線、関東鉄道常総線が南北に伸びており、東西に隣接する近隣の市から下妻に直接アクセスできる公共交通機関がほとんどない。例えば、下妻市と隣接しているつくば市から下妻第一高校まで電車で行くとすると、つくばエクスプレス線でつくば駅から守谷駅まで南下してから、関東鉄道常総線に乗り換え、下妻駅を目指す必要がある。総所要時間は約90分となり、これは部活動などで朝の早い高校生にとって厳しい。

いがらし あゆみ

筑波大学大学院システム情報工学研究科

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1



図 1 関東鉄道常総線下妻駅 [2]。下妻第一高校は、この駅から徒歩 30 秒の好立地にある。

2013 年度時点では、スクールバスには図 2 の七つのコースがあり、朝 1 便夕方 2 便運行している。主に、近隣の桜川市、古河市、つくば市からの生徒がスクールバスを利用しており、それらの地域に住む生徒にとつて、スクールバスは欠かせない通学の手段である。

## 2.2 スクールバス運営の難しさ

公立高校のスクールバス運営は特有の難しさがある。まず、各年度ごとに、利用者の入れ替えがある。スクールバスの顧客は高校生である。したがって、年によって利用者の居住地域が異なり、コースやルートを随時変更する必要がある。しかし、新入生がスクールバスを利用するかどうかを決めるのは、入学後であるため、結果的に新入生の居住地域をルートに反映することができるのは翌年になる。

また、あらゆる地域の生徒に対応できるようにルートを増やすと、採算の取れないコースがでてきちゃう（1 コースあたり 10 人がギリギリの採算ラインらしい）。私立高校のように、生徒から集める授業料によって不足分を補えば良いが、公立高校の場合は難しい。さらに、新たな利用者に合わせて、大幅にルートを変えようとすると、それまで利用していた生徒から不満が出てしまう。現状では、スクールバスのバス停の配置やルートは、以前のものを部分的に修正しながら高校側とバス会社の長年の経験と勘を頼みに決めている。

## 2.3 生徒保護者からの不満要望

そうしたスクールバス運営に関して、生徒保護者からの不満要望は少なくない。主な不満としては、

- バス停が自宅から遠い
- 乗車時間が長い
- 料金が高い
- コースが廃止されて困る

などが挙げられる。例えば、下妻第一高校 A 班のリーダー K 君は、スクールバスが下妻第一高校への入学を

決めた一つの理由であった。入学当初は、最寄り駅から比較的遠い K 君の自宅からでも、スクールバスのおかげで安心して通うことができた。しかし、その 1 年後 K 君の使用していたコースは利用者の減少のため廃止されてしまった。K 君は現在、毎日ご両親から学校まで送ってもらっている。さらに実際には、コースだけではなく、バス停配置に関しても問題があり、なかには、最寄りのバス停まで自宅から約 4 km 歩かなければならない生徒もいる。

このように、多くの課題を抱える自分たちのスクールバスを何とかできないものか、そう考えた下妻第一高校 A 班（以下、下妻 A チームと書くことにする）は、スクールバスの問題解決を高大連携プロジェクトのテーマとして提案した。下妻 A チームから送られてきたお題は次のようなものであった。

バス停の配置やバスのルートをうまく決めて、  
スクールバスの利便性を最大化したい！

## 3. TA による事前準備

高校生の切実な願いを汲み取ったわれわれ TA は、早速問題のモデル化に取り組んだ。「利便性の最大化＝通学時間の最小化」と考え、バス停の配置とバスのルートをうまく決めて、通学時間を最小化するモデルを考えた。現在分かれている各コースの分類、バス停の個数は変えずに、

1. 各コースの利用者の居住地域を格子状に区切り、各格子の中心をバス停配置の候補地点とし、最適なバス停配置を求め、
2. 第一段階で求めたバス停の配置をもとにして、バスの最適な運行ルートを決める、

とした。次節で、モデル化した問題の詳細について述べる。

基本的なモデルを構築したところで、二つ懸念があった。まず、実際に解けるかどうかである。特にルートの問題は、かなり大規模な最適化問題になってしまった。バス停の個数を変えて最適化ソルバーで問題を解いたところ、なんとかバス停の個数が 17 個ほどまでであれば、20 分以内で解くことができた。幸い(?) 各コースの現状のバス停の個数は、最大で 13 個であったため、現状のバス停の再配置を考えるのであれば大丈夫であろうと安心した。次に、二つの最適化問題を短時間で高校生に理解してもらえるかが不安であった。最適化に親しい多くの読者にとっては、数式があればご理解いただけるかもしれない。しかし、高校生はそうではない。数式と、その数式が持つ意味を丁寧に解

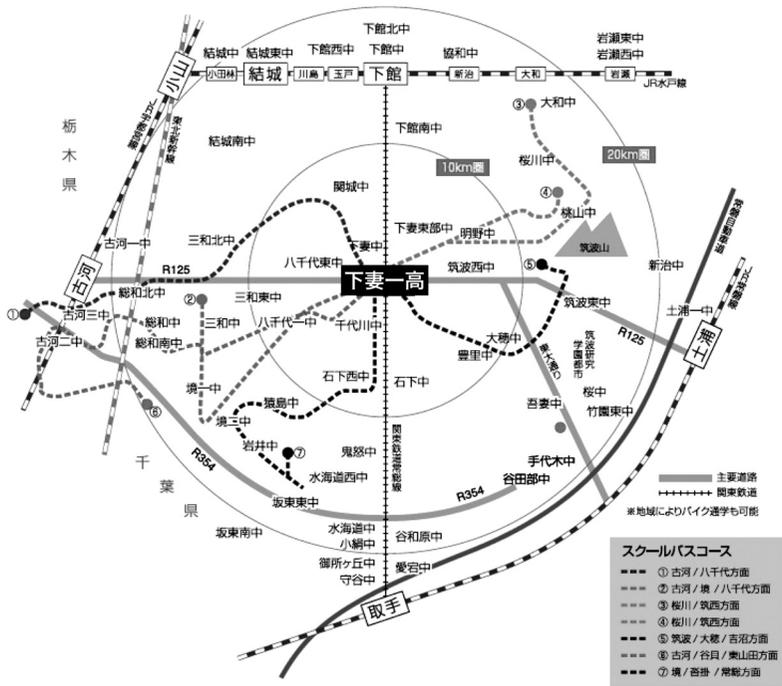


図2 スクールバスの運行ルート [3]. 関東鉄道常総線沿線外の利用者が多いため、コースが東西に伸びている。

説する必要がある。そこで、少しでも定式化に慣れてもらうため、いくつか練習問題を作った (図3 参照)。

さらに、2重シグマ、集合など、一般の高校2年生にとっては慣れない概念が多く登場する。シグマはプロジェクト開始時点において生徒は学校で習っていない。事前の出張講義で筑波大学の先生方が教えてくださるものの、大半の生徒は忘れていく可能性が高い。そのため、モデル自体だけではなく、そういった基礎知識についても高校生にわかるように工夫して説明する必要がある。幸いなことに、過去の偉大な先輩が残してくれた教材があった。こういった過去のノウハウの蓄積があるおかげでわれわれ後輩はとても助かっている。

#### 4. 筑波山合宿

8月に行われる筑波山合宿で、初めて高校生は担当TAと対面する。1日目は、TAとともに問題のモデル化を行う。事前にTAが考えたモデルが高校生の意図と異なる場合は、モデルの修正を行う。2日目は、プログラミングを勉強し、前日にモデル化した問題の解を最適化ソルバーで求める。最終日の3日目には、得られた結果を全体に向けて発表する。

##### 4.1 合宿1日目：モデルの構築

1日目、高校生は午前中にそれぞれの問題について発表し、午後TAとモデル化を行う。われわれ下妻A

例題1. 次の9マスのうち2つにバス停を置いてみよう

1	A	2	B	3	
4		5	C	6	
7	D	8	E	9	F

・B={1,2,3,4,5,6,7,8,9}: バス停の候補地点の集合  
 ・S={A,B,C,D,E,F}: 生徒の集合

(1)バス停をどこに置く? (○:バス停を置く, x: バス停を置かない)

マス目	1	2	3	4	5	6	7	8	9
○/x									

(2)各生徒は(1)で決めたバス停で、どのバス停に割り振られる?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A									
B									
C									
D									
E									
F									

(○:バス停に割り当てられる, x: 割り当てられない)

(3)最もバス停から遠い生徒とその生徒の最寄りのバス停との距離は?

図3 定式化のための練習問題

チームは、モデル化の前にまず基礎知識の確認を行った。相方のTAのN君が高校生をうまく誘導し、シグマ記号などの定式化をする際に必須となる知識を教えてくださいました。

次に肝心のモデル構築である。ここで、基本的な方

針については TA 側が考えた「通学時間の最小化」で一致した。6 人のメンバーの中から、3 人はスクールバスを利用しているためか、問題意識も強い。定式化の議論に入ったところ、高校生の様子がおかしい。リーダーの K くんはほとんどなく複雑な表情をしている。いつも勉強している数学が全く異なった方法で使われ、戸惑いと新鮮さの入り交じった気持ちだったらしい。F さんにいったっては、眉間にしわをよせている。F さんは、 $\{0, 1\}$  変数がうまく飲み込めなかった。考えた末、変数そのものがよくわからなくなり、「変数って何ですか？」という質問にたどり着き、TA を焦らせた。このように高校生にとって (TA にとっても)、なかなか新鮮なプロセスだったが、この時間で基本的な問題のモデル化ができた。

バス停配置に関しては、各生徒の最寄りのバス停までの距離の最大値を最小化するモデルを考えた。配置するバス停の個数を  $p$ 、バス停の候補地点の集合を  $M$ 、生徒の集合を  $S$  とし、バス停配置の候補地点  $i$  と生徒  $j$  の家との距離  $d_{ij}$  が与えられているとする。このとき、

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{候補地点 } i \text{ にバス停を配置する} \\ 0 & \text{上記以外} \end{cases}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{バス停 } i \text{ に生徒 } j \text{ を割り当てる} \\ 0 & \text{上記以外} \end{cases}$$

という変数を導入することによって、バス停配置の問題は  $p$ -センター問題と呼ばれる施設配置問題として定式化できる。

$$\begin{aligned} \text{最小化 } & z \\ \text{制約 } & d_{ij}y_{ij} \leq z \quad (i \in M, j \in S) \\ & \sum_{i \in M} x_i = p \\ & y_{ij} \leq x_i \quad (i \in M, j \in S) \\ & \sum_{i \in M} y_{ij} = 1 \quad (j \in S) \\ & x_i, y_{ij} \in \{0, 1\} \quad (i \in M, j \in S) \end{aligned}$$

バス停の配置を求めたら、次にバスのルートを求める。ルートに関しては、バス停の配置を決定する問題と同様の方針で、生徒の最大乗車距離を最小にするモデルを考えた。バス停の集合を  $B$ 、スタート地点の車庫を  $s$ 、ゴール地点の学校を  $g$  とする。地点  $i, j$  間の距離  $D_{ij}$  が与えられているとする。このとき、変数  $x_{ij}$  を

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{地点 } i \text{ の次に地点 } j \text{ を訪問する} \\ 0 & \text{上記以外} \end{cases}$$

とすると、最大乗車距離を最小化する問題は、巡回セールスマン問題とほぼ同様に定式化できる。

$$\begin{aligned} \text{最小化 } & \sum_{i \in B} \sum_{j \in B \cup \{g\}} D_{ij}x_{ij} \\ \text{制約 } & \sum_{j \in B \cup \{g\} \setminus \{i\}} x_{ij} = 1 \quad (i \in B \cup \{s\}) \\ & \sum_{i \in B \cup \{s\} \setminus \{j\}} x_{ij} = 1 \quad (j \in B \cup \{g\}) \\ & \sum_{i \in B \cup \{g\}} x_{is} = 0 \\ & \sum_{j \in B \cup \{s\}} x_{gj} = 0 \\ & \sum_{i \in T} \sum_{j \in B \setminus T} x_{ij} \geq 1 \quad (\emptyset \neq T \subset B \cup \{s\}) \\ & x_{ij} \in \{0, 1\} \quad (i, j \in B \cup \{s, g\}) \end{aligned}$$

## 4.2 合宿 2 日目：求解

2 日目は、午前中に最適化モデルを実装するためのプログラミングを習得し、午後、前日に考えた問題を最適化ソルバーで解く。担当の高校の先生を通して、学校側から第 6 コース利用者の住所録の閲覧の許可をいただいたので、第 6 コースに関して最適なバス停配置とバスのルートを求めた。

結果は、現状の第 6 コースと比べてみると大幅に改善されていた。現状では、最寄りのバス停までの距離の最大値は 3.4 km であったが、0.9 km まで短くなっていた。生徒の最大乗車距離も、約 2.0 km 短縮されていた。例年、結果が出力されると生徒達から歓声が上がららしい [1]。このとき、午前中に何度もエラーが出て苦労したせいであろうか、下妻 A チームの口から漏れたのは、むしろ安堵のためいきだった。

## 4.3 合宿 3 日目：発表

合宿最終日、午前中に発表資料を作成し、午後、他校の生徒と先生、TA、大学教員らが一堂に集まり、発表を行う。高校生は短期間で、多くのことを学んだはずである。きちんと消化して自分の言葉で話せるだろうか、TA である筆者はととても緊張した。筆者の心配をよそに、高校生達は生き生きと発表した。スクールバス利用者である高校生の一人が、身振り手振りを交えながら、たくみにスクールバスの現状を訴え、会場を沸かせていた。

## 5. 最終発表まで

合宿終了後、11 月初旬に筑波大学に行われる最終発表に向けて各高校はモデルのさらなる改良を行う。この間、下妻 A チームは、合宿で得た結果を踏まえ、以下の順に作業を行った。

1. モデルの追加
2. スクールバス業者へのインタビュー
3. データ収集
4. 解の出力と検討、発表資料の作成

## 5.1 モデルの追加

合宿中に出力したルートを図上で確認すると、各バス停の利用者数がルートの順番に反映されていない。利用者の多いバス停はできるだけ遅い順番に回りたい。そう考えた下妻 A チームは、スクールバスに乗る生徒全員の乗車距離の和を最小化するモデルを追加で考えた。生徒の最大乗車距離最小化のモデルと同様に、バス停の集合を  $B$ 、スタート地点の車庫を  $s$ 、ゴール地点の学校を  $g$  とし、地点  $i, j$  間の距離  $D_{ij}$  が与えられているとする。また、変数  $x_{ij}$  を

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{地点 } i \text{ の次に地点 } j \text{ を訪問する} \\ 0 & \text{上記以外} \end{cases}$$

とする。このとき、新たに変数

$$y_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{地点 } i \text{ から地点 } k \text{ へルートがある} \\ 0 & \text{上記以外} \end{cases}$$

を導入する。そうすると、各バス停  $i$  から乗車する生徒の乗車距離は、

$$\sum_{j \in B} \sum_{k \in B \cup \{g\}} D_{jk} x_{jk} y_{ik}$$

と表すことができる。各バス停  $i$  からの乗車人数を  $n_i$  とすると、全員の乗車距離の和は、

$$\sum_{i \in B} n_i \sum_{j \in B} \sum_{k \in B \cup \{g\}} D_{jk} x_{jk} y_{ik}$$

となり、次のように定式化できる。

$$\begin{aligned} \text{最小化} & \sum_{i \in B} n_i \sum_{j \in B} \sum_{k \in B \cup \{g\}} D_{jk} x_{jk} y_{ik} \\ \text{制約} & \sum_{j \in B \cup \{g\} \setminus \{i\}} x_{ij} = 1 \quad (i \in B \cup \{s\}) \\ & \sum_{i \in B \cup \{s\} \setminus \{j\}} x_{ij} = 1 \quad (j \in B \cup \{g\}) \\ & \sum_{i \in B \cup \{g\}} x_{is} = 0 \\ & \sum_{j \in B \cup \{s\}} x_{gj} = 0 \\ & x_{ij} \leq y_{ij} \quad (i, j \in B \cup \{s, g\}) \\ & y_{ij} + y_{ji} = 1 \quad (i, j \in B \cup \{s, g\}, i \neq j) \\ & y_{ij} + y_{jk} - y_{ik} \leq 1 \quad (i, j, k \in B \cup \{s, g\}) \\ & x_{ij}, y_{ij} \in \{0, 1\} \quad (i, j \in B \cup \{s, g\}) \end{aligned}$$

さらに、最適化ソルバー FICO™ Xpress Optimization Suite で解くためには、2 次項  $x_{jk} y_{ik}$  を線形化する必要がある。そこで、変数  $z_{ijk} \in \{0, 1\}$  を導入して、

$$z_{ijk} \leq x_{jk}, z_{ijk} \leq y_{ik}, x_{jk} + y_{ik} - 1 \leq z_{ijk}$$

を制約として追加する。すると、

$$z_{ijk} = 1 \Leftrightarrow x_{jk} = 1 \text{ かつ } y_{ik} = 1$$

という関係が成り立ち、先ほどの問題は、次の問題に等価に変形できる。

$$\begin{aligned} \text{最小化} & \sum_{i \in B} n_i \sum_{j \in B} \sum_{k \in B \cup \{g\}} D_{jk} z_{ijk} \\ \text{制約} & \sum_{j \in B \cup \{g\} \setminus \{i\}} x_{ij} = 1 \quad (i \in B \cup \{s\}) \\ & \sum_{i \in B \cup \{s\} \setminus \{j\}} x_{ij} = 1 \quad (j \in B \cup \{g\}) \\ & \sum_{i \in B \cup \{g\}} x_{is} = 0 \\ & \sum_{j \in B \cup \{s\}} x_{gj} = 0 \\ & x_{ij} \leq y_{ij} \quad (i, j \in B \cup \{s, g\}) \\ & y_{ij} + y_{ji} = 1 \quad (i, j \in B \cup \{s, g\}, i \neq j) \\ & y_{ij} + y_{jk} - y_{ik} \leq 1 \quad (i, j, k \in B \cup \{s, g\}) \\ & z_{ijk} \leq x_{jk}, z_{ijk} \leq y_{ik} \quad (i, j, k \in B \cup \{s, g\}) \\ & x_{jk} + y_{ik} - 1 \leq z_{ijk} \quad (i, j, k \in B \cup \{s, g\}) \\ & x_{ij}, y_{ij}, z_{ijk} \in \{0, 1\} \quad (i, j, k \in B \cup \{s, g\}) \end{aligned}$$

担当の高校の先生のご尽力により、学校側からスクールバスを利用するすべての生徒の住所録の閲覧が許可された。上記のモデルを追加し、データが整い次第、すべてのコースについて配置とルートの問題をそれぞれ解くことにした。

## 5.2 スクールバス業者へのインタビュー

9 月下旬に、スクールバス事業を委託している業者の一つである昭和観光株式会社に話を伺った。実際のバス停の配置やバスのルートを決める際に考慮すべき点について質問した。

バス停配置に関しては、業者側もできるだけ公平な場所にバス停を配置するよう配慮しており、下妻 A チームのモデル化の基本方針と一致していた。バス停を配置する場所が乗り降りする場所としてふさわしいかどうかについても非常に気を使っていることがわかった。例えば、コンビニの近くや、駐車場近辺など、混雑がなくかつ明るい場所が望ましい。ルートに関しては、生徒の乗車時間が最大 90 分以内になり、かつ路線バスと重複しないようなルートにすると回答をいただいた。候補地点の選定など課題も多く見つかったが、下妻 A チームのモデル化の基本的な方向性は、おおむね正しいことが確認できた。

インタビュー後、高校生のやる気も高まった。業者側が生徒のことを第一に考え、スクールバス運営を行う姿勢に感銘を受けたようだ。

## 5.3 データ収集の苦勞

下妻 A チームの高校生にとって最も苦勞したであろう作業はデータ収集だ。求めた解と現状のバス停配置を比較するために、現在のバス停 81 個の位置データを調べた。下妻第一高校公式ホームページにバス停の名前やルートは記載されており、手分けしてインターネットで調べればすぐに終わるだろうと筆者は考えていた。しかし、その考えは甘かったようだ。バス停の名前と地名の関係が不明瞭な場合が多々あり、インター



図4 結果の一部 (発表資料から抜粋)

ネットでは探せない場所がいくつかあった。さらに、バス停の名前は記載されているが、すでに廃止されているというケースもあり、高校生を悩ませた。そのような場合は、他学年・他クラスのスクールバス利用者に、直接聞き回っていたという。

#### 5.4 最後の追い込み

最終発表までの残りの1週間は、下妻Aチームにとって正念場であった。データ収集に時間が予想以上にかかってしまっていたため、解の出力・検討が終わっていなかった。ちょうど2013年の10月末である。TAの筆者は、第25回RAMPシンポジウムに参加するため、鹿児島に来ていた。リーダーのK君から出力された解がおかしいとの連絡があり、筆者は結果と元のデータをスマートフォンで確かめた。データをよく見ると、あるコースの生徒宅の位置データが、ほかのコースのものにすり替わっている。筆者は懇親会後の2次会を諦め、夜更けまで距離行列の計算をやり直した。

筆者から修正データを受け取り、高校生達が最適化ソルバーで解を出力した結果、ほとんどのコースにおいて、配置、ルートの改善がみられた(図4参照)。

その後、下妻Aチームは発表直前の数日前から、21時過ぎまで高校に残り、解の検討、発表のストーリーの話し合い、発表練習に勤しんでいたようだ。

#### 6. 最終発表

怒濤の1週間が過ぎ、いよいよ発表日を迎えた。下妻第一高校は、筑波大学での最終発表の前に、全国高等学校総合文化祭自然科学部門プレ大会物理部門で発表した。ほかのどのチームも非常にレベルが高かったが、下妻Aチームは持ち前のマイペースさを発揮していた。「これは物理ですか?」という鋭い質問にも、「速さ・道のり・時間」が関係しているので当てはまります、と答えていた。激戦の中、5位に滑り込み、奨励賞を受賞した。



図5 筑波大学での最終発表の様子

その翌日が、筑波大学の学園祭での発表であった。午前中に、みっちり発表練習をし、午後の発表に臨んだ。学園祭での発表は、これまでにない大教室での発表であった(図5参照)。さすがの下妻Aチームも緊張がみられたが、無事発表を終えることができた。発表会終了後、どの生徒も一様に満足感と、充実感に満たされているようだった。

バス停を配置する候補地の絞り込み、バス停間の距離や道路の幅の考慮など、実用上の課題は多く残されている。さらに、時間の余裕があれば求めたルートを実際に行って確かめてもらえれば、より良かった。しかし、チームで協力して大規模なデータの収集を丹念に行い、また個性を存分に活かす発表に挑戦した。最初の7月に高校生と出会ったときのことを考えると、4カ月間の高校生の飛躍的な成長には目を見張るものがあった。

#### 7. おわりに

以上が4カ月間に及ぶ高校生の奮闘記である。プロジェクト終了から数カ月後、下妻第一高校を再度訪問し、Aチームの高校生達と担当の先生にプロジェクト全体の感想についてインタビューした。

筆者 全体を通しての感想を教えてください。

K君 元々情報科学や社会工学に興味があって今回のプロジェクトに参加しました。自分の興味のある分野を知ることができたのが一番良かったと思います。ただスクールバスの例でも、私達のモデルを実際に実用化するにはまだ多くの考慮すべき点があり、工学を社会に応用する難しさのようなものも知った気がします。社会工学という分野は、実用化できれば社会に大いに役立つし、これからまだまだ発展する

余地のある分野だと感じました。少し偉そうになってしまいますが、ぜひ、その将来を担う専門家の方々には頑張してほしいと思います。

Y 君 大勢の人の前で発表した経験を通して、度胸がついたと思います。発表では、言葉だけではなく身振り手振りを交えたり、具体例を用いて人にわかりやすく伝えることを心がけました。

S 君 自分は数学が好きなので、数学をいつもとは異なる角度で体験することができて新鮮で面白かったです。

F さん 文系ということもあり、当初不安でした。合宿も大変でしたが、その大変さが楽しかったです。パソコンが得意だったので、プレゼン資料の作成などでみんなの役に立てて良かったです。それと、理系分野への理解が深まったことも良かったことの一つですね。

M さん 高校1年生の参加者は私を含めて2人だけで、最初はとても心細かったです。ですが、プロジェクトを通して、色んな人と知り合えて楽しかったし、貴重な体験ができたので参加して良かったと思います。あと参加する前は、数学を使って社会の問題を解くような分野があることを知らなかったの、こういう分野もあるのかと勉強になりました。

H さん 正直、難しかったです。私は特に、合宿でプログラミングの授業を受けることができなかったので大変でした。ですが、他校の生徒、大学の先生、大学院生など、普段関わらないような人と関わることができて、いい経験だったと思います。

筆者 それでは、最後に先生どうぞ

先生 発表直前になり、生徒達がよくまとまりました。劇的でした。あのときの生徒たちの成長ぶりには、驚きました。

筆者 それまでは、バラバラだったんですか？

先生 危機感がなかったんですね…

筆者 良かったこととしては？

先生 大学の学問に触れたことが、生徒にとって一番大きいと思います。大学の学問に対する興

味を養う機会としては、最高でした。どうしても偏差値だけで、大学を選んでしまう高校生もいます。このプロジェクトのように、大学の勉強の模擬体験をすることによる効果は大きいですね。問題意識も具体的になり、より良い進路選択が可能になると思います。それと、大学の学部ごとに学問として何を目的とするかは異なりますよね。生徒にとって、そういった学部との相性もわかってよいと思います。

筆者 先生ご自身にとっては、いかがでしたか？

先生 自分自身が学ぶ機会にもなりました。自分は数学科出身で、工学というと機械を作るイメージがありました。ですので、社会工学という分野は新鮮でした。社会工学は、世の中との接点の関わりを見いだしながら、社会をより良くしていこうという姿勢の学問ですね。ほかの分野と比べると、人と人とのコミュニケーションがより重要になると感じました。例えば、スクールバスチームは昭和観光さんにインタビューに行きましたが、それにより生徒達の意識が大きく変わったと思います。

筆者 なるほど、貴重なご意見ありがとうございました。

**謝辞** この原稿を執筆するにあたり、下妻第一高校 A 班の生徒、および下妻第一高校 菊地宏之先生には多くのご助言をいただいた。また、プロジェクトを通して、下妻第一高校の内山哲郎先生、筑波大学の吉瀬章子先生、およびインタビューにご協力いただいた昭和観光株式会社には大変お世話になった。この場を借りてお礼を申し上げる。

#### 参考文献

- [1] 吉瀬章子, 高校生が挑む「●●をうまく決めて■■を最小に」, オペレーションズ・リサーチ, **57**, 39-45, 2012.
- [2] Wikipedia, 「下妻駅」, <http://ja.wikipedia.org/wiki/下妻駅> (2014年3月2日確認).
- [3] 茨城県立下妻第一高等学校, 「2014 School Guide」, [http://www.shimotsuma1-h.ed.jp/\\_src/sc4156/8aw8dz88c493e08dc590v94c5pdf5b15d.pdf](http://www.shimotsuma1-h.ed.jp/_src/sc4156/8aw8dz88c493e08dc590v94c5pdf5b15d.pdf) (2014年3月2日確認).