

Welcome

PL計算事例 (非常停止ボタンと安全スイッチ)



Example: Calculation of PL

パフォーマンスレベル(PL)の計算事例

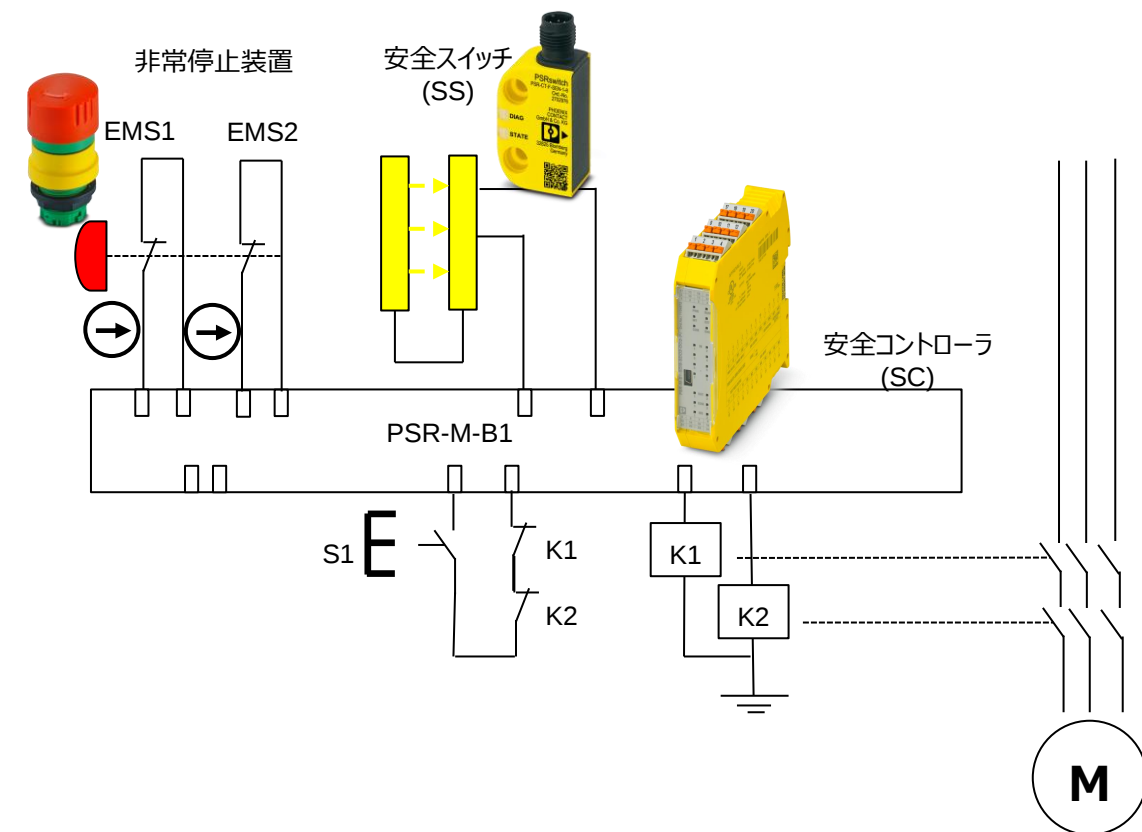
注意事項

- 本資料で記載のある各用語や定義、記号及び略号についてはISO13849-1(JISB9705-1)に準拠しています。
- 安全に関する定義や用語の確認はISO12100並びにISO13849-1を確認お願いいたします。
- 本資料での計算事例は参考です。お客様のアプリケーションではお客様自身での計算をお願いいたします。

Example: Calculation of PL

パフォーマンスレベル(PL)の計算事例

■ 回路図



PL計算条件

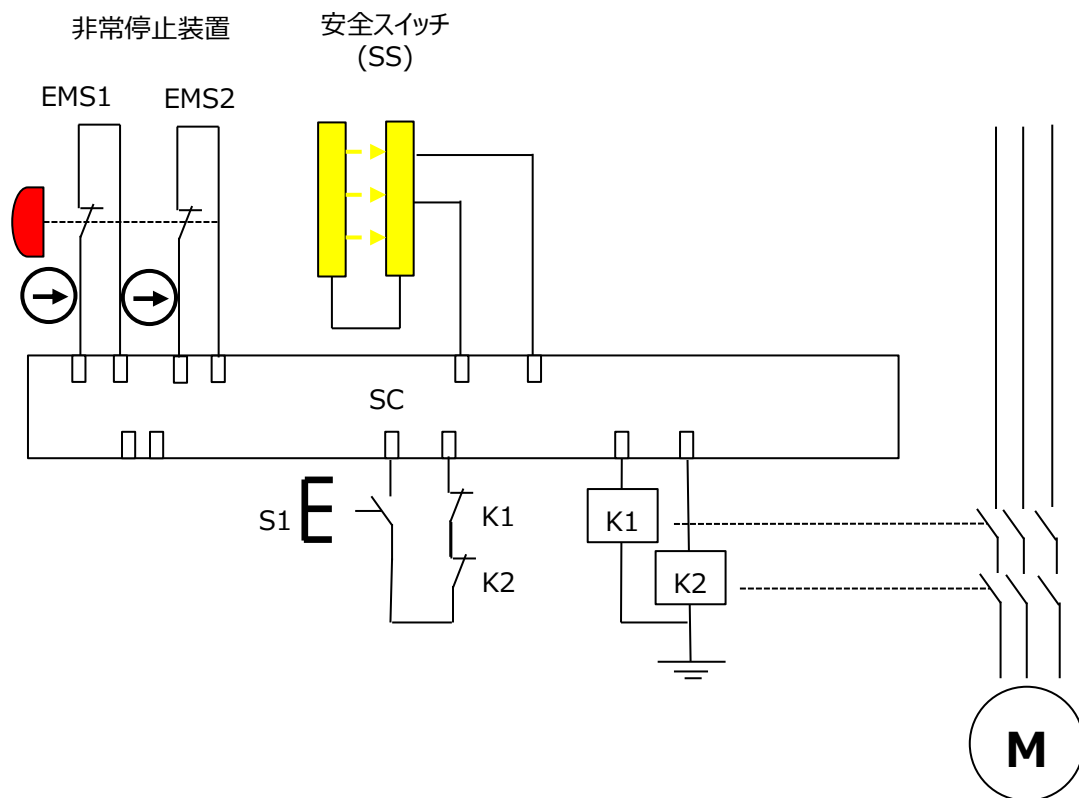
- システムは年間365日稼働
- 1日あたり8×3=24時間操業(3交代)
- 非常停止装置は、1日1回操作(86400secに1回)
- 安全スイッチ(ガード開閉)は15分に1回動作(900secに1回)
- 出力部(K1,K2コンタクト)は非常停止装置、安全スイッチのいずれかが動作しても作動する

No.	ブロック	機器	B _{10d}	PL	PFH _d	備考
1	入力部	EMS1,2 (非常停止)	250,000	-	-	PSR-ESS-M0-H100 データシートより
2		SS: Safety Switch (安全スイッチ)	-	e	6.0E-10	PSR-CT-C-SEN-1-8 マニュアルより
3	論理部	SC: Safety Controller (安全コントローラ)	-	e	6.86E-09	PSR-M-B1 データシートより
4	出力部	K1 (コンタクト)	2,000,000	-	-	メーカーから提供 (ISO13849-1 AnnexCより)
5		K2 (コンタクト)	2,000,000	-	-	メーカーから提供 (ISO13849-1 AnnexCより)

Example: Calculation of PL

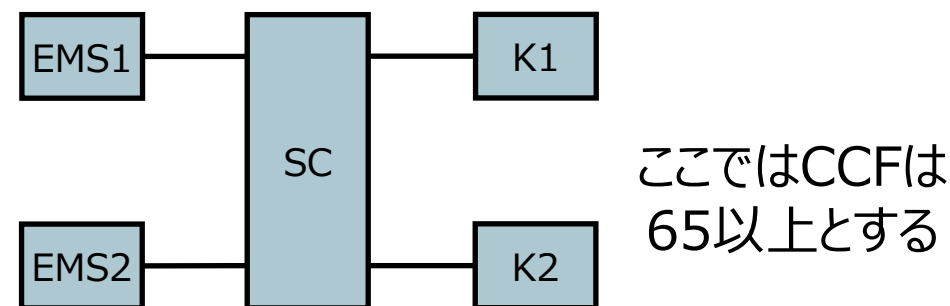
パフォーマンスレベル(PL)の計算事例

■ 回路図

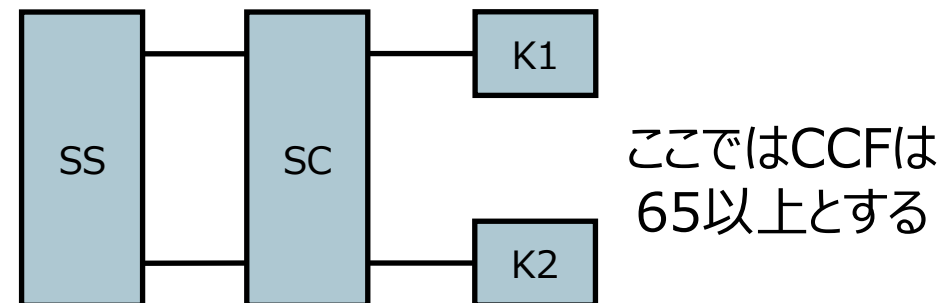


安全機能ごとにブロック図を分け、カテゴリを把握する

● 非常停止機能 カテゴリ4



● 安全スイッチ カテゴリ4



参考:CCFとは

- カテゴリ2以上の安全回路は共通原因故障 CCFの見積りを実施しなければならない。
- また見積り(実施)結果が**65点以上**でなければその安全回路は適合されず、別途安全方策を施す必要がある。

共通原因故障(CCF)の見積り

● ISO13849-1(2015) Annex F

No.	CCFに対する方策	得点
1	分離または隔離	15
2	多様性	20
3	設計、適用または経験	
3-1	過電圧、過圧力、過電流、過熱などに対する対策	15
3-2	使用のコンポーネントは”十分吟味されている”	5
4	査定・分析	5
5	適格性(能力)、訓練	5
6	環境面	
6-1	電気/電子システムに対して、適切な規格に従ったCCFに対する汚染防止及び電磁妨害の防止(EMC)	25
6-2	他の影響	10
合計		100

Example: Calculation of PL

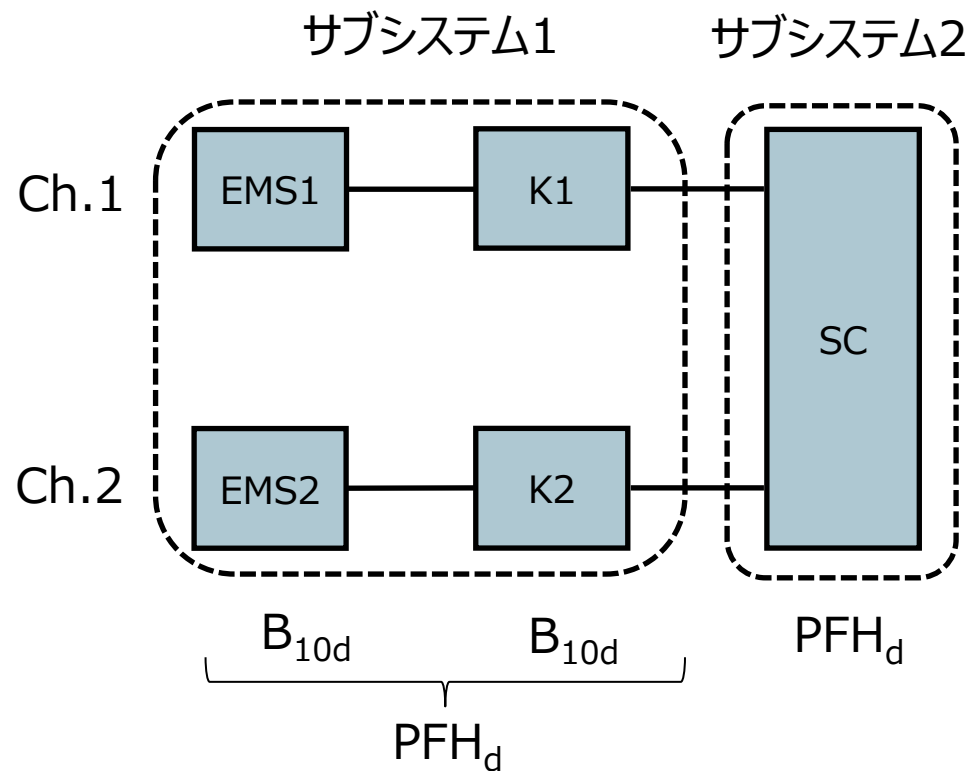
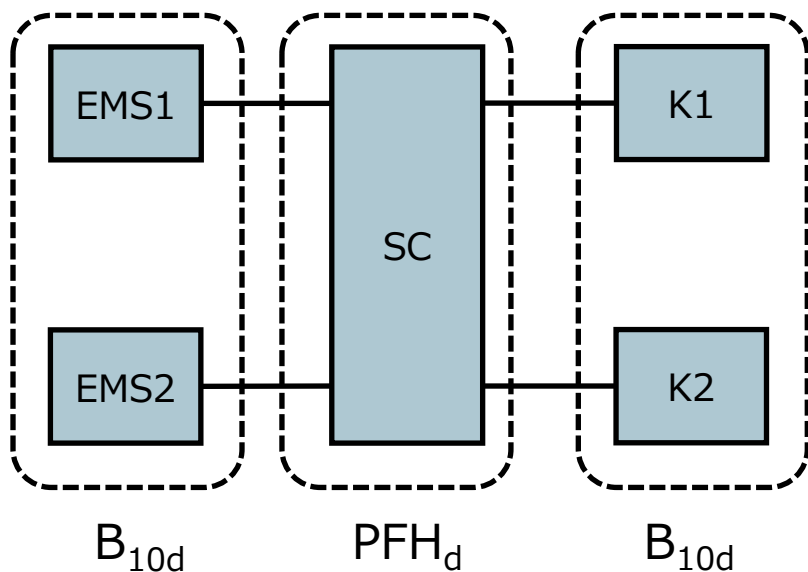
パフォーマンスレベル(PL)の計算事例

機械的接点を持つ機器は単体で PFH_d は算出できない。

ブロック図を組み替えてサブシステムをまとめ、

最終的に PFH_d の足し算でPLを算出する。

- 非常停止機能



Example: Calculation of PL

パフォーマンスレベル(PL)の計算事例

PL計算条件より n_{op} (年間平均運転回数)ならびに $MTTF_d$ (平均危険側故障期間)を算出する

- 非常停止機能

No.	ブロック	機器	B_{10d}	n_{op}	$MTTF_d$
1	入力部	EMS1	250,000	365	6,849
2		EMS2	250,000	365	6,849
3	論理部	SC	-	-	-
4	出力部	K1	2,000,000	35,405	565
5		K2	2,000,000	35,405	565

PL計算条件

- システムは年間365日稼働 → d_{op}
- 1日あたり8×3=24時間操業(3交代) → h_{op}
- 非常停止装置は、1日1回操作(86400secに1回) → t_{cycle}
- 安全スイッチ(ガード開閉)は15分に1回動作(900secに1回) → t_{cycle}
- 出力部(K1,K2コンタクト)は非常停止装置、安全スイッチのいずれかが動作しても作動する

非常停止の運転回数(365)と安全スイッチの運転回数(35,040)の累計

n_{op} :
年間の平均
運転回数

$$n_{op} = \frac{d_{op} \cdot h_{op} \cdot 3,600s/h}{t_{cycle}}$$

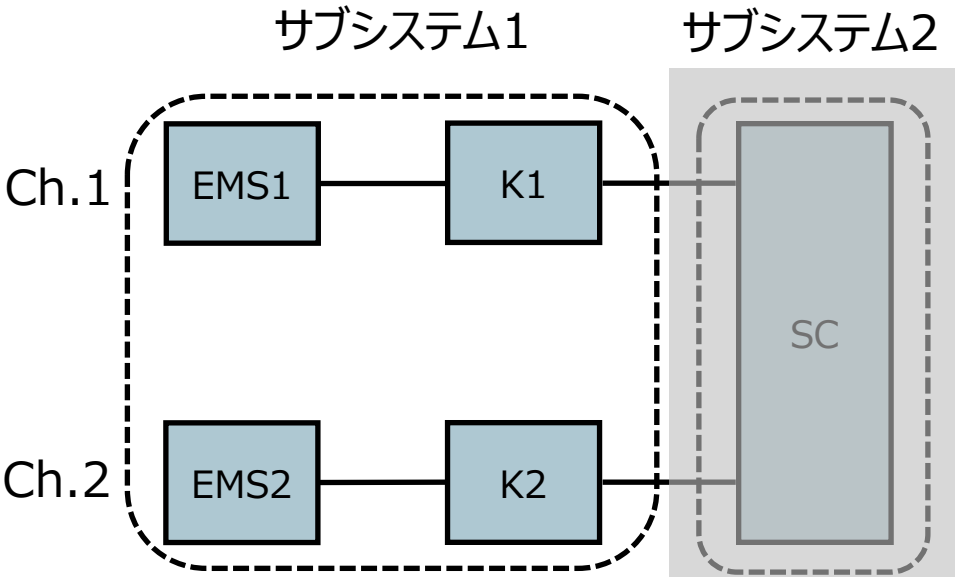
$$MTTF_d = \frac{B_{10d}}{0.1 \cdot n_{op}}$$

Example: Calculation of PL

パフォーマンスレベル(PL)の計算事例

サブシステム 1 の各チャンネルのMTTF_dを求める

- 非常停止機能



	EMS1	K1	チャンネル1の MTTF _d (Ch.1)
MTTF _d	6,849	565	522
	EMS2	K2	チャンネル2の MTTF _d (Ch.2)
MTTF _d	6,849	565	522

サブシステム1
MTTF_d(Sub.1)
522(年)

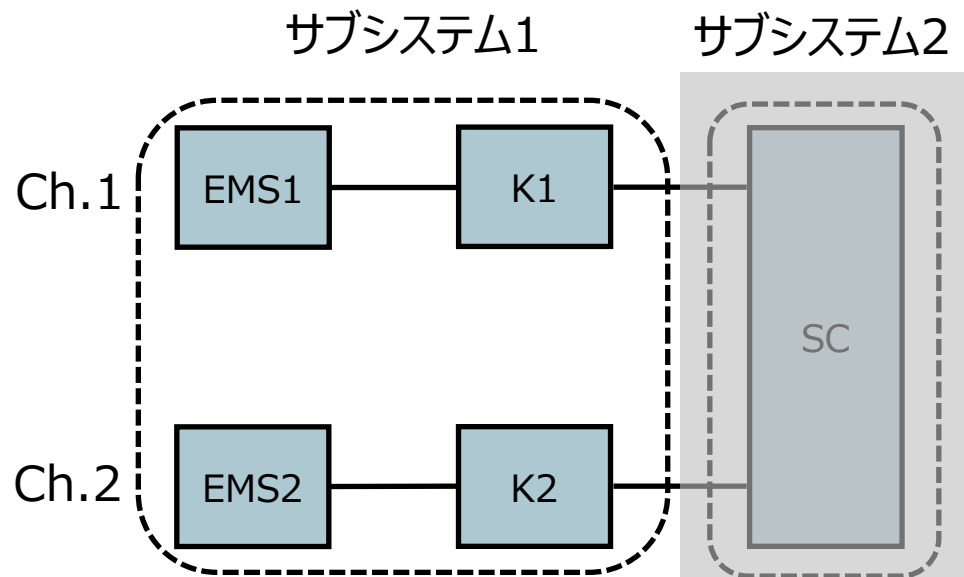
$$MTTF_d = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d(EMS1)}} + \frac{1}{MTTF_{d(K1)}}} = \frac{1}{\frac{1}{6,849} + \frac{1}{565}} = 522year$$

Example: Calculation of PL

パフォーマンスレベル(PL)の計算事例

サブシステム1のDC/DCavg(平均診断範囲)を求める

- 非常停止機能



	EMS1	K1
MTTF _d	6,849	565
DC	99	99

	EMS2	K2
MTTF _d	6,849	565
DC	99	99

サブシステム1 DCavg
99%

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC_{EMS1}}{MTTF_{dEMS1}} + \frac{DC_{K1}}{MTTF_{dK1}}}{\frac{1}{MTTF_{dEMS1}} + \frac{1}{MTTF_{dK1}}} = \frac{\frac{99}{6,849} + \frac{99}{565}}{\frac{1}{6,849} + \frac{1}{565}} = 99\%$$

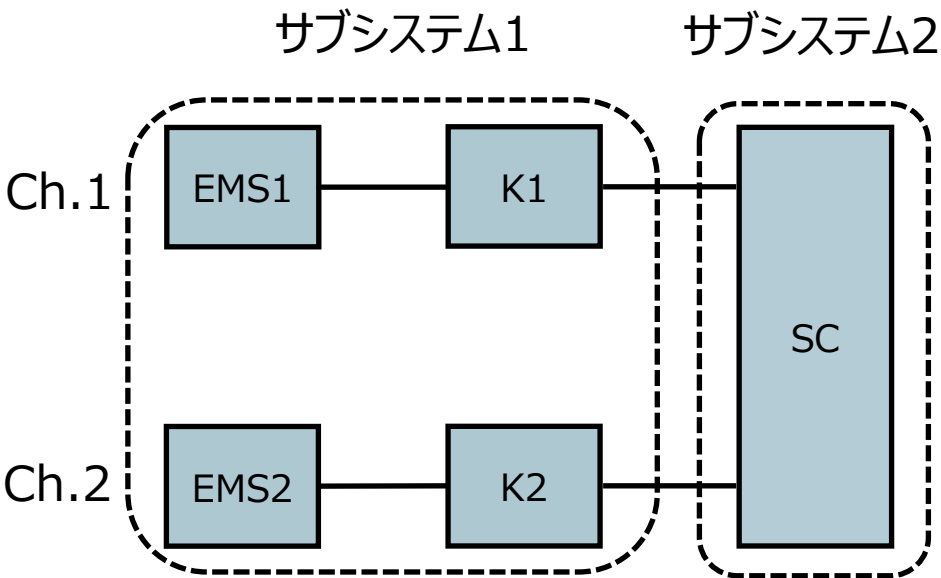
Example: Calculation of PL

パフォーマンスレベル(PL)の計算事例

システム全体のPFH_dを求め、PLを確定する

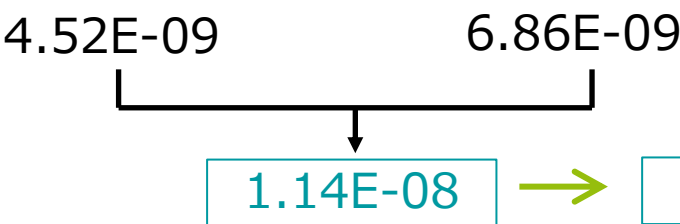
- 非常停止機能

	パラメータ		PL	PFH _d
サブシステム1	カテゴリ	4	e	4.52E-09
	MTTF _d	522		
	DCavg	99% (High)		
	CCF	65以上		
サブシステム2	-		e	6.86E-09



ISO13849-1:2015 Annex Kより抜粋

MTTF _D for each channel years	Average probability of a dangerous failure per hour, PFH _D (1/h) and corresponding performance level (PL)									
	Cat. B	PL	Cat. 1	PL	Cat. 2	PL	Cat. 2	PL	Cat. 3	PL
	DC _{avg} = none		DC _{avg} = none		DC _{avg} = low		DC _{avg} = medium		DC _{avg} = low	
510										4,52 × 10 ⁻⁹ e
560										4,11 × 10 ⁻⁹ e
620										3,70 × 10 ⁻⁹ e



Example: Calculation of PL

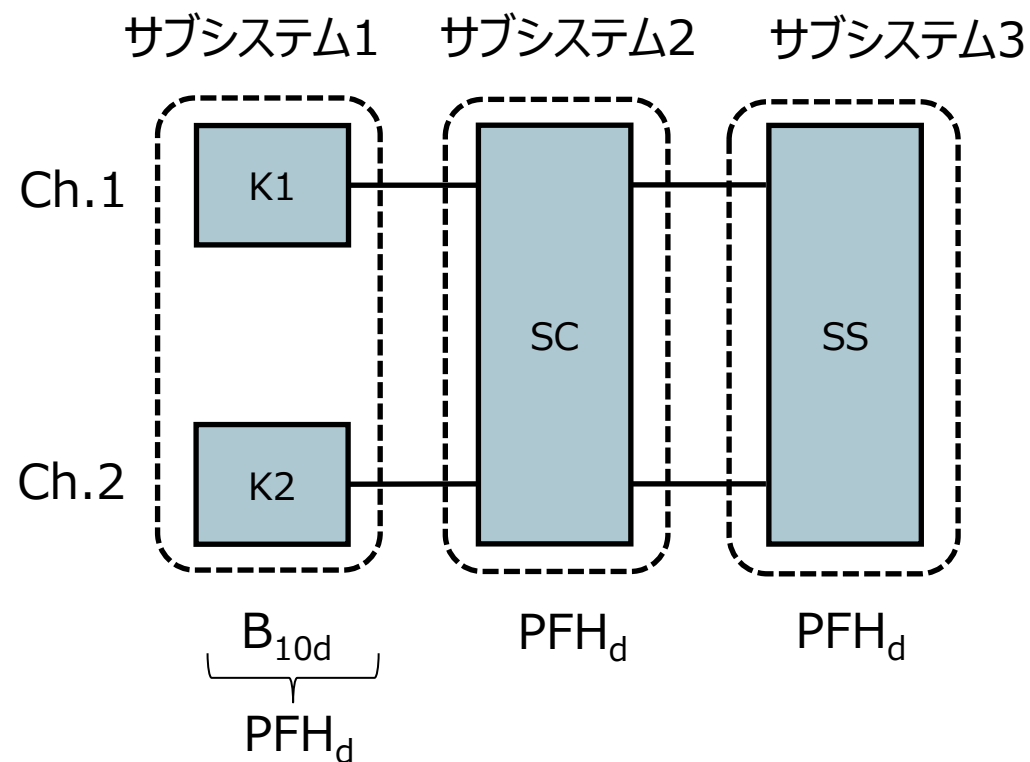
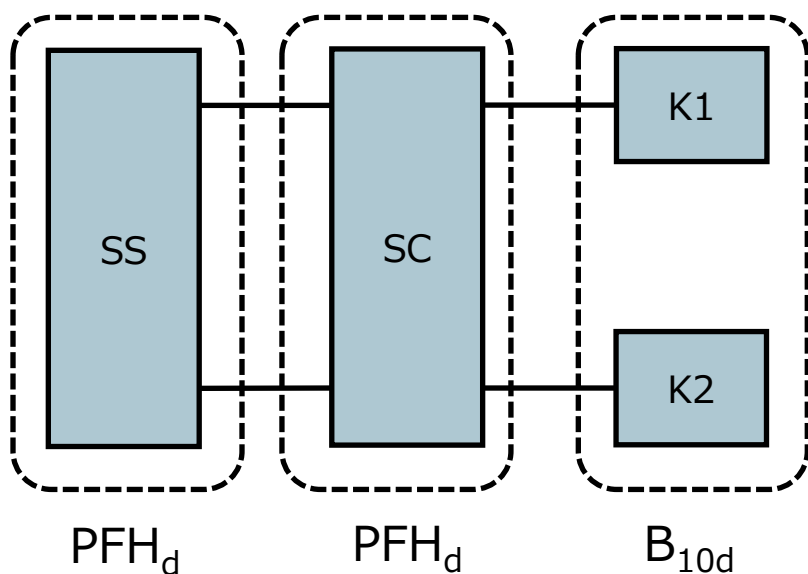
パフォーマンスレベル(PL)の計算事例

機械的接点を持つ機器は単体で PFH_d は算出できない。

ブロック図を組み替えてサブシステムをまとめ、

最終的に PFH_d の足し算でPLを算出する。

- 安全スイッチ



Example: Calculation of PL

パフォーマンスレベル(PL)の計算事例

PL計算条件より n_{op} ならびに $MTTF_d$ を算出する

- 安全スイッチ

No.	ブロック	機器	B_{10d}	n_{op}	$MTTF_d$
1	入力部	SS	-	35,040	-
2	論理部	SC	-	-	-
3	出力部	K1	2,000,000	35,405	565
4		K2	2,000,000	35,405	565

非常停止の運転回数(365)と安全スイッチの運転回数(35,040)の累計

PL計算条件

- システムは年間365日稼働 → d_{op}
- 1日あたり $8 \times 3 = 24$ 時間操業(3交代) → h_{op}
- 非常停止装置は、1日1回操作(86400secに1回) → t_{cycle}
- 安全スイッチ(ガード開閉)は15分に1回動作(900secに1回) → t_{cycle}
- 出力部(K1,K2コンタクト)は非常停止装置、安全スイッチのいずれかが動作しても作動する

$$n_{op} = \frac{d_{op} \cdot h_{op} \cdot 3,600s/h}{t_{cycle}}$$

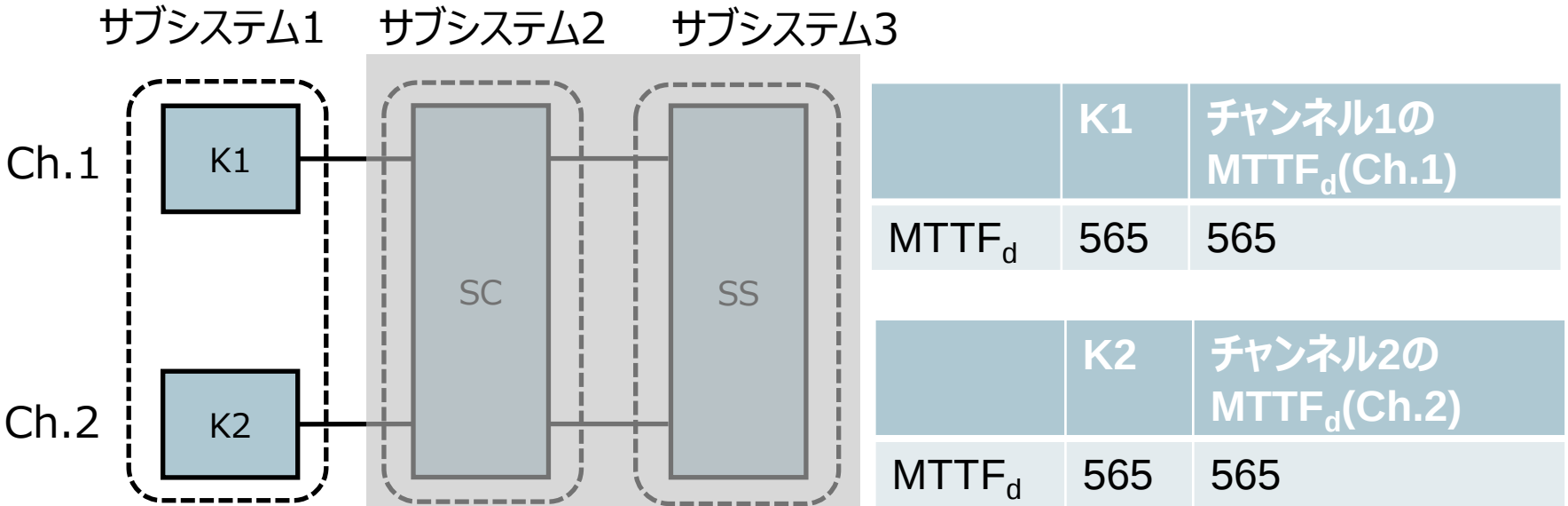
$$MTTF_d = \frac{B_{10d}}{0.1 \cdot n_{op}}$$

Example: Calculation of PL

パフォーマンスレベル(PL)の計算事例

サブシステム 1 の各チャンネルのMTTF_dを求める

- 安全スイッチ



サブシステム1
MTTF_d(Sub.1)
565(年)

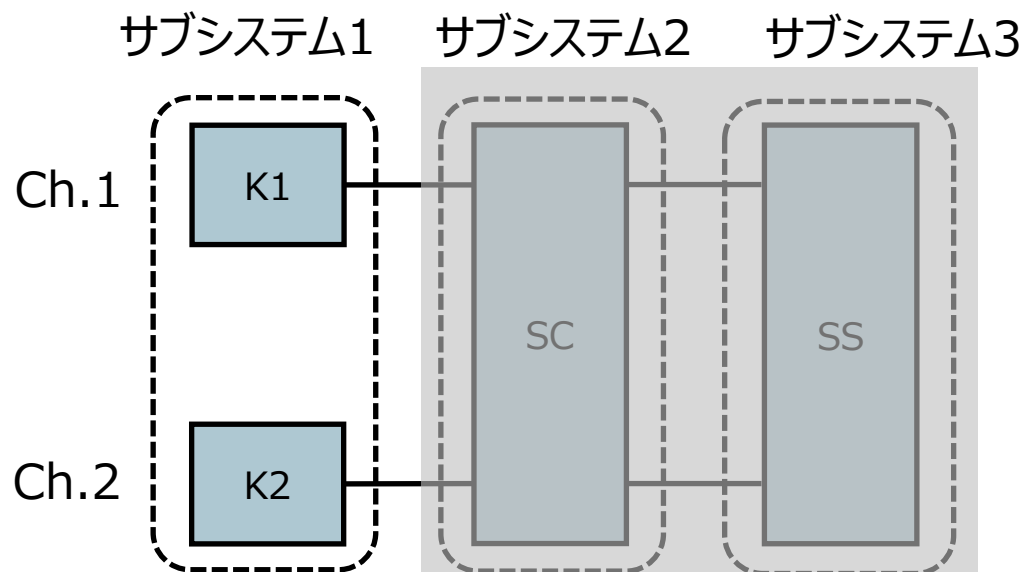
$$MTTF_d = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d(K1)}}} = \frac{1}{\frac{1}{565}} = 565year$$

Example: Calculation of PL

パフォーマンスレベル(PL)の計算事例

サブシステム1のDC/DCavgを求める

- 安全スイッチ



	K1
MTTF _d	565
DC	99

	K2
MTTF _d	565
DC	99

サブシステム1 DCavg
99%

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC_{K1}}{MTTF_{dK1}}}{\frac{1}{MTTF_{dK1}}} = \frac{\frac{99}{565}}{\frac{1}{565}} = 99\%$$

Example: Calculation of PL

パフォーマンスレベル(PL)の計算事例

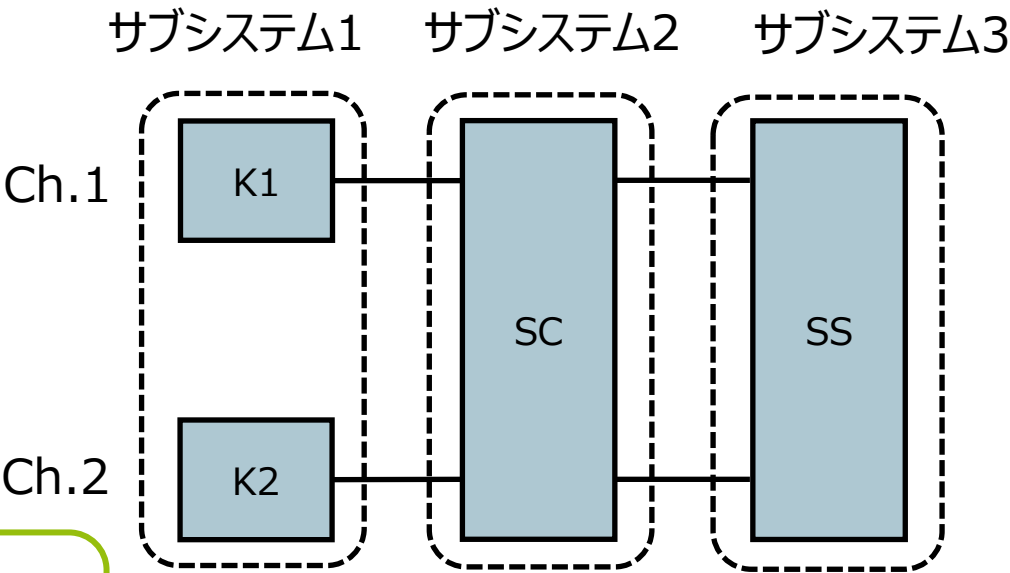
システム全体のPFH_dを求め、PLを確定する

- 安全スイッチ

	パラメータ		PL	PFH _d
サブシステム1	カテゴリ	4	e	4.11E-09
	MTTF _d	565		
	DCavg	99% (High)		
	CCF	65以上		
サブシステム2		-	e	6.86E-09
サブシステム3		-	e	6.00E-10

MTTF _D for each channel years	Average probability of a dangerous failure per hour, PFH _D (1/h) and corresponding performance level (PL)													
	Cat. B	PL	Cat. 1	PL	Cat. 2	PL	Cat. 2	PL	Cat. 3	PL	Cat. 3	PL	Cat. 4	PL
	DC _{avg} = none		DC _{avg} = none		DC _{avg} = low		DC _{avg} = medium		DC _{avg} = low		DC _{avg} = medium		DC _{avg} = high	
510													4,52 × 10 ⁻⁹	e
560													4,11 × 10 ⁻⁹	e
620													3,70 × 10 ⁻⁹	e

ISO13849-1:2015 Annex Kより抜粋



$4.11\text{E-}09 + 6.86\text{E-}09 + 6.0\text{E-}10$

$1.157\text{E-}08 \rightarrow \text{PL e}$

参考:PSR-ESS-M0-H100(非常停止スイッチ)でのB_{10d}の読み方

PSR-ESS-M0-H100 - アクチュエータ - 1221758 | Phoenix Contact

データシートより **7.3 Safety characteristics**

The B_{10D} value of a modular emergency stop switch is dependent on the configuration.

B_{10D} value 250000 is valid for combinations of one actuator and one or more PSR-ESS-ACC-CB1-NC-SC and PSR-ESS-ACC-CB1-NO-SC contact modules.

B_{10D} value 104000 is valid if the PSR-ESS-ACC-CB1-SM-SC contact module is used.

B_{10D} value 250000 is valid for the four-way assembly of PSR-ESS-ACC-CB1-NC-EF-SC per contact module.

Actuator	Contact module	B _{10D} value
PSR-ESS-M0-H100 PSR-ESS-M0-H110 PSR-ESS-M0-H120	Combinations with PSR-ESS-ACC-CB1-NC-SC and PSR-ESS-ACC-CB1-NO-SC	250000
	Combinations with PSR-ESS-ACC-CB1-SM-SC	104000
	PSR-ESS-ACC-CB1-NC-EF-SC	250000

強制乖離(直接開路)動作による
NC接点の使用を前提に
こちらの値を参照する



参考:PSR-CT-C-SEN-1-8(安全スイッチ)でのPFHdの読み方

PSR-CT-C-SEN-1-8 - セーフティスイッチセンサ - 2702972 | Phoenix Contact

データシートより

PSR-CT

11.1.4 Safety-related characteristics

Safety-related characteristics according to EN ISO 13849-1:2015	
Category	4
Performance level	e
Duration of use	240 months
Safety-related characteristics for IEC 61508	
SIL	3
PFH _D	6 x 10 ⁻¹⁰ 1/h



参考:PSR-M-B1(安全コントローラ)でのPFHdの読み方

PSR-M-B1-SDI8-SDO2-DO2-PI - セーフティモジュール - 1104972 | Phoenix Contact

データシートより

Safety parameters in accordance with IEC 61508 - high demand	
IEC 61508 - High-demand for 2-channel wiring	
Equipment type	Type B
HFT	1
SIL	3
PFH _D	6.86 x 10 ⁻⁹
Demand rate	< 12 Months
Proof test interval	240 Months
Mission time	240 Months



Thank you