サービスモデルを用いた フライトサービスのリスケジューリング支援システム*

呉 琛曦^{*1}, 青山 和浩^{*2}

A Flight Rescheduling Support System Based on the Modeling of Flight Service

Wu Chen XI^{*1} and Kazuhiro AOYAMA

^{*1}Tokyo Univ. Dept. of Systems Innovation, School of Engineering
Hongo 7-3-1, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8656, Japan

It is a useful tactic that punctual flight services result in high customer satisfaction to against low cost carrier. However, today about 50% of flights are frequently delayed or canceled by irregulars. These irregulars must be dealt with by rescheduling to maintain a high-level customer satisfaction. Rescheduling is a highly complex problem since flight services have a large number of elements that are directly or indirectly involved in each other. And it is always dealt with by operator's implicit knowledge that is cultivated from his/her long experience. For these reasons, a flight rescheduling support system is strongly desired to support the difficult rescheduling problems. Our research proposes a support system of flight rescheduling. This system represents flight service as a service model consists of three sub services: (1) transportation service, (2) operation service, and (3) maintenance service. Based on the modeling of flight services, we focus on the relationships of flights to describe the rescheduling of flight service. Our research also proposes an algorithm of flight rescheduling by using these relationships. Then an automatic planning system and evaluation method for the flight rescheduling results is proposed to support operator's decision making. At last, a prototype system is shown as a case study by using an actual data of flight service.

Key Words : Flight Service, Service Modeling, Rescheduling

1. 結 言

1・1 航空業界を取り巻く環境

近年, 航空自由化の政策の影響で航空業界ではローコストキャリア (LCC) という格安航空会社の台頭が著しい。これらの航空会社は, フライトサービスの品質が多少下がるとしても徹底的なコスト削減を行い, それによって実現した運賃の安さを競争力として顧客を獲得している。一方, 既存の大手航空会社は多種多様な顧客を抱えており, 顧客の航空会社への要望も多岐にわたるため, LCC のように徹底的なコスト削減を行うことは難しい。そこで, 高い競争力を維持するために, フライトサービスの品質を落とすこと無く, 効率・効果的なオペレーションを行うことへの期待が高まってきている。しかしながら, 台風などの悪天候や機材不具合, 顧客・貨物の需要変動など, サービス設計の段階では予測できない要因 (イレギュラー要因) により, フライトサービスの品質を高水準に維持しながら, 供給することは非常に難しい。日本の航空会社のフライト履歴のデータから, 航空機の到着が 1 分でも遅延したフライトは全体の約 50% を占めていることが解析できる。また, 種々の報告書⁽¹⁾⁽²⁾は, 15 分以上の遅延は約 5%, 欠航は約 0.6% であると報告している。このように遅延時間に差異があるが, 状況に応じたフライトサービスの再計画, すなわちリスケジューリングが必要であることを伺うことができる。

* 原稿受付 2012 年 4 月 2 日

^{*1} 東京大学 (〒163-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

^{*2} 正員, フェロー, 東京大学

E-mail: go@m.sys.t.u-tokyo.ac.jp

1・2 リスケジューリングの問題点

フライトサービスは、航空機・乗務員・空港・顧客などの多種多様な要素が複雑に絡みあっているため、イレギュラーが発生するとそのイレギュラーに直接に関わるフライトだけではなく、他のフライトにも影響を及ぼす。例えば一つのフライトが遅延すると、そのフライトの運航機材(航空機)に当てられた後のフライトも遅延する。このように、一箇所の遅延が他の遅延を引き起こす原因にもなっており、計画から逸脱したフライトスケジュールをリスケジューリングするのは容易ではない。リスケジューリングの問題点は以下の四点に集約できる。

- 1) フライトサービスが多種多様な要素で構成され、すべての要素と影響関係を把握することが困難である。
- 2) 構成要素がそれぞれの制約条件を持っている。またそれらの制約条件が複雑に絡み合っているため、すべての制約条件を満たすリスケジューリング案を作成することが困難である。
- 3) 多種多様な実施可能リスケジューリング案を網羅的に考えることが困難である。
- 4) 作成されたリスケジューリング案をコストや顧客満足度などの視点からも評価する必要があるため、多視点からの評価と目的に適した評価手法が必要である。

以上より、リスケジューリング業務を行っているダイヤ管理担当者の負担は大きく、熟練者でもすべての要素を考慮し、適切なリスケジューリング案を作成することが困難である。そのため、フライトリスケジューリングにおける計算機支援が期待されている。

1・3 先行研究

著者らは、フライトサービスのモデリング手法に関して議論し、次に示す内容を報告している⁽³⁾ (図1)。

● フライトサービスのモデル化

フライトサービスを輸送サービス、運行サービス、整備サービスに分け、それぞれのモデル化を行った。

● リスケジューリング案の作成支援

フライトサービスの実施可能となる制約条件の抽出を行い、制約条件のチェックによって作成したリスケジューリング案の実施可能性について評価した。

● リスケジューリング案の評価

リスケジューリング案毎に、顧客側面、運用側面の二つの側面から評価を行い、ダイヤ管理担当者の意思決定の支援を行った。

また他の既存研究では、フライトスケジュール問題における数理計画法⁽⁴⁾やオペレーションズリサーチの適用⁽⁵⁾が試みられている。更に近年では、航空機・乗組員・顧客のモデル化⁽⁶⁾も取り組まれている。

Fig. 1 Flight Service Model

1・4 先行研究の問題点

著者らの先行研究⁽³⁾では、制約条件による実施可能性のチェックによってリスクジェーリングを支援することを提案しているが、リスクジェーリング手法自体については十分に検討していないため、案の作成が完全にダイヤ管理担当者に依存している。また、数理計画法⁽⁴⁾やオペレーションズリサーチの適用⁽⁵⁾ではリスクジェーリング手法について検討しているが、ダイヤ管理担当者の支援については言及していない。航空機・乗組員・顧客のモデル化⁽⁶⁾では各要素のモデル化を検討しているが、リスクジェーリングについて言及していない。

1・5 本研究の目的

先行研究の問題点を踏まえ、本研究ではプロセス統合モデリングの研究⁽⁷⁾を参考して、ダイヤ管理担当者のリスクジェーリングを支援できるように、フライトサービスのモデル化を行う。またフライトサービスモデルに基づき、リスクジェーリング手法を提案し、多視点からリスクジェーリング案を評価することでダイヤ管理担当者の意思決定を支援する。最後に、ダイヤ管理担当者の負担を減らすため、リスクジェーリングの自動化を試みる。本研究の目的を以下のように纏める。

- フライトサービスモデルによるリスクジェーリングの実現
- ダイヤ管理担当者への意思決定支援
- リスクジェーリングの自動化への試み

2. フライトサービスのモデル化

2・1 フライトサービスモデル化の概要

本研究は図1で示すように、フライトサービスを輸送サービス、運航サービス、整備サービスの三つのサブサービスに分け、各サブサービスのモデル化を行い、統合することによってフライトサービスのモデル化を行う。各サブサービスのモデル化ではサービスモデルの概念を参考し、サービスの提供者 (provider) がサービスの受給者 (receiver) に対してサービスを実施するという観点で再整理・再定義した。

2・2 輸送サービス

輸送サービスは、フライトサービスにおいて中核となるサブサービスであり、顧客に対して出発地から目的地までの移動を航空機によって供給するサービスである。本研究では、輸送サービスの機能がフライト (便)、提供者が航空機、受給者が顧客であると定義する。また各要素の持つ属性は以下のように定義する。

- フライトの属性：発着空港、発着時刻
フライトは発着空港、発着時刻によって表現され、フライト間の関係がリスクジェーリング時に使われる。
- 機材の属性：機種、滞在空港
機種には機材の座席数と燃料消費が含まれ、リスクジェーリングの定量評価時に使われる。
- 顧客の属性：ビジネス客、レジャー客、乗り継ぎ客
顧客の種類によってリスクジェーリング時の顧客行動パターンを分析し、定量評価を行う。

2・3 運航サービス

運航サービスは、パイロットや客室乗務員等の運航乗務員が、航空機材に対して出発地から目的地までの移動を操作するサービスである。本研究では、運航サービスの機能がオペレーション、提供者がクルー、受給者が機材であると定義する。また各要素の持つ属性は以下のように定義する。

- オペレーションの属性：発着空港、発着時刻
オペレーションは発着空港、発着時刻によって表現され、クルーのリスクジェーリング時に使われる。
- クルーの属性：乗務可能機材、勤務スケジュール
乗務可能機材と勤務スケジュールはクルースケジュールの実行可能性チェック時に使われる。
- 機材の属性：機種、滞在空港
輸送サービスにおける機材の属性と同じもので、機材を通して輸送サービスと運航サービスを関連付ける。

2・4 整備サービス

整備サービスは、輸送サービスの安全性を保证するために機材を点検し、異常があれば、正常状態へと復帰するサービスである。本研究では、整備サービスの機能がメンテナンス、提供者がメンテナンススタッフ、受給者が機材であると定義する。また各要素の持つ属性は以下のように定義する。

- メンテナンスの属性：実施空港、整備の種類、実施時間、整備工数
メンテナンスは場所、種類、時間と工数によって表現され、メンテナンスのリスクジェーリング時に使われる。
- メンテナンススタッフの属性：メンテナンス可能資格、勤務スケジュール
メンテナンス可能資格と勤務スケジュールはメンテナンススケジュールの実行可能性チェック時に使われる。
- 機材の属性：機種、滞在空港、飛行時間、飛行回数、整備計画日数
以上で述べた機材の属性に、法律で定められた制約条件を追加し、リスクジェーリング時にチェックされる。

3. フライトリスクジェーリングのモデル化

3・1 イレギュラーの整理

イレギュラーはフライトを運航不能にしてしまう要因である。航空会社のデータ分析から、リスクジェーリングが必要となるイレギュラーは11項目に分類整理できる。主要なイレギュラーは、機材故障、整備計画の延長、空港混雑と天候不順である。空港混雑への対応は空港の管制官の仕事であるので、本研究の検討対象から除外する。本研究は、航空会社のリスクジェーリングに深く関与する機材故障、整備計画の延長、および天候不順のイレギュラーを検討対象とする。

3・2 制約条件の整理

フライトサービスを実施するに当たり、制約条件が存在する。それらの制約を抽出し、以下のように整理する。

- 輸送サービスにおける制約条件
同一機材で実施するフライトの間には、一定以上の時間間隔の確保が必要であること
フライトの出発空港に機材が存在している場合のみ、その機材はそのフライトを運航できること
「機材の最大座席数 $\geq$ 割り当てられたフライトの予約乗客数」が満たされること
- 運航サービスにおける制約条件
乗務員が搭乗する機材の資格を有すること
乗務員の連続労働時間が法定時間をオーバーしないこと
乗務員と機材の滞在空港が一致すること
- 整備サービスにおける制約条件
各機材が法定の整備期限までに、整備を受けること
整備を実施している時間に、機材がフライトを運航できないこと
- イレギュラー対応における制約条件
天候不順による空港使用不可ではその空港に関連する一切のフライトが実施できないこと

Fig. 2 Flight Schedule Elements

3・3 リスケジューリングモデルの構成要素

リスケジューリングの中心要素はフライトである。複数のフライト間が相互に属性レベルで関連し合っているため、制約条件を満たしながらリスケジュール案を作成することが困難である。本研究では、フライトの発着時刻と発着空港の属性に着目して、リスケジューリングのモデル化を行う。同一機材で実施するフライトの間に前後関係が存在する。その前後関係をフライト間の発着時刻と発着空港の属性を用いて表現することにより、リスケジューリングはフライトの前後関係を決定する問題に置き換えることができる。リスケジューリングモデルの構成要素は以下のように定義する（図2）。

● フライトリンク

フライトは機材に割り当てられており、同一機材に割り当てられているフライト間に前後関係が存在している。実行可能な前後関係をリンクとして表し、これをフライトリンクと定義する。つまりフライトリンクが存在するフライト間では、発着時刻と発着空港の制約条件が満たされ、スケジュールが問題なく実施できるものである。

● フライトチェーン

同一機材に割り当てられたすべてのフライトとフライトリンクの集合をフライトチェーンと定義する。フライトチェーンは機材のフライト実施順序関係を表現し、一つの機材の運航スケジュールである。

● フライトプラン

すべての機材とそれらに割り当てられたフライトチェーンの集合をフライトプランと定義する。一つのフライトプランが一つのフライトリスケジュール案に相当する。本研究では作成されたフライトプランを評価・選択することで、ダイヤ管理担当者の意思決定支援を行う。

3・4 フライトリンク候補を用いたリスケジューリング手法

既に述べたように、リスケジューリングはフライトの前後関係を決定する問題に置き換えられ、その前後関係に着目した関係をフライトリンク候補と定義する。図3の実線で表すフライトリンク候補を入力すると、フライトの機材への割り当てが変更され、赤やピンクで囲まれたフライトを同じ色で囲まれた機材に割り当て直す。またフライトリンク候補はダイヤ管理担当者の意図を反映しているが、あくまで可能性を示しているもので、必ずしも制約条件を満たしているとは限らない。更にダイヤ管理担当者が入力したフライトリンク候補が機能できるように、補助リンクによるネットワークの補完を行う。図3の点線で表す補助リンクは、ネットワーク構造のチェックによって自動的に追加され、青で囲まれたフライトを青で囲まれた機材に割り当て直し、一つのフライトスケジュールを作成した。最後にこのスケジュールの実行可能性をチェックし、定量評価することでダイヤ管理担当者の意思決定を支援する。フライトリンク候補を用いたリスケジューリングの流れを図4に示す。

Step 1: 発生したイレギュラーをフライトスケジュールに入力し、問題箇所を自動チェックする。

Step 2: ダイヤ管理担当者はフライトリンク候補を入力することで、自分の意思決定を簡単に表すことができる。ダイヤ管理担当者は、問題箇所に対して3・2で述べた制約条件の内、例えば時間や空港などのような幾つかの制約のみに着目して、それを満たすようにフライトリンクを入力し問題を解決する。そして残りの制約条件は、計算機の自動チェックによってチェックされ、問題があればその問題箇所をダイヤ管理担当者に提示する。以上のプロセスを繰り返すことによって実施可能なフライトスケジュール案を作成する。また複数のフライトリンク候補を入力できるので、多視点からの同時リスケジューリングが可能となる。

Fig. 3 Rescheduling by using Flight Link Candidate and Auxiliary Link

Fig. 4 Process of Flight Rescheduling

Step 3: 入力リンクに基づき、計算機によるネットワーク構造の自動チェックを用いて補助リンクで補完する。

Step 4: 入力リンクと補助リンクによるネットワーク構造に基づき、作成できるすべてのチェーンを列挙し、制約条件のチェックを行い、フライトチェーンを抽出する。ダイヤ管理担当者が自分の意思決定に従い、作成されたフライトチェーンを取捨選択することで、リスケジューリングの影響範囲を絞り込む。

Step 5: 抽出されたフライトチェーンを組み合わせることによって、フライトプランを自動作成する。この時、ダイヤ管理担当者がキャンセルしたフライトを除き、すべてのフライトが重複なく機材に割り当てられる。

Step 6: 作成されたフライトプランのクルーにおける制約条件をチェックする。この場合は、クルーの制約条件を満たさなければ Step 2 に戻り、クルーの問題を解決するためのフライトリンク候補を追加する。本研究では各サブサービスにおけるフライトリンク候補を中核サブサービスである輸送サービスに集約させ、纏めて処理している。したがって、機材における制約条件は既にチェック済みで、後はクルー・メンテナンスにおける制約条件をチェックすれば良い。このステップではクルーの問題を解決するために、ダイヤ管理担当者がフライトリンク候補を追加する。

Step 7: 作成されたフライトプランのメンテナンスにおける制約条件をチェックする。この場合も Step 6 と同様に、メンテナンスの制約条件を満たさなければ Step 2 に戻り、メンテナンスの問題を解決するためのフライトリンク候補を追加する。

Step 8: 作成されたフライトプランは後述の評価手法を用いて定量評価する。ダイヤ管理担当者は評価結果を参考しながら、適切なフライトプランを選択する。

複雑な関係により、リスケジューリングを行う際に、全ての問題を一気に解決するのが困難であるが、フライトリンク候補を入力することによって、部分的な問題を簡単に解決できる。フライトリンク候補は計算機上に蓄積できるので、様々な部分的な解を組み合わせることで適切なフライトプランを作成できる。作成されたフライトプランの中に設計者が予想していないフライトプランが含まれる可能性もあるので、新たな意思決定のヒントにもなる。また作成したフライトプランに満足できない場合、評価結果を参考しながらフライトリンク候補を追加することで新たなフライトプランを作成することが出来る。以上の繰り返しによってダイヤ管理担当者の意思決定に適したフライトスケジュールが作成できる。

3・5 フライトスケジュールの定量評価

ダイヤ管理担当者が自分の意思決定に適したフライトスケジュールを選択するには、様々な視点による評価が必要である。本研究では、フライトサービスの提供者である会社の視点による遅延時間とコスト、受給者である顧客の視点による顧客満足度について定量評価することでダイヤ管理担当者の意思決定を支援する。またフライトプランの多視点定量評価は計算機により自動的に算出するので、ダイヤ管理担当者が適切なフライトプランを選択するだけで、負担を軽減することができる。それぞれの詳細は以下になる。

● 遅延時間

フライトサービス評価で、一番重要な要素は遅延時間である。本研究では、各フライトの遅延時間、フライトチェーンの総遅延時間と最大遅延時間、フライトプランの総遅延時間と最大遅延時間を算出する。最大遅延時間はフライトスケジュールにおける遅延時間のばらつきを把握するためのものである。

● コスト

本研究ではリスクジェーリングによるコストを顧客のキャンセルによる損失コストを用いて算出する。既にフライトサービスモデルで顧客の種類について述べたが、それぞれの顧客がリスクジェーリング案に対して行動パターンが異なるので、別々に評価する必要がある。各フライトのコストの詳細を式1で表す。

$$\text{Ticket Payback Cost} = \sum \text{Customers} \times \text{Cancell Ratio} \times \text{Ticket Fair} \quad (1)$$

Customers は各種類の顧客数で、*Cancell Ratio* は各種類の顧客数におけるキャンセル率を表す。本研究では顧客を遅延に敏感なビジネス客とあまり気にしないレジャー客に分け、各種類の顧客数におけるキャンセル率とフライト遅延時間の関係を図5に表す。また遅延時間と同様に、各フライトのコスト、フライトチェーンの総コスト、フライトプランの総コストを算出する。

● 顧客満足度

本研究ではリスクジェーリング案に対する顧客満足度を算出する。顧客満足度も顧客の種類に対して異なるので、別々に評価する必要がある。各フライトに対する顧客満足度の詳細を式2で表す。

$$\begin{pmatrix} X_{\text{Normal}} \\ X_{\text{Delay}} \\ X_{\text{Cancel}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \\ a_3 & b_3 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} n_{\text{Business}} \\ n_{\text{Leisure}} \end{pmatrix} \quad (2)$$

まず、フライトの状態をノーマル・遅延・キャンセルの三種類に分類する。 n_{Business} はビジネス客の数を、 n_{Leisure} はレジャー客の数を表している。中央の 3×2 の行列は顧客満足度の重み付け行列である。 a_1 はノーマルのフライトに対するビジネス客の重み付け満足度である。 a_2 は遅延するフライトに対するビジネス客の重み付け満足度、 b_1 はノーマルのフライトに対するレジャー客の重み付け満足度である。顧客満足度の重み付け行列は、各種類の顧客に対するアンケートの調査結果を元に AHP (analytic hierarchy process) を用いて算出される⁽⁸⁾。まずノー

Fig. 5 Cancel Ratio of Each Type Passenger

マル・遅延・キャンセルの三つのフライト状態に対して、顧客に五段階の一対比較をしてもらい、最終的に各種類の顧客のフライトの状態に対する一対比較行列を作成する。一対比較行列の固有ベクトルが顧客の各フライト状態に対する顧客満足度の重みとなる。このようにして算出された顧客満足度の重み付け行列と、各種類の顧客数との積が、このフライトにおける顧客満足度数となる。

リスクジェーリングを行う際に、予め各フライトの通常運行、遅延（遅延時間も考慮する）、欠航の各対応策に応じて、顧客満足度をアンケート情報に基づき事前計算する。フライトスケジュールが変更した時、その時のフライト状態に応じて、予め計算された顧客満足度を利用する。また遅延時間と同様に、各フライトの顧客満足度、フライトチェーンの顧客満足度、フライトプランの顧客満足度を算出する。但し、本研究では遅延やキャンセルに対する不満度を計算しているため、点数の高い方は顧客満足度が低いことを示している。

4. プロトタイプシステムによる検証

4・1 プロトタイプシステムの概要

図6が示すようなプロトタイプシステムを用いたリスクジェーリングのプロセスは、四つのパートに分けることができる。イレギュラー情報やフライトリンク候補は手入力となるが、それ以外の情報処理の部分は計算機の自動処理によってダイヤ管理担当者の意思決定を支援する。

● 情報入力

現在のフライトプランとイレギュラー情報を入力する。データベースによる自動化入力ができているが、イレギュラーの情報入力などは人の判断が必要なので、その部分を手入力する必要がある。

● フライトリンク候補入力

ダイヤ管理担当者は、様々な視点から自分の意思決定に従い、フライトリンク候補を入力する。フライトリンク候補を入力する時は、制約条件を満たす可能性の高いフライトリンク候補が計算機で自動計算・提示できるので、ダイヤ管理担当者は、それを参考にしながらフライトリンク候補を入力する。

● フライトプラン作成

入力されたフライトリンク候補を元に、補助リンクによる補完を行い、フライトプランを自動的に作成する。実行可能なフライトプランと別に、制約条件を満たしていないフライトプラン候補も一応提示できるので、それらのフライトプランの破綻部分を修正すれば、実行可能なフライトプランを新たに作成できる。

● フライトプランの評価と選択

作成されたフライトプランに対して定量評価を行う。ダイヤ管理担当者が様々な視点での評価結果を参考しながら、自分の意思決定に適したフライトプランを選択する。

4・2 実データを用いた検証

本研究では共同研究先である航空会社が保有するフライト計画、運航計画、整備計画などのデータが格納されたデータベースより、本研究が提案するフライトサービスモデルにおける輸送サービス、運航サービス、整備サービスに関連する実データを部分的に抽出した。抽出した実データは一日分の機材数：18、便数：56のデータ量である。このデータに対して、実際に発生したイレギュラーを入力し、検証を行う。このイレギュラーは、

「11月1日13時より機材JA8966にて機材不具合の疑いがあり、1時間の緊急メンテナンスが発生する」である。

図7が示すように、入力したイレギュラーにより、Flight129とFlight132が一時間以上遅延してしまう。ダイヤ管理担当者は、遅延時間を減らすために、先に出発する機材JA8966に青色のFlight129とFlight132を割り当て、水色のFlight131とFlight136をメンテナンス終了後の機材JA8966に割り当てる。この様なリスクを検討する場合、支援システムでは、二本のフライトリンク候補でリスクジェーリングを表現することが可能である。

また、図8のように、ダイヤ管理担当者が16本のフライトリンク候補を入力すると、構築した支援システムでは72個のリスクジェーリング案を作成することができる。ダイヤ管理担当者へのヒアリングにより、通常では検討できない数のリスクジェーリング案を提示できていることが確認された。表1は、各評価基準における最適リスクジェーリング案を抽出した結果を示している。遅延時間の最適プランはPlan2、コストの最適プランもPlan2、顧客満足度の最適プランはPlan67、パレート最適プランはPlan60である。

Fig. 6 Prototype System Overview

Fig. 7 Input Irregular

Fig. 8 Automatic Rescheduling Result by using Flight Link Candidates

Table 1 Best Flight Plan Evaluation

Plan	Delay (min)	Cost (JPY)	Unsatisfaction
Plan 2	68	1,033,700	460
Plan 60	76	1,039,700	448
Plan 67	96	1,112,500	438

以上より、遅延時間あるいはコスト重視の場合は Plan2 を、顧客満足度重視の場合は Plan67 を、バランス重視の場合は Plan60 を選択することが可能である。このように本研究で構築する支援システムは、下記に整理する支援が実現できることを確認し、その支援によるリスケジューリング案の自動作成や多視点の定量評価から、ダイヤ管理担当者の負担を減らし、有効に支援できると評価できる。

- ・ 支援システムは、ダイヤ管理担当者のリスケジューリング業務を再現できている。
- ・ 支援システムは、通常検討しない数のリスケジューリング案を作成できた。

5. 結 語

本研究では、サービスモデルに基づき、フライトサービスを輸送サービス・運航サービス・整備サービスの三つのサブサービスに分け、それぞれのサブサービスについてモデル化を行い、統合することによってフライトサービスのモデル化を実現した。また、フライトサービスモデルに基づき、リスケジューリングのモデル化を行い、フライトの前後関係に着目したリスケジューリング手法を提案した。そして、フライトサービスを遅延時間・コスト・顧客満足度の三つの視点から定量評価することで、ダイヤ管理担当者の意思決定を支援できた。計算機支援や自動化を通じて、ダイヤ管理担当者の負担を軽減できた。最後に実データを用いてプロトタイプシステムによる本研究の有用性を検証した。

しかし、現状のリスケジューリングでは、クルー・メンテナンスの制約条件をチェックするだけで、各サブサービスの提供者であるクルー・メンテナンスの視点からの定量評価も考慮する必要がある。またリスケジューリングの方向性のヒントを示すことで、より簡単にリスケジューリング案を作成できるように支援する必要がある。

本研究ではサービス設計されたフライトスケジュールにイレギュラーを入力することでリスケジューリングを行っているが、将来の展望として、イレギュラーを予測し、支援システムに入力することで、イレギュラーを考慮したフライトサービスの計画とそのロバスト性などについて検討できると期待される。

文 献

- (1) 国土交通省, “航空輸送サービスに係る情報公開”, http://www.mlit.go.jp/report/press/kouku04_hh_000054.html, (2011),
- (2) 全日本空輸株式会社, “運航情報”, http://www.ana.co.jp/flight_data/index.html, (2012.10.19).
- (3) 青山和浩, 藤井翔, 古賀毅, 呉琛曦, 大泉和也, “サービスモデリングによるフライトのリスケジューリング手法の提案とシステム構築”, 日本機学会 第20回設計工学・システム部門講演会, 3401 (2010).
- (4) 今泉淳, “運輸業における数理計画の応用-乗務員スケジューリングのモデル化と解法-”, 経営論集(2006), pp.35-48.
- (5) Mathaisel D., “Decision support for airline system operations control and irregular operations”, *Computers & Operations Research*, Vol.23, No.11 (1996), pp.1083-1098.
- (6) Clausen, J., Larsen, A., and Rezanova N.J., “Disruption management in the airline industry-Concepts, models and methods”, *Computers & Operations Research*, Vol.37, No. 5 (2010), pp.809-821.
- (7) 丹羽隆, “ビジネスプロセス改善を可能とするビジネスプロセスの統合モデルに関する研究”, 博士論文, (2008), 東京大学大学院工学系研究科.
- (8) 木下栄蔵, “AHP の理論と実際”, (2000), 日科技連.