

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

池谷謙吾^{†1} 小川慧^{†1} 神谷直輝^{†1} 柴田健一^{†2}
石川翔吾^{†3} 桐山伸也^{†3} 竹林洋一^{†2}

あらまし

本報告ではマルチモーダルセンサ環境における高齢者のインドアコモンセンスに基づく体感情報理解システムを提案する。高齢者の身体感覚器や知覚能力は多様であり、各種センサ情報に対して敏感になったり鈍感になったりや変化する。それぞれの高齢者の主観的な情報を元に状況理解を行うことで、個人の特徴を考慮した環境適応が可能である。その方法として、高齢者とのインタラクションによって体感情報を取得し、インドアコモンセンスをもとにした状況理解によって環境の適応を行うシステムを構築した。

キーワード マルチモーダル, 高齢者, センサ, 体感情報, インタラクション, 知識

Multi-Modal Feeling Information Understanding for the Elderly on the basis of Indoor Commonsense

KENGO IKEYA^{†1} KEI OGAWA^{†1} NAOKI KAMIYA^{†1} KENICHI SHIBATA^{†2}
SHOGO ISHIKAWA^{†3} SHINYA KIRIYAMA^{†3} YOICHI TAKEBAYASHI^{†2}

Abstract

This paper describes construction of the system for understanding elderly feeling information in multi-modal sensor environment on the basis of Indoor Commonsense. The Elderly have various features in feeling by changes perception and sensation. Their sensors become insensitive or sensitive. Situation understanding using elderly's subjective information enables to achieve adaptation environment considering the features of the individual. We have developed an indoor environment control system which enables to adapt elderly's various feeling situation based on indoor commonsense.

Key words Multi-Modal, Elderly, Sensor, Feeling Information, Interaction, Knowledge

1. はじめに

近年、高齢化はますます進み日本は超高齢社会に突入し、社会保障費の増大や医療介護職の人材不足など高齢化による社会問題が顕著になっている[1]。また、高齢化に伴い、認知症の人が急増している。認知症とはいったん正常に発達した知的機能が低下し、社会生活に支障をきたすようになった症状である。現在、65歳以上の人口の10人に1人が認知症高齢者とされている[2]。そのようななか、2012年6月には厚生労働省は大幅な政策転換を行い、「精神科病院を利用」から「住み慣れた地域で暮らし続けることが出来る社会」の実現を目指す方針を示した[3]。これまで介護施設や病院で生活していた高齢者が一般的な居住空間で家族と共に過ごす時間が増加することが予想される。高齢者が家電機器や電子機器などに触れる機会も増える一方で機器の高性能化が進み、操作が複雑化している。そのため、居住空間における機器と人とのインタラクションも高齢者

が利用することを考慮したユニバーサルデザインの研究[4]も行われるとともに、多くの家電機器が製品化されている[5]。特に高齢者は年齢によってからだのセンサに変化が生じ、人によっては敏感になったり鈍感になったりする。高齢者に適した居住空間のサービスを提供するためには、人によって異なる感じ方を理解し、個々に適応したサービスを提供する必要がある。

これまで筆者らは気の利いた人間支援システムに不可欠な常識知のモデル化[6]のため、発達段階の子どもの行動映像事例を蓄積し、マルチモーダルセンシング環境で思考の発達を捉えるコーパスベースの方法論[7]を提唱してきた。さらにこの方法を用いることで、一般的な居住空間においてマルチモーダルセンサ環境における状況理解に関する研究を行ってきた[8]。居住空間にカメラやマイクなどの複数のセンサを配置した環境を利用し、居住空間で生活するうえでの問題やユーザの求めるサービスの分析を行うものである。状況理解を用いることで多様な居住空間で起きていることを理解し、機器の動作をユーザ毎の特徴に徹底的に適応させることで快適な居住空間の構築を目指してきた。高齢者の居住空間においても多様なユーザ特性に適応するためには状況理解が有効であると考えられる。

^{†1} 静岡大学大学院 情報学研究科
Graduate School 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 情報学部
Faculty of Informatics, Shizuoka University

本稿ではマルチモーダルセンサ環境における高齢者の体感情報を理解するためのシステムの構築、環境のデザインの提案を行う。まず、現在の居住空間における高齢者の状況理解について論じる。次に、ユーザが環境や機器、自分の体の状態をどのように感じているかという主観的な情報を体感情報として捉え、ユーザとのインタラクションによって取得する手法について述べる。特にユーザや環境によって感じ方の差が大きく、高齢者の健康問題で重要な空調制御を例として具体的な実現例を示す。また、居住空間における知識・常識を構造化したインドアコモンセンスを用いることで状況理解を行う手法の提案を行う。

2. 居住空間における高齢者の状況理解

2.1 高齢者の感覚特徴

高齢者は加齢によって体温調節能力が低下するとともに温熱感覚の感じ方に変化が生じる。例えば、熱い物を熱いと感じにくくなったり、寒いと感じにくくなったりする[9]。また、寒さや暑さに敏感になり、寒がりや暑がりになる場合もあり、変化の生じ方には個人差が存在し[10]、高齢者の特徴をひとまとめとして考えるのは難しい。一般的な問題として夏季に熱中症で倒れたり、脱水症状に陥ったり、冬季に寒さで著しく体調を崩したりして命にかかわる事故に繋がる事例が報告されている。高齢者はからだの変化に自覚のないことも多いが、自覚があっても身体能力の低下によって対策行動を取れない場合がある。

このような問題を解決するためには、高齢者にからだの変化について周知してもらうとともに、居住空間で高齢者がどのように感じているかを理解し、個々の高齢者の特徴に合わせて環境の適応を行う仕組みが必要である。

2.2 高齢者の状況理解

高齢者の状況を理解するには次のような課題がある。

- 高齢者がどのように感じているかを取得すること
- 主観的な情報をどのようにして理解するか
- 高齢者と高齢者ではない人との共通点や異なる点をどのように理解するか

特に高齢者は身体能力の低下や温熱感覚の変化によって、高齢ではない人と同じ方法で問題解決ができない場合があるため、複雑な状況を理解する必要がある。その例を次にあげる。

- 物を落としたが、腰が曲がらず自分では拾えない
- 暑さに鈍くなり室温の上昇に気付くことができない
- 機器の操作をしたいが指がこわばり操作できない
- 機器から提示された情報が理解できない

以上の課題を踏まえたうえで本研究では、居住空間における高齢者の状況を理解するため体感情報とインドアコモンセンスという2つの技術を用いる。体感情報はユーザの主観的な情報を取得することで、機器の制御や状況の理解に役立てるものである。取得した体感情報はユーザの主観

的な情報であるため、その情報が持つ意味を理解することや客観的な判断が難しい。そこで、インドアコモンセンスを用いることでこの問題に対応する。インドアコモンセンスは室内に限定した常識知を構造化したものである。人が状況を理解し問題解決する際には、無意識に自身の持つ常識知に基づいて分析を行なっている。この方法の一部をシステムに組み込むことで、主観的な情報から状況理解をするシステムを設計する。

3. マルチモーダル体感情報を用いた状況理解

3.1 体感情報を用いたマルチモーダルセンシング

マルチモーダルセンシングとは複数のセンサを組み合わせることで統合的な信号処理を行うセンシングの方式である。センサの小型化により、ウェアラブルなセンサを利用した研究や、スマートフォンなどの複数のセンサを1つの端末に収めたものを利用した状況推定に関する研究[11]なども多く行われている。映像による行動分析の分野ではマイクやカメラなどを用いてユーザの位置や発話、行動などの分析が行われてきた[12]。このようなマルチモーダルセンシングでは客観的なセンサ情報による状況理解が中心となっており、ユーザの主観的な情報は用いられてこなかった。

マルチモーダル体感情報ではユーザの主観的な情報である体感情報をセンサの1つとして状況理解を行う。また複数のセンサを用いた、より深いセンシング技術を統合的に利用する環境をマルチモーダルセンシング環境であるとする(図1)。体感情報とはユーザの状態を示すものである[13]。これまで体感情報は客観的な評価が難しい薬の効果やメンタルケアなどの分野に用いるための、古くから研究がなされてきた[14][15]。居住空間における体感情報ではユーザが現在の環境の状況やからだの状態、機器の制御についての感じ方としてあつかう。例えば室内の温度が暑いと感じたり、環境音がうるさいと感じたり、体調がすぐれないといった例が挙げられる。体感情報はユーザや環境によって感じ方や表現の方法は様々であり、同じユーザ、同じ環境でもその状況によっても様々であるといえる。しかしその反面、体感情報にはユーザや環境のその時の状態が含まれているといえる。体感情報と他のセンサ情報を組み合わせたマルチモーダルセンシング環境によって、ユーザの主観を考慮した状況理解を行う。

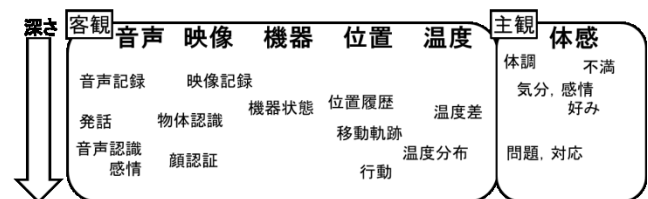


図1: マルチモーダルセンシング環境の例 深さ方向に複数のモダリティをもつ環境もマルチモーダルと言える。

3.2 マルチモーダル体感情報のセンシング環境

マルチモーダル体感情報理解のためのシステム構成図を図2に示す。システムはセンサ情報、ルームモデル、ユーザモデル、インドアコモンセンス、インタラクション部によって構成される。センサ情報、居住空間モデル、ユーザモデルはフレーム理論を用いた知識表現方法を元に構造化する。

フレーム理論(frame)をもちいた知識表現は Minsky によって提唱された人間の持っている知識を表現するための手法[16]である。1つのフレームはある物事を表しており、複数の属性(slot)と値(value)を持つ。値には固有値だけでなく他フレームを参照することも可能である。また、他のフレームとの上位関係を示す is-a 関係、ako(a kid of)関係が存在する。これらの関係を用いることで上位フレームの属性を継承することが可能である。フレーム理論はオブジェクト指向の元となった考え方であり、フレーム理論を用いることで環境情報をオブジェクト指向に基づいて表現する事が可能となる。本システムでは部屋の構造やユーザのプロファイルフレームで表現し、各フレームのスロットを埋めることで状況理解を行う。

居住空間の構造や機器の状態をフレーム表現した例を図3に示す。リビングには家具や家電機器が存在する。この場合のスロットの値はインスタンスではなくクラスである。部屋A、部屋Bは共にリビングであり(is-a リビング)、リビングの属性を継承している。また、部屋Aには空調機器としてエアコンが存在し、別フレームで表現されている。エアコンには動作モードや適応畳数などのスロットが存在する。ユーザからの入力やセンサ情報を元にスロットを満たすことで環境の情報を構造化し、状況理解を行う。また、構造化された情報を蓄積してコーパス化することで、他環境での利用や、個人に特化したプロファイルの作成、後述のインドアコモンセンスの充実化に役立てることも可能である。

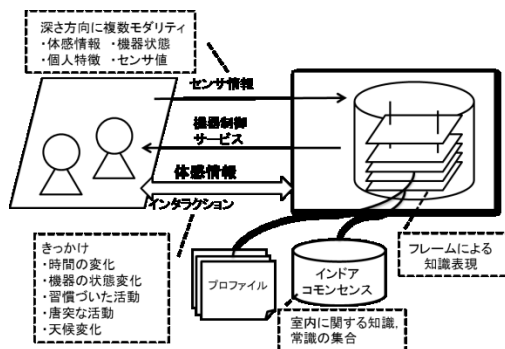


図2：体感情報取得システムの構成

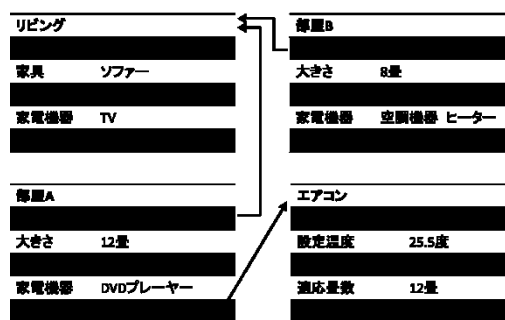


図3：フレームを用いた居住空間のモデル表現

3.3 体感情報の取得デザイン

体感情報を取得するにはインタラクションの設計が重要である。居住空間においてユーザとシステムがインタラクションを行う場合、ユーザから効率良く情報を集めるデザインやユーザの状況に応じて息のあった情報提示を行うインタラクションシステム[17]などが研究されている。本研究では居住空間におけるユーザや環境の状況の変化に着目しインタラクションを行う。その項目を次に列挙する。

- 時刻や天気など、外環境の変化
- 窓、扉、家具の状態など内環境の変化
- 機器の状態の変化
- ユーザの行動

「外環境の変化」はユーザの居住空間より外の環境の変化である。これらの変化は主に、ユーザや居住空間の状態以外の外的要因で変化する。「内環境の変化」はユーザの居住空間の環境変化である。窓や扉の開け閉めや、家具の位置など、ユーザの行動によって変化する。またシステムを介することで、ユーザに操作を促すことも可能である。「機器の状態の変化」はシステム、ユーザから操作が可能であり、機器の状態によって居住空間の環境に変化を与えることが可能である。システムでは機器の状態を変化させることでユーザに適応した環境を提供する。「ユーザの行動」はインタラクションのきっかけの重要な項目である。ユーザの行動によって状況を理解し、不足する情報はインタラクションによって取得することも可能である。

このような着目点に基づき、空調制御を例として具体的な体感情報の取得タイミングを次に示す。

- 機器の操作、人の出入りがあったとき（熱源の増減）
 空調機器の電源操作以外にも、コンピュータなどの多く熱を発する機器の電源操作なども空調制御に影響をおよぼす。また、部屋の大きさに対してどのくらい人が居るのか、出入りも空調制御に影響を及ぼすと考えられる。
- ユーザの希望設定温度に到達した時

現在利用されている空調機器は希望設定温度に到達した時にユーザに知らせる機能が無い。ユーザが設定温度に満足しているかどうかを取得することで、より最適な空調制御に役立てる。

- 外気温、天候の変化があった時
 時間の変化による外気温の変化や天候の変化によってユーザの体感を取得する。外気温の変化によってユーザの希望設定温度は変化するが、居住空間にいるときには外気温の変化に気づきにくい。システムからユーザに情報を提示するとともに、体感情報を取得して機器制御へと反映する。
- 希望温度に到達できないとき（機器能力不足）
 稼働中の機器では制御能力が不足しているときに情報を提示するとともに、ユーザが現状にどの程度満足しているかも重要な情報である。その情報に基づいて他の機器を利用することを提案したり、着衣量の調整によって要求を満たしたりすることも提案可能である。

3.4 体感情報入力インタフェースの実装

次に、体感情報を入力するためのインタフェースの設計について論じる。空調制御に関する体感情報の取得インタフェースを例にあげる。試作した空調制御に関する体感情報入力インタフェースを図 4 に示す。試作インタフェースは Web アプリケーションとして開発を行った。ユーザの利用する環境によってコンピュータやスマートフォンなどの Web ブラウザで利用可能であり、ユーザの利用環境依存の少ないインタフェースとした。空調に関する情報としてその日の温湿度の遷移グラフと、その環境の現時刻での温湿度を視覚的に分かりやすく表示している。また、高齢者でも直感的な情報を入力しやすいよう、大別してあつい、ちよどよい、さむいから選択する方式とした。



図 4：空調制御に関する体感情報入力インタフェースの例

4. インドアコモンセンスの構築

4.1 インドアコモンセンスとは

主観的な体感情報を理解するには背景知識が必要となる。例として、暑い時には窓を開ける、寒い時には暖房をつけるといった知識を利用することでユーザが状況に対してどう思っているか、何を望んでいるのかを導き出すことが可能になる。体感情報を理解するために人と状況に関する常識的知識を活用する。

常識的知識に関する取り組みとして、Open Mind Common Sense[18]という取り組みがある。これは MIT で 10 年以上前から行われており、コモンセンス、すなわち世

界の基本的な知識を集める取り組みである。Open Mind Common Sense では Web サイトを通して自然言語で知識を入力してもらうことで世界中から知識を収集している。入力された文の意味やつながりを表現するため、複数の内部構造で構成されており、それぞれの構造に従って格納し、大規模なデータベースとしている。また、言語別に収集しているため複数の文化圏ごとに共通の知識や異なる知識など、それぞれの特徴を分析することも可能である。

この Open Mind Common Sense の枠組みの一つとして、Open Mind Indoor Common Sense[19]（以下インドアコモンセンス）がある。インドアコモンセンスはコモンセンスの中でも部屋の中に関わるものに限定して収集してものである。インドアコモンセンスも Open Mind Common Sense に Web を利用して世界中から広くコモンセンスを集めている。以下はインドアコモンセンスの内部構造の例である。

- location

ものがどの部屋にあるか

表 1：location 構造の構成

obj(もの)	room(どの部屋にあるか)
鏡	バスルーム
目覚まし時計	寝室
皿	キッチン
ビデオレコーダ	リビング

- conversationtopic

会話文とその話題となっているもの

表 2：conversationtopic 構造の構成

topic(話題)	conversation(会話文)
健康	「風邪をひいているんだ」
レストラン	「何が食べたい？」
天気	「傘を持って行った方がいいかい？」

インドアコモンセンスの中には入力された文の情報とその文を分析して得た知識の情報が存在する。分析して得た情報の例としては部屋の中にある物にどんなものがあるか、人がある行動をするときはどんな状態になっているのか、物がある状態の時に何が起きるのかといったものがある。内部構造では大きく分けて 2 種類が存在し、物とその状態、動作など具体的な情報を結びつける構造と、話題と会話文のように抽象的な情報を扱っている構造がある。しかし、このようなコモンセンス研究の多くはコモンセンスの収集が目的であることが多く、実環境でのサービスへの利用や、システム上で動作させることを前提としていないため、直接利用することに適していない。

4.2 状況理解に用いるコモンセンス構造

本研究ではインドアコモンセンスで収集された情報を元に、居住空間における状況理解と結びつきの強い構造に着目した。着目した4つの構造(response, help, cause, desire)について、それぞれの構造と情報を次に示す。

- response

ものがある条件の時に、対応するアクションと対象のもの

表 3: response 構造の構成

obj1(もの)	prop1(条件)	action(動作)	obj2(もの)
部屋	静か	入らない	部屋
人	疲れている	させる	睡眠

response では、ものと条件の組み合わせで1つの状態を表現しており、その状態の時に対応する動作と動作の対象を記述している。response の知識は、状態と対応する動作の形式となっているため、状況理解からサービスへ繋げることが可能である。

- help

人がある状態の時にどんな状態になるか

表 4: help 構造の構成

vp1(人の状態)	vp2(人の状態)
寒い	ヒーターをつける
ベッドにいる	眠る

help では人の状態についての知識をもつ構造であり、ある状態の時にどんな状態になるか、あるいはなろうとするかを記述している。この知識は体感情報理解において人がどう感じているかを理解した後、何を求めているのかを判断する際に重要となる。

- cause

ものがある条件の時に原因として何があるか

表 5: cause 構造の構成

obj1(もの)	prop1(条件)	obj2(もの)	prop2(条件)
明かり	つける	明かり	部屋を明るくする
窓	閉める	家	暑い

cause ではものと条件の組み合わせで1つの状態を表現しており、前半の状態が原因・理由となって後半の状態が引き起こされることを表現している。cause の知識を利用することで、部屋の中での問題についてその原因となっている事象を判断することができる。

- desire

ものがある条件の時にどんな状態にしようとするか

表 6: desire 構造の構成

obj1(もの)	prop1(条件)	obj2(もの)	prop2(条件)
ペン	乾く	ペン	しまう
体重	とても重い	体重	重くない

desire は cause と同じ構造をしており、ものと条件の組み合わせで1つの状態を表現している。desire では前半が理由や原因を表しており、後半はそれに対する目標・願望を記述している。この構造は、高齢者の状況理解において、問題に対してどんな解決策をとればよいかを求める際に活用できる。

これらの構造は、もの・人の状態と動作についての情報をまとめたものであり、センシングやサービスに非常に強く関係している。

4.3 体感情報理解のためのインドアコモンセンスの活用

インドアコモンセンスにおける4つの構造(response, help, cause, desire) をシステムに取り入れ活用することで物理的な情報と合わせて人の意図や抱えている問題も表現することが可能となり、主観的な情報をふまえた状況理解ができる。体感情報理解ではこの4種類の情報をシステムへ取り入れた。

部屋やユーザの状態を表現する場合、そこには様々な要素が存在する。例えば部屋については気温・時間・天気・部屋の中の人数の情報があり、ユーザについては居場所・服装・動作がある。これまではサービスを行う時は、特定の状況を判断するためにセンサで物理データを取得し、データ処理をしてパラメータ等の判定をする方法がとられてきた。

筆者らは部屋とユーザの変化に対して、インドアコモンセンスに基づいて状況理解を行う。具体的には部屋の変化に対しては cause、ユーザの変化に対しては help を参照し、部屋とユーザの変化に対応する知識を求める。例えば、人が暑いと感じたとき、help や cause を利用することで、その原因として時間帯・部屋の中の人数・空調の設定温度などが考えられると分かる。この時、部屋の情報から時間・人数などを参照することにより、真に原因となっているものが分かり、desire と response を利用することで問題への対応を行うサービスを求めることができる。また、この仕組みを用いることで、人の主観的な情報である体感情報を扱う時、その人がどんな状況で感じたのか・問題だったのは何かを知ることができ、人の特徴を考慮する体感情報理解が可能になる。

4.4 高齢者のためのインドアコモンセンス

これまでのコモンセンス研究では広く一般的な常識知が収集されてきた。しかし、国や言語圏による文化の違いなどによって、それぞれに共通する知識と異なる知識が存在することが分かっている。同じ国、言語圏においても、性別や年齢、趣味などによっても常識知は同じような特徴を持つ。高齢者の状況を深く理解するためには、高齢者に特化したコモンセンスを構造化・収集する必要がある。特に、年齢によって変化する身体能力や温熱感覚の違いによって、異なる原因、解決のための動作などが存在する。高齢者と高齢者ではない人とのコモンセンスの違いの例を次に示す。

図 5 の例の場合では、高齢者ならば膝が悪いという情報をコモンセンスの中で記述しておくことによって、高齢者と高齢者でない人で異なる対処を導き出している。このように高齢者についての特徴をコモンセンスの中で用意しておくことによって、高齢者の問題に合わせて対応策を求めることが可能になる。

高齢者のためにインドアコモンセンスで用意しておくべき事柄としては以下のような例がある。

- 病気や身体能力の衰えなどの身体の特徴
- 趣味嗜好や温熱感覚などの感覚の特徴

このような特徴を記述して、高齢者のためのインドアコモンセンスとして用意する。

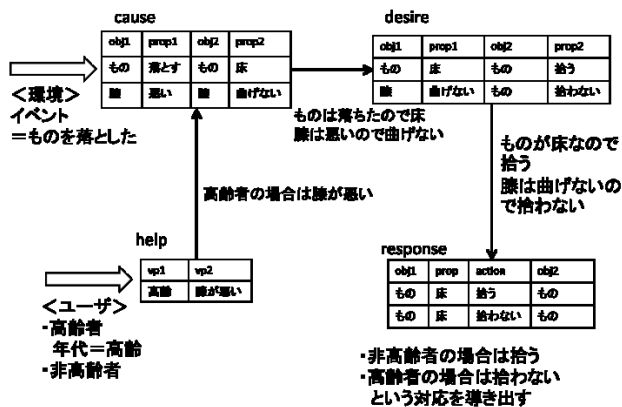


図 5：高齢者とそうでない人とのコモンセンスの違い

5. おわりに

本稿では、高齢者の体感情報を理解する技術として、インタラクションによる体感情報の取得と、常識知であるインドアコモンセンスを利用した手法について解説した。ユーザや環境の特徴が異なる時、部屋の構造やユーザのプロファイルと共に、コモンセンスを状況理解に用いることで多様な環境をユーザに適応できることが示唆された。今後はさらなる状況理解の実現のため、コモンセンスの構造の拡張や、よりユーザの主観に基づいた情報を取得するインタラクション手法の研究が期待される。

参考文献

[1] 内閣府 共生社会政策(2012),『高齢社会白書』,平成 24 年版,第 1 章 pp.2-8
 [2] 認知症高齢者数について, <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002iaui1-att/2r9852000002iavi.pdf>, 厚生労働省 報道発表資料, 2012.12.24 閲覧
 [3] 在宅医療・介護あんしん 2012, http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/iryuu/zaitaku/dl/anshin2012.pdf, 厚生労働省, 2012.12.24 閲覧
 [4] 河原崎徳之, “ユニバーサルデザインを考慮したインタラクション技術”, 計測と制御 51(6), 504-507, 2012-06
 [5] ユニバーサルデザイン配慮家電製品, <http://ud.aeha.jp/>, 家電製品協会, 2012.12.24 閲覧
 [6] 竹林洋一, 桐山伸也, “工学的視点からの幼児の行動観察とコーパス構築—認知・行動モデルの深化がもたらすもの—”, 日本音響学会誌, vol.65, no.10, pp.544-549, 2009-10

[7] 石川翔吾, 桐山伸也 他, “マルチモーダル幼児行動コーパスに基づく指示表現の発達分析とモデル構築”, チャイルド・サイエンス, vol.5, pp.68-72, 2009
 [8] 池谷謙吾 他, “住空間音環境コーパスを活用した適応型音声インタフェースデザイン”, 情報処理学会研究報告. SLP, 音声言語情報処理 2011-SLP-87(17), pp.1-6, 2011-07-14
 [9] 都築和代, “皮膚や筋肉・関節, 内臓にかかる感覚の加齢による変化”, ジーピーネット 環境衛生研究会, vol.50(1), pp.32-35, 2003-4
 [10] 都築和代, “高齢者の温熱感覚特性に関する研究”, 学術講演梗概集. D-2(1995), pp.429-430, 1995-07-20
 [11] 鈴木雄介, “スマートフォンと光センサを利用したオフィスでの状況推定”, 情報処理学会研究報告. GN, 2012-GN-83(7), 1-5, 2012-03-14
 [12] 桐山伸也, 鈴木淳史, 青島大悟 他, “安全航行のための船員の音声コミュニケーション分析”, 音講論, 1-1-22, (2008)
 [13] Schwarz, Norbert, Higgins, E. Tory (Ed); Sorrentino, Richard M. (Ed), (1990), 『Feelings as information: informational and motivational functions of affective states.』, Handbook of motivation and cognition: Foundations of social behavior, Vol. 2., (pp. 527-561). New York, NY, US: Guilford Press, xviii, 621 pp.
 [14] RC Aitken, 『Measurement of Feelings Using Visual Analogue Scales』, Proceedings of the royal society of medicine, 1969 - ncbi.nlm.nih.gov
 [15] A Bond, M Lader, 『The use of analogue scales in rating subjective feelings』, British Journal of Medical Psychology, 2011 - Wiley Online Library
 [16] Marvin Minsky, “A Framework for Representing Knowledge”, MIT-AI Laboratory Memo 306, June, 1974.
 [17] 平山高嗣, 角康之, 河原達也, 松山隆司, “情報コンシェルジュ: Mind Probing に基づくマルチモーダルインタラクションシステム”, 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎 111(190), pp.55-60, 2011-08-19
 [18] Open Mind Common Sense, <http://openmind.media.mit.edu/>, 2012.12.24 閲覧
 [19] Open Mind Indoor Common Sense, <http://www.crowdsourcing.org/site/open-mind-indoor-common-sense/openmindhri-uscomloginjsp/7438>, 2012.12.24 閲覧