

Vision AI を実現する画像処理

エンタープライズ・インフラ・ソリューション事業部 IoT・インフラ事業本部
ルネサスエレクトロニクス株式会社

末沢 隆明

概要

近年、AI を用いてリアルタイムに画像認識するアプリケーション(Vision AI)のニーズが拡大しています。人が視覚で行う認識を AI で代替する Vision AI では、最適な画像処理も必要になります。

ルネサスでは Vision AI 用のマイクロプロセッサ (MPU) として、ミドルクラスの RZ/V2M、エントリークラスの RZ/V2L を製品化しました。ともに AI 推論には電力効率において評価の高い AI アクセラレータ「DRP-AI」を搭載して、Vision AI を実現する最適な画像処理を提供します。RZ/V2M では専用に設計されたハードウェア ISP(Image Signal Processor)を搭載しており、ルネサスで選択した CMOS センサーの特性に合わせたチューニングを実施済みです。そのため、お客様がチューニングすることなく、最適な画質が得られます。RZ/V2L では、DRP-AI を AI 推論処理だけでなく、DRP の特長である柔軟性を活かした幅広い画像処理としても使用することができます。今回は、一例として簡易的な ISP 機能、Simple ISP について説明します。

注) DRP : Dynamically Reconfigurable Processor の略で演算器間の接続を動的に切り替えながらアプリケーションを実行するルネサス独自のハードウェアです。

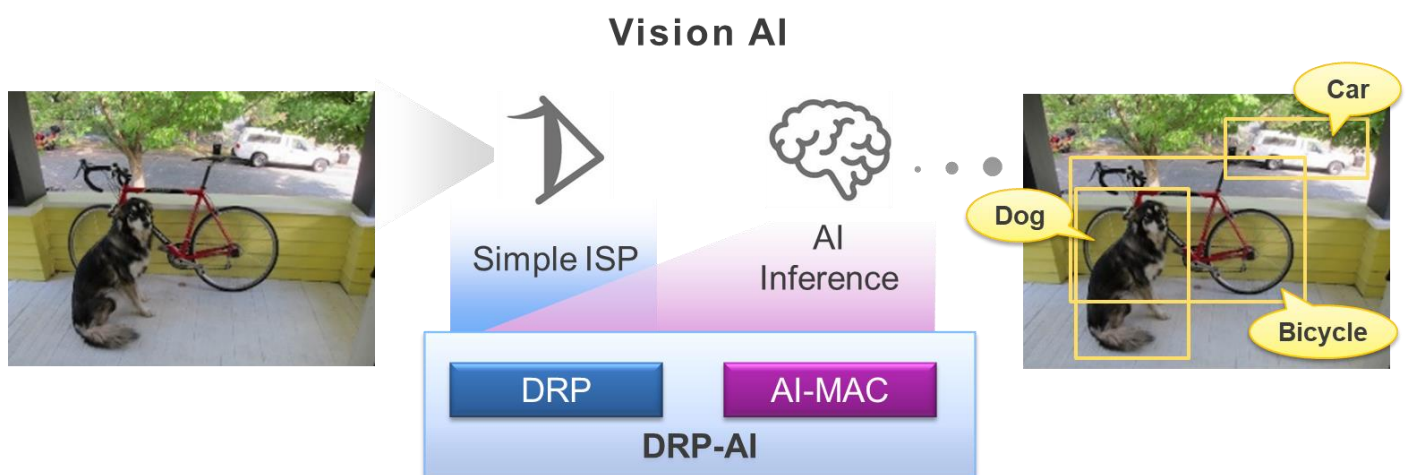


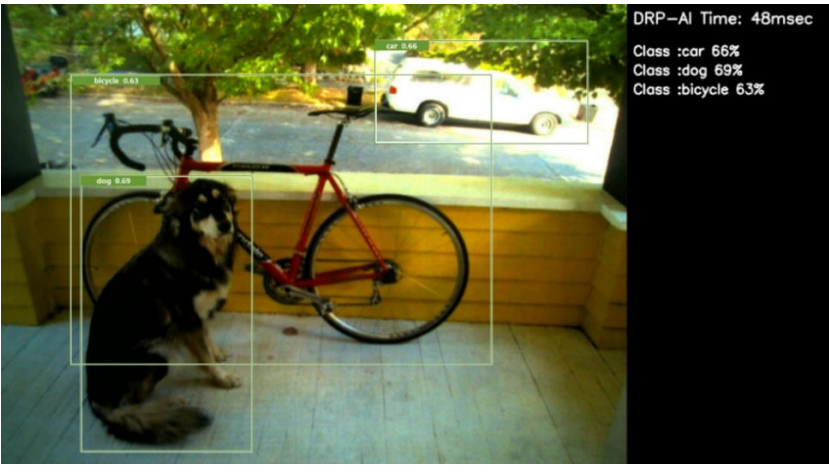
図 1 : DRP-AI で実現する Vision AI

はじめに

本文書では Simple ISP について、その特長やルネサスが提供するソフトウェア・画質調整の手順を紹介し
ます。

画像前処理と AI 推論：

Simple ISP により撮影対象の環境影響を抑えて安定した AI 推論結果を得ることが可能です。次の画像は TinyYOLOv2 の AI 推論実行結果です。Simple ISP での露光制御（カメラへのフィードバック制御）により画像全体の輝度を抑えています。輝度補正前（図 2）は屋外の物体検出できていないのに対して、輝度補正後（図 3）では物体(car)として検出できていることがわかります。

<p>輝度補正前： 輝度が高く屋外の物体が認識できていない状態</p>  <p style="text-align: center;">図 2：輝度補正前画像での AI 推論</p>	<p>AI 推論結果</p> <p>Dog: 51% Bicycle: 48%</p>
<p>輝度補正後： 輝度補正により屋外の物体(car)が検出できている状態</p>  <p style="text-align: center;">図 3：輝度補正後画像での AI 推論</p>	<p>AI 推論結果</p> <p>Car: 66% Dog: 69% Bicycle: 63%</p>

Cost optimization: 外付け ISP を追加することなく Vision AI に必要な画像処理を実現

Simple ISP は ISP に求められる基本的な機能を備えており、ISP を搭載していない安価な CMOS センサーでも ISP 専用 HW を追加することなく接続することができ、システムコストの低減が可能です。また、入力画像フォーマットとして Bayer RGB RAW (RAW8/RAW10/RAW12) をサポートしており、一般に流通している多くの CMOS センサーと接続することが可能です。

Simple ISP の機能：

- 入力画像フォーマット Bayer RGB RAW(RGGB) RAW8/RAW10/RAW12
- 入力解像度 5MP (2592*1944) max
- 出力画像フォーマット YUYV/UYVY/RGB888/ARGB8888
- 入力信号レベル補正 ブラックレベル, デジタルゲイン
- デモザイク ACPI 法によるデモザイク
- 色補正 3x3 カラーマトリクス色補正
- 2D ノイズリダクション Median filter による平面ノイズ除去
- 3D ノイズリダクション フレーム間ノイズ除去
- エッジエンハンスメント Laplacian filter によるエッジ強調
- ガンマ補正 指定 LUT によるガンマ補正
- 露光制御 自動 / マニュアル
- ホワイトバランス 自動* / マニュアル
- 性能 30fps @HD(1280x720)

* 開発中

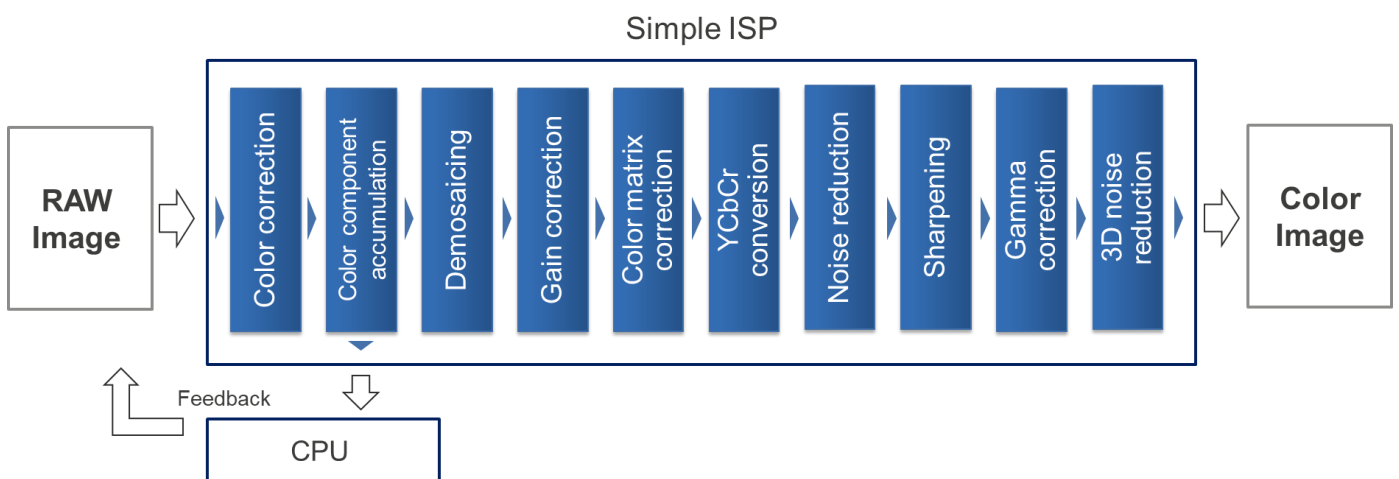


図 4 : Simple ISP 機能ブロック

Ease of use : V4L2 インタフェース互換で OSS、設計資産の流用を簡単に

RZ/V シリーズはソフトウェア開発環境として Linux BSP を提供します。Linux システムの V4L2(Video for Linux version2)で Simple ISP をサポートしました。これにより、ユーザは V4L2 インタフェースを使用した様々な OSS(Open Source Software)や既存のユーザアプリケーションを簡単に流用することが可能になります。

V4L2 API :

V4L2 インタフェースで Simple ISP を設定・制御することができます。拡張 API として“VIDIOC_S_EXT_CTRL”を定義、Simple ISP のパラメータを設定することで用途にあわせた画質調整が可能になります。

System call	Summary
open	Open a V4L2 device file.
close	Close a V4L2 device file.
ioctl	Issue V4L2 API for the opened device file.
select	Check if DQBUF can be executed.
mmap	Map a buffer in user space.
munmap	Unmap a buffer in user space.
ioctl(VIDIOC_S_FMT)	Specify the data format.
ioctl(VIDIOC_REQBUFS)	Request a buffer area.
ioctl(VIDIOC_QUERYBUF)	Query the status of a buffer.
ioctl(VIDIOC_QBUF)	Register a buffer.
ioctl(VIDIOC_DQBUF)	Release a buffer.
ioctl(VIDIOC_STREAMON)	Start streaming.
ioctl(VIDIOC_STREAMOFF)	Stop streaming.
ioctl(VIDIOC_S_EXT_CTRL)	Setting value of extended control

表 1 : V4L2 APIs

Simple ISP 設定パラメータ :

表 2 に Simple ISP 設定パラメータ一覧を示します。

White level (No.2)や Setting of color matrix(No.4)は典型的な設定値をプリセット値として定義しています。また、Setting of all parameters(No.0)でさらに細かい調整を行うことが可能です。Setting of all parameters(No.0)の詳細につきましては、ルネサス Web 掲載の [Simple ISP User's Manual](#) をご参照ください。

No.	Specification	Range of values	Parameter of function argument	
			Control ID	Control class
0	Setting of all parameters	-	V4L2_CID_RZ_ISP_ALL	See. User's Manual
1	Adjustment value of black level	0 through +127 Default:0	V4L2_CID_RZ_ISP_BL	0 through 127 Default:0
2	Adjustment value of white level	0: Day light 1: Neutral light 2: Interior light 3: Lamp light Default:1	V4L2_CID_RZ_ISP_WB	V4L2_RZ_ISP_WB_DAYLIGHT V4L2_RZ_ISP_WB_HORIZON V4L2_RZ_ISP_WB_WHITE V4L2_RZ_ISP_WB_STUDIO_LAMP
3	Setting of gamma value	1 through 9999 Default:100(mean 1.00)	V4L2_CID_RZ_ISP_GAMMA	1 through 9999
4	Setting of color matrix	0: Original 1: Standard correction 2: Vivid correction 3: Sepia correction Default:1	V4L2_CID_RZ_ISP_CMX	V4L2_RZ_ISP_CMX_NONE V4L2_RZ_ISP_CMX_NORMAL V4L2_RZ_ISP_CMX_VIVID V4L2_RZ_ISP_CMX_SEPIA
5	2D noise reduction	0 through 100 Default:100	V4L2_CID_RZ_ISP_2DNR	0 through 100
6	3D noise reduction	0: OFF 1: ON Default:1	V4L2_CID_RZ_ISP_3DNR	0 or 1
7	Unsharp Mask	0: OFF 1: WEAK 2: NORMAL 3: STRONG Default:0	V4L2_CID_RZ_ISP_EMP	V4L2_RZ_ISP_EMP_NONE V4L2_RZ_ISP_EMP_WEAK V4L2_RZ_ISP_EMP_NORMAL V4L2_RZ_ISP_EMP_STRONG
8	AE ON/OFF	0: OFF 1: ON Default:0	V4L2_CID_RZ_ISP_AE	0 or 1
9	Expose level	-40 through 40(dB) Default: 0dB	V4L2_CID_RZ_ISP_EXP_OSE_LV	-40 through 40
10	Target brightness (8-bit range)	1 through 254 Default: 128	V4L2_CID_RZ_ISP_T_BL	1 through 254
11	Brightness threshold	1 through 64 Default: 10	V4L2_CID_RZ_ISP_THR_ESHOLD	1 through 64

表 2 : 各機能の設定パラメータ定義

Flexibility : Simple ISP 制御 SW を含むすべての SW をソースコード提供

すべてのソフトウェアをソースコードで公開しています。お客様が用途に合わせてカメラ制御の調整、CMOS センサー変更時に必要なソフトウェア変更を行うことが可能です。また、Simple ISP のパラメータを調整する環境をサンプルアプリケーションソフトウェアとして同梱し提供します。この環境によりお客様は CMOS センサーの特性に合わせた絵作りを行うことが可能です。

提供ソフトウェア構成：

- ルネサスより提供するソフトウェアパッケージは周辺機能のデバイスドライバ、ミドルウェア (V4L2, Wayland 等 OSS) と Simple ISP を用いて画像キャプチャを行うサンプルアプリケーションで構成されます。すべてのソフトウェアをソースコードで提供しますので、お客様が CMOS センサーを選定し評価を行う際、Camera Driver の変更、カメラへのフィードバック制御 (後述) 等の変更・追加を自由に行うことが可能です。RZ/V2L ハードウェアの詳細につきましては [RZ/V2L Hardware User's Manual](#) をご参照ください。

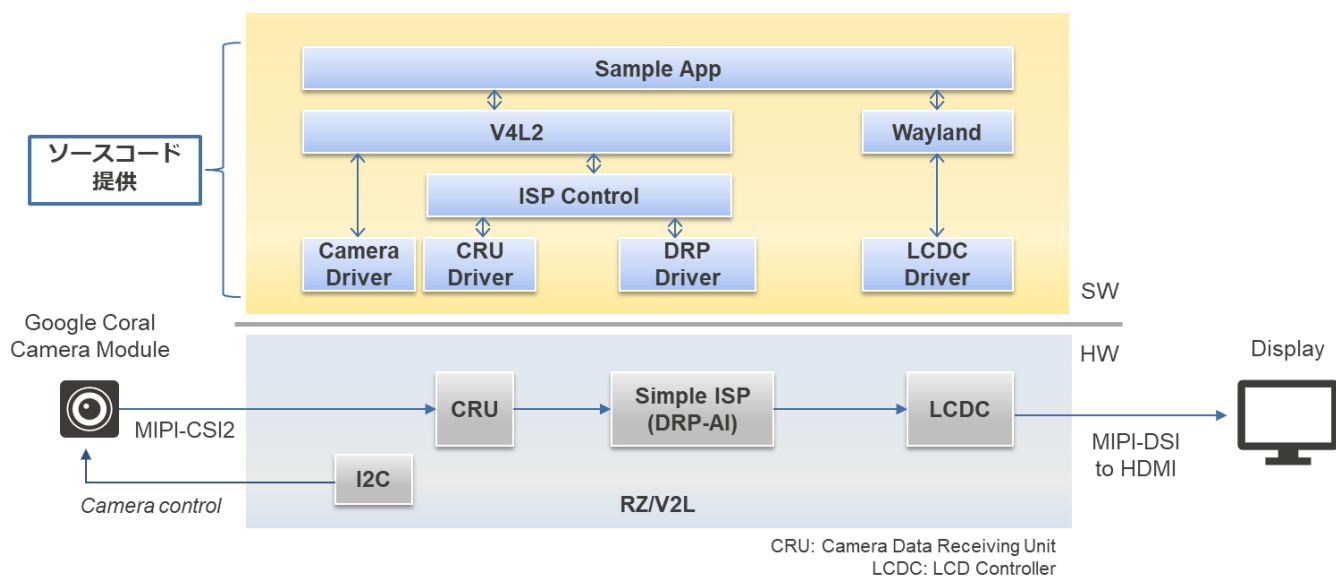


図 5：システム構成図

カメラへのフィードバック制御は、Simple ISP で抽出した入力画像の輝度積算値に基づき、カメラの明るさを Gain, Shutter speed で調整する制御です。この処理は ISP Control に実装されています。Gain, Shutter speed の設定範囲、分解能はカメラ毎に異なります。

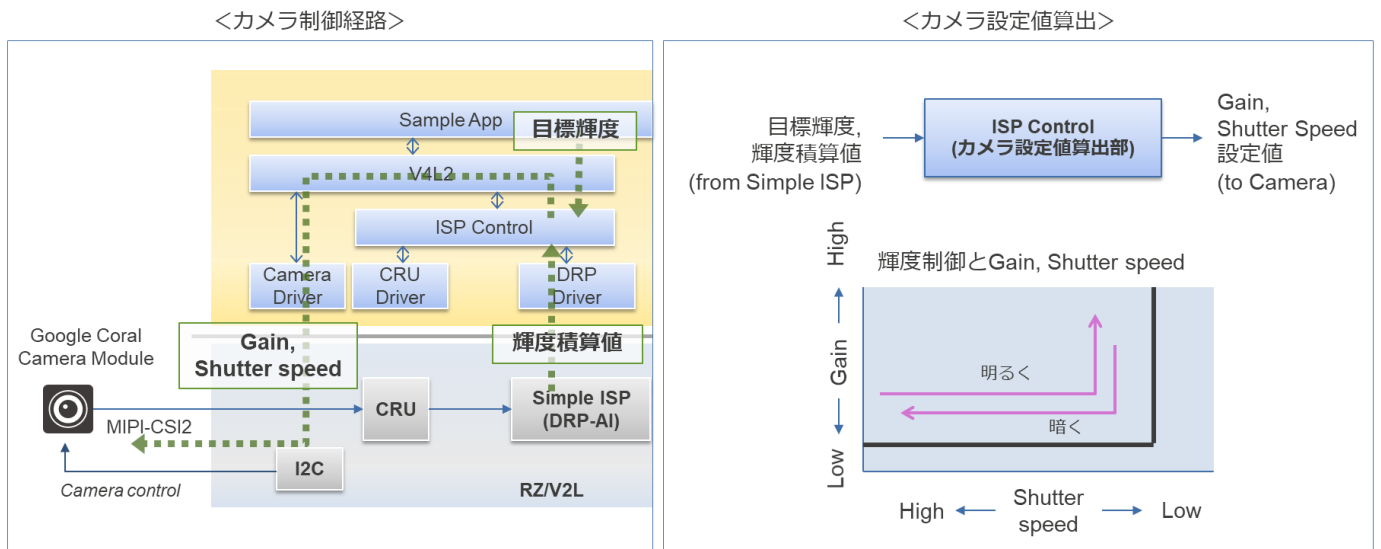


図 6：カメラ制御

画質を調整する環境：

Simple ISP の持つ様々な画質調整パラメータのうち、ホワイトバランス、ガンマ補正の設定を例に調整手順を説明します。以下の説明は ISP Software Package V1.00 同梱サンプルアプリケーションソフトウェアを使用した例です。

下記の手順で Simple ISP の画質調整パラメータを変更、ディスプレイに表示される画面を見ながら画質を調整することができます。

1. サンプルアプリケーション“sample_app_cam”を実行する
2. Simple ISP 設定パラメータファイル (text) を編集して設定値を変更する
 参考：デフォルト設定の text とサンプル設定(色反転)の text を ISP Support Package に同梱しています
3. 2 で編集したファイルをターミナルソフトからボードに送信する

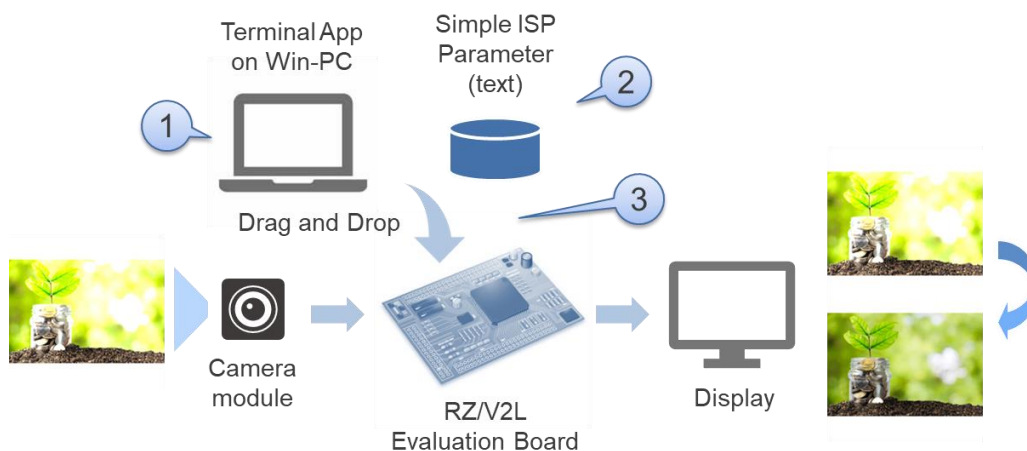


図 7：画質調整手順

以下に Simple ISP 設定パラメータのうち、カラーマトリクス色補正 (表 2 No.4) とガンマ補正 (表 2 No.3) の設定変更例を示します。

表 3: カラーマトリクス色補正

	<p>カラーマトリクス設定：補正なし (入力ゲイン補正無し)</p>
	<p>カラーマトリクス設定 0: Original (補正無し)</p>
	<p>カラーマトリクス設定 1. Standard correction (標準設定)</p>

表 3: カラーマトリクス色補正




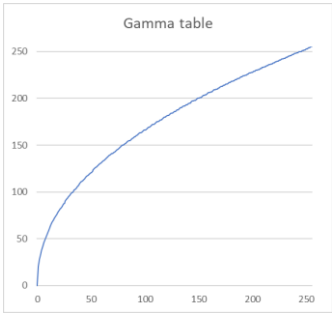

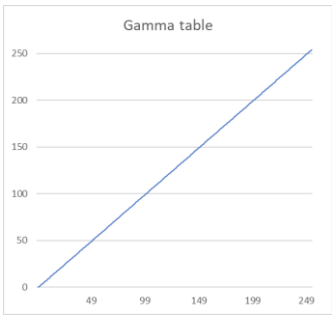

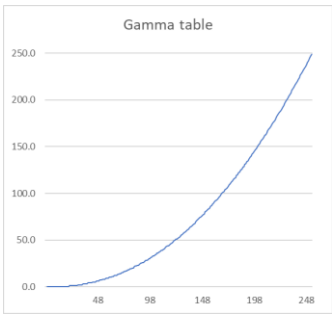
 A color calibration chart with 24 numbered color patches (001-024) is shown against a blue background. The colors are vibrant and saturated, representing the 'Vivid correction' setting.	<p>カラーマトリクス設定 2: Vivid correction (ビビッド)</p>
 A color calibration chart with 24 numbered color patches (001-024) is shown against a grey background. The colors are muted and desaturated, representing the 'Sepia correction' setting.	<p>カラーマトリクス設定 3: Sepia correction (セピア)</p>

表 4: ガンマ補正

	<p>Gamma:1/2.2</p> 
	<p>Gamma:1</p> 
	<p>Gamma:2.2</p> 

Easy to start : 無償の BSP・サンプルアプリケーションソフトウェアを Web 公開

ルネサスはお客様がすぐに開発に着手できるよう、カメラモジュールを同梱した RZ/V2L Evaluation Kit と無償のソフトウェアを提供しています。ドキュメントとサンプルソフトウェアは [RZ/V2L の WEB サイト](#) から簡単にダウンロードできます。

- 各種マニュアル
- アプリケーションノート
- ソフトウェア (Linux Package, DRP-AI Support Package, ISP Support Package)

HW	Evaluation board Kit for RZ/V2L MPU <ul style="list-style-type: none"> - SMARC Module Board - SMARC Carrier Board - MIPI-Camera Module
SW	RZ/V Verified Linux Package <ul style="list-style-type: none"> - Linux Kernel - Device Driver
	RZ/V2L ISP Support Package <ul style="list-style-type: none"> - Simple ISP Sample Application - Simple ISP User's Manual
	RZ/V2L DRP-AI Support Package <ul style="list-style-type: none"> - DRP-AI Sample Application - AI Evaluation Software - AI Implementation Guide
	RZ MPU Graphics Library Evaluation Version for RZ/G2L and RZ/G2LC
	RZ MPU Video Codec Library Evaluation Version for RZ/G2L
Tool	DRP-AI Translator

表 5 : RZ/V2L 開発環境

まとめ

ルネサスの RZ/V2L では、DRP-AI を AI 推論実行だけでなく、Vision AI に最適な画像を提供します。要点を以下にまとめます。

- ・撮影対象の環境影響を抑えて安定した AI 推論結果を得ることができる
- ・外付け ISP が不要でコスト削減
- ・V4L2 API 対応で SW 期間の短縮に寄与
- ・CMOS センサーの選択が可能
- ・無償の BSP・サンプルアプリケーションソフトウェアですぐにプロトタイプ開発に着手できる
- ・DRP の柔軟性により今後のさらなる機能拡張も可能

関連情報

- [AI アクセラレータ \(DRP-AI\)](#) — AI アクセラレータ (DRP-AI) ホワイトペーパー
- [RZ/V2M](#) — ルネサス独自の AI 専用アクセラレータ「DRP-AI」と 4K 対応イメージングナルプロセッサ (ISP) を搭載し、組み込み機器におけるリアルタイムな人・物体認識を実現するビジョン AI 向け ASSP
- [RZ/V2L](#) — ルネサス独自の AI 専用アクセラレータ「DRP-AI」と 1.2GHz Dual コア Arm® Cortex®-A55 CPU、3D グラフィックス、ビデオコーデックエンジン搭載の汎用マイクロプロセッサ
- [RZ/G2L](#) — 1.2GHz Dual コア Arm® Cortex®-A55 CPU、3D グラフィックス、ビデオコーデックエンジン搭載の汎用マイクロプロセッサ

ルネサスエレクトロニクスまたはその関連会社 (Renesas) 無断複写・転載を禁じます。全著作権所有。すべての商標および商品名は、それぞれの所有者のものであります。ルネサスは、本書に記載されている情報は提供された時点では正確であると考えていますが、その品質や使用に関してリスクを負いません。すべての情報は、商品性、特定の目的への適合性、または非侵害を含むがこれらに限定されないことを含め、明示、黙示、法定、または取引、使用、または取引慣行の過程から生じるかどうかを問わず、いかなる種類の保証もなく現状のまま提供されます。ルネサスは、直接的、間接的、特別、結果的、偶発的、またはその他のいかなる損害についても、そのような損害の可能性について通知された場合でも、本書の情報の使用または信頼から生じる責任を負いません。ルネサスは、予告なしに製品の製造を中止するか、製品の設計や仕様、または本書の他の情報を変更する権利を留保します。すべてのコンテンツは、米国および国際著作権法によって保護されています。ここで特に許可されている場合を除き、本資料のいかなる部分も、ルネサスからの事前の書面による許可なしに、いかなる形式または手段によっても複製することはできません。訪問者またはユーザは、公共または商業目的で、この資料の派生物を修正、配布、公開、送信、または作成することを許可されていません。(Rev.1.0 Mar 2020)

本社所在地

〒 135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24

(豊洲フォレシア)

<https://www.renesas.com>

お問い合わせ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄りの営業お問い合わせ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

<http://www.renesas.com/contact/>

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。