

新ダブルカルダン等速ジョイントの開発について

角田貴志 上村篤司

Development of New Double Cardan Constant Velocity Joint (DCJ)

T. SUMIDA A. UEMURA

Koyo double cardan joint(DCJ) is a constant velocity joint for propeller shaft which was developed for 4WD vehicles and others, that need low noise/vibration with high rotational speed and high operating angle.

But recently, DCJ is expected to reduce weight, downsize and reduce rotational unbalance for improving noise/vibration performance caused by driveline unit included propeller shafts.

And, not only cost reduction but also improvement of bearing life and strength are needed because of increasing tendency of engine output torque.

This paper presents outline of Koyo new DCJ which shows light weight, compact size, more economical and better performance.

This new DCJ has been put into mass production since December 1998.

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. はじめに 2. 開発品の特徴 3. ヨーク類設計内容について <ul style="list-style-type: none"> 3.1 チューブ側ヨーク 3.2 カップリングヨーク 3.3 フランジ側ヨーク | <ul style="list-style-type: none"> 4. 効果確認結果 <ul style="list-style-type: none"> 4.1 静的強度 4.2 疲労強度 4.3 ジョイント寿命 5. その他評価結果 6. おわりに |
|--|---|

1. はじめに

ダブルカルダン等速ジョイント(以下DCJと称す)は、高速・高角度の使用条件下で、低振動・低騒音が要求される4WD車両等のプロペラシャフト用として開発された等速ジョイントである(図1)。

しかし、昨今RV車両のユーザ層拡大、及び暗騒音低下に伴い、プロペラシャフトを含むドライブラインに起因するNV性能(乗り心地性能)向上のニーズが大きくなり、軽量・小型化・アンバランスの低減が望まれている。

一方では、多様化する市場ニーズに対応して、車両に搭載されるエンジンの出力トルクは増大傾向であるため、強度・寿命向上ニーズも大きくなるとともに、低コスト化は必須となっている。

そこで本報では、軽量・小型・低コストで、なおかつ性能向上を目指して開発し、1998年12月に量産開始した新DCJについて紹介する。

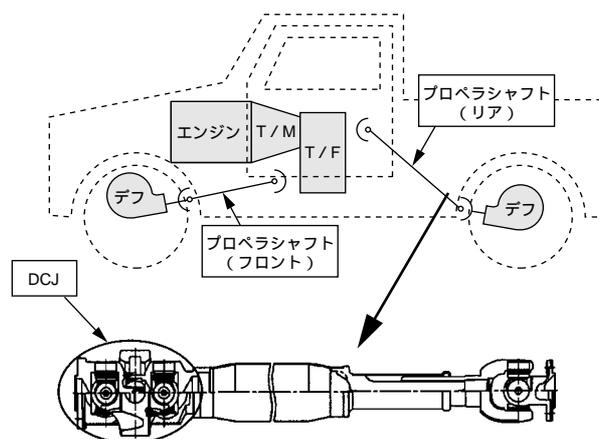


図1 DCJ使用例
Layout of propeller shaft

2. 開発品の特徴

現行DCJと開発品である新DCJの概略図を図2に示す。

新DCJは、1.で述べた観点から、表1の目標を設定した。

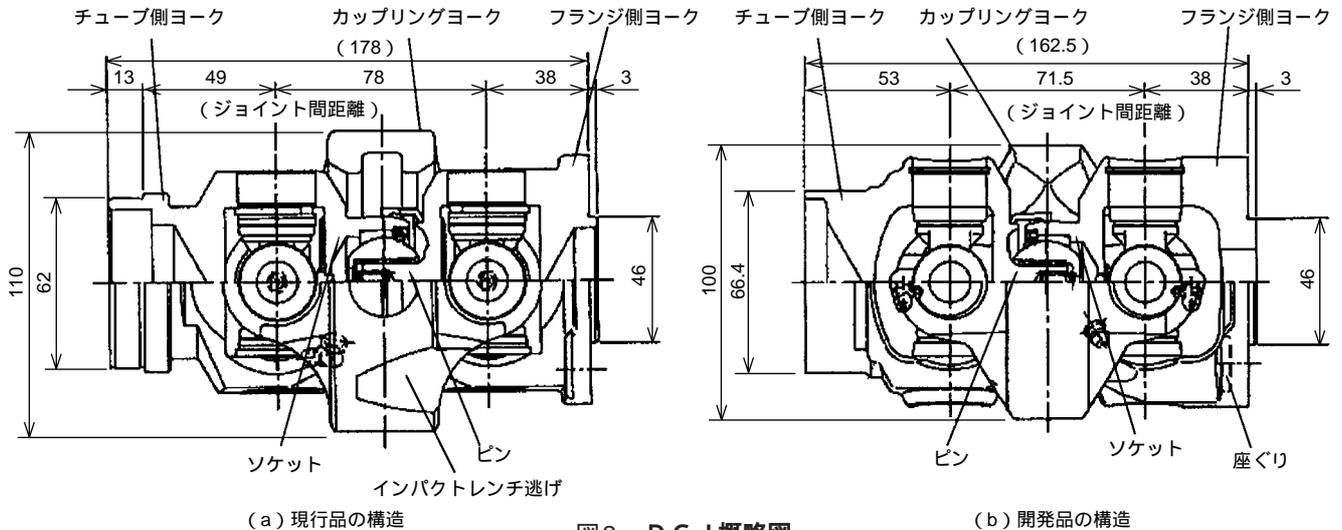


図2 DCJ概略図
Cross section of DCJ

表1 開発目標
Development targets

| 項目 | 目標 | 着眼点 | 主な変更点 |
|----------|---------|--------------------------------|--|
| 軽量化 | 10% | ・コンパクト設計 | ・余肉削減 |
| 強度向上 | 10% | ・FEM解析による形状見直し | ・角穴加工廃止(角部応力集中軽減) |
| 寿命向上 | 10% | カップリングヨーク剛性向上 | ジョイント間距離縮小 |
| 初期アンバランス | 10gcm以下 | 好バランス設計(非対称低減) | ジョイント部ニップルを回転中心に移設 |
| コスト低減 | 20% | ・代替形状, 代替材質採用 ・部品廃止, 加工廃止 他 | ・ピン ソケット入替による鋳鉄ヨーク採用 ・自動組立のための止め輪外止め化 |

表1の目標中、DCJ組立品の軽量化と強度および寿命向上のために、ヨークの主設計を見直した。

ヨーク強度と剛性についてFEM解析による事前検討を行い、その効果確認のため実機での台上試験を行った。

以下にその内容を説明する。

3. ヨーク類設計内容について

3.1 チューブ側ヨーク

3.1.1 変更内容

表2にチューブ側ヨークの変更内容をまとめる。

表2 チューブ側ヨークの変更内容
Tube side yoke modification

| 項目 | 現行品 | 開発品 |
|----------|---------|-------------------|
| 材質 | 中炭素鋼 | 中炭素の非調質鋼 |
| 機能 | ソケットヨーク | ピンヨーク (高周波焼入れ) |
| チューブとの結合 | アーク溶接 | 摩擦圧接 |

開発品では新材料を採用しているが、①ピン部の高周波焼入れ性 ②チューブとの溶接性を両立させる必要があり、数種の鋼材から中炭素鋼相当の非調質鋼を選択した。

非調質鋼の採用により材料費は高くなるが、調質工程廃止により、総合的に低コスト化を計った。

3.1.2 解析結果

開発品のFEM解析結果を図3に示す。

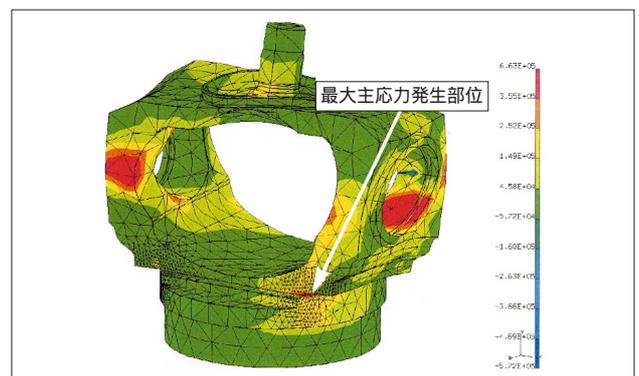


図3 開発品チューブ側ヨークのFEM解析結果
Result of FEM analysis (tube side yoke)

両DCJにて行ったFEM解析の結果，最大主応力は

現行品：425MPa 開発品：227MPa
であり，開発品の主応力は約53%まで低下，強度向上目標は満足できるものと推定した．

3.2 カップリングヨーク

3.2.1 変更内容

表3にカップリングヨークの変更内容をまとめる．

表3 カップリングヨークの変更内容
Coupling yoke modification

| 項目 | 現行品 | 開発品 |
|-----------------|------------------|-------------------|
| 材質 | 鋳鉄 | 鋳鉄 |
| ジョイント間距離 ×外径 | 78×110 | 71.5×100 (小型化) |
| その他 | インパクトレンチ 逃げ有り | インパクトレンチ 逃げ無し |

現行品の評価結果より，①カップリングヨークは疲労強度の最弱部になることがある．②寿命到達はカップリングヨーク側クロス軸が最初であることが分かっているので，強度・剛性向上を狙ったカップリングヨークを設計した．

剛性が向上することによりクロス軸とカップベアリングとの相対傾き量が減少し，良好な接触状態を得られるため，寿命向上を計ることができる．

3.2.2 解析結果

開発品のFEM解析結果を図4に，発生応力とねじれ変位量について比較を行った結果を表4に示す．

発生応力は81%に，変位量は80%にそれぞれ低減され，強度・剛性向上目標を達成，寿命も向上できるものと推定した．

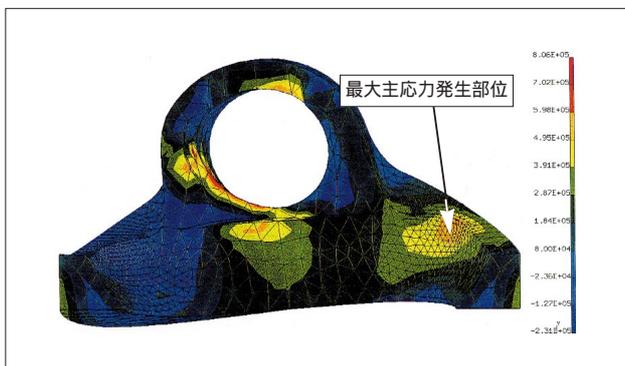


図4 開発品カップリングヨークのFEM解析結果
Result of FEM analysis (coupling yoke)

表4 カップリングヨークの比較
Coupling yoke

| 項目 | 現行品 | 開発品 |
|----------------|-----------------|--------------------|
| 発生応力 (比率) | 603MPa (1) | 491MPa (0.81) |
| ねじれ変位量 (比率) | 1.178deg (1) | 0.948deg (0.80) |

3.3 フランジ側ヨーク

3.3.1 変更内容

フランジ側ヨークの変更内容を表5にまとめる．

表5 フランジ側ヨークの変更内容
Flange side yoke modification

| 項目 | 現行品 | 開発品 |
|---------|------------------|---------|
| 材質 | 高炭素鋼 | 鋳鉄 |
| 機能 | ピンヨーク (高周波焼入) | ソケットヨーク |
| ナット座面加工 | フライス加工 | 座ぐり |

現行品は，ピン部への高周波焼入れ性の観点から高炭素鋼を使用しているが，開発品ではピンをチューブ側ヨークへ，ソケットをフランジ側ヨークへと入れ換えたことにより，高周波焼入れの必要がなくなり，低コスト化のため，材質に鋳鉄を採用することができた．

3.3.2 解析結果

開発品のFEM解析結果を図5に示す．最大主応力でまとめると，

現行品：1195MPa 開発品：717MPa
であった．いずれも最大応力発生部位はナット座面隅部であり，切欠き効果が大きく影響するが，発生応力は低下し，強度向上目標は達成できるものと推定した．

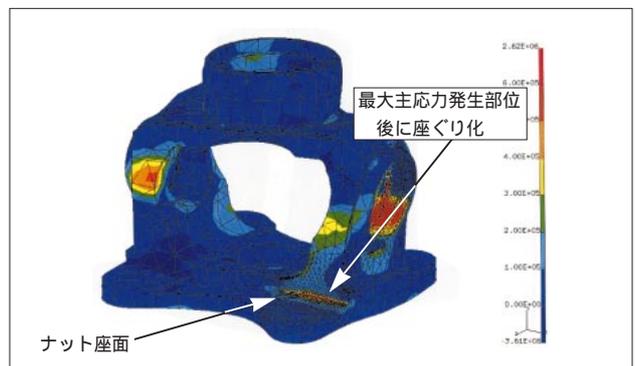


図5 開発品フランジ側ヨークのFEM解析結果
Result of FEM analysis (flange side yoke)

4. 効果確認結果

実機による強度と寿命の性能確認結果を以下に示す。

4.1 静的強度

静的強度評価の結果を図6に示す。

現行品の破損部位はクロス軸であることが分かっていたので、クロス軸の強化に重点を置き設計した結果、ヨーク類と変わらぬ静的強度を確保し、目標である10%強度向上を達成できた。

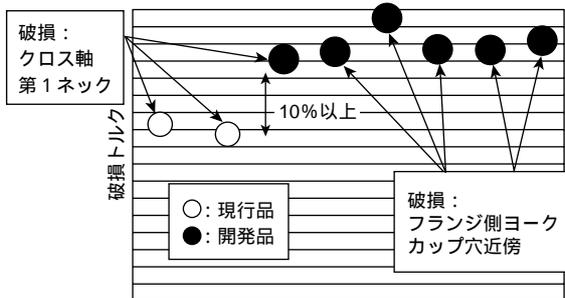


図6 静的強度結果
Static strength

4.2 疲労強度

疲労強度の評価結果を図7に示す。

繰り返し数は開発品が現行品を上まわり、特に低トルク側ではその傾向が顕著に表れている。

破損部位は、高トルク側では現行品と同等部位のカップリングヨークが、低トルク側ではFEM解析にて最大応力が確認されたフランジ付け根であった。

以上の結果より、FEM解析結果を確認すると同時に、目標である10%強度向上を達成できた。

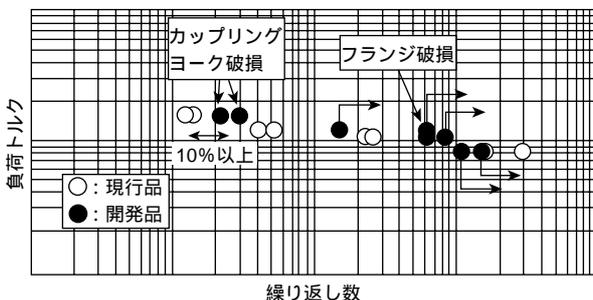


図7 疲労強度結果
Fatigue strength

4.3 ジョイント寿命

開発品のワイブルプロット結果を図8に示す。これより、B10寿命にて目標の10%寿命向上を達成出来、カップリングヨーク剛性が寿命に大きく影響することも確認できた。

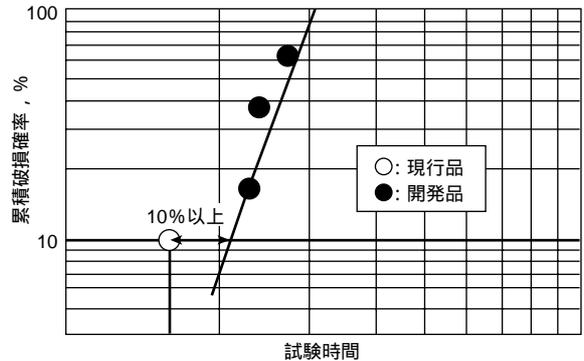


図8 ワイブルプロット
Weibull plots

5. その他評価結果

高速耐久評価、耐泥水性能評価等についても、現行品と同等以上の結果を得た。

また、開発品(新DCJ)の実車評価においても、悪路耐久5000km走行後に現品を回収、分解調査を行ったが、不具合は確認されず、良好な状態であったことより、実車環境においても合格と判断された。

6. おわりに

本報では主に強度について記したが、開発目標に対する結果は表6のとおりであった。

FEM等の解析技術を有効活用することにより、開発品は開発目標を満足することができ、1998年12月より量産を開始した。

今後引き続きさらに軽量、コンパクト化へとり組みたい。

表6 結果のまとめ
Summary of new DCJ

| 項目 | 目標 | 結果 | 実施内容 |
|----------|------------------|---------------------------|------------------------------------|
| 軽量化 | 10% | 約10% (4 400g → 4 000g) | 形状見直し, 余肉削減, 小型化 |
| 強度向上 | 10% | 約20% | (本文参照) |
| 寿命向上 | 10% | 約20% | |
| 初期アンバランス | 10gcm以下 (計算値) | 4.4gcm (計算値) | グリースニップルをDCJ回転外周部近傍から 回転中心近傍に移設 |
| コスト低減 | 20% | 約20%(25 000個/月) | 材質・工程見直し, 部品数削減(2種9点) |

筆者



角田貴志*
T. SUMIDA



上村篤司**
A. UEMURA

* 軸受事業本部 自動車技術センター
自動車ユニット技術部

** 軸受事業本部 自動車技術センター 自動車技術実験部