特集論文

C言語コントローラ／パソコン組み込み型サーボシステムコントローラ

高橋仁之*
柴田一樹*

C Controller/Personal Computer Embedded Type Servo System Controller

Kimiyuki Takahashi, Kazuki Shibata

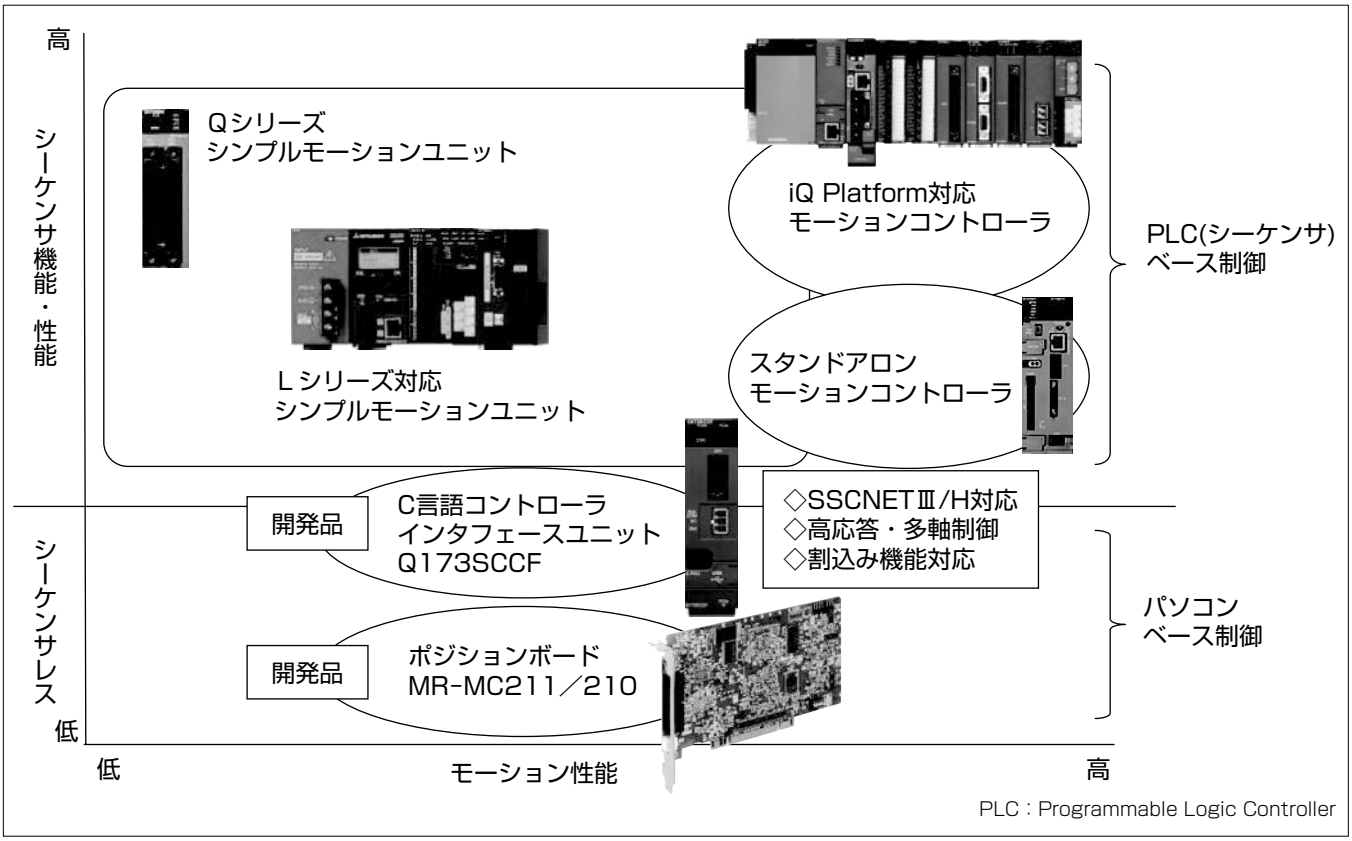
要　旨

C言語コントローラ／パソコン組み込み型サーボシステムコントローラは，パルスボードを組み込んだパソコンやマイコンボードを使用したパソコンベース制御の装置でサーボアンプの性能・サーボインタフェースの向上を図りたいユーザーの要望を実現する新シリーズのサーボシステムコントローラである。パソコンベース制御では開発言語としてC言語を採用することが多く，三菱電機C言語コントローラ“Q24DHCCPU-V”とPCI(Peripheral Component Interconnect) Express(注1)で接続するC言語コントローラインタフェースユニット“Q173SCCF”と，パソコンとPCIバスで接続するポジションボード“MR-MC211／210”の3機種をラインアップした。ユーザーからは装置の生産性向上のため，より高頻度に運転ができる性能・機能を要求されており，この製品はサーボシステムコントローラの中でも位置決め機能をPTP(Point To Point)制御に特化することで多軸化，高応答化を実現した。

本稿では，Q173SCCFとMR-MC211／210の概要及び次の特長について述べる。

(1) サーボネットワーク“SSCNET(Servo System Controller NETwork)Ⅲ/H”対応による高速・高精度な軸制御
(2) 高速処理(制御周期0.22ms/8軸，1サイクル起動)
(3) 割り込み出力によるイベント高速通知(位置決め完了など)
(4) 他軸起動機能によるユーザープログラムの負荷(ばらつき)に依存しないタイミング制御

(注1) PCI Expressは，PCI-SIG社の登録商標である。



C言語コントローラインタフェースユニット“Q173SCCF”とポジションボード“MR-MC211／210”の製品位置付け

C言語コントローラ／パソコン組み込み型サーボシステムコントローラには，Q173SCCF(C言語コントローラQ24DHCCPU-VとPCI Express接続)とMR-MC211／210(パソコンとPCI接続)の3機種をラインアップしている。ユーザーはC言語プログラムからAPI(Application Programming Interface)ライブラリを使用して位置決め制御を行う。高速サーボネットワークSSCNETⅢ/Hの採用によって，制御周期0.22ms(最大8軸)を実現した。

*名古屋製作所

1. まえがき[1][2]

当社サーボシステムコントローラは，2011年にiQ Platform モーションコントローラ“Q172DSCPU／Q173DSCPUシリーズ”を発売し，“Qシリーズ”シーケンサと高速にデータ授受することで，システム全体のスループット向上とフレキシブルなシステム構成という市場のニーズに応えてきた。

一方，パルスボードを組み込んだパソコンやマイコンボードを使用しているユーザーは開発言語にC言語を採用している割合が多く，当社C言語コントローラとシンプルモーション又はモーションコントローラというシステム構成を提案してきた。しかし，高速・高頻度運転による生産性向上の要求や，大容量データ・大規模な演算を扱うためパソコンを活用したいユーザーニーズもあり，それに応えるため，今回パソコンベース制御やC言語プログラミングと親和性の高い新たなシリーズをリリースした。

新シリーズとなるC言語コントローラ／パソコン組み込み型サーボシステムコントローラには，C言語コントローラインタフェースユニットQ173SCCF及びポジションボードMR-MC211／210(以下“MR-MC21n”という。)の3機種をラインアップする。

本稿では，Q173SCCF／MR-MC21nの概要及び特長について述べる。

2. Q173SCCF／MR-MC21nの概要

2.1 製品仕様

今回開発したQ173SCCF／MR-MC21nは，パソコン分野で普及している汎用バス(PCI Express／PCIバス)に接続するタイプのサーボシステムコントローラである。仕様を**表1**に示す。汎用バスと直接接続することで，この製品内部の2ポートメモリに高速アクセスが可能となり，またこの製品から出力される割り込み信号を受けることも可能となる(**図1**)。

表1．Q173SCCF／MR-MC21nの仕様

項目		仕様		
		Q173SCCF	MR-MC210	MR-MC211
上位コントローラ（OS）		C言語コントローラ Q24DHCCPU-V (VxWorks[注2] 6.8.1)	パソコン (Windows[注3]7等)	
接続バス		PCI Express（x1）	PCIバス	
サーボネットワーク SSCNETⅢ/H(150Mbps)		1系統		2系統
制御周期	0.22ms	最大8軸		
	0.44ms	最大16軸		
	0.88ms	最大20軸		最大32軸
主な位置決め機能		JOG運転，インクリメンタル送り運転，自動運転，直線補間運転，並列駆動，他軸起動機能，インタフェースモード機能(逐次位置指令方式)等		
ソフトウェア開発環境		CW Workbench／Wind River Workbench	Microsoft Visual Studio [注3]	
ユーティリティソフトウェア(テストツール，APIライブラリ)		Q173SCCF ユーティリティ SW1DNC-QSCCF-B	ポジションボード ユーティリティ MRZJW3-MC2-UTL	

（注2） VxWorksは，米国Wind River Systems，Inc. の登録商標である。
（注3） Windows，Visual Studioは，Microsoft Corp. の登録商標である。

2.1.1 Q173SCCF

Q173SCCFは当社C言語コントローラQ24DHCCPU-VとPCI Expressで直接接続することで，C言語コントローラの汎用性を活用しつつ，MELSECシリーズのユニットを使用したフレキシブルなシステムの構築が可能となる。C言語コントローラはリアルタイムOS(Operating System)の一つであるVxWorksを採用しており，安定かつ応答性に優れた制御が実現可能である。Q173SCCFユーティリティに付属するVxWorks用の位置決め制御APIライブラリをC言語コントローラの開発環境に追加することで，C言語によるサーボ制御を容易なものとする。また，C言語コントローラとQ173SCCFを使用することで，製品安定供給に対する不安や維持管理コスト増大といったマイコンボード／パソコン環境が抱える課題を解消する。システム構成を**図2**に示す。

2.1.2 MR-MC21n

MR-MC21nは，パソコンのPCIバスに接続するタイプのサーボシステムコントローラである。位置決め機能は

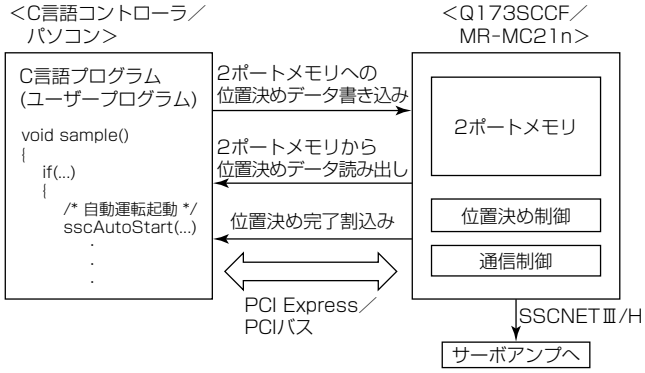
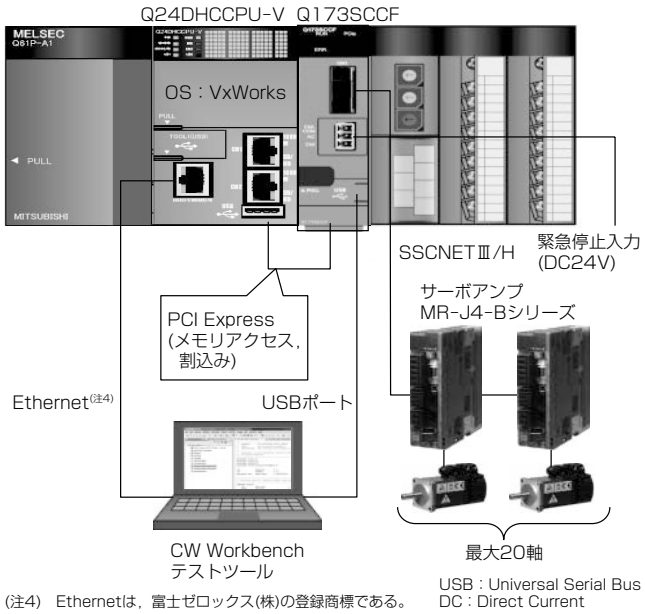


図1．Q173SCCF／MR-MC21nの構成



(注4) Ethernetは，富士ゼロックス(株)の登録商標である。

図2．Q173SCCFのシステム構成

Q173SCCFと同等であるものの，パソコンの高速処理を活用した多軸処理に応えるため，MR-MC21nは最大4台(最大128軸)まで制御可能とした。ポジションボードユーティリティに付属するWindows用の位置決め制御APIライブラリをVisual C++(注5)等の開発環境に追加することで，C言語によるサーボ制御を可能とする。システム構成を**図3**に示す。

(注5) Visual C++は，Microsoft Corp.の登録商標である。

3. Q173SCCF／MR-MC21nの特長

Q173SCCF／MR-MC21nは，パソコンベース制御の比重が高い特に半導体製造装置分野からの高速・高応答な位置決めのニーズに応えるために，ユーザー装置のタクトタイムを短縮し，生産性向上に直結できるような機能を拡充している。

次にQ173SCCFの機能と特長を述べるが，MR-MC21nも同様の機能と特長を持つ。

3.1 高速・多軸制御

Q173SCCFでは位置決め機能の中でPTP(Point To Point)制御に特化することでマイコンの演算負荷を軽減し，SSCNETⅢ/Hによるサーボネットワークの高速化との組み合わせることで，制御周期0.22ms時で最大8軸制御を実現した。制御周期の高速化によって，より高精度・高応答な制御が可能となる。それによって，運転起動指令からモータの起動までの時間が短縮され，タクトタイムの短縮にも貢献する。

3.2 割り込み機能

Q173SCCFは位置決め完了やアラーム発生，指定した位置通過時など25種類以上の様々な要因による割り込みを出力することができる。ユーザーは割り込みを使用したイベントドリブン型のプログラムを構築することができ，ポーリング処理でデータを監視する必要がないため，ユーザープログラムの負荷を軽減すると同時に高応答なイベント処理を行うことが可能となる。

3.3 高応答ハンドシェイク

Q173SCCFとユーザープログラムは，ユニット内部の2ポートメモリ(共有メモリ)を介して情報伝達を行う。その際，Q173SCCFとユーザープログラムは非同期で動作しており，モニタデータなど定期的に更新するデータを除き，ハンドシェイクによる要求と応答の同期が必要となるため，応答遅れとなる。一般的なハンドシェイクのタイミングチャートを**図4**に示す。

応答時間に関して一般的なハンドシェイクを使用した場合の課題を次に示す。

(1) 次回の要求時に要求信号のOFFと応答信号OFFの確認(前処理)が必要であり，次回要求実行時に応答が遅れる(**図4**)。

(2) 要求信号を事前にOFFする処理を要求と次の要求の間に実行する手法もあるが，実行タイミングの判別が難しい場合や，要求の間隔が短いと間に合わない場合があるなど，ユーザープログラムの処理に依存し，応答がばらつく可能性がある。

例えば，要求信号が運転起動指令とすると，次回の運転

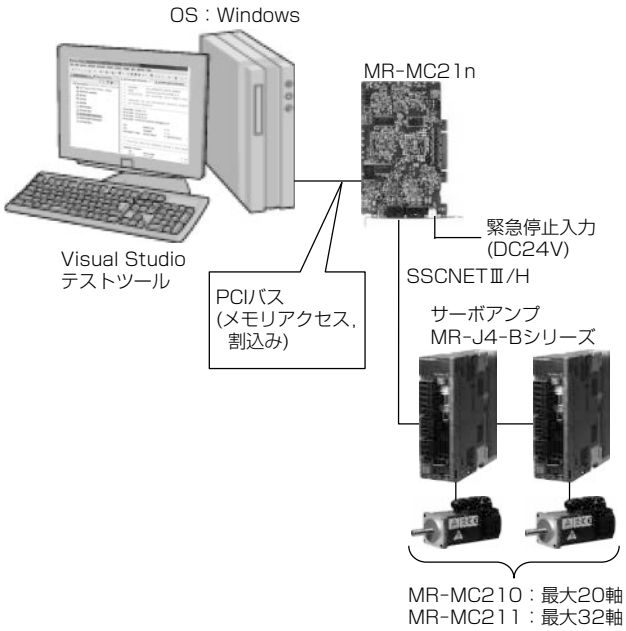


図3．MR-MC21nのシステム構成

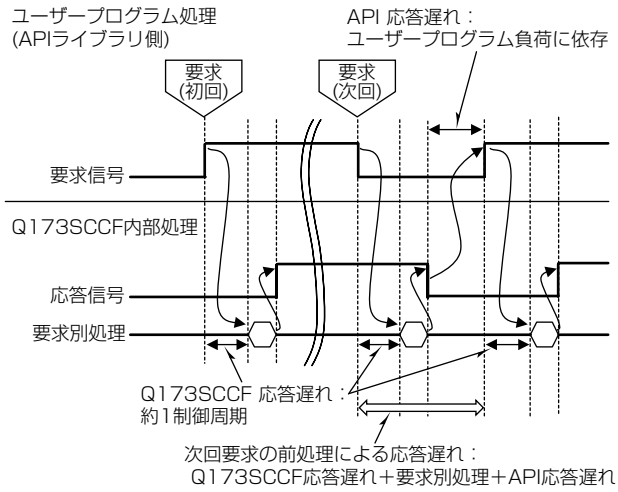


図4．一般的なハンドシェイク

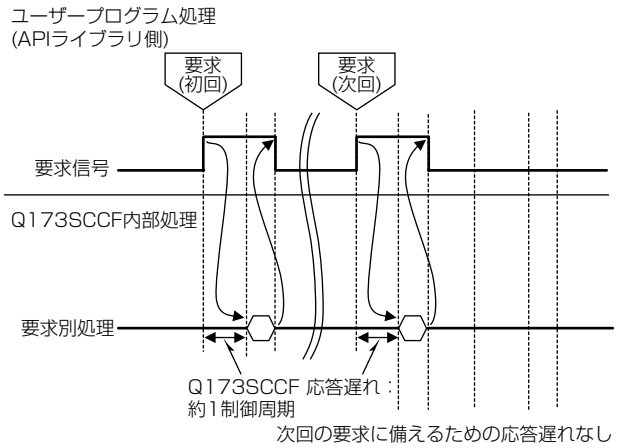


図5．高応答ハンドシェイク

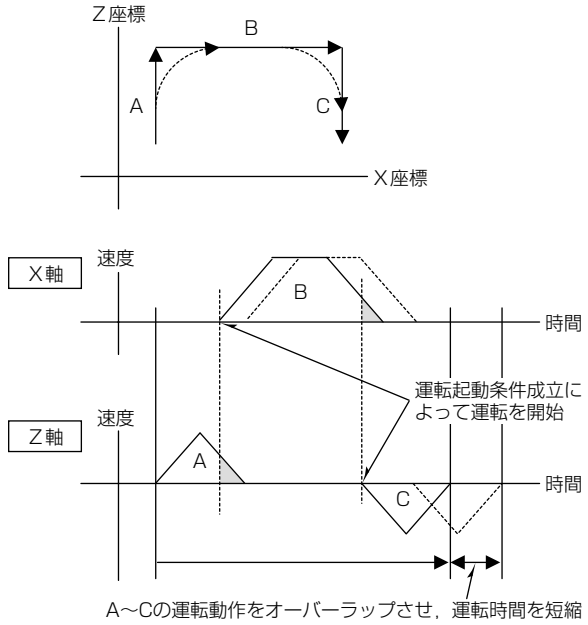


図6．運転動作のオーバーラップ

起動時には運転起動指令のOFFとその応答確認が必要となり，制御周期0.88ms使用時，約3ms弱（＝Q173SCCF応答遅れ（約1制御周期）＋要求別処理（1制御周期未満）＋API応答遅れ（ユーザープログラム負荷によるが1ms程度以上））の応答遅れとなる。そのため，ハンドシェイクそのものの処理を見直すことによってハンドシェイクの高応答化に取り組んだ。

高応答ハンドシェイクのタイミングチャートを**図5**に示す。高応答ハンドシェイクでは応答信号の代わりにQ173SCCFが要求信号を直接OFFする方式を採用した。そのため，次回の要求時の前処理が不要となり，その分の応答遅れがなくなる。

Q173SCCFでは高頻度の運転（運転起動→運転完了割り込み→運転起動→・・・の繰り返し動作）で，特に運転起動指令・割り込み要因確認完了指令に対する応答時間の要求が厳しく，それらの指令に対して高速ハンドシェイクを適用することによって，位置決め処理の高応答化を実現した。

3.4 他軸起動

運転時間短縮のため，運転動作をオーバーラップさせて動作させる方法がよく使われている（**図6**）。この際，ユーザープログラムでは，運転起動条件（フィードバック位置など）を監視し，運転起動が行われている。Q173SCCFは制御周期単位でデータの更新を行っているため，ユーザープログラムの運転起動要求に対する応答遅れによって，狙ったタイミングによる運転動作のオーバーラップが困難な状況となっている。また，短周期で運転起動条件を監視することはユーザープログラム側の負荷を増加させる。

この問題を解消するため，ユーザープログラムで行っていた運転起動条件の監視処理をQ173SCCFに取り込み，Q173SCCFの内部処理で運転起動させることができる“他軸起動”の開発を行った。次に他軸起動の起動条件及び，条件成立時の動作内容について述べる。

表2．他軸起動条件

条件種別	選択項目
判定条件	残距離指定， 指定位置通過指定
判定座標	フィードバック， 指令位置

表3．他軸起動の動作指定

動作種別	動作指定
起動軸指定	運転起動させる軸番号を指定（最大16軸まで指定可能）
出力信号指定	出力制御を行う出力信号を指定
	極性指定（ON／OFF）

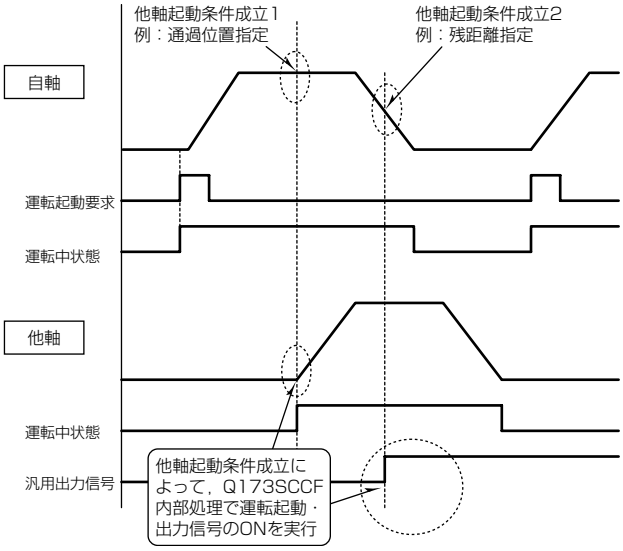


図7．他軸起動の動作例

Q173SCCFは他軸起動条件（**表2**）を監視し，条件成立によって，他軸起動の動作指定（**表3**）で指定された他軸の運転起動及び，出力信号制御（ON／OFF）を実施する。他軸起動機能を使用した場合の動作例（**図7**）を示す。

他軸起動条件の監視をQ173SCCFの内部処理で行うことで，Q173SCCFとユーザープログラムのハンドシェイクが不要となり，運転起動時の応答遅れなしを実現した。

4. むすび

C言語コントローラやパソコンの環境に最適なサーボシステムコントローラの新シリーズであり，高速・多軸制御を可能とするC言語コントローラインタフェースユニットQ173SCCF及びポジションボードMR-MC211／210を開発した。今後も市場ニーズに最適にマッチするサーボシステムコントローラ製品群をタイムリーに投入し，適用分野の更なる拡大を目指していく所存である。

参考文献

(1) 西原　昇，ほか：次世代サーボネットワーク対応モーションコントローラ，三菱電機技報，**86**，No.4，215～218（2012）
(2) 宮丸卓也：ハイエンドモデルC言語コントローラ“Q24DHCCPU-V”，三菱電機技報，**87**，No.3，189～192（2013）