射影を用いた関節角度制限方法

(株)バンダイナムコゲームス
コンテンツ制作本部
制作統括ディビジョン
技術部　技術サポート課

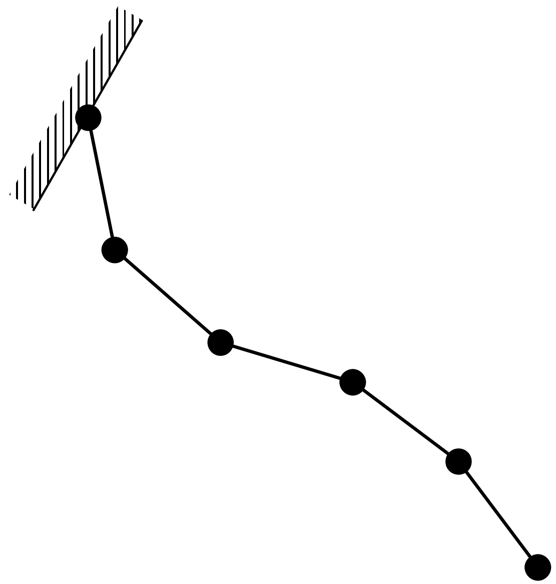
山口兼太郎

Kentaro_Yamaguchi@bandainamcogames.co.jp

BANDAI NAMCO Games

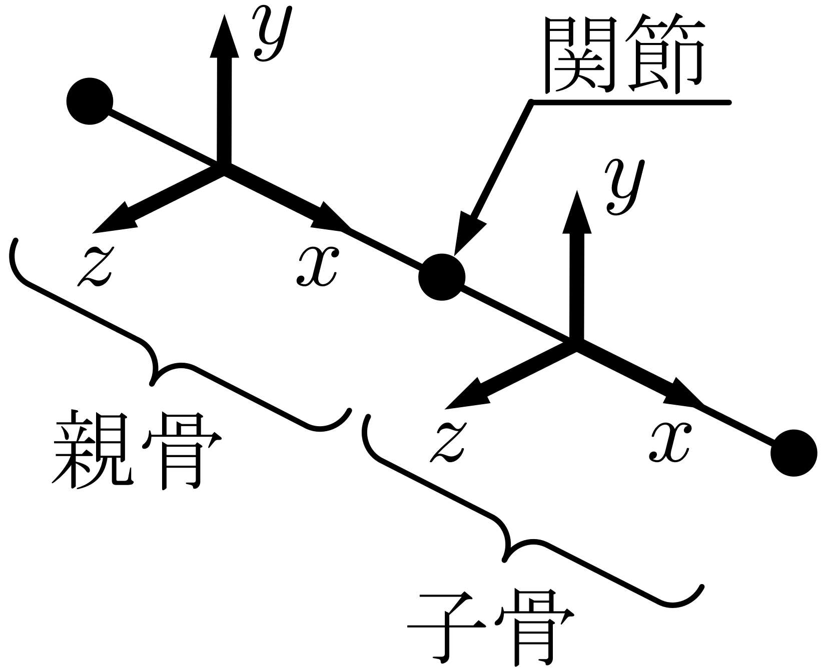
射影を用いた関節角度制限方法

- 鉄拳6 の揺れ物(髪，マフラー，鎖 etc.)に使用



- 一般の関節構造(キャラクタ等)にも適用可能

親骨と子骨



BANDAI NAMCO Games

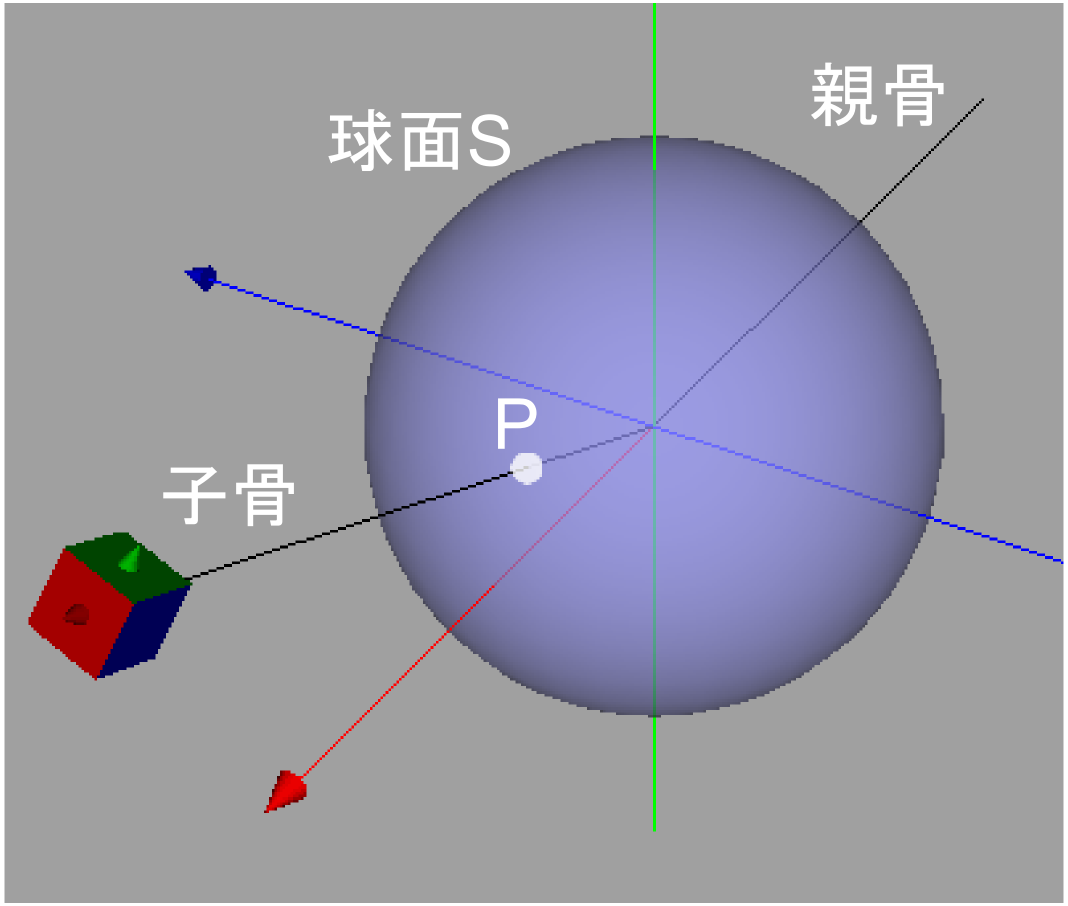
曲げ状態⇔点Pの位置

球面S

関節を中心とする半径1の球

点P

子骨と球面Sとの交点



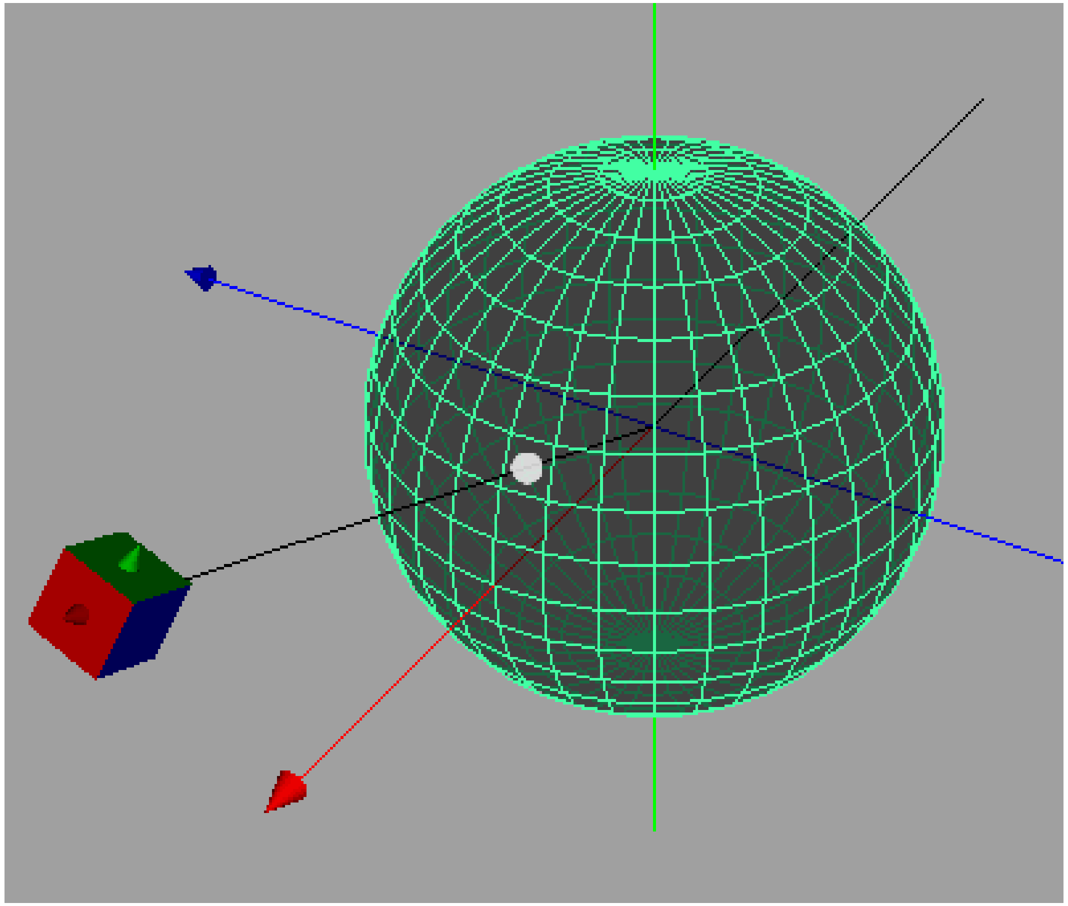
従来方式

x,y,z 3軸の回転角（回転順序はx,z,yとする）

y軸回転角(Yrot): 経度

z軸回転角(Zrot): 緯度

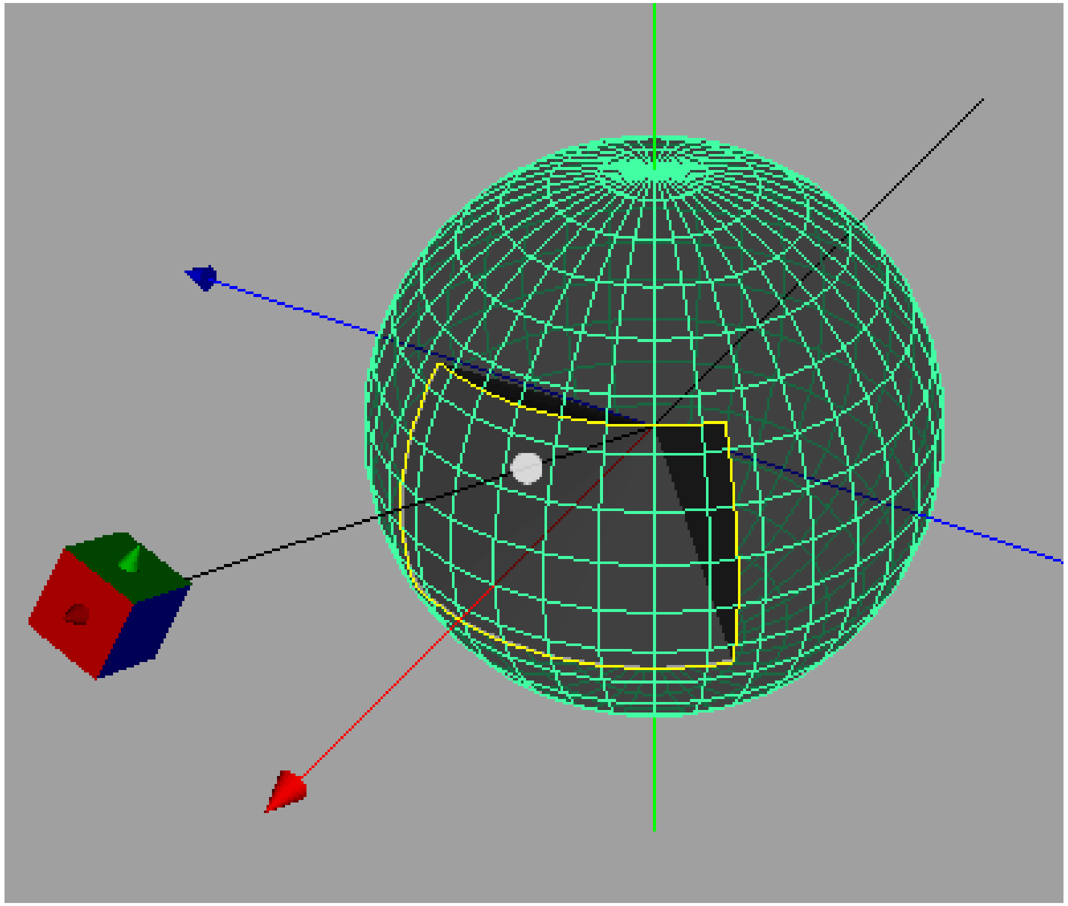
北極・南極が特異点



従来方式

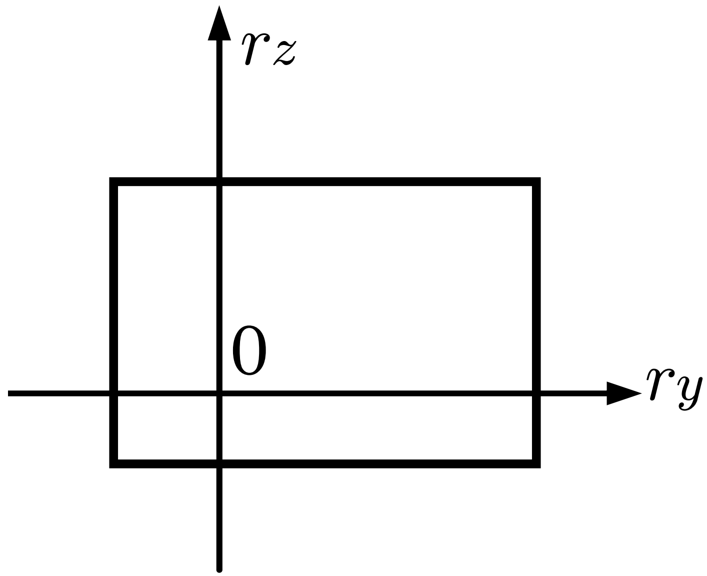
Yrot, Zrot に上下限を設ける

北極・南極を超える範囲設定ができない

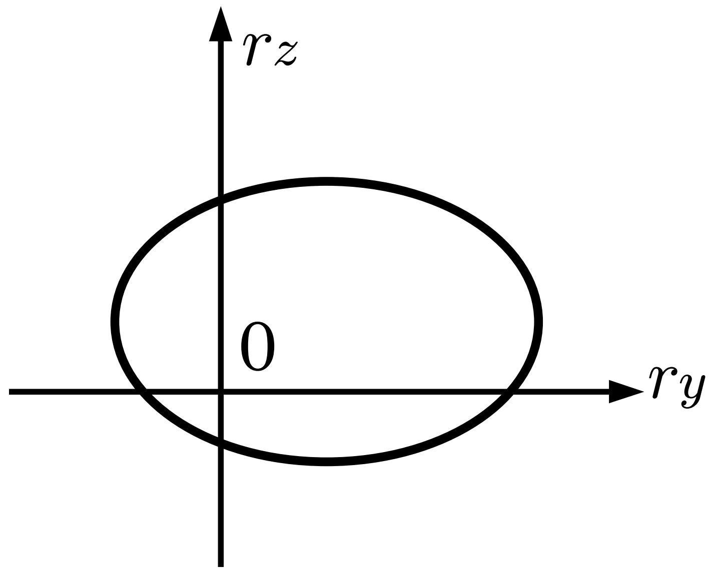


従来手法(3軸回転角)

矩形制限

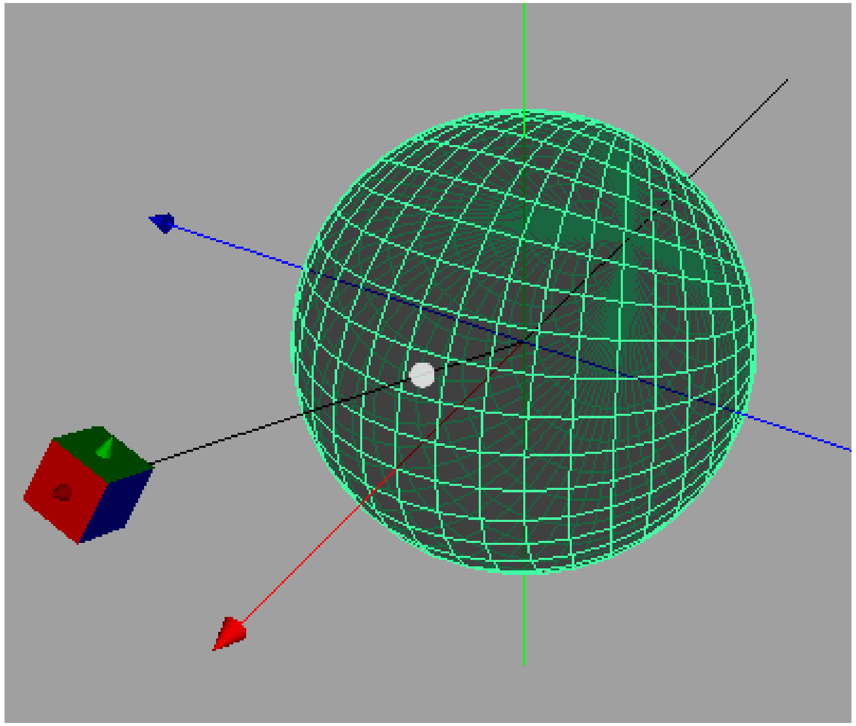


楕円制限



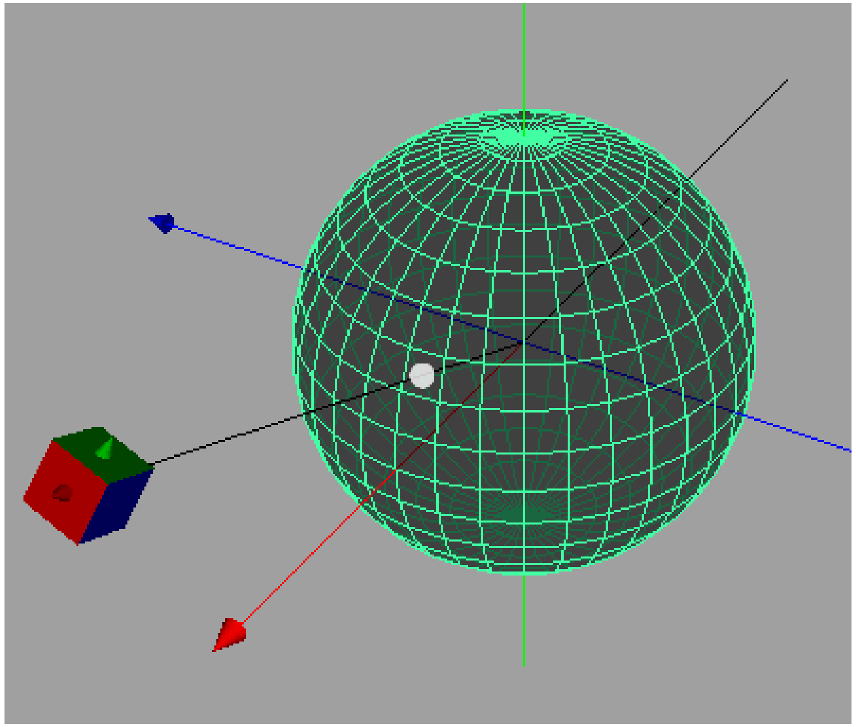
射影方式のグリッド

射影方式



特異点 1個
向こう側⇒邪魔になりにくい

従来方式



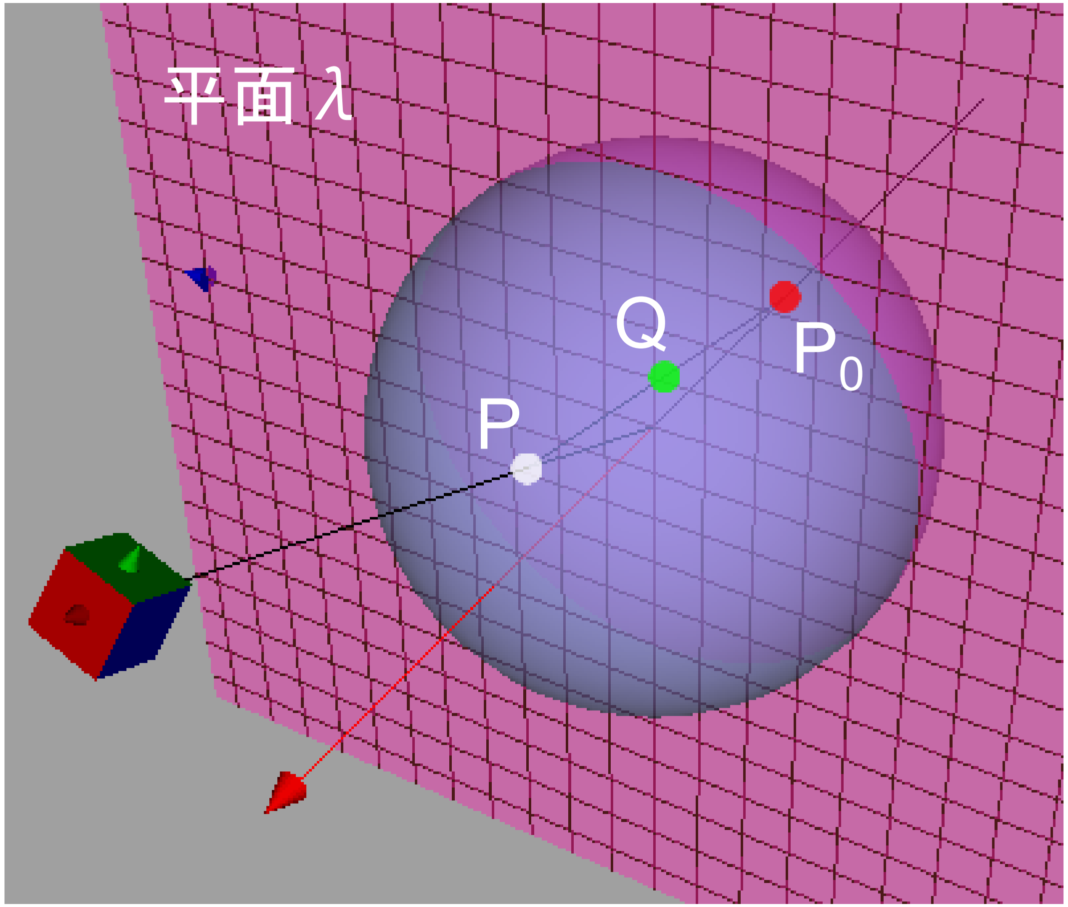
特異点 2個
北極・南極

球面Sから平面λへの射影

平面λ: yz平面

P_0 : 極(-1, 0, 0)
P : 球面S上
Q : 平面λ上

P_0を原点として
P を平面λ上に射影
⇒ Q



変換式(xyz⇔st)

$$\mathrm{P} = (x, y, z)$$

$$\mathrm{Q} = (s, t)$$

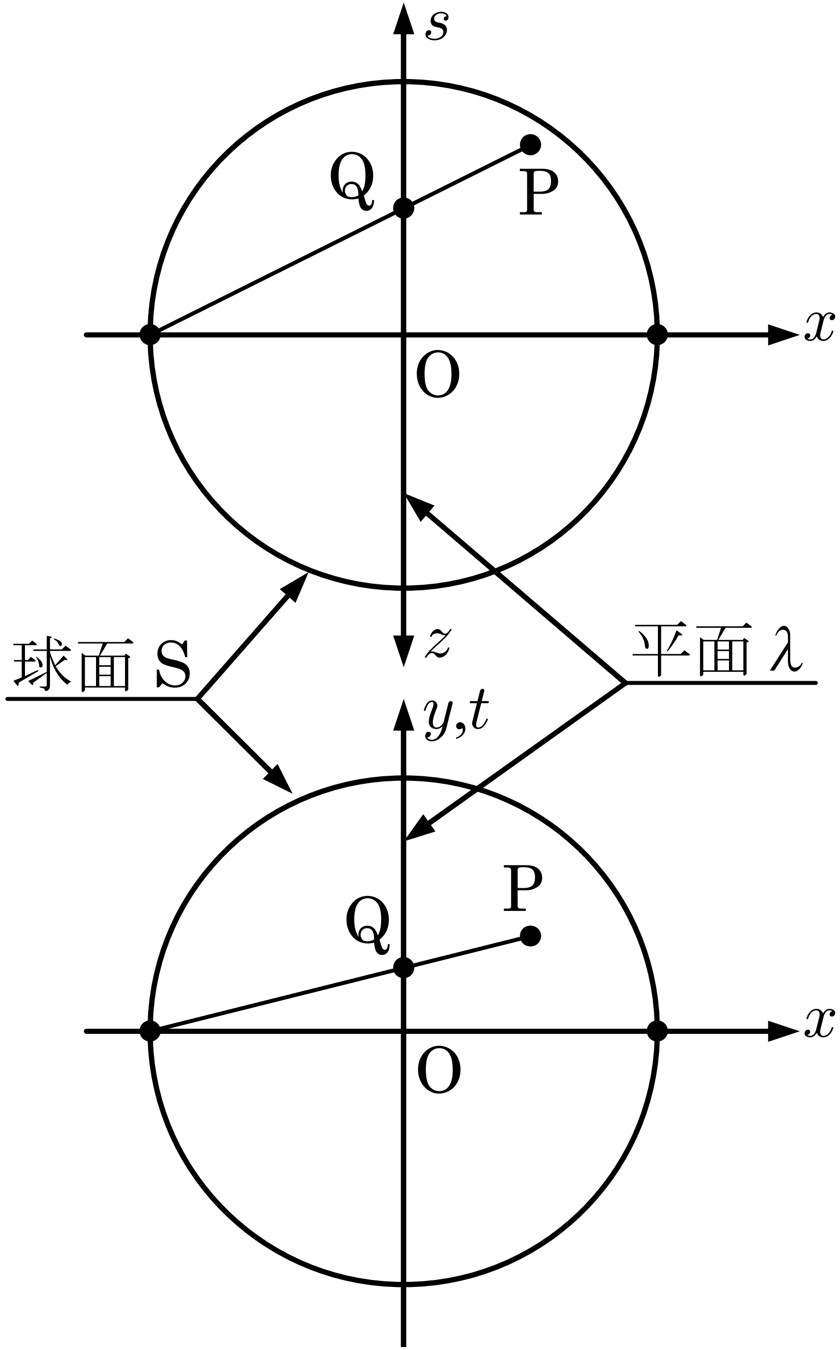
$$s = -z/(x+1)$$

$$t = y/(x+1)$$

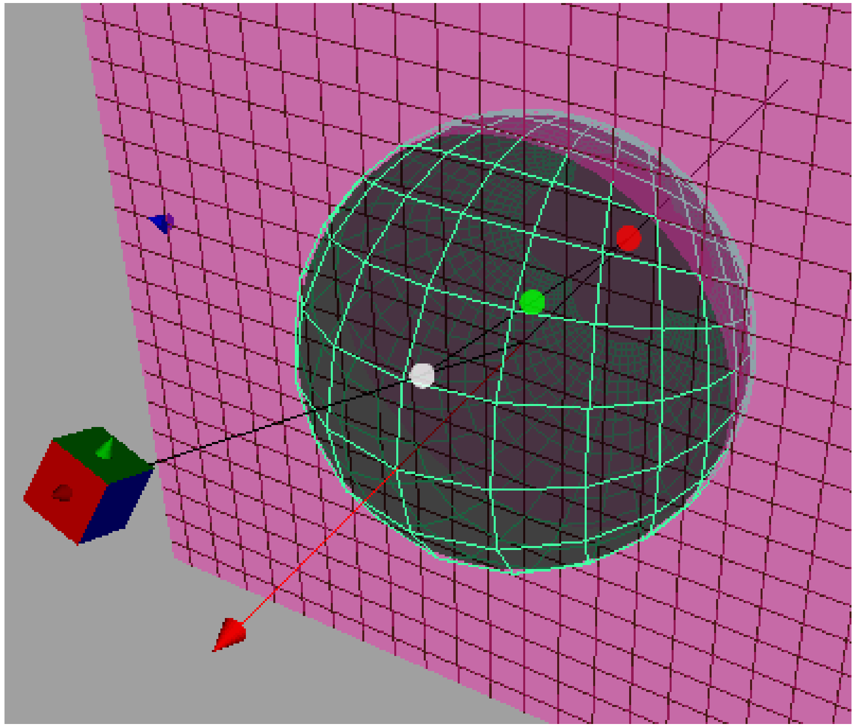
$$x = 2/(s^2 + t^2 + 1) - 1$$

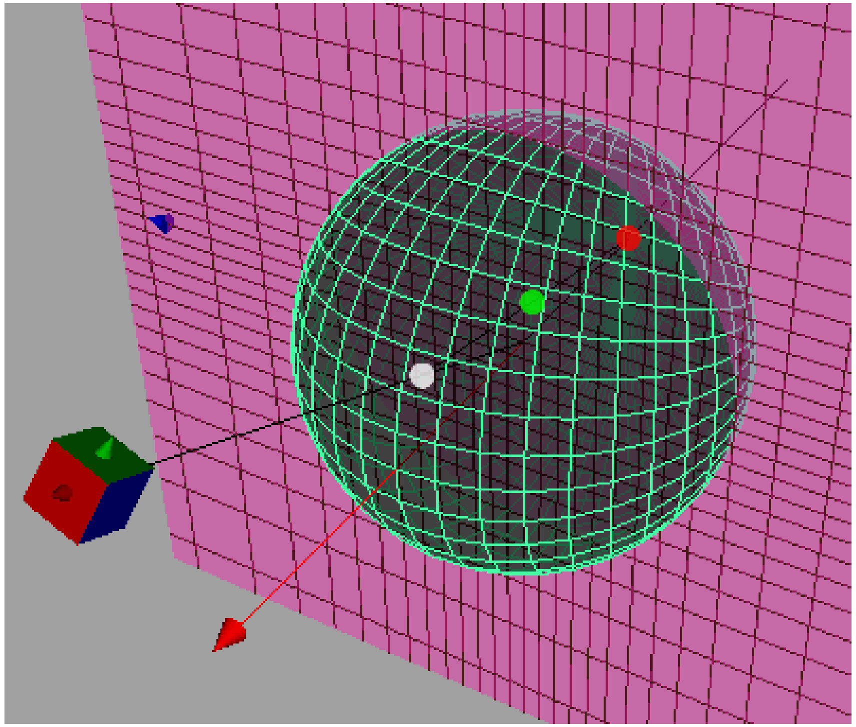
$$y = 2t/(s^2 + t^2 + 1)$$

$$z = -2s/(s^2 + t^2 + 1)$$



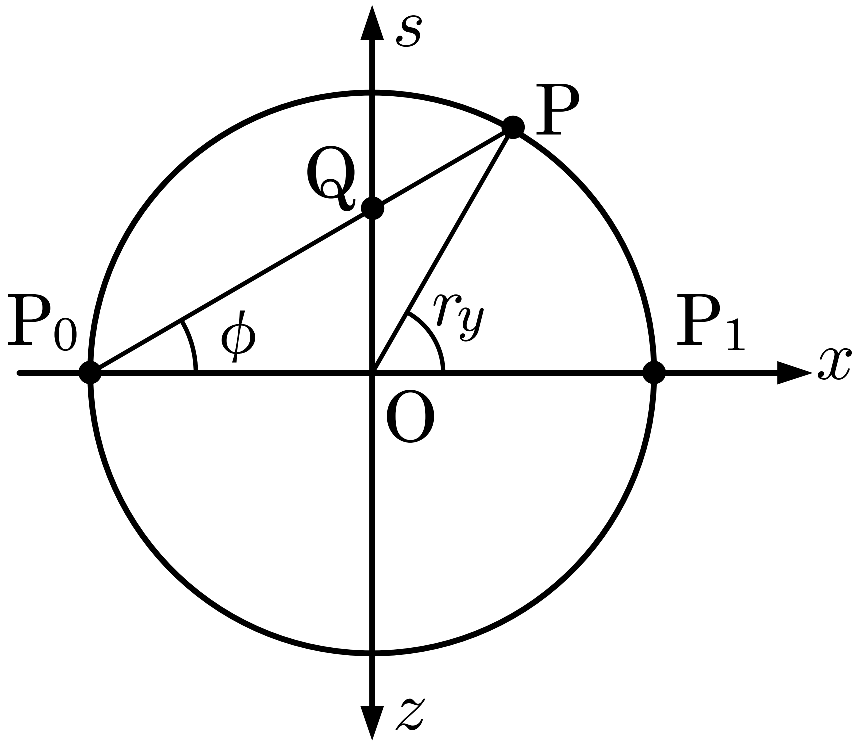
λ上のグリッドを球面Sに射影





等間隔グリッドの設定

$$\angle \mathrm{P_0\,P\,O} = \angle \mathrm{P\,P_0\,O}$$
$$= \phi$$
$$\angle \mathrm{P_0\,P\,O} + \angle \mathrm{P\,P_0\,O}$$
$$= \angle \mathrm{P\,O\,P_1} = r_y$$
$$\therefore\ \phi = r_y / 2$$



$$s = \mathrm{OQ} = \tan(r_y / 2)$$

同様に

$$t = \tan(r_z / 2)$$

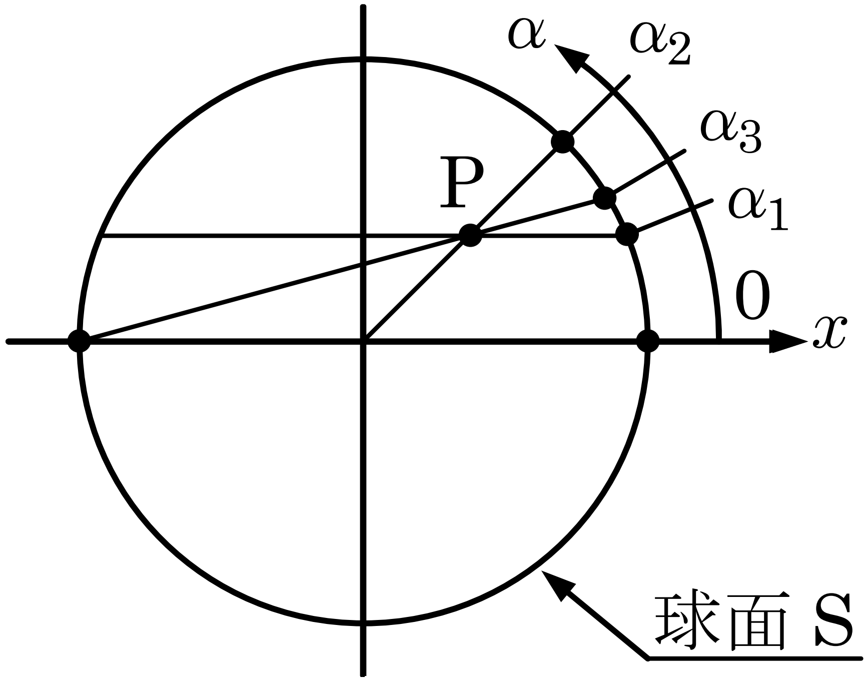
緯度経度との比較

球面上の点P

αが緯度 ⇒ P→α_1

αが経度 ⇒ P→α_2

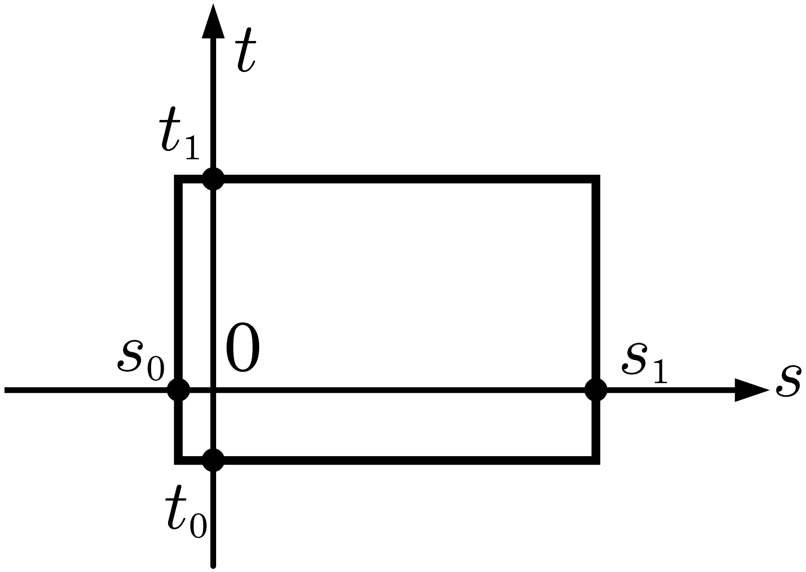
射影方式 ⇒ P→α_3
α_1とα_2の間の値

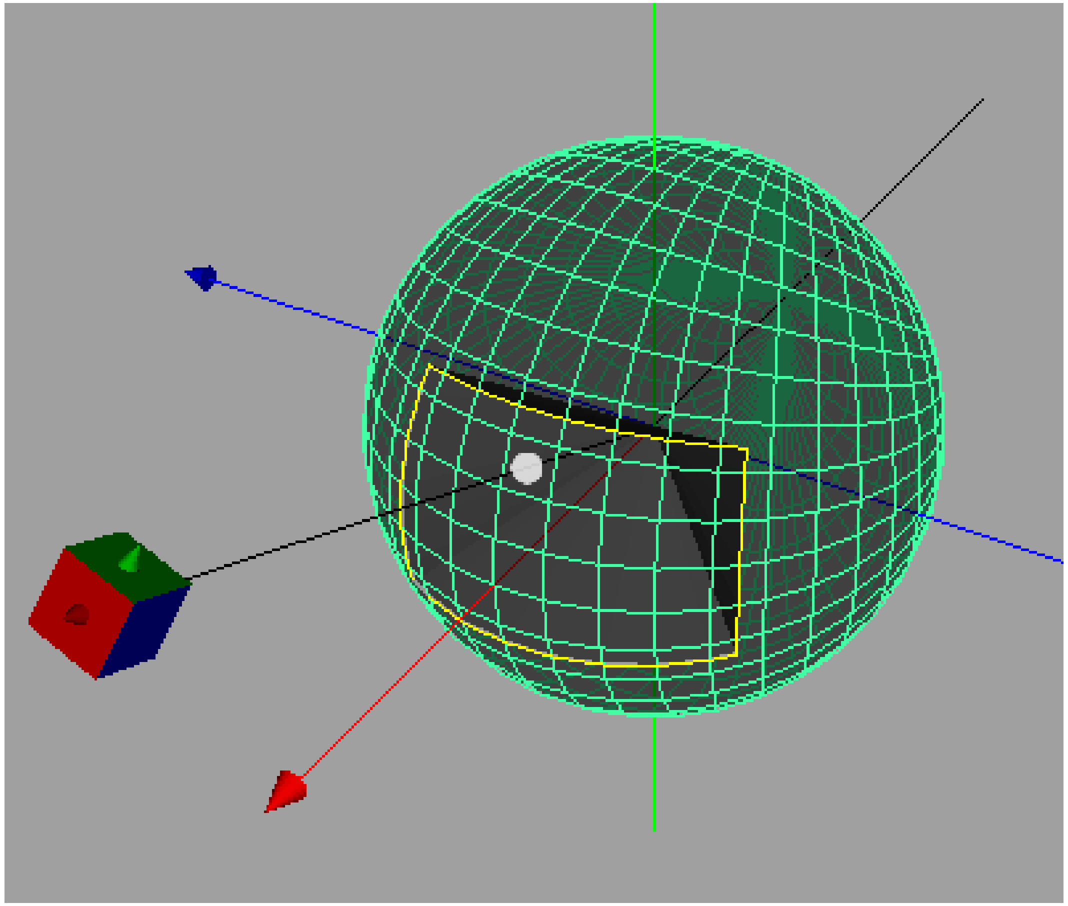


BANDAI NAMCO Games

可動範囲の設定

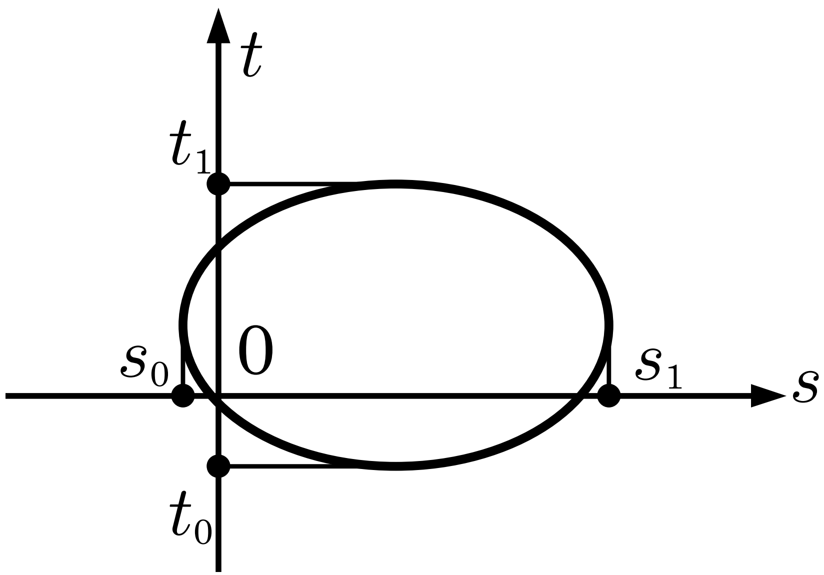
- 矩形制限

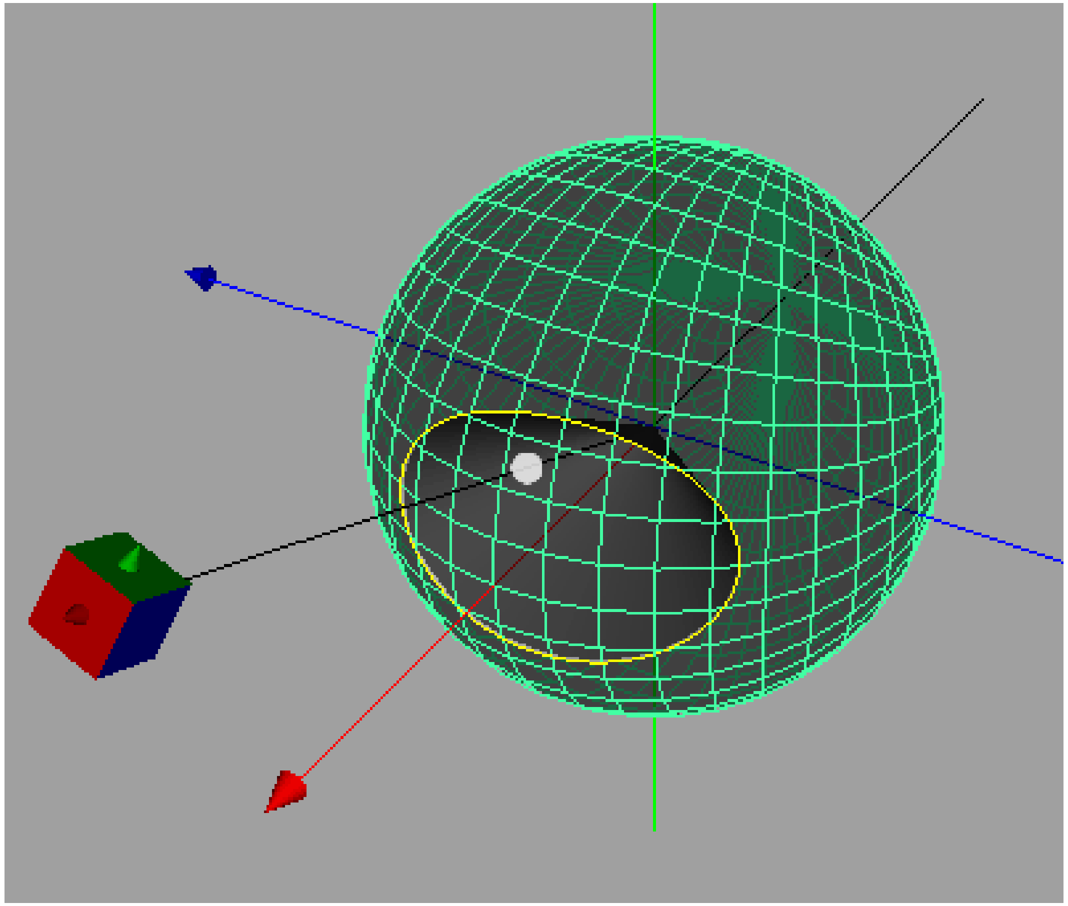




可動範囲の設定

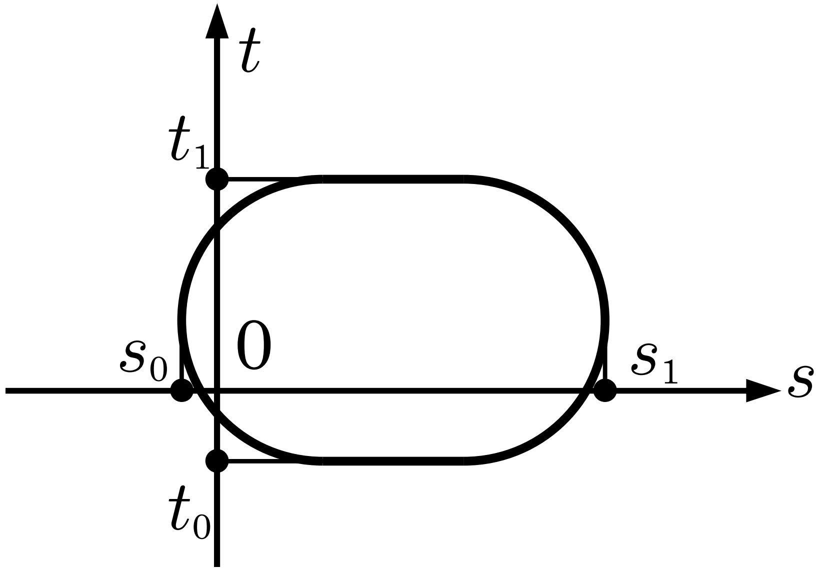
- 楕円制限

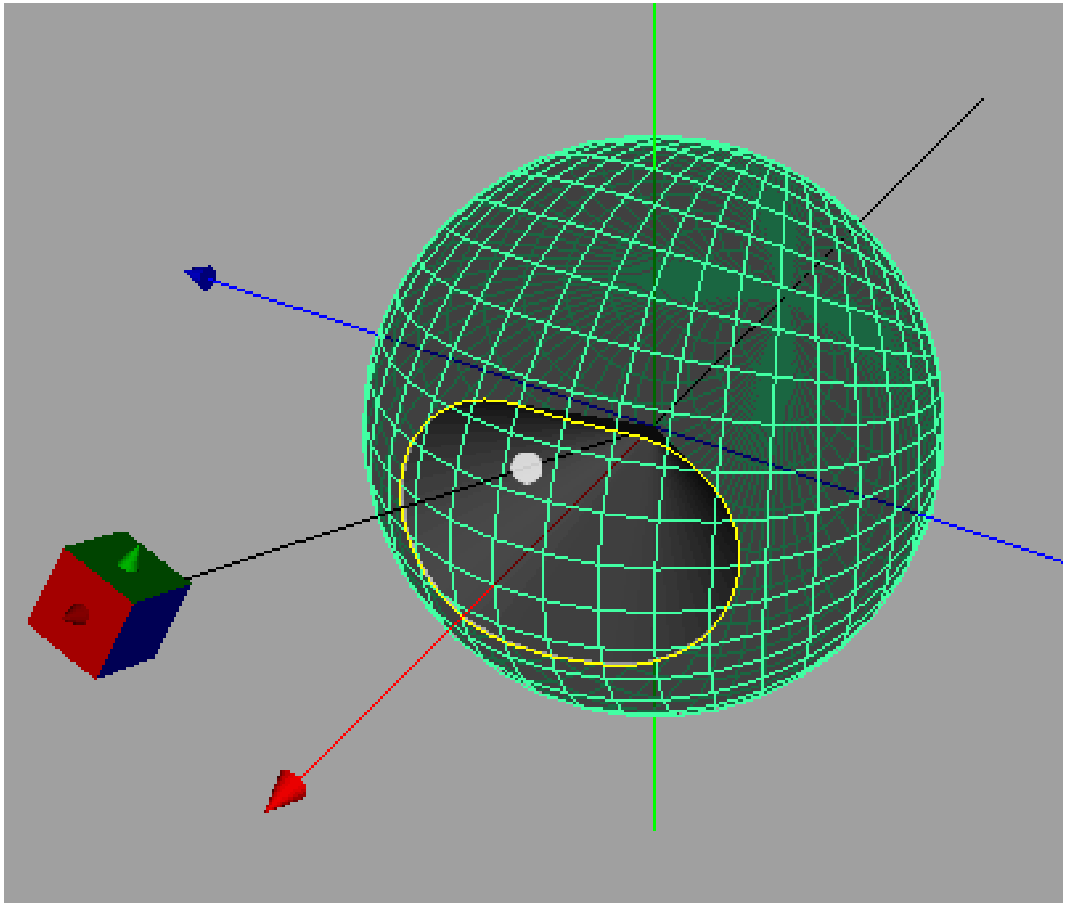




可動範囲の設定

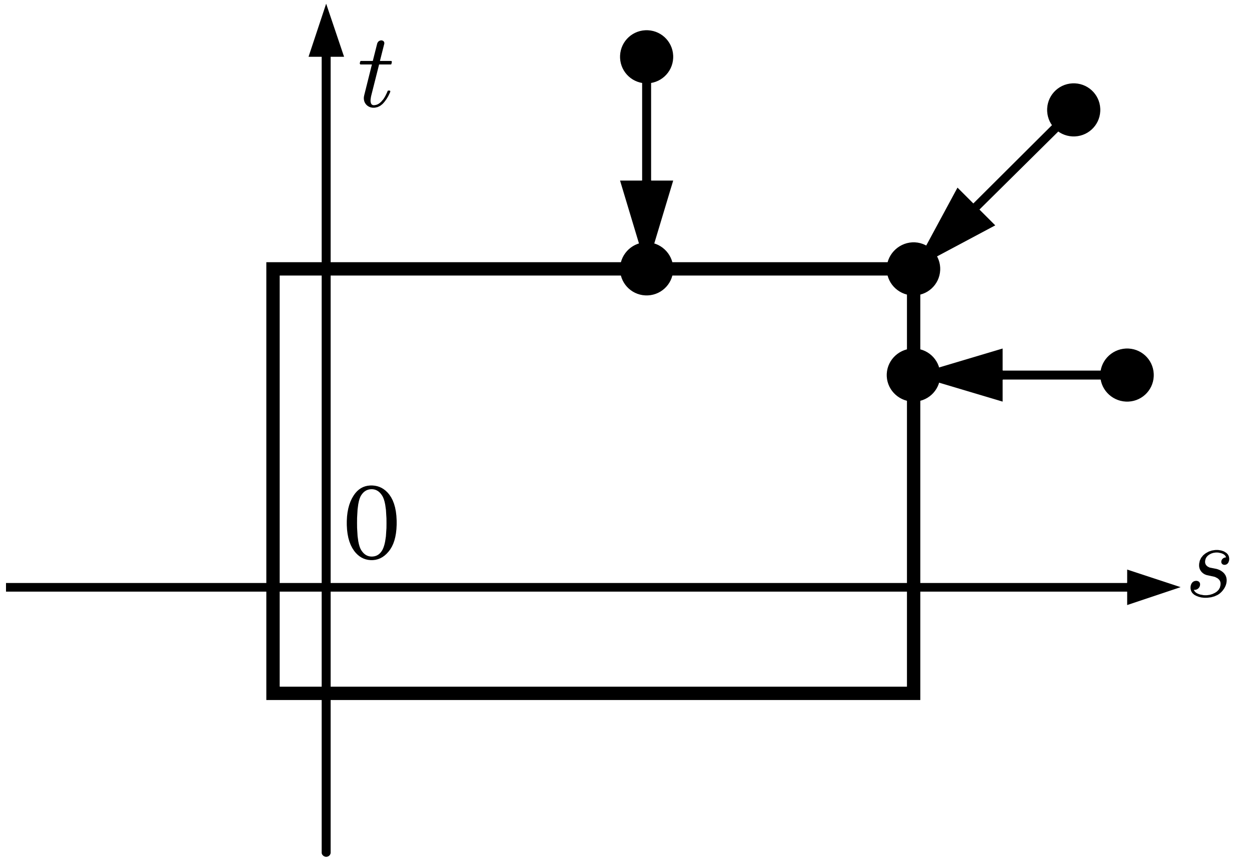
- 小判型制限





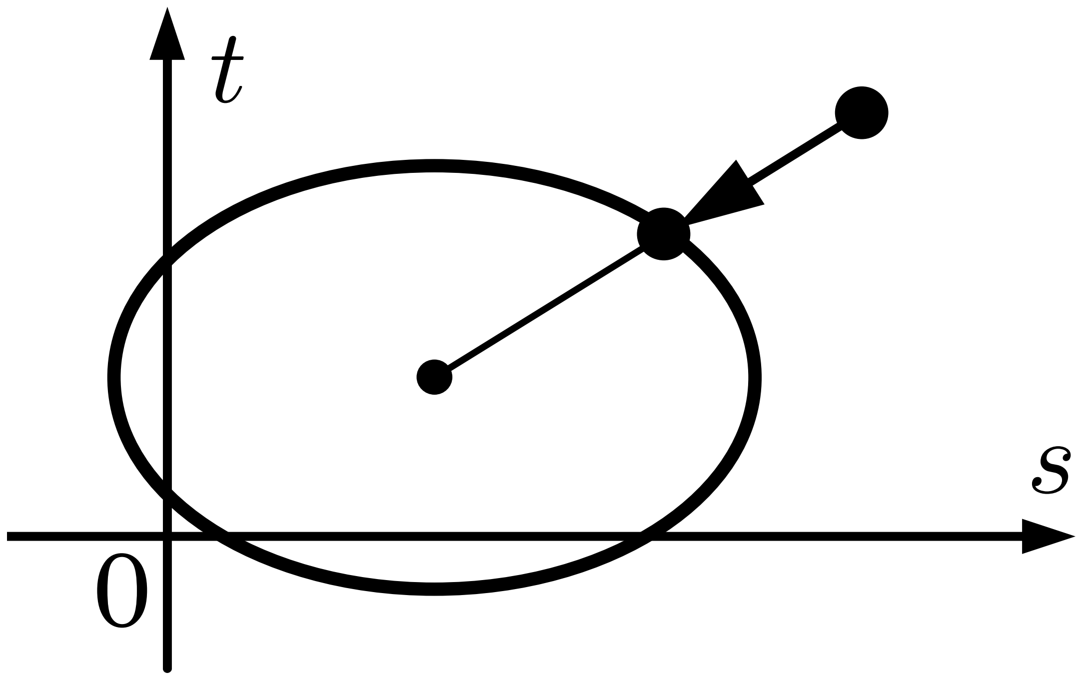
可動領域を超えた場合の修正

- 矩形制限(簡易解)



可動領域を超えた場合の修正

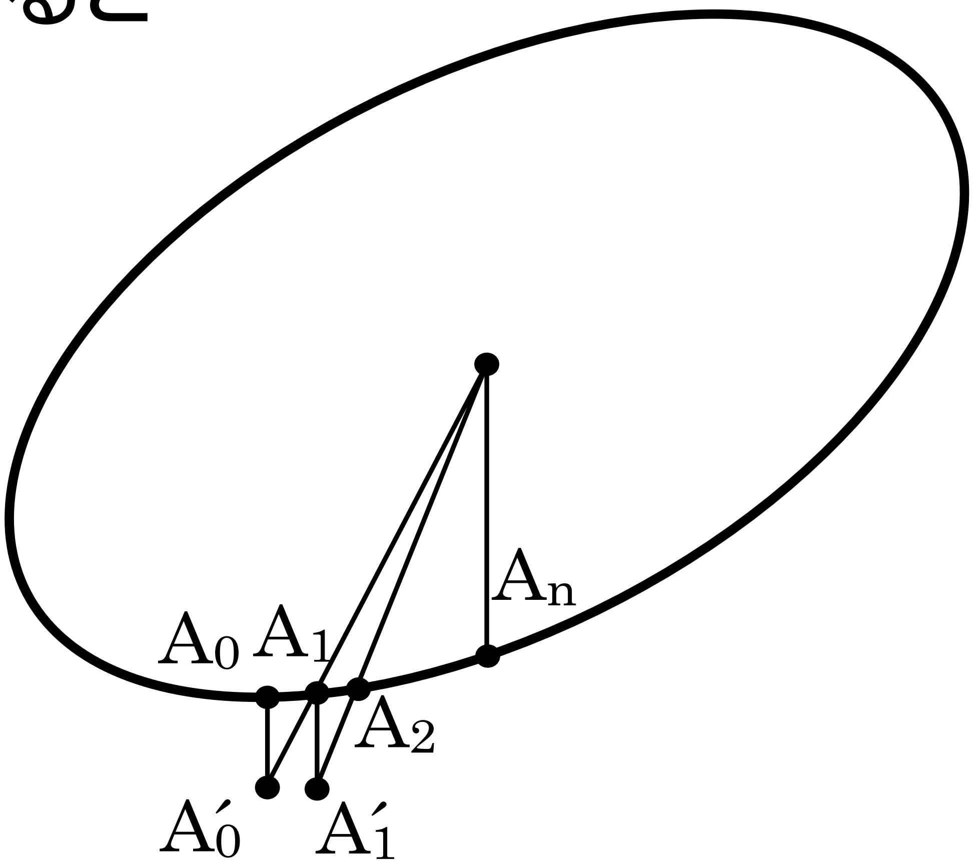
- 楕円制限(簡易解)



楕円制限簡易解の不具合

下方向に引っ張ると・・・

$A_0 \rightarrow A_0' \rightarrow$
$A_1 \rightarrow A_1' \rightarrow$
・・・・・・ $\rightarrow$
A_n



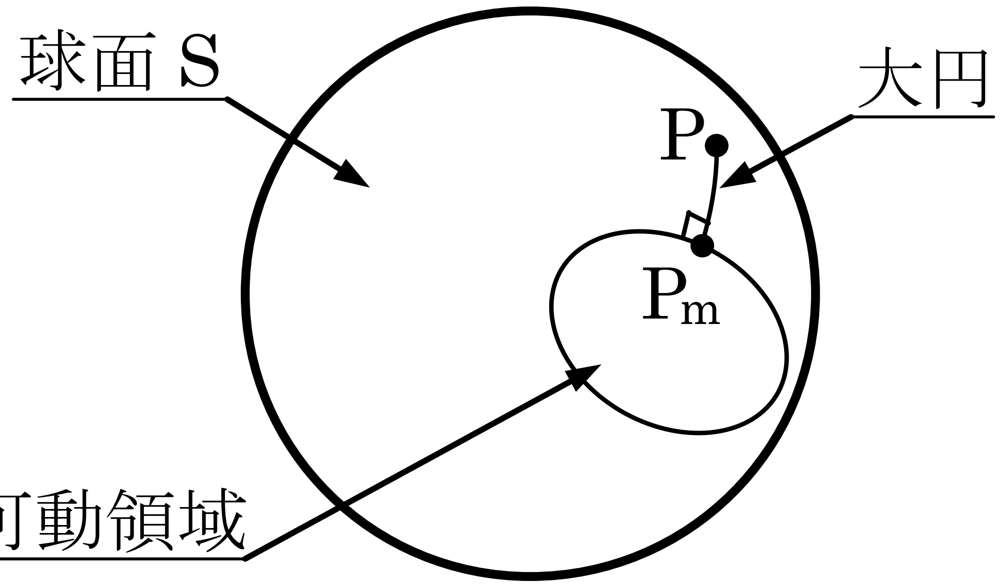
A_0ではなく
A_nに落ち着く

最適解

Pから可動領域への最短コース：ＰＰ$_m$

Ｐを通り境界に直交する大円

P$_m$を最適解とする



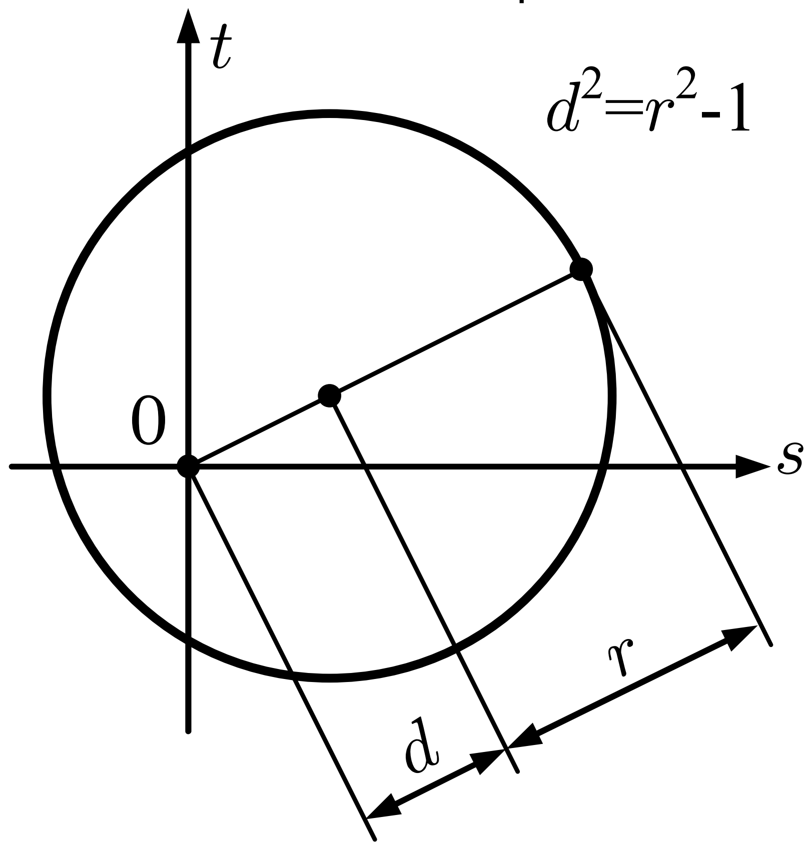
射影の特徴

- 2本の線が交わる角度は，射影によって変わらない(等角写像)
- S上の円は，λ上の円または直線に射影される (逆も成り立つ)

射影の特徴(詳細)

球面 S		平面 λ
大円	極を通る	直線 (原点(0, 0)を通る)
	極を通らない	円 (条件C_1を満たす)
小円	極を通る	直線 (原点(0, 0)を通らない)
	極を通らない	円 (条件C_1を満たさない)

条件C_1



射影の特徴を利用

平面λ上で

円と直線で可動領域形状を作る

→ × 楕円制限

→ ○ 小判型制限

捻り角

- 1変数なので，曲げよりも簡単
- ただし，捻り0 の向きの定義が重要

  曲げた状態での捻り0 とは?

捻り0の向き

従来方式:
グリッドと一致
(子骨のy軸が経線の北方向)

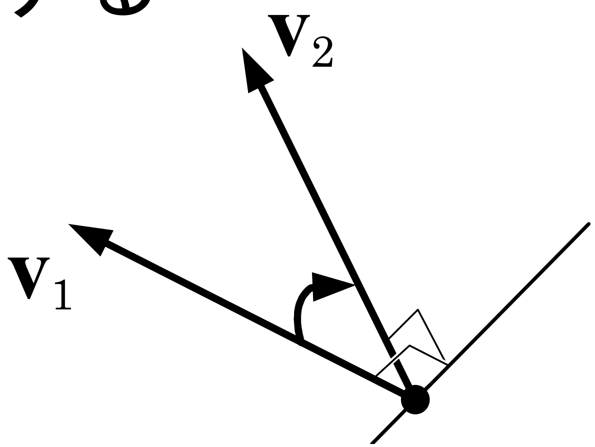
捻り0の向き

射影方式:

グリッドと一致させたい

↓

基準状態から「単純回転」させた状態を，
捻り0 とする



$\mathbf{v}_1$から$\mathbf{v}_2$への単純回転

射影を用いた関節角度制限方法

まとめ

球面S上の可動領域

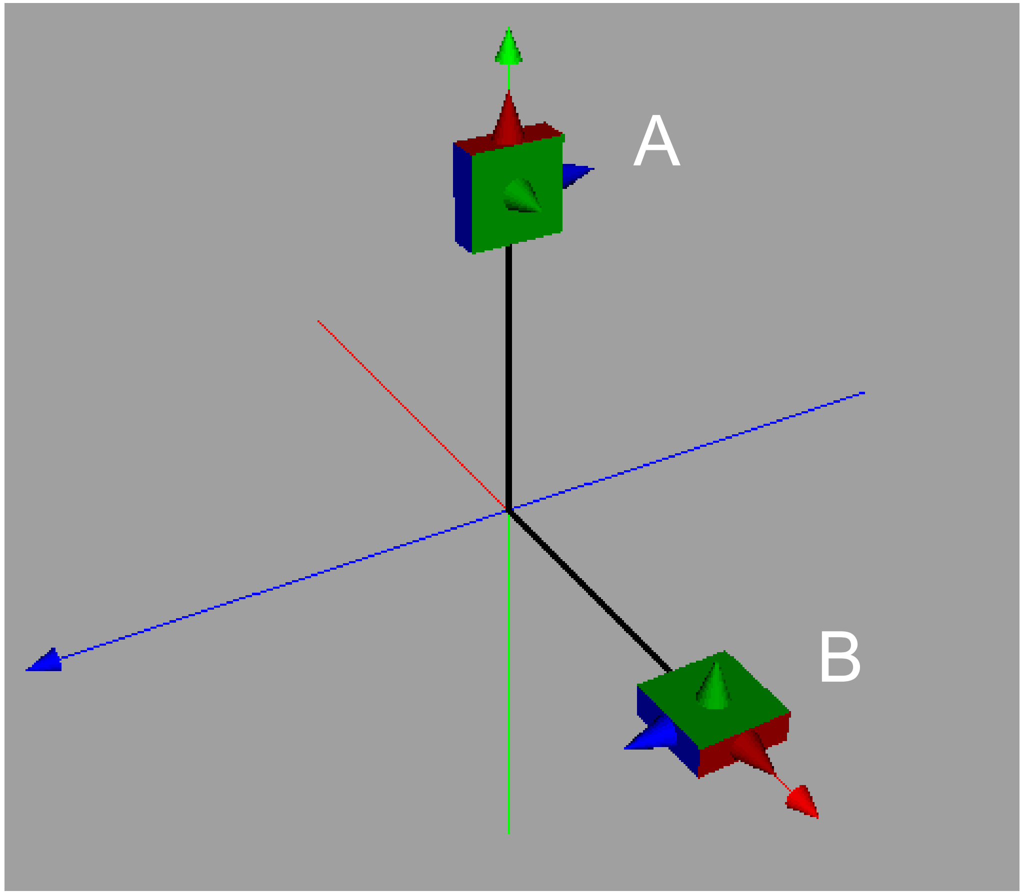
射影

平面λ上の可動領域

- 特異点 1個 ⇒ 広い可動範囲の設定
- 従来手法と同様の分かり易さ･簡便さ

補遺: 曲げ捻り個別処理の是非

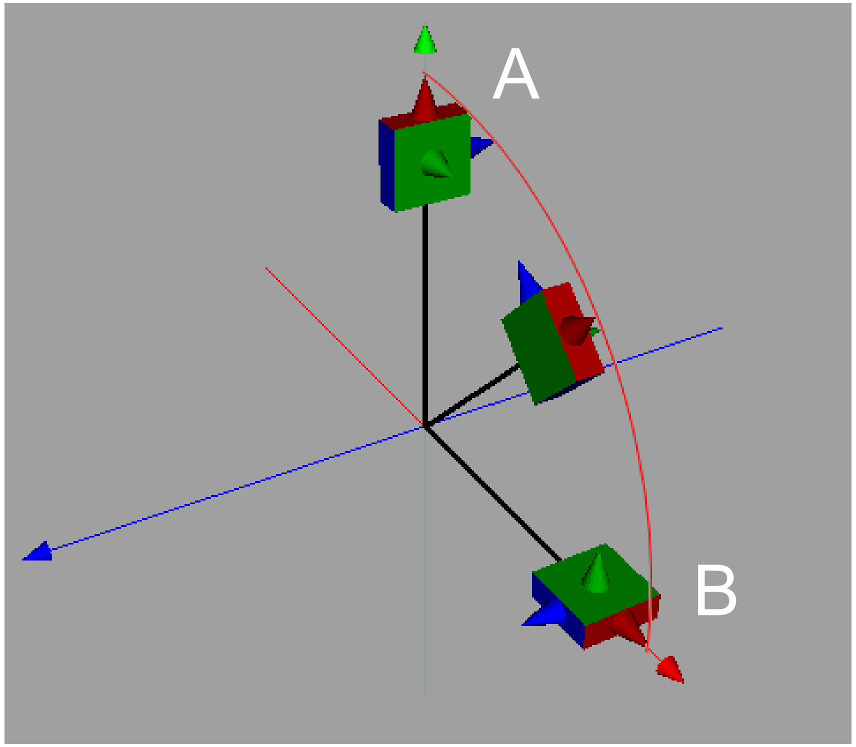
問: A, B の中間の状態は?



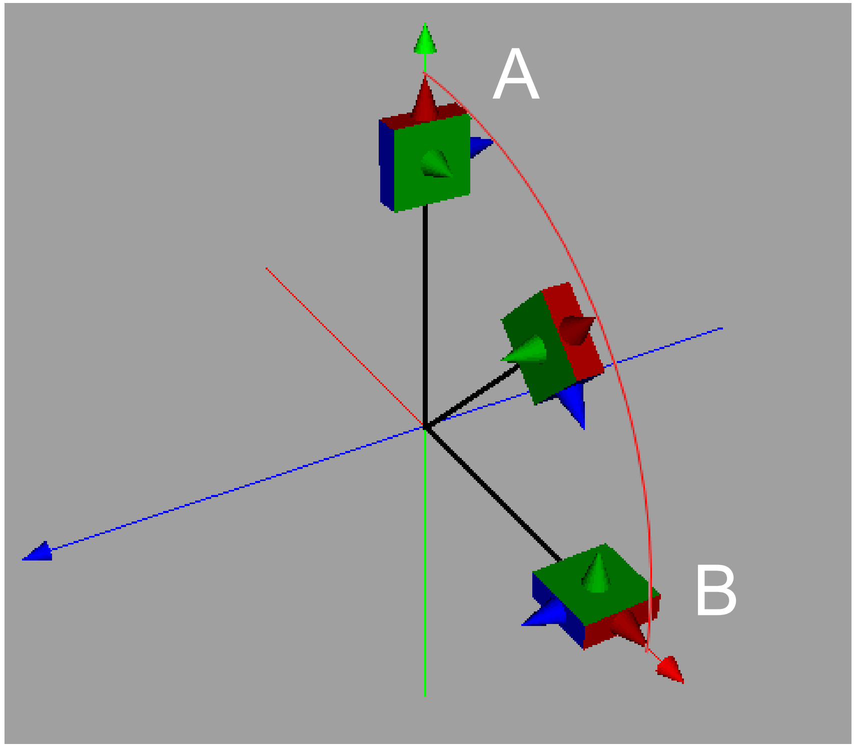
補遺: 曲げ捻り個別処理の是非

答1

関節の状態を，曲げ捻りに分け，個別に扱う



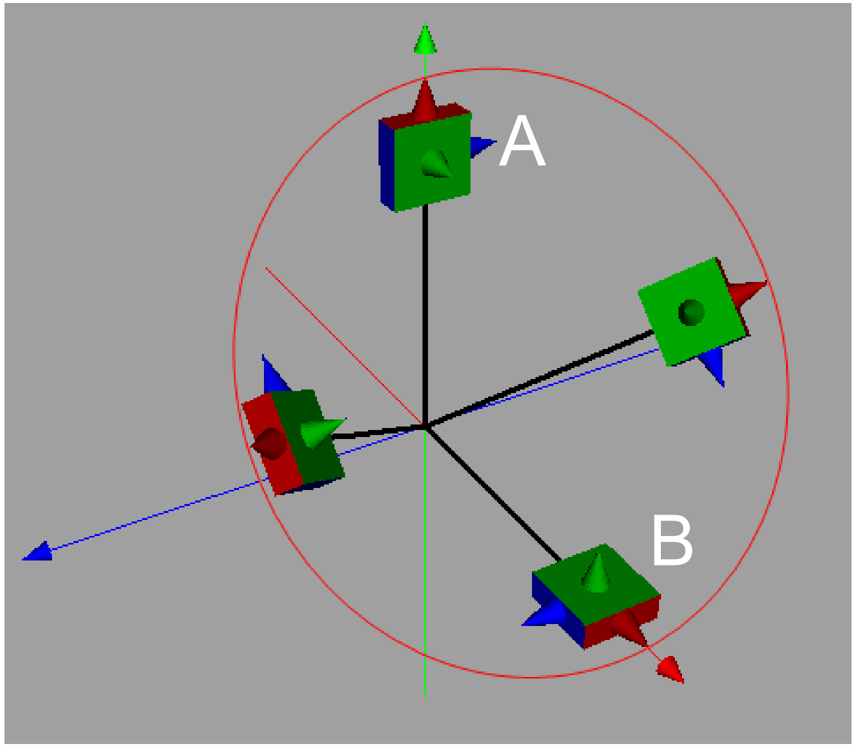
or



補遺: 曲げ捻り個別処理の是非

答2

関節の状態を，曲げ捻りに分けず，一つの回転として扱う



補遺: 曲げ捻り個別処理の是非

答1, 答2 どちらが自然か?

→ 何が自然かは，主観による･･･

仮説を導入

・「A, B の中間状態」は，AからBに至る最短経路上にある
・上記最短経路は，この3次元空間*内の経路とする

*我々が普段見ている3次元空間

仮説に従う

→ 答1 を採用する
→ 関節の状態を，曲げ捻りに分け，個別に扱う