

都市部における交差点の信号遅れを考慮した立体交差点が成立可能となる交通条件の分析

Analysis of the Applicable Traffic Condition of Grade Separated Intersection Considering the Signal Control Delay in Urban Areas

○真岩優多¹, 下川澄雄², 吉岡慶祐², 青山恵里²

*Yuta Maiwa¹, Sumio Shimokawa², Keisuke Yoshioka², Eri Aoyama²

In this study, the traffic conditions in which grade separated intersection could be applicable based on the delay reduction benefit and the project cost for reconstruction were analyzed. As a result, it was clarified that the traffic volume condition is not necessarily high and the grade separated intersection is applicable even in the free flow conditions.

1. はじめに

わが国の道路ネットワークは、旅行速度が80km/h程度の高速道路と30~40km/h程度の一般道路に2極化しており、その間となる旅行速度50~60km/h程度の中間速度層が欠落している^[1]。このことで、拠点間の移動の円滑性を著しく低下させている。これに対して、一般道路の旅行速度を改善させ、多層な道路ネットワークを構築するためには、各階層同士を接続するルールを明確に定める必要がある。特に、階層の高い道路と接続を行う際には、交差点を立体化するなど交差点での遅れ時間を極力低減させる必要がある^[2]。

一方、道路構造令^[3]第28条によると、「車線数の数が4以上である普通道路が相互に交差する場合においては、当該交差の方式は立体交差とする」としている。しかし、現状では多車線相互の階層の高い道路と接続する交差点においても平面交差で処理されている場合も少なくない。これは、道路管理者が道路計画・設計を行うにあたり、立体交差に対する用地取得や工期などの問題に加えて、十分な費用対効果が得られないという先入観があるのではないかと推察される。

そこで本研究では、信号交差点の制御遅れに着目し、平面交差と立体交差による総遅れ時間の差分（走行台時差）から得られる立体交差による時間便益に対して、既存の平面交差から立体交差に改築する際の事業費と比較の中で立体交差が成立可能となる交通条件を明らかにすることを目的とする。なお、都市部および地方部の地域特性について本稿では、都市部を対象とする。

2. 研究方法

本研究では、同じ交通条件にある平面交差と立体交差の総走行台時の差分（遅れ時間差）に時間価値原単位を乗じ立体交差化による便益額を算出する。さらに、道路構造令の規定値を用いて算出した平面図および縦・横断面図をもとに試算し、立体交差と平面交差によ

る事業費の差分を用いて費用便益比 (B/C) の算出を行い、1.0を超える交通量を立体交差への改築が成立可能となる交通条件と定義する。また算出する際には、立体交差の構造で4車線立体と2車線立体の評価を行う。B/Cの算出は、ピーク時交通量を用いてシミュレーションにより算出した走行台時に対し、ピーク率を用いて日換算するとともに、国土交通省の「費用便益マニュアル（平成30年2月）」にもとづき、時間価値原単位は乗用車39.60円/分・台、社会的割引率は4%、評価対象期間は30年とした。また、本研究で適用した道路構造の諸元をTable1.に、信号制御の設定条件をTable2.に、交通条件およびシミュレーション条件をTable3.に示した。なお、シミュレーションは渋滞のない自由流領域を想定し、主道路、従道路ともに500~1,400pcu/hの10ケース、右左折交通量をこの内数として80・100・120pcu/hの3ケース、合計300ケースのOD表を作成し、シミュレーションを実行した。評価区間は交差点をはさみ4.0km（上流・下流各2km）とした。

Table1. Road structure specifications

第4種（都市部）	4車線立体		2車線立体	
	平面交差	立体交差	平面交差	立体交差
道路の種類区分	(主道路) 第4種1級 (従道路) 第4種2級			
車線幅員(左直車線)(m)	(主道路) 3.25		(従道路) 3.00	
車線幅員(右折車線)(m)	(主道路・従道路) 3.00			
中央帯幅員(m)	主道路	1.00		
設計速度(km/h)	主道路	60		60
	従道路	50		
分合流部すりつけ長(m)		100		85

Table2. Signal Control condition

第4種（都市部）	4車線立体		2車線立体		
	平面交差	立体交差	平面交差	立体交差	
現示数	4現示(右折矢専用現示あり)				
クリアランス損失(秒) 【喪失時間(4φ)+全赤時間(2φ)】	黄	3	4	3	4
	全赤	3	3	3	2
	合計	18	22	18	20
信号サイクル長の設定	最速サイクル長				
最小青時間(秒)	15秒(右折矢:5秒)				

Table3. Traffic and simulation conditions

車種	乗用車
ピーク時交通量	500~1,400pcu/h【10ケース】
右左折交通量	80・100・120pcu/h【3ケース】
リンク長の設定	4km(交差点から2km/方向)
リンク速度(4車線立体・2車線立体)	平面:60km/h 立体:60km/h
出力するデータ	リンク別旅行時間(秒)
飽和交通流率(pcu/有効青1時間)	基本値(直進:2,000 右左折:1,800)

1: 日大理工・院(前)・交通 2: 日大理工・教員・交通

3. 立体交差への改築が成立可能となる交通条件

3. 1 平面交差と立体交差の総走行台時の算出

交通シミュレーションにより出力された車両個々の旅行時間により平面交差と立体交差における総走行台時を求めた。Figure1.は主道路、従道路ともに1,400pcu/h、右左折80pcu/hの場合における総走行台時とその内訳である。総走行台時は平面交差に対して、4車線立体にすると33%、2車線立体にすると32%と交差点全体で約3割減少している。方向別で見ると主道路の直進はもろんであるが、従道路の直進も平面交差に対し、4車線立体と2車線立体ともに25%減少している。このことから、立体交差化は立体化される主道路だけではなく、従道路の交通でも遅れ時間の短縮というメリットを受けている。

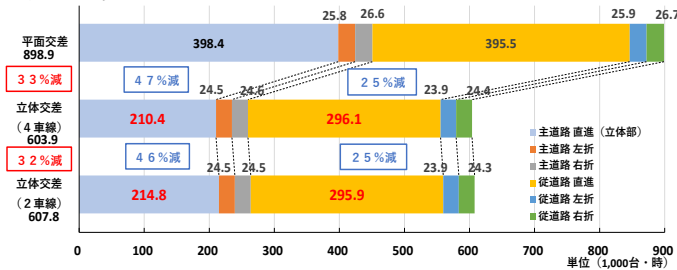


Figure1. Travel time of grade separated intersection and level intersection (Major and minor road volume:1,400pcu/h left and right turn volume:80pcu/h)

3. 2 立体交差が成立可能となる交通条件

既存の平面交差から立体交差に改築する場合の B/C を、右左折交通量 80pcu/h・方向のものを例とし 4 車線立体を Table4. に、2 車線立体を Table5. に示した。これによると、4 車線立体の場合は従道路が 700pcu/h・方向であっても主道路が 1,400pcu/h・方向を超えると立体交差が有利となる。また、交差点全体では概ね 2,100 ~ 2,400pcu/h・方向が立体交差に改築する交通条件の目安になる。これに対して、2 車線立体の方が立体交差への改築が成立可能となる交通条件は低下している。しかし、いずれも立体交差が成立可能となる交通量レベルは高くなく、自由流領域の交通量レベルでも十分に成立が期待される。なお、2 車線立体は時間便益が概ね変化しないものの、費用が安価になり 4 車線立体よりも B/C が高い値となる。

Table4. Cost-benefit ratio when reconstructing to four-lane grade separated intersection

ピーク時交通量 (pcu/h・方向)	従道路(4車線)									
	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400
主道路 (4車線)	500	0.16	—	—	—	—	—	—	—	—
	600	0.19	0.22	—	—	—	—	—	—	—
	700	0.22	0.25	0.28	—	—	—	—	—	—
	800	0.28	0.31	0.34	0.37	—	—	—	—	—
	900	0.33	0.36	0.39	0.42	0.46	—	—	—	—
	1,000	0.42	0.45	0.48	0.51	0.54	0.57	—	—	—
	1,100	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67	0.70	0.73	—	—
	1,200	0.65	0.68	0.70	0.73	0.81	0.88	0.96	1.03	—
	1,300	0.76	0.79	0.82	0.87	0.92	1.02	1.10	1.18	1.28
	1,400	0.83	0.92	1.02	1.12	1.21	1.31	1.40	1.50	1.60

Table5. Cost-benefit ratio when reconstructing to two-lane grade separated intersection

ピーク時交通量 (pcu/h・方向)	従道路(4車線)									
	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400
主道路 (4車線)	500	0.17	—	—	—	—	—	—	—	—
	600	0.19	0.22	—	—	—	—	—	—	—
	700	0.23	0.26	0.29	—	—	—	—	—	—
	800	0.29	0.32	0.35	0.39	—	—	—	—	—
	900	0.35	0.38	0.41	0.44	0.47	—	—	—	—
	1,000	0.44	0.47	0.50	0.53	0.56	0.60	—	—	—
	1,100	0.57	0.60	0.63	0.66	0.69	0.73	0.76	—	—
	1,200	0.67	0.70	0.73	0.76	0.84	0.92	1.00	1.07	—
	1,300	0.78	0.82	0.85	0.90	0.95	1.06	1.14	1.22	1.31
	1,400	0.86	0.96	1.06	1.16	1.26	1.36	1.46	1.56	1.66

3. 3 立体交差が成立可能となる閾値 (一般化)

Table6.は立体交差への改築する場合に、種々の交通条件において算出された便益の値を用いて重回帰分析を行った結果と、工事費に用地単価を変数として与えた事業費を示した。これをもとに、立体交差への改築が成立可能となる交通条件 (B/C ≥ 1.0) を Figure2. に示した。これは用地費を 60,000 円/m²とした例であり、右左折率をキーとして、主道路と従道路の交通量との関係で表現している。これによれば、右左折率が高いほど直進交通量が相対的に小さくなるため主道路と従道路の交通量が高く見積もられる。

Table6. Time benefits and costs when reconstructing to grade separated intersection

	便益 (百万円)		事業費 (百万円)
	4車線立体 (第4種)	$y = 1.7x_1 - 4.9 \times 10^3 x_2 + 1.2x_3 + 1.1$ (重決定係数R ² =0.77)	
2車線立体 (都市部)	$y = 1.1x_1 - 4.8 \times 10^3 x_2 + 1.2x_3 + 1.0$ (重決定係数R ² =0.76)		$y = 5.704x_1 + 975$

説明変数 および 被説明変数

Y: 便益 (百万円)	Y: 事業費 (百万円)
x ₁ : 主道路全交通量 (pcu/h・方向)	x ₁ : 地価単価 (円/m ²)
x ₂ : 主道路右左折率 (%)	
x ₃ : 従道路全交通量 (pcu/h・方向)	

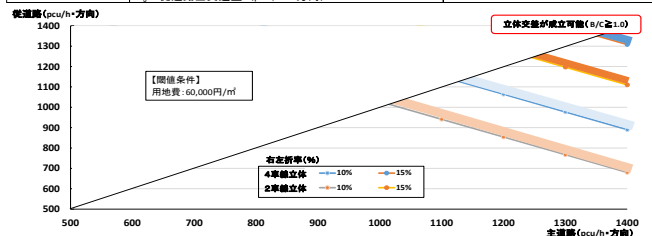


Figure2. Threshold of applicable traffic volume for reconstructing to grade separated intersection

4. おわりに

立体交差が成立可能となる交通条件は、4 車線立体と 2 車線立体いずれも交通量レベルは高くなく、ピーク時交通量が自由流状態でも立体化は十分に適用可能であることが確認された。

今後は、主道路の立体交差化だけではなく、従道路をラウンドアバウトに改良した構造の評価、さらに実フィールドでの評価について検討を行う必要がある。

5. 参考文献

[1] 下川澄雄, 森田紳之, 土屋克貴: 道路ネットワークにおける中間速度層の意義と適用範囲, 土木学会論文集 D3, Vol.71, No.5, I_613-I_622, 2015.

[2] (一社) 交通工学研究会: 階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン (案), 2018.

[3] (公社) 日本道路協会: 道路構造令の解説と運用, 2015.