

CONTENTION SCHEDULING

萩原 仁 (元広島大学)
松岡 重信 (広島大学)

1. 序

contention scheduling という用語は, Shallice の supervisory attention system の模式図に表れている。この模式図は所謂問題解決を対象としている。即ち, 前頭葉障害は知能が低下しているだろうと予想されるに拘らず, WAIS の知能テストを大部分の患者が殆ど完全に遂行するが, 日常生活で起こる実際的な問題の解決には支障を来すことが多い (Eslinger & Damasio, '85; Milner, '64; Stuss & Benson, '86)。

Jouander & Gazzaniga ('79) は前頭葉を当面の, または, 遠隔目標達成のための系列的乃至合目的的行動とするシステムであると特定した。Damasio ('85) は, 創造的思考・言語に依存し, また, 一般的に芸術活動や未来活動の計画にたずさわる理路整然とした精神内容の組織化のために, 前頭葉背外側領域が決定的な役割を果たすと主張した。Fuster ('80) は, 単位放電を指標として, 一層詳細な理論的説明を行った。そして前頭葉が時間系列の形成・実現に重要であるとしたけれども, 現実の問題解決事態の研究には効果的な理論となり得なかった。つまり, 知覚・記憶・言語機能に対する病理学的情報処理に関わる問題解決と同様に, 正常の問題解決に対する認知科学を必要とした。この点, 希望を抱かせた神経心理学的理論は, 前頭葉を, 活動のプログラム化, 調節, 妥当化に対する一つのシステムとして考えた Luria の推論がある (Luria, '76)。

Shallice 等の理論 ('86) は, 情報処理に関する Luria の理論を発展・推進したものと見てよい。Shallice モデルは, Fahlman ('74), Sussman ('75), Laird 等 ('87) によって展開された人工知能理論を前提としている。思考操作・行動の認知制御過程は, 二つのレベル乃至モードに分けられる。

- 1) 学習された手続き結合で選択された日常生活活動は, 十分に, その課題を遂行出来るモード。
- 2) かかる日常行動が, 課題目標達成, ある種の顕在的調節及び新奇活動に対して不十分か, 全く不可能な場合, つまり, 高水準の情報処理を遂行するモード。

低水準のモードは, 神経心学的に葛藤を起こしている二つの仮説がある場合, 此等を一体化しようとする点で, 高水準のモデルとは異なっている。第一のオンライン認知活動は, 多くの組み合わせからなる特異的資源 (モジュールと見てよい) により実行される。

第二のモードでは, 葛藤の可能性がある場合, 実現すべき活動を選択するために, 相互抑制的な手続きが存在する。この基礎的抑制要因は, 古典的刺激-反応の結合と幾らか似ているが, 問題解決に対する生産システムモデルの条件-活動のペアから引き出されているものである。その範囲は, 非常に大きい, 限定されている活動-思考スキーマ……所謂プログラム……は, それぞれ (知覚系からも, また, ごく最近の積極的なスキーマの結果からも) 学習された結合が興奮したときに活性化する。

活動水準が或る時点に到達した選択したスキーマは, 順次, その構成要因を活動させ, 要求された特殊目的情報処理に対して制御を行う。認知器官制御のためのスキーマ間の葛藤は, 外部抑制機序……所謂 contention scheduling……によって影響を受ける。この contention scheduling は, 選択されるべき同一資源を要求する二つの葛藤スキーマを予防する。

スキーマの活動水準を調節すること, 並びに contention scheduling で選択される可能性への近道を辿ることに管理運営システムの機能がある。

このための接近には, 次の四つの事項がある。

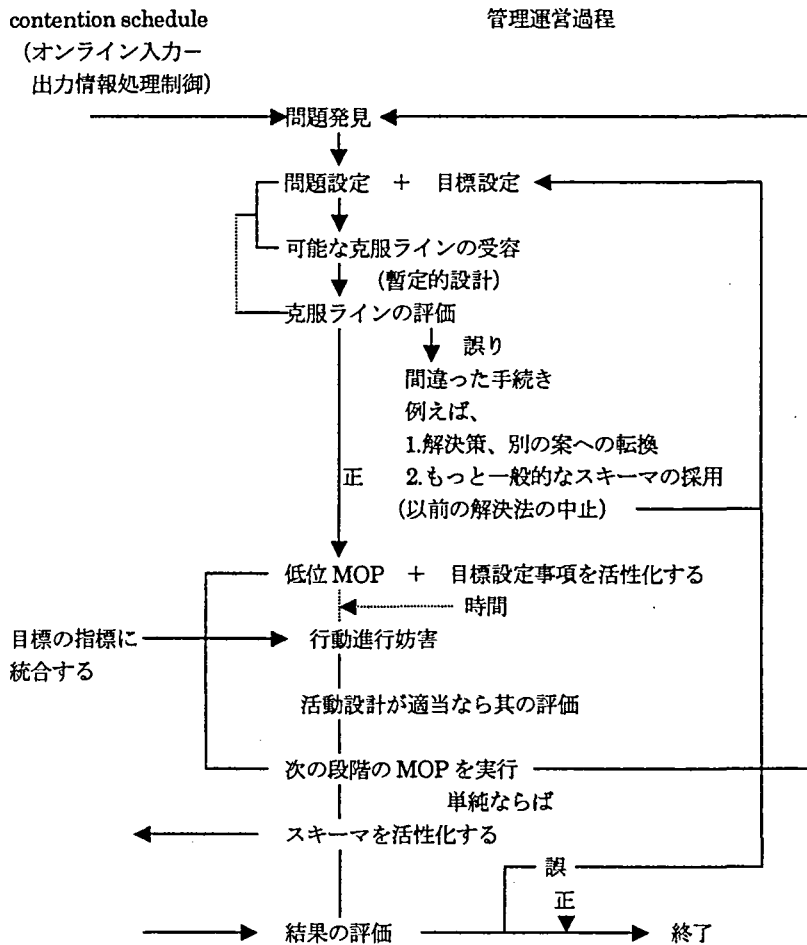
1. 低レベルのシステムにおいては, contention scheduling が管理運営システムの調節作用を受けることなく作動するとき, それは, どのような特性を持っているかを検討・点検すること。
2. 管理運営システムが直観的に実行過程に適用されると思われる課題は, それを發展させ, このような課題に, 生徒は特別な困難性を持っているかどうかを検討するよう接近すること。
3. かかる管理運営過程の人工知能的 (演算, Luria) モデルから, 課題を引き出すこと。また, 生徒は, これに関わる問題を持つこと。
4. この管理運営システムによって過程は, より一層

詳細に考察され、その欠点乃至機能不全の時空間的局在に最適化されることを評価すべきである。

教科教育において、教師-教材-生徒の関係を力動的に捉え、授業の場は、教材を媒体とした教師対生徒の対決 *Auseinandersetzung* だとする概念図式を基礎に据えて考えると、ここでは、授業における管理運営システムと、教材が内包している問題提起それ自体の葛藤、いうなれば、外的環境と、学習者が対応しなくてはならない内的環境との葛藤、つまり、学習指導に

おける *contention scheduling* が問われねばならない。そして、従来、大雑把に捉えられている指導・助言機能の内容を掘り下げる必要がある。

唐突に、新奇事態における情報処理をめぐって Norman and Shallice のモデルを取り上げたが、ここでは、授業を対象としながら、*contention scheduling* における心理・生理的機序について考察を進めたい。



垂直の線は、関与する諸段階の継続を示す。
 水平線は、特殊な事態（段階）における管理運営過程と *contention scheduling* 間の情報の流れを示す。

図 Norman & Shallice モデルにおける新奇事態処理に関する諸過程

2. 学習指導における葛藤処理

前述のように、思考操作・行動の認知制御過程は、二つのモードに分けられている。第一は、学習された手続きの結合（連合）で選択された日常生活活動が、十分に、その課題を遂行できるモードである。

管理運営システムの調節を受けないときに作動する contention scheduling は、その課題自体に、そのまま依存する。まさに子供の遊びそのものである。従って、その事態に対する既学習の構成がある場合、強力に結合したスキーマの蓋然性が出現すると、別の反応の組み合わせに切り換えることが困難になる。

反対に結合スキーマの蓋然性が比較的弱かったならば、刺激事態の無関連的側面が活動・思考などの制御を占拠しがちになり、不適切な行動が生じるだろう。親の云うことを聞かない子供の動きを見ていても、その動きに何の変哲もないのと相似である。

左図において、管理運営システムは次の五種類の事態を内容とする。

- 1) 計画乃至意思決定に関わる事項
- 2) 誤反応の修正、或いは、代替案に関する事項
- 3) 反応するに当たって余り学習していない活動乃至新奇活動系列を含む事項
- 4) 危険である、または、技術的に困難であると判断された事項
- 5) 強固な習慣反応の克服乃至その誘惑に対する抵抗を要する事項

通常、此等五項目を二項目に減らすことが望まれている。しかし、教育の場では、不可能でありながら、此等に対して万全と思われる対策を講じようとする傾向が強い。二項目に限定した場合、一つの型は、間違った反応が行われた事態、または、全く調節作用を発揮していない contention scheduling によって生じがちな事態である。二番目の型は、日常の手続きが適切な反応をしようとするのに役立つに役立たない、即ち、初めての新奇事態であるときである。新奇性は、課題に役立つあらゆる知識・スキルをリストアップして、課題達成を図ろうとすることが困難な性格を持っている。

3. 教育課程—教科—教材

社会情勢の変化により、教育問題も変化する。無論、教育内容を規制する教育課程の内容も、その都度、改訂作業が行われる。けれども、教育という概念は、社会の変化に拘らず、人類・民族の精神史を通して、不変なものがあるし、また、そうあらねばならない。親が子を育てることは、生物である限り、本質的なものであり、育てるという概念は不変である。従って、教

育課程の改訂、そして変容は基本的に此の不変の原理を前提としている。社会の変動に伴う教育事情の変化があるにせよ、その改訂は、それ自体、不変の教育原理を踏まえて指向すべきである。

しかし、国際化による外国語の新たな導入、高齢化、少子化、民族交流その他の諸問題は、否応なく、新たな教育環境作りの対応をしなねばならなくなって来ている。教育課程の改訂は、当然、教科内容の再編成となるであろうし、それが教材の路線に影響を与えることとなる。つまり、指導要領の変更は不可避となってくる。このような改訂を前提にして、次は、教材を支配する目標を、どのように同定するかの問題が浮上する。そこで、教材を内容とする授業の側面から、此の改訂に資する内容の点検がなされ、bottom-top の資源を用意しなければならない。

他の教科と同様に、体育の目標設定の一つは人間形成である。体育のスポーツ教材を習熟させることによってどの程度まで人間形成が可能かは、以下に論述することにして、スポーツマンシップの社会的意義、広く人間形成における位置に関しては、不明な中でも、絶えず、考えねばならぬし、contention scheduling に登録しておかねばならない。

身体活動は、報酬ともなり、嫌悪刺激ともなる。嫌悪刺激は、所謂苦役という形態で現存するが、たとえ、嫌悪刺激とならなくても、身体的苦痛となることが多い。特に、身体訓練は耐え難いことがある。これを克服して始めてトレーニングの効果があるとされ、其処に、体育・教育のねらいがあると主張される。古くから、スパルタ式訓練は富国強兵策として実施されたが、その政策は、現在、体育は、もっと楽しい運動として捉えるべくスポーツ教材を選択している。平和な現状では、この訓練法が嫌悪刺激になりかねない。優れた体育教師は、運動技術の習得成就を通して、報酬に転換させている。教育技能の巧拙が問われる。但し、体育嫌いの生徒がいることを報告されてから久しい。それ故に、体育は楽しい、さらに、体育授業の目指すところは、楽しさであらねばならぬと主張する人々がいる。しかし、その楽しさの原因は何処にあるのだろうか。スポーツ運動は、全身的活動であるから、筋骨格系のみならず神経系をも働かせる。その運動の影響は、呼吸・循環系、内分泌系など、所謂内臓系と称せられるものにまで及ぶ。

脳の電気刺激は、ラットから人間にいたるまで、無痛覚症を起こし、これは大量の阿片による苦痛軽減と同じ作用をする。しかも此の無痛効果は、数秒間の刺激で、数時間も持続する。最も有効な刺激部位は、内側脳幹であり、これは延髄尾部から中脳中心灰白質を

通して視床下部へと拡がっている。Beluzzi 等によれば、内因性モルヒネ様ペプチドであるエンケファリン静脈注射は無痛覚を起こすといひ、また、Liebeskind によると、中心灰白質は此のエンケファリン乃至類似のペプチドを放出するという。此等の所見は、刺激によって誘発された無痛が中心灰白質及び他の場所の阿片受容体に働きかける自然発生的なモルヒネ様物質を放出するから、恍惚的になるのに効果的ではないかと考えられる。つまり、無痛誘発部位では、電気刺激が報酬を生産する。阿片それ自休は快適であり、積極的な効果を起こす。スイスでは、モルヒネが禁止されていない。また、内因的な阿片は、毛繕いのような行動によって放出されることが判っており、これが毛繕いの快適さ及びリラクゼーションをつくり出す機序であるかもしれない。この事実を認めるならば、楽しさは無痛覚と同意語となる。しかしながら、これは単純な結果論であって、スポーツ教材の社会的意義、集団形成の意味を疎外した一面的な見方である。

そもそもスポーツは、ギリシャ以降「職場を離れて」という意味を与えられており、労働生産体制からは本質的に離脱する概念であり、この意味で社会的拘束性が薄められている。しかし、スポーツといっても恣意的なものではなく、スポーツゲームには必ずルールという相互契約的な行動規制が存在する。此のルールをめぐって、社会的な規制の在り方が問われている。

近代は、このようなルールの規制問題とともにスポーツ遊戯のリクリエティブな側面を強調する潮流が生れ、スポーツ種目をリクリエーション種目という用語に置換している状況を呈している。スポーツの主な構成因子はゲームであり、ゲームにおけるプレイが、その実施者のみならず、その観察者をも熱狂させる。リクリエーション理論はその根拠にプレイ理論をおいている。ホイジンガーによれば、プレイの特性は、(1)アゴーン、(2)アレア、(3)ミミクリー、(4)イリンクスにあるという。プレイは遊びと訳せられているが、その社会的な考え方は広範囲にわたっている。我国でもプレイアといえば、ゲームをする人として敬意を表すが、遊び人とかプレイボーイといえば、社会常識から逸脱した人とされている。そこでカイヨワのいうプレイにおける変質事態を思い起こす。ゲームの勝者は尊敬されるが、その余り、権威者、権力者に成り上がってしまうと指摘する。カード遊び、ギャンブルに優れた人は賭博者の烙印をおされ、また、ミミクリーと称する遊びも、それが演劇の俳優がその役柄になりきった状態を云うが、見方を変えれば、二重人格的と呼び、「ジキルとハイド」化するという。さらに、イリンクスという恍惚状態も我々のよく経験する所であるが、この

変質事態は中毒状態になると憂えている。かかるプレイの変質状態を避けるのもルール改正の対象となる。

ゲームの前提はチーム結成である。ゲームはチーム成員の協働とチーム同士の競争が不可欠である。体育の場合だけでなく、広く社会的にもゲーム概念は尊重されるが、特に、ゲームではルールすれすれのプレイが行われるから、この中の contention scheduling を明確に位置づけて、協働・競争事態に教育のシステムを構築する必要がある。即ち、チーム意識、社会意識を前提とした個人の育成を図らねばならない。これは個人の生理・心理的な楽しさというよりも、社会的な意義に貢献することを物語っている。体育の教授・学習における主要な意味は、社会性の育成、人格の向上を目指しながらも、運動技能向上の教育過程にある。

4. 運動技能の神経心理学的考察

スポーツ技能向上のためには、スキルの知覚的側面、運動的側面があり、それを通して、社会性育成という上位目標への接近がある。運動能力という用語のもとに、運動強度、その遂行の精度、速度が論議されているが、ここでは、主として、知覚・運動の情報論的接近を試みる。いう迄もなく、運動に関連した知覚系は、視、聴、体制感覚であり、触覚、味覚、嗅覚も多少の関連がある。視覚情報は、生理解剖学的根拠から、一次モード、二次モード、多次元モードに分類され、一次モードは、網膜からの直接的視覚情報受容、二次乃至異種様式モードは、視聴覚、体制感覚（触覚を含む）との連合受容からなる。その上に、前頭葉並びに辺縁系を主とした収斂乃至統合機能に参加する多次元様式モードがある。視覚情報といっても、色、形、大きさに関する一次元視覚に限られるものではなく、視空間感覚をはじめ複雑な知覚を含んでいる。動態視覚という用語もあるが、広い意味で云う視覚は、経験を通した、或いは、学習を通した視覚である。このような連合を通した高位のスキルを獲得した視覚は、未熟者と異なり、その知覚内容が豊富であり、其処には、「物を観る眼」があるという。聴覚に関しても、同様な知覚があり、本能的な鳴き声と所謂音楽者のいう楽音を弁別する能力を備えている。この点、体育関係者の場合、体制感覚の知覚が重要な意味を持っている。これは、Benson の理論を背景にしているが、Mesulam の解釈は、若干違う。即ち、異種様式モードは、傍辺縁系（最も大脳皮質に隣接している部分）や辺縁系で移行様式モードとなり、其処で収斂乃至統合され、前頭前野の情報処理がなされるという。何れにしても、このような連合知覚は運動系を通した目的に照合され、結果の監視に当たる。この監視は、一連の運動計画に

関わって、その成否の予測、また、その戦術の選択がなされる。こうして、一応、知覚の構えが構成されるが、これは運動の計画—実施—評価が前提である。つまり、知覚・運動は、一次元モード（大脳皮質に直接投射する神経もある）、異種様式モード、移行様式モードを経由して、高次皮質中枢に伝達され、皮質—線条体—視床—皮質のフィードバック回路に入り、評価がなされ、陽性・陰性の点検が行われる。Mesulamによると、辺縁・傍辺縁系は、扁桃核から投射される情動、動機づけ、自律系発動、並びに、嗅内海馬複合体からの学習、記憶系が交錯し、唯の認知的な行動に情動的な色彩が加えられるという。従って、フィードバック回路は単一の回路ではなく、幾多の回路、神経ネットワーク、サブサーキットを考慮しておかねばならない。即ち、誤作動結果は、意識的に消去の手続きが行われるが、訂正の回路は、前頭前野8野から補足運動野に入り、その予測及び事前計画を経て再び上記皮質下回路に入る。また、修正手続きの前提として、前部帯状回では、コンフリクトがあるときに活発な神経活動を証明したと言う報告もある。Cameron, Betnivic & Cohenによると、認知の実行過程に対する前部帯状回の作用は(1)動機づけられた注意、(2)注意の局所場—戦術的機能、(3)誤反応発見という制御の貢献における評価機能があり、とりわけ、誤反応を示す課題遂行時のコンフリクトを起こしている過程の発見が重要な機能であるとしている。即ち、前部帯状回は、contention schedulingの門閥としてコンフリクトを発生している場を構成している。前部帯状回は補足運動野に至近にあることを考えれば事前計画及び事態の予測に重要な役割を果たすのではないと思われる。また、背外側前頭前野には、体制感覚領野の直達経路があり、筋感覚、触覚の入力情報が相互に関連して、統合され、所謂認知が成立する。

これと同時に、運動刺激の反復は、側頭葉の嗅内皮質—海馬に記憶と学習の機序を成立させている。此处はMesulamのいう辺縁系で、その周囲に傍辺縁系があつて皮質細胞層の下部に接している。フィードバック回路として、此の辺縁系・傍辺縁系は、大脳皮質と同様に、一次モード、異種モードの感覚を受容して、記憶・学習に関する収斂乃至統合を行う。海馬は、また、扁桃核と密接な関係を持ち、主として、記憶、学習、動機づけに関与しているが、扁桃核からくる情動の衝撃、つまり、呼吸循環系、胃腸運動系、内分泌系に対する影響を受ける。海馬で注目すべきは、反応の長期増強である。この長期増強は、逆に、辺縁・傍辺縁系に、扁桃核を含めて、影響し、運動の認知に加えて、情動反応を起こす。情動は、通常、心拍・血圧・

胃腸運動・唾液分泌・発汗などの著明な変動に関連している。此等の内臓相関は、情動表現・経験に影響する。不適条件のもとで、心理的ストレスは、血圧を上昇し、潰瘍形成を促進し、食道の異常運動を起こし、ときには、循環障害がないのに、潜在的、致命的不整脈を誘発することさえある。精神的演算から、意思決定にいたる認知決定もまた、特殊な自律活動様式も誘発する。かかる自律反応は、課題の困難度、情報処理進行の形式、熟慮した反応の結果予知、その個人に対する課題の重要性によって変化する。此等の自律的付帯は、認知課題遂行及びその情動的彩りに影響する。このようにして、情動は、フィードバック回路に流入し、運動の快不快、適不適を感覚させる。即ち、スポーツ活動は、運動技能の認知であり、その情動的行動遂行を意味している。

ある皮質領野と、別の皮質領野を相互に結合する多くの神経経路は、点对点チャンネル形式で組織化されている。例えば、視覚に関する17野は、前頭前野の9、10野と点对点の形式をとって視覚を司っている。しかも、その起始部と終末部は、略同じ大きさで、特異的なチャンネル機能に関する解剖学的根拠を備えている。

この点对点のチャンネルに加えて、各皮質領野は、広汎な調節作用を発揮する結合を形成しているが、これは解剖学的に小さい群の神経に由来していて、大脳皮質全体に、直接的に、或いは、視床の中継を介して到達している。此等の経路は、少量のアミン及びGABAを伝達物質としており、点对点チャンネルによって伝達される情報内容よりも、情報処理の全体的“状態”を決定している。此等調節経路は、覚醒・注意・気分・動機づけに関係した行動状態の協応に重要な役割を演じている。即ち、言語・空間見当識・注意・記憶・情動は、多くの点对点チャンネルを含む広範囲のネットワークが寄与しており、行動の知覚・運動・内臓・情動要素があり、その間を相互に結合している。調節経路は、領域特異的チャンネルが情報処理状態に影響する。例えば、想起過程において、思い出される内容は、最初に、点对点結合によって流れる情報が決定するが、想起情報の意味する内容の梗概に関する効果は辺縁系・傍辺縁系・連合皮質の関連領域を支配する調節経路によって果たされる。

Goldman-Rakicによると、ワーキングメモリーは、日常行動を統制している。連合皮質の各部は、それ自体の領域におけるワーキングメモリーを維持している。しかしながら、背外側前頭前野皮質は、すべての情報処理領域におけるワーキングメモリーを協応して運動を遂行する多次元様式機能を持っている。換言すれば、前頭前野領域は、外界空間の探索や動機づけに関連し

た標的追跡のために、ネットワーク機能を配列しているが、視覚ばかりでなく、聴覚、体制感覚ネットワークによる情報の移行様式帯域として、多くの移行様式領域並びに運動系にいたる下行性単一様式領域と結合し、此等全部の神経ネットワークメモリー活動に top-bottom 効果を顕示している。これは、Fuster 等の実験結果に基づくものであるが、Benson のいう短期記憶を駆使したワーキングメモリーによるものである。このように、前頭前野皮質は、対象認識に対する側頭葉の移行様式皮質やウェルニック領域の役割と同様な方法で、協応的ワーキングメモリーのための最高移行様式専門という役割を担っていると思われる。

ワーキングメモリーは、通常、二群の情報処理に分割されている。即ち、情報のオンライン注意維持と、その随意的操作である。後者は、“中枢性実行”因子の機能による。ワーキングメモリーの実行的側面を強調する課題は、前頭前野皮質背外側の活動を誘発し、情報のオンライン維持を強調する課題は、両側の前頭前野皮質及び後部頭頂皮質の活動を誘発する。Mesulam によれば、此等二つの相互結合をした異種様式領域は、ワーキングメモリーのオンライン保持のため配列されたワーキングメモリーからなる副中枢として機能するかもしれないという。

また一方、前頭葉は、連合皮質と辺縁系の相互作用をする場を構成している。辺縁系結合は、前頭葉、特に、これに隣接している傍辺縁系をして、外的事象の感覚によって誘発される内臓的情動状態に結合させる。かかる結合の樹立は、原初の内臓状態を再度誘発するか、または、同一事象の予知さえも再活性化させる。このような内臓状態の予知的誘導は、その後の行動選択を方向づける陽性乃至陰性の兆候を表出するという。Damasio は、これを somatic marker という用語で強調している。つまり、ゲームの直前に、胸がむかむかする、尿意を催おすとかの状態である。このような内臓状態が、意思決定、特に、それが相当リスクを含んでいる事態において、しかも、瞬時的評価を要する場合に、潜在的に導入されると、Damasio 等は主張している。かかる情動の神経ネットワークは、扁桃核を介して眼窩前頭前野から腹側前頭葉・内側前頭葉に連なる神経系で行われる。

行動プログラムは、こうした認知と情動の協応を前提として構築されているが、協応には、統合された系列、所謂文脈と称せられるものがあり、それには、多次元モード情報処理がなされ、情報元の同定・連合を

要するが、何れも学習過程を通じた内容である。文脈を構成するものは、広く目的意識であるから、目的の有無・明確性・目標設定にいたる誘意性といった変量を考察し、その方法についても、その有無、難易性、効率が検討されなければならない。反応時間を指標として、刺激系列の変更乃至遅延を加えた問題解決事態の fMRI 検証は、前頭前野の活動所見を同定している。前頭前野は、日常生活で経験される多少ともハードワイア化された機能や、また、文脈に適合するように、他の皮質領域を統合し、行動プログラムを想起させる orchestrator として活動する機能を備えている。

5. 要約

contention scheduling は、管理運営システムとの協働・制約概念の許で、多様な機能を発揮しているが、それ自体は複雑な内容を含んでおり、ここでは、特に、その脳内過程に焦点を当てて検討した。現在の研究状況は目ざましく発展しているから、今後の追跡に期待する事柄が多い。

【主な参考文献】

- ①Shallice, J. & Burgess, P.; Frontal Lobe Function and Dysfunction, 125-138. Oxford Univ. Press, N. Y., 1991
- ②Mesulam, M. M.; Principles of Behavioral and Cognitive Neurology. Oxford Univ. Press Inc., N. Y., 2000
- ③Stuss, D. T. & Benson, D. F.; The Frontal Lobe. Raven Press, N. Y., 1986
- ④Rolls, E. T.; The Brain and Emotion, Oxford Press Inc., N. Y., 1999
- ⑤Miller, B. L. & Cummings, J. L.; The Human Frontal Lobes. The Guilford Press, N. Y., 1999
- ⑥Fuster, L. M.; Frontal Lobe and the Cognitive foundation of Behavioral Action, in Neurobiology of Decision-Making by Damasio, A. R. et al. (Eds). Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1996
- ⑦Goldman-Rakic, P. S. and Friedman, H. S.; The circuitry of working memory revealed by anatomy and metabolic imaging. In Levin, H. S., Eisenberg, H. M. and Benton, A. I. (Eds); Frontal Lobe Function and Dysfunction, 72-91. Oxford Univ. Press, N. Y., 1991