

プロ野球セ・パ交流戦の移動距離 を考慮した再スケジューリング

沼田研究室

4406062 永田真也



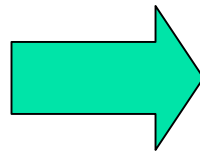
目次

- 1.はじめに
- 2.目的
- 3.特徴
- 4.交流戦の概要
- 5.問題
- 6.定式化
- 7.解法
- 8.数値実験
- 9.まとめ
- 10.参考文献

1.はじめに

- スポーツ競技において、どのチームが、何処で、いつ対戦するかを決める問題をスポーツスケジューリング問題という。

スポーツスケジューリング問題は、考慮すべき制約条件と共に複雑化



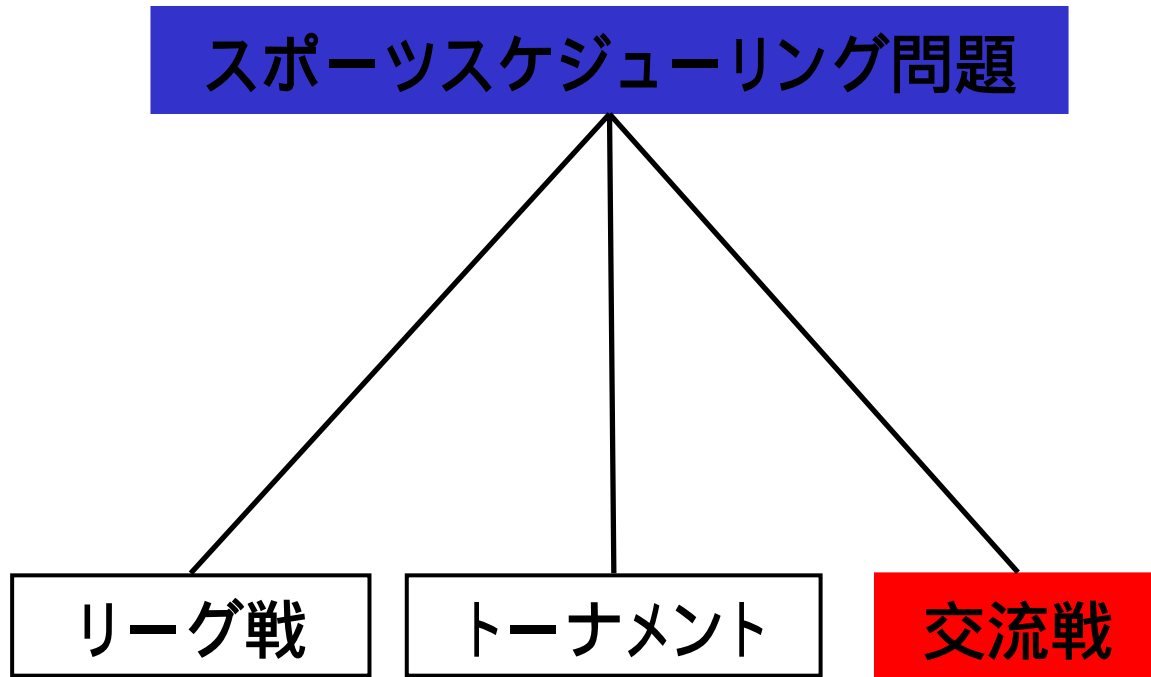
最近では、競技団体からの依頼でORの研究者がスケジューリングを行うことが増加



2.目的

- 本研究では、スポーツ競技の中でもプロ野球セ・パ交流戦を研究対象とする。
- 移動距離負担の観点から2009年度のスケジュールが妥当であるかを検討する。

3.特徴



4.1セ・パ交流戦の概要

セリーグ

パリーグ

セリーグとパリーグの計
12チームが参加[3]

G,T,D,C,S,YB

L,Bs,F,M,E,H

表1.2009年度のH・Aパターン

期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
セ	A	A	H	H	A	A	H	H	A	A	H	H
パ	H	H	A	A	H	H	A	A	H	H	A	A

* H:ホームゲーム A:アウェイゲーム

4.2 2009年度のスケジュール(日本ハム)

表2.2009年度の日本ハムのスケジュール

期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
日程	5/19	5/22	5/24	5/27	5/30	6/2	6/5	6/7	6/10	6/13	6/16	6/20
	5/20	5/23	5/25	5/28	5/31	6/3	6/6	7/8	6/11	6/14	6/17	6/21
相手	G (H)	S (H)	D (A)	YB (A)	T (H)	C (H)	G (A)	S (A)	D (H)	YB (H)	T (A)	C (A)

1期で同一
カードが2回

ミラーリング

卒業研究審査会



5.問題

- セ・パ交流戦全期間における移動距離が、最大のチームの移動距離を最小にするスケジュールを考える。
- 各チームは、本拠地にいる状態から交流戦を開始し交流戦終了時に本拠地へ戻ってくるものとする。
- サブ球場に関しては考慮せず各チームが1球場ずつ本拠地をもつものとする。

6.1 定数

セリーグ全チームの集合 : $C = \{1, \dots, 6\}$

パリーグ全チームの集合 : $P = \{7, \dots, 12\}$

全期間の集合 : $K = \{0 \text{ ☹ } 13\}$

セリーグがホームで試合を行う期間の集合 : $K_c = \{3, 4, 7, 8, 11, 12\}$

パリーグがホームで試合を行う期間の集合 : $K_p = \{1, 2, 5, 6, 9, 10\}$

H・Aパターン
に依存する

各球場間の移動距離行列 : $D = \begin{pmatrix} d_{11} \text{ ☹ } \text{ ☹ } \text{ ☹ } \text{ ☹} \\ \text{ 🎆 } & & & & \\ \text{ 🎆 } & d_{jj} & & & \\ \text{ 🎆 } & & \text{ 🏠 } & & \\ \text{ 🎆 } & & & & d_{1212} \end{pmatrix}$



6.2 決定変数

$k \in K - \{0,13\}$ の時

$$x_{ij}^{(k)} = \begin{cases} 1: \text{第}k\text{期にチーム}i\text{がチーム}j\text{の本拠地で試合を行う} \\ 0: \text{上記以外} \end{cases}$$

$k \in \{0,13\}$ の時

$$x_{ij}^{(k)} = \begin{cases} 1: \text{第}k\text{期にチーム}i\text{がチーム}j\text{の本拠地にいる} \\ 0: \text{上記以外} \end{cases}$$



6.3制約式1

$$\sum_{j=1}^{12} x_{ij}^{(k)} = 1 \quad (i \in C \cup P, k \in K - \{0, 13\}) \textcircled{\ominus} \textcircled{\ominus} (1)$$

$$x_{ii}^{(0)} = x_{ii}^{(13)} = 1 \quad (i \in C \cup P) \textcircled{\ominus} \textcircled{\ominus} (2)$$

$$x_{ii}^{(k)} = 1 \quad (k \in K_c, i \in C) \textcircled{\ominus} \textcircled{\ominus} (3)$$

$$x_{ii}^{(k)} = 1 \quad (k \in K_p, i \in P) \textcircled{\ominus} \textcircled{\ominus} (4)$$

$$x_{ij}^{(k)} = 0 \quad (i \in C, j \in C - \{i\}, k \in K) \textcircled{\ominus} \textcircled{\ominus} (5)$$



6.4制約式2

$$x_{ij}^{(k)} = 0 \quad (i \in P, j \in P - \{i\}, k \in K) \textcircled{\ominus} \textcircled{\ominus} (6)$$

$$\sum_{k \in k_c} x_{ij}^{(k)} = 1 \quad (i \in P, j \in C) \textcircled{\ominus} \textcircled{\ominus} (7)$$

$$\sum_{k \in k_p} x_{ij}^{(k)} = 1 \quad (i \in C, j \in P) \textcircled{\ominus} \textcircled{\ominus} (8)$$

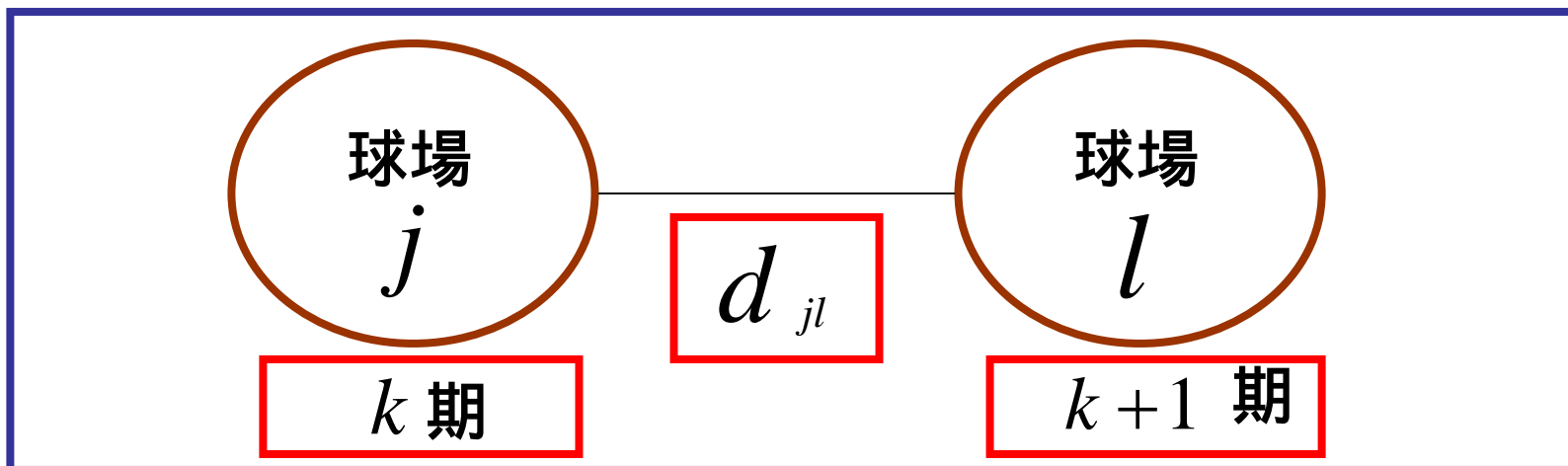
$$x_{ij}^{(k)} = x_{ji}^{(k+6)} \quad (i \in C \cap j \in P, k \in K - \{0,13\}) \textcircled{\ominus} \textcircled{\ominus} (9)$$

$$x_{ij}^{(k)} = x_{ji}^{(k+6)} \quad (i \in P \cap j \in C, k \in K - \{0,13\}) \textcircled{\ominus} \textcircled{\ominus} (10)$$

6.5 目的関数

$$\text{minimize} \left\{ \max_i \sum_j \sum_l \sum_{k=0}^{12} d_{jl} \cdot x_{ij}^{(k)} \cdot x_{il}^{(k+1)} \right\} \text{ ☹️ ☹️ (11)}$$

2次



7.1 解法

この問題は、目的関数を見て分かるように2次割当て問題であり、NP-困難な組合せ最適化問題である。

この問題を解く既存のソルバーは見当たらない



実行可能なスケジュールを全て生成し、その都度移動距離を算出する全数列挙法で最適解を求める

7.2 スケジュール作成方法

表3. スケジュール作成方法

	G	T	D	C	S	YB
K=1	L	Bs	F	M	E	H
K=2	Bs	F	M	E	H	L
K=3	F	M	E	H	L	Bs
K=4	M	E	H	L	Bs	F
K=5	E	H	L	Bs	F	M
K=6	H	L	Bs	F	M	E

互いに
完全順列

各行, 各列が, 互いに完全順列[4]になる
ようにリーグのチームを並べる

7.3 実行可能なスケジュール数

整数 $\{1,2,3\dots n\}$ を要素とする順列において、 i 番目($i \leq n$)が i でない順列のことを完全順列という

モンモール数
$$a_n = \sum_{k=2}^n \frac{(-1)^k n!}{k!}, \quad n \geq 2 \quad (12)$$

互いに完全順列になっている順列を6つ生成するため式(12)を用いてスケジュール数を算出できない



実行可能なスケジュールが812851200通りあった



全スケジュールに対して目的関数値を算出



実験環境

- 解法のプログラムは、Borland社のDelphi6で実装した。
- 求解に要した時間は、3時間程度であった。

8.1 実験結果(1)

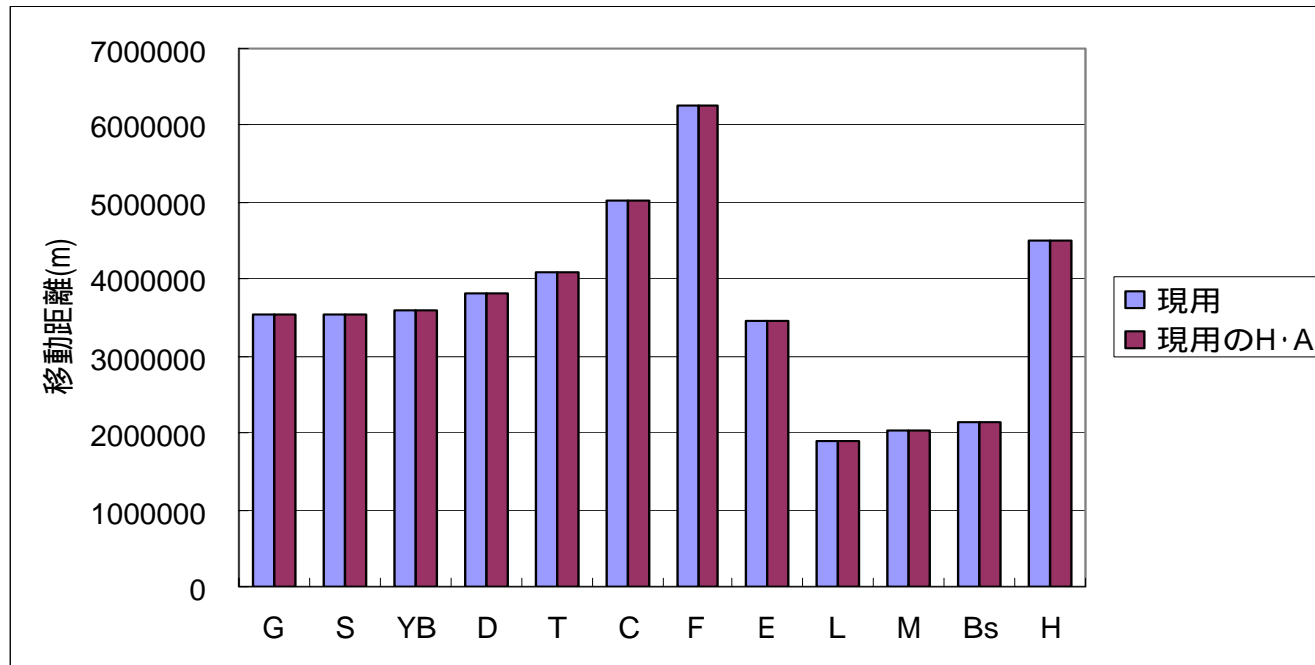
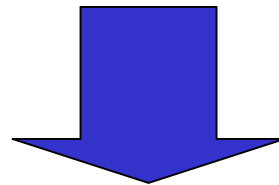


図1.現用のスケジュールと最適解の比較

2009年度に使われたスケジュールと、実験によって得られた最適解の目的関数値は一緒だった。

8.2球場間移動の考察(現状)

2009年度のH・Aパターンのもとでは、これ以上、移動距離の短縮を行うことが不可能である。



そこで、H・Aパターンを変更することにより、さらに良いスケジュールを求めることを提案する。

8.3H・Aの割り当て

表4.H・Aの割り当て(現状)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
セ	A	A	H	H	A	A	H	H	A	A	H	H
パ	H	H	A	A	H	H	A	A	H	H	A	A

セリーグの移動回数・・・9回 パリーグの移動回数・・・9回

8.4 H・Aパターンによる球場間移動比較(1)

表5. 提案するH・Aパターン

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
セ	A	A	A	H	H	H	H	H	H	A	A	A
パ	H	H	H	A	A	A	A	A	A	H	H	H

セリーグの移動回数・・・8回 パリーグの移動回数・・・7回

表6. 提案するH・Aパターン

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
セ	H	H	H	A	A	A	A	A	A	H	H	H
パ	A	A	A	H	H	H	H	H	H	A	A	A

セリーグの移動回数・・・7回 パリーグの移動回数・・・8回

8.5H・Aパターンによる球場間移動比較(2)

H・Aパターン(現状)による球場間移動回数

セリーグの移動回数・・・9回 パリーグの移動回数・・・9回

パターン による球場間移動回数

セリーグの移動回数・・・8回 パリーグの移動回数・・・7回

パターン による球場間移動回数

セリーグの移動回数・・・7回 パリーグの移動回数・・・8回



移動回数が減ることにより、移動距離の短縮が見込める

8.6実験結果(2)

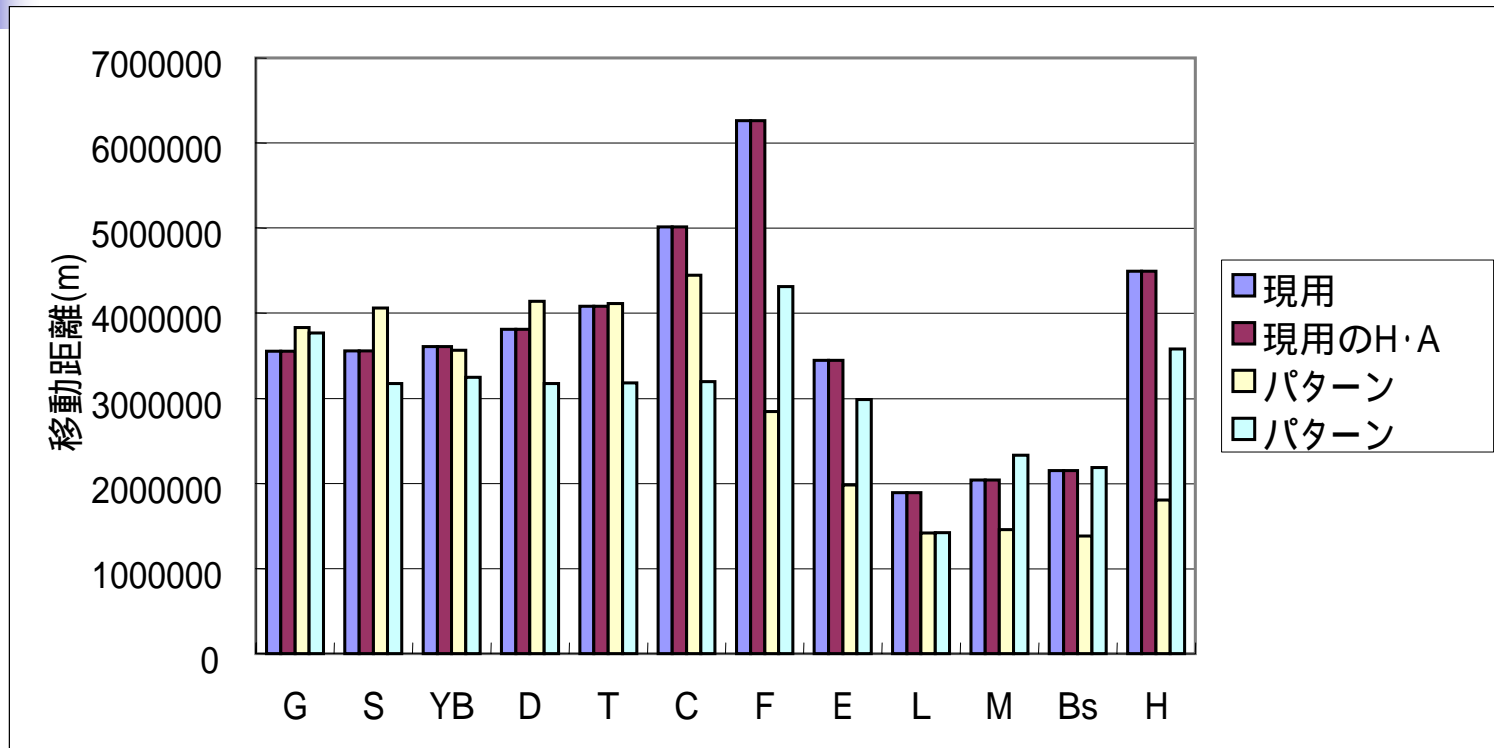


図2.H・Aパターンによる移動距離の比較

提案するH・Aパターンを用いることにより目的関数値は減少した。

8.7 実験結果(3)

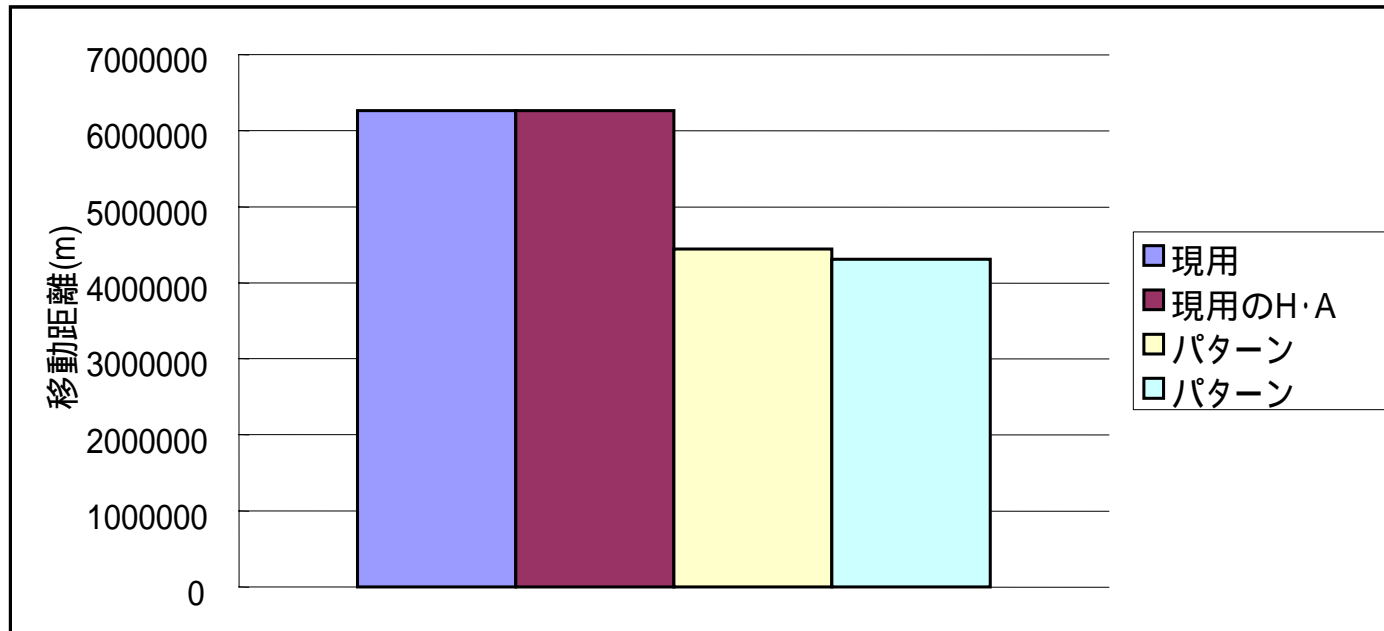


図3.H・Aパターンによる目的関数値の比較

提案するH・Aパターンを用いることで、最も移動距離が長いチームの移動距離が約29%削減された。

9.まとめ

移動距離負担の観点から2009年度に使われているスケジュールが妥当であるか検討

2009年度のスケジュールは、現用のH・Aパターンのもとでは、移動距離負担の観点から見ても妥当

H・Aパターンを変更することにより移動距離負担の少ないスケジュールを生成可能

サブ球場，土日にホームゲームがあるか否かによる興行収入への影響，移動にかかる費用も考慮する必要性あり



10.1参考文献(1)

- [1] 鈴鹿 順美,吉瀬 章子：「スポーツのスケジューリング」2000年度オペレーションズリサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集，pp.254-255(2000)
- [2] 宮代 隆平,松井 知己：「スポーツスケジューリング-未解決問題を中心に-」,オペレーションズリサーチ(経営の科学)，vol.50,no.2.pp.119-124(2005)
- [3] 日本野球機構オフィシャルサイト www.npb.or.jp
最終閲覧日 2010/1/14



10.2参考文献(2)

[4] 一松信「新数学事典」大阪書籍(1991)

[5] 距離と方位の計算

<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/bl2stf.html>

最終閲覧日 2010/1/18

[6] pascalプログラム

<http://www.ss.utokai.ac.jp/~ooya/Program/Console/>

最終閲覧日 2010/1/17

[7] 掌田津耶乃「Delphiパーソナルプログラミング」

毎日コミュニケーションズ(2002)



ご清聴ありがとうございました