

認知科学のすすめ (2)

6. 左 脳

図4³⁾は言語中枢の存在する左脳を示す。脳腫瘍などで左半球のある部分が損傷されると、失語症（運動性失語、感覚性失語）や失行症が起こる。同時に身体の右半分に麻痺が起こることが多い。例えば重要な言語中枢にブローカ領野がある。これはフランスの外科医ブローカ¹⁻⁷⁾によって1864年に発見された。左半球の脳血管障害の結果、麻痺と言語喪失を起こした患者の脳を解剖したところ、左半球の特定部位に生じた脳軟化があった。

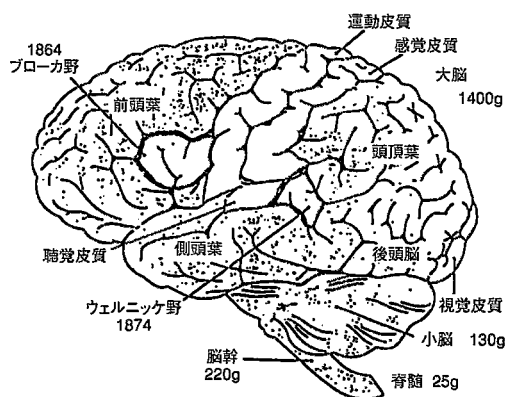


図 4

ウェルニッケ言語野はドイツの神経学者によって、1874年に発見された。意味を伝達する過程に関係している。チンパンジーには無い。

「自発的に話す」場合は発話の基礎はウェルニッケ領野に生ずる。ついでそれはブローカ領野に伝えられ、そこで音声化のためのプログラムを喚起する。「話し言葉」が耳に入ると、その音声は側頭葉の聴覚野に伝えられるが、それが言葉として理解されるためには、ウェルニッケ領域を通過しなければならない。「復唱」する場合は、耳から聴覚野に伝えられた言葉は、ウェルニッケ領野に伝えられ、さらにブローカ領野に伝えられる¹⁻⁷⁾。右利きの98%、左利きの60%の人の言語は左半球を使用している。前原勝也「右利き左利きの科学」³⁾に、ベントンの報告が載っている。点字を読む場合右手利きの方は、左手の中指で読むのが最も早いという。なぜなら左手の読みが右手に勝るか、左手をコントロールする右半球は空間構成やパターン認知を得意としているからである。点字を書く場合には、表から裏へ打ち抜く。読むときはその出っ張りを指で触って読む（文字は左右が逆になった鏡像文字を打ち抜かれている）。

7. 右 脳

覚醒度にもっとも関係の深い大脳皮質領域は、頭頂葉下部の下頭頂小葉である。この領域、特に右半球のこの領域が傷害されると方向性注意の障害が起こる。

図5³⁾は右半球に損傷を持つ患者が、ロンドンのピカデリー広場の地図を書いたもので左側

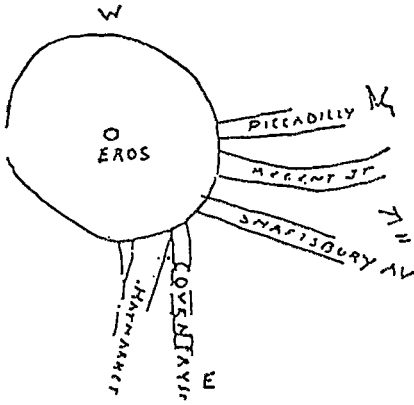


図 5

の通りがすべて抜けている。日常生活でも、この患者は左足にスリッパをはかなかつし顔の左側を剃り忘れていた。左側の空間を無視して障害物にぶつかつたり、テーブルの上の料理も左側の皿にあるものは食べ残したりする。また直線を目測で2等分割させるテストでは、分割点が実際の中点より損傷半球側へ偏る。この症状は頭頂葉以外にも前頭葉、側頭葉から帯状回を経由して網様体に至る投射系の、いずれの部位の損傷でも生じることがあり、注意の分散機構の障害などを考える必要がある¹⁻⁹⁾。

左右半球には空間注意を配分する機能に差があり、右半球は両方向性で、左半球は右方向性のみである。右半球の働きが失われると両方向性が失われ、左半球の右方向性のみ残り、左一側性空間無視が起こる。方向感覚を失い、左側の事物を無視し、自己の身体の一部が自分の物でないように感じたり、さらに個々の事物は分かるが、全体の状況の認知が困難になる。右半球が損傷を受けると、意味の知覚、身体図式、自己の認識などの点で障害が起こる。

柳沢桂子⁶⁾の「脳が考える脳」によると、ユージン・アズリンスキーは1940年ころから大学で落ちこぼれ、歯科学校に入り、軍隊にも入ったが、何をやってもうまくいかない男であった。このついてない男が、シカゴ大学の心理学部のクライトマンという情け深い教授に拾われて大学院に入学が許可された。アズリンスキーは正気の沙汰とは思えない馬鹿げた着想の実験を始めた。人が眠っているときに目玉が動くかどうかを知りたいというものです。自分の息子を実験材料とし観察することにした。目の周りに電極を着けて目玉の動きを記録してみました。すると夜中に何度も、ウサギがキョロキョロするように目玉が動くではありませんか。そこでこのような睡眠状態をレム (REM: Rapid eye movement) 睡眠 (逆説睡眠) と呼びました。

後の研究でレム睡眠のときに夢を見ていることがわかりました。目玉がキョロキョロ動いている

ときには夢の中で人や物の動きを追っているのです。

夢は右脳でみると言い、しかもレム睡眠が大変関係がある。

右脳に障害のある3人の患者についてイギリスで調べられた結果によると、3人とも夢をみる能力が失われていたといえます。脳梁を切断した患者についてはアメリカに1例あり、右脳の見た夢を言葉で表現

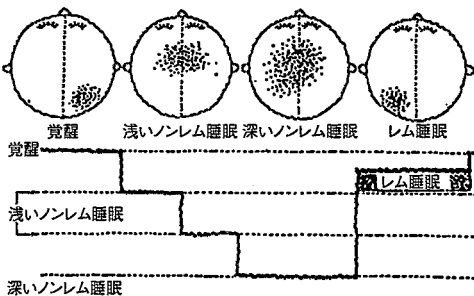


図 6

できない筈です。この患者は手術前ははっきりした夢をみていたのに、脳梁切断後は全く夢をみなくなってしまうという。

図6は睡眠の4段階と脳波（ α 波）の出現場所を示す。 α 波は脳が休んでいる状態を示す。夢をみているレム睡眠では α 波は左脳から出ており、右脳が活動していることがわかる。

8. 右脳と左脳

脳の右半球と左半球ではたいへん違っている。脳の左半球は何をするか、書字（書く事）言葉、音声言語、計算などをコントロールしている。言語的、論理的、分析的、記号的であるという。人工的風景、直線的造形物、平仮名、片仮名、数字、文字、邦楽、虫や鳥や動物の鳴き声、あらゆる人の声（言語）、人工的な素材感覚を担当している。これに対して、脳の右半球は空間構成、パターン認知、イメージや経験をコントロールしている。音楽的、直線的、総合的、絵画的である。日本の風景、曲線的造形物、天然の素材、複雑な活字、クラシック（楽器音）自然の音、機械音、天然の素材感覚（微妙な肌触り）を担当している。

(1) スペリーの研究¹⁻⁷⁾

1960年代にアメリカで、てんかん患者の脳梁を切断する手術が試みられました。脳梁を切断された患者（分割脳）は脳の働きに関する研究にいろいろな貢献をしました。スペリーの実験では、1つの机を用意し、その上に瓶や金槌、ナットなどを置き隠し袋にする。机の向こう側の端にはスクリーンを立てました。タキストスコープ図7である。分割脳の患者を机の前に座らせ、中央の凝視点を見つめさせます。そしてスクリーンの左の方に「瓶」という文字を1秒だけ映しだします。「瓶」という文字は、患者の右脳の視覚中枢に映ることになります。その結果、右脳の運動皮質が活動して、患者は左手を動かし、机の上に置かれたいろいろなものの中から瓶を選び出します。次にスクリーンの右側に「瓶」という文字を映すと、右手で瓶を取ります。瓶を選び出してとるという見かけ上の動作は同じですが、スクリーンの左側に文字を映した時に「何をしたか」と聞いても患者は答えられません。右のスクリーンに文字を映した時だけ、「瓶を取った」と答えることができます。

左の脳に情報が入った時だけ、患者は自分が何をしたかを理解することができます。自己感覚などの統合された意識 論理的、言語的な能力について左脳が優れ、空間意識や音楽を含めた非言語的な感覚は右脳が優れている。

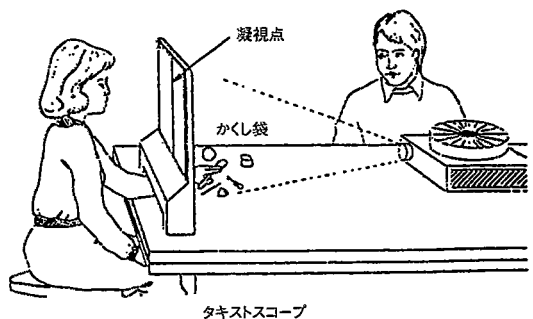


図 7

(2) レヴィの研究⁵⁾

シカゴ大学の心理学の先生は、二人の顔を半分づつ合わせたカメラ写真を作りました。人物はA、B、Cのもの、カメラ写真は全部で6種類(AB、AC、BA、BC、CA、CB)になります。これをタキストスコープ(光刺激瞬間露出器)で分割脳患者に見せると、10回の内9回まで、右半球に投射された人物の顔全体が見えたと報告した。この結果は右半球が顔の認知で優位なことを示している。右半球はこうした情報を左半球より速く処理し、知覚全体をコントロールする。こうした実験に言語(左半球の機能)を組み込むとどうなるか? rose、eye、beeという英語を用います。バラと目と蜜蜂のカメラ写真を作り、反応の選択肢には、toe、pie、keyの3つを用いた。被験者には、見えた絵の名前と、韻が同じものを選びなさいと指示した。同じ絵ではなく同じ韻を選ぶことにしただけで、この実験の優位半球は右から左に移行し、左半球(言語脳)に投射された刺激が選ばれるようになった。

レヴィによると「絵を眺めることによって、右半球が選択的に活性化され、それによって空間の左半分に対する注意の集中が起こり、心理学的な重みづけができる。注意の集中した左半分の空間とは反対の、右側に重要な内容が含まれていたり、右側が目立つように描かれた絵は、こうした空間のバランスの乱れを直してくれるので、それだけ美的に好ましく感じられる。人の美的感覚は、人間の脳の機能の側性化、右と左の分担の違いによって、強く影響されているのである。」と言っている。

(3) キンスポーンの研究⁵⁾

演奏活動を続けている二人のピアニストに、二つの異なったメロディを同時に弾くことを要求している。一回も間違わずにそれがひけるようになった後、今度はまず右手のメロディを口ずさみながら同じことを行わせ、更に左手のメロディで同じことを行っている。結果は、右手のメロディを口ずさむときは、両手の演奏は正確であったが、左手のメロディを口ずさむと、右手がしばしば誤りを犯すようになる。というものであった。口ずさむメロディが、右手が演奏するものと同じメロディであれば、互いに干渉し合うことはないが、左半球の中樞が、左半球でコントロールされる右手の演奏とは違ったメロディを口ずさむ場合は、干渉が生じ右手の誤りが生じる。というのがキンスポーン説明である。

言語活動は、同じ半球で営まれる右手の活動を強く干渉するので、復唱が課せられると、右手でバランスをとることができなくなる。キンスポーンは被験者に、人差し指の先に載せた小さな金属棒をバランスを取って落とさないようにすることに充分習熟した後、バランスを取りながら同時に、言語処理課題(簡単な質問に口頭で答えたり、短い単語を即座に復唱する)を与えたところ、左手は何等影響を受けなかったが、右手は殆んどバランスが取れなくなってしまった。二人のピアニストが左手のメロディを口ずさむとき、右手が演奏を誤るのも同じことで、これらの場合は左の脳内で、さまざまな活動が互いに干渉しあっているからである。

(4) 心内珠算¹⁻¹⁾

珠算の熟達者は現実のソロバンなしに極めて高速にかつ相当程度正確に計算を行うことができる。これは通常、彼らが心内ソロバン (mental abacus) つまり頭の中のソロバンを利用しうようになるからだ、といわれている。作業記憶 (working memory) は (さまざまな心内過程を起動させたり、モニターするとともに、情報の貯蔵を行い) 次の3つの部分からなる。汎用処理機構である中枢実行部、音声的な復唱によって言語的情報を保持するリハーサル・バッファ (左脳) と、視覚-空間的な情報を保持する視覚-空間的作業貯蔵庫 (右脳) である。熟達者が扱うソロバンの珠の心像は、右脳に置かれる。

「数字の記憶」のテストを国民珠算競技大会での優勝者3名を対象とし、一般大学生も参加して行った。珠算式暗算の超熟達者においては、記憶された数字をそのままの順序で再生 (順向再生) する時間と、逆向再生する時間はほぼ等しいが、一般の大学生については逆向再生に要する時間が長い。リハーサルバッファに貯蔵されていると、読み上げる順に並べられているから、逆向再生に時間がかかる。超熟達者においては、数字の記憶が、呈示と再生の間に与えられる図形処理課題 (たとえば、ある絵と同じものを、よく似た6つの選択肢の中から選ぶ) によって干渉されることが、言語処理課題 (簡単な質問に口頭で答えたり、短い単語を即座に復唱する) による干渉よりも大きい。大学生では、干渉効果の大きさは逆になる。

(5) 作動調盤の左右半球差¹⁻⁶⁾

左半球損傷では焦燥、不安、うつなど、情動の不安定化が見られる。一方右半球損傷では好奇心の減退 (無関心)、感情反応の低下、多幸症 (ときに躁状態) など、情動体験の平坦化、貧困化、異常を思わせる症状が見られる。このような違いを左半球損傷ではうつに代表させ、右半球損傷では上機嫌に代表させて、左半球が有する本来的な感情を陽性感情、右半球が有する本来的な感情を陰性感情とまとめ、感情調整では左右半球が拮抗しているとする考え方がある。この説では右半球損傷時に機嫌がよくなったり、時に病的な笑いが出現するのは、右半球の機能低下で相対的に左半球性の情動が優位に立ち、左半球本来の陽性情動が出現するためであると考え。左半球機能障害で不安やうつがでるのは、逆に無傷の右半球機能が優位に立ち、右半球本来の陰性情動が出現すると考える。しかし異論もある。

9. 思 考

日本工学アカデミーで、伊藤正男先生の「最近の脳の研究について」の講演があった。認知科学8巻の「思考機能の脳内メカニズム」¹⁻⁸⁾と関係深い内容であった。要点の一部を紹介する。() は私が追加した。

大脳皮質の真ん中に中心溝という深い溝があります。その後ろの方は視覚信号のような外からの信号を受けて処理する部分で、いわゆる知能の座だと考えられる。前の方は大脳で作った信号

を外へ出す部分で、これは意の座です。大脳半球の内側をみるとマツタケの柄みたいで脳幹がくっついて、脊髄へつながっていきます。われわれの知・情・意は、大まかにはこういう分布をしています。(情報が入ってくると、これを好きと判断するのは、従来は知・情・意の順番であった。外部情報は全て視床を介して大脳皮質(知)で処理されて、大脳辺縁系(情)に送られ、意欲が起こると考えられていた。所が情動判断が、知を含めた脳活性を制御することがわかったので、この順番は情・意・知であるとする。情が受け入れられて意欲がわき、知が働き行動を起こす⁴⁾。)

(R複合体十大脳辺縁系)

われわれの神経系で一番基本的なのが反射です。刺激が入ると、そのまま反射中枢を通して出てくる。膝の下をポンとお医者さんが叩くと、足が上がるのは反射です。これは主に脊髄から脳幹にかけて分布しており、われわれのからだですべて100種類ぐらいの反射が常時自動的に動いています。その上に複合反応と呼ばれる系があります。一種のファンクション・ジェネレーターを持つ系です。例えば、泳いだり、歩いたり、呼吸したり、走ったりという、パターン・ジェネレーターを持った反応系で、反射よりは複雑になりますがやはり脊髄や脳幹にその中枢があります。その上に生得的行動、というランクの機能系があります。これは生まれつきの本能行動で、敵をみれば怒って攻撃する、あるいは餌や、異性に近付くとか言う生まれつきの行動である。脳幹の一番突端の視床下部に中枢があり、そこを電気で刺激すると、こういう情動の表出や行動が起こります。大脳が全然無い動物でも、これはちゃんとやれます。

魚類や爬虫類などの脳は、この3種類の反応が基本になっていて、それに辺縁系、小脳と大脳基底核が上部から働きかけます。刺激に対して色々な違った反応が無茶苦茶に起こらないように大脳基底核が選択して安定させる。小脳は、Aという刺激が来た時にいつもBという反応しか出ないのでは、変転する環境の中で生きていけないので、状況に合わせて刺激-反応の関係をどんどん進行させていく適応制御の働きを持っています。辺縁系は、目的志向性を与え、いいことがあれば接近して取る。悪いことがあれば飛んで逃げる。あるいは攻撃して壊してしまうというように、反応が個体・種族の保存という目的に合うようにする役目をしています。少なくとも脊髄動物のレベルではどんな下等な動物でも、これだけの道具立てはみなそろっている。

(大脳皮質)

段々進化して鳥から上になると大脳皮質が発達してきて、第4の機能系ができてきます。この系は大脳皮質の情報処理能力を使って、もっと高級な働きができるようになってきます。哺乳類などになると、大脳が大きくなって、大脳の中に、感覚野をもう1度内部に投射した内部の世界を作ります。外から刺激を受けて外に反応してきただけという下等動物の方式から進んで、刺激を内部から受けて内部へ働きかけるというもう1つの内部ループができる。これでかなり哺乳類の脳が複雑になってきます。感覚野の拡張としての内界が脳の中にできてくるだけでなく、運動野の拡張としての司令部もできてくる。司令信号を出す部分という意味で仮に司令部と呼びます。

そうすると、外の世界へ働くことは勿論ですが、司令部と内界の間で、ちょうど脳と外界とやりとりしていたようなことが、内部で行われるようになってきて、脳の中の機構の内容が非常に豊富になってくる。

視覚の信号、聴覚信号、皮膚の触角信号はそれぞれのルートを通ってやってくると、最後には皆同じところに集中してくる。その部分が脳の中の最高のレベルで進化論的には一番新しいレベルであり、多分、その中で内界と外界が成立して、非常に複雑な内部的な世界をつくり出すはずで、脳の中のいわば高天原ですが、それが脳の1ヶ所ではなくて前頭葉、頭頂側頭葉の連合野と辺縁系を含む大きな複合体なのです。

(思 考)

今、私達が理解している範囲でマクロな脳の構造を描いてみると、前頭前野の連合野が司令部として働いて、頭頂・側頭連合野の連合野が内界として働く。言葉を使って何かを考えたときには、内界の言語野を司令部が動かすと考えるのです。それに辺縁系が結び付いて三位一体で働く。小脳と大脳基底核がこれを助けます。司令部と内界のやり取りしている間に小脳がそれを肩代わりして、小脳を通して自動的に同じことができるようにしてしまう。(伊藤仮説) 大脳基底核には安定させる働きがある。沢山のエレメントでは、いろいろな司令信号が一杯出てくるので、それを交通整理して、ある1つの動作だけする、あるいは1つのことだけ考える、選択による安定を保證する働きがある。

名詞を開いて、その用途を考える。そういう単純な思考を一生懸命しているところを、ポジトロン・エミッション・トモグラフィ (PET) で見ると、大脳前頭葉の46野と呼ばれるところを中心に、大きな活動が現れます。また頭頂葉から側頭葉にわたる境界あたりの、言語野が活動している。この2つの領域の間で信号をやり取りして、この人は考えているなという感じである。その外に脳の内側の辺縁系の一部で、帯状回と呼ばれる部位の前の方で活動が増加します。ここは動機づけの中樞といわれています。この辺の血管が詰まると、一日中何もしないで座っているということが起こります。一生懸命考えるときは確かにここが活動していることが分かります。もう1つ、反対の小脳に大きな活動が出ます。大脳が働いているうちに、この働きをどんどん小脳が肩代わりしていったら自動化してしまう。

どうしてわれわれはものを考えるのか。大脳外側の表面を新皮質といいます。その中でも進化的に特に新しいというので新新皮質ということもあります。前頭前野と頭頂・側頭葉にわたる新新皮質で考えているが、これはいわばコンピューターのCPUみたいなもので、ここだけですべてがいいというわけではない。沢山のインフラストラクチャーがくっついて、これを動かしています。帯状回は動機づけ〈一生懸命考える、あるいは嫌々考える、考えるのを止めてしまう〉のセンターである。考えたことが良かったか悪かったか、満足すべきか、あるいはちっともいい考えが出なくて腹を立てるとか、そういう価値判断は、やはり辺縁系の中にある扁桃体の機能とされています。これが損傷されると、そういう価値判断ができなくなってしまう。また、経験

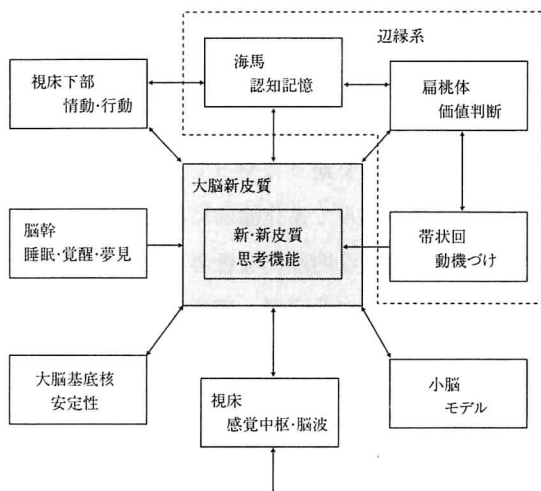


図8 脳の思考システムの全体像

した重要な事項を記憶に保存するために海馬が働くと思われていますが、これも辺縁系に含まれています。辺縁系がそういう形で新新皮質をバックアップして思考機能を営む。

(思考システム)

図8 1・8) は脳の思考システムの全体像である。大脳皮質がどんどん発達してきて、人間の人間たる所以が大脳皮質にあるとばかり思っていたのですが、いいとか悪いとか判断したり、もっとやれとか、もうやめておけ、いいかげんにしとけとか、大事なことは記

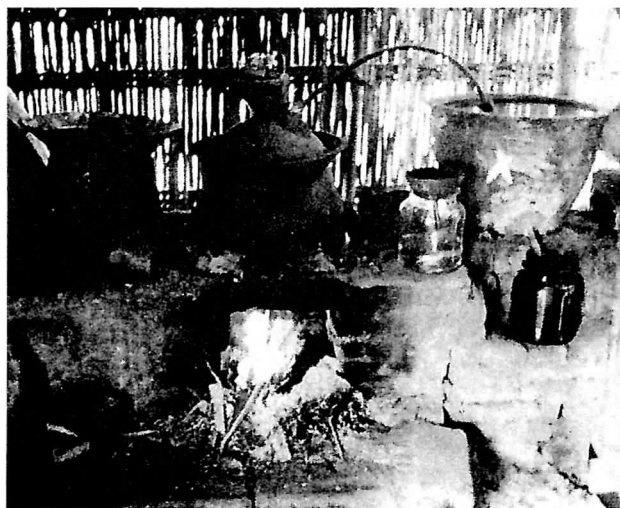
録に留めるといったことは、辺縁系の方がやっているのです。新新皮質は一生懸命しているだけです。ですからどっちが主人で、どっちが召し使いなのか分からない。新新皮質は辺縁系に使われているコンピューターのようにも見えるんです。そうすると、人間の人格だとか、魂だとか、自意識とか、そういったものの座がどっちにあるのかということも分からなくなってしまいます。

小脳は大脳のモデルを作ってその働きをバックアップする、大脳基底核は安定装置として働く、視床は脳波を使って何かモードの設定みたいなことを多分やるのだろう。あるいは脳幹の睡眠系は、大脳の回路をスイッチ・オフしたりオンしたり、あるいは夢を見るプロセスで、この回路を清掃し、維持するといった考えが大体出揃ってきまして、大きな思考系の全貌が大体掴めているのですが、その各部で行われている現象を神経回路網の働きとして明確に理解するところまでは、なかなかまだいっていません。この最後の所は、まだこれからの領域です。

参考文献

- 1) 伊藤正男、安西祐一郎、川人光男、市川伸一、中島英之、橋田浩一編集「認知科学」岩波講座 (全九巻) (1995)
 - 1-1) 認知科学の基礎 68
 - 1-6) 情動 63
 - 1-7) 言語 141、151、165
 - 1-8) 思考 69-103
 - 1-9) 注意と意識 50
- 2) 伊藤正男「最近の脳の研究について」第65回談話サロン工学アカデミー (1995)
- 3) 前原勝也：右利き左利きの科学Blue Backs (1990)

- 4) 松本元：心とコンピュータ ジャストシステム社（1995）
- 5) Restak, R.M.：脳の間人学河内十郎訳 新曜社（1989）
- 6) 柳沢桂子「脳が考える脳」Blue Backs（1995）



バリ島のアラック製造装置 {(12) に関連記事あり}

左の釜（火の上）の中の発酵した原料トアが熱せられてアルコール蒸気がでる。銅パイプは右の水槽を貫通して下手前の瓶に至る。蒸気はパイプ中で冷却されて瓶の中に滴下する。