THE INSTITUTE OF ELECTRONICS,
INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERS

TECHNICAL REPORT OF IEICE.

ɳ ʻ ĭ į Ƹ K ζ ╢ Ƹ ά ή ζ , ɱ υ⃗ q ϖ ρ ώ ϒ ς ĥ ŭ ɯ ώ ق

ɻ ğ̃ ˛ ▼† ϒ ŭ ậ † ы ˘ ɤ † ۍ Ч †

ϖ ğ̃ ɼ ▼†† ϟ ϖ ϟ ◗††

† ѽ ɔ ậ į ˛ 464–8601 ч ɻ ặ ѽ ɔ ▬ Í ` Ỳ ىس ϖ

†† ʏ ф ˡ ğ̃ ‴ ˮ ặ ẓ ϒ ˛ 480–1192 ч ɻ ặ ч ʾH ر Ẅ ˘ ϖ ậ w ر w в ϖ 41–1

E-mail: †yoshidah@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, †ddeguchi@nagoya-u.ac.jp, †{ide,murase}@is.nagoya-u.ac.jp

あらまし ŭ ϫ ″ ʊ ∂ ɜ Ь д ξ ╔ ά Ч ζ ᵈ ậ P ϡ , ɱ Ƹ ώ ϒ ů ɯ ặ ẓ Σ Í ά Ч ν K ɯ ʻ ي ς ″ ╢ Ƹ ά ή ζ , ɱ φ‴ ϰ ʊ υ : ŭ ς ồ ِ T ς Φ K ζ ǫ ɯ ή Φ ώ ϒ ή ν Д д ɬ Л ς ü⃗ ů ɯ ف Σ Θ ɯ ʻ ή P ή ″ ╢ Ƹ ά ή ζ , ɱ φ ╢ ς ϡ κ ν ب υ ɤ ﷺ Σ Q Ч ν ή ϖ M ζ ǫ ″ ˊ υ Ṣ ϒ ξ φ ώ ϒ Σ نم ή K ʻ Ï υ ڤ Ƹ ° ỗ ů ɯ ζ ǫ ″ ặ ẓ ξ φ ʊ ∂ ɜ Ь д ᵈ ậ P ϡ υ , ɱ ώ ϒ ς П K ν ″ ي ς ╢ Ƹ ά ή ζ , ɱ Ƹ ώ ϒ ů ɯ ˘ Ƹ ɹ ə ů ɯ ʻ ɹ ə ˘ ξ φ ″ Ï Ч ϖ ξ ɹ ə ή ν T ζ ɳ ʻ ĭ į Ƹ K ζ , ɱ ώ ϒ ˘ Ƹ ش ى ά β ″ ╢ Ƹ ‴ ʻ ή ζ , ɱ ᵈ ậ Ƹ ι Ч ɳ ʻ ή ″ δ Ч ϡ Ƹ ώ ϒ Ḿ υ į ς ů ɯ ʻ Ï Ч ς ϖ ɯ ″ ╢ Ƹ ά ή ζ , ɱ υ⃗ q ϖ ρ ώ ϒ υ Ẅ ̈ Ḥ Ƹ τ ϡ M ʻ ʊ ∂ ɜ Ь д ᵈ ậ Ƹ K ζ Ẅ ή υ Ω ᴬ ″ ˊ ˘ ς ϫ ϑ ν ɹ ə ˘ υ ώ ϒ q ϖ φ 14%⃗ Φ ″ δ υ ˜ Ф Ƹ ɣ ϖ ή ζ ʻ

キーワード , ɱ ώ ϒ ″ ɳ ʻ ĭ į ″ ˮ ѫ ″ ч ъ ىص ″ ╢ ″ HOG ″ SVM ″

A study on a method for high-accuracy detection of a pedestrian holding an umbrella with generative learning

Hidefumi YOSHIDA†, Daisuke DEGUCHI†, Ichiro IDE†, Hiroshi MURASE†,

Takashi MACHIDA††, and Yoshiko KOJIMA††

† Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi 464–8601 Japan

†† Toyota Central Research & Development Laboratories ″ Inc. Nagakute, Aichi, 480–1192, Japan

E-mail: †yoshidah@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, †ddeguchi@nagoya-u.ac.jp, †{ide,murase}@is.nagoya-u.ac.jp

Abstract Recently, pedestrian detection from in-vehicle camera images has become an interesting topic for researchers. Especially, since a pedestrian holding an umbrella may not recognize an approaching vehicle, the system is expected to detect them and alert the driver. However, it is difficult to detect a pedestrian holding an umbrella by existing detection methods since an umbrella usually occludes some parts of the body. To tackle this problem, we propose a method to detect a pedestrian holding an umbrella from an in-vehicle camera image. In this paper, we propose a method that synthesizes umbrellas onto generated pedestrian images, and then learns them for improving the accuracy of the detection of pedestrians holding umbrellas. Experimental results showed that the detection accuracy of the proposed method outperformed existing methods by 14%.

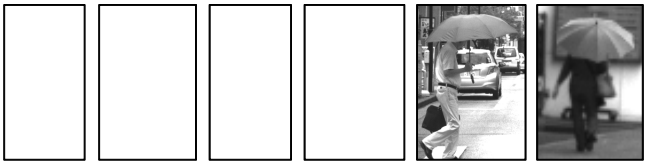
[**Note**] This document is an informal handout distributed at an IEICE TC-PRMU workshop.

Key words Pedestrian detection, generative learning, rainy day, belongings, umbrella, HOG, SVM

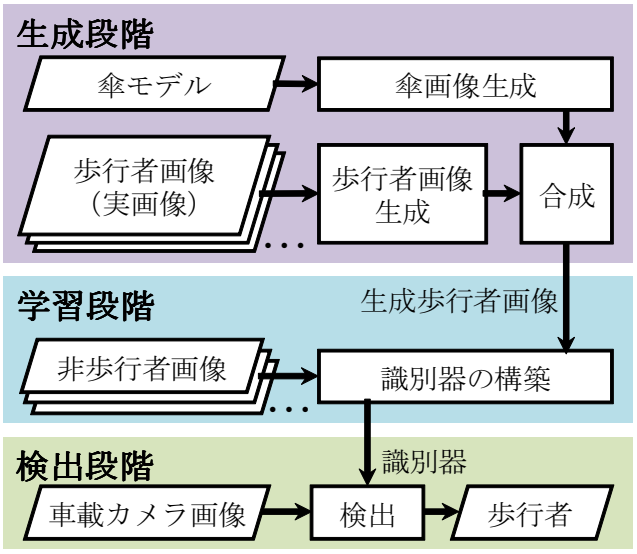
1. ま え が き

ŭ ϫ ″‴ ϰ ʊ̊ ŧ ◘ ’ Ṣ ϒ υ 1 λ ο ή ν ″ ʊ ∂ ɜ Ь д ς ϡ κ ν ╔ ά Ч ζ ᵈ ậ P ϡ , ɱ Ƹ ώ ϒ ů ɯ Ṣ ϒ ς ɳ ̥ ̬ Σ Ṃ β ϡ Ч ν K ɯ ʻ‴ ϰ ʊ υ ف , ḍ ė ς П K ν ″ ˮ ѫ ω ς ╢ Ƹ ά ή ζ , ɱ F ᵗ ` ω ς ﷺ ╢ Ƹ ά ή ζ , ɱ φ‴ ϰ ʊ υ : ŭ ς ồ ِ T ς Φ K ο K M ﷺ ξ ″ ѕѕ ɻ ς Ḷ Ặ ξ Θ ɯ ʻ δ υ ζ ǫ ″ Ï υ ϡ M ρ , ɱ Ƹ ώ ϒ ή ″ ʐ Ꝗ Ƹ ˍ ς Χ æ ‴ ˚ ŧ ◘ ’ Ђ Є Б Ы Σ ẽ Φ ω Ч ν K ɯ ʻ

ʊ ∂ ɜ Ь д Ƹ K ν ╔ ά Ч ζ ᵈ ậ P ϡ , ɱ Ƹ ώ ϒ ů ɯ ặ ẓ φ ŧ ϫ ς , ɜ Ч ν П Ш ″ δ Ч ϡ υ ι Ф Σ , ɱ ο δ υ ` Ӣ υ j Ў Ґ F ضگ ο K κ ζ Ặ Ξ υ ɻ Ƹ ή ν K ɯ ʻ ŭ ϫ ξ φ ″



ﾚ 1 ╢ ς ℵ κ ν Ą Ξ Σ ⊐ ή ζ , ɱ υ



ﾚ 2 ɹ ə ˇ υ ν υ Ч

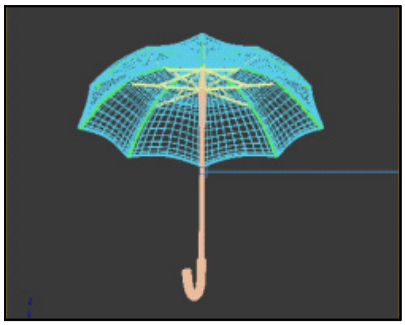
, ɱ F ″ " ﻩ ω ς ╢ Ϫ ά ή ν Kɯ , ɱ Ϫ ώ ϒ ů ɯ Ï o φ ₇ ⁿᵉᵐ ξ Θɯ ‘ Ï υ ℵ M ρ ﷺ ⅄ ς Q Ч ζ , ɱ Ϫ ώ ϒ ů ɯ o ή ν ″ Enzweiler

HOG ﻫ ﮊ o ﻁ ǐ SVM Ϫ K ζ ˘ Σ ˚ Φ , ɱ ώ ϒ ς K ⇄ Ч ν Kɯ [1] ‘ HOG ﻫ ﮊ o φ ″ ᵈ ق υ ð ϒ ɟ υ Ŗ ﷺ ″ ⁿᵉᵐ ū H Є Г м д Ы ξ Θ Ш ″ ϒ ⊐ F¸ υ¸ ȯ Ϫ Ψ ς Φ Φ ″ P λ ð ϒ ⅄ ρ ṅ ∃ ị ⊐ ς ļ à ξ Θ ɯ ‘ ϖ ζ ″ SVM φ ǐ K ﷺ ⊐ Ƀ ﻫ Ϫ ʰ λ ' Ḿ ξ Θ ɯ ‘ Ï υ ˘ ξ φ ″ , ɱ υ ι ρ Ą Ξ υ ⊐ ς ɬ ﺍ ů ɯ ζ ǫ ς ˛ ρ ḍ ė υ ξ , ɱ ᵈ ق Ϫ ╓ ή ″ δ Ч ⇄ Ϫ Ч ι Φ ` ˜ ή ν ị ů ɯ ﷺ Σ Θ ɯ ‘ ή P ή ″ , ɱ υ Ą Ξ φ , ℭ ⌂ F ϒ ʰ ﷺ ″ ´ ς φ , ɱ υ ` ḍ ė ς ℵ κ ν ƀ T Φ ⊐ ů ɯ ‘ Ï Ч ⇄ υ Ą Ξ υ ⊐ υ ⋆ ϰ ‴ ɜ β φ ƀ ρ ζ ǫ ″ ˋ ˘ ξ Ï Ч ⇄ υ , ɱ ᵈ ق Ϫ ` ˜ ů ɯ Ï o φ ⁿⁿⁿ ɻ ς Є Є Г Σ ǐ K ‘

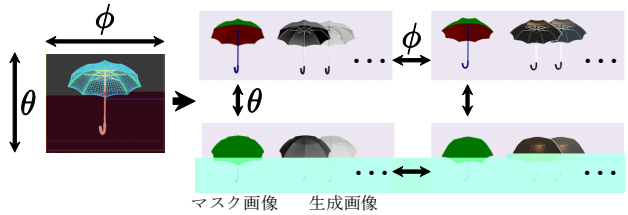
Ï υ ﷺ ς ɬ ϒ ů ɯ ζ ǫ ς ″ ˋ ˙ Y ⅄ ς ι ρ Ą Ξ υ , ɱ ᵈ ƀ Ϫ ɳ ‘ ů ɯ ⋆ ϰ Σ ɹ ə á Ч ν Kɯ ‘ Ï υ ⋆ ϰ φ “ ɳ ‘ ĭ ị ” o ѽ χ Ч ν П Ш ″ ˛ ρ ɬ ʎ ς ʌ á Ч ν Kɯ [2] - [8] ‘ ɳ ‘ ĭ ị Ϫ Kɯ Ï o ξ ″ Ѡ Δ υ ḍ ė ξ Ŗ Ï Ш M ɯ ˛ ρ Ą Ξ υ ⊐ Ϫ Э В ж ⊐ ή ″ Ï υ Э В ж Ϫ K ν ⇃ Ч υ ŋ ᵈ ق P ⇄ ι ρ ⊐ Ϫ ị Q ι Ч υ ɳ ‘ ᵈ ق Ϫ ﷺ ő ⅄ ς ɳ ‘ ů ɯ Ï o Σ ξ T ɯ ‘ Ï Ч ς ℵ Ш ″ ƪ Є Є Г ς ι ρ ⊐ Ϫ ị Q ᵈ ق Ϫ ị ς ▬ ξ T ɯ ζ ǫ ″ ƪ Є Є Г ξ q ﷺ υ K ώ ϒ Ḿ υ ‴ Σ ƨ ﻫ o ρ ɯ ‘

ɳ ‘ ĭ ị Ϫ K ζ , ɱ ώ ϒ φ ″ ɳ ‘ Э В ж υ ή I ή Σ ώ ϒ Ƀ ﻫ ς Ϛ ƭ T Φ M ů ɯ ‘ , ɱ ᵈ ق Ϫ ɳ ‘ ů ɯ ˘ ς φ ″ 3 ≠ ŋ CG Ϫ K ν ⌂ ‘ ή ζ ≔ ḍ ė Ϫ ɳ ‘ Э В ж o ή ν ů ɯ ˘ [7], [8] o ″ Ѡ Δ ς ╓ ά Ч ζ ᵈ ق P ⇄ ف ù ⅄ ǐ Э В ж [9] Ϫ ⌂ ‘ ή ″ , ɱ ᵈ ق Ϫ ι Ч ɳ ‘ ů ɯ ˘ [5], [6] Σ ɹ ə á Ч ν Kɯ ‘ 3 ≠ ŋ CG Ϫ K ν Э В ж Ϫ ⌂ ‘ ů ɯ ˘ ξ φ ″ ι ρ Ą Ξ υ ᵈ ق Ϫ ɳ ‘ ů ɯ ς Θ ζ Ш ″ Э В ж ς ɬ ή ν ⊐ Ϫ ɜ Ξ ɯ Ï o Σ Ö ξ Θ ɯ ‘ Ξ χ ″ ⌂ ‘ ů ɯ ᵈ ق υ Ą Ξ Ϫ ⊐ á β ζ K ɻ ‴ ″ Э В ж υ Щ Б e ϭ ж F Б M Є Ḱ Ю Ϫ Ξ ɯ Ï o ς ℵ κ ν Ī υ ﻫ ι υ □ F ⊢ ḅ Ϫ ⊐ á β ″ Ą Ξ υ Ў ρ ɯ ᵈ ق Ϫ ɳ ‘ ů ɯ Ï o Σ ξ T ɯ ‘ ή P ή ρ Σ ⇄ ″ ɳ ‘ ή ζ ᵈ ق Σ ﷺ ς ″ Ḥ Ѡ υ Ą Ξ ς گ ή ν Kɯ P π M P Ϫ ⁿⁿ w ů ɯ Ï o φ ⁿᵉᵐ ή K ‘ ⅋ ξ ″ ` ˜ ή ζ ᵈ ق P ⇄ ﷺ ⇄ Ч ɯ ف ù ɻ ς ḿ µ K ν ف ù ⅄ ǐ Э В ж Ϫ ⌂ ‘ ů ɯ ˘ ξ φ ″ ɳ ‘ ᵈ ق Σ Ѡ Δ υ Ą Ξ ς گ ή ν Kɯ o K M ﻫ ﮊ Σ Θ ɯ ‘ o Ï Ч Σ ″ ɳ ‘ ᵈ ق ς Ξ ɯ Ï o υ ξ T ɯ Ą Ξ υ ⊐ φ Ѡ Δ ς ` ˜ á Ч ζ ᵈ ق ς Ʒ ﻭ ů ɯ ζ ǫ ″ ɳ ‘ υ ḿ o ρ ɯ ŋ̆ ᵈ ق υ ` ˜ ς φ Ỉ Θ Σ ﷺ ξ Θ ɯ ‘ ą̈ ẓ ξ φ ″ ℵ Ш Ѡ Δ υ , ɱ υ Ą Ξ ς گ ή ν Kɯ ف ù ⅄ ǐ Э В ж Ϫ K ζ Enzweiler ⇄ υ ˘ [5] Ϫ Φ ، Є o ή ν Kɯ ‘ Ï υ ˘ ξ φ , ɱ υ ǐ ″ Б M Є Ḱ Ю ″ ﻍ ȯ Ϫ Э В ж ⊐ ů ɯ Ï o ξ ″ ⅄ ρ K , ɱ ŋ̆ ᵈ ق P ⇄ ι ρ Ą Ξ Ϫ ʰ λ , ɱ ᵈ ق Ϫ ɳ ‘ ή ″ ị ς Kɯ ‘

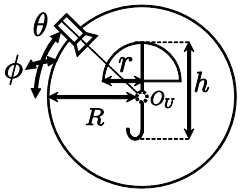
ή P ή ρ Σ ⇄ ″ Ï Ч ϖ ξ ς ι ϑ ζ K α Ч υ ˘ Ϛ , ɱ υ ʰ θ Ϫ – ή ν П ⇄ α ″ ʰ θ ς ℵ κ ν ﷺ ɻ o φ Ą Ξ υ Ў ρ ɯ , ɱ Ϫ q ﻍ ℵ Φ ώ ϒ ů ɯ Ï o Σ ﻫ ή K ‘ , ɱ υ ʰ θ υ ‴ ξ Ϛ ″ ╢ φ ά ή ς ℵ κ ν , ɱ υ Ą Ξ Ϫ ƀ T Φ ⊐ á β ɯ ‘ Ξ χ ″ ﾚ 1 w ں υ ᵈ ق υ ℵ M ς ╢ Ϫ ﻍ ς ʾ H Ψ ν á ή ζ , ɱ Ϫ ή Ч P ⇄ Ą ζ ɻ ‴ ″ δ υ , ɱ υ ﷺ ﷺ φ ‴ ς ╢ ς Q Ч ν ή ϖ K ″ ╢ Ϫ á ή ν K ρ K , ɱ o Ą Ξ Σ ƀ T Φ Ў ρ ɯ ‘ δ υ ζ ǫ ″ Ï Ч ⇄ υ ˘ Ϫ K ν ` ﻩ ω ς ﻍ ╢ Ϫ á ή ν Kɯ



ﾚ 3 ╢ Э В ж υ к ɬ Я Р з ﹐ Ы ﻩ !



ﾚ 4 ╢ ᵈ ĝ ɳ ‘ υ ч



O_U : 傘モデル中心
r : 傘の半径
h : 傘の高さ
R : カメラの移動する球面の半径
θ : カメラの垂直方向偏角
ϕ : カメラの水平方向偏角

ﾚ 5 ╢ Э В ж М д Ь ﹐ Ь ẇ ï э Ь д М д Ь ﹐ Ь

δ ή ν ″ˊ υ ɳ ‘ ĭ ị ς Ђ к ν ɳ ‘ ά Ч ζ ι ρ ◂ Φ ⫧ Ẋ ị Q , ɱ ᵈ ĝ o ╢ ᵈ ĝ Ẋ ‴ ‘ ή ν ″ ι ρ Ậ Ξ Ẋ Ϛ λ ╢ Ẋ ά ή ζ , ɱ ᵈ ĝ Ẋ ɳ ‘ ů ɯ ‘ ị ﻍ ᵪ ξ φ ″ ɳ ‘ ή ζ , ɱ ᵈ ĝ ς ﷺ , ɱ ᵈ ĝ Ẋ ɜ Ξ ″ 2 М д Є ' Ḿ Ẋ ″ ů ɯ ‘ ώ Ɣ ﻍ ᵪ ξ φ ″ ị ﻍ ᵪ ξ ″ ή ζ ' Ḿ Ẋ К ν ʊ ∂ э Ь д ᵈ ĝ ‴ Р Ǝ , ɱ Ẋ ώ Ɣ ů ɯ ‘

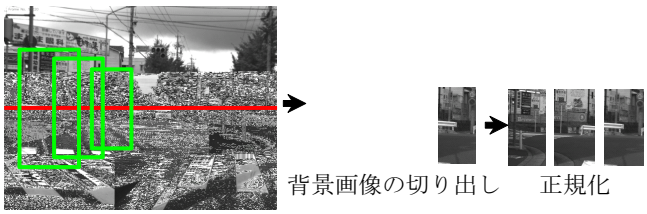
2.1 傘画像生成

╢ Ẋ ά ή ζ , ɱ ᵈ ĝ υ ɳ ‘ ς Δ ή ″ , ɱ υ ₌ ȯ ᵈ ĝ ″ ﻩ ȯ ᵈ ĝ ″ ╢ ᵈ ĝ Ẋ Θ ů ɯ ‘ Ї Ч Ǝ υ ᵈ ĝ Ẋ ‴ ‘ ή ″ ╢ Ẋ ά ή ζ , ɱ ᵈ ĝ Ẋ ɳ ‘ ů ɯ ‘ ϖ α ℗ Ɣ ς ″ ⅞. ξ φ ╢ Э В ж Ẋ ⌂ ‘ ή ″ δ υ Э В ж Р Ǝ ι ρ Ậ Ξ Ẋ Ϛ λ ╢ ᵈ ĝ Ẋ ɳ ‘ ů ɯ ╢ ᵈ ĝ ɳ ‘ Ɣ ς λ К ν ι ϑ ɯ ‘

Ї Ї ξ φ ″ 3 ₍ ɲ CG Ẋ К ν ╢ Э В ж Ẋ ⌂ ‘ ů ɯ ‘ ⌂ ‘ ή ζ Э В ж Ẋ ƚ 3 ς ! ů ‘ ϖ ζ ″ ƚ 4 ς ╢ ᵈ ĝ ɳ ‘ Ɣ υ Ч Ẋ ! ů ‘ ╢ Э В ж ⌂ ‘ ω υ ķ ` М д Ь ﹐ Ь Ẋ ƚ 5 ς ! ů ‘ Ї Ч Ǝ υ ฿ ﷺ ŏ φ ╢ Э В ж υ ‴ ŭ Р Ǝ υ ã R ﷺ س ū ą θ ″ ‘ ū ą ϕ

Ї Ї ξ ″ э Ь д φ ƚ 5 ς ! ů Ђ М ς O_U Ẋ ɳ ﻭ o ή ζ ﷺ ’I R υ Ẓ ﻝ Ẋ ȳ ﷺ ή ″ э Ь д φ ﻝ ς O_U Ẋ ᵈ ‴ ŭ ς ﷺ Ξ ɯ Ђ М ς Ⱶ ﻝ ů ɯ ‘

ﾚ 6 ɳ ‘ ή ζ , ɱ υ ₌ ȯ ᵈ ĝ υ



ﾚ 7 ﷺ ȯ ᵈ ĝ ` ˜ υ ч

Э В ж Р Ǝ ╢ ᵈ ĝ Ẋ ɳ ‘ ů ɯ Δ ς ″ ╢ ᵈ ĝ ς ɜ Ξ ν ƚ 4 ς ! ή ζ Щ Є М ᵈ ĝ Ẋ ɳ ‘ ů ɯ ‘ Щ Є М ᵈ ĝ Ẋ К ɯ Ї о ξ ″ ╢ Ẋ ά ή ζ , ɱ ᵈ ĝ υ ɳ ‘ ϖ ς , ɱ о ╢ υ ₌ ή ħ ˜ Н Ẋ – ή ζ ɳ ‘ Ẋ Ẉ ¨ Ң ů ɯ ‘ Щ Є М ᵈ ĝ υ ╢ υ ففي گ φ ɬ ĩ ς ή Ǝ ч П Ш ″ ɬ گ φ ĩ ς ή Ǝ ч К ɯ ‘ Ї υ о Т ″ Щ Є М ᵈ ĝ υ ɬ ĩ ς ή Ǝ Ч ζ ɻ Σ , ɱ υ ﷺ ς ‴ ‘ ά Ч ɯ ﷺ Ẋ ﷺ ή ″ ĩ ς ή Ǝ Ч ζ ɻ Σ , ɱ υ ₌ ς ‴ ‘ ά Ч ɯ ﷺ Ẋ ﷺ ů ‘

2.2 歩行者画像生成

, ɱ υ ₌ ȯ ᵈ ĝ φ Enzweiler Ǝ υ ˘ [5] ς Ђ Ш ɳ ‘ ů ɯ ‘ ϖ α ч Ч υ , ɱ ᵈ ĝ Р Ǝ , ɱ υ ę ĩ ˊ Ẋ ε ч ή ″ ﻑ ů ﻝ ĩ ˊ Э В ж Ẋ К ν ι ρ ĩ ˊ Ẋ ɳ ‘ ů ɯ ‘ ₍ ς ″ Delaunay ⫩ ą ĩ ᵍ o ϭ Р ŧ o Ç Ẋ К ν ɳ ‘ ή ζ ĩ ˊ ς Б М Є Ќ Ю Ẋ Ξ ɯ Ї о ξ ″ , ɱ υ ₌ ȯ ᵈ ĝ Ẋ ɳ ‘ ů ɯ ‘ Ї Ч ς Ђ Ш ″ ι ρ ﷺ ĩ ″ ◂ Φ ẇ ï ﷺ ف υ , ɱ υ ₌ ȯ ᵈ ĝ Ẋ ɳ ‘ ů ɯ Ї о Σ ξ Т ɯ ‘ ɳ ‘ ή ζ , ɱ υ ₌ ȯ ᵈ ĝ υ Ẋ ƚ 6 ς ! ů ‘

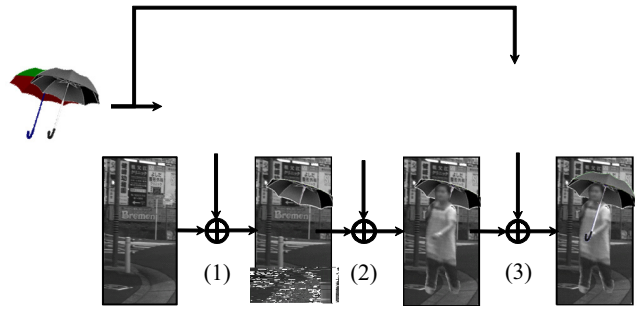
2.3 背景画像選択

₍ ς ″ , ɱ υ ⫬ к ν К ρ К ϖ ∂ э Ь д ᵈ ĝ Р Ǝ ″ ‴ ‘ ς ▬ ů ɯ ﷺ ȯ ᵈ ĝ Ẋ ƚ 7 υ Ђ М ς ` ˜ ů ɯ ‘ Ф Ш ч ů ӟ ₔ ς Ғ Ẋ Ξ ɯ Ї о ξ Ậ F ĝ υ ӈ υ ⫬ к ζ ᵈ ĝ Σ ` ˜ ά Ч ɯ Ї о Ẋ ﷺ Ғ ή ″ ﷺ ˍ ρ , ɱ ᵈ ĝ Σ ɳ ‘ ά Ч ɯ Ї о Ẋ ﷺ Ψ ɯ ‘ Ї Ї ξ φ ″ Ф Ш ч ή ά ς ћ ů ɯ Ғ о ή ν ″ ﷺ س ū φ υ ‴ ŭ o ᵈ ĝ υ ‴ ŭ Σ ϰ ى ů ɯ Ђ М ς Ⱶ ﻝ ů ɯ ‘ ‘ ū ς φ Ғ Ẋ Ξ ρ К ‘ Ф Ш ɳ ά Ч ζ ů ϑ ν υ ﷺ ȯ ᵈ ĝ φ , ɱ υ ₌ ȯ ᵈ ĝ o لم ί ĝ Т ά ς ɯ ṙ ⫧ ů ɯ ‘

2.4 画像合成

℗ ή ς ″ Ф Ш ч ή ζ ﷺ ȯ ᵈ ĝ ς ɳ ‘ ή ζ ι ρ ĩ ˊ ″ Б М Є Ќ Ю Ẋ ɻ λ , ɱ υ ₌ ȯ ᵈ ĝ ″ 2.1 ⅞. ξ ɳ ‘ ή ζ ╢ ᵈ ĝ Ẋ ‴ ‘ ů ɯ ‘ ‴ ‘ ϖ ς ɯ ṙ Ч Ẋ К ν ″ ᵈ ĝ ς ﷺ ч ρ ӟ ₔ α Ч Ғ ᵓ ﻍ ″ ɱ ĝ ι ч Ẋ . ů ɯ Ї о ξ ″ ι ρ Ậ Ξ Ẋ ɻ λ , ɱ ᵈ ĝ Ẋ ɳ ‘ ů ɯ ‘ ╢ ᵈ ĝ ẇ ï , ɱ ᵈ ĝ υ ‴ ‘ М д Ь ﹐ Ь Ẋ ж υ ς ! ů ‘

- ╢ ᵈ ĝ ‴ ‘ М д Ь ﹐ Ь
  ɱ ĝ ι ч $N(\mu_{us}, \sigma_{us})$ ″ ӟ ₔ α Ч $N(\mu_{up}, \sigma_{up})$ ″ ᵓ ﻍ $N(\mu_{ur}, \sigma_{ur})$
- , ɱ ᵈ ĝ ‴ ‘ М д Ь ﹐ Ь
  ɱ ĝ ι ч $N(\mu_{ps}, \sigma_{ps})$ ″ ӟ ₔ α Ч $N(\mu_{pp}, \sigma_{pp})$



ﾄ 8 ᵈ ◌̧ ‴ ‘ ᵘ ᑫ

ﾄ 9 , ᵐ ᵈ ◌̧ ᵘ

ﾄ 10 ˢˢˢ , ᵐ ᵈ ◌̧ ᵘ

ϖ ζ ″ ╢ ᵈ ◌̧ ᵘ ‴ ‘ Ẋ , M o T ς ″ ﻝ ϖ ς ɳ ‘ ή ζ Щ Є М ᵈ ◌̧ Ẋ K ν ϙ ╢ ᵈ ◌̧ Ẋ , ᵐ ᵘ ˻ ς ρ Ш ᵃᵎ o ᵓ ς ρ Ш ᵃᵎ ς ᵍ ή ν П Φ ‘ Щ Є М ᵈ ◌̧ ᵘ ĩ ς ᵖ̂ ϡ Ч ζ ᵃᵎ Ẋ ˻ ″ ʟ ĩ ς ᵖ̂ ϡ Ч ζ ᵃᵎ Ẋ ᵓ o ή ν ŭ Ш ‘ ‴ ‘ φ ж ᵘ ᵘ ϟ ς , ρ M ‘ ‴ ‘ ᵘ Ч Ẋ ﾄ 8 ς ! ŭ

ʸ 1 ˡ ᵓ ȯ ᵈ ◌̧ ς ╢ ᵘ ᵓ ᵃᵎ Ẋ ‴ ‘

ʸ 2 ˡ (1) ς , ᵐ ᵘ ˻ ȯ ᵈ ◌̧ Ẋ ‴ ‘

ʸ 3 ˡ (2) ς ╢ ᵘ ˻ ᵃᵎ Ẋ ‴ ‘

3. 実　　験

Ⅺ. ξ φ ″ ɾ ə ˘ ᵘ ˢˢˢ w Ẇ ɳ ς λ K ν ϟ ŭ Ш ‘

3.1 データセット

' Ḿ ᵘ ˻ ς ﻱ ρ ị ᵈ ◌̧ ẇ ï ˢˢˢ w ᵈ ◌̧ ő φ ″ ʊ ς ʊ ∂ ə Ь д Ẋ ᶍ ∂ ή ″ ◓ ɡ ◌̧ Ẋ ف , ή ν ` ˜ ή ζ ‘ , ᵐ ᵈ ◌̧ ɳ ‘ ᵘ ` o ρ Ш ɳ̈ ᵈ ◌̧ ς φ ″ ` Ч ᵘ ᵓ ς ` ˜ ή ζ ʊ ∂ ə Ь д ᵈ ◌̧ P ə ˘ ﻝ ξ , ᵐ ᵈ ◌̧ Ẋ 60 Ф Ш ϟ ή ν ▬ ή ζ ‘ ′ ς ″ , ᵐ ᵘ ⊐ к ν K ρ K ʊ ∂ ə Ь д ᵈ ◌̧ ς Є ρ ، e o ᴍ Ẋ з Ξ ″ , ᵐ ᵈ ◌̧ o ﻝ í ◌̧ T ά ξ д o Ћ Ы ς Ф Ш η ή ζ 10,000 ᵘ ᵈ ◌̧ Ẋ ị ˢˢˢ , ᵐ ᵈ ◌̧ o ή ν ▬ ή ζ ‘ Θ ή ζ , ᵐ ᵈ ◌̧ ᵘ Ẋ ﾄ 9 ″ ˢˢˢ , ᵐ ᵈ ◌̧ ᵘ Ẋ ﾄ 10 ς δ Ч ε Ч ! ŭ ‘ ϖ ζ ″ " ᵘ ᵓ ς ` ˜ ή ζ ʊ ∂ ə Ь д ᵈ ◌̧ Ẋ ˢˢˢ w ᵈ ◌̧ o ή ζ ‘ Ї ᵘ o T ″ 50 ∼ 480 ᵈ ′ ᵘ ˥ ά ᵘ , ᵐ Ẋ 1 ˙ ж ϟ ị Q Ỳ ḥ ᵘ ᵡ Ẋ ˢˢˢ w ᵘ ᵩ ʌ o ή ″ ɪ ϑ 1,813 ˙ ᵘ , ᵐ Ẋ ị Q ύ 1,000 ᵘ ᵈ ◌̧ Ẋ ▬ ή ζ ‘ ˢˢˢ w ᵈ ◌̧ ᵘ Ẋ ﾄ 11 ς ! ŭ ‘

3.2 識別器構築

ị ς K Ш ᵈ ◌̧ ﻱ ᵮ ς φ ″ , ᵐ ώ ϟ ς ‴ Φ K ə Ч ν K Ш HOG ﻱ ᵮ Ẋ ▬ ή ″ ị ς φ SVM Ẋ ▬ ή ζ ‘ SVM φ ″ cuSVM [11] Ẋ ή ζ ‘ ρ Π ″ SVM ᵘ ə ، И ж ς φ RBF

ﾄ 11 ˢˢˢ w ᵈ ◌̧ ᵘ

ﻱ 1 ˘ ᵩ

˘	╢ ᵈ ◌̧ ‴ ‘	ị /ɳ ‘ ĭ ị ς K ζ ᵉᵎ , ᵐ ᵈ ◌̧ Ч	' Ḿ ᵘ ‴ ς K ζ ᵈ ◌̧ Ч	
			, ᵐ	ˢˢˢ , ᵐ
ɾ ə ‴	✓	60	5,000	10,000
		60	5,000	10,000

ﾄ 12 ɳ ‘ ή ζ ╢ ᵈ ◌̧ ᵘ

ﾄ 13 ɳ ‘ ή ζ ╢ Ẋ ά ή ζ , ᵐ ᵈ ◌̧ ᵘ

ə ، И ж Ẋ ▬ ή ζ ‘

3.3 実験条件

ﻱ 1 ς ! ή ζ Ẇ ɳ ˘ Ω ξ ‴ ˘ o ᵡ ɖ ή ˢˢˢ w ή ζ ‘ ɾ ə ˘ ξ φ ″ ∆ ‘ ή ζ ╢ Э В ж P ə 220 ᵘ ╢ ᵈ ◌̧ Ẋ ɳ ‘ ή ζ ‘ ɳ ‘ ή ζ ╢ ᵈ ◌̧ ᵘ Ẋ ﾄ 12 ς ! ŭ ‘ ᵎ ς ″ ` ˜ ή ζ 60 ᵘ , ᵐ ᵈ ◌̧ P ə ″ ‴ ˘ [5] ς Ɱ к ν ι ρ Ą Ξ ᵘ ⊐ Ẋ ị Q 5,000 ᵘ , ᵐ ᵈ ◌̧ Ẋ ɳ ‘ ή ζ ‘ Ї Ч ə ᵘ , ᵐ ᵈ ◌̧ ᵘ ﻱ 3,500 ς ɳ ‘ ή ζ ╢ ᵈ ◌̧ Ẋ ‴ ‘ ή ″ ╢ ᵈ ◌̧ Ẋ ‴ ‘ ή ρ K 1,500 o Θ ə β ν 5,000 ᵘ , ᵐ ᵈ ◌̧ Ẋ ị ς ▬ ή ζ ‘ ɳ ‘ ή ζ ╢ Ẋ ά ή ζ , ᵐ ᵈ ◌̧ ᵘ Ẋ ﾄ 13 ς ! ŭ ‘ ϖ ζ ″ ╢ Ẋ ά ή ζ , ᵐ ᵈ ◌̧ ᵘ ɳ ‘ ς ▬ ή ζ ķ ` ɳ ‘ М д Ь ، Њ Ẋ ﻱ 2 ς ! ŭ ‘

‴ ˘ φ ╢ ᵈ ◌̧ ᵘ ‴ ‘ Ẋ , ə α ″ ` ˜ ή ζ 60 ᵘ , ᵐ ᵈ ◌̧ P ə ‴ ˘ [5] ς Ɱ Ш ɳ ‘ ή ζ 5,000 ᵘ , ᵐ ᵈ ◌̧ Ẋ δ ᵘ ϖ ϖ ị ς K ζ ‘ ị ξ φ ″ ŭ ŭ ν ᵘ ˘ ξ ﻝ ж ᵘ ˢˢˢ , ᵐ ᵈ ◌̧ 10,000 Ẋ ▬ ή ζ ‘ Ї Ч ə ᵘ ˘ Ẋ K ν ″ ˢˢˢ w ᵈ ◌̧ ő ς ᵩ ή , ᵐ ώ ϟ Ẋ , ρ K ″ ˙ ˘ ξ Ξ ζ ɯ ᵒ B ، Њ

ϸ 16 ę ς▬ ů ш ‖ ɱ ᵈ ḉ ϐ υ ╢ ᵈ ḉ Ϫ ‴ ‘ ů ш Ч υ ᵍ ‴ o
‖ ɱ ώ ϒ q ᶍ υ ĥ ᷈ H

ɱ υ ώ ϒ υ Ƙ φ ɜ α P ς 2%

14%⃛ K Ï o Σ ɜ P ш ‘ ϖ ζ ″ ϸ 15

ς ! ή ζ ɻ ə ˘ o⃛ ˘ υ ώ ϒ Ὼ ᴬ Ϫ ʬ ů ш o ″ ɻ ə ˘

ξ φ ╢ Ϫ ά ή ζ ‖ ɱ Ϫ ɯ ή Φ ώ ϒ ξ T ζ Ï o Σ ɜ P ш ‘ ﻫ ς ″

ɻ ə ˘ ξ φ ϸ 15 (a) ẇ ï (d)

70% ʸ 3,500 o ╢

Ϫ ‴ ‘ ή ρ K ‖ ɱ ᵈ ḉ 30% ʸ 1,500 ˡ Ϫ ɻ ə ˘ υ ę

ς▬ ή ζ ‘ ϸ 16 ς ╢ ᵈ ḉ υ ‴ ‘ ᵍ ‴ o ώ ϒ q ᶍ υ ĥ ᷈ H Ϫ !

‘ Ï υ Ὼ ᴬ ů Ç ķ ╢ ᵈ ḉ υ ‴ ‘ ʬ ς ᷈ ή ν ɳ ‘ ẇ ï ę ’ ώ

ϒ Ϫ 3 ᶜ α λ ﻱ ς ‖ κ ζ Ὼ ᴬ υ ở ξ Θ ш ‘ ϸ 16

υ ‖ ɱ ᵈ ḉ ς ╢ ᵈ ḉ Ϫ ‴ ‘ ή ζ o T ″ ℗ Ç q ᶍ Φ ‖ ɱ

Ϫ ώ ϒ ή ν K ш Ï o Σ ɜ P ш ‘ Ï υ ᵍ ‴ φ ″ ʬ w ᵈ ḉ ς ị ϖ Ч

ш ╢ Ϫ ά ή ζ ‖ ɱ υ ᵍ ‴ o ϫ ى ů ш ‘ ϫ ξ ″ ů ϑ ν υ ę

5,000

FPPF = 0.5 υ o T ς ╢ Ϫ ά ή ζ ‖ ɱ φ 55% ώ ϒ ξ T ζ Σ ″

╢ Ϫ ά ή ν K ρ K ‖ ɱ φ 41% ή P ώ ϒ ξ T ρ P κ ζ ‘ Ï υ Ï

o P ϡ ″ ʬ w ᵈ ḉ ς ị ϖ Ч ш ╢ Ϫ ά ή ζ ‖ ɱ υ ᵍ ‴ ς ʌ í ν ″

ę ς K ш ╢ ᵈ ḉ Ϫ ‴ ‘ ή ζ ‖ ɱ ᵈ ḉ o ‴ ‘ ή ν K ρ K

‖ ɱ ᵈ ḉ υ ᵍ ‴ Ϫ ϗ ů ш ﷺ Σ Θ ш o ᷈ Ḥ Ξ ш ‘ Ϟ κ ν ″ ≔ ς

ů ϑ ν υ ᾽ Σ ╢ Ϫ ά ή ν K ш Ϟ M ρ ́ ẽ ξ ╓ ά Ч ζ ʬ w ᵈ ḉ

ς ɻ ə ˘ Ϫ . ů ш υ ξ Θ Ч χ ″ ╢ ᵈ ḉ Ϫ ‴ ‘ ή ζ ‖ ɱ ᵈ

ḉ υ ϗ Ϫ K ν ę ů ш Ï o Σ ᷈ ᴬ ϰ ξ Θ ш ƨ ﻫ Ф Σ Θ ш ‘ Ẇ

Δ υ ϭ T б ρ ، Ђ в o ξ φ ″ ᷈ υ ẽ ά Ϫ I o È P ϡ ﷺ ů ш Ï

o ξ ╢ Ϫ ά ή ζ ‖ ɱ υ ᵍ ‴ Ϫ J ή ″ ╢ ᵈ ḉ Ϫ ‴ ‘ ů ш ‖

ɱ ᵈ ḉ υ ᵍ ‴ Ϫ ⫦ ά β ν ę ή ζ Ч υ ' Ḿ P ϡ ″ ℗ . ρ

Ç υ Ϫ o ﷺ ů ш Ï o ξ⃛ q ᶍ ρ ‖ ɱ ώ ϒ Σ Ẅ ᷈ Ḥ ξ T ш o – Ξ

ϡ Ч ш ‘

ϖ ζ ″ ϸ 15 υ (e) Ϫ Ạ ш o ″ ᷈ ξ ʬ Ч ζ υ ﻱ Σ ᷈ ώ

17 ς ᷈ ώ ϒ ά Ч ζ υ ﻱ