

ワンチップマイコンによる 電動テープカッターの高機能化

関西職業能力開発促進センター 電気電子系 恩田 紀雄
 (~平成14年3月 宮城職業能力開発促進センター)
 東北リコー(株) 生産本部 生産技術室 生産技術二課 管野 康廣

Improvement of the commercial electric tape cutter used a single chip microcomputer.

Norio ONDA, Yasuhiro KANNO

要約 近年、日本の製造業は生産拠点の海外進出が続いており、産業の空洞化が懸念されている。このような事態になったのは、国内工場で生産を行うと国外の工場に比べて製造コストが割高になり、魅力的な製品でも価格面で製品の競争力が失われてしまうからである。そのため国内に製造拠点をもつ企業は、より魅力的な製品開発、新製品の早期市場投入、製造コスト削減の努力をしている。

このような状況において、ポリテクセンター宮城にて実施した能力開発セミナーをきっかけに、ワンチップマイコンを用いた市販治具「電動テープカッター」の改良に取り組むことになった。

この「電動テープカッター」の改良にあたって新たに要求される機能は、「排出テープ長のプログラム機能」、「製品管理用バーコード対応機能」、「音声発声による作業アシスト機能」等多岐に渡った。新規に高機能な治具の開発を行うには莫大な時間と開発費が必要であり、昨今の厳しい経済状況では開発のための決算承認が得にくいという問題がある。

今回の取り組みは、開発コストを極力抑えながら上記に示す機能を実現するため、市販の装置を改良して新しい機能を付加した装置を製作した。

開発した「電動テープカッター」を生産ラインに導入することで、「設置スペースの削減」、「作業ミスの防止」、「作業習熟時間短縮」、「作業時間短縮」、「作業人員の削減」など多数の効果が得られた。このために、グループ企業の工場・自社海外工場への導入の動きが広がっている。

生産設備の改良にマイコン利用技術を用いることで、低コストで新しい機能が追加できることを確認できた。

はじめに

ポリテクセンター宮城において平成12年度に実施した能力開発セミナー、「ワンチップマイコン制御」を聴講頂いた東北リコー(株)の管野氏から、「生産ラインで使用する市販の電動テープカッターという装置を改良したい。」という打診があり、相談援助業務として

この課題に取り組むことになった。

管野氏は生産技術に関連する部署に所属し、社内の製造工程および検査工程で使用する治具や検査装置等の生産道具の設計・製作を手がけている。生産道具の設計・製作は、全て社内で行うのが基本ではあるが、社内だけの技術で対応できない場合は、やむをえずコストの高い外部の技術に依存する事も少なくは無かつ

た。

しかし、世を取り巻く昨今の経済状況および自社の経営方針改革から、生産道具の設計・製作にかかるコストを極力押さえる必要性が高まっている。そのため、従来、コスト高な外部の技術に依存していた部分を社内の技術で賄う必要があり、各個人の技術力アップが必要となった。この、技術力アップの1手段として、ポリテクセンター宮城の能力開発セミナーを受講している。

このような状況において、ポリテクセンター宮城にて実施した能力開発セミナーをきっかけに、ワンチップマイコンを活用した電動テープカッターの改良に取り組むことになり、生産ラインの改革・製造コスト削減につながる治具を生み出すに至った。

本稿は、今回の取り組みが、どう展開され、そしてその結果がどう寄与することになったか報告する。

電動テープカッターとその利用のされ方

1 電動テープカッターの概要と問題点

電動テープカッターとは、製品のダンボールの梱包や、輸送中の製品の部品が脱落することを防ぐために貼られる粘着テープを、粘着テープのリールからモータで送り出し、あらかじめ設定された長さで自動的にカッターで裁断する装置である。

製品組立工程では、製品完成後の出荷・輸送時の衝撃や振動等による製品可動部の破損を防止するため、図1のように粘着テープを貼り付ける作業（テーピング作業）がある。テーピング作業は一見単純な作業のようだが、粘着テープを貼り付ける場所によりその寸法はさまざまである。さらに、1つの生産ラインに複数機種が同時に流れる複合ラインでは、機種毎に必要な粘着テープの寸法も異なっており、テーピング作業は煩雑なものになっている。そのため、出荷直前の製品の抜き取り検査では、1、2ヶ月に1度くらいの頻度でテーピングミスが報告されている。

2 改良前の電動テープカッターの利用

粘着テープのテーピング作業は、複数の長さのテープが混在し、製品によって貼り付ける場所と長さが違うという煩雑な作業である。そのため、作業ミス防止と効率化のため、テーピング作業には2工程必要であった。

前段階の工程では、粘着テープ配膳作業者とよばれる者が配膳作業指示書に基づき、それぞれのテープ排

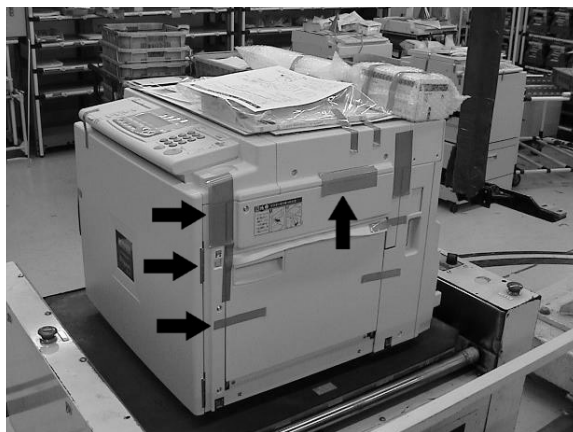


図1 製品可動部に貼り付けられた粘着テープ

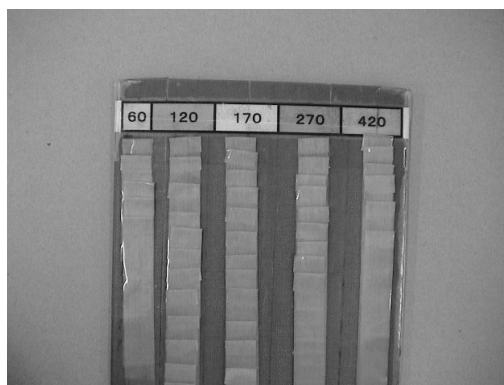


図2 台紙に取り置かれた種々の長さの粘着テープ

出長に設定された複数の電動テープカッターから、1台の製品に使用する種々の長さの粘着テープを取り出し、図2に示すような1枚の台紙に取り置く。これは、貼り忘れがないようにするための措置で、1枚の台紙につき1台の製品に必要な粘着テープを用意すれば、貼り忘れは発生しない。また、電動テープカッターを複数台使用するのは、テープ長を逐次配膳作業者が再設定するのはテープ長の設定作業に時間がかかるため、あらかじめテープ長が設定された電動テープカッターが複数台用いられている。そして、この台紙に取り置いた粘着テープは、配膳作業から後の工程のテーピング作業者に渡される。

後の工程では、テーピング作業者が作業指示書に書かれた指示に基づき製品の所定の個所に所定の長さの粘着テープを貼り付ける作業をしている。

電動テープカッターの改良

1 テーピング作業の改善要求と改善策

既存の電動テープカッターを利用したテーピング作業には以下のような改善要求がある。

生産準備費用の抑制

作業の簡素化
作業ミスの防止

生産準備費用の抑制

既存の電動テープカッターでは、複数の異なるテープ長の設定を行いながら作業を行うと、作業者がどんなに熟練しても操作に数秒はかかる。また、いくら熟練しても作業ミスの発生は避けられない。そのため、テープの寸法毎に複数の電動テープカッターが用いられている。

既存の電動テープカッターの中には、粘着テープ寸法設定をあらかじめ記録・選択できるメモリー機能付きのものもある。しかし、これは最大3種類の寸法しか記録できず、テーピング作業に必要な寸法を全て登録できるものではない。また、価格もメモリー機能がないものより2割ほど高い。実際に現場でメモリー機能を持った機種を試用を行ってみると、「テープ寸法の登録数が少ない」、「必要テープ長が変わるたびに寸法設定を切り替える必要がある」という問題が指摘された。

よって、生産準備費用を抑制するためには、1台にテーピング作業で使用するテープ長を全て記録できる“メモリー機能”を持った電動テープカッターが求められる。

作業の簡素化 作業ミスの防止

テーピング作業は、複数の長さのテープが混在し、製品によって貼り付ける場所と長さが違うという煩雑な作業である。また、複合ラインには1つのラインで最大50機種の製品が流れるため、作業者が全ての作業手

順を間違いなく記憶する事は困難である。そのため、作業の際は作業指示書を確認しながらの作業になる。

実際のテーピング作業では、作業ミス防止と効率化のため、作業を「配膳」と「貼り付け」の2工程に分けて作業者の負担を軽減している。しかし、作業を2工程に分けて作業者を2名も投入することは人的資源の浪費である。また、裁断したテープを台紙に貼り、さらに次工程でその台紙からテープを剥がし、製品に貼りつけるというムダな取り置き作業が発生する。このテーピング作業を簡素化するには、“作業指示書を確認しながらの作業”と“2工程化”を廃止することができればよい。

そこで考え出されたのが、事前に作業手順を電動テープカッターに記録しておき、装置が作業者に作業手順を指示するという方法である。この電動テープカッターが記録するものは、既存のメモリー機能付き電動テープカッターの様にテープ寸法だけを記録するのではなく、機種毎に必要なテープを、テーピング作業をする順番で記録する“テーピング作業プログラムのメモリー機能”と、テープ貼り付け時には作業者に貼り付け箇所を適宜音声や液晶表示器を使って指示をする“指示機能”である。また、機種毎に登録されたテーピング作業プログラムの呼び出し（機種設定）操作時間の短縮と操作ミスを防止するため、生産管理用に使用されている製品の機種管理バーコードを利用することを考案した。

現状抱えているテーピング作業の問題点は、電動テープカッターに上記のような機能が搭載されていることで全て改善されると考えられた。しかし、これら

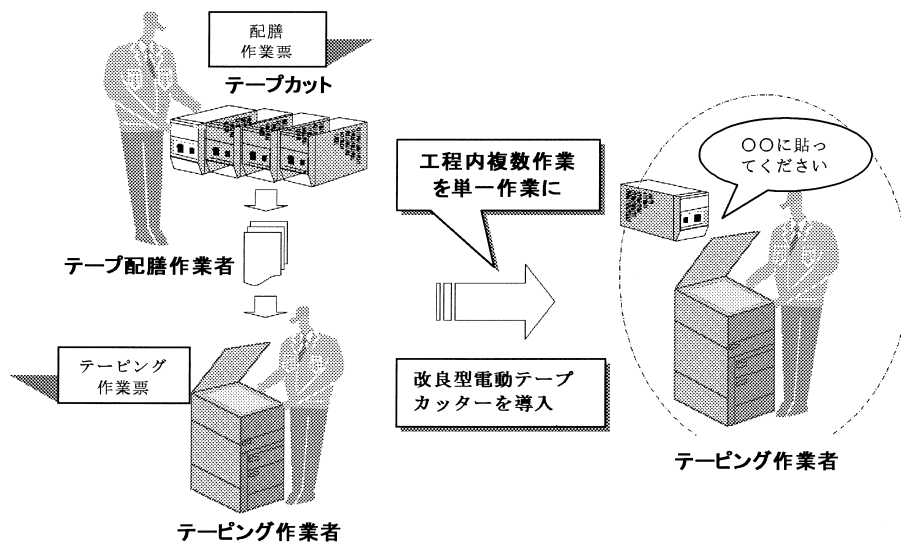


図3 改良型電動テープカッター導入によるメリット

の新たな機能や仕様を満たす電動テープカッターは現状市販されておらず、自ら作り出すしかないという結論に至った。

しかし、新しい電動テープカッターを全て自社で作成することは、コストとリスクともに高い。したがって、生産ラインへの装置の導入が行われる前に、実際に生産現場で実動可能なプロトタイプを製作し種々の検証（信頼性・有用性・対費用効果算出）を行う必要がある。また、検証するためのプロトタイプには、あまり予算と時間をかけることができないという制約が存在した。さらに、既存の電動テープカッターの機構部分（メカ）には、電動テープカッターのメーカーが所有する特許が存在し、この特許に抵触せず新たな電動テープカッターを開発するには莫大な開発コストがかかると共にリスクも大きい。したがって、最もコストとリスクが高いメカ部分の新規開発を避けるため、既存の電動テープカッターのメカ部分をそのまま流用し、メカを制御する制御回路を改良することにした。このような手法をとることで、開発期間の短縮・開発コストの低減・リスクを抑えることができた。

2 既存の電動テープカッターの構成

既存の電動テープカッターの制御回路を調べると、図4に示すようにマスクROM型の4ビットワンチップマイコンによって制御されていることが判明した。表1に既存の電動テープカッターの機能・主要部品を示す。以下に各部を概説する。

・操作部（表示器・操作ボタン）

3桁の7セグメントLEDにテープ長が表示され、押しボタンスイッチにより、テープ長設定・テープ裁断・テープ排出を行うことができる。

・メカ部（テープ排出・テープ裁断）

テープをテープ送出处用モータで送り出す。送り出したテープ長は、マグネットとホール素子を用いた1相のロータリーエンコーダにより計測され、所望のテープ長になると、テープ送出处を止め裁断用カッターをモータで駆動しテープを裁断する。裁断用カッター部にはテープの有無を検知するための光センサーが設置されており、テープを取り去ると自動的に次の新しいテープが送出处され裁断される。

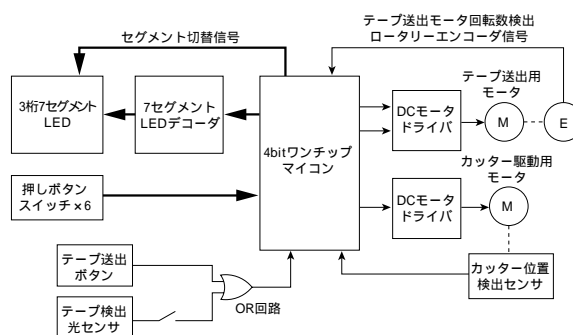


図4 既存の電動テープカッターのブロック図

表1 既存の電動テープカッターの機能・主要部品

機能	テープデータ登録機能	なし。LEDに表示されたテープ長を送出・裁断するのみ。
	表示機能	LED:テープカット長(長さ: 1mm 間隔)1 ~ 999mm
	設定入力	押しボタン: 7個
	バーコード読み取り機能	なし
	音声指示機能	なし
	機種登録/削除	なし
主要部品	ワンチップマイコン	4 bit
	外部メモリ	なし
	LCD	なし
	ロータリーエンコーダ	なし
	バーコードリーダー	なし
	音声発生装置	なし

3 制御用マイコンの選定

既存の電動テープカッターで使用されている4ビットワンチップマイコンは、当方には開発経験がないため、能力開発セミナーで使用しているフラッシュメモリ型のPICワンチップマイコンに置き換えることにした。また、ワンチップマイコンのソフトウェア開発には、開発効率が良いC言語で行った。

PICワンチップマイコンは、内蔵メモリ容量・I/Oポート数・内蔵周辺機能の違いで様々なバリエーションが存在する。ここでは、必要となるI/Oポート数・内蔵周辺機能の点からPIC16F877を選定した。PIC16F877は、内蔵周辺機能の点では申し分なく、バーコードリーダーやパソコンと通信するための非同期通信機能、テープ送出处長を測定する1相のロータリーエンコーダが出力するパルスのカウントする16bitカウンタ、テーピング作業プログラムを記録する外部メモリのE²-PROMを接続するI²Cバスインターフェース等を備えている。これらの内蔵周辺機能によって、処

理速度の低下やプログラムサイズが肥大することを抑えることができ、ソフトウェア開発の負担を軽減することができた。

4 改良した電動テープカッターの構成

改良した電動テープカッターのブロック図を図5に、機能・主要な追加/変更部品を表2に示す。また、新たにユニバーサル基板で製作した制御回路基板を図6に示す。この制御回路基板は、電動テープカッターの筐体内の空きスペースに設置され、4 bit ワンチップマイコンを取り外した既存の電動テープカッターの制御回路基板とフラットケーブルで接続されている。このような手法により、既存の電動テープカッターの制御回路基板上にある DC モータドライバ・電源回路・7セグメント LED デコーダ等をそのまま使用している。将来的には、全回路を再設計した上で制御回路をプリント基板化し、この制御回路基板と既存の基板とを交換するだけで改良ができるものを計画している。以下に新たに追加された各部を概説する。

・バーコードリーダー

生産管理用バーコードで排出するテープの機種設定を指示するため、バーコードリーダーを接続するコネクタを設けた。このコネクタは、PIC マイコンの非同期通信ポートに接続されている。

・液晶表示機 (LCD)

既存の電動テープカッターに備わっている表示機能は3桁の7セグメント LED 表示のみで、これだけではテーピング作業のプログラム、テーピング作業プログラムの進行状況の表示、読み取ったバーコードのコードを表示させることは困難である。そこで、電動テープカッターの前面の空きスペースに納まる10桁4行の漢字表示可能な LCD を設置することにした。また、LCD は、マイコンと接続するための配線数 (I/O ポート数) を減らすため、同期シリアル通信接続可能なものを選定した。

・数値設定用ロータリーエンコーダ

既存の電動テープカッターに備わっている操作ボタンのみでは、テーピング作業プログラムの際に数値 (テープ長・管理番号) をスムーズに入力することが困難であるため、数値設定用ロータリーエンコーダを新たに設けた。

・I²C バス接続 E²-PROM

改良した電動テープカッターは、50機種・各50枚で合計2,500枚分のテープ長を記録しなければならない。

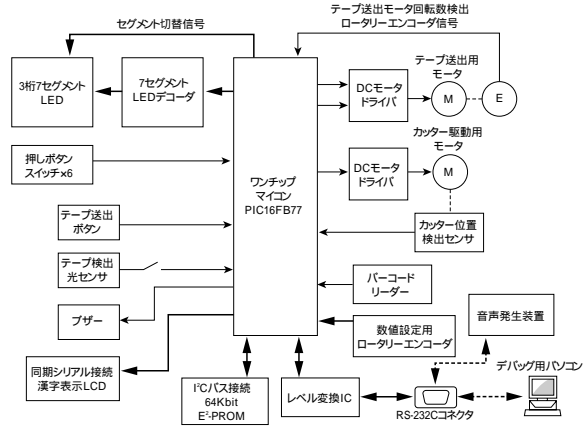


図5 改良した電動テープカッターのブロック図

表2 改良した電動テープカッターの機能・主要部品

機能	テープデータ登録機能	機種登録数：50機種 1機種当たりの登録数：50枚
	表示機能	LED：テープカット長 (長さ：5 mm 間隔) LCD：機種名とテープ枚数を表示
	設定入力	押しボタン：7個 ロータリーエンコーダ：1個
	バーコード読み取り機能	機種名の登録/呼び出し (リコグループ共通管理規格対応)
	音声指示機能	テーピング作業を音声で案内
	機種の登録/削除	装置単体での登録・変更可 (自己プログラミング機能)
主要追加変更部品	ワンチップマイコン	8 bit PIC16F877 - 20
	外部メモリ	64Kbit E ² -PROM
	LCD	漢字10桁4行 / 半角20桁4行 (ILM-1252B)
	ロータリーエンコーダ	インクリメンタル形 (EC24B)
	バーコードリーダー	TTL シリアル I/F (BG200-07)
	音声発生装置	MP3再生ボード (SMP-L300)

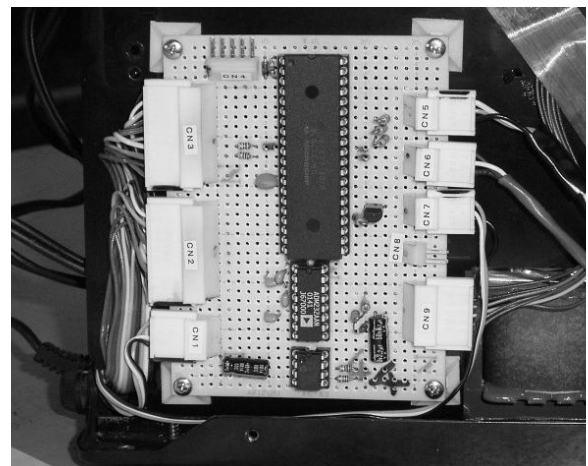


図6 改良した電動テープカッターの制御回路基板

本装置では、テープ長を 8 bit で表現しているため、必要とされるメモリ容量は20kbit (2.5kbyte) になる。さらに、装置の電源を切ってもテープ長が保存されていることが求められるため、不揮発性メモリである必要がある。本装置では、このような条件を満たすため、I²C バス接続64Kbit の E² - PROM を使用している。I²C バスは、2 線式同期シリアル通信でマイコンと接続することができ、使用するマイコンの I/O ポート数を節約することができる。

・RS - 232C コネクタ

作業者にテープ貼り付け箇所を指示する音声発声装置との接続や、PIC マイコンのソフトウェア開発時に行うプログラムデバッグのためパソコンと接続される。音声発声装置を図 7 に示す。

・ブザー

電動テープカッターの操作性を向上するため、ブザーを備えている。

また、改良した電動テープカッターのプログラムの規模は、C 言語のソースプログラムで以下のように、PIC マイコンの内蔵プログラムメモリ (ROM) を72%程度使用している。

・メインプログラム：1,112行

・外部ライブラリ：E² - PROM 65行、LCD 272行



図 7 音声発声装置

電動テープカッターの改良結果

改良した電動テープカッターを生産ラインに投入した結果を以下に示す。

1) 改良した電動テープカッターの導入により、配膳作業を廃止することができた。そのため、テープ

1枚当たり2秒の工数低減になった。製品1台当たりでは、テープを20枚~30枚使用するため、合計1分弱の工数を低減できた。

- 2) 従来、出荷検査時の倉庫からの抜き取り検査で、1~2ヶ月に1度の割合で貼り付けミスの発生があった。改良した電動テープカッターを2つのラインに導入してそれぞれ10ヶ月と3ヶ月になるが、いずれのラインでも貼り付けミスは発生していない。
- 3) 従来1つのラインで、使用するテープの長さ毎に必要な電動テープカッターが1台で済むようになり、装置コスト・設置スペースの削減ができた。
- 4) テーピング作業プログラムによって決められた数だけしかテープが排出されないの、貼り忘れが発生することがなく、作業員・ラインの管理者に安心感がある。
- 5) ラインの正規作業員が休んだ時は、リリーフマンとよばれる作業員が代わりにラインに入るが、このリリーフマンがテープ貼り付けの作業の全てを熟知していない時がある。そのような時、声で貼りつける位置を指示することで作業がスムーズにできる。
- 6) テーピング作業のバーコードを使用した管理・プログラミング機能と音声指示機能に新規性があり、特許出願に至った。
- 7) グループ企業内技術発表会への出品の結果、他のグループ企業の工場から導入の希望があった。
- 8) 自社中国工場への改良した電動テープカッターを導入する話があり、中国語対応版を検討している。

今後の検討課題

1) 装置製作コストの低減

現状の電動テープカッター1台の改良にかかる部材費は、約63,000円である。主な内訳は、

音声発声装置	: 29,800円
バーコードリーダー	: 14,000円
液晶表示器	: 8,000円

となっており、この3点で部材費の80%以上を占めている。この中で一番高価な音声発声装置は、市販の基板ユニットを利用している。これを自ら開発すると試算では音声発声装置の費用を10,000円で製作できるので、改良にかかる部材費を大幅に低減できる。

2) テーピング作業のプログラミング操作性の向上

テーピング作業のプログラミングは、改良した電動テープカッター単体で行うことができる。しかし、電動テープカッターの操作は非常に容易ではあるが、テーピング作業をプログラミングするためのユーザーインターフェースはまだ洗練されたものではない。将来、グループ企業内や海外工場で利用するには、万人が扱うことができる使い勝手が求められる。

3) 制御回路のプリント基板化

現状では、制御回路はユニバーサル基板を用いて製作している。また、故障した際の修理も、基板交換で即座に対応することができない。したがって、制御回路をユニバーサル基板からプリント基板にすることが求められる。

4) テーピング作業プログラムの一元管理

現状では、改良した電動テープカッターのテーピング作業プログラムは、個々の装置に直接入力することしかできず、同じ設定を別の電動テープカッターにコピーするような機能はない。したがって、テーピング作業のプログラミングの効率を向上するには、パソコンでテーピング作業プログラムを一元管理し、電動テープカッターにプログラムを転送するような機能が求められる。

さらに、音声発生装置の音声データ入力は、電動テープカッターとは全く独立しており、テーピング作業指示書を元にパソコンの専用ソフトウェアにて入力しているため手間がかかる。そのため、改良した電動テープカッターのテーピング作業プログラムと、音声発生装置の音声データを一元的に管理するパソコン用のサポートツールの開発が求められる。このツールが開発されれば、製品の機種を管理するバーコードのコード番号とテーピング作業プログラムを入力すれば、音声合成ソフトと連携して音声データを自動生成でき、煩雑なプログラミング作業を軽減することができると考えられる。

5) 複数の電動テープカッターの連係動作

1台の改良した電動テープカッターでは、1種類の幅のテープしか排出することができない。つまり、改良した電動テープカッターの利用は、1種類のテープ幅のみ使用しているラインに限られており、異なる幅のテープを使用するラインでは、従来どおりの手法で複数の電動テープカッターが利用されている。このようなラインにおいては、異なる幅のテープがセットされた複数の電動テープカッター

が互いに連係して、1つのテーピング作業プログラムに従ってテープを排出するような機能が求められる。

おわりに

今回の相談援助業務では、製造現場・開発現場で企業が真に求めている技術ニーズを把握することができ、今後マイコンの利用技術に関する能力開発セミナーを展開する上でたいへん参考になった。また、受講者から個別の技術的相談があった際に、今回得られた種々のノウハウにより、迅速に成果を出すことができ、より多くの技術支援につながると考えている。

謝 辞

本相談援助業務を進めるに当たり、ご理解とご助力を賜ったポリテクセンター宮城・前所長工藤氏、前開発援助課長羽藤氏に厚く御礼を申し上げます。

[参考文献]

- (1) マイクロチップ・テクノロジー・ジャパン株式会社、PIC16F87X データシート
- (2) Microchip Technology, 24A A64/LC64 Datasheet
- (3) 株式会社インテグラル電子、超小型 LCD 表示器 ILM - 8104B 取扱説明書
- (4) 株式会社インテグラル電子、120×52ドット LCD 表示器 ILM - 1252B 取扱説明書 Ver.1.0
- (5) 日本電気精器株式会社、WELCOME TO BAR-CODE MENU BCH 5 X82
- (6) 株式会社ラステーム・システムズ、MP3再生ボード SMP-L300 Version3.11 User's Manual Rev 2.2
- (7) 株式会社ラステーム・システムズ、SMP Ware (SMP-L30X 転送ソフト) 取扱説明書
- (8) 宮城県雇用環境改善交流会会報、雇用ネットみやぎ、2002年3月号