

自動演奏楽器のできるまで

愛知県立豊川工業高等学校 宮路真州

愛知県立豊橋工業高等学校 柘植芳之

1. はじめに

自動演奏楽器とは、人間が楽器を操作するのではなく、機械制御によって楽曲を自動的に演奏するものである。人間には不可能な高速演奏、同時発音などができることが大きな特徴である。

この自動演奏楽器に関する課題研究を数年にわたり取り組み、生徒による作品製作や展示実演・発表などを行った。

今回は、現在までのプロセス、製作した自動演奏楽器の概略や特徴、課題研究での成果や考察を発表する。

2. 自動演奏楽器にいたるまで

課題研究においてクルマやロボットではないジャンルのもので生徒が興味を持てるものづくりは何かと考えた。以前より現代アート（メディアアート・デバイスアート）等の分野で用いられる工業技術に興味を持っていたため、そのような方向性の作品製作を考え、「テルミン（電子楽器）」（図1）や「立体ゾートロープ（立体アニメーション装置）」（図2）の製作を行った。これらの作品を文化祭や地域イベントなどで展示実演する機会があり、そこで高校生や一般の方が興味関心をもってくれたという手ごたえや、展示実演に耐えうる作品作りの重要性を感じた。

それらをふまえ新しい題材を検討した結果、誰もが関心を持ちやすい「音楽」と、工業的なものづくりと組み合わせた「自動演奏楽器」にたどりつき製作することにした。



図1. テルミン(2008)



図2. 立体ゾートロープ(2009)

3. 自動演奏楽器のつくりはじめ

3. 1 製作ポリシー

課題研究でこのテーマを取り組むにあたり、ポリシーをきめた。

- 技術面：MIDI を使い、シーケンス制御する。
- 授業面：1年で1作品を完成させる。（正確には11月の文化祭前まで）

技術面の理由は、改良や拡張の将来性を考えたためである。授業面の理由は、作品完成後、生徒による発表実演・運用などの場と時間を設けるためである。

3. 2 自動演奏オルガンの試作

課題研究の実践にさきがけ、授業内での製作が可能か、授業展開の進捗の確認を含め、筆者ら教員のみで1台の作品試作を行った。

古いヤマハの電動式リードオルガンを使用し、試作機を製作した（図3）。オルガンの特徴である長音・短音を制御するためにサーボモータを使った機構を採用し、arduino マイコンボードを使った電子回路で制御した（図4）。電子回路とコンピュータはMIDI規格で接続し通信制御するようにした。コンピュータ上のMIDIシー

ケンスソフトで楽曲を打ち込み再生することで自動演奏を行うことができる（図5）。

MIDI の採用によって、複数台の楽器の制御ができ、後述する他の自動演奏楽器との合奏も可能となった。また電子キーボード、スマートフォン・タブレット等による制御も可能で将来性を広げることができた。



図3. 自動演奏オルガン(2011)

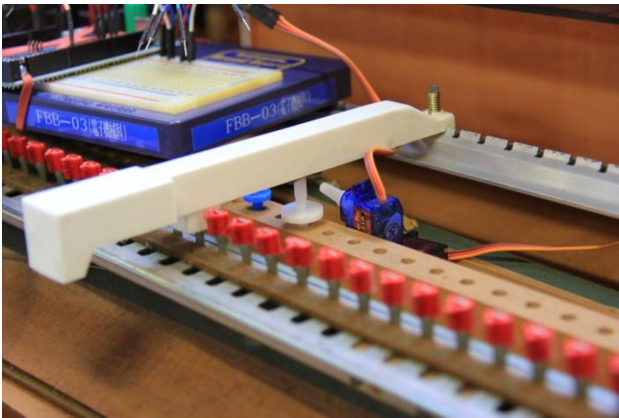


図4. オルガンの鍵盤制御の機構

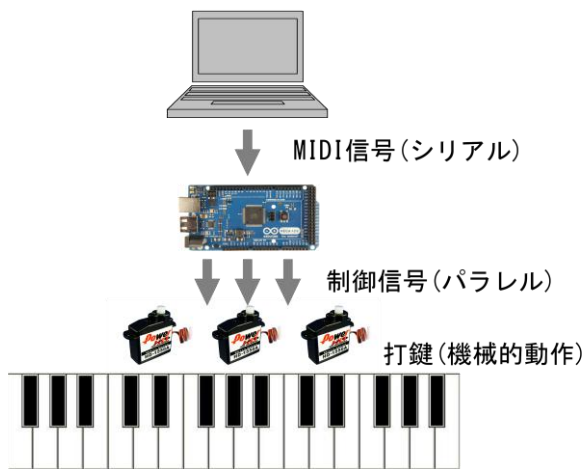


図5. 自動演奏制御のながれ

製作にあたっては、MIDI 規格の勉強からはじまり、マイコンボード上での取り扱い方、電

子回路設計・製作、機構部品の機械加工、プログラミング、楽曲の打ち込み等を行い、完成まで約3カ月要した。また筆者は音楽自体の知識を学ぶため所属校の吹奏楽部に1年間通った。

4. 自動演奏楽器のつくりかた

4. 1 研究計画

前述の試作を経て、課題研究授業を実施した。豊川工業高校では11月に文化祭の一般公開があり、そこで課題研究の取り組みを紹介している。文化祭までに完成し、当日に生徒が作品を発表・実演することを目標として計画を立てた。年間スケジュールの概要を表1に示す。各年ともスケジュールは同様である。

表1. 課題研究年間スケジュール

4月	前回作品の分解調査・研究
5月	自動演奏の基礎知識の習得 楽器と機構等の選定
6月	電子回路設計製作, 機構設計製作
7月	
8月	
9月	回路と機構の連動実験, 調整 演奏楽曲の打ち込み
10月	組み付け, 完成, 動作試験, 調整
11月	文化祭実演 産業教育フェア展示
12月	改良, 研究収録と発表スライドの作成
1月	課題研究発表会(科)
2月	課題研究発表大会(全校)

4. 2 課題研究の流れ

年度当初はまず、前年度の作品を分解・調査・組立を行い機構やシステムのノウハウを学ぶ。その後自分たちが作る楽器の設定、機構などの設計試作を行う。

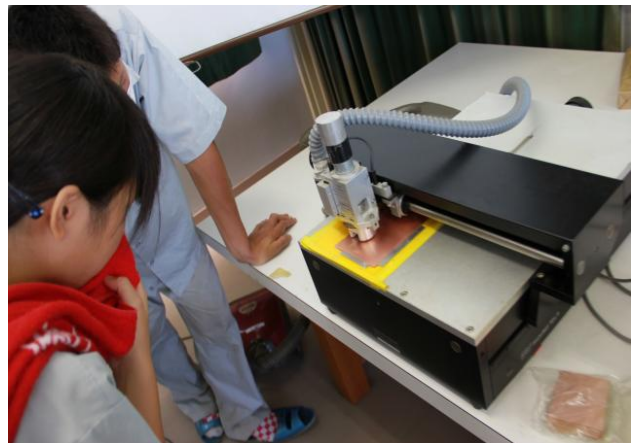


図6. CAM を用いた回路基盤製作

制御回路は、回路設計を行った後、CAM と基盤加工機を使って製作、電子部品のはんだ付けを行う(図6)。機械機構は図面や模型作りを繰り返して設計を固めていく。また打鍵機構は鍵盤の数だけ必要になるため、効率よく加工するための治具製作や工夫なども考える。実験と失敗を繰り返すので、スケジュール通り進めるために夏休み期間も自主的に作業を行う。

2学期中頃には機構の製作を終え、楽曲の選定と打ち込みを行う。製作した作品単独の演奏はもちろん、前年までの作品との合奏も行うようにするため動作確認や修正は複雑な作業となる(図7)。11月には文化祭や産業教育フェアでの展示実演を生徒が行った。



図7. 組み立て風景

4. 3 作品について

課題研究では現在までに2年間、2作品(木琴・ドラムセット)の製作に取り組んだ。またその後に教員製作として1作品(トイピアノ)の製作を行ったので紹介する。

4. 3. 1 自動演奏木琴

1年目に製作を行ったのはヤマハの教育用木琴である。前回のオルガンとは異なる打撃による発音方法の機構をどう実現するか、採用したソレノイド(電磁石)を駆動する電力をどう制御するかを設計製作のキーポイントとして扱った(図8, 9)。

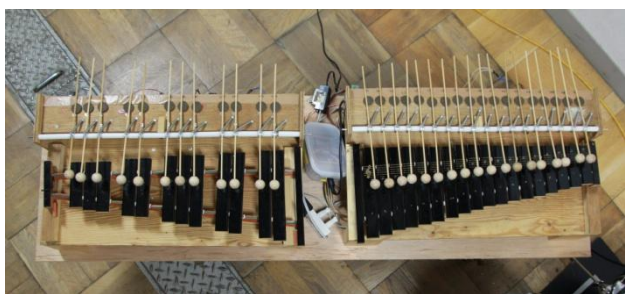


図8. 自動演奏木琴(2011)



図9. 木琴の打鍵機構

4. 3. 2 自動演奏ドラム

2年目にはドラムセットを題材とした。木琴よりも大きな動きと力が必要となるスティックやペダルのさまざまな機構をどう実現するかが製作のポイントとなった(図10)。



図10. 自動演奏ドラム(2012)

4. 3. 3 自動演奏トイピアノ

オルガンにつづく教員による製作としてトイピアノをテーマに選んだ。オルガンと比較して非常に小さな筐体の中にすべての機構と回路を組み込み、さらに安定した動作のための改良を行うことが大きなテーマとなった(図11)。



図11. 自動演奏トイピアノ(2013)

5. 自動演奏楽器のできたあと

5. 1 イベントでの展示実演

課題研究で完成した作品は前述したように、文化祭や地域イベント、産業教育フェアなどで展示し、すべての楽器を連動して動作させる実演を行った。小さな子どもから一般の方まで関心を持ち楽しんでもらえた様子であった。また生徒にとっても一般の方に対して自分たちの発表を行うという貴重な体験ができたと思う（図12）。



図12. 産業教育フェア全国大会での展示

5. 2 プロアーティストとの共演

4台の楽器がそろった年の文化祭においてアーティスト「明和電機」による芸術観賞会が行われた。明和電機は自動演奏などの作品を用いたライブパフォーマンスの先駆的存在で、ステージ上にて、生徒らとともに製作した作品の共演をすることができた。また、第一線で活躍するプロの作る作品の完成度の高さを間近でみることができ、生徒にとっても良い刺激になったはずである（図13）。



図13. 芸術観賞会での明和電機との共演

6. おわりに

6. 1 ものづくりとして

製作には、機械加工、機構、電子回路、プログラミング、音楽など工業高校で学ぶ知識と技術全般の実践が必要となる。

前年度作品からノウハウなどを引き継ぎ、別のものをつくることで楽器を加え合奏することができ、製作や発表の場で先輩後輩のつながりや責任感を実感できるのではないかな。

6. 2 イベント展示実演での特徴

乗り物などと違い、観客が直接触れなくてよいので故障やけがの心配が少ない。また多くの観客がいる場合も同時に観賞することができる。

曲を変えることで、工業的な特徴を生かしながら子供向けから大人向けまで多方面のイベントに対応できるのではないかな。

6. 3 将来性の考察

ロボット大会のように作品をつかって競うことはない。MIDI規格に準拠すれば、各々が作った作品を持ち寄り、合奏することができる。学校の枠を超えた合奏も可能となるのではないかな。

6. 4 教材としての利用

「制御実習」の中で、シーケンス制御の1つとしてMIDIシーケンスを自動演奏トイピアノを用い実践している。制御内容が音楽となって現れることで生徒は強い興味を持ち、意欲的に学習している（図14）。



図14. 自動演奏楽器を用いた実習授業

7. 付録

自動演奏楽器仕様表

楽器名	オルガン	木琴	ドラムセット	トイピアノ
メーカー	日本楽器製造 (ヤマハ)	ヤマハ	TAMA	シェーンハット
型番	L-20D	教育もつきん	STAGE STAR	MY FIRST PIANO II
音階数	60	32	AcousticBassDrum AcousticSnare	25
最低音階	C1	G2	ClosedHihat HighTom	C4
最高音階	C6	C5	LowTom CrashCymbal	C6
アクチュエータ	マイクロサーボ	AC ソレノイド	AC ソレノイド	マイクロサーボ
マイコンボード	ArduinoMEGA × 2	ArduinoMEGA	ArduinoUNO	ArduinoMEGA
MIDI-CH	1ch	5ch	10ch	3ch
使用MIDI信号	NOTE ON/OFF	NOTE ON	NOTE ON	NOTE ON/OFF
電源	AC100V	AC100V	AC100V DC5V(ACアダプタ)	DC5V(ACアダプタ)
製作年月	2011.3-2011.5	2011.4-2011.11	2012.4-2013.1	2013.4-2013.5

演奏デモ

自動演奏楽器の試奏のようすを youtube で公開しています。“豊川工業 自動演奏”で検索してください。

