実験1　慣性の法則の確認と摩擦力の影響　結果

実験1.1　　滑走台のエアーを入れ、初速度v0で放った円盤Aの速度を手動解析によって求めた結果、図1に示されるように、速度はまたはであることが確認された。また、自動解析によって同じ円盤Aの速度を求めると、図2のようにであることが分かった。

実験1.2　　滑走台のエアーを切り、円盤Aを初速度v0で放った結果、図3のようにからにかけて、円盤Aの速度が減少した。

実験1.3　　送風機を動作させ、円盤Aを滑走台の中心に静止させた時の円盤Aの速度を計測した結果、円盤Aの速度は最大が、最小がであることが分かった。

考察

実験1.1　　手動解析と自動解析で計測値の値が異なる理由として、中心座標の精度の違いが考えられる。手動解析の場合、実験者が円盤の中心の座標を画面上のdot値で指定するため、その座標が整数値の1dot単位でソフトウェアによって読み取られる。それに対し、自動解析の場合、ソフトウェアが円盤全体を読み取り中心の位置を計算することで、中心の座標を小数点第1位の0.1dot単位で表示する。手動解析の場合、x座標、y座標はそれぞれ1dotの違いにより、の差が生まれる。進んだdotの数がその前の値にくらべ、x座標y座標共に1dotずれると、の差が生まれる。一方、自動解析の場合、x座標、y座標はそれぞれ0.1dotの違いにより、の差が生まれる。進んだdotの数が前の値にくらべ、x座標y座標ともに0.1dotずれると、の差が前の距離との間に生まれる。このことより、実験1.1のそれぞれの結果はどれも理論上のばらつきの範囲以内である。よって、円盤Aは等速運動をしており、慣性の法則が成り立っているため、円盤と滑走代との間の摩擦は無視できる。

実験1.2　　におけるフレームで実験者の手が移ってしまい、円盤の中心の座標が正確に読み取られなかったため、この時の円盤Aの速度は考慮しない。図3より、プロットが直線的に並んでいるとこから、円盤Aの速度は一定の割合で減少していることが分かる。図3の傾き、つまり円盤Aの加速度の大きさが一定ということは、一定の摩擦力が円盤Aの運動を妨げる方向に働いているということである。円盤Aの質量、加速度の大きさをm、、重力加速度の大きさを、動摩擦定数をとする。円盤Aの進行方向と摩擦力は一直線であることを踏まえ、運動方程式を立てる。より摩擦力をFに代入すると、となり、これを整理するとを得る。実験1結果より、最小二乗法を用いてaの最良近似を求めると、となる。この値とを(1)式に代入すると、動摩擦係数が得られる。

実験1.3　　実験結果より、実験3の円盤Aの速度と実験1.1、実験1.2の円盤Aの速度を比べると、実験1.3での円盤Aの速度の桁数は他に比べ1/100であるため、円盤の移動量にほぼ影響はないと言って良い。

以上の実験1の結果、考察より、「滑走台上で円盤が運動する系」は「慣性の法則が成り立つ系」と言える。

実験2　運動量の保存と作用反作用の法則　結果

実験2.1、実験2.2、実験2.3の反発係数はそれぞれ0.905、0.570、-0.020、衝突前の運動量x成分に対する衝突後の運動量x成分の比はそれぞれ1.047、1.102、0.913、衝突前の並進運動の運動エネルギーに対する衝突後の並進運動の運動エネルギーの比はそれぞれ0.972、0.785、0.450となった。

考察　　実験結果より実験2.1では反発係数が1に近く、運動エネルギーの変化もと微小であるため、実験2.1は弾性衝突と言える。実験2.2は、反発係数が0より大きく1より小さくなっているため、非弾性衝突である。また、運動エネルギーは失われている。実験2.3では、反発係数が非常に0に近い値となっている。よって完全非弾性衝突であることが分かる。さらに、運動エネルギーは減少し、実験2.2よりもかなり減っていることが分かる。実験2の円盤が運動する系では外部からの力が加わっていないため、理論上では運動量が保存される。実際に実験結果より実験2.1~2.3の運動量x成分の変化を見ると、衝突前後の変化はどれもあまりないことが確認できる。実験者がy軸方向に微小な速度を与えたことを考慮すると、運動量は保存していると言って良い。実験2.2、2.3で運動エネルギーが失われたのは、円盤同士が衝突する時間が長く、衝突前の運動エネルギーが全て運動エネルギーに変換されなかったことが原因と考えられる。さらに実験2.3のように、2つの円盤が一体となって動くと、衝突し一体となるの（熱エネルギー等）に運動エネルギーが消費され、衝突後の運動エネルギーが減少する。だが、運動量は一定である。

実験3　角運動量の保存　結果

実験3.1　　重心まわりの角運動量はまたはであった。

実験3.2　　重心まわりの角運動量の総和、重心運動の角運動量の総和は、衝突前に対する衝突後の比はそれぞれ0.640、-211.128であった。全角運動量の衝突前に対する衝突後の比は0.980であった。全運動量は、運動量x、y成分の衝突前後の比が1.020、0.990となった。並進運動の運動エネルギーの総和の衝突前に対する衝突後の比は、1.111となった。回転運動の運動エネルギーの総和の衝突前に対する衝突後の比は、0.704であった。並進運動と回転エネルギーの運動エネルギーの総和の衝突前に対する衝突後の比は0.814であった。

考察

実験3.1　　重心まわりの角運動量がほとんど一定であったことから、角運動量は保存されていると言って良い。また、回転の慣性が成り立っていることから、エアーの影響も無視できることが分かる。。

実験3.2　　実験結果より、重心まわりの角運動量と重心運動の角運動量はどちらも保存されていない。理論上もどちらとも保存されない。しかし、全角運動量は保存されていると言って良い。理論上も原点周りの全角運動量は保存される。全運動量は、運動量x、y成分の衝突前後の比が共に1に近いことから、保存されていると言って良い。理論上も円盤に外力が働いていないことから、全運動量は保存される。実験結果より、並進運動と回転運動エネルギーは共に保存していないことがわかる。これは、衝突時の円盤間の摩擦により、一部の運動エネルギーが熱エネルギーにも変換されたことが原因と考えられる。運動エネルギーの総和は、衝突前に対し衝突後は減少している。並進運動の運動エネルギーが少し増えた一方で、回転運動の運動エネルギーはより減ったため、全体の運動エネルギーは減った。回転運動の運動エネルギーが併進運動の運動エネルギーに比べより多く減っているのは、衝突時の摩擦により、主に熱エネルギーに変換されるためである。

実験4　円盤と壁の衝突　結果

実験4.1　　反発係数が0.301で、衝突後の並進運動の運動エネルギーは衝突前に比べ、0.090倍となっていた。

実験4.2　　反発係数が0.283となった。衝突後の並進運動の運動エネルギーは衝突前の0.145倍となった。一方で、衝突後の回転運動の運動エネルギーは、衝突前の11.274倍であった。また、衝突後の合計運動エネルギーは衝突前の0.195倍であった。

考察

実験4.1　　壁からの外力があるため、運動量は保存されていない。運動エネルギーは衝突により減少した。これは、衝突により運動エネルギーは熱エネルギーや音エネルギーにも変換されることが原因である。

実験4.2　　運動量y成分の変化量に円盤の半径をかけた値はで、角運動量の変化量はとなり、これらの値は等しいと言って良い。これは、角運動量が慣性モーメントに角速度ベクトルをかけた値と等しいからである。回転運動の運動エネルギーは壁との摩擦により増えたが、増加した値は並進運動の運動エネルギーに比べ非常に小さく、並進運動の運動エネルギーは減少しているため、全体として合計運動エネルギーは減少している。

実験5　ゴムひもによる跳ね返り　結果

実験5.1　　反発係数が0.970となった。運動量x成分の衝突前に対する衝突後の比は-0.970であった。

実験5.2　　並進運動エネルギーの衝突前に対する衝突後の比は1.411となった。回転運動の運動エネルギーの衝突前に対する衝突後の比は0.110となった。衝突後の並進運動と回転運動の運動エネルギーの総和は、衝突前の0.524倍であった。

考察

実験5.1　　ゴムひもとの衝突中、円盤の運動エネルギーはゴムの弾性エネルギーに変換され、再び運動エネルギーとなって円盤は跳ね返される。並進運動の運動エネルギーの一部は、ゴムひもが振動するための弾性エネルギーに変換された。ゴムひもと壁では、円盤が衝突する時の力積が異なり、ゴムひもと衝突したときの方がゴムの弾性により力積は大きくなっている。よって、運動エネルギーの保存の様子が違っている。

実験5.2　　衝突により、並進運動エネルギーは増加し、回転脳運動エネルギーは5減少した。回転エネルギーの運動エネルギーが多く減少したため、合計運動エネルギーも減っている。エネルギーが減った理由として、運動エネルギーが摩擦により熱エネルギーに変化したことがいえる。