貨車集結の計算法

金　松　正　世*

1. まえがき

鉄道の各駅では行先きの種々な貨車が発生する．発生した貨車はローカル列車で最寄りの操車場と呼ばれる駅に運ばれる．また操車場には別の操車場からも貨物列車が到着する．操車場に到着する列車はすべて到着線に停止し，ここで到着作業（車票点検，ブレーキホース解放，故障点検など）が行われる．到着作業が終了してから列車は押上げられながら分解されて各方向別に仕分けられて仕分線に入れられる．仕分線にためられた貨車は引き出されて列車に編成されて出発線に据えられる．出発線では出発作業（ブレーキホースの結合点検，車票点検など）が行われ，出発作業終了後所定時刻に列車が操車場を出発し，別の操車場に向う．

操車場では到着から出発までにかなりの時間滞留することになるが，荷主からは貨車発生から目的駅到着までの時間短縮が強く要求されるので，操車場における滞留時間短縮をはかる貨車集結の方法の研究が必要になる．

操車場における滞留時間について森島氏[1]はつぎの関係式が成立することを報告している．

$$t=\alpha/n+\tau=\alpha q/W+\tau \qquad (1)$$

ここに

t：ある操車場における貨車1車当り平均滞留時間
α：1方向別の1日平均仕分線滞留時間
n：1方向別の1日出発列車回数
τ：到着線と出発線で滞留する1車当り平均時間
q：1個列車編成車数
W：1方向別の1日平均取扱車数

であり，α，τ は各操車場に関する定数である．

ある操車場で m 個の方向別に仕分けるとすると，この操車場における全滞留時間 T は

$$T=mq\alpha+\tau(W_1+W_2+\cdots\cdots+W_m) \qquad (2)$$

となる．

いま1線上に何箇所かの操車場がある線区を考えるとしよう．ある操車場で(2)式の T を小くするために方向別数 m を小さくしたとすると，この操車場から送られた他の操車場の（$W_1+W_2+\cdots\cdots$）は大きくなる．したがって線区全体では方向別の数を小さくすると仕分線で滞留す

---

* 鉄道技術研究所　昭和34年4月26日第5回研究発表会講演　昭和34年12月7日受理．

る時間は小さくなるが，到着線と出発線で滞留する時間が大となり，方向別の数を適当にすると全滞留時間が最小になる筈である．

線区全体の全滞留時間を最小にする解法について，大平氏[2]はノンリニヤープログラミングによる方法を発表したが，線区の操車場の数が多くなると計算の手間が非常に増大する．

また五味，高橋両氏[3]は2種類の線区について，種々の α, τ を仮定して全滞留時間と方向別数との関係を求めた結果，全滞留時間の最小値附近は比較的なだらかであることがわかった．

したがって完全な最適解を求めなくても，最適解に近い有意解を簡易な方法で求めることが出来れば実用上は役立つわけである．

この研究報告は最適解に近似する簡易な方法を提出すると共に，最適解を完全に求める方法との関係を示したものである．

2. 計算法の根拠

2.1 記号

$y_{i \cdot j}$：i 操車場で発生して j 操車場と $(j+1)$ 操車場の間に行く貨車数とする．たとえば $y_{1 \cdot 1}$ は1操車場で発生して1操車場と2操車場の間に行く貨車数であり，$y_{2 \cdot 3}$ は2操車場で発生して3操車場と4操車場の間に行く貨車数である．

$\delta_{i \cdot k}^{j}$：i は発操車場の番号，j は着操車場の番号，k は途中操車場の番号で $(i+1)$，$(i+2)$……k 操車場を通過するときは1で，その他の場合には0である．たとえば $\delta_{1 \cdot 3}^{5}=1$ は操車場を出発して，2操車場，3操車場を通過して5操車場に到着することを示す．4操車場は通過しても停車してもかまわないが，2操車場と3操車場は通過していなければならない．

δ_i^j：i 操車場で j 操車場および j 以遠操車場行きの列車が編成されるときは1，編成されないときは0である．

a_i：i 操車場の到着線における1車当り平均滞留時間

b_i：i 操車場の出発線における1車当り平均滞留時間

τ_i：(a_i+b_i)

α_i：i 操車場1方向別1日平均滞留時間

q：1列車編成車数

2.2. 通過車数

1線上に1，2，3，……k 操車場が順に並んでいる線区を考える．

第2操車場の通過車数 p_2 は第1操車場を出発する貨車だけに関係し，つぎの式で表わされる．

$$p_2=\sum_{j=3}^{k} \delta_{1 \cdot 2}^{j} y_{1 \cdot j} \tag{3}$$

第3操車場の通過車数 p_3 は第1操車場を出発して第2，第3操車場を通過する車数と第2操車場を出発して第3操車場を通過する車数の和である．しかも第2操車場を出発する車数は第1操車場を出発して第2操車場に到着する車数が第2操車場で発生する車数に加えられたものであ

る．そこで p_3 はつぎのように書かれる．

$$p_3=\sum_{j=4}^{k}\delta_{1\cdot 3}^{j}y_{1\cdot j}+\left[\sum_{j=4}^{k}\delta_{2\cdot 3}^{j}\{y_{2\cdot j}+(1-\delta_{1\cdot 2}^{j-1})y_{1\cdot j-1}\}\right] \tag{4}$$

$$y_{2\cdot j}+(1-\delta_{1\cdot 2}^{j-1})y_{1\cdot j-1}\equiv y_{2\cdot j}^{*} \tag{5}$$

とおくと

$$p_3=\sum_{j=4}^{k}(\delta_{1\cdot 3}^{j}y_{1\cdot j}+\delta_{2\cdot 3}^{j}y_{2\cdot j}^{*}) \tag{6}$$

となる．

第4操車場以下は同様にして

$$p_4=\sum_{j=5}^{k}({}_{1\cdot 4}^{j}y_{1\cdot j}+\delta_{2\cdot 4}^{j}y_{2\cdot j}^{*}+\delta_{3\cdot 4}^{j}y_{3\cdot j}^{*} \tag{7}$$

$$p_5=\sum_{j=6}^{k}(\delta_{1\cdot 5}^{j}y_{1\cdot j}+\delta_{2\cdot 5}^{j}y_{2\cdot j}^{*}+\delta_{3\cdot 5}y_{3\cdot j}^{*}+\delta_{4\cdot 5}y_{4\cdot j}^{*}) \tag{8}$$

$$\cdot\quad\cdot\quad\cdot\quad\cdot$$

$$p_i=\sum_{j=i+1}^{k}(\delta_{1\cdot i}^{j}y_{1\cdot j}+\delta_{2\cdot i}^{j}y_{2\cdot j}^{*}+\delta_{3\cdot i}^{j}y_{3\cdot j}^{*}+\cdots\cdots+\delta_{i-1\cdot i}^{j}y_{i-1\cdot j}^{*} \tag{9}$$

$$\cdot\quad\cdot\quad\cdot\quad\cdot$$

$$p_{k-1}=\delta_{1\cdot k-1}^{k}y_{1\cdot k}+\delta_{2\cdot k-1}^{k}y_{2\cdot k}^{*}+\cdots\cdots+\delta_{k-2\cdot k-1}^{k}\,y_{k-2\cdot k-1}^{*} \tag{10}$$

2.3 入操車場車数

i 操車場に入る車数 I_i はつぎのようになる．

$$I_1=\sum_{j=1}^{k}y_{1\cdot j} \tag{11}$$

$$I_2=\sum_{j=1}^{k}y_{1\cdot j}+\sum_{j=2}^{k}y_{2\cdot j}-(y_{1\cdot 1}+p_2) \tag{12}$$

$$I_3=\sum_{j=1}^{k}y_{1\cdot j}+\sum_{j=1}^{k}y_{2\cdot j}+\sum_{j=1}^{k}y_{3\cdot j}-(y_{1\cdot 1}+y_{1\cdot 2}+y_{2\cdot 2}+p) \tag{13}$$

$$\cdot\quad\cdot\quad\cdot\quad\cdot$$

$$I_i=\sum_{j=1}^{k}y_{1\cdot j}+\sum_{j=2}^{k}y_{2\cdot j}+\cdots\cdots+\sum_{j=i}^{k}y_{i\cdot j}-\left(\sum_{j=1}^{i-1}y_{1\cdot j}+\sum_{j=1}^{i-1}y_{2\cdot j}+\cdots\cdots+y_{i-1\cdot i-1}+p_i\right) \tag{14}$$

$$\cdot\quad\cdot\quad\cdot\quad\cdot$$

$$I_k=\sum_{l=1}^{k}y_{l\cdot k} \tag{15}$$

2.4 出操車場車数

i 操車場を出て以後の操車場に向う車数を O_i とすると

$$O_i=I_i-y_{i\cdot i} \tag{16}$$

である．

2.5 到着線と出発線における滞留時間

$$\sum_{j=1}^{k} I_j a_j + \sum_{j=1}^{k-1} O_j \cdot b_j = \text{Const} - \sum_{j=2}^{k-1} p_j(a_j+b_j) = \text{Const} - \sum_{j=2}^{k-1} p_j \tau_j \qquad (17)$$

ここに Const は各操車場をつぎつぎに経て中継するときの滞留時間である．

2.6 仕分線における滞留時間

i 操車場で $(\delta_i^{i+2}+\delta_i^{i+3}+\cdots\cdots+\delta_i^k)$ 個の方向別に仕分けると1方向別について1日当り α_i 時間滞留するから仕分線における滞留時間は

$$\sum_{i=1}^{k-2} (\delta_i^{i+2}+\delta_i^{i+3}+\cdots\cdots+\delta_i^k)\, q\alpha_i \qquad (18)$$

となる．

2.7 全滞留時間

(17) と (18) との和が全滞留時間 T である．

$$T = \text{Const} - \left[\sum_{i=2}^{k-1} p_i \tau_i - \sum_{i=1}^{k-2} q\alpha_i(\delta_i^{i+2}+\delta_i^{i+3}+\cdots\cdots+\delta_i^k)\right] \qquad (19)$$

(9) 式の p_i を (19) に入れて

$$\begin{aligned} T = \text{Const} & \\ & -\left[\tau_2 \sum_{j=3}^{k} \delta_{1\cdot 2}^{j} y_{1\cdot j} + \tau_3 \sum_{j=4}^{k} \delta_{1\cdot 3}^{j} y_{1\cdot j} + \cdots\cdots + \tau_{k-1}\delta_{1\cdot k-1}^{k} y_{1\cdot k} - q\alpha_1(\delta_1^3+\delta_1^4+\cdots\cdots+\delta_1^k)\right] \\ & -\left[\tau_3 \sum_{j=4}^{k} \delta_{2\cdot 3}^{j} y_{2\cdot 3}^{*} y_{2\cdot j}^{*} + \tau_4 \sum_{j=5}^{k} \delta_{2\cdot 4}^{j} y_{2\cdot j}^{*} + \cdots\cdots + \tau_{k-1}\delta_{2\cdot k-1}^{k} y_{2\cdot k}^{*} - q\alpha_2(\delta_2^4+\delta_2^5+\cdots\cdots+\delta_2^k)\right] \\ & \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ & -[\tau_{k-1}\delta_{k-2\cdot k-1}^{k} y_{k-2\cdot k}^{*} - q\alpha_{k-2}\delta_{k-2}^{k}] \end{aligned} \qquad (20)$$

2.8 問題と解法

問題は (20) 式の T が最小となるように $\delta_{i\cdot k}^{j}$, δ_i^j を求めることである．

(20) 式の第2項は第1駅にだけ関係しているのでこの項について考えて見よう．(20) 式の第2項を書きかえると

$$\begin{aligned} A_1 = & \left\{\left(\sum_{j=1}^{k-1} \tau_j \delta_{1\cdot j}^{k}\right) y_{1\cdot k} - p\alpha_1\delta\right\} + \left\{\left(\sum_{j=2}^{k-2} \tau_j \delta_{1\cdot j}^{k-1}\right) y_{1\cdot k-1} - q\alpha_1\delta_1^{k-1}\right\} \\ & + \left\{\left(\sum_{j=2}^{k-3} \tau_j \delta_{1\cdot j}^{k-2}\right) y_{1\cdot k-2} - q\alpha_1\delta_1^{k-2}\right\} + \cdots\cdots + \left\{\tau_2\delta_{1\cdot 2}^{3} y_{1\cdot 3} - q\alpha_1\delta_1^3\right\} \end{aligned} \qquad (21)$$

となる．$A_1 \geq 0$ となるように δ_1^j を選べば，これらのすべての列車の編成方法は有効なものとなる．どんな編成方法が存在し得るかはつぎの条件を考えれば容易にわかる．

$\delta_1^k=1$ が成立するためには $\delta_{1\cdot 2}^{k}=\delta_{1\cdot 3}^{k}=\cdots=\delta_{1\cdot k-1}^{k}=1$ でなくてはならないから

$$y_{1\cdot k} \sum_{j=2}^{k-1} \tau_j \geq q\alpha_1 \qquad (22)$$

であればよい．

$\delta_1^k=0$, $\delta_1^{k-1}=1$ が同時に成立するためには

$$\delta^k_{1\cdot 2}=\delta^k_{1\cdot 3}=\cdots=\delta^k_{1\cdot k-2}=1,\qquad \delta^{k-1}_{1\cdot 2}=\delta^{k-1}_{1\cdot 3}=\delta^{k-1}_{1\cdot 4}=\cdots=\delta^{k-1}_{1\cdot k-2}=1,\ \ \delta^k_{1\cdot k-1}=0$$

でなくてはならないから

$$(y_{1\cdot k}+y_{1\cdot k-1})\sum_{i=2}^{k-2}\tau_j q\geq\alpha_1 \tag{23}$$

であればよい.

$\delta^k_1=1$, $\delta^{k-1}_1=1$ が同時に成立するためには

$\delta^h_{1\cdot 2}=\delta^k_{1\cdot 3}=\cdots=\delta^k_{1\cdot k-1}\delta=^{k-1}_{1\cdot 3}=\cdots=\delta^{k-1}_{1\cdot k-2}=1$ でなくてはならないから

$$\left.\begin{aligned} y_{1\cdot k}\sum_{j=2}^{k-1}\tau_j\geq q\alpha_1 \\ y_{1\cdot k-1}\sum_{j=2}^{k-1}\tau_j\geq q\alpha_1 \end{aligned}\right\} \tag{24}$$

が同時に成立すればよい.

これと同じことをつぎつぎに行ってすべての有効な編成方法が成立するための条件を求めることが出来る.

第2駅についても同様にして (20) 式の第3項を書きかえると

$$\begin{aligned} A_2=&\left\{\left(\sum_{j=1}^{k-1}\tau_j\delta^k_{2\cdot i}\right)y^*_{2\cdot k}-q\alpha_2\delta^k_2\right\}\left\{\left(\sum_{j=3}^{k-2}\tau_j\delta^{k-1}_{2\cdot j}\right)y^*_{2\cdot k-1}-q\alpha_2\delta^{k-1}_2\right\} \\ &+\left\{\left(\sum_{j=2}^{k-3}\tau_j\delta^{k-2}_{2\cdot j}\right)y^*_{2\cdot k-2}-q\alpha_2\delta^{k-2}_2\right\}+\cdots+\left\{\tau_3\delta^4_{2\cdot 3}y^*_{2\cdot 4}-q\alpha_2\delta^4_2\right\} \end{aligned} \tag{25}$$

となる. 第1駅で得られたすべての有効な編成方法のおのおのについて第2駅での有効なすべての列車編成方法を求める.

第3駅以降についても全く同様な手続きですべて有効な列車編成方法が求められる.

このようにして得られた数多くの有効な列車編成方法の中で $\sum A_i$ が最大となるものが最適解である.

2.9 近似解の求め方

実際問題として一連の操車場の数が多くなると 2.8 で述べた方法で最適解を求めることは大変な手数がかかる. そこで最適解に近い近似解を求める方法が必要である. これについて述べることにする.

近似解を求める方針として

(1) 第1駅について A_1 が最大となるような編成方法を求める.

(2) 第2駅の結果に基づいて $y^*_{2\cdot j}$ を求める.

(3) 第2駅について A_2 が最大となるような編成方法を求める.

(4) 第1駅, 第2駅の結果から $y^*_{3\cdot j}$ を求める.

(5) 第3駅について A_3 が最大となるような編成方法を求める.

(6) 第1駅, 第2駅, 第3駅の結果に基づいて $y^*_{4\cdot j}$ を求める.

(7) 第4駅以降は同じことを繰返す.

という計算法を行うこととする.

〔例〕 ある線区に8個所の操車場があり，貨車の発生状態は第1表に示すとおりである．各操車場で行う列車編成方法の最適に近いものを求めよ．〔$q\alpha_i$=1500 時間，p_i=3.5 時間とする〕

（手順 1） 第1表の第1駅発の貨車について第2表に示す計算を行う．計算の結果「第1駅では第6駅，第7駅，第8駅行きの貨車はすべて第6駅行き列車に編成する」

第1表 貨 車 発 生 状 態

発駅 / 着駅	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
①	311							
②	152	124						
④	110	19	70					
④	70	15	48	227				
⑤	112	10	23	125	112			
⑥	353	50	92	277	111	1029		
⑦	175	37	58	151	39	353	1195	
⑧	185	30	43	163	49	464	425	2122

（注） ①駅発 ①駅着というのは①駅で発生し②駅の一つ手前までの間の駅に行く貨車数である．
①駅発②駅着というのは①駅で発生し②駅および③駅の一つ手前まで行く貨車である．

第2表 （手順 1）の 計 算

	〔1〕	〔2〕	〔3〕	〔4〕	〔5〕	〔6〕
着駅 i	τ_{i-1}	τ_{i-1}の累加	$y_{1\cdot i}$	$y_{1\cdot i}$ の累加	〔2〕×〔4〕	判 定
⑧	τ_7=3·5	21.0	185	185(150)	3150	
⑦	τ_6=3.5	17.5	175	↓ 360(350)	6125	
⑥	τ_5=3.5	14.0	353	713(700)	9800	>1500 最 大
⑤	τ_4=3.5	10.5	112	825(800)	8400	
④	τ_3=3.5	7.0	70	895(850)	5950	
③	τ_2=3.5	3.5 ↑	110	1005(1000)	3500	
②			152			
①			311			

（注 1） τ_{i-1} は $(i-1)$ 操車場における貨車財源待ち以外の1車当り滞留時間

（注 2） 〔2〕は τ_{i-1} を下から順に累加する．

（注 3） 〔3〕は第1表の第1駅発生貨車数．

（注 4） 〔4〕は〔3〕を上から累加する．一列車の牽引車数を 50 と仮定したので（ ）の中に 50 の倍数を書いてある．

（注 5） 〔2〕と〔4〕の（ ）の中の数を乗ずる．

（注 6） $q\alpha_1$=1500 であるから〔6〕の判定では〔5〕の中で 1500 より大きなものの中の最大値の所に印をつける．

（手順 2） 第1駅で第3駅，第4駅，第5駅行きの貨車の編成方法をしらべるのに第3表の計算を行う．結果は

「第1駅では第 2，第 3，第 4，第5駅行きは第2駅送りとする．」

第 3 表 （手順 2） の 計 算

着駅 i	τ_{i-1}	τ_{i-1} の累加	$y_{1\cdot i}$	$y_{1\cdot i}$ の累加	[2]×4[4]	判 定
⑤	$\tau_4=3.5$	10.5	112	112(100)	1050	<1500
④	$\tau_3=3.5$	7.0	70	182(150)	1050	<1500
③	$\tau_2=3.5$	3.5	110	292(250)	875	<1500

（手順 3） 第1表の修正 第1駅での列車編成方法が定まったので第1表の修正を行う．($y^*_{i\cdot j}$ を求める)

第 4 表 $y^*_{i\cdot j}$ の 計 算

着 駅	第 2 駅 発	第 6 駅 発
②	124+152=276	
③	19+100=119	
④	15+ 70= 85	
⑤	10+112=122	
⑥	50	1029+353=1382
⑦	37	353+175= 525
⑧	30	464+185= 649

（手順 4） 第2駅の編成決定方法 修正された第1表の数値を用いて（手順 1）と同じように計算する．結果は

「第2駅ではすべて第3駅送りとする」

第 5 表 （手順 4） の 計 算

着 駅	τ_{i-1}	τ_{i-1} の累加	$y^*_{2\cdot 2}$	$y^*_{2\cdot i}$ の累加	[2]×[4]	判 定
⑧	3.5	17.5	30	30(0)	0	
⑦	3.5	14.0	37	67(50)	700	
⑥	3.5	10.5	50	117(100)	1050	
⑤	3.5	7.0	122	239(200)	1400	<1500
④	3.5	3.5	85	324(300)	1050	

（手順 5） 第1表の修正を第6表のように行う．

第 6 表 第 1 表 の 修 正

着 駅	第 3 駅 発
③	70+129=199
④	48+ 85=133

⑤	23＋122＝145
⑥	92＋ 50＝142
⑦	58＋ 37＝ 95
⑧	43＋ 30＝ 73

（手順 6） 第3駅の編成方法を第7表から決定する．計算の結果「第3駅では第4駅送りと第6駅送りとなる.」

第7表 第 3 駅 の 計 算

着駅 i	τ_{i-1}	τ_{i-1}の累加	$y^*_{3\cdot i}$	$y^*_{3\cdot i}$の累加	〔2〕×〔4〕	判 定
⑥	3.5	14.0	73	73(50)	700	
⑦	3.5	10.5	95	168(150)	1575	
⑥	3.5	7.0	142	310(300)	2100	＜1500 最 大
⑤	3.5	3.5	145	455(450)	1575	

（手順 7） 第1表の修正を第8表のようにする

第8表 第 1 表 の 修 正

着 駅	第 4 駅 発	第 6 駅 発
④	227＋133＝360	
⑤	125＋145＝270	
⑥	277＋ 0＝277	1382＋142＝1524
⑦	155＋ 0＝151	528＋ 95＝ 623
⑧	163＋ 0＝163	649＋ 73＝ 722

（手順 8） 4第駅の編成方法を第9表から求める．

計算の結果「第4駅では第5駅送りと第7駅送りとなる.」

第9表 第 4 駅 の 計 算

着駅 i	τ_{i-1}	τ_{i-1}の累加	$y^*_{4\cdot i}$	$y^*_{4\cdot i}$の累加	〔2〕×〔4〕	判 定
⑧	3.5	10.5	163	163(150)	1575	
⑦	3.5	7.0	151	314(300)	2100	＞1500 最 大
⑥	3.5	3.5	277	591(550)	1925	

（手順 9） 第1表の修正を第10表のようにする．

第10表 第 1 表 の 修 正

着 駅	第 5 駅 発	第 7 駅 発
⑥	111＋277＋388	
⑦	39＋ 0＝ 39	1195＋151＝1346
⑧	49＋ 0＝ 49	425＋163＝588

（手順 10） 第5駅の編成方法を第 11 表の計算で求める．結果は「第5駅ではすべて第6駅送りとする.」

第 11 表 第 5 駅 の 計 算

着 駅	τ_{i-1}	τ_{i-1} の累加	$y^*_{5\cdot i}$	$y^*_{5\cdot i}$ の累加	〔2〕×〔4〕	
⑧	3.5	7.0	49	49(0)	0	
⑦	3.5	3.5	39	88(50)	175	＜1500

（手順 11） 第1表の修正を第 12 表のようにする．

第 12 表 第 1 表 の 修 正

着 駅	第 6 駅 発
⑧	623＋39＝662
⑦	722＋49＝771

（手順 12） 第6駅の編成方法は第 13 表により決定される．結果は「第6駅では第7駅送りと第8駅送りとなる.」

第 13 表 第 6 表 の 計 算

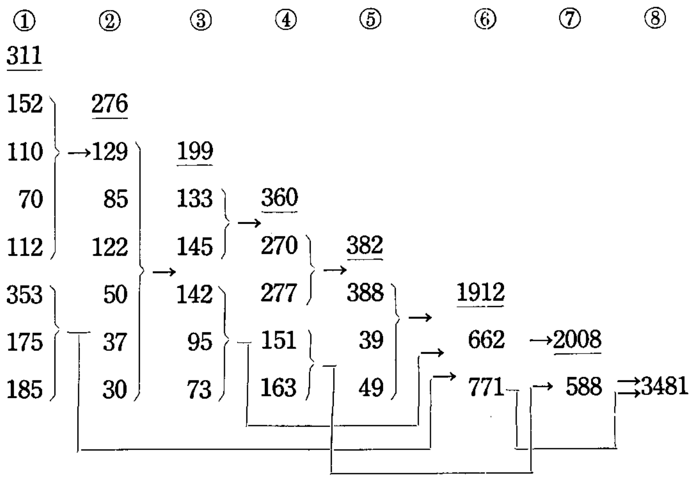
着駅 i	τ_{i-1}	τ_{i-1} の累加	$y^*_{6\cdot i}$	$y^*_{6\cdot i}$ の累加	〔2〕－〔4〕	判 定
⑧	3.5	3.5	771	771(750)	2625	＞1500

（手順 13） 第7駅では計算するまでもなく第8駅送りだけである．

以上の結果を図示すると第1図のようになる．なお根気よく 2.8 の方法で求めた最適解を図示すると第2図のようになる．

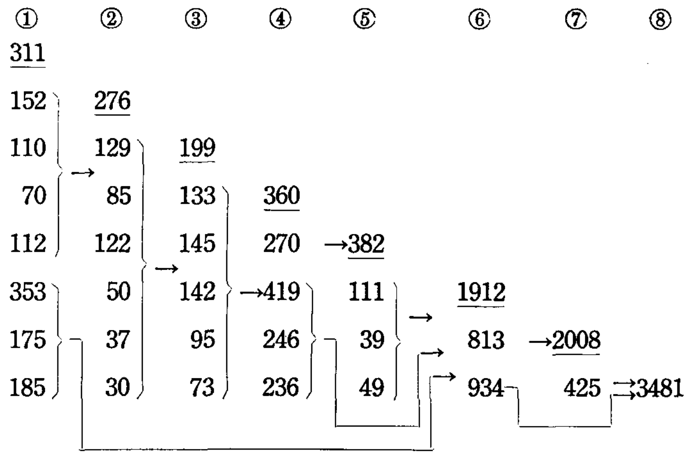
近似解と最適解の比較を行うと第 14 表のようになる．近似解は入駅車数，出駅車数共に 184 車少く，方向別線数は1本多い．これを中継時間に直すと

$$-3.5\times184+1500=856 \text{（車時間）}$$



第 1 図 近似解による貨車集結法

だけ近似解は最適解より大きいだけに過ぎない.



第 2 図 最適解による貨車集結法

第 14 表 近似解と最適解の比較

	駅	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	計
近似解	入駅車数	1468	729	787	1221	858	3345	2596	3481	
	出駅車数	1157	453	588	861	476	1433	588		
	仕分線数	2	1	2	2	1	2	1		
最適解	入験車数	1468	729	787	1531	581	3659	2433	3481	
	出駅車数	1157	453	588	1171	199	1747	425		
	仕分線数	2	1	1	2	1	2	1		
差	入駅車数	0	0	0	−310	+277	−314	+163	0	−184
	出駅車数	0	0	0	−310	+277	−314	+163		−184
	仕分線数	0	0	+1	0	0	0	0		+ 1

3. 近似の度をよくする方法

前述の例でわかるように2.9の近似解は2.8による最適解とくらべてその差は小さいが，なお近似の度をよくすることが望ましい．これに関しては試行錯誤法がかなり有力である．

近似計算では仕分線数が少し多く，取扱車数が少し少ない傾向にあるので，最適解に近づけるにはどこかの駅で仕分線数を減ずることが出来ないかを試みることが第1の方法である．つぎに仕分線数は同じにしてその区分法を少し変えて見ることが第2の方法である．

仕分線数の減少を試みる手がかりとしては

「相隣る駅で2方向に仕分けが行われているときは手前の駅の貨車を全部つぎの駅に送って見ることは有効なことが多い.」

という経験法則がある．

仕分線数を変えないで仕分けの区分を変えて見る手がかりとしては

「1つ手前の駅送りに変更して見ると総滞留時間を減少することがあり得る.」

ということである.

前例の第1図をながめて見ると，第3駅，第4駅で2方向に仕分けられているので，第3駅の貨車集結方法をすべて第4駅送りに変更して見ることが試みられてよいだろう．実際に計算すると前に求めた近似解よりは約250車時間減少する．また2方向に仕分けられているのは第1駅と第4駅になるので，第1駅では第2駅送りと第5駅送りにに変えて見ることが考えられるが，実際に計算すると滞留時間短縮に役立たないので，第4駅についで第5駅送りと第6駅送りとに変えて見るとこの場合には更に滞留時間が短縮され，この場合には最適解に一致する.

この方法では一般的には最適解が得られたかどうかの判定は不可能であるが，とにかく最適解に近づいているといえよう.

4. 結　び

(1) 一線上に配列された操車場間で貨車を集結するとき，操車場で貨車が滞留する総時間を最小にする方法は2.8で解くことができる．しかし，操車場の数が多くなると実際問題として計算の手間が非常にかかり，最適解を求めることが困難となり実用的ではない.

(2) 近似計算の方法（2.9 で述べた）は最適解ではないが，最適解に近いものとして，迅速に行えるので実用上有力な方法となるだろう.

(3) 近似の度を高めるのに経験法則を適用すれば比較的容易に最適解に近づけることが出来る．操車場の数が多いときには有力な手段となり得るだろう.

文　献

(1) 森島宗太郎：鉄道業務研究資料（昭和18年）日本国有鉄道

(2) 大平　坦：技研速報 No. 58—225（昭和33年9月）鉄道技術研究所

(3) 五味信，高橋克男：ヤード配置その他に関する研究（昭和34年3月）日本鉄道技術協会 (JREA)