

## SEMI E54.20-1108

### EtherCAT 用センサノアクチュエータネットワーク通信に関するスタンダード

本スタンダードは、global Information & Control Committee で技術的に承認されている。現版は 2008 年 8 月 29 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2008 年 10 月に [www.semi.org](http://www.semi.org) で、そして 2008 年 11 月に CD-ROM で入手可能となる。初版は 2007 年 11 月に発行された。

**注意:** 本文書は、SEMI E54 一連のスタンダードとして出版されず、単独で発行および販売される。

#### 1 目的

1.1 本仕様は SEMI センサノアクチュエータネットワーク (SAN) スタンドアードの一部であり、EtherCAT スタンドアードを基本とした特定の通信プロトコルを定義する。本ネットワーク通信スタンダード (NCS) を SEMI センサノアクチュエータネットワーク・スタンダード・セットおよび EtherCAT スタンドアードと合わせることで、半導体製造装置内のネットワークに接続される機器 (デバイス) を新たに開発する手間をかけずに相互に利用できる、業界に特化したソリューションを提供するオープン・スタンダードが完全かつ明瞭に定義されるものである。

1.2 EtherCAT とはベンダーから独立した、オープンなフィールドバス・スタンダードで、製造・プロセス・建築の自動化の分野で幅広いアプリケーションに適用され、EtherCAT Technology Group<sup>1</sup> によってサポートされている (ETG, <http://www.ethercat.org> 参照)。

1.3 EtherCAT のアプリケーション・モデルは CANopen<sup>2</sup> の同モデルと互換性があり、同じマッピング規則が適用される。

1.4 EtherCAT は自動制御系と分散配置される I/O との間に機器 (デバイス) レベルの、高速かつ低コストの接続が可能ながよう最適化されたものである。

#### 2 範囲

2.1 本文書は EtherCAT 仕様にに基づきながらも、SEMI E54.1 に準拠する SAN 通信スタンダードを規定するものである。本文書自体は、本スタンダードに準拠するインテリジェント・機器 (デバイス) が SEMI E39 と同様の考え方で SAN を介して情報を交換する際にサポートしなければならないプロトコル、サービス、および挙動を規定している。

2.2 本ネットワーク通信スタンダード (NCS) および関連 EtherCAT スタンドアードは、SEMI スタンドアード SAN 共通機器 (デバイス)・モデル (CDM) 仕様および SEMI スタンドアード特定機器 (デバイス)・モデル (SDM) 仕様 (例えばマス・フロー・コントローラ) と共に、ネットワーク上のさまざまな機器 (デバイス) 特有のデータ構造、やりとりと相互作用、および挙動について記述している。この組み合わせのモデルは半導体製造装置内部のインテリジェントなセンサ、アクチュエータ、およびコントローラに拘る通信に関して相互に置換可能となるようなスタンダードの完成形となる。

**注意:** このスタンダードはその使用に関連したすべての安全問題を取り扱うことを意図していない。このスタンダードの利用者は、その責任において、適切な安全および健康上実施すべき事柄を確立し、また使用前に法規制やその他の制限への適用性を判断するものである。

<sup>1</sup> EtherCAT Technology Group, Ostendstr. 196, 90482 Nuremberg, Germany. Telephone: 49 911 540 56 20; Fax: 49 911 540 56 29; <http://www.ethercat.org>

<sup>2</sup> CANopen — CAN based communication standard defined in CENELEC Standard EN50325-4, CENELEC - European Committee for Electrotechnical Standardization.

### 3 制限

3.1 本文書は単にEtherCATを使った半導体装置のSANを規定するもので、EtherCAT規格を参照することでもわかるように、EtherCAT仕様の対となる文書である。そのため、本スタンダードの仕様を完全に示す際には、必然的にEtherCATの仕様を含むものになる。

3.2 本文書に書かれている仕様は、現在EtherCATが要求している性能に加えられる追加性能を記した拡張版である。本文書(主に§6)ではEtherCAT仕様に書かれているプロトコル構造、性能、オプション、および制限などが言葉を替えて書かれている。それらは参照のためだけに載せてあるのであって、仕様定義を記すためのではない。それらについてはIECおよびETGから入手可能なEtherCAT仕様文書を参照すること。本文書はこのスタンダードが要求するEtherCAT仕様の拡張仕様あるいはEtherCAT仕様への制限を記述するにとどまる。

### 4 参照スタンダードおよび文書

#### 4.1 SEMI スタンダード

SEMI E39 — Object Services Standard: Concepts, Behavior, and Services

SEMI E54.1 — Standard for Sensor/Actuator Network Common Device Model

#### 4.2 IECスタンダード<sup>3</sup>

IEC 61158-2 — Digital data communication for measurement and control – Fieldbus for use in industrial control systems – Part 2: Physical layer specification and service definition

IEC 61158-3-12 — Digital data communication for measurement and control – Fieldbus for use in industrial control systems – Part 3: Data-Link service definition – Type 12 elements

IEC 61158-4-12 — Digital data communication for measurement and control – Fieldbus for use in industrial control systems – Part 4: Data-Link protocol specification – Type 12 elements

IEC 61158-5-12 — Digital data communication for measurement and control – Fieldbus for use in industrial control systems – Part 5: Application Layer service definition – Type 12 elements

IEC 61158-6-12 — Digital data communication for measurement and control – Fieldbus for use in industrial control systems – Part 6: Application Layer protocol specification – Type 12 elements

#### 4.3 IEEEスタンダード<sup>4</sup>

IEEE 802.3 — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications

IEEE 802.1D — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Common specifications — Media Access Control (MAC) Bridges

IEEE 802.1Q — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Common specifications — Virtual Bridged Local Area Networks

注意: 別途指示のない場合、引用されたすべての文書は最新の出版バージョンである。

### 5 用語

#### 5.1 略語および頭字語

5.1.1 CoE (CANopen over EtherCAT) — CANopen over EtherCAT

5.1.2 CSMA/CD (Carrier sense multiple access with collision detection) — 搬送波感知多重アクセス/衝突検出方式

<sup>3</sup> International Electrotechnical Commission, 3 rue de Varembé, Case Postale 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland. Telephone: 41.22.919.02.11; Fax: 41.22.919.03.00; <http://www.iec.ch>

<sup>4</sup> Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Operations Center, 445 Hoes Lane, P.O. Box 1331, Piscataway, New Jersey 08855-1331, USA. Telephone: 732.981.0060; Fax: 732.981.1721; <http://www.ieee.org>

- 5.1.3 *ECAT (Ethernet Control and Automation Technology)* — Ethernet制御および自動化技術
- 5.1.4 *IoE (Ethernet over EtherCAT)* — Ethernet over EtherCAT
- 5.1.5 *ETG (EtherCAT Technology Group)* — EtherCATテクノロジーグループ
- 5.1.6 *FoE (File transfer over EtherCAT)* — File transfer over EtherCAT
- 5.1.7 *IO (Input Output)* — 入出力
- 5.1.8 *IP (Internet Protocol)* — インターネット・プロトコル
- 5.1.9 *NCS (Network Communication Standard)* — ネットワーク通信スタンダード
- 5.1.10 *OSI (Basic Reference Model for Open Systems Interconnection [ISO 7498])* — オープン・システム相互接続のための基本参照モデル
- 5.1.11 *PDO (Process Data Object)* — プロセスデータオブジェクト
- 5.1.12 *PHY (Physical Layer Component)* — 物理層
- 5.1.13 *SAC (Sensor, Actuator, Controller (Object))* — センサ, アクチュエータ, コントローラ(オブジェクト)
- 5.1.14 *SAN (Sensor/Actuator Network)* — センサ/アクチュエータネットワーク
- 5.1.15 *SDM (Specific Device Model)* — 特定機器(デバイス)・モデル
- 5.1.16 *SDO (Service Data Object)* — サービスデータオブジェクト
- 5.1.17 *SoE (Servo profile over EtherCAT)* — Servo profile over EtherCAT
- 5.1.18 *UDP (User Datagram Protocol)* — ユーザ・データグラム・プロトコル
- 5.2 センサ/アクチュエータネットワーク共通機器(デバイス)モデルで定義されている用語 [SEMI E54.1]
- 5.2.1 *Attribute* — 属性
- 5.2.2 *Behavior* — 挙動
- 5.2.3 *Byte* — バイト
- 5.2.4 *Common Device Model* — 共通機器(デバイス)モデル
- 5.2.5 *Device* — 機器(デバイス)
- 5.2.6 *Device Manager (DM) Object* — デバイス・マネージャ(DM)オブジェクト
- 5.2.7 *Device Model* — 機器(デバイス)モデル
- 5.2.8 *Instance* — インスタンス
- 5.2.9 *Network Communication Standard* — ネットワーク通信スタンダード
- 5.2.10 *Object* — オブジェクト
- 5.2.11 *Sensor, Actuator and Controller (SAC) Object* — センサ, アクチュエータおよびコントローラ(SAC)オブジェクト
- 5.2.12 *Service* — サービス
- 5.2.13 *Specific Device Model* — 特定機器(デバイス)モデル
- 5.2.14 *State Diagram* — 状態図
- 5.3 用語のマッピング

5.3.1 このスタンダードはネットワーク上でのCDMデータ構造と挙動のマッピングを定義するため、SEMI E54.1内の用語を多数利用している。表 1 にEtherCATの用語を使用する本文書に対するCDM文書の基本的用語のマッピングを記載する。

**表 1 NCS 用語への CDM マッピング (Mapping of CDM to NCS Terminology)**

| CDM Term (CDM 用語)           | NCS Equivalent (NCS 対応語)            |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| Device (デバイス/機器)            | =                                   |
| Object (オブジェクト)             | =                                   |
| Instance (インスタンス)           | =                                   |
| Attribute (属性)              | =                                   |
| Behavior (挙動)               | =                                   |
| Service (サービス)              | =                                   |
| State Diagram (状態図)         | State Machine (ステート・マシーン)           |
| Byte (バイト)                  | =, Unsigned8 (符号なし長整数)              |
| Nibble (ニブル)                | Specific field coding (特定フィールドの符号化) |
| Character String (キャラクタ文字列) | Visible String (表示される文字列)           |

#### 5.4 EtherCAT固有の定義

5.4.1 内容の管理 (Context Management) — アプリケーション層などシステムの動作管理をサポートするネットワークでアクセス可能な情報 (通信オブジェクト)

注 1: 管理には制御、監視、診断などの機能が含まれる。

5.4.2 機器 (デバイス) の説明 (Device Description) — ある機器の種類 (デバイス・タイプ) の特質を、正確に定義されたフォーマットで明瞭にそして包括的に記述してある電子ファイル。xmlファイルとも呼ばれる。

5.4.3 マスター (Master) — 割り当てられたスレーブを管理し、ユーザ・データ交換を扱う機器 (デバイス)。通常はプログラマブル・コントローラ。

5.4.4 スレーブ (Slave) — マスターによって設定・管理される機器 (デバイス)。スレーブは未承諾の通信は一切開始しない。

5.4.5 モジュール (module) — ハードウェアまたは物理機器 (デバイス) の論理コンポーネント。

5.4.6 チャンネル (channel) — プロセスに対するサーバの入力または出力アプリケーション・オブジェクトの単一の物理または論理リンク。

5.4.7 製造者識別番号 (manufacturer ident number) — ETGが割り当てる中央管理番号。

5.4.8 ECAT データグラム (ECAT datagram) — EtherCATサービスを含むEthernetフレームの一部。

5.4.9 スレーブ情報インタフェース (Slave information interface) — 機器 (デバイス) 記述情報を不揮発性属性内に含むオブジェクト。

5.4.10 エラーカウンタ (Error counter) — 無効な受信Ethernetフレームについての情報を含む

5.4.11 CoEリードサービス (CoE read service) — EtherCATプロトコル仕様においてSDOアップロードサービスとして記述される。

5.4.12 CoEライトサービス (CoE write service) — EtherCATプロトコル仕様においてSDOダウンロードサービスとして記述される。

5.4.13 CoE属性 (CoE Attribute) — EtherCAT仕様においてオブジェクトとして記述される。

5.4.14 CoE属性ID (CoE Attribute ID) — EtherCATプロトコル仕様においてインデックスおよびサブインデックスとして記述される。

5.4.15 IOデータ交換 (IO data exchange) — 周期的な出力データの書き込みと入力データの読み込み。

5.4.16 プロセスデータオブジェクト (process data object) — IOデータ交換により転送されるよう指定された属性を持つオブジェクト。

5.4.17 PDOマッピング (PDO Mapping) — CoE属性が、プロセスデータオブジェクトへどのようにアセンブルされるべきかを定義する。

5.4.18 PDO割り当て (PDO Assign) — プロセスデータオブジェクトが、IOデータ交換によって周期的に転送される出力および入力データへどのようにアセンブルされるべきかを定義する。

## 6 通信プロトコル・ハイレベル構造

6.1 EtherCATプロトコルは、OSIの7層構造を折りたたんだ形態を構成する。EtherCATは参照モデルの物理、データ・リンク、ネットワーク、トランスポート、アプリケーションという階層を使用する。リアルタイム通信の場合は、物理、データ・リンク、アプリケーションという3層アプローチとなる。このセクションは、OSIの基本参照モデルに合わせて形成されている。図1に構造の概要を示す。

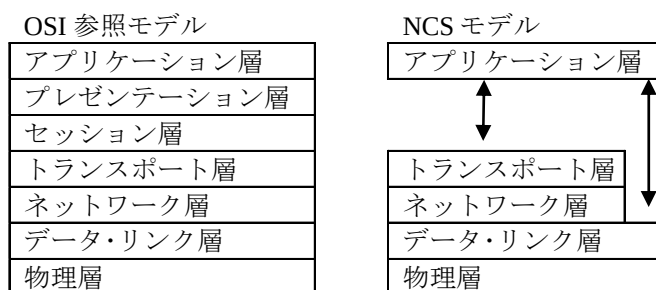


図1  
OSIに対するEtherCATの階層

### 6.2 一般的な挙動

6.2.1 典型的なリモートI/Oコンフィグレーションでは、シングルマスター構造を使って応答時間を最適化している。

6.2.2 メッセージの伝達はサイクル単位にまとめられる。すべてのスレーブがEthernetフレームを処理するとき、メッセージサイクルは、マスターから送られ再び受信された一連のEthernetフレームで構成される。すべての発信Ethernetフレームは受信Ethernetフレームに関連付けられる。データ転送の監視は、Ethernetフレームの受信者によって行われる。

6.2.3 EtherCATプロトコルの簡単な説明を以降で記述する。プロトコル効率を考え、EtherCATでは周期的なIOデータ転送やアラームに対しては階層3から7までを定義していない。階層7はアプリケーション・プロセスと通信スタックとの間のインタフェースである。

注 2: 本項に書かれている事柄は参照事項に過ぎず、EtherCATに関する仕様ではない。その仕様に関しては関連文書を参照のこと。

### 6.3 物理層 — 階層1

6.3.1 IEEE 802.3の物理層が採用されている。EtherCATでは、物理層 (PHY) に関してより線 (100 BASE-TX) と光ケーブル (100 BASE-FX) の2種類が推奨されている。これらのオプションに関する詳細は、IEEE 802.3を参照のこと。また、EBUSと呼ばれるIEC 61158-2に追加物理層が規定されている。費用と性能を最適化するためにバックプレーンアプリケーションに使用することができる。IEEE 802.3以外に認められた物理スタンダードが使用されている場合は、製品文書に明確に記載すること。

### 6.4 データ・リンク層 — 階層2

#### 6.4.1 データ転送

6.4.1.1 データ・リンク層はネットワークでのデータの送受信機能を提供する。データはプロトコル・データ単位 (PDU) にまとめて送られ、チェックを受ける。交信手続きエラー (フレーム、オーバーラン、符号化違反など) への対応策としてチェックが用いられる。EtherCATで好まれるデータ・リンク技術はIEEE 802.3 データ・リンクMAC副階層である。IEEE 802.3 以外に認められたデータ・リンク・スタンダードが使用されている場合は、製品文書に明確に記載すること。

6.4.1.2 PDUは 1500 バイトに限定されている。アドレス指定、エラー検出、プロトコル選択には 28 バイトのプロトコル・オーバーヘッドが必要である。

#### 6.4.2 データの伝達

6.4.2.1 IEEE 802 では、データのトランスポートにネットワーク・ブリッジ (スイッチ) が使用される。このブリッジ機能はIEEE 802.1DおよびIEEE 802.1Q (優先度オプション) で定義されている。リアルタイム拡張を使用するとブリッジしたネットワークのパフォーマンスや利用可能性を向上させることができる。

#### 6.4.3 Ethernet データリンクへの拡張

6.4.3.1 IEEE 802 の定義に加えて、EtherCATは特定のEthertype (0x88A4) を使用し、EthernetフレームをいくつかのECATデータダイアグラムに細分する。各データダイアグラムは、1 つ以上のEtherCATスレーブ機器 (デバイス) 内で、記憶場所に読み書きできる。これはオンザフライで行われる。この方法によって、マスターはひとつのEthernetフレームでいくつかのスレーブ機器 (デバイス) に対応することができる。このことは、マスターの性能と同様に、プロトコルの効率を高める。

#### 6.5 ネットワーク層 — 階層 3

6.5.1 すべてのデータ転送は、ネットワーク層のないプロトコルだけでなく、ネットワーク層としてIP (RFC<sup>5</sup> 791) も使用することができる。

#### 6.6 トランスポート層 — 階層 4

6.6.1 すべてのサービスは、トランスポート層としてUDP (RFC 768) を使用することができる。

6.6.2 UDP転送は、UDPデスティネーションポート 34980 を用いてデータリンク層に直接アクセスするのと同じタイプのサービスを許可する。

#### 6.7 セッション層 — 階層 5

6.7.1 本CDMには、明確なセッション層はない。

#### 6.8 プレゼンテーション層 — 階層 6

6.8.1 本CDMでは、明確なプレゼンテーション層はない。符号化はアプリケーション層の一部である。

#### 6.9 アプリケーション層 — 階層 7

6.9.1 EtherCATアプリケーション層は、いわゆるサービス定義およびプロトコル仕様と呼ばれる中に構築されている。サービス定義はオブジェクト指向のアプローチを使用し、そのオブジェクトと合わせてリモート・アクセスやローカル機能のサービスを指定する。プロトコル仕様には、符号化とステート・マシンの両方が含まれる。

#### 6.9.2 サービス定義

6.9.2.1 アプリケーション層サービスは、フレキシブルで設定変更可能な自動化系に組み入れられる機器 (デバイス) に要求される事項を反映するように構築されている。

6.9.2.2 アプリケーション層は、通信管理に対するサービス、スレーブに関する不揮発情報の交換に対するサービス、同期アプリケーション実行の手段を提供する。

6.9.2.3 ユーザータスクをサポートするために、異なるプロトコルが規定される。

<sup>5</sup> RFC — Request for Comment documents, available from <http://www.w3.org>

- プロセスデータおよびサービスデータの交換のための CANopen profile (CoE)
- ファイル転送 (FoE)
- Ethernet サービスのトンネリング (EoE)

6.9.2.4 デフォルトのプロトコルは、CoEプロトコルである。CoEは、65536 までのCoE属性へのオブジェクト指向アクセスをサポートする。

6.9.2.5 いくつかの属性クラスは以下のように規定される。

- 0x0000-0x0fff データタイプ
- 0x1000-0x1fff 通信設定
- 0x2000-0x5fff ベンダー仕様
- 0x6000-0xffff プロファイルに使用

6.9.2.6 PDOは主にアプリケーションと通信を分離することのできるバッファされたサービスによって扱われる。サービスデータ転送、内容および診断にはクライアント/サーバー・サービス構造(要求/応答メールボックス)が使用される。(EtherCAT仕様の文法規則セクションで参照されるように、サービスに関連付けられたサービスパラメータは通信される。例は、IEC 61158-6-12 のCh 3.6.4 を参照。)

6.9.2.7 EtherCATで提供される周期的機能:

- 関連スレーブとの IO データの交換

6.9.2.8 EtherCATで提供される非周期的機能:

- スレーブからの診断の読み込み
- スレーブのコンフィグレーション
- スレーブへのパラメータ・データの書き込み(起動またはアプリケーション・パラメータ)
- スレーブのサービス・データへの非周期的アクセス

6.9.2.9 モジュラー機器(デバイス)は、CoE属性の構造化セットとPDOから構成されている(図 2 参照)。2 つの構造化の要素がある。

- CoE 属性
- モジュール

6.9.2.10 CoE属性は以下に対して定義される。

- 定期レポート用の PDO
- コンフィギュレーションのための設定
- 情報
- イベント収集のための診断
- ポーリングされるアクセスのためのサービス転送

これらのCoE属性に対しては、1 組のサービス群が定義される。

6.9.2.11 0xf000 から 0xffffまでのCoE属性IDは、機器(デバイス)自身をアドレスするのに使用される。他に、識別子とおよびメンテナンスパラメータ群がある定義され、拡張EtherCAT機器(デバイス)には必須となるものである。

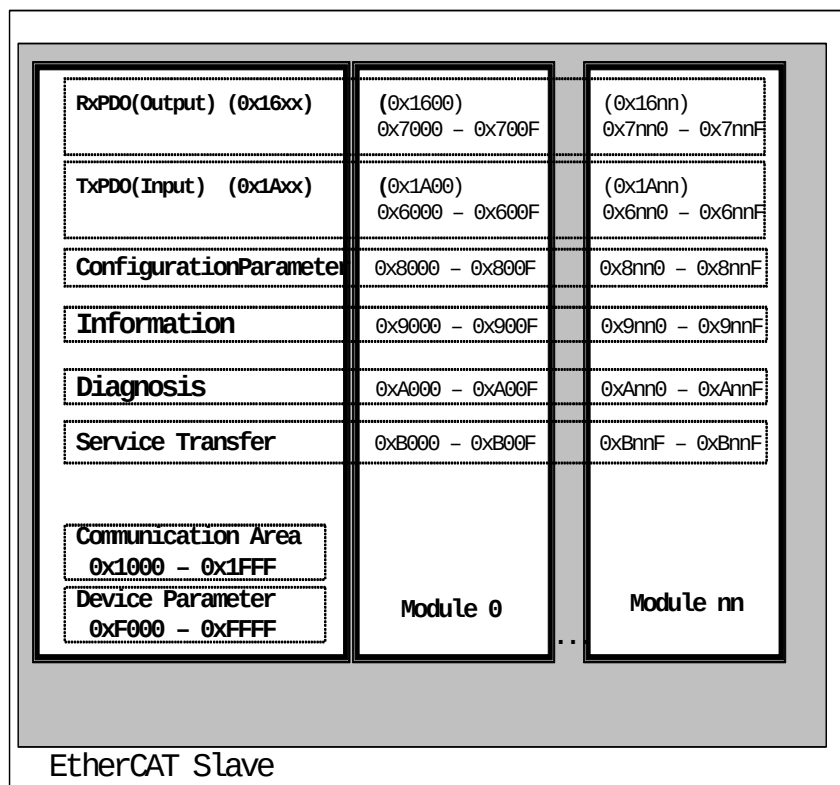


図 2  
モジュラー機器(デバイス)モデル

### 6.9.3 プロトコル仕様

6.9.3.1 プロトコル仕様は、コーディングセクションと状態マシン記述に分けられる。コーディングは、異なるメールボックスプロトコルのフレーム構造とCoE属性の精密な説明を規定する。

6.9.3.2 最も重要な振る舞いの説明は、スレーブへのアクセスを記述するEtherCAT状態マシンである。マスターは、スレーブパラメータを確認して、まずコンテキストを確立しなければならない。適切な機器の種類(デバイスタイプ)がアクセスされ、アプリケーション層の通信を可能にするためリソース割り当てが可能になることを確実にするために、確認がなされる。これは、EtherCATスレーブのINIT状態で行われる。

6.9.3.3 PREOP状態への転送の肯定確認の後、スレーブはコントローラアプリケーション(例、注告限界、測定範囲、フィルタ時間)から要求されたパラメータでロードされる場合がある。パラメータ化の最後に、インプットおよびアウトプットに対するスレーブバッファが設定され、マスターはSAFEOP状態を要求する。

6.9.3.4 スレーブのアプリケーションがIOデータの交換の準備ができたことを示すコントロール・サービスがある。このサービスで起動が完了する。マスターは最初に有効なインプットに対してポーリングする。有効な出力が入手可能であれば、マスターはスレーブに出力を渡した後、OP状態に入る。

6.9.3.5 この起動プロシージャの後にIOデータの交換が可能になる。マスターはあらゆる種類の情報(例、生産したユニット数、校正情報、バッチ情報など)を含むCoE属性を読み込み・書き込みするサービス呼び出すことができる。

6.9.3.6 IOデータの交換はマスターでの入力データの受信とスレーブ側での出力データの受信によって監視される。1つのタイマー・ユニットでは1つのタイムアウト・エラーが許可されているため、ミリ秒の範囲の精度で単一のタイマー・リソースを使用することが可能である。

6.9.3.7 CoE, FoFおよびEoEに対する状態マシンは、メールボックスサービスの取り扱いを記述する。