

# TECHNICAL REVIEW

200,000,000本 達成記念

No. **66**

特集 等速ジョイント

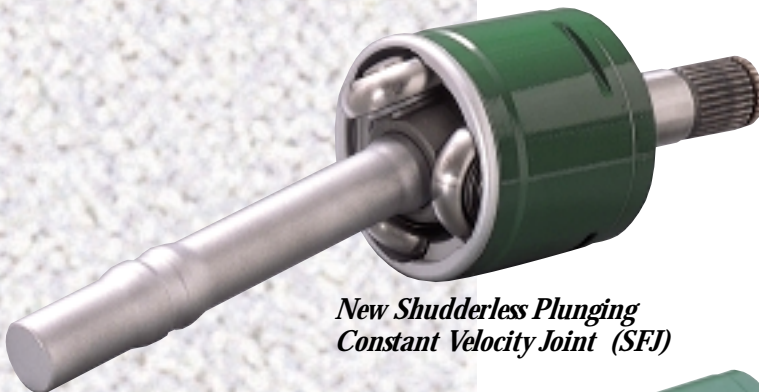
AUGUST 1997



*Cross Groove Joint for Propeller Shaft*



*Ball Fixed Joint for Propeller Shaft*



*New Shudderless Plunging  
Constant Velocity Joint (SFJ)*



*Shudderless Plunging  
Constant Velocity Joint (BTJ)*



*Double Offset Joint-RPE*

## 各種等速ジョイント

本号で紹介した、さまざまな機能を備えたCVJです。本文にて詳細を記述いたしましたので、どうぞご参照ください。



- 1 プロペラシャフト用低振動CVJ.....P45参照
- 2 プロペラシャフト用固定式BJ .....P37参照
- 3 駆動軸用新型低振動CVJ.....P21参照
- 4 超低振動CVJ.....P24参照
- 5 低スライド抵抗領域拡大大型DOJ-RPE .....P16参照

# 目 次

|         |  |    |
|---------|--|----|
| [巻頭言]   | 等速ジョイント国内生産累計2億本達成記念特集号に寄せて .....  | 1  |
|         | 取締役 自動車製品技術部 部長 星川 文雄  |    |
| [概 説]   | NTN等速ジョイントの歩みと展望 .....   | 2  |
|         | 等速ジョイント技術部 林 克郎  |    |
| [論 文]   | DOJスライド抵抗の解析 .....   | 9  |
|         | 自動車製品研究所 長谷 陽夫 / 井本 正之   |    |
| [解 説]   | 低スライド抵抗領域拡大型DOJ-RPEの開発 .....   | 16 |
|         | 等速ジョイント技術部 福村 善一 / 小林 正純<br>自動車製品研究所 長谷 陽夫 / 小原 健 / 阪東 広道  |    |
|         | 新型低振動等速ジョイント(SFJ) .....  | 21 |
|         | 等速ジョイント技術部 福村 善一 / 門田 哲郎   |    |
|         | 超低振動等速ジョイント(BTJ) .....   | 24 |
|         | 自動車製品研究所 長谷 陽夫 / 小原 健 / 阪東 広道  |    |
|         | 高性能コンパクト固定式等速ジョイント(EBJ) .....  | 28 |
|         | 自動車製品研究所 曾根 啓助 / 穂積 和彦   |    |
|         | 軽自動車用等速ジョイントの開発 .....  | 32 |
|         | 等速ジョイント技術部 福村 善一 / 池井 勝幸 / 小林 正純<br>生産技術研究所 吉岡 守久 / 飯原 道雄 / 山口 昌巳 / 中橋 大<br>自動車製品研究所 石黒 重好<br>等速ジョイント工場 服部 隆 |    |
|         | プロペラシャフト用各種等速ジョイント .....   | 37 |
|         | 等速ジョイント技術部 坂口 明夫 / 潮田 佳雅 / 宮田 真秀<br>自動車製品研究所 小原 健 / 葉山 佳彦  |    |
|         | プロペラシャフト用低振動等速ジョイント(HLJ) .....   | 45 |
|         | 自動車製品研究所 藏 久昭<br>等速ジョイント技術部 池田 武 / 梅木田 光   |    |
|         | 等速ジョイント用グリースの最近の動向について .....   | 51 |
|         | 等速ジョイント技術部 長谷川幸雄 / 長澤 敬三 / 高部 真一   |    |
|         | 等速ジョイント用ブーツの開発 .....   | 56 |
|         | 等速ジョイント技術部 福村 善一 / 高部 真一   |    |
|         | 産業機械用等速ジョイントの応用技術について .....  | 62 |
|         | 等速ジョイント技術部 田中 利和   |    |
| [新商品紹介] | ①コンパクトクラッチリリースベアリング(CCR) ...   | 71 |
|         | ②ASベアリングシリーズ .....   | 72 |
|         | ③オートエアハブ .....   | 73 |
|         | ④プーリ内蔵形オートテンションユニット .....  | 74 |
|         | ⑤高温用ポリループベアリング .....   | 75 |
|         | ⑥リニアモータ駆動長ストローク高速エアスライド  | 76 |

# CONTENTS

|  |    |
|--|----|
| Preface .....  | 1  |
| Humio HOSHIKAWA  |    |
| <hr/>  |    |
| The History and the Future of NTN Constant Velocity Universal Joints .....   | 2  |
| Katsuro HAYASHI  |    |
| <hr/>  |    |
| Analysis of DOJ Plunging Resistance .....  | 9  |
| Haruo NAGATANI, Masayuki IMOTO   |    |
| <hr/>  |    |
| Development of the Low Plunging Resistance DOJ-RPE .....   | 16 |
| Yoshikazu FUKUMURA, Haruo NAGATANI, Takeshi KOHARA,<br>Masazumi KOBAYASHI, Hiromichi BANDO   |    |
| New Shudderless Plunging Constant Velocity Universal Joints (SFJ) .....  | 21 |
| Yoshikazu FUKUMURA, Tetsuro KADOTA   |    |
| Shudderless Constant Velocity Universal Joints (BTJ's) .....   | 24 |
| Haruo Nagatani, Takeshi Kohara, Hiromichi Bandou   |    |
| High Efficiency Compact Fixed Constant Velocity Universal Joints (EBJ) .....   | 28 |
| Keisuke SONE, Kazuhiko HOZUMI  |    |
| Development of Constant Velocity Universal Joints for Mini-Cars .....  | 32 |
| Yoshikazu FUKUMURA, Katsuyuki IKEI, Masazumi KOBAYASHI,<br>Morihsa YOSHIOKA, Michio IIHARA, Masami YAMAGUCHI,<br>Hiroshi NAKAHASHI, Shigeyoshi ISHIGURO, Takashi HATTORI |    |
| Constant Velocity Universal Joints for Propeller Shafts .....  | 37 |
| Akio SAKAGUCHI, Yoshimasa USHIODA, Masahide MIYATA,<br>Takeshi KOHARA, Yoshihiko HAYAMA  |    |
| "HLJ" for Propeller Shafts .....   | 45 |
| Hisaaki KURA, Takeshi IKEDA, Mitsuru UMEKIDA   |    |
| Recent Developments in Greases for Constant Velocity Universal Joints .....  | 51 |
| Yukio HASEGAWA, Keizo NAGASAWA, Shinichi TAKABE  |    |
| Development of Constant Velocity Universal Joints Boots .....  | 56 |
| Yoshikazu FUKUMURA, Shinichi TAKABE  |    |
| Application of Constant Velocity Universal Joints for Industrial Machinery .....   | 62 |
| Toshikazu TANAKA   |    |
| <hr/>  |    |
| Line of New Products .....   | 71 |

## 等速ジョイント国内生産累計2億本達成 記念特集号に寄せて

取締役 自動車製品技術部 部長  
星川 文雄

NTNは1918年に軸受メーカーとしてスタートし来年で創業80周年を迎えますが、あらゆる機械の基本部品である各種軸受を国内および海外各地に供給し、産業の発展に大きく貢献して参りました。

自動車の駆動系の重要部品である等速ジョイントについては、1962年に事業を始めてから、NTNの国内総販売高の約25%を占めるまでに成長し、本年6月に『国内の生産累計2億本』を達成しました。さらに海外では1989年に米国に「NTN DRIVESHAFT INC.」を設立し、北米地区自動車メーカーを中心にNTN等速ジョイントを逐次採用していただきましたが、現建屋だけでは手狭となり今夏増築を完了致しました。

日本の自動車工業は、戦後半世紀を経て大きく飛躍し昨年の国内生産台数は世界の約20%、海外の生産を含めると約30%を占めるまでに発展しております。最近の自動車の主な技術課題は、「NVH(騒音・振動・乗り心地)改善」、「軽量・コンパクト化」、「ユニット化」、「低コスト化」、「安全・環境対応」など多岐にわたっていますが、中でもグローバル調達に対応できる低価格技術と、今後益々強く求められる安全・環境技術が、緊急で重要な課題と考えられます。

NTNは等速ジョイントの専門メーカーとして、これらの課題についてたゆみない取り組みを続けてきましたが、国内生産累計2億本達成を機に最近の開発成果を纏めて等速ジョイントの特集号として本誌を発行することに致しました。

今後もこれまで以上にお客様のニーズに応え、新しい技術革新にも対応すべく研究・開発を進めて参ります。関係各位の一層のご指導とご鞭撻をお願い申し上げます。

## NTN等速ジョイントの歩みと展望

林 克郎\*

### The History and the Future of NTN Constant Velocity Universal Joints

By Katsuro HAYASHI

In face of ever-changing automobiles and automotive technologies in the world, we have looked back our business activities in one of our most important business lines, constant-velocity joints (CVJ), including those at the initial stage and have now worked out the future prospect of our business in them as shown separately.

NTN started production of CVJ in 1963, and recorded the total production of 200 million pieces of the products in 35 years in Japan. With efforts extended for introduction of various technological innovation during the while, NTN developed business activities on the global basis such as installation of a production base in the U.S. in 1989. NTN is now enjoying a high reputation as the leading manufacturer of CVJ in the world.

We intend to continuously fulfill our responsibility as the leading manufacturer of CVJ in the world, consider settlement of subjects pertaining to automobiles in close cooperation with automobile manufacturers, and extend our further efforts for introduction of the latest technological innovation.

#### 1. まえがき

NTNの等速ジョイント(Constant Velocity Universal Joints,以下CVJと略す)は,1960年代日本のモータリゼーションが高まりつつある中,当社の自動車工業向けの軸受に継ぐ期待の商品として,1962年に英国のハーディ・スパイサー社と技術提携し,翌年“パーフィールドNTN等速ボールジョイント”と称して第一号製品を世に送り出した。その後,乗用車のFF(エンジン前置き・前輪駆動)化の流れと共に発展し,国内の累計生産本数は,1988年7月に1億本を突破し,本年6月に“2億本”を達成した。

現在は国内のみならず米国にNTN DRIVESHAFT INC(以下NDIと略す)を設立(1989年)し,主に北米市場向けに,海外の生産拠点としてさらに拡大を続けている。

この“2億本”達成を一つの区切りとして,今までの歩みを振り返り,将来の展望を述べてみたいと思う。

#### 2. NTN等速ジョイントの始まり

当社のボールフィックスト形等速ジョイント(BJ)は,NTNが技術提携したハーディ・スパイサー社の親会社がパーフィールド社であったことから,当初“特許パーフィールドNTN等速ボールジョイント”と呼ばれていた。

1960年代初期,欧州はモータリゼーションの真っ盛りで,すでにFF車が30~40%を占めていた。その頃発明の地英国で,パーフィールド等速ジョイントを採用したのが,BMC社の有名な“オースチン・ミニ”である。この車の登場が世界の小型乗用車の設計の流れを変えたと言われており,現在も人気車種として健在する。NTNは,この欧州の自動車市場状況から,当時将来の日本の姿を予見し,自動車メーカー向けの,ニードルベアリングに続く“ポストベアリング”商品として,BJに関する技術を導入し,桑名製作所で生産を開始した(写真1)。

なお,NTNのBJ量産第一号が採用されたのは,当時わが国で唯一のFF車であったスズキの“スズライトFE”である(写真2)。

\*等速ジョイント技術部



写真1 1960年頃の桑名製作所  
KUWANA PLANT in 1960



写真2 スズライトFE  
SUZULIGHT FE

### 3. NTN等速ジョイントの拡大と発展

1960年代半ばから、わが国の乗用車生産の増加とFF化の進展につれて、CVJの種類は、しゅう動式ジョイントとして、1965年にダブルオフセット形等速ジョイント(DOJ),1983年にトリポート形等速ジョイント(TJ),1984年にクロスグループ形等速ジョイント(LJ)を技術導入し、さらに1988年に固定式高角ジョイントのアンダーカットフリージョイント(UJ)と順次追加された。サイズの横広げと相俟ってバリエーションを増やし、自動車の車種多様化、機能・強度の高度化に合わせて、最適なCVJの選択が可能となり、生産は拡大発展を続けてきた(表1)。

NTNのCVJ国内生産本数は、1972年6月累計500万本(250万台分)を越え、1973年のオイルショックを契機に低燃費のFF車ブームと相俟って、飛躍的に増加し、1988年7月に累計1億本を突破し、本年(1997年)6月には『2億本』を達成した。

この間、生産拠点は、1968年に磐田ボールベアリング工場内に増設(富士重スバル1000及びホンダN360用CVJ生産)、1973年磐田CVJ専用工場建設、さらに1982年西日本地区ユーザ向けを対象として岡山CVJ工場を建設し、ピーク時(1991年)生産110万本/月にまで能力を増大させてきた(図1)。

また、原価低減に大きく寄与した生産技術として、精密鍛造、外輪高周波焼入れの採用、摩擦圧接導入等が特記される。

表1 NTN CVJの種類とサイズ  
Variation of CVJ

| サイズ | 固定式ジョイント |    |     | しゅう動式ジョイント |    |     |     | プロペラ用しゅう動式ジョイント |     |
|-----|----------|----|-----|------------|----|-----|-----|-----------------|-----|
|     | BJ       | UJ | EBJ | DOJ        | TJ | FTJ | SFJ | LJ              | HLJ |
| 68  | ●        |    |     | ●          | ○  |     |     |                 |     |
| 71  | ●        | ●  |     | ●          | ●  |     |     |                 |     |
| 75  | ●        | ○  |     | ●          | ●  |     |     | ●               | ○   |
| 79  | ●        |    |     | ●          | ●  | ○   |     |                 |     |
| 82  | ●        | ●  | ○   | ●          | ●  | ●   | ●   |                 |     |
| 87  | ●        | ●  | ○   | ●          | ●  | ●   |     | ●               | ○   |
| 92  | ●        |    | ○   | ●          | ●  | ●   | ○   |                 | ○   |
| 95  | ●        | ●  | ○   | ●          | ●  | ●   | ○   | ●               | ○   |
| 100 | ●        | ○  |     | ●          | ●  | ●   | ○   |                 | ○   |
| 104 | ●        |    |     | ●          | ○  | ○   | ○   |                 |     |
| 109 | ●        |    |     | ●          | ○  |     |     | ●               | ○   |
| 117 | ○        |    |     | ○          |    |     |     | ○               |     |
| 125 | ●        |    |     | ●          |    |     |     |                 |     |

●: 量産中 ○: 開発済

注1) サイズは基本的にジョイントの軸径をインチ(×100)で表示したものである。

2) 本表では一般的な自動車用のサイズ迄を載せており、大型トラック及び産業機械用は更に大きいサイズがあります。





写真3 現在の磐田製作所  
IWATA PLANT in 1997

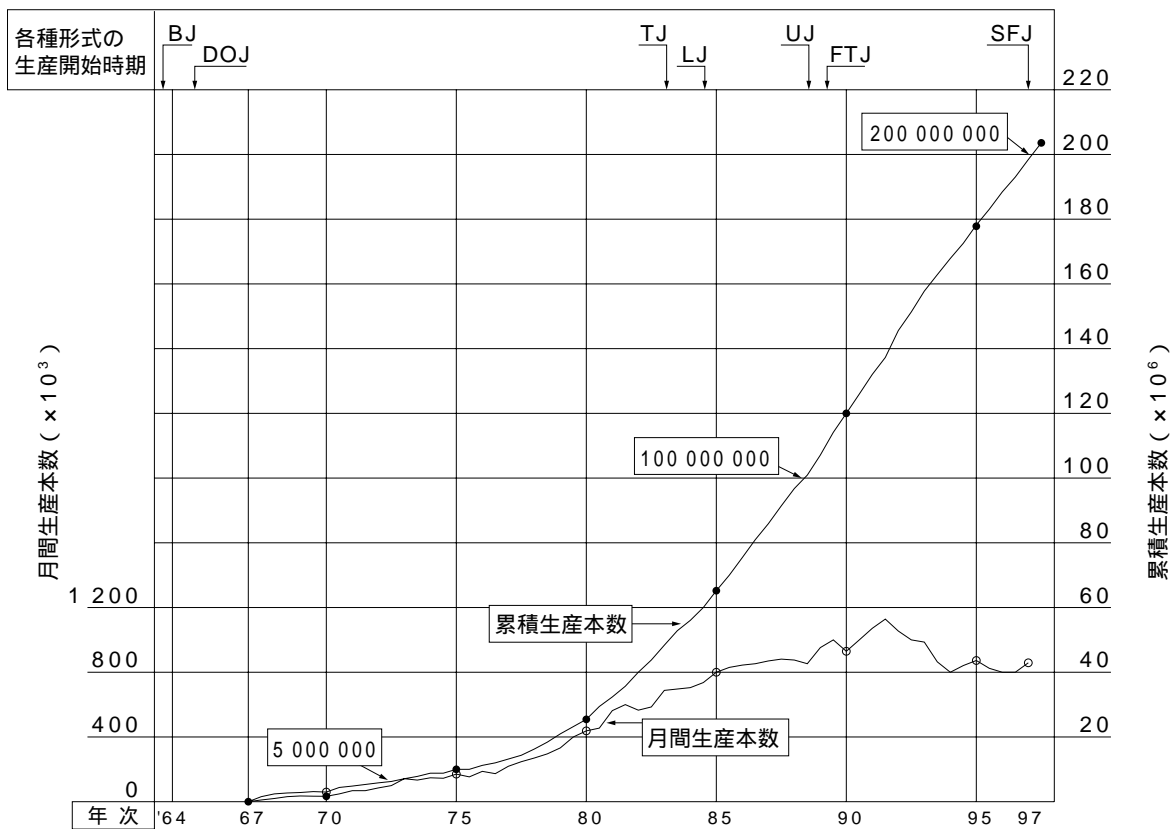


図1 NTN CVJの国内生産履歴  
The History of CVJ Production Value in Japan



#### 4. NTN等速ジョイント北米生産

わが国の自動車メーカーは、国際協調、貿易収支改善・急激な円高対策として、1978年～1989年にかけて、大きな自動車市場である北米・ヨーロッパを中心に現地生産会社を設立し、1982年から各社が順次生産を開始し、現地生産比率を高めて来た。

1996年の日本の自動車メーカーの海外生産台数は、約610万台/年、うち北米(アメリカ・カナダ)の生産は約270万台/年で、10年間で約4倍近い伸びである。

一方、NTNも、北米におけるCVJ生産拠点として、1989年4月米国インディアナ州コロンバス市に“NDI”を設立、1991年4月より生産を開始し、素形材(鍛造)からの一貫工場として、日系トランスプラント及び北米現地自動車メーカーへ納入している。

近年の需要増加と新規車種立ち上がりに対応するために、生産能力を25万本/月から42万本/月に向け増強整備中である。



写真4 NTN DRIVESHAFT INC.

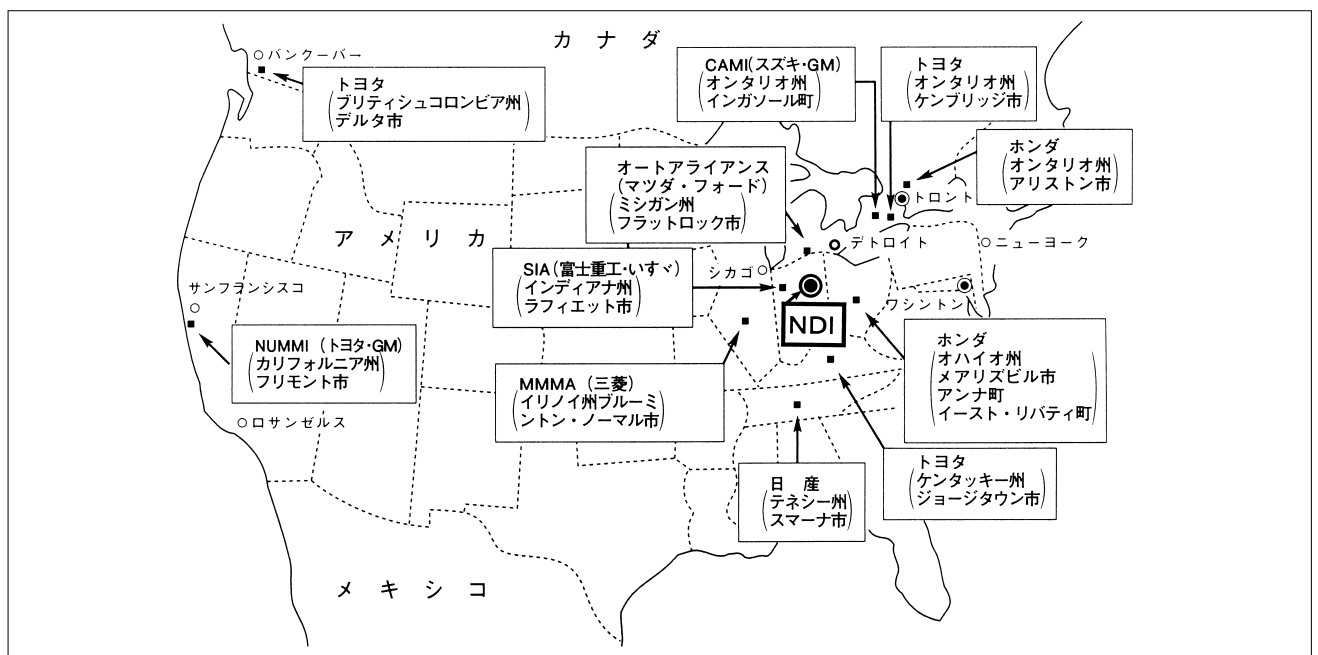


図2 北米の日系自動車メーカー生産拠点とNDI  
A Position in North America of NDI and a Japanese Car Maker

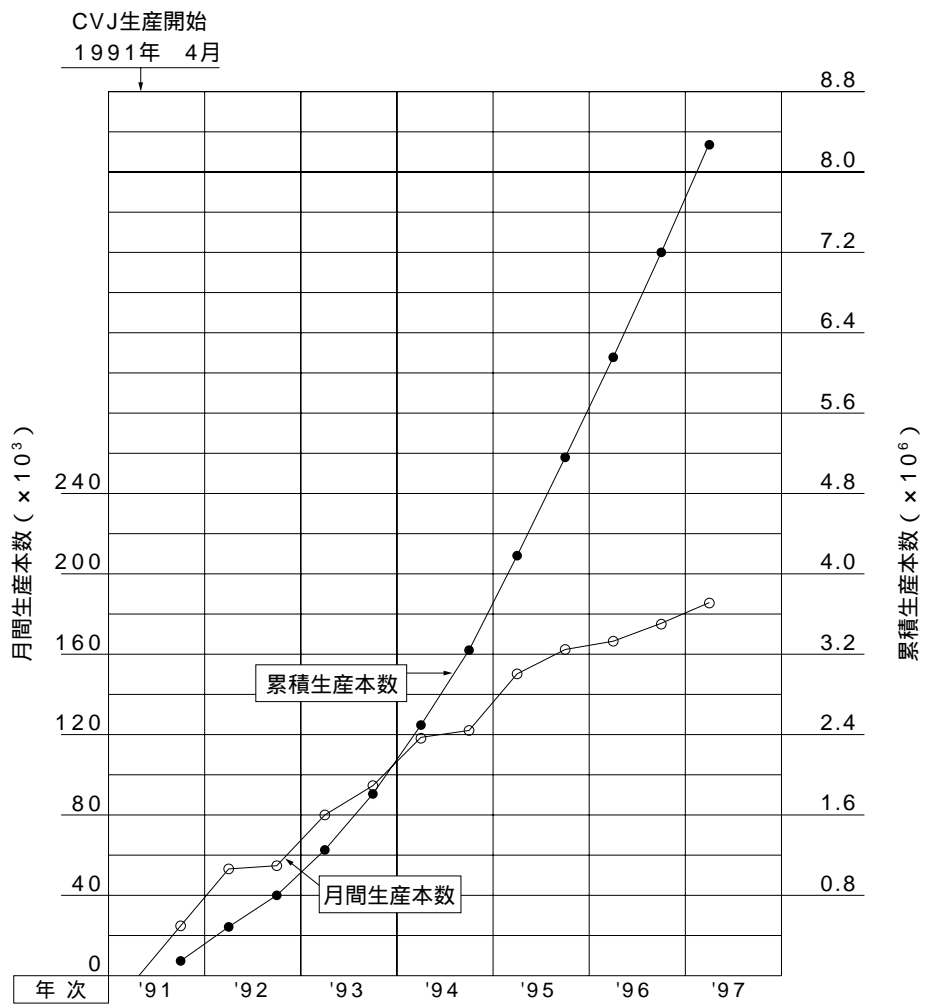


図3 NDIの生産履歴  
The History of CVJ Production Value at NDI



写真5 NDI製CVJ採用車種/フォード エクスペディション



写真6 NDI製CVJ採用車種/GM コルベット  
GM Corvet Uses NTN CVJ

## 5. 市場ニーズと最近のCVJ技術開発

最近の自動車で要求される課題は、「快適性・乗り心地・静粛性」、「コンパクト・軽量化」、「低コスト」、「安全」、「環境」であり、我々部品メーカーにとっても共通の課題である。当社も、種々の自動車関連部品で技術開発に取り組んでいるが、ここではCVJと関連技術について、最近の開発例を紹介する。

### 5.1 NVH(騒音・振動・乗り心地)改良

車のNVHに関わる、しゅう動式CVJの代表的な特性として、

- ①誘起スラスト；CVJが回転中角度を取って動力を伝達するとき、内部部品間の相対滑りに因り発生する摩擦力の軸方向成分。
- ②スライド抵抗；CVJが動力を伝達しながらしゅう動する時、摩擦に因り発生する滑り抵抗。
- ③折り曲げトルク  
等が挙げられる。

NTN TECHNICAL REVIEW No.56(Oct.1989年発行)で、この低減方法として、低摩擦グリースの開発と合せて、DOJ系ジョイントでは『DOJ-RPC』と『DOJ-RPCF』を、またTJ系ジョイントでは『AC-TJ』、『FTJ』、『TRJ』等の開発を紹介した。

これら開発技術は、現在多くの車に採用され、車の横揺れや高速走行時のビート音、アイドリング振動の改善に寄与している。

さらに、最近のNVH改良として、駆動軸用しゅう動式CVJの開発、及び、RV車の普及にともなう乗用車並の乗り心地の要求から、プロペラシャフト用CVJの改良と各種CVJを適用した場合の車両振動低減効果についても調査、研究を行っている。

#### (1) 駆動軸用しゅう動式CVJの開発

##### ①DOJ系

DOJ-RPE：低スライド抵抗領域拡大型DOJ  
DOJ-RPCFに比べ、車両の発進直後または発進加速時のより大きな振幅の振動をTJ並のスライド抵抗で吸収出来るダブルオフセット形等速ジョイント

(本号P16参照)

##### ②TJ系

SFJ：低振動CVJ

FTJに比べ、高トルク及び高作動角に対し、誘起スラストを低減したシャダーレスしゅう動式トリポード形等速ジョイント

(本号P21参照)

BTJ：超低振動CVJ

FTJに比べ、誘起スラスト及びスライド抵抗を格段に減少したボール循環式トリポード形等速ジョイント

(本号P24参照)

#### (2) プロペラシャフト用CVJの開発

##### ①HLJ：プロペラシャフト用低振動CVJ

従来、主にドライブシャフト用として使われて来たLJを、用途に合わせて、負荷トルクと作動角の許容値を約1/2とする一方、高速性・振動特性の改善と軽量・コンパクト化をしたプロペラシャフト専用のハイスピードクロスグループ形等速ジョイント

(本号P45参照)

##### ②長スライドHLJ：許容スライド量を長くしたHLJ

その他各種プロペラシャフト用CVJと特徴、及び車に適用した場合の効果の測定例については、本号“プロペラシャフト用各種等速ジョイント”(P37)を参照してください。

### 5.2 コンパクト・軽量化

#### (1) 高性能コンパクト固定式CVJ(EBJ)(本号P28参照)

・現行のBJに対し、外径が2サイズ分コンパクトで軽量化し、伝達トルク損失を少なく、低発熱化した固定式等速ジョイント

#### (2) 軽自動車用CVJ (本号P32参照)

・軽自動車用に必要な機能に合わせて冷間鍛造の適用を拡げたBJと板材を成型したカップ部と冷鍛成型ステム軸を機械的に接合したDOJを組み合わせた軽量等速ジョイント

#### (3) ユニット化

・EBJの利点を活用し、周辺の自動車関連商品を組み合わせて、4世代ハブジョイント等のコンパクトな“ユニット商品”の開発を進めている。

### 5.3 関連部品の開発

#### (1) コンパクト樹脂ブーツ ( 本号P56参照 )

低硬度TPEE( 熱可塑性ポリエステルエラストマー )材を使用し、従来の樹脂材の耐オゾン性・耐熱性・耐寒性・耐疲労性と強度を有し、CR( クロロプレンゴム )製ブーツよりコンパクトで重量を大幅に軽減したブーツを開発

上記樹脂材に潤滑剤を入れ、高転舵時のブーツひだ同志の接触による“ 擦過音 ” の無いブ - ツも完成している。

#### (2) 鉛なし長寿命・低振動グリース ( 本号P51参照 )

米国の環境規制を満足し、従来と同等な長寿命・低振動特性を維持した、固定式CVJ用及びしゅう動式CVJ用の両グリースの開発を終えており、更に拡大と改良に取り組んでいる。

## 6. 今後の展望

世界の自動車各社は、今後、輸出先で販売に見合った現地生産と開発、アジア・中南米・東欧等の発展途上国への市場拡大、地球規模での部品の最適調達・プラットフォームの共通化・ユニット化による一層のコストダウンと開発期間の短縮をさらに進めると思われる。

一方、自然環境保護と安全がより大きなテーマとして、エネルギー効率向上・省エネ対策、ローエミッション車として電気自動車・天然ガス自動車等の開発・普及、スペースユーティリティニーズ増加に伴うRV用4WDのより効率的なシステムの開発も加速されるであろう。

自動車の重要機能部品であるCVJを供給する当社も、これらのニーズに対応し、日本、北米、欧州、

アジアをはじめ世界中の必要な所に、同等の高い水準の性能・品質で低コストの製品と技術サービスの提供ができる体制整備が一層必要となろう。

今後も、「NVH特性向上」、「軽量・コンパクト化」、「コスト低減」、「ユニット化」、「環境対策」及び電気自動車等の新しい技術革新にも対応できるよう、研究・技術・生産・販売が連携して、タイムリーでスピーディな開発を進め、CVJの世界のトップメーカーとして自動車産業と共に発展し続ける所存である。

## 7. あとがき

NTNは、来年( 1998年 )創業80周年を迎える。一方、等速ジョイントは35年目で国内生産累計“ 2億本達成 ” という、大きな節目を迎えた。NTNの軸受に継ぐ主力商品として、本号で自動車用を中心に最近のCVJ技術を掲載した。

なお、CVJは等速性やメンテナンスのよさが認められ、鉄鋼設備や製紙設備などにも広く使われている。これをまとめた「産業機械用CVJの応用技術について」も記載した。

自動車メーカーをはじめ、関係各位にご活用頂ければ幸いである。

### 参考文献

- 1) NTNベアリングエンジニア 第22巻第一号( 1973 )
- 2) NTNニュース No. 21( 1988 )
- 3) NTN TECHNICAL REVIEW No. 56 等速ジョイント小特集号( 1989 )
- 4) NTN TECHNICAL REVIEW No. 65( 1996 )
- 5) 社団法人自動車工業会発行 1997 日本の自動車工業( 1997 )

## DOJスライド抵抗の解析

長谷 陽夫\*  
井本 正之\*

## Analysis of DOJ Plunging Resistance

By Haruo NAGATANI and Masayuki IMOTO

NTN has simulated the behavior of DOJ components in sliding resistance tests with sinusoidal vibration. This simulation was performed by solving the plural simultaneous second order differential equations for the motion of the DOJ components including kinetic friction. Using this method, the mechanism for the onset of sliding resistance in the DOJ was established. Subsequently, the joint parameters were varied to determine methods of reducing DOJ sliding resistance.

## 概 要

DOJの静止時(0rpm)加振スライド抵抗試験中の各部品の挙動をシミュレーションした。シミュレーションは、各部品について摩擦力を考慮した運動方程式をたてて得られた多元連立2階常微分方程式を数値的に解くことによって行なった。その結果、DOJのスライド抵抗発生メカニズムが明らかになった。また、ジョイントの内部諸元を変えた計算を行ない、DOJのスライド抵抗低減に効果のある因子を調査した。

## 1. まえがき

DOJはTJ系のジョイントに比べてスライド抵抗が大きいと、その低減が望まれている。本報では、DOJの静止時(0rpm)の加振スライド抵抗について、スライド抵抗発生メカニズムを解明し、また、効果的なスライド抵抗低減策を立案するため、ジョイントの内部諸元を変えた各種計算を実施し、スラ

イド抵抗低減に効果のある因子を調査した。計算は摩擦力を考慮した動的なものとして実施し、多元連立2階常微分方程式を数値的に解いて行なった。

## 2. スライド抵抗

DOJでよく問題となるのが、A/T車でブレーキをかけて静止しているとき、エンジンからの振動がジョイント部で吸収できず、車体へ伝わるケースである。この状態を想定して、図1のような試験装置が用いられる。この試験装置は、アイドリング時のエンジンからのトルク相当分をジョイントに負荷した状態で、エンジン振動を想定した正弦波状の加振をジョイントに与え、そのとき外輪に発生する軸方向の力を測定するものである。

このときに計測された2種類の波形を図2に示す。横軸が加振による変位量であり、縦軸がその変位に応じて発生する軸方向力(スライド抵抗)である。図はいずれもSTケージ(図3参照)のものであるが、測定条件によって波形が変わるのがわかる。通常「スライド抵抗値」と呼んでいるのは、縦軸の最大、

\*自動車製品研究所

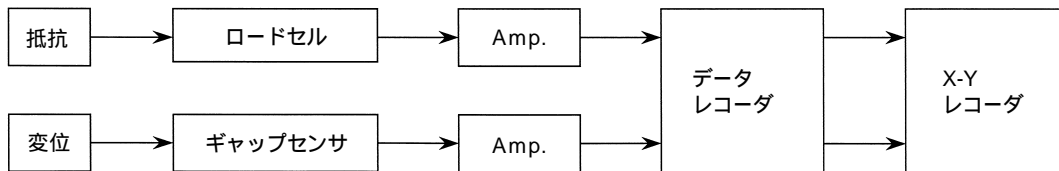
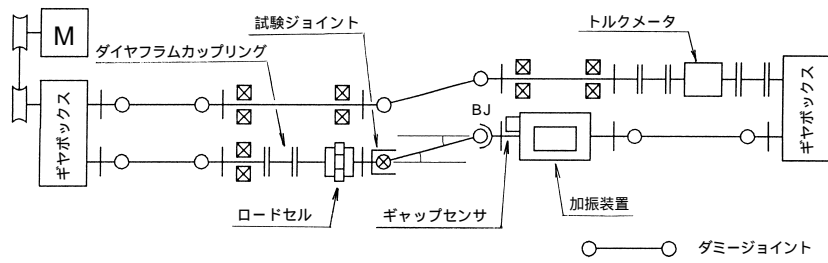


図1 スライド抵抗測定装置  
Measurement of Plunging Resistance

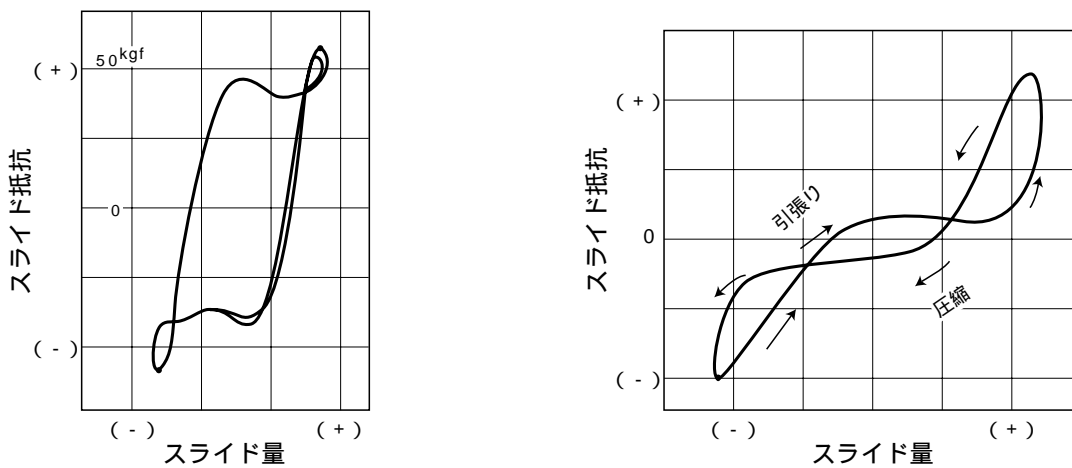


図2 DOJスライド抵抗測定時の波形  
Plunging Resistance Results of DOJ

最小値の振幅である。

STケージのスライド抵抗低減のため、過去に各種対策品が考案されてきた。構造面からの対策品がRPC, RPCFケージである。その構造を図3に示す。

参考までに、これらのケージについて、その効果がわかるように、ジョイント作動角を横軸にとってスライド抵抗計測結果をまとめると、図4のようになる。

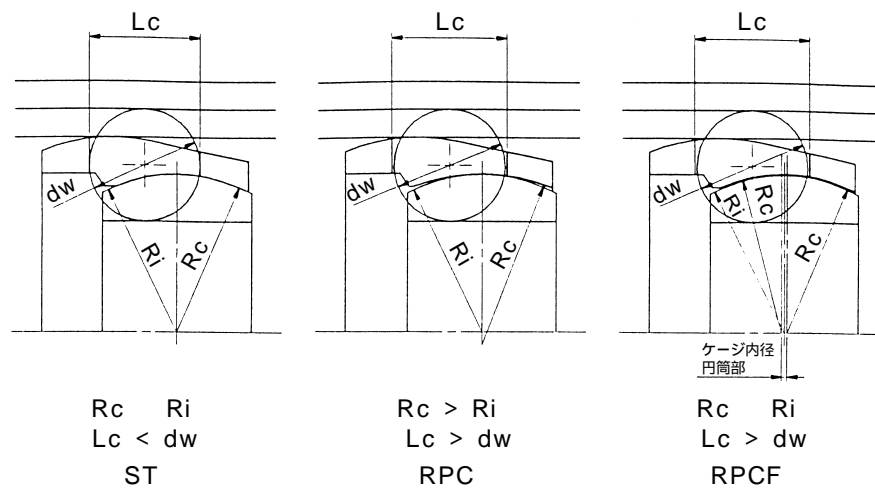


図3 各種DOJの構造図  
Constructions of Various DOJs

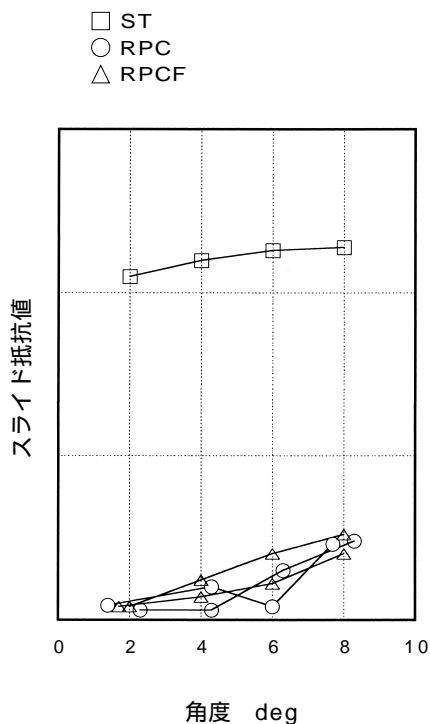


図4 各種DOJのスライド抵抗測定結果  
Plunging Resistance Results of Various DOJs

### 3. 計算方法

上述の静止時 (0rpm) の加振スライド抵抗について、ベンチで実施している試験のシミュレーションを試みた。理論式は、静的なジョイント内部の力とモーメントの釣り合い式に、摩擦力をプラスして、さらに加速度項 (慣性力) を考慮して、運動方程式化することによって求めた。その結果、多元連立2階常微分方程式が得られ、これを数値的に解いた。

摩擦力の方向と大きさは接触領域をセルに分割し、各セルでの接触二物体間の相対速度を求めることによりその摩擦力の方向を決め、ベクトルの合成して摩擦力とした。未知数は内輪移動量、内輪回転角、ケージ移動量、ケージ傾き角、各ボールの移動量、各ボールの回転角速度である。

これを数値的に解くため、2階常微分方程式を1階常微分方程式に変形して解いた。そのとき、上記の未知数に加えて追加される未知数は、内輪移動速度、内輪回転角速度、ケージ移動速度、ケージ回転角速度、ボール移動速度である。



#### 4. 計算結果

計算は以下の条件のときにジョイント外輪に加振を与えて実施した。

- ケージ : STケージ
- 作動角 : 6deg
- トルク : 15kgf-m
- 回転数 : 0rpm

##### (a) スライド抵抗計算結果

計算で得られた代表的結果を図5に示す。横軸は外輪の軸方向変位量、縦軸は外輪に発生する軸方向力である。

図5は下記の5つの領域に分けられる。

- ① 転がり部 .....A, F
- ② 立上がり部 .....B, G
- ③ 飽和部 .....C, H
- ④ 折返し過渡部 .....D, I
- ⑤ 球面力緩和部 .....E, J

以下に、これらの領域で生じている現象について、計算結果からわかった内容を簡単に述べる。

##### 転がり部 A, F

ケージと内輪は接触していない。従って、内輪球面力は0、外輪球面力もほぼ0である。また、ボールは外輪の移動量の1/2だけ移動しており、転がり状態にあることがわかる。

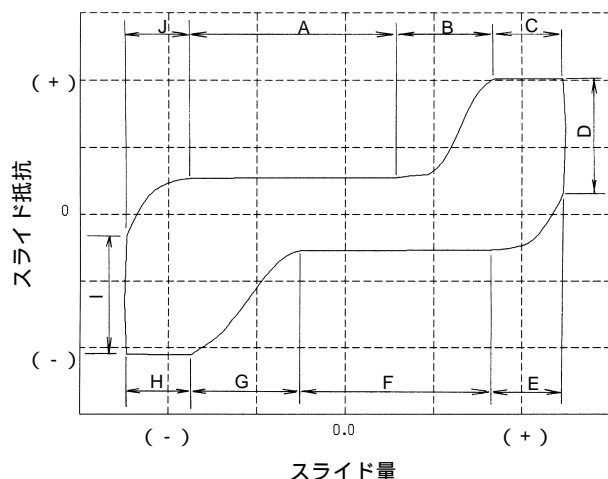


図5 スライド抵抗計算結果(代表例)  
Plunging Resistance Calculation Results

##### 立上がり部B, G

ケージと内輪の接触が始まり、球面力が急増する。飽和部C, H球面力は飽和し、スライドは定常状態となる。

##### 折返し過渡部D, I

外輪が揺動運動の折返し点に達し、その運動方向が変わるため各部の摩擦力が瞬時に急激に変化する。

##### 球面力緩和部E, J

内輪がケージから徐々に離れていくので、球面力が徐々に減少し、最後には0となり、転がり部に移行する。

##### (b) 実験結果との比較図

図2の測定された波形と計算結果(図5)を比較すると、両者ともほぼ類似した形状となつてはいるが、相違点もいくつかある。

- 計算結果は折返し点で急激に変化するが、実験では緩やかに変化する。このため、実験では線が交差する。
- 実験では、飽和部のないものや転がり部がほとんどないものもある。

これら相違点の原因として、固定側ジョイント(BJ)のすきまや剛性等が影響している可能性がある。即ち、計算上はシャフト軸端を固定しているため、内輪はラジアル変位のみが許されているが、実際のジョイントでは内輪は軸方向にも移動できるということである。この点を考慮して、DOJ内輪をシャフト軸方向に対して弱ばねとダッシュポットにより支持してみた(図6)。この結果を図7, 8に示す。軸方向に固定したもの(図5)よりは、実験結果に近づいてくるのがわかる。これをさらに、BJ側のす

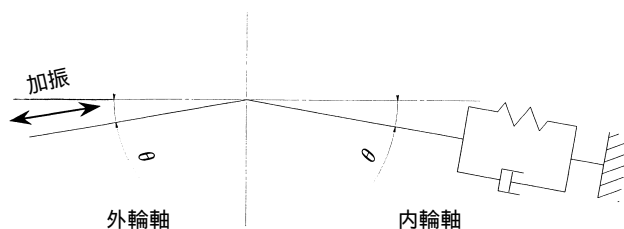


図6 内輪をばねとダッシュポットで支持したものの  
Construction for Calculation

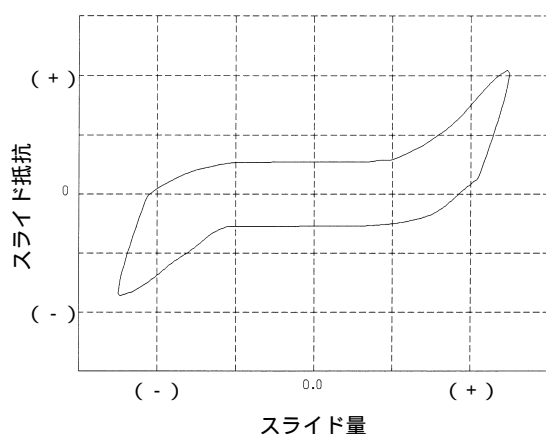


図7 スライド抵抗計算結果 ( $k=1\ 600\text{kgf/mm}$ ,  $c=1\text{kgf/(mm/s)}$ )  
Plunging Resistance Calculation

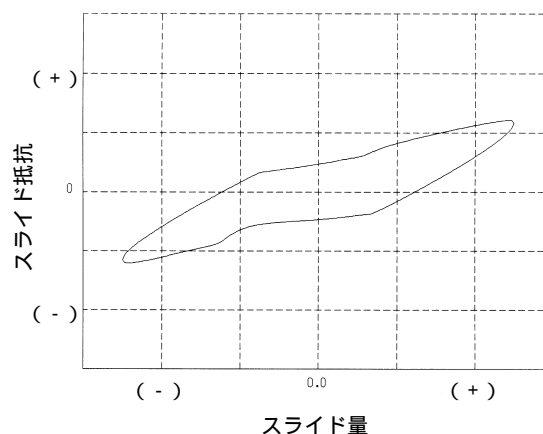


図8 スライド抵抗計算結果 ( $k=320\text{kgf/mm}$ ,  $c=0.45\text{kgf/(mm/s)}$ )  
Plunging Resistance Calculation

きまを考慮した方式に変更すれば、もっと実験結果に近づいてくるものと思われる。従って、実験結果と相違する原因としては、計算結果が純粋にDOJ単体のスライド抵抗を計算したものであるのに対し、実験結果では固定側ジョイントのすきまや剛性等の影響が入っており、DOJ単体の純粋なスライド抵抗を測定したものではないことが考えられる。即ち、本計算をさらに改良して、BJのすきま、剛性、粘性、及び試験機の慣性力等を考慮した計算にすれば、さらに精度のよいシミュレーションができるものと考えられる。

本報では、DOJの純粋なスライド抵抗を問題とするため、シャフト軸端は固定して、内部諸元を各種変えて計算を実施する。

#### (c) 各種パラメータの影響調査

スライド抵抗低減のために、どの部分の対策を行えば効果的かを把握するため、入力諸元を変えて計算を実施した。以下に、入力諸元を変えたときの計算結果を、図5の結果と比較して述べる。

##### トラック部摩擦係数

内外輪のトラック部の摩擦係数のみを夫々半分にして計算した(図9)。摩擦係数が小さいと転がり部の範囲が狭くなっており、また、内輪側摩擦係数の影響はほとんどゼロで、外輪側の摩擦係数が大きく影響しているのがわかる。

##### ケージポケット部摩擦係数

ケージポケット部の摩擦係数のみを半分にして計算した(図10)。転がり部のスライド抵抗値は減少しているが、飽和部での値は同じである

ため、スライド抵抗値としては同じになってしまうことがわかる。

##### ケージ球面部摩擦係数

ケージの内外球面部の摩擦係数のみを夫々半分にして計算した(図11)。若干のスライド抵抗値の減少はあるものの、どちらもほとんど影響がないことがわかる。

##### 内輪～ケージ間すきま

内輪～ケージ間のすきまを小さくしたものと、大きくしたものを計算した(図12)小さくしたものは転がり部の範囲が狭くなり、飽和部が広がっているが、スライド抵抗値そのものに変化はないことが判る。一方、すきまを大きくしたものは、転がり部の範囲が増加するため、立上がり部の途中で折返し点に到達してしまい、飽和部が存在していないことが判る。この効果によりスライド抵抗が大幅に低減されている。

##### 外輪～ケージ間すきま

外輪～ケージ間のすきまを小さくしたものと、大きくしたものを計算した(図13)。どちらの場合もほとんど同じ結果が得られ、スライド抵抗値に変化はなかった。

##### ケージポケットすきま

図5はケージポケットすきまが負の場合の結果であるが、さらに負のすきまとしたものと、正のすきまとしたものを計算した(図14)。

さらに負のすきまとしたものは、飽和部の範囲が大きくなり、球面力緩和部の範囲は少なくなっている。

正のすきまとしたものは転がり部のスライド抵

抗はゼロとなっており、また飽和部はその範囲が減少している。但し、飽和してしまっているためスライド抵抗の値は負すきまと同等であった。

トラックすきま

トラックすきまは大きくしても、小さくしても大差はなかった( 図15 )

以上の計算より、スライド抵抗低減化策として以

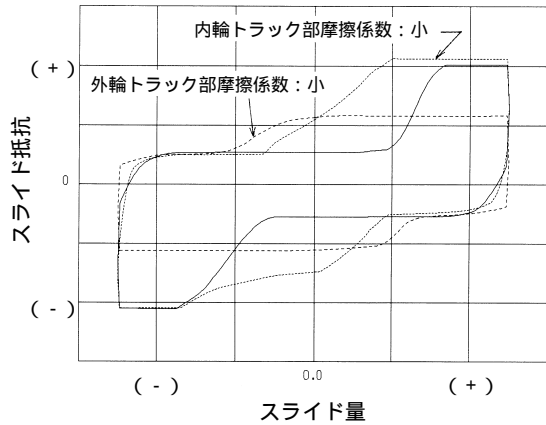


図9 スライド抵抗計算結果(トラック部摩擦係数の影響)  
Plunging Resistance Calculation

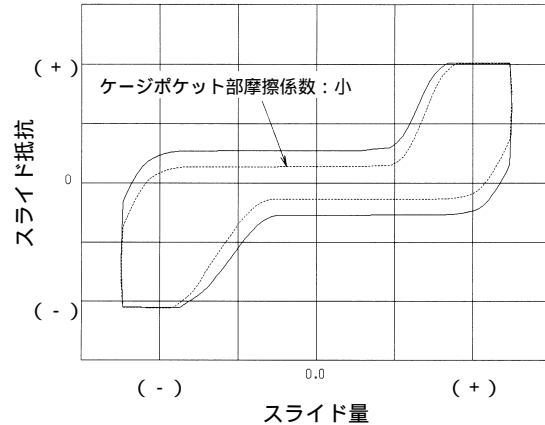


図10 スライド抵抗計算結果 ケージポケット部摩擦係数の影響)  
Plunging Resistance Calculation

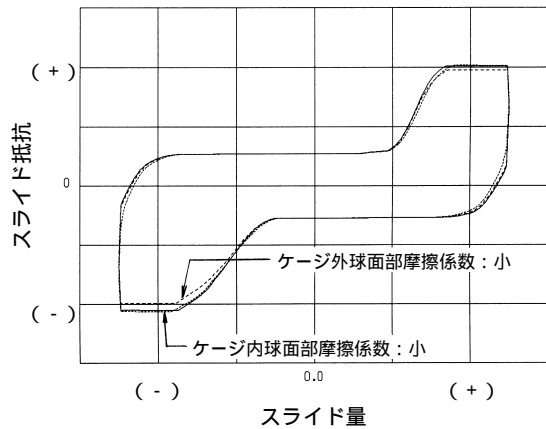


図11 スライド抵抗計算結果(ケージ球面部摩擦係数の影響)  
Plunging Resistance Calculation

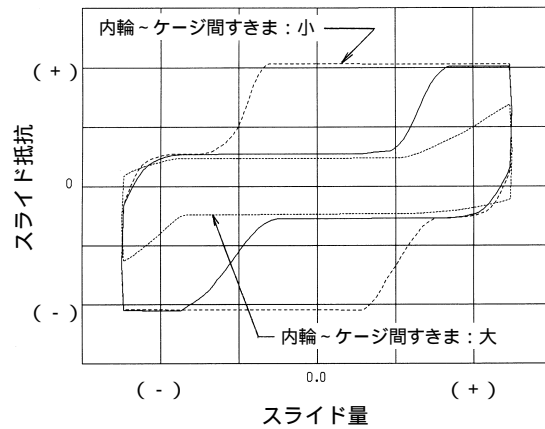


図12 スライド抵抗計算結果 内輪~ケージ間すきまの影響)  
Plunging Resistance Calculation

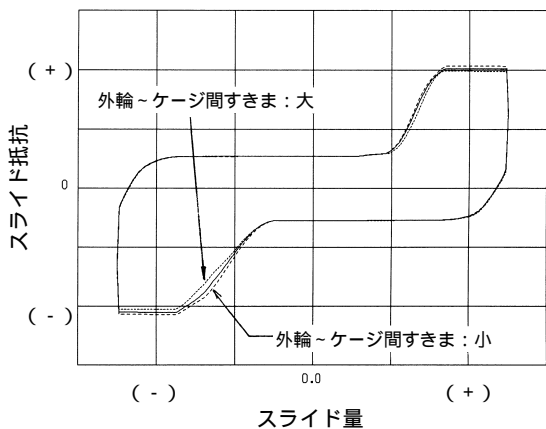


図13 スライド抵抗計算結果 外輪~ケージ間すきまの影響)  
Plunging Resistance Calculation

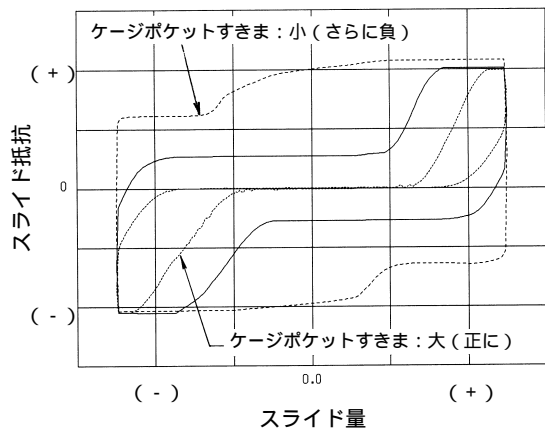


図14 スライド抵抗計算結果 ケージポケットすきまの影響)  
Plunging Resistance Calculation

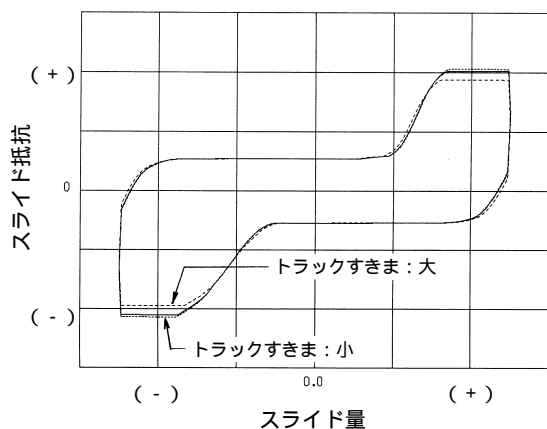


図15 スライド抵抗計算結果(トラックすきまの影響)  
Plunging Resistance Calculation

下のものが考えられる。

- (1) 外輪トラック摩擦係数の低減
- (2) 内輪～ケージ間すきま増大化による転がり領域増大と飽和部の排除
- (3) ケージポケットすきまを正とすることによる転がり部スライド抵抗の低減と飽和部領域の排除。

(2)(3)項は、RPC、RPCFケージで実施されてきたことであり、上記計算からも裏付けが得られたということである。(1)項については具体策が難しいが、接触角の増大化によるトラック荷重低減や摩擦係数の小さいグリースの採用等が考えられる。

## 5. まとめ

DOJのスライド抵抗発生メカニズムを計算により解明した。その結果、加振中の現象は、①転がり部、②立上がり部、③飽和部、④折返し過渡部、⑤球面力緩和部の5つの領域に分けられることが判った。

また、いくつかの計算を実施し、以下のものがスライド抵抗低減に効果があることが判った。

- (1) 外輪トラック摩擦係数の低減
- (2) 内輪～ケージ間すきま増大化による転がり領域増大と飽和部の排除
- (3) ケージポケットすきまを正とすることによる転がり部スライド抵抗の低減と飽和部領域の排除。

本計算結果が、DOJスライド抵抗の理解、さらには今後の改良等の参考となれば幸いである。

## 低スライド抵抗領域拡大型DOJ-RPEの開発

福村 善一\*  
 長谷 陽夫\*\*  
 小原 健\*\*  
 小林 正純\*  
 阪東 広道\*\*

### Development of the Low Plunging Resistance DOJ-RPE

By Yoshikazu FUKUMURA, Haruo NAGATANI, Takeshi KOHARA,  
 Masazumi KOBAYASHI and Hiromichi BANDO

In response to criticism that DOJ-RPC and DOJ-RPCF joints have inferior vibration characteristics during initial vehicle acceleration to tripod joints (TJ), NTN has recently developed an improved DOJ-RPE joint which features low plunging resistance. During these start-up conditions, large amplitude vibrations induced by the differential gearbox were being transmitted to the car body by the DOJ-RPC and DOJ-RPCF designs. In response, a rolling region longer than this amplitude was incorporated into the DOJ-RPE, producing superior vibration characteristics, comparable to the TJ.

#### 1. まえがき

しゅう動式等速ジョイントであるダブルオフセット形等速ジョイント (DOJ) は、しゅう動式トリポッド形等速ジョイント (TJ) に比べて、トルクを伝達しながらしゅう動する時のスライド抵抗が大きく、エンジンや路面からの振動を車体に伝播し、床やハンドルを振動させることがある。このスライド抵抗の低減を目的に、NTNは低摩擦グリース (P51参照) や機構改良を行ったDOJ-RPCとDOJ-RPCF (P11, 図3参照) を開発し、走行中の車体振動や、オートマチック車のドライブレンジでブレーキを踏んで停止している時に発生するアイドルリング振動等のNVH (振動・騒音) 問題の解決を図ってきた<sup>1)</sup>。しかしながら、最近になり、これらの改良型DOJを使用した場合も、車両によっては、発進直後または発進加速

時の車体振動がTJに比べて大きく、改善を求められる場合がある。この改善を図るため、問題となった車両の振動発生メカニズムを追求し、新たにDOJ-RPEを開発した。本稿で、その概要を報告する。

#### 2. 車両振動計測

車両で生じている振動現象を把握するため、図1に示す車両部位の振動計測を実施した。測定の結果、発進加速時の振動に関しては、フロア振動がよく特性を表現していることがわかった。したがって、以下の記述ではフロア振動のデータを掲載している。

発進直後または発進加速時の振動が問題となった車両にTJとDOJ-RPCFを取付け、発進加速時の振

\*等速ジョイント技術部  
 \*\*自動車製品研究所

動を計測すると、図2のような結果が得られた。図2より、DOJ-RPCFは発進加速時の車速5～15km/hの範囲で、振動レベルがTJに比べて明らかに高いことがわかる。

なお、アイドリング時の振動については、図3に示すように、常用域の1000rpm付近ではTJ、DOJ-RPCFとも同等レベルであり、実用上問題のな

いレベルとなっていることがわかる。

この発進加速時でのDOJ-RPCFの振動レベルが高い原因としては、TJに比べてDOJのスライド抵抗が大きいことに原因があると考えるのが自然である。これを確認するため、発進加速時の車両デフ部の左右振動を計測した。この結果を図4に示す。

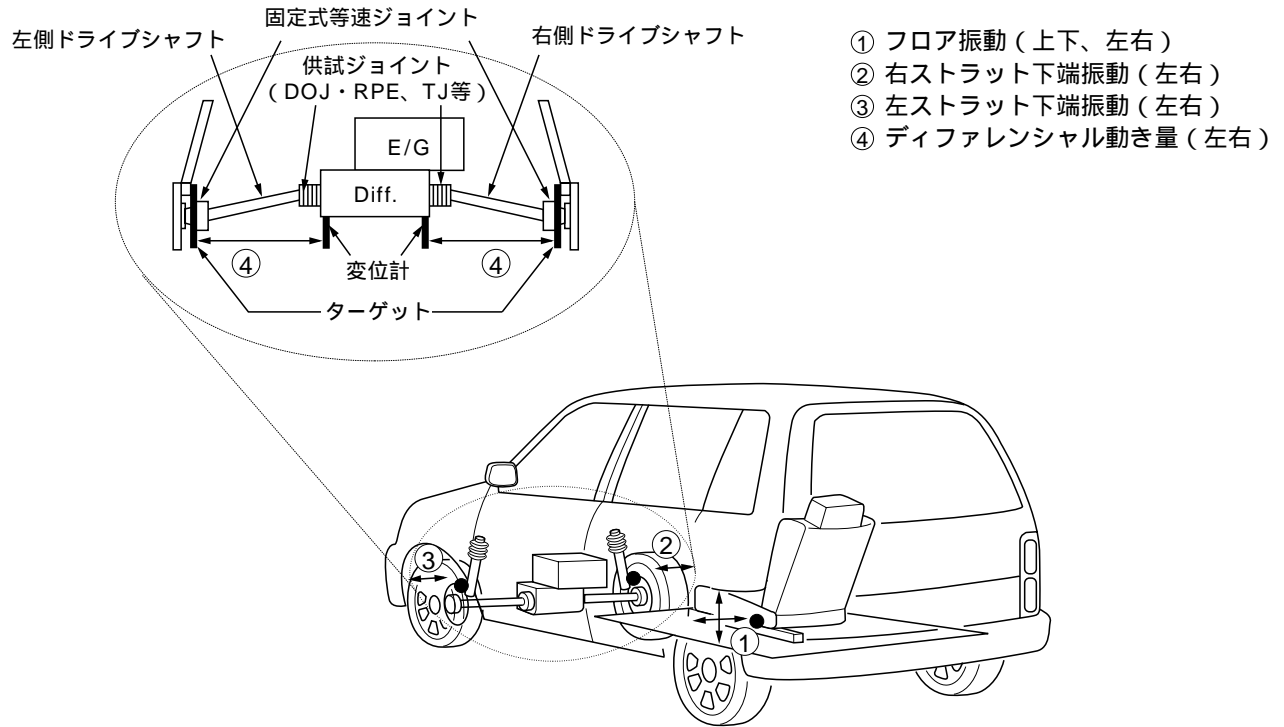


図1 車両振動測定系  
Measurement System of Vehicle Vibration

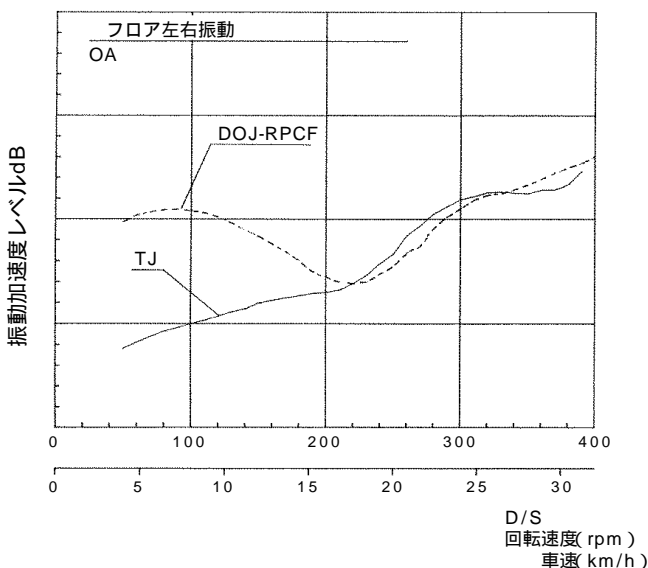


図2 TJ, DOJ-RPCFの発進加速時振動  
Vibration on Vehicle Using TJ, DOJ-RPCF at Starting Acceleration

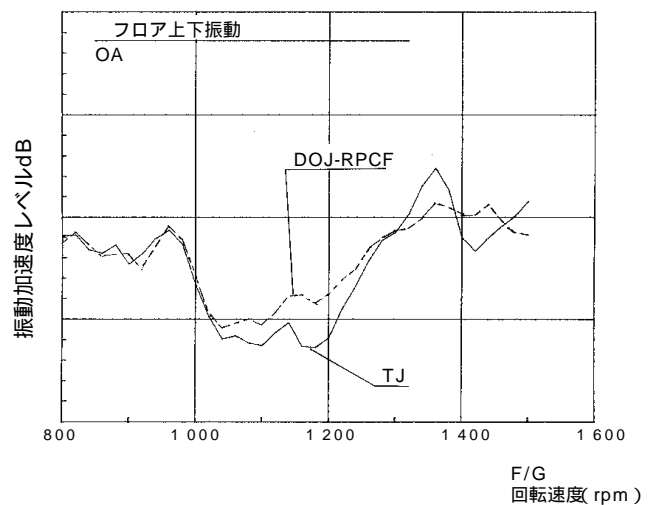


図3 TJ, DOJ-RPCFのアイドリング時振動  
Vibration on Vehicle Using TJ, DOJ-RPCF at Idle

図4から、TJは発進加速時に、デフが大きく動いているのに対し、DOJ-RPCFではデフがあまり動いていないことがわかる。これは、等速ジョイント内部でのスライドが、円滑に行われているか否かによる差であり、スライドが円滑に行われると、デフは自由に動き、エンジン振動が等速ジョイント内部で吸収され、タイヤやハブを経由して車体へ伝達されないことを示している。この結果から、今後の改良品の効果はデフの動き量で確認できることがわかった。即ち、デフがTJ並に自由に動いていれば改良効果が認められることになる。

### 3. 現行品DOJ-RPCFの基本特性

開発品を説明する前に、DOJ-RPCFの特性について述べる。DOJ-RPCFの静的スライド抵抗を測定すると図5のような特性を示す。これはシャフトを外輪奥側へ寄せておいて、ジョイントにトルクを負荷し、引き出し側へスライドさせたときの、外輪に現れる軸方向の力を表している。図のスライド抵抗の小さい領域は、内輪～ケーシング間にすきまが確保されており、この領域では、内輪がこのすきまの範囲でケーシングに接触せず自由にスライドできるボールの転がり領域となっている。さらにスライドさせると、このすきまが詰まり、内輪とケーシングが接触し、内輪とケーシングがいっしょに動かねばならないため、ボ-

ールの転がりが阻止されたすべり領域になる。このとき、スライド抵抗は著しく大きくなる。したがって、低いスライド抵抗の状態を保つには内輪とケーシングの接触を避ける必要がある。

一方、TJでのデフの動き量の計測から、発進加速時にデフが自由に動くために必要なスライド量（振幅）は、DOJ-RPCFの内輪～ケーシング間すきまだけでは不足することがわかった。即ち、発進加速時にはDOJ-RPCFの内輪～ケーシング間すきまの範囲を越えた振幅の振動が発生するため、内輪とケーシングがいっしょに動いており、そのためにスライド抵抗が増大し、デフの動きが悪くなっていると推測できた。

### 4. 開発品 DOJ-RPEタイプI及びタイプII

今般、この発進直後または発進加速時のデフの大きな動きを吸収できるDOJ-RPEを開発した。この構造を図6に示す。DOJ-RPEのタイプIは、現行DOJ-RPCFよりもケーシング内径の円筒部を大きく取り、内輪～ケーシング間の軸方向すきまを更に増大させたものである。タイプIIはタイプIのケーシング内側形状をそのまま軸方向へスライドして、ケーシング内球面のオフセット量（B）を、ケーシング外球面のオフセット量（A）よりも大きく取ったものである。タイプIIも、タイプIと同量の内輪～ケーシング間の軸方向スキマを確保している。

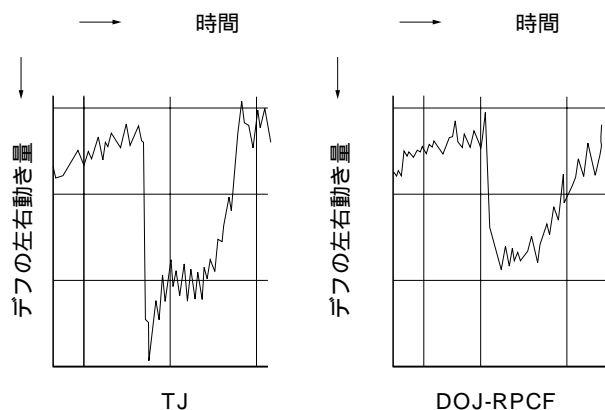


図4 デフ振動（発進加速時）  
Diff. Vibration on Vehicle (At Starting Acceleration)

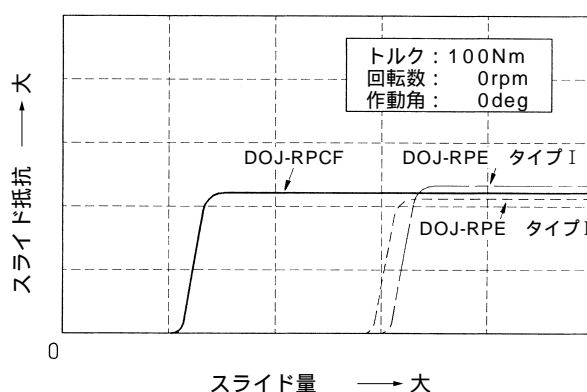


図5 静的スライド抵抗  
Static Plunging Resistance



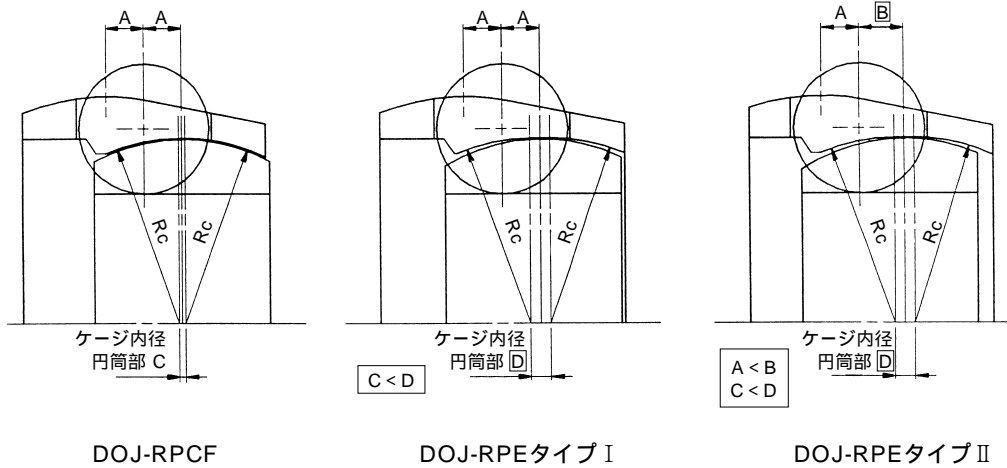


図6 DOJ-RPE タイプ I , II 構造図  
Constructions of DOJ-RPE Type I , Type II

タイプ I 及びタイプ II の静的スライド抵抗の測定結果を図5に示す。タイプ I , タイプ II とも低いスライド抵抗を示す転がり領域がDOJ-RPCFよりも大幅に拡大されている。タイプ I , タイプ II を車両に取り付けたときの発進加速時の振動計測結果を図7に示す。このときのタイプ I のデフの動き量を図8に示す。タイプ I の発進加速時振動はTJ並の非常に良好なレベルを示し、このときのデフ振動も図8で示すようにTJと同等の動き量を示している。一方の

タイプ II はTJとDOJ-RPCFの中間レベルの振動特性を示した。タイプ II の振動特性がタイプ I に比べて劣る原因は、ケージ内外球面のオフセット量の違いによる等速性の崩れが影響していると思われる。その他の音響や誘起スラスト等のNVH特性についてはタイプ I , タイプ II ともDOJ-RPCFに比べて遜色はなく、また耐久性や強度も問題のないレベルであることを確認している。

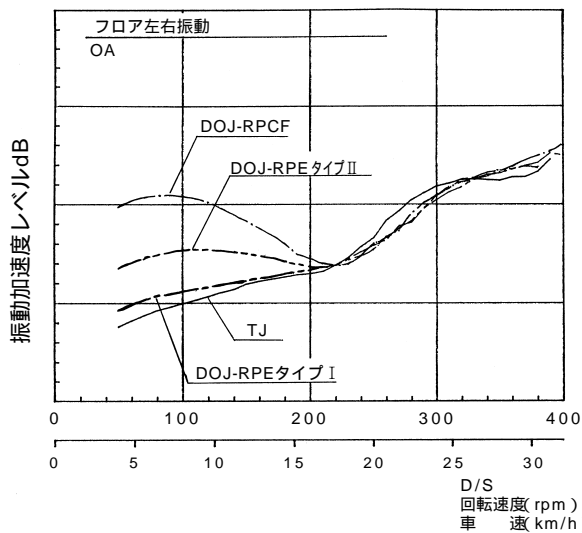


図7 DOJ-RPE タイプ I , II 発進加速時振動(Lレンジでのフル加速)

Vibration on Vehicle Using DOJ-RPE Type I , Type II at Starting Acceleration (With L-Range on A/T Vehicle at

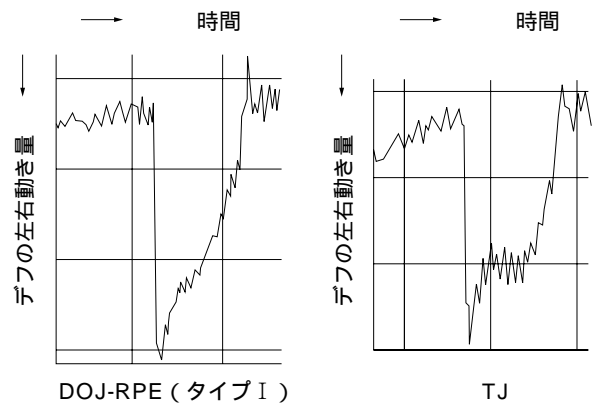


図8 デフ振動(発進加速時)  
Diff. Vibration on Vehicle (At Starting Acceleration)

## 5 . まとめ

DOJ-RPEの開発により，DOJのスライド抵抗に関わる車両の振動特性をさらに改良することができた。特に，DOJ-RPEのタイプ I は，発進加速時の車両振動がTJと同等レベル迄改善され，既に一部の車種に採用されている。

DOJはTJ特有の3次誘起スラストに起因する振動問題がなく，またコスト的にも有利なことから，DOJ-RPEの開発により益々DOJの採用が拡大するものと期待される。

### 参考文献

- 1) 星川文雄 NTN TECHNICAL REVIEW No.56  
( 1989 )

## 新型低振動等速ジョイント(SFJ)

福村 善一\*  
門田 哲郎\*

### New Shudderless Plunging Constant Velocity Universal Joints (SFJ)

By Yoshikazu FUKUMURA and Tetsuro KADOTA

NTN has developed a new shudderless plunging joint for front wheel driveshaft applications. At high torque levels and large operating angles, this new "SFJ" version induces less cyclic load than existing shudderless joints. The "SFJ" has the following features:

- (1) The induced cyclic axial load is almost constant and is not affected by the operating angle of the joint.
- (2) The induced cyclic axial load is about 50% less than that of a standard FTJ at high operating angles.
- (3) The outer diameter and the number of components are the same as those of a standard FTJ.

The SFJ is expected to perform well at high torque levels and large operating angles in passenger cars.

### 1 まえがき

乗用車の前輪用駆動軸にしゅう動式トリポード形等速ジョイント(TJ)を用いたものは、車両の発進時や低速からの加速時に車体の横揺れ現象(シャグダー)を発生するケースがある。これはTJ内部の摩擦力によって発生する軸力変動(誘起スラスト)成分と駆動系のマウント類が共振する現象であり、車両のNVH(Noise, Vibration, Harshness)問題の代表的な現象として知られている。

NTNでは、この共振現象を低減するためにTJの誘起スラストの主成分である3次成分の低減を図ったAC-TJとFTJを開発し実用に供してきた。しかしな

がら、自動車の軽量化と高出力化は一層進んでおり、駆動軸に負荷されるトルクが増大している。さらに、このトルクが増大と軽量化によって、加速時の車両のピッチングによる駆動軸の作動角もますます大きくなる傾向がある。また、車両レイアウトの設計上から、駆動軸の常用角を大きく取らざるを得ないケースもある。これらはいずれもTJの誘起スラストの増大を招き、シャグダーを一層引き起こす原因となる。NTNは、これらの高トルクや高作動角に対しても、誘起スラスト3次成分の増大を抑制した新たな低振動等速ジョイントSFJを開発した。ここでは、このSFJの概要を報告する。

\*等速ジョイント技術部

## 2 SFJの構造

現行の低振動ジョイントFTJと新たに開発したSFJの構造を図1に示す。SFJは、FTJに高トルクと高作動角が作用した時の内部々品の接触状態を改善して、摩擦力の低減を図ったものである。改良箇所は、外輪とフリーリング、フリーリングと球面ローラの接触部である。したがって、SFJはFTJと基本構造は同じであり、部品点数の増加もなく、また、FTJのコンパクトな外径もそのまま維持している。

## 3 性能

### 3.1 誘起スラスト

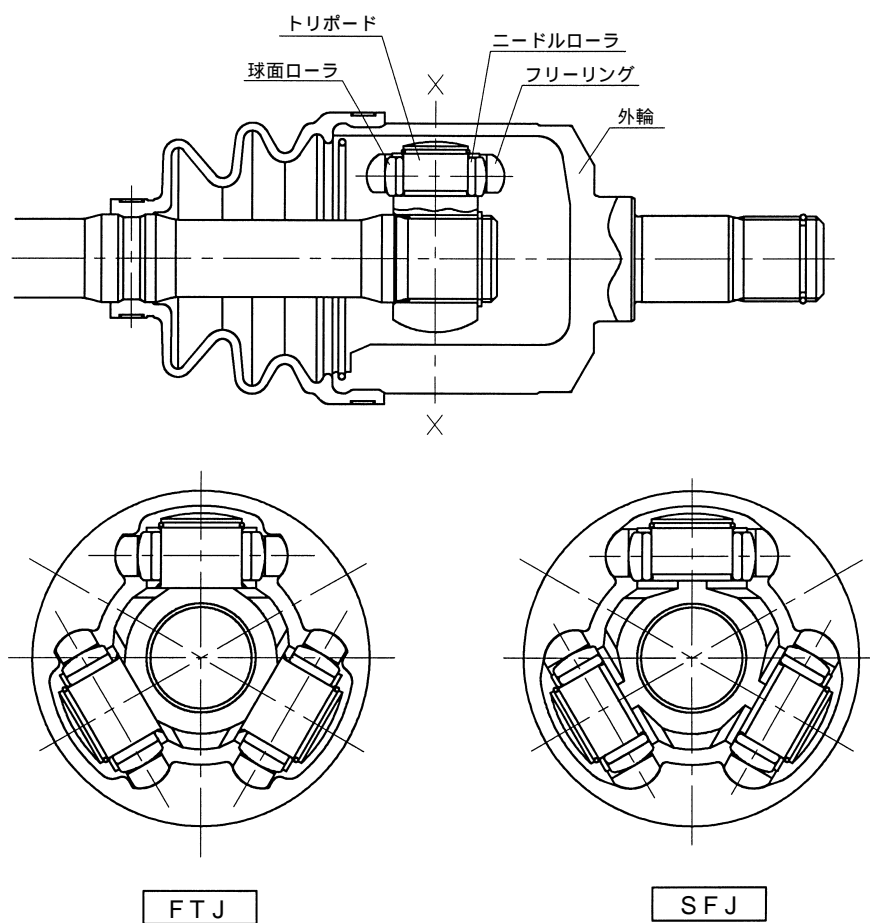
図2に一般的なTJとNTNが開発した現行の低振動ジョイントAC-TJ及びFTJとの比較で、SFJの作

動角に対する誘起スラスト3次成分を示す。

SFJは、作動角を大きくしても誘起スラストの増大はなく、また、その大きさも高角域では、FTJに比べてほゞ50%の低減が認められる。図3は高角状態で、負荷トルクを変動させた時の誘起スラストの測定結果である。負荷トルクを増大させても、SFJはFTJに比べて、ほゞ50%の低減効果が認められる。

### 3.2 静的加振スライド抵抗

図4に車両停止時のアイドルリング振動に関する、ジョイント静止(0rpm)時にトルクを負荷した状態の加振スライド抵抗の測定結果を示す。現行のFTJと同等で、トリポード系ジョイントの特長である低い抵抗値を示している。



X-X断面

図1 FTJとSFJの構造  
Construction of FTJ and SFJ

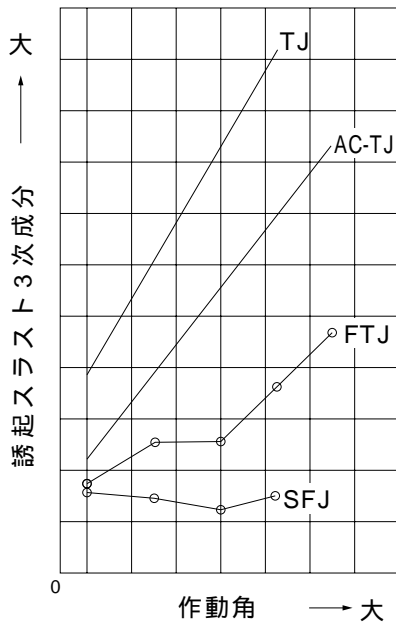


図2 誘起スラスト特性  
Induced Cyclic Axial Load vs Working Angle

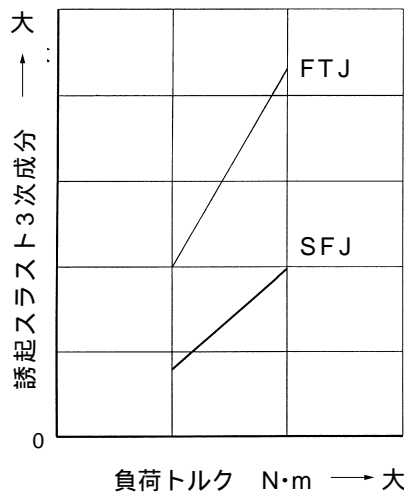


図3 高角, 高負荷時のスラスト力  
Induced Cyclic Axial Load with High Torque and High Angle

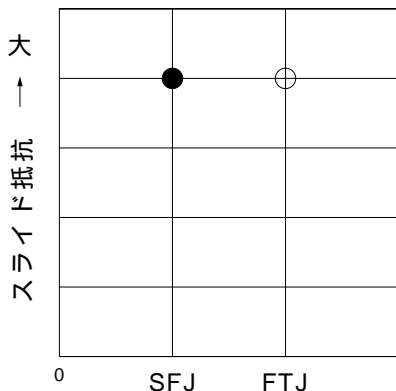


図4 静的加振スライド抵抗  
Static Plunging Resistance with Torque and Vibration

### 3.3 耐久性及び強度

図5 (a)~(c) に耐久試験結果を示す。FTJと同様の良好な結果が得られている。また、振り強度も何ら遜色のないことを確認している。

(a) 高負荷低速回転耐久試験

| 運転時間 | 目標時間 | 結果 |
|------|------|----|
| SFJ  | →    | OK |
| FTJ  | →    | OK |

(b) 中負荷中速回転耐久試験

| 運転時間 | 目標時間 | 結果 |
|------|------|----|
| SFJ  | →    | OK |
| FTJ  | →    | OK |

(c) 低負荷高速回転耐久試験

| 運転時間 | 目標時間 | 結果 |
|------|------|----|
| SFJ  | →    | OK |
| FTJ  | →    | OK |

図5 耐久試験結果  
Endurance Test Results

## 4 まとめ

SFJは、次の特長をもっている。

- (1) 誘起スラストの大きさは、ジョイント作動角の影響を受けずほぼ一定である。
- (2) その大きさは、高角域ではFTJのほぼ50%である。
- (3) 外径は、FTJと同等であり、また、部品点数の増加もない。

FTJの改良を図ったSFJは、作動角の影響をほとんど受けない低振動ジョイントである。今後、車両レイアウト設計上、常用角が大きくなる場合、及び加速時に、前輪用駆動軸に高トルクと高作動角が作用する車両に対して、十分その性能を発揮するものと期待される。

## 超低振動等速ジョイント(BTJ)

長谷 陽夫\*

小原 健\*

阪東 広道\*

### Shudderless Constant Velocity Universal Joints (BTJ's)

BY Haruo Nagatani, Takeshi Kohara and Hiromichi Bandou

The demand for passenger car CV joints with improved NVH characteristics is ever-increasing. To meet this demand, NTN has developed a variety of low-NVH plunging joints. In particular, the AC-TJ and FTJ tripod joints were developed to exhibit low shudder and have been well received by customers. However, these joints have not been as readily accepted in the high performance and luxury vehicle market segments, where shudderless joints are required. For these applications, NTN has developed the ball tripod joint (tentative name: "BTJ") which features a circulating ball system and ultra-low axial load characteristics. Details of the BTJ are introduced in this paper.

#### 1. まえがき

乗用車のドライブシャフト用等速ジョイント(CVJ)に対するNVH(Noise, Vibration, Harshness)低減ニーズは、依然として存在しておりCVJにとっては永遠の課題なのかもしれない。NTNでは、ユーザーニーズに応じて、各種のスライド型低振動ジョイントを開発し、品揃えを充実させてきた。TJ系ジョイントでは、車体の横揺れ問題対策として、誘起スラストを低減させたAC-TJ(図1)や前出(P21参照)のFTJ(図2)を開発し、市場に受け入れられている。しかし、一部においては、さらなる誘起スラスト低減化の要求があり、AC-TJ, FTJのレベル以上のものが要求されている。今回、このニーズに応えるべく、BTJと呼ぶ超低振動ジョイントを開発し、さらに品揃えを充実させた。安定した低振動特性を得るため、NTNで長年かけて開発したCVJであり、これらのニーズに合致するものと思う。

#### 2. BTJ開発のコンセプトとその構造

BTJは Ball Circulating Tripod Jointの頭文字をとったものであり、名前の通りボールが循環する構造となった超低振動ジョイントである。一般に超低振動ジョイントと呼ばれるものには、転動部材が直接外輪に接触した形式を採ったものが多い(例えば図3のボールトライプランジョイント)。BTJもボールが直接外輪に接触した構造を採用している。ボールを循環させる構造としたのは、ボールを保持する部材(保持器)が不要であり、部品点数を削減でき、簡素な設計が可能となるためである。

図4はBTJの構造図である。ガイドブロックと呼ばれる直方体部材の両側面に、陸上競技のトラックのような、直線部と円弧部からなる溝を配置してある。この溝と外輪平面で形成される空間内にボールが配列されている。図中のFで示したトラックの直線部にあるボールだけがトルクによる負荷を受けるボ

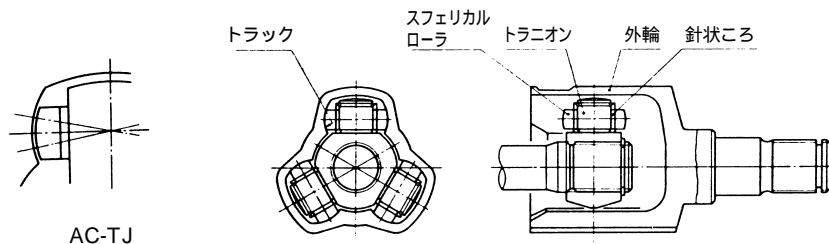


図1 AC-TJ

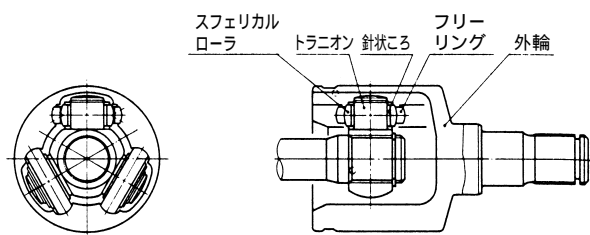
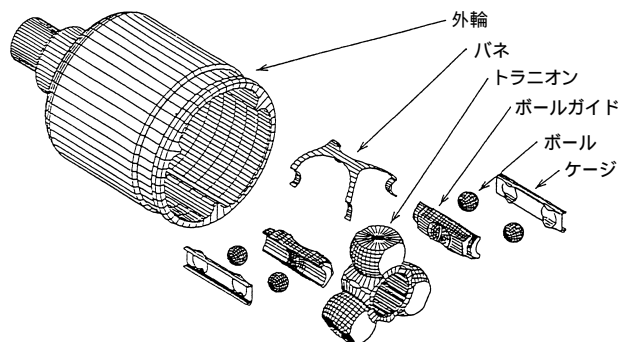


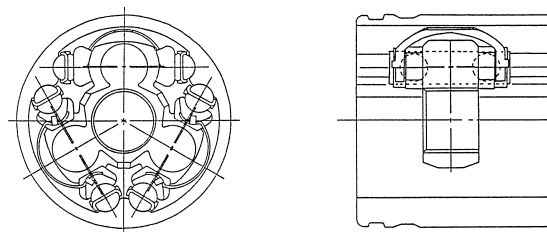
図2 FTJ



ボールトライプランジョイント部品構成

ールであり、残りのボールはすべて循環用のボールである。また、ガイドブロックの中央には円筒状の穴があり、この穴とトリポードキットのスフェリカルローラが係合される構造となっている。作動角によるスフェリカルローラの傾きはこの円筒穴で吸収され、ガイドブロックは、ボールを介して、外輪軸方向に真っ直ぐに転がることになっている。

BTJは、TJ、FTJに比べて構造が複雑であるため、外径寸法は、TJ、FTJよりやや大きくなっている。



組立図

図3 ボールトライプランジョイント  
Ball-Triplan Joint

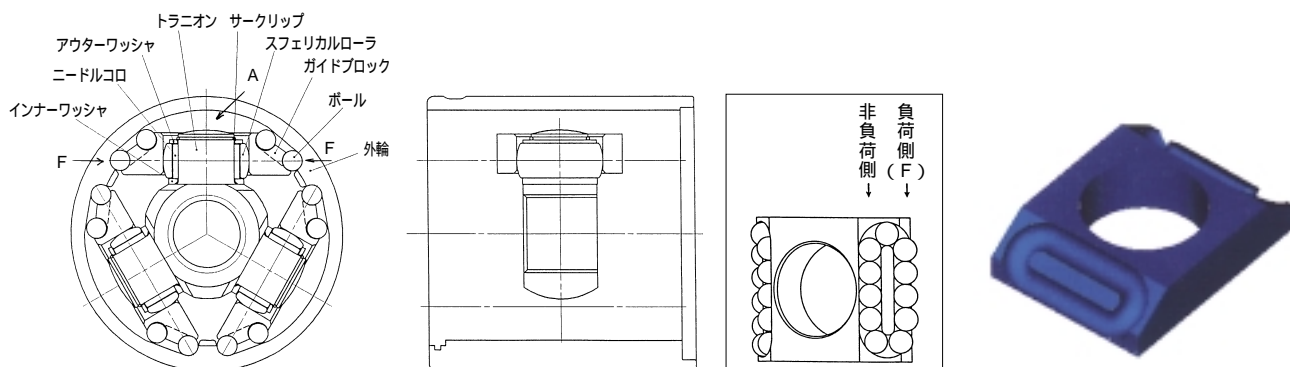


図4 BTJの構造  
Structure of BTJ



### 3. 性能

#### 誘起スラスト

車体の横揺れ現象は、ジョイント内部の摩擦によって発生する誘起スラストと呼ばれる回転3次のスラスト力と車両が共振することによって引き起こされる（前出P22参照）。誘起スラストは、ジョイント回転中に発生する軸方向の力をロードセル等によって検出し、FFTにより回転3次の成分を抽出することによって得られる。

BTJの誘起スラスト特性を他のジョイントと比較して図5に示す。BTJの誘起スラストは、AC-TJ, FTJと比べて格段に低く、かつジョイント角度増加による誘起スラストの増加がなく、むしろ角度とともに誘起スラストが減少する特性となっている。したがって、高級車でのさらなる低振動化、またはジョイント角度を高角に設定した車両での低振動化のニーズに対して有効であると考えられる。

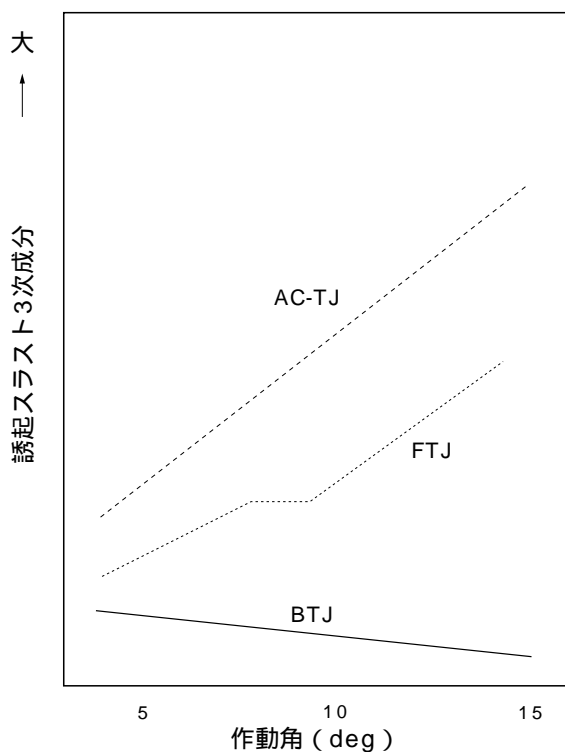


図5 BTJの誘起スラスト特性  
Induced Axial Load of BTJ and Other Tripod Joints

#### スライド抵抗

しゅう動式ジョイントのスライド抵抗が高いと、エンジン振動がジョイント内部で吸収されずに、車体に振動を伝達してしまい、問題になることがある。この現象をシミュレートするため、一方の軸に微振動を与え、ジョイントを経由した他方の軸にどれだけの反力（スライド抵抗）が発生するかを検出したものである。

BTJは、AC-TJ, FTJと比べて格段に優れている。

#### 強度

BTJの内部部品の強度は、静すり強度、準静すり強度、すり疲労強度とも、ステムまたはシャフトの強度以上であり、全く問題ない。

#### 耐久性

BTJの耐久性を図6に示す。目標時間と記入してある時間がDOJの平均耐久時間である。高負荷耐久、中負荷耐久、低負荷耐久とも、DOJと比べて同等以上の耐久性を有していることがわかる。BTJは、高角での使用も想定し、 $\theta = 10$  程度でも十分な耐久性を確保している。

#### スライド線図

作動角  $\theta = 0$  時、BTJのスライド量はガイドブロック長さによって左右される。BTJのガイドブロック長さはできるだけコンパクトなものに仕上げたが、外輪との接触が複数のボールで行われるため、ローラと外輪の接触が軸方向には1ヶ所で行われるAC-TJ, FTJと比べると外輪入口側のスライド量に関して不利である。したがって、 $\theta = 0$  でAC-TJ, FTJと同じスライド量を得るためには、外輪長さをやや長くする必要はある。

一方、高角時のスライド量のうちシャフトと外輪の干渉によって決まる領域については、BTJの外輪小内径は大きくなっているため、シャフトと外輪の干渉がおこりにくく、AC-TJ, FTJと比べて有利である。

## 耐久試験結果

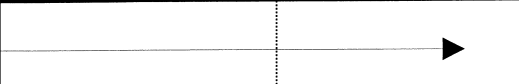

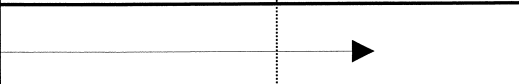
|         | 目標時間  | 結果 |
|---------|---|----|
| 高負荷耐久試験 |  | OK |
| 中負荷耐久試験 |  | OK |
| 低負荷耐久試験 |  | OK |

図6 耐久性  
Endurance Test Results

## 4. あとがき

BTJは、振動特性において、最も優れた性能を有するジョイントであり、また、強度、耐久性においても十分なものである。現行ジョイントのさらなる低振動化、あるいは、より高角でジョイントを使用したい、というニーズに対して有効であり今後、この特性が生かせる車両への採用が期待される。

## 高性能コンパクト固定式等速ジョイント (EBJ)

曽根 啓助\*  
穂積 和彦\*

### High Efficiency Compact Fixed Constant Velocity Universal Joints (EBJ)

By Keisuke SONE and Kazuhiko HOZUMI

Recently, packaging constraints and environmental concerns have increased the demand for automotive components with reduced weight, better performance and higher efficiency. To meet these demands, NTN has been performing basic research and analyses of mechanisms, materials, and lubrication.

NTN has developed the EBJ which allows the use of a smaller (two size ranks) mass produced BJ (Ball Fixed Joint) with better efficiency and lower temperature rise.

This paper compares some of the features and functional test results of the EBJ and BJ designs.

#### 1. まえがき

近年、自動車の高性能化に伴う部品点数増加等によるレイアウトスペースの制約や、環境問題への配慮から、自動車部品に対しては小型・軽量化や高効率化が強く求められている。

このような課題に対し、NTNでは、機構、材料、潤滑、高効率化のための解析など多面的に基礎的な研究を続けている。その中の1つとして、当社の量産品であるボールフィックスト形等速ジョイント (BJ) の外径を当社の呼び番号で2サイズダウンし、さらに高効率・低発熱化をコンセプトとしたEBJを開発した。本稿ではEBJの特徴や機能試験結果の一部を、BJと比較して紹介する。

#### 2. 構造及び特徴点

開発当初は、BJのボールPCDやボール径などの設計諸元を変更して、基礎的な実験や解析を行った。更に小型・軽量化や高効率化に有効な要因を絞り込んでいった。最終的には、外径を2サイズダウンし、BJと同じ内輪の軸穴径を確保した上で、ボール配置数を増やし、ボールPCDに対するボール径の比率を小さくし、各部品に設計上の工夫を加味することにより、所期の目標を実現した。

図1にEBJとBJの構造図を、表1に外径サイズ、重量等を、当社の呼び番号95のサイズのジョイントと比較して示す。

\*自動車製品研究所

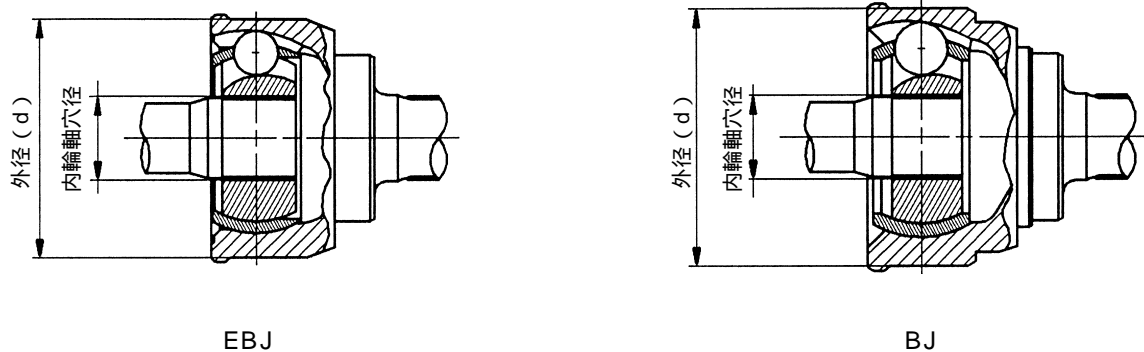


図1 構造図  
Sectional View of EBJ and BJ

表1 EBJとBJの比較(当社呼び番号95での比較)  
Comparison Between EBJ and BJ (NTN size 95)

|                | EBJ95 | BJ95L | 効果      |
|----------------|-------|-------|---------|
| 外径 (d:mm)      | 79.9  | 86.3  | 2サイズダウン |
| 重量比 (SUB ASSY) | 80    | 100   | 20%ダウン  |
| 内輪軸穴径          | 同一    |       |         |

### 3. 各種機能評価試験結果

#### 3.1 強度

EBJは、各部品寸法に対するボール径の比率をBJよりも小さくしている。そのため、2サイズダウンされているにも拘わらず、各部品は、サイズダウン前のBJと同等の強度になるように設計されている。静的な捩り強度試験結果を図2に、片振り捩り疲労強度試験結果を図3に示す。これらの結果より、EBJはBJと同等の強度を有している。

#### 3.2 耐久性

表2に台上試験機で実施した加速寿命試験の結果を示す。この試験は、高負荷試験とよばれる加速試験であるが、EBJはBJと同等で且つ目標運転時間に対し十分な耐久性を有している。また、図4に試験中の温度上昇量（外輪表面温度 - 雰囲気温度）推移を示す。EBJはBJに比べ、温度上昇量が低下している。温度上昇量が低いことは、転走面の剥離寿命だけでなく、摩耗特性や、グリースの劣化など全ての面で好影響を及ぼすものと考えられる。耐久性に関しては、この他に高角度試験や高速試験などを行ったが、同様の結果を得た。

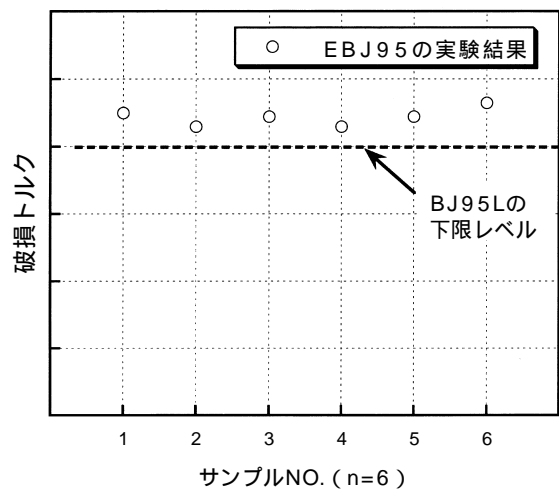


図2 静的捩り強度試験結果  
Static Torsional Strength

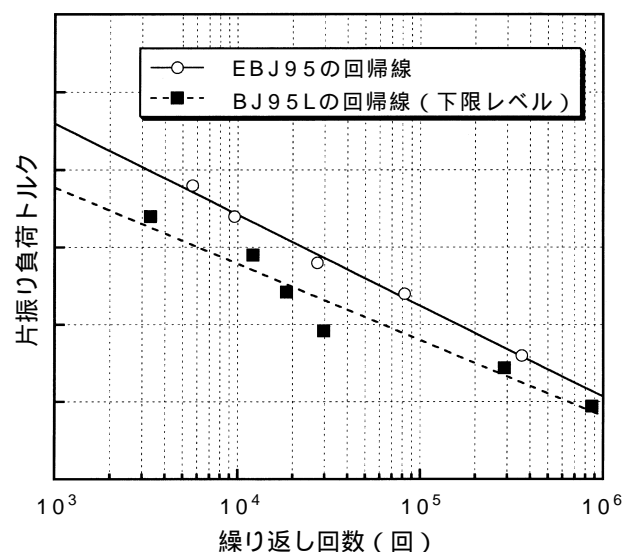


図3 片振り捩り疲労強度試験結果  
Uni-Direction Torsional Fatigue Strength

表2 高負荷耐久試験結果  
Results of High Torque Endurance Test

| 運転時間 (h)   | 部品の損傷 |
|------------|-------|
| EBJ95 (1)  | なし    |
| EBJ95 (2)  | なし    |
| BJ 95L (1) | なし    |
| BJ 95L (2) | なし    |

目標運転時間

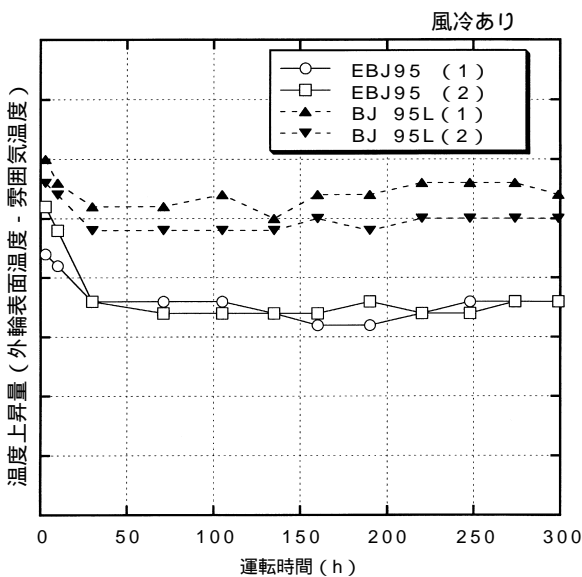


図4 耐久試験中の温度上昇量推移  
Transition of Temperature Rise During Endurance Test

### 3.3 伝達効率

図5にEBJとBJのトルク損失率測定結果を示す。EBJはBJに比べ損失が少なく、良好な特性を示している。トルク損失の増大は、CVJ内部の発熱の増大や、車の燃費低下などマイナス面が大きいが、EBJはこれらの面でBJより有利である。

### 3.4 等速性能

図6に計算で求めた速度変動率を示す。特に高作動角域でEBJは、BJに比べ速度変動率が小さい。また、ケージポケットすきまやPCDすきまなどの内部すきまを大きくしてもこの傾向は変わらず、高角時の等速性の悪化は抑えられている。

## 4. 高効率・低発熱化に関する考察

上述してきたように、温度上昇特性や伝達効率に関して、EBJはBJに比べ、作動角などの条件に関係なく向上している。この理由を考察するために、図7に同一条件下での一回転中のボール~トラック間の荷重  $P$  (kN) × ボール~トラック間相対速度  $V$  (m/s) × トラック数  $n$  の計算結果を示す。また図8に、同一条件下での一回転中の内輪~ケージ間球面部作用荷重 (外輪~ケージ間球面部作用荷重と等しい) の計算結果を示す。図7、図8、何れも摩擦力を考慮しない静的な計算結果で、作動角  $10^\circ$  と  $30^\circ$  の場合を示す。図7より、 $PVn$  の平均的な値は作動角  $10^\circ$  で、

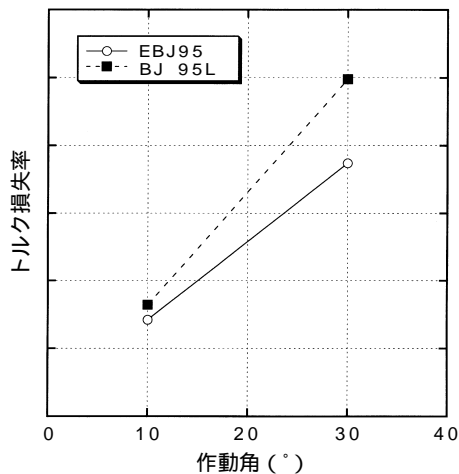


図5 トルク損失率測定結果  
Torque Loss

- 1: 標準的に使用されるすきま仕様
- 2: 1に対しケージポケット部のみすきまを大きくした
- 3: 1に対し全てのすきまを大きくした

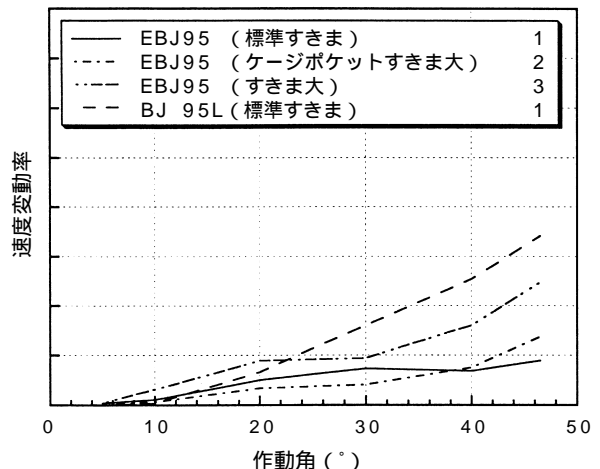


図6 速度変動率の計算値  
Calculated Velocity Fluctuation Ratio

また図8より球面部作用荷重は、10°、30°共に、BJに比べEBJの方が小さいことがわかる。これらにより、全作動角域での高效率・低発熱化が可能になったと考えられる。さらに図6のように、EBJはケージポケットすきまを大きくとっても、等速性能の悪化を、BJの標準すきま仕様以下に抑えることができる。

ングやナックルと一体化した4世代ハブユニット用CVJとしても適している。また、プロペラシャフト用CVJとしての適用も期待できる。

これらの製品を通して、小型・軽量化や高效率化に対するユーザの期待に応えられるものと確信している。

## 5. あとがき

紹介したEBJは、小型・軽量で低発熱であることから、ドライブシャフト用だけでなく、ハブベアリ

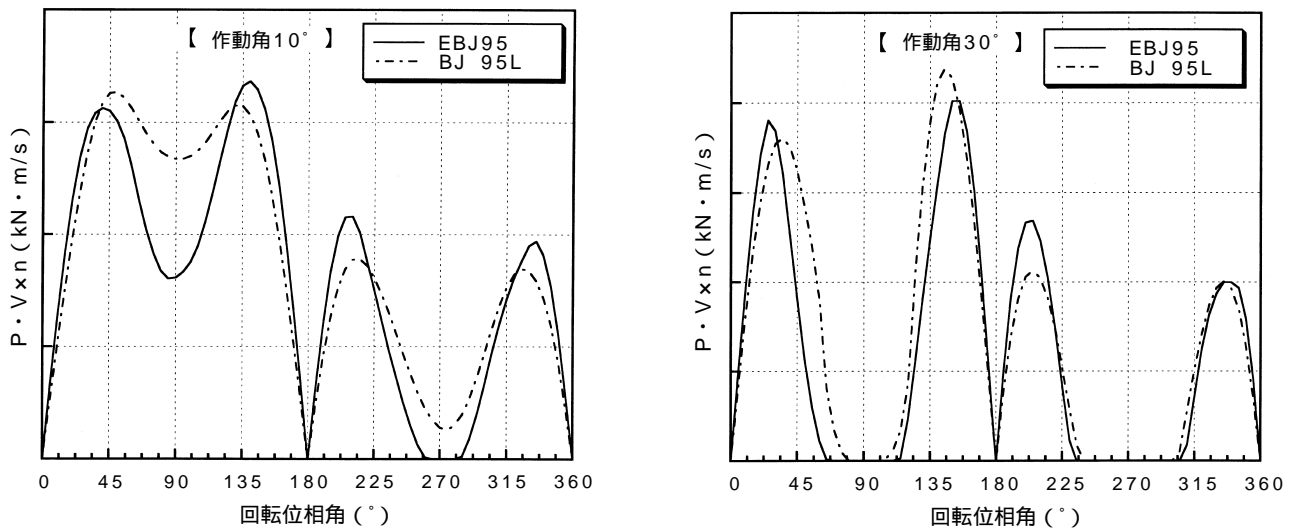


図7 PV値×トラック数(ボール~トラック間)  
 $PV \times$  Number of Tracks (Between Ball and Ball Track)

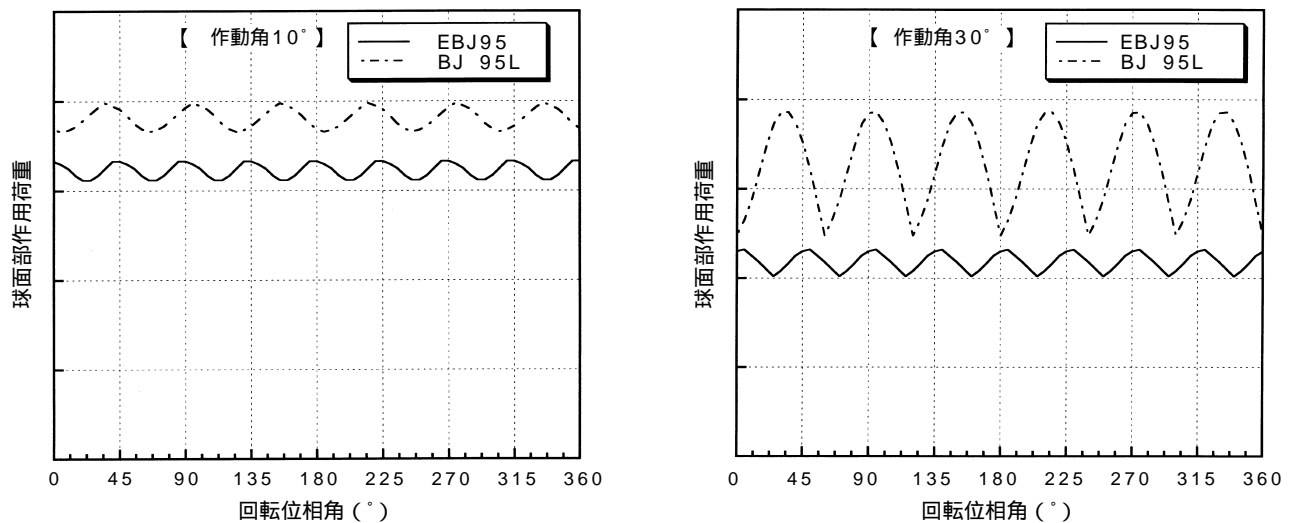


図8 球面部作用荷重(内輪~ケージ間, 外輪~ケージ間)  
 Load Between Spherical Surface of Inner or Outer Ring and Cage

## 軽自動車用等速ジョイントの開発

福村善一，池井勝幸，小林正純\*  
吉岡守久，飯原道雄，山口昌巳，中橋 大\*\*  
石黒重好\*\*\*  
服部 隆\*\*\*\*

### Development of Constant Velocity Universal Joints for Mini-Cars

By Yoshikazu FUKUMURA , Katsuyuki IKEI , Masazumi KOBAYASHI ,  
Moriyoshi YOSHIOKA , Michio IIHARA , Masami YAMAGUCHI ,  
Hiroshi NAKAHASHI , Shigeyoshi ISHIGURO and Takashi HATTORI

NTN has developed a new generation of lower cost constant velocity universal joints for mini-cars. These halfshafts feature BJ joints with cold-forged inside of outer race. In addition, the DOJ joints use a combination of a stamped steel outer race and a cold forged stem shaft fastened by a new "plastic deformation joining" technique. These new components and processes have been developed through the concurrent efforts of the CVJ R&D, Engineering, and Production Departments at NTN.

#### 1. まえがき

軽自動車は，小型車や大型車よりも使用用途は比較的限定されており，主として市街路走行に使用されている。したがって，さまざまな用途目的と走行条件下で使用される小型車や大型車に比べて，駆動部品に必要とされる耐久性や強度，NVH（振動，騒音）等の諸特性は，異るとみるのが一般的である。従来，軽自動車の駆動部品として使われている等速ジョイント（Constant Velocity Universal Joints; 以下CVJと略す）は，小型車や大型車と同様に，主としてエンジン出力の大きさに適合したサイズを開発し，対応してきた。しかしながら，前述の軽自動車特有の使用用途に照らし合わせてCVJの必要機能を見直

すことにより，CVJの内部精度等の設計仕様をさらに最適化できる可能性がある。このような追求の下に，コスト低減を目的として，従来にない加工法や構造を取り入れた軽自動車用CVJを開発した。本稿で，その概要を報告する。

#### 2. 軽自動車用CVJの駆動軸構造

今般開発した軽自動車用前輪駆動軸の外観を写真1に，その構造を図1に示す。この駆動軸は，車輪側に固定式のボールフィックスト形等速ジョイント（BJ），減速機側にしゅう動式のダブルオフセット形等速ジョイント（DOJ）を用いている。技術開発を行った主要な内容を表1に示す。BJ外輪のマウス内部の研削加工を廃止した冷間鍛造仕上げや，DOJ外輪へのプレス成形品の適用と別体ステム軸の塑性接合など，従来にない新技術を採用している。

\*等速ジョイント技術部  
\*\*生産技術研究所  
\*\*\*自動車製品研究所  
\*\*\*\*等速ジョイント工場



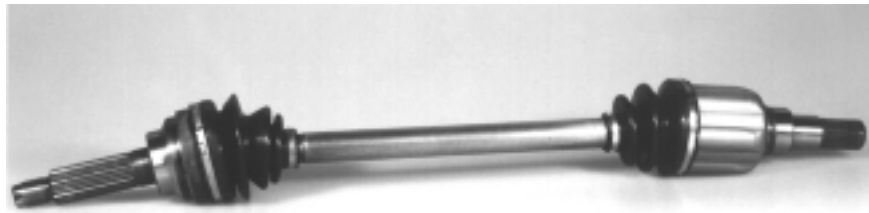


写真1 軽自動車用CVJ Assy  
C.V.Joint Assembly for Mini-Car

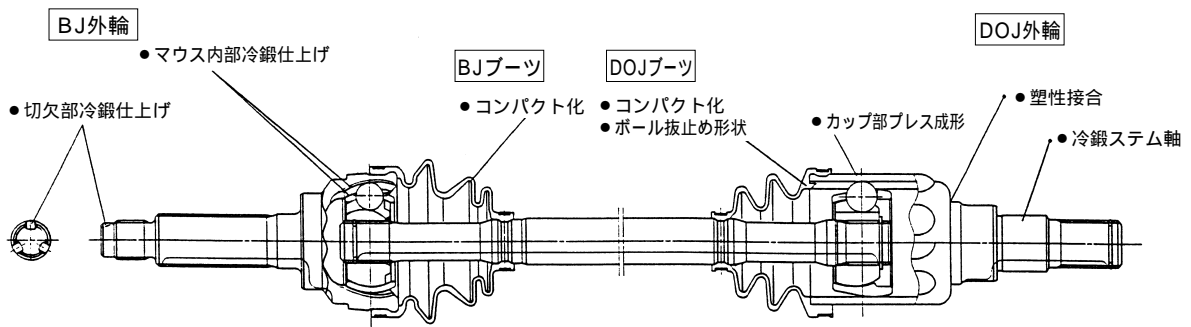


図1 軽自動車用CVJの構造  
Construction of CVJ

表1 軽自動車用CVJの開発技術  
Developed Items for the mini-car C.V.Joint

| 対象部品   | 開発技術                   |
|--------|------------------------|
| BJ外輪   | (1) マウス内部冷鍛仕上げ         |
|        | (2) ねじ切欠部の冷鍛仕上げと複数溝の採用 |
| DOJ外輪  | (1) カップ部プレス成形品         |
|        | (2) 冷鍛ステム軸             |
|        | (3) カップとステム軸の塑性接合      |
| BJブーツ  | (1) コンパクト化             |
| DOJブーツ | (1) コンパクト化             |
|        | (2) ボールの止め構造           |



写真2 BJマウス冷鍛外輪  
BJ Outer Race with Cold Forged Inside

### 3. BJ外輪のマウス冷鍛仕上げ

従来のBJ外輪は、高炭素鋼を冷間鍛造後、マウス内部に高周波焼入れを行って、ボール溝と内球面を研削している。固定式等速ジョイントで、ボール溝のみ冷間鍛造仕上げのままとしているものには、炭素量の少ない浸炭鋼を用いたものや、アンダーカットフリー形状のUJ（マウス入口側のボール溝を直線形状とした固定式等速ジョイント）等がある。しかしながら、アンダーカットを持つBJに対して、材料と熱処理コストが有利な高炭素鋼と高周波焼入れを

踏襲して、ボール溝と内球面の両部を冷鍛仕上げとしたものは、従来にはない量産技術と思われる。開発した外輪の外観を写真2に、又主要な機能試験結果を表2に示す。耐久性及び強度とも、目標レベルをクリアしている。形状、精度を確保する冷鍛加工技術の開発、機能を確保できる内部設計仕様の許容限度の追求、ボール溝の剥離寿命に影響するボール溝表面の適正状態を確保する冷鍛成形条件と材料の追求など、冷鍛仕上げを成立させるための種々の技術開発と問題の解決を図ってきた。

この外輪は同時に、ねじ部切欠溝の冷鍛仕上げと複数溝の採用を行っている。溝部の切削加工の廃止を目的として、マウス冷鍛仕上げと同時にその成形法を開発した。形状は、機能を損なうことなく冷鍛化に適した仕様へ変更している。

#### 4. DOJプレス外輪

従来の一体型鍛造外輪をカップ部とステム部に分割し、カップ部は鋼板のプレス成形品を適用し、ステム部は冷間鍛造軸を用いている。この両部材を塑性接合により一体化している。開発したDOJプレス

表2 BJマウス冷鍛外輪を用いたBJアセンブリーの機能試験結果  
Test Results of BJ with Cold-Forged Inside of Outer Race

| 強度試験   | 静的破壊  | <table border="1"> <thead> <tr> <th>作動角</th> <th>T. P.</th> <th colspan="2">破 損 強 度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">0°</td> <td>No. 1</td> <td>—————</td> <td>—————×</td> <td>(シャフト破損)</td> </tr> <tr> <td>No. 2</td> <td>—————</td> <td>—————×</td> <td>(シャフト破損)</td> </tr> <tr> <td>No. 3</td> <td>—————</td> <td>—————×</td> <td>(シャフト破損)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">15°</td> <td>No. 1</td> <td>—————</td> <td>—————×</td> <td>(シャフト破損)</td> </tr> <tr> <td>No. 2</td> <td>—————</td> <td>—————×</td> <td>(シャフト破損)</td> </tr> <tr> <td>No. 3</td> <td>—————</td> <td>—————×</td> <td>(シャフト破損)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">45°</td> <td>No. 1</td> <td>—————</td> <td>—————×</td> <td>(内輪破損)</td> </tr> <tr> <td>No. 2</td> <td>—————</td> <td>—————×</td> <td>(内輪破損)</td> </tr> <tr> <td>No. 3</td> <td>—————</td> <td>—————×</td> <td>(内輪破損)</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">▲ 目標値を示す</p> | 作動角     | T. P.    | 破 損 強 度 |   | 0° | No. 1 | —————  | —————× | (シャフト破損) | No. 2 | ————— | —————× | (シャフト破損) | No. 3  | —————  | —————× | (シャフト破損) | 15° | No. 1 | ————— | —————× | (シャフト破損) | No. 2 | ————— | —————× | (シャフト破損) | No. 3 | ————— | —————× | (シャフト破損) | 45° | No. 1 | ————— | —————× | (内輪破損) | No. 2 | ————— | —————× | (内輪破損) | No. 3 | ————— | —————× | (内輪破損) |
|--------|---|--|---------|----------|---------|---|----|-------|--------|--------|----------|-------|-------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|-----|-------|-------|--------|----------|-------|-------|--------|----------|-------|-------|--------|----------|-----|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
|        | 作動角   | T. P.  | 破 損 強 度 |          |         |   |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
| 0°     | No. 1   | —————  | —————×  | (シャフト破損) |         |   |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
|        | No. 2   | —————  | —————×  | (シャフト破損) |         |   |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
|        | No. 3   | —————  | —————×  | (シャフト破損) |         |   |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
| 15°    | No. 1   | —————  | —————×  | (シャフト破損) |         |   |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
|        | No. 2   | —————  | —————×  | (シャフト破損) |         |   |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
|        | No. 3   | —————  | —————×  | (シャフト破損) |         |   |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
| 45°    | No. 1   | —————  | —————×  | (内輪破損)   |         |   |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
|        | No. 2   | —————  | —————×  | (内輪破損)   |         |   |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
|        | No. 3   | —————  | —————×  | (内輪破損)   |         |   |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
| 疲労破壊   |   |  |         |          |         |   |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
| 耐久試験   | 高負荷条件   | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T. P.</th> <th colspan="5">運 転 時 間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>マウス冷鍛品</td> <td>No.1</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td>マウス冷鍛品</td> <td>No.2</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>現行品</td> <td>No.3</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td>現行品</td> <td>No.4</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">○ : 異常無し<br/>△ : 不具合小 (継続運転可)      ▲ 目標時間</p>  |         | T. P.    | 運 転 時 間 |   |    |       |        | マウス冷鍛品 | No.1     | ○     | ○     | ○      | ○        | △      | マウス冷鍛品 | No.2   | ○        | ○   | ○     | ○     | ○      | 現行品      | No.3  | ○     | ○      | ○        | ○     | △     | 現行品    | No.4     | ○   | ○     | ○     | ○      | ○      |       |       |        |        |       |       |        |        |
|        |   | T. P.  | 運 転 時 間 |          |         |   |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
| マウス冷鍛品 | No.1  | ○  | ○       | ○        | ○       | △ |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
| マウス冷鍛品 | No.2  | ○  | ○       | ○        | ○       | ○ |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
| 現行品    | No.3  | ○  | ○       | ○        | ○       | △ |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
| 現行品    | No.4  | ○  | ○       | ○        | ○       | ○ |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
| 低負荷条件  | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T. P.</th> <th colspan="5">運 転 時 間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>マウス冷鍛品</td> <td>No.1</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>△</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td>マウス冷鍛品</td> <td>No.2</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>現行品</td> <td>No.3</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td>現行品</td> <td>No.4</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>△</td> <td>△</td> <td>△</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">○ : 異常無し<br/>△ : 不具合小 (継続運転可)      ▲ 目標時間</p> |  | T. P.   | 運 転 時 間  |         |   |    |       | マウス冷鍛品 | No.1   | ○        | ○     | ○     | △      | △        | マウス冷鍛品 | No.2   | ○      | ○        | ○   | ○     | ○     | 現行品    | No.3     | ○     | ○     | ○      | ○        | △     | 現行品   | No.4   | ○        | ○   | △     | △     | △      |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
|        | T. P.   | 運 転 時 間  |         |          |         |   |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
| マウス冷鍛品 | No.1  | ○  | ○       | ○        | △       | △ |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
| マウス冷鍛品 | No.2  | ○  | ○       | ○        | ○       | ○ |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
| 現行品    | No.3  | ○  | ○       | ○        | ○       | △ |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |
| 現行品    | No.4  | ○  | ○       | △        | △       | △ |    |       |        |        |          |       |       |        |          |        |        |        |          |     |       |       |        |          |       |       |        |          |       |       |        |          |     |       |       |        |        |       |       |        |        |       |       |        |        |

外輪の外観を写真3に示す。従来の一体型鍛造外輪では、減速機の嵌合形状に合わせて、ステム形状の異なる外輪を一点一点製造してきたが、開発品は別体としたので、カップの共通化が可能となり、今後はステム軸の変更のみで対応できる。表3に、開発品の主要な試験結果を示す。強度、耐久性とも目標レベルを上回っており、また接合部も十分な強度を有している。このプレス外輪の実用化により、軽量化を図ることもできた。



写真3 DOJプレス外輪  
DOJ Outer Race with Stamped Cup

表3 DOJプレス外輪を用いたDOJアッセンブリーの機能試験結果  
Test Results of DOJ with Stamped Outer Race Cup

| 強度試験  | 静的破壊  | <table border="1"> <thead> <tr> <th>作動角</th> <th>T. P.</th> <th colspan="2">破 損 強 度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">0°</td> <td>No. 1</td> <td></td> <td>×</td> <td>(シャフト破損)</td> </tr> <tr> <td>No. 2</td> <td></td> <td>×</td> <td>(シャフト破損)</td> </tr> <tr> <td>No. 3</td> <td></td> <td>×</td> <td>(シャフト破損)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">10°</td> <td>No. 1</td> <td></td> <td></td> <td>×</td> <td>(外輪破損)</td> </tr> <tr> <td>No. 2</td> <td></td> <td></td> <td>×</td> <td>(シャフト破損)</td> </tr> <tr> <td>No. 3</td> <td></td> <td></td> <td>×</td> <td>(シャフト破損)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">20°</td> <td>No. 1</td> <td></td> <td></td> <td>×</td> <td>(外輪破損)</td> </tr> <tr> <td>No. 2</td> <td></td> <td></td> <td>×</td> <td>(外輪破損)</td> </tr> <tr> <td>No. 3</td> <td></td> <td></td> <td>×</td> <td>(外輪破損)</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">▲ 目標値を示す</p> | 作動角     | T. P.    | 破 損 強 度  |  | 0°   | No. 1 |   | × | (シャフト破損) | No. 2 |      | × | (シャフト破損) | No. 3 |      | ×    | (シャフト破損) | 10° | No. 1 |      |      | × | (外輪破損) | No. 2 |   |  | × | (シャフト破損) | No. 3 |  |  | × | (シャフト破損) | 20° | No. 1 |  |  | × | (外輪破損) | No. 2 |  |  | × | (外輪破損) | No. 3 |  |  | × | (外輪破損) |
|-------|---|--|---------|----------|----------|--|------|-------|---|---|----------|-------|------|---|----------|-------|------|------|----------|-----|-------|------|------|---|--------|-------|---|--|---|----------|-------|--|--|---|----------|-----|-------|--|--|---|--------|-------|--|--|---|--------|-------|--|--|---|--------|
|       | 作動角   | T. P.  | 破 損 強 度 |          |          |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
| 0°    | No. 1   |  | ×       | (シャフト破損) |          |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
|       | No. 2   |  | ×       | (シャフト破損) |          |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
|       | No. 3   |  | ×       | (シャフト破損) |          |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
| 10°   | No. 1   |  |         | ×        | (外輪破損)   |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
|       | No. 2   |  |         | ×        | (シャフト破損) |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
|       | No. 3   |  |         | ×        | (シャフト破損) |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
| 20°   | No. 1   |  |         | ×        | (外輪破損)   |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
|       | No. 2   |  |         | ×        | (外輪破損)   |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
|       | No. 3   |  |         | ×        | (外輪破損)   |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
| 疲労破壊  |   |  |         |          |          |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
| 耐久試験  | 高負荷条件   | <table border="1"> <thead> <tr> <th>T. P.</th> <th colspan="4">運 転 時 間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No.1</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>No.2</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td>No.3</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td>No.4</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table> <p>○ : 異常無し<br/>△ : 不具合小 (継続運転可)</p> <p style="text-align: center;">▲ 目標時間</p>  | T. P.   | 運 転 時 間  |          |  |      | No.1  | ○ | ○ | ○        | ○     | No.2 | ○ | ○        | ○     | △    | No.3 | ○        | ○   | ○     | △    | No.4 | ○ | ○      | ○     | ○ |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
|       | T. P.   | 運 転 時 間  |         |          |          |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
| No.1  | ○   | ○  | ○       | ○        |          |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
| No.2  | ○   | ○  | ○       | △        |          |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
| No.3  | ○   | ○  | ○       | △        |          |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
| No.4  | ○   | ○  | ○       | ○        |          |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
| 低負荷条件 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>T. P.</th> <th colspan="4">運 転 時 間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No.1</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td>No.2</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td>No.3</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td>No.4</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>△</td> </tr> </tbody> </table> <p>○ : 異常無し<br/>△ : 不具合小 (継続運転可)</p> <p style="text-align: center;">▲ 目標時間</p> | T. P.  | 運 転 時 間 |          |          |  | No.1 | ○     | ○ | ○ | △        | No.2  | ○    | ○ | ○        | △     | No.3 | ○    | ○        | ○   | △     | No.4 | ○    | ○ | ○      | △     |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
| T. P. | 運 転 時 間   |  |         |          |          |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
| No.1  | ○   | ○  | ○       | △        |          |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
| No.2  | ○   | ○  | ○       | △        |          |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
| No.3  | ○   | ○  | ○       | △        |          |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |
| No.4  | ○   | ○  | ○       | △        |          |  |      |       |   |   |          |       |      |   |          |       |      |      |          |     |       |      |      |   |        |       |   |  |   |          |       |  |  |   |          |     |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |       |  |  |   |        |

#### 4. 1 プレスカップの開発

プレスカップの板厚，材料及び熱処理は，製品機能とプレス成形性の両面から仕様を決定している。特に板厚の決定は，プレスの成形性とコストに大きく影響するため，目標機能を確保できる最小板厚を，基礎試験とFEM解析を併用して求めた。プレスカップの機能上必要な内部形状と精度の確保は，新たなプレス成形技術の開発とプレス成形工程の最適な工程分割の追求，さらに材料仕様と熱処理条件の最適化により達成した。

#### 4. 2 プレスカップとステム軸の接合技術の開発

カップとステムの結合は，塑性接合と称する機械的な結合方式を用いている。この接合部は，駆動力を伝達する部位にあたり，回転方向にガタがなく，しかも十分な信頼性が要求される。新たに開発した塑性接合は，この箇所の結合方式としては電子ビームやレーザー等の溶接方式よりも信頼性が高く，また，品質管理や接合設備の面でも極めて有利である。この塑性接合の開発により，信頼性の高い結合が可能となり，DOJ外輪へのプレスカップの適用を実現することができた。

#### 4. 3 ステム軸の開発

ステム軸は，別体として加工できるので，セレーション部の冷鍛仕上げを前提として開発を進めた。材料は強度の確保が可能な範囲で，冷間鍛造に有利なものを選定した。この冷鍛成形により，セレーション部の転造加工廃止と，ニアシェイブによる旋削取代の低減を図っている。

### 5. まとめ

等速ジョイントの必要機能を満たす設計仕様の改善と加工法の開発は，従来よりさまざまな角度から行っているが，今回，軽自動車用を対象に，新たな開発とその量産技術の確立に取り組んだ。BJ外輪マウスの冷鍛仕上げ，DOJのプレス外輪とその結合方式等，いずれも従来にはないと思われる量産技術を開発した。今後，本製品が多くの軽自動車に適用されることを，期待してやまない。

## プロペラシャフト用各種等速ジョイント

坂口 明夫\*  
 潮田 佳雅\*  
 宮田 真秀\*  
 小原 健\*\*  
 葉山 佳彦\*\*

### Constant Velocity Universal Joints for Propeller Shafts

By Akio SAKAGUCHI, Yoshimasa USHIODA, Masahide MIYATA,  
 Takeshi KOHARA and Yoshihiko HAYAMA

NTN's constant velocity universal joints (CVJ) were first used in propeller shaft applications in the early 1970's. In the last ten years, the demand for propeller shaft CVJ's has been increasing as automobile performance has improved. Recently, four wheel drive vehicles have begun to use propeller shaft CVJ's to reduce noise levels in the complex drivetrain. Over the years, NTN has developed a wide range of automotive CVJ's and is now well suited to provide the optimal plunging joint (DOJ-RPCF, LJ, AC-TJ) and fixed joint (BJ) designs for propeller shafts. This article describes the CVJ structure and characteristics developed for propeller shaft applications, as well as vehicle NVH test results.

#### 1. まえがき

NTNの等速ジョイント (Constant Velocity Universal Joint, 以下CVJと略す) が、自動車のプロペラシャフトに初めて採用されたのは、1970年代の前半である。その後プロペラシャフト用CVJは、しばらく需要停滞期もあったが、1980年代の後半を境にした自動車の高機能・多様化などのニーズの高まりに伴って、需要が大きく拡大してきた。近年では、とりわけ駆動系が複雑化する4WD車の静粛性・快適性向上を目的に、従来のカルダンジョイント (十字軸を使ったジョイント, 以下CJと略す) に代わって採用される傾向が強い。

この間にNTNでは、プロペラシャフト用CVJとしてしゅう動式のダブルオフセット形等速ジョイント - RPCF (DOJ - RPCF)、クロスグループ形等速ジョイント (LJ) 及びトリポード形等速ジョイント

(AC - TJ) とボールフィックスト形等速ジョイント (BJ) を開発し、現在では自動車の要求性能に基づき最適なCVJを供給できる体制が整っている。

本稿では、これらプロペラシャフト用CVJの構造と特徴及びCJとの比較で行った実車NVH試験結果を以下に紹介する。

#### 2. 構造と特徴

##### 2.1 DOJ - RPCF (Double Offset Joint-RPCF)

構造を図1に示す。ジョイント本体は、内輪、外輪、ケージと6個の鋼球で構成される。内・外輪は、鋼球を収納する軸線に平行なトラックを有する。またケージは、鋼球の動きをコントロールする役目を果たしているが、鋼球を転がり易くするため、図2に示すように内径面に円筒部分が設けてある。

ドライブシャフト用としての実績も多いが、プロペラシャフト用では、高速回転で使用されることを考慮して内部の精度やすきまの大きさを抑制している。

\*等速ジョイント技術部

\*\*自動車製品研究所

特徴は、

- 大きなしゅう動量がとれる。
- 小さな振幅の振動を遮断できる。

## 2.2 LJ (Cross Groove Joint) / HLJ (High Speed LJ)

LJの構造を図3に示す。本体は、内輪、外輪、ケージと6個の鋼球で構成される。内・外輪は、軸線に対し相対的に傾斜したトラックを有し、鋼球の動きをコントロールしている。また構造上、軸方向ストッパー機能の有無によってフロート、ノンフロートの2種類のタイプがある。

HLJは、最近NTNが開発した軽量、コンパクトのプロペラシャフト専用CVJである。基本的にはLJと同じ構成であるが、高速回転性と振動性能の向上のため、LJに対して内・外輪トラックの傾斜角度を変更した設計構造としている。HLJについては本誌の

別稿（P45参照）に詳しく紹介されているので、これを参照願いたい。

LJ, HLJは、鋼球が転がり運動するので、鋼球に予圧を与えて使用される。

特徴は、

- ラジアル方向、回転方向のガタがない。
- 高速回転性に優れる。

## 2.3 AC - TJ (Angular Contact Tripod Joint)

構造を図4に示す。本体は、外輪、トラニオン、球面ローラと針状ころなどで構成される。DOJ - RPCFと同様、ドライブシャフト用でも多くの実績があるが、プロペラシャフト用は、内部すきまを抑制している。

特徴は、

- 大きなしゅう動量がとれる。
- しゅう動全域でスライド抵抗が小さい。

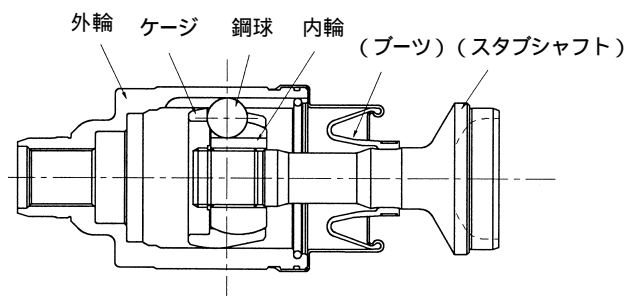


図1 プロペラシャフト用 DOJ-RPCF  
Propeller Shaft DOJ-RPCF

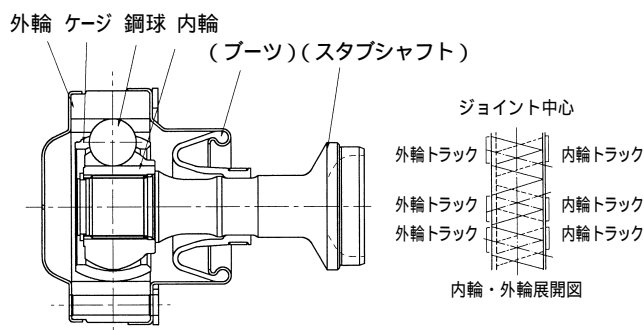


図3 プロペラシャフト用 HLJ  
Propeller Shaft HLJ

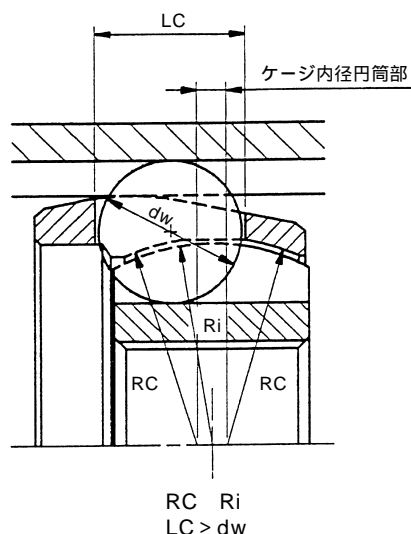


図2 DOJ-RPCFケージ  
Detail of DOJ-RPCF's Cage

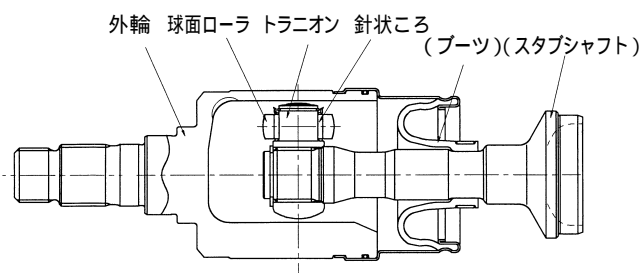


図4 プロペラシャフト用 AC-TJ  
Propeller Shaft AC-TJ

### 2.4 BJ (Ball fixed Joint)

構造を図5に示す。本体は、内輪、外輪、ケージ、鋼球で構成される。基本的にはドライブシャフト用と同じ構成であるが、可能な限り無駄を排除した軽量、コンパクトな設計を採り入れている。

主に、プロペラシャフトASS 'Yの軸方向伸縮量が大きくてスライドスプラインが必要な場合や、角度が大きくてCJでは使用できない場合及び他のしゅう動式CVJとの組合せで使用される用途に適している。

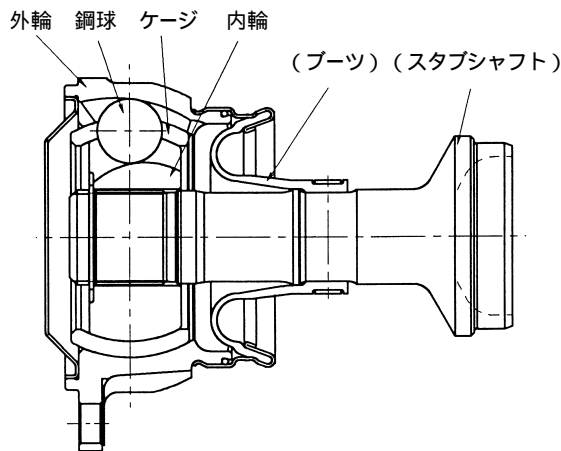


図5 プロペラシャフト用 BJ  
Propeller Shaft BJ

## 3 性能・特性比較

各種プロペラシャフト用CVJの一般的な性能・特性比較を表1に示す。

### 3.1 スライド量

DOJ - RPCFとAC - TJは、外輪のカップ長さで決まるので実績の最大値を、また、LJとHLJはフロートタイプで示す。

表1 各種プロペラシャフト用 CVJ の性能と特徴  
Performances & Characteristics of Propeller Shaft CVJs

|            |        | LJ87  | HLJ87 | DOJ87-RPCF | AC-TJ75 | BJ87 |
|------------|--------|-------|-------|------------|---------|------|
|            |        |       |       |            |         |      |
| 重量 (kgf)   |        | 1.20  | 1.00  | 1.80       | 1.50    | 0.90 |
| スライド量 (mm) |        | 16    | 17    | 47         | 45      |      |
| NVH特性      | 誘起力    | 3次,6次 | ←     | 6次         | 3次      | 6次   |
|            | 屈曲抵抗   | 静止時   |       |            |         |      |
|            |        | 回転時   |       |            |         |      |
|            | スライド抵抗 | 静止時   |       |            |         |      |
| 回転時        |        |       |       |            |         |      |
| ガタ         | 径方向    |       |       |            |         |      |
|            | 回転方向   |       |       |            |         |      |

;優, ;良, ;可

### 3.3 NVH特性

#### 3.3.1 誘起力

CVJが角度を採って回転するとき、内部部品の相対的な滑り摩擦によって発生する回転中の変動力で、こもり音やビート音の起振源となる場合がある。ここでは代表特性として高調波の最も卓越した次数成分で表している。

#### 3.3.2 屈曲抵抗

高負荷、低回転時にプロペラシャフトの振れ回りが発生することがある。これは、屈曲抵抗が大きくなることが関与している。一般的に、屈曲抵抗が小さいほど振れ回りは発生しにくい。LJ, HLJ, DOJ - RPCF, BJとCJの動的屈曲抵抗を図6に示す。

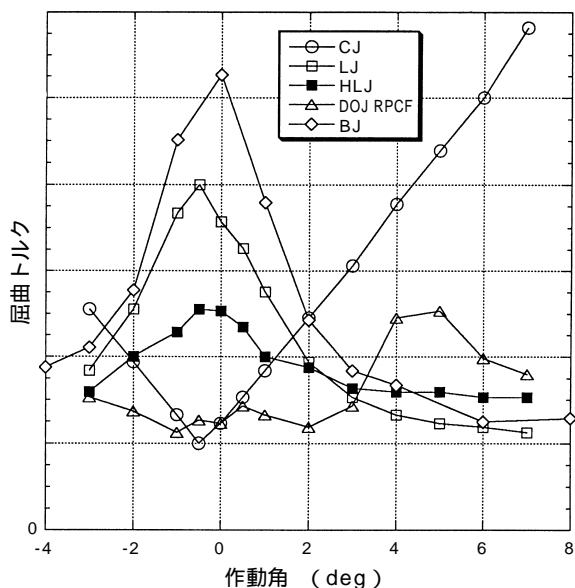


図6 動的屈曲抵抗  
Articulation Effort on Rotating

#### 3.3.3 静的・動的スライド抵抗

スライド抵抗が小さいほどエンジンや路面からの振動を遮断し、車体の振動や騒音が低減できる。LJ, HLJ, DOJ - RPCFの静的及び動的スライド抵抗をそれぞれ図7, 8に示す。

#### 3.3.4 ガタ

駆動系のガタは、ギヤシフトなど変速時の打音やショックに影響する。

鋼球に予圧を与えることが可能なLJ・HLJは、駆動系ガタを小さくするのに最も有効なCVJである。

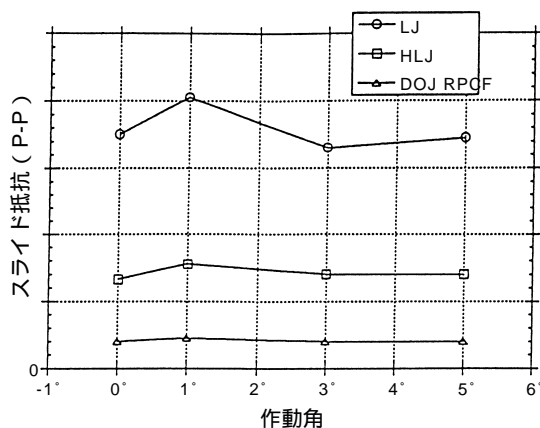


図7 静的加振スライド抵抗  
Static Plunging Resistance

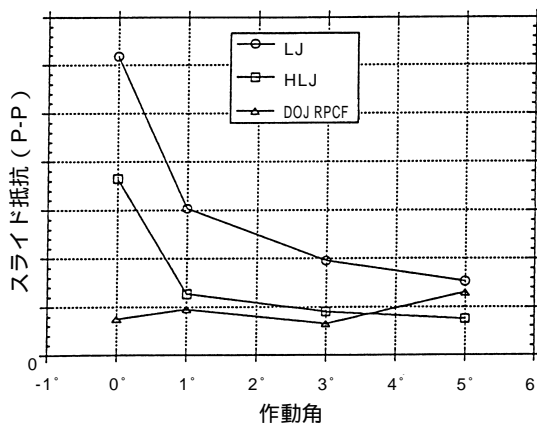


図8 動的加振スライド抵抗  
Dynamic Plunging Resistance



#### 4. 実車試験

実車でCVJ付きプロペラシャフトを適用した場合のこもり音及び乗り心地の効果について、以下に実験例を紹介する。

##### 4.1 供試車両と試験サンプル

供試車両の構造を図9に、またサンプルを表2に示す。本試験ではリアプロペラシャフトを評価の対象とした。これはNVH性能向上の寄与率が、リアプロペラシャフトの方がフロントプロペラシャフトよりも高いことを、予備試験にて確認した結果による。

表2 テストピース一覧 (Rear用)  
Sample List

| テストピース           | 呼称       |
|------------------|----------|
| CJ+CJ(スライドスプライン) | CJ       |
| BJ+DOJ           | DOJ-RPCF |
| BJ+TJ            | AC-TJ    |
| BJ+HLJ           | HLJ      |
| BL+BJ(スライドスプライン) | BJ       |

##### 4.2 こもり音

こもり音は、耳を圧迫するような低い周波数の音であり、起振源としてエンジンをはじめ、伝達系などがかなり複雑に関与している。

今回、CVJの等速性と振動を遮断する機能により、こもり音が大幅に低減できた例を示す。

##### 【試験条件】

走行条件 ; エンジン回転数 2,500~4,000rpm  
(20secの緩加速)

T/Mギヤ位置 ; 3速 (ギヤ比 1.0)

駆動方式 ; 2WD (FR)

試験路面 ; 一般舗装路

計測点 ; 車室内騒音

こもり音のフィーリング評価結果を図10に示す。フィーリングは、優1 劣5の5段階で評価したものである。この結果は、概ね図11に示す車室内騒音の測定データの3,300~3,800rpmの範囲と傾向があった。

この実験データから、エンジン回転数が約3,300~3,800rpmの範囲で、いずれのCVJとも、CJに比較してこもり音が低減していることがわかる。CVJ間のデータの差は、CVJの振動伝達を吸収する機能の差が考えられる。

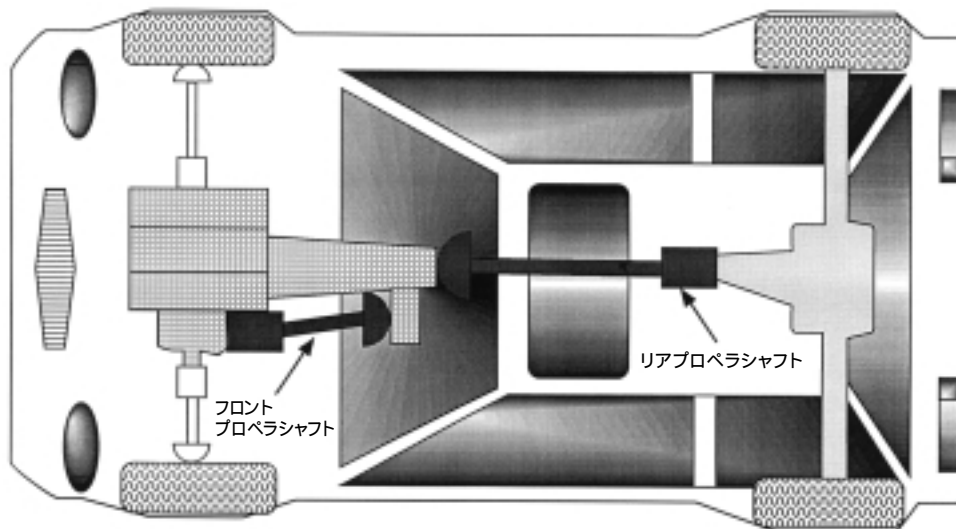


図9 供試車両の構造  
Schematic Representation of Tested Vehicle

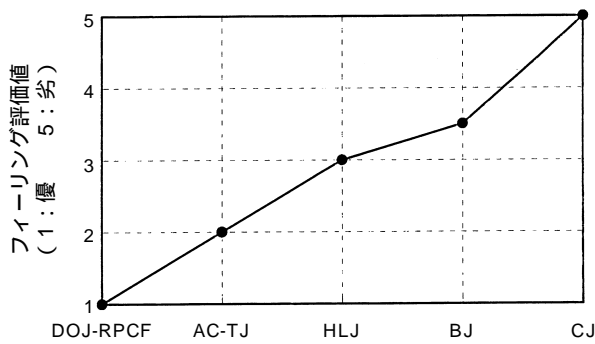


図10 こもり音のフィーリング効果  
Perceived Rumbling Noise

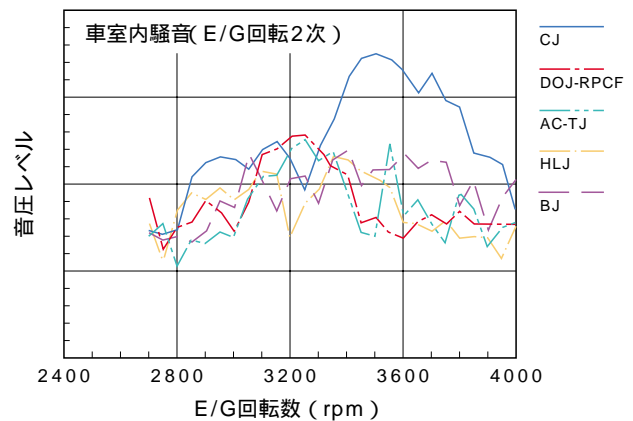


図11 車室内騒音の測定結果  
Results of Interior Noise

### 4.3 乗り心地

CVJをプロペラシャフトに適用すると乗り心地にも好影響を及ぼすことが判明した。

この要因として、CJが回転2次の速度変動を持つのに対し、CVJは等速である点、またしゅう動式

CVJにおいては、スライド抵抗がスライドスプラインに比べて著しく小さいことが考えられる。その結果を以下に示す。

乗り心地の評価項目を図12に示す。

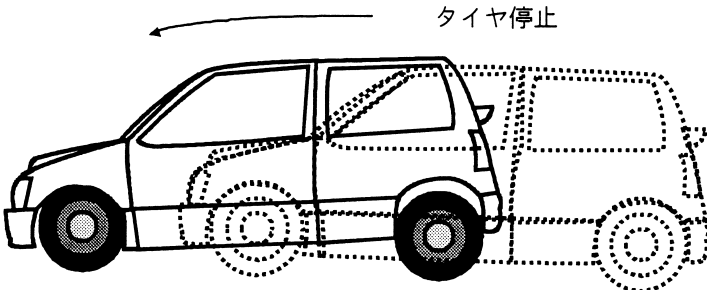
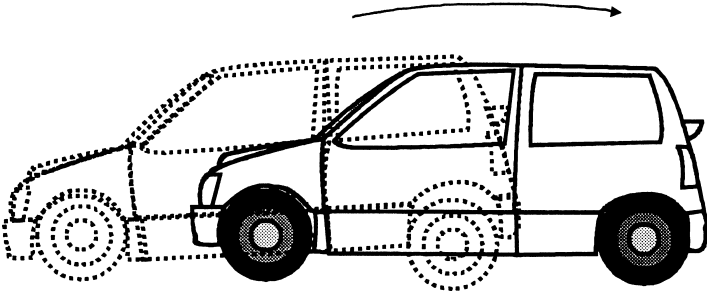
|   |       |  |
|---|-------|--|
| 1 | ころころ感 | 急発進時に発生する尻振り現象   |
| 2 | 抜け    | タイヤ停止後、車体が突っ込む現象<br>   |
| 3 | 揺り戻し  | タイヤ停止後、車体が揺り戻される現象<br> |
| 4 | ごつごつ感 | 主として、車体のバネ下共振周波数付近とその倍調波の近辺に発生している振動成分によって感じる現象  |
| 5 | ふわふわ感 | 主として、車体のバネ上共振周波数付近に発生する振動成分によって感じる現象   |

図12 乗り心地の評価項目  
Test Items for Estimating Harshness

【試験条件】

- T/Mギヤ位置 ; 3速 (ギヤ比 1.0)
- 駆動方式 ; 2WD (FR)
- 試験路面 ; 一般舗装路
- 計測点 ; シートレール

ころころ感

ころころ感は、CJの回転2次の速度変動を車室内で感じる現象である。振動データを図13に示す。データからはCJで発生していた振動が、DOJ-RPCFでは全く現れていないことがわかる。

抜け・揺り戻し

抜けと揺り戻し評価方法及び振動加速度波形の測定データを図14に示す。抜けは振動加速度の変化率 ( $\Delta G1/\Delta t1$ ) で、揺り戻しは振動加速度の変化量 ( $\Delta G2$ ) でそれぞれ評価した。DOJ-RPCFでは、CJに比較してタイヤ停止後の加速度波形が明らかに異なっており、抜けも揺り戻しも小さくなっている。

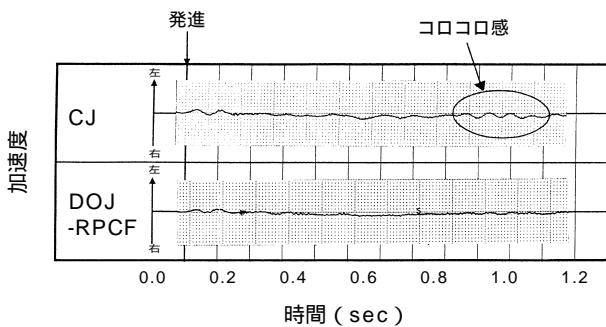


図13 発進時に発生した振動 (シートレール左右方向)  
Lateral Vibration on Seat Rail After Start-up

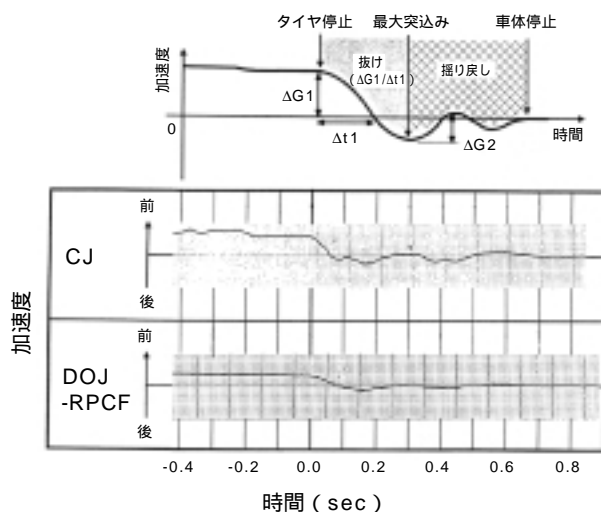


図14 停止時に発生した振動 (シートレール前後方向)  
Longitudinal Vibration on Seat Rail After Tires Stopped

揺り戻しの測定データとフィーリングの評価の関係を図15に示す。尚、フィーリングは、こもり音と同様5段階で評価した。

ふわふわ感・ごつごつ感

ふわふわ感、ごつごつ感はミッションで発生する起振力が、サスペンションを通して車体へ伝達し、バネ上やバネ下の共振を引き起こすことにより発生する現象である。ふわふわ感はバネ上、ごつごつ感はバネ下の共振周波数帯である。その周波数帯を図16に示す。この周波数帯の振動加速度実効値を以て評価指標とした。

しゅう動式CVJのスムーズな伸縮性が、ミッションの振動を効果的におさえることにより、ふわふわ感、ごつごつ感を改善できる。これは、実験結果より確認できている。

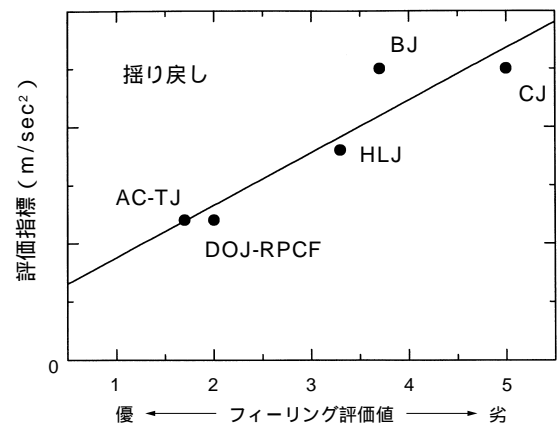


図15 計測評価とフィーリング評価の関係  
Correlation of Measured and Perceived Vibration

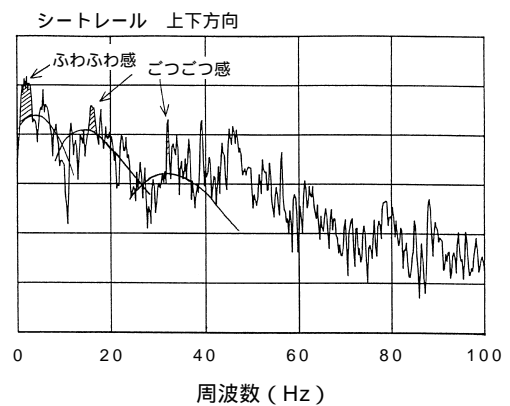


図16 定常走行時の振動加速度スペクトル (CJ, 2WD, 3速, 60km/h, シートレール上下方向)  
Spectrum of Vertical Vibration on Seat Rail in Stationary Driving (CJ, 2WD, 3<sup>rd</sup>, 60km/h)

#### 4.4 総合評価及びまとめ

こもり音および乗り心地の各項目のフィーリング結果を図17に示す。また、プロペラシャフトの総合的な優劣を図18に示す。実験例では、CJに比べてCVJの優位性が、また、しゅう動式CVJ間の比較では、こもり音と乗り心地ともにDOJ - RPCF、AC - TJの評価が優れていた。

しかし、これは供試した車両の結果であり、必ずしも全ての車両に適用できるわけではないことを付け加えておきたい。

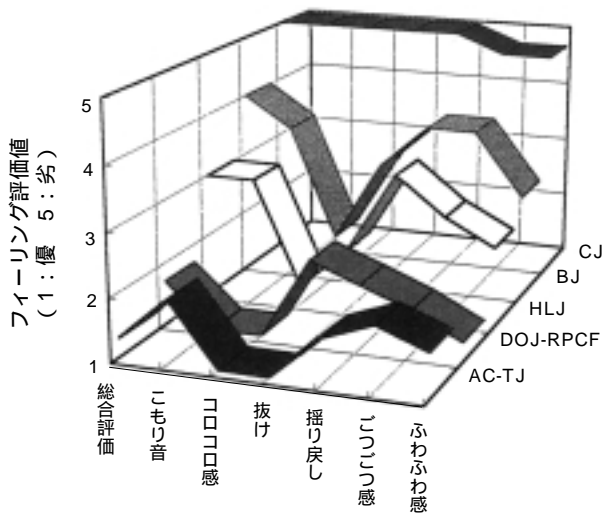


図17 プロペラシャフトのフィーリング結果 評価項目毎)

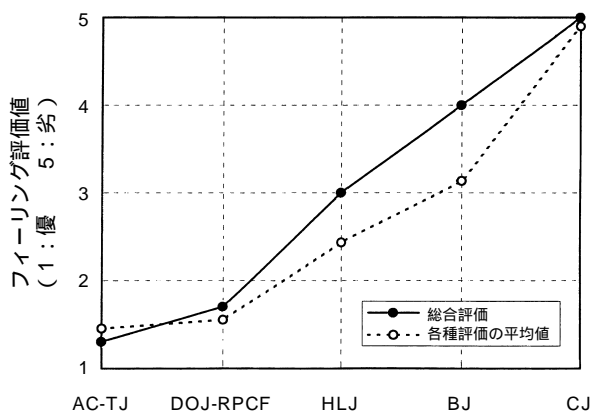


図18 プロペラシャフトの総合評価  
Total Estimation of Propeller Shaft CVJs

#### 5. まとめ

プロペラシャフト用CVJは、図19に示すように、ここ数年で大幅に需要が増加している。

今回の実験例では、プロペラシャフト用CVJの適用により、車のNVH性能改善に顕著な効果があることが明らかになった。更に、こころ感、抜け、揺り戻し、ごつごつ感、ふわふわ感といった概念の新しい評価方法を見出すことができた。

現状、プロペラシャフト用CVJはコスト的にCJに比べて不利なため、採用車種が限定されることも事実である。

NTNでは、今後も実車を有効に活用してプロペラシャフト用CVJの技術課題の解明を進めるとともに、コスト低減を最重要課題にした開発の取り組みにより自動車産業の発展に貢献していきたい。

終わりに際し、実車試験のデータ採取にご尽力戴いた(財)日本自動車研究所関係各位に感謝の意を表したい。

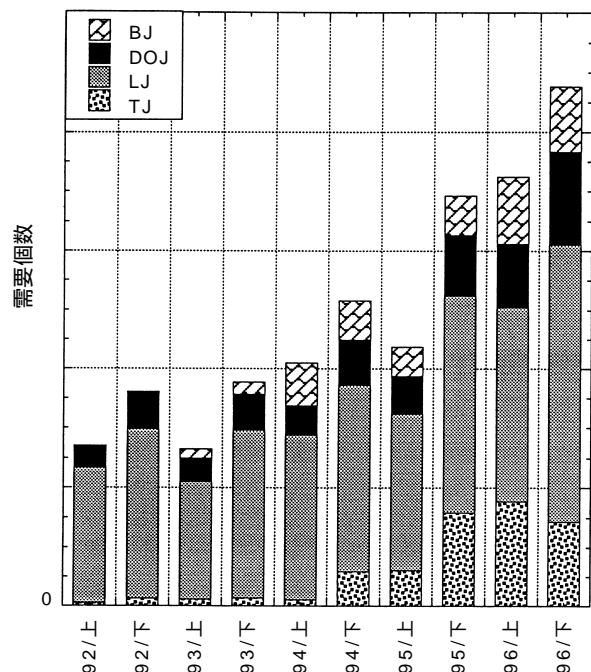


図19 プロペラシャフト用CVJ需要推移  
Demand's History of Propeller Shaft CVJs

## プロペラシャフト用低振動等速ジョイント（HLJ）

藏 久昭\*  
池田 武\*\*  
梅木田 光\*\*

### “ HLJ ” for Propeller Shafts

By Hisaaki KURA , Takeshi IKEDA and Mitsuru UMEKIDA

The "LJ" cross groove joint is used in many automotive halfshaft and propeller shaft applications because of its smooth plunging and constant velocity rotation characteristics through a wide range of operating angles. The improved "HLJ" version has been developed by NTN specifically for propeller shaft applications.

Compared with the current LJ version, the "HLJ" has a 50% higher rating for "N" (rpm x working angle), 35% less NVH (noise, vibration and harshness) and is 20% lighter with an 8% smaller outside diameter.

#### 1 まえがき

クロスグループ形等速ジョイント（LJ）は、自動車のドライブシャフト（Halfshaft）用として、欧州では長い実績をもつ等速ジョイント（Constant Velocity Universal Joints，以下CVJと記す）である。

また、近年は四輪駆動車（4WD）の普及や車両の高級化により、プロペラシャフトへも等速で振動特性の良好なCVJの適用が増えている。プロペラシャフトは、高速回転することから回転バランスが重要な特性となるため、CVJ自体のラジアル内部すきまを小さくする必要がある。アキシャル方向のしゅう動時にボールが内・外輪間で転がる構造をもつLJは、上述すきまを小さくすることが容易であり、プロペラシャフト用として普及してきた。

プロペラシャフト用LJは、ドライブシャフト用LJと基本設計は同一であるが、プロペラシャフトは、ドライブシャフトに比べ回転数が高い反面、

負荷トルクが低いなど使用条件が異なる。また、車両の高速化や振動特性の更なる改善のニーズも強い。今回、従来のLJをベースにして内部設計の改良を行ない、プロペラシャフト専用のハイスピードLJ（HLJ）を開発した。HLJは、高速性、振動特性に優れており、かつ軽量、コンパクト化を図っている。このHLJの設計をベースに長スライド量を有する“長スライドHLJ”も開発している。本稿では、これらのHLJについて紹介する。

#### 2 構造

LJは、ダブルオフセット形等速ジョイント（DOJ）やトリポード形等速ジョイント（TJ）と同じしゅう動式CVJである。また、他のCVJと同じように、プロペラシャフト用だけでなく、ドライブシャフト用としても使用されている。

構造は前稿でも解説したが（P38参照）、図1に示

\*自動車製品研究所  
\*\*等速ジョイント技術部

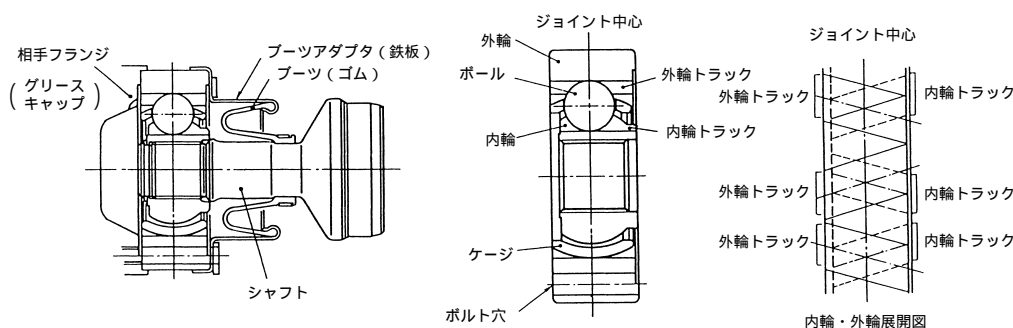


図1 プロペラシャフト用LJ  
Propeller Shaft LJ

すように、内輪、外輪、ケージ及び6個のボールから成る。内輪と外輪には各々軸線に対し円周方向に傾いたボール転動トラックが設けられ、隣り合うトラックは逆方向に傾きV字型を形成し、内、外輪のトラックが互いに交差することでボールの位置を規制している。高速（最高5 000～9 000rpm）で回転するため、プロペラシャフト用CVJでは図1に示すように、ブーツ（ゴム）の回転変形を制限する目的で、ブーツの外側に鉄板のブーツアダプタを採用している。そのため、ブーツアダプタとシャフト側の干渉により最大作動角は10°に抑えられる。

回転バランスも重要な特性である。そのため、使用するCVJも、そのラジアル内部すきまを小さくすることが必要である。LJは、交差した内、外輪トラックがボールの位置をコントロールして等速性を得る、いわゆるトラックステアタイプのCVJである。ボールは、転がり運動をするので、予圧を与えることができ、ラジアル方向のガタを無くして、優れた回転バランス性能を得ることができる。したがって、プロペラシャフト用としてはLJが最も使用実績が多い。HLJも構造はLJと同じであり、この優れた回転バランス性能を受け継いでいる。

### 3 設計

国内でも、プロペラシャフトに本格的にCVJが使用され始めてから10年以上が過ぎた。プロペラシャフト用CVJに要求される性能も年々厳しくなっており、ドライブシャフト用との共用設計で対応す

るのは合理的でなくなっている。そこで、初めてプロペラシャフト専用設計を採用したHLJを開発した。

#### 3.1 プロペラシャフト専用設計

CVJの主要な使用条件は、回転数、負荷トルク、作動角の3つである。プロペラシャフトは、トランスミッションとディファレンシャルの間の動力伝達を行い、ドライブシャフトは、ディファレンシャルとホイールの間の動力伝達を行う部品である。プロペラシャフトは、大きな減速の行われるディファレンシャルの前に使用されるため、ディファレンシャルの後に使用されるドライブシャフトに比べて回転数は大きく、負荷トルクは小さくなる。また、プロペラシャフトでは、その機能、構造の違いからドライブシャフトほど大きな作動角は必要としないのが一般的である。

このため、プロペラシャフト用CVJの使用条件は、ドライブシャフト用CVJと比較すると、概略回転数で4倍、負荷トルクで1/2、作動角で1/2となる。

これらの使用条件の違いをCVJの仕様に置き換えると、ドライブシャフト用CVJに対して、プロペラシャフト用CVJの必要強度は50%、必要耐久性（負荷容量）は70%でよいことになる。

したがって、強度と耐久性のバランスも大きく異なっており、プロペラシャフト用CVJは、ドライブシャフト用CVJとは異なるプロポーションを持つこととなる。HLJも基本的には、このようなプロペラシャフト専用設計を原点としている。

### 3.2 HLJ

プロペラシャフト用CVJの大きな課題は、より一層の高速性向上と低振動化である。高速性向上とは、許容  $N$  (回転数×作動角)のアップを意味し、これによりプロペラシャフトの設計自由度が増大し、車両の高速化や高機能化に結び付く。また、低振動化とは、スライド抵抗や折り曲げトルクの低減であり、これらによりアキシャル方向や折り曲げ方向の振動伝達が減少し、車両の各種NVH (Noise, Vibration, Harshness) 問題を解決する。HLJは、これら高速性向上と低振動を主要課題として設計・開発した。高速性向上のためには、 $PV$ 値 (面圧×速度)の低減が重要である。シャフト径は、前に述べた専用設計としての見直しを行い、さらに高強度が期待できる特殊鋼材を採用して大幅な小径化を果たした。さらに、低振動化向上のために内、外輪トラック部の円周方向スペースを確保してトラックPCDを下げることで、スライド抵抗、折り曲げトルクの低減効果を狙ってトラック交差角を小さくした。ト

ラック交差角は、プロペラシャフト用としての使用作動角が小さいことを有効利用し、高角側と低角側の性能のバランスを見ながら最適値に設定した。また、トラックPCDを下げたことからトラック荷重が増加するため、面圧を下げるためにトラック接触率を見直した。これにより、 $PV$ 値を大幅に低減している。

以上から、HLJは、高速性向上、低振動化を大幅に達成しながら、外輪外径で8%減、重量20%減の非常に軽量、コンパクトなプロペラシャフト用CVJになっている (図2参照)。もちろん、等速性や良好な回転バランス性能も併せ持っている。

### 3.3 長スライド HLJ

HLJは、内輪外径とケーシング内径が干渉するので、スライド量が限定される。これに対し、長スライドHLJは、交差角、トラック接触率など前述のHLJの設計思想を取り入れた上で内輪外径とケーシング内径を干渉させないようにしており、長スライドを可能に

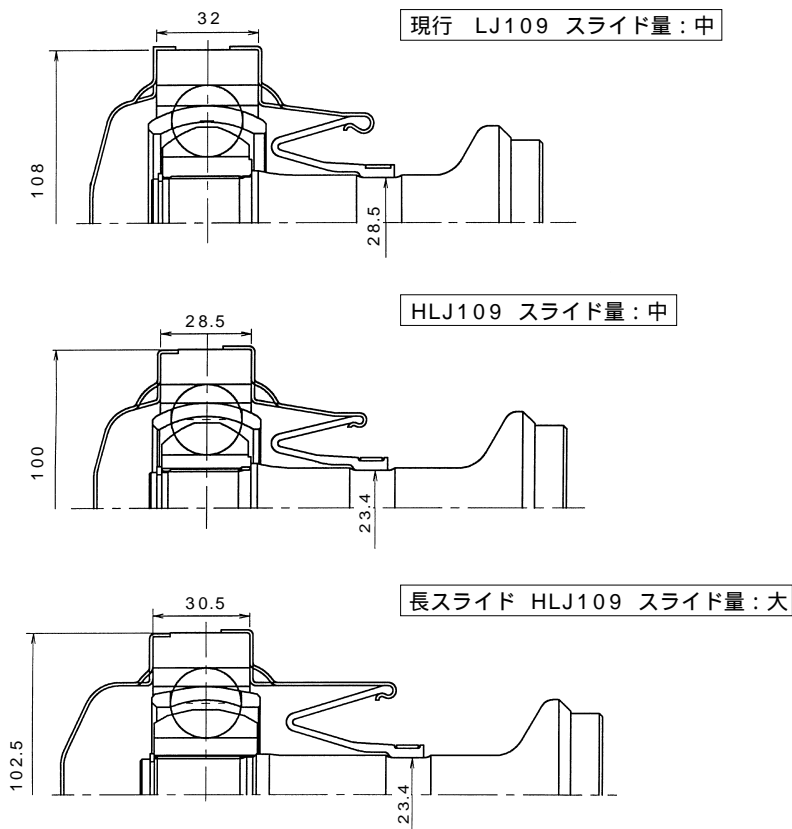


図2 LJ, HLJ, 長スライドHLJ  
Long Plunging HLJ

した。HLJは、内輪の球面外径がアキシアル方向にオフセットされており、その外径とケージ内径の干渉によりスライドが限定されるため、作動角による最大スライド量の変化はほとんどない(図3参照)。一方、長スライドHLJでは、ボールとブーツアダプタあるいはグリースキャップの干渉によりスライドが限定されるため、作動角を大きくしていくと、これに伴いスライド量は若干小さくなっていく。また、長スライドHLJは、スライド量を確保するためにHLJに比べ、内輪外径とケージ内径のすきまが大きくなっているが、内輪外形をテーパ形状にして、長スライド時の内輪の負荷容量を確保している(図2参照)。

## 4 性能

現行LJとHLJの性能比較を以下に述べる。

### 4.1 高速性

高速性は、CVJを回転させたときに発生する熱量(温度上昇量)より、そのCVJの限界使用条件が想定できる。図4は、横軸に $N$ (回転数×作動角)の使用条件を取り、縦軸をCVJの外輪表面温度上昇量としている。一般的に条件を厳しく( $N$ を大きく)すると温度も上昇するが、そのレベルはCVJの種類

によって異なる。

現行LJは、ある領域( $N$ )を越えると急激に温度が上昇してしまう。車両走行時の外輪表面温度が100(外気温30として温度上昇量70)迄を可とした場合の使用限界は、 $N = 2 \times 10^4$ 以下となる。

一方、HLJは、 $N$ の増加に対して外輪表面温度は、なだらかに上昇していく。使用限界は、 $N = 3 \times 10^4$ 以下となり、高速性能において、50%の向上が達成できた。

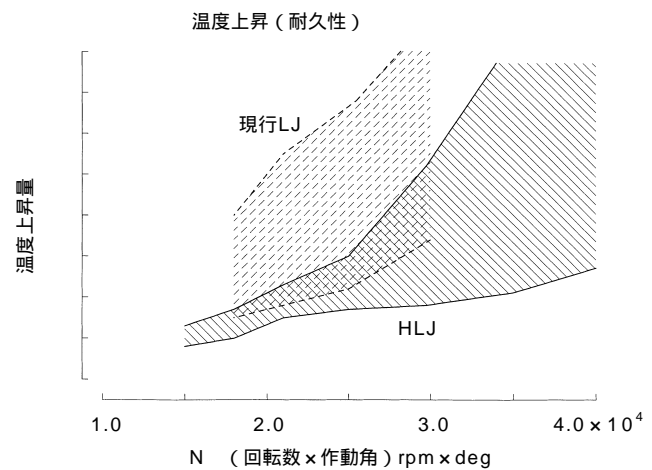


図4 温度上昇特性  
Temperature Rise Characteristics

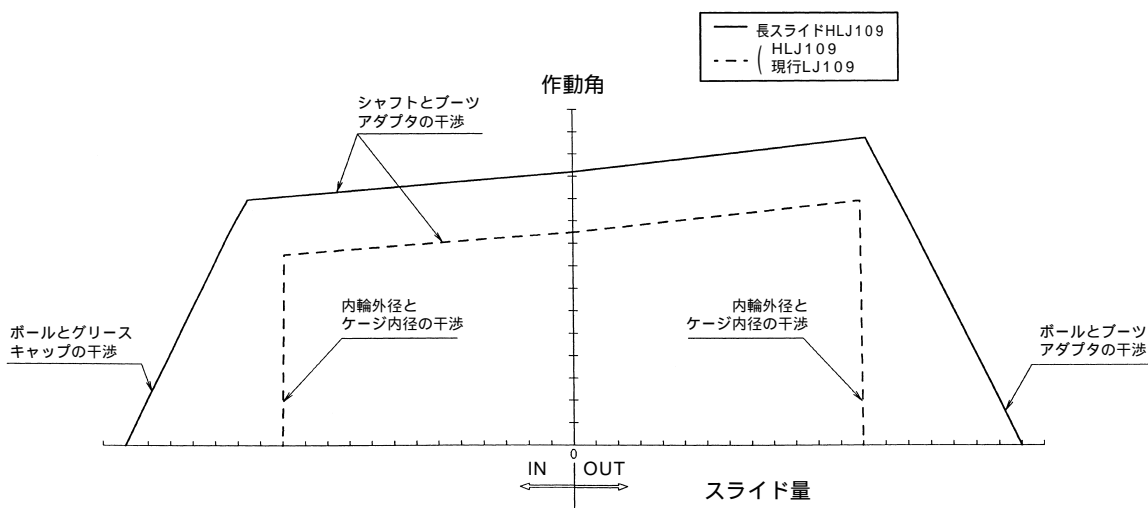


図3 スライド量 作動角 線図  
Plunging Working Angle Diagram



## 4.2 スライド抵抗

### 4.2.1 回転時スライド抵抗

車両走行時のNVH性能に影響を及ぼす回転時スライド抵抗を図5に示す。これは、LJを回転させながらエンジン振動を模してアキシャル方向に加振した時のスライド抵抗値である。

回転時スライド抵抗は、作動角0°では大きいですが、作動角の増加に対して急激に減少する傾向がある。HLJの回転時スライド抵抗は、 $\theta = 1^\circ$ 以上では低く安定しており、現行LJの約65%に低減されている。これは、トラック交差角を下げた効果であると考えられる。

### 4.2.2 静止時スライド抵抗

車両停車時のアイドル振動に影響を及ぼす静止時 (LJ回転数0rpm) スライド抵抗を図6に示す。静止時は、回転時スライド抵抗のような角度変化による特性はなく、角度に関係なく一定のスライド抵

抗を有する。

HLJの静止時スライド抵抗は、回転時スライド抵抗と同様に現行LJの約65%に低減されている。

## 4.3 折り曲げトルク

折り曲げトルクが大きい場合、エンジン上下方向の振動を吸収できず、車両に振動が伝達されることがある。

HLJと現行LJの回転時折り曲げトルクの比較を図7に示す。現行LJの折り曲げトルクは、作動角の小さい ( $-1^\circ \sim +1^\circ$ ) 範囲で大きくなる特性を持っている。一方、HLJは現行LJのような作動角によって折り曲げトルクが変化する特性を持たない。この低角度域 ( $-1^\circ \sim +1^\circ$ ) のHLJの折り曲げトルクは、現行LJの60~70%に低減されている。これは、トラック交差角を下げた効果であると考えられる。

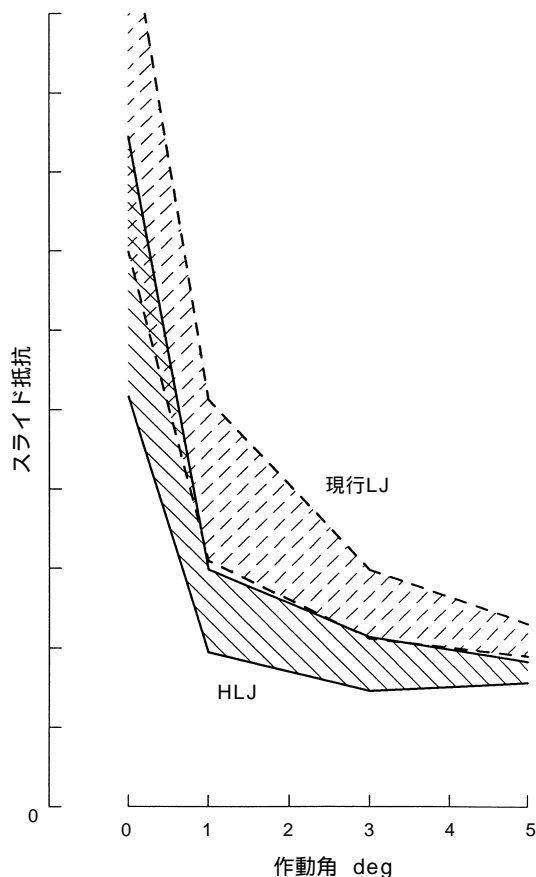


図5 動的加振スライド抵抗  
Dynamic Plunging Resistance

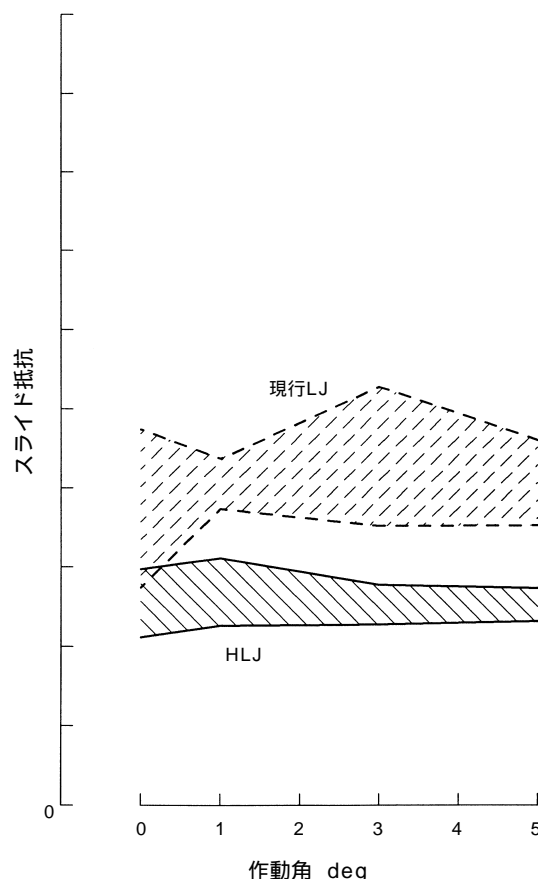


図6 静的加振スライド抵抗  
Static Plunging Resistance

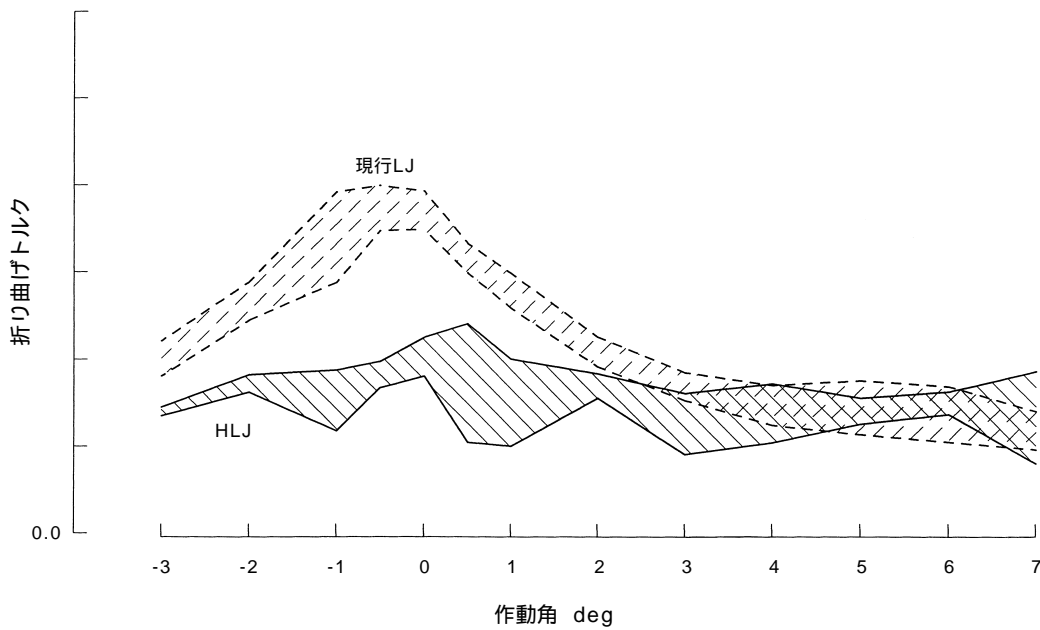


図7 回転時折り曲げトルク  
Articulation Effort During Rotation

## 5 まとめ

国内の自動車産業は、成熟期に入っており、今後は従来のような量的拡大は望めないものの、RV市場の活況、高級志向は維持されると見られ、プロペラシャフト市場におけるCVJ需要は増加が見込まれる。

NTNではプロペラシャフト用CVJとして、しゅう動式のLJ、DOJ - RPCF、AC - TJ、固定式のBJを

揃えており、今回、新たに“HLJ”、“長スライドHLJ”をそのラインナップに加え、客先のあらゆるニーズに対応できるようにした。“HLJ”は、高機能、軽量、低コストの条件を兼ね備えており、今後、現行LJからの置換や新規採用へ向けて展開がなされる。また、“長スライドHLJ”は、そのスライド長さを生かし、今迄CVJが適用されていなかったプロペラシャフトの新市場への参入を図っていく。

## 等速ジョイント用グリースの最近の動向について

長谷川幸雄\*  
長澤 敬三\*  
高部 真一\*

### Recent Developments in Greases for Constant Velocity Universal Joints

By Yukio HASEGAWA, Keizo NAGASAWA and Shinichi TAKABE

Recent improvements in greases have contributed greatly to the development of better constant velocity universal joints which are so important to the auto industry. These improvements in greases have resulted in reductions in NVH (noise, vibration and harshness) levels, better durability, lower cost, and reduced environmental concerns. Recent successes in this area are the product of a long research effort at NTN, and further work will continue to be performed.

#### 1. まえがき

これまで、高度経済成長の波に乗って自動車産業界は他に類を見ない速さで発展を遂げてきた。その中で等速ジョイント（Constant Velocity Universal Joints；以下CVJと略す）も進歩・発展を続けてきた。このCVJの進歩には、グリース性能の向上も大きく貢献していることを見逃すことはできない。

当社が使用しているグリースは、CVJ発展の歴史の中で主に性能向上を目的として開発し、市場へ投入してきたものである。

しかし、最近の開発課題としては、自動車の静粛性に伴う低振動化、軽量コンパクト化を狙ったサイズダウンのための長寿命化、低成長下での競争力を増すための低コスト化、更には、昨今の環境への意識向上に伴う地球環境対策への対応等が挙げられる。

そこで、本稿ではCVJグリースの現状と最近の動向について考察を行った。

#### 2. CVJグリースの紹介

現在、10種類以上のCVJグリースが使用されている。当初は二硫化モリブデン入りのリチウムグリースが主流であった。しかし最近では、性能向上を図るために各種添加剤を含有したウレア系グリースが主流になってきている。この高機能グリースの特徴は、CVJの種類や用途により使い分けを行っており、より高度化されたニーズに応えられるようになってきていることにある。現在使用されている代表的なグリースの特徴を表1に示す。

#### 3. グリースに要求される課題と対応

##### 3.1 低振動化

自動車の乗り心地を追求する上で、振動・騒音の問題を避けて通ることはできない。近年は特に要求が厳しくなっており、潤滑面での改善が注目されている。振動・騒音の要因としては、固定式CVJの異音、しゅう動式CVJのアイドリング振動や横揺れ、そして、こもり音やピート音等が挙げられる。

\*等速ジョイント技術部

表1 当社使用グリース  
Used Grease at NTN

| グリース種類 | 増稠剤    | 稠度グレード | 主要添加剤                         | 主用途     | 振動特性 | 寿命 |     |    | 耐熱性 | コスト |
|--------|--------|--------|-------------------------------|---------|------|----|-----|----|-----|-----|
|        |        |        |                               |         |      | BJ | DOJ | TJ |     |     |
| A      | リチウム石鹸 | 2号     | 二硫化モリブデン, A系, B系              | BJ, DOJ |      |    |     | -  |     |     |
| B      | リチウム石鹸 | 2号     | A系                            | DOJ, TJ |      | -  |     |    |     |     |
| C      | リチウム石鹸 | 2号     | 有機モリブデン, C系                   | BJ      |      |    | -   | -  |     |     |
| D      | ウレア系   | 1~2号   | 有機モリブデン, B系, C系               | BJ, DOJ |      |    |     | -  |     |     |
| E      | ウレア系   | 1~2号   | 有機モリブデン, B系, C系               | TJ      |      | -  | -   |    |     |     |
| F      | ウレア系   | 1号     | 有機モリブデン, A系, B系, C系           | BJ      |      |    | -   | -  |     |     |
| G      | ウレア系   | 1号     | 有機モリブデン, 二硫化モリブデン, B系, C系, D系 | DOJ, TJ |      | -  |     |    |     |     |
| H      | ウレア系   | 1号     | 有機モリブデン, B系, C系               | プロペラ用   |      |    |     |    |     |     |

注) 1. 略号の説明 : BJ=Ball Fixed Joint, DOJ=Double Offset Joint, TJ=Tripod Joint  
2. 記号の説明 : 優れる : 良好 : 劣る

車両の振動問題と、それに関与しているCVJの特性には表2のような関連がある。それぞれの特性とグリースによる改善効果について以下に述べる。

1) スティックスリップ特性

車庫入れ時等、固定式CVJを高角転舵状態にして発進すると、異音を発生することがある。これには、CVJのスティックスリップ特性が関与している。この対策として、CVJの内部精度の見直しや低摩擦グリースによる摩擦抵抗の軽減が効果的である。当社ではこれまで、低摩擦グリースの使用により異音問題を解決してきた。この対策例を図1に示す。

2) スライド抵抗

しゅう動式CVJがトルクを伝達しながらしゅう動すると、摩擦に起因するスライド抵抗を発生する。この抵抗が大きいと、エンジンや路面からの振動を車体に伝えて、床やハンドル等を振動させることがある。エンジンをかけた状態でブレーキを踏んで停止しているA/T車で発生するアイドル振動が代

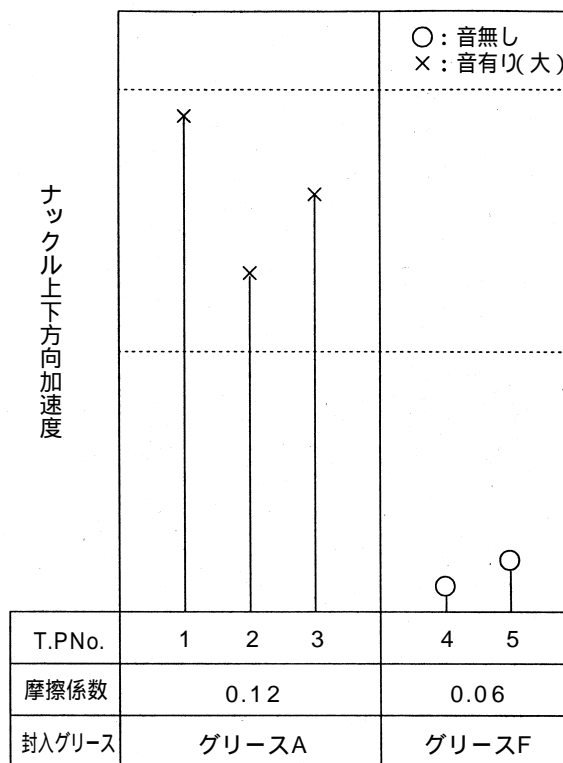


図1 実車高角転舵時の振動騒音  
Vibration and Noise at High Steering Angle on Vehicle

表2 車両の振動問題とCVJの特性との関連  
The Relation Between The NVH Problems on Vehicle and The Characteristics of CVJs

| 振動問題          | CVJ種別           | CVJ特性      |
|---------------|-----------------|------------|
| 高角転舵時の異音      | 固定式CVJ (BJ等)    | スティックスリップ性 |
| アイドル振動 (A/T車) | しゅう動式CVJ (DOJ等) | スライド抵抗     |
| 加速時の横揺れ       | しゅう動式CVJ (TJ等)  | 誘起スラスト3次成分 |
| 高速時のこもり音・ビート音 | しゅう動式CVJ (DOJ等) | 誘起スラスト6次成分 |

表的なものとして挙げられる。特にスライド抵抗が問題となるDOJでは、CVJの機構的な対策が多くなされている。また、グリースも摩擦力軽減を狙った低摩擦グリースを採用する傾向にある。グリースの改善による効果を図2に示す。

### 3) 誘起スラスト

作動角を取ってしゅう動型CVJに負荷トルクを与えると、軸力が発生する。この軸力は負荷トルクにより誘起されることから誘起スラストと呼んでいる。これは、CVJ内部の摩擦抵抗により発生し、CVJを回転させることで振動を引き起こす。この振動の特性は、CVJの構造に起因し、TJの場合は3次成分が、DOJの場合は6次成分が発生し、他部品と共振を起こしやすい。それぞれについて以下に述べる。

#### a) 誘起スラスト3次成分

TJの場合、誘起スラスト3次成分により加速時に横揺れ現象を引き起こす場合がある。この振動特性を改善させるため、当社は独自のグリース開発に成功している。これらは、ウレア系グリースに有機モリブデンをはじめ、各種添加剤を配合したものである。

過去にこの種の振動が問題になったグリースと、これを対策した低振動グリースとの性能比較例を図3、4に示す。

#### b) 誘起スラスト6次成分

DOJの場合、誘起スラスト6次成分の影響で高速時のこもり音・ビート音が発生する場合がある。こ

の振動対策には、グリースの改良も効果的であるので、グリースによる改善も種々行われている。ウレア系グリースに有機モリブデン等の各種添加剤を配合し、摩擦抵抗を軽減したものは誘起スラストを大きく低減できる。この対策例を図5に示す。

### 3. 2 長寿命化

自動車の高性能化に伴い、エンジン出力の増大やエンジンルームレイアウトの過密化、常用角の高角度化など、CVJは、トルクや熱の影響を更に大きく受けるようになってきている。一方、CVJの軽量化・コンパクト化・低コスト化の観点からサイズダウンが進み、より一層使用条件を過酷にしている。これらのニーズに応えるには、CVJの耐久性を延ば

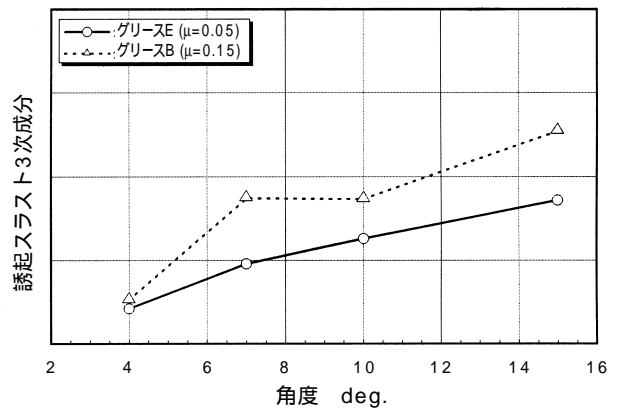


図3 TJの誘起スラスト3次成分  
3rd Order Component Induced Cyclic Axial Load of TJ

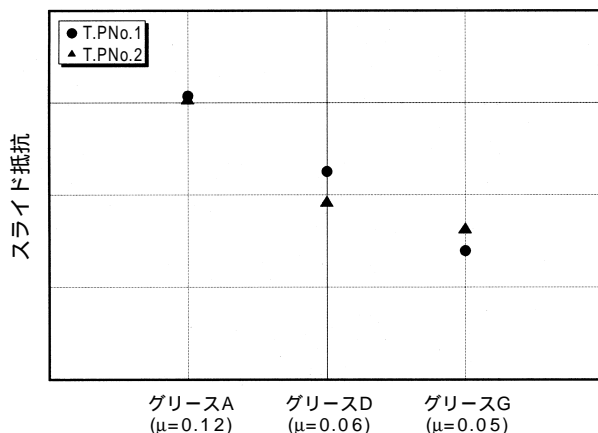


図2 DOJの静的加振スライド抵抗  
Static Plunging Resistance of DOJ

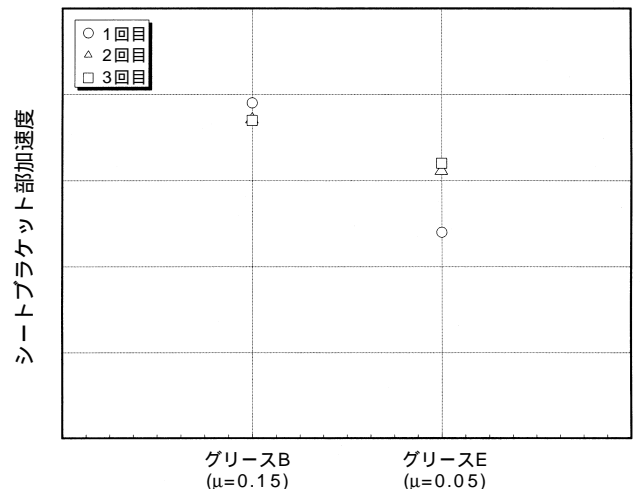


図4 TJの実車横揺れ振動  
Vibration of TJ on Vehicle

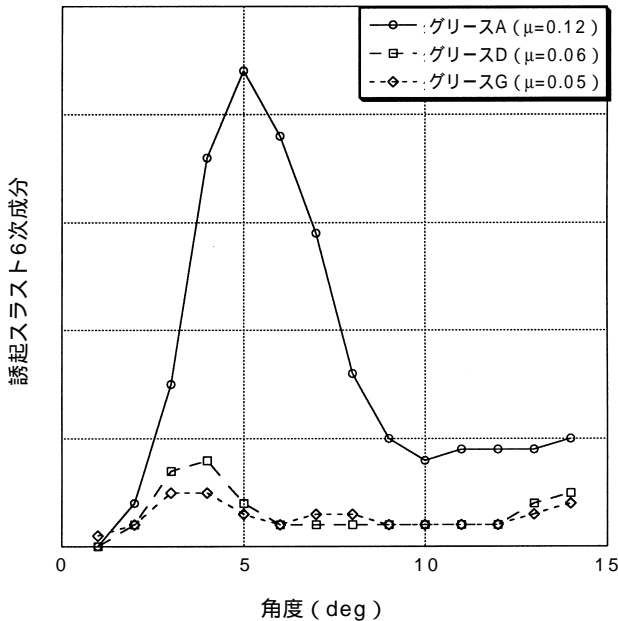


図5 DOJの誘起スラスト6次成分  
6th Order Component of Induced Cyclic Axial Load of DOJ

することが不可欠である。そこで、耐久性・耐熱性に優れたグリースが必要となる。

当社は、従来グリースの1.5倍以上の耐久寿命を有するBJ用長寿命グリースを開発した。耐熱性に優れたウレア系増稠剤を用い、有機モリブデンなど各種添加剤を添加することにより、長寿命グリースを得るに至った。更に、このグリースは図1に示したように、低摩擦特性を兼ね備えていることも特長である。このグリースの耐久性能を従来品との比較で、図6に示す。

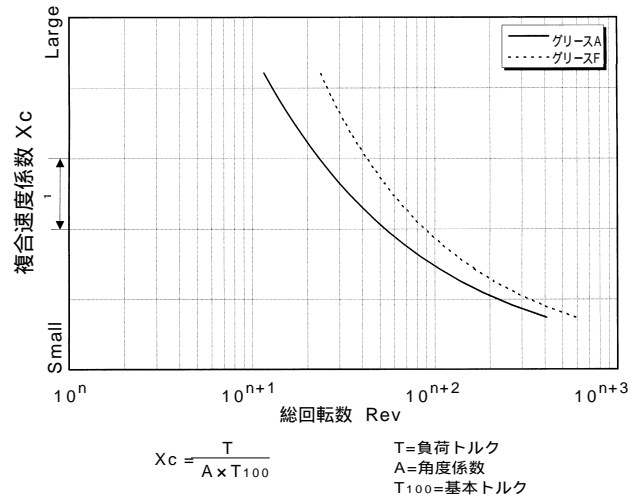


図6 BJの実寿命線図  
Flaking Life L50 Curve of BJ

### 3.3 低コスト化

これまでの開発は経済成長を反映し、コストよりも性能向上を優先する傾向が強かった。しかし、近年は低成長時代を迎え、高性能を維持した上で低コスト化を目指す動きが強くなっている。特に、振動特性を考慮したグリースは有機モリブデンを含有しているため、非常に高価である。そこで、競争力を増すためにはコスト低減への追求も必要となる。この課題を克服するため、以下の項目に着目して開発が進められた。

- 1) 有機モリブデン含有量を見直して必要配合量に留める
- 2) 経済性を考慮した基油・添加剤の見直し
- 3) 増稠剤の種類・量の見直し

この結果、従来品より低コストで同等性能を有す

表3 TJ用低振動グリースの代表的性状  
Performance of New Low Friction Grease for TJ  
(Comparison with Current Grease)

|       |                               | グリースE | 開発グリース |
|-------|-------------------------------|-------|--------|
|       |                               | ウレア系A | ウレア系B  |
| 組成    | 増稠剤                           |       |        |
|       | 種類                            | 鉱油A   | 鉱油B    |
|       | 動粘度 100°C(mm <sup>2</sup> /s) | 15    | 16     |
|       | 流動点(°C)                       | -25   | -15    |
|       | 有機モリブデン添加比率                   | 100   | 65     |
| 性状    | 稠度(25°C, 60W)                 | 310   | 318    |
|       | 滴点(°C)                        | 248   | 247    |
| 性能    | 振動特性                          |       |        |
|       | 寿命                            |       |        |
|       | 耐ゴム性                          | 良好    | 良好     |
| コスト比率 |                               | 100   | 70     |

るTJ用低振動グリースを完成した。その性能を従来品との比較で、表3に示す。

### 3. 4 環境規制対応

これまでのグリースには、比較的経済的で、かつ、極圧性や振動特性に優れた点が評価される鉛系添加剤が必要に応じて使用されてきた。しかし、環境汚染を考慮すると、法令等で規制されていなくとも、企業としての社会的責任において、鉛をはじめ、有害と目される物質を含有させてはならない。したがって、有害物質を排除し、かつ、従来通りの耐久性や振動特性を有するグリースの開発が必要であり、当社も既に開発に着手し、一部は既に完成している。

## 4. むすび

以上述べたグリースは、既に量産されているものもある。CVJにグリースが使用されている限り前述した各種の課題は永遠のテーマであり、飛び越えるハードルはますます高くなっている。特に、有害物質の使用を規制あるいは禁止する等、地球に優しいグリースの開発は、早急に実現させる事が必要である。一方、グローバルに市場を展開している当社では、各地への安定供給と経済性を考慮して、CVJグリースの現地調達を進めている。

グリースを取り巻く課題は尽きないが、今後も開発を精力的に進めていく所存である。

## 等速ジョイント用ブーツの開発

福村 善一\*

高部 真一\*

### Development of Constant Velocity Universal Joints Boots

By Yoshikazu FUKUMURA and Shinichi TAKABE

NTN has developed improved CVJ boots because of their importance in overall system function. This paper reports on the development of improved CR and TPEE boots.

#### 1. まえがき

等速ジョイント (Constant Velocity Universal Joints ; 以下CVJと略す) において、ブーツは重要な役割を担っている。ブーツは、CVJを覆い、CVJの潤滑に必要なグリースをジョイント内に封じ込め、かつ、ジョイント内部への水や泥等の異物侵入を防ぐために不可欠である。このブーツの信頼性を高めるために、CVJ本体と同様に、さまざまな改良や開発を重ね、今日に至っている。クロロプレンゴム (CR) ブーツの性能向上や熱可塑性ポリエステル系エラストマー (TPEE) ブーツの開発、更には、そのTPEEブーツのコンパクト化や低コスト化、そして、擦過音 (ブーツ蛇腹部の接触によるスリップ音) の改善等を行ってきた。これらのブーツの概要について述べる。

#### 2. ブーツに要求される性能

自動車においてCVJは、駆動軸 (ドライブシャフト) と推進軸 (プロペラシャフト) に使用されている。図1に、ブーツが一体となったCVJの使用箇所を示す。

これらのCVJ用ブーツに要求される性能を大別すると、以下の三種に分けられる。

- ①疲労及び摩耗耐久性
- ②異常変形に対する剛性
- ③外的要因に対する強度 (耐衝撃性、引裂強度)

ここでは、最も多くの改良を重ねてきた前輪用駆動軸のCVJ用ブーツを対象に、これらのブーツに要求される性能について解説する。

\*等速ジョイント技術部



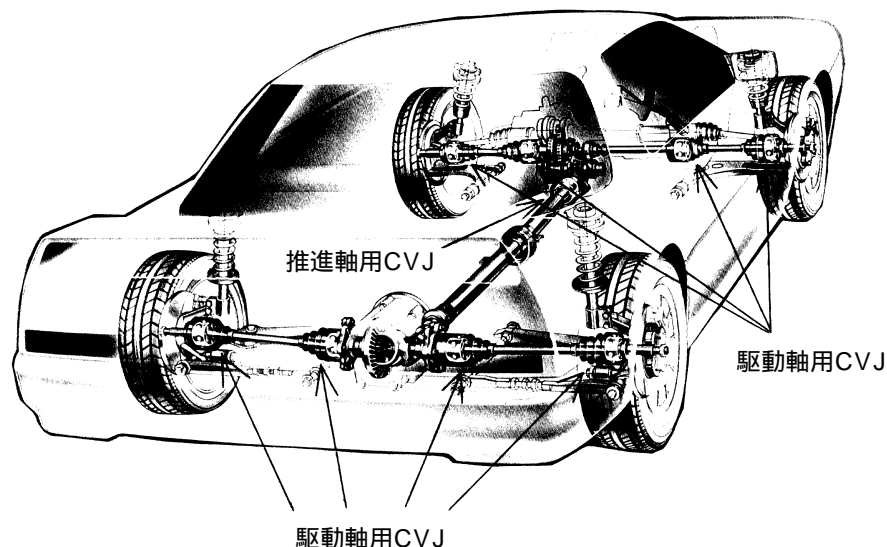


図1 自動車におけるCVJ使用箇所  
Placement of CVJs in Automobile

## 2.1 疲労及び摩耗耐久性

CVJ用ブーツは、一般に図2に示すような蛇腹形状をしている。そして、CVJは作動角を取って回転するため、ブーツは変形しながら繰り返し応力を受ける。また、作動角によっては蛇腹同士あるいはブーツ谷部内面とシャフトが干渉する。ブーツ材料がその繰り返し応力に耐えきれなくなると亀裂が発生・進展し、やがて破損に至る。干渉が強い場合は摩耗が促進され、やがて破損に至る。部位によっては、亀裂の進展と摩耗の進展が助長しあう場合もあるが、最も性能向上を必要とするのは、繰り返し応力が集中するブーツ谷部の疲労破損に関わるものである。

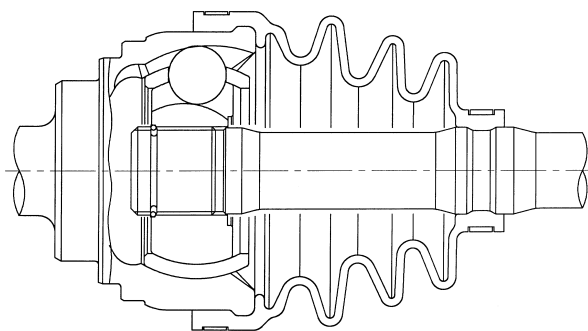


図2 CVJブーツ形状  
CVJ Boot

この亀裂の発生・進展には材料特性と形状要因が大きく関わる。材料と形状はブーツ寿命と密接な関係にあり、互いのバランスによりブーツ性能が決まる。

疲労破損には、ブーツ材料自身を持つ耐屈曲疲労性や耐亀裂進展性が大きく関与する。繰り返し応力に耐える基本性能に加え、熱（高温、低温）・オゾン・酸素・グリース等の影響が複合した環境条件に対しても強いことが必要である。デフ側ブーツは、排気管による高温の熱影響から耐熱性を特に必要とする場合もある。

一方、同じ応力を受ける場合は、ブーツの置かれた環境、つまり、劣化要因に寿命は支配されるが、同じ環境下であれば受ける応力が小さい程、寿命的には有利となる。従って、応力集中を避ける形状設計を行う必要がある。特にホイール側ブーツは車輪の転舵時にCVJが大きな作動角を取ることから、ブーツの変形量も大きく、応力集中をできるだけ緩和した形状設計が重要となる。

## 2.2 異常変形に対する剛性

異常変形には、回転膨張と凹みによるものがあり、これらに対して強い剛性のあるブーツが要求される。異常変形を生じた状態で回転を続けると、噛み込み

や異常摩耗あるいは局部疲労などを起こして破損に繋がる。また、他部品との干渉が発生する可能性もある。

①回転膨張

CVJが回転するとブーツにその自重と封入グリースの重量による遠心力が働く。この遠心力がブーツ剛性を上回ると回転膨張による異常変形を生じる。この異常変形は、高温高速回転時に起こり易い。

②凹み

凹みの発生原因には、ブーツ内の負圧によるものと、低温によるものがある。

負圧はCVJの使用状況に応じたブーツ内部の温度変化により発生する。CVJの発熱による温度上昇が生じると、ブーツの内圧が上昇し、ブーツ材料の通気性により空気が外部へ徐々に漏洩する。内圧は元の状態へは戻らず、温度変化を繰り返すと負圧状態となる。この負圧状態は飽和するが、ブーツの凹みを生じる場合がある。

低温下では、ブーツ材料の硬化と封入グリースの硬化等が組み合わさって凹みが発生する場合がある。特に、作動角を大きく取って、長時間低温状態で停止した後回転すると、凹みを生じやすい。

2.3 外的要因に対する強度（耐衝撃性，引裂強度）

自動車の使用環境には様々な状況が考えられるが、飛び石等の異物がブーツに当たると、破損する場合がある。この様な外的要因に対しては、ブーツの耐衝撃性や引裂強度を向上しておく必要がある。

外的要因による突発的な破損を除くと、ブーツ谷部の疲労破損と異常変形を防ぐブーツの設計が重要となる。異常変形は、ブーツの剛性を高めることにより防げるが、剛性の向上は谷部の屈曲疲労性の低下に繋がるため、両者のバランスを取った形状の設計と材料の選定が必要である。

3．ブーツの耐久性向上への取り組み

ブーツの耐久性向上を図るため、最適形状の追求と同時に、ゴム製ブーツ用のCR材の改良とTPEEブーツの開発を進めてきた。

3.1 CR材の改良

CR材は、ゴム材料の中で自動車用CVJの使用環境下で最も適した材料として選定したもので、CVJの生産を開始した1963年以来使用されている。この間、前述のブーツ谷部の疲労耐久性向上を主眼とした改良を繰り返し、今日に至っている。図3に3種類の材料を使ったブーツの耐久性比較試験結果を示す。前輪駆動軸のホイール側CVJを対象に設計したブーツで、複合劣化状態の下に高角揺動を加えて、回転耐久性を評価したものである。これらのブーツはいずれも谷部の繰り返し疲労によるクラックが進展して破損している。3種類の材料とも量産実績を持つが、材料Cは、材料A、Bをベースに複合劣化環境条件下での材料物性を改良している。材料Aは、材料Bより、主として低温時の基本物性を高めた材料であるが、複合劣化環境条件下では材料物性もブーツの耐久性も低下している。材料Cは、材料Aより約3倍の耐久性を持っており、既にこの材料を使用したブーツを量産後、市場においても数年の実績を持ち、十分な耐久性が実証されている。

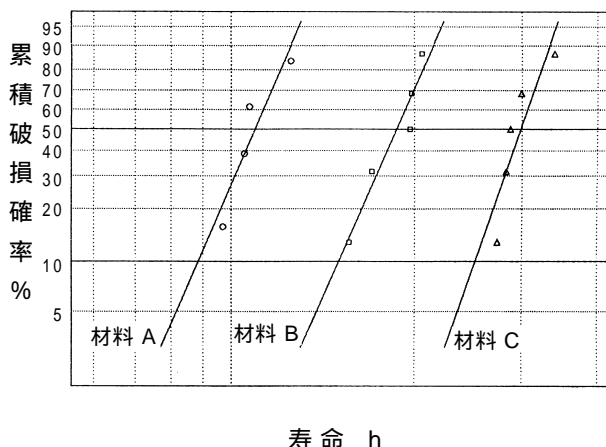


図3 ブーツ耐久試験結果  
Durability Test Results of Boots Made with Three CR Improved Materials

### 3.2 TPEEブーツの開発

CR材の改良と並行して、TPEEブーツの開発も行ってきた。ブーツに使用しているTPEE材の特徴をCR材との比較で表1に示す。TPEE材はCR材よりも耐寒性、耐オゾン性、耐屈曲疲労性等が優れており、欠点とされる硬さや耐グリース性（膨潤や化学反応等）も、適切なブーツの形状設計とグリース材質の選定により克服することが可能で、極めて疲労耐久性の優れたブーツとして成立する。また、剛性も高

く、異常変形や外的要因による破損に対しても有利であり、ブーツに要求される諸性能のほぼ全てを満足できる。NTNは当初、一般車の数倍の耐久性が必要とされ、CRブーツではこの目標を達成することが困難であったタクシー用を対象に研究と開発を進めた。1987年にタクシーに採用されて以来、現在では、RV車を含めた一般車への普及が着実に進んでいる。

表1 TPEE材の特徴（CR材との比較）  
Characteristics of TPEE (Comparison with CR)

|    | 材料特性             | 製品性能  |
|----|------------------|---|
| 長所 | 1 剛性が高い          | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 蛇腹部肉厚がCRブーツの半分程度で良い（軽量化）</li> <li>● 凹みにくい</li> <li>● 回転膨張に対して強い</li> </ul> |
|    | 2 引裂強度が高い        | ● 飛石、異物等との干渉によるブーツの破損に有利  |
|    | 3 低温性が良い         | ● 低温においても耐久性が良い   |
|    | 4 屈曲疲労性が良い       | ● 疲労寿命の増大（長寿命）  |
|    | 5 亀裂進展が遅い        | ● 山谷部にクラックが入っても破損までの時間が長い（長寿命）  |
|    | 6 オゾンの影響を受けにくい   | ● オゾンクラックが発生しにくい（長寿命）   |
|    | 7 可塑剤、老化防止剤を含まない | ● グリースによる抽出もなく初期品質を長く維持できる（長期安定化）   |
|    | 8 グリース透過性が良い     | ● グリースが適度に透過し、ブーツ表面に付着して、耐摩耗性が良くなる  |
| 短所 | 1 硬度が高い          | <ul style="list-style-type: none"> <li>● シール構造が難しい</li> <li>● 組み付け性が悪い</li> </ul>                                   |
|    | 2 熱可塑性である        | ● 高温下（120℃以上）で回転膨張に対して弱い  |
|    | 3 圧縮永久歪大         | ● シール構造が難しい   |
|    | 4 弾性限の伸びが小さい     | ● 蛇腹数が多くなる  |
|    | 5 グリースとの相性が悪い    | ● グリース選択の自由度が少ない  |

#### 4. TPEEブーツの適用拡大への取り組み

耐久性に優れたTPEEブーツの適用拡大を図るため、コンパクト化、低コスト化、擦過音の改善等、更なる改良の取り組みを行っている。

##### 4.1 TPEEブーツのコンパクト化と低コスト化

開発初期のTPEEブーツと、既に実用化を行っているコンパクトTPEEブーツの形状を図4に示す。

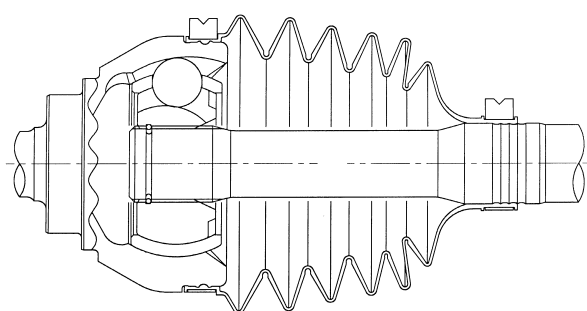
開発初期のTPEE材は硬く、ブーツのフレキシビリティを確保するには、CR材ブーツに比べて外径や軸方向長さを大きくせざるを得なかった。大きなスペースを必要とすることは、車両設計上の大きなネックである。また、CVJ本体及びシャフトとの取付部のシール性を確保するため、外輪とシャフトの取付部形状や固定バンドの種類がCRブーツのそれらとは異なり、組立工数の増大も含めてアッセンブリ全体のコストは、CRブーツより高くなった。

これらを解決するため、より低硬度のTPEE材料、

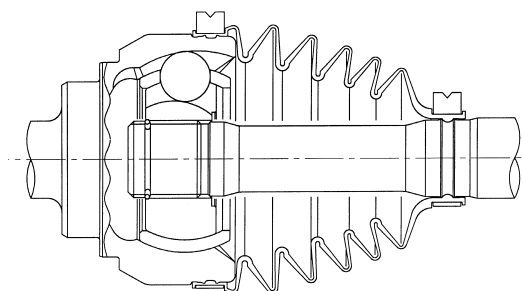
ブーツの成形法、形状設計の新たな開発を進め、CRブーツ並のコンパクト化を実現した。このコンパクトTPEEブーツの開発により、重量軽減による材料費やスペースの減少による封入グリース量の削減の他、新たな成形法の開発で生産性の向上を果している。同時に、取付部の形状変更を行い、外輪やシャフトのコストも改善している。

##### 4.2 擦過音改善

TPEEブーツの場合、ブーツ蛇腹部同士が接触する際に、スリップ音を発生することがある。特に、水がついた状態では音が大きくなる傾向にある。この防止策として、新たに、蛇腹部接触時の潤滑性を改善したTPEE材料を開発した。このTPEE材料を使用したブーツの性能を図5に示す。この材料にはブーツへの水付着有無に関わらず、擦過音の発生を抑える効果がある。この擦過音改善ブーツは、既に一部の車種に採用が決まり、今後、必要に応じて他の車種へも適用を図っていく。



初期TPEEブーツ  
Preliminary Design TPEE Boot



コンパクトTPEEブーツ  
Compact TPEE Boot

図4 TPEEブーツ  
The Forms of TPEE Boot

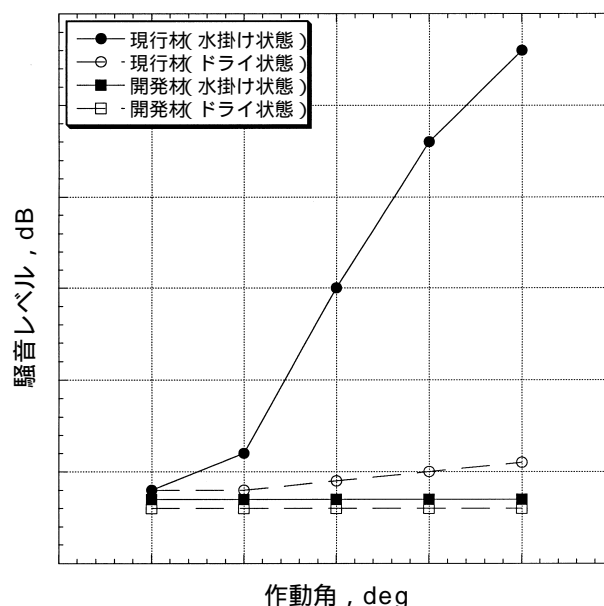


図5 TPEEブーツの擦過音発生確認試験結果  
Slip Noise of TPEE Boots

## 5. むすび

駆動軸用CVJブーツにとって、最も過酷となる前輪用のホイール側を主対象に、CRブーツの改良と、TPEEブーツの開発・改良を行ってきた。しかし、TPEEブーツを使用したCVJアッセンブリの一層のコスト低減など、更に実現すべき技術課題も多く残されている。これらの課題克服へ向けて、今後も積極的に取り組んで行く。

尚、本稿で報告したブーツの耐久性向上に関わる改良や開発は、自動車メーカーやブーツメーカーの多大な協力があって成し得たものであることを付記して、関係各位に対し本紙上にて謝意を表明致します。

### 参考文献

- 1) 星川文雄 NTN TECHNICAL REVIEW No.56(1989)
- 2) 加藤一治 NTN TECHNICAL REVIEW No.62(1993)

## 産業機械用等速ジョイントの応用技術について

田中 利和\*

### Application of Constant Velocity Universal Joints for Industrial Machinery

By Toshikazu TANAKA

Because of their constant velocity capability and excellent durability, constant velocity universal joints (CVJ's) can be used in many industrial machinery applications. Due to the wide variety of customer requirements in industrial machinery design, many different types of CVJ's are necessary. In response to further diversification expected in the area of industrial machinery, NTN will continue to develop CVJ's to meet customer needs.

#### 1. まえがき

産業機械用の等速ジョイント（Constant Velocity Universal Joint，以下，CVJと称す）は，当社が1962年にCVJ技術を導入し，生産を開始して以来自動車用CVJと共に成長と発展を続け，国内外のユーザから厚い信頼と高い評価を得ている。

この実績から，現在までに1300社を超えるユーザにCVJを納入しており，国内における産業機械用CVJのトップメーカーの位置を確固たるものにしている。

この背景には，外径20mmの親指程の小さな小形のトリボールジョイント（TBJ）を始め，ボールフィックスド形等速ジョイント（BJ），ダブルオフセット形等速ジョイント（DOJ），さらには外径600mmのハイトップジョイント（HTJ）など，豊富なバリエーションとシリーズ化されたCVJ製品とあわせ，ユーザ

の新しいニーズに応える技術力がある。

これからも，各種産業界では設備の技術革新が進み，CVJに求められる技術も多様化・高度化し，さらには環境保全にかかわる無公害安全技術への対応も必至となってくる。

これら各種ニーズへの対応とシーズの創出のため，CVJ応用技術の開発と商品化への取り組みを行い，ユーザの要求に応えている。

本稿では，産業機械用CVJの用途例と求められる機能，並びに応用技術の一端を紹介すると共に，あわせて技術課題などについて考察した。

\*等速ジョイント技術部

## 2. 業種毎用途と適用技術

産業機械分野においては、表1のようにCVJはさまざまな場所・設備・環境で使用され、また、使われ方も異なるため、用途や目的に合わせた機能・技術が必要である。

以下に、業種とCVJの関わりについて、若干触れてみる。

### 2.1 鉄鋼関連

鉄鋼業種は、産業機械分野にCVJを投入開始以来30年を超える実績があり、また、市場規模も大きく、主に厚板加工ライン以降のプロセスや附帯設備、即ち、熱間圧延・冷間圧延・焼鈍処理・酸洗・レベリ

ング・メッキ（溶融、電気）・塗装の各工程や、丸棒・形鋼・鋼管の成形工程など、あらゆる加工のロール駆動の他、搬送設備・制御設備にも多く使用されている。

鉄鋼設備は言うまでもなく24時間連続稼働であり、振動・衝撃を伴い、冷却水やスケールの飛散、高温雰囲気など劣悪環境下で使用されるため、CVJには堅固な耐久性と信頼性が要求され、さまざまな環境条件やトルク・回転数・角度などの負荷条件に合わせて、適用と選定に細心の注意と工夫が求められる。

全般的には振動・重荷重・衝撃を考慮し、ボルトや軸の強度機能について検討を行う一方、用途別の主な機能として、圧延・成形ラインでは強靱性、レベリング・メッキ・塗装ラインなどでは等速性・シ

表1 産業機械用CVJの適用業種と用途例  
Application of CVJ for Industrial Machinery

| 業 種          | 用 途 例  |
|--------------|--|
| 鉄鋼           | 圧延機、成形機、表面処理設備、巻取機、調整補機、搬送設備機器、などのロール駆動軸、および各種駆動軸                |
| 建設機械         | 振動ローラ、モータグレーダ、トラクタショベル、トンネル掘削設備ブルドーザ、などの油圧ポンプ駆動軸、および各種駆動軸        |
| トラック<br>特殊車輛 | ダンプトラック、牽引車、ラフテレーンクレーン、消防車、除雪車などの各種駆動軸                           |
| 農業機械         | トラクタ、田植機、芝刈機、噴霧機、ハーベスタ、選別機、運搬車などの各種駆動軸                           |
| 製紙機械         | リファイナ、抄紙機ロール、カレンダー、巻取機などの各種駆動軸                                   |
| 印刷機械         | 各種印刷機械の輪転機および紙送りなどの各種駆動軸   |
| 工作機械         | 多軸ボール盤、フライス盤、研削盤、歯切盤、剪断機などの各種駆動軸                                 |
| 食品衛生機械       | びん詰機、缶詰機、洗びん機、ラベラー、混練機、充填機、包装機、紙おむつ製造機、生理用品製造機などの各種駆動軸           |
| 樹脂機械         | 攪拌機、圧送ポンプ、押出・射出成形機、延伸機、カレンダー、巻取機などの各種駆動軸                         |
| 物揚運搬機        | 走行クレーン、搬送コンベアなどの各種駆動軸<br>フォークリフトなどの油圧ポンプ駆動軸                      |
| 繊維機械         | 粗紡機、精紡機、延伸機、仮燃機、捲縮機、捺染機、巻取機などの各種駆動軸                              |
| 破碎機          | クラッシャ、振動スクリーンなどの駆動軸  |
| その他          | ロープウェイ、ゴルフカート、遊戯施設機器、舞台装置、駐車場設備、養殖場設備、船内外機、ガラス製造精製設備、各種試験機などの駆動軸 |

ール性・高速性が求められるが、CVJは優れた等速性・シール性・耐久性・高速性などの基本的特長をベースに、必要な機能を付加し広い範囲で種々の形番が使用されている。

また、ロール交換時間の短縮化～工数削減による生産性向上を図るための簡易着脱方式の要求もあり、使用条件や操作機構に合わせ各種の取付方式の採用で対応している。

このように多様な条件に対し、CVJ独自の等速性としゅう動特性、並びに密封性など、他のジョイントやカップリングにない大きなメリットと豊富なシリーズから最適なジョイントを選定し、必要に応じ用途や使用目的に合わせた技術を考案・開発してきたが、これからは鉄鋼関連業種ではラインの高速化・製品の品質化・無人操業化・ロールの自動着脱（交換）化・完全メンテナンスフリー化・環境保全など、多方面にわたる技術革新の動きは停滞することなく続き、そこで使われるCVJも例外ではなく、今後も新たな技術の創出と開発が不可欠である。

## 2.2 トラック/特殊車両/補機関連

トラックなどの車両業種も自動車用CVJと同等の歴史を持ち、現在では3.5トン積み中型トラックのBJ150ACB形を始め、大きいものでは空港の飛行機牽引用大型車両トローイングトラクタトラックにBJ225ACB形が使用されている。

トラックでは一般的にCVJはケーシングの中で使われブーツは不要のタイプが多いが、最近では回転半径を小さくするため、中型トラックにもブーツ付きCVJが使用され始め、これから拡大していくことが考えられ、大型トラック用BJにも高角度化に対する技術開発が迫られている。

（参考：砂漠や山岳地帯を走り抜く、最も過酷なレースとして知られるダカールラリーのカミオン（トラック）クラスにBJ175ACB形を使用したトラックが出場し、走破と成果に大きく貢献し、過酷な条件下での耐久性と信頼性を証明している。）

同様に、建設車両のラフテレーンクレーン車の

前/後輪駆動（パートタイム4WS）にもCVJが使用されており、概ね、16トン～25トン吊りにはBJ175ACB形、35トン～50トン吊りにはBJ200ACB形が適用されている。

ラフテレーンクレーン車では特に小回り特性が必要なためブーツ付きCVJが多く、車輪側でも減速するハブリダクション方式が採られるために、最高速度は50km/h以下（道路交通法）であるが、ジョイントの回転数は1000rpmを超えるケースも多々あり、高角化とあわせ開発を進めている。

また、車両重量もおおよそ20トン（16トン吊り）から40トン（50トン吊り）と重く、常時、この重さの車両を駆動するCVJには強靱性と耐久性が要求され、強化にも取り組んでいる。

一方、中型/大型バスのエアコン用シロッコファン駆動にも、等速性によるジョイント自体の静粛回転効果からCVJは使用されており、主にBJ75ACD形が用いられている。バスの場合、エアコン専用のサブエンジン（ディーゼル）が搭載され、このエンジンとシロッコファンの接続にCVJが使用されるが、取り付け角度は一定で回転数も1000～2300rpmで、エンジン振動を受けながらほぼ一日中運転される厳しい条件であり、潤滑とブーツの耐久性がポイントである。

CVJは、その他特殊車両のコンプレッサやポンプ駆動にも使用されており、車両関連業種はこれからの用途の広がる分野である。

## 2.3 製紙機械関連

製紙設備では、パルプ製造工程・抄紙工程・塗工工程の紙製品製造のプロセスにおいて、各種ロール駆動など、カップリングを含めたCVJの用途は非常に多い。

パルプ処理設備を始め、ワイヤパート・プレスパート・ドライヤパート・カレンダー・コーティングラインなど、ジョイントを必要とする箇所は多々ありCVJも小形TBJから大形DOJまで各種の製品が従来から使用されている。



特に、CVJの優れたシール性から、長期間にわたるグリースの補給なしで使用が可能なことと、保全のし易さが評価されており保全工数の削減に効果をあげられることから、さらに用途の拡大が期待できる。

但し、製紙設備の環境条件、例えば、ワイヤパート・プレスパートでは水・薬品などの飛散、ドライヤパートでは高温雰囲気などがあり、ジョイント構成材の耐腐食への配慮とブーツの検討が必要で、前者にはステンレス材の活用や塗装での対応、後者には耐熱ゴムの適用を行っている。

また、製紙ラインの高速化も進んでおり、鉄鋼業種と同様にCVJの高速化対応が不可欠である。

## 2.4 食品衛生機械関連

缶詰／びん詰の食品・飲料などの生産ラインには、機器類の円滑な回転と清潔な設備環境維持を目的に、CVJとしてはTBJが多用されている。

TBJは、コンパクトで密封性に優れた構造であり、シール性能が良いことから封入グリースの漏洩はなく、また、設備機器の洗浄時の洗浄水の浸入もなく、食品関連設備には適したジョイントであり、主にTBJ12～TBJ35形が使用されている。

用途例としては、魚貝類・肉類、あるいは、果物などの各種食料品の缶詰製造ラインや、醤油・酢などの液体調味料やジュース・コーラ類の清涼飲料、あるいはコーヒー・酒・ビールなどの嗜好飲料のびん詰製造ラインで、各種回転機器類の駆動用に使用されている。

食料や飲料の多品種化と多様化は今後も確実に進むことが予想され、製造ラインの新設・改修などに伴うCVJの需要が膨らむ業種の一つである。

また、紙おむつや生理用品などの衛生用材の製造設備にもCVJは使われており、CVJの優れたシール性は、設備環境の清潔化と製品に対する汚れ防止効果にも貢献している。

紙おむつは、乳幼児用は勿論のこと、医療や老人介護用としても必需品であり、これからも需要の増加は必至で、製造設備も増えることが予想に難くない。

## 2.5 樹脂／繊維機械関連

この分野においてもCVJは以前から使用されており、特に、押出成形機・ギヤポンプ・延伸機・仮撚機など、化学樹脂の繊維やフィルムの製造設備にはCVJは定着しており、実績に裏付けされた根強い需要があり、また、カレンダーにも使用されている。

これは、無給脂的なメンテナンス条件下でも長期間の使用に耐える耐久信頼性が評価されているもので、ギヤポンプ用や仮撚機用など海外の設備用としても多数使用されている。

使用実例としては、押出成形機・ギヤポンプ用にはBJ形の適用が多く、比較的低速回転（概ね300rpm以下）で使用され、延伸機・仮撚機用ではBJ形やTBJ形の適用が多く、高速回転（1000～4000rpm程度）で使用されることが多い。カレンダーでは大形DOJの適用が多く、数十回転以下の極低速条件が多い。

尚、樹脂設備では高温の影響を受ける箇所もあり、耐熱や断熱の検討を要するケースもある。

## 2.6 その他

CVJは多くの特長を有することから、前述の業種以外にも多方面の用途があり、表1の用途例にその一部を挙げたように、生産設備とは異なる分野でも数多く使用されている。

ロープウェイのゴンドラ駆動、ゴルフカートのアクスル、遊戯設備機器の揺動・回転駆動、舞台設備の各種装置駆動、スポーツジムのトレーニングマシン、立体駐車場の機器駆動、冷凍倉庫の搬送装置駆動など、さまざまな場所や用途でCVJの機能を発揮しているが、これからもさらに用途は拡大していくものと考えられる。

### 3. 産業機械用CVJの開発技術

産業機械用CVJは前述のように各種分野で使用されるため、その用途や使用条件、あるいは使用目的などはさまざまで、また、期待される効果も異り、それら多種多様の要求仕様を満たす個別の技術開発と機能設計が求められ、個々に対応すると共に他の用途に応用を図っている。ここでは、その技術例の一部を紹介する。

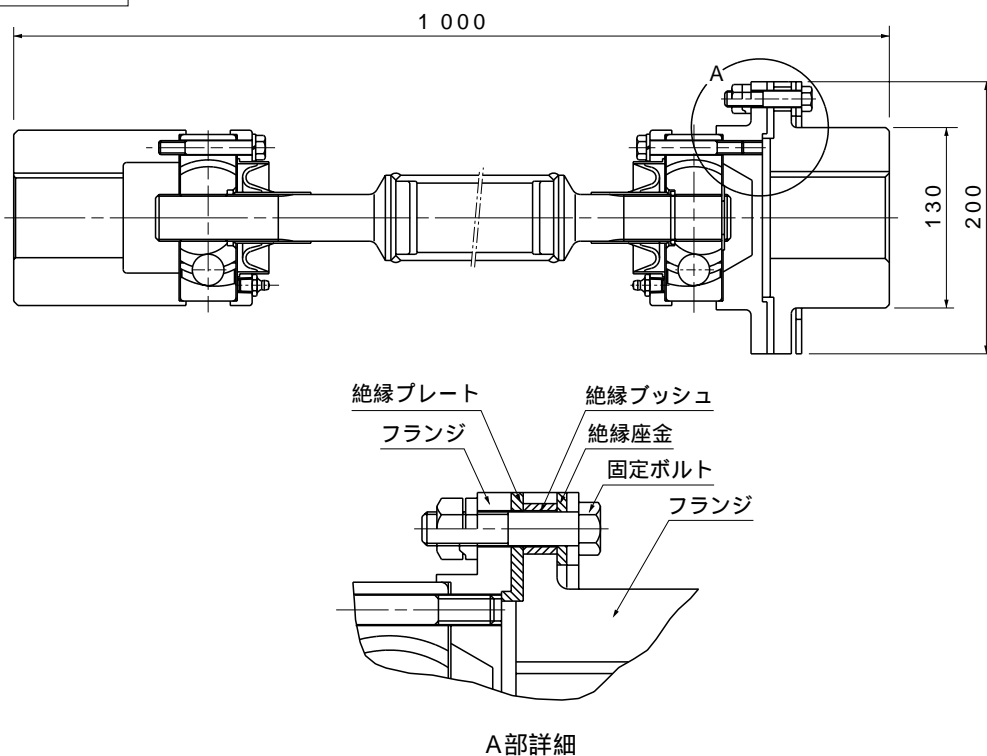
#### 3.1 絶縁形CVJ(図1)

このCVJは、電動機側の取り付けフランジとジョイント本体の間、並びに締結ボルト部に電気絶縁材を用い、電動機の漏電流をこの部分で遮断する構造で、主に、鉄鋼設備の電気メッキラインなど、ローラ側への漏電防止を目的に使用されている。

この構造は、BJ形・DOJ形・TBJ形に使用可能であるが、負荷トルクによる荷重と絶縁材の強度の検討が必要である。

尚、他の構造例として取り付けフランジ全体を絶縁材で作る方法もあるが、小形で極めて軽負荷の場合に限られる。

図例：BJ125



#### 特徴、用途

絶縁形CVJは、ジョイント本体と取り付けフランジの間に絶縁材を用い、電動機側の漏電流を遮断する必要がある箇所に適用。

- 使用設備例：鉄鋼／電気メッキライン
- 使用機械例：洗浄タンク／キャリアロール／シンクロール／スクラバロール，等

図1 絶縁形  
Isolation Method

### 3.2 スラスト荷重用CVJ (図2)

このCVJは、TBJ形のトルクチューブを球状とし、外輪の奥側と入口側に設置した球面ブッシュ(座)で抱え、圧縮・引張の軸方向荷重が受けられる構造で、主に、偏心ねじ式ポンプのロータ駆動用に使用する。

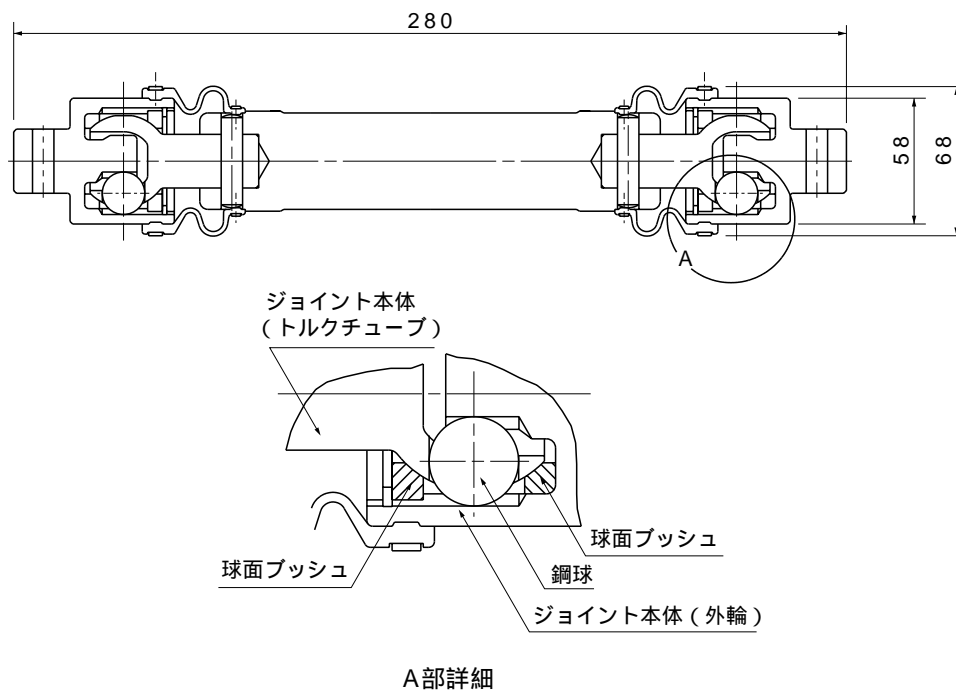
ねじ式ポンプは、ネジのようなロータを回転させゲル状・スラリー状のものを送り出す構造で、ジョイントにはその反力～スラスト荷重とロータ駆動トルクの両負荷が作用する。スラスト荷重用としては

TBJ16～TBJ50形があり、数10kgf～1000kgf単位の荷重に対応ができる。

但し、ジョイントはポンプの構造上ケーシング内で使われるため、移送されるスラリーなどの中で回転するので、ブーツの材料適性と耐久性がポイントとなる。

ねじ式ポンプ以外でも、圧縮力や引張力が作用する用途に適用している。

図例：TBJ25



#### 特徴, 用途

スラスト荷重用TBJは、ジョイント本体内部に球面ブッシュを設け、スラスト荷重を受ける箇所に適用。

- 使用設備例：半固溶体搬送，スラリー搬送
- 使用機械例：ねじ式ポンプ，等

図2 スラスト荷重用  
Thrust Load

### 3.3 特殊シール(金属製球面シール)形CVJ(図3)

このCVJは、シールを金属製球面状にしたもので、金属同志の球面接触によるシール構造であり、主に、鉄鋼業種の内、多量の冷却水やスケールが飛散し通常のゴムブーツが使用できないダウンコイラや、溶鋼を運搬するタンディシュカーなどに適用する。(タンディシュカー用には、作動角が大きいため図例とは異なる球面タイプを適用)

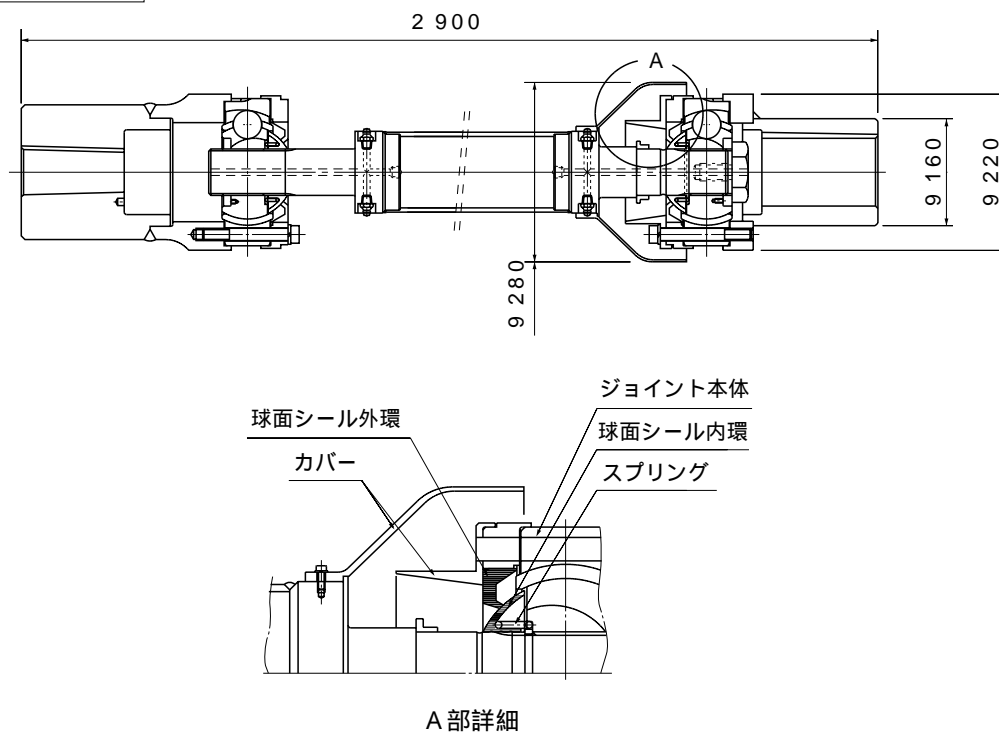
シール構造が球面接触のため、回転数や作動角度にもよるがジョイント内グリースの確実なシーリン

グと、水の浸入を確実に防止することは難しいため、定期的なグリース補給が必要である。

金属製球面シール形はBJ95～BJ300形のディスク形とカップ形に設定し、特殊な環境条件への適用に対応している。

尚、ダウンコイラ用には水やスケールの影響を極力避けると共に、シーリング部を保護するためのカバーを設け劣悪環境下での耐久性向上を図っている。

図例：BJ225



#### 特徴、用途

特殊シール形CVJは、シールを金属製球面形とし、ゴムブーツでは対応困難な箇所～高温雰囲気、高圧水、異物の飛散、等～に適用。

- 使用設備例：鉄鋼/連続熱間圧延設備
- 使用機械例：ダウンコイラー/ラッパーロール、等

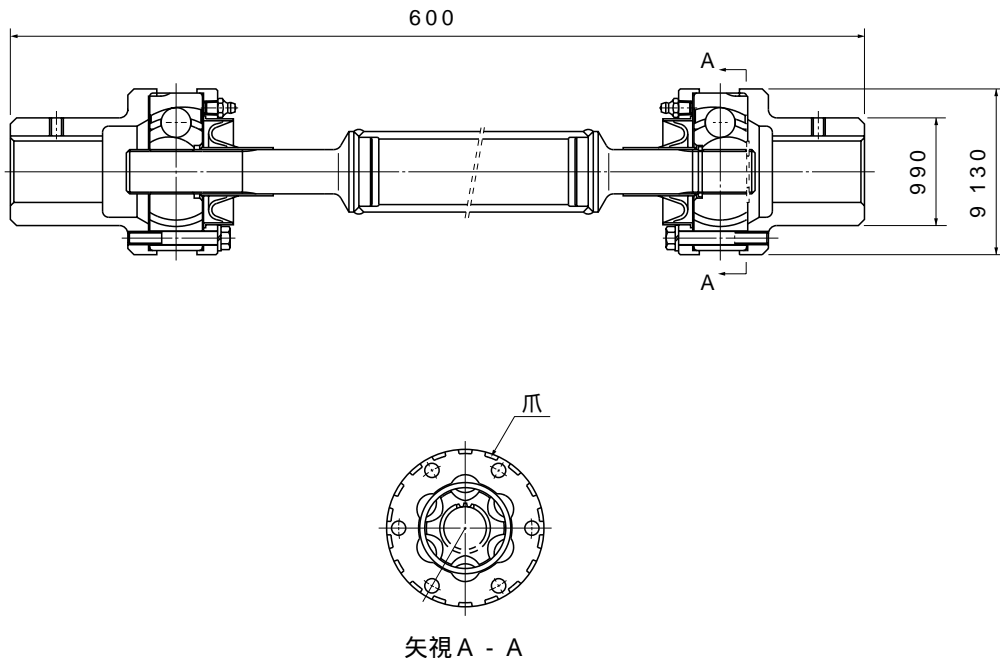
図3 特殊シール形(金属球面シール)  
Metal Spherical Seal

### 3.4 爪付外輪形CVJ (図4)

このCVJは、ジョイント外輪と取り付けフランジの接続部を爪方式にしたもので、耐衝撃・耐振動用としてBJ75ACD～BJ150ACD形をシリーズ化し、適用している（大形サイズのBJ175ACD形以上は従来から爪方式である）。

この方式はトルク伝達を爪のかみ合いで行うため、衝撃的トルクや高トルクが負荷される用途、あるいは、振動を伴う回転駆動部などにおいては有効で、特に鉄鋼業種での適用箇所は多いが、他の用途においても、起動/停止や正逆回転などの駆動が頻繁に行われる箇所に適用している。

図例：BJ125



#### 特徴, 用途

外輪爪付き形CVJは、ディスク形外輪（BJ 75～BJ150）に爪を設け、CVJの基本負荷容量を超えるような条件下や、振動を受ける箇所に適用。

- 使用設備例：鉄鋼/連続焼鈍処理設備
- 使用機械例：電解洗浄/ピンチロール/ブラシロール、等

図4 外輪爪付形  
Outer Race with Spline

### 3.5 簡易着脱形CVJ (図5)

このCVJは、ジョイント内輪と軸スプラインの嵌まり合う先端部を特殊な面取り形状とし、挿入が極めて容易であることから、ジョイントと軸の着脱が迅速・簡単に行え、着脱の自動化に対応できるもので、主に、ロール交換が頻繁に行われる鉄鋼業種で多用される。

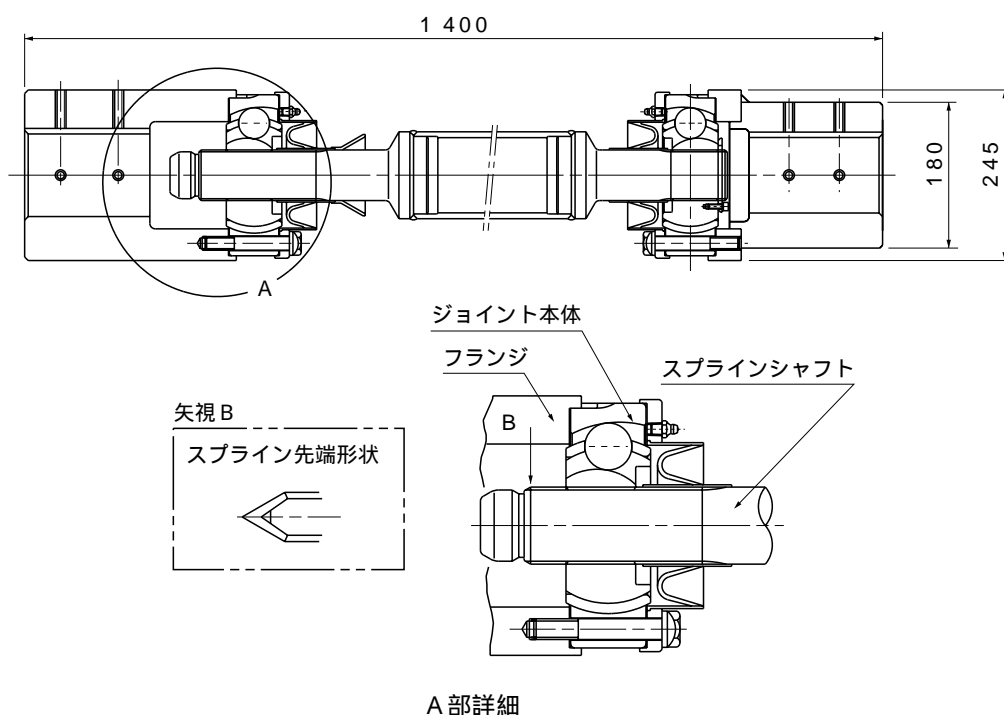
ジョイント形番もディスク形の全形番～BJ75～BJ300形の適用ができるため、広範囲のトルク条件

下での選定・使用が可能である。

簡易着脱形CVJとしては、図例の他にも工具類を使わず着脱が簡単にできる手動タイプの方式もあるが、このタイプは手で扱える重さに配慮して対応サイズはBJ75～BJ150形である。

簡易着脱形CVJの選定に際しては、その構造による特性が異なるため、使用方法と使用条件（特に回転条件）の確認が必要である。

図例：BJ225



#### 特徴、用途

簡易着脱形CVJは、ジョイントの着脱を迅速に行なう箇所に適用（図例は、スプライン先端を特殊形状とし、ジョイント本体～内輪～の軸の挿入が、極めて簡単）。

- 使用設備例：鉄鋼/形鋼圧延機・鉄鋼/連続焼鈍処理設備
- 使用機械例：圧延機/ピンチロール・電解洗浄/ブラシロール鉄鋼/形鋼圧延機等

図5 簡易着脱形（スプライン式）  
Spline for Easy Installation and Removal

### 4. まとめ

産業機械用CVJと各業種との関わりを、CVJの用途と応用技術から紹介したが、これからも新しい用途が生まれると同時に、さらに高度な技術要求が出てくることは、最近の技術革新の多様さからも容易に予測される。

今後も技術動向に注目し、産業機械用CVJとしての独自の技術開発と自動車用の分野で開発されるCVJ技術もあわせて活用し、あらゆる業種の技術革新によるニーズに応えその業種の発展に貢献すると共に、それを支える必要不可欠な機能部品として産業機械用CVJの地位を確立していく所存である。

## コンパクトクラッチリリースベアリング（CCR）



NTNでは、現行の調心機能を内蔵した、  
超コンパクトなクラッチリリース軸受を開発しました。  
現行クラッチ周りの設計を変更することなく、互換使用化が可能です。

### 特 長

軸受軌道輪を鋼板プレス化し、調心機構を内蔵させた超コンパクトなクラッチリリースベアリング

- 1) 内外輪は、鋼板のオールプレス加工によるスリムな構造。最適設計による軸受空間容積アップは、軸受の長寿命化に寄与。
- 2) エンジンとミッションとの心違いを軸受で許容し、その軸受位置を永久に維持する調心機構をすべて内蔵して、超コンパクト化を実現。

- 3) 軸受を保持するカバーを廃止し、樹脂スリーブに側板をインサート成形することにより、部品点数を最小限にした軽量・シンプルな構造。

質 量：10%ダウン（当社比）

部品点数：12点 8点

- 4) 組立工数を削減して、低コスト化を実現。

## ASベアリングシリーズ Advanced and Super Performance Bearings



長寿命深溝玉軸受  
(TAB軸受)



長寿命円すいころ軸受  
(ETA軸受)



大形長寿命軸受 (EA軸受)

NTNの材料開発・表面改質技術を駆使した“ASベアリングシリーズ”。  
高温下での硬度低下率の減少と、異物混入潤滑下における  
き裂敏感値の低減によって、画期的な長寿命を実現しました。

### ASシリーズの特性

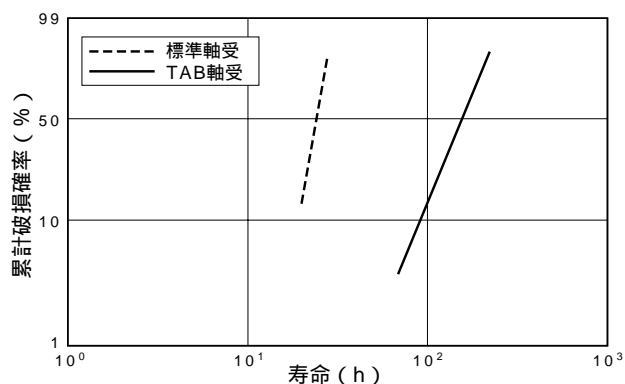


図1 TAB玉軸受と標準軸受の寿命比較 (異物混入)

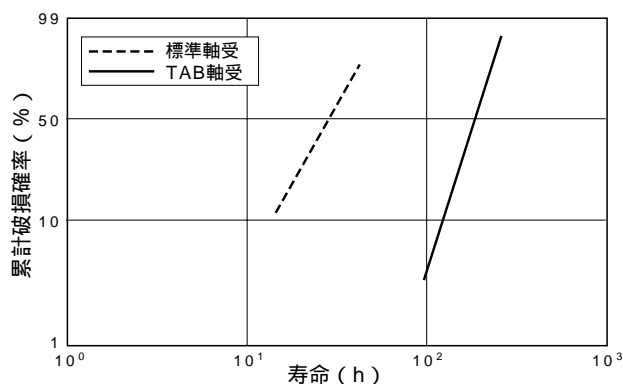


図2 ETA円すいころ軸受と標準軸受の寿命比較 (異物混入)

### ASシリーズの対象軸受

| シリーズ名 | 商種              | 仕様         |
|-------|-----------------|------------|
| AS    | 深溝玉軸受(小中形サイズ)   | TA仕様 (TAB) |
|       | 円すいころ軸受(小中形サイズ) | ETA仕様      |
|       | 円すいころ軸受(大形サイズ)  | EA仕様       |
|       | 円筒ころ軸受(小中形サイズ)  | A仕様        |
|       | 円筒ころ軸受(大形サイズ)   | EA仕様       |
|       | 自動調心ころ軸受        | EA仕様       |

注)本シリーズはニードル軸受を含まない。



## オートエアハブ

フリーホイールハブ用メカニカルクラッチユニット

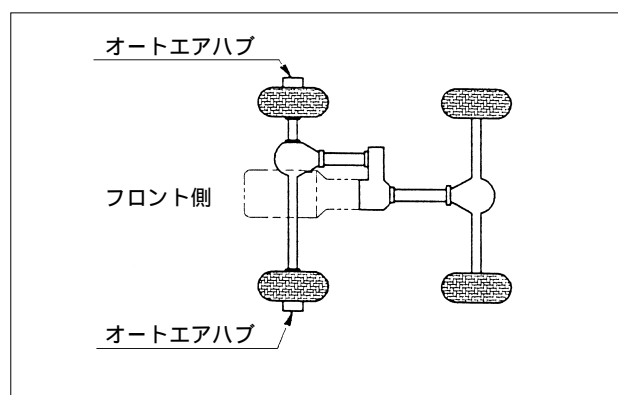


四輪駆動車のより一層のイーゼードライブを実現するため、エアを使ったフリーハブを開発しました。

### 特長

- 1) エアを利用したフリーハブでシールの耐久性向上のため、切換え時のみ作動（10秒作動）。
- 2) エア作動後は、ばねで4WD、磁石で2WD状態を保持。
- 3) 運転席から切換え操作ができ、シンクロ機能付トランスファと連動したエアシステム制御で走行中に2WDと4WDの切換えが自由にできる。
- 4) 従来のオートフリーハブのように4WD 2WDの切離し時にバックする必要がない。
- 5) エア配管をつけることで従来のフリーハブとの置き換えが可能。
- 6) 従来品に比べ安価である。
- 7) 四輪駆動システムと組み合わせて使用することができ、さらにそれらの制御と連動させることが可能です。

### 取付位置



オートエアハブの使用箇所

## プーリ内蔵形オートテンショナユニット

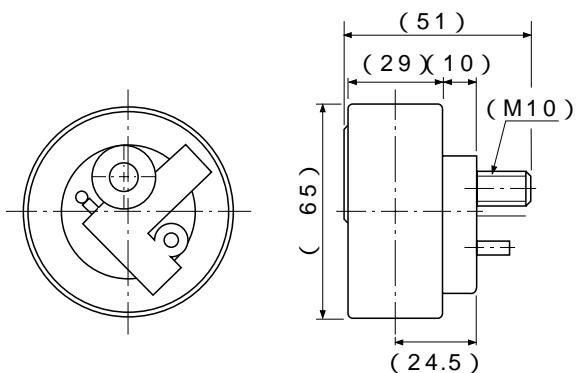


2φ以下の小型エンジンにおいても、信頼性向上のため、オートテンショナの要求が出てきています。NTNでは、超小型の油圧式オートテンショナをテンションプーリに内蔵したプーリ内蔵形オートテンショナユニットを開発しました。

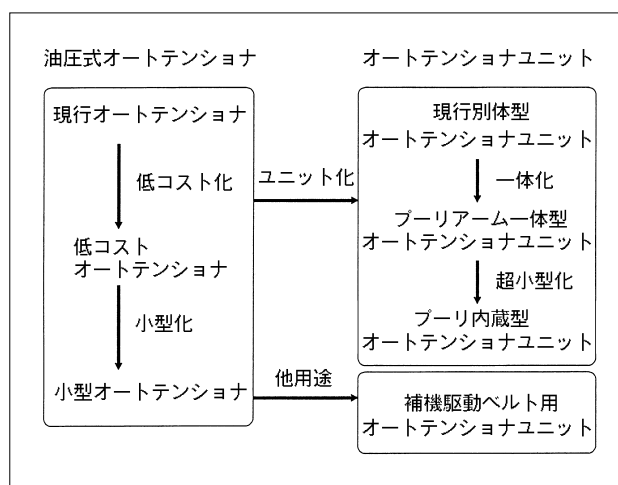
### 特長

オートテンショナとプーリを一体化した超小型タイプ

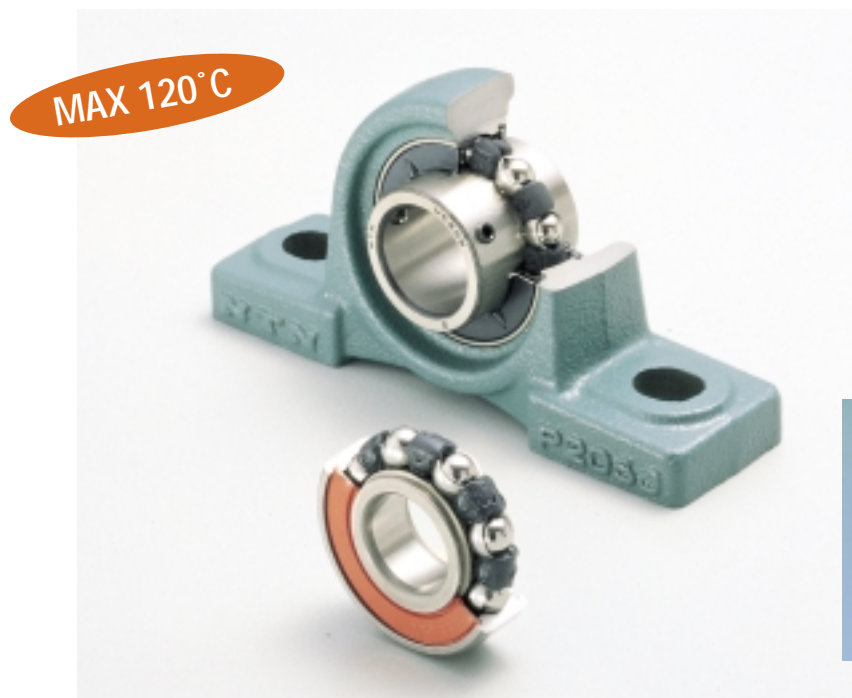
- 1) 揺動支点, 取り付けボルトをプーリ内径部に配置
- 2) 超小型油圧オートテンショナを, プーリ内径部に設けプーリ一体化を実現



### オートテンショナ構造の変遷



## 高温用ポリループベアリング



ステンレス製ポリループベアリング



ポリループベアリング

“ もっと高温まで使用可能に ” というニーズにお応えして  
120°Cを実現しました。

### 概要

この度、新しく開発した高温用熱固化型グリース ( P-05 ) は、潤滑グリースとエポキシ・シリコーン樹脂を主成分とする潤滑剤です。熱固化型グリース ( P-03 ) が使用できなかった高温 ( 80 ~ 120 ) でも使用が可能です。

高温用熱固化型グリース ( P-05 ) は、許容温度範囲が軸受外輪温度で -20 ~ 120 で、長時間使用の場合は 100 以下です。

### 許容温度範囲

高温用ポリループベアリングは軸受外輪温度で -20 ~ 120 で、長時間使用の場合は 100 以下でご使用ください。

### 軸受形式及び封入仕様

表1に高温用ポリループベアリングの仕様及び封入仕様を示します。

表1

| 軸受形式      | タイプ   | 軸受精度   | 標準ラジアル内部すきま | 封入仕様        |
|-----------|-------|--------|-------------|-------------|
| 深溝玉軸受     | 開放形   | JIS O級 | C3          | スポットバック仕様のみ |
|           | シールド形 |        |             |             |
| ベアリングユニット |       | JIS O級 | C4          |             |

### 許容回転数

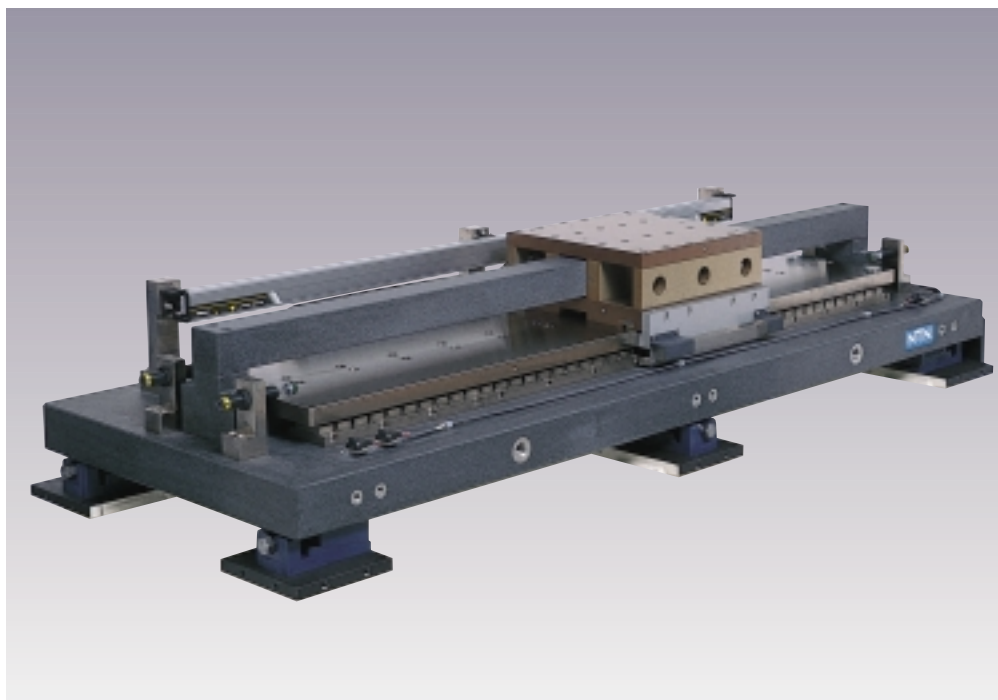
許容回転数はP-03より低くなります。その値を表2に示します。

表2

| 軸受形式      | タイプ          | 許容回転数( $dn$ 値 ) <sup>①</sup> | 荷重条件   |
|-----------|--------------|------------------------------|--------|
| 深溝玉軸受     | 開放形          | $12 \times 10^4$             | ラジアル荷重 |
|           | シールド( ZZ )形  |                              |        |
|           | シールド( LLB )形 | $8 \times 10^4$              |        |
|           | シールド( LLU )形 | $8 \times 10^4$              |        |
| ベアリングユニット |              | $8 \times 10^4$              |        |

①  $dn$  値 : {  $d$  = 軸受内径寸法 ( mm )  $\times$   $n$  = 使用回転数 ( rpm ) }

## リニアモータ駆動 長ストローク高速エアスライド



### 扁平型リニアモータとエアスライドを一体化

#### 特 長

- 1) 可動コイル型ACブラシレスリニアモータを内蔵し、高推力・高速動作を実現
- 2) リニアモータのヨーク(磁気回路)をエアスライド案内面と一体構造とし、薄型・高剛性
- 3) 軸受部はマグネットと静圧のハイブリッド構造の単一案内面のため、ガイドの全面接地が可能となり、長ストローク・高精度(真直度)を実現

#### 用 途

液晶/プラズマディスプレイ製造装置, 半導体製造装置 等

#### 仕 様

- ストローク : 1000mm
- 真直度・水平 : 3  $\mu$ m
- 真直度・垂直 : 10  $\mu$ m
- スケール分解能 : 0.5  $\mu$ m  
(応答速度1200mm/s)
- 繰返し位置決め精度 :  $\pm 1 \mu$ m
- リニアモータ ・推力定数 : 70N/A(実効値)
- 最大電流 : 10A(実効値)
- 負荷容量 : 400N
- 空気消費流量 : 20N $\ell$ /min  
(供給空気圧力0.4MPa(4kgf/cm<sup>2</sup>(G)))
- 可動部質量 : 30kg
- 質 量 : 300kg

\*ご要望によりストローク,サイズ等の特殊設計にも対応いたします。