

フィードフォワード制御とフィードバック制御の比較

図 1 にフィードフォワード制御のブロック線図を，図 2 にフィードバック制御のブロック線図を示す．ただしここで r は目標値， u は入力， d は外乱， y は出力， n は観測雑音， e を制御誤差とする．

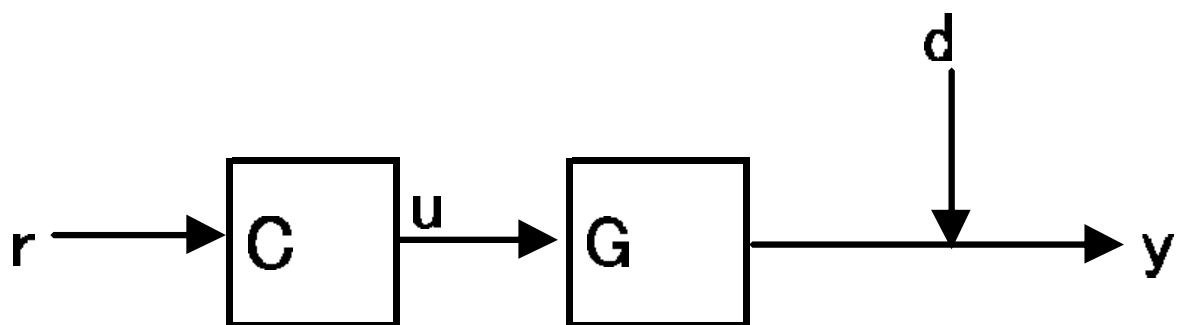


図 1 フィードフォワード制御のブロック線図

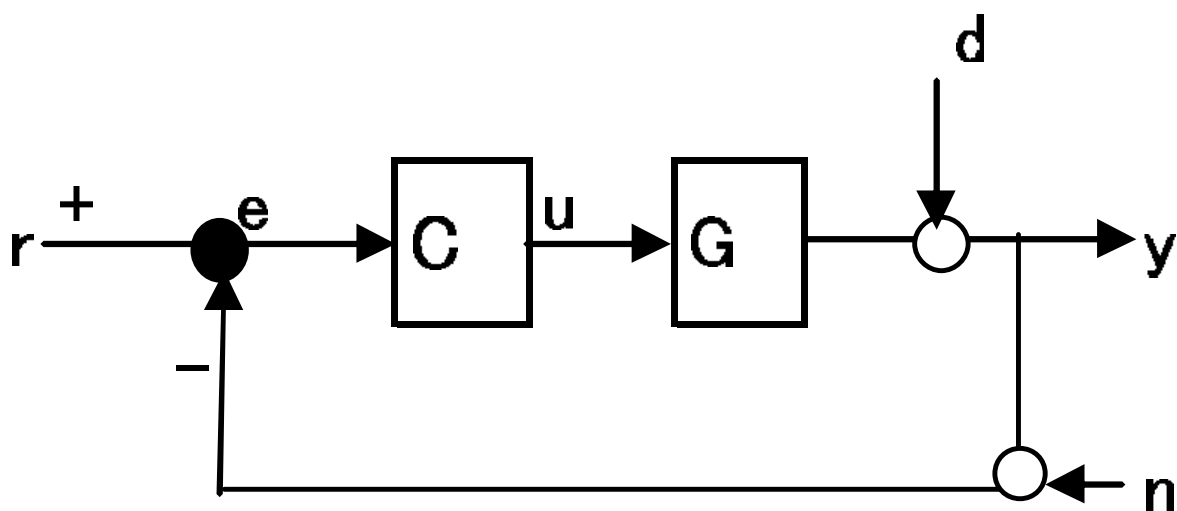


図 2 フィードバック制御のブロック線図

1 目標値追従性について

1.1 フィードフォワード (FF)

$$u = Cr \quad (1)$$

$$y = Gu \quad (2)$$

二式をまとめると FF の出力と入力との関係式は

$$y = GCr \quad (3)$$

となる。 G は変化させられない。また, $y = r$ となればよいので, $C = \frac{1}{G}$ となればよい。

1.2 フィードバック (FB)

$$e = r - y \quad (4)$$

$$y = GCe \quad (5)$$

二式をまとめると FB の出力と入力との関係式は

$$y = GC(r - y) \quad (6)$$

式を整理すると,

$$y = \frac{GC}{1 + GC}r \quad (7)$$

$$y = \frac{1}{\frac{1}{GC} + 1}r \quad (8)$$

となる。ここで $y = r$ にするには, $C = \infty$ とすればよい。

以上のことより理想的な状況 ($d = 0, n = 0, G$ が既知) における目標値追従性については, 同等の能力を持っていることがわかる。

2 外乱除去

2.1 フィードフォワード (FF)

d が入った場合の r と y の関係式は

$$y = GCr + d \quad (9)$$

となる. この場合, C がどの値をとっても $y = r$ となることはないのでフィードフォワード制御は, 外乱を除去することができないことがわかる.

2.2 フィードバック (FB)

$$e = r - y \quad (10)$$

$$u = Ce \quad (11)$$

$$y = Gu + d \quad (12)$$

三式をまとめて

$$y = GC(r - y) + d \quad (13)$$

$$y = \frac{GCr + d}{1 + GC} \quad (14)$$

$$y = \frac{r + \frac{d}{GC}}{\frac{1}{GC} + 1} \quad (15)$$

ここで $C = \infty$ にすると $y = r$ となる.

以上のことより外乱除去に関してはフィードバック制御のほうがフィードフォワード制御より優れていることがわかる.

3 変動特性

一般的に G を知ることは困難であり, 何らかの誤差が含まれることがある. そこでこのような状況を考慮して実際の制御対象を,

$$G' = (1 + \delta)G \quad (16)$$

とおく.

3.1 フィードフォワード (FF)

式 (3) より

$$y = G(1 + \delta)Cr \quad (17)$$

$$(18)$$

ここで C は $\frac{1}{G}$ であるので ,

$$y = (1 + \delta)r \quad (19)$$

となり , フィードフォワード制御では誤差があると目標値追従性が悪くなることがわかる.

3.2 フィードバック (FB)

式 (7) より

$$y = \frac{(1 + \delta)GC}{1 + (1 + \delta)GC} \quad (20)$$

$$= \frac{1 + \delta}{\frac{1}{GC} + 1 + \delta} \quad (21)$$

となり , $C = \infty$ を代入すると $y = r$ になる. これよりフィードバック制御に関して , G に誤差があっても影響を少なくすることができることを表している.

4 観測雑音

4.1 フィードフォワード (FF)

フィードフォワード制御では観測雑音 n は y と r の関係式に存在していないので目標値追従性になんら影響がないことがわかる.

4.2 フィードバック (FB)

$$e = r - (y + n) \quad (22)$$

$$y = GC(r - y + n) \quad (23)$$

$$y = \frac{GC(r + n)}{1 + GC} \quad (24)$$

ここで $r = 0, C = 0$ を代入すると $y = 0$ となり, $y = r$ になるので $C = 0$ で観測誤差をなくすることができることがわかる. しかし, 目標値追従性と外乱除去を実現するには $C = \infty$ が必要であった. このため観測誤差と目標値追従性と外乱除去は両立できないことがわかる.