

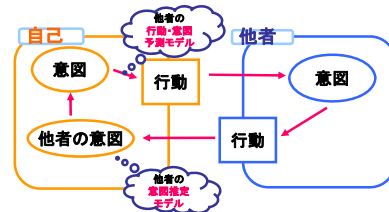
意図を読むクルマ

— 運転の認知情報処理の
計算モデル化を目指して —

玉川大学脳科学研究所／日本大学文理学部
大森隆司

意図の推定

- 意図：観測できないが行動を支配する**内部状態**
- 意図推定：他の情報から**内部状態を推定**すること



工学的には、、、、

- 人間との共存環境で活動するロボット／機械
 - ex. お掃除ロボット
 - 非習熟(反復)環境でのタスク
- 長期的には、、、、
 - ヒトをおだて・騙してでも、スムーズな協調を実現するような知的(?)能力

いずれは自動車やロボットに組み込み
→ でもその前に現象の理解とモデル化

イノベーション25 総理府中間報告20070226

例2. 高齢者でも丈夫な身体、認知症も激減

骨・軟骨、皮膚、歯等の再生医療技術、自家組織の増殖・移植技術が普及し、高齢者になっても50歳と同様の身体機能を保つことが可能になる。

また、高度な介護ロボット、認知症に対する特効薬などが開発され、それらが普及することにより、家族や介護者に大きな負担をかけずに、ほぼ健康者と変わらないような社会生活が可能となる。

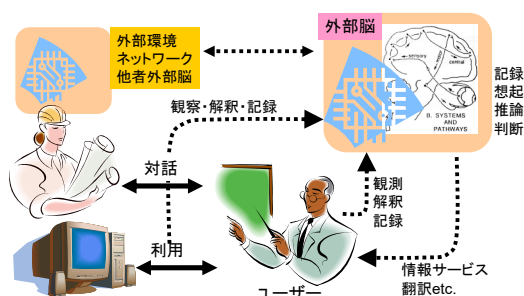
例9. 家事からの解放 — 一家に1台家庭ロボット —

高度な人工知能を備え、家事に必要な動作が可能でロボットが開発されている。また、ロボットのリース・サービスなど新たなサービス・ビジネスが出現し、ロボットが家庭に安全に導入され普及することにより、家事から解放され、時間にゆとりができ、子育て・仕事・趣味が同時に支障なく成り立つ。

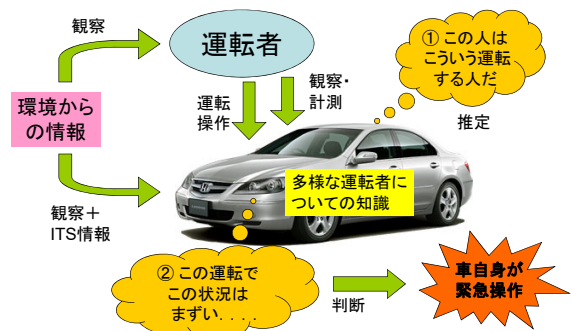
例15. 衝突できない車

自動車側と道路側双方における高度情報化・ネットワーク化の進展により、衝突の自動回避や自動運転が可能となり、交通事故が激減する。

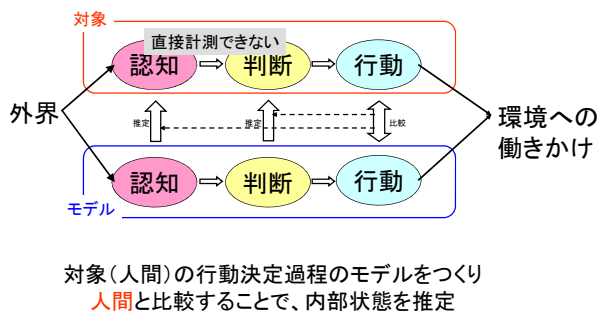
○外部脳活用によって洞察・創造や意思疎通が効率化



人を理解する自動車



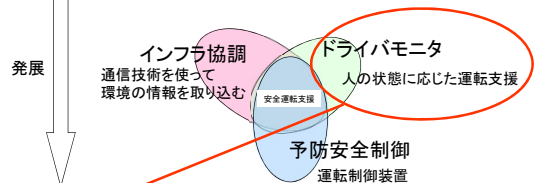
意図推定の基本的枠組み(仮説)



安全運転支援



安全運転支援システム
車線キープシステム、追突防止システムなど



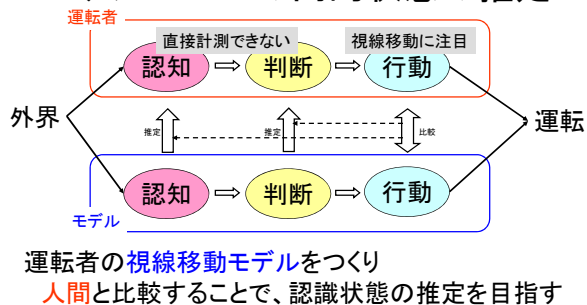
自動車運転における 運転者の状態推定



仮説: 他人は自分と同じように考える

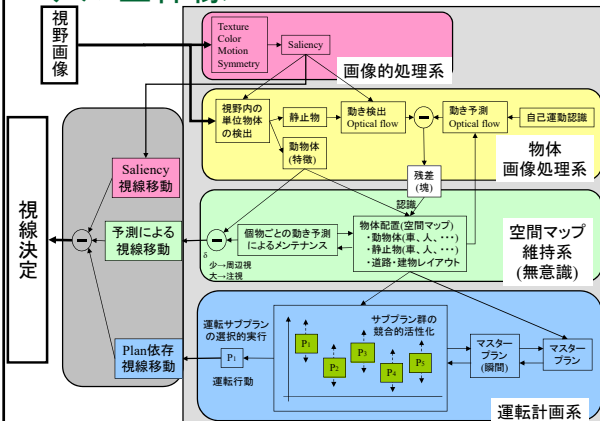
- 問い: なぜ我々は他人の意図が判るのか?
 - 意図/目的は直接には観測できない隠れ状態
 - 反復タスクでなら、過去の経験から、推定可能。でも今回は一撃タスクを想定。
- 自己の転写としての「他者モデル」の利用
 - 他者を表現するメンタルシミュレータ
 - 自己モデル → 隠れ状態が観測可能
→ モデルに組み込むことができる

モデルベースの内的状態の推定



運転者の視線移動モデル化

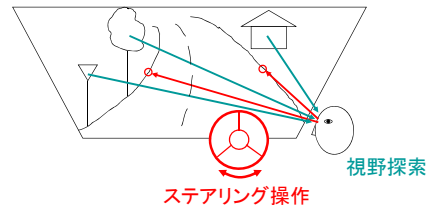
モデル全体像



モデルは一日にしてならず

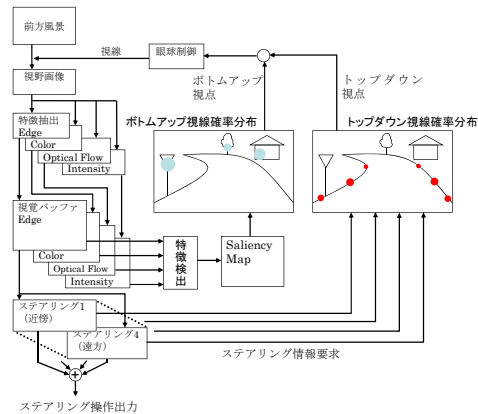
1. 直線コースでの運転モデル 2003~2004
環境観測の反射的視線 +
コース維持のためのステアリング
2. 交差点などでの運転行動系列を含むモデル ~2005
右折や追い越しなども説明
人間の視線行動との比較 → おかしい...
3. メンタルな空間地図の維持モデル ~2006
予測ができない／はずれたとき注視する
車のない交差点で左右を見る → なぜ？
4. 次は...

視線の2つの要素



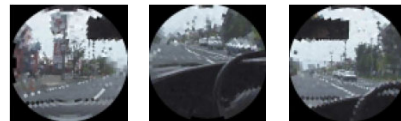
ボトムアップ視線 — 視界内の目立った特徴を持つ部分を見る
トップダウン視線 — ステアリング操作のための道路情報を得る

運転行動モデルの構成



視覚バッファ

Foveated images



Short-term memory image



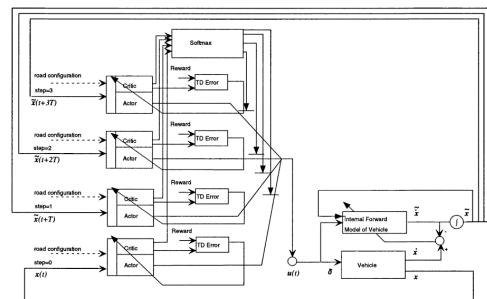
(Satoru Morita 2003)

ステアリングの計算モデル

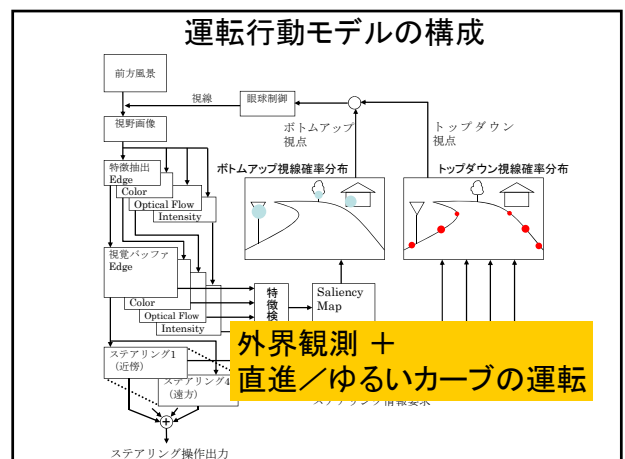
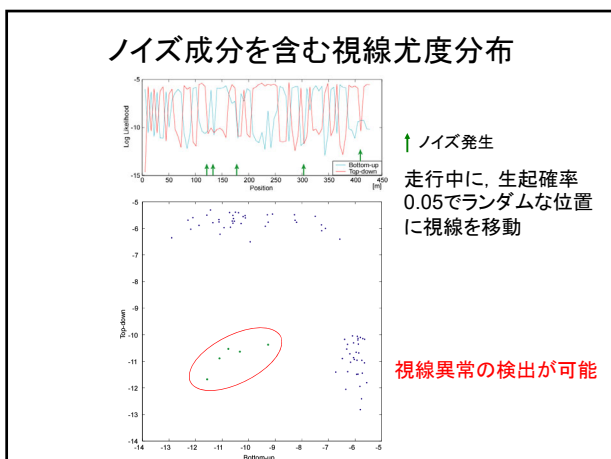
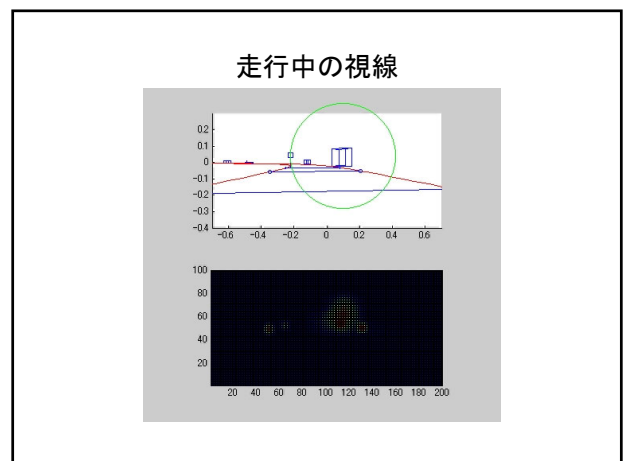
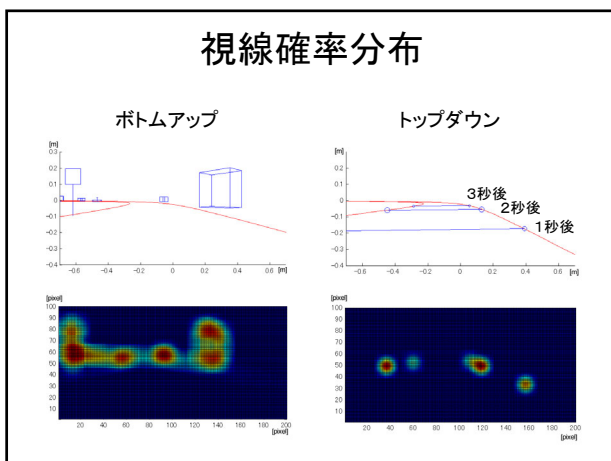
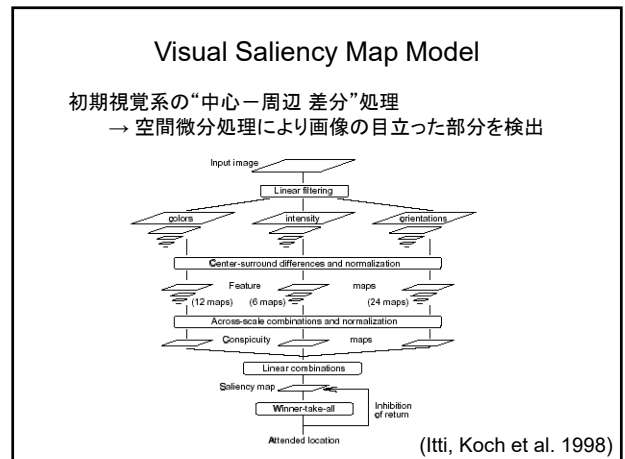
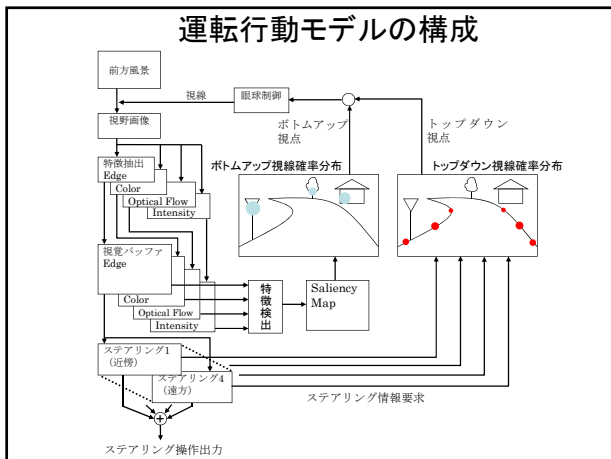
マルチモジュール強化学習による
ステアリングモデル(小池, 銅谷 2001)

- Actor – Critic型強化学習
- Actor – Criticの対からなる複数のモジュール
- 自動車の順モデルにより, 未来の自動車位置を予測

強化学習によるドライバモデル



(小池, 銅谷 2001)

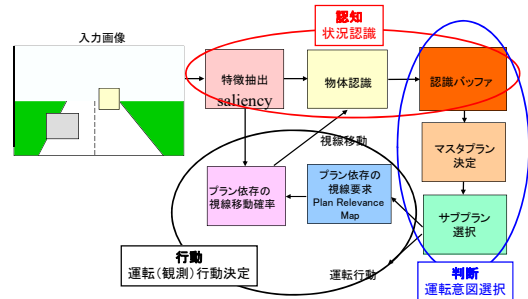


モデルは一日にしてならず

1. 直線コースでの運転モデル 2003~2004
環境観測の反射的視線 +
コース維持のためのステアリング
2. 交差点などでの運転行動系列を含むモデル ~2005
右折や追い越しなども説明
人間の視線行動との比較 → おかしい...
3. メンタルな空間地図の維持モデル ~2006
予測ができない／はずれたとき注視する
車のない交差点で左右を見る → なぜ？
4. 次は...

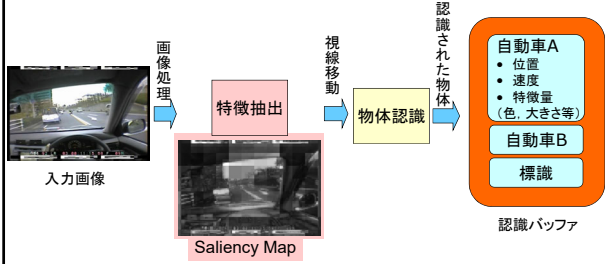
より多様な運転場面への対応

- 運転プランの導入
 - 大局プランに従った運転行動 + 緊急対応
 - 局所プランの選択と行動のための観測行動



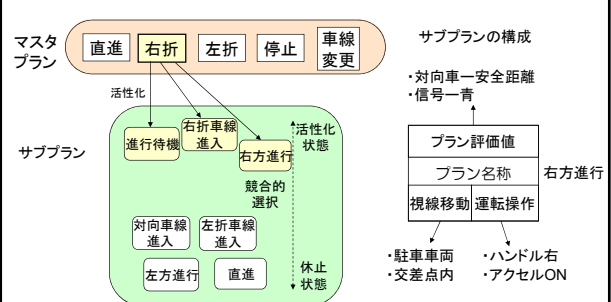
全体状況の認識

- 前方画像から物体の認識
 - 前方画像を特徴抽出 → 物体認識
- 認識された物体を認識バッファに保持



運転意図の選択

- 認識バッファの状態から適切な運転プランを選択



観測行動の決定

- プラン実行のための詳細な観測行動を決定
 - プランごとに見るべき場所を指定
- プラン依存の視線移動分布
 - Plan Relevance Map の生成

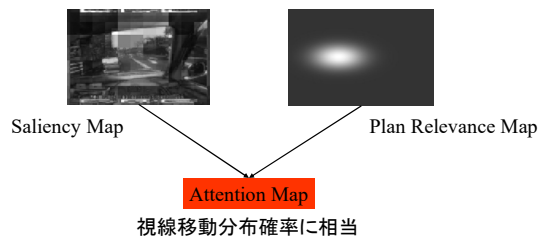


Attention Mapの生成

ボトムアップ+トップダウン視線移動確率分布

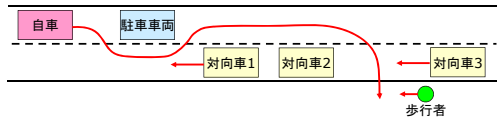
- Saliency MapをPlan Relevance Mapでマスキング

$$AM(t) = SM(t) \otimes PRM(x)$$

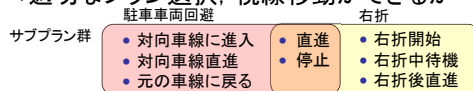


モデルのシミュレーション

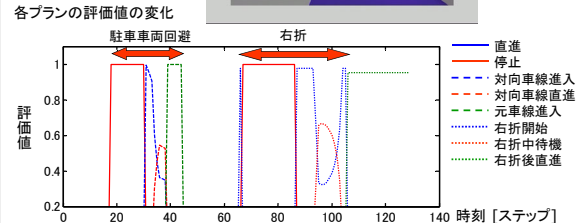
- ・ドライビングシミュレータでモデルの動作確認
駐車車両回避(追い越し)→右折



- ・車, 歩行者までの距離からプラン評価
→適切なプラン選択, 視線移動ができるか

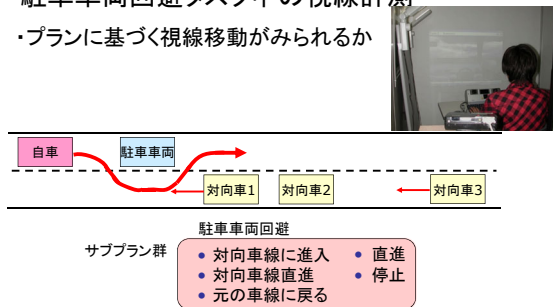


シミュレーション結果

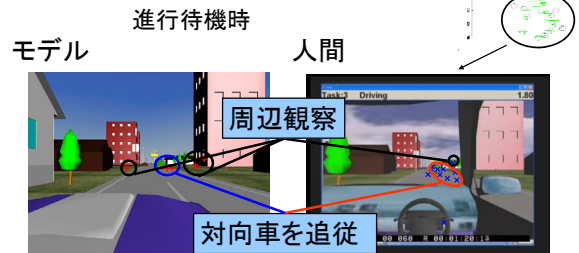


人間での行動実験 (視線計測)

- ・駐車車両回避タスク中の視線計測
・プランに基づく視線移動がみられるか

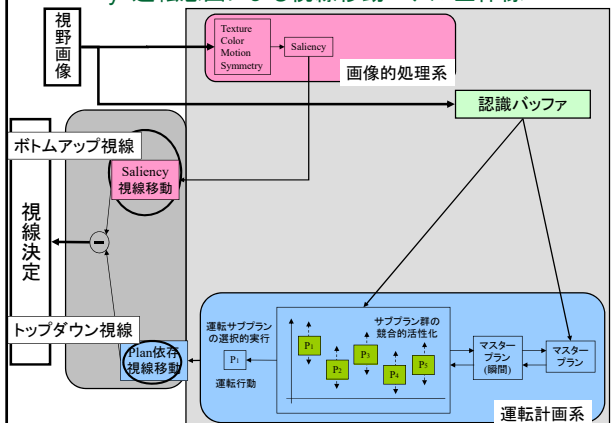


モデルとの視線分布の比較



- 人間もモデルも対向車を追従
- 人間は周辺観察が少ない

Saliency・運転意図による視線移動モデル全体像



モデルは一日にしてならず

1. 直線コースでの運転モデル 2003~2004
環境観測の反動的視線 +
コース維持のためのステアリング
2. 交差点などでの運轉行動系列を含むモデル ~2005
右折や追い越しなども説明
人間の視線行動との比較 → おかしい...
3. メンタルな空間地図の維持モデル ~2006
予測ができない／はずれたとき注視する
車のない交差点で左右を見る → なぜ?
4. 次は...

- 直線

対向車あり

追走時



- ・前方(車線間)への視線移動が多い
- ・対向車線側への視線移動は少ない
- ・追走時、対向車へ視線移動が増える

実運転時の視線移動からの推測

視線移動の増加

直進、左カーブでの追走時・・・前方車の死角から、突然車が現れる
左・右カーブの出口・・・視界がひらけ、未知情報の収集

左・右カーブの出口 ……視界がひらけ、未知情報の収集

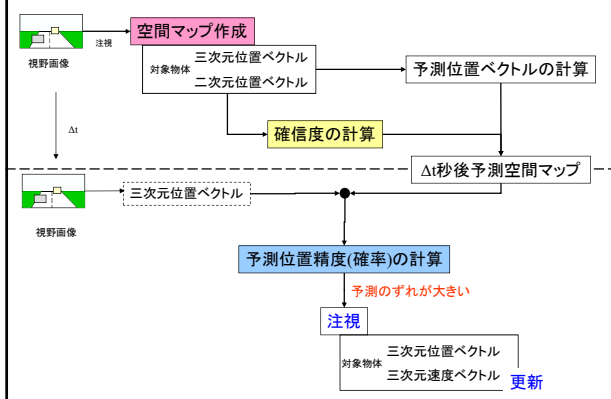
予測外の未知の情報の出現

右カーブで対向車へ … 対向車が自分の方に向かってくる可能性

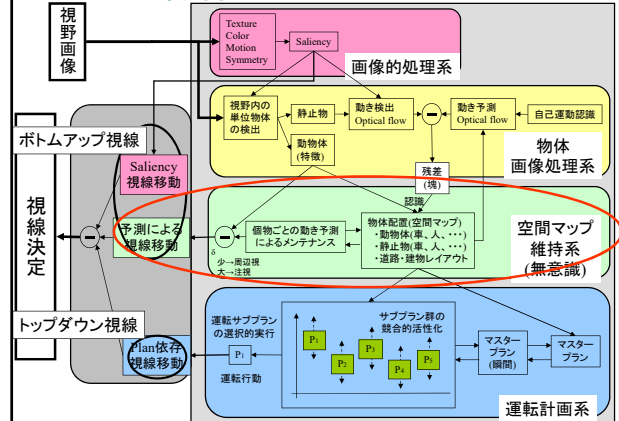
予測により、危険度が高い



外界の予測による視線移動モデル



モデル全体像

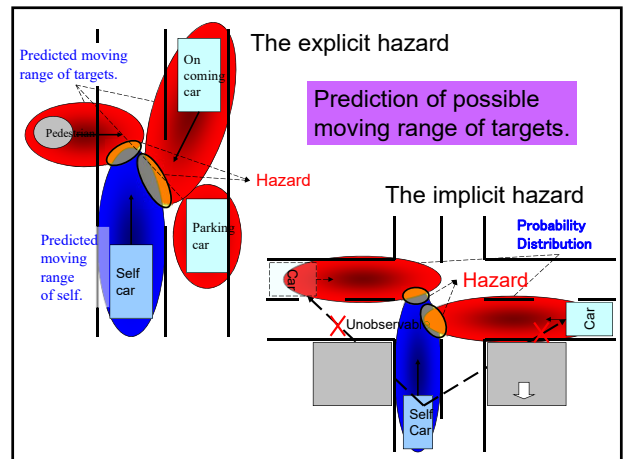
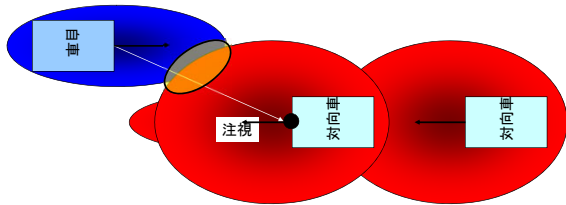


モデルは一日にしてならず

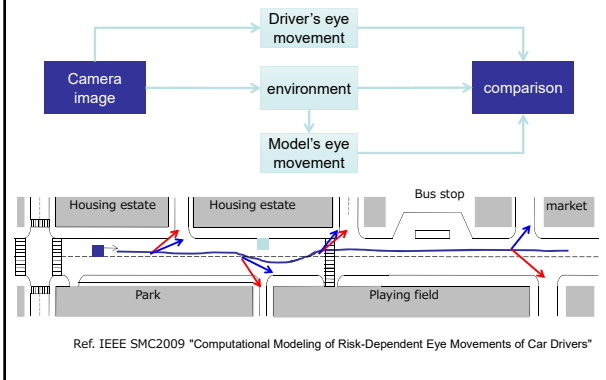
1. 直線コースでの運転モデル 2003~2004
環境観測の反射的視線 +
コース維持のためのステアリング
2. 交差点などでの運転行動系列を含むモデル ~2005
右折や追い越しなども説明
人間の視線行動との比較 → おかしい...
3. メンタルな空間地図の維持モデル ~2006
予測ができない／はずれたとき注視する
車のない交差点で左右を見る → なぜ?
4. 次は... 2007~

見ることの効果

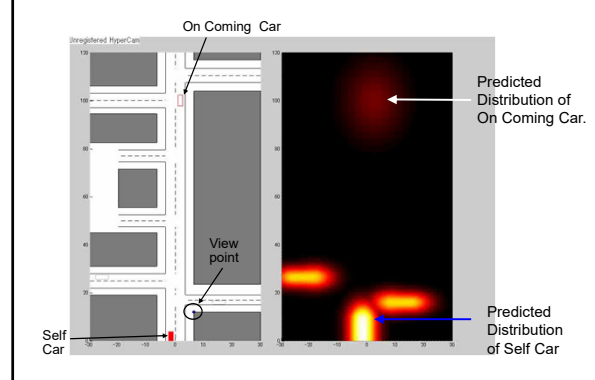
- 個々の物体を注視 → 情報収集(正確な位置予測)
- 情報は時間減衰 → 時間とともに誤差の拡大
- 観測 → 予測分布の収縮 → 危険知覚の減少



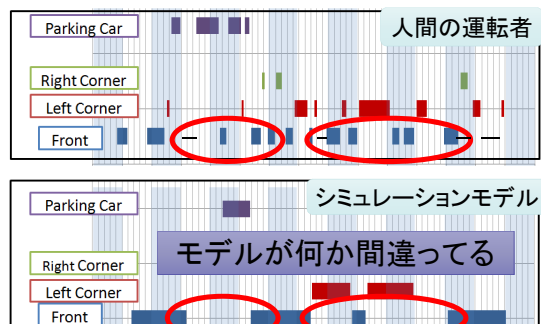
実際の運転場面での検証(続き)



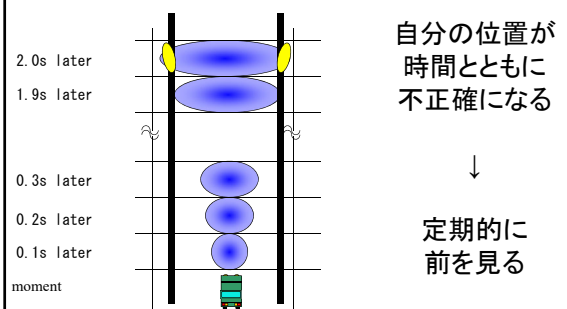
Simulation of Explicit & Implicit Hazard

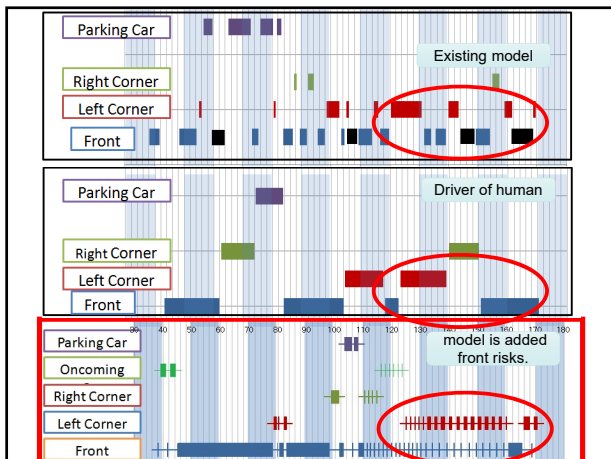


人とシミュレーションの比較

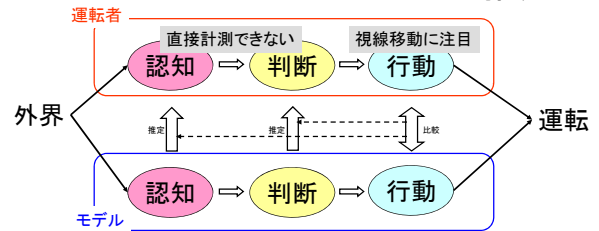


なぜ我々は前を見るのか





モデルベースの内的状態の推定



運転者の視線移動モデルをつくり

人間と比較することで、認識状態の推定を目指す

運転者の視線移動モデル化

人を理解する自動車



「プラン」と「危険」

・プラン

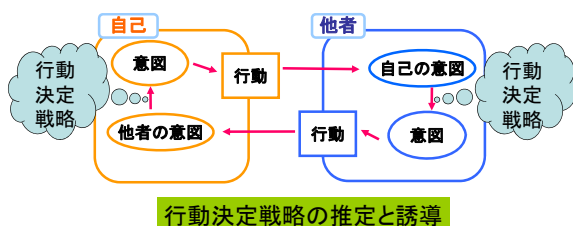
- その車で行く場所 → 運転プラン(マクロ)を規定
- 運転プラン → 交差点等での意図を規定
- 交差点の意図 → ミクロな運転プランを規定

・危険

- ミクロな運転プランを修飾 → 危険回避
- 環境の予測による危険最小化
 - 危険評価, 環境予測, 他車意図推定...
- 危険回避の行動 → 観測行動・運転プラン生成

意図の相互推定場面での行動決定

- 自己が他者の意図を推定 → 行動決定
- 他者も自己の意図を推定 → 行動決定



この研究の位置付け

運転という人間行動の情報処理的な理解

- 認知過程のモデル化と検証 → 人間の理解
- 計算モデル → シミュレーションによる再現
- 使い方はいろいろ

なぜ「自動車運転」?

- 実世界問題としては課題が明確: 安全+速く
- 動く実験室: 機材を必要とする実験が可能

