

実験講座における個別遠隔指導の実現

ー機器設定とアプリケーションの工夫ー

教科研究センター 理科教育課

澤大輔 上中一司 南拓実

STEAM教育の実践として高校生を対象に「缶サット High School」および「東京大学の研究者に学ぶ講座」を行っている。これらの講座は、東京大学から講師を招聘し、専門的な内容を直接指導することで実現している。コロナ禍でオンラインによる指導を余儀なくされた中で、様々な工夫を行い、個別遠隔指導を実現した。ここでは、令和3年2月～10月に実施した講座での実践について取り上げる。

〈キーワード〉 リモート オンライン講座 STEAM教育 オンライン個別指導 缶サット

I はじめに

缶サットとは、パラシュートを付けた空き缶の中に電子回路を組み込んだものを搭載した小型模擬人工衛星のことである。缶サットを上空から落下させ、地上に着くまでの間にマイコンに書き込んだプログラムに従って、外部の情報を収集しアクチュエータを動作させる。缶サット製作では、回路設計、プログラミング、電子工作をはじめとする製作活動を伴うため、教科横断的で高度な能力、論理的思考力、創造的思考力、実験するたびに表れる新たな課題を解決していく課題解決能力が育成される。このため缶サット製作講座はSTEAM教育として意義のある教育活動であり、宇宙に関わる科学者や技術者の育成を目指した講座である。

以上のことから、缶サット製作講座を行う際には専門的な知識や技術を持った講師による個別のアドバイスおよび提案など、生徒たちに直接的に関わった指導が不可欠である。しかし、コロナ禍により講師が来所できない状況となった。このような状況下で、オンライン機器の配置やアプリケーションの設定を工夫し、リモートによる個別指導を実現した。以降でその具体的な実践について述べる。

II 実践の概要

1 直接指導で実施してきたこれまでの講座展開

(1) 参加者および指導スケジュールの概略

高校生3～4人を1チームとして、約8チームが各講座に参加している。缶サット内部の電子回路およびプログラミングを学ぶ電子系講座を2日間、缶サットの外装を製作およびテストフライトを行う構造系講座を2日間行う。各講座での指導スケジュールは以下の通りである。

	午前：9:00～12:00			午後：13:00～16:30	
電子系 1日目	缶サット全般の 講義	ブレッドボード上でのマイコン やセンサーの動作演習…①	休 憩	ミッションの計画立案 ブレッドボード上での回路製作…①	
電子系 2日目	プログラミングに関する講義と演習		休 憩	電子機器の基盤への実装…② プログラミング製作…③	まとめと 振り返り
構造系 1日目	缶サットの構造 に関する講義	外装の製作 電子機器の動作確認	休 憩	電子機器の動作テスト 缶サットのテストフライト…④	
構造系 2日目	テストフライトと調整…④		休 憩	テストフライトと調整…④	まとめと 振り返り

※チームごとの個別指導が必要な内容を黄色で示している。

(2) 活動内容および指導項目

- ① PC、マイコン、各種センサまたはアクチュエータをブレッドボード上で適切な配線で接続し、既成のテスト用プログラムで正しく動作しているかを確認することで、電子機器の動作原理や使用方法について理解を深める。
- ② 階層状に組む基板上に電子部品を配置するための回路図を書き、正しく通電するにはんだ付けを行うことで、思考力、技術力を養う。
- ③ 生徒がチームごとに設定するミッションを達成するためのプログラムを作成することで、プログラミングに関する知識を深める。
- ④ パラシュートおよび缶を中心とした機体を製作し、テストフライトと機体の修正を繰り返す。テストフライトは本研究所に隣接するグラウンドでドローンを用いて上空から機体を落下させることによって行う。さらに機体に電子系を搭載してテストフライトを行い、プログラムが正しく実行されているかを確認し修正する。このようにテスト→失敗→修正を繰り返すことで、課題解決能力を育成する。

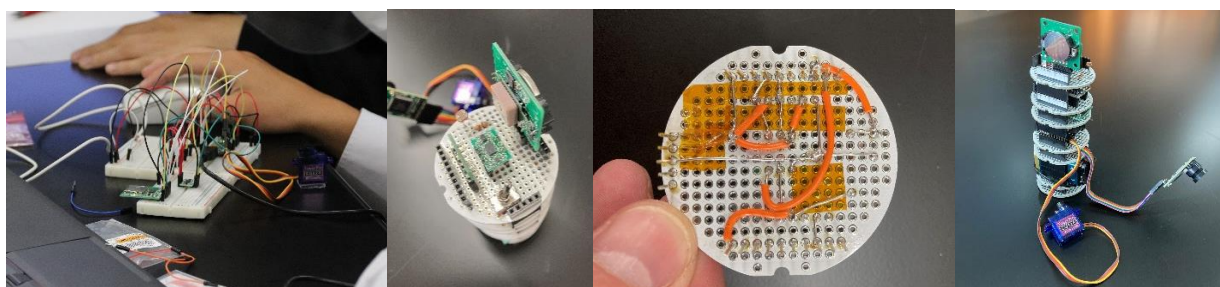


図1 ブレッドボードでの配線および電子部品の基盤への実装

2 リモートによる実施において工夫した点およびオンライン機器の設定

(1) 実現すべき個別指導内容

前項の①～③に示した活動内容は、電子部品の配線および接続具合、プログラムエラーの原因など、生徒の製作物および PC 画面を細部まで確認し、修正すべき点をアドバイスしていくことが重要である。このため、細部と PC 画面を確認できる環境が必要になる。

④で示した活動内容では、機体のフライトの様子、着地時の状態、プログラムによって収集できた情報を確認し、その状態を見ながら個別にアドバイスを送る必要がある。

このように、チームごとに製作しているものを確認しながら修正すべき点を生徒と講師がともに考える過程をオンライン環境で実現しなければならない。さらに、生徒が講師に見てもらいたいタイミングはランダムであるため、各チームが個別に講師に連絡を取ることができる体制も構築しなければならない。

以上から、実現すべき個別指導の内容として次の4項目を挙げる。

1. 生徒たちが手元で製作している細かい部分を講師から鮮明に見えるようにすること
2. 生徒たちが操作している PC の画面を見えるようにすること
3. グラウンドで行われているテストフライトの様子、着地時の状態を確認できること
4. 生徒たちからランダムに発生する質問に対して、順番に無駄なく応じることができること

(2) オンライン機器の配置および設定

個別指導に加えて、全体講義など講師と生徒全員で通信する場面もあるため、会場全体で講師と対話できる環境が必要である。このため、会場で話した音声と講師が話した音声が会場内で拡声されるように次の設備や機器を用いて配置した。

① 会場内の放送設備

使用した会場には、大型スクリーンと会場内スピーカーが設置されている。スクリーンには HDMI 入力または、RGB 入力により映像を投影できる。音声は、HDMI 入力、アナログ入力が可能で、ワイヤレスマイクチューナーも接続されている。

② ワイヤレスピンマイク

進行役は場内を移動しながら指示を送る必要があるため、ワイヤレスピンマイクを使用した。

ピンマイクに入力された音声は会場内のスピーカーから拡声されることに加えて、オンライン上でクリアに聞こえる必要がある。

今回用いたものは、図2のようにピンマイクのレシーバーがPCにUSB接続でき、ピンジャック出力端子も搭載している機器であるため、PCへの入力と同時にアナログ出力ができる。

③ ビデオカメラおよびスイッチャー

3台のホームビデオカメラを設置して行った。講師に会場全体の様子が伝わるように設置したカメラに加え、手元を撮れるカメラも設置し、小さいものの細部を撮影することができるようにした。

複数台のカメラの映像を簡単に切り替えられるように、図3のスイッチャーを利用した。

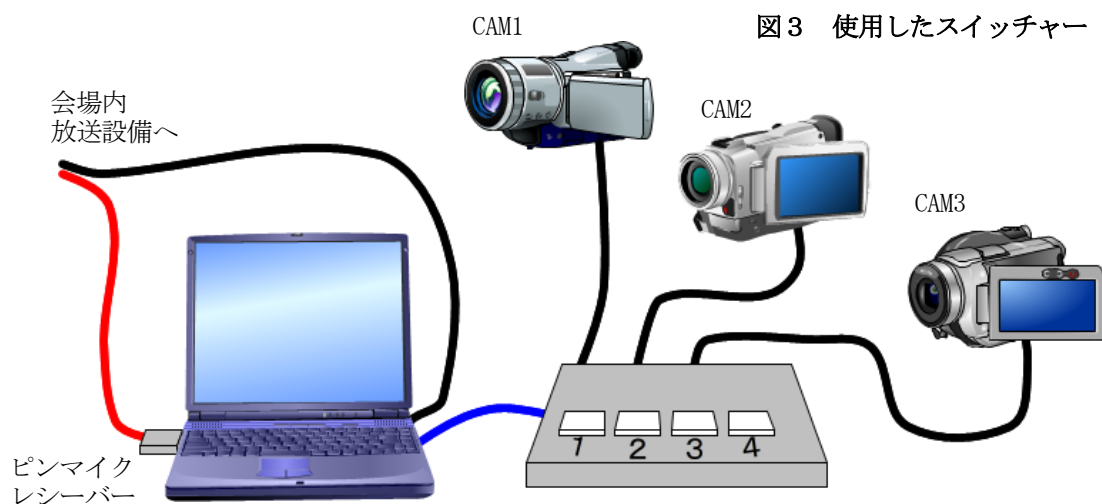
各機器を図4のように配線した。



図2 使用したワイヤレスピンマイク



図3 使用したスイッチャー



CAM1…会場前方から全体を撮影する定点カメラ
CAM2…会場横から前を撮影するカメラ
CAM3…手元を拡大して撮影するカメラ

黒で示したライン…HDMI ケーブル
青で示したライン…USB ケーブル
赤で示したライン…オーディオケーブル

図4 機器の配線図

④ 生徒が利用する端末

各チームには2台のタブレット端末 (Windows PC) を用意した。すべてのPCには、プログラム開発環境、オンライン会議システム、Chat アプリをインストールしておき、プログラム開発のサイトへのリンクも用意した。2台のどちらのPCからもオンライン会議システムを利用できるようにしたことで、1台のPCでプログラミングを行い、もう1台のPCでアドバイスを受けるということが可能となった。

⑤ タブレット端末 (iPad) と無線ルーター

グラウンドなど会場外でもオンライン会議システムを利用するため、持ち運びに便利な iPad と無線ルーターを用意した。

(3) アカウントおよびアプリケーションの設定

① アカウント設定

進行役1名、講師2名、参加8チームに計11アカウントを作成して割り当てた。

② オンライン会議システム

3チャンネル(Ch1、Ch2、Ch3)用意し、進行役と講師がそれぞれ開催することができるようにした。

Ch1は全体での通信用として常に接続状態を維持しておき、画面を会場前方スクリーンに投影し、音声は会場内に拡声されるようにした。

Ch2、Ch3は各チームと講師が個別に対応するためのチャンネルとした。

③ Chatアプリ

講師と生徒が連絡を取ることができるようにChatアプリを用いた。Chatグループをあらかじめ10グループ作成しておき、全体での共有、講師間の連絡調整、チームと講師の連絡に使用した。

④ PCの遠隔操作

Chrome Remote desktopを使用しPCを遠隔操作できるようにした。プログラミングを行っている画面を遠隔操作することによりスムーズに指導を行うためである。

以下にそれぞれの設定をまとめた。

アカウント名	人物およびチーム	開催する オンライン会議	参加する Chat グループ											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Slab00	進行役 所員が務める	Ch1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Slab01	講師A オンライン参加	Ch2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Slab02	講師B オンライン参加	Ch3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Slab03	チーム a (○○高校)		○		○									
Slab04	チーム b (△△高校)		○			○								
Slab05	チーム c (◇◇高校)		○				○							
Slab06	チーム d (☆☆高校)		○					○						
Slab07	チーム e (●●高校)		○						○					
Slab08	チーム f (▲▲高校)		○							○				
Slab09	チーム g (◆◆高校)		○									○		
Slab10	チーム h (★★高校)		○											○

3 リモートでの講座展開実施の結果

(1) 会場内音声拡声とオンライン通信について

講師側からの音声は、講師がマイクを使っていたことや、マイクの感度、距離感の事前調整を行っていたこともあり、会場内で十分聞き取れる状態であった。

進行役が話した音声は、講師側に伝わると同時に会場内にも拡声することができた。オンライン会議システムを介すると、音声は2重になる、遅れて聞こえるなどの不具合が起りやすいが、ワイヤレスピンマイクを利用した場合には、不具合は生じなかった。

今回用いたワイヤレスピンマイクと同様の機器がない場合は、会場内備え付けのワイヤレスマイクとチューナーを利用して行うことも可能である。本研究所の放送設備に組み込まれているワイヤレスチューナーでは、受信した音声をアンプに通して会場内のスピーカーに出力する仕組みになっている。このため、アンプに通す前のチューナーからの出力をオンライン会議システムに入力するとよい。

会場内スピーカーから出た音声をテレビ会議用の集音マイク等で拾ってオンライン会議システムに入力する方法もあるが、音がこもってしまい音声がクリアに聞き取れない。

(2) Chat とテレビ会議を利用した個別指導の進行について

Chatアプリ、オンライン会議システムの利用経験が少なく操作に戸惑う生徒も多くいたが、使いながら次第に慣れていく様子だった。個別指導を行うまでのフローを以下に示す。



この流れを基本として、チームごとに作業を進めた。質問の数が多いときには順番待ちもあったが、要請のあった質問にスムーズに対応することができていた。グループ3～10に講師A Bの2名とも含めてグルーピングしていたため、質問に対する対応漏れもなく進めることができた。

Chat アプリでは、文字列の他に PC で作ったファイルを添付することもできる。このため、状況を画像にして送受信することでエラーを解決できた。また、プログラムのエラーに関して修正プログラムを送信することで解決することもできた。(図6)

オンライン会議を予約するために用意した Chat アプリであったが、データの送受信が手軽であるという点でも Chat アプリを利用することは有効であったと考える。



図5 オンラインで指導



図6 Chat アプリの画面

(3) 製作物の細部やPC画面を見ての指導について

プログラム画面については、オンライン会議システムの画面共有機能を利用することで確認することができた。しかし、ピンを差し込む位置のずれやはんだ付けの精度といった製作物の細部を見ることは、PCのカメラでは解像度の低さや角度調整がしにくいために困難である。そこで、細部を拡大するなど特別な場合はホームビデオカメラを用意するとよい。高画質で撮影できる上に、ズームができるというメリットがある。今回、進行役のPCにつながっているCAM3を利用することで細部を確認することができた。

(4) テストフライトにおけるリアルタイムでの指導について

テストフライトはグラウンドで行うため、オンライン会議システムに接続したiPadを無線ルーターとともに所員が持ち運んで撮影し、フライトの様子を講師に伝えた。空中にある缶サットは日光の向きや缶サットの飛び方によってはほとんど見えないこともあったが、着地時の様子は鮮明に伝えることができ、グラウンド上で缶サットの様子を見ながら講師からアドバイスを受けることができた。さらにその様子は会場内でも見られるため、会場内からアドバイスを送ることもできた。

(5) 事後アンケートから

講師が来所し対面で実施した電子系講座（令和2年2月実施）と講師がオンラインで実施した電子系講座（令和3年2月実施）において次の2項目の満足度を比較した。

・講師の説明のわかりやすさについての満足度

	5	4	3	2	1	平均
1. 対面での講座	22	16	0	0	0	4.58
2. リモートでの講座	23	10	2	0	0	4.60

説明のわかりやすさについて満足度に大きな違いは生じなかった。オンライン会議システムを使うことにより、PC画面を見ながら説明を受けることができる点や、データを送受信できる点、Chatにより説明が文面で残りやすい点などオンラインで行うことで生じたメリットもあったのではないかと考察できる。参加生徒からは、「先生方の説明や教え方が分かりやすい上に、親切でうれしかった。」「先生方は気さくに話してくださって相談しやすかった。」など、オンラインでありながらも親しみや話しやすさを感じている感想があり、満足した様子が見える。

・講座全体についての満足度

	5	4	3	2	1	平均
1. 対面での講座	28	10	0	0	0	4.74
2. リモートでの講座	22	9	4	0	0	4.51

講座全体としては、対面で実施したときに比べて満足度は若干低下した。「次回の構造系講座で(物理的に)会えることを楽しみにしています。」というように、対面で直接指導していただくことを願う感想もあり、対面での講座を望んでいる様子が見えた。

Ⅲ 今後の取組み

オンライン会議システムとChatアプリを組み合わせることで、オンラインによる個別指導を実現することができたと考えている。Chatグループをあらかじめ用意しておいたことで、グループごとの質問項目を文字で残すことができ、オンライン会議URLを添付することでスムーズにオンライン個別指導を開始することができた。指導の経緯もChatアプリに文面として残るので、講師2人が連携しやすかった。

一方、電子部品の細部が見えにくいことで指導が困難になる場面があった。これについては、各チームにUSB接続のWebカメラを配布することで解決できると考えている。重量が軽い上に解像度も高く、自由に動かして見せたい場所を撮影しやすくなる。

理科実験の講座において、科学的思考力や課題解決能力の育成のためには、対面による直接指導が最も有効な手段であり、リモートによる指導ではその点で物足りなさを感じてしまう。しかし、リモートで行うことによって得た知見もあり、次の2点については対面指導においても十分活用できる。

一つ目は、グループChatを組んでおくことである。Chatアプリは指導の経緯を記録することに役立ち、講師側からプログラムの修正データなどを送ったりすることができるため、講座の進行に役立つことが多い。

二つ目は、テストフライト時のオンライン会議システムの利用である。缶サット製作作業を行っている実験室とグラウンドをつなぐことで、実験室内からテストフライト後のアドバイスができる。これまではテストフライトを行うごとに講師もグラウンドに出てアドバイスをする必要があり、タイミングによっては指導できない場合もあった。この方法を用いれば、実験室内で指導をしながらテストフライトを見ることができ、指導の効率が向上する。

以上のように、オンラインによる個別指導により、対面での講座においても役立つ知見を得ることができた。今後は、オンライン機器やアプリケーションの利点を活かした講座を設計し、STEAM教育としてさらに深みのある講座となるよう取り組んでいきたい。