

SEMI E79-1106

装置生産性の定義と測定に関する仕様

本仕様は、Global Metrics Committee で技術的に承認されたもので、現版は 2006 年 8 月 24 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2006 年 10 月に www.semi.org で、そして 2006 年 11 月に CD-ROM で入手可能となる。初版は 1999 年 2 月発行、前版は 2005 年 3 月発行。

1 目的

1.1 本仕様の目的は、測定装置の生産性に関わる評価指標について規定することである。

2 範囲

2.1 本仕様では、装置の生産性を測定するための評価指標と計算方法について定義する。

2.2 本仕様の論旨では、「装置生産性」は、装置自体の性能ばかりでなく作業者の行為、レシピ設定、施設の課題、材料の有用性、計画要求仕様、等を含む要因によって大きく左右されることに注意することが必要である。

2.3 本仕様を有効に適用するには、SEMI E10 で規定される装置の信頼性、有用性、整備性(RAM)に関する評価指標を使用して装置の性能の推移をたどることが要求される。さらに、ARAMSの能力を備えた装置については、SEMI E58(Automated Reliability, Availability, and Maintenance Standard (ARAMS))を使用することができる。

注 1: SEMI E10 と一致させるために今改訂で用語がいくつか変更されている。固定シーケンスクラスタツールはシングルパスクラスタツールへ、フレキシブルシーケンスクラスタツールはマスチパスクラスタツールへ変更となった。

2.4 マルチパスクラスタツールに関する生産性評価指標には、SEMI E10 装置稼動状態追跡および個々のプロセスモジュールのレシピが必要である。「SEMI E116:装置性能トラッキング(EPT)スタンダード」は、装置の主要モジュールの状態を提供することによりSEMI E79を補助するが、これはモジュールレベルで性能評価指標をトラッキングすることを可能にする。SEMI E116 はまた、装置のタスクレベル詳細やモジュールの現行アクティビティを提供することによってもSEMI E79 を補助するが、それは、タスクレベルで性能評価指標を追跡することを可能にする。次いで、マルチパスクラスタツールの生産性能はその個々のプロセスモジュールの生産性能を統合して算出される。

2.5 本仕様で取り扱う内容は、現在のところ、評価指標としてOEE (Overall Equipment Efficiency)を使用して装置の生産性を測定することに限定している。一方、費用、サイクルタイム、またはその他の測定に対する生産性の変化の影響については取り扱わない。本仕様は、SEMI E10 に記載されているRAMに関する範囲内で議論されている。

注 2: 一般的に、総合的生産保全(TPM)に関する文献(いくつかの例が § 7 に上げられている)では overall equipment effectiveness (overall equipment efficiencyと同様な OEE という略語が用いられているが)は単位生産に基づいて計算されている。一方、overall equipment efficiency は本仕様においては単位時間に基づいて定義されておりより正しい表現である。一般的に、単位生産に関する OEE 計算と本仕様における単位時間に関する OEE 計算とは結果において本質的に同一である

注意: このスタンダードはその使用に関連した全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使用者は、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。

3 参照スタンダードおよび文書

3.1 SEMIスタンダード

SEMI E10 — Standard for Definition and Measurement of Equipment Reliability, Availability, and Maintainability (RAM)

SEMI E38 — Cluster Tool Module Communications (CTMC)

SEMI E58 — Automated Reliability, Availability, and Maintainability Standard (ARAMS): Concepts, Behavior, and Services

SEMI E116 — Provisional Specification for Equipment Performance Tracking

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

4 用語

4.1 略語

4.1.1 *ARAMS* — Automated Reliability, Availability, and Maintainability Standard（自動化による信頼性，有用性，整備性）

4.1.2 *CD-SEM* — Critical Dimension Scanning Electron Microscope（測長走査型電子顕微鏡）

4.1.3 *CMP* — Chemical Mechanical Polish（化学－機械的研磨）

4.1.4 *CTMC* — Cluster Tool Module Communications（クラスタツールモジュール通信）

4.1.5 *CVD* — Chemical Vapor Deposition（化学気相反応法）

4.1.6 *DEE* — Demand Equipment Efficiency（デマンド装置効率）

4.1.7 *E-OEE* — Engineering Overall Equipment Efficiency（エンジニアリングOEE）

4.1.8 *EPT* — Equipment Performance Tracking（装置性能トラッキング）

4.1.9 *ETHT* — Engineering Theoretical Production Time per Unit（ユニット当りのエンジニアリング理論生産時間）

4.1.10 *IEE* — Intrinsic Equipment Efficiency（固有装置効率）

4.1.11 *LPCVD* — Low Pressure Chemical Vapor Deposition（低圧化学蒸着）

4.1.12 *OEE* — Overall Equipment Efficiency（装置総合効率）

4.1.13 *PEE* — Production Equipment Efficiency（生産装置効率）

4.1.14 *PVD* — Physical Vapor Deposition（PVD*訳文でもPVDで可）

4.1.15 *R-OEE* — Reference Overall Equipment Efficiency（基準OEE）

4.1.16 *RAM* — Reliability, Availability, and Maintainability（信頼性，有用性，整備性）

4.1.17 *RTHT* — Reference Theoretical Production Time per Unit（ユニット当りの基準理論生産時間）

4.1.18 *RTP* — Rapid Thermal Process（急速加熱処理）

4.1.19 *THT* — Theoretical Production Time per Unit（ユニット当りの理論生産時間）

4.1.20 *THTP* — Theoretical Unit Throughput by Recipe（レシピによる理論ユニットスループット）

4.1.21 *TPM* — Total Productive Maintenance（総合生産保全）

4.1.22 *VA-OEE* — Value-Added In-Process Overall Equipment Efficiency（付加価値工程内OEE）

4.1.23 *VTHT* — Value-Added In-Process Theoretical Production Time per Unit（ユニット当りの付加価値工程内理論生産時間）

4.2 *OEE (Overall Equipment Efficiency) の計算に適用する用語*

4.2.1 出来高(ユニット) (*actual unit output (unit)*) — 生産時間中に装置が処理するユニットの数

4.2.2 有用性効率(該当時間を総時間で割った時間) (*availability efficiency (time divided by time)*) — 装置が所期の機能を発揮できる状態になるまでに要する時間と総時間との比率。

4.2.3 クラスタツール(*cluster tool*) — 機械的につながれた集約処理モジュールで構成される製造システム(モジュールのサプライヤは同じ場合も、同じでない場合もある)(SEMI E10を参照)。

4.2.4 ダウンタイム(装置ダウンタイム)(時間) (*downtime (equipment downtime) (time)*) — 装置が所期の機能を発揮できる状態にない、あるいは使用できない時間。非計画時間は含まない(SEMI E10を参照)。

4.2.5 有効出来高(ユニット) (*effective unit output (units)*) — 生産時間中に装置が処理するユニット数で合格水準のもの、すなわち、出来高から装置に起因して再処理に回されるものやスクラップに回されるものを除いた実数。

4.2.6 装置に起因する再処理(ユニット) (*equipment-assignable rework (unit)*) — 問題装置に起因した故障や欠陥のため再処理されるユニット。このユニットは、故障や欠陥が発生した装置、あるいは他の装置において再処理されることができる。

4.2.7 装置に起因するスクラップ(ユニット) (*equipment-assignable scrap (unit)*) — 問題装置に起因する故障や欠陥のため製品から永久に取り除かれたすべてのユニット。ユニットは、故障や欠陥が発生した稼働の時点、あるいはその後の稼働の時点で、製品から取り除かれる。

4.2.8 装置モジュール(*equipment module*) — システム内にある細分化できない最小製造単位。装置モジュールは、非プロセスモジュールもしくはプロセスモジュールのいずれかである場合がある。

4.2.8.1 非プロセスモジュール(*non-processing module*) — システムを通してユニットの動きや状態を支援する最小製造単位。非プロセスモジュールの例としては、ロボットハンドラー、ロード／アンロードロック、プレアライナがある。

4.2.8.2 プロセスモジュール(*processing module*) — 装置システム内にある細分化できない最小製造単位。プロセスモジュールの例としては、プロセスチャンバーやプロセスステーションである。

4.2.9 ホスト(*host*) — 工場を代表する工場のコンピュータシステムまたは中間システムおよび装置のオペレータ。

4.2.10 マルチパスクラスタツール(*multi-path cluster tool*) — 生産ユニットが、ユニット毎に異なったシーケンスで装置モジュールのサブセットを巡回するクラスタツール。

4.2.11 非計画時間(時間) (*non-scheduled time (time)*) — 装置を生産に使用するように計画されていない時間(SEMI E10を参照)。

4.2.12 稼働効率(該当時間を総時間で割った時間) (*operational efficiency (time divided by time)*) — 装置が実ユニットを処理している装置アップタイムの割合。

4.2.13 稼働時間(時間) (*operations time (time)*) — 総時間から非計画時間を差し引いた時間(SEMI E10を参照)。

4.2.14 OEE(該当時間を総時間で割った時間) (*overall equipment efficiency (OEE) (time divided by time)*) — 装置性能の1つの単位で、有効出来高を総時間で割った理論生産時間を表す(CSM 21).¹

注3: OEE 評価指標は、既存の装置設計やレシピ仕様への修正のないことを推測しつつ、最大潜在的性能から装置性能を減少させる全ての損失を考慮したものである。

4.2.15 性能効率(該当時間を総時間で割った時間) (*performance efficiency (time divided by time)*) — 装置が理論効率で実ユニットを処理している装置の稼働可能時間の割合。

4.2.16 プロセスモジュールレシピ(*processing module recipe*) — そのプロセスモジュールの再ロードを要求することをせず単一プロセスモジュール内で遂行されるレシピのプロセスステップ全て(CSM42).²

¹ CSM 21: Closed-Loop Measurement of Equipment Efficiency and Equipment Capacity, Engineering Systems Research Center, University of California, Berkeley, 1997. Telephone: 510.642.4994, Fax: 510.643.0966, Website: <http://esrc.berkeley.edu>.

² CSM 42: Productivity Metrics for Flexible Sequence Cluster Tools, Engineering Systems Research Center, University of California, Berkeley, 1998. Telephone: 510.642.4994, Fax: 510.643.0966, Website: <http://esrc.berkeley.edu>.

4.2.17 生産時間(時間) (*production time (time)*) — プロセスモジュールが所期の機能を発揮できる全ての時間の合計。

- 非クラスタツール、シングルパスクラスタツールまたはマルチパスクラスタツール内部の個別プロセスモジュールに関しては、生産時間はその実体に関する SEMI E10 の生産時間と等しい。
- マルチパスクラスタツールに関しては、生産時間は、プロセスモジュールに使用する搬送メカニズムと組み合わさったクラスタツールが網羅する全プロセスモジュールの生産時間の総計となる (CSM 42)。

4.2.18 生産ステート(*productive state*) — 装置が所期の機能を発揮できる期間(生産時間) (*productive time*) (SEMI E10 を参照)。

4.2.19 品質効率(該当時間を総時間で割った時間) (*quality efficiency (time divided by time)*) — 実ユニットに関する理論生産時間で割った有効ユニットに関する理論生産時間。

4.2.20 速度(レート)効率(該当時間を総時間で割った時間) (*rate efficiency (time divided by time)*) — 装置が理論効率で実ユニットを処理している装置の生産時間の割合。

4.2.21 レシピ(*recipe*) — 材料に加えられるプロセス環境を決定する、プロセスエージェントの管理下にある、一連の指示、設定、パラメータのあらかじめ計画された再利用できる部分。レシピは、運転中やプロセスサイクルの間に変更される場合がある (SEMI E38 を参照)。

4.2.22 シングルパスクラスタツール(*single-path cluster tool*) — 単一のプロセスパスに続くユニット全てにあるクラスタツール。

4.2.23 状態(*state*) — 諸状況とそれらに関連する作用との集合で他に影響力をもたない。ところが、全ての状況が合致すると動的かつ活性になる。与えられた状況下での作用は様々な俊敏な力強さを発揮するプロセスを促進する。

注 4: 本仕様の範囲内では state (状態)という言葉は、通常は E10 によって定義され、かつ ARAMS の state model (状態モデル)の中で用いられている 6 つの装置状態の中の一つを現している。即ち、生産、待機、エンジニアリング、計画ダウンタイム、計画外ダウンタイム、非計画時間(SEMI E58)である。

4.2.24 システム(*system*) — 実行可能なコンポーネントとサブシステムの統合構造のことで、総じて1つ以上の特定機能である。本仕様の目的に照らせば、1つのシステムは、1 つ以上のプロセスモジュールまたは非プロセスモジュールから成る。

4.2.25 理論生産時間(時間) (*theoretical production time (time)*) — その期間中に始まった生産レシピのユニット数を完成させるために理論的に必要とされる期間中の生産時間。理論生産時間は、そのレシピのユニット数に適用するレシピのユニット当り理論生産時間を全レシピについて総計して算出する (CSM 21, CSM 42)。マルチパスクラスタツールに関しては、理論生産時間は、プロセスモジュールに使用する搬送メカニズムと組み合わさった、クラスタツールが網羅した全プロセスモジュールの理論生産時間の総計である。

4.2.26 ユニット当りの理論生産時間(THT)(ユニット当りの時間) (*theoretical production time per unit (THT) (time per unit)*) — プロセスを完了させるための、ユニット毎の最小時間割合で、次のとおりである。

- 特定レシピ (the specific recipe)
- 装置設計 (the equipment design)
- 連続操作 (continuous operation)
- 効率無損失 (no efficiency losses)

注 5: THT のためのレシピ仕様と設定は、生産で実際に使用されているものであって理想化されていない。同一設計(例えば同一の構造とモデル)の装置同士は、同一の THT を有すると期待される。一方、異なる設計の装置同士であれば、同一の所期の機能を発揮したとしても、異なる THT を有することがある。連続操作においては、装置ローディングはスループットのために最適化され、プロセスにとっていかなる内的もしくは外的な中断や遅れもないことが求められる。特定レシピ、装置設計、連続操作の制約の下で、THT は他のいかなる効率損失も許容してはならない。(損失とは、例えば、温度や圧力の理想的变化より遅かったり、バルブや動部品の理想的反応時間より遅れたり、消耗品のメンテナンスサイクルやライフサイクル内の異なる時期であったりする場合、等々)

4.2.27 レシピによる理論ユニットスループット(時間当りのユニット) (*theoretical unit throughput by recipe (units per time)*) — 所定の生産レシピに関し、装置によって理論的にプロセス可能な時間当りのユニット数。各レシピについて、理論ユニットスループットはユニット当りの理論生産時間の逆数に等しい。

4.2.28 総時間(*total time (time)*) — 測定する期間中の総時間(1日24時間、週7日)。総時間を正確に表示するには、6つの基本装置状態を全て計上し、正確に追跡しなければならない(SEMI E10を参照)。マルチパスクラスタツールに関しては、総時間は、プロセスモジュールに使用する搬送メカニズムと組み合わさったクラスタツールが網羅する全プロセスモジュールの総時間として定義される(CSM 42)。

4.2.29 ユニット(*unit*) — ウェーハ、ダイ、パッケージされたデバイス、もしくはその一部(製品および非製品単位を含む)(SEMI E10を参照)。

4.2.30 アップタイム(装置アップタイム)(時間) (*uptime (equipment uptime (time))*) — 装置が所期の機能を発揮できる状態にある時間。アップタイムには、生産時間、待機時間、エンジニアリング時間が含まれる。非計画時間のいずれの部分も含まれない(SEMI E10を参照)。マルチパスクラスタツールについては、アップタイムは、プロセスモジュールに使用する搬送メカニズムと組み合わさったクラスタツールが網羅する全プロセスモジュールの総アップタイムとして定義される(CSM 42)。

4.2.31 仮想機械(バーチャルマシン) (*virtual machine*) — そのプロセスモジュールに使用する搬送モジュールと組み合わさって、マルチパスクラスタツールを備えた個々のプロセスモジュール。マルチパスクラスタツールは、そのプロセスモジュール各々に規定した仮想機械をひとつ備えている(CSM 42)。

4.3 付属書2で定義される追加生産性評価指標の計算に適用される用語

4.3.1 デマンド装置効率(DEE)(該当時間を総時間で割った時間) (*demand equipment efficiency (DEE) (time divided by time)*) — 製品が装置で処理可能であるように計画した時間内における装置の生産性の尺度。

4.3.2 エンジニアリングOEE (E-OEE) (該当時間を総時間で割った時間) (*engineering overall equipment efficiency (E-OEE) (time divided by time)*) — プロセス仕様が最小理論生産時間に最適化されていると仮定した装置生産性の尺度。

4.3.3 ユニット当りのエンジニアリング理論生産時間(ユニット当りの時間) (*engineering theoretical production time per unit (ETHT) (time per unit)*) — そのレシピ仕様が最小生産時間に最適化されていると仮定して所定のレシピを処理するのに必要な、ユニット当りの理論生産時間。ETHTは、対象プロセスステップの最小継続時間(例えば、イオン注入システムでの注入時間)に基づくものである。さらに、絶対必要な追加支援プロセスステップ(例えば、加熱、冷却、ガス安定化など)が加わることになる。ETHTは、OEE算出に用いる、対応THT(ユニット当りの理論生産時間)以下となるよう定義しなければならない。

4.3.4 装置ダウン無製品時間(時間) (*equipment down no product time (time)*) — 装置で処理可能なユニットのない装置の不稼働(装置ダウンタイム)期間。

4.3.5 固有装置効率(IEE)(該当時間を総時間で割った時間) (*intrinsic equipment efficiency (IEE) (time divided by time)*) — 速度効率損失、レシピ設計、装置設計の複合効果を考慮している装置生産性の尺度。

4.3.6 無製品時間(時間) (*no product time (time)*) — 装置で処理可能なユニットがないために装置が待機している時間。

4.3.7 計画無製品時間(時間) (*planned no product time (time)*) — 装置で処理可能なユニットがないため工場モデルや生産計画で装置のアイドル状態を予測する稼働時間。

4.3.8 生産装置効率(PEE)(該当時間を総時間で割る) (*production equipment efficiency (PEE) (time divided by time)*) — 製品が装置で処理可能な時間内の装置生産性の尺度。

注6: PEEの応用の一つは、行う作業がないことによるアイドル時間があると予測される非制約装置の生産性を測定することである。

4.3.9 基準OEE (R-OEE) (該当時間を総時間で割った時間) (*reference overall equipment efficiency (R-OEE) (time divided by time)*) — ベンチマーク理論生産時間を基準とした装置生産性の尺度。

4.3.10 ユニット当りの基準理論生産時間(RTHT)(ユニット当たり時間) (*reference theoretical production time per unit (RTHT) (time per unit)*) — ベンチマーク製品やプロセス設計のために、所定レシピをベンチマーク装置(すなわち、同様型式の最速装置)上で処理するのに必要な、ユニット当りの理論生産時間。RTHTは、OEE算出に用いる、対応THT(ユニット当りの理論生産時間)以下となるよう定義しなければならない。

4.3.11 付加価値工程内OEE (VA-OEE) (該当時間を総時間で割った時間) (*value-added in-process overall equipment efficiency (VA-OEE) (time divided by time)*) — プロセスサイクルの付加価値部分を除く総時間が装置無駄時間と仮定した装置生産性の尺度。

4.3.12 ユニット当りの付加価値工程内理論生産時間(VTHT)(ユニット当たり時間) (*value-added in-process theoretical production time per unit (VTHT) (time per unit)*) — ユニット当りの理論生産時間であって、製品に価値を付加する対象プロセスステップのみに寄与するもの。VTHTは、エンジニアリングOEE算出に用いる、対応THT(ユニット当りのエンジニアリング理論生産時間)以下となるよう定義しなければならない。

5 装置生産性の測定

5.1 背景

5.1.1 OEEの計算は、SEMI E10と統一した用語で説明されている。図1を参照のこと。

5.1.2 図2は、総時間が有効ユニットの理論生産時間と各種の生産性損失を表す部分に分割されることを示している。稼動効率を除く全損失の改善に関する領域は、装置サプライヤと装置ユーザーの共有するところである。稼動効率の生産性改善は、装置ユーザーの独占領域である。

5.1.3 この項で導入する数式には、入力として次の基本量が必要である。

- 理論生産時間(theoretical production time)
- 生産時間(production time)
- 装置アップタイム(equipment uptime)
- 総時間(total time)

各々の数式の計算例を関連情報1に示す。

5.1.4 個々のプロセスモジュールまたはシングルパスクラスタツールの効率を計測するには、基本量をそのまま測定することができる。結果として、この項の数式をそのまま個々のプロセスモジュールかシングルパスクラスタツールの効率計算に用いることができる。

5.1.5 マルチパスクラスタツールの効率を計測するには、基本量を測定するためにより複雑な計算を要する。マルチパスクラスタツールの基本量を計算する数式を§6に示す。そうしてから、マルチパスクラスタツールの効率を計算するために、この基本量をこの項の数式に入力して使用することができる。

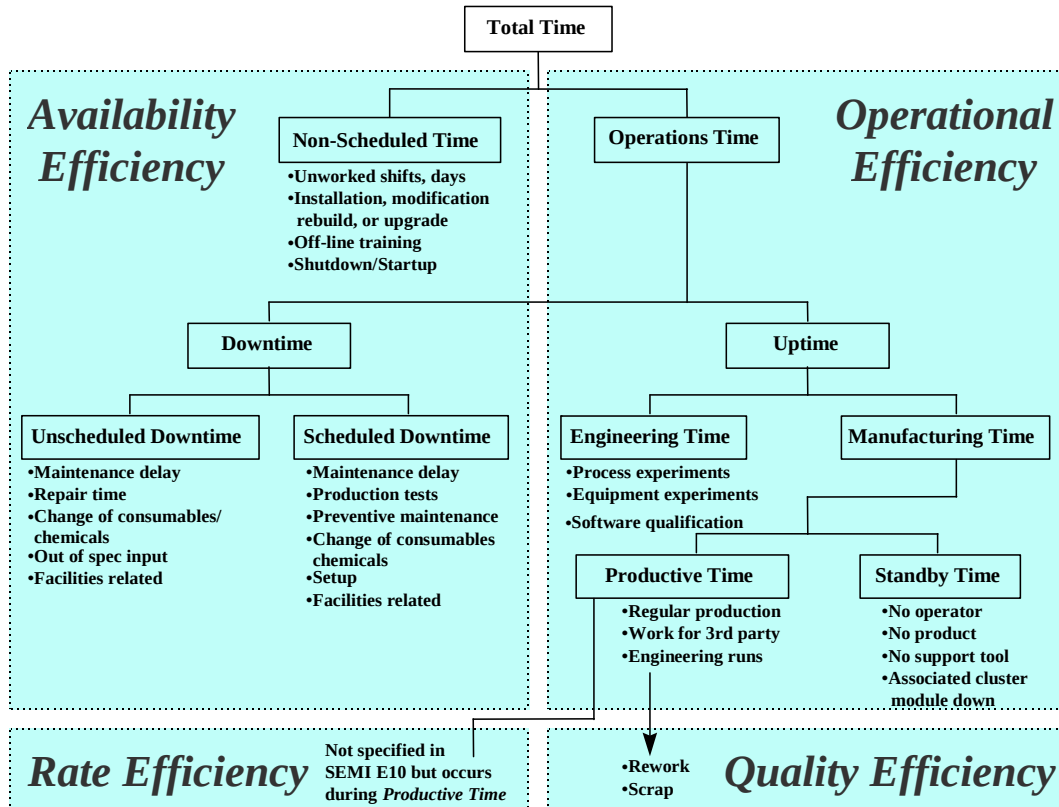


図 1

SEMI E10 および OEE との関係
Relationship Between SEMI E10 and OEE

E10 States

E79 Productivity Losses and Improvement Domains

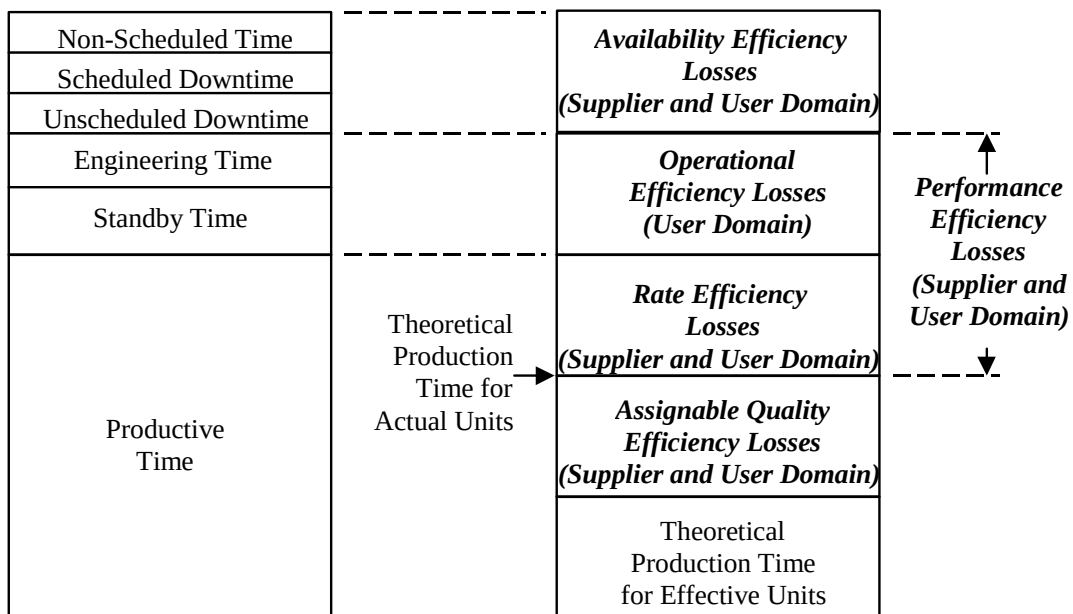


図 2

生産損失と改善領域の積層図
Stack Chart of Productivity Losses and Improvement Domains

5.1.6 ユーザーが装置生産性を更に詳しく特定側面から評価することが可能となる、追加の補助効率評価指標は、次の通りである。

- 基準 OEE (R-OEE: Reference OEE)
- エンジニアリング OEE (E-OEE: Engineering OEE)
- 付加価値工程内 OEE (VA-OEE: Value-Added In-Process OEE)
- デマンド装置効率 (DEE: Demand Equipment Efficiency)
- 生産装置効率 (PEE: Production Equipment Efficiency)
- 固有装置効率 (IEE: Intrinsic Equipment Efficiency)

付属書 1 にこれらの評価指標の定義および数式を示す。

5.2 OEE (Overall Equipment Efficiency) — 理論効率速度で装置が有効ユニットを生産している総時間の一部。

$$\text{Overall Equipment Efficiency (OEE)} = \frac{(\text{有効ユニットに対する理論生産時間})}{(\text{総時間})} \quad (1)$$

$$= \frac{(\text{Theoretical Production Time for Effective Units})}{(\text{Total Time})} \\ = (\text{有用性効率}) \times (\text{性能効率}) \times (\text{品質効率}) \quad (2) \\ (\text{Availability Efficiency}) \times (\text{Performance Efficiency}) \times (\text{Quality Efficiency})$$

5.2.1 理論生産時間 (有効ユニットに対する) — (有効ユニットに対する) 生産時間で、厳格理論効率速度で、効率損失なしと仮定して得られる観察期間内の実生産時間。

$$\begin{aligned} \text{有効ユニットの理論生産時間} &= \sum_i (\text{レシピ } i \times \text{THT}_i \text{ の有効ユニット}) \\ \text{Theoretical Production Time for Effective Units} &= \sum_i (\text{Effective Units of Recipe } i \times \text{THT}_i) \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、

$$\begin{aligned} \text{THT}_i &= \text{レシピ } i \text{ のユニット当たり理論生産時間} \\ \text{Theoretical Production Time Per Unit of Recipe } i \end{aligned} \quad (4)$$

注 7: (有効ユニットに対する) 理論生産時間はレシピによる理論ユニットスループットで算出できる。

$$\begin{aligned} \text{有効ユニットについての理論生産時間} &= \sum_i (\text{レシピ } i \text{ の有効ユニット} / \text{THTP}_i) \\ \text{Theoretical Production Time for Effective Units} &= \sum_i (\text{Effective Units of Recipe } i / \text{THTP}_i) \end{aligned} \quad (5)$$

ここで、

$$\begin{aligned} \text{THTP}_i &= \text{レシピ } i \text{ のレシピによる理論ユニットスループット} \\ \text{Theoretical Unit Throughput by Recipe of Recipe } i \end{aligned} \quad (6)$$

5.2.2 有用性効率 (Availability Efficiency) — 装置が所期の機能を発揮できる状態にある時間の合計に時間に対する一部。

$$\begin{aligned} \text{有用性効率} &= (\text{装置アップタイム}) / (\text{総時間}) \\ \text{Availability Efficiency} &= (\text{Equipment Uptime}) / (\text{Total Time}) \end{aligned} \quad (7)$$

5.2.3 性能効率 (Performance Efficiency) — 装置が理論効率速度で実ユニットをプロセスしている装置アップタイムの一部。

$$\begin{aligned} \text{性能効率} &= (\text{稼働効率}) \times (\text{速度効率}) \\ \text{Performance Efficiency} &= (\text{Operational Efficiency}) \times (\text{Rate Efficiency}) \end{aligned} \quad (8)$$

5.2.3.1 稼働効率(Operational Efficiency) — 装置が生産ステートにあるアップタイムの部分。

$$\begin{aligned} \text{稼働効率} &= (\text{生産時間}) / (\text{装置アップタイム}) \\ \text{Operational Efficiency} &= (\text{Production Time}) / (\text{Equipment Uptime}) \end{aligned} \quad (9)$$

5.2.3.2 速度効率(Rate Efficiency) — 装置が理論効率速度で実ユニットをプロセスしている生産時間の一部。

$$\begin{aligned} \text{速度効率} &= (\text{実ユニットに対する理論生産時間}) / (\text{生産時間}) \\ \text{Rate Efficiency} &= (\text{Theoretical Production Time for Actual Units}) / (\text{Production Time}) \end{aligned} \quad (10)$$

5.2.3.2.1 理論生産時間 (実ユニットに対する) — (実ユニットに対する) 生産時間で、厳格理論効率速度で、効率損失なしと仮定して得られる観察期間内の実生産時間。

$$\begin{aligned} \text{実ユニットの理論生産時間} &= \sum_i (\text{レシピ} i \times \text{THT}_i \text{の実ユニット}) \\ \text{Theoretical Production Time for Actual Units} &= \sum_i (\text{Actual Units of Recipe } i \times \text{THT}_i) \end{aligned} \quad (11)$$

ここで、

$$\begin{aligned} \text{THT}_i &= \text{レシピ} i \text{ のユニット当り理論生産時間} \\ \text{Theoretical Production Time Per Unit of Recipe } i \end{aligned} \quad (12)$$

注 8: (実ユニットに対する)理論生産時間はレシピによる理論ユニットスループットで算出できる。

$$\begin{aligned} \text{実ユニットについての理論生産時間} &= \sum_i (\text{レシピ} i \text{ の実ユニット} / \text{UPH}_i) \\ \text{Theoretical Production Time for Effective Units} &= \sum_i (\text{Effective Units of Recipe } i / \text{THTP}_i) \end{aligned} \quad (13)$$

ここで、

$$\begin{aligned} \text{THTP}_i &= \text{レシピ} i \text{ のレシピによる理論ユニットスループット} \\ \text{Theoretical Unit Throughput by Recipe of Recipe } i \end{aligned} \quad (14)$$

5.2.4 品質効率(Quality Efficiency) — 実ユニットに対する理論生産時間で除した有効ユニットの理論生産時間。

$$\begin{aligned} \text{品質効率} &= (\text{有効ユニットに対する理論生産時間}) / (\text{実ユニットに対する理論生産時間}) \\ \text{Quality Efficiency} &= (\text{Theoretical Production Time for Effective Units}) / (\text{Theoretical Production Time for Actual Units}) \end{aligned} \quad (15)$$

6 マルチパスクラスタツールのための基本量の計算方法

6.1 この項では、次に挙げるマルチパスクラスタツール基本量計算のための定義および数式を示す。

- 理論生産時間(Theoretical production time)
- 生産時間(Production time)
- 装置アップタイム(Equipment uptime)
- 総時間(Total time)

これらの基本量は効率測定のための§ 5 の数式への入力として使用される。

6.1.1 マルチパスクラスタツール基本量は、¶ 6.2 に記述する仮想機械モデルを使用して個々のプロセスモジュールの詳細レベルで測定される。次いで、仮想機械モデルを使用して、総合マルチパスクラスタツールの個々のプロセスモジュールの基本量の集合として算出する。

注 9: マルチパスクラスタツール生産性の評価は、マルチパスクラスタツール RAM の評価に必ずしも適用されるわけではない。

6.2 仮想機械モデル (Virtual Machine Model)

6.2.1 仮想機械は、そのプロセスモジュールに使用する搬送メカニズムと組み合わさった個々のプロセスモジュールである。搬送メカニズムが特定のプロセスモジュールを含まない材料管理オペレーションに組み込まれている場合、そのプロセスモジュールについて定義した仮想機械の一部として稼動しているとは見なされない。

6.2.2 仮想機械の基本量である、理論生産時間は、次の全ての要求稼動要素に対する理論時間の総計である。

- ウェーハローディング
- 仮想機械のプロセスモジュールに発生する稼動要素
- ウェーハアンローディング

注 10: ウェーハのローディングおよびアンローディングは、理論生産時間と実際の生産時間を計算する際、仮想機械の重要な稼動要素である。

6.2.2.1 必要に応じて、ウェーハのローディングとアンローディング時間の合計をウェーハ交換に対する単独の理論値と置き換えてよい。

6.3 仮想機械を使用したマルチパスクラスタツールに対する基本量の計算 (Calculating Fundamental Quantities for Multi-path Cluster Tools Using Virtual Machine)

6.3.1 本項は、マルチパスクラスタツール内の個々の仮想機械を使用したマルチパスクラスタツールの基本量計算の式を提供する。マルチパスクラスタツール内の各仮想機械の基本量を、まず計算する。そして、クラスタツール内の個別の仮想機械全ての基本量の合計として、マルチパスクラスタツール全ての基本量を計算する。

注 11: マルチパスクラスタツール内の仮想機械間でのアプリケーション特有の相互作用が、個別の仮想機械に待機時間の変動を課すことになる。この方法は、これらの相互作用をマルチパスクラスタツールについての待機損失として扱い、理論生産時間や生産時間の何れの相互作用においてもそれらに対する尤度とはならない。

6.3.2 理論生産時間の計算 (実ユニットおよび有効ユニットに対する) (Calculating Theoretical Production Time (for Actual Units and for Effective Units))

6.3.2.1 仮想機械理論生産時間 (実ユニットおよび有効ユニットに対して) (Virtual Machine Theoretical Production Time (for Actual Units and for Effective Units)) — 個別の仮想機械で得られる理論生産時間。

$$\begin{aligned} \text{実ユニットに対する仮想機械理論生産時間} &= \\ &\text{Virtual Machine Theoretical Production Time for Actual Units} \\ &\sum_i [(\text{仮想機械レシピ } i \text{ に対するユニット当たり理論生産時間}) \times (\text{仮想機械レシピ } i \text{ の実ユニット})] \quad (16) \\ &\sum_i [(\text{Theoretical Production Time Per Unit for Virtual Machine Recipe } i) \times (\text{Actual Units of Virtual Machine Recipe } i)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{有効ユニットに対する仮想機械理論生産時間} &= \\ &\text{Virtual Machine Theoretical Production Time for Effective Units} \\ &\sum_i [(\text{仮想機械レシピ } i \text{ に対するユニット当たり理論生産時間}) \times (\text{仮想機械レシピ } i \text{ の有効ユニット})] \quad (17) \\ &\sum_i [(\text{Theoretical Production Time Per Unit for Virtual Machine Recipe } i) \times (\text{Effective Units of Virtual Machine Recipe } i)] \end{aligned}$$

6.3.2.2 マルチパスクラスタツール理論生産時間 (実ユニットおよび有効ユニットに対する) (Multi-path Cluster Tool Theoretical Production Time (for Actual Units and for Effective Units)) — マルチパスクラスタツールの仮想機械全てで得られる理論生産時間総計。

$$\begin{aligned} \text{実ユニットに対するマルチパスクラスタツール理論生産時間} &= \\ &\text{Multi-path Cluster Tool Theoretical Production Time for Actual Units} \\ &\sum_j (\text{仮想機械 } j \text{ に対する実ユニットの理論生産時間}) \quad (18) \\ &\sum_j (\text{Theoretical Production Time for Actual Units for Virtual Machine } j) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{有効ユニットに対するマルチパスクラスタツール理論生産時間} &= \\ &\text{Multi-path Cluster Tool Theoretical Production Time for Effective Units} \\ &\sum_j (\text{仮想機械 } j \text{ に対する有効ユニットの理論生産時間}) \quad (19) \\ &\sum_j (\text{Theoretical Production Time for Effective Units for Virtual Machine } j) \end{aligned}$$