

硬貨搬送シミュレーション

Coin Carrier Simulation

古山 浩之 東井 成克

■ KOYAMA Hiroyuki

■ TOI Shigekatsu

硬貨自動釣銭機において、硬貨を正確に搬送し選別するには、搬送時の硬貨の挙動を把握する必要がある。近年、シミュレーション技術の発達により、実機での検証をシミュレーションで行うことが可能となった。これにより、開発期間の短縮やコストの削減が行えるようになった。

東芝テック(株)は、硬貨自動釣銭機での硬貨搬送時に発生した硬貨詰まりの現象をシミュレーションにて再現し、この現象に対する対策の有効性を確認することができた。また、切込みを入れた分離ローラを用いたときの硬貨が跳ね上がる挙動や、選別後に落下した硬貨とスタッドとの位置関係をシミュレーションにより確認することができた。これにより、硬貨自動釣銭機の開発期間の短縮と定性的な硬貨搬送シミュレーション技術を確立した。

In designing a coin dispenser, it is necessary to understand the actions of the coins in order to convey and select coins correctly. The development of simulation technology in recent years has made it possible to perform verification by simulation, thereby speeding up development times and reducing costs.

Toshiba TEC Corp. replicated the phenomenon of coin stopping occurring at the time of coin conveyance in a coin dispenser by simulation, enabling us to check the effectiveness of countermeasures against this phenomenon. In addition, we were able to check the action of coin flipping, as well as the positional relationship between the coins and studs when using a precut separation roller. As a result, we have established a simulation technology for coin conveyance that speeds up the development time and reduces the cost.

1 まえがき

硬貨自動釣銭機は、硬貨を投入すると、硬貨の種類ごとに選別して収納する。そして、釣銭が必要となった場合、釣銭の払出しを自動的に行う機械である。硬貨を扱うため、正確に搬送、選別、払出しが行われなければならない。設計にあたり、正確な搬送や選別を行うには、搬送時の硬貨の挙動を把握する必要がある。

また、従来は実機による検証を行ってきたが、近年、シミュレーション技術の発達やマシンスペックの向上により、様々なシミュレーションが行われている。これにより、設計段階で実際に試作をすることなく検証が可能になるため、開発期間の短縮やコストの削減ができるようになった。

そこで東芝テック(株)は、自動釣銭機での搬送時の硬貨の挙動をシミュレーションで確認することにより、開発期間の短縮と、硬貨搬送におけるシミュレーション技術の確立を行った。

2 硬貨自動釣銭機の概要

硬貨自動釣銭機の搬送ユニットを図1に示す。投入された硬貨はこのユニットにより収納部まで搬送される。硬貨の投入から、釣銭の払出しまでの流れは次のとおりである。

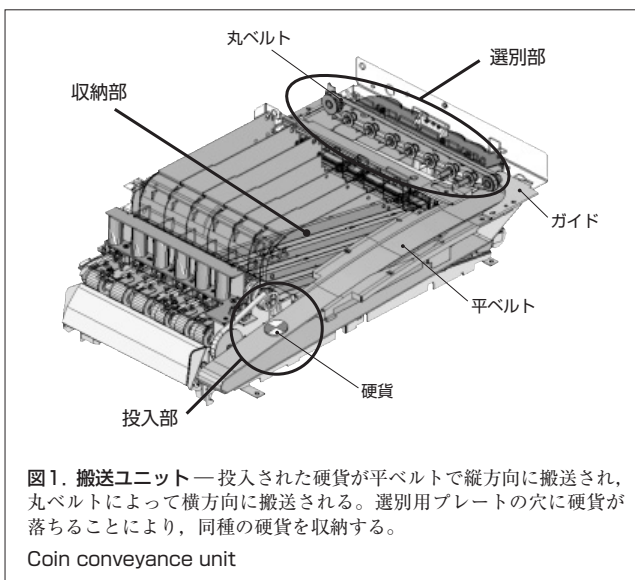


図1. 搬送ユニット—投入された硬貨が平ベルトで縦方向に搬送され、丸ベルトによって横方向に搬送される。選別用プレートの穴に硬貨が落ちることにより、同種の硬貨を収納する。

Coin conveyance unit

まず、投入された硬貨は、搬送ユニットの平ベルトにより縦方向に搬送される。このときガイドに沿って搬送されていくことにより、重なり合った硬貨はならされながら搬送されていく。選別部付近にさしかかると、今度は丸ベルトによって横方向に搬送される。このとき、搬送経路上のプレートに各硬貨用の穴が開いており、搬送されている硬貨が穴の位

置にさしかかると、その穴に落ちて選別され、収納される。

払出しを行う場合は、収納部内の平ベルトによって搬送され、放出口に硬貨の種類ごとに放出される。放出される際には、硬貨が重なって放出されたり、詰まったりしないように、分離用のローラによって分離され、1枚ずつ放出されるようにしている。

3 搬送シミュレーション

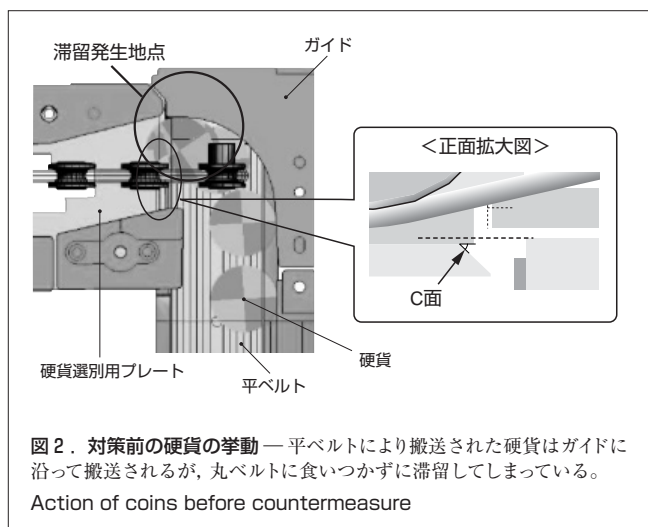
以下に、今回実施した硬貨搬送シミュレーションについて述べる。

3.1 硬貨詰まり確認シミュレーション

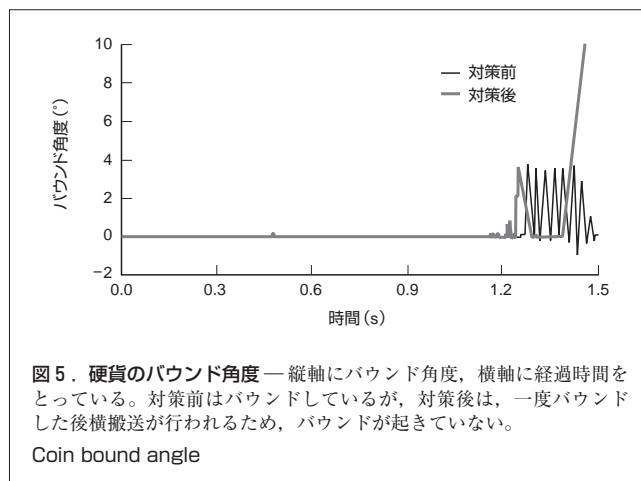
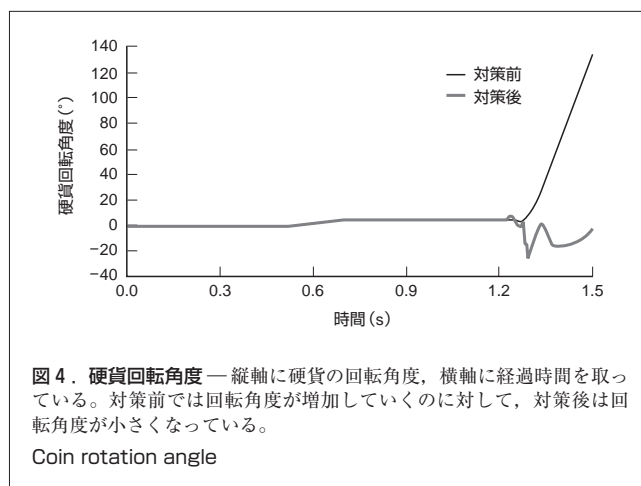
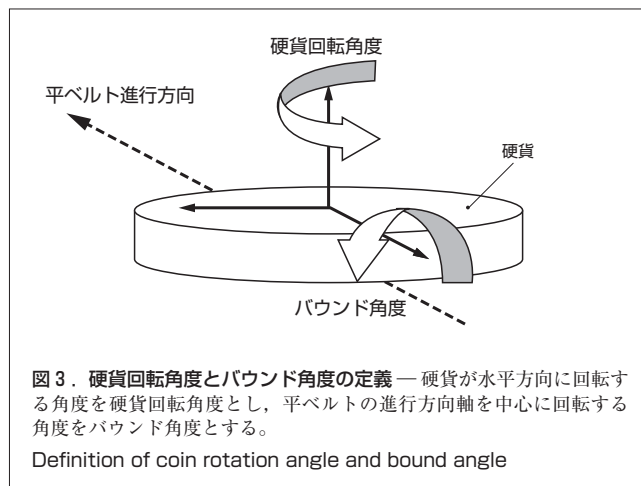
実機によって硬貨搬送の検証を行ったところ、縦搬送から横搬送に切り替わる地点で滞留してしまうという現象が発生した。そこで、機構解析シミュレーションによりこの現象を再現し、硬貨の挙動を確認した。

まず、搬送ユニットの主要部品であるベルトとガイド部品、そして、硬貨のモデルを三次元CADによって作成し、機構解析シミュレーションソフトウェアへ形状を取り込む。硬貨とガイド部品、硬貨と各ベルトの間に機構解析シミュレーションソフトウェアの機能である接触条件を定義しておくことにより、硬貨がガイド部品にぶつかる、ベルトに硬貨が乗っているという現象を表現している。また、硬貨と各ベルトの間に摩擦力を定義しておき、ベルトの動く方向と速度を定義しておくことで、ベルトの摩擦力を利用して硬貨を搬送するという現象を表現している。実機での検証では、1円硬貨を搬送したときに滞留が発生したので、今回は1円玉を1枚搬送するシミュレーションを行った。

シミュレーションでの硬貨の挙動を図2に示す。縦搬送から横搬送に移行するときに、硬貨が丸ベルトに食いつかず、横搬送されないで滞留してしまっている。この原因は、硬貨



が回転してしまうためと考えられる。図3に示すように、硬貨の水平方向の回転角度とバウンド角度を取り、これをグラフで表すと、回転角度は図4、バウンド角度は図5のようになった。これらのグラフからも、対策前は硬貨がバウンドしながら回転していることがわかる。縦搬送から横搬送に移行するとき、ガイドに沿って硬貨が搬送されていくが、このとき、



ベルトが硬貨の重心から離れた位置で接しているために食いつきにくくなっていると思われる。また、硬貨がバウンドしている原因として、縦搬送用の平ベルトと硬貨選別用のプレートの間に段差があり、更に、プレートを斜めにカットしている部分(C面)が影響して発生しているものと思われる。

そこで、硬貨が丸ベルトに食いつきやすくするために、ガイドのカーブの形状を丸ベルト寄りになるように変更し、バウンドに影響していると思われるC面部分のカット角度を45°から60°に形状変更してシミュレーションを行った。このときの硬貨の挙動を図6に示す。これを見てわかるように、対策前よりもベルトが硬貨の重心位置に近い部分で接しており、丸ベルトに食いつきやすくなっているものと思われる。対策後は、図4のグラフからわかるとおり、硬貨が回転滞留していないことがわかる。また、図4の結果から、バウンド自体は対策後でも発生しているが、実際に硬貨は滞留なく横搬送しているので、大きな問題はないものと思われる。以上のことから、この対策が有効であることが確認できた。

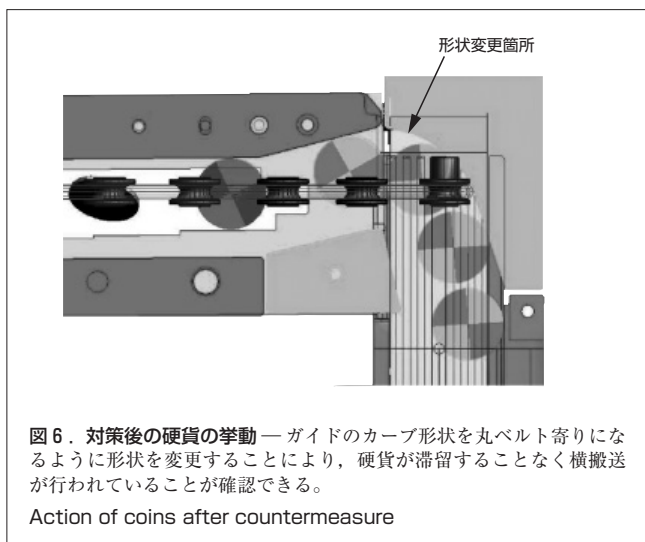


図6. 対策後の硬貨の挙動—ガイドのカーブ形状を丸ベルト寄りになるように形状を変更することにより、硬貨が滞留することなく横搬送が行われていることが確認できる。
Action of coins after countermeasure

3.2 硬貨分離シミュレーション

収納されている硬貨を正確に払い出すために、ローラによって硬貨を分離している。このローラに切込みをいれたときの硬貨への影響をシミュレーションにより確認した。

分離シミュレーションの全体図を図7に示す。搬送ベルトの上に10枚重ねた硬貨を3列に配置する。なお、多くの硬貨が収納されていると想定するため、3列目の硬貨の後ろにダミーの壁を設けることによってモデルを簡略化している。ベルトと硬貨の間の摩擦係数を定義し、ベルトを動かすことにより硬貨が搬送されるモデルとなっている。分離ローラには、図7に示しているように、対角線上に切込みをいれたモデルを使用した。

シミュレーションによって得られた硬貨の挙動を図8に

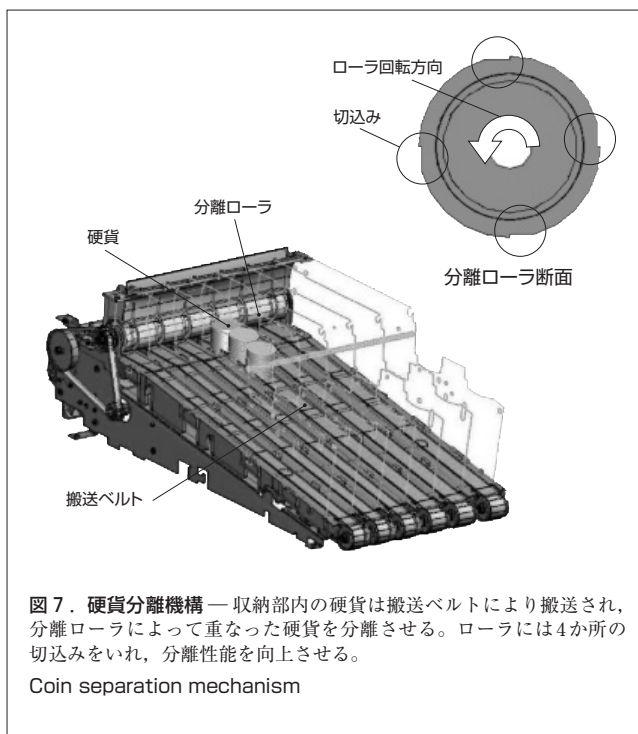


図7. 硬貨分離機構—収納部内の硬貨は搬送ベルトにより搬送され、分離ローラによって重なった硬貨を分離させる。ローラには4か所の切込みをいれ、分離性能を向上させる。
Coin separation mechanism

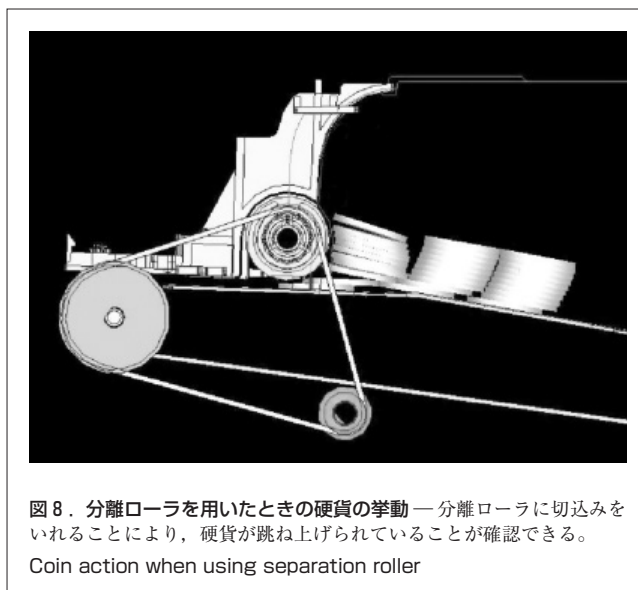


図8. 分離ローラを用いたときの硬貨の挙動—分離ローラに切込みをいれることにより、硬貨が跳ね上げられていることが確認できる。
Coin action when using separation roller

示す。これからわかるとおり、ローラに切込みをいれることによって、硬貨を跳ね上げる効果が得られていることが確認できた。今回のシミュレーションを行う前に事前に切込みのない現行のローラと摩擦係数を増加させたローラでシミュレーションを行っているが、どちらも硬貨を跳ね上げるような動きは見られなかった。したがって、切込みをいれることにより分離能力が向上していることが確認できた。

3.3 硬貨落下シミュレーション

搬送ユニットの丸ベルトにより搬送されてきた硬貨が選別されて所定の穴に落ちていく際、プーリがベルトを介して押

しつける方向で力を加えている。このとき、加わる力はやや後方に向くため、硬貨は真下ではなくやや後方に落下していく。また、収納部のベース部分が傾斜しているため、硬貨が落下してベース部分に当たると、後方へ跳ね返っていく。この跳ね返りにより、後方に硬貨がたまっていき、硬貨が壁や既にたまっている硬貨に寄り掛かってしまい、硬貨がそのまま詰まってしまう場合がある。そこで、スタッドを設け、これに当てることにより硬貨を前方へ落下させるため、硬貨が落下する際のスタッドとの位置関係をシミュレーションにより確認した。

硬貨の落下軌跡を図9に示す。

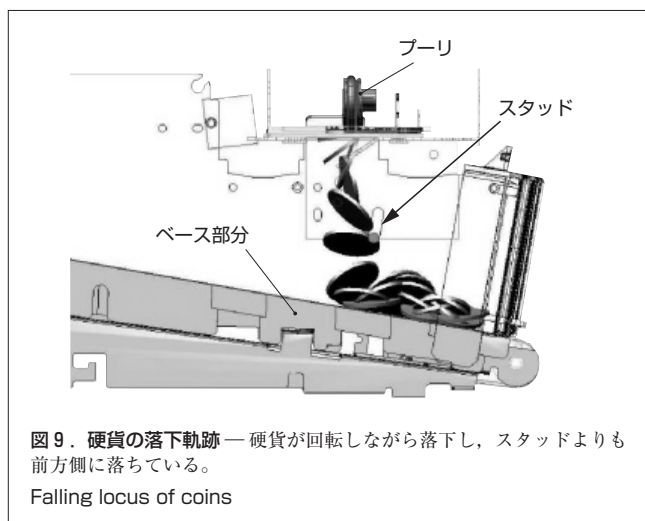


図9. 硬貨の落下軌跡 — 硬貨が回転しながら落下し、スタッドよりも前方側に落ちている。

Falling locus of coins

硬貨選別用プレートの穴から落ちた硬貨は回転しながら落下し、スタッドより前方側に落下していることが確認できた。落下後はスタッドより後方に転がっていくが、壁に寄り掛かるような挙動は確認されなかった。

実機による検証を行ったとき、おおむねシミュレーション結果と同様の結果がでた。しかし、中にはスタッドに当たって後方に飛んでいく硬貨も出てきており、実機による検証結果と整合性が取れていない部分があると思われる。今後、実機による結果との整合性をとっていくためにも、実機とシミュレーションとの違いを検証しておく必要がある。

4 あとがき

機構解析シミュレーションにより、硬貨投入から選別部までの搬送シミュレーション、分離ローラによる硬貨への影響、硬貨選別後の硬貨落下時のスタッドと硬貨の位置関係の確認を行った。これにより、定性的な評価での硬貨搬送シミュレーション技術を確立できた。また、試験期間を30%短縮することができた。ただし、スタッドと硬貨の位置関係の確認においては、実機との整合性がとれていない部分があるので、今後更に検証していく必要がある。

今回の硬貨搬送に関するシミュレーションは、実機で発生した問題を検証し、対策を立てるために行った。このような場合は短時間で行うことが必要になるので、迅速なモデリングが必要になってくると思われる。

また、バラツキを考慮したパラメータ設計ができる品質工学を用いた設計により、信頼性の高い製品を短期間で作り出すことができる。品質工学とシミュレーションを併用し、設計上流段階からシミュレーションを活用していくことが必要となる。



古山 浩之 KOYAMA Hiroyuki

東芝テック(株) 流通情報システムカンパニー 商品開発センター部長。流通機器関連メカトロニクスの開発に従事。日本機械学会会員。
Toshiba TEC Corp.



東井 成克 TOI Shigekatsu

東芝テック(株) 流通情報システムカンパニー 商品開発センター。流通機器関連メカトロニクスの開発及び解析に従事。
Toshiba TEC Corp.