

# 状態遷移テストツールAustinの開発と 組み込み装置向けシナリオ作成工数削減アプローチ

**守谷 歩**

DXエンジニアリング研究部 シスX2ユニット  
サービスシステムイノベーションセンタ

1. 医用分析装置を操作するソフトウェアは高品質化が求められる。
2. 組み込み装置の高信頼化を行う方法として、状態遷移テストを採用し、その状態遷移テストを自動化する状態遷移テストツールを開発した。
3. 状態遷移テストの自動化に伴い、そのテストに使用するシナリオについても工数削減方式を策定した。
4. 状態遷移テストの自動化と、テストシナリオ工数削減方式を3つの開発中の製品で適用し、開発期間に影響の出ない範囲で、仕様の状態遷移について100%のカバレッジを達成し、高信頼化に貢献した。

# 目次

---

1. 背景
2. 問題点
3. 検証
4. 結論

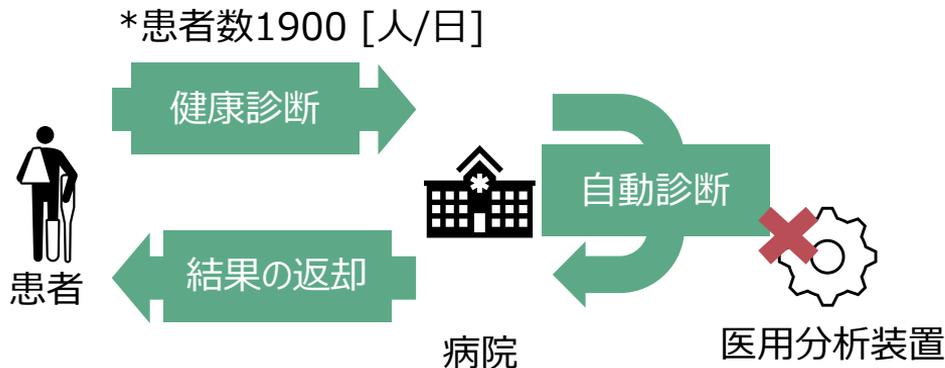
# 目次

---

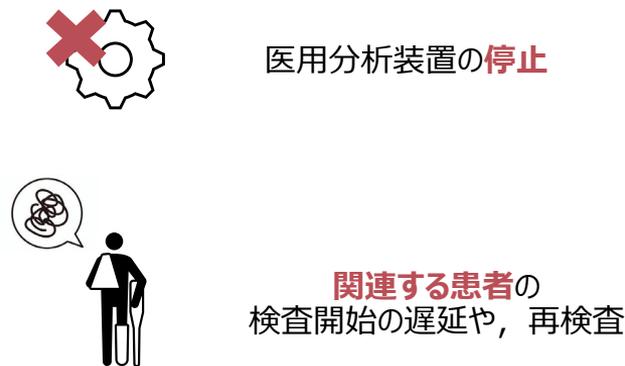
1. 背景
2. 問題点
3. 検証
4. 結論

医用分析装置を操作するソフトウェアの不具合は、装置の停止を引き起こし、事業や社会に悪影響を与えるため、**高品質化**が求められる

## 医用分析装置を使用する病院の健康診断の流れ



## 社会的な悪影響（仮定）



### 装置停止の影響

病院の健康診断の流れが止まり、  
検査開始の遅延や、再検査につながる。

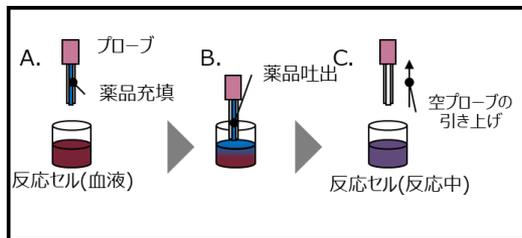
\* 国内病院の1日平均患者数“令和3年(2021)年 医療施設(動態)調査・病院報告の概況”, MHLW, 2022 より算出  
URL: [11gaikyou03.pdf \(mhlw.go.jp\)](https://www.mhlw.go.jp/content/111gaikyou03.pdf)

ソフトウェア高品質化のためには、ハードウェアの振舞に不具合が生じている場合に、その不具合を検知しないといけない。

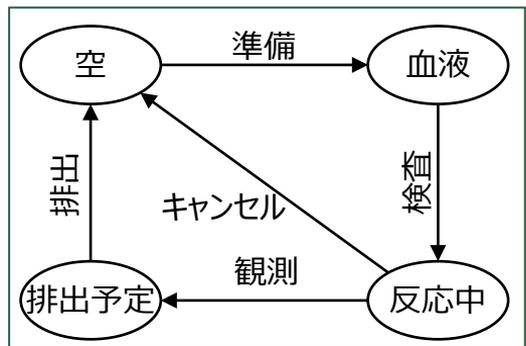
## 社会的な悪影響



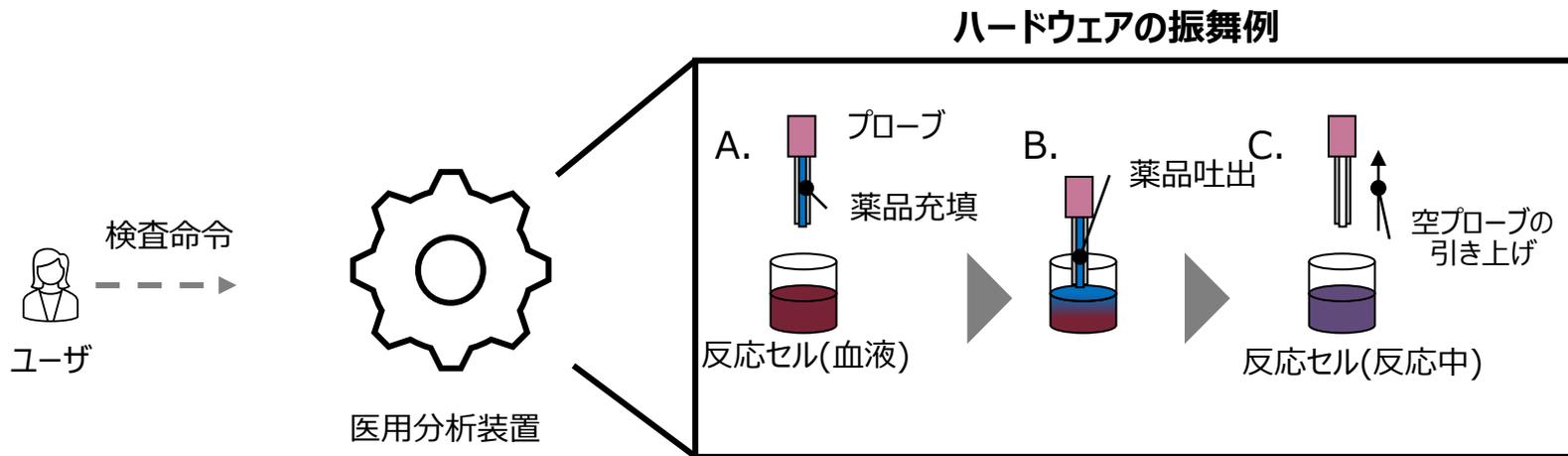
## ハードウェアの振舞



## 状態遷移

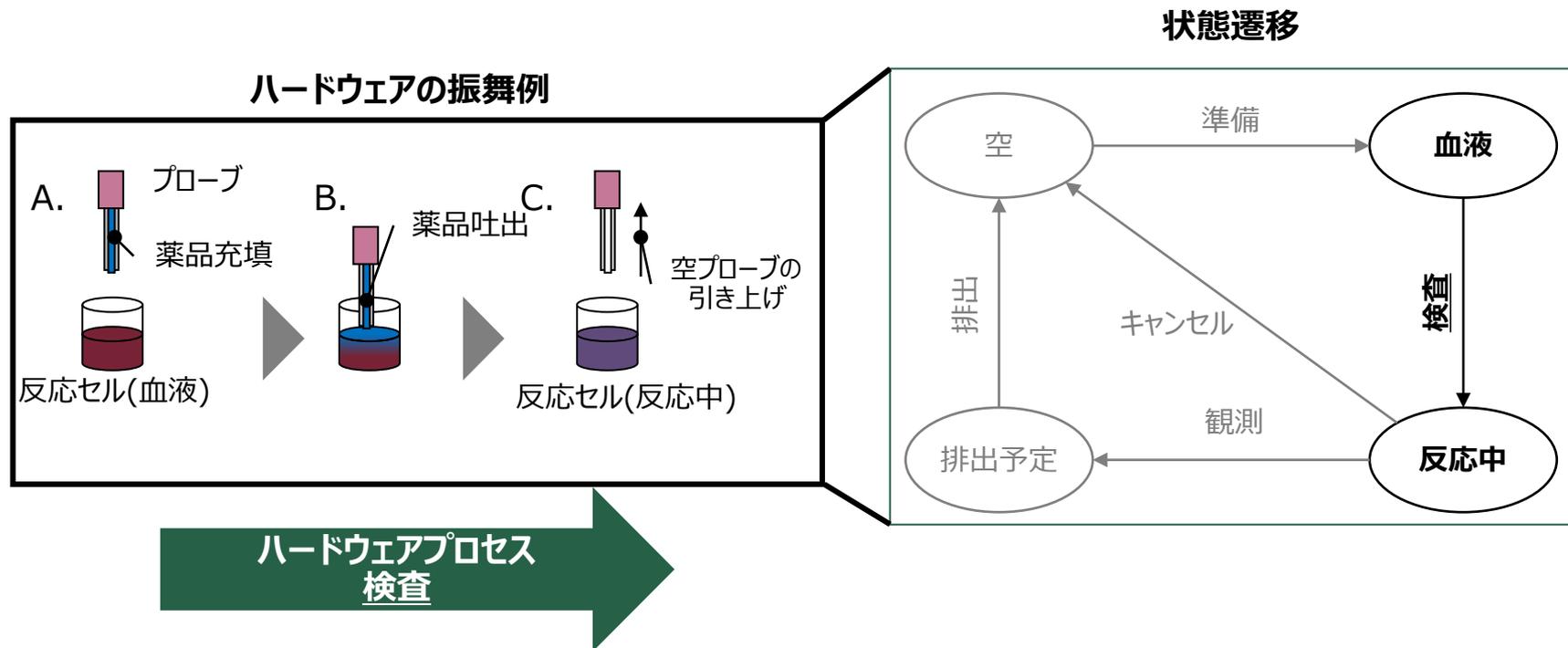


医用分析装置は、ユーザから検査命令を受け取ると、血液や薬品をプローブが反応セル上に吸引、吐出することで、薬品や血液に反応を起こし、反応したセルをセンサーで血液検査などを可能にしている。



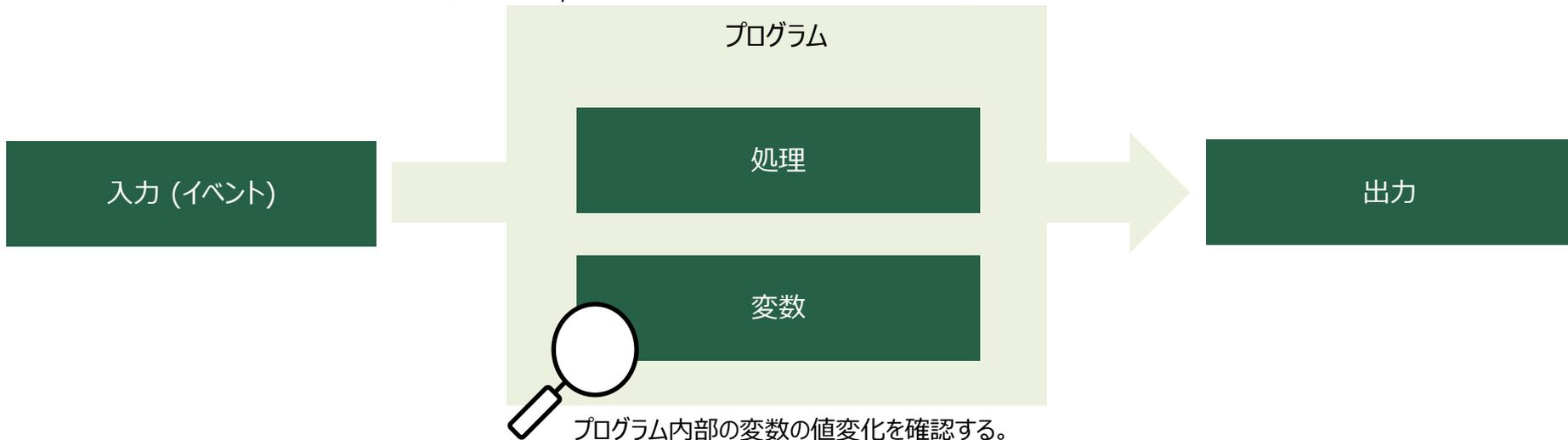
# 1-4 医用分析装置のハードウェアの振舞と状態遷移の関係性

反応セルの中で、「薬品が入っているか」や、「プローブの上下動作」などは、状態として、医用分析装置のソフトウェアで、ハードウェアプロセスと変数で管理しており、ハードウェアの振舞は状態遷移として確認できる。



状態遷移テストとは、プログラムの変数に焦点を当て、その値の変化をチェックするテストである。

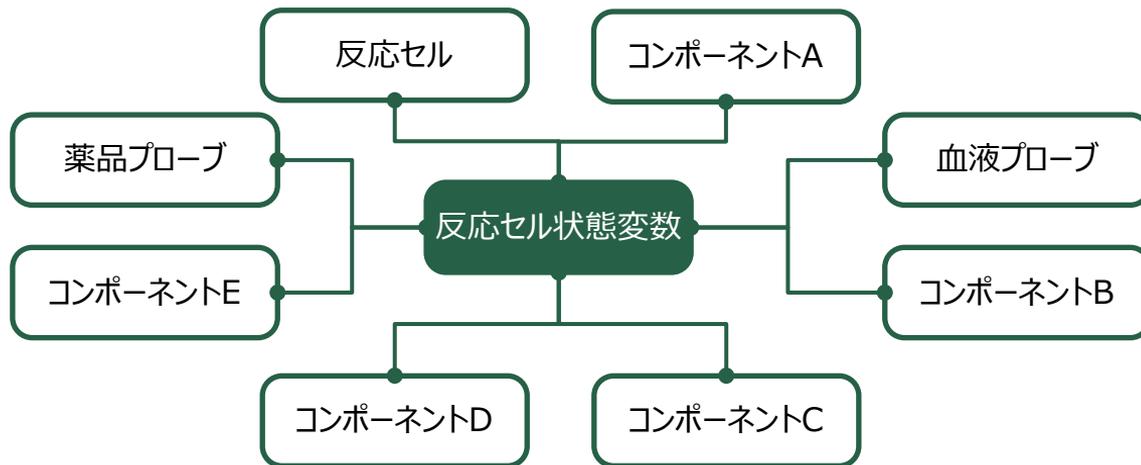
一般的な単体テストの様に入力に対する出力をチェックするテストとは異なり、  
入力（イベント）に対して、プログラムの内部の変数の値の変化が正しいかをテストする手法である



- プログラムやハードウェアの状態を表す変数を**状態変数**と定義する。
- 状態変数の値を状態と呼び、イベントと状態変化のペアを状態遷移と呼ぶ。

状態遷移は医用分析装置中の様々なコンポーネントの動作の組み合わせによって発生する為、**特定のコンポーネントの状態遷移を発生させるテストシナリオの設計には多くの工数**がかかる。

例えば、医用分析装置の主要なハードウェアの1つである**反応セルの状態遷移**は、**8つのコンポーネントの動作の組み合わせ**によって生成される  
→反応セルの状態遷移を狙って起こすためには様々なコンポーネントの仕様理解が必須で工数がかかる。



ソフトウェアコンポーネント

状態

# 目次

---

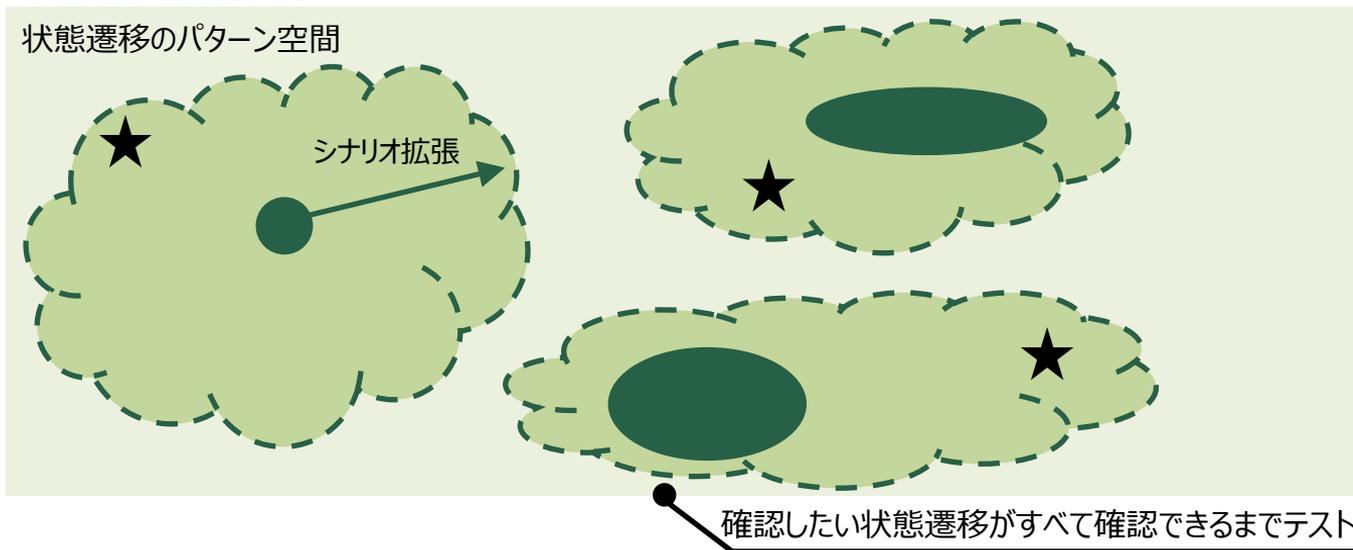
1. 背景
2. 問題点
3. 検証
4. 結論

## 2-1 状態遷移テストの自動化アプローチ

全てのコンポーネント仕様検証を避けるため、ある状態遷移を起こすテストのシナリオから、別の状態遷移が起きるテストシナリオを作成（拡張）するSTS方式にて、テストで確認したい状態遷移を狙い、工数を削減する。

### Splash Test Scenario (STS) 方式

ベーステストシナリオを拡張し、変更したテストシナリオ群を使用して、多数の状態遷移テストを実施することで、テストで確認したい状態遷移を網羅する。



ベースシナリオによる状態遷移



シナリオ改良により発生するようになった状態遷移



テストで確認したい状態遷移

操作のタイミングや，ユーザ操作のパラメータ値などを変更し，修正したシナリオ群を生成する。

### ベーステストシナリオ

2つの検査が実施されるテストシナリオ

No.	operation
1	Reagent registration (reagent ID=[1,2])
2	Test request (reagents used = [1])
3	Test request (reagents used = [2])

検査要求のタイミングをずらす

### 拡張されたテストシナリオ

同じ反応セルを再利用するテストシナリオ

No.	operation
1	Reagent registration (reagent ID=[1,2])
2	Test request (reagents used = [1,2])
3	<b>Wait (control cycle = 1000).</b>
4	Test request (reagents used = [1,2])

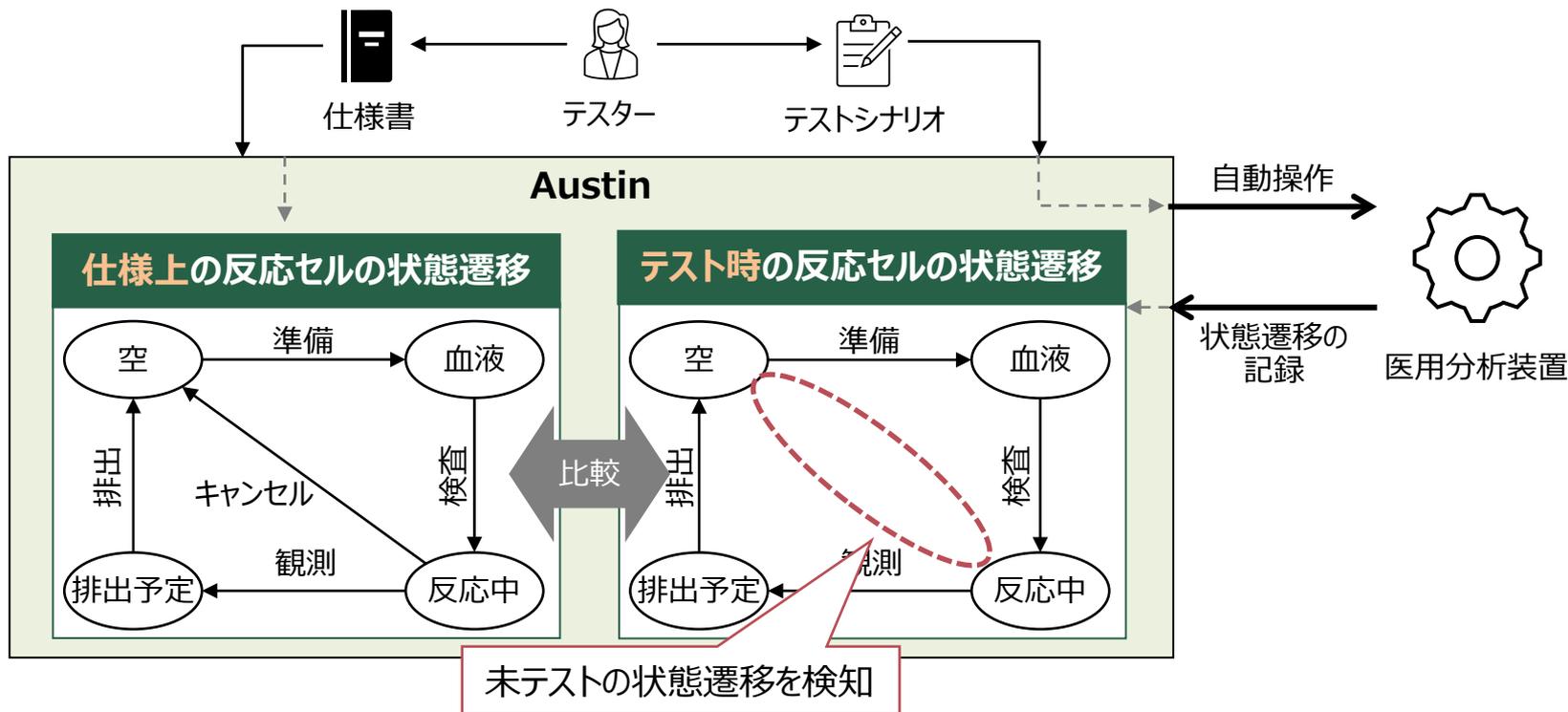
薬品が不足するテストシナリオ

No.	operation
1	Reagent registration (reagent ID=[1,2])
2	Test request (reagents used = [1])
3	Test request (reagents used = [1])

検査に薬品を2回使う修正

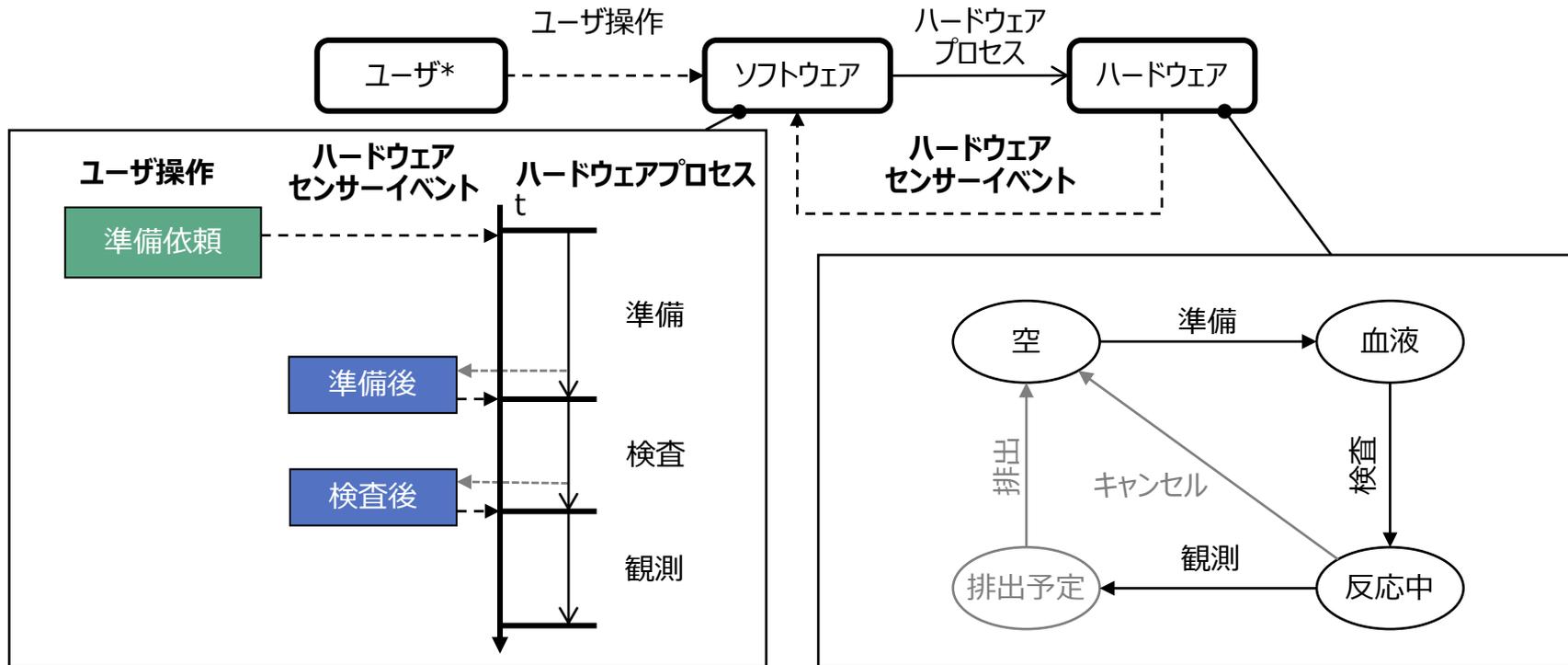
## 2-3 Austinによる状態遷移テスト

STS方式の実現として、医用分析装置の操作と、状態監視を可能にするテストツールAustinを開発した。Austinは仕様書とテスト時の状態遷移を比較し、テストで確認したい状態遷移が発生したかの有無を確認できる。



## 2-4 テスト時の問題点 (1/3)

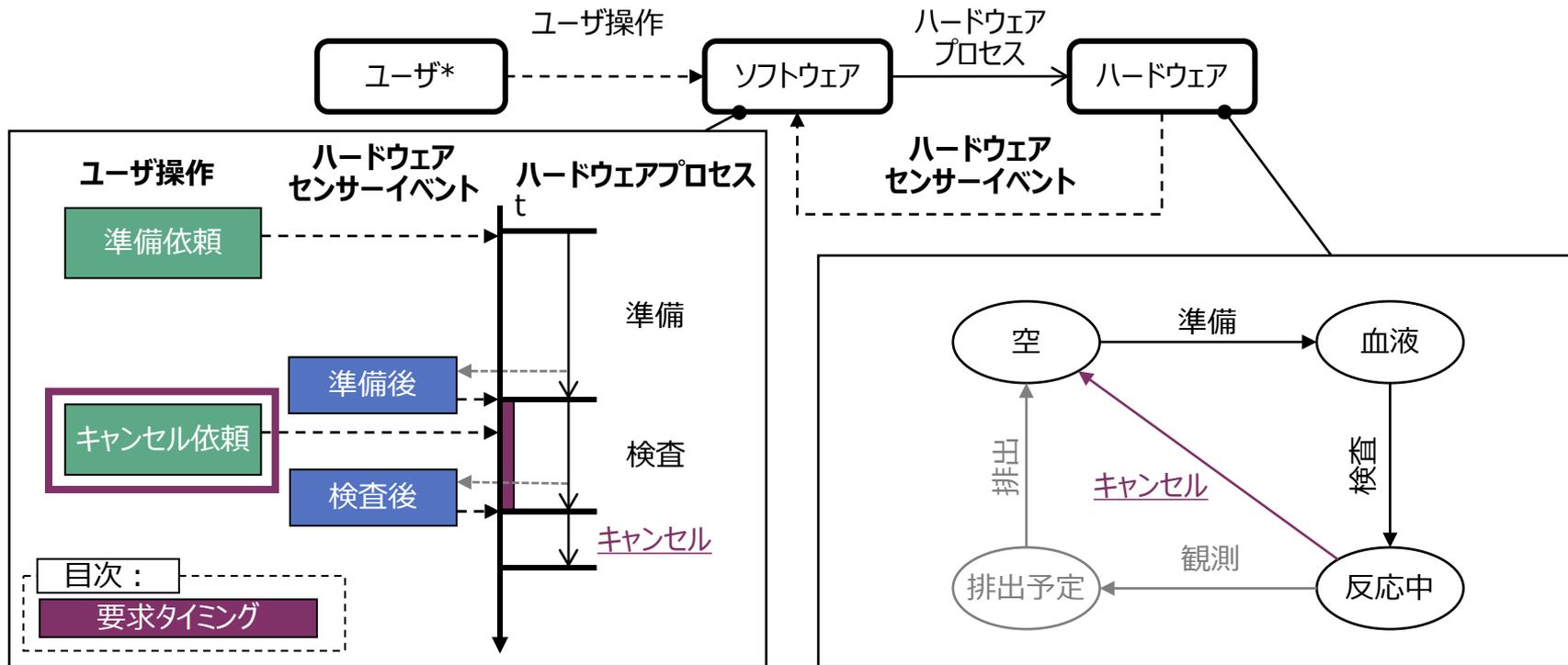
未テストの状態遷移を発生させる為には、医用分析装置のハードウェアセンサーイベントをトリガーとして、特別な処理をユーザから与えてあげる必要がある。例)キャンセル依頼を、準備後、観測前に発行する



\* Austinはユーザの代わりにユーザ操作を行う。

## 2-4 テスト時の問題点 (1/4)

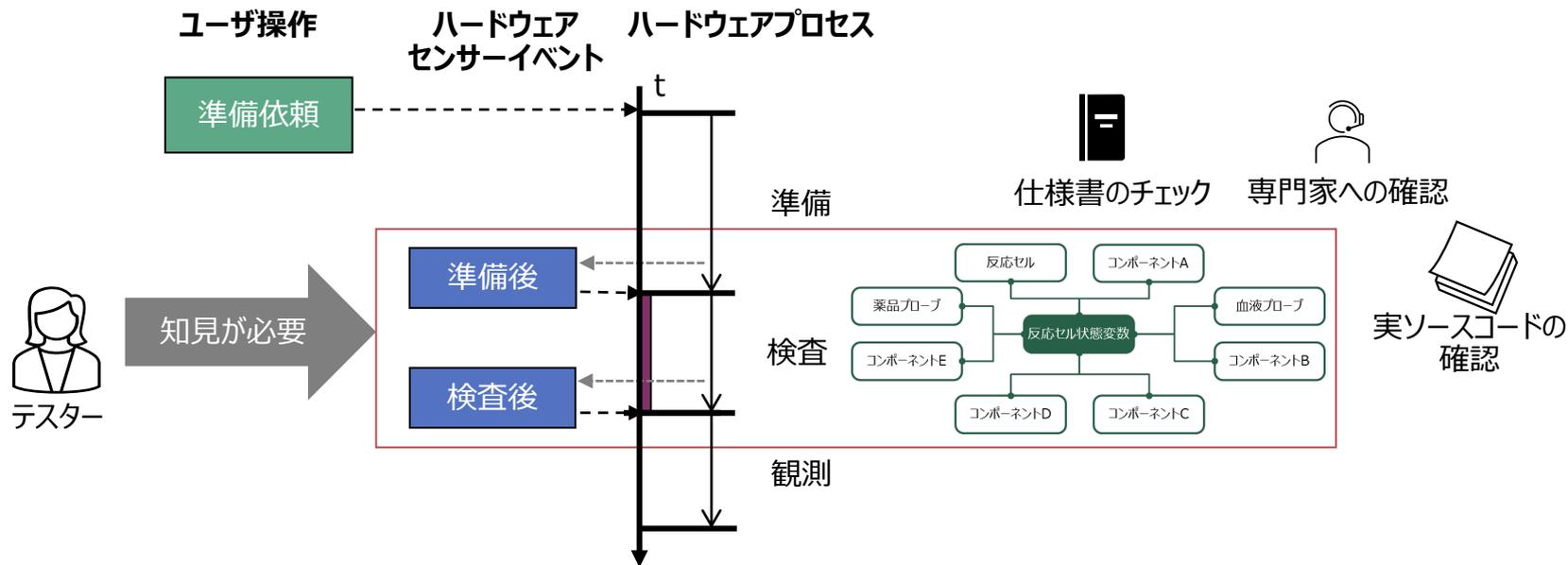
未テストの状態遷移を発生させる為には、医用分析装置のハードウェアセンサーイベントをトリガーとして、特別な処理をユーザから与えてあげる必要がある。例)キャンセル依頼を、準備後、観測前に発行する



\* Austinはユーザの代わりにユーザ操作を行う。

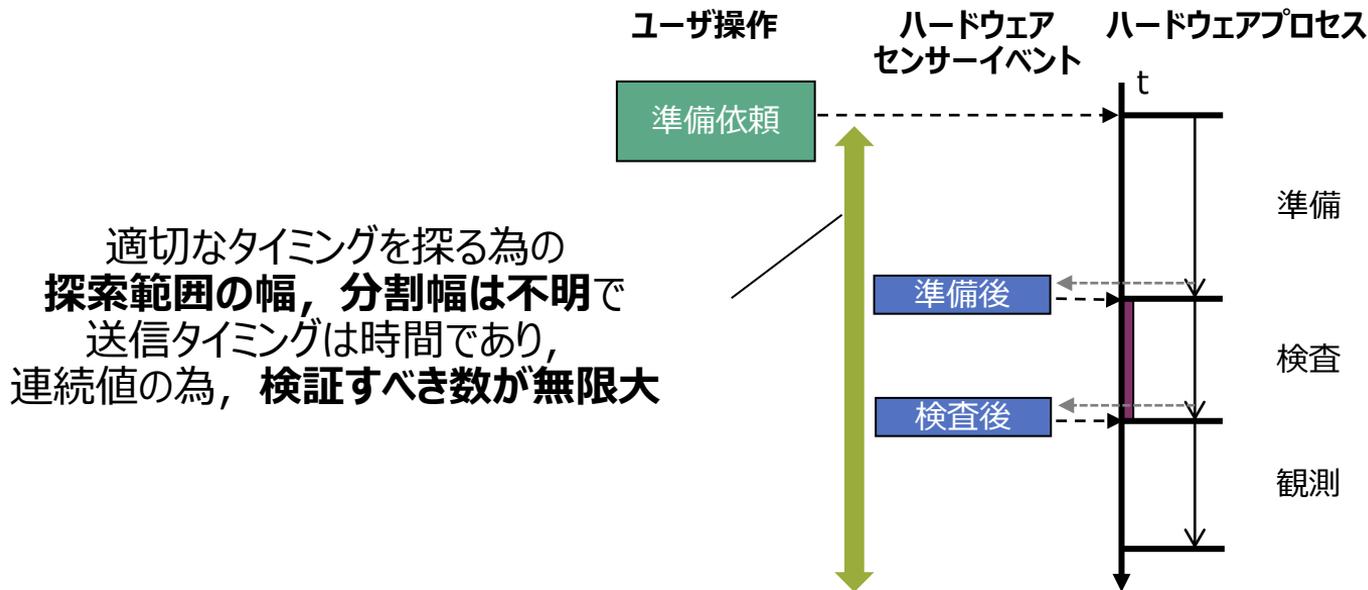
## 2-4 テスト時の問題点 (2/4)

医用分析装置のハードウェアセンサーのイベントは、ハードウェアプロセス終了時に装置から自動的に発行される。テストシナリオを拡張する為に、個々のプロセス終了タイミングを仕様書から探りながら進めると、工数がかかる。



## 2-4 テスト時の問題点 (3/4)

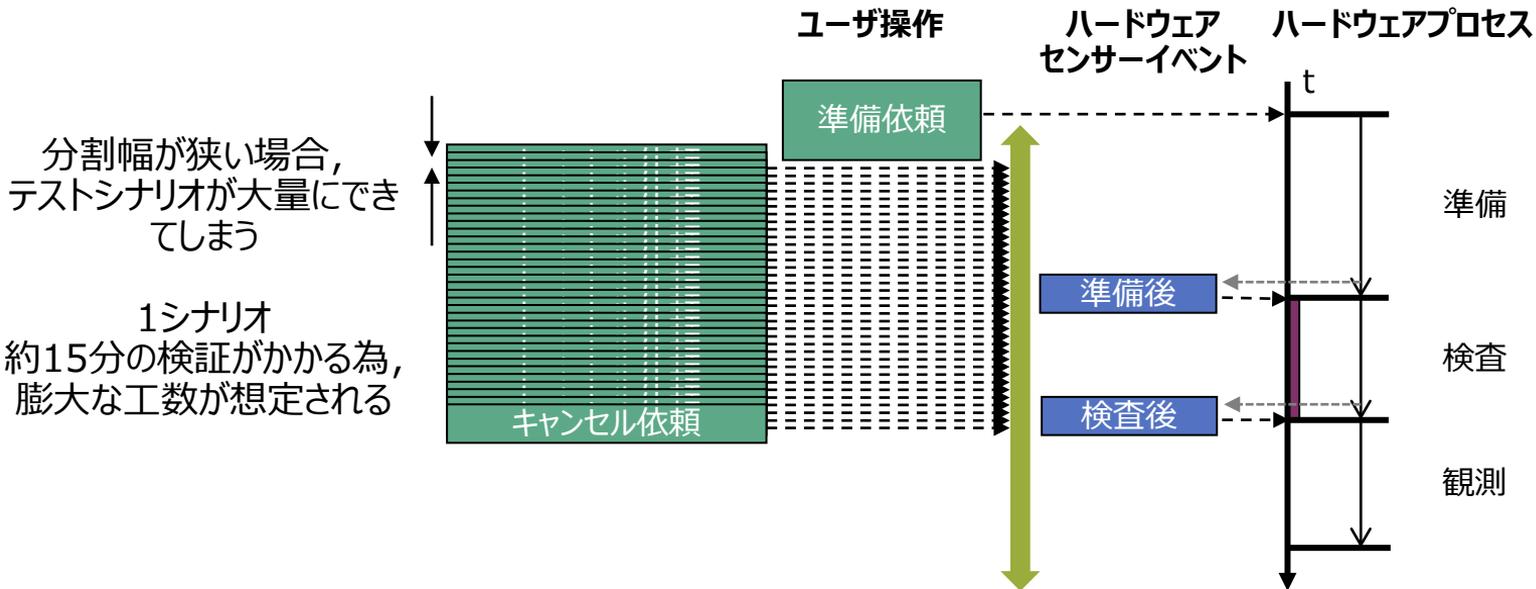
この問題は、絶えず自動的に変化するハードウェアプロセスでキャンセル依頼送信タイミングをどう網羅的に検証するかという問題に集約される。この時、タイミングは時間であり連続値の為、検証すべき数は無限大になる。





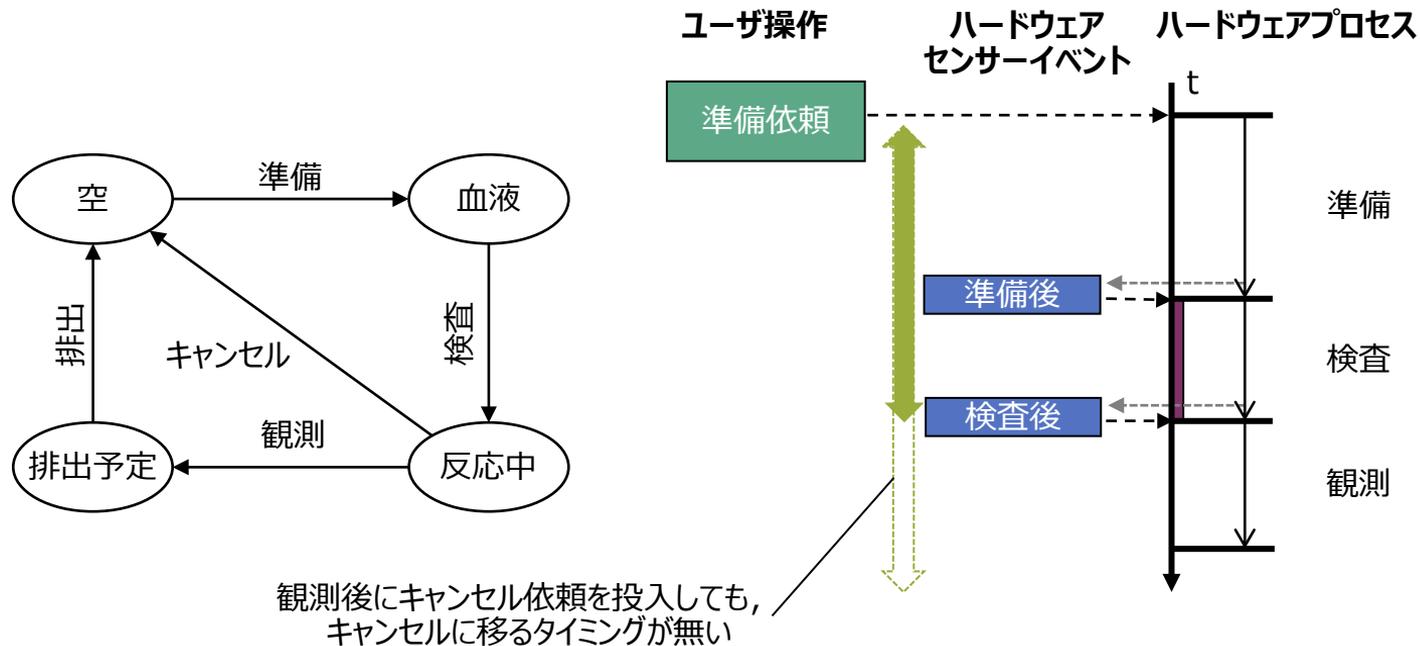
## 2-5 テスト時の問題点 (4/4)

探索範囲の幅をテストシナリオの実行時間すべて、分割幅をランダムに決定して、テストシナリオを作る方針だと、適切なタイミングでキャンセル依頼を出せない可能性や、作るべきテストシナリオの数が増える問題がある。



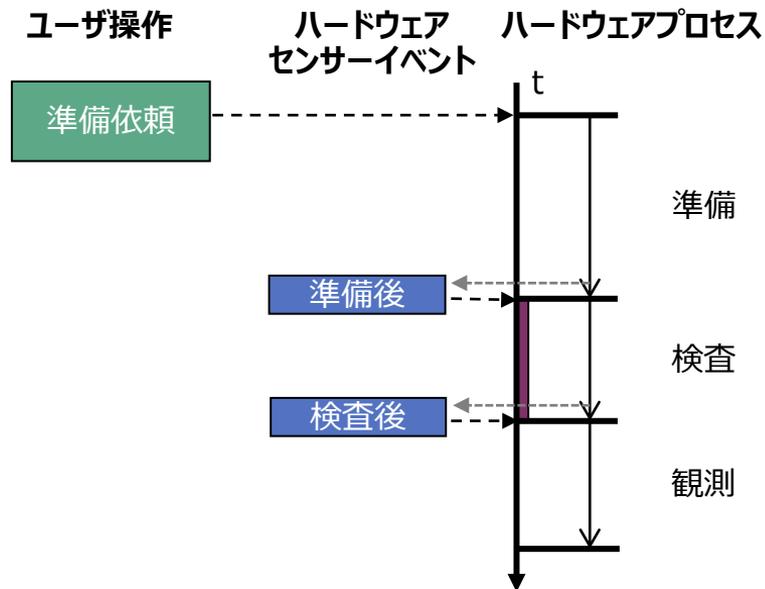
## 2-5 解決手段 (1/4)

探索範囲の幅は、ベースシナリオの状態遷移テストの結果から状態遷移が発生するタイミングを確認し、幅の上限を、別パターンの状態遷移が発生する前までとする方針とした。



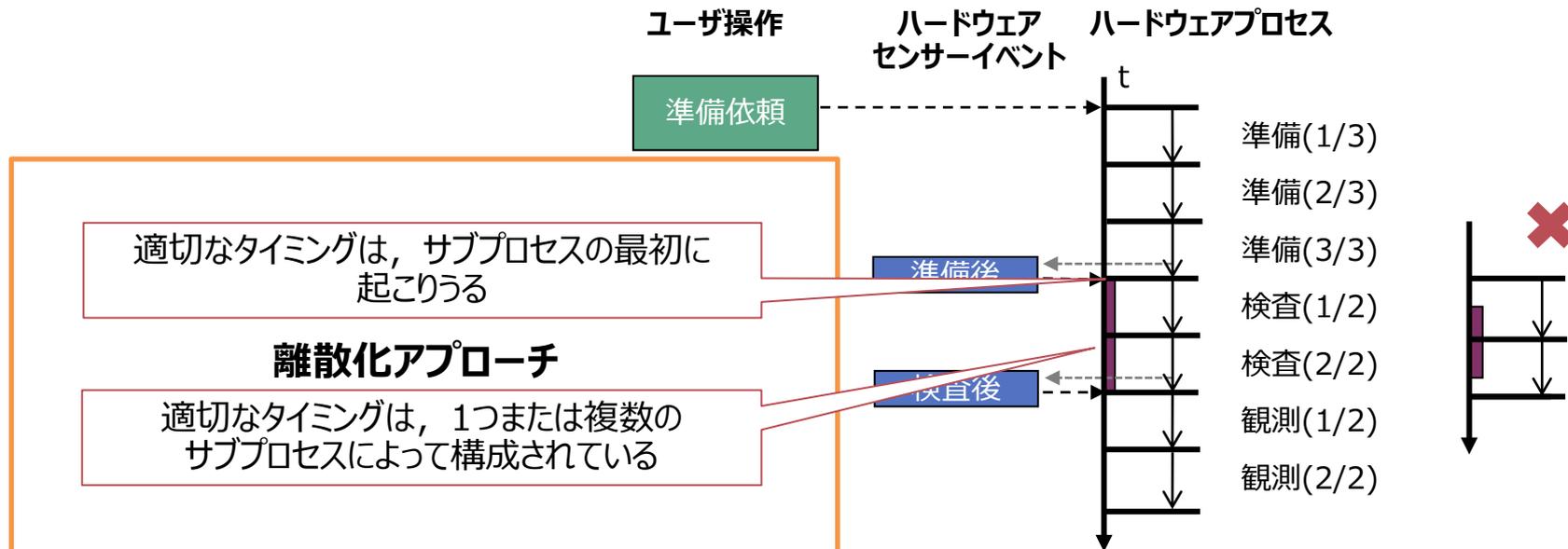
## 2-5 解決手段 (2/4)

また、分割幅は医用分析装置のハードウェアプロセスが、サブプロセスに分割されて処理されていることに着目し、周期実行される装置に対応する為、テスターが検証する周期を設定し、テストシナリオを自動生成できるようにした。

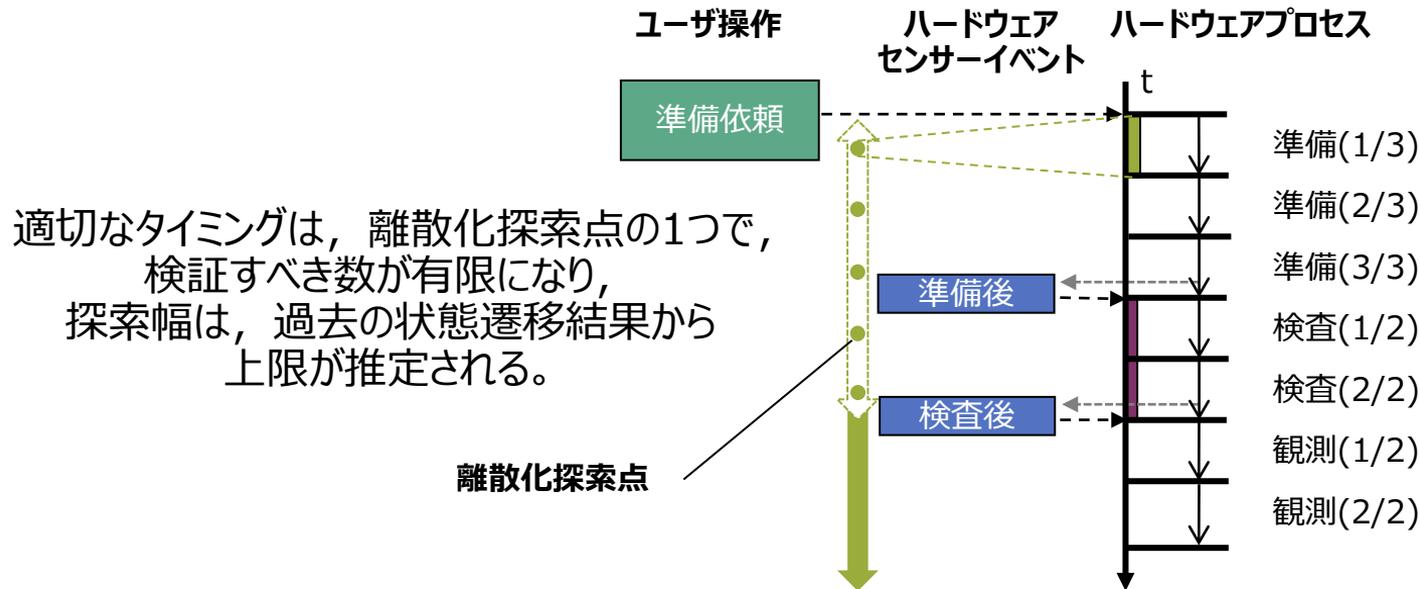


## 2-5 解決手段 (2/4)

また、分割幅は医用分析装置のハードウェアプロセスが、サブプロセスに分割されて処理されていることに着目し、周期実行される装置に対応する為、テスターが検証する周期を設定し、テストシナリオを自動生成できるようにした。

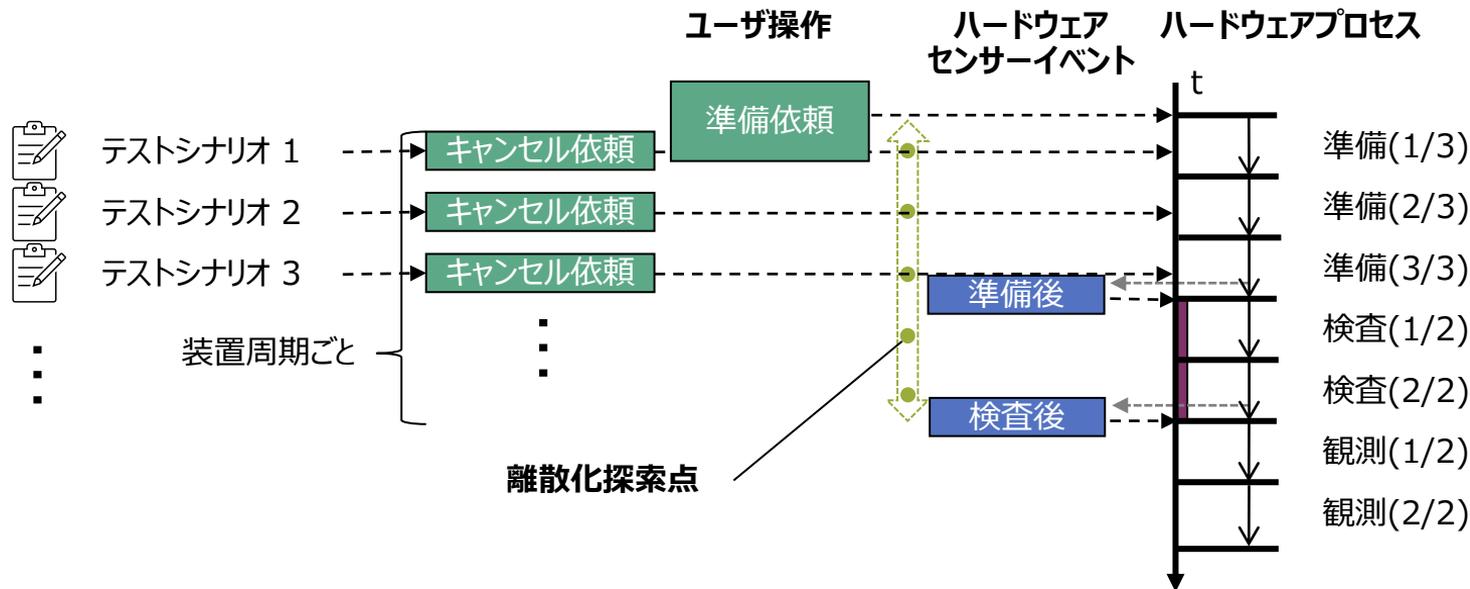


従来、連続値で、無限大のテストパターンを検証すべきだった探索範囲は、これらの解決手段により、離散化され、自動的に検証可能な数になった。



## 2-5 解決手段 離散化アプローチ (4/4)

本提案手法で離散化，空間削減した範囲でSTS方式によりテストシナリオを作り，未テストの状態遷移が起こるまで，タイミング変更のシナリオ生成を続けることで，医用分析装置の仕様上全ての状態遷移を発生可能になった。



# 目次

---

1. 背景
2. 問題点
- 3. 検証**
4. 結論

提案手法を用いて、開発中の3つの医用分析装置を対象に仕様上の状態遷移について100%のカバレッジを実現する状態遷移テストを行い、テストシナリオが有限であることを検証。

## 検証要求

- **[品質要求]** 仕様上の状態遷移について100%のカバレッジを実現する。
- **[コスト要求]** 上記実現の際のテストシナリオ作成において、テスターがハードウェアのタイミングに関する詳細調査なく、テストを完遂する。

## 検証対象

- **[適用対象] : 反応セルの状態遷移**
- **[状態遷移特徴]**
  - 製品A 42状態遷移, 14状態, 9イベント
  - 製品B 10状態遷移, 8状態, 5イベント
  - 製品C 13状態遷移, 5状態, 6イベント

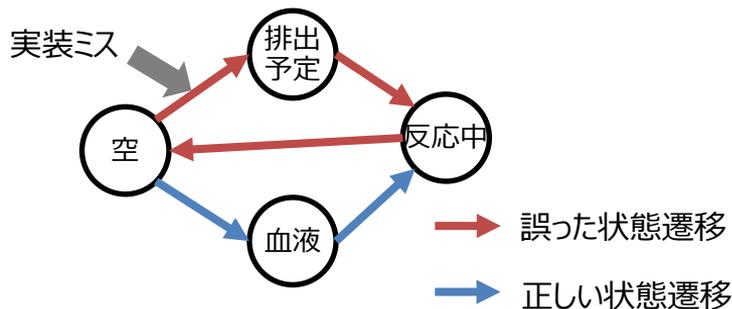
品質: 53件のテストシナリオで100%のカバレッジを達成。1件の実装バグと、2件の仕様上の欠陥を検知

仕様上の状態遷移について100%のカバレッジを達成。さらに、1件の実装バグと、2件の仕様上の欠陥を検知

実際の製品の品質向上に貢献

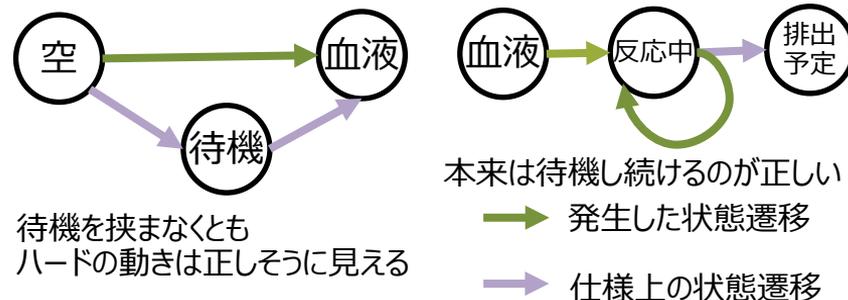
### • 実装バグ:

ある状態が実装ミスにより、異なる状態へ遷移することで、状態トリガーで動くハードウェアが予期せぬ振舞を引き起こすバグ



### • 仕様上の欠陥:

仕様上に存在するが適切に実装できておらず、状態遷移が誤る欠陥が1件、仕様上に存在しないが、実装しないと状態遷移が正しく発生しないような仕様書上の欠陥が1件検知された。



# 目次

---

1. 背景
2. 問題点
3. 検証
4. 結論

### 背景, 問題点

- ハードウェアの振舞に問題があると、テストでの状態遷移に不具合が確認できる。
- テストの品質を上げるため、仕様上全ての状態遷移を起こそうとするとテストシナリオ作成工数がかかる。

### 提案手法

- 特定依頼を送信するタイミングをSTS方式で探索可能にする。
- タイミングは連続値の為、探索時に、サブプロセスと同じ周期で離散化を行い、有限な数のシナリオで検証可能にする。

### 検証

- 3つの医用分析装置のテストにて、仕様上の状態遷移について100%のカバレッジを達成し、53件の有限数でのシナリオで検証することが出来た。
- テストシナリオ工数のうち、STS方式によりテスターが仕様書検証する工数を削減した。

### 展望

- 離散幅や探索幅の自動的な特定を実現すると、医用分析装置とは異なる周期で制御される、様々な製品に応用可能な見込みがある。

**END**

---

状態遷移テストツールAustinの開発と  
組み込み装置向け、シナリオ作成工数削減アプローチ

**守谷 歩**

DXエンジニアリング研究部 シスX2ユニット  
サービスシステムイノベーションセンター



Hitachi Social Innovation is  
**POWERING GOOD**