

円弧近似誤差学習ニューラルネットワークによる魚の行動予測

Prediction of Fish Movement by using Circular Approximation Error Learning Neural Network

福井大学 ○ 吉田 俊章, 見浪 譲

○ Toshiaki YOSHIDA and Mamoru MINAMI University of Fukui

Abstract: This paper presents a method to predict a fish motion by Neural Network (N.N.) with on-line learning when a robot is pursuing fish-catching by a net at hand through hand-eye robot visual servoing. We assume the motion trajectory of a fish swimming in a pool be approximated by a circle with time varying radius and center position. We try to improve prediction accuracy of a fish motion by using N.N. whose inputs are errors of distance and outputs are correction distances in the following control period. Using radius and angular velocity obtained by circular approximation, we confirmed that the proposed N.N. prediction system can maintain good prediction performances under the proposed on-line learning process.

1 緒言

これまで本研究室では魚の捕獲研究を行ってきた [1]。視覚システムにビデオカメラを用い、7リンクマニピュレータの手先に網をつけたロボットで水槽内の魚を人間の指示なく捕獲することに成功している。しかし、魚の捕獲を連続的に行っていくと魚が捕獲されないように泳ぐ知能的回避行動が確認され始めた。魚を画像内から認識するだけのロボットではこの知能的回避行動に対応できず、時間が経つにつれて魚の捕獲数が徐々に減少してしまった。魚の知能的回避行動には、主に2つの行動が挙げられる。1つは網から一定の距離を保つように泳ぐ、2つ目は水槽の隅に留まる、といったものである。これらの回避行動に対して、1つ目の回避行動は魚の動きを予測して捕獲を行う [2]、2つ目は水槽の隅に留まつたら魚を水槽の隅から誘い出して捕獲するといったように、打開策はいろいろ考えられている [3]。今回は、特に1つめの回避行動に着目し、魚の動きを円運動に近似し、ニューラルネットワークによる補正を加えることで魚の行動予測を試みた。

2 将来位置予測手法

2.1 円弧近似

半径、角速度を用いた将来位置予測は Fig.1 に示された図のようになっている。魚の軌跡は (x_{n-2}, y_{n-2}) から (x_{n+1}, y_{n+1}) に示した実線で表されており、 $(x_{n-2}, y_{n-2}), (x_{n-1}, y_{n-1}), (x_n, y_n)$ から求められた半径 r_n と角速度 ω_n を用いて予測将来位置 $(\hat{x}_{n+1}, \hat{y}_{n+1})$ を導出する。魚の位置である (x_n, y_n) らは注視 GA 探索法を用いて得られた点であり、実時間で魚の位置を認識することが可能である [4]。

2.2 ニューラルネットワークを用いた予測位置補正

予測将来位置 $(\hat{x}_{n+1}, \hat{y}_{n+1})$ と実際の位置 (x_{n+1}, y_{n+1}) が等しければ直線距離誤差 E は 0 となり、正しい予測が行われているといえる。しかし、魚は非線形の行動を示すため、実際には $n+1$ 時刻において

$$\Delta x_{n+1} = x_{n+1} - \hat{x}_{n+1} \quad (1)$$

$$\Delta y_{n+1} = y_{n+1} - \hat{y}_{n+1} \quad (2)$$

$\Delta x_{n+1}, \Delta y_{n+1}$ のような誤差が各座標方向に得られる。ここで、ニューラルネットワーク (N.N.) を用いて、

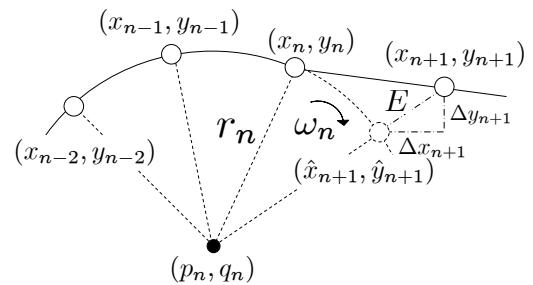


Fig. 1: Circular approximation trajectory

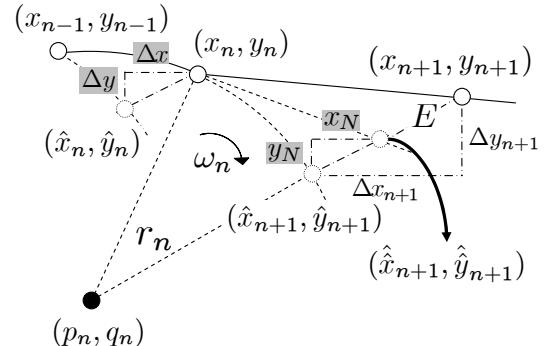


Fig. 2: Circular approximation by using N.N.

$\Delta x_{n+1}, \Delta y_{n+1}$ を小さくするように学習すれば直線距離誤差である E が小さくなり、将来位置予測の精度も上がると考えられる。この手法は Fig.2 に示す。Fig.2 では円弧近似によって求められた将来位置 $(\hat{x}_{n+1}, \hat{y}_{n+1})$ に N.N. の出力である x_N, y_N を付加することで N.N. を用いた補正予測将来位置 $(\hat{x}_{n+1}, \hat{y}_{n+1})$ を導出している。

N.N. を用いた魚の行動予測のダイアグラムは Fig.3 に示す。まず、 $(x_{n-2}, y_{n-2}), (x_{n-1}, y_{n-1}), (x_n, y_n)$ の三点位置から将来の予測将来位置 $(\hat{x}_{n+1}, \hat{y}_{n+1})$ を導出し、この手法で求められた予測位置 (\hat{x}_n, \hat{y}_n) と (x_n, y_n) の誤差 ($\Delta x, \Delta y$) を N.N. に入力する。N.N. は入力層が 2 層、中間層が 5 層、出力層が 2 層と設定し、教師信号には $\Delta x_{n+1}, \Delta y_{n+1}$ を用いる。円弧近似から得られた予測将来位置 $(\hat{x}_{n+1}, \hat{y}_{n+1})$ に N.N. の出力である x_N, y_N を (3), (4) 式のように補正すると補正予測将来位置 $(\hat{x}_{n+1}, \hat{y}_{n+1})$ が得られる。

$$\hat{x}_{n+1} = \hat{x}_{n+1} + x_N \quad (3)$$

$$\hat{y}_{n+1} = \hat{y}_{n+1} + y_N \quad (4)$$

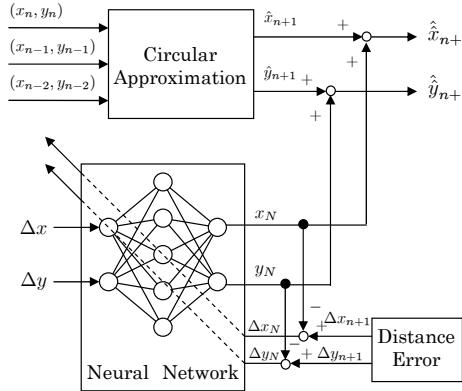


Fig. 3: Block diagram of new method

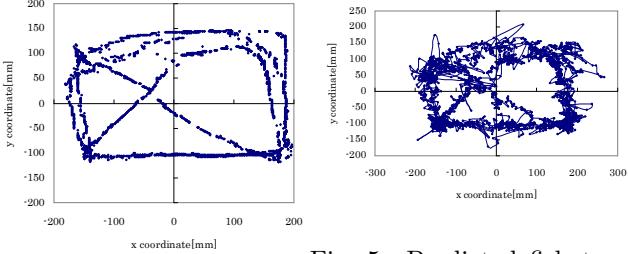


Fig. 4: Fish trajectory

Fig. 5: Predicted fish trajectory

3 魚の軌跡を用いたシミュレーション

今回用いた魚の軌跡データは 46[s] 間ビジュアルサーボを行ったもので Fig.4 に示された軌跡である。新手法を用いた予測シミュレーション結果は Fig.5 で、実際の位置と予測位置との直線距離誤差は Fig.6 であった。円弧近似のみで予測を行った場合の直線距離誤差は Fig.7 に示されている。2つの結果を見比べると、N.N. の補正を加えたほうが予測精度が高く、平均誤差を求めて新手法では 13.27[mm]、円弧近似のみでは 23.64[mm] であった。よって、魚の行動予測を行う場合、円弧近似に N.N. の補正を加えたほうが精度の高い結果につながっていると考えられる。また、Fig.6,7 には適合度のグラフも含まれ、適合度が低い時刻に直線距離誤差が大きく表れていることが確認できる。a= 15, b= 25, c= 30, d= 38[s] 付近に大きく表れている誤差は適合度が低い時刻と重なっており、この時刻は認識精度が悪い時刻でもある。これらの時刻の魚の位置は Fig.8 に示されており、この図は Fig.4 に時間の z 軸を付加した 3 次元グラフである。よって、魚を認識する能力は予測に大きく関係し、この問題点を解決することで予測はさらに向上すると考えられる。

4 結言

本報では円弧近似で魚の将来位置を予測し、N.N. の出力を加えることで予測位置に補正を加える手法を提案した。魚の軌跡を用いたシミュレーションでは予測精度の向上が確認され、予測位置と実際の位置との誤差が大きくなる点では魚の認識が正しく行われていない、及び認識適合度が低い時刻であることも確認された。今後は、実機において実時間で魚の捕獲を行い、提案手法がどの程度有効性があるか検証する必要がある。また、認識能力問題については適合度が低い場合を除き、一定以上の適合度が得られた点を使用していくことで改善されると考えられる。

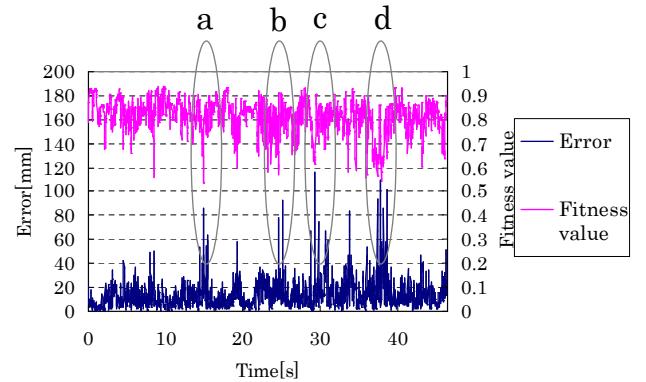


Fig. 6: Error of distance in N.N. correction

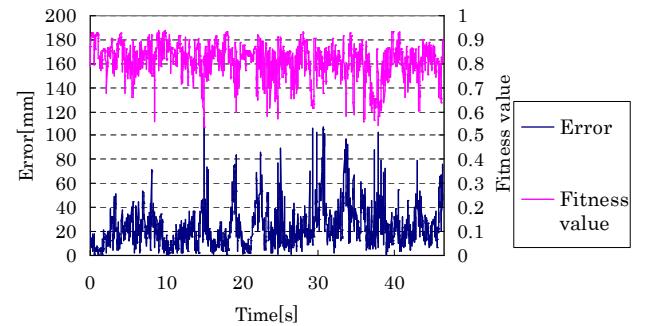


Fig. 7: Error of distance only C.A.

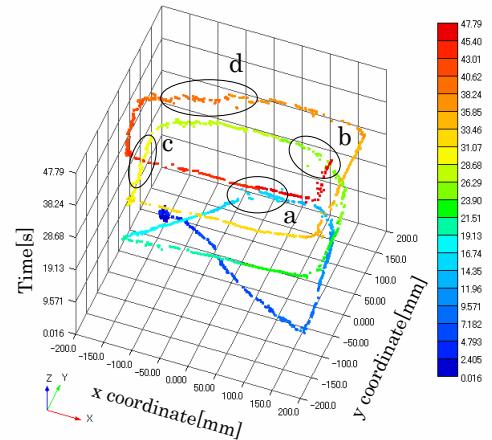


Fig. 8: Fish trajectory in 3-D plot

参考文献

- [1] Hidekazu Suzuki, Mamoru Minami, "Fish Catching by Visual Servoing and Observed Intelligence of the fish" IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems(IROS 2002), 287-292
- [2] Y.Takezawa,H.Suzuki,M.Minami,Y.Mae, "Learning of Fish Movement Pattern by Neural Network", SICE Annual Conference 2005,TP1-03-2
- [3] Gao Jingyu,Mamoru Minami,Yasushi Mae, "Machine Intelligence by Chaos Motion Generator against Escaping Fish", SCIS-ISIS 2006, TH-B3-5
- [4] Hidekazu Suzuki, Mamoru Minami, "Visual Servoing to catch fish Using Global/local GA Search" IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol.10, Issue 3, 352-357