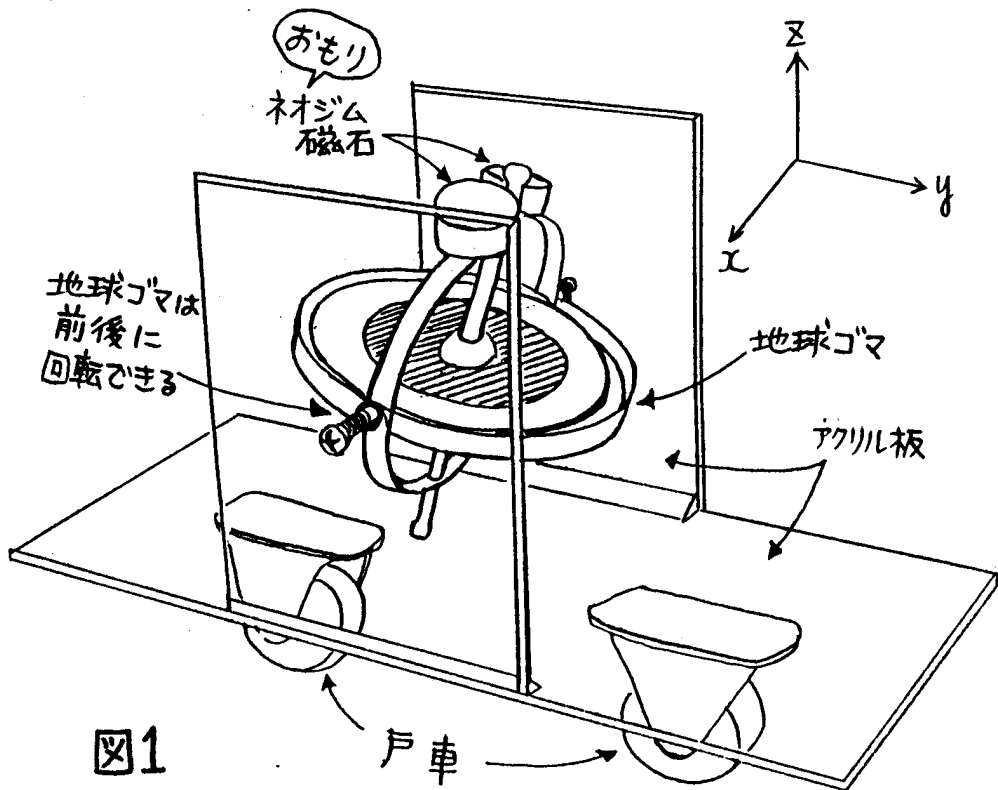


ジャイロ2輪車

村田憲治@山県高校

独楽（ジャイロ）の性質を利用して、倒れずにまっすぐ走る2輪車を作ってみました。車体が傾いたときのジャイロの挙動を観察すると、角運動量と力のモーメントの関係もよく理解できるようになるかもしれません。簡単にできますからコシはおすすめですヨ。

重心が高くて不安定、しかもまっすぐにしか進めない2輪車

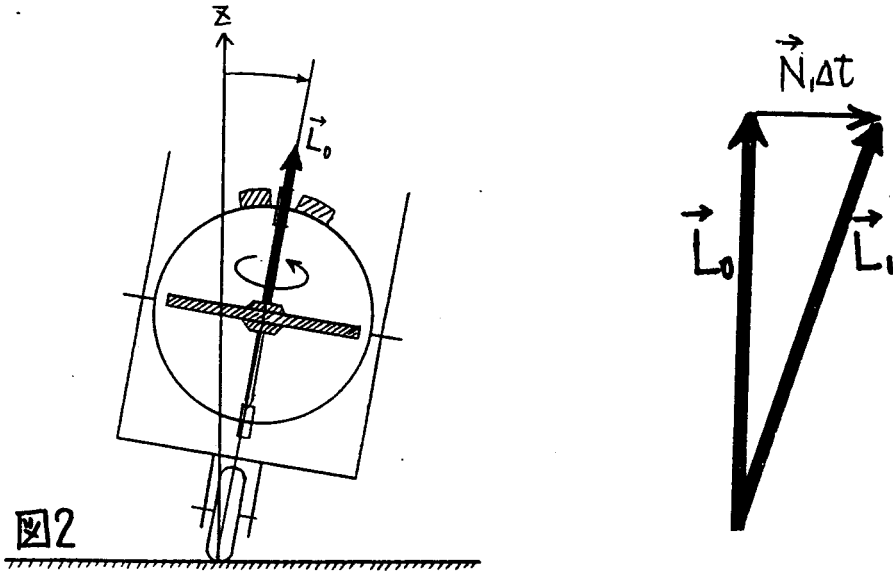


アクリル板をカットして上図のように組み立てます。地球ゴマのフレームにナットをアロンアルファで接着し、クルマの両サイドに立てたアクリル板の外側から長めのビスをねじ込みます。地球ゴマがこの x 方向の軸で自由に回転できるように、アクリル板にあける穴はビスの太さよりほんの少し大きくしておくことが大切です。

車輪は、ホームセンターで売っていたプラスチック製の戸車です。自転車の前輪のように向きが左右に動きませんから、この2輪車は蛇行するような動きはできません。 y 軸方向にまっすぐ進むことしかできないのです。重心が高くて不安定な2輪車ですが、地球ゴマの見事なはたらきで倒れずにまっすぐ走るのです。

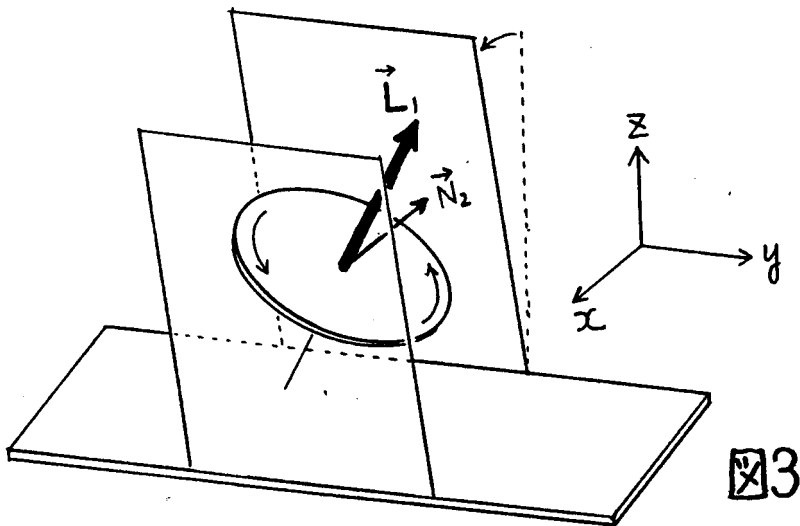
傾いた車体が姿勢を立ち直すメカニズム

コマのどのようなはたらきでこの2輪車がまっすぐ走るのか見ていくことにしましょう。
 図1で2輪車が+y方向へ走っているときに、車体が右に(後ろから見て)傾いたとします。



コマは上から見て反時計回りに回転していたとすると、角運動量ベクトル \vec{L} は図2のように上を向いています。さて、車体が右に傾いたことによってコマに働く力のモーメント \vec{N}_1 は+y方向を向いていますから、角運動量と力のモーメントの関係 $\vec{L}_1 = \vec{L}_0 + \vec{N}_1 \Delta t$ から、コマの角運動量は図3のように前方に傾くこととなります。

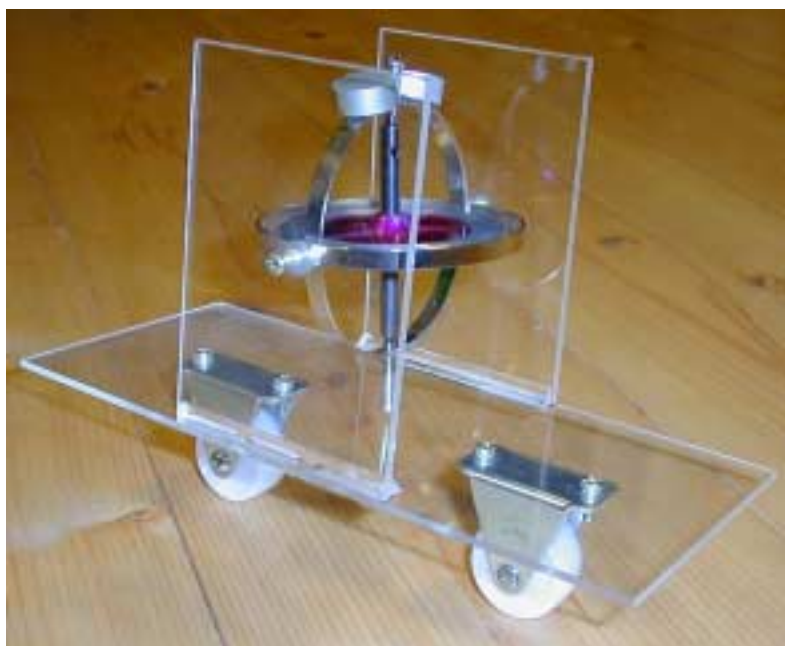
(上式は運動量 \vec{p} と力 \vec{F} の関係式、 $\vec{p}_1 = \vec{p}_0 + \vec{F} \Delta t$ とまったく同形ですね)



さて、ここでもう一度図1を見てください。地球ゴマの上部にくっつけてある「おもり」、コレがポイントです。(もちろんおもりがネオジム磁石である必要はありません。粘土でもなんでもOK)

このおもりのおかげで、図3のように前に傾いた地球ゴマには重力による力のモーメント \vec{N}_2 がはたらくことになります。おもりを上部につけることによって、コマの重心は上の方にズれているからです。もしおもりがなければ(地球ゴマを支える x 方向の軸はコマの重心を通ることになりますから)、コマにはたらく重力による力のモーメントは0になります。

この重力による力のモーメント \vec{N}_2 は、 $-x$ 方向を向いていますから、 $\vec{L}_2 = \vec{L}_1 + \vec{N}_2 \Delta t$ より、コマの角運動量は(後ろから見て)左へ向きを変えます。つまり、右に倒れそうになった車体は体勢を立て直すわけです。さらに車体が左に回転したこ



とに伴い、前に傾いていたコマの角運動量は鉛直に立ち上がります。これで、完全に初期状態に戻ったわけです。

車体が左に傾いた場合も同様に考えてみてください。ちゃんとうまく体勢を立て直すことが分かるはずですよ。

静止してるのに倒れないジャイロ2輪車

実際に回転する地球ゴマを乗せたこの2輪車を走らせてみると、倒れそうになるたびに見事に体勢を立て直して直進していきます。車輪の回転が止まっても、地球ゴマの回転に勢いがあるうちは、車体は倒れません。「静止した2輪車が倒れない」なんて驚くべきことですよね。

さて、ここまでの話が分かると、さらにいろいろと試したくなります。

① 地球ゴマの回転を逆にしたらどうなるか？

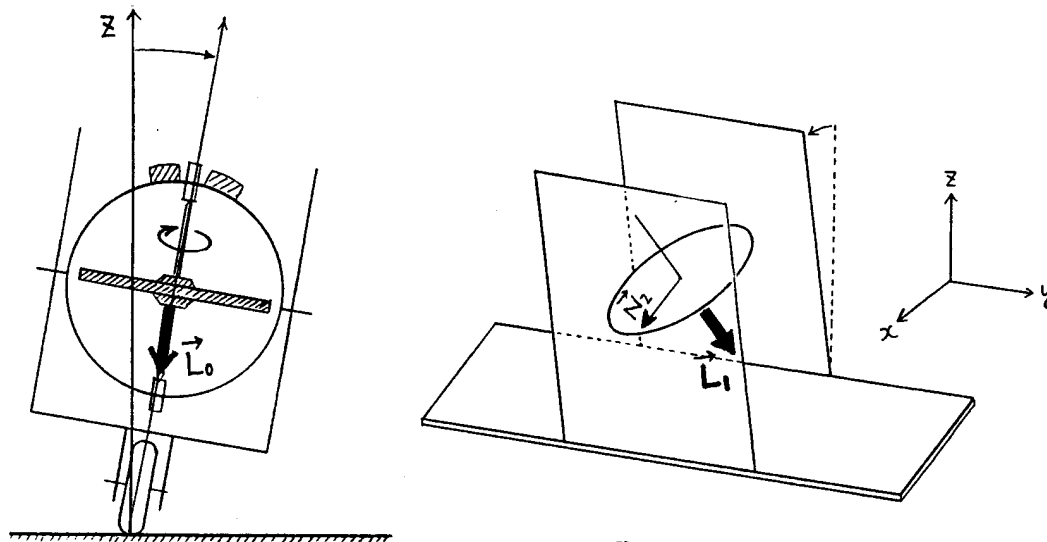
② おもりを地球ゴマの下部につけたらどうなるか？

等です。順に検討してみましょう。

地球ゴマの回転を逆にしたら？

結論から言うと「やはり2輪車は倒れないで真っ直ぐすすんで」いきます。

地球ゴマの回転を逆に（上から見て時計回りに）してやると、コマの角運動量ベクトルは下を向きます。車体が右に傾いたときにコマが受ける力のモーメント \vec{N}_1 の向きは + y 方向を向いていますから、地球ゴマはさっきと逆の方向へ（後ろへ）傾くこととなります。



そうすると地球ゴマが受ける重力によるモーメント \vec{N}_2 の向きはさっきと逆で + x 方向を向きますが、コマの角運動量 \vec{L}_1 は下を向いているので、結局車体はちゃんと立ち上がることとなります。

おもりを地球ゴマの下部につけたら？

おもりを地球ゴマの下部につけたら、さらに安定度が増すような気がしますが、残念ながらこれではうまくいきません。地球ゴマの角運動量ベクトルが上を向いている例で考えてみましょう（もちろん角運動量ベクトルが下を向いても結果は同じです）。

車体が右に傾くと地球ゴマは前に傾きますが、おもりが下部にあると重力による復元力（振り子と同じだ）がはたらいて地球ゴマは勝手に立ち上がるとうとします。つまり、重力による力のモーメント \vec{N}_2 の向きは + x 方向です。これでは車体はますます右側へ倒れ込んでいくことになってしまいます。

参考文献：「コマの不思議」黒須 茂（山文社）¥1,700 ISBN4-87926-076-2

岐阜物理サークルホームページ <http://www.straycats.net/>