

平成12年度

高知工科大学 工学部 知能機械システム工学科

卒業論文

歩行リハビリテーションにおける人体と
歩行器間距離の測定

学籍番号： 1010161

氏名： 武長 誠治

指導教員： 河田 耕一



研究の状況

1・はじめに

療法士を助け、効率的、効果的にリハビリテーションを行う自律歩行支援器では患者の安全確保が重要である。患者の歩行状況を把握し転倒に至らないよう、未然に歩行支援器を停止させなくてはならない。危険な状態の一つとして歩行器の走行に取り残される場合がある。距離センサによって患者と歩行器の間隔をモニターすることが望ましい。このためセンシング方式と測定部位について検討した。

2・実験方法

歩行支援器として緊急ブレーキを付加したりモテックス社製MCW、センサとしてキーエンス社製超音波およびレーザセンサを用いた。センサの仕様を表1に示す。センサを歩行器前部に身体の各部位に対して正面から測定波が照射されるように取り付け、信号をレコーダで記録した。実験状況を図1に示す。

3・センシング方法の検討

超音波センサとレーザセンサを比較した。レーザは直接皮膚に当てれば反射は良好だが、服装によって反射光が帰りにくく、また、しわなどによって反射方向が一定しない。距離測定精度は良く測定波の広がりが少ないが、反射板を患者に取り付け反射を補助する必要がある。超音波は測定範囲が広く衣類からでも良好に反射する。しかし広がりが大きいのでそのための考慮が必要である。総合的に超音波センサが適当と判断した。

4・超音波センサによる実験

健常者に近い回復期の患者、よちよち歩きの訓練初期の患者を被験者がシミュレートし測定を行った。図2は各々の正常歩行時の歩行に伴う身体各部位の距離変動信号例を示す。また、図3は取り残され時の距離変動信号を正常歩行と対比して示したものである。図4に取り残され時の信号記録例を示す。

4 - 1 回復期の患者

正常歩行の場合、歩行に伴う距離変動信号が身体各部位から得られ、図2a)のように腹部から脛へと計測位置が下に行くにつれて変動量が大きくなる。取り残された場合、下腹部・腹部は上体の反りかえりが測定エリアに入るるので信号変化が図4a)のように小さい。また太股では信号が安定せず取り残されを特定しづらい。膝や脛では信号が安定しているので、図4b)のように正常歩行からのずれを読み取ることができる。

4 - 2 訓練初期の患者

正常歩行の場合、腹部から脛へと計測位置が下に行くにつれて信号が安定しない。原因は図1のように腰が引けた状態なので脛や膝までの距離が遠くなり、反射波が帰りにくいためと考えられる。下腹部・腹部の位置は正常歩行でほぼ一定であるため、図4c)のように取り残され始めたときに信号が急激に変化し感知しやすい。一方、歩行器に寄りかかるような姿勢で足を引きずるようにして歩いたため太股・膝・脛では図4d)のように信号が安定せず取り残され始めた場所を特定しにくい。

5・まとめ

- 1) 回復期では歩行の周期が安定し、距離変動を感知しやすいので脛・膝を計測することが良い。さらに歩行周期のずれも検出すれば、より精度は上がると考えられる。
- 2) 訓練初期では足腰が弱く立つのもやっとなので、歩幅も小さく不安定なので脛・膝での計測は困難であるため、下腹部・腹部など正常歩行での距離変動の比較的小さい部分を測定することが良い。変化の微分値を加えればさらに精度は上がると考えられる。

表1 センサの仕様

	超音波センサ UD-320	レーザセンサ LK-500
測定範囲	200~1300mm	200~750mm
分解能	1mm	50μm
測定エリア	500mm のとき 130mm	500mm のとき 0.3mm



図1 実験状況

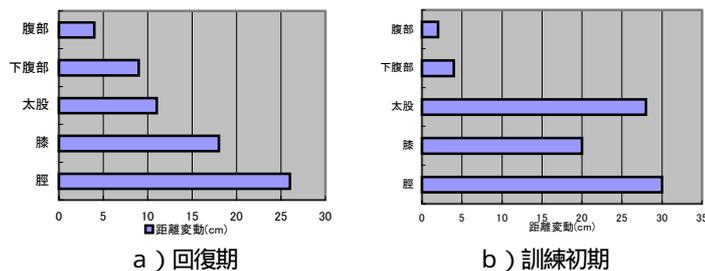


図2 正常歩行時の距離変動信号例

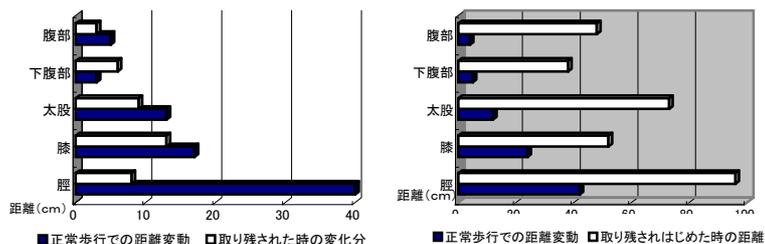


図3 取り残され時の距離変動信号例

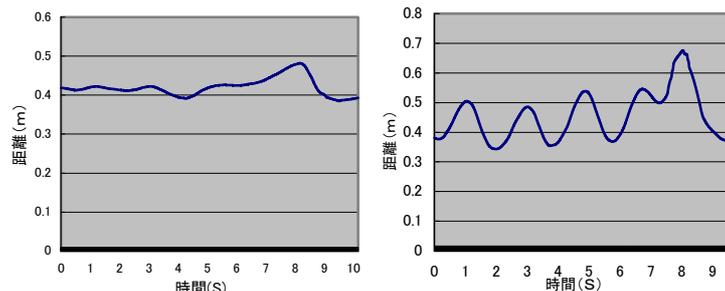


図4 取り残され時の測定例

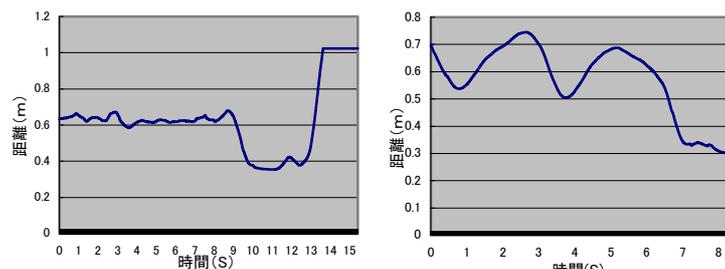


図4 取り残され時の測定例

図4 取り残され時の測定例

目次

第1章 緒言	P1
1, 1 本研究の内容	
1, 2 本研究の目的	
第2章 実験と結果	P2~4
2, 1 実験条件	
2, 2 センシング方法の検討	
2, 3 超音波センサによる実験	
2, 4 測定結果	
2, 5 回復期の患者	
2, 6 訓練初期の患者	
第3章 結言	P5
表1 センサの仕様	P6
図1 実験状況	P6
図2 両センサの信号例	P7
図3 回復期 正常な歩行の信号例	P8~10
図4 回復期 取り残され時の信号例	P11~13
図5 訓練初期 正常な歩行の信号例	P14~16
図6 訓練初期 取り残され時の信号例	P17~19
図7 身体各部位の距離変動	P20

第1章 緒言

1, 1 本研究の内容

高知県は国内有数の高齢県であり、医療、福祉介護、健康増進分野における研究のニーズは非常に高い。本研究はこのような分野に関連して行われている知能機械システム工学の学科プロジェクトの一部として、高齢化社会がより豊かなものになるために何らかの貢献をすること、同時に、今後市場が拡大していくと見られているこれらの分野において新しい産業を生み出すための技術を育てることなどを目的としている。ここでは歩行訓練器の安全装置に関連して研究をおこなった。

1, 2 本研究の目的

現在の歩行リハビリテーションは療法士が付きっきりで、人手や手間がかかる。また、自由な時間にリハビリテーションができないなど数々の問題点がある。このため、療法士を助け、効率的、効果的にリハビリテーションを行う自律型歩行支援器の開発を行っている。しかし患者が自律してリハビリテーションを行うということは事故が起こる可能性がある。つまり自律型歩行支援器の開発には患者の安全確保が重要になる。患者の歩行状況を把握し転倒に至らないよう、未然に歩行支援器を停止させなくてはならない。この危険な状況のひとつとして歩行器の走行に患者が取り残される場合がある。これらの危険状態を観察するためには距離センサによって患者と歩行器の間隔をモニターすることが望ましい。このため身体のセンシング方法と測定部位について検討した。

第 2 章 実験と結果

2 , 1 実験方法

歩行支援器として緊急ブレーキを付加したリモテックス社製MCW、センサとしてキーエンス社製超音波およびレーザセンサを用いて実験を行った。両センサの仕様を表 1 に示す。センサを歩行器前部に身体の各部位に対して正面から測定波が照射されるように取り付け、その信号をレコーダで記録した。実験状況を図 1 に示す。

2 , 2 センシング方法の検討

超音波センサとレーザセンサを比較しどちらのセンサが人体をセンシングするのに適当かを判断した。図 2 は各々のセンサで脛部分を測定した結果だが、レーザセンサは直接皮膚に当てれば反射は良好で出力信号も安定するが、図 2 a)のように服装によって反射光が帰りにくく、また、しわなどによって反射が一定しない。距離測定制度は良く測定波の広がりが少ないという点では良いが、反射板のようなものを患者に取り付け反射を補助する必要がある。また、レーザセンサは測定範囲が狭いため、脛などの歩行に伴う距離変動の幅が広い部位は移動範囲をカバーできない。超音波は測定範囲が広く衣類からでも図 2 b)のように良好に反射する。しかし測定波の広がりが大きいのでそのための考慮が必要である。

以上のことから総合的に超音波センサによるセンシングが適当であると判断した。

2 , 3 超音波センサによる実験

患者の状態を把握しやすいように 2 つのパターンに分けて被験者がシミュレートした。

- 1) 回復期
- 2) 訓練初期

回復期とは健常者に近い程度に歩行できる患者を指し、歩行の特徴として背筋を伸ばした姿勢で歩行する。訓練初期はリハビリテーションを始めたばかりの患者で、歩行器に寄り

かかるように歩く患者を指す。歩行の特徴として足腰が弱いため、足を引きずるようにして歩く。

測定は回復期、訓練初期のいずれの場合も正常な歩行と取り残され時の二つの信号をレコーダで記録し、それぞれを比較した。

2、4 測定結果

図3～6はレコーダから得られた時間と距離の関係を表すグラフである。横軸に時間、縦軸に距離を表わす。

図7は測定結果より求めた各部位における信号の最大値と最小値との差を回復期と訓練初期の二つに分けて表したもので、各部位の距離変動幅を表す。

2、5 回復期の患者

正常な歩行の場合、歩行に伴う距離変動信号が身体各部位から得られ、図7 a)から腹部から脛へと計測位置が下に行くにつれて変動量が大きくなることがわかる。取り残された場合、膝や脛では信号が比較的安定しているので、図4 a)、b)のように正常歩行からの信号のずれを読み取ることが出来る。また太ももでは図4 c)のように信号が安定せず正常な歩行からのずれを読み取ることが出来ないので取り残されを特定しづらい。これは超音波センサの測定エリアが広いため、右足だけでなく左足の太股も測定してしまうためと考える。下腹部・腹部では取り残された時に足はそのままの位置で上半身が歩行器と一緒に前に行くため上体が反りかえり、その反りかえりが検出されるので信号変化が図4 d)、e)のように小さい。

2、6 訓練初期の患者

正常歩行の場合、図5 a)～e)に示したグラフは比較的安定している信号だが、センサからの距離が離れた時に信号が安定していないことが分かる。また腹部から脛へと計測位置が下に行くにつれて信号が安定しない。原因は図1のように腰が引けた状態なので脛や膝までの距離が遠くなり、反射波が帰りにくいためと考えられる。太股では信号がデータを取るたびに信号パターンが変わり、安定しない。これはセンサの測定波の広がりがあるため

あると考える。取り残され時では歩行器に寄りかかるような姿勢で脚を引きずるようにして歩くため太股・膝・脛では図 6 a)、b)、c)のように信号が安定せず取り残されを特定しづらい。特に太股は安定せず、図 7 b)から変動幅も大きいことがわかる。一方、下腹部・腹部の位置は正常歩行でほぼ一定であるため、図 6 d)のように取り残され始めた時に急激に信号が変化し感知しやすい。また、この変化には個人差があり、図 6 e)のように変化が比較的緩やかな場合もあるが正常歩行からのずれも検出できるので取り残されを特定することができる。

第3章 結言

1) 回復期では歩行の周期が安定し、距離変動を感知しやすいので脛・膝を計測することが良い。さらに正常歩行時の歩行周期が脛・膝ともにほぼ一定幅で振幅しているため、歩行周期のずれも検出すれば、単に距離を観察するよりも精度はあがると考えられる。

2) 訓練初期では足腰が弱く立つこともやっとで、歩幅も狭く不安定なので脛・膝での計測は困難である。よって下腹部・腹部など正常歩行での距離変動が比較的小さい部分を測定することが良い。また、正常歩行からのずれを読み取るために距離変化を時間で微分したものを同時に検出すればさらに精度はあがると考えられる。

3) 本研究により自立歩行リハビリテーション支援器における安全装置のための取り残され状態でのセンシング方法を明らかにした。今後の課題として、リハビリテーションを先導するロボットのセンシング、また取り残され状態以外の例えばその場で崩れ落ちる現象などについても同様の実験を行う必要がある。

表 1 センサの仕様

超音波センサ

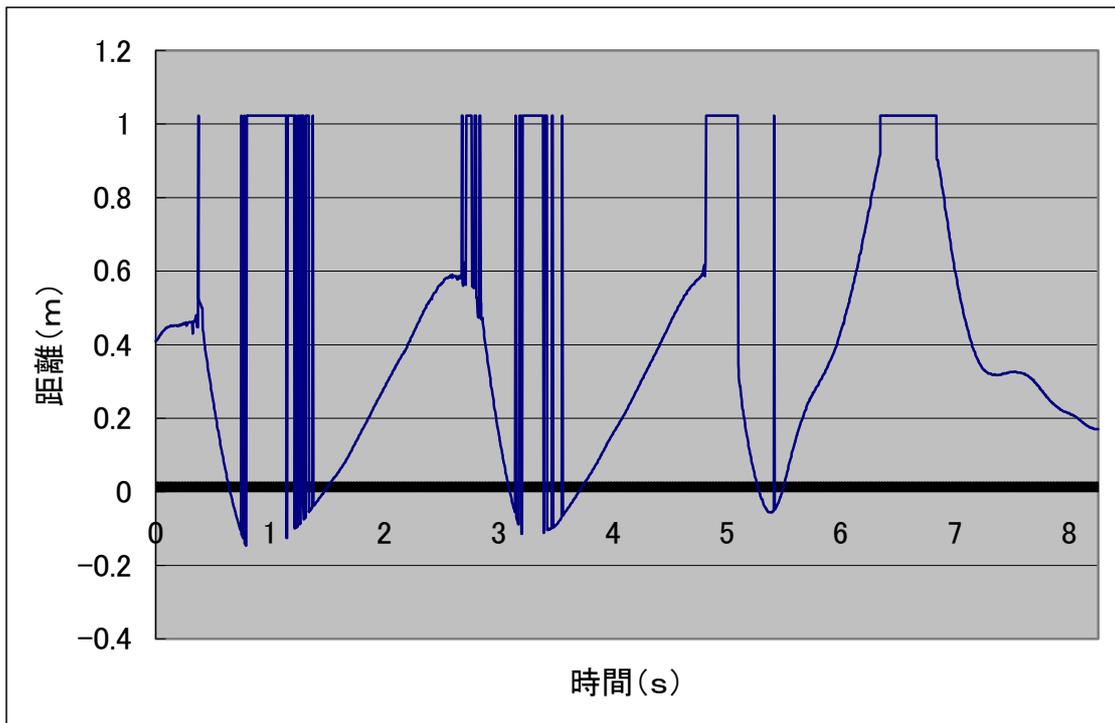
種類	ロングレンジタイプ
型式	UD-320
測定範囲	200mm~1300mm
表示分解能	1mm
指示精度(表示)	±1% of F.S.
出力電流	4~20mA
適用負荷	0~500Ω
分解能	0.08mA

レーザセンサ

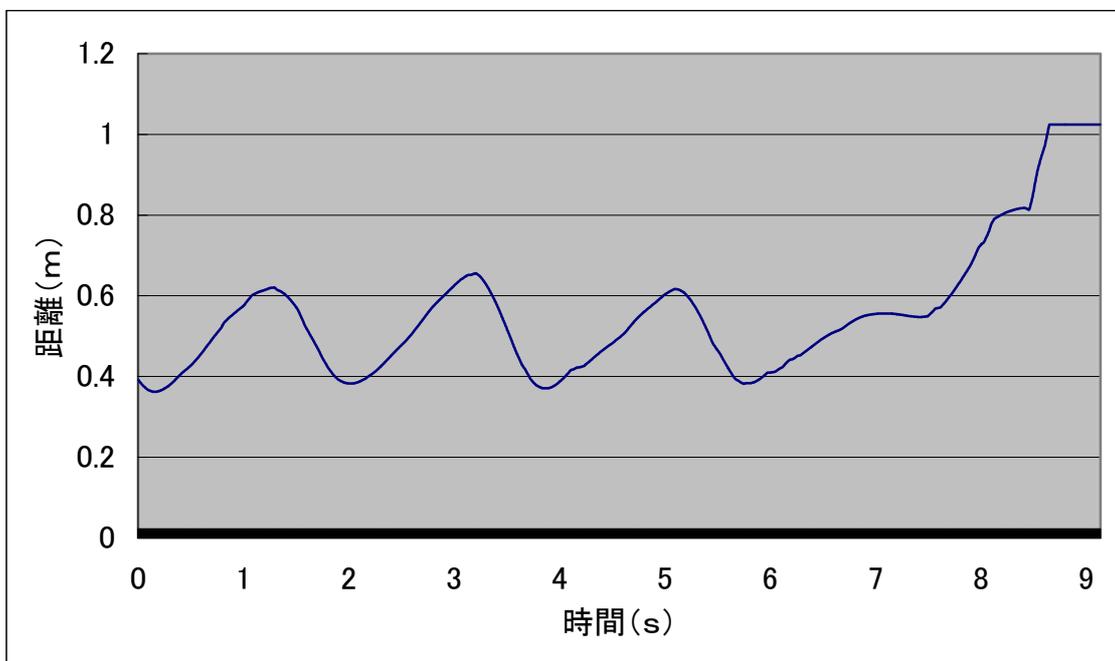
型式	LK-500
測定モード	ロングモード
基準距離	500mm
測定範囲	±250mm
光源	赤色半導体レーザ
波長	690nm(可視光)クラス3 B
出力	最大15w
スポット径	約0.3mm(基準距離に て)
直線性	±0.1% of F.S.
分解能	50μm
アナログ出力	
電圧出力	±5V(50μm/mV)
出力インピーダ ンス	100Ω
電流出力	4~20mA(MAX350Ω)



図 1 実験状況

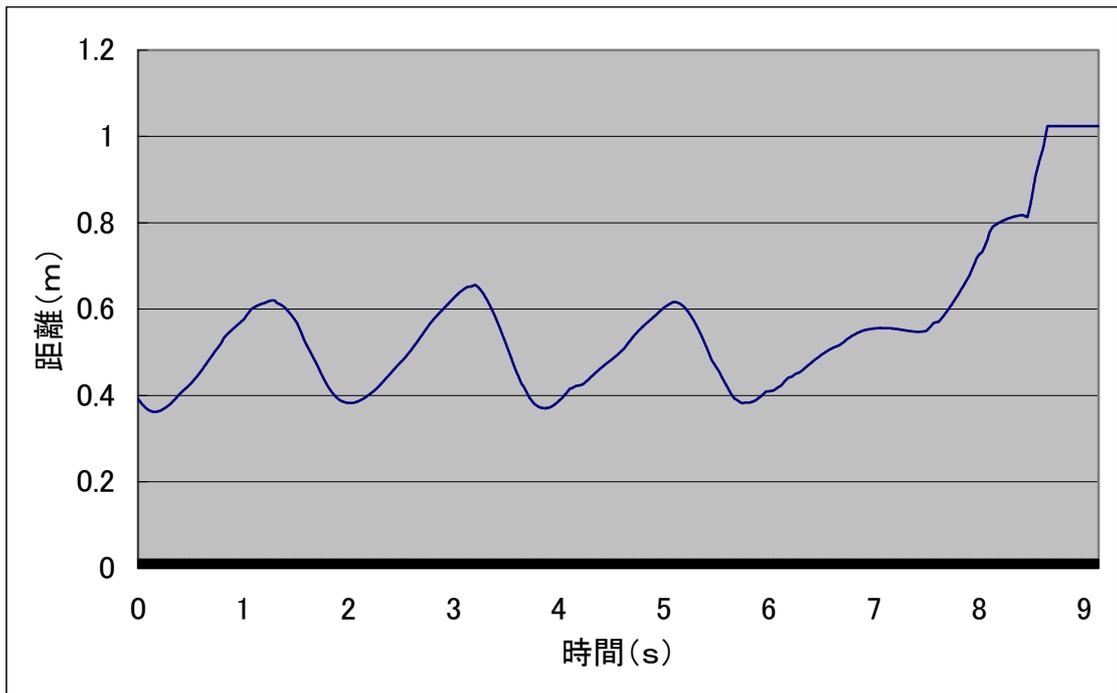


a) レーザセンサ信号例 脛

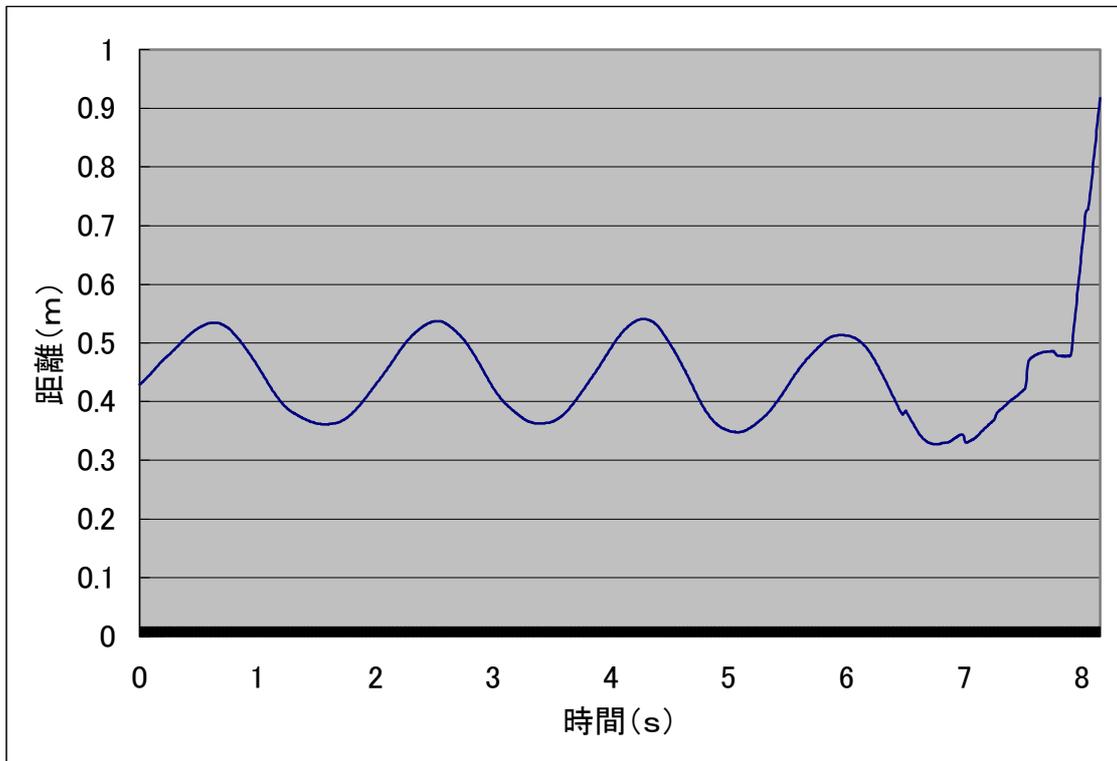


b) 超音波センサ信号例 脛

図2 各センサの信号例

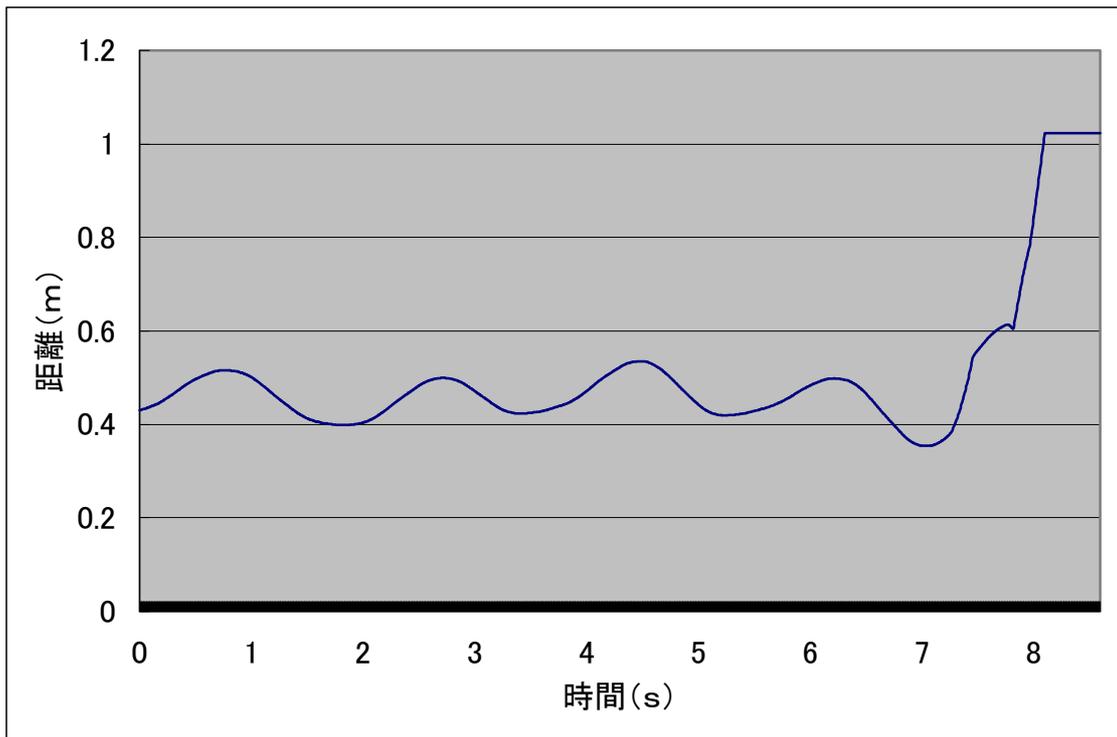


a) 回復期 正常な歩行の信号例 脛

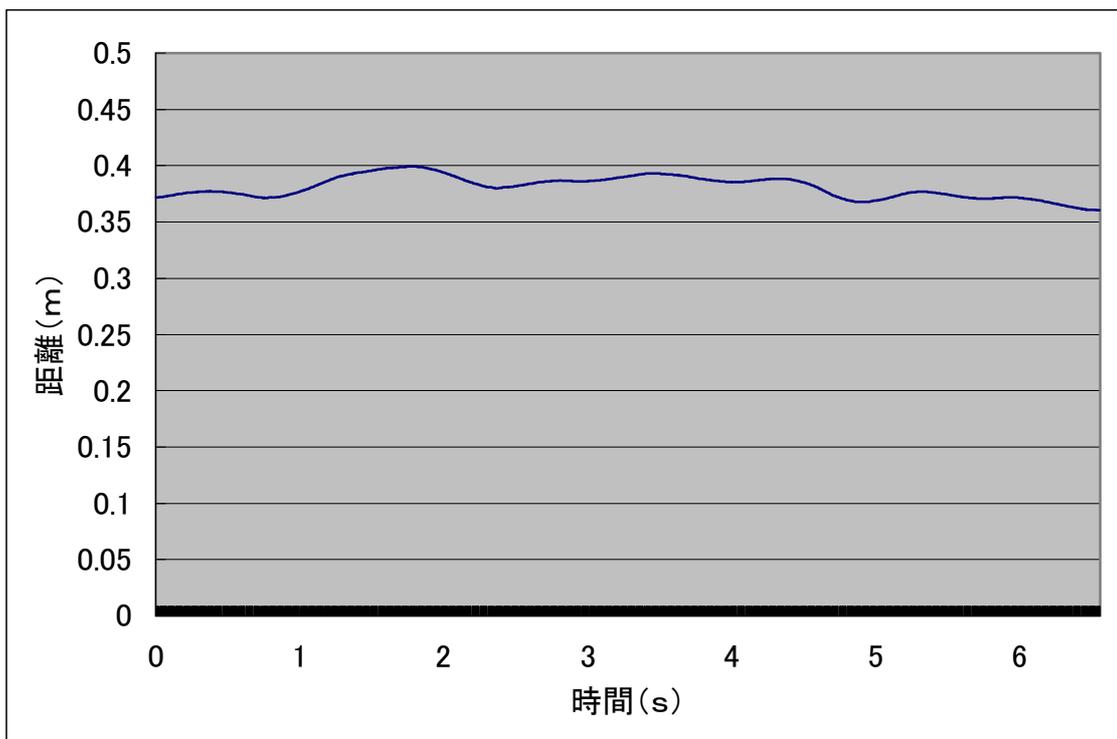


b) 回復期 正常な歩行の信号例 膝

図3(1) 回復期 正常な歩行の信号例

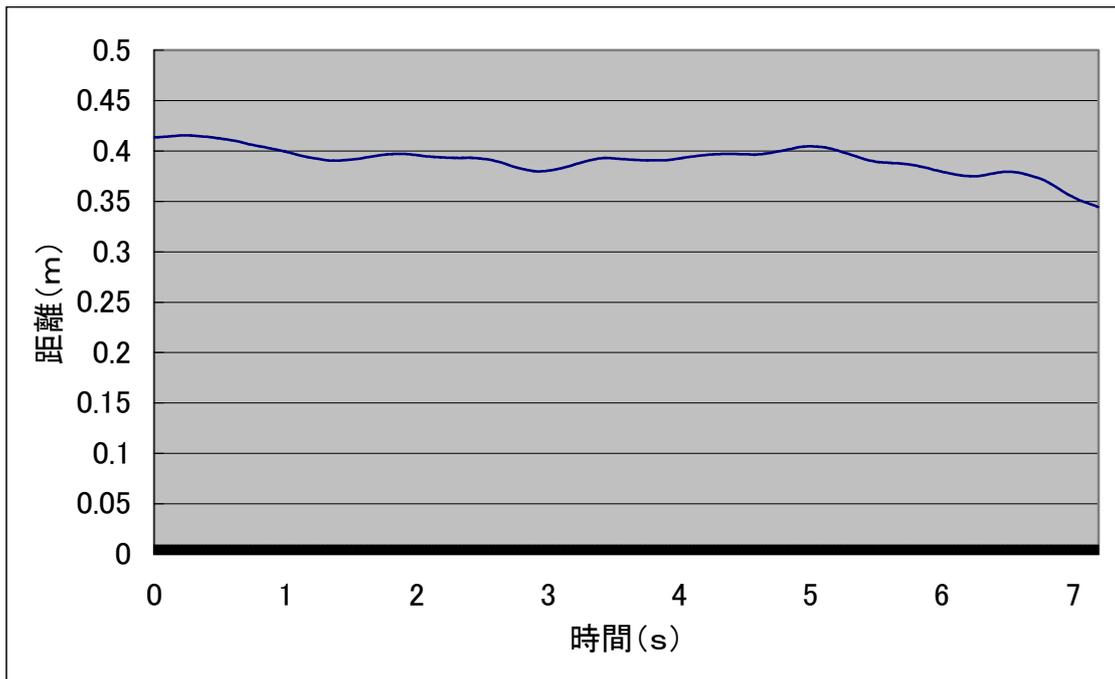


c) 回復期 正常な歩行の信号例 太股



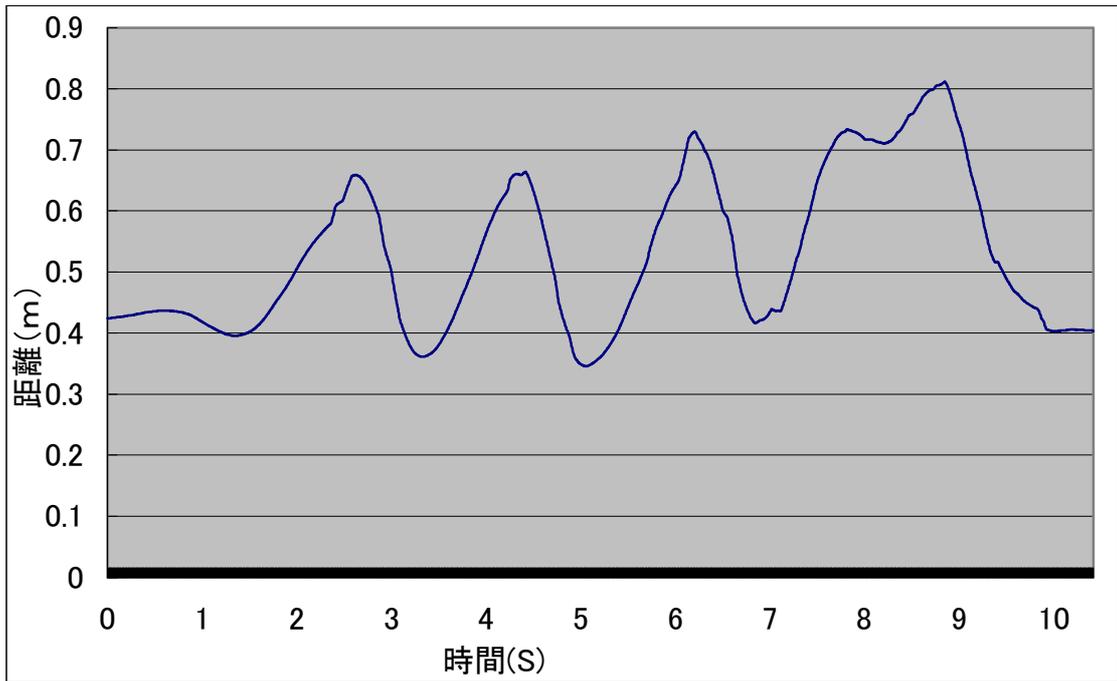
d) 回復期 正常な歩行の信号例 下腹部

図3(2) 回復期 正常な歩行の信号例

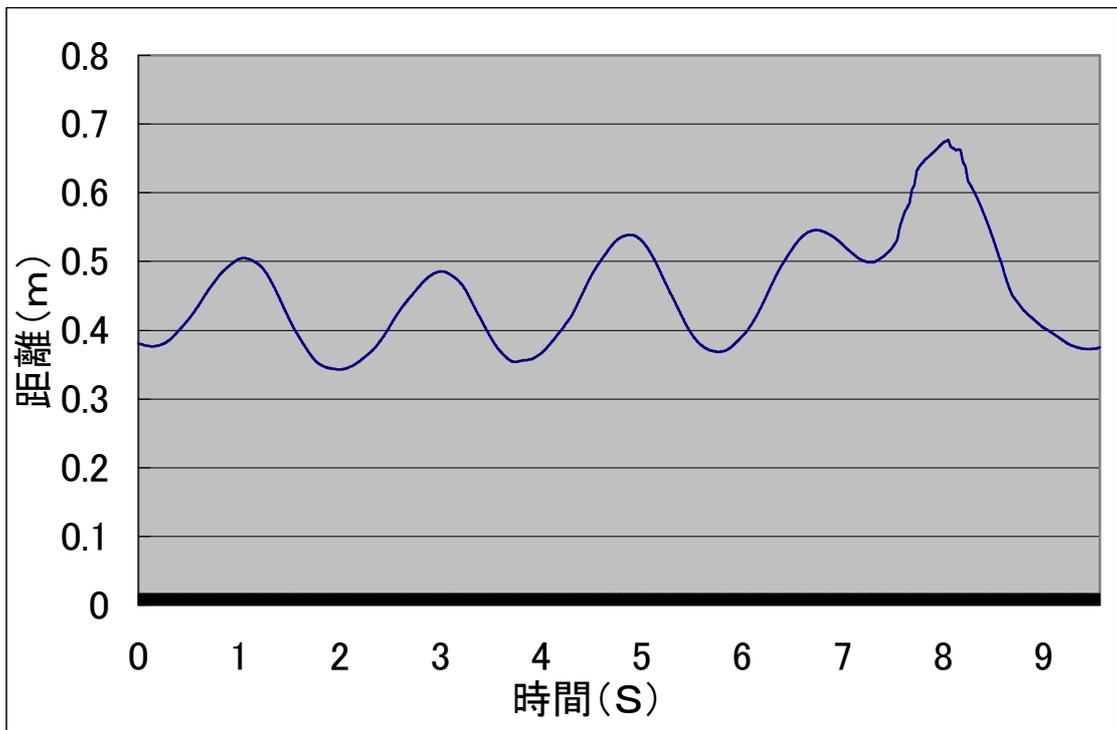


e) 回復期 正常な歩行の信号例 腹部

図3(3) 回復期 正常な歩行の信号例

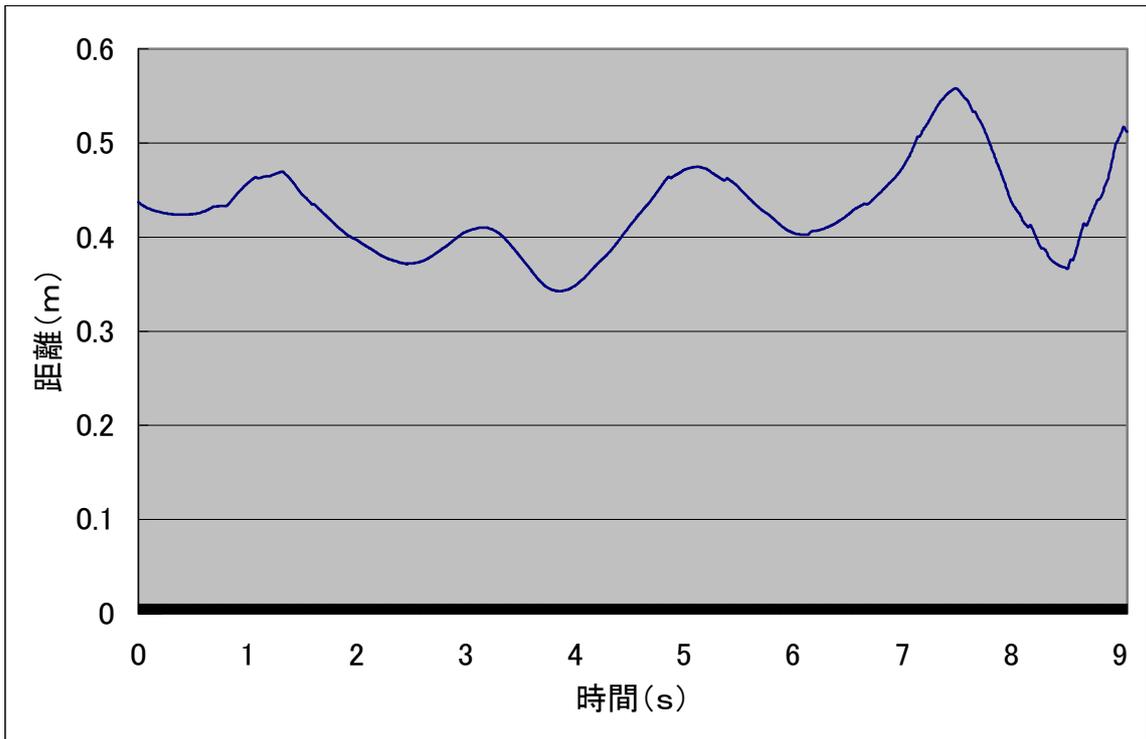


a) 回復期 取り残され時の信号例 脛

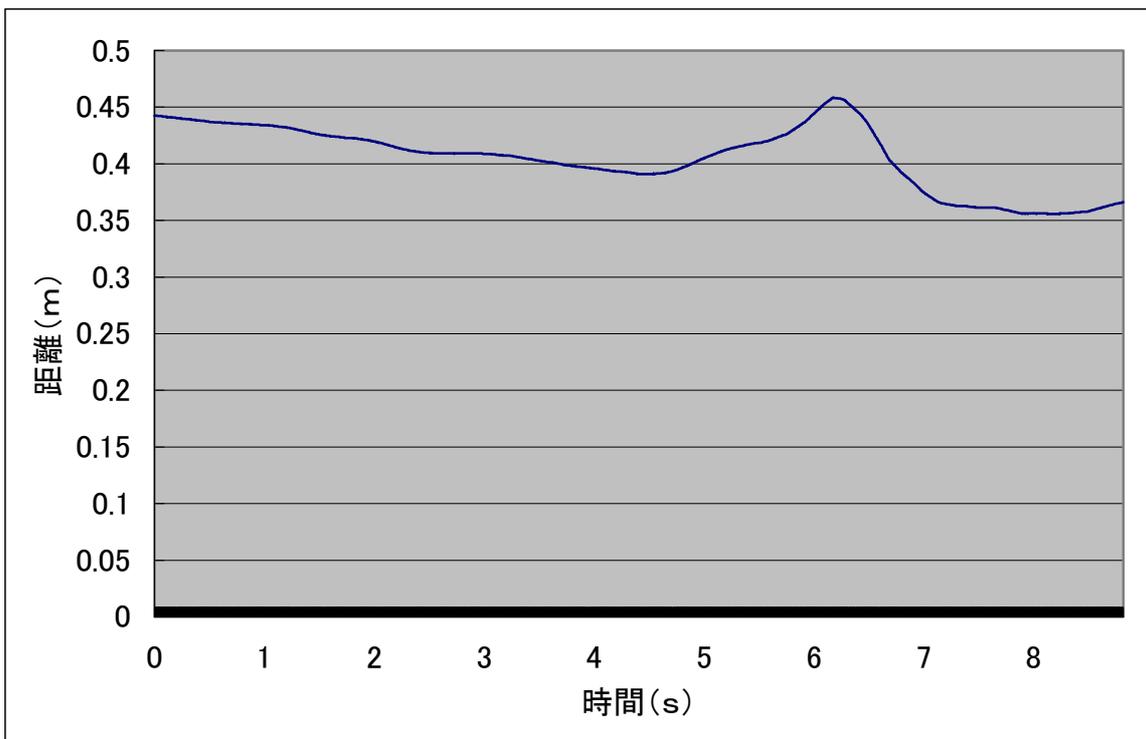


b) 回復期 取り残され時の信号例 膝

図4(1) 回復期 取り残され時の信号例

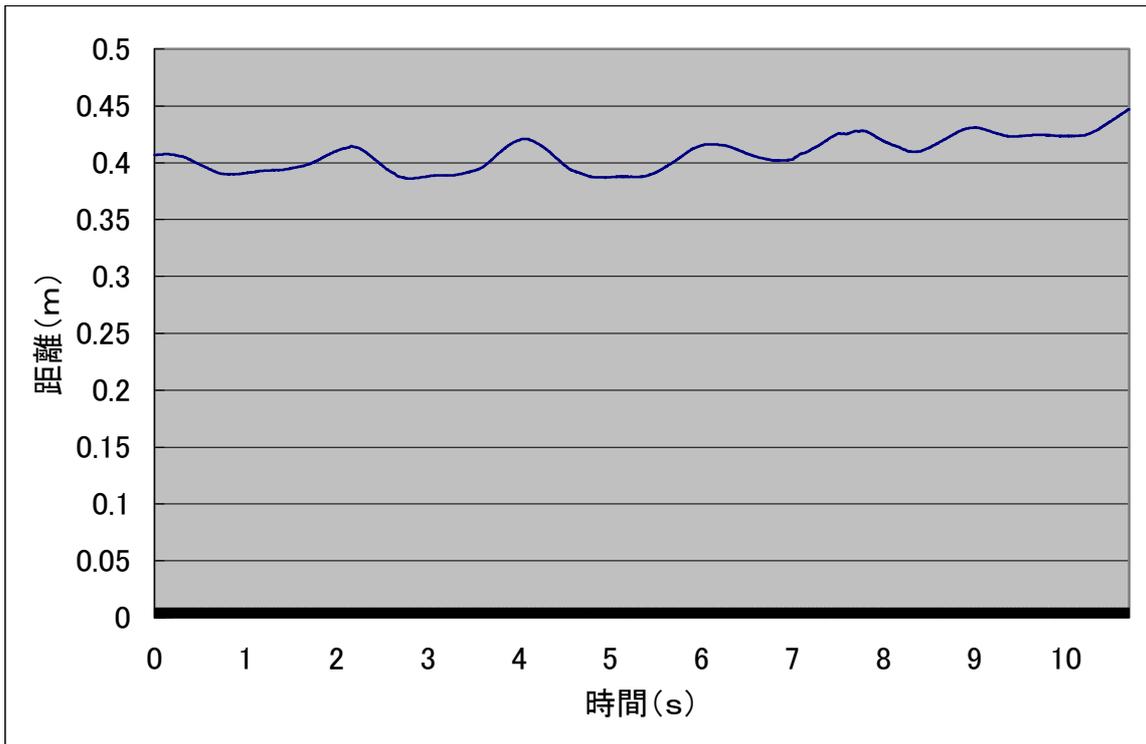


c) 回復期 取り残され時の信号例 太股



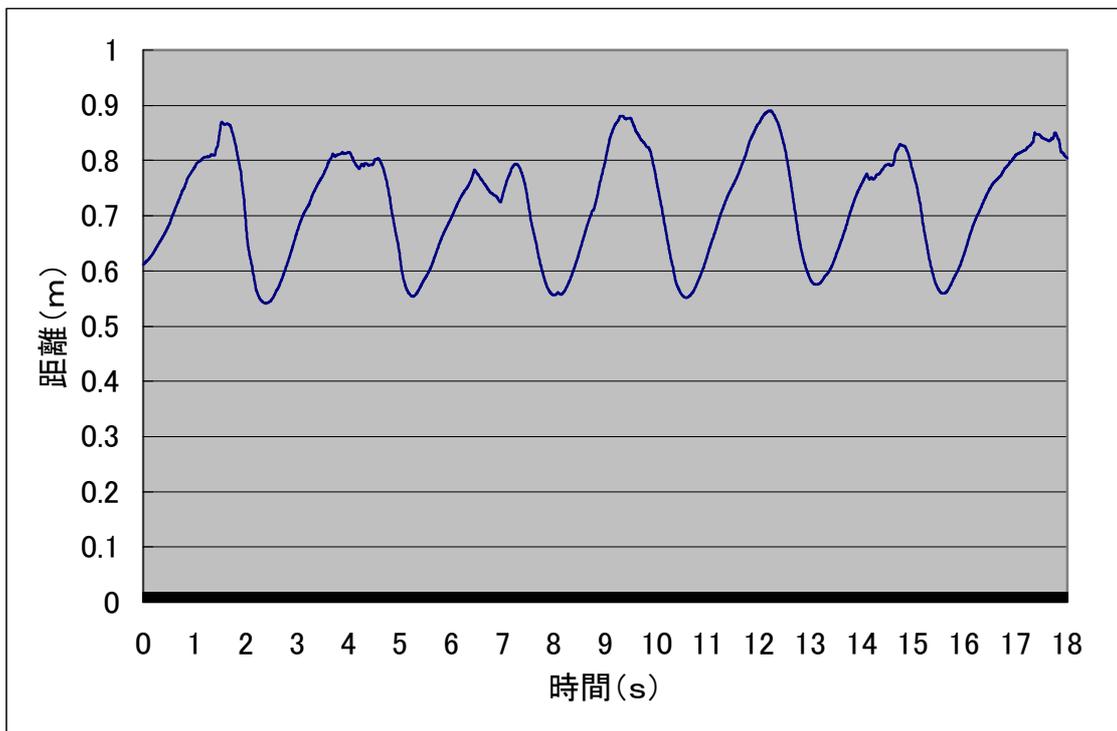
d) 回復期 取り残され時の信号例 下腹部

図4(2) 回復期 取り残され時の信号例

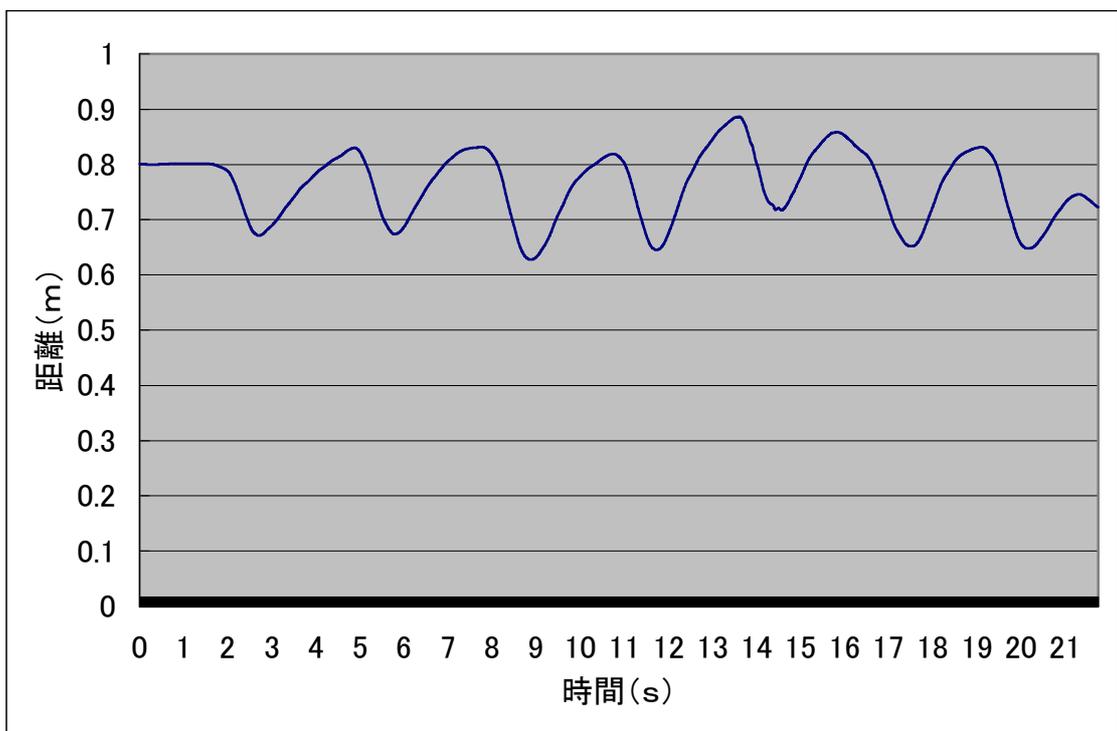


e) 回復期 取り残され時の信号例 腹部

図 4 (3) 回復期 取り残され時の信号例

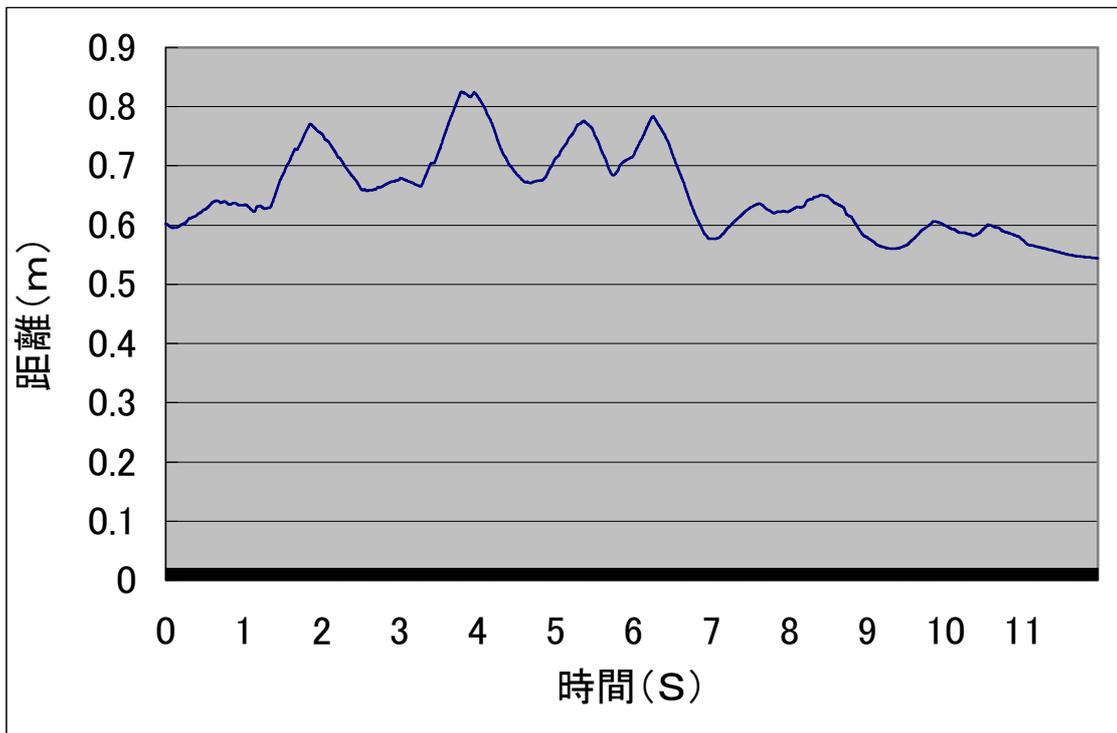


a) 訓練初期 正常な歩行の信号例 脛

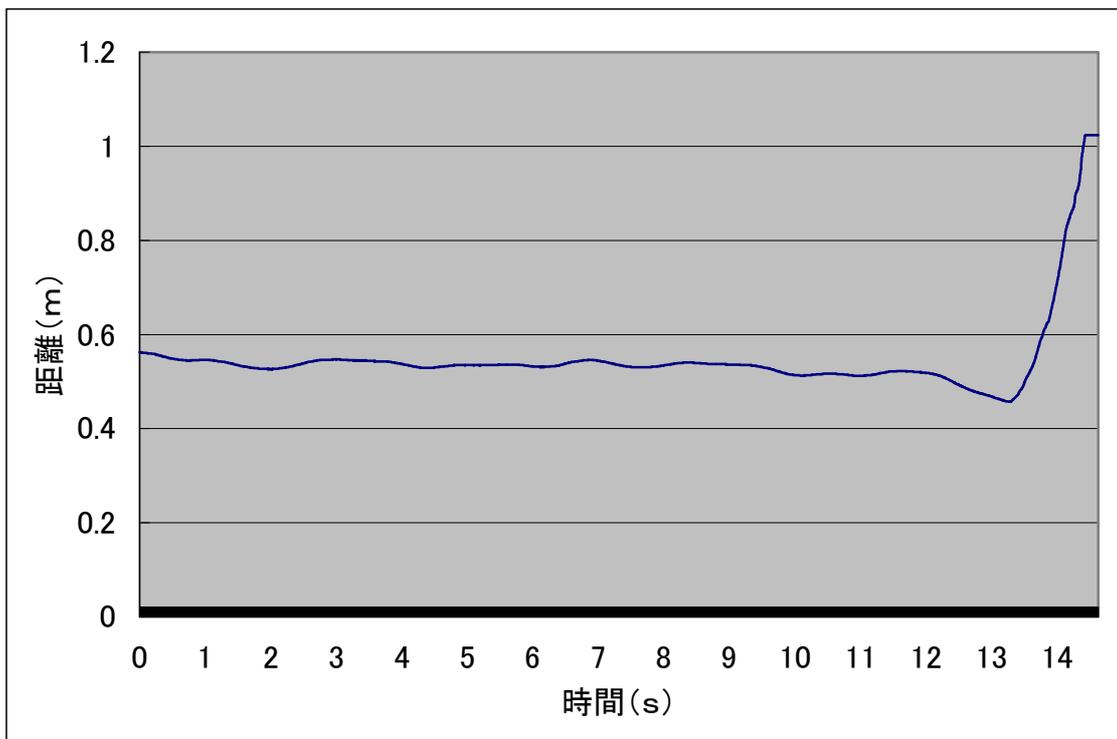


b) 訓練初期 正常な歩行の信号例 膝

図 5 (1) 訓練初期 正常な歩行の信号例

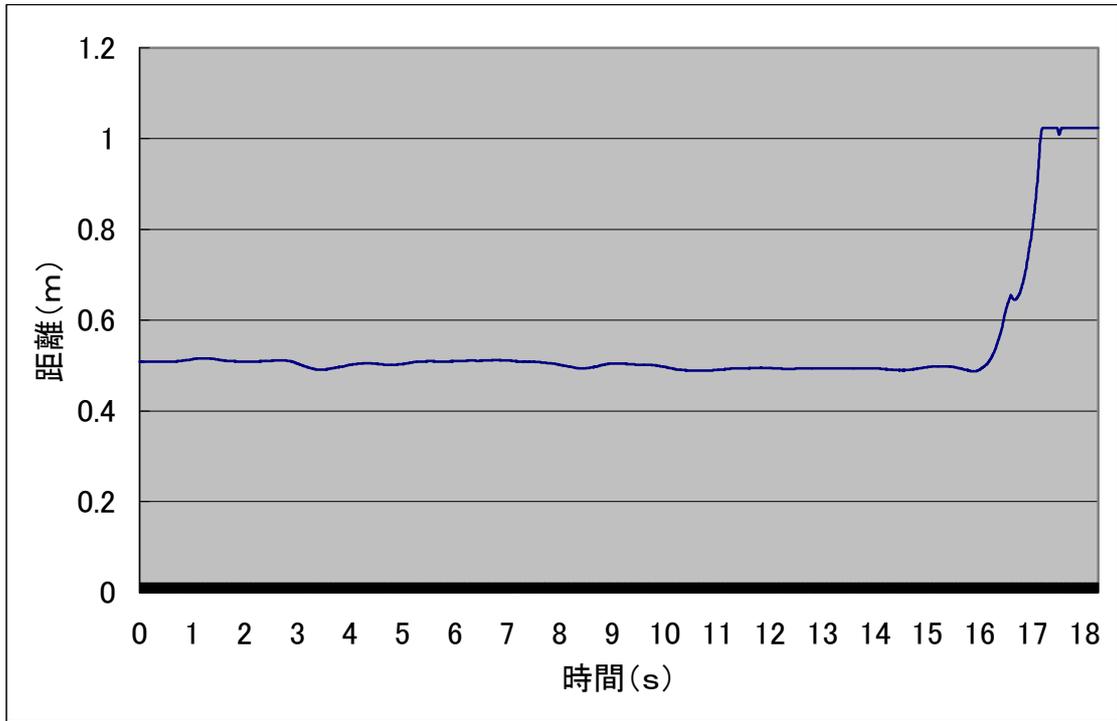


c) 訓練初期 正常な歩行の信号例 太股



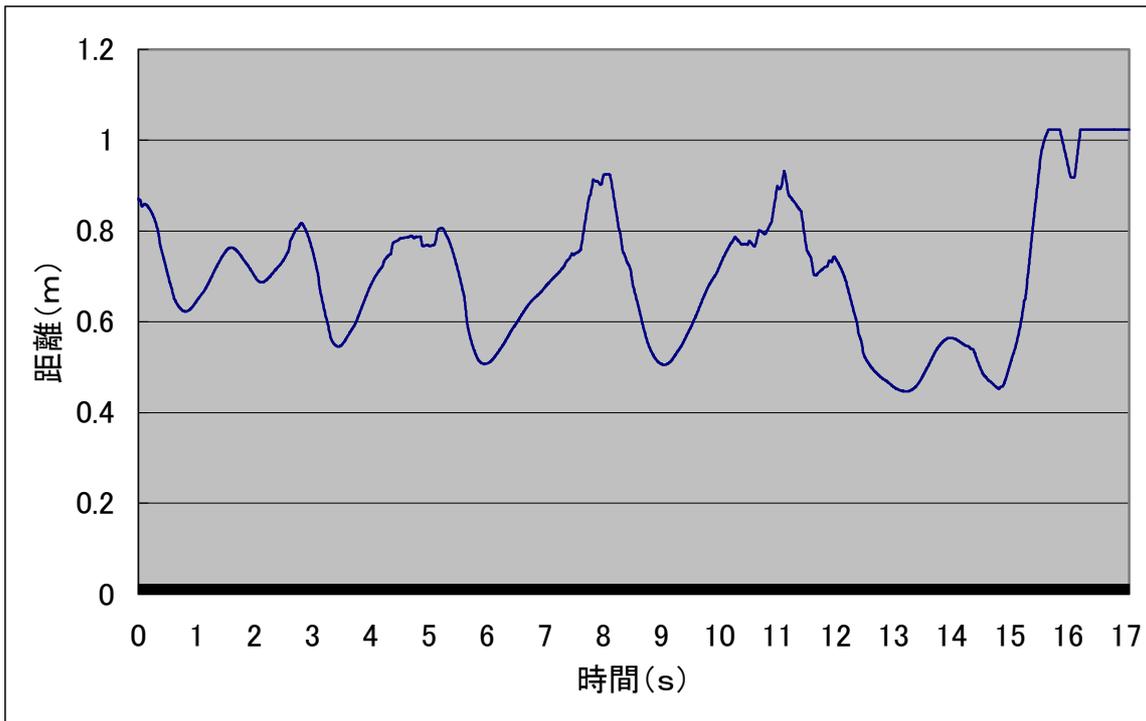
d) 訓練初期 正常な歩行の信号例 下腹部

図5(2) 訓練初期 正常な歩行の信号例

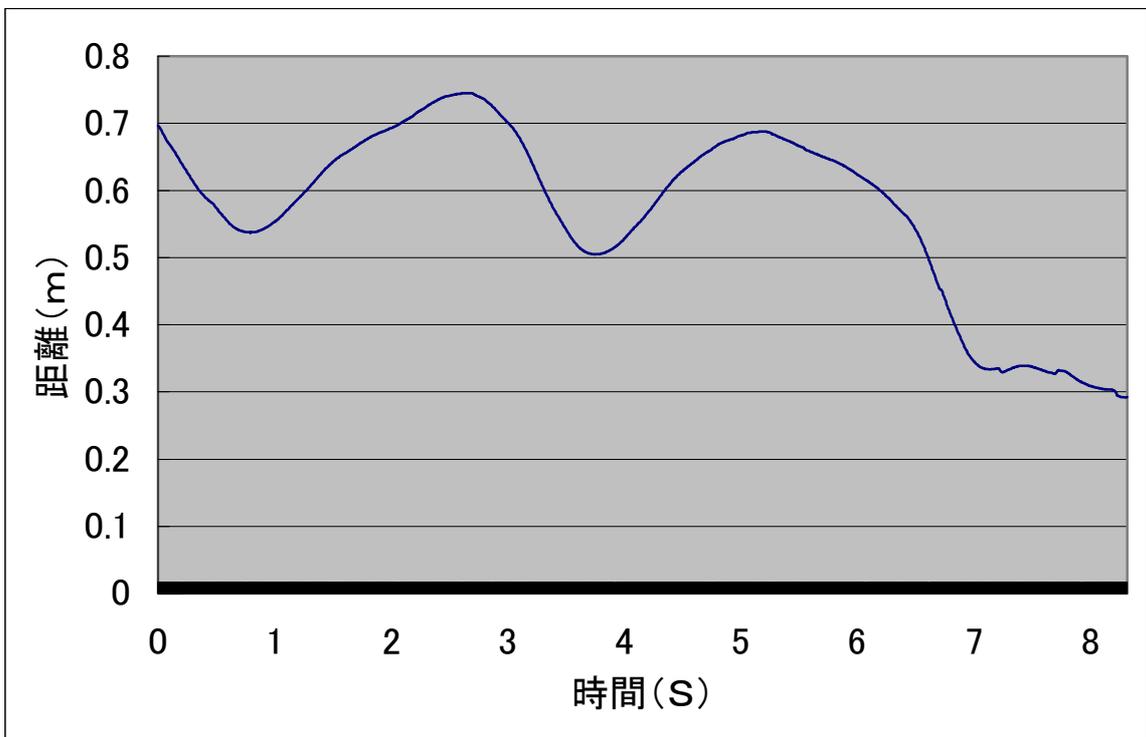


e) 訓練初期 正常な歩行の信号例 腹部

図 5 (3) 訓練初期 正常な歩行の信号例

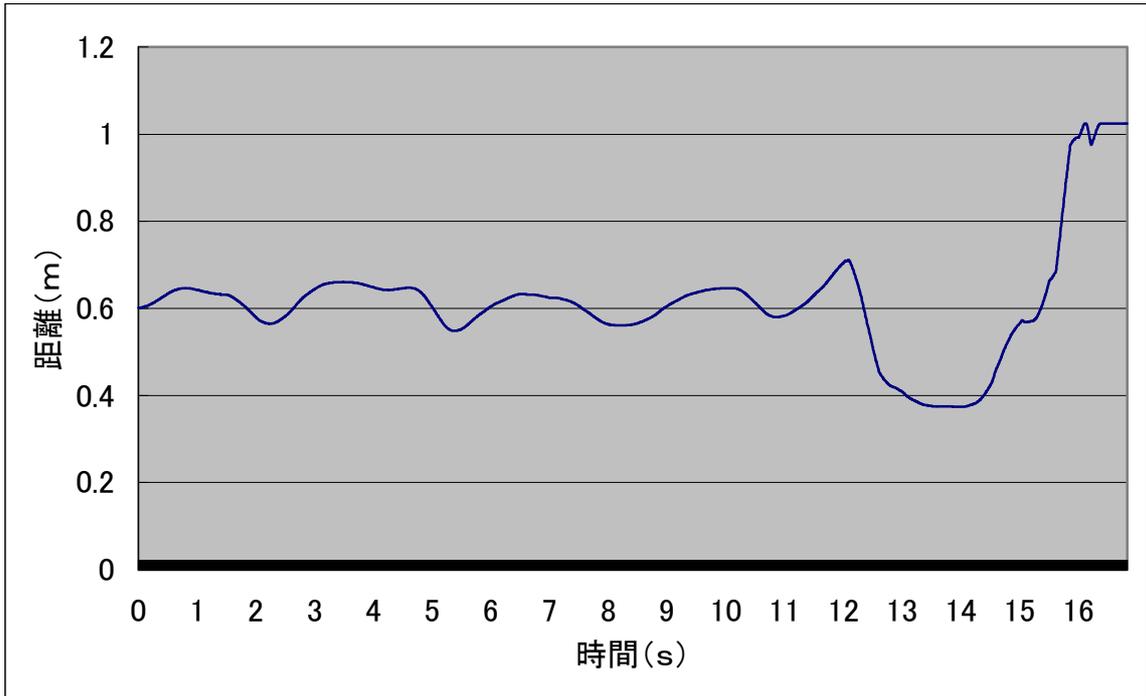


a) 訓練初期 取り残され時の信号例 脛

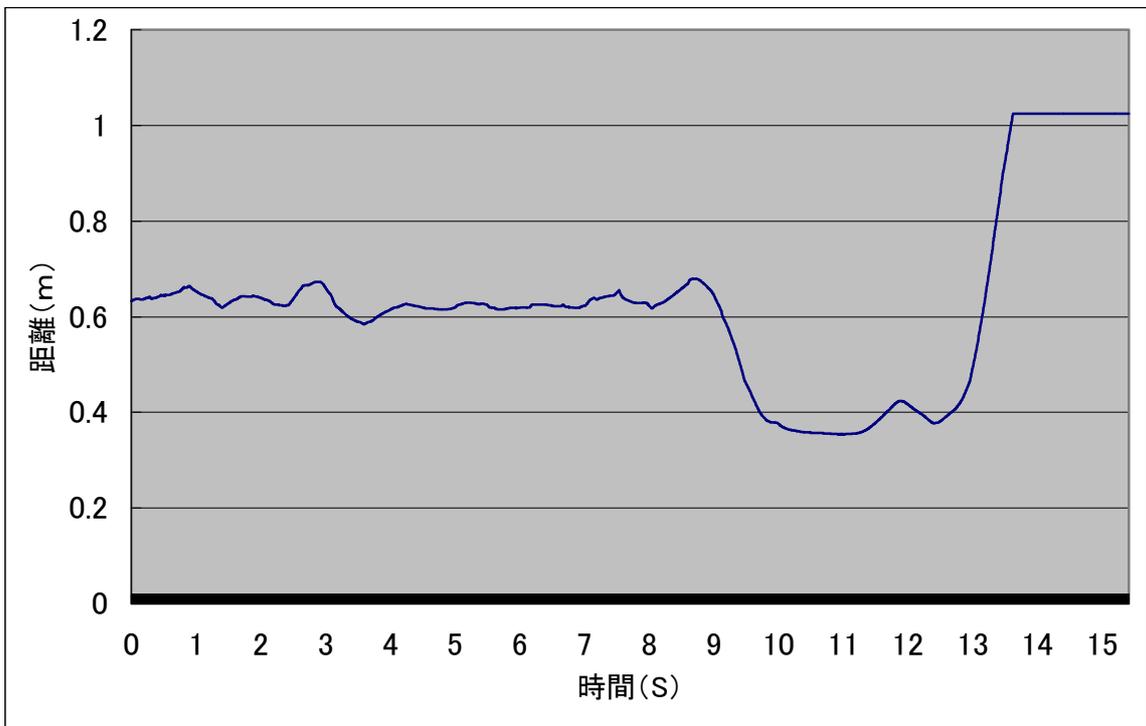


b) 訓練初期 取り残され時の信号例 膝

図 6 (1) 訓練初期 取り残され時の信号例

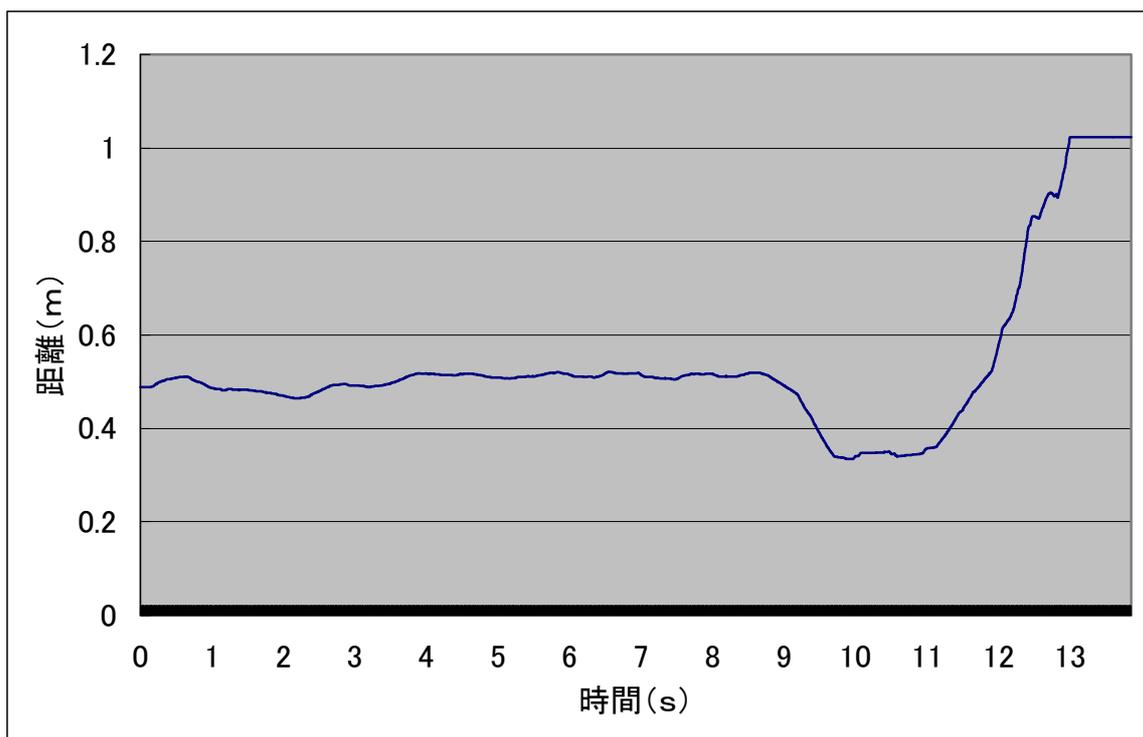


c) 訓練初期 取り残され時の信号例 太股



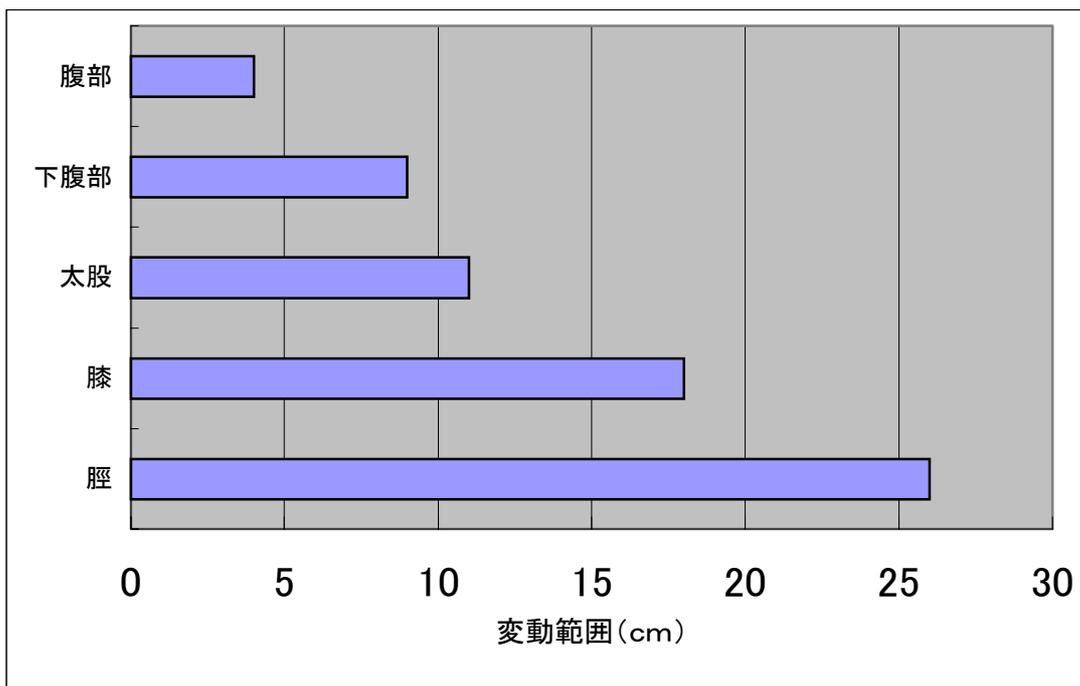
d) 訓練初期 取り残され時の信号例 下腹部

図6(2) 訓練初期 取り残され時の信号例

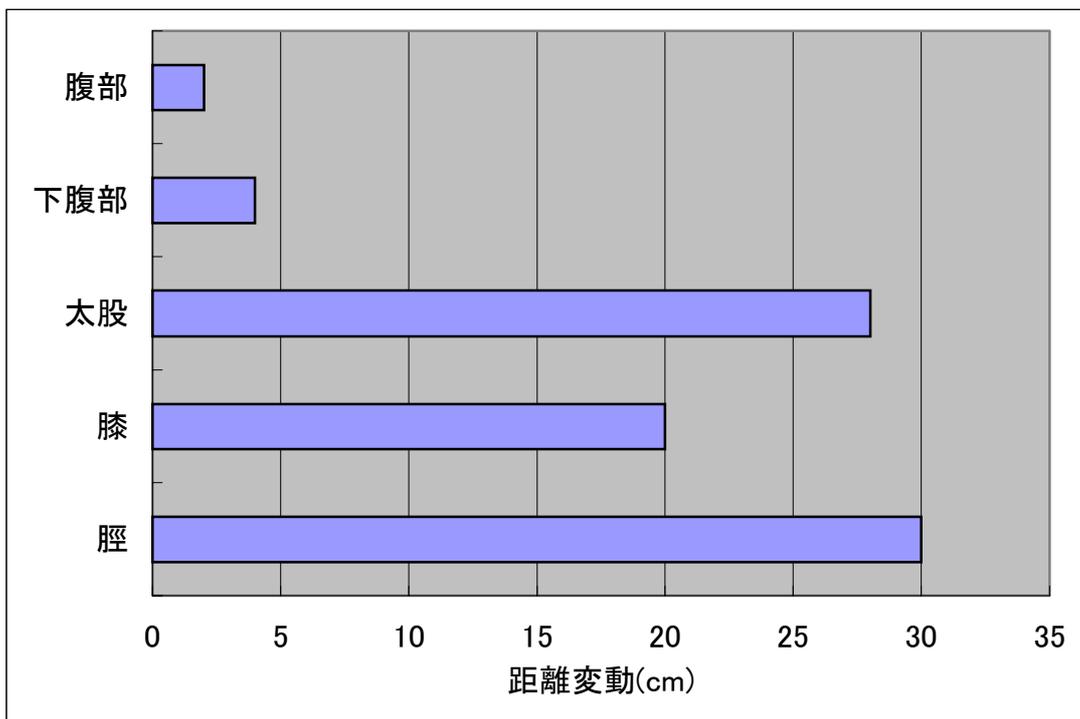


e) 訓練初期 取り残され時の信号例 腹部

図 6 (3) 訓練初期 取り残され時の信号例



a) 回復期の距離変動



b) 訓練初期の距離変動

図7 身体各部位の距離変動