

車の安全に貢献する 動画像認識ソフトウェアの開発とその評価 ～ 動画像認識プロセッサ IMAPCAR の応用 ～

動画像認識プロセッサ

IMAPCAR 2

世界最高水準の処理能力性能
従来比約3倍の処理性能向上を実現



ルネサス マイクロシステム株式会社
マイコン開発事業部
青山 徹

2010/11/26

©2010 Renesas Micro Systems Co., Ltd. All rights reserved.

目次

車の安全に貢献する 動画像認識ソフトウェアの開発とその評価 ～ 動画像認識プロセッサ IMAPCAR の応用 ～

- 安全意識の高まり
- 車載画像認識の動向とその取り組み
- IMAPCARシリーズ紹介
- ソフトウェア開発環境
- 画像認識アプリケーションソフトウェアへの応用と評価
- 画像認識アプリケーションソフトウェアの紹介(デモ用)

安全意識の高まり

先進の車載技術動向

これからの車の方向性は、安全・環境・快適を追求

- ◎安全で安心できるクルマ
- ◎環境にやさしいクルマ
- ◎使いやすく快適なクルマ

アプリケーション機能に続き、
カメラによる安全機能続々と

- 運転支援
- 居眠り警報
- アラウンドビューモニター
- ナビ危険警報



- 予防安全
 - ・視覚支援、ドライバ監視
 - ・運転支援
- 衝突安全
 - ・エアバッグ/乗員検知
 - ・緊急通報等



予防安全
衝突安全
運転支援

【中核技術】
☆画像認識技術
☆レーダ技術
☆車車間、
路車間向け通信技術



- 燃料電池車
- ハイブリット車
- 道路情報提供(路車間通信)

- カーマルメディア(ナビ、オーディオ等)
- ITS情報サービス(VICS/DSRC/携帯接続等)
- 次世代マンマシンインターフェース
- セキュリティ



カーマルメディア
/ITS・通信・ネットワーク

安全
環境・快適
を追求

車社会の問題

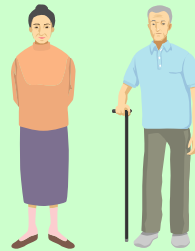
自動車事故

年間:約80万件
負傷者:約100万人



高齢化社会の進行

事故増加への懸念



安全技術への要求が高まる



夢のぶつからないクルマへの期待

自動車の安全技術

Passive Safety

- ★ シートベルト
- ★ エアバッグ
- ★ 衝突安全ボディ
- ★ ランフラットタイヤ

など...



トラブル(事故)発生後
被害を最小限にする技術





Active Safety

- ★ プリクラッシュセーフティシステム
- ★ ナイトビュー(ビジョン)
- ★ 居眠り検知システム
- ★ アラウンドビューモニター

など...



トラブル(事故)発生前
トラブルを未然に防ぐ技術

Active Safety分野への画像認識技術の応用例

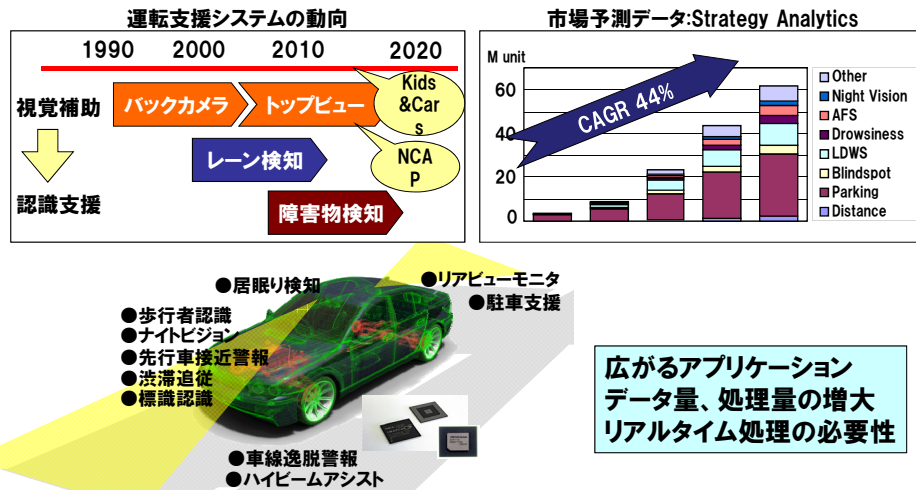
予防安全や運転支援に向けて「画像処理応用システム」の開発が活発化
大量の画像データを短時間に処理する高速な処理能力が必要



安全な車をめざしカメラ適用が急拡大

◎予防安全、運転支援システムの普及は急拡大の予測

◎カメラ応用、画像認識はそのコアの技術として発展



車載画像認識の動向とその取り組み

運転支援システムは世界へ拡大

2010年以降、リアビューモニタの標準装備化などにより、
世界中で運転支援システム(カメラ搭載)に対するニーズが拡大

官民一体となった交通安全推進
●2012年交通事故死者
5000人以下目標

法制化・標準装備化の検討
●リアビューモニタ
→ Kids and Cars Safety Act
●車線逸脱警報
→ NHTSAが検討を開始

量販車への搭載検討が進展
●リアビューモニタ
●ヘッドライト制御/車線逸脱警報

●運転支援システム向け車載カメラの出荷台数予測
・2011年には、200%の伸びを予測
・その後も、順調な伸びを予測
・法制化、標準化が進む海外を中心に伸びる予測

NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration

©2010 Renesas Micro Systems Co., Ltd. All rights reserved.

11 / 51

RENESAS

クルマの安全走行支援ソフトウェア

クルマが見て、感じて、考えて、判断する



©2010 Renesas Micro Systems Co., Ltd. All rights reserved.

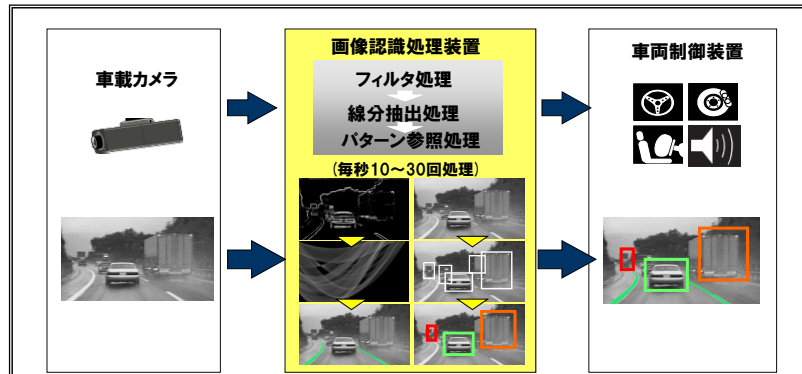
12 / 51

RENESAS

運転支援システムの構成例

画像認識処理装置は大量の画像データを
短時間に処理する**高速な処理能力**が必要

運転支援システムの構成

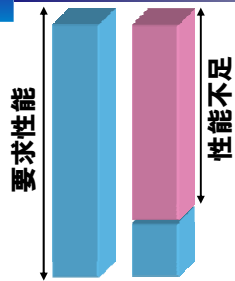


パターンマッチングの処理例

画像認識とは、対象となる画面全体の中から、求める物体
(車や歩行者、白線など)を把握し、特定する技術



従来技術(アプローチ)の限界

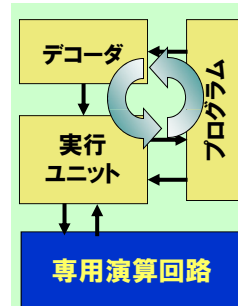
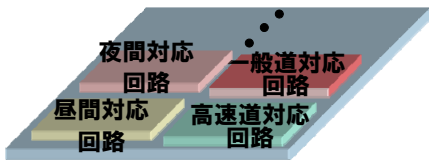


アプローチ1
 ・高性能CPU/DSP採用
 ・高クロック化など
 ↓
 性能不足解消できず
 消費電力が膨大

画像処理は、とにかく
高負荷で重い！

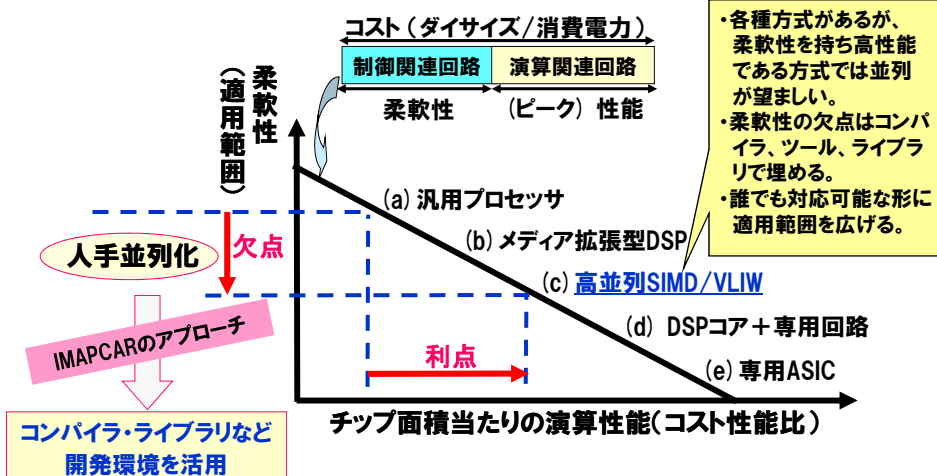
アプローチ2
 ・DSPコア+専用回路採用
 ↓
 専用回路に合致する処理は高速
 それ以外は、1と同じ問題点

アプローチ3
 ・専用ASIC/FPGA採用
 ・各処理の専用回路を搭載
 ↓
 多くの回路面積が必要
 回路規模が膨大になる



柔軟性と演算性能の両立への挑戦

柔軟性のギャップをコンパイラにより埋めていき、性能向上と共に、
適応範囲を更に拡大する



IMPCARシリーズの特徴と優位性

動画像認識性能を追求した新アーキテクチャにより、
 ◎従来の優位性に加え、更なる新規点を追加
 ◎製品ラインナップ拡充

IMPCAR

①高性能・低消費電力 ②全てソフトウェアによる柔軟性 ③車載信頼性

IMPCAR2-300

(IMPCAR2-300は、評価専用デバイスです)



- ① ダントツの高性能を実現
 - ・270GOPS(*) の処理性能 (108MHz動作)
 - ・MPモード機能追加によるIMPCAR総合性能を更に強化
- ② 外部メモリ(専用DRAM)採用による信頼性確保

(*) GOPS...Giga Operation Per Second
 1秒間に処理できる演算回数を示し、
 1GOPSは1秒間に10億回の処理を実行する性能。

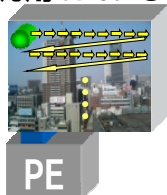
IMPCAR2-200、-100、-50



- ① 第二世代で同一アーキテクチャによる高性能化 (SIMD+MPモード)
- ② 最適なパフォーマンス (40~170GOPS/66~133MHz動作)
- ③ 低価格、ラインナップ充実
- ④ PKGの小型化追求 (20mm²FPBGA)
- ⑤ 外部メモリの信頼性確保 (I/Fにリダンダンシー機能内蔵)

IMPCARによる並列処理

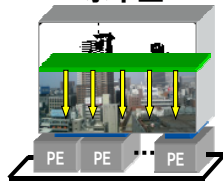
汎用CPUによる処理⇒「点型」



単一の高性能プロセッサで画素毎を高速処理

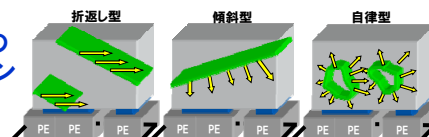
IMPCARによる処理⇒「ライン型」

水平型



IMPCARは、多数個のマイクロプロセッサが連携し、画像の2次元面上でライン状に繋がった一連の画素を同時に処理

「ライン型」のバリエーション



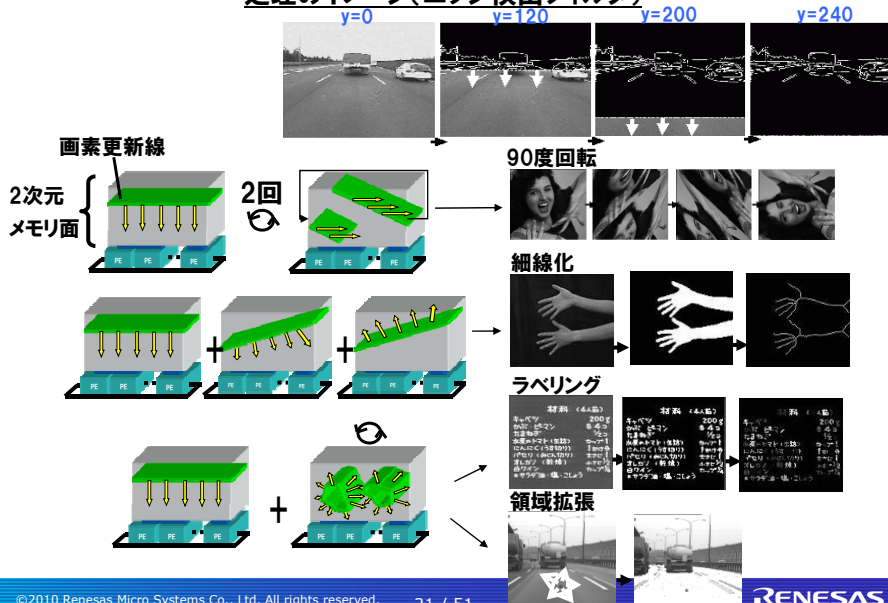
画像処理イメージ



：ライン上の一連の画素

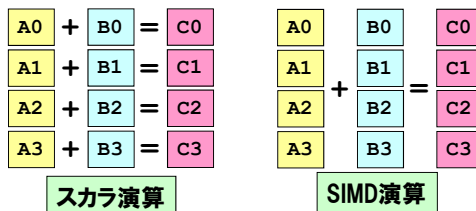
並列処理の一例

処理のイメージ(エッジ検出フィルタ)



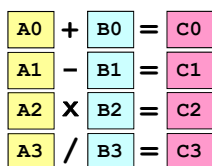
IMAPCARはSIMD型プロセッサ

SIMDとは、Single Instruction/Multiple Data(単一命令/複数データ)の略で、1つの命令で複数のデータに対して処理をおこなう演算方式を意味します。



SIMD演算では、1回の加算命令で4個の処理結果が得られる。SIMD演算はスカラー演算(1つの命令で1つのデータに対して逐次的に処理をおこなう従来の処理方式)と比較して、同じ処理を少ない命令数で実行できる効率的な演算といえる。

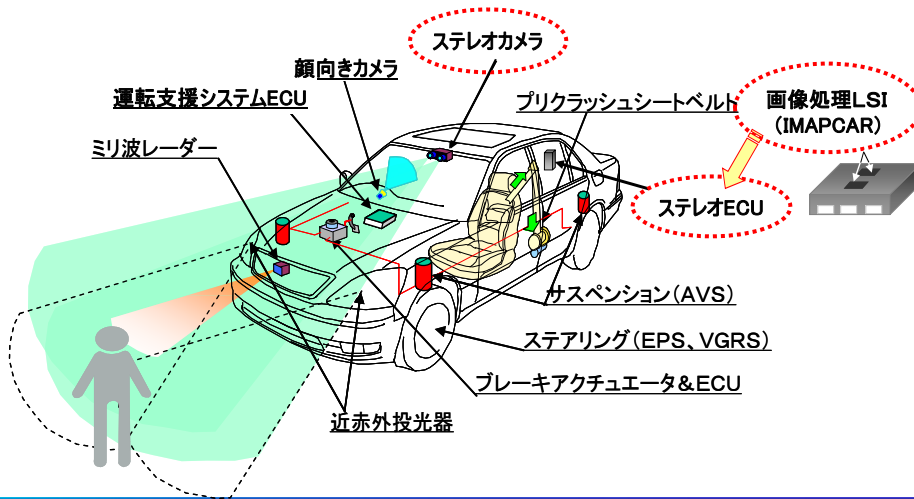
しかし、



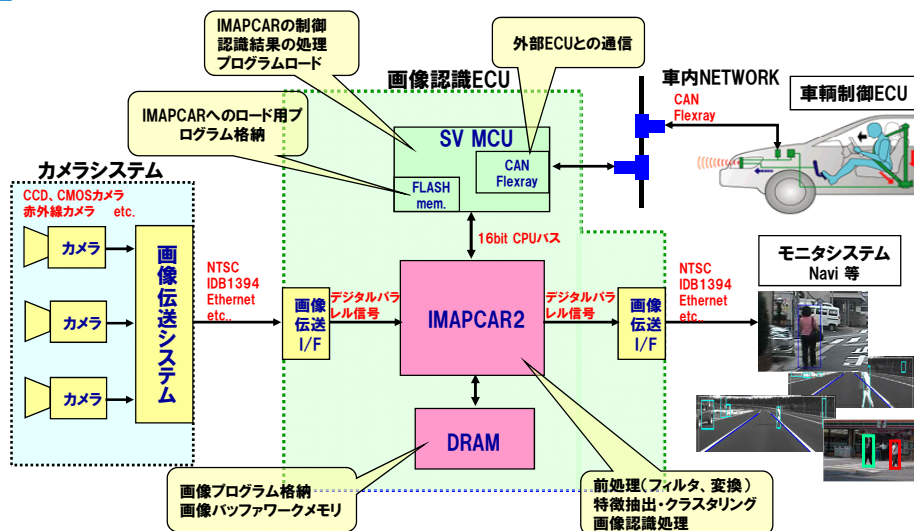
というSIMD演算はできない。

2006年夏発表

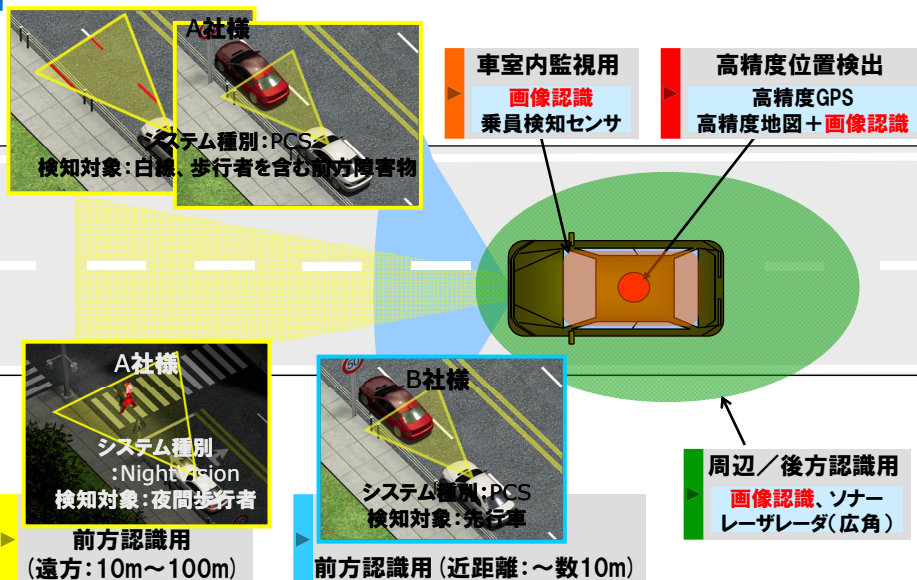
- IMPCARは、2006年夏、LEXUS LS460 搭載とIMPCAR製品の発表がおこなわれる
- 第4回モノづくり部品大賞受賞をはじめ数多くの賞を受賞し、雑誌/TV等で報道される



IMPCARシリーズを使用したECUイメージ



IMPCAR採用実績例



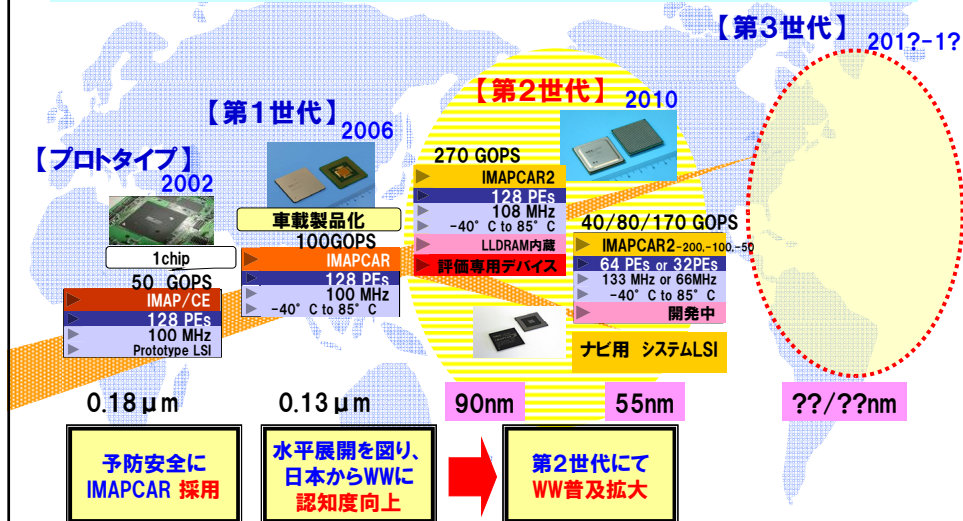
©2010 Renesas Micro Systems Co., Ltd. All rights reserved.

25 / 51

RENESAS

IMPCARシリーズのロードマップ

- 第3世代：次世代IMPCARコアへ、デファクト標準目指す。
※低消費電力化、製品の共通化、複数利用時のアーキテクチャを研究



©2010 Renesas Micro Systems Co., Ltd. All rights reserved.

26 / 51

RENESAS

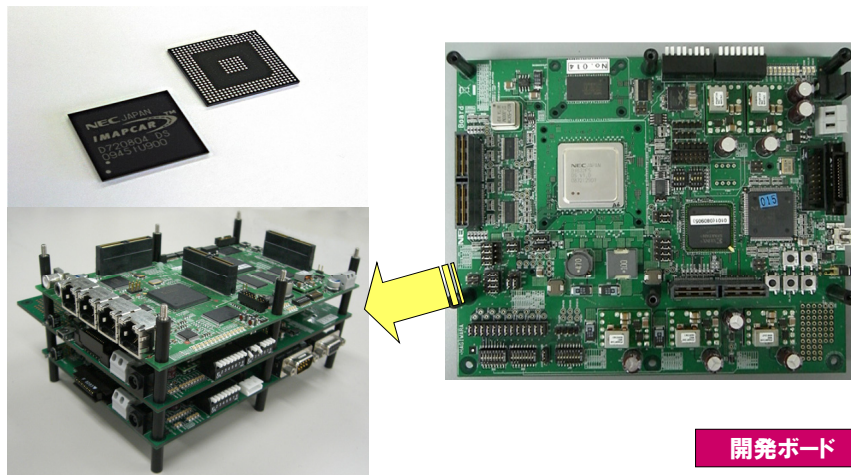
IMAPCAR2シリーズ ラインアップ

	PE数	動作周波数	性能	ビデオ入力	ビデオ出力	想定アプリ
IMAPCAR2-300  FCBGA	ソフト開発ボード用サンプルとしてのみ開発					 Pedestrian recognition
	128	108MHz	270GOPS	40bit (up to 3ch)	24bit (1ch)	
IMAPCAR2-200  FPBGA	以下、IMAPCAR2-200,-100,-50 にて量産対応					 Traffic sign recognition
	64	133MHz	170GOPS	32bit (up to 4ch)	16bit (Y:8bit+C:8bit, 1ch)	
IMAPCAR2-100  FPBGA	64	66MHz	84GOPS	32bit (up to 4ch)	16bit (Y:8bit+C:8bit, 1ch)	 Pre-crash system
IMAPCAR2-50  QFP	32	66MHz	42GOPS	12bit (1ch)	—	 Lane departure warning

ソフトウェア開発環境

開発ボード

- IMAPCAR2ボード、SVボード、画像IOボードの複数ボード構成で、必要最低限の機能からECULEベルの構成が可能。
- IMAPCAR2ボードのみの変更で、IMAPCAR2全シリーズで共通利用が可能。



開発ボード

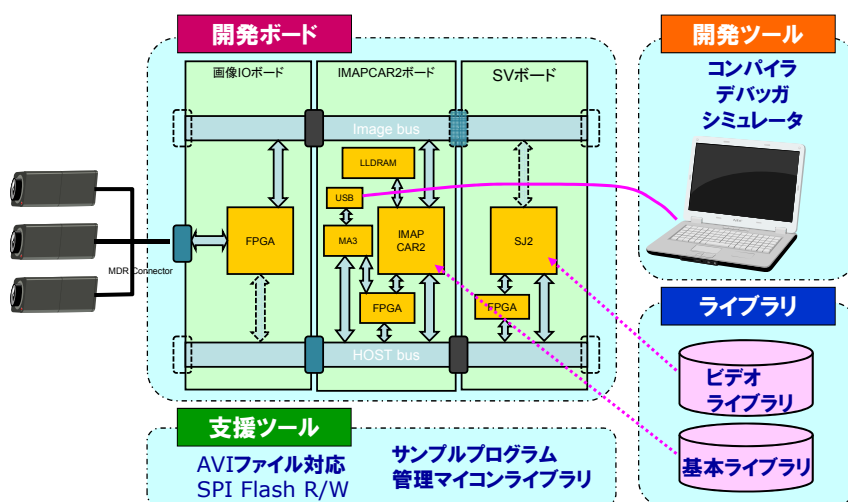
©2010 Renesas Micro Systems Co., Ltd. All rights reserved.

29 / 51

RENESAS

IMAPCAR2のソフトウェア開発環境

開発効率を向上する、使いやすい開発環境を構築



©2010 Renesas Micro Systems Co., Ltd. All rights reserved.

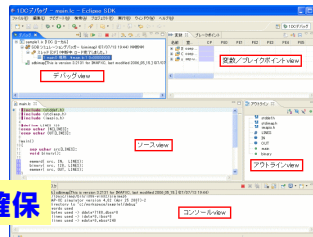
30 / 51

RENESAS

ソフトウェア開発ツール

●GUIソースデバッガ (Eclipse plug-in)

- ✓オープンソース統合開発環境Eclipseに対応したプラグインを準備
- ✓バックグラウンドでシミュレータまたは実機と通信して動作



●1DCソースコードレベルでのコンパチビリティを確保

IMAPCARで開発したアプリは、再コンパイルにより IMAPCAR2でも動作可能
(但しXCコアで強化された機能を利用するためにはプログラムの変更が必要)

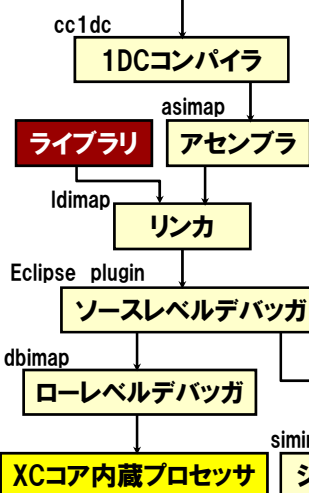
- MPモードを使う部分の切り分け とコード記述
- PE数に応じた処理の修正 (PE数に依存しない記法)
- 標準ライブラリの置き換え …等

● シミュレータ (SIMIMAP5)

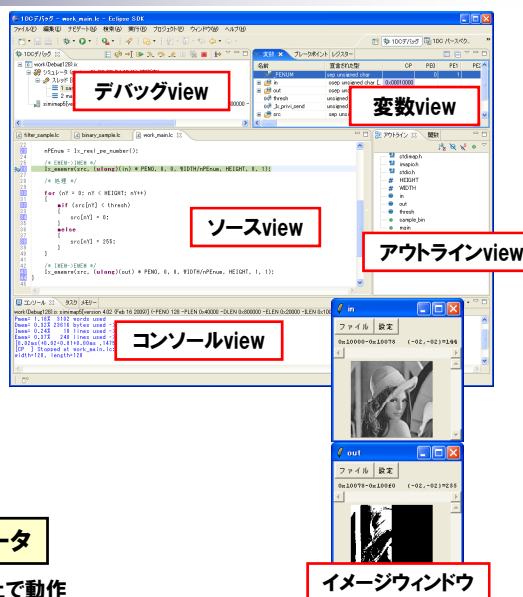
現行IMAPCARのSDBIMAPと同様、IMAPCARボードが無い場合は、シミュレータを利用した開発が可能

プログラム開発環境

1DC ソースプログラム



Windows上で動作



プログラミング言語1DCの概要

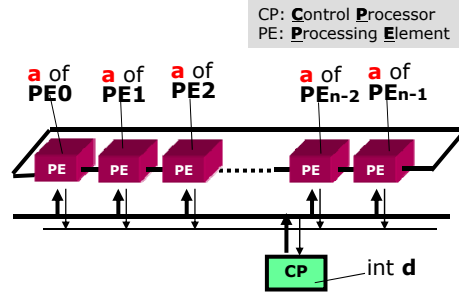
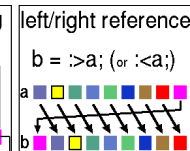
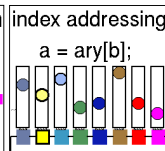
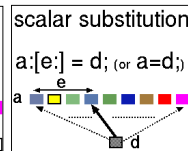
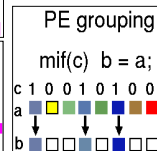
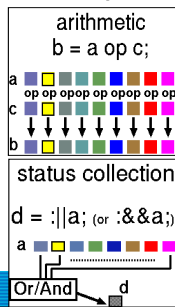
構文や演算子を並列処理用に拡張した1DCコンパイラ

```
int d;
sep char a, b, c, ary[256];
```

Operation Example of 1DC

Operators
PE data tabulation
operators
PE selection operators
Address operation
Autonomous operation

$b = a + c$ (or $-, \dots$)
 $d = :|| a;$ (or $:&& a;$)
 $a:[3:] = d;$ $d = a:[3:]$;
 $a = \text{ary}[b];$
 $\text{mif}(a) b = c;$



stems Co., Ltd. All rights reserved.

33 / 51

RENESAS

画像認識アプリケーションソフトウェアへの応用と評価

画像認識アプリケーションソフトウェアへの応用例

IMAPCARシリーズは、オールソフトウェアにより画像認識機能を実現

- 予防安全にて、ソフトウェア・アルゴリズム開発を推進中！
- 認識アプリケーションのミドルウェア化も推進中！

■ 一部アルゴリズム提供、コンサル、ソフト開発を総合的に対応

■ 将来的には、階層構造化やライブラリ開発に着手予定

大量データ評価
を通して

- ◎ 認識率向上
- ◎ 認識時間の短縮

同時に複数の対象物を認識

- 歩行者認識(昼)
- 歩行者認識(夜)
- 路面マーク、標識
- 信号
- 白線、停止線、横断歩道
- 先行車、後方車、二輪車
- 障害物(ステレオ)

高難易度の屋間の歩行者認識

車載画像認識アプリは組み込みソフト

✓ 処理速度と資源(ROM/RAM容量、低消費)重視

- ・資源はLSI単価に大きく影響
- ・扱う時間単位がus、車載はタイヤの回転数/角度が基準
- ・画像処理は、時間単位がms、sync信号が基準
- ・車載ソフトはエンジンを止めても働いている

✓ 周辺機能を制御するソフト

- ・出力は、直接的なもの(音、表示)、間接的なもの(モータをまわす)、目に見えないもの(波形、電波)
- ・制御する対象は周辺回路、割り込みは必須

✓ 言語はC言語(IMAPCARは1DC)が主流、でも最適化の理解が必要

- ・凝ったソフトは不要、パイプラインも考慮してコーディング

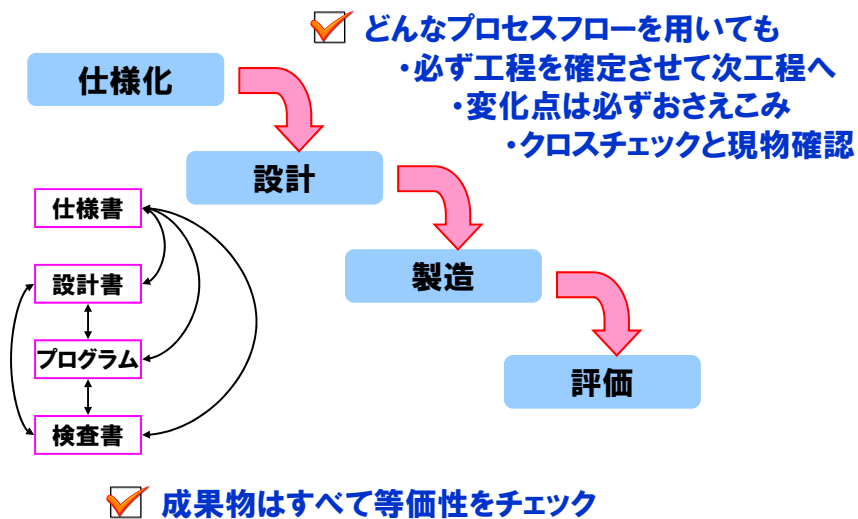
✓ デバッグ方法は、ボードとオシロ、時にはSim環境

- ・簡単な回路図は読めること、半田ごても使えること

✓ 車載品質は人の命を守るもの

- ・安全なソフトウェア
- ・フェールセーフはシステムによって考え方が異なる
(何かあったら止めるのか、何かあっても動作するのか)

安全は、一つ一つの積み重ね



車載アプリケーションの難しさ

車載カメラで歩行者認識の場合

- ☑ 朝/昼/夕方/夜
- ☑ 晴天/曇り/雨/雪/霧
- ☑ 春/夏/秋/冬
- ☑ 男/女/子供/大人/老人
- ☑ 順光/逆光
- ☑ Tシャツ/スカート/着物/スーツ/コート

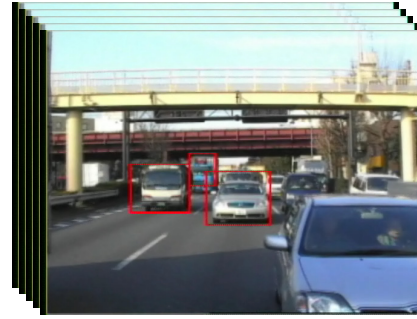


認識対象は、時々刻々と変化し、
すべての組み合わせを確認することは
非常に難しい。

評価の一例



入力画像



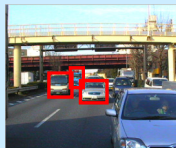
結果画像

- ◆ 約84,000フレームのAVIデータを使用
 - ✓ 顧客では、さらに数十倍(数百倍?)のデータ評価を実施
- ◆ 全フレームから、検知数、誤検知数、未検知数を算出

検知数、誤検知数、未検知数について

評価データで明確なこと

- ・すべてのフレームで、本来、検知しなければならない対象物の「数」と「座標」は、期待値として明確



期待値数は3で、
それぞれの位置情報(座標)を持つ

検知数

- ・各フレームで、正解の位置情報(座標)に合致する検知結果数

検知率

- ・分母は期待値数の総数、分子は検知数の総数

誤検知数

- ・各フレームで、正解の座標に合致しない検知結果数
- ・フレーム単位での結果よりも、時間あたりの誤検知数がひとつの指標となる

未検知数

- ・各フレームで、(検知しなければならない対象物の数) - (検知数)
- ・(検知数) + (未検知数)は、評価データの期待値と一致

誤検知と未検知

誤検知と未検知の検証

- ☑顧客は、PCによるアルゴリズム検証や研究を行っていることが多い
 - ✓長年、PCで積み上げてきた実績から、**PCの結果を真**とする結果を求める
- ☑PCの結果と、IMAPCARの結果をすべて比較する
- ☑許される誤検知/未検知と許されない誤検知/未検知に分類する
 - ✓客観的基準は少なく、人の感覚がかなり影響する
- ☑許されない誤検知/未検知については、アルゴリズム、テーブルデータの見直しまで含め、修正をおこなう
- ☑そして、繰り返しです
- ☑検知率を上げ、誤検知を減らし、目標値のPCの結果に近づける

画像認識アプリケーションソフトウェアの紹介(デモ用)

白線認識(デモ用)

- レーン逸脱警報システム (LDWS) への適用を前提に開発中。
- 基本部分 (白線/黄色線の連続線と破線の認識) の実装完了。
レーンまでの距離測定も実装済み。



デモ画面

課題

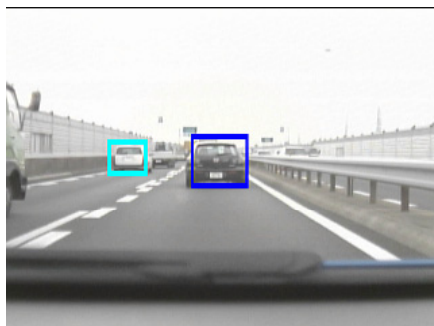
- ボツツドツツ未対応
- 天候/気象別評価が未実施

今後の予定

- 機能実装 ボツツドツツ対応
- 性能向上
認識時間: 1/2以下
認識率: 天候/気象別に設定予定

先行車認識(デモ用)

- 前方衝突警報 (FCW) への適用を前提に開発中
- NEC独自のGLVQを用いたパターンマッチング方式での実装完了
GLVQ:辞書の学習方式。文字認識や顔認識などで多くの実績あり



デモ画面

課題

- マッチング処理が重い
- 天候/気象別評価が未実施

今後の予定

- 機能実装
ルールベース手法による検出
先行車までの距離測定
- 性能向上
認識時間: 1/2以下
認識率: 天候/気象別に設定予定

周辺障害物認識(デモ用)

- Kids and Car法への適用を前提に開発中
- 特徴点を抽出し、オブティカルフロー(その特徴点が次フレームでどこへ移動したかを検出)により認識する方式→オブティカルフローまで実装完了



デモ画面

課題

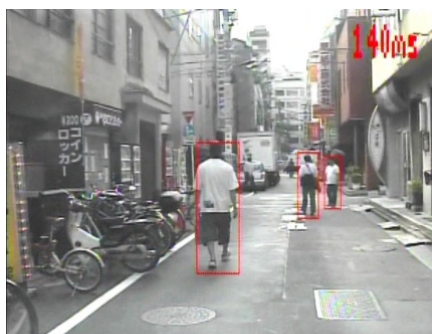
- 機能が未完結
- 天候/気象別評価が未実施

今後の予定

- 機能実装
 - 障害物判定
 - 障害物までの距離測定
 - 自車(路面)移動量推定
- 性能向上
 - 認識時間: 1/2以下
 - 認識率: 天候/気象別に設定予定

歩行者認識(デモ用)

- NEC研究所にて研究中
- GLVQを用いたパターンマッチング方式→IMAPCARにてデモレベル実装済



デモ画面

特徴

- SVMの1/20の処理時間

今後の予定

- IMAPCAR2への実装
- 機能実装(仕様拡大)
 - 対象距離の拡大
 - 顧客仕様での対応が可能
- 性能向上
 - 認識率: 天候/気象別に設定予定

標識認識(デモ用)

- NEC研究所にて研究中
- GLVQを用いたパターンマッチング方式→IMAPCARにてデモレベル実装済



デモ画面



特徴

- 40x40ドット以上のサイズであれば9割以上の検知率

今後の予定

- IMAPCAR2への実装
- 定量試験
- 機能実装(仕様拡大)
 - 対象距離の拡大、対象種別の拡大
 - 顧客仕様での対応が可能
- 性能向上
 - 認識率：天候/気象別に設定予定

ジェスチャー認識(デモ用)

将来のUIとしてのジェスチャー認識を IMAPCAR2で実現

●特長

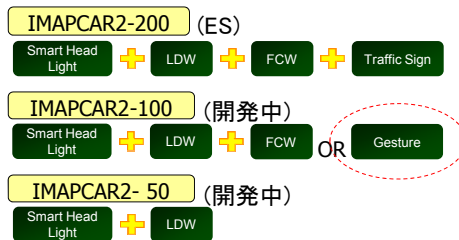
- ☑ 1カメラ
- ☑ 対象物の抽出(手、顔)
- ☑ 距離の抽出(ステレオ方式)
- ☑ 動作認識
 - × ジェスチャー
 - × 顔の向き
 - × 視線探知

●応用分野

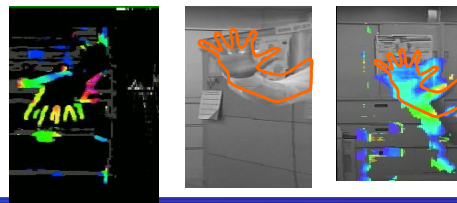
- ☑ Navi LCD backlight power control
- ☑ TVコントロール
- ☑ インテリア照明コントロール
- ☑ ...

●製品ラインナップ

IMAPCAR™

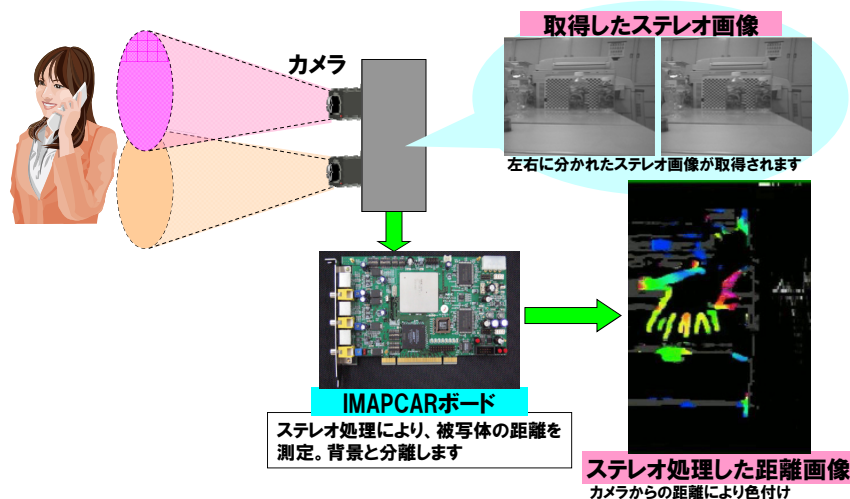


LDW : Lane Departure Warning FCW : Front Collision Warning



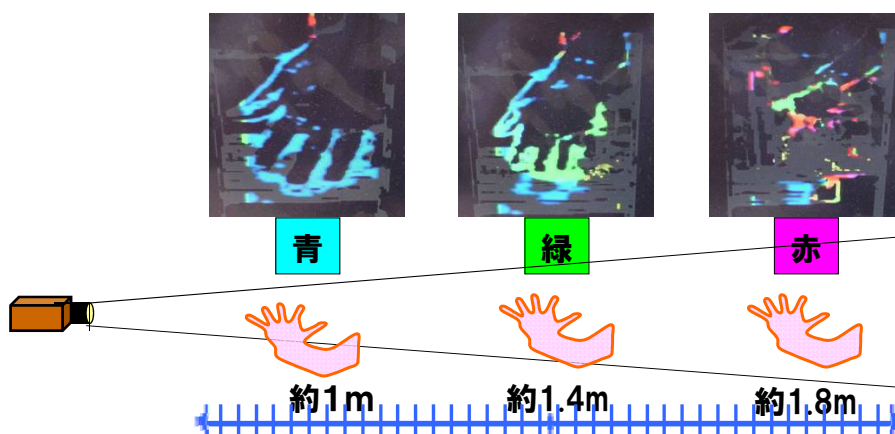
ステレオカメラ応用

- ◎ステレオカメラでステレオの画像を取得
- ◎IMAPCARでのステレオ処理により、背景からジェスチャーを切出して認識を行う



ステレオカメラ応用

ステレオ画像を、IMAPCARが距離画像に変換表示します。



御清聴ありがとうございました



ルネサス マイクロシステム株式会社

※本資料に掲載している登録商標または商標・標章・ロゴ・商号・商品名に関する権利は、個々の権利の所有者に帰属します。

©2010 Renesas Micro Systems Co., Ltd. All rights reserved.