

運動で暖まることによる省エネ効果について（報告）

1. はじめに

厳冬を迎えるにあたり、エアコンの消費電力量の増加や運動をする機会の減少が予想される。そこで冬季の運動を促進しつつ省エネを狙うことを目的とし、室内でできる運動（ストレッチ、筋トレ等）による体感温度の上昇、および人体からの発熱量の増加により、エアコンの設定温度をどれだけ下げられるか検証する。また、その時の快適性や省エネ効果、それらの持続性について評価を行う。

2. 実験内容

(1) 概要

- ・20代から50代の男性被験者4名に4種類の運動（足踏み、ストレッチ、ラジオ体操、スクワット）を行ってもらい、運動前と運動後に一定の間隔で温冷感および快適感に関するアンケートを実施した。
- ・運動の状態を数値化するため、試験中は被験者の心拍数および消費カロリーを光学式心拍センサー（ポラール・エレクトロ・ジャパン株式会社製:Polar Verity Sense）により計測した。
- ・エアコンの設定温度を安静時に快適となる23°Cから21°C、19°Cに下げた室内で運動する場合と運動と安静を繰り返した場合について試験を行った。

(2) 試験条件

- ・外気の温湿度条件を7°C・50%RHとし、窓とドアを閉めた19.1畳の洋室LDKでエアコンの設定温度23°C、21°C、19°Cの条件のもと、図1のような配置で被験者試験を行った。
 - ・被験者は20代から50代の男性4名とし、被験者の着衣は「半袖下着+短パン+スウェット上下+靴下」で統一した。
 - ・被験者はLDKと同等の室温に調整された寝室で30分程度安静にした後、LDKに移動して表1の4種類の運動を以下のスケジュールにて行ってもらい、運動前後で2分おきに表2のアンケートを行った。
 - ②の安静時間は①の結果から運動の効果時間を考慮して設定した。なお、安静時には椅子に座り、楽な姿勢をとらせた。
- ① 6分安静 + 3分運動 + 14分安静
- ② 6分安静 + (3分運動+4, 8, 12分安静) ×3セット

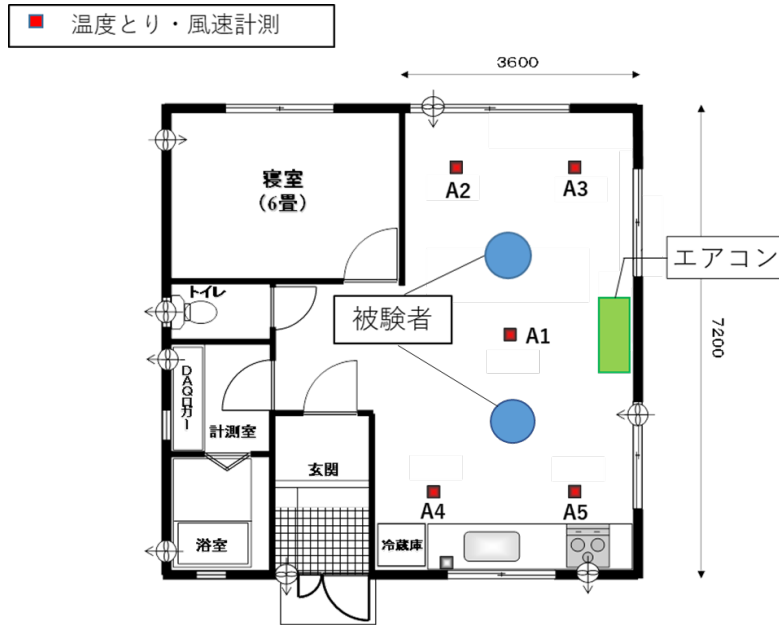


図 1. 試験部屋の間取りおよび被験者の配置図

表 1. 運動の種類・内容および代謝量(MET)*

	内容	MET
足踏み	太ももを軽く上げる程度	2.0
ストレッチ	伸脚、屈伸、腕回し 2 回繰り返す	2.3
ラジオ体操	ラジオ体操第一	4.0
スクワット	1 分間に 10 回ペース	5.0

* 出典) 国立健康・栄養研究所 改訂版「身体活動のメッツ (METs) 表」
 なお、METs とは運動や身体活動の強度の単位である。

表 2. アンケート書式

	-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
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
その他							

3. 実験結果

(1) 各種運動を行うことによる温冷感・快適感の経時変化および省エネ効果

ア エアコンの設定温度を 23°Cにした場合

エアコンの設定温度を 23°Cに設定し、被験者を 30 分間椅子に座らせ安静にさせた時のアンケート結果と PMV*の平均値を表 3 に示す。温冷感、快適感ともに 0 以上の値であり、PMV も ± 0.5 以内であることから 23°C・安静の状態が快適であることが分かる。

* PMV とは、快適さを表す指標の 1 つで、温熱環境に対する 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。

表 3. 被験者試験のアンケート結果および PMV の平均値（設定温度 23°C・安静）

温冷感	快適感	PMV
1.0	1.6	-0.4

イ エアコンの設定温度を 21°Cにした場合

エアコンの設定温度を 21°Cに設定し、被験者に各種運動を行わせたときのアンケート結果を図 2 に示す。なお、アンケート結果は被験者 4 人の平均値でプロットしてある。さらに安静時心拍数と各運動を行っている時の心拍数、最大心拍数およびその時の消費カロリーの被験者平均を図 3 と表 4,5 にまとめた。また、エアコンの設定温度を 23°Cにしたときと 21°Cにした時の 1 時間当たりの消費電力量を図 4 に示す。

- ・ いずれの運動も運動前は温冷感が 0 未満と寒い側の評価だが、運動直後には 0 より大きく暖かい側の評価となった。
- ・ 足踏みは運動後 10 分を過ぎると温冷感が寒い側の評価となるが、ストレッチ・ラジオ体操・スクワットは運動後も 14 分間は“0”（どちらでもない）以上の暖かい側の評価を保った。
- ・ 運動時心拍数と最大心拍数、消費カロリーは足踏み、ストレッチ、ラジオ体操、スクワットの順に上昇傾向にある。
- ・ 以上をまとめると、運動による心拍数の増加量が大きいほど暖かく快適に感じる時間が長く、足踏みは 6 分程度、スクワットは 14 分以上暖かみを感じることができる。
- ・ いずれの運動を行っても快適感が 23°C・安静時より高い評価にはなることは無かったが、ストレッチ・ラジオ体操・スクワットは、運動直後には快適感も 0 以上の値となり 10 分間は“どちらでもない”以上の快適側の評価を保ったため、本条件において、運動によりエアコンの設定温度を 2°C下げても快適性が保たれていると評価した。
- ・ エアコンの設定温度を 23°Cから 2°C下げることによって 1 時間当たりに換算した場合の消費電力量は 0.04kWh (11.1%) の削減となる。

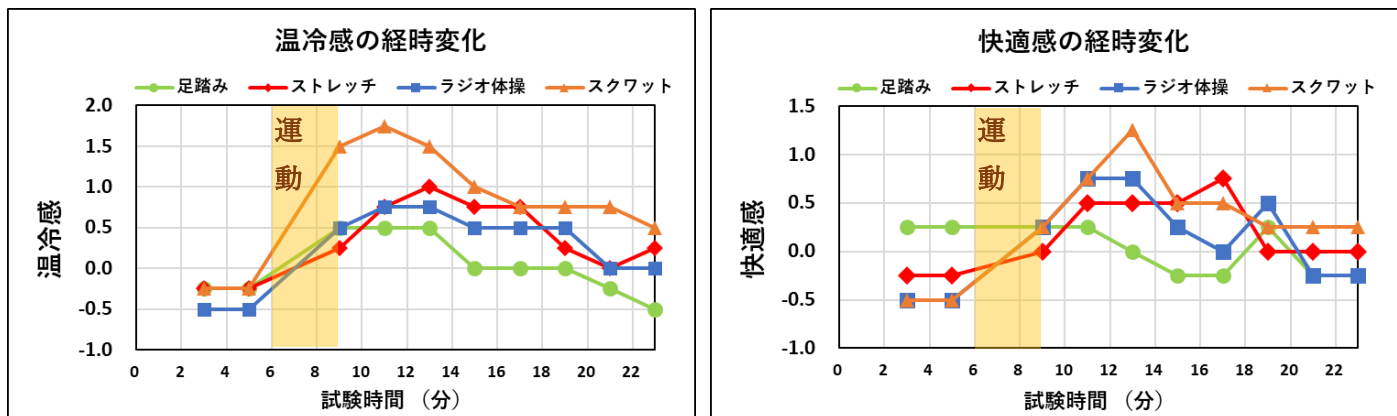


図 2. 被験者試験のアンケート結果（設定温度 21℃）

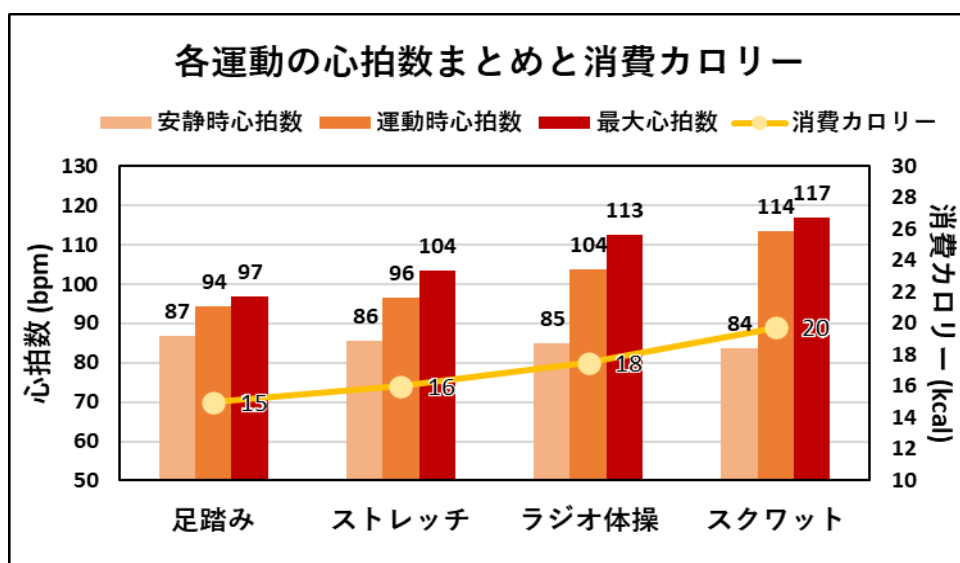


図 3. 安静時と運動時の心拍数の平均値と運動している間の消費カロリー（設定温度 21℃）

表 4.

足踏みとストレッチをした時の各種心拍数と消費カロリー（設定温度 21℃）

	足踏み				ストレッチ			
	安静時心拍数 (bpm)	運動時心拍数 (bpm)	最大心拍数 (bpm)	消費カロリー (kcal)	安静時心拍数 (bpm)	運動時心拍数 (bpm)	最大心拍数 (bpm)	消費カロリー (kcal)
被験者 1	73	81	84	21	74	78	87	21
被験者 2	87	92	94	15	83	100	108	18
被験者 3	96	103	106	18	98	108	116	19
被験者 4	91	101	103	6	86	100	103	6
平均	87	94	97	15	86	96	104	16

表 5. ラジオ体操とスクワットをした時の各種心拍数と消費カロリー（設定温度 21℃）

	ラジオ体操				スクワット			
	安静時心拍数 (bpm)	運動時心拍数 (bpm)	最大心拍数 (bpm)	消費カロリー (kcal)	安静時心拍数 (bpm)	運動時心拍数 (bpm)	最大心拍数 (bpm)	消費カロリー (kcal)
被験者 1	72	94	107	21	71	96	98	21
被験者 2	86	102	108	18	88	118	122	23
被験者 3	98	114	126	21	95	126	132	22
被験者 4	83	105	109	10	81	114	116	13
平均	85	104	113	18	84	114	117	20

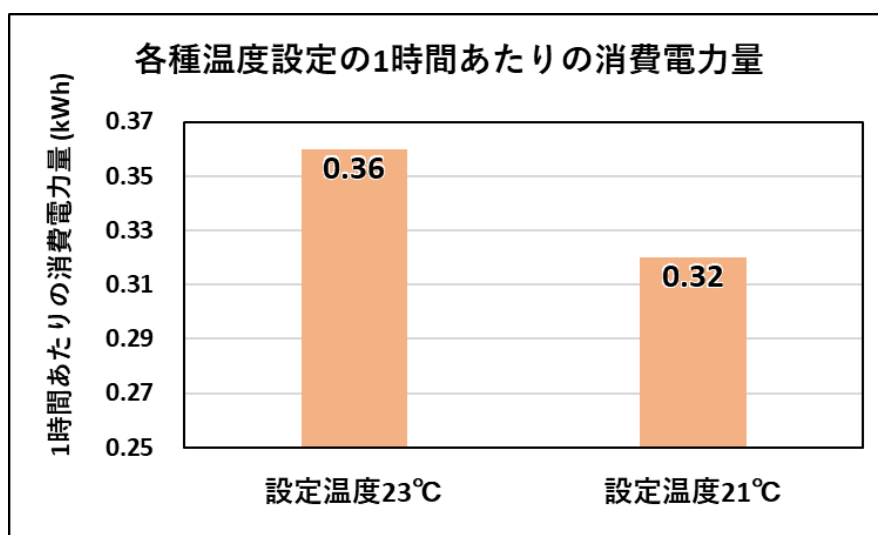


図 4. 各種温度設定における 1 時間当たりエアコン消費電力量

ウ エアコンの設定温度を 19℃にした場合

エアコンの設定温度を 19℃に設定し、被験者に各種運動を行わせたときのアンケート結果を図 5 に示す。なお、アンケート結果は被験者 4 人の平均値でプロットしてある。さらに安静時心拍数と各運動を行っている時の心拍数、最大心拍数および消費カロリーの被験者平均を図 6 と表 6,7 にまとめた。また、エアコンの設定温度を 23℃にしたときと 21℃にした時の 1 時間当たりの消費電力量を図 7 に示す。

- ・いずれの運動も運動前後で、温冷感が寒い側から暖かい側の評価へ変わるが、設定温度を 21℃にしたときと比べて温冷感が暖かい側の評価を保つ時間が短くなる。
- ・温冷感が暖かい側の評価を保つ時間は、足踏みが 4 分、ストレッチが 8 分、ラジオ体操が 10 分、スクワットが 14 分である。
- ・足踏み以外の運動は、設定温度を基準から 4℃下げても運動後には一時的に快適に感じられるため、本条件において、運動によりエアコンの設定温度を 4℃下げても快適性が保たれていると評価した。
- ・エアコンの設定温度を 23℃から 4℃下げることによって 1 時間当たりに換算した場合の消費電力量は

0.08kWh (22.2%) の削減となる。

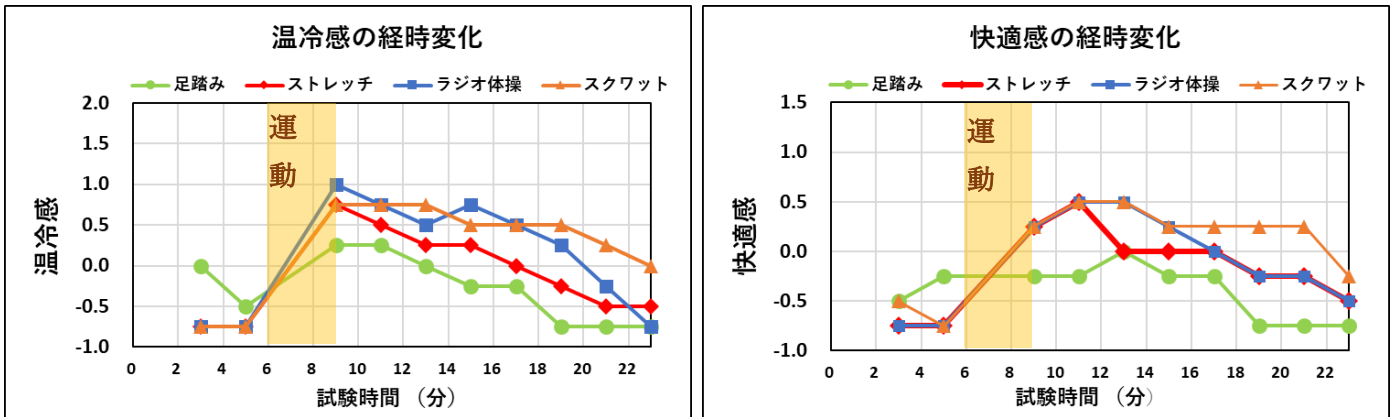


図 5. 被験者試験のアンケート結果(設定温度 19°C)

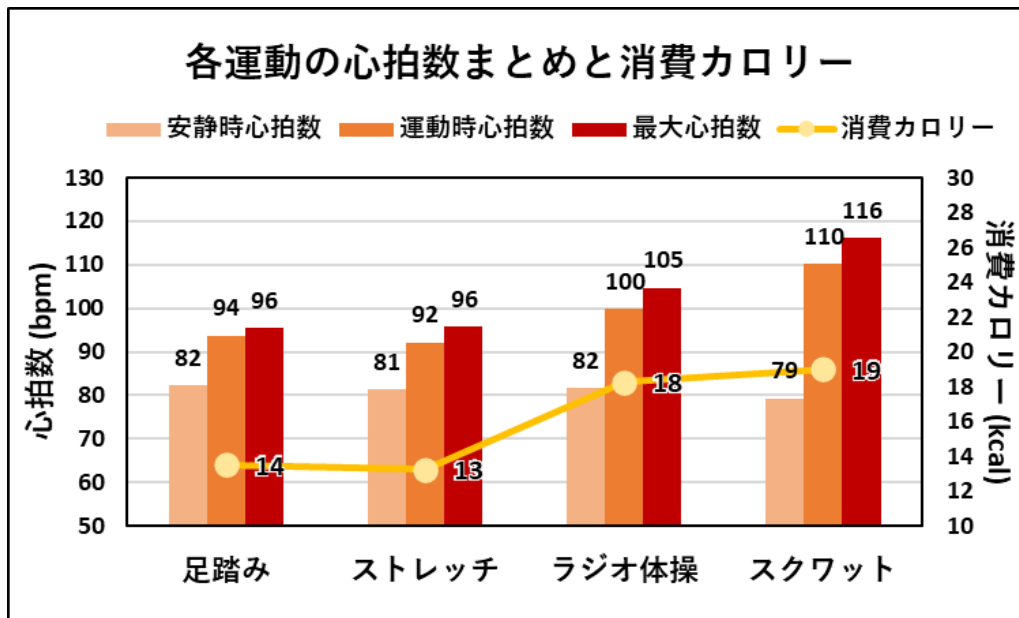


図 6. 安静時と運動時の心拍数の平均値と運動している間の消費カロリー (設定温度 19°C)

表 6. 足踏みとストレッチをした時の各種心拍数と消費カロリー (設定温度 19°C)

	足踏み				ストレッチ			
	安静時心拍数 (bpm)	運動時心拍数 (bpm)	最大心拍数 (bpm)	消費カロリー (kcal)	安静時心拍数 (bpm)	運動時心拍数 (bpm)	最大心拍数 (bpm)	消費カロリー (kcal)
被験者 1	75	88	90	11	75	87	90	11
被験者 2	79	94	95	15	78	97	102	20
被験者 3	79	86	88	10	77	84	86	6
被験者 4	96	107	109	18	94	101	105	16
平均	82	94	96	14	81	92	96	13

表 7. ラジオ体操とスクワットをした時の各種心拍数と消費カロリー（設定温度 19℃）

	ラジオ体操				スクワット			
	安静時心拍数 (bpm)	運動時心拍数 (bpm)	最大心拍数 (bpm)	消費カロリー (kcal)	安静時心拍数 (bpm)	運動時心拍数 (bpm)	最大心拍数 (bpm)	消費カロリー (kcal)
被験者 1	81	96	100	18	76	102	110	16
被験者 2	77	100	106	24	73	110	119	22
被験者 3	81	98	101	12	84	112	116	17
被験者 4	89	105	112	19	83	117	120	21
平均	82	100	105	18	79	110	116	19

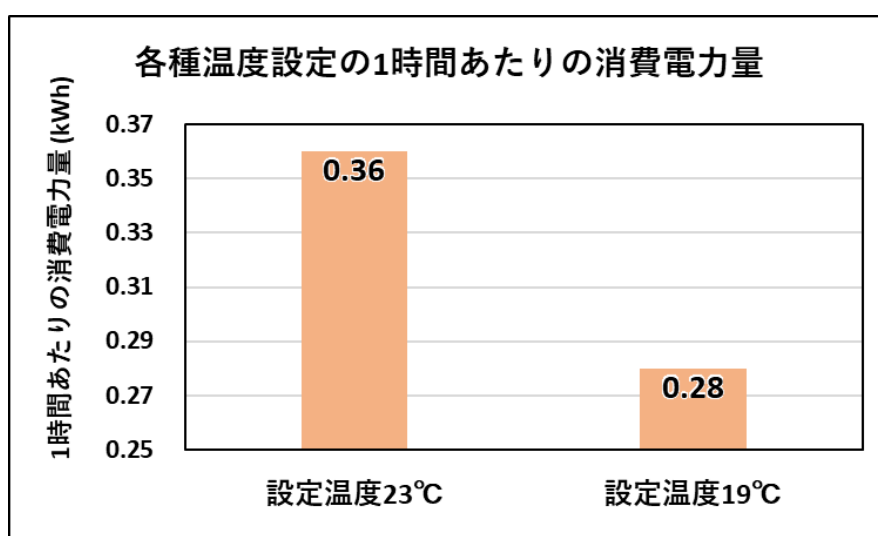


図 7. 各種温度設定における 1 時間当たりエアコン消費電力量

(2) 運動と安静を 3 回繰り返すことによる温冷感・快適感の経時変化

エアコンの設定温度を 19℃に設定し、被験者に各種運動と安静を 3 セット繰り返したときのアンケート結果を図 8 に示す。なお、アンケート結果は被験者 4 人の平均値でプロットしてあり、安静時間はそれぞれストレッチが 4 分、ラジオ体操が 8 分、スクワットが 12 分である。

- ・ いずれの運動も運動と安静を繰り返すことで、温冷感および快適感が 0 以上の値を保っていることが分かる。
- ・ ストレッチはセット間に温冷感および快適感が最大でも 0.25 ポイントしか下降してないことからセット間の時間を 4 分以上にしても効果があると思われる。
- ・ スクワットは 2,3 セット目から発汗により寒いと感じたという意見があり、それにより運動直後に快適感が減少したと考えられる。そのためスクワットを継続的に実施する場合、注意が必要である。
- ・ ストレッチやラジオ体操を今回の試験条件で繰り返すことにより、運動不足の解消と省エネを両立する暮らしが期待できるものの、運動の種類や時間について、各自の体調を意識して行うことが必要である。

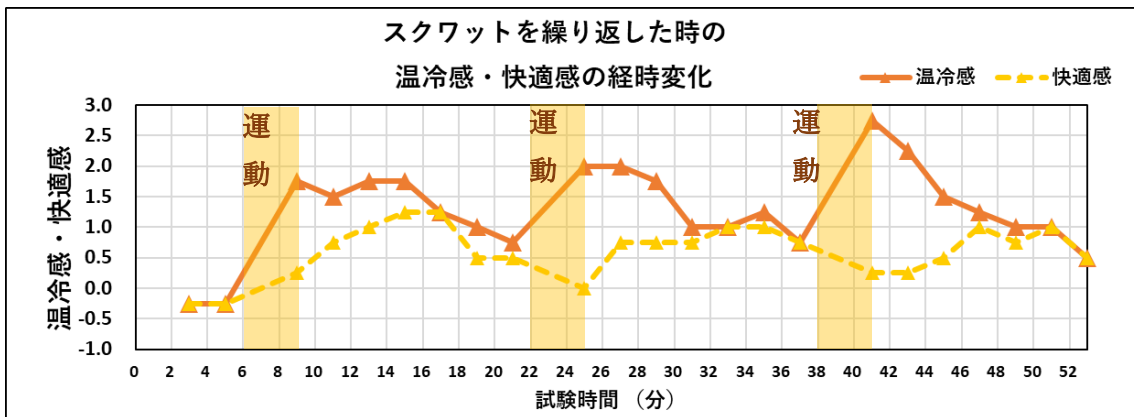
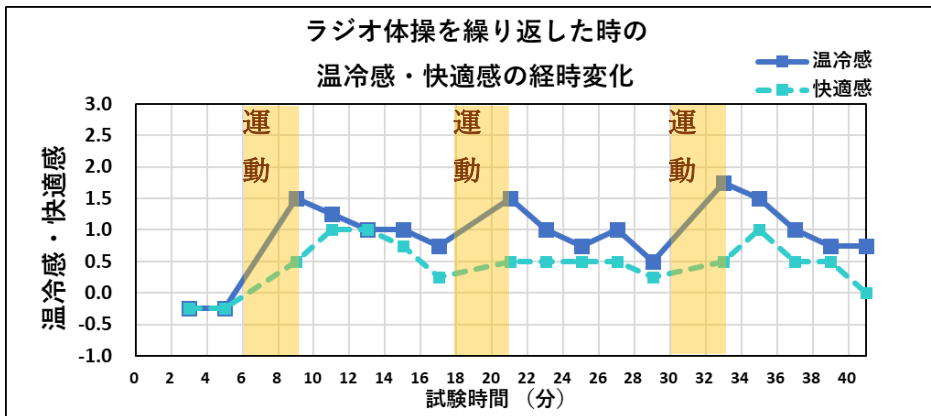
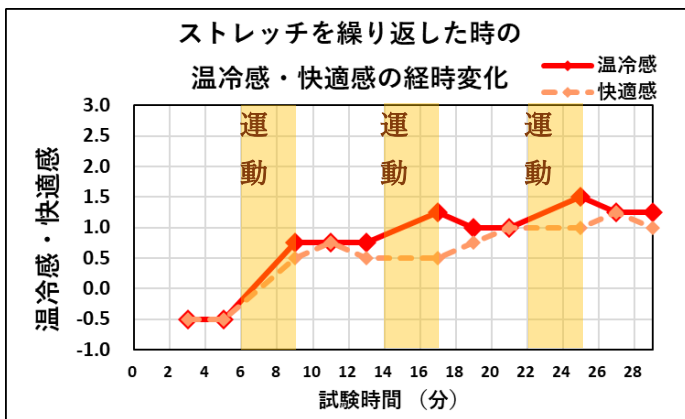


図 8. 被験者試験のアンケート結果 (設定温度 19°C・運動 3 セット)

4. まとめ

本実験では、19.1 畳の洋室 LDK にて、エアコンの設定温度を 23°C から 21°C および 19°C に抑えて室内でできる運動を行った際の快適性や省エネ効果について以下の知見を得た。

(1) 各種運動を行うことによる温冷感・快適感の経時変化および省エネ効果

- ・いずれの運動も運動前は寒い側の評価であったが、運動後には暖かい側の評価へ変わり、その継続時間は運動中の消費カロリーの最も少なかった足踏みが最も短く、消費カロリーの多かったスクワットが最も長かった。
- ・エアコンの設定温度を 23°C から 2°C 下げることによって温冷感や快適感は多少下がるものの、10 分程度は“どちらでもない”以上の快適側の評価を保ち、エアコンの消費電力量は 1 時間当たりに換算すると約 0.04 kWh (約 11.1%) の削減となる。
- ・エアコンの設定温度を 23°C から 4°C 下げることによって温冷感や快適感は下がるものの、足踏み以外の運動は一時的に“どちらでもない”以上の快適側の評価となり、エアコンの消費電力量は 1 時間当たりに換算すると約 0.08 kWh (約 22.2%) の削減となる。

(2) 運動と安静を 3 回繰り返すことによる温冷感・快適感の経時変化

- ・ストレッチ、ラジオ体操、スクワットを、それぞれ 4, 8, 12 分間の安静とともに繰り返すことで温冷感および快適感は 0 以上の値を保つことができる。
- ・スクワットは 2, 3 セット目の運動直後に快適感が減少した。発汗により寒いと感じたという意見もあり、スクワットを行う際には、発汗に注意が必要である。

定量的な結果については、外気の温度や湿度、エアコンの性能や部屋の広さ等の条件で変わってくる。今回の結果は、当社実験設備の条件設定で試行した一例である。

また、本実験では足踏み、ストレッチ、ラジオ体操、スクワットの室内でできる 4 つの運動に焦点を当てたが、その他室内で運動を行う際や、スクワットのような発汗を伴うおそれのある運動を行う際には、怪我や体調管理への注意が必要である。