

TRANSYTモデルの右折処理に関する改良とその適用*

ALTERATION OF PROVISION FOR RIGHT-TURN IN THE TRANSYT MODEL AND IT'S APPLICATION

安井 一彦 **

池之上 慶一郎 ***

石野 一朗 ****

By

Kazuhiko YASUI

Keiichiro IKENOUE

Ichiro ISHINO

As the result of a series of validity tests of the TRANSYT-7F model, it was found that the model is not able to handle correctly the permissive right-turn control followed by the exclusive right-turn control, since no provision allows separate saturation flow rate on a link.

In order to overcome this pitfall, a part of the provision was altered so that the different value of saturation flow rate can be treated at every step. The altered provision would be of wide application since it allows to treat ever-changing saturation flow of every movement as well as right-turn movement.

As a trial a series of runs were made for a linked signal system along a two-lane street which has a shared through and right-turn lane.

1. 研究目的

都市部では、年々増加する交通需要に対し、これを処理するための各種対策が必要とされているが、近年土地の高騰などから、道路を新規に建設することはむずかしく、十分満足できるレベルには達していないのが現状である。このような状況の中で、既存施設を有効に運用すること、すなわち、いかにうまく交通信号を制御するかが大きな課題となってい

る。都市内の街路における交通流の円滑化を図る上で、直接的な技術として、信号制御があるが、中でも系統的流れを制御する系統信号は重要である。しかし、交通流の現象が複雑なため、系統信号効果を最大限に発揮できる信号オフセットの設計手法が確立されているとは言い難い。

本研究では、欧米諸国で系統信号制御定数の最適解を求めるのに盛んに使われているTRANSYT (Traffic Network Study Tool) モデルの日本での活用に応じた適用性について検討するとともに、現在のTRANSYTモデルでは対応できない青丸+青矢による右折制御の扱い、さらに、右折車が発生し右折待ちで停止した際、後続直進車が前車に阻まれて進めない状況等、日本の交通事情を再現できるように改良を加えるとともに、この改良モデルを用いて、2車線街路における系統信号制御効果を調

*) キーワズ 系統信号制御、TRANSYT、車群拡散
**) 正会員 日本大学助手
理工学部交通土木工学科
***) 正会員 工博 日本大学教授
理工学部交通土木工学科
****) 正会員 工修 京三製作所(株)
(274) 船橋市習志野台 7-24-1

べるものである。

なお、本研究ではTRANSYT-7F（レリス、バージョン2.0）を改良のベースとして使用した。

2. TRANSYTモデルの概要

2-1 モデルの構成

TRANSYTモデルは、交通流シミュレーションモデルと信号制御最適化モデルから構成されている。交通流シミュレーションモデルでは、交差点での流出パターンから下流交差点への到着パターンを求めるために、以下に示す車群拡散モデル式（1）を用いている。

$$q_{2(i+t)} = F \cdot q_{1(i)} + (1-F) \cdot q_{2(i+t-1)} \quad \text{----- (1)}$$

$q_{1(i)}$ ：上流地点1（信号停止線）における第 i 時間間隔（STEP）の単位時間当たりの発進流量

$q_{2(i+t)}$ ：下流地点2における第 $(i+t)$ 時間間隔（STEP）の単位時間当たりの到着流量

t ：地点1と2の間（リンク）の旅行時間 $\times 0.8$

F ：平滑化係数 $= 1 / (1 + \alpha t)$

α ：車群拡散係数（ $= 0.5$ ）

またこの概念を図-1に示す。この図より、上流リンクから流入した車群が下流リンクへ拡散してゆく状況がよく理解できる。

信号制御最適化モデルでは、最適化の際に重要なものがPI（パフォーマンスインデックス）であり、これは、遅れと停止による目的関数であり、以下の式（2）で示される。

$$PI = \sum_{i=1}^n (d_i + K S_i) \quad \text{----- (2)}$$

d_i ：リンク i の総遅れ

S_i ：リンク i の停止回数

K ：遅れに関する停止回数の重み

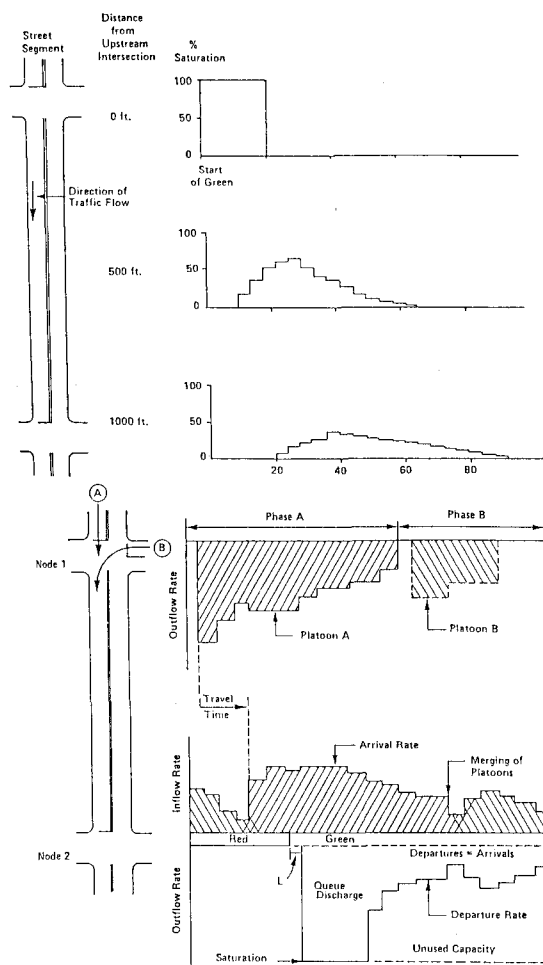


図-1 TRANSYTモデル車群拡散の概念

2-2 モデルの仕様及び入出力項目

TRANSYTモデルの諸条件設定範囲を以下に示す。

- | | |
|-----------------|---------------------------|
| 1) 最大可能ノード数 | 50ノード |
| 2) 最大可能リンク数 | 250リンク |
| 3) ネットワークサイクル長 | 30秒-300秒 |
| 4) 飽和交通流率設定可能範囲 | 1,000-2,000台
/G1h・Lane |
| 5) リンク長設定可能範囲 | 15-2,000m |

これらの値は基本値であり、ユーザーの希望によっては修正変更することも可能である。

モデルでは、以下の項目について出力される。

(1) 交通状況テーブル

- ・各リンクでの交通流量、飽和流率、飽和度、総旅行距離、総旅行時間、一様遅れ、ランダム遅れ、総遅れ、車両1台当たりの平均遅れ、一様停止回数、行列の最大値、行列容量台数、燃料消費量などが出力される。

(2) 停止線におけるフロブプロフィール

- ・指定リンクについて、1サイクル中のステップごとの出発及び到着レートを一覧表で出力する。フロブプロフィールの出力例を図-2に示す。

(3) 信号制御設定テーブル

- ・各インターバル長、タイプ、現示、オフセットが出力される。

(4) タイムスペースダイヤグラム

- ・指定ノードについての時間距離線図が出力される。

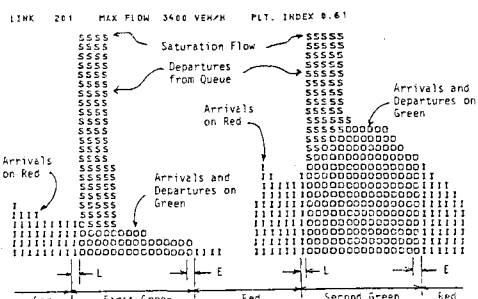


図-2 フロブプロフィールの出力例

3. TRANSYTモデルの再現性試験

TRANSYTモデルは欧米で開発されたモデルであり、日本の道路に適用する場合の適合性、問題点についての研究は我が国においては、ほとんど行われていないのが現状である。これについて、以下のような調査、検証を行った。

3-1 対象路線の選定および調査項目

TRANSYTモデルの日本での適用性を調べるために、片側1車線、片側2車線道路について、以下の2路線を選定した。

1) 埼玉県川口市内の県道川口・上尾線(片側1車線) 区間長1.17km(以後川口とする)

2) 埼玉県上尾市内の国道17号線(片側2車線) 区間長3.16km(以後上尾とする)

上記2路線の交差点及びリンク図を、図-3、4に示す。

TRANSYTモデルによってシミュレーションし、算出される値と実現象の値を比較検討するために、以下の項目について上記2路線において調査を実施した。

- 1) 各交差点信号サイクル、スプリット、オフセット。
- 2) 各交差点間(リンク)の旅行時間。
- 3) 各交差点における断面交通量。
- 4) 特定交差点における車の流出パターン。

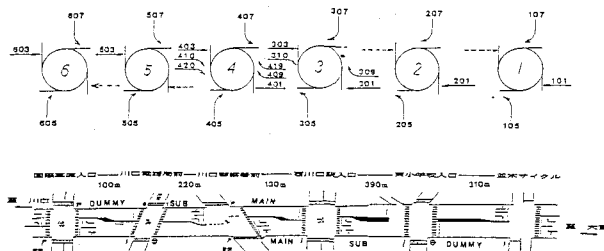


図-3 選定路線リンク図(川口)

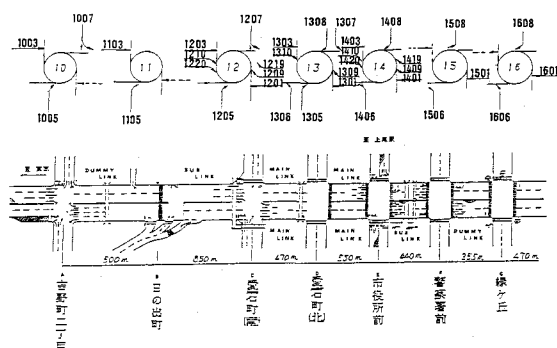


図-4 選定路線リンク図(上尾)

3-2 モデル値と実現値との比較

川口、上尾の2路線について、実際のサイクル、スプリット、オフセット、交通量を使い、TRANSYTモデルのシミュレーション機能を利用し、シミュレーションを行い、モデルにおける計算値と実測の値を比較した。

(1) リンク旅行時間について

図-5、6に各リンクにおける旅行時間の計算値（縦軸）と実測値（横軸）を示す。川口、上尾とも左折・直進リンクについては、 $Y=X$ 上付近にプロットされており、おおむね再現性の良いことが実証された。しかし、右折リンクについては、計算値と実測値とのバラツキが大きい。この原因としては、川口については、右折車が極めて少ないための実測値のサンプル・サイズの問題に帰すると思われるが、上尾については青丸と青矢の両方で制御される右折交通についてのモデルの不備（同一流が異なる現示で処理される場合に別々の飽和流率で扱うことが適切に行えない）によることが判った。

(2) フロープロファイルについて

図-6、7にモデルと実測のフロープロファイルのプロットを示す。この図は、各リンクの流出部におけるステップごとのフローパターンを示している。川口、上尾ともモデルによるフローパターンは、実測パターンに酷似しており、これはTRANSYTモデルの車群拡散の概念が実現を再現しているといえる。

4. TRANSYTモデルの改良

前章で述べたように、TRANSYTモデルを日本に適用した場合、右折リンクの扱いが問題となる。

本研究ではこれを改善するために、次のようにアルゴリズムを修正した。

1) 右折リンクに対向する直進リンクのステップ毎の流出レートから、青山・石井の曲線（図-10に示す）を利用し、右折リンクの現示青でのステップ毎の飽和流率 U_{max} を計算する。右折リンクの流出量が U_{max} の値を越えた場合には、 U_{max} の値を上限とし、捌けない量を次のステップに遅らせる。

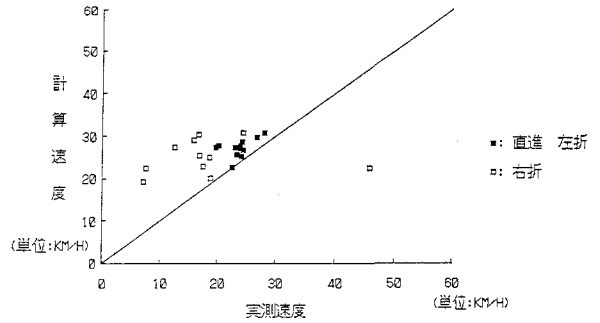


図-5 リンク旅行時間の計算値と実測値の比較（川口）

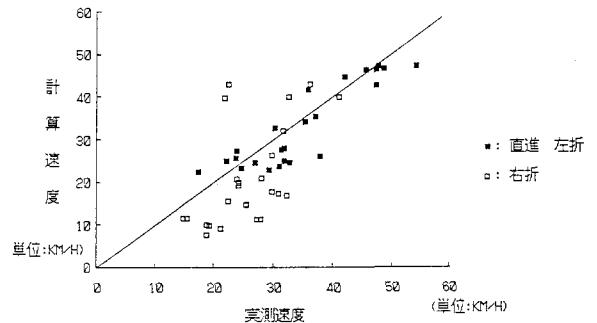


図-6 リンク旅行時間の計算値と実測値の比較（上尾）

2) 右折リンクに同じ車線の直進リンクについて、右折車が対向直進流の影響を受け、右折待ちで停止している場合、直進車が右折待ち車両に閉塞され信号現示が青でも発進できない状況を再現できるようにする。

これによって、対向流に影響される右折流の1サイクル平均の飽和流率を扱うことなく、ステップ毎の飽和流率を扱えることになる。また、そのみならず直進流等の他の流れについても、種々の要因に支配される飽和流の変動をステップ毎に扱える。

5. TRANSYT-7F右折改良モデルの試験

TRANSYT-7Fオリジナルモデルと本研究で改良を行ったモデルの2つについて、リンク長、サイクル長、交通量の異なる試験区間を設け、オフセットの最適化RUNを行い、右折改良モデルの試

TRANSYTモデルの右折処理に関する改良とその適用

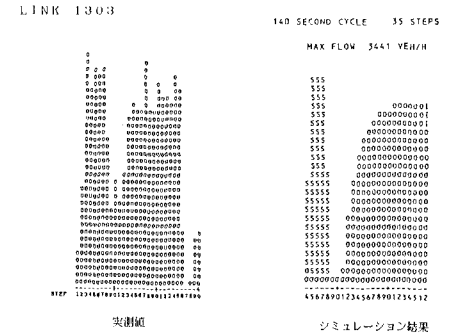
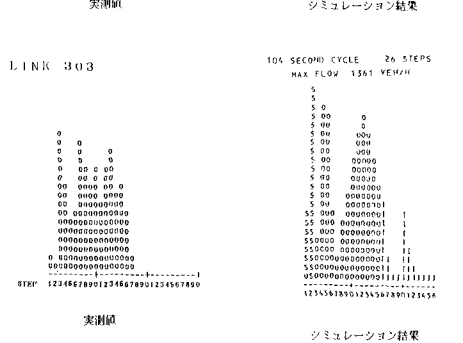
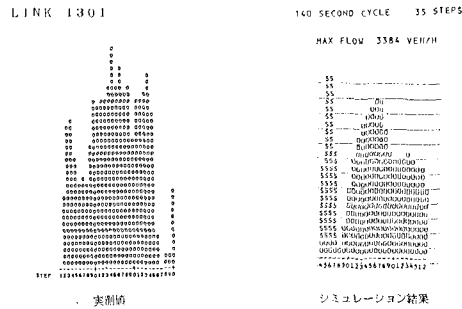
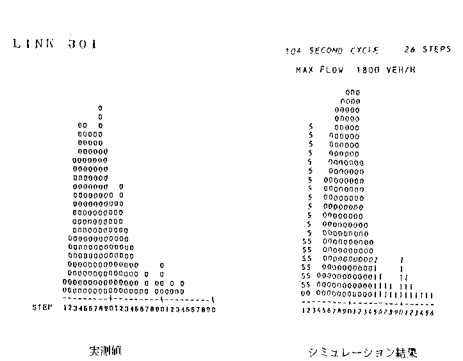


図-7 フロープロファイルプロット (川口)

図-8 フロープロファイルプロット (上野)

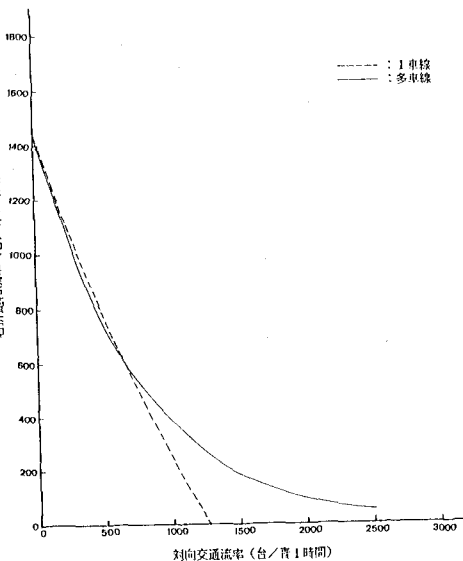


図-9 タナーの曲線

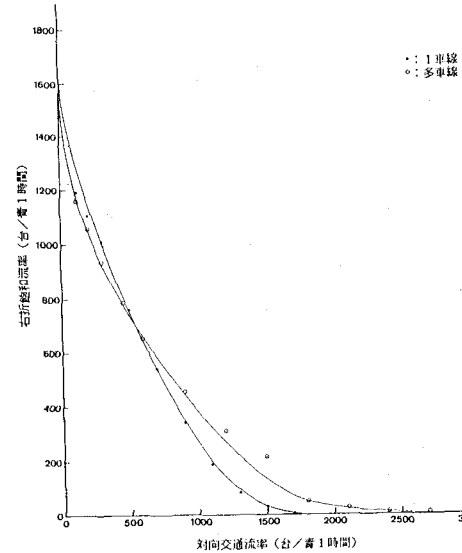


図-10 青山・石井の曲線

験を行った。

5-1 改良モデル試験のための諸入力設定

(1) 設定ノード及びリンク

TRANSYT-7F改良モデルに使用するノード及びリンク図を図-10に示す。ノード数は6ノード、リンク数は29リンクである。この中には3つの右折リンクが含まれる。リンク長については、500m、300m、150mの3ケースとした。

(2) 設定入力交通量及び飽和交通流率

交通量については、直進リンクを、300台/時、400台/時、500台/時、右折リンクについては、右折率を直進リンク交通量の15%とし、3ケースとした。

飽和交通流率は、直進リンクを1800台/青1時間、右折リンクについては、対向直進交通量をステップ毎に青山・石井曲線に代入し求めることとした。

数字：リンク、ノード番号

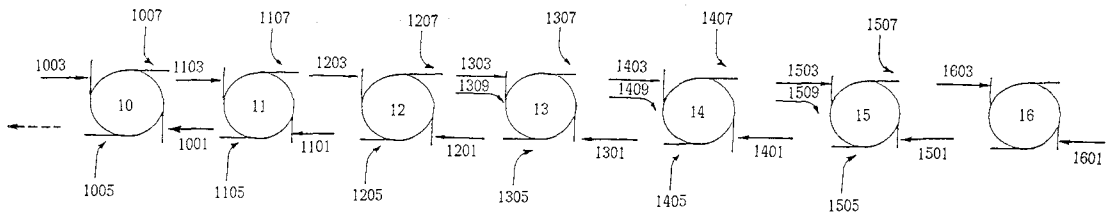


図-11 TRANSYT-7F改良モデルの試験リンク図

表-1 試算ケース

ケース	サイクル (秒)	リンク長 (m)	直進 交通量 (台/時)	右折 交通量 (台/時)
1	90	500	300	45
2	90	300	300	45
3	90	150	300	45
4	90	500	400	60
5	90	300	400	60
6	90	150	400	60
7	100	500	500	75
8	100	300	500	75
9	100	150	500	75

注) 1-9の各ケースについて、オリジナルなモデルと右折改良モデルについて行った

(3) 信号制御パラメータ

各ノード(交差点)とも全て2現示交差点、1現示の信号階梯は10階梯、スプリットは主6:従4、サイクル長については、交通量に応じ90秒、100秒を使用した。

以上の諸入力設定を表-1に示す。

5-2 オフセット最適化試算結果

TRANSYT-7Fオリジナルモデルと、右折改良モデルの計算結果を図-12に示し、以下に概略を述べる。

(1) リンク平均速度について

全てのケースについて、オリジナルTRANSYTモデルの方が右折改良モデルよりオフセット最適化結果の速度が高い。交通量が多くなればなるほど改良モデルでは対向直進交通による右折交通への影響が再現されており、その結果、右折待ち車両に後続直進車両が閉塞され、信号現示が青でも発進できずに、速度差が大きくなっている。このことは、表-3からも良く理解できる

表－２ オフセット最適化シミュレーション結果

ケース	サイクル	リンク長	交通量 (直進)	交通量 (右折)	TOTAL DISTANCE TRAVELED (VEH-KM/H)	TOTAL TRAVEL TIME (VEH-H/H)	TOTAL UNIFORM DELAY (VEH-H/H)	TOTAL RANDOM DELAY (VEH-H/H)	TOTAL DELAY (VEH-H/H)	AVERAGE DELAY (SEC/VEH)	TOTAL UNIFORM STOP (VEH/H)	TOTAL FUEL CONSUM. (L/H)	P. H	SPEED (KM/H)
1	90	500	300	45	1867.50	56.34	9.09	0.56	9.65	7.54	1747.7	252.93	21.79	35.37
	90	500	300	45	1867.50	60.00	11.21	1.16	13.32	10.40	1997.5	266.66	27.19	33.05
2	90	300	300	45	1120.50	41.32	12.75	0.56	13.31	10.39	2017.2	187.75	27.32	29.60
	90	300	300	45	1120.50	42.94	13.20	1.72	14.92	11.65	2084.0	183.21	29.39	28.47
3	90	150	300	45	560.25	26.26	11.70	0.56	12.25	9.57	1530.9	118.46	22.89	24.63
	90	150	300	45	560.25	29.46	13.81	1.64	15.45	12.06	1695.1	129.64	27.22	21.60
4	90	500	400	60	2490.00	75.60	12.17	1.18	13.35	7.83	2448.4	340.47	30.35	35.21
	90	500	400	60	2490.00	114.35	31.81	20.29	52.10	30.55	4038.7	470.71	80.15	22.74
5	90	300	400	60	1494.00	57.00	18.47	1.18	19.65	11.52	2767.8	256.90	38.87	28.71
	90	300	400	60	1494.00	70.62	24.57	8.79	33.27	19.50	3754.8	308.81	59.34	22.74
6	90	150	400	60	747.00	36.28	16.42	1.18	17.60	10.32	2099.5	162.42	32.18	23.80
	90	150	400	60	747.00	192.12	26.95	146.49	173.45	101.70	2656.4	602.47	191.80	3.99
7	100	500	500	75	3112.50	99.60	19.49	2.29	21.78	10.19	3636.7	448.37	47.04	33.74
	100	500	500	75	3112.50	383.31	36.43	269.07	305.49	142.96	4954.7	1253.85	339.80	8.28
8	100	300	500	75	1867.50	79.66	30.68	2.29	32.97	15.43	3542.7	346.00	57.58	25.83
	100	300	500	75	1867.50	355.42	43.36	265.37	308.74	144.48	4083.1	1118.29	337.09	5.36
9	100	150	500	75	933.75	49.64	24.01	2.29	26.30	12.31	2625.2	215.23	44.53	21.99
	100	150	500	75	933.75	285.78	42.79	219.65	262.44	122.81	4291.5	893.86	292.24	3.35

注) 各ケースとも上段はオリジナルTRANSYTモデル
下段は本研究右折改良TRANSYTモデル

表－３ 方向平均リンク別速度

ケース	→		←	備考
	直進・右折 (KM/H)	直進のみ (KM/H)	(KM/H)	
1	34.50	34.70	36.50	
	30.71	30.84	35.85	
2	28.33	28.18	30.45	
	26.67	26.67	30.14	
3	23.66	23.73	24.51	
	19.15	19.23	24.06	
4	34.36	34.52	36.05	
	18.45	18.06	29.22	
5	28.01	27.80	28.83	
	19.95	19.65	25.76	
6	21.69	21.57	26.53	
	8.47	8.17	21.79	*
7	32.65	32.64	34.87	
	4.91	4.64	30.61	*
8	25.39	25.22	27.20	
	3.14	2.95	22.62	*
9	21.29	21.43	21.99	
	1.91	1.80	17.89	*

注) 各ケースとも上段はオリジナルTRANSYTモデル
下段は本研究右折改良TRANSYTモデル
*：過飽和状態

また、改良モデルでは、オフセットの最適化を行っても、ケース6-9において直進リンクに過飽和状態が発生することがわかる。

(2) フロープロファイルプロットについて

ケース1のリンク1403と対向リンク1401についてのフロープロファイルプロットを、図-12に示す。図左側のオリジナルTRANSYTモデルでは、信号現示が青になると同時に、全サイクルの赤現示で到着した車両が流出して行くのに対して、右側の右折改良モデルの結果では、信号現示が青でも対向リンクのレートによって、右折車両の右折待ちによる直進車両の閉塞が生じている様子が良くわかる。

6. 結論

本研究では、TRANSYTモデルのシミュレーションにおいて、各リンクの飽和流率をステップ（単位時間）毎に変化させ、これによって、既存のTRANSYTモデルではうまく表現出来なかった右折リンクの扱い、右折待ち車両に閉塞される直進リンクの扱い、さらには、青丸+青矢リンクの扱い、種々の要因によって変化する飽和流率の扱いが可能となった。

<参考文献>

- 1) 石野一郎：TRANSYTモデルの適用について、日本大学大学院理工学研究科修士論文、1987
- 2) 青山誠也、石井直樹：対向交通流に影響される右折交通の飽和流率、日本大学理工学部卒業研究、1987
- 3) University of Florida：TRANSYT-7F USER'S MANUAL、Transportation Research Center

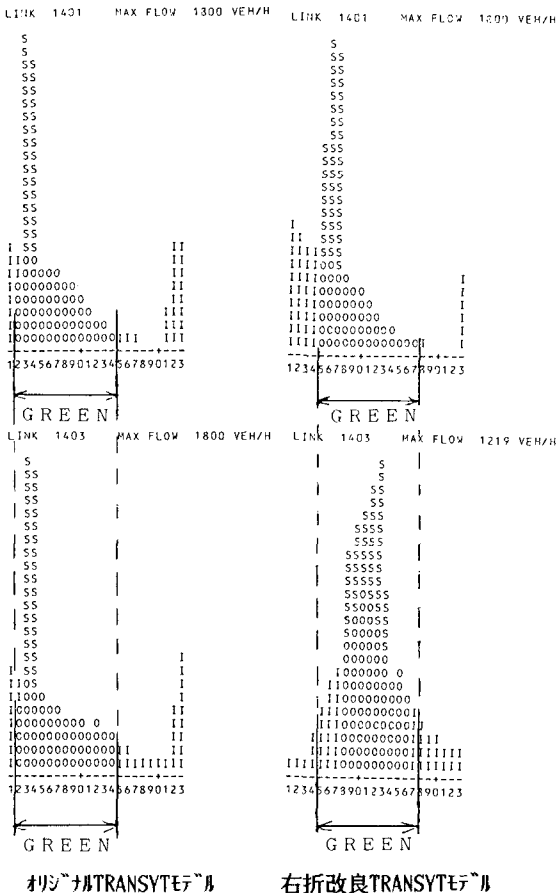


図-12 フロープロファイルプロット