

映像におけるリズム情報の分析

Rhythmic Information Analysis in Movies

鈴木 良太郎

要 約 マルチメディア素材の同期合成のための特徴情報として使用することを目的として、映像素材からリズム情報を抽出する技法を提案する。一般にリズムには固定周期に基づいた固定リズム（拍節的リズム）とそれ以外の自由リズムとがあり、それらは時間的アクセントの配置パターンにより特徴付けられると考えられる。映像のリズムの多くは自由リズムに属する。本提案技法では、まず S. M. Eisenstein のモンタージュ理論に基づいて、映像の物理的リズムがショット長、動き、テクスチャおよびそれらの複合により表現されるものと考え、その時系列変化量を抽出する。次に、その映像のリズム特性が固定リズムか自由リズムかに応じて、時系列特徴点列の抽出およびその周波数解析によりリズムパラメータを抽出する。

本稿では、自由リズムの代表事例として、本技法を S. M. Eisenstein の映像シーンの解析に適用し、その有効性を検証した。実験の結果、本提案技法によって、テクスチャ主体の映像（トーン・モンタージュ）と動き主体の映像（リズムック・モンタージュ）との違いが識別できること、また、使用した解析技法の中で特に空間周波数解析が映像のリズム解析に有効であり、テクスチャの解析に加えて、視野サイズや動きの解析にも効果的であることが明らかになった。

Abstract The authors propose a method to extract rhythmic information from movie components in order to be used as feature information for the synchronic synthesis of multimedia components. In general, there are two kinds of rhythm ; a fixed rhythm (or a metrical rhythm) and a free rhythm. The rhythm in most movies is categorized as the free rhythm and is characterized by the layouts of their temporal accents. In our proposal, we introduce S. M. Eisenstein's montage theory to classify the rhythmic presentation elements of movies as shot length, movement, texture and their combination. After extracting the temporal variance information based on these features of movies, we make accent point extraction of the information and frequency analysis of the accent points to extract rhythmic parameters according to the rhythmic categories of the movie, that is, the fixed rhythm and the free rhythm. In this paper, we demonstrated our method by applying it to S. M. Eisenstein's movie scenes as examples of the free rhythm. The result shows the apparent difference of rhythmic features between a texture based scene (tone montage) and a movement based scene (rhythmic montage). We also found out that the spatial frequency analysis is especially effective in our method not only for texture analysis but also for field size analysis and for movement analysis.

1. はじめに

データベースのマルチメディア化が進む中で、画像情報に関して、色ヒストグラム、空間周波数、フラクタル次元、高次自己相関、等の様々な画像特徴情報を画像検索に利用する研究が盛んに進められている^{[1][2][3]}。一方、動画像情報に関して、MPEG 7^[4]に代表されるように、動画像の時系列情報から何らかの特徴量を抽出し、それを

データ検索等に利用できるようにしようとする気運が高まってきた。しかしながら、動画像におけるこの分野の研究^[5]はまだ始まったばかりであり、その多くは対象を非常に限定したものに留まっている。動画像検索システムの多くは手作業によるインデクシングや静止画レベルのサンプルの類似検索にたよっている。これまで、動画像の時系列情報に対して行なわれてきた研究の多くは、オプティカルフローによる動作解析や各種の差分情報に基づいたカット点抽出^[6]やあるいは動画像圧縮のための研究である。それらは時系列特徴量抽出のための基礎技術として役立ち得るものではあるが、それでは具体的にそれらをどのように活用すれば、汎用的な特徴量抽出が実現できるのかという意味における技術は、まだ確立されていない。

筆者等は、1997年度よりスクリプト記述に基づいた映像合成に関する研究“Multimedia Montage”^{[7][12]}を進めてきた。その中で、西洋古典音楽の多声楽曲の代表的構成技法である対位法^[13]の時間構造に着目し、対位法構造を映像合成に適用する実験を行なった。対位法構造は複数要素の時間的並列関係に基づいた極めて一般性のある構造であり、音楽以外の分野においても、ダンスや文学等、様々な表現メディアにおける有効な構成手段として今日まで重んじられてきた。例えば、バッハ(J. S. Bach)の対位法楽曲のピアノ演奏で著名なグレン・グールド(Glenn Gould)^[14]は、彼がインタビュした複数の人の声を対位的に重ね合わせてラジオ・ドキュメンタリを構成したことで有名である。対位法の特徴は、各構成要素の独立性を重視し、それらの時間方向のアフィン変換による構成を行なう点にあるため、現在のマルチメディア技術になじみ易い。今日におけるイメージ表現メディアの在り方を考える時、統一的な対位法構造の下で各種のメディアを等価に扱うことは、極めて有効な構成手段であると考えられる^[15]。

時間的メディアに共通する最も基本的な特性にリズムがある。対位法の特徴をリズムという観点から捉えると、それは、各構成要素が自律的なリズムを持ち、それらの複数の異なったリズムの同期関係によって全体が構成される点にあると考えられる。したがって、そのような同期関係を自動的に実現するためには、まず構成要素となる映像素材から有効なリズム情報を抽出する必要が生じる。このような要請に基づき、1999年度からMultimedia Montageの拡張として“Image Wave”^{[16][18]}の研究を始めた。Image Waveは時間的なイメージを波形情報として表現したものであり、その中心を成す情報がリズム情報である。映像や音声等のマルチメディア素材から適切な形で時系列特徴量を抽出することにより、そのような波形情報が得られると仮定する。映像素材からのImage Waveの抽出、Image Waveからのリズムパラメータの抽出、リズムパラメータに基づいた同期処理によって、映像の対位的同期合成が実現される。

以下、第2章ではImage Waveとリズムパラメータの抽出技法について述べる。次に、第3章ではそれを具体的な映画のシーンの解析に適用した実験事例を紹介する。最後に第4章で結論と今後の課題について述べる。

2. 映像素材からの Image Wave の抽出

2.1 固定リズムと自由リズム

リズム情報に基づいた処理を行なうためには、まずリズムとは何であるかについての事前の理解が必要だが、リズム概念の一般的定義は極めて困難な問題であることが、これまで多く指摘されてきた。リズムは拍(ビート)と同一ではないが、それら相互の強い関わりの中で成立している。したがって、リズムが定量的に扱われる場合には、まず周波数が問題とされることが多い。一方、それとは逆説的に、機械的な拍に拘束されないことがリズムの特徴であるともされる。このようなリズムの持つ二面性は、「固定リズム(拍節のリズム)」と「自由リズム」という言葉によって代表される^{[19][20]}。

自由リズムの定量的把握は、「ゆらぎ」^[21]としての捉え方が有名であり、多くの時系列情報の分析において有効性を発揮している。ここでの数学的モデルは、「固定周期+ゆらぎ量」である。しかし、自由リズムと見なせるものの中には、このようなモデル化に必ずしもなじまないものも多い。例えば、その例として挙げられるのが、対位法楽曲の持つリズムである^{[13][22]}。

バッハの「3声のインベンション第4番」^[23]の楽譜を図1に示す。この楽曲はわずか23小節から成る小曲であるが、典型的な対位法的自由リズムにより構成されている。まず第1小節は高音部と低音部が同時に始まり、それに対して中音部は1小節分遅れて高音部が提示した主題を模倣する。(主題の模倣という観点からは、さらに第4小節目から低音部による模倣が続く。)次に、第8小節の後半からは、中音部と低音部とが同期し、高音部はそれよりやや遅れて始まる。さらに、第13小節の後半からは、再び高音部と低音部が同期し、中音部が1小節遅れて模倣するというパターンが再現される。このようにして各声部間の微妙な同期とずれの関係が繰り返され、最後に第23小節の終わりにおいて始めて3声全体が同期する。以上のリズム的同期関係を図2に示す。

図1 J. S. Bach 3声のインベンション第4番

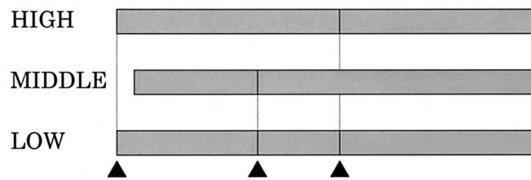


図 2 「3声のインベンション第4番」のリズム同期構造

このようなずれの特性をゆらぎの概念で説明することが可能だとしても、この「びったりずれている」状況の全てをゆらぎで説明することには困難が伴う。全体の中に時間的一致関係の階層性があり、それは必ずしも全体で共有される固定周期は伴わず、その一致の時間的配置によって全体的なリズムが構成されていると捉えるのがより自然だろう。

以上の考察に基づき、本研究では、リズムとは現象的にはアクセントの時系列パターンとして現れるものであると考える。そして、そのパターンが固定周期を持つ場合には固定リズムであり、それ以外の場合には自由リズムであると考え。(さらに固定周期に対するゆらぎに着目する場合には、ゆらぎの有無によって固定リズムをゆらぎリズムと固定リズムとにわけると。) 通常の映像は実写に基づくため、多くの映像のリズムは自由リズムであるが、そのアクセントとなる時間の特徴点を抽出し、その時間的一致関係を対位法的時間変換操作によってもたらすことにより、映像のリズム同期を実現することが可能となる。

2.2 エイゼンシュテインのモンタージュ理論

本研究において、リズム情報を内包するものとして考えられるマルチメディア素材の時系列特徴量を Image Wave と呼ぶ。映像素材から Image Wave を抽出するためには、まず映像のリズムが何によって表現されているのかが問題となる。そこで、それを掌握するための構成理論としてエイゼンシュテイン (S. M. Eisenstein) のモンタージュ理論を参考とすることにした。モンタージュは1920年代の旧ソ連で盛んに研究されたが、その多くはショット構成の技法に関するものであった。今日でも、映画技法におけるモンタージュという言葉は、特定のショット構成技法を指して使われるのが普通である。エイゼンシュテインのモンタージュ理論の特徴は、それをより一般的な映像構成理論へと発展させた点にある。

エイゼンシュテインは、1929年の著作「映画における四次元」^[24]において、モンタージュを以下の4段階に分類している。(以下の「」内の引用は同著作からの抜粋である。)

1) メトリック (韻律的) モンタージュ

「各断片の絶対的な長さが構成の基本的な基準である。各断片はきまった公式の長さにしたがって、相互に結合される。その公式がそのままそっくり反復される。」

2) リズミック (律動的) モンタージュ

「諸断片の拍子が完全に同じである場合もあれば、もっぱら画面内の特徴にもとづいて諸断片が結合されて、リズムが形成される場合もある。」

「一番いいのは、同じテンポの特徴のなかに、より緊張度の高いテンポをもつ素材を導入することによって、形式的な緊張を達成することである。」

3) トーン (音調) モンタージュ

「ここでは、もっぱら個々の断片の情緒的な「響き」、つまり空間的な移動を生じないリズム的な振動を土台に、モンタージュが組み立てられる。」

4) オーバートーン (倍音) モンタージュ

「オーバートーン・モンタージュはトーン・モンタージュと違い、断片のもつ全刺激の総合計を考慮している。その特徴によって、知覚は旋律的な情緒的色彩性から直接的な生理的感覚性に移行する。」

2.3 映像のリズム表現要素と Image Wave の抽出技法

リズムック・モンタージュという言葉からも分かるように、エイゼンシュテインのモンタージュ理論においては、リズムという言葉は本研究よりも限定された意味で用いられている。だがここでモンタージュ理論全体をリズム概念で捉え直してみると、以下のようにモンタージュ理論の分類を映像のリズム表現要素の分類に適用することができる。(ここで、メトリック・モンタージュ、リズムック・モンタージュ、トーン・モンタージュを拍節的リズム、定量的自由リズム、非定量的自由リズムと結び付けて捉えることも可能であるが、本稿ではあくまでリズム表現要素の分類を目的としてこれらのカテゴリーを利用している。)

- 1) メトリック・モンタージュ : ショット長
- 2) リズムック・モンタージュ : 動き (被写体の動き/カメラワーク)
- 3) トーン・モンタージュ : 陰影/テクスチャ
- 4) オーバートーン・モンタージュ : それらの組合せ

これらのリズム表現要素の時系列情報を Image Wave として映像素材から抽出するには、以下の技法を用いることができる。なお、本研究における実際の抽出処理では、処理時間的な問題を考慮して、映像素材のフレームサイズを 128×128 に変換した上で解析処理を行う。同フレームサイズは、空間周波数解析等に都合の良い 2ⁿ のサイズの中で映像内容の視認が可能な最小のサイズである。フレームレートに関しては、素材の長さに応じて 10.30 フレーム/秒を使い分ける。

1) ショット長 : (フレーム間輝度差二乗平均)

ショットの境界にあるカット点の位置が分かれば、ショット長も分かる。カット点抽出⁶⁾については、これまで既に数多くの研究が成されているため、それ自体を本研究の対象とはせず、基本的には自明のものと思なす。カット点抽出の技法は、例えば輝度差が閾値以上のピクセル数等、何らかのフレーム間差分情報を求め、その値が際立って大きくなる時間点をカット点と見なす方法が、何れの技法においてもベースとなっている。このような差分情報は、カット点抽出に役立つだけでなく、映像の時系列特徴量として最も基本的なものであると考えられる。本研究では、基本となる差分情報としてフレーム間の全ピクセルの輝度差二乗平均値を適宜使用する。一方、下記の技法で抽出される特徴量においても、その値はカット点において大きな変化を示すため、それをカット点抽出に利用することも可能である。

2) 動き：オプティカルフロー解析

オプティカルフロー解析^{25) [26]}の技法には、主にグラディエント法（勾配法）とマッチング法がある。本研究では、前者の代表的技法である Horn/Schunck^[27]による技法を用いた。各ピクセルに対して求まる x, y 方向のオプティカルフロー値 F_x, F_y に対して $(F_x^2 + F_y^2)^{1/2}$ を求め、その全ピクセルにおける平均値を求める。各フレームに対してその値を求め、その時系列変化を Image Wave と見なす。

3) 陰影/テクスチャ：空間周波数解析

各フレームにおいて、画像のマトリクスデータを 2 次元フーリエ変換²⁸⁾した上で、その領域を最低周波数域からナイキスト周波数域まで対数スケールで分割する。フレームサイズが始めに示した 128×128 の場合には、領域の境界線の半径は最小 $1 \times 2^{1/2}$ から最大 $64 \times 2^{1/2}$ となり、周波数域は 7 段階に分割される(図 3)。その各領域におけるパワースペクトラムの総和を求めて、その時系列変化を Image Wave と見なす。

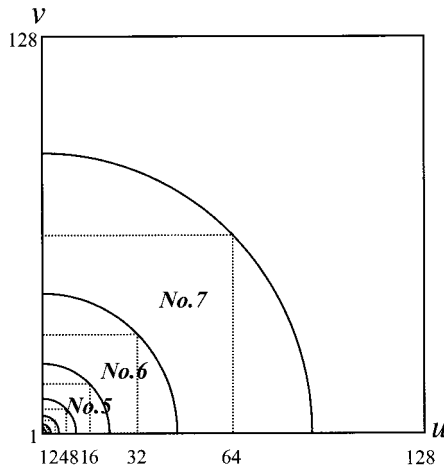


図 3 空間周波数の領域分割

4) それらの組合せ：以上の組合せ

オーバートーン・モンタージュが着目するのは、様々な映像要素が組み合わさった時の総量としての効果である。本研究では、初めに示したフレーム間輝度差二乗平均値を基本情報とした上で、さらにその他の上記の技法を用いた各解析結果に対する総合的な判断に基づき、このような総量的な効果を推定する。

2.4 Image Wave のリズムパラメータの抽出

1) 固定リズム

固定リズムの場合には、固定周期と位相をリズムパラメータと見なす。固定周期を抽出するには、FFT や MEM (Maximum Entropy Method)²⁹⁾を用いて Image Wave を周波数解析することも考えられるが、実際には、これらの技法を Image Wave に直接適用しても、特定の周波数を抽出することは困難な場合が多い。

例えば、ショット長が一定であることによって固定リズムが形成されているような場合もそうである。そこで、本研究の手法としては、次の自由リズムの場合と同様に、Image Wave の時系列特徴点列を抽出し、それらに対して最小二乗法を適用して、差分が最小となる固定間隔の点列を求めることにより、固定周期と位相を求める。

2) 自由リズム

自由リズムの場合には、Image Wave のアクセントとなる時系列特徴点を抽出し、その点列データをリズムパラメータと見なす。特徴点としては、通常、極大点または極小点を使用する。実際には、生の Image Wave データから得られる極大/極小点の数は多すぎるため、あらかじめスムージングをした上でこれらの点を求める。スムージングの技法としては、抽出点数が指定数以下になるまで、再帰フィルタリングを両方向に反復する。次章で説明するように、複数ショットから構成されるシーンにおいては、特徴的なショット境界を特徴点と見なす。隣接するショット間の Image Wave のパターンの違いから、このような特徴点を抽出する。

3. 映像のリズム解析の実例

映像において中心的なリズムは自由リズムである。そして、その中でも特に代表的なリズムは、2章で紹介したリズムック・モンタージュのリズムである。すなわち、ロングショットやミディアムショットの間に短いクローズアップショットを挿入することによって、緊張感のあるリズムが構成される。今日、モンタージュ技法と言えば特にそのような技法を指す言葉として用いられるのが普通であり、アクション映画やサスペンス映画において効果的に活用されている。

2章では、リズムック・モンタージュの解析技法としてオプティカルフロー解析を、トーン・モンタージュの解析技法として空間周波数解析を取り上げた。動きがオプティカルフローで解析され、テクスチャが空間周波数で解析されるという意味において、それは正しい。だが、実際には、リズムック・モンタージュ(狭義のモンタージュ技法)の解析において、特に空間周波数解析が有効であるということが、これまでの様々な実験を通して明らかになった。これは、リズムック・モンタージュが主に異なった視野サイズの組み合わせ(即ちロングショットやクローズアップ)によって構成され、視野サイズの違いはテクスチャに反映するために、それはオプティカルフローよりも空間周波数の特性として表れるためである。

以下では、まず予備実験を通して空間周波数と視野サイズとの関係について説明する。次に、リズムック・モンタージュおよびそれと対照的なトーン・モンタージュの実例としてエイゼンシュテインの代表作「戦艦ポチョムキン」²⁴⁾の二つのシーンを取り上げ、それらに対して、ショット長、オプティカルフロー、空間周波数、フレーム間差分の分析を行なった結果を比較する。さらにこれらの分析値を用いて、視野サイズの推定実験を行なう。そして最後に、これらの分析結果に基づいて、リズムパラメータの具体的抽出方法について考察する。なお、ロングショットやクローズアップ等のショットのフレームに対する被写体の大きさのカテゴリーを表す言葉は、映像用語

としては必ずしも統一されていないが、本稿ではそれを視野サイズ (field size) と呼ぶこととする。

3.1 視野サイズと空間周波数との関係

デフォーカシングとズーミングを含んだ映像を空間周波数解析した結果を図4に示す。横軸は毎秒30フレームの映像のフレーム番号を表し、縦軸は空間周波数パワースペクトラムを対数スケールで表している。図の最上位置の波形が最低周波数域に、最低位置の波形が最高周波数域に対応する。

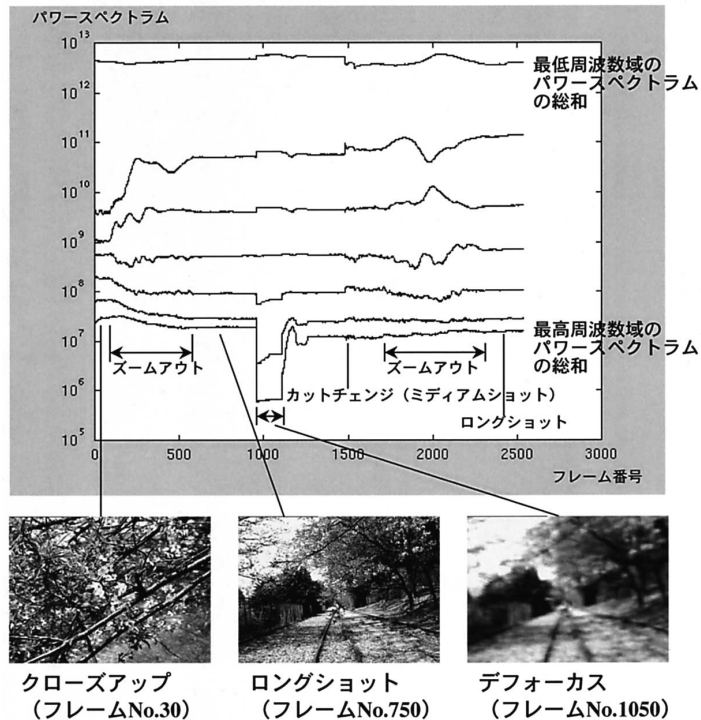


図4 ズーミングとデフォーカスによる空間周波数特性の変化

デフォーカシング時にはテクスチャがぼやけた映像となり、高周波数成分が低下する。図にはその結果が明確に反映されている。一方、ズーミング操作に対しても、連続的なパワースペクトラム値の変化が観察されている。これは、ズーミング操作によって映像の内容が連続的に変化し、クローズアップからロングショットまでのそれぞれの視野サイズに対応するテクスチャの違いがパワースペクトラムに反映されるためである。

カメラワークの解析にはオプティカルフロー解析やテンプレートマッチングが有効であることが知られており^[30]、既に実用化も進んでいる。しかしこれは通常、連続的なカメラワークを対象としたものである。(視野サイズとオプティカルフローとの相関性の問題については後述する。また、オプティカルフローからカメラの運動パラメータと物体の形状を計算する研究 (structure from motion, ego motion)^[31]では、カメラから被写体までの相対距離を求めることができるが、この手法の扱いについては

本研究の対象外とする。)

一方、通常の映画のシーンでは、共通の場面の共通的な被写体に対して、いくつかの視野サイズによる撮影が行なわれるため、ロングショット同志、クローズアップ同志では、被写体の具体的内容は異なっても、テクスチャのレベルでは類似する傾向がある。異なった視野サイズではテクスチャが明確に異なり、同種の視野サイズではテクスチャが一体化することによって、視野サイズの組み合わせによる視覚効果が有効に実現される。従って、視野サイズとテクスチャの間には明らかな相関性があり、それは空間周波数のパワースペクトラム値に反映される。

図4の例では、クローズアップの方が高周波数成分の値が高い傾向がある。これは、この事例ではクローズアップ時において木の葉の細かいテクスチャが見えることに起因しており、それはコンテンツに依存する問題である。逆に、クローズアップの方が低周波数成分の値が高い場合も多い。したがって、一般の映像を対象に空間周波数のみから視野サイズを判定することは難しい問題であるが、個々の映像シーンにおいては空間周波数と視野サイズとの明らかな相関傾向があるため、空間周波数の特性の変化点を映像リズムの特徴点と見なすことは可能である。

3.2 「戦艦ポチョムキン」の映像解析

以上の予備実験を元に、「戦艦ポチョムキン」の「オデッサ港」と「オデッサ階段」の二つのシーンを対象に、本解析手法による映像解析を行なった。映像解析の対象として「戦艦ポチョムキン」の映像を選んだ理由は、その映画が本解析技法の元となった理論を構築したエイゼンシュテインの代表作品であり、またエイゼンシュテイン本人が彼のモンタージュ理論の適用事例として、これらの2シーンを取り上げているからである。「映画における四次元」において、エイゼンシュテインは、「オデッサ港」がトーン・モンタージュの代表事例であり、「オデッサ階段」がリズムック・モンタージュの代表事例であることについて解説している。実際、「オデッサ港」は丁度、印象派のモネの絵のように、陰影とテクスチャに特徴のある静かなシーンである。一方、「オデッサ階段」はそれとは対照的に動的な激しいシーンであり、大階段を駆け降りる群衆の動きと、それと巧妙に組み合わせられたクローズアップが、ダイナミックなリズム感を生み出している。本解析技法の有効性を検証するためには、より多種多様な映像素材を用いた解析実験が必要であることも事実であり、本研究ではすでそのような実験も行っている。だが、本解析技法の特徴を分かりやすく示すためには、「戦艦ポチョムキン」の2シーンを用いるのが最適であるため、本稿ではこれらの分析結果に絞って解説する。

これらの2シーンは実際にはさらに複数のサブシーンから構成されている。本実験では、どちらも毎秒10フレームでキャプチャした映像を使用し、「オデッサ港」はその映像のテクスチャの特徴が最も表されたサブシーン972フレームを対象として、「オデッサ階段」はその最初のサブシーン1503フレームを対象として解析した。サブシーンの範囲の判定は、タイトル挿入箇所をサブシーンの境界と見なした。また、視野サイズの判定に関しては、絶対的な基準がある訳ではないが、本実験では次の目安に基づいて判断した。

「オデッサ港」

ロングショット： 港の全景
 ミディアムショット： 船の全体
 クローズアップ： 船の一部

「オデッサ階段」

ロングショット： 大階段の全景
 ミディアムショット： 逃げる群集
 クローズアップ： 一人の人または一人から二、三人の一部

以下に、ショット長、オブティカルフロー、空間周波数、フレーム間輝度差分の各映像解析技法を用いて、これらの2つのシーンの解析結果を比較する。

1) ショット長

視野サイズ別のショット長の平均値を求めた結果を表1に示す。当然のこととして、「オデッサ階段」のように動的なシーンの方がショット長は短く、全体の平均が「オデッサ港」の約半分になっている。特に、リズムック・モンタージュの場合には、挿入されるクローズアップショットの長さが極端に短い傾向がある。「オデッサ階段」でも、全体平均に比べるとかなり短いことが分かるが、このケースでは極端に短いクローズアップショットは少なく、むしろ全体のショット長を切り詰めて、テンポの早いリズムを構成している。

表 1 視野サイズ別ショット長平均

		ロングショット	ミディアムショット	クローズアップ	全シーン
オデッサ港	平均	4.44	8.76	4.10	5.40
	標準偏差	2.86	2.85	1.67	3.07
オデッサ階段	平均	3.61	2.85	1.65	2.59
	標準偏差	2.07	1.53	0.59	1.59

単位:秒

2) オブティカルフロー

「オデッサ港」のオブティカルフローによる Image Wave を図5に、「オデッサ階段」のオブティカルフローによる Image Wave を図6に示す。また、その視野サイズごとの平均値を表2に示す。「オデッサ港」のオブティカルフロー値は全体的に低く、各ショットごとに一定の値に安定している。ショットの境界がノイズとして拾われたために、その部分に高いピークが表れている。一方、「オデッサ階段」のオブティカルフロー値は全体的に高く、変化も激しい。ピークもショット境界以外の部分にも沢山表れている。

ただし、それ以上細かい情報をこの結果から読み取ることは困難である。その

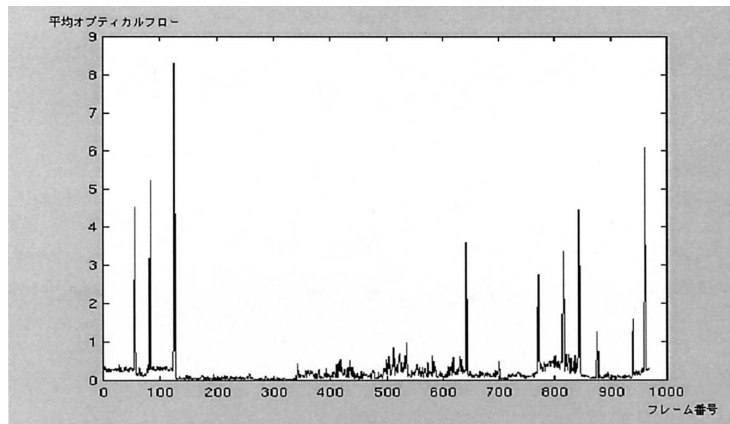


図 5 「オデッサ港」のオプティカルフロー

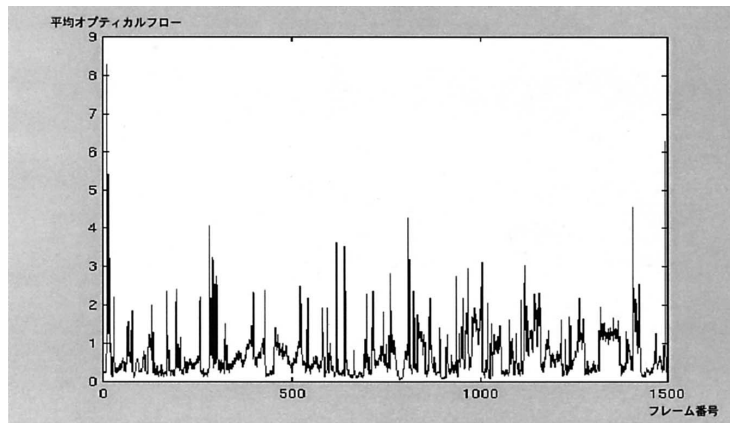


図 6 「オデッサ階段」のオプティカルフロー

表 2 視野サイズ別オプティカルフロー平均

		ロングショット	ミディアムショット	クローズアップ	全シーン
オデッサ港	平均	0.31	0.14	0.29	0.23
	標準偏差	0.82	0.16	0.48	0.49
オデッサ階段	平均	0.70	0.68	0.69	0.68
	標準偏差	0.64	0.52	0.78	0.63

単位:ピクセル

一つの理由は、オプティカルフローの平均値が、どの視野サイズでもほとんど等しいことに起因する。当初、クローズアップの方がオプティカルフロー値が低いことを予想した。これは、速く動いている被写体をクローズアップでもそのまま写すと、視認が困難になるため、クローズアップ時には被写体をカメラが追ったり、あるいは意識的にスローモーションを用いたりして、速い動きを抑制することが多いためである。もし仮に、動いている同一の被写体を固定アングルでクローズアップで写せば、相対的にオプティカルフロー値は大きくなるはずである。クローズアップでも値が変わらなかったということは、クローズアップの方が動きが抑制して撮影されるという予想が正しかったことを意味する。しかし、オプティカルフローの Image Wave から特徴点を抽出することは困難になる。

3) 空間周波数

「オデッサ港」の空間周波数パワースペクトラムによる Image Wave を図 7 に、「オデッサ階段」の空間周波数パワースペクトラムによる Image Wave を図 8 に示す。(「オデッサ階段」については、結果を見易くするために、解析した中の前半部分のみをグラフに示した。) また、それを各周波数域で正規化した上で視野サイズごとの平均値を整理した結果を表 3 に示す。

「オデッサ港」の空間周波数の特性においては、後半部分のパワースペクトラム値が全体的に高まっており、特に高周波数域でそれが顕著である。総体レベルでのパワースペクトラム変化、特に最低周波数域の変化は画面全体の明るさの変化に対応するものであり、このシーンの内容との関係において、特別な意味は持たないと考えられる。一方、ここで特に高周波数域の値が高まったことは、後半部分の視野サイズが主にクローズアップであることに対応している。クローズアップの方が高周波数域の値が高い傾向は、予備実験の結果とも一致するが、その原因は必ずしも同一とは考えられない。「オデッサ港」のクローズアップには、予備実験の木の葉に相当するような細かいテクスチャは存在しない。「オデッサ港」の前半のロングショットやミディアムショットでは、朝もやの非常にぼやけたテクスチャが特徴的であり、それが高周波数域のパワースペクトラムの低下をもたらしている。一方、後半のクローズアップのフォーカスはくっきりとしたものであり、それが相対的に高周波数域のパワースペクトラムの上昇をもたらしたと考えられる。

「オデッサ港」の空間周波数の特性は、このように前半と後半とで大きな違いがある他は、変化が少なく安定している。それはこの静かなシーンの持つリズム的な特性が反映されたものであると言える。ただし、「オデッサ港」に独特な朝もやのテクスチャの特性そのものについては、このパワースペクトラム値のみから判断することは困難である。

次に、「オデッサ階段」の空間周波数パワースペクトラム値を見ると、それが「オデッサ港」とは対照的に非常に変化に富んでいることが分かる。特に、「オデッサ階段」では大階段のテクスチャがドミナント^[24]の役割を果たしており、それぞれの視野サイズでどの位の粒度に見えるかが、パワースペクトラム値に反映される。その結果、リズムック・モンタージュに特徴的な異なった視野サイズの変

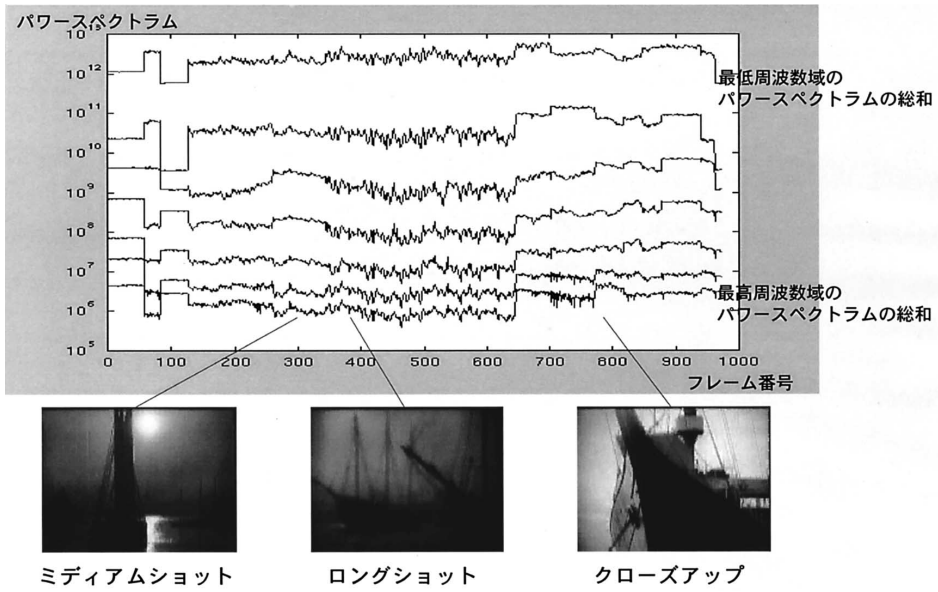


図7 「オデッサ港」の空間周波数パワースペクトラム

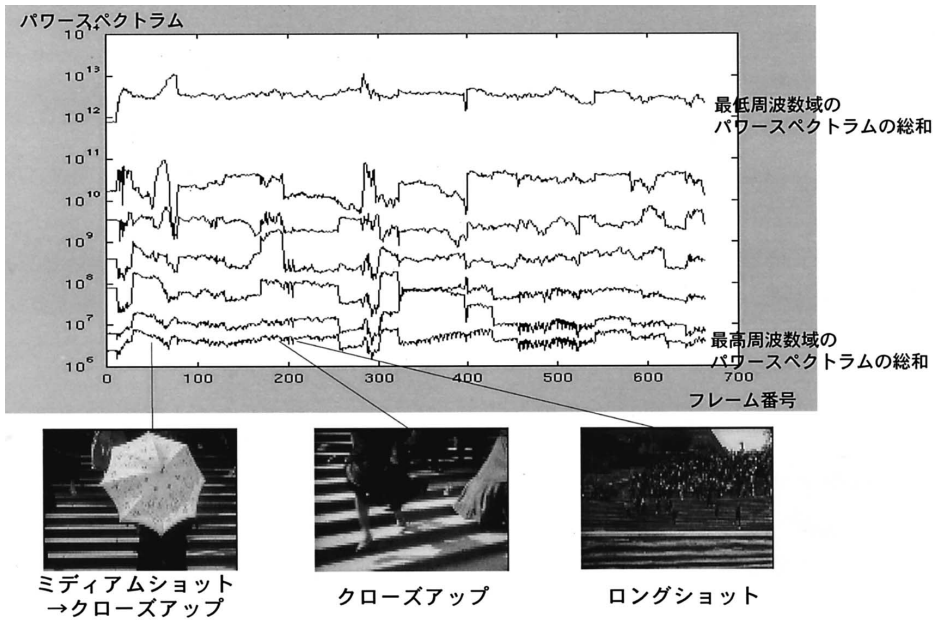


図8 「オデッサ階段」の空間周波数パワースペクトラム

表 3 視野サイズ別空間周波数パワースペクトラム平均

		1		2		3		4		5		6		7	
		平均	標準	平均	標準	平均	標準	平均	標準	平均	標準	平均	標準	平均	標準
オデッサ港	ロング ショット	-0.88	0.83	-0.62	0.49	0.20	0.64	0.58	1.16	0.48	1.28	0.56	1.70	0.31	1.28
	ミディアム ショット	-0.20	0.49	0.00	1.14	-0.65	0.39	-0.61	0.44	-0.59	0.50	-0.47	0.37	-0.55	0.48
	クローズ アップ	1.12	0.88	0.71	0.66	1.21	0.93	0.80	0.76	0.83	0.58	0.50	0.24	0.94	0.54
	全シーン	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
オデッサ階段	ロング ショット	0.09	0.79	-0.20	0.80	-0.72	0.53	-0.31	0.52	0.17	0.63	1.01	1.58	0.63	0.90
	ミディアム ショット	-0.28	0.64	-0.28	0.84	-0.13	0.76	-0.02	0.82	0.33	1.16	-0.23	0.39	-0.03	0.91
	クローズ アップ	-0.19	0.97	0.15	1.06	0.65	1.17	-0.16	0.89	-0.74	0.53	-0.51	0.18	-0.70	0.74
	全シーン	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00

化に富んだ組み合わせが、空間周波数の特性に明確に反映されることになる。クローズアップの多くでは、もはや階段は見えず、それに身体部分のシンプルなテクスチャが置き換わる。したがって、ロングショットにおける大階段と群集の細かいテクスチャに対して、クローズアップでは相対的に低周波数域の値が上昇することになる。これは、「オデッサ港」とは反対の関係である。

「オデッサ階段」においてももう一つ興味深い特性として、冒頭の婦人が持つ傘がカメラに迫ってくるショットにおいて、それに対応してパワースペクトラム値が特徴的なカーブを描いて変化していることが観察される（図8）。同様なカーブは、予備実験におけるズーミング時にも観察された（図4）。このように、被写体がカメラ方向に移動したり、ズーミング操作を行なった場合には（あるいはパンニング操作でも）、撮影される被写体のテクスチャの粒度が連続的に変化するため、それが空間周波数に反映される。このように、空間周波数解析はテクスチャの解析だけでなく、それを通して視野サイズや動きの解析にも有効であることが明らかとなった。

4) フレーム間輝度差分

「オデッサ港」のフレーム間輝度差分による Image Wave を図9に、「オデッサ階段」のフレーム間輝度差分による Image Wave を図10に示す。また、その視野サイズごとの平均値を表4に示す。

「オデッサ港」のフレーム間輝度差分については、図9を見ると、それが明らかに空間周波数パワースペクトラム、特にその低周波数域との相関性を持っていることが

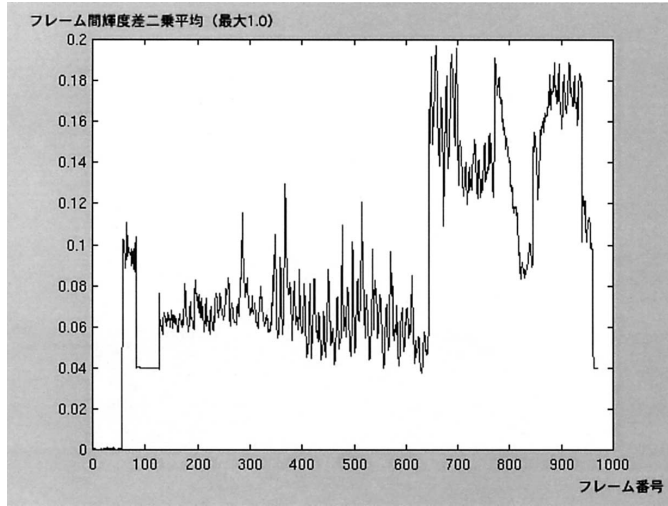


図 9 「オデッサ港」のフレーム間輝度差分

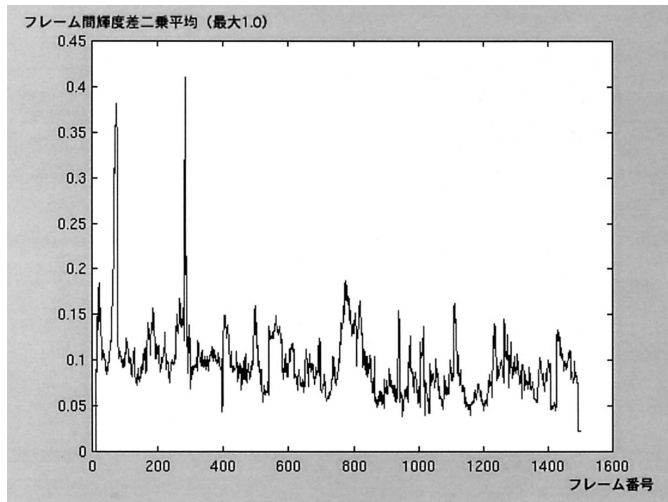


図 10 「オデッサ階段」のフレーム間輝度差分

分かる。一方、「オデッサ階段」の解析結果はそれとは随分異なっており、空間周波数解析結果ともオプティカルフロー解析結果ともそれほど明らかな相関性は見出せない。「オデッサ階段」の輝度差分で特に明らかなのは、78 フレーム目と 283 フレーム目のピークであり、これらはショット境界における全体的な明るさの差が特に大きいために、際立ったピークになっている。ただし、構成内容との関係においては、これらのショット境界（カット点）が他のショット境界に比べて特に大きな意味を持っているとは言えない。リズムック・モンタージュのリズムパラメータとして有効な特徴点は、視野サイズが変化するショット境界であり、それを抽出するためには空間周波数解析の方が有効である。このような境界点ではフレーム間輝度差分もより大きいこ

表 4 視野サイズ別フレーム間輝度差分平均

		ロングショット	ミディアムショット	クローズアップ	全シーン
オデッサ港	平均	0.0479	0.0765	0.1483	0.0872
	標準偏差	0.0332	0.0289	0.0315	0.0479
オデッサ階段	平均	0.0895	0.0859	0.0934	0.0949
	標準偏差	0.0264	0.0237	0.0377	0.0379

単位：可能最大差分値を1とする。

とが期待されるが、図 10 の結果からは、それは明確には表れていない。これは、全体の明るさの差の影響の方がより大きいためであろうと思われる。

3.3 視野サイズ推定

これまでの分析結果から、特にリズムック・モンタージュにおいては視野サイズの構成が映像のリズムに及ぼす影響が大きいことが明らかになった。そこで、前節と同じ 2 シーンを対象として、解析結果として得られた情報に基づいた重回帰分析による視野サイズ推定実験を行なった。

元の視野サイズは、ショットごとにロングショット、ロングショット・ミディアムショット、ミディアムショット、ミディアムショット・クローズアップ、クローズアップの 5 段階に分類し、それを重回帰分析の目的変数として、0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 の値を割り当てた。説明変数としては、ショット長、オプティカルフロー値、空間周波数パワースペクトラム値を用い、それぞれを平均 0 標準偏差 1 に正規化した上で、そのショットごとの平均値を用いた。

まず、重回帰分析の結果を表 5 に示す。この結果から、次のことが分かる。

- 1) どちらのシーンにおいても、ショット長やオプティカルフローに比べ、空間周波数の視野サイズに対する相関性がより高い。ただし、「オデッサ階段」ではショット長の相関性もかなり高く、クローズアップの方がショット長が短い傾向がある。
- 2) 「オデッサ港」では第 5 空間周波数域を中心とする高空間周波数域の視野サイズに対する相関性が特に高い。一方、「オデッサ階段」では相関性の高い周波数域が低空間周波数域 (1.3) と高空間周波数域 (6.7) に分散している。

1) の結果が出た理由としては、空間周波数と視野サイズとの相関性が一般的に高いことに加え、オプティカルフローと視野サイズとの相関性は視覚効果の中で相殺されてしまうことが考えられる。ショット長に関しては、映像によってはもっと強い相関が表れることも期待できる。

2) は、空間周波数の特性が個々の映像の内容によって異なることと結びついており、クローズアップ時に、「オデッサ港」では高周波数域のパワースペクトラム値が高く、「オデッサ階段」では低周波数域のパワースペクトラム値が高い

表 5 ショット長, オプティカルフロー, 空間周波数の重回帰分析

	オデッサ港	オデッサ階段
ショット長	0.03453	-0.09513
オプティカルフロー	-0.08374	0.02648
空間周波数域 1	0.25354	0.11170
2	-0.14352	-0.06963
3	-0.04743	0.15756
4	-0.93183	-0.00180
5	1.35698	-0.00641
6	-0.42157	-0.04574
空間周波数域 7	0.09367	-0.14495

ことに対応している。

次にこの値を用いて視野サイズの推定を行なった。元の値と推定値との関係を図 11, 12 に示す。(破線が推定値を表す。)これらの相関係数を求めると、「オデッサ港」が 0.8368, 「オデッサ階段」が 0.8202 であるため, どちらも十分な相関性を持っていることが分かる。

3.4 リズムパラメータの抽出

最後に, 対象をリズムック・モンタージュの自由リズムに限定した場合のリズムパラメータの具体的抽出方法について考察する。これまでの分析結果から, リズムック・モンタージュにおける映像の自由リズムのパラメータとしては, 空間周波数に基づいた Image Wave を映像素材から抽出し, その視野サイズ上のアクセントとなるショット境界点を特徴点と見なして, それをパワースペクトラム値に基づいて抽出することが適当であると考えられる。

ここで図 12 に基づき, あらためて「オデッサ階段」のショット構成を見直すと, ショット境界ごとに振幅を持ちながらも, 後半のクライマックスに行くに従って, クローズアップよりの視野サイズが多くなっていることが分かる。内容的なクライマックス部分とクローズアップ中心の視野サイズの部分とは完全に一致しており, それは 825 フレームから 1127 フレーム, 第 29 ショットから第 45 ショットに相当する。一般の映像表現において, 無意味なクローズアップが用いられることは無い。クローズアップすることは, その被写体を強調することを意味する。したがってリズム構成上は, 各クローズアップの開始点(に相当するショット境界点)がアクセントとなり, その頻度がクライマックス部分において特に高まっていると考えられ, それをリズムパラメータとして抽出すれば良い。実際, このシーンをクライマックスとその前後の三つに分けると, 各部分におけるクローズアップの比率は, 32.1%, 70.6%, 30.8% となる。(ちなみに, これらの部分の時間的な長さの比率は, 全体を 100% とした時に, 55.0%, 20.0%, 25.0% である。)

前節の視野サイズ推定に基づいて実際にクローズアップのショットを抽出すること

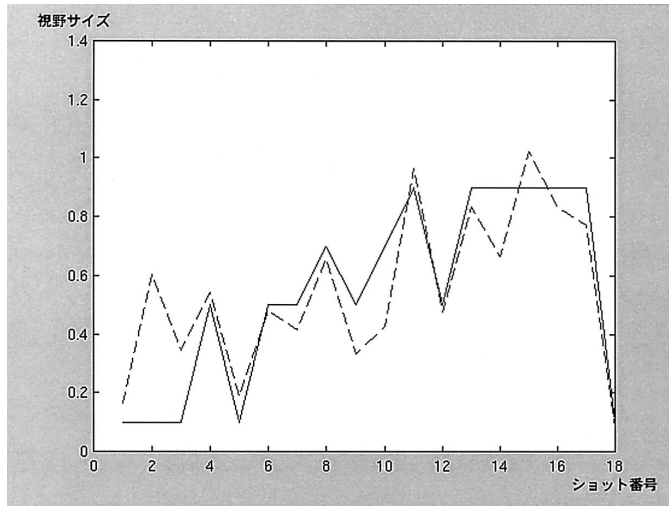


図 11 「オデッサ港」の視野サイズ推定

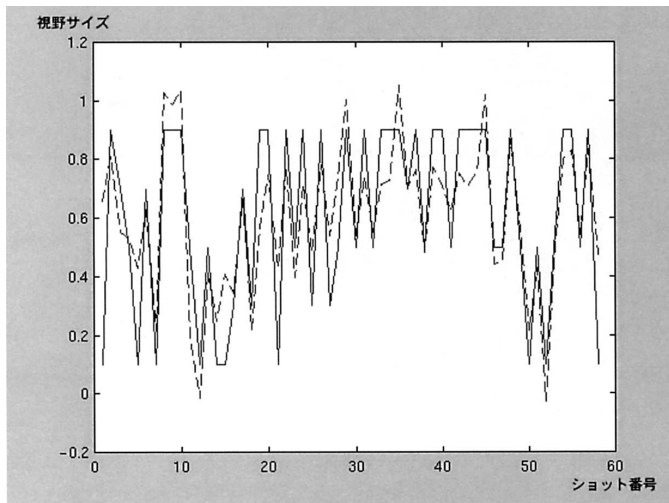


図 12 「オデッサ階段」の視野サイズ推定

を考える時、判定基準とするパラメータ値の設定はかなり微妙な問題となる。例えば、「オデッサ階段」の例では、推定値が 0.7 を越えるものをクローズアップと見なせば、全部で 25 ショットあるクローズアップの中の 24 ショット、すなわち 96.0% を正しく抽出できる。ところが、推定値 0.8 以上で判定した場合には 11 ショット、すなわち 44.0% しか抽出できない。(ただし、クローズアップ以外のショットの誤抽出は、前者における 1 ショットのみである。)

ここでさらに問題となるのは、映像のテクスチャの特性は素材の個別性に依存するため、このような形式の推定の前提となる一般性のある係数値を求めることが非常に困難であるということである。そこで、解決策としては、空間周波数の情報は視野サイズ(テクスチャ)によるショットのグルーピングのみに使い、その中のどのグループがクローズアップに相当するかの判定には別の知識を用いることが考えられる。ク

ローズアップ判定のための知識としては、クローズアップショットの次のような特徴を利用することが考えられる。

- ・ショット長が短い。
- ・動きの総量が小さい。
- ・シーンの中ごろから後半にかけて集中的に分布する。

以上において、動き量については相殺された結果としては違いが出ないという分析結果が今回得られている。また、クローズアップの具体的な分布位置は、個々の映像でかなり異なることも予想される。そこで、これらの特徴の中で最も安定していると思われるショット長の情報を利用して、「オデッサ階段」のシーンからクローズアップのショットを抽出する実験を行った。

ショットのグルーピングに対しては、K means 法等の様々なクラスター解析技法³²⁾の利用が考えられるが、ここでは前述の重回帰分析に対応するような基本的な線形の分布特性に基づいてショットを分類することを考え、そのために主成分分析を利用することにした。具体的なクローズアップ抽出の手順は、以下の通りである。

- 1) ショットごとの空間周波数パワースペクトラムの正規化データを主成分分析する。
- 2) 各ショットの空間周波数パワースペクトラムに主成分の重みを掛けて合成した主成分得点を合成ショットと見なし、それを第5主成分まで求める。
- 3) 各ショットを空間周波数パワースペクトラムの相関が最大となる合成ショットのクラスターに配分する。
- 4) 生成された五つのクラスターの平均ショット長を求め、それが最小またはそれに近いクラスターがクローズアップのグループであると判定する。

以上の手順に基づいて実験を行った結果、まず主成分分析における第5主成分までの累積寄与率は95.46%であった。そして、生成されたクラスターの平均ショット長は、2.21秒、3.82秒、2.16秒、2.95秒、3.93秒であった。以上の結果から、第1クラスターと第3クラスターのショット長が特に短く、その差は非常に少ないことが分かる。そこで、これらの二つのクラスターをそれぞれクローズアップと仮定し、その正答率を判定した。この結果を表6に示す。

表6を見ると、第1クラスターの正答率がかなり高く、それがほぼクローズアップ

表6 クローズアップ推定の結果

	第1クラスター	第3クラスター
平均ショット長	2.21 秒	2.16 秒
クローズアップ総数	25	25
正答数	23	1
総数に対する正答率	92.0%	4.0%
クローズアップ推定数	34	8
推定数に対する正答率	67.65%	12.5%

に対応するものであることが分かる。したがって、本手法を利用してクローズアップを判定し、その各開始点位置をリズムパラメータとして抽出することが可能である。ただし、ショット長のみからクラスターの選択を行うことは困難であり、ロバスト性にも欠けるため、判定を補充するための有効な情報がさらに必要となる。

4. お わ り に

本研究における映像解析の結果、「オデッサ階段」におけるリズムック・モンタージュの自由リズムは以下のように構成されていることが明らかとなった。

- 1) 複数の視野サイズのショットによる異なったテクスチャの組み合わせによりリズムが構成される。
- 2) その中で、ロングショットにおける大階段と群集による細かいテクスチャと対比的なクローズアップにおけるシンプルなテクスチャが特にアクセントとなる。その違いは空間周波数成分の比率の違いに反映される。
- 3) クローズアップには短いショットを用いることにより、アクセントとしての効果が増幅される。
- 4) クローズアップでは意識的に遅い動きを写すことにより、視認性を保持しながら動きを強調する。これは、オプティカルフローの総量としては、異なった視野サイズの間での動き量の違いが相殺されることに結び付く。
- 5) クローズアップの時間軸上の分布としては、後半よりの部分を中心に挿入頻度を高めるように配置することにより、クライマックス効果を高める。

このように、「オデッサ階段」のリズム構成はアクションシーンとして完璧なものである。本解析手法を用いることにより、そのリズム特性を具体的な物理量として解析することが可能となった。また、これに加え、「オデッサ港」と「オデッサ階段」との比較におけるトーン・モンタージュとリズムック・モンタージュの2種類の映像の違いについても、オプティカルフロー解析の結果からも空間周波数解析の結果からも明確に判別することができた。したがって、本解析手法がこのような観点での映像のリズムの分析に有効であることが確認された。

映像分析にエイゼンシュテインのモンタージュ理論を導入するに当たり、当初は、動きの解析にはオプティカルフロー解析が、テクスチャの解析には空間周波数解析が有効であろうと考えていた。だが、それに関してはかなり見直すべき点も発見された。オプティカルフロー解析については、リズムック・モンタージュにおいて、総量的にはロングショットでもクローズアップでも動きの量は変わらないという興味深い分析結果が得られた。だが、それ以外の点においては、本実験で用いたような単なるオプティカルフローの総量というレベルだけでは動きのリズムを分析するには不十分であり、さらに動きの特徴をうまく集約する工夫^[5]が必要と思われる。一方、空間周波数解析に関しては、テクスチャの解析のみならず、それを通して、動きの解析や視野サイズの解析にも有効であることが確認された。したがって、本研究で提示された技法においては、リズムック・モンタージュ、トーン・モンタージュ、オーバートーン・モンタージュに一貫した解析技法として空間周波数解析が有効であり、それを補足するものとしてオプティカルフロー解析やフレーム間輝度差分解析があると位置付ける

ことができる。

映像のリズムは自由リズムが中心的であり、その代表的なものがリズムック・モンタージュのリズムであると考え、本稿では特にその分析を中心に行なった。そのリズムパラメータの具体的抽出方法として、当初は、各空間周波数域のパワースペクトラム値の大小パターンが変化するようなショット境界を抽出すれば良いであろうと考えていた。そのような処理の可能性については、既に別途検証実験も行なっている。だが、具体的な映像の分析結果から、特徴点としてはクローズアップの開始点がより適切であることが明らかとなった。空間周波数と視野サイズの間には明らかな相関性があることについても、本実験を通して確認することができた。ただし、空間周波数の特性は個々の映像によって異なるため、それだけからクローズアップの抽出を正確に行うことは困難である。そもそも本研究で目的としているのはリズムのアクセントとして有効な時間点の抽出であるため、単にクローズアップ抽出の精度向上という考え方ではなく、リズムアクセントという観点から今後さらに解析技法の改善を進めていきたい。

-
- 参考文献**
- [1] 大津展之, 栗田多喜夫, 関田巖, 行動計量学シリーズ 12 パターン認識 理論と応用, 朝倉書店, 東京, 1996, p.214
 - [2] 小早川倫広, 星守, 大森匡, 照井武彦, ウェーブレット変換を用いた対話的類似画像検索と民俗資料データベースへの適用, 情報処理, Vol.40, No.3, 1999, pp.899-911
 - [3] 林世紀, 田中譲, 混合フラクタルモデルに基づく画像特徴量とその画像検索応用における性能評価, 情報処理, Vol.38, No.10, 1997, pp.1966-1975
 - [4] ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, Overview of the MPEG 7 Standard, ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 N 3445, 2000
 - [5] 吉田俊之, 映像情報メディア年報 4.3.5 画像検索, 映像情報メディア学会誌, Vol.54, No.7, 2000, pp.1001-1002
 - [6] 谷口行信, 外村佳伸, 浜田洋, 映像ショット切換え検出法とその映像アクセスインタフェースへの応用, 信学論, Vol.J 79 D II, No.4, 1996, pp.538-546
 - [7] 鈴木良太郎, 井上誠喜, スクリプトを用いたマルチメディア・モンタージュ, 情報処理学会第 55 回全国大会, Vol.3, 1997, pp.162-163
 - [8] 鈴木良太郎, 井上誠喜, スクリプトを用いたマルチメディア・モンタージュ .その 2 . 対位法的映像の考察, 情報処理学会第 56 回全国大会, Vol.3, 1998, pp.169-170
 - [9] 鈴木良太郎, 井上誠喜, スクリプトを用いたマルチメディア・モンタージュ .その 3 . Meta Script の仕様, 情報処理学会第 57 回全国大会, Vol.3, 1998, pp.287-288
 - [10] 鈴木良太郎, 岩館祐一, スクリプトを用いたマルチメディア・モンタージュ .その 4 . 対位法テンプレートによる映像合成, 情報処理学会第 58 回全国大会, Vol.3, 1999, pp.217-218
 - [11] Suzuki, R. and Iwadate, Y., Multimedia Montage Counterpoint Synthesis of Movies, IEEE ICMCS'99, 1999, pp.433-438
 - [12] 鈴木良太郎, マルチメディア・モンタージュ 対位法に基づいた映像合成に関する研究, ユニシス技報, Vol.19, No.4, 日本ユニシス, 2000, pp.131-150
 - [13] Nicolosi, S., 16 世紀の実作に学ぶ古典純粹対位法, 音楽之友社, 東京, 1997, p.351
 - [14] Page, T. (Ed.) The Glenn Gould Reader, Vintage Books, New York, 1990, p.475
 - [15] Gibbs, S., Composite Multimedia and Active Objects, OOPSLA'91, 1991, pp.97-112
 - [16] 鈴木良太郎, 岩館祐一, Image Wave .イメージの同期に関する研究, 情報処理学会第 59 回全国大会, Vol.2, 1999, pp.279-280
 - [17] 鈴木良太郎, 夢沼眞, 美濃導彦, Image Wave その 2 : 空間周波数を用いた映像解析, 情報処理学会第 61 回全国大会, Vol.2, 2000, pp.219-220
 - [18] Suzuki, R., Iwadate, Y. and Minoh, M., Image Wave : Rhythmic Synchronization of Multimedia Components, IEEE SMC 2000, 2000, pp.816-821

- [19] Sachs, C., リズムとテンポ, 音楽之友社, 東京, 1979, p.453
- [20] Lachmann, R., 東洋の音楽, 音楽之友社, 東京, 1960, p.228
- [21] 武者利光, ゆらぎの世界, 講談社ブルーバックス, 東京, 1980, p.234
- [22] Fraisse, P., リズムとテンポ, 音楽の心理学(上)第6章, 西村書店, 新潟, 1987, pp.182
220
- [23] Bach, J. S(ツェルニー編) インベンション, 全音楽譜出版社, 東京, 1955, p.75
- [24] Eisenstein, S. M., 映画における四次元, エイゼンシュテイン全集第6巻, キネマ旬報社, 東京, 1980, pp.92 110
- [25] 三池秀敏, 古賀和利 (編著) パソコンによる動画像処理, 森北出版, 東京, 1993, p.272
- [26] Barron, J. L., Fleet, D. J. and Beauchemin, S., Performance of Optical Flow Techniques, International Journal of Computer Vision, Vol.12, No.1, 1994, pp.43 77
- [27] Horn, B.K. P. and Schunck, B. G., Determining Optical Flow, Vol.17, 1981, pp.185
203
- [28] Rosenfeld, A. and Kak, A. C., デジタル画像処理, 近代科学社, 東京, 1978, p.481
- [29] 日野幹雄, スペクトル解析, 朝倉書店, 東京, 1977, p.300
- [30] Park, J. I., Inoue, S. and Iwadate, Y., Estimating Camera Parameters from Motion Vectors of Digital Video, IEEE Multimedia Signal Processing '98, 1998, pp.105 110
- [31] 太田直哉, 斉藤佳明, オプティカルフローの再検出による高精度な形状復元, 信学論, Vol.J81 D II, No.6, 1998, pp.1123 1131
- [32] 津田宏治, 仙田修司, 美濃導彦, 池田克夫, 逐次的ファジークラスタ抽出法とそのノイズに対するロバスト性, 信学論, Vol.J80 D II, No.1, 1997, pp.190 197

執筆者紹介 鈴木 良太郎 (Ryotaro Suzuki)

1954年生。1980年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。1992年日本ユニシス(株)入社。製造部門にてCAD/CAMシステムの研究開発に従事。1997年4月より2001年9月まで(株)ATR 知能映像通信研究所に出向し、マルチメディア情報処理の研究に従事。1999年4月より京都大学大学院情報学研究所博士後期課程知能情報学専攻美濃研究室においてマルチメディア情報処理の研究に従事。情報処理学会, 人工知能学会, 映像情報メディア学会, 日本映像学会, IEEE, ACM 会員。ISO/SC 24 専門委員会委員。