

# 知的医療空間システムにおける空調の制御

大西 佑奈

## 1 はじめに

病室や診察室などの医療空間では、同一空間に医者や患者など複数の人間が存在する。人間の健康維持、回復、促進等の目的を実現するためには、医療空間はすべての人間にとって快適な空間であることが望まれる。しかし、個人が要求する環境は異なるものであるのに対し、現在の一般的な医療空間は一貫した環境を提供しており、各人の要求を全て満たすことは困難である。そこで、本研究では環境の中でも温度に焦点をあて、個人ごとに快適な温度を与えられるようなシステムを構築することを目的としている。同一空間内で個人ごとに異なる室温を与えるためには複数の空調を個別に制御する必要がある。本報告では、実際に複数の空調が個別制御可能である実験室を用いた予備実験として空調設備を作動させた場合の空間的な温度変化の計測を行い、その実験結果をまとめている。

また、温度の個別制御に必要なデータを取得するための温度センサを自作し、その温度センサと熱電対の関係を求めた。

## 2 実験設備

本実験は幅 6150mm、奥行き 8220mm、高さ 2740mm の実験室を用いる。本実験室の空調設備は、ゾーンごとの空調設定が可能であり、ゾーンごとの室温の制御に適している全面床吹出空調システムを採用している。全面床吹出空調システムとは、空調空気を床から吹出させる空調システムであり、気流風速が低いため低騒音である。居住域のみの有効的空調であるため省エネ性が高いなどの理由から近年注目を集めている。このシステムの空調吹出口を Fig. 1 に示す。

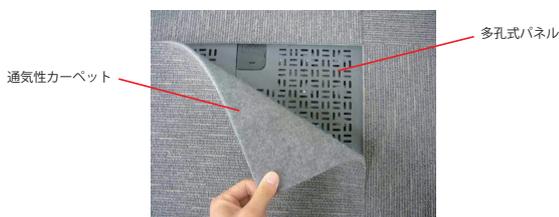


Fig.1 空調吹出口 (参考文献<sup>1)</sup> より引用)

Fig. 1 は本実験室の床のカーペットを捲り上げている様子であり、床には多孔式パネルと通気性の高い特殊なカーペットが敷かれていることがわかる。空調空気は床下からこの多孔式パネルと通気性カーペットを通り抜けて吹出すため、この空調システムは従来のものよりも吹出し風速が遅い。そのため気流を抑えることができ、ゾー

ンごとの室温の個別制御に適していると言える。

また、本実験室では温度の異なる 3 種類の空調空気を室内に同時に提供でき、それらの空調空気は別々に Fig. 2 に示す 3 本のダクトを通っている。



Fig.2 ダクト (参考文献<sup>1)</sup> より引用)

本実験室では、冷専 Package Air Conditioner (以下 PAC: 業務・ビル用の大型空調機) およびレヒータ、ターミナルヒータの組み合わせにより室内温度制御を行っている。室内温度制御システムの概要を Fig. 3 に示す。本実験室では、室内から取り入れた空気を温度調節して再び室内に提供する、循環式の空調システムを用いている。室内の空気を取り入れる機器が Fig. 3 に示すブースターファンである。このブースターファンにより取り入れた空気の温度をレタン温度と呼び、取り入れた空気は PAC で冷やすことで温度調節をする。ここで、レヒータは PAC に常時冷却運転をさせるためのもので、レタン温度によって制御され、PAC への送風温度を一定以上に保つ役割をする。そして PAC から吹出した空調空気は 3 つの経路に分岐する。それぞれの分岐先には、ターミナルヒータと室内温度センサ、室内湿度センサ、給気センサが設けられており、それらのセンサ情報とセンサにおける設定温度に応じて、ターミナルヒータによる再熱を個別に制御する。また、このとき給気温度が下がり過ぎないように、給気温度の下限リミット制御を同時に行っている。

本実験室における空調空気が吹出す床のゾーンは Fig. 4 のように配分されている。ダクト 1 を通る空調空気は A ゾーンから、ダクト 2 を通る空調空気は B ゾーンから、ダクト 2 を通る空調空気は C ゾーンから吹出すように配分している。また、点線の左側の D ゾーンには全面床吹出空調システムを設けていない。

## 3 温度測定実験

### 3.1 実験概要

本実験は、空調システムを個別に制御した際の実験室内の温度変化を確認するためのものである。そのため、

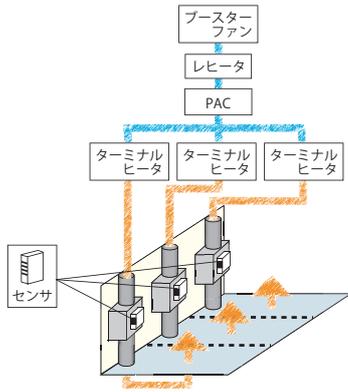


Fig.3 室内温度制御システム (参考文献<sup>1</sup>) より引用)

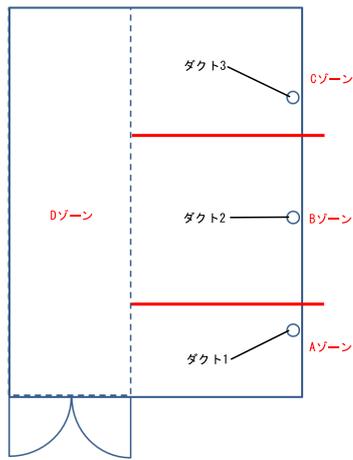


Fig.4 空調空気が吹出すゾーンの概要

実験室の空調システムを異なる温度設定で動作させつづけ、その2時間後の温度変化を計測した。条件としてすべて冷風となるよう温度を設定し、照明はつけたままにした。なお、計測実験中は実験者以外入室禁止とした。実験の条件を Table 1 に示す。

Table1 条件

	設定温度 ( )		
	A ゾーン	B ゾーン	C ゾーン
条件 1	20	22	24
条件 2	18	21	24
条件 3	20	20	24

また、室内の温度を空間的に計測するため、温度センサに熱電対を用いている。以下にその詳細を示す。

### 3.2 熱電対

本実験で空間的な温度を計測するためのセンサとして、熱電対を用いている。熱電対とは、異なる材料の2本の金属線を接続して1つの回路を作り、2つの接点に温度差を与えると、回路に電流(熱起電力)が発生するという

現象(ゼーベック効果)を利用したセンサである。主な熱電対の種類を Table 2 に示す。過熱使用限度とは、必要上やむを得ない場合に、短時間使用できる温度の限度をいう。

Table2 熱電対の種類 (参考文献<sup>2</sup>) より参照)

記号の種類	構成材料		使用温度限度 ( )	過熱使用限度 ( )
	+ 脚	-脚		
K	クロメル	アルメル	-200 ~ 1000	1200
J	鉄	コンスタンタン	0 ~ 600	750
T	銅	コンスタンタン	-200 ~ 300	350
E	クロメル	コンスタンタン	-200 ~ 700	800
N	ナイクロシル	ナイシル	-200 ~ 1200	1250
R	ロジウム 13 % を含む白金ロジウム合金	白金	0 ~ 1400	1600
S	ロジウム 10 % を含む白金ロジウム合金	白金	0 ~ 1400	1600
B	ロジウム 30 % を含む白金ロジウム合金	ロジウム 6 % を含む白金ロジウム合金	0 ~ 1500	1700

本実験で使用した熱電対は、常温で使用されることが多く、また安価である T 熱電対である。

熱電対の設置した様子と設置位置は Fig. 5 と Fig. 6 に示した。Fig. 6 は実験室を上から見た平面図で、黒と赤の点が熱電対の位置(以下、ポイント)を示している。そして、点の上の数字は、平面図の左上を 0 と置き、そこから左に X 軸、下に Y 軸をとったときの点の位置を示している。また、黒のポイントには 100mm と 1100mm の高さに熱電対を設置しており、赤のポイントには -10mm (カーペットの下), 0mm, 100mm, 300mm, 600mm, 900mm, 1100mm, 1400mm, 1700mm, 2300mm の高さに熱電対を設置している。



Fig.5 熱電対の設置した様子

### 3.3 実験結果

本実験の結果をヒートマップとグラフを用いて表す。なお、対象であるデータは温度計測終了から 10 分前、30 秒毎に記憶された 20 個のデータの平均値である。

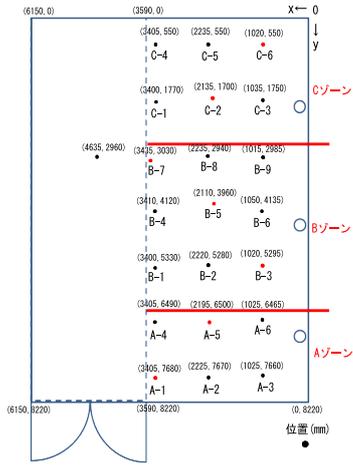


Fig.6 熱電対設置位置

開始時間: 13:10 条件: 照明はつけたまま, 人の入室は実験者が数回  
設定温度(°C): A=18, B=21, C=24

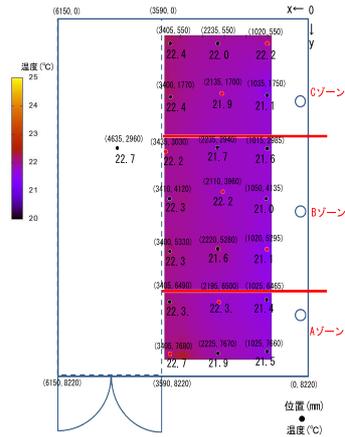


Fig.8 条件2の高さ100mmの平面温度

条件1, 2, 3のときの高さ100mmの温度における平面温度を Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9 に示す.

平面図の点の下の数字はその位置の温度を示している. その熱電対の位置と温度を基にヒートマップを作成した. ヒートマップの色と温度の関係を平面図左のカラーバーに示す.

高さ100mmの平面温度は, ゾーンごとの差は出ていないが, ダクトに近い右側が他の場所と比べると低くなっている. 高さ1100mmの平面温度でも, ゾーンごとの差がでておらず, 全体がほぼ同じ温度になっていた.

開始時間: 12:53 条件: 照明つけたまま, 人の入室は実験者が数回  
設定温度(°C): A=20, B=22, C=24

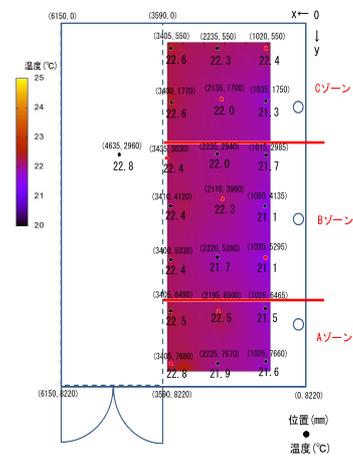


Fig.7 条件1の高さ100mmの平面温度

開始時間: 13:01 条件: 照明はつけたまま, 人の入室は実験者が数回  
設定温度(°C): A=20, B=20, C=24

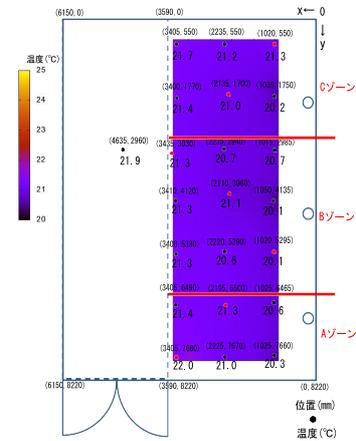


Fig.9 条件3の高さ100mmの平面温度

いるが, グラフの形は近似していることがわかる.

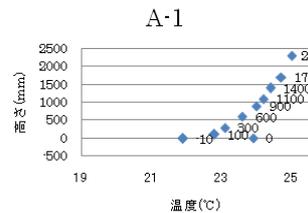


Fig.10 条件1のA-1の高さによる温度分布

また, 条件1, 2, 3のときの熱電対のポイントごとの高さによる温度分布の例を Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12 に示す. グラフの縦軸は部屋の高さ, 横軸は温度を示している. 全体的に高さが高くなるほど, 温度もそれに伴い高くなる. 床に接している高さ0mmのところは, しばしば100mm, 300mmのところよりも高いポイントがある. 条件1, 2を比べるとグラフの形が近似していることがわかる. また, 条件3も温度が全体的に低くなつては

### 3.4 考察

3つのゾーンで個別に設定温度を変更したが, ゾーン関係なくほぼ均一になる. これは, 空気が流動するためであると考えられる. 現在の環境では, 室温を任意に制御することは困難である. この問題を解決するため, 今後はパーティションやカーテンなどの隔たりを設置した場合, 制御できるのかなどを検討していく必要がある.

また, 条件3の結果は, 条件1, 2の結果よりも全体的

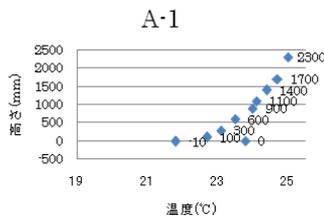


Fig.11 条件 2 の A-1 の高さによる温度分布

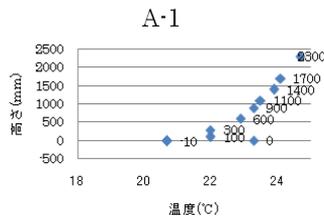


Fig.12 条件 3 の A-1 の高さによる温度分布

に温度が低かった。その理由は、AゾーンとBゾーンの2つで設定していた温度が20と比較的低い温度に設定したゾーンが多かったためではないかと考えられる。

そして、条件1,2,3共にグラフが近似した理由は、条件としてすべて冷風になるように設定し、人の入室なども3条件とも同じだったため、空気の流動の仕方が近似していたためではないかと考えられる。

#### 4 自作センサ検証

##### 4.1 自作センサの検証実験

2.3節の実験結果より、高さによる温度分布が規則性を持っていると考えられる。このことから、部屋全体の温度を測定しなくても床下の温度のみを計測することにより、任意の高さの温度の制御が可能であると推測した。そこで、空調を自動制御する際に必要なデータを取得できる床下用の温度センサをIC温度センサを用いて作成した。それをFig.13に示す。

IC温度センサとは温度に比例した直流電圧を出力するセンサである。熱電対とは仕組みが違い、本研究では熱電対の温度を基準とするため、熱電対と自作温度センサの関係性を求める必要がある。そこで、本実験では熱電対と自作センサの関係性の検証実験を行った。

##### 4.2 実験結果

20 から 27 の間で温度を変化させ、その時の熱電対の温度と自作センサの測定値を対応させ、近似直線を出した。それをFig.14に示す。

これより、熱電対の温度と自作センサの測定値の関係式として以下の式が得られた。

$$\text{熱電対の温度} = \text{自作センサの値} \times 0.009 + 5.662$$

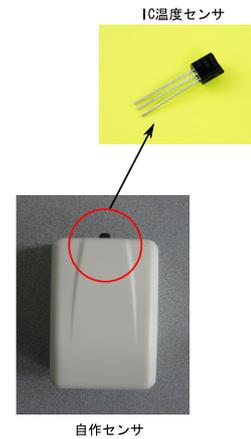


Fig.13 自作センサ

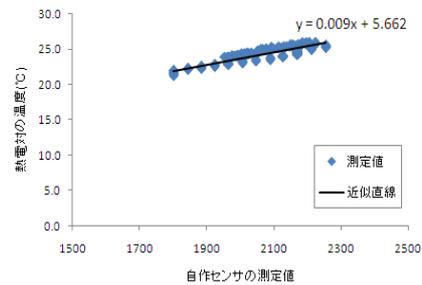


Fig.14 熱電対の温度と自作センサの測定値の関係

#### 5 まとめと今後の展望

本稿では、実験室の空調設備の仕組みを説明し、その実験室で行った予備実験の結果をまとめた。また、その実験結果から床下の温度のみを計測することにより、任意の高さの温度の制御が可能であると推測したため、床下用の温度センサを自作し、熱電対と検証した結果を述べた。

今後は、自作したセンサで床下の温度を取得し、それを用いて温度制御を行うプログラムを作成する。

#### 参考文献

- 1) 中村彰之, 知的医療空間システムの環境構築～個別制御可能な照明システムにおける照明制御 UI の提案～, 同志社大学工学部知識工学科卒業論文, 2009
- 2) 熱電対とは, [http://www.hakko.co.jp/qa/qa\\_0-04.htm](http://www.hakko.co.jp/qa/qa_0-04.htm)