

# 目次

序文	i
まえがき	iii
<b>第1章 序論</b>	<b>1</b>
1.1 本書の目的	1
1.2 本書の構成	2
1.3 その他の特徴	4
<b>第2章 代数的記述による3次元幾何学</b>	<b>7</b>
2.1 ベクトル	7
2.2 基底と成分	9
2.3 内積とノルム	10
2.4 ベクトル積	12
2.5 スカラ三重積	15
2.6 射影, 反射影, 反射, 鏡映	18
2.7 回転	20
2.8 平面	22
2.9 直線	24
2.10 平面と直線の関係	29
2.10.1 1点と直線を通る平面	29
2.10.2 平面と直線の交点	30

2.10.3 2平面の交線 . . . . .	31
補 足 . . . . .	32
演習問題 . . . . .	33
<b>第3章 斜交座標</b>	<b>37</b>
3.1 相反基底 . . . . .	37
3.2 相反成分 . . . . .	39
3.3 内積, ベクトル積, スカラ三重積 . . . . .	41
3.4 計量テンソル . . . . .	42
3.5 表現の相反関係 . . . . .	44
3.6 座標系の変換 . . . . .	46
補 足 . . . . .	51
演習問題 . . . . .	51
<b>第4章 ハミルトンの四元数代数</b>	<b>55</b>
4.1 四元数 . . . . .	55
4.2 四元数の代数系 . . . . .	56
4.3 共役四元数, ノルム, 逆元 . . . . .	58
4.4 四元数による回転の表示 . . . . .	59
補 足 . . . . .	65
演習問題 . . . . .	66
<b>第5章 グラスマンの外積代数</b>	<b>67</b>
5.1 部分空間 . . . . .	67
5.1.1 直 線 . . . . .	67
5.1.2 平 面 . . . . .	68
5.1.3 空 間 . . . . .	70

目次	iii
5.1.4 原点	72
5.2 外積代数	72
5.2.1 外積の公理	72
5.2.2 基底による表現	73
5.3 縮約	75
5.3.1 直線の縮約	75
5.3.2 平面の縮約	76
5.3.3 空間の縮約	77
5.3.4 縮約のまとめ	79
5.4 ノルム	81
5.5 双対	84
5.5.1 直交補空間の表現	84
5.5.2 基底による表現	86
5.6 直接表現と双対表現	89
補足	91
演習問題	93
<b>第6章 幾何学積とクリフォード代数</b>	<b>97</b>
6.1 グラスマン代数系	97
6.2 クリフォード代数系	99
6.3 奇多重ベクトルと偶多重ベクトル	100
6.4 グラスマン代数の実現	102
6.5 幾何学積の性質	103
6.5.1 縮約と外積による表現	104
6.5.2 逆元	105
6.6 射影, 反射影, 反射, 鏡映	108

6.7	幾何学積による回転の表示 . . . . .	109
6.7.1	鏡映による表現 . . . . .	109
6.7.2	面積要素による表現 . . . . .	111
6.7.3	回転子の指数表現 . . . . .	112
6.8	ベクトル作用子 . . . . .	113
補 足	. . . . .	115
演習問題	. . . . .	116
<b>第7章</b>	<b>同次空間とグラスマン-ケイリー代数</b>	<b>119</b>
7.1	同次空間 . . . . .	119
7.2	無限遠点 . . . . .	120
7.3	直線のプリュッカー座標 . . . . .	122
7.3.1	直線の表現 . . . . .	122
7.3.2	直線の方程式 . . . . .	123
7.3.3	直線の計算 . . . . .	124
7.4	平面のプリュッカー座標 . . . . .	125
7.4.1	平面の表現 . . . . .	126
7.4.2	平面の方程式 . . . . .	127
7.4.3	平面の計算 . . . . .	127
7.5	双対表現 . . . . .	130
7.5.1	直線の双対表現 . . . . .	131
7.5.2	平面の双対表現 . . . . .	132
7.5.3	点の双対表現 . . . . .	132
7.6	双対定理 . . . . .	133
7.6.1	双対点, 双対直線, 双対平面 . . . . .	133
7.6.2	結合と交差 . . . . .	134

7.6.3	点と直線の結合と平面と直線の交差 . . . . .	136
7.6.4	2点の結合と2平面の交差 . . . . .	137
7.6.5	3点の結合と3平面の交差 . . . . .	138
補 足	. . . . .	140
演習問題	. . . . .	143
<b>第8章</b>	<b>共形空間と共形幾何学—幾何学的代数—</b>	<b>145</b>
8.1	共形空間の内積 . . . . .	145
8.2	点, 平面, 球面の表現 . . . . .	147
8.2.1	点の表現 . . . . .	147
8.2.2	平面の表現 . . . . .	148
8.2.3	球面の表現 . . . . .	150
8.3	共形空間のグラスマン代数 . . . . .	150
8.3.1	直線の直接表現 . . . . .	150
8.3.2	平面の直接表現 . . . . .	152
8.3.3	球面の直接表現 . . . . .	152
8.3.4	円周と点対の直接表現 . . . . .	153
8.4	双対表現 . . . . .	154
8.4.1	平面の双対表現 . . . . .	155
8.4.2	直線の双対表現 . . . . .	156
8.4.3	円周, 点対, 平坦点の双対表現 . . . . .	157
8.5	共形空間のクリフォード代数 . . . . .	158
8.5.1	内積と外積の幾何学積による表現 . . . . .	159
8.5.2	並進子 . . . . .	160
8.5.3	回転子と運動子 . . . . .	162
8.6	共形幾何学 . . . . .	163

8.6.1	共形変換とベクトル作用子 . . . . .	164
8.6.2	鏡映子 . . . . .	165
8.6.3	反転子 . . . . .	168
8.6.4	拡大子 . . . . .	170
8.6.5	ベクトル作用子と共形変換 . . . . .	173
補 足	. . . . .	176
演習問題	. . . . .	177
<b>第 9 章</b>	<b>カメラの幾何学と共形変換</b>	<b>181</b>
9.1	透視投影カメラ . . . . .	181
9.2	魚眼レンズカメラ . . . . .	184
9.3	全方位カメラ . . . . .	187
9.4	全方位画像の 3 次元解釈 . . . . .	188
9.5	双曲面と楕円面による全方位カメラ . . . . .	191
補 足	. . . . .	195
演習問題	. . . . .	196
<b>関連図書</b>		<b>198</b>
<b>演習問題の解答</b>		<b>203</b>
<b>索 引</b>		<b>222</b>