

姿勢と運動の制御が空間のイメージ操作に及ぼす影響

Effect of Body Posture and Motor-Control on Mental-Rotation in Brain Damage

杉山 あや¹⁾, 三村 将²⁾

要旨：エピソード記憶障害と空間イメージ操作障害を主症状とする両半球損傷例Fに、姿勢運動制御訓練と、自己と対象物の位置関係に関する検査を行った。さらに他の脳損傷5例に対し同様の訓練と検査を行った。

症例Fでは、姿勢運動制御訓練による姿勢の安定とスムーズな俯瞰が自分と周囲の空間的位置関係のイメージ形成に有効で、また記憶自体よりイメージ形成の改善が、物や場所の位置がわからないという日常生活上の問題の軽減に影響したと考えられた。他の5例の結果からも、一般に脳損傷例では、回転イメージ条件のように自己と周囲の位置関係が変わると、対象の同定が困難になると考えられた。以上より、姿勢運動を制御する訓練が、空間的位置関係の回転イメージの形成に有用である可能性が示唆された。

Key Words：姿勢、運動制御、空間的位置、回転、イメージ、空間性記憶

はじめに

近年、人の運動と記憶との関係についての研究が散見される。例えばKlatzkyら(1989)は、対象物の記憶にはその対象物を操作する手の運動パターンが影響することを示した。1980年代にCohenらに始まった被験者実演課題(Subject-performed tasks, SPT)を用いた行為事象の研究では、教示文を言語的に記銘するより、その行為を実演しながら記銘する方が再生率が高くなるSPT効果が示された(Cohenら, 2001)。これに関し昨年我々は、脳損傷患者2症例におけるSPT効果と、運動行為やそのイメージが記憶情報の符号化と検索に関与する可能性について報告した。(杉山ら, 2004)

身体運動情報と空間記憶の関係について、朝倉(1999)はバーチャルリアリティ空間を用いた実験を行い、「自己運動に伴って生成されるダイナミックな環境と自己の関係の変化のイメージが空間の記憶において重要な役割を果たす」と述べて

いる。また山鳥(2004)は、頭頂葉損傷による広い空間での移動障害(道順障害)は空間に関わる特殊な記憶障害・視知覚障害であり、建物をどの角度から見ているかがわかり、建物の方向や建物間の関係がわかるためには「個体の移動経験を動員し具体的な知覚情報を自己中心の空間座標軸(空間図式)上へ貼付ける必要がある」と述べている。

今回、物を置いた場所や部屋の位置がわからなくなることを主訴とする健忘症例を経験した。

本例は物や場所の位置を覚える時に振り向いたり、よく見て確認することがなく、また想起するときにも周囲を見回すということがなかった。また軽度の四肢麻痺による立位バランスの不安定や体幹・頭頸部の分離運動の低下が、振り向いたり見回したりすることを困難にしていると考えられた。そこで、姿勢が安定しスムーズに動けることが自己と対象の空間的位置関係のイメージ操作に影響し、それが物や場所の位置がわからないとい

1) 所沢リハビリテーション病院 セラピスト室 言語聴覚療法グループ Aya Sugiyama : Department of Speech Therapy, Tokorozawa Rehabilitation Hospital

2) 昭和大学医学部 精神医学教室 Masaru Mimura : Department of Neuropsychiatry, Showa University School of Medicine

う日常の記憶障害の軽減につながるのではないかと仮説し、姿勢と運動の制御訓練と自己と対象物の位置関係に関する検査を行った。さらに他の脳損傷5例に対しても同様の訓練と検査を行い、姿勢と運動の安定が空間的位置関係のイメージ形成に影響する可能性について検討した。

1. 症 例

a. 症例F：58歳，右利き，男性。

b. 現病歴：2003年7月右片麻痺・失語症にて発症，S病院に入院した。左島回脳梗塞と診断され保存的治療を受けた。同年9月リハビリ目的で当院入院となった。

c. 神経学的所見：右優位の軽度四肢麻痺が認められた。

d. 画像所見：CTで左島回及び右側脳室前方周囲白質に梗塞巣が認められた（図1）。またMRIでも同様の所見であった。

e. 初回評価：

<全体像>

介入には協力的だが，神経質で頑固な印象だった。物忘れの自覚はあるが生活や仕事上支障となると考えておらず，腰や肩の痛みは病前からと気にしていなかった。日常生活動作は全自立だが，我流で粗雑な行為が目立った。

<姿勢緊張と姿勢運動パターン>

両側股関節・右肩甲帯周囲の筋は低緊張で，脊柱の分離運動が乏しく，立位バランスは不安定であった。歩行は，体幹・頭頸部のスムーズな運動に欠け，歩き方は直線的で視線は足下に固定され，話しかけてもなかなか振り向けず，まわりを見回すこともなかった。

<神経心理学的所見>

表1に症例Fの主な神経心理学的検査結果を示す。

言語：軽度の失名詞失語が認められたが，複雑で長い日常会話もほとんど支障なかった。

注意・知能：机上検査の結果は概ね良好だった。

視知覚・視空間認知：視覚認知自体は良好であったが，自己身体と対象との位置関係や，複雑な図



図1 症例F CT画像

表1 症例F. 神経心理学的検査結果

言語	WAB失語症検査	失語指数	90.4
注意	Trail making test	B	3分30秒 誤り0
	仮名拾いテスト	文字 check 内容把握	80.0% ほぼ可
知能	WAIS-R	PIQ	
視知覚・認知	Reyの複雑図形	模写	32/36
記憶	RBMT-J	粗点合計	42/100
		標準プロフィール点	6.0/24
		スクリーニング点	2/12
	WMS-R	言語性記憶	指標54
		視覚性記憶	50未満
一般的記憶		〃	
	注意/集中度	95	
	遅延再生	〃	
	Reyの複雑図形	20分遅延再生	5/36

形や物の形が，わずかに向きが変わるとわからなかった。半側無視は認めなかった。

記憶：何を何処に置いたか即座にわからなくなり，数時間前の献立や数日前の主な出来事，10分後にするよう指示された用事を忘れ，近時記憶の障害は重篤であった。例えばリバーミード行動記憶検査日本版の，セラピストが封筒を出し部屋の中を歩いて所定の場所に封筒を置く道順と用件を覚える課題では，直後再生でも全く違う順路を通り，全く違うところで封筒を探した。またOT調理場面では，よく使っている包丁の場所がすぐにわからなくなり，苛立ちながら手当たり次第に探した。

WMS-Rの注意集中指数は95、その他の注意に関する検査結果も良好で、机上の静的な場面と空間における移動を伴う場面とでは、課題成績や反応に大きな差がみられた。

2. 治療経過

a. 治療目標

以上の評価と観察から、次のような治療目標を立てた。

1. 姿勢が安定し、体幹や頭頸部をスムーズに動かせる。
2. 動きながら対象物を見ることで、変化する視覚情報と体性感覚情報を統合できる。
3. 得られた知覚体験を記憶情報と照合し、自己と対象との空間的位置関係が変わっても、恒常的なものとしてイメージできる。

b. 治療内容

次に治療内容の幾つかを挙げる。

治療1：「四面神経衰弱」

- ①まず坐位を安定し、体幹頭頸部の分離運動を促し、滑らかに動けるようにした。
- ②次にマーク別4枚1組のトランプのうちの1組を正面に並べた。90度向きを変えた左右の席と正面の席に坐ったことをイメージし、手元のトランプと同じ配列になるように並べかえさせた。初めは向きが変わると配列がわからなかったが徐々に目と手を協調させながらできるようになった。
- ③そこで「四面神経衰弱」を行った(図2)。前後左右4方向に置いた机に各4枚トランプを並べ、各機のカードをめくり、4枚同じ数が揃えば採れる。数が揃わない時は伏せ、何処に何のカードがあったか覚えながら行った。すべてのカードが揃うまでの施行数は、坐位の安定の準備を省いてしまった訓練では24回となかなか揃わず、坐位を安定し体幹頭頸部の選択的運動を促した後の訓練では11.5回だった。

治療2：壁やドアへの適応とタッピングスパン

- ①まず壁に寄り掛かせ立位の安定を図り、体幹の選択的運動を引き出した。壁に楽にもたれ向きを変えたり、ドアの隙間を滑らかに通り抜けられ



図2 「四面神経衰弱」



図3 タッピングスパン

るようにした。

- ②次に壁にもたれ向きを変えながら、自分の身体の両側の壁に配置が同じになるよう4～5枚のシールを貼らせた。またドアの隙間から覗き込みながら、ドアの両面に配置が同じになるようシールを貼っていった。

- ③そして上記②で貼ったシールを使って、タッピングスパンを行った。壁の片側やドアの片面のシールをセラピストが指差した順番を覚え、もう片方の壁やドア面のシールをその順番通りに触っていった(図3)。

徐々に壁やドアに身体を合せ動けるようになり、身体の向きを変えながら両側の壁を眺め、その位置関係がわかるようになった。

3. 疑問

訓練を進める中で、次第に物や場所の位置を覚えたり思いだしやすくなってきたが、次の疑問が生じた。

1. 改善がみられるのは、記録・再生など対象の記憶自体なのか、位置関係のイメージを形成することなのか？
2. その改善に、姿勢の安定やスムーズな運動が本当に影響するのか？

この疑問を明らかにするため、姿勢と運動の制御訓練と自己と対象物の位置関係に関する検査を行った。

a. 姿勢と運動の制御訓練と自己と対象物の位置関係に関する検査

図4に、姿勢運動訓練と位置関係検査の手続きと、症例Fの結果を示す。

b. 方法

まず姿勢運動制御の訓練として、体幹から頭頸部の滑らかな運動を徒手的に促通した。具体的には、立位で骨盤を安定し左右の重心移動や体幹から頭頸部の分離運動を促し、スムーズに振り向いたり見回せるようにし、その際動きながら視ることによって変化する視覚・体性感覚情報の統合を図った(図5)。次に自己と対象物の位置関係に関する検査を、姿勢運動制御の訓練を行った直後と、この訓練を行わなかった日について、それぞれ2日ずつ実施した。位置関係に関する検査は、症例の足元前後左右のうち3ヵ所に○△×のマークをランダムに置き5秒間見回し覚えた(図6)1分後、まず再生条件としてマークの位置を答えてもらった。次に回転イメージ条件として、自分が90度身体を回転した場合の位置関係をイメージして答えてもらった。例えば再生条件で後が○のとき、左に90度身体を回転した場合の位置関係をイメージする回転イメージ条件では、左が○となる。

c. 結果

再生条件は、姿勢運動制御の訓練ありなしいずれの日も100%正答できた。一方、回転イメージ条件は、姿勢運動制御の訓練を行わなかった日の正答率は50.0%で、「マークを覚えていても頭の中で身体の向きを変えようとする」と消えてしま

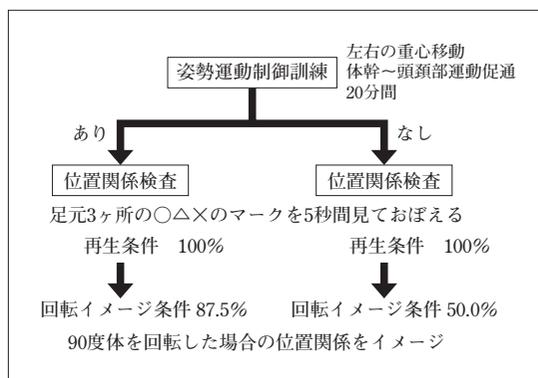


図4 姿勢運動訓練/位置関係検査の手続きと症例Fの結果



図5 姿勢運動制御の訓練



図6 位置関係に関する検査

う」との内省だった。それに対し、姿勢運動制御の訓練直後では87.5%と正答率の改善を認めた。

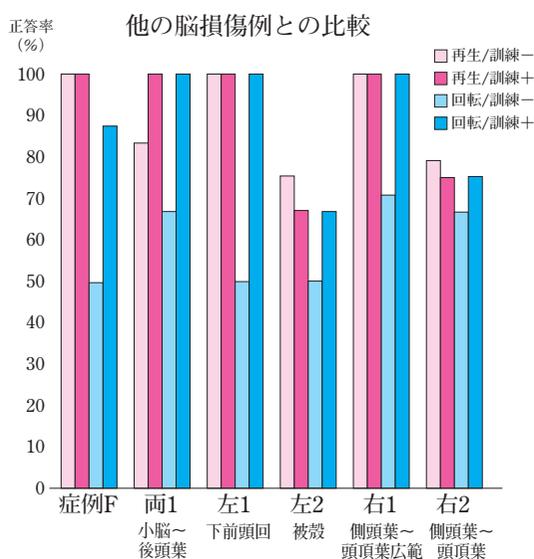


図7 6例の位置関係検査の結果

4. 他の脳損傷例との比較

以上の結果から、姿勢と運動が安定すると位置関係のイメージ操作が改善する可能性が考えられ、この点を更に検討するため、他の脳損傷5例（平均年齢55.8歳。症例Fを加えると左/右/両半球損傷各2例となる。）に、先程示した方法で姿勢運動制御の訓練とマークの位置関係検査を行った。図7のグラフは、症例Fを合わせた6例の位置関係検査の結果である。横軸に各例の損傷部位を示した。症例により差はみられるが、次の3点がわかる。

1. 再生条件に比べ回転イメージ条件は不良である。
2. 再生条件では天井効果が見られるが回転イメージ条件ではほとんどの例で訓練効果が確認できる。
3. 再生条件ですでに不良な例は訓練効果が乏しい。

また今回、左右半球間、損傷部位間など脳損傷の違いによる特定の傾向はみられなかった。

5. 考 察

両半球損傷を有する症例Fでは、回転イメージ条件のように自己と周囲の位置関係が変わると、対象の同定が極端に困難になった。また他の脳損傷5例においても、同様であった。心的イメージの回転操作に関する先行研究では、回転操作と右半球（Corbailら, 1988; Hattaら, 1994; Ditunnoら, 1990）、頭頂葉（Choenら, 1996; Alivisatosら, 1997; 八田, 2001）の役割を重視する説がある。しかし今回比較した両半球、左半球、右半球例の結果からは、一般に脳損傷例では回転イメージ条件のように自己と周囲の位置関係が変わると対象の同定が困難になると考えられ、損傷部位による一定の傾向はみられなかった。

症例Fでは姿勢運動を制御する訓練が、姿勢の安定とスムーズに振り向いたり、見回せることを促し、自分と周囲の空間的位置関係のイメージ形成に有効であったと考えられた。そして記憶自体よりイメージ形成の改善が、物や場所の位置がわからないという日常の支障の軽減に影響したと考えられた。また症例により差はみられるものの、姿勢運動制御訓練に伴う立位の安定や頭頸部運動の改善が、症例Fと同様な効果を示す症例がみられた。

今回、姿勢運動制御訓練が空間的位置関係のイメージ形成に有用である可能性が示唆された。その背景について2点の推論を加えたい。まず、運動イメージについてであるが、Roland (1980)の研究以降、運動イメージを想起すると、その運動を実際に行った時と同じ脳の部位（補足運動野・第一次運動野など）が賦活されることが明らかになってきた（Porro.C.Aら, 1996; Deiber.M.P.ら, 1988; Fadiga.L.ら, 1999）。そうであれば、その逆の作用—訓練で運動を実際に行ったことによる脳の賦活が、自己運動のイメージや、運動による対象と自己の空間関係の変化のイメージをし易くした可能性も考えられる。本田ら (2001)は、イメージ操作と感覚運動制御の連続性について、そろばん熟達者の暗算においてそろばん操作（指の実運動）と同様に背外側運動前野や前補足運動野が賦活することをfunctional MRIで観察し、

「人類の進化過程の中で感覚運動制御からイメージ操作へと展開してきたプロセスが個人の中で訓練により急速に誘導された例ではないか」と述べている。今回の位置関係検査において例えば症例Fは、姿勢運動制御訓練直後の回転イメージ条件では他条件に比べ好成績でその際「体を動かさなくても、動いた時の（マークの）見え方が浮かぶ気がする」と内感を述べた。脳の神経活動の検証はできなかったが、こうした点は、本田らの結果とも関連する可能性がある。

次に、Gibson (1950) が提唱したオプティカルフローとは、自己身体の動きや外界の対象の動き、またその相対的運動により網膜上に生じる光学的流動パターンである。移動に伴って自分の動きと反対の方向に、また動きに応じた速さで周囲の景色は流れて見え、こうした視覚情報の変化は自己運動の知覚の手がかりとなる。三上 (2004) はオプティカルフローから生じる運動視覚は「対象物の将来の位置や自分自身の位置の変化を予測し行動選択」できるために「日常場面で重要な役割を演ずる」と述べている。筒井 (2004) はこのような「オプティカルフローの情報は空間内を移動するにあたりナビゲーションや認知地図の形成に大きく役立つ可能性がある」と述べている。今回姿勢運動制御訓練で、後を振り向く、向こうを覗き込む、といった動きながら見る行為を通し視覚と運動の協調を図ったことが、オプティカルフローの情報を手がかりとした自己と周囲の空間関係を把握し、その変化をイメージすることに影響した可能性も考えられる。

今回姿勢運動を制御する訓練が、空間的位置関係の回転イメージの形成や、物・場所の位置がわからないという日常の記憶障害の軽減に有用である可能性が示唆された。

空間への適応と記憶やイメージの関係について、乾 (2001) は「環境の空間記憶は自己運動情報により動的に更新され、それにより環境と自己の関係の変化を予測でき」「適切な行動には自己運動と環境の空間構造の相互作用のイメージを持つことが重要」と述べている。また Hiraki (2001) は「自己と空間のイメージに必要なメンタルローテーションには、能動的な移動体験によ

って得られる情報が必要」と述べている。

姿勢が安定し滑らかで能動的に動けることが、自己と日常生活空間のダイナミックな関係の認知・記憶に影響する可能性について、検討を重ねたい。

文 献

- 1) Klatzky, R.L., Pellegrino, J.W., McCloskey, B.P., et al : Can you squeeze a tomato? The role of motor representations in semantic sensibility judgements. *J. memory and Language*, 28 : 56-77, 1989.
- 2) Zimmer, D.H., Cohen, R.L. : Remembering Actions - A specific Type of Memory? In : *Memory for Action* (eds by Zimmer, D.H., Cohen, R.L. Guynn, M.J., et al OXFORD, New York, 2001, pp.3-24.
- 3) 杉山あや, 三村将 : 脳損傷患者2症例におけるSPT効果. 認知リハビリテーション2004. 新興医学出版社, 東京, 2004, pp.95-100.
- 4) 朝倉暢彦 : 視覚と運動の統合. イメージと認知. 岩波書店, 東京, 2001, pp.122-125.
- 5) 山鳥重 : 頭頂葉損傷による空間認知障害. 神経進歩, 48巻 : pp.634-635, 2004.
- 6) Corballis, M.C., Sergent, J. : Mental rotation in a Commissurotomized subject. *Neropsychologia*, 27: 585-597, 1989.
- 7) Ditunno, P.L., Mann, V.A. : Right hemisphere specialization for mental rotation in normals and brain damaged subjects. *Cortex*, 26 : 177-188, 1990.
- 8) Cohen, M.S., Kosslyn, S.M., Breiter, H.C., et al : Changes in cortical activity during mental rotation-A mapping study using functional MRI. *Brain*, 119: 89-100, 1996.
- 9) Alivisatos, B., Petrides, M. : Functional activation of human brain during mental rotation. *Neropsychologia*, 35 : 111-118, 1997.
- 10) 八田武志 : イメージ処理過程の神経心理学的メカニズム. イメージの世界—イメージ研究の最前線. ナカニシヤ出版, 東京, 2001, pp.97-112.
- 11) Fadiga, L., Buccino, G., Craighero, L., et al : Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery.-A magnetic stimulation study. *Neropsychologia*, 37 : 147-158, 1999.
- 12) 本田学 : イメージの操作—メンタルオペレーション. イメージと認知. 岩波書店, 東京, 2001, pp.156-166.

- 13) 三上章充：空間視と運動視の情報処理. CLINICAL NEUROSCIENCE, 22 卷 12 号 : pp.1380-1383, 2004.
- 14) 筒井健一郎：視覚の大脳生理（頭頂葉）—空間の知覚と認知. 神経進歩, 48 卷 : pp.186-194, 2004.
- 15) 乾敏郎：イメージと認知への招待. イメージと認知. 岩波書店, 東京, 2001, pp.v ~ x xi
- 16) Hiraki, k., Sashima, A., and Phillips. S. : From egocentric to allocentric spatial behavior. Adaptive Behavior, 6 : 371-391, 1998.