

今回は 社会連携セミナー さくら塾 について報告します。

◇ 航空工学基礎講座を開催しました！

日時： 2022年2月12日（土）13:00～16:00

場所： 関高等学校

講師： 館 弘士 氏 元航空自衛官 元本校数学科教諭

内容： ・航空工学の基礎講座
・エクセルを活用した航空機の運動方程式の演習

参加者： 地域研究部員3名（2年次生・理系コース選択者）

研究の経緯： 現在、地域研究部では、関市内にあった大戦末期の秘匿飛行場の研究を行っています。残された記録の調査に加え、現地に残る遺構の踏査や測量、地質調査、当時を知る高齢者からの聞き取りを行い、以下のコンクールに出場し成果を収めています。研究は今後も継続し、次年度も研究発表を行う予定です。

<今年度の成果>

- ・全国高等学校文化連盟総合文化祭岐阜県大会地域研究部門 最優秀賞
- ・全校高校生歴史文化フォーラム（主催・徳島県立鳥居龍蔵記念博物館） 優秀賞
※2月27日 優秀賞受賞5作品による発表大会が開催予定

<次年度の計画>

- ・日本考古学協会総会高校生ポスターセッション（早稲田大学） 参加予定
- ・全国高等学校郷土文化研究大会（神奈川県） 県代表として参加予定

今回の目的： 飛行場跡地に残る滑走路跡は、推定で長さ2キロ程度です。大半が農地であり、往時の姿を比較的とどめていると考えられます。高齢者からの聞き取りによれば、未舗装の滑走路から土煙をたて、陸軍機が離陸したとのことでした。

今回、当時の飛行場の様相を、より実証的な手法で考察をするため、元航空自衛官であり、数学科教諭として本校で教壇に立っていた館弘士先生にお願いし、上記の要領でセミナーを開講することになりました。

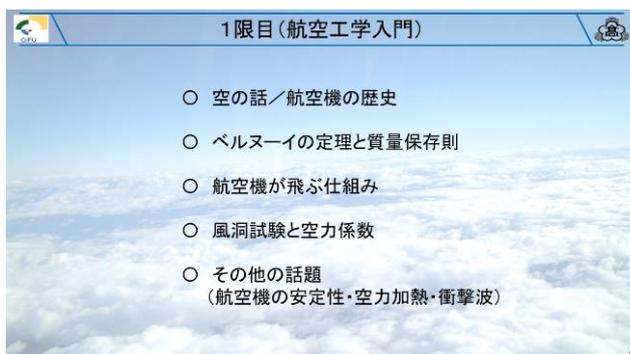
◇ 当日の様子（館先生よりのレポート）

この講座を開くきっかけは、関高校地域研究部の案内で、関飛行場の遺構を見学していたときに出た、「関飛行場は航空機にとってどういう飛行場だったのか」という疑問からでした。関飛行場はカナクズ山のすぐ脇に存在し、関市から眺めると丘の上にある飛行場です。斜度もありそうで、指揮系統が混乱した大戦末期に十分な調査もなく、急ごしらえて設置された飛行場ではないかという印象をもちました。

航空工学の観点からの話をしていると、地域研究部で取り組んでいる関飛行場の研究に取り入れてみたいという話となり、やる気のある生徒3人が基礎講座を受講することになりました。

1限目 航空工学入門

本講座の課題は、航空機にとってどうい



う飛行場だったかという疑問に答えることです。そのために、まずは丘陵地に設置された飛行場の斜度が離陸距離に与える影響について検討することとしました。

この分野については、幸いにも高校で習う物理の範疇で理解することができます。しかし、いきなり航空工学の知識もなしに正しく理解することは困難なため、最初に前掲図のとおり航空工学の基礎について話をしました。

このような話をする機会は今までにもありましたが、今回はできる限り数式を使って説明することにこだわりました。よく、「数式を使わずに〇〇を理解する本」等がありますが、3人の生徒は工学部志望であり、数学や物理学を学び、将来はそれらを使って活躍することになります。高校で学ぶ数学や物理はどうしても問題を解くことに終始してしまいがちですが、今勉強していることの延長線上に、科学技術への応用があることを意識してほしいと思い、できる限り数式で説明するように心がけました。普段使い慣れているはずの簡単な数式ばかりですが、慣れない設定や工学特有の大胆な近似に最初は予想以上に苦しんでいました。

また離着陸理論とは関係ありませんが、航空工学で一般によく知られている事柄が、航空工学的な見地から見るといかに間違っ誤解されているかについても話をしました。

2 限目 離着陸理論

本授業の講演は、丘陵地に設置された飛行場の斜度が離陸距離に与える影響について理解することであることから、米空軍のテストパイロットスクールでも教えられている手法について解説しました。高度な手法のように見えますが、高校の物理で十分に理解できる内容です。

2 限目の講義では、生徒も考え方に慣れてきたため、自分で考えて立式し、解を求めることができるようになりました。そして最後に演習問題として、三菱零式戦闘機（以下ゼロ戦）を事例に、航空機が斜度のある飛行場を離陸する場合に、離陸に要する距離がどのようになるかを、演習により求めることができました。

以上の内容で、本講座の目標は達成ですが、せっかくの機会ですので、より高度な解析手法についても挑戦しました。より厳密な条件で運動方程式を導き、運動方程式を離散化してその近似解を求めるものです。

文章化すると大げさな印象をもちますが、そういった概念は表に出さず、エクセルを用いて直感的に解をもとめます。題材には、ゼロ戦に関して公開されている情報から、諸係数をあらかじめ推定したものを用意し、その条件から、生徒は離陸時の運動方程式を導き、解を求めます。時間の制約上、一緒に解いていく形となりましたが、参加者は解を求めその考え方について理解することができていました。

少し大げさな表現になるかもしれませんが、生徒は電子空間の中でゼロ戦を離陸させることができたのです。

まとめ

本講座は自分にとっても、教科横断型であり、ICTを活用し、探究的な活動を行う挑戦の場となりました。

関高校に勤務している時にも、このような授業に挑戦していましたが、当時はコンピュータを使用する環境も限られ、十分な成果が出せたとは思えません。一方でこの10年で、学習環境も、大学入試も大きく変化し、岐阜県では一人一台タブレットとい

スロープ効果

Runway Slope

If we define runway slope angle θ as positive downhill, we can obtain a correction equation by adding a potential energy term to Equation 3-2 (subscript sl indicates sloping runway parameters).

$$F_{avg} S_{sl} = \frac{W}{2g} (V_{TO}^2) - W S_{sl} \sin \theta \quad (\text{Eqn 3-22})$$

$$S_{sl} = \frac{W V_{TO}^2}{2g S_{sl}} - W \sin \theta \quad (\text{Eqn 3-23})$$

Solving for S_{sl} :

$$S_{sl} = \frac{S_{TO}}{1 - \frac{2g S_{TO}}{V_{TO}^2} \sin \theta} \quad (\text{Eqn 3-24})$$

The relationship is such that a fairly large slope is required before data will be significantly affected. Low thrust-to-weight aircraft with relatively low take-off speeds (trash haulers) will be affected more than high thrust-to-weight, high wing loaded (fighter) aircraft.

離陸滑走距離 S_{TO} 、離陸速度 V_{TO} の航空機が斜度 θ の滑走路を離陸するとき、離陸滑走距離 S_{sl} を求めよ。

$$F_{avg} S_{sl} = \frac{1}{2} M v_{TO}^2 + M g S_{sl} \sin \theta$$

$$F_{avg} S_{TO} = \frac{1}{2} M v_{TO}^2$$

$$S_{sl} = \frac{S_{TO}}{1 - \frac{2g S_{TO}}{v_{TO}^2} \sin \theta}$$

タブレットで解こう(その6)

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	質量	2000 kg									
2	推力	16000 N									
3	揚力係数	12									
4	抗力係数	6									
5	摩擦係数	0.02									
6	t	x	v	a	F	D	L	W			
695	6.88	158.8521	40.3301	3.119632	16000	9759.101	19518.2	19600			
696	6.89	159.2554	40.36129	3.112382	16000	9774.205	19548.41	19600			
697	6.9	159.659	40.39242	3.105143	16000	9789.285	19578.57	19600			
698	6.91	160.0629	40.42347	3.097916	16000	9804.341	19608.68	19600			
699	6.92	160.4672	40.45445	3.0907	16000	9819.375	19638.75	19600			
700	6.93	160.8717	40.48536	3.083496	16000	9834.384	19668.77	19600			
701	6.94	161.2766	40.51619	3.076302	16000	9849.37	19698.74	19600			

6.91秒後に揚力が自重を超過
↓
離陸可能

う夢のような環境も整備されました。生徒は、教科書に書いてあることだけでなく、さまざまな活動を通して、考える力を身に付けていくことが求められます。また教科書の周辺やその奥にあることを学ぶことによって、教科書に書いてあることも俯瞰できるようになるのではないのでしょうか。

今回の成果を、自分自身の授業で実践していくのが楽しみです。

◇ 生徒の感想

◆今回は貴重な体験ありがとうございました。航空力学という全く未知の分野で不安ばかりが募っていましたが、館先生の講習のおかげで、今後もさらなる研究に進んでいけます。ありがとうございました。

◆今回の講習では、航空力学という新しい知見を学んで、航空機の飛ぶ時の現象や、面白さを知ることが出来ました。計算方法や知識を関飛行場にかして行きたいと思えます。

◆今回の講習では、航空力学という全く知らない分野を学びましたが、しっかりと理解することができました。航空力学に加えて、複雑な関数をエクセルで計算する方法を学びました。実際の数値を正確に計算して、関飛行場から戦闘機や輸送機が飛び立つ様子を数字で表現したいと思えます。



◇ 高校生の探究活動と領域横断型研究

地域研究部では、昨年2月より、自治体史や戦史の調査、遺跡踏査や遺構測量、地質調査、高齢者からの聞き取りなど、関飛行場に関する様々な研究を地道に進めてきた。

今回は、館弘士先生にお願いし、航空工学やICTを活用した演習を行った。短い時間ではあったが、理科や数学、情報の授業で習得した知識を生かしながら、歴史の謎解きに挑むという、領域横断型の学びを体験することができた。

郷土史研究として始まった関飛行場の研究は、まだ、研究のほんの入り口に立ったばかりである。今後は、滑走路における離着陸の様子の解明や、地下壕の掘削土量に関わる推計など、理系分野からのアプローチも進めていく予定である。



飛行場跡踏査の様子。司令部のあったカナクズ山（稲辺山）の尾根に残る遺構を調査。