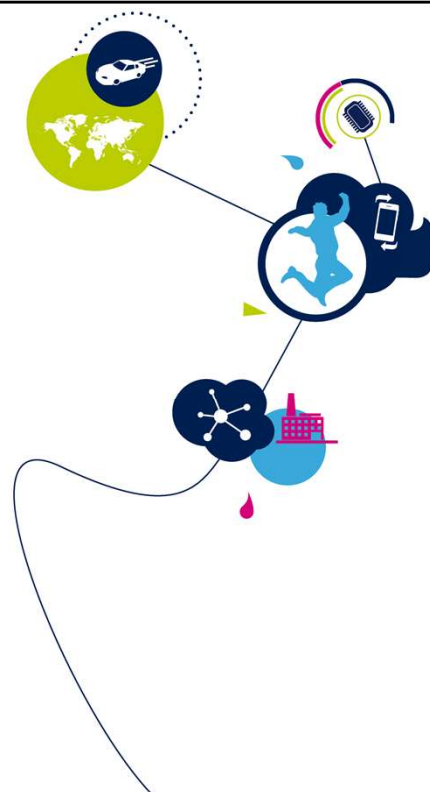
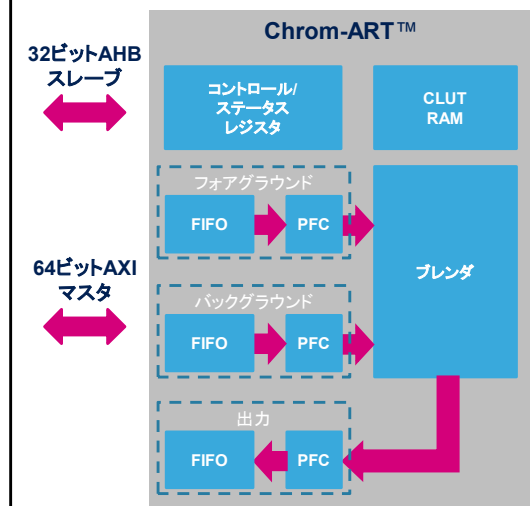


# STM32H7 – Chrom-ART™

Chrom-ARTグラフィックス・アクセラレータ™  
1.0版



こんにちは、STM32 Chrom-ART Accelerator™のプレゼンテーションへようこそ。これは、マイクロコントローラでのグラフィックコンピューティングに広く使用されているこのリアルタイムアクセラレータブロックの機能をカバーしています。



- グラフィカル操作のハードウェアアクセラレーションを提供
  - グラフィックス指向の2D DMA
  - プレーンブレンドとピクセルフォーマット変換
  - アンチエイリアス・フォントの特定のモード

### アプリケーション側のメリット

- グラフィカル操作のCPU負荷をオフロード
- 1ピクセル/サイクルの計算
- 統合されたピクセル・フォーマット・コンバータ & ブレンダー
- グラフィカルなスタックによるシンプルな統合

Chrom-ART™ acceleratorは、グラフィカルな操作に対して真のハードウェアアクセラレーションを提供します。

Chrom-ART™ acceleratorは、2D DMAエンジンを中心に構成されており、ピクセルフォーマットの変換や2つのプレーン間のブレンド操作をサポートする特定の機能を備えた高速データコピーを実現します。また、アンチエイリアスフォントを管理するための特別なモードも提供しています。

Chrom-ART™ acceleratorは、1サイクルあたり1ピクセルのスループット、統合されたピクセルフォーマット変換とブレンドにより、グラフィック操作のほとんどをCPUからオフロードします。

Chrom-ART™ acceleratorは、グラフィカルなスタックに完全に統合されているため、ソフトウェアの統合はユーザーにとって透過的です。

- 4つの動作モードを備えたグラフィカル指向の機能を備えた2D DMA
  - レジスタからメモリへの転送
  - メモリ間転送
  - ピクセル形式変換によるメモリ間転送
  - ピクセル形式の変換とブレンドによるメモリ間転送
- ユーザ・プログラム可能なパラメータ
  - メモリ全体のソース・アドレスと転送先アドレス
  - ソースと転送先のサイズとオフセット
  - ソースと転送先のカラーフォーマット
    - YCbCrフォーマットを含む、4~32ビット/ピクセル、間接/直接カラー・コーディングの最大12色のカラーフォーマットに対応
    - 自動ロードによる間接カラーモードでのCLUTストレージの内部メモリ
    - アルファ値は変更可能(ソース値、固定値、変調値)



Chrom-ART™ acceleratorには4つの動作モードがあります。

- 四角形の塗りつぶし操作のためのレジスタからメモリへの転送
- 2Dメモリのコピー操作を行うメモリ間転送
- フォーマット変換を伴うビットマップ描画のために、ピクセルフォーマット変換を伴うメモリ間の転送
- 透過性のあるビットマップまたはテキスト描画のピクセル形式変換とブレンドを使用したメモリ間転送

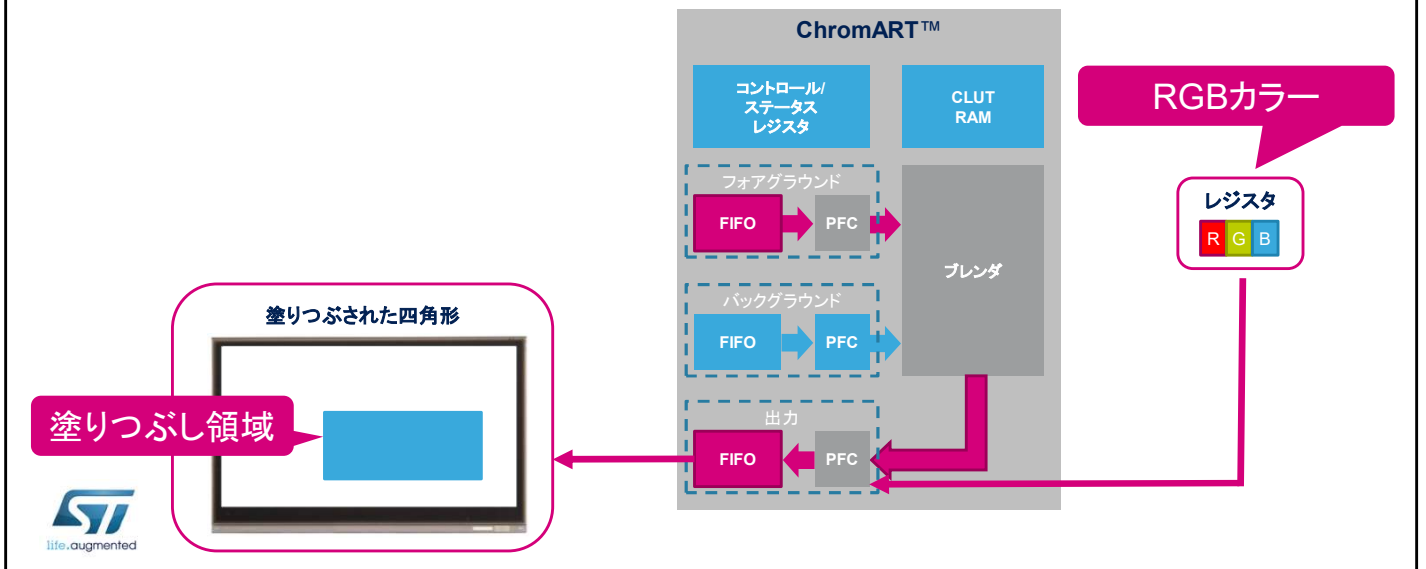
ユーザは、ソースと転送先のすべてのパラメーターを独立してプログラムすることができます。

- レイヤのサイズと位置を含むアドレス
- カラーフォーマット
- 透過性の管理方法

# レジスタからメモリへの転送

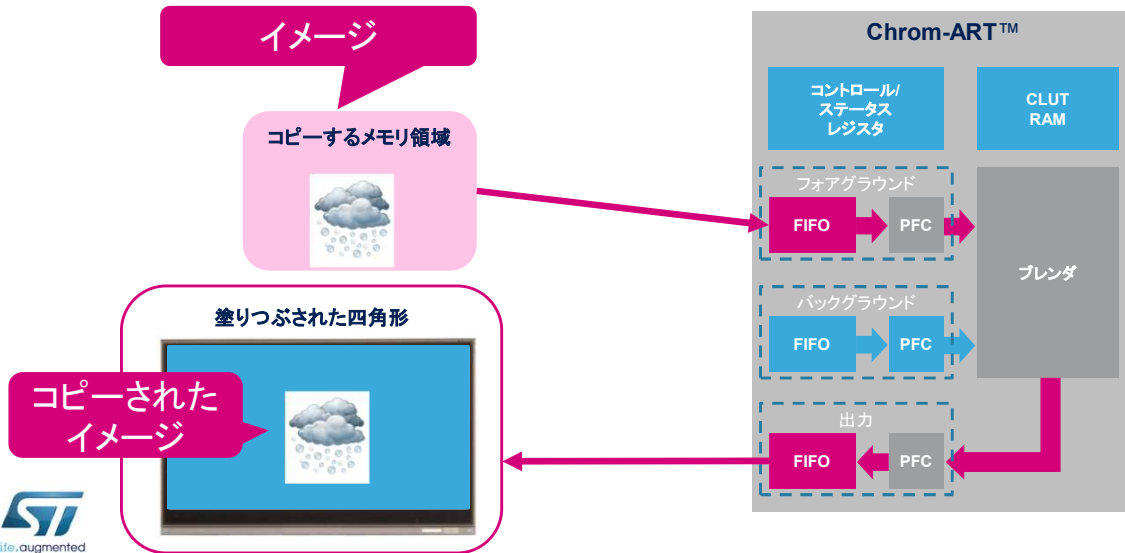
4

対象イメージの一部または全体を特定の色で塗りつぶす



レジスタからメモリへの転送モードは、出力画像の一部または全体を特定の色で塗りつぶすために使用します。色の値は、出力PFCのレジスタに設定されます。

ソース画像の一部または全部を転送先画像の一部または全部にコピーする場合

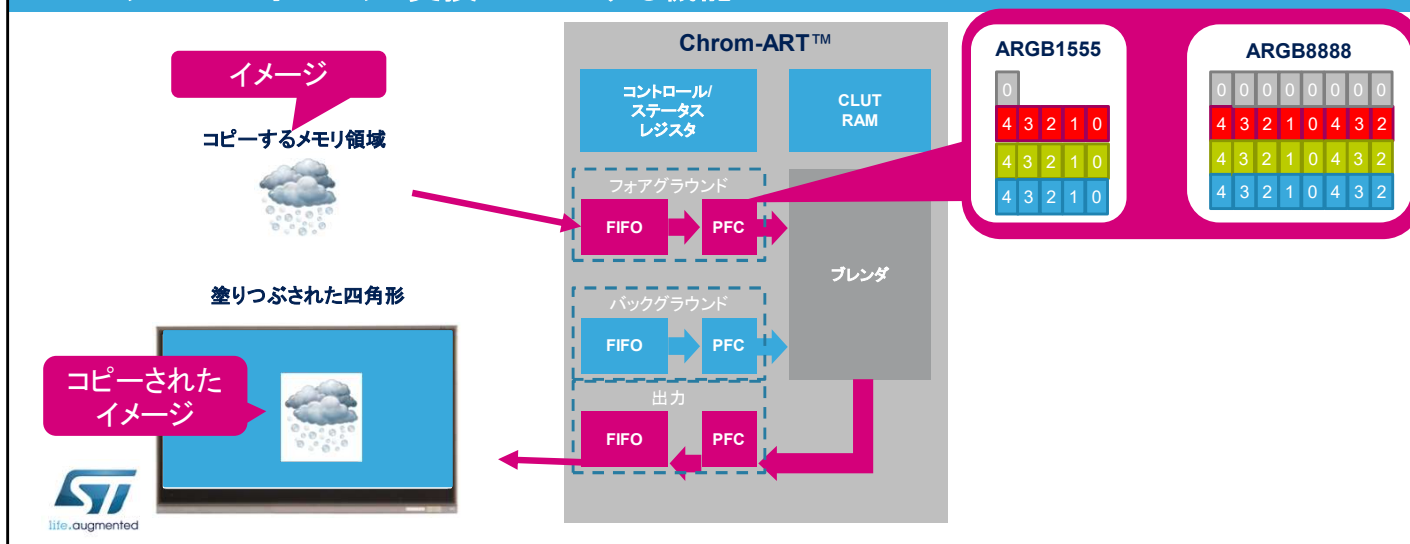


メモリ間転送モードは、カラーフォーマットを変更せずに、ソース画像またはソース画像全体を部品またはコピー先画像にコピーするために使用されます。

# ピクセル・フォーマット変換付きメモリ間転送

6

コピー元画像の一部または全部を、コピー先画像の一部または全部にピクセル・フォーマット変換しコピーする機能

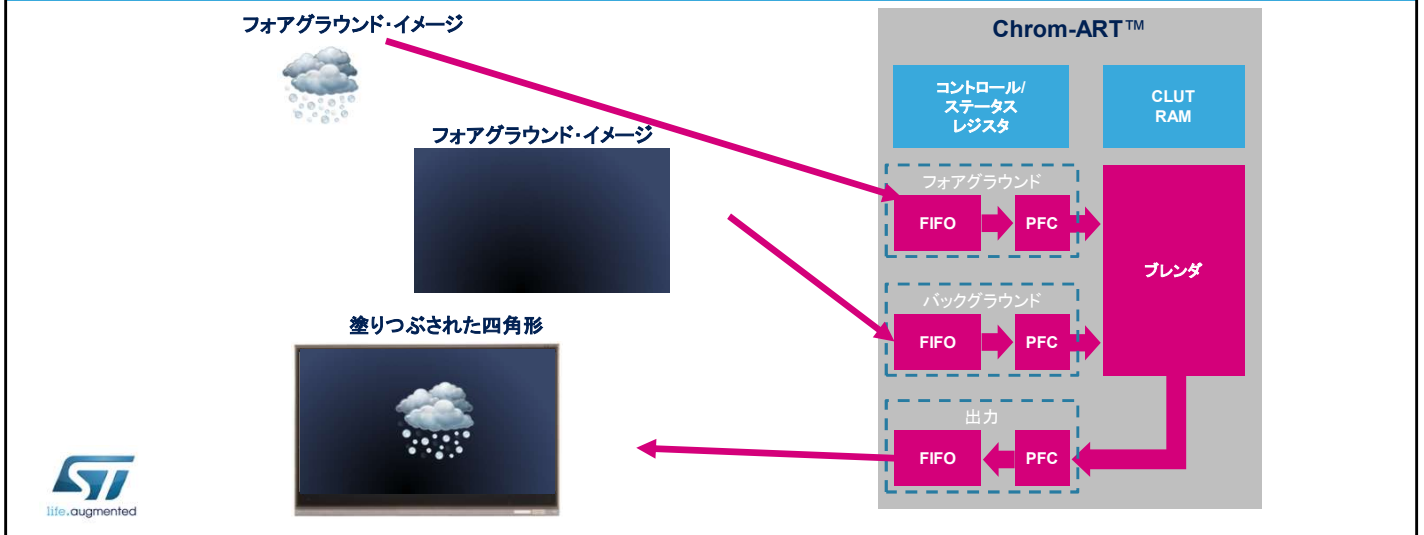


ピクセルフォーマット変換付きメモリ間転送モードは、メモリ間転送モードと同様のコピーをピクセルフォーマット変換付きで行います。任意の入力フォーマットから任意の出力フォーマットへのコピーが可能です。例えば、CPUを使わずに、ARGB565の画像をARGB888の画像に変換することができます。

# ピクセルフォーマットの変換と ブレンディングによるメモリ間転送

7

ピクセル形式の変換とブレンドを使用して、部品またはソースイメージ全体を  
部品またはコピー先イメージにコピー

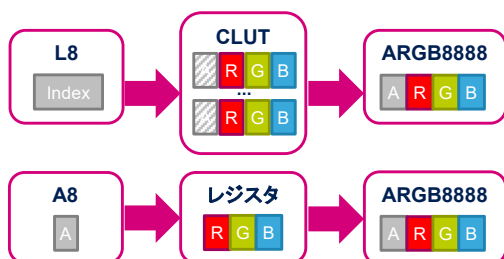
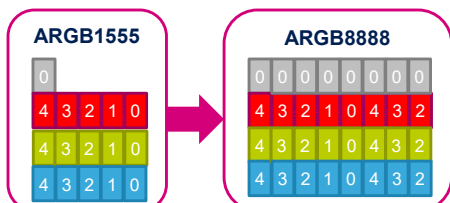


ピクセルフォーマットの変換とブレンドを行うメモリ間転送モードは、ソースイメージの一部または全体を、異なるピクセルフォーマットのデスティネーションイメージの一部または全体にブレンドするために使用されます。透過性のあるビットマップアイコンやフォントの描画に広く使われています。

# 入力ピクセルフォーマット・コンバータ

8

異なる入力色深度を独立してサポート



- **ダイレクト・モード**
  - ARGB8888、ARGB4444444もしくはARGB1555
  - RGB888もしくはRGB565 (レジスタ内のアルファ値を使用)
  - アルファ値は置き換えまたは変調することも可能
  - ブロック・ベース(8x8)YCbCr4:4:4、4:2:2と4:2:0
- **インダイレクト・モード**
  - L8またはL4とカラー・ルックアップ・テーブル (CLUT)
  - A8またはA4とカラー・レジスタ(フォント用)
  - 混合AL88またはAL44
- 内部操作はARGB8888で行われる



フォアグラウンドとバックグラウンドのレイヤーごとに、それぞれのフォーマットをプログラムすることができます。

ダイレクトモードでは、RGBまたはARGBのコンテンツをメモリから直接取得します。

インダイレクトモードでは、中間色のルックアップテーブルを使用して、コピーやブレンドの際に使用する色を決定します。

すべての入力カラーモードは、内部でARGB8888フォーマットに変換され、ブレンド操作が行われます。



# YCbCrカラー・スペース・コンバータ

9

## JPEGデコード用カラー・スペース・コンバータ

- YCbCrモード
  - フォアグラウンド・プレーンで利用可能
  - Chrom-ART™ acceleratorは、8x8ピクセルのブロックをフェッチ
  - 標準的なクロマ・サブサンプリングに対応
    - 4:4:4
    - 4:2:2
    - 4:2:0
  - 写真やビデオを表示するための色空間の変換を完全にCPUに任せることができる
  - Chrom-ART™カラー・スペース・コンバータは、同等の速度のCPUと比較して10倍の速度を持つ



YCbCrモードでは、特定のカラースペースコンバータ・ハードウェアを使用して、YCbCrデータをRGBデータに変換することができます。このブロックはフォアグラウンド・プレーンで使用できます。

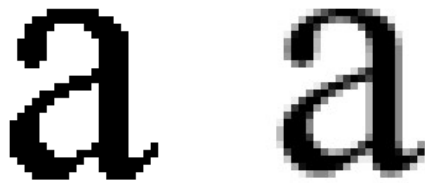
このカラースペースコンバータは、JPEGデコーダからフレームバッファに非圧縮データをコピーまたはブレンドするために使用されます。

8×8ピクセルのブロックで構成されたYCbCrデータを、リニアなRGBフォーマットに直接変換することができます。4:4:4から4:2:0までのすべての標準的なYCbCrクロマサブサンプリングフォーマットをサポートしています。

この新機能は、この負荷のかかる操作をCPUに負担させず、10倍の速度で実行します。

## アンチエイリアスなビットマップフォントの効率的なサポート

- A8またはA4のコード化
  - アルファチャンネルのみをメモリに保存
  - Chrom-ART™ acceleratorは、プログラムされた色を追加



エイリアス

アンチエイリアス



スペシャルモードを使用することで、テキストやフォントを効率的に管理できます。

アンチエイリアスされたフォントをレンダリングするために、透明度の値のみがメモリに保存されます。

色は、ピクセルフォーマットの変換プロセスで追加され、ユーザーがプログラムできます。

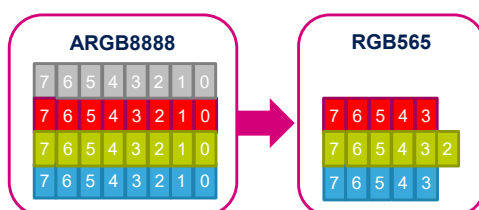
これらのモードは、高品質のビットマップフォントを保存するのに非常に効率的です。

# 出力ピクセル・フォーマット・コンバータ

11

## 複数の出力色深度に対応

- ダイレクトモード
  - ARGB8888、ARGB4444444もしくはARGB1555
  - RGB888もしくはRGB565
- PFC(ピクセル・フォーマット・コンバータ)なしのメモリ間転送は、ピクセル・フォーマットに依存しない

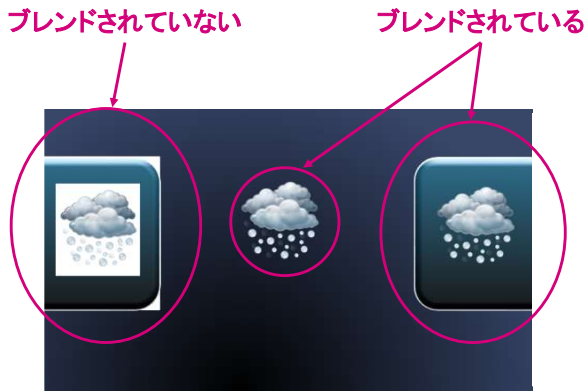


出力ピクセルフォーマットコンバータは、ソースから独立してデスティネーションのカラーを生成します。

出力には、カラーlookupアップテーブル(CLUT)の計算を意味するようなインダイレクトモードはありません。

しかし、ピクセルフォーマット変換(PFC)を使用しないメモリ間転送では、フォーマットとは無関係にデータをコピーすることができます。

## 完全にハードウェア化されたブレンド・プロセス



- ハードウェア・ブレンディング
  - フォアグラウンドとバックグラウンドのピクセルをブレンド
  - サイクルごとに生成される1ピクセル
  - ARGB8888のネイティブ動作
  - 入力データは、それぞれのPFCでARGB8888に変換
  - 出力データにも独自のPFCを搭載



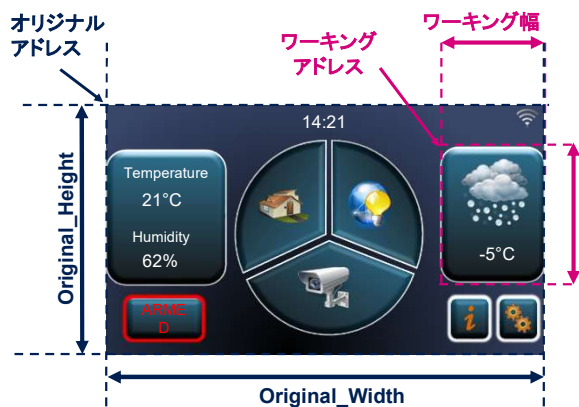
完全にハードウェア化されたブレンダでは、透明度のあるフォアグラウンドイメージとバックグラウンドイメージをブレンドすることができます。

これにより、あらゆる形状のビットマップイメージを完璧なレンダリングで描くことができます。

1サイクルで1つの画素が生成されるため、この複雑な動作をCPUで行うよりもはるかに効率的に行うことができます。

生成されたピクセルは、出力ピクセルフォーマットコンバータにより、ソースから独立してコード化されます。

## 作業領域と出力の色分けを定義する出力設定



- 作業領域
  - 幅
  - 高さ
- 出力設定
  - アドレス
  - ライン・オフセット
  - カラー・フォーマット(BPP)

$$\text{Working\_Address} = \text{Original\_Address} + (X + \text{Original\_Width} * Y) * \text{BPP}$$

$$\text{LineOffset} = \text{Original\_Width} - \text{Working\_Width}$$

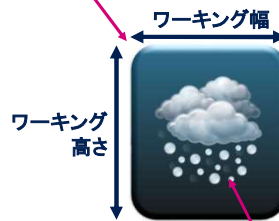


出力設定は、Chrom-ART™の動作のための作業領域を定義します。

アドレスとラインオフセットのパラメータは、出力のどのサブエリアに関係するかを選択するために使用されます。

## FGとBGの設定により、アドレスとカラー・コーディングを定義

- フォアグラウンド・パラメータ
  - アドレス
  - ライン・オフセット(出力に従う)
  - カラー・フォーマット
- バックグラウンド・パラメータ
  - アドレス(出力に従う)
  - ラインオフセット(出力に従う)
  - カラーフォーマット



カラーフォーマット

ほとんどの場合、バックグラウンドと出力は同じパラメータを持つ



バックグラウンドレイヤ(BG)とフォアグラウンドレイヤ(FG)には、アドレス、ラインオフセット、カラーフォーマットのそれぞれの設定があります。

これにより、フォアグラウンドレイヤとバックグラウンドレイヤのどの領域をChrom-ART™操作の対象とするかを定義します。

割り込みイベント	説明
設定エラー	Chrom-ART™起動時に検出された設定のエラー（許可されていない、または間違った設定）
CLUT転送完了	システム・メモリ領域から内蔵Chrom-ART™へのCLUTメモリへコピー完了
CLUTアクセス・エラー	システム・メモリからChrom-ART™内蔵メモリへの自動コピー中にCPUがCLUTにアクセスした場合
転送ウォーターマーク	ウォーターマーク・ラインの最後の画素が転送されたことを示す
転送完了	クロム・アート™転送操作が完了
転送エラー	Chrom-ART™転送中にエラー発生



Chrom-ART™アクセラレータには、6つの割り込みソースがあります。

- 設定エラー
- CLUT転送完了
- CLUTアクセスエラー
- 転送ウォーターマーク
- 転送完了
- 転送エラー

Chrom-ART™acceleratorは独自のDMAを内蔵しているため、DMAトリガーは使用しません。

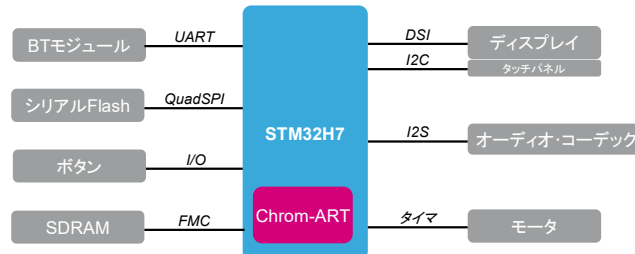
モード	説明
RUN	アクティブ
SLEEP	アクティブ ペリフェラルの割込みにより、デバイスはSLEEPモードを終了
STOP	停止 ペリフェラル・レジスタの内容は保持
STANDBY	パワーダウン STANDBYモードを終了した後は、ペリフェラルを再初期化する必要がある



Chrom-ART™ acceleratorは、RUNモードとSLEEPモードでアクティブです。Chrom-ART™の割込みによって、デバイスはSLEEPモードを終了することができます。STOPモードでは、Chrom-ART™ acceleratorは停止し、そのレジスタの内容は保持されます。STANDBYモードでは、Chrom-ART™ acceleratorはパワーダウンし、その後、再初期化する必要があります。



- 通信機能およびHMIを含む家電製品:



- Chrom-ART™ はHMIをハンドリング可能
  - 透明感のあるシーンの合成とアニメーション
  - テキスト・マネーメント



Chrom-ART™ acceleratorは、CPUに負荷をかけることなく、非常に効率的なスループットでフレームバッファを計算するために、あらゆるグラフィックアプリケーションで広く使用されています。

シーン全体を透明に構成し、アニメーションの管理を容易にすることができます。

また、テキストレンダリングも高速化され、アンチエイリアスフォントの管理が容易かつ効率的になりました。

- このペリフェラルに関連する次のトレーニングをご参照ください
  - RCC(Chrom-ART™クロック・コントロールとChrom-ART™イネーブル/リセット)
  - 割込み(Chrom-ART™割込みマッピング)



その他の情報は、RCCや割込みに関するトレーニングをご参照ください。

## STM32F/Hシリーズの比較

19

Chrom-ART™ 機能	STM32F0	STM32F1	STM32F2	STM32F3	STM32F4	STM32F7	STM32H7
インスタンスの数	0	0	0	0	1	1	1
最高速度	N/A	N/A	N/A	N/A	180MHz	216MHz	200MHz(*)

(\*)64ビット幅のデータバス



Chrom-ART™ acceleratorは、STM32F4およびSTM32F7シリーズでは32ビット・ワイド・バスで最大216MHz、H7シリーズでは64ビット・ワイド・バスで最大200MHzまで実装されています。