

自動車用ガソリン機関潤滑油規格  
(JASO M 364:2019)  
運用マニュアル追補

ファイアリング燃費試験法における  
標準油による精度管理方法

2019年6月

JASO エンジン油規格普及促進協議会

## 目次

1. はじめに.....	3
2. ファイアリング燃費試験法における精度管理用標準油について .....	4
3. 標準油による精度確認方法.....	4
3. 1 新規試験設備を立ち上げる場合 .....	4
3. 2 既存設備において、新しいエンジンを使用開始する場合 .....	5
3. 3 キャリブレーション済みのエンジンにおいて、キャリブレーション期間を更新する場合 .....	5
3. 4 使用を中断して降載したエンジンを、再搭載して使用する場合 .....	5
3. 5 キャリブレーション期間の途中で、標準油による試験を実施する場合 .....	5
4. Lubricant Test Monitoring System (LTMS)による精度管理方法 .....	5
4. 1 コントロールチャートの作成方法 .....	6
4. 2 Shewhart Chart (シビアリティモニタ用) (Yi) .....	6
4. 3 Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) Chart (シビアリティモニタ用) (Zi).....	7
4. 4 EWMA からの予測誤差 (ei).....	7
5. 標準油の選定方法と試験番号の付与 .....	8
6. 標準油試験結果の報告要領 .....	9
7. 標準油試験結果データベースおよび、各種 Control Chart の公開方法.....	9
8. 試験結果の成立性確認とシビアリティ調整方法 .....	10
8. 1 BC Shift の定義、計算方法と、成立性の判定.....	10
8. 2 試験油の評価結果に対するシビアリティ調整方法.....	10
9. Control Chart の作成例.....	11
9. 1 試験機関個別の Control Chart の作成例.....	11
9. 2 Industry 全体の Control Chart の作成例 .....	13

## 1. はじめに

本資料は、日本国においてエンジン油にかかわる各種業界団体および学術協会等が、**JASO** エンジン油規格の国内外での適正な普及を図るためにボランティアに設立した「**JASO** エンジン油規格普及促進協議会」の活動の一環として、(公社)自動車技術会が制定した「自動車用ガソリン機関潤滑油」規格(**JASO M 364:2019**)に基づき、**JASO M 366:2019** に規定されたファイアリング燃費試験法を用いて性能確認をする際の、試験精度の管理方法および関連する手続きなどを解説するものである。

本資料に定める運用上の諸規定については、**JASO** 次世代ガソリンエンジン油 **Task Force** およびその傘下に組織されたファイアリング燃費試験法 **Working Group**、もしくは、**JASO** エンジン油規格普及促進協議会傘下に設立予定の燃費試験サーベイランスパネルにおいて、精度向上、運用上の改善、技術的課題の解決等のため、必要に応じて改正されるものとする。

## 2. ファイアリング燃費試験法における精度管理用標準油について

表 1 に、精度管理に用いる標準油を示す。表中の燃費向上率と標準偏差は、ファイアリング燃費試験法(JASO M 366:2019)の開発時に、JASO ラウンドロビン試験において確認した値である。本運用マニュアル追補において規定する試験精度の管理は、これらの標準油の値に基づいて実施する。

表 1. JASO ラウンドロビンにおける JASO 標準油の燃費向上率と標準偏差

標準油	SAE 粘度グレード	燃費向上率	
		平均, %	標準偏差, %
GE108A	0W-8	1.10	0.236
GE208	0W-8	0.97	0.231
GE216	0W-16	0.64	0.251

表 2. JASO ラウンドロビンにおける繰り返し性, 再現性

項 目		値, %
合併標準偏差 (Pooled Standard Deviation)		0.21
繰り返し性 (Repeatability)	標準偏差 (Sr)	0.21
	r	0.58
再現性 (Reproducibility)	標準偏差 (SR)	0.25
	R	0.69

## 3. 標準油による精度確認方法

燃費測定に使用するエンジンについては、以下に示す手順によって精度確認をした後に、評価に使用することができる。また、特定の試験エンジンが特定の設備に連続して搭載されている場合において、標準油での確認試験を含め、最長 3 か月もしくは最大 25 回の燃費測定試験までをキャリブレーションの有効期間と定める。なお、燃費測定の回数には、JASO BC の測定回数も含める。

本試験法においては、JASO BC を基準とし、標準油もしくは試験油の相対的な燃費向上率をそれらの前後に測定した JASO BC の平均値に対して算出する。この場合、前の標準油の後の JASO BC の試験結果を、次の標準油の試験の前の JASO BC 試験結果として扱っても良い。ただし、この間にエンジンの搭降載等、条件が変化する懸念のある作業がなされず、試験と試験の間の中断期間が、7 日以内である場合に限る。

なお、本資料において、試験油とは、第 2 項の表 1 に示す標準油と JASO BC 以外で本試験に供されるエンジン油を示す。

### 3. 1 新規試験設備を立ち上げる場合

JASO の 3 種類の標準油を連続して試験する。この間に、それ以外の試験油を評価してはならない。また、標準油の試験順序および試験番号は、一般社団法人潤滑油協会(JALOS)による割り当てに従う。試験の順序はランダムに決定する。3 つの試験の結果によって算出される各パラメータが表 3 に示す基準に入っている場合にキャリブレーション完了とする(Zi は Level 2 limit, ei は Level 3 limit)。規定に合致しない結果が含まれる場合には、直近の 3 試験の結果が基準に入るまで、実施しなければならない。

### 3. 2 既存設備において、新しいエンジンを使用開始する場合

前項と同様に、JASO の 3 種類の標準油を、(一社)潤滑油協会による割り当て順に従って評価する。

### 3. 3 キャリブレーション済みのエンジンにおいて、キャリブレーション期間を更新する場合

JASO の標準油にて 1 試験実施し、結果が規定に入れば、その試験を含めて新たなキャリブレーション期間が設定される。実施する標準油は、(一社)潤滑油協会による割り当てに従う。ただし、直近に実施した標準油以外の 2 つの標準油からランダムに選定されることとする。

結果が規定に入らない場合には、追加の標準油試験を実施しても良い。

### 3. 4 使用を中断して降載したエンジンを、再搭載して使用する場合

前項と同様に、JASO の標準油にて 1 試験実施し、結果が規定に入れば新たにキャリブレーション期間を設定する。ただし、エンジンの LTMS Chart は、中断前の標準油のデータも含めて作成するものとする。

ただし、試験設備が変更になる場合には、新規エンジンと同様の扱いとし、JASO の標準油を 3 種類試験する必要がある。JASO のラウンドロビンにおいては、各試験機関において、試験設備 1 つ、試験エンジン 1 つで評価を実施するため、ラボ間差の要因について、エンジン個体差と設備差を区別できていないためである。

### 3. 5 キャリブレーション期間の途中で、標準油による試験を実施する場合

試験のシビアリティ等について疑義のある場合、キャリブレーション期間の終了する前であっても、任意に標準油の試験を実施することができる。

ただし、標準油の選定は(一社)潤滑油協会が実施し、直近に実施した標準油以外の 2 つの標準油からランダムに選定されることとする。

## 4. Lubricant Test Monitoring System (LTMS)による精度管理方法

本資料は、潤滑油用の各種 ASTM 試験法の精度管理方法として、ASTM Test Monitoring Center により公開されている Lubricant Test Monitoring System (LTMS)を参考に作成したものである。各種用語の定義については、ASTM LTMS に準拠し、用語についても英語のままとした。

表 3 に、JASO ガソリン機関潤滑油—ファイアリング燃費試験法(JASO M 366:2019)のための LTMS に使用する各種定数を示す。

EWMA Chart は、各試験エンジンの標準油の結果による試験結果の補正(Severity Adjustment = S.A.)に関わるパラメータである。Level 1 の Alarm の K 値が"0.000"という意味は、全ての試験油の試験結果に対して最新の EWMA パラメータに基づく S.A.を適用するという意味である。

表 3. LTMS の各種定数

		EWMA Chart (Zi) Severity		Lab/Engine Prediction Error (ei) Severity	
Chart Level	Limit Type	Lambda	Alarm (K)	Limit Type	Limit (K)
Lab/Engine <sup>A</sup>	Level 1	0.3	0.000	Level 1	± 1.351
	Level 2		± 1.800	Level 2	± 1.734
				Level 3	± 2.066
Industry <sup>B</sup>	Level 1	0.2	± 0.775		
	Level 2		± 0.859		

<sup>A</sup> 個別のエンジンに対してチャートを作成する場合の定数

<sup>B</sup> 全試験機関のデータを、Industry Trend としてチャートにする場合の定数

#### 4. 1 コントロールチャートの作成方法

本試験においては、以下に解説する3種類のパラメータを算出して、それぞれのコントロールチャートを作成する。なお、Shewhart Chart と EWMA Chart は Industry 全体の傾向を把握するために全 Industry のデータを用いて作成したものを、新規のデータが追加された時に「JASO エンジン油規格普及促進協議会」の HP に随時掲載するものとする。

#### 4. 2 Shewhart Chart (シビアリティモニタ用) (Yi)

このコントロールチャートの縦軸は、標準化された標準油によるキャリブレーション試験の結果を示す(Y)。試験結果は横軸を完了日としてこれに対してプロットする。

Y は以下のように計算する。

$$Y_i = \frac{T_i - \text{MEAN}}{\text{STANDARD DEVIATION}}$$

T<sub>i</sub>: i 番目の試験結果。(オリジナルの単位による。本試験法の場合%。)

Y<sub>i</sub>: 標準化された i 番目の試験結果。キャリブレーション試験に用いた標準油の平均値と標準偏差に基づいて計算。

(標準油の平均値(狙い値)に対して、標準偏差いくつ分ずれているかを示す)

シビアリティ監視の Shewhart チャートの閾値は、以下のように定義される。

$$0 \pm K$$

K は **estimated false detection rate** (推定の誤検出率)を示す。誤検出率とは、試験のプロセスに何らの変化点もないのに、チャートにプロットされた結果が閾値の外になる確率(%)を示す。Kが増加すると、**false detection rate** は減少する。Kの値は実際の変化の検出力とチャートの感度の間で適正なバランスを取らなければならない。Kが大きくなると、検出力が低下する。Kは試験法毎に定める。

#### 4. 3 Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) Chart (シビアリティモニタ用) (Zi)

このコントロールチャートの縦軸は、標準化されたキャリブレーション試験結果の **Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)**を示す。これらの結果は、試験完了日順にプロットされる。

$Z_i =$  試験順  $i$  番目の標準化された試験結果の EWMA

$$Z_i = (\text{LAMBDA})Y_i + (1 - \text{LAMBDA})Z_{i-1}$$

この時、

$$0 \leq \text{LAMBDA} \leq 1$$

$$Z_0 = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3}{3}$$

と定義する。

本燃費試験法の場合、新規のエンジンのキャリブレーションとして3種類の標準油を実施するため、EWMAチャートを算出する最初の値にその平均値を用いる。

**Lambda** は平滑化の定数であり、0と1の間で定義される。この値が小さいと過去のデータの比重が大きくなる。1になると **Shewhart Chart** そのものになる。一般的に0.2~0.4程度の値で運用されており、本試験法を開発するにあたって参考とした **Sequence VID** においては個別エンジンのEWMAチャートには **Lambda = 0.3** を、Industry全体のEWMAチャートには **Lambda = 0.2** で運用した実績がある。試験法のしくみと運用が非常に近い本試験法においてもこれらを踏襲することとした。

#### 4. 4 EWMAからの予測誤差 (ei)

このチャートの縦軸は、EWMAチャート( $Z_i$ )の予測誤差を示す。このチャートは各エンジン個別に作成され、試験終了日順に横軸がプロットされる。 $e_i$ は以下のように算出される。

$$e_i = Y_i - Z_{i-1}$$

この時、

$Y_i = i$  番目の標準化された試験結果

$Z_{i-1} = i-1$  番目の標準化された試験結果の EWMA

$e_i$ の値に対しては、3つの異なる **Alarm Level** が設定されている。これらは、単一試験の分散にEWMAの分散を加えた時の信頼区間に相当する。**Level 1** は80%、**Level 2** は90%、**Level 3** は95%の信頼区間に相当する。参考として算出方法を示す。

$$s_{ewma}^2 = [\lambda/(2 - \lambda)] \times s^2$$

と定義される。

$$s^2 + s_{ewma}^2 = s^2 + [\lambda/(2 - \lambda)] \times s^2$$

$$\sqrt{s^2 + s_{ewma}^2} = s \times \sqrt{1 + [\lambda/(2 - \lambda)]}$$

となる。

95%信頼区間を求める場合標準偏差の+/-1.96 倍の範囲となるので、

$$1.96 \times \sqrt{1 + [0.2/(2 - 0.2)]} = 2.066$$

以上のように算出される。

本燃費試験法については、**Level 3 Limit** を超過した場合にのみ、追加の標準油試験を実施して以下の手順に従う。この追加の試験結果によって算出される Y を **Yi+1** とする。

ケース 1)  $|Y_i - Y_{i+1}| \leq [\text{ei Level 3 Limit}]$

Y<sub>i</sub> の値はそのまま維持する。

ケース 2)  $Y_i > Z_{i-1}$  であり、かつ、 $Y_i - Y_{i+1} > [\text{ei Level 3 Limit}]$  の場合

$Y_i = [\text{ei Level 3 Limit}] + Z_{i-1}$  とする。

ケース 3)  $Y_i < Z_{i-1}$  であり、かつ、 $Y_i - Y_{i+1} < -[\text{ei Level 3 Limit}]$  の場合

$Y_i = -[\text{ei Level 3 Limit}] + Z_{i-1}$

ケース 4) いずれにも該当しない場合には、Y<sub>i</sub> の値はそのまま維持する。

適切な Y<sub>i</sub> を決定後、各チャートを更新し、規定内に入っていれば引き続き試験油の評価に用いることができる。

## 5. 標準油の選定方法と試験番号の付与

JASO の標準油によりエンジンのキャリブレーション試験を実施する場合には、その試験に対して(一社)潤滑油協会において付与される試験番号(**Test Key No.**)を用いて管理する。

新規のエンジンをキャリブレーションする場合には、3種類の JASO 標準油を試験する必要がある。試験機関からの依頼に基づき、(一社)潤滑油協会において異なる3種類の標準油の試験順序をランダムに決定、試験番号を付与して通知する。試験機関はこの順番に従って標準油の試験を実施しなければならない。

また、運用中のエンジンに対して、試験機関よりキャリブレーションを実施するための標準油の選定と試験番号の付与の依頼が(一社)潤滑油協会に対してあった場合、最後に実施した標準油以外の2種類の標準油から(一社)潤滑油協会においてランダムに標準油を選定し、試験機関に試験番号とともに通知する。



## 6. 標準油試験結果の報告要領

試験機関は、標準油試験の完了後速やかにその試験結果について(一社)潤滑油協会に報告する。報告項目は以下通り。

表 4. 標準油試験結果の報告項目

項目	書式	備考
試験番号 (Test Key No.)	10000 から始まる通し番号	試験実施前に、(一社)潤滑油協会により付与される番号。
試験機関コード	アルファベット 1 桁	JASO ラウンドロビンに参加のラボはその時のコードを使用。新たにキャリブレーションを実施するラボは、JALOS よりコードを付与する。
試験完了日	YYYYMMDD の 8 ケタの数字	BC After を実施した日
標準油の名称	GE108A, GE208, もしくは GE216 から選択	
試験スタンドコード	各試験機関内での試験設備を区別するための内部コード	単純な数字で良い
試験エンジンコード	各試験機関において、エンジンを区別するための内部コード	単純な数字で良い
燃費測定回数	当該エンジンにおいて、JASO BC および試験油を含めた総計での燃費測定回数	BCB -> 標準油 -> BCA と測定した場合、これで 3 回となる。
試験結果	小数点 2 桁に丸めた値を報告	
試験結果の有効性 (LTMS に含めるか)	運転上成立した試験の場合"Y"。不成立の場合"N"で報告。	"N"の試験は、LTMS の計算には含めない。

## 7. 標準油試験結果データベースおよび、各種 Control Chart の公開方法

(一社)潤滑油協会において、6 項に従って報告された全試験機関のデータを、試験終了日の順にデータシートに追記し、有効性が"Y"の試験結果のみを用いて、4 項の計算手順によって、表 3 の  $\text{Lambda} = 0.2$  (Industry 用)を用いて Industry 用の EWMA Chart を作成する。

データ点が Level 1 Limit もしくは、Level 2 Limit を超過する場合には、Surveillance Panel に通知する。Level 1 Limit を超過して、Level 2 Limit を超過しない場合には、Surveillance Panel より各試験機関にその旨を連絡し、注意喚起する。Level 2 Limit を超過する場合には、Surveillance Panel において原因調査と解決方法を調査する。

## 8. 試験結果の成立性確認とシビアリティ調整方法

### 8. 1 BC Shift の定義, 計算方法と, 成立性の判定

BC Shift は, JASO BC の総燃料消費量の変化を示す。それぞれの標準油の燃費向上率は, その前後に実施する JASO BC の総燃料消費量の平均値に対する向上率として定義されている。試験の繰り返し精度を示す指標として, 前後の JASO BC の総燃料消費量の変化量を以下の式で BC Shift として定義する。

$$[\text{BC Shift}(\%)] = \frac{[\text{TFCBCB}(\text{kg/h})] - [\text{TFCBCA}(\text{kg/h})]}{[\text{TFCBCB}(\text{kg/h})]} \times 100$$

BC Shift (%): 標準油もしくは試験油の前後に実施する JASO BC の総燃料消費量の変化率

TFCBCB: Total Fuel Consumption of BC Before, 基準油(前)の総燃料消費量(kg/h)

TFCBCA: Total Fuel Consumption of BC After, 基準油(後)の総燃料消費量(kg/h)

JASO のラウンドロビンの試験結果に基づき, この BC Shift が±0.80%を超える場合には不成立と判定するものと定義する。

### 8. 2 試験油の評価結果に対するシビアリティ調整方法

個別の試験エンジンに対して, 4. 3 項の EWMA Chart の算出法に従って算出された最新の Zi を用いてシビアリティ調整(Severity Adjustment)に使用する値を算出する。

$$\text{S.A.} = (-Z_i) \times (\text{pooled Standard Deviation})$$

ここに, "pooled Standard Deviation"は, 表 2 に示す合併標準偏差のことであり, 0.21%を適用する。また, Zi は累積データに基づく標準油の試験結果のターゲット値(ラウンドロビンの平均値)からのずれを示すが, S.A.はそのずれを補正するために用いるためマイナス符号を付与してある。S.A.は小数点以下 2 桁に丸めた上で, 試験油の試験結果に対して加えることで, シビアリティ調整に用いる。

例えば, Zi = 0.4 の場合, S.A. = (-0.4) × 0.21% = -0.084%となるので, これを丸めて-0.08%が実際に S.A の値となる。試験油の結果が 1.10%であったとすると, 1.10% + (-0.08%) = 1.02%が最終結果となる。

## 9. Control Chart の作成例

Control Chart は、個別の試験機関が精度確認、S.A.計算のために作成するものと、本試験法を JASO M 364:2019 規格用の燃費試験として運用する全登録試験機関の JASO 標準油データを集計し、Industry 全体の精度確認のために作成するものがある。

後者は、各試験機関から提出されるデータを(一社)潤滑油協会が集計し、JASO エンジン油規格普及促進協議会のホームページにおいて公開する。

以下に、それぞれの Control Chart の作成例を示す。試験データは JASO ラウンドロビン実施時のものであるが、試験終了日(EOT Date)については、Chart の例を作成するために任意に付与したものであり、実際の EOT Date ではない。また、GE116 のデータについても使用して作成した。

### 9. 1 試験機関個別の Control Chart の作成例

図 1 に、JASO ラウンドロビンデータから、個別試験機関の Shewhart Chart (Yi)の作図例を示す。Yi はそれぞれの標準油の結果を、JASO ラウンドロビンのデータで算出した個々の標準油の燃費向上率の平均値と標準偏差によって正規化して示したものである。正の値は Mild 側，負の値は Severe 側へのずれを示す。

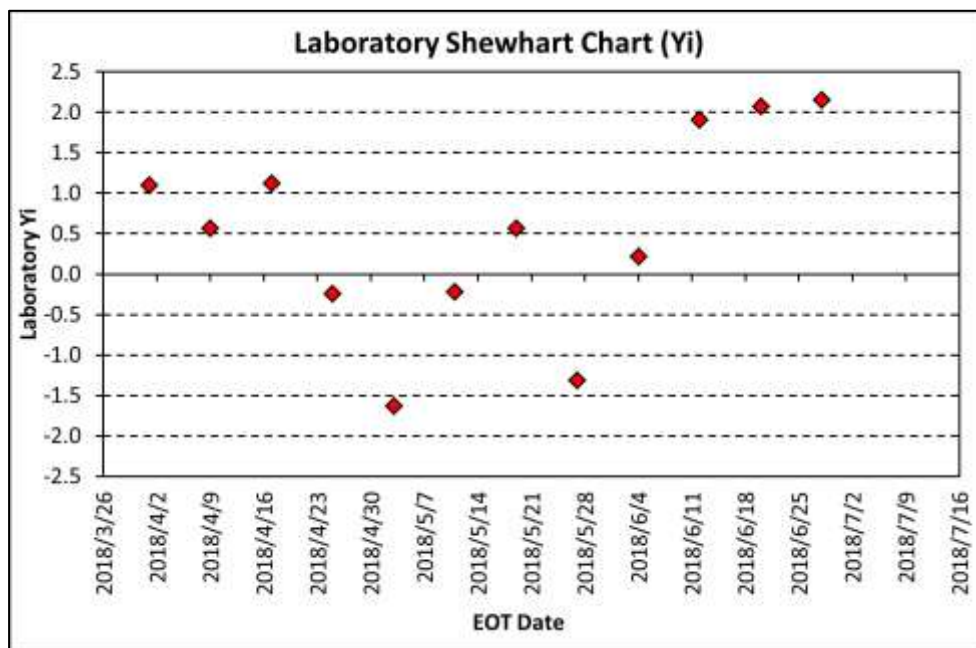


図 1. 試験機関個別の Shewhart Chart (Yi) 作図例

図 2 には、Yi から算出した EWMA Chart (Zi)の作図例を示す。試験機関個別の Zi に対しては、Level 1 Limit は±0.000，すなわち、常に最新の Zi に基づいて S.A.を算出する。Level 2 Limit は±1.800 であり、図 2 の例では Limit を超えるデータは見られず、シビアリティ傾向に問題がないと確認できる。

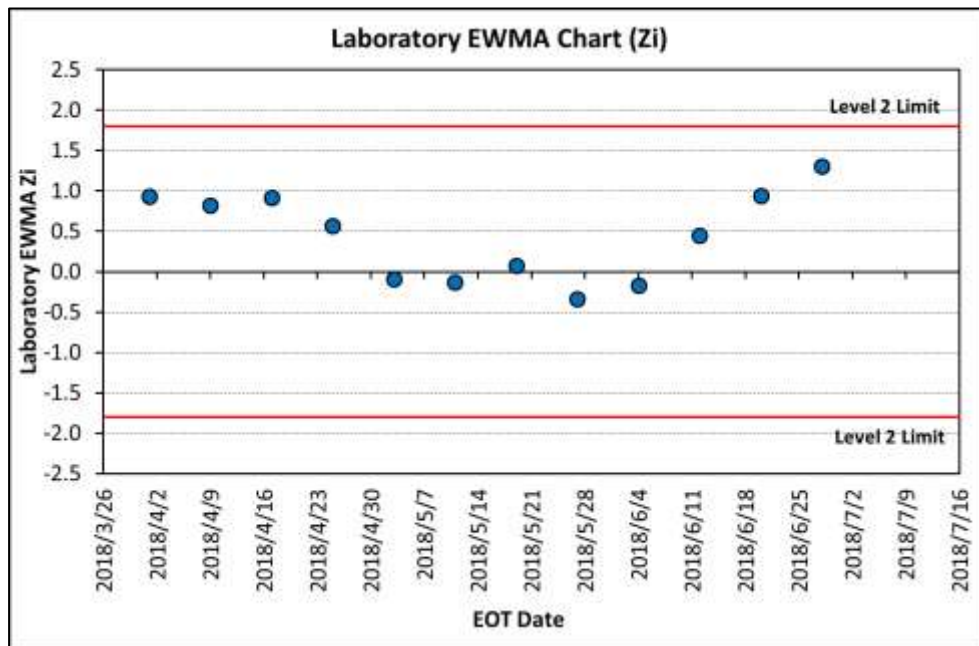


図2. 試験機関個別の EWMA Chart (Zi) 作図例

図3には, 図1の Yi および図2の Zi をもとに算出した Prediction Error Chart (ei) の作図例を示す。4点目, 9点目の ei の値が, Level 3 Limit の±2.066 を超過している。これがキャリブレーションを目的とした試験の場合には, 4.4項に解説の通り, さらに次の標準油による試験が必要となる。図3の場合には, 二例ともに, 次の試験結果を用いた  $|Y_i - Y_{i+1}|$  の値が 4.4項のケース1) に該当するため, 追加の標準油試験にてキャリブレーションが完了し, 引き続き試験に用いる事が出来る。

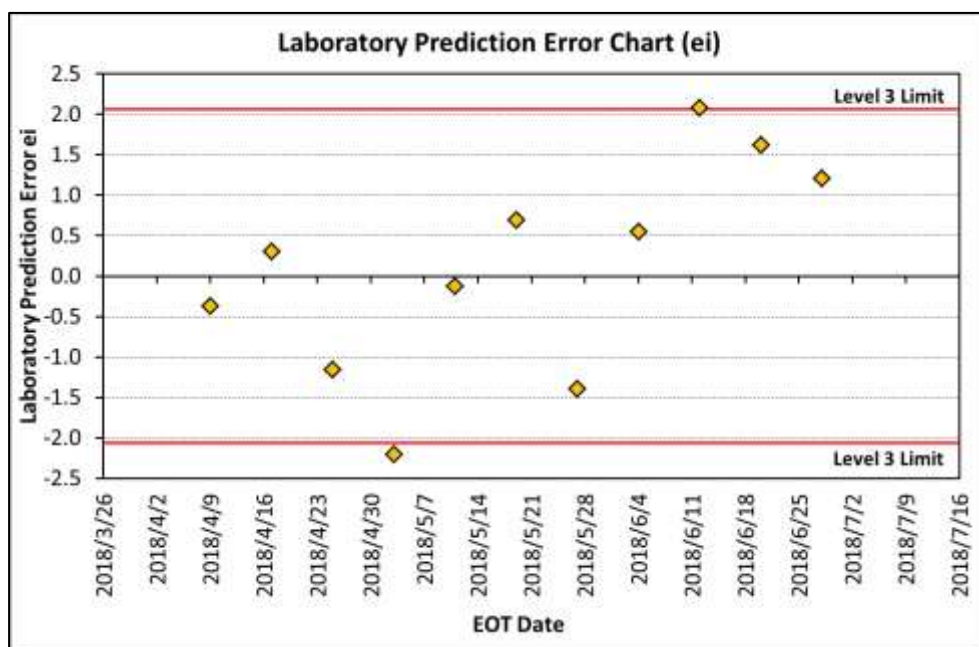


図3. 試験機関個別の Prediction Error Chart (ei) 作図例

## 9. 2 Industry 全体の Control Chart の作成例

図 4 に、Industry 全体のデータによる Shewhart Chart (Yi) の作成例を示す。

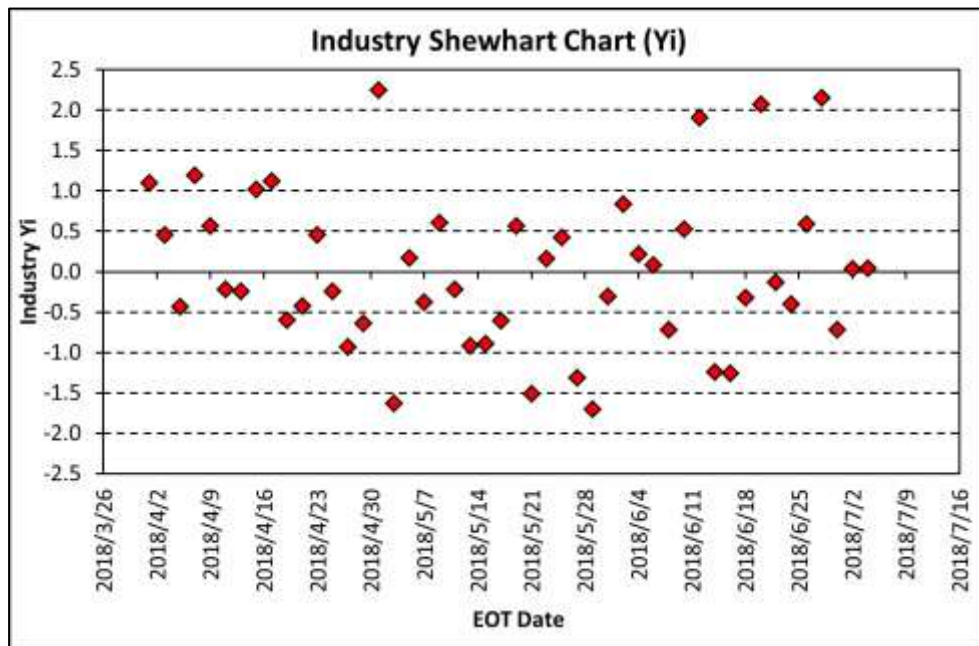


図 4. Industry 全体の Shewhart Chart (Yi) 作図例

図 5 には、図 4 の Yi をもとに算出した EWMA Chart (Zi) の作成例を示す。

ゼロを中心とした緩やかな変化はあるが、Limit を超えるようなプロットはなく、Industry 全体として良好なシビアリティが保たれていることが分かる。

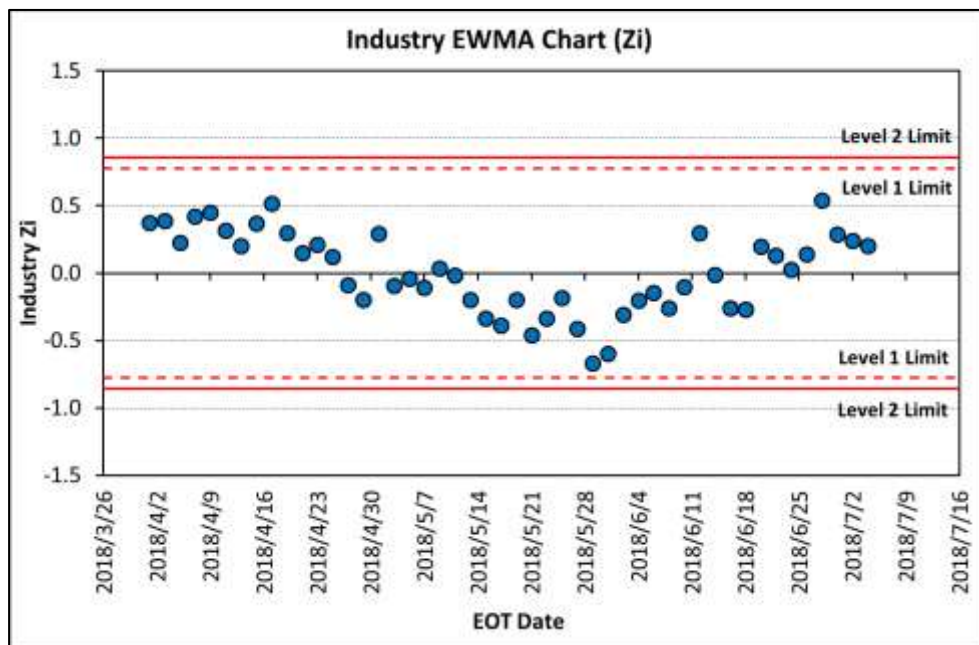


図 5. Industry 全体の EWMA Chart (Zi) 作図例