

卒業論文

題目

HEVC動き検出に対する粗密階
層探索法とテンプレート拡張法の
有効性評価

指導教員

近藤 利夫 教授

2012年

三重大学 工学部 情報工学科
計算機アーキテクチャ研究室

黒田 輝 (409825)

内容梗概

2016年にスーパーハイビジョンの試験放送が予定されているように、近年動画像の高精細化が急速に進んでいる。それに伴い符号化処理時の演算量が大幅に増大し、エンコード実行の際の大きな障害となっている。この符号化処理時の演算量削減に対して様々な手法が提案されてきた。

当研究室では、粗密階層型拡張テンプレート複数併用法を提案し、高探索精度、低演算量、高圧縮率、高並列性の両立を行うことが可能であることを示してきた [1][2]。しかし今までは従来の動画圧縮規格 H.264/AVC を用い研究を行ってきたが、スーパーハイビジョン放送では次世代規格である HEVC が用いられる予定である。そのため本研究では粗密階層型拡張テンプレート複数併用法の HEVC に於ける性能の評価を行った。

Abstract

As ultra high definition television is planning on test broadcasting 2016, moving picture resolution enhancement is advancing in recent years. Increasing of calculation frequency required for the encoding is big problem of encoder implementation. Many idea for calculation frequency reduction had been proposed.

Our laboratory has proposed course-fine hierarchical search method using 4 directional extended templates. It can provide both high estimation accuracy and low operation amount , for highly paralleling processing. We studied encoding using conventional moving picture compression standard H.264/AVC. But ultra high definition broadcast will definitely use next standard HEVC(H.265). Therefore the author researched efficiency improvement of the course-fine hierarchical search using 4 directional extended templates for HEVC.

目次

1	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	スーパーハイビジョンの概要	2
1.3	HEVC	2
1.4	研究目的	3
2	従来手法	5
2.1	動き検出	5
2.2	SAD(Sum of Absolute Difference)	6
2.3	追跡型探索	7
3	現在の問題点	8
3.1	高並列化が困難	8
3.2	対応策	8
4	今回使用した手法	9
4.1	粗密型階層探索	9
4.2	拡張テンプレート複数併用法	9
5	実装	11
5.1	粗密階層探索型拡張テンプレート複数併用法の実装	11
5.2	粗密型階層探索の実装	12
5.3	拡張テンプレート複数併用法の実装	14
6	性能評価	15
6.1	3階層探索評価	15
6.2	3階層探索評価結果, 考察	16
6.3	2階層探索評価	17
6.4	2階層探索評価結果, 考察	18
6.5	拡張テンプレート評価	19
6.6	拡張テンプレート評価結果, 考察	19
6.7	他の手法との比較	20
6.8	比較結果, 考察	20
6.9	考察	21
6.10	今後の課題	22

6.11 HEVC エンコーダーへの見通し	23
7 おわりに	24
謝辞	25
参考文献	26

目 次

1.1	H.264 でのブロックサイズ	3
1.2	HEVC で追加されたブロックサイズ	4
1.3	HEVC でのブロック分割の例	5
4.4	粗密階層探索	10
4.5	拡張プレート複数併用法	11
5.6	粗密階層探索拡張プレート併用法のアルゴリズム	12
5.7	階層探索のアルゴリズム	13
5.8	拡張プレート併用法のアルゴリズム	15

表 目 次

6.1	3階層探索適用結果	16
6.2	2階層探索適用結果	18
6.3	拡張テンプレート適用結果	19
6.4	他の手法との比較結果	20

1 はじめに

1.1 背景

2014年、従来のフルハイビジョン放送解像度(1920x1080)の縦横2倍(3840 × 2160)となる4K画質での試験放送が、2016年には4K画質からさらに縦横2倍(7680 × 4320)となるスーパーハイビジョン(8K)の試験放送が予定され、2020年をめどに4K、スーパーハイビジョン放送対応のテレビが一般に普及すると予想されている。

スーパーハイビジョン放送では現行の16倍の解像度となることから、動画像符号化処理量が大幅に増加してしまい、放送開始に必須となる高画質のリアルタイムエンコーダ実現の大きな障害となっている。このためその膨大な符号化処理量の大半を占める動き検出処理の速度向上が必要不可欠となっている。しかし従来の高効率動き検出アルゴリズムでは高い転送速度要求が実装上のボトルネックとなるため、高画質のリアルタイムエンコーダを実現する動き検出アルゴリズムの開発が強く望まれている。

1.2 スーパーハイビジョンの概要

スーパーハイビジョンは従来のフルハイビジョンの解像度 1920x1080 に対して縦横 4 倍の 7380x4320 の解像度となる。またフレームレートも 60fps となり、ハイビジョン放送のフレームレートの 2 倍の値となる。そのためハイビジョン放送の場合と比較し、256 倍以上の演算量が必要となる。そのような理由から現在のところ十分にリアルタイムエンコードが可能かつ高効率、低ビットレートを満たすエンコーダの実現がなされていない。そのためそれらの要求を満たすエンコーダの開発が急務となっている。

1.3 HEVC

HEVC(High Efficiency Video Coding) とは現行の動画圧縮規格である H.264/AVC の後継規格である。また HEVC は 2013 年 1 月に H.265 として正式に規格化された。4K 画質放送やスーパーハイビジョン放送などの高解像度な映像だけでなく、携帯端末向けの映像配信までを想定している。従来規格からの変更点として、高画素値への対応と圧縮率が約 2 倍向上したことが挙げられる。また動き検出時の変更点として探索ブロックサイズが図 1.1 に示す 4x4 ~ 16x16 から図 1.2 に示す 4x4 ~ 64x64 となり、

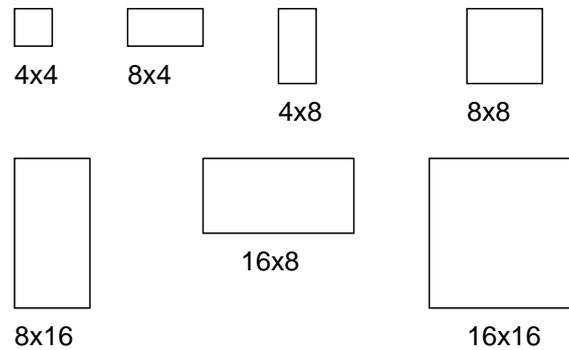


図 1.1: H.264 でのブロックサイズ

広いブロックサイズを使用して動き検出のマッチングをえるようになった。HEVC では図 1.3 のように分割して行われる。

1.4 研究目的

当研究室では高効率，高速，高並列を両立する粗密階層探索及びテンプレート拡張併用法を提案してきた。アルゴリズムは従来の動画圧縮規格である H.264/AVC を使用し研究を行ってきた，しかしスーパーハイビジョン放送では次世代動画圧縮規格である HEVC が用いられると予想されている。そのため使用する規格の変更が将来必要とするため，HEVC の特性の分析，適用性，課題，問題点の評価が必要である。使用規格変更がどのような影響を与えるのか調査するために粗密階層探索及びテンプレート拡張併用法を HEVC に実装して検証を行った。

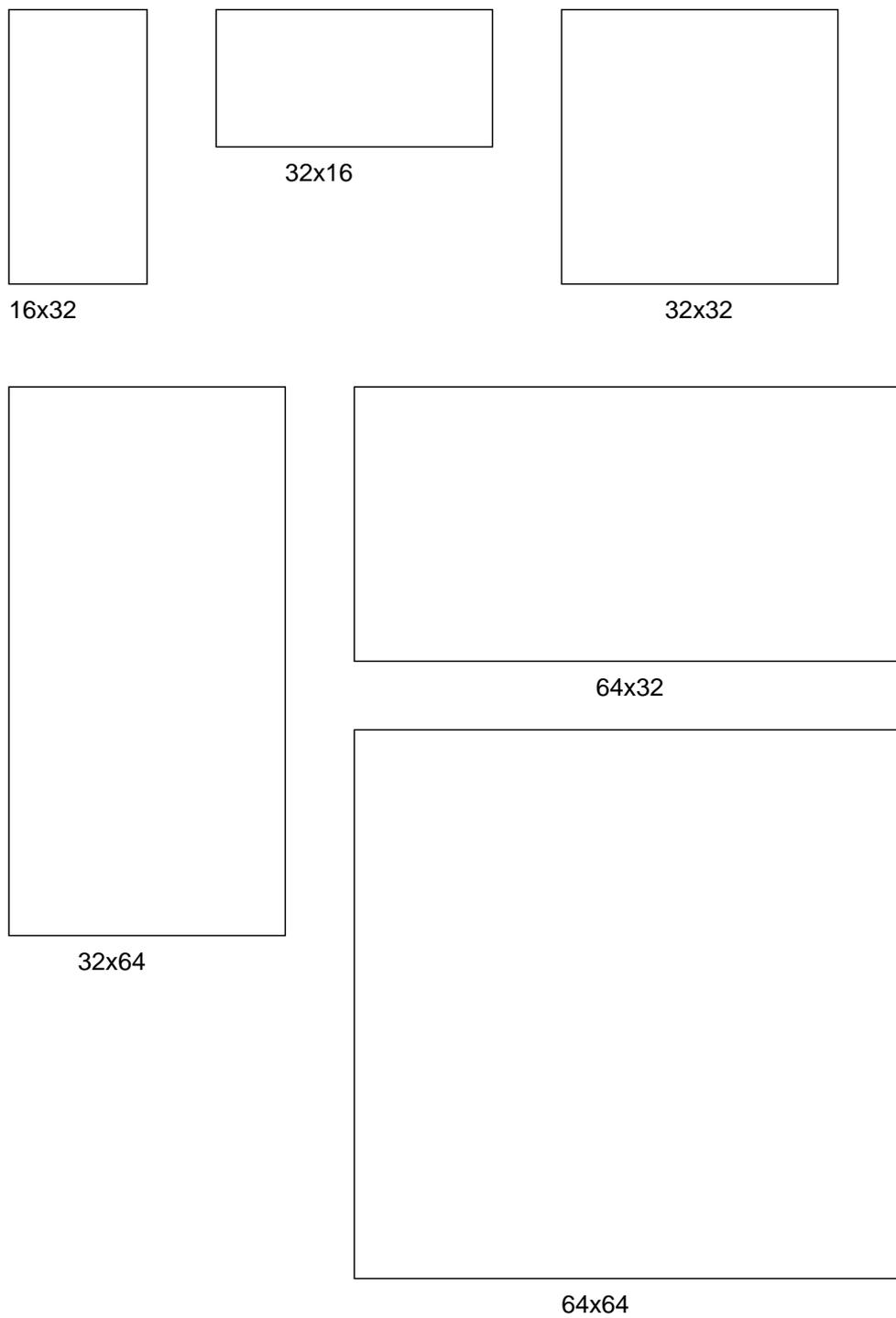


図 1.2: HEVC で追加されたブロックサイズ

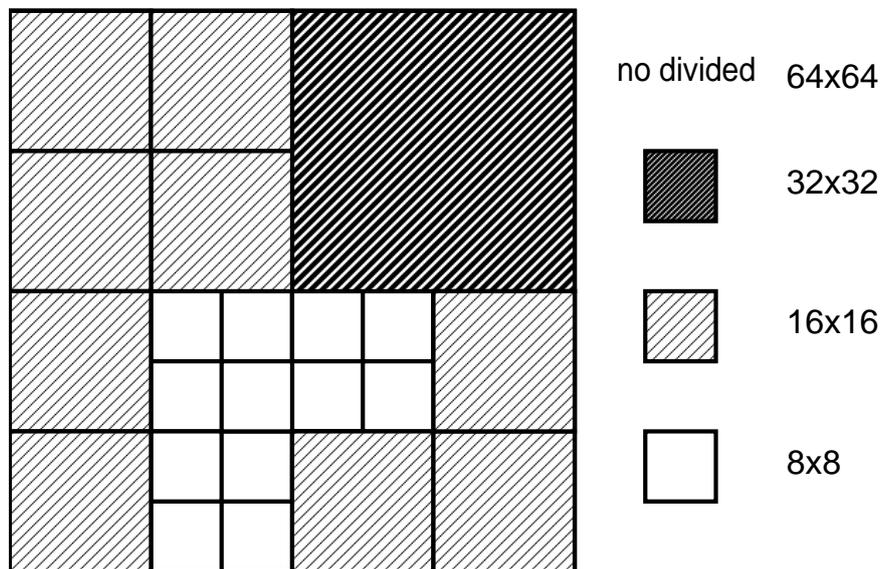


図 1.3: HEVC でのブロック分割の例

2 従来手法

2.1 動き検出

動画像データを圧縮せずに送信しようとするれば、その膨大なデータ量によって莫大なビットレートが必要になる。しかしそれだけのビットレートを現実的に用意することは困難である。そのためデータ送信を行う場合は画像に圧縮をかけることによって、小さいビットレートでの送信を可能としている。

動画では1秒間に30枚や60枚といった単位で画像を順次変更していくことによって画像が動いているように見せている。よって時間的に隣接

する画像同士ではほとんど同じ画像を使用していることになる．その性質を利用し隣接する画像のブロックからどれだけ次のフレームにそのブロックが動いたかという情報である動きベクトルを用いることによって，大幅に情報量の削減を行うことが出来る．

この動きベクトルを求める作業が動き検出であり，正確な動きベクトルを求めることが動画像圧縮の肝となる．しかしながら正確な動きベクトルを求めようと網羅的な動き検出を行うと演算量が大幅に増加してしまう．そのため低演算量と高探索精度を両立したアルゴリズムが必要となる．

動画像符号化処理で最も時間がかかるのはこの動き検出処理であり，優れたアルゴリズムの開発が必要となる．

2.2 SAD(Sum of Absolute Difference)

動き検出では，差分絶対値和 (SAD) 値を使用する．動き検出の際に符号化画像をブロックに分け，符号化対象画像ブロック内でそれぞれ画素値の差分値を取り，その和を SAD 値とする．この SAD 値が最も低い場所へのベクトルを動きベクトルとする．SAD 値を取る地点数を増やせば良い動きベクトルを求めることが出来るが，演算量が増加してしまうため，

少ないマッチング回数で最良の動きベクトルを求める必要がある．低演算量で実現するためにいくつかのアルゴリズムが提案されている．

2.3 追跡型探索

動き検出のアルゴリズムとして追跡型探索が知られている．追跡型探索とはいくつかの探索点でそれぞれの SAD 値を求め，その後最も SAD 値が小さくなった場所を探索の中心として再度探索を行う．探索の中心点が動かなくなった時に探索を終了するという手法である．

探索点の決定法として探索点が四角形型であるスクエアサーチや，ダイヤモンド型であるダイヤモンドサーチなど多数の物が提案されており，また探索点を徐々に縮小していく縮小型探索など従来多数の研究がなされてきた．追跡型探索は高い探索精度と低演算量の両立が実現でき，現行のエンコーダでよく使われるアルゴリズムとなっている．しかし，欠点として画像データへのアクセスパターンがネックとなり高並列化が容易ではなく，並列処理による高速化が困難となっている．

3 現在の問題点

3.1 高並列化が困難

現在主に使用されている追跡型探索を用いたアルゴリズムは先述の通り実際に多数使用されている。しかしこれ以上の演算の高速化を行おうとすれば高並列化が必要となる。だが追跡型探索を用いたアルゴリズムではデータアクセスが不規則となってしまうため高並列化は容易ではない。そのためデータアクセスが規則的であり高並列化が容易である階層型探索を用いたアルゴリズムを使用する必要があると考えられる。

3.2 対応策

高並列化が容易な階層型探索として粗密階層型探索がある。しかし探索精度は追跡型探索と比較すると低下してしまっている。そこで拡張テンプレート複数併用法を使用することで探索精度向上を図る。

4 今回使用した手法

4.1 粗密型階層探索

粗密型階層探索とは探索を行う際に階層的に探索を行う階層型探索の1種である。この手法はあらかじめ符号化画像の画素値を間引き、図 4.4 のように粗くしたサブサンプリング画像を使用する。粗なサブサンプリング画像を利用して広範囲の動き検出を行い大まかな動きベクトルを求め、その後求められた動きベクトルを使用し、順次密にした画像を使用し、狭い範囲の動き探索を行うことによって動き検出を行う。密な画像で広範囲の動き検出を行う場合膨大な演算量となるが、粗な画像では少ない演算量で同等の範囲の探索を行うことが可能である。この手法を利用することによって演算量の削減を行うことができる。また先述の追跡型探索と比較すると規則的なマッチングが行われるため演算の並列化が容易である。しかし探索精度が低下してしまう欠点が存在する。

4.2 拡張テンプレート複数併用法

粗密階層型探索の欠点として探索精度の低下が上げられるが、それは粗な画像での探索時の構成画素数が原因である。そこで符号化を行うブロックだけでなく図 4.5 のようにその近傍のブロックの情報も利用するこ

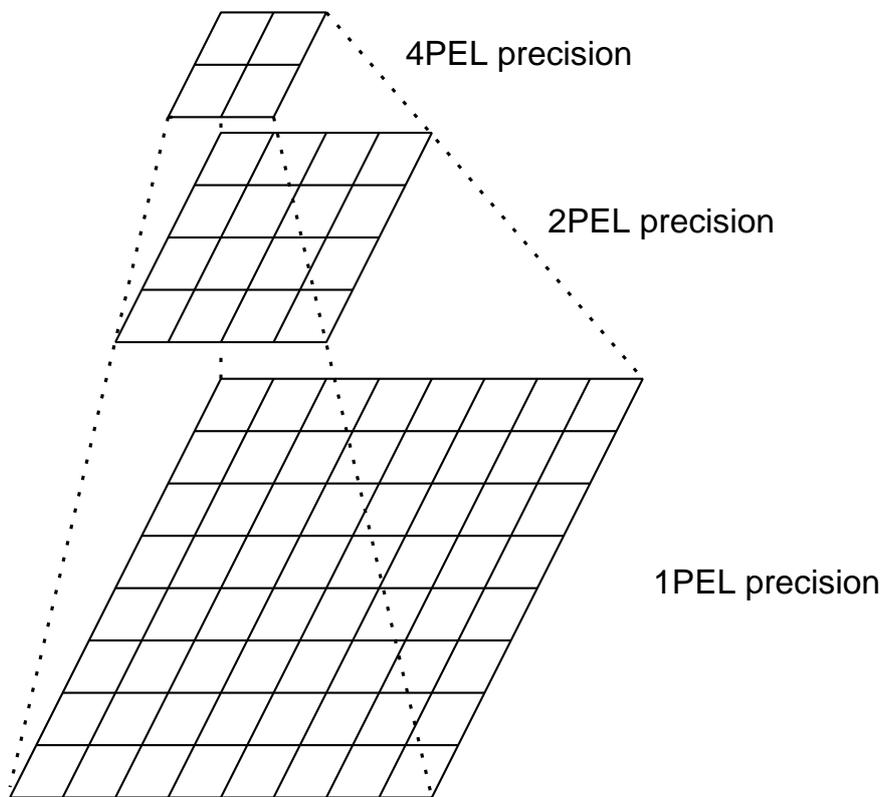


図 4.4: 粗密階層探索

とで構成画素数を増加させることによって探索精度の向上を行う。この手法を使用する場合と使用しない場合とを比較すると、演算量は増加してしまうが、ラスタ走査順に動き検出を行う場合、既に上ブロックとの演算結果、左ブロックの演算結果がわかっているため、残りの右ブロックと下ブロックの演算をするだけでよく、従来は演算量の増加を抑えつつ、高探索精度を実現してきた。

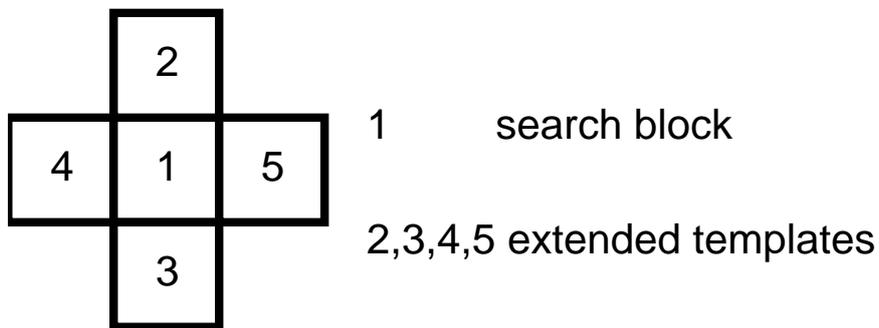


図 4.5: 拡張プレート複数併用法

5 実装

5.1 粗密階層探索型拡張プレート複数併用法の実装

HEVC での評価を行うためにテンプレート複数併用法に加えて、標準的な 3 階層探索，2 階層探索，階層なし探索を評価できるように，それぞれのパラメータを変更できるように設計を行った．粗密階層探索時の階層探索数はプログラム実行時に与えられる引数によって決定される．また，拡張プレート使用の有無もプログラム実行時の引数によって決定される．階層探索を行う場合は粗密型階層探索を行った結果が予測ベクトルと違った場合にさらに予測ベクトルを使用した近傍の探索を行う．また階層探索の結果，予測ベクトルがゼロベクトルと不一致である場合ゼロベクトル近傍の探索を行う．これらのなかで最も符号化コストが低い動きベクトルを予測ベクトルとして採用する．実装したアルゴリズム

を図 5.6 に示す．また各手法の詳細なアルゴリズムは後述する．HM 参照

ソフトウェアである HM8.0 をベースにこのアルゴリズムを導入した．

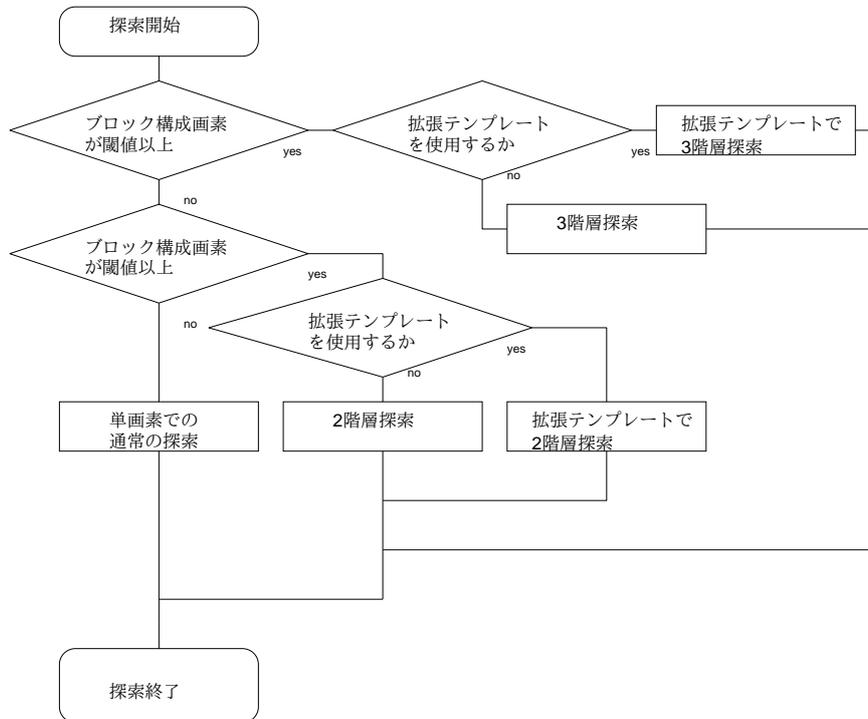


図 5.6: 粗密階層探索拡張テンプレート併用法のアルゴリズム

5.2 粗密型階層探索の実装

サブサンプリング画像の作成法として原画像の 2×2 画素の平均値を取りそこから 2 画素精度画像を作成し，その後さらに 2 画素精度画像から 2×2 画素値の平均値を取りそこから 4 画素精度画像を作成する．この処理はエンコード開始時にあらかじめ行っておく．3 階層探索を行う際の 1 次

探索では広範囲を4画素精度画像を使用して探索を行う。2次探索では1次探索で求めた動きベクトルを使用し2画素精度画像で狭い範囲で探索を行い、3次探索では2次探索で求めた動きベクトルを使用し単画素精度画像による探索をさらに狭い範囲で行う。2階層探索を行う際には1次探索では2画素精度画像を用いて広範囲の探索を行い、2次探索では1次探索で用いた動きベクトルを使用し単画素精度画像で狭い範囲の探索を行う。実装した階層探索のアルゴリズムは図5.7である。

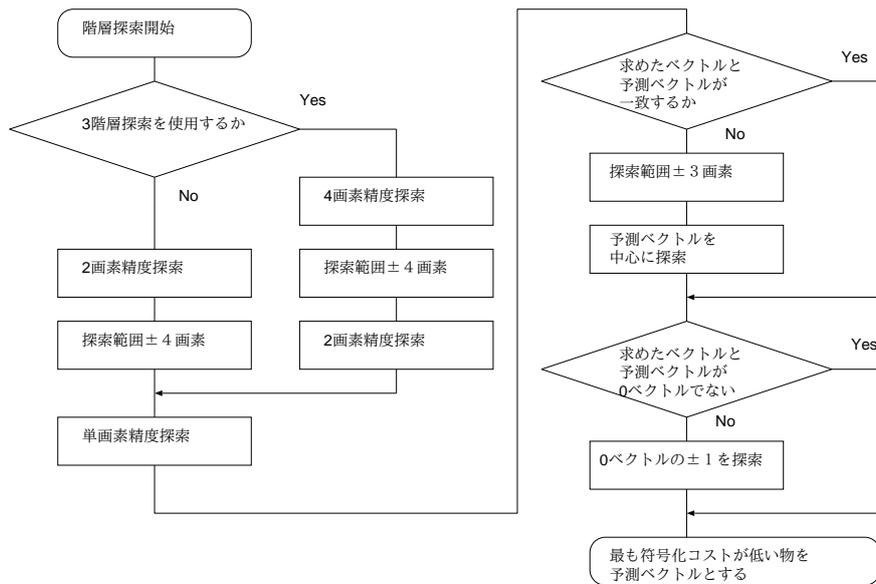


図 5.7: 階層探索のアルゴリズム

5.3 拡張テンプレート複数併用法の実装

本来ならばあらかじめ拡張テンプレートを使用した探索を行っておく必要があるが、今回の評価では HEVC における探索精度の評価を行うことが目的であるため、拡張テンプレート使用時に適宜演算を行った。上下左右 4 種類のブロックのテンプレートをそれぞれ中央ブロックと併せて SAD 値を算出する。その後、それら 4 種類それぞれで最も SAD 値が小さくなる動きベクトルを求める、そして x 座標、 y 座標それぞれで動きベクトルの中央値を求める、その中央値を使ったベクトルを動きベクトルとする。実装したアルゴリズムは図 5.8 である。

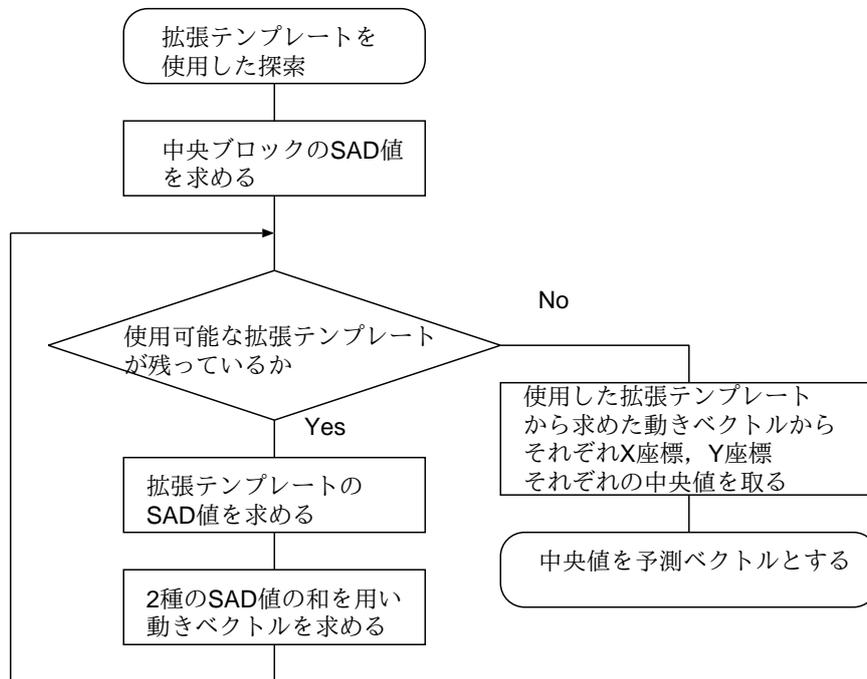


図 5.8: 拡張テンプレート併用法のアルゴリズム

6 性能評価

6.1 3階層探索評価

3階層探索は 8×8 のような小さいブロックサイズに適用した場合構成画素が 2×2 となってしまう、あまりにも構成画素数が小さくなるため効果を発揮しないと思われる。大きいブロックサイズの場合は十分な構成画素数が使用されるため効果が発揮されるのではないかと考えられる。そのため3階層探索を大きなブロックサイズから順次適用し、どのブロックサイズで適用した場合最良となるのか調査を行った。評価する内容は

圧縮率に対応する BitRate , 画像の劣化度合いを示す PSNR , 動き検出時の差分絶対値を求めたマッチング回数で評価を行った . 使用した画像は ITU 標準画像 5 種類 , 各 30 フレームのエンコードを行った . 3 階層探索を適用するマッチング時に使用するブロックサイズの面積を変更して評価した .

6.2 3 階層探索評価結果 , 考察

表 6.1: 3 階層探索適用結果

適用画素数		Horse	Soccor	Whale	Bronze	Street
適用しない	BitRate	9721.459	8775.008	25101.792	3810.848	1795.632
	PSNR	32.8816	28.7042	32.1764	31.7609	34.0149
	マッチング回数	1.95623	2.46135	2.46986	2.47581	2.2727
4096	BitRate	8949.939	8630.392	24244.992	3463.224	1717.288
	PSNR	32.9748	28.7616	32.2923	31.8917	34.0379
	マッチング回数	1.92186	2.54217	2.48228	2.56616	2.35122
2048	BitRate	8537.274	8610.896	23796.072	3393.864	1628.408
	PSNR	33.0593	28.7612	32.334	31.923	34.0572
	マッチング回数	1.97522	2.71673	2.63852	2.74273	2.5212
1024	BitRate	8629.293	8596.472	23810.328	3324.656	34.064
	PSNR	33.1086	28.7696	32.3552	31.9715	1633.92
	マッチング回数	2.14905	2.81939	2.73929	2.88333	2.61575
512	BitRate	8759.866	8574.64	23463.04	3290.352	34.0655
	PSNR	33.1384	28.7655	32.3588	31.9986	1601.024
	マッチング回数	2.45734	3.04133	3.02493	3.11535	2.83273
256	BitRate	9022.662	8553.56	23543.968	3271.88	1610.616
	PSNR	33.1854	28.7769	32.374	32.0088	34.0704
	マッチング回数	2.74978	3.14907	3.16917	3.23474	2.93751
128	BitRate	8893.21	8532.584	23282.352	3257.648	1596.848
	PSNR	33.1493	28.7842	32.3894	32.0282	34.0709
	マッチング回数	2.9239	3.37751	3.41707	3.45692	3.15187
64	BitRate	8800.883	8527.888	23276.928	3260.904	1601.128
	PSNR	33.153	28.78	32.3801	32.0256	34.0679
	マッチング回数	3.03725	3.46848	3.52614	3.55554	3.24463
32	BitRate	9412.013	8507.232	23366.608	3250.656	1601.288
	PSNR	33.2862	28.7911	32.3846	32.0363	34.0679
	マッチング回数	3.55723	3.72299	3.79926	3.80848	3.51052

評価結果は図 6.1 に示す。画像 HorseRace では構成画素数が 2048 以上のブロックに 3 階層探索を適用した場合 BitRate が最小となった。しかしそれ以外の画像では 128 以下のブロックサイズに適用した場合に BitRate 低減の効果があることが判明した。画像 HorseRace の場合でも 128 以上、64 以上のブロックサイズに適用した場合 2048 以上の場合に比べて効果は減少するが、BitRate の削減が見られる。3 階層探索は 128 以上または 64 以上の面積のブロックサイズに適用するのがよいと考えられる。よって HEVC における 3 階層探索は小さいブロックサイズまで適用することが効果的であると判断した。

6.3 2 階層探索評価

2 階層探索では 3 階層探索に比べ小さいブロックサイズに適用しても効果を発揮すると考えられる。3 階層探索は 128 以上あるいは 64 以上の構成画素数のブロックに効果的であると判断した。そこで 2 階層探索はその結果をふまえて適用ブロックサイズを決定する必要がある。評価は 3 階層探索評価時と同じ画像、同じ内容で行った。

表 6.2: 2 階層探索適用結果

3 階層適用 構成画素数	2 階層適用 構成画素数		Horse	Soccor	Whale	Bronze	Street
128	x	BitRate	8893.21	8532.584	23282.352	3257.648	1596.848
		PSNR	33.1493	28.7842	32.3894	32.0282	34.0709
		マッチング回数	2.9239	3.37751	3.41707	3.45692	3.15187
128	64	BitRate	9302.982	8513.016	23062.288	3254.936	1546.256
		PSNR	33.3123	28.7865	32.4259	32.0257	34.0832
		マッチング回数	10.595	10.6829	10.8099	10.7536	10.4149
128	32	BitRate	8893.21	8532.584	23282.352	3257.648	1596.848
		PSNR	33.1493	28.7842	32.3894	32.0282	34.0709
		マッチング回数	2.9239	3.37751	3.41707	3.45692	3.15187
64	x	BitRate	8800.883	8527.888	23276.928	3260.904	1601.128
		PSNR	33.153	28.78	32.3801	32.0256	34.0679
		マッチング回数	3.03725	3.46848	3.52614	3.55554	3.24463
64	32	BitRate	8800.883	8527.888	23276.928	3260.904	1601.128
		PSNR	33.153	28.78	32.3801	32.0256	34.0679
		マッチング回数	3.03725	3.46848	3.52614	3.55554	3.24463
32	x	BitRate	9412.013	8507.232	23366.608	3250.656	1601.288
		PSNR	33.2862	28.7911	32.3846	32.0363	34.0679
		マッチング回数	3.55723	3.72299	3.79926	3.80848	3.51052

6.4 2 階層探索評価結果，考察

評価結果は図 6.2 に示す．3 階層探索のみ使用の場合と比較して，演算量が大幅に増加してしまっているが，ビットレートは微増し，PSNR の値も減少している結果になった．小さいブロックサイズでは 3 階層探索も 2 階層探索も有効でないことが判明した．よって HEVC では 2 階層探索はあまり有効では無いことが判明した．

6.5 拡張テンプレート評価

3階層探索は HEVC で有効であったため，探索精度の効率，圧縮率の向上を行うために拡張テンプレート法を適用して評価を行った．使用したプログラムは先ほどの物に拡張テンプレートを適用した物で，使用画像は先ほどの実験と同じ物を拡張テンプレート使用の有無をわけて評価を行った．

6.6 拡張テンプレート評価結果，考察

表 6.3: 拡張テンプレート適用結果

3階層適用 構成画素数	拡張テンプレート 使用の有無		Horse	Soccor	Whale	Bronze	Street
128		BitRate	8893.21	8532.584	23282.352	3257.648	1596.848
		PSNR	33.1493	28.7842	32.3894	32.0282	34.0709
		マッチング回数	2.9239	3.37751	3.41707	3.45692	3.15187
128	×	BitRate	8734.317	8528.352	23268.104	3261.152	1598.784
		PSNR	33.1675	28.7873	32.3972	32.0184	34.0685
		マッチング回数	4.77614	5.44741	5.57058	5.56571	5.11615
64		BitRate	8800.883	8527.888	23276.928	3260.904	1601.128
		PSNR	33.153	28.78	32.3801	32.0256	34.0679
		マッチング回数	3.03725	3.46848	3.52614	3.55554	3.24463
64	×	BitRate	8772.704	8526.736	23238.448	3264.824	1599.672
		PSNR	33.1785	28.7786	32.3942	32.0206	34.0739
		マッチング回数	4.88371	5.57824	5.71514	5.69159	5.23275
32		BitRate	9412.013	8507.232	23366.608	3250.656	1601.288
		PSNR	33.2862	28.7911	32.3846	32.0363	34.0679
		マッチング回数	3.55723	3.72299	3.79926	3.80848	3.51052
32	×	BitRate	9404.211	8512.432	23261.912	3253.064	1618.2
		PSNR	33.3036	28.7795	32.3768	32.0299	34.0711
		マッチング回数	5.82647	6.03846	6.17802	6.14326	5.71168

評価結果は図 6.3 に示す．拡張テンプレートを適用した場合，適用しな

かった場合と比較し BitRate が削減される物や PSNR が上昇し，圧縮率の向上や探索精度の向上した物が見られるが，逆に圧縮率の悪化や探索精度が低下してしまっている物も存在する．また性能が向上しているものもごく僅かしか改善が行われなかった．拡張テンプレートを適用した場合，適用しなかった場合に比べると演算数が増加する．HEVC に現在の拡張テンプレートを適用した場合では演算量増加に見合わない結果となってしまうと判断する．

6.7 他の手法との比較

HM 参照ソフトウェアで使用されている TZSearch と粗密階層探索法の比較評価を行った．

6.8 比較結果，考察

表 6.4: 他の手法との比較結果

3 階層適用		Horse	Whale	Bronze	Street
128	BitRate	8893.21	23282.352	3257.648	1596.848
	PSNR	33.1493	32.3894	32.0282	34.0709
	マッチング回数	2.9239	3.41707	3.45692	3.15187
64	BitRate	8800.883	23276.928	3260.904	1601.128
	PSNR	33.153	32.3801	32.0256	34.0679
	マッチング回数	3.03725	3.52614	3.55554	3.24463
32	BitRate	9412.013	23366.608	3250.656	1601.288
	PSNR	33.2862	32.3846	32.0363	34.0679
	マッチング回数	3.55723	3.79926	3.80848	3.51052
TZSearch	BitRate	9404.896	23104.52	3239.888	1550.056
	PSNR	33.3151	32.4234	32.0513	34.0817
	マッチング回数	5.78996	8.86548	3.12586	2.579

評価結果は図 6.4 に示す．現状ではほとんどの画像で粗密階層探索法は TZSearch 法と比較すると性能が低下している事が判明した．しかしながら，Horse では粗密階層探索法は PSNR が減少してしまっているが，TZSearch 法と比較し BitRate の 10% 以上の低減，探索回数の半分以上の削減が行われた．画像 Horse は使用した画像の中でもっと画像内での動きが激しい物であり，粗密階層探索法は動きが激しい物に対して非常に有用であるといえる．また他の画像でも粗密階層探索法は高並列性を備えており，TZSearch 法は高並列化が困難であることから，大きな性能低下無く高並列化が可能な粗密階層探索法を導入出来ているため，HEVC に於いても効果的であると判断した．

6.9 考察

これまでの評価結果から現時点での HEVC における粗密階層型探索拡張テンプレート複数併用法は，3 階層探索のみを小さいブロックサイズまで適用するものが最も効果的であると判断した．先行研究である H.264/AVC での粗密型階層探索拡張テンプレート複数併用法では 3 階層探索はあまり効果を発揮してこなかった．HEVC で動き検出時のブロックサイズが従来より大きな物を使用することが効果的であったと判断できる．一方 2

階層探索は HEVC に於いてさして大きな効果を発揮しなかった。ただし 2 階層探索の効果が十分に発揮されなかったのは探索範囲が十分でなかった可能性も存在する，そのため探索範囲設定を見直し再度実験を行う必要がある。現時点では階層探索を適用するのは 3 階層探索のみとするのが良いと判断する。拡張テンプレートは十分な効果を発揮していないため，テンプレート拡張範囲を現在の上下左右だけでなく斜め方向へ拡張すれば，探索精度の向上が見込める。

6.10 今後の課題

今回の実験では階層探索の適用ブロックサイズの調査を行ったが，今後は階層探索の探索範囲の設定の調査が必要となる。2 階層探索は効果を発揮しなかったため，特に調査する必要がある。拡張テンプレートは現在のところ大きな効果が得られなかったが，使用テンプレート数を増やすことによって効果が增大すると思われるため，その調査が必要である。また現在拡張テンプレートを適用するのは，階層探索の 1 次探索実行の際すべての場合に行っているが，ここでもブロックサイズによって使用の有無を切り替えた方が効果的であるかもしれない。エンコードに利用した画像は今回の場合フル HD 画質のインターレース画像を使用した。

スーパーハイビジョン放送では UHD 画質のプログレッシブ画像が用いられる予定である，そのためスーパーハイビジョン向けのエンコーダを開発するためには現在の画像より高解像度の画像を使用してエンコードを行う必要がある．

6.11 HEVC エンコーダーへの見通し

現在の粗密階層探索法を使用したエンコーダの場合，HM 参照ソフトウェアである TZSearch と比較した場合，たいていの画像で性能が劣る結果となってしまう．そのため HEVC エンコーダとしての粗密階層探索法の優位性を示すためには粗密階層探索法の高並列性を示す必要がある．そのため今後粗密階層探索法の高並列化を行い，TZSearch と実行時間の比較評価が必要となる．

7 おわりに

当研究では HEVC における粗密型階層探索拡張テンプレート複数併用法の有効性評価を行った。3 階層探索を適用することによって TZSearch よりやや性能が劣るだけで、高並列性の実現が容易な粗密階層探索法を利用できる事が判明した。しかし現状では TZSearch と比較し探索精度、圧縮率が劣っている。そのため劣っている要素の改善が必要である。また現在は低解像度での評価を行ったため高解像度画像でのエンコードが必要である。そこで今後スーパーハイビジョン放送を意識した高解像度の画像を使用し、エンコードの評価を行っていく。

謝辞

本研究を遂行するに当たり，日頃からご指導，ご助言いただきました近藤利夫教授，大野和彦講師，佐々木敬泰助教に感謝いたします．また様々な面でお世話になった計算機アーキテクチャ研究室の先輩方々や同輩方々に感謝の意を表します．

参考文献

- [1] 近藤 他, 方向別拡張テンプレートを複数併用する粗密探索構成の動き検出法, 電子情報通信学会論文誌 VOL.J95-D NO.1,2012
- [2] 菅谷, 近藤 他: 拡張テンプレート複数併用法と探索区域予測を組み合わせる H.264 対応の高効率動き検出法, 電子情報通信学会技術研究報告. CS, 通信方式 108(343), 71-76, 2008-12-04