ニューラルネットワークを用いた痛み推定

○竹内修一, 鈴木隆司, (株)東海理化)

Pain Estimation Using Neural Network

Shuichi TAKEUCHI, Takashi SUZUKI, (TOKAI RIKKA CO., LTD.)

1. はじめに

セレーションは滑り防止を目的にスイッチ表面などに設けられている。しかし、その形状や操作方法などにより、操作者はスイッチを使用した時に痛みを感じることがある。そのため、痛みを考慮した形状の設計が必要となる。

本研究では、設計段階での痛み評価を目的に、評価対象物間の差を検出し易く安定した結果の得られる一対比較法と入出力関係の容易なモデリングを可能にするニューラルネットワークを組み合わせた痛み推定法を提案した。さらに、本手法の有用性を検討するため、種々セレーションによる主観評価を行った結果、推定値と評価値がよく一致したことから、本推定法の有用性を確認した。

2. 痛み推定法

痛みの計測・評価は種々行われており、本研究で扱うスイッチ操作時に感じる痛みは、機械的刺激による痛みに分類される¹⁾。また、スイッチの操作感や触感に影響を及ぼすと考えられるため、痛みを考慮した形状設計が必要となる。そこで、本研究ではセレーション設計時に有用とされるセレーション形状からの痛み推定を試みる。

痛み推定は、一対比較法とニューラルネットワークを組み合わせることによって行う。以下に手順を示す。

- 形状設計上の変数の範囲を決定する。
- 推定用のデータの取得のため、変数の定義範囲を網羅するように数種類の形状を決定する。
- 決定した形状を一対比較法を用いて評価する。
- 形状変数を入力値、評価値を出力値としてニューラルネットワークを用いて入出力関係を学習させる。
- 学習後、任意の形状変数を入力し、痛みの度合を算出する。

3. 痛み推定実験

3-1. 一対比較法による痛み評価

提案手法を検討するため、セレーションを用い

た痛み評価実験を行った。

セレーション形状は、図1に示す平板上に二等辺三角形の突起を並べたものとし、底面から頂点までの高さや頂角を形状変数とした。表1に評価に用いた7種類の試験片の形状変数値を示す。また、材質はABSとし、切削加工により作製した。

図1 セレーション形状

評価実験は、図2に示すように2枚の試験片を並べて固定し、水平方向に引き込んだ時の痛みを7点法の尺度で評価した。また、被験者は成人男子5名であり、押し付け・引き込み方法は各人に一任した。解析にはシェッフェの一対比較法(芳賀の変法)を用い、絶対評価点を算出した。なお、基準試験片に対する評価試験片の評点 x_{ijl} は、

$$x_{ijl} = (\alpha_i - \alpha_j) + g_{ij} + e_{ijl}$$

と仮定した。ここで、 i : 評価試験片番号、 j : 基準試験片番号、 α_i : i の絶対評価点、 α_j : j の絶対評価点、 g_{ij} : 組み合わせによる効果、 l : 被験者番号、 e_{ijl} : 被験者の誤差である。

得られた絶対評価点 α を表1に示す。数値が大きいほど痛みを感じたことを示す。表より底辺が短く高さの低いものほど痛みが減少することが判明した。

3-2. ニューラルネットワークによる痛みの推定

形状変数を入力値、絶対評価点 α_i を出力値として、この入出力関係をニューラルネットワークを用いて学習した。ネットワークは、2入力1出力、中間層1、中間層素子数2として、学習にはBP(Back Propagation)法を用いた。また、入力値、

図2 試験片と固定台

表1 学習用形状の変数値

番号 (i)	高さ (mm)	頂角 (°)	絶対評価点, α_i
1	0.5	61.9	-1.371
2	0.5	151.9	-0.486
3	1.0	73.7	0.257
4	1.0	102.7	0.771
5	1.0	136.4	0.371
6	1.5	61.9	0.886
7	1.5	151.9	-0.429

表2 確認用形状の変数値

番号 (i)	高さ (mm)	頂角 (°)	絶対評価点, α_i
1	0.78	56.9	-1.457
2	0.89	116.9	0.657
3	0.5	85	-1.514
4	1.5	85	1.000
5	0.84	85	-0.257
6	1.2	110	1.029
7	1.5	120	0.543

出力値はともに最大値, 最小値をそれぞれ 0.95, 0.05 となるように正規化した. さらに許容誤差 0.01 以下で学習終了とした. また, 学習後の入出力値の相関係数は 0.99 であった.

比較のため, 線形重回帰式を導出し, 相関係数を算出した. 値が 0.60 であったため, 線形回帰では相関はない. したがって, この回帰式を用いた痛み推定は困難である.

4. 推定値の確認

ニューラルネットワークによる痛みの推定値の正当性を確認するため, 表2に示す7種類の試験片を作製し, 一対比較法による痛み評価を行った. 図3に結果を示す. ここで, ●はニューラルネットワークから算出した推定値, ○は確認実験の評価値を示し, それぞれ最大値と最小値を1.0と0.0として正規化した値である. 図より, 推定値と評価値はその順序や程度をほぼ表していることから, 本推定法の有用性を確認した.

5. おわりに

設計段階での痛み評価を目的に, 痛み推定法

の提案と本手法の評価を行った. 以下に結果を要約する.

- セレーション形状から痛みを予測するための一対比較法とニューラルネットワークを組み合わせた痛み推定法を提案した.
- 一対比較法の結果を入力, 痛みの主観評価値を出力として, 形状変数と痛みの関係をニューラルネットワークを用いて学習し, 痛みの定量化を行った.
- ニューラルネットワークによる痛みの推定値が確認実験の評価値とほぼ一致したことから, 本推定法の有用性を確認した.

図3 推定値と評価値の比較

参考文献

- 1) 赤松幹之: 痛みと評価, バイオメカニズム学会誌, Vol. 14, No. 3, pp. 151-159, 1990