```
clear;
close all;

a1 = 0.4;
a2 = 0.4;
a3 = 0.4;
%   theta d a alpha
L(1) = Link([ 0     0   a1  0], 'standard');
L(2) = Link([ 0     0   a2  0], 'standard');
L(3) = Link([ 0     0   a3  0], 'standard');


threelink = SerialLink(L, 'name', 'three link', ...
         'comment', 'from Spong, Hutchinson, Vidyasagar');
threelink.base = [1 0 0 0;
                  0 0 -1 0;
                  0 1 0 0;
                  0 0 0 1];

syms q1 q2 q3
qz = [q1 q2 q3];
% threelink.plot(qz);

T_1 = threelink.A(1,qz);
T_c1 = T_1;
T_c1(1:3,4) = T_c1(1:3,4)/2;
T_c1;

temp_t2 = threelink.A(2,qz);
T_2 = T_1*temp_t2;
temp_c2 = temp_t2;
temp_c2(1:3,4) = temp_c2(1:3,4)/2;
T_c2 = T_1*temp_c2;

temp_t3 = threelink.A(3,qz);
T_3 = T_2*temp_t3;
temp_c3 = temp_t3;
temp_c3(1:3,4) = temp_c3(1:3,4)/2;
T_c3 = T_2*temp_c3;

z = [0; 0; 1];
jacobian_c1 = [cross(z,T_c1(1:3,4)) zeros(3,2); z zeros(3,2)];
jacobian_c2 = [cross(z,T_c2(1:3,4)) cross(z,T_c2(1:3,4)-T_1(1:3,4))
 zeros(3,1); z z zeros(3,1)];
jacobian_c3 = [cross(z,T_c3(1:3,4)) cross(z,T_c3(1:3,4)-T_1(1:3,4))
 cross(z,T_c3(1:3,4)-T_2(1:3,4)); z z z];

syms Ixx Iyy Izz q_dot1 q_dot2 q_dot3
q_dot = [q_dot1; q_dot2; q_dot3];

mass = 1;
```

```
K_rot = 1/2*q_dot.'*(jacobian_c1(4:6,:).'*[Ixx 0 0; 0 Iyy 0; 0 0
 Izz]*jacobian_c1(4:6,:)...
                     + jacobian_c2(4:6,:).'*[Ixx 0 0; 0 Iyy 0; 0 0
 Izz]*jacobian_c2(4:6,:)...
                     + jacobian_c3(4:6,:).'*[Ixx 0 0; 0 Iyy 0; 0 0
 Izz]*jacobian_c3(4:6,:))*q_dot;

K_trans = 1/2*q_dot.'*(mass*jacobian_c1(1:3,:).'*jacobian_c1(1:3,:) +
 mass*jacobian_c2(1:3,:).'*jacobian_c2(1:3,:)...
                       +
 mass*jacobian_c3(1:3,:).'*jacobian_c3(1:3,:))*q_dot;
K_total = K_rot+K_trans;

D = jacobian_c1(4:6,:).'*[Ixx 0 0; 0 Iyy 0; 0 0
 Izz]*jacobian_c1(4:6,:)...
                     + jacobian_c2(4:6,:).'*[Ixx 0 0; 0 Iyy 0; 0 0
 Izz]*jacobian_c2(4:6,:)...
                     + jacobian_c3(4:6,:).'*[Ixx 0 0; 0 Iyy 0; 0 0
 Izz]*jacobian_c3(4:6,:)...
                     + mass*jacobian_c1(1:3,:).'*jacobian_c1(1:3,:) +
 mass*jacobian_c2(1:3,:).'*jacobian_c2(1:3,:)...
                     + mass*jacobian_c3(1:3,:).'*jacobian_c3(1:3,:);


for k=1:3
    for i=1:3
        for j=1:3
            c(i,j,k) = 1/2 * (diff(D(k,j),qz(i)) + diff(D(k,i),qz(j))
 - diff(D(i,j),qz(k)));
        end
    end
end

gravity = [0; 9.81; 0];
P = gravity'*T_c1(1:3,4) + gravity'*T_c2(1:3,4) +
 gravity'*T_c3(1:3,4);
g1 = diff(P,q1);
g2 = diff(P,q2);
g3 = diff(P,q3);
g = [g1; g2; g3];
% Plug into the EOM equation
D
c
g


D =

[



                    3*Izz + ((2*cos(q1))/5 + (cos(q1)*cos(q2))/5
```

```
 - (sin(q1)*sin(q2))/5)^2 + ((2*sin(q1))/5 + (cos(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q2)*sin(q1))/5)^2 + cos(q1)^2/25 + sin(q1)^2/25 +
 ((2*cos(q1))/5 + (2*cos(q1)*cos(q2))/5 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5 -
 (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5)^2 +
 ((2*sin(q1))/5 + (2*cos(q1)*sin(q2))/5 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5
 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5 +
 (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5)^2, 2*Izz +
 ((cos(q1)*cos(q2))/5 - (sin(q1)*sin(q2))/5)*((2*cos(q1))/5 +
 (cos(q1)*cos(q2))/5 - (sin(q1)*sin(q2))/5) + ((cos(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q2)*sin(q1))/5)*((2*sin(q1))/5 + (cos(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q2)*sin(q1))/5) + ((2*cos(q1)*cos(q2))/5 -
 (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*cos(q1))/5 + (2*cos(q1)*cos(q2))/5
 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5) + ((2*cos(q1)*sin(q2))/5 +
 (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*sin(q1))/5 + (2*cos(q1)*sin(q2))/5
 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5), Izz + ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*cos(q1))/5 + (2*cos(q1)*cos(q2))/5
 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5) + ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*sin(q1))/5 + (2*cos(q1)*sin(q2))/5
 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5)]
[ 2*Izz + ((cos(q1)*cos(q2))/5 - (sin(q1)*sin(q2))/5)*((2*cos(q1))/5
 + (cos(q1)*cos(q2))/5 - (sin(q1)*sin(q2))/5) + ((cos(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q2)*sin(q1))/5)*((2*sin(q1))/5 + (cos(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q2)*sin(q1))/5) + ((2*cos(q1)*cos(q2))/5 -
 (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*cos(q1))/5 + (2*cos(q1)*cos(q2))/5
 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/5) + ((2*cos(q1)*sin(q2))/5 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5
 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5 +
 (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*sin(q1))/5
 + (2*cos(q1)*sin(q2))/5 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5 +
 (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5 +
 (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5),
```

```
              2*Izz + ((2*cos(q1)*cos(q2))/5 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5 -
 (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5)^2
 + ((2*cos(q1)*sin(q2))/5 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5 +
 (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5 +
 (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5)^2
 + ((cos(q1)*cos(q2))/5 - (sin(q1)*sin(q2))/5)^2 +
 ((cos(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q2)*sin(q1))/5)^2,
                       Izz + ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1)*sin(q2))/5 +
 (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5) + ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*cos(q1)*cos(q2))/5 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5 -
 (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5)]
[
                                    Izz + ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*cos(q1))/5 + (2*cos(q1)*cos(q2))/5
 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5) + ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*sin(q1))/5 + (2*cos(q1)*sin(q2))/5
 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5),
                                   Izz + ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1)*sin(q2))/5 +
 (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5) + ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*cos(q1)*cos(q2))/5 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5 -
 (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5),
       Izz + ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5
```

```
 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5)^2
 + ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5 -
 (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5)^2]


c(:,:,1) =

[











        0, ((cos(q1)*cos(q2))/5 - (sin(q1)*sin(q2))/5)*((2*sin(q1))/5
 + (cos(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q2)*sin(q1))/5) - ((cos(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q2)*sin(q1))/5)*((2*cos(q1))/5 + (cos(q1)*cos(q2))/5
 - (sin(q1)*sin(q2))/5) - ((2*cos(q1)*sin(q2))/5 +
 (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1))/5 + (2*cos(q1)*cos(q2))/5
 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5) + ((2*cos(q1)*cos(q2))/5 -
 (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*sin(q1))/5 + (2*cos(q1)*sin(q2))/5
 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5), ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*sin(q1))/5 + (2*cos(q1)*sin(q2))/5
 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5) - ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1))/5 + (2*cos(q1)*cos(q2))/5
 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/5)]
[ ((cos(q1)*cos(q2))/5 - (sin(q1)*sin(q2))/5)*((2*sin(q1))/5 +
 (cos(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q2)*sin(q1))/5) - ((cos(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q2)*sin(q1))/5)*((2*cos(q1))/5 + (cos(q1)*cos(q2))/5
 - (sin(q1)*sin(q2))/5) - ((2*cos(q1)*sin(q2))/5 +
 (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1))/5 + (2*cos(q1)*cos(q2))/5
 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
```

```
cos(q2)*sin(q1)))/5) + ((2*cos(q1)*cos(q2))/5 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5
+ (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5 -
(sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*sin(q1))/5
+ (2*cos(q1)*sin(q2))/5 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5 +
(cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5 +
(sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5),
((cos(q1)*cos(q2))/5 - (sin(q1)*sin(q2))/5)*((2*sin(q1))/5 +
(cos(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q2)*sin(q1))/5) - ((cos(q1)*sin(q2))/5
+ (cos(q2)*sin(q1))/5)*((2*cos(q1))/5 + (cos(q1)*cos(q2))/5
- (sin(q1)*sin(q2))/5) - ((2*cos(q1)*sin(q2))/5 +
(2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
+ cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1))/5 + (2*cos(q1)*cos(q2))/5
- (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
- sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
+ cos(q2)*sin(q1)))/5) + ((2*cos(q1)*cos(q2))/5 -
(2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
- sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*sin(q1))/5 + (2*cos(q1)*sin(q2))/5
+ (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
+ cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
- sin(q1)*sin(q2)))/5), ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
- sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*sin(q1))/5 + (2*cos(q1)*sin(q2))/5
+ (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
+ cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
sin(q1)*sin(q2)))/5) - ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1))/5 + (2*cos(q1)*cos(q2))/5
- (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
- sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
cos(q2)*sin(q1)))/5)]
[
                                                ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
- sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*sin(q1))/5 + (2*cos(q1)*sin(q2))/5
+ (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
+ cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
- sin(q1)*sin(q2)))/5) - ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
+ cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1))/5 + (2*cos(q1)*cos(q2))/5
- (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
- sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
cos(q2)*sin(q1)))/5),
                                             ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
- sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*sin(q1))/5 + (2*cos(q1)*sin(q2))/5
```

```
 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5) - ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1))/5 + (2*cos(q1)*cos(q2))/5
 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5), ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*sin(q1))/5 + (2*cos(q1)*sin(q2))/5
 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5) - ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1))/5 + (2*cos(q1)*cos(q2))/5
 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/5)]


c(:,:,2) =

[ ((cos(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q2)*sin(q1))/5)*((2*cos(q1))/5 +
 (cos(q1)*cos(q2))/5 - (sin(q1)*sin(q2))/5) - ((cos(q1)*cos(q2))/5
 - (sin(q1)*sin(q2))/5)*((2*sin(q1))/5 + (cos(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q2)*sin(q1))/5) + ((2*cos(q1)*sin(q2))/5 +
 (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1))/5 + (2*cos(q1)*cos(q2))/5
 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/5) - ((2*cos(q1)*cos(q2))/5 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5 -
 (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*sin(q1))/5
 + (2*cos(q1)*sin(q2))/5 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5 +
 (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5 +
 (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5),


                                    0, ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*cos(q1)*sin(q2))/5 +
 (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5) - ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1)*cos(q2))/5 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5 -
 (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5)]
```

```
[
                    0,
                                   0, ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*cos(q1)*sin(q2))/5 +
 (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5) - ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1)*cos(q2))/5 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5 -
 (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5)]
[
                                 ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*cos(q1)*sin(q2))/5 +
 (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5) - ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1)*cos(q2))/5 -
 (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5), ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*cos(q1)*sin(q2))/5 +
 (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5) - ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1)*cos(q2))/5 -
 (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
```

```
 + cos(q2)*sin(q1)))/5), ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*cos(q1)*sin(q2))/5 +
 (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5) - ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1)*cos(q2))/5 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5
 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5 -
 (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5)]


c(:,:,3) =

[ ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5 +
 (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1))/5
 + (2*cos(q1)*cos(q2))/5 - (2*sin(q1)*sin(q2))/5 +
 (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5 -
 (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5) -
 ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5 -
 (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*sin(q1))/5
 + (2*cos(q1)*sin(q2))/5 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5 +
 (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5 +
 (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5),
 ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5 +
 (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) -
 sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1)*cos(q2))/5 -
 (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5) - ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*cos(q1)*sin(q2))/5 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5
 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5 +
 (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5), 0]
[                                  ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1)*cos(q2))/5 -
 (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5) - ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*cos(q1)*sin(q2))/5 +
 (2*cos(q2)*sin(q1))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5), ((cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5 + (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5)*((2*cos(q1)*cos(q2))/5 -
 (2*sin(q1)*sin(q2))/5 + (cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2)
 + cos(q2)*sin(q1)))/5) - ((cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/5 - (sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/5)*((2*cos(q1)*sin(q2))/5 + (2*cos(q2)*sin(q1))/5
 + (cos(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/5 +
 (sin(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/5), 0]
```

```
[

                                                0,

                                                          0, 0]

g =

 (981*cos(q1))/100 + (2943*cos(q1)*cos(q2))/500 -
 (2943*sin(q1)*sin(q2))/500 + (981*cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/500 - (981*sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/500
                     (2943*cos(q1)*cos(q2))/500 -
 (2943*sin(q1)*sin(q2))/500 + (981*cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2)
 - sin(q1)*sin(q2)))/500 - (981*sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) +
 cos(q2)*sin(q1)))/500

            (981*cos(q3)*(cos(q1)*cos(q2) - sin(q1)*sin(q2)))/500 -
 (981*sin(q3)*(cos(q1)*sin(q2) + cos(q2)*sin(q1)))/500
```

Published with MATLAB® R2016a