

# 大型車用ホイール・ボルトの締め付けトルクと軸力の関係に及ぼす潤滑状態の影響（ISO規格の特性とJIS規格との比較）\*

巨藤 誠<sup>1)</sup> 甲村 一貴<sup>2)</sup> 服部 幸廣<sup>3)</sup>

Inference of Lubrication Condition on the Relationship between Tightening Torque and Axial Force of Wheel Bolts for Heavy Vehicles  
(Comparison of Characteristics between ISO and JIS Standards)

Makoto Koto Koumura Kazuki Yukihiro Hattori

In case of tightening of aluminum alloy double wheels for heavy vehicles under no lubrication, the axial force of JIS standards was extremely less than that of ISO standards. Under the same condition, the fluctuation of the axial force of ISO standards was greater than that of JIS standards. Under lubrication using molybdenum disulfide grease, the values of both JIS and ISO standards were less than that under the suitable engine oil lubrication.

**KEY WORDS:** Safety, Body structure, Accident investigation and analysis, wrong, assembling, Lubrication(C1)

## 1. 研究の背景と目的

図1に示すように、車両総重量8トン以上の自動車または乗車定員30人以上の自動車(以下、大型車)であって、車輪を取り付けるホイール・ボルトの折損またはホイール・ナットの脱落による大型車の車輪脱落事故件数は、国土交通省による報道発表資料<sup>(1)</sup>では、令和元年度に112件発生しており過去最多である。112件の内訳は、105件がISO規格のホイールで、7件がJIS規格である。(公社)全日本トラック協会、(一社)日本自動車タイヤ協会、全国タイヤ商工協同組合連合会などの関係団体は、国土交通省と共に車輪脱落事故防止対策の周知徹底を図っているが脱落事故は増大している。また、研究代表者らが国土交通省に対して行った行政文書開示請求により入手した過去7年間の脱落事故に関する資料から、脱落するホイールのほとんどがISO規格後軸の左側であることが分かっているが原因は不明である。

車輪脱落事故の原因の多くはホイール脱着時の不適切な整備作業にある。具体的にはホイール締め付け時のトルク管理を怠り、締め付けトルクが過少あるいは過大な場合や、取り付け用のホイール・ボルトと締め付け用のホイール・ナットの潤滑忘れや不適切な潤滑剤を使用した場合、また、ホイールに適合しないホイール・ボルトとホイール・ナットを使用した場合(誤組)などである。これらの整備不良によりホイール・ボルトに生じる軸力が過少あるいは過大となり、ホイール・ナットの緩み、ホイール・ボルトの折損や脱落などにより走行中に車輪が脱落する。

\*2021年9月13日受理,第53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)・3) 愛知工科大学自動車短期大学  
(443-0047 愛知県蒲郡市西迫町馬乗 50-2)

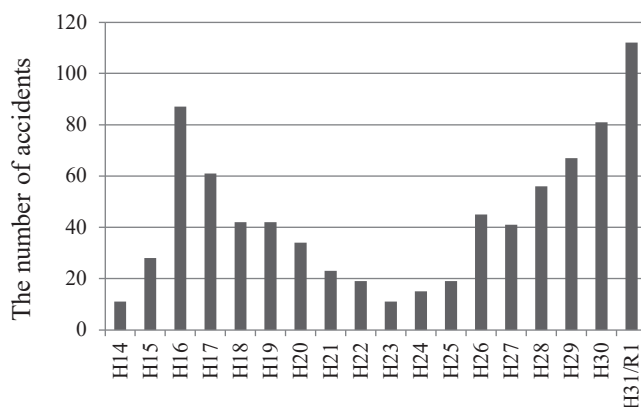


Fig.1 The number of tire coming-off accidents of heavy vehicles

本学では大型車の点検整備教育を取り入れているため、ホイール脱着を伴う誤った整備作業により起こる事故の危険性や車輪脱落防止を強く意識させる教育が必要である。また、これまでの関連する研究活動として、車輪脱落原因の一つであるホイール・ボルトおよびホイール・ナットの潤滑方法の影響について、JIS規格およびISO規格の後軸二輪車用に使用されているスチール・ホイール、ホイール・ボルト、ホイール・ナットを異なる潤滑条件下で組み付け、ホイール・ボルトの締め付けトルクと軸力の関係を明らかにしている<sup>(2),(3)</sup>。また、JIS規格のアルミホイール用ホイール・ボルトとホイール・ナットを用いてJIS規格のスチール・ホイールを組み付けてしまう場合(誤組)についても、異なる潤滑条件下での締め付けトルクと軸力の関係を明らかにしている<sup>(4)</sup>。本研究では、後軸二輪車用のISO規格およびJIS規格それぞれのアルミホイールについて、異なる潤滑条件下での締め付けトルクと軸力の関係を調査し、規格による特性の相違を定量的に明らかにする。

## 2. 実験装置

図2に固定台の上で組み付けた JIS 規格および ISO 規格のインナ・ホイールおよびアウト・ホイールの外観を示す（ハブおよびブレーキ・ドラムはインナ・ホイール内側に隠れており見えない）．図3に油圧レンチ（日本プララド社製）を用いて JIS 規格および ISO 規格のホイール・ナットを締め付けている様子を示す．この油圧レンチで段階的に規定トルクまで締め付ける．図4に旋盤で平面加工を施した JIS 規格および ISO 規格のホイール・ボルトの端面に、締め付け時の伸びを測定するために取り付けられた超音波センサ（日本プララド社製）を示す．なお、測定に用いる JIS 規格、ISO 規格のホイール・ボルト、ホイール・ナットは全て新品とした．

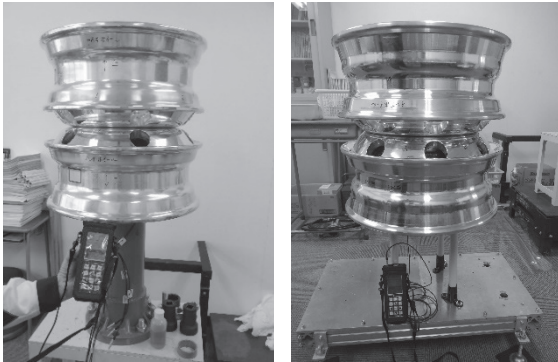


Fig.2 Experimental apparatus  
(JIS : left hand side, ISO : right hand side)

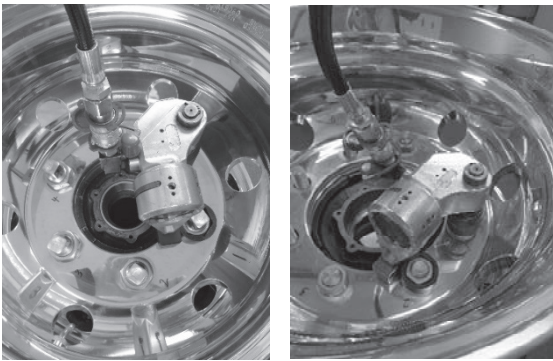


Fig.3 Tightening operation of a nut by oil pressure wrench  
(JIS : left hand side, ISO : right hand side)

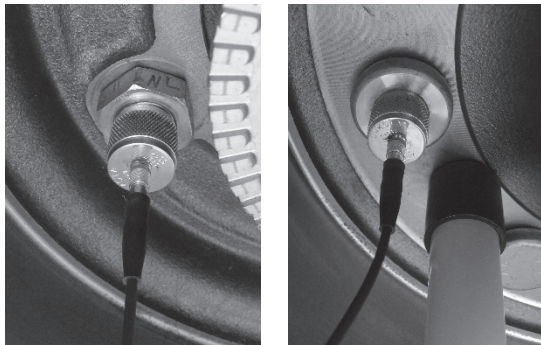


Fig.4 Supersonic sensor on the end of wheel bolt  
(JIS : left hand side, ISO : right hand side)

## 3. ホイール・ボルトの荷重と伸びの関係

超音波センサで計測したホイール・ボルトの伸びから締め付け時のホイール・ボルトに生じる軸力を求めるため静的引張試験を行い、得られた荷重と伸びの関係から見かけのばね定数を求めておく．本来、試験片の断面積が一定であれば、ばね定数はその長さに依存しないが、ホイール・ボルト首下の断面形状（横断面積）は長さ方向に一定ではなく、ばね定数が試験片の長さに依存してしまう．そこで、引張試験機で荷重を掛けるボルトの首下長さを、インナ・ホイールおよびアウト・ホイールを締め付けるときに荷重が働くボルトの首下長さと同様とし、より正確な引張荷重と伸びの関係を求めた．得られた結果を一次式で回帰した直線で図5に示す．直線の勾配である JIS 規格および ISO 規格それぞれのホイール・ボルトの見かけのばね定数は  $0.90 \times 10^3 \text{ kN/mm}$ 、 $1.0 \times 10^3 \text{ kN/mm}$  となった．ISO 規格の値が大きい主な原因は外径が大きいためである．

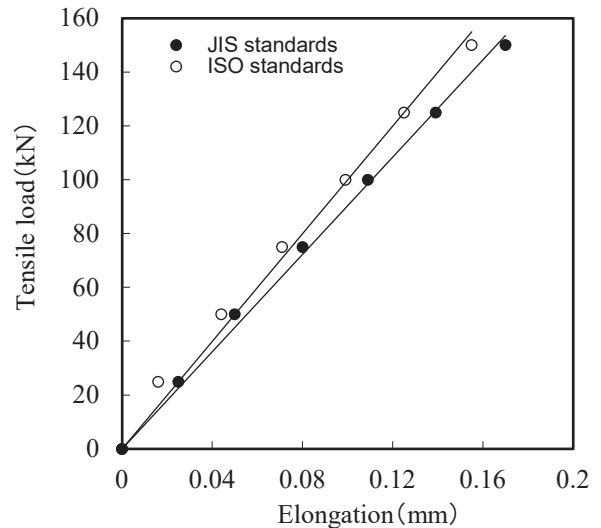


Fig.5 Relationship between load and elongation

## 4. 測定方法

JIS 規格のホイール・ボルト 6 本は、時計回りに No. 1 から No. 6 とし、伸びを測定するホイール・ボルトは奇数番号の 3 本とした．インナ・ホイールをインナ・ナットで段階的に規定トルク  $400 \text{ Nm}$  まで約  $100 \text{ Nm}$  ごとに締め付けながらホイール・ボルトの伸びを測定し、同様にアウト・ホイールをアウト・ナットで段階的に規定トルク  $400 \text{ Nm}$  まで約  $100 \text{ Nm}$  ごとに締め付けながらホイール・ボルトの伸びの測定を行った．ISO 規格のホイール・ボルト 8 本も、時計回りに No. 1 から No. 8 とし、伸びを測定するホイール・ボルトは奇数番号の 4 本とした．インナ・ホイール、アウト・ホイールをホイール・ナットで段階的に規定トルク  $550 \text{ Nm}$  まで約  $100 \text{ Nm}$  ごとに締め付けながらホイール・ボルトの伸びを測定した．JIS 規格および ISO 規格ともに、ホイール・ナットの締め付け順序は毎回同一とし、潤滑条件は、正規の潤滑である「エンジン・オイル潤滑」、潤

滑忘れを想定した「無潤滑」、使用が禁止されている「二硫化モリブデン入りグリース潤滑」とした。また、同じ潤滑条件で測定を1回行うごとに分解・清掃・脱脂を行い、繰り返し3回測定した。そして、異なる潤滑条件でも同様の手順で測定した。

### 5. 実験結果と考察

JIS規格のエンジン・オイル潤滑、無潤滑、モリブデン潤滑における締め付けトルクと軸力の関係を図6～図8に示す。いずれの図中の実線も規定トルクまで順次締め付け、測定したホイール・ボルトの伸びから求めた軸力の平均値と締め付けトルクの関係を1次式で回帰した直線である。ホイール・ボルトに発生する軸力は、いずれの潤滑条件下においてもインナ・ナット、アウト・ナットの締め付けトルクの増大とともに増加するが、潤滑条件の影響により得られる軸力に差が生じた。正規の潤滑方法であるエンジン・オイル潤滑の場合、約150kNの軸力が得られたが、無潤滑の場合、約60kNまで大きく減少した。これは、締め付け時にインナおよびアウトのホイール・ナットの球面座が、接触するインナおよびアウト・ホイールの球面座と摩擦係数が非常に大きな無潤滑状態で摺動するので、摺動部に非常に大きな摩擦力が生じたためである。また、二硫化モリブデン入りグリース潤滑の場合、約120kNとなり、エンジン・オイル潤滑より若干減少した。これは、締め付け時にねじ部および球面座の各接触部で二硫化モリブデン入りグリースの粘性によるせん断応力が增大したためであると考えられる。

ISO規格のエンジン・オイル潤滑、無潤滑、モリブデン潤滑における締め付けトルクと軸力の関係を図9～図11に示す。いずれの図中の実線も軸力の平均値と締め付けトルクの関係を1次式で回帰した直線である。正規の潤滑方法であるエンジン・オイル潤滑の場合、約200kNの軸力が得られたが、無潤滑の場合、約150kNに減少した。これは、JIS規格のナット球面座とホイールの球面座の摺動と異なり、ISO規格のホイール・ナットと平座金の摺動が滑らかであるため、無潤滑であっても大きな軸力の減少が生じなかったと考えられる。しかし、JIS規格と異なり、軸力のばらつきが非常に大きい。これは、締め付け時のホイール・ナットと平座金の摺動に伴う摩擦力の変動が大きいことを示唆しているが、現在のところ原因は不明である。また、二硫化モリブデン入りグリース潤滑の場合、無潤滑と同様の約150kNに減少したが、軸力のばらつきは非常に小さくなった。軸力の低下は、JIS規格での結果と同様、各摺動部で二硫化モリブデン入りグリースの粘性によるせん断応力が增大したためであると考えられるが、ばらつきが小さくなった原因は、無潤滑の場合にばらつきが大きくなった原因とともに不明である。軸力に影響を与えるねじ面や座面の摩擦力は、潤滑状態以外に、材質、めっきの種類などの表面性状の影響を大きく受ける<sup>(5)</sup>ため、今後、これらについて、JIS規格とISO規格の相違を把握して調査を進めて行く。

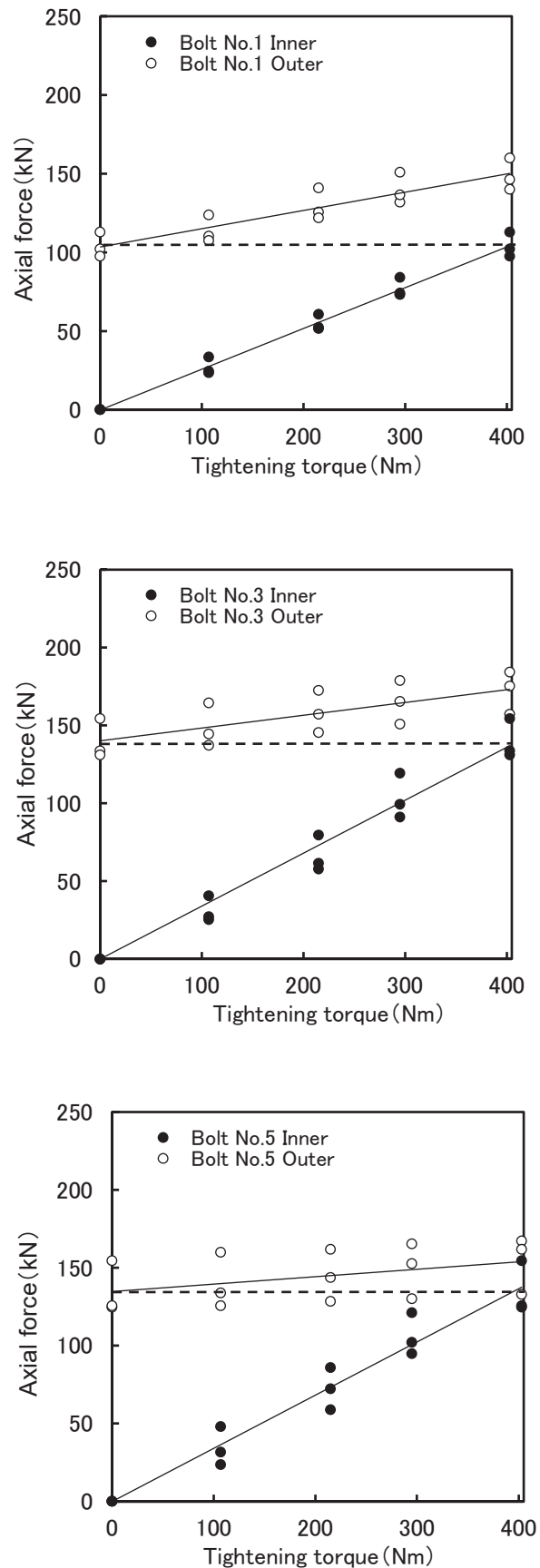


Fig. 6 Relationship between tightening torque and axial force (JIS, engine oil lubrication)

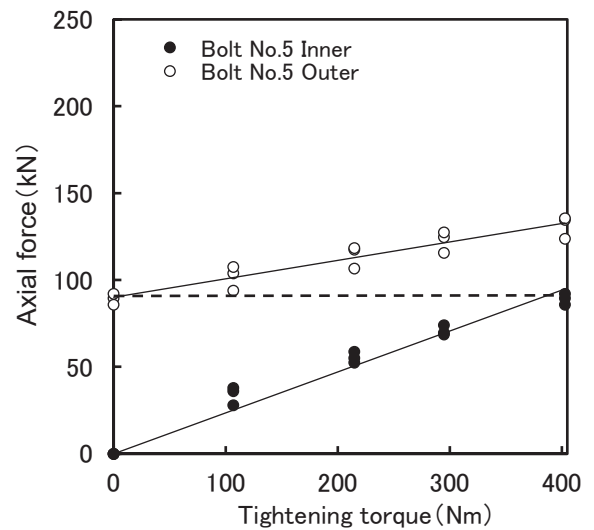
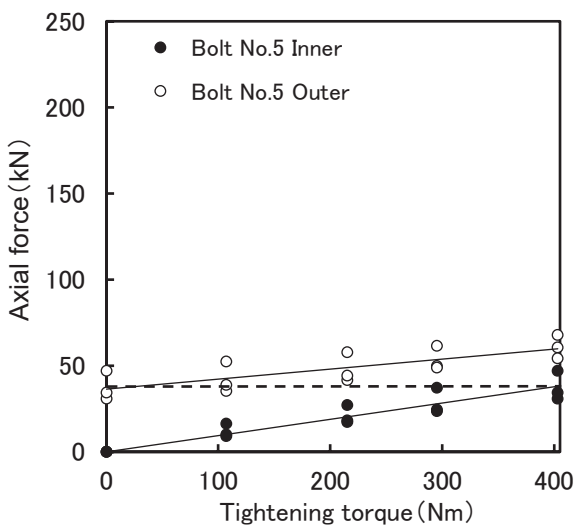
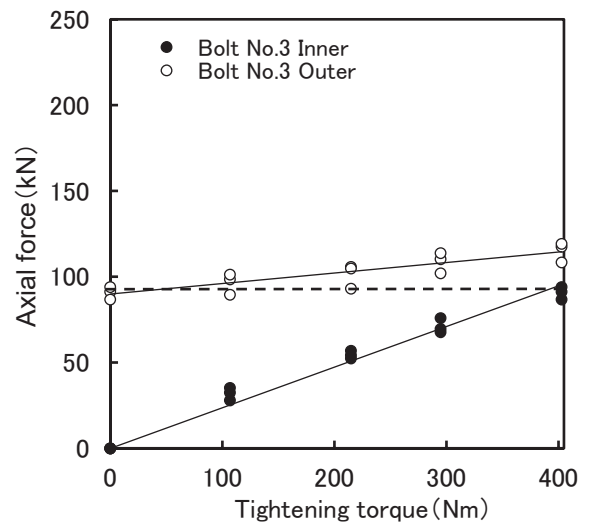
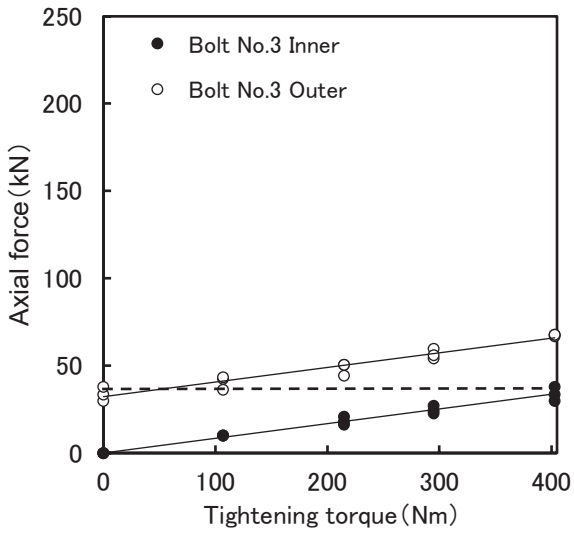
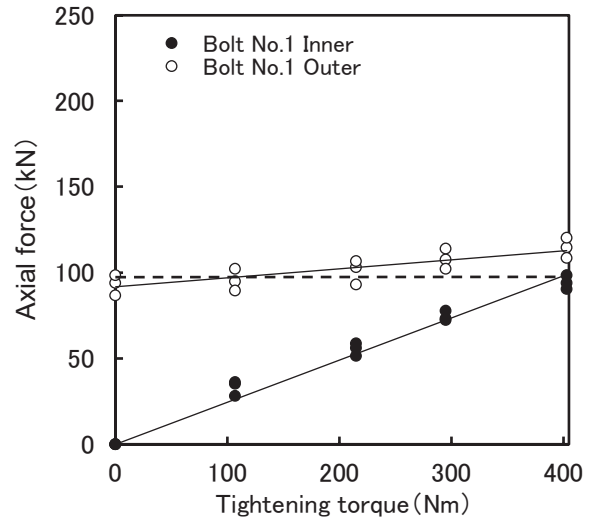
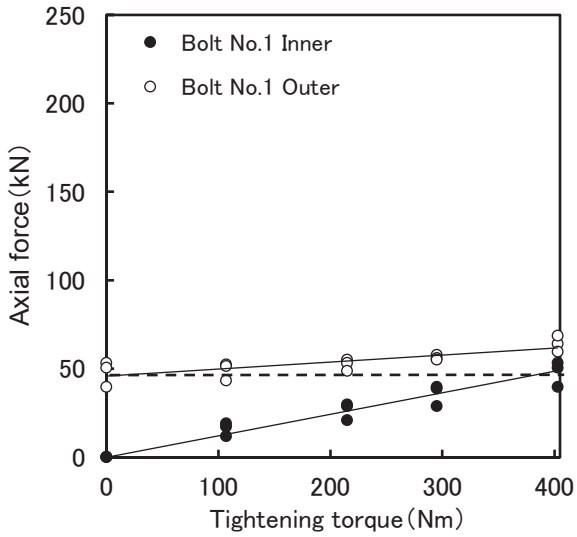


Fig. 7 Relationship between tightening torque and axial force (JIS, no lubrication)

Fig. 8 Relationship between tightening torque and axial force (JIS, molybdenum disulfide grease lubrication)

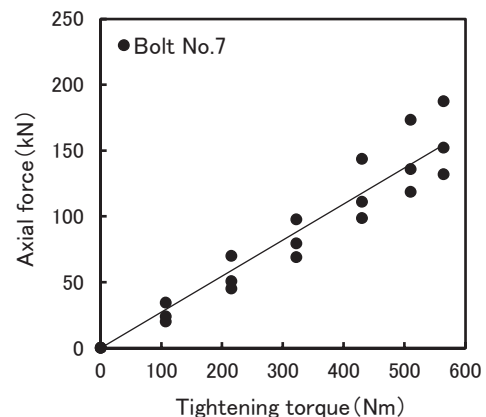
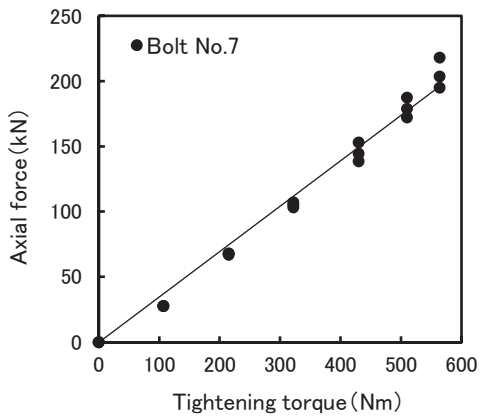
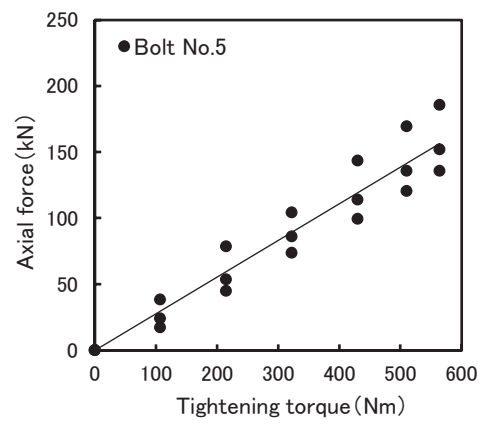
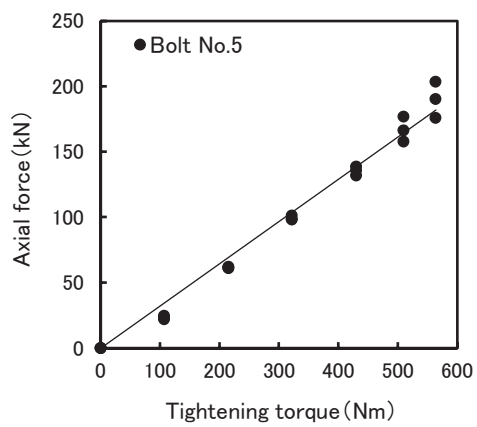
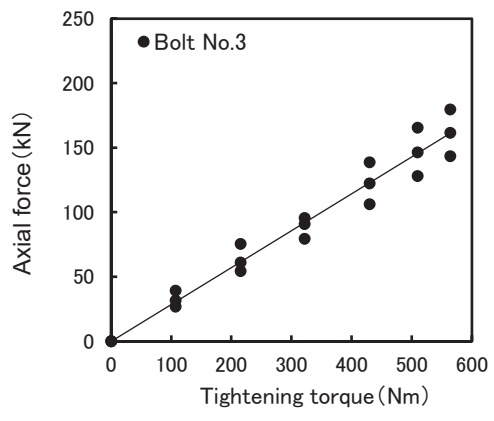
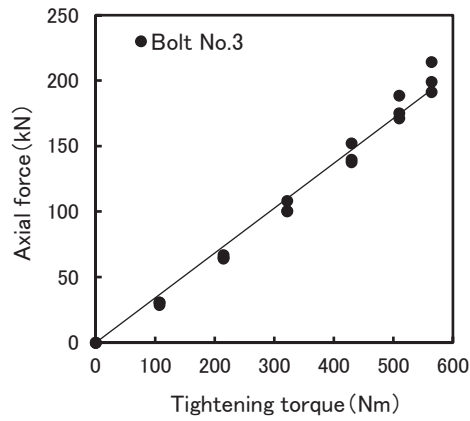
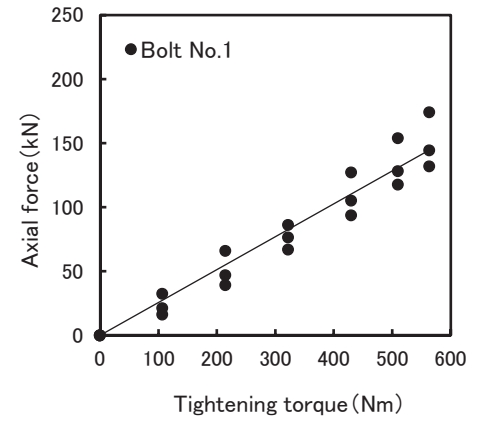
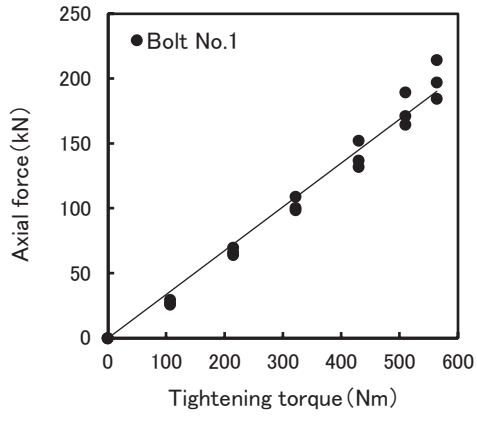


Fig. 9 Relationship between tightening torque and axial force (ISO, engine oil lubrication)

Fig. 10 Relationship between tightening torque and axial force (ISO, no lubrication)

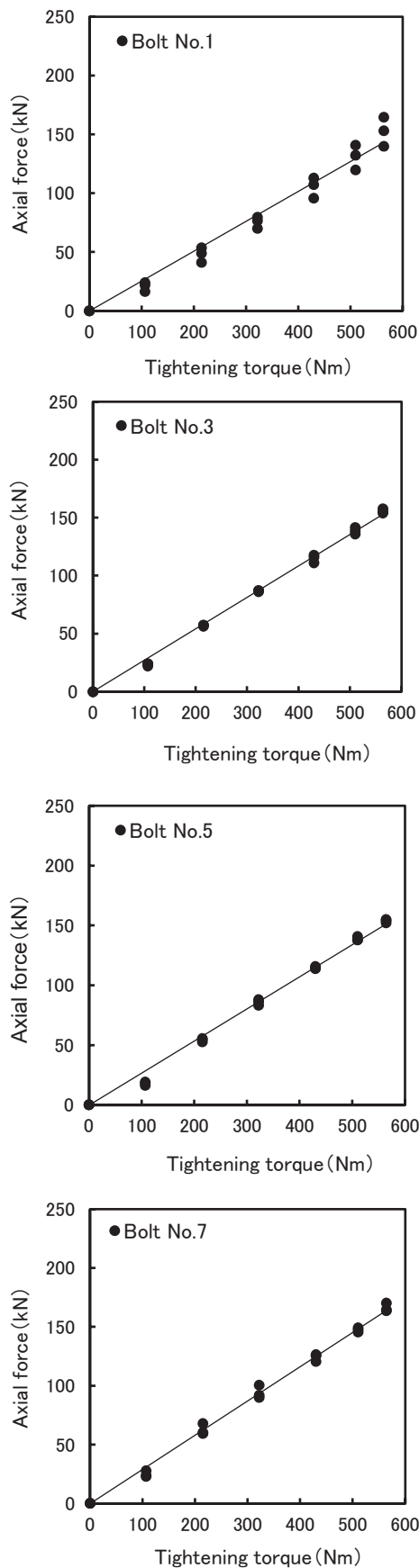


Fig. 11 Relationship between tightening torque and axial force (ISO, molybdenum disulfide grease lubrication)

## 5. 結 言

JIS 規格および ISO 規格の大型車用アルミホイールを、正規のエンジン・オイル潤滑で締め付けたときに生じる軸力と比較考察して、以下のような知見を得た。

- (1) 無潤滑で締め付けた場合、ISO 規格より JIS 規格の方が軸力は大きく低下する。
- (2) 無潤滑で締め付けた場合、JIS 規格より ISO 規格の方が軸力のばらつきが大きくなる。
- (3) 二硫化モリブデン入りグリース潤滑で締め付けた場合、JIS 規格、ISO 規格とも軸力が低下する。

## 謝 辞

本研究遂行にあたり、一般財団法人東京自動車技術普及協会より助成金を賜りましたことをここに記して謝意を表します。併せて本研究に御協力頂きました本学ものづくり工作センターの方々に深く感謝致します。

## 参 考 文 献

- (1) 国土交通省ホームページ, [https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha09\\_hh\\_000261.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha09_hh_000261.html)
- (2) Yukihiro, H., Kazuki, K. and Makoto, K. : An Influence of Lubricating Condition on the Relationship between Tightening Torque and Axial Force of the Wheel Bolts for Large Vehicles (The Property in case of Using Lubricant Containing Molybdenum Disulfide), 自動車整備技術に関する研究報告誌, Vol.48, p.42-46 (2019.10)
- (3) Yukihiro, H., Kazuki, K. and Makoto, K. : Influence of Lubricating Condition on the Relationship between Tightening Torque and Axial Force of the Wheel Bolts for ISO Steel Wheel, Bulletin of Aichi University of Technology, Vol.18, p.27-33(2021.3)
- (4) Kazuki, K., Makoto, K. and Yukihiro, H. : Relationship between the tightening torque and the bolt axial force under wrong assembling of wheels for large vehicles (Characteristics of axial force of wheel bolts in case of that steel wheels were tightened with aluminum wheel use bolts), 自動車整備技術に関する研究報告誌, Vol.49, p.23-28(2020.10)
- (5) Shunichi Kometani : Threaded Fastening and Coefficient of Friction, YAMAHA MOTOR TECHNICAL REVIEW(2004.7)