

体感個人特性を考慮した高齢者向け空調制御システム

田中 秀治^{*1} 桐山 伸也^{*1}

Air Conditioning System for the Elderly Considering Personal Bodily Feeling Characteristics

Hideharu Tanaka^{*1}, Shinya Kiriya^{*1}

Abstract - We have introduced a personalizing framework into our developed air conditioning system for elderly people who have diverse characteristics of bodily feeling. We have compared two methods of air conditioning control with and without personal adaptive function. The evaluation results have proved that the proposed personalized method improves 15.1 and 10.0 points from the original for summer and winter seasons' experiments respectively. When the 'moderate' bodily feeling inputs are eliminated, the proposed method obtains 19.8 and 15.4 points of improvements for summer and winter respectively, which indicates that the proposed has higher performance in the 'uncomfortable' situations.

Keywords: air conditioning, bodily feeling, personalizing, and elderly people.

1. はじめに

近年、日本の高齢者人口が増加しており、平成 28 年度 6 月 20 日に公表された調査[1]では 65 歳以上の高齢者の人口は 3409 万人となった。高齢者が総人口の 26.8%を占める高齢化社会となり高齢者を対象としたシステムの開発が進んでいる。

高齢者の身体、認知特性は多種多様であり、同じ空間にいても高齢者ごとに感じる湿度や温度などの体感情報は異なる。さらに暑い、寒いといった体感温度が同じであっても個人によって希望する空調設定は異なることがある。高齢に伴って身体のセンサは衰え、温度変化に鈍感になり、体調管理が難しくなるなどの問題もあり、高齢者を対象とした空調制御システムの高度化が望まれている。筆者らはこれまでに体感入力に基づいた空調制御システムを開発している[2]。本稿では、多様な体感特性を持つ高齢者が、安心、安全、快適に過ごせる空間の提供を目指し、個人ごとに異なる体感特性に適応した空調制御方式を検討した結果について述べる。

2. 高齢者向けパーソナル空調制御システム

2.1 高齢者向け空調制御システム IIS

筆者らは、温度や湿度などのセンサデータや住空間コモンセンス、居住空間モデルを用いて状況理解を行う統合システムである Indoor Interaction System(以下 IIS)を開発してきた(図 1)。①体感温度や体感風量などの体感情報やどのような空調制御を希望するかという希望空調設定などの主観情報を、タブレット端末上に実装したインタフェースアプリ RoomTouch(図 2)を用いて被験者に入力させる機能、②温度や湿度、心拍数などの客観情報を各種センサから取得する機能、③これらの主観情報と客観情報を空調ライフログデータベースに蓄積し、住空間

コモンセンス知識に照らして状況理解する機能、④状況理解結果に基づいて空調機器の制御を決定・出力する機能が実装されており、それぞれの状況ごとにコモンセンス知識推論システムに基づいて適切な空調制御を実現する機構を実現している。

IIS の情報提示部を図 3に示す。現在の時刻や屋内温度、湿度、設定温度、空調のモードと風量に加えて、被験者が RoomTouch を用いて入力した体感情報を表示できる。

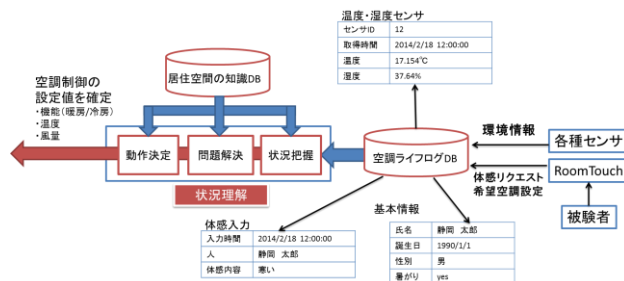


図 1: Indoor Interaction System の概要



図 2: 高齢者向け空調制御に関する体感入力アプリ

*1: 静岡大学大学院総合科学技術研究科情報学専攻

*1: Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

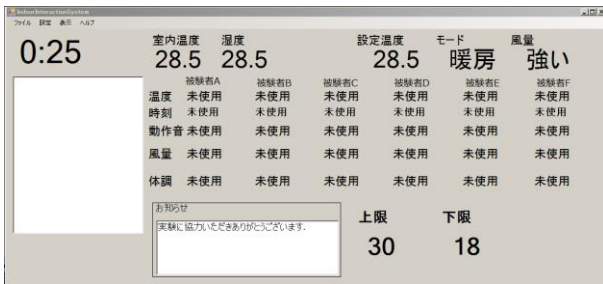


図 3:IIS の情報提示部

2.2 住空間コモンセンス知識

Indoor Commonsense (住空間コモンセンス) とは MIT が行っている Open Mind Common Sense プロジェクト[3] の一部である。特に屋内に関するコモンセンスに限定して収集を行っている知識構造である。筆者らが開発した空調制御システムでは、以下の 4 つの知識構造の組合せによりコモンセンス知識に基づく空調制御のための状況理解機構を実現している。

- Help
人が何をしたいか目標、要求を表現
- Desire
ものをどんな状態にしたいか目標、要求を表現
- Cause
何が起きるか、何が原因かを表現
- Response
目標とする状況とその時の動作を表現

これらの 4 つの知識構造を用いて状況理解を行う流れを図 4 に示す。状況理解において状況把握、問題解決、動作決定を行う。状況把握では人の情報と Cause を用いて部屋の環境を把握し、Help と Desire を用いてユーザの要求を把握する。問題解決では状況把握で得た要求や部屋の環境と Cause を用いて要求に対する解決策を推論し、最後に動作決定で Response を用いて具体的な機器の制御を行う。

最終的な機器制御を個人に適応したものにするため Help の知識構造に体感個人特性を加え、個人によって異なる様々な要求を表現する。

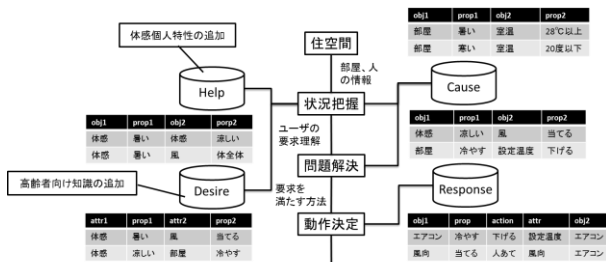


図 4:高齢者向け空調制御の状況理解

3. 高齢者を対象とした体感評価実験

個人ごとに異なる高齢者の体感特性の実態を調査し、空調制御システムの状況理解機構に反映させるため、被験者実験を実施した。

3.1 センシング項目

住空間ライフログデータベースに蓄積したセンシング項目を以下に列挙する。

- 体感情報と希望空調設定
RoomTouch を用いて、温度、騒音、風量に関する体感情報を自由に入力させる。ちょうどいい以外の体感が入力されると、一定時間（約 10 分）おきにシステム側から再度体感を尋ね入力を促す。体感情報の入力後、いまだのような空調設定を希望するのかについて入力を求める。
- 温度、湿度
手元、足元の温度と湿度を測定する。測定間隔は 30 秒である。
- 心拍数
被験者に Fitbit を装着させ心拍数を測定する。
- 発話
被験者に咽喉マイクを装着させ発話を収集する。

3.2 体感評価実験データ

冬季(2016 年 1 月)、夏季(2015 年 7 月)に体感評価実験を実施した。1 シーズンあたり 6 日間、昼食をはさんで 1 日 4 時間の同じ部屋で自由に過ごし、空調に関する体感と希望空調設定の情報を入力させた。1 日当たり 4 ~ 6 名が実験に参加した。被験者は男性 4 人(B, D, E, F)、女性 2 人(A, C)の計 6 人である。6 人は歴史サークルの仲間全員 60 歳上である。夏季実験・冬季実験における被験者別の体感入力数をそれぞれ表 1 と表 2 に示す。

表 1:夏季実験における被験者別体感入力数

被験者	A	B	C	D	E	F	合計
1回目	24	17	19		16		76
2回目		16		5	8	4	33
3回目	10		14	19		7	50
4回目	10	13	11		19		53
5回目		17		19	10	10	56
6回目	16	14			22	11	63
合計	60	77	44	43	75	32	331

表 2:冬季実験における被験者別体感入力数

被験者	A	B	C	D	E	F	合計
1回目		1		1	13	11	26
2回目	8	17	20	2		6	53
3回目		9	21	2	9		41
4回目	17	15		17	8	20	77
5回目	21	15		1	12		49
6回目	20	12			15	14	61
合計	66	69	41	23	57	51	307

4. 体感個人特性を考慮した空調制御の検討

4.1 体感個人特性と空調制御システム

冬季実験、夏季実験で希望空調設定を体感温度ごとに

分け、一番入力が多かったパターンを体感個人特性として抽出した。夏季実験・冬季実験における被験者ごとの体感個人特性を図 5 と図 6 にそれぞれに示す。ここで得られた体感個人特性を Help の知識構造に追加することで、個人ごとに適応した空調制御が可能になる。

高齢者向けの空調制御システムにするために Desire の知識構造に高齢者の一般的な感覚特性を追加し高齢者特有の多様な認知特性を空調制御に反映する。具体的には、季節によらない知識である「空調機の風を直接体に当たらない」、「風量は弱めに設定する」に加え、高齢者は夏季に体温調節機能が低下し暑さを感じにくいこと[4]から「夏季は室温を低めに設定する」という知識を Desire の知識構造に追加した。

そのうえで被験者全員分の体感個人特性を Help の知識構造に追加したデータベースを個人適応なしの従来方式とし、被験者ごとに体感個人特性を Help の知識構造に追加したデータベースを個人適応ありの提案方式として実装した。

被験者A			被験者D		
体感温度	設定温度	風向き	体感温度	設定温度	風向き
暑い	±0℃	当てない	暑い	-0.5℃	(入力なし)
少し暑い	±0℃	当てない	少し暑い	-1℃	(入力なし)
少し寒い	±0℃	当てない	少し寒い	0.5℃	(入力なし)

被験者B			被験者E		
体感温度	設定温度	風向き	体感温度	設定温度	風向き
暑い	-2℃	当てない	暑い	±0℃	体全体
少し暑い	-1℃	当てない	少し暑い	-1℃	当てない
			少し寒い	1℃	当てない
			寒い	2℃	当てない

被験者C			被験者F		
体感温度	設定温度	風向き	体感温度	設定温度	風向き
暑い	-2℃	当てない	暑い	-3℃	体全体
少し暑い	-1℃	当てない	少し暑い	-1℃	体全体

図 5:夏季実験における被験者ごとの体感個人特性

被験者A			被験者D		
体感温度	設定温度	風向き	体感温度	設定温度	風向き
少し暑い	±0℃	当てない	少し暑い	±0℃	足元
少し寒い	±0℃	当てない	少し寒い	±0℃	足元
寒い	±0℃	足元			

被験者B			被験者E		
体感温度	設定温度	風向き	体感温度	設定温度	風向き
少し寒い	2℃	当てない	少し暑い	±0℃	当てない
寒い	3℃	当てない	少し寒い	1℃	足元

被験者C			被験者F		
体感温度	設定温度	風向き	体感温度	設定温度	風向き
少し暑い	0.5℃	当てない	少し暑い	±0℃	足元
少し寒い	1℃	当てない	少し寒い	1℃	足元

図 6:冬季実験における被験者ごとの体感個人特性

4.2 体感個人特性を考慮した空調制御の評価

空調制御システムの評価のために推定正解率という尺度を導入した。これは被験者が希望した空調設定と空調制御システムの出力が同じであれば正解としそれ以外を不正解として推定精度を算出するものである。例えば空調設定の出力が「エアコン,冷やす」であれば希望空調設定の設定温度がマイナスの値ならば正解でありそれ以外であれば不正解とする。また出力の最大値が同じものが

複数あった場合、複数の出力と希望空調設定が同じであれば正解とする。夏季実験・冬季実験における被験者別の推定正解率を図 7 と図 8 にそれぞれ示す。また、体感が「ちょうどいい=快」と「それ以外=不快」の両者を比較するため、ちょうどいいを除いた体感入力について夏季実験と冬季実験の推定正解率を算出した結果を図 9 と図 10 にそれぞれ示す。

夏季実験において個人適応前の推定正解率は 59.7%だったが個人適応後は 74.8%となり 15.1 ポイント上昇した。また体感入力ちょうどいいを除いた場合の推定正解率は個人適応前が 72.4%、個人適応後が 92.2%となり 19.8 ポイント上昇した。冬季実験においては個人適応前の推定正解率は 42.8%だったが個人適応後は 52.8%となり 10.0 ポイント上昇した。また体感入力ちょうどいいを除いた場合の推定正解率は個人適応前が 68.0%、個人適応後が 83.4%となり 15.4 ポイント上昇した。

「ちょうどいい」の体感を除いた場合、全ての体感を対象にした場合と比較して、夏季・冬季ともに個人適応を導入した効果がより高く現れる結果となった。「ちょうどいい」の体感に関しては今後コンセンサス知識を拡充することで推定正解率の上昇が見込まれる。

4.3 被験者ごとの考察

以下、6名の被験者ごとに特徴を考察する。

被験者 A：

冬季実験において体感入力、寒いがありその時に足元に風を当てること、夏季実験においては当てないと入力していることから足元の冷えが気になりやすいと考える。夏季実験において少し暑いと入力された時、従来方式では温度を下げるという提案がされていたが A は温度を下げる希望はしていなかった。提案方式では温度を下げる提案ではなく風向き、当てないが提案されるようになり推定正解率が上昇した。

被験者 B：

冬季実験において体感入力、寒いが一番多い被験者である。また被験者の中で唯一体感温度がちょうどいいにならなかったことから他の被験者に比べ寒さに敏感であると考えられる。B は従来方式と提案方式で推定正解率にほとんど差がない。個人特性として追加された知識も高齢者向け知識とほぼ同じなため高齢者向け知識のみでも推定正解率が高く、従来方式と提案方式で推定正解率に差がでないと考えられる。

被験者 C：

冬季実験、夏季実験のいずれにおいても最初から最後まで風向き、当てないと入力していることから風にあたるのが苦手なのではないかと考える。C も B と同様に推定正解率に差がなく追加された体感個人特性と高齢者向け知識もほとんど差がないため推定正解率に差がでない。被験者 D：

夏季実験においては温度を変えることで快適にしよう

とし、冬季実験においては風向きによって快適さを得ようとしている。夏季実験において D は温度を変えることを希望するが従来方式では体感入力、少し暑いと入力された時、高齢者向け知識から風向きを当てないことが提案されていた。提案方式では風向きを当てないではなく温度を下げるが提案されるようになり推定正解率が上昇した。

被験者 E :

夏季実験において唯一、体感入力、寒いが存在する。また体感入力が暑いと入力された時は体全体に風を当てることを要求していることから室温が高い時は風を当てるようにし、室温が下がったら風を当てないようにするなどの工夫が必要であると考え。E は提案方式を用いて推定正解率が下がった唯一の例である。下がった理由としては従来方式では風を当てないという知識の重みが最大だったが提案方式では風向を足元に向けると設定温度を上げるという知識の最大値が同じ値になり、条件が厳しくなった事があげられる。

被験者 F :

夏季実験、冬季実験において風向きを当てないではなく体全体や足元と入力している。他の被験者に比べ風が当たる事に抵抗がない。またより早く快適な状態になりたいという希望があると考える。F は風向きを体全体、足元にしていたが、従来方式では出力が風向き、当てないになっていたが提案方式では F の好みに合わせた風向きの出力がされるようになり推定正解率が上昇したと考えられる。

以上の考察結果を知識構造に反映させることで更なる推定正解率の向上が見込まれる。また男女の違いや性格の違いなど、多様な観点から知識を追加することが個人適応の高度化に繋がると考えられる。

従来方式				提案方式			
被験者	入力数	一致数	一致率%	被験者	入力数	一致数	一致率%
A	60	30	50.0	A	60	46	76.7
B	77	63	81.8	B	77	63	81.8
C	44	37	84.1	C	44	37	84.1
D	43	16	37.2	D	43	30	69.8
E	74	44	59.5	E	74	49	66.2
F	32	7	22.7	F	32	24	75.0
合計	330	197	59.7	合計	330	247	74.8

図 7:夏季実験での推定正解率

従来方式				提案方式			
被験者	入力数	一致数	一致率%	被験者	入力数	一致数	一致率%
A	66	35	53.0	A	66	35	53.0
B	69	67	97.1	B	69	67	97.1
C	41	19	46.3	C	41	19	46.3
D	23	0	0.0	D	23	2	8.7
E	57	13	22.8	E	57	9	15.8
F	51	0	0.0	F	51	30	58.8
合計	307	134	42.8	合計	307	162	52.8

図 8:冬季実験での推定正解率

従来方式				提案方式			
被験者	入力数	一致数	一致率%	被験者	入力数	一致数	一致率%
A	51	30	58.8	A	51	46	90.2
B	67	60	89.6	B	67	60	89.6
C	43	37	86.0	C	43	37	86.0
D	30	16	53.3	D	30	30	100.0
E	45	36	80.0	E	45	41	91.1
F	22	5	22.7	F	22	22	100.0
合計	267	193	72.4	合計	267	245	92.2

図 9:夏季実験でのちょうどいいを除いた推定正解率

従来方式				提案方式			
被験者	入力数	一致数	一致率%	被験者	入力数	一致数	一致率%
A	35	26	74.3	A	35	26	74.3
B	69	67	97.1	B	69	67	97.1
C	19	19	100.0	C	19	19	100.0
D	2	0	0.0	D	2	2	100.0
E	20	11	55.0	E	20	7	35.0
F	36	0	0.0	F	36	30	83.3
合計	181	123	68.0	合計	181	151	83.4

図 10:冬季実験でのちょうどいいを除いた推定正解率

5. おわりに

高齢者向けの空調制御システム高度化のため、個人ごとに希望する空調設定が異なる点に着目し、個人の体感特性に適応した空調制御を行なう手法を開発した。空調制御に用いるコモンセンス知識構造を個人適応しない従来方式と個人適応を導入した提案方式で比較評価し、提案方式では従来方式に比べて夏季と冬季の実験でそれぞれ 15.1 ポイント、10.0 ポイント推定正解率が向上することを確かめた。「ちょうどいい」の体感を除いた場合は夏季 19.8 ポイント、冬季 15.4 ポイント向上し、提案手法は不快と感じる場面で効果が高いことが分かった。多様な体感特性を持つ高齢者に対して個人ごとの知識データベースを用いることでより高度な状況理解とそれに基づく空調制御が可能になることを示した。

参考文献

- [1] 人口推計 平成 28 年 6 月報
<http://www.stat.go.jp/data/jinsui/pdf/201606.pdf>
- [2] 川崎進也, 柴田健一, 石川翔吾, 桐山伸也, 竹林洋一 : 高齢者向け住空間状況理解システム高度化のためのマルチモーダル体感分析, インタラクシオン 2015, A08, pp.172-174, 2015
- [3] Push Singh, Thomas Lin, Erik T. Mueller, Grace Lim, Travell Perkins, and Wan Li Zhu (2002). Open Mind Common Sense: Knowledge acquisition from the general public. Proceedings of the First International Conference on Ontologies, Databases, and Applications of Semantics for Large Scale Information Systems. Lecture Notes in Computer Science. Heidelberg: Springer-Verlag.
- [4] 入来正躬, 浅木恭 : 高齢者の体温調節(<特集>バイオメカニズムから見た高齢者の身体諸特性), バイオメカニズム学会誌, VoL16, No1(1992)