

法規制による安全の枠を越えたヒューマンファクターの概念

佐久間 秀 武*

はじめに

世界の民間航空機の事故率は、図-1¹⁾のように、1970年代までは技術の発達²⁾や法規制の整備³⁾により急激に減少しているが、それ以後は横ばい状態にある。その主な理由は、科学技術により高度に発展した現代の航空システムにおける人間の複雑なエラーを技術や法規制だけでは減らすことができないためである。この傾向がそのまま続くと、世界経済の発展にともなう航空需要の増大により、事故数がますます増加することが予想される。この傾向を憂慮した国際民間航空機関（ICAO）⁴⁾は、1984年に発刊したICAO事故防止マニュアルの中で、「従来の法規制や技術だけでは航空の安全推進に限界があり、これらに換えてヒューマンファクター⁵⁾という新しい概念を航空界に導入する必要がある」と提唱して関係者の意識変革を促した。

その後、欧米先進国を中心に世界の航空界はこぞってヒューマンファクターに関心を持ち始めたが、種々の理由でいまだに本格的な実践には至っていない。わが国の航空界も遅ればせながらヒューマンファクターの導入を試みているが、従来の法規制や技術の域を越えているとは必ずしもいえない。本稿では、すべての事故⁶⁾やインシデント⁷⁾の要因である人間のエラー⁸⁾に焦点を当てて、ヒューマンファクターの概念の本質に迫るとともに、従来の法規制や技術による安全推進とヒューマンファクターの違いについて概説する。現代の複雑な社会の秩序維持に適した司法

編集部注* 株式会社ヒューファクソリューションズ代表取締役・リスクアナリスト 本稿は2006年2月18日開催された法学研究所第36回シンポジウムの報告原稿に加筆修正したものである。

- 1) Flight Safety Foundationによる。Flight Safety Foundationは航空安全の推進を目的として非営利団体として国際的に活動している。
- 2) システムの冗長化や多重化、自動化などの技術を指す。
- 3) シカゴ条約に基づき、各国が独立して航空法を制定している。
- 4) 国際民間航空機関（ICAO: International Civil Aviation Organization）は1946年にシカゴ条約に基づいて設立された国連の一機関で本部はカナダのモントリオールにある。
- 5) 英語ではHuman Factorsと表記する。語尾に“s”がつくが複数ではなく、MathematicsやPhysicsと同じように概念を表す言葉で、常に単数として扱われる。本来は「ヒューマンファクターズ」と訳すべきであるが、わが国ではすでに「ヒューマンファクター」で定着している。
- 6) 人間のエラーの結果が、自分自身や他人の身体の損傷や財産の損失に結びつくこと。
- 7) 発生過程は事故と同じでも、身体の損傷や財産の損失に至る直前あるいは軽微なうちに回避されたもの。
- 8) ある行動の結果がその状況における客観的期待値を満足しないこと。

のあり方を模索して司法改革を推進しているわが国の法曹界の方々にとっても、ヒューマンファクターの概念に基づく新しい事故防止戦略は少なからず参考になるのではないだろうか。

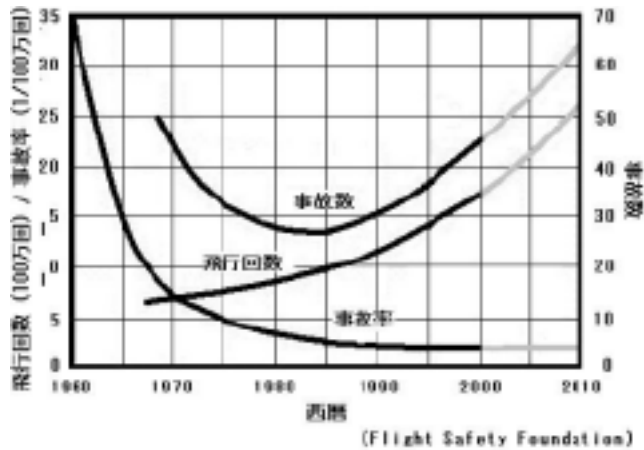


図-1 世界の航空事故統計

望ましい事故防止手法

事故を予測して事前に対処することをプロアクティブな事故防止という。また、起こってしまった事故から教訓を得て再発防止をはかることをリアクティブな事故防止という。本来はプロアクティブな事故防止が理想であるが、将来起こるかも知れない事故を過去の経験から類推することは容易ではない。現代社会における事故防止はやむなくリアクティブな事故防止に留まっているといえよう。

リアクティブな事故防止には三通りのやり方がある。一つはエラーをした人間を処罰して見せしめにする責任指向型⁹⁾、二つ目はエラーの事例を紹介して注意喚起するだけの結果指向型、三つ目はエラーの要因を科学的に分析して有効な対策を立てる原因指向型である。事故の再発を効果的に防止するには三つ目の原因指向型が望ましいことは明らかである。ヒューマンファクターは原因指向型の事故防止を目指して航空界に導入されているが、はたして期待に応えているのだろうか。検証してみる必要があるようである。

エラーとヒューマンファクターの関係

事故の要因となるエラーとヒューマンファクターの関係を整理しておこう。エラーは一般的に

9) 責任指向型の事故防止手法としてはエラーや事故に関与した人間の処罰がよく知られているが、広義には無事故を続ける人間に対する褒章制度も含まれる。褒章制度は裏を返せば褒章の対象とならない人間に対する見せしめでもある。

図-2のような三種類に分類される。射撃に例えれば、知識や技量の不足で的にほとんど当たらない無作為エラー、照準がずれている的を一定の傾向で外す系統的错误、そして脳の特性により偶発する突発的错误である。無作為エラーと系統的错误は意識をとまなう顕在意識（Conscious Mind）で発生するので、教育や訓練、設計や手順の改善などで何とか防止できる。しかし、突発的错误は脳の複雑な特性、つまり潜在意識（Subconscious Mind）に関連しているために、他のエラーと同じ対策では防止できない。




射撃の成績			
エラーの種類	無作為エラー	系統的错误	突発的错误
情報処理	知識ベース	ルールベース	対応ベース
意識レベル	顕在意識	顕在意識	潜在意識
予測可能性	可能	普通	困難
原因	知識、技量の不足	設計、手順の不適	脳の特性
対策	教育、訓練、審査、採用	設計、手順の改善	ヒューマンファクター

図-2 エラーの種類

潜在意識というと催眠術やセラピー、超能力を連想させるが、エラーと関連があるという話は初耳ではないだろうか。日本航空の技術研究所¹⁰⁾が1995年に刊行したヒューマンファクター・ガイドブックではヒューマンファクターを「環境の中で生きる人間をあるがままにとらえて、その行動や機能、限界を理解し、その知識をもとに人間と環境の調和を探索して改善すること」と定義している。実はこの中の「あるがままに」という言葉がエラーと潜在意識の密接な関係を示唆している。潜在意識の存在をあるがままに認めるヒューマンファクターが突発的错误の攻略の鍵といえそうである。

潜在意識とは何か

潜在意識は人間の行動や思考、感情、情緒などの大部分を支配する脳の重要な情報処理機能である。オーストリアの神経学者のSigmund Freud (1856-1939)により発見されたが、意識が及ばない深層領域にあるために定量化しにくく、これまでは科学の対象とはされなかった。わが国

10) JAL123便事故を契機に1986年に日本航空社内に設立され、2000年まで存続した。当時、航空会社としてはめずらしくヒューマンファクターの研究を担当するヒューマンファクター・グループが組織されたが、筆者はそこに在籍していた。

では感性ともよばれている。図-3¹¹⁾の脳の情報処理行程でいえば、注意意識源からの矢印が届いていないすべての部分が潜在意識に相当する。潜在意識は個人により微妙に異なっているが、共通する特性を以下に列記してみよう。

- ◆24時間、365日、一生、休まず活動している。
- ◆呼吸、心拍、体温調節、消化などの自律神経と深く関わっている。
- ◆情報をすべてイメージで処理する。
- ◆物事を否定しようとしめない。
- ◆現実と想像を区別しない。
- ◆生命の本質、本能に忠実である。

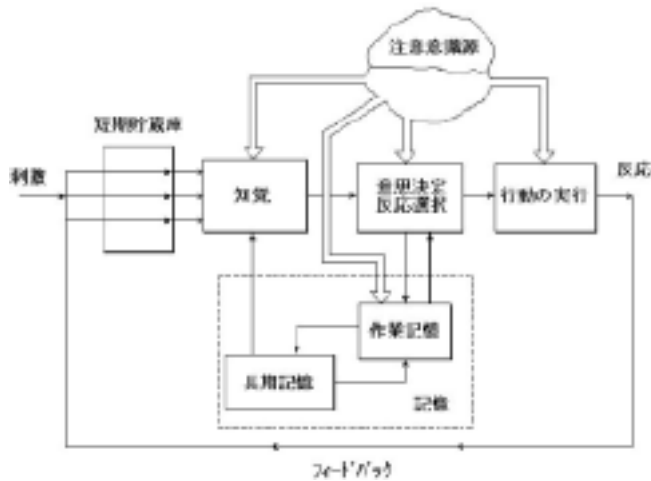


図-3 脳の情報処理行程 (C. D. Wickens)

顕在意識の能力を示す指標がIQ¹²⁾であり、潜在意識の能力を示す指標がEQ¹³⁾である。EQは定量化しにくいために、これまでの教育や審査では重要視されなかった。しかし、最近はIQだけでなくEQにも重きが置かれはじめている。「健全な精神は健全な肉体に宿る」とよくいわれるが、精神と肉体はともに潜在意識に支配されているといえる。人間の意識は図-4のように顕在意識と潜在意識の間をさまよっているが、その93～97%は潜在意識といわれている。食べたり歩いたりする日常生活の行動や、手馴れた仕事のほとんどは潜在意識でなされている。口の中で食べ物を消化する際の歯と舌の動きの絶妙なバランスも潜在意識による無意識な制御の一例といえる。

11) 米国イリノイ大学の教授であったC. D. Wickensが考案した脳の情報処理行程のモデルである。彼はボーイング社にも在籍して航空機設計へのヒューマンファクターの導入に貢献した。

12) Intelligence Quotient、知能指数

13) Emotional IQ、感性指数

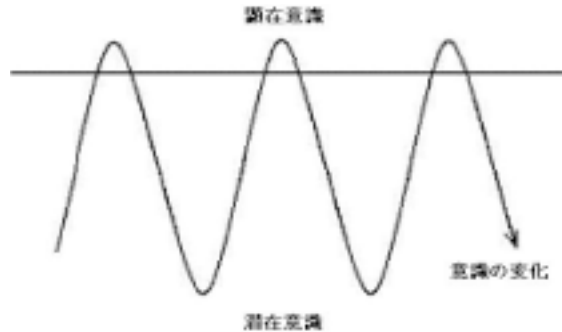


図-4 顕在意識と潜在意識

アナログ情報とデジタル情報

アナログ情報とは、一言でいうと、比較照合できるデータが長期記憶¹⁴⁾に存在していて潜在意識で処理できる情報のことである。図-2のように、脳に入った情報は最初に知覚行程で長期記憶と比較照合される。この作業は潜在意識で無意識になされる。長期記憶には過去に脳に入ったすべての情報がイメージで保存されているが、顕在意識で出し入れできるのはほんの一部である。しかし、潜在意識は保存されているすべての情報を無意識に比較照合する。英語のanalogueとは「比較照合する」という意味で、潜在意識の情報処理のやり方に由来する言葉である。

潜在意識で処理できない情報を包括的にデジタル情報という。デジタル情報は短期記憶¹⁵⁾を介して長期記憶と木目細かく比較照合しなければ処理できない。顕在意識の機能が低下している時にも潜在意識がデジタル情報を処理してしまうが、潜在意識はアナログ情報しか処理できないためにエラーが起こる。これが突発的エラーの発生メカニズムである。朝起きて寝ぼけ眼で診る目覚まし時計にはアナログ表示が適しているのはそのためである。

科学技術が高度に発達した現代社会では、デジタル情報が氾濫していて、人々の顕在意識が酷使されている。顕在意識の機能が限界に近づいた場合には、脳内ホルモン¹⁶⁾が自動的に分泌されて、顕在意識の機能を抑制する。この時の自覚症状が疲労感や眠気であり、顕在意識の酷使による脳細胞の破壊を防ぐための警報の役割を果たしている。潜在意識は千差万別であるので、

-
- 14) 意識、無意識に関わらず、脳に入力された情報はすべてイメージで長期記憶に記憶され、死ぬまで消えることはない。ただし、顕在意識で取り出して思考などに活用できるのはほんの一部で、知識とよばれる。知識は前意識を通じてのみ取り出せる。脳の知覚行程では潜在意識により、入力された情報が長期記憶のすべての記憶と照合される。
 - 15) 顕在意識で作業する際に多用するので作業記憶ともよばれる。短期記憶には、疲労や眠気で抑制される、同時に一つの情報しか処理できない、記憶の容量と持続時間に限りがある、薬物の影響を受けやすい、などの欠点がある。
 - 16) 神経伝達物質と呼ばれ50種類以上が確認されているが、その働きが比較的解っているのは20種といわれる。顕在意識への影響で重視されるのはγ-アミノ酪酸 (GABA-ギャバ)、ドーパミン、ノルアドレナリン、セロトニンなどがある。

ある情報がアナログかデジタルかは個人によって異なる。

突発的エラーの典型例

2004年のアテネ・オリンピックにおけるライフル射撃決勝戦で、米国のMatt Emmons選手は最後の試射で隣の的を撃って目前の金メダルを逃してしまった。何十年に一人の射撃の名手といわれる同選手の優勝が確実視されていただけに、このニュースは全世界を驚かせた。Emmons選手のような百戦錬磨の名選手でも起こす可能性があるというのが突発的エラーの特徴である。この事例をヒューマンファクターの手法で分析してみれば、突発的エラーの特徴と防止策がさらに具体的に理解できよう。

突発的エラーは顕在意識の機能が低下していて、潜在意識だけでデジタル情報を処理する時に発生する。この事例でEmmons選手の顕在意識の機能を低下させた要因は何だったのであろうか。報道によると、決勝戦は4時間を越える長丁場であったようである。長い緊張の下で同選手が心身ともに疲労していたことは疑う余地もない。しかし、疲労していたのは彼だけではなかったはずである。なぜEmmons選手だけが誤射してしまったのだろうか。その謎を解く鍵は各選手の前に現れた情報の種類の違いにあるようである。

そこで、決勝戦で実際に使われた的を調べてみた。図-5が決勝戦で実際に使われた的のスケッチである。Emmons選手には上列の左から2番目の的が指定されていた。Emmons選手の的の様子は他の選手のものとは明らかに違っている。一つだけ様子を違えているのは誤射を防止するための人間工学的な工夫で、国際ルールで正式に採用されている。しかし、折角の人間工学設計もEmmons選手には仇となってしまった。これにはアナログ情報とデジタル情報の違いが深く関係しているようである。

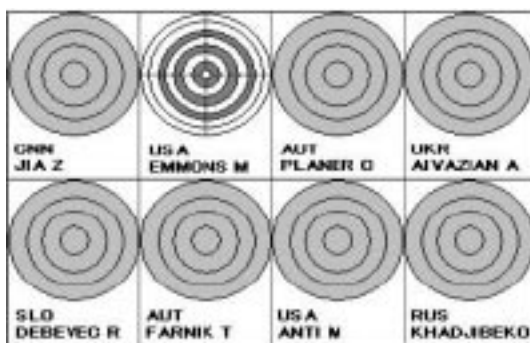


図-5 決勝戦の的のスケッチ

他の7名の選手はEmmons選手の的を基準にして自分の的の位置を確認できる。このように基準との比較で容易に処理できる情報がアナログ情報である。見たことがない物の写真も、煙草の箱がいっしょに写っていれば大きさを容易に判断できる。それに比べてEmmons選手の的はどう

だろうか。比較照合できる基準はどこにもない。参考になるのは自分の的と他の的との模様の違いだけであるが、自分の的の模様を短期記憶で記憶していなければどちらが自分の的か判断できない。つまりはEmmons選手の的は顕在意識でしか処理できないデジタル情報ということになる。疲労で顕在意識が抑制されている状況で見間違えたとしても何ら不思議はない。

「弘法も筆の誤り」というが、世界でも群を抜いた射撃の名手といわれるEmmons選手も突発的エラーには勝てなかった。誤射を防止するための人間工学の工夫も彼にとっては思わぬ落とし穴となったようである。スポーツ選手も、本当の一流になるには、知識や技量だけではなく、ヒューマンファクターの知識を身に付けなければならない。この事例はそれを如実に物語っている。Emmons選手はまだ歳若く、次の北京大会でも期待されているが、同じ轍を踏まないためにはヒューマンファクター訓練を通じて感性を磨く必要があるであろう。

従来型のやり方では防げない

顕在意識の機能が低下して突発的エラーが起こるのならハードウェアやソフトウェアで顕在意識を支援すればよいと考える人がいる。そのためのハードウェアが警報や表示で、ソフトウェアがマニュアルやチェックリストである。しかし顕在意識が抑制されている時にはたしてそれらは役に立つのであろうか。人間がハードウェアやソフトウェアに注目するには顕在意識が健全でなければならない。このやり方は大脳生理学的にも矛盾があるといえよう。しかし、現実にはこうした矛盾のあるやり方が堂々と罷り通っている。

産業界や医療界で採用されているISO9001¹⁷⁾のような品質管理手法はシステムの標準化や規定化、自動化で人間の顕在意識を支援しようとしている。しかし、これらの手法は突発的エラーを防止できないだけでなく、生み出すデジタル情報によって顕在意識をさらに衰退させて新たな突発的エラーの発生を許している。因みに、マニュアル¹⁸⁾はデジタル情報の一つである。こういった現象は「技術中心の自動化の弊害」とか「マニュアル偏重主義の弊害」としてすでに社会問題化している。こういった問題を解決するには、顕在意識を闇雲に鼓舞するやり方ではなく、突発的エラーの要因である潜在意識と対話できる新しいやり方が必要である。

17) 国際標準化機関（ISO）により1987年3月に制定された。2000年12月に大改正され、品質マネジメントシステムという言葉とともに「顧客満足の向上」を要求する経営管理モデルとして発効した。作業工程の標準化により製品の品質を維持することを目指して認証制度をとっているが、人間の行動パターンに適合しているとは言い難いとの批判もある。わが国の企業では人間の行動に適合させやすいセル方式が採用されて成果をおさめているところも増えている。

18) マニュアルは一般的に“If…then…”方式の論理構成によったコンピュータのプログラムと同じくデジタル情報である。潜在意識は基本的にアナログ処理であり、潜在意識ではマニュアルに書かれたプロセスを処理できない。

どうすればよいのか

突発的エラーを防ぐには潜在意識とどう対話すればよいのだろうか。意識が届かない潜在意識に顕在意識で話しかけることは難しそうである。そこで期待されるのが、Freudがすでに発見していた前意識（Preconscious Mind）¹⁹⁾という潜在意識の中の特殊な領域である。前意識は催眠療法などで注目されているが、その全貌はまだ科学的に解明されていない。図-3でいえば、短期記憶が長期記憶と情報交換している部分である。この領域を通じて潜在意識とうまく対話できれば、突発的エラーの攻略の糸口がつかめそうである。事故防止には突発的エラーの攻略が急務であり、前意識の科学的な解明を待ってはられない。科学的な根拠はともかく、顕在意識や潜在意識、前意識を擬人化して考えてみてはどうだろうか。

潜在意識の特性についてはすでに述べたが、あたかも、真面目で忠実ではあるが頑固で不器用な人間のようなものである。しかも、潜在意識は、顕在意識が機能している時には言うことを聞くが、抑制されていれば気ままに振舞う。この潜在意識がデジタル情報に騙されないようにするには、顕在意識が抑制されていても活動できる前意識に潜在意識の世話を託すしかない。それには、前意識が潜在意識とうまく対話できるように普段から前意識を育成しておく必要がある。この理論は突発的エラー防止の戦略に相当する。具体的な戦術については紙面の都合で詳しく書けないが、Emmons選手の誤射事例に試みたようなヒューマンファクター分析手法を習得して多くの事例に適用していくうちに、潜在意識に関するさまざまな知識が体系的なイメージとして前意識に焼き付けられていく。これが俗にいう「感性を磨く」ということである。

プロアクティブな事故防止が理想

冒頭でプロアクティブな事故防止が理想だが容易ではないと述べたが、ヒューマンファクターの目標はあくまでもプロアクティブな事故防止である。プロアクティブな事故防止とは具体的にどのようなものかを身近な例で説明してみよう。空港のランプ²⁰⁾で毎日繰り返されている航空機の牽引作業では図-6のようなTLTV（Towbarless Towing Vehicles）という最新型の牽引車が導入されている。そのお陰で牽引作業の安全と効率は一段と向上したが、ヒューマンファクターの観点からは新たなリスクが気になって手放しでは喜べない。新たなリスクとはどのようなものなのであろうか。

従来型の牽引車は前車輪にバーを取り付けて牽引するが、TLTVは前車輪を直接抱え込むように持ち上げて牽引する。そのために一人で作業することも可能である。但し、事前に前車輪のス

19) 長期記憶の記憶は前意識を通じてしか意識的に取り出せない。前意識をうまく活用できれば、潜在意識で情報処理する際にエラーを少なくすることができる。前意識をうまく活用できるように訓練することが「感性を磨く」ことに他ならない。

20) 乗客の乗降のために航空機が駐機している空港の区域で、鉄道でいえば駅に相当する。ランプではマニュアルで規制しにくい多くのダイナミックな作業が限られた時間で行われている。



図-6 最新型の牽引車 (TLTV)

テアリング機能を解除するとか、急ブレーキを踏まない、チョック²¹⁾やパーキングブレーキ²²⁾を外しておく、急加減速を避ける、旋回時にブレーキを踏まない、といった運用上の注意事項を守る必要がある。注意事項は従来型の牽引車でも同じであるが、従来型ではジャックナイフ現象²³⁾のように損傷が牽引車側に限定されるのに対して、TLTVでは前車輪などの機体側にも損傷を与えて、思わぬ航空機事故に発展する可能性がある。

ランプで作業する人達や運航乗務員はこの注意事項を厳格に守っているが、疲れているとか、慌てている時に潜在意識で行動して突発的エラーを起こす可能性がないとはいえない。従って、新型のTLTVでは従来型にもまして突発的エラーを確実に防止することが必要になっている。このように突発的エラーの可能性を事前に予測してヒューマンファクターの対策で対処することが真のプロアクティブな事故防止といえる。

おわりに

効率を求めて高度にデジタル化した現代社会には、さまざまな突発的エラーの要因が潜在している。科学技術のさらなる発展により、その種類と数はさらに増えることが予想される。そういった多くの突発的エラーに的確に対処してシステムの安全と効率を維持、向上させるには、人間に顕在意識の行動を要求するだけの技術や法規制、ISO9001などの安全管理手法では限界がある。複雑なシステムで発生するエラーの大半は人間の潜在意識に因るものであり、この領域に焦点を当てた新しいヒューマンファクターに期待がかけられるのは当然といえよう。ヒューマンファクターの知識や手法を活用して潜在意識が処理できないデジタル情報をうまくアナログ情報

21) 地上における航空機の動きを止めるために車輪のタイヤに噛ませる木片あるいは鉄製器具。

22) 航空機のパーキングブレーキは、自動車などとは違って、ブレーキの油圧を遮断弁でブロックすることによりブレーキを維持する。油圧はエンジンを停止させれば数分あるいは数十分で減圧するので、パーキングブレーキの効果も失われる。そのために、航空機の駐機に際してはチョックが不可欠となっている。

23) 航空機の牽引車輛を急停止させたような場合に、航空機の惰性で航空機と牽引車輛がジャックナイフを閉じたようになる現象。牽引システムは破損するが、航空機に損傷を与える可能性は少ない。

に変換できれば、人間はシステムの中でさらに安全かつ効率的に活動でき、やり甲斐²⁴⁾を感じることができる筈である。

わが国の法曹界にあっても、複雑な現代社会で発生する難しい問題を法律の機械的な運用だけで処理することに限界を感じて、法科大学院の創設や裁判員制度の導入といった司法改革を志向しておられる。また、裁判官や検事、弁護士といった司法の専門家の登竜門である司法試験も、専門家としての柔軟な分析能力と判断力を要求すべく、改善されようとしている。しかし、この分野で先進的な米国のロースクールがほぼ同じ目的でヒューマンファクターを教育科目として採用していることをご存知だろうか。米国では、ロースクールだけではなく、MBA²⁵⁾取得を支援するビジネススクールなど、社会の多岐の分野でヒューマンファクターの教育や訓練を実施している。現代社会の複雑な法律問題を解決するには人間の思考や行動の深い理解が不可欠であることを思えば、この趨勢はさほど意外なことではない。わが国の法曹界の方々がヒューマンファクターの概念を理解して司法改革で実践していただくよう期待してやまない。

24) 人間は自身がとった行動の成果を実感できる場合にやり甲斐を感じる。脳の情報処理のフィードバック機能は潜在意識に属するため、成果がデジタル情報でしか表示されないと実感しにくい。経営者が経営の成果を把握する際に数値よりもグラフで示すよう望むのはこのためである。

25) Master of Business Administration、経営学修士。近年、MBA養成機関は社会の要請で姿を変えてきており、大企業のマネージャーの養成だけでなく起業家の養成機関としても脚光を浴びつつある。