

デジタル放送受信機用ユーザ・インタフェースの試作と評価

小 峯 一 晃[†] 澤 畠 康 仁[†] 浦 谷 則 好[†]
吉 田 征 彦^{††} 石 川 浩 一^{†††} 井 上 友 幸^{††}

デジタル放送用受信機の操作性向上をめざした少ボタン型のユーザ・インタフェースを試作し、その性能を評価するためのユーザビリティ評価実験を行った。試作機的设计にあたっては、これまでに行ってきたデジタル放送に関する種々のユーザビリティ評価実験から得られた所要条件に従い、初期利用時の習熟効果を高めるために効果的な、心理的障壁の低下、視線移動の抑制、表示・操作方法の一貫性を設計方針とした。高齢者 24 名、若年者 26 名を対象にした実験では、市販されている受信機のユーザ・インタフェースを比較の対象とした。実験で得られた SD 法による印象評価を主成分分析した結果、総合的な使いやすさを示す「機能性」および見た目の印象を示す「デザイン性」などの軸が抽出された。主成分得点を比較した結果では、試作機は、両軸ともに市販機より高い評価が得られ、特に高齢者が「デザイン性」を評価していることが明らかになった。さらに、視線移動を分析した結果、試作機では手元のリモコンを見ている時間的な割合、頻度とも市販機に比べて有意に低くなっていることが確認された。これらの結果から、リモコンのボタンを少なくしたことによる心理的な効果、および視線移動への効果が検証され、試作機に適用した設計方針の有効性を確認した。

Prototyping and Evaluation of Easy-to-use User Interface for Digital Broadcasting Receivers

KAZUTERU KOMINE,[†] YASUHITO SAWAHATA,[†]
NORIYOSHI URATANI,[†] YUKIHIKO YOSHIDA,^{††} KOUICHI ISHIKAWA^{†††}
and TOMOYUKI INOUE^{††}

We prototyped an easy-to-use user interface for digital broadcasting receivers. Two design strategies — to lower psychological barrier in initial stage of usage, and to avoid looking down at a remote control — were adopted in the design process based on the result of usability tests that we made. In order to evaluate the effectiveness of these design strategies, we conducted experiments by using the semantic differential method. We extracted two major components — “Functionality” and “Appearance” — from the principal component analysis. There were significant differences in the each component score between the prototype remote control and a conventional one that had many buttons. It was also clear that the elderly participants rate a high value on “Appearance” of the prototype remote. Moreover, the analysis of the operation logs showed that the frequency and the duration of looking down at a remote control were significantly suppressed when using the prototype. These results indicate the effectiveness of our design methodology to develop an easy-to-use user interface.

1. はじめに

2000 年に BS 放送がデジタル化されて以来、放送

のデジタル化は進み、その受信機は、DVD、HDD レコーダなど周辺のデジタル機器とともに急速に普及しつつある¹⁾。

これらのデジタル家電は機能が豊富でデジタルならではの様々なサービスに対応している反面、操作が複雑になる傾向にあり、高齢者を中心に十分に利用できていない可能性がある。デジタル放送の先進国イギリスにおいては、このような実態を把握すべく調査が行われ、視聴者はデジタル放送受信機の操作が PC と同程度に難しく感じていることを明らかにしている²⁾。

PC のユーザ・インタフェースについては、様々な研究が行われており、その歴史も長い、テレビは従

[†] NHK 放送技術研究所

NHK Science & Technical Research Laboratories

^{††} NHK 技術局

NHK Engineering Administration Department

^{†††} NHK 総合企画室

NHK Corporate Planning Bureau

現在、情報通信研究機構 ATR 脳情報研究所客員研究員

Presently with National Institute of Information and Communications Technology

現在、東京工芸大学

Presently with Tokyo Polytechnic University

来から幅広い視聴者に利用されてきており、PCなどの事務機器とは利用者層、利用態度とも異なっていることから、使いやすいユーザ・インタフェースの指向も異なっていると推定され^{3)~5)}、利用環境に応じた検討が必要である。

また、幅広い利用者を有し、特に高齢者の利用率が高いテレビに、電子政府・自治体など様々な公共サービスの窓口としての役割を担わせることも検討されている⁶⁾。そのような状況を想定した場合、そのユーザ・インタフェースを設計する際に、高齢視聴者の受容特性、利用特性を考慮した取り組みが必須となるであろう。

しかしながら、実際にはデジタル放送を利用しているユーザが感じる不便さとして、「リモコンが使いにくい」「見たい番組にいきにくい」など、使い勝手に関する項目をあげる率が比較的高く⁷⁾、普及への障壁となっている可能性がある。デジタル放送の普及を図るという観点からも、これらの障壁を低減させ、初心者にも使いやすいユーザ・インタフェースを開発することは重要な課題である。

これらの背景をふまえ、筆者らはこれまでに、高齢者も含めたユーザビリティ評価実験を通して、デジタル放送に関連するユーザ・インタフェースの研究を行ってきた^{8),9)}。

デジタル放送受信機など高機能な映像機器のユーザ・インタフェースに関連する研究としては、多メディア・多チャンネル環境におけるコンテンツ選択手法の研究^{10)~13)}や、インタラクティブ性に注目した研究^{14),15)}など、デジタル放送の利便性や拡張性を追及する研究が多い。しかしながら、リモコン、GUIなどデジタル放送受信機の基本的なユーザビリティを高齢者、初心者ユーザを対象に検討した例は少ない。操作デバイスであるリモコンについては、1つのリモコンで様々な家電の操作を可能にするユニバーサル性を追求した研究^{16),17)}は行われているが、ユーザビリティの観点からは十分な検討がなされていない。また、市販されているデジタル受信機用のユーザ・インタフェースで簡単な操作を謳っているものも多いが、その設計方針や客観的な根拠は明確にされていない。

今回、デジタル放送受信機における現状の問題点をふまえ、初心者の利用・習熟を促進するようなユーザ・インタフェースの実現をめざし、プロトタイプを試作・評価を行った。筆者らがこれまでにやってきた実験から得られた知見をもとに基本的な設計方針を定め、実際にデジタル放送用受信機のユーザ・インタフェースを試作した¹⁸⁾。また、その操作性を評価することによ

り、設計方針の有効性を検証した。

以下、2章ではプロトタイプ試作における設計方針および試作機の具体的な仕様について紹介する。3章では市販機との比較を含めた試作機の評価実験について実施した内容を述べ、4章では実験結果の分析により得られた両者のパフォーマンス、印象評価、トラブルの傾向について記す。5章では評価結果の解釈や試作機の問題点について考察し、6章で本研究をまとめる。

2. プロトタイプの試作

2.1 設計方針

多機能なデジタル受信機のユーザビリティを向上させるための方向性として、デジタル放送受信機の機能を、選局などの必要最小限に絞り込んでリモコン上のボタン数を少なくする方法も考えられる。この場合、従来のアナログ放送用受信機と同様、1ボタン1機能の操作パラダイムを踏襲することができ、利用初期段階での使い勝手は向上するが、データ放送、EPGなどのデジタルならではのメリットを十分に享受できない可能性が高く、望ましくない。一方、多機能な受信機の高機能を従来の操作パラダイムで利用することは、リモコン上に配置できるボタン数などの制約から、事実上不可能であり、必然的にGUIによる操作が必要となる。

テレビ画面上でのGUI操作に適した操作デバイスを評価する実験⁸⁾によれば、手元を見ないで操作でき、習熟の効果が高いデバイスの評価が高いことが明らかになっている。また、主にGUIで操作するデータ放送のユーザビリティ評価実験⁹⁾では、操作方法や画面表示における一貫性の欠如が、GUI操作の学習を阻害する要因になっていることを指摘している。両実験とも、高齢者・若年者を対象にしているが、特に高齢者にこれらの傾向が強いこと示している。

なお、習熟することによって使いやすさの傾向が変化し、熟練者と初心者とで使いやすさの所要条件が異なってくることが想定されるが、今回の試作ではデジタル放送の普及を目的としているため、高齢者および初心者の利用初期段階における操作上の障壁を低く抑えることに主眼を置いて検討した。そのような初期利用時の障壁を持つユーザ・インタフェースでも慣れれば問題なく使えるようになるという議論もあるが、必ずしもそういうわけではなく、操作の学習を阻害するような根本的な問題(ラスティングバリア)¹⁹⁾があると、習熟しても操作効率や満足度が上がらないという指摘もある。

以上の点を考慮すると、特に利用初期段階では、操作の学習を的確に行うことが重要であり、それを効率良く行うためのユーザ・インタフェースが望ましい。これを実現するために考慮すべき所要条件として、以下の項目があげられる。

- (i) 利用初期段階での心理的な障壁を低くすること（見た目の複雑さを緩和すること）。
- (ii) 画面からのフィードバックを確実に得られるようにするため、視線移動を少なくすること。
- (iii) 表示、操作方法に一貫性を持たせること。

これらの条件に適合する操作デバイスの候補として、前述の評価実験で高い評価を得ていたトラックボールなどが考えられるが、今回の試作では、現状のデジタル放送受信機で利用可能にすることも加味し、フォーカス移動ボタンの長押しによる操作などに不向きなフリーカーソル型デバイスは対象外とした。

以上の要求事項を満たす試作機の具体的な設計方針として、以下を設定した。

- (1) ボタン数を少なくして初期利用時の心理的な障壁を下げるとともに、手元への視線移動を減らす。
- (2) 「基本操作」のみですべての機能を操作可能にし、表示・操作方法に一貫性を持たせる。

上述の「基本動作」とは、すべての操作に対して共通の手続きであり、今回の場合は、GUI上のオブジェクトを「上下左右ボタン」によって選択（フォーカス移動）し、「決定ボタン」によって実行する一連の操作を意味している。また、今回の試作では、現在の ARIB 標準規格²⁰⁾に基づくデジタル放送用受信機でも利用可能であることを想定しているため、リモコンに搭載するボタンを選択する際には、ARIB 規格に沿うようにした。

2.2 試作

以上の設計方針に従い、リモコン本体および GUI メニューを試作した。図 1 は試作リモコンの外観を、図 2 はメニュー画面の例を示したものである。基本操作を行うためのボタンは手元を見ないで操作できるよう、フォーカス移動用の「上下左右」ボタンと「決定」ボタンが一体となっているものを用いた。そのほか、番組選択操作時に利用頻度が高く、即時に操作できないと使用感を著しく損なうと思われる「電源」「音量」「戻る」ボタンや、データ放送利用時に使われる「d（データ）」ボタン、色ボタンなど、合計 11 個のボタンをリモコン上に配置した。ARIB 標準規格で必要なボタンとされている数字ボタンは、GUI を操作の基本とする試作機においては利用頻度が低いことが予

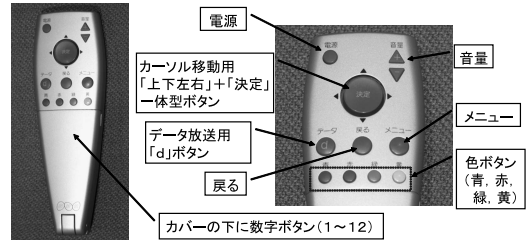


図 1 試作したリモコンの外観

Fig. 1 Outlook of a prototype remote control.

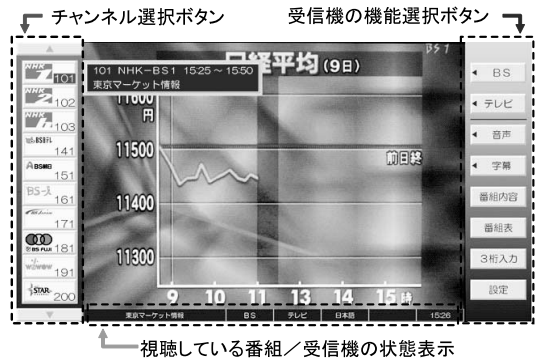


図 2 試作した GUI メニュー

Fig. 2 Portal menu of the prototype GUI.

想され、さらに見た目の複雑さを緩和する効果も考慮して、リモコン下部にパネルで覆った形で搭載した。なお、今回の試作では、少ボタン型リモコンと GUI による番組選択関連操作のしやすさを主な評価対象としており、リモコンに搭載するボタンとしては、メニュー操作に必要な最小限のボタンと ARIB の標準規格に準拠することに重点をおいて選択した。そのため、消音ボタンなど、実際の視聴場面ではリモコン上にあつたほうが効率と思われるボタンでも、評価実験で想定している課題への影響が小さいと見込まれるボタンについては搭載を省略した。

GUI のメインメニューはリモコン上の「メニュー」ボタンを押下することによって表示され、選局を含め、すべての操作を本メニューから行うことができる「ポータルメニュー」として機能する。メニューの表示は画面の左右端および下端に表示し、視聴の妨げにならないようにした。また、GUI 表示においても一貫性を保つため、メニュー各部の表示を図 2 に示すように、左メニューは選局用の GUI ボタン群、右メニューはメディア切替や字幕 ON/OFF など受信機のモード・設定を操作する GUI ボタン群、下メニューは視聴中の番組の情報表示や、字幕モード、音声モードなどの状態表示を行う表示専用部とした。試作した GUI メニューの状態遷移を図 3 に示す。

なお、「戻る」ボタンについては、操作者によって想定する動作が異なる傾向があり、トラブルの原因となることが多いため⁹⁾、今回の試作では特定の場面(サブメニュー表示時)のみ利用できるようにし、利用可能な状況では、押下後の状態を GUI 上にテキストで表示するようにした。

試作システムの構成図を図 4 に示す。GUI メニューおよび EPG は PC 上で作成し、受信機の出力とキー合成して表示した。試作リモコンの出力信号を赤外線受信機で受信し、PC でデコードした後、図 3 に従って該当する GUI を生成した。生成された PC の出力をスキャンコンバータで信号変換およびキー合成し、HDTV モニタで参加者に提示した。チャンネル変更など、デジタル放送受信機を制御する必要がある場合には、PC より学習リモコンを制御して適切な信号を受信機に送信した。市販機を操作する場合は、赤外線受信機で受信したリモコンの信号を、PC からそのまま再送信した。

本試作機では、視聴者は何か操作する際にまず「メニュー」ボタンを押し、メニューに表示された所望の

項目を基本操作により実行することを想定しており、一貫性のある操作が可能である。したがって、従来の様々な選択方法が混在するユーザ・インタフェースに比べてユーザビリティが向上していることが期待される。

3. ユーザビリティ評価実験

上述した試作機の有効性を確認するため、受信機利用時の主要な操作と考えられる番組選択操作およびそれに関連する受信機機能の操作について、ユーザビリティ評価実験を行った。

表 1 に示す高齢者 24 名、若年者 26 名を対象にして実際に番組選局、受信機機能の操作をさせ、SD 法によって操作の印象を回答させた。また、操作時の様子を記録し、視線分析および映像・発話分析(プロトコル分析²¹⁾)を行った。

操作するユーザ・インタフェース(以下、UI)としては、試作機のほか、市販の受信機も比較のために利用した。市販受信機のリモコンは、46 個のボタンを搭載し、主に番組選択で利用する数字ボタン(1~12)、チャンネル上下のシーソーボタン、メディア切替ボタン(地上、BS、CS)や、主にデータ放送の操作で利用する d(データ)ボタン、4 色ボタンのほか、音量上下のシーソーボタン、字幕 ON/OFF ボタン、音声モード切替ボタンなどを有する。さらに、番組選択を支援する機能のためのボタン(番組表、番組内容、番組ナビ)なども搭載している。図 5 に市販機のリモコンの外観を、図 6 に番組選択操作に関連する GUI の主な状態遷移を示す。

両者を比較する場合、リモコン本体と GUI との組合せが 4 通り存在し、厳密に比較するためにはそれぞれの組合せで実験を行う必要があるが、今回はリモコン単体および GUI のみの評価は目的に沿わないことから、試作リモコン + 試作 GUI、市販リモコン + 市販 GUI の組合せのみで実験を行う。

また、各実験参加者には、2 種の UI を順に評価させており、順序効果が生じるため、高齢、若年の各参加者を 2 群に分け、カウンタバランスした。表 1 中の A 群は実験の前半のセッションで試作機を使い、B 群

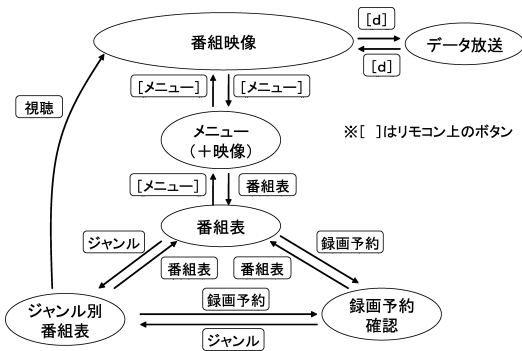


図 3 試作機における GUI メニューの状態遷移
Fig. 3 State transition of the prototype GUI.

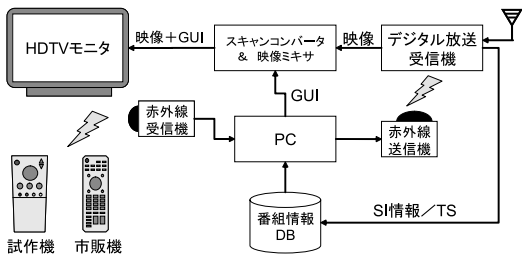


図 4 試作システムの構成
Fig. 4 Diagram of the prototype system.

「最後に行った操作の前の状態に戻す(いわゆる Undo)」「メニューの 1 つ上の階層に戻る」「トップメニューに戻る」など、操作者によって解釈の仕方が異なるため、期待した結果が得られずに最初からやり直すなどのトラブルが頻繁に見られた。

表 1 実験参加者の内訳

Table 1 The features of participants.

実験順序	高齢者		若年者	
	65~83 歳		22~29 歳	
	平均 70.7 歳		平均 25.3 歳	
	男	女	男	女
A 試作 市販	7	5	7	6
B 市販 試作	7	5	6	7



図 5 市販機のリモコン

Fig. 5 Outlook of the product remote control.

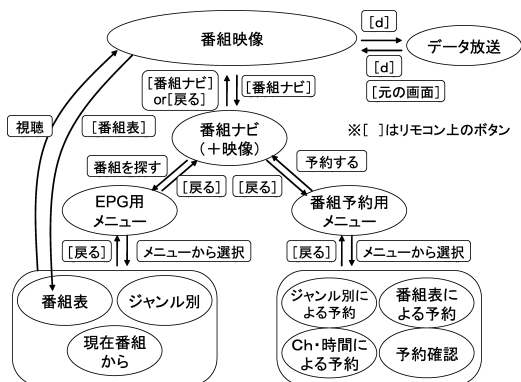


図 6 市販機における GUI メニューの状態遷移
Fig. 6 State transition of the product GUI.

は前半のセッションで市販機を使って操作した。

前半・後半の各セッションで 4~8 項目の課題を操作させ、各セッション終了後に SD 法による評価を実施した。なお、SD の回答に用いた形容詞対には、これまでのユーザビリティ評価⁸⁾ で用いた 22 形容詞対を用い、参加者には 8 段階で評価させた。

実験では、視聴時の主要な操作であり、デジタル放送特有の操作が含まれる番組選択操作を主な課題とした。課題の具体例を表 2 に示す。各セッションでは、選局・機能・EPG の 3 つのカテゴリから 2 項目程度ずつ、表に示した順(選局・機能・EPG の順)に課題を与えた。選局課題では、チャンネル名、チャンネル番号、番組名で選択する番組を指示した。本カテゴリでは、試作機による GUI メニューからの選局と、市販機によるダイレクト選局(チャンネルが割り当てられた数字ボタンを押す、従来のアナログ受信機と同じ操作)および 3 桁のチャンネル番号入力による選局の差異が結果に現れることが期待される。機能操作課題では、視聴時に比較的使用されるとと思われる字幕の ON/OFF および番組内容の表示を課題として与えた。これらの機能は、試作機については、右メニューに、市販機につ

表 2 実験で採用した課題の例
Table 2 Examples of tasks used in the experiment.

カテゴリ	課題
選局	・NHK ハイビジョンを出してください ・BS の 161ch に切り替えてください
機能	・NHK 教育で字幕を表示してください ・詳細な番組内容を表示してください
EPG	・番組表を使って NHK 総合を出してください ・今晚 8 時以降の音楽番組を録画予約してください

いては、リモコン上のボタンに割り当てられており、1 回のボタン操作(試作機では 1 回の基本操作、市販機では 1 回のボタン押下)で達成できる機能である。EPG 課題は、デジタル放送特有の機能である EPG を明示的に利用して番組を選択させる課題であり、チャンネル名による選択のほか、ジャンルによる選択も指示した。このカテゴリでは、両機による GUI 操作の差異を見ることが可能と考えられる。

今回の実験では、試作 UI を実際の操作に近い状況で設計方針の有効性を評価することを主眼としているため、参加者には、できるだけふだんのテレビ視聴時と同様の操作(速さ、正確さ)を心掛けるよう指示した。また、操作の様子を収録してプロトコル分析をすることを想定し、参加者にはできるだけ多様な状況で操作してもらうため、参加者がトラブルなどで操作が行き詰まった際には、実験者が状況を尋ねる、ヒントを与える、などのインタラクションを行い、課題を継続させた。

4. 結果

4.1 操作時間・課題達成度

前述のとおり、実験の参加者にはふだんのテレビ視聴時と同様の操作を指示し、操作中のトラブルに対しては、操作を中断してヒントを与えるなどしているため、正確な操作時間や課題達成度を測定することは困難である。しかしながら、各 UI の特性を表す指標として参考になるため、各 UI の平均操作時間、および平均課題達成度を算出した。ただし、プロトコル分析への適用を考慮し、課題遂行中にヒントを与えるなどして課題達成を促していたため、課題達成度を示す指標としては、「10 - 与えたヒントの回数」を用いた。なお、操作時間の算出においては、実験者とのインタラクションなどで明らかに注意が操作に向いていない時間は操作時間の積算から除外した。

高齢者、若年者それぞれの結果を図 7、図 8 に示す。両指標に対して UI 要因(試作機、市販機) × 参加者要因(高齢者、若年者)の分散分析を行った。UI 要因における全体的な傾向として、市販機の方が試作

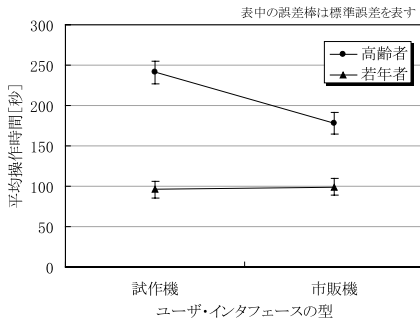


図 7 平均操作時間

Fig. 7 Average operation time in a task across all tasks of all participants.

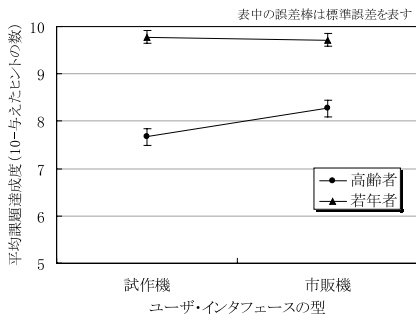


図 8 平均課題達成度

Fig. 8 Average achievement score across all tasks of all participants.

機より操作時間が短い ($p = 0.015$) が、高齢者と若年者では異なる傾向を示し、若年者は両者で差がない ($p = 0.870$) のに対し、高齢者では、市販機の方が操作時間は短い ($p = 0.026$) .

一方、達成度 (10 - 与えたヒントの数) については、全体として市販機の平均課題達成度が試作機に比べてやや高い傾向にあるものの、両者に有意差 (有意水準 5%) はなかった ($p = 0.088$) .

4.2 印象評価

全参加者 50 名が回答した 2 種の UI に対する SD 法の評価結果を集計し、主成分分析した。固有値 1.0 以上の成分として 5 主成分が抽出され、その累積寄与率は 69.8%であった。各主成分の寄与率は第 1 主成分から順に、35.3%、17.0%、6.8%、5.5%、5.0%である。上位 2 主成分について、因子負荷量が大きい順に形容詞対を並べたものを表 3 に示す。第 1 主成分は因子負荷量がすべて正の値であることから、「使いやすさ」の総合評価を意味していると考えられ、ここでは、「機能性」の軸とした。第 2 主成分は、上位の形容詞群に見た目に関する形容詞が多いことから、「デザイン性」の軸とした。第 3~第 5 主成分については、形容詞の並びに明白な傾向がなく、各軸の意味については不明

表 3 第 1, 第 2 主成分における因子負荷量

Table 3 Factor loads in 1st and 2nd principal component.

	第 1 主成分 35.3% 「機能性」	第 2 主成分 17.0% 「デザイン性」
快適である	0.857	かっこいい 0.806
簡単である	0.841	美しい 0.790
疲れしない	0.816	目新しい 0.746
能率が良い	0.769	派手である 0.704
選びやすい	0.764	斬新である 0.572
分かりやすい	0.760	心地よい 0.508
なじみやすい	0.741	手頃な大きさ 0.427
覚えやすい	0.736	整然としている 0.332
連続操作しやすい	0.736	反応が早い 0.167
違和感がない	0.708	面白い 0.139
確実に使える	0.663	見やすい 0.093
面白い	0.576	違和感がない 0.035
反応が早い	0.561	能率が良い 0.001
整然としている	0.451	快適である -0.044
見やすい	0.376	連続操作しやすい -0.059
心地よい	0.304	疲れしない -0.139
斬新である	0.261	選びやすい -0.152
目新しい	0.223	簡単である -0.170
美しい	0.216	なじみやすい -0.213
かっこいい	0.212	分かりやすい -0.287
手頃な大きさ	0.172	覚えやすい -0.326
派手である	0.113	確実に使える -0.422

表 4 分析の要因および要因内の水準

Table 4 Factors and the categories in each factor for ANOVA.

要因	水準 ()内は図中の表記
参加者	高齢者 (高), 若年者 (若)
UI	試作機 (試), 市販機 (市)
操作順序	前半に試作機 (前), 後半に試作機 (後)

である。

参加者や使用した UI による印象の違いや操作順序の効果調べるため、各要因の組合せごとに主成分得点を算出した。用いた要因と各要因のカテゴリを表 4 に示す。図 9 は各要因の組合せにおける主成分得点をグラフにしたものである。

第 1, 第 2 主成分の主成分得点について、3 要因の分散分析を行った結果、第 1 主成分では UI 要因 (試作機と市販機の差) で有意差 ($p = 0.010$) が、第 2 主成分では、UI 要因 ($p = 0.014$) および参加者要因 (高齢者と若年者の差) ($p = 0.033$) において有意差があった。

また、実験終了後のインタビューにおいて、好みの UI について尋ねた (「現時点で使いたいリモコンはどちらですか?」) 結果では、高齢者、若年者とも試作機を選んだ参加者の割合は 54%となった。

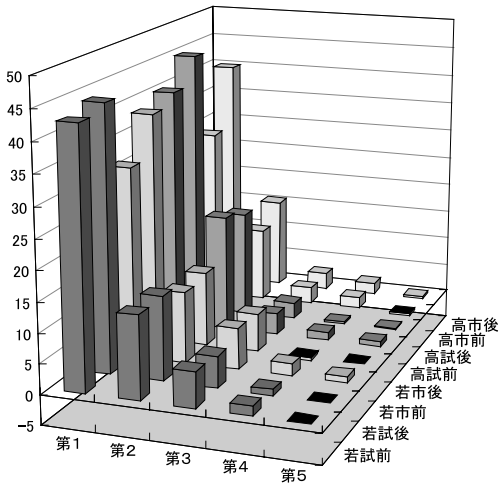


図 9 各要因における主成分得点

Fig. 9 Principal component scores of each extracted component in the combination of three factors — participant factor, user interface factor, and order of experiment factor.

4.3 視線移動の分析

今回の試作では、リモコンのボタン数を少なくして、画面とリモコンの間での視線移動を少なくすることが設計方針の1つであった。その効果を検証するために、参加者が操作しているときの映像から、視線を手元に向けているときの時間、視線の移動回数を分析し、以下の数値を算出した。

- (1) 手元を注視している時間の割合
手元を見ていた時間が操作時間中に占める割合を調べるため、各課題において、開始から終了までの操作時間に対する手元を見ていた時間の割合を算出した。参加者要因、UI 要因別の平均値を図 10 に示す。2 要因の分散分析を行った結果、試作機と市販機間に有意差（両要因とも $p < 0.001$ ）が認められた。
- (2) 1 回の手元注視における平均注視時間
手元注視が長く続けると、操作のフィードバックなど、画面上に表示された情報の変化に気付かず、操作の学習を阻害することがある⁹⁾。したがって、1 回の手元注視がどの程度続くかは、画面からのフィードバックを適切に得られているかどうかを示す重要な指標と考えられる。そこで、各課題において、手元を注視していた時間の総和を手元を注視した回数で割った値を算出した。図 11 に結果を示す。注視時間の割合と同様に 2 要因の分散分析を行った結果、試作機と市販機間に有意差（ $p < 0.001$ ）が

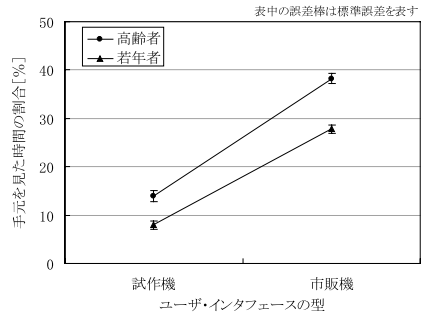


図 10 手元を注視している時間の操作時間に対する割合
Fig. 10 The time ratio between the duration of looking down and the duration of operations in a task.

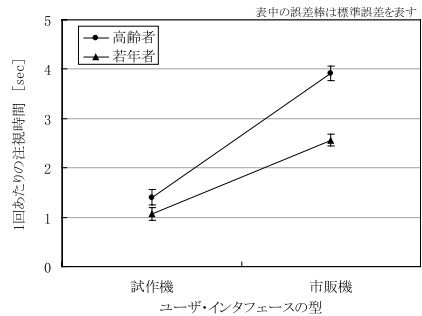


図 11 1 回の手元注視における平均注視時間
Fig. 11 The average duration time in a single looking down action.

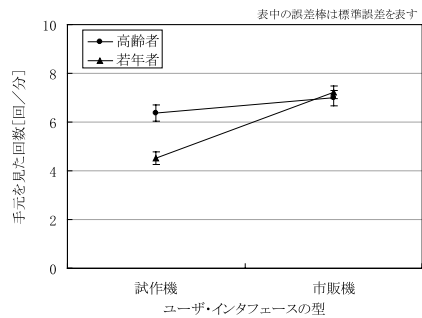


図 12 操作時間 1 分あたりの平均視線移動回数
Fig. 12 The average frequency of looking down action per minute.

認められた。

- (3) 操作時間 1 分あたりの平均視線移動回数
操作中に視線移動がどの程度の頻度で行われるかを調べるため、各課題で発生した視線移動回数を課題遂行中の操作時間で割り、1 分あたりの視線移動回数を算出した。図 12 に結果を示す。同様に 2 要因の分散分析を行った結果、試作機、市販機間に有意差（ $p < 0.001$ ）が認められた。ただし、高齢者群内で比較すると有意差はなかった（ $p = 0.158$ ）。

表 5 操作中に生じたトラブルの要因
Table 5 Category of factors causing troubles during operations.

要因	内容・具体例
機構	リモコン上のボタンの機構的な問題：押しにくい、押ししても反応しないなど。
操作モデル	操作の方法が分からないために生じる問題：基本操作が分からない、番組表が出せないなど。
システムモデル	デジタル放送の概念が分からないために生じる問題：BS と地上の違いが分からないなど。
3 桁入力	チャンネル番号を 3 桁で入力する際に生じる問題：番号を入力する前に「番号入力」ボタンを押さない、2 桁で入力してしまう、など。
画面の表示	GUI の表示が正しく理解できないために生じる問題：ボタンと表示の区別がつかない、表示から推定する機能を勘違いする、など。
リモコンの表示	リモコン上の表示が正しく理解できないために生じる問題：表示から推定する機能を勘違いする、など。
機能分担	リモコンと GUI のどちらで操作するか判断できないために生じる問題。
その他	反応の遅れ、一度行った操作を忘れるなど。

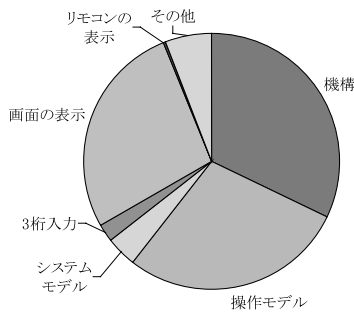


図 13 試作機の操作におけるトラブルの要因別構成
Fig. 13 Composition of factors causing troubles in operation using Prototype UI.

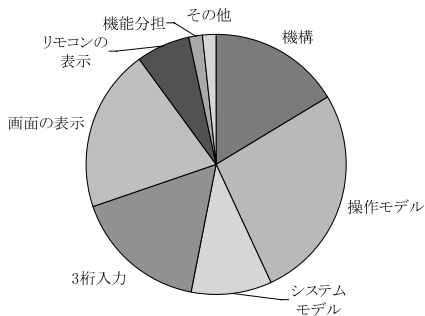


図 14 市販機の操作におけるトラブルの要因別構成
Fig. 14 Composition of factors causing troubles in operation using Product UI.

4.4 映像・発話分析

印象評価および視線分析では、試作機と市販機で有意な差が見られたが、実験終了後のインタビューにおいては、「使いたいリモコン」についての回答で両者の間に明確な差は見られなかった。その原因を探るために、操作ログに記録した操作時の様子や発話から問題点の抽出を試みた。図 13、図 14 に試作機、市販機のそれぞれの操作において抽出されたトラブルの要因別構成を示す。また、各要因の内容と具体例を表 5 に示す。試作機、市販機に共通な傾向として、デジタ

ル受信機に不慣れな参加者であったため、操作イメージの差異から生じるトラブル（図中の操作モデル）が多かった。試作機に特徴的な点として、ボタンの機構的な問題やモード切替えに関するトラブルが多かったのに対し、市販機では、3 桁入力時のトラブルやリモコンと GUI のどちらで操作するかで迷うなどのトラブルが多かった。

5. 考 察

実験結果では、操作時間、課題達成度の指標については市販機が全体的に優位な傾向にあるが、印象評価および視線移動については試作機が優位な結果となった。また、実験後のインタビューでは好みのユーザ・インタフェースについて、明確な差が見られなかった。これらの結果について、以下で考察する。

5.1 操作時間・課題達成度

実験の制約上、UI の特性を表すほど厳密な測定指標にはなっていないが、全体的な傾向として、市販機の方が試作機より操作時間が短く、高齢者と若年者では異なる傾向を示した。これらの差異の原因を調べるために、両者の差が大きい課題の種類ごとに操作時間を分析した。特に差が顕著であった“チャンネル名による番組選択”課題（表 2 の例では、“NHK ハイビジョンを出してください”）では、課題達成に必要な操作の中にメディア切替操作（地上と BS の切替え）が含まれている場合に試作機の操作時間が長くなり ($p < 0.001$)、同じ種類の課題でもメディア切替操作が含まれない場合は、逆に市販機の方が長くなっていった ($p = 0.022$)。これらの傾向は高齢者に顕著で、若年者はメディア切替えが含まれる場合、含まれない場合とも試作機と市販機で操作時間に有意差がなかった（それぞれ $p = 0.306$, $p = 0.515$ ）のに対し、高齢者では、メディア切替えが含まれる場合は試作機の方が長く ($p < 0.001$)、含まれない場合

では市販機の方が長かった ($p = 0.024$)。5.4 節で後述するように、メディア切替え時のトラブルは操作映像・発話の分析でも確認されており、試作機の問題点となっていると考えられる。

達成度については、試作機と市販機間に統計的な有意差 (有意水準 5%) はなかったが、操作時間と同様に高齢者では若年者と異なる傾向を示し、メディア切替操作が含まれるか否かによっても異なる傾向を示した。本指標についても、操作時間と同様の分析をした結果、メディア切替操作の有無により傾向が異なっており、試作機におけるメディア切替えの問題点が反映した結果と思われる。

5.2 印象評価

主成分得点の結果からは、「機能性」と推定される第 1 主成分において試作機の主成分得点が市販機に比べて高くなっており、印象評価では高く評価されていることが分かる。主成分得点の分散分析結果でも UI 要因で高度な有意差 ($p = 0.010$) があり、両者の間に有意な差があることが確認された。また、操作順序 (前半と後半) の差も比較的大きく ($p = 0.070$) になっており、市販機に比べて試作機では前半と後半の得点差が小さくなっていった。したがって、試作機では前半操作群からも後半操作群と変わらない程度の高い評価を受けている傾向があり、利用初期における習熟のしやすさを示唆している。

一方、「デザイン性」を表す第 2 主成分では、主成分得点の分散分析結果によると、UI 要因において試作機と市販機とでは有意な差 ($p = 0.014$) があり、試作機は市販機に比べて高い評価を得ていることが分かる。また、参加者要因においても有意差 ($p = 0.033$) が認められ、特に高齢者では高い評価が得られていた。これは、高齢者はボタン数の少ないシンプルなデザインを好む傾向があることを示唆しているものと思われる。

以上の印象評価の分析結果は、設計時の所要条件 (i) が満たされていることを示している。

5.3 視線分析

視線移動分析の結果によると、試作機による操作は市販機による操作に比べて視線移動の頻度が少なく (図 12, $p < 0.001$)、手元を見ている割合 (図 10, $p < 0.001$)、手元を見ている平均時間 (図 11, $p < 0.001$) とともに小さくなっていることが示されている。全体的な傾向としては、少ボタン型の UI によって視線移動が抑制できたと考えられる。特に画面からのフィードバックという点で重要な 1 回あたりの手元注視時間について、明白な改善が見られていることから、所要条件 (ii) は満たされていると判断できる。印象評価の

結果とあわせると、設計方針 (1) は有効であったことを示している。

なお、参加者別では、高齢者の平均視線移動回数で試作機と市販機の差は認められなかった ($p = 0.158$)。その原因としては、試作機における初期の課題を遂行中に、カーソル移動の度にリモコン上のカーソル移動ボタン (上下左右ボタン) を短時間の目視によって確認していたことが影響しているものと考えられる。

5.4 映像・発話分析

印象評価および視線分析では、試作機と市販機で有意な差が見られたが、実験終了後のインタビューにおいては、「使いたいリモコン」についての回答で両者の間に明確な差は見られなかった。その原因について、映像分析、発話分析から得られたトラブルから考察する。

まず、両者に共通している点として、操作モデルに関連したトラブルが多かった。これらは主に、従来のアナログ受信機の操作ではあまり利用されていない GUI の操作やチャンネル番号入力に関するものであった。具体的には、GUI の基本的な操作である「上下左右 + 決定」において決定をしない、チャンネル番号を入力する際に「チャンネル番号入力」ボタンを押さずに直接番号ボタンを押してしまう、チャンネル番号を入力した後に決定ボタンを押してしまう、などである。これらのトラブルは試作機、市販機の両方で共通に見られ、課題を進めていく過程で比較的早い時期に習熟されているが、試作機が EPG に関する課題を実施する前 (セッションの前半) に多い (全体の約 64%) のに対し、市販機ではセッション後半の EPG に関する課題に多い (全体の約 61%)。この傾向は、高齢者、若年者とも同じであった。

市販機では、セッション前半の番組選局課題がボタンによるダイレクト選局 (従来のアナログ受信機と同様の選局方法) およびチャンネル番号入力による選局をした参加者が大部分を占め、セッション後半の EPG 関連課題に必要な GUI 操作は、前半でほとんど行われていない。一方、試作機では EPG 関連課題の操作がセッション前半の番組選局課題と同じ操作モデルであるため、習熟の効果があつたと考えられる。両者の EPG 操作画面が同一ではないため断定はできないが、試作機では、操作・表示の一貫性を保つことを設計方針とし、操作モデルの混在を防いだことによる、プラスの効果が現れたとも考えられる。

しかしながら、試作機に多く見られた構造的なトラブルおよび画面表示に関するトラブルについて、操作時の映像・音声を詳細に分析した結果、修正すべき間

題点が抽出された。以下にこれらの問題点について、具体的な事例および解決法を示す。

(1) 機構

試作機において最も高い頻度で発生していたのは、リモコンの機構的な問題に起因するトラブルであった。試作機では、「基本操作」を行う際に利用するリモコン上のボタンは「上下左右」と「決定」が一体となったボタン（以下“決定ボタン”）である。この決定ボタンは機構的な問題によりクリック感が乏しく、参加者の多くが実験後のインタビューでも、この問題を指摘していた（50名中23名）。実際に操作ログを分析すると、この問題点に基づく誤操作は、市販機が1セッションあたり平均で1.8回だったのに対し、試作機は6.4回であった。この問題点については、よりクリック感のあるデバイスを用いることにより改善可能である。

(2) 画面表示の問題

地上波の番組からBSの番組への切替え（メディア切替え）の操作において、トラブルが頻発していた。本操作では、メディア切替えボタンでサブメニューを表示し、該当するメディアを選択するが、他のほとんどのGUI上のボタン（以下、GUIボタン）が機能表示になっていたのに対し、メディア切替えのGUIボタンは状態表示になっていた。これは、設計方針(2)が十分に徹底できていないことを示している。本トラブルは、設計方針(2)をさらに徹底することで解決が見込まれる。

今回試作機で抽出されたトラブルについては、その原因および対処法が明確であり、操作方法の一貫性を保つための設計を徹底することで、よりいっそうのユーザビリティ向上が期待できる。したがって、今回の試作では不十分な点があったが、設計方針の方向性は適正であったと考えられる。

6. まとめ

これまでに行ってきたデジタル放送に関連するユーザビリティの取り組みで得られた要求事項、設計方針をもとに、受信機用のユーザ・インタフェースを試作し、その有効性を評価した。SD法による印象評価では、主成分分析により機能性およびデザイン性の軸が

抽出され、これらの軸において、試作機の評価が高かった。特に高齢者は若年者に比べて試作機のデザイン性を高く評価していることが分かった。ボタン数をできる限り少なくして見た目をシンプルにすることで、初期利用時の心理的な障壁を低下させる効果が得られたと考えられる。また、視線移動の分析により、試作機が市販機に比べて有意に視線移動回数、手元注視時間が抑制され、設計時の要求事項が満たされていることを検証した。さらに、映像・発話分析により、リモコン本体の機構的な問題、表示・操作の一貫性の不備などの問題点を明らかにするとともに、設計の方向性としては適正であることを確認した。

これらの知見が今後の使いやすいデジタル放送受信機開発に活用されることを期待する。

参考文献

- 1) 総務省：情報通信白書（平成17年度版），ぎょうせい（2005）。
- 2) Freeman, J. and Lessiter, J.: Using Attitude Based Segmentation to Better Understand Viewers' Usability Issues with Digital and Interactive TV, *Proc. 1st Conference on EuroITV03*, pp.19–28 (2003).
- 3) Herigstad, D. and Wichansky, A.: Designing user interfaces for television, *CHI '98: CHI 98 conference summary on Human factors in computing systems*, New York, NY, USA, pp.165–166, ACM Press (1998).
- 4) Eronen, L. and Vuorimaa, P.: User interfaces for digital television: a navigator case study, *AVI '00: Proc. working conference on Advanced visual interfaces*, New York, NY, USA, pp.276–279, ACM Press (2000).
- 5) Jones, O.D. and Carey, R.: Interactive television: strategies for designing useful and usable services, *CHI '01: CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems*, New York, NY, USA, pp.503–503, ACM Press (2001).
- 6) 総務省：「地上デジタル放送を活用した行政サービス提供に関する実証実験推進協議会」報告書（2004）。http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/040519_1-1.html
- 7) 鈴木祐司，増田智子：視聴者はデジタル放送をどう見ているのか，*放送研究と調査*，Vol.55, No.8, pp.58–71 (2005)。
- 8) 小峯一晃，比留間伸行，石原達哉，牧野英二，津田貴生，伊藤崇之，磯野春雄：テレビ画面上のGUI操作環境における高齢者のリモコン操作性評価，*映像情報メディア学会論文誌*，Vol.55, No.10, pp.1345–1352 (2001)。

該当するボタンを押すことによって実行される機能を表示すること。

該当するボタンで制御される機能の現在の状態（モード）を表示すること。

- 9) 森田寿哉, 小峯一晃, 後藤 淳, 浦谷則好: データ放送コンテンツのユーザーインターフェース評価, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002 論文集, pp.613-616, ヒューマンインタフェース学会 (2002).
- 10) Drucker, S.M., Glatzer, A., Mar, S.D. and Wong, C.: SmartSkip: consumer level browsing and skipping of digital video content, *CHI '02: Proc. SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, New York, NY, USA, pp.219-226, ACM Press (2002).
- 11) Chorianopoulos, K., Lekakos, G. and Spinellis, D.: Intelligent user interfaces in the living room: usability design for personalized television applications, *IEEE Trans. Consumer Electronics*, New York, NY, USA, pp.138-143, ACM Press (2006).
- 12) Isobe, T., Fujiwara, M., Kaneta, H., Morita, T. and Uratani, N.: Development of a TV reception navigation system personalized with viewing habits, *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol.51, No.2, pp.665-674 (2005).
- 13) Watanabe, I.J., Tsukada, Y., Ishii, T. and Paolantonio, S.: Two TV interfaces for freely accessing the content of continuous multi-channel recording, *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol.52, No.1, pp.138-143 (2006).
- 14) O'Brien, J., Rodden, T., Rouncefield, M. and Hughes, J.: At home with the technology: an ethnographic study of a set-top-box trial, *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, Vol.6, No.3, pp.282-308 (1999).
- 15) Petersen, M.G., Madsen, K.H. and Kjær, A.: The usability of everyday technology: emerging and fading opportunities, *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, Vol.9, No.2, pp.74-105 (2002).
- 16) Nichols, J., Myers, B.A. and Rothrock, B.: UNIFORM: automatically generating consistent remote control user interfaces, *CHI '06: Proc. SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, New York, NY, USA, pp.611-620, ACM Press (2006).
- 17) 山本幸司, 香川景一郎, 前田勇希, 三宅康也, 田邊英樹, 政木康生, 布下正宏, 太田 淳: 部分領域高速読出し機能をもつ低消費電力 ID 受信 CMOS イメージセンサを用いた情報家電マルチリモコン「オプトナビ」システムの提案, 映像情報メディア学会論文誌, Vol.59, No.12, pp.1830-1840 (2005).
- 18) 吉田征彦, 石川浩一, 井上友幸, 小峯一晃, 澤島康仁, 浦谷則好: デジタル受信機のための少ボタン型リモコンによるヒューマンインタフェースの試作, 2004 年映像情報メディア学会年次大会予稿集, 映像情報メディア学会 (2004).
- 19) 倉持淳子, 太田慎一郎: 学習効果と障害要因—慣れれば大丈夫は本当か?, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002, ヒューマンインタフェース学会, pp.281-284 (2002).
- 20) 電波産業会: ARIB 標準規格 STD-B21, 1.0 edition (1999).
- 21) 海保博之, 原田悦子: プロトコル分析入門, 新曜社 (1993).

(平成 18 年 6 月 19 日受付)

(平成 18 年 12 月 7 日採録)



小峯 一晃

昭和 42 年生。平成 4 年東北大学大学院工学研究科電気および通信専攻修士課程修了。同年 NHK に入局。平成 6 年より同技術研究所にて、文字画像の表示条件、立体視における視覚疲労、デジタル放送受信機のユーザビリティの研究に従事。電子情報通信学会、映像情報メディア学会、ヒューマンインタフェース学会、ACM 各会員。



澤島 康仁

昭和 53 年生。平成 15 年東京大学大学院新領域創成科学研究科基盤情報学専攻修士課程修了。同年 NHK に入局。放送技術研究所にて、視線による番組評価、視聴者心理状態推定の研究に従事。電子情報通信学会、映像情報メディア学会、IEEE 各会員。



浦谷 則好 (正会員)

昭和 50 年東京大学大学院修士課程修了 (電気工学)。同年日本放送協会入局。富山放送局を経て、昭和 54 年より平成 18 年まで NHK 放送技術研究所にて、リモートセンシング画像解析、情報検索、ニュース文の機械翻訳、TV 受信機インタフェースの研究に従事。この間、4 年間 ATR に出向し、音声翻訳の研究に従事。現在、東京工芸大学工学部コンピュータ応用学科教授。博士 (工学)。電子情報通信学会、映像情報メディア学会、言語処理学会各会員。



吉田 征彦

昭和 47 年生．平成 7 年名古屋工業
大学電気情報工学科卒業．同年 NHK
入局．平成 18 年より同技術局計画
部にて，地上デジタル放送のチャネル
プランやネットワーク検討，デジ

タル放送の運用規定策定に従事．電子情報通信学会，
映像情報メディア学会各会員．



石川 浩一

昭和 45 年生．平成 5 年九州工業
大学電気工学科電子コース卒業．同
年 NHK に入局．平成 11 年より同
技術研究所にて，マルチメディア放
送サービスの研究および，BS・地上

デジタル放送のデータ放送規格化作業に従事．平成 16
年より同総合企画室経営計画に所属．映像メディア学
会会員．



井上 友幸（正会員）

昭和 34 年生．昭和 58 年電気通信
大学大学院電気通信学研究科電波通
信学専攻修士課程修了．同年 NHK
入局．昭和 63 年より同放送技術研
究所にて，建築音響，音声符号化，

双方向サービス，限定受信の研究に従事．受信技術セ
ンターを経て．平成 16 年より技術局．現在はデジタル
放送の規格化，運用規定策定に従事．映像情報メディ
ア学会，日本音響学会各会員．