

MekuReader: めくりジェスチャで読み進められる AR 電子ブックリーダー

埴和樹†

村山達也†

鯨井政祐†

†埼玉工業大学 工学部 情報システム学科

1 はじめに

現状、電子ブックリーダー端末やスマートフォンなどで読書をする場合、ページをめくっていく操作はハードウェアボタンのクリックであったり、タッチパネルに対してのタップやスワイプ等で行う場合が殆どであり、その操作性は現実の本とは乖離している。

そこで本研究では、ページの端をつまんでめくるようなジェスチャを行うと、AR 空間に CG で表示した 3D のページを仮想的にめくることができるような、より現実の本の操作性に近い電子ブックリーダーを開発することを目的とする。

2 提案するシステムの概要

図 1 に本研究で提案する MekuReader の使用イメージを示す。ユーザは透過型ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を装着し、MekuReader を視界に収める。この時点でユーザには MekuReader 上に重畳される形で、仮想的なページが HMD を通じて見える。ここで MekuReader の端にあるタッチセンサにページをつまむ要領で触れ、さらにページをめくるように腕を動かしていくと、その動きに仮想ページが追従して動き、ページをめくっている感覚が視覚的に得られる。最後に反対側のタッチセンサに触れることでページめくりが完了する。

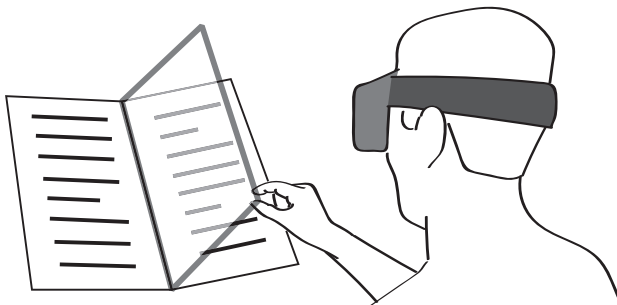


図 1: MekuReader のコンセプトイメージ

MekuReader: Novel AR-based e-book reader operable with turning gesture

†Kazuki HANAWA †Tatsuya MURAYAMA

†Masahiro KUJIRAI

†Dept. of Information Systems, Saitama Institute of Technology

3 実装

図 2 に本システムの構成を示す。MekuReader 本体には (1) 手の動きを検出し、その情報を PC へ無線送信する仕組み、及び (2) 手の位置に仮想ページを拡張現実感 (AR) によりユーザに提示するための仕組み、の 2 つを搭載している。さらに (3) 連携する PC において、手の位置をリアルタイムに補間し、その位置に合わせて仮想ページを AR 合成し、HMD に表示する仕組みも実装している。以降ではこれらについて説明する。

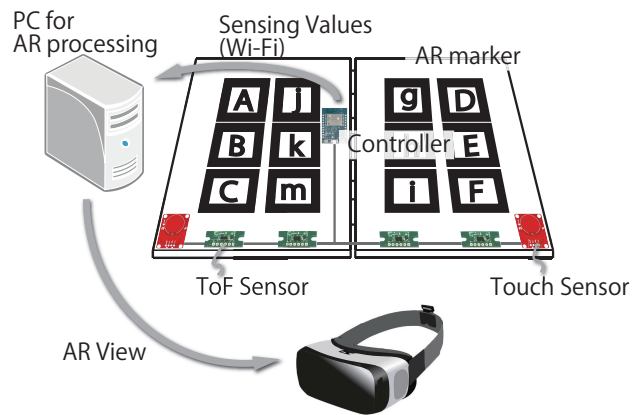


図 2: MekuReader の構成

3.1 手の動きの検出と送信

MekuReader 本体は、片側それぞれのページを A4 サイズ、すなわち見開きでは A3 サイズの大きさとした。各ページは 0.5mm 厚の PET 樹脂 2 枚を重ね、ここに各部品を実装している。薄い PET 樹脂を選定したのは、柔軟性を持たせることでできるだけ紙に近い感覚にしたためである。またこれらは真ん中の「のど」部分で折りまげられるようにつなぎ合わせているため、閉じることにもできる。後述する PC とは無線で通信を行い、また Li-Po バッテリーも搭載しているため、MekuReader 本体は可搬性がある。

ページ両端に設置するタッチセンサは SparkFun 社の AT42QT1010 静電容量式タッチセンサを用いた。このセンサはタッチの有無をデジタル電圧により出力するので、後述のコントローラの GPIO に接続することでタッチをリアルタイムに検出する。

また手の動きの検出には、ストロベリーリナックス

社の VL53L0X ToF レーザ測距センサモジュール（以下 ToF センサ）を図 2 のように上向きに 4 個並べて設置することで実現することとした。このセンサは Time of Flight 方式という、投射した赤外線が対象まで往復するのにかかる時間から距離を計測する原理のものである。この方式は測定対象の表面の形状や色に依存しないという性質を持ち、肌の色の個人差や手の形状の個人差、衣服の袖の有無などに関わらず安定して測距できる。また距離センサとしては非常に小型・薄型であるため設置の自由度も高い。

設置に先立ち、データシートには未掲載のセンサの指向特性を調べる予備実験を行った結果、本 ToF センサは指向性に広がりがあることがわかり、センサの真正面以外にも検出できる領域があることがわかった。すなわちセンサ同士をある程度離して設置してもその中間も検出できるということである。この実験結果を元に設置するセンサの個数を検討し、4 個を 92.5mm 間隔で配置することでその間も補間できるようにした。これらのセンサの距離情報は I²C 通信によりコントローラから読み取る。

コントローラとしてはスイッチサイエンス社の ESPr Developer を採用した。これは ESP-WROOM-02 チップを搭載したごく小型のシングルボードコンピュータであり、Wi-Fi 機能を持つ。本システムではこのコントローラをアクセスポイント (AP) モードで用い、PC からはこの AP に対して Wi-Fi 接続する。またコントローラから PC へは UDP/IP により、独自のアプリケーション層プロトコルによりタッチ情報と距離情報をパケットとして送信するようにした。コントローラ用のこれらの機能は Arduino 言語により、WiFiUDP ライブラリや I²C 用 Wire ライブラリ等を併用して実装した。

3.2 AR 表示

MekuReader 本体には AR マーカを貼り付け、これを手がかりに位置合わせして仮想ページを表示するようにした。また本システムの性質上、手がカメラとマーカとの間に入りマーカを隠してしまうため、計 12 個のマルチマーカを用いることで、一部が隠れても他が補完するようにした。

3.3 PC での手の位置の補間演算と AR 合成

PC 上で動かすプログラムは C 言語により、WinSock, ARToolKit 2.72.1 等を用いて開発した。

MekuReader に対して ToF センサの並んでいる水平軸を x 軸、垂直軸を y 軸とする。手の位置については、仮に距離センサが狭い指向性だった場合はそのセンサ正面での離散的な x 座標とそのときの y 座標しか得ら

れず、不連続な動きになってしまう。しかし前述のように指向性評価の予備実験で予め広がりがあることがわかっているので、これらの数値をテーブルとして保持しておき、各センサから得られた y 座標を元に、最も近い値のときの x 座標を推定 x 座標として採用する。また、Mean フィルタにより安定化を図った。

この推定手位置座標と「のど」部分とを結ぶ平面に沿って半透明のテクスチャにより表した仮想ページをリアルタイムに動かす。こうすることで、手の動きに仮想ページが追従し、また、合成した画像を HMD に送って表示することで、ユーザは「めくっている」感覚を視覚的に得られる。

4 実験

Logicool c615 カメラを使用して擬似的に透過型 HMD を構成し動作確認を行った。図 3 に実験の様子を示す。結果、仕様の通りにページめくりを行うことができた。

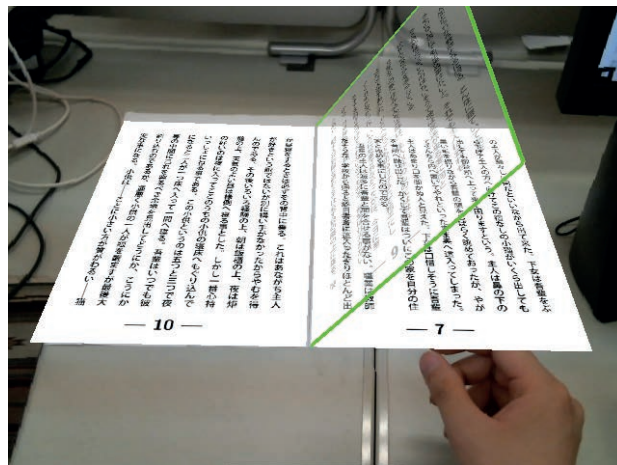


図 3: 実験結果

5 まとめと今後の課題

手のめくる動作により仮想的なページをめくっていくことができる電子ブックリーダー MekuReader を開発した。本システムでは HMD と AR 空間を想定しているが、原理は同じであるため VR 空間にも直ちに適用が可能であり、仮想世界読書生活、仮想図書館などへの応用が期待できる。今後の課題としては、しおり機能や、柔軟性を活かしたパラパラめくり機能等、本としての完成度を上げることや、腕を動かすことについての疲労度の検証などがあげられる。

参考文献

- [1] Card, Stuart K., et al. "3Book: a scalable 3D virtual book," CHI'04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2004.