

工業科－1「電子回路」

事例1 負帰還増幅回路の特性について既習知識を活用して考え、話し合う活動と発表により理解を深める事例

1 単元名 いろいろな増幅回路

2 単元目標

○安定動作や周波数特性の改善等の働きをもつ負帰還増幅回路を中心として、実際に使われているいろいろな増幅回路の構成や動作原理について理解を深める。

3 単元計画

次程	学 習 内 容
一次 (5)	負帰還増幅回路 <ul style="list-style-type: none"> ・負帰還増幅回路の動作と特徴 ・エミッタ抵抗による負帰還 (本時) ・2段増幅回路の負帰還
二次 (2)	エミッタホロワ増幅回路 <ul style="list-style-type: none"> ・回路の動作と増幅度
三次 (1)	直接接合増幅回路 <ul style="list-style-type: none"> ・回路の動作と増幅度

4 本時の目標

負帰還増幅回路の電圧増幅度の関係式を、等価回路と既習知識から導くことができるようにする。

5 本時の手立て

- 1 エミッタ抵抗がない場合の等価回路をもとに、負帰還増幅回路の等価回路をワークシートに描かせる。
- 2 ワークシートに描いた等価回路の入力側と出力側の回路図に電圧の分圧やトランジスタに流れる電流等を書き込むように指示をする。
- 3 個人で記述したワークシートをもとにグループで話し合い、ホワイトボードを用いて発表させる。

6 本単元で実施する主な言語活動の意図

「電子回路」のねらいは、電子回路用素子の特性や機能、各種電子回路の構成及びその取扱いに関する知識と技術を習得させ、実際に活用する能力と態度を育成することです。本時では、本単元で取り扱う負帰還増幅回路の電圧増幅度等の求め方を導き出すことで、実際に活用する能力を育成します。そのために、負帰還増幅回路の等価回路と、電圧の分圧やトランジスタに流れる電流等の関係式を使った思考過程をワークシートへ記述させています。さらに、記述内容をもとにホワイトボードを用いたグループでの話し合う活動と発表によって、自分の考えを深めさせています。

7 学習の流れ (50分間)

	学習内容・学習活動	授業の実際
導 入	<p>めあて 「エミッタ抵抗の働きによる負帰還増幅回路の特性を考えよう。」</p>	
展 開	<p>■前時までの復習</p> <ul style="list-style-type: none"> エミッタ抵抗がない場合のトランジスタ増幅回路における等価回路と電圧増幅度を表す関係式をワークシートに整理する。 	 <p>(写真1) 負帰還増幅回路の等価回路を描き、電圧増幅度を導いている様子</p>  <p>(写真2) グループで話し合っている様子</p>  <p>(写真3) グループのまとめを発表している様子</p>
	<p>■負帰還増幅回路の電圧増幅度</p> <ul style="list-style-type: none"> 負帰還増幅回路の等価回路を、エミッタ抵抗がない場合のものをもとに描く。 描いた等価回路の入力側回路と出力側回路を見て、電圧増幅度の関係式について電圧の分圧やトランジスタに流れる電流等の既習知識を活用しながら導く。 エミッタ抵抗の有無による電圧増幅度の関係式を比較する。(写真1) <p style="text-align: center;">評価規準①</p>	
	<p>言語活動① 【ノート(ワークシート)記述】</p> <p style="text-align: right;">15分</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> 負帰還増幅度の関係式について、個人で考えた内容をもとにグループで話し合い、ホワイトボードにまとめる。(写真2) 	
	<p>言語活動②【話し合う活動】</p> <p style="text-align: right;">15分</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> グループで話し合ったまとめを発表する。(写真3) <p style="text-align: center;">評価規準②</p>	
	<p>言語活動③【発表】</p> <p style="text-align: right;">10分</p>	
ま と め	<p>■本時のまとめ</p> <ul style="list-style-type: none"> エミッタ抵抗の有無の等価回路と電圧増幅度の関係式をまとめる。 	

言語活動を充実させるための工夫

言語活動①【ノート（ワークシート）記述】

言語活動を充実させるための手立て

- 負帰還増幅回路を等価回路として簡単な電気回路で描かせることによって、既習知識の活用ができるようにします。負帰還増幅回路の等価回路は、複雑になるので、前時に学習したエミッタ抵抗がない場合の等価回路をもとに考えるように指示します。（具体的な指示 1）
- 等価回路の入力電圧と出力電圧を既習知識から導くように指示します。（具体的な指示 2）

具体的な指示 1

- 「（板書している負帰還増幅回路を指しながら、）エミッタ抵抗が、増幅回路のどこに接続されているかを確認しなさい。次に、等価回路についてエミッタ抵抗がないものをもとに描きなさい」

具体的な指示 2

- 「等価回路の入力側回路と出力側回路のそれぞれの電圧の関係式を、既習知識である電圧の分圧やトランジスタに流れる電流等から表しなさい」

評価規準①

等価回路を描くことを通して、負帰還増幅回路の電圧増幅度の関係式を導くことができる。

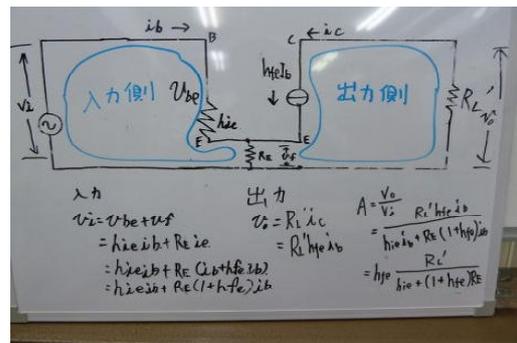
【思考・判断・表現】〈ワークシート〉

言語活動②【話し合う活動】

言語活動③【発表】

言語活動を充実させるための手立て

- 他者の考えを知り、自分の考えを深めるために5名程度のグループで話し合われます。話し合う活動では、グループで出た考えをまとめ他者へ伝えるためにホワイトボードを活用します。（写真4）話し合いの途中は、机間指導によりグループごとに学習内容を補足したり、個人の考えを発言するよう促したりします。



（写真4）グループの考えをまとめたホワイトボード

評価規準②

負帰還増幅回路の電圧増幅度の関係式を、等価回路と電圧の分圧やトランジスタに流れる電流等の既習知識を使って、他者へ分かりやすく説明することができる。

【思考・判断・表現】〈ホワイトボード・発表内容〉

工業科 事例1のまとめ

授業者の感想

これまでの授業の展開は、教師による説明が中心でした。本実践では、生徒が負帰還増幅回路における電圧増幅度の関係式を導くことができるように、等価回路を描かせるとともに、この等価回路に電圧の分圧やトランジスタに流れる電流等を書き込ませました。その結果、生徒は電圧増幅度の関係式について、ワークシートの等価回路を見ながら考えていくことができました。さらに、ワークシートの記述に基づき、グループでの話し合う活動で回路素子の働きや気付いたことについて意見を出し合い、ホワイトボードにまとめることができました。ワークシートはエミッタ抵抗の有無における等価回路や電圧増幅度を導く過程を示すことに、ホワイトボードは話し合いのまとめを書かせることに効果がありました。このように生徒の考えを引き出すためには、既習知識を具体的に示したり、まとめるための教材・教具を準備したりすることが重要だと感じました。

生徒の学習の様子（ワークシート）

＜RE の働きについて考えよう＞

RE なし		RE あり	
入力側	出力側	入力側	出力側
$Z_i = Z_{be}$ $= h_{ie} \parallel R_b$	$Z_o = Z_{ce}$ $= R_c \parallel R_L$ $= R_c \parallel h_{te} \parallel R_L$	$Z_i = Z_{be} \parallel Z_{be}$ $= h_{ie} \parallel R_b \parallel R_e$ $= h_{ie} \parallel R_b \parallel R_e (1 + h_{fe})$ $= h_{ie} \parallel R_b \parallel R_e (1 + h_{fe})$	$Z_o = Z_{ce} \parallel Z_{ce}$ $= R_c \parallel R_L$ $= R_c \parallel h_{te} \parallel R_L$
電圧増幅度 (REなし) $A_v = \frac{Z_o}{Z_i}$ $= \frac{R_c \parallel R_L}{h_{ie} \parallel R_b}$ $= \frac{R_c \parallel R_L}{h_{ie}}$		電圧増幅度 (REあり) $A_v = \frac{Z_o}{Z_i}$ $= \frac{R_c \parallel R_L}{h_{ie} \parallel R_b \parallel R_e (1 + h_{fe})}$ $= \frac{R_c \parallel R_L}{h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_e}$	

(資料1) 生徒がまとめたワークシート

成果と課題

これまでの本単元の指導では、教師の説明で知識の定着を図ることに偏っていて、生徒自身が既習知識と関連付けて考えたり、説明したりすることが少なかったと思います。したがって、生徒は負帰還増幅回路（電子回路）の特性や関係式を単に暗記することにとどまり、学んだ知識を説明することができませんでした。そこで、本時は、等価回路に電圧の分圧やトランジスタに流れる電流の関係式をワークシートに書き込ませることによって、これらに関連付けながら負帰還増幅回路の電圧増幅度の関係式を導くことができました。さらに、ワークシートをもとにしたグループでの話し合う活動や発表においてホワイトボードを活用することによって、負帰還増幅回路の電圧増幅度の関係式を他者に分かりやすく説明していました。学習内容や配時によっては、他者と話し合う活動の形態をペア活動で実施することも効果的であると考えます。

工業科－2「実習」

事例2 トランジスタ増幅回路の周波数特性を実験結果から考察し、発表する事例

1 単元名 電子計測**2 単元目標**

- いろいろな電気現象を観察することによって、その性質や働きを理解する。
- 電気・電子に関する諸量を正しく測定し、その結果を合理的に整理するとともに検討・吟味する能力を養う。
- 電気・電子に関する計測器及び各種機器について理解を深め、その取扱いを習得し、活用できるようにする。

3 本時(3時間分)の計画

次程	学 習 内 容	
一次(1)	実験結果の予想とブレッドボードを活用した配線	(本時)
二次(1)	トランジスタ増幅回路の周波数特性の測定	(本時)
三次(1)	実験のまとめ	(本時)

4 本時の目標

- トランジスタ増幅回路の素子を適切に選定し、ブレッドボードへ正確に配線できるようにする。
- 各種実験結果からトランジスタ増幅回路の動作原理と周波数特性を説明できるようにする。

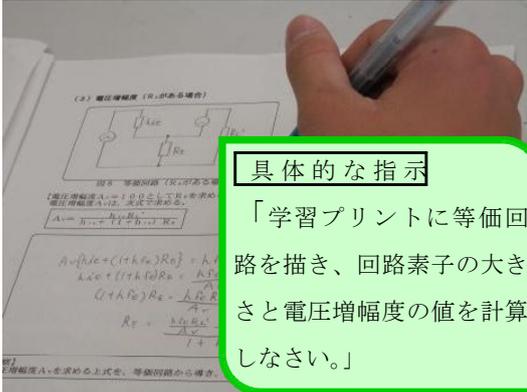
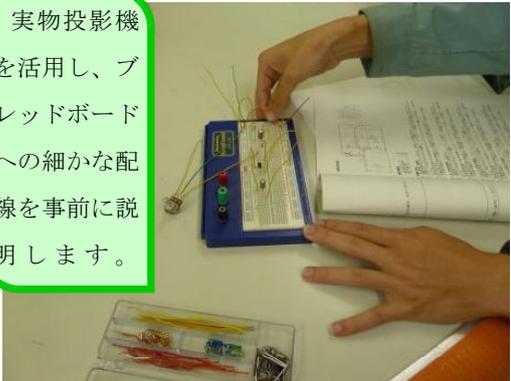
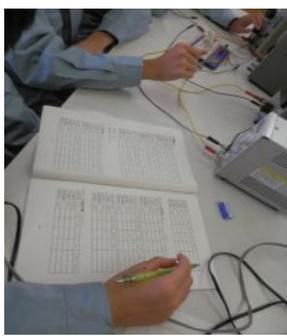
5 本時(3時間分)の手立て

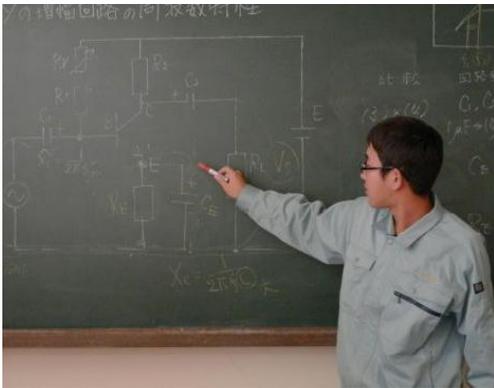
- 1 使用するトランジスタの規格表を提示し、実験回路の素子の大きさや増幅回路の電圧増幅度を予想させる。
- 2 ブレッドボードを活用した配線の仕方を、実物投影機を用いて説明する。
- 3 回路素子を取り替えた4通りの実験結果のグラフを片対数方眼紙に描かせ、それらを比較し教科書を使って考察をまとめさせる。
- 4 考察のまとめを黒板を使って発表させる。

6 本時で実施する言語活動の意図

ここでは、トランジスタ増幅回路の周波数特性について実験結果を合理的に整理し、検討・吟味する能力を養うことをねらっています。そこで、既習知識を使ってトランジスタ増幅回路の周波数特性の測定結果を予想して実験を行ったり、実験回路の素子を取り替えながら数通りの測定値や必要なデータを記録したりして、実験結果をまとめさせています。また、各種実験結果のグラフを片対数方眼紙に描き、比較させるとともに教科書を用いて考察させています。さらに、実験結果の考察を発表したり、他者の発表を聞いたりすることで、考えを深めることができると考えています。

7 学習の流れ (50分間×3)

	学習内容・学習活動	授業の実際
導 入	<p>めあて 「トランジスタ増幅回路の周波数特性について、実験回路の素子を取り替えながら実験を行い、測定値を比較できるようにまとめ、考察してみよう。」</p>	
展	<p>■実験結果の予想</p> <ul style="list-style-type: none"> 既習知識やトランジスタの規格表のhパラメータから、回路素子や電圧増幅度を計算する。(写真1) <p>■実験回路の配線</p> <ul style="list-style-type: none"> ブレッドボードの使用方法について確認し、回路素子の配線を考える。 実験回路図を読み取り、ブレッドボードに回路素子を配線する。(写真2) <p>■トランジスタ増幅回路の周波数特性の測定</p> <p>実験1 負帰還回路がない場合 実験2 負帰還回路がある場合 実験3 負帰還回路とバイパスコンデンサがある場合 実験4 カップリングコンデンサの値を大きくした場合</p> <ul style="list-style-type: none"> 電気計測器で計測した測定値から電圧増圧度及び電圧利得を求め、実験結果をまとめる。(写真3)(写真4) <p style="text-align: right;">評価規準①</p>	 <p>具体的な指示 「学習プリントに等価回路を描き、回路素子の大きさと電圧増幅度の値を計算しなさい。」</p> <p>(写真1) 既習知識を活用して理論値を計算している様子</p>  <p>実物投影機を活用し、ブレッドボードへの細かな配線を事前に説明します。</p> <p>(写真2) 実験回路図を読み取り、ブレッドボードに回路素子を配線している様子</p>
	<p>言語活動①【記録】</p>	<p>50分</p>
開	 <p>(写真4) 実験結果表を整理している様子</p>	 <p>(写真3) トランジスタ増幅回路の周波数特性を測定している様子</p>

	学習内容・学習活動	授業の実際
展	<p>■実験のまとめ</p> <ul style="list-style-type: none"> 各種実験結果のグラフを片対数方眼紙に描く。 動作原理と周波数特性について、考察したことを学習プリントにまとめる。 <p>(写真5)</p> <p style="text-align: right;">評価規準②</p>	 <p>(写真5) 実験結果を考察している様子</p>  <p>(写真6) 実験のまとめを発表している様子</p>
	<p>言語活動②【レポート作成】 30分</p> <p>各種実験結果のグラフを比較したり、教科書を活用したりして、回路素子の働きによる特性についてまとめるよう指示をします。</p> <p>具体的な指示</p> <p>『実験○と実験□は、回路素子の△△△の働きによって、特性が◇◇◇◇になっている。』 というように教科書を参考にまとめなさい。』</p>	
開	<p>■まとめの発表</p> <ul style="list-style-type: none"> 実験結果を考察したまとめを発表する。 <p>(写真6)</p> <p style="text-align: right;">評価規準③</p>	<p>実験回路図にキーワードとなる式や言葉を書き込んで発表させます。</p>
まとめ	<p>■本時のまとめ</p> <ul style="list-style-type: none"> 教師のまとめを聞く。 	

評価規準①

トランジスタ増幅回路の周波数特性について、電気計測器を正しく使って計測し、その実験結果を整理して学習プリントにまとめることができている。
 【思考・判断・表現】〈学習プリント〉

評価規準②

トランジスタ増幅回路の周波数特性の考察について、各種実験結果のグラフの比較と回路素子の働きを根拠にして学習プリントにまとめることができている。
 【思考・判断・表現】〈学習プリント〉

評価規準③

トランジスタ増幅回路の周波数特性の考察について、学習プリントにまとめた各種実験結果のグラフの比較と回路素子の働きなどを根拠にして述べる事ができている。
 【思考・判断・表現】〈発表内容〉

工業科 事例2のまとめ

授業者の感想

授業で工夫したところは、学習プリントや実物投影機を使ったことです。学習プリントには、実験回路図と基本事項の他にトランジスタの規格表を載せ、実験回路の素子の大きさや実験結果の予想をまとめることができるようにしました。また、細かな実験回路の配線方法を実物投影機で大きく表示して説明するとともに、ブレッドボードを使って生徒全員に配線させることで生徒の意欲が高まり学習活動が充実しました。さらに、本時では、従来では行わなかった実験結果の考察を発表させました。そのために、各種実験結果をまとめ、それらのグラフを片対数方眼紙に描き比較させ、教科書を用いてトランジスタ増幅回路の周波数特性を考察させました。生徒は発表の場を与えられて、多少緊張したようですが、生徒の感想にもあるように、実験回路の特性について既習知識を使って考えることができ、理解が深まったように思われます。

生徒の学習の様子（学習プリント）

実験1と実験2を比較して
エミッタ抵抗 R_E を接続することによって電圧降下が
生じるのでトランジスタの V_{be} が減少し、電圧増幅度
も低下している。
 $R_E = 4.7\Omega$ で6dB程度減少した。
周波数帯域幅は、低域だけでも120Hz広がった。

資料1 実験結果の考察（生徒の記入したまとめ）

10 感想

今回の「実習」は、「電子回路」で習っていることを実験を通して確認しました。私は、実験1と実験2の結果を比較して、 R_E がない回路に R_E を接続すると電圧降下を生じ、電圧増幅度が低下し、周波数帯域幅が広がることを知りました。「電子回路」より分かりやすかったような気がします。

資料2 生徒の感想

成果と課題

本時は4通りの実験を行うことによって、トランジスタ増幅回路の周波数特性を考察するためのデータを収集させています。この実験結果をまとめさせるために、学習プリントを活用しています。また、実験結果を考察させるために、グラフを片対数方眼紙に描かせ、教科書を活用するように指示しています。これらによって、トランジスタ増幅回路の周波数特性について、生徒自身が考え回路素子の働きを根拠に学習プリントへまとめたり、他者に伝わるように発表したりすることができました。従来の課題は、実験結果のまとめや考察を授業終了後に個人で報告書として提出させることが多かったので、生徒の考察過程や理解の深まりが、教師にとって分かりにくいことでした。教科書等を活用した実験結果の考察や発表を行わせることによって、生徒の考察過程や伝える様子を評価することができています。トランジスタ増幅回路の周波数特性を考察するため、実験方法を提示するばかりでなく、生徒自身でどんなデータが必要なのか仮説を立てさせることも有効だと考えます。