

AXELLA: ユーザの注視情報を利用した ホームネットワークシステム向けインタフェースシステム

三井 康平[†] 井垣 宏^{††} 中村 匡秀^{††} 松本 健一[†]

[†] 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 〒 630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5

^{††} 神戸大学 大学院 工学研究科 情報知能学専攻 〒 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

あらまし 本稿では、ホームネットワークシステム(HNS)に視線インタフェースを適用し、操作したい機器を「見る」だけでその機器を操作できる環境を構築する。また、従来存在した以下の問題の解決を目指す。(a) 1つの機器に1つの操作しか対応づけられない、(b) 複数の機器を使うサービスや機器を使わないサービスに関連づけにくい、(c) 機器の境界付近を注視する際、注視判別の結果が振動して操作の確実性が低下する。本研究では、視線コンテキスト、メタファパネル、および複数閾値判別機を導入することで、これらの問題の解決をはかる。「視線コンテキスト」とは、ユーザの注視情報に、いつ、どこから、誰が、という付帯状況を付加した情報である。これを用いることで、1つの機器に対し、条件に応じた複数の操作を対応づけることができる。メタファパネルは、サービスを連想するオブジェクトが描かれたパネルであり、特定の機器に直感的に結びつかないサービスを視線で制御するために用いられる。また、複数閾値判別機は、ユーザが機器を注視しているか否かを複数の注視率の閾値を用いて滑らかに判別し、閾値付近の判定結果の振動を抑える。我々は、提案手法に基づいた視線インタフェース“AXELLA”を開発し、運用中のHNSに設置した。また、10人の被験者を対象にユーザビリティテストを行い、提案手法の有効性を評価した。

キーワード ホームネットワークシステム, 視線, インタフェース, 家電

AXELLA: Home Network System Interface System Using User's Eye Gaze

Kohei MITSUI[†], Hiroshi IGAKE^{††}, Masahide NAKAMURA^{††}, and Ken-ichi MATSUMOTO[†]

[†] Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology 8916-5, Takayama, Ikoma, Nara 630-0192 Japan

^{††} Department of Computer Sciences and Systems Engineering Graduate School of Engineering Kobe University Rokko-dai 1-1, Nada-ku, Kobe, 657-8501 Japan

Abstract This paper presents a method that introduces user's eye gaze information for operating the Home Network System(HNS). However, due to its simple and intuitive nature, the introduction of the eye gaze interface yields the following problems: (a) it is difficult to associate the eye gaze with multiple appliance operations, (b) it is difficult correspond the eye gaze to services without visible objects, (c) discrimination of gazing is hard when the user is gazing at the border of the target. To cope with the problem, we introduce 1) gaze context, 2) metaphor panel, 3) gazing discriminator with multiple threshold. The gaze context is the information obtained by associating the subject id, time and location with each gaze. Using the gaze context, multiple operations can be associated with the gaze in accordance with the condition. The metaphor panel is a panel, on which a picture associating the service is drawn. It is used for operating services without concrete visible appliances. Finally, the gazing discriminator facilitates the frequent changes of the gazing discrimination around the border, by using multiple thresholds of gazing ratio. We have implemented the interface system “AXELLA” based on the proposed method, and deployed it in the actual HNS. We also conducted an experimental evaluation through usability testing with 10 subjects.

Key words Home Network System, Eye Gaze, Interface, Home Appliances

1. はじめに

ユビキタス技術の急速な発展に伴い、高度なプロセッサを備えた家電機器や各種センサを家庭内のネットワークに接続するホームネットワークシステム (HNS) の研究・開発が盛んに行われている。HNS では複数の機器を複合的に制御する連携サービスや、ホームゲートウェイを介して宅外から機器等を制御する遠隔サービスなど、付加価値の高いサービスが提供される。

HNS 環境で機器やサービスを操作するためのインタフェースには、一般的に個別機器の専用リモコンやビルトイン型操作パネルなどの操作用デバイスが用いられる。しかしながら、HNS 環境では多くの機器やサービスが操作対象となるため、多くの専用リモコンから目的のリモコンを探したり、新たなサービスの追加が困難であるような操作パネルには問題があると考えられている。そこで操作用デバイスを必要としない、音声やジェスチャ、視線などを操作に用いる新たなインタフェースが提案されている。

その中でも視線を操作に用いるインタフェース (視線インタフェース) は、操作対象そのものを見ることでその機器を操作することが可能なより直感的なインタフェースとして注目されている。ユーザは操作対象機器を見るだけで操作が可能であるため、学習コストが低く、新たな機器の追加にも柔軟に対応が可能である。

一方、視線インタフェースを HNS に適用する場合、

- (a) 1 機器 (1 注視) に 1 操作しか対応づけられない
- (b) 必ずしも見る対象と操作対象が直感的に結びつかない
- (c) 機器の境界付近で意図しない操作が発生するという問題が生ずる。本稿ではこれらの問題を解決する、新たな視線インタフェースシステムを提案する。

(a) を解決するために、ユーザの注視情報に対して、誰が、いつ、どこからという付帯状況を付加した「視線コンテキスト」を導入する。視線コンテキストを導入することで、1 つの機器に条件に応じて複数の操作に対応づけることができる。

(b) を解決するために、サービスを連想するオブジェクトが描かれた「メタファパネル」を導入する。メタファパネルを導入することで、複数の機器にまたがるサービスや機器としての実態が無いサービスを視線で操作できる。

(c) を解決するために、ユーザが機器を注視しているか否かを複数の注視率の閾値を用いて滑らかに判別する「複数閾値判別機」を導入する。複数閾値判別機を導入することで、閾値付近の判定結果の振動を抑えることができる。

我々は、以上を実現する HNS インタフェースシステム “AXELLA” (Adaptive and eXtensible Environment for Legacy and Leading Appliances) を設計・実装した。AXELLA を用いて 10 人の被験者を対象にユーザビリティ評価を行った結果、既存の問題点に対して提案手法が有効であるという評価が得られた。

2. 準備

2.1 ホームネットワークシステム (HNS)

ホームネットワークシステム (HNS) とは、テレビ、DVD プレーヤ/レコーダ、HDD レコーダ、エアコン、照明、カーテン、換気扇、電気ポットなどの家電機器や、温度、湿度、照度、風量、音量などの各種センサ (以降ではそれぞれ HNS 機器、HNS センサと呼ぶ) が家庭内ネットワーク (ホームネットワーク) に接続されたシステムである。HNS 機器・センサはネットワーク上に外部から呼び出し可能な API を公開している。この API を利用することで HNS は、複数機器の連携サービスや遠隔からの機器状態取得サービスといった付加価値の高いサービス (HNS サービス) を利用者に提供することができる [1]。

2.2 HNS インタフェース

HNS 機器や HNS サービスを制御するためのインタフェース (HNS インタフェース) には、機器個別の専用リモコンや、ビルトイン型の操作パネルが用いられる。これらは一般に、操作対象の機器・サービスを新たに追加・修正するのが困難であり、また学習リモコンのような追加が可能なもの場合、対象機器の増加に伴い、ユーザの学習コストが増加する傾向にある。

これに対して、発話やジェスチャなど、リモコンを用いないインタフェースが提案されている [2] ~ [4]。これらは従来のインタフェースを完全に置き換えるものではないが、直感的にシンプルな操作方法をユーザに提供できるインタフェースとして期待されている。その中でも特に、人間の“見る”という行為と機器の操作を結びつけることで最も直感的で学習が容易であるものとして、視線インタフェースが注目されつつある。例えば Shell らは、テレビと視線を組み合わせることで、ユーザがテレビの画面から視線を外すとビデオの再生が止まるというアプリケーションを開発している [2]。電話がかかってきたときや中座する場合などに、視線を外すだけでビデオの一時停止が可能であるため、ユーザの学習コストはほぼ無いに等しい。

本稿では視線を用いたインタフェースに着目し、HNS に視線を用いたインタフェースを適用する。

2.3 HNS 向け視線インタフェースシステムの問題点

HNS における機器やサービスの操作を視線インタフェースを用いて行う際に、以下のような問題点が考えられる。

問題 1: 1 機器 (1 注視) に 1 操作しか対応づけられない 一般的に、従来の視線インタフェースがユーザが機器を“見た”ときに対応づけられる振る舞いは 1 つである。そのため、HNS のような複数ユーザが多様な操作を機器に求めるような状況への対応が困難である。例えば、ニュース番組を見たいユーザ A による注視と、別の局のパラエティ番組を見たいユーザ B による注視を区別し、ユーザ A が見たからニュース番組にチャンネルを合わせる、といったことは困難である。視線にマウスなど他の入力装置を組み合わせることで 1 つの機器に複数の振る舞いを割り当てている例もある [4] が、視線以外に機器が必要になり、またより多様な状況に対応して異なる振る舞いに対応づけるためには、複雑な操作をユーザに強いることになる。

問題 2: 必ずしも見る対象と操作対象が直感的に結びつかない

視線インタフェースを HNS に適用する場合、単独の機器操作以外に、連携サービスなど HNS サービスも操作できる必要がある。従来の視線インタフェースでは、対象の機器を“見る”必要があるため、複数機器から構成される DVD シアターサービスのような連携サービスや、天気予報読み上げサービスなど機器の実体を特定しにくいサービスの振る舞いと視線を結びつけるのが困難である。

問題 3: 機器の境界付近で意図しない操作が発生する 視線インタフェースは、a) 眼球や体の揺れ、視線の計測誤差などで微動する注視点の識別が難しい、また b) ユーザが操作したくて機器を見たのか、たまたま視界に入っただけなのかを識別することが困難である、という理由から、ユーザが意図しない機器操作がされてしまうことがある。

a) の問題に対して、ユーザが対象を“見ている”(注視している)かどうかを判断するために、単位時間当たりにユーザが対象を見ている時間の割合(注視率)を利用するのが一般的である。注視率が一定の閾値を超えたときにユーザが対象を注視していると判断することで、注視点の微動に左右されにくい、より精度の高い(実際のユーザの注視に近い)注視の判別が可能である。しかし、注視点の微動によって上記の注視率が閾値付近で振動してしまうようなケースでは、機器制御のためのトリガが何度も呼び出されてしまう可能性がある。

b) の問題は視線インタフェースではよく知られた問題であり、解決のためにユーザからシステムに操作意思を明示的に伝えるというアプローチがとられることが多い。Jacob はユーザが対象機器を一定時間以上注視し続けることで操作を開始するシステムを提案している [5] が、先の注視率が変動するという問題から注視時間を正しく計測することは困難であり、ユーザの注視から機器操作までに過度に時間がかかる可能性がある。

3. AXELLA システムの提案

本章では 3 つの問題点を解決する HNS 向け視線インタフェースシステム“AXELLA”について説明する。

3.1 キーアイデア

2.3 節で挙げた問題点を解決するために、以下の 3 つのキーアイデアを提案する。

A1: 視線コンテキストの導入 ユーザが同じ HNS 機器を見た場合でも、ユーザの置かれている状況に応じた異なった振る舞いを対応づけるために、視線コンテキストを導入する。従来の視線インタフェースでは、ユーザが何を見たのかという情報のみを利用して、AXELLA では、「いつ」、「どこから」、「誰が」、「何を見たのか」という視線コンテキストを導入し、視線コンテキストと機器の制御内容を対応づけることで、ユーザの状況に応じた多様な機器の振る舞いを実現することが可能となる。

A2: メタファパネルの導入 特定の単体機器以外の HNS サービスにおいても視線による制御を実現するために、メタファパネルを利用する。メタファパネルは他の HNS 機器と同様に実際に配置されるパネルである。ユーザはそのパネルを見ることで、連携サービス等の多様なサービスを実行することができる。

また、パネルは対応するサービスが何であるか直感的に理解しやすいように、サービスの内容が絵などで表現されていることが望ましい。

A3: 複数閾値を導入した判別機を用いた注視判定 AXELLA は、注視率が閾値付近に収束することによる意図しない操作が実行される問題に対して、注視判別に複数の閾値を用いることでこれを低減させる。具体的には、見ていない状態から見ている状態へ遷移するための閾値 $Threshold_{Gaze}$ と、見ている状態から見ていない状態へ遷移するための閾値 $Threshold_{noGaze}$ を個別に持つことで、注視率が閾値付近で振動した場合でも意図しない操作が実行されないようにする。

3.1.1 視線コンテキストの導入

視線コンテキスト gc は、ユーザが何を見たかという視線情報に、ユーザの状況を表す「いつ」「どこから」「誰が」という付帯情報を付与したもので、次のように定義する。

$$\text{視線コンテキスト } gc : (t, l, u, a)$$

ここで、 t は機器を見た時刻、 l は機器を見た場所、 u は機器を見たユーザ、 a は見た機器を意味する。つまり、視線コンテキスト gc は時刻 t にユーザ u が場所 l から機器 a を見た、ということを表している。

視線コンテキストに基づくルール HNS インタフェースシステムは、ユーザの操作に基づいて HNS 機器の振る舞いを制御する。HNS 機器の振る舞いと、視線コンテキストに基づく実行条件(ガード条件という)の対応 r をルールと呼び、次のように定義する。

$$r : (tc, lc, uc, ac) \mapsto sm$$

ここで、 tc, lc, uc, ac はそれぞれいつ、どこから、誰が、何を見たかという条件を表す。また、 sm は HNS 機器の振る舞いが定義されたサービスモジュールである。それぞれのガード条件は AND で接続されるため、 sm が実行されるためには tc, lc, uc, ac をすべて満たす必要がある。

tc は時間を表すガード条件で、次の構文で与えられる。

$$tc := [hh_s : mm_s .. hh_e : mm_e] | *$$

ここで、 $hh_s : mm_s$ は開始時刻(時:分)を、 $hh_e : mm_e$ は終了時刻(時:分)を表しており、対象の視線コンテキストの t が $hh_s : mm_s$ から $hh_e : mm_e$ の間に収まっていれば条件を満足している、と評価される。

lc は場所を表すガード条件で、場所を表す文字列で表され、視線コンテキストの l と一致した場合、条件を満足していると評価される。

uc はユーザを表すガード条件で、ユーザを表す文字列で表され、視線コンテキストの u と一致した場合、条件を満足していると評価される。

ac は機器を表すガード条件で、機器を表す文字列で表され、視線コンテキストの a と一致した場合、条件を満足していると評価される。

3.1.2 メタファパネルの導入

メタファパネルは、ある HNS サービスを直感的に連想可能なオブジェクトで表現したパネルで、他の機器と同様に実空間上に配置される。ユーザは他の機器と同様にメタファパネルを見ることで、対象の HNS サービスを操作することができる。

例えば傘マークのメタファパネル(図1)を見ることで天気予報読み上げサービス(*notifyWeather*)を操作したい場合、次の手順で実現できる。

- (1) 実空間座標に図1のメタファパネルを設置する
- (2) 配置情報を視線インタフェースシステムに入力する
- (3) 次のようなルール r を定義する

$r : (*, *, *, MP_Weather) \mapsto notifyWeather$



図1 Metaphor Panel related to Weather Speech Service

3.1.3 複数閾値を導入した判別機による注視判定

AXELLA は 2.3 節で述べた注視率の振動問題を回避するため、注視判別に複数の閾値を用いる。具体的には、見ていない状態から見ていない状態へ遷移するための閾値 $Threshold_{Gaze}$ と、見ていない状態から見ていない状態へ遷移するための閾値 $Threshold_{noGaze}$ を個別に持つことで、注視率が閾値 $Threshold_{Gaze}$ 付近に停留した場合でも $Threshold_{noGaze}$ を下回らない限り 1 回の注視であると判断する。

図2はあるユーザがある機器を見たときの注視判別について、従来法(上図、単一の閾値を持つ判別機で行ったもの)と、提案手法(下図、複数の閾値を持つ判別機で行ったもの)の結果である。従来法は $Threshold = 0.7$ 、提案法は $Threshold_{Gaze} = 0.7$ 、 $Threshold_{noGaze} = 0.3$ としている。横軸は時間軸を表しており、全体で 6 秒間の幅を持っている。細線は瞬間注視(視線計測装置による 1/30 秒単位の視線計測結果)を表し、便宜上 1 を見ている、0 を見ていないとしている。注視率を判定する単位時間は過去 0.67 秒とし、太線が単位時間当たりの瞬間注視における“見ている”時間の割合(注視率)を表している。点線は注視率に基づいて判別機で判別した結果を表し、便宜上 1.5 を見ている、-0.5 を見ていないとしている。

図2では 1.2 秒から 1.9 秒付近で注視率が $Threshold = 0.7$ 付近を上下しており、グラフが表す時間範囲内で 6 回注視されたと判断されている。一方提案法では注視率が $Threshold_{Gaze} = 0.7$ 付近で上下しているが、見ている状態から見ていない状態への遷移は発生しないため、グラフが表す時間範囲内で 2 回注視されたと判断されている。上記の通り、閾値を複数もつ判別機の場合は誤操作回数を減らすことができる。

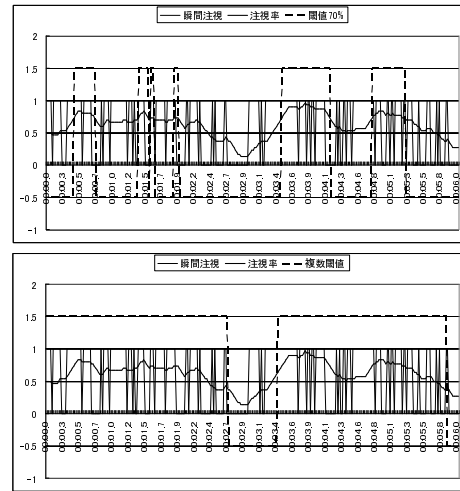


図2 Gaze Discrimination

3.2 AXELLA のアーキテクチャ

図3に AXELLA のアーキテクチャを示す。点線の矢印はユーザとシステムのインタラクションをその向きとともに表し、実線の矢印はシステム間のデータフローを表している。AXELLA は次に挙げるサブシステムから成る。

Eye Gaze Analyzer(EGA): ユーザの視線を計算し、視線コンテキストを構成する

Service Processor(SP): ルールと視線コンテキストに基づいて HNS 機器や HNS サービスを制御する

Speech Engine(SE): 音声合成によってテキストデータを音声でユーザに提示する

システム利用時の流れの概要を次に示す。1) ユーザが HNS 機器を見ると、2) EGA がその機器を特定する。EGA は視線情報に「いつ」「どこから」「誰が」を付与して視線コンテキストを構成し、3) SP に送信する。送信された視線コンテキストを Gaze Recognizer が処理し、4) 複数閾値判別機を用いて注視判別する。Context Interpreter では注視と判別された視線コンテキストに基づいて 5) ルールを評価し、条件が満たされれば 6) ルールで定められたモジュールがロードされ、7) 実行される。8) 実行結果を受け取った Context Interpreter は結果を 9) Speech Engine を用いて音声でユーザに提示する。

以下では AXELLA の構成要素である EGA, SP, SE について順に説明をする。

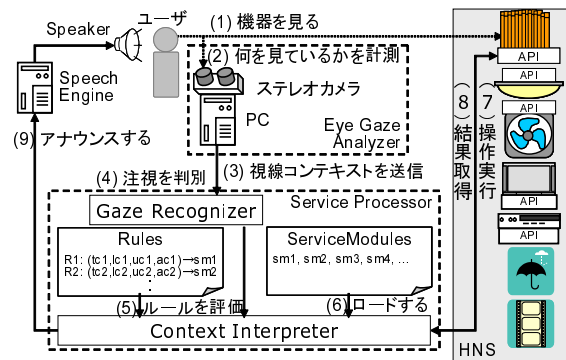


図3 An Architecture of AXELLA

3.2.1 Eye Gaze Analyzer

EGA はユーザが見ている機器を特定する、という機能を実現するために、顔情報計測システム [6] を利用している。EGA はユーザの顔の位置、角度から視線方向を特定し、予め入力された機器の配置情報に基づき、視線が機器に交わっていると判断した場合、ユーザがその機器を見たと判断する。また、メタファパネルも機器と同様に見たと判断することができる。

3.2.2 Service Processor

SP は HNS 機器や HNS サービスの振る舞いと、視線コンテキストに基づく実行条件との対応をルールとして管理する役割を担う。また、ルールと視線コンテキストに基づいて実際に HNS 機器や HNS サービスを制御する。これらの機能を実現するため、SP は次の 4 つのサブシステムから構成される。
Gazing Recognizer: EGA から送信される視線コンテキストを、複数閾値判別機を用いて注視判別する。

Rules: 3.1.1 で定義したルールの集合。

Modules: 3.1.1 で定義したモジュールの集合。モジュールには例えばテレビを付ける、電動カーテンを開けるなどのプリミティブなものもあれば、DVD シアターサービスや天気予報読み上げサービスなどの HNS サービスも含まれる。

Context Interpreter: Rules に基づいて視線コンテキストを評価し、条件を満たした場合はアクションとしてルールに定義されたモジュールを駆動させる。

3.2.3 Speech Engine

SE はシステムからのアナウンスをユーザに提示するために用いられる、音声合成エンジンを搭載したシステムである。AXELLA は操作にユーザの目を用いるため、システムからユーザへのアナウンスは音声によって行う。

3.3 実装

EGA, SP, SE を以下の環境で実装し、我々の研究グループが過去に開発した NAIST-HNS [1] に適用した。

Eye Gaze Analyzer

- Computer: DELL Optiplex(Intel(R) Pentium(R) 4 3.00GHz, メモリ 1GB)
 - OS: VineLinux 3.2 (Linux version 2.4.31-0v11.8)
- Stereo Camera: Point Grey Research - Flea × 2

Service Processor

- Computer: minipc.jp CF700(Intel(R) Celeron(R) M 1.40GHz, メモリ 512MB)
 - OS: WindowsXP Professional SP2
- ソフトウェア環境: Java 1.5.0_13(17 クラス)

Speech Engine

- Voice Synthesis Engine: PENTAX VoiceTEXT

4. 評価

AXELLA を実際に使用したユーザから主観的な感想を挙げてもらい、AXELLA を評価する。

4.1 評価実験

AXELLA のユーザビリティ評価を行うため、22 歳から 34 歳までの男女 10 名に対して評価実験を行った。

実験では、視線で機器を選択しボタンを押下して実行する方法と、一定時間の注視でボタン押下無しに機器制御を実行する方法との二通りの操作方法を用意した。被験者にはどちらの操作方法も実験前に十分に練習して慣れてもらった後、4.1.1 節で記述した各操作を二通りの操作方法で実行してもらった。その後、自由記述方式で主観的な感想を記述してもらった。

4.1.1 実験で設定した環境

評価実験で対象とした操作は次の 5 操作である。

- gc1: テレビの電源の切り替え
- gc2: 電動カーテンの開閉切り替え
- gc3: 空気清浄機の電源の切り替え
- gc4: 扇風機の電源の切り替え
- gc5: 天気予報読み上げサービス

また、定義したルールは次の通りである。

```
# Gaze-Control Rules
gc1: (*, sofa, *, PDP)      -> PDP_Switch
gc2: (*, sofa, *, CURTAIN) -> CURTAIN_Switch
gc3: (*, sofa, *, AIRCLEANER) -> AIRCLEANER_Switch
gc4: (*, sofa, *, CIRCULATOR) -> CIRCULATOR_Switch
gc5: (*, sofa, *, METAPHOR1) -> Notify_Weather
```



図 4 An Experiment Environment of Evaluation

4.2 結果と考察

4.2.1 自由記述アンケート

評価実験後に行った自由記述アンケートの結果を下記にまとめる。なお、○はメリット、△は解決可能なデメリット、×は解決が困難なデメリットを表す。

視線をインタフェースそのものに関する意見

見るだけで簡単、直感的である、リモコンを探さなくていい

× 意識的に見るのは疲れる

視線コンテキスト (ルール) に関する意見

ルールの変更手間がかからない、ルールを簡単に増やせそう、ルールはいろいろなシチュエーションに対応できそう、ルールを書くのに手間がかかりそう

× ルールを覚えるのが大変そう

メタファパネルに関する意見

複数の操作をまとめた連携サービスが使えるのは便利、どこにでも機能が追加できるメタファパネルは便利、その他の問題

意図しない動作が発生する、意図した通り動作しない、使用場所や姿勢がシステムに依存する、見てから操作開始までに時間がかかる

× 実際に使ってみないと慣れない

メリットとして、簡単、直感的、リモコンを探さなくていい、といった視線の特長を表す意見が得られた。また、ルールを容易に拡張できる、適応性が高いといった意見が得られた。メタファパネル自身の拡張性や、メタファパネルで利用可能となる連携サービスの利便性を支持する意見が得られた。

一方、意図しない動作が発生する、意図した通りに動作しない、使用場所や姿勢がシステムに依存する、といったデメリットが指摘された。これらは視線計測システムの精度の向上や、装着型の視線計測装置を用いることで解決できると考える。見てから操作開始までに時間がかかる、という指摘は、操作意思の確認に1~2秒程度の継続注視を要す、という設定に起因するものとする。必要な継続注視の時間を短くすることで改善可能であるが、反面、継続注視の時間が短いと意図しない動作が発生する可能性が高くなるため、慎重に設定する必要がある。

本質的な問題として、意識的に見るのは疲れる、ルールを覚えるのが大変そう、実際に使ってみないと慣れない、といった問題が挙げられる。これらは直ちに解決するのは困難であるが、ユーザビリティを高めて敷居を下げるなど、継続的な努力が必要である。

4.2.2 応用例

評価実験後のアンケートで、被験者からは多くの応用例が提案された。AXELLAが向いていると思われる操作やサービスについての被験者の意見をまとめる。

手がふさがっている状況 AXELLAは機器の操作を視線だけで行うことが可能であるため、手がふさがっている状況でも使用することができる。例えば本や新聞を読んでいるときにテレビの電源を切る、台所での料理中に帰宅した家族のために鍵を開けるなど、様々な応用が考えられる。また、同様の意見にハンディキャップをもっている方の支援という意見があった。

遠くからの情報提示 お風呂が沸いたかどうか、火に掛けたやかんが沸騰したかどうか、玄関の鍵が閉まっているかどうかなど、機器の状態確認が見ただけで行える、また遠くから行えることは非常に便利である。メタファパネルと併用することで、別の部屋にある機器やインターネット上の情報など、様々な情報をより簡単に知ることができると考える。

容易に動けない、動きたくない状況 AXELLAはリモコンを探す、操作パネルの前に行く、といった操作の事前準備が不用であるため、例えば玄関でブーツを履いてしまったあとに電気を消す、布団の中からラジオを付ける・消すなど、体を動かさない、動きたくない場合にも向いていると考える。

視線を用いたインタフェースはこのように、特定の領域で多くの応用例が考えられ、有用であると言える。

5. まとめ

本論文では、ユーザの視線を操作に用いたホームネットワークシステム(HNS)インタフェースを提案した。HNSの操作に

ユーザの視線を用いたインタフェース(視線インタフェース)を導入する場合、1)視線と対応づけられる機器の振る舞いが固定的である、2)単独の機器操作以外の振る舞いを定義できない、3)操作の確実性が低い、といったことが問題となることを指摘した。これらの問題に対して、1)コンテキスト、2)メタファパネル、3)複数閾値を導入した判別機を用いた注視判定、を導入したシステムAXELLAを提案した。また、4.章で評価実験を行い、被験者から得られた意見に基づいてAXELLAを評価した。

今後の発展として、固定的なルールによる動作だけでなく、ユーザの行動履歴などからルールを構築・推薦する手法の研究、ユーザ毎の適切な注視時間を動的に求めるなど、ユーザビリティをさらに高めることが考えられる。

謝辞 この研究は、科学技術研究費(若手研究B18700062、若手研究(スタートアップ)18800060、基盤研究B17300007)、および、日本学術振興会日仏交流促進事業(SAKURAプログラム)の助成を受けて行われている。

文 献

- [1] Masahide Nakamura, Akihiro Tanaka, Hiroshi Igaki, Haruaki Tamada, and Ken-ichi Matsumoto, "Constructing Home Network Systems and Integrated Services Using Legacy Home Appliances and Web Services," *International Journal of Web Services Research*, Vol.5, No.1, pp.82-98, January 2008.
- [2] Jeffrey S. Shell, Roel Vertegaal, Aadil Mamuji, Thanh Pham, Changuk Sohn, and Alexander W. Skaburskis, "Eye-Pliances and EyeReason: Using Attention to Drive Interactions with Ubiquitous Appliances," *Extended Abstracts of UIST 2003*. Vancouver: ACM Press, 2003.
- [3] 入江耕太, 若村直弘, 梅田和昇, "ジェスチャ認識に基づくインテリジェントルームの構築," *日本機械学会論文集 C 編*, Vol.73, No.725, pp.258-265, 2007.1.
- [4] Kentaro Takemura, Yoshio Matsumoto and Tsukasa Ogasawara, "Target Selection for Controlling Home Appliances Based on Gaze Measurement Technology," *In Proc. of 12th Int. Conf. on Human-Computer-Interaction International*, pp.504-508, 2007.
- [5] Jacob, R. J. K., "What You Look At Is What You Get: Eye Movement-Based Interaction Techniques," *Proceedings of CHI'90*, ACM Press, pp.11-18, 1990.
- [6] Yoshio Matsumoto, Jun'iti Ido, Kentaro Takemura, Masanao Koeda, Tsukasa Ogasawara, "Portable Facial Information Measurement System and Its Application to Human Modeling and Human Interfaces," *The 6th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG2004)*, pp.475-480, 2004.5.