

長寿命 CVT フルードの開発

Development of Long Life Continuously Variable Transmission Fluid

山根 伴 紀* 長 島 隆*
Tomonori YAMANE Takashi NAGASHIMA
吉 田 潤 平* 平 尾 泰 生*
Junpei YOSHIDA Yasuo HIRAO

要 旨

CVT車のトランスミッションフルードのメンテナンススケジュールを AT 車並に長くすることと AT 車と共用化することを目的にエステル系摩擦調整剤や高分子アミド化合物を採用し、金属清浄剤により最適摩擦特性に調整したフルードを開発して、摩擦特性の持続期間を従来品の4倍以上に長くした。

この新しいフルードによりトランスミッションの湿式クラッチの摩擦特性に影響される AT 車の変速フィーリングやCVT車の発進フィーリングなどの商品性が持続し、CVT車のメンテナンスインターバルを長くすることが可能となった。また、メンテナンススケジュールの延長に伴いユーザの利便性の向上や交換頻度の減少による廃液量の削減にも貢献し、地球環境の汚染防止にも寄与することが期待できる。

ABSTRACT

With the purposes of making the maintenance schedule of CVT vehicle transmission fluid as long as that of AT vehicles and of making its use common to AT vehicles, an ester friction modifier and high FW amide were used to develop a fluid that is optimally adjusted to friction characteristics by means of a metallic detergent. This fluid has 4 times the longevity of current products or greater in durability with respect to friction characteristics.

The initial vehicle quality such as shift quality of AT vehicle, which is affected by the friction characteristics of a wet clutch transmission, and take off smoothness of CVT vehicles are maintained by this new fluid, which has made it is possible to lengthen the maintenance intervals of CVT vehicles. Also, the lengthened maintenance schedule has occasioned improved convenience for the user and contributed to reduction in the amount of liquid waste because of the reduced frequency of fluid change. Therefore it is expected to contribute to prevention of pollution of the global environment.

1. まえがき

従来から、自動車の開発は、環境と性能の両立を目指し、省燃費、省資源、高品質等が図られている。このような時代の流れを受け、AT(Automatic Transmission)車に用いられているオートマチックトランスミッションフルード(以下ATF)も、摩擦特性の改善や低温粘度特性の改善、酸化安定性の改善研究が継続的に行われてきている。(1)~(6)

Fig.1 に ATF の改善研究の経過をしめす。

しかし、近年の地球環境保護の観点から油脂液廃却量の低減やユーザー利便性向上のニーズの高まりから、油脂液類の寿命延長が求められてきている。

このような社会的ニーズと CVT(Continuously Variable

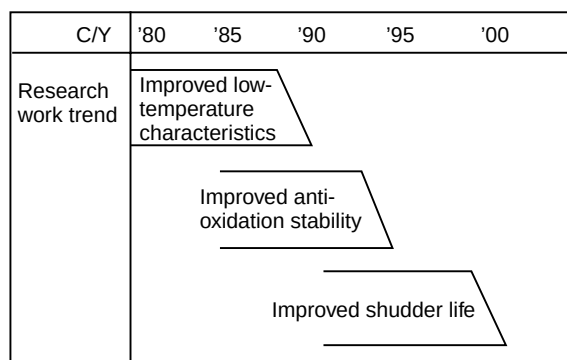


Fig.1 Research work trend for ATF

Transmission)車の商品競争力強化を目的として、AT 車の変速フィーリングやCVT車の発進フィーリングなどの商品性の持続を図った新しい CVTF を開発した。

本開発ではATFの使用によるCVT車発進クラッチの摩擦特性の劣化メカニズムを解析し、その対策として摩擦調整剤の検討を行い、寿命を延長させる手法を見いだした。更に、CVT車だけでなくAT車への適用も考慮し、AT車にも適用できる摩擦特性に調整を行い、CVT車及びAT車のメンテナンススケジュールの延長を達成した。

2. 開発目標

ATFの寿命延長に対して、本開発では商品性能に影響する摩擦特性(特に μ -V特性)の持続性向上を主眼に以下の開発目標を定めた。

- (1) μ -V特性の持続性は現行ATFの4倍以上とすること。
- (2) AT車にも使用できる摩擦特性を有すること。
- (3) 低温粘度特性や酸化安定性、耐摩耗性能等については現行ATFと同等以上の性能を維持すること。

3. CVT車/AT車のメンテナンスインターバル

市販されているCVT車とAT車のメンテナンスインターバルの比較をFig.2に示す。

この図に示すように、CVT車のメンテナンス距離は、AT車のそれに比べて短い設定となっている。

CVT車のメンテナンス距離が短い理由として、一般にATの伝達効率が95%前後であるのに対し、CVTでは85%程度であり、高速一定速度の運転ではATよりも効率の悪い領域がある。このためフルードの温度が上昇し、寿命に影響しているものと考えられる。

このため、長期使用によりATFの摩擦特性が劣化し、CVT車の商品性能に影響を与える可能性があり、定期的なメンテナンススケジュールが設定されている。

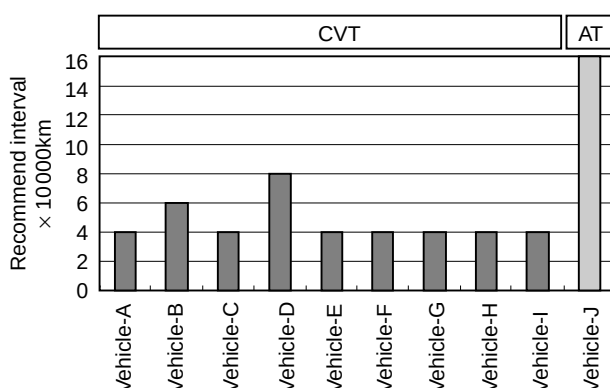


Fig.2 Maintenance interval recommend in Japan

4. 摩擦特性の劣化要因解析

長期使用時の摩擦特性の劣化要因を調べるために、実車耐久試験をしたあとのオイルを解析し、寿命延長の検討を行った。

4.1. 摩擦特性の劣化解析

Fig.3は、実車耐久試験をしたあとのオイルの摩擦特性を解析した結果である。摩擦特性は耐久テストにより低速すべり特性(μ -V特性)が変化してくる。ここに示した結果は、実車耐久テストをおこなった車から回収した耐久ATFと耐久湿式クラッチ材の組み合わせによる μ -V特性を測定した結果である。テスト前の摩擦特性は一般に右肩上がりと言われる正こう配を示すが、テスト後の耐久品の μ -V特性は、負こう配つまり右肩下がりを示している。

つまり、すべり速度 2rpm と 50rpm の摩擦係数の比(μ 比: $\mu_{2/50}$)で表すと、新品の μ 比($\mu_{2/50}$)は、0.92 であり、また劣化品の μ 比($\mu_{2/50}$)は 1.1 と 1.0 を越えていることがわかる。このように、 μ -V特性が劣化すると μ 比が大きくなる(1.0 以上)になってくる。

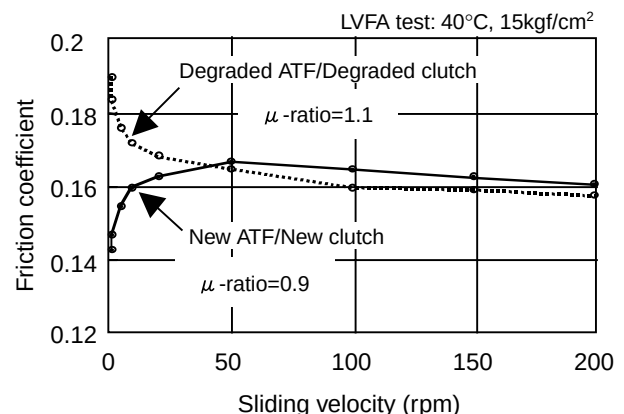
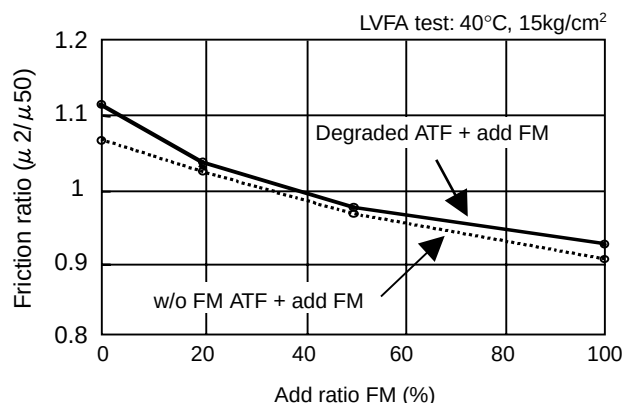


Fig.3 Friction characteristics of degraded ATF

4.2. 劣化要因解析

更に劣化要因を解析するために、この摩擦特性を調整している摩擦調整剤の添加されていない無添加オイルと耐久オイルそれぞれに摩擦調整剤をATFに添加されている添加量の20%、40%、60%、100%と添加したときの μ -V特性を調べてみた。Fig.4にその結果を示す。摩擦調整剤の添加されていない無添加オイルと耐久オイルは、摩擦調整剤の添加とともに新品ATFと同様な μ 比を示した。

このことから、摩擦特性の劣化は添加されている摩擦調整剤の性能が低下したために起こっていることがわかった。

Fig.4 Relationship of μ -ratio and FM

5. 摩擦特性の寿命延長検討

要因解析結果から摩擦特性の劣化が摩擦調整剤の性能低下であることがわかったので、摩擦調整剤の寿命延長を検討した。

5.1. 酸化しても摩擦特性効果を示す摩擦調整剤の検討結果
最初に、酸化しても酸化生成物が摩擦特性を示す添加剤の検討を行った。

従来使用していたカルボン酸系添加剤は摩擦特性の調整性能は高いが、酸化反応により消耗することが知られている。それに対して、エステル系摩擦調整剤はカルボン酸に対してISOT(Indiana Staring Oxidation test)熱劣化試験において約2倍の摩擦特性持続時間を示した。Fig.5にその結果を示す。

その理由を明らかにするためにエステル系摩擦調整剤で処方したオイルの熱劣化生成物を調査した結果、カルボン酸系摩擦調整剤と同様な構造をもつカルボン酸が検出された。このことから、エステル系添加剤の熱分解成分もまた摩擦調整剤として機能するのではないかと考えられる。

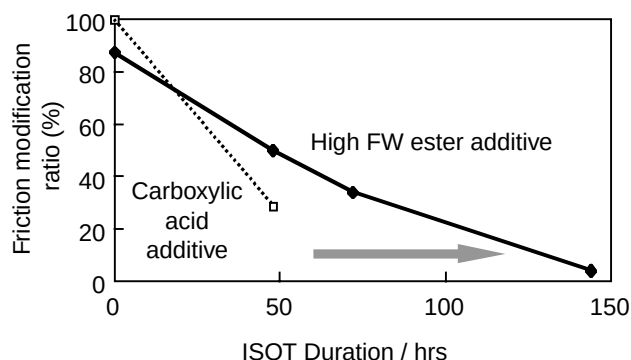


Fig.5 Durability of friction modification

5.2. 酸化反応そのものが遅い添加剤の検討結果

アミド基はアミンとカルボン酸の酸・塩基反応によって生成された化合物であり、基のアミン、カルボン酸より極性が低く吸着力が低い、中和反応により生成しているために反応性が低いといった特徴がある。このため、摩擦特性の調整性能は低い、摩擦特性持続時間が長いと考えられる。

そこでその寿命延長効果を、Fig.6に示す局部的に加熱部をもつ、局部発熱耐久試験装置で行った。

試験結果を Fig.7 に示す。

検討した各種添加剤の中で、高分子アミド化合物は他の添加剤に対してもっとも長い持続時間を有していることがわかった。従来のカルボン酸系添加剤に対して約2倍の寿命があることが確認できた。

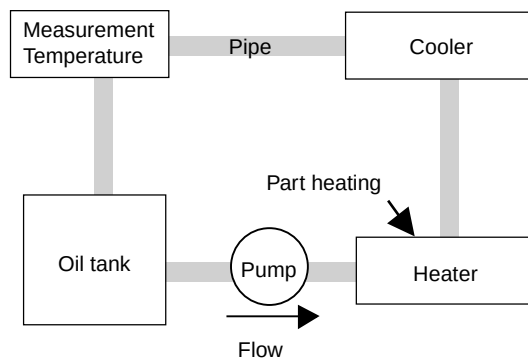


Fig.6 Part heating deterioration test device

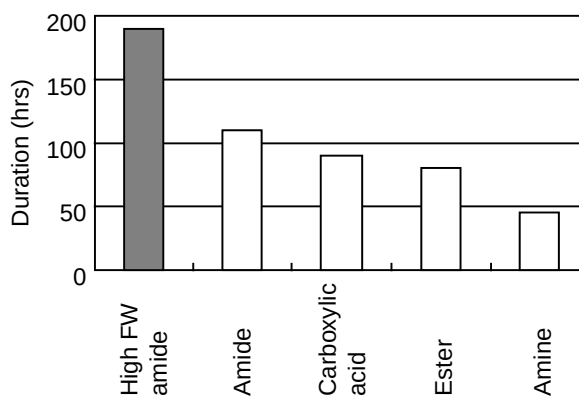


Fig.7 Durability of friction modification

6. 摩擦特性の最適化検討

以上の検討により目標とするジャダ寿命を達成する方向性が見いだされたので AT クラッチ適合性も含めた摩擦特性を満足させる摩擦調整剤の最適化を検討した。

6.1. 摩擦特性の調整

検討した摩擦調整剤を処方することで目標とする寿命延長は図られたが、伝達トルク容量を示す静摩擦係数 μ_s は現行 ATF より低くなってしまった。

そこで、ATFの添加剤処方の見直しを行った。検討のポイントは、一般的に μ_s を高めるためには添加している摩擦調整剤を減量すれば μ_s は上がるが、それでは目標としたジャダ寿命が満足しないことになるので、摩擦調整剤の変更を最小限におさえて、 μ_s を高める添加剤の調整を検討した。その処方検討例を Table 1 に示す。

また、これら検討処方と摩擦特性の結果を Fig.8 に示す。

横軸は湿式クラッチによる商品性指標である μ 比 (μ_0/μ_d) を取り、縦軸には湿式クラッチの伝達トルク容量を示す μ_s 値を示す。

現行 ATF に対して試作 B の μ 比 (μ_0/μ_d) は現行同等以下と商品性能は良いが、 μ_s は現行 ATF より低く、伝達トルク容量が低くなる特性となっている。

ここで、Table 1 に示した各試作油を検討した結果、処方検討例試作 D のような金属系清浄剤のタイプと摩擦調整剤 (FM: Friction Modifier) の添加量を調整することで目標とする μ 比と μ_s を満足する組み合わせができることがわかった。

Table 1 Optimal additive combination and volume

Evaluation fluid	Prototype B	Prototype C	Prototype D	Prototype E
FM-A	○	○	Increase	Decrease
FM-B	○	○	Decrease	Decrease
Detergent-A	○	Increase	○	Decrease
Detergent-B	○	Decrease	○	Decrease

○ : basic

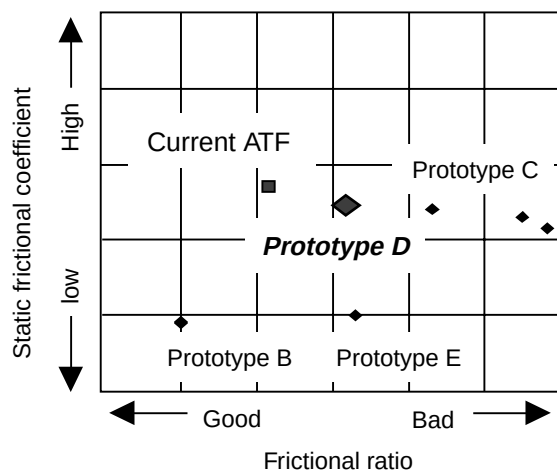


Fig.8 Friction characteristic of prototype ATF

7. 開発 CVTF の仕様

以上の検討結果から決定した最終仕様を Table 2 に示す。粘度特性やせん断安定性能は現行 ATF の性能を維持し、目標としたジャダ寿命、摩擦特性を満足した CVTF である。

Table 2 General characteristics of new CVTF

		Current ATF	New CVTF
Kinematic Viscosity cst	40°C	29.51	29.55
	100°C	7.285	7.208
Low Temp. Viscosity cp	-40°C	6800	8550
TAN	mgKOH/g	0.51	0.73
TBN	mgKOH/g	3.72	4.12
Aniline point	°C	95.2	100.7
Metal contents ppm	Ca	800	400
	Mg	—	230
	P	200	170

8. 摩擦特性の寿命延長効果

8.1. 台上評価結果

開発した CVTF で CVT 車発達クラッチのジャダ寿命検証を行った。台上試験条件を Table 3 に示す。試験は、実際のエンジンと CVT を用い、ファイヤリングによるモード運転を行い、一定サイクル経過ごとに CVTF の摩擦特性 (μ -V 特性) を確認した。その結果を Fig.9 に示す。開発 CVTF は現行 ATF に比較して、約 4 倍の μ -V 特性の寿命延長効果を示した。

Table 3 Bench endurance test condition

Item		Condition
Transmission		CVT mission
Engine		1.6L SOHC
Test mode		High speed endurance mode
1 Cycle	Distance	60 km
	Av. speed	150 km/hr
	Max. speed	180 km/hr

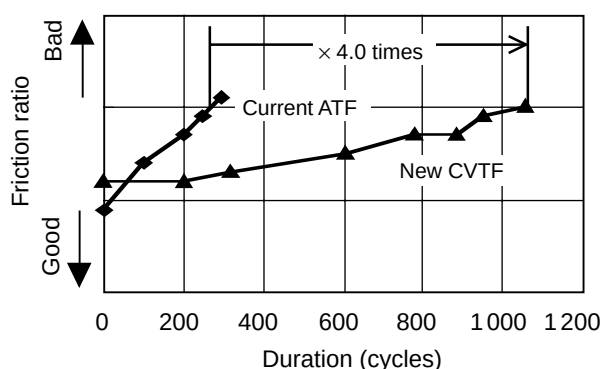


Fig.9 Bench endurance test result

8.2. 実車評価結果

実車を用いた高速走行試験で寿命延長効果を確認した。テスト車は 96 年型 CVT 車を用い、高速走行路での最高速度走行条件で評価を行い、評価ポイントは耐久 CVTF の μ 比測定で判定した。結果を Fig.10 に示す。現行 ATF に対して、開発 CVTF は約 3 倍のジャダ寿命を有していることを確認した。

以上のようにして開発した CVTF は、目標とした摩擦特性の寿命延長効果や AT 車適合性を有しており、CVT 車においても AT 車同等のメンテナンススケジュールが設定可能となった。

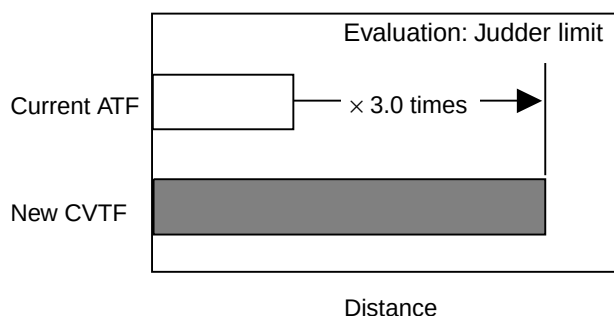


Fig.10 Vehicle endurance test result

9. まとめ

今回の新 CVTF 開発において

- (1) ATF 摩擦特性の劣化要因は、摩擦調整剤の酸化による摩擦調整剤の性能低下によるものであることが明らかになった。
- (2) 摩擦特性の寿命延長は、耐熱性の優れたエステル系摩擦調整剤や高分子アミド化合物の適用により、最大 4 倍の効果を得た。
- (3) 摩擦調整剤や金属系清浄剤などの添加剤の調整により、

現行ATFと同等な摩擦特性とすることができ、現行AT車へも共用可能な CVTF とすることができた。

本開発 CVTF は、今秋販売開始の新型モデルから適用を開始する。この長寿命 CVTF の採用により、車の商品性能の更なる向上とともに、メンテナンススケジュールの延長によるユーザの利便性の向上や、廃液量の削減により地球環境の負荷低減に貢献できることを期待する。

謝 辞

本研究を進めるにあたり CVTF 試作などでご協力くださった日石三菱(株)および出光興産(株)の方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 佐々木, 大森, 古本, 田中: 高粘度指数ベース油を用いた自動車用作用油の開発, HONDA R&D Technical Review, vol.7, p.123-130 (1995)
- (2) Sasaki,T., Ohmori, I., Furumoto,M., Tanaka,H.: Development of Automotive Lubricants Based on High-Viscosity Index Base Stock, SAE paper 951028
- (3) 吉田順平, 長島隆, 山根伴規, 川内昌司, 平尾泰生: 湿式クラッチの摩擦特性に及ぼす ATF の影響, JSAE Paper 9740235
- (4) Yoshida,J., Nagashima,T.: Performance Requirements for Belt Drive CVT Fluids,1998 Tribology of Vehicle Transmissions
- (5) Nagashima,T., Yoshida,J.: Properties and Performance Requirements for CVT fluids, SAE TOPTEC, May 1998
- (6) Yoshida,J., Nagashima,T.: Properties and Durability Required for CVT Fluids, 1998 Global Powertrain Congress

■ 著 者 ■



山根 伴紀



長島 隆



吉田 潤平



平尾 泰生