

【公開版】

平成28年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「大型車両の車輪脱落事故を防止する
型式認定1軸締付機械(ナットランナ)の開発」

研究開発成果等報告書

平成29年 3月

担当局 近畿経済産業局

事業管理機関 近畿産業技術クラスター協同組合

研究機関 株式会社ユタニ

目次

第1章 研究開発の概要	3
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	3
日本自動車機械工具協会の規格の基準に合格して型式認定を取れる1軸締付機械(ナットランナ)を開発すること。.....	7
1-2 研究体制	8
1-3 成果概要	9
[1] 日本自動車機械工具協会の規格の基準に合格して型式認定を取れる1軸締付機械(ナットランナ)を開発すること。.....	9
[2] 軽量・小型で使いやすい1軸締付機械(ナットランナ)を開発すること。.....	10
1-4 当該研究開発の連絡窓口	10
第2章 本論	12
2-1 各事項の具体的内容	12
[1] 日本自動車機械工具協会の規格の基準に合格して型式認定を取れる1軸締付機械(ナットランナ)を開発すること。.....	12
[2] 軽量・小型で使いやすい1軸締付機械(ナットランナ)の開発を行う。.....	24
[3] 総合締付性能試験	35
第3章 全体総括	37
3-1 複数年の研究開発成果	37
3-2 研究開発後の課題・事業化展開	38

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

当社は圧縮空気を利用した産業用工具：エアツール(トルクコントロールレンチ・パルスレンチ・インパクトレンチ・ドライバ・グラインダ・ドリル・ハンマなど)、エアモータ、エアウィンチ、ナットランナ(図 3)及び、組立機械(図 1、図 2)のメーカーである。1918 年創業以来、自動車産業、農業機械産業、建設機械産業、コンクリート産業、鉄道車両産業、造船業など、あらゆる産業を支えるプロ用基幹ツールとしてお客様から高い評価をいただいている。

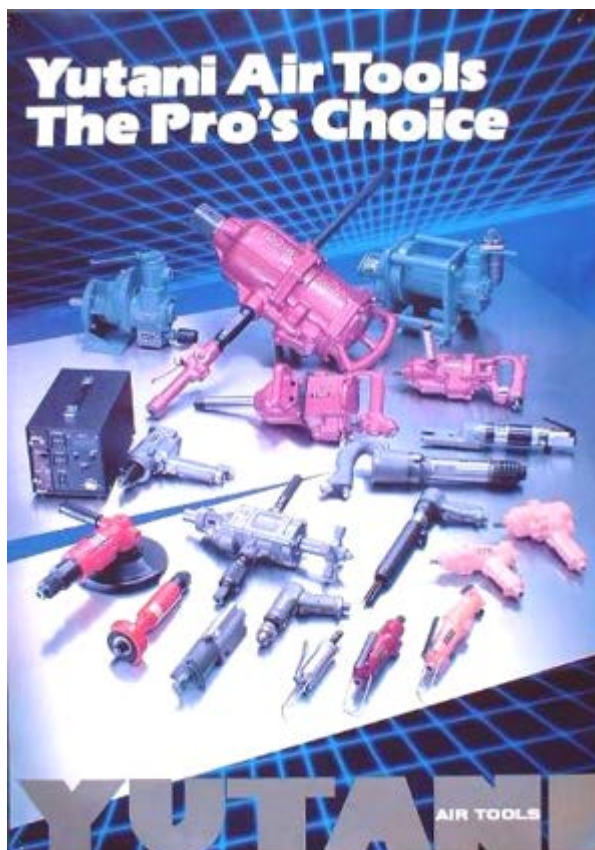


図 3 エアツール



図 1 ジェイアール向組立機械

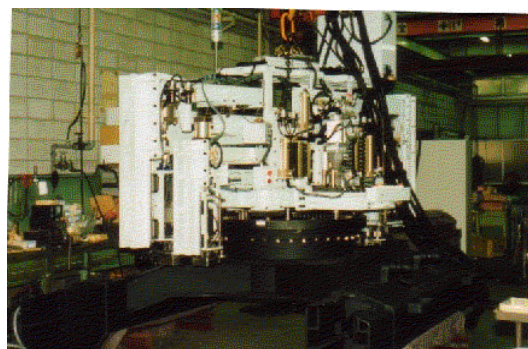


図 2 建設機械産業向組立機械

2002 年 1 月、横浜市で走行中のトレーラの車輪が外れ、直撃を受けた母子 3 人が死傷した事故で、トレーラを製造していた三菱自動車工業は家宅捜索を受けた。三菱自工製の大型車では、車輪と車軸を連結する「ハブ」の破断による車輪脱落が多発。調査により、「1992 年から横浜の事故までに車輪脱落が 33 件発生したことが判明した。

国土交通省が、1999 年以降の車輪脱落事故の実態を調査したところ、ハブ破断によるものが 54 件であったのに対して、ボルト折損による車輪脱落は 211 件に上っていたという調査結果を明らかにした。また、ハブの破断は過積載があった車両で確認され、ボルトの折損は大型トラックを製造している 4 社の製品で確認されたことから、車輪脱落事故の大半がボルトの締め方が正しくない等、整備不良に起因していることが明らかになった。

国土交通省はボルト折損による車輪脱落事故を防止する為、自動車点検基準を 2007 年 4 月 1 日付で改正し、大型車については日常点検時にホイールボルトの目視点検と点検ハンマなどを用いた点検の実施を、3 ヶ月点検時にトルクレンチを用いたホイールナットの規定トルクでの締付等を、12 ヶ月点検時にインナナットとアウトナットを取り外した状態でボルト、ナット及びホイールを確認するよう義務付けている。

自動車整備工場において、ホイールナットの締付は、先ず標準のインパクトレンチで締付け(図 4)、その後トルクレンチで規定のトルクで締付ける(図 5)のが一般的な作業手順である。



図 4 インパクトレンチで締付



図 5 トルクレンチで締付

しかしながら、実際の締付作業においては、次のような問題が起っている。

- ① 標準のインパクトレンチで締付けると、規定のトルクの上限を超えてしまう。
- ② 大型車両の場合、規定のトルクが $370\sim 650\text{ N}\cdot\text{m}$ (ボルトサイズ M20～M30)と大きく本数も多いので、トルクレンチで規定のトルクで締付けるのは肉体的に負荷が大きく、実際には、この作業が省略されて規定のトルクで締付けられていない。
- ③ トルクレンチで規定のトルクで締付けることになっているが、トルクレンチで締付けると規定のトルクの上限を超えてしまうことがある。
- ④ 大型車両の場合、1車輪当り6本、8本または10本のナット、1車両当り24本から120本のナットがあり、締め忘れや、規定のトルクで締付けていないナットがある。
- ⑤ 大型車両の場合、車輪の種類(JIS方式・ISO方式、アルミホイール・スチールホイール、右ねじ・左ねじなど)が多く、作業者が規定のトルクを間違えて締付けてしまう。

国土交通省の2007年4月1日付の自動車点検基準改正を受けて、自動車整備産業向け専門メーカーのK社が規定のトルクで締付けるナットランナ方式のツールを開発・販売した。このツールを使用することにより、上記問題②を解決することは出来るということで、当初、相当数売れた。しかし、上記問題②を解決することは出来ても、残りの問題を解決することは出来ない。即ち、このツールを使用しても、最終的には、トルクレンチで規定のトルクで締付けなければならないので、自動車整備工場で導入したが実際には使用し続けるということにはならなかった。

このような状況を打開したいと、国土交通大臣の自動車検査用機械器具の登録校正実施機関である社団法人日本自動車機械工具協会が、国土交通省の意向を受けて、2010年2月、当社に対して「大型車両の車輪脱落事故を防止」の為に基準制定への協力と締付機械の開発を要請してきた。

以上の状況を踏まえ、当社が長年、本田技研工業・マツダ・三菱自動車工業・いすゞ自動車等自動車メーカーを始めとする各種組立ラインに納入して蓄積してきた締付のノウハウを自動車整備産業向けの機械で活かすことにより、これらの問題を解決して、大型車両の車輪脱落事故を防止出来ればと、基準制定への協力と締付機械の開発を決意した。

開発に当たっては、「大型車両の車輪脱落事故を防止」を主眼として、「車輪脱落事故の大半がボルトの締め方が正しくないなど、整備不良に起因している」ことから、その原因を取り除くことが出来る締付機械の開発を目指した。

当社が開発した機械(図 6)の主な仕様は次の通りである。

- ① トルクレンチの代替となること(トルクレンチで規定のトルクで締付ける必要のないこと)、締付トルク精度を確保する為、2軸同時締付機械(ナットランナ)とする
- ② 締付トルク 370～650 N・m(ボルトサイズ M20～M30)
- ③ 締付トルク精度 ±5%
- ④ 大型車両の全種類に対応出来ること(規定のトルク範囲、右ねじ・左ねじ)
- ⑤ 締付トルクの管理・記録が出来ること(後日、トレース出来ること)
- ⑥ 締付本数の管理・記録が出来ること(後日、トレース出来ること)
- ⑦ 締付作業の肉体的負荷が現状より少ないこと
- ⑧ 締付作業時間が現状より短縮出来ること
- ⑨ 作業者の熟練度で締付作業の結果が左右されないこと
- ⑩ 作業は、1人でも出来ること(現状トルクレンチでの作業は2人必要である)



図 6 大型車両の車輪脱落防止締付機械試作機

日本自動車機械工具協会は、2012年12月、ISO5393:1994(E)を基本に JASEA 性能基準「車両のホイール脱着用動力式トルク制御レンチ」を制定し、トルク制御可能な動力式レンチの統一基準とした。この性能基準に合格すれば、動力式トルクレンチとして型式認定され、「トルクレンチ等」と同等となる。当社は、この基準の制定に関して日本自動車機械工具協会に全面的に協力してきた。

2013年4月、当社が開発した大型車両の車輪脱落を防止する締付機械(図 6)が日本で初めて型式認定された。当社が開発した締付機械はトルクレンチ以上の締付トルク精度を有し、当初の目的を達成する機械であるが、2軸同時締付の為、非常に高価(約1,000万円)であり広く普及するには難しいと考えられる。

国土交通省と日本自動車機械工具協会からも「大型車両の車輪脱落事故を防止」する為には比較的安価(約300万円)な機械を開発することが必須条件であると、1軸締付の機械を開発するよう要請を受けている。

今度、創業以来90有余年に蓄積した締付制御のノウハウと2軸同時締付機械開発で新たに獲得したノウハウを駆使することにより達成可能であると判断し、本研究開発を決意した。

i) 研究開発の概要

大型車両の車輪交換作業の従来法と開発法

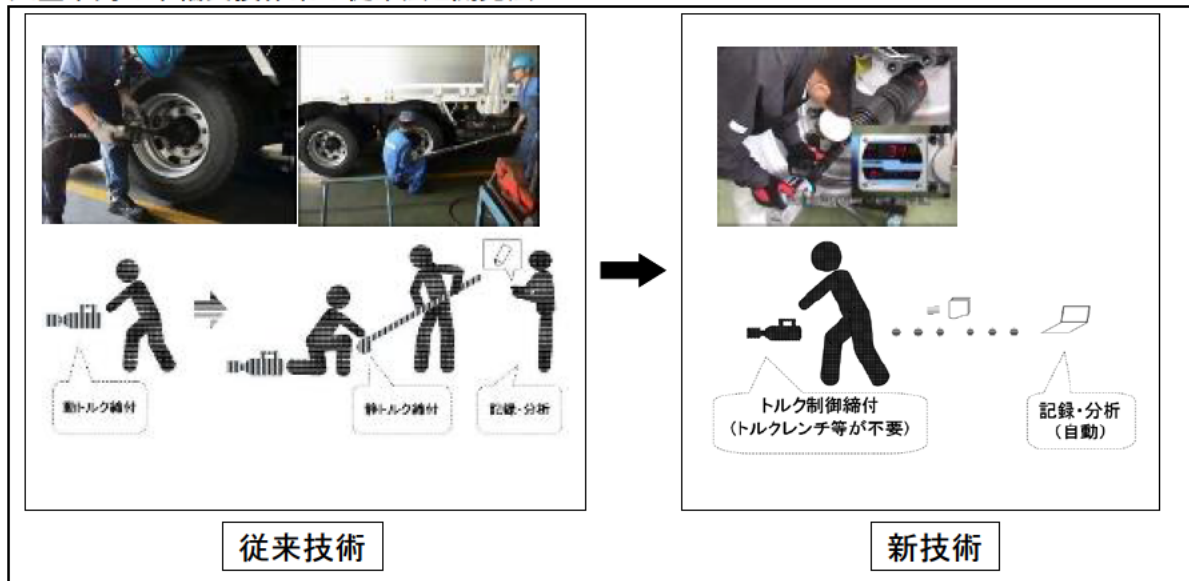


図 7 獲得しようとする利便性

従来技術の課題

- ① インパクトレンチ・ナットランナで締付けた後、トルクレンチ等で規定トルクで締付(精度 $\pm 20\%$)
- ② 車輪脱落事故の原因となるホイールボルトとナットの締結不良(締付不足・誤組付・締め過ぎ)が起る可能性が大きい(2014年4月25日付国土交通省発表)。
- ③ インパクトレンチ・ナットランナ等で締付けた後、トルクレンチ等で規定トルクで締付ける 2 工程となり作業効率が悪い。
- ④ 締付トルクが大きいのでトルクレンチ等で規定トルクで締付けるには 2 人作業となり、且つ、肉体的な負担が大きい。
- ⑤ 締付トルクの保証が不十分である。
- ⑥ 一連の作業には熟練を要するので誰でも出来るわけではない。



新技術の特徴

- ① 開発したトルクレンチ同等の 1 軸締付機械(ナットランナ)で締付(精度 $\pm 5\%$)
- ② 締結不良をほぼ 100%なくすことにより、車輪脱落事故を防止。
- ③ トルクレンチ同等の 1 軸締付機械(ナットランナ)で 1 工程に集約して作業効率が 5 倍。
- ④ 1 人作業で 50%以上コストダウン。
- ⑤ 締付トルクをほぼ 100%保証。
- ⑥ 熟練を要さないなので誰でも出来る。

新技術を実現する為に解決すべき研究課題

- ① トルクレンチ同等以上の精度、つまり、日本自動車機械工具協会の規格の基準に合格して型式認定を取れる 1 軸締付機械(ナットランナ)を開発する事(日本発の型式認定 1 軸締付機械となる)。
- ② 締付トルク精度に反力が影響しない反力受けを開発すること。
- ③ 締付トルクを保証するエアツール内蔵のコントローラを開発すること。
- ④ 軽量・小型で使いやすい 1 軸締付機械(ナットランナ)を開発すること。

ii) 研究開発の目標

本研究開発で、大型車両整備工場のタイヤ交換作業において、①従来発生していたホイールボルトとナットの締結不良(締付不足・誤組付・締め過ぎ)をほぼ 100 %なくすことにより車輪脱落事故を防止、②従来、インパクトレンチで締付けた後、トルクレンチで規定トルクまで締付けるという 2 工程を、トルクレンチ同等の 1 軸締付機械(ナットランナ)で 1 工程に集約して作業効率が 5 倍、③従来、2 人でしなければならなかったトルクレンチで規定トルクまで締付ける作業を 1 人作業で 50 %以上コストダウン、④従来、不十分であった締付トルクをほぼ 100 %保証して車輪脱落事故を防止、⑤従来、熟練者でしか出来なかったトルクレンチで規定トルクまで締付ける工程を、誰でも出来る工程、が実現する。

日本自動車機械工具協会の規格の基準に合格して型式認定を取れる 1 軸締付機械(ナットランナ)を開発すること。

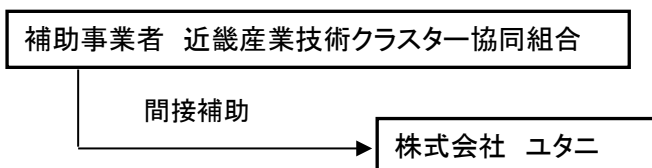
型式認定を取得する上で重要な条件は、ロートルクレートジョイント(着座から 300° 以上で規定トルクに達するねじ締結体)からハイトルクレートジョイント(着座から 30° 以下で規定トルクに達するねじ締結体)まで、高精度±5 %で締付けなければならないことである。2 軸同時締付機械(ナットランナ)の場合、当社が長年蓄積してきた締付制御のノウハウを活用することでこの条件をクリアすることが出来た。1 軸締付機械(ナットランナ)の場合、反力を常に同条件で受止める方法・機構の開発が高精度で締付ける上で重要な技術課題である。

大型車両のホイールボルトの締付トルク範囲に合わせて以下の仕様の締付機械を開発する。

- ① 最大出力トルク: 800 N・m 以上
- ② 機械重量: 13.0 kg 以下
- ③ トルク制御可能範囲: 370~650 N・m (ボルトサイズ M20~M30)
- ④ 締付トルク精度: ±5 %以内
- ⑤ 繰返し締付トルク精度: ±5 %以内(3CV)
- ⑥ 耐久性 10 万本以上
- ⑦ ねじ締付方向: 2 方向(正回転及び逆回転)有すること
- ⑧ 1 次空気圧力(0.7~1.3 MPa)

1-2 研究体制

(1) 履行体制図



(2) 管理員、研究員及び補助員

【補助事業者】近畿産業技術クラスター協同組合

研究員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
栗野 順二郎	理事長	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】【2-2】
平井 佳紀	常務理事	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】【2-2】

管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
直塚 徹	組員	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
大久保 雅巳	組員	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
村上 薫	組員	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
富永 安治	会長(理事)	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
佐藤 伸吾	常務理事	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務

【間接補助事業者】

研究員

株式会社 ユタニ

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
油谷 敏美	取締役社長	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】【2-2】
油谷 光廣	取締役部長	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】【2-2】
池田 和明	取締役部長	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】【2-2】
本合 一男(PL)	開発設計課課長	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】【2-2】
久保田 泰明(SL)	電子技術課主任	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】【2-2】
大岡 英久	電子技術課主任	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】【2-2】
鹿田 賢治	開発設計課主任	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】【2-2】
菅田 健三	開発設計課主任	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】【2-2】
堀 寛和	開発設計課	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】【2-2】
吉本 智	開発設計課	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】【2-2】
田淵 一人	開発設計課	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】【2-2】

家亦 大智	開発設計課	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】【2-2】
吉田 真朗	工作課課長	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】
森井 浩司	工作課主任	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】
西貝 隆志	工作課主任	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】
井上 浩一	工作課	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】
磯部 本	工作課主任	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】
國石 誉	工作課	テーマ【1-1】【1-2】【2-1】

管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
今西 保夫	管理課課長	プロジェクトの進捗管理・業務管理・指導業務 等

1-3 成果概要

[1] 日本自動車機械工具協会の規格の基準に合格して型式認定を取れる1軸締付機械(ナットラ
ンナ)を開発すること。

[1-1] 減速機構及びクラッチ機構を開発すること。

- ① 総合ギヤ伝達効率:70%以上
総合ギヤ伝達効率は72.7%となり開発目標を達成出来た。
- ② クラッチの耐久性:締付回数10万本以上
一定のトルクで高速と低速がスムーズに切り替わる新クラッチ機構の開発は出来たが、締付回数10万本以上には至らなかった。当社の製品にも使われた実績があるボールによる噛合いクラッチに替えることで耐久性を向上出来る。今後も継続して耐久性の検討を行う。
- ③ 軽量化:減速機構部とクラッチ機構部を合わせて13.0kg以下
試作機の総重量は14.6kgとなり、13.0kg以下には至らなかった。部品の再設計を行った結果、12.9kgとなり開発目標を達成出来る。
以上により、減速機構及びクラッチ機構の開発は完了した。

[1-2] 締付トルク精度に反力が影響しない反力受けを開発すること。

- ① 外付け反力受け
反力受けソケットを楕円形状にすることで、4種ピッチに適合出来た。また、耐久及び締付トルク精度試験を行い、5万サイクル以上を達成した。また、第4試作反力受けでの締付トルク精度が2.45%となり、開発目標値の締付トルク精度:±5%以内を達成した。
- ② 内部反力受け
反力の方向を変えることで、締付側トルクに対して反力側トルクは約23%の軽減できたが、試作機に内蔵する反力軽減機構を製作することが出来なかった。作業者に掛かる反力としてはまだ大きく、反力の伝達時間差が微小であり実用化が難しいため目標を達成することは出来なかった。
今後も内部反力受けの研究開発を続けることとする。

①により、締付トルク精度に反力が影響しない反力受けの開発は完了した。

[2] 軽量・小型で使いやすい 1 軸締付機械(ナットランナ)を開発すること。

[2-1] 無給油小型高効率エアモータの開発

- ① エアモータ耐圧 : 1.3 MPa
試作品の性能試験にて空気圧力 1.3 MPa での試験を行い、異常無くクリアし、開発目標を達成した。
- ② モータ出力トルク : 1.3 N・m 以上
試作品の性能試験にて空気圧力 0.7 MPa での試験を行い、最大出力時トルク 1.31 N・m を確認し、開発目標を達成した。
- ③ 無負荷回転速度 : 7000~9000 min⁻¹
試作品の性能試験にて空気圧力 0.7 MPa での試験を行い、無負荷回転速度 8000 min⁻¹を確認し、開発目標を達成した。
- ④ エアモータ使用条件 : 無給油
無給油条件での耐久試験にて 50000 サイクルをクリアし、開発目標を達成した。
以上により、無給油小型高効率エアモータの開発は完了した。

[2-2] 締付トルクを保証する 1 軸締付機械(ナットランナ)内蔵のコントローラを開発すること。

- ① バッテリ駆動
TMW-600-M2 で実際にトラックのタイヤ締付を行った場合、1 回(ボルト 2 本を同時に締付ける)の締付時間が約 10 秒である。そこでボルト 1 本あたりの締付時間を 10 秒とし、フル充電のリチウムイオンバッテリー 4 本で 486 本分の電磁弁連続開閉動作が出来た。よって、開発目標であるフル充電 1 回で大型トラック 1 台分(ボルト 100 本)の連続締付は問題なくバッテリー駆動で使用でき、開発目標を達成した。
- ② A/D 変換性能 : 分解能 10 bit 以上、変換時間 2 μ sec 以下
試作コントローラには、分解能 14 bit、変換時間 0.4 μ sec の A/D コンバータを搭載し、総合締付性能試験でその性能を確認できたので開発目標を達成した。
- ③ SD カードメモリもしくは相当する 2 次記憶媒体を使用出来ること
2 次記憶媒体として、SD カードメモリと USB メモリの両方が使用可能であり、開発目標を達成した。
- ④ 非直線性 : 0.5 %/FS±1digit 以下
校正器の出力電圧で-3.5~+3.5 mV/V の使用範囲内において、非直線性の最も悪い値で 0.46 %/FS であり、開発目標の 0.5 %/FS±1 digit 以内をクリアし、開発目標を達成した。
また、-3.5~-4.0 mV/V、3.5~4.0 mV/V の範囲で NG になっているが、大型トラックのタイヤ締付トルクは最大 660N・m で、その時のトルクセンサ出力電圧は 2.7 mV/V であり問題は無い。

以上により、1 軸締付機械(ナットランナ)内蔵のコントローラの開発は完了した。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

技術部 開発設計課

本合 一男(ほんごう かずお)

TEL 0742-61-1815 : FAX 0742-61-9257

E-Mail khongo@yutani.co.jp

第2章 本論

2-1 各事項の具体的内容

[1] 日本自動車機械工具協会の規格の基準に合格して型式認定を取れる1軸締付機械(ナットランナ)を開発すること。

[1-1] 減速機構及びクラッチ機構を開発すること。

i) 開発目標値

- ① 総合ギヤ伝達効率: 70 %以上
- ② クラッチの耐久性: 締付回数 10 万本以上
- ③ 軽量化: 減速機構部とクラッチ機構部を合わせて 13.0 kg 以下

ii) 1 軸締付機械(ナットランナ)の仕様

型式認定を取得した2軸ナットランナの TMW-600-M2(以後、TMW-600 と記載)の実績及び、日本自動車機械工具協会の型式認定の取得条件を基に1軸締付機械(ナットランナ)の目標仕様を決定した(表 1)。

表 1 型式認定の取得条件と各目標仕様

型式認定の取得条件		
トルク制御可能範囲 [N・m]	370 ~ 650	
使用環境温度範囲 [°C]	0 ~ 40	
1 軸締付機械(ナットランナ)の目標値(空気圧力 0.7 MPa 時)		
最大出力トルク[N・m]	低速時	800 以上
	高速時	32 以上
無負荷回転速度 [min ⁻¹]	低速時	5.6 ~ 7.2
	高速時	140 ~ 180
減速比	1200.5	
重量 [kg]	13 以下	
1 軸締付機械(ナットランナ)のエアモータの目標値(空気圧力 0.7 MPa 時)		
最大出力トルク [N・m]	1.3 以上	
回転速度 [min ⁻¹]	7000 ~ 9000	

iii) 新クラッチ機構の開発

1) 従来クラッチの問題点

TMW-600 のクラッチ機構は、ピストン方式で空気圧によりクラッチを摺動させ切替える機構になっている。しかし、このクラッチ機構は各開発目標に対し以下のような問題点がある。

- ・クラッチ用のピストンやシリンダなどの大きく、重い部品が必要な為、軽量化に不利である。
- ・左右の締付制御用以外にクラッチ用の電磁弁が必要になる為、軽量化やコスト面でも不利である。

2) 新クラッチ機構の開発課題

締付トルクが規定のトルクに達すれば自動的にクラッチが摺動し切替る軽量小型のカムクラッチ方式やボールカムクラッチ方式の新クラッチ機構を開発すれば、前述した問題点は解消出来る。

3) 新クラッチ機構の設計構想

高速時は波動歯車からの出力を遊星歯車の中心を抜けるシャフトを介して出力軸に直接伝えることで、波動歯車の減速比のみの出力となる。

低速時は出力軸に負荷が加わりカムクラッチの台形歯が摺動し垂直歯が遊星歯車と連結されることで、波動歯車+遊星歯車 2 段分の減速比の出力となる。

クラッチの状態を表 2 に示す。トルク伝達経路を図 8 に示す。

表 2 低速時と高速時のクラッチの状態

	カムクラッチ		摩擦クラッチ
	台形歯	垂直歯	
高速時	ON	OFF	ON
低速時	ON	ON	OFF

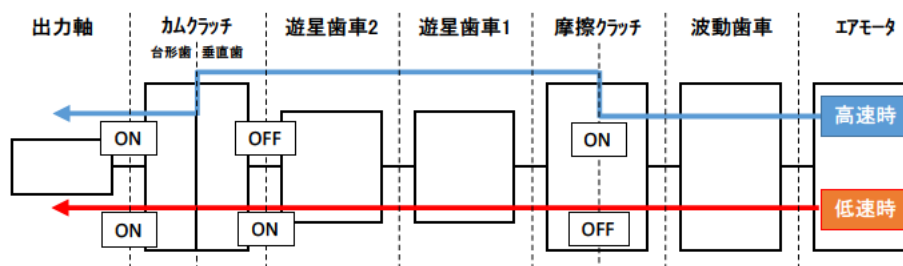


図 8 トルク伝達経路

目標仕様の高速時最大出力トルク 32 N・m 以上に達すればカムクラッチの垂直歯が ON になり、低速時最大出力トルク 800 N・m 以上出力する。

iv) 1 軸締付機械(ナットランナ)の目標仕様に対する評価

設計構想を基に図 9 の 1 軸締付機械(ナットランナ)の試作機(以後、試作機と記載)を製作し、各開発目標値を達成出来ているかを確認する。

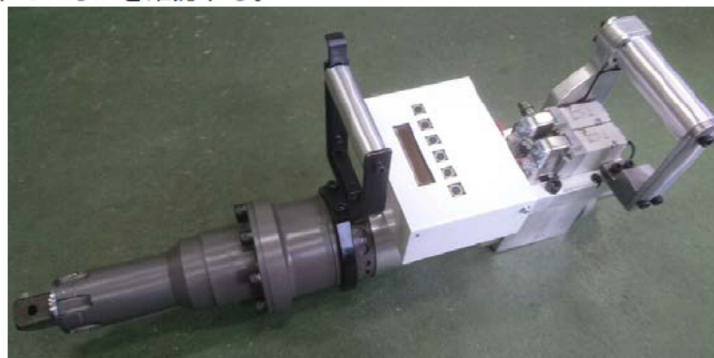


図 9 1 軸締付機械(ナットランナ)の試作機

A) 最大出力トルクの評価

1) 目的

試作機の最大出力トルクが開発目標値である高速時 32 N・m 以上、低速時 800 N・m 以上を達成しているかを確認する(空気圧力 0.7 MPa 時)。

2) 試験方法

高速時は締付トルクの上昇が止まった時の締付トルクを最大出力トルクとする。

また、締付試験装置の最大許容トルクが 900 N・m である為、低速時はコントローラにて 850 N・m で停止する制御を行う(試行回数 10 回)。

高速時はカムクラッチの垂直歯を OFF、低速時はカムクラッチの垂直歯を ON に固定し空気圧力は 0.6 MPa から試験を行う。

3) 締付試験装置

締付試験装置を図 10 に示す。

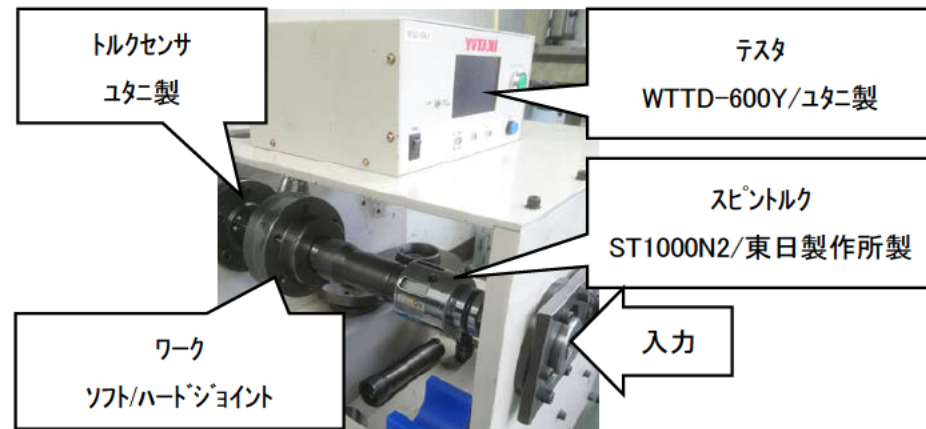


図 10 締付試験装置

4) 試験結果

・高速時の試験結果を表 3 に示す。

表 3 高速時の出力トルク (10 回平均値)

空気圧力 [MPa]	トルク表示値 [N・m]		
	コントローラ	テスト	スピントルク
0.6	48.3	47.0	47.0

空気圧力 0.6 MPa で最大出力トルク 47 N・m であった。

よって、空気圧力 0.7 MPa 時の開発目標値の 32 N・m 以上を達成した。

・低速時の試験結果を表 4 に示す。

表 4 低速時の出力トルク (10 回平均値)

空気圧力 [MPa]	トルク表示値 [N・m]		
	コントローラ	テスト	スピントルク
0.6	859.0	847.0	846.0

空気圧力 0.6 MPa で最大出力トルク 846 N・m であった。

よって、空気圧力 0.7 MPa 時の開発目標値の 800 N・m 以上を達成した。

B) 回転速度の評価

1) 目的

試作機の無負荷回転速度が、目標仕様である高速時 140～180 min^{-1} 、低速時 5.6～7.2 min^{-1} を達成しているかを確認する。(空気圧力 0.7 MPa 時)

2) 試験方法

空気圧力 0.7 MPa で高速時はカムクラッチの垂直歯を OFF、低速時はカムクラッチの垂直歯を ON に固定して試験を行う。

3) 試験装置

使用した回転計を図 11 に示す。



図 11 回転計(EE-1B/日本電産シンポ)

4) 試験結果

試験結果を表 5 に示す。

表 5 試作機の回転速度

項目	値
空気圧力 [MPa]	0.7
高速時回転速度 [min^{-1}]	143.5
低速時回転速度 [min^{-1}]	6.1

高速時の回転速度は 143.5 min^{-1} となり、目標仕様である 140～180 min^{-1} を達成した。
 低速時の回転速度は 6.1 min^{-1} となり、目標仕様である 5.6～7.2 min^{-1} を達成した。

v) 1 軸締付機械(ナットランナ)の開発目標値に対する評価

A) 総合ギヤ伝達効率:70 %以上

1) 目的

開発目標値①の総合ギヤ伝達効率 70 %以上があるかを確認する。

2) 試験方法

波動歯車と遊星歯車 2 段を組合せた試験ユニットで、ボルトの締付を行う。AC モータのトルク(入力トルク)は AC モータを駆動させるドライバのモニタ電圧から算出し、ボルトの締付トルク(出力トルク)はスピントルクで測定する。この入出力トルクからギヤ伝達効率を算出する。

3) 試験装置

試験装置を図 12 に示す。

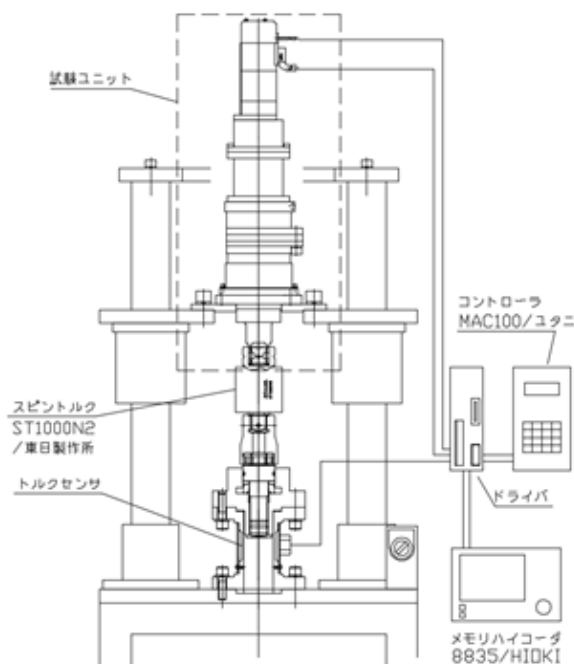


図 12 総合ギヤ伝達効率確認試験装置

4) 試験条件

試験条件を表 6 に示す。

表 6 総合ギヤ伝達効率試験条件

項目	値
AC モータ回転速度 [min ⁻¹]	8800
試験温度 [°C]	26
目標締付トルク [N・m]	660
減速比	1200.5

5) 試験結果

試験結果を表 7 に示す。

表 7 総合ギヤ伝達効率試験結果 (10 回平均値)

入力トルク[N・m]	出力トルク[N・m]	効率[%]
0.75	655.0	72.7

総合ギヤ伝達効率は

$$655 \div (0.75 \times 1200.5) \times 100 \doteq 72.7 \%$$

よって、開発目標値の 70 % 以上を達成した。

B) クラッチの耐久性: 締付回数 10 万本以上

1) 目的

試作機が開発目標値である 10 万本以上の締付が可能かを確認する。

2) 試験方法

空気圧力 0.5 MPa で 660 N・m の締付を連続して行う。

3) 結果

60 回程度の締付でクラッチは切換わらなくなり締付回数 10 万本以上には至らなかった。
試験後に試作機を分解し摩擦クラッチの厚みを測定した結果を表 8 に示す。

表 8 試験前と試験後の摩擦パッドの厚み

	試験前	試験後
摩擦材の厚み [mm]	6.0	5.3

摩擦パッドの厚みが減り皿ばねの押付け荷重が低下した為、カムクラッチが切換わらなくなった。
摩擦パッドを当社製品にも使われた実績があるボールによる噛合いクラッチに替えることで耐久性を向上出来る。ボールによる噛合いクラッチを図 13 に示す。
今後、継続して耐久性の検討を行う。

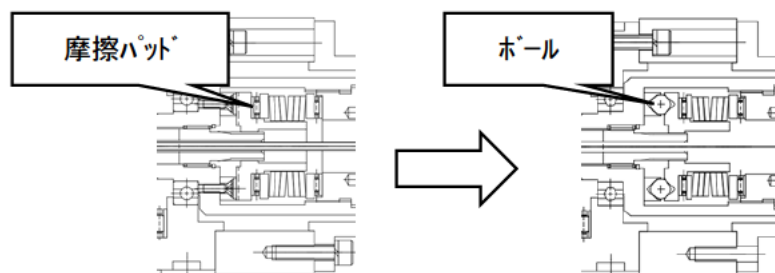


図 13 摩擦クラッチとボール式噛合いクラッチ

C) 軽量化: 減速機構部とクラッチ機構部を合わせて 13.0 kg 以下

試作機の総重量は 14.6 kg となり、開発目標値である 13.0 kg より 1.6 kg 重くなった。

試作機の部品点数は 150 点以上あり、その中で特に重い部品 20 点が総重量の 74 %を占めている。この 20 点について再設計を行い軽量化した結果、総重量は 12.9 kg となり開発目標値の 13.0 kg 以下は達成出来る。再設計した試作機を図 14 に示す。

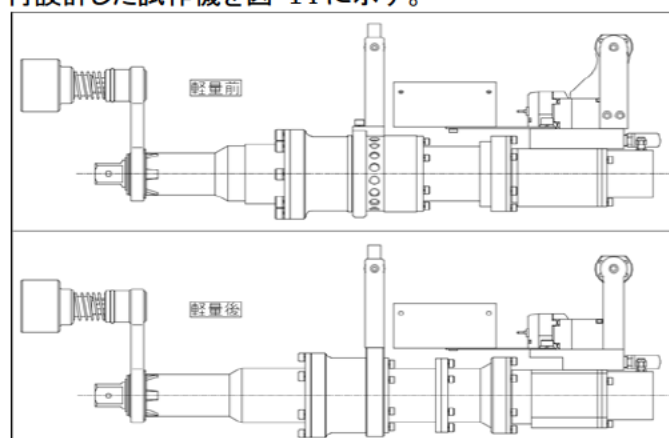


図 14 軽量前と軽量後の試作機外観図

締付トルク精度に反力が影響しない反力受けの開発を行う。

vi) 開発目標

A) 外付け反力受けの開発目標

締付ピッチが異なっても反力受けの交換を不要にし、軽量で高強度な反力受けを開発し、作業効率の向上と作業負担軽減が目標である。



図 15 既存の1軸締付機械での作業風景

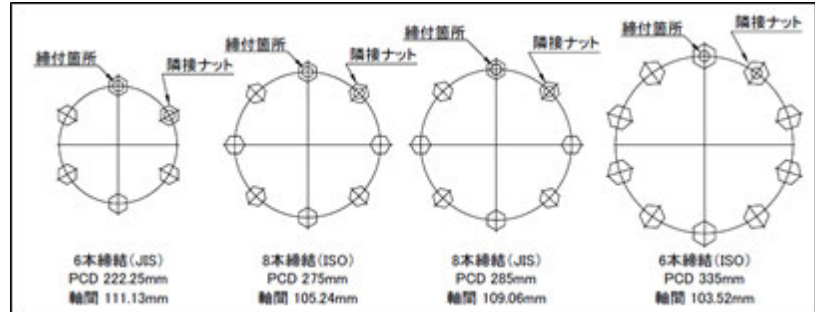


図 16 全ホイールピッチ

B) 内部反力受けの開発目標

ツール内部にて反力を受ける機構を組み込むことにより、反力受けをナットに嵌める手間を省き、作業効率向上と作業負担軽減が目標である。

vii) 外付け反力受け

A) 試作反力受け

締付機械への装着部はスプライン形状にし、反力受けは4種ピッチに適合する楕円形状(図 17)とし、重量及び安全率が異なる4種の反力受けを試作した。

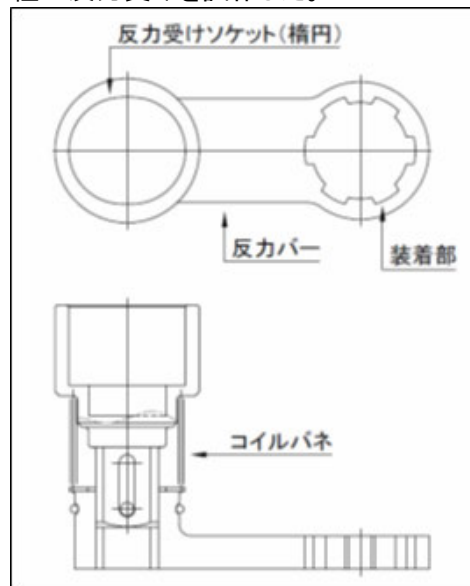


図 17 試作反力受け

B) 耐久及び締付トルク精度試験

1) 試験目的

反力受けの耐久性と締付トルク精度、繰返し締付トルク精度に影響を与えていないかを確認する為、試験を行う。

また、どこまで軽量小型に出来るかの確認を行う。

2) 試験方法

反力受けを組込んだ締付ユニットを試験装置に乗せる。試験装置(図 18)に固定されている反力受けシャフトに反力受けを嵌め、ボルトを締付ける。また、仕様評価用コントローラにより締付トルク 660 N・m で制御し、締付トルク精度と繰返し締付トルク精度を確認する。

また、試験を行う反力受けは第 1~4 試作の 4 種類(図 19)で行う。

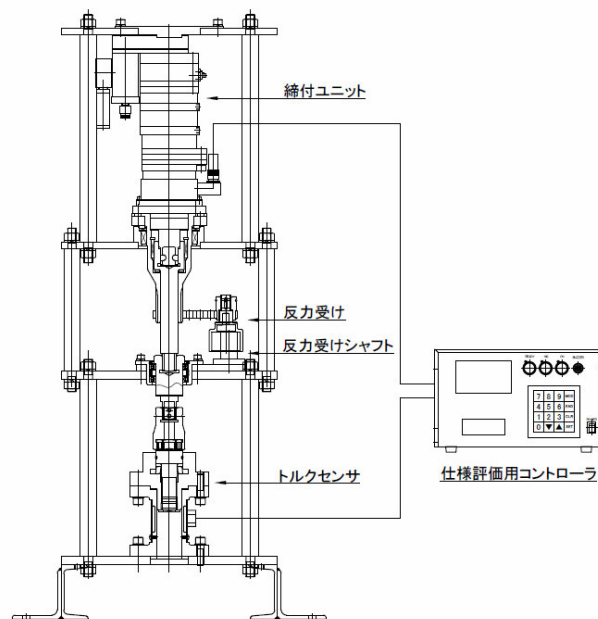


図 18 耐久及び締付トルク精度試験装置

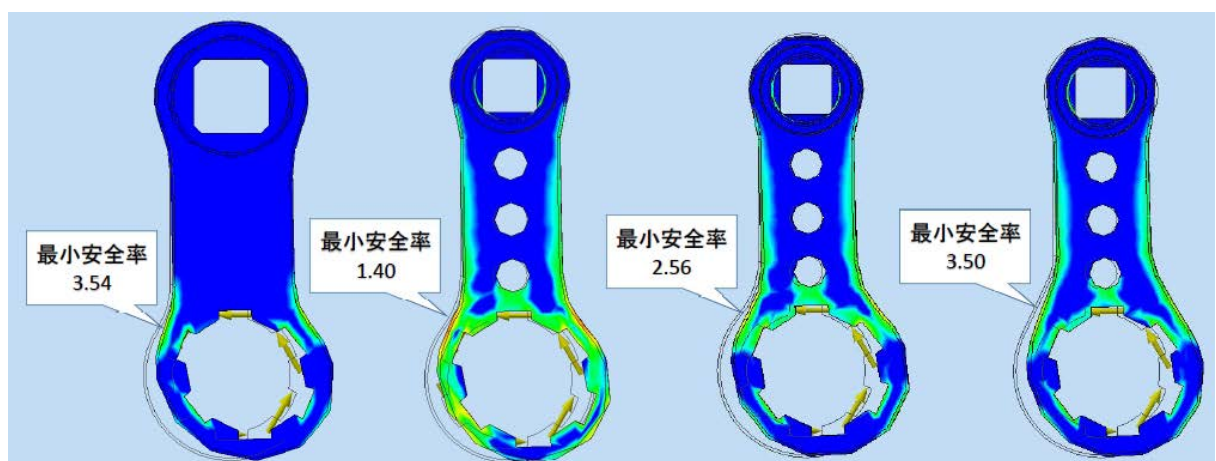


図 19 安全率のシミュレート(左から第 1、第 2、第 3、第 4 試作)

660 N・m の締付を行った際に反力受けに掛かる応力集中を 3DCAD にてシミュレートした(図 19)。

3) 合格基準

ボルトを締付、次に緩めを行う。これを 1 サイクルとし、50000 サイクル実施し、破損等がなければ耐久性は合格とする。

締付トルク精度、繰返し締付トルク精度ともに±5 %以内で合格とする。

4) 試験結果

第 1 試作及び第 4 試作は合格基準をクリアし、第 2 試作は 4607 サイクル、第 3 試作は 38496 サイクルで破損した為、不合格であった(表 9)(図 20)。

締付トルク精度、繰返し締付トルク精度については、第 1 試作から第 4 試作まで合格基準の±5 %以内をクリアし合格した。

破損した第 2、3 試作の最小安全率が 1.40、2.56 であり、第 1、4 試作の最小安全率は 3.54、3.50 である。今回の試験結果からは、最小安全率は 3.50 あれば 50000 サイクル以上の耐久性があることが確認できた。

また、今回出来なかったが、最小安全率 3.00 付近の試験を行えば、さらに軽量化できる可能性がある。

今回、採用する外付け反力受けは、締付トルク精度、繰返し締付トルク精度にも合格し、第 1 試作よりも 271.4 g 軽量である第 4 試作(図 21)に決定する。

表 9 試験結果

	第 1 試作	第 2 試作	第 3 試作	第 4 試作
重量 [g]	894.4	555.1	590.5	623.0
最小安全率	3.54	1.40	2.56	3.50
最大トルク値 [N・m]	683.9	673.7	680.1	671.9
最小トルク値 [N・m]	642.0	642.4	640.6	643.8
平均トルク値 [N・m]	658.1	658.8	663.8	660.9
締付トルク精度 [%]	3.62	2.67	3.05	2.45
繰返し締付トルク精度(3CV) [%]	1.03	2.22	2.06	1.58
締付サイクル	50000 以上	4607	38496	50000 以上



図 20 破損した反力受け(第 2 試作)



図 21 外付け反力受け 第 4 試作

viii) 内部反力受け

A) 内部反力受け構想案

社内会議にて出された構想案は下記の通りである。

- ① エアモータの出力をパルス出力。
- ② 反力と反対方向の力で相殺。
- ③ 反力の方向を変える。
- ④ 反力を時間差で受ける。

B) 内部反力受け検討試験(反力の方向を変える。反力を時間差で受ける。)

1) 試験目的

ねじ機構で反力の方向を回転方向から下方向に変え、その力を皿ばねで受け、トルク伝達の時間差をとることが可能であるか検証する。

2) 試験方法

締付ユニットにてボルトを締付ける。トルクが上昇すると、反力により締付ユニットが回転を始める。締付ユニットと反力側トルクセンサには、ねじを設けてある為、締付ユニットが下降する。その力を締付ユニットとフランジ間の皿ばねにて吸収させる(図 22)。

この締付に対する締付側トルクセンサと反力側トルクセンサの波形をメモリハイコーダにて比較する。

締付トルクは 100 N・m、150 N・m、200 N・m で行う。

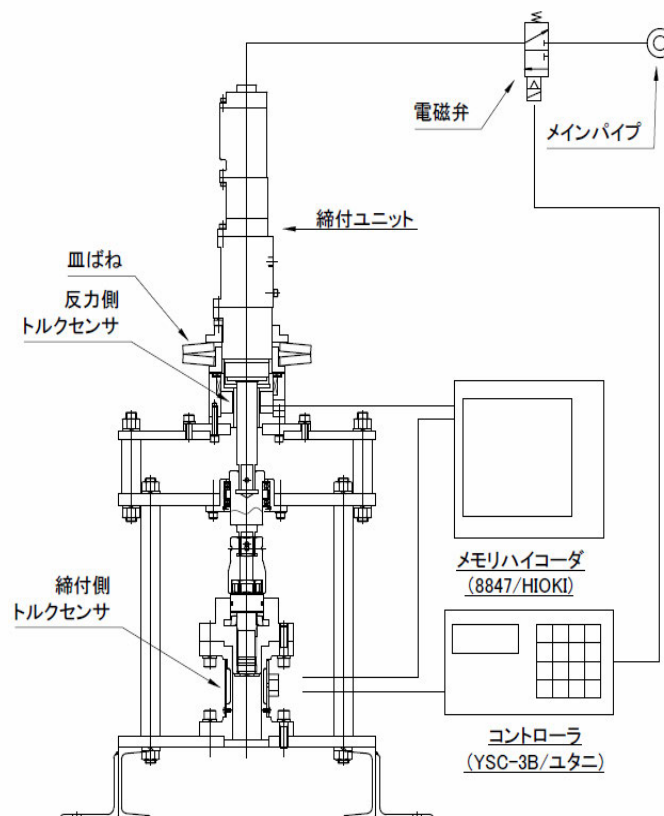


図 22 試験装置

3) 試験結果

試験結果を図 23、表 10 に示す。

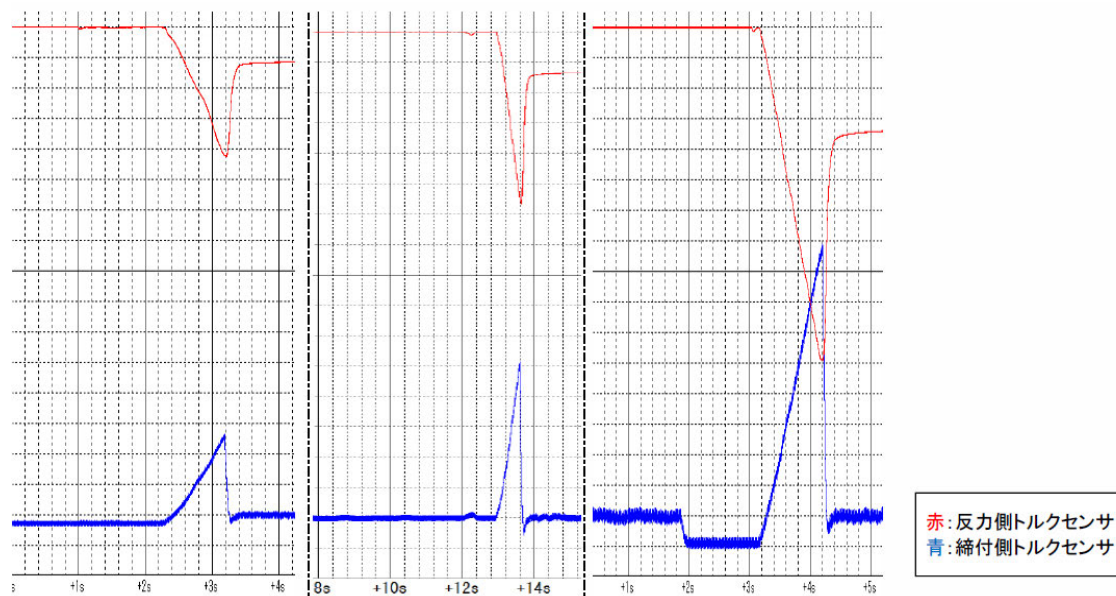


図 23 トルク波形比較(左:100 N・m 中:150 N・m 右:200 N・m)縦:トルク 横:時間経過

表 10 トルク及び時間差比較表

締付側トルク[N・m]	反力側トルク[N・m]	立ち上り時間差[秒]	ピーク時間差[秒]
109.3	84.3	0.020	0.040
164.2	122.4	0.010	0.025
211.2	161.8	0.010	0.020

4) 考察

反力の方向を変えることで、締付側トルクに対して反力側トルクは約 23%の軽減できたが、試作機に内蔵する反力軽減機構を製作することが出来なかった。

また、約 23%の軽減では、作業者に掛かる反力としてはまだ大きく、反力の伝達時間差が微小であり実用化が難しいため目標を達成することは出来なかった。

今後も内部反力受けの研究開発を続けることとする。

[2] 軽量・小型で使いやすい 1 軸締付機械(ナットランナ)の開発を行う。

[2-1] 無給油小型高効率エアモータの開発

i) 開発目標

大型車両整備工場では空気圧力 0.7~1.3 MPa の圧縮空気を使用している。軽量・小型で使いやすい 1 軸締付機械(ナットランナ)にする為、小型高効率エアモータを開発する。

また、能力の維持及び耐久性向上の為、エアモータには給油が不可欠であるが、給油装置が装備されていない大型車両整備工場が多い。そこで無給油エアモータを開発することにより、大型車両整備工場でも使用出来る 1 軸締付機械(ナットランナ)とする。以下の①~④を満たすエアモータの開発を目指す。

- ① エアモータ耐圧 : 1.3 MPa
- ② モータ出力トルク : 1.3 N・m 以上
- ③ 回転速度 : 7000~9000 min⁻¹
- ④ エアモータ使用条件 : 無給油

対向する二か所から給気をするデュアルチャンバエアモータは同じ大きさのノーマルエアモータに比べ約 1.5 倍の出力トルクが得られる為、軽量小型化出来る。回転速度はノーマルエアモータに比べ遅くなるが目標値に対しては問題ない。よって、試作機はデュアルチャンバエアモータで開発する。

表 11 ノーマルエアモータとデュアルチャンバエアモータの長所、短所

	デュアルチャンバエアモータ	ノーマルエアモータ
長所	出力トルクが大きい。ノーマルに比べ小型化出来る。	回転速度が早い。
短所	ノーマルに比べ回転速度が遅い。	出力トルクが小さい。大型化する。

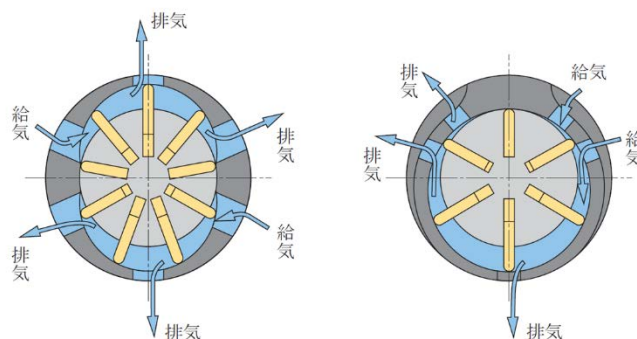


図 24 デュアルチャンバ(左)、ノーマル(右)

ii) デュアルチャンバエアモータ性能試験

A) 試験目的

シリンダは従来の両振りし形状(以後、『従来形状シリンダ』と記載)と出っ張りを取り滑らかにした楕円形状(以後、『楕円形状シリンダ』と記載)のシリンダ(図 25)の試作品を製作しシリンダの形状が回転速度と最大出力時トルクに与える影響について確認を行う。

従来形状シリンダは円を 3 つ並べた形状であり円の境目に出っ張りが出る。一方、楕円形状シリンダは出っ張りが無いので回転速度及び、耐久力の向上が期待出来る。

また、楕円形状シリンダが、開発目標値である最大出力時トルク 1.3 N・m 以上、空気圧力 1.3 MPa で問題はないか性能試験により確認する。

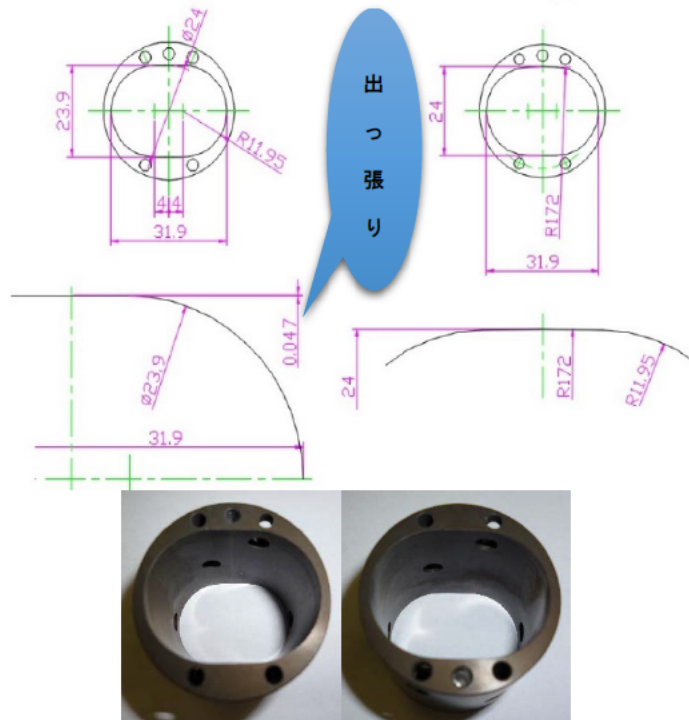


図 25 従来形状シリンダ(左)と楕円形状シリンダ(右)

B) 試験方法

デュアルチャンバエアモータをトルクメータに取付け回転させる。

次に、ヒステリシスブレーキ AHB-3 にて徐々に負荷を与え、最大出力時トルクの測定を行う。空気圧力は減圧弁にて調整し圧力表示器で確認を行う(図 26)。

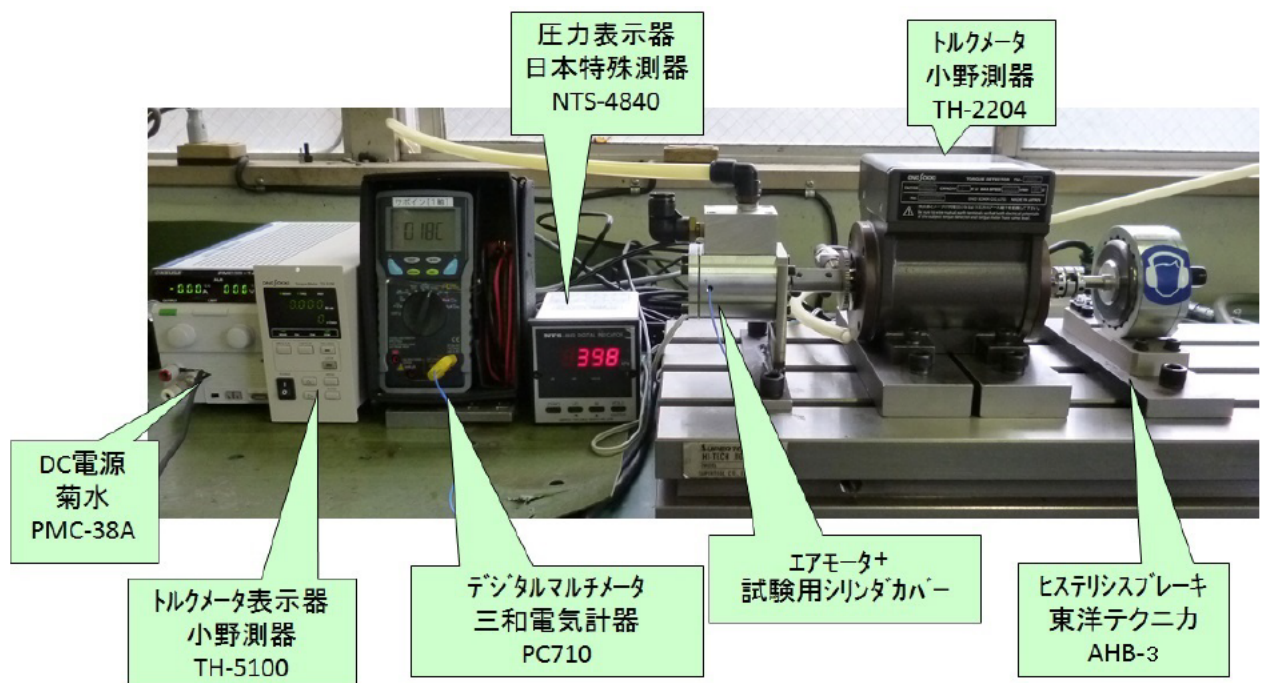


図 26 エアモータ性能試験

C) 試験条件

空気圧力 0.7 MPa で無負荷回転速度と最大出力時回転速度及び、最大出力時トルクのデータを採取する。

シリンダの材質は、アルミ合金 A6061 に超硬質アルマイト処理厚さ 0.05 mm の表面処理を施したもの(以後、『アルマイト処理』と記載)で行う。

D) 結果

楕円形状シリンダは従来形状シリンダに比べ最大出力時トルクはほぼ同じ、回転速度は約 900 min^{-1} 多くなり、最大出力(馬力)が 8.7%向上した。回転速度が向上したのは、楕円形状にした事により出っ張り部での引っ掛かりが無くなり滑らかに回転できるようになったからと考えられる。

空気圧力 0.7 MPa にて、回転速度 8000 min^{-1} 、最大出力時トルク 1.3 $\text{N}\cdot\text{m}$ 以上の能力があり、開発目標値を達成した。

また、開発目標値である空気圧力 1.3 MPa で試験を行なった際、異音、振動等の異常、ロータベンの磨耗、割れ等、またアルマイト処理の剥離などの異常は無く問題なく使用でき開発目標値を達成した。

以上より、楕円形状シリンダを採用する。

表 12 従来形状、楕円形状シリンダの性能試験結果

項目	値			
	目標値	従来形状シリンダ*	楕円形状シリンダ*	
シリンダ形状				
空気圧力 [MPa]	0.7(1.3 まで耐圧)	0.7	0.7	1.3
無負荷回転速度 [min^{-1}]	7000~9000	7091	8000	12000
最大出力時回転速度 [min^{-1}]	——	3600	4000	5900
最大出力時トルク [$\text{N}\cdot\text{m}$]	1.3 以上	1.343	1.312	2.48
最大出力(馬力)[kW]	——	0.506	0.550	1.53

iii) 耐久試験(無給油)

A) 試験目的

空気圧力 0.7 MPa にてシリンダのアルマイト処理及びロータベンの耐久力確認を行う。

B) 試験方法

脱脂したシリンダ、ロータ、ロータベンで組立てたエアーマータを空気圧力 0.7 MPa にて 10 秒間無負荷回転→3 秒間停止を 1 サイクルとして 50000 サイクル行い、ロータベン、シリンダの寸法測定及びアルマイト処理が剥離などしていないか確認する(耐久試験 図 27)。

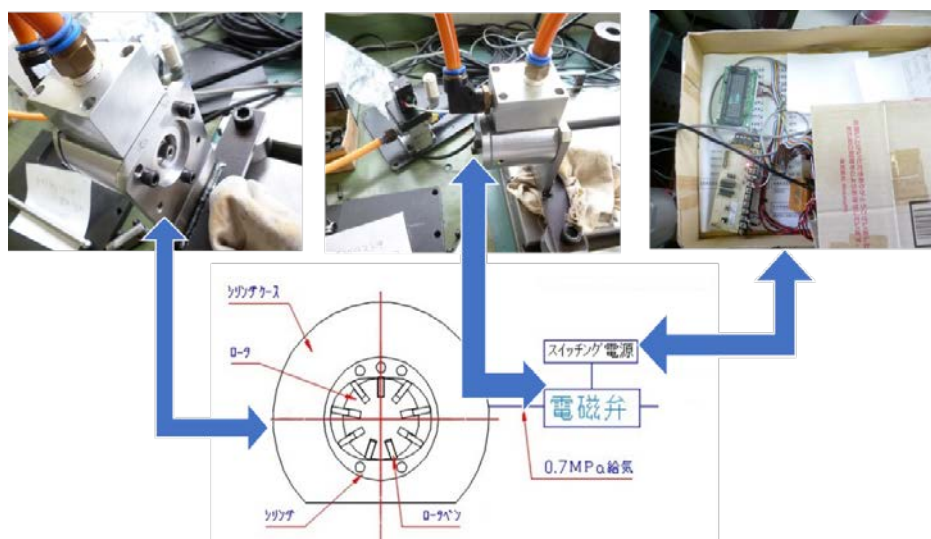


図 27 耐久試験

C) 試験条件

材質が NL-PFM-15、TL-9000C、NL-ET のロータベンと従来形状シリンダ、楕円形状シリンダでの組合せにて確認を行う。

表 13 組合せ表

組合せ	ロータベンの材質	形状
従来組合せ	NL-PFM-15	従来形状シリンダ
試作組合せ 1	TL-9000C	楕円形状シリンダ
試作組合せ 2	NL-ET	楕円形状シリンダ

D) 試験結果

従来組合せでは 26000 サイクルでシリンダの出っ張りにロータベンが引っ掛かりシリンダのアルマイト処理がそこから剥離したのに対し、試作組合せ 1 及び 2 は、ロータベン、シリンダの寸法変化もアルマイト処理にも異常はなく 50000 サイクルの耐久試験をクリアした。

楕円形状シリンダは、以下の 2 点において優位である。

- ① ロータベンの摩擦の低減
- ② シリンダの出っ張りが無い為、引っ掛からず滑らかに回転する

それにより、ロータベン、シリンダの寸法変化もアルマイト処理にも異常はなく 50000 サイクルの耐久試験をクリアし、開発目標を達成した。

また、ロータベンはコスト面で優位な NL-ET を採用する。

表 14 ロータベン寸法変化量 (単位 mm)

ロータベン	長さ	高さ	厚み	備考
NL-PFM-15	-0.01	-0.02	-0.05	耐久試験 26000 サイクル後
TL-9000C	-0.02	-0.01	-0.02	耐久試験 50000 サイクル後
NL-ET	0	0	0	

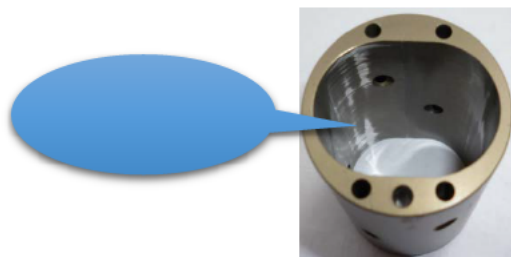


図 28 従来形状シリンダ アルマイト処理剥離（標準組合せ、耐久試験 26000 サイクル時）



図 29 楕円形状シリンダ 左:耐久試験前 右:耐久試験 50000 サイクル後

表 15 最終仕様

要目	最終仕様
シリンダ	形状 : 楕円形状シリンダ
	表面処理 : 超硬質アルマイト処理
ロータベン	材質 : NL-ET

表 16 開発目標と結果

開発目標	成果	結果
エアモータ耐圧 1.3 MPa	1.3 MPa で使用可能	開発目標を達成した
最大出力時トルク 1.3 N・m 以上	最大出力時トルク 1.312 N・m	開発目標を達成した
無負荷回転速度 7000~9000 min ⁻¹	無負荷回転速度 8000 min ⁻¹	開発目標を達成した
使用条件無給油	無給油で耐久 50000 サイクル	開発目標を達成した

[2-2] 締付トルクを保証する 1 軸締付機械(ナットランナ)内蔵のコントローラを開発すること。

i) 開発目標

- ① バッテリ駆動
- ② A/D 変換性能 : 分解能 10 bit 以上、変換時間 2 μ sec 以下
- ③ SD カードメモリもしくは相当する 2 次記憶媒体を使用出来ること
- ④ 非直線性 : 0.5 %/FS \pm 1 digit 以下

ii) バッテリ持続時間検証試験 (開発目標①)

A) 目的

TMW-600-M2 で実際にトラックのタイヤ締付を行った場合、1 回(ボルト 2 本を同時に締付ける)の締付時間が約 10 秒である。そこでボルト 1 本あたりの締付時間を 10 秒とし、選定したリチウムイオンバッテリー 4 本をフル充電し、1 軸締付機械(ナットランナ)内蔵のコントローラで大型トラック 1 台分の締付作業(ボルト 100 本の連続締付)が出来るか検証する。

B) 試験方法

コントローラのバッテリーは主として画面表示と電磁弁の ON/OFF で消費されるので図 30 のバッテリー持続時間検証試験回路でリチウムイオンバッテリー 4 本の持続時間を測定する。

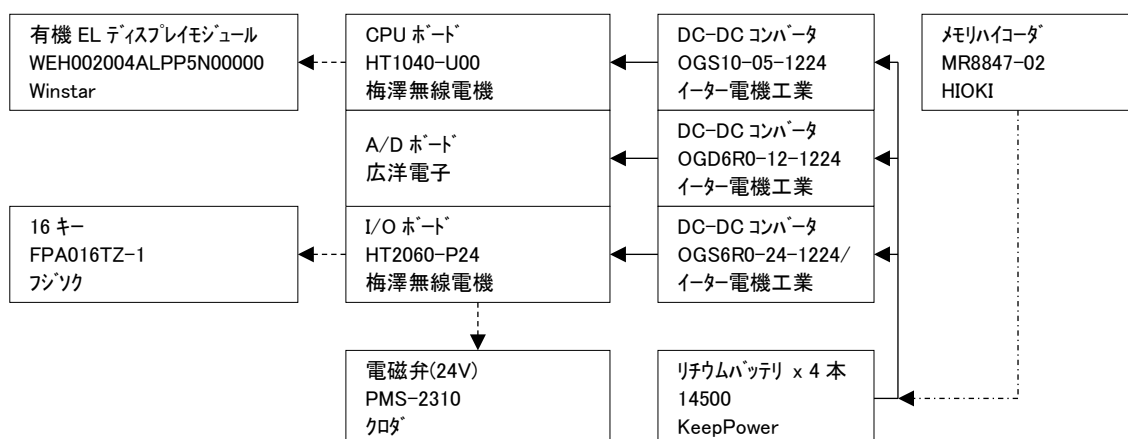


図 30 バッテリ持続時間検証試験回路

【条件・環境】

- ① コントローラの電源を ON し、画面を表示しながら電磁弁を ON/OFF する。
(10 秒間 ON の後、1 秒間 OFF を 1 本締付とする)
- ② 試験対象は、バッテリーホルダに装着された 14500 型 (3.7 V, 840 mAh) 4 本。
- ③ 試験開始時、バッテリーはフル充電状態。
- ④ バッテリ電圧が低下し、電源が OFF になるまでの時間を測定する。
- ⑤ 室温 20 $^{\circ}$ C 一定。

C) 結果

フル充電から 486 本の電磁弁 ON/OFF 連続駆動が出来たので、選定したリチウムイオンバッテリー 4 本をフル充電し、開発目標であるフル充電 1 回で大型トラック 1 台分(ボルト 100 本)の連続締付は問題なくバッテリー駆動で使用でき、開発目標を達成した。

iii) 消費電力調査試験 (開発目標②)

A) 目的

バッテリー持続時間を長くするために、コントローラの最大電力消費部品である表示器の消費電力を調査し、選定する。

B) 試験方法

仕様評価用コントローラの各箇所の電圧を測定し、消費電力を調査する。図 31 は消費電力調査試験装置の写真である。

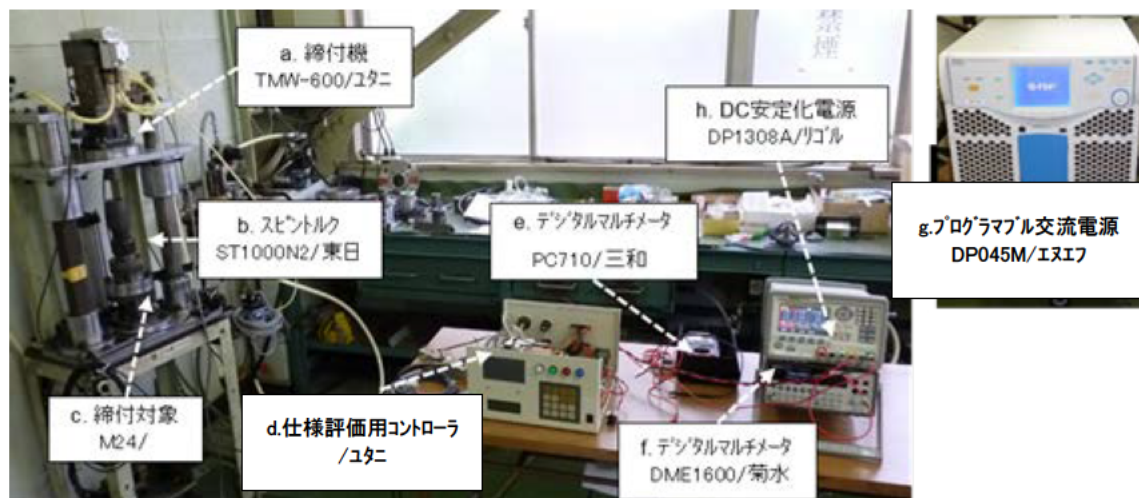


図 31 消費電力調査試験装置

C) 結果

消費電力が大きいにも関わらず過剰仕様となりがちな表示器については電力測定比較データを表 17、表 18 に記す。

表 17 消費電力調査試験結果(定格電圧時)

電源電圧	仕様評価用コントローラ定格電圧時消費電力 [W]		
	タッチパネル	CLCD(ノーマル)+	CLCD(高輝度)+
AC100V	10.8	9.1	9.4
DC5V	3.85	2.29	2.58
DC+12V	0.77	-	-
DC-12V	0.70	-	-
DC24V	2.57	-	-
DC_Total	7.88	6.32	6.61

表 18 動作限界下限電圧調査結果

電源種別	仕様評価用コントローラ動作下限電圧調査結果 [V]		
	タッチパネル	CLCD(ノーマル)+	CLCD(高輝度)+
AC100V	45	45	45
DC5V	3.755	3.480	3.477
DC+12V	4.75	-	-
DC-12V	-4.75	-	-
DC24V	16.8	-	-

D) 考察

DC5V 回路の消費電力について、ノーマル輝度の CLCD を基準とした場合、高輝度 CLCD の場合は+12.7%、タッチパネルは+68.1% 消費電力が大きい。

従って、1 軸締付機械(ナットランナ)内蔵のコントローラに搭載する表示器は、ノーマル輝度の CLCD に決定する。

iv) 開発目標② A/D 変換性能 : 分解能 10 bit 以上、変換時間 2 μ sec 以下

v) 開発目標③ SD カードメモリもしくは相当する 2 次記憶媒体を使用出来ること

上記の開発目標②、③を基に 1 軸締付機械(ナットランナ)内蔵のコントローラの試作品を製作した(以後、試作コントローラと記載)。

図 32 は試作コントローラ基板及び、操作パネル試作基板である。

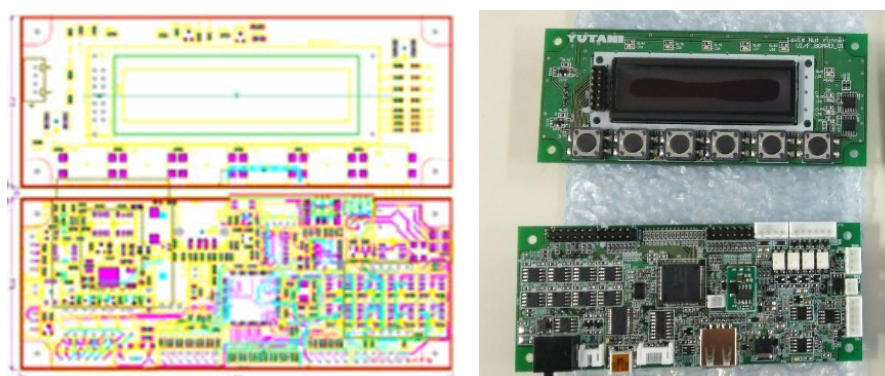


図 32 試作コントローラ基板及び、操作パネル試作基板

vi) 非直線性確認試験（開発目標④ 非直線性：0.5%/FS±1 digit 以下）

A) 目的

トルクセンサ信号の読取りに大きく影響を与える要因として、試作コントローラのアナログ回路の増幅特性と表示器の性能がある。トルクセンサ信号の読取りにアナログ回路の増幅特性および、表示器の性能が悪影響を与えていないかを確認する。

B) 試験方法

校正器を用いて、模擬的にトルクセンサ信号を発生させ、試作コントローラの表示値を取得する。

±4 mV/V を最大歪としてアナログ系の回路設計を行っているので、±4 mV/V を仮に±1000 N・mとして表示するように試作コントローラのソフトウェアを作成し、試験を行う。

また、試作コントローラの表示値は小幅ながら常に変動する為、各歪値において1分程度観察し、最大値と最小値を取得する。

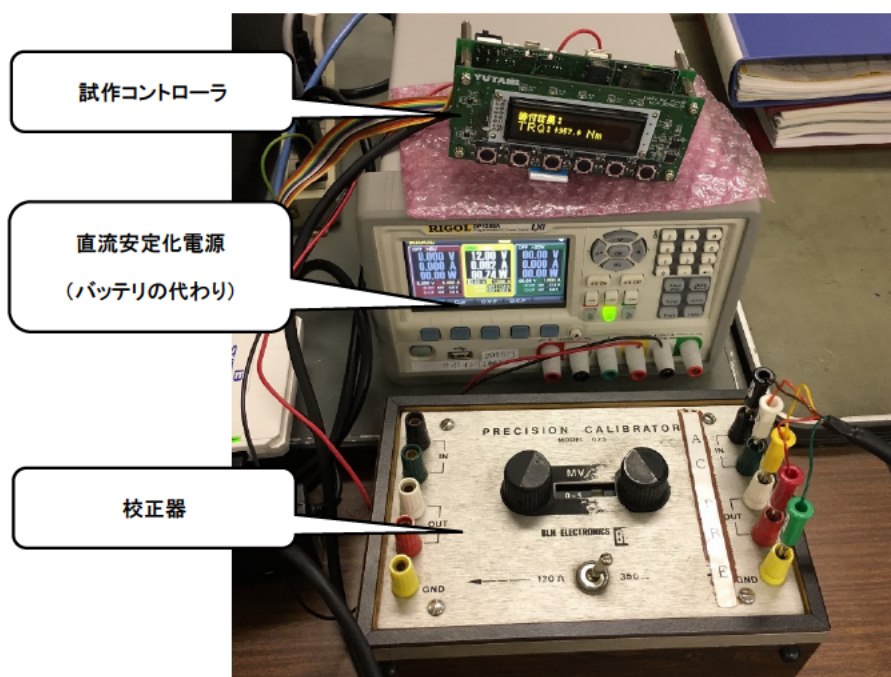


図 33 非直線性確認試験の様子

表 19 非直線性確認試験の条件

項目	内容
校正器	BLH: PRECISION CALIBRATOR MODL 625
表示器	試作コントローラ
計測レンジ	-4 mV/V ~ +4 mV/V (350 Ω)
表示レンジ	-1000 N・m ~ +1000 N・m
判定基準	±1000 N・m をフルスケールとして、0.5%/FS±1 digit = ±5.1 N・m 以内

C) 結果

試験結果を図 34、図 35 に示す。

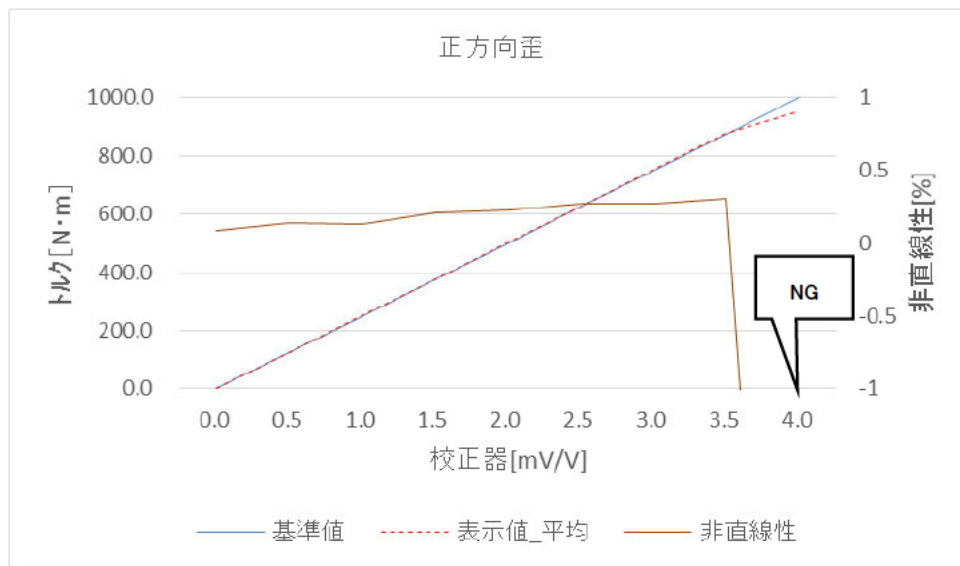


図 34 非直線性確認試験結果(正方向歪)

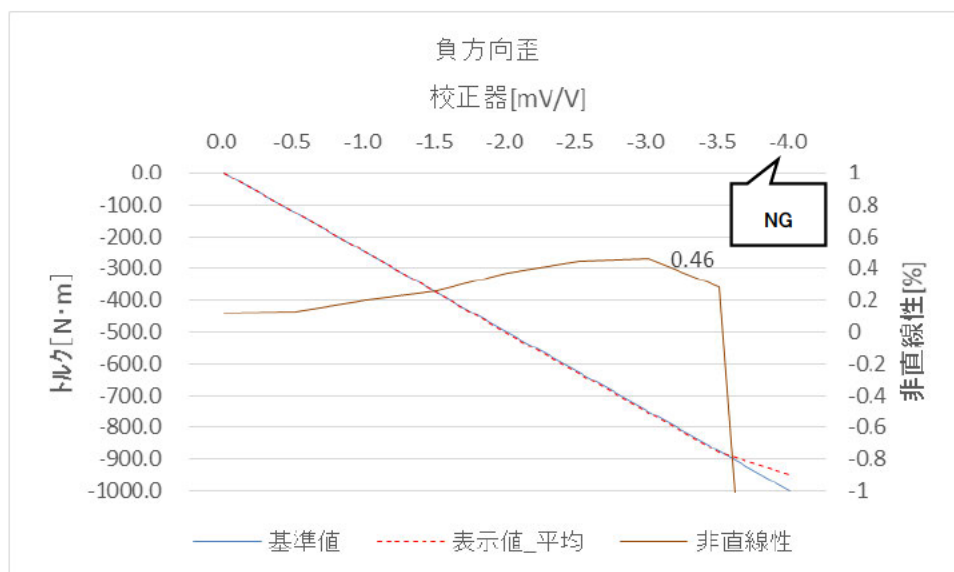


図 35 非直線性確認試験結果(負方向歪)

図 34、図 35 から、校正器の出力電圧で-3.5~+3.5 mV/V の使用範囲内において、非直線性の最も悪い値で 0.46 %/FS であり、開発目標の 0.5 %/FS±1 digit 以内をクリアした。

また、-3.5~-4.0 mV/V、3.5~4.0 mV/V の範囲で NG になっているが、大型トラックのタイヤ締付トルクは最大 660 N・m で、その時のトルクセンサ出力電圧は 2.7 mV/V であり問題は無い。

vii) 開発目標に対する評価

A) バッテリ駆動

リチウムイオンバッテリー 4 本をフル充電し、1 軸締付機械(ナットランナ)内蔵のコントローラで大型トラック 1 台分以上の締付作業(1 台ボルト 100 本の連続締付)は問題ないことを確認した。従って、1 軸締付機械(ナットランナ)内蔵のコントローラは、バッテリー駆動で使用できると判断し、開発目標を達成した。

B) A/D 変換性能 : 分解能 10 bit 以上、変換時間 2μ sec 以下

試作コントローラには、分解能 14 bit、変換時間 0.4μ sec の A/D コンバータを搭載し、総合締付性能試験でその性能を確認できたので開発目標を達成した。

C) SD カードメモリもしくは相当する 2 次記憶媒体を使用出来ること

試作コントローラにて、SD カードメモリの SPI モードでの読み書き及び、USB メモリの読み書きの動作確認を行い、書き込んだデータを PC で読み取れることを確認した。従って試作コントローラは、2 次記憶媒体として、SD カードメモリと USB メモリの両方が使用可能であり、開発目標を達成した。

D) 非直線性 : $0.5\%/FS \pm 1$ digit 以下

非直線性確認試験で、校正器の指示値で $-3.5 \sim +3.5$ mV/V の使用範囲内において、非直線性の最も悪い値で $0.46\%/FS$ であり、開発目標の $0.5\%/FS \pm 1$ digit 以内をクリアし、開発目標を達成した。

[3] 総合締付性能試験

i) 目的

1 軸締付機械(ナットランナ)内蔵のコントローラとバッテリーを組み込んだ、1 軸締付機械(ナットランナ)の締付トルク精度と繰返しトルク精度を評価する。

ii) 内容

試験用のテストを 1 軸締付機械(ナットランナ)で締付け、締付トルク制御の精度を測定する。

条件は形式認定試験と同条件となる、ハードジョイント、ソフトジョイントのテストワークを用い、それぞれ締付目標値 350 N・m と 660 N・m の締付を各 20 回ずつ行う。

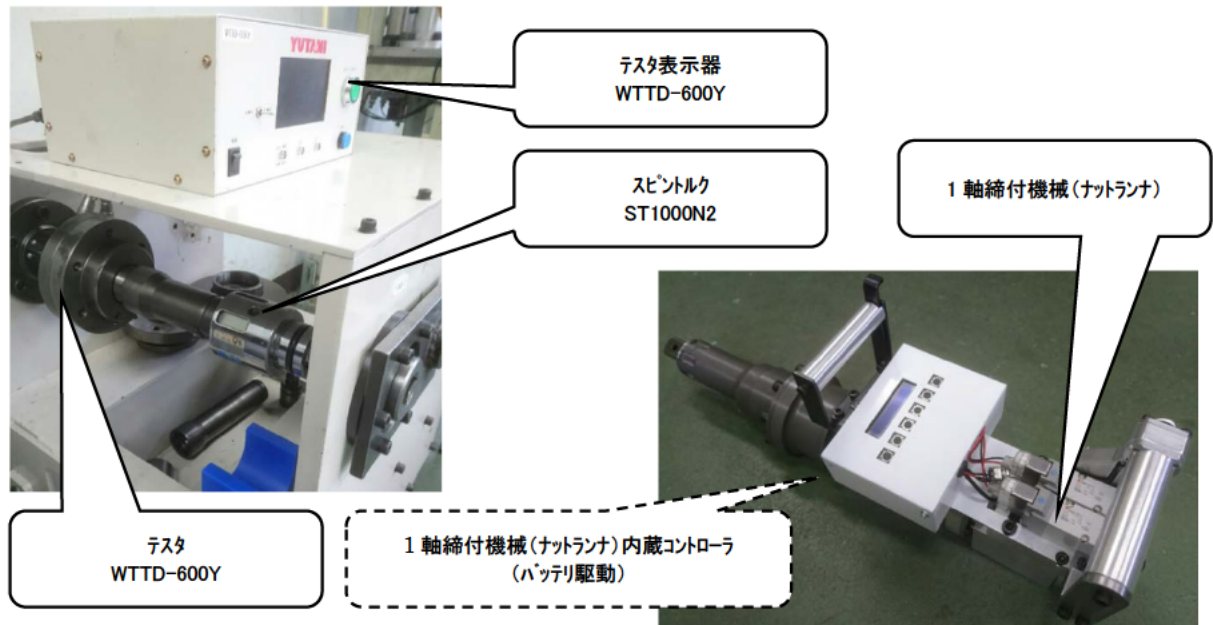


図 36 総合締付性能試験の様子

iii) 結果

試験結果を表 20 に示す。

表 20 総合締付性能試験結果

ハードジョイント	目標値:350[N・m]				目標値:660[N・m]			
	コントローラ	テスト	スピントルク		コントローラ	テスト	スピントルク	
	トルク	トルク	トルク	目標値との差	トルク	トルク	トルク	目標値との差
平均[N・m]	369.7	365.3	363.4		675.5	664.0	663.3	
最大[N・m]	371.2	371.0	365.0	+15.0(+4.3%)	677.2	669.0	665.0	+5.0(+0.8%)
最小[N・m]	366.3	361.0	360.0	+10.0(+2.9%)	671.1	655.0	661.0	+1.0(+0.2%)
3σ[±N・m]	3.3	7.1	3.3		4.0	9.5	2.6	
3CV[±%]	0.9	2.0	0.9		0.6	1.4	0.4	
ソフトジョイント	目標値:350[N・m]				目標値:660[N・m]			
	コントローラ	テスト	スピントルク		コントローラ	テスト	スピントルク	
	トルク	トルク	トルク	目標値との差	トルク	トルク	トルク	目標値との差
平均[N・m]	352.3	349.1	346.5		661.5	649.4	647.7	
最大[N・m]	352.9	354.0	348.0	-2.0(-0.6%)	662.5	656.0	649.0	-11.0(-1.7%)
最小[N・m]	351.4	345.0	345.0	-5.0(-1.4%)	660.7	647.0	646.0	-14.0(-2.1%)
3σ[±N・m]	1.3	7.2	2.7		1.5	6.5	2.2	
3CV[±%]	0.4	2.1	0.8		0.2	1.0	0.3	

【公開版】

スピントルク(実トルクを得る基準器)を基準とした締付トルク精度が最も悪い値はハードジョイントを 350N・m 目標で締付けたときの+4.3%であり開発目標の締付トルク精度:±5 %以内を達成した。

スピントルク(実トルクを得る基準器)を基準とした繰返しトルク精度が最も悪い値はハードジョイントを 350N・m 目標で締付けたときの±0.9 %であり開発目標の繰返し締付トルク精度:±5 %以内(3CV)を達成した。

第3章 全体総括

3-1 複数年の研究開発成果

補助事業による研究開発の成果として、新たな開発品を完成させる為の8つの課題に対して、以下の研究成果を得ることが出来た。

- ① 最大出力トルク:800 N・m 以上
減速機構及びクラッチ機構の開発と無給油小型高効率エアモータの開発により最大出力トルク 800 N・m 以上を達成した。
- ② 機械重量:13.0 kg 以下
1 軸締付機械(ナットランナ)では、総重量 14.6 kg となったが、再設計し総重量は 12.9 kg となり開発目標 13.0 kg 以下は達成出来る。
- ③ トルク制御可能範囲:370~650 N・m(ボルトサイズ M20~M30)
- ④ 締付トルク精度:±5 %
- ⑤ 繰返し締付トルク精度:±5 %以内(3CV)
試作コントローラの開発により、350、660 N・m での締付性能試験を行い、締付トルク精度が 4.3 %、繰返し締付トルク精度が 0.9 %と高精度のものが出来、開発目標を達成した。
- ⑥ 耐久性 10 万本以上
摩擦クラッチ機構では 10 万本を締付けることが出来なかったが、ボールクラッチ機構に変更する事で耐久性を向上出来る。今後も継続して耐久性の検討を行う。
- ⑦ ねじ締付方向:2 方向(正回転及び逆回転)有すること
正回転、逆回転用の電磁弁を別々に装備することで正逆どちらでも締付出来、開発目標を達成した。
- ⑧ 1 次空気圧力(0.7~1.3 MPa)
無給油小型高効率エアモータを開発し、そのエアモータが空気圧力 1.3 MPa にて使用可能であることを確認し、開発目標を達成した。

3-2 研究開発後の課題・事業化展開

i) 想定している具体的なユーザ、マーケット及び市場希望などに対する効果

表 21 製品等の名称と概要

製品等の名称	製品等の概要(用途、特徴等)
型式認定 1 軸締付機械(ナットランナ)	<p>用途</p> <p>大型車両整備時のタイヤ締付作業</p> <p>特徴</p> <p>①日本初の型式認定 1 軸締付機械</p> <p>②大型車両の車輪脱落事故を防止する為、締結不良をほぼ 100 %なくす</p> <p>③トルクレンチ同等の 1 軸締付機械(ナットランナ)で1工程に集約して作業効率が 5 倍</p> <p>④1 人作業で 50 %以上コストダウン</p> <p>⑤締付トルクをほぼ 100 %保証</p> <p>⑥熟練を要さない誰でも出来る。</p>

A) 事業化に向けた基本方針

1) 川下企業(顧客)ニーズ

国土交通省と日本自動車機械工具協会から「大型車両の車輪脱落事故を防止」する為、比較的安価な機械を開発することが必須条件

2) 販売促進戦略

先ず、大型車両メーカー系ディーラの約 1,000 工場、バス会社(観光バス・路線バス)を中心にし、次に大型車両整備専業会社、バス会社(観光バス・路線バス)、タイヤメーカー系ディーラに対して販売活動を行う。リーダ会社の工場に販売することが出来れば、下位会社は徐々に導入に踏み切ると考えている。

当社が開発し日本初の型式認定を取得した 2 軸同時締付機械で既に潜在的なお客さまには良好な関係が構築出来てきており、販売には問題はない。本事業で開発した型式認定 1 軸締付機械(ナットランナ)を販売することで上位機種である 2 軸同時締付機械の販売も相乗効果で伸びていくと考えられる。

新しいビジネスモデルとして、販売後、年 1 回または締付 10 万本毎の定期点検を実施して、締付作業の質を維持管理する。機械販売時に 5 年間の定期点検の保守契約も含めて販売するので、長期にわたってお客さまの変化するニーズにあった製品・サービスを提供し続けることが出来る。そこで、1 軸締付機械を開発するよう要請を受けて本研究開発を決意した。日本初の型式認定 1 軸締付機械(ナットランナ)は、川下企業(顧客)である日本全国の大型車両整備工場にとって、車輪脱落事故を防止し、且つ、作業の高効率化、コストダウンを実現する、正に一石二鳥の機械である。

先に当社が開発し日本初の型式認定を取得した 2 軸同時締付機械は、幅広い川下企業(顧客)のニーズに応えるには非常に高価(約 1,000 万円)であり難しかった。本事業で開発する日本初の型式認定 1 軸締付機械(ナットランナ)は、比較的安価(約 300 万円)であるので、大規模な整備会社から小規模の整備会社まで導入可能なニーズに合った機械である。

ii) 事業化見込み(目標となる時期・売上規模)

A) 想定する市場(現状、今後の動向)

大型車両整備産業の市場は、大型車両メーカー(いすゞ自動車・日産ディーゼル・日野自動車・三菱ふそうトラックバス)系ディーラが約1,000工場、大型車両整備専門会社、バス会社(観光バス・路線バス)、タイヤメーカー(ダンロップタイヤ・トーヨータイヤ・ブリヂストンタイヤ・ヨコハマタイヤ)系ディーラ、大型車両整備兼業会社等をあわせると約10,000工場(指定工場約30,000工場)の規模である。今後、東日本震災復興と東京オリンピック開催を考えると大型車両の需要は増えていくので整備需要もそれにもなまって増えていくと考えられる。

また、整備不良に起因する大型車両の車輪脱落事故に対する国交省の通達・指導により、大型車両整備工場はホイールボルトとナットの締結不良を防止出来る締付機械を導入せざるを得ない状況になっていくものと予測される。

大型車両整備工場が整備不良による人身事故を起こさないというコンプライアンス遵守の観点からも、比較的安価な日本初の型式認定1軸締付機械(ナットランナ)を導入するメリットは大きい。

iii) 事業化担当者

株式会社ユタニ 取締役営業部長 油谷光廣

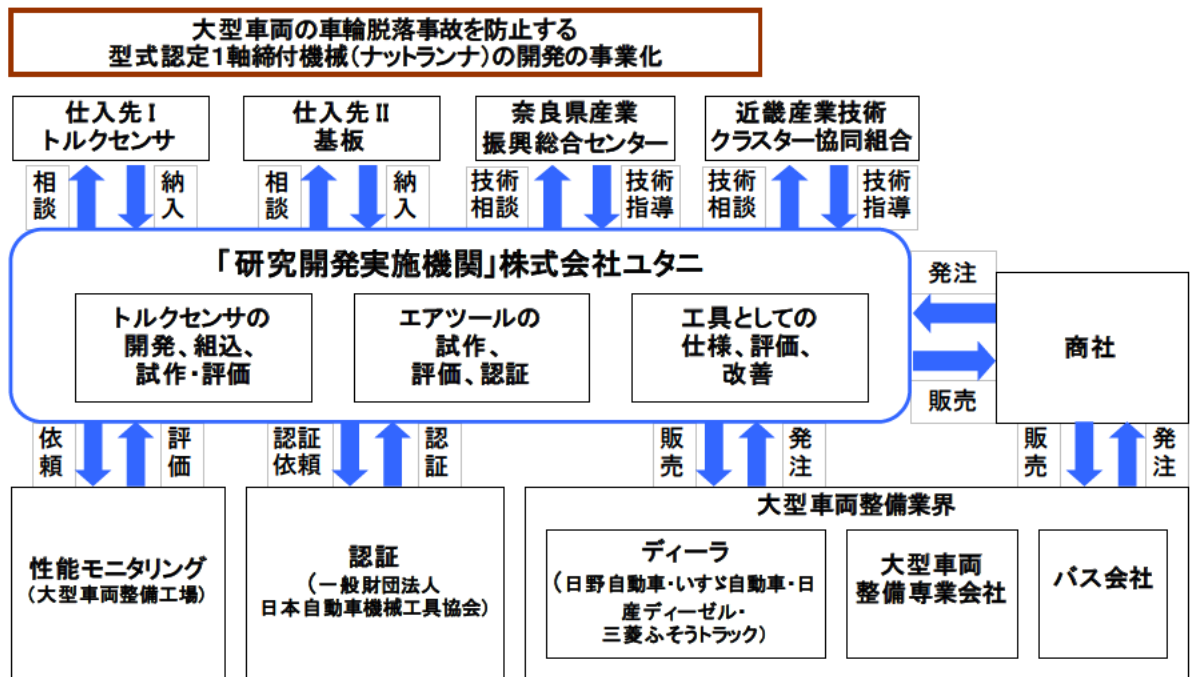


図 37 事業化体制図

iv) 事業家にいたるまでの遂行方法や今後のスケジュール

表 22 事業化スケジュール

製品等の名称		型式認定 1 軸締付機械(ナットランナ)				
開発事業者		株式会社ユタニ				
想定するサンプル出荷先		いすゞ自動車・日産ディーセル・日野自動車・三菱ふそうトラックバスの各ディーラ				
スケジュール	年度	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	平成 32 年度	平成 33 年度
	サンプルの出荷	→				
	追加研究	→	→			
	設備投資			→		
	正社員の増員					→
	製品等の生産					→
	製品等の販売					→
売上見込	売上高(千円)	10,000	400,000	800,000	1,200,000	1,600,000
	販売数量(単位を記載)	50 台	200 台	400 台	600 台	800 台
	売上高の根拠	大手 4 社の大型車両整備工場を有するディーラで販売可能性の高いディーラは約 1,000 工場。1 工場で 10 台とすると、需要は 10,000 台。さらに大型車両整備専業会社、バス会社やタイヤ販売会社を考えると数十万台の需要がある。技術的にも他社が型式認定を取得するまでには当社から数年遅れるので先行者売上は 100 億円を超える。				