

[解説概要一覧に戻る](#)

この解説概要に対するアンケートにご協力ください。

[アンケート開始](#)

28-7 災害救援航空機情報共有ネットワーク (D-NET)

1. はじめに

本解説では、地震等の大規模災害時における、ヘリコプターを主とする救援航空機の運用の現状と課題、および、宇宙航空研究開発機構（以下、JAXA）が主となって研究開発が進められている「災害救援航空機情報共有ネットワーク（D-NET, Disaster relief aircraft management system-Network の略）」¹⁾について述べる。

我が国でヘリコプターが初めて大規模災害の救援活動に本格的に活用されたのは 1995 年 1 月に発生した阪神・淡路大震災といわれている²⁾。この後、ヘリコプターの有効性に対する認識が広まり、体制や法規等の整備が進められた。全国の自治体消防のより円滑な連携を図るための緊急消防援助隊の発足（1995 年）、ドクターへリの試行的事業の開始（1999 年）などである。現在では、総務省消防庁や自治体消防等が運用する消防防災ヘリコプターが全国に 76 機、救急医療機関を拠点として運用されるドクターへリが約 50 機配備されている。2011 年 3 月に発生した東日本大震災では、自衛隊、消防防災、警察、海上保安庁、ドクターへリ等のヘリコプターが、被災地周辺で最大 300 機以上運用され（図 1）、

捜索・救助、物資・人員輸送、救急等の任務にあたった。一方で、表 1 に示すような新たな課題も明らかとなり、対策が進められているところである^{3,4)}。

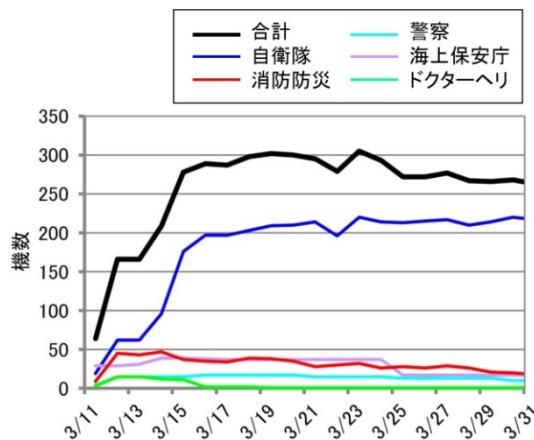


図 1 東日本大震災のヘリコプター出動機数

表 1 ヘリコプターによる救援活動の課題

	阪神・淡路 大震災	1995～ 2011	東日本 大震災
被災地へ多数機を派遣する体制	対応	改善	実施
ヘリコプタによる救急医療活動	判明	改善	実施
効率的な情報通信	判明	未解決	未解決
多数機のより効率的な運航管理	判明	未解決	未解決
他機関とのより迅速な情報共有・連携	判明	未解決	未解決
効率的な給油・整備体制	判明	未解決	改善
天候不良時の対応	判明	未解決	未解決
想定外の広域・複数被災への対応	—	—	判明
空振り・重複出動	—	—	判明

D-NETにより
実施・改善が期待される項目

2. 大規模災害時の救援航空機運用の現状と課題

現状では、航空機と地上の運用拠点との間の情報通信は、主に航空無線（VHF 帯）による音声通信で行われ、地上の運用拠点と災害対策本部等との間では、電話や FAX が用いられている。災害対策本部に集まった情報は、テキスト情報はホワイトボードで、緯度経度情報は地図上で管理・共有化されている（図 2）。これらの従来手法は、災害の規模が限定的な場合には有効であるが、大規模災害の場合、情報量が膨大になるため、より効率的な情報通信・共有化の手法が求められている。

情報収集を主な任務とするヘリコプターには、マイクロ波を用いたヘリコプターテレビ中継システム（ヘリテレ）や Ku 帯ヘリコプター衛星通信システム（ヘリサット）が搭載されており、機体から撮影した映像がリアルタイムで伝送されているが、乗組員が機上か

ら発見した災害情報（例えば道路が崩落している箇所の緯度経度情報等）をテキスト化、デジタル化して送信することができれば、より迅速かつ効率的な情報通信・共有化が可能になると考えられる。同じ空域で多数のヘリコプターが飛行する状況では、航空無線の輻輳（複数の航空機が同じ周波数で同時に送信して通信が困難になる状況）が生じる事例も報告されているため、通信のデジタル化は、このような課題解決にも有効である。ヘリコプターは低空で任務を行うため、航空無線による地上との通信は、山等の障害物によって遮蔽される場合も多い。衛星通信が有効であるが、ヘリコプターは胴体が小さいため、GPSと同等のサイズのアンテナで通信可能なイリジウム衛星の利用が普及しつつある。現状のイリジウム衛星は、データ通信速度が 2.4kbps であるため、テキストデータを送信することは可能であるが、画像や映像データを送信することは困難である。現在、イリジウム NEXT 等の次世代の高速通信衛星の計画が進められており、早期実用化が期待される。



図 2 災害対策本部における情報共有の例

3. 災害救援航空機情報共有ネットワーク (D-NET)

D-NET とは、大規模災害時に救援航空機をより効率的に運用することを目的として開発されたシステムで、イリジウム衛星を用いた航空機と地上間のデータ通信、および地上で共有化された情報を活用した、救援航空機の最適運航管理機能等を有している（図 3）。2004 年に発生した新潟県中越地震を機に、JAXA が中心となって研究が開始され、その後 JAXA の「次世代運航システム (DREAMS) プロジェクト」⁵⁾ の一環として実用化を目指した開発が進められた。

共有化すべきデータについては、防災関連機関や有識者から構成される委員会を設置し、「D-NET 規格」として策定された。各機関の間で共有化すべき基本データと、それぞれの機関ごとに必要とされる詳細データをレイヤー構造化することにより、効率的な情報通信、共有化が可能となっている。

現在は人間の判断によって各機体への任務割当が行われているが、ヘリコプターは機体ごとに装備品（情報収集用のカメラ、救助用のホイスト、救急医療機器、空中消火装置等）、飛行速度やペイロード等の性能、また、整備や点検までに飛行可能な時間などが異なるため、これらの条件を考慮して各機体に最適な任務を割り当てる判断支援システムを開発することがで



図 3 D-NET の概念図

きれば、大規模災害時にもより効率的な救援活動が可能になる。類似の技術として、軍用の戦術支援システム（我が国のC4Iシステム等）が挙げられる。データリンクで情報を共有化し、リソースの最適配分によって任務の成果を最大化するという目的は同じであるが、技術（アルゴリズム等）の詳細は公開されていないため、災害用途では独自技術で開発を行う必要がある。

4. 実機による評価

D-NETの機上機器は、図4に示すように、イリジウム衛星通信装置、アンテナ、プロセッサ、表示・操作用ディスプレイ等から構成される。D-NETの研究開発を進めるにあたり、実際に災害救援機の運用現場で評価を行うために、消防防災ヘリコプターとドクターヘリ各1機にこれらのシステムの試作品を搭載した。これらの機体を選択した理由は、日常の活動と大規模災害時の活動が類似しているためである。自衛隊、警察、海上保安庁等も大規模災害時に重要な役割を果たすが、日常の活動目的はそれぞれ異なるため、必要な機能等のニーズも異なっている。

実機を用いた評価は、これらの機体の日常運用に加えて、大規模災害を想定した訓練の場でも行われた。2012年10月に行われた緊急消防援助隊近畿ブロック合同訓練での評価の様子を図5に示す。機上ディスプレイでは、

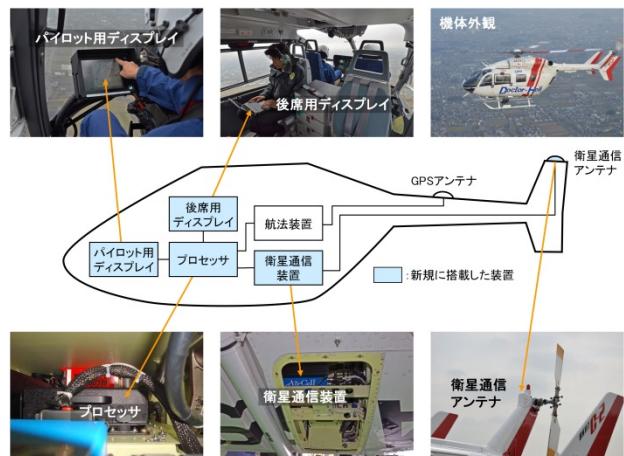


図4 D-NET機上機器の構成と搭載状況



図5 防災訓練におけるD-NET評価実験の様子

上空から発見した災害情報（地震、火災、水害等の災害の種類や発生場所など）がタッチパネル操作によってデータ化して入力される。地上の端末では、ヘリコプターから送信された災害情報や、各機体の任務情報、運航情報等が表示されるほか、最適な機体を選定して任務割当を送信することができる。モバイル端末には、ヘリコプターの運航状況がリアルタイムで表示されるため、地上の救助隊員とヘリコプターの効率的な連携が可能となる。この訓練では、神戸市の消防ヘリコプターが情報収集の任務を担当し、上空から発見した災害情報を運航拠点や災害対策本部に伝達し、その情報に基づいて他のヘリコプターが救援任務を実施するという役割分担で行われた。

この際、従来の航空無線による音声通信を用いた場合と D-NET を用いた場合で、災害の発見から救援任務の開始までの平均時間を比較する実験が行われた。当時、D-NET の機上機器を搭載した救援機は神戸市の消防ヘリコプターのみであったため、JAXA の実験用ヘリコプターも D-NET を搭載して参加し、任務割当を受信して任務の模擬を行った。図 6 に比較結果を示す。この実験では、D-NET を用いることによって、従来手法に比べて 23 分（72%）の時間短縮効果が得られることが明らかとなった。

5. シミュレーションによる評価

数百機のヘリコプターが運用される大規模災害における D-NET の導入効果を評価するため、シミュレーション環境が開発された。図 7 にプログラムを構成する主なモジュールと各モジュール間のインターフェイスの概要を示す。任務シナリオは、災害の発生時刻、場所、内容等を定めたデータファイルから入力される。飛行経路（目標経路）は D-NET の運航管理機能によって生成され、オートパイロット・プログラムによって機体が目標経路に追従して飛行し、情報収集、救急・救助、物資・人員輸送等の任務を実施する。他機との衝突の危険が生じた場合、TCAS（Traffic alert and Collision Avoidance System、空中衝突防止装置）の RA（Resolution Advisory、回避指示）に従って回避操作が行われる。管制機能により、例えば着陸時に適正な間隔が確保できない場合、定められた場所でサークリングを行うなどの待機時間が発生する。

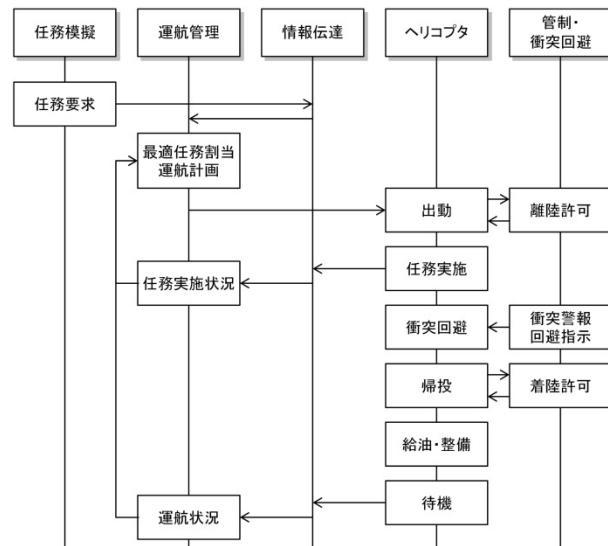
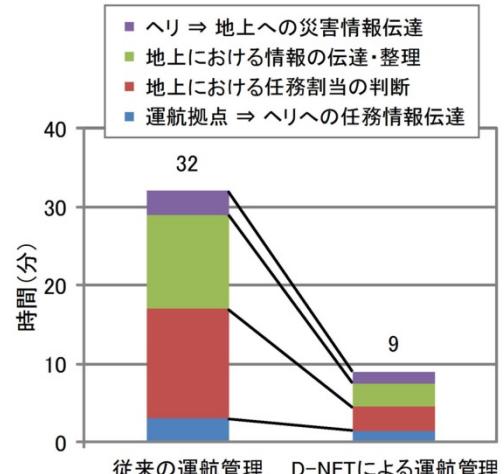


図 7 シミュレーションプログラムの構成

任務割当の最適化には遺伝的アルゴリズム (GA) を適用した。図 8 に概念図を示す。GA は想定外の状況（例えば運航拠点が被災して使用不能になるなど）に対しても実行可能な解を算出できるのが特長である。最適化の指標として、任務の達成に必要でない無駄時間（任務割当待ちの待機時間、離着陸や給油の順番待ち時間等）と異常接近 (TCAS の RA が作動する状態) の回数を最小化することとした。一方、全国の非被災地から被災地の運航拠点にヘリコプターが参集する広域応援の最適化には、ダイクストラ法（経路探索に用いられる手法）を適用した。

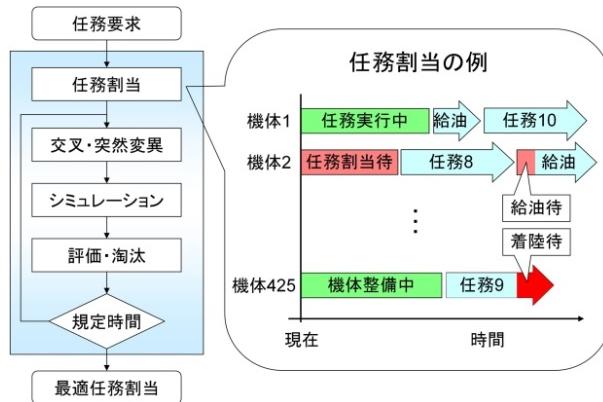


図 8 遺伝的アルゴリズムの適用概念図

図 9 は東日本大震災の発生翌日（2011 年 3 月 12 日午前 6 時～午後 6 時）におけるヘリコプターの運航をシミュレーションした結果である。図 9 (1) は被災地周辺における救援活動、(2) は広域応援の飛行軌跡を示したものである。このケースでは、計 277 機の運航が模擬されている。ヘリコプターの機数、任務シナリオ等は、当時の記録から、可能な限り現実を再現した。

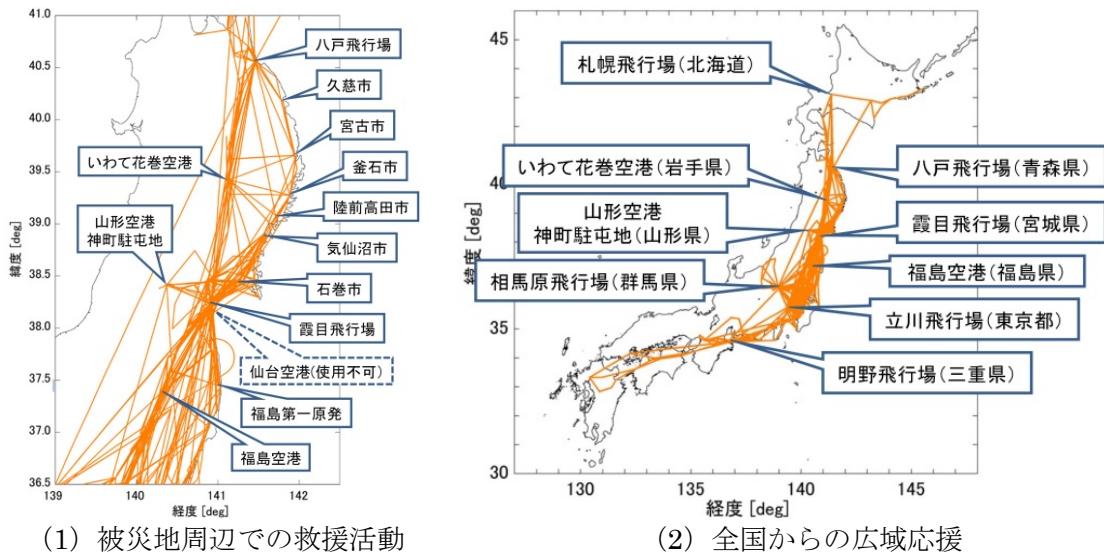


図 9 ヘリコプター運航シミュレーション結果の例（東日本大震災）

表2は、近い将来に発生が予想される南海トラフ地震および首都直下地震のシミュレーション結果である。導入される機数、任務シナリオ等は、政府機関による被害想定に基づいてモデル化した。D-NETを用いない場合（可能な限り現状を模擬した場合）と、D-NETを用いて各機体への任務割当を最適化した場合（全ての救援航空機がD-NETに対応していると想定）のシミュレーション結果を比較した。首都直下地震で無駄時間が特に大きくなっているが、これは多くのヘリコプターが参集しても都市部では任務の実施に必要な離着陸場が不足することに起因している。一方で、最適化によって特定の空域に機体が集中することが避けられるため、異常接近の低減効果は大きくなっている。安全向上の効果が期待できる。逆に南海トラフ地震では、被災地域が広域なため、最適任務割当による無駄時間低減効果が顕著となり、時間あたりの任務達成回数が増大している。

表2 シミュレーションによるD-NET導入効果

(1) 南海トラフ地震

(2) 首都直下地震

	任務達成回数 【回/時】	無駄時間 【時間/任務】	異常接近 【回/任務】
D-NETなし	17.6	4.63	0.97
D-NETあり	49.1	0.47	0.3
効果	+179%	-90%	-69%

	任務達成回数 【回/時】	無駄時間 【時間/任務】	異常接近 【回/任務】
D-NETなし	31.4	11.05	1.21
D-NETあり	56.6	4.73	0.16
効果	+80%	-57%	-87%

6. 製品化と普及

D-NETは民間企業（ナビコムアビエーション株式会社）への技術移転によって2013年に製品化された⁶⁾。図10に製品のシステム構成を示す。2016年3月には、機体への搭載工事が不要な、可搬（持込）型機上機器も製品化された（図11）。2014年4月からは、総務省消防庁によって「集中管理型消防防災ヘリコプター動態管理システム」として運用が開始され⁷⁾、2016年3月末時点では、全国76機の消防防災ヘリコプターのうち56機（約74%）が本システムに対応可能となっている。これまで、実際の大規模災害では、2016年4月に発生した熊本地震等で活用されている⁸⁾。



図10 D-NETの製品例

図11 可搬（持込）型D-NET機上機器

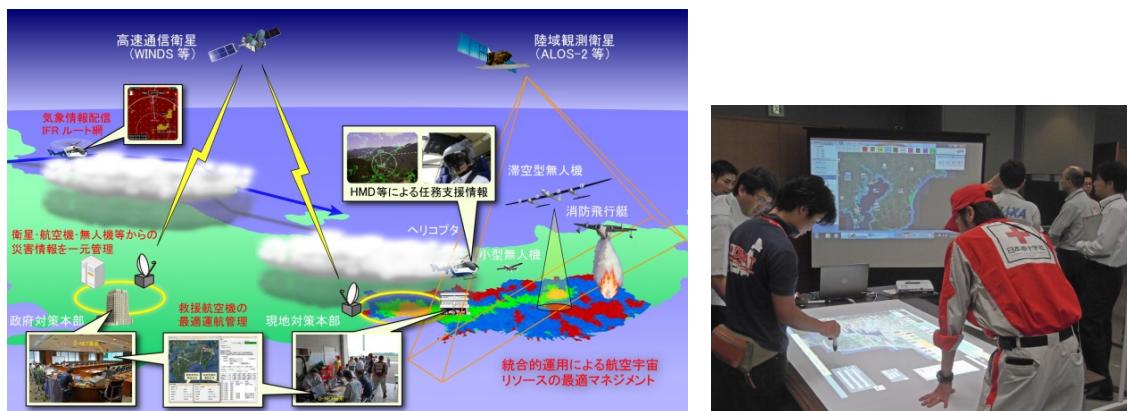
7. 今後の計画

D-NET の研究開発は 2014 年度をもって終了した。その後は、ヘリコプターのみではなく、陸域観測技術衛星（ALOS-2）や無人機等で観測された災害情報も統合化し、ヘリコプターによる救援活動の計画立案に役立てるための「災害救援航空機統合運用システム（D-NET2）」の研究開発が進められている⁹⁾。図 12 (1) にシステムの概念図を示す。

ALOS-2 は、ヘリコプターによる情報収集が困難な夜間や悪天候時にも災害情報の収集が可能なため、事前にそのデータを活用して計画立案を行うことで、より効率的な救援活動が可能になる効果が期待される。また、ヘリコプターによる情報収集が開始された後も、被災が広域にわたる場合は情報収集に相当時間を要するため、進捗に応じて ALOS-2 の次回観測機会に重点的に観測するべき地域を選定し、観測要求を出力する機能も有している。

ヘリコプターと無人機の連携については、D-NET を用いた実証実験を実施した¹⁰⁾。無人機が要救助者を捜索・発見し、その情報を D-NET で対策本部を経由してヘリコプターに送信して救助を行うという役割分担で、安全かつ効率的な連携を行うために必要な機能が開発された。その後、無人機（ドローン）技術が急速に進歩したこと、関連する航空法が改正されたことなどから、現状に適合するよう、必要な機能の検討、開発が進められている。

D-NET では、地上端末に汎用 PC と大型ディスプレイが用いられていた（図 2）。この機器構成では、閲覧による関係者間での情報共有は可能であるが、情報入力は特定のオペレーターに制限されるという問題があった。D-NET2 では、より多種多様な情報を扱うため、インタラクティブ・プロジェクター（専用のスクリーンを必要とせずテーブル等に投影した画面上でタッチ入力が可能なデバイス）を用いて関係者が協力して情報の入力、確認を行うことが可能なユーザー・インターフェイスが採用されており（図 12 (2)）、従来の地図やホワイトボードを用いた手法（図 2）との親和性が向上している。D-NET2 のシステムは、2017 年度末までの実用化を目指して開発が進められている。



(1) 概念図

(2) ユーザー・インターフェイス

図 12 災害救援航空機統合運用システム（D-NET2）

8. おわりに

D-NET は消防防災ヘリコプターで普及しているほか、ドクターヘリで多く用いられている動態管理システム（機体の位置情報を管理するシステム）とも情報共有が可能となっているが⁸⁾、他の防災関連機関（自衛隊、警察、海上保安庁等）への普及が今後の課題と考えられる。また近年、地上で利用可能な災害情報システムは様々なものが実用化または開発されているため（例えば「リアルタイムな災害情報の共有と利活用」研究開発計画¹¹⁾など）、これらのシステムとの連携、統合を進めることが望まれる。

本解説では、大規模災害時の情報通信・共有化および運航管理技術について紹介したが、航空機による救援活動をより効率的に行うためには、天候不良時の対応も大きな課題となっている。IFR（Instrument Flight Rules、計器飛行方式）ルート網の整備、HMD（Helmet-Mounted Display）とセンサー画像や人工視界を用いたパイロットの視覚情報支援技術の開発等も今後の重要な課題と考えられる⁹⁾。

参考文献

- 1) 小林啓二、奥野善則、石井寛一、「災害救援航空機情報共有ネットワーク（D-NET）の開発」、日本航空宇宙学会年会講演集 JASS-2015-1106（2015年4月）
- 2) 阪神・淡路大震災におけるヘリコプター運用の実態調査委員会、「阪神・淡路大震災におけるヘリコプターを用いた傷病者の搬送—その実態と評価—」（1996年）
- 3) 防衛省、「東日本大震災への対応に関する教訓事項（最終取りまとめ）」（2012年11月）
- 4) 消防審議会、「東日本大震災を踏まえた今後の消防防災体制のあり方に関する答申」（2012年1月）
- 5) 次世代運航システム（DREAMS）、<http://www.aero.jaxa.jp/research/star/dreams/>
- 6) 「衛星通信を利用した航空機用災害情報伝送システム」の製品化について、
http://www.jaxa.jp/press/2013/05/20130527_d-net_j.html
- 7) 総務省消防庁によるD-NETに対応した集中管理型消防防災ヘリコプター動態管理システムの運用開始について、
http://www.jaxa.jp/press/2014/04/20140409_d_net_j.html
- 8) D-NETを用いた熊本地震における技術支援について、
<http://www.aero.jaxa.jp/research/star/dreams/dnet/news160516.html>
- 9) 災害対応航空技術（D-NET2）、
<http://www.aero.jaxa.jp/research/star/dnet2/>
- 10) 奥野善則、小林啓二、佐藤彰、「大規模災害時を想定した有人機・無人機連携システムの実証実験」、第49回飛行機シンポジウム講演集（2011年10月）
- 11) 内閣府政策統括官（科学技術・イノベーション担当）「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）レジリエントな防災・減災機能の強化（リアルタイムな災害情報の共有と利活用）研究開発計画」（2016年10月20日）
http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/8_bousai.pdf

（公財）航空機国際共同開発促進基金 【解説概要 28-7】

▶ 解説概要一覧に戻る

この解説概要に対するアンケートにご協力ください。

▶ アンケート開始