

エアーカーテン

Air curtain

角 雅姫 竹澤 春樹 塚崎 優生 宮本 一真

Kado Miyabi Takezawa Haruki Tsukasaki Yuki Miyamoto Kazuma

Abstract

Air curtains are used to keep the temperature inside the show window at the supermarket. We made a model of air curtains and studied what is necessary to increase the efficiency of air curtains. We investigated the size of the hole that ejects air most strongly and the temperature change and air diffusion with the air curtain model.

要約

エアーカーテンは、スーパーのショーウィンドーの中の温度を保つために使用されている。私たちはエアーカーテンのモデルを作成して、エアーカーテンの効率を高めるうえで必要なことを研究した。4つの実験をすることで、最も風速が大きくなるような空気を噴出する穴の大きさやエアーカーテンのモデルについての温度変化や空気の拡散を調べた。

はじめに

エアーカーテンはスーパーのオープン型の冷蔵庫の中の温度を保つために使用されているが、売り場には冷気が漏れ出ている。私たちはその原因を吹き出し口の形状によるものだと考えた。そこで空気の拡散を少なくし、より少ないエネルギーで利用できるエアーカーテンを作りたいと思い実験を始めた。

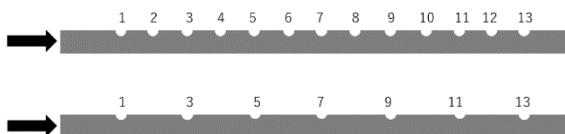
[実験1]

目的

どのような穴の大きさで、どれくらいの穴の間隔のときパイプの穴から出る風速が大きくなるのかを調べる。

方法

内径 3.2 cm、外径 3.8 cm の長さが等しいパイプを 2 本用意し、一定の穴の大きさを左右均等にあける。各パイプの中心の間隔を 3.0 cm と 6.0 cm とし、3.0 cm 間隔のパイプは穴を 13 個、6.0 cm 間隔のパイプは穴を 7 個あける。最初に直径 2.5 mm の大きさの穴をあけ、順に 1 mm ずつ穴の大きさを大きくしていき 6.5 mm まで穴の大きさを変える。パイプの片方(図 1 右側)は閉じておき、反対からドライヤーで空気を入れる。そのときの穴ごとの風速を風速計で測定する。



(図 1) パイプの模式図

結果

3cm間隔 風速(m/s)			
穴の直径mm	平均の風速 m/s	平均の風量 cm ³ /s	風量の和 cm ³ /s
2.5	15.3	300	3900
3.5	18.9	730	9490
4.5	21.7	1380	17940
5.5	20.1	1910	24830
6.5	15.4	2040	26520

6cm間隔 風速(m/s)			
穴の直径\番号	平均の風速 m/s	平均の風量 cm ³ /s	風量の和 cm ³ /s
2.5	16.0	310	2170
3.5	21.0	810	5670
4.5	21.0	1340	9380
5.5	18.6	1770	12390
6.5	18.0	2390	16730

(表 1) パイプの穴から噴出される風量

結果から 3.0 cm 間隔・4.5 mm の穴の大きさをあけたときに最も風速が大きくなった。また、風量の和は穴の大きさが大きくなるごとに大きくなっていった。よって 3.0 cm 間隔・4.5 mm の穴の大きさをあけたパイプをエアーカーテンのモデルとして、次の実験 2 をする。

考察

穴の大きさが小さいとき、噴出される空気の量が少ないため風は弱い。穴の大きさが大きくなるにつれて、噴出される空気の量は多くなるが、ドライヤーの風力に限界があるため、穴の直径 4.5 mm 以降は、1 つの穴から出る空気の勢いが弱くなったため表 1 のような結果になったと考えられる。

[実験2]

目的

実験1で風速が最大となった3.0 cm間隔・4.5 mmの穴の大きさのパイプを用いたエアーカーテンのモデルによって、庫内の温度変化を妨げるかどうかを調べる。

方法

発泡スチロールの箱の内部に保冷剤を入れ、内部を外部の室温よりも低くし冷蔵庫のモデルとする。エアーカーテンにドライヤーのクールモードで空気を送り出した。その時の庫内の空気の流れを観察しやすくするために、箱の内部には黒い紙を貼り、スモークマシンで煙を入れた。実験では温度センサーを底面の中心に当たる縦18.5 cm、横13.2 cm、底面からの距離3.0 cmのところ、上面と下面に一つずつ設置して庫内の温度変化を測定した。

発泡スチロールの箱のふたを横にスライドさせ、10秒間開けたのちにふたをスライドさせて閉めた。開閉にはそれぞれ2秒ずつかけ、エアーカーテンを真下に向けて噴出した。またエアーカーテンの効果を比較するためにこの実験と同じ条件で、エアーカーテンを取り除いた場合でも温度変化を測定した。

(写真1)

結果

[エアーカーテンなし]

／	／	実験前	実験後	温度変化
部屋の温度		21.1	21.2	0.1
温度1	上	15.5	17.1	1.6
温度2	下	11.2	12.8	1.6

[エアーカーテンあり]

部屋の温度		20.6	20.6	0
温度1	上	14	17.1	3.1
温度2	下	12.3	16.7	4.4

(表2) 実験前後の温度変化

上側の実験結果がエアーカーテンなしのときを示し、下側の実験結果がエアーカーテンありのときを示す。

考察

エアーカーテンがあるときは庫内の温度変化を小さくすることよりも、庫内の空気の循環を高めることにエアーカーテンがはたらき、結果として庫内の温度変化が大きくなったと考えられる。その一番の要因は、パイプの各穴の傾きの違いといった誤差に

よるものだと考え、吹き出し口の形状を工夫することで、庫内の温度変化の抑制につながると考えた。そこで、吹き出し口の形状に焦点を絞って実験3、4を行っていくことにした。

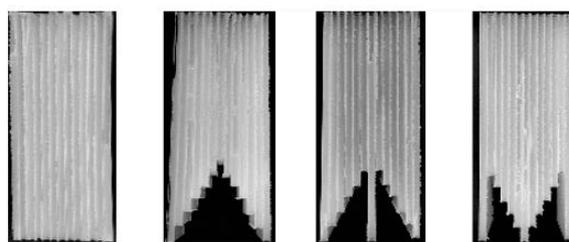
[実験3]

目的

最も空気の拡散が少ないエアーカーテンの吹き出し口の形状を調べる。

方法

断面が段ボールの構造と同じプラスチック板を13枚重ねて空気の吹き出し口を作成する。吹き出し口の形状はA, B, C, Dの4種類である。



A B C D

(写真2) エアーカーテンの吹き出し口の形状

ドライヤーの風を吹き出し口から鉛直真下方向に出し、定めた地点で風速計を用いて風速を測定する。測定する地点は、吹き出し口の先端から28 cm下の点4カ所とした(写真3)。吹き出し口の真下方向を中間(2と3の間:写真3)とし、左右に2.0 cm間隔で線を引き、左から地点1, 2, 3, 4とした。

結果

結果から、現在スーパーで使われている吹き出し口の形状であるAの次に、Dにおいて拡散が少なく、中心部分に風が集中しているとわかった。

型\地点	1	2	3	4
A	0.37	1.73	8.48	6.99
B	5.29	8.21	7.88	4.96
C	3.78	8.5	7.96	5.32
D	2.06	6.1	10.36	4.34

(表3) 吹き出し口の形状と各地点の風速(m/s)

[実験4]

目的

AとDの風速がどのように分布しているかをより詳しく測定する。

方法

- ① 実験1の測定方法と同様にして、今度は吹き出し口の中心の真下方向を地点4とし、その中心から2.0cm間隔で左から1, 2, 3, 4, 5, 6, 7とした(写真4①)。さらに吹き出し口から48cmのところでも7地点で4回測定した(表4, 5)。
- ② 次に、Dについて吹き出し口から8, 13, 18, 23, 28, 33, 38, 43, 48, 53, 58, 63 cm下の距離では中心を5として、2.0cm間隔で9地点測定(写真4②)し、模式図(図2)を作成する。

結果

<28cm 下>

地点	1	2	3	4	5	6	7
風速	4.37	7.09	8.19	6.75	4.28	2.26	1.13

<48 cm 下>

地点	1	2	3	4	5	6	7
風速	2.42	5.58	8.73	11	9.28	5.44	2.35

(表4) Aの再測定の平均値 (m/s)

<28 cm 下>

地点	1	2	3	4	5	6	7
風速	0.91	4.85	8.64	7.88	4.03	0.69	0.42

<48 cm 下>

地点	1	2	3	4	5	6	7
風速	3.77	5.41	7.45	9.36	8.33	5.91	4.37

(表5) Dの再測定の平均値 (m/s)

考察

各地点で4回測定したがA, Dとも値はほぼ変わらなかったため、平均値をとった。(表4, 5)
Dについて、全体的に風速は地点4を中心としてほぼ対称となっている。Aは風速が地点3, 4で大きくなっていて、中心より少し番号が小さい地点で風速が大きくなった。また、Aのほうは左右への風の散らばりが少ないということが分かった。Dの風速が地点4で特に大きくなるのは左右に大きなプラスチック板があるため、左右に逃れようとする風が真下に行くからであると考えられる。

本研究のまとめ

実際に発泡スチロールの箱にエアーカーテンの模型を取り付けて箱内の温度変化を抑制することについては、さらに検討が必要だと考える。エアーカーテンの模型をつけたことによる温度の上昇の要因としては、エアーカーテンが箱内と箱外の空気の循環を高めることにはたらし、箱内の温度変化が大きくなったと考えている。

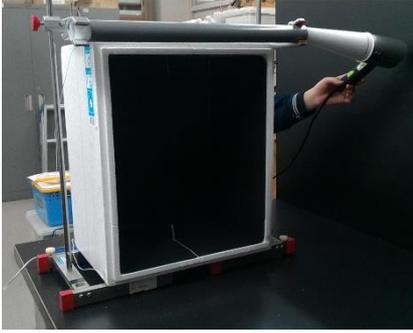
最も空気の拡散が少ない吹き出し口の形状を調べてエアーカーテンの効果をより高めることについては、Aの形状が最適だと分かった。また、Dは拡散が大きいエアコンのように空気を循環させたいときに使用できると考えている。

今後の課題

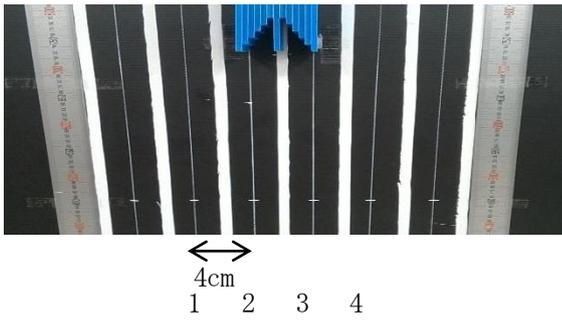
最も空気の拡散を防ぐことのできた吹き出し口の形状でエアーカーテンを作り、それを用いて庫内の温度変化を抑制する実験を行う。

今回は、吹き出し口の形状に注目して実験を進めたが、ドライヤーの風速の変化により風の流れがどのように変わるのかなどの条件を変えて実験を行う。

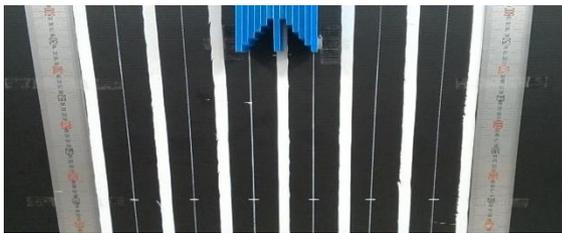
吹き出し口の形状によって場面に応じたエアーカーテンの使い分けについて考える。



(写真1)

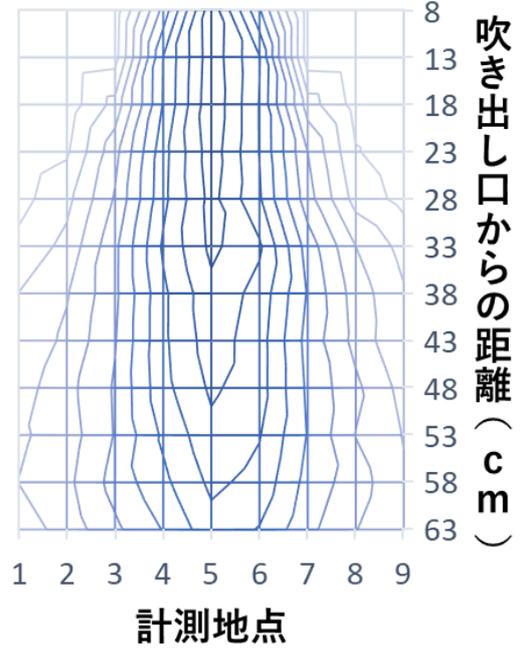


(写真3) 実験3における計測地点



① 1 2 3 4 5 6 7
 ② 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 (写真4) 実験3における計測地点

Dの風速の模式図(2D)



(図2) Dの風速の模式図 上2D, 下3D

Dの風速の模式図(3D)

