

# エンジンコントロールユニット (ECU) 冷却ボックス

機器電材事業部 八藤後 勇\*1・諏訪田 睦\*2・長谷川 健\*3・小杉秀之\*4

## Cooling Box for Engine Control Unit (ECU)

I. Yatougo, M. Suwada, T. Hasegawa & H. Kosugi

近年、自動車のエレクトロニクス化にともない、電装機器などが増加するためワイヤハーネス（以下、ハーネス）はますます肥大化する傾向にある。一方、自動車の燃費向上のため軽量化対策が実施されており、ハーネスの質量削減も大きな課題となっている。当社の顧客において2003年4月に発売された新機種の自動車では、ハーネス軽量化の一つの手段として、従来室内にあるエンジンコントロールユニット（以下、ECU）をエンジンルーム（以下、E/R）内に配置させている。それにより、今までECUに接続するため室内へ伸ばしていたハーネスがE/R内だけで対応できるため、ハーネスを削減させることが可能となった。

しかし、ECUをE/R内に配置させるためには、従来室内環境仕様のECUをE/R内環境仕様にしなくてはならず、ECUのコストアップになってしまう。そこで、今回当社が開発した冷却機能と防水機能を有するボックスによって、E/R内に室内環境仕様のECUを配置させることを実現できたので報告する。

Recently, as the use of electronic devices in automobiles has increased, there has been a corresponding increase in the amount of wiring harness being installed. For the meanwhile, a low wiring harness weight is preferred, as this improves fuel consumption. In a new automobile put on the market from our customer in April, 2003, one possible way of achieving weight reduction is to place the Engine Control Unit (ECU), which is usually set in the passenger compartment, in the engine compartment.

There is, however, the disadvantage of high cost in installing the ECU in the engine compartment. Until now it has been economically more feasible to have the ECU in the passenger compartment. In order to solve this problem, we developed a cooling box for the ECU in which the environment of the passenger compartment can be produced. The theory and research behind the development of this box is described in this paper.

### 1. ま え が き

近年、自動車のエレクトロニクス化にともない、電装機器の増加、電子制御の増加や許容電流値の増加などが起こっている。そのため、ハーネスにおいては、電線径の拡大、電線数の増大などが生じ、ますます肥大化する傾向にある。一方、自動車の燃費向上のため様々な軽量化対策が実施されており、ハーネスの質量削減についても大きな課題となっている。

ハーネスの質量削減方法としては、多くの方法が提案および実施されているが、その一つとして室内に配置されているECUをE/R内に配置させる方法がある。従来からのECUを室内に配置させる場合、ECUとエンジンおよび電装機器とのハーネスの接続は、エンジンおよび電装機器から一度室内のECUに接続し再度E/Rに戻るため経

路が長くなってしまふ。一方、ECUをE/R内に配置させる場合には、室内にハーネスを伸ばすことが不要になり、ハーネスの質量削減が可能になる。

その他のメリットとしては、E/R内から室内にハーネスを貫通させる作業が不要になり、組み付け作業性の向上も期待でき、さらに室内のECU配置スペースがなくなるため居住性の向上もはかれる。

ただし、ECUをE/R内に配置させるには、室内環境仕様のECUをE/R内環境仕様にする必要がある。特に耐熱性や防水性が要求されるため、ECU自体のコストアップを生じ、ハーネスの削減効果がなくなってしまう。

そこで、ハーネスの削減効果を生かすため、当社では冷却機能と防水機能を有するボックスを新たに開発し、これによってE/R内に室内環境仕様のECUを配置させることを可能にした。

### 2. 開発のねらい

これまでE/R内に室内環境仕様のECUを配置した実

\*1 電装品技術部第二課

\*2 電装品技術部第二課主管部員

\*3 電装品技術部主席部員兼第二課長

\*4 開発部長

施例はあるが、本ボックスにおいてはさらにハーネス削減効果を期待し、ECUのほかに電動パワーステアリングユニット（以下、EPS/U）を収納し、計2個のコントロールユニット（以下、ユニット）を収納させている。

ボックスの冷却機能では、ユニットを冷却する冷却ダクトを開発し、特に2個のユニットを冷却する構造とした。また、防水機能では、ボックス自体に防水構造を持たせ、両ユニットを非防水、ユニットに接続するコネクタを非防水コネクタにすることとした。

本報告においては、独自性のある冷却機能を中心に説明する。

### 3. ECU冷却ボックスの構造

図1に開発したECU冷却ボックスの外観を示す。本ボックスは、ECUおよびEPS/Uを収納するボックスのトップカバー、アンダーカバー、ユニットを冷却するための冷却ダクト、図示していないがユニットに接続されるハーネスによって構成される。冷却ダクトは二層構造になっており、冷却ダクト下層の下にEPS/U、上層と下層の間にECUを配置している。冷却ダクトにはそれぞれ外気導入用の吸気ダクト、外気への排気用の排気ダクトが接続されている。

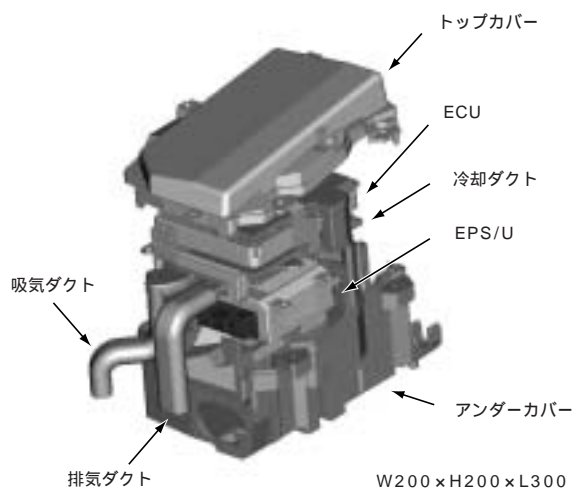


図1 ECU冷却ボックス外観  
Exterior view of ECU cooling box

また、トップカバー、アンダーカバーおよび冷却ダクトは樹脂製の部品であり、各部品との嵌合部については防水対策としてゴム製のシール材をアセンブリしている。

### 4. 冷却システム

次に冷却システムについて述べる。エンジンやラジエータの熱、ユニットの発熱によってボックス内部の空気温度は上昇してまう。そこで、冷却ダクトに外気を循環させることによって冷却を行う。冷却ダクトへの外気の導入は、ラジエータファンによって発生させた負圧により行う。

図2に冷却システムの概略図を示す。冷却ダクトに吸気ダクトおよび排気ダクトを取り付け、排気ダクト出口をラジエータファンシェラウドに配置させる。ラジエータファンが回転すると、排気ダクト出口が負圧になり、吸気ダクト入口から外気が吸い込まれる。

この冷却システムの利点は、新たにボックス専用の送風ファンが不要で、ボックス、吸気および排気ダクトのみで冷却が可能となる点である。この冷却システムの開発にあたっては以下に述べるような開発課題があり、そのため冷却ダクトの熱解析を行って実現させた。

### 5. 開発課題

ボックスを搭載する位置の熱環境に影響をおよぼす要因としては、エンジンとラジエータファンがあげられる。当社の冷却ボックスでは4項に示したように排気ダクトをラジエータファンシェラウド部分に配置させる必要から、冷却ボックスのE/R内での取り付け位置が制約されることになる。表1に当社製品の取り付け位置と他社製品の取り付け位置周囲における熱環境の比較を示す。当社製品はエンジンの排気側に取り付けられているため、すぐ近くをガソリン燃焼後の高温ガスが通過することになり、また、ボックスが直接ラジエータファンの熱風にさらされることにもなる。このことにより、ボックスの周囲温度は他社製品の80と比較して90と高くなっている。

また、新規開発の冷却ボックスにおいては、内部に2個のユニットの収納が計画されたため、ボックス内部においても2個の熱源を十分に効率的に冷却することが要求されることになった。

よって新規の冷却ボックスの開発にあたっては、取り付け位置の制約による周囲の厳しい熱環境とボックス内部の2個の熱源に対して十分な冷却能力を有することが課

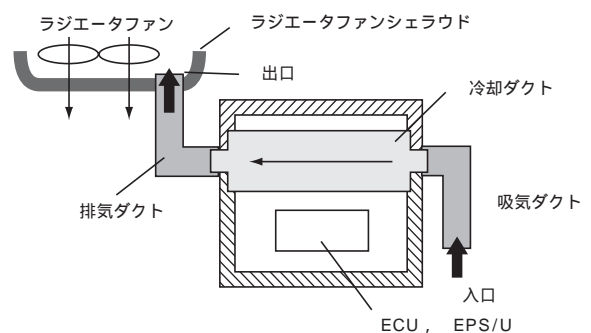


図2 冷却システム  
Cooling system

表1 熱環境比較  
Comparison of heat environment

項目	他社製品	当社製品
エンジンに対する位置	吸気側	排気側
ラジエータファン	熱風が当たらない	熱風が当たる
ボックス周囲温度	80	90
ボックス収納ユニット	ECU	ECU, EPS/U

題とされた。

## 6. 冷却ダクトの熱解析

### 6.1 解析条件

冷却ダクトの構造を検討するにあたり、表2に示す解析条件で熱解析を行った。解析条件は、様々な自動車の走行モードを評価した結果、E/R内の温度が最も上昇する夏場のアイドル状態を想定している。ただし、ユニット発熱量は、ECUとEPS/Uの発熱量をあわせて19Wとした。

また、冷却性能の目標スペックとしては、ユニット内部のCPU動作保証温度（以下、ユニット内部温度） $T_u$ を

表2 解析条件  
Calculation conditions

No.	項目	記号	条件
1	ボックス周囲雰囲気温度	$T_{e/r}$	90
2	冷却ダクト入口温度	$T_{di}$	60
3	ユニット発熱量	$W$	19W
4	冷却ダクト風量	$M$	40 l/min

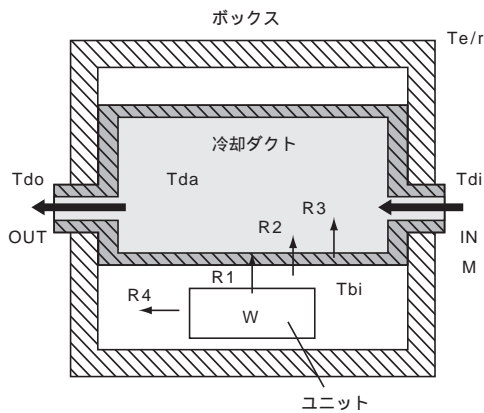


図3 解析モデル  
Calculation model

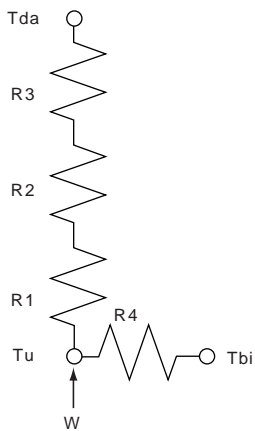


図4 熱等価回路  
Thermal equivalent circuit

105 以下とした。

### 6.2 熱解析

次に、図3に示す解析モデルを用い熱解析を行った<sup>1)2)3)</sup>。ボックスの内部に冷却ダクトを収納し、ECUおよびEPS/Uは1個のユニットとして考え、それぞれの発熱量を合わせた熱量 $W$ を与える。R1~R3はユニットから冷却ダクトまでの熱抵抗、つまりユニットから冷却ダクトの空気に熱が移動する間の熱抵抗である。一方、R4はユニットからボックス内部の空気までの熱抵抗、つまりユニットからボックス内部の空気に伝わる間の熱抵抗である。それぞれR1、R3およびR4は熱伝達および熱放射による熱抵抗、R2は熱伝導による熱抵抗を表している。

また、図3の解析モデルは図4の熱等価回路で表すことができ、図4をもとに式(1)で表現できる。ただし、冷却ダクト内の温度を均一と仮定し、入口出口の平均温度 $T_{da}$ を用いて冷却ダクト出口温度は式(2)より算出する。

$$W = (T_u - T_{da}) / R_a + (T_u - T_{bi}) / R_4 \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 $R_a = R_1 + R_2 + R_3$ 、 $T_{bi}$ ：ボックス内部空気温度とする。

$$T_{do} = (T_{di} - T_{bi}) \cdot \exp(-L / C \cdot R_d) + T_{bi} \dots \dots \dots (2)$$

ただし、 $T_{do}$ ：冷却ダクト出口温度、 $L$ ：冷却ダクト長さ、 $C$ ：熱容量、 $R_d$ ：ダクト全熱抵抗とする。

ここで表2の解析条件を変えずに冷却能力を向上させる方法として、一般的に以下の方法が考えられる。

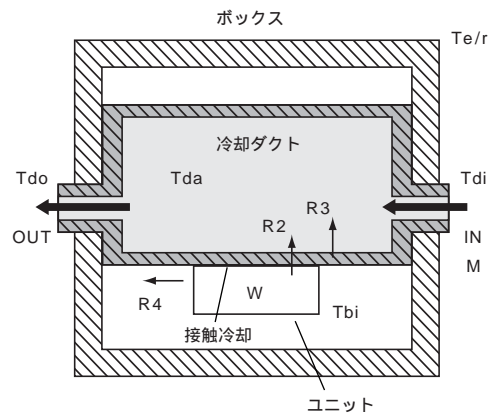


図5 解析モデル（接触）  
Calculation model (contact)

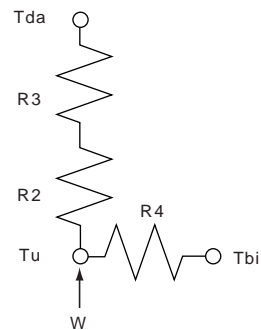


図6 熱等価回路（接触）  
Thermal equivalent circuit (contact)

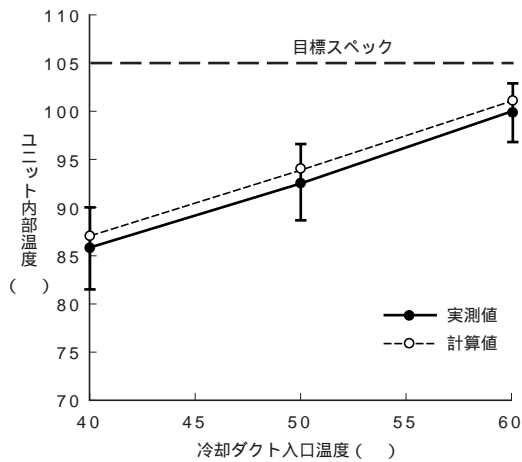


図7 解析結果と実測試験結果の比較  
Comparison of calculation result  
and examination result

#### 冷却ダクト容積拡大

#### 冷却風量の増大

#### 金属などの高熱伝導材質の冷却ダクト

これらに対し、冷却ダクト容積拡大は、本ボックスで確保可能な冷却容積にし、冷却風量の増大は、冷却ダクト内の損失抵抗を極力低減させた。ただし、はコストの問題で実現困難であった。

さらに、冷却能力の向上をはかるため接触冷却を行った。接触冷却とは、図5に解析モデル、図6に熱等価回路を示すが、最も高温になるユニットの上面を冷却ダクトに接触させることにより、ユニット上面の冷却を熱伝達から熱伝導による冷却にすることである。式(1)より、 $R_1$ の熱抵抗の項がなくなり、 $R_a$ の熱抵抗つまりユニットと冷却ダクト間の熱抵抗が軽減し、冷却能力が向上することがわかる。

### 6.3 解析結果および実測試験結果

次に式(1)および(2)による解析結果とモックアップによる実測試験結果との比較を行った。

図7に各冷却ダクト入口温度に対するユニット内部温度の関係を示す。解析条件および試験条件ともに表2の条件で行っている。実測試験では試験の $\pm 3$  パラツキを考慮して評価した。図7よりわかるように計算値と実測値の相関性が確認でき、ユニット上面を接触冷却させた冷却ダクト構造で十分な冷却性能が得られた。

## 7. む す び

本冷却構造によって、室内環境仕様のECUをE/R内に収納することができるECU冷却ボックスを開発でき、また、同時に二つのユニットをボックスに収納することができた。

今後、さらに多くの自動車においてECUのE/R内配置が採用されていくが、今回開発したECU冷却ボックスの冷却技術および防水技術により、厳しい温度環境においても、室内環境仕様のECUが収納可能で、かつ複数のユニットも収納できるボックスを開発することができる。

## 参 考 文 献

- 1) 自動車規格(JASO)自動車用低圧電線の許容電流, 社団法人自動車技術会発行
- 2) エレクトロニクスのための熱設計完全入門, 日刊工業新聞社, ISBN4-526-04045-2 C3054, 1997年
- 3) トラブルを避けるための電子機器の熱対策設計, 日刊工業新聞社, ISBN4-526-03201-8 C3054, 1992年
- 4) JCS第168号E(1995)日本電線工業会規格 電力ケーブルの許容電流(その1), 社団法人日本電線工業会発行
- 5) 電気協同研究第53巻第3号 地中送電線の送電容量設計, 社団法人電気協同研究会発行