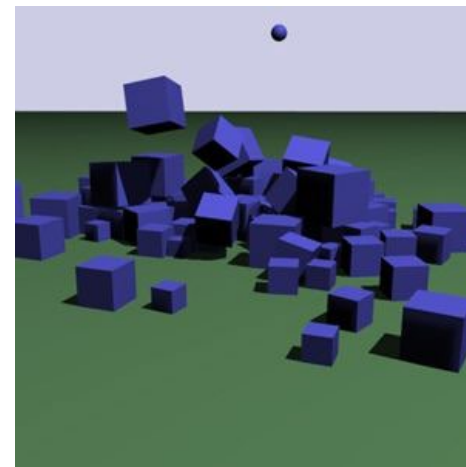


情報メディア実験A

物理エンジンを使った アプリケーション開発

筑波大学情報学群
情報メディア創成学類
藤澤誠

物理エンジンとは？



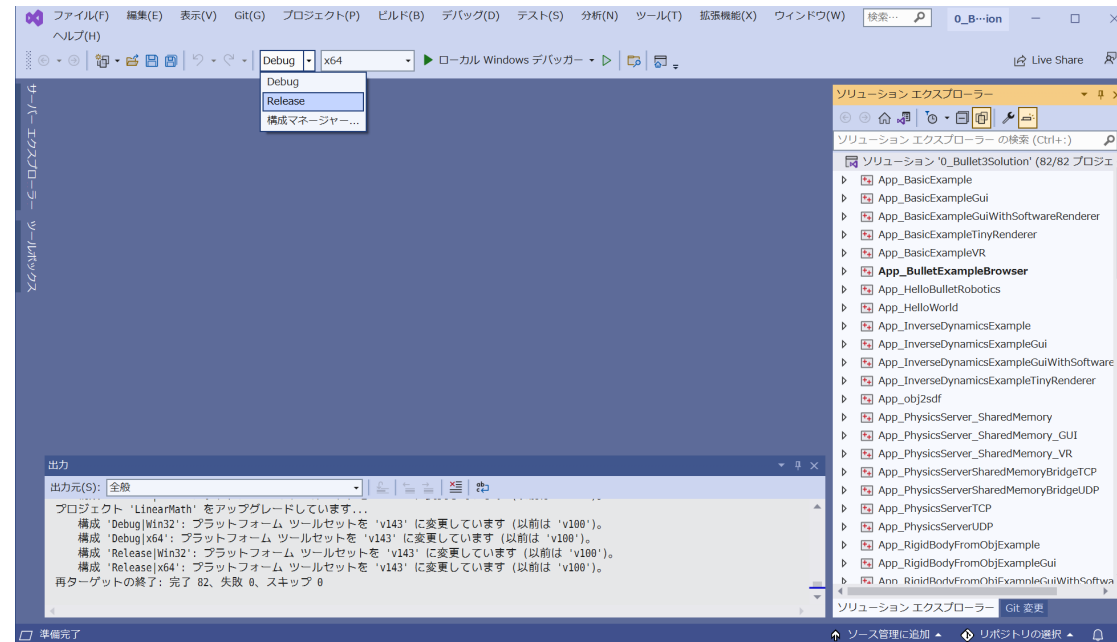
- 物理シミュレーションを簡単に
使うためのライブラリ
 - 主に剛体を扱い，弾性体や流体を扱えるエンジンもある
 - 物理エンジンの主機能
 - 剛体の運動(Dynamic and Kinematics Rigid Body)の計算
 - 物体同士の衝突検出(Collision Detection)&衝突応答(Collision Response)

実験で使う物理エンジンについて

- Bullet(Bullet Collision Detection and Physics library)
 - 衝突判定, 剛体運動ライブラリ
 - オープンソース([zlibライセンス](#), 商用利用も可)
 - マルチプラットフォーム(Win, Linux, Mac OS, iOS, Android)
 - C++版 + Python版(pybullet)
 - Maya, Blender, Houdiniなどでプラグインとして提供されている

Bulletのビルド

- Bulletのビルド
ソースコードをBullet PhysicsのWebページ
(<https://pybullet.org/>)
からダウンロード・解凍してVisual Studioなどでビルドする。



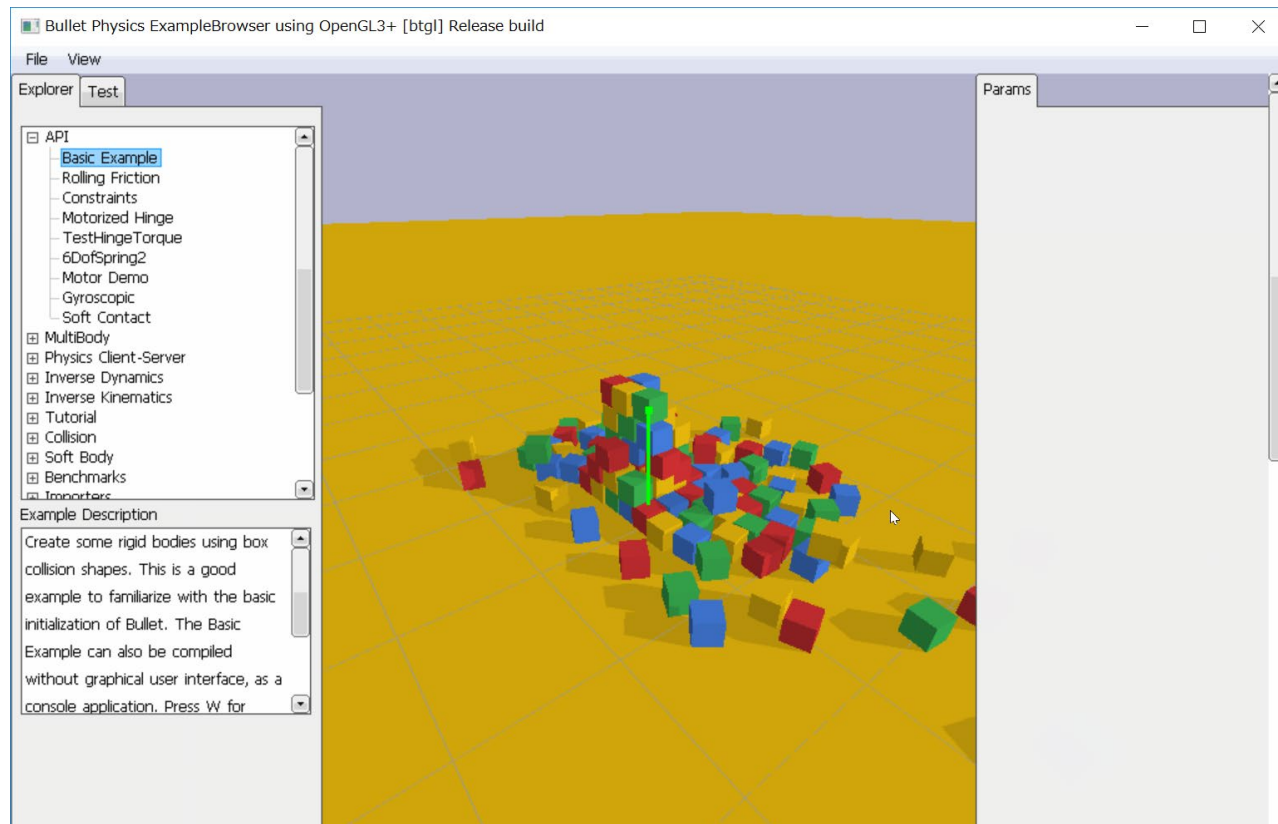
Bulletのビルド

■ ビルドの注意点

- Visual Studioではプロジェクトをソリューションファイル(*.sln)を使って管理
- slnファイル作成のためにpremakeというソフトがBulletには同梱されている。実際にはそれを実行するためのbatファイルが各種用意されているのでそれを実行する。
- プロジェクトの設定がWin32になっていたらx64に変えること！
- 環境によってはいくつかのプロジェクトのビルドに失敗するかもしれないが、BulletCollision, BulletDynamics, BulletSoftBody, LinearMathの4つが成功していれば実験上は問題ない

デモプログラムの実行

■ BulletExampleBrowser



BULLET/bin/App_BulletExampleBrowser_*.exe

物理エンジンでの物体の扱い

btDynamicsWorld

btRigidBody

- 質量(0ならstatic),反発率,摩擦係数等のパラメータ
- *btMotionState* : 動きの状態
 - *btTransform*
 - 姿勢(*btQuaternion*/*btMatrix3x3*)
 - 位置(*btVector3*)
- *btCollisionShape* : 物体の形

btRigidBody

⋮

ワールドの定義

■ btDynamicWorldの定義

グローバル変数としてbtDynamicWorld型ポインタ変数を定義

```
btDynamicsWorld* g_dynamicsworld;    //!< Bulletワールド
```

初期化 (適当な関数内で)

```
// ディスパッチャ, ブロードフェーズ法, 拘束ソルバーの設定(詳しくは今後の講義回で)
...

// Bulletのワールド作成
g_dynamicsworld = new btDiscreteDynamicsWorld(dispatcher, broadphase,
                                                solver, config);
g_dynamicsworld->setGravity(btVector3(0, -9.8, 0));
```

重力設定, btVector3はBulletで使える3次元ベクトル型

剛体オブジェクトの定義

■ btRigidBodyの定義

形(btCollisionShape), 位置・姿勢(btMotionState), 質量・慣性モーメントが定義に必要.
定義後にメンバ関数でパラメータ変更可能

```
// 球体形状を設定
btCollisionShape *sphere_shape = new btSphereShape(g_ballrad);

// 球体の初期位置・姿勢
btQuaternion qrot(0, 0, 0, 1);
btDefaultMotionState* motion_state = new btDefaultMotionState(btTransform(qrot, pos));

// 慣性モーメントの計算
btVector3 inertia(0, 0, 0);
sphere_shape->calculateLocalInertia(mass, inertia);

// 剛体オブジェクト生成(質量, 位置姿勢, 形状, 慣性モーメントを設定)
btRigidBody *body = new btRigidBody(mass, motion_state, sphere_shape, inertia);

// ワールドに剛体オブジェクトを追加
g_dynamicsworld->addRigidBody(body);
```

剛体パラメータ設定

- btRigidBodyのパラメータ設定例

- 反発力：反発係数で設定

```
body1->setRestitution(0.9);  
body2->setRestitution(0.5);
```

} body1とbody2が当たった場合の反発係数は
両者を掛けた値($0.9 \times 0.5 = 0.45$)となる

- 摩擦力：摩擦係数で設定

```
body1->setFriction(0.8);  
body2->setFriction(0.8);
```

} body1とbody2が接触している場合の摩擦係数は
両者を掛けた値($0.8 \times 0.8 = 0.64$)となる

剛体オブジェクトの定義

- btRigidBodyの種類
 - 動力学(動作)剛体(Dynamics (moving) rigidbodies)
 - 質量が正の値
 - 毎シミュレーションステップで動力学に基づきその位置と姿勢が更新される
 - 静的剛体(Static rigidbodies)
 - 質量が0
 - 衝突が起こっても動かない(動力学剛体と衝突はする)
 - 地面や壁など
 - 運動学剛体(Kinematic rigidbodies)
 - 質量が0
 - ユーザ操作に従って動くという点以外は静的剛体と同じ
 - 動く障害物など

ワールドの時間を進める

- ある時間ステップ幅でシミュレーションを進める
Timer関数内で

```
// bulletのステップを進める  
if(g_dynamicsworld){  
    g_dynamicsworld->stepSimulation(g_dt, 1);  
}
```

時間ステップ幅とサブステップ数

ワールドの破棄

- btDynamicWorldの破棄
newしたらdeleteと同じく, ワールド定義もメモリ確保なので破棄して, メモリ解放する必要がある

```
// ワールド破棄  
delete g_dynamicsworld->getBroadphase();  
delete g_dynamicsworld;
```

Bulletのビルドとサンプル実行

ここからは各自の環境で
実際に作業

実験ページの「2. 物理エンジンとは？」の
練習問題を実際にやってみよう
(余裕のある人はoption課題もやってみよう!)