

令和 4 年 5 月 30 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22735

研究課題名（和文）高齢者の転倒発生の兆候のセンシング

研究課題名（英文）Sensing the Signs of Fall Occurrence in the Elderly

研究代表者

渡邊 高志（Watanabe, Takashi）

東北大学・医工学研究科・教授

研究者番号：90250696

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：歩容変化により転倒発生の兆候をとらえることを着想し、ニューラルネットワークで歩容変化を検出する方法を開発し、教師無し学習による歩行パターン分類の実現可能性、歩容変化の要因の分類可能性を示す結果を得た。また、転倒リスク評価には複数の指標を使用する必要があることを確認し、転倒に関わる歩容変化の要因の指標算出のため、慣性センサを利用し、歩行立脚初期の足部異常運動の検出・評価法、ストライド長と歩行速度の自動推定法、歩行事象タイミングの自動検出法、歩行時のバランス評価のための身体重心位置推定法の構築を行った。さらに、健康者で総睡眠時間とふらつき感との間に相関がみられ、総睡眠時間の利用可能性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

転倒に関する多くの研究は、転倒が発生した結果の検出や、転倒しやすいタイプかどうかの判定にとどまっております。工学的技術を利用した転倒発生の兆候の検出の研究はほとんど行われていない。本研究は、看護師らの経験に基づく転倒の兆候の検出を工学的技術により実現することを目指して、運動情報と内面的状態に関係する生体情報や睡眠情報の利用可能性を検討し、簡便な慣性センサでの歩行計測で、転倒に関わる未知の歩容変化検出とその要因を分類する方法の実現可能性、睡眠情報の利用可能性を示す結果を得た。これらの結果は、転倒発生の兆候を検出する技術につながる点で学術的意義があり、転倒予防の実現の観点で社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：Based on the idea of detecting signs of falls from gait changes, a method for detecting gait change using a neural network was developed. The results showing the feasibility of classifying gait pattern and classifying factors that cause gait change by using unsupervised learning were also obtained. Then, in order to estimate values of indices of factors that cause gait changes related to falls, methods to detect and evaluate abnormal foot movements in the early stance phase during walking, to estimate automatically stride length and walking speed, to detect automatically gait event timings, and to estimate the body center of mass position for evaluating balance during walking were developed using inertial sensors. Furthermore, a correlation between total sleep time and the feeling of walking instability in healthy subjects was found, which suggested the possibility of using total sleep time in detecting signs of falls.

研究分野：生体医工学

キーワード：転倒予測 慣性センサ ニューラルネットワーク クラスタリング 歩隔 睡眠

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

転倒に関しては、世界的にも多くの研究が行われており、センサによる転倒発生の検出や転倒リスクの評価(転倒しやすいタイプの判定)が多いが、これらの研究は、運動学的・運動力学的観点からの研究がほとんどである。例えば、転倒の検出については、加速度センサによる歩行中の異常加速度の検出等が多く、転倒リスクについては、筋力、バランス制御能力、歩幅や足部角度、足部と地面との距離(足部クリアランス)の1歩ごとの変動などを利用する方法がある。しかし、転倒が発生したことの検出や、転倒しやすいタイプかどうかの判定にとどまっており、転倒発生の兆候をとらえることの重要性は認識されつつも、工学的技術を利用した転倒発生の兆候の推定の研究はほとんど行われていない。

2. 研究の目的

本研究は、転倒発生後の検出や転倒しやすさのリスク評価ではなく、「転倒発生の“兆候”をとらえる技術」の開発を目的とする。転倒は、高齢者の日常生活で起こる問題になるだけではなく、入院患者にとってもベッドからの移動等での転倒発生が大きな問題となっている。転倒発生の原因も踏きだけにはとどまらないため、看護、介護の立場からは、転倒の検出やリスク評価だけではなく、転倒発生の兆候をとらえることが強く求められている。一方、看護師や介護福祉士らは、患者の状態から転倒発生の兆候を経験的にとらえることができる場合がある。これは、運動学的情報だけによるものではなく、患者の内面的状態を合わせて評価していると推察される。そこで本研究では、運動学的情報に加え、自律神経系に関わる生体情報や睡眠情報を利用して総合的に評価することで、転倒発生の兆候をとらえる技術の実現可能性を検証し、その基盤技術の構築を目指す。

3. 研究の方法

(1) 未知の歩容変化の検出に基づく転倒発生の兆候の検出法の開発

転倒が発生する兆候をとらえるためには、歩行変化検出が有効であるが、転倒発生の予兆とされる歩行変化後の歩行関連指標を事前に取得することは困難である。そこで、転倒発生の兆候を歩容の変化でとらえることを着想し、単一、もしくは少数の慣性センサの信号から、人工ニューラルネットワーク(ANN)モデルを用いて、歩容変化を検出する方法を検討する。検出する歩容変化としては、高齢者の転倒群と非転倒群間で歩隔に有意差がみられたことや、慢性期片麻痺者の転倒リスクの高い患者で歩隔に特徴がみられたことの報告があったことから、転倒の一因と考えられる歩行運動の制御能力の低下が歩隔の変化に反映される可能性があると考えられるので、歩隔が変化した歩行を慣性センサ信号から検出することを検討する。この方法では、通常不安定な歩行からの変化を検出するので、同一人物において歩容変化の検出可能性について検討する。次に、検出した歩容変化が転倒に関連する変化かどうかの判断につなげるために、歩行パターン分類と歩容変化の要因の分類について検討する。最初に、ANNを用いて、分類に有効な特徴量や信号処理方法とともに実現可能性を検討する。そして、この結果をもとに、未知の歩行パターンや歩容変化の要因を分類する方法を実現するために、教師データを用いない方法の実現性を検討する。

(2) 慣性センサ情報による転倒に関わる歩容変化の要因の指標算出法の検討

転倒に関わる歩容変化の要因となる指標として、転倒リスク評価に利用されている指標について調査し、不足する指標の算出法を実装する。身体部位の角度、歩行事象、ストライド長、歩行速度等の運動情報は、これまでに確立してきた慣性センサ情報からの推定法を利用して算出する。しかし、高齢者歩行は成年健常者の歩行と異なる特徴を有する場合があるため、歩行データを1歩毎に自動的に分割し、評価指標を算出して解析する方法を高齢者に適用するため、健常歩行と異なる歩行を含めて検証する。これらの観点から、以下の研究を行う。

転倒リスク評価に利用されている指標について調査し、片麻痺者歩行での指標を算出して結果を比較し、転倒リスク評価における課題を検討する。

これまでに確立してきたストライド長や歩行速度の推定法は、足部の矢状面角速度の閾値に基づくルールベースの方法を利用していたため、健常者でも被験者毎や歩行速度によって閾値調整を行う必要があり、片麻痺者等の健常者歩行と異なる歩行では検出が困難な場合も存在したため、人工ニューラルネットワーク(ANN)モデルにより足部運動区間を自動抽出し、ストライド長と歩行速度を推定する方法を検討する。また、歩行評価において、評価する角度の抽出等で必要となる歩行事象タイミングの検出法として、ANNモデルによる自動検出法を検討する。

これまでのストライド長や歩行速度の推定方法では、慣性センサを足部に装着していたが、片麻痺者歩行等ではストライドの誤検出が起こりやすく、また、装着の実用性にも課題が生じる場合があった。そこで、下腿部に装着した慣性センサを使用することで、これらの課題の改善の可

能性について検討する。

着床時の足部状態は転倒に関係すると考えられ、特に、片麻痺者の歩行では下垂足や内反足などの異常運動がみられ、そのような運動は、着床時に転倒を生じる危険性があると考えられる。そこで、歩行中の足部異常運動に着目し、慣性センサを用いた角度計測から、足部異常運動を検出・評価する方法を検討する。

歩行時のバランス制御能力は転倒に関連し、身体重心 (CoM) 位置はバランス制御能力の評価に有用である。これまで、慣性センサを用いた運動計測法を応用して CoM 位置軌跡を簡便に推定する方法を構築し、推定した CoM 位置軌跡の運動評価への応用可能性を示唆する結果を得てきたが、推定精度に課題があった。そこで、慣性センサの信号から CoM 位置へのマッピングを行う ANN モデルについて検討する。

(3) 自律神経系に関わる生体情報の利用可能性の検討

生体情報や睡眠情報の転倒発生の兆候の検出への利用可能性を検討するため、心拍や血圧を起床時に計測し、睡眠状況をセンサ (Actigraph, wGT3X-BT) で計測して、起床時のふらつき感のアンケート結果との関連性について検証する。

4. 研究成果

(1) 未知の歩容変化の検出に基づく転倒発生の兆候の検出法の開発

歩容変化を検出する方法として、歩行時の慣性センサ信号を人工ニューラルネットワーク (ANN) に入力し、各時刻において、次の時刻の慣性センサ信号の値を予測させ、その時の予測誤差を利用することを検討した。この方法では、モデルへの入力信号がモデルの学習に用いた信号と異なる場合に、予測誤差が大きくなる。そこで、歩行変化前の歩行 (通常の安定な歩行など) を基準歩行データとして学習させたモデルを用いて、予測誤差の増加を評価することにより、歩容変化が検出可能になると考えられる。したがって本方法では、予測モデルの学習データとして歩行変化後のデータを必要としない方法が実現可能になる。

慣性センサを腰部、両大腿部、両下腿部、両足部に装着し、健常男性 6 名で、通常歩行、高齢者模擬歩行、右片麻痺模擬歩行の 3 つの歩行条件において、3 つの異なる歩隔で歩行動作を計測した。このとき、被験者本人が自然と感じる歩行を基準歩隔とし、文献を参考にして、基準歩隔に脚長の 6.4% を加えた歩隔を 1 段階増加させた歩隔 2 段階増加させた歩隔はさらに脚長の 6.4% を加えた歩隔とした。予測モデルとして、フィードフォワードニューラルネットワーク (FFNN)、LSTM (Long Short-Term Memory)、重回帰分析を比較した。入力データは、腰部または右足部に装着した 1 つの慣性センサから取得し、加速度、角速度、水平面情報、矢状面情報、前額面情報の各々 3 成分の場合、加速度と角速度の 6 成分の場合の計 6 種類について検討した。予測誤差の評価は、予測誤差の絶対値平均、予測誤差のユークリッド距離、予測誤差のマハラノビス距離で比較した。

最初に、予測モデルの性能を確認するため、2 乗平均平方根誤算 (RMSE) を算出した結果、LSTM を用いた予測モデルが、もっとも精度良く予測できることを確認した。次に、歩隔が変化したこと検出については、FFNN と LSTM で検出率が高く、特に、LSTM を用いた予測モデルでは、右足部のセンサの加速度と角速度の 6 成分を使用する場合に、予測誤差のユークリッド距離とマハラノビス距離での評価により、3 つの歩行条件において、歩隔が変化した場合の歩容の変化の検出率が 100% を達成できた。これらの結果から、提案する歩容変化検出法の実現可能性を確認でき、LSTM を用いた予測モデルが有効になることが示された。したがって、通常の安定な歩行をネットワークに学習させておくことで、何らかの歩容変化が生じたことを検出可能になると期待できる。

上記の方法を実現するためには、変化した歩容が転倒に関係することを判定することが必要になる。そのため、最初に、1 次元畳み込みニューラルネットワーク (1D-CNN) を用いて、通常歩行、高齢者模擬歩行、右片麻痺模擬歩行の歩行分類、ならびに、基準歩隔、1 段階歩隔増加、歩幅 50% 低下の歩容変化分類について検討した。計測に使用した 7 個のセンサについて予測モデルを構築し、歩行を 1 ストライド毎に分割し、100 時刻に正規化して、センサ信号を入力としたとき、各センサ信号の予測誤差を入力したときの分類精度を比較した。歩行分類については、個人の歩行パターンを特定することを目的とするので、複数被験者の歩行を学習させたネットワークで分類を行うことで評価した。その結果、予測誤差を入力とする場合の方が精度が高く、特に下腿部と大腿部で平均 94.1 ~ 97.6% の分類精度が得られた。歩容変化の要因の分類については、同一被験者での歩容の変化の要因の特定を目的とするので、同一被験者の歩行を学習させたネットワークで分類を行うことで評価した。その結果、慣性センサの信号を入力とした方が分類精度が高く、センサ位置による差は小さく、93.8 ~ 97.5% の分類精度が得られた。また、1 ストライド中での左右の単脚支持期、左右の着地時の両脚支持期の 4 区間に分割して平均値を算出し、フィードフォワードニューラルネットワークによる分類を検討した結果、下腿部と大腿部のセンサの場合にやや精度が高く、歩行分類では予測誤差を利用した方が精度が高く、88.6 ~ 97.6% となり、歩容変化分類では、信号の場合に平均 92.8 ~ 94.5%、予測誤差の場合に平均 91.0 ~ 92.6% と同程度になった。これらの結果から、下腿部や大腿部に装着したセンサを利用し、予測誤差を

次元圧縮することで、転倒に関わる歩容変化の要因を分類できる可能性が示唆された。

上記の結果をもとに、k-means法を用いてクラスタリング法による教師無し分類法を検討した。最初に、全被験者の歩行データの歩行分類について行った結果、体幹部のセンサを除いて61.0~70.2%の分類精度となった。歩容変化分類については、被験者毎に分類を行った結果、下腿部と大腿部に装着したセンサの分類精度が高く、平均78.2~85.4%の分類精度が得られた。この結果から、同一人物の歩容変化について、未知の変化に対しても、変化の要因を分類できる可能性が示唆された。クラスタリングの方法や信号処理方法、様々な歩容変化の分類などを検討し、分類精度の向上を図り、分類結果から歩容変化の要因を特定する方法を開発することが課題ではあるが、転倒に関わる変化を分類結果から特定する方法の実現可能性が示唆されるので、転倒発生の兆候を検出する技術につながると期待できる。

(2) 慣性センサ情報による転倒に関わる歩容変化の要因の指標算出法の検討

片麻痺患者の転倒リスクの評価指標として、ステップ時間の左右非対称性(ASY_step)や、ステップ時間の標準偏差(SD_step)、腰部加速度の変動係数(RMS_CV)などが報告されている。しかし、各指標の標準偏差が大きく、健常範囲との区別が難しいことや、歩容が患者間で多様であることから、単一指標でのリスク評価は困難であると考えられる。そこで、最初に、上記のASY_step、SD_step、RMS_CVの関連性を検討した。慣性センサを用いて片麻痺患者10名、健常者10名を対象に歩行計測を行い、これらの値を比較した結果、RMS_CVに関しては、健常者と片麻痺患者との差異は見られなかった。また、片麻痺患者において、ASY_stepが、先行研究における転倒患者の範囲内であるにもかかわらず、SD_stepの値が非転倒患者の範囲内である被験者がみられた。転倒リスクの評価において、複数の指標での評価が有効になることが再確認された。他にも、転倒リスクに係る指標は報告されているが、各指標の値に反映される転倒の要因が様々であると考えられるため、転倒に関わる要因に関する複数の指標を用いた評価が必要であると考えられた。

足部に装着した慣性センサを用いて歩行中のストライド長と歩行速度を推定する方法について、足部の運動状態の自動検出法として、人工ニューラルネットワーク(ANN)を用いる方法を採用し、オートエンコーダーによる特徴抽出層を持つ4層ANNによる足部運動の自動検出法を構築した。教師信号は、測定した慣性センサ信号から従来の閾値に基づく方法によって得ることで、他に特別な計測装置を不要にした。この方法で、健常者歩行でのストライド長と歩行速度を推定した結果、概ね良好な精度で推定可能であることを確認し、パラメータ調整が不要な方法を構築できた。

次に、代表的な歩行事象である足底接地開始(FFs)、踵離地(HO)、爪先離地(TO)、初期接地(IC)の検出を目的とし、各歩行事象間の区間であるFFs-HO、HO-TO、TO-IC、IC-FFsを4種類の歩行相として、時系列データに対して歩行相の分類を行う方法を検討した。機械学習による歩行相分類モデルとして、U-Net、LSTM、双方向LSTM(Bi-LSTM)を用いて比較を行った。被験者の足背部に装着した慣性センサから得られた加速度・角速度信号に対し、正規化・オフセット除去を行い、固定長の窓幅で信号を切り出したものをモデルへの入力として用いた。モデルの出力は、各時刻につき4種類の歩行相それぞれに属する確率とし、歩行相の遷移が生じた時刻を歩行事象として検出した。健常者歩行において、本研究で構築した深層学習による方法は、従来の閾値に基づく方法と比べて優れた結果が得られることが確認され、歩行事象の自動検出法として有効になると考えられる。また、U-NetおよびBi-LSTMを用いたモデルは、片麻痺者歩行に対しても誤検出率の低さおよび時刻誤差の小ささの両方で概ね有効な結果を示したが、健常者歩行に比べると精度は低かったため改良が必要である。

下腿部に装着した慣性センサを使用し、倒立振り子モデルを適用して、ストライド長および歩行速度を推定する方法について、健常者歩行と異常歩行を対象として検討した。この方法では、下腿が重力ベクトルと平行になる時刻(以下、垂直イベント)を角速度極大値から検出していたが、片麻痺模擬歩行における角速度は振動的であり、垂直イベントの誤検出が生じる場合があることを確認した。そこで、角速度から算出した加速度と計測した加速度との関係から大まかな足底接地区間を決定し、その区間内の角速度が最も0に近い時刻から垂直イベントを検出する方法を検討した。歩行速度の異なる健常者歩行、ぶん回し模擬歩行、鶏歩模擬歩行でストライド長と歩行速度の推定を評価した結果、改良した方法により、片麻痺模擬歩行において垂直イベントの誤検出を改善し、ストライド長の推定精度を改善できることを確認した。また、歩行速度の推定において、全ての歩行条件で、臨床的有意な最小変化量(MCID)の判別が可能であることが確認でき、平均歩行速度推定法の臨床における実用可能性が示唆された。さらに、上記の足部に装着したセンサを用いる場合のANNを利用したストライド長と歩行速度の推定法と比較した結果、同程度の推定精度であり、模擬歩行でのストライドの誤検出が低減された。以上から、下腿部に装着した慣性センサで、異常歩行を含む場合でも、ストライドの誤検出を低減し、推定精度の安定化の可能性が確認され、センサ装着位置の点でも実用性を向上できることが期待された。

転倒に関わる歩行立脚初期の足部異常運動の検出・評価のために、慣性センサから算出した足部の傾斜角度を利用する方法を検討した。使用する傾斜角度は、着床(IC)時の矢状面角度、矢

状面内での運動が停止する付近 (FF_s) の前額面角度の 2 つとした。まず、健常者 30 名の通常速度での歩行計測の結果から、2 つの角度で構成される 2 次元平面を構成し、その平面上で評価基準となる角度範囲を、健常者の歩行時の角度の 95% が含まれる条件でマハラノビス距離を用いて作成した。その結果、両方の角度で、歩行パラメータの 1 つである正規化したストライド長 (NSL) との相関係数が最も高いことが確認された。そこで、異なるストライド長での歩行計測を健常者 10 名で行い、計測結果から評価指標を算出し、最終的に、NSL ごとに 9 グループに分割し、それぞれで角度範囲を作成した。

作成した角度範囲に対して、片麻痺者 10 名の歩行計測の結果をプロットした結果、角度範囲からの逸脱が 95% を下回る被験者が多く存在し、足部に異常運動が発生していると考えられた。角度範囲からの逸脱方向や逸脱量は片麻痺者の麻痺側と非麻痺側で個人差があった。麻痺側よりも非麻痺側が逸脱している被験者も存在し、代償動作が行われている可能性も示唆された。また、片麻痺者を対象に、角度分布の偏りから異常の程度を 2 段階で評価した結果、基準の範囲外になる割合が健常者と同等以下であっても、異常と判断される場合を確認した。

さらに、足部異常運動の発生タイミングや IC 時前額面傾斜角度および FF_s 時矢状面傾斜角度の影響を考慮するために、IC 時前額面傾斜角度と IC 時矢状面傾斜角度を 2 軸とした 2 次元平面と、FF_s 時前額面傾斜角度と FF_s 時矢状面傾斜角度を 2 軸とした 2 次元平面を構築した。これらの平面においてそれぞれ角度範囲を作成し、片麻痺者のデータをプロットすることで、足部異常運動検出を行った。また、角度範囲の中心からの逸脱角度とマハラノビス距離 D の積で表される 4 つの評価スコアを検討し、健常者の評価スコアと比較することで、異常運動の発生状況を定量化した。評価結果より、片麻痺者の足部異常運動の発生状況には個人差がみられたので、臨床的な評価との対応を検討することで、定量的評価の妥当性を検証することが期待される。

歩行時のバランス評価のため、ANN による身体重心 (CoM) 位置推定法を検討した。健常者 4 名で、4 種類の歩行条件 (通常歩行、片麻痺模擬歩行、高齢者模擬歩行、障害物横断歩行) について、身体に装着した 7 個の慣性センサ (両足部、両下腿部、両大腿部、体幹部) と光学式三次元動作解析装置を用いて計測を行った。ANN の入力には 3 軸加速度、3 軸角速度を用い、CoM 位置を ANN の出力とした。ANN の学習には光学式三次元動作解析装置から推定した CoM 位置を使用した。本研究では、教師データとテストデータを同一被験者のものを用いて、全結合フィードフォワードネットワークモデル、多対 1 長・短期記憶モデル、多対多長・短期記憶モデルの 3 種類の比較を行った。また、推定精度向上のため、教師データの CoM 位置座標に対する座標変換 (平行移動) を検討した。いずれのモデルにおいても三次元動作解析装置による結果と概ね良好な一致を示し、モデル間で推定精度に大きな差は見られなかった。一方、CoM 座標の平行移動については、左右方向は各ストライドの開始時の CoM 座標を原点にした場合、鉛直方向は静止立位時の CoM 座標を原点にした場合に推定精度が改善した。

次に、ANN の適切な入力を決定するために、ANN の入力として使用する信号の組み合わせとローパスフィルタのカットオフ周波数の影響を検討した。その結果、加速度に加えて角速度を用いることで、特に前後方向の CoM 推定精度が向上することを確認した。また、加速度の低周波成分 (1Hz 以下) が CoM の推定に重要であることが示唆された。3 軸加速度および 3 軸角速度を用いて、それぞれカットオフ周波数 1Hz、10Hz のローパスフィルタを適用したモデルの平均 RMSE と相関係数が、これまでに開発してきた慣性センサを用いた運動計測法を応用して体重心位置軌跡を簡便に推定する方法に比べて改善する結果を得た。

これらの結果より、CoM 位置の推定に ANN が利用可能であることを確認した。教師データに含まれていない新たな被験者の CoM 位置、異常歩行を含む様々な歩行などにも適用可能な方法に発展させることが課題である。

(3) 自律神経系に関わる生体情報の利用可能性の検討

2 名の健常者で、30 日以上期間で、睡眠に関する情報、起床時の生体情報とふらつき感を調査した。睡眠に関する指標として、睡眠効率、総睡眠時間、中途覚醒時間、平均覚醒時間、体動指標、睡眠分析指数を取得し、起床時の平均血圧、平均心拍数を計測した。起床時のふらつき感、覚醒度 (目覚め時の体調) は、アンケート形式で 5 段階の数値で、各段階の中間値も可として評価を記録した。起床時のふらつき感と覚醒度は同様の傾向があり、起床時の覚醒度と総睡眠時間との相関が最も高く (0.47, 0.50)、ふらつき感ともほぼ同程度の相関係数が得られた。睡眠に関する他の指標、起床時の血圧や心拍については、相関関係は認められなかった。睡眠に関する指標では、さらに詳細に睡眠の状態、例えば、起床直前の睡眠の深さや、睡眠の質が関係することも考えられたが、脳波を計測することも必要になるため、病院や在宅では実用性が低下することにもなると思われる。一方で、今回の結果から総睡眠時間の利用可能性が示唆され、総睡眠時間は比較的容易に取得可能であるので、その利用が期待される。上記の運動学的指標との関連性を検証することが課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kento Katayama and Takashi Watanabe	4. 巻 -
2. 論文標題 A Study on Gait Change Detection from Reference Gait Using Prediction Error of IMU Signals: Comparison of Prediction Models	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IFMBE Proceedings	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toshinori Watanabe and Takashi Watanabe	4. 巻 -
2. 論文標題 Center of mass position estimation during walking based on inertial measurement unit: determination of input data and its preprocessing for mapping using artificial neural network	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IFMBE Proceedings	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Taihei Noro, Takashi Watanabe, Katsunori Murakami and Naomi Kuge	4. 巻 28
2. 論文標題 A Study on Reference Range for Detection and Evaluation of Abnormal Foot Movement during Walking in Hemiplegic Subject Using Inertial Sensors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Converging Clinical and Engineering Research on Neurorehabilitation IV. ICNR 2020. Biosystems & Biorobotics	6. 最初と最後の頁 109-113
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-70316-5_18	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 渡邊駿典, 渡邊高志	4. 巻 121
2. 論文標題 慣性センサを用いたニューラルネットワークによる体重心位置推定に関する基礎検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 6-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kento Katayama, Takashi Watanabe	4. 巻 -
2. 論文標題 A Study of Gait Change Detection Using LSTM Based on Inertial Sensor Measurements under Fixed Step Widths	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceeding of The International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences	6. 最初と最後の頁 111-115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/iciibms52876.2021.9651568	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 野呂泰平, 渡邊高志	4. 巻 120(62)
2. 論文標題 慣性センサを用いた片麻痺者歩行の足部異常運動の検出と評価の基準に関する検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 13-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 野崎善喬, 渡邊高志	4. 巻 120(111)
2. 論文標題 慣性センサを用いたニューラルネットワークによる歩行事象検出法 ~ 健常者での基礎的試験 ~	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 1-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshitaka Nozaki, Takashi Watanabe	4. 巻 E103.D
2. 論文標題 Development of Artificial Neural Network Based Automatic Stride Length Estimation Method Using IMU: Validation Test with Healthy Subjects	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 2027 ~ 2031
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2019EDL8227	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takashi Watanabe	4. 巻 80
2. 論文標題 Average Walking Speed Estimation with an Inertial Sensor in 10-m Walk Test: A Validation Test with Healthy Subjects	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IFMBE Proceedings	6. 最初と最後の頁 169 ~ 177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-64610-3_20	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshitaka Nozaki, Takashi Watanabe	4. 巻 -
2. 論文標題 A Basic Study on Detection of Movement State in Stride by Artificial Neural Network for Estimating Stride Length of Hemiplegic Gait Using IMU	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. 41st Ann. Int. Conf. IEEE EMBS	6. 最初と最後の頁 3151-3154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2019.8856352	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takashi Watanabe, Yuho Takeda	4. 巻 76
2. 論文標題 A Study on Relationship between Walking Speed and Acceleration of Center of Mass Estimated with Inertial Sensors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IFMBE Proceedings	6. 最初と最後の頁 694-702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-31635-8_82	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuho Takeda, Takashi Watanabe	4. 巻 76
2. 論文標題 A Feasibility Test of Evaluation of Gait Movement by Using Center of Mass Estimation with Inertial Sensors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IFMBE Proceedings	6. 最初と最後の頁 718 ~ 726
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-31635-8_85	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計20件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 片山堅斗, 渡邊高志
2. 発表標題 基準歩行に対する慣性センサ信号の予測誤差に基づく歩容変化分類のための基礎検討
3. 学会等名 第61回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kento Katayama, Takashi Watanabe
2. 発表標題 A Study on Gait Change Detection from Reference Gait Using Prediction Error of IMU Signals: Comparison of Prediction Models
3. 学会等名 The IUPESM World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Toshinori Watanabe and Takashi Watanabe
2. 発表標題 Center of mass position estimation during walking based on inertial measurement unit: determination of input data and its preprocessing for mapping using artificial neural network
3. 学会等名 The IUPESM World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kento Katayama, Takashi Watanabe
2. 発表標題 A Study of Gait Change Detection Using LSTM Based on Inertial Sensor Measurements under Fixed Step Widths
3. 学会等名 The International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片山堅斗, 渡邊高志
2. 発表標題 慣性センサを用いたLSTMによる歩容変化検出に関する検討 歩隔変化による歩行での評価
3. 学会等名 第42回バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊駿典, 渡邊高志
2. 発表標題 慣性センサを用いたニューラルネットワークによる体重心位置推定に関する基礎検討
3. 学会等名 MEとバイオサイバネティクス研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 住蔵和希, 渡邊 高志
2. 発表標題 慣性センサを用いた歩隔変化に基づく転倒発生の兆候の検出に関する基礎的検討
3. 学会等名 第60回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野呂泰平, 渡邊高志, 村上克徳, 久家 直巳
2. 発表標題 慣性センサを用いた片麻痺者歩行の足部異常運動の評価に関する基礎的検討
3. 学会等名 第60回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊駿典, 渡邊高志
2. 発表標題 ANNによる慣性センサを用いた身体重心位置推定に関する基礎的検討
3. 学会等名 第60回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野崎善喬, 渡邊高志
2. 発表標題 慣性センサを用いた深層学習による歩行事象検出に関する基礎的検討
3. 学会等名 第59回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 住蔵和希, 渡邊 高志, 村上克徳, 久家直巳
2. 発表標題 片麻痺者の転倒リスク評価における異なる指標の関連性の基礎的検討
3. 学会等名 第59回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野呂泰平, 渡邊高志
2. 発表標題 慣性センサを用いた片麻痺者歩行の足部異常運動の検出と評価の基準に関する検討
3. 学会等名 MEとバイオサイバネティックス研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野崎善喬, 渡邊高志
2. 発表標題 慣性センサを用いたニューラルネットワークによる歩行事象検出法 ~ 健常者での基礎的試験 ~
3. 学会等名 MEとバイオサイバネティックス研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshitaka NOZAKI, and Takashi WATANABE
2. 発表標題 A Preliminary Study on Gait Event Detection by Convolutional Neural Network using Inertial Measurement Unit
3. 学会等名 the 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Taihei Noro, Takashi Watanabe, Katsunori Murakami and Naomi Kuge
2. 発表標題 A Study on Reference Range for Detection and Evaluation of Abnormal Foot Movement during Walking in Hemiplegic Subject Using Inertial Sensors
3. 学会等名 the 5th International Conference on NeuroRehabilitation (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野呂泰平, 渡邊高志, 村上克徳, 久家 直巳
2. 発表標題 慣性センサを用いた片麻痺者歩行の足部異常運動の検出に関する検討
3. 学会等名 第54回日本生体医工学会東北支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshitaka Nozaki, Takashi Watanabe
2. 発表標題 A Basic Study on Detection of Movement State in Stride by Artificial Neural Network for Estimating Stride Length of Hemiplegic Gait Using IMU
3. 学会等名 The 41st Annual International Conference of the IEEE EMBS (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Watanabe, Yuho Takeda
2. 発表標題 A Study on Relationship between Walking Speed and Acceleration of Center of Mass Estimated with Inertial Sensors
3. 学会等名 The 15th Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuho Takeda and Takashi Watanabe
2. 発表標題 A Feasibility Test of Evaluation of Gait Movement by Using Center of Mass Estimation with Inertial Sensors
3. 学会等名 The 15th Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 住蔵和希, 渡邊高志
2. 発表標題 ANNを用いた運動機能障害者の歩容変化の評価に関する基礎的検討
3. 学会等名 第53回日本生体医工学会東北支部大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------