

SIMG 評価レポート

2013/10/24

内容

1. 概要	2
2. 検証環境	3
2. 1. ハードウェア情報	3
2. 2. 検証対象	4
2. 3. 計測手法・評価ツール	4
2. 4. 計測条件	4
3. 検証項目	6
3. 1. 特徴量アルゴリズムによる違い	6
3. 2. 特徴量抽出パラメータによる違い	7
3. 3. 検索条件の足切りによる違い	8
3. 4. ハードウェア(USB3-HDD)による違い	8
3. 5. 画像数による違い	9
3. 6. 処理スレッド数による違い	9
3. 7. 類似検索の検出精度	10
4. 計測結果	11
4. 1. 特徴量アルゴリズムによる違い	11
4. 2. 特徴量抽出パラメータによる違い	13
4. 3. 検索条件の足切りによる違い	15
4. 4. ハードウェア(USB3-HDD)による違い	17
4. 5. 画像数による違い	18
4. 6. 処理スレッド数による違い	21
4. 7. 類似検索の検出精度	23
5. 考察	24

1. 概要

本紙はソフトウェア SIMG の性能評価レポートです。

SIMG とは画像の類似検索を行うデスクトップアプリケーション（自作ソフト）です。

SIMG に多量の画像ファイルを与えると、似通った画像の組を表示します。類似検索はパターン認識技術の分野であり、次の技術、

- ・ 画像ファイルがもつ膨大な画像データ(RGB 値および XY)から、その特性を取り出す技術
- ・ 1つの画像の特徴量を特徴点として特徴空間にばらまいたとき、近傍の特徴点を高速に見つける技術が必要になります。SIMG は特徴抽出に OpenCV の検出器を用い、特徴量を確率分布として規格化し、特徴量を重ね合わせて、[0 1]の範囲の値を類似度とします。高速検索にはサンプリング(特徴量の圧縮)、kd-Tree を用いて実現しています。

高速化の手段として、機能分散によるスレッド化（ファイル検索、特徴量抽出、マッチング）を行い、更に負荷分散によるスレッド化（複数の特徴量抽出）を行います。但し、負荷分散は実験段階な為、未公開です。

SIMG は他にも Save, Load 機能を持ち、一度構築した画像データ&検索結果を保存、再読み込みすることができます。これにより時間のかかる特徴量抽出の手間を軽減できます。

そこで、本検証では下記項目についておこないます。

- ・ 特徴量検出器(類似アルゴリズム)による違いはあるのか？
- ・ 特徴量抽出パラメータ（サンプリングパラメータ）による違いで性能がどう変わるか？
- ・ データ数(画像数)により、処理時間、メモリはどう変わるか？
- ・ ハードウェア（画像ファイルの置場）による処理時間の違いはあるのか？
- ・ 処理スレッド数による違い（正しく負荷分散が機能しているか？）
- ・ 類似検索の精度はどれくらいか？（全組み合わせをどれくらい取り出せるか）

2. 検証環境

検証を始める前に、検証環境について説明します。

- ・ハードウェア情報
- ・計測対象
- ・計測手法・評価ツール

2. 1. ハードウェア情報

検証用マシンとして以下を用います。

	DELL ultrabook(XPS13)
OS	Windows8 64bit
CPU	i7-3537U, 2.5GH (2core)
HDD	SSD 256GB
MEM	8GB

プロセッサ	7. 1
メモリ	7. 5
グラフィックス	5. 6
ゲームグラフィックス	6. 5
プライマリ HDD	8. 1

また、外部接続の HDD として、東芝 HDD 1.4TB (USB3 接続)を用います。

なお、CrystalDiskMark 3.0.2 x64 <http://crystalmark.info/> によるベンチマーク結果を以下に示します。(テストパラメータはデフォルト動作; 5times, 1000MB)

SSD 256GB

Sequential Read : 445.507 MB/s
Sequential Write : 264.358 MB/s
Random Read 512KB : 302.440 MB/s
Random Write 512KB : 241.192 MB/s
Random Read 4KB (QD=1) : 13.519 MB/s [3300.6 IOPS]
Random Write 4KB (QD=1) : 26.019 MB/s [6352.4 IOPS]
Random Read 4KB (QD=32) : 274.480 MB/s [67011.7 IOPS]
Random Write 4KB (QD=32) : 91.656 MB/s [22377.0 IOPS]

HDD 1TB (USB3)

Sequential Read : 56.185 MB/s
Sequential Write : 58.540 MB/s
Random Read 512KB : 28.205 MB/s
Random Write 512KB : 33.029 MB/s
Random Read 4KB (QD=1) : 0.314 MB/s [76.6 IOPS]
Random Write 4KB (QD=1) : 0.733 MB/s [178.9 IOPS]
Random Read 4KB (QD=32) : 0.583 MB/s [142.2 IOPS]
Random Write 4KB (QD=32) : 1.199 MB/s [292.7 IOPS]

CrystalDiskMark 3.0.2 x64 (C) 2007-2013 hiyohiyo

Crystal Dew World : <http://crystalmark.info/>

* MB/s = 1,000,000 byte/s [SATA/300 = 300,000,000 byte/s]

2. 2. 検証対象

SIMG は ver5.1.0

<http://www.vector.co.jp/soft/winnt/art/se492890.html>

をベースに、特徴量検出器(SIFT,SURF)が使える、負荷分散処理に対応した 64bit 版を用います。

対象とする画像データは、下記 2 種類のデータを用います。

http://www.vision.caltech.edu/Image_Datasets/Caltech256/

30,608 files / 1.07GB

http://www.vision.caltech.edu/Image_Datasets/Caltech101/Caltech101.html

9,145 files / 132MB

主な検証は Caltech101 を用います。

「画像数による違い」(100, 200, ..., 12800)の場合のみ、Caltech256 を用います。

ほとんどの検証時には SSD(内臓)にある画像データを対象にします。

特別、ハードウェアの違いを検証する際に、外部 HDD を利用します。

2. 3. 計測手法・評価ツール

時間計測には、あらかじめ SIMG に実装されている機能、評価用のログ出力機能を用います。

リソース(CPU, MEM, DISK READ)のグラフ化には、OS 付属のパフォーマンスモニタを用います。

キャッシュの影響が無いよう、キャッシュクリアのツールとして RAMMap を用います。

<http://technet.microsoft.com/ja-jp/sysinternals/ff700229.aspx>

クライアント: Windows Vista 以降、サーバー: Windows Server 2008 以降対応

キャッシュクリアの実行は、メニューバーの[empty]をすべて行います。

2. 4. 計測条件

計測にあたっては以下の条件で行います。

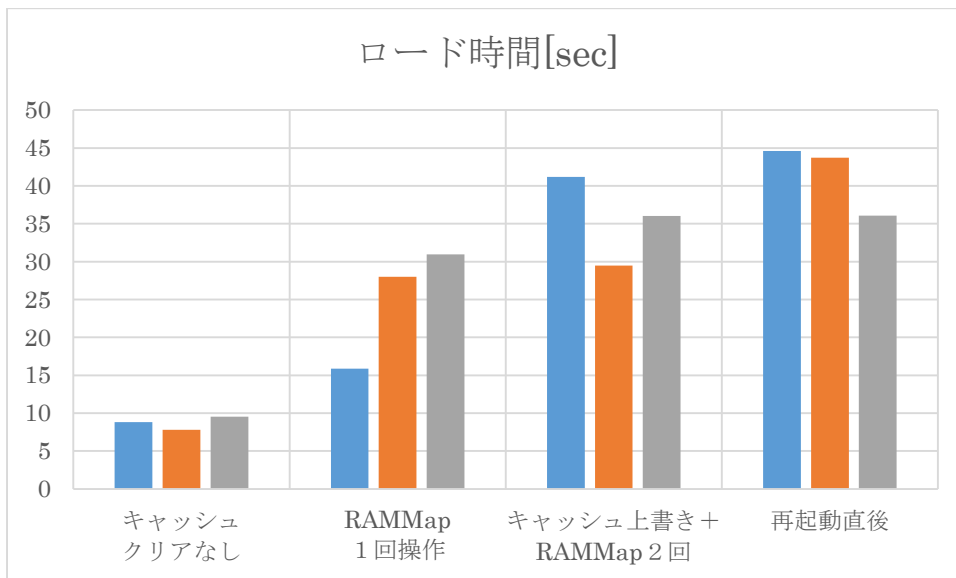
- ・ネットワーク接続
- ・アンチウィルスソフト等の常駐

各検証を開始する前にはキャッシュをクリアしてから行います。

RAMMap だけではハードウェア側の内蔵キャッシュまでクリアできないので、検証に関係ないファイルを読み込むことでキャッシュを上書きします。この後、RAMMap でキャッシュをクリアします。(念のため、RAMMap のクリア操作は少々時間をかけて 2 度繰り返します。)

下記に、同一のロード検証を様々なキャッシュクリアの手順で行った際の計測結果を示します。

- キャッシュをクリアしなかった場合
- RAMMap を1回操作した場合
- 別ファイルの読み込み（キャッシュの上書き）+RAMMap を2回操作した場合
- 再起動時直後の場合



再起動直後ならばキャッシュのない理想的な状態ですが、常駐ソフトの影響が無いようにしばらくの間待機する必要がある、手間がかかります。「キャッシュ上書き+RAMMap 2回」ならば「再起動」時の結果に近いキャッシュクリアといえます。一方 RAMMap 1 回では十分にキャッシュがクリアできていない上に、他より大きなバラツキが見られます。以上より、キャッシュクリア操作には「キャッシュの上書き+RAMMap 2 回操作」を行なうこととします。

尚、実際の動作環境に近いようネットワーク接続やアンチウイルスソフトを常駐したまま計測を行いますが、計測値のバラツキが大きくなることが予想されます。そこで計測を6回行い、ばらつきの最も大きい値を1つ取り除いた5つの計測値を採用します。ただし、連続して計測を行なうとパソコン本体に熱を溜め込んでしまい、CPU ファンの稼動が高くなってしまいますので、程よく冷却期間を置きながら計測を行います。

3. 検証項目

検証項目では下記項目を検証します。

- 特徴量アルゴリズムによる違い
- 特徴量抽出パラメータによる違い
- 検索条件の足切りによる違い
- ハードウェア(USB3-HDD)による違い
- 画像数による違い
- 処理スレッド数による違い
- 類似検索の検出精度

3. 1. 特徴量アルゴリズムによる違い

特徴量アルゴリズム(SIMG のモード)を切り替えることで、下記項目を測定します。

- ・ロード - 結果表示の総合時間
- ・セーブデータのファイルサイズ
- ・類似度別頻度(類似度のヒストグラム)
- ・画像ファイル間の類似度比較

特徴量アルゴリズムには、MD5 および OpenCV の特徴量アルゴリズム(固有,HARRIS, ..., SURF)を用います。

モード	パラメータ
BIN モード(MD5)	
OpenCV モード(固有)	maxCorners = 1000, qualityLevel = 0.01, minDistance = 1.0, blockSize = 3, k = 0.04
OpenCV モード(HARRIS)	maxCorners = 1000, qualityLevel = 0.01, minDistance = 1.0, blockSize = 3, k = 0.04
OpenCV モード(FAST)	threshold = 1, nomaxSuppression = true
OpenCV モード(STAR)	maxSize = 16, responseThreshold = 30, lineThresholdProjected = 10, lineThresholdBinarized = 8, suppressNonmaxSize = 5
OpenCV モード(MSER)	delta = 4, min_area = 5, max_area = 100, max_variation = 0.25, min_diversity = 0.2, max_evolution = 100, area_threshold = 1.00, min_margin = 0.003, edge_blur_size = 5
OpenCV モード(ORB)	nfeatures = 100, scaleFactor = 2.0, nlevels = 4, edgeThreshold = 1, firstLevel = 0, WTA_K = 2, scoreType = 0, patchSize = 4

OpenCV モード(BRISK)	thresh = 30, octaves = 3, patternScale = 1.0
OpenCV モード(SIFT) (*)	nfeatures = 0, nOctaveLayers = 3, contrastThreshold = 0.04, edgeThreshold = 10, sigma = 1.6
OpenCV モード(SURF) (*)	hessianThreshold = 400, nOctaves = 4, nOctaveLayers = 2

*) SIFT,SURF は通常の SIMG では使用できません。本検証用にカスタマイズされた SIMG を用います。

上記「画像ファイル間の類似度比較」は、OpenCV モードの各特徴量検出器の違いを見るためのもので、OpenCV モードのみの検証になります。この時は特定の画像ファイルの組を対象に、各検出器の類似度を比較します。この『特定の画像ファイルの組』とは、各モード毎に類似度の上位 150 組を計 9 回を選び、重複を排除した 1064 組です。(着目したいのは、モード毎で類似度の異なる組です。類似度の低い組は他のモードでも低くかつ大多数を占めるので排除します。類似度の高い組は他のモードでも高い傾向がありますが、数が少ないので無視します。)

結果には、画像の組(数組)と各モードの類似度のテーブル、各モード間の相関係数を求めたテーブルを求めます。

3. 2. 特徴量抽出パラメータによる違い

特徴量アルゴリズムを FAST に固定して、このアルゴリズムのパラメータを 3 通り (CaseP1, CaseP2, CaseP3) に変化させて下記項目を測定します。

- ・ロード・結果表示の総合時間
- ・セーブデータのファイルサイズ
- ・類似度別頻度(類似度のヒストグラム)
- ・画像ファイル間の類似度比較

	CaseP1	CaseP2	CaseP3
特徴空間分割数 (x,y,angle)	10x10x8	16x16x12	32x32x16
最大取得特徴点数	40	60	80
ガウシアンフィルタ	OFF	OFF	ON

CaseP1 はサンプリングが粗く、精度を低めに(SIMG のデフォルト値)、

CaseP3 はサンプリングを細かく、精度を高めにします。

「画像ファイル間の類似度比較」は「3. 1. 特徴量アルゴリズムによる違い」の時と同様の画像の組を用いて、結果には、画像の組(数組)と各モードの類似度のテーブル、各モード間の相関係数を求めたテーブルを求めます。

※アルゴリズムの補足

特徴量検出器の出力結果として多数の特徴点が抽出されます。それぞれの特徴点は座標値、角度と大きさを持ちます。それらを分割された特徴空間にサンプリング（標本化）するときのパラメータが先の特徴空間分割数(x,y,angle)です。特徴点は大きさの大きいものから順に選び、最大個数「最大取得特徴点数」まで取得します。「ガウシアンフィルタ」は特徴点の座標位置から近傍位置(3x3)へ滲み出しを考慮するフラグで、大きさに比例して近傍に値を分散させます。

上記、各パラメータでの1画像あたりのデータ量(最大)は以下のようになります。

CaseP1	32,000 * sizeof(double)
CaseP2	184,320 * sizeof(double)
CaseP3	11,796,480 * sizeof(double)

3. 3. 検索条件の足切りによる違い

類似検索を高速に行う手段として、類似度が設定値を下回ったときに個々のマッチング処理を中断する機能があります。この機能（検索条件の足切り）の条件を変化させて、下記項目を測定します。

- ・ロード - 結果表示の総合時間
- ・画像数と類似検出数
- ・ロード - 結果表示のリソース（CPU, MEM, HDD）

特徴量アルゴリズムには **FAST** を用います。

足切りの条件を下記8通りで計測します。

条件	範囲
CaseF9	[0.9 1.0]
CaseF8	[0.8 1.0]
CaseF7	[0.7 1.0]
CaseF6	[0.6 1.0]
CaseF5	[0.5 1.0]
CaseF4	[0.4 1.0]
CaseF3	[0.3 1.0]
CaseF2	[0.2 1.0]

足切りの条件は、SIMG の[表示]-[生成 類似度 制限...]のパラメータのことを指します。

3. 4. ハードウェア(USB3-HDD)による違い

SSD の場合と 外部 HDD(USB3 接続)の場合で、下記項目の比較を行います。

- ・ロード - 結果表示の総合時間

特徴量アルゴリズムには **FAST** を用います。

3. 5. 画像数による違い

対象画像のデータ数を変化させて、下記項目を計測します。

- ・ロード - 結果表示の総合時間
- ・セーブデータのファイルサイズ
- ・画像数と類似検出数
- ・ロード - 結果表示のリソース (CPU, MEM, HDD)

特徴量アルゴリズムには MD5, FAST の2種類を用い、ロード時間とセーブデータサイズをそれぞれ計測します。「類似検出数」と「ロード時のリソース」は FAST の場合のみを計測します。

データには Caltech256 を用い、以下のファイル数のディレクトリを用意します。

項目名	ファイル数	総データ量
Data001	100	2.09[MB]
Data002	200	3.97[MB]
Data004	400	7.29[MB]
Data008	800	14.7[MB]
Data016	1600	40.3[MB]
Data032	3200	102[MB]
Data064	6400	230[MB]

3. 6. 処理スレッド数による違い

SIMG には機能分散としてのスレッド処理（ファイルサーチ、特徴量抽出、マッチング処理）に加えて、負荷分散として特徴量抽出処理を複数で実行可能にしています。但し、この機能は開発段階にて一般利用はできません。

この特徴量処理のスレッド数を変化させて下記項目を計測します。

- ・ロード - 結果表示の総合時間
- ・ロード - 結果表示のリソース (CPU, MEM, HDD)

特徴量アルゴリズムには FAST を用います。

スレッド数は下記とします。

項目名	スレッド数
NT-1	1
NT-2	2
NT-3	3
NT-4	4
NT-5	6
NT-6	6
NT-8	8
NT-10	10

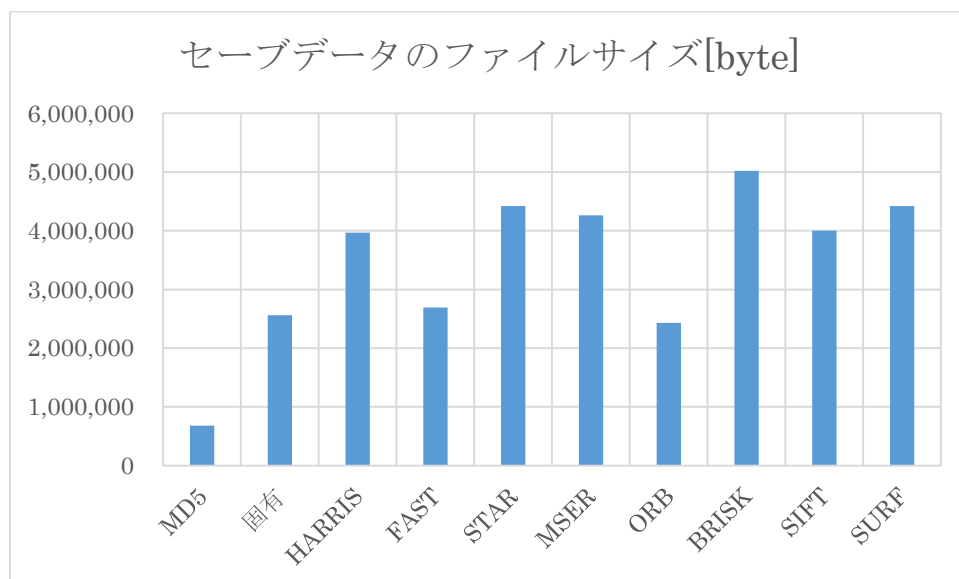
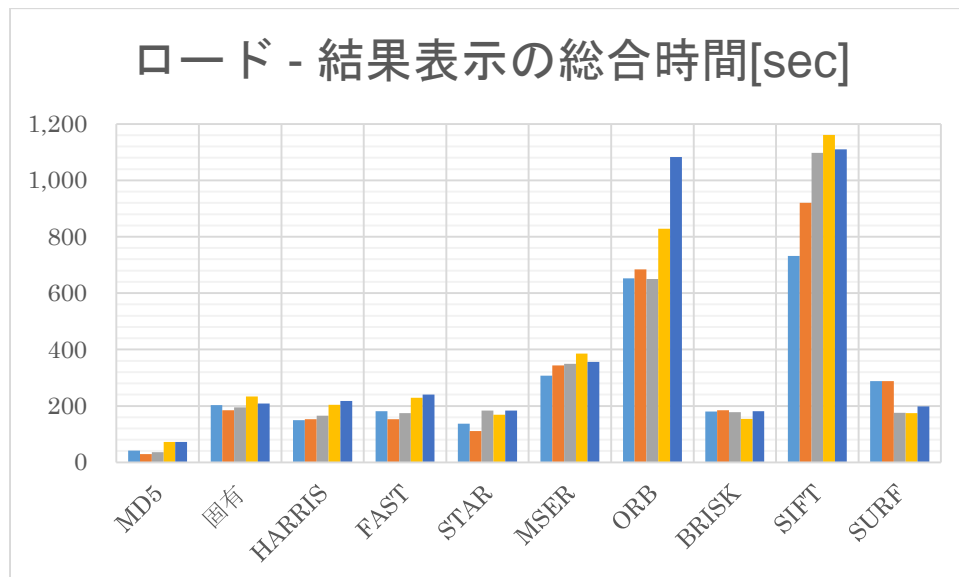
3. 7. 類似検索の検出精度

SIMG は高速な類似検索のため、**kd-Tree** を用いた近傍検索を行っています。探索では、全組み合わせを取り出すことはせずに、類似検出の精度（完全さ）よりも速さを重視しています。具体的には、ある画像に対し、探索条件を満たす組を1つでもみつけたら他の画像との類似確認をせずに探索をとりやめます。この処理によって、検出されなかった組合せがどのくらいあるかを検証します。

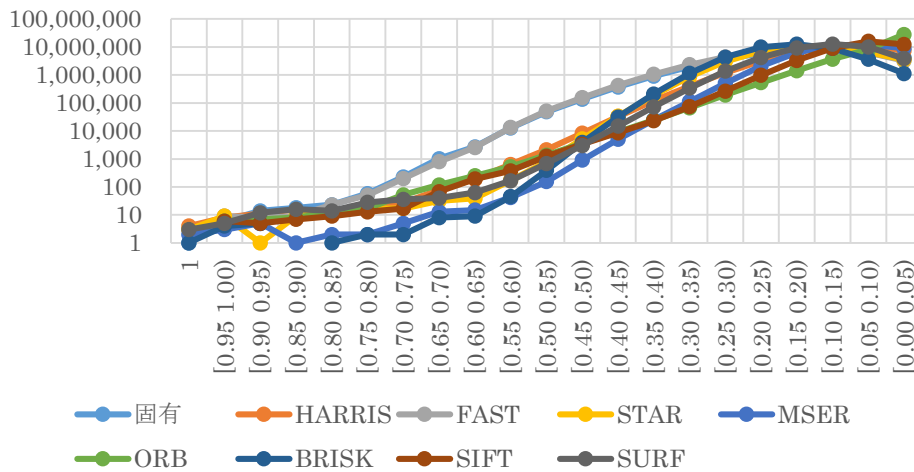
特徴量アルゴリズムには **FAST** を用い、足切り条件を **0.5** として、**[0.5 1]** の範囲で検出結果を求めます。全組み合わせは「3. 1. 特徴量アルゴリズムの違い」の類似度別頻度の結果を用います。

4. 計測結果

4. 1. 特徴量アルゴリズムによる違い



類似度別頻度(類似度のヒストグラム)



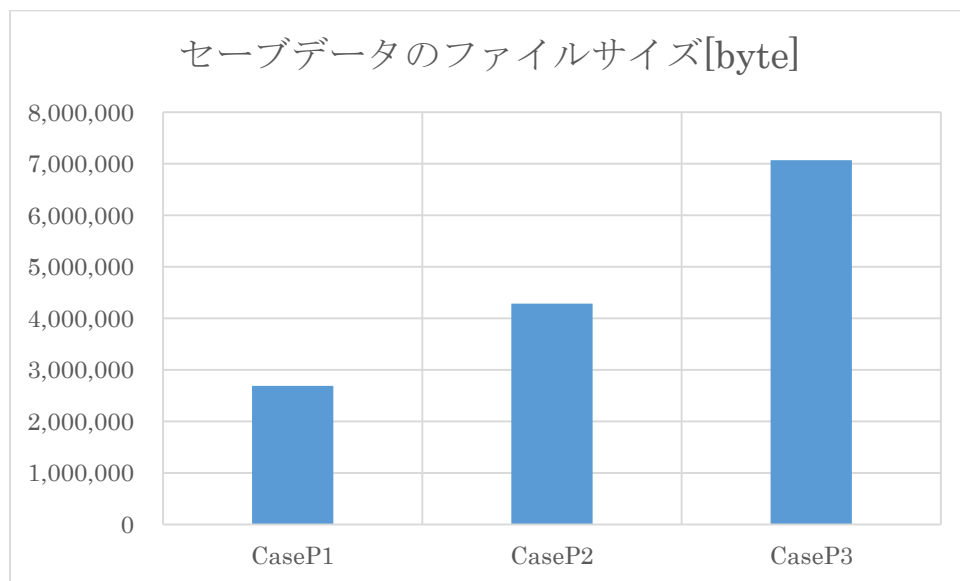
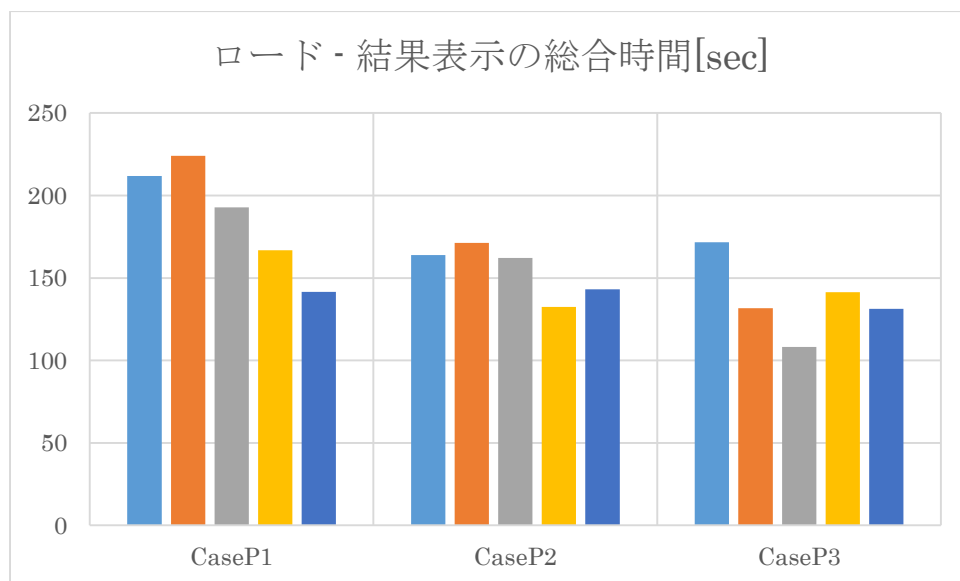
画像ファイル間の類似度比較(画像の組と類似度) : 1064 組より任意に 7 組抜粋

index	固有	HARRIS	FAST	STAR	MSER	ORB	BRISK	SIFT	SURF
1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00
2	1.00	0.98	0.97	0.97	0.81	0.96	0.80	0.98	0.96
3	0.90	0.88	0.85	0.87	0.47	0.86	0.69	0.87	0.86
4	0.88	0.78	0.70	0.03	0.15	0.71	0.11	0.16	0.07
5	0.82	0.38	0.65	0.22	0.21	0.31	0.20	0.01	0.14
6	0.48	0.40	0.68	0.22	0.08	0.26	0.13	0.03	0.24
7	0.12	0.22	0.25	0.22	0.14	0.12	0.14	0.18	0.50

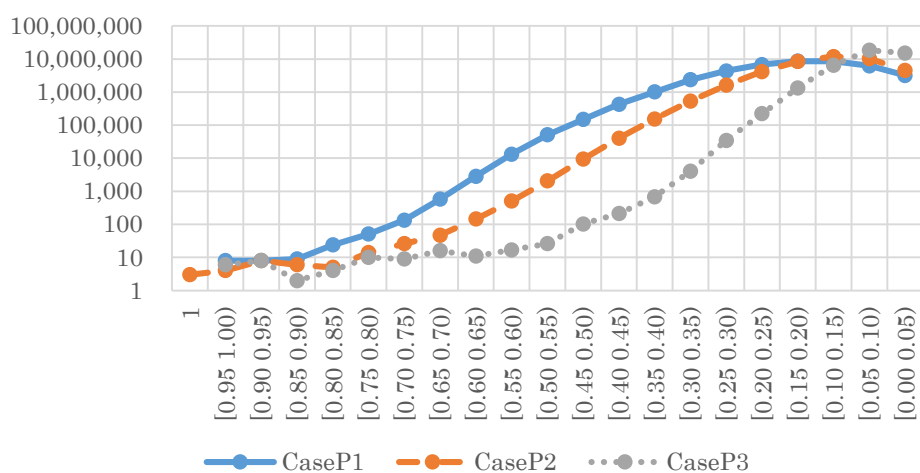
画像ファイル間の類似度比較(モード間の相関係数)

	固有	HARRIS	FAST	STAR	MSER	ORB	BRISK	SIFT	SURF
固有	1.00	0.83	0.81	0.43	0.32	0.51	0.29	0.18	0.38
HARRIS		1.00	0.77	0.54	0.38	0.57	0.39	0.32	0.50
FAST			1.00	0.42	0.28	0.49	0.30	0.16	0.35
STAR				1.00	0.58	0.23	0.67	0.54	0.80
MSER					1.00	0.19	0.49	0.34	0.48
ORB						1.00	0.14	0.10	0.22
BRISK							1.00	0.38	0.59
SIFT								1.00	0.56
SURF									1.00

4. 2. 特徴量抽出パラメータによる違い



類似度別頻度（類似度のヒストグラム）



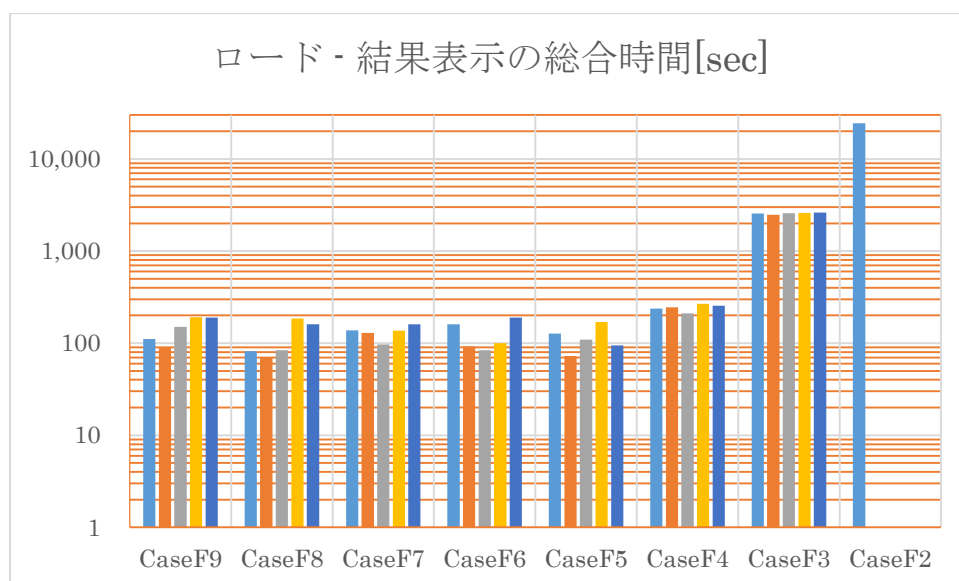
画像ファイル間の類似度比較(画像の組と類似度) : 1064 組より任意に 7 組抜粋

Index	CaseP1	CaseP2	CaseP3
1	1.00	1.00	1.00
2	0.97	0.97	0.96
3	0.85	0.82	0.76
4	0.70	0.65	0.21
5	0.65	0.22	0.23
6	0.68	0.45	0.23
7	0.25	0.20	0.12

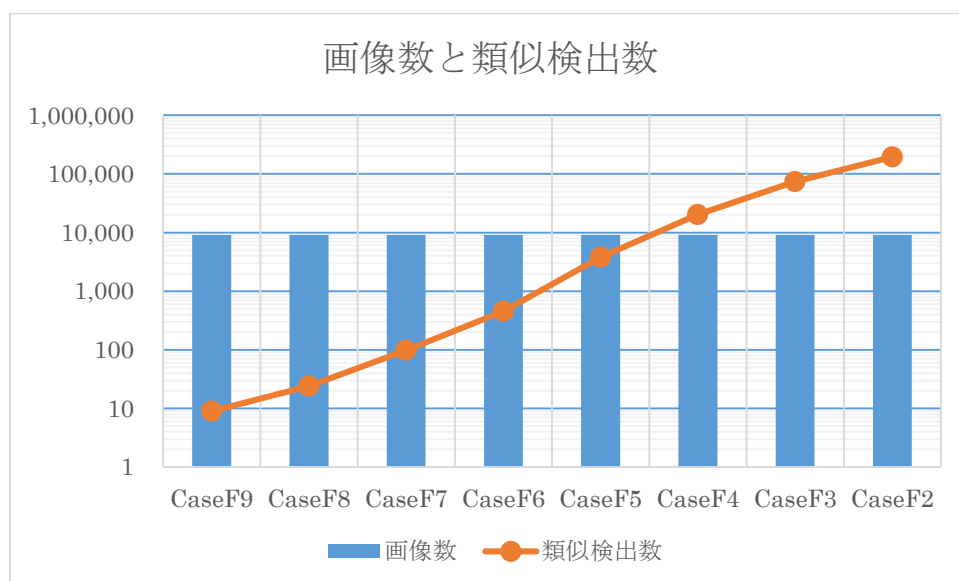
画像ファイル間の類似度比較(モード間の相関係数)

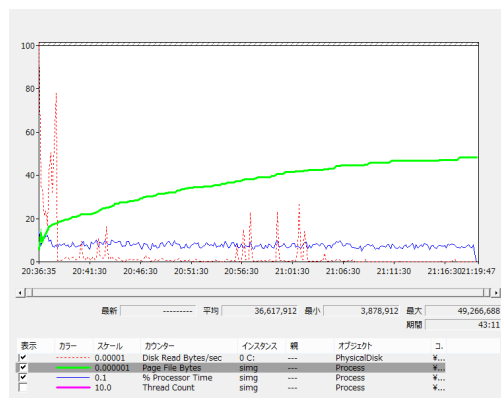
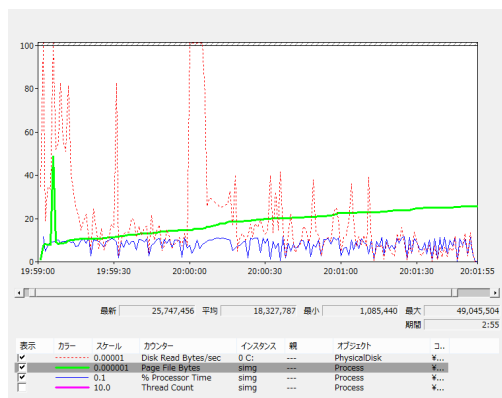
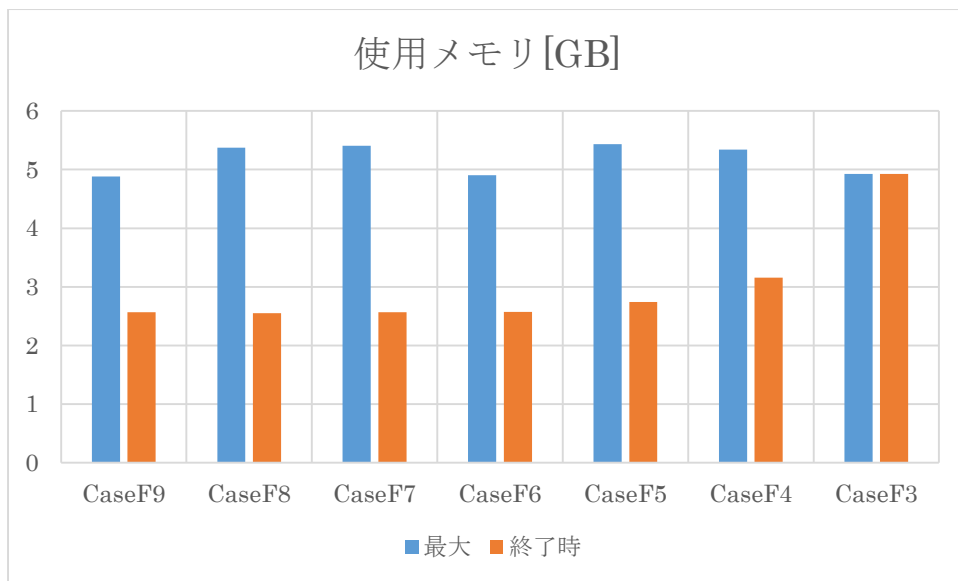
	CaseP1	CaseP2	CaseP3
CaseP1	1.00	0.84	0.75
CaseP2		1.00	0.89
CaseP3			1.00

4. 3. 検索条件の足切りによる違い



※CaseF2 は6時間以上かかるため、計測は1回のみで終了





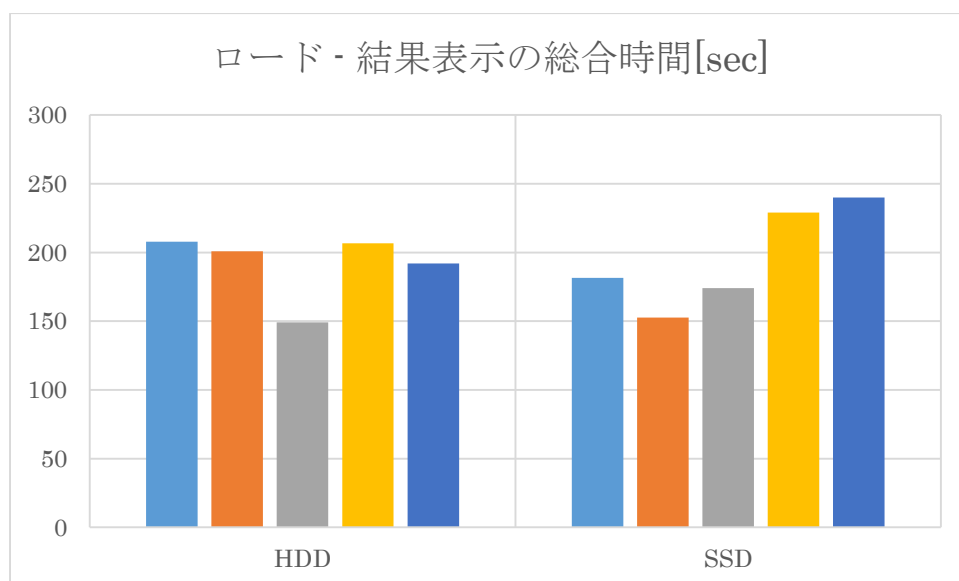
パフォーマンスモニタ ; CaseF6(左)と CaseF3(右)

赤の点線 : Disk Read Bytes (ディスク読み込み)

緑の太線 : Page File Bytes (使用メモリ)

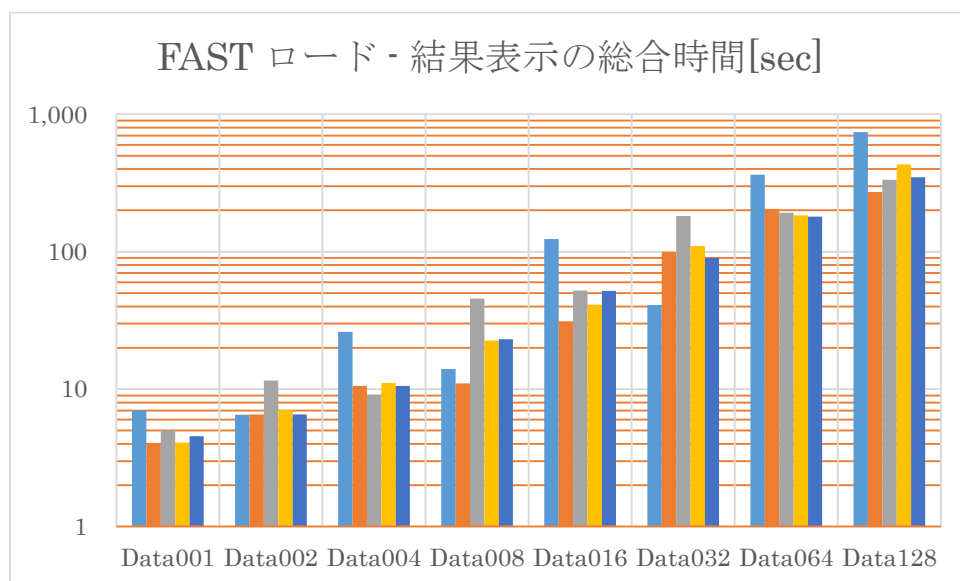
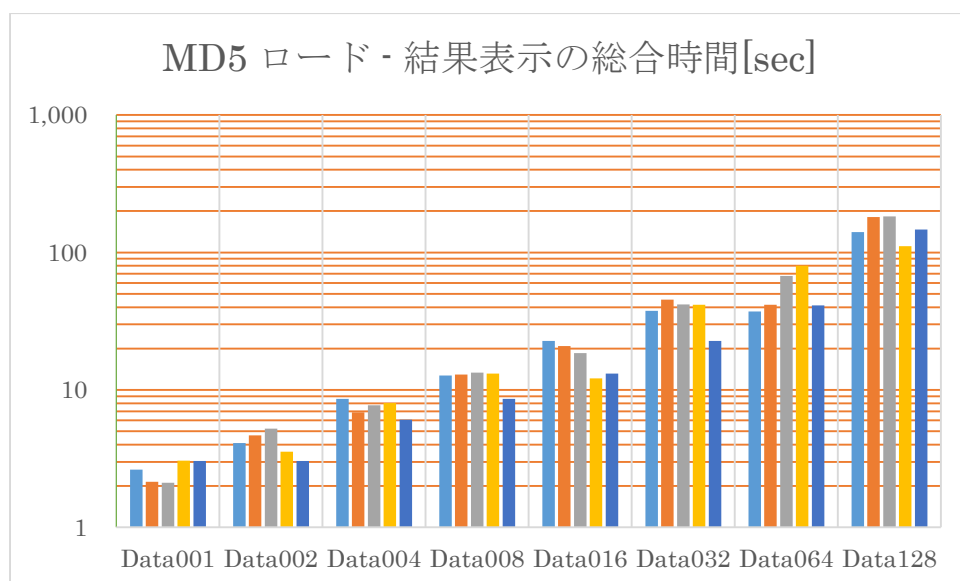
青の実線 : % Processor Time (CPU 使用率)

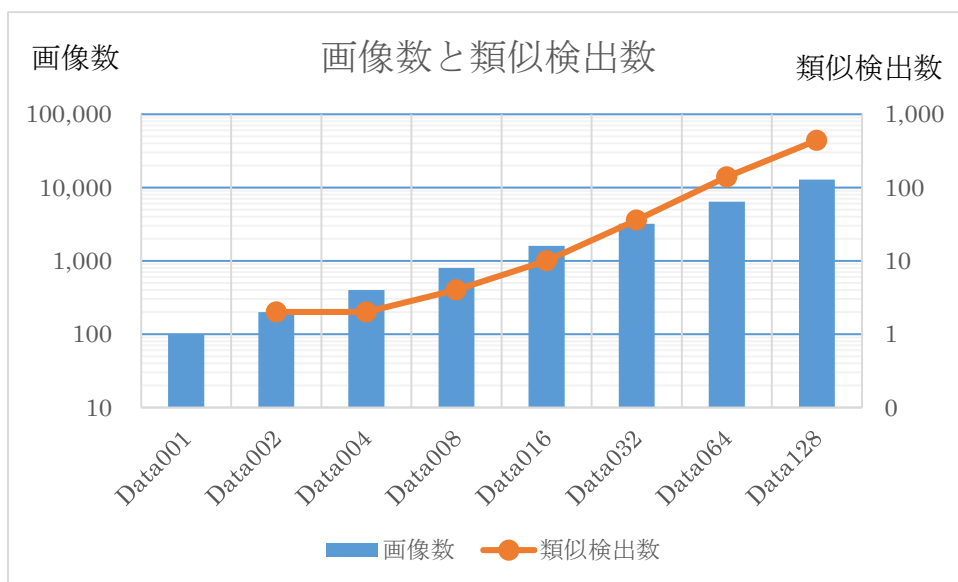
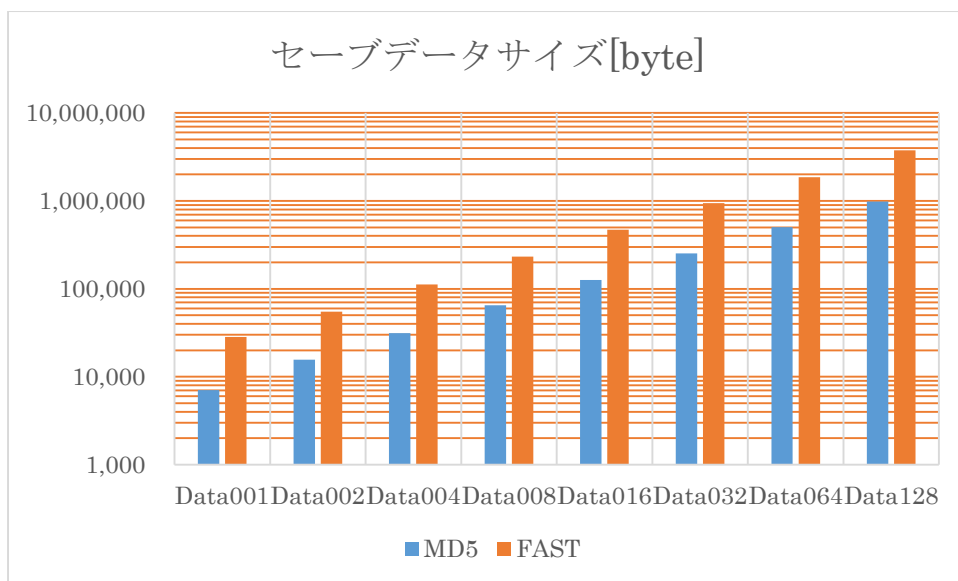
4. 4. ハードウェア(USB3-HDD)による違い



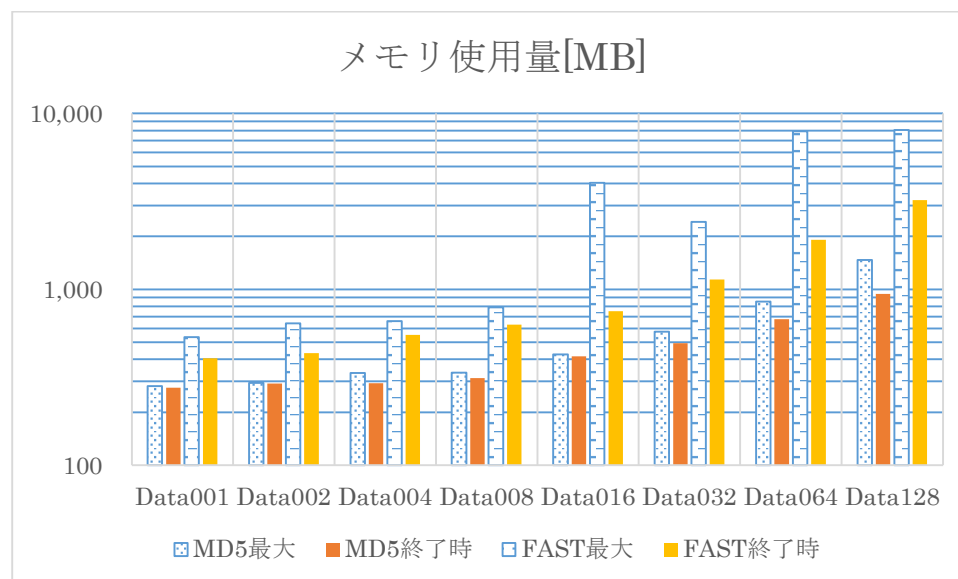
*) SSD の結果は「4. 1. 特徴量アルゴリズムによる違い」の FAST より引用

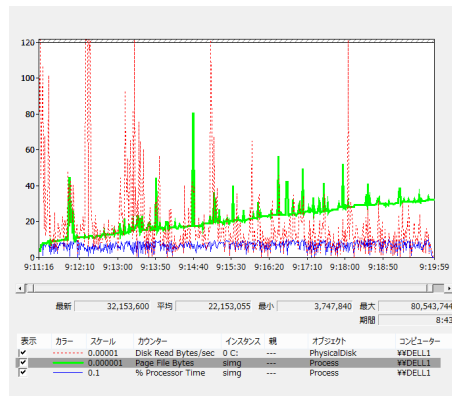
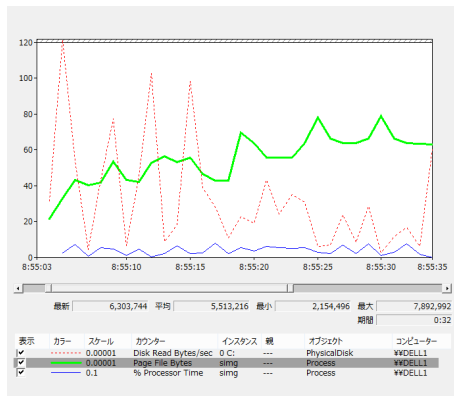
4. 5. 画像数による違い





FAST のみ





パフォーマンスモニタ ; Data008(左)と Data128(右)

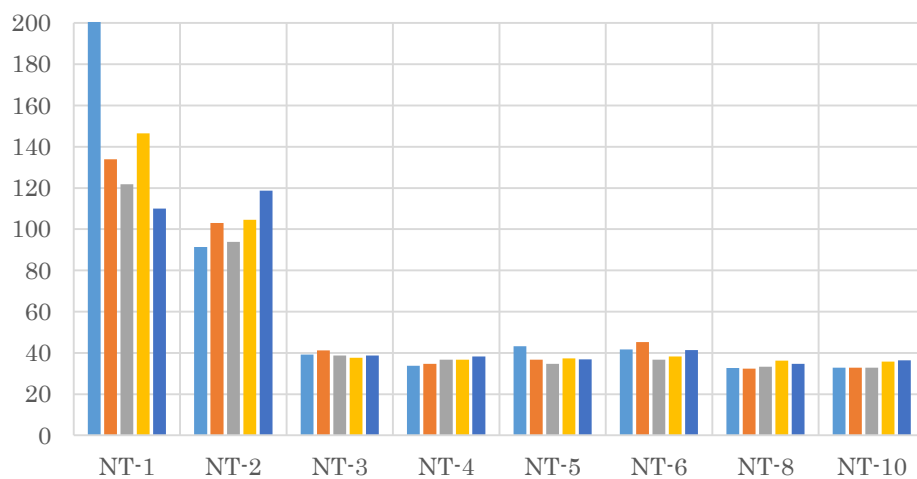
赤の点線 : Disk Read Bytes (ディスク読み込み)

緑の太線 : Page File Bytes (使用メモリ)

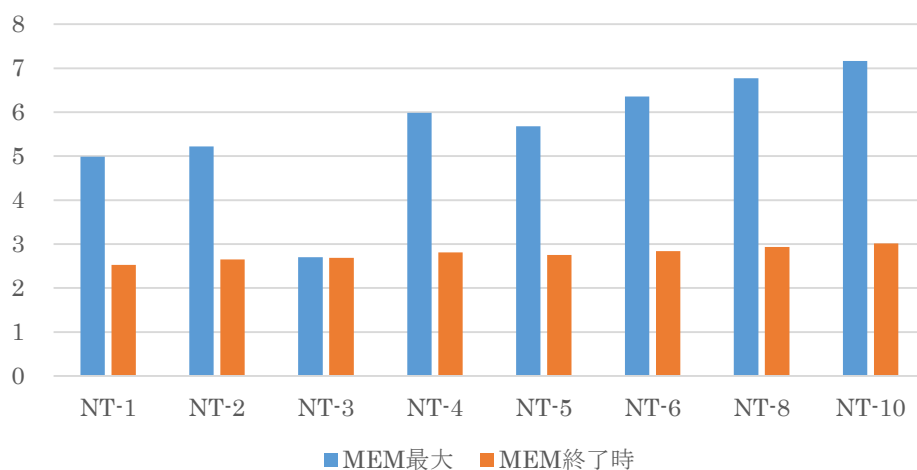
青の実線 : % Processor Time (CPU 使用率)

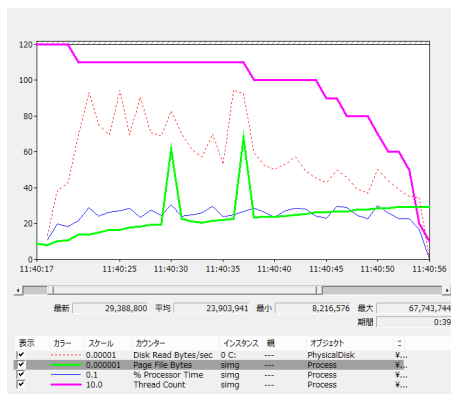
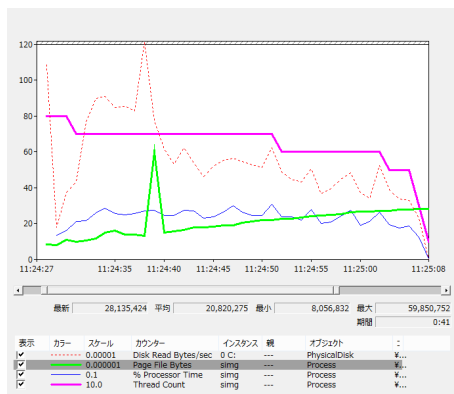
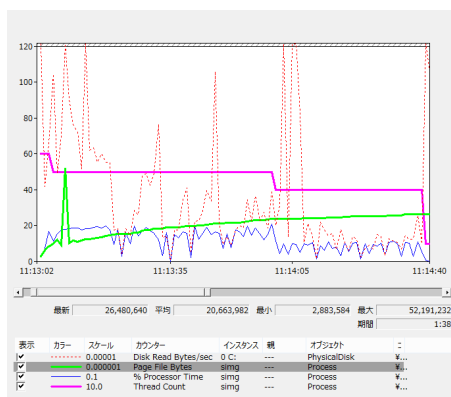
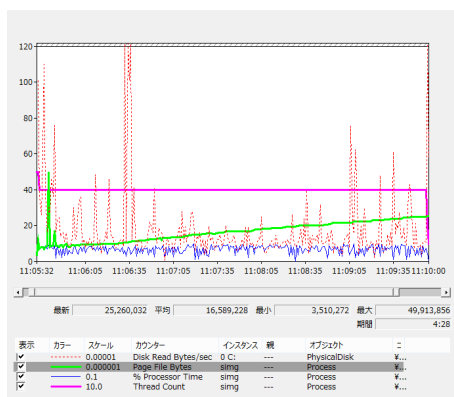
4. 6. 処理スレッド数による違い

ロード - 結果表示の総合時間[sec]



使用メモリ[GB]





パフォーマンスモニタ ; NT-1(左上)、NT-2(右上)、NT-4(左下)、NT-8(右下)、

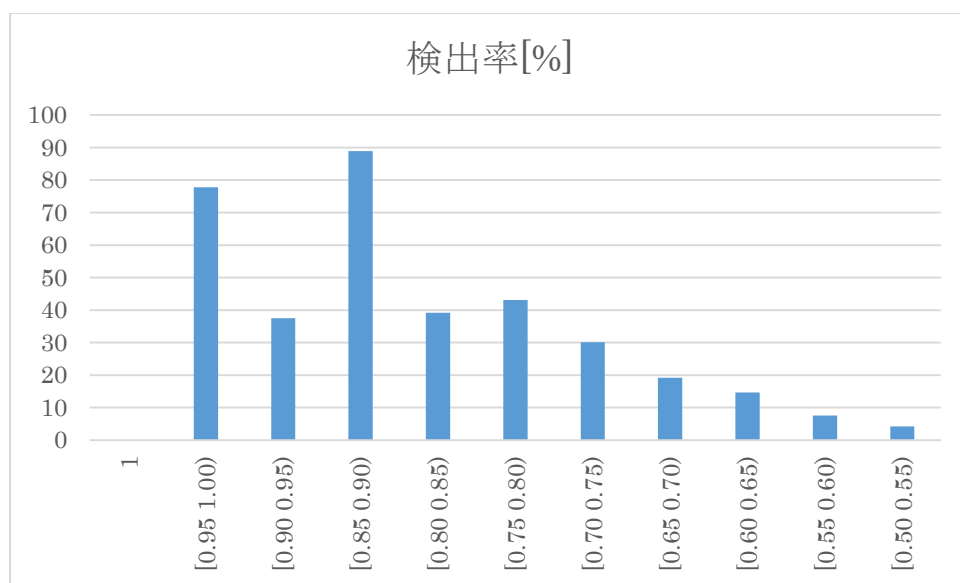
赤の点線 : Disk Read Bytes (ディスク読み込み)

緑の太線 : Page File Bytes (使用メモリ)

青の実線 : % Processor Time (CPU 使用率)

紫の太線 : Thread Count (スレッド数)

4. 7. 類似検索の検出精度



検出率：＝区間内の類似検出数／区間内の類似頻度×100

※「区間内の類似頻度」は「特徴量アルゴリズムの違い」のFASTの計測値より引用

5. 考察

●計測値について

評価レポートとしては再現性のある計測値が望ましいですが、実際の利用環境を想定すると、常駐ソフトが1つも無いような特殊な環境は考えにくいのでできるだけ利用環境に近い環境で計測を行いました。結果として、計測値のばらつきが想定以上に大きく計測されました。実際の利用環境においても、同様にバラツキがでることが予想されます。ばらつきの原因としては、

- ・キャッシュクリアが不十分
- ・キャッシュクリア後の常駐ソフト動作の影響

が考えられます。検証の終盤、同じロード検証を複数回実行するよりも、他のデータのロード検証を順に計測した方が、よりバラツキを抑えられました。今回のキャッシュクリアの方法では不十分で、もう一工夫必要といえます。

パフォーマンスモニタの動作に関して、今回の検証マシンは **2 core** なために、パフォーマンスモニタにもリソースが割かれて、余裕をもって計測ができなかったと推測します。

●特徴量アルゴリズムによる違い

OpenCV モードの各検出器について、「類似度別頻度(類似度のヒストグラム)」を見ると、どの検出器でも類似検索の傾向、「類似度が高いものは少なく、類似度が低いものは多く」が確認できます。

「画像ファイル間の類似度比較」より、同じ画像の組でも検出器によって類似度が異なる場合があることが確認できました。特に似通った特性を示すモードとして、「固有」、「HARRIS」、「FAST」間、「STAR」、「SURF」間を挙げることができます。

●特徴量抽出パラメータによる違い

「類似度別頻度」では、より精緻な類似検索(CaseP3)の時に類似度の低い件数が多くなり、ピークの山が低い側にシフトしていることから、想定通りの挙動が確認できました。

「ロード時間」を見ると、精緻な類似検索(CaseP3)の場合にロード時間が短くなっています。一般に精緻な検索ほど遅くなる傾向に反して早くなっているのは、類似検索時の「検索条件の足切り」がより効果的に作用しているために、結果的に偶然早くなったものと予想されます。

相関係数のテーブル、「アルゴリズムによる違い」と「パラメータによる違い」を比べると、異なる検出器よりも同検出器のパラメータ違いの方が、相関値が高く、類似性が高いとわかります。この結果より、異なる検出結果を求める場合、(同じ検出器でパラメータを変更するよりも)検出器自体を変更するほうが様々な結果を得られると結論づけられます。

●検索条件の足切りによる違い

足切り値が 0.4 を下回るあたりからロード時間が指数的に急増することが確認できました。

同様に「特徴量アルゴリズムによる違い」や「特徴量抽出パラメータによる違い」のヒストグラムの結果でも、類似度が 0.4 を下回るあたりから急激に頻度数が増えていることから、類似検出数に関係していることがわかります。故に足切り値は最少 0.4 ぐらいまで下げても急激に処理が低下することはないといえます。但し、0.4 まで下げると誤検出の組合せも多数検出されると予想されるため、検出器ごとに様子を見ながら調整するのが良いと思われます。

●ハードウェア(USB3・HDD)による違い

今回、ロード時間に、HDD ベンチマークほどの差はでませんでした。この理由としては USB3 の転送量よりも画像処理(特徴量抽出)がボトルネックになっていた為、もしくは機能分散によるスレッド処理がうまく働いた為と考えられます。

●画像数による違い

どの計測値(ロード時間、メモリ使用量、セーブデータサイズ)も(N*N と発散せずに)ほぼ線形に推移しており、アルゴリズムの優位性が確認できました。

メモリ使用量は、終了時では線形ですが、処理途中で最大ピークを持つことが確認されました。

終了時の使用メモリより、データ数が 25600 個になると検証マシンの物理メモリ 8GB を超えると予想されるため、FAST モードでの類似検索数の実質的な限界がこの辺になることが予測されます。

●処理スレッド数による違い

マシンのコア数(=2)と処理スレッド数を同じにするケースが一番早いと予想していましたが、反して、処理スレッド数が 3 以上で最速となりました。この理由としては、スレッド内の処理、特徴量抽出処理が、100% CPU を使い切るアルゴリズムになっていないと予想されます。

スレッドで負荷分散しても、メモリがそれほどふえていないのは、

特徴量抽出の負荷>画像ファイルの転送量、特徴量のマッチング
な為であったと考えられます。

リソースモニタ(時系列グラフ)のスレッド数の推移を見るに、特徴量抽出部分の複数スレッドで、負荷に偏りが生じてしまったようで、全処理の半分ほどで1部のスレッド処理が終了していることがわかります。特徴量抽出の負荷分散が均一になるよう動的に調整できれば、更なる高速化が望めます。

●類似検索の検出精度

類似検索時に余さず全てを見つけると、検出率のグラフは全てのバーが 100%になります。計測結果を見ると、一部([0.95 1], [0.85 0.90])で 80%ほどと高い値を示しましたが、他の大部分では 50%を切る低い値しか検出されませんでした。つまり、約半分の組合せが検出されなかったところになります。処理時間

とのトレードオフとはいえ、類似度が高い場合には丁寧に探索するような例外処理が必要と思われます。また今回の精度検証だけでは不十分で、より多角的な検証（例えば、検出器ごとやパラメータごと）が必要と思われます。

●総括

検証マシン（CPU:2.5GHz, MEM: 8GB）において、SIMG のデフォルトのバイナリ(MD5)モード、FAST モードでは、以下のようにまとめられます。

	バイナリ(MD5)	FAST
ロード（画像 9 千枚の類似検索）	約 50 秒	約 200 秒
使用メモリ（画像 9 千枚時）	約 800MB	約 2.5GB
利用可能な画像数 （メモリ 8GB 時）	約 1 0 万枚	約 2 万 5 千枚

また、「1. 概要」の末尾での問は以下のように結論付けられます。

問	結論
特徴量検出器による違いはあるか？	顕著な違いがある一方、似ているものもあり。
特徴量抽出パラメータの違いは？	検出器ほどの違いは現れなかったが、多少あり。
データ数による処理時間、メモリは？	ほぼ線形で推移。
ハードウェアの違いは？	USB3 では違いは無し。
処理スレッド数による違いは？	大きな効果あり。改善の余地あり。
類似検索の精度は？	半分程度。改善の必要あり。