

クルマを語ろう

岩 本 太 郎
Taro IWAMOTO

理工学部機械システム工学科 教授
Professor, Department of Mechanical and Systems Engineering



1. はじめに

機械システム工学科の就職先の一番人気は自動車業界である。自動車はもっとも身近にある機械で親しみがあるのと、日本でもっとも発展した業界であるからだろう。しかし、クルマ好きの学生に話を聞いてみると、技術的なことをよく知らなくてがっかりすることが多い。いろいろなものがブラックボックス化する中で、クルマも楽しむだけの道具になってしまったのかもしれない。故障もしないし、故障しても自分では直せないから仕組みを知る機会も失われているのであろう。しかし、自動車会社に就職を希望する技術者の卵がクルマのしくみを知らないのでは話にならない。そんなことで、私見を大いに交えてクルマ談義をやってみたい。私の意見に賛成のものも反対するものもいて、クルマについて熱く語りあえるとうれしい。

2. デザインと技術

2.1 エンジン配置とデザイン

昔、エンジンは縦に配置するものと決まっていた。高性能エンジンはシリンダの数が多く縦長になるので、ロングノーズは高性能の証であり、エンジンルームを長くすることによってスポーツ性を強調

し、ロングノーズ／ショートデッキのデザインがもてはやされていた。その一方で居室は狭く、居住性は犠牲になっていた。

イギリスのミニクーパーというクルマはとても小さいが居住性が確保されている。このクルマはエンジンを横向きに置いていてエンジンルームがコンパクトである。エンジンを横置きにし、前輪を駆動することで室内が広がり居住性が確保できるのだが、後述するように、エンジンの回転を車輪に伝達する継ぎ手に速度の変動がない等速ジョイントが開発されたことによって、前輪を駆動する FF (Front Engine Front Drive) 化が一気に加速し、現在はほとんどが FF になってしまった。

FF 化はクルマのデザインにも大きく影響を及ぼした。図 1 に示すように、エンジンルームは短くなり、エンジンルームを覆うボンネットとウインドシールドで斜面を構成しテールを切り落としたウェッジ (くさび) シェイプが主流になった。

また、以前のセダンのトランクは上向きに開口していて、開口幅の制約でリヤウインドから後ろのデッキ部の幅は小さくできなかった。このため前席と後席の間隔が詰まっていた。最近のトランクリッドは L 字形でバンパ近くまで下がっていて、開口幅は斜めに取れる。このためデッキ部は短くでき、リ

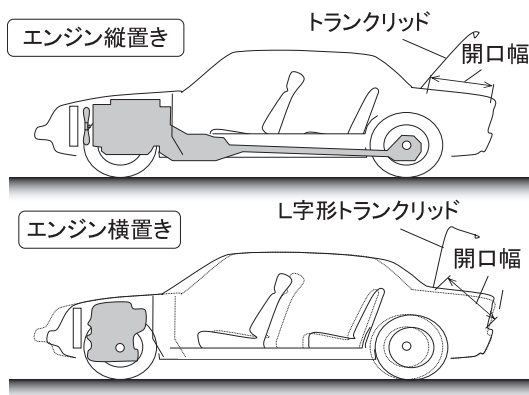


図1 FRとFF

ヤウインドは後ろに下がり、後席も下がって室内空間はいっそう拡大している。このトランクリッド形状のためテールランプは左右端に分かれ、ウェッジシェイプ形と相まって、後ろから見た印象が幅が狭く高さが大きいものになった。私が気に入らない点である。

2.2 消えたバンパー

昔の車には、衝突からボディを守るバンパーが車体とは切り離された形でついていた。クロームメッキで光沢を放ち、デザイン上も大きなポイントになる。最近の車にはバンパーが見当たらない。ボディの一部が出っ張った形でボディと一体化し、色もボディと同色になった。昔、車の衝突安全が問題になったとき、異様に長いバンパーが出現したことがあったが、うそのように無くなってしまった。バンパーだけでは安全が保てないということかもしれない。今は衝突の衝撃は車体のフレームの変形で受け、痛んだボディは交換するという考え方に変わったのであろう。車の走行速度が速くなり、バンパだけ交換すればいいという程度の事故は少なくなっているのかも知れない。

2.3 ちっちゃい目

テールランプが白熱灯からLEDに変わってきているのは良く知られている。長寿命であり、複数の

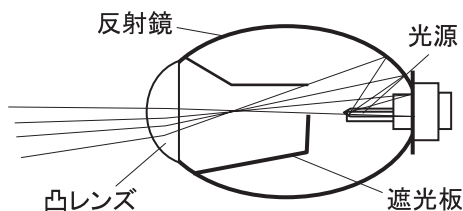


図2 プロジェクションランプ

ランプでデザインにも変化があるからであろう。前照灯については、白熱ランプからハロゲンランプ、蛍光灯のように放電で発光するディスチャージランプと進化してLEDも登場した。もう一つの変化はプロジェクションランプ（またはライト）である。

従来のランプは電球と反射鏡と光を分散する集合レンズで構成されていて、一時はこれを一体化したシールドビームが普及したこともあったが、現在は反射鏡を多面の集合体で構成しきらびやかさを演出するなど、多様なデザインになってシールドビームは衰退した。

プロジェクションランプは図2に示すように、回転楕円面の反射鏡と凸レンズで構成された光学系を持ち、楕円の一方の焦点に発光ランプを置き、他方の焦点に光を集め、その先に凸レンズを置くことにより適切な配光を得る。遮光板により光束を整形し、ロービームにすることができる。一方の焦点から発した光は他の焦点を通るという楕円鏡の性質をうまく利用している。一番の特徴は正面から見てランプ（レンズ）の直径が小さいこととレンズに模様がなかったこと、ランプが直接見えないことである。その直径の小ささは、一般のランプが目とすれば、プロジェクションライトは瞳（ひとみ）ぐらいの印象である。

プロジェクションランプが登場したときは、その直径の小ささを利用して、細い目や点のような前照灯のクルマが作られたが、小さすぎてちょっと異様な感じがするので、最近はいろいろな装飾の中にさりげなく埋め込まれている。このプロジェクションランプの登場によって、前照灯のデザインの自由度は非常に広がったと思われる。

最近は安全面からステアリングの向きに応じて照らす向きを変えるものや、赤外線や紫外線を利用して夜間の視界を確保するナイトビジョンが開発されている。

2.4 FF を広めた等速ジョイント

前述したように、FF が全盛となった要因の一つが等速ジョイントの開発である。それは結果としてデザインに大きな影響を与えた。

エンジンの配置と駆動車輪の組み合わせにはいろいろあり、伝統的なエンジン前方配置と後輪駆動 (FR)、前方配置と前輪駆動 (FF)、後方配置と後輪駆動 (RR)、中央配置と後輪駆動 (MR) などがあり、4 輪を駆動する全輪駆動 (4 WD) もある。スポーツカーには後輪駆動が多いが、図 3 に示すように、加速するときは後輪に荷重がかかるので加速力を得るのに有利ということと、アクセルワークによって後輪の駆動力を制御し、ドリフトを利用して車の進行方向を変えるテクニックが使えるからであろう。一方 FF はハンドルを切った方向に駆動力が発生するので方向安定性が良いという利点がある。4 WD は駆動力が分散され、安定して駆動力を路面に伝えることができる。

ところで、FF はエンジンの回転を伝えるトランスミッションの出力軸と前輪の回転軸をつなぐ回転継ぎ手が重要な鍵を握っている。前輪はステアリングにより車輪の向きが変わることと、サスペンショ

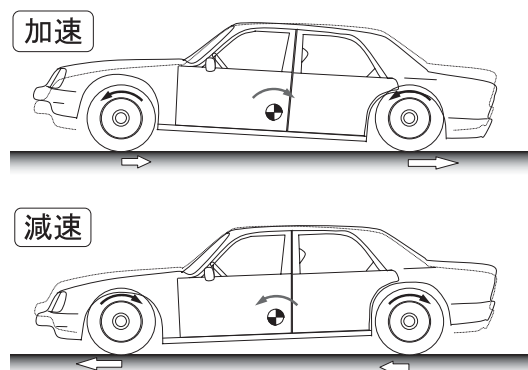


図 3 加速と減速

ンに支えられていて、路面の凹凸に応じて上下するので、車輪の回転軸がエンジンの出力軸に対して位置や方向が一致しない。このため回転中心が一致しない軸の間にも回転が伝えられる継ぎ手が必要である。この継ぎ手としては、自在継ぎ手 (十字継ぎ手ともいう) が知られている。自在継ぎ手は、FR 車ではトランスミッションからデフに回転を伝えるドライブシャフトやデフから後車輪に回転を伝えるところに使われている。

自在継ぎ手には不等速性があり、角度によってその不等速性が大きくなる性質がある。このため、二つの自在継ぎ手を組み合わせて不等速性をキャンセルするようにしている。このときに、入力軸と中間軸がなす角度と出力軸と中間軸がなす角度は等しくする必要がある。しかし、このようにしても中間軸そのものは不等速回転するのである。

昔、あるスポーツカーの開発が行われたときの開発秘話が TV で放映されたことがある。図 4 のようにロングノーズ・ショートデッキのかっこいいスタイルのためか、燃料タンクが後車軸に干渉する位置になった。これを防ぐため、図 5 に示すようにデフの位置を後車軸の位置から前方にずらす設計変更を行った。高速走行試験を行ったところ、振動が発生したそうである。これはデフからの駆動軸と後車輪軸とをつなぐ中間軸が斜めになったことにより中間軸が不等速運動をしたためと推察される。結局、エンジンの燃費を改善して燃料タンクを小型化し、デフの位置を元に戻したという話である。デフを前方に移動したため回転を伝える軸が斜めになり、中間軸の振動が無視できなくなったためであろう。

話がそれだが、図 6 に示すように、前輪はサスペンションによる上下動に加えてステアリングによる

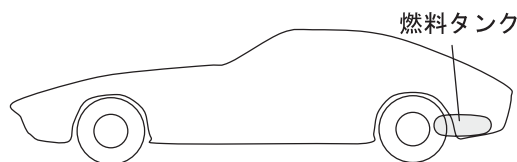


図 4 ロングノーズ・ショートデッキのデザイン

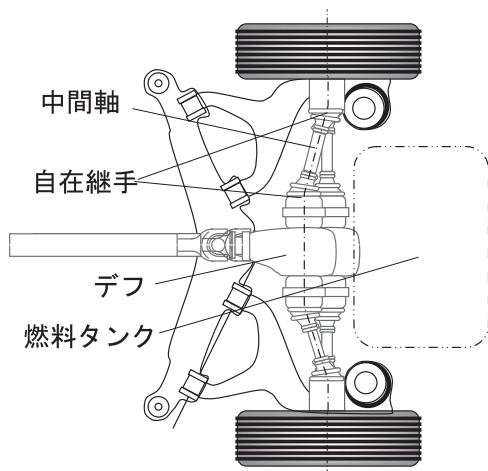


図5 デフと燃料タンクの干渉

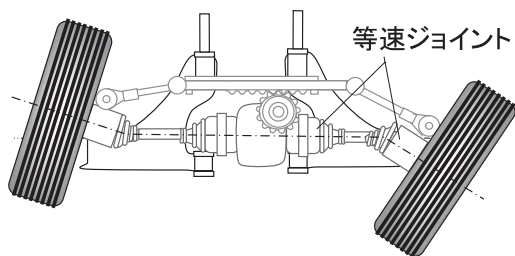


図6 前輪

角度変化が大きく発生するので、中間軸との角度を等しく保つことはできない。このため、従来の自在継ぎ手ではFF化が困難であった。ここで等速ジョイントが開発され、FF化が一気に進展したのである。

図7に示す自在継ぎ手は、駆動軸の回転が十字軸を介して従動軸に伝わる構造になっている。斜めに交わる相手軸に対し、回転半径となる垂線の長さが短くなることが不等速性の原因である。

図8にツェッパ型等速ジョイントを示す。等速ジョイントは簡単に言えば、どの向きでも半径に変わりが無い鋼球を介して回転を伝達するものである。回転軸長さが伸縮できるものとできないものがあり、両者を組み合わせて使っている。

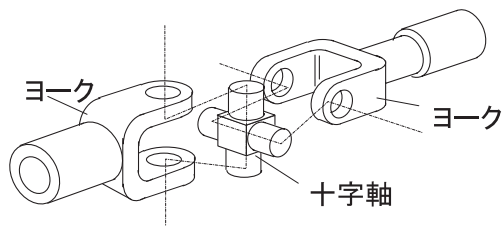


図7 自在継手

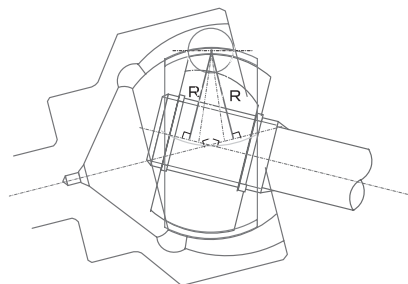


図8 ツェッパ型等速ジョイント

2.5 視野を広げたドアミラー

安全運転のコツは周囲をよく見て状況を常に把握することである。そのためにミラーは欠かせない。昔の車には前輪を覆うフェンダーにミラーがついていた。現在は一部のタクシーや教習車を除き全てドアについている。羽根を広げたようで、デザイン上のポイントにもなっている。ドアミラーになったことで、隣接する車との間隔は広く取らざるを得ず、安全上も好都合である。

図9に示すように、フェンダーミラーはドアミラーに比べ視点が前方にあり、車の側面の状況が把握しやすいが、運転者から遠いため視野角が狭いという問題がある。ドアミラーは視野角が広いことのほかに、ミラーの方向に眼を向けるため頭を大きく振る必要があり、ミラーを介さないで直接見える視野が側面に向く。このため、死角が少ない。死角に追い越し車が入ると見えなくて危険なので、その点でドアミラーは優れている。

最近、小型のテレビカメラが車にも搭載されている。今後はテレビカメラがミラーにとってかわるかも知れない。テレビカメラであれば、画角や視野方

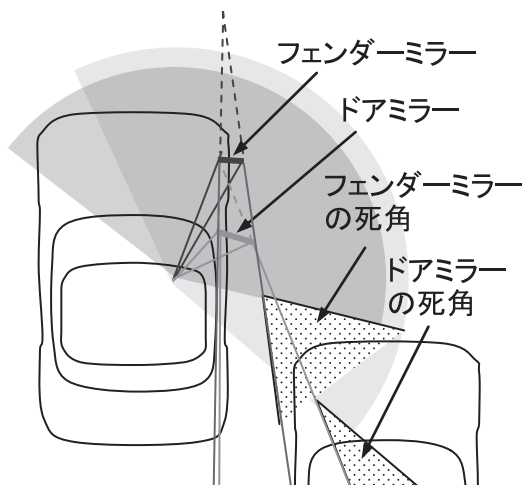


図9 サイドミラー

向も自在に調整できるし、バックミラーも後席の搭乗者の顔や荷物に邪魔されることが無くなる。今にもできそうな技術だが、なかなか実現していない。

3. エンジン

3.1 キャブがない！

先日ある雑誌を見ていたら、トヨタの新型エンジンに採用されたバルブマチックの記事が出ていた。このエンジンには、なんとガソリンエンジンには付き物のキャブレターが無いのである。実はこの可変吸気システムの先陣を切ったのは BMW／ブジョーで、その後、日産も追従している。

図10に示すように、従来のガソリンエンジンは、エアフィルターから吸気バルブに至る途中にキャブレターが存在した。キャブレターの役割は、減圧された空気により吸い出された燃料を気化させて混合気を作ることと、シリンダに吸入される混合気の量を調整することにある。スロットルバルブはアクセルペダルに直結していて、アクセルを踏めばバルブが開き、シリンダに吸い込まれる混合気が多くなって出力が大きくなる。アクセルを離すとバルブが閉じ、エンジンは窒息状態になって出力が下がるという訳である。

この役割のうち、燃料を供給する機能は燃料噴射

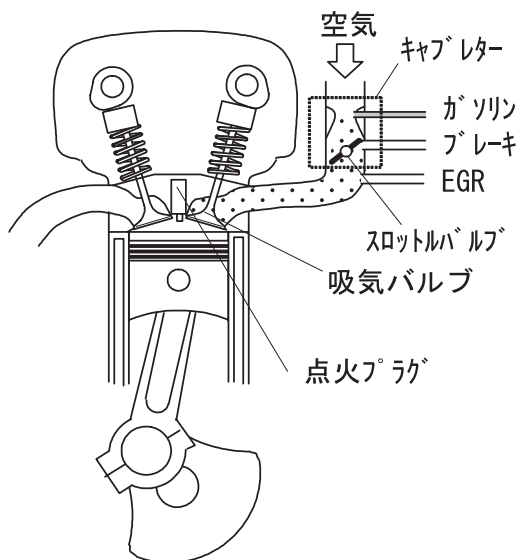


図10 従来のガソリンエンジン

という技術に置き換えられてきた。これは高压の燃料を細い穴から微細な液滴として噴射するもので、噴射バルブの制御により、燃料の量や噴射のタイミングを精密に制御できる利点がある。もう一つの役割は吸気量のコントロールであるが、これを吸気バルブのリフト量すなわち開度と、タイミングにより置き換える。こうすれば、キャブレターの二つの役割は不要になり、キャブが無くなるという訳である。この方法は次のようになっている。

通常、エンジンの回転と同期して回転するカムは、ローラーロッカーを介し、てこの原理で運動を拡大してバルブステム（軸）を押し下げバルブを開いている。可変吸気システムでは、図11に示すように、カムとロッカーの間に制御機構を介在させ、ロッカーの押し下げ量を調節する。各メーカーとも異なる機構を用いているが、図11に示す例で説明しよう。制御軸のローラーアームはカムにより回転し、それが揺動カムを経由してバルブのステム（軸）を押し下げる。制御軸を軸方向に移動すると、ヘリカルスライダーによりローラーアームと揺動カムの角度が変化し、バルブステムの押し出し量に変化する。つまり、アクセルを踏むと、アクセル

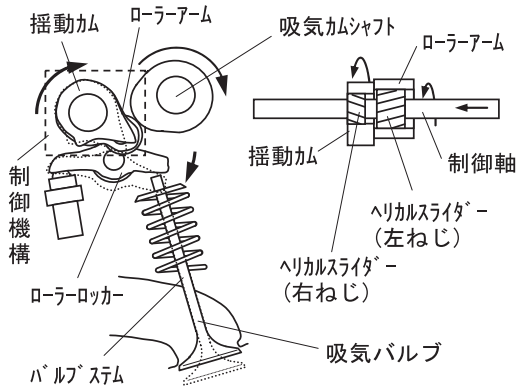


図 11 可変吸気機構の例

ペダルの踏み込み量に応じて制御軸が移動し、ローラーアームと揺動カムとの間の角度が大きくなって、バルブが大きく開き、大量の吸気ができるという訳だ。ただし、故障時対応としてスロットルバルブも設け、普段は開放状態にするメーカーもある。

キャブレターを無くすことによるメリットは、吸気管の気圧が大気圧に近いため吸気抵抗が少なくなり、いわゆるポンピングロスが減少して燃費と最高出力が向上すること、アクセルのレスポンスが良くなることあげられる。

一方、問題点もある。従来のキャブはスロットルバルブと吸気バルブの間が真空になる。これが真空源として役立つ。一つはブレーキの真空倍力装置、もう一つはエンジン内に漏れた燃料（ブローバイガス）を吸い取ってシリンダに戻す作用である。

3.2 役立つ真空源

最近の車はステアリングもブレーキも軽くなったが、それはパワーアシストされているからである。真空倍力装置は吸気管の真空の力を利用してブレーキ踏力を増大させる装置である。ブレーキを踏もうとしてアクセルペダルを放すと、スロットルバルブが閉じ、吸気管の混合気がエンジンに吸い込まれるために、吸気管が真空になる。この真空をブレーキの倍力装置に使うと、ブレーキ踏力を低減することができる。

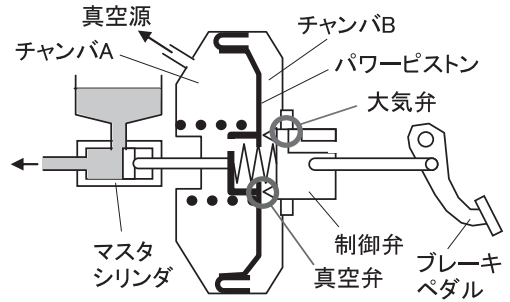


図 12 ブレーキ倍力装置

図 12 に示すように、チャンバ A はキャブレタとチューブでつながれていて、チャンバ A と B は真空に引かれている。また、パワーピストンはばねによりチャンバ B の方に押されている。ペダルを踏むと、制御弁がパワーピストン側に押されて真空弁を閉じ、同時に大気弁を開くので、チャンバ B は大気圧となり、パワーピストンをマスタシリンダ側に押す。ペダルを押す力にパワーピストンによる力が付加されるので、ブレーキを踏む力は軽くてよいことになる。

真空はブローバイガスの吸引にも役立っている。燃料の一部はピストンリングの隙間やバルブ軸の隙間から漏れる。これは大気中に漏れると環境汚染になる。キャブからエンジンのクランクケースやシリンダヘッドに配管を接続して、漏れた燃料を吸い取って吸気管内に戻し、混合気に混ぜて燃焼させる。

キャブがなくなるとこの真空源もなくなるので、真空倍力装置が使えない。このため、可変吸気システムでは、真空倍力装置のための真空ポンプを別途装備しなければならない。これはスロットルバルブを持たないジーゼルエンジンでも同じである。空圧ブレーキを持つトラックなどは空気圧による倍力装置を備えたり、補助ブレーキとして排気ブレーキを採用している。これは排気管の中にあるバルブを閉めることにより排気抵抗を高め、エンジンブレーキの効果を高めるものである。他に渦電流を利用したものや、流体の抵抗を利用したものがある。

3.3 ジーゼルかガソリンか

ガソリンエンジンは気化した燃料を含む混合気を圧縮してスパークにより点火する方式で、混合気の量をスロットルバルブで調整して出力を制御する。したがってアクセルはスロットルバルブの開度を調整してエンジンに吸い込まれる混合気の量を加減する。これに対し、ディーゼルエンジンは常に空気をいっぱい吸い込み、シリンダ内で圧縮してここに燃料を吹き込んで、断熱圧縮による温度上昇で点火する。したがって、アクセルは燃料の噴射量を制御しているのである。前述した可変吸気システムと（筒内噴射式）燃料噴射を組み合わせると、なんだかガソリンエンジンはディーゼルエンジンに近付いてきているような気がする。ただ、点火方式と圧縮比が異なり、それによって使用する燃料も異なる。

東京都知事が黒煙の粒子が入ったピンを振りかざしてディーゼル車を攻撃したのはいつだったろう。日本ではディーゼルエンジンの評判はうるさい、汚い、重い、高い、高速走行に向かないと評価は低く、ディーゼル乗用車は今でも少ない。私はかつてディーゼルのセダンに乗っていたが、ワイパーに真っ黒な油がこびりついてシートも黒ずんでいた。しかし、ヨーロッパでは多くのディーゼル乗用車が走っている。

ディーゼルがうるさいのは、燃焼が拡散した多数の液滴が同時に発火することによる急激な燃焼のためである。音に関してはバランスを用いたり遮音材を張ったりしてかなり抑えることができる。黒煙が出るのは吸い込んだ空気の酸素量に見合う量を超えて燃料を供給するからである。燃料中の炭素が燃焼したくてもお相手の酸素が足りないから炭素のまま排出される。特に山岳地帯では気圧が低く、取り込む空気の量は少なくなり、黒煙が発生しやすい。そこで、エアフローメータで流入空気量を測って適切な燃料の噴射量とし、それでも残った炭素は、空気を

混入させた高温の排気を触媒に通すことで酸化してしまえばよい。

ディーゼルエンジンは原理的に燃焼室に燃料噴射を行う。旧来 방식はアクセルの操作量に応じてポンプのプランジャ押し込み量を加減し、押された燃料が噴射ノズルから噴霧されるようになっている。これは機械的な仕組みなので、細かい調整ができない。そこで、コモンレール方式といって、燃料を数百気圧に加圧して各噴射ノズルに供給し、電磁バルブで噴射のタイミングをコントロールする方式が登場し、普及しつつある。

最近は燃料噴射を5回ぐらいに分けて行う。段階的に燃焼させて爆発音を抑えたり、排気の温度を高くして触媒の働きを良くするなどきめ細かい燃焼制御ができるようになった。

ガソリンエンジンは空気と燃料の重量比が15:1の理論空燃比に近い混合気をキャブレターで作るのであった。しかし、機械的であり、微妙な調整ができない。そこで、ガソリンエンジンでもキャブのかわりに燃料噴射が取り入れられてきた。これは吸気管に噴霧する方式と、ディーゼルと同様に燃焼室に直接噴霧する方式があり、両方を備えているものもある。

4. まとめ

まだまだ話題は尽きないが、ひとまず終わろう。自動車は我々に多くのメリットを与えてくれた。同時に事故や大気汚染などの問題も生じた。しかし、着実に技術は進歩して、さまざまな問題を解決してきた。龍大理工学部の学生も多くの自動車メーカーに就職している。彼らやその後継者がクルマの未来をいっそう明るくしてくれると大いに期待し、本稿を終了する。

生ごみ堆肥化は循環社会の第一歩

竺 文 彦
Fumihiko JIKU

理工学部環境ソリューション工学科 教授
Professor, Department of Environmental Solution Technology

1. 生ごみ堆肥化は循環社会の第一歩

廃棄物は、家庭から排出される一般廃棄物と事業所から排出される産業廃棄物に分類されている。一般廃棄物は市町村が管轄しており、産業廃棄物は都道府県の管轄である。ここでは、家庭から排出される一般廃棄物について述べる。一般廃棄物の排出については、市町村において、リサイクルを進め資源の再利用を進める対策がとられている。なかには、ごみ減量課などの課が設けられ、減量に努めているところであるが、現実的にはあまり減量化は進んでいない。

ごみ減量の対策としては、まず発生抑制が挙げられている。家庭から排出されるごみの量を減らそうとするものである。しかし、これはなかなか難しい。なぜならば、家庭内に購入されたものは、遅かれ早かれいつかはごみとして排出されるのであるから、ごみの発生抑制を行うためには、購入の抑制が必要である。すなわち、物を買わないことである。しかし、生活するためには物を購入しないわけにはいかない。したがって、物を購入するときに、包装容器などをできるだけ買わずにお店に返してくる、あるいは、必要な食品などのみを購入する必要がある。このためには、商店での物品の販売方法が問題

となり、スーパーマーケットでのトレーやパックに入れられた商品を購入するのではなく、量り売りなどできるだけ包装容器が少ない方法で購入する必要がある。しかし、日本のスーパーでは量り売りは好まれず、パックで包装した商品が多い。ドイツのスーパーにおいては、野菜などの量り売りが広く行われている。トマトやたまねぎを袋に入れ秤に載せて、その野菜のボタンを押すと、重さと値段の書かれたシールが出てきて、その値段をレジで支払う方法である。このような量り売りは日本ではあまりお目にかからない。スーパーに言わせると、消費者がこのような量り売りを好まないのだそうである。邪魔くさいんでしょう。ドイツでは、このような量り売りの秤が子供のおもちゃとして売られている。このように、ごみの発生抑制、すなわち、購入抑制というのは、日本ではなかなか難しい。

レジ袋を減らしましょうという運動を市町村が応援している。NO レジ袋デーなどを設けて努力していますというわけである。買い物客にサービスとしてレジ袋を提供することが当り前のこととして行われてきたが、大量のレジ袋を焼却するのはよくないということからレジ袋の使用を削減する努力がなされている。しかし、ドイツではレジ袋は有料であるので、若い人たちも含めて多くの人たちが布の買い

物袋持参で買い物をしている。こちらのほうが正しいといえる。日本でなぜレジ袋の有料化ができないかということ、有料化すると客が他の店へ逃げるからだという。地域の店みんなが一斉に有料化するのならやりますというのがスーパーの答えのようである。地域の生協ではレジ袋を有料化しているところが多い。大学の生協ではレジ袋を有料にしていないところが多いというが、環境の問題を考えている教育の場で有料化していないというのはおかしい話である。

発生抑制が難しいとなると、排出された家庭ごみをリユースやリサイクルすることが必要である。ところが、日本ではこれまで、家庭ごみは焼却すべきものと考えられてきた。各市町村には必ずごみ焼却場が建設され、ごみは燃やすものとされてきた。この理由は、かつてごみの処理は厚生省が担当していたため、衛生的な観点から、不潔で非衛生なごみは焼却することが最も望ましい処理方法であると決められていたからである。そのため、数多くの焼却場が建設され、世界の焼却場の半分以上が日本にあると言われ、焼却大国となってしまった。

21 世紀のごみの処理については、20 世紀の焼却中心の考え方から 180 度改めて、まずリサイクルを行い、リサイクルできないもののみ焼却するシステムに転換する必要がある。家庭ごみの中でまずリサイクルすべきものは生ごみである。生ごみは家庭ごみの約 1/3（重量比）を占め、水分が 8 割程度であるため、焼却すべきでない。生ごみを焼却炉に放り込むことは、無駄なエネルギーを水の蒸発のために消費していることになる。すなわち、生ごみは分離して、堆肥化やバイオガス化することが必要である。生ごみの堆肥化は、ごみのリサイクルの第一歩であり、生ごみが分離できていない市町村は、いまだに 20 世紀型の処理体制から抜け出せていないといえる。

次に、リサイクルすべきは、雑多な紙類である。現在、焼却されているごみの中には大量のリサイクルできる紙が含まれている。汚れた紙は焼却すべき

であるが、汚れていない紙はリサイクルすべきである。今、名刺より大きい汚れていない紙はリサイクルするシステムが採用されつつある。現在、紙のリサイクルとしては、町内会などで新聞・雑誌・ダンボールの集団回収という形で行われている。したがって、この集団回収のシステムのなかに、名刺より大きい紙類の回収を組み入れるか、あるいは、別に、直接市町村が紙の回収をすることが望ましい。

いずれにせよ、生ごみの堆肥化と名刺より大きい紙類の収集を行いリサイクルすれば、焼却されるごみの量は、現在の半分以上になるであろう。ところが、多くの市町村では、リサイクルを進める方針として、できるだけ細かに分別を行い回収することが採用されている。中には 30 数種類の分別をおこなっているところもあり、分別すればするほど環境によいと勘違いされている。分別して何度も何度も回収する車が走り回れば、それだけエネルギーも消費され、人件費も必要となる。なかには廃てんぷら油を回収して石鹼の原料に使ったり、精製してディーゼル油として利用することが行われているが、全体的なコストを考えれば、無駄なエネルギーやコストを使っていることになる。

したがって、今後の循環社会における家庭ゴミの分別体制としては、生ごみの堆肥化とリサイクル可能な紙のリサイクルがまず必要である。この他に、容器包装のプラスチックの処理がある。これは、対応が難しい問題である。現在、包装容器のプラスチックは、収集され、製鉄所に送られたり、工場のパレットなどの製品原料とされている。ただし、これにかかる経費については、十分な検討がなされていない。かなりコストがかかるという話もある。雑多なプラスチックを原料として用いようとすると洗浄や精製にコストがかかり、無駄が多い。焼却してエネルギー回収する方が良いかも知れない。ペットボトルのように単一の材質の場合には、原料として用いることが可能であり、有効である。

前世紀の焼却社会から抜け出して、リサイクル中心のごみ処理体制を作っても、やはり、焼却せざる

をえないごみは出てくる。そこで、焼却した場合には、発電と給湯によるエネルギー回収が重要である。最近の新しい焼却炉では発電が行われるようになったが、水蒸気やお湯の利用が難しい。日本ではせいぜい温水プールによるお湯の利用程度である。ヨーロッパでは、各家々に給湯するシステムがあり、焼却施設から給湯しているが、日本では各家々にお湯を供給するシステムがない。焼却場の近くに工場や農場があれば、蒸気を供給することが可能であろう。

2. 甲賀市の地域的な生ごみ堆肥化システム

滋賀県甲賀市の水口地区（以前の水口市）においては、生ごみを市が収集して堆肥化を行っている。甲賀市は、滋賀県の南部に位置し、人口約 10 万人、世帯数約 3 万世帯（平成 19 年）の街である。平成 13 年にエコライフ協議会を作って、市民、行政、企業が協力して生ごみ堆肥化に取り組むこととなった。まず問題になったのは、臭いの問題である。生ごみを数日台所で保管すると、特に夏季に臭気が発生する。こんな臭い事は嫌だと家庭の主婦に言われると堆肥化システムが成り立たない。そこで考えたのは、できあがった堆肥を各家庭に戻して、脱臭剤として生ごみに振りかけてもらう方法である。容器に生ごみを入れ、その上から堆肥を振りかけ、また、生ごみを入れ、堆肥を振りかけるというサンドイッチ方式を考えた（図 1）。まず、モデル



図 1 サンドイッチ方式のモデル

の家庭を選び、平成 13 年からこのサンドイッチ方式で生ごみを保管するシステムでスタートした。臭いの問題は解決出来そうな状況であったので、町内単位で堆肥化に取り組んで頂ける所から、堆肥の収集を開始した。そして、徐々に堆肥化の地域を拡大していくことになった。住民の方に理解してもらうために、役所の人とエコライフ協議会の方が町内に説明に行き、十分理解をしてもらって、地域を拡大していった。現在では、約 6000 軒の家庭がこの堆肥化システムによって、生ごみの堆肥化に取り組んでいる（図 2）。

家庭においてサンドイッチ方式でプラスチック容器に保管された生ごみは、町内の集積所に置かれた回収ボックスに投入され（図 3）、この回収ボックスが、民間の堆肥化施設に運ばれ、通常よく用いられている直線スクープ式の堆肥化施設に投入される（図 4）（図 5）。家庭において既に生ごみと完成した堆肥が混合されているため、この堆肥化施設では悪

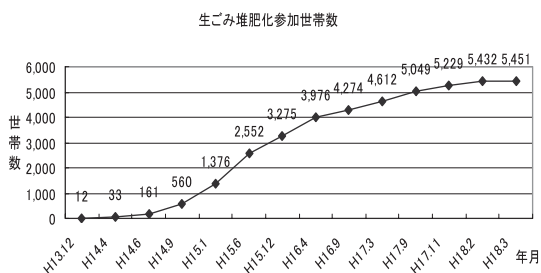


図 2 生ごみ堆肥化世帯数の推移



図 3 生ごみの回収ボックスへの投入



図4 直線スクープ式堆肥化施設



図5 生ごみの堆肥化施設への投入

臭の問題が全くない。家庭において生ごみの水分調整がおこなわれ堆肥との混合が行われるため、腐敗せず、堆肥化が始まるために、堆肥化施設に投入される時点においても悪臭が発生しないのである。通常、堆肥化施設の投入口はひどい悪臭がする。約18日間直線スクープ式の堆肥化施設で一時発酵された後、約6週間ストックヤードに堆積され二次発酵されて堆肥が完成する（図6）。

また、このシステムが拡大していく際に、面白い事実が明らかとなった。できあがった堆肥の肥料効果を見るために、サンプルの堆肥で野菜を育てたりする試験を行っていた。しかし、2年たち3年たっても余剰の堆肥が出てこないのである。堆肥化するとその量は1/2あるいはそれ以下に減少する。しかし、なくなるわけではない。できた堆肥を各家庭に

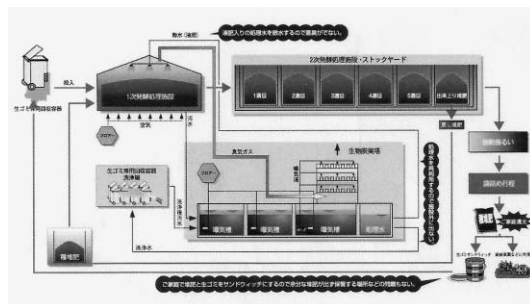


図6 生ごみの堆肥化フローチャート

戻すという循環を繰り返していくと、やがては大量の堆肥が排出されるはずである。余剰の堆肥が消費するはずがない。しかし、現実には、余剰の堆肥が出てこないのである。早速、現状を調べることとなった。その結果、次のような事が明らかとなった。すなわち、各家庭で1袋の堆肥をもらった場合、この1袋の堆肥を生ごみに振りかけて消費してしまえば良いのであるが、もらった堆肥はほぼ商店で販売している堆肥と同様のものであるため、すべてを生ごみに使わず、一部を残して家庭菜園や畑などの肥料として使用している方が多いということである。すなわち各家庭で堆肥を土に戻しておられることになる。このように堆肥を肥料として利用される事によって、堆肥は増加せず、むしろ配布するのが精一杯の状況となっている。このように出来上がった堆肥が地域において消費され消滅している事が確認出来たため、このシステムを甲賀忍者流堆肥消滅方式と名付けた。

このような状況は、堆肥を製造し販売して利益をあげようとする場合には困ったことになるが、逆に、これまで都会部においては、せっかく堆肥化をしても製造した堆肥の処分先が見つからず、やむを得ず焼却せざるをえないというようなケースが見られたが、この家庭に堆肥を戻すシステムを採用すれば、余剰の堆肥の処分の問題も解決されることになる。実際に、都市部においてこのシステムを適応した場合、余剰堆肥が出てこないのか、どうなのか、非常に興味深い。

滋賀県においては、この甲賀市の堆肥化に続き、

米原市においても市内の旧伊吹町地域において、地域収集型の堆肥化システムをスタートさせた。この堆肥化方式は、生ごみ等を堆肥化容器に入れて、その容器を積み上げてコンピュータで管理する興味深いシステムである。

このように漸く生ごみの焼却がおかしいと気が付き、堆肥化する地域が出てきているが、これらの堆肥化システムが拡大していくことが望まれる。地球温暖化の対策としては、堆肥化だけでなく、エネルギー利用も重要である。すなわちバイオガスの利用である。生ごみをメタン発酵してガスを取り出し、バイオガス発電を行えば、エネルギー利用が可能である。したがって、現在のところ地域的な生ごみ収集で堆肥化を行うことが望ましいが、生ごみ収集の体制が確立すれば、バイオガス発電に転換していくべきである。

ただし、現状ではバイオガス発電は日本では経済的に成り立たない。ヨーロッパではバイオガス発電がどんどん進んでいるが、これには日本とヨーロッパの状況の違いがあり、ヨーロッパではメタン発酵の後に出てくる脱離液は、リン・窒素の豊富な液肥

として果樹園や牧場に散布することが可能であるが、日本の場合には水田のため液肥の利用が難しい。そこで、日本では脱離液の排水処理が必要となり、この部分の経費が赤字になってしまう。採算のあうバイオガスの技術が開発されれば、堆肥化はバイオガスに転換していくことが望ましい。

家庭ごみのほか、地域においては、さまざまな有機廃棄物が発生している。畜産の糞尿、浄化槽汚泥、下水処理汚泥、剪定枝、落ち葉、河や池の底泥、食品廃棄物等々。これらはいままで焼却処分されてきたのであるが、循環していこうとすると、まず、堆肥化を行うことが必要であり、地域に1カ所必ず焼却施設を作ってきたように、地域に1カ所必ず堆肥化施設が必要なのである。ドイツにおいては、1980年代にダイオキシン問題が課題となり、1990年代に各都市で堆肥化施設を作り始め、現在ではどこの街に行っても堆肥化施設があるという状況になっている。日本は、これからどのような温暖化対策をとっていくのであろうか。生ごみ堆肥化からまず一歩足を出し始めなければならないのではないだろうか。

高大連携の舞台裏

大 西 俊 弘

Toshihiro ONISHI

理工学部数理情報学科 准教授

Associate Professor, Department of Applied Mathematics and Informatics



1. はじめに

近年、「高大連携」は大流行であり、ほとんど全ての大学・高校が何らかの取り組みをしていると言っても過言ではない。「高大連携」にはいろいろな形態が考えられるが、本稿では最も一般的な「大学の教員が高校に出向いて授業や講演をしたり、高校生が大学を訪問して講義を受ける」ことに限定して述べることにする。「出前講義（出張講義）」を行っている大学・高校の中には、両者の歯車がうまく噛み合って有効な連携ができているものもあるが、大学の教員が高校生相手に講義を行うという形だけが優先し、内実が伴っていないものも多いように見受けられる。

私は、昨年まで4つの高校（中高一貫校も含む）に勤務し、各種の高大連携行事を企画・運営してきた。本稿では、私の体験をもとに高等学校の高大連携活動の実情を報告したい。高校の事情を大学の先生方に少しでも知って頂くことによって、今後の高大連携活動の歯車が少しでもうまく噛み合うようになれば幸いである。

2. なぜ高大連携が増えたのか

10年ほど前には「高大連携」という言葉は、あ

まり聞かれなかったように思う。「高大連携」が近年増えてきたのには、高校・大学の双方に理由がある。大学側には、次の2つの要因があると考えられる。

- (A) 少子化時代の学生確保活動の一環
- (B) 社会貢献重視の風潮

前者（A）は、平たく言えば、少子化時代にできるだけ沢山の学生を確保するために、大学が積極的に営業活動をするようになったことに起因する。大学が低姿勢になり、高校や受験生に対してサービスを提供するようになったということである。

後者（B）は、生涯学習重視の風潮の中で、大学にも社会貢献が求められるようになり、社会貢献活動が大学評価の1項目に取り上げられるようになってきたことに起因する。また、WEBページをはじめとする広報活動が重視されるようになり、社会貢献をアピールする必要が出てきたことも大きい。

一方、高校の側から考えると、「高大連携」が増加した理由として、次の5つの要因が考えられる。

- (1) 学力向上対策・理数離れ対策
- (2) 「総合的な学習の時間」の新設

- (3)「キャリア教育」重視政策
- (4) 仲介業者の存在
- (5)「自己点検」・「学校評価」の重圧

この5点について以下に解説をしたい。

3. 「学力向上」対策・「理数離れ」対策

1998年頃から「学力低下」が大きな社会問題化し、マスコミにも大きく取り上げられてきた。国際学力調査「PISA 2003」等で日本の成績（順位）が低下したことなどもあり、文部科学省は「ゆとり教育」路線から「確かな学力」路線に軌道修正をはかった。そのため、現在では学力向上対策（特に理数系教科）と銘打てば予算が付きやすくなっている。

また、「学力低下」とともに「理数離れ」も多くの識者によって指摘されてきた。当時、科学技術振興策を担当していた旧・科学技術庁は、子どもの「理数離れ」を日本の科学技術立国の屋台骨を揺るがすことになりかねない大問題と捉えたようである。元々、旧・科学技術庁は、旧・文部省の初等中等局などと較べると桁違いに大きな予算を扱っていた。旧・文部省と旧・科学技術庁が統合されて文部科学省となったが、「理数離れ」対策は旧・科学技術庁系の部署が担当し、従来の学校関係の予算に較べて非常に大きな額が投入されることになった。

「理数離れ」対策の具体名は、「科学技術・理科大好きプラン」¹⁾といい、数多くの事業が含まれている。高大連携と特に関係が深いのは、SPP事業とSSH事業であるので、その細部について以下に述べる。

(1) SPP 事業

平成14年から始まったSPP事業は「サイエンス・パートナーシップ・プログラム」²⁾と呼ばれ、文部科学省の直轄事業であった。平成18年度以降は「サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト」³⁾と名前を変えて、独立行政法人科学技術振興機構(JST)に委託されている。内容的には次の3つに

分かれる。

- ①研究者招聘講座：大学・研究所の研究者を招く
- ②教育連携講座：大学等で実験指導を受ける
- ③教員研修：学校教員が大学等で研修する

SPP事業の特徴は、きちんとした計画を出せば、ほとんど承認されると言っても良いほど採択率が高いことである。私の前任校の場合、採択率は8割以上であった。また、一度審査に落とされた場合でも、追加募集の際に再申請すれば承認されることが多い。

国や地方公共団体の財政状態悪化の影響を受けて、今の学校現場にはほとんど予算的な余裕がなく、日々の運営費や出張旅費にも事欠いている始末である。そんな状況の中で、SPP事業では講師・TAの謝金・交通費・実習費が支給されるのは非常に大きな魅力である。また、必要があれば、どんな遠方からでも講師を招くことができる。講師謝金は、1日あたり3万数千円とそれほど高額ではないが、多くの研究者が「理数離れ対策」に協力的であるため、引き受けていただける場合が多い。そのため、SPP事業は全国の中学校・高校で数多く実施されるようになった。

(2) SSH 事業

SPP事業が、幅広い学校を対象にして底上げをねらった事業であるのに対して、SSH（スーパー・サイエンス・ハイスクール）事業⁴⁾は、特定の高校を指定して上位の生徒を伸ばす取り組みと言える。

平成14年から毎年20校前後が指定され、平成19年度現在全国で101校ある。1校当たり毎年2000万円程度の予算が付き、理科・数学に重点を置いたカリキュラムの開発にあたっている。ただ、現実には、学校によって取り組みや研究の深さにかんがりの「温度差」があり、SSHが受験校・伝統校の「看板」だけになっている例も多い。

大学や研究機関等と連携やトップクラスの研究者

や技術者等との交流が SSH の研究課題の 1 つであり、特定の大学の指導を受けて、密接な交流が行われることが多い。私の前任校の場合では、母体である奈良女子大学を中心として京都大学等と連携を深めていた。SSH 校には、予算が沢山ある分、講演会・特別講義の類は沢山企画することができ、私の前任校では年間 20 件近くに達していた。

4. 「総合的な学習の時間」の新設

「総合的な学習の時間」⁵⁾は、現行の学習指導要領から新設されたものである。しかし、「総合的な学習の時間」の内容について学習指導要領の中で細かなことが決まっている訳ではなく、現場の裁量に任されている。極端に言えば、「総合的な学習の時間」は何をやってもよい時間である。教員間で綿密な協議を重ねて、きちんとしたカリキュラムを開発している学校もあるが、明確なカリキュラムがなく、各学年の担任団や特定の教科に任せてしまっている学校も少なくない。特に、担任団に任されている場合は、どうしても「第 2 のホームルームの時間」となってしまうがちである。「第 2 のホームルームの時間」の場合、各担任が共通して取り組みやすい「進路ネタ」がどうしても多くなってしまう傾向にある。

例えば、最近の高校では、1 年生の秋に 2 年生以降の文系・理系のコースを決定させるシステムのところが多いので、1 年生の夏前から秋口にかけて、将来の職業や大学でどのようなことを学ぶのかについて考えさせる取り組みが多くなる。

「総合的な学習の時間」が導入される以前には、このような指導はホームルームの時間などに担任が行っていたのであるが、「総合的な学習の時間」ができて時間的な余裕ができた分、講演会や校外に出ていくなどイベント的な企画が多くなってしまうがちである。具体的には、大学の先生を招いて「職業観について」・「学問とは何か」といった講演会をしたり、生徒をバスに乗せて大学に連れて行って「ミニオープンキャンパス」を体験させることが多くな

る。

5. 「キャリア教育」重視政策

近年、文部科学省は、各学校段階で「キャリア教育」重視の方針⁶⁾を打ち出している。その影響で高校現場では「進路セミナー」・「進路ガイダンス」といった企画が花盛りとなっている。

「キャリア教育」の本来の目的からすれば、人生観や職業観から育成していくべきなのであるが、ある程度のレベル以上の普通科高校では、大半の生徒が大学進学希望なので「キャリア教育」=「学部・学科紹介」となりがちである。

もちろん、学部・学科の概略を紹介するだけならば高校の教員にもできるし、学部や学科の内容を詳しく解説した資料も受験産業から進路指導部に多数届いている。しかし、それでは「日常」と何も変わらず、生徒の意識を刺激することは難しい。そこで、「非日常」の刺激を期待して大学の先生から直接生徒に語ってもらう企画を立てることが多い。

6. 仲介業者の存在

前記のような学部・学科紹介のイベントを企画する場合、おもだった学部を紹介しようとするだけでも、多数の講師が必要となる。講師派遣を各大学に依頼し、各講師と連絡・調整するだけでもかなりの事務作業・労力となる。実際に私が担当したときも、2 日間で 12 学部・学科の先生を招いたが、多くの大学との交渉も大変であったし、会場設営などの前日の準備でも徹夜に近い作業をしたことがあった。

また、教育予算の削減により、高校には講師の謝金や旅費を負担する余裕はない。そのため、できれば大学の経費で高校に来て頂きたい（他人の俸で相撲をとりたい）というのが本音である。

このような高校側の事情を知って、ビジネスとして講師派遣の仲介を行う業者が介在するようになった。概ね、次のような流れで仕事が進んでいく。

①業者に電話で必要な学部名・分野を伝える

↓

②業者が各大学と連絡をとって、講師を手配

↓

③業者から高校に手配した講師一覧が届く

多くの場合、講師の旅費・謝金は不要で、その業者への手数料も払う必要がないのが普通である。高校側からすれば、非常に便利なシステムで、利用する学校・教師が急増している。(業者は、一部の大学側から収入を得ているようである。)

7. 「自己点検」・「学校評価」の重圧

多くの組織と同じように、高校でも年度当初に目標を設定し、年度末に「自己点検評価」を行うことが近年奨励(義務化)されるようになった。また、学校評議員制度も制度化され、「外部評価」も受けることになった。また、目標や評価は具体的な数値で示すことが求められる傾向にある。

そのような状況下では、「昨年度までと同じです」はなかなか許されず、改善策を示すなり、新しい取り組みをすることが求められている。その反面、一旦始めたことはなかなか辞められなくなっている。「とにかく何かをしなければ・・・」という思いから、目的・理念や内容を十分に詰めないまま、行事・イベントを企画していくことが多くなっている。

また、年度末に報告書(自己点検評価書)を作成する学校が多いが、この作業が文書作成に慣れていない一般教員にとってかなりの重荷となっている。大学教員による「講演記録」は写真なども掲載でき、文化的な雰囲気があって見栄えがするので、報告書作成の際には歓迎される傾向が強い。

8. 現状の課題と対応策

「高大連携」が数多く行われているのに、満足な結果が得られることが少ないのには、次のような理由がある。

(1) 高校側の問題

私の独断であるが、高校の教員が「高大連携」の担当者となった場合、次の3つのタイプに分かれるように思う。

① A タイプ(積極型)

最近の話題に関心があり、勉強熱心である。高校生向けの話ができる講師を自分で見つける能力がある。大学の教員による講義と、高校の日常の授業をできるだけ関連付けたいと考えており、そのために講義内容に関する要望を大学教員に明確に伝えられる。

② B タイプ(遠慮型)

高大連携や出前授業の意義は認識しており、高校生向けの講師の人選を行おうとする意欲もある。しかし、一旦依頼した以上は相手に任せてしまう方が良いと考えている。「高校側から大学の教員に要望を伝えるのは失礼にあたる」と謙っていたり、「講師が自由にネタを選べる方が話がしやすいだろう」と配慮をしているつもりである。

③ C タイプ(仕方なく型)

たまたま「担当者」となっただけであり、ただただ「業務」をこなしているだけの人。したがって、高大連携や出前授業に対する明確なビジョンを持たない。多くの場合、講師捜しの段階から業者に丸投げしてしまう。

各タイプの比率は、A:B:C=1:5:4 ぐらいであらうか。

出前授業に出かけた経験を持つ大学の教員から出される不満に、「高校側がどんな内容を期待されているのか分からない」というものが多いが、BタイプとCタイプの担当者が原因である。ただ、Bタイプは、講師の方から尋ねれば、講義に対する要望を語ってくれる場合が多い。問題は、業者に丸投げ

してしまい、明確なビジョンを示さないCタイプである。高大連携を成功させるには、高校側の窓口教員の育成が急務である。

(2) 大学側の問題

高校側から大学側に、企画の趣旨を丁寧に説明し、意思疎通を十分に図れば、企画は成功することが多い。しかし、大学側が、下記のようなタイプの教員を派遣してしまった場合は、失敗してしまうこともある。

① P タイプ (熱意不足型)

「入試課から頼まれたから仕方なく来たが、俺は本当は高校で授業などしたくなかった」という態度が表に出すぎている方

② Q タイプ (知識不足型)

例えば、「工学部の概要について話して下さい」と依頼されたにも拘わらず、自分の専門や所属学科のことだけを語り、他の専攻・学科に関する知識をほとんど持っていない方

③ R タイプ (授業力不足型)

知識は十分にあり、熱意をもって話をして下さるのだが、高校生のレベルに応じた授業が上手にできない方。

このようなタイプの教員が派遣されてしまう理由は、大学教員の「負担の均一化」という名目で、高校への出講を輪番制にしている大学が多いからであろう。授業の上手な教員が高校を訪問すればその大学のイメージアップにも繋がるので、輪番制は見直されるべきだと考える。そのためには、高大連携に積極的に取り組む教員を大学内で業績として正当に評価・処遇するシステムの構築が必要である。

(3) 本質的な問題「一過性」

高校側・大学側ともに適切な担当者が配置され

ば、行事は無事終了するであろう。生徒から「素晴らしい講演だった」、「分かりやすい講義だった」といった感想が多数寄せられれば、企画は成功だと評価されることが多い。

しかし、その学校・生徒が、講演・講義の影響を受けて、変容して初めて成果と言えるのではないか。そうでなければ、「綺麗な打ち上げ花火」だけで終わってしまうのではないか。すなわち、「高大連携」で乗り越えなければならない大きな壁は、「一過性」の壁である。

この壁を乗り越えて行くには、次のような地道な取り組みが必要になるであろう。

- ①年間指導計画内での「位置付け」を明確に
- ②「カリキュラム作り」から大学教員が参画
- ③事前指導・事後指導を高校教員が実施
- ④担当者個人任せにせず、教科全員で取り組む
- ⑤1度きりに終わらず、継続して実施

9. おわりに

高校教員と大学教員の両方をやってみて感じることを最後に書いて終わりとしたい。

(1) 高校教員と大学教員の相互理解の必要性

昔の同僚と街角で偶然に出会い、今は大学に勤務していると伝え、「大学の先生は暇だろう」と言われることが多い。確かに、高校教員時代は午前8時頃には学校に到着し、夜も遅くまで学校にいたのと較べると、時間的にはゆとりができた。高校では、生徒指導等で突発的な出来事が頻繁に起こるが、大学ではそれも少ない。また、高校では教員がやっている雑務の多くを、大学では事務職員の方にやって頂ける。しかし、決して「暇だ」とは感じない。研究等が自分に任されている分、プレッシャーを感じるし、新任のせいか授業の準備も大変である。高校とは、「忙しさ」の種類が違うような気がする。

また、「大学の先生には常識がない人が多いだろう」という言葉も元同僚からよく聞く。しかし、実際に大学の先生方と話してみると、常識人が多く、破天荒な方は少ない。やや理屈っぽい人が多いなあとは感じるが、高校の教師にもそのタイプは多い。

一方、大学の教員からは、「出前授業に行った際に高校側の意図が分からなかった。高校の先生は何をやって欲しいの?」とか、「高校訪問に行ったけれど、進路指導部の教員の対応が悪かった。高校の教員は何を考えているの?」といった意見をよく聞く。

出前授業の担当者に関しては前述したが、進路指導部の対応の悪さについては、個人の問題が大きい。しかし高校側の次のような事情を知れば、大学の先生方にも察して頂けるかもしれない。例えば、①高校の進路指導部はそもそもスタッフが少ない、②教員の担当授業時間数が多く部屋にあまりいられない、③進路指導部への来客・電話は毎日膨大にある、……、等々。

高校教員と大学教員が高大連携の打合せ等を通じて交流し、互いのことをもっとよく知る必要があるように思う。

(2) ギブ・アンド・テークの関係強化

現状の「高大連携」は、大学から高校への「Give & Give」の関係にあるのではないか。連携というからには、もと「Give & Take」の関係になるべきであろう。高校が大学に提供できるものは何か、それは「授業力」であろう。具体的には次の3点を挙げたい。

- ①大学でのリメディアル教育への協力
- ②教科教育法の講義への出講
- ③教員免許更新講習の講師

特に「数学Ⅲを学ばずに工学部に入学した」といった学生への対応は、高校教員の方がはるかに上手である。団塊の世代の高校教員が退職期を迎えつつあるが、まだまだ元気な方が多い。そのような方々の力を大学のリメディアル教育等に上手く活用することが大切であろう。

高校教員が大学教育に協力することによって、大学の実情が分かり、相互理解が深まっていくことを期待している。

【参考資料】

- 1) 文部科学省,「科学技術・理科大好きプラン」
http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/daisuki/main10_a4.htm
- 2) 文部科学省,「SPP(サイエンス・パートナーシップ・プログラム)」
http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/daisuki/03072301.htm
- 3) 独立行政法人科学技術振興機構,「サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト」
<http://spp.jst.go.jp/>
- 4) 文部科学省,「スーパーサイエンスハイスクール」
http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/daisuki/04070904.htm
- 5) 文部科学省,「高等学校学習指導要領 第1章 総則 第4款 総合的な学習の時間」
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryo/021/05061401/003/003.htm
- 6) 文部科学省,「小学校・中学校・高等学校 キャリア教育推進の手引」
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/career/06122006.htm
- 7) 文部科学省,「教員免許更新制における更新講習について」
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/koushin/index.htm
- 8) 大西俊弘,第5回高大連携教育フォーラム 事例発表 第2分科会配付資料「数学教育における高大連携について」

ミクロの世界を見る

——電子顕微鏡写真から得られる多彩な情報——

中 野 裕 美
Hiromi NAKANO

理工学部物質化学科 実験講師
Senior Teaching Associate, Department of Materials Chemistry



1. はじめに

顕微鏡という言葉は、ギリシャ語の小さい (mikros) と見る (skopeo) に由来しています。先人の科学者達が、目に見えない世界を見ようと開発した電子顕微鏡は、今ではナノメートル (nm, 10 億分の 1, 10^{-9} m) の世界までものぞくことができます。そして、電子顕微鏡写真は我々に多彩な情報を与えてくれます。今回、二つのタイプの電子顕微鏡を使ってミクロの世界を探検し、そこから得られる情報を分かりやすく紹介したいと思います。

2. なぜ電子を使うの？

人間の目の分解能 (約 0.2 mm) よりも小さいものを見分けるためには、虫眼鏡や顕微鏡で拡大することが必要になります。光学顕微鏡では光を使うために、光の波長よりも接近した二つの点を分けて見ることができません。そこで、もっと短い波長を持つ電子が使われたのです。電子は、1897 年に J. J. トムソンによって発見され、当時は負の電荷を持つ粒子と考えられました。その後、電子は波の性質を持つことをド・ブロイが提唱し、デビッドソンや G. P. トムソン (J. J. トムソンの息子) らによって実験的にも証明され、今や誰もが「電子は波の性質

も持っている」ことを知っています。余談になりますが、トムソン親子は、この業績によりお二人ともノーベル賞を受賞しています。ちょうどその頃、ルスカは電子の波の性質を利用して顕微鏡を作ことを思いつき、1931 年に世界最初の透過型電子顕微鏡が誕生します。今では、さらに短い波長の電子線を使った超高压電子顕微鏡 (加速電圧 1000 kV 以上) が開発され、0.1 nm という分解能が成し遂げられています。

3. 一万倍の世界

TV の人気番組の“世界一受けたい授業”で、一万倍の世界が紹介されており、一度は電子顕微鏡写真をご覧になったことがあると思います。通常、一万倍くらいの観察には、走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope: SEM, 以後 SEM と省略) が使用されます。SEM では図 1 に示すように、加速された電子ビームが試料表面を走査し、そこから得られた二次電子を検出して像にします。電子は非常に軽いために、空気分子で阻止されたりしないように、装置内部は真空に保たれています。二次電子の発生のしやすさは、表面形状に依存するため、試料形状が細かく観察でき、発生量の差が白黒像のコントラストになります。従って、決してカラー像に

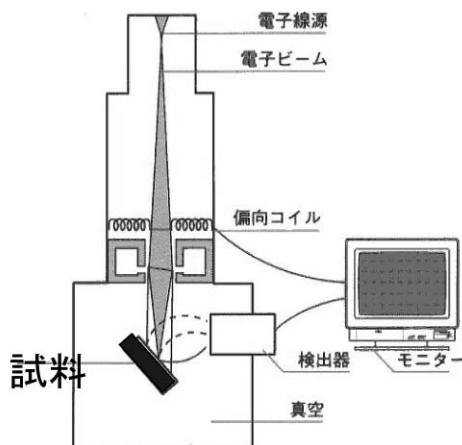


図1 走査型電子顕微鏡 (SEM) 装置

はなりません。(SEM 写真の中には、一次電子 (後方散乱電子) を使用したものもあります。)

図2にモルフォ蝶の羽の光学顕微鏡写真 (a) と SEM 写真 (b~d) を示します。光学顕微鏡では、鮮やかな青い羽であることが観察できます。一方、SEM 写真でも同様の像が観察できますが、上述したようにカラー写真にはなりません。モルフォ蝶の羽が青いのは、羽自体に色素がある訳ではなく、構造色と呼ばれる原理で、とても細かい規則正しい構造を持つことにより、光の回折と干渉により青く見えるとされています。(d) は断面から見た構造ですが、約 250 nm 間隔の規則構造により、羽が青色 (波長 (480 nm) に見えるのです。他にも構造色が見られるものに、コンパクトディスク表面の虹色や、生物ではタマムシやクジャクの羽が代表的で

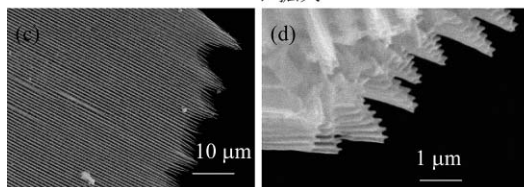
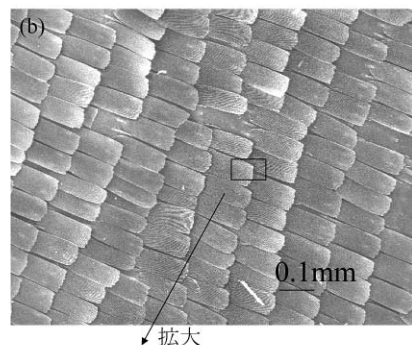
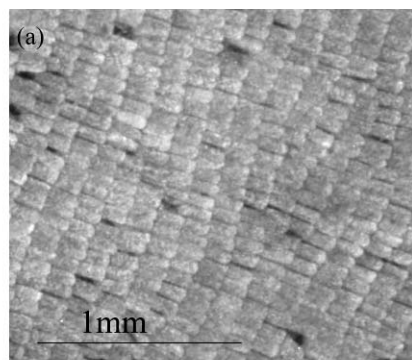


図2 モルフォ蝶の羽
(a) 光学顕微鏡写真 (b)~(d) SEM 写真

す。このように SEM では光学顕微鏡写真よりもさらに拡大したミクロの構造を観察でき、自然界の現象を説明することができます。

4. 原子の世界

もう少し拡大して観察すると、原子の世界が見えてきます。原子の世界を見るためには、テニスボールを地球くらいにまで拡大します。このくらいまで拡大して観察するために、透過型電子顕微鏡 (Transmission Electron Microscope: TEM, 以後 TEM と省略) を使用します。TEM の場合は、図3に示すように、試料を通り抜けた電子を電子レンズによって結像し、物質を約 100 万倍まで拡大して観察するこ

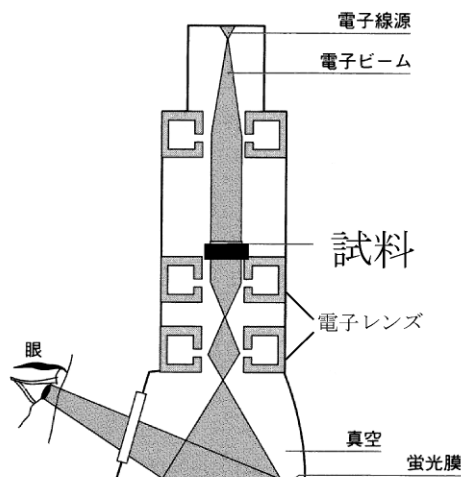


図3 透過型電子顕微鏡 (TEM) 装置

とができます。このため、試料は電子が透過できるように薄くする（約 $0.1 \mu\text{m}$ 以下）必要があります。

ご存知のように、物質は原子で構成されています。では、身近なもので、シャープペンの芯を観察してみましょう。図4は芯の断面方向から観察したSEM写真です。太さ 0.5 mm 径の中に、スズメバチの巣のような組織があるのが観察されます。シャープペンの芯は、黒鉛（炭素）と樹脂を配合して焼成し、樹脂が炭化するために鉛筆の芯に比べて折れにくい工夫がされています。この芯を削って、TEM

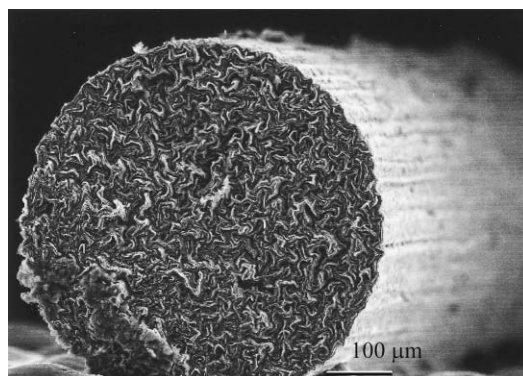


図4 シャープペンの芯のSEM写真（ 0.5 mm 径）

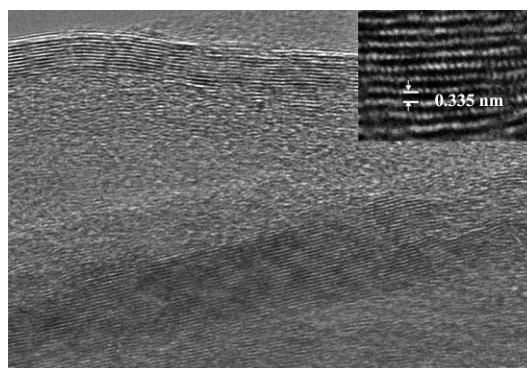


図5 シャープペンの芯のTEM写真（グラファイト構造）

観察したものが図5です。SEMで見られた層状の組織が薄く剥離し、この粉が紙に付着して文字が書けるのです。拡大すると、炭素原子が規則的に並んだ構造であることが分かります。これは、黒鉛はグラファイト構造という結晶構造を有しており、観察された格子の間隔は 0.335 nm （c 軸長の半分、図6）に相当します。

炭素の原子配列を変えた物質に、ダイヤモンドがありますが、見た目も性質も全く異なります。近年では、カーボンナノチューブ、サッカーボールの形をしたナノフラーレン（ C_{60} , C_{70} など）といった多彩な物質が発見され、産業界でも利用され始めています。このように、同じ炭素原子から構成されている物質でも、結晶構造が違うことにより、物質の性質が大きく異なります。言い換えれば、物性と結晶

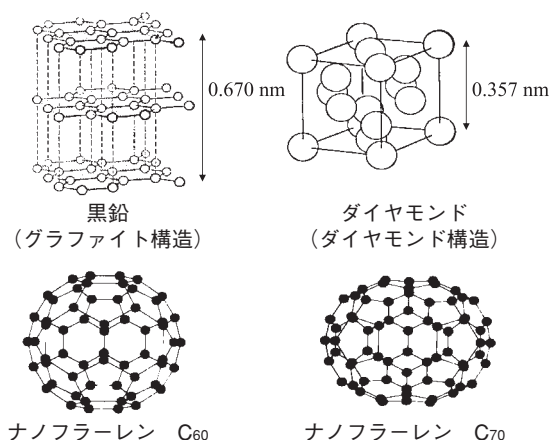


図6 炭素からできたさまざまな物質

構造は密接に関わっていると言えます。結晶構造の乱れや欠陥が、物質の熱伝導率や電気伝導度に大きく影響します。また、材料中のマイクロクラック、格子欠陥、気孔、粒界、粒子径、気孔径などのミクロ構造の差が、曲げ強度、破壊靱性などに影響を与えるため、SEM や TEM を使った観察結果はとても重要なのです。

5. 材料の微構造観察から得られる情報 (実例)

多少専門的な話になりますが、セラミックスの電子顕微鏡観察結果を使って、微構造が材料の物性（熱伝導率）と密接に関わっている例を取り上げて説明します。セラミックスとは、金属やプラスチックと違い、無機固体材料です。古くは、土器や石器に始まり、今では電子機器やさまざまな用途に使用され、我々の生活を豊かにしてくれています。

ここで扱うのは、窒化アルミニウム (AlN) というセラミックス材料で、絶縁性で熱の伝導が良く、このため高集積電子回路用放熱基板として実用化されています。一般に AlN セラミックスのような絶縁性の材料では、熱はフォノン（格子振動）によって伝導されます。熱伝導率が高いということは、フォノンの平均自由行程が長く、熱の伝導が妨げられないために、熱が伝わりやすいということです。図

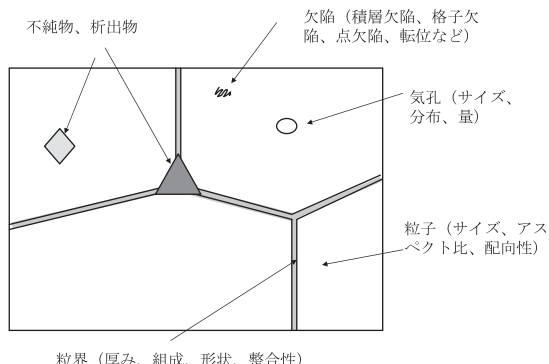


図7 セラミックスの熱伝導率低下の要

表1 熱伝導率の違う AlN セラミックスの分析結果

試料	熱伝導率 (W/mK)	粒界相	不純物成分 (mass%)	
			酸素	Y
a (1900℃, 20 h)	220	Y ₂ O ₃	0.14	0.20
b (1900℃, 100 h)	272	観察されない	0.05	0.03
参考 単結晶	285		0.03	

7は、フォノンによる熱伝導を妨げる要因となる、粒子内の欠陥、気孔、不純物等をイラストにして示しました。AlN の場合は、特に不純物酸素が存在すると熱伝導率が下がるため、固溶酸素を排出するように還元窒素雰囲気下で熱処理を行います。表1に、熱処理時間を変えた AlN の熱伝導率と不純物量の比較を示します。100 時間熱処理をした AlN セラミックスは、不純物量が大きく減少しているために、単結晶に近い熱伝導率を示しています。では、これらの二種類の AlN セラミックスの組織を比較してみます。図8には SEM 写真を、図9には粒子界面（3 重点）を拡大した TEM 写真を示します。20 時間熱処理した AlN セラミックスの粒子界面には、明らかに不純物相の存在が観察でき、これらはおもにイットリア (Y₂O₃) の結晶相です。一方 100 時間熱処理した AlN の粒界 3 重点では、Y₂O₃ 粒界相は全く観察されていません。これは、熱処理中に不純物酸素や不純物金属が粒界 3 重点に濃縮され、液相は固体間を移動しながら試料外に窒化イッ

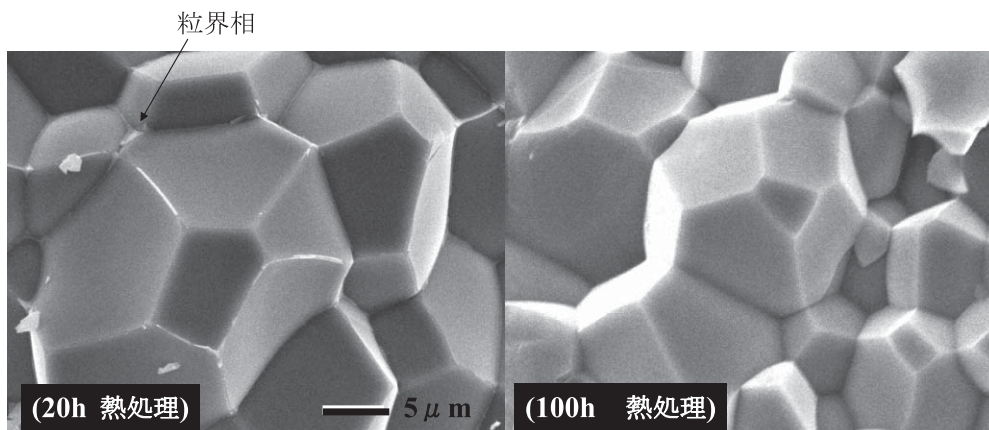


図8 熱処理時間の違う AlN セラミックスの SEM 写真

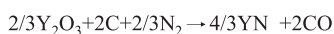
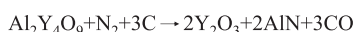
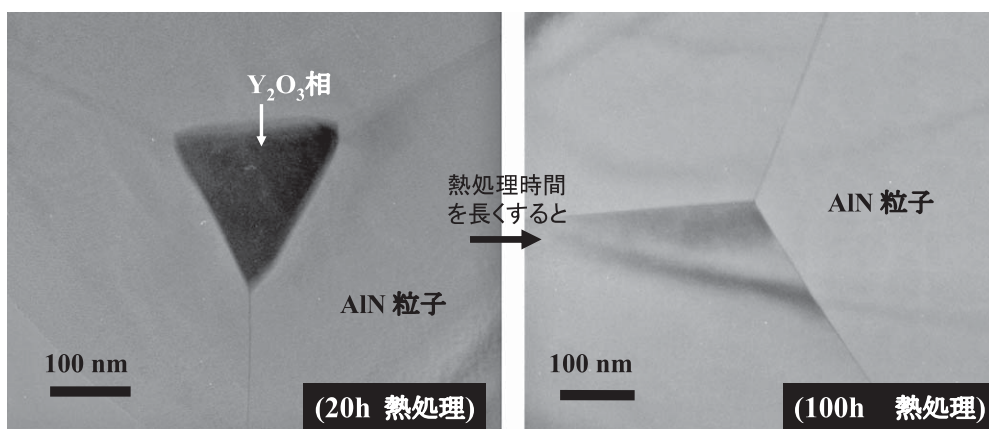


図9 AlN セラミックスの粒界3重点の TEM 写真

トリウム (YN) として排出され、粒界相が減少した結果を示すものです (図9中の反応式に従って進行する)。これにより、熱伝導率を下げる原因となる固溶酸素量が減少し、結果として単結晶に近い高い熱伝導率を発現したことが理解できます。

このように、材料の物性はミクロの構造・組織と密接に関連して発現します。いかに、微構造観察から重要な情報を得られるかがお分かりいただけたでしょうか？

6. おわりに

近年のナノテクノロジーにおいて、重要な役割を担ってきたのは電子顕微鏡であると言っても過言ではないでしょう。科学者達はナノスケールの世界を観察し、得られた情報を最大限に活用して、ナノテクノロジーを着実に発展させてきたのです。しかし、どんな試料でも電子顕微鏡観察ができる訳ではありません。たとえば、電子顕微鏡内は真空であるために、ぶどうは水分が蒸発して干しぶどうになってしまいます。これでは、正確に状態を観察するこ

とができません。電子顕微鏡観察に適した試料を準備することが重要で、この作業が実は結構大変なのです。今後、電子顕微鏡装置の開発が進み、もっと簡単に、誰でも手軽に観察ができるようになり、ナノテクノロジーの開発にさらなる貢献を期待したいと思います。

付録

ご興味のある方向けに、高熱伝導 AlN セラミックスの試料作成条件を示します。AlN セラミックスの焼結助剤として Y_2O_3 を 5.2 mass% 加え、AlN 製るつばで $1800^{\circ}C$ で 2 時間焼成します。その後、この焼結体を、グラファイト製るつばに入れて、還元窒素雰囲気化で、 $1900^{\circ}C$ で 20 時間と 100 時間熱処理を行いました。この試料は、産業技

術総合研究所（中部センター）の渡利広司博士との共同研究により提供されたものです。

電子顕微鏡に関する読みやすい図書

1. “電子顕微鏡 Q & A” 堀内繁雄，弘津禎彦，朝倉健太郎共編，アグネ承風社
2. “材料開発のための顕微鏡法と応用写真集” 社団法人，日本金属学会
3. “電子プローブマイクロアナライザー” 日本表面科学会編，丸善
4. “やさしい電子回折と初等結晶学” 田中通義，寺内正巳，津田建治著，共立出版
5. “これなら分かる電子顕微鏡” 奥健夫著，化学同人 AlN セラミックスに関する図書
6. “希土類の機能と応用” 足立吟也監修（pp. 303–311 渡利広司，中野裕美共著）シーエムシー出版

映像の言語と文法（7）

——映画文法・映像の時空間分節と古典的デクパージュと文学——

熊 野 雅 仁

Masahito KUMANO

理工学部電子情報学科 実験助手

Laboratory Assistant, Department of Electronics and Informatics



1 はじめに

Michael (1970)^[1]によれば、言葉について、自国語、外国語のものであれ、また書かれたものであれ話されたものであれ、言葉の意味の分からなさ (unintelligibility) が文法学を生む動因であると述べている^[2]。さて、本稿のサブタイトルに含まれる映画文法という概念は、いつ頃、なぜ現れたのか。先駆的な使用は、1935年イギリスにある^[3]。ただし、映画文法という言葉が広汎したのは、第二次世界大戦が終結した1940年代後半に、映画が芸術として広汎に認知され、映画が特有の言語活動を備えた完全な芸術と見なされはじめた頃、少なくともフランスにおいて、学校の教科書を思わせる多数の映画に関する書物が出版された頃である。その出現理由は、映画という未知の言語活動をより良く知り、より良く扱うための主要な形態を探索することが要請されたためであるという^[3]。

日本へはどのように入り込んだのか。日本映画監督の巨匠、小津安二郎は、戦後1947年の語録で次のように語る「映画の文法は、トーマス栗原氏がアメリカから帰ってきた当時、若い映画作家たちをいましめた言葉として上げたものがそれ以来、日本の映画制作界に伝わって来ているものである」^[4]。

この小津の語録から、少なくとも1947年には日本でも映画文法という言葉が使われていたことになる。ただし、トーマス栗原自身は、映画の組織法について日本の映画製作者をいましめただけであり、その規範的概念に文法という表現を用いていない可能性がある。トーマス栗原、本名栗原喜三郎は、父の事業の失敗を見て1902年単身渡米^[5]、1912年にハリウッドの映画俳優養成所に入り、西部劇映画の父ともされる Thomas Harper Ince のプロダクションで東洋を題材とした映画に多数出演している。その後、日本での映画制作を志して1918年に帰国、大正時代の映画監督となっている。つまり、栗原が伝えた映画の規範的組織法は、1910年代のアメリカに存在し、その技法が1947年には映画文法と呼ばれていたことになる。映画独自の表現技法で物語を語り始めた20世紀初期の映画での編集された映像が、当時の大衆に正しく理解（正読）されたかと言え、必ずしもそうではなかった。そのためか、1900年代後半から1910年代の古典的ハリウッドの映画スタイルは、分かりやすさが重視された。のちにフランス語でデクパージュ・クラシーク（古典的デクパージュ）と呼ばれ、文学的観点で説明される、この古典的ハリウッド時代のアメリカ式慣用表現法の特徴と、映画文法が本稿の題材である。

2 アメリカでの映画の萌芽と栗原

2.1 D. W. グリフィス・T. H. インス・栗原

エジソンは 1897 年、映画の基本特許を数多く取得し、ライバルの映画発明者達を次々に特許侵害で訴えた。当時の最大のライバルはバイオグラフ社であり、1897 年に特許侵害で告訴、その裁判は 10 年後 1907 年にエジソンの訴えを認める形で決着し、賦課金の支払いで映画の制作・上映を許可するという条件が出された。同年、営業危機に追い込まれたバイオグラフ社を含める大手の映画会社は、その条件にやむをえず合意し、各社の特許を一括管理するためのカルテル、MMPC (Motion picture patent company) を設立することになった。この 1907 年、のちにアメリカ映画の父と呼ばれる若き D. W. Griffith は、エジソン社に俳優として映画界入りしており、同年、バイオグラフ社にシナリオを持ち込んで 1908 年に映画監督デビューする。それ以後、バイオグラフ社のために 1908 年に 65 本、1909 年に 138 本、1910 年に 100 本、そして 1913 年にかけて、総数 400 本を超える映画を制作し、数々の技法を見出して映画の技法を格段に磨き上げた。

この頃、T. H. Ince は俳優としてバイオグラフ社の Griffith の諸作に出演しており、1909 年 I. M. P (のちのユニバーサル社) に移って監督となる。その後、Ince はミューチュアル社に移り、1911 年ロサンゼルス・ハリウッドでカウボーイ映画を得意とするバイソン社の経営を任される。そして西部劇をリードすることになる Ince は、1912-13 年の諸作で野外撮影による自然的要素の重視、多数のエキストラを使ったクライマックス、それらを支配する巧みな構図や動きなど、視覚的表現法を創出し、Griffith の諸作とともに、映画を芸術に高めたモンタージュの創始者として、ヨーロッパに強い影響を及ぼした。この 1913 年、栗原は、Ince が日本人俳優を使ってエキゾチックな作品を撮るために設立したオリエンタル・プロダクションに俳優として参画、それ以来 4 年間、Ince の指導を受けながら映画の技

法を研鑽する。

2.2 ハリウッドの萌芽

一方、1907 年に成立した MMPC は、カルテルに参加できなかったインディペンデント系企業の映画撮影・上映を徹底的に妨害したため、困った映画人は、当時の映画の拠点、東部のニューヨークやシカゴから、西海岸のロサンゼルス・ハリウッドに映画制作の場を求めた。なぜなら、MMPC の眼が届きにくく、いざとなればメキシコ国境が近いと、容易に逃走できること、また、何よりも晴れが多く、気候が映画作りに適していた。こうして非主流の映画制作者が続々とハリウッドに移住し、映画の都としての礎を築いていった。その立役者は、職を持つ面で迫害を受けていた、ユダヤ系の移民であった。

ハリウッド初の映画が制作されたのは 1907 年頃で、1911 年にネスター・フィルムが最初の撮影所を建設、以後 1918 年までに 70 もの撮影所ができたという。MMPC とハリウッドの映画人が対立する中、1910 年代末までに MMPC の力はしだいに弱体化し、公平な競争原理を市場に導入するための反トラスト法 (独占禁止法) により、映画制作人を苦しめたトラストが、1917 年、連邦最高裁により解散を命じられた。しかし、その時、映画制作の拠点は東部ではなく、既に西部ハリウッドに移っていた。

2.3 グリフィスとインスの影響

少し戻すが、1915 年、Griffith は Ince らとトライアングル社を設立、この頃から Ince は、自ら監督することをやめ、企画・脚本から演出・編集にまで至る一作の制作過程を支配する地位につく。これは現在のプロデューサー制度の先駆的なものである。そして同年、Griffith が制作した長編大作「国民の創生」が公開され、興行的に大成功を収めた。これは、人種的偏見に満ちた作品ながら、Griffith のそれまでの映画技法・表現法を意識的に統合し、特に時間・空間の自由な結合によるモンタージュを創出して、映画芸術の基礎を築いた集大成的作品であ

る。それにつづき、イタリア製の史劇に強い影響を受けた1916年の作品「イントレランス」は「国民の創生」とともに、フランスのフォトジェニー論、ソヴィエトのモンタージュ論を生み、Griffithの位置を映画史上不滅のものとした。しかし、イントレランスは、ハリウッドに建設された膨大なセットと群集を使った大作であったが、主題の不明確さのため、大衆に理解されず、見放され、興行的には大失敗した。そして莫大な負債を抱え、オープン・セットは解体する費用さえ捻出できず、10年以上も放置された。その後、Griffithは失墜していく。

このハリウッドの萌芽・混迷の時代、Griffithや特にInceの活躍する場に栗原はいたのである。トーマス栗原の「トーマス」は、恩師であるInceの名前Thomasを取ったものである。そして、のちに映画文法と呼ばれ、日本に伝わったその映画の技法は、栗原がInceの元で研鑽した、特に1913年～1917年のものと推測できる。それを1918年の帰国後以降、若き映画作家達へ伝えたのであろう。だが栗原は1926年持病が悪化し、他界している。

2.4 栗原のいましめと古典的ハリウッドの技法

小津は、トーマス栗原が伝えたという映画の文法として、図1のような例を取り上げている^[4]。

図1のShot1は二人の人物が向き合う事態の撮影である。Shot2のように被写体に近付く場合は、Shot1の空間的（向き合う）関係を崩さないように撮影するShot3が正しい接続とされる。Shot3'は、空間的關係が崩れ、視聴者の自然な内容理解を阻害するため、良くないとされるのである。この規範を守るには、図1右側のように、対面する人物に沿って引かれた線（イマジナリー・ライン）の片側

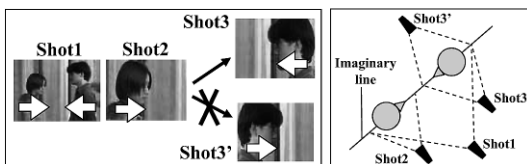


図1 トーマス栗原が伝えたという規範

から撮影し、この線を越えない撮影をすればよい。

これは、現在、**180度規則**と呼ばれ、放送局でも用いる映像文法の一つである。これを栗原が伝えたのだとすれば、映像断片の持続法に関する規範的規則が、1913～1917年には存在したことになる。

物事を順を追って述べる叙述、つまり物語を語り始めた映画とされる1903年Porterの作品（連載3回3.4）以来、アメリカ映画の制作法の特徴は、連続した時空間を撮影し、撮影後の複数のフィルムを切って映像断片を取り出すことから、その編集法はカッティングと呼ばれた。また、Griffithが1908年～1913年までに400本以上の作品を残していることから分かるように、アメリカの映画製作現場は、撮影や編集でかなり忙しい毎日だったと思われる。GriffithやInceがけん引した映画制作上の規則とも感じられるものは、まだ大衆に浸透していない映画を普及させるため、大衆に親しみ易い物語を題材に、その内容を自然に理解できる語り口で表現する手法の日々の模索により、頻度の高い撮影・編集を行った結果、多数派が受け入れた技法の慣用であり、また、作業を効率化するための、実用的な要請から培われた規則や規範である可能性が高い。のちに、この古典的ハリウッドの技法は、古典的デカパーージュと呼ばれる。

さて、連載3回4では、モンタージュの発見が、映像における分節性の発見であり、映画は、モンタージュによって初めて言語に準ずる意味の働きを擁護したのであり、映画は単なる事物の模写ではなく、一定のメッセージを伝達する能力を担ったと述べた。では、古典的デカパーージュと何が違うのか。

作業に追われるハリウッドの映画人にとって、映画を言語や文法と結びつける余裕などなかったであろう。映画を理論的に取り扱うのは、もっぱらヨーロッパの理論家達であった。のちに図1の規範は、1950年代、連載3回で扱ったソヴィエト・モンタージュ理論とは対極的な概念と位置づけられる。その違いを知るには、モンタージュとデカパーージュの視点の違いを知る必要がある。

3 モンタージュとデクパージュ

3.1 広義と狭義のモンタージュ

図2は、映像文法という概念につながる編集概念の歴史的な変遷を示している。映像編集の史の変遷は、映像の萌芽と発展が映画により進行するため、映画の理論が中心となる。その映画理論は、萌芽時代からヨーロッパの諸研究者によって論じられ、その中心がフランスにあったことから、フランス語の概念が今日にも広汎している。特に、フランス語で組み立てるを語源的意味として断片の接続に着目した構成的概念のモンタージュ (montage) と、切り分けるを語源的意味とし、カッティングに着目した分節的概念のデクパージュ (decoupage) は、編集概念の特徴を知る上で欠かせない。ただし、これらの語は、初めて編集行為が行われた頃に存在した訳ではなく、同時に生まれたものでもない。

連載第3回で述べたように、モンタージュという言葉が映画に初めて用いたのは、1923年頃、フランスの映画理論家 Moussinac とされ、映像断片の時間長を操作することで、編集がリズムを生み出す点に着目し、断片の組み立てによる編集行為が生み出す映画の特性をモンタージュと呼んだ。それ以後、1950年代を迎えるまで、編集行為が生み出す映画独自の表現特性は、初の映画の編集とされるイギリス・ブライトン派 (連載3回3.3) を含め、過去を遡ってすべてモンタージュと呼ばれる。この特性へ

の呼称を本稿では広義のモンタージュと呼ぶ。

この点において、デクパージュが現れる1950年代を迎えるまでは、図1を含めたアメリカ式の編集方式も、すべて広義のモンタージュの一員である。また、連載第3回で解説した、編集行為の構成的側面を強調するソヴィエト独自のモンタージュ理論は、本稿において、狭義のモンタージュと呼ぶ。

3.2 広義のデクパージュ

デクパージュという言葉が初めて映画の編集概念に適用したのは、フランスの先駆的映画評論家、Andre Bazin (1950) とされる。デクパージュの語源的意味は「切り分ける」であったが、Bazin の概念は、古典的デクパージュと呼ばれ、切り分けるという意味だけでなく、その背後に文学的観点が導入され説明される。その概念を、本稿では特に狭義のデクパージュ (図2) とする。本節では、近年までに、映画に関して使われる広義のデクパージュの意味を先に述べる。現在、映画用語としての広義のデクパージュは、表1に示す分類が可能である^[6]。

表1の1と2は映画制作上の用語であり、3と4

表1 広義のデクパージュ

1. 撮影に必要な技術的指示を含む撮影台本 (絵コンテ)
2. シナリオをショットやシーケンス分割する操作
3. できあがった作品の内在的構造
4. 作品の記号学的分析における単位の分割

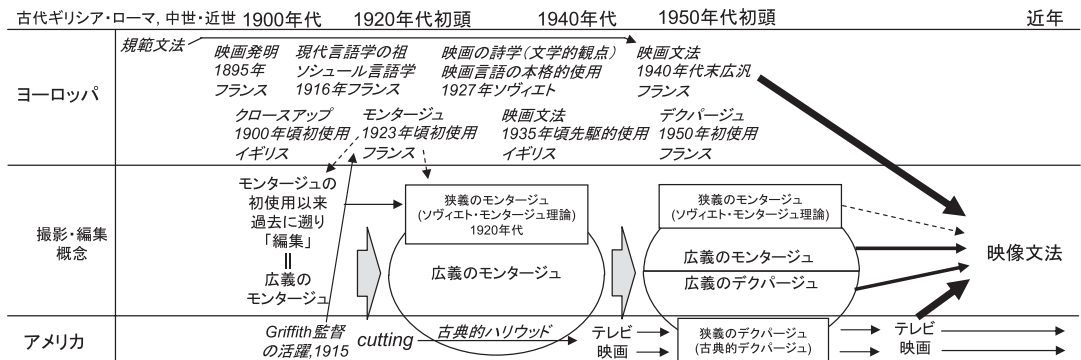


図2 編集概念の歴史的変遷

は映画研究の分野に属する^[6]。これらは、いずれも「切り分ける」(分節)から派生できる概念である。例えば、2や4は、切り分けるがそのまま適用できる。3は、構想上の物語(未分節の連続体)が、選択された語り口に従い、断片に切り分けられ、その接続結果を作品と見なすとき、その内在的構造がどのように切り分けられたかに着目した構造を示すと見ることで解釈できる。1.も同様に推測できる。1.は、構想上の物語連続体を、その物語がうまく伝達されるよう分節し、台本に仕上げることから、その台本がデクパージュと呼ばれるようになったこともさほど不思議ではない。また、1940年代までの古典的ハリウッドの編集概念は、分節された断片が、もともと同じ空間であったことを認知上維持できるよう、連続性を維持した分節を計画することに特徴がある。その計画により仕上がる構成物が台本であり、絵コンテとして仕上げられる場合もある。この絵コンテのコンテとは continuity (連続性) からきた言葉であり、絵コンテとは、断続されてしまった断片を視覚的に自然に連続しているように見せる連続性を計画することである。以上のように、「切り分ける」から派生する概念が広義のデクパージュである。

3.3 表裏の関係にある広義のモンタージュと広義のデクパージュ

このデクパージュの概念は、それまですべての編集行為がモンタージュで特徴づけられた時代に対し、編集概念を「切り分ける」「組み立てる」という二つの観点を持つ概念に分化させた。つまり、図2の1950年代以降は、編集操作のうち、切り分けることをデクパージュ、組み立てることをモンタージュとして、技術的に対置しうる概念として捉えることが可能となった。このような対立する関係を見出し、深い洞察に至り、より高みとなる真理を追求する過程としての弁証法的過程により、知は進展する。対立要素の発見が概念を整理するのだ。

ただし、広義のモンタージュと広義のデクパージュ

の関係は単純ではない。例えば、台本を作成するデクパージュの思考過程において、連続体としての物語空間の分節を構想する際、時空間をさまざまに分節し、頭の中で、そのあらゆる断片の接続に思考をめぐらす行為には、一種の構成的過程としてのモンタージュが含まれる。つまり、デクパージュの思考過程の中で、組み立てる操作としてのモンタージュが含まれることになる。一方、優れたモンタージュ(断片の接続)を実現するために、フィルムから断片を切り出す行為は、一種のデクパージュである。つまり、広義のモンタージュと広義のデクパージュは、撮影・編集の計画段階から現実の作業までに含まれる、分節と構成といった、それぞれの側面を強調的に表現した術語であり、表裏一体の関係にある。次に、これらの概念と、映画文法の関係を探ってみよう。映画文法は文法学の概念を取り込み、映像組織法の探求と整理から生み出されるのである。

4 映画の文法

4.1 映画の理論的・言語的扱いのはじまり

1927年、ロシア前衛芸術家が、映画の形式と詩の形式を対比させ、映画を詩的な言語、つまり映画と言語の本格的な結びつけをはじめた最初の試みが行われる。それが「映画の詩学」^[7]である。その試みは、詩学という文学の観点が導入された。その翌年、図3のように、1928年ソヴィエトで出版された Semion Tymoshenko の「映画芸術とモンタージュ」では、連載3回3.7で紹介した Pudovkin のモンタージュ分類を拡張して、15分類のモンタージュ諸原理^[8,9]が示されている。

連載4回2.1節で、言語学史は、古代ギリシア人の成果をもって始めるのが至当であると紹介したが、言語の考察は、その始まりから言語をまずその構成要素に分析することにあつた。分析とは、ある事柄の内容・性質などを明らかにするため、細かな要素やカテゴリーに分けることである。ただし、ソヴィエトでは、独自の発展を遂げるモンタージュ至

1.場面転換 一つのシーンが今までの向きと別の向きを取ること 2.カメラポジションの変化 位置、場所、姿勢 3.カメラ・アングルの変化 角度、見方、観点 4.伏線としての細部描写(挿入) 後で述べることのため、あらかじめほめかしておく事情 5.分析的モンタージュ 物事を要素的なものに分け、その要素、構成など細部を明確にする 6.現在と過去 過去は一度見せておく 7.現在と未来 未来は想像、予感として 8.並行のモンタージュ いつまでも交わらない交互編集の原理	9.造型のモンタージュ 内容的に対照的なシーンの接合、性質の違う異なった対照 10.対比 生と死、音の強弱、物の形、色彩、画面など 11.連想のモンタージュ 一つの考えと関連で思い浮かぶもの 12.拡大のモンタージュ 主観から客観へ 13.モノドラマ的モンタージュ 単一の俳優により演じられる一人芝居、モノログ・ドラマ、独白劇 14.同一画面の繰り返し 反復、リフレイン 15.画面内のモンタージュ 被写界深度、登場人物がボカすることにより、その心理的逃避を示す
--	---

図3 セイモン・ティモシェンコのモンタージュ諸分類「映画芸術とモンタージュ」1928年

上主義が隆盛し、構成要素としての Shot には価値が与えられない傾向があり（連載3回3.7）、代わりにモンタージュがカテゴリー化の対象となる。

このように、1920年代のヨーロッパは、映画の理論的扱いが始まった時代である。ちなみに同年1927年は、アメリカ映画芸術・科学アカデミー（連載1回）が設立された年である。また、1927年は、アメリカで、初のトーキー（音が同時に録音された映画）が公開され、複雑化した編集作業を専属で行う編集者がこのときから現れた^[8]。

4.2 アルンハイムのモンタージュ諸原理

ドイツの心理学者 Rudolf Arnheim は、Pudovkin とは逆に、モンタージュは基礎であり、映画の特性ではないとし、モンタージュを過度に強調するソヴィエト・モンタージュ論を非難する。また、映画は単なる現実の機械的・受動的な再現であり、生活を複写する機械にすぎないとの見解を持つ一派に対しても反対の立場に立つ。Arnheim にとって映画の構成要素としての断片は、現実から著しく差別化された芸術的成果であり、原要素であるばかりでなく、映画の根本的で特殊な表現媒体であった^[9]。

例えば、撮影されたフィルムを切って得られる断片は、撮影者が空間の一部を芸術的観点によりカットイングし、フィルム上の区間を時間的にカットイングした洗練された断片だとしているのである。Arnheim は、図3の Pudovkin の系統を拡張したモ

ンタージュの15分類などの区分は、内容、カットイングの方法が混在した「単なる異種の要素の目録表にすぎない」としている^[9]。つまり、体系的関係は不明である。図4は、その Arnheim が「芸術としての映画」（1932）で、独自のモンタージュ諸分類を階層的に四つに大分類したものである^[9, 10]。

4.3 レイモンド・スポッティスウッド

イギリス人の Raymond Spottiswoode は、Eisenstein や Arnheim の研究をいち早く取り入れ、教育的見地から映画文法を体系化した先駆的試みとして、1935年「A Grammar of the Film」^[11]を出版^[3]、翌年1936年には「映画の文法」として日本語に翻訳されている^[12]。映画文法という言葉は、第二次世界大戦後に普及したと述べたが、戦前に用いられたこの言葉が最も早いものかもしれない。1918年以来、トーマス栗原の伝えた規範が、いつ頃から文法という言葉となったかは定かではないが、日本では、この1936年の出版物が映画の規則、もしくは規範を「文法」と呼ぶ契機にした可能性がある。

図5は、Spottiswoode の翻訳版「映画の文法」の中で示されたモンタージュの分類である^[12]。彼は、映画の基本は「構造分析」と「効果の総合」という二つのプロセスにあると考え、それらを明らかにするために、例えば前者に関して、まず視覚面と聴覚面を区別し、次いで視覚面において現実と映像を隔てる弁別要因を光学的要因と非光学的要因に分

カッティングの諸原理 A: モンタージュ断片の長さ (1): 長い断片: 緩慢なリズムを生む (2): 短い断片: 急速なリズムを生む、急速な動きの場面、行為の頂点、情感の効果に使われる (3): 長短の断片結合: 適宜なリズムを生む (4): 不規則結合: 特別なリズム効果なし、長くも短くもない断片の結合 B: 場面全体のモンタージュ (1): 継続的: 一つの行為が最後まで演じられ、それに付随して次の行為が順を追って続く (2): 交互的: 諸行為が交互に挿入され、部分に分けられている (3): 挿入: 行為の進行過程に個々の場面、あるいは画面を挿入 C: 個々の場面のモンタージュ (1): Full (Long) Shot: Full Shotは常に相対的概念、本来それ自体にClose Upの内容が意図される a: Full Shot (Long Shot) → 1もしくは2ステップ細部へ(「引き」から「寄り」へ) (図3:11に対応) b: 細部(いくつかの細部: 例: Close Up) → Full Shotへ (図3:12に対応) c: Full Shot, Close Upの不規則な継続 (2): 細部の継続: どの細部も他の細部を内包しない	内容の関係 A: 類似 (1): 形態の類似 a: 対象の形の類似 b: 運動の形態の類似 (2): 内容的意味の類似 a: 個々の対象 b: 場面全体 B: 対照 (1): 形態の対照 a: 対象の形の対照 b: 運動の形態の対照 (2): 内容的意味の対照 a: 個々の対象 b: 場面全体 C: 類似と対照の結合 (1): 形態の類似と内容の対照 (2): 内容の類似と形態の対照
時間関係 A: 同時性 (1): いくつかの場面全体 (図3の8に対応) (2): 一定の瞬間にある観点から見た諸細部 (図3の5に対応) B: 前後 (1): 時間内に交互に継続する場面全体 (図3の6,7に対応) (2): 一つの場面の全継続 C: 時間には無関係に (1): 相互に時間には関係しないが、内容だけに依存する行為全体 (2): 相互には時間に関係のない個々のカット (3): 一つの行為に個々のカットを結合	空間関係 A: 同一場所 (1): 場面全体 (2): 同一場面 B: 場面の転換 (1): 場面全体 (2): 同一場面 C: 空間に無関係に

図4 ルドルフ・アルンハイムのモンタージュ諸分類「芸術としての映画」1932年

け、さらに光学的要因を静的要因と動的要因に分類するといった二項分類的やり方で考察を展開している。しかし、彼が目指したのは、正しい映画言語というものに資する美学的原則を規定することだった^[3]。ただし、図5を見ても分かるように、古代ギリシア以来の言語観察と同様に、分類という行為は行われているが、言語的な文法という様相とは少し異なる。言語学の文法概念を取り入れた映画文法については、第二次世界大戦後にその試みがある。それらはフランスとイタリアで特に顕著である^[3]とされるが、ここでは、フランスの動きを見てみよう。

4.4 アンドレ・ベルトミュー

フランスの映画理論家 Andre Berthomieu は、その著書「映画文法試論」(1946)^[13]の中で「Long Shot から Close Up に飛躍することは、その意外さと視覚的なショックによって観客の注意を引く、意図的な誤りとなる場合もある」と述べている^[3]。

Long Shot (LS) や Close Up (CU) は、ショットサイズ (Shot size) という抽象カテゴリーの一種で

あり、フレーム枠に占める被写体の大きさを示す概念である。この LS から CU への遷移禁止則 (図6) は、図4「カッティングの諸原理」C (1) a に相当するモンタージュと等価である。また、LS から CU への飛躍は、編集行為を目立たせてしまう視覚的ショックの他、突然どこを映しているか分からなくなる場合も想定され、視覚的な迷子を引き起こす面でも避けるべきと現在言われている。

Berthomieu は、映画文法を記述するその着想において、映画言語の分析に、自然言語の文法をかなり忠実に反映しており、実際、(単語に相当するものとして) Shot から出発し、(品詞分類のように) Shot Size のような分類目録が作成され、Shot が (映画的な文として) シークエンスに構造化される際の規則が説明されているという^[3]。

一方、Shot が最初暗い状態から次第に明るくなり、はっきり見えるような効果をフェイド・イン、その逆をフェイド・アウトというが、この他、ある Shot に別の Shot が割り込んでくるような効果のワイプなど、ある Shot から次の Shot に移る際のトラ

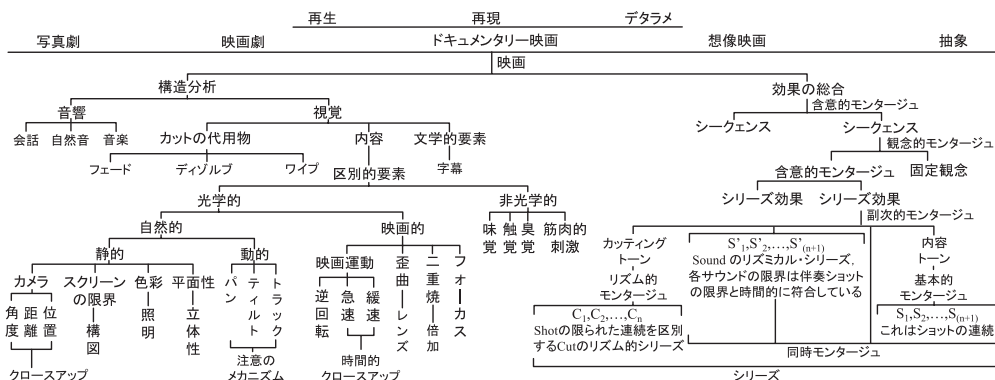


図5 レイモンド・スポティスウッドのモンタージュ諸分類「映画の文法」1935年

図6 ショットサイズの急激な遷移の禁止則

4.5 日ベール・バタイユ

ところで Bataille は、Berthomieu とは違い、全く単純に Shot を単語と同一視することは慎重に避けており「単語は本質的に知的であるが、Shot は本質的に物理的である」として双方の違いを強調している^[3]。基本的に言語上の単語は文脈によって異なる意味に対応する多義性を持つにしても、文脈が決まれば、一つの観念に対応するのが普通である。Bataille は同様に「Shot とは一つの単純な観念の視覚的表象である」と定義している。しかし、一方で

Bataille は、Shot が複数の観念を含みうることを認めている。ただし、それが観客に及ぼす影響に着目して、観客は「一つの観念がスクリーンに表れている間は、ただそれだけしか知覚しない」ようにし向けられるという見解を示している^[3]。

また、言語の単語は一つのみで考察が可能であるが、Bataille は、一つの Shot は単独では考察できないということを強調し「思考のメカニズムにおけるその役割は、本質的に、それが他の Shot 群の間で占める位置に応じて決定される」と述べている。

句読点に関しても「一つの視覚的な結合法を選択することは、一つの句読点を選択するのと違って強制的な性格を持た以上、活字印刷における句読点と視覚的な結合法とを厳密に対応させることには必然性がない」と指摘している^[3]。映画文法の作成者たち自身、自らの分析が、自然言語の文法について類推に基づくものであることは十分に自覚している様子がうかがえる^[3]。一方、Bataille は「映像はそれが真実だという印象を与えなければならない」と述べている^[3]が、これは、このあと 4. 6 と 6. 5 で扱う文学的技法のリアリズムにつながる視点である。

4. 6 ロジェ・オダンによる映画文法史

Roger Odin は、Berthomieu や Bataille の映画文法が学校教育用の規範文法（連載 4 回 2. 4）を手本にして作られていることを明確に示しているという（1978）^[3]。彼の説明によれば、映画言語はラングではなく、文学と比較検討されており、それが目論むことは、映画の言語を「模範的作家」の作法と合致させることであるとする^[3]。映画文法の目的は、映画作品の組み立てを支配する基本原則や不変の規則を学ばせることによって、正しい映画スタイルや調和の取れたスタイルを習得させることにある。そのため、規範文法として排除すべき「間違い」や「重大な誤り」が列挙され、それらは監督が特殊な「スタイル上の効果」を生み出そうとする場合にのみ許容される^[3]。

その編著を行う上で、伝統文法の規範的な様態を

踏襲することになるが、それらが掲げる文学における美学には、技法を見せつけない技法の不可視性と、物語世界を実在と錯覚させるリアリズムがある。つまり、読者が文章を読み進めるうちに、文字を読む事実や文学的技法の知覚を忘却させ、その内容世界に没入させうる技法に美学を求める文学的方法論のように、映画表現にもそれを求め、その具現化としての規範を映画文法とするのである。Odin は映画文法について次のように語っている。

「規範的文法は、言葉による言語に関する多くの学校文法と比べて、より優れている訳でも、より劣っている訳でもない。これは、そこでの立脚点で、真に言語学的であるよりも、文体論的であったということである。そして、概念の誤った比喩化を行いながらも、それらの文法は時に、映画の言語活動を記述するための手がかりを提供し、その成果を踏まえて、後に数多くの分析が展開されることになったのである」^[3]。

この文面は、映画文法を真の言語学と観点の異なる、文体論（文学）的位置付けとしている。さて、文法学は初期より文学と自律していたのだろうか。実のところ、初期の文法学は文学と親密である。

5 古代の文法・規範文法と文学

5. 1 最初のギリシア語文法の規範・品詞

現存する西洋文法の祖型であり、最初のギリシア語文法書（紀元前 2 世紀末～紀元前 1 世紀初め）は、Thrax（連載 4 回 2. 3）によるものとされ、この時点で八品詞が立てられている。これが今日の概念と親和性の高い品詞概念の始まりであるが、この時代、品詞は最も重要な部門ではない。

Thrax の文法は、以下の六つの項目がある。1. 韻律法にしたがった正しい読み（音読）、2. テキストに出てくる文学的技巧の説明、3. 不明瞭な語句の注解と、言及されている神話や歴史的出来事の注解、4. 語源の解明、5. 規則的範型（analogia：語

形変化などの規則性)の詳述, 6. 詩の批判的評価. このうち, 6の文学的観点が当時の文法学で最も重要な部門であるとされる. しかし, 現代の文法学に, 主に引き継がれているのは5のみである^[2].

宮脇によれば, Thrax の文法観は「文法学とは, 詩人および散文作家の一般的慣用についてのエンペイリア (連載4回2.3) である」と紹介している^[15]. つまり, Thrax の文法は, 先行する詩人や散文作家が残した作品を観察することによって, あるがままの言葉遣いを引き出し, そこに何らかの規則性を見出そうとする営みであり, いったん規則性が確立された後, それを規範として用いる, 著作家の慣用の検討である^[2].

5.2 規範という概念の偏り

規範は, Aristoteles 以来 (連載4回2.2), まず第一に, 言語表現を明瞭にする多数派の共通性を反映した「標準」を知るため, 先人の慣用を検討した結果であり, 多数派が用いるがゆえに何らかの特性を持ち, 多数派が受け入れた慣用であり, 多数派が共有することで自然な対話ができ, 多数派の一員となるためのお手本である. その反映である文法は, 「正しく読み理解する」の部門をインプット, 「正しく書き話す」の部門をアウトプットとして特性が論じられることがある. また, 概念は, その焦点に偏りを見せることがある.

インプット型文法は「正読, 知るための文法, 学」に偏る文法観, また, アウトプット型文法は「正話, 実践・表現のための文法, 術」に偏る文法観である^[2]. この観点において, 19世紀に興った科学的言語研究の方法論は, 現代言語学を含めて言語表現のなぜに焦点を当て探究するインプット型に偏る. 一方, 近世 (15, 16世紀) から18世紀末までの規範文法には, 受動的なインプット型の聞く・読む能力よりも能動的な書き話す能力がより高級な知的作業と見なされ, 文法を art (技) とし (連載1回2.1), 「文法とは, 正しく書き, 話す技術である」とするアウトプット型の観点が重視される. 宮

脇によれば, このアウトプット重視型文法観の源流は, 古代ローマの Quintilianus の「雄弁家教育論」 (紀元前90-95) にあるという^[16]. この時代の文法学にも, 現代の理論的・語学的要素だけでなく, 詩学・文学的要素が含まれ, むしろ, その詩学・文学的要素が重視された. Quintilianus の文法は, 雄弁家育成のための文法であり, 雄弁家として「正しく話す」ためには, 話す内容を豊かで効果的なものにするための「詩学・文学」の素養が必要であると述べている. この偏りを見せたアウトプット型は, 正しく書き話す (技) を基礎として, 良い表現 (技) を探究するが, なぜその表現が良いのかという科学的視点については気に止めず, 説明もできない. 一方, 偏りを見せたインプット型は, 慣用表現の理 (学) を探究するが, 良い表現とは何かを気に止めない. つまり, 文法には, 表現者を育成するための観点と, 表現を説明するための観点が含まれることが分かる. 1940年代の映画の分析により生み出された映画文法は, 新しい言語活動に対する分析と, 特に映画での雄弁家を育てる表現者育成を目指す傾向を持つのではないだろうか.

Odin によって, 1940年代後半に現れた映画文法は, 規範文法を参考にしたことが明らかとされた. この点で, 映画文法概念は, 20世紀前半, アメリカやヨーロッパで制作された, 先人の作品を観察し, 規則性の体系化を目指す慣用の検討が第一にあり, 詩学や文体論であれ, 文学の概念が取り入れられている点で, 古来の文法学の姿勢に似ている.

また, 規範には, 気をつけなければならない偏りがある. 規範文法は, 古代ローマ, ラテン語の文法形式に基づくが, ラテン語の知識は, イギリスにおけるある特定の社会階級のグループの慣例と結びつき, それが見本とされるようになった事例がある. その場合, 文法の正確さの概念は, 言語自体に内在する特徴から生じるものではなく, ある限られた階級グループの社会的慣例から形成されることになる^[17]. さらに, 規範は, こう「するとよい」「すべき」から「しなければならない」に到ることもあ

る。ここに、間違っただ規則という概念が出現するのだ。

さて、Berthomieu や Bataille の映画文法の時代には、アメリカ式古典的デクパージュの概念は存在していない。ただし、古典的デクパージュが指し示す技法は、1930年代のハリウッドで至高の統治状態にあった。至高の統治状態とは「守らなければならない規則」として、作品制作上、編集規則が強制された状態を示す。つまり、間違っただ技法は排除された。しかし、1940年代以降はその傾向は緩み、映画では、新しい技法が次々に創造される時代に進展し、慣用が何であるかの明瞭さは、失われていった。では、1940年代まで支配的であった、その古典的ハリウッドの技法を探ってみよう。

6 古典的デクパージュ

6.1 古典的ハリウッドの支配的指針

西部劇の形式を完成の域まで発達させた Ince は、プロットにこだわり、物語を重視したと言われる。プロット (plot) とは、現在でも使われる用語で、上映中のスクリーン上で提示されるすべての対象であり、物語世界的な出来事に加え、キャプションや日付、タイトルなど非物語的な素材も包含し、現在では音楽も含まれており、そのすべての扱いが映画の物語上の戦略となる。つまり、プロットとは、物語全体が進む方向に視聴者を導くものと言える^[6]。

David Bordwell と Kristin Thompson が論じているように、古典的ハリウッドのプロットに対する姿勢としては、明確で、曖昧でないプロットを好む傾向が支配的である^[18]。古典的ハリウッド映画の規範では、1. 完結性の度合いが高く、2. 出来事が起こらない物語空間がほとんどない (冗長部は内容に飽きさせ現実に戻すから排除)、3. 説明可能なもの、を望ましい物語とした。

6.2 分節とデクパージュ

物語を分節化するには、映画作家の頭の中にある

連続体としての構想上の物語を台本として具体化する必要がある。連続体を切り分けるという意味において、音声では時間的分節により単語が現れる。映像の場合は、連続した空間的分節として、ある位置で、ある方向に視点を向け、あるフレーム枠に収まるように対象を分節し、時間的にも分節を行うため、時空間的分節が必要となる。その分節の結果、現れる、断片としての映像の単位が Shot である。

連載6回4.6では、言葉には無分節の一語文などがあることを示した。Shotにも、場面 (Scene) を無分節で表現するワンショット・ワンシーケンスのような Shot が存在する。しかし、古典的ハリウッドのスタイルに沿う Shot は、出来事を場面の具体的なあるいは劇的な道筋によって分析するという唯一の目的によって分節 (分割) された単位であり^[19]、場面は複数の分節化された時間的に短い Shot によって構成される。

つまり、デクパージュで重要なことは、分節された Shot が、もともと連続体としての物語の所有物であり、その分節による表現が物語の内容をうまく表現しうる分節であるべきとすることである。

一方、良い選択と分節は、一意の明確な意味を生み出し、内容伝達効率の高い映像を生み出す。アメリカの映画制作者は、カメラ配置の選択と、膨大なフィルムを対象に、必要な要素を残し、不必要な要素は切り捨てるという部分に力を注ぐカッティングという二つの連続・分割操作が映像制作に含まれることに気づいた。ただし、フランス人の Noel Burch は、その二つの操作がデクパージュという単一の概念に含まれることをアメリカ人は決して思いつかないかもしれないと述べている。この二つの概念を包括する単一の語など無いと考えるか、撮影の配置に忙しいというだけの理由で^[20]。つまり、Burch は、デクパージュという言葉が、アメリカ式の編集概念を包含する、象徴的概念として、アメリカ人でなくフランス人により発明されたと言いたいのである。

6.3 連続・隠蔽とデクパージュ

古典的ハリウッドの指針「出来事が起こらない物語空間の排除」は、冗長な部分を排除するがゆえに、その結果得られた Shot を接続しても、連続性が維持される保証はない。デクパージュでもう一つ重要なことは、もともと連続体であるものを分節しても、自然に連続していると感じさせる優れた分節技法である。特に、物語を映像化する際、10 年の話を 1, 2 時間の語りに縮めることも必要となる。しかし、下手な短縮だと内容は伝わらない。その具現化である連続 (continuity) 編集は、連続性を最大限に高め、編集による継ぎ目 (つなぎ目) を意識させないことを目論むため、隠蔽 (invisible) 編集とも呼ばれる。ここで、図 7 に、フランスの映画学者 Noel Burch が 1981 年にまとめた古典的デクパージュの一部門として、時空間的分節 (Spatial and temporal articulations) に関し、五つの時間的分節と、三つの空間的分節から得られる 15 の例を示す^[20]。

Bazin によれば「モンタージュは、目に見えないように使用することができる。それが、戦前の古典的なアメリカ映画においては、最も頻繁なケースであった」と述べている^[19]。その効果のために、観客は、分節による断絶をいつしか無意識下へと送り込まされ、断絶を自然と容認し、映画の現実の中に

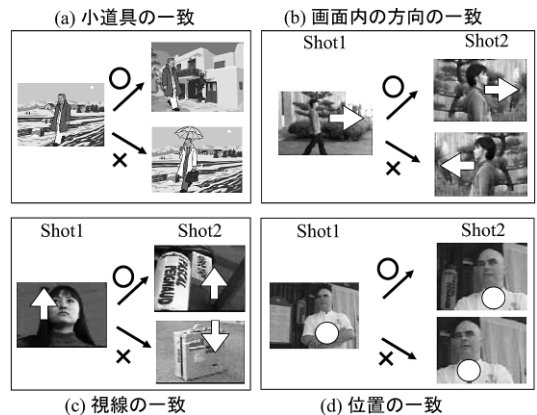


図 8 デクパージュの Match Rule (一致則) 抜粋

- 時間的分節の例**
(1): **時間の連続** (Temporal continuity)
1 番目の時間的分節
Straight cut < 時間の連続 >
1. 二つのショット間で音声の途切れない対話の連続 (a continuous temporal-auditory action)
「誰かが聴いているショット」→「誰かが話しているショット」
Straight match-cut < 空間の連続 > < 時間の連続 >
2. 一つの出来事を二つの角度から見せる連続
「誰かがドアへ向かい、手をドアノブに置き、回し、ドアを開け始める」(ドアの外側から撮影)
→「人がドアを通じて入ってくる」(ドアの内側から撮影)
(2): **時間的省略** (Measurable Temporal ellipsis)・**時間制約** (Time abridgement)
2 番目の時間的分節
3. アクションの一部の省略
「誰かが手がドアノブを回す」→「彼はドアを背後で閉める」
これは、2. のアクションの一部を省略した接続であり、動作 (アクション) を引き締め、余分なものを排除するために用いられる
4. アクションの一部の省略
「誰かが階段 (1F) を上り始める」→「二階もしくは五階にいる」階段を上る過程を省略
(3): **不明確な省略** (indefinite temporal ellipsis) 3 番目の時間的分節であり 2 番目の省略
5. 会話の境界、タイトル、時計、カレンダー、服装の変化などを通じて伝えられる
1 時間や 1 年等の時間の省略
(4): **時間の逆転** (A time reversal)
6. 周期的な反復 (cyclical repetition)
短時間反転 (short time reversal)、カット重複 (overlapping cut) の構成要素となる形式
「誰かがドアを通り抜けようとする直前まで」
→「人の習慣としてドアが開いていたときの動作の一部の繰り返し (過去)」
二つのショットのマッチングカットで、動作をよりめづるために動作の数フレームを削除したり繰り返したりするアクションつなぎ? エイゼンシュテインの作品「十月」で使用
(5): **不明確な時間の逆転** (indefinite time reversal)
7. フラッシュバック (flash back)
プロットにおいて、映画の物語の現在時より前に起こったあるアクションやシーンを提示すること。あるいは、出来事の原因を伝えるために、必要な説明を行うために、または記憶のなかで想起される一連のシーンやアクションを見るために用いられるシーケンスとも言う。フラッシュバックは、ある登場人物が過去の何かを思い出すときのような主観カメラの一例か、または、神のナレーションの一例のどちらかである。フラッシュバックは、何らかの効果によって他と区別されることによって慣例的にコード化されている
たとえば、サウンドトラックに仕掛けられた、ある際立ったエコーのような聴覚の効果や、あるいはフェイドイン/フェイドアウトのような視覚効果によって、さらにはフラッシュバックでは、そのフラッシュバックをしている登場人物によるボイス・オーバー (オフスクリーン (画面外) からの画面と同期しないコメント)。物語映画でもドキュメンタリー映画でも、この声は実体のないナレーターであったり、登場人物であることもある。また内的独白の場合もあれば観客に直接語りかける形式の場合もある) のナレーションがしばしば導入される
8. フラッシュフォワード (flash forward)
映画の物語の現在時から見た未来のある時点で起こるアクションやシーンを提示すること。フラッシュバックほどよく使われるわけではないが、フラッシュフォワードは、物語構築の過程に注意を向けさせる傾向がある。なぜなら、フラッシュフォワードは、物語の時間がフラッシュフォワードに達しつつ映画の最後まで、しばしば理解できないからだ。

- 空間的分節の例** (1905-1920: 視聴者を空間認知上迷わせない劇風空間の錯視の維持)
(1): **空間連続性の保持** (preservation of spatial continuity)
9. 包含関係 (以前の3つのドアの例はこの「包含関係」の派生物でもある)
・ショットAの一部がショットBに含まれる。・ショットAの全体がショットBに含まれる
10. アングルがスケールの変化 (二つのショットの「マッチングショット」)
同じアングルで同じく遠くから撮影されたショットの一致
・同じカメラの主観の関係を伴う。・同じ撮影場所、・同じ限られた空間内
は二つのショットの空間連続性を設定する
(2): **マッチ・マッチカット: 空間的非連続** (spatial discontinuity) 時間的連続性に付随して
11. 小道具の一致 (props match) メガネのタイプ、身なり
複数のショットで、空間的に不連続であっても、同じメガネをしていたら、時間の飛躍などがなく連続していると思える
12. 空間内関係の一致 (spatial match)
複数のショットで、空間的に不連続であっても、近接空間内での関係として一致を頼りに連続していると思える
12-1. 視線の一致 (eye-line matches)
人Aは右向き、人Bは左向きとどきと気付かない。古典的映画における物語構成も連続性と論理を重視している。したがって、ディスプレイディスプレイは、ディスプレイディスプレイ効果を阻害する動きをする。例えば、ジャンプ・カットが通常は調和している映画の要素に不調和を起こすことによって、観客は映画慣例の技巧性に気が付く。ジャンプ・カットは意図的もしくは偶発的に用いられる可能性はあるが、ディスプレイディスプレイは、一般的に自覚的に利用される。ディスプレイディスプレイが誘発しようとするのは、緊密性ではなく距離感であり、それはカウウン・シネマに共通する特徴である。
14. 本質的な非連続性: 不明一致 (unclear matches)
・ジャンプカット (Jump cuts)
ショットのディスプレイディスプレイにおける、あるいは二つのショット間の断絶あるいはジャンプ (飛躍) のこと。あるショットの一部の区間を除去し、残りをスプライズ (接合) することによって生じる。これはディスプレイディスプレイを欠き、観客に縫合感を生じさせないために、悪い編集しとみなされ、ショット遷移を強調しないため、避けられた。しかし、今では物語映画のレトリックの一部として許容されている。またこの用語は、あるショットから別のショットへカットし、ショット間の空間的長さを突然変えることも指す。一般的にはディスプレイディスプレイの感覚を生み出すジャンプ・カットは、突然で非論理的な、あるいはミスマッチな場面転換を行うことによって観客を混乱させるために用いられる。
15. 本質的な非連続性: 悪い一致 (bad matches)
・オーバーラッピングカット (Overlapping cuts) 「悪い一致」
エイゼンシュテインの「十月」に使われたこの手法は「悪い一致」とされた

図 7 ノエル・バーチのデクパージュ諸分類「Theory of Film Practice」1981 年

縫い込まれてしまうのである。

図 8 は、連続・隠蔽を実現するための Match Rule を抜粋したものである。通常、背景が異なれば時空間が異なる非連続の印象を与えるが、(a) は「小道具の一致」と言い、登場人物の服装や持ち物が二つの Shot で一致していれば、同じ空間と認知されることを示す。逆に言えば、同じ背景でも、登場人物の何かに変化すれば、時間的断絶という印象を与える。(b) は「動作方向の一致」といい、Shot Size を変更した場合、動作の方向が一致していないと、うろうろしているなど、それを意図しないかぎり、別の解釈を与えるか、内容が曖昧になるため、それを避ける規則である。(c) は「視線の一致」の一種で、登場人物が上を見ている場合、次の Shot は、カメラの方向を上向きで撮影し、登場人物の視線の先にある対象を映すべきとする規則である。これを破り、カメラの向きを下向きにすれば、この接続は意味が不明か曖昧になる。(d) は「位置の一致」の一種で、登場人物の構図として、右寄りの Shot の次に、左寄りの Shot が接続されると、移動したような余計な印象を与えるため、それを避けるための規則である。

6.4 なめらかな語り口と順序

1940 年代までに、ハリウッドは、非常になめらかで効率的で明確な視点の表現法を発展させていった^[21]。例えば、常に場所や時間や他の必要な情報を設定する Establishing (状況設定) Shot で始め、次に一般化 (全体像) から局部 (焦点) へ狭めていくやり方や、会話場面を Master Shot と Reverse (切り返し) Shot で編集する厳密な経験的方法がそれである。Master Shot とは、ある Scene (場面) の登場人物やアクションを包括する全体像としての基本 Shot で、Establishing Shot にも成りうる。演劇では一幕ごとに暗転が入り、場面の全体像が見えるタブロー (連載 3 回 3.1) 形式で常に物語が進行するが、同様に Master Shot だけを使って無分節の映画を作ることでもある。古典的ハリウッドのスタイル

は、この Master Shot を基本として、Master Shot に含まれる時空間の分節を行い、細部に焦点を当てていくのである。また、Reverse Shot、この綿密で強力で親しみやすい「画面＝逆画面」の技法のリズムは、しばしば人を興奮させる。というのも視聴者は会話場面を取り囲んでいるからである^[21]。

ハリウッドの文法に則した編集はすべて、継ぎ目のない Shot 転換を可能にし、目下の出来事に注意を集中させるように意図されていた。直接性と出来事の流れとを保つのに役立つものは善であり、そうでないものは、悪なのである^[21]。

6.5 アンドレ・バザンと映画の美学

フランスの先駆的な映画評論で映画界に大きな影響を与えた映画評論家で、1951 年に創刊した先駆的映画批評誌「カイエ・デュ・シネマ」の創刊者である Andre Bazin は、1950 年の著書「オーソンウェルズ」で、古典的ハリウッド映画を機軸として、映画の美学について次のように語っている。

「いかなる映画作品であれ、その目的は、我々が現実の出来事に立ち会い、それらが目の前で、日常の現実におけるのと同じように進行しているかのようなイリュージョン (錯覚) を与えることにある。しかし、こうしたイリュージョンにはある本質的な詐術が秘められている。というのも、現実とは連続した空間の中に存在するが、スクリーンが我々に提示するのは、実は **Shot** と呼ばれる小さな断片の継起にほかならず、それらの**選択**や**順序**や**持続時間**は、まさしく映画作品のデクパージュ (*découpage*) と呼ばれるものを構成するからである。もしもあえて注意を凝らして表象された出来事の連続的な進行にカメラが押しつけた断絶を知覚しようとしたならば、そして、どうしてそれらの断絶が自ずから感知不能となってしまうのかをうまく理解しようとしたならば、結局のところ、我々がそうした断絶を容認するのは、それらもやはり、連続的で均質な現実という印象を

我々の内に存続させるからだろうということが分かるだろう」^[3]

これが映画に対してデクパージュが使われた最初とされる。その概念は、膨大な映像素材を編集して必要な区間を残し、不必要な区間は切り捨てる、冗長性の排除に力を注いだ Cutting 編集、複数の Shot の時間・空間を最大限、連続、かつ自然であるかのように見せる Continuity 編集、その別側面として、映画がそもそも編集されているという事実を隠蔽し、継ぎ目がないように見せる Invisible 編集であり、その包括的特徴は、物語（内容の伝達）を優先すること、および、その映像を現実（すなわち、巧妙に計算された戦略によって自らの制作方法を隠蔽する高度に構築された現実）のように見せることである。

Bazin は、それらの特徴を文学の美学における「技法の不可視性」や「リアリズム」に照らし合わせ、論じた。技法の不可視性とは、優れた作家ほど、巧みな技法が用いられる事実を見せつけず、巧みな技法が用いられているにもかかわらず、その技法の存在は無意識の中に送られる。また、技法の不可視性によって実現され得ることは、物語の世界への自然な没入を誘導し、架空の物語世界を現実の世界のように錯覚させることであり、それがリアリズムと呼ばれる。Bazin は、映画が語る世界を日常の現実のように錯覚させることに映画の本質を見たのであり、古典アメリカ映画の技法に、そのリアリズムを阻害する断絶を隠蔽しようとするスタイルを見たのである。

文学の美学とは、作家が巧みな技法を用いているのに、技法の存在が感知されず、物語世界が現実であるように読者を錯覚に陥らせ、物語世界に引き込むための目指すべき高みである。アメリカ式の映画には、文学の美学と同じ技法の不可視性があり、Bazin はそれを透明性と呼んだ。そして、透明性によって実現される錯覚的現実がリアリズムであり、透明性とリアリズムを映画の美学としたのである。

Bazin は、1930, 40 年代のハリウッドにおける編集の古典的スタイルを古典的デクパージュ（デクパージュ・クラシック）と呼び、その特徴を「なめらかさ」「流動性」「ぜい肉のなさ」とした^[21]。Bazin が映画にデクパージュという言葉を持ち込んだ理由は、アメリカの Griffith 以来、その技法を受け継いだ 1930, 40 年代の古典的ハリウッドにおける編集の古典的スタイルに特別な名前を与えるためであり、そのスタイルの背後に見出した映画の美学を論じるためであった。

Bazin は、古典的アメリカ映画の手法が、もともと連続体としての物語空間の連続性を崩さずに分節する点に強く配慮される点について、もともと独立して存在する構成素を構成的に組み上げるモンタージュというよりは、うまく切り分けるという観点に力点を置いたデクパージュに着目したものと思われる。Bazin は、デクパージュ（切り分ける）という言葉だけでは語りきれない、その透明性とリアリズムで説明される古典的アメリカ式のモンタージュを、古典的デクパージュとして呼び直したのだ。

6.6 狭義モンタージュ・デクパージュの対峙

Bazin の古典的デクパージュは、モンタージュの構成的側面をより強調したソヴィエト・モンタージュ理論と概念上、対峙する。この狭義のモンタージュと狭義のデクパージュとの対峙は、編集に関する異なる立場として明確な違いが現れる。

図 9 は、ソヴィエト・モンタージュ理論と、古典的デクパージュの違いを対比させるための図である。まず、ソヴィエト・モンタージュ理論によって、映像の断片は、物語空間から分節されることで現れた断片ではなく、全く関係のない映像から抜粋された断片でも良い。つまり、言葉の単語が、もとの物語世界を考慮して取り出された単位ではないように、第一に自律する断片であるとする。そして、言葉が自律した単語の構成的組み合わせにより、高次の意味を生み出すように、その映像断片の衝突が高次の意味を生み出すという、モンタージュの構成

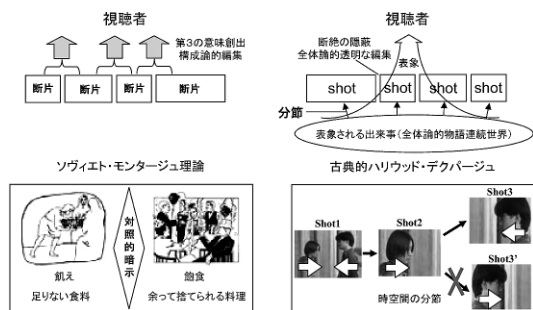


図9 モンタージュ理論と古典的デクパージュの違い

的側面を強調した編集概念である。

図9左の例では、「飢え」を示す自律的な断片と、「飽食」を示す自律的な断片があり、それを接続し、断片の意味を衝突させることで、同じ人間であるにもかかわらず、その違いを見せつける高次の意味を創出した例となっており、このような形式は、対照（造型）モンタージュ（図3の9）と呼ばれる。つまり、編集行為を、ここに存在するぞとばかりに見せつけ、モンタージュにより現れる意味を見る者に意識的に読ませる技法と見なされる。

一方、図9右に示す古典的デクパージュでは、編集行為はむしろ読まれない（隠蔽される）ことが望ましく、編集行為（断絶）が透明になることによって、背後にある物語世界が技法を透過し、物語世界への没入を誘引するという技法である。断片としてのショットは、物語世界の所有物であり、ショットどうしは切り出される前から、概念上、依存関係にある。この Shot 1～Shot 3 の接続は、編集行為を読ませるのではなく、気づかせない（無意識下に送る）ことを目論む技法となる。

7 映画文法の緩やかな否定

映画の文法は長い間、映画言語の形式化に取り組もうとするあらゆる試みを非難するための生け贄に仕立てられ、それは「透明性」を掲げる Bazin 流の主張が支配的であった時代には終始変わることがなかったという^[3]。James Monaco は、1977 年の著書「How to Read a Film」（邦訳「映画の教科書」^[21]）

の中で「映画には言語が持つような明瞭な文法が存在する訳ではない」と述べるが、厳格な規則ではなく、緩やかな規則として文法という言葉が使われているとしている。また、小津安二郎は 1947 年の語録で別の観点から緩やかな否定観を述べている。

「文章を書くには文法というものがある。映画にも、文章に於ける文法のようなものが何か常識として行われている。そのことを、映画の文法と仮に言わせてもらおうとして、私は映画に文法はないと思っている。映画の文法といわれて来た事どもは、実のところ決して厳密な意味で、又正確な意味での文法というものでないと云うことを感じ、文法にとらわれてはいけないということをお願いと思う。私は理論を重んずることも嫌いだし、理論を軽んずることも嫌いだ。私は天の邪鬼かも知れないが、物事の判断を好きか嫌いかで決めるのである。というのは、映画は、美術や文学その他芸術に比べて、まだほんの赤ん坊であると思っているために、映画に文法などができていない筈だと思い、文法などにこだわって知識で身動きできなくなる事が嫌だし、映画の文法がもし立派な不分律で天然自然の法則のようなものなら、今の世界に映画監督は十人もいればもうそれでいいはずなのである」^[4]

これは創造的表現者として文法は窮屈であり、まだ若い表現媒体としての映画に新しい息吹を吹き込むための間口を開いておこうとする立場に思える。

ただし、この文法観は、1930 年代、1940 年代の「守らなければならない」に偏る規範的映画文法観に対する見解であるようだ。それはまた、現代の支配的文法観でもある。

8 むすび

映画を言語と本格的に結びつけたソヴェト前衛芸術家の試みは、文学的扱いで始まった。古典的デクパージュも文学的美学を応用して説明された。映

画文法の参考とされた規範文法の根源となる紀元前のギリシアやローマの時代の文法にも、文学的観点が重視された。文法には、インプット型とアウトプット型に偏る観点がある。文学的観点はアウトプット型の文法観と親和性が高い。つまり、雄弁家を育てる表現のための文法である。一方、映画文法は優れた先人の慣用を検討し、見習い、より良く扱うための基礎文法であった。映画における文法の実在は、たびたび疑問視の対象となるが、読者は文法観の違いによる視点のずれに気づいたのだろうか。

ところで、本稿で紹介した古典的デクパージュは映画界だけでなくTV界に浸透している。TVは、1936年イギリス・ロンドンでの定時放送が世界で初めての放送とされ、アメリカは1941年に最初の商業TV放送局が認可されるが、第二次世界大戦の影響で、TVの放送は中断された。戦後のヨーロッパ諸国や日本は、経済力の欠乏と技術的立ち遅れを見せるのに反し、国力を維持したアメリカは他国を断然引き離すことになる。その時代に古典的デクパージュは、至高の状態にあったのである。

TV番組映像の多くはハリウッドで制作され、映画で培われた古典的デクパージュの技法はTV界へと一気に流れ込んだ。そして、TVの時代が訪れるにつれて1950年には映画館の観客が激減する。一方、TV放送の世界では、古典的デクパージュが映像制作スタイルの根底を築いていくことになる。それは古典的デクパージュの手法が大衆向きであり、わかりやすさの反映形式であることもその理由であろう。TV番組の組織法に浸透した古典的デクパージュは、TV界の先頭を走るアメリカのTV番組を参考にした諸外国によって、世界中に浸透した。

ソヴィエト・モンタージュ論的編集は、扱う者に高い能力を要求するため、むしろ避けられる傾向がある。しかし、玄人にとっては、古典的デクパージュの技法が示す、映像の特性を基礎として習得し、その先に挑戦すべき高みとしてのソヴィエト・モンタージュ論的技法が無視できない存在として位置づけられているように思える。つまり、古典的デクパ

ージュが示す技法は、実のところ世界に浸透する映像の基礎的技法（文法）であり、ソヴィエト・モンタージュ論的方法は、芸術的創造力の持ち主によって扱われる高度な技法といえるのかもしれない。

参考文献

- [1] Michael, Ian. 1970. *English Grammatical Categories and the Tradition to 1800*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [2] 宮脇正孝, “ディオニュシオス・トラクスの文法 (*Téchnē grammatikē*) について”, *ASTERISK*, Vol. X, No. 4, pp. 243–250 (2001)
- [3] J・オーモン, A・ベルガラ, M・マリー, M・ヴェルネ, “映画理論講義”, 勁草書房 (2000)
- [4] 田中眞澄, “小津安二郎戦後語録集成—昭和21年—昭和38年—”, フィルムアート社 (1989)
- [5] 服部 宏, トーマス栗原—日本映画の革命児—, 夢工房 (2005)
- [6] スティーブ・ブランドフォード, バリー・キース・グラント, ジム・ヒリアー, フィルム・スタディーズ事典—映画・映像用語のすべて, フィルムアート社 (2004)
- [7] 大石雅彦, 田中 陽, ロシア・アバンギャルド3キノー映像言語の創造, 国書刊行会 (1996)
- [8] 山口 猛, 映画編集とは何か—浦岡敬一の技法—, 平凡社 (1994)
- [9] Guido Aristarco, 映画理論史, みすず書房 (1962)
- [10] ルドルフ・アルンハイム, 芸術としての映画, みすず書房 (1960)
- [11] Raymond Spottiswoode, “A Grammar of the Film”, University of California Press
- [12] レイモンド・スポティスウッド, “映画の文法: 映画技巧の分析”, 映画評論社 (1936)
- [13] Berthomieu André, *Essai de grammaire cinématographique*, Paris, La Nouvelle Edition (1946)
- [14] Bataille Robert Docteur, *Grammaire cinématographique*, Lille/Paris, A. Taffin-Lefort (1947)
- [15] 宮脇正孝, “ディオニュシオス・トラクスの文法 (*Téchnē grammatikē*) について”, *ASTERISK*, Vol. X, No. 4, pp. 243–250 (2001)
- [16] 宮脇正孝, “クインティリアヌスの文法概念” *ASTERISK*, Vol. X, No. 3, pp. 175–180 (2001)
- [17] ジェフ・ウィリアムズ, 英語教師のための—機能文法入門—, リーベル出版 (2002)
- [18] David Bordwell, Kristin Thompson, *Film Art: An In-*

roduction 5th edition, McGraw-Hill Companies
(1996)

- [19] アンドレ・バザン, “映画言語の進化”, 映画とは何か II—映画言語の問題, 美術出版社, pp. 176–202
(1970)

[20] Noel Burch, Theory of Film Practice, Princeton
(1981)

- [21] ジェイムス・モナコ, “映画の教科書”, フィルムアート社 (1983)