

Raspberry Pi Pico 2のE9エラッタ（プルダウン問題）と外部抵抗の推奨について

Raspberry Pi Pico 2 (RP2350マイクロコントローラ搭載) には、公式に報告されている「E9 エラッタ」というハードウェアの問題があり、一部GPIOピンのプルダウン抵抗に関連しています。以下に、このエラッタの詳細、影響、外部抵抗の推奨理由、および対処方法を説明します。情報は公式ドキュメント (Raspberry Pi公式およびRP2350データシート) に基づいています。

E9エラッタの概要

≡ チャットに追加

- ・エラッタ名: E9 - GPIO Pull-Down Resistor Issue
- ・対象: Raspberry Pi Pico 2 (RP2350およびRP2350Aチップ)。Pico 1 (RP2040) には影響なし。
- ・問題の詳細:
 - ・RP2350のGPIOピンには内部プルアップ抵抗（約50kΩ）とプルダウン抵抗（約50kΩ）がソフトウェアで設定可能ですが、プルダウン抵抗が正しく機能しないピンが存在。
 - ・具体的には、特定のピンでプルダウン抵抗を有効にしても、期待される低レベル(0V)に十分引き下げられず、フローティング状態や中間電圧（例: 0.5V～1V）に留まる場合がある。
 - ・影響を受けるピン: **GPIO0～GPIO29** (すべての汎用GPIOピン)。ただし、ピンごとに影響の程度は異なる可能性あり。
- ・原因: RP2350のシリコン設計上の不具合で、内部プルダウン抵抗回路が意図した抵抗値を提供できない（インピーダンスが不安定または高すぎる）。
- ・影響:
 - ・入力ピンがフローティング状態になり、誤ったロジックレベルを検出する可能性（例: スイッチ入力で誤動作）。
 - ・I2CやUARTなど、プルダウンが必要なプロトコルで信頼性が低下。
 - ・特にオープンコレクタ/オープンドレイン回路で問題が顕著。
- ・公式ドキュメント: Raspberry PiのRP2350 Errataシート
(<https://datasheets.raspberrypi.com/rp2350/RP2350-Errata.pdf>) で詳細確認可能。

外部抵抗の推奨理由

- ・問題の回避策: 内部プルダウン抵抗が信頼できないため、外部プルダウン抵抗（例: $10\text{k}\Omega$ ～ $100\text{k}\Omega$ ）を該当ピンに接続することで、確実に低レベルを保証する。
- ・抵抗値の選定:
 - ・ **$10\text{k}\Omega$ ～ $100\text{k}\Omega$ が推奨**: $10\text{k}\Omega$ は強めのプルダウン（高速応答）、 $100\text{k}\Omega$ は低消費電力向け。用途に応じて選択。
 - ・公式推奨値は **$10\text{k}\Omega$** （標準的なデジタル回路で安定）。例えば、スイッチ入力では $10\text{k}\Omega$ をGNDに接続。
- ・実装例:
 - ・スイッチ入力（GPIO5使用）の場合:
 - ・GPIO5にスイッチを接続（一端は3.3VまたはGND、もう一端はGPIO）。
 - ・GPIO5とGND間に $10\text{k}\Omega$ 抵抗を追加。これでスイッチがオープン時にピンが確実に0Vに固定。
 - ・回路例:

text

×

≡

⊕

3.3V ---- [スイッチ] ---- GPIO5 ---- [$10\text{k}\Omega$] ---- GND

- ・なぜ必要か:
 - ・内部プルダウンが不安定だと、ピンがフローティング状態になりノイズで誤動作（例: 入力がランダムに1/0を検出）。
 - ・外部抵抗は安定した基準電圧を提供し、エラッタの影響を完全に回避。
- ・消費電力への影響: $10\text{k}\Omega$ 抵抗で約 0.33mA ($3.3\text{V} \div 10\text{k}\Omega$)、 $100\text{k}\Omega$ で約 0.033mA 。Pico 2 の低消費電力特性（アイドル時~ 100mW ）を損なわない範囲。

影響の具体例と対処

・影響例:

- ・スイッチ入力: プルダウンがないと、スイッチがオフ時にピンが不定（1/0ランダム）になり、誤検出が発生。
- ・I2C通信: SDA/SCLピンでプルダウンが必要な場合（まれ）、通信エラーやバス競合。
- ・デジタル入力全般: センサーヤやボタンの入力で誤動作リスク。

・対処方法:

1. 外部抵抗の追加:

- ・必要なピンに $10\text{k}\Omega$ ～ $100\text{k}\Omega$ のプルダウン抵抗をはんだ付け。
- ・ブレッドボードやPCB設計で抵抗を組み込む。

2. ソフトウェアでの回避:

- ・プルダウンが必要なピンでは、入力モードを避け、プルアップ抵抗（E9の影響なし）を使用する設計に変更。
- ・例: スイッチをアクティブロー（GND接続）からアクティブハイ（3.3V接続）に変更し、内部プルアップを利用。

3. ピンの選択: 可能なら、エラッタの影響が少ないピン（実測で確認）を選ぶ。ただし、公式では全GPIOが対象とされている。

・実装コード例（MicroPython）：

python ✘ 折りたたむ ≡ 広げる ▶ 実行 Ⓛ コピー

```
from machine import Pin
pin = Pin(5, Pin.IN, Pin.PULL_DOWN) # 内部プルダウン (E9で不安定)
# 外部10kΩの抵抗をGPIO5-GND間に接続推奨
print(pin.value()) # スイッチ状態を安全に読む
```

- ・内部プルダウンは使用せず、外部抵抗に依存。

追加の注意点

- ・**Pico 1との違い:** RP2040 (Pico 1) ではE9エラッタは存在せず、内部プルダウンが安定。Pico 2特有の問題。
- ・**他のエラッタとの関連:** RP2350には他にもE1～E8など複数のエラッタがあるが、GPIO関連はE9が主。たとえば、E5 (ADCノイズ) はセンサー用途で注意が必要。
- ・**コミュニティ情報:** XやReddit (r/raspberrypipico) で、ユーザーが10kΩ抵抗で安定動作を確認 (例: 2024年9月投稿)。実測でプルダウン抵抗が1MΩ相当 (弱すぎ) になるケース報告。
- ・**代替案:** プロジェクトでプルダウン不要なら影響なし (例: 出力専用ピン、内部プルアップのみ使用)。
- ・**将来の修正:** RP2350Bチップ (次期リビジョン) で修正予定の可能性あり (2025年10月時点で未確認)。

実務での推奨

- ・**設計時:** すべてのGPIO入力ピンに外部プルダウン抵抗 (10kΩ) をデフォルトで追加。これでE9エラッタを完全に回避。
- ・**プロトタイピング:** ブレッドボードで抵抗を試し、動作確認後にPCB設計へ。
- ・**ドキュメント参照:** RP2350 Errataシート (<https://datasheets.raspberrypi.com/rp2350/RP2350-Errata.pdf>) やPico 2データシートで最新情報を確認。
- ・**テスト:** オシロスコープやマルチメータでピンの電圧を測定し、プルダウン不良 (例: 0.5V～1Vのフローティング) を確認。

結論

E9エラッタはRP2350の内部プルダウン抵抗の信頼性問題で、GPIO0～29の入力ピンに影響します。外部プルダウン抵抗 (10kΩ推奨) を追加することで問題は解決し、Pico 2の低消費電力や高速GPIO性能 (前述の125MHzトグルなど) は損なわれません。実装例や回路図が必要なら、具体的な用途を教えてください！



E9エラッタの回避コード例



RP2350の他のエラッタ