

## 読書中に低い妨害感で効果的に付加情報を伝達するための情報提示方法

稲川暢浩<sup>†</sup> 藤波香織<sup>†</sup>

読書時のページ内容に合わせた情報提示システムにおいて、情報の提示方法(自動的、半自動的)と環境(据置型ディスプレイ、ヘッドマウントディスプレイ)を比較した。具体的には読書の妨害感や提供されるコンテンツの効果などを実験から比較、考察した。その結果、今回提案した情報提示システムは通常の読書と比較してあまり変わらない疲労感でユーザに情報を提示可能だということがわかった。また、情報の提示方法においてはコンテンツの選択が可能な半自動的な提示方法がより少ない妨害感となった。情報の提示環境においては、ヘッドマウントディスプレイを用いた場合の方が据置型ディスプレイを用いる場合と比較して視線の移り変わりの回数が少なく負担が少ないことがわかった。今後は、より様々な本の種類や提示環境を適応し、その効果を調査していく。

### A Study on Presenting Supplementary Information with Low Interruption while Reading a Book

Nobuhiro Inagawa<sup>†</sup> and Kaori Fujinami<sup>†</sup>

In this paper, we have investigated an interaction method with a system that utilizes existing paper-based books and presenting supplementary information that corresponds to a description. We have compared 2 methods of presentations (automatic and semi-automatic presentation). We have compared two types of presentation devices (normal display and head-mounted display (HMD)). Throughout the evaluation, we have found that semi-automatic presentation is low interruptions than automatic one, and HMD needed less gaze-switching than normal display.

### 1. はじめに

無線通信技術の発達と情報処理端末の高性能、小型化が進み、いつでもどこでも情報を取得することが容易になってきている。しかしながら、適切な条件で適切な情報を取得することができないとこれらは不便さや混乱をもたらす原因になってしまう可能性がある。そこで、ユーザの現在の状況をセンサなどで、コンテキストとしてシステムが推定、把握すれば、それを基に情報を提供することができ、より便利なものになる。その中でも日用品にセンサを搭載することや、カメラなどで動作を認識することで、できる限りそのままの使用方法でそのコンテキスト(状態)を取り出すといった手法が存在する[1][2]。例えば、ドアノブに加速度センサを搭載し、ドアの開け閉めを認識させることができれば、ドアを開けるという日常的な動作を行うままで、ユーザが今家の中にいるのか外にいるのかといった状況を推定することができる。そして、その推定に基づいて家に入る時には玄関の明かりを灯すなどといったことが可能になると考えられる。また、カメラを用いた場合では、ドアノブのある空間を拡張しユーザやドアノブの動きによってドアの開閉を認識し、部屋の明かりをつけるといった、センサを搭載した時と同様のサービスを提供することができる。このようなモノの状態を把握、推定するといったことはその拡張方法によって様々な利点や欠点が存在する。例えばカメラによって認識することはセンサで認識する場合と比較して情報量が多くなり、処理の遅れや認識の失敗を招く可能性もある。また、様々なコンテキストを推定し拡張を行うのと同様に、拡張する方法も重要になってくる。拡張によって新しい機能や利便さが付加されるとしても使用方法などにより、ユーザが不便に感じてしまうような点を新たに付加してしまう可能性が存在する。前述のドアの例で考えれば、明りを点灯させるためにドアノブを何回も回さなければいけない場合や、ドアノブを回してから明りが点灯するまでに長い時間が必要であればかえって不便さをもたらすと考えられる。

我々はこのモノの状態からコンテキストを推定しユーザにサービスを提供するというテーマの中で、既存の書籍の拡張といったことに試みており、そのような書籍の拡張において特に我々は情報の提示方法に関して着目する。具体的にはユーザの現在読んでいるページというコンテキストを、ページをめくるといった本の使用状況として認識し、そのコンテキストにあった情報(画像などのコンテンツ)を提供するといったシステムを試作する。このような状況に合わせた情報提供システムとは、小説などによく描かれている挿絵を拡張したようなシステムである。このような挿絵は本の文章中のある部分を描画したもので、文章で説明するのが難しい箇所のイメージを補

<sup>†</sup>東京農工大学大学院工学府情報工学専攻  
Department of Computer, Information and Communication Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

う効果があると思われる。本システムでは、予め本に描かれていない電子コンテンツを提供することで読書中のイメージを補い、読者により豊かな読書体験を提供しようと考えている。例えば、本に京都の祇園祭に関する文章が記述されている時に祭りの風景や音を提示することで、祇園祭がどのようなものか知らない人間でも、より深くイメージを膨らませることができるようになると考えられる。今回、我々はそのようなシステムの中で、情報提供方法に着目し、提示方法、環境による読書時の妨害感や理解の深さの違いを調査し、本といったモノを拡張する際の有用な情報提示方法について模索する。本稿の構成は、2章で本研究に関する関連研究、3章で本システムのページ認識部と情報提示部について、4章で初期ユーザ評価とその結果からの改善案について、5章で情報提示の方法と環境に関する比較実験について、6章で情報提示に関する議論、7章でまとめと結論を記述するという構成になっている。

## 2. 関連研究

本研究のような、紙と電子情報を関連付ける研究は多く行われており、EnhancedDesk[3]や WikiTUI[4]といった机上での紙媒体の拡張を行うものが存在する。これらは、プロジェクタの使用を前提としたものが多く、情報提示場所が机上などに限られてしまう点で、据置型ディスプレイや HMD などにも適応可能な点で本研究と異なる。

最も我々の研究に類似しているものは、Augmented Text project[5]において提案されている eyeReader である。eyeReader システムは電子書籍を読書中のユーザの視点に基づいたマルチメディア情報提供システムで、本の決められた文章に視線が行くことをトリガとして提供される。Bhana や Jacob らによるコンピュータ画面上の文章を読む作業をベースとした border display system[6]も我々の研究に類似している。それは、プロジェクタの周りの壁に抽象的な情報を提示することで感覚的に情報を与え、文章を読み進めると情報が自動的に変化するようにになっている。このように文章の周りの壁に情報を提示することで、ユーザに特定の動作の追加や読書時間や理解に悪影響を与えずに付加情報を提供することに成功している。本研究では、このような自動的にフルスクリーンタイプの情報を提供するだけでなく、初期の実験を通して得たこのような提供方法の欠点も考慮し、半自動タイプの情報提供方法についても試している。

## 3. システム

本章では既存の書籍を拡張し、読書中の内容に応じたコンテンツを提供するためのシステムの全体構成とページ認識部、情報提示部のしくみについて説明を行う。

### 3.1 全体構成

今回提案する書籍の拡張を行うシステムは、ユーザの読書中のページの認識と認識

結果に基づいたコンテンツの提供という2つの機能から構成されている。図1に示す構成図の通り、認識部がセンサ類を用いてユーザのコンテキストデータを収集し、そのデータを基に判別器がユーザの読書中のページのめくりを認識する。認識された場合はその情報を情報提示部に通信する。情報提示部は受け取ったコンテキストとコンテンツの対応表から、情報をディスプレイなどに表示するしくみとなっている。

### 3.2 認識部

今回我々は、システムが認識する読書中のコンテキストとしてユーザのページのめくる回数を用いることとした。ページをめくる回数とは、ユーザが2ページ分の本の見開きを見た回数を基準とし、このめくる回数を単位としてコンテンツのマッピングを行う。このようなめくる回数を基準としたマッピングは、ページ中の単語や文章単位でマッピングをする場合と比較して精度は劣るが、ページをめくるという読書中の自然な動作を用いており、アイトラッカー[5]などの装置を装着したような特殊な環境下以外でもトラッキングできる点で優れていると考えられる。ページ単位でのマッピング方法として RFID タグ[7]や2次元タグ[8]を用いた研究も存在するが、それらは基本的に特別に製作された本を使用するようになっている。しかし、我々は既出版された既存の本でも利用できるようにすることを考慮し、そのような方法を今回は採用しない。

ユーザのページのめくりを認識するために我々は図2のようなしおり型本装着デバイスを製作した。このようなデバイスを製作する上で、我々はこれまでの読書動作に不自然な動作を加えず、様々な姿勢で読める点などに注視し、製作を行った。このデバイスには2つの3軸加速度センサが搭載されており、そのセンサの動きによってページのめくり動作を認識する。センサを2つ用いることで本自体の動きとページをめくる動きを区別して認識することが可能となり、認識システムを含めたシステムの構

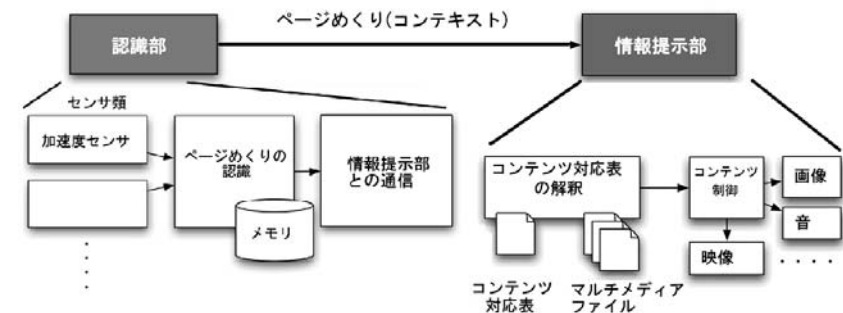


図1 全体構成

成は以下ようになる。実際にユーザにデバイスを利用した読書を行うという試験を行った。ブックカバーとしおり型の認識率の平均は 92.5%で、標準偏差は 8.3%となる。なお、その他の装着デバイスやより細かい認識のしくみなどの詳細は[9]に記述している。

### 3.3 情報提示部

前節ではデバイスを用いた読書中のページ認識について説明を行った。本節ではその認識結果に基づいて情報（ここでは画像などのマルチメディアコンテンツ）提示を行うためのアプリケーションに関して説明を行う。

今回提案する情報提示部は以下のような特徴を持つ。

1) **マルチメディアコンテンツの外部マッピング**：これは意味のある一連のコンテンツを提供する上で重要となる。なお、本システムでは○ページに○というコンテンツがあるといったようなコンテンツのマッピングは他者（出版社、作者、本のユーザが制作するなど）が作成するものと想定している。このようなマッピングは XML 形式で記述されており、コンテンツのファイル名や表示する順番や時間などを記載できるようになっている。

もし対象の本が電子書籍として提供されている場合は、文字情報がデジタル化されているため、ページ単位での認識でなく単語単位でのコンテキストの認識が可能となり、実際に歌の歌詞に適した画像や光を当てる研究[10]がなされている。

2) **コンテンツを提供する際のユーザの動作追加の排除**：ページめくりをトリガとして、ユーザは 1) で説明したマッピングに基づいて提示されるコンテンツを一方的に受け取るプッシュ型の情報提示方法を採用する。これは、我々の先行研究である Aware Mirror[11]におけるユーザビリティテストの結果を基にしている。具体的にはテストにおいてユーザが歯磨きの最中に、歯磨きを契機として自動的に情報が表示されるといったような手法の方が、ある情報を取得するためにユーザが直接操作を行うといったより手法よりも自然に情報を取得できる点から採用した。さらに Bhana と Jacob らの border display system[4]において、電子文章を読む際に壁に自動的に情報を出し、ユーザに特別な労力を与えずに付加情報を提供可能にした点も参考としている。

図 3 が一般的なシステムの構成を示している。1つのフルスクリーンイメージが表示され、もし一つのページイベントに複数の画像がマッピングしてあれば、設定した時間に沿って次の画像が表示されていく（図 4 参照）。

3) **表示コンテンツの関連性把握の補助**：もし、ユーザが表示されたコンテンツと現在読んでいる箇所との関係性が掴めなければ混乱が生じてしまう。このような原因は前述の通り、ページ単位（2 ページ）でのコンテンツマッピングしかできないことに由来する。そこで、あらかじめ提示する画像コンテンツの下部に本の文章中に関連する単語などのキャプションを付けることでこの混乱が生じることを防ぐことができると考えられる。また、ページがめくられた事へのフィードバックとしてページの番号

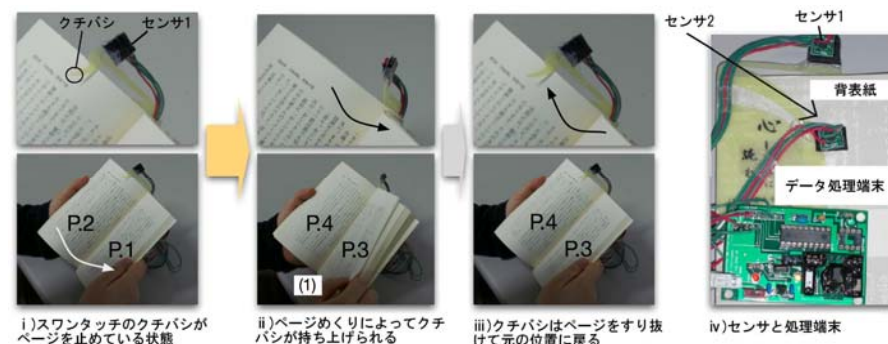


図 2 ページ認識デバイス



図 3 コンテンツ提供アプリケーション

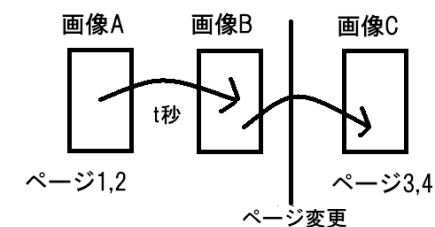


図 4 画像表示の流れ

を画面上に出す。センサシステムのような 100%の認識を保障することができないシステムではこのように認識の状態をユーザに示して、失敗したことを容易に察知できる機能は不可欠だと考えている。

## 4. 初期ユーザ評価

前章で取り上げた情報提示システムを試作し、実際にその有用性を確認するために実験を行った。

### 4.1 実験方法

3人の被験者（学生：男性2名、女性1名）に対して、コンテンツ提示アプリケーションの有用性を確かめる実験を行った。実験で使用した本は、司馬遼太郎著「街道

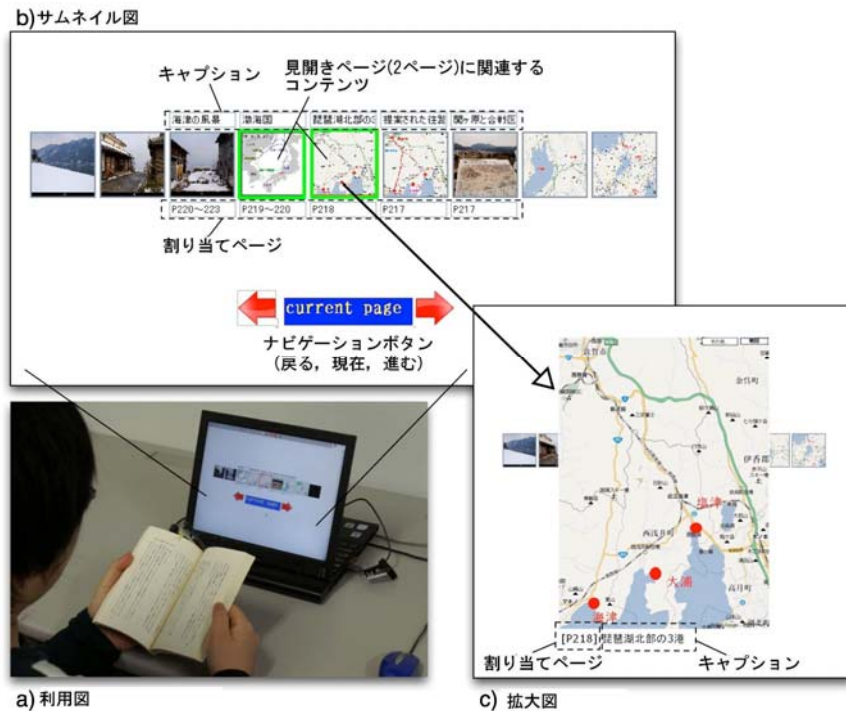


図5 半自動的な情報提示方法

を行く」[12]という旅行記である。これは作者の史跡めぐりの間の経験と随想が描かれたものである。我々はこの本のコンテンツとして、文中に出てくる史跡の地図や、風景、珍しい動物の画像などのコンテンツを用意した。同様に、波の音などの風景の環境音なども用意した。一定のページ (p.213 の 1 行目から p.249 の 6 行目まで: 計 37 ページ) を読んでもらった後に、インタビューを行った。実験の様子を図3に示す。

#### 4.2 実験結果

使用後のインタビューの結果、2人の被験者が2つの点で読書中に妨害感を覚えた。1つ目は画像が短い時間で変更されてしまう点で、2つ目が提示された情報と実際の記述との相違を感じる点である。1つ目に関しては画像が変化するときの長さ(3~10秒で変化)に由来する。被験者は画像が変化するとき、変化を察知して画像を確認するためこのような短時間での画像の変化によって妨害されている

ように感じてしまう。残りの1人の被験者は変化する間隔を長く(10~40秒)したため妨害感を持たなかった。2つ目の妨害に関しては1つ目の変化する時間と関連しており、読書中のまだ読んでいない箇所の画像が表示される時に、その画像との関連を既読の箇所から探してしまうようになる点から由来する。これは、文中の左側のページ(見開き部分の後半の箇所)の画像を提示する時に生じやすい。このような問題点を解決するには読書のスピードをシステム側が考慮する必要がある。

また、インタビューを通して我々は、被験者が読中の提示されているコンテンツの中で特に地図の画像など、不明瞭さを解決する画像を好んでいることに気がついた。これは、本の冒頭に挿絵として手書きの地図が描かれているが、これは抽象的すぎて理解するには難しいものであり、我々の提示した地図が理解を助けたことに由来する。その他の画像として被験者は、珍しい動物の画像や峠の道など知識として有益になる画像を好んだ。一方で効果音などの音のコンテンツは、読むタイミングが一致しないため邪魔になることがわかった。

このような点から、コンテンツの提示タイミングを完全にシステムが管理するのではなく、ユーザ側に欲しい情報を選ばせる半自動的な手法が適していると考えた。次節ではその半自動による提示方法の提案と実験を行う。

#### 4.3 情報提示方法の改善

前節の実験を通して、我々は一方向的に情報を提供するのではなく、ユーザが一定の介入を行う相互作用的な情報提示方法(半自動的な情報提供)を設計した。図5に新しい情報提示システムの表示画面を示す。このシステムはサムネイルからなる全体画面と拡大画面から構成されている。全体画面はサムネイルとキーワードとページ番号欄から構成されており、3.3節で試作したものと同様にページめくり認識数によるマッピングデータに基づいて、ページめくりを認識すると新しいサムネイル画面となる。ユーザが1つのサムネイルを選択すると、画像が拡大され詳細な情報を取得できるようになる。また、過去に表示された情報やこれから表示される情報を見ることのできるナビゲーションバーを全体画面に搭載しており、ページをめくることなく現在のページ以外の情報の参照も可能とした。また、現在の読書ページと関連するサムネイルの特定を補助するために、該当するサムネイルは色のついた線で囲まれるようになっている。

#### 4.4 場所に依存しない提示方法

4.2節の実験において我々は情報の表示装置として据置型ディスプレイを設置し、そこに画像コンテンツを提示した。しかしながら、このような提示方法は設置箇所での使用を前提としてしまい、ユーザの行動やその行動範囲を制限してしまう。そこで我々は画像の表示端末として据置型ディスプレイを用いるだけではなく、ヘッドマウントディスプレイ[13](以下HMDと記述)を用いた環境も用意した(図6)。これは、最大解像度は320×240で約2m先に28型相当の画面が表示されるようになっている。



図 6(左)HMD を用いたシステム使用図, (右)HMD 用の半自動的情報提供図

このような HMD を用いることでユーザは場所を問わずに本システムのコンテンツを受け取ることができる。しかしながら、今回用いた HMD は実世界上に情報を表示する透過型（例えば[14]）ではないため、視界を遮るようにディスプレイが存在し、常に画面が表示される煩わしさを伴う可能性がある。次章で比較実験を行い、新しい情報提示方法と情報提示環境に関して長所、短所を明らかにする。

## 5. 情報提示方法と環境の比較実験

本節では 3.3 節と 4.3 節で提示した情報提示方法の読書中の妨害度に関して比較を行う。また、この 2 つの提示方法に関して据置型ディスプレイを用いた環境と HMD を用いた両方の環境での比較を行う。

### 5.1 実験方法

24 人の被験者（18～24 歳の学生）に対して半数は自動的な情報提示、残りの半数は半自動的な情報提示方法を試した。また、各情報提示方法の中で半数（6 人）は据置型ディスプレイ（15 インチタブレット PC）を用いて情報を受け取り、残り（6 人）は HMD を装着して情報を受け取る（図 6（左））。4.2 節での初期ユーザ評価と同じ旅行記とコンテンツを利用する。（ただし、ユーザの疲労を避けるため、p.213～p.238 の 5 行目の計 26 ページに短縮した。）。また、全ての被験者が今回の旅行記に登場する場所に関して事前の知識は有しておらず、初期ユーザ評価の被験者は参加していない。なお、半自動的な情報提示のグループで据置型ディスプレイを用いる 6 人は入力装置としてマウスとタッチペンが与えられ、自由に選択して使用できるようにした。なお HMD のグループはマウスによる入力のみとなり、解像度の問題から半自動的な情報

提供において、図 5 よりも文字とサムネイルを大きくし、画像の数を減らしたものを使用した（図 6 の右図参照）。

本実験は 3.2 節で説明したしおり型デバイスによるページめくり認識は行わずに、実験者がページめくりを判断し、コンテンツ表示の変更を行った。これは、デバイスの使用による影響を受けずに、提示された情報に集中してもらうためである。また、ユーザの視線の移動回数や目視時間を後で分析するためユーザの正面に Web カメラを設置し、記録した。なお解析の際の目視時間の分解能は手動のため 1 秒単位とし、それ以下の長さのものは 0.5 秒とみなす。

この記録された視線情報からユーザの画面と書面の移り変わり回数や時間などを検出し、比較する。また、読後に画面が切り替わることに関する妨害感をインタビューとアンケートにより把握する。これらのデータを比較し、それぞれの特徴を比較する。

### 5.2 実験結果

表 1 に実験結果を示す。妨害感を比較するために、1) 画面の変化の煩わしさ（5 段階評価、1 全く気にならない、5 非常に気になる）、2) 視線の移り変わりの回数、3) 画面を見る平均時間、の 3 つの項目を決定した。妨害度に関して、半自動的な情報提示方法は据置型ディスプレイの場合と HMD の場合の両方で自動的な場合と比較して軽減されている。また、視線の移り変わりの回数も減っている一方で、一度に見る時間が増えている。

半自動的な提示方法は、ページをめくる度にサムネイルが変化するが、自動的な提示方法で 1 つの見開きに複数の画像が割り当てられている場合には、あらかじめ指定された間隔で 1 枚 1 枚表示されていく。本実験では 1 ページめくりあたりの画像割り当て枚数は平均 2.88 枚である。これらを変化する度に見ると仮定すると自動的な提示方法の被験者は本の見開き（2 ページ）辺り平均 1.88 回読書を妨害されることになる（ページめくり直後の 1 回は読み始める前後なので、妨害とはみなさない。）。一方、半自動的な提示方法にはそのような妨害は無くなり、被験者はサムネイルとそのワードをチェックし、文中に該当する箇所が出た時など任意のタイミングで情報を取得できるため、画像の変化により妨害されることがなくなり、インタビュー結果のような低い妨害度になったと考えられる。

また、据置型ディスプレイによる半自動的な情報提示のグループは入力装置として、5 人が最初からマウスを利用し、残り 1 人も途中でタッチペンからマウスに変更した。これは、マウスは本と同じ机上で操作を行うことができるが、タッチペンは画面までペンを動かさなければいけないため煩わしさを感じるためだと考えられる。

半自動的な情報提示において、HMD を用いた場合の方が、高い妨害感を示している。これは、据置型ディスプレイの場合と比較して、表示端末を装着しているため、常に視野に画面が入ってしまい、画面を完全に見ないようにすることが不可能な点が

表 1 情報の妨害感のまとめ

	自動 (据置型ディスプレイ)		半自動 (据置型ディスプレイ)		自動 (HMD)		半自動 (HMD)	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
画面の切り替わりに関する妨害度 (5=非常に気になる, 1=全く気にならない)	3.8	0.4	1.8	0.8	2.8	0.7	2.5	1.1
視線の移り変わり(回)	55.3	12.6	43.7	19.4	41.8	14	36.7	9.1
平均目視時間(秒)	2.3	0.4	5.5	2.8	2.9	0.7	5.3	2.2

関連していると考えられ、実験後のインタビューの結果からも多くの被験者が常に画面が表示されていることに関する妨害感を感じていることがわかった。

一方で視線の移り変わりの回数は減っているが、画面を見る平均時間はほぼ同じである。これは、視野に画面が入っていることから画像の変化などを据置型ディスプレイのように視線を移さなくても知覚でき、一瞬だけ画面を見るときのような動作が減ったためではないかと推測される。このような据置型ディスプレイと HMD に関する比較は 5.3 節の実験においても引き続き行う。

### 5.3 読書中の情報提示の効果

本節では読書中の情報提示の方法による効果の違いを比較する。

#### 5.3.1 実験方法

5.1 節で行った実験の被験者群に新たに 6 人の被験者（男性、平均 22 歳）を制御グループとして追加する。この被験者はこれまでの実験と同様の本を用いて読書を行うが、追加の情報提示を一切行わない。これらの被験者を含めた 30 人に読後の記憶テストを行ってもらった。問題は 3 種類に分類され、1) 7 個の文章記述問題（文章を記述するもしくは選択する問題）、2) 6 個の画像問題（画像を見て選択する問題）、3) 8 つの地図問題（地図に地名を記述する問題や旅のルートを記述する問題など）となっている。なお、問題の例は付録に記載している。

#### 5.3.2 実験結果

表 2 にアンケートとテストの結果（1：5 段階評価での読後の疲労度、2：3 種類の記憶テストの正解率）を示す。読後の疲労度において、5 つのグループにそれ程大きい差は見られない。これは、読後の疲労は画像の目視や入力装置の操作よりも読書自体の疲労が大きいことが起因していると考えられ、これらの情報提示はそこまで疲労感を与えるものではないと考えられる。実際にインタビューにおいても、本自体を読んだ疲労が一番大きいと答えた被験者が多く見られた。

しかしながら、HMD を使用した被験者からのインタビューでは、解像度の小さい画面を見る疲労感について多く言及されており、数値には表れていないが HMD を用いた読書には他のグループと比較して一定の負荷がかかっていると考えられる。この問題は HMD 自体の解像度が関連しているため、高解像度の HMD での試験が必要と考えられる。

2 つの情報提示手法自体を比較すると、半自動的な情報取得方法では地図問題に関して高い正解率となっている。地図問題では、位置関係などを覚えるのにしっかりと画像を見なければいけないため、半自動的な情報提示方法のような、自身のタイミングで文章と関連付けて読める方法が有効に働いたためだと推測される。一方、動物の名前や風景といったものは一瞬だけ見ることで理解することができる情報のため、自動的な情報提示でも十分だと推測される。

## 6. 議論

本章ではこれまでの実験を踏まえ、1) 情報提示方法と、2) 情報提示端末に関して議論していく。

### 6.1 情報提示方法に関して

我々は、一方的に情報が提供される自動的な情報提示方法と、サムネイルにより全体像を提示し、必要なものを選択するという半自動的な情報取得方法を提案した。自動的な情報取得にはページのめくるという動作をトリガとして使用することで余分な負荷をかけることなく情報の切り替えが可能となっている一方、複数の情報を提示する場合の表示タイミングのずれがもたらすユーザへの妨害感などがある。このような問題の解決方法として、1つの見開き（2 ページ）につき、1つの情報だけを割り当てるといった方法が考えられる。小説のように 1つのページに大量の情報が詰め込まれて

表 2 情報提示の効果に関するまとめ

	制御グループ	自動 (ディスプレイ)		半自動 (ディスプレイ)		自動 (HMD)		半自動 (HMD)			
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差		
読後の疲労度(1=全く疲れなかった, 5=非常に疲れた)		2.7	1.1	2.5	0.9	2.3	0.8	2.2	0.7	2.2	0.6
問題正解率(%)	文章問題	40.5	22.5	66.7	17.8	66.7	15.8	61.9	17.8	61.9	17.8
	画像問題	16.7	13.6	55.6	20.8	50	21.5	50	33.3	69.4	20.8
	地図問題	3.3	7.5	16.7	21.3	40	23.1	26.7	22.1	40	21.3

いる本ではこのような制限は厳しいかもしれないが、詩集など1つのページに記述されている情報が少ない本にはこのような自動的な情報提示方法が有効に働く可能性がある。

半自動的な情報提示方法に関しては、ユーザ自身のタイミングで自由に情報を選択できるように複数の情報を少ない妨害感で提示することに成功しているが、一方でページめくり以外の入力が必要となっている。今回は、マウス入力が多く見られたが、これは机の上という限られた環境下で許される情報提示方法であるため、その他の環境で使用する入力方法を考慮しなければならない。1つの考えとして、3.2節で試作したデバイスの改良が挙げられる。本装着型デバイスにタッチセンサやボタンによる入力装置もしくは加速度センサを利用したモーション入力機能を付けることで場所にとらわれず、読書時に特に逸脱した行動をすることなく、入力を用意することができると考えられる。その他にもアイトラッキングによるメニュー操作なども考えられるが、認識精度やコストの面などを考慮すると実現が難しいと考えられる。

## 6.2 情報提示端末に関して

今回は据置型ディスプレイとHMDという2種類の表示端末を用いて情報提示に関する実験を行った。HMDを用いた情報提示のメリットとしては、1) 場所を問わず画像情報を提供できるようになる、2) 顔を動かして画面を見るといった動作が必要なくなり、視線の移動回数が減る、といった点が挙げられる。1番目のメリットに関しては、読書を行う際に場所などの環境にとらわれない事は重要なポイントであり、姿勢などに読書方法にとらわれないことや、電車内など一般的に読書が多く行われている外部環境での使用も可能となる。その際に解像度やコストといった問題があるが、これらの問題はHMDがより一般化し、普及すれば解決する問題と考えられる。2番目に関しては提示された情報をスムーズに受け取ることができる一方、常に視線に入ることによる煩わしさが伴う。現在は実世界とは独立してディスプレイの画像をHMDに提示しているが、透過型のHMDを用いて実世界上の邪魔にならない箇所(本を読むのに邪魔にならない箇所など)に情報を出すといったような手法を使うことができ

れば、より自然な情報取得が可能になると考えられる。

また、モノの拡張方法は同様でもユーザの環境などに応じて使用する情報端末が変更できるようにすることも考えなければならない。例えば、家ではくつろぎながら据置型ディスプレイを用いて情報を取得し、外出中にはHMDを用いるといったような使用方法が考えられ、それぞれの場合に応じて適した情報提示方法を切り替えることができれば、より使いやすいシステムとなる。そこで、今回提示した要因以外にも、例えばプロジェクタを使用して机に画面を投影した場合など、様々な使用環境を考慮してシステムを開発する必要がある。

## 7. むすびに

本論文において、我々は日常物の使用状態を推定し、その機能の拡張を行うという考えの中で、拡張時の適した情報提示方法を調査することに着眼し、実際に読書の拡張における情報提示に関する実験を行った。

情報提示の方法として、ページめくりをトリガとした自動的な提示方法を試作し、ユーザ評価を行った結果、読書中の妨害度に関する意見が多く得られた。その結果、妨害度を少なくするためにユーザが好きなタイミングで情報を取得するといった半自動的な情報提示方法を考案した。半自動的な提示方法では、サムネイルによる全体図と拡大図から構成されており、サムネイルやそのキャプションを見ることでユーザが自身のタイミングで気になる画像を選択し、詳細な情報を取得できるようになった。実際にユーザ評価を通した結果では、半自動的な情報取得方法によって、読書時の妨害度は軽減され、また読後の疲労度も自動的な情報取得方法と大差は無かった。しかしながら、今回は旅行記という多くの被験者にとって馴染みの無い分野の本であったためその疲労が大きかったということも考えられるため、被験者にとって馴染みのある本での実験も必要であると考えられる。

また、読書中にその内容に沿った情報(画像)を出すといった手法に関しての有用

性を、本だけを読む場合と前述の2つの情報提示方法を比較することで明らかにした。その結果、半自動的な情報取得方法が、旅行記における地図情報など最も効果的に情報をユーザに与えられることがわかった。しかしながら、このような効果は本自体や読者の能力にも依存するため、被験者の数を増すことや、その他の本で試すといったような、さらなる調査も必要である。

最後に、情報提示の方法において、据置型のディスプレイによる一定の環境内でのみ使えるものだけではなく HMD といった、より環境に縛られない情報提供端末での評価も行った。HMD を使うことで据置型ディスプレイを見る場合よりも視線の移り変わりも減らし、より自然に情報を取得できることがわかった。一方で、常に視線の先に情報があるため妨害感が生じてしまう問題や解像度の問題による使いにくさなど、ディスプレイを使用した場合は違う問題点があることがわかった。

よりシームレスで自然な情報取得のためには、透過型 HMD 利用することやデバイス自体の高性能化が必要となる。このような情報提示のデバイス（環境）にシステムが複数対応し、その場合に応じて適した情報提示方法（文字の大きさや画像の数なども含む）に切り替えるといったことが可能になれば、読書のような、様々な場所で行われる人間の行動をよりサポートできるようになると考えられる。今後はプロジェクトを用いた机上への情報提示など、様々な環境における情報提示の効果や有用性などを比較し検討していく。

## 参考文献

- 1) Michael Beigl, Hans-W. Gellersen and Albrecht Schmidt; MediaCups: Experience with Design and Use of Computer-Augmented Everyday Artefacts, Computer Networks, Special Issue on Pervasive Computing, Vol. 35 March (2001).
- 2) K.Oka, Y.Sato, H.Koike: "Real-Time Tracking of Multiple Fingertips and Gesture Recognition for Augmented Desk Interface Systems", Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.429-434 (2002).
- 3) H.Koike, Y.Sato, Y.Kobayashi: "Integrating Paper and Digital Information on Enhanced Desk: A Method for Realtime Finger Tracking on Augmented Desk System", ACM Transaction on Computer-Human Interaction (TOCHI), Vol.8, No. 4, pp.307-322 (2001).
- 4) C.S.Wu, S.J.Robinson, and A.Mazalek: "Turning a page on the digital annotation of physical books", In Proc. Of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI'08), pp. 109-116 (2008).
- 5) German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI), Augmented Text Project, (<http://www.augmentedtext.net/>) (accessed 30 July.2009).
- 6) E.Bahna and R.Jacob: "Augmented Reading: Presenting Additional Information Without Penalty", In extended abstracts on Human factors in computing systems, pp. 1909-1912 (2005).
- 7) M.J.Back and J.Cohen: "Page detection using embedded tags", In Proc. of the 13<sup>th</sup> annual ACM

- symposium on User Interface and Software Technology (UIST2000) (2000).
- 8) M.Billinghurst, H.Kato and I.Poupyrev: "MagicBook: transitioning between reality and virtuality", In extended abstract of Human Factor in Computing Systems (CHI'01) (2001).
- 9) N.Inagawa and K.Fujinami: "Making Reading Experience Rich with Augmented Book Cover and Bookmark", In Proceedings of the 8th Asia-Pacific Conference on Computer Human Interaction (APCHI2008), pp. 157-166, LNCS 5068, Seoul, Korea, (2008).
- 10) D.Sekulovski, Gijis Geleijnses, B. Kater, J.Korst, S.Pauws, and R.Clout: "Enriching text with images and colored light", Multimedia Content Access: Algorithms and Systems II, Eds. T.Gevers, R.Jain, and S.Santini, Vol. 6820, pp. 4-15, (2008).
- 11) 藤波香織, カウサル ファヒム, 中島達夫; "鏡を拡張したコンテクストアウェア情報表示装置", 情報処理学会論文誌, pp. 1972-1983, Vol. 49, No. 6, (2008).
- 12) 司馬遼太郎: 街道を行く 4 郡山・白川街道、境・紀州道, 朝日新聞社, (1978).
- 13) スカラー株式会社 テレグラス T3-A (<http://www.scalar.co.jp/detail.php?id=t3-a>) (accessed 30 July.2009).
- 14) eMagin 株式会社 Z800 3DVISOR ST (<http://www.nihonbinary.co.jp/104eMagin.html>) (accessed 08 October. 2009).

## 付録

文章問題例: 筑波山で挙兵した後、1年後に越前敦賀で処刑された集団の名前は水戸〇党か?

画像問題例: 海津の風景は以下のどれか? (スペースの都合で割愛)

地図問題例: 気比の松原の場所を以下の地図上にプロットせよ。(スペースの都合で割愛)