

135_Appendix 1
簡易 FMEA の記載例*

Appendix 1 簡易FMEAの記載例 ※1

系統	部品/要素	機能	故障モード		影響		検知方法	対策	判定条件の該否 (該✓ 否ー)		フライトエッセンシャルパーツ特定 (対象Y 非対象N)
			部品/要素に因るので何れかで「故障モード」を抽出 ※2	推定故障原因	※分解できない下位システムは分析の対象外とする 下位システム (分析の対象外) ※3	上位システム (無人航空機システム)			計画外飛行	制御不能	
推進	プロペラ	・揚力発生	・構造破壊 ・取付緩み/外れ (回転伝達不能) ・振動	・過荷重 ・疲労 ・締付け不足 ・バランス不良	—	・操縦不能 ・墜落	・機体の挙動 ・プロペラの状況	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検	✓	✓	Y
	モーター	・プロペラ駆動	・回転停止/低下 ・回転不安定 ・振動過大	・断線 (コイル等) ・短絡 (コイル等) ・温度上昇 ・センサー異常 ・ (ESC故障) ・ (電源故障)	—	・墜落/高度低下 ・操縦不能	・機体の挙動 ・プロペラ回転状況 ・低回転警報	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検	✓	✓	Y
				・回転上昇	・センサー異常 ・ (ESC故障)	—	・暴走 ・操縦不能	・機体の挙動 ・プロペラ回転状況 ・高回転警報	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検 ・暴走時は、キルスイッチにより想定飛行範囲逸脱は防止可能	✓	✓
	ESC	・モーター回転制御	・制御不能/制御不安定 ・電力供給不能/供給不安定	・断線/接触不良 ・PWM制御機能の損傷/喪失	—	・意図した飛行不能 ・操縦不能 ・墜落/高度低下	・機体の挙動 ・プロペラ回転状況	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検	✓	✓	Y
・ハードオーバー			・PWM制御機能の損傷	—	・暴走 ・操縦不能	・機体の挙動 ・プロペラ回転状況 ・高回転警報	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検 ・暴走時は、キルスイッチにより想定飛行範囲逸脱は防止可能	✓	✓	Y	
構造	ボディ・フレーム ASSY	・搭載物を支える	・構造破壊	・過荷重 ・疲労 ・層間剥離	—	・操縦不能 ・墜落 (アーム取付部破壊)	・機体の挙動 ・機体の状況	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検	✓	✓	Y
	アームASSY	・揚力をボディ/フレームに伝達	・構造破壊	・過荷重 ・疲労 ・層間剥離	—	・操縦不能 ・墜落	・機体の挙動 ・機体の状況	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検	✓	✓	Y
	アーム取付けボルト	・アームを機体に取り付け	・ボルト破断 ・取付緩み/外れ	・過荷重 ・疲労 ・締付け不足 ・振動	—	・操縦不能 ・墜落 ・異常振動	・機体の挙動 ・機体の状況	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検	✓	✓	Y
	モーター取付け ASSY	・プロペラをモーターに取り付け ・揚力の伝達	・構造破壊	・過荷重 ・疲労 ・層間剥離	—	・操縦不能 ・墜落 ・異常振動	・機体の挙動 ・機体の状況	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検	✓	✓	Y
	プロペラ取付け金具ASSY	・プロペラをモーターに取り付け ・揚力の伝達	・構造破壊	・過荷重 ・疲労	—	・操縦不能 ・墜落 ・異常振動	・機体の挙動 ・機体の状況	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検	✓	✓	Y
	降着装置/脚 ASSY	・着陸荷重をボディ・フレームに伝達 ・着陸衝撃吸収	・構造破壊	・過荷重 ・疲労 ・層間剥離	—	・正常な降着不能	・機体の挙動 ・機体の状況	・時間点検・整備・交換 ・飛行前後点検	✓	✓	Y
操縦制御	FCC飛行制御コンピューター	・飛行安定化制御 ・航法・誘導 ・機体状況監視	・ハードオーバー ・制御不能/不安定 ・航法・誘導不能/不安定 ・状況監視不能/不安定 ・状況監視不能/不安定	・ハードウェアの故障 (開放、短絡、内臓センサー異常等) ・ソフトウェアエラー/フリーズ	—	・暴走 ・操縦不能 ・安定した飛行不能 ・指令に意図通りに反応せず ・飛行経路の異常	・機体の挙動 ・機体の状況 ・コントロールステーションの表示	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検 ・暴走時は、キルスイッチにより想定飛行範囲逸脱は防止可能	✓	✓	Y
	センサー ・IMU ・GNSS ・地磁気センサー	・姿勢情報取得 ・位置・高度情報取得 ・方位角情報取得	・制御不能/不安定 ・航法・誘導不能/不安定 ・状況監視不能/不安定 ・情報取得不能/不安定 ・情報精度低下	・ハードウェアの故障 (開放、短絡、ドリフト)	—	・暴走 ・操縦不能 ・安定した飛行不能 ・指令に意図通りに反応せず ・飛行経路の異常 ・計画通りの飛行せず	・機体の挙動 ・機体の状況 ・コントロールステーションの表示	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検 ・暴走時は、キルスイッチにより想定飛行範囲逸脱は防止可能	✓	✓	Y
	・GNSS	・位置・高度情報取得	・位置、高度計測誤差の増大	・ハードウェアの故障	—	・飛行経路の異常 ・計画通りの飛行せず	・実飛行経路の確認 (目視又はカメラからの映像により回収)	・目視又はカメラからの映像により回収。	—	✓	Y
	プロボ受信機 (機体搭載)	・プロボからの指令受信 ・ (双方向通信)	・指令受信不能 ・誤作動	・ハードウェアの故障 ・ソフトウェアエラー/フリーズ通信の異常	—	・意図した飛行不能 ・指令に意図通りに反応せず	・機体の挙動/反応 ・機体の状況 ・飛行経路	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検	✓	✓	Y
操縦通信	プロボ送信機 (地上側)	・指令入力 ・キルスイッチ始動	・指令入力不能 ・誤作動	・ハードウェアの故障 ・ソフトウェアエラー/フリーズ	—	・意図した飛行不能 ・指令に意図通りに反応せず	・機体の挙動/反応 ・機体の状況 ・飛行経路	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検	✓	✓	Y
		・指令送信 ・ (双方向通信)	・送信不能 ・誤作動	・送信装置故障	—	・意図した飛行不能 ・指令に意図通りに反応せず	・機体の挙動/反応 ・機体の状況 ・飛行経路	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検	✓	✓	Y
通信	C2リンク	・通信	・指令送信不能 ・機体情報受信不能	・C2リンク性能低下 ・通信環境の劣化	—	・意図した飛行不能 ・指令に意図通りに反応せず	・機体の挙動/反応 ・通信信号強度の確認 ・表示状態の確認	・飛行前点検 ・電波/通信状況モニター	✓	✓	Y
操縦表示	コントロールステーション	・ (指令入力)	・指令入力不能 ・誤作動	・指令入力不能 ・誤作動	—	・意図した飛行不能 ・指令に意図通りに反応せず	・機体の挙動/反応 ・機体の状況飛行経路	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検	✓	✓	Y
		・情報表示	・表示不能 ・表示が不安定	・ハードウェアの故障 ・ソフトウェアエラー/フリーズ	—	・安全な飛行状態にあることが確認できない	・表示装置の表示確認	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検	✓	✓	Y
		・ (飛行計画)	・飛行計画入力不能 ・飛行計画の配送不能	・ハードウェアの故障 ・ソフトウェアエラー/フリーズ ・C2リンク性能低下	—	・自動飛行不能	・アップロード状況確認	・飛行前点検	✓	✓	Y
	同上充電器	・コントロールステーション充電	・充電不能 ・充電が不安定	—	— (上位システムなし)	・表示装置の表示確認	・時間点検・整備・交換 ・運航前点検	—	—	N	
電源	主バッテリー	・推進系電力供給 ・他系統電力供給	・供給電力 (パワー) 不足・不能 ・供給電力量不足 ・電圧低下	・充電不良 ・セルアンバランス ・電池劣化 (高温保管、高温充電等) ・電池低温 ・不良バッテリー	—	・高度低下 ・飛行可能時間短 ・予定地点到達不可 ・墜落 ・必要な電力が供給されない	・電池状態確認 (SOC、SOH、電池温度、異常有無、電池電圧、電池電流、使用履歴)	・時間点検・交換 ・ (整備作業として) 適切な手順による充電 ・飛行前点検 ・冗長構成 (電力量減少回避不可)	✓	✓	Y
		・電力供給	・異常発熱 ・発火、発煙	・短絡 (内部、外部) ・セルアンバランス ・過充電 ・過電流 ・低温充電 ・水濡れ、衝撃	—	・墜落 ・制御不能 ・機体変形 ・墜落後火災延焼 ・バッテリー周囲が過熱・変形	・電池状態確認 (SOC、SOH、電池温度、異常有無、電池電圧、電池電流、使用履歴)	・内部短絡しても熱暴走しない電池の選択 ・適切に製造管理された電池の選択 ・バッテリー周囲を耐熱	✓	✓	Y

135_Appendix 1
簡易 FMEA の記載例*

系統	部品/要素	機能	故障モード		影響		検知方法	対策	判定条件の該否 (該✓ 否ー)		フライトエッセシャルパーツ特定 (対象Y 非対象N)
			部品/要素に因るので何れかで「故障モード」を抽出※2		※分解できない下位システムは分析の対象外とする				計画外飛行	制御不能	
			故障状態(現象)	推定故障原因	下位システム (分析の対象外)※3	上位システム (無人航空機システム)					
	・バッテリーの固定 ・バッテリーの接続	・バッテリー脱落 ・バッテリーはずれ	・バッテリー取付不良 ・取付部劣化 ・バッテリー変形 ・バッテリー内部短絡	—	・墜落 ・制御不能(必要な電力が供給されない、機体のバランスが崩れる)	・電池通信状態確認 ・電池電流確認 ・バッテリーロックセンサ	・バッテリーロック ・固定部、接続部、コネクタ等の点検 ・バッテリー形状の確認	✓	✓		
	・バッテリーの状態通知	・バッテリーの状況認識不良(BMS故障等) ・バッテリーとの通信不要	・バッテリー監視回路(BMS)の故障 ・バッテリーとの通信不良	—	・電池残量が分からず電池切れで制御不能、墜落 ・電池の異常に気付かず飛行継続して墜落	・バッテリー内部故障診断 ・別のバッテリーとのデータ比較	・接続端子汚れ等チェック ・充電器やテッカーでの事前確認	—	—		
	電源分配ボード	・電力をモーターに分配(ESC経由)	・電源分配不能 ・電源分配異常	・開放、短絡	—	・制御不能 ・墜落 ・高度低下・バッテリーが短絡電流で異常発熱、発火、発煙	・機体の挙動 ・電圧・電流モニタ	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検 ・外部短絡しても発火しないバッテリーの採用	✓	✓	Y
	補助バッテリー	・電力供給(主バッテリー電力供給喪失時の非常操作)	・電力供給不能 ・電力供給低下 ・電圧降下 ・異常発熱	・充電不良 ・セルアンバランス ・短絡(内部、外部)	—	・非常操作機能喪失/低下	・残量モニター ・バッテリー温度監視	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検	✓	✓	Y
	配線・スイッチ類	・電力の伝達	・電力伝達不能 ・電力伝達不足	・断線 ・短絡 ・接触不良	—	・制御不能 ・墜落 ・高度低下	・機体の挙動	・時間点検・整備・交換 ・飛行前点検	✓	✓	Y
	充電器	・主/補助バッテリー充電	・充電不能 ・充電量不足	・充電器の故障 ・充電器の不適切な使用(温度、電源)	—	・高度低下 ・飛行可能時間短 ・予定地点到達不可 ・墜落 ・必要な電力が供給されない	・電池状態確認(SOC、SOH、電池温度、異常有無、電池電圧、電池電流、使用履歴)	・予備充電器または複数台設置(整備作業として)適切な手順による充電 ・飛行前充電レベル確認	—	—	N

*1: 各セクションの対象/非対象の判定が目的である。「リスク優先度RPN (Risk Priority Number)」評価に必要な、「影響度severity」、「発生度occurrence」、「検出度detection」は含まない。

*2: 「潜在的な故障モード」の抽出は目的ではなく、又、部品の粒度が必ずしも合わせられないので、「故障モード」は括弧に入れ、「(故障モード)」とする。「(故障モード)」に、「故障状態(現象)」と「推定故障原因」を記載することにより、何れかで「故障モード」を抽出する。

*3: 機体製造メーカーにおいて分解できない最小の要素が対象であるので、「下位システム」は分析の対象外とする。