

在室者からの快適性要求に連動した複数台の空調機の連携制御技術

Cooperative Control of Air Conditioners Linked to Comfort Requirements of Each Occupant of Room

複数の在室者がそれぞれ快適な温度環境になるように、空調設定を自動探索

東芝は、空調を導入した屋内の一部の場所が暖まらない／冷えないという不満に対し、複数台の空調機を連携させて室温と気流を制御し、各場所での不満を低減する空調制御技術の開発を進めています。ここでは、局所的に空調を効かせる連携制御値の獲得（リモコン設定の自動探索）についての実証成果と、目指す製品像、すなわち、在室者の個人が感じる空調環境を可視化し、在室者のタブレットへ制御の効果を配信することで、在室者と設備管理者の双方に訴求する空調製品の構想について述べます。

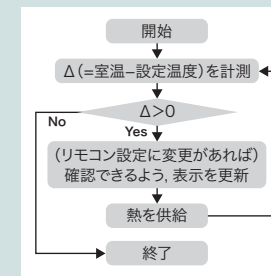


図1. 従来の空調制御方法
室温が設定温度に近づくように制御されます。

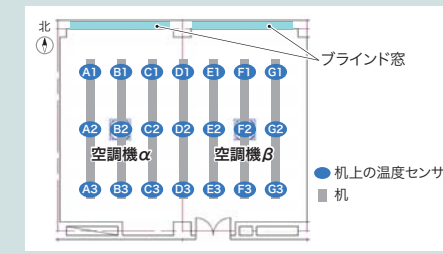


図2. 実験対象空間
机の上に21個の温度センサーを置き、2台の空調機の設定温度、風量、風向を変えて、1か所だけ空調を効かせる制御値（図3(a)）を自動探索しました。

ターゲット	空調機	発停状態	設定温度(°C)	風量	風向			
					南	西	北	東
F3	α	ON	26	強	下	水平	水平	水平
	β	ON	18	強	下	水平	水平	下

(a) 制御値

位置	センサー位置ごとの温度評価値(°C)						
	A	B	C	D	E	F	G
1	22.5	22.3	22.1	21.9	21.8	21.3	21.0
2	22.3	21.9	21.7	21.1	20.0	20.1	20.7
3	22.1	21.3	21.6	20.8	20.5	19.0	20.8

δ=1.02°C, σ=0.74°C
(b) 室温分布

図3. 制御値と室温分布の例
F3の位置が低温のピークとなるように、自動探索しました。



図4. 快適性要求が入力できるタブレットのイメージ
全員の不満が低減したか、制御の効果を確認できます。

背景と課題

一般の空調機では、取り込んだ空気温度が設定温度に近づくように制御されています（図1）。そのため、温冷感の異なる人が同じ空調機の制御範囲内にいると、全員が満足する空調設定が見付からず、リモコンの奪い合いになる可能性があります。また空調機同士が干渉すると、意図した室温にならず、利用者の不満につながってしまいます。

温冷感が異なる個人々の快適性を同時に満たすためには、一人に1セットの空調機とリモコンが対応したパーソナル空調が望ましいのですが、パーソナル空調は家具や間取りの変更に対応しにくいので、導入が進んでいません。したがって、現状の導入形態を前提とすると、複数台の空調機を連携させ、個人々の温冷感に合わせてメリハリのある室温分布を提供することが現実的と考えられます。

一方、設備費の制約から、一つのリモコンで多数の空調機が操作される環境も少なくありません。そのような環境では、自分の近くの空調機を動かすために、複雑なリモコン操作が求められます。すると、たとえ空調機がきめ細かく動作可能であっても、操作が複雑過ぎるため、全員が満足する空調設定はおろか、個人にとって満足な設定すら探せなくなるジレンマに陥ります。このようなときこそ、操作性の良いリモコンが求められます。

風向制御を組み合わせる室温分布を制御する技術

東芝は、メリハリのある室温分布を提供するため、複数台の空調機を連携制御する技術を開発しています。リモコンの制御パラメーターは、主に発停状態や、設定温度、風量、風向などがあり、これらの組み合わせ総数は、空調機1台当たり約3,000通りにもなります。そのような状況の中で、複数台の空調機の制御パラメーターを調節する在室者の手間を削減するため、今回、所望の室温分布に近づくように制御値を自動探索する技術を実証しました。

例えば、最も単純なケースとして、図2のように、2台の空調機を連携させて、部屋の1か所の温度を局所的に低くする制御値の例を図3(a)に、そのときの室温分布を図3(b)に示します。ここで、室温分布は、図2に示すように、机の上に設置した21個の温度センサーで計測します。また、制御値は、対象位置の近くの空調機がそのほかの位置を冷やさないように2台の空調機を連携させるもの、すなわち、F3の位置に生成される、低温のピークの深さδ(=F3以外の最低温度-F3の温度)と、ほかの位置の温度のばらつきσが同時に小さくなるものを自動探索します。

実証では、そのほかの10か所についても、同様に低温のピークを生成できることが確認され、このうち、ある低温のピークと東西方向に線対称な位置における低温のピークとの制御値を比べると、現実には必ずしも両者が対称的にはならないことがわかりました。家具などが置かれると、非対称

性はより顕著になるので、部屋の空調環境をシミュレーションする探索手法よりも、この技術のように計測データを元に探索を進める方が実用的と考えています。

不満の入力や制御効果の配信ができるタブレット

前述した制御値の自動探索を、不満が複数ある場合にも一般化できれば、各在室者の不満に合わせて、システムは制御値を更新できます。不満の計測方法として、今回の研究では、部屋の間取りが表示されたタブレット上で、在室者が快／不快信号を入力する方式を想定しました。

図4は、右の在室者が“寒い”ことを表す不満を入力している例です。このタブレットでは、設定温度を指定しなくてもよいので、所定の条件の下で、空調が効き過ぎているかどうか、再び質問することで、システムは在室者が心地良いと感じた状態を学習できます。

不満がシステムに受理されたことを通知することも、重要となります。例えば、従来の空調機では、運転状態になるとランプが点灯し、ウォームアップ状態になったことが通知されます。タブレットを用いると、受理の通知だけでなく、制御の効果も在室者に納得してもらえると考えています。つまり、不満に応じて近くの空調機が動き出し、風向が変更されたことが確認できると、システムが自分のために動いてくれているという満足感が得られ、不満を感じた理由など、在室者がより詳しい情報を入力してみたくなると考えられます。収集された顧客の声を基に、不満解消効果の高い製品を

開発することも期待できます。

一方、在室者の快／不快情報をタブレットへ配信することも可能です。入室時に自分以外の在室者の温冷感が分かると、自分が快適と感じる場所を把握でき、リモコンの奪い合いを未然に防ぐことができます。フリーアドレス制のオフィスや、会議室、車両など、その時々で居場所が変わる空間において、特に有益な情報となると考えられます。また、在室者のスマートフォン機能と連動することにより、タブレットを導入する設備費の低減も期待されます。更に、従業員の生産性が損なわれないように、部屋の快適性が維持されているかどうかを遠隔から把握したい設備管理者にとっても、有益な情報を提供できます。

今後の展望

将来、空調機が刷新されて、設定温度や、風量、風向などのきめ細かな制御が可能になれば、より空間分解能の高い室温分布を提供できます。ここで述べた不満入力システムを備えると、ある場所で不満が生じたときに、自分以外の在室者の環境を変えないように空調機を連携制御して、不満解消効果の高い空調環境が提供できると考えています。

藤原 健一

研究開発本部 研究開発センター システム技術ラボラトリー 博士(理学)