

講義ビデオにおける肖像権保護のための 顔情報保護手法の提案

丸山 大輔[†] 永井 孝幸^{††} 中野 裕司^{††}

[†]熊本大学大学院自然科学研究科

^{††}熊本大学総合情報基盤センター

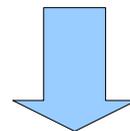
研究背景

学習用ビデオのインターネット配信が盛んに
→しかし、インターネット上にコンテンツを配信する際、
著作権などの権利対策を行う必要性

ex.MITのOCW

弁護士2名と専属のスタッフ → 手間とお金がかかる

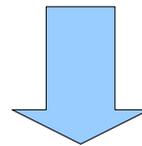
- ・今後より学習用ビデオのインターネット配信が普及するためには？
- インターネット配信における権利対策を安価かつ手間をかけずに
できることが重要



権利対策を行うツールの必要性

研究概要

今回の研究では対策に手間のかかる肖像権に注目



研究目標

- ① 不可抗力で映ってしまった学生の肖像権を保護
- ② 学習のための視聴に差し支えの無い講義ビデオを生成

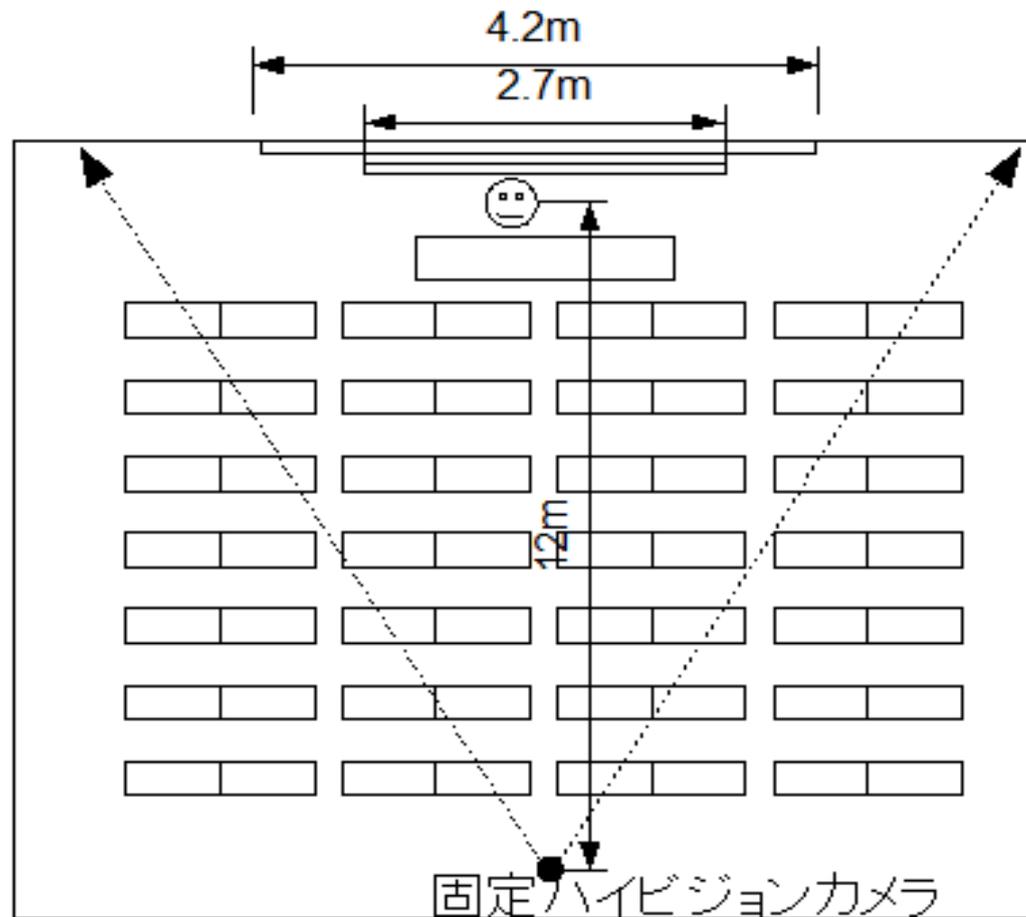
取り組むこと

- ① 画像処理ライブラリOpenCVの顔検出器を利用
- ② 講義ビデオにおける誤検出や検出漏れへの対策
- ③ テンプレートマッチングにより講師の顔を保護対象から外す

研究対象となるビデオの詳細

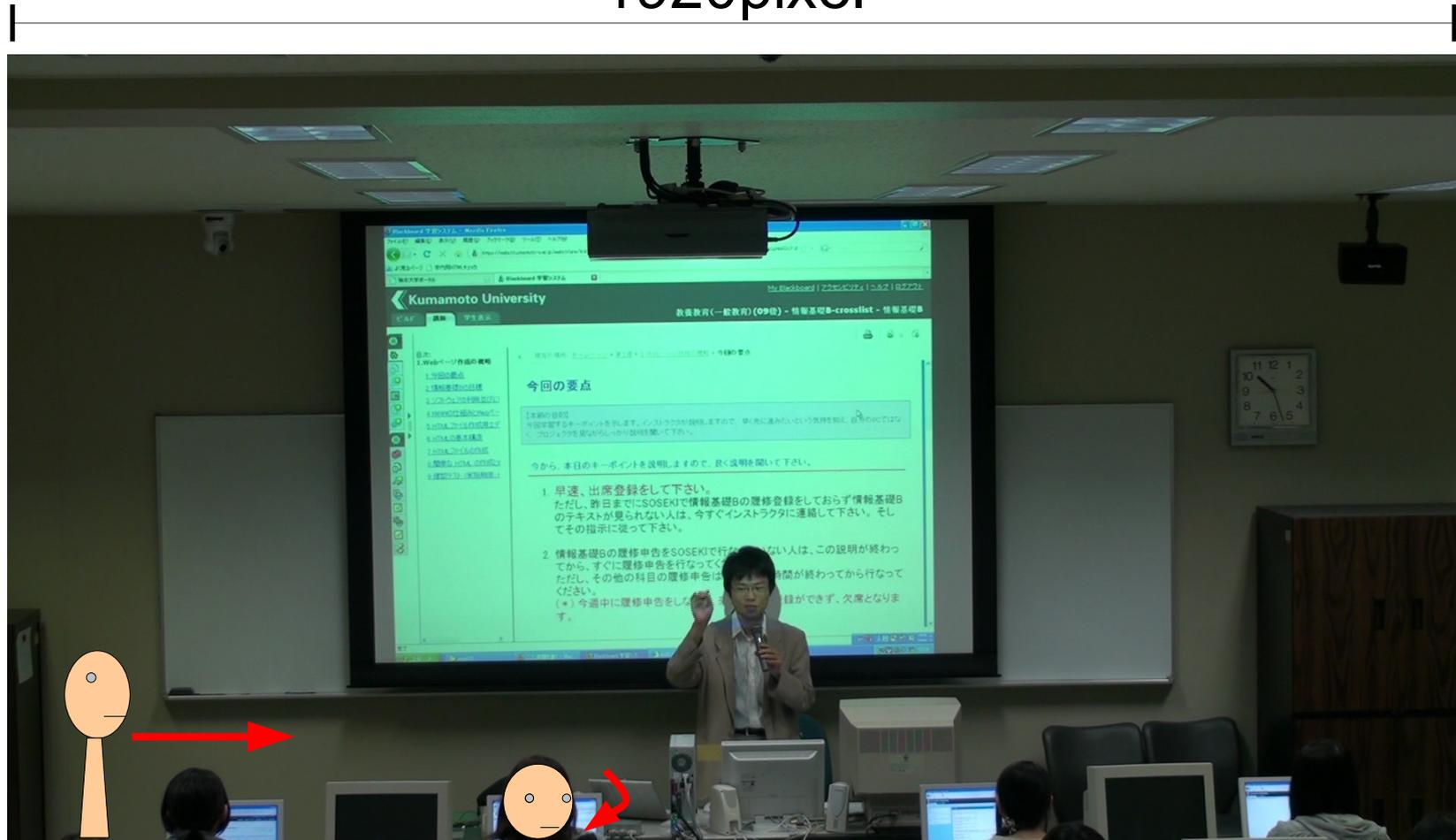
講義ビデオの撮影に使用するカメラ	Sony HDR-SR12
カメラの固定位置	床下2.6m
処理を行う講義ビデオの状態	撮影後
フレームレート	29.27 fps
解像度	1920×1080
講義形態	対面講義

撮影を行う教室



講義ビデオの場面例

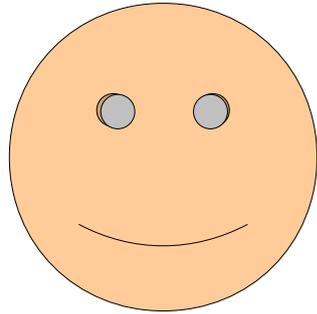
1920pixel



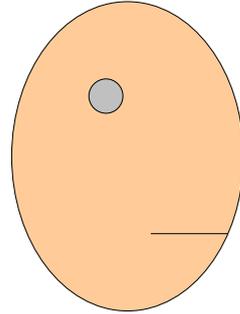
1080pixel

学生が出現するケース・移動のため教室を横切る
・相談のため後ろに振り向く

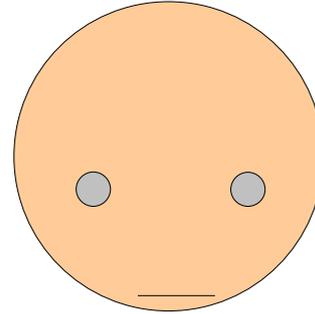
顔情報保護のための顔候補検出



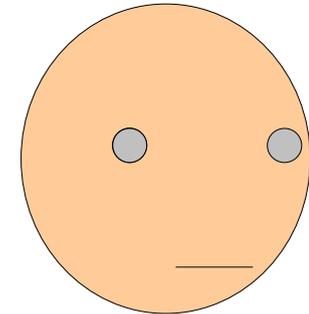
(a)正面顔



(b)横顔



(c)うつむき顔



(d)ななめ顔

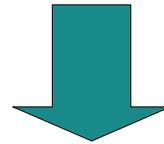
保護対象とする顔の例

- ・OpenCV標準の顔検出器を利用
 - ・使用する顔検出器
正面顔と横顔の検出器

講義ビデオから検出した顔にモザイク加工を施す

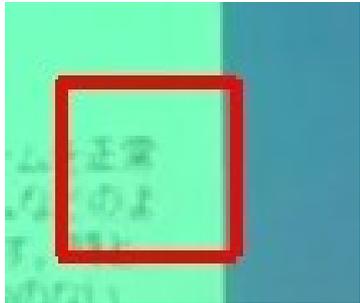
OpenCVの顔検出の問題点

OpenCVの顔検出器を用いて講義ビデオからキャプチャした画像に対して顔検出を行った場合、以下のような問題点が発生

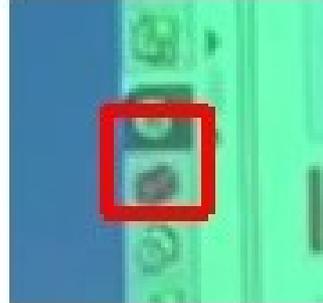


- ・アイコンや、服などを誤検出してしまう
- ・連続して登場している顔の一部を検出できないことがある
- ・振り向き際などの動いている顔の検出精度が低い
- ・顔検出の計算に時間がかかる

誤検出対策(保護対象か判定)



ブラウザ上の文字



ブラウザ上のアイコン



服



マイクを持った手

上の図のような誤検出が発生(多いときは500フレームに435件)

→**解決策**: 検出した顔候補に肌色領域が20%以上含まれるかを判定

明度差に強いYUV表色系の判定式: $(133 \leq U \leq 173) \cap (77 \leq V \leq 127)$



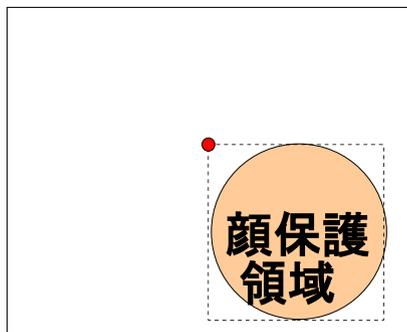
D.Chai and K.N.Ngan,"Locating facial region of a head-and-shoulders color image,"
Proc. Int. Conf. Automatic Face and Gesture Recognition,pp.124-129(1998)より引用

検出率の低い顔への対処(1)

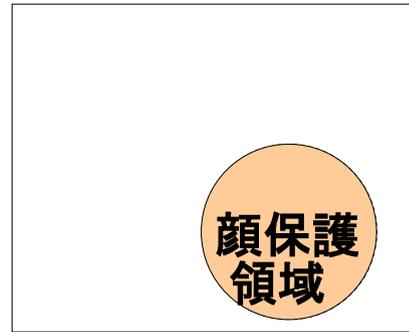
- 連続したフレームの近い領域に顔があるが、OpenCVの検出器では顔の向きなどの影響で検出できないケース



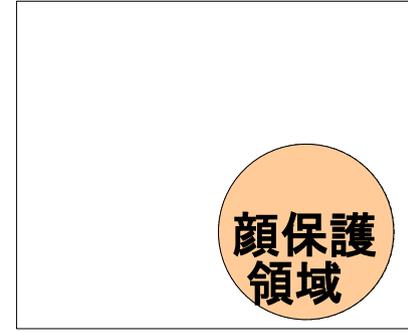
- 発見した保護領域を前のフレームに存在するものと比較する
(↑が存在するフレームを基準フレームとする)
- 直前のフレームに保護領域はないが、その後のフレームに基準フレームの保護領域と近隣なものがある場合、抜けているところに保護対象がいると想定し、**基準フレームの保護領域を適用**



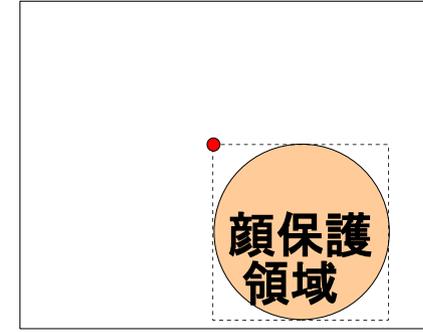
nフレーム目



n+1フレーム目



n+2フレーム目



n+3フレーム目

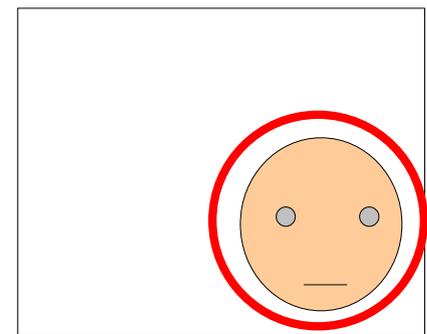
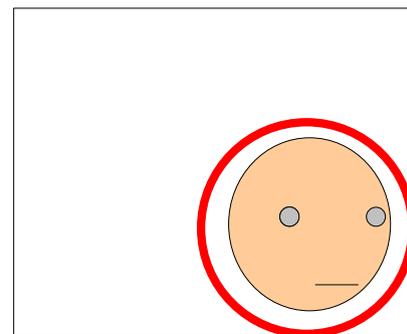
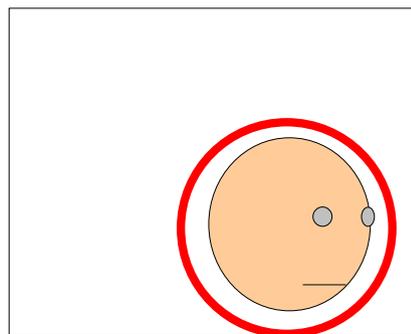
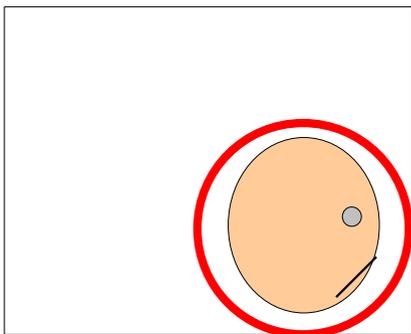
検出率の低い顔への対処(2)

- ・後ろに振り向いたあと再び前を向くと言う動作で講義中に映る学生がいる
- ・早い動きを伴っているため画像がぶれていることが多く、OpenCVでは検出が非常に困難であるが、人間の目では個人特定できる顔が映っている



これらの顔を保護する必要性

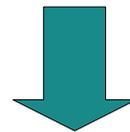
動作の直前や直後の顔は検出できる事を利用し、初めて検出された顔の前後60フレームに顔候補がいると想定する



OpenCVの顔検出速度の改善

OpenCVの顔検出器(正面顔、横顔)を用いてキャプチャした画像に顔検出を行うと、非常に計算時間がかかる
(1フレームにつき約4秒)

つまり、90分講義だと単純計算で約180時間

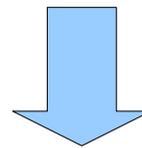


- ・全てのフレームに顔検出をかけるのではなく、飛ばし飛ばしに顔検出を実行
- ・顔の出現位置を分析し、検出をかける領域を削減

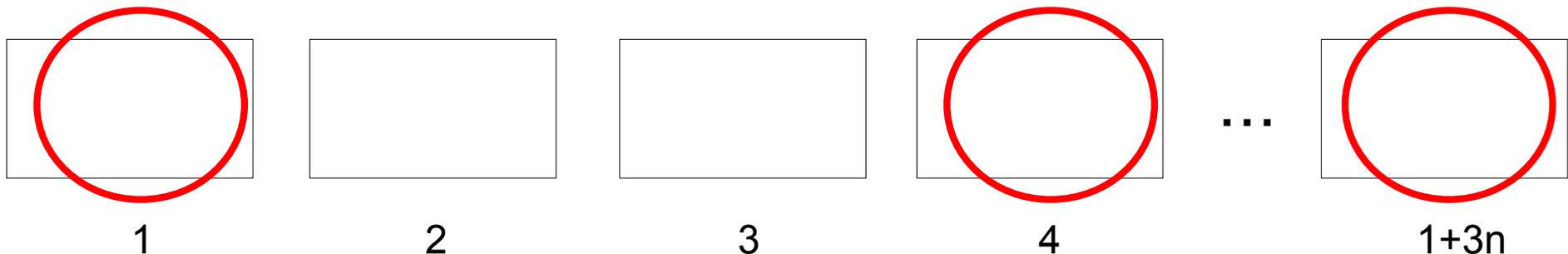
検出を行うフレーム間隔の変更

30フレーム(1秒間)すべてに顔検出をかけると非常に時間がかかる

→ 顔検出をかけるフレームの n フレームごとにする

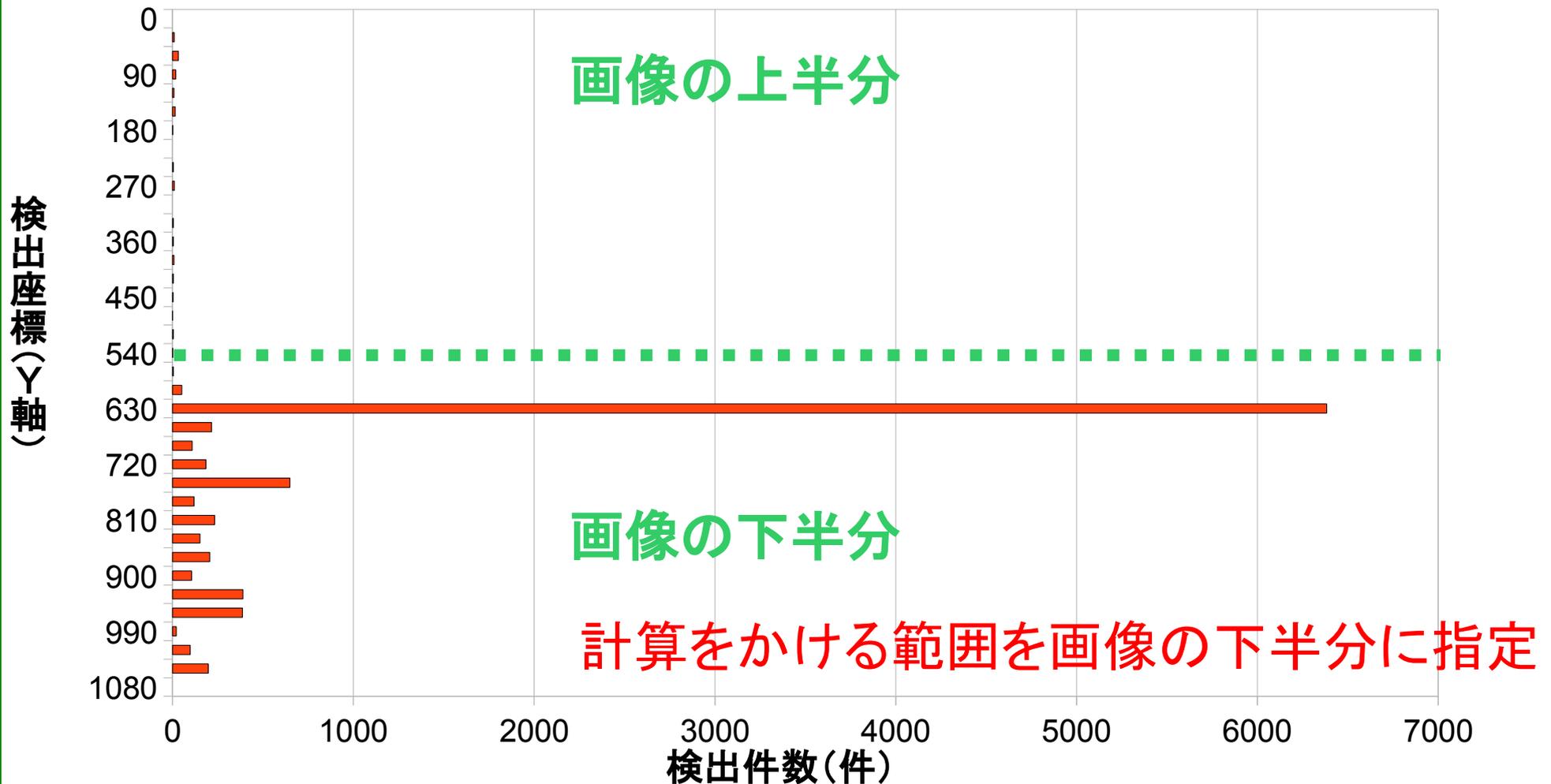


検出精度に問題のない3フレーム間隔で顔検出を実行



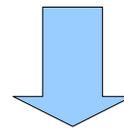
顔検出にかかる計算時間が1/3に

顔の出現位置の分析

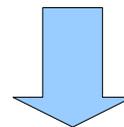


講師と生徒の判別

- ・講義において、講師の顔は重要な非言語情報
- ・ビデオ中に顔がもっとも出現する講師の顔にモザイク処理を行うと、視聴の際に違和感を抱かせてしまう



講師の顔を保護対象から外す必要性

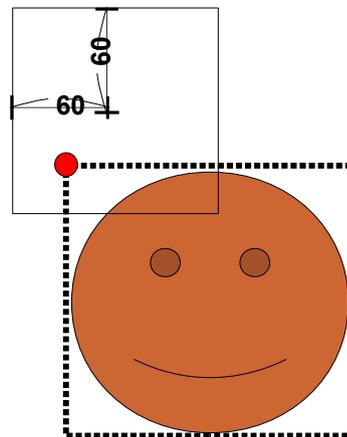


- ① テンプレートマッチングにより講師の顔画像を判定し、保護対象から外す
- ② テンプレート画像は事前に用意するのではなく、頻出した顔領域から自動的に生成

講師テンプレート画像の自動生成方法

講義ビデオにおいて講師の顔は頻出度が高いことを利用し、頻出度の高い顔を講師のテンプレート画像とする

±60 ピクセルの範囲
(講師が移動することも考慮して)



頻出度は変化しない

頻出度が一定を超えた顔領域をテンプレート画像として認識

デモ映像

視聴する際の注目してほしい点

- ・学生が振り向く直前にモザイクで保護処理をかけている
- ・講師の顔にモザイクがかかっていない

実験1

- ・**学生の顔がよく映る**講義冒頭の15分間に提案手法を適用し、ビデオを作成して、以下の項目を測定
- ・成功率は保護対象が個人特定できない程度でモザイク加工を施せたかどうかで判断

測定項目とその結果

顔保護成功率	保護失敗率	誤検出件数	作成時間	講師の顔認識率
93%	7%	257件	9時間43分	70%

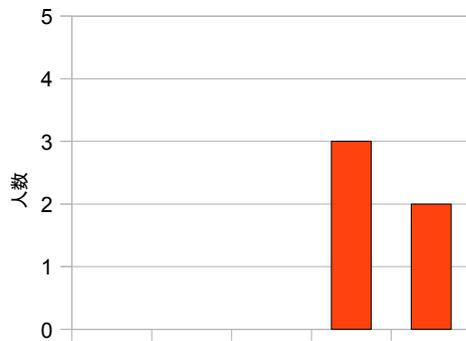
作成時間の主な内訳

顔検出にかかる時間	ビデオの生成時間	テンプレートの作成時間	顔保護領域の判定時間
7時間51分	31分	27分	4分

実験2

デモ動画を5人の人に視聴してもらい、以下の質問で5段階評価のアンケートを実施

- ・個人が特定できる顔は隠せていたと思いますか？
- ・視聴に支障はありましたか、ある場合はその理由はなんですか？
- ・このビデオをネットで配信した場合、肖像権の問題は生じると思いますか？

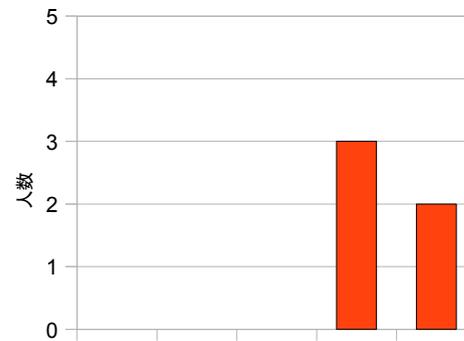


評価低い ←

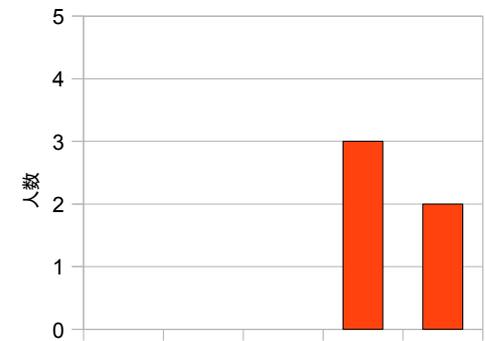
評価の段階

→ 評価高い

質問1の結果



質問2の結果



質問3の結果

すべての質問の平均評価が4.4

結論と今後の課題

結論

- ・90%以上の確率で学生の顔を保護することが出来た
- ・デモ動画のアンケートの結果、一般の人が見ても個人特定が出来ない程度に顔を隠すことが出来た

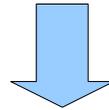
今後の課題

- ・顔検出にかかる計算時間の短縮
- ・顔検出精度の向上
- ・保護手法にバリエーションを持たせる
- ・テンプレート画像の改善

付録

肖像権とは

法律で定められているものではない



民法709条にのっとってあるものとして認識

故意又は過失によって他人の権利又は法律上保護される利益を侵害した者は、これによって生じた損害を賠償する責任を負う。

プライバシー権の一種であるとも言われている

肖像権に関連する訴訟は、民事、刑事合わせて164件
うち100件が肖像権に関して責任(1952年～2005年)

OpenCVとは

Intel社が開発したコンピュータビジョン向けライブラリ
300以上もの画像処理関数がある

(1)CXCORE OpenCV で扱うデータ構造の型の定義, 及び基本的な画像の操作.
画像同士の四則演算や画像のコピーなど.

(2)CV 様々な画像処理やコンピュータビジョンアルゴリズムを実装した関数.
これらの関数はさらに下記の5つの分野に分れている.

- Image Processing 基本的な画像処理
- Structural Analysis 輪郭や矩形領域の抽出などの構造解析
- Motion Analysis and Object Tracking 動作解析, 対象追跡
- Pattern Recognition パターン認識
- Camera Calibration and 3D Reconstruction カメラ校正と3次元復元

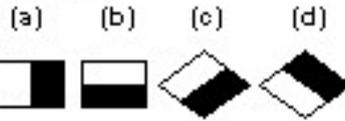
(3)ML 機械学習アルゴリズム

(4)HighGUI 簡単なGUI 及び, ファイルの読み書き, 画像キャプチャ等のユーティリティ関数.

Haar like特徴

14種類

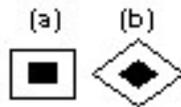
1. Edge特徴



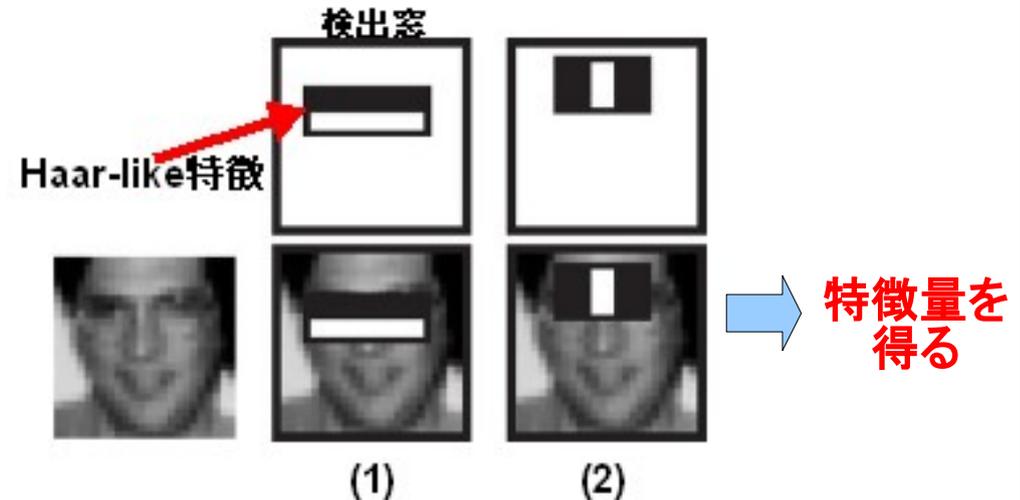
2. Line特徴



3. Center-surround特徴



(A) Haar-like特徴

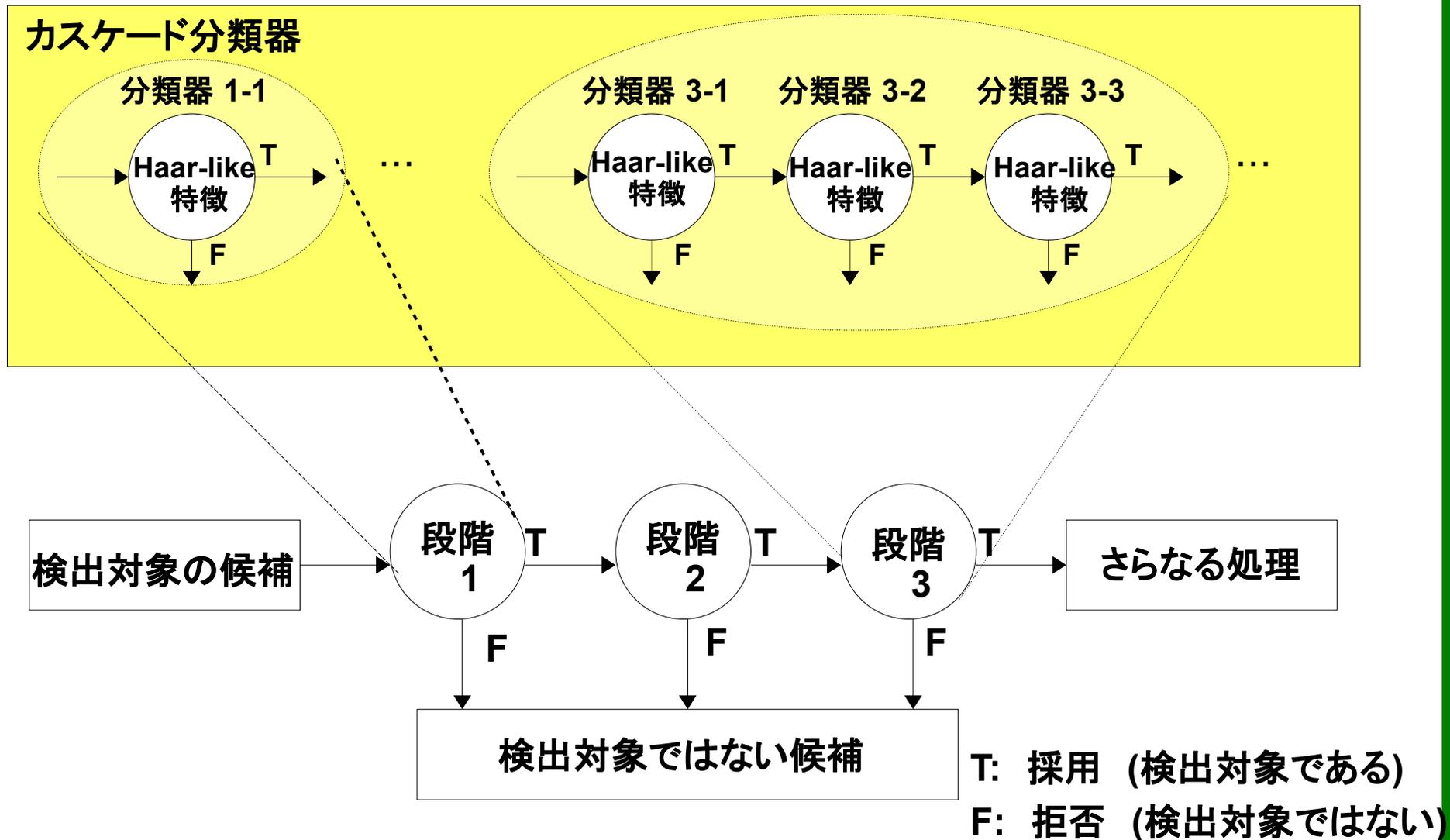


(B) 顔画像に含まれるHaar-like特徴の例

Haar-like特徴

照明条件の変動やノイズの影響を受けやすい各画素の輝度差をそのまま用いるのではなく、近接する2つの矩形領域を輝度差を求めることで得られる画像特徴量

OpenCVの顔検出の仕組み



YUV

人間の目は明るさの変化には敏感だが、色の変化には鈍感であるので、色度を抑え、輝度により広い帯域やビット数を割くことにより、少ない損失で効率の良い伝送や圧縮を実現するフォーマット

輝度(Y)と色差(輝度と青の差=U,輝度と赤の差=V)の組み合わせで色を表現

本研究では輝度差を考慮しないために使用

YUV表色系の判定式 $(133 \leq U \leq 173) \cap (77 \leq V \leq 127)$

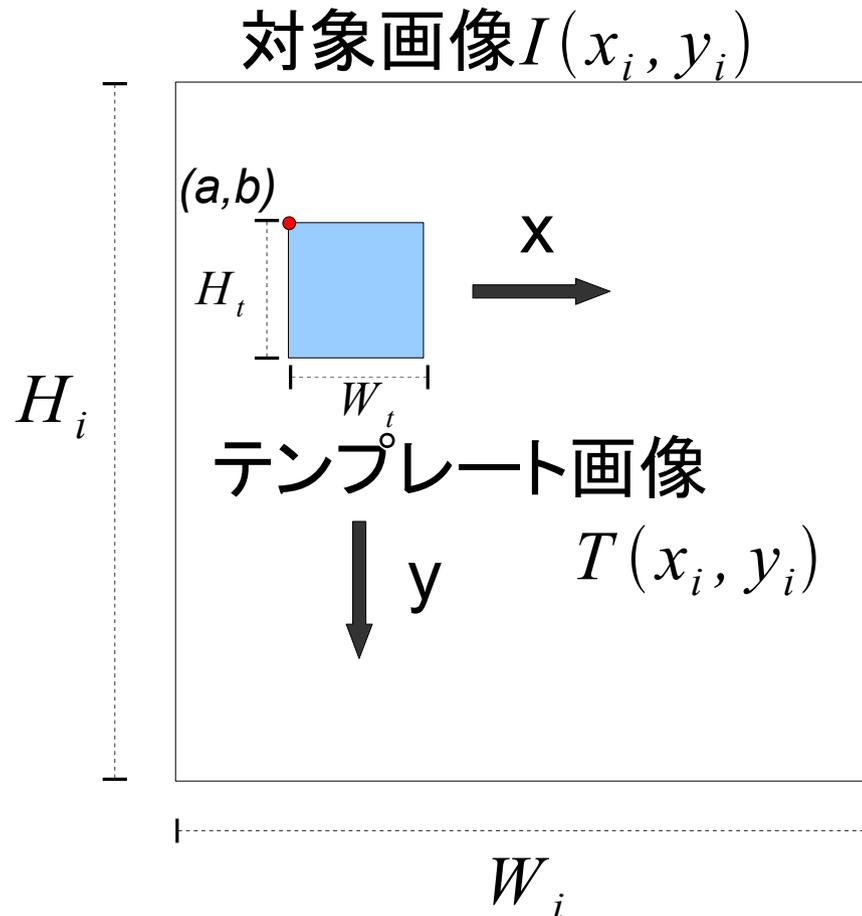
使用したコンピュータ

CPU: Intel(R) Core (TM)2 Duo CPU T9300 @ 2.50Hz 2.50Hz

メモリ: 4GB

OS: Windows Vista Business

テンプレートマッチング



テンプレートマッチング法は、簡単な対象物の位置を調べたり、移動する物体を追跡する方法の一つ
対象画像中にテンプレート画像移動させ、最も類似度が高い座標を返す