

## 課題情報シート

課題名：	ギター演奏ロボットの開発		
施設名：	四国職業能力開発大学校		
課程名：	応用課程	訓練科名：	生産システム技術系
課題の区分：	開発課題	課題の形態：	製作

### 課題の制作・開発目的

#### (1) 課題実習の前提となる科目または知識、技能・技術

機械製図、機械加工、アクチュエータ技術、センサ技術、マイコン制御、プログラミング

#### (2) 課題に取り組む推奨段階

応用課程 1 年次修了後

#### (3) 課題によって養成する知識、技能・技術

課題を通して主に、機械設計、機構学、モータ制御技術、電気機器の選定、組込技術などの実践力を身に付けます。

#### (4) 課題実習の時間と人数

人数：12 名

(生産機械システム技術科 4、生産電子システム技術科 4、生産情報システム技術科 4)

時間：972 時間

### 課題の成果概要

開発したロボットの各部について説明します。

#### 1. 左手機構部

図 3 に左手機構部を示します。左手機構部は 1 弦ずつ独立したポジション移動機構と押弦機構を備えているので、6 弦独立して動作します。動作範囲は第 1 から第 14 フレットです。

弦をローラで押さえる構造のため、弦を押しながらでもフレット間を移動することができます。また、弦を常に適切な力で押さえるために



図 3 左手機構部

ローラ取り付け部にはサスペンション機能を装備しています。ローラの移動には静音性を重視して設計した直進スライドガイドを使用しており、AC サーボモータによる位置決め制御を行っています。

弦を押さえる動作はローラをスライドガイドごと上下移動させます。この動作にはソレノイドを使用して高速動作を実現しています。

これらの機能を1弦あたり幅8mm以下（ローラー部）で実現し、これを6セット並べて配置しています。このため、人間には不可能な運指も行うことができます。

## 2. 右手機構部

右手機構部は弦を弾く弾弦機構、弦を弾く強さを変化させる強弱機構、および音を止めるミュート機構で構成されます。

弾弦機構は弦を弾く指先の動作を、菱形に近い軌跡を描く運動で実現しました。この菱形運動はカムによって生み出され、一方向に引くだけで動作する設計により駆動には高速動作するソレノイドを採用することができました。



図4 右手機構部

強弱機構は、弦と菱形運動機構との距離を変化させることで実現しました。

弾弦機構、強弱機構ともに、ワイヤによる遠隔駆動を行うことでコンパクト化し、さらに駆動源をギター本体から離して設置することができました。

消音機構は小型ソレノイドで弦を直接押さえて音を止める仕組みになっています。

## 3. 制御システム

図5にロボットの制御システムを示します。動作は、押弦、弾弦の2つの動作に分かれます。押弦動作は、離弦（ソレノイドOFFで押弦）、ポジション運動で構成されます。弾弦動作は弾弦、ミュートで構成されます。まず、押弦機構（以下、ローラ）を弦から離弦するためにソレノイドをONにし、ワイヤによって引っ張り上げます。次に、指定のフレット位置へローラ移動するためにACサーボモータへ回転パルスを出力します。このときACサーボモータとタイミングベルトが連動し、指定のフレット上までローラが移動します。さらに、離弦信号をOFFにしローラが沈み込み押弦します。最後に、弾弦機構によって弦を弾き、指定時間後にミュートによって弦のふれを止めます。

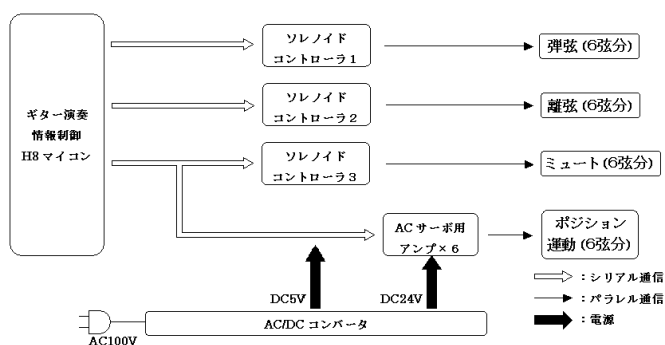


図5 制御システム

## 4. ギター演奏情報への変換

図6にギターの音階表を示します。音階表を用いて、MIDI データをギター演奏情報へ変換します。MIDI データは、フレット情報、弾弦時間、弾弦強さ等が含まれており、音階表を用いて変換すると16進コードになります。16進コードをデコーダ(図1参照)によりアクチュエータへの信号に変換し、マイコンへ送信します。

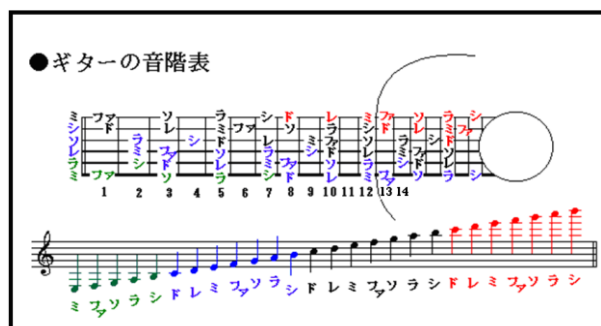


図6 ギターの音階表

### 課題制作・開発の訓練ポイントおよび所見

本開発でおこなったことは、大きくわけて以下の3点です。それぞれの点におけるポイントについて述べます。

#### ① 本体機構部の製作

左手機構、右手機構のどちらも複合的なメカニズムを自ら考案し、最終的に今回の構成に到達したものであり、機械設計から組立調整まで、訓練課題として非常に効果的でした。

左手機構部では、システム構想段階で6弦各々が独立動作することが決定され、これにより、各弦が幅8mm以下で機構を成立させることが要求されました。ここに押弦用ローラ、ローラ用サスペンション、スライドガイド、ガイド上下移動機構を実現し、各弦の干渉が無い様にモータを配置しました。

右手機構部では、弦を弾く指先の動きをメカニズムで実現し、そのメカニズムと強弱機能を連動させる必要がありました。右手機構部付近の弦どうしの間隔は10mm程度であり、ここでも複合的な機構をコンパクトに設計することが要求されました。指先の動きはカムによる菱形運動機構で実現し、これをコンパクトにまとめて菱形運動機構ごと移動させることで強弱機能を実現しました。

部品製作においては、メカニズムの機能とコンパクト化の両方を追求した上に6弦分の製作が必要となり、小さく複雑な形状を考慮した加工工程の検討と、数量を考慮した加工工程の検討が必要になりました。工作機械の使い分けや治具の使い方など、目的に応じた加工方法を考案する訓練になりました。

組み立て段階では、複合的でコンパクトな機構であるため、組立調整や分解を伴うメンテナンスがやりにくい部分があり、設計段階でメンテナンス性を考慮することの重要性和難しさを再認識していました。

## ② 制御システムの製作

押弦部の押弦・離弦動作および弾弦動作にはACソレノイドを用いました。必要な出力を計算した結果、AC100Vタイプを採用しました。したがって、制御用のマイコン（5V駆動）とのインタフェースを考慮する必要があります。ポジション運動機構はACサーボモータ（以下モータ）を用いました。モータによって、ローラを指定フレットへ正確に位置決めすることが重要です。これには、モータの台形駆動など駆動方法を考慮する必要があります。さらに、曲をリズムに合わせて弾いていくためには、離弦、ポジション運動、押弦、弾弦、ミュート動作のサイクルが適切なタイミングでおこなわなければなりません。これには、変換された演奏データから得られる曲のリズムに各アクチュエータが追従できるよう、ある瞬間の弾弦時には次の弾弦ができる状態を整えておく（先行処理）必要があります。

## ③ 演奏データの変換

開発当初のギター演奏情報は、移動情報と弾弦情報の組み合わせでおこなっていました。開放弦を弾弦する場合においても同様でした。しかし、本来開放弦を弾弦する場合は、瞬時に起こせる離弦動作と弾弦動作の組み合わせで実現可能です。このことは、離弦動作に比べ長い時間を要するポジション移動は不要であり、移動情報は冗長といえます。この冗長性が②項で述べた先行処理の妨げとなっていました。したがって、開放弦のような特殊な場合は、例えば移動情報を削除し離弦情報と弾弦情報を組み合わせる等、別の処理を設けたアルゴリズムを検討する必要があります。

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
○目標とする機能を有するシステムの仕様を決定することができる能力	◇ギターの演奏 ◇音楽の三要素（リズム、メロディ、ハーモニー）	●人間が演奏する場合を想定しながら、機械で実現するためには具体的にはどのようなにすればよいか、現実的なアイデアへと絞り込んでいきます。
○仕様を満たすメカニズムの設計、制御手法、演奏データ変換方法を設計することができる能力	◇弾弦動作 ◇押弦動作 ◇フレットのポジション移動 ◇MIDI 信号	●ギターの演奏を細分化し、具体的なメカニズムや制御方法を検討していきます。
○機械加工技術	◇加工工程の設計 ◇加工精度の確保 ◇治具の利用方法	●コンパクト設計のために特殊形状の部品があり、同時に数量の要求もあり、効率化と精度を両立するために加工工

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
<p>○計測制御技術</p> <p>○プログラミング技術</p> <p>○メカトロニクス機器におけるトラブルシューティング</p>	<p>◇センサの選定</p> <p>◇アクチュエータの選定</p> <p>◇アルゴリズムの検討</p>	<p>程と治工具の検討が重要です。</p> <p>●フレット位置の検出するためのセンサや弾弦動作、押弦動作に使用するアクチュエータを適切に選定させるため、動作時の出力トルクや回転数を計算させます。</p> <p>●先行処理によって演奏が円滑におこなえるようにアルゴリズムを検討させます。</p> <p>●原因の追究から、トラブルの対処まで、学生自身ができるように促します。</p>

#### 課題に関する問い合わせ先

**施設名** : 四国職業能力開発大学校  
**住所** : 〒763-0093  
 香川県丸亀市郡家町 3202 番地  
**電話番号** : 0877-24-6290  
**施設 Web アドレス** : <http://www.endo.go.jp/kagawa/college/>