CSCE 452 Project 1 Report

Raegan Lucero Caleb McWilliams Daniel Bartel

Deriving Forward Kinematics

Typos in Handout 1

```
\cos \beta \cos y
                                                                                      -\cos\beta\sin y
Euler 1
                   \sin \alpha \sin \beta \cos y + \cos \alpha \sin y
                                                                                  -\sin\alpha\sin\beta\sin y
                                                                                                                            -\sin\alpha\cos\beta
                   -\cos \alpha \sin \beta \cos y + \sin \alpha \sin y \cos \alpha \sin \beta \sin y + \sin \alpha \cos y
                                                                                                                             \cos \alpha \cos \beta
                                \cos \beta \cos y
                                                                        -\sin\beta
                                                                                                         \cos \beta \sin y
Euler 2
                 \cos \alpha \sin \beta \sin y + \sin \alpha \sin y
                                                                    \cos\alpha\cos\beta
                                                                                          \cos \alpha \sin \beta \sin y - \sin \alpha \cos y
                 \sin \alpha \sin \beta \cos y - \cos \alpha \sin y
                                                                    \sin \alpha \cos \beta \quad \sin \alpha \sin \beta \sin y + \cos \alpha \cos y
                  \sin \alpha \sin \beta \sin y + \cos \alpha \cos y
                                                                    \sin \alpha \sin \beta \cos y - \cos \alpha \sin y \quad \sin \alpha \cos \beta
Euler 3
                                 \cos \beta \sin y
                                                                                    \cos \beta \cos y
                                                                                                                            -\sin\beta
                 \cos \alpha \sin \beta \sin y - \sin \alpha \cos y \cos \alpha \sin \beta \cos y + \sin \alpha \sin y \cos \alpha \cos \beta
                   \cos \alpha \cos \beta
                                           -\cos\alpha\sin\beta\cos y + \sin\alpha\sin y
                                                                                                  \cos \alpha \sin \beta \sin y + \sin \alpha \cos y
Euler 4
                                                                                                                 -\cos\beta\sin y
                        \sin \beta
                                                           \cos \beta \cos y
                    -\sin\alpha\cos\beta
                                            \sin \alpha \sin \beta \cos y + \cos \alpha \sin y
                                                                                                  -\sin\alpha\sin\beta\sin y + \cos\alpha\cos y
                   -\sin\alpha\sin\beta\sin y + \cos\alpha\cos y
                                                                        -\sin\alpha\cos\beta
                                                                                                  \sin \alpha \sin \beta \cos y + \cos \alpha \sin y
Euler 5
                   \cos \alpha \sin \beta \sin y + \sin \alpha \cos y
                                                                          \cos \alpha \cos \beta
                                                                                                  -\cos\alpha\sin\beta\cos y + \sin\alpha\sin y
                                 -\cos\beta\sin y
                                                                               \sin \beta
                                                                                                                  \cos \beta \cos y
                                       \cos \alpha \sin \beta \sin y - \sin \alpha \cos y \quad \cos \alpha \sin \beta \cos y + \sin \alpha \sin y
                  \cos \alpha \cos \beta
Euler 6
                 \sin \alpha \cos \beta
                                      \sin \alpha \sin \beta \sin y + \cos \alpha \cos y \quad \sin \alpha \sin \beta \cos y - \cos \alpha \sin y
                                                      \cos \beta \sin y
                                                                                                         \cos \beta \cos y
                       \cos \beta
                                                          \sin \beta \sin y
                                                                                                               \sin \beta \cos y
Euler 7
                   \sin \alpha \sin \beta
                                          \cos \alpha \cos y - \sin \alpha \cos \beta \sin y
                                                                                             -\cos\alpha\sin y - \sin\alpha\cos\beta\cos y
                                                                                             -\sin\alpha\sin y + \cos\alpha\cos\beta\cos y
                     \cos \alpha \sin \beta
                                         \sin \alpha \cos y + \cos \alpha \cos \beta \sin y
                                                      -\sin\beta\cos y
                                                                                                               \sin \beta \sin 7
                      \cos \beta
Euler 8
                 \cos \alpha \sin \beta
                                       -\sin\alpha\sin y + \cos\alpha\cos\beta\cos y
                                                                                              -\cos\alpha\cos\beta\sin y - \sin\alpha\cos y
                                        \sin \alpha \cos \beta \cos y + \cos \alpha \sin y
                                                                                                    \cos \alpha - \sin \alpha \cos \beta \sin y
                   \cos \alpha \cos y - \sin \alpha \cos \beta \sin y
                                                                                                \sin \alpha \cos \beta \cos y + \cos \alpha \sin y
                                                                         \sin \alpha \sin \beta
Euler 9
                                  \sin \beta \sin y
                                                                             \cos \beta
                                                                                                              -\sin\beta\cos y
                     \cos \alpha \cos \beta \sin y - \sin \alpha \cos y \quad \cos \alpha \sin \beta
                                                                                             -\sin\alpha\sin y + \cos\alpha\cos\beta\cos y
                    -\sin\alpha\sin y + \cos\alpha\cos\beta\cos y
                                                                           -\cos\alpha\sin\beta
                                                                                                   \sin \alpha \cos y + \cos \alpha \cos \beta \sin y
                                     \sin \beta \cos y
                                                                                 \cos \beta
                                                                                                                   \sin \beta \sin y
Euler 10
                       \cos \alpha \sin y - \sin \alpha \cos \beta \cos y
                                                                             \sin \alpha \sin \beta
                                                                                                    \cos \alpha \cos y - \sin \alpha \cos \beta \sin y
                    -\cos\alpha\sin y - \sin\alpha\cos\beta\cos y
                                                                             \sin \alpha \sin \beta
                                                                                                    \cos \alpha \cos y - \sin \alpha \cos \beta \sin y
```

```
\cos \alpha \cos y - \sin \alpha \cos \beta \sin y - \cos \alpha \sin y - \sin \alpha \cos \beta \cos y
                                                                                                                            \sin \alpha \sin \beta
                   \sin \alpha \cos y + \cos \alpha \cos \beta \sin y
Euler 11
                                                                                      -\sin\alpha\sin y
                                                                                                                                 \cos \beta
                                   \sin \beta \sin y
                                                                                       \sin \beta \cos y
                                                                                                                                 \cos \beta
                     -\sin\alpha\sin y + \cos\alpha\cos\beta\cos y
                                                                         -\cos\alpha\cos\beta\sin y - \sin\alpha\cos y
                                                                                                                                \cos \alpha \sin \beta
Euler 12
                     \sin \alpha \cos \beta \cos y + \cos \alpha \sin y
                                                                            \cos \alpha \cos y - \sin \alpha \cos \beta \sin y
                                                                                                                                \sin \alpha \sin \beta
                                   -\sin\beta\cos y
                                                                                           \sin \beta \sin y
                                                                                                                                    \cos \beta
                 \cos \alpha \cos \beta
                                      \cos \alpha \sin \beta \sin y - \sin \alpha \cos y \quad \cos \alpha \sin \beta \cos y + \sin \alpha \sin y
Fixed 1
                 \sin \alpha \cos \beta
                                      \sin \alpha \sin \beta \sin y + \cos \alpha \cos y \quad \sin \alpha \sin \beta \cos y - \cos \alpha \sin y
                     -\sin\beta
                                                      \cos \beta \sin y
                                                                                                        \cos \beta \cos y
                                           -\cos\alpha\sin\beta\cos y + \sin\alpha\sin y
                                                                                                  \cos \alpha \sin \beta \sin y + \sin \alpha \cos y
                   \cos \alpha \cos \beta
Fixed 2
                        \sin \beta
                                                           \cos \beta \cos y
                                                                                                                -\cos\beta\sin y
                  -\sin\alpha\cos\beta
                                           \sin \alpha \sin \beta \cos y + \cos \alpha \sin y
                                                                                                -\sin\alpha\sin\beta\sin y + \cos\alpha\cos y
                  -\sin\alpha\sin\beta\sin y + \cos\alpha\cos y
                                                                       -\sin\alpha\cos\beta
                                                                                                 \sin \alpha \sin \beta \cos y + \cos \alpha \sin y
Fixed 3
                   \cos \alpha \sin \beta \sin y + \sin \alpha \cos y
                                                                         \cos \alpha \cos \beta
                                                                                                 -\cos\alpha\sin\beta\cos y + \sin\alpha\sin y
                                 -\cos\beta\sin y
                                                                              \sin \beta
                                                                                                                 \cos \beta \cos y
                                \cos \beta \cos y
                                                                       -\sin\beta
                                                                                                        \cos \beta \sin y
Fixed 4
                 \cos \alpha \sin \beta \cos y + \sin \alpha \sin y
                                                                   \cos \alpha \cos \beta
                                                                                         \cos \alpha \sin \beta \in y - \sin \alpha \cos y
                 \sin \alpha \sin \beta \cos y - \cos \alpha \sin y
                                                                    \sin \alpha \cos \beta
                                                                                        \sin \alpha \sin \beta \sin y + \cos \alpha \cos y
                 \sin \alpha \sin \beta \sin y + \cos \alpha \cos y
                                                                    \sin \alpha \sin \beta \cos y - \cos \alpha \sin y
                                                                                                                      \sin \alpha \cos \beta
Fixed 5
                                \cos \beta \sin y
                                                                                  \cos \beta \cos y
                                                                                                                          -\sin\beta
                 \cos \alpha \sin \beta \sin y - \sin \alpha \cos y
                                                                    \cos \alpha \sin \beta \cos y + \sin \alpha \sin y
                                                                                                                      \cos \alpha \cos \beta
                                  \cos \beta \cos y
                                                                                       -\cos\beta\sin y
                                                                                                                                    \sin \beta
Fixed 6
                   \sin \alpha \sin \beta \cos y + \cos \alpha \sin y
                                                                        -\sin\alpha\sin\beta\sin y + \cos\alpha\cos y
                                                                                                                              -\sin\alpha\cos\beta
                  -\cos\alpha\sin\beta\cos y + \sin\alpha\sin y
                                                                         \cos \alpha \sin \beta \sin y + \sin \alpha \cos y
                                                                                                                               \cos \alpha \cos \beta
                        \cos \beta
                                                         \sin \beta \sin y
                                                                                                              \sin \beta \cos y
                                                                                            -\cos\alpha\sin y - \sin\alpha\cos\beta\cos y
Fixed 7
                    \sin \alpha \sin \beta
                                          \cos \alpha \cos y - \sin \alpha \cos \beta \sin y
                  -\cos\alpha\sin\beta
                                         \sin \alpha \cos y + \cos \alpha \cos \beta \sin y
                                                                                           -\sin\alpha\sin y + \cos\alpha\cos\beta\cos y
                      \cos \beta
                                                      -\sin\beta\cos y
                                                                                                              \sin \beta \sin y
Fixed 8
                 \cos \alpha \sin \beta
                                      -\sin\alpha\sin y + \cos\alpha\cos\beta\cos y
                                                                                             -\cos\alpha\cos\beta\sin y - \sin\alpha\cos y
                 \sin \alpha \sin \beta
                                        \sin \alpha \cos \beta \cos y + \cos \alpha \sin y
                                                                                              \cos \alpha \cos y - \sin \alpha \cos \beta \sin y
                   \cos \alpha \cos y - \sin \alpha \cos \beta \sin y
                                                                        \sin \alpha \sin \beta
                                                                                              \sin \alpha \cos \beta \cos y + \cos \alpha \sin y
                                                                                                            -\sin\beta\cos y
Fixed 9
                                   \sin \beta \sin y
                                                                            \cos \beta
                   -\cos \alpha \cos \beta \sin y - \sin \alpha \cos y \cos \alpha \sin \beta - \sin \alpha \sin y + \cos \alpha \cos \beta \cos y
                    -\sin\alpha\sin y + \cos\alpha\cos\beta\cos y
                                                                          -\cos\alpha\sin\beta \quad \sin\alpha\cos y + \cos\alpha\cos\beta\sin y
Fixed 10
                                     \sin \beta \cos y
                                                                                 \cos \beta
                                                                                                                  \sin \beta \sin y
                     -\cos\alpha\sin y - \sin\alpha\cos\eta\cos y
                                                                            \sin \alpha \sin \beta
                                                                                                   \cos \alpha \cos y - \sin \alpha \cos \beta \sin y
                    \cos \alpha \cos y - \sin \alpha \cos \beta \sin y - \cos \alpha \sin y - \sin \alpha \cos \beta \cos y
                                                                                                                               \sin \alpha \sin \beta
Fixed 11
                    \sin \alpha \cos y + \cos \alpha \cos \beta \sin y -\sin \alpha \sin y + \cos \alpha \cos \beta \cos y
                                                                                                                             -\cos\alpha\sin\beta
                                   \sin \beta \sin y
                                                                                       \sin \beta \cos y
                                                                                                                                   \cos \beta
                     -\sin\alpha\sin y + \cos\alpha\cos\beta\cos y - \cos\alpha\cos\beta\sin y - \sin\alpha\cos y
                                                                                                                                \cos \alpha \sin \beta
Fixed 12
                     \sin \alpha \cos \beta \cos y + \cos \alpha \sin y
                                                                            \cos \alpha \cos y - \sin \alpha \cos \beta \sin y
                                                                                                                                 \sin \alpha \sin \beta
                                   -\sin\beta\cos y
                                                                                           \sin \beta \sin y
                                                                                                                                     \cos \beta
```