

PLCのスキャン処理とフィールドネットワークの通信時間に関する考察

機械制御技術部 生産システムチーム 長尾達明
宮澤以鋼

フィールドネットワークとは、FA (Factory Automation) の分野において、各種センサや駆動機器などの配線を少なくして効率的に制御するためのネットワークであり、基本的には、PLC (Programmable Logic Controller) で制御を行う。フィールドネットワークには、CC-Linkの他、米国から普及してきたDeviceNet、欧州で普及しているPROFIBUSが存在するが、今回はCC-Linkを研究の対象とした。研究の目的は、PLCでフィールドネットワークを用いた場合、実際の出力信号にどのような影響が出てくるかを明確にすることである。また、PLCのスキャンの周期時間 (CST : Cyclic Scan Time) とフィールドネットワークの通信周期時間 (LST : Link Scan Time) の関係を明らかにし、実際の使用時における注意点を提案する。

キーワード : PLC, フィールドネットワーク, スキャン, 周期時間, CC-Link

1 はじめに

PLCの処理においては一般にサイクリックスキャンが採用され、そのスキャン周期がPLCの動作保証の評価の最小時0間と見ることができる。筆者らは、そのスキャン周期がLD (Ladder Diagram) の段の長さにより変化することに着目し、PLCの実行時間に関する評価方法を提案した¹⁾。さらに、フィールドネットワークがPLCのスキャン処理に与える影響とその評価方法についても報告した²⁾⁵⁾。

しかし、フィールドネットワークには通信を行うために一般にLST (Link Scan Time) と呼ばれる最小の通信周期時間が存在する。このLSTは、PLCのスキャンの周期時間CST (Cyclic Scan Time) とは必ずしも一致しないため、入出力の処理のタイミングによりPLCの実行結果に影響を与える。本稿では、従来との対比を行うためにCC-Linkをフィールドネットワークの実験対象とし、マスタとなるPLCのCSTとLSTの関係について調べ、さらに実際の使用において注意すべき点について報告する。

2 PLCとフィールドネットワークの構成

2.1 CC-LinkとPLCシステム

今回使用したフィールドネットワークは、図1のようなCC-Linkである⁶⁾。CC-Linkはコモンメモリ方式を採用しており、PLCはマスタ局となるリンクユニットを通してコモンメモリへ、各リモート局はそれぞれ割り当てられた特定の領域へアクセスできる。リンクユニットのマスタ局がリモート局1から最終局 (最大64局) まで順々に通信を行い一周する時間のことをLSTという。

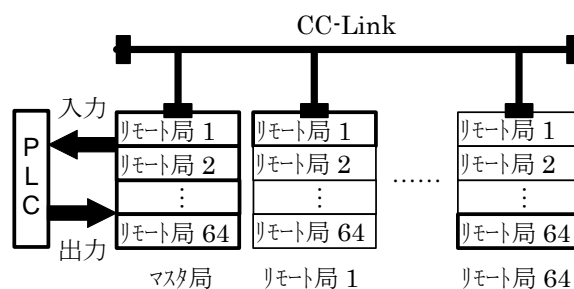


図1 PLCのCC-Linkの構成

2.2 評価図式

図2はPLCのスキャン処理の模式図であり、図3はLD評価の基本形である。PLCが入力、処理、出力を一周して実行するのに必要な時間をCSTという。CSTは主にLDの段数の影響を受ける。図3の基本形は出力自体をb接点の入力として用いているので、スキャンごとにQの状態がONとOFFを繰り返す。この出力の変化を計測することによって、CSTを知ることができる。そのときの出力波形を図4に示す。ここで、正確なCSTを求めるためにONとOFFの時間を100個ずつ抽出して各々の平均を算出し、また、ONの時間とOFFの時間が等しくないので、足して2で割った値をCSTとしている。さらに、図5のように基本形において内部リレーを使用して複数段重ねれば、任意段数の評価式が作成できる。

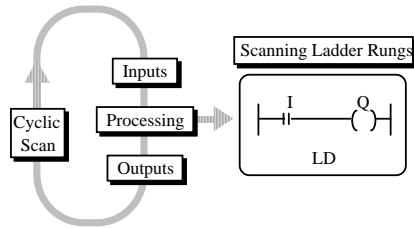


図2 PLCのスキャン処理

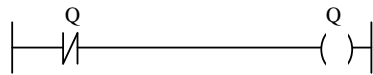


図3 基本形

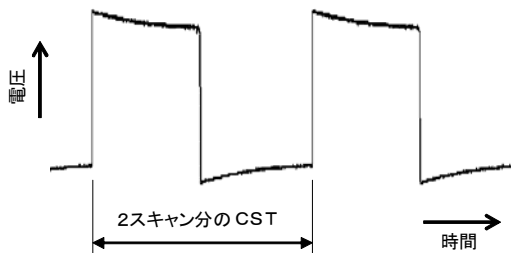


図4 出力波形

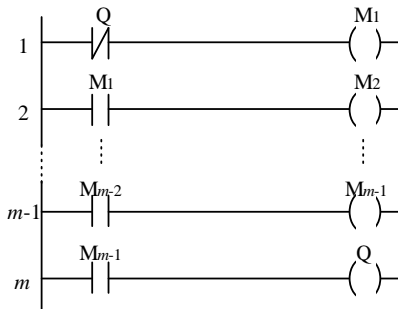


図5 LDの段の基本図式

2.3 スキャンタイムの調整方法

CSTの長さは、LDの段数（プログラムの長さ）で調整する方法と、PLCの初期設定のパラメータの中にある待ち時間の設定で調整する方法の2通りがある。

LSTの長さは、フィールドネットワークに接続しているリモート局の数で必然的に決まる。ただし、実際に接続していない場所を予約しておくことが可能であるため、局番を変えることにより調整が可能である。

3 スキャン処理の評価

3.1 単一出力ユニットにおける評価

システム構成はPLC 1台（Q02HCPU）と出力ユニット（QY10）である。段数を増やしていったときの出力波形から計測したCSTのグラフを図6に示す。段数に比例して、CSTが増加している結果が得られた。フィールドネットワークを使用していない単体のPLCのCSTが主にLDの段数に依存することは知られている¹⁾。

また、別の計測方法として、CSTは繰り返し実行されるLDの1回分の時間であるため、LDの中に回数と時間を計測するプログラムを追加することにより、正確なCSTを求めることが可能である。そこで、LDのプログラム上で計測したCSTも図6のグラフに表示する。出力波形から計測したCSTとLDのプログラム上で計測したCSTが一致して比例していることがわかる。

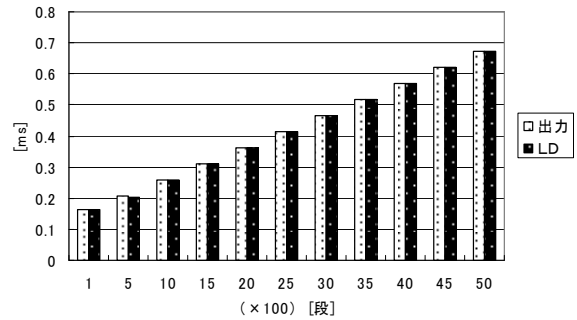


図6 出力波形とLDによるCST（出力ユニット）

3.2 CC-Linkの出力における評価（LDの段数）

図1の構成で、CC-Linkのリンクユニットとしてのマスター局（QJ61BT11）と、リモートI/Oとしてのリモート局（AJ65SBTB1-16DT）の1局のみで比較対照となるシステムを構成した。通信速度はCC-Linkの最高速度10Mbpsに設定し、ケーブルは200m（実用は10Mbps時、100mまで）を使用した。LDの段数を増やしていった、CSTの計測を行った。出力波形から計測したCSTを図7に示し、LDのプログラム上で計測したCSTを図8に示す。

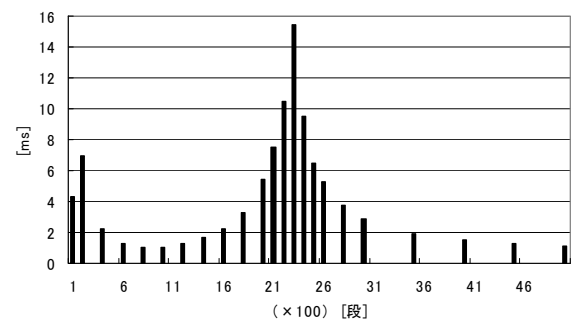


図7 出力波形によるCST（CC-Link）

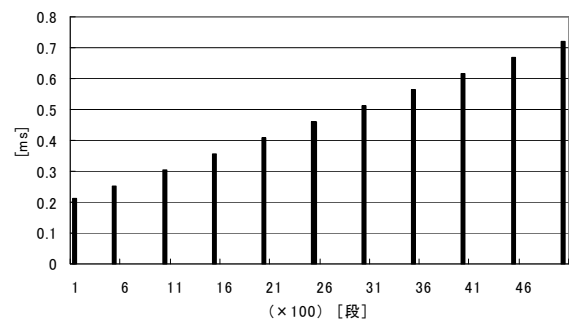


図8 LDによるCST（CC-Link）

単一出力ユニットにおいては、出力波形がそのままCSTとなるが、CC-LinkでLDの段数を増やすと、マスタ局とリモート局との間で自動的に通信を行っているため、図7の出力波形から計測したCSTは、図8のLDのプログラム上で計測したCSTとは一致しないことが判明した。

3.3 LSTを変化させたときの評価

LSTは、マスタ局とリモート局の間で行われる通信の1回分の時間であるため、リモート局の多数の出力チャンネルを順番に出力させて、全ての出力状態を計測し、出力の切り替わる時間を測定すればLSTを求めることができる。なお、この測定結果とCC-Linkプロトコルアナライザで計測したLSTは一致したことを報告する。

今回のCC-Linkの構成で局番1を使用した場合、LSTは0.875[ms]であり、図7においてのLDのプログラム上で計測したCSTは200段で0.221[ms]、2,300段で0.439[ms]であった。また、局番35でLSTを1.38[ms]にした時は、CSTが1,200段で0.346[ms]、4,500段で0.690[ms]となり、この2点をピークにして同様なグラフとなった。さらに、局番64でLSTを2.00[ms]にした時も2,500段で0.503[ms]、7,200段で0.992[ms]となり、同様の結果が得られた。この結果、プログラム上で計測したCSTがLSTの1/4、1/2に近いときに実際のリモート局からの出力に大きな乱れが生じることがわかった。

3.4 CC-Linkの出力における評価（待ち時間の付加）

CC-Linkを使用する時にCSTを調整する方法として、プログラムを長くする方法以外にプログラムの処理時間に待ち時間を付加し、CST全体で0.5[ms]単位で設定する方法がある。

図9は、LDが100段、局番1の時のデータであり、リモート局が1台で局番1に設定した時は、LSTが0.875[ms]になる。待ち時間の設定をしない場合から含めて0.5[ms]単位で0.5~5.0[ms]に設定した時の出力波形から計測したCSTとLDのプログラム上で計測したCSTのグラフである。図10は、LDのプログラムを長くして8,000段の状態測定したグラフである。さらに、図11と図12では、局番を35に設定してLSTが1.38[ms]になった時に測定したグラフであり、図13と図14は局番を64にしてLSTが2.00[ms]になった時のグラフである。LDのプログラムは、それぞれ100段と8,000段である。

LDが100段のプログラムでは、待ち時間を設定しない場合のLDのプログラム上で計測したCSTが約0.2[ms]であるため、設定値通りのCSTがLDのプログラム上で計測できた。LDが8,000段のプログラムでは、待ち時間を設定しない場合のLDのプログラム上で計測したCSTが約1.1[ms]であるため、1.5[ms]から設定値通りのCSTが

LDのプログラム上で計測できた。

図9~図14において、出力波形から計測したCSTとLDのプログラム上で計測したCSTが一致している部分を探

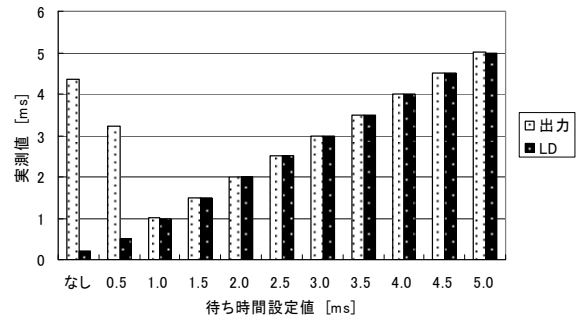


図9 出力波形とLDによるCST (LD : 100段, LST : 0.87[ms])

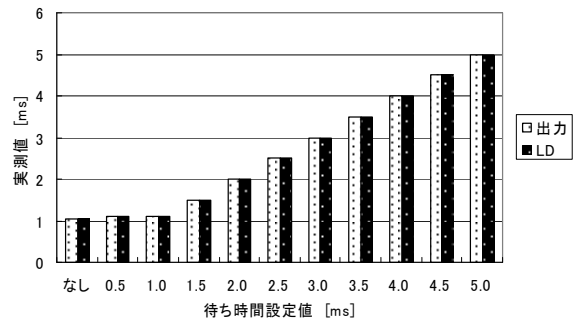


図10 出力波形とLDによるCST (LD : 8,000段, LST : 0.87[ms])

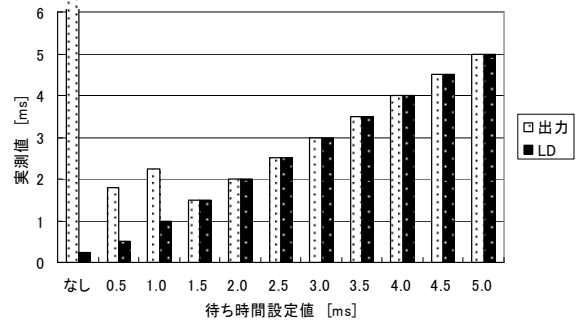


図11 出力波形とLDによるCST (LD : 100段, LST : 1.38[ms])

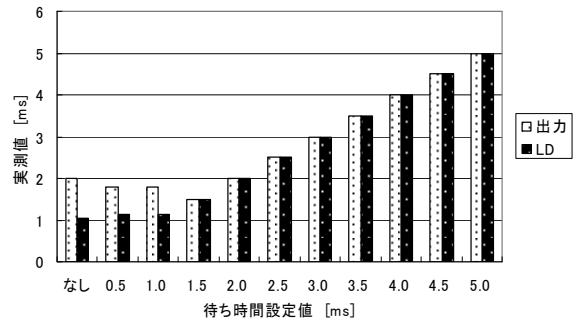


図12 出力波形とLDによるCST (LD : 8,000段, LST : 1.38[ms])

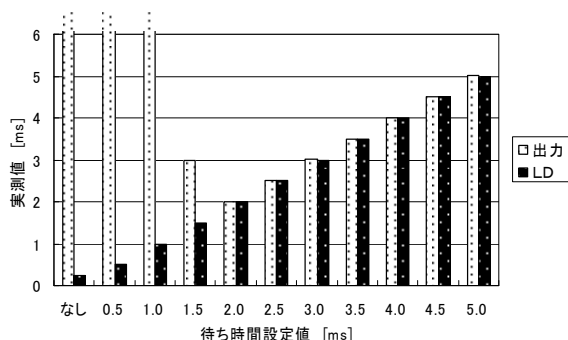


図13 出力波形とLDによるCST
(LD : 100段, LST : 2.00[ms])

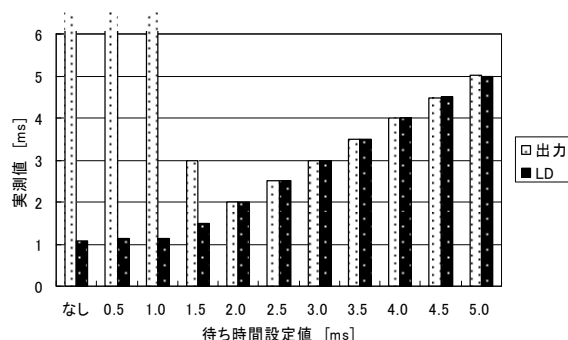


図14 出力波形とLDによるCST (待ち時間)
(LD : 8,000段, LST : 2.00[ms])

してみると、LDのプログラム上で計測したCSTがLST以上であれば、両者が一致することがわかった。

4. おわりに

実際の制御システムにおいて、CC-Linkを使用してシステムを構築する場合、プログラム上の出力を正確なタイミングで実際の信号として出力するための必要条件は、LDのプログラム上で計測したCSTがLST以上であれば良

いといえる。この条件を含んでいて実際の制御システムで調整しやすい方法としては、待ち時間の設定を変えることがあげられる。設定方法としては、まずLSTを測定し、その値以上の待ち時間を設定すれば、実際の装置において出力の遅れは発生しない。

文献

- 1) Y. Itoh, I. Miyazawa and T. Sekiguchi ; “A study on execution time of ladder diagram in programmable controller”, *Trans. IEE of Japan*, **119-D-8/9**, 1053-1060 (1999).
- 2) 長尾達明, 宮澤以鋼 ; 「フィールドネットワークのPLCスキャン処理への影響に関する一考察」, “平成15年電気学会全国大会講演論文集[4]”, pp.383-384 (2003).
- 3) 長尾達明, 宮澤以鋼 ; 「フィールドネットワークのPLCスキャン処理への影響に関する一考察 その2」, “平成15年度神奈川県産学公交流研究発表会資料”, 神奈川県産業技術総合研究所, p.63 (2003).
- 4) 長尾達明, 宮澤以鋼 ; 「DeviceNetのPLCスキャン処理への影響に関する一考察」, “平成16年電気学会全国大会講演論文集[4]”, pp.354-355 (2004).
- 5) 長尾達明, 宮澤以鋼 ; 「PLCのスキャン処理へのフィールドネットワークの通信時間の影響に関する考察」, “平成17年電気学会全国大会講演論文集[4]”, pp.386-387 (2005).
- 6) CLPA ; “CC-Link仕様書 (概要, プロトコル編) (BTP-05026-D)”, CC-Link協会, (2001).

The Influence of Link Scan Time of Field Networks on the Cyclic Scan of Programmable Logic Controllers

Tatsuaki NAGAO and Iko MIYAZAWA

Recently, field networks are widely used in factory automation in order to reduce the wiring among such as various sensors, driving equipment and PLCs (Programmable Logic Controllers), and to perform control efficiently. CC-Link is one of such field networks proposed in Japan, while DeviceNet is used in North America and PROFIBUS in Europe. We chose the CC-Link as the object of investigation to inspect the influence of signals on control by the behavior of the CC-Link. The purpose of the research is to clarify what influence comes out in actual output signals when the field network is used with PLC. Moreover, the relation between communication time (LST: Link Scan Time) within the CC-Link and control time (CST: Cyclic Scan Time) of cyclic processing of PLC will be specified, and some precautions for using the CC-Link efficiently will be mentioned.