



## SolidWorks を用いたコマの挙動解析

河部 徹<sup>1</sup>

### 1 はじめに

平成 28 年度大学改革プロジェクト事業「(教育) アジア協定校からの派遣学生との共同作業による学生交流 (コマ大戦)」からの予算を利用して (米) ダッソー・システムズ・ソリッドワークス社製 3D CAD ソフトウェアである SolidWorks を導入しました。プロジェクト内容は中国東北大学から学生を招聘し、九州工業大学の学生との共同作業でコマの設計・製作、最後にコマ大戦 (けんかコマ大会) を行うというものです。その設計段階でコマの挙動解析を行うために SolidWorks を使用しました。本稿では、学生交流 (コマ大戦) と SolidWorks について紹介します。

### 2 コマ大戦

コマ大戦は限られたスペース内で長く回転したものが勝利する単純な競技です。しかし、対戦相手を場外へ吹き飛ばすもの、対戦相手から回転をもらい続けることで長く回転するもの、相手の干渉を受けずに回り続けるものなど多くの戦略があり、その戦略により数多くのコマ設計が存在します。しかも、設計だけでなく、設計通りにコマを製作できるかどうかは加工技術 (例えば NC 旋盤の性能など) によるところが多く、全国の製造業を対象として、「全日本製造業コマ大戦」が広く実施されています (<http://www.komataisen.com/>)。

3 年前から機械知能工学科の 3 年生向けの講義 (機械工学 PBL) でコマ大戦を採用しています。約 8 チーム (1 チーム 3~4 名) に分かれて、各チームでコマを設計・製作し、コマ大戦を行います。大戦は 2 回行います。1 回目は自分で設計してそれを製作するという経験がないため作り方も考えずに設計してしまいます。コマという単純な形状でさえも手順を間違えば製作できません。NC を使わなければ (今のところ NC は使用禁止) 製作困難なコマを設計してしまいます。そのため、TA を使って製作できるように設計変更させ、自分たちで旋盤等を使って 1 回目のコマを完成させます。そして、これらの経験を踏まえて 2 回目のコマを設計・製作することになります。いわばこれが本番です。2 回目となると 1 回目の反省点を踏まえ自分の製作可能な範囲内で一生懸命考えて設計をするようになります。

学内の大戦で優勝したチームには学外で行われる大会にもできるだけ出場してもらおうのですが、これは学生のモチベーションを高めるのに非常に役立っています。しかし、いざ参加して全国大会レベルの中小製造業のコマを見せつけられると、学生はその高い技術力のレベル差を目の当たりにしてしまいます。これもよい経験ではないかと思っています。

今回の大学改革プロジェクト事業で平成 28 年 12 月 4 日から 13 日までの日程で中国東北大学から教員 2 名、学生 8 名の合計 10 名を招聘しました。中国東北大学と九州工業大学の双方の学生からなる

<sup>1</sup>機械知能工学研究系 kawabe@mech.kyutech.ac.jp

混成チームを作り、一緒にコマを設計・製作し、最終日にはそれらのコマを使って、コマ大戦を行うことにより双方の交流を深めてもらいます。

12月5日から簡単なコマ大戦のルール説明、グループ分け（中国側2名と日本側2名を1グループとして合計4グループ）をした後、各グループに別れグループ単位での作業が始まりました(図1)。各グループでインターネットでの情報収集、コンセプトの決定および設計を終えた後、コマの製作に取り掛かかります。通常、大学の設計関係の講義では実際の製作を伴わない場合が多く、中国側もはじめて旋盤を使用する学生がいました。そのため、本学の講義と同じように初期段階では製作が困難な設計となってしまうTAと製作手順を一緒に相談しながら設計を進めてもらいました。設計を終えた後は実習工場の旋盤等を使用して製作を行います。実習工場では工作機械を扱う上での注意、図面の書き方等の指導をした後、製作が難しい部分は実習工場の職員に手伝ってもらいますが、基本的には自分の手で製作します(図2)。彼らは自分の設計したものが自分の手で実際のモノになっていくことに喜んでいました。12月12日の最終日、ゲストとして岐阜大学から1チーム、講義（機械工学PBL）の履修者から3チームを加えて合計8チームでコマ大戦を行いました(図3, 図4)。その結果、1, 3位は日中合同チーム、2位は今年の機械工学PBL優勝チームという結果となりました。中国側の教員の方からは今回のイベントは非常に有意義で、来年以降もぜひ続けて欲しいとのことでした。

### 3 SolidWorks について

「全日本製造業コマ大戦」はけんかゴマを通じて製造業を盛り上げていくのが目的です。したがって、参加者のメインは全国の中小製造業で、大のおとな達がプロの道具を使って真剣に設計から製造、対決を行っています。これらの中小製造業は長い間に培った経験と技能がものをいう世界です。そこに経験も技能もない大学生が挑むわけですからとても太刀打ちできません。そこでシミュレーションを駆使すればコマの形状を机上で検討することにより経験が乏しい学生でも短期間で最適なコマを設計することが可能となります。コマの形状を変更して回転時間の変化を確認したり、二つのコマがぶつかり合ってどちらが先に倒れるかなどを解析したりして最適な形状を設計していくことができれば、あとは学生ならではの新しいアイデアを加えてさらに強いコマができることを期待しています。

さて、以上の目的にかなうコマの回転のシミュレーション（2つのコマを回してぶつかり合い、どちらが先に倒れるかというシミュレーション）が可能なソフトウェアを探していたところ、以下のURLにあるようにSolidWorksのMotion解析で実際にコマ大戦のシミュレーションをしていることがわかりました。

- <https://www.youtube.com/watch?v=lgkDNULDXFU>
- [https://www.youtube.com/watch?v=pQa\\_KHgZ1-I](https://www.youtube.com/watch?v=pQa_KHgZ1-I)

SolidWorksは三次元CADとして有名ですが構造解析、流体解析などシミュレーション機能も豊富で、コマの挙動をシミュレーションするmotion解析も含まれており、これが導入の決め手となりました。実際に、解析した結果を示します(図5, 図6)。あらかじめCADで作成した2つのコマを土俵（コマを回すところをコマ大戦では土俵と呼んでいます）上で同時に回転させます。材質や摩擦条件などの条件をあらかじめ設定しておき回転方向と回転速度をインプットすると、それらの条件に基づいてコマが衝突して軽いコマが飛ばされたり、回転速度が落ちて止まったりと、シミュレーション結果をアニメーションで示すことができます。これを参考に寸法を変えながら最適な形状を導き出すことができればと思っています。とはいっても、それを製作する技術を何とかしなければならぬのですが、それは今後の課題です。

## 4 さいごに

今回導入した SolidWorks は教育版で、研究用ではなく講義などの教育目的で使用するものです。チューター機能が豊富で初めて使用する人でも簡単に使用方法を学ぶことができます。現在、戸畑の情報科学センターの端末にインストールされており、ここで自由に使用できます。また、Horizon View によるリモートでの使用も可能となっており、速度的に実用範囲であると思います。なお、ライセンスはネットワークライセンスとなっており同時に 300 台まで使用できるので、複数の講義での使用も問題ないかと思われます。興味のある方は一度試してみたらどうでしょうか。



図 1: コマの設計に関するグループでの討論

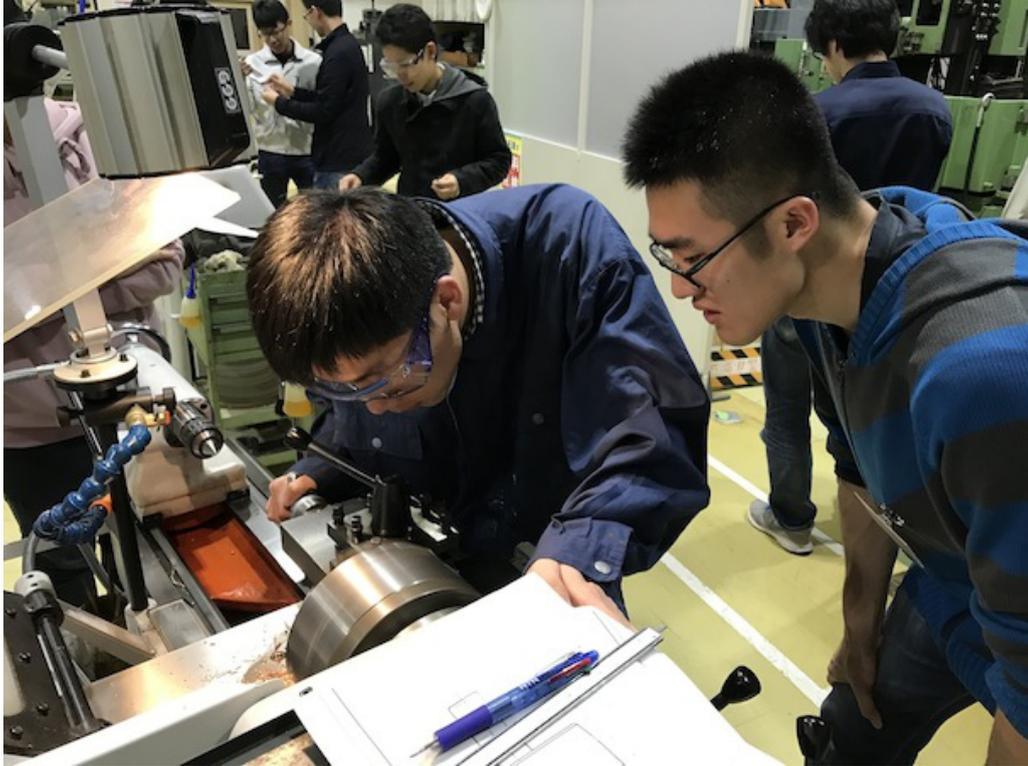


図 2: 旋盤でコマを製作



図 3: コマ大戦



図 4: コマ大戦参加者全員の集合写真

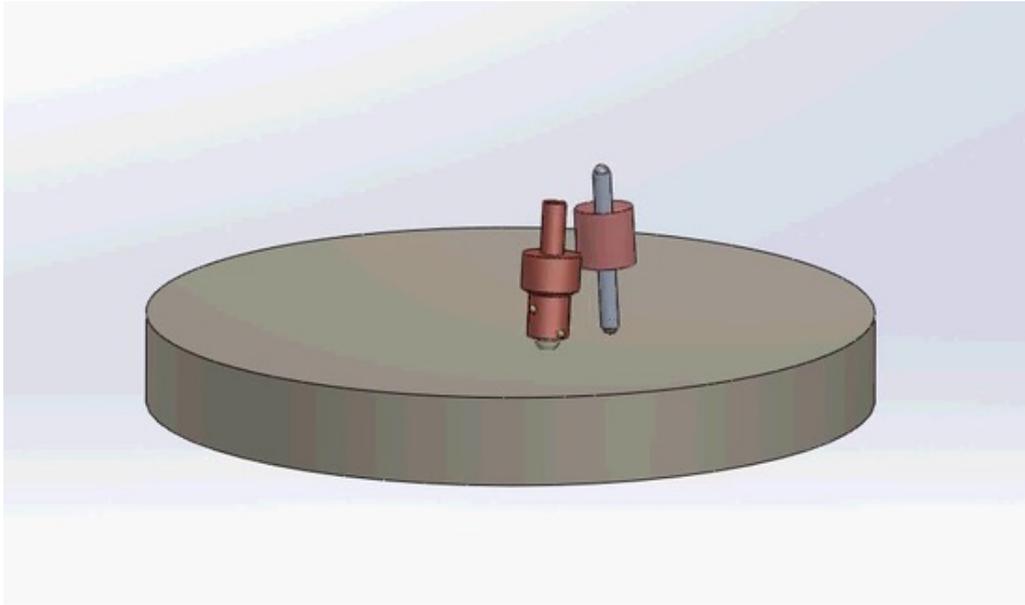


図 5: SolidWorks によるコマの挙動解析 (コマ同士の衝突)

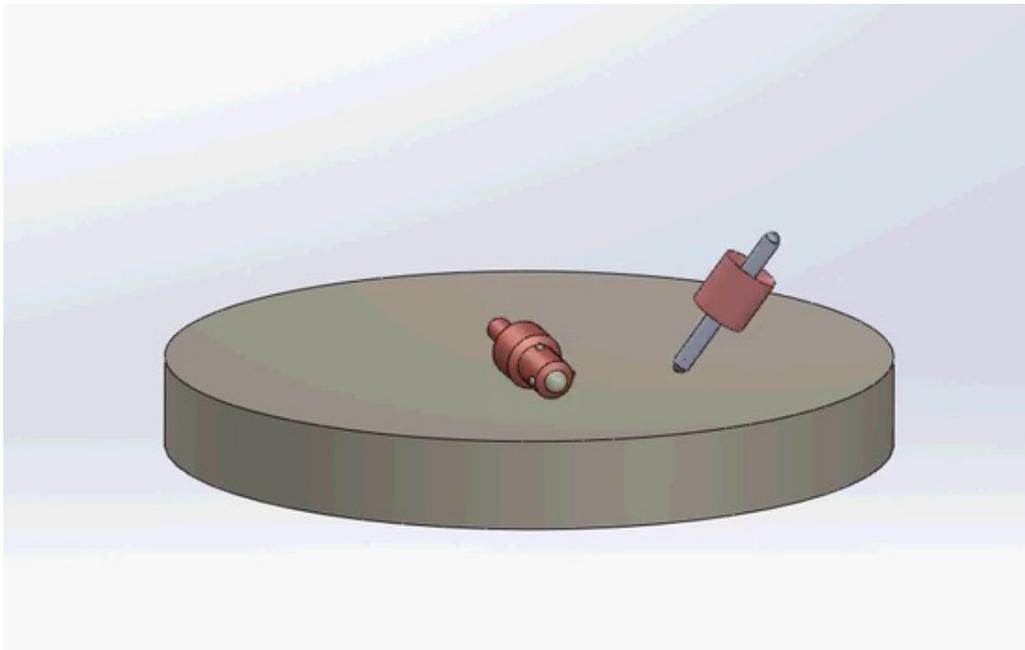


図 6: SolidWorks によるコマの挙動解析 (コマの転倒)