

2022年度 新産業創出研究会「研究成果報告書」

「耐久性が高く取り付けが容易な高精度ブレーキ液温度センサの開発」

[宇部工業高等専門学校 ・ 教授] [後藤 実]

1. はじめに

自動車がカーブの連続する山岳路走行やサーキット走行などでフットブレーキを多用する場合、油圧ブレーキ回路中のブレーキ液が沸騰し、ブレーキが利かなくなるベーパーロック現象が生じる。そこで、現状の自動車用油圧ブレーキシステムにおいてベーパーロック現象が発生する部分のブレーキ液温度を直接リアルタイムで計測可能で、かつ、既存車のブレーキ油圧回路へ無改造で容易に取付可能な油圧配管接続ボルト(バンジョーボルト)型温度センサユニットの開発を行う。この技術の基本コンセプトは参加企業の(株)シー・エス・ディーが制動装置監視システム(特許 6366867)として発表しており、本研究開発ではこのシステムの改良を図って信頼性を飛躍的向上させ、実用化を目指すものである。具体的には実用的な搭載性と十分な精度・耐久性を持たせるためのブレーキ液温度センサユニットの構造を構築し、さらに、市販化が可能な生産コストを実現するための加工技術を確立する。上記の技術目標を実現するため、車両への組付け性が良好で、配線部が十分な耐久性を持ち、配線後方によらず十分な精度を持ったバンジョーボルト型温度センサユニットの構造および製作プロセスを確立することを目的とする。

現在の自動車油圧ブレーキシステムにはブレーキ液温度を検出する仕組みは搭載されていないため、本研究シーズ自体が新規である。また、ベーパーロック現象の発生原因となる箇所のブレーキ液の温度を直接検出し、リアルタイムでベーパーロック現象の予兆を運転者に警告でき、そのための温度センサユニットが既存の制動装置に無改造で取り付け可能であることが本システムの優位性である。

参加企業の(株)シー・エス・ディーは設立以来、中古車販売及び自動車整備(カスタムを含む)を主体とした事業展開を行い、12年前からオリジナルのブレーキシステムやホイール等を企画して外注生産した商品の販売を加えた事業内容となっている。しかし、ユーザーがある程度限定されることから業容拡大にはおのずと限界があった。この打開策として、自社が保有する「制動装置監視システム(特許 6366867)」を基にした新製品の開発販売を実施することで業績拡大を図る計画である。製品イメージは乗用車の油圧ブレーキシステムのブレーキホース取付部のバンジョーボルト型温度センサ、通信機を含む配線部、そして運転者へブレーキ液温を伝える表示部からなる。これまでの開発で表示部については仕様決定と外注委託先の目途が立っているため、このシステムの要となるバンジョーボルト型温度センサユニットの構造最適化と生産性確保および信頼性確保が技術課題である。

2. 概要

前述の社会的および技術的背景を受け、本研究会の目的は、1)バンジョーボルト型温度センサユニットに即適用できる形状で高精度の温度センサ素子の選定、2)温度センサ配線の断線防止・耐久性確保に必要な構造の選定、および3)バンジョーボルト型ブレーキ液温度センサの試作と性能評価法を確立することの三つである。1)については、車両への取付性と配線の容易性を確保する上で必要な温度センサユニットの形状が実現可能で必要十分な精度・感度をもつ高精度のセンサ素子を、既に市販されている温度センサ素子の中から選定し、温度センサユニットへ実装した時にベーパーロック発生予兆の警報発出の閾値設定に必要な検出誤差と応答特性を数値化した。2)については、これまでの研究で実施した実車走行時のブレーキ液温度実測調査で発生したバンジョーボルト部の断線不具合を解決するため、温度センサユニットから信号送信機に至る配線の断線防止・耐久性確保に最適な配線構造と被覆線の仕様を決定した。3)については、上記1)と2)を反映した試作品を製作し、温度センサユニット単体の評価装置を作成して測温精度と応答性をそれぞれ評価するとともに、山口県産業技術センターの振動試験装置によって耐久性を評価した。

3.研究成果および今後の課題

1)バンジョーボルト型温度センサユニットに即適用できる形状で高精度の温度センサ素子の選定

①温度センサ素子の選定

● 温度センサ選定条件

| | |
|-----|--------------------|
| 条件① | 使用温度範囲>ブレーキフルードの沸点 |
| 条件② | 高い温度応答性 |
| 条件③ | 高い配線自由度 |

● 温度センサ性能比較

| | 条件① | 条件② | 条件③ |
|-----------|-----|-----|-----|
| 熱電対 | ○ | ○ | △ |
| 薄膜測温抵抗体素子 | ○ | △~○ | ○ |

※素子小型化で熱容量を下げ、感度向上させる
 素子形式：白金薄膜測温抵抗体素子
 メーカー：林電工(株)
 型式：CRZ1632-100-A (抵抗値：Pt100Ω)

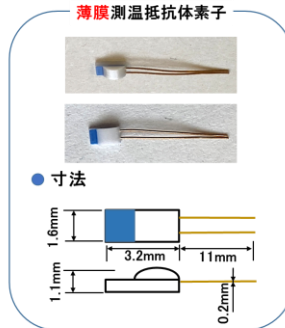


図1. 薄膜測温抵抗体素子とK型熱電対の比較

温度センサ素子車載時の組付性を確保するため、コネクタによりセンサユニット部の配線を短くする必要があるため、測温精度の観点から薄膜測温抵抗体素子を選定した。測温抵抗体の応答性向には素子の小型化が有効であり、過去の実車ブレーキ液温計測結果より得られた昇温速度にたいして十分な応答性が得られることがわかった。

2)温度センサ配線の断線防止・耐久性確保に必要な構造の選定

②バンジョーボルト型温度センサユニット試作品の構造

配線被覆による補助導線付根部分の応力緩和

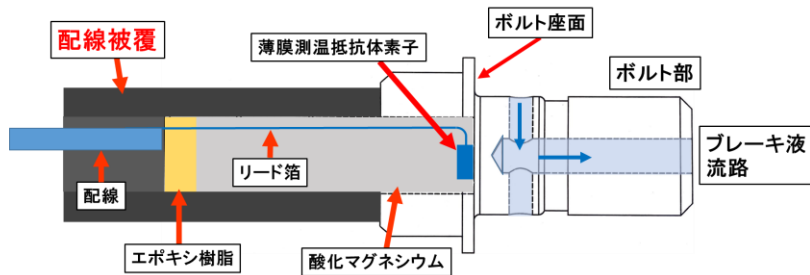


図2. 配線被覆による配線根元部の応力低減構造

薄膜測温抵抗体素子を用い、配線被覆により断線に対する耐久性向上を図るセンサユニットの断面を図2に示す。素子/流路間距離を短縮して実液温に対する応答性を向上し、配線被覆による振動応力分散効果により断線に対する耐久性向上を図ることを意図した寸法形状を設計した。

3)バンジョーボルト型ブレーキ液温度センサの試作と性能評価法

バンジョーボルト流路温度と検出温度の差

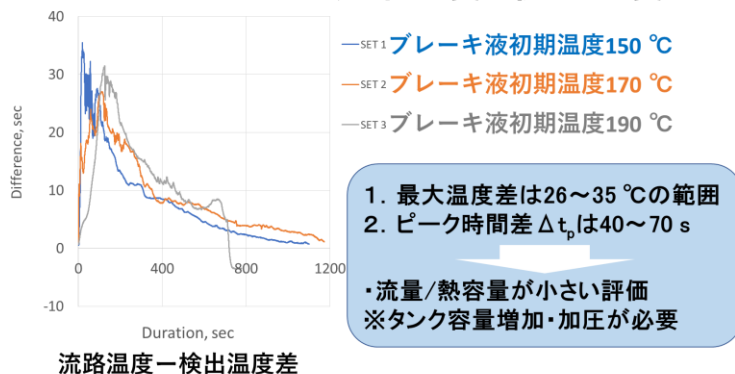


図3. 単体試験機による実測液温との検出温度差

実際のブレーキ液流路を流れる実液温と試作温度センサユニットの計測値を比較する単体評価装置を製作し、時間経過に対する実液温と試作温度センサユニット計測値の差を図3に示す。その結果、試作温度センサユニット計測値は実液温を一定程度下回るため、設定する閾値に対する偏差を求めることができた。

加振条件 1～4 耐久性評価結果

- ・加振条件1～3は全て断線せず
- ・加振条件4で被覆なし配線が断線



加振条件4終了後

ゴム被覆は断線対策に有効

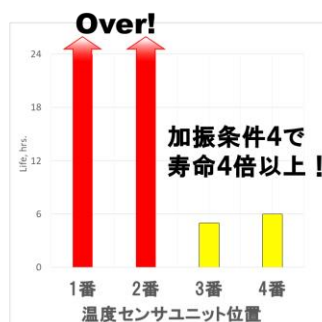


図4. 振動試験による耐久性向上効果の確認結果

振動試験による配線被覆の断線耐久性を評価した結果の一例を図4に示す。振動試験機の加振限界付近における振動試験の結果、断線耐久性に対する配線被覆の寿命向上効果は配線被覆が無い場合と比較して4倍以上であることが確認できた、従って、温度センサユニットと配線コネクタ間を同様配線被覆することで耐久性の飛躍的向上が可能になることが確認された。

4) 今後の課題

バンジョーボルト型ブレーキ液温度センサの測温精度・応答性単体評価において、バンジョーボルト内のブレーキ液流路面積が小さい為に供給ブレーキ液温の低下が生じてしまい、正確な計測を行うことが困難であったため、供給ブレーキ液温度均一化のための保温機構の追加および、流量増加のための供給ブレーキ液加圧機構の追加が必要であることが明らかになり、単体評価装置構築に関する今後の課題となった。

また、配線被覆による断線耐久性向上効果が絶大であることが確認できたが、配線被覆の有無により断線耐久性に差が生じた試験条件は実車走行条件と比較して極めて過酷であるため、バンジョーボルト型ブレーキ液温度センサユニットの小型軽量化を図るために寸法形状を最適化する必要がある、将来の車載評価用センサユニットの試作に対して本研究成果を反映した寸法形状最適化を図っていく。

4. おわりに

本研究では、バンジョーボルト型温度センサユニットについて、配線経路にコネクタを介しても測温精度が確保可能な薄膜測温抵抗素子を使用した試作品を製作し、熱電対素子に対する測温精度および応答性評価を行った。また、薄膜測温抵抗素子を使用したバンジョーボルト型温度センサユニット配線部の耐久性を向上させる方法としてシリコンゴム被覆を提案し、振動試験によってその効果を定量的に証明した。さらに、バンジョーボルト型温度センサユニットの車載にあたり必要な配線自由度測温と耐久性を確保するために必要な条件を明らかにするとともに、精度と応答性および耐久性評価法に対する問題点を明らかにした。

5. 本研究の今後の計画

本申請期間中の成果を基に、車載用バンジョーボルト型温度センサユニット試作品を完成させ、測温精度・応答性単体評価の精度向上を図ると共に、実車走行試験の実施による製品化へ向けた問題点の洗い出しを行うことで商品化に向けたコネクタ形状の選定と表示部電装系の開発を行い、ブレーキ液劣化による沸点降下補正のためのブレーキ液含水センサの試作を行うことで、より精度の高い制動装置監視システムへと発展させていく。

また本申請の高精度ブレーキ液温度センサの事業化・商品化に対して、多くの自動車ユーザーによる認知度を高めることが必要であり、そのためには少量であるが高価格・高付加価値の商品の受け入れに比較的寛容なレース愛好家等の趣味性の高いユーザー向けに絞った商品展開を図り、そこで得られた実績を積極的にアピールする宣伝・広報活動が必要になる。そこで、第一段階の高価格・少量生産品の生産を請け負ってもらえる製造業者の開拓と、レース愛好家など趣味性の高いユーザーと取引のある自動車販売店・自動車用品店への販売経路開発が必要になる。

6. その他

(1) 出願特許(タイトル・出願番号・発明者・特許権者など)

無し

(2) 投稿論文(タイトル・学会名等)

無し

(3) 本研究会の参加企業・団体名

株シー・エス・ディー、山口県産業技術センター、山口銀行船木支店、山口銀行事業性評価部



競輪の補助事業

この報告書は、競輪の補助により作成しました。

<https://jka-cycle.jp>