

ラリー競技に於けるホイールアライメントの調整*

高原 崇直¹⁾ 山田 茂樹²⁾

On-the-spot Adjustment of Wheel Alignment for the Rally

Sunao Takahara Shigeki Yamada

The maintenance of wheel alignment is critical to Rally cars. This is because the Rally cars are to travel unpaved hard roads, suffering the damages to wheel alignment from undergoing the wearing and tearing rough roads. We have trained our students in Rally service, focusing on the integral gauging of toe angles in the conventional simple way so that they may be a capable service crew to work outdoor with no furnished tools in the Rally field. Through the process of training, we have been made aware of the difficulties the students face in performing the adjustment of alignment and the factors of their difficulties. We have reviewed those findings including experiments and data. Thus we have been made known there is still room for improvement in conducting classes and got some teaching clues that help the students to accomplish their hoped-for task in a swift and accurate manner.

KEY WORDS: Common infrastructure, Chassis/component, Maintenance, Wheel alignment, Toe Gauging (F2)

1. ま え が き

本学は、実践的な自動車整備作業による実習教育の充実を図るため、1996年より毎年、国際自動車連盟主催のラリー競技に、メカニックとして学生を参戦させている。

ラリー競技でのメカニックは、未舗装路面走行による競技車両のダメージ修復を制限されたサービス時間内に行う必要があるため、参戦を希望する学生は、競技中のラリーサービスを想定し、車両各部の点検や部品交換等の様々なトレーニングを行っている。

そのトレーニングメニューの中には、ホイールアライメント調整項目のひとつであるトー調整も含まれている。トーは、サスペンションが激しく上下動するような競技車両の操縦安定性にとって、極めて重要な要素となっているため、予め、ドライバーの要求値に設定した上でスタートする。しかしながら、競技中、路面からの強い入力等により、トー数値に変化が生じる場合があるので、ラリーサービス中も測定及び調整作業が求められる。

本来、トーに限らずホイールアライメントの測定や調整は、高精度の作業を要求されるため、ホイールアライメントテストを使用した整備工場での作業が最善と考えられるが、ラリーサービスは野外で整備が行われるため、大掛かりなテストを使用した測定は現実的ではない。また、教科書¹⁾記載のトーインゲージを使用した測定も、ダート競技の性質上、タイヤには泥等の汚れが多量に付着するため、困難である。

*2015年8月5日受理。第47回全国自動車短期大学協会研究発表会において発表。

1)・2) 高山自動車短期大学(506-8577 岐阜県高山市下林町1155番地)

よって、従来のトー測定作業は図1に示すように、タイヤのサイドウォール部に接触させたアルミニウム製L字型アングル左右間の距離を、鋼製巻き尺(以下、コンボックスと表記)を2個使用して、タイヤ前後で測定し、この前後差をトー数値としていた。

また、調整作業はジャッキアップさせた状態で行うため、サスペンションが下側に伸長し、ジャッキダウンの際にトレッドを変化させてしまう。よって、調整作業後の測定を行う際には、トレッドを作業前の状態に戻す必要性が生じるため、車両を5m程、前後に移動させてから測定を行っていた。



図1 従来測定方法

これらの測定や調整は、ラリー競技に於いて高精度で迅速な作業が要求されるため、毎年、トレーニングに非常に多くの時間を費やしている。しかし実際は、測定値の信頼性不足や、調整作業の長時間化によるサービス規定時間の超過が幾度も起こり、有用性を欠くものであった。

したがって、今後のラリーサービスに於ける有用性の高い

測定の実現を目的に、まず、前述の測定方法（以下、従来測定方法と表記）の実態を調査したところ、測定精度低下の要因を発見することが出来、その改善策を構築することで、測定精度が向上し、有用性の高い測定が実現した。更に、調整作業の効率化を図るデータ調査も行ったので、ここに報告する。

2. 従来測定方法の実態調査

2.1. 従来測定方法での基準値に対する学生測定値の人数割合

従来測定方法の実態を調査するために、調査車両前軸のトー基準値を1回目は0mmに設定し、測定者には、先入観による測定値の誤読を防止するために、基準値を伏せたままで測定させた。その後、トー基準値を2回目はアウト6mm、3回目はイン6mmと変更し、同様の測定を行わせ、基準値に対する測定値の差を調査した。

調査対象学生は、ラリー参戦希望学生の必須授業科目である「基礎ラリー」を受講した学生11人とし、調査車両は、競技用車両である表1の諸元を有する図2の車両を使用、装着タイヤは、本戦で使用しているダート走行専用タイヤとした。

表1 車両諸元

車名	スバル
型式	CBA-GRB
空車時前軸荷重	8,630N
空車時後軸荷重	5,884N
全長/全幅/全高	4,415 mm/1,795 mm/1,475 mm
トレッド(前/後)	1,530mm/1540mm
ステアリング機構	ラックピニオン型
サスペンション(前)	ストラット式独立懸架
サスペンション(後)	ダブルウィッシュボーン式独立懸架
タイヤサイズ	205/65R15
ホイールサイズ	15 × 7.0J



図2 調査車両

図3は、従来測定方法での基準値に対する学生測定値の人数割合を示す。

測定値と基準値との差が、3回測定した平均値で±1mm以内とほぼ正確に測定出来た学生は、21.2%であった。

このことから、従来測定方法の精度は低く、有用的ではなかったと言える。

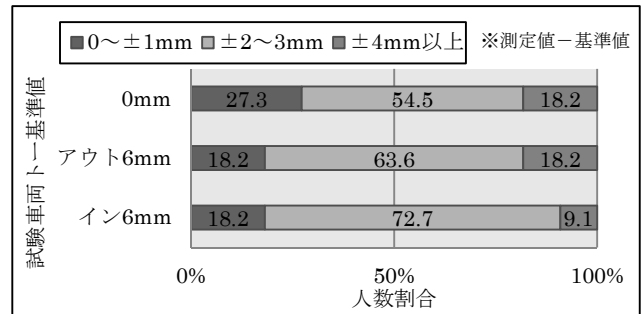


図3 従来測定方法での基準値に対する学生測定値の人数割合

2.2. 張力とコンベックス弛み量及びタイヤゴム変形量の関係

次に、測定精度低下の要因を調査するために、測定値が基準値と一致しなかった学生に、再度測定を行わせ、その作業要領を観察したところ、コンベックスを弛ませた状態での測定や、L字型アングルでタイヤのサイドウォール部を変形させた状態での測定が確認出来た。これらの要因は、コンベックスの張り状態を保持しておく両手の力加減、即ち、コンベックスに作用する張力の違いと推測される。

よって、コンベックスに作用する張力が測定値に及ぼす影響の範囲を調べるために、張力とコンベックス弛み量及びタイヤゴム変形量の関係を調査した。

一般的なコンベックスのテープ部は、スチール製であるため、短い間隔の測定の場合は、弛みが発生することなく測定することが出来るが、図4のように、水平方向に浮いた状態で左右のタイヤ間距離を測定する場合には、テープ部の自重の影響で下方に弛みを発生させ易いことが確認出来た。



図4 コンベックスの弛み
(左：弛み有り、右：弛み無し)

また、従来測定方法では、L字型アングルの一边をタイヤのサイドウォール部に接触させて測定しているが、その接触箇所は、サイドウォール部の損傷を防止するために施されたダート走行専用タイヤ特有のサイドプロテクトリブであった。そのため、コンベックスの張力の過大によって、図5のように、リブ凸部を変形させながら測定していたことも確認出来た。

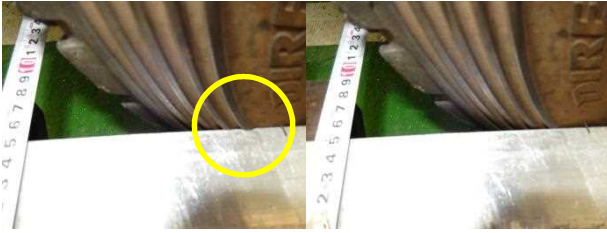


図5 サイドプロテクトリブ凸部の変形
(左：変形有り，右：変形無し)

よって、張力によるコンベックス弛み量を調べるための調査方法は、左右のタイヤ外側に設置したL字型アングルの距離を基準値とした上で、図6のようにコンベックスに取り付けたばね秤を0Nから段階的に増加させ、基準値に到達した状態を弛み無しとし、そこまでの移動量をコンベックスの弛み量として測定することとした。尚、調査対象としたコンベックスは、事前調査の際に使用した物2個と、比較を行うために同タイプの物2個の合計4個とし、平均値を調査結果とした。



図6 張力によるコンベックス弛み量調査

また、張力によるタイヤゴム変形量を調べるための調査方法は、図7のように、変形するタイヤ側のL字型アングル側面にダイヤルゲージ測定子を接触させ、前後のコンベックスの弛みが解消される最小限の力で引いた状態から、コンベックスに取り付けたばね秤の指示値を確認しながら、片側のみを段階的に引いていき、その際のL字型アングルの移動量をタイヤゴムの変形量として測定することとした。尚、調査は、前側のみを引いた場合と後側のみを引いた場合の2種類を、それぞれ5回行い、平均値を調査結果とした。



図7 張力によるタイヤゴム変形量調査

図8は、張力によるコンベックス弛み量を示す。

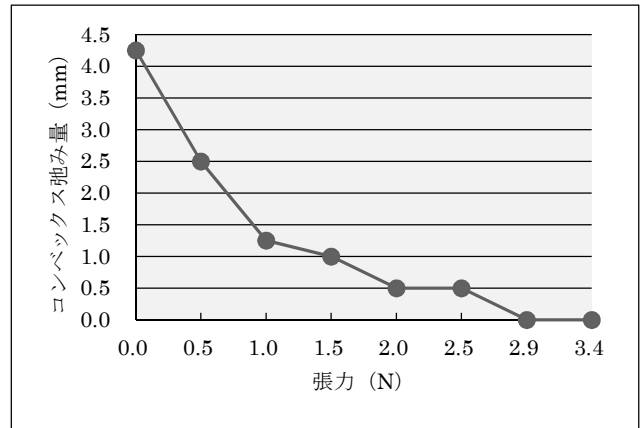


図8 張力によるコンベックス弛み量

張力によるコンベックスの弛み量は、張力0Nの時には4.3mmで、張力を加えることで徐々に弛みは無くなり、張力2.9Nになると基準値との差が0mmとなり、弛みは解消されることが確認された。

図9は、張力によるタイヤゴム変形量を示す。

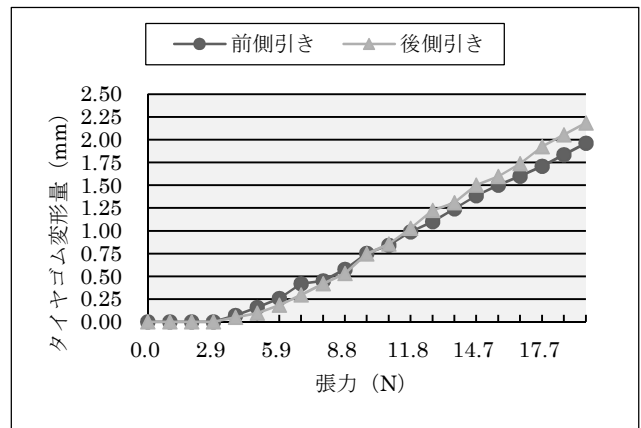


図9 張力によるタイヤゴム変形量

張力によるタイヤゴムの変形量は、張力2.9Nまでは変形量0mmであるが、2.9Nを超えると変形が発生し始め、張力が19.6Nまで増加すると最大で2.18mmゴムが変形することがわかった。

以上、2項目の調査結果から、張力2.9Nの場合は、コンベックスの弛みもタイヤゴムの変形も発生しないため、測定値に影響を与えないが、その張力を上回る場合も下回る場合も、測定値に影響を与えることがわかった。

3. 従来測定方法の改善と効率化

実態調査の結果から、従来測定方法の測定精度低下の要因が、コンベックスに作用する張力にあるので、その改善策として、測定値が張力に影響されない測定方法を構築し、以下の検

証を行った。

- ・張力に影響されない測定方法による学生の測定精度

また、トー調整作業及び調整作業後の確認測定 of 効率化を図るために、更に2項目の調査も行った。

- ・部品調整量とトー変化量の関係
- ・車両移動量とトレッド変化量の関係

3.1. 張力に影響されない測定方法による学生の測定精度

測定値が、張力に影響されないトー測定を行うためには、自重による弛みが発生しない測定器具を使用し、尚且つ、測定値に影響を及ぼす様な張力による変形が発生しない箇所での測定が必要と考えられる。

よって、図10に示す弛みの発生しないL字型アングル上の貼り付け式メジャーを使用し、測定中変形が発生しないホイールのリム部を測定箇所とした測定作業(以下、新測定方法と表記)を、先の調査と同じ条件で学生に行わせ、基準値に対する測定値の差を調査し、精度を検証した。



図10 新測定方法

3.2. 部品調整量とトー変化量の関係

調査車両のトー調整作業は、前軸はラックエンドで行い、後軸は偏心カム状になったアジャスティングボルトで行う。整備要領書^②には調整方向は記載されているが、部品調整量に対するトー変化量は、前軸に関して記載は無く、後軸に関して記載はあるものの、調査車両である競技用車両の変化量は、未舗装路を走行するためにサスペンションのブッシュを強化ゴムに変更してあるため、一致しなかった。そのため、ラリーサービスでの学生の調整作業は、経験と勘に頼った作業となり、多くの時間が必要となっていた。

そこで、表2の諸元を有するホイールアライメントテスタと表3の諸元を有するデジタルアングルテスタを使用して、図11のように前軸及び後軸の調整部品の調整量に対するトーの変化量を測定し、相関関係を調査した。加えて、新測定方法での数値も合わせて測定することで、その有用性の検証も行った。

なお、それぞれの回転角度は、調査結果が現場でのラリーサービスの効率化に寄与出来るよう、ラックエンドが六角形状であるため、目分量での角度管理が容易となる30°毎とし、アジャスティングボルトは刻印された目盛りの5°毎とした。調査は前後軸共に、調整部品を左右同量回転させ、トーインか

らトーアウトに調整した場合とトーアウトからトーインに調整した場合の2種類を行い、それぞれを5回繰り返し、平均値を調査結果とした。

表2 ホイールアライメントテスタ諸元

メーカー名	HOFMANN
型式	GL-680
対応リム径	10~19インチ
ターンテーブル耐荷重	7845.32N
最小表示(トー)	0.1mm
測定方法	赤外線/CCDによるホイールの角度を画像解析

表3 デジタルアングルテスタ諸元

メーカー名	ムラテック KDS
型式	DAS-F51
測定範囲	180° × 2方向
最小表示	0.1°
測定精度	±0.2°



図11 部品調整量に対するトー変化量調査

3.3. 車両移動量とトレッド変化量の関係

ラリーサービスでのトー調整作業は、サービス時間が制限されているため、タイヤ交換等の作業と並行して行う必要がある。そのため、車両がジャッキアップされた状態で作業を行うので、サスペンションが下側に伸長し、トレッドが狭くなり、ジャッキダウンされただけではトレッドは作業前の状態には復元しない。

よって、調整作業後のトー数値確認は、車両をジャッキダウンさせた後、車両を前後に移動させる必要があるが、適切な移動量に関しては、これまで未調査であった。

そこで、調整作業後の適切な車両移動量を調査するために、トレッドを測定した調査車両を、コンクリート舗装された路面上で、ジャッキアップとジャッキダウンを行い、任意位置まで後退させた後、再び、元の位置まで前進させた時のトレッド変化量を調べることにした。

車両移動量となる任意位置は、調査結果が現場でのラリーサービスの効率化に寄与出来るよう、目分量での角度管理が容易となるタイヤ回転角度90°(車両移動量0.49m)毎とし、トレッド変化量が0mmになるまで角度を増加させた。また、調査前に予め車両を20m以上前後移動させ、前回のジャッキアップの影響を排除後、調査を行うことにした。

なお、調査は車両移動量0°のトレッド変化量から、変化量が0mmになるまでの移動量を1回の調査とし、前軸と後軸をそれぞれ5回行い、平均値を調査結果とした。

4. 調査結果

4.1. 張力に影響されない測定方法による学生の測定精度

図12は、新測定方法での基準値に対する学生測定値の人数割合を示す。

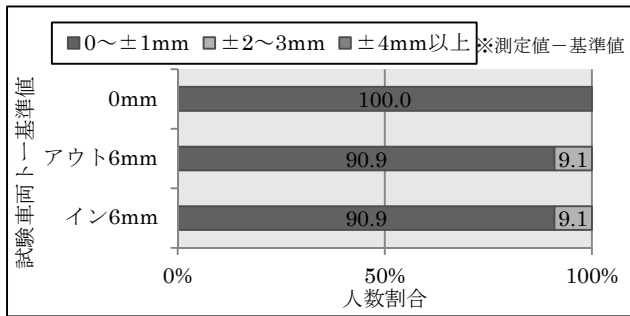


図12 新測定方法での基準値に対する学生測定値の人数割合

新測定方法での学生測定値の精度は、基準値に対し測定値が±1mm以内の誤差で測定した学生が、1回目では100%、2回目3回目では90.9%となり、平均では93.9%であった。±2から3mmの誤差で測定した学生は6.1%、±4mm以上の誤差の学生は0%となり、従来測定方法と比較して大幅に精度が向上した。

4.2. 部品調整量とトー変化量の関係

図13は、ラックエンド回転角度と前軸のトー変化量を示す。

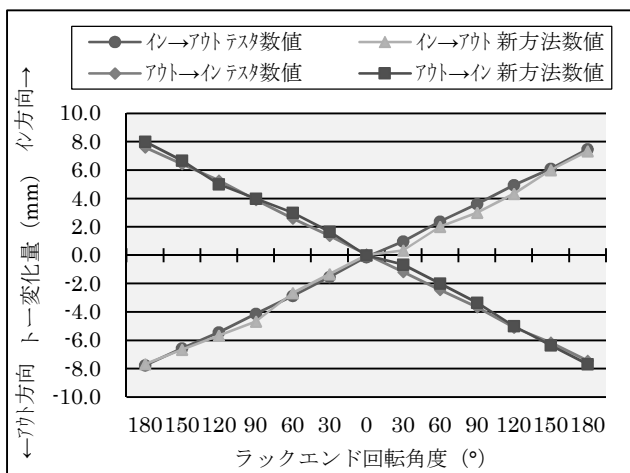


図13 ラックエンド回転角度と前軸のトー変化量

前軸のトー変化量は、左右のラックエンドをトーイン方向若しくはトーアウト方向に回転角度30°毎に約1.3mm増減する線形性がみられ、それぞれ回転角度を180°まで増加させる

とトーインは7.5mm、トーアウトは7.6mmまで変化することがわかった。

また、新測定方法での測定値と、ホイールアライメントテスタでの測定値との差は、最小で0.1mm最大で0.6mmとなり、全ての測定箇所1mm未満と良く一致している。

図14は、アジャスティングボルト回転角度と後軸のトー変化量を示す。

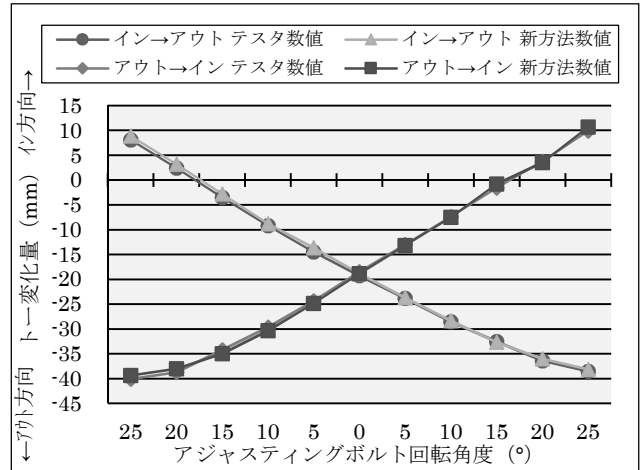


図14 アジャスティングボルト回転角度と後軸のトー変化量

後軸のトー変化量は、最大でトーイン9.9mm、トーアウト40.1mmまで変化するが、線形性がみられるのは、トー0mmから±10mm付近であり、左右のアジャスティングボルトがトーイン方向若しくはトーアウト方向に回転角度5°毎で約5.7mm増減することがわかった。

また、新測定方法での測定値と、ホイールアライメントテスタでの測定値との差が、最小で0.1mm最大で0.8mmとなり、前軸での場合と同様に、全ての測定箇所1mm未満と良く一致している。

4.3. 車両移動量とトレッド変化量の関係

図15は、車両移動量とトレッド変化量を示す。

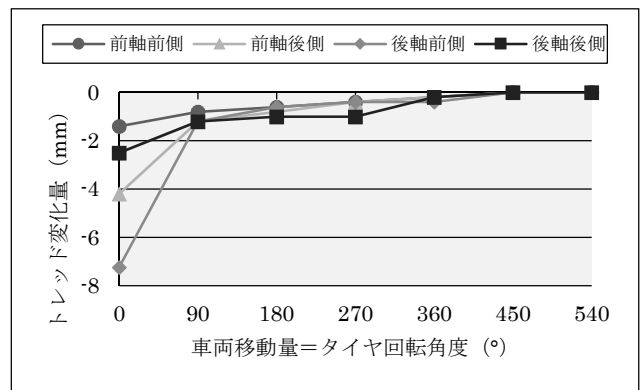


図15 車両移動量とトレッド変化量

前軸のトレッド変化量は、ジャッキダウン直後は前側-1.4mm, 後側-4.2mm となり、トーアウト方向に変化しているが、タイヤ回転角度、即ち、車両移動量が増加するに従い、徐々にトレッド変化量は減少し、45° まで後退させた後、元の位置まで前進させることでジャッキアップ前のトレッドに復元することがわかった。

また、後軸のトレッド変化量は、ジャッキダウン直後は前側-7.25mm, 後側-2.5mm となり、トーイン方向に変化しているが、前軸と同様に、タイヤ回転角度 45° でトレッドが復元することがわかった。

タイヤ回転角度 45° とは、車両が凡そ 2.5m 移動することを意味している。この数値は、これまでの実戦での実績より短い距離を示している。

5. ま と め

本研究により、以下のことがわかった。

- (1) 従来測定方法によるトー測定作業は、測定器具のコンベックスを水平方向に浮いた状態で使用しているため、自重による弛みを解消するための張力を必要とする。また、測定箇所がタイヤのサイドウォール部であるため、測定者の左右のコンベックスへの張力の掛け方によって、測定中コンベックスの弛みやタイヤの変形が発生し、測定精度が低下していることがわかった。
- (2) 新測定方法によるトー測定作業は、測定器具に弛みの発生しないL字型アングル上の貼り付け式メジャーを使用し、測定箇所が変形の発生しないホイールのリム部であるため、測定作業中に張力を加える必要がなくなり、測定者の個人差を排除出来、測定精度が大幅に向上することがわかった。
- (3) 部品調整量に対するトー変化量は、前軸は左右のラックエンド回転角度 30° につき約 1.3mm, 後軸はトー0mm 付近に於いて左右のアジャスティングボルト回転角度 5° につき約 5.7mm 変化することがわかった。これらの数値を元に、学生のラリーサービスに於ける調整作業の効率化が図れる。また、新測定方法によるトー測定値は、ホイールアライメントテストのトー測定値との差が 1mm 未満であるため、近似値ではあるがラリーサービスに於いては、トー数値として扱っても問題は無いことがわかった。
- (4) 車両移動量に対するトレッド変化量は、コンクリート舗装された路面であれば、ジャッキダウンされた車両を、前後軸共にタイヤ回転角度 45° , 即ちタイヤ1と1/4回転後退させた後、元の位置まで前進させることで、ジャッキアップ前のトレッド状態に復元することがわかった。従って、ラリーサービスでは車両の適確な移動が行え、上記(3)と併せ、調整作業時間の短縮が図れる。

6. あ と が き

ラリーサービス及びサービストレーニングの改善と効率化を図るには、測定精度の低い従来測定方法を廃止し、新測定方法や効率化データを採用したトレーニングが求められる。実際、学生に新測定方法と効率化データを使用した測定及び調整までを行わせたと、従来測定方法と比較してセッティングに若干時間を要するので、更なる改良とトレーニングが必要と考えるが、その後の測定及び調整作業に於いて、従来は前軸及び後軸に、それぞれ 20 分以上の時間を要していたが、前軸で 15 分程度、後軸では 14 分程度で作業を完了することが出来、測定精度も高いものであったので、改善と効率化に一定の効果が得られたと考える。

しかしながら、トー調整の際は、直進安定性を確保するために、四輪のバランスを考慮した前後左右それぞれの調整が必要となるが、現状の装置では未対応のため、今後、更なる研究改良を行う予定である。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、財団法人東京自動車技術普及協会より研究助成を頂いたことをここに記して感謝の意を表します。併せて、本研究に御協力頂きました本学教職員、専攻科学生及び自動車工学科学生にも、感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) (一社)日本自動車整備振興会連合会 編：三級自動車シャシ, (一社)日本自動車整備振興会連合会, 2010, p118-120
- (2) 富士重工業(株) 編：インプレッサ STI CBA-GRB 整備要領書