

屋外作業管理を目的とする眼電位および頭部加速度・角速度を用いた歩行中の眼球運動検出

石崎 瞭^{†1}, 石沢 千佳子^{†1}, 景山 陽一^{†1}, 横山 洋之^{†1},
加藤 伸彦^{†2}, 五十嵐 健^{†2}, 鈴木 守^{†2}

^{†1}秋田大学, ^{†2}エイデイケイ富士システム

1. 背景・目的

近年, 日本の高齢化率は年々上昇している. 特に, 建設業における高年齢労働者(55 歳以上)は, 全産業と比較して高い割合を占める[1]. また, 40 代後半から, 男女ともに著しく体力水準が低下する傾向が認められる[2]. したがって, 高年齢労働者の割合が高い建設現場等において, 作業従事者の作業負荷を軽減し, 安全管理を行うことは必要不可欠である. 作業負荷の軽減および安全管理を実現するためには, 情報通信技術や各種センシング技術により得られた生体情報を用い, 作業従事者の体調状況や集中状態を管理することが有効であると考えられる.

そこで本研究では, 各種センシング技術を用い, 屋外作業従事者の体調状況や集中状態を管理する技術の開発を目的とする.

集中状態は, 眼球運動と強い関連性を有することが報告されている[3]. 一方, 作業従事者から得られる生体情報は, 体動に起因する影響を受けやすい. そこで本稿では, 眼電位および頭部加速度, 頭部角速度に着目し, ニューラルネットワーク(以下, NN)[4]を用いた歩行中の眼球運動検出手法に関して検討を行った.

2. 使用機器

本稿では, メガネ型眼電位計測器(JINS 社製; JINS MEME ES_R[5])を用いて生体情報を取得した. 本デバイスは, 3 軸加速度センサ, 3 軸ジャイロセンサ, ならびに 3 点式眼電位センサを搭載している. 眼電位センサでは, 両眼の眼電位(EOG_L, EOG_R), 両眼の眼電位差(EOG_H), ならびに両眼の眼電位を正規化することにより得られる EOG_V を取得可能である. ここで, EOG_H および EOG_V には, それぞれ水平方向(右方に正)および垂直方向(上方に正)における眼球の動きが反映される.

3. 使用データ

本稿では, 建物内の廊下(65~400lx)において, 眼電位計測器を用いて取得された被験者 6 名(A~F: 20 代, 男性 5 名・女性 1 名, アジアン)の加速度デ

ータ, 角速度データ, ならびに眼電位データを検討に用いた. 被験者に対しては, 正面を注視し歩行している状態で意識的に瞬目を 2 回, 上下左右 4 方向への視線移動を各 1 回行ってもらい, これを 1 セットとして合計 4 セット行ってもらった際の加速度データ, 角速度データ, ならびに眼電位データを取得している. 各データ取得時のサンプリング周波数は 100Hz である. なお, 本研究は「秋田大学手形地区におけるヒトを対象とした研究に関する倫理規程」に基づいてデータを取得している.

本稿では, 歩行中に意識的に行った瞬き, および無意識に行われた生理的な瞬きを「瞬目」, 歩行中に上下左右の各方向へ視線を移動させた際の眼球の動きをそれぞれ「上方への視線移動(以下, 上方)」, 「下方への視線移動(以下, 下方)」, 「左方への視線移動(以下, 左方)」, 「右方への視線移動(以下, 右方)」と定義している.

4. 特徴量の算出

本稿では, 取得した眼電位データおよび加速度データ, 角速度データのうち, 眼電位データにおける水平方向の眼球運動が表出する EOG_H および垂直方向の眼球運動が表出する EOG_V, 加速度データにおける X 軸加速度(以下, ACC_X)および Z 軸加速度(以下, ACC_Z), 角速度データにおける X 軸周りの角速度(以下, GYRO_X)および Z 軸周りの角速度(以下, GYRO_Z)に着目し, これらに対して以降の処理を実施して歩行中の眼球運動検出における特徴量の算出を行った.

4.1 フレーム分割

歩行中の EOG_H および EOG_V に含まれる眼球運動に関する情報を抽出するため, 一定の幅を有するフレームによる分割を行った. フレームの幅は, 眼球運動による EOG_H および EOG_V の値の変動の時間的長さに基づき, 64 に設定した. また, 眼球運動の情報が必要以上に分割されないようにするため, 分割を行う際にオーバーラップ処理を施した. なお, 本稿ではオーバーラップ率を 80% に設定した結果について報告する.

4.2 窓関数による正規化

フレーム分割を施した各データに対して, データの始点終点の値の差による影響を考慮し, 窓関数による正規化を施した. 窓関数はテューキー窓(テーパー型余弦窓)[6]を用いた.

4.3 周波数スペクトル算出

本稿では, 眼球運動検出のための特徴量として ACC_X, ACC_Z, GYRO_X, GYRO_Z, EOG_V,

Detection of eye movements during walking using electrooculogram and head acceleration / angular velocity for outdoor work management

Ryo Ishizaki^{†1}, Chikako Ishizawa^{†1}, Yoichi Kageyama^{†1}, Hiroshi Yokoyama^{†1}, Nobuhiko Kato^{†2}, Ken Igarashi^{†2}, Mamoru Suzuki^{†2}

^{†1}Akita University, ^{†2}ADK Fuji System

EOG_H の周波数スペクトルを用いる。したがって、フレーム分割および窓関数による正規化を施したデータに対し、高速フーリエ変換を施すことにより周波数スペクトルを算出した。なお、算出した周波数スペクトルに対し、標準化を施すことでスケールを揃えたものを歩行中の眼球運動検出の特徴量として使用している。

5. NNモデルの作成

本稿では、水平方向の眼球運動(左方, 右方)および垂直方向の眼球運動(瞬目, 上方, 下方)の検出において、それぞれ異なる NN モデルを用いる。水平方向の眼球運動検出における NN モデル(以下, NN_H)の学習およびテストには、ACC_X, GYRO_Z, ならびに EOG_H の周波数スペクトルを用いた。垂直方向の眼球運動検出における NN モデル(以下, NN_V)の学習およびテストには、ACC_Z, GYRO_X, ならびに EOG_V の周波数スペクトルを用いた。

はじめに、各眼球運動を含むデータおよびどの眼球運動も含まないデータに対して、NN_V では「上方または下方」および「瞬目または定常状態」、NN_H では「左方または右方」および「定常状態」のラベルを割り当てた。次に、NN_H および NN_V それぞれのデータのうち、被験者 1 名のデータをテストデータ、その他のデータを学習データとしてデータセットの作成を行った。最後に、学習データを入力した際に、入力されたデータに付与されたラベルが出力されるようにモデルの学習を行った。本稿では、中間層を 1 層(200 次元)、学習回数を 500 回に設定した。NN_V および NN_H の構造のイメージを図 1 および図 2 にそれぞれ示す。

6. NNモデルの評価

NN_H および NN_V について、各被験者のデータをテストデータとして交差検証を行った際の出力と、入力データのラベルが一致する場合を検出成功として NN モデルの評価を行った。

7. 評価結果および今後の予定

NN_V および NN_H における評価結果を表 1 および表 2 にそれぞれ示す。検出成功率が 80.0%以下を青字、95.0%以上を赤字で示している。NN_V では被験者 6 名中 3 名、NN_H では被験者 6 名中 4 名において、すべてが 80.0%以上である結果を得た。このことは、眼電位、加速度、角速度の角周波数スペクトルを用いることは、水平方向および垂直方向の眼球運動検出に有用であることを示唆している。今後は、より細かな分類で歩行中の眼球運動検出を行う予定である。

8. 謝辞

本研究の遂行にご協力くださったエイデイケイ富士システム株式会社関係各位に深く御礼申し上げます。

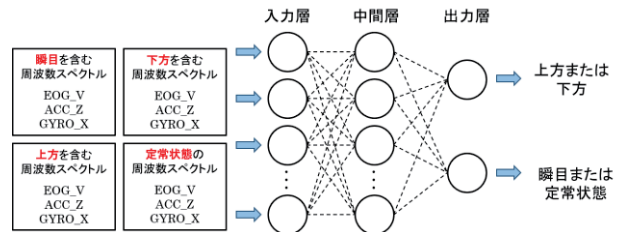


図 1. NN_Vの構造のイメージ

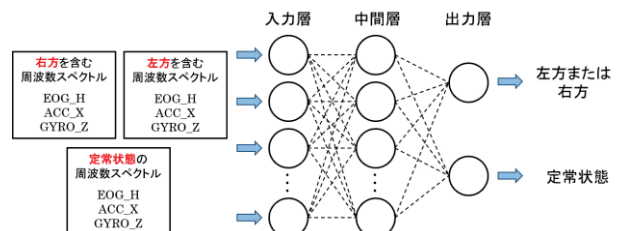


図 2. NN_Hの構造のイメージ

表 1. NN_Vにおける被験者ごとの検出成功率[%]

		入力周波数スペクトル			
		瞬目	定常状態	上方	下方
テストデータ (被験者)	A	81.9	86.9	91.1	74.0
	B	85.7	92.3	92.9	82.1
	C	94.0	68.0	67.1	89.7
	D	71.0	85.5	78.3	89.4
	E	89.2	81.5	84.0	84.5
	F	98.0	90.0	95.7	83.4
正解ラベル		瞬目または定常状態		上方または下方	

表 2. NN_Hにおける被験者ごとの検出成功率[%]

		入力周波数スペクトル		
		左方	右方	定常状態
テストデータ (被験者)	A	100.0	98.2	91.8
	B	100.0	94.0	78.9
	C	100.0	94.5	78.1
	D	98.0	98.3	88.3
	E	95.4	82.2	81.9
	F	100.0	100.0	85.0
正解ラベル		左方または右方		定常状態

参考文献

- [1] 国土交通省: 最近の建築産業と技能労働者をめぐる状況について, <http://www.mlit.go.jp/common/001120144.pdf> (Accessed 2021/1/7)
- [2] スポーツ庁: 年齢と体力・運動能力テスト項目ごとに見た一般的傾向, http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/_icsFiles/afieldfile/2012/10/09/1326591_02.pdf (Accessed 2021/1/7)
- [3] 日本人間工学会 PIE 研究部会: 商品開発・評価のための生理計測とデータ解析ノウハウ～生理指標の特徴、測り方、実験計画、データの解釈・評価方法～, pp.169-171, NTS (2017)
- [4] 小高知宏: 基礎から学ぶ人工知能の教科書, オーム社 (2019)
- [5] JINS, Inc.: 本体仕様, <https://jins-meme.com/ja/researchers/specifications/> (Accessed 2021/1/7)
- [6] Bloomfield, P.: Fourier Analysis of Time Series: An Introduction, New York, Wiley-Interscience, 2nd edition (2013)