

CiA402 State Machine 説明

2022/5/1 加古川篤

```
static EC_T_WORD fnChgMotionGoState(EC_T_WORD woStWd, EC_T_WORD *pCrWd)
```

の関数を使って、状態遷移を実施する。

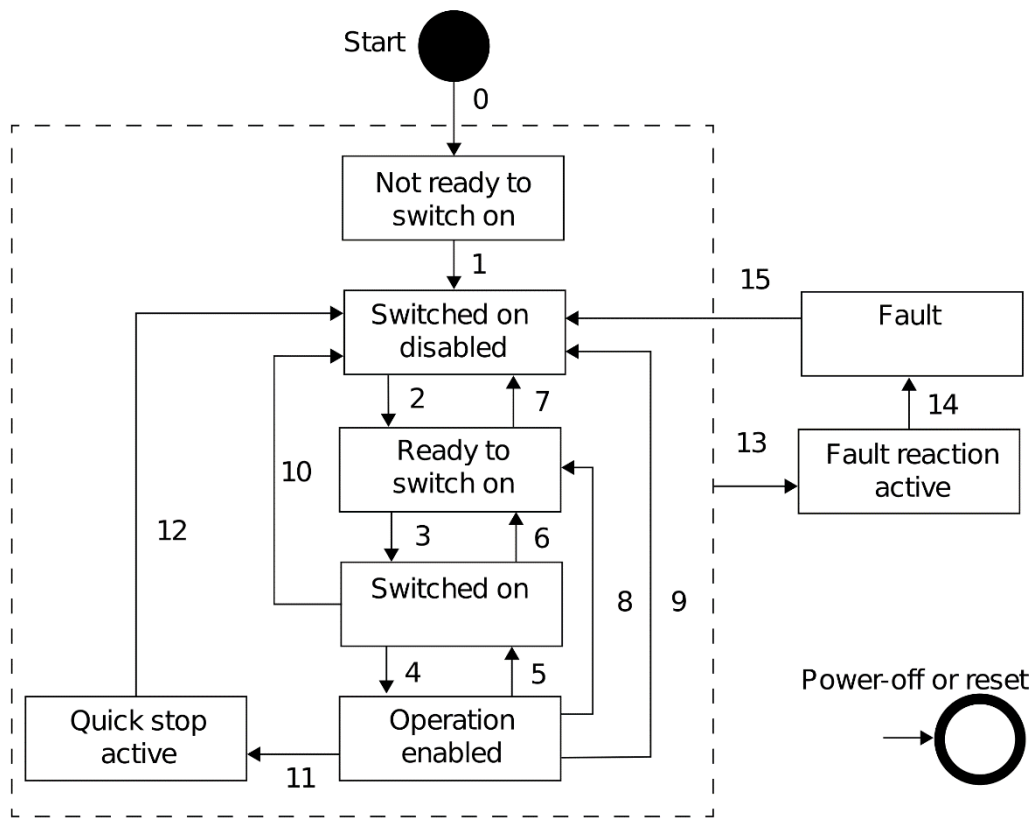
woStWd は Slave の現在の状態 (Statusword) を、*pCrWd は状態遷移指令値 (Controlword) を示している。0b は 2 進数を、0x は 16 進数を表しており、数字の前に何も記号がないものを 10 進数とする。

例：

```
while(1) {  
    if (woStatusWord != 0x27) {  
        /* 現在のサーボドライバ状態取得 */  
        pwVal = (EC_T_WORD*)&pbyPDIn[MySlave.dwPdOffsIn+2];  
        woStatusWord = *pwVal;  
        /* 現在のサーボドライバ状態から、次のサーボドライバ状態へ遷移させる関数コール */  
        woStatusWord = fnChgMotionGoState(woStatusWord, &woControlWord);  
        if (woStatusWord == 0x27) break;  
        /* 次のサーボドライバ遷移値を書き込み */  
        pwVal = (EC_T_WORD*)&pbyPDOut[MySlave.dwPdOffsOut];  
        *pwVal = woControlWord;  
    }  
};
```

woStatusWord (int) の値が 0x27 (=39 = 0b00100111) でない限り、状態遷移を繰り返すループ。0x27 のとき、Slave は「Operation enable (サーボオン)」の状態にあり、モータ駆動可能となる。つまり、Slave の woStatusWord の値を 0x27 まで遷移させないとモータを制御できない。

State Machine の状態遷移図を以下に示す。
https://doc.synapticon.com/software/44/canopen_over_ecat/index.html#canopen-over-ecat



The function that are available in each state are given in the table below:

Function	FSA States							
	Not ready to switch on	Switch on disabled	Ready to switch on	Switched on	Operation enabled	Quick Stop active	Fault reaction active	Fault
Brake applied, if present	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Yes
Drive function enabled	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	No
Configuration allowed	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Yes

0x6041 Statusword

The status of the PDS FSA. Only bits 0-6 are supported.

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ms		oms		ila	tr	rm	ms	w	sod	qs	ve	f	oe	so	rtso

MSB

LSB

LEGEND: ms = manufacturer-specific; oms = operation mode specific; ila = internal limit active; tr = target reached; rm = remote; w = warning; sod = switch on disabled; qs = quick stop; ve = voltage enabled; f = fault; oe = operation enabled; so = switched on; rtso = ready to switch on

Statusword	PDS FSA state
xxxx xxxx x0xx 0000,	Not ready to switch on
xxxx xxxx x1xx 0000,	Switch on disabled
xxxx xxxx x01x 0001,	Ready to switch on
xxxx xxxx x01x 0011,	Switched on
xxxx xxxx x01x 0111,	Operation enabled
xxxx xxxx x00x 0111,	Quick stop active
xxxx xxxx x0xx 1111,	Fault reaction active
xxxx xxxx x0xx 1000,	Fault

If bit 4 (voltage enabled) of the statusword is 1, this indicates that high voltage is applied to the PDS.

If bit 5 (quick stop) of the statusword is 0, this indicates that the PDS is reacting on a quick stop request.

Operation mode specific bits of Statusword ("oms")

Bits	Cyclic synchronous position control	Cyclic synchronous velocity control	Cyclic synchronous torque control	Profile position mode	Profile velocity mode	Homing mode
bit 13 (0x2000)	Following error bit	not used		Following error bit	not used	Homing error bit
bit 12 (0x1000)	Target position ignored	Target velocity ignored	Target torque ignored	Set-point acknowledge bit	Speed bit	Homing attained bit

0x6040 Controlword

The received command controlling the PDS FSA.

15	11	10	9	8	7	6	4	3	2	1	0
ms		r	oms	h	fr	oms		eo	qs	ev	so

MSB

LSB

LEGEND: ms = manufacturer-specific; r = reserved; oms = operation mode specific; h = halt; fr = fault reset; eo = enable operation; qs = quick stop; ev = enable voltage; so = switch on

Command	Bits of the <i>controlword</i>					Transitions
	Bit 7	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
Shutdown	0	X	1	1	0	2, 6, 8
Switch on	0	0	1	1	1	3
Switch on + enable operation	0	1	1	1	1	3 + 4 (NOTE)
Disable voltage	0	X	X	0	X	7, 9, 10, 12
Quick stop	0	X	0	1	X	7, 10, 11
Disable operation	0	0	1	1	1	5
Enable operation	0	1	1	1	1	4, 16
Fault reset	1	X	X	X	X	15
NOTE Automatic transition to Enable operation state after executing SWITCHED ON state functionality.						

Bits 9, 6, 5, and 4 of the controlword are operation mode specific. The halt function (bit 8) behaviour is operation mode specific. If the bit is 1, the commanded motion shall be interrupted, the PDS shall behave as defined in the halt option code. After releasing the halt function, the commanded motion shall be continued if possible. The bit 10 is reserved for further use; it shall be set to 0. The bits 11, 12, 13, 14, and 15 are manufacturer-specific.

Name	Index:Sub	Type	Bit Size	Min Data	Max Data	Default Data	Unit	Access	PDO Mapping
Controlword	0x6040:0	UINT	16			0		readwrite	Receive PDO (Outputs)

State Machine の状態遷移分岐を以下に示す.

例:

```
/* Description : CiA402 サボトライク状態遷移処理 */
static EC_T_WORD fnChgMotionGoState(EC_T_WORD woStWd, EC_T_WORD *pCrWd)
{
    switch( (0x6F & woStWd) ) {
        case 0: *pCrWd = (0xFF70 & *pCrWd) | 0; break;
            /* 未初期化状態 -> 初期化要求 */
        case 0x40: /* (0x60 と同じ) */
        case 0x60: *pCrWd = (0xFF70 & *pCrWd) | 0x06; break;
            /* 初期化完了状態 -> 主回路電源OFF 要求 */
        case 0x21: *pCrWd = (0xFF70 & *pCrWd) | 0x07; break;
            /* 主回路電源OFF 状態 -> サボレディ要求 */
        case 0x23: *pCrWd = (0xFF70 & *pCrWd) | 0x0F; break;
            /* サボレディ状態 -> サボON 要求 */
        case 0x27: break; /* サボON 状態 (運転開始OK 状態) */
        case 0x2F: break; /* 異常処理動作中状態 */
        case 0x28: *pCrWd = (0xFF70 & *pCrWd) | 0x80; break;
            /* 異常状態 -> 初期化要求 */
    }
    return (0x6F & woStWd);
}
```

0x6F & woStWd の値を調べて、現在の状態に応じて*pCrWd の値を変更する. 0x6F = 111 = 0b 0110 1111.

①woStWd = 0 pCrWd = 0 のとき, 0x6F & woStWd = 0 となる. この状態は Not ready to switch on であり, このとき, *pCrWd = (0xFF70 & *pCrWd) | 0 を返す.

0xFF70 =	0b 1111 1111 0111 0000
*pCrWd =	0b 0000 0000 0000 0000
0 =	0b 0000 0000 0000 0000

→ (0xFF70 & *pCrWd) | 0 = 0b 0000 0000 0000 0000

その結果, *pCrWd = 0 が返される.

②Statusword = Not ready to switch on のとき、自動的に Statusword = Switch on disabled に移る。このとき、woStWd = 0b 0100 0000 (= 0x40 = 64) であり、0x6F & woStWd の値は、以下のように 0x40 となる。

0x6F =	0b 0110 1111
woStWd =	0b 0100 0000 (= 0x40)
0x6F & woStWd =	0b 0100 0000 (= 0x40)

このとき、*pCrWd = (0xFF70 & *pCrWd) | 0x06 を返す。

0xFF70 =	0b 1111 1111 0111 0000
*pCrWd =	0b 0000 0000 0000 0000
0x06 =	0b 0000 0000 0000 0110
→ (0xFF70 & *pCrWd) 0x06 =	0b 0000 0000 0000 0110

その結果、*pCrWd = 0x06 (= 0b 0110)が返される。これは Controlword = Shutdown の指令に相当し、Ready to switch on へ移行する。

③Statusword = Ready to switch on のとき、woStWd = 0b 0010 0001 (= 0x21 = 33)であり、0x6F & woStWd の値は、以下のように 0x21 となる。

0x6F =	0b 0110 1111
woStWd =	0b 0010 0001 (= 0x21)
0x6F & woStWd =	0b 0010 0001 (= 0x21)

このとき、*pCrWd = (0xFF70 & *pCrWd) | 0x07 を返す。

0xFF70 =	0b 1111 1111 0111 0000
*pCrWd =	0b 0000 0000 0000 0110
0x07 =	0b 0000 0000 0000 0111
→ (0xFF70 & *pCrWd) 0x07 =	0b 0000 0000 0000 0111

その結果、*pCrWd = 0x07 (= 0b 0111)が返される。これは Controlword = Switch on の指令に相当し、Switch on へ移行する。

④Statusword = Switch on のとき、woStWd = 0b 0010 0011 (= 0x23 = 35)であり、0x6F & woStWd の値は、以下のように 0x23 となる。

0x6F =	0b 0110 1111
woStWd =	0b 0010 0011 (= 0x23)
0x6F & woStWd =	0b 0010 0011 (= 0x23)

このとき、 $*pCrWd = (0xFF70 \& *pCrWd) \mid 0x0F$ を返す.

$0xFF70 =$	$0b\ 1111\ 1111\ 0111\ 0000$
$*pCrWd =$	$0b\ 0000\ 0000\ 0000\ 0111$
$0x0F =$	$0b\ 0000\ 0000\ 0000\ 1111$
$\rightarrow (0xFF70 \& *pCrWd) \mid 0x0F =$	$0b\ 0000\ 0000\ 0000\ 1111$

その結果、 $*pCrWd = 0x0F (= 0b\ 1111)$ が返される. これは Controlword = Switch on + enable operation の指令に相当し、Operation enabled へ移行する.

異常状態のとき

⑤ Statusword = Fault reaction active のとき、 $woStWd = 0b\ 0010\ 1111 (= 0x2F = 47)$ であり、 $0x6F \& woStWd$ の値は、以下のように $0x23$ となる.

$0x6F =$	$0b\ 0110\ 1111$
$woStWd =$	$0b\ 0010\ 1111 (= 0x2F)$
$0x6F \& woStWd =$	$0b\ 0010\ 1111 (= 0x2F)$

このとき、Fault reaction active となり、ドライバは停止する.

⑥ Statusword = Switch on のとき、 $woStWd = 0b\ 0010\ 1000 (= 0x28 = 40)$ であり、 $0x6F \& woStWd$ の値は、以下のように $0x23$ となる.

$0x6F =$	$0b\ 0110\ 1111$
$woStWd =$	$0b\ 0010\ 1000 (= 0x28)$
$0x6F \& woStWd =$	$0b\ 0010\ 1000 (= 0x28)$

このとき、 $*pCrWd = (0xFF70 \& *pCrWd) \mid 0x80$ を返す.

$0xFF70 =$	$0b\ 1111\ 1111\ 0111\ 0000$
$*pCrWd =$	$0b\ 0000\ 0000\ X000\ 0000$
$0x80 =$	$0b\ 0000\ 0000\ 1000\ 0000$
$\rightarrow (0xFF70 \& *pCrWd) \mid 0x80 =$	$0b\ 0000\ 0000\ X000\ 0000$

その結果、 $*pCrWd = 0x80$ か $0x00$ が返され、これは初期化要求に相当する.