

SEMI E56-0309

熱マスフローコントローラの精度，直線性，リピータビリティ，短期再現性，ヒステリシス（履歴現象）およびデッドバンドを判断するテスト方法

NOTICE: This translation is a REFERENCE COPY ONLY. If differences should exist between the English version and a translation in any other language, the English version is the official and authoritative version.

免責事項： この SEMI スタンドアードは，投票により作成された英語版が正式なものであり，日本語版は日本の利用者各位の便宜のために作成したものです。万が一英語と日本語とに差異がある場合には英語版記載内容が優先されます。

SEMI スタンドアード日本語翻訳版をご利用にあたっての注釈を本文の末尾に記載しております（「すべきである」「しなければならない」について等）。

本テスト方法は，Gases Global Committee で技術的に承認されている。現版は 2009 年 1 月 2 日，global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2009 年 2 月に www.semi.org で。初版は 2004 年 11 月に発行された。

1 目的

1.1 本ドキュメントの目的は，熱マスフローコントローラの精度，直線性，リピータビリティ，短期再現性，ヒステリシスおよびデッドバンドを定量化するための標準化された方法を提供するものである。

1.2 本ドキュメントの意図は，特殊なテストプログラムを提案することではなく，ここに含まれているパラメータをテストをする時に使用するテスト方法を定めることにある。ユーザは，厳しくコントロールされたテスト条件に基づいて精度や精密度，バイアス（歪み），直線性，短期再現性およびデッドバンドを調べるためにこのドキュメントを利用することができる。

1.3 本方法において精度を計算する意義は，マスフローコントローラ (MFC) の 1 人のユーザが 1 つのプロセスにおいてある製造装置から別の装置へと移動すること，そしてプロセスコントロールをする間に 1 台の製造装置内で MFC を交換することを可能にすることにある。

2 適用範囲

2.1 本ドキュメントは熱マスフローコントローラ (MFC) の精度，直線性，リピータビリティ，ヒステリシスおよびデッドバンドをテストするための条件および手順を説明する。本ドキュメントの包括的な性格により，テストのすべての手順がすべての種類の MFC に適用するとは限らない。

2.2 本ドキュメントはメーカーとユーザとの間のコミュニケーションの共通基盤を提供するものである。

注意： このスタンドアードおよび安全ガイドラインはその使用に関連した全ての安全上の問題を取り扱うことを意図していない。この文書の使用者は，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項を決定し，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 制約事項

3.1 使用条件の組み合わせとして可能性のあるものすべての性能を実測するのは現実的ではない。本テストは研究所において行われるべきである。テストされる MFC のフィールド性能を判断するために十分なデータを集めることが意図されているからである。

4 参照スタンダード

4.1 SEMI スタンダードおよび安全ガイドライン

SEMI E17 — Guideline for Mass Flow Controller Transient Characteristics Tests

4.2 ASME スタンダード¹

ASME MFC-10M — Method for Establishing Installation Effects on Flowmeters

4.3 ISA スタンダード²

ISA S51.1 — Process Instrumentation Terminology

注意： 別途指示のない場合、引用された全ての文書は最新版を指す。

5 用語

5.1 略語および頭字語

5.1.1 A — 測定値

5.1.2 A_a — 測定平均値

5.1.3 A_s — 設定値 100%における測定平均値

5.1.4 AD — DUT の精度

5.1.5 AD_f — フロースタンダードの精度

5.1.6 AS — 設定値の精度

5.1.7 A_l — 測定値, 下降サイクル

5.1.8 A_u — 測定値, 上昇サイクル

5.1.9 B — バイアス

5.1.10 D — デッドバンド値

5.1.11 DBD — デバイスのデッドバンド

5.1.12 DBS — 設定値のデッドバンド

5.1.13 D_l — 下限デッドバンド値

5.1.14 D_u — 上限デッドバンド値

5.1.15 DUT — テストされているデバイス

5.1.16 FS — フルスケール流量

5.1.17 HD — デバイスのヒステリシス

5.1.18 $HDBS$ — ある設定値におけるヒステリシス+デッドバンド

5.1.19 HS — ある設定値のヒステリシス

5.1.20 i — 与えられた設定値のためのサイクルにおける指数

5.1.21 I — 中間値

¹ American Society of Mechanical Engineers, Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990, USA; Telephone: +1.973.882.1170, Fax: +1.973.882.1717, <https://www.asme.org>

² Instrument Society of America, 67 Alexander Drive, Research Triangle Park, NC 27709, USA; Telephone: +1.919.549.8411, <https://www.isa.org>

- 5.1.22 j – 与えられた設定値のためのサイクル
- 5.1.23 k – 与えられた設定値のための上昇サイクル数
- 5.1.24 kPa – キロパスカル
- 5.1.25 LD – DUT の直線性
- 5.1.26 LS – 設定値の直線性
- 5.1.27 m – スロープ
- 5.1.28 m – 設定値のための下降サイクル数
- 5.1.29 n – アップスケール指数
- 5.1.30 NC – 通常閉鎖
- 5.1.31 n_j – 与えられたサイクルにおける設定値の指数
- 5.1.32 NO – 通常開放
- 5.1.33 P – 精密度
- 5.1.34 $psia$ – ポンド/インチ絶対値
- 5.1.35 RPD – DUT のリピータビリティ
- 5.1.36 RPS – 設定値のリピータビリティ
- 5.1.37 S – 設定値
- 5.1.38 S_a – 設定平均値
- 5.1.39 $sccm$ – 標準立方センチメートル/分
- 5.1.40 S_l – 設定値, 下降サイクル
- 5.1.41 S_u – 設定値, 上昇サイクル
- 5.1.42 slm – 標準リットル/分
- 5.1.43 SRD – デバイスの短期再現性
- 5.1.44 SRS – 設定値における短期再現性
- 5.1.45 v_i – 与えられたサイクルのための設定値における i th 測定値
- 5.1.46 Y – 直線性の理想値
- 5.1.47 Z – DUT のゼロオフセット
- 5.1.48 Z_a – 実際のフローがゼロの時の指示されたフロー
- 5.2 定義

5.2.1 精度 (*accuracy*) – 観測値と実際値との間が接近していること。観測値の精密度およびバイアスを含む総合的な不確かさ。

5.2.2 精度曲線 (*accuracy curve*) – 測定平均値を経て、テスト中のデバイスの特定された範囲において合わされた曲線。

5.2.3 精度デバイス (*accuracy device*) – デバイスの特定された範囲における総合的な不確かさ。

5.2.4 実際のフロー (*actual flow*) – 外部のスタンダードによって測定されたガスフローであり、マスフローメータの電気出力ではない。

5.2.5 バイアス (bias) – 設定値における、測定値と設定値およびゼロオフセットの合計との差。

5.2.6 基本設定値 (cardinal setpoint) – テスト中のデバイス (DUT) の精度を評価するための特別な設定値。本テスト方法では、基本設定値は、フルスケールの 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100% である。

5.2.7 デッドバンド (deadband) – 逆方向にしたことによって、出力信号の変化を表すことなく、設定値が変動する範囲。

5.2.8 テスト中のデバイス (device under test) – この方法によってマスフローデバイスがテストされる。

5.2.9 ダウンスケール指数 (downscale reading) – 現在の設定値よりも大きくデッドバンドを越えた設定値からアプローチされた指数

5.2.10 ダウンスケール平均値 (downscale value, average) – 1つのサイクル上の、ある設定値における、全てのダウンスケール指数の合計をこれらの値で割った値。

5.2.11 ドリフト (drift) – 特定の基準稼働状態での、定格入力のある特定の期間における出力の変化。

5.2.12 長期ドリフト (drift, long-term) – 特定されたインターバルにおいて行われる一連のテストの間のドリフト。この特定されたインターバルは、通常、個々のテストを行うのに必要な時間よりもかなり長い。

5.2.13 短期ドリフト (drift, short-term) – あるテスト期間におけるいくつかの測定間に生じるドリフト。

5.2.14 ヒステリシス (hysteresis) – 過去の移行の歴史および現在の横断の方向によって与えられた入力移行のために、出力値への依存によって証明されたある構成要素の特性。

5.2.15 指示されたフロー (indicated flow) – テスト中の MFC によって指示されたフロー。

5.2.16 直線性 (linearity) – 曲線が直線に接近すること。

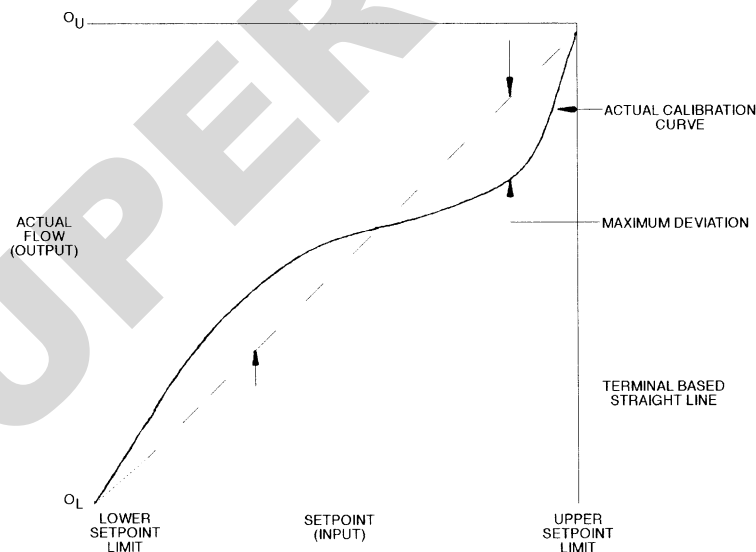


図 1
マスフローコントローラの熱に基づく直線性

5.2.17 ターミナル基準の直線性 (linearity, terminal-based) – 精度曲線の設定値の上限と下限を結ぶ直線と、精度曲線（アップスケール値とダウンスケール値との平均）との偏差の最大絶対値（図 1 参照）。

5.2.18 測定値 (*measured value*) — テスト中のデバイスの実際のフロー。標準，できれば一次標準によって測定され，*sccm* や *slm* によって表されたもの。

5.2.19 測定平均値 (*measured value, average*) — ある特定の設定値における，あらゆるサイクルの全ての指数（アップスケールとダウンスケール）の合計をこれらの指数で割った値。

5.2.20 通常稼働状態 (*operating conditions, normal*) — あるデバイスがその中で稼働するように設計され，また稼働による影響を想定した稼働状態範囲。[ISA S51.1]

5.2.21 基準稼働状態 (*operating conditions, reference*) — 稼働による影響が無視できる，デバイスの稼働状態範囲。[ISA S51.1]

5.2.22 稼働による影響 (*operating influence*) — 他の状態は基準稼働状態の範囲内に抑えられている一方で，基準稼働状態から特定の稼働状態への変化によって生じた，ある性能特性における変化。[ISA S51.1]

5.2.23 空気ノイズ (*pneumatic noise*) — 圧力およびフローにおける局所的かつランダムな変化。

5.2.24 精密度 (*precision*) — ある設定値における測定値間の接近。標準偏差として表現されることが多い。

5.2.25 リピータビリティ (*repeatability*) — 稼働状態，オペレータ，装置，研究室，短期インターバルが同じ条件下での，ある設定値におけるいくつかの測定値間の接近。通常は，非リピータビリティとして測定され，リピータビリティ指数 (%) で表示される。

5.2.26 再現性 (*reproducibility*) — 特定の基準稼働状態のもとで，ある設定値において繰り返し測定された値間の接近。特定された時間，および両方向からアプローチされている。この再現性にはデッドバンド，長期ドリフト，短期再現性が含まれている。

注 1：繰り返された測定間では，入力範囲内で変化し，稼働状態は正常稼働状態内で変化することがある。

5.2.27 短期再現性 (*reproducibility, short-term*) — 稼働状態，オペレータ，装置，研究室，短期インターバルが同じ条件の下での，両方向からアプローチされている，ある設定値におけるいくつかの測定値間の接近。アプローチはデッドバンドを越えたところからされなければならない。短期再現性には，リピータビリティ，ヒステリシス，デッドバンド，短期ドリフトが含まれている。

5.2.28 設定値 (*setpoint*) — 希望するフローを達成するための入力信号。*sccm* や *slm*，またはフルスケールパーセントによって表示される。

5.2.29 下限設定値 (*setpoint limit, lower*) — 装置が稼働するように決められた設定値の最低点。

5.2.30 上限設定値 (*setpoint limit, upper*) — 装置が稼働するように決められた設定値の最高点。通常はフルスケールである。

5.2.31 安定時間 (*settling time*) — ステップ変化設定値と特定されたバンド内に実際のフローが残る時との間の時間 (SEMI E17 参照)。

5.2.32 全長 (*span*) — DUT のフルスケールの範囲。

5.2.33 安定性 (*stability*) — 不自然で，原因を特定できる変化のない状態で，自然でランダムな変化だけを示すことができること。

5.2.34 標準状態 (*standard conditions*) — 101.32 kPa, 0.0°C (14.7 psia, 32°F)。

5.2.35 総合的な不確実性 (*uncertainty, total*) — 測定量の実際値が適合されると推定されている範囲。正確さに欠く測定プロセスによって生じるエラーやバイアス，ランダムエラーの2つの主要構成要素を考慮に入れた測定値に関連した変化性の示度。

5.2.36 アップスケール指数 (*upscale reading*) — 現在の設定値より低く，デッドバンドを越えた設定値からアプローチされた指数。

5.2.37 アップスケール平均値 (*upscale value, average*) – 1つのサイクルの中のある設定値における全てのアップスケール指度の合計をこれらの値で割った値。

5.2.38 ゼロドリフト (*zero drift*) – 特定された時間内での、フローのない状態における、電気出力の好まざる変化。sccm または slm によって表示される。

5.2.39 ゼロオフセット (*zero offset*) – フローのない状態における、ゼロからの偏差。sccm または slm によって表示される。

6 テスト方法の結果

6.1 精度や直線性、リピータビリティ、短期再現性、ヒステリシス、デッドバンドを定める、一般に認められた基準スタンダードを用いて、空気圧や真空空間へと放出する MFC を特徴づけるために特別な手順が示されている。（図 2 参照）。