

新幹線・航空機の最適乗継系列探索 エキスパート・システム

加藤 誠巳 倉部 淳
(上智大学 理工学部)

1. まえがき

我が国における公共高速輸送手段としては、新幹線および航空機が考えられる。新幹線に関しては、東海道、山陽、東北、上越新幹線が利用でき、昭和60年3月には、東北、上越新幹線の上野駅乗入れが予定されている。一方、国内航空路網に関しては、地方空港の整備・拡張、ジェット機の就航等により利用者の便宜が図られてきている。このような輸送網の発達により出発地から目的地に至るのに複数の代替経路あるいは代替列車・代替便が選択できるようになったために、どの経路あるいはどの列車・便が最適であるのかの判断に苦しむことが生じる。筆者らは既にプログラミング言語としてFORTRANを用い、出発地と目的地および出発希望時刻または到着希望時刻を指定することにより最適な乗継系列を探索するシステムを開発し、既に報告した⁽¹⁾⁽²⁾しかし、この従来のシステムでは一日の内に目的地まで到達できない場合には、「最適乗継系列は存在しない」として探索を打ち切っていたこと、複数の最適乗継系列が求まる場合でも一番最初に見出された系列のみを提供していた等の問題があった。途中での宿泊を認めたり、東海道・山陽新幹線のように運行列車本数が多い2地点間の最適乗継系列を求めると、多数の最適乗継系列が見出され、その中のどれを選択すべきか更に判断を下さねばならない。本稿では、出発地と目的地ならびに出発希望時刻または到着希望時刻を指定したとき見出される最適乗継系列が複数個存在する場合に適当なルールに基づいてこれら乗継系列の順位付けをも行なって提供する新幹線・航空機の最適乗継系列探索エキスパート・システムをLISP(UTILISP)を用いて作成したのでその結果について御報告する⁽³⁾尚、現在のところ、計算機のメモリならびに計算速度の関係上、新幹線の最適乗継系列探索システムと航空機の最適乗継系列探索システムとは、夫々別のシステムとして構成している。

2. 最適乗継系列の定義

新幹線あるいは航空機の最適乗継系列を次のように定義する。

- (i) 出発希望時刻指定の場合：出発地を出発希望時刻以後のできるだけ遅い時刻に出発し、目的地には最も早い時刻に到着する乗継系列。
- (ii) 到着希望時刻指定の場合：目的地には到着希望時刻以前のできるだけ早い時刻に到着し、出発地を最も遅い時刻に出発する乗継系列。

この最適乗継系列の定義を図1に示すように、出発駅Aから目的駅Dに至るのに複数の経路があり、図2に示すようなダイヤの列車が運行されているとき、目的駅Dに8時40分までに到着したい場合を例にとって説明する。但し、図2にお

いて点線は折返し乗車を含めた乗換えのための徒歩移動を表わし、ここではすべて5分と仮定している。

まず目的駅Dにおける到着希望時刻に相当するノード(28)、(29)より時間を逆行する方向に列車ダイヤの枝を辿って探索するとノード(2)で初めてA駅に到達する。これからA駅を最も遅く出発する時刻は7時10分であることが分かる。このノード(2)から時間を順行する方向に列車ダイヤの枝を辿って出発ノード(28)または(29)に至る経路の中で最も早くD駅に到達する経路が所望の最適乗継系列を与える。この場合には、ノード(2)、(6)、(8)、(10)、(15)を經由する経路、即ちA駅を7時10分に出発する列車2に乗って、C駅に7時30分に到着し、C駅発7時50分の列車4に乗ってD駅に8時00分に到着する系列が最適乗継系列である。このとき、ノード(2)、(6)、(7)、(9)、(11)、(14)、(18)、(23)を經由する乗継系列も到着希望時刻8時40分以前に到着するが到着時刻が遅いため、またノード(1)、(3)、(5)、(18)、(23)を經由する乗継系列はA駅を出発する時刻が早く、D駅への到着も遅いため最適乗継系列にはならない。

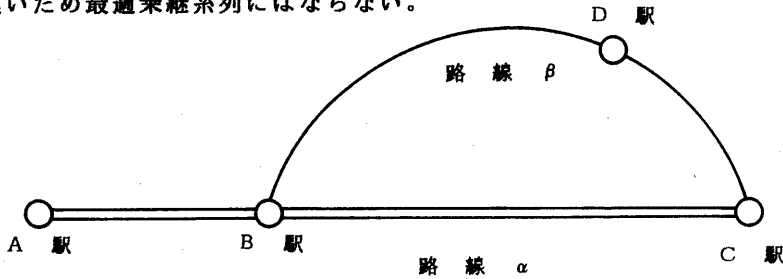


図1 路線網

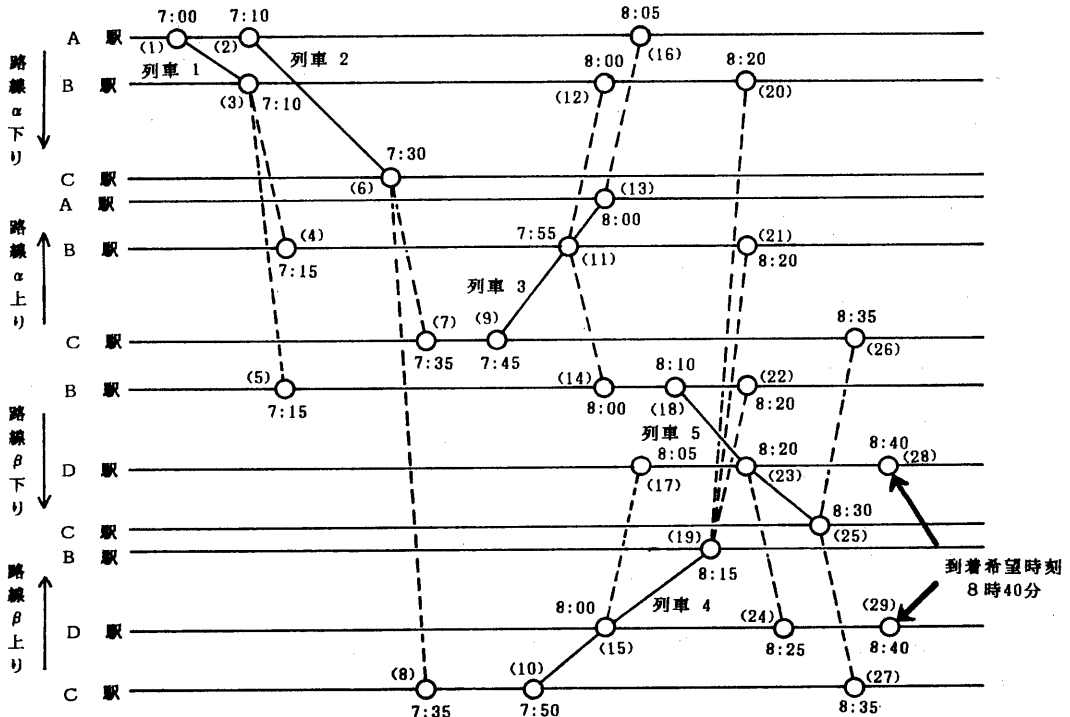


図2 列車ダイヤ

出発希望時刻が指定された場合にも同様に最適乗継系列を探索できることは明らかである。

このように最適乗継系列を定義すると、例えば図3に示すようにX駅からY駅に至る列車、Z駅からW駅に至る列車は一義的に定まるが、Y駅とZ駅の間で複数の代替列車があるようなケースが出現し、これら乗継系列の間の順位付けを行なうことが必要になる場合がある。

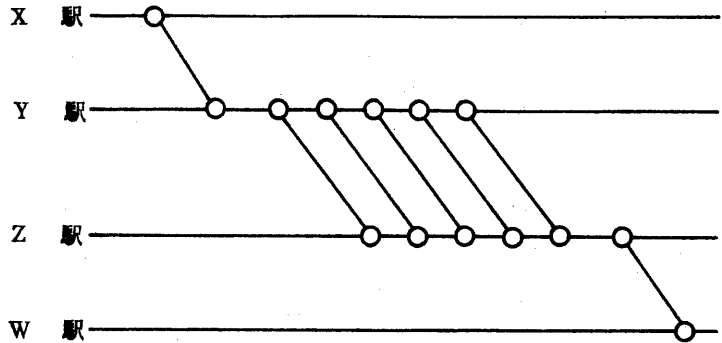


図3 ダイヤ例

3. 航空機の最適乗継系列探索システム

2. で述べた定義を用い、出発地=利尻空港、目的地=与論空港、出発希望時刻=10時00分、空港における他便への乗換え所要時間を最低40分、同じ空港は一度しか経由しないものとして最適乗継系列を探索すると、1019通りの系列が見出される(航空ダイヤは昭和57年11月当時のものを使用)。但し、丘珠空港と千歳空港間のみはバス連絡があるものとしその移動時間は90分で、更に搭乗手続き時間40分が必要であるものと仮定している。この場合、第1日目の15時30分に利尻空港を出発し、稚内空港に15時50分に到着するNKA362便と、第3日目の12時30分に沖繩空港を出発し、13時15分に与論空港に到着するSWAL107便を利用することはいずれの系列においても同じであるがその間に極めて大きな自由度があるために1019通りの系列が考えられる。得られた系列の内の3例を以下に示す(図4参照)。

利尻 --> 与論 出発希望時刻 10時00分

- (a) 利尻(15:30)--{NKA362}-->(15:50)稚内〔宿泊〕(10:55)--{NKA492}---->(12:00)札幌(13:20)--{JAL510}-->(14:50)羽田〔宿泊〕(08:55)-----{ANA081}-->(11:35)沖繩(12:30)--{SWAL107}-->(13:15)与論
- (b) 利尻(15:30)--{NKA362}-->(15:50)稚内〔宿泊〕(10:55)--{NKA492}---->(12:00)札幌(12:40)--{ANA724}-->(13:50)仙台(15:30)--{TDA464}---->(16:45)名古屋(17:30)--{TDA485}-->(18:55)高知(19:35)--{ANA570}-->(21:30)羽田〔宿泊〕(07:00)--{JAL351}-->(08:40)福岡(09:45)-----{JAL921}-->(11:20)沖繩(12:30)--{SWAL107}-->(13:15)与論
- (c) 利尻(15:30)--{NKA362}-->(15:50)稚内〔宿泊〕(10:55)--{NKA492}-->(12:00)札幌(20:15)--{JAL524}-->(21:45)羽田〔宿泊〕(07:30)-----{JAL931}-->(10:10)沖繩(12:30)--{SWAL107}-->(13:15)与論

このうち(a)の系列はほぼ妥当な系列と考えられるが、(b)の系列は大きく迂回している点で、(c)の系列は宿泊地ではない札幌での待ち時間が極めて大きい点で夫々不適当と考えられる。

このように複数個の最適乗継系列がある場合には何らかの評価ルールに基づいて得られた系列の順位付けを行なう必要がある。評価基準としては、乗換え回数、運賃等も考えられるが、航空機を対象としたシステムでは、航空機に乗っている延べ時間(バス乗車時間を含む)Tbならびに宿泊地ではない経由地における乗換え待時間の総和Ttを用いている。即ち、航空機に乗っている延べ時間が少ない系列順にソーティングすることにより、回り道をしない乗継系列が上位に順序付けられ、更に航空機に乗っている時間が同じ場合には、宿泊地ではない経由地における乗換え待時間の総和の少ない系列順にソーティングし、かつ旅行日毎の経由地リストを要素とするリストが同一のものは最高順位の系列のみ選択することによりほぼ常識的に見て妥当と考えられる系列が得られることが確かめられた。ここで、旅行日毎の経由地リストを要素とするリストとは、例えば、前述の乗継系列の例(a)では、((利尻 稚内)(稚内 札幌 羽田)(羽田 沖縄 与論))を意味する。

ここで述べた1019通りの系列に対しこのルールを適用して得られた最適乗継系列の上位4位までを以下に示す。

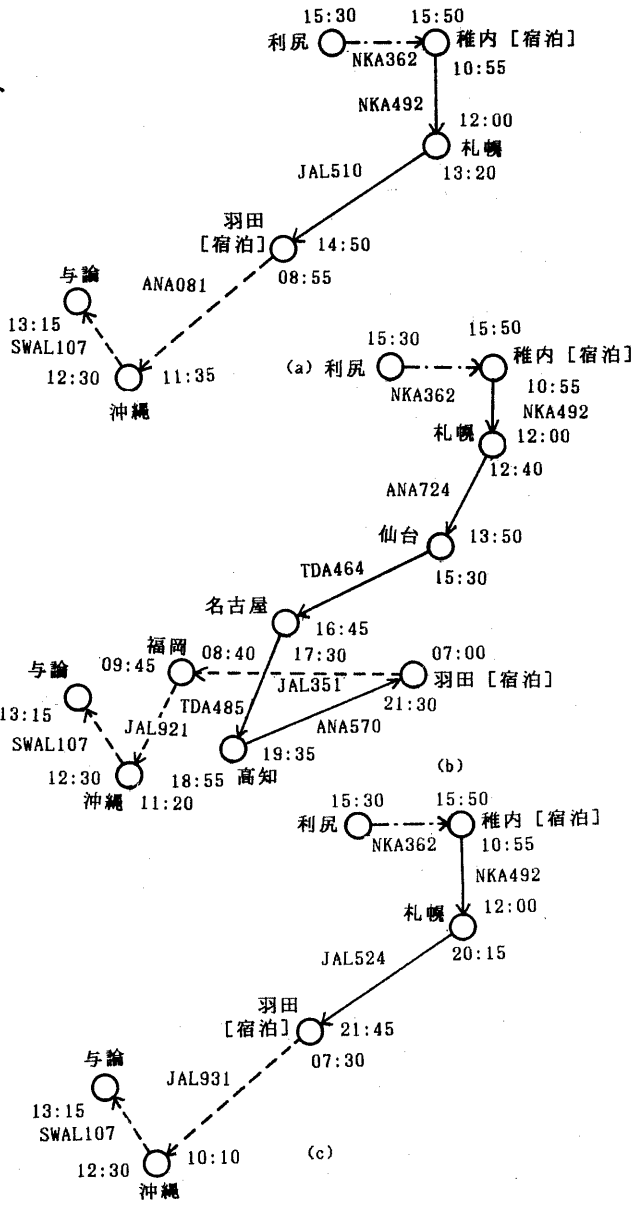


図4 利尻 -> 与論
(出発希望時刻 10時00分)

利尻-->与論 出発希望時刻 10時00分

- (1) Tb= 6 hr 5 min, Tt= 3 hr 5 min
利尻(15:30)--{NKA362}-->(15:50) 稚内 [宿泊] (10:55)--{NKA492}-->
(12:00) 札幌(14:10)--{ANA776}-->(16:00) 伊丹 [宿泊] (09:30)-----
{JAL911}-->(11:35) 沖縄(12:30)--{SWAL107}-->(13:15) 与論
- (2) Tb= 6 hr 5 min, Tt= 4 hr 40 min
利尻(15:30)--{NKA362}-->(15:50) 稚内 [宿泊] (10:55)--{NKA492}-->
(12:00) 札幌(14:30)--{JAL574}-->(16:20) 伊丹(18:30)---{JAL919}--
-->(20:35) 沖縄 [宿泊] (12:30)--{SWAL107}-->(13:15) 与論
- (3) Tb= 6 hr 20 min, Tt= 2 hr 15 min
利尻(15:30)--{NKA362}-->(15:50) 稚内 [宿泊] (10:55)--{NKA492}-->
(12:00) 札幌(13:20)--{JAL510}-->(14:50) 羽田 [宿泊] (08:55)-----
{ANA081}-->(11:35) 沖縄(12:30)--{SWAL107}-->(13:15) 与論
- (4) Tb= 6 hr 20 min, Tt= 4 hr 30 min
利尻(15:30)--{NKA362}-->(15:50) 稚内 [宿泊] (10:55)--{NKA492}-->
(12:00) 札幌(15:00)--{JAL514}-->(16:30) 羽田(18:00)--{ANA089}-->
(20:40) 沖縄 [宿泊] (12:30)--{SWAL107}-->(13:15) 与論

その他の航空機の最適乗継系列の例を以下に示す。

(i) 帯広-->種子島 出発希望時刻 5時00分

Tb= 4 hr 20 min, Tt= 2 hr 40 min
帯広(10:05)--{TDA110}-->(11:50) 羽田(13:45)--{TDA375}-->(15:40)
鹿児島(16:25)--{TDA517}-->(17:05) 種子島

(ii) 松本-->中標津 到着希望時刻 10時30分

- (1) Tb= 5 hr 35 min, Tt= 1 hr 30 min
松本(12:05)--{TDA602}-->(13:20) 伊丹(14:50)--{JAL575}-->(16:35) 札幌
--{ハ`ス 90 min}--> 丘珠 [宿泊] (09:00)--{NKA495}-->(10:05) 中標津
- (2) Tb= 6 hr 15 min, Tt= 1 hr 25 min
松本(12:05)--{TDA602}-->(13:20) 伊丹(14:00)--{JAL116}-->(15:00) 羽田
(15:45)--{JAL517}-->(17:10) 札幌--{ハ`ス 90 min}--> 丘珠 [宿泊]
(09:00)--{NKA495}-->(10:05) 中標津

プログラムはLISP(UTILISP)を用いて作成し、プログラムの規模はUTILISPの
パラメータをdefault値としたPRINDで出力して約1050行(但し、航空ダイヤ・
データを除く)である。航空ダイヤは、各便名に(使用機種 出発空港 出発時
刻 到着空港 到着時刻)なるリストをSETQしており、例えばJAL503便をEVALす
ると、(DC-10 HANEDA 0840 SAPPORO 1005)となる。計算機は、東京大学大型計
算機センターのHITAC M-280HをTSSで使用し、計算所要時間は、インタプリタと
して使用した場合、前述の利尻-与論の場合が最も長時間を要する例の一つであ
って約7秒程度であり、一日以内で行けるケースでは高々2秒程度である。尚、P
ログラムには改善の余地があり、計算時間の可成りの短縮が可能と考えられる。

4. 新幹線の最適乗継系列探索システム

次に新幹線の最適乗継系列探索システムについて述べる。出発地=小田原、目的地=新下関、到着希望時刻=15時00分、さらに図5のような折返し乗車のための所要時間を20分として最適乗継系列の探索を行なうと19通りの乗継系列が見出される(列車ダイヤは昭和57年11月当時のものを使用)。但し、東京と大宮の間のみ国電を利用するものとし、その所要時間は90分と仮定している。この場合、小田原駅で7時46分にこだま209号に乗車することと、新下関において14時51分にひかり75号を下車することは何れの系列においても同じである。以下に得られた系列の内の2例を示す(図6参照)。

小田原 → 新下関 到着希望時刻 15時00分

- (a) 小田原(07:46) --(こだま209)-->(11:00)京都(11:05)--(ひかり075)---->(14:51)新下関
- (b) 小田原(07:46) --(こだま209)-->(08:40)静岡(08:48)--(ひかり531)---->(09:49)名古屋(10:03)--(ひかり003)-->(13:06)広島(13:34)--(ひかり075)---->(14:51)新下関

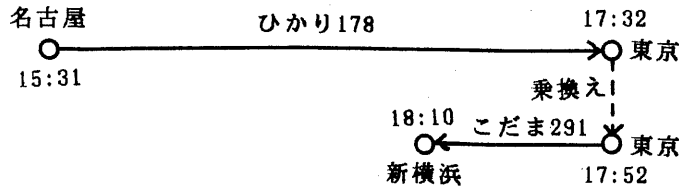


図5 折返し乗車の例

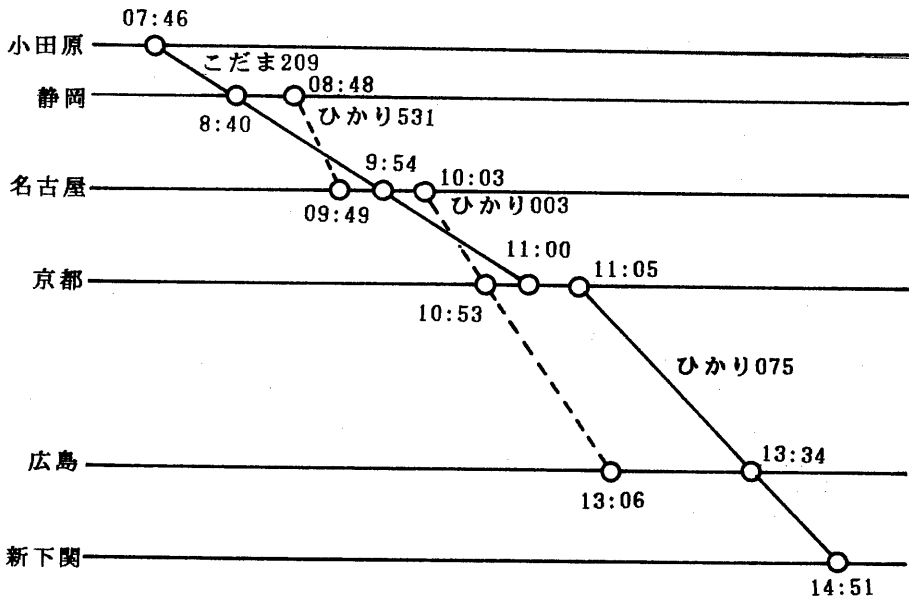


図6 小田原 → 新下関 (到着希望時刻 15時00分)

この図からも分るように航空機の最適乗継系列に対する順序付けルールを新幹線列車に適用すると不都合なことが生じる。これはひかり型列車がこだま型列車より平均速度が速いため、こだま型列車一本で乗換え無しに移動できる区間を何本かのひかり型列車を乗継いで移動するものが優先されてしまうためである。従って新幹線列車の最適乗継系列は乗継ぎ待時間の総和 T_t が少ない順に、乗継ぎ待時間が同じ場合には乗車時間 T_b が少ない順に順序付ける必要がある。

上で述べた19通りの系列に対しこのルールを適用して得られた最適乗継系列の上位3位までを以下に示す。

小田原-->新下関 到着希望時刻 15時00分

(1) $T_b = 7 \text{ hr } 00 \text{ min}$, $T_t = 0 \text{ hr } 5 \text{ min}$

小田原(07:46)--(こだま209)-->(11:00)京都(11:05)--(ひかり075)--->(14:51)新下関

(2) $T_b = 6 \text{ hr } 59 \text{ min}$, $T_t = 0 \text{ hr } 6 \text{ min}$

小田原(07:46)--(こだま209)-->(11:18)新大阪(11:24)--(ひかり075)-->(14:51)新下関

(3) $T_b = 6 \text{ hr } 44 \text{ min}$, $T_t = 0 \text{ hr } 21 \text{ min}$

小田原(07:46)--(こだま209)-->(09:54)名古屋(10:15)--(ひかり075)-->(14:51)新下関

その他の新幹線の最適乗継系列の例を以下に示す。

(i) 名古屋-->新横浜 出発希望時刻 15時20分

$T_b = 2 \text{ hr } 32 \text{ min}$, $T_t = 0 \text{ hr } 0 \text{ min}$

名古屋(15:24)--(こだま260)-->(17:56)新横浜

(ii) 名古屋-->新横浜 出発希望時刻 15時30分

$T_b = 2 \text{ hr } 19 \text{ min}$, $T_t = 0 \text{ hr } 20 \text{ min}$

名古屋(15:31)--(ひかり178)-->(17:32)東京(17:52)--(こだま291)--->(18:10)新横浜 (図5参照)

(iii) 名古屋-->新横浜 出発希望時刻 15時40分

$T_b = 2 \text{ hr } 32 \text{ min}$, $T_t = 0 \text{ hr } 0 \text{ min}$

名古屋(16:00)--(こだま264)-->(18:32)新横浜

(iv) 長岡-->仙台 到着希望時刻 13時30分

$T_b = 3 \text{ hr } 26 \text{ min}$, $T_t = 0 \text{ hr } 20 \text{ min}$

長岡(09:13)--(あさひ150)-->(10:40)大宮(11:00)--->(やまびこ019)--->(12:59)仙台

(v) 小倉-->小田原 出発希望時刻 20時00分

(1) Tb= 6 hr 58 min, Tt= 0 hr 0 min

小倉(20:01)--(ひかり050)-->(23:25)新大阪 [宿泊] (06:14)--(こだま200)
-->(09:48)小田原

(2) Tb= 6 hr 43 min, Tt= 0 hr 7 min

小倉(20:01)--(ひかり050)-->(23:25)新大阪 [宿泊] (06:22)--(ひかり172)
-->(07:29)名古屋(07:36)--(こだま200)-->(09:48)小田原

(3) Tb= 6 hr 58 min, Tt= 0 hr 14 min

小倉(20:01)--(ひかり050)-->(23:25)新大阪 [宿泊] (06:00)--(ひかり170)
-->(06:19)京都(06:33)--(こだま200)-->(09:48)小田原

尚、計算時間は最長10秒程度かかる場合があるが、これも改善可能と考えられる。

5. むすび

以上、新幹線列車、航空機の最適乗継系列探索エキスパート・システムについて述べた。得られた複数個の最適乗継系列に対し、航空機または列車に乗っている時間と乗換え待時間の総和を使用して適当に順位付けを行なうことにより妥当な系列が上位に位置付けられることを明らかにした。ここで採用した最適乗継系列の定義は時間のみを評価基準としているため、非現実的な乗継系列が見出されることがあるので、最適性の定義を常識にあったものに改善することが今後の課題である。

参考文献

- (1) 加藤：“到着または出発時刻指定による最適新幹線列車および航空機の選択案内システム”、情処第27回（昭58後）全大、4M-7。
- (2) 加藤、倉部：“代替案を含む新幹線・航空機の乗継情報提供システム”、情処第28回（昭59前）全大、4L-1。
- (3) 加藤、倉部：“新幹線・航空機の最適乗継系列探索エキスパート・システム”情処第29回（昭59後）全大、5N-9。