

短期記憶オプティカルフローイメージに基づく 車両運転時の視点移動

守田 了 石原 由紀夫

山口大学工学部

宇部市常盤台 2557

morita@kde.yamaguchi-u.ac.jp

ヒトの視覚は画素密度分布が中心窩に相当する近傍で高く、周辺に行くに従って、低くなっている。また周囲の状況を把握するためにオプティカルフローが重要な役割を持っていることが報告されている。本稿では、中心窩視覚に基づき視点を高速に移動しながらオプティカルフローイメージを生成する手法を提案する。また、この短期記憶のオプティカルフローイメージとタスクの並列実行に基づく視点移動を提案する。

車両が混雑していない状況下での運転時の視点移動を実現するためには、道路に沿った次のエッジへ移動する狭い範囲での視点移動と周囲の状況を把握する広範囲の視点移動が必要である。このようにタスクに応じて注視の範囲を変更するために、タスクに応じた短期記憶を導入する。オプティカルフローから得られる low-level の特徴を用いて生成される短期記憶イメージを用いることによって、広い範囲の視野が得られることを明らかにする。実際に車両が混雑していない状況下での車両運転時の視点移動を簡易にシミュレートし、本モデルの有効性を示す。

キーワード 中心窩視覚, オプティカルフロー, 短期記憶, 運転

Eye Movement in Driving Based on Short-term Memory Optical Flow Image

Satoru MORITA and Yukio ISHIHARA

Faculty of Engineering, Yamaguchi University

2557 Tokiwadai, Ube, 755, Japan

It is reported that human has active foveated vision and optical flow is important to grasp the situation. We propose the method generating the optical flow image while moving foveated vision quickly. Foreover, we propose the eye movement based on optical flow image of short-term memory and parallel execution of tasks.

To realize eye movement on the situation where many cars does not exist, we must realize the eye movement on the wide region to grasp the situations and the eye movement on the close region to get the road shape. We introduce the short-term memory changed according to tasks to change the region according to tasks. We shows the effectiveness by applying this model for the eye movement in driving.

keyword: Active Foveated Vision, Optical Flow, Short-term Memory, Driving

1 はじめに

ヒトの視覚は画素密度分布が中心窩に相当する近傍で高く、周辺に行くに従って、低くなっている。このような中心窩視覚を生成するための様々な CCD 素子が開発されている [1][2][3][4]。我々はヒトの視点移動を実現するために、ヒトの視覚を模擬して中心窩視覚を用いる。視野の周辺で物体の移動が感知されると、視点は注視している視点から次の視点に反射的かつ瞬時に移動する。しかし、一般に中心窩視覚に基づく視点の制御は中心窩画像の範囲で行われ [5]、広範囲の視点の移動は困難である。

Gibson は光の配列をオプティカルフローと呼び、視覚心理学的立場からその重要性を述べている [6]。オプティカルフローは撮像されている物体に体してカメラが相対的に動いているときに、観測される明るさパターンのみかけの動きである。Limb らは動画の帯域圧縮の研究から、物体の移動方向と明るさの勾配に関する近似式を発見し [7]、Horn らはこの近似式からオプティカルフローを決定する近似式を導いている [8]。我々は、一般のカメラにより得られるオプティカルフローを中心窩視覚から得る計算手法を導く。

短期記憶は感覚器からの情報を短期間保存しておくところである [9]。広範囲の視点移動の実現のために、明るさ、エッジ、コーナに基づく短期記憶に基づく短期記憶イメージが提案されている [10]。視野の周辺でなにか物体の移動が感知されると、反射的かつ瞬時にその移動物体に視線が向く。瞬時的な眼球の動きは、注視している現在の視点から次の視点の間を一気に飛び越すように動くので、跳躍的あるいは飛躍的眼球運動もしくはサッカードと呼ばれている。このような視覚の動特性は生物の視覚において重要である。本稿では明るさ、エッジ、コーナに基づく短期記憶イメージを拡張し、オプティカルフローに基づく短期記憶イメージを導入することにより、感知された周囲の物体移動に対する広範囲の視点移動を実現する。

他方一般化された処理ユニットの直列実行によって知覚、制御処理を実現するのではなく、各ユニットが独立に行動を実行しようとする並列実行によって知覚、制御処理を実現するサブサンプリングアーキテクチャが提案されている [11]。複雑な作業が小さなタスクを並列実行することによって実現されることが述べられている。この立場から分化されたタスクの並列実行と短期記憶のモデルに基づいた作業に基づく視点移動のアーキテクチャが提案されている [12]。本稿では明るさ、エッジ、コーナに基づく短期記憶に基づく短期記憶イメージ

他にオプティカルフローに基づく短期記憶イメージに基づく分化されたタスクのモデルを分化されたタスクの並列実行のモデルに組み入れる。実際に車両が混雑していない状況下での車両運転時の視点移動をこのアーキテクチャを用いて実現する。

2. では短期記憶と中心窩視覚に基づくオプティカルフローについて、3. では短期記憶オプティカルフローイメージに基づく視点の制御について、4. では分化されたタスクに基づく視点移動について述べ、実際に車両運転時において中心窩視覚を用いて短期記憶イメージを生成し、その有効性を確かめる。

2 短期記憶と中心窩視覚に基づくオプティカルフロー

2.1 短期記憶

短期記憶は文字通り、およそ 20 秒くらいまでの短期間、情報を保存しておくところである。主に 2 つの役割がある。1 つは、感覚情報貯蔵庫から送られてくる入力情報や短期記憶での処理結果を長期記憶に転送する役割である。もう一つの役割は、課題の要請に合わせて、入力情報と知識を加工処理することである。感覚情報貯蔵庫にとどめられた情報の中から、課題の目的に必要な特徴が抽出され、それに対してのみ符号が割り付けられる。また長期記憶に貯蔵されている知識のうち、課題の解決に関連するものが活性化されて、符号化に使われる準備状態に入る。情報の加工処理も、容量が制約された中で行われなければならない。

2.2 中心窩視覚とオプティカルフロー

網膜の中心部位は中心窩とよばれる。通常、視対象を見るということは網膜の中心部で見ることで、水晶体から中心窩への光の経路が視軸となる。中心窩で見ることを中心視といい、それを囲む網膜の周辺部位で見ることを周辺視と総称する。回転やスケールに不定であるので、log-polar マッピングモデル [13] はマシビジョンの画像サンプリングモデルとして広く使われている。Wilson は log-polar マッピングモデルに従い空間不定の受容野配置において次に述べるモデルを提案し、ヒトのコントラスト感性機能を説明している [14]。受容野の中心は中心窩の中心をもとに円上に位置付けられている。周辺に行くほど大きくなるように円の半径を変えることが必要になるため、 n 番目の円の離心率 R_n は以下のように定

義される。

$$R_n = R_0 \left(1 + \frac{2(1 - o_v)C_m}{2 - (1 - O_v)C_m}\right)^n \quad (1)$$

R_0 は中心窩領域の半径であり, C_m は中心窩の中心から受容野の中心までの離心率に対する受容野の直径の割合であり, O_v は部分的重複率である。もし受容野が他の受容野に接触していれば, $O_v = 0$ となり, 受容野が次の受容野の中心に達していれば, $O_v = 0.5$ となる。各画素の色は分割された各マスの重心上の色を用いている。R 方向と θ 方向の xy 座標をとり, それぞれの座標に RGB を割り当てた画像を $R\theta$ 画像とよぶ。

撮像されている物体に体してカメラが相対的に動いているときに, 観測される明るさパターンのみかけの動きはオプティカルフローと呼ばれている。動き場は画像のほとんどの部分において滑らかに変化するという仮定と物体上の点の明るさが不変であるという仮定から, オプティカルフローは以下の関数を最小化することにより得られる。

$$F(u, v, u_x, u_y, v_x, v_y) = e_s + \lambda e_c \quad (2)$$

$$e_s = \iint ((u_x^2 + u_y^2) + (v_x^2 + v_y^2)) dx dy$$

$$e_c = \iint ((E_x u + E_y v + E_t)^2) dx dy$$

但し, $u = \frac{dx}{dt}$, $v = \frac{dy}{dt}$, $E_x = \frac{\partial E}{\partial x}$, $E_y = \frac{\partial E}{\partial y}$, $E_t = \frac{\partial E}{\partial t}$ である。本稿では, $R\theta$ 画像からオプティカルフローを計算するためにこれらの計算を以下のように拡張する。

$$F(u, v, u_\theta, u_r, v_\theta, v_r) = e_s + \lambda e_c \quad (3)$$

$$e_s = \iint ((u_\theta^2 + u_r^2) + (v_\theta^2 + v_r^2)) d\theta dr$$

$$e_c = \iint ((E_\theta u + E_r v + E_t)^2) d\theta dr$$

但し, $u = \frac{d\theta}{dt}$, $v = \frac{dr}{dt}$, $E_\theta = \frac{\partial E}{\partial \theta}$, $E_r = \frac{\partial E}{\partial r}$, $E_t = \frac{\partial E}{\partial t}$ である。

本計算は以下の積分を最小化する変分法の問題になる。

$$\iint F(u, v, u_\theta, u_r, v_\theta, v_r) d\theta dr$$

但し,

$$F(u, v, u_\theta, u_r, v_\theta, v_r) = (u_\theta^2 + u_r^2) + (v_\theta^2 + v_r^2) + \lambda (E_\theta u + E_r v + E_t)^2 \quad (4)$$

対応するオイラー方程式は次のようになり,

$$F_u - \frac{\partial}{\partial \theta} F_{u_\theta} - \frac{\partial}{\partial r} F_{u_r} = 0$$

$$F_v - \frac{\partial}{\partial \theta} F_{v_\theta} - \frac{\partial}{\partial r} F_{v_r} = 0 \quad (5)$$

よってオイラーの方程式から次式が導かれる。

$$\nabla^2 u = \lambda (E_\theta u + E_r v + E_t) E_\theta$$

$$\nabla^2 v = \lambda (E_\theta u + E_r v + E_t) E_r \quad (6)$$

ここで

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2}{\partial r^2}$$

この 2 元連立の楕円型 2 階微分方程式は繰り返し法によって解くことができる。

この計算を得られた R_n, θ_m 画像を画像を用いて近似的に計算する。 $n * m$ 画素の R_n, θ_m 画像を xy 画像とみなし, オプティカルフローを計算する。但し, $R\theta$ 画像中の θ 方向の最後の画素と最初の画素がつながる円筒形状をなすように計算する。一つの半径における受容野の数は $\frac{2*\pi}{C_m(1-O_v)}$ であるので, $\theta_m = C_m(1 - O_v) * m$ である。得られた R_n, θ_m 画像の u, v は画素の大きさと回転を考慮して以下のように, x, y 画像中のベクトルに変換される。

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \frac{R_n}{R_0} \begin{bmatrix} \cos \theta_m & -\sin \theta_m \\ \sin \theta_m & \cos \theta_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \quad (7)$$

オプティカルフローの始点は以下の式で変換される。但し, c_x, c_y は中心窩画像上の中心の座標である。

$$x = R_n \cos(\theta_m) + c_x$$

$$y = R_n \sin(\theta_m) + c_y \quad (8)$$

2.3 特徴抽出

本稿では, オプティカルフローから画像特徴を抽出する。特徴には様々なものが考えられるが, q 点におけるオプティカルフローの大きさ $I(q)$, エッジ $\frac{\partial I(q)}{\partial r} = 0$ または, $\frac{\partial I(q)}{\partial \theta} = 0$, コーナー $\frac{\partial I(q)}{\partial r} = 0$ かつ $\frac{\partial I(q)}{\partial \theta} = 0$ を用いる。またオプティカルフローの角度変化 $A(q)$, エッジ $\frac{\partial A(q)}{\partial r} = 0$ または, $\frac{\partial A(q)}{\partial \theta} = 0$, コーナー $\frac{\partial A(q)}{\partial r} = 0$ かつ $\frac{\partial A(q)}{\partial \theta} = 0$ を用いる。これらの特徴の計算はすべて $R\theta$ 画像を用いて計算できる。オプティカルフローの大きさ, 角度変化は一定の閾値以上の特徴を次の視点を決定するために使用する。

実際に並進運動と回転運動に対する xy 画像に対するオプティカルフローを図 1(a) に示し, 円筒を仮定して

$R\theta$ に対して計算されたオプティカルフローを図 1(b) に示し, $R\theta$ 画像を用いて計算された xy 画像に対するオプティカルフローを図 1(c) に示す. 60 回の繰り返し演算により計算され, $\lambda = 0.0005$ を用いた, 中心窩画像を得るためのパラメータは $R_0 = 1, Cm = 0.5, Ov = 0.5$ を用いている.

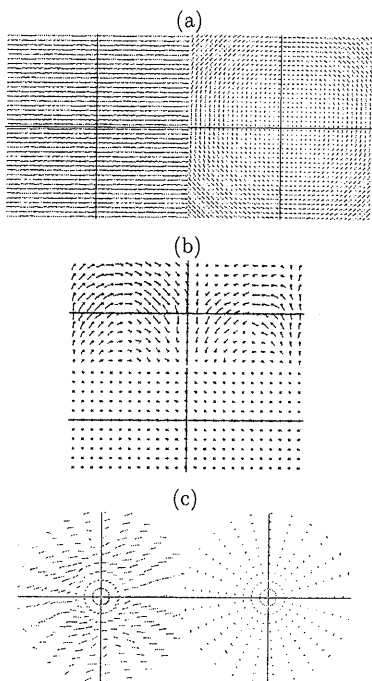


図 1: (a) 並進運動と回転運動に対する xy 画像に対するオプティカルフロー (b) 円筒を仮定して $R\theta$ に対して計算されたオプティカルフロー (c) $R\theta$ 画像を用いて計算された xy 画像に対するオプティカルフロー

3 短期記憶オプティカルフローイメージ

短期記憶に基づく中心窩視覚の制御について述べる. まず視点の制御に必要な短期記憶イメージの生成について説明し, つぎに視点移動について述べる.

3.1 短期記憶オプティカルフローイメージの生成

短期記憶で得られるイメージは, 一般に見ていると感じている画像である. 短期記憶イメージは目から送られて来る $R\theta$ 画像と前回見ていた位置と相対的な動きから計算される短期記憶イメージの絶対的な位置に $R\theta$ 画像を展開する. 但し, 前の画像の R_n における n の値を比較し, その値が前よりも小さければ, 画素値を更新する. もし大きければ更新しない. 短期記憶には容量の制約があることが述べられている. この容量の制約を実現するために各画素に時刻値を設定する. 画素 i が更新されると画素 i の時刻値をリセットし $t_i = 0$ にする. 1 時刻すぎると各画素における時刻値に 1 が加えられ, 画素 i の時刻値は $t_i = t_i + 1$ となる. もし $t_i > K$ のときその画素値は短期記憶イメージからなくなり, 画素 i の時刻値はリセットされ, $t_i = 0$ になる. K は短期記憶が保持できる記憶量であり, この値により記憶量を制限している.

これらの処理をカラー画像, 明るさ, オプティカルフローに基づく大きさ, エッジ, コーナーなどの視点の候補に適用する. カラー画像に適用して生成される画像を短期記憶イメージと呼び, 視点の候補になる各特徴量に適用して生成される画像を短期記憶特徴量イメージと呼ぶ. 特に, オプティカルフロー特徴に適用して生成される画像を短期記憶オプティカルフローイメージと呼ぶ. 視点を移動するためにこれらの短期記憶特徴量イメージを用いる. 各画像上の画素には書き込まれている R_n の n 値が保存される. このようにして生成されたイメージ特徴量の画像と各画素の n 値画像を用いて次の視点を決定する.

3.2 短期記憶オプティカルフローイメージに基づく視点移動

各特徴量における短期記憶特徴量イメージと R_n における n の値を用いて視点を決定する. またタスクに応じた窓上の注目領域に含まれる特徴から次の始点を決定する. 各特徴量の総数が p 枚とすると, i 番目の特徴点の特徴量に対して,

$$f_i = l(\sum_{j=0}^p (\alpha_j \cdot g(n_i))) \quad (9)$$

を計算する.

$$ff_i = \frac{f_i}{\sum_i f_i} \quad (10)$$

このようにして各 i に対する ff_i の値に従って乱数の比率を設定し, 次に移動する画素を決定する. 関数 $g(\cdot)$ の決め方, 参照する特徴, 特徴の重み α_j はタスクに応じて

変わる。 $g(\cdot)$ として 80 以上ものを 1, 残りを 0 とするステップ関数, $l(\cdot)$ として $\sum_{j=0}^p (\alpha_j/2)$ 以上のものを 1 残りのものを 0 とするステップ関数, $\alpha_j = 1$ という設定では, 解像度が低く, かつ特徴の多い画素に次の視点が移動する確率が高くなる。またエッジ特徴のみについて $\alpha_j = 1$ 他の特徴については $\alpha_j = 0$ と設定した場合, 解像度が低く, かつエッジ特徴の多い画素に次の視点が移動する確率が高くなる。またタスクに応じたマスクを用意することにより, タスクに応じて中心窩画像中の特定の方向や場所の特徴のみを計算できる。実験では, 各タスクに応じて, 赤, 黄色, 動きが速い物体, エッジ付近において移動する確率が高くなるようにタスクごとに α_j を設定する。

3.3 車両運転時の短期記憶オプティカルフローイメージに基づく視点移動

車両運転時の視点移動を行う実験を行った。中心窩視覚のパラメータを $R_0 = 7, Cm = 0.3, Ov = 0.3$ に設定した。

図 2(a)(b)(c) はそれぞれ車両運転時の 10, 20, 50 枚を保存できる短期記憶オプティカルフローイメージであり, 図 3(a)(b)(c) はそれぞれ車両運転時の 10, 20, 50 枚を保存できる短期記憶オプティカルフローの特徴イメージである。図 4(a),(b),(c) はそれぞれ車両運転時の 10, 20, 50 枚を保存できる短期記憶イメージである。少ない画像を送りながら, 次の視点の位置を決定し広範囲な短期記憶イメージが生成できることが確認された。サッカードと注視を繰り返すことによって, 次第に精細な画像ができあがっていく様子が分かる。視点移動には図 2 に示したオプティカルフローイメージを用い, 視点移動の特徴にはオプティカルフローの大きさを用いている。図 3には次に視点移動を行う候補が黒い点で示されている。このイメージを記憶しておくことにより, 高速に次の視点移動が行える。図 4はそのような視点移動を行っている場合にそれぞれ見ていると感じているイメージである。記憶している枚数をあげることにより, 次第に広範囲で高解像度の画像が生成されていることがわかる。10 枚, 20 枚を保存できる短期記憶イメージでは見ていると感じているイメージの範囲が狭いため, 車を運転するのは難しいが, 50 枚を保存する短期記憶イメージでは道路を運転するのに必要な視野と解像度が得られている。

4 タスクの並列実行に基づく視点移動

車両運転時の視点移動を実現するためには, 道路の形状を得るために視点を移動する運動, 道路の周囲の状況を把握するために視点を移動する運動を実現しなければならない。一つの作業はさらに細かく分割された数個のタスクから成り立っていると考えられる。本稿では, 1 つの作業を, 複数のタスクに分割し, 並列的にイベントを検出することによって作業を実現するモデルを提案する。次にタスクの並列実行と短期記憶に基づく視点移動を説明し, そのモデルに基づき車両運転時の視点移動をシミュレートする。

4.1 タスクの並列実行と短期記憶に基づく視点移動

特に, 一般にタスクによって記憶しておかなければならない点が異なる。例えば道路の形状を把握するために次の道路に沿ったエッジに視点を移動する運動では, 前の視点の動きを記憶していれば十分であるが, 道路の周囲の状況を把握する視点を移動する運動では, 道路の周囲の全体を記憶していないと瞬時に視点を移動することは困難である。そこで我々は各タスクごとに並列に短期記憶を用意することによって, タスクに基づく短期記憶を実現する。各タスクのイベントがおきると, 各タスクにおける短期記憶イメージに基づきタスクを実行し, タスクを終了すると, そのタスクにおける短期記憶イメージを消去し, 次のタスクを実行する。

作業を数個のタスクに分割し, 分化されたタスクに基づく視点移動の流れを説明する。

- タスクの数だけ存在するタスク実行のためのイベントを常に観測する。
- イベントが発生した時点で, 優先順位にしたがって対応するタスクがそのタスク用の短期記憶を参照しながら実行される。
- タスク終了後にそのタスク用の短期記憶は消去され, 新たに短期記憶のイメージを記憶し始める。

この処理を繰り返す。

各タスクはクライアントサーバモデルのクライアントとして定義され, 並列に記憶されている短期記憶イメージに基づき, 視点移動を行っている。

4.2 車両運転時のタスクに基づく視点移動

車両運転時の視点移動は車両が混雑していない状況下での視点移動と車両が混雑している状況下での視点移動には大きな違いがあることが報告されている。本稿では、本モデルの有効性を示すために、車両が混雑していない状況下での車両運転時の視点移動を簡易に実現する。まず車両が混雑していない状況下での車両運転時の視点移動を道路の形状を得るための視点移動と周囲の状況を把握するための視点移動の2つのタスクに分ける。

道路の形状を得るための視点移動では、道路のエッジを見つける視点移動がイベントであり、周囲の状況を把握するイベントでは速く動く物体を見つけた場合や赤や黄色などの参照する色を見つけた場合がイベントである。2つのイベントでは周囲の状況を把握するイベントが優先順位が高い。

道路の形状を得るための視点移動では、さらに2つのタスクに分けられる。道路の始点から終点に道路にそって次のエッジを得る視点移動と、道路の終点から道路の始点に戻る移動である。この始点から終点をたどる視点移動により、道路の形状を把握することができる。ここでは始点は視野にはいる道路の視点に近い側の点であり、終点はその道路をたどり、視界から消える遠い側の点である。道路の始点への視点移動では視点移動後、短期記憶を保持しつつ、道路の始点への視点移動用の短期記憶を更新し始める。道路に沿った次のエッジへの視点移動では視点移動後、短期記憶を消去し、道路に沿った次のエッジへの移動用の短期記憶に記憶を始める。道路の始点への視点移動では短期記憶を参照しながら、現在把握している道路のラインの始点を探し移動するタスクを実行する。道路に沿った次のエッジへの視点移動では短期記憶を参照しながら、エッジに沿った次のエッジを探し移動するタスクを実行する。これらのタスクは短期記憶の特徴イメージの密度の計算によって実現される[15]。

車両が混雑していない状況下での車両運転時の時系列画像に適用して、本モデルにより視点移動を実現した。図5(a)は短期記憶イメージであり図5(b)は分化されたタスクに基づく短期記憶を用いた場合の視点移動の軌跡である。 $Cm = 0.42, Ov = 0.85, R_0 = 7$ を用いている。図5(a)からわかるように車両を運転するのに必要な視野と解像度が得られていることがわかる。図5(b)からわかるように、視野の中心付近で道路のエッジを追跡しつつ、赤や黄色の物体があるたびに周辺の視点移動が行われていることがわかる。このように道路の形状を得るために、道路に沿って視点を動かす視点移動と、周囲の

状況を把握するために広範囲に視点を移動する運動が実現された。

5 おわりに

周辺で高速に動く物体に対する瞬時の視点移動を実現するために、短期記憶オプティカルフローイメージを導入し、その短期記憶イメージに基づく視点移動を実現した。また分化されたタスクの並列実行と短期記憶のモデルに基づいた作業に基づく視点移動のアーキテクチャに短期記憶オプティカルフローイメージを組み込んだ。実際に車両が混雑していない状況下での視点移動に本モデルを適用し、道路の形状を得るために道路に沿って視点を動かす視点移動と、周囲の状況を把握するために広範囲に視点を移動する運動が実現された。本モデルを用いると狭い範囲の視点移動と広範囲の視点移動が必要なタスクが一つの作業に含まれる視点移動が実現される。

今後は、道路の車両運転時に現れるさまざまな状況下での視点移動を実現していく。

謝辞

議論を頂いたユトレヒト大学 Prof. J. J. Koenderink に感謝します。実際の人間の視点移動は公立はこでて未来大学川嶋 稔夫教授のもとで視点移動追跡器を用いて観測したものであり、感謝します。

参考文献

- [1] G. Sandini, P. Dario and F. Fantini: "A RETINA LIKE SPACE VARIANT CCD SENSOR, SPIE 1242, pp. 133-140, 1990.
- [2] T. Baron, M. D. Levine and Y. Yeshurun: Exploring with a Foveated Robot Eye System, 12th International Conference on Pattern Recognition, pp. 377-380, 1994.
- [3] 末松 良一, 山田 宏尚: "中心窩を有する新しい視覚センサの開発", 計測自動制御学会, vol. 31, No. 10, pp.1556-1563, 1995.
- [4] Y. Kuniyoshi, N. Kita, S. Rougeaux and T. Suehiro, "A Foveated Wide Angle Lens for Active Vision," Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, pp. 2982-2988, 1995.
- [5] H. Yamamoto, Y. Yeshurun and M. D. Levine: "An Active Foveated Vision System: Attentional Mechanisms and Scan Path Coverage Measures", Computer Vision and Image Understanding, Vol. 63, No. 1, pp. 50-65, 1996.
- [6] E. J. Gibson, J. J. Gibson, O. W. Simith and H. Flock, "Motion Parallax as a Determinant of Perceived Depth," Journal of Experimental Psychology, vol. *, No. 1, pp. 40-51, 1959.

- [7] J. O. Limb and J. A. Murphy, "Estimating the Velocity of Moving Images in Television Signals," CGIP, vol. 4, pp. 311-327, 1975.
- [8] B. K. P. Horn and B. G. Schunk, "Determining Optical Flow," Artificial Intelligence, vol. 17, pp. 185-203, 1981.
- [9] R. C. Atkinson and R. M. Shiffrin: "Human memory: A proposed system and its control process., The Psychology of Learning and Motivation, Vol. 2, Academic Press, 1968.
- [10] S. Morita and Y. Ishihara, "Control of Foveated Vision based on Short-term Memory," Proc. of IEEE M-FI99, pp. 13-18, 1999.
- [11] R. Brooks, "A Robust Rayered Control System for a Mobile Robot," IEEE J. Robotics and Automation, vol. RA-2, pp. 14-23, 1986.
- [12] 守田 了, 石原 由紀夫, "短期記憶とタスクモデルに基づく視点移動の実現," Proc. of MIRU2000, I, pp. 209-214, 2000.
- [13] E. L. Schwartz, "Spatial Mapping in the Primate Sensory Projection: Analytic Structure and Rlevance to Perception," Biol. Cybernetics 25, pp. 181-194, 1977.
- [14] S. W. Wilson: "On the retina-cortical mapping", Int. J. Man-Machine Stud. 18, pp. 361-389, 1983.
- [15] Y. Ishihara and S. Morita, "Computation Model of Eye Movement in Reading Using Foveated Vision," Proc. of IEEE BMCV2000, pp. 108-120, 2000.

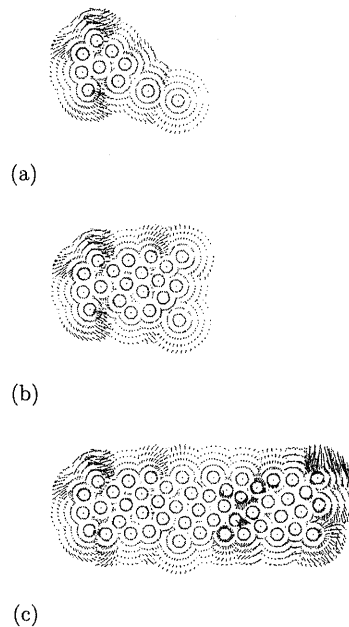


図 2: (a)(b)(c) はそれぞれ車両運転時の 10, 20, 50 枚を保存できる短期記憶オブティカルフローイメージ

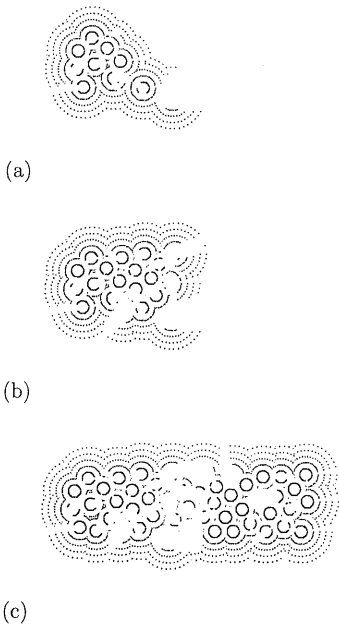


図 3: (a)(b)(c) はそれぞれ車両運転時の 10, 20, 50 枚を保存できる短期記憶オブティカルフローの特徴イメージ

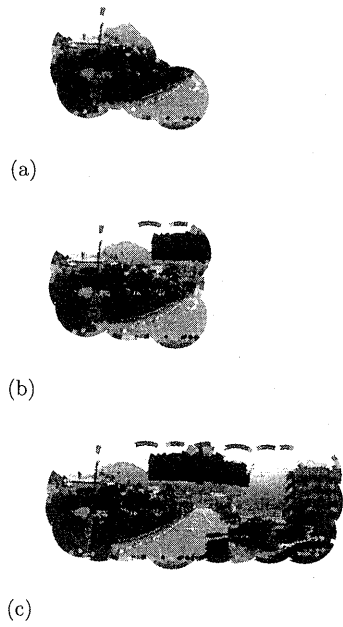
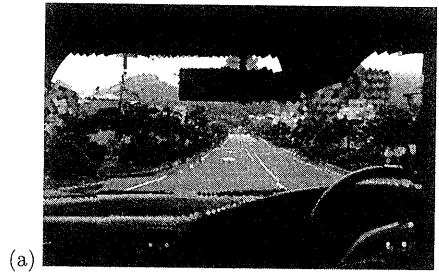
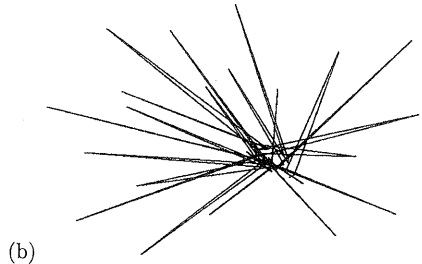


図 4: (a)(b)(c) はそれぞれ車両運転時の 10, 20, 50 枚を保存できる短期記憶イメージ



(a)



(b)

図 5: 本モデルによりシミュレートされた車両運転時の (a) 短期記憶イメージ (b) 視点移動