

個人ごとの体感状況に適応した 住空間コモンセンスに基づく空調制御システム

田中 秀治^{†1} 川崎 進也^{†2} 柴田 健一^{†2} 石川 翔吾^{†3} 桐山 伸也^{†3}

筆者らはこれまでに体感情報を手掛かりに住空間コモンセンスに基づく知識構造でユーザの心的状況理解を行う仕組みを検討し、空調サービスを対象に実環境アプリケーションを開発してきた。同じ住空間内で過ごす各個人に適応した空調制御システムを実現するため体感評価実験で収集した体感入力と希望空調設定のデータ分析を行い、空調制御の個人カスタマイズに役立つ知見を獲得した。

Air Conditioning System Based on Indoor Commonsense Adaptable to Individual Bodily Feeling Situation

HIDEHARU TANAKA^{†1} SHINYA KAWASAKI^{†2} KENICHI SHIBATA^{†2}
SHOGO ISHIKAWA^{†3} SHINYA KIRIYAMA^{†3}

We have studied a framework for user's mental situation understanding using bodily feeling information introducing a knowledge structure based on indoor commonsense. Utilizing the framework, we have developed a real-world application for air conditioning service. In order to realize air conditioning functions adaptable for each user in the same living space, we have analyzed the relationship between bodily feeling information and air conditioning operation requests for each subject collected through evaluation experiments. The results have provided valuable findings to customize air conditioning functions for each user

1. はじめに

近年、高齢化が進んでおり日本の総人口の 26.0%は 65 歳以上の高齢者である[1]ことから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、同じ住空間にいても個人ごとが感じる温度や湿度に関する体感情報は異なり、暑い、寒いなどの体感が同じでも希望空調制御は異なることがある。また高齢になるにつれて身体のセンサが衰え、人によっては身体のセンサが鈍感になっていき、室温の変化や風向きで体調を崩してしまう恐れがある。これらのことから部屋単位の空調制御でなく、住空間にいるすべての人に合わせた空調制御サービスが必要であると考える。

関連研究に居住者の温熱要望申告を利用した空調制御[2]がある。複数の居住者の温度の上げる、下げるなどの要望を聞き要望率に合わせ空調制御を行い、周りの状況や空調の運転状況を提供することで居住者の納得のいく空調制御を行う研究である。

我々はこれまでに、体感入力に基づいた状況理解システムが開発している[3]。関連研究では温度を上げる、下げるといった具体的な空調制御を入力し、要望率で空調制御を

決定していたが、我々が開発したシステムでは体感情報を入力し、インドアコモンセンスに基づいて状況理解をした結果から空調制御を決定している。これらのシステムでは一部の人が不快に感じていても、要望が採用されず、希望とは異なる制御が行われる可能性がある。そこで本システムでは部屋単位の出力でなく、インドアコモンセンスと個人特性に基づいて居住者の一人ひとりに合わせた空調制御を行いすべての居住者が安心、安全、快適に過ごせる住空間の提供を目指す。

2. マルチモーダル体感状況理解システム

2.1 Indoor Interaction System

Indoor Interaction System(以下 IIS)はセンサ情報やコモンセンス、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。図 1 に既存システムである空調制御システムを示す。住空間にいる人の体感情報は体感入力インターフェースである RoomTouch (図 2) を用いて取得し、その後、体感入力時の希望空調設定を入力する。また各種センサを用いて温度や湿度などを取得し DB に蓄積している。その後ライフログとインドアコモンセンスで状況理解を行い、その環境に即した空調制御を推定する。IIS の情報提示部分を図 3 に示す。現在の時刻、室内温度、湿度、設定温度、空調のモードと風量が表示され、また被験者が RoomTouch を使って入力した体感情報が表示される。

^{†1} 静岡大学 情報学部

Faculty of Informatics, Shizuoka University

^{†2} 静岡大学 創造科学技術大学院

Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

^{†3} 静岡大学大学院 情報学研究科

Graduate School of Informatics, Shizuoka University

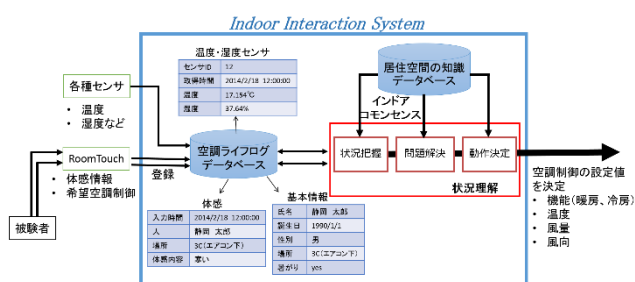


図 1: Indoor Interaction System の構成



図 2 : 体感入力インターフェース RoomTouch

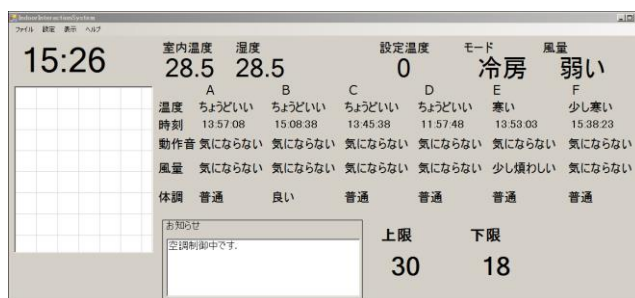


図 3 : Indoor Interaction System 情報提示画面

2.2 インディアコモンセンス

インディアコモンセンスとは MIT が行っている Open Mind Common Sense[5]プロジェクトの一部であり、コモンセンスの中でも室内に関する情報に限定して収集している知識構造である。これらの知識構造を用いて既存システムにおいて我々の実験環境に合わせた 4 つの知識構造が作られており、以下のように定めている。

- 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 4 つの知識構造を用いて状況理解を行う。行う例を図 4 で示す。状況把握、問題解決、動作決定を行い、空調

の制御を定める。最初に部屋、人の情報と Cause を用いて今何が起きているのかを、Help と Desire を用いてユーザがどのような要求を持っているのかを求める。次にその要求に対して Cause を用いて要求を満たす方法を求め、最後に Response を用いて具体的に機器の制御を決定する。

これに改良を加え個人に合わせた空調制御を行う。一般的な常識だけでなく、個人ごとの特性に合わせた情報を考慮し、問題解決、動作決定を通して空調制御をするために個人ごとの特性などの情報をデータベースに蓄積する。

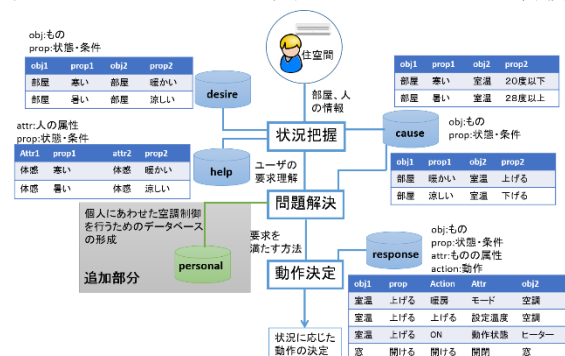


図 4 : インディアコモンセンスを用いた状況理解

3. パーソナル空調制御システムの概要

温度の上げる幅、下げる幅や風向きの好みは人によって異なり、個人に合わせた空調制御を行うにはそれらの情報を集めてデータベースに蓄積することが必要であると考えている。作成するパーソナル空調制御システムを図 5 に示す。インディアコモンセンスを用いて状況理解をすることは既存システムと同じであるが、それに追加して個人用データベースを作成し、個人史の特性を加味した状況理解を行い、出力を部屋単位での一つの出力ではなく、住空間に属す個人ごとにするようにしている。また入力に関しては被験者の体感入力の平均を取り、入力していたが、住空間に属す個人ごとの体感入力をそのまま入力として活用した。個人用データベースの実装はまだ設計段階であり、現在は先行研究と同じでインディアコモンセンスを用いて状況理解を行っている。

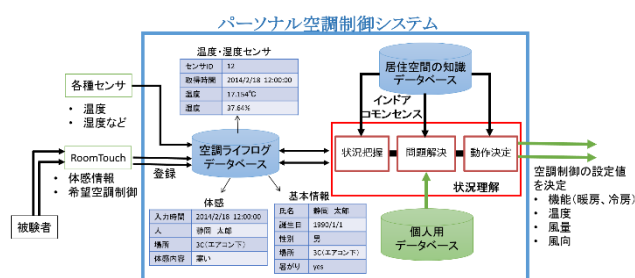


図 5 : パーソナル空調制御システムの構成

4. 空調制御に関する個人特性の分析

4.1 体感評価実験データ

冬季(2015 年 1 月)、夏季(2015 年 7 月)に行われた体感

評価実験のデータを使用する。被験者は男性 4 人（被験者 B, 被験者 D, 被験者 E, 被験者 F）、女性 2 人（被験者 A, 被験者 C）の計 6 人である。また 6 人は全員顔見知りであり全員 60 歳上である。冬季実験の体感入力数を表 2 に示し、夏季実験の体感入力数を

表 1 で示す。被験者がいなかった場合空白になっている。RoomTouch を用いて体感情報と被験者の体感入力後の希望空調設定を入力されている。また各種センサを用いて 30 秒毎に計測した机上、足元の温度と湿度がデータベースに記録されている。

表 1：冬季実験日の体感入力数

冬季実験	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	被験者E	被験者F	合計
1回目	14	19	20	14	19	17	103
2回目		19		15	17	13	64
3回目	10	14	20		14	8	66
4回目	12	11	22	23		12	80
5回目		16		23	9	9	57
6回目	12	15	15	17	19	6	84
合計	48	94	77	92	78	65	454

表 2：夏季実験日の体感入力数

夏季実験	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	被験者E	被験者F	合計
1回目	24	17	19		20		80
2回目		16		7	8	4	35
3回目	10		14	16		7	47
4回目	10	13	11		18		52
5回目		17		13	8	10	48
6回目	16	14			22	11	63
合計	60	77	44	36	76	32	325

4.2 体感情報と希望空調制御の分析

パーソナル空調制御システムの個人用データベースへ個人特性の情報を蓄積するために各被験者の体感情報と希望空調制御の分析を行う。夏季と冬季に行われた実験から体感入力後の希望空調設定の中で被験者ごとに一番多かったパターンを抽出した。冬季実験の結果を表 3 に示し、夏季実験の結果を表 4 に示す。

● 設定温度

各体感温度での被験者による設定温度のばらつきはあまり見られないが、夏季実験の暑い、冬季実験の寒いに関してばらつきが見られた。また夏季実験データを通して各被験者の設定温度に関して以下の傾向が考えられる。被験者 A は体感温度にかかわらず設定温度を変えない。被験者 B, C, F は体感温度にあった温度変化を希望する。被験者 D は暑いと少し暑いで下げ幅が異なっている。被験者 E は暑いと入力した時をのぞいて体感情報にあった温度変化を希望する。暑いに関しては温度を変えないことを希望する。次に冬季実験データから以下のことが考えられる。被験者 A, B, F は体感温度に合った温度変化を希望する。被験者 C は少し暑いと入力した時に温度変化を

させないことを希望する。被験者 D は体感温度にかかわらず設定温度を変えない。被験者 E は体感入力が高い時以外は温度を変えず、体感入力が高い時は設定温度を下げることを希望する。

● 風向き

夏季実験では当てないと入力する被験者が多いのに対して、冬季実験では足元の入力が多いことがわかる。また夏季実験データを通して各被験者の風向きに関して以下の傾向が考えられる。被験者 E は体感入力が高い時のみ体全体を希望する。被験者 F は体感入力にかかわらず体全体を希望する。この二人以外は体感入力にかかわらず当てないを希望する。また冬季実験データを通して以下のことがわかった。被験者 A は体感入力が高いよりで体全体を希望する。被験者 B は体感入力が高いで体全体を希望する。この二人以外の被験者は体感入力にかかわらず足元を希望する。

● 風量

夏季実験、冬季実験ともに、体感入力の暑さ、寒さにかかわらず希望風量設定を弱めのものを希望している事がわかる。また夏季実験データを通して各被験者の風量に関して以下の傾向が考えられる。被験者 A は体感入力が高い寒い時、風量を上げる。被験者 B, C, F は体感入力にかかわらず、風量は変えない。被験者 E は体感入力が高い関連の時、比較的に強めにし、体感入力が高い時は弱めにする。

また冬季実験データを通して以下のことがわかった。被験者 B, F は体感入力にかかわらず、風量は変えない。被験者 C, D は体感入力が高い寒い時、比較的に強める。被験者 E は体感入力を寒いから始め風量を強めて、弱めて、強めるという動作をしている。

またこれらの傾向から各被験者には以下の傾向があると推測される。夏季実験において被験者 F は風を常に体に当て、体感温度に合わせた空調制御を希望し、寒いまたは少し寒い体感入力がないことから被験者 F は暑がりであること、また被験者 A は体感温度にかかわらず設定温度を変えずまた自分に風を当てないことから暑さに対して耐性があるまたは冷房が苦手であること。被験者 B, C, E は体感温度によって設定温度は下げるが風を当てないことから冷たい風が苦手である。また夏季実験と冬季実験で同じ被験者でも異なる傾向がみつかることから今まで夏、冬で同じインドアコモンセンスを使用してきたがインドアコモンセンスも夏と冬で分けて空調制御をするべきではないかと考える。

これらのことから同じ環境にいても設定温度や風向きの好みは一人ひとり異なり、希望する空調制御が異なる事がわかった。個人によって異なる空調制御を用いて、傾向を明らかにすることによって個人特性を発見しその特性をデー

データベースに蓄積し、状況理解に用いることで個人に適応した空調設定が行えるのではないかと考える。

表 3：冬季実験の体感情報による希望空調設定

「暑い」				「寒い」			
被験者	設定温度	風向き	風量	被験者	設定温度	風向き	風量
A	-1℃	体全体	(入力なし)	B	+3℃	体全体	しずか
E	-2℃	足元	微風	E	±0℃	足元	しずか
				F	+2℃	足元	しずか

「少し暑い」				「少し寒い」			
被験者	設定温度	風向き	風量	被験者	設定温度	風向き	風量
A	-0.5℃	体全体	(入力なし)	A	+1℃	足元	しずか
B	-1℃	足元	しずか	B	+1℃	足元	しずか
C	±0℃	足元	微風	C	+1℃	足元	弱風
D	±0℃	足元	しずか	D	±0℃	足元	微風
E	±0℃	足元	しずか	E	±0℃	足元	微風
F	-1℃	足元	しずか	F	+1℃	足元	しずか

表 4：夏季実験の体感情報による希望空調設定

暑い				寒い			
被験者	設定温度	風向き	風量	被験者	設定温度	風向き	風量
A	±0℃	当てない	しずか	E	2℃	当てない	しずか
B	-2℃	当てない	弱風				
C	-2℃	当てない	微風				
D	-0.5℃	(入力なし)	(入力なし)				
E	±0℃	体全体	弱風				
F	-3℃	体全体	しずか				

少し暑い				少し寒い			
被験者	設定温度	風向き	風量	被験者	設定温度	風向き	風量
A	±0℃	当てない	しずか	A	±0℃	当てない	微風
B	-1℃	当てない	弱風	D	0.5℃	(入力なし)	(入力なし)
C	-1℃	当てない	微風	E	1℃	当てない	しずか
D	-1℃	(入力なし)	(入力なし)				
E	-1℃	当てない	弱風				
F	-1℃	体全体	しずか				

5. プロトタイプシステムの評価

パーソナル空調制御システムの出力結果と各被験者の希望空調設定とを比較した一致率の調査を行った。一致と不一致の基準はパーソナル空調制御システムの出力と DB に蓄積されている被験者の入力である希望空調がマイナスの温度を設定していた時パーソナル空調制御システムがエアコン、下げるという出力していた場合一致、それ以外を不一致とし、希望空調設定がプラスの温度を設定した時、パーソナル空調制御システムがエアコン、暖めるという出力していた場合一致、それ以外を不一致とした。

その結果、既存システムによる空調制御機構をそのまま個人ごとに適用した場合、28.3%の一致率となった。空調制御出力を詳細分析したところ、個人ごとに異なる入力があっても出力される制御内容のバリエーションが限定的であり、特に寒暖の程度を考慮できていないことが主要因であることが分かった。そこで、体感温度の程度を細分化した知識を追加したプロトタイプシステムを実装し評価したところ、一致率が 68.0%まで改善されることを確かめた。これよりインドアコモンセンスを増やすことや住空間の状況に応じた入力を増やすことでより詳細な状況理解が可能

になると考える。

6. おわりに

本稿では、個人ごとの体感状況に適応し、住空間コモンセンスを用いて個人ごとに空調制御を行うことができるパーソナル空調制御システムの実装と、過去の実験データを用いた個人特性の分析を行った。設定温度、風向き、風量の希望空調設定を見ることができ、各被験者の特性を発見することができ、個人適応のためにデータベースに蓄積する情報を見出すことができた。今後は分析で得られた個人特性の違いを住空間コモンセンスに反映し、個人に適応した空調サービスを提供できるシステムへ進化させる。

参考文献

- 1) 内閣府：平成 27 年版高齢社会白書，高齢化の現状と将来像：
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/html/gaiyou/s1_1.html
- 2) 村上昌史，原田昌幸，久野覚，寺野真明：居住者の温熱要望申告を利用した空調制御方式に関する研究，日本建築学会環境系論文集，73(626)， 535-542，2008-04-30
- 3) 池谷謙吾，小川慧 他，“インドアコモンセンスに基づく 高齢者のマルチモーダル体感情報理解”，情報処理学会研究報告． SLP2013-SLP-95(16)， 1-6 (2013-01-25)
- 4) 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，インタラクション 2015，A08， pp.172-174，2015
- 5) 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.