

氏 名 : 田村 恵一

論文題名 : 混雑空港における到着管理に関する研究

区 分 : 甲

### 論 文 内 容 の 要 旨

近年の航空交通量は増大の一途を辿っており、その傾向は今後も続くと予想されている。航空機の増加に伴う混雑をはじめとする様々な課題を解決するため、世界的にも、また国内においても、現行の分割された空域毎を基本とした管制指示等による交通流制御を中心とした航空管制から、全ての航空機の出発から到着までを一体的に管理するとともに、全飛行フェーズにおいて時間管理を導入した4次元軌道に沿った航空交通管理運用に移行することが目指され、研究が進められている。

本論文では東京国際空港を対象として、まず現在の混雑状況とその原因の解析を行った後、現在でも実現可能な到着時刻管理の方法、ならびに軌道ベース運用において特に効果が期待されている飛行管理装置(Flight Management System : FMS)のRTA(Required Time of Arrival)機能を使用した到着時刻管理の方法について提案を行い、現状と比較した潜在便益について評価を行ったものである。

本論文は8つの章から構成されている。

第1章では到着時刻管理システムが必要となる研究背景、目的および本論文の構成を示した。

第2章ではレーダー監視データを利用して東京国際空港の混雑状況の現状を解析した。着陸のための合流地点を中心とする150NMの同心円上を通過して入域した全ての機体の到着時刻間隔の解析から、混雑時には最大約30分程度の遅れが発生していること、また、その主たる原因は、入域がランダムに行われているためである事を明らかにした。

第3章では第4章以降で使用する解析ツールとして、レーダー監視データから気象数値予報データおよび機体性能モデル(BADAモデル)を用いた飛行状態推定の方法と、動的計画法による軌道最適化の方法について説明した。

第4章では解析において使用する航空機の性能モデル(BADAモデル)の精度について検証した。旅客便と異なり貨物便は重量が実測に基づいているため、重量の違いによる誤差を減らす事ができることから、実際に飛行した貨物便の飛行データとBADAモデルを使用した燃料流量等を比較した。直接比較を行った結果においても、位置情報から推定した飛行状態にもとづく燃料流量の推定法においても、BADAモデルによる誤差は約3%程度であり、精度が高いことが示されたが、Cost Index(飛行時間と燃料コストのトレードオフを示す指標)が大きな場合には、やや精度が低下することが明らかになった。

第5章では、ボーイング737-800型機のFMSシミュレータを使用して、到着時刻制御に不可欠なFMSのRTA機能の精度を検証した。速度の上限を上回る強い向かい風の場合を除き、予測風と実際の風の誤差が一定割合の場合は概ねRTAを達成できることが示された。また簡易的にFMSが生成する軌道を模擬するためにThree Parameter Model (TPM)と呼ぶ飛行プロファイルの決定モデルを提案

し、動的計画法によって生成される最適軌道、および FMS シミュレータによって生成される軌道との比較を行った。TPM は FMS シミュレータの結果とよく一致し、また、燃料消費量も動的計画法による最適軌道による結果とよい一致を示した。

第 6 章ではレーダー監視データを使用し、到着時刻制御のために、現在多用されているレーダーベクタ(管制官による迂回指示)に代わり、現在のシステムでも実施可能な Holding(待機経路の飛行)を積極的に利用した場合に得られる潜在便益について検証した。この方法では燃料消費量は現状と比較し 33%程度削減することが可能である事が明らかになった。

第 7 章ではレーダー監視データを使用して、TPM によって生成した軌道を用い、到着時刻制御の有無による飛行時間および燃料消費量を比較した。その結果、到着時刻の指定の有無によらず、管制間隔を設定するために到着時刻を指定した場合においても、現状に対して飛行時間は 0.7%、燃料消費量は 5.3%削減可能であり、管制間隔の設定と燃料消費量の削減の両立が可能である事が明らかになった。

第 8 章では結論を記載した。

要約すると、本研究は、東京国際空港のレーダー監視データの解析結果から、航空機が到着を制御する管制区にランダムに入域してくる事が混雑の原因であることを明らかにし、混雑解消および将来の軌道ベース運用のために必要な到着時刻制御の方法について 2 つの方法の提案を行うとともにその有効性を評価したものである。これらの解析に使用する航空機性能モデル(BADA モデル)の精度について、重量誤差の少ない貨物便の飛行データとの比較により、Cost Index が大きな場合を除き、BADA モデルの精度が高いことを明らかにした。到着時刻制御のために、現在多用されているベクタリングの代わりに、現在でも実施可能な Holding(待機経路の飛行)を実施する方が大幅に有利であることが示された。また、FMS の RTA 機能を利用しつつ最適軌道を飛行すれば、管制間隔の設定と燃料消費量削減の両立が可能であることが示された。