

## 突撃インタビュー

# 青山和裕先生に聞く

恒例の突撃インタビューも 24 回目となりました。今回は、小中高の統計教育の発展のため、授業実践や研究で幅広く活躍されている愛知教育大学の青山和裕先生にオンラインでお話を伺いました。近年、社会で注目されているデータサイエンスや統計学は、企業や大学が求める人材にも大きく影響しています。求められる能力の変化は、昨今の大学入試の改革という形で高校教育に携わる私たちにも関わっています。青山先生への取材は、生成 AI を仕事に利用することが必須となるこれから社会で、子供達が身に付けるべき力や、教育に求められることは何なのかを改めて考える機会を与えてくれます。

## 1 生い立ちとお仕事について

—生い立ちを教えてください

生まれは徳川家康でも知られる愛知県岡崎市ですが、途中で引っ越したので小中高は名古屋市内の学校です。大学は現職でおります愛知教育大学で、その後筑波大学の大学院の博士課程に進学して研究者の道を志しました。職歴ですが、筑波大で助手みたいな仕事をしたあと鳴門教育大学での仕事を経て、現職の愛知教育大学に勤めて今に至ります。

—数学は子供のころから好きだったのですか

私は小中高と算数・数学は比較的できるタイプで、クラスメイトや仲のいい友達が困っていると教えてあげたりして、相手が分かってくれてできるようになると嬉しいというタイプでした。それで「数学の先生っていうのは素敵な仕事だな」とか「今は友達に教えているけどこれを職業にしていいっていいな」と思って、愛知教育大学を志望しました。大学時代も中学校の数学の先生になろうと思って過ごしておりました。



—統計を研究するに至った経緯を教えてください

まず、自分は数学で食っていくというより、あくまで小中高の範疇で数学に触れ合いたいという思いがありました。また、愛知教育大学では大学院まで進学したのですが、それは「現場に出て経験を積むのも手だけど、逆に現場に出来れば必然的に経験を積めるわけだから、今は大学院でちょっと違うルートというか横道に逸れて勉強してから現場に出てもいいんじゃない」って指導教員に言って頂いたことが決め手でした。この大学院修士課程のときのテーマが、数学モデリングとか算数数学を現実社会に適用するといった内容で、これを掘り下げていったものですからアプローチの仕方としての統計が、やっぱり日常的な問題を扱うときには有効だっていうことを感じました。

私が大学修士課程だった頃、1998 年学習指導要領では中学校から統計がなくなっていました。日本で一番統計が手薄になった時代でした。私はモデリングを学ぶなかで「統計って結構使えて面白いな、奥行きあるな」と感じたのですが、教科書を見ると小中でほとんど統計って習わないんだって思いました。そのような時に、また指導教員がうまいこと声をかけてきてですね、「決められた内容を子供に伝えるっていう水際で子供と頑張る教師は尊いんですけど、研究者になって指導要領と

か教科書執筆とか、そういう手前のところで働きかけるという仕事もできるかもしれないよ」って言われました。当時の私はちょろくて「それいいっすね」みたいな感じで。それで研究者の立場で統計を教えるってことを掘り下げていれば何か現場の先生に返せるときが来るかなと思って、その段階から統計教育に取り組んだといったという感じです。

—先生の研究について教えてください

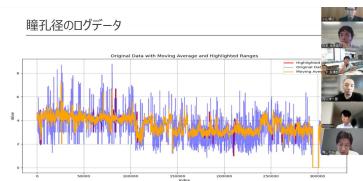
統計教育に関する研究をフィールドにいろいろとやってはいるのですが、私自身が今取り組んでいる研究ということに関しては、教育データを集めそれを教育還元するという研究を進めております。



ここに示したこれは「トビープログラス」というメガネ型の最新式デバイスで、瞳孔計測とかアイトラッキングができる器具です。附属中学校の研究協力を得て、授業中の生徒にこれを装着してもらっています。このメガネをかけていればその視界が録画され、この子がどこを見ているかといった焦点が出るので、どこを見て過ごしているかっていうのも分かります。学習者に取り付けて得られたデータを分析し、授業の良し悪しだったり、子供の食いつきというものをエビデンス化して、授業者にフィードバックしようという研究をここ数年進めております。

この器具は瞳孔の計測もできるので、瞳孔の開き具合もずっと記録できます。瞳孔って常に微振動しているのですが、驚くと目が開くみたいに、感心したり驚いたりすると瞳孔は開きます。このように心の揺れ動きが瞳孔には嘘がつけず反映するものですから、メリ

ハリがある授業で「おっ！」と思う発言が出てきたり、先生からの揺さぶるような発問とかでギクッとすれば開くとか、逆につまんないなと思ってると全然瞳孔開かないとか、そういう子供の側から授業のメリハリをトレースできるのです。具体的には教師が狙って起こすアクションや、何かしら洞察を得たいと投げかけをするという教師の指導や生徒への働きかけを拾い出して、これに対して子供の瞳孔のデータを照らし合わせます。そうすることでちゃんとリアクションが出てるのかどうか、先生の狙った揺さぶりが空振ったのか、あるいはヒットしているのか、逆に意図しないところで何か子供は思わず食いつきを示しているとか、このデータ解析をするとそれらの裏が取れるので客観的に判断できます。



そういう授業のメリハリを、瞳孔が開いていたら上に、瞳孔が閉じていると下にといったようにログデータが出ます。ただ、単純に開いたからといって心の揺れ動きとは限らないので、有意味なところを拾い出し、それが授業の当該時刻のタイミングでどうだったのか照らし合わせ、揺さぶりが成功したりとか揺さぶりが失敗したという授業分析をします。この分析から教師に「あなたのあの時ヒットしてました」とか「あなたのあの時空振りでした」ということを積み上げていって、先生ご自身が「こういうのが子供に響くんだなー」というのを積み上げてもらい、授業評価とか授業改善に役立てほしいというのが研究のねらいです。

いずれはこういうメガネをかけるという生徒への負担をかけずに、同程度のデータを

とって授業者にフィードバックをするところまでを科研費として申請しており、4年間の単位で研究を行っているところです。

—その器具は1回の授業で1人分のデータですか

サンプリングとしては2人使ってます。この機器は高くて、購入すると1台430万円します。レンタルで今やってるのですが、それでも1ヶ月1台レンタルするだけで30万もかかってしまう…。本当は特定の生徒じゃなくて教室全体を見たいんです。かといって30人全員にこのメガネかけさせるのではなく、こんなメガネを使わずにでも同じレベルで教室全体を捕まえるところに研究の後ろのフェーズを設定しています。

例えば、教室の前に置いてあるビデオカメラでも全体の表情くらいのデータは取れるんですよね。今ではAIによる表情解析もできるので、そのレベルでみんなが盛り上がってるかどうかが拾い出しきれはあんまり負担かけずにやれるんですけど、表情解析ってあまり当てにならぬ信頼性ってないんです。なので、当てになるデータで高めつつ、それを負担にならない形で、でも同じレベルで解析できるかってところへスライドする。この方法が実現、実装化して普通の授業で「教室全体30人がもうダレてますよ」とか「先生ヒットです」とかっていう感じでやれるところを目指しているわけです。

—この研究をしてみようと思ったきっかけは元は統計教育なので「社会ではこんなふうにデータが使われて、こんなふうに活用されています」という事例を集めて、それを学校現場の先生たちにお伝えしたいと考えていました。今はAIの時代なので、例えばスーパーで売り上げを伸ばすためにカートにセンサーを積んでお客様のスーパーの中での動きをデータ化し、適切な販売戦略を考えるとか、スポーツデータとかもそうですが、データが社会で様々に活用されてる事例がたくさん

あります。このような活用例を聞くと、「教育だってもっとデータ化して突っ込めないかな」って考えるようになりました。その中で先ほど言ったような自分が思ういい授業とか、よそで言われるようないい授業とかを、同じようにデータを取って分析することができないかなと思ったのがきっかけです。

初めからトビープログラスによる瞳孔に注目したわけではなく、瞬きを計測する器具や、脳血流計を使って脳の活性化を血流量でみることも考えましたが、どれもマイチだなって。そのような経緯で瞳孔の大きさのデータを利用していますが、結構表情ともリンクするところがあり手応えがつかめたなという印象です。共同研究者とお話ししているのは、個別最適というと学力による個別最適が一般的ですけど、もっと広くその子の個性や特性にあわせた個別最適という考え方もできます。「すごく物静かで表情に現れにくい子だけど実は授業にはすごく熱心に参加して聞き耳立ててます」とか、先生から見るとなんか反応がないから分からないんだよねという子も、瞳孔からなら先生が見て気付かないところも拾い出せます。声が大きくて目立つ子の反応や状態は分かるのに比べて、先生が見落としがちな子や引っ込み事案で恥ずかしがり屋な子とか、そういう個人の特性も今の研究の方向性で、そういう目立たないけど頑張ってる子も拾い出しができる、先生方に「あの子は分かりにくいですけど今日の授業はとっても食いついてて、先生の投げかけがめちゃくちゃヒットしてたんです」って伝えてあげれば喜んでもらえるようなこともあるかなって。副次的にそういう路線もやってみようと共同研究者の方とお話ししてて、いろいろ面白いことがこれから出そうだなと思って楽しみしております。

—他にもこの研究で期待しているものがありますか

いざれこの研究が積み上がってくると、子

供が食いついてるとか、メリハリがある授業というものが特定できるようになってくるので、その土俵が整ったときに今度は授業の条件を変えてみたとき「こういう風にやるとちょっと子供の反応薄くなりますよ」とかが、いずれはできるかもしれません。

他にも、オンデマンドや遠隔で先生が講義をするときと、生身でそこにいるときでは彼らの食いつきが違うよとか、そういう授業環境、学習環境の違いがどう影響を及ぼすかも、研究が仕上がって汎用化できるようになれば分かってくるかもしれません。あるいは極端な話ですが、教師と子供の相性みたいなものも、先ほどの個別最適の反応が出やすい子とかと同様に実はあるかもしれませんですね。比較的アップテンポで陽気で楽しげな授業をする先生と、比較的落ち着いた雰囲気でしっとりと授業をする先生、どちらがいい授業ってことではなく先生の個性ですけど、先生のもつ世界観と生徒の世界観とのマッチングも実はあるんじゃないかと思っています。

どう子供に響いてるかっていうのはいずれは教科もまたいで、やれる可能性はあるかなと想像を膨らましております。

## 2 変化する社会と求められる人材

—研究を通して授業や生徒と関わることで感じることはありますか

この研究だから見えるということではないですが、課題そのものは教育に関して感じていて授業力が大事ということ。GIGAスクールでタブレットだとか小中高問わず今は授業を見直そうと、それは主体的対話的で深い学びも含めてですが、それをみんなで取り組んでいると思います。授業モデルとか文科省から発信されるリーディングDXでのGIGAスクールでのタブレット利用等もあるんですが、正直私の中ではまがいものも増えてるなっていうところを危惧しております。

いい授業っていうものがどうも定まってないですよね。言葉では出るしみんなで目指して頑張っているんですが、人によっていい授業は違いますし、ともすると最近はタブレット利用で自己調整学習、自由進度学習、学力に応じた学びといって、一斉授業から切り離して学力に応じた課題をさながら塾のようにひたすら反復練習して成績が上がるといい教育、となっている風潮があると私は感じております。集団で学ぶ学びっていうものの良さをきちんと発信したいし、先生方にはそういう腕を磨いてほしいんです。でもそれも局所的にマニアックな集まりの中での先生の授業いいよねとか、これいい授業だったよねっていうても届かない人には届かない。ですので、その先生の授業が子供にいかに届いてるかっていうエビデンスを取りたい。逆に私が危惧しているような、成績だけ上がる反復練習やそういう教育が、いかに子供の心が動かないで置き去りにして成績だけ上がっているかっていうところについてもデータから明らかにしたい。

生身の先生が行う授業が子供にいかに響いてるかっていうところを発信して、みんなにいい授業っていうものを、いい先生やいい腕があるっていうのはいかのようなものかっていうことを教育に働きかけられたらなと研究を続けています。それでやってみた感じ、あのいい先生が、いい働きかけをすれば子供はちゃんと反応してるってことがエビデンスで取れてるので、こういう積み上げで、みんなでいい授業改善できるといいなって思っております。

—昨今の統計教育についてのお考えを伺ってもかつては中学校で統計を教えていない時代や、高等学校でも確率統計とか教科書にはあったけど、受験にはいらないから高等学校では教えられていないとか、そういう下火だった時に私は教員免許を取りました。ですから、私が数学教育の学会で統計教育の研究

発表をしようとしても、門外漢扱いっていうか誰もそんなテーマで研究してないという状況でした。その状況を思えば、今は分科会もちゃんとあるし、統計教育に関して実践をして発表してくださる小中高の先生方もおられて、統計教育に対してある程度現場の先生たちも向き合ってくれるようになったので、当時から考えればかなりいい時代になったなと思います。

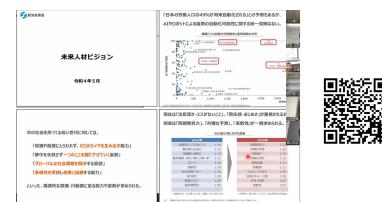
一方で全然足りていないと思うところもあります。時代が追い越してしまったというか、当時なら今ぐらいでよかったのですが、今は AI だったりソサエティ 5.0 だったりデータサイエンスと言われるぐらい社会的なニーズが増して当たり前に使われる時代です。どんな分野でもそれが要求されるところまで来ていることを考えると、そういう社会に出ていく子供の準備としてはまだまだ手薄だなあと感じています。現実、もっと統計を教えろというプレッシャーやニーズも高いので、もっと頑張らないといけないんだろうけどもうやることがいっぱい、先生たちもそうですけどカリキュラム的にもそんなに余地がないので、なかなか厳しいなあって思っておりまます。



今の教育の現在地とかをぜひ高校の先生方と共有したいなと思っており、こちらの資料を紹介します。統計以上にまず今の教育でどういう議論がされているかというところですが、これは教育課程企画特別部会という中央教育審議会の内部組織の中で議論されていることで、文科省のサイトでも議事録とかの資料が公開されています。今の時点で中教審で

はどういう議論をされているかっていうと、この探究力をつける“探究”っていう要素がいろんなところで強調されています。

生成 AI が普及してそれを使うのが当たり前になった世の中で、「生成 AI に負けない人間力を身に付けろ」とかって言われていますけど、それが具体的に何なのかっていうことが資料ではまとめられています。そしてそれらの能力はどう考えても教科書的な学習では有効打にならないわけですね。高等学校や大学レベルの高度な知識でも社会で共有されウェブに情報として上がっているものはもはや生成 AI は取り込んでしまうので、身に付けた知識だけではなかなか通用しないというのが現実です。ただ高い知識や学んだことは想像の足場にはなるので「勉強する必要がない」なんてそんな乱暴なことではもちろんないんですけど、でも問われるのはあなたが身につけた高い知識やスキルを足場にして飛べますかっていうこと。ですからこの厳しい時代に一つの学習経験として探究させましょうっていう答えに今なっています。問題が定まっていて答えをうまく出せますというようなパフォーマンスじゃなく「あなたしかできないテーマで、あなたらしい掘り下げ方でいい提案が出せませんか」っていう、こういう生成 AI とかには及ばないところで、そういう探究的な学びをやらせましょうという資料なんです。



他にもこれは企業向けの資料ですけど、経産省が企業の方とコラボしてまとめた資料で「未来人材ビジョン」といいます。この資料をみると、企業が欲しがる人材に関しても結

構変化も現れていることがわかります。学校で成績の良い、いわゆる良い子ちゃんや優等生はもう受け入れられなくなってきた。これを踏まえて私たちは子供にどういう課題を、どういう教育経験をさせるか考えないといけない。

現在は「注意深さ・ミスがないこと」、「責任感・まじめさ」が重視されるが、将来は「問題発見力」、「的確な予測」、「革新性」が一層求められる。



企業の目線からすると「ゼロからイチを生み出す能力」とか「一つのことを掘り下げていく姿勢」などが求められているのです。もう少し具体的に「問題を発見する力」とか「革新性」とか、56個の能力をあげており順位付けされているのですが、これまでとこれまでの時代ではラインナップが全然変わっていきます。今後求められる力として上位にある革新性って学校教育と相性悪いんですよね。みんな一律同じ内容と同じ答えを出せるように育てるっていうのは、むしろ真逆なベクトルです。それこそ芸術で作品を作らせるとか音楽とかそっちは相性が良いとしても、普通の教科教育の中では彼らに誰にも出せない突飛なアイデアを持ってこいなんて要求もしないので、私たちはそこを育てきれていないんです。社会の枠組みを変えていく力も育ててほしいとかもそうですね、学校でいうと校則を見直すようなことを自発的に動ける子供とかですね。でも明らかにそういうところが必要とされ、言われたことを真面目にこなす能力は過去には大事だったのですが、今は上がつてこなくなるぐらいに社会の状況は変わっています。これからの教育では、知識の習得と探究という2つの力をレイヤー構造で捉えることが大事ですね。

他にも、企業で30年くらい人事を担当されている方のプレゼンで採用の裏話やネタ話をしきれたのですが、採用試験の時にパーソナリティ診断とかもするらしくて、企業も人間性を見て人を取る時代になっていると仰っていました。学力基準でどこの大学という時代ではなくなりて、チームに貢献できるかどうかそういう性格や特性で選ぶ、チームで動くとき足を引っ張るような人はもう取らない。「成績がいいけれど人の言うことを聞かないエリートみたいな人はいるな」ってはっきり仰るんですね。これまでの日本高度成長でイケイケだった時代はマニュアル通り言うことを聞いてくれる人材は重宝されていたのですが、今の日本の企業は結構ひっ迫しているので、言うことを聞く仕事はAIにやってもらえるんだから、自分で企画立ててどんどん切り開いてくれる人材じゃないっていう結構シビアなところを突きつけてくれました。これからは今までのいい子ちゃんのような「枠内思考」、すなわち自分が携わっているってことに対して上からのノルマをこなすのではなく、それを通じて「社会貢献をしたい」とか「もっとこの会社はこうあるべきだ」とかそういうちょっと生意気なことですけど、でもそういうのを言えるような人が欲しがられている。

こんなふうに教育の現場よりも、企業や社会で求められる人材のほうが変わっている。これまで教育って完全に枠内思考で子供を育てているんですよね。だからといってカリキュラムを無視しろとか、別に反抗的になるってことではなく、やるべきことをちゃんとこなすってことは大事、でもやれって言われたことをやってるだけでは未来が明るくならない。だから「学んだことを使ってもっと世界を広げられるような子供を育てる」と考えたとき、統計を教えることは社会とつながり、彼らを発展させやすい内容なのだと思います。仮説検定の考え方などそれも大事です

が、データを分析して住みよい社会を作れないかなとか、もっと身近な自分たちの高校をみんなが暮らしやすいように意識調査やってみましょうかとか。あるいは校則を変えるにしても、全校生徒の気持ちを聞いてみてそれに沿う形に学校を変えられないかとか、統計は身近なところで活かせる道具なので是非活用してほしい。

どうか「統計を教える」というときには、社会に働きかけるためには署名運動だとかストライキをするのではなく、「エビデンスでもって科学的に社会に働きかける道具を学ぶんだ」という視野も合わせて育ててほしいな、なんて思っていたりするんです。

—企業や社会で求められる人材が変わってきたことのことでしたが、これは大学入試などにも影響するのでしょうか

企業がそのように変わったということは、大学は卒業後の実績が響くので、大学教育が変わらないといけないわけです。企業でうけるように大学生活を変えるわけですよ。企業の就職をする大学生たちに「うちの大学出たんだからどこでも行けるぞ」なんていうことにならない。ですから、あなたが採用にアプライしたときに売りになる経験をさせようってことになる。それがこの大学のPBL、すなわちプロジェクトベーストーニングと呼ばれるプロジェクト型学習が普及している理由です。



強い学校、大学は企業とコラボして、大学生に企画運営とかを企業の方と一緒にやらせるんですね。例えば早稲田大学とアシックスとか、有名大学は企業も協力してくれるので

有利ではあるんですけど、少なくとも大学の中で勉強させて単位取らせるというより、企業の新商品開発に関してチームで参加させてもらって、大学生らしい切り口でデータ集めてマーケティングリサーチみたいなものをやって、その結果に基づく新商品のコンセプトとかをアシックスに提案しましょうとか。実際それが商品化されますとか。企業の方とコラボして実地で経験させるという学習を既に大学側はやっています。いろいろな大学が社会でそのまま通用する経験を大学生にさせようとしており、こういう経験を持って就職活動をすれば「大学での成績が良かったです」とかいうよりも、「自分が携わった商品が売られているんです」と言って見せられる方が圧倒的に有利です。このように、大学教育もちょっとずつ変わってきています。



そうなると大学もそれに相性のいい高校生を取ろうというようになります。プロジェクト型の学習で企業とコラボさせたとき、相性の良い輝く学生というのは一般入試の成績とは必ずしもリンクしない、これは仕事をしている人はみんな知ってるんです。そういう人間の個性や特性というのは確実に存在するので、そちらの洗い出しをしながら高校生を合格させた方がいいと大学は考えています。ですので総合型や推薦型とかでは「高校生のときに課題学習でどんなことやってきましたか」と質問し、その内容で合格させてあげる。このような経験がある生徒なら、大学で同じようなことやらせても、うまく動き回ってくれる。

一方で、従来の学力メインの一般入試に対

しては不信感がどんどん増している。各大学が一般入試の優秀者を取ったときの不具合を味わっているのです。とはいえる全員を推薦だけで入学できるほど日本の人口規模は小さくないので、一般型入試というメインストリームは残っていますがだんだん及び腰になっている。共通テストを使わない私立なんていうのはそういう感じですね。

そのような方向に動いているため、以前までは高等学校における探究は「いい経験になったけどごめんね。大学入学には役に立たないんで。」という感じでしたが、今では「自分たちは社会の問題に対して、このように探究をやってきました」ということが武器になる。今はまだ受け皿は小さいけれど、お前のその頑張りと人間性は見てくれるところはちゃんと見てくれるよっていうような枠組みはちょっとずつ増えてきています。10年前だと「人は育てたけど入試ではどうだろう」みたいに報われず、自己満足みたいな教育をやってもらうしかなかったんですが、それに比べると今は、学校や先生たちが育てて送り出した子たちの為にもなり、やりがいを持てるようになっている気がします。社会が少し動いたなって感じがします。

### 3 日本の統計教育の実状と課題

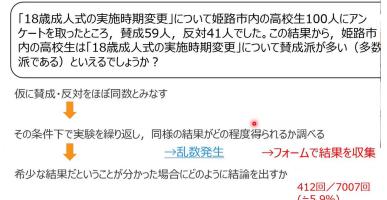
#### —統計の指導例を紹介してください

仮説検定の教材からいきましょうか。仮説検定に関しても今まで扱ってなかった以上、先生方だって「どういう教材で何やるの?」みたいなところはみんなお困りです。まずお耳に入れておいてもいいかなと思うことは、海外では仮説検定をコンピュータによるシミュレーションベースで教えるのが主流ということです。

諸外国では日本みたいに統計が下火であった時期はなく、ずっと教えてきています。それでも、大学生を相手に仮説検定の説明をするとグッと数学の要素も増してドロップア

ウトする。なので高校生がついて来られないのはある意味仕方ないかなとも思います。この長年の課題に対して、コンピュータによるシミュレーションを交えながら、仮説検定の難しい数式を使わずにニュアンスだけ伝えようというのがみんながたどり着いた着地点です。なので、分布理論を教えて計算して  $p$  値を求めようなんてやらずに、例えばシミュレーションに基づく統計的推論の実践で、コイン投げによるシミュレーションをするとといった実践報告は結構出てきています。

#### 姫路東高等学校での特別授業 (2023年1月27日)



私も高校生相手にシミュレーションベースの授業をやった例があります。仮説検定のニュアンスを、インフォーマルインファンスとか非形式的な推測というのですが、それを例ええばこういうちょっとしたアンケート調査の結果から「皆さんはどっちを選びますか」みたいな単純な場面で設定します。

文脈も問いかけも題材はコンテンツフリーで何でもいいんですが、例えば100人の標本でアンケート調査したら賛成と反対が59人と41人とか60人対40人だったとします。ただこれはサンプル標本の100人なので、母集団全体に関して「このデータからあなたならどう判断しますか」という単純な問いかけをします。100人中60人程度なら誤差の範疇なので五分五分の可能性も捨てきれないよね、みたいなことを高校生は思ってくれます。「コインを10回投げたときに6回表が出ただけでコイン疑いますか」という問い合わせと同じだと思ってくれるので、「それくらいでコイン歪んでるとは言わないよね普通」、みたいに考えてくれます。なので100人中60

人とかこの 59 人ぐらいだったら誤差じゃないかなって思ってくれるので、この結果だけで全体的にこっちが多数派と決めるのはそれは早計でしょうってみんな思ってくれます。そこで「じゃあやってみましょうか」という形でシミュレーションにつなげます。

前提として仮に同数だとしようと、世間は五分五分でどっちつかずで割れてるという状態だとするならば、あなたがインタビューをして反対派ですかって聞いたときその人がどっちを答えるのかは五分五分なんだから、コインを投げた結果とほぼ同じでリンクするよね。「それではコインを投げて実験してみよう」と言ってみんなでコインを 100 回投げるのでもいいのですが、ここではサイトを使って 0 か 1 かの乱数を 100 個発生させました。1 が賛成、0 が反対と見立てて、その 100 個を並べてみれば 100 人に聞いて 0 が反対票、1 が賛成票だったのとほぼ同じ調査を疑似的に実験できる、これがまさにシミュレーションベースなんです。「じゃあみんなちょっとやってごらん」って 1 回やらせてみて、「1 が 60 以上集まった人?」とかって聞くとほとんどいなかったりします。「じゃあみんな繰り返し何回かやってごらんよ」と言って 100 人調査して 60 票集まるようなときは何回かなってやると、この授業では延べ 7000 回中 412 回でした。実はこれ見込みより多いので、多分入力ミスがいたのだと思います。本当は 300 回ぐらいで 4% 切るぐらいの二項分布で近似できます。

二項分布を教えようと説明するとドロップアウトするので、二項分布を教えずに実験回数を多くすれば理論値と一致するという前提でこういうシミュレーションをやります。結果が出ると、100 人中 60 人で全体的に賛成派が多いと決めるのは早計だって言ってたけど、いざやってみたら「100 人中 60 人が賛成になることはなかなかないよね」ということがこの結果で伺い知れる。そこで、じゃあど

う判断するって聞くんですね。それでもあなたは前提として同数であるって言うところから譲らなくてもいいし、でももしかしたらこれは賛成派が潜在的に多いのだからこんなに確率的に低いのかなっていう感じで「前提を疑いますか？ それとも譲りませんか？」と問うわけです。私が実践した姫路高校の子たちは心配すぎるくらい素直で全員ごっそり変わりました。

この授業ではラベリングしていないけど、帰無仮説に基づいて現象を確率化して、その結果に基づいて帰無仮説を取るか対立仮説を取るかを問うところまでやっています。このように教えようというのがシミュレーションベースです。さらに、みんなで実験を頑張るのもいいけど、段取りが分かったらあと 3 万回は自分の画面でコンピュータにやらせようかみたいにシフトしたりします。仮説検定であったり信頼区間であったり、理論から教えていくっていうのは、これまでの世界的な経験からも難しいというのは分かっている。なので実験のニュアンスだけ分かってもらって、この実験を繰り返さずに計算で求められる便利な確率理論があるんだよ、ついでに密度関数とかあってねとかいうことを後から添える。その段階でドロップアウトする人がいてもしょうがないと考え、エッセンスだけ伝えようとするのが今は主流です。その辺を先生方も意識してもらえると、授業の展開の幅が広がるのかなと思います。

—私も中心極限定理とかの話をする際、Excel で 20 個のデータの平均を 1000 個くらい作り正規分布のようなグラフをみせるという授業を実践したことがあります。生徒は嬉しいってなるのですが、嬉しい止まりで…一般入試や実践に耐えうるのかとか不安があります

先生が感じておられる手応えのなさみたいなところはたぶん真っ当で、私も同じように思います。よくできた紙芝居とか動画のように、分かった気にさせるんだけど、本当の

意味で分かってなかったり、いざ問題出されたときには「何だっけ？」みたいな感じでパフォーマンス上がらないみたいな、その手応えのなさみたいのはシミュレーションベースとかには結構つきものです。今お話をされていた中心極限定理もとても良い事例なので、それでニュアンスは届くと思うんですけど、彼らの中で位置づかないという懸念ごもっともだなと思って聞いてました。

海外のシミュレーションベースでの教材だと、彼らにそういうシミュレーションを繰り返しやらせながら、「結局のところどうなんでしょう？」という解決までさせています。要は問い合わせて問題解決的にするという感じの教材ですね。例えば、2群の差の検定、すなわち2群から繰り返しそれぞれ標本抽出をしていってそれぞれの分布を見ると、オーバーラップするのか、隔たりが出るのか問われているとします。1回の結果だと、その2群から取り出したものの差が平均で何点差がありましたか？いくつ差がありました？これが有意ですか？が問われているとしてこれが問題なわけです。これに対して同一母集団から100個ずつサンプルを2つずつ取り出す。それが2群の差を検定することになるので同一母集団から100個ずつサンプル取ってサンプル間で当然差はつくわけですね。ある時はほぼ同じ、ある時は1離れる5離れるみたいに2群の平均値に差が出る。この時に同一母集団から1万回2セット取った時の差の平均値が3だったとします。一体どれくらいの頻度で出るのかを実際彼らにやらせてみて、3離れるってことはあんまりないなと思えば「2つは同じ母集団から取ったとは見なせないんじゃないですかね？」みたいな結論まで出させる。このようにシミュレーションを使ってちゃんとゴールまで行かせます。シミュレーションによってこうやって見えたね分かったねよりは、シミュレーションを使ってどう結論づけるまで問う形の教材も

試してみてもらうと先生の手応えに違いがあるかもしれません。

—高校の先生はどうしても出口を気にしてしまう。例えば有意水準は、高校で用いられる教材ではあらかじめ有意水準は何%と決まっていて仮説を棄却するかどうしますかが問われますが、医療の場面とミスが多少許される場面では異なつてもいいわけです。有意水準を何%と決めるのではなくその値を設定する意味から学ばせたいところですが…

そうですよね。これは特に日本の教育設計理論と相性が悪くて、日本はとにかく特に数学は丁寧なんですよね。ちゃんと定義して、ちゃんと成り立ちを抑えて、いざ使おうというのでは教育の設計方法としてはとてもまつとうで素晴らしいんですけど、扱う内容が難しくなったときに、入口で挫折して誰も頂上にたどり着けないというリスクがある教え方です。

海外はもう少し乱暴でいい意味で適当とも言えますが、使えりやいいじゃんみたいな。最近では統計解析アプリを使えば高度な大量解析とかも、データ放り込んでコマンドすればズラッと一覧が出力されます、みたいに簡単にできます。実際、社会における統計の使われ方には、そういうアプリ等によるブラックボックスもざらにありますが、数学をしようとなったときは、どういう理論、どういう手続き、どういう分布があって、だからこのp値なんだよと教えます。そこをブラックボックスにしないというのは、すごくまつとうな教育理念んですけど、ある意味ハードルが上がっているわけです。海外は取っ払うの上手というか、アプリに入れて出力された値の読み方だけ教えようっていうぐらいのこともあります。それだと入試ではやっぱり破綻するっていうか、どこかで齟齬が出るんですが、海外はそもそも入試をそんなに重要視してない。使い手を育てればいいというところで割り切れば、特に大学で統計を教えている

ならなおのこと、データをもらってアナリストとして返しましょうあればアプリを使うに決まっていて、その際はもう理論はちょっと忘れちゃったなっていうのはOKという感じです。

日本はちょっとそこが相性悪いですが、今盛んになってきている情報科の統計は、 $\chi^2$ 検定だとかそういうのもアプリでやれば出ますよねみたいな感じでその嫌いが強めです。数学はやっぱりそこをきちんと掘り下げよう、逆に数学はそこやってねって感じもあってここは悩ましいところです。この考え方方は車の運転で例えることが多く、車を組み立てられなければ運転しちゃいけないんですかっていうような、今の数学教育って極端な話それぐらいを要求してると。アクセルを踏めば進みます、ワインカーを出せばチカチカしますとかその理解でいいとは言わないけれど、設計まで分かっていて運転するっていうところまで大事にするというバランスを、どこかもうちょっと寄せられないかっていうところはあんまり今までの日本の学校の数学教育では手をつけてこなかった。特に算数数学がそれほど得意ではない子たちにとって、数学が苦手な子なりに使い方だけ知ってますっていう着地点とか、分かってる子はもう原理も分かってますっていう、そういう考え方のグラデーションとかっていうのは教育の落とし所としては一つあってもいいかなと思うわけです。これもそんな簡単に変えられることではないんですけど、もう少し柔軟性を持たせて苦手な子が諦めない、数学はもう高一でお別れしましたとか言わずに、苦手な僕なりにこういうふうな学んできました、得意だから僕はここまで掘り下げましたみたいな。みんなで数学楽しもうよっていう社会があってもいいなと思ってます。

#### 4 統計指導に使える教材

では探究の教材でお見せしようと思います。これは中学校でやった実践ですけど、学校改善に向けてデータを集めて探究した事例です。中学校で学校生活充実度調査というのを全校生徒 540 人にやってくれました。100 点満点であなたの中学校の今の生活どうですかということを聞いて、目標は充実度の低い子を上げるとか、全体的な充実度を上げたい学校にしたいといった動機付けをして、校則改善とかと同じで何かこの学校に向けて自分たちでやれることないかなっていう趣旨です。趣旨はわかりやすくて生徒も食いつきがよく、Google フォームとかを使えば全校生徒から集めるのも簡単です。質問項目は充実度が 10 点刻みで 0 から 100 で設定しますが、質問項目のアイデアは生徒に募集するわけです。例えば充実度が高い人や低い人の要因はどこにあるのか、定期テストの結果に本人が満足していれば充実度があがるかもしれないから、学力や授業の理解度と充実度は関係してるのかや、学校内に気軽に話せる友人がいるか等、いろんな質問を並べるのですが、ここで取り組む生徒たちが自分なりのアイデアで探究する要素を盛り込むことができる。あなたならではの切り口みたいなのが出るといいところです。

これらの質問で得たデータを実際に分析してもらって、この中学校に関して何か提案をしましょうというように取り組んでもらいました。実際、例えば学校内に気軽に話せる友人がいない生徒はやっぱり充実度低めとか、あるいは先生に関しても同じで相談できる先生がいるいないは充実度の高低を分ける要素だったりしました。じゃあそこから提案で友達作れではないですね。そういう友達が増えるようなレクリエーションを何か企画しようと言って、社会に働きかけるっていうのは何か有効かもしれないとか。インドア派と

アウトドア派を比べたらインドア派の方が充実度が低かったんですが、これは偶然かもしれないけれど、じゃあインドア派の子が楽しめる企画で、アウトドア派の子たちは楽しんでるんだろうからインドア派の子に友達ができるような企画をして、中学校のみんなが明日も学校に来なくなるやうことをやれないかなって、これが探究なんです。

中学生の「学校生活充実度調査」のデータ分析

- 刈谷市立刈谷東中学校の全校生徒540人のデータ
- 令和6年9月の調査

■学校生活充実度が高い生徒と低い生徒に見られる傾向の分析

【目標】

- ◆学校生活充実度を高めるための企画提案

あるいは、

- ◆より有益なデータを得るための第二次調査の計画策定

自分たちの実態を調べて、自分たちに何ができるかなって考えて、提案して実際に学校が良くなれば儲けもの。これを社会に出たらその自分が所属する社会のレベルで、あるいは企業であれば同じパッケージで取り組んでくれればいいだけで「お客様から充実度や満足度を聞いて低い人をあげましょう」という立派な企業活動になります。学習内容としては、検定するとかまではいかないですが、「この切り口とこの提案はあなたしさが出るね」とか、前半でお見せした探究の教材としても良いかと思います。

ちなみに、この中学では次の第二次調査を行いました。この結果だけでは抜本的な解決に至るにはどの質問も踏み込みが甘いので、より踏み込んだ質問をして「例えばこういう企画をやったらあなたは参加してくれますか、楽しんでくれそうですか」みたいなことを聞いて、充実度が低い生徒たちにモチベーションが上がる企画を選ばせる探究をしてもらいました。事前に「校長先生に働きかけてあげるね」という約束をしていたので、彼らは身近なことから社会を変える経験、学びができました。これをそのまま外に向かってア

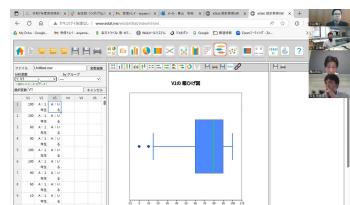
ピールすれば「自分たち学校改善しました」というのは、今の社会で喜ばれる事例になるのです。「僕たちはこうやって校長先生に許可をもらって、こういうふうに学校を変えたんです」と胸を張って言えるようになるお手軽な活動なんです。限られた授業時数では位置付けしにくい活動なので、なかなか難しいと思うのですが先生方の引き出しの1つとして置いてもらって、総合探究のような時間で実施してみたりとか、試みてもらえるといいなと思って提供させていただきました。

分析で使えるアプリもお伝えします。「eStat」というページがあり、先ほどお見せした中学校の実践でもこれを使ってています。



左側のスプレッドシートのようなフィールドと、この並んでるアイコンがそれぞれグラフになっているというインターフェースです。小中学校の実践でも使わせるができるくらい直感的に使えるので、高校生なら「ちょっと使ってごらん」でいいかと思います。20個しか貼り付けられないので大きいデータフォームだったら全部はいけないですけど、データをこの左のスプレッドシートのところにコピペで貼り付ければいいだけです。分析変数は  $V_1$  は満足度、 $V_2$  は学年を表しているのでクリックだけで学年別の満足度なんかも表せる。こうやって層別にやるときは第1群、第2群、第3群をそれぞれ列で分けて自分で貼り付けなきゃいけないですけど、これは層別に使うデータはこれでという形で集めたデータフォームをそのまま貼り付けるだけでいいのがメリット。ぜひこちらもお使いいただけるといいかと思います。また、ブラウザ版で使えるのもメリットで、タブレットが Apple だとか Surface だとか

Chromebook とか別にどれでもブラウザでアドレスにアクセスしていただければ使えます。やっぱり道具が足を引っ張ったりするので、ちょっと視野に入れてもらえるといいかなと思います。



## 5 先生方へメッセージ

—枠内思考がダメというのは本当にドキッとさせられるところでした。それでも数学の授業の中で、点が取れるテクニックなどに興味をもつ高校生が多いのも実状です。このような求められる力が変化する社会を生きる高校生、そして千葉県の先生方に何かメッセージをお願いします

よくわかります。彼らも小中高とそうやって育てられていて、そういう温度感あるいは親御さんのプレッシャーの中で勉強しているので。実際、親御さん世代はそれがシビアだった世代だから余計にですね。大学受験で人生変わるんだっていうぐらいに背負っているのは、もう日本の社会的風土が生み出すものでそれ自体はなかなか覆せないんですけど、先生たちご自身がかける言葉はやっぱり子供に届くので、私はぜひ励ましてもらえるといいなと思っています。

受験頑張ろうとしてる子のやる気を削ぐ必要はないし、いい成績が取れることは決して悪いことじゃない。確かに成績がいいからと言ってあなたを評価するわけじゃないですよって言っているわけですが、それは長所の一つであることは確かなので、受験に向かって頑張れる勉強頑張っている子はいいんです。ですが、そのレースで取りこぼされちゃう子というか、落第しそうになっている子た

ちに先生たちが気休めではない励ましをしていただければ確実に届くと思うんです。先生たちもレースを助長する立場で子供に接するとか、お前らこれで人生終わるぞみたいな形で追い込む立場ではなく、よくよすんな勉強だけがすべてじゃないぞ、実際に今そうなってきてるよと。お前が人間性さえ磨いていれば、そのお前の輝きを確実に認めてくれる世の中に今変わっている、後から人生を振り返ったとき「あそこで腐らず磨いた人間性があったからよかった」と思う時が来る、これがきれいごとじゃなく言える世の中になったのだと。先生たちにはそのように彼らがくじけそうになるところを支えてもらえるといいかなと思います。

先生たちのお仕事と授業をどう変えるかは先生たち個人の裁量ではどうにもならないところが大きい。教えなきゃいけないことを教えないなんてなんてありえないことですから、文科省がもっと舵を切って負担を減らして教育内容を変えなければ教科書なんて変わらない。先生たちが自己裁量でやれるところは多くないので、先生たちにはそれを全うしてもらいつつ、余力のあるところにちょっと探究だったり遊びだったりを入れてもらいたい。10年20年また時代が変わる中で先生たちの裁量が増えたり、教える内容も変わっていくことが期待できるので、腐らず待っていてもらいたいと思います。受験指導を否定しているように聞こえたかも知れませんが、受験指導していただくのは大事なお仕事ですので、そこも腐らず頑張っていただけるといいなと思っております。いろいろと矛盾することを抱えながら仕事していただくのはしんどいかと思うんですが、ぜひ腐らずくじけず頑張ってほしいというふうに思っております。

—長時間のインタビューありがとうございました。