

印刷書籍における曲率の特性を考慮した紙面の三次元形状の推定の検討

山本 泰士
Taishi YAMAMOTO

1 はじめに

近年、スマートフォンやタブレットなどの電子端末が普及するとともに、電子書籍を読む機会が増加している。このような傾向のなか、電子書籍を閲覧する手法は様々な発展を遂げている。電子書籍の発展の例としては、ページがめくれるアニメーションや、書き込み機能、電子ペーパーなどがある。ページがめくれるアニメーションは、ページをめくる際に印刷書籍のようにページがめくれるアニメーションの付与することである¹⁾。また、書き込み機能は電子書籍のページにマーカで線を引いたり、文字を書くことが可能になる機能である²⁾。そして、電子ペーパーは紙の特徴である視認性や携帯性を持っており、電子ペーパーを使用した電子書籍閲覧用端末が販売されている³⁾。これらの電子書籍の発展の共通していることは、電子書籍に印刷書籍の特徴を付与していることである。このような電子書籍の発展の中で、電子書籍に紙の触感を付与することに注目が集まっている。現在、電子書籍に紙の触感を付与する研究は専用の端末を用いて、電子書籍に紙の触感を付与することで実現している^{4) 5)}。しかし、これらの研究は、紙の触感を疑似的に表現したもので、紙の触感の再現が不十分であったり、専用の端末を使用するため日常での使用が困難であるなどの課題がある。これらの課題を解決するため、我々は拡張現実を用いた紙の触感を持つ電子書籍閲覧手法が提案した⁶⁾。

提案された手法のコンセプトは、拡張現実を用いて印刷書籍に電子書籍のページを重畳表示することで、本の重みと紙の触感を持つ電子書籍閲覧を実現することである。これまでに、このコンセプトを実現するために、全てのページにマーカを印刷した印刷書籍（以下 Markerbook と呼ぶ）に電子書籍のページを重畳表示し、重畳表示したページをステレオカメラを装着した HMD を用いて閲覧する手法が提案されている⁶⁾。また、ユーザの持ち方によって Markerbook の紙面の形状は変化する。紙面の変化と重畳表示した電子書籍のページが異なると、視覚情報と触覚情報に差が生じ、ユーザに違和感を与える。したがって、Markerbook の紙面の曲がり具合（以下、紙面の曲がり具合を曲率と書く）に応じて、重畳表示する電子書籍のページも曲げて表示することで、ユーザに与える違和感の軽減を目指している。過去の研究において重畳表示する電子書籍のページを曲げるために、マーカを用いた Markerbook の紙面の曲率推定及び重畳表示するページの曲率補正も提案している⁶⁾。

しかし、過去に提案した曲率補正手法の曲率推定の精度は十分ではない。そこで本論文では、従来の曲率推定手法の精度を向上させる手法を提案する。提案する曲率推定手

法は、従来の推定手法を大きく変えることなく推定精度の向上を目指している。本論文では、提案する曲率推定手法の推定精度をシミュレーションで計測し評価する。

2 重畳紙面の曲率補正

2.1 概要

Markerbook は全てのページにマーカを印刷した印刷書籍である。よって、Markerbook はユーザの持ち方に合わせて紙面が曲がる、ひねるといった形状変化が発生する。ユーザの持ち方によって変化した Markerbook の紙面の形状に合わせずに重畳紙面を表示すると、HMD から取得する視覚情報と Markerbook を持つ手から取得する触覚情報に差が生じ、ユーザに違和感を与える。そのため、書籍の形状に合わせて重畳紙面を変化させる必要がある。

2.2 従来の曲率補正手法

Fig1 に示すように、Markerbook には 1 ページあたりに横一列に 3 つのマーカを配置する。

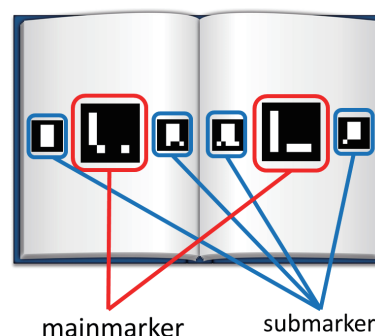


Fig.1 メインマーカとサブマーカの配置

中央に配置するマーカをメインマーカと呼び、メインマーカの左右に配置するマーカをサブマーカと呼ぶ。メインマーカは重畳紙面の表示及び Markerbook の紙面の曲率推定に使用し、サブマーカは Markerbook の紙面の曲率推定に使用する。

Markerbook の紙面の曲率推定は、3 つのマーカがそれぞれどの方向を向いているかを測定することで行う。マーカを用いた Markerbook の紙面の曲率推定の概要を Fig2 に示す。3 箇所のマーカがそれぞれ向いている方向を測定し、左右のサブマーカとメインマーカそれぞれの角度の差 α 度と β 度を求める。この角度の差 α 度と β 度によって曲率を推定する。Markerbook の紙面の曲率推定の後、本の曲がり方が円に類似していることに着目し、曲率半径を求めて重畳紙面の曲率補正を行う。

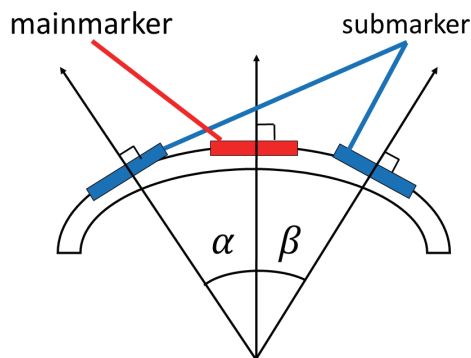


Fig.2 Markerbook の紙面の曲率推定の概要

2.3 提案手法

過去の研究データをもとに、本の曲率にあった式に変更する。過去の研究データから曲率半径を変更することで、精度の向上が見込めることがわかっている。提案手法では、従来の曲率補正の手法の曲率半径の式を変更することで精度を向上させる。過去のデータからシミュレーションを行い、精度が最も良くなる曲率半径を数式で表すことができるかと推測される。従来の手法で求めた曲率半径を R 、提案手法で求める曲率半径を R' 、紙面の横方向の大きさを L_{max} 、本ののど（見開きページの中心）から垂直方向の距離を L とする。 L を歩合で表す変数を L' とする。 L' を求める数式を式 1 で示す。

$$L' = \frac{10L}{L_{max}} \quad (1)$$

R' を求める数式を式 2 で示す。

$$R' = \begin{cases} R + (0.21R - 0.6) \times L' + 0.08 & (0 \leq L' \leq 3 \text{ のとき}) \\ R(3 < L' \leq 5 \text{ のとき}) \\ R + (0.21R - 1.96) \times L' - 4.5 & (5 < L' \leq 10 \text{ のとき}) \end{cases} \quad (2)$$

3 曲率補正の精度検証実験

3.1 実験概要

提案した曲率補正手法が従来の手法よりも精度が向上するか検証を行う。過去の測定データから各マーカの角度、本の形状等のデータを用いることでシミュレーションを行い精度の比較を行う。

各マーカの角度、本の形状等のデータ測定したとき、Markerbook をひらいた状態で地面に対して垂直に固定し、Markerbook の紙面に平行な位置に Markerbook 曲率測定用カメラを置き、Markerbook の紙面の垂直な位置に Markerbook のマーカー認識用カメラを置いた。Markerbook の固定するときの紙面の曲率は、Fig2 の $\alpha + \beta$ の角度が 10 度、30 度、50 度となるときの 3 パターンで固定し計測した。

3.2 曲率補正の精度の計測結果と考察

実験結果を Fig3 に示す。Fig3 の実験結果は、提案した曲率補正手法を用いた場合と従来の手法を用いた場合、そ

れぞれの重畳紙面と Markerbook の紙面を比較したときの平均誤差である。提案した曲率補正手法を行うことで、平均誤差が小さくなっている。よって、提案した曲率補正手法を用いることで、曲率補正の精度の向上を実現している。

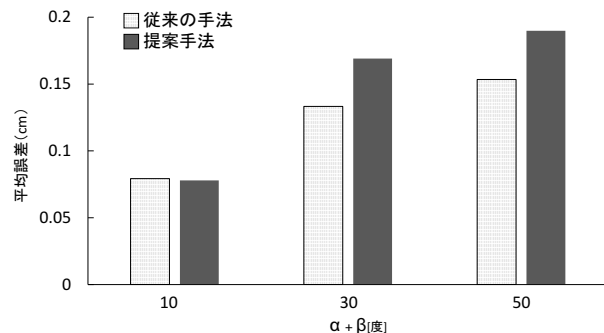


Fig.3 曲率補正の精度の計測結果

4 今後の展望

今後の展望としては、実機での曲率補正の精度測定を行うことや、被験者実験を行うことで曲率補正の精度を向上がユーザが認知の可否の検証する。また、現在は内部評価しか測定していないため、キーポイントベースの三次元形状測定と提案手法との比較を行うことで外部評価も測定する。

参考文献

- 1) デジタルになっても「ページめくり」が健在な理由 : <https://wired.jp/2012/05/15/why-flipping-through-paper-like-pages-endures-in-the-digital-world/> (2017 年 7 月 25 日参照)
- 2) PRS-350 特徴 : 操作しやすいタッチパネル : <http://www.sony.jp/reader/products/PRS-350/feature.3.html> (2017 年 7 月 25 日参照)
- 3) Kindle Paperwhite -最高の読書体験, そのための電子書籍リーダー : <https://www.amazon.co.jp/Amazon-DP75SDI-Kindle-Paperwhite-/dp/B00QJDQM9U> (2017 年 7 月 25 日参照)
- 4) Kazuyuki Fujita, Hiroyuki Kidokoro, and Yuichi Itoh : Paranga: An Interactive Flipbook, Chapter Advances in Computer Entertainment Volume 7624 of the series Lecture Notes in Computer Science pp 17-30
- 5) 井澤 謙介, 鈴木 宣也, 赤羽 亨, 山川 尚子, 丸山 潤, 相坂 常朝, 久保元 亮樹, 柴山 史明, 竹中 寛, 小林 茂 : 直接操作可能なめくりインタフェースによる新しいインタラクションの提案, インタラクション 2012
- 6) Taishi Yamamoto, Hiroto Aida, Daisuke Yamashita, Yusuke Honda, and Mitsunori Miki : E-book Browsing Method by Augmented Reality considering Paper Shape, ISUVR2017