目　次

第1部　OPアンプの歴史

第1章 イントロダクション　15

1-1　OPアンプの登場まで……15
1-2　ブラックのフィードバック・アンプ……16

第2章 電子管式OPアンプ　21

2-1　差動アンプの技術開発……21
2-2　OPアンプとアナログ・コンピュータの開発……26
●カール・スワーツェルのOPアンプ　27
●ベル研究所から見たM9システム　29
●世界的に見たM9システム　29
2-3　OPアンプの命名……30
2-4　電子管OPアンプの発展……31
●電子管チョッパ型OPアンプ　32
●OPアンプの非反転入力の使用　34
●ジョージ・フィルブリックとGAP/R社　35
●電子管OPアンプのたそがれ　37

第3章 ソリッドステート技術によるモジュール型およびハイブリッド型OPアンプ　45

3-1　トランジスタの誕生……45
3-2　集積回路の誕生……46
3-3　プレーナ・プロセス……46
3-4　ソリッドステートによるモジュール型/ハイブリッド型OPアンプの設計……47
●バラクタ・ブリッジ型OPアンプ　51
●アナログ・デバイセズ社の誕生　53
●バラクタ・ブリッジ型OPアンプ，モデル3xxシリーズ　53
●さまざまなOPアンプのカテゴリ　54
●モデル121型OPアンプ　54
●アナログ・ダイアログ誌の誕生　55
●高速FET OPアンプ・ファミリの設計　56

第4章 IC OPアンプ 63

4-1 モノリシックICによるOPアンプの誕生 ……63
- ●μA709 63
- ●LM101 65
- ●μA741 68
- ●LM101A 69
- ●μA748 69
- ●1パッケージに複数の741が実装されているタイプ，汎用単電源タイプ 69
- ●AD741…高精度な741 70

4-2 スーパーベータIC OPアンプ…LM108からOP97へ……71
- ●AD508とAD517 76

4-3 高精度バイポーラIC OPアンプ…μA725からOP07ファミリへ……76
- ●OP27とOP37 80
- ●OP07とコンパチブルで単電源/小型パッケージ化 82

4-4 高精度JFET IC OPアンプ…AD503からAD820/822/824/823ファミリへ……83
- ●AD711/712/713，OP249 IC OPアンプ 87
- ●電位計用のIC OPアンプ 87
- ●低ノイズJFET IC OPアンプAD743/745 90
- ●AD820/822/824，AD823シリーズJFET IC OPアンプ 90

4-5 高速IC OPアンプ ……91
- ●フランク・グッディナフの『エレクトロニック・デザイン』誌におけるOPアンプの記事 92

COLUMN 回想 ボブ・ワイドラー…リニアICの先駆者の人柄……98

目 次

第2部　OPアンプの基礎

第1章 イントロダクション　103

1-1　理想 OP アンプの特性……104
1-2　標準的な OP アンプのフィードバック接続……107
　●非反転増幅回路　107
　●反転増幅回路　110
　●差動増幅回路　112
1-3　理想ではない OP アンプ…
　有限のゲインによって引き起こされる定常誤差……113
　●ノイズ・ゲイン（*NG*）　114
　●ゲインの安定性　115
　●ループ・ゲイン　116
　●ループ・ゲインの周波数依存性　117
1-4　OP アンプのコモンモード・ダイナミック・レンジ……119
　●出力のダイナミック・レンジ　120
　●入力のダイナミック・レンジ　121
1-5　両電源と単電源 OP アンプの機能的な違い……122
1-6　OP アンプの選定条件……124

　COLUMN　歴史の一場面……126

第2章 OP アンプの回路構成　129

2-1　電流帰還型アンプの基本……130
2-2　真空管を使用した電流帰還型アンプ……132

第3章 OP アンプの構造　137

3-1　単一電源 OP アンプの課題……137
3-2　OP アンプの入力段……140
　●バイポーラ入力段　140
　●バイアス電流補償型バイポーラ入力段　143

●バイアス電流補償型スーパーベータ・バイポーラ入力段 145
●FET 入力段 146
●レール・ツー・レール入力段 148
●入力の過電圧に関する注意事項を忘れずに 152
3-3 出力段……153
●出力段のサージ保護 156
●オフセット電圧のトリミング・プロセス 156
3-4 OP アンプのプロセス技術 ……160

第4章 OP アンプの特性仕様 163

4-1 入力オフセット電圧 V_{OS}……163
●オフセット調整（内部回路による調整） 166
●オフセット調整（外部回路による調整） 167
●入力オフセット電圧ドリフトとエージング効果 168
4-2 入力バイアス電流 I_B ……169
●バイアス電流の影響の除去（外部回路） 171
●I_B と V_{OS} による出力オフセット誤差の計算 173
4-3 入力インピーダンス……174
4-4 OP アンプのノイズ・ゲインと信号ゲインの取り扱い ……175
4-5 オープンループ・ゲインとオープンループ・ゲインの非直線性……176
4-6 OP アンプの周波数応答 ……181
●周波数応答…スルー・レートとフルパワー・バンド幅 182
●周波数応答…セトリング時間 183
●周波数応答…電圧帰還型 OP アンプの利得帯域幅積 187
●周波数応答…電流帰還型 OP アンプ 189
●帯域幅の平坦度 190
4-7 OP アンプのノイズ ……191
●ポップコーン・ノイズ 197
●ノイズの実効値に関する考察 197

目 次

第2部 OPアンプの基礎

●トータル出力ノイズの計算 201
4-8 OPアンプの歪み ……206
4-9 同相信号除去比（*CMRR*）と電源変動除去比（*PSRR*）……207
●電源とデカップリング 211
●電源と消費電流 211

第5章 高精度OPアンプ 213

5-1 高精度OPアンプの直流誤差の解析 ……215
5-2 チョッパ・スタビライズド・アンプ……216
5-3 チョッパ・スタビライズドOPアンプのノイズに関する考察 ……220

第6章 高速OPアンプ 223

6-1 電圧帰還型OPアンプ ……224
●コンプリメンタリ・バイポーラ・プロセスにより設計された
電圧帰還型OPアンプ 230
●新しい電圧帰還型OPアンプの構成…
カレント・オン・デマンド，低電力，そしてスルー・レートの改善 234
6-2 電流帰還型OPアンプ ……235
6-3 OPアンプの帰還容量の影響 ……242
6-4 高速の電流-電圧変圧器と反転入力端子の入力容量の影響 ……245
6-5 電圧帰還型と電流帰還型OPアンプでのノイズの比較 ……250
6-6 高速OPアンプのDC特性 ……251

索引……254