

別添 2

研究報告表紙

厚生科学研究費補助金  
感覚器障害及び免疫・アレルギー等（感覚器障害研究分野）研究事業

平衡機能障害者における歩行運動 3 次元解析

平成 14 年度 総括研究報告書

主任研究者 松永達雄

平成 15 (2003) 年 4 月

別添 3

研究報告書目次

目次

I. 総括・分担研究報告

脊髄小脳変性症患者の歩行運動 3 次元解析・・・・・・・・・・ 1

上村隆一郎（荻窪病院）

武井泰彦（浦和市立病院）

松永達雄（国立東京医療センター）

山崎圭奈子（国立東京医療センター）

厚生科学研究費補助金  
感覚器障害及び免疫・アレルギー等（感覚器障害研究分野）研究事業

I. 総括・分担研究報告

脊髄小脳変性症患者の歩行運動 3次元解析

上村隆一郎（荻窪病院）

武井泰彦（浦和市立病院）

松永達雄（国立東京医療センター）

山崎圭奈子（国立東京医療センター）

研究要旨 開眼および遮眼での単独歩行が可能である比較的初期の脊髄小脳変性症患者 6 名を対象に、3次元動作解析システムを用いて歩行時頭部および体幹運動の 3次元解析を行った。その結果、脊髄小脳変性症患者の歩行運動は、健常者と比較して、外見上明らかに左右への同様が大きい失調性歩行であるが、患者自身は生活上歩行失調をあまり自覚していなかった。歩行速度は、開眼時遮眼時ともに小さい傾向がみられた。また、頭部上下動が小さく、頭部および体幹の左右動揺が大きい傾向がみられた。頭部の回転運動では、遮眼の影響が明らかでなかった（健常者では遮眼時に pitch、roll 運動が有意に小さくなる）。さらに、頭部の左右動揺が明らかに大きいにもかかわらず、頭部一体幹協調運動が保たれている症例が 6 例中 2 例存在した。その 2 例は 20 代と 40 代の比較的若年例であり、60 代以上の高齢患者では協調運動は保たれていなかった。健常者においても高齢者では中枢での空間識に基づく頭部一体幹協調運動が劣化している場合がある。今後はさらに症例を増やし、また同一被験者の経時的変化を観察していく必要があると思われた。

## A. 研究目的

脊髄小脳変性症は、運動失調を主症状とする原因不明の神経変性疾患の総称である。平衡機能においてもさまざまな障害をきたすことから、これまでに神経耳科学的所見についても多くの検討が行われてきた1)～5)。しかしながら、これまでの報告は重心動揺検査や眼球運動検査などの静的検査所見が中心であり、運動失調を客観的に観察し解析した報告は見当たらない。我々は、これまで3次元動作解析システムを用いて健常者における歩行運動を解析し加齢の影響について検討してきた6), 7)。今回は開眼および遮眼での単独歩行が可能である比較的初期の脊髄小脳変性症患者を対象に、歩行時の頭部および体幹運動3次元解析を行った。そして、以前我々が解析を行った20代健常者10名(平均24.9歳)および70代健常者10名(平均73.2歳)と比較検討したので報告する。

## B. 研究方法

対象は、国立病院東京医療センター神経内科にて通院中の脊髄小脳変性症患者のうち開眼および遮眼での単独歩行が可能である比較的初期の患者6名である(表1)。患者の歩行は外見上明らかに左右への動揺が大きい失調性歩行であるが、患者自身は日常生活であまり歩行の不自由さを自覚していない。

### 対象症例一覧

	年齢	性別	主訴	罹病期間	MRI 所見
A	27	女	歩行時のふらつき 上肢のふるえ	9年	小脳虫部の萎縮
B	47	女	歩行時のふらつき 構音障害	3年	小脳虫部の萎縮
C	61	女	歩行時のふらつき 構音障害	12年	小脳半球の萎縮
D	65	女	歩行時のふらつき 構音障害	3年	小脳半球及び虫部の萎縮
E	69	男	歩行時のふらつき	10年	小脳半球及び虫部の萎縮
F	75	女	歩行時のふらつき 構音障害	4年	小脳半球の萎縮

計測は院内の幅約4mの廊下で行った(図1a)。被験者の身体には5個の赤外線反射マーカを装着した。すなわち、頭頂部(M1)、左(M2)および右(M3)後側頭部にマーカを取り付けたヘッドギアを被せ、隆椎部(M4)と腰部(M5)にもマーカを取り付けた(図1b)。被験者を定められたスタート地点に立たせ、検者の合図で5秒間(5歩から9歩ほど、距離にして4~7m)まっすぐ歩行させた。最初に開眼のまま5回、次にアイマスクで遮眼して5回歩行させた。視標や歩行速度は特に定めず、まっすぐ前を見ながら普段と同じ速さで歩行するよう指示した。遮眼時には1回の測定終了毎に被験者に feedback information を与えないために遮眼状態のまま検者がスタート地点まで誘導した。

頭部運動の計測およびデータ解析には QUALISYS 社製3次元動作解析システム Mac Reflex<sup>®</sup>を用いた。このシステムは2台の赤外線デジタル CCD カメラとプロセッサーおよび運動解析ソフトからなり、身体に取り付けた赤外線反射マーカの空間的位置を3次元座標に変換するシステムである(図1a)。測定に先立ち、進行方向(身体の前方向)を Y 軸、その垂直方向(身体の左右方向)を X 軸、鉛直方向を Z 軸となるように座標較正を行った。測定は 60Hz の頻度で5秒間行った。尚、キャリブレーションフレーム内における Mac Reflex の光学的計測誤差は FOV(Field of View)の 0.003%である。

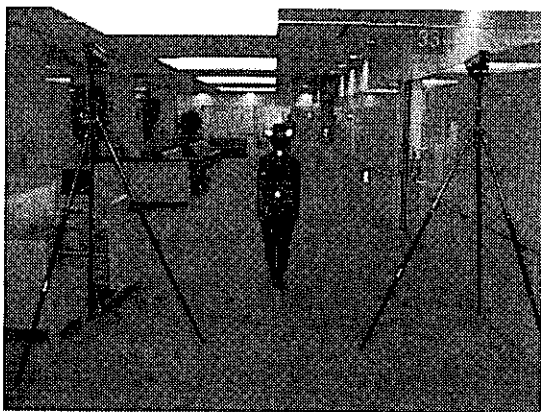


図1a) 実験セットアップ。被験者の後方2カ所に設置した赤外線 CCD カメラと解析用コンピュータ。被験者はカメラから遠ざかる方向へ歩行する。

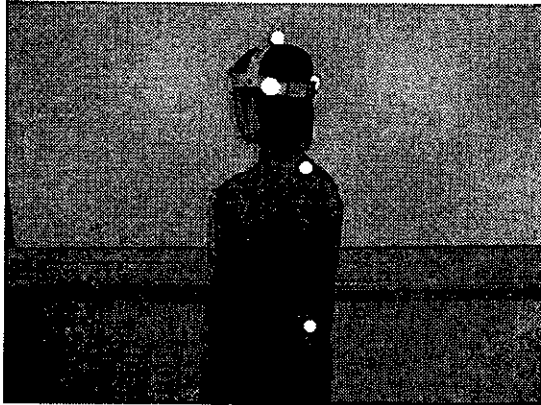


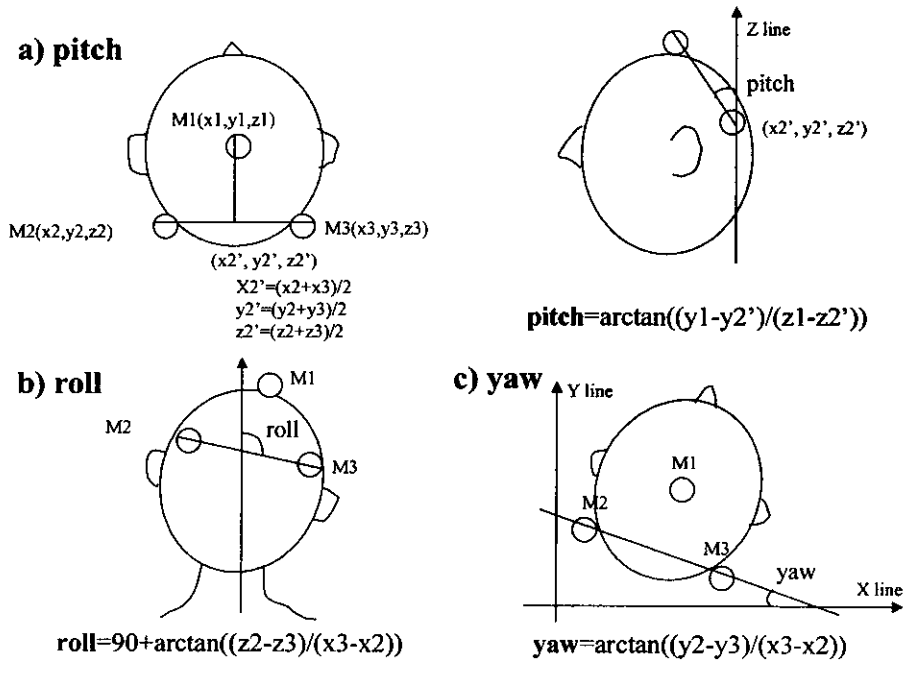
図1 b) 被験者に被せたヘッドギアの頭頂部と両後側頭部および隆椎部と腰部計5カ所に取り付けた赤外線反射マーカ。

#### 【パラメータ】

- ① 歩行速度：歩行定常状態における頭頂部マーカ（M1）のY座標の増分から算出した
- ② 頭部上下動：右後側頭部マーカ（M3）の上下動を求めた③ 頭部、体幹の左右動：頭頂部（M1）、隆椎部(M4)、腰部(M5)の左右動を求め同一時間軸上で比較した
- ④ 頭部回転運動（pitch, roll, yaw）：それぞれシェーマ①のごとく算出した⑤ 頭部および体幹の roll 回転運動：シェーマ②のごとく算出し同一時間軸上で比較した

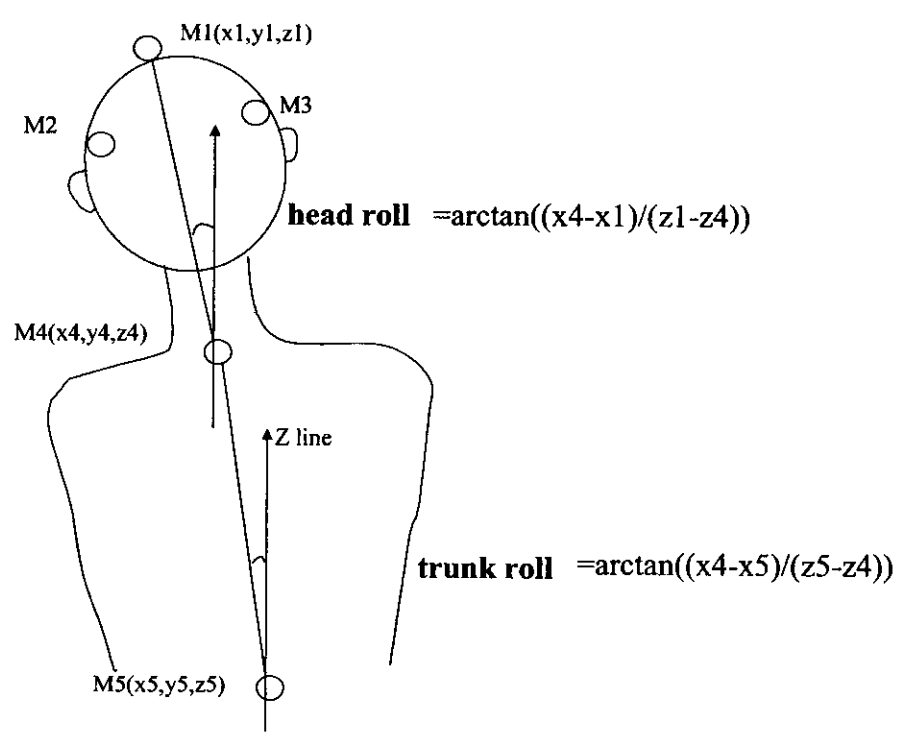
（倫理面への配慮）

基本的には本研究は非侵襲性のものであるが、必要に応じて（場合によっては保護者との）インフォームドコンセントを行い、ヘルシンキ宣言に基づき文書によって同意を得て行う。



頭部 pitch,

roll, yaw 回転角の算出方法。



頭部および体幹 roll 回転角の算出方法。

C. 研究結果

## 1. 歩行速度

Y座標の増分から、脊髄小脳変性症患者の歩行速度は開眼時遮眼時ともに健常者と比較して小さい傾向がみられた(図1)。頭部上下動のグラフ(図2)から、患者と健常者の測定時間内における歩数に違いはみられない。すなわち、脊髄小脳変性症患者では健常者と比較して歩幅が小さいため歩行速度が小さくなっていた。

## 2. 頭部、体幹左右動

脊髄小脳変性症患者の頭頂部、隆椎部、腰部の左右動は、開眼時遮眼時ともに健常者と比較して大きい傾向がみられた。遮眼時では頭頂部、隆椎部、腰部とも左右動がさらに大きくなる傾向がみられた(図3)。

## 3. 頭部回転運動 (pitch, roll, yaw)

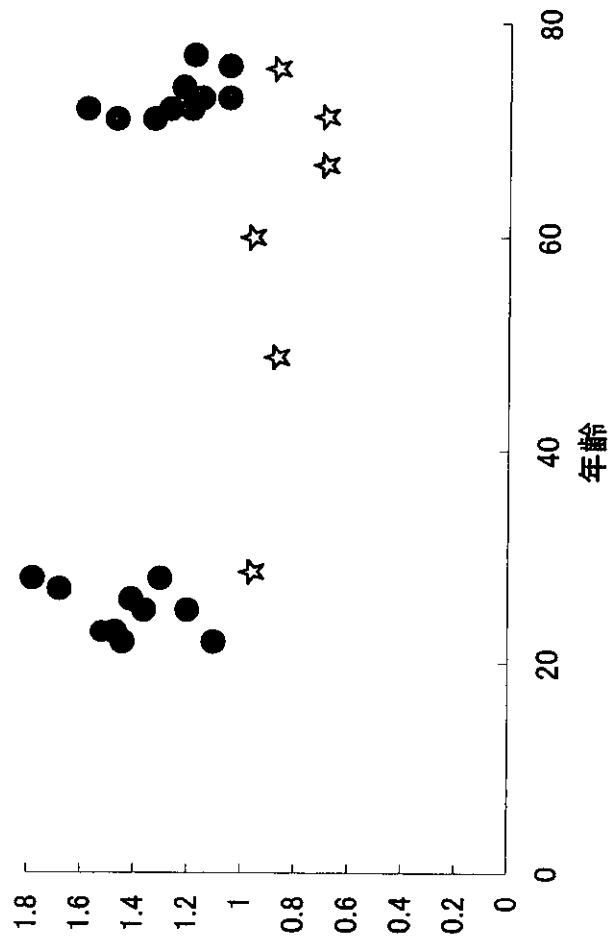
健常者でみられた頭部 pitch、roll 運動が遮眼時に有意に小さくなるという所見は、脊髄小脳変性症患者では認められず被験者によりばらつきが大きかった(図4)。

## 4. 頭部—体幹協調運動

以前我々が行った健常者の解析では、20代被験者の場合開眼時遮眼時ともに10名中9名が歩行中頭部と体幹が逆方向に roll 運動を行い、頭部 roll と体幹 roll が負の相関を示した。これに対し、高齢者では頭部と体幹が同方向に roll 運動を行う被験者(正の相関)が多くなり、遮眼時ではさらに正の相関を示す被験者が増加した(図5c,d)。脊髄小脳変性症患者では、20代と40代の2名で開眼時遮眼時ともに頭部と体幹が逆方向に roll 運動を行っていた(負の相関)。60歳以上の被験者では開眼時遮眼時ともに頭部と体幹が同方向に roll 運動を行っていた(正の相関)(図5a,b,e)。

图1 步行速度

a) 開眼歩行



b) 遮眼歩行

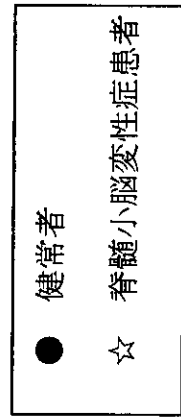
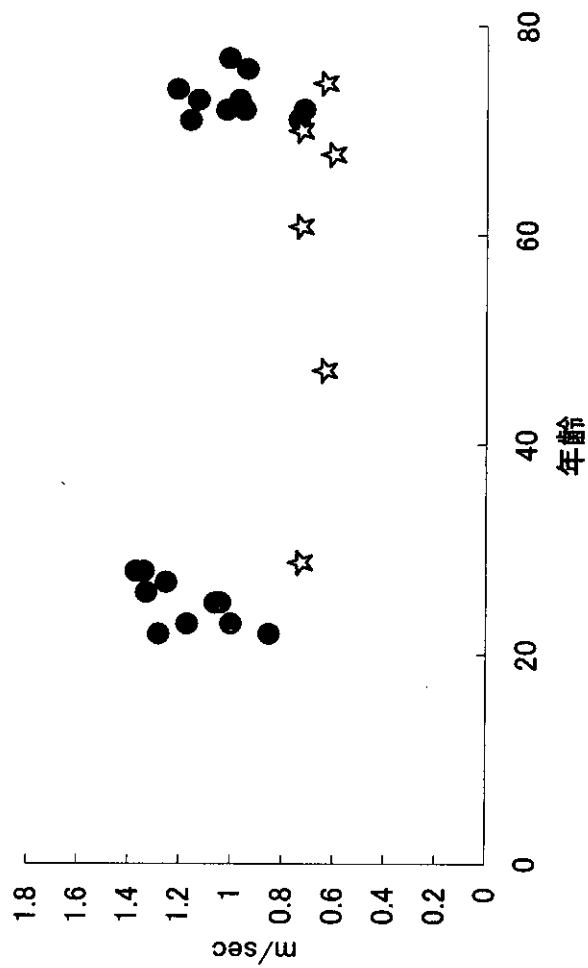
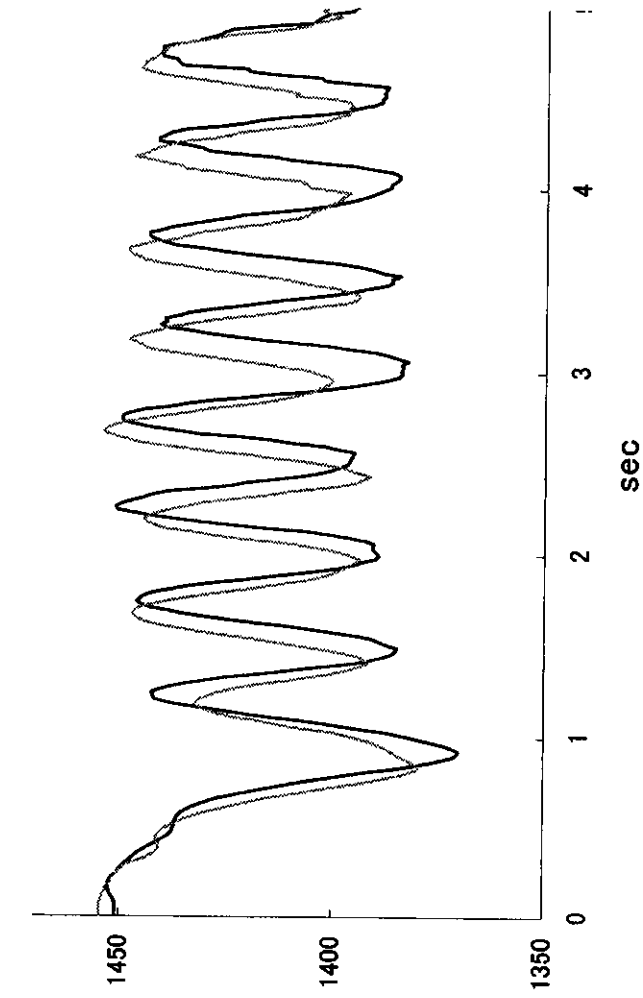


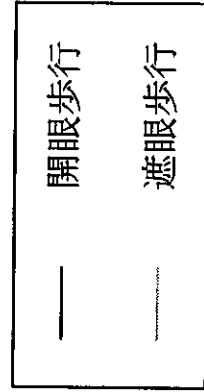
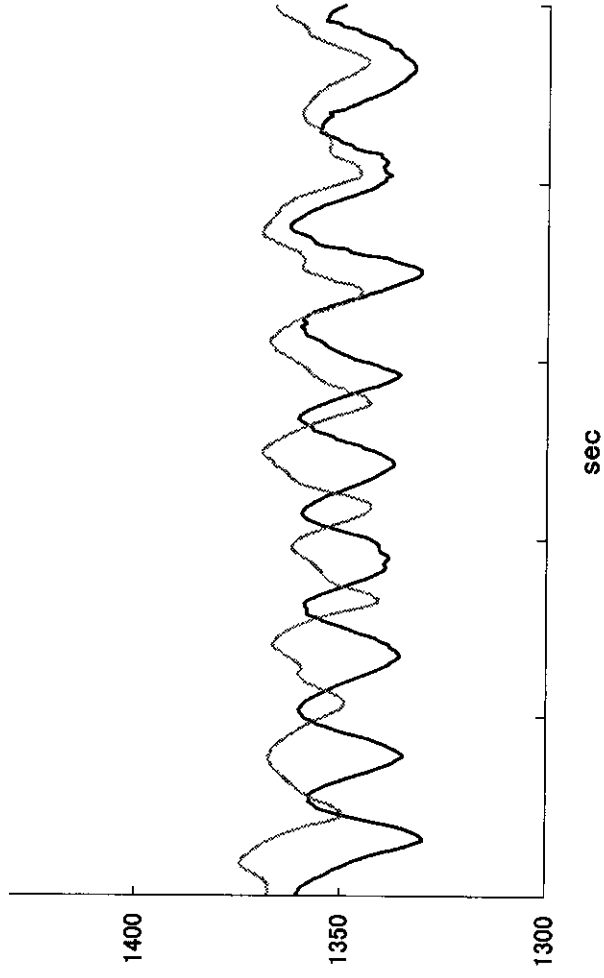


図2 歩行時頭部上下動

a) 健常者代表例(20代女性)



b) 患者代表例 E(69)



c) 平均上下動

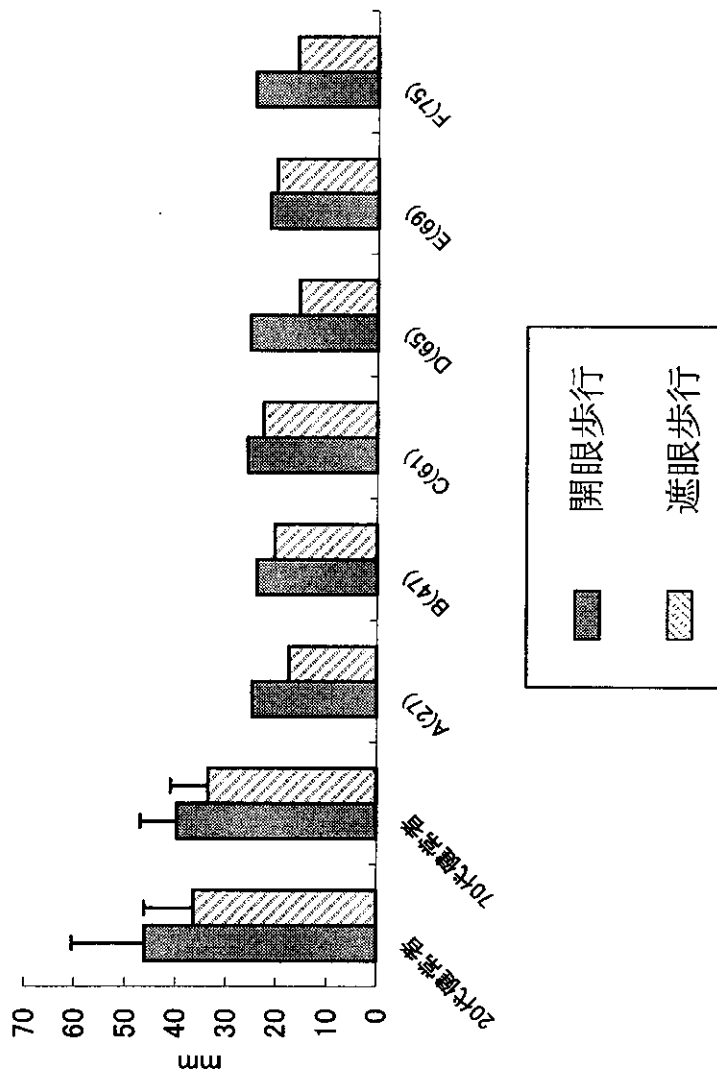
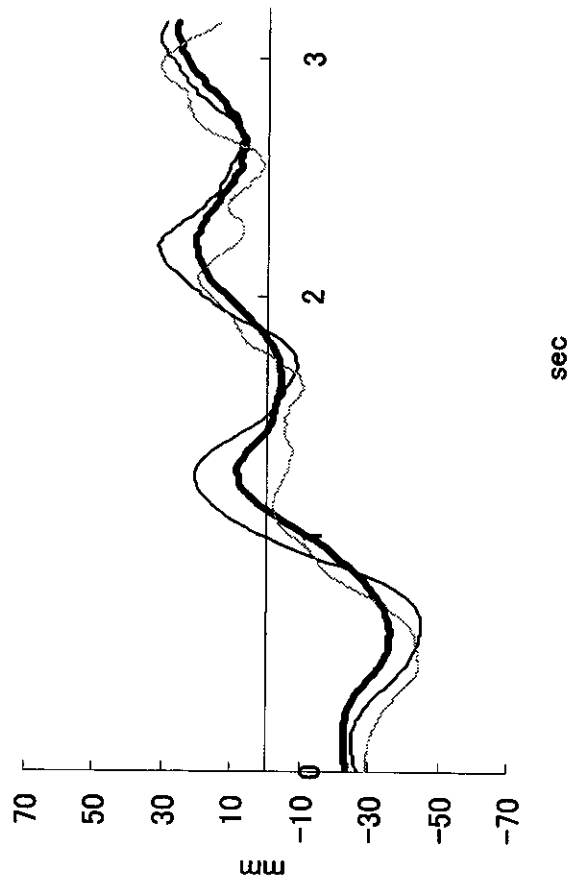
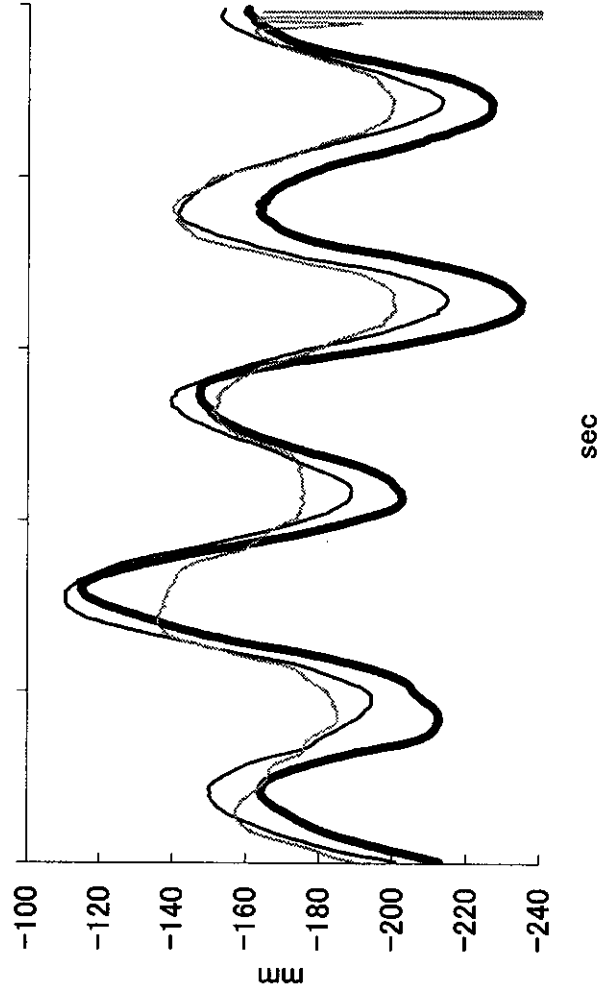


図3 頭部および体幹の左右動

a) 健常者代表例(20代女性)

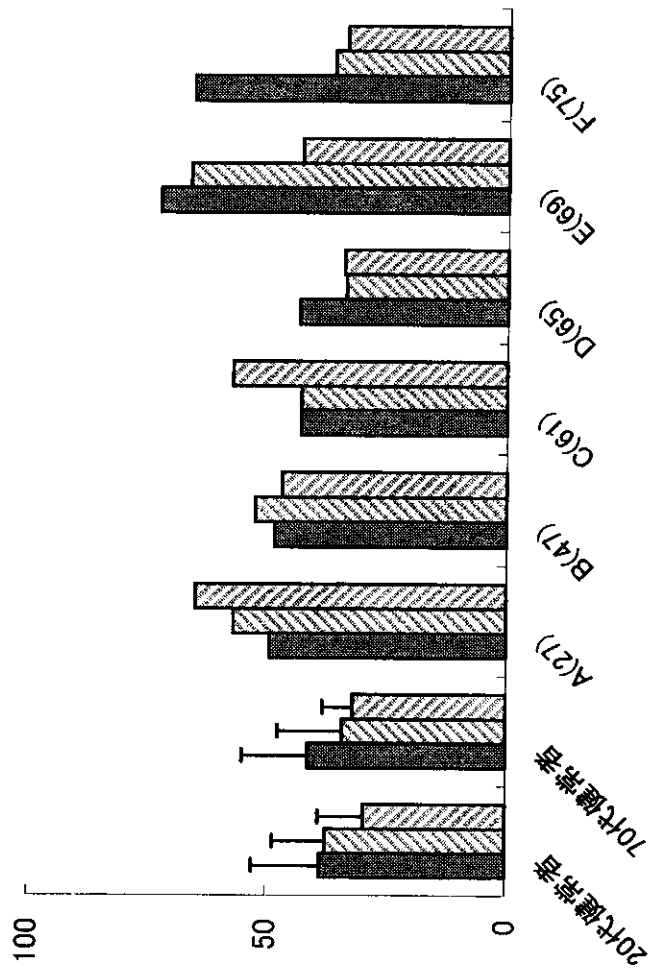


b) 患者代表例 E(69)

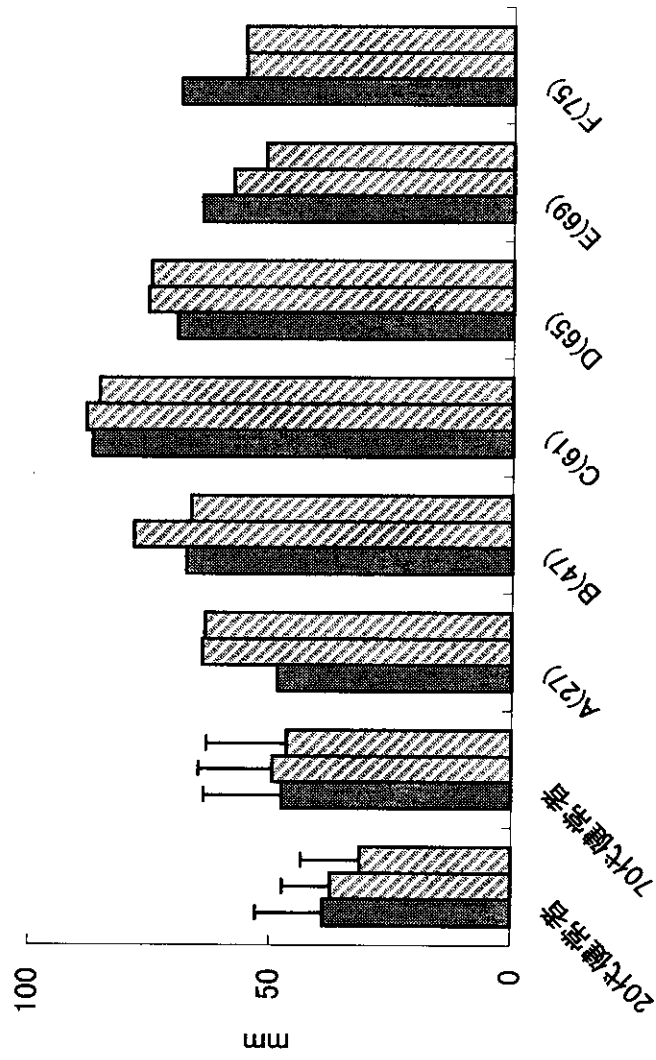


— 頭頂部  
— 隆椎  
..... 腰部

c) 平均左右動 (開眼歩行)



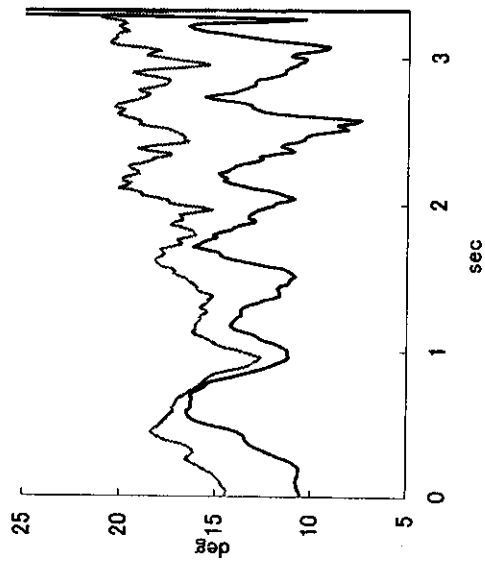
d) 平均左右動 (遮眼歩行)



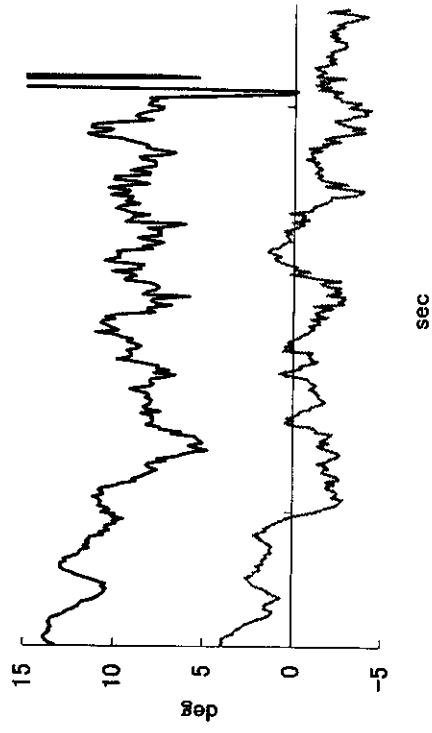
■ 頭頂部  
 ▨ 隆椎  
 ▩ 腰部

图 4-1 頭部 pitch 回轉運動

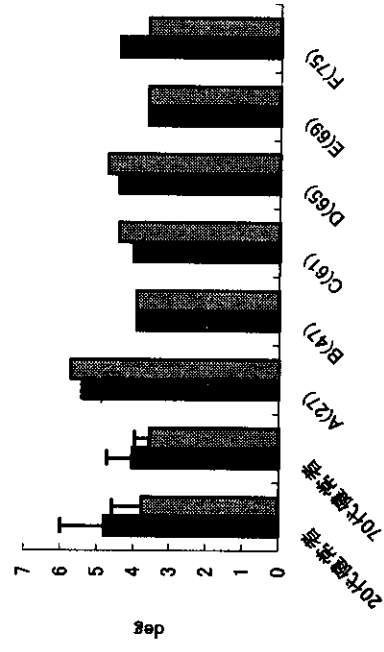
a) 健常者代表例(20代女性)



b) 患者代表例(E69)



c) 平均

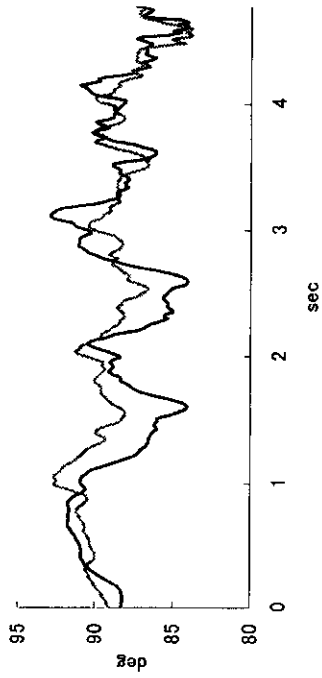


■ 開眼歩行

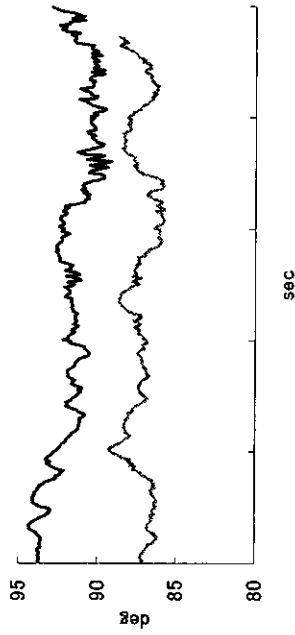
■ 遮眼歩行

図 4-2 頭部 roll 回転運動

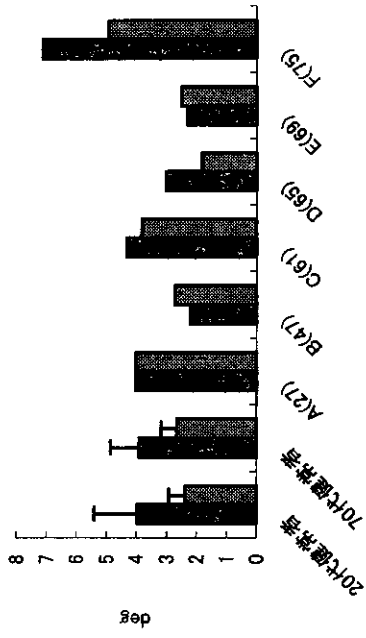
a) 健常者代表例(20代女性)



b) 患者代表例(E69)



c) 平均

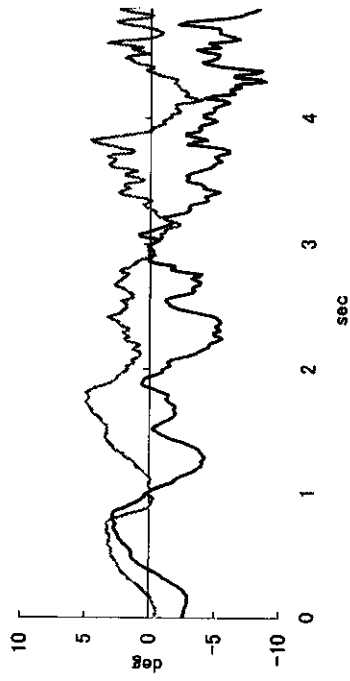


■ 開眼歩行

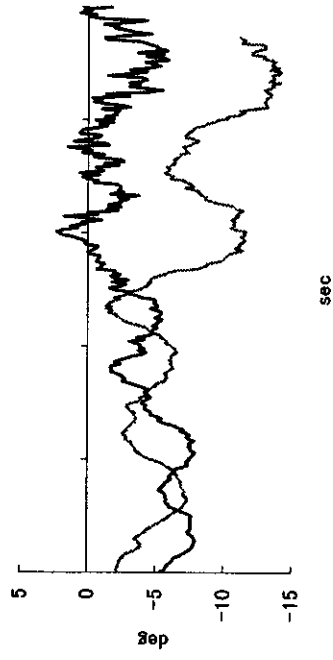
▨ 遮眼歩行

図4-3 頭部 yaw 回転運動

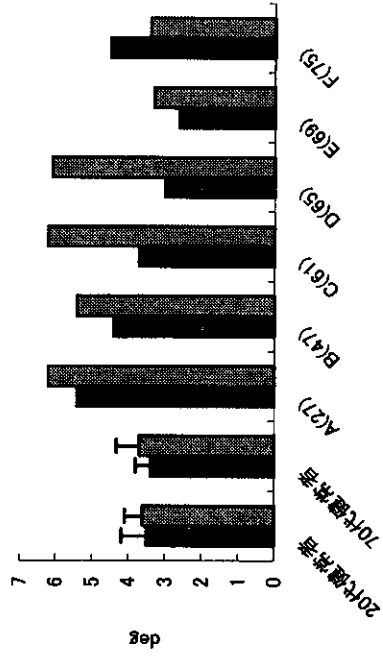
a) 健常者代表例(20代女性)



b) 患者代表例(E69)



c) 平均

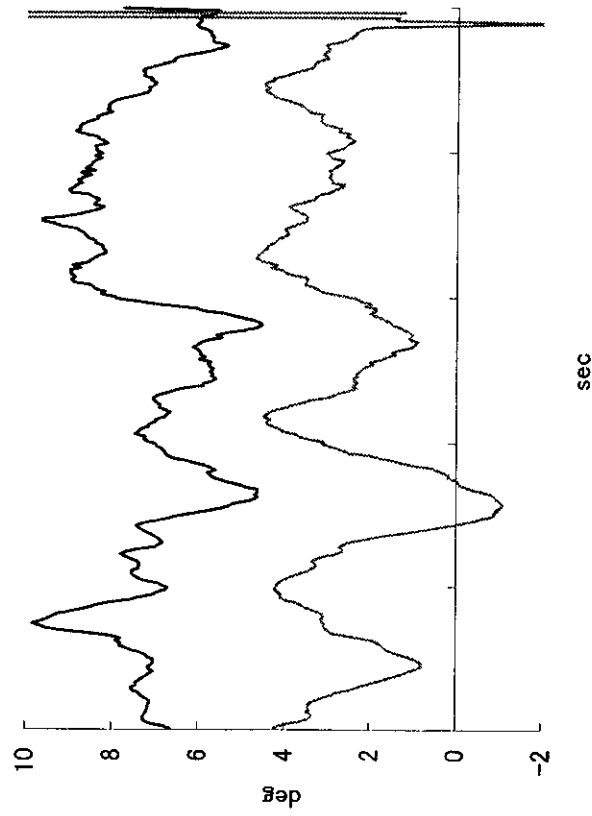


■ 開眼歩行

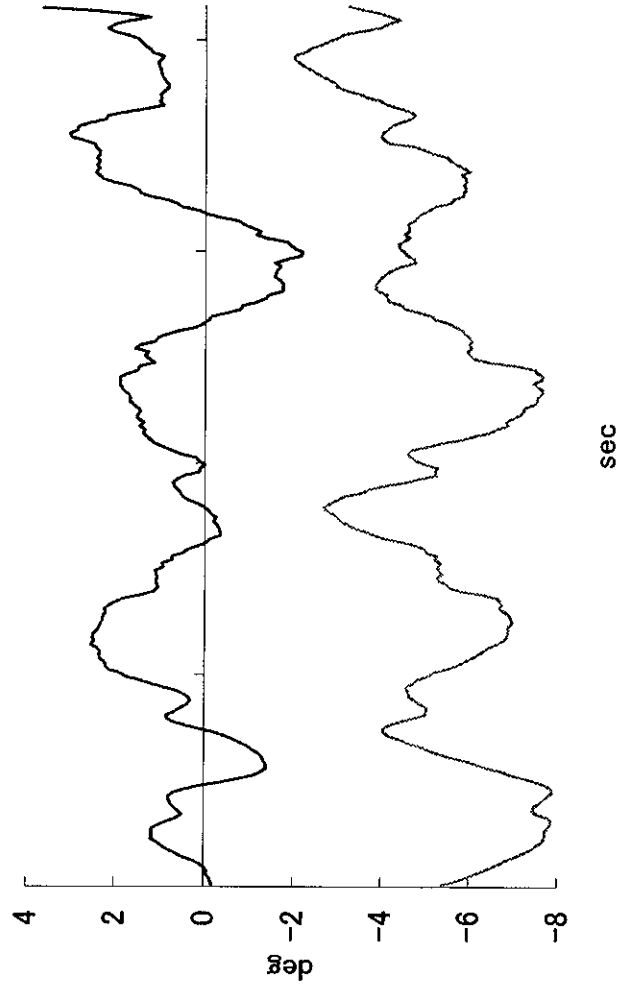
■ 遮眼歩行

図5 頭部—体幹協調運動

a) 負の相関代表例 B(47)



b) 正の相関代表例 E(69)

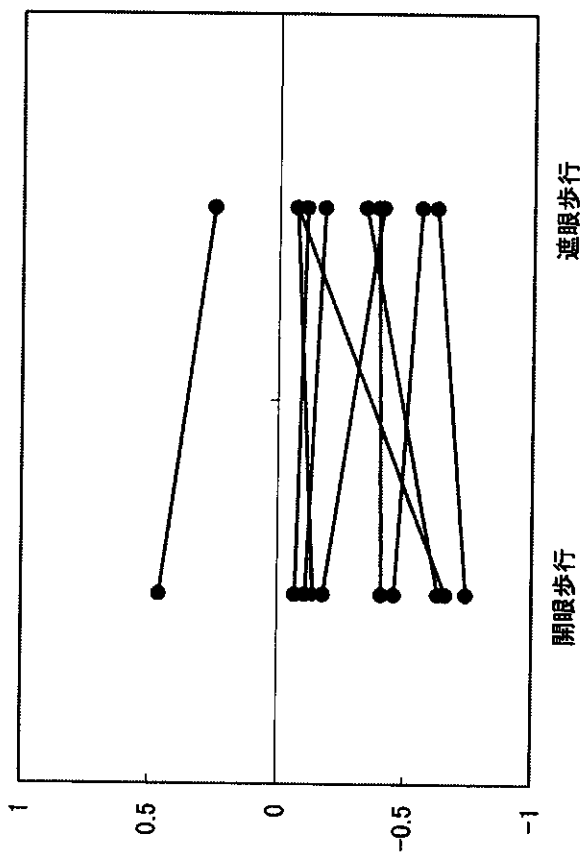


■ 頭部 roll

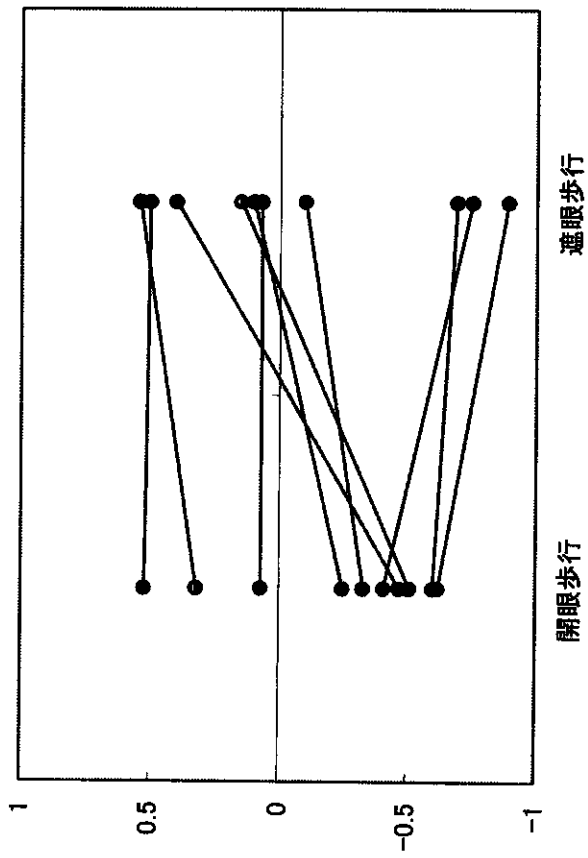
■ 体幹 roll



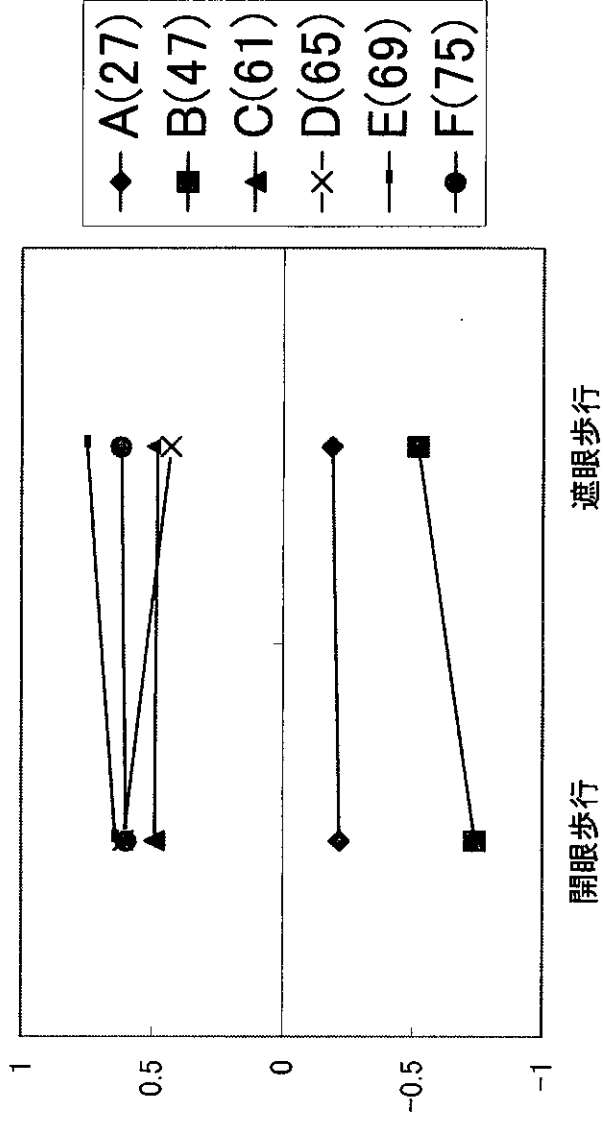
c) 20代健康常者 10名の相関係数



d) 70代健康常者 10名の相関係数



e) 脊髄小脳返照患者の相関係数



#### D. 考察

脊髄小脳変性症では、姿勢および歩行を安定的に維持する機構である小脳・脳幹の機能が破綻するため、平衡機能障害が出現する(8), (9)。重心動揺検査や眼球運動検査は外来でも短時間で簡便に行える検査であるため、従来から多くの研究がなされてきた(1) ~ (5)。しかし、それらの検査は静的な状態でのみ行えるものであり、歩行運動そのものを客観的に観察した研究は見当たらない。その意味で、今回我々が行った歩行解析は萌芽的なものであるといえる。

今回得られた結果のうち、健常者と比較して脊髄小脳変性症患者の歩行速度が小さく、歩幅が小さいこと、また頭部上下動が小さく、頭部および体幹の左右動揺が大きいことなどは、肉眼的にも観察可能であるかもしれないが、客観的に数値化し各々のグラフで比較することができたという点で有意義であったと考えている。

また、歩行時の頭部一体幹協調運動については、肉眼的観察では見出せなかった所見を得ることができた。

健常者についてはこれまで我々が報告してきたように(7)、20代被験者では開眼時遮眼時ともに10名中9名が歩行中頭部と体幹が逆方向にroll運動を行い、頭部rollと体幹rollが負の相関を示す頭部一体幹協調運動が認められた。これに対し、高齢者では頭部と体幹が同方向にroll運動を行う被験者(正の相関)が多くなり、遮眼時ではさらに正の相関を示す被験者が増加した。このことから、高齢者では中枢における空間識に基づいた頭部一体幹協調運動が劣化している場合があると考えられた。脊髄小脳変性症患者においては、肉眼的観察では全員明らかに左右への動揺が大きな失調性歩行であったにもかかわらず、3次元解析を行った結果20代と40代の2名で開眼時遮眼時ともに頭部と体幹が逆方向にroll運動を行う負の相関が観察され、歩行時頭部一体幹協調運

動が保たれていた。60歳以上の患者被験者では開眼時遮眼時ともに頭部と体幹が同方向に roll 運動を行う正の相関がみられ、頭部一体幹協調運動は保たれていないという結果が得られた。

こうした所見は本研究による歩行運動3次元解析ではじめて明らかにされた所見である。今回の検討では、脊髄小脳変性症患者でも健常者と同様に比較的若年者で歩行時頭部一体幹協調運動が保たれており、高齢被験者では協調運動の劣化がみられるという結果であった。

今後はさらに症例を増やし、また特に今回歩行時頭部一体幹協調運動が保たれていた被験者の経時的変化を観察することにより、脊髄小脳変性症における歩行失調の詳細を明らかにしたいと考えている。

## E. 結論

開眼および遮眼での単独歩行が可能である比較的初期の脊髄小脳変性症患者を対象に、歩行時の頭部および体幹運動3次元解析を行い、健常者との比較検討を行った。脊髄小脳変性症患者の歩行運動は、健常者と比較して

1) 外見上明らかに左右への動揺が大きい失調性歩行であるが、患者自身は生活上歩行失調をあまり自覚しない。2) 歩行速度は、開眼時遮眼時ともに小さい傾向がみられた。健常者に比べて歩幅が小さいことによる。

3) 頭部上下動は小さく、頭部および体幹の左右動揺が大きい傾向がみられた。

4) 頭部の回転運動では、遮眼の影響が明らかでなかった（健常者では遮眼時に pitch、roll 運動が有意に小さくなる）。

5) 頭部の左右動揺が明らかに大きいにもかかわらず、頭部一体幹協調運動が保たれている症例が6例中2例存在した。その2例は20代と40代の比較的若年例であり、60代以上の高齢患者では協調運動は保たれていなかった。健常