

扇風機の利用による快適性と冷房の省エネ効果について（報告）

1 はじめに

物価や電気料金が高騰する中、本格的な夏を迎えるにあたり、節電や省エネを意識しながらも、できるだけ涼しく快適に過ごす方法を知りたい人は多いと思われる。

そこで本実験では、エアコンよりも消費電力が大幅に小さい「扇風機」を取り上げ、各種扇風機で、涼感を得るために重要な風の届き方を比較するとともに、扇風機で快適性を得られる条件を把握した。

また、扇風機とエアコンを併用した場合の快適性や省エネ効果を評価するとともに、被験者試験により、エアコンのみを運転した場合との快適性を比較した。

[発信したい内容]

- ・各種扇風機の風の届き方はどう違うのか？
- ・扇風機で快適性を得るための、室内の温度・湿度や扇風機の風速は？
- ・扇風機とエアコンを併用した場合の、快適性や省エネ効果は？
 - ア 人が扇風機の風に当たる場合（＝エアコンで室温をある程度下げて、扇風機の風で涼む）
 - イ 扇風機で空気を攪拌する場合（＝扇風機を人に向けずに、室内の空気の温度ムラを無くす）

2 実験内容

（1）扇風機の風の届き方と快適性について

ア 目的

- ・各種扇風機での風の届き方を比較し、扇風機で快適性を得られる室内温度・湿度や風速を把握する。

イ 供試品

- ・リビング扇：2機種（5枚羽／8枚羽）
- ・タワー扇：1機種
- ・使用した扇風機の主な仕様は表1のとおり。

表 1：使用した扇風機の主な仕様

供試品名	リビング扇①	リビング扇②	タワー扇
方式	リビング扇		タワー扇
モーター	AC	DC	AC
羽根の枚数	5枚	8枚	
サイズ(幅×奥行×高さ)	355×350×660~850	340×320×535~885	220×220×802
消費電力	39W	22W	35W
風量切替	3段階	10段階	3段階
タイマー	あり	あり	あり
リモコン	なし	あり	あり

ウ 実験内容

(1) 扇風機の風の届き方と快適性について

(ア) 風の届き方の比較

・各種扇風機の全風量設定での風速を調査した。風速は、距離 90cm、高さ 62cm 地点※1にて 2 秒間隔で計測し、風速が安定した 2 分間の平均値を採用した。

・各種扇風機の風速が、同じ風速(=距離 90cm 地点で風速 1.5m/s)になるように風量を設定し、

・首を固定した場合：・直線方向(距離 45cm, 90cm, 135cm, 180cm, 225cm 地点)の風速(図 1(a))

・横方向(角度 0°, 15°, 30°, 45°, 60° 地点)の風速(図 1(b))

・首を振った場合：・横方向(角度 0°, 15°, 30°, 45°, 60° 地点)の風速(図 2)

の風速を比較した。風速は、高さ 62cm 地点にて 2 秒間隔で測定した。測定値は、首を固定した場合は風速が安定した 2 分間の平均値を採用し、首を振った場合は 5 分間の平均値を採用した。

※1 人が床に座った時の、首のあたりの高さ(=約 60cm)を想定した。ただし、リビング扇の羽根の中央部で測定するために高さを微調整し、62cm とした。

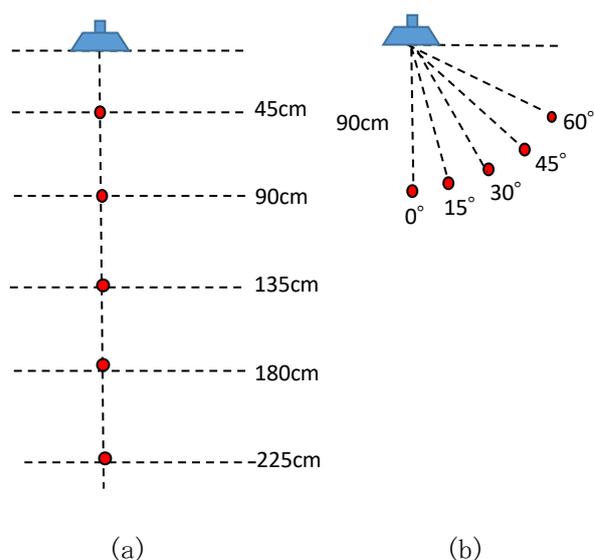


図 1：風速の測定点（首を固定した場合）

(0° を中心に左右対称に首を振る)

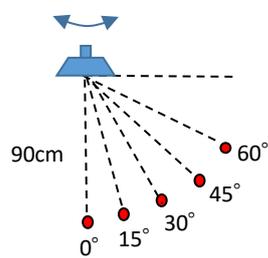


図 2：風速の測定点（首を振った場合）

(イ) 快適性の把握

- ・扇風機のみ運転した場合、室内が快適となる室内温度・湿度・風速を把握するため、PMV（温熱環境指標※2）が快適域内となる条件を算出した。

※2 快適さを表す指標の一つで、温度環境に関する6要素（空気温度、放射温度、気流、湿度、着衣量、代謝量）から求めることができる。PMVは、-3から+3の数値によって表され、±0.5以内が快適な条件とされている。

(2) 扇風機とエアコンの併用効果について

ア 目的

- ・扇風機とエアコンを併用した場合の、快適性と省エネ効果を評価する。

イ 実験内容

- ・扇風機1機種（リビング扇①）を用いて、エアコンと併用した場合における
 - ・室内温熱環境（室内温度、室内湿度、風速、PMV）
 - ・エアコンの消費電力量

を測定し、エアコンのみを運転した場合との快適性や省エネ性を比較した。

- ・扇風機は、下記の（ア）（イ）の方法で運転した。

（ア）人が扇風機の風に当たる場合

（a）首を振った場合

（b）首を固定した場合

扇風機の置き場所は上記（a）（b）それぞれ、エアコンの真下（場所①）、エアコンの向かい側（場所②）の2ケースとする。風速の設定は「弱」（＝実験（1）で設定した1.5m/s）とした。

（イ）扇風機で空気を攪拌する場合

扇風機の置き場所は、エアコンの向かい側の壁際（場所③）とする。風量は「中」とし、吹き出し方向は、エアコンの吹き出し空気が攪拌するように、部屋中央の天井とした。

- ・実験時の環境条件は、気温 35℃・湿度 50%RH の外気条件下で、実験ハウス内の19畳のLDKで実施した。今回の実験では、室温が外気と同じ条件のとき帰宅するシーンを想定し、室内温度・湿度はそれぞれ 35℃・50%RH とした。

表2：使用したエアコンの主な仕様

電源電圧	200V
定格能力（冷房）	5.6kW
定格消費電力（冷房）	1600W

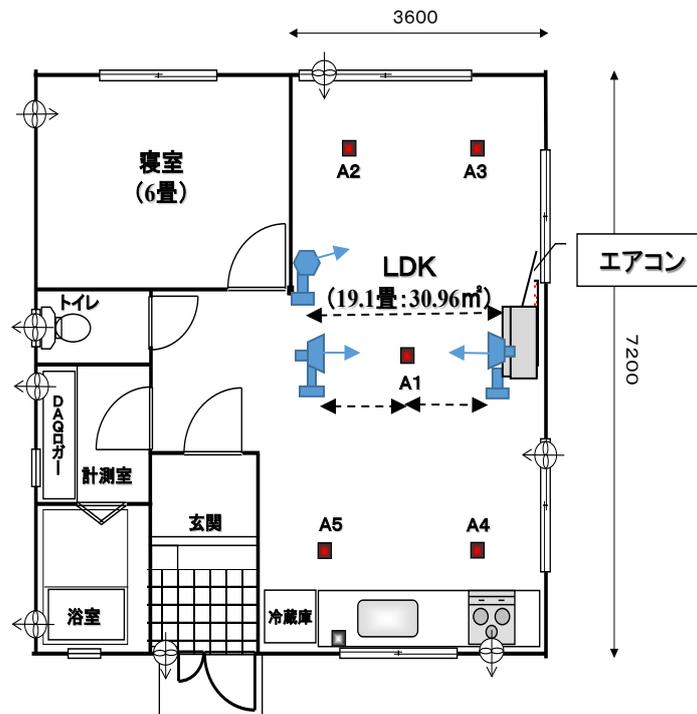


図3：実験ハウス内のエアコン、扇風機の位置

(3) 被験者試験

ア 目的

- ・扇風機とエアコンを併用した場合の快適性について、被験者試験により、エアコンのみを運転した場合と比較して評価する。

イ 実験内容

- ・(2)と同様に、気温 35℃・湿度 50%RH の外気条件下で、実験ハウス内の 19 畳の LDK で実施した。室内の初期温度・湿度は 35℃・50%RH とした。被験者とエアコン・扇風機の位置は、図 6 のとおり。
- ・実験時間は、エアコン・扇風機の運転開始～90 分間とし、被験者は 15 分毎に図 5 のアンケートに回答した。
- ・被験者は、
 - ・人数 : 計 4 名 (男性、平均年齢 43 才)
 - ・服装 : 半袖、長ズボン、裸足
 - ・実験中の活動状態 : 椅子に座って安静な状態で実施した。

	-3	-2	-1	0	1	2	3
温冷感	寒い	涼しい	やや涼しい	どちらでもない	やや暖かい	暖かい	暑い
乾湿感	非常に乾いている	乾いている	やや乾いている	どちらでもない	やや湿っている	湿っている	非常に湿っている
気流感		非常に気流を感じる	気流を感じる		やや気流を感じる	気流を感じない	
快適感	非常に不快	不快	やや不快	どちらでもない	やや快適	快適	非常に快適
満足感	非常に不満	不満	やや不満	どちらでもない	やや満足	満足	非常に満足
その他	気になる点がございましたら記載して下さい。						

図5：アンケート書式

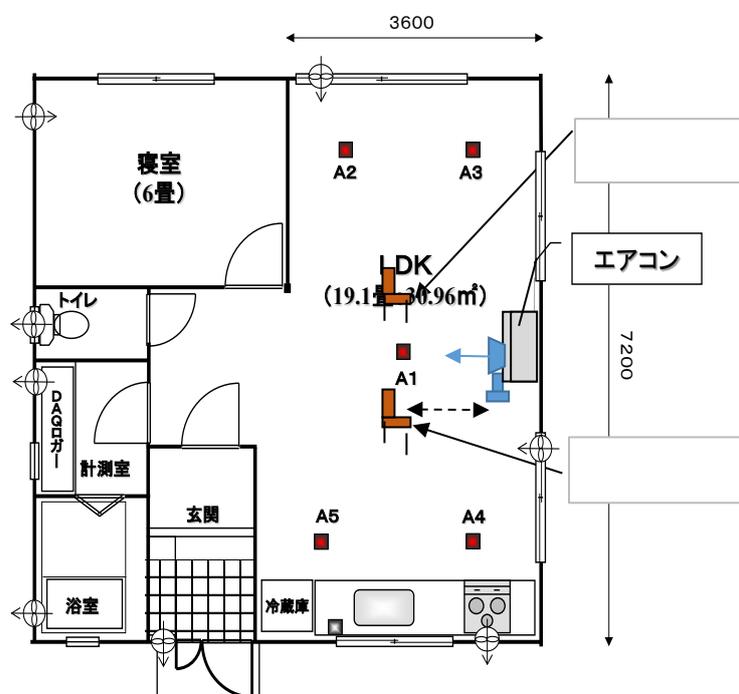


図6：被験者とエアコン・扇風機の位置

3 測定項目

- ・ 扇風機 : 消費電力、風速
- ・ エアコン : 消費電力
- ・ 室内 : 温度、湿度、風速
- ・ 室外 : 温度、湿度

4 実験結果

(1) 扇風機の風の届き方と快適性について

ア 風の届き方

風の届き方の結果のまとめは、表3のとおり。

まず予備実験として、各種扇風機の全風量設定での風速を計測した結果を図7に示す。風量設定を最大にした場合には、リビング扇①とリビング扇②が、タワー扇より風速が0.77~0.89m/s強くなった。

次に各種扇風機を比較するために、図7の結果を基に設定した、各種扇風機で風速が同じ値(=風速1.5m/s)となる風量設定は、リビング扇①:「弱」、リビング扇②:「5」、タワー扇:「2」であり、その値は1.44~1.57m/sであった(図8)。これ以降は、この風量設定条件での結果である。

風速のばらつきを図9に示す。リビング扇②とタワー扇は、リビング扇①と比較して風のばらつきが小さかった(図9)。これは、同じリビング扇でも羽根の枚数が多い8枚羽の方が、羽根の回転の際に整流された風が得られるためだと推測される。また、タワー扇は羽根ではなくファンを回転させて風を送るため、風のばらつきが小さくなると推測される。

直線方向(距離45cm, 90cm, 135cm, 180cm, 225cm地点)の各種扇風機の風速を図10に示す。扇風機に近い場所の風速はタワー扇が最も強く、次にリビング扇①が強い。しかしながら、両機種とも距離が90cm以上離れるとリビング扇②より風速が低下する。

首を固定した場合の、横方向(角度0°~60°地点)の各種扇風機の風速を図11に示す。角度15°の風速を見ると、リビング扇①は角度0°と比較して約34.0%減であったのに対し、リビング扇②は(角度0°と比較して)約68.2%減、タワー扇は(角度0°と比較して)約86.2%減と、大きく減少した(表4)。

以上の結果、タワー扇は風の吹き出し口が狭い構造であるため、扇風機近くの風速は強いが、距離が離れると気流が拡散され風速が弱くなる。リビング扇は、羽の枚数が少ないと風が広い角度で発生するため、横方向でもある程度風速が得られるが、距離が離れると減衰により風速が小さくなる。一方、羽が多い場合は、横方向への風速が発生しにくく、扇風機の正面では比較的遠くまで風速が維持されると推測される。

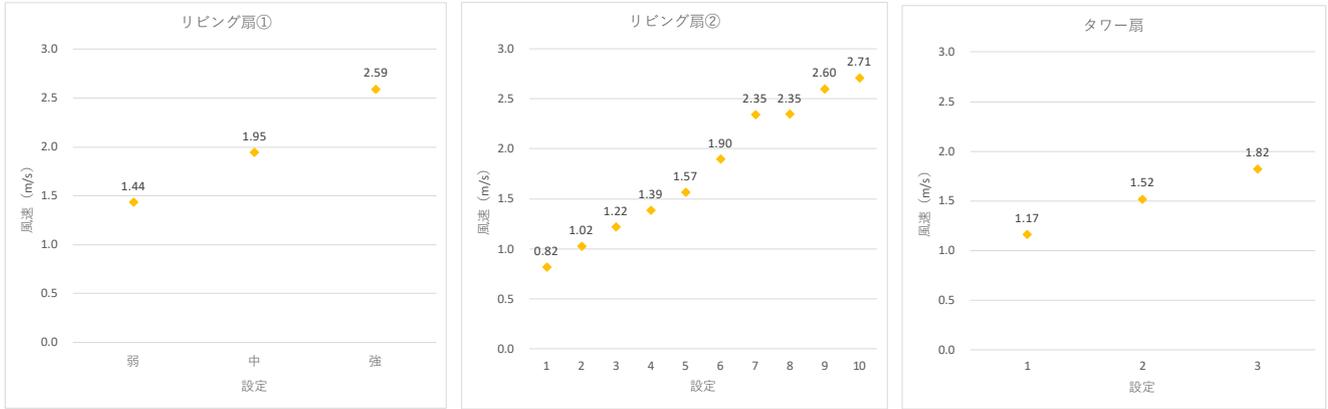
次に首を振った場合の、横方向(角度0°~60°地点)の各種扇風機の風速を図12に示す。首を振った場合、各種扇風機とも角度45°までは約0.35m/sの風速が得られる(表5)。

このように、首を振ると、扇風機の機種に関係なく、同程度の風速が得られることが判明した。そこで、エアコンとの併用では、最も一般的に普及していると思われるリビング扇①を対象に実験を行った。



表 3：風の届き方（まとめ）

扇風機の種類	羽根の枚数	風速設定を最大にした場合	同じ風速の場合(=距離90cm地点で、1.5m/s)			
			風速のばらつき	直線方向(=距離225cm地点)	角度方向(=角度15°地点)	首を振った場合(角度0°~45°地点の5分平均)
リビング扇①	5枚羽	2.59m/s	大きい	0.53m/s	0.95m/s	0.36m/s
リビング扇②	8枚羽	2.71m/s	小さい	0.91m/s	0.50m/s	0.35m/s
タワー扇	-	1.82m/s	小さい	0.80m/s	0.21m/s	0.31m/s



(a) リビング扇①

(b) リビング扇②

(c) タワー扇

図 7：各種扇風機の全風速設定での風速（距離 90cm、高さ 62cm 地点）

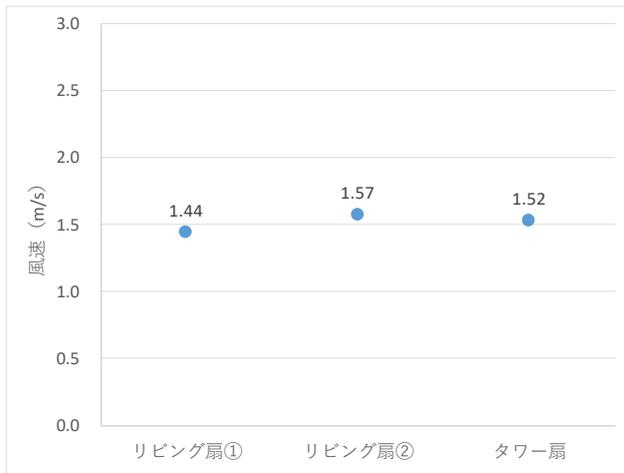


図 8：風速 1.5m/s となるように設定した場合の
各種扇風機の風速（距離 90cm、高さ 62cm 地点）

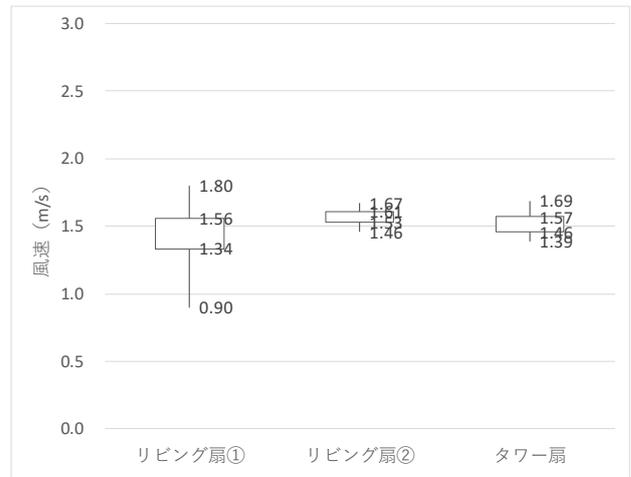


図 9：各種扇風機の風速のばらつき（箱ひげ図）
（距離 90cm、高さ 62cm 地点）

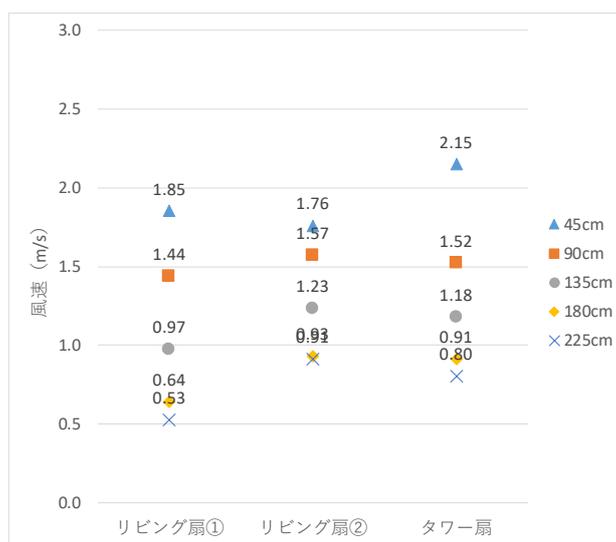


図 10：直線方向（距離 45cm, 90cm, 135cm, 180cm, 225cm 地点）の各種扇風機の風速（高さ 62cm 地点）

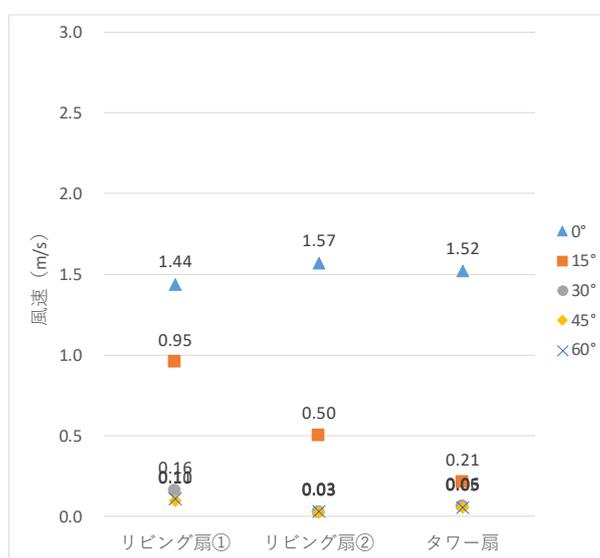


図 11：横方向（角度 0° ~60° 地点）各種扇風機の風速（首を固定した場合）
（距離 90cm、高さ 62cm 地点）

表 4：横方向（角度 0° ~60° 地点）の各種扇風機の風速（首を固定した場合）
（距離 90cm、高さ 62cm 地点）

機種	風速(m/s)				
	0°	15°	30°	45°	60°
リビング扇①	1.44	0.95	0.16	0.10	0.11
リビング扇②	1.57	0.50	0.03	0.03	0.03
タワー扇	1.52	0.21	0.06	0.05	0.05

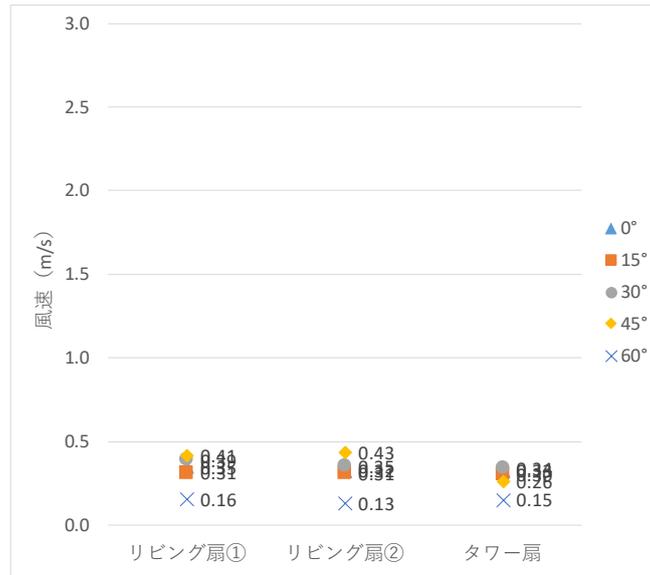


図 12：横方向（角度 0° ～60° 地点）各種扇風機の風速（首を振った場合）
（距離 90cm、高さ 62cm 地点）

表 5：横方向（角度 0° ～60° 地点）各種扇風機の風速（首を振った場合）
（距離 90cm、高さ 62cm 地点）

機種	風速(m/s)					回転サイクル[回/5分]	0° -45° の平均風速(m/s)
	0°	15°	30°	45°	60°		
リビング扇①	0.35	0.31	0.39	0.41	0.16	22	0.36
リビング扇②	0.32	0.31	0.35	0.43	0.13	24	0.35
タワー扇	0.33	0.30	0.34	0.26	0.15	29	0.31

イ 快適性

風速を 0~2.0m/s に変化させた場合の、各室内温度（26~30℃）での PMV の計算結果を図 13 に示す。室内湿度は 50%RH とし、放射温度は各室内温度と同一温度で計算した。着衣量は 0.5clo、代謝量は 1.0met とした。

風速が 0 の場合、室内温度が 26℃~27℃で PMV が快適域（PMV±0.5 以内）に入る。

次に、扇風機の首を振った場合（角度 0° ~45° 地点）の平均風速：0.35m/s では、室内温度が 1℃~2℃上がった 27℃~28℃でも快適域に入る。同様に、扇風機の首を固定した場合の風速：1.5m/s では、室内温度が 2℃~3℃上がった 29℃~30℃でも快適域に入る。

したがって、扇風機を併用すると、首振りで約 1℃~2℃、首振りしないと約 2℃~3℃室温を上げても快適性が得られると想定される。

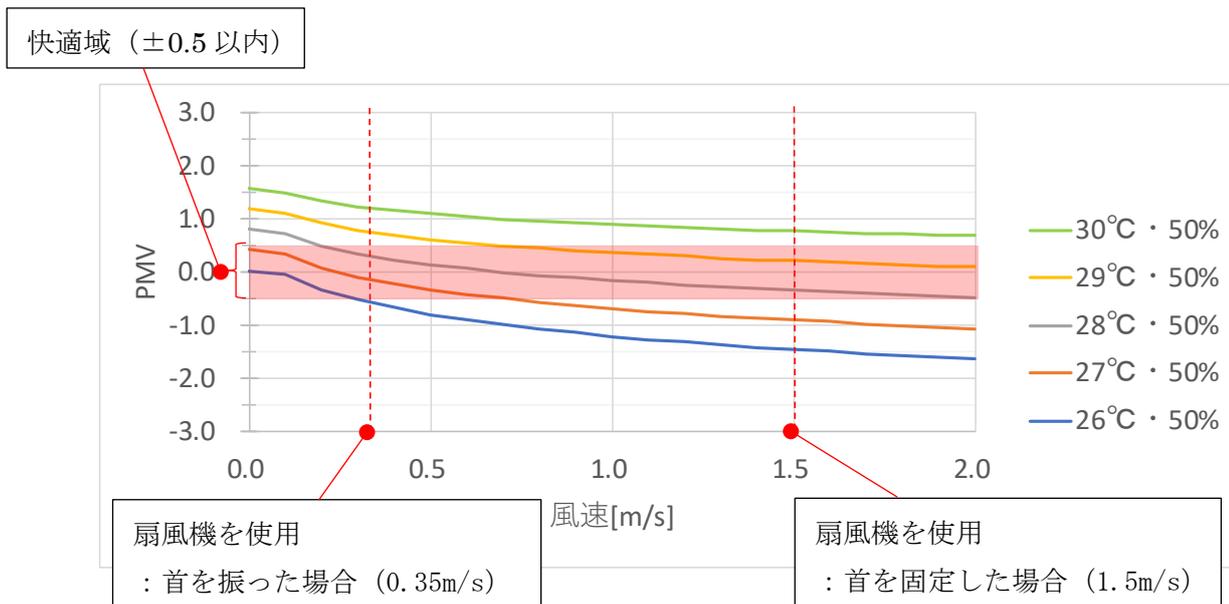


図 13：風速を変化させた場合の、各室内温度での PMV の計算値

(2) 扇風機とエアコンの併用効果について

まず、エアコンである程度室温を下げて、人が扇風機の風で涼むシーンを想定した「人が扇風機の風に当たる場合」について評価した。次に、扇風機の風が苦手な人を想定し、扇風機を人に向けずに、室内の空気の温度ムラを無くす用途での「扇風機で空気を攪拌する場合」について、評価した。

ア 人が扇風機の風に当たる場合

(a) 首を振った場合

運転開始1時間後～2時間後の室内温度、室内湿度、風速、PMVの各平均値と消費電力量を表6に示す。また、運転開始後～2時間後の室内温度、PMVの推移を図14、図15に示す。

エアコン28℃設定で扇風機を併用した場合、エアコン27℃設定で単独運転した場合と比較して、設定温度が1℃上がったことにより室内温度が1.1℃上昇したが、風速が0.44m/s強くなった。従って、PMVの平均値は快適域内(±0.5以内)に入るとともに、快適域に到達するまでの時間が10分30秒早くなった。このときの消費電力量の総計は、約21.1%減少した。

エアコン29℃設定で扇風機を併用した場合、エアコン27℃設定で単独運転した場合と比較して、設定温度が2℃上がったことにより室内温度が2.4℃上昇したが、風速が0.40m/s強くなった。従って、PMVの平均値は快適域内(±0.5以内)に入るとともに、快適域に到達するまでの時間が8分早くなった。このときの消費電力量の総計は、約48.5%減少した。

以上より、扇風機の首を振った場合、エアコンの設定温度を1℃～2℃上げてても快適性が維持され、省エネ効果があることが確認できた。

表6: 運転開始1時間後～2時間後の室内温度、室内湿度、風速、PMV、消費電力量
(1時間平均(積算)値)

エアコン設定	扇風機設定			室内温度	室内湿度	風速	PMV	消費電力量		
	風速	首の状態	置き場所					エアコン	扇風機	計
エアコン27℃	—	—	—	26.1	40.8	0.09	-0.05	0.696	0.000	0.696
エアコン28℃	弱	首振り	エアコンの真下	27.2	41.5	0.53	-0.24	0.524	0.025	0.549
エアコン29℃				28.5	43.8	0.49	0.37	0.333	0.025	0.359

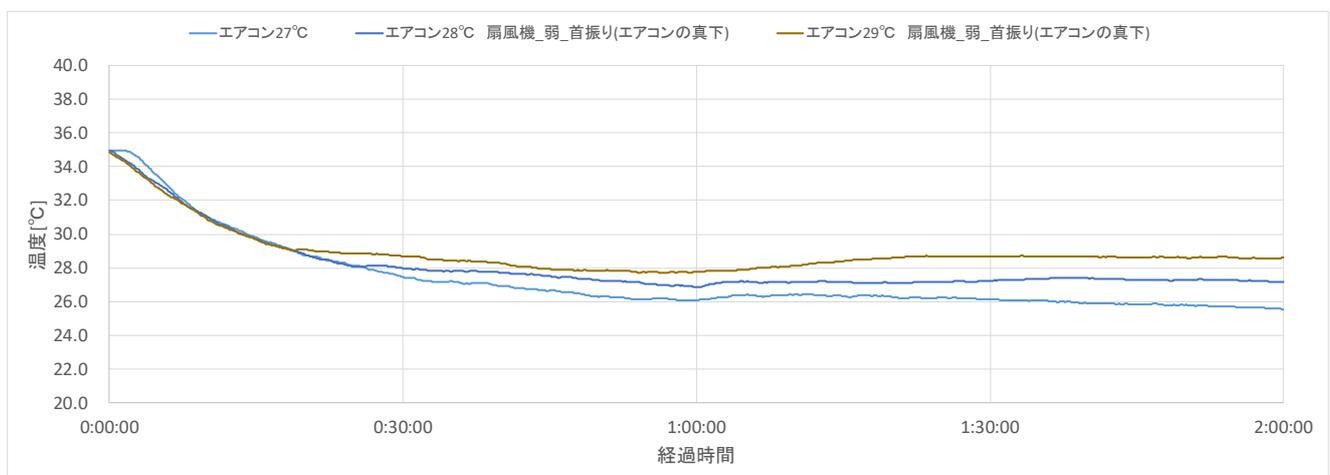


図14: 室内温度の推移

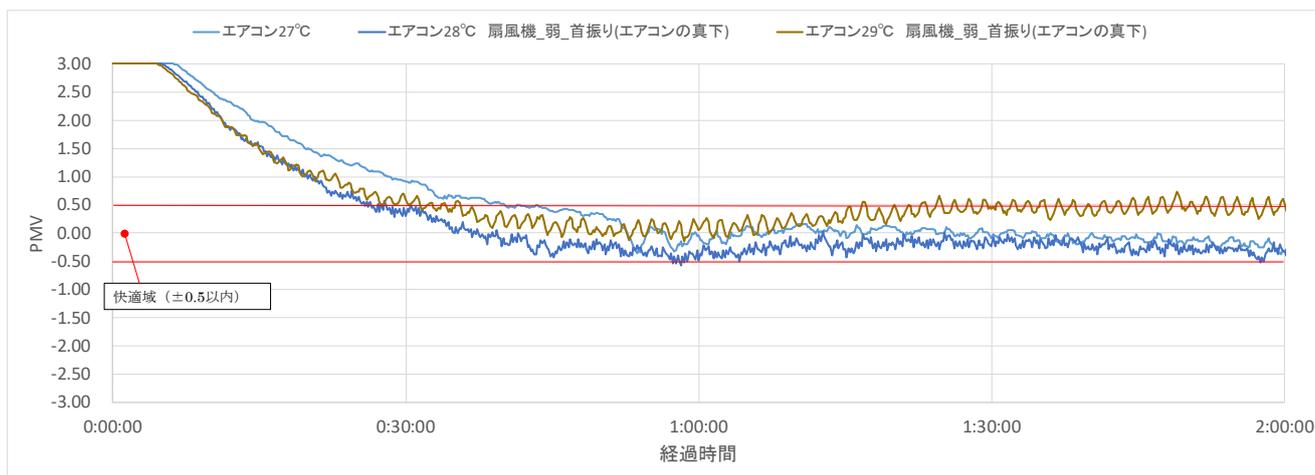


図 15 : PMV の推移

(b) 首を固定した場合

運転開始 1 時間後～2 時間後の安定時における室内温度、室内湿度、風速、PMV の各平均値と消費電力量を表 8 に示す。また、運転開始後～2 時間後の室内温度、PMV の推移を図 16、図 17 に示す。

エアコン 29℃設定で扇風機を併用した場合、エアコン 27℃設定で単独運転した場合と比較して、設定温度が 2℃上がったことにより室内温度が 1.9℃上昇したが、風速が 1.48m/s 強くなった。従って、PMV の平均値はやや涼しい側となり、快適域に到達するまでの時間が 14 分 30 秒早くなった。このときの消費電力量の総計は、約 47.1%減少した。

また、扇風機をエアコンの真下とエアコンの向かい側に置いた場合を比較すると、エアコンの真下に置いた方が、風速が 0.83m/s 強くなった。

エアコン 30℃設定で扇風機を併用した場合、エアコン 27℃設定で単独運転した場合と比較して、設定温度が 3℃上がったことにより室内温度が 2.4℃上昇したが、風速が 1.50m/s 強くなった。従って、PMV の平均値は快適域内 (±0.5 以内) に入るとともに、快適域に到達するまでの時間が 15 分 30 秒早くなった。このときの消費電力量の総計は、約 55.6%減少した。

次に、運転開始直後～1 時間後の室内温度、室内湿度、PMV の各平均値と消費電力量を表 7 に示す。運転開始～1 時間後でも、PMV の平均値は快適域内 (±0.5 以内) に入っているのが分かる。

以上より、扇風機の首を固定した場合、エアコンの設定温度を 2℃～3℃上げると、快適性はやや涼しい側または快適域に入り、省エネ効果があることが確認できた。また、扇風機をエアコンの真下に置いた方が強い風が得られ、首を固定した場合は、運転開始から約 18 分後でも快適性が得られることが確認できた。

表 7：運転開始 1 時間後～2 時間後の室内温度、室内湿度、風速、PMV、消費電力量
(1 時間平均 (積算) 値)

エアコン設定	扇風機設定			室内温度	室内湿度	風速	PMV	消費電力量		
	風速	首の状態	置き場所					エアコン	扇風機	計
エアコン27°C	—	—	—	26.1	40.8	0.09	-0.05	0.696	0.000	0.696
エアコン29°C	弱	首固定	エアコンの真下	28.0	44.2	1.57	-0.54	0.343	0.025	0.368
			エアコンの向かい側	27.6	45.0	0.74	-0.42	0.354	0.025	0.380
エアコン30°C			エアコンの真下	28.5	47.4	1.59	-0.24	0.284	0.025	0.309

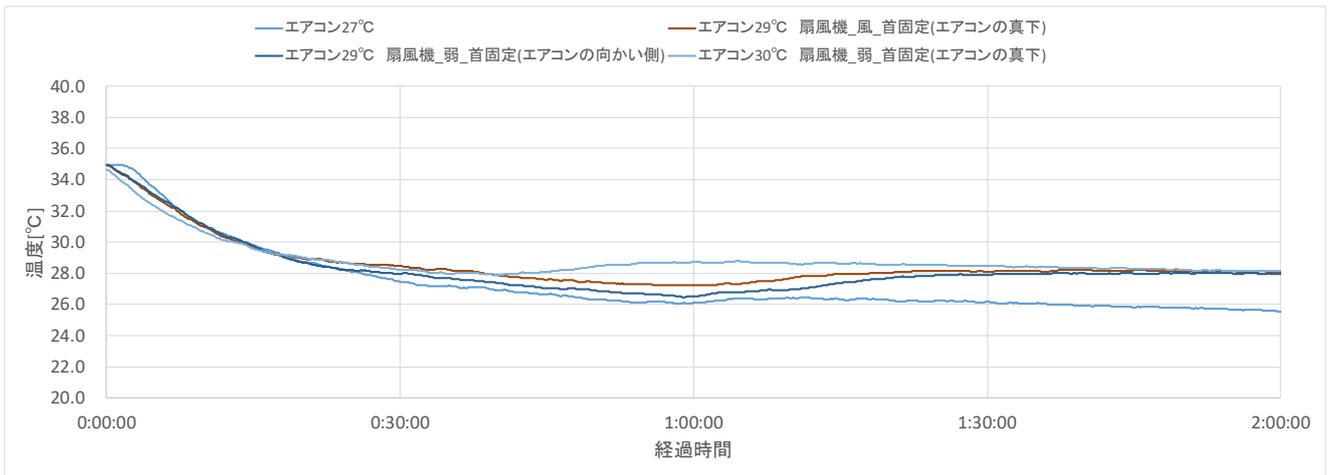


図 16：室内温度の推移

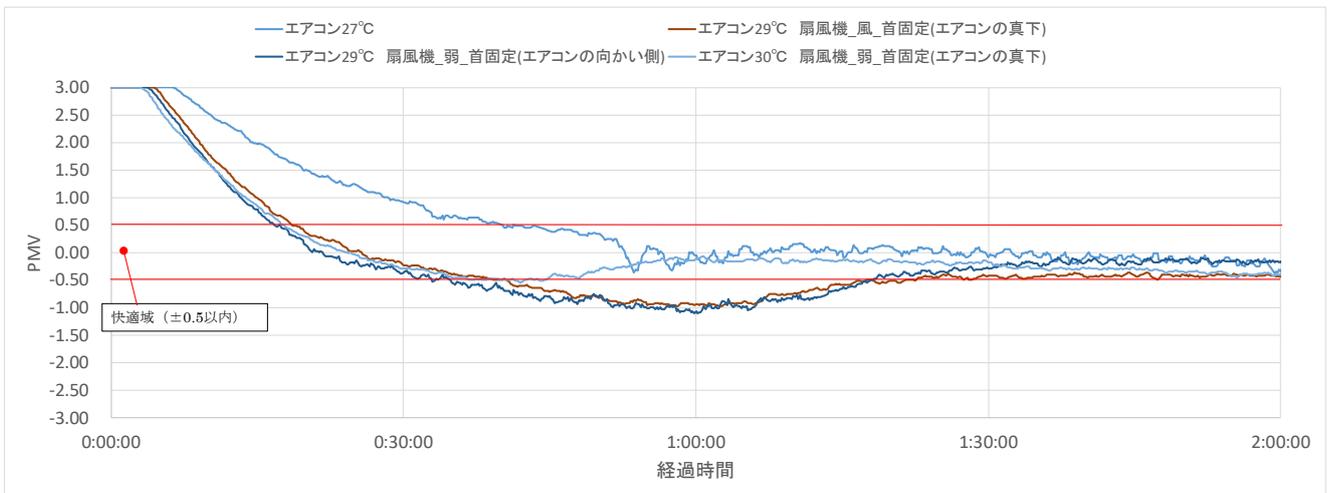


図 17：PMV の推移

表 8：運転開始直後～1 時間後の室内温度、室内湿度、風速、PMV、消費電力量
(1 時間平均 (積算) 値)

エアコン設定	扇風機設定			室内温度	室内湿度	風速	PMV	消費電力量		
	風速	首の状態	置き場所					エアコン	扇風機	計
エアコン27°C	—	—	—	28.6	40.9	0.09	1.26	1.499	0.000	1.499
エアコン29°C	弱	首固定	エアコンの真下	29.1	42.1	1.60	0.36	1.183	0.025	1.207
エアコン30°C			エアコンの真下	29.3	45.2	1.60	0.43	0.803	0.025	0.828

イ 扇風機で空気を攪拌する場合

運転開始 1 時間後～2 時間後の安定時における室内温度、室内湿度、PMV の各平均値と消費電力量を表 9 に示す。また、運転開始後～2 時間後の室内温度、PMV の推移を図 18、図 19 に示す。

扇風機で空気を攪拌した場合、同じエアコン設定温度でも、室内の上下温度差（＝床上 250cm と床上 5cm との差）が 1.6℃小さくなった。PMV の平均値は、快適域内（±0.5 以内）に入っている。

また、エアコンの消費電力量は、約 31.7%減少した。

これは、扇風機による空気の攪拌により、床付近の温度の低い空気と天井付近の温度の高い空気が攪拌され、室内の温度ムラが小さくなる（図 20）。これにより、エアコン周辺の空気の温度が下がって、エアコンの運転出力が抑制されたためと推測される。

表 9： 室内温度、室内湿度、PMV、消費電力量（1 時間平均（積算）値）

エアコン設定	扇風機設定			室内温度						室内湿度	風速	PMV	消費電力量			
	風速	首の状態	置き場所	床上5cm(a)	床上62cm	床上180cm	床上250cm(b)	床上50～180cm平均	室内全平均				上下温度差(=a-b)×0.9	エアコン	扇風機	計
エアコン27℃	-	-	-	25.5	26.1	26.4	30.6	26.2	26.9	5.1	40.8	0.09	-0.05	0.696	0.000	0.696
エアコン27℃	中	首固定	エアコンの向かい側の壁際	27.3	27.6	27.8	30.7	27.7	28.3	3.5	40.5	0.19	0.24	0.443	0.032	0.475

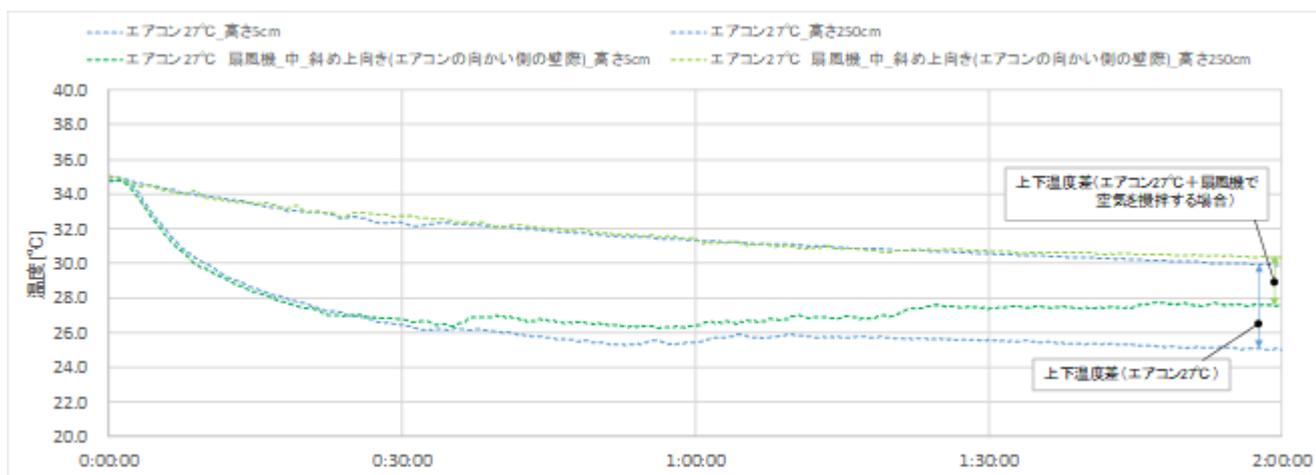


図 18： 室内温度の推移

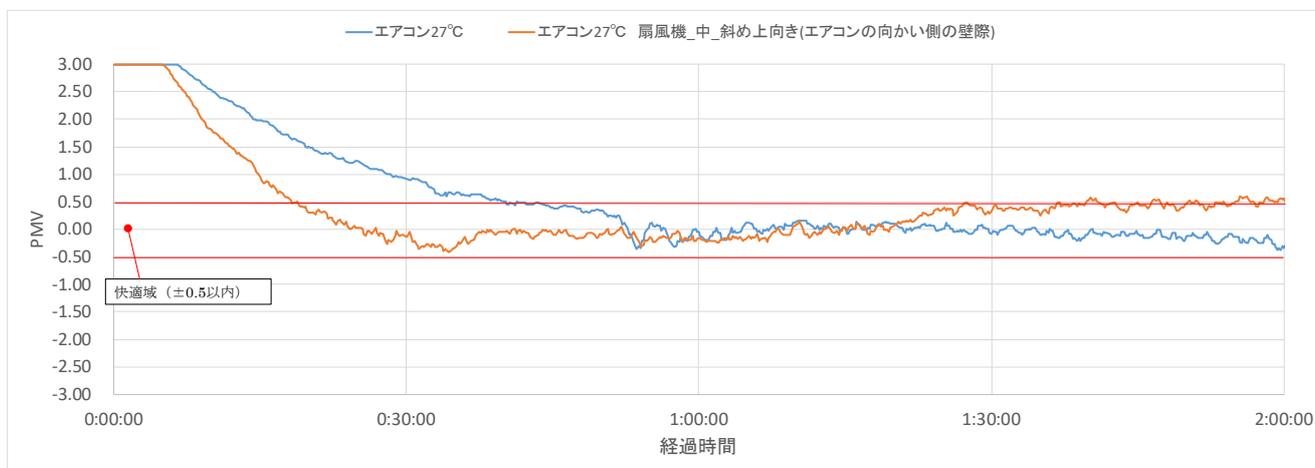
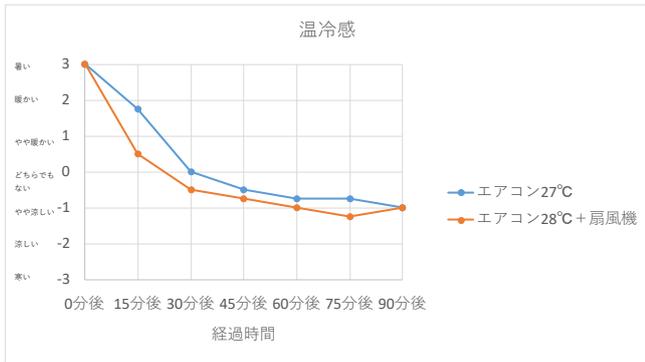
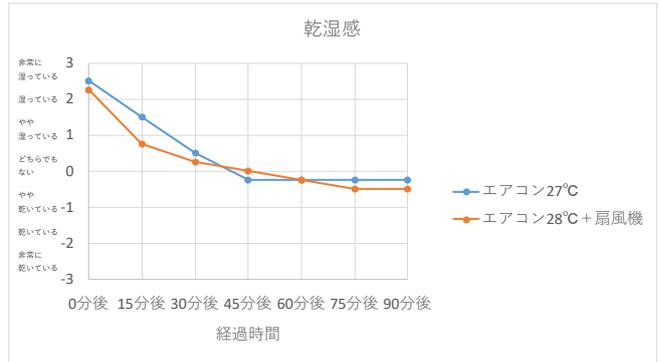


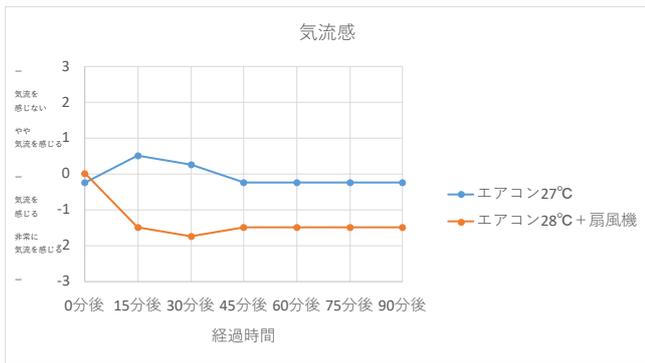
図 19： PMV の推移



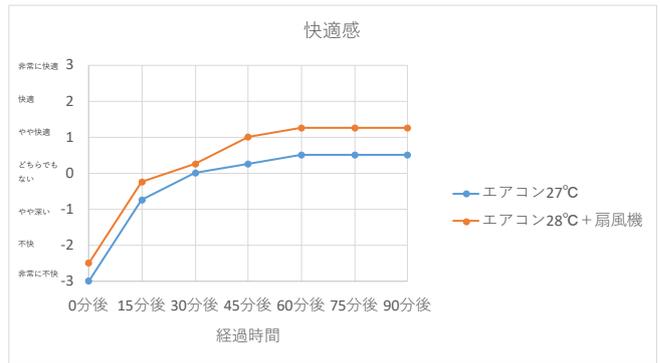
(a) 温冷感



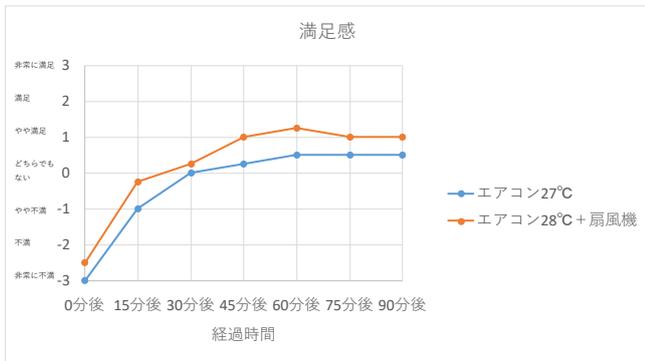
(b) 乾燥感



(c) 気流感



(d) 快適感



(e) 満足感

図 21 : 被験者のアンケート結果 (被験者 4 人平均)

5 まとめ

本実験では、各種扇風機の風の届き方を比較するとともに、扇風機で快適性を得られる条件を把握した。また、扇風機とエアコンを併用した場合の快適性や省エネ効果を評価するとともに、被験者試験により、エアコンのみを運転した場合との快適性を比較した。

(1) 扇風機の風の届き方と快適性について

風速が同程度（離隔距離 90cm で風速約 1.5m/s）となるように風量を設定した場合の風の届き方と快適性は以下のとおりとなる。

ア 風の届き方

- ・リビング扇①（5枚羽）、リビング扇②（8枚羽）、タワー扇の風の届き方を比較すると、
 - ・首振りしない場合
 - ・風のばらつきが小さい・・・リビング扇②（8枚羽）、タワー扇
 - ・風が遠くまで届く・・・リビング扇②（8枚羽）、タワー扇
 - ・風の広がり大きい・・・リビング扇①（5枚羽）
 - ・首を振った場合
 - ・機種に関係なく、同程度の風速が得られる。

イ 快適性

- ・扇風機を使用すると、
 - ・扇風機の首を振った場合は、室温を 1℃～2℃上げても快適性は得られる。
 - ・扇風機の首を固定した場合は、室温を 2℃～3℃上げても快適性は得られる。

(2) 扇風機とエアコンの併用効果について

- ・人が扇風機の風に当たる場合
 - ・首を振った場合
 - ・エアコンの設定温度を 1℃～2℃上げても、快適性が維持され、省エネ効果がある。
 - ・1℃上げた場合（27℃→28℃）・・・省エネ効果：▲21.1%
 - 快適域に到達する時間：▲10分30秒
 - ・2℃上げた場合（27℃→29℃）・・・省エネ効果：▲48.5%
 - 快適域に到達する時間：▲8分
 - ・首を固定した場合
 - ・エアコンの設定温度を 2℃～3℃上げると、快適性はやや涼しい側または快適域に入り、省エネ効果がある。
 - ・2℃上げた場合（27℃→29℃）・・・省エネ効果：▲47.1%
 - 快適域に到達する時間：▲14分30秒
 - ・3℃上げた場合（27℃→30℃）・・・省エネ効果：▲57.6%
 - 快適域に到達する時間：▲15分30秒
- ・扇風機で空気を攪拌する場合
 - ・室内の温度ムラが小さくなり、省エネ効果がある。
 - ・エアコン 27℃設定時・・・省エネ効果：▲31.7%

(3) 被験者試験

- ・ 温冷感

→特に0分後～30分後までの間で大きな差が見られ、「扇風機とエアコンを併用した場合」の方が涼しいと感じられる。

- ・ 快適感／満足感

→全ての時間帯で「扇風機とエアコンを併用した場合」の方がいずれも「エアコンのみを運転した場合」より良好な結果となる。

定量的な結果については、外気の温度・湿度、エアコン・扇風機の容量・性能、部屋の広さ等の条件で変わってくる。今回の結果は、当社実験設備での条件設定で試行した一例である。

以 上