

頸髄損傷者の日常動作獲得における「同時的姿勢」の発達

——靴下履きの縦断的観察——

学校教育開発学コース	宮	本	英	美
同上	小	池	琢	也
同上	佐	々	木	正
神奈川リハビリテーション病院 理学療法科	富	田	昌	夫
作業療法科	玉	垣		努
同上	玉	垣	幹	子
同上	梅	村	文	子
同上	松	本	琢	磨

The development of 'simultaneous posture' in acquiring daily actions by a person with cervical spinal cord injury

——Longot : dinal observation of putting on socks action——

Emi Miyamoto, Takuya Koike, Masato Sasaki

Kanagawa Rehabilitation Hospital Department of Physical Therapy : Masao Tomita

Department of Occupational Therapy : Tsutomu Tamagaki, Mikiko Tamagaki, Fumiko Umemura
and Takuma Matsumoto

We studied about development of putting on socks action performed by a patient with paralytic symptom in rehabilitation of ADL. Our purpose is to reveal what information are available to relearn and improve the action. Especially, it is important how he organized many movement into whole process of action and what patterns of action were used and selected, because we can find in these developmental aspects what information were explored and used to coordinate segments of body.

We analyzed 5 videotaped actions over 6 months in these ways: time, number of sub-actions, organization of action process, variation of action patterns. Time decreased gradually, but number of sub-actions didn't correspond to it. Organization of action process and variation of patterns showed that the patient explored posture supporting trunk and manipulation simultaneously and change of such posture varied some kinds of manipulation. These results suggest that putting on socks is based on this basic posture ('simultaneous posture') and it is source of generating new patterns of actions.

目 次

はじめに

I) 方法

A) 対象者

B) 観察方法

II) 結果

A) 所要時間

B) 下位行為の数

C) 行為プロセスの組織化

D) 行為サブカテゴリーの変異

1) ベッドの傾き調整の変異

2) 片足位置形成の変異

3) 靴下をつま先にはめる行為の変異

4) 靴下引き上げの変異

III) 考察

はじめに

動物身体のような運動系の制御の問題は、多自由度高次系をどのようにして制御可能な系にするのかという問題であるというベルンシュタインの主張(1967)が広範に理解されてからの運動研究にはいくつかの変化がある。一言でいえば、その特徴は制御の問題に対し、系のふるまい全体に事前に介入できるとする「中枢」の存在を仮定しない点にある。例えば、リーチング運動は主として三次元空間での関節位置を決定する課題であるという伝統的な主張は、乳児の実際のリーチングにおいてよく観察される軌道の個性や多様性を部分的にしか説明できない(Thelenら 1994)。あらゆる動物運動はそれが実行される系に固有な力学的性質を基礎にして解決されるのであり、運動問題の解決は当該の運動系に内在している、というわけである。これらの運動研究の多くは、自発的な運動に固有のダイナミクスと時間の経過に伴うその変化(発達)の記述に焦点をあて、そのために非線形現象の発達過程(自己組織化)の分析手法と用語を情報処理モデルや計算論アプローチに代えて採用している(Kelso, 1995)。

運動障害者のリハビリテーションの領域でも事情は同じである。リハビリテーションの実践や研究においては、従来一般的であった心理学、生理学や解剖学に基づく障害の説明では運動障害者の日常生活活動(ADL)に起こる変化を十分に扱えない。「筋機能や特定の認知課題での改善は、ADL(歩行や車椅子での移動)に一般化しない」(Wagenaar, 1996)という事実は既に広く認識されている。この領域でも伝統的な制御モデルを代替するものが求められている。

Bernstein(1996)は、知覚情報と同調していること、そしてそのふるまいが持続的に調整されていることを動物の運動系の特徴とし、それを「協調(coordination)」と呼んだ。伝統的な中枢制御モデルに変わる運動研究の展開、そして旧来の治療技法の改善をはかるリハビリテーション領域での運動障害後の「再学習」の研究は、ある意味で一致してベルンシュタインが定義した意味での協調系を同定し、その発達を記述することに焦点をあてているともいえる。

協調の観点から運動障害者にアプローチする試みは既にいくつかの成果をあげつつある。例えば、卒中により片麻痺の状態にある患者の麻痺手によるバッティングとキャッチングを研究した研究では、静止して置かれたボールよりも、患者に向かって投げられたボールへの動作がより「流暢」であることを明らかにし、彼らの視

覚-運動系がボールの拡大率に特定される「接触までの残り時間」という情報によく協調することを示唆している(Lough, 1985)。協調を問題にする運動障害者の研究では歩行のようなリズム運動が扱われることが多いが、そこでは歩行の速度が半側不随患者やパーキンソン病の患者における両脚協調が両腕と両脚の協調を改善する制御変数となりうること(Wagenaar & Beek, 1992)、制御変数を操作して運動に改善が見られた後に、その効果が持続する場合があることなどを示している。

これら協調を問題とし始めた運動障害者の運動研究は、一致して障害者の運動を評価する彼ら自身の知覚-運動協調に内在する測度(intrinsic measure)を同定することの必要性を説いている。

本研究では、頸髄損傷者を対象として、日常生活活動の一つである靴下履き動作が獲得される過程を観察した。縦断的に記録したビデオ映像の詳細な分析から、協調を成立させる複数の下位運動がどのようにあられるのか、それらによってどのような協調が探索されるのか、協調はどのように成立し、発達するのかということの問題とした。歩行のようなリズム運動とは異なり、対象の複雑な操作を伴う靴下履きのような動作を協調として記述することは容易ではない。しかし、運動障害者が面している困難の一部にこのようリズム運動とは一見異なる特徴をもつ対象を操作する動作が含まれることは事実である。したがって、この問題に協調の概念を敷衍して焦点をあてることは、運動障害のリハビリテーション実践に有用な知見を提供するものと考えられる。

I) 方法

A) 対象者

医学的所見によると、本研究の対象者は頸髄損傷患者である20代男性で、頸椎5番(C5)を脱臼・骨折し、損傷高位以下の知覚と運動は完全に麻痺している。1997年8月に海への飛び込みが原因で受傷、その後11月5日に神奈川リハビリテーション病院に入院。1998年8月に退院後は、神奈川リハビリテーションセンター更生援護施設においてリハビリテーションを行っている。感覚テストによるとC6以下の触覚・温痛覚が脱失しており、また損傷部位での筋トーンは低く、痙性は見られない。残存機能レベルはC6のAである(Zancolliの分類)。

担当作業療法士（以下 OT）によれば、入院直後は麻痺部の筋緊張が低く関節がルーズで座位バランスが悪く、長座位で三秒程度の保持しかできなかった。残存筋力も低下していたため、食事も自立しておらず ADL は全介助状態であった。当時、頸部・肩周囲の過緊張が制御できず右肩痛が強かった。退院時は、入浴・排泄（便）・更衣（ズボン・靴下）を除き自立している。

B) 観察の方法

観察されたのは、上記対象者の靴下履き行為を含む更衣場面である。観察時において特別な教示がなされることはなく、通常の更衣場面が対象であった。この期間の作業療法プログラムにおいて直接的な靴下履き訓練は行われず、対象者は自室での活動を毎日行っていた。1998年9月を初回として1999年7月まで月に一度の頻度で観察が行われた。観察された試行は全てデジタルビデオカメラ（SONY VX1000）で記録された。

場所は主に病院内の作業療法室であり、ベッド上で更衣は行われた。ベッドの両側には転落防止用の柵が配置しており、左側の柵にはリモートコントローラーが掛けられていた。リモートコントローラーには後ろに鉤型のフックがついており、それを手指などにかけることによって手に麻痺のある患者でもベッドの昇降が可能であった。靴下履きに使われた靴下は市販されている靴下の両側に輪をつけられた特別なものであり、手指をこの輪に通して靴下を持ったり、輪を両側から引っ張り入り口を広げることができた。

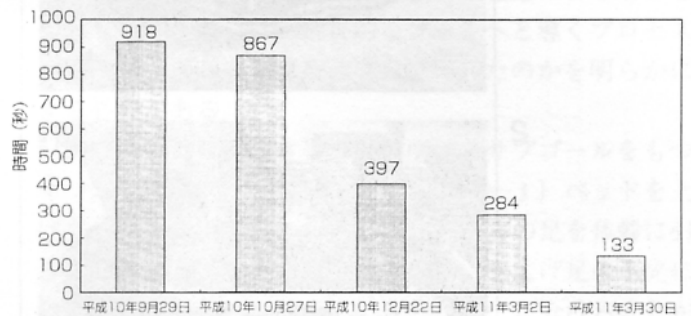
観察された場面では通常靴下履き行為は一回だけ行われ、複数回繰り返されることはなかった。全ての観察された試行に担当 OT がつきそっており、対象者の行為への介入や助言が時折見られたが、基本的に対象者はどうしても不可能なときやアクシデントが生じたとき以外は自力で靴下を履いていた。

II) 結果

靴下履き行為の発達を明らかにするため、観察された行為のうち初回の9月を初めとして10月・12月・3月2日・3月30日の計5回が選ばれ、各月毎に比較・分析した。分析単位として、(A)所要時間 (B)下位行為の数（下位に分ける基準については、後述）という量的な単位とともに、(C)行為プロセスの組織化 (D)行為サブカテゴリーの変異 という協調の発達を示す単位が使用された。

A) 所要時間

各月の靴下履きについて、片足（最初に履いた方の足）をはき始めてからはき終わるまでに要した時間を記録されたビデオ映像から計測した（図1）。なお各々の靴下履きは、靴下履きに必要姿勢を作り始めた時点を開始点、靴下をはき終わった時点を終了点としてその間の時間を靴下履き行為に要した時間としている。



* 9月の最初の試行では履くことができず、途中でOTの指示によりベッドを上げてから初めて成功しているの
で、2つの試行に渡る時間になっている。

図1 靴下履きの所要時間（最初の足のみ）

所要時間は初回の9月で約15分かかっているが、次第に減少する傾向が見られ、約6ヶ月後の3月30日には2分弱にまで減少している。3月以降は時間的にはほとんど差がないことから、この時期には靴下履きはほぼ完全に習得されていると考えられる。9月から10月、3月2日から3月30日はそれほど大きな落差がないものの、全体的に次第に減少する傾向が見られることから、着実なパフォーマンスの向上が生じていたということが出来る。

B) 下位行為の数

分析 A で示された経過時間の比較データの補足として、本分析では一つの靴下履き行為を観察可能な単位の下位行為群に分割し、各月の靴下履き行為が内包する下

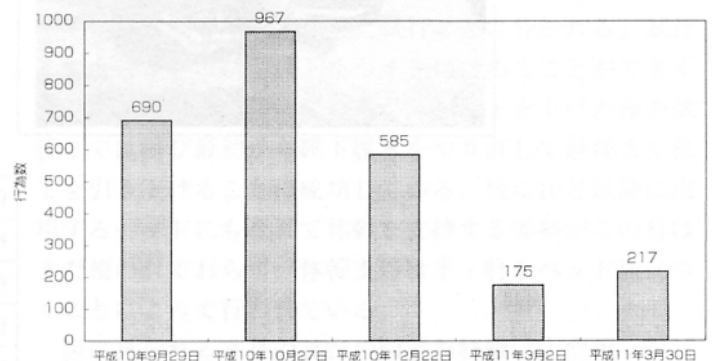
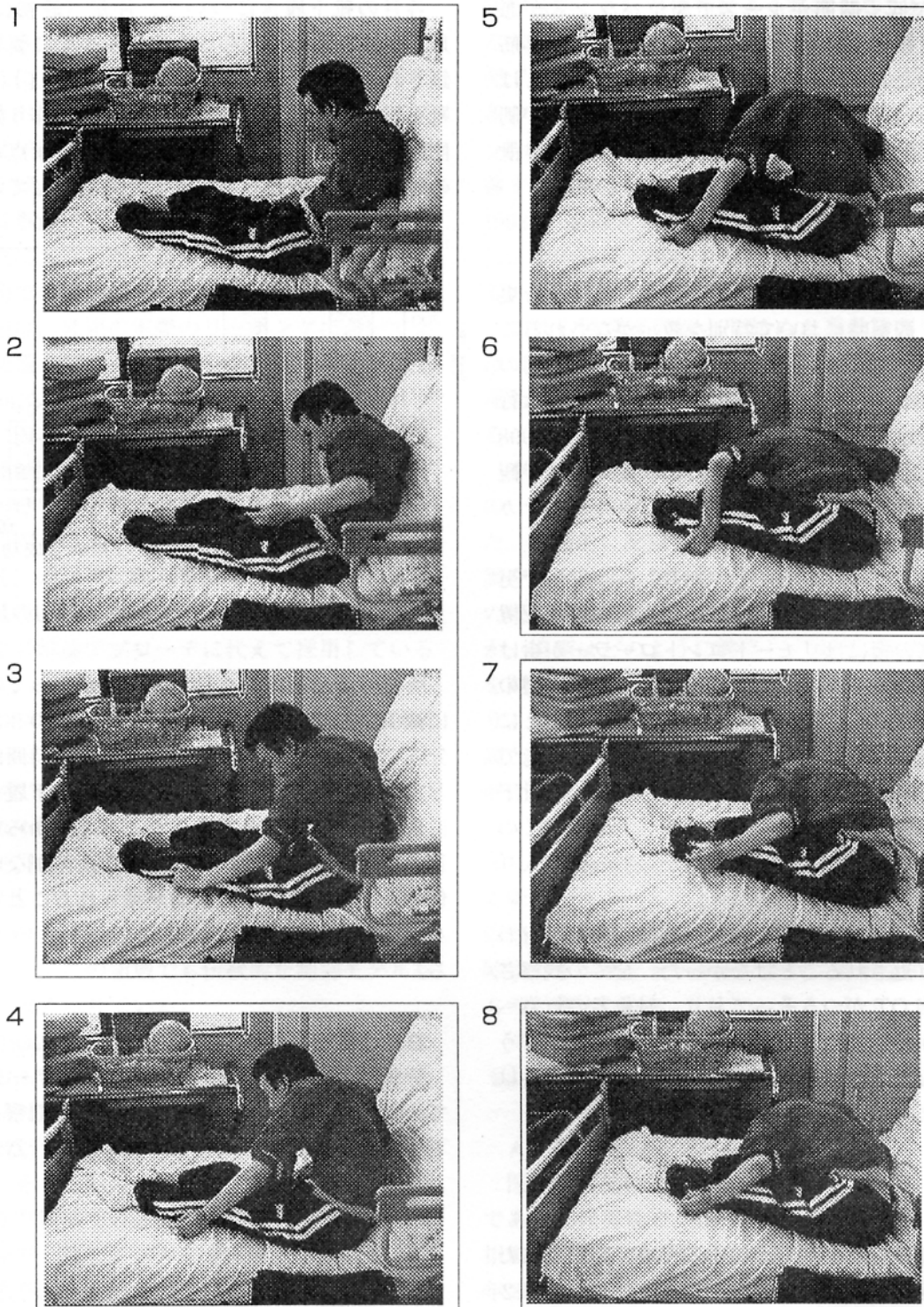


図2 下位行為の数（最初の足のみ）

表1 下位行為の例



行為1	1~3	左手を柵から離し左膝に接触
行為2	4	左手手首で左足膝を押す
行為3	5~6	体幹を右ベッド面に倒す
行為4	7	左手をやや上方に上げる
行為5	8	左手をベッド面に下ろす

位行為の数を比較・検討した。ある持続的な運動を下位行為に分ける基準は、「対象者が随意的に動かせる各身体部位（両手・両腕・体幹）の位置や方向を変えたとき」と定義され、映像記録から一つの行為として開始と終了のポイントが見つけれられる全ての低位行為が抽出された（体幹のわずかの振動などあまりにも微細で分割点を見つけれられない運動は除いた）。低位行為の分類例を以下に示す。

表1（前ページ）に示された8枚の静止画は連続した行為の各場面である。ここには上記に定義された6つの低位行為が含まれている。行為1はベッドの柵から手を離して左膝に接触するまで、行為2は左手で左膝を一回押す、行為3は体幹をベッド面に倒す、行為4は左手を左膝から離して上げる、行為5は上げた左手を再びベッド面におく、という区分になっている。このように、ある部位の持続する運動が静止・接触・別の部位への運動転換によって遮られるポイントが行為の変わり目であり、こうした転換点によって区切られる運動単位が低位行為である。

以上の定義に基づき、各月の靴下履きを下位行為に分けて記述し、その総数をカウントした。結果を図2に示す。

低位行為数は、12月以降に大きく減少する点が図1で示された所要時間の結果に共通するが、9月から10月にかけての所要時間の減少とは対照的に10月が多くなっている。9月と12月を比較しても、時間が918秒（約15分）から469秒（約7分）とほぼ半分に短縮されているのに対し、低位行為数は690→585と時間ほどの隔たりが生じていない。以上の結果は、時間の変化には現れなかった別種の行為発達を示唆する。例えば、10月以降の靴下履きは一貫して共通する姿勢と行為のプロセス—ベッドを起こして体幹をもたれさせる—足を片手で持ち上げる—靴下の輪を広げてつま先にはめる—靴下を引き上げる—を踏襲しているが、9月の試行はこうした決まった手続きがまだとられていないことから両者は異なる種類の下位行為をもつことが予想される。従って、時間データのような量的な変化だけでは示せない、行為の種類や組織化における質的な変化が靴下履きの獲得において生じていると考えられる。

低位行為数の結果から、次に示す別の分析—行為プロセスの組織化と靴下履きに使われた低位行為群の変異分析—が導き出される。次の2つの分析では、靴下履きにおける低位行為の分化とその具体的パターンを扱う。

C) 行為プロセスの組織化

分析A、Bの結果は、微細なレベルの行為が「靴下を履く」という最終的なゴールでは各月で共通しながらも、その過程で生じる微細な低位行為のプロセスは月ごとに異なる組織化があることを示唆する。特に分析Bで指摘したように、時間と行為数の結果が食い違う9月と10月の靴下履き行為はどのような点で異なるのか、また行為数の減少は靴下履きのどのような発達によるものなのかを知るためには、最終的なゴールへと導くプロセスの個々の場面がいかにか解決されていったのかを明らかにする必要がある。

観察された靴下履き行為は、明確なサブゴールをもつ4つの行為サブカテゴリーとなる位相—1) ベッドを上げて体幹を支持する 2) 靴下を履く方の足を体幹に引き寄せ持ち上げる 3) 靴下の入り口を広げ足の爪先にはめる 4) はめた靴下を引き上げる—に分けることができ、どの月も姿勢や運動の違いはあるが4位相の連続によって靴下を履いている。健常者であれば位相1と位相2、3、4を同時に行うことができ、また各位相におけるサブゴールを特に困難もなく達成できるであろうが、本研究の対象者は可動部位が限られていることと起こした体幹が倒れる危険性が常にあるために、各位相のゴールを一つ一つ完成させ次のステップにつないでいくというやり方で行為を遂行していると思われる。そこで、本分析では時間や行為数のような量的表現には現れない行為全体のプロセス—継続的な低位行為の組織化—について比較検討するため、低位行為を靴下履き行為のサブカテゴリーである4つの位相に分類し、4位相の出現を継続的に記録し、位相の持続と移り変わりのパターンを月ごとに比較した（図3）。なお、位相1・2は基本的な姿勢が決まった後に行われた観察可能な姿勢の変更や調整行為を全て含んでいる。

以下に、各月の組織化の特徴と観察されたパターンを検討する。靴下履きに初めて挑戦した9月29日は、助けを介さずに自力で行った試行1と、担当のOTがベッドを上げて状態をアレンジした試行2とに分かれる。試行1では対象者は結局靴下をつま先にはめることができずに位相3の段階で滞っているが、ベッドを上げた後の試行2では再び最初から靴下履きをやり直して最後まで靴下を引き上げることに成功している。後に10月以降に出現するベッドにもたれて体幹を支持する姿勢がこの月はまだ使われておらず、体幹支持は手・肘をベッド面につくことによって行われている。

図に見られる9月の試行の顕著な特徴は、位相1が試行全体を通して持続しており他の位相と同時に進行する

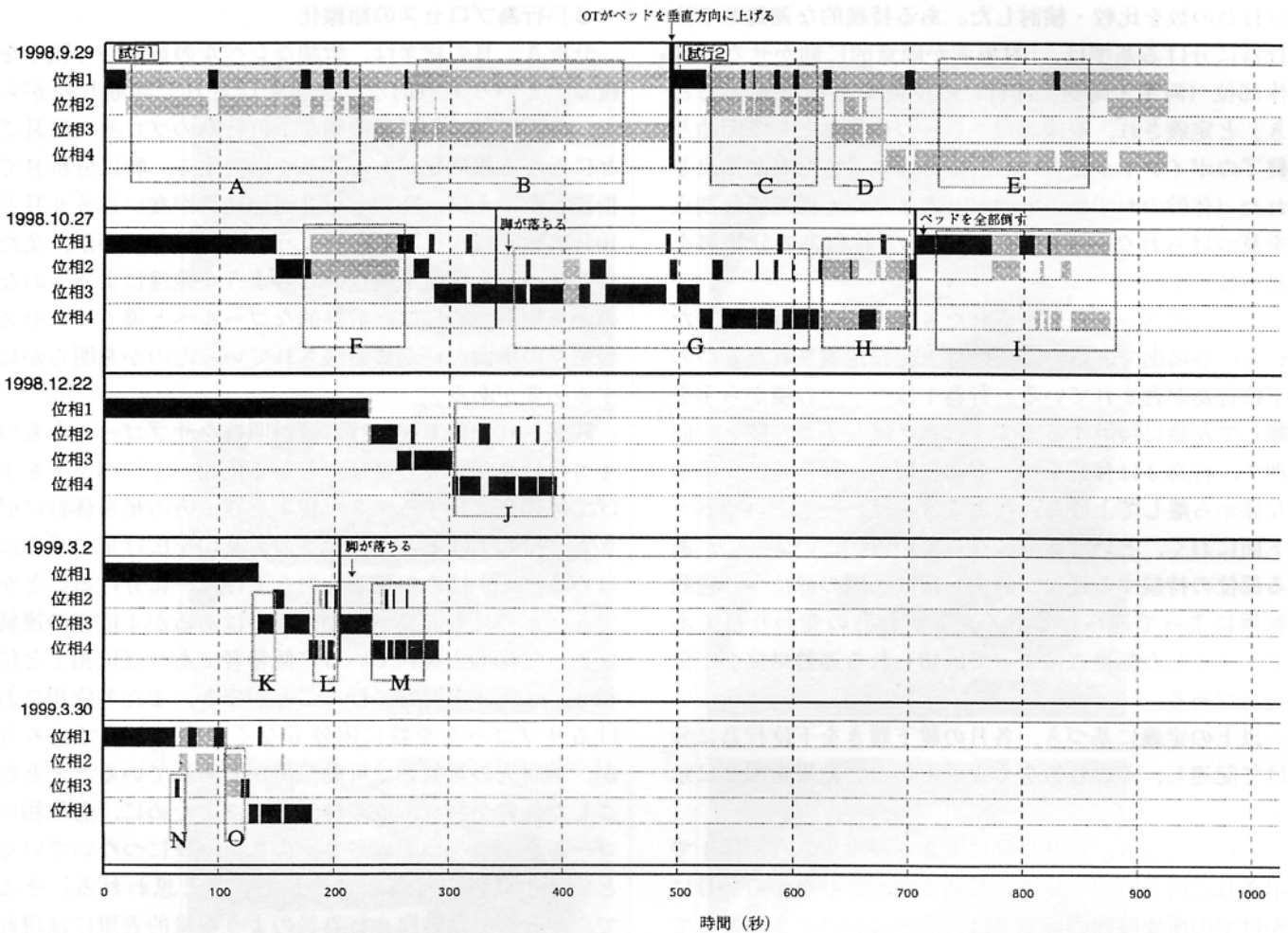


図3 靴下履きプロセスの発達

箇所が大部分を占めることである（図3の領域 A/B/C/D）。領域 A と B は位相1 と位相2 が同時または交互に出現する箇所であり、同時的な箇所では前述した手肘による体幹支持と空いている手による脚の操作が同時に生じ、位相1 が独立している箇所では体幹支持姿勢の変更（体幹をずらす・支持手を交換するなど）が行われている。領域 C/D にも共通するパターンが見られ、手や口を使って靴下を保持し入り口をつくり上げるとき常に体幹支持が片手・または両手によって保たれている。また、領域 E では位相1 と位相2・3 の同時的出現が見られるが、ここではつま先に靴下をはめる行為とそのための脚位置調整が同時に行われており、体幹支持ではないが重要な姿勢調整が靴下履きと同時に生じていることが分かる。9月でこうしたパターンが生まれるのは、手肘による体幹支持と靴下履きが同時に探られているためであろう。全体的に、9月における靴下履き行為プロセスはまだ明確な下位構造への分化はなく、4つの位相は同時に探られる傾向にあったといえよう。

10月の試行では、上げたベッドにもたれて体幹支持する姿勢だけでなく、位相1-2-3-4という段階的な行為プロセスが出現する。位相1はベッドを上げて基本的体幹支持を確保した後、時折体幹をずらすなどの微調整が出現するというプロセスになり、9月のような持続的な位相間の同時性は減少している。しかし、10月においても後にベッドを再度倒して9月と同様に手肘で体幹支持しながら靴下を引き上げる領域Iや、ベッド脇の柵に腕を突っ張り体幹を支持しつつ位相2-脚を持ち上げる-を行う領域Fでは9月と同様の手肘による同時的体幹支持のパターンが見られた。10月の顕著な特徴は、位相2と位相3・4との交互的・同時的出現である（領域G・領域H）。領域Gでは、まず最初に脚が持ち上げられた後、靴下をつま先にはめようとする過程で脚を別の手に持ち変える・脚を上から抱え直すなど脚位置と脚支持が様々に変更されており、いわば脚姿勢を変えつつ位相3が探られている。領域Hでは、位相4-靴下の引き上げ-と位相2-脚位置調整-を「靴下の輪に指を

入れつつ脚を上から持ち直す」というように、平行して同時に行うという領域Gとは異なる位相間の協調が見られる。これらは、位相2とそれ以後の位相が同時に探られていた点で9月に見られた領域Dに共通するプロセスである。以上の結果から、10月の靴下履き行為プロセスでは位相1から4へのプロセスの段階化の萌芽が見えつつも、位相2と位相3・4との同時性など9月には見られなかった新たなプロセスが出現しているといえよう。

12月の試行は、9月や10月の複雑なプロセスに比べて各位相が明確に段階づけされた位相間の連携によって全体のプロセスが組織化されている。10月にも現れたベッドの傾きを細かく調整して行為に最適なポジションを決める下位行為（リモコンの持ち方を探る・ベッドを少しずつ上げ下げする、体の位置をずらすなど）が位相1の大半を占め、行為全体の比重が高くなっている。全体的に、12月の試行は時間が10月の半分以下にまで短縮されただけでなく、4つの位相がそれぞれ独立して進行している点が特徴的である。例外として、領域Jでの位相2-位相4が交互に出現する10月にも見られた探索プロセスがあるが、10月に比べると頻度が減少している。こ

の試行ではさらに、10月までは見られた細かい姿勢調整や位相間の同時的出現がほとんど消滅している。従って、12月の試行では、10月までは混然としていた4位相が段階的プロセスとして分化し、位相1-位相4という継時的組織化のパターンが確立したといえるだろう。

3月2日の試行では、位相推移のプロセスに新たな変化-位相3が位相1の直後に出現する-が見られ、12月での明確な段階化が崩れている（領域K）。領域Kでなされているのは「口で靴下の輪をくわえて右手親指に移し、右手で靴下を保持する」という位相3の最も最初の下位行為である。10月以降の位相3-つま先への靴下はめ込み-は脚を支持する手で靴下を固定していなくてはならないため、この行為を位相2の前に行うことによって、脚を上げた後に靴下をとろうと別の手に支持を変えたり、あるいは別の手で取った靴下の輪を脚を支持する手指にはめるなどの12月までには見られた行為が省略されるのである。3月2日の試行で目立つもう一つの特徴は、位相2と位相4の交互的出現である（位相2-3-4のパターンが2回出てくるのは一度脚を落としたためである）（領域L/M）。このパターンは10月や12月の試行にも出現した位相3の「口で靴下を引く」「手で靴下

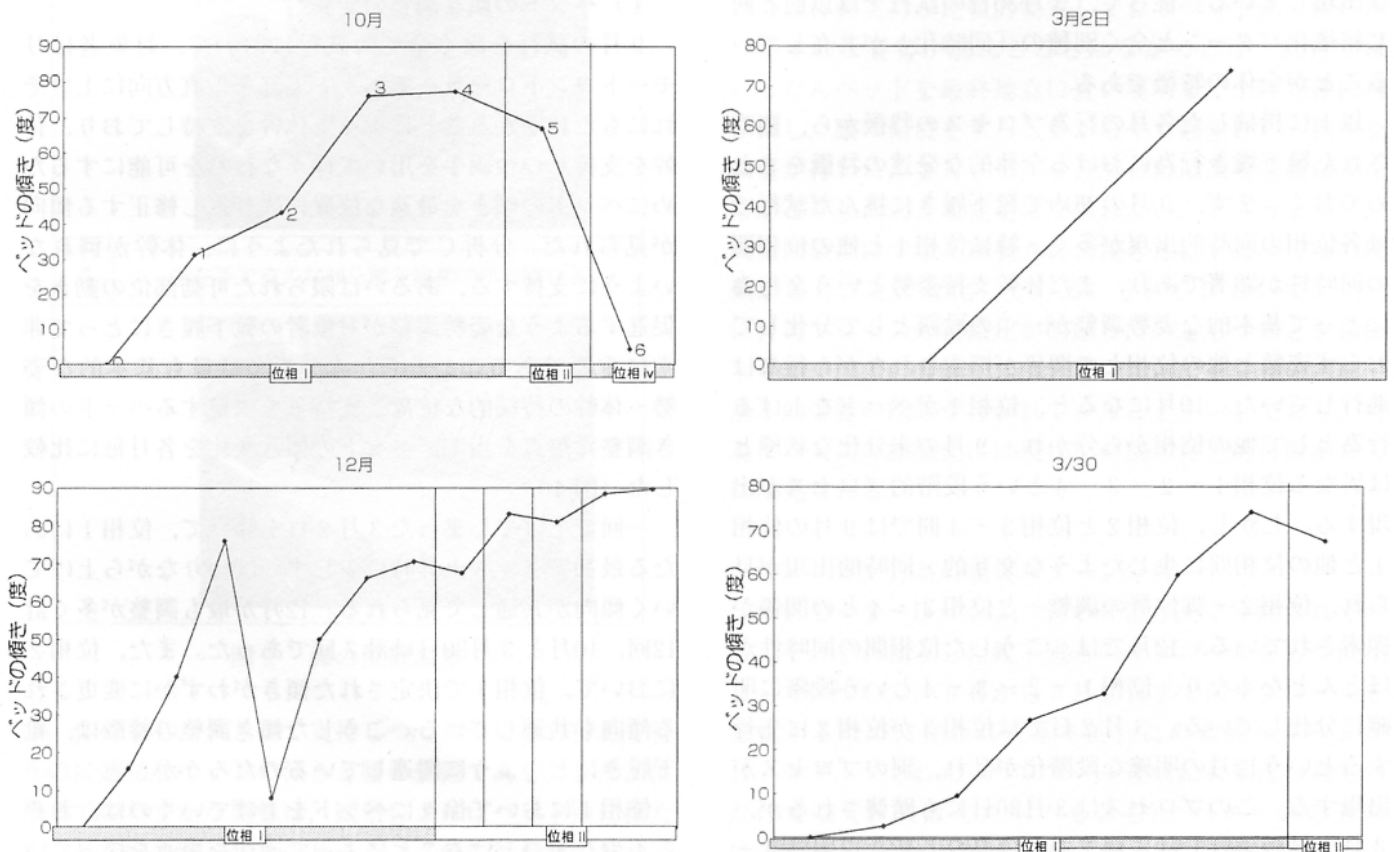


図4-ベッドの傾き変化

を落とし込む」などの行為に先立つ脚姿勢の調整を行うというものであり、以前に比べてかなり時間が短縮されている。以上の2つの特徴をまとめると、3月2日の試行では12月の組織化が崩れ新たなプロセスが生まれ、また引き続き位相2と位相4との交互的出現が見られたといえる。

3月30日の試行では、3月2日の試行と同様に位相2の前に「靴下をくわえる」という行為プロセスがある(領域N)。この点で3月2日の試行に類似したプロセスをもつが、大きく異なるのは位相2と位相3の同時性である(領域O)。ここでは、「脚を持ち上げ体幹に引き付ける」運動(位相2)と同時に頭を下げてくわえていた靴下の輪を脚を支持する手指にはめ込む(位相3)という2つの位相が平行して成立しているというよりも2つの位相が融合し12月で分かれた段階的の区分を不明瞭にするような位相間の協調が生じている。これは、9月に見られた未分化な状態での同時性-平行性とは別種の、10月以降段階化によって解決されていた行為を「同時に」解決させてしまうという飛躍的な組織化の発達であるといえよう。この月の試行では他にも10月と12月で発見された位相1と位相2の同時性(柵に手をつかえて体幹を支持しながら膝下に手を差し込み脚を持ち上げる)が再び出現している。従って、3月30日の試行では以前と同じ組織化パターンと全く別種の「同時化」が共存していることが全体の特徴である。

以上に指摘した各月の行為プロセスの特徴から、観察された靴下履き行為における全体的な発達の特徴をまとめておく。まず、9月の初めて靴下履きに挑んだ試行では各位相の同時的出現が多く、特に位相1と他の位相間の同時性が顕著であり、まだ体幹支持姿勢という全行為にとって基本的な姿勢調整が一つの段階として分化しておらず姿勢と他の位相との関係が探索されながら行為は進行していた。10月になると、位相1がベッドを上げる行為として他の位相から分かれ、9月の未分化な状態とは異なる位相1-2-3-4という段階的プロセスが出現する。しかし、位相2と位相3・4間では9月の位相1と他の位相間に生じたような交互的・同時的出現が見られ、位相2-脚位置の調整-と位相3・4との関係が探索されている。12月では、こうした位相間の同時性がほとんどなくなり、位相1-2-3-4という段階に明確に分化している。3月2日では位相3が位相2に先行するという12月の明確な段階化が乱れ、別のプロセスが出現する。このプロセスは3月30日にも踏襲されるが、3月30日の試行ではこれまでとは異なる新たな同時性-位相2と位相3の統合-が見られる。このように、靴下

履きの発達は未分化=探索→分化=段階化→分化-同時化(高次の分化)という行為プロセスの変異を生じており、行為プロセスの組織化はある階層構造へ収斂したのちも別の階層構造へと変化していくことが分かる。

本分析では行為プロセスがどのように組織化され変異を生んでいくかについて靴下履き行為の発達特徴を示すことができた。しかし、本分析結果に見られた個々の特徴的な組織化のパターンにおいて、どんな姿勢・運動の異なりが生じ、何が有効なものとして残ったのかは示されなかった。次の分析では、各位相における月ごとの行為パターンの変異とそこに生じている変種の選択を扱う。

D) 行為サブカテゴリーの変異

分析Cで見たように、9月から3月の各靴下履き行為は同一のサブゴールと最終的なゴールへと向かいながらも異なるプロセスをたどっている。プロセスの変異として示した靴下履き行為の発達について、今度は各サブゴールに対してどのような運動パターンが生じたかを分析Cで用いた4つのサブカテゴリー別に記述し、それらの各月における出現頻度を比較する。

1) ベッドの傾き調整の変異

9月の試行を除く全ての試行において、対象者はリモートコントローラーでベッド上部を垂直方向に上げそれにもたれかかることによって体幹を支持しており、体幹を支持しつつ両手を用いて様々な行為を可能にするためにベッドの傾きを最適な位置に繰り返し修正する傾向が見られた。分析Cで見られたように、体幹が倒れないように支持する、あるいは限られた可動部位の動きを促進するような姿勢調整が対象者の靴下履きにとって非常に重要であることから、本分析では最も基本的な姿勢-体幹の持続的な位置と支持-を決定するベッドの傾き調整に焦点を当て、ベッドの傾き変化を各月毎に比較した(図4)。

一回で上げてしまった3月2日を除いて、位相1にあたる最初のベッド上昇時に少しずつ区切りながら上げていく傾向が共通して見られる。12月が最も調整が多く計12回、10月と3月30日は計7回であった。また、位相2において、位相1で決定された傾きがわずかに変更される傾向も共通している。こうした傾き調整の特徴は、靴下履きにどのように関連しているのだろうか。

位相1において徐々にベッドを上げていくのは、おそらく少しずつ上げることによって適切な場所を探っているのではないかと思われる。この場合の適切な位置と

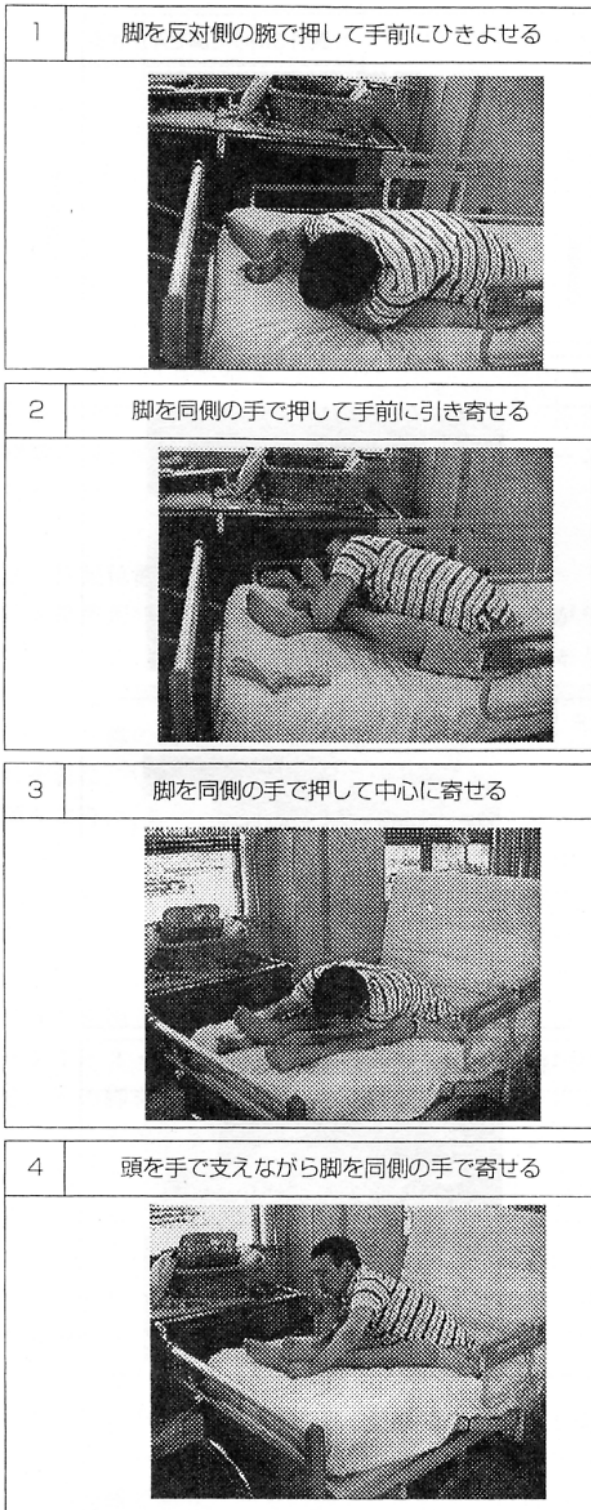


図5 脚の位置調整

は、体幹をもたれさせて支持しつつ次の位相の行為を行うのに適切なベッドの傾きと腰の位置である。また、位相2でのわずかな調整は、観察によればベッド面に横たえられた脚の膝部分へのリーチング前に行われており、これによって手と脚とのリーチング距離が調整されてい

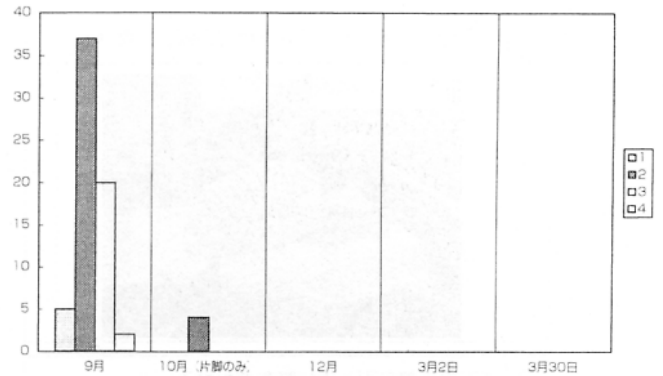


図5 脚の位置調整

ることが推測される。特に12月においては、一度試みてうまくいかないと何度も傾きを変えるという試行錯誤が見られた。この結果は、ベッドの傾きは体幹の支持を得ると同時に位相2以降の両手による行為によつて重要であることを示している。

各月毎の調整行為を比較すると、10月においては靴下履きを行ううちに次第に体幹が崩れてきてしまい支えきれなくなったために、位相4の途中で全部ベッドをたおして、9月に行っていた体幹を手肘で支持しながら靴下を引き上げる行為へと移行している。これに対し、12月以降は体幹支持が比較的安定しておりベッド面に倒れたり基本的な姿勢が崩れることはなかったが、12月ではいったんベッドを最終地点に近い場所まで上げた後に再び倒し、腰の位置をずらしてからやり直すという慎重な調整が行われ、3月2日、3月30日には調整回数は異なるがこうした大きな変更はなされない、というように、調整回数だけでなく調整された傾きと靴下履き行為の関係が各月ごとに変化している。分析Cにおいて、12月に行為プロセスの組織化が明確な段階をもつことを指摘したが、以上の分析結果は12月においても位相の内部で基本的姿勢の探索が行われていたことを示しており、行為プロセスの組織化には現れない別の発達の特徴がここには見られる。

2) ~ 4) 行為の変異パターン分析

分析D-2~D-4は、全て同じ方法で分析されている。それぞれ独立した靴下履きのサブゴールをもつ位相2~4について、9月から3月30日までにサブゴールを達成するために使われた基本的行為の変異パターンがピックアップされた(サブゴール達成に有効だったものだけでなく、失敗したものも含む)。パターンの分類は、観察可能な運動の違い(例えば、「押す」と「引く」と体幹、脚姿勢の違いに基づいている。そして、

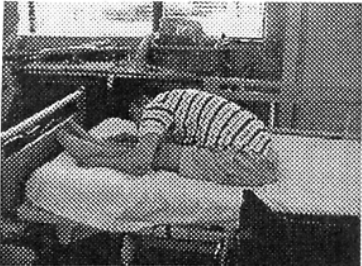





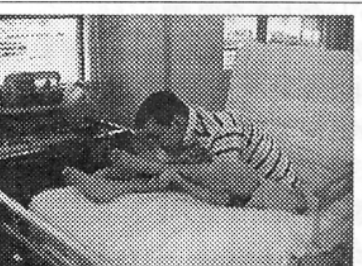

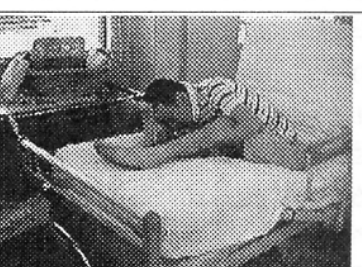
1 片足を腕で持ち上げてもう片方の脚上に乗せる	6 両腕を脚の下に入れ、片腕肘を曲げて脚を浮かせる
	
2 脚下の手首を引っ張り脚を浮かせる	7 片脚の下に片腕を入れたまま、逆側の脚膝下に手を入れて脚を浮かせる
	
3 脚下の肘を曲げて脚を浮かせ、もう片方の脚上に乗せる	8 膝下に片手を差し込んで脚を浮かせる
	
4 腕を内側から脚の下に入れて持ち上げる	9 脚を腕で体幹に引き寄せ持ち上げる
	
5 頭を支えながら膝下に腕を入れて持ち上げる	
	

図 6 片脚を持ち上げる

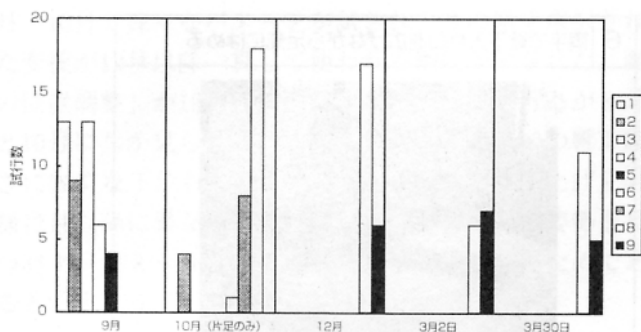


図6 脚の持ち上げ

各行為パターンについて、その行為に含まれる下位行為の総数を試行数¹⁾とし、出現した全ての行為パターンの試行数をカウントし、月ごとに比較した。

2) 片足位置形成の変異

片足位置形成について発見された行為パターンがピックアップされ、各パターンの試行数を月ごとの分布として図示した(図5)。なお、片足位置形成は「脚の位置調整」と「脚の持ち上げ」の二種類の行為に分けられ、それぞれについて複数の変種が発見された。

図5より、「脚の位置調整」では全部で4つの変種が発見されている。脚の調整行為の出現は9月と10月のベッドにもたれて体幹を支持しないで脚の上に体幹を倒したまま、または腕や手だけで体幹を支持する場合に限られており、12月以降はもはや出現しないので、このように体幹を倒した姿勢に特有な行為であるといえる。パターン1・2・4は靴下を履く方の脚を体幹側に曲げて寄せ、その脚をもう片方の脚上に乗せてつま先を靴下をはめやすく配置する行為の一部である。パターン3は、他の行為によって外側へずれてしまった脚を再び真ん中に寄せる行為であり、脚配置の補助的な行為である。グラフから変異パターンの度数分布を見ると、9月に最も試行数の多かったパターン2が10月にも使われており、この変種が脚位置調整にとって有効なものとして選択されたことが分かる。

「脚の持ち上げ」については、全部で9つ変種が発見された。パターン1~7は片脚をもう片方の脚上に乗せる行為の変種であり、一方の脚下に片腕または両腕を入れた後様々な方法で脚を持ち上げている。パターン8とパターン9は脚上げの連続した行為であり、脚の上に別の脚を乗せる姿勢とは別の姿勢へと向かうので、他のパターンとは異なる。しかし、パターン5は膝下に外側から同じ側の手を差し込むというパターン8と非常によく似た運動を行うなど、2種類の行為間には関連が見られ、パターン5からパターン8が分化したことが示唆さ

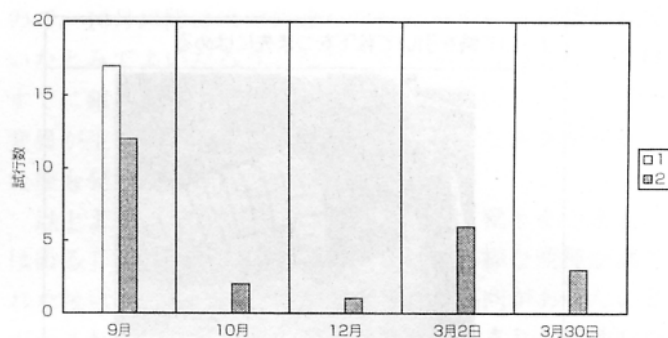



図7 靴下の入り口を広げる

れる。


グラフより、変異パターンの分布と試行数を見ると、9月において出現した様々な「片脚をもう片方の脚上に乗せる」行為の変種は、10月になるとパターン2のみが残り新たにパターン6、パターン7という9月のバリエーションが出てくる。さらに、10月においては12月以降に定着するパターン8→パターン9の萌芽が見られる(10月の試行ではパターン9まで一人でできず、OTが介入してこの部分を代行している)。10月と12月のパターン8の試行数は突出して多く、この頃にはパターン8の探索がかなり行われていたことが伺える。全体の発達の特徴として、脚の持ち上げ行為ではパターン8→パターン9の連続が結果的に選択されたといえる。

以上の結果より、脚位置形成行為の変異について、9


1 □で輪を引いて靴下をつま先にはめる



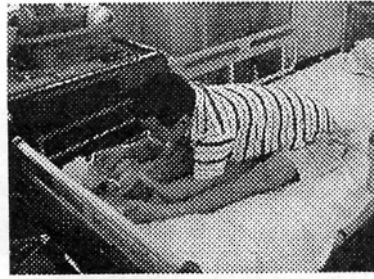
2 □で輪を引きながら手をベッド面について体幹を上げる




3 片手で輪を足先脇に固定し、もう片手でつま先に靴下をはめる



4 両手で輪をつま先両側に引いて靴下をはめる



5 靴下の輪を片手でつかみつま先に上から引っかける



6 両手で靴下入り口を広げながら足先にはめる



7 上から脚を支持している手で一方の輪を固定し靴下輪を両手で引いてつま先にはめる



8 足を支持している手で一方の輪を固定し、もう片方の手で靴下の輪を引いてつま先に靴下をはめる



9 足を支持している手で一方の輪を固定し、逆の手指と口で靴下入り口を広げてつま先にはめる

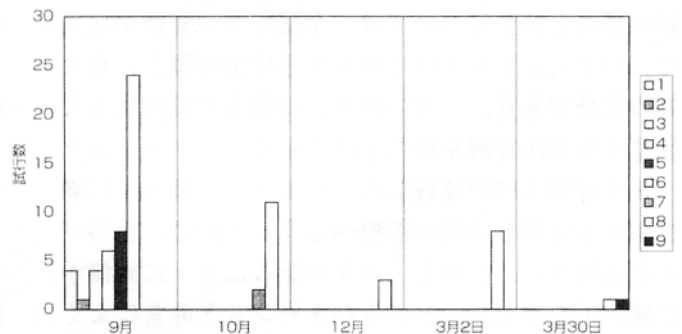



図 8 つま先にはめる

図 8 靴下をつま先にはめる

月・10月で様々なパターンが試され、その結果選択された変種が12月以降一貫して使われる傾向が示された。「脚の位置調整」が12月以降消滅するのは、この行為が9月と10月にしか見られない体幹を前に倒す姿勢での靴下履きに固有な下位行為だからであり、「脚の持ち上げ」同様12月以降に異なる脚上げプロセスと体幹支持姿勢を持つパターン8-9というプロセスが選択されたためであるといえよう。

3) 靴下をつま先にはめる行為の変異

靴下の輪に手指を通して引っ張り靴下の入り口を広げ、靴下をつま先にはめ込む行為について、行為パターンをピックアップし試行数を月ごとの分布として図示した(図7・図8)。全体の行為は「靴下の入り口を広げる」「靴下をつま先にはめ込む」という連続する2種の行為に分けられ、それぞれについて変種が発見された。

「靴下の入り口を広げる」については、2つのパターン-靴下を振って広げる場合と両手の親指を輪を通して引っ張って広げる場合-があった(図7)。グラフより、9月に振って広げるパターン1とパターン2の両方が使われた後、10月以降はパターン2だけが残っている。この結果から、パターン2が有効な行為として選択されたことは明らかである。

「靴下をつま先にはめる」行為の変種は、大きくは前屈姿勢のとき(パターン1~5)と、ベッドを体幹支持に使う姿勢(パターン6~9)のときに分けられる。この基本的姿勢の違いに加え、靴下を引っ張る部位の違い(口・片手・両手・手と口両方)によっても変種は区別される。また、パターン7とパターン8は体幹支持の姿勢だけでなく片足の持ち方が上からと下からという違いがあるだけで靴下を差し込む方向と片手を固定しもう一方の手で靴下を引っ張りながらはめ込む姿勢が酷似しており、またパターン9は明らかにパターン8に口が加わっただけの変種なので、パターン7・8・9はとてもよく似た隣接的な変種群とみなせる。全体的に、どのパターンも固定された足に対して靴下を動かしてはめ込む点では共通している。

グラフから、9月では前屈姿勢でのパターン1~5とベッドを上げてからそれを支持に用いるパターン6が出現し、多様な変種が試されていることが分かる。10月以降になると数が格段に減り、パターン8がどの月にも出現している。10月ではパターン7とパターン8という隣接的な変種が使われ、3月30日にパターン8から分化した変種といえるパターン9が出てくるが、これらほとんど同一のパターンを少し変えただけのバリエーションな

ので、10月以降はほぼ共通した行為パターンが使われていたとみてよいだろう。ただ、3月30日のパターン9はすでに確立したパターン8からさらに微細なレベルでの変異が生じたという点で、こうした細かな変異が安定した後も発生する可能性が示唆される。

以上より、「靴下の入り口を広げる」「靴下をつま先にはめる」行為の両方について、9月で多様な変種が試された後は単一の変種だけが選択される傾向があったことが示された。10月以降の変種は9月とあまり共通性がないためその起源を知ることはできないが、これらの変種がベッドにもたれて体幹支持する姿勢を前提としていることから、おそらく9月と10月の試行間にこの基本的姿勢とともに探られてきたものではないかと推測できる。

4) 靴下引き上げの変異

靴下をつま先にはめた後、最後まで靴下を引き上げる行為パターンをピックアップし試行数を月ごとの分布として図示した(図9)。

靴下引き上げ行為の変種は非常に多様であり、17パターンもの変種が発見された。この行為も「靴下をつま先にはめ込む」行為と同様に、ベッドを背もたれにして体幹を支持する変種(パターン6~10, パターン13~17)と前屈してベッド面に手や肘をついて体幹支持する変種(パターン1~5, パターン11・12)とに分けられる。こうした大きな異なりにくわえ、靴下を引っ張るのに使われた身体部位の種類-1)口 2)片手 3)1と2の複合パターン(口と手, 両手を同時に使う)-と靴下を引く運動パターンの違いによっても細かく分類することができる。特に運動パターンの違いは、口での引き方が「口で靴下をくわえつつ頭部を振って引く」(パターン1・2・10・14)という単一の運動しか出現しなかったのに対し、手での引き方はとても多様であり、1)靴下の輪に親指を引っ掛け、横方向に引っ張る(パターン4・12) 2)靴下の端を上から手でつかんで体幹側に引っ張る(パターン3・7) 3)靴下の輪を上から

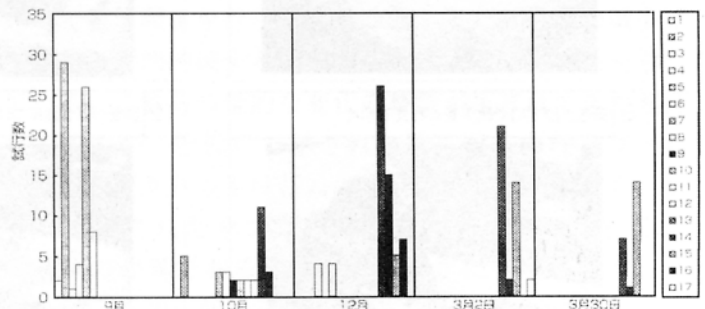


図9 靴下を引き上げる



図 9 靴下を引き上げる

人差し指に引っかけて体幹側に引っ張る（パターン11）
4）靴下の輪に上から親指を入れ、下方に手の重みで落とし込むように引っ張る（パターン9・13）5）靴下に手を密着させ、なでるようにしてずり上げる（パターン5・16）という引く方向と手の使い方が異なる変種が複数発見されている。

グラフより月ごとの変異と試行数を見ると、9月の試行ではまず「口で引く」（パターン1・2・6）「なでる」（パターン5）「手で引く（靴下端をつかむ・親指に輪を引っかける）」（パターン3・4）という3パターンが出現し、特に「口で引く」が3つの変種を持ち比較的多く使用されている。試行数では、パターン2「靴下をくわえて体幹側に引く」パターン5「靴下を下から上に拳でなでる」が多く、この2つの変種が主に探索されていたことが分かる。

10月の試行では、9月の変種と同じ変種や類似した変種が多数出現しているが、同時に全く新しい変種も多かった。9月と類似した変種は、体幹支持姿勢と運動パターンが似通った変種（パターン11・12）、体幹支持姿勢は異なるが運動パターンが似通った変種（パターン7・パターン10・14）である。新たに出現したのは「靴下を手の重みを使って下に落とし込む」パターン8・9・13である。この「落とし込み」動作は体幹支持をベッドにもたれて確保するという全行為の基盤である姿勢と脚を持ち上げて支持する姿勢によって初めて可能になったものと思われ、これらの変異が靴下引き上げ行為においても新たな変異をもたらしたと考えられるだろう。また、パターン8は手と口を同時に使ったこれまで出てきた変種の複合パターンであり、新たな協調が創発した例である。この変種への分化もまた、体幹と脚姿勢の変異の結果だといえよう。このように、10月の試行においては、基本的に9月の変種を踏襲しつつもそれらを細かに変えた変種が現れ、また姿勢も運動も全く新たな変種が生まれていたことが分かる。試行数に関してはパターン13の「落とし込み」が比較的目的立つものの、全体的に変種の数が多いが突出した探索は見られなかった。

12月の試行では、10月で初めて使われたパターン13と14が再び使われ、試行数も多いことから重点的に探索が行われたことが分かる。9月10月には変種の多かった「手で引く」や「口で引く」は減り、試行数も少ない（パターン4・パターン6）。また、パターン16はパターン5と同じ運動パターンをもち、これも以前の変種の延長上にある。このように10月以前の変種が引き継がれる傾向の中で、新たに出現したパターン15は、「口で靴下をくわえながら脚を押して靴下に押し込む」ことによって

一回の行為で靴下の奥まで脚を押し入れることができる画期的な変種であるだけでなく、口と手の協調についても、同時に引くのではなく「押し込む」という全く新たな運動を創発している。

3月2日、3月30日の試行はパターン14・15・16というどちらも同じ変種をもつので、3月以降に見られる変種が選択されて残ったといえる（3月2日のパターン17はパターン15の口を手置き換えただけでほとんど同じ行為であり、明らかにパターン15から分化した変種なので同じとみなせる）。3月2日では12月で初出したパターン15の試行数が増え、またパターン13の試行数が多く、これらが重点的に探索されている。観察によれば、これらの2つの試行はパターン13で踵まで靴下を引き下げた後、パターン15やパターン17で最後まで一気に押し込む点が共通しており、この時期にほとんど靴下引き上げ行為は確立しているとみてよいだろう。

以上の結果から分かるのは、靴下引き上げ行為の発達プロセスは他のサブカテゴリーに比べて幾つの特徴のために非常に複雑であるということである。まず、9月から10月にかけて多様な変種が出現しているのは、口や手などの同じ部位を使って異なる姿勢・異なる運動が試されているためである。また、手と口、手と手など異なる部位を協調させて既出の変種を変えるという複合的な分化が生じている。さらに、10月と12月で見られたような全く新たな運動の創発がある。しかし流動的に見えても、多く探られた変種が選択され残っていく点はやはり他のサブカテゴリーと共通するものがあり、分析D-2～4は多少ずれつつも一貫して特定の行為パターン使用への選択的発達を示していたといえるだろう。

Ⅲ) 考察

各分析の結果はそれぞれが同一の発達過程における異なる局面を示している。所要時間の減少はその背景にスキルの上達や行為の工夫がなされたことを示唆し、下位行為数は頸髄損傷者が非常に多くの微細な行為の連続によって靴下履きを行っていること、また行為数の減少は必ずしも時間的減少と関連するわけではないことを示している。これらの量的な変化の特徴が生まれてきた起源を示すのが、分析Cで示された靴下履きのサブゴール達成に利用される下位行為の継時的組織化の変化と、分析Dで示されたサブゴール達成に利用される行為パターンの変異である。分析Cでは主に行為のサブカテゴリー（位相）間の協調とその変化が、分析Dではサブカテゴリー内での変異と生じた変種の選択プロセスが

それぞれ発見されており、これらの変化は同一の制約において生じた靴下履きを可能にする情報の探索・選択過程であると考えられる。靴下履きの環境におけるどのような情報がこうした発達を選択したのだろうか。

分析Cでは靴下履きのプロセスの発達の主要な特徴として、位相1-姿勢調整-が最初の一つの位相として分化していない、つまり他の位相に埋め込まれた状態で細かい変更(探索)が生じていたが、次第に明確な位相-ベッドの背もたれの昇降-として分化するという変異が見られた。ベッド昇降の分化による変異は分析Dにも同様に見られ、位相2~4の行為サブカテゴリー変異において体幹支持姿勢が手肘をベッド面につく前屈姿勢からベッドにもたれる姿勢に変わると、全く異なる変種が生まれる、あるいは変種が使われなくなるという選択が生じている(例えば、位相2では「脚の位置調整」が消え、「脚の持ち上げ」で脚を手で持ち上げた後に体幹に引き寄せて支持するという新たな行為が生まれる)。これらの「選択」は、体幹支持姿勢という靴下履き行為全体の基礎となる姿勢が変化することによって生じているといえよう。

こうした体幹支持姿勢の調整と他の行為サブカテゴリーとの協調は、分析Cで指摘したプロセスの組織化において明らかである。すなわち、他の位相間との区分が未分化な9月の同時的出現では、様々な支持姿勢を試しながらその姿勢で可能な他のサブカテゴリー行為の探索が起こっているものであり、そのために行為の変種が分化していくのである。一方で、12月ではベッド調整自体が異なる位相として段階化しそれ自体の探索は行われるが、他のサブカテゴリー変異にはもはや影響しない。したがって、全サブカテゴリー変異に共通する特定の変種が選択されて残っていく12月以降の傾向は、基本的な姿勢である体幹支持姿勢が選択されそれ以降変わらないことが主たる要因になっていると考えられる。

位相1-姿勢調整-の発達に見られる「姿勢の決定や変更が他のサブカテゴリー行為をも選択していく」という傾向は、位相2にも同様に当てはまる。10月の靴下履きプロセスでは9月のように位相1と他位相との同時的出現は減少するが、新たに位相2と位相3・4との同時的出現や交互的出現が発生している。10月の位相2-脚を上げて手で支持する-は靴下をはめ込み引き上げる動作に先だって脚を適切な位置に動かしたり同時に動かすなどの調整であり、体幹支持姿勢と同様に靴下履きに利用可能な姿勢の形成である。分析Cより、脚を定位置にまで上げて支持する行為は10月に初めて出現した後12月以降は変異しないので、12月には基本的な脚姿勢の選

択が完了しているといえるが、位相3と位相4においてもほぼ同じ時期に脚位置の異なりによる変異は出現しなくなっている。従って、位相2と位相3・4の間においても姿勢調整が他のサブカテゴリー行為を選択していく関係があるのである。

こうした体幹や脚を支持する姿勢は、靴下履き行為がどのようなプロセスでどのような運動によって行われるかを選択する制約となっている。支持姿勢の変化とはすなわち靴下履きに利用可能な情報の探索であり、靴下を直接操作する手や腕行為の基礎にあるのがこうした探索と選択を生み出す「同時的姿勢」なのだといえよう。

では、このような姿勢調整が出現する環境の特性や探られていた情報はどのようなものであろうか。靴下履きは眼や手から遠い足の先端部分への操作が必要であるが、本研究の対象者のケースでは足先を近づけたり頭を近づけると姿勢のバランスが崩れてしまう。そのために転倒しない姿勢の維持と手の遠隔操作の両方が可能なように行方をデザインしなければならない。また、靴下の素材は柔らかく伸縮性があり入り口は狭くなっているため、靴下を扱うときは両手の操作ができる程度の自由度を保ちつつも倒れないように、柔らかくて狭く遠い入り口に棒を入れるように麻痺した足を入れなくてはならない。これらの行為においては常に安定した体幹支持を維持するための支持面探しや、揺れ動く身体への制御や、先端部へ靴下を入れるための制御に必要な知覚情報が探索されているのであり、こうした探索行為において「靴下のアフオーダンス」を特定する情報が現れているのである。

例えば、分析Dで取り上げた位相4「靴下引き上げ」行為の変異では、靴下を引き上げる多様な変種が見られた。「口で靴下をくわえて頭を上下左右に動かすことによって引く(パターン1・2・6・14)」「靴下の輪に上から親指を入れ、横方向に引く(パターン4・12)」「靴下を手で上からつかんで引く(パターン3・7)」「靴下輪を上から指に引っかけて引く(パターン11)」「靴下の輪に上から親指を入れ、下に手の重みで落とし込むように引く(パターン9・13)」「靴下に手を密着させ、なでるようにしてあげる(パターン5・16)」など、靴下引き上げの変種は靴下に対する様々な操作によって分けることができるが、それぞれの手や口の動きは足にはめられた靴下のアフオーダンスを利用する異なる行為であり、またそれらは上記したように体幹支持姿勢・脚姿勢の変更によって手や腕の運動そのものは同一でありつつも異なる制御・異なる探索へとさらなる変異を遂げている。靴下履きに利用される情報は、このよう

に手・腕・脚・体幹など全身の部位が協調した単一の系によって探索されているのだといえよう。

本研究で得られた成果を以下に要約しておく。本研究の対象者であった頸髄損傷者は、靴下履きという日常生活動作を微細な多数の下位行為を幾つかのサブゴール達成へ向けて継時的に組織化することによって行っていた。約半年に渡る5つの観察された試行において、それぞれのサブゴール達成プロセスと使われた動作パターンには明らかな変異が見られ、多様な変種が試された後に特定のプロセスや動作パターンが選択されるという発達の特徴が見られた。こうした変異を生み出す要因として、体幹支持姿勢と脚支持姿勢という靴下履きの操作の基礎となる姿勢調整の変化が発見された。頸髄損傷者の靴下履きは、こうした操作を支え変異させる「同時的姿勢」を探る試みであり、姿勢が探られる中で靴下履きという操作のレベルもともに探られていた。

以上の知見は、頸髄損傷者の靴下履きにだけあてはまる協調の発達ではなく、健常者の靴下履きにもあてはまるものである。健常者の行う靴下履きは観察によれば下位行為数が15~20数回と非常に少ないが、その主な理由は頸髄損傷者が自律的に行えない体幹支持や脚支持が常に維持できるため、本研究で明らかにされたような「同時的姿勢」を調整せずとも各位相を平行して解決することができるからであろう。また、こうした姿勢調整の重要性は様々な日常的行為にあてはまるものである。

本研究では姿勢調整が他の行為と同時に出現する場合と交互に出現する場合を別個の探索とはしなかった。同時に単一の運動系として生じている場合と交互の段階として出現する場合は異なり、実際は本研究で使用されたサブカテゴリーよりもさらに微細なレベルでの協調がこれらの探索において生じていると思われる。こうした観点でより緻密な行為発達の分析を行うことが今後の課題として残されている。

註

- 1) 試行数は、例えば手を膝下に入れるときに何回差し込む動作を繰り返したか、などのゴール達成のスムーズさや探索を測る指標となるものである。

参考文献

- Bernstein, N. 1967 *The coordination and regulation of movement*. Pergamon Press.
- Kelso, J. S. A. 1995 *Dynamic Patterns: The Self-organization of*

- brain & behavior. MIT Press.
- Lough, S. 1985 *Visuo-motor control following stroke: A motor skills perspective*. Ph.D. thesis, Edinburgh University.
- Thelen, E. & Smith, L. B. 1994 *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Bradford Books/MIT Press.
- Wagenaar, R. C. & Van Emmerik, R. E. A. 1996 *Dynamics of Movement disorders*. *Human Movement Science*, 15, 161-175.
- Wagenaar, R. C. & Beek, W. J. 1992 *Hemiplegic gait: A kinematic analysis using walking speed as a basis*. *Journal of Biomechanics* 25, 1007-1015.