

〈総説〉

高次脳機能障害のリハビリテーションにおける “機能系の再編成”——Luriaとその学派の理論*

鹿島晴雄¹⁾

(認知リハビリテーション1 (1): 2~7, 1996)

Key Words: 機能系の再編成 力動的局在論

はじめに

本稿では“機能系の再編成 (reorganization of functional systems)”という神経心理学的立場から、高次脳機能障害の回復とリハビリテーション(以下リハ)に関する研究と実践を行ったLuriaとその学派の理論とリハの方法を述べる。

中枢神経系損傷における機能障害の回復機序に関しては様々な説明がなされてきた。急性期にみられる機能回復には非損傷部にまで及んだ機能不全 (diaschisis, 保護抑制など) の改善が大きな意義をもっている。亜急性期, 慢性期にわたる機能回復に関しては, その形態的基盤として sprouting などが指摘されており, また機能的には unmasking, denervation hypersensitivity, 対側半球への機能転移, 脳機能の冗長性による代償などがいわれてきた。これらはいわば障害前の機能と同じ心理学的構造を保った形での機能回復の説明であるが, 高次皮質機能 (複雑な精神活動) の長期にわたる回復に関しては“機能系の再編成”という力動的モデルが提唱されている。この“機能系の再編成”というモデルは, 完全に破壊された神経組織は再生されないにもかかわらず機能回復がみられること, そしてそれは運動や感覚のような要素的機能よりもより高次で複雑な精神活動

において著しいことを, うまく説明しうるモデルである。この“機能系の再編成”による機能回復を Anokhin の機能系の概念を取り入れた力動的局在論の立場から説明し, またそれに基づいて高次脳機能障害のリハの研究と実践を行ったLuriaとその学派の理論とリハの実際を紹介したい。

機能系の概念 (Anokhin) と力動的局在論 (Luria)

Luria のリハに関する理論を述べる前に, まず Anokhin の機能系の概念と, Luria の力動的局在論につき概説しておく。

Anokhin¹⁾によれば, 「機能」は大きく2つに分けられる。一つは一定の組織の作用としての要素的な機能である。たとえば運動インパルスの発生は Betz 細胞の機能であり, インスリンの分泌そのものは膵臓の機能である。しかしより高次で複雑な機能もある。たとえば呼吸機能を考えてみる。呼吸機能の目的は肺胞へ酸素を供給し, 肺胞壁を通して血液中へ酸素を拡散させることであり, そしてこのような目的を果たしているのは単一の組織や臓器ではない。このような目的を達成するためには, 脳幹と高次神経構造からなる複雑な神経セットの制御の下で, 胸郭の拡張, 収縮を可能ならしめている横隔膜や肋間筋を構成コンポーネント (構成環) として含む全体的な機能の系 (機

*Reorganization of functional systems in cognitive rehabilitation—Theory of Luria and his school—

受稿日 1996年4月5日

1) Haruo Kashima

慶應義塾大学医学部精神神経科学教室 〒160 東京都新宿区信濃町35

能系)の関与が必要である。これが機能系としてのより複雑な機能である。Anokhinはこのような機能系の特徴として、その構造の複雑さとともに機能系に含まれる構成環の可変性をあげている。たとえば呼吸機能においては、横隔膜が活動しなくなれば肋間筋が呼吸作用で主要な役割を果たすようになるし、肋間筋が働かなくなれば咽頭筋も動員され呼吸を助けるようになる。このように可変的な手段により遂行されるが、あらゆる場合において、一定不変の目的が達成されるということが機能系の特徴である。

LuriaはこのようなAnokhinの機能系の理論に基づいて、高次心理機能は階層性構造をもつ多くの構成環(構成コンポーネント)からなる複雑な機能系であり、それぞれの構成環を保証している協調的に働く皮質および皮質下の諸脳領域の複合体により実現されていると考えた²⁻⁴⁾。たとえば随意運動を考えてみると、その構成環には以下の諸環が含まれている。すなわち、適正な筋力・筋トーン・協調運動、運動覚性求心機構、視・空間機構、個々の運動コンポーネント間の淀みない転換、目的指向的な運動プログラム・企図の5つの構成環である。

まず基本的条件として適正な筋力・筋トーン・協調運動が保たれていなければならないが、これは主として皮質の運動領域、基底核、小脳およびそれらの連絡路などが関与している。次に運動覚性求心機構、運動のフィードバック機構がないと運動インパルスは正しい方向性を失い、適正な運動は遂行しえない。この構成環は中心溝後部領域が担っている。また運動は空間内で実現されるのであり、適正な運動が構成されるには空間座標系が保たれていなければならない。これには視覚をはじめとする、諸感覚の同時的空間的統合・分析を行っている頭頂・後頭領域、つまり後部連合領域が関与している。また複雑な運動は複数の継次的な運動コンポーネントの系列からなっており、運動が適正に遂行されるにはこれらの各運動コンポーネントが淀みなくinnervationされ、次いでdenervationされていかねばならない。この淀みない転換(運動メロディーの形成)を保証し

ているのは前運動領域である。さらにこれらの運動の実施面の他に随意運動には当然その目的指向的な運動プログラム・企図が不可欠であり、これには前頭前部領域が関与している。また言語も随意運動に調節的影響を及ぼしている。このように機能系としての随意運動には以上の構成環を担うすべての脳領域が関与しているのである。それゆえ、機能系としての随意運動はこれらの構成環のどれが障害されても、換言すれば前頭領域から中心溝周辺、頭頂・後頭領域、さらに脳幹にかけてのどの領域が障害されても損なわれることになり、障害される構成環の違いにより、すなわち脳損傷の局在の相違により、その障害の形がそれぞれに異なることとなるわけである。

このように高次心理機能は階層的構造をもつ多くの構成環からなる複雑な機能系であり、それぞれの構成環をになっている協調的に働く諸脳領域の複合体により実現されている。つまり高次心理過程は限局した脳領域に局在しているのではなく、機能の「系」としてその構成環を担う諸脳領域全体に局在しているのである。したがって同じ一つの高次心理機能もその障害の様態は異なるが、さまざまな脳領域の損傷で障害されるのである。またVygotskyらが主張するように、機能系を形成する構成環とそれを担う脳領域は固定的なものではなく可変的なものであり、心理発達につれ経時的、力動的に変化していくものである。つまり機能系としての高次心理過程と脳の関係は力動的なものであるといえ、機能系の障害の様態は発達段階に応じて異なることとなる(力動的局在論⁴⁾)。このような高次心理機能と脳の力動的関係に関する理論、特に可変的な構成環に関する理論は、当然ながら脳損傷による高次心理機能障害の回復、リハの研究へとつながっていく。

高次脳機能障害の回復—機能系の再編成

Luriaとその学派の高次脳機能障害の回復、リハの研究・実践は、“機能系の再編成”という立場から行われてきた⁵⁻⁸⁾。機能系を形成している構成環がかなりの可変性をもっており、心理発達

の過程で機能系が新たな構成環を取り込み、機能系を形成している構成環の相互関係（相互の比重や階層性）が変化していくことは、Vygotskyの業績が示すところである⁹⁾。このことは、障害された機能系において損なわれた構成環は、他の構成環の取り込みや構成環の相互関係の変化によって代償しうることを意味している⁶⁾。この取り込まれた構成環はその機能系において新しい役割を演じ始め、構成環相互の関係は変化し、かくして機能系は再編成され、機能系の障害の代償、高次心理機能の回復が行われるのである。

これを Luria ら¹⁰⁾ は書字障害を例にとり説明している。一般に機能系はその求心機構に關して複数の構成環を有しており（多受容器的性格）、それゆえ機能系は一つの課題を様々なやり方で遂行しうるといふ本来的特徴をもっている。書字障害においても、このような求心機構に關する構成環の多様性のうえて“機能系の再編成”が行われ、機能代償が可能となる。Luria らは左半球言語領域の出血により書き取りが不能となったにもかかわらず「考えずに早く書くように」と指示された場合には容易に書くことができる症例や、左側頭頂後頭領域損傷による視・空間性の障害に基づく重篤な書字障害がありながらも周知の語や句に含まれている文字は困難なく書きうる症例をあげ、ともに書字過程を十分に確立されている運動覚性ステレオタイプ（「考えずに早く書く」「周知の語や句を書く」）のレベルに移すことにより、書字障害が代償されたと説明している。すなわち書字過程において運動覚に關する構成環が主たる役割を演じるようになり（機能系における求心機構の変換），“機能系の再編成”が行われているのである。

上述したことは基本的には他の型の活動にも当てはまる。語の復唱や発音は拙劣であってもステレオタイプとなった句の発音は容易であったり、加算や減算の操作は困難でも十分に習熟した算盤の操作は可能であることは、臨床においてよく経験することである。

しかし多くの場合、“機能系の再編成”による障害機能の回復には特別に作成された機能回復訓

練、リハのプログラムが必要となる⁵⁻⁸⁾。Luria⁶⁾と Tsvetkova⁸⁾によれば、高次心理機能のリハにおいても中心的役割を果たすのは“機能系の再編成”による機能回復であり、これは訓練を通して達成されるものである。“機能系の再編成”によるリハの第一段階は症状（機能障害）の詳細な神経心理学的分析と評価である。すなわち障害されている構成環を見だし、障害されていない構成環と区別することである。これがリハの計画を立てるための出発点であり、障害されていない構成環を利用することがリハの原則となる。たとえば、聴覚的分析の崩壊による調音障害を鏡等の視覚的支持により代償していくという方法である。このような代償訓練を繰り返すことにより、機能系は新しい構成環を取り込み、その内部構造を変化させながら、再編成されていくのである。運動、感覚等のより要素的機能の障害は、より固定しやすく、回復しにくい、高次な機能ほどより長期にわたる回復がみられるのは、後者がより多くの構成環を含む複雑な機能系であり、他の構成環の導入による機能再編成の余地が大きいためであると説明される。

また Luria⁶⁾と Tsvetkova⁸⁾は“機能系の再編成”を人間が発達過程において、複雑な心理機能を獲得していく過程と同様のものとしてとらえ、高次心理機能のリハにおいては機能回復のためのプログラムは段階的、展開的な性格のものであることが必要であると述べている。Vygotsky⁹⁾によれば、心理活動は発達において外的（外的手掛かりを用いる）で展開的な形で始まるが、その後しだいに短縮し内的な心的行為へと転換、形成されていくのであり、新しい心理機能の獲得過程に擬せられる“機能系の再編成”の過程（リハの過程）においても、初期にはこのような外的な支持や手掛かりを含んだ展開的プログラムが必要とされるのである。リハの進行につれ、プログラムはしだいに短縮され、外的手掛かりのないものへと変更されていくことが期待されるが、脳損傷者の実際のリハの過程はなかなかそのようには進まず、ゆえに“機能系の再編成”により代償された機能は障害前の本来の機能と比べ、より展開的な性格

をもち、効率が悪いことが多い、と Luria は述べている。以下では、このような立場に立った Luria 学派のリハの実際を紹介したい。

構成的思考の障害のリハビリテーション

ここでは脳損傷の局在の違い（つまり障害された構成環が異なる）によるリハの方法の相違を、コース立方体を用いた構成的思考の課題を例にとり説明する^{11,12)}。コース立方体検査における構成活動には以下の構成環が含まれているとされる。すなわち、課題に取り組み意欲、実際の構成操作を始める前の手本の予備的な視覚的分析と見当付け、構成活動の全般的図式の作成、具体的逐次的操作の遂行（具体的空間的操作）、結果と手本との対照と誤りの訂正（自己制御）である。頭頂・後頭領域損傷と前頭領域損傷では、これらの構成環のうち異なる構成環が障害されているという。

まず頭頂・後頭領域損傷では、被検者は積極的に課題に取り組み、手本を注意深く分析する。目的の形を構成するための全般的図式を作成することも通常可能である。しかし具体的な構成操作にとりかかると障害があらわになる。被検者は常に手本を参照し、自己の誤りに気づいているが、手本に相応するように個々の立方体を空間内で正確に位置付けられない（図1, 2）。つまり課題に対する意欲、手本の予備的分析、全般的図式、自己制御は保たれており、具体的な空間操作のみが障害されているのである。したがって以下のような空間内操作を助けるような展開的な補助プログラムを与えると、構成活動の障害は代償されることになる。

- ① 手本の第1列を見つけなさい。
- ② 手本の第2列以下を紙でかくしなさい。
- ③ 第1列の形はどのようになっていますか、
- ④ その形を描きなさい。
- ⑤ その形には直角三角形が含まれています。
- ⑥ 直角を手掛りとして第1列の形を作りなさい。
- ⑦ それぞれの直角はどの方向（上一下、外

一内）を向いているか決めさない（図3）。

- ⑧ 第2列以下も同じようにして作りなさい。

この補助プログラムでは⑦が最も重要なもので、これにより空間内定位が代償されるのである。図4はこのプログラムによる課題遂行の例である。

前頭領域損傷では、障害の形がまったく異なっている。被検者は課題条件、遂行方法に注意を払わず、予備的分析なしに手本の直接的視覚的印象にのみ基づいて課題を遂行し始める。したがって課題遂行の全般的図式は作成されず、構成活動は一貫した性格を失い、断片的なものとなる。自己制御に欠け手本との対照は行われず、誤りに気づかず、訂正することもない。しかし空間内定位能力は保たれている。このような構成活動の方向付け（全般的図式の作成）の障害と自己制御の欠如の基礎にあるものは、衝動性の亢進と全般的発動性低下および惰性的ステレオタイプ（保続の形をとる）の存在である。図5～9は衝動性の亢進が目立つ例である。被検者は手本をよく見ずに、直ちに構成活動を開始する。構成操作の遂行中に手本をよく参照することもなく、誤りにも気づかない。図8, 9では衝動性の亢進が著しく、まったく訂正不能となっている。図10, 11は発動性低下が前景にでている例である。うながされても容易には構成活動は開始されず、疲労性も高い。惰性的ステレオタイプが目立ち、自己制御も低下している。このように前頭領域損傷においては、空間内定位のような操作的側面の障害はなく、知的活動としての能動的な組織化された目的指向的構成活動が障害されているのである。

したがって、このような障害を代償する補助プログラムは以下のような予備的分析のプログラム（①～④）、構成の際の逐次的操作の指示（⑤～⑧、⑩、⑪、⑭、⑮）、自己制御の要求（⑨、⑫、⑬、⑯、⑰）を含んでいなくてはならない。

- ① 手本をよく見なさい。
- ② 全部でいくつの四角形がありますか。
- ③ 何列あるか数えなさい。
- ④ 各列にはそれぞれ何個の四角形がありますか。

図1 頭頂-後頭領域障害

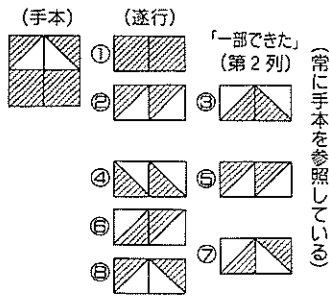


図2 頭頂-後頭領域障害

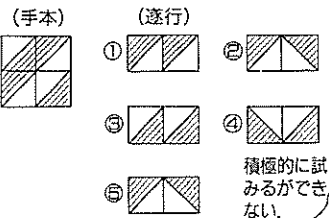


図3 空間内定位の障害を代償する指示

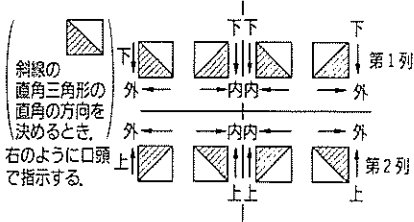


図4 頭頂-後頭領域障害の補助プログラムによる代償

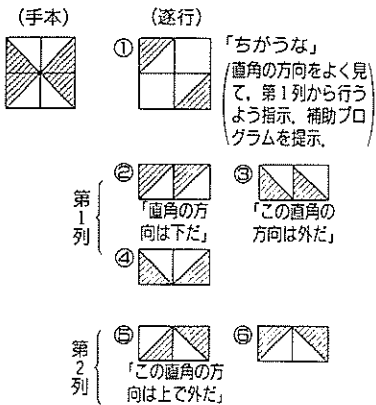


図5 前頭領域障害

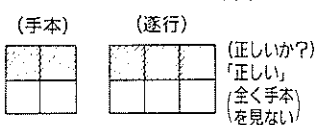


図6 前頭領域障害

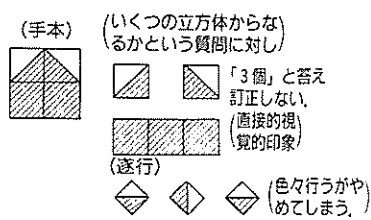


図7 前頭領域障害

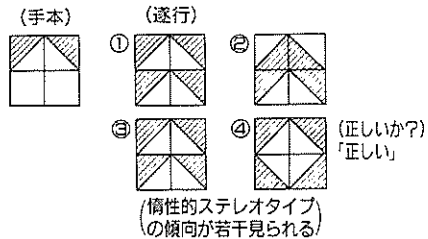


図8 前頭領域障害(衝動性亢進著明)

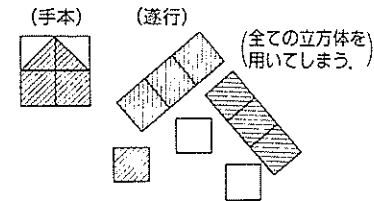


図9 前頭領域障害(衝動性亢進著明)

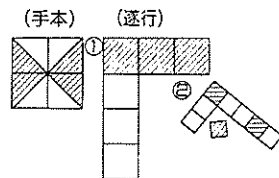


図10 前頭領域障害(発動性低下)

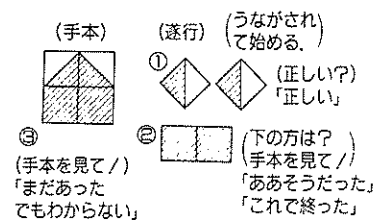


図11 前頭領域障害(発動性低下)

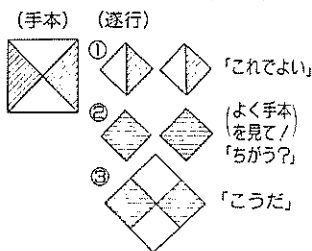
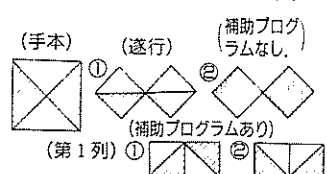


図12 前頭領域障害の補助プログラムによる代償



(文献4より引用)

- ⑤ 必要な数の立方体を取りなさい。
- ⑥ 第1列にはいくつの四角形があるか数えなさい。
- ⑦ 第1列から始めなさい。
- ⑧ 手本と同じ数の立方体で手本の形のように立方体を並べなさい。
- ⑨ 作り上げた第1列を手本の第1列と比べなさい。
- ⑩ 第2列にはいくつの立方体があるか数えなさい。
- ⑪ 第2列を第1列の下に接して並べて作りなさい。
- ⑫ 作り上げた第2列を手本の第2列と比べなさい。
- ⑬ 第1列と第2列が正しい形をしているか注意しなさい。
- ⑭ 第3列にはいくつの四角形があるか数えなさい。
- ⑮ 第3列を第2列の下に接して作りなさい。
- ⑯ 手本と作り上げた形を比較しなさい。
- ⑰ 作り上げた形が正しいか正しくないかいいなさい。

図12はこのような補助プログラムを用いた例である。衝動性亢進が著しい場合は、予備的分析活動と自己制御の指示が重要であり、発動性低下が目立つ場合は、逐次的操作の指示が繰り返し与えられることが必要である。

このように傷害された構成環に応じた指示を繰り返すことで脳損傷者はしだいにその指示を構成環として取り入れ、“機能系の再編成”が行われ、機能の回復、代償が実現されていくのである。

(本稿は、Journal of Clinical Rehabilitation 別冊「高次脳機能障害のリハビリテーション」p. 14~19, 1995. 8. に掲載された論文を再録したものである。)

§文 献

- 1) Anokhin PK : Uzlovyje voprocyy teorii funktsional' noi sistemy. Nauka, Moskva, 1980.
- 2) Luria AR : Vysshije korkovyje funktsii cheloveka. Moskva, 1969.
- 3) Luria AR : Osnoby neiropsikologii. MGU, Moskva, 1973. (鹿島晴雄訳：神経心理学の基礎. 医学書院, 1978.)
- 4) 鹿島晴雄：力動的局在論—ロシア学派の立場. 神経精神薬理 9(5) : 311-329, 1987.
- 5) Leont'jev AN, Zoporozhets AV : Vosstanovlenije dvizhenija : ruki posle vojennoi travmy. Moskva, 1945.
- 6) Luria AR : Vosstanovlenije funktsii mozga posle voennoi travmy. Moskva, 1948.
- 7) Rubinshtein SL : Psikhologija i problema vosstanovlenija funktsii posle ranenija. MGU, 111, 1947.
- 8) Tsvetkova LS : Neiropsikologicheskaja reabilitatsija bol'nykh. MGU, 1985.
- 9) Vygotsky LS : Razvitije vysshikh psikhicheskikh funktsii—Psikhologija i uchnije o lokalizatsii psikhicheskikh funktsii. Moskva, 1960.
- 10) Luria AR et al : Ob izmenenii mozgovoii organizatsii psichicheskikh protsessov po mereikh funktsional'nogo pazvitsija. Psichologicheskije issledovanija. Vyp. 4. Moskva, 1973.
- 11) 鹿島晴雄：神経心理学のリハビリテーションへの応用. 総合リハ 13 : 11-18, 1985.
- 12) Tsvetkova LS : Narushenije konstruktivnoi dejatel'nosti pri porazhenikh lobnykh i temennozatylochnykh otdelov mozga. in Lobnyje doli i reguliatsia psikhicheskikh protsessov, Luria AR, Khomskaja ED (eds). Moskva, 1966.