

非接触型目入力装置のための AR モデルを用いた目位置予測 Eye-position Prediction Using AR Model for Non-contact Eye Input Device

畑 昭彦[†]
Akihiko Hata

高野 博史[†]
Hironobu Takano

中村 清実[†]
Kiyomi Nakamura

1. はじめに

現在、ALS や脳卒中による全身麻痺などの障害のために、さまざまなコミュニケーションシステムが開発されている。そのような拡大・代替コミュニケーションシステムとして、目の位置座標を検出するもの [1-2]、眼球運動を利用したもの [3]、視線を利用したもの [4] など、目を利用したコミュニケーションツールがある。これまでに我々は、カメラで撮像して得られる顔画像から目の位置座標を検出し、マウスカーソルを操作する遠隔介護支援システムのための非接触型目入力装置を開発してきた。しかし、目を用いた拡大・代替コミュニケーションシステムに共通した問題として、誤った場所を目として検出した場合に、意図しない位置にマウスカーソルが移動する誤動作が挙げられる。目の誤検出によって生じる誤動作を防ぐために、我々は先行研究にて多項式回帰を用いた目位置予測アルゴリズムを開発した [1]。その結果として、過去データ 2 点を用いた 1 次の回帰が最適であることが分かった。

本研究では、目を用いた遠隔介護支援システムの代替入力装置である目入力装置の高信頼化を目的とし、AR モデルを用いた目位置予測アルゴリズムを開発し、従来の目位置予測アルゴリズムとの精度の比較を行った。

2. 目位置予測アルゴリズム

2.1 AR モデルを利用した目位置予測アルゴリズム

従来の目検出法では、誤検出や検出見逃しが発生する。ここで、誤検出とは、黒目以外の場所を誤って目として検出してしまふことであり、検出見逃しとは、取り込んだ画像上でどこも目として検出しない場合である。誤検出が発生すると、マウスカーソルが突然意図しない位置へ移動してしまう。検出見逃しの場合には、マウスカーソルが動かなくなる状態が発生する。このような誤検出や検出見逃しに対応してスムーズなマウスカーソル移動を可能にするために、目位置予測アルゴリズムを導入した。

目位置予測までの流れを図 1 に示す。目位置予測では、まず過去の検出点データ (検出点履歴) から移動平均点を算出する。次に、過去の移動平均点データ (移動平均履歴) から AR モデルを用いて現在の移動平均点の位置を予測する。その後、実際の移動平均点と予測点とを比較して移動平均点の評価を行う。なお、初期設定時は移動平均点を用いて多項式回帰により予測をするが、移動平均を計算せずに検出点履歴を用いた AR モデルによる予測を行うように設定することもできる。

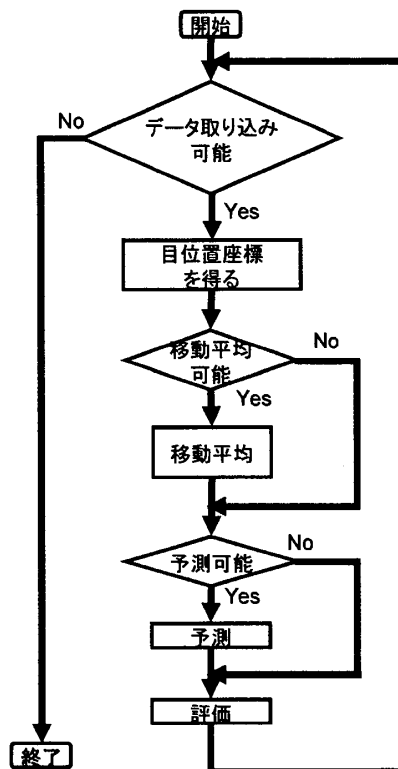


図 1 予測アルゴリズムの流れ

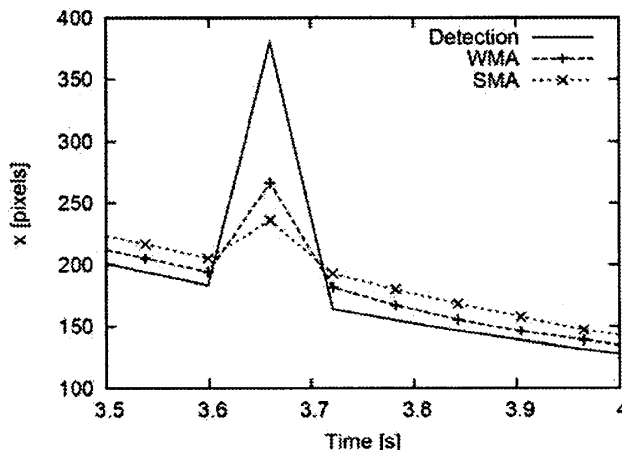


図 2 移動平均点の種類と特徴

2.2 移動平均点

目の位置予測は、目位置座標の過去の履歴より、前処理として移動平均点を算出した後に AR モデルを利用して、現在の時刻における目位置座標の x, y 成分をそれぞれ求

[†] 富山県立大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Toyama Prefectural
University

める。移動平均は古くから用いられてきた平滑化の方法であるが、株価予測やデジタル信号処理の基本としても用いられている。移動平均には単純移動平均 (Simple Moving Average; SMA) と加重移動平均 (Weighted Moving Average; WMA) などがあり、本研究ではユーザがこれら2種類の移動平均を選択することができる。誤検出が生じたときの SMA と WMA を図2に示す。横軸は時間 [s] で、縦軸が位置座標である。また、実線は検出点を、“+”は WMA を用いた移動平均点を、“×”は SMA を用いた移動平均点を示す。SMA は、誤検出の影響が少なく滑らかに変化するが、変化が大きいとき、つまり目の動きが激しいときの時間遅れが大きい。それに対して、WMA は時間遅れが小さいが、誤検出が生じたときに与える影響が大きい。本アルゴリズムでは、正しい検出と判断したデータのみを用いて移動平均点を算出している。

2.3 AR モデル

時系列解析のもっとも基本的で実用的なモデルの一つに自己回帰モデル (Auto Regressive Model; AR モデル) がある。AR モデルは自分自身の過去の値を説明変数とする回帰モデルである。時刻を表すパラメータ t を用いて一変量の時系列 $\{x_t; t = 1, \dots, n\}$ を考える。AR モデルは時系列の現在の値を過去の値に線形に依存する部分とそれでは表現できない部分の和として、

$$x_t = \sum_{i=1}^m a_i x_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

と表現する。ここで、 m は次数、 a_i は自己回帰係数である。また、 ε_t は平均0、分散 σ^2 の正規分布とする。

2.4 予測点を用いた移動平均点の評価

移動平均点が正しいかどうかは、予測点を基準として許容範囲を設けて、その許容範囲と移動平均点の位置関係を調べることによって評価する。もし、予測点の許容範囲内に移動平均点があるとき、移動平均点は正しいと判断し、移動平均点に対応した座標にマウスカーソルを表示する。もし、予測点の許容範囲内に移動平均点がないとき、その移動平均点は誤った検出であると判断し、予測点に対応した座標にマウスカーソルを表示する。また、検出見逃しの場合、予測点に対応した座標にマウスカーソルを表示する。

3. 評価実験

5人の被験者に非接触型目入力装置を操作してもらい、予測の精度を評価するためのデータを取得した。予測精度を評価するために取得した目位置データには誤検出は含まれない。検出点データに対して AR モデルを用いた目の位置予測と多項式回帰を用いた目の位置予測を行い、移動平均点との誤差を調べた。移動平均点は5点の検出点履歴を用いて WMA により計算した。AR モデルについては30個の移動平均履歴を用いて予測を行い、1次から10次まで目位置予測を行い、AIC を算出して最適な次数の予測点を選択した。多項式回帰モデルについては先行研究の結果から、移動平均履歴2点の1次の回帰を行った。

4. 実験結果

実験の結果を図3に示す。図3の上図は移動平均点を示す。図3の下図は AR モデルと多項式回帰を用いた予測点と移動平均点との差を示している。

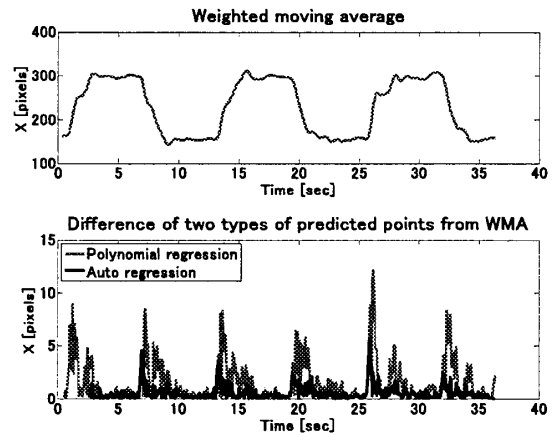


図3 移動平均点と2種類の回帰による予測誤差

AR モデルを用いた予測が多項式回帰を用いたもの比べて最大 10.8 pixel の差があった。また、AR モデルを用いた予測の方が予測が始まるのは遅いが、精度の高い予測ができていたことが分かった。

5. まとめと今後の課題

本稿では、遠隔介護支援システムなどで用いられる非接触型目入力装置の予測アルゴリズムの高精度化を目指した。具体的には、AR モデルを用いた目位置予測システムを開発し、従来の多項式回帰を用いた予測アルゴリズムとの精度を比較した。その結果、AR モデルを用いた予測方法が多項式回帰を用いた予測よりも予測の精度が高いことが示された。

今後の課題として、以下の3点が挙げられる。1つは、今回は30個の過去データを使って予測を行ったが最適な予測を行える過去データの数を特定することである。次に、今回は1次元のみの目の動作に対する予測評価を行ったが、2次元的な目の動作を行ったときに予測アルゴリズムの予測精度を調べることである。最後は、実際に本予測アルゴリズムを適用したアイマウスをユーザに使ってもらい、そのユーザビリティを評価することである。

参考文献

- [1] 畑 昭彦, 高野 博史, 中村 清実; “遠隔介護支援システムのための非接触型目入力装置の高信頼化”. FIT2007, G-027, pp. 525-526, (2007).
- [2] T. Nishimura, M. Nakashige, T. Akashi, Y. Wakasa, and K. Tanaka; “Eye interface for physically impaired people by genetic eye tracking”. SICE Annual Conference 2007, pp. 828-833, (2007).
- [3] 比嘉 広樹, 国吉 真史, 堂上 高司, 西原 賢; “眼球運動を用いたヒューマンインターフェースの検討”. 信学技報, MBE-2006-67, pp. 5-8, (2006).
- [4] 伊藤 和幸, 数藤 康雄, 伊福部 達; “重度肢体不自由者向けの視線入力式コミュニケーション装置”. 信学論, Vol. J83-D-1, No.5, pp. 495-503, (2000).