

航空機のナビゲーションについて

航空自衛隊航空医学実験隊第1部 人間工学科主任研究官

相羽裕子 (あいば ゆうこ)

Profile — 相羽裕子

聖心女子大学文学部教育学科心理学専攻卒業。東京理科大学工学研究科電気工学専攻修了。航空医学実験隊に入隊し、空間識科、航空知覚科、適性心理科を経て現職。専門は航空医学・心理学、認知心理学。著書は『航空宇宙工学便覧』（分担執筆、丸善）、『防衛医学』（分担執筆、防衛医学振興会）など。

はじめに

私は航空自衛隊においてパイロットの認知機能に関する研究に携わっている。仕事柄パイロットと接する機会が多いのだが、彼らには高い問題解決能力、意思決定力、時間管理能力、危険予知能力等が備わっていると感じる。おそらく航空機操縦という課題を遂行するために備わった能力であろう。メディア等では視力などの身体的機能がとりあげられがちだが、パイロットの特性はむしろ認知機能に顕著にあらわれるのではないかと考えている。私はこの認知機能に着目し、パイロット適性やパイロットのパフォーマンス向上、ヒューマンエラー防止に関する研究を行っている。

航空においてナビゲーションとは、航法というナビゲーション技術をさす。航法は船舶や航空機が目的地に最も正確に到達するための技法又はその方法をいう。航法は野外飛行という名称でパイロット国家資格の試験課目となっており、パイロットとして備えるべき基本技術といえる。このナビゲーション技術及びこれを用いたパイロットの行動について研究するきっかけとなったのが、パイロット候補生がナビゲーションを不得手とするためパイロット資格を取得できないとの記述を目にしたためである。パイロットは、厳しい身体的・医学的基準をクリアし、知

能、性格、動機等についての試験にも合格している。これらの試験に合格した人たちがなぜナビゲーションで不合格となってしまうのかを明らかにすることで、選抜・採用時に測定すべき能力や学習方法の検討を行いたいと考えている。

航空機におけるナビゲーション

航空機におけるナビゲーションの概要を紹介しておく。飛行環境の特殊性はさまざまなナビゲーション技術を発展させてきた。

a. 飛行環境の特殊性 飛行環境は、①停止できない（回転翼機除く）、②高度の変化をとまなう、③高速に移動する、④燃料（在空中時間）に制限がある、⑤気象等外的要因の影響を受けやすい、等の特徴がある。日常生活のナビゲーションは2次元（位置、時間）であるのに対し、空中における環境は姿勢と高度という次元を加えた4次元（位置、高度、姿勢、時間）のナビゲーションであるといわれる。飛行高度が変わると風向や風速が違ってくる。また、気温、空気密度も変化するために、飛行速度が変わってしまう。例えば1000ftの高度変化があると真気速（正しい対気速度）は約2パーセント変化する。パイロットは計器の示す速度を高度によって修正しながら自機の状態を把握しなければならない。

b. ナビゲーション技術（航法）

航法は多種多様である。おおまか

に二つに分けると、一つめが目視と基本的な航空計器から自己位置の把握と針路の決定等を行う基本航法（推測航法、地文航法、天測航法）、二つめが外部の援助施設や機内の航法装置を利用する応用航法（無線航法、広域航法、GPS航法等）である。基本航法のうち推測航法（基本的な航法計器から速度、針路、偏流等の情報から航空機の位置を求める方法）、地文航法（陸上または沿岸地域で航空図と地上の目標を見比べて、自分の位置を確認しながら目的地まで飛行する航法）は、電子航法機器が壊れた場合でも航空図とパイロットの眼だけで目的地に到達することができるため、パイロットは必ず推測航法、地文航法を理解し、実践できなければならない。

c. ナビゲーション行動 航空におけるナビゲーションは飛行計画をたてるところから始まる。航空図の確認、気象の確認、航空情報（空港情報等）の確認、フライトログの作成、飛行計画書の記入、航空機の安全性の確認を行う。

計画が終われば飛行の実施である。ナビゲーションは、①航空機の位置（機位）の確認、②航空機の針路の決定、③到達時間の算出という三つの基本作業からなる。航空機の現在位置は、地表の地形を視認し、それらとの関係を地図上に標定することによって経過時間や速度から確認する。航路の偏

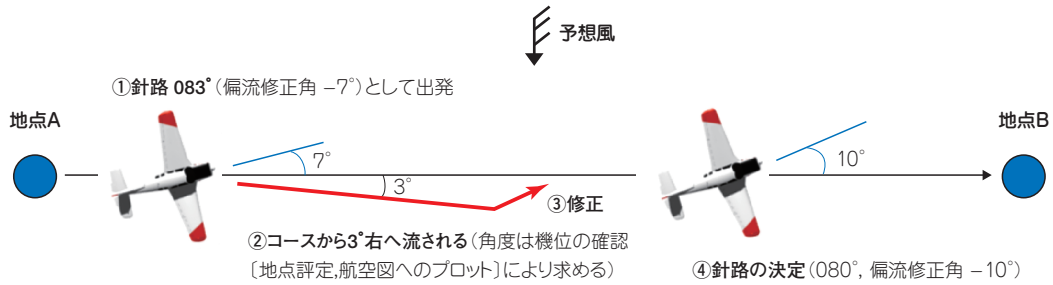


図1 偏流修正角 (横風の影響を考慮した航空機を向ける方向) の変更による針路の決定の例 (土屋 (2005) より筆者作成)

位や対地速度を知りたい場合、測風を行う場合、針路を変更した場合等に適宜行う。針路の決定は目的地までの方向を見出すことである。針路は風、気速、航路によって影響を受けるため、飛行中は絶えず偏位に応じて針路を決定する必要がある (図1)。到達時間の算出とは目的地に到着する時刻を予想することである。通報が必要とされる場合、計画から変更があった場合に目的地への到達時刻の再計算を行う。さらに予報と異なる気象や予測し得ない飛行障害、他機の接近等に対応して計画の一部又は全部を変更しなければならない。これらの作業を航空機の操縦と並行して行う。航空におけるナビゲーションは複数のタスクを操縦と同時に進行するマルチタスク作業といえる。

ナビゲーションに関わる能力・スキル

このナビゲーション行動に関連する能力・スキルとはどのようなものだろうか。地図判読、選択的注意、空間認知、マルチタスク能力、そして基本となる正確な操縦能力等さまざまな能力やスキルが関連しているだろう。まだ研究の緒に就いたばかりであるが、ナビゲーション課目に合格した者と不合格であった者の各種検査結果並びに操縦課程成績の比較、ナビゲーション課目を担当する教官パイロットを対象とした聞き取り

調査を行ったので紹介する。まず、ナビゲーション課目に合格した者と不合格であった者の採用時の知能検査、飛行検査結果を比較したところ、両者に有意な差は認められなかった。このことから、ナビゲーション合格者も不合格者も同等の知的能力を有していると考えられた。次に操縦課程中の成績を比較したところ、操縦訓練が進むにつれ飛行検査時には現れなかった注意、判断、理解力の項目について、両者の差が顕在化してきた。さらに教官パイロットを対象とした聞き取り調査では、不合格者が最も不得手とする項目は、他機もしくは気象の回避が半数近くを占めていた。他機の回避は、航法作業を実施中に、管制官からのボイスにより他機位置を把握し、自機との位置関係の変化を予測し、適切な時機に回避するというタスクである。気象の回避は、針路上に雲等の視程障害がある場合に急針し回避するものである。両者とも飛行安全上重要な事項であるが作業を中断する必要がある、また代替経路の設定等さらに作業を増大させる要因となる。これらのタスクは他機及び自機位置の把握及び予測能力といった空間認知能力、タスクの優先付け能力が関与していると考えられる。現在、複数の認知テストを作成し、これらの能力をどのように測定すればよいのか、学習されるものなのか、事前

に予測可能なものなのかについて検討を行っている。

おわりに

地文航法や推測航法は基本であるが、実際の運用ではさまざまな自動化システムや支援システムが人間のナビゲーション行動を代替している。これらのシステムが航空機運航の安全性向上に寄与していることに疑いはなく、ヒューマンエラーが人間の本性であり、安全のために人間の判断よりシステムの判断を優先すべきとの考え方の好例となっている。一方でマン・マシンシステム運用の最終判断は人間が担任すべきであり、パイロットは自動化の流れの中で非常事態対応のためにマニュアルでの基礎的能力を十分に身につけておかなければならない。電子航法システムへの依存や自動化が招いたヒューマンエラー及び事故も散見され (大韓航空機撃墜事故、アメリカン航空 695 便事故等)、基本的な操縦能力及びナビゲーション能力は、パイロットが安全に飛行するために必須であることには変わりはないのである。

文 献

- 国土交通省航空局安全部運航安全課 (監修) (2012) 『飛行機：准定期運送用操縦士を除く：操縦士実地試験実施基準：操縦士実地試験実施細則』 鳳文書林出版販売
- 土屋正興 (2005) 『飛行機の操縦 航法編』 鳳文書林出版販売