

科学研究費補助金研究成果報告書

平成22年 6月10日現在

研究種目：若手研究 (B)
研究期間：2008～2009
課題番号：20760143
研究課題名 (和文) ポータブル型生体情報計測システムの構築と歩行及び昇降運動計測への応用
研究課題名 (英文) Construction of portable measurement system biological information and Application to walking , going up-down motion measurement
研究代表者 穂苅 真樹 (HOKARI MASAKI) 秋田大学・工学資源学部・講師 研究者番号：20375223

研究成果の概要 (和文)：本件の目的は、屋外での歩行や階段及びステップでの昇降動作など実際の生活環境下におけるヒトの身体能力や特徴を解析・評価するために、筋電計、足圧分布計測システム及び心拍計を使用したポータブル型生体情報計測システムの構築にある。提案する計測システムは次の特色を持つ。(a)3つの異なる装置を同期させ、歩行や昇降運動の計測が可能。(b)屋外での計測実験が可能。(c)降雨や積雪時の歩行や昇降運動を解析・評価が可能

研究成果の概要 (英文)：The purpose of this case is to construct portable type information measurement system using the electromyograph, foot pressure distribution measurement system, and the heart rate monitor. By using this system, the physical ability and the feature under an actual life environment of walking in outdoor, the stairs, and the going up-down motion in the step are analyzed and evaluated. The feature of the proposed measurement system is as follows. (a)Three different devices can be synchronized, and walking and the going up and down movement be measured. (b)The metering experiment in outdoor is possible. (c)Walking and the going up and down movement at the rainfall and the snowfall can be analyzed and be evaluated.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：計測工学

科研費の分科・細目：機械工学・機械力学・制御

キーワード：筋電図、心拍、足圧分布、歩行、昇降運動

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. 研究開始当初の背景
歩行中のスリップ、つまずき及びよろめき | による同一平面上での転倒、階段及びステップからの転落やその上での転倒で転倒・転落 |
|-------------------------------------|--|

の76%を占めている。この原因は加齢による身体能力低下や慢性疾患、バランス・歩行障害と考えられる。一方、高齢者では20～50%に歩行障害がみられ、転倒・転落はさらに高い発生率となる。バランス維持と歩行には出力となる下肢の筋力や関節可動域が十分であることが必須であり、加齢・疾病による下肢筋力の低下が最大のリスクとなる。転倒・転落の発生原因、特に高齢者の身体能力を解析・評価しその結果を歩行や生活環境に適用することで、転倒・転落の未然防止が可能となる。

現在、歩行中の身体能力や特徴を解析・評価するための手段として、筋電計、床反力計や2台以上のカメラを使用して運動力学的な解析が行われている。これらの装置は大規模かつ高価なシステムとなるため、導入・使用できる場所は病院やリハビリセンターなどの医療施設、大学や企業などの研究施設に限定され、雨で湿った路面や雪の積もった路面のような環境下での実験は非常に困難である。これらの問題点を解決できれば、実際の生活環境下における高齢者の歩行解析や評価だけでなく、幅広い年齢層への展開が可能となる。さらに、天候の影響を受けない計測システムを構築することにより、雨で湿った路面や雪の積もった路面での歩行の解析や評価も可能となる。

2. 研究の目的

本件の目的は、屋外での歩行や階段及びステップでの昇降動作など実際の生活環境下におけるヒトの身体能力や特徴を解析・評価するために、筋電計、足圧分布計測システム及び心拍計を使用したポータブル型生体情報計測システムの構築にある。高速かつ複雑な回転・並進運動を伴う屋外スポーツのフォームを計測するための装置開発やシステムの構築を実現しており、本件で提案する計測システムの構築も実現できる。また、ニューラルネットワークを使用することにより、実際の生活環境下におけるヒトの身体能力や特徴を推定できる。

3. 研究の方法

研究は次の具体的な課題に取り組んだ。

- (1) フィールド調査
- (2) 筋電計及び心拍計回路の作成と試験
- (3) 足圧分布計測システムの試験
- (4) 圧力センサをベースとした足圧用ポータブル型計測システムの構築
- (5) 上記システムを用いたフィールドテスト

(1)では、歩行中のスリップ、つまずき及びよるめきによる同一平面上での転倒、階段及びステップからの転落やその上での転倒の原因、特に身体能力低下やバランスの面から調査する。(2)では、アナログ出力用の筋電計

回路及び音響用センサを用いた心拍計回路を作成しその動作を試験する。(3)では、導入希望のシステムを靴の中敷や靴底などへの設置方法について実験で検証する(図1)。(4)では、(3)の結果から足圧分布の差が表れている部分に薄型圧力センサで計測できる簡易なシステムの構築に取り組む。(5)では、(4)のシステムを使用したフィールド実験を行い、システムの有用性について検討する。

実験の被験者は雪道歩行に慣れている4名(A～D)と不慣れな4名(E～H)の計8名で行った。実験被験者に対し、事前に実験の方法と意義および情報の取り扱いについて説明し、同意を得て行う。具体的には個人情報保護法に基づき、①利用目的の特定、②利用目的による制限、③適正な取得、④取得に際しての利用目的の通知等、⑤データ内容の正確性の確保、⑥安全管理措置、⑦第三者提供の制限、⑧保有個人データに関する事項の公表等、の各項目について紙面を使用して被験者に対して説明する。センサ類のケーブルの長さ制限があったため、歩行数は10歩(左右5歩)とした。

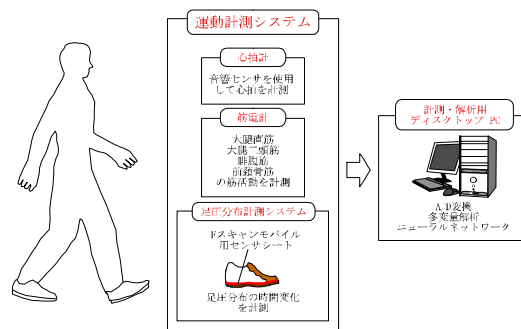


図1 実験システム

4. 研究成果

足圧分布の計測結果の例を図2に雪道に慣れている被験者、図3に雪道に不慣れな被験者の乾燥路と積雪凍結路面を歩行した結果をそれぞれ示す。なお、各図の(a)は乾燥路の踵接地時、(b)は積雪凍結路の踵接地時、(c)は乾燥路の設置面積最大時、(d)は積雪凍結路の接地面積最大時の足圧分布を示し、足圧[kPa]が小さい時青色、高い時赤色を示す。雪道凍結路に慣れている被験者、図2(a)と(b)より足の接地の仕方は乾燥路も雪道凍結路もあまり違いがない。しかし、足圧分布では、(c)に比べ(d)は踵と母指球に荷重が小さい。被験者は雪道凍結路では乾燥路に比べ歩行時に地面を蹴る力を小さくし、滑らないような歩行をしていると考えられる。また、雪道凍結路を歩き慣れている他の被験者にも同様の傾向がみられた。

雪道凍結路に歩き慣れていない被験者は、図3より図2の被験者と同様に左右両足の接

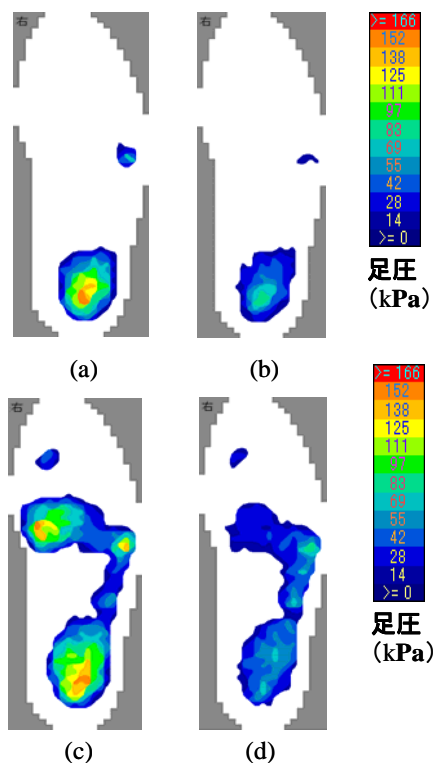


図2 雪道に慣れている被験者の足圧分布

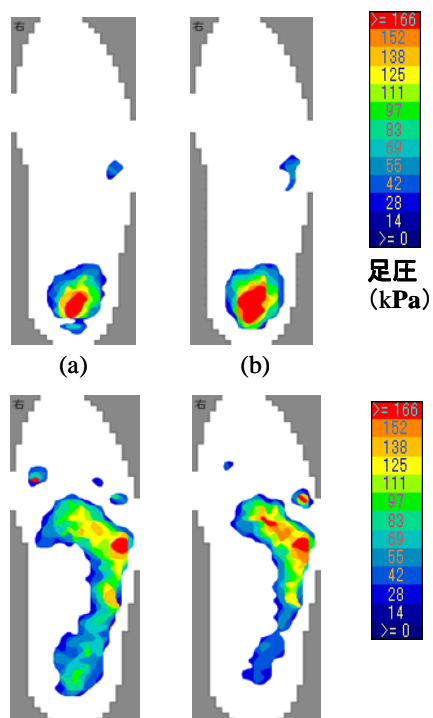


図3 雪道に不慣れな被験者の足圧分布

地の仕方あまり違いがみられない。また足圧分布では、(a)に比べ(b)は踵と母指球への荷重が小さいが、図2の被験者のようにはっきりとした違いはみられない。図3の被験者は雪道凍結路では、歩行時の地面の蹴り

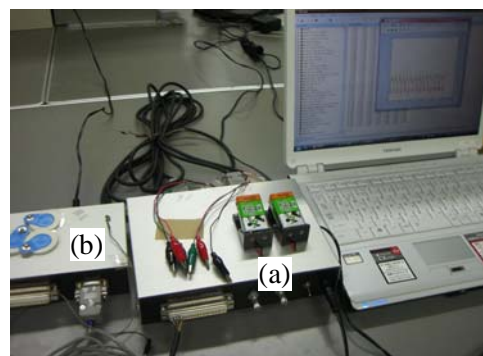


図4 (a)筋電計と(b)心拍センサ

方は図2の被験者と異なり乾燥路面を歩行するときと同様に、踵と母指球に荷重が掛かるような蹴り方をしている。また、雪道凍結路を歩き慣れていない他の被験者にも同様の傾向がみられた。

これらの結果から、次の知見を得た。

- (1) 乾燥路と雪道凍結路での歩行の違いと雪道に慣れている人と慣れていない人の歩行の違いを評価出来た。
- (2) 歩行時に荷重が掛かる箇所を検出出来た

これらより、雪道で滑らないような歩行の指導法の確立や雪道で滑らないような高性能靴の開発への応用の可能性を得た。

次に、筋電アンプ IC(型番:NB6101HS、ナプテスコ(株))をベースとした表面筋電計を作成した(図4(a))。このアンプは、増幅器、ハイパス・ローパスフィルタ機能及び全波整流平滑化回路を内蔵したハイブリッド IC であり、電源ノイズの影響が少ない。本件では、左右の大腿直筋、大腿二頭筋、腓腹筋、前頸骨筋の筋活動を計測し、解析することによって疲労を推定した。同時に、低周波帯域の音を計測できる音響センサを使用し(図4(b))、運動中の心拍の時間変化を計測し、筋電計の結果とともに周波数解析を行うことによって疲労を推定した。筋電計および心拍センサの計測結果から、乾燥路面および雪道凍結路を歩行した際の客観的な疲労を推定することは出来なかった。この原因は、計測システムのケーブルの長さ、特に足圧分布システムのケーブル長が短かったために歩数が限定され長時間の計測が出来なかったためである。この解決策は、計測システムを無線化することである。また、関連研究として心拍を用いた自動車運転者の疲労解析を本音響センサで行い、成果を発表した。

以上の結果から、超薄型フィルム状力センサ(FlexiForce ボタンセンサ・ニッタ(株))をベースとし、足圧分布に着目したポータブル型計測システムを構築した。このセンサを足圧分布システムの結果から左右足の踵と母指球に設置し、乾燥路および積雪凍結路で実

表1 歩行周期

	被験者	周期[s]	
		乾燥	積雪
左足	A	1.23	1.22
	B	1.17	1.15
	C	1.27	1.29
	D	1.41	1.19
	E	1.27	1.29
	F	1.28	1.34
	G	1.30	1.38
	H	1.24	1.34
右足	A	1.25	1.22
	B	1.16	1.12
	C	1.23	1.27
	D	1.37	1.19
	E	1.24	1.30
	F	1.30	1.30
	G	1.28	1.40
	H	1.24	1.30

験した。この計測結果から求めた歩行周期を表1に示す。表1より、雪道凍結路に歩き慣れている被験者4人中被験者Cを除く3人が乾燥路面に比べ雪道凍結路で左右両足の歩行周期が短くなっていることがわかる。これは、路面が滑るため狭い歩幅で歩行していると考えられる。一方、雪道凍結路を歩き慣れていない被験者全員が歩行周期は長くなっていることがわかる。これは、被験者が雪道凍結路を歩き慣れていないのでゆっくり歩行したため歩行周期が長くなったと考えられる。

一方、雪凍結路面を歩き慣れている被験者4人は雪道凍結路では乾燥路に比べ、左右両足の踵から母指球を接地するまでの時間と母指球から母指を接地するまでの時間が長くなっている傾向がある。これより、立脚期が長くなっていることが考えられる。また、表3の被験者Bの右足の2歩目は母指を接地していなかったため母指球接地から母指接地までの時間を求めることが出来なかった。同様に、雪道凍結路を歩き慣れていない被験者4人の右足は雪道凍結路において乾燥路に比べそれぞれの接地までの時間が長くなっている傾向がある。しかし、この4人の左足をみると雪道凍結路において乾燥路よりも踵から母指球を接地するまでの時間が、2歩目と3歩目の両方で短くなっている傾向がある。これは、足底が地面と水平に近い状態で踵を接地し始めているためだと考えられる。

これらより、雪道凍結路に歩き慣れている被験者AからDは雪道凍結路において乾燥路よりも足底の接地を慎重に行っているため立脚期は長くなるが、足関節を背屈させないような狭い歩幅で歩行をしているために遊脚期が短くなり、結果的に歩行周期が短く

なつたと考えられる。また、雪道凍結路を歩き慣れていない被験者EからHは、雪道凍結路において乾燥路よりも足底の接地を慎重に行っているため立脚期は長くなり、足関節を背屈させないような小刻みな歩行をしていると考えられるが、雪道凍結路を歩き慣れていないために、歩行速度が遅くなり遊脚期も長くなっていると考えられる。このような歩行をしているため、被験者EからHの4人は歩行周期が長くなったと考えられる。

従来、歩行に関する研究は大規模かつ高価なシステムを使用するため、導入・使用できる場所は医療施設や研究施設に限定される。さらに、雨で湿った路面や雪の積もった路面のような環境下での実験は装置等の故障も考えられ、使用することは非常に困難である。このため、屋外での歩行や昇降運動に関する研究・調査はほとんど報告されていない。

本件で提案する計測システムは次の特色を持つ。

- (a)3つの異なる装置を同期させ、歩行や昇降運動の計測が可能。
- (b)屋外での計測実験が可能。
- (c)降雨や積雪時の歩行や昇降運動を解析・評価が可能

特に(b)及び(c)を実現することによって、実際の歩行や昇降動作のメカニズムが明らかになり、転倒・転落の未然防止のための下肢運動を筋電計および足圧分布計測システムから科学的に見出すことができる。また、筋電計と心拍計の結果を使用することによって、運動中におけるヒトの疲労解析も可能となる。本件で提案する計測システムと歩行及び昇降動作の解析は独創的なアプローチである。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計2件)

- ①森泉朋也、穂苅真樹、異なる路面状況下におけるドライバーの心拍計測と解析、日本機械学会 2009 年度年次大会、2009.9.14、岩手大学
- ②森泉朋也、穂苅真樹、路面状況の異なる道路を運転したドライバーの心身状態の評価、日本機械学会ジョイント・シンポジウム 2008 スポーツ工学シンポジウム/シンポジウム: ヒューマン・ダイナミクス、2008.11.6、秋田県生涯学習センター分館・ジョイナス

6. 研究組織

(1) 研究代表者

穂苅 真樹 (HOKARI MASAKI)

秋田大学・工学資源学部・講師

研究者番号: 20375223