

## 車両用フロアヒーティングシステムの開発 (第2報)

— キャンピングカーの暖房環境測定 —

保科 秀夫, 富田 和彦  
小室 勝豊\*, 藤本 新二\*

### Development of Floor Heating Systems for Automobiles (Part II)

— Measurements of the Thermal Environment in Motorhomes —

Hideo HOSINA, Kazuhiko TOMITA  
Katutoyo KOMURO\*, Sinji FUJIMOTO\*

#### 抄 録

フロアヒーティングシステムを搭載したキャンピングカーを用いて、冬期寒冷地における車内暖房実験を行った。その結果、従来の温風ファンのみによる暖房に比べ車内上下の温度差が小さく、快適な暖房環境であることが確認できた。しかし、外気温度が $-13.7^{\circ}\text{C}$ の中で床暖房のみを行った場合、全体的に車内温度が低くて寒く感じることがあった。この様な場合は、床暖房と温風ファンを併用することにより、車内温度が全体的に上がり、同時に車内上下の温度差も小さくファンの騒音も少ない、快適な暖房環境が得られることが分かった。このことから、このフロアヒーティングシステムは従来の温風ファンと併用をすることなどで、より快適な車内暖房環境を提供する優れた暖房方式であることが確認できた。

#### 1. はじめに

従来の温風ファン方式と比べて、より快適な車内暖房環境を実現する新しい暖房方式としてフロアヒーティングシステムが挙げられる。そこで著者らは、先にエンジン排熱を利用するフロアヒーティングシステムを搭載した1BOXタイプの商用車を用いた実験により、車両用床暖房としての特性や有効性を確認してきた<sup>1)2)</sup>。

本研究は、よりハイレベルの快適性が要求されるキャンピングカーにおいても、フロアヒーティングシステムの特性や有効性を確認することを目的に、三笠市桂沢湖畔において冬期寒冷地における車内暖房実験を行った。

#### 2. 実験装置と方法

##### 2.1 実験車両

実験に用いた車両は、写真1に示す三菱キャンター4WD、ワイドロングシャシ、2t車をベースに製造されたオールシーズンタイプのキャンピングカー<sup>3)</sup>である。車室内の寸法は全長×全幅×全高が4550mm×2010mm×リビング部1900mm、キッチン部2060mmで、図1の斜線で示す部分約3m<sup>2</sup>にゴムチップ床暖房パネル<sup>4)</sup>を試作施工した。施工したパ

ネルは、厚さ12mm、配管ピッチ100mm、重量約47kgで、表面を床用塩化ビニールシート仕上げとした。



写真1 実験車両

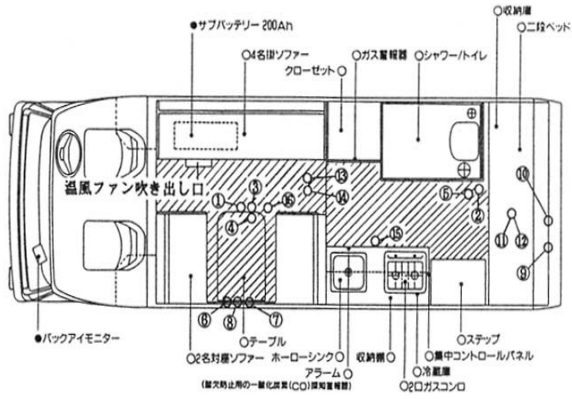


図1 床暖房パネル敷設置位置

2.2 温水システム

搭載した温水システムは図2と写真2に示すように、温度や流量の変動が大きいエンジン冷却水を温風ファン部から分岐し、一次温水として熱交換器に導き、そこで得られる二次温水を温度調節機能付き手動ミキシングバルブで温度変動の少ない状態にして、車載用循環ポンプ（三国工業（株）製、仕様…電圧24V、電流7A、送水量2400/h、揚程6mAq）により一定流量で床暖房パネルに供給する方式とした。この温水システムをリビング部の4名掛けソファ内部に収納し（写真3、写真4）、車室内においてミキシングバルブによる温水温度の設定を行えるようにした。また、パネルを前半分のリビング部分（以後「L部」と略す。）と後半分のキッチン部分（以後「K部」と略す。）に分けて並列に配管し、二次温水の総通水量を約300/hとした。

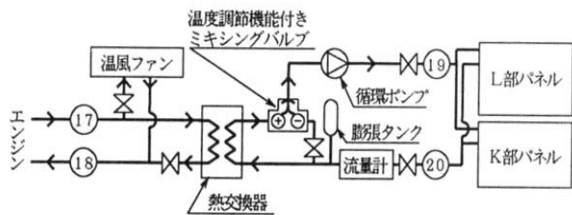


図2 温水システムの概略図



写真2 温水システム

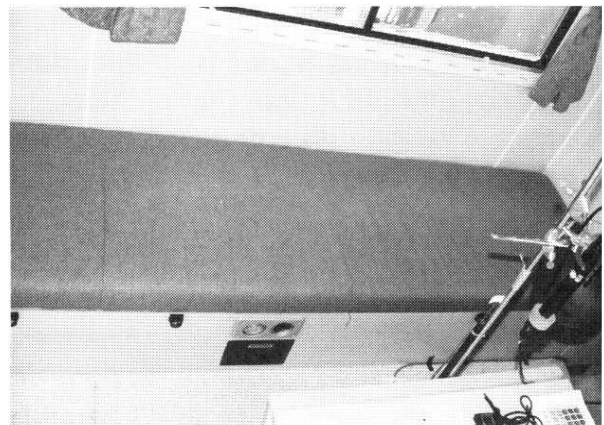


写真3 温水システム収納(1)

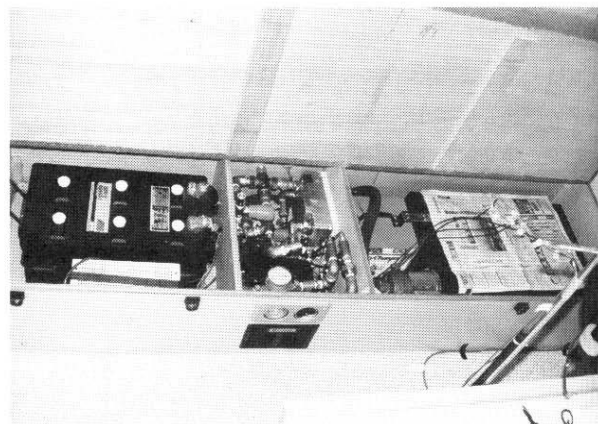


写真4 温水システム収納(2)

### 2.3 温度及び熱流測定箇所

温度及び熱流測定箇所は図1、図2に示すように、①：L部垂直温度分布（5点）（写真5）、②：K部垂直温度分布（5点）（写真6）、⑥～⑩：窓・壁表面温度及び熱流、⑪・⑫：ベット部空気温度（上段・下段）、⑬～⑯：床表面温度及び熱流（写真7）、⑰・⑱：エンジン側一次温水温度（入口・出口）、⑲・⑳：パネル側二次温水温度（入口・出口）、その他に天井表面温度と熱流及び外気温度とした。

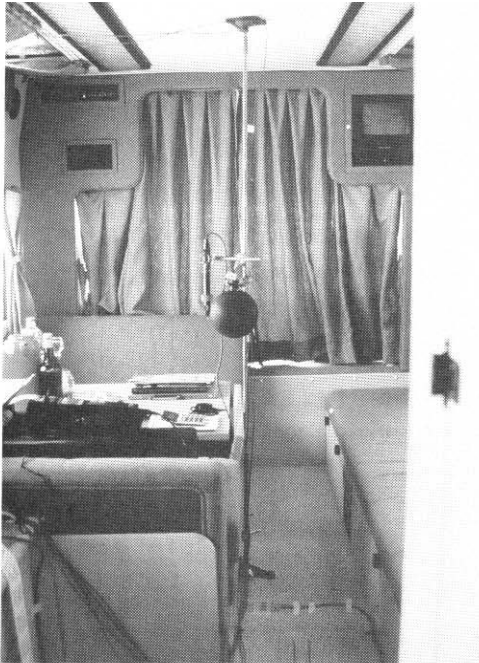


写真5 L部垂直温度分布測定部



写真6 K部垂直温度分布測定部

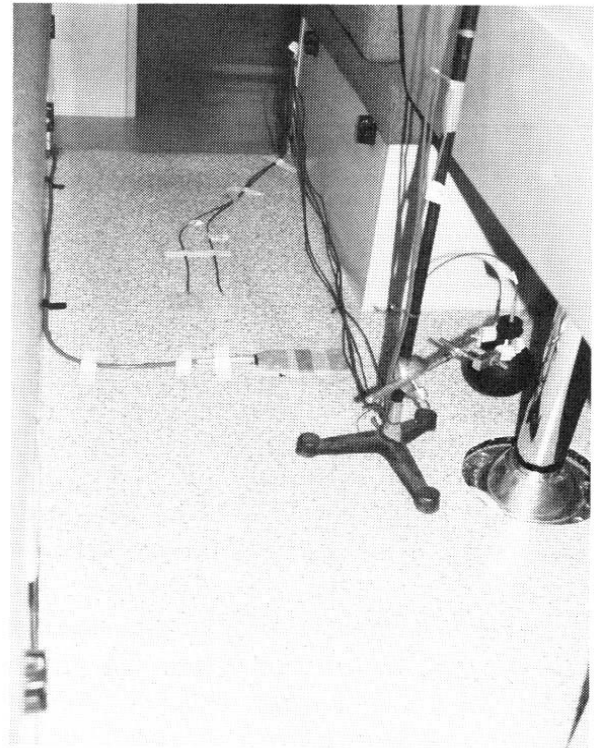


写真7 床面測定部

### 2.4 温熱環境評価

図1中③～⑤に示す、グローブ球とL部垂直温度分布の床上93.25cm測定箇所横に設置したマルチ環境センサーにより放射温度、風速、相対湿度を測定し、車室内の温熱環境の快適性を表す指標であるPMV<sup>5)</sup>とPPD<sup>5)</sup>を算出した。ここで、PMV（予測平均回答）は、多くの被験者による熱感覚統計データを基にした判断指標で、同一環境下に居る多くの人の熱的評価の平均値を、次の7段階の評価で表現している。

- +3：暑い    +2：温かい    +1：やや温かい
- 0：どちらでもない
- 1：やや涼しい    -2：涼しい    -3：寒い

PPD（予測不満足率）は、PMV値を基に算出した熱的に不快に感じる人の予測割合（%）を示す。

### 2.5 実験条件

実験内容は本システムの制御特性実験と車内暖房実験とし、それぞれにおいて床暖房パネルへ供給する温水温度とファンの有無の組み合わせにより条件を設定し実験を行った。車両の運転条件は、全実験条件を駐車時のアイドリング状態で行い、温水の熱源は、暖房用に搭載していた軽油式のプレヒータ（独立式燃焼機）を使用せず、エンジン排熱のみとした。この条件でのエンジン側一次温水温度は46℃から54℃の範囲であった。また、運転席の温風暖房は、全実験において吹き出し方向を「足元吹き出し+窓の曇り止め」、風量はリビング部での測定に影響がでないように最小とした。実験条件

を表 1 に示す。

表 1 実験条件

実験内容	暖房システムの制御特性実験						車内暖房実験				
	温度制御特性実験						パネル立ち上げ実験	垂直温度分布比較実験		温度立ち下げ実験	
床暖房 <sup>a)</sup>	0	3	4	5	6	9	4	4	4	なし	なし
ファン <sup>b)</sup>	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	小	大	なし	なし

a) 「床暖房」の数字は手動ミキシングバルブの温度調節ツマミの回転数を表し、「0」は全開で最もパネル入口温度が低く、「9」は全開で最も温度が高い状態を表す。  
 b) 「ファン」は「大」「小」「切」とある風量切り替えツマミの位置を表す。

3. 実験結果と考察

3.1 暖房システムの制御特性

温度制御特性実験におけるパネル入口温水温度と床表面温度の関係を図 3 に示す。この図から、温度調節機能付き手動ミキシングバルブによりパネル入口温水温度は 22℃～50℃の範囲で制御され、これにより床表面温度が 18℃～35℃の範囲で制御できたことが分かる。また床暖房の性格上、加熱面である床面は常に人体の一部と接触している可能性があるため、加熱面の上限温度が規制される。一般的に住宅用床暖房の床面温度は 30℃を上限と考えられている<sup>6)</sup>ことから、本システムの床表面温度を 30℃とするためには、入口温度が約 45℃の温水を通水すればよいことが分かる。

次に、パネル立ち上げ実験における床表面温度の経時変化を図 4 に示す。この図から、K 部と L 部の床表面温度が、温水供給開始後約 20K 上昇し、設定温度である 30℃になるまでに要した時間は約 2 時間弱であることが分かる。また、この安定状態となった時の平均車内温度は約 15℃で、床表面からの放熱量は約 175W/m<sup>2</sup>、床面全体の総放熱量は約 523W であった。

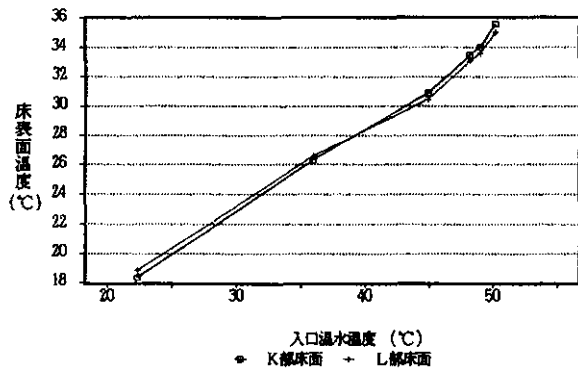


図 3 暖房パネル温度制御特性

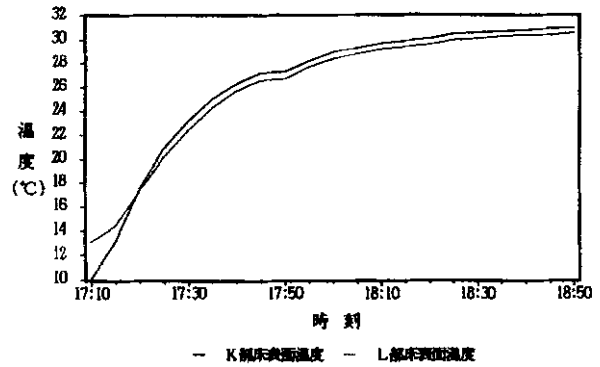


図 4 パネル立ち上げ実験結果

3.2 車内暖房環境

3.2.1 車内温度分布

温風ファンのみ、床暖房のみ、床暖房と温風ファン併用の三通りで暖房を行った場合の、L 部における垂直温度分布を図 5 に、K 部における分布を図 6 に示す。ここで、それぞれの測定を行った時の外気温度は温風ファンのみは -5℃、床暖房のみは -13.7℃、床暖房と温風ファン併用は -10℃であった。これらの図を比較すると、温風ファンのみは車内上下の温度差が L 部で 14K、K 部で 17K、平均温度は L 部で 17℃、K 部で 14℃であるのに対し、床暖房のみは温度差が L 部で 3K、K 部で 1K、平均温度は L 部、K 部ともに 14℃である。このことから、温風ファンによる暖房に比べ床暖房は車内上下の温度差はかなり小さくなるが、全体的に車内温度が低いことが分かる。これに対し、床暖房と温風ファン併用では温度差は L 部で 5K、K 部で 4K、平均温度は L 部で 24℃、K 部で 20℃となり、理想的な温度であることが分かった。

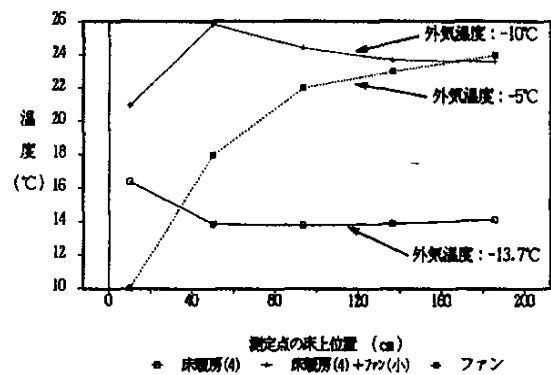


図 5 L 部垂直温度分布

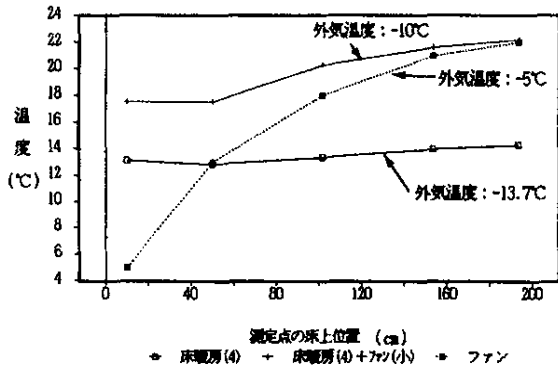


図6 K部垂直温度分布

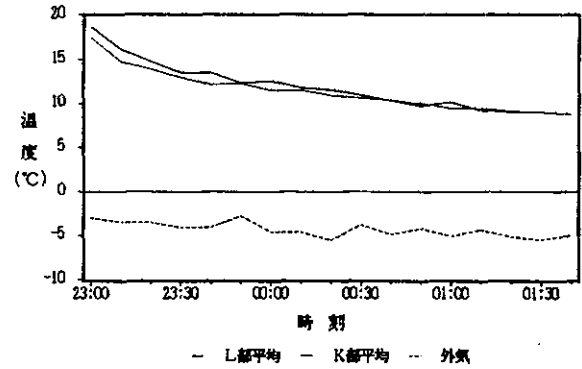


図7 立ち下げ実験結果(施工前)

3.2.2 車内温熱環境の評価

温風ファンのみでの暖房を行った時のPMVは-0.7, PPDは18%となりそれほど不快を予測させる値ではないが, 車内上下の温度差が大きいと居住者の80%以上がその温熱条件を許容するであろうと考えられる推奨快適条件<sup>7)</sup>の一つである「床面から1.1mの高さの空気温度と0.1mの高さの空気温度(頭部と足下)の差が3℃以下であること。」にあてはまらないことから快適な温熱環境ではないことが分かる。これに比べ床暖房のみは車内上下の温度差はかなり小さくなるが全体的に車内温度が低く, この時のPMVは-2.3, PPDは87.5%となり, 多くの人が「涼しい」と「寒い」の間という熱感覚で, 87.5%の人が熱的に不快を感じる環境であることが分かる。これに対し, 床暖房と温風ファン併用時のPMVは-0.1, PPDは5.7%となり, 人間が居住する空間の推奨される快適条件は $-0.5 < PMV < 0.5$ ,  $PPD < 10\%$ とされている<sup>7)</sup>ことから, 快適な暖房環境であることが分かる。

3.2.3 車内温度の立ち下がり

暖房を止めた後の車内温度立ち下げ実験における床暖房パネルを施工する前の車内空気温度の測定結果を図7に, 施工した後の測定結果を図8に示す。これらの図から, パネル施工前は約18℃だったL部とK部の平均車内空気温度は約2時間半で約10K低下したのに対し, 施工後は1/2の約5Kの温度降下となった。これは, ゴムチップ床暖房パネルを施工することによりパネル自体が断熱材の役割を果たし, 車室内の熱が車両床下から逃げるのを妨げたためと思われる。

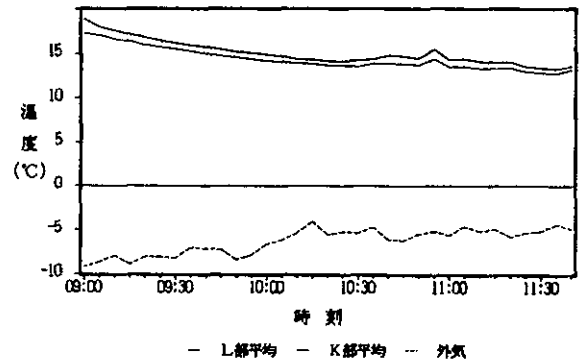


図8 立ち下げ実験結果(施工後)

4. ま と め

床暖房を用いた車内暖房は, キャンピングカーにおいても従来の温風ファンヒータによる暖房に比べ, 足元が暖かく, 温風ファンのみで暖房した時の頭部の暑過ぎ, 足元の寒過ぎといった不快は解消され, 同時にファンの騒音も小さく, より快適な暖房環境を実現できる優れた暖房方式であることが分かった。しかし, 床表面温度を住宅用床暖房における上限と言われている30℃に設定すると, 従来の温風ファンによる暖房に比べて全体的な車内空気温度が多少低い場合があった。しかし, 温風ファンと併用することにより, 車内上下温度差や平均車内温度等の温度環境は理想的となり, 温熱環境評価においてもPMV=-0.1, PPD=5.7%に示されるように「快適な温熱環境」となること等が, 最低外気温度が-20℃の中で行った本実験においても確認できた。また, 温風ファン及び床暖房を停止した場合でも, 敷設されたゴムチップパネル自体が断熱効果をもつことにより, 車両床下から熱が逃げることを防ぎ, その結果ある程度車内温度を保つことが出来ることも分かった。

<謝 辞>

今回の実験を行うにあたり, キャンピングカーのご協力を戴いた札幌ボディー工業(株)の皆様にご心より感謝の意を表します。

<引用文献>

- 1) 保科ほか：フロアヒーティングによる車内暖房環境，第8回寒地技術シンポジウム講演論文集，p.153（1992）
- 2) 保科ほか：車両用フロアヒーティングシステムの開発－車内暖房環境の測定－北海道立工業試験場報告，No.292，p.67（1993）
- 3) 及川ほか：オールシーズンタイプキャンピングカーの開発，平成4年度共同研究報告書，p.1－34（1993）
- 4) 富田ほか：ゴムチップ温水床暖房パネルの開発，北海道立工業試験場報告，No.287，p.101（1988）
- 5) 国際規格 ISO 7730
- 6) 日本床暖房工業会編：温水暖房システム－設計・施工ハンドブッカー，p.41，日本床暖房工業会，（1993）
- 7) 国際規格 ISO 7730 Annex A