

2012年2月1日

HEM-Net 調査報告書

## ヘリコプターFDRの有効性と必要性

ヘリコプターは、基本的な機構（メカニズム）が飛行機よりも複雑かつ精密である。したがって操縦操作も複雑で、難しくなる。それだけに事故が起こっても、操作の間違いか機械的な故障か、原因の解明にも困難を伴う。

しかも従来、同じ航空機でありながら、旅客機に搭載されているFDRのような原因究明の手段がなかった。原因が明確にならなければ、次の事故を防止するための対策を立てることもできない。パイロット・エラーといったあやふやな解釈のまま飛行を再開するため、再び同じ過ちをくり返すことになる。

そうした事故の原因を明確にし、次の事故をなくすとともに、事故の予防するための装置が、ここで取り上げるFDRにほかならない。

### FDRの記録能力

FDRとはFlight Data Recorderの略で、飛行データを記録する装置である。何も目新しいものではなく、1950年代なかば旅客機の事故原因を究明し、予防するために開発され装備されるようになった。開発に当たったのはオーストラリアの科学者デビッド・ウォーレン（1925～2010年）だが、そのきっかけは父親を航空機事故で亡くしたことにある。

1956年の開発当初は金属テープにダイヤモンド製の針で高度、速度などのデータを記録する方式だったが、1980年代にデジタル化され、最低でも過去400時間の詳しいデータが記録できるようになった。

すなわち航空機の動作に関する様々なデータ、たとえば速度、高度、風速、風向、操縦桿や方向舵ペダルなどの作動位置、エンジン排気ガスの温度と推力、

エンジン・オイル温度、タービン回転数、振動など約 370 項目にのぼる動作を数秒ごとに記録する。さらに操縦室内の音声や交信内容などを記録するコックピット・ボイス・レコーダー(Cockpit Voice Recorder : CVR)も併用される。

こうした記録は上述のとおり、事故の際に利用するのが主目的であることから、航空機の墜落に伴う衝撃や火災、水没に耐えられるような耐衝撃性、耐熱性、耐水性をそなえていなければならない。具体的には、たとえば時速 500 キロの衝突に耐えなければならない。海上の事故で飛行機や FDR が水没した場合は深海の水圧にも耐え、しかも容易に発見できるよう位置通報用の発信機を内蔵しているものもあり、それが作動するためにはバッテリーも欠かせない。また海から引き揚げた場合、海水の塩分による錆（さび）が電子部品を痛めてしまうので、まず真水で海水を洗い流し、真水を張ったクーラーボックスに入れて解析当局に送るといった措置も必要になる。

したがって FDR は必然的に大きく、重く、高価なものにならざるをえない。ただし最近では、FDR や CVR のデータを無線通信で地上に送り、当該機の運航基地で記録する技術も進んでおり、そうなるレコーダーそのものは頑丈である必要はなくなってくる。その代わりに、発信装置を搭載し、地上には受信装置を設けなければならないので、別の問題が生じる。

## ヘリコプターの事故と FDR

このような FDR や CVR がヘリコプターにも装着する必要があるという考えが出てきたのは、特に米国において、救急ヘリコプターの事故が頻発したためである。

実はそれ以前から、北海の石油開発に従事するヘリコプターは、イギリスやオランダの沖合 100～200 キロの洋上にある石油プラットフォームまで定期的に交替要員を輸送するため、一種の旅客輸送とみなして FDR や CVR を装備していた。そこに使われるヘリコプターは石油作業員 20 人前後を乗せられる大型機であることから、多少の重量が増えても受け入れ可能な余裕がある。また実

際に搭載した結果、それ以前よりは事故が減ったという実績も残っている。

しかし救急用のヘリコプターは比較的小型であるため、余り大きなものや重いものは搭載できない。にもかかわらず、これを搭載すべきだという考えが強まったのは、運航の安全を重視するためである。

米国の救急ヘリコプターが異常なほどに事故を起こしていることは、2年前の HEM-Net 研究報告書『ドクターヘリの安全に関する研究と提言』（2010年3月）でもご報告したとおりである。詳細は、それをご参照いただくとして、ここではそれ以降の新しいデータも含めた実状を簡単にまとめておきたい。

2011年10月下旬、アメリカ航空医療学会（AAMS）の年次総会 AMTC2011（Air Medical Transport Conference）で収集した統計資料によると、近年の米ヘリコプター救急事業の拡大ぶりと、事故発生のもようは下表のとおりである。

#### 米ヘリコプター救急の事業拡大と事故増大

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
拠点数	472	546	614	647	664	699	714	731	764
機体数	545	658	753	792	810	840	867	900	929
事故数	19	13	15	13	7	13	8	14	10
死亡事故	4	6	6	3	2	8	2	7	1
死者	7	18	11	5	7	29	7	19	4

〔資料〕 NTSB, FAA, AAMS、2011年10月

この表は米国事故調査委員会（NTSB）、連邦航空局（FAA）および AAMS の発表した数値を一つにまとめたものだが、2003年から2011年までに救急ヘリコプターは384機増の1.7倍に拡大した。それに伴い毎年平均12.5件の事故が発生、死亡事故も9年間で38件、死者は合計107人に上る。

## ブルーメン教授の分析

さらに、シカゴ大学医学部のアイラ・ブルーメン教授は、同じ AMTC での講演の中で次表のような分析結果を発表した。

### 1998 年以降の事故急増

		1972～2011 年		1998～2011 年	
		40 年間	年平均	14 年間	年平均
事故件数	事故総数	290	7.3	177	12.6
	死亡事故	105	2.6	58	4.1
死傷者数	死亡	190	7.3	157	11.2
	重傷	97	—	57	—
	軽傷	109	—	47	—
	無傷	390	—	258	—

〔資料〕 Ira Blumen MD, UCMC, October 2011

この表に見るとおり、アメリカのヘリコプター救急事故は 1998 年から急増した。その前後、機体数は 1996 年に 300 機を超え、99 年に 350 機、2001 年に 400 機に達した。その後も機数は伸び続け、2003 年には先の表 1 の通り 500 機を超え、事故もこの年 19 件というピークに達した。そして毎年 14 件前後の高止まりのまま推移し、2008 年には死者 29 人を記録するに至る。

そこで 1998 年を区切りとして集計したのが上の表である。すなわち 1972 年から最近までの 40 年間、救急ヘリコプターの事故は年平均 7.3 件だった。ところが 98 年以降の平均は 12.6 件と 2 倍近くに増え、死者の数も全体では平均 7.3 人のところ、98 年からは 11.2 人にはね上がった。

## NTSB の安全勧告

こうした状況から NTSB は 2009 年 2 月上旬、ワシントンに 41 人のヘリコプター救急関係者を招いて 4 日間にわたる大規模な公聴会を開いた。その結果、半年後の 2009 年 9 月、下表のような 10 項目の勧告を出した。

### NTSB の勧告

1. 救急飛行に従事するヘリコプター・パイロットの訓練基準を、天候悪化や障害物などの緊急事態を勘案して策定する。
2. 前項の基準ができたならば、救急ヘリコプターのパイロットに対し、FAA 承認のシミュレーターによる訓練をおこなう。
3. 救急ヘリコプターの運航事業者は、組織内に安全管理システム (SMS) を構築し、危機管理を実行に移す。
4. ヘリコプターの運航事業者は、使用機にフライトデータ記録装置 (FDR) を取りつけ、その管理体制をつくり、安全限界から逸脱した操縦操作がなかったかどうかを監視する。
5. 救急ヘリコプターの運航者は、年ごとの総飛行時間、有償飛行時間、有償飛行距離、搬送患者数、および出動件数を報告する。
6. 救急ヘリコプターの運航者に航空気象情報のデジタル・データの利用を認める。
7. FAA は救急ヘリコプターの飛行が安全に遂行できるような低空域のインフラ整備を検討する。
8. 前項の低空域インフラ整備が有効と判断されたならば、これを実行に移す。
9. 救急ヘリコプターの運航者は、夜間暗視装置を取りつけ、夜間飛行の際はそれを使用する。
10. 救急ヘリコプターは自動操縦装置 (オートパイロット) を装備し、パイロット 2 人が乗務していないときは、それを使用する。

## FAA の法律案

こうした勧告を受けて、FAA は 2010 年 10 月、新しい法律改正案を発表した。その中に「ヘリコプター用の地形衝突警報装置 (HTAWS) および軽量飛行記録装置 (LARS) を装備すること」という一項目が含まれている。

この法律案はまだ成立していないが、いずれ救急ヘリコプターの装備として LARS が義務化されるものとみられる。ここで FAA は FDR ではなく LARS (Lightweight Aircraft Recording Systems) という言葉を使っているが、これは旅客機に搭載されるような厳密厳格な FDR ではなく、ややゆるやかな条件を意味している。これで重量や価格を下げ、軽量小型機にも搭載できるような装置を義務づけることをめざすということであろう。

## 日本への影響

このような FAA の法規が実現すれば、日本の航空界もほぼそれになるのが従来からの慣例である。とすれば、日本のドクターヘリにも同じように飛行データの記録装置が義務化される可能性が大きい。

こうした状況から、ドクターヘリの普及促進に当たる HEM-Net としては、安全保持の一助として、記録装置の搭載を考えるべきではないかという発想に至った。

具体的には、HEM-Net の別の研究プロジェクト、すなわち自動車の交通事故自動通報システム (ACN) の研究を進めながら、車の事故直前の走行状態を記録するイベント・データ・レコーダー (EDR) をヘリコプターにも利用できないかと考えたものである。

EDR は世界的に見ても完全な仕様が定まっているわけではなく、さまざまな形態がある。たとえばブレーキが使用されたかどうか、衝撃発生もしくはハンドル操作の時点の速度がどうであったか、事故発生のときにシートベルトが締められていたかなどを記録する。これにより、複数の車両が関係する事故で運転者双方の言い分が食い違った場合、さらには当事者の一方が死亡した場合、

従来は現場に残されたブレーキ痕や車両部品の破片の分布、目撃者の証言などから事故の状況を推測せざるを得なかった。しかし EDR があれば客観的な分析も可能となり、事故処理の正当化と迅速化につながる事となる。

まさしく航空機における FDR と同じ機能と目的を有するものといえよう。このような機器が自動車に装備されているとすれば、小さくて軽くて、比較的安い装置であろうから、ヘリコプターにも応用できるのではないか。というので、日本の自動車メーカーに意見を聴く事となった。しかし、その結果はさほど簡単な話にはならなかった。むろん技術的には可能であろう。けれども、ヘリコプター搭載用のデータ・レコーダーを開発するにしても、自動車メーカーの立場からすれば製造個数がケタ違いに少ない。経済的には非常に高くついてしまうというのである。

したがって、われわれの結論としては、今すぐ何か具体的な行動を起こす事とは断念せざるを得なかった。

## 開発状況の具体例

とはいうものの、アメリカでは上述の通り、NTSB の勧告にしたがって、FAA が新たな法律改正を進めようとしている。そこで現在、どのような装置が実現しているのだろうか。調査の結果は以下のような状況であった。

### (1) ノース・フライト・データ・システムズ(North FDS)

ノース FDS 社はテキサス州ダラスに本拠を置き、最新の電子技術によってヘリコプターの安全性を高めるための飛行データ記録機器の開発と製造を進めている。その具体的な内容については、2011 年 10 月の AMTC 総会でジェフリー・ウォーナー社長に会い、直接話を聴くことができた。

社長の手もとにあったのは C-2000 多機能データ取得システムで、音声、ビデオ映像、飛行データ、GPS データ、トラッキング・システム・データなどの記録装置が含まれ、6 G の荷重倍数にも耐え、旅客機に搭載している FDR に匹敵

する強度を有する。

本体の大きさは幅 20 c m、奥行 17 c m、高さ 5 c m 程度。重さは 1 k g 余。この小さな箱の中でジャイロが回転しており、3次元方向の動きや加速度を感知する一方、航空機に取りつけられたさまざまな装備品のデータ——方位、速度、高度などの数値を取得し、記録する。同時にイリジウム衛星通信につながるモデムを有し、取得したデータを即座に地上の受信システムに送りこむこともできる。

記録時間は音声およびビデオ映像が 12 時間以上、飛行データが 1,500 時間以上である。



FDR 機器の説明をするウォーナー社長

こうした話を聞いた時点で、このシステムは EC135 ヘリコプターに取り付けるための補足型式証明 (STC) を FAA から取得済みであった。しかし装置自体は特定のヘリコプター機種に限定されたものではなく、これから順次、さまざまな機種に取り付けられるようにしてゆく計画で、すでにベル 206 ヘリコプターに搭載して STC の認可試験を進めていた。また EC145、AS350、EC130、ベル 407 への取り付けも開発中という。

このシステムを構成する各装置の取り付け位置は下図のとおりである。

### FDR システムの取り付け位置



上図に見る通り、C-2000 多機能データ取得装置 (MFDAU : Multi Function Data Acquisition Unit) は機内後部に取り付ける。また記録装置 (QAR : Quick Access Recorder) は主キャビン前方か後方に取り付け、容易に取り外してビデオや音声を再生することができる。またエンジンや機体のデータを記録するための SD カード (Super Density Card) も内蔵していて、そこから飛行状況を再現することもできる。そしてコクピット天井部にカメラと集音マイクがつく。

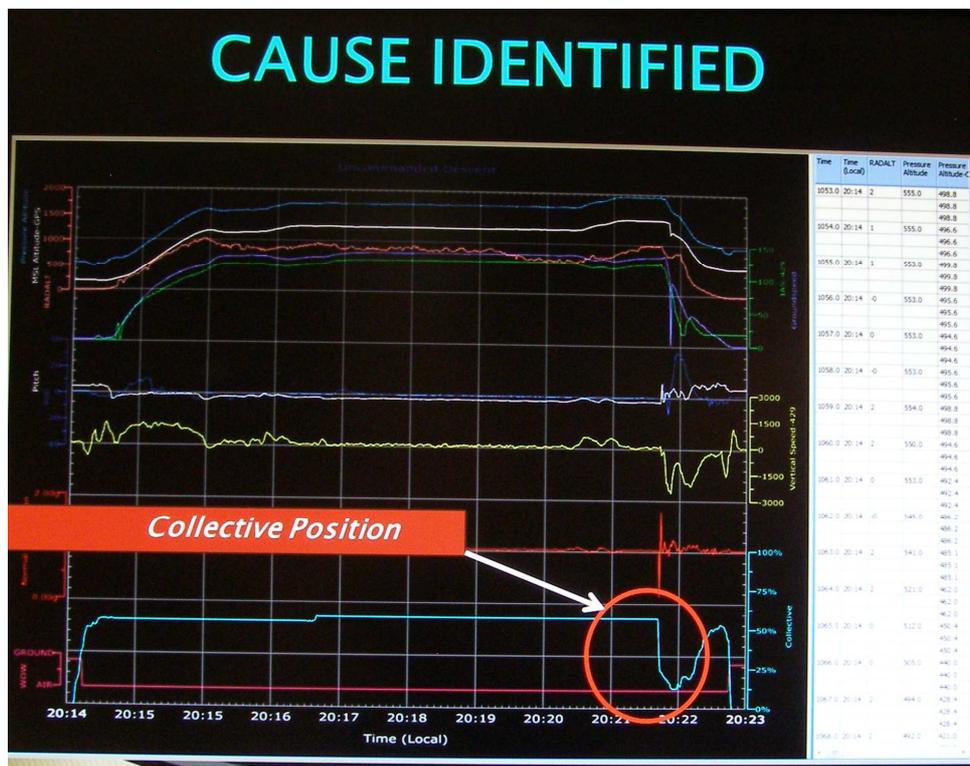
では、こうした記録システムは如何なる機能を発揮するのか。その一例をビデオによって説明して貰った。実際にスターフライト社の EC135 救急ヘリコプ

ターに装着して試験飛行や訓練飛行をしたときの一例である。これによって訓練の効果を高め、安全性を向上させることができるというのだ。

このケース・スタディは EC135 ヘリコプターが夜間の救急任務についた場合であった。パイロットは1人。夜間暗視装置 (NVG : Night Vision Goggle) を使用し、後方にパラメディックなど2人の医療クルーが乗っていた。外気温度は氷点下8℃、気象条件は有視界飛行状態 (VFR)。

パイロットは操縦系統を自動操縦 (オートパイロット) に入れて飛んでいた。突然、何の異常もない巡航飛行中に、機が急降下に入った。機首が左右に振れ (ヨーイング)、胴体も左右に揺れながら (ローリング)、降下していった。パイロットは直ちに操縦桿を取り、機体を立て直し、住宅地の一角に不時着した。

事故の原因はオートパイロットの故障が想定された。また、パイロットと同乗していた医療クルーからも聴き取り調査がおこなわれた。同時にノース FDR に記録されたデータを取り出し、記録の内容が調べられた。これがもしオートパイロットの故障ならば、その点検と修理には10万ドルほどかかるとみられた。そこへ、FDRによる下図のような飛行データが明らかになった。



この図によると、20 時 14 分頃離陸した当該機は、20 時 21 分を過ぎたところで不意に急降下した。このとき各種のデータに乱れを生じているが、特にコレクティブ・ピッチが急に下がっている。

これらのデータから、機体が急降下した原因はコレクティブ・レバーが下がったためとみられた。しかし EC135 のオートパイロットにはコレクティブ・レバーの位置を上下するような仕組みは含まれていない。

ということから種々検討の結果、氷点下の寒い中を飛行するため、パイロットは厚手のコートを着ていた。そして飛行中に座席のすわり心地を直そうとして、コートの袖口が知らぬうちにコレクティブに触れ、レバーを押し下げたのではないかと推定されるに至った。ほかの装備品や飛行データには異常が見られないからである。

この結論によって、機はそのまま、整備や修理を受けることなく、通常の飛行に戻った。ここに 10 万ドルの経費が節約されたのである。

以上のようなノース FDR の飛行データ記録システムの価格はビデオ・カメラや警報システムを加えて 32,000 ドルという。だが「顧客の選択によっては、価格を下げることもできる」とウォーナー社長はつけ加えた。

## (2) ユーロコプター社の実験と研究

ユーロコプター社はヘリコプター用の飛行データ記録装置を HFDM (Helicopter Flight Data Monitoring) と呼び、かねてから小型ヘリコプターに装備して試験飛行を続けてきた。その結果、安全性の向上に役立つことが確認されたとして、2010 年 12 月ドイツのケルンで開催されたロータークラフト安全シンポジウムで詳細を発表した。

この実験飛行は 2008 年 12 月、ヨーロッパ民間航空当局がユーロコプター社その他に依頼して始まったもの。装置はフランス ISEI 社のもので、重量 1 ポンド以下。さまざまなパラメーターの記録が可能で、しかも無線で自動的に地上の母器に送信し記録することができる。

この HFDM をユーロコプター社は 20 ヶ月間にわたり、ヘリコプター運航会社 2 社の協力を得て、実際に 4 機のヘリコプターに装着、合わせて 1,000 時間以上の飛行をした。機種は EC120 と AS350B3 が 2 機ずつである。

試験の方法は、あらかじめ限界値を決めておく。飛行性能とエンジンの限界を設定しておき、それを越えたかどうかを監視する。

飛行回数は 1,069 回。そのうち 429 回は人員輸送、223 回は空中作業、140 回は訓練飛行であった。

その結果、運用限界から大きく逸脱した事例が何回か見られた。また超過禁止速度を超えたことも数回あった。そのうち複数回は制限速度を 20 ノット以上も超えていた。

その他の重大事象としては、燃料不足による緊急着陸が何回か見られた。また空中作業がむずかしくて、限界を超えたような事例もいくつか見られた。ボルテックス・リング状態と呼ぶローター失速の前兆も数回見られた。これも空中作業の困難さによるもので、作業のやり方を考え直す必要があるのではないかというのがユーロコプター社の見解である。

以上のようなことから、ユーロコプター社としては、HFDM にはいくつかの利点があると考えている。

第 1 に HFDM は何かのインシデントが起こった場合の事象の分析と原因の解明に役立つ。一連の飛行データを見わたすことができるからである。

第 2 は操縦操作が飛行規程に定められた通りにおこなわれたかどうか検証できる。逆に飛行規程の方が無理な規定になっていないかどうかを見直す材料にもなる。

第 3 に整備作業にあたっては、この HFDM のデータを見ることによって、ハードランディングなどの異常が起こったかどうかを知って、それに対応した整備ができる。

さらに HFDM は運航者のみならず、メーカーにとっても有益な情報を提供することが明らかとなった。取り付け費用は、訓練費を含めて 14,000 ドル。運用

経費は年間 3,000 ドル程度である。

なお、ユーロコプター社によれば、今の HFDM はまだ完全なものではなく、今後なお改良の余地があり、もっと多くの機能を追加する必要がある。理想的にはコクピットの音声およびビデオ装置を加えて多くのパラメーターを統合するような改良が必要と考えている。

しかし、こうした装置を使うのは、小さい運航会社にとっては経済的に困難かもしれない。そこでデータの分析に関しては、個々の会社がおこなうのではなく、専門の団体や企業がまとめておこなうような方式も考えられる。

いずれにせよ「HFDM はヘリコプターの安全管理システムの重要な手段のひとつとみなすことができる」というのがユーロコプター社の結論である。

### (3) ベル・ヘリコプター社の装備

米ベル・ヘリコプター社では、新しいモデル 429 ヘリコプターに FDR を搭載している。同機は 2009 年 7 月に型式証明を取得し、2011 年 12 月から聖隷三方原病院でもドクターヘリとして飛び始めた。



ベル 429

ベル 429 の FDR は本体が 4.1 k g。取り付け金具などを含めて 6.4 k g。コクピット・ボイス・レコーダーを合わせもった記録装置で、飛行データは直近

25 時間、音声データは直近 2 時間分を記録する。

装置自体は英国ペニー社の製品だが、ベル社ではその一部を改修して 429 ヘリコプターに容易に取りつけられるようにして、既存の 429 に後付けも可能となっている。

#### (4) アパレオ・ビジョン 1000

米アパレオ・システムズ社の「ビジョン 1000」は手のひらに乗るほどの小さな装置である。重量は約 250 g。

この中に飛行データのモニターとコクピットの映像記録装置を包含し、現在位置と加速度を感知して、計器パネル、操縦桿、外界などの映像や音声を記録する。

飛行データはインターネット経由でアパレオ社のサービス・センターに送れば、そこで整理、解析して、飛行ごとのプロフィールが可視化される。



Appareo Vision 1000

## 結 語

ドクターヘリの安全を確保するためのヘリコプター用飛行データ記録装置 (HFDR) または飛行データ監視装置 (HFDM) について、HEM-Net として何らかの行動を起こすことはできなかったが、世界的にはすでにさまざまな試

みがなされていること、これまで述べてきた通りである。

こうした HFDR もしくは HFDM について、ヨーロッパ・ヘリコプター安全チーム (EHST) は最近、ヘリコプターの事故 205 件の事例分析の結果、HFDR や HFDM がヘリコプターに装備されていれば、205 件中 38 件の飛行が事故を回避できたはずという結論を出している。

すなわち FDR は、発想の時点においては事故調査を容易にし、できるだけ真実に近い原因究明が目的であった。しかし今や、それに加えて事故を未然に防ぐ予防手段ともなり得ることが明らかとなったのである。

日本のヘリコプター界でも、最近少しずつこの種の装置を取りつけ試用されるようになってきた。これがもっと普及するための課題はコストであろう。だが、ノース FDS のケース・スタディでも見たように、経済的な利点も得られることが明確になれば、その普及は決して難しくはないであろう。

今後さらに安くて、高性能の装置が実現し、ドクターヘリはもとより、その他のヘリコプターについても装着が進み、安全性がいつそう向上することを期待したい。

—— 調査担当 ——

山野 豊・松田徹之・西川 渉

(HEM-Net 理事)