

321 ニューラルネットを用いた自動車車室内の快適度予測

A Prediction Method for PMVs in a Car Compartment Using Neural Network

○正 小島 一恭 (埼玉大) 正 綿貫 啓一 (埼玉大)

Kazuyuki KOJIMA, Saitama University, Shimo-okubo 255, Sakura-ku, Saitama-shi, Saitama 338-8570
Keiichi WATANUKI, Saitama University

Key Words: Car Air Conditioning System, Predicted Mean Vote, Neural Network

1. 緒 言

近年、自動車用空調システムは、フルオート化が進められ、ひとたび温度設定を行えば、乗員数や刻々と変化する外気の温度状況に対応して、車室内の温度を設定温度に保つような制御がなされる。しかしながら、乗員の快適度は単に温度のみに依存するわけではなく、一般に心の状態や、空間構成、色彩・色調、音、光、空気質など心理的・生理的要因が影響するといわれている⁽¹⁾。このため、たとえフルオートエアコンを利用していたとしても、一度設定した設定温度を運転中に何回か変えなければならない状況になることがある。

快適度に影響するもののうち、空調調和に関する温熱的快適についてはISOで人間の温熱感覚を規格化した平均予測温熱申告 (PMV: Predicted Mean Vote)⁽²⁾を指標として定量的に扱うことができる。PMVは、外部への仕事を無視すると、温熱感に影響を及ぼす(1)気温、(2)放射温度、(3)気流速、(4)相対湿度、(5)代謝率、(6)着衣量の温熱環境6因子から求めることができる。したがって、これらを各乗員位置または室内の代表点において計測し、PMV値を算出すれば、快適性を考慮した空調制御を行うことができる。しかし、現実にはコストやスペースなどの問題からPMV算出に必要なセンサを付加することは難しい。

そこで、本研究ではニューラルネットを用いて自動車の既存のセンサ情報から車室内快適度を予測する方法について検討する。

2. 平均予測温熱申告 (PMV)

PMVは、被験者1000人に温熱的快適度を-3(寒い)から+3(暑い)の数値で申告してもらい、その結果を統計的に評価し、定量化したものである。人の温熱感に影響を及ぼす(1)気温 t [°C]、(2)放射温度 t_{mrt} [°C]、(3)気流速 v

[m/s]、(4)相対湿度 ϕ [%]、(5)代謝量 M [W/m²]、(6)着衣量 I_{cl} [m²・°C/W]をもとに、

$$\begin{aligned} PMV = & \{0.33 \exp(-0.036M) + 0.028\}[(M - W) \\ & - 3.05\{5.73 - 0.007(M - W) - p_a\} \\ & - 0.42\{(M - W) - 58.1\} \\ & - 0.0173M(5.87 - p_a) \\ & - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl}\{(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mrt} + 273)^4\} \\ & - f_{cl}h_c(t_{cl} - t)] \end{aligned} \quad (1)$$

と求められる。ただし、 f_{cl} は着衣状態の体表面積と裸体表表面積の割合で、

$$\begin{aligned} f_{cl} &= 1.0 + 0.2I_{cl} \quad I_{cl} \leq 0.5\text{clo} \\ f_{cl} &= 1.05 + 0.1I_{cl} \quad I_{cl} > 0.5\text{clo} \end{aligned} \quad (2)$$

p_a は飽和水蒸気圧と湿度から求められる。衣服表面温度 t_{cl} は、式(3)より反復計算によって求められる。

$$\begin{aligned} t_{cl} = & 35.7 - 0.028(M - W) \\ & - 0.155I_{cl}[3.96 \times 10^{-8} f_{cl}\{(t_{cl} + 273)^4 \\ & - (t_{mrt} + 273)^4\} + f_{cl}h_c(t_{cl} - t)] \end{aligned} \quad (3)$$

対流熱伝達率 h_c は、

$$h_c = \max\{2.38(t_{cl} - t)^{0.25}, 0.0121\sqrt{v}\} \quad (4)$$

である。

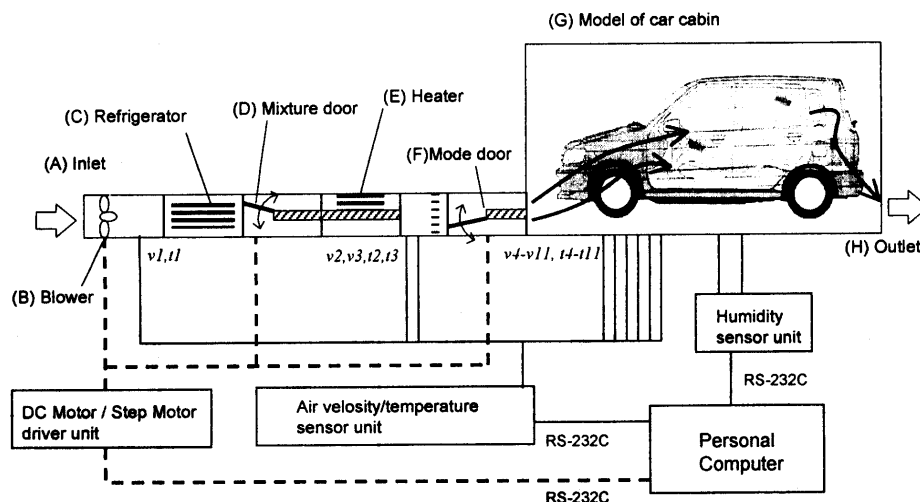


Fig.1 Experimental System

3. 実験および方法

3.1 実験システム

図1に実験システムの概観を示す。本研究では、車室内高さ約260 [mm]、長さ550 [mm]の縮小モデルを使用する。空調装置の構成はいわゆるリヒートエアミックス方式で、流入口(A)から流入した空気は冷却装置(C)により一旦すべての空気が冷却・除湿される。その後、ミックスドア(D)の開度に応じた配風比で分岐され、一部がヒータ(E)で加熱され高温空気となる。残りの冷気と再び混合し、空調に必要な温度の空気を生成する。この空気はモードドアの角度に応じた配風比で、車室内前面パネルの上下の吹き出し口から室内に送り込まれる。車室内外、空調装置ダクト内の合計11ヶ所の温度および気流速を計測するとともに、PMV算出のため、車室内の2ヶ所(前列頭部、脚部)の湿度を計測する。

3.2 データの計測

表1に制御シーケンスを示す。10分毎にブロワー開度とミックスドア開度を変え、温度、気流速、湿度の時系列データを計測し記録する。サンプリング間隔は5秒である。表1のシーケンスを3周期繰り返し、起動直後はシステムが不安定なことから、起動後の1周期を除いた2周期分のデータ、合計2160サンプルを計測データとして使用する。

4. ニューラルネットを用いた快適度予測

4.1 快適性予測の手順

以下にニューラルネットを用いた快適度予測の全体の手順を示す。

1. ブロワー開度、ミックスドア開度を種々に変更しながら実機にて実験をおこない、温度、気流速、湿度の過渡状況を測定する。
2. このデータから矛盾するデータを取り除く。すなわち、同じ入力に対して異なる出力となるデータを削除し、入力データと教師データを作成する。
3. 2. で得られたデータを下にニューラルネットの学習を行う。
4. 実験の初期条件を与えニューラルネットで過渡状況を予測し、実際のデータとの比較を行う。

Table 1 Control sequence

Time(min.)	Blower open(%)	Mix door open(%)
0-10	80	0
10-20		50
20-30		100
30-40		0
40-50	33	50
50-60		100
60-70		0
70-80	0	50
80-90		100

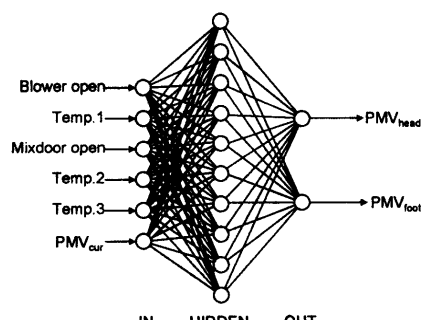


Fig.2 Neural network

4.2 入力データ、教師データの作成

実測したデータを処理し、入力データと教師データを作成する。入力データは、ブロワー開度、冷却装置直後の空気温度、ミックスドア開度、高温側空気温度、冷氣温度、車室内平均PMV値、教師データは入力データに対して5秒後の前列頭部付近のPMV値と脚部付近のPMV値である。同じ入力に対して異なる出力となるような矛盾したデータを取り除き、2160サンプルのうち712サンプルを入力データ、教師データとして使用する。

4.3 ニューラルネットの構成

図2にニューラルネットの構成を示す。入力層6、隠れ層10、出力層2の階層型ネットワークである。

入力層への入力、ブロワー開度、冷却装置直後の空気温度、ミックスドア開度、ヒータ直後温度、バイパスエア温度、車室内平均PMV値、出力層からの出力は、前列頭部付近PMV値、脚部付近PMV値である。このニューラルネットを誤差逆伝播法で学習する。

室内PMV値の過渡状況を予測するときは、出力で得られた2つのPMV値の平均を次の入力として用い、これを繰り返すことでPMV値の過渡変化を予測する。

4.4 PMV値予測結果

500000エポック学習したニューラルネットを用いて前列頭部付近のPMV値と脚部付近のPMV値を予測した。図3に表1のシーケンスを2周期行った場合の結果を示す。誤差はPMVのとりうる値の範囲に対して最大でも2.5%であり、よく近似されているといえる。

5. 結 言

本研究ではニューラルネットを用いて自動車に搭載されている既存のセンサの情報から車室内の快適度を予測する方法を検討した。制御シーケンスに応じた車室内のPMV値を実験的に求め、それを教師データとして誤差逆伝播法によりニューラルネットの学習を行った。得られたニューラルネットのPMVの予測値と実験値はよく近似しており、本手法が有効であることを確認した。本研究のニューラルネットを使用しPMVの予測値を使用して空調制御を行うことで、新たなセンサを付加することなく快適度を考慮した制御が可能となる。

文 献

- (1) 空気調和・衛生工学会編、徹底マスター空気線図の読み方・使い方、(1999)、41、オーム社。
- (2) P.O.Fanger, Thermal Confort, (1970), McGraw-Hill.
- (3) 小島一恭・綿貫啓一・伊藤榮信・大滝英征、自動車空調システムの制御プログラム自動生成、設計工学、37-1, (2002)、35-42.

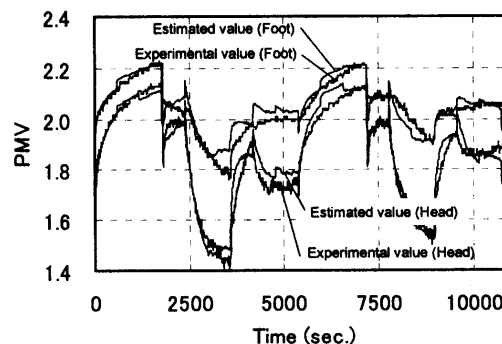


Fig.3 Estimated and experimental results