

Contents

1 Rust Painter 技術仕様書	2
1.1 目次	2
1.2 概要	2
1.2.1 主要機能	2
1.2.2 技術的特徴	2
1.3 アーキテクチャ全体像	2
1.3.1 データフロー	3
1.4 依存関係とクレート	4
1.4.1 主要依存関係	4
1.4.2 クレート詳細	4
1.5 モジュール構成	5
1.5.1 モジュール依存関係	5
1.6 データ構造と型定義	5
1.6.1 主要なメッセージ型	5
1.6.2 ツール定義	6
1.6.3 レイヤーアクション	6
1.7 主要構造体の詳細解説	7
1.7.1 PaintApp - メインアプリケーション構造体	7
1.7.2 Layer - レイヤー構造体	7
1.7.3 LayerManager - レイヤー管理システム	8
1.7.4 PaintEngine - 描画エンジン	8
1.7.5 PaintStroke - ストローク定義	8
1.7.6 CanvasWidget - キャンバスウィジェット	9
1.8 関数レベル実装詳細	10
1.8.1 メインアプリケーション更新ロジック	10
1.8.2 レイヤー描画システム	10
1.8.3 円形ブラシ描画実装	10
1.8.4 UI 構築システム	11
1.9 外部クレート API 詳細	12
1.9.1 iced フレームワーク	12
1.9.2 tiny_skia レンダリングエンジン	14
1.9.3 UUID クレート	14
1.10 パフォーマンス最適化	15
1.10.1 描画最適化戦略	15
1.10.2 メモリ管理最適化	15
1.11 今後の拡張計画	16
1.11.1 Phase 3: ファイル操作機能	16
1.11.2 Phase 4: 高度描画ツール	16
1.11.3 Phase 5: プロフェッショナル機能	16
1.12 技術的課題と解決策	16
1.12.1 解決済み課題	16
1.12.2 継続監視項目	16
1.13 開発ガイドライン	16
1.13.1 コード品質基準	16

1 Rust Painter 技術仕様書

1.1 目次

1. 概要
 2. アーキテクチャ全体像
 3. 依存関係とクレート
 4. モジュール構成
 5. データ構造と型定義
 6. 主要構造体の詳細解説
 7. 関数レベル実装詳細
 8. 外部クレート API 詳細
 9. パフォーマンス最適化
 10. 今後の拡張計画
-

1.2 概要

Rust Painter は、Rust 言語で開発された高品質 2D ペイントアプリケーションです。現代的な GUI フレームワーク `iced` 0.12 と高性能描画エンジン `tiny_skia` 0.11 を組み合わせることで、プロフェッショナルレベルの描画機能を実現しています。

1.2.1 主要機能

- リアルタイム描画: 円形ブラシによる滑らかな描画
- 多層レイヤーシステム: 無制限レイヤー、透明度制御、順序変更
- 高度なカラーピッカー: HSV 色空間による 2D 色選択
- 背景レイヤー保護: 白背景の固定レイヤー
- 直感的 UI: 3 カラムレイアウトによる最適化されたワークフロー

1.2.2 技術的特徴

- Memory Safe: Rust 言語の所有権システムによる安全なメモリ管理
 - High Performance: `tiny_skia` による GPU 加速レンダリング
 - Cross Platform: `iced` フレームワークによるクロスプラットフォーム対応
 - Modular Design: 明確な責任分離による保守性の高い設計
-

1.3 アーキテクチャ全体像

```
graph TB
    subgraph "UI Layer (iced)"
```

```

    A[PaintApp<br/>メインアプリケーション]
    B[LeftToolbar<br/>ツール設定]
    C[LayerPanel<br/>レイヤー管理]
    D[CanvasWidget<br/>描画エリア]
    E[ColorPickerPanel<br/>色選択]
end

subgraph "Core Logic"
    F[PaintEngine<br/>描画エンジン]
    G[LayerManager<br/>レイヤー管理]
    H[ToolSettings<br/>ツール設定]
end

subgraph "Rendering Engine (tiny_skia)"
    I[Pixmap<br/>画像データ]
    J[PaintStroke<br/>ストローク]
    K[Paint<br/>描画属性]
end

subgraph "Supporting Modules"
    L[ColorPicker2D<br/>2D 色選択]
    M[HueSlider<br/>色相選択]
    N[Font<br/>フォント管理]
end

A --> B
A --> C
A --> D
A --> E
D --> F
C --> G
B --> H
E --> L
E --> M
F --> I
F --> J
F --> K
G --> I
A --> N

```

1.3.1 データフロー

```

sequenceDiagram
    participant U as User
    participant UI as UI Layer
    participant PE as PaintEngine

```

```
participant LM as LayerManager
participant TS as tiny_skia

U->>UI: マウス描画開始
UI->>PE: start_stroke(x, y, tools)
PE->>PE: 新しい PaintStroke 作成

U->>UI: マウス移動
UI->>PE: continue_stroke(x, y)
PE->>PE: ストロークに点追加
PE->>UI: 軽量プレビュー描画

U->>UI: マウス離す
UI->>PE: end_stroke()
PE->>TS: tiny_skia 描画実行
PE->>LM: レイヤーにストローク追加
LM->>UI: 再描画要求
```

1.4 依存関係とクレート

1.4.1 主要依存関係

```
[dependencies]
iced = { version = "0.12", features = ["canvas", "tokio"] }
tiny-skia = "0.11"
uuid = { version = "1.0", features = ["v4"] }
```

1.4.2 クレート詳細

1.4.2.1 iced 0.12

- 目的: クロスプラットフォーム GUI フレームワーク
- 使用機能:
 - canvas: カスタム描画ウィジェット
 - tokio: 非同期ランタイム
- アーキテクチャ: Elm-inspired アーキテクチャ (Model-View-Update)

1.4.2.2 tiny_skia 0.11

- 目的: 高性能 2D グラフィックスライブラリ
- 特徴:
 - CPU-based レンダリング
 - Skia API との互換性
 - memory-safe 実装

1.4.2.3 uuid 1.0

- 目的: レイヤーの一意識別子生成
 - 使用機能: v4 UUID ランダム生成
-

1.5 モジュール構成

```
src/  
├── main.rs           # メインアプリケーションと UI 構築  
├── canvas_widget.rs  # カスタムキャンバスウィジェット  
├── paint_engine.rs   # 描画エンジンとストローク管理  
├── layer_system.rs   # レイヤー管理システム  
├── tools.rs          # ツール設定と状態管理  
├── color_picker.rs   # カラーピッカーウィジェット  
└── font.rs           # フォント設定
```

1.5.1 モジュール依存関係

```
graph TB  
  A[main.rs] --> B[canvas_widget.rs]  
  A --> C[paint_engine.rs]  
  A --> D[layer_system.rs]  
  A --> E[tools.rs]  
  A --> F[color_picker.rs]  
  A --> G[font.rs]  
  B --> C  
  B --> D  
  B --> E  
  C --> D  
  D --> C
```

1.6 データ構造と型定義

1.6.1 主要なメッセージ型

```
#[derive(Debug, Clone)]  
pub enum Message {  
    // ツール関連  
    ToolChanged(Tool),  
    BrushSizeChanged(f32),  
    BrushOpacityChanged(f32),  
    ColorChanged(Color),  
  
    // HSV カラーピッカー関連
```

```

HueChanged(f32),
SaturationChanged(f32),
ValueChanged(f32),
ColorPickerChanged(f32, f32, f32),

// レイヤー関連
LayerAction(LayerAction),

// キャンバス関連
CanvasMessage(canvas::Event),

// 描画関連
StartStroke(iced::Point),
ContinueStroke(iced::Point),
EndStroke,
}

```

この Messageenum は、Elm アーキテクチャの核となる型で、アプリケーション内で発生するすべてのイベントを表現します。

1.6.2 ツール定義

```

#[derive(Debug, Clone, Copy, PartialEq)]
pub enum Tool {
    Pen,
    Eraser,
}

```

1.6.3 レイヤーアクション

```

#[derive(Debug, Clone)]
pub enum LayerAction {
    Add,
    Delete,
    MoveUp(usize),
    MoveDown(usize),
    SetOpacity(usize, f32),
    SetVisible(usize, bool),
    Rename(usize, String),
    SetActive(usize),
}

```

1.7 主要構造体の詳細解説

1.7.1 PaintApp - メインアプリケーション構造体

```
pub struct PaintApp {  
    tools: ToolSettings,  
    layer_manager: LayerManager,  
    paint_engine: PaintEngine,  
    should_redraw: bool,  
}
```

1.7.1.1 フィールド解説

- tools: ToolSettings: 現在選択されているツールの設定（ブラシサイズ、色、透明度など）
- layer_manager: LayerManager: すべてのレイヤーの管理と操作
- paint_engine: PaintEngine: 描画処理の中核エンジン
- should_redraw: bool: 再描画が必要かどうかのフラグ

1.7.1.2 Application トレイト実装 PaintApp は iced::Application トレイトを実装し、以下のメソッドを提供：

- new(_flags: ()) -> (Self, Command<Message>): アプリケーション初期化
- title(&self) -> String: ウィンドウタイトル
- update(&mut self, message: Message) -> Command<Message>: メッセージ処理とステート更新
- view(&self) -> Element<Message>: UI 構築

1.7.2 Layer - レイヤー構造体

```
#[derive(Debug, Clone)]  
pub struct Layer {  
    pub id: Uuid,  
    pub name: String,  
    pub pixmap: Pixmap,  
    pub strokes: Vec<PaintStroke>,  
    pub visible: bool,  
    pub opacity: f32,  
}
```

1.7.2.1 フィールド解説

- id: Uuid: レイヤーの一意識別子 (UUID v4)
- name: String: レイヤーの表示名
- pixmap: Pixmap: tiny_skia の Pixmap (実際の画像データ)
- strokes: Vec<PaintStroke>: 確定済みストロークのリスト (iced 表示用)
- visible: bool: レイヤーの表示/非表示状態

- `opacity: f32`: レイヤーの透明度 (0.0-1.0)

1.7.2.2 二重データ管理システム `Layer` はデュアルレンダリングシステムを採用:

1. `pixmap`: `tiny_skia` による高品質レンダリング (最終出力用)
2. `strokes`: `iced` による軽量プレビュー (リアルタイム表示用)

この設計により、パフォーマンスと品質の両立を実現しています。

1.7.3 LayerManager - レイヤー管理システム

```
#[derive(Debug)]
pub struct LayerManager {
    layers: Vec<Layer>,
    active_layer_index: usize,
    canvas_width: u32,
    canvas_height: u32,
}
```

1.7.3.1 主要メソッド

- `add_background_layer()`: 白背景の固定レイヤー作成
- `add_layer(name: String)`: 新規レイヤー追加
- `remove_layer(index: usize)`: レイヤー削除 (背景レイヤー保護)
- `move_layer_up/down(index: usize)`: レイヤー順序変更
- `get_visible_strokes()`: 表示可能なストロークリスト取得

1.7.4 PaintEngine - 描画エンジン

```
#[derive(Debug)]
pub struct PaintEngine {
    current_stroke: Option<PaintStroke>,
    pub width: u32,
    pub height: u32,
}
```

1.7.4.1 描画フロー

1. `start_stroke(x, y, tools)`: 新しいストローク開始
2. `continue_stroke(x, y)`: ストロークに点追加
3. `end_stroke(layer_manager)`: ストローク確定とレイヤー保存

1.7.5 PaintStroke - ストローク定義

```
#[derive(Debug, Clone)]
pub struct PaintStroke {
    pub points: Vec<StrokePoint>,
}
```



```

    pub stroke_width: f32,
    pub color: Color,
    pub tool: Tool,
}

#[derive(Debug, Clone, Copy)]
pub struct StrokePoint {
    pub x: f32,
    pub y: f32,
}

```

1.7.5.1 ストローク補間システム 点と点の間を補間して滑らかな描画を実現：

```

// 補間アルゴリズム
let step_size = stroke_width / 4.0;
let steps = (distance / step_size).ceil() as i32;

for i in 1..steps {
    let t = i as f32 / steps as f32;
    let x = p1.x + dx * t;
    let y = p1.y + dy * t;
    // 補間点に円を描画
}

```

1.7.6 CanvasWidget - キャンバスウィジェット

```

#[derive(Debug)]
pub struct PaintCanvas<'a> {
    paint_engine: &'a PaintEngine,
    layer_manager: &'a LayerManager,
    tools: &'a ToolSettings,
    cache: canvas::Cache,
    confirmed_strokes_cache: canvas::Cache,
}

```

1.7.6.1 canvas::Program トレイト実装

- update(): マウスイベント処理と描画状態更新
- draw(): フレーム描画とキャッシュ管理
- mouse_interaction(): マウスカーソル形状制御

1.8 関数レベル実装詳細

1.8.1 メインアプリケーション更新ロジック

```
fn update(&mut self, message: Message) -> iced::Command<Message> {
    match message {
        Message::StartStroke(point) => {
            self.paint_engine.start_stroke(point.x, point.y, &self.tools);
            self.should_redraw = true;
        }
        Message::ContinueStroke(point) => {
            self.paint_engine.continue_stroke(point.x, point.y);
            self.should_redraw = true;
        }
        Message::EndStroke => {
            self.paint_engine.end_stroke(&mut self.layer_manager);
            self.should_redraw = true;
        }
        // ... 他のメッセージ処理
    }
    iced::Command::none()
}
```

1.8.2 レイヤー描画システム

```
pub fn get_visible_strokes(&self) -> Vec<(&PaintStroke, f32)> {
    let mut strokes = Vec::new();

    // レイヤーを下から上へ (描画順)
    for layer in &self.layers {
        if layer.visible {
            for stroke in &layer.strokes {
                strokes.push((stroke, layer.opacity));
            }
        }
    }

    strokes
}
```

1.8.3 円形ブラシ描画実装

```
fn draw_stroke_to_frame(&self, frame: &mut Frame, stroke: &PaintStroke, layer_opacity: f32)
    // レイヤー透明度を適用した色を計算
    let final_color = Color::from_rgba(
        stroke_color.r,
        stroke_color.g,
```

```

        stroke_color.b,
        stroke_color.a * layer_opacity,
    );

    // 各点に円を描画
    for point in &stroke.points {
        frame.fill(
            &Path::circle(Point::new(point.x, point.y), stroke.stroke_width / 2.0),
            final_color,
        );
    }

    // 点間補間による滑らか描画
    if stroke.points.len() > 1 {
        for window in stroke.points.windows(2) {
            // 補間処理...
        }
    }
}

```

1.8.4 UI 構築システム

1.8.4.1 3 カラムレイアウト実装

```

fn view(&self) -> Element<Message> {
    let left_toolbar = self.create_left_toolbar();
    let layer_panel = self.create_layer_panel();
    let canvas = self.create_canvas();
    let color_picker_panel = self.create_color_picker_panel();

    let main_content = row![
        container(layer_panel).width(250), // 左: レイヤー
        container(canvas).width(Length::Fill), // 中央: キャンバス
        container(color_picker_panel).width(280), // 右: カラー
    ];

    column![
        container(left_toolbar).height(120),
        container(main_content).height(Length::Fill),
    ]
    .into()
}

```

1.8.4.2 レイヤーパネル UI 構築

```

fn create_layer_panel(&self) -> Element<Message> {
    let mut layer_list = column![] .spacing(5);

```

```

// レイヤーを逆順で表示（上が最前面）
for (index, layer) in layers.iter().enumerate().rev() {
    let is_active = index == active_index;
    let is_background = index == 0;

    // レイヤー選択ボタン
    let layer_button = if is_active {
        button(text(&layer.name))
            .style(iced::theme::Button::Primary)
    } else {
        button(text(&layer.name))
            .style(iced::theme::Button::Secondary)
    };

    // 表示/非表示チェックボックス
    let visibility_checkbox = checkbox("", layer.visible)
        .on_toggle(move |visible| {
            Message::LayerAction(LayerAction::SetVisible(index, visible))
        });

    // 透明度スライダー（背景レイヤー以外）
    let opacity_control: Element<Message> = if !is_background {
        row![
            text("透明度:").size(12),
            slider(0.0..=1.0, layer.opacity, move |opacity| {
                Message::LayerAction(LayerAction::SetOpacity(index, opacity))
            }),
            text(format!("{:.0}%", layer.opacity * 100.0))
        ].into()
    } else {
        Space::with_height(0).into()
    };

    // レイヤー項目構築...
}
}

```

1.9 外部クレート API 詳細

1.9.1 iced フレームワーク

1.9.1.1 Application トレイト

```
pub trait Application: Sized {
    type Message: Debug + Send;
    type Theme: Default + Clone;
    type Executor: Executor;
    type Flags;

    fn new(flags: Self::Flags) -> (Self, Command<Self::Message>);
    fn title(&self) -> String;
    fn update(&mut self, message: Self::Message) -> Command<Self::Message>;
    fn view(&self) -> Element<'_, Self::Message, Self::Theme, Renderer>;
}
```

1.9.1.2 Widget システム

- container(): レイアウトとスタイリング
- row![] / column![]: 水平/垂直配置マクロ
- button(): クリック可能ボタン
- slider(): 数値選択スライダー
- checkbox(): チェックボックス
- text(): テキスト表示
- canvas(): カスタム描画エリア

1.9.1.3 Canvas API

```
pub trait Program<Message> {
    type State: Default;

    fn update(
        &self,
        state: &mut Self::State,
        event: Event,
        bounds: Rectangle,
        cursor: mouse::Cursor,
    ) -> (event::Status, Option<Message>);

    fn draw(
        &self,
        state: &Self::State,
        renderer: &Renderer,
        theme: &Theme,
        bounds: Rectangle,
        cursor: mouse::Cursor,
    ) -> Vec<Geometry>;
}
```

1.9.2 tiny_skia レンダリングエンジン

1.9.2.1 Pixmap - 画像バッファ

```
impl Pixmap {  
    pub fn new(width: u32, height: u32) -> Option<Pixmap>  
    pub fn fill(&mut self, color: Color)  
    pub fn data(&self) -> &[u8]  
    pub fn width(&self) -> u32  
    pub fn height(&self) -> u32  
}
```

1.9.2.2 Paint - 描画属性

```
impl Paint<'_> {  
    pub fn set_color(&mut self, color: Color)  
    pub fn set_blend_mode(&mut self, blend_mode: BlendMode)  
    pub fn set_anti_alias(&mut self, anti_alias: bool)  
}
```

1.9.2.3 Path - 描画パス

```
impl PathBuilder {  
    pub fn move_to(&mut self, x: f32, y: f32)  
    pub fn line_to(&mut self, x: f32, y: f32)  
    pub fn close(&mut self)  
    pub fn finish(self) -> Option<Path>  
}
```

1.9.2.4 Stroke - 線描画属性

```
impl Stroke {  
    pub fn new(width: f32) -> Self  
    pub fn with_line_cap(mut self, line_cap: LineCap) -> Self  
    pub fn with_line_join(mut self, line_join: LineJoin) -> Self  
}
```

1.9.3 UUID クレート

1.9.3.1 UUID 生成

```
use uuid::Uuid;  
  
// ランダム UUID 生成 (v4)  
let id = Uuid::new_v4();  
  
// 文字列変換  
let id_string = id.to_string();
```

```
// 比較とハッシュ
if id1 == id2 { /* ... */ }
```

1.10 パフォーマンス最適化

1.10.1 描画最適化戦略

1.10.1.1 1. デュアルレンダリングシステム

- 描画中: iced 軽量プレビュー (リアルタイム性重視)
- 確定後: tiny_skia 高品質レンダリング (品質重視)

1.10.1.2 2. ストローク補間最適化

```
// 適応的補間密度
let step_size = stroke_width / 4.0;
let steps = (distance / step_size).ceil() as i32;

// 距離に応じた補間点密度調整
if distance < stroke_width {
    // 短距離: 補間なし
    return;
}
```

1.10.1.3 3. キャッシュシステム

```
let cache = &self.cache;
let canvas = cache.draw(renderer, bounds.size(), |frame: &mut Frame| {
    // 重い描画処理はキャッシュされる
});
```

1.10.2 メモリ管理最適化

1.10.2.1 1. 効率的なデータ構造

- Vec: 連続メモリ配置
- Option: 描画中のみメモリ使用

1.10.2.2 2. 不要コピー回避

```
// 参照渡しによる効率化
pub fn get_visible_strokes(&self) -> Vec<(&PaintStroke, f32)>
```

1.11 今後の拡張計画

1.11.1 Phase 3: ファイル操作機能

- PNG/JPEG エクスポート機能
- プロジェクトファイル保存・読み込み
- 画像インポート機能

1.11.2 Phase 4: 高度描画ツール

- 矩形・円形・直線描画ツール
- バケツツール（塗りつぶし）
- 選択ツール（範囲選択・移動・変形）

1.11.3 Phase 5: プロフェッショナル機能

- レイヤーブレンドモード
 - フィルター・エフェクト
 - アニメーション機能
 - プラグインシステム
-

1.12 技術的課題と解決策

1.12.1 解決済み課題

1. eGUI の制限: `tiny_skia` 移行により解決
2. 描画パフォーマンス: デュアルレンダリングで解決
3. レイヤー透明度処理: 適切なブレンドモードで解決

1.12.2 継続監視項目

1. 大量ストローク処理: 空間分割による最適化検討
 2. メモリ使用量: 長時間使用時のメモリリーク監視
 3. レンダリング最適化: GPU 活用の可能性検討
-

1.13 開発ガイドライン

1.13.1 コード品質基準

- 型安全性: Rust の型システム活用
- エラーハンドリング: `Option` と `Result` の適切な使用
- 文書化: すべての `public API` に `doc` コメント
- テスト: 単体テストと `integration` テスト

1.13.2 パフォーマンス基準

- 応答性: UI 操作は 16ms 以内に応答
- メモリ効率: 不要なアロケーション回避
- スケーラビリティ: 大量データ処理への対応

最終更新日: 2025-06-26 バージョン: 2.0.0 作成者: Claude (Rust Painter Development Team)